보안과제( ), 일반과제(○) / 공개(○), 비공개( )
주거환경연구사업 제5차년도 최종 보고서

R&D / 1615009031

수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 최종보고서

2019. 07 .20

주관연구기관 / 한국건설기술연구원

도 시 건 축 실
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축’ (연구개발 기간 : 2013.12.21~ 2019.04.20)
과제의 최종보고서 3부를 제출합니다.

2019. 07. 20.

주관연구기관명:한국건설기술연구원 (대표자) 한승헌 (인)

주관연구기관책임자: 임석호
공동연구기관책임자: 김형근, 정찬우, 장기석, 정재욱,
황철호, 김예상, 김기오, 김경민,
이경회, 박효열
위탁연구기관책임자: 조민주, 장옥연, 이명도, 김형준

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>1615009031</td><td>해당 단계
연구 기간</td><td colspan="2">2017.01.21.~
2019.04.20</td><td>단계구분</td><td>5차년/5차년</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="5">주거환경연구사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="5">수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">임석호</td><td>해당단계
참여
연구원 수</td><td>총: 199 명
내부: 명
외부: 199 명</td><td>해당단계
연구개발비</td><td colspan="2">정부: 2,050백만원
기업:: 704백만원
계: 2,754백만원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여
연구원 수</td><td>총: 199 명
내부: 199 명
외부: 명</td><td>총 연구개발비</td><td colspan="2">정부: 9,974백만원
기업::4,200백만원
계: 14,174백만원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속 부서명</td><td colspan="3">한국건설기술연구원 국민생활연구본부</td><td colspan="3">참여기업명
서울주택도시공사외 29개 기관</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="3">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명:아이스트테크, 온공간연구소,
연우테크놀러지, 서울시립대학교 산학협력단</td><td colspan="3">연구책임자:
조민주, 장옥연, 이명도, 김형준</td></tr>
<tr><td colspan="4">본 연구는 수요자 맞춤형 조립식 주택 기술을 개발하고, 공공임대주택 대상 조립식 주택 실증단지 구축(가양 30세대, 두정 40세대)을 통하여 조립식 주택의 기술적 성능 및 거주성, 시공성을 실증함으로써 소비자 인식제고와 함께 공공임대주택의 새로운 주택모델 개발을 지향함.

○ 수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발
- 조립식 주택 모듈 및 실증단지 설계기술 개발
- 조립식 주택 환경성능 기술개발
- 조립식 주택 구조 및 시공 기술개발
- 조립식 주택 공장생산성 향상 및 품질관리 기술개발

○ 조립식 주택 공급방식 및 사업화모델 개발
- 기존 대비 조립식 주택 경제성 확보방안 도출
- 토지유형을 고려한 조립식 주택 공급방식 및 사업모델 개발
- 조립식 주택의 임대주택 공급확대를 위한 공급방식 다양화 기법 개발

○ 조립식 주택 실증단지 구축 및 관리·운영방안 개발
- 조립식 주택 실증단지 구축
- 조립식 주택 실증단지 입주자 모집 및 선정방안 마련
- 조립식 주택 실증단지 운영방안
- 조립식 주택 홍보관 관리·운영계획 수립 및 추진

○ 조립식 주택 실증단지 성능평가 및 거주 후 평가
- Mock-up 성능평가 및 실증단지 모니터링
- 조립식 주택 실증단지 거주 후 평가</td><td colspan="3">보고서 면수</td></tr>
</table>

연구의 목적 및 내용	○ 수요자 맞춤형 주거복지 구현 등을 위하여 경제성이 확보된 조립식주택 기술개발 및 공공임대주택 대상 실증단지 구축을 통하여 새로운 공공임대주택 유형을 제시하는 것을 연구목표로 함. - 수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발을 통한 공동주택 성능 및 품질 확보 - 국내 대표 조립식 주택 3개 기관 기술의 객관적 성능평가를 통한 기술 실증 달성 - 조립식 주택 경제성 분석 및 공급방식, 사업화모델 개발 통한 경제성 실증 달성 - 조립식 주택 실증단지의 초고속 공기단축을 통한 시공성 실증 달성 - 조립식 주택 실증단지 성능평가 및 거주 후 평가를 통한 개선점 도출
연구개발성과	○ 수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 - 조립식 주택 모듈 및 실증단지 설계기술 개발 - 조립식 주택 환경성능 기술개발 - 조립식 주택 구조 및 시공 기술개발 - 조립식 주택 공장생산성 향상 및 품질관리 기술개발 ○ 조립식 주택 공급방식 및 사업화모델 개발 - 기존 대비 조립식 주택 경제성 확보방안 도출 - 토지유형을 고려한 조립식 주택 공급방식 및 사업모델 개발 - 조립식 주택의 임대주택 공급확대를 위한 공급방식 다양화 기법 개발 ○ 조립식 주택 실증단지 구축 및 관리운영방안 개발 - 조립식 주택 실증단지 구축 - 조립식 주택 홍보관 관리운영계획 수립 및 추진 ○ 조립식 주택 실증단지 성능평가 및 거주 후 평가
연구개발 성과의 활용계획 (기대효과)	**[기술적 기대성과]** ○ 주택건설기준에 부합한 조립식 주택 기술 3대 난제 해결 - 50dB 만족의 바닥판 차음 성능확보 - 2시간 이상 내화성능 확보 기술개발 - 5층 이상 안전성 확보 구조시스템 개발 ○ 조립식 주택의 다양한 공법 및 회사별 핵심 기술에 대한 성능 검증 - 조립식 주택의 공법별, 업체별 기술적 특징의 객관적 성능 검증에 기반 한 조립식 공동주택 적용 가능성 실증 ○ 소형 임대주택 국가모듈 설계 표준화 기준 정립 - 수평·수직 계획 모듈, 주요 구성재의 설계 표준화 기준 정립 - 공업화 건축의 활성화 및 건축구성재의 표준화·부품화 촉진 **[사회/경제적 성과]** ○ 수요자 요구 대응 새로운 공공임대주택 모델 공급 - 신속 공급 및 해체가 용이한 공업화 공법의 특성을 활용하여 인구구조 및 사회 환경변화에 유연하게 대응할 수 있는 주거복지형 공공임대주택 모델 공급 - 적층형공법, 인필공법 등 조립식 주택의 다양한 공법 유형에 따른 공급 및 운영관리 방안의 모색을 통하여 적기적소 공급 가능한 사업모델 창출

	○ 조립식 주택에 대한 국민인식 전환 - 창의적 디자인 적용을 통한 컨테이너 박스라는 조립식 주택의 부정적 이미지 전환 ○ 공업화 시공을 고용창출 효과 - 현장 노무자 안전성 향상 - 첨단산업의 건설 특화상품 수요 창출을 통한 고용 창출 - 조립식 주택의 시스템 생산을 통한 미숙련공 활용 및 동절기공사 가능 ○ 조립식 주택 기술개발에 따른 기존공법대비 경제적 효과 - RC공법 및 기존 조립식 주택 대비 공사원가 절감에 의한 사회적 비용 절감 - 기존 RC공법 대비 110%(2단계 90%) 수준의 공사원가 개선 ○ 현장적용방안 - 현장 적용을 통한 수평, 수직 계획 모듈 및 주요 구성재의 실현가능한 설계 표준화 기준 설정 - 실증단지 구축을 통해 평가/검증된 사실들은 조립식 주택의 사업화 모델의 기준, 지침서로 활용가능 - 단독 모듈 및 조합형 모듈의 적용을 통한 주거복지 정책을 실현 할 수 있는 1~2인 주거 및 국민주택 규모의 조립식 주택 구현 - 정부의 조립식 주택 사업을 추진방향을 설정하는 기준자료로 활용가능 ○ 실용화·제품화방안 - Mock-up 실험 및 실증단지 적용을 통해 성능검증, 특허 및 인증서 확보를 통한 제품 실용화 ○ 미래원천기술 확보 - 실증단지 설계시 BIM 및 IT 기술 활용을 통한 정보화 조립식 주택 설계기술 확보 - 주택건설기준 및 법적 성능규준에 부합하는 조립식 주택 기술 확보 - 단열, 소음, 에너지 등 주거환경에 적합한 건축부위별 모듈러 환경성능 개선 기술 개발 ○ 신산업창출 - 모듈러 공법 적용 패널 벽체기술 및 바닥판 기술 개발을 중소기업과 연계하여 생산유도 - 조립식 주택의 실증사업을 통해 건설업이 제조업으로 전환 계기 마련 - 다양한 수요계층의 요구를 충족하는 주택 개발 및 사업모델 활성화를 통해 조립식 주택 부품산업 시장 창출				
핵심어(5개 이내)	조립식 주택	실증사업	주거복지	사업모델	공급방식

〈 SUMMARY 〉

Purpose & Contents	○ The purpose of this study is to present new public rental housing types through the construction of public rental housing complexes and the technological development of prefabricated houses that ensure economic efficiency for implementing user-customized housing welfare. - Secure the performance and quality of apartment houses through the development of user-customized prefabricated housing technology - Achieve a technological demonstration through objective performance assessments on the technologies of Korea's three representative prefabricated housing institutions - Achieve a demonstration of the economic efficiency through an analysis of prefabricated houses and the development of models for commercialization of supply systems - Achieve a constructability demonstration through the reduction in construction period of prefabricated housing complexes - Derive improvements through the performance assessment of prefabricated housing complexes and post occupancy evaluation ○ User-customized prefabricated housing technology development - Prefabricated housing module and complex design technology development - Prefabricated housing environmental performance technology development - Prefabricated housing structures and construction technology development - Prefabricated housing plant productivity improvement and quality control technology development ○ Prefabricated housing supply systems and business model development - Derive more advanced methods to secure the economic efficiency of prefabricated houses compared to existing methods - Develop prefabricated housing supply systems and business models in consideration of land types - Develop diversification techniques of supply systems for expanding the rental housing supply of prefabricated houses ○ Prefabricated housing complex construction and management and operation method development - Construct prefabricated housing complexes - Establish and promote prefabricated housing PR center management and operation plans ○ Prefabricated housing complex performance assessment and post occupancy evaluation
Results	[Technologically expected results] ○ Resolving three difficult problems in prefabricated housing technologies that

	meet the housing construction criteria - Secure sound insulation performance of the floor plate that meets 50dB - Develop technologies to secure fire resistance of more than two hours - Develop structural systems to ensure safety for more than five floors ○ Performance verification on the various construction methods of prefabricated houses and core technologies by company - Demonstrate possibilities of applying prefabricated houses based on the objective performance verification of technological characteristics by prefabricated housing construction method and company ○ Establishment of national module design standardization criteria for small rental houses - Establish design standardization criteria for horizontal/vertical plan modules and main components - Promote the activation of industrialized construction and standardization and systematization of building materials and parts [Socio-economic results] ○ Supply of new public rental housing models in response to user demands - Provide housing welfare-type public rental housing models that can flexibly respond to social changes and demographic structures by utilizing the characteristics of industrialization construction methods that ensure rapid supply and easy dismantling - Create business models that can be provided in the right place at the right time through exploring supply and operational management methods according to various construction methods for prefabricated houses such as laminated methods and infill methods ○ Paradigm shift in prefabricated houses - Change the negative image of prefabricated houses as being a container box through the application of creative designs ○ Job creation effects of industrialization construction - Improve the safety of field workers - Create jobs by generating demand for construction-specialized products of high-tech industries - Utilize unskilled workers and ensure construction in winter through the systematic production of prefabricated houses
Expected Contribution	○ Field application methods - Establish feasible design standardization criteria for horizontal/vertical modules and main components through field application - Make it possible to utilize facilities evaluated/verified through the construction of a test bed as standards and guidelines for business models of prefabricated houses

	- Implement prefabricated houses of 1–2 persons or national housing sizes that can help to realize housing welfare policies through the application of a single module and a combination module - Make it possible to be utilized as reference data to set the direction of promoting prefabricated housing projects by the government ○ Commercialization methods - Commercialize products by securing performance verification, patents and certificates through a Mock test and test bed application ○ Future source technologies - Secure intelligent prefabricated housing design technologies through the utilization of BIM and IT technologies in designing a test bed - Secure prefabricated housing technologies that meet housing construction standards and legal performance criteria - Develop technologies for improving modular environment performance by the construction of parts suitable for housing conditions – including insulation, noise and energy ○ Creation of new industries - Induce production through links with small and medium-sized enterprises with respect to the development of technologies for floor plates and panel walls applied with modular methods - Lay foundations to transform the construction industry into a manufacturing industry through prefabricated housing demonstration projects - Create an industrial market for prefabricated housing components through the activation of business models and the development of houses that meet the needs of various users

Keywords	Prefabricated house	Demonstration project	Housing welfare	Business model	Supply system

CONTENTS

수요자 맞춤형 조립식 주택
기술개발 및 실증단지 구축

01 연구개발과제의 개요 · 1

1. 최종목표 3
2. 연차별 연구개발 목표 및 결과 5

02 연구 수행 내용 및 성과 · 13

1. 전체 연구구성 15
   가. 전체 연구 프레임 15
   나. 단계별 연구내용 15
   다. 전체 연구 프로세스 16
2. 연구수행내용 및 성과 17
   가. 기술성 실증 17
      1) 조립식주택 모듈 및 설계기술 개발 (KICT 계획) 17
      2) 조립식주택 음 및 열성능 개선 (KICT 환경) 125
      3) 친환경 기술도입을 통한 조립식 주택의 건축인증 획득 (한국환경건축연구원) 151
      4) 조립식주택 구조안전성 평가 및 실증(KICT-구조) 178
      5) 조립공구 및 운반장치 개발 및 실증적용 (KICT-건설관리) 235
      6) 조립식주택 화성능평가 및 실증 (KICT 내화 작성) 256
   나. 경제성 실증 273
      1) 조립식주택 공사 경제성 분석 (성균관대학교) 273
      2) 조립식주택 공사원가 분석 및 공사원가 절감방안 (현대엔지니어링) 305
   다. 시공성 실증 354
      1) 조립식주택 실증단지 설계 (DMP) 354
      2) 가양실증단지 수요자 맞춤형 골조식 모듈 (Posco A&C) 397
      3) 천안실증단지 수요자 맞춤형 Infill 모듈 (스타코) 477
      4) 천안실증단지 수요자 맞춤형 골조식 모듈 (금강공업) 524
      5) 실증단지 BIM기반 시공지원 (연우테크놀로지 작성) 593
      6) 가양실증단지 구축계획 및 사업 성과분석 (SH공사) 598
      7) 천안실증단지 구축계획 및 사업 성과분석 (LH공사) 630
   라. 사업모델 개발 641
      1) 조립식 주택을 활용한 임대주택 사업모델 개발 (SH공사) 641
      2) 조립식주택 확대를 위한 민간주도 비즈니스 모델 개발 (서울대) 692
      3) 조립식 주택 실증단지 홍보방안 (SH공사) 712
      4) 실증단지 거주후 평가 (온공간연구소) 750

03 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 · 773

1. 연구기관별 최종 연구목표 775
2. 목표 달성여부 777
3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구 필요성 등) 791

04 연구개발성과의 활용 계획 · 793

1. 연구개발 결과의 활용 방안 795
2. 기대성과 및 파급효과 797

표 목 차

표 2.2.1.1 국내 사례 ····· 19
표 2.2.1.2 분석기준_국내 ····· 20
표 2.2.1.3 국내사례 설계특성 ····· 21
표 2.2.1.4 미국 모듈러 건축 사례 ····· 23
표 2.2.1.5 미국 모듈러 주택 분석 기준 ····· 24
표 2.2.1.6 내장 및 구성재 표준규격 ····· 45
표 2.2.1.7 외장재 표준 규격 ····· 46
표 2.2.1.8 자재 부합률 ····· 48
표 2.2.1.9 국가별 모듈정합 설계 적용 치수기준 ····· 76
표 2.2.2.1 조립식 주택 Mock-up의 음 및 열환경 성능평가 결과 ····· 131
표 2.2.2.2 조립식 모듈러 벽체 단열성능 평가결과 ····· 136
표 2.2.2.3 조립식주택 Mock-up의 환경성능 평가결과 요약 ····· 137
표 2.2.3.1 친환경주택건축물 설계기준 ····· 152
표 2.2.3.2 서울시 녹색건축물 설계기준 ····· 152
표 2.2.3.3 Mock-up 모듈 부위별 열전달 해석 분석결과 ····· 153
표 2.2.3.4 수서실증단지 기본설계안 에너지성능 분석 입력값 ····· 154
표 2.2.3.5 수서실증단지 인허가 의무적용 항목 ····· 155
표 2.2.3.6 수서실증단지 녹색건축인증 점수항목 ····· 156
표 2.2.3.7 수서실증단지 녹색건축인증 평가결과 ····· 157
표 2.2.3.8 수서실증단지 건축물 효율등급인증 성능개선방안 검토 ····· 157
표 2.2.3.9 수서실증단지 에너지절감 설계 적용항목 ····· 158
표 2.2.3.10 가양실증단지 기본설계안 에너지 성능 값 ····· 159
표 2.2.3.11 가양실증단지 녹색건축인증 점수 변경항목 ····· 160
표 2.2.3.12 가양실증단지 녹색건축인증 변경항목 평가결과 ····· 161
표 2.2.3.13 수서실증단지 설계안 변경값 정리 ····· 162
표 2.2.3.14 수서실증단지 녹색건축인증 점수 변경항목 ····· 163
표 2.2.3.15 수서실증단지 녹색건축인증 변경항목 평가결과 ····· 164
표 2.2.3.16 가양실증단지 각 실별 조도분포 ····· 167
표 2.2.4.1 금강공업의 모듈 내부 접합부 실험체 계획 ····· 184
표 2.2.4.2 포스코 A&C의 모듈 내부 접합부 실험체 계획 ····· 185
표 2.2.4.3 모듈 간 접합부 고정도에 따른 해석결과 ····· 193
표 2.2.4.4 모듈간 접합부 스프링 가정에 따른 해석결과 ····· 193
표 2.2.4.5 부재 최적화 검토 ····· 194
표 2.2.4.6 대상 모듈러 구조 시스템의 내진설계 범주 ····· 201
표 2.2.4.7 주요 구조 부재의 단면성능 및 비선형 해석 모델링 ····· 201
표 2.2.4.8 대상 모듈러 구조 시스템의 고유치 해석 결과 ····· 202
표 2.2.4.9 AISC 평가식의 실증단지 조립식주택 적용성 검토 ····· 209
표 2.2.4.10 AISC 평가식 적용방안에 따른 샛기둥 설치모듈 진동성능 평가결과 ····· 210
표 2.2.4.11 실증단지 조립식주택 진동성능 향상방안 검토 ····· 211
표 2.2.5.1 실증단지 적용 순서 ····· 250

표 2.2.6.1 하이브리드 내화성능 평가 시험체 개요 ····· 259
표 2.2.6.2 조립식 주택 하이브리드 내화성능 시험체 실험 결과 ····· 260
표 2.2.6.3 하이브리드 내화성능 평가 시험체 개요 ····· 263
표 2.2.6.4 조립식 주택 맞춤형 보/기둥 내화피복기술 실험 결과 ····· 264
표 2.2.6.5 내화건식피복기술 성능평가 시험체 개요 ····· 266
표 2.2.6.6 내화건식피복기술 성능평가결과 ····· 267
표 2.2.6.7 조립식주택 보/기둥 내화건식피복기술 내화구조 성능 확인 시험체 개요 ····· 270
표 2.2.6.8 내화건식피복기술 성능평가결과 ····· 271
표 2.2.7.1 모듈러 공사 수행단계별 필요 중공종 (예시) ····· 275
표 2.2.7.2 공종별 내역분류 및 정의사례-공장제작 건축공사 철골공종 ····· 276
표 2.2.7.3 모듈러 공사 표준내역서 예시(모듈러 공장제작) ····· 277
표 2.2.7.4 현대엔지니어링 1차 타당성 검토 결과 ····· 281
표 2.2.7.5 현대엔지니어링 2차 타당성 검토 결과 ····· 281
표 2.2.7.6 JIG사용으로 인한 노무비 절감액 예측 ····· 285
표 2.2.7.7 수서단지 건축내역서와 조립식주택 표준내역서 비교 ····· 288
표 2.2.7.8 경제성분석 Checklist ····· 288
표 2.2.7.9 직접공사비 절감금액 ····· 291
표 2.2.7.10 대량생산 경제성 분석 ····· 294
표 2.2.7.11 공장생산 및 자동화생산 시 할증률 변화 ····· 294
표 2.2.7.12 대량생산 시 단가 절감 금액 ····· 295
표 2.2.7.13 모듈러 공법에 범용적 활용이 가능한 실증기술 분류 ····· 295
표 2.2.7.14 12대 실증기술을 적용한 직접공사비 절감금액(종합) ····· 297
표 2.2.7.15 파레토도 분석에 의한 모듈러 '공장제작 및 생산분'과'현장설치 및 시공분'의 공사비 절감 대상 공종 예시 (건축공사) ····· 299
표 2.2.7.16 총 절감금액 및 절감가능성 ····· 301
표 2.2.7.17 모듈러 주택의 경제성 확보방안-연구결과 종합 ····· 302
표 2.2.7.18 RC 구조 대비 공사비 절감 가능성 분석 (동일 프로젝트로 가정) ····· 302
표 2.2.8.1. 건축개요 ····· 306
표 2.2.8.2. 내역작성 기준 ····· 307
표 2.2.8.3. 공사원가 대비표 ····· 307
표 2.2.8.4. 공종별, 비목별 공사원가 대비표 ····· 308
표 2.2.8.5 분야별 공사원가 ····· 309
표 2.2.8.6 1층 필로티 적용 전체 공사비 비교표 ····· 310
표 2.2.8.7 모듈러 유닛 골조 물량 분석 ····· 310
표 2.2.8.8 모듈러 유닛 골조 부재 변경 절감액 산정 ····· 311
표 2.2.8.9 조립식 주택 외장 마감재 사양비교 ····· 311
표 2.2.8.10 외장마감 수량 비교 ····· 311
표 2.2.8.11 모듈러 적용 천정시스템 비교 ····· 312
표 2.2.8.12 천정시스템 사양 변경 절감액 ····· 312
표 2.2.8.13 모듈러 적용 경량벽체 비교 ····· 312
표 2.2.8.14 경량벽체 사양 변경 절감액 ····· 313
표 2.2.8.15 내역서 공종 분류체계 ····· 315
표 2.2.8.16 검토내역서 작성 기준 ····· 316
표 2.2.8.17 공사원가 분석 결과 비교 ····· 317

표 2.2.8.18 최종 공사원가 분석결과 비교 ····· 318
표 2.2.8.19 공정별 투입인원 현황 ····· 324
표 2.2.8.20 모듈러 제작공정의 총 소요시간 및 생산성 ····· 342
표 2.2.8.21 모듈러 설치공정의 총 소요시간 및 생산성 ····· 342
표 2.2.8.22 공장제작의 공사비 내역 ····· 345
표 2.2.8.23 천안·두정 실증단지 모듈러 공사 공정별 내역 ····· 346
표 2.2.8.24 최적대안에 따른 생산성 변화(공장제작 공정) ····· 351
표 2.2.8.25 최적대안에 따른 생산성 변화(현장설치 공정) ····· 351
표 2.2.9.1 모듈러 Mock-up 평면계획-1 ····· 355
표 2.2.9.2 모듈러 Mock-up 평면계획-2 ····· 355
표 2.2.9.3 모듈러 입면에 적용된 재료사례 ····· 360
표 2.2.9.4 수서단지 주차계획 ····· 364
표 2.2.9.5 수서단지 계획요소 ····· 367
표 2.2.9.6 수서단지 단열계획 ····· 371
표 2.2.9.7 수서단지 모듈접합계획 ····· 372
표 2.2.9.8 수서단지 주차장계획안 ····· 373
표 2.2.9.9 1층 공영주차장 현황 ····· 373
표 2.2.9.10 2층 공영주차장 현황 ····· 374
표 2.2.9.11 2층 세대주차장 현황 ····· 374
표 2.2.9.12 2층 근생주차장 현황 ····· 374
표 2.2.9.13 수서 실증단지 주요 사업추진경과 ····· 383
표 2.2.9.14 수서단지계획 공공건축가 자문1차 의견 ····· 384
표 2.2.9.15 수서단지계획 공공건축가 자문2차 의견 ····· 385
표 2.2.9.16 서울특별시 건축자문위원회 자문1차 의견-1 ····· 386
표 2.2.9.17 서울특별시 건축자문위원회 자문1차 의견-2 ····· 386
표 2.2.9.18 서울특별시 건축자문위원회 자문1차 의견-3 ····· 387
표 2.2.9.19 서울특별시 건축자문위원회 자문1차 의견-4 ····· 387
표 2.2.9.20 서울특별시 건축자문위원회 자문1차 의견-5 ····· 387
표 2.2.9.21 서울특별시 건축자문위원회 자문1차 의견-6 ····· 388
표 2.2.9.22 서울특별시 건축자문위원회 자문1차 의견-7 ····· 388
표 2.2.9.23 서울특별시 건축자문위원회 자문2차 의견-1 ····· 389
표 2.2.9.24 서울특별시 건축자문위원회 자문2차 의견-2 ····· 389
표 2.2.9.25 서울특별시 건축자문위원회 자문2차 의견-3 ····· 389
표 2.2.9.26 서울특별시 건축자문위원회 자문3차 의견-1 ····· 390
표 2.2.9.27 수서 실증단지 설계내역 검토 ····· 391
표 2.2.9.28 천안두정 RC조 공사비 도출 ····· 396
표 2.2.10.1 구조물 개요 ····· 399
표 2.2.10.2 각 부재의 단면사이즈 검토결과 ····· 400
표 2.2.10.3 기둥과 벽체의 하중분담 비율 ····· 400
표 2.2.10.4 벽식모듈과 라멘식 모듈러 시스템의 철골물량 비교 ····· 400
표 2.2.10.5 모듈간 조립성 검증 항목 및 세부내용 ····· 401
표 2.2.10.6 도시기반시설에 관한 결정사항 ····· 406
표 2.2.10.7 환경성 검토 결과 총괄표 ····· 407
표 2.2.10.8 가양실증단지 건축설계 개요 ····· 415

표 2.2.10.9 가양실증단지 타입별 평면 ····· 421
표 2.2.10.10 12대 실증기술 LIST ····· 423
표 2.2.10.11 가양실증단지 공사개요 ····· 427
표 2.2.10.12 품질관리 담당자별 주요업무 ····· 452
표 2.2.10.13 품질시험 관련 법적기준 ····· 452
표 2.2.10.14 공종별 시험종목 및 품질시험 기준 ····· 453
표 2.2.10.15 가양실증단지 환경관리방향 ····· 454
표 2.2.10.16 가양실증단지 환경관리 프로세스 ····· 454
표 2.2.10.17 가양실증단지 단계별 환경관리방향 ····· 454
표 2.2.10.18 가양실증단지 환경관리 조직구성 ····· 455
표 2.2.10.19 가양실증단지 환경 민원 처리 프로세스 ····· 455
표 2.2.10.20 가양실증단지 환경관리 집행기준 ····· 456
표 2.2.10.21 가양실증단지 분야별 환경관리 집행항목 ····· 456
표 2.2.10.22 가양실증단지 환경문서 관리 프로세스 ····· 456
표 2.2.10.23 가양실증단지 단지내 환경관리계획 ····· 457
표 2.2.10.24 가양실증단지 위치별 환경관리 계획 ····· 457
표 2.2.10.25 가양실증단지 대기오염 저감 대책 ····· 458
표 2.2.10.26 가양실증단지 수질오염 저감 대책 ····· 458
표 2.2.10.27 가양실증단지 소음 및 진동 저감 대책 ····· 458
표 2.2.10.28 가양실증단지 폐기물 처리 대책 ····· 459
표 2.2.10.29 가양실증단지 대상별 환경점검 주기(I) ····· 459
표 2.2.10.30 가양실증단지 대상별 환경점검 주기(II) ····· 459
표 2.2.10.31 가양실증단지 안전관리 조직도 ····· 461
표 2.2.10.32 가양실증단지 안전관리 업무흐름도 ····· 461
표 2.2.10.33 안전사고발생시 보고체계 ····· 462
표 2.2.10.34 TBM실행관련 기관별 보고자료 ····· 469
표 2.2.10.35 안전사고요인 ····· 472
표 2.2.11.1 설계개요 ····· 479
표 2.2.11.2 인필 목업 구조 개요 ····· 484
표 2.2.11.3 재료 설계기준강도 ····· 484
표 2.2.11.4 실별 활화중 ····· 484
표 2.2.11.5 풍하중, 지진하중 ····· 484
표 2.2.11.6 수서단지 B동 설계 변경 사항 ····· 485
표 2.2.11.7 공정간섭 검토 및 대안 ····· 488
표 2.2.11.8 실시설계 변경 개요 ····· 490
표 2.2.11.9 층별 변경 내용 ····· 491
표 2.2.11.10 성과물(품질관리 체크리스트 및 제작도) ····· 492
표 2.2.11.11 공사 주요 관리계획 ····· 493
표 2.2.11.12 인필모듈 설치계획 ····· 495
표 2.2.11.13 교통관리계획 ····· 495
표 2.2.11.14 교통시설물 배치계획 ····· 496
표 2.2.11.15 품질관리 조직 및 주요업무 ····· 498
표 2.2.11.16 현장표준화 계획 ····· 498
표 2.2.11.17 시범적용 공사개요 ····· 500

표 2.2.11.18 모듈러 제작 및 설치계획 ····· 500
표 2.2.11.19 계획평면도 ····· 501
표 2.2.11.20 지붕평면, 단면도 ····· 501
표 2.2.11.21 주요공정표 ····· 502
표 2.2.11.22 인필모듈 시범적용 관련 사진 ····· 503
표 2.2.11.23 U/T관련 사진 ····· 504
표 2.2.11.24 U/T 바닥 구조틀 개선 전·후 비교 ····· 504
표 2.2.11.25 U/T 벽 판넬 개선 전·후 비교 ····· 505
표 2.2.11.26 욕실문 개선 전·후 비교 ····· 505
표 2.2.11.27 U/C 바닥난방 개선 전·후 비교 ····· 505
표 2.2.11.28 모듈 하차방식 개선 전·후 비교 ····· 506
표 2.2.11.29 U/C 세대간 벽체구성 개선 전·후 비교 ····· 507
표 2.2.11.30 층하배관, 층상배관 비교 ····· 508
표 2.2.11.31 PP-R융착식 배관, PB이중관 배관방식 비교 ····· 508
표 2.2.11.32 PD 상세도/입면도 ····· 509
표 2.2.11.33 검토사항 반영시킨 U/C 단면도 ····· 509
표 2.2.11.34 천안두정 인필식 모듈 공사내용 ····· 510
표 2.2.11.35 품질관리 단계별 실천계획 ····· 515
표 2.2.11.36 주요하자 원인 및 대책 ····· 516
표 2.2.12.1 공동주택 계획표 ····· 537
표 2.2.12.2 가설 시설물 설치계획 ····· 540
표 2.2.12.3 조직구성 방향 ····· 540
표 2.2.12.4 조직운영 방향 ····· 540
표 2.2.12.5 직원투입계획 ····· 541
표 2.2.12.6 교육훈련계획 ····· 541
표 2.2.12.7 KMC 공법 ····· 542
표 2.2.12.8 주요 하도급 대상공사 ····· 547
표 2.2.12.9 협력회사 평가 ····· 547
표 2.2.12.10 품질교육계획 ····· 548
표 2.2.12.11 건설공사 정보 ····· 548
표 2.2.12.12 현장 품질방침 및 품질목표 ····· 549
표 2.2.12.13 현장조직관리 ····· 549
표 2.2.12.14 문서관리 ····· 549
표 2.2.12.15 기록관리 ····· 549
표 2.2.12.16 설계개요 ····· 550
표 2.2.12.17 층별면적 ····· 551
표 2.2.12.18 현황분석 및 반영계획 ····· 552
표 2.2.12.19 본사 지원 의사결정 및 기술지원체계 구축 ····· 552
표 2.2.12.20 관련법규검토 ····· 553
표 2.2.12.21 인수인계 계획 ····· 554
표 2.2.12.22 유지관리 추진절차 ····· 554
표 2.2.12.23 유지관리 및 하자보수 계획 ····· 557
표 2.2.12.24 안전행사계획 ····· 559
표 2.2.12.25 안전교육계획 ····· 560

표 2.2.12.26 환경교육계획 ····· 562
표 2.2.12.27 환경점검계획 ····· 563
표 2.2.12.28 폐기물처리계획 ····· 565
표 2.2.12.29 천안두정 개요 ····· 566
표 2.2.12.30 마감재리스트 ····· 568
표 2.2.12.31 운송체크리스트 ····· 571
표 2.2.14.1 조립식 공공임대주택 기술기준 검토 요약 ····· 600
표 2.2.14.2 가양동 행복주택 공사별 담당 시공사 ····· 609
표 2.2.14.3 가양동 행복주택 공사별 담당 시공사 ····· 609
표 2.2.14.4 가양동 발주금액 도출과정 및 첨부파일 확인표 ····· 614
표 2.2.14.5 가양 실증단지 지하 공영주차장 주차면 수 변경과정 ····· 623
표 2.2.15.1 PC공사 견적가격 ····· 631
표 2.2.15.2 PC공사 예상공사기간 ····· 631
표 2.2.15.3 실증단지 중간공정관리일 ····· 633
표 2.2.15.4 천안두정 행복주택 담당 시공사 ····· 633
표 2.2.15.5 각 시공기관별 시공한계 ····· 634
표 2.2.15.6 천안두정 홍보관 개요 ····· 638
표 2.2.16.1 가족구성 변화 추이 ····· 643
표 2.2.16.2 가구 규모별 가구수 ····· 644
표 2.2.16.3 주택 유형별 가구수 ····· 644
표 2.2.16.4 가구원수별 소득계층별 주택 점유형태 비율 ····· 645
표 2.2.16.5 가구원수별 거주면적 현황 ····· 645
표 2.2.16.6 저소득층 1 · 2인 가구 연령대별 평균 거주면적 ····· 646
표 2.2.16.7 가구원수별 주택 점유형태별 평균 임대료 ····· 646
표 2.2.16.8 가구원수별 평균 거주기간 ····· 646
표 2.2.16.9 1·2인 가구 연령대별 거주기간 비율 ····· 646
표 2.2.16.10 1인창조기업의 범위「1인 창조기업 육성에 관한 법률시행령」제2조2제1항 관련 ····· 650
표 2.2.16.11 지역별 수주 현황 ····· 652
표 2.2.16.12 조립식(모듈러)공법과 타 공법과의 비교 ····· 655
표 2.2.16.13 조립식 공공임대주택의 수요층 및 수요층별 거주특성 ····· 659
표 2.2.16.14 기존 국민임대주택과 실증단지의 주요 차이점 비교 ····· 664
표 2.2.16.15 수서단지 신청유형 및 공급호수 ····· 665
표 2.2.16.16 입주자격 구분별 입주대상자 선정 기준 ····· 666
표 2.2.16.17 행복주택 입주계층별 표준 임대료 산정기준 ····· 666
표 2.2.16.18 실증단지별 입주자 유형 및 임대료 산정(안) ····· 667
표 2.2.16.19 유형 1 사업대상지 개요 ····· 668
표 2.2.16.20 유형2 사업대상지 개요 ····· 669
표 2.2.16.21 유형3 건축개요 및 대지현황 ····· 670
표 2.2.16.22 유형별 사업성 분석결과 ····· 671
표 2.2.16.23 운영관리 매뉴얼 목차(안) ····· 674
표 2.2.16.24 유형별 시범사업 시뮬레이션 계획(안) 비교 ····· 679
표 2.2.16.25 시범사업 시뮬레이션 시사점 ····· 679
표 2.2.16.26 모듈러 실증단지 특성보완 운영관리 매뉴얼항목] ····· 680
표 2.2.16.27 가양 라이품 생활안내서 구성 ····· 687

표 2.2.17.1 사업대상 부지 개요 ····· 702
표 2.2.17.2 비용 시뮬레이션 요약 ····· 702
표 2.2.17.3 사업대상 부지 개요 ····· 705
표 2.2.17.4 사업제안 대상지 개요 ····· 709
표 2.2.18.1 조립식 실증단지 연차별 홍보계획 ····· 713
표 2.2.18.2 해외사례집 작성 내용 및 담당기관 요약 ····· 715
표 2.2.18.3 해외사례집 목차 및 담당자 요약 ····· 719
표 2.2.18.4 국가별 방문기관 및 주요내용 ····· 720
표 2.2.18.5 국내 전문가 인터뷰 목록 및 내용 ····· 725
표 2.2.18.6 국내 다큐멘터리 촬영 내용 ····· 726
표 2.2.18.7 해외 촬영지 목록 및 내용 ····· 726
표 2.2.18.8 4차년~5차년 국내 촬영 내용 ····· 727
표 2.2.18.9 4차년~5차년 해외 촬영 내용 ····· 728
표 2.2.18.10 특별방문 단체명 및 일시 ····· 746
표 2.2.19.1 세부 조사 항목 ····· 751
표 2.2.19.2 입주자 의무사항 ····· 757
표 2.2.19.3 입주자 우선공급 ····· 757
표 2.2.19.4 입주자 공용 공간 ····· 757
표 4.2.3.1 세계 건설시장 전망에 따른 경제적 파급효과 ····· 800

그림목차

그림 1.1.1.1 연구의 목표 ····· 4
그림 2.2.1.1 국내 조립식주택 사례표 ····· 23
그림 2.2.1.2 규모 ····· 25
그림 2.2.1.3 공법 ····· 26
그림 2.2.1.4 공사기간 ····· 26
그림 2.2.1.5 위치 ····· 27
그림 2.2.1.6 용도별 확장성 분포 ····· 28
그림 2.2.1.7 사용성 ····· 28
그림 2.2.1.8 용도별 공사기간 분포 ····· 28
그림 2.2.1.9 수직계획모듈 ····· 29
그림 2.2.1.10 모듈개발_1인형 ····· 32
그림 2.2.1.11 모듈개발_2인형 ····· 32
그림 2.2.1.12 Mock-up 평면 ····· 33
그림 2.2.1.13 Mock-up 단면 ····· 33
그림 2.2.1.14 Mock-up 입면 ····· 34
그림 2.2.1.15 BIM 라이브러리 구축 1단계 ····· 35
그림 2.2.1.16 BIM 라이브러리 구축 2단계 ····· 36
그림 2.2.1.17 BIM 라이브러리 구축 3단계 ····· 37
그림 2.2.1.18 BIM 라이브러리 구축 4단계 ····· 37
그림 2.2.1.19 BIM 라이브러리 구축 5단계 ····· 38
그림 2.2.1.20 BIM 라이브러리 구축 6단계 ····· 38
그림 2.2.1.21 BIM 라이브러리 구축 7단계 ····· 39
그림 2.2.1.22 모듈러 건축 MC 설계 기준 2차년 연구내용 ····· 41
그림 2.2.1.23 수평계획모듈 ····· 41
그림 2.2.1.24 적용사례(수서 적용) ····· 41
그림 2.2.1.25 수직계획모듈 ····· 42
그림 2.2.1.26 적용사례(수서 적용) ····· 42
그림 2.2.1.27 주요 구성재_벽체 ····· 42
그림 2.2.1.28 주요 구성재_층간대 ····· 43
그림 2.2.1.29 주요 구성재_창호 ····· 43
그림 2.2.1.30 조립기준면(벽체-창호) ····· 44
그림 2.2.1.31 조립기준면(벽체-욕실) ····· 44
그림 2.2.1.32 MC설계기준 적용 설계도서 사례(수서단지) ····· 49
그림 2.2.1.32 MC설계기준 적용 설계도서 사례(수서단지) (계속) ····· 50
그림 2.2.1.33 1단계: 라이브러리 제작 ····· 51
그림 2.2.1.34 2단계: 코드입력 ····· 52
그림 2.2.1.35 3단계 유닛 모델링 개념도 ····· 52
그림 2.2.1.36 4단계 모듈조합 ····· 53
그림 2.2.1.37 5단계: 시공성 검토 ····· 53
그림 2.2.1.38 6단계: 도면화 ····· 54

그림 2.2.1.39 7단계: BIM기반 조립식주택 물량산출 ····· 54
그림 2.2.1.40 제작된 BIM 라이브러리 (건축) ····· 55
그림 2.2.1.41 제작된 BIM 라이브러리 (건축) ····· 56
그림 2.2.1.42 제작된 BIM 라이브러리 (건축) ····· 56
그림 2.2.1.43 제작된 BIM 라이브러리 (건축) ····· 57
그림 2.2.1.44 제작된 BIM 라이브러리 (건축) ····· 57
그림 2.2.1.45 제작된 BIM 라이브러리 ····· 58
그림 2.2.1.46 제작된 BIM 라이브러리 ····· 58
그림 2.2.1.47 제작된 BIM 라이브러리 (구조) ····· 59
그림 2.2.1.48 제작된 BIM 라이브러리 (구조) ····· 59
그림 2.2.1.49 제작된 BIM 라이브러리 (구조) ····· 60
그림 2.2.1.50 제작된 라이브러리 (MEP) ····· 60
그림 2.2.1.51 컨셉 ····· 61
그림 2.2.1.52 판상형 ····· 66
그림 2.2.1.53 꺾임형 ····· 66
그림 2.2.1.54 꺾임형 ····· 67
그림 2.2.1.55 탑상형 ····· 67
그림 2.2.1.56 Twisting ····· 67
그림 2.2.1.57 조립식주택의 BIM 라이브러리 분류 기준 체계 ····· 69
그림 2.2.1.58 수서단지 BIM 라이브러리 분류체계 ····· 70
그림 2.2.1.59 라이브러리 매개변수를 활용한 정보화 ····· 70
그림 2.2.1.60 양중 시스템 구성 ····· 71
그림 2.2.1.61 시스템 WorkFlow ····· 71
그림 2.2.1.62 Modeling WorkFlow ····· 72
그림 2.2.1.63 모듈러주택 물량산출 시스템 Framework ····· 72
그림 2.2.1.64 모듈러주택 물량산출 시스템 UI ····· 73
그림 2.2.1.65 시스템 주택 유형 ····· 75
그림 2.2.1.66 수평계획모듈 ····· 78
그림 2.2.1.67 수직계획모듈 ····· 78
그림 2.2.1.68 조립기준면 설정(벽체-벽체) ····· 79
그림 2.2.1.69 조립기준면 설정(벽체-창호) ····· 80
그림 2.2.1.70 조립기준면 설정(벽체-조립식 욕실) ····· 80
그림 2.2.1.71 내장 및 구성재 표준규격 ····· 81
그림 2.2.1.72 MC설계적용 프로토타입 상세설계(수서) ····· 85
그림 2.2.1.73 모듈러주택의 설계도서 작성기준(안) ····· 98
그림 2.2.1.73 모듈러주택의 설계도서 작성기준(안)_계속 ····· 99
그림 2.2.1.74 모듈러주택의 설계도서 작성기준(안) 해설서 ····· 100
그림 2.2.2.1 기존 조립식 주택의 바닥충격음 특성 ····· 126
그림 2.2.2.2 기존 조립식 주택의 세대간 차음 특성 ····· 127
그림 2.2.2.3 조립식 주택 Mock-up 바닥구조 설계안 ····· 128
그림 2.2.2.4 조립식 주택 Mock-up 바닥충격음 특성 ····· 128
그림 2.2.2.5 조립식 주택 Mock-up의 세대간 차음성능 특성 ····· 129
그림 2.2.2.6 조립식 주택 외벽 실증기술의 단열측정 시험 ····· 129
그림 2.2.2.7 조립식 주택 Mock-up의 열환경 측정 ····· 130

그림 2.2.2.8 조립식 주택 Mock-up의 벽체와 배관접합부의 기밀시공 예시 ····· 130
그림 2.2.2.9 조립식 주택 Mock-up의 기밀성능 측정 ····· 131
그림 2.2.2.10 Mock-up 바닥구조(안) ····· 133
그림 2.2.2.11 Mock-up 바닥충격음 특성 ····· 134
그림 2.2.2.12 Mock-up의 세대간 차음성능 ····· 134
그림 2.2.2.13 Mock-up의 창호 차음성능 ····· 135
그림 2.2.2.14 Mock-up의 외벽 구성(안) ····· 135
그림 2.2.2.15 기밀성능 측정 장면 ····· 136
그림 2.2.2.16 음환경 실증기술(바닥구조, 세대간 벽체) 적용 ····· 139
그림 2.2.2.17 열환경 실증기술(외벽코너패널, 모듈접합단열) 적용 ····· 139
그림 2.2.2.18 실증단지(수서)의 음 및 열환경 실증기술 반영 사항 ····· 140
그림 2.2.2.19 층간소음 및 세대간 소음 저감을 위한 실증단지 설계(안) ····· 144
그림 2.2.2.20 에너지 절약형 외피를 위한 실증단지 설계(안) ····· 145
그림 2.2.2.21 실증단지(가양)의 모듈세대 주요 차음 및 단열 검토 부위 ····· 146
그림 2.2.2.22 실증단지(가양)의 열 및 음환경 부위별 설계(안) ····· 147
그림 2.2.2.23 실증단지(가양)의 열 및 음환경 모듈 현장제작 모니터링 ····· 147
그림 2.2.2.24 실증단지(가양)의 열 및 음환경성능 현장평가 부위 ····· 148
그림 2.2.2.25 실증단지(가양)의 음환경성능 현장측정 및 장비 ····· 148
그림 2.2.2.26 실증단지(가양)의 열환경성능 현장측정 및 장비 ····· 149
그림 2.2.2.27 실증단지(가양)의 음환경성능(바닥충격음) 현장측정 결과 ····· 149
그림 2.2.2.28 실증단지(가양)의 열화상(단열) 현장측정 결과 일부 ····· 150
그림 2.2.3.1 전체 연구프로세스 ····· 151
그림 2.2.3.2 Mock-up 모듈 열전달 해석 분석범위 ····· 153
그림 2.2.3.3 수서실증단지 기본설계안 에너지성능 분석 결과 ····· 155
그림 2.2.3.4 수서실증단지 설계개선안 건축물 에너지효율등급 분석결과 ····· 158
그림 2.2.3.5 가양실증단지 건축물 에너지효율등급 분석결과 ····· 161
그림 2.2.3.6 수서실증단지 변경 설계안 건축물 에너지효율등급 분석결과 ····· 164
그림 2.2.3.7 가양실증단지 녹색건축인증 예비인증서 ····· 165
그림 2.2.3.8 가양실증단지 건축물 에너지효율등급 인증 예비인증서 ····· 165
그림 2.2.3.9 가양실증단지 녹색건축인증 본인증서 ····· 166
그림 2.2.3.10 가양실증단지 건축물 에너지효율등급 인증 본인증서 ····· 167
그림 2.2.3.11 가양실증단지 각 실별 조도분포 ····· 168
그림 2.2.3.12 가양실증단지 외부 열화상 이미지 ····· 168
그림 2.2.3.13 가양실증단지 실내 열화상 이미지 ····· 169
그림 2.2.3.14 가양실증단지 실내외 온습도 측정 ····· 169
그림 2.2.3.15 가양실증단지 실내외 온도분포 ····· 170
그림 2.2.3.16 가양실증단지 실내외 습도분포 ····· 170
그림 2.2.3.17 조립식주택 건축인증 획득 프로세스 ····· 171
그림 2.2.4.1 모듈 내부 접합부의 강성에 따른 변형 ····· 179
그림 2.2.4.2 모듈의 기둥-보 용접부 ····· 180
그림 2.2.4.3 C형강의 비틀림강도 계산 프로그램 ····· 180
그림 2.2.4.4 각형강관 단면 결손을 고려한 강도 계산 프로그램 ····· 180
그림 2.2.4.5 바닥보와 천장보의 일체거동을 위한 연결 ····· 181
그림 2.2.4.6 해석 대상 모듈 시스템 ····· 181

그림 2.2.4.7 시스템별 모듈 내부 접합부의 유한요소해석 모델링 ····· 182
그림 2.2.4.8 시스템별 모듈 내부 접합부의 유한요소해석 결과 ····· 183
그림 2.2.4.9 시스템별 모듈 내부 접합부의 실험체 제작 ····· 185
그림 2.2.4.10 모듈 내부 접합부의 실험방법 ····· 186
그림 2.2.4.11 금강공업 Mock-up의 모델링 ····· 186
그림 2.2.4.12 5층 Mock-up의 횡하중에 대한 사용성 검토 ····· 187
그림 2.2.4.13 2층 Mock-up의 접합부 및 주각부 앵커 설계 ····· 187
그림 2.2.4.14 2층 Mock-up의 모듈의 상세 구조 검토 ····· 187
그림 2.2.4.15 Mock-up 적용 KICT 구조 실증기술 ····· 189
그림 2.2.4.16 KICT 기둥 주각 접합부 기술의 실증 ····· 189
그림 2.2.4.17 KICT 내부 접합부 용접 상세의 실증 ····· 190
그림 2.2.4.18 KICT 모듈 간 접합부 기술의 실증 ····· 190
그림 2.2.4.19 KICT PC 바닥판 기술의 적용 상세 ····· 191
그림 2.2.4.20 PC 슬래브와 RC 슬래브의 시공 비교 ····· 191
그림 2.2.4.21 모듈 간 접합부 모델링 ····· 192
그림 2.2.4.22 다이어프램 효과 적용 방법 ····· 194
그림 2.2.4.23 Brace 설치 위치 개선안 ····· 194
그림 2.2.4.24 풍하중에 대한 외측모듈의 보강 ····· 195
그림 2.2.4.25 금강공업 모듈 시스템의 모듈간 접합 방식 ····· 195
그림 2.2.4.26 접합부의 모델링 ····· 195
그림 2.2.4.27 수서단지 최종 구조설계 ····· 196
그림 2.2.4.28 수서단지 모듈 간 접합부의 실험 변수 ····· 197
그림 2.2.4.29 수서단지 모듈 간 접합부의 해석 결과 ····· 197
그림 2.2.4.30 수서단지 모듈 간 접합부 실험체 형상 및 실험 방법 ····· 198
그림 2.2.4.31 모듈 보-기둥 접합부의 해석 모델 수립 ····· 199
그림 2.2.4.32 모듈 보-기둥 접합부 해석 모델의 이력 거동 ····· 199
그림 2.2.4.33 모듈 간 접합부 해석 모델 ····· 199
그림 2.2.4.34 모듈간 접합부의 유한요소해석결과 ····· 200
그림 2.2.4.35 모듈 간 접합부의 응력 분포 및 변형형상 ····· 200
그림 2.2.4.36 수서 실증단지 모듈러 구조시스템의 평면도 ····· 201
그림 2.2.4.37 주요 구조 부재의 비선형 모델링 파라미터 및 성능수준의 정의 ····· 201
그림 2.2.4.38 모듈 간 접합부 해석 모델 ····· 202
그림 2.2.4.39 모듈 간 접합부 해석 모델 ····· 203
그림 2.2.4.40 최대 층간 변위비 응답 ····· 203
그림 2.2.4.41 실증단지 모듈 간 접합부 및 실험 대상 부위 ····· 204
그림 2.2.4.42 실증단지 모듈 간 접합부 실험체 ····· 205
그림 2.2.4.43 모듈 간 접합부 실험체의 셋팅 ····· 205
그림 2.2.4.44 실험체 반력과 휨모멘트 분포 ····· 205
그림 2.2.4.45 보 단면의 소성휨모멘트 ····· 206
그림 2.2.4.46 모듈 간 접합부 실험체의 주요 좌굴 형상 ····· 206
그림 2.2.4.47 모듈 간 접합부의 골조성능 분석 (계속) ····· 207
그림 2.2.4.48 모듈 간 접합부의 골조성능 분석 ····· 207
그림 2.2.4.49 모듈 간 접합부의 개선 사항 ····· 207
그림 2.2.4.50 구조분야 기술의 적용 위치 ····· 208

그림 2.2.4.51 구조분야 기술 실증단지 적용 계획 상세 ····· 208
그림 2.2.4.52 샛기둥 설치모듈에 대한 AISC 평가식 적용방안 ····· 210
그림 2.2.4.53 샛기둥 유효강성에 따른 AISC 평가식 적용방안에 대한 적용범위 ····· 210
그림 2.2.4.54 Mock-up 주택 바닥판 진동성능 실험 ····· 211
그림 2.2.4.55 가속도 응답스펙트럼 ····· 211
그림 2.2.4.56 Mock-up 주택 진동성능 평가 ····· 212
그림 2.2.4.57 수서 모듈러 골조 조립식주택 골조의 모델링 ····· 214
그림 2.2.4.58 수서 실증단지의 지진응답해석(Taft_NS, 200gal) ····· 215
그림 2.2.4.59 수서 실증단지의 최대 층간 변형률(Taft_NS, 200gal) ····· 215
그림 2.2.4.60 수서 실증단지의 지진응답해석(Taft_NS, 250gal) ····· 216
그림 2.2.4.61 수서 실증단지의 최대 층간 변형률(Taft_NS, 250gal) ····· 216
그림 2.2.4.62 가양 실증단지의 해석 검증 모델 ····· 217
그림 2.2.4.63 가양 실증단지의 해석 모델 검증 ····· 218
그림 2.2.4.64 가양 실증단지 구조설계 부재 접합부의 해석결과 ····· 218
그림 2.2.4.65 가양 실증단지 구조설계 부재 접합부 보강 방안 ····· 218
그림 2.2.4.66 가양 실증단지 구조설계 부재 접합부 보강 상세 1의 해석결과 ····· 219
그림 2.2.4.67 가양 실증단지 구조설계 부재 접합부 보강 상세 2의 해석결과 ····· 219
그림 2.2.4.68 외부 진동 측정 대상 모듈러 건축물 및 차량 운행 경로 ····· 219
그림 2.2.4.69 외부 진동 세대 내의 측정 위치 ····· 220
그림 2.2.4.70 ISO 2631의 등가반응곡선과 진동 허용 기준 ····· 220
그림 2.2.4.71 BBN Criteria ····· 221
그림 2.2.4.72 외부 진동 측정 결과(수직 방향) ····· 222
그림 2.2.4.73 가양 실증단지 모듈의 기둥-보 접합 용접 상세 모니터링 ····· 223
그림 2.2.4.74 가양 실증단지 트러스 데크 바닥 단부의 정착 상세 개선 ····· 224
그림 2.2.4.75 가양 실증단지 콘크리트 코어와 연결을 위한 선매립 철물의 용접부 수정 ····· 224
그림 2.2.4.76 가양 실증단지 선설치 앵커의 시공 및 높이 조정 ····· 224
그림 2.2.4.77 가양 실증단지 모듈 간 볼트 접합부 ····· 225
그림 2.2.4.78 가양 실증단지 코어와 모듈 연결부 보강 ····· 225
그림 2.2.4.79 천안두정 실증단지 구조분야 실증기술의 실시설계도서 ····· 226
그림 2.2.4.80 경량 합성 슬래브 시제품 제작 ····· 226
그림 2.2.4.81 C형강 보 개선 처리 ····· 226
그림 2.2.4.82 트러스 데크 설치 및 단부 정착 처리 ····· 227
그림 2.2.4.83 트러스 데크 설치를 위한 앵글 용접 ····· 227
그림 2.2.4.84 경량합성슬래브 설치 및 배근 상세 ····· 227
그림 2.2.4.85 일장형 접합철물 및 ㄱ형 접합철물의 적용 ····· 228
그림 2.2.4.86 십자형 접합철물의 적용 ····· 228
그림 2.2.4.87 구조설계가이드 본문 1장 ····· 229
그림 2.2.4.88 구조설계가이드 본문 2장 ····· 230
그림 2.2.4.89 구조설계가이드 본문 3장 ····· 230
그림 2.2.4.90 구조설계가이드 본문 4장 ····· 231
그림 2.2.4.91 구조설계가이드 본문 5장 ····· 231
그림 2.2.4.92 구조설계가이드 부록Ⅰ 구조설계 예제 ····· 232
그림 2.2.4.93 구조설계가이드 부록Ⅰ 시공단계별 구조설계 예제 ····· 232
그림 2.2.4.94 구조설계가이드 부록Ⅰ 사용성 평가 예제 ····· 233

그림 2.2.4.95 구조설계가이드 부록II 내부 접합부 상세 ····· 233
그림 2.2.4.96 구조설계가이드 부록II 모듈 간 접합부 상세 ····· 234
그림 2.2.4.97 구조설계가이드 부록II 모듈 주각 접합부 상세 ····· 234
그림 2.2.5.1 화물차량에 용접 설치된 기존의 고정블럭 ····· 236
그림 2.2.5.2 기존 유닛모듈러 운반용 고정장치 현황 ····· 236
그림 2.2.5.3 Mock-up 적용을 고려한 기능 개선 ····· 237
그림 2.2.5.4 기존의 조립접합용 공구 ····· 237
그림 2.2.5.5 유닛모듈 조립용 전동공구 접합부 조립 ····· 238
그림 2.2.5.6 유닛모듈 조립용 전동공구 작업효율 개선 ····· 238
그림 2.2.5.7 운반용 고정장치의 분리형 개선안 ····· 239
그림 2.2.5.8 작용하중에 따른 분리형 고정장치의 응력분포 ····· 240
그림 2.2.5.9 개선된 조립공구의 구성 및 거치형태 ····· 241
그림 2.2.5.10 해석 모델의 경계조건 및 해석결과 ····· 241
그림 2.2.5.11 운반용 고정장치 ····· 242
그림 2.2.5.12 운반용 고정장치 거치 및 모듈운반 ····· 243
그림 2.2.5.13 대상 Mock-up 및 적용부위 ····· 243
그림 2.2.5.14 수공구 및 에어토크렌치 ····· 243
그림 2.2.5.15 Bar type 상단 고정장치의 하중 각도에 따른 최대 응력 ····· 246
그림 2.2.5.16 Round type 상단 고정장치의 하중 각도에 따른 최대 응력 ····· 246
그림 2.2.5.17 체결나사 결합 위치에 따른 응력 해석 결과 ····· 247
그림 2.2.5.18 링크 개수에 따른 응력 변화 ····· 248
그림 2.2.5.19 운반용 고정장치 ····· 249
그림 2.2.5.20 운반용 고정장치의 사전검토 ····· 250
그림 2.2.5.21 운반용 고정장치의 실검증 적용 ····· 251
그림 2.2.5.22 운반용 고정장치의 파단 ····· 251
그림 2.2.5.23 조립공구 ····· 252
그림 2.2.5.24 조립공구 적용부위 ····· 253
그림 2.2.5.25 조립공구의 사전검토 ····· 253
그림 2.2.5.26 철골 프레임에 의한 조립공구 간섭 위치 ····· 254
그림 2.2.5.27 철골 프레임 간섭에 의한 조립공구 적용 어려움 ····· 254
그림 2.2.6.1 내화 하이브리드 기술 개념 ····· 257
그림 2.2.6.2 건식 및 습식 내화 하이브리드 공법 개요 ····· 257
그림 2.2.6.3 조립식 주택용 하이브리드 내화기술 모델 ····· 258
그림 2.2.6.4 하이브리드 시험체 내화성능 시험 모습 ····· 259
그림 2.2.6.5 내화시험 후 시험체 모습 ····· 260
그림 2.2.6.6 시험체 시간-평균온도 ····· 261
그림 2.2.6.7 내화시험성적서 ····· 261
그림 2.2.6.8 내화시험후 시험체 모습 ····· 263
그림 2.2.6.9 시험체 평균온도 거동 ····· 264
그림 2.2.6.10 시험체 최고온도 거동 ····· 264
그림 2.2.6.11 조립식 주택용 내화충전구조 실험체 구성 ····· 264
그림 2.2.6.12 조립식 주택용 내화충전구조 실험 모습 ····· 265
그림 2.2.6.13 내화건식피복기술 내화성능 평가 모습 ····· 267
그림 2.2.6.14 내화구조 인정서 ····· 268

그림 2.2.6.15 공장 생산형 내화충전구조 개요 및 기존 구조 비교 ····· 268
그림 2.2.6.16 내화시험 시험체 설치 및 시험후 발포 형상 ····· 269
그림 2.2.6.17 내화충전구조 시험체 온도 분포 ····· 269
그림 2.2.6.18 내화성능 실험 모습 ····· 270
그림 2.2.6.19 내화구조 인정서 ····· 271
그림 2.2.6.20 내화성능평가 시험체 ····· 271
그림 2.2.6.21 내화충전구조 시험 모습 ····· 272
그림 2.2.6.22 공장 생산형 내화충전구조 국토부 고시 시험성적서 분포 ····· 272
그림 2.2.7.1 모듈러 공법의 유형 분류 ····· 274
그림 2.2.7.2 조달청 공사코드 운영시스템 중 공사 코드에 따른 실적공사비 사례 ····· 275
그림 2.2.7.3 모듈러 공장제작단계 각 공종별 자재비 구성 ····· 285
그림 2.2.7.4 해외 모듈러 공장(세키스이하임) 배치도 ····· 292
그림 2.2.8.1. 원가분석 절차 ····· 306
그림 2.2.8.2. 비목별 구성비 ····· 308
그림 2.2.8.3. 공종별 구성비 ····· 308
그림 2.2.8.4 건축공사 구성비 ····· 309
그림 2.2.8.5. 분야별 구성비 ····· 309
그림 2.2.8.6. 1층 필로티 공간 사례 ····· 310
그림 2.2.8.7. 대상건축물 외부 전경 ····· 311
그림 2.2.8.8. 공사비 절감 분석 프로세스 ····· 314
그림 2.2.8.9. 경제성 분석 절차 ····· 315
그림 2.2.8.10. 비목별,공종별 공사금액 비교 ····· 317
그림 2.2.8.11. 분야별 공사금액 비교 ····· 317
그림 2.2.8.12. MOCK UP 모니터링 추진 계획 ····· 319
그림 2.2.8.13 가양실증단지 투시도 ····· 320
그림 2.2.8.14 가양실증단지 세대별 평면도 ····· 320
그림 2.2.8.15 가양실증단지 단위세대 단면도 ····· 320
그림 2.2.8.16 공장 내/외부 전경 ····· 321
그림 2.2.8.17 공장 Lay out ····· 321
그림 2.2.8.18 주요장비 현황 및 공정 프로세스 ····· 322
그림 2.2.8.19 모니터링 양식지 작성 例 ····· 322
그림 2.2.8.20 MOCK UP 제작 단면 ····· 323
그림 2.2.8.21 MOCK UP 제작사진 ····· 323
그림 2.2.8.22 VE결과 종합 ····· 326
그림 2.2.8.23 연구의 목표 및 내용 ····· 333
그림 2.2.8.24 공장전경 ····· 334
그림 2.2.8.25 공장 Lay out ····· 334
그림 2.2.8.26 공사개요 ····· 335
그림 2.2.8.27 모니터링 범위 ····· 335
그림 2.2.8.28 단위세대 평면도 ····· 336
그림 2.2.8.29 공장제작 모듈 배치 ····· 337
그림 2.2.8.30 공장제작 모습 ····· 337
그림 2.2.8.31 천안두정 실증단지 현장설치 ····· 338
그림 2.2.8.32 Web-Cyclone모델 공장제작 공정관리표 ····· 341

그림 2.2.8.33 Web-Cyclone 모델 현장설치 공정관리표 ····· 343
그림 2.2.8.34 제조업 분야의 학습률에 따른 생산성 특성 ····· 344
그림 2.2.8.35 순공사비 비율 분석 ····· 346
그림 2.2.8.36 공정별 공사비 비율 분석 ····· 347
그림 2.2.8.37 건축공사 공정의 공사비 집계 비율 분석 ····· 347
그림 2.2.8.38 설비공사 공정의 공사비 집계 비율 분석 ····· 348
그림 2.2.8.39 전기공사 공정의 공사비 집계 비율 분석 ····· 348
그림 2.2.8.40 통신공사 공정의 공사비 집계 비율 분석 ····· 349
그림 2.2.8.41 기타공사 공정의 공사비 집계 비율 분석 ····· 349
그림 2.2.9.1 Mock-up 1~2층 평면도 ····· 356
그림 2.2.9.2 Mock-up 정면도 ····· 357
그림 2.2.9.3 Mock-up 우측면도 ····· 357
그림 2.2.9.4 Mock-up 단면도 A ····· 358
그림 2.2.9.5 Mock-up 단면도 B ····· 358
그림 2.2.9.6 1 Module Unit ····· 359
그림 2.2.9.7 2 Module Unit ····· 359
그림 2.2.9.8 Mock-Up 기본계획 ····· 360
그림 2.2.9.9 주차장부지를 활용한 디자인계획 ····· 361
그림 2.2.9.10 수서단지 배치도 ····· 362
그림 2.2.9.11 건축한계선 및 대지안의 공지 기준선 ····· 362
그림 2.2.9.12 1층 평면도 ····· 363
그림 2.2.9.13 2층 평면도 ····· 363
그림 2.2.9.14 3층 평면도 ····· 365
그림 2.2.9.15 4층 평면도 ····· 365
그림 2.2.9.16 5층 평면도 ····· 366
그림 2.2.9.17 입면개념 이미지 ····· 367
그림 2.2.9.18 입면디자인 프로세스 ····· 367
그림 2.2.9.19 수서단지 입면재료 적용안 ····· 368
그림 2.2.9.20 펀칭메탈 발코니 ····· 368
그림 2.2.9.21 펀칭메탈 주차장 차폐 ····· 368
그림 2.2.9.22 남측면도 ····· 369
그림 2.2.9.23 북측면도 ····· 369
그림 2.2.9.24 동/서측면도 ····· 369
그림 2.2.9.25 17TYPE 공간배치 ····· 370
그림 2.2.9.26 17TYPE 단위세대 평면도 ····· 370
그림 2.2.9.27 36A/36B TYPE 공간배치 ····· 371
그림 2.2.9.28 36TYPE 단위세대 평면도 ····· 372
그림 2.2.9.29 1층 주차장 평면도 ····· 373
그림 2.2.9.30 2층 주차장 평면도 ····· 374
그림 2.2.9.31 수서단지 구조계획 기본방향 ····· 375
그림 2.2.9.32 구조시스템 3D 모델링 ····· 375
그림 2.2.9.33 각 부분별 구조계획 ····· 376
그림 2.2.9.34 Pedestal Type (PIN) ····· 377
그림 2.2.9.35 Embedded Type (FIX) ····· 377

그림 2.2.9.36 실증단지(가양단지) 기본계획 ····· 377
그림 2.2.9.37 실증단지(가양단지) 배치 및 동선계획 ····· 378
그림 2.2.9.38 실증단지(가양단지) 배치계획 ····· 378
그림 2.2.9.39 실증단지(가양단지) 입면계획 ····· 379
그림 2.2.9.40 12대 실증기술 실시설계도서 적용사항 List ····· 380
그림 2.2.9.41 MC설계적용 ····· 381
그림 2.2.9.42 기초 레벨링 ····· 381
그림 2.2.9.43 모듈내부 접합부 ····· 381
그림 2.2.9.44 모듈간 접합부 ····· 381
그림 2.2.9.45 경량바닥구조 ····· 381
그림 2.2.9.46 에너지 절약형 외피기술적용 ····· 382
그림 2.2.9.47 내화건식피복 기술 ····· 382
그림 2.2.9.48 커뮤니티실 조정안 ····· 384
그림 2.2.9.49 화장실 조정안 ····· 385
그림 2.2.9.50 쓰레기 분리수거장 조정안 ····· 385
그림 2.2.9.51 램프진입구 조정안 ····· 385
그림 2.2.9.52 건축위원회 조치사항-1 ····· 386
그림 2.2.9.53 건축위원회 조치사항-1 ····· 386
그림 2.2.9.54 건축위원회 조치사항-3 ····· 387
그림 2.2.9.55 건축위원회 조치사항-4 ····· 387
그림 2.2.9.56 건축위원회 조치사항-5 ····· 387
그림 2.2.9.57 건축위원회 조치사항-6 ····· 388
그림 2.2.9.58 건축위원회 조치사항-7 ····· 388
그림 2.2.9.59 서울특별시 자문위원회 조치사항-1 ····· 389
그림 2.2.9.60 서울특별시 자문위원회 조치사항-2 ····· 389
그림 2.2.9.61 서울특별시 자문위원회 2차 조치사항-1 ····· 390
그림 2.2.9.62 서울특별시 자문위원회 2차 조치사항-2 ····· 390
그림 2.2.9.63 수서 실증단지 설계매뉴얼 표지 및 목차 ····· 391
그림 2.2.9.64 A동 기준층 단면 상세도 ····· 392
그림 2.2.9.65 B동 기준층 단면 상세도 ····· 393
그림 2.2.9.66 천안두정 RC조 기준층 평면도(2~5층) ····· 395
그림 2.2.9.67 천안두정 RC조 기준층 평면도(6층) ····· 395
그림 2.2.9.68 천안두정 RC조 배면도 및 우측면도 ····· 396
그림 2.2.10.1 가양단지 Mock-up 평면도 ····· 398
그림 2.2.10.2 가양단지 Mock-up 종단면도 ····· 398
그림 2.2.10.3 수평계획모듈 ····· 398
그림 2.2.10.4 수직계획모듈 ····· 398
그림 2.2.10.5 수직계획모듈가양단지 Mock-up 구조평면도(바닥) ····· 399
그림 2.2.10.6 수직계획모듈 가양단지 Mock-up 구조 횡단면도 ····· 399
그림 2.2.10.7 수직계획모듈가양단지 Mock-up 구조 종단면도 ····· 399
그림 2.2.10.8 목업유닛 평면도 ····· 402
그림 2.2.10.9 목업 프로세스 ····· 402
그림 2.2.10.10 목업 골조시스템 ····· 402
그림 2.2.10.11 바닥사잇보 5개적용모델 ····· 403

그림 2.2.10.12 바닥사잇보 1개적용모델 ····· 403
그림 2.2.10.13 모듈 양중 및 변형 테스트 ····· 403
그림 2.2.10.14 목업 장변방향 측면 시뮬레이션 ····· 404
그림 2.2.10.15 혼합식 바닥판 평면 ····· 404
그림 2.2.10.16 혼합식 바닥판 보 가정 ····· 404
그림 2.2.10.17 혼합식 바닥판 평면 ····· 405
그림 2.2.10.18 장변보 비틀림 전/후 ····· 405
그림 2.2.10.19 가양실증단지 사이트 위치 및 조감도 ····· 405
그림 2.2.10.20 가양실증단지 공간적 범위 결정안 횡단면도 ····· 406
그림 2.2.10.21 가양실증단지 벽체별 내화 ····· 408
그림 2.2.10.22 가양실증단지 벽체단열계획 ····· 409
그림 2.2.10.23 가양실증단지 바닥단열계획 ····· 409
그림 2.2.10.24 가양실증단지 벽식 내화계획 ····· 410
그림 2.2.10.25 가양실증단지 벽식 단열계획 ····· 410
그림 2.2.10.26 가양실증단지 벽식 기준층 거실-현관 바닥 단면상세도 ····· 411
그림 2.2.10.27 가양실증단지 벽식 기준층 거실-욕실 바닥 단면도 ····· 411
그림 2.2.10.28 가양실증단지 벽식 외벽 실외-실내 평면도 ····· 412
그림 2.2.10.29 가양실증단지 벽식 외벽 실외-실내 단면도 ····· 412
그림 2.2.10.30 가양실증단지 벽식 외벽 실내(거실)-세대간 단면도 ····· 413
그림 2.2.10.31 가양실증단지 벽식 외벽 실내(거실)-세대간 평면도 ····· 413
그림 2.2.10.32 가양실증단지 주변현황 분석도 ····· 414
그림 2.2.10.33 가양실증단지 배치도 ····· 415
그림 2.2.10.34 가양실증단지 조감도 ····· 416
그림 2.2.10.35 가양실증단지 지하공용주차장 평면도 ····· 417
그림 2.2.10.36 가양실증단지 1층 평면도 ····· 417
그림 2.2.10.37 가양실증단지 2층 평면도 ····· 418
그림 2.2.10.38 가양실증단지 3층 평면도 ····· 418
그림 2.2.10.39 가양실증단지 4층 평면도 ····· 419
그림 2.2.10.40 가양실증단지 5층 평면도 ····· 419
그림 2.2.10.41 가양실증단지 6층 평면도 ····· 420
그림 2.2.10.42 가양실증단지 입면도 ····· 420
그림 2.2.10.43 가양실증단지 단면도 ····· 421
그림 2.2.10.44 가양실증단지 건축계획사업승인 현황 ····· 422
그림 2.2.10.45 가양실증단지 12대실증기술 적용안 ····· 423
그림 2.2.10.46 가양실증단지 설계변경도서 ····· 426
그림 2.2.11.1 1층 평면도 ····· 480
그림 2.2.11.2 단면도 ····· 480
그림 2.2.11.3 정면도 ····· 481
그림 2.2.11.4 단위세대 기본 모듈 평면도 ····· 481
그림 2.2.11.5 모듈러 제작 및 운송 과정 ····· 482
그림 2.2.11.6 인필 모듈러 양중 및 설치 과정 ····· 483
그림 2.2.11.7 풍하중, 지진하중 구조해석 ····· 484
그림 2.2.11.8 2층 평면도 ····· 486
그림 2.2.11.9 3층 평면도 ····· 486

그림 2.2.11.10 4층 평면도 ····· 486
그림 2.2.11.11 5-6층 평면도 ····· 486
그림 2.2.11.12 침실-외벽 접합상세도 ····· 486
그림 2.2.11.13 참실-발코니 접합상세도 ····· 486
그림 2.2.11.14 침실-침실 접합상세도 ····· 487
그림 2.2.11.15 현관-복도 접합상세도 ····· 487
그림 2.2.11.16 과제 수행 프로세스 ····· 487
그림 2.2.11.17 주요공정표 중 공정 간섭기간 ····· 488
그림 2.2.11.18 시공계획서 ····· 489
그림 2.2.11.19 목차 ····· 489
그림 2.2.11.20 사업수행계획 ····· 489
그림 2.2.11.21 공사관리계획 ····· 489
그림 2.2.11.22 품질관리계획 ····· 489
그림 2.2.11.23 환경관리계획 ····· 489
그림 2.2.11.24 B동 BIM 설계 ····· 491
그림 2.2.11.25 공사관리 계획 ····· 493
그림 2.2.11.26 주요공정표 ····· 493
그림 2.2.11.27 가설계획도 ····· 494
그림 2.2.11.28 운반차량 운영계획도 ····· 494
그림 2.2.11.29 차량 진·출입로 계획도 ····· 495
그림 2.2.11.30 양중장비 스펙 ····· 496
그림 2.2.11.31 이동식T타워 ····· 496
그림 2.2.11.32 모듈러 설치계획도 ····· 496
그림 2.2.11.33 인필 모듈 설치 프로세스 ····· 497
그림 2.2.11.34 품질관리 목표 및 주안점 ····· 497
그림 2.2.11.35 품질관리 CYCLE ····· 497
그림 2.2.11.36 바닥상세도 ····· 502
그림 2.2.11.37 내장재 상세도 ····· 503
그림 2.2.11.38 천안두정단지 예정공정표 ····· 510
그림 2.2.11.39 주요 공정 작업표 ····· 511
그림 2.2.11.40 잔여 공정 및 예상 투입인원 ····· 511
그림 2.2.11.41 모듈 공장 조직도 ····· 512
그림 2.2.11.42 모듈 제작 과정 ····· 512
그림 2.2.11.43 U/T 작업 공정 계획 ····· 513
그림 2.2.11.44 U/C 작업 공정 계획 ····· 513
그림 2.2.11.45 모듈 인필 계획표 ····· 514
그림 2.2.11.46 인필 모듈러 양중 순서 ····· 514
그림 2.2.11.47 품질관리 목표 및 절차 ····· 515
그림 2.2.11.48 모듈 품질관리 방안 ····· 516
그림 2.2.11.49 주요 하자 품질 관리방안 ····· 516
그림 2.2.12.1 12대 실증기술 ····· 525
그림 2.2.12.2 Mock-up 설계개요 ····· 525
그림 2.2.12.3 Mock-up 진행계획 평면도 ····· 526
그림 2.2.12.4 Mock-up 진행계획 단면도 ····· 527

그림 2.2.12.5 Mock-up 진행계획 입면도 ····· 527
그림 2.2.12.6 공장제작 프로세스(건축) ····· 529
그림 2.2.12.7 공장제작 프로세스(전기) ····· 529
그림 2.2.12.8 현장조립 프로세스(건축) ····· 530
그림 2.2.12.9 현장조립 프로세스(운반) ····· 531
그림 2.2.12.10 기본설계 관련사항 검토 ····· 533
그림 2.2.12.11 기본 설계도서 검토(평면) ····· 534
그림 2.2.12.12 기본 설계도서 검토(입면) ····· 535
그림 2.2.12.13 기본 설계도서 검토(구조) ····· 535
그림 2.2.12.14 원가내역 검토 ····· 538
그림 2.2.12.15 공사관리 목표 및 주안점 ····· 539
그림 2.2.12.16 가설계획 ····· 539
그림 2.2.12.17 조직도 ····· 541
그림 2.2.12.18 KMC 모듈러 UNIT 생산 프로세스 ····· 542
그림 2.2.12.19 KMC 모듈러 공장제작 및 운송계획 ····· 543
그림 2.2.12.20 모듈러 UNIT 운반계획 ····· 544
그림 2.2.12.21 모듈러 UNIT 현장 조립 프로세스 ····· 544
그림 2.2.12.22 모듈러 UNIT 현장 조립계획 ····· 545
그림 2.2.12.23 진출입로 관리계획 ····· 546
그림 2.2.12.24 교통시설물 설치계획 ····· 546
그림 2.2.12.25 하도급 관리계획 ····· 547
그림 2.2.12.26 품질관리 목표 및 주안점 ····· 547
그림 2.2.12.27 품질관리 CYCLE ····· 548
그림 2.2.12.28 조감도 ····· 551
그림 2.2.12.29 현장위치도 ····· 551
그림 2.2.12.30 주요현황 ····· 552
그림 2.2.12.31 인허가 업무처리 흐름도 ····· 553
그림 2.2.12.32 유지관리 시스템 및 운영계획 ····· 554
그림 2.2.12.33 품질확보 및 관리계획 ····· 555
그림 2.2.12.34 생산단계 품질확보 방안 ····· 555
그림 2.2.12.35 시공단계 품질확보 방안 ····· 556
그림 2.2.12.36 쾌적한 주거환경확보 방안 ····· 556
그림 2.2.12.37 모듈러 이동성능 향상방안 ····· 556
그림 2.2.12.38 TAB 및 종합시운전 ····· 557
그림 2.2.12.39 안전관리 개요 ····· 557
그림 2.2.12.40 단계별 안전관리 ····· 558
그림 2.2.12.41 주요 안전관리 계획 ····· 558
그림 2.2.12.42 안전관리 조직 및 업무 ····· 558
그림 2.2.12.43 안전보건 경영시스템 ····· 559
그림 2.2.12.44 비상시 안전관리계획 ····· 559
그림 2.2.12.45 환경관리 개요 ····· 560
그림 2.2.12.46 단계별 환경관리계획 ····· 560
그림 2.2.12.47 주요 인자별 세부관리계획 ····· 561
그림 2.2.12.48 환경관리 조직 및 업무 ····· 562

그림 2.2.12.49 환경경영 방침 ····· 563
그림 2.2.12.50 경영시스템 구축방안 ····· 563
그림 2.2.12.51 민원관리 시스템 ····· 564
그림 2.2.12.52 천안두정 전체 공정표 ····· 567
그림 2.2.12.53 적층형 공정표 ····· 567
그림 2.2.12.54 모듈러제작 공장 스카이뷰 ····· 570
그림 2.2.12.55 모듈공장제작 Lay-out ····· 570
그림 2.2.12.56 모듈러 운송예정 도로 ····· 571
그림 2.2.12.57 현장관리 중점 사항 ····· 572
그림 2.2.12.58 철골 주요접합 상세도 ····· 574
그림 2.2.12.59 내화구조의 인정 및 관리기준 [국토해양부고시 제2010-331호] ····· 574
그림 2.2.12.60 구조설명도 ····· 575
그림 2.2.12.61 단면도 ····· 575
그림 2.2.12.62 구조설명도 ····· 576
그림 2.2.12.63 단면도 ····· 576
그림 2.2.12.64 건식벽체 부호도 ····· 577
그림 2.2.12.65 기둥 단열 상세도 ····· 577
그림 2.2.12.66 건식벽체 안내도 ····· 579
그림 2.2.12.67 건식벽체 상세도 ····· 580
그림 2.2.12.68 적층식 평면도 ····· 580
그림 2.2.12.69 적층식 단면도 ····· 581
그림 2.2.12.70 적층식 단면도 ····· 582
그림 2.2.12.71 바닥 상세 단면도 ····· 582
그림 2.2.12.72 모듈러 출고 프로세스 ····· 590
그림 2.2.13.1 수서단지 BIM 구현모습 ····· 593
그림 2.2.13.2 수서단지 4D 시뮬레이션 구현화면모습 ····· 594
그림 2.2.13.3 BIM 활용계획 프로세스부분 ····· 594
그림 2.2.13.4 BIM 활용계획 프로세스부분 ····· 595
그림 2.2.13.5 배치계획 검토 모습 ····· 596
그림 2.2.13.6 양중계획 검토 모습 ····· 596
그림 2.2.13.7 공정계획 검토 모습 ····· 596
그림 2.2.13.8 실증단지 시공시나리오 모습 ····· 597
그림 2.2.13.9 3D-4D-5D BIM 적용 및 연계성 검토 ····· 597
그림 2.2.14.1 도시건축공동위원회 결정사항 ····· 602
그림 2.2.14.2 공간적범위 결정(안)도 ····· 603
그림 2.2.14.3 건축물등에 관한 결정사항 ····· 603
그림 2.2.14.4 마곡사업부지 내 공사기간중 대체주차장 부지(안) ····· 604
그림 2.2.14.5 가양 실증단지 구축 임시주차장 부지 ····· 607
그림 2.2.14.6 가양 실증단지 착공신고필증 (2016.11.11.) ····· 610
그림 2.2.14.7 모듈러 부분 및 하부시공 부분 공사비 분류 ····· 613
그림 2.2.14.8 가양동 1457-1 현장 철거공사 및 하수도 이설공사 현황 ····· 615
그림 2.2.14.9 임시주차장 조성 및 운영 현황 ····· 615
그림 2.2.14.10 토탈 디자인 과업 수행 결과 ····· 617
그림 2.2.14.11 토탈 디자인 범위 요약 ····· 618

그림 2.2.14.12 토탈 디자인이 적용 된 가양 실증단지 외부 및 공용부분 ····· 618
그림 2.2.14.13 토탈 디자인이 적용 된 가양 실증단지 실내 부분 ····· 619
그림 2.2.14.14 라이품(LIFPOOM) 브랜드명이 적용 된 가양 실증단지 현황 ····· 620
그림 2.2.14.15 라이품(LIFPOOM) 상표출원 상품류 제 36류, 제37류 출원공고 결정서 ····· 620
그림 2.2.14.16 가양 실증단지 구축 기성금 지급 프로세스 ····· 622
그림 2.2.14.17 2017년 6월 28일 발표 된 한국, 미국, 일본 기상청의 서울지역 7월 3일 기상예보 현황 ····· 624
그림 2.2.14.18 2017년 7월 7일 발표 된 한국, 미국, 일본 기상청의 서울지역 7월 13일 기상예보 현황 ····· 625
그림 2.2.14.19 착공전~2017년 1월 가양동 현장 전경 ····· 627
그림 2.2.14.20 2017년 2월~2017년 5월 가양동 현장 전경 ····· 627
그림 2.2.14.21 2017년 6월~2017년 9월 가양동 현장 전경 ····· 628
그림 2.2.14.22 2017년 10월 ~ 준공 ····· 628
그림 2.2.14.23 준공 후 가양 라이품 전경 ····· 628
그림 2.2.15.1 참여기관별 업무범위 ····· 632
그림 2.2.15.2 천안두정 행복주택 건설사업계획 승인서 (2017.8.30.) 및 변경사업승인서(2018.7.6.) ····· 632
그림 2.2.15.3 천안두정단지 의사결정 구조 ····· 636
그림 2.2.15.4 천안두정단지 공사지연 요약 ····· 637
그림 2.2.15.5 천안두정실증단지 통합 공정표 ····· 639
그림 2.2.16.1 사업모델개발 연구내용 요약 ····· 642
그림 2.2.16.2 조립식 공공임대주택 사업추진 전략 ····· 648
그림 2.2.16.3 SH공사의 '도전숙' 시범사업 사례 ····· 649
그림 2.2.16.4 농어촌주택표준설계도 예시 ····· 653
그림 2.2.16.5 조립식주택을 활용한 농어촌 공공임대주택 사업모델(안) ····· 654
그림 2.2.16.6 준공(SH공사 임대주택) 후 연차별 수선유지비 비율 ····· 656
그림 2.2.16.7 LH 및 SH공사가 보유한 매입임대주택 현황(2014.11월 말 기준) ····· 659
그림 2.2.16.8 서울시내 활용가능부지 현황 ····· 660
그림 2.2.16.9 개발가능대상지의 분포 현황 ····· 661
그림 2.2.16.10 택지유형에 따른 수요자 맞춤형 조립식주택 사업모델 분석대상 ····· 661
그림 2.2.16.11 유형① 사업화 가능부지 개략 현황 ····· 662
그림 2.2.16.12 유형1 건축개요 및 도면 ····· 669
그림 2.2.16.13 유형2 건축개요 및 도면 ····· 670
그림 2.2.16.14 유형3 건축개요 및 도면 ····· 671
그림 2.2.16.15 유형별 사업 예상규모 ····· 672
그림 2.2.16.16 기존 공공임대주택 운영관리 문제점과 조립식 실증단지 운영관리 방향 ····· 672
그림 2.2.16.17 유형4 위치 및 대지현황 ····· 677
그림 2.2.16.18 유형5 위치 및 대지현황 ····· 678
그림 2.2.16.19 유형 6 위치 및 대지현황 ····· 678
그림 2.2.16.20 선진국 장기경제 성장률 추이(좌), 한국 가계-기업소득 추이 ····· 681
그림 2.2.16.21 연도별 수도권 인구 및 구성비(좌) 및 서울시 1인 가구비율(우) ····· 682
그림 2.2.16.22 ····· 685
그림 2.2.16.23 지하철 2호선과 ····· 685
그림 2.2.16.24 호텔 사례(Yotel) ····· 686
그림 2.2.16.25 리테일 사례(커먼그라운드) ····· 686
그림 2.2.16.26 단계별 모듈러산업의 추진 전략 ····· 687
그림 2.2.16.27 가양 라이품 입주자용 생활 안내서 ····· 688

그림 2.2.16.28 실증단지 운영관리 매뉴얼 구성 ····· 689
그림 2.2.16.29 가양 라이품 모듈러 세대부분 하자관리 업무 흐름 ····· 689
그림 2.2.16.30 자치관리 주체별 단지 관리 운영방안 ····· 690
그림 2.2.16.31 가양 실증단지 운영관리 매뉴얼 표지 및 주요 내용 ····· 691
그림 2.2.17.1 조립식 주택 사업화 유형분석연구 프로세스 ····· 694
그림 2.2.17.2 민간주도 조립식 주택 개발사업 활성화 구조 개념도 ····· 695
그림 2.2.17.3 4TYPE 사업전략 ····· 697
그림 2.2.17.4 사업적합 부지탐색 과정 예시 ····· 698
그림 2.2.17.5 개발사업 프로세스와 주요 검토 내용 ····· 700
그림 2.2.17.6 조립식 건축적용 호텔 해외사례(citizen M) ····· 701
그림 2.2.17.7 정책제언 개요 ····· 704
그림 2.2.17.8 사업대상 대상지 개요 ····· 706
그림 2.2.17.9 개발전략 ····· 706
그림 2.2.17.10 사업대상 대상지 개요 ····· 709
그림 2.2.17.11 사업제안 프로그램 구성 ····· 710
그림 2.2.18.1 조립식주택 홍보 키워드 요약 ····· 712
그림 2.2.18.2 조립식 실증단지주택 홍보 방법 ····· 713
그림 2.2.18.3 홈페이지 메인 화면 ····· 714
그림 2.2.18.4 조립식주택 R&D 실증단지 홈페이지 안내 ····· 717
그림 2.2.18.5 조립식주택 네이밍 개발목표 ····· 721
그림 2.2.18.6 네이밍 개발 진행일정 ····· 722
그림 2.2.18.7 조립식 주택 카테고리 개발(안) ····· 722
그림 2.2.18.8 유형별 네이밍 후보(안) ····· 722
그림 2.2.18.9 네이밍 후보 이미지 ····· 722
그림 2.2.18.10 네이밍 개발 후보안 설문지 ····· 723
그림 2.2.18.11 해외사례집 도서발간 ····· 725
그림 2.2.18.12 해외 촬영 대상 주요 건물(모듈러 건축물) ····· 727
그림 2.2.18.13 조립식 국책과제 언론 방영 사례 ····· 728
그림 2.2.18.14 가양 실증단지 브로셔 표지 ····· 729
그림 2.2.18.15 다큐멘터리 영상 도입부 예시 영상 ····· 730
그림 2.2.18.16 사회초년생의 내 집 마련 관련 예시 영상 ····· 731
그림 2.2.18.17 조립식 주택에 대한 설명 관련 예시 영상 ····· 732
그림 2.2.18.18 해외 모듈러 학회 및 EXPO 관련 예시 영상 ····· 732
그림 2.2.18.19 뉴욕 My Micro Unit 관련 예시 영상 ····· 733
그림 2.2.18.20 뉴욕 모듈러 주택 촬영 관련 예시 영상 ····· 733
그림 2.2.18.21 국내 모듈러 주택 및 가양 라이품 시공관련 예시 영상 ····· 734
그림 2.2.18.22 일본 조립식주택 해외 현지촬영분 관련 예시 영상 ····· 735
그림 2.2.18.23 서울주택도시공사 U.I.A 전시공간 계획 ····· 737
그림 2.2.18.24 U.I.A 조립식 실증단지구축 홍보영상 상영 모습 ····· 737
그림 2.2.18.25 가양동 모듈러 실증단지 최종 홍보 브로셔 ····· 738
그림 2.2.18.26 한국건설기술연구원의 조립식 주택 실증단지 구축 홍보 판넬 ····· 739
그림 2.2.18.27 포스코 A&C의 조립식주택 실증단지 구축 홍보 판넬 ····· 739
그림 2.2.18.28 홍보관 내 전시물 비치 현황 ····· 740
그림 2.2.18.29 현장 착공식(모듈러 현장 설치) 행사 사진 ····· 741

그림 2.2.18.30 준공식 행사 사진 ····· 742
그림 2.2.18.31 모듈러 홈페이지를 통한 홍보관 방문신청 게시판 운영 ····· 744
그림 2.2.18.32 홍보관 월별 방문인원 집계표, 구분별 안내 ····· 745
그림 2.2.18.33 홍보관 방문 사진 ····· 746
그림 2.2.18.34 가양 실증단지 구축 다큐멘터리 관련 영상 ····· 748
그림 2.2.18.35 다큐멘터리 방영 후 실시간 검색어 ····· 749
그림 2.2.19.1 평가 모델 ····· 752
그림 2.2.19.2 외부전경 ····· 752
그림 2.2.19.3 조사 대상자 특징 ····· 752
그림 2.2.19.4 모듈러 주택 인식 ····· 753
그림 2.2.19.5 주택 발전방향, 주거만족도 ····· 753
그림 2.2.19.6 거주 후 평가 Mock-up 계획 반영사항 ····· 754
그림 2.2.19.7 Mock-up 계획 반영사항 ····· 754
그림 2.2.19.8 소규모형 임대주택 사례조사 ····· 756
그림 2.2.19.9 1인가구형 관리기준 설정 ····· 756
그림 2.2.19.10 외부 전경 ····· 758
그림 2.2.19.11 조사 대상자 특성 ····· 758
그림 2.2.19.12 모듈러 주택 인식 ····· 759
그림 2.2.19.13 주택 발전방향, 주거만족도 ····· 759
그림 2.2.19.14 종합분석 및 실증단지 반영사항 ····· 760
그림 2.2.19.15 인터뷰 내용 ····· 761
그림 2.2.19.16 인터뷰 내용 ····· 762
그림 2.2.19.17 인터뷰 내용 ····· 762
그림 2.2.19.18 종합분석표 ····· 763
그림 2.2.19.19 공릉동 공공기숙사 입지 ····· 763
그림 2.2.19.20 천연동 '꿈꾸는 다락방' 입지 ····· 763
그림 2.2.19.21 주거 인식, 장단점 비교 ····· 764
그림 2.2.19.22 만족도-중요도 그래프(공릉, 천연) ····· 765
그림 2.2.19.23 실증단지 반영사항 ····· 765
그림 2.2.19.24 실증단지 반영사항 ····· 766
그림 2.2.19.25 소규모 조립식 공공임대주택 관리운영 방안 ····· 766
그림 2.2.19.26 외부 전경 ····· 768
그림 2.2.19.27 조사대상자 특성 ····· 768
그림 2.2.19.28 조립식 주택 인식 ····· 768
그림 2.2.19.29 조립식 주택 발전방향 ····· 769
그림 2.2.19.30 조립식 주택 성능 요소 ····· 769
그림 2.2.19.31 조립식 주택 계획 요소 ····· 770
그림 2.2.19.32 조립식 주택 공용시설 및 설비 요소 ····· 770
그림 2.2.19.33 조립식 주택 전체 주거만족도 비교 (공릉, 천연, 가양) ····· 771
그림 4.2.2.1 사회적 파급효과 ····· 798
그림 4.2.3.1 경제적 파급효과 ····· 800

01 연구개발과제의 개요

1. 최종목표
2. 연차별 연구개발 목표 및 결과

01 연구개발과제의 개요

1 최종목표

최종목표	본 연구는 수요자 맞춤형 주거복지 구현을 위하여 경제성이 확보된 조립식 주택 기술 개발 및 실증단지 구축을 통한 새로운 공공주택의 유형을 제시한다.			
세부 연구목표	수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발			
	조립식 주택 공급방식 및 사업화 모델개발			
	조립식 주택 실증단지 구축 및 관리·운영			
	조립식 주택 실증단지 성능평가 및 거주 후 평가			
기술 개발 범위	실증단지 대 상	주택규모	85㎡ 이하, 5층 이하	
		단지 A	[기존] 서울시 강남구 수서동 727번지, 대지면적 3,071㎡	41세대
			[변경] 충청남도 천안시 서북구 두정동 581번지, 대지면적 971㎡	40세대
		단지 B	서울시 강서구 가양동 1457-1번지, 대지면적 1,436㎡	30세대
	개발범위	기술개발	조립식 주택 모듈 및 실증단지 설계 기술개발	
			조립식 주택 환경성능 기술개발	
			조립식 주택 구조 및 시공 기술개발	
			조립식 주택 공장생산성 향상 및 품질관리 기술개발	
		사업화 모델 개발	기존 대비 조립식 주택 경제성 확보 방안 도출	
			토지유형을 고려 조립식 주택 공급방식 및 사업모델 개발	
			조립식 주택의 임대주택 공급확대를 위한 공급방식 다양화 기법 개발	
		실증 단지 구축	조립식 주택 실증단지 구축	
			조립식 주택 실증단지 입주자 모집 및 선정방안 마련	
			조립식 주택 실증단지 운영방안	
			조립식 주택 홍보관 관리·운영계획 수립 및 추진	
		평 가	Mock-up 성능평가 및 실증단지 모니터링	
			조립식 주택 거주 후 평가 및 제도개선 방안 마련	
기술 개발 목표	기술성 실 증	- 조립식 주택 BIM 설계 시스템 실증 및 MC설계를 활용한 조립식 주택 Proto-type 적용		
		- 열관류율 외벽 0.27 W/㎡K이하, 창호 1.5 W/㎡K이하, TDR 0.2이하 달성		
		- 실증단지 조립식 주택 에너지효율등급 2등급 이상 획득		
		- 실증단지 조립식 주택 기밀성능 압력차 50Pa 기준 시간당 5회 달성		
		- 중량충격음 3등급, 경량충격음 1등급, 세대 간 벽체 1등급 달성		
		- 특수모멘트골조의 내진성능이 확보된 매개철물 사용 유닛간 접합부 실증 - RC대비 10% 경량화 및 2시간 내화성능 보유 경량합성바닥판 실증		
		- 구조부재(보, 기둥) 및 바닥판 2시간, 세대간 구획벽 1시간 내화성능 만족(인정서 확보) - 바닥 및 구획벽 관통배관 내화충전구조 성능 만족(시험성적서 확보)		
	사업성 실 증	- 공공임대 조립식 주택사업 모델의 국내 공공임대, 민간임대 등 주택시장의 새로운 주택공급 모델 실증		
		- 기존 RC대비 공사원가 10% 절감가능 경제성 확보방안 제시		
	시공성 실 증	- 공장제작율 70%이상, 기존 RC공법 대비 50% 공기 단축		
		- 기존 RC공법 대비 110% 경제성 확보		

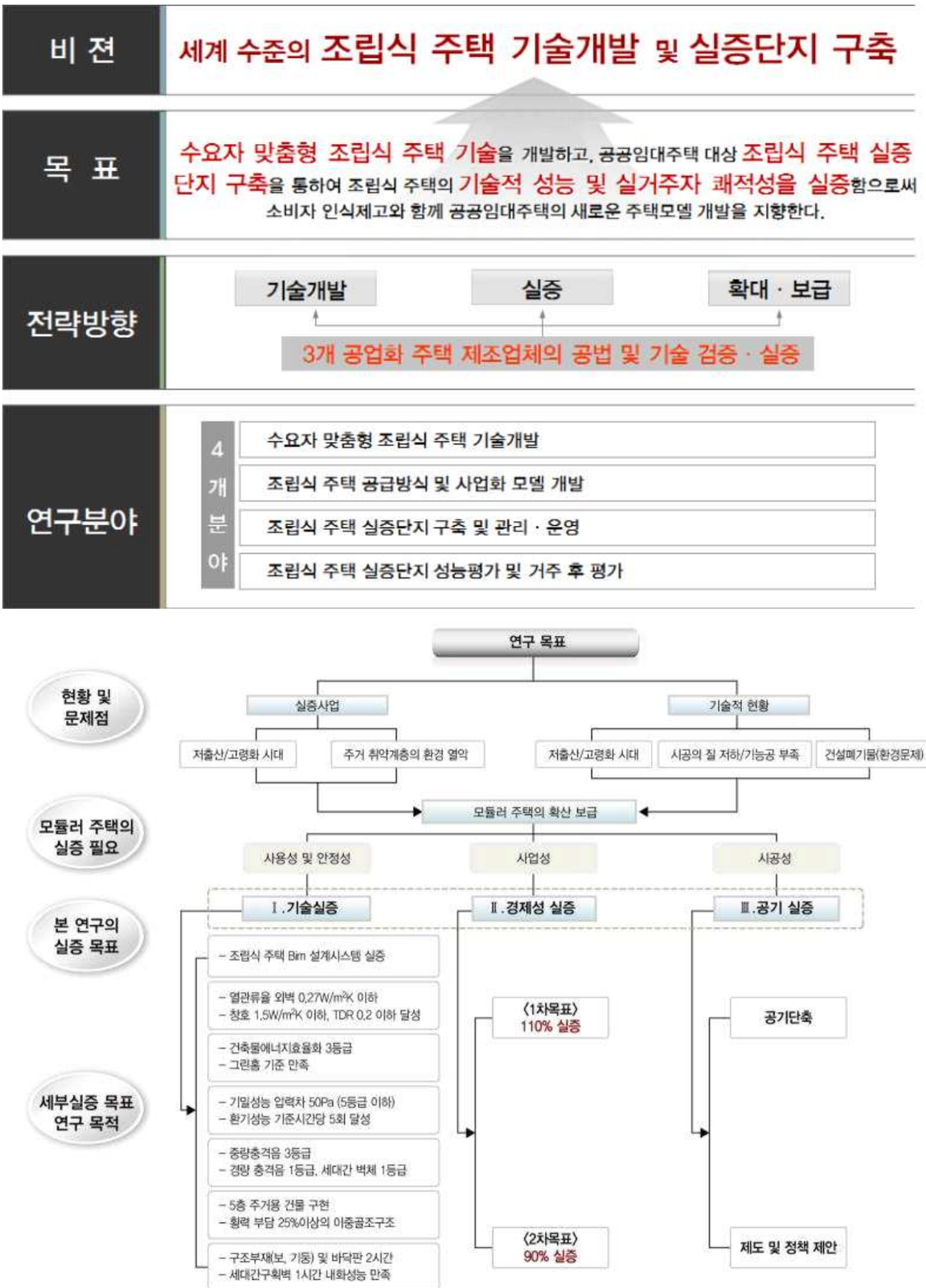


그림 1.1.1.1 연구의 목표

2 연차별 연구개발 목표 및 결과

단계	구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
2단계 (2015 ~ 2018)	3차 년도 (2015)	MC 설계를 활용한 조립식 주택 Proto-type 개발 (KICT 계획)	Proto-type 개발	- 조립식주택 모듈조합 Proto-type 개발 - Express된 조립식주택 주동계획모델 개발	- 조립식주택 모듈조합 모델 개발(대학생/사회초년생/도시근로자/신혼부부) - 조립식주택 공동주택 주동계획(판상형/탑상형/꺾임형/복합형)
		조립식 주택 BIM 통합 설계 가이드라인 (KICT 계획)	BIM 설계 시스템	- 라이브러리 및 분류체계 기준 - 양중 및 견적 S/W 적용 검토	- BIM 라이브러리 구조 67종, 건축 22종, MEP 75종 총 164종을 분류체계 기준에 따라 코드화함 - 양중 및 견적 활용을 위한 물량산출 시스템 구축
		조립식 주택 음열성능 검토 및 성능향상 기술 개발 (KICT 환경)	실증단지 조립식 주택 성능모니터링 시스템 구축	- 음열환경 성능확보를 위한 현장시공 유의사항 도출(수서) - 조립식 실증주택(수서) 환경성능평가를 위한 모니터링 시스템 구축	- 실증 수서단지 실시설계 음·열환경 설계검토 및 실증기술 적용 - 가양단지 Mock-up 설계 및 기본/사업승인 도서 음·열환경 설계 검토 - 실증 수서단지 음·열환경 성능 평가 (실시설계 도서) - 음열환경 성능확보를 위한 현장시공 유의사항 도출(수서)
			수서 실증단지 조립식 주택 성능평가	- 조립식 실증주택(수서) 음열환경 성능평가	
		조립식 주택의 녹색건축 인증 (환경건축연구원)	실증단지 환경성능 해석	- 실증단지 부위별 열전달해석 결과 설계와 시공의 변경사항 검토 및 시공성 확보방안 검토 - 실증단지의 상세 에너지 해석에 따른 성능개선	- 법규성능 만족하는 벽체 단열구조 설계반영 - 목표 인증획득가능한 에너지 성능 반영
			건축인증 예비인증 (가양단지)	- 녹색건축 평가서 작성 및 예비인증획득 - 건축물에너지효율등급 평가 및 예비인증 획득	
		조립식 주택 구조안정성 평가 및 실증 (KICT 구조)	실증단지 모듈간 접합부의 성능 검증 및 개선	- 모듈간 접합부 성능의 실험적 검증 - 모듈간 접합부 성능 향상을 위한 상세 개선안 도출 - 모듈간 접합부 개선안의 성능 검증(해석 또는 실험)	- 수서 및 가양 실증단지 모듈간 접합부 구조 성능의 실험적 평가 및 개선 사항 제시 (필러, 스티프너 보강) - 가양 실증단지 단면 변경에 따른 기둥-보 접합부 구성을 위한 단면 검토
			실증단지 구조 설계 결과의 검토 및 평가	- 12대 실증구조기술의 구조 도면 작성 - 구조유형별 접합부 상세도면 작성 - 실증단지 유형별 사용성능 해석적 평가	- 구조유형별 접합부상세 작성 - 실증단지 사용성능 예측 - 12대 실증 기술의 구조 분야 기술의 상세 도면 작성 - 수서 실증단지 통합 구조 설계를 통한 구조안전성 검토
		조립식 주택 맞춤형 내화구조 기술 (KICT 내화)	조립식 주택 기둥/보 구조부재 내화구조 최적 기술 모형 개발 (2)	- 내화 건식 하이브리드 공법 2시간 성능확보 모델 제시 - 실증단지(가양) 적용 내화기술 제시 - 실증단지 적용 내화기술 구조상세 및 시방서 작성	- 내화 건식 시제품 2개 - 조립식주택 내화기술 기술보고서 1개 - 내화충전구조 국토부 시험성적서 1개 - 조립식 주택용 내화구조 인정 2건
			조립식 주택 내화기술 성능 평가	- 내화 건식 하이브리드 공법 성능평가 - 실증단지(가양) 적용 기술 Full scale 내화시험	
			조립식 주택 공기 절감형 내화충전구조 개발	- 기존 내화충전구조 공법 조립식 주택 적용 문제점 개선 - 공장생산에 적합한 내화충전구조 최적 모델 제시 - 시공기간 단축(일반 건축물용 7일 → 1일)	
		모듈러 주택 시공 신기술 실증 적용 (KICT 건설관리)	조립식 주택 시공 신기술 실증 단지 적용	- 모듈러 운반장치, 조립용 공구의 실증 적용 및 개선사항 도출	- 운반고정장치, 조립용공구의 실증단지 (Mock-up) 시험적용을 통한 개선사항 도출 및 기술안정화 방안 검토
		12대 실증기술	12대 실증기술 적용	- 경제성 분석항목 도출	- 12대 실증기술 적용 공사비 원가 절

단계	구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
		경제성 분석 (성균관대학교산학협력단)	을 통한 공사비 경제성 분석	- 경제성 분석을 통한 공사원가 절감	감 효과 분석 - 경제성 개선 국내논문
		조립식주택 경제성 확보 방안 (현대엔지니어링)	수서 실증단지 1차 설계도서 검토	- 공사원가 분석을 위한 1차 수서 실증단지 설계도서(2015.6.9.접수) 검토	- 실증단지 1차 설계도서 검토 및 모니터링 플랜 보고서
			가양 실증단지 Mock-up 모니터링 플랜 작성	- 가양 실증단지 Mock-up 공장제작 모니터링 플랜 작성	
		조립식 주택 수서단지 설계 (DMP)	실증단지(수서단지) 설계변경 및 현장모니터링	- 구조 및 내화기술 반영한 설계변경 - 수서단지 설계예가를 바탕으로 VE검토 및 실시설계도서 반영	- 서울시 심의사항 반영 및 12대 실증기술이 적용 된 실시설계도서 작성
		가양단지 설계 및 제작·시공 (포스코 A&C)	벽식 Mock-up 모듈 제작 및 시공(이월분)	- 벽식(혼합식) Mock-up 모듈 제작 - 벽식(혼합식) Mock-up 조립 설치	- 가양실증단지 벽식(혼합식) Mock-up 테스트 수행 - 가양실증단지 건축계획사업승인 득 - 가양실증단지 실시도서작성
			실증단지 기본계획 및 실시설계(이월분)	- 실증단지 기획안 리뷰 및 기본설계 - 실증단지 실시설계 - 모듈러 관련기술 특허출원	
			실증단지 인/허가	- 실증단지 인허가 수행	
		수서단지 수요자 맞춤형 Infill식 모듈 (스타코)	수서실증단지 적용 인필 캐빈 품질관리 계획 및 실증단지 구축 계획 수립	- 실시설계 변경(단위모듈 타입) - 실증단지 유닛 모듈의 품질관리 - 모듈(Cabin+U.T;unit toilet) 제작 공정관리 - 모듈러 제작도 및 품질 체크리스트 작성 - 실증단지 구축 계획 수립 - 공정관리 기반 모듈 출하/운송/양중계획 수립 - 수서단지 A동/ B동 업무분장 재검토 - 전체 공정계획 검토 - 기본형 건축 공사비 대비 110% 산출	- 모듈러 제작 시 품질관리를 위한 체크리스트 및 17형 단위 모듈러 제작도 1건 - 현장 특이성을 반영한 수서단지 B동 구축계획서 1건 - 실시도면 변경에 따른 공사비 실행내역 작성 및 VE를 통한 RC대비 110% 산출
		수서단지 수요자 맞춤형 골조식 모듈 (금강공업)	실증단지 실증기술 적용검토	- 실시설계 검토 및 보완 협의 - 구조, 소방, 설비, 전기 등 설계 검토 및 지원 - 실증단지 설계안에 따른 시공견적 검토 - 실증단지 시공을 위한 실투입 비용 검토	- 수서단지 A동 원가내역서 1건 - 수서단지 A동 시공계획서 1건
			실증단지 시공계획 수립	- 수서단지 공장 및 현장 시공관리 검토 - 실증단지 시공을 통한 적층형 골조식 모듈공법의 적정성 검토	
			공정 및 공사 관리	- 통합 공정관리 검토 - 현장 안전, 품질관리 검토	
			자체시공평가 기준 확립	- 시공평가항목 검토 및 선정 - 실증기술 시공방안 도출 및 검토	
		실증단지 BIM 기반 시공지원 (연우테크놀로지)	실증단지 BIM 기반 시공계획 수립	- 실증단지(수서) BIM 기반 시공계획 수립 - 실증단지(가양) BIM 기반 시공계획 수립	- 실증단지(수서) BIM 기반 시공계획서 - 실증단지(가양) BIM 기반 시공계획서
		실증단지 구축계획 및 사업 성과분석 (SH공사)	수서단지 구축감독	- 실증단지 구축을 위한 시-SH-KICT 운영위원회 운영 - 실증단지 구축을 위한 SH-설계사-제작사 R&D 설계/시공 위원회 운영	- 수서, 가양 실증단지 사업추진계획점검 - 실증단지 시공계획 수립 - 실증단지 기본, 실시설계 검토 및 변경 - 실증단지 데크공사 발주 및 착공준비 (수서, 가양) - 실증단지 인허가 통과
			가양단지 구축감독		
			실증단지 사업승인	- 실증단지 사업부지 市 공유재산관리계획 승인 - 수서 실증단지 서울시 의회 현장성명회 개최 - 수서 실증단지 지역민원 해소 및 소통을 위한 주민설명회 개최 - 수서 실증단지 건립반대 주민 및 지자체 민원 대응	

단계	구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
				- 수서 실증단지 지역주민을 위한 건축 계획안 변경 검토/승인 - 가양 실증단지 기본설계 확정 및 주택 건설사업계획승인 통과 - 가양 실증단지 녹색건축인증 및 에너지효율등급 조정 검토 및 인증 신청 - 가양 실증단지 데크공사 발주/계약방식 검토 - 가양 실증단지 공사비 서울시 계획심사 통과 - 가양 실증단지 설계내역 적정성 심사 통과 - 가양 공영주차장부지 활용에 따른 임시주차장 조성계획 검토 - 실증단지 시공계획 검토 및 가양실증단지 구축계획서 작성 - 실증단지 구축 사업추진일정계획 점검 및 조정	
		조립식주택 실증단지 관리운영 방안 (SH공사)	실증단지 주택관리 세부운영계획 수립	- 실증단지 주택관리 세부운영계획	- 실증단지 관리운영 방안 수립
			실증단지 장기운영방안 마련	- 실증단지 장기운영방안 : 지속가능한 단지운영모델 개발	
		조립식주택을 활용한 임대주택 사업모델 개발 (SH공사)	조립식 공공주택 사업화 방안 수립(공공부지)	- 사업모델 유형별 사업 가능부지 탐색 (공공부지) - 유형1:역세권 및 대학생활권에 입지한 노후 매입임대주택 재건축 - 유형2:역세권 및 대학생활권에 입지한 국공유 나대지에 신축 - 유형3:노후저개발 공공시설부지 재건축 또는 수직증축	- 공공부지 유형별 사업화 모델 가능 부지 추출 - 시범사업대상지 사업성 및 시장규모 분석 - 소규모 조립식 발주방식 제안 - 소규모 조립식주택 발주선정모델 개발
			조립식 공공주택 시범대상지 사업 시뮬레이션(공공부지)	- 사업모델 유형별 시범사업 시뮬레이션 (공공부지)	
			제안된 공공발주방식에 대한 전문가, 관련 업계 검증	- 소규모 조립식 공공임대주택 발주방식 제안 및 선정 모델 개발	
		사업유형별 관리운영 기준 (온공간연구소)	소규모 조립식 임대주택 개발 유형	- 국공유이 활용형은 나대지 활용형, 공공시설 복합형, 노후 매입임대주택 리모델링형 등으로 분류 - 민간토지 활용형은 민간토지 임차형, 등록한 민간임대주택 등으로 분류	- 소규모 조립식 임대주택 공급 및 관리 운영을 위한 치침 작성
			소규모 조립식 임대주택 공급유형	- 공급유형은 일반가구형)1인가구형, 1-2 인가구형, 3-4인가구형), 소호형, 협동조합형 등으로 구분	
			소규모 조립식 임대주택 관리운영 기준	- 관리방식 제안 - 관리주체 및 임차인대표회의 정의 - 관리주체와 임차인의 관리대상 분류 및 책임 - 공동체 활성화를 위한 주민 지원방안	
		조립식주택 확대 위한 민간주도 비즈니스모델 개발 (서울대학교산학협력단)	민간주도 주거용 조립식주택 사업화 방안 (비주거용도(호텔) / 수도권)	- 비주거용, 특히 호텔과 관련한 조립식 주택 사업화 전략 도출 및 가능한 사업 전략의 우선순위 확정 - 비주거용 조립식 주택 사업화 전략에 적합한 부지 선정 및 추출 부지에 대한 사업화 시뮬레이션	- 민간주도 비주거부문 조립식주택 사업성 검토 보고서
		조립식 주택 실증단지 홍보방안 구축 (SH공사)	조립식주택 실증단지 홍보물 제작	- 가양실증단지 홍보 브로셔 제작 - 조립식주택 해외사례집 도서발간 및 배포	- 다큐멘터리 촬영 - 해외사례집 도서발간 및 배포

단계	구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
			다큐멘터리 촬영	- 실증단지 구축 관련 다큐멘터리 촬영	
			편집 및 방송편성 계획수립	- 실증단지 다큐멘터리 방송편성 계획수립	-
		실증단지 거주후 평가 (온공간연구소)	기존 조립식 주택 거주 후 평가 실시	- 기존 조립식 주택 심층 인터뷰 진행 - 평가결과의 분석 - 실증단지 계획고려사항 도출	- 기존 조립식 거주 후 평가 결과 분석 비교 국내논문 1건
			평가결과의 비교분석	- 기존 평가 자료와 비교분석	
2단계 (2015 ~ 2018)	4차 년도 (2016)	MC 설계를 활용한 조립식 주택 Proto-type 개발 (KICT 계획)	설계도서 작성기준 제시 및 MC설계 적용 Proto-type 1종 상세설계	- 모듈러주택(적층형) 설계도서 작성기준(안) 작성 - MC설계 적용 Proto-type 1종 상세설계	- 주택의 설계도서 작성기준에 반영되도록 국토부에 정책제안 - 내외장재의 규격화를 위한 조립기준면 확정(시공오차 흡수 디테일 포함)
		조립식 주택 BIM 통합 설계 가이드라인 (KICT 계획)	조립식주택 BIM기반 견적시스템 개발	- 견적 프로그램 개발 : 견적시스템구축, CBS공정별 내역트리, 양중 S/W 연계한 Ton 계산까지 가능한 프로그램 - 2D와 3D 견적 비교 : 3D 모델링 상의 정보값과 2D 내역상의 정보값이 달라 현시점에서는 정확한 내역비교 곤란. 초반 다자간 협의가 필요. 설령 정보값들을 다자간 협업에 의해서 일치시켰다 하더라도 실제내역서작업을 한 업체만 사용이 가능하기 때문에 모듈러를 위한 표준공정 설정이 선행되어야 함	- 견적프로그램 S/W 등록 - 2D와 3D 견적 비교 : 정보값에 대한 다자간 협의 및 표준공정 설정이 전제되어야 가능하다는 것을 파악하였다는데 의의가 있음
		조립식 주택의 녹색건축 인증 (환경건축연구원)	실증단지 환경성능 해석	- 실증단지 부위별 열전달해석 결과 설계와 시공의 변경사항 검토 및 시공성 확보방안 검토 - 실증단지의 상세 에너지 해석에 따른 성능개선	- 법규성능 만족하는 벽체 단열구조 설계반영 - 목표 인증 획득가능한 에너지 성능 설계 반영
			건축인증 예비인증 (수서단지)	- 녹색건축인증 예비인증 평가 - 건축물에너지효율등급 예비인증 평가	- 녹색건축인증 4등급 만족 - 건축물에너지효율등급 3등급 만족
			조립식주택 인증제도 개선방안 제안	- 조립식주택 특성 반영된 인증제도 개선방안 제안	- 제도 개선 제안
		조립식 주택 구조안정성 평가 및 실증 (KICT 구조)	가양 실증단지 모듈간 접합부 구조성능 확보	- 기둥-보 접합을 위한 용접 상세 검토 - 가양 실증단지 구조설계결과 검토 - 가양 실증단지 모듈간 접합부의 해석적 성능 검토 및 보강 상세 제시	- 기둥-보 접합 상세 실시설계 및 Shop Drawing 반영 - 약기둥·강보의 거동 극복용 기둥 단부 스티프너 보강의 실시설계 반영
			조립식주택 내진성능 평가 및 구조가이드라인 체계 구축	- 전용 프로그램을 이용한 실증단지 내진성능 평가 및 프로세스 정리 - 구조설계가이드라인 체계 구축	- 규모 5.5에서 즉시거주(IO) 성능 확인 - 규모 6.5에서 인명안전(LS) 성능 확인 - 내진성능평가 절차 구조가이드 반영
			조립식주택 외부 진동에 대한 성능 향상 방안 제시	- 조립식주택 바닥판의 외부진동에 대한 실측 및 분석 - 구조해석을 통한 외부진동 시뮬레이션	- 공릉동 조립식주택의 외부진동 실측 - 조립식주택의 바닥판 진동성능의 취약원인 분석
		조립식 주택 맞춤형 내화구조 기술 (KICT 내화)	수서 실증단지 적용 내화기술 성능평가	- 내화 건식피복 공법 성능평가 - 실증단지(수서) 적용 기술 Full scale 내화시험	- 수서 실증단지 적용 내화기술 - 시험성적서 2건 획득
		모듈러 주택 시공 신기술 실증 적용 (KICT 건설관리)	모듈러 주택 시공 신기술의 실증단지 적용을 위한 안정화	- 모듈러 운반장치, 조립용 공구의 안정화 및 구조성능분석	- 운반고정장치, 조립용공구의 기술 안정화방안 도출 및 적용 - 구조해석으로 신기술의 구조적 성능 및 안정성 검증
		조립식주택의 가치(Value)기반 Spec. down을 통한 경제성 분석 (성균관대학교산학협력단)	조립식주택의 가치(Value)기반 Spec. down을 통한 경제성 분석	- 12대 실증기술 공사비 절감효과 Follow up - 국내 모듈러 생산 공정의 경제성 분석 - 가치(Value) 기반 Spec. down 방안 제시	- 대량 생산의 효과 규모 산출 - 장기적 관점에서의 공사비절감방안 도출
		조립식주택 경제성 확보 방안 (현대엔지니어링)	가양 실증단지 VE	- 가양 실증단지 설계도서 검토 및 VE	- 가양 실증단지 VE 보고서 - 가양 실증단지 모듈러 표준내역서
			모듈러 표준내역서	- 가양 실증단지 모듈러 표준내역서	

단계	구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
			작성	작성	
		조립식 주택 수서단지 설계 (DMP)	수서단지 설계매뉴얼 작성	- 수서단지 설계매뉴얼 작성	- 수서단지 설계매뉴얼 작성 완료
			실증단지(수서단지) 실시설계도서 작성	- 수서단지 인허가 도서작성 및 신청 - 수서단지 실시설계 도서 작성 - 수서단지 설계내역서 작성	- 수서단지 인허가 득 - 수서단지 실시설계 도서 작성 완료 - 수서단지 설계내역서 작성 완료
		가양단지 설계 및 제작·시공 (포스코 A&C)	가양실증단지 모듈러 공장제작 및 품질관리(이월)	- 모듈 공장제작 - 모듈 품질관리	- 가양실증단지 모듈러 시방서 및 산출서 작성 - 가양단지 관로이설 설계변경 도면작성
			가양실증단지 모듈러 현장시공 및 시공계획(이월)	- 모듈 현장시공 - 모듈 공정관리	- 모듈현장시공 보고서 및 시공계획서
			가양단지 하수관로 이설에 따른 설계변경	- 모듈러 시방서 작성 - 가양실증단지 설계내역 산출 - 가양실증단지 관로이설 설계변경	- 모듈러 시방서 - 가양단지 설계내역 - 가양단지 관로이설 설계변경 도면
		수서단지 수요자 맞춤형 Infill식 모듈 (스타코)	수서 실증단지 모듈 품질관리 및 시공 90% 완료 인필 유닛 성능 및 시공 개선안 모색	- 유사 현장(부산 행정동) 인필 일부 기술 시범적용 - 시범적용 및 분석을 통한 인필 캐빈 운반 및 설치 방법 개선안 모색 - 유닛 캐빈 성능 및 거주상 문제점 개선	- 유닛 캐빈 성능 개선안 도출 및 도면적용
		수서단지 수요자 맞춤형 골조식 모듈 (금강공업)	수서단지 A동 구축을 위한 모듈제작 및 시공계획 수립	- 시공계획서 고도화	- 모듈 운송 및 조립, 시공계획 완료
				- A동 설계변경 검토 및 공사원가 내역 보완	- 설계안 검토 및 공사원가 내역 완료
		실증단지 BIM 기반 시공지원 (연우테크놀로지)	실증단지 4D/5D BIM 적용을 통한 시공지원 및 활용성 검토	- 실증단지 BIM 기반 시공계획 검토 및 시공 계획서 작성 - 실증단지 4D/5D 활용성 검토	- 실증단지 주요 시공계획(배치, 양중, 공정)의 3D/4D 기반 검토(시공시나리오 동영상 작성) - 모듈러 프로젝트 4D/5D 활용성 분석
		실증단지 구축계획 및 사업 성과분석 (SH공사)	실증단지 구축계획 확정 및 사업수행 성과분석	- 수서실증단지 사업계획 검토 (설계 및 시공, 품질관리) - 수서실증단지 지역주민 요구사항 대응 - 수서실증단지 추진계획 검토 및 지자체행정민원 대응	- 수서 행복주택 41호 사업계획 승인 (`16.6) - 수서단지 기자설명회 개최(`16.7)
				- 가양실증단지 발주, 시공계획, 착공계획 등 성과 분석	- 가양 행복주택 30호 공사 착공 (`16.10)
				- 수서 가양 실증단지 사업추진 성과 분석(수서, 가양)	- 실증단지 사업계획성과 분석
		조립식주택 실증단지 관리운영 방안 (SH공사)	시공성 평가를 통한 실증단지 운영매뉴얼 완성	- 주민편익시설, 입주민 관리참여 등 실증단지 특성을 반영한 운영관리 기준 마련 및 기존 매뉴얼 업데이트	- 실증단지 운영관리 매뉴얼 완성
		조립식주택을 활용한 임대주택 사업모델 개발 (SH공사)	조립식 공공주택 유형별 사업화 방안(민간부지) 및 시뮬레이션	- 민간(유휴 저활용)부지를 활용한 3가지 사업모델 유형 부지탐색 및 사업규모 추산 - 시범사업 시뮬레이션 및 사업성 분석	- 민간부지를 활용한 3개유형 사업무지 탐색 - 민간부지를 활용한 조립식 공공주택 사업화방안 완성
		조립식주택 확대 위한 민간주도 비즈니스모델 개발 (서울대학교산학협력단)	민간주도 조립식 주택 사업 활성화를 위한 정책제언	- 조립식 주택을 활용한 서민주거복지 안정화 정책 제언 - 조립식 건축 활용 청년주거복합문화공간 개발 사업제안	- 조립식주택 활용 정책제언 - 사업제안서 및 컨소시업 구성 MOU
		조립식 주택 실증단지 홍보방안 구축 (SH공사)	실증단지 홍보물 제작 및 세미나 개최	- 실증단지 R&D 홈페이지 운용 - 실증단지 기술 홍보물 업데이트	- 가양 실증단지 홍보물 제작(브로셔)
				- 실증단지 구축 다큐멘터리 시나리오 및 기획방향 재구성	- 다큐멘터리 제작 기획서2.0
				- 대한건축학회 모듈러 특별세션 개최	- 대한건축학회 국내세미나 1건
	5차 년도	MC 설계를 활용한 조립식 주택	조립식주택 설계 및 자재표준화 가이드라	- 조립식주택 설계 및 자재표준화 가이드라인 구축	- 조립식주택 설계 및 자재 표준화 가이드라인 1건

단계	구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
	(2017, 2018)	Proto-type 개발 (KICT 계획)	인 구축	- 천안두정단지 인필 캐빈 제작 및 총괄 관리	- MC설계제도반영 1건
		조립식 주택 BIM 통합 설계 가이드라인 (KICT 계획)	조립식주택 BIM 통합 설계매뉴얼 제작	- 조립식주택 BIM 통합 설계매뉴얼 제작	- BIM 통합 설계매뉴얼 1건
		조립식 주택 음열성능 검토 및 성능향상 기술 개발 (KICT 환경)	조립식 주택 실증단지 기술 모니터링 및 현장 평가	- 열·음 환경 실증기술 현장 모니터링 및 현장 평가	- 가양단지 및 천안두정단지 열 및 음환경 기술 적용 모니터링 및 현장 평가
		조립식 주택 구조안정성 평가 및 실증 (KICT 구조)	조립식 주택 구조기술의 실증 및 구조설계가이드 구축	- 실증단지 구조분야 기술 실증 및 현장 모니터링 - 실증단지 구조설계 기술 지원 - 조립식 주택 구조설계가이드 작성	- 가양 실증단지 모듈 제작 및 조립 단계의 기술 자문(모듈골조와 코어 연결 등) - 천안두정 실증단지 설계 지원 및 구조 실증기술 반영 - 조립식 주택 구조설계가이드와 상세도면의 통합
		조립식 주택의 녹색건축 인증 (환경건축연구원)	실증단지 건축인증 획득	- 가양실증단지 건축물에너지효율등급 인증 본인증 획득 - 가양실증단지 녹색건축인증 본인증 획득	- 건축물에너지효율등급인증 본인증 3등급 획득 - 녹색건축인증 본인증 4등급 획득
			실증단지 건축환경 현장 측정	- 가양실증단지 건축환경에 대한 현장측정	- 현장측정 보고서 작성
			조립식주택 건축인증 획득 가이드라인 작성	- 조립식주택 활용한 도시형생활주택 규모의 건축에 대한 건축인증획득 가이드라인 작성	- 가이드라인 작성
		모듈러 주택 시공 신기술 실증 적용 (KICT 건설관리)	운반용 고정장치 및 조립용 공구 실증단지 적용 및 모니터링 등 종합적 데이터 분석	- 운반용 고정장치 및 조립용 공구의 실증단지 적용 및 종합적 결과분석	- 기술적용 결과분석 보고서 2건
		단기·장기적 관점에서의 조립식 주택 경제성 확보 방안 및 모듈러 구매조달 개선안 수립 (성균관대학교산학협력단)	조립식 주택 경제성 확보 방안 및 모듈러 구매조달 개선안 수립	- 공종별 절감가능 대상 및 기회도출을 위한 비용규모 분석 - 모듈러 구매조달 개선안 기본방향 제시	- 장기적 관점에서의 절감규모 도출 및 경제성 확보방안 제시 - 모듈러 구매조달 개선안 제안
		조립식주택 경제성 확보 방안 (현대엔지니어링)	실증단지 모니터링을 통한 조립식 주택 공사원가 절감방안 연구	- 두정 실증단지 공장제작 및 현장설치 모니터링 - Web-Cyclone 분석 방법론 활용 조립식 주택 공사원가 절감방안 연구	- 실증단지 모니터링을 통한 조립식 주택 공사원가 절감방안 연구 보고서
		조립식 주택 수서단지 설계 (DMP)	수요자 맞춤형 조립식주택 모듈러 공법 표준설계도서 작성	- 수요자 맞춤형 조립식주택 - 모듈러 공법 표준설계도서 작성	- 수요자 맞춤형 조립식주택 - 표준설계도서 1건
				- 천안두정 실증단지 - RC조 공사비 도출	- 천안두정 실증단지 - RC조 공사비 내역서 1건
		가양단지 설계 및 제작·시공 (포스코 A&C)	가양실증단지 모듈러 공장제작 및 품질관리(이월분)	- 모듈 공장제작 - 모듈 품질관리	- 가양실증단지 제작 및 시공 - 공장제작 및 시공매뉴얼 작성 - 가양동 유지관리보고서 작성
			가양실증단지 모듈러 현장시공 및 시공계획(이월분)	- 모듈 현장시공 - 모듈 공정관리	
			가양실증단지 모듈러 하자보수 및 유지관리 매뉴얼	- 가양실중단지 하자보수 및 유지관리	
		천안두정 실증단지 Infill식 모듈 (스타코)	천안두정단지 인필식 모듈 제작 및 시공	- 인필식 모듈 공장제작 및 현장시공 - 인필식 모듈 유지관리 매뉴얼	- 천안두정 실증단지 구축

단계	구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
		천안두정단지 수요자 맞춤형 골조식 모듈 (금강공업)	천안두정단지 라멘식 적층형 모듈 제작 및 시공	- 라멘식 적층형 공장제작 및 현장시공 - 라멘식 적층형 모듈 유지관리 메뉴얼	- 천안두정 실증단지 구축 - 공장제작/현장시공 메뉴얼
		실증단지 구축계획 및 사업 성과분석 (SH공사)	실증단지 준공, 사업 수행성과 종합분석	- 가양실증단지 Total 디자인	- Total 디자인 개발 및 적용
				- 가양실증단지 준공	- 실증단지 준공 및 사용승인 획득
				- 실증단지 사업수행 종합성과분석	- 성과분석내용 포함된 백서 제작 - SCI논문 1건('19.2)
				- 조립식주택 공법별 적합 사업모델 제안	- 모듈러주택 사업모델 제안
		천안두정 실증단지 구축 및 사업성과분석 (LH공사)	실증단지 구축계획 및 사업수행 성과분석	- 천안두정 실증단지 사업계획 검토 (설계 및 시공, 품질관리) - 인허가 업무수행 및 설계도서 검토 - 건설사업계획(안) 및 설계추진계획(안) 수립	- 천안두정 행복주택 사업계획 승인 ('17.8) - 천안두정 행복주택 사업계획 변경 승인('19.1)
				- PC구조 경제성분석 및 구조변경 - 실증단지 발주·시공·착공 등 성과분석 - 실증단지 세부추진(안) 수립 및 시행	- 천안두정 행복주택 건설공사 착공 ('18.4) - 천안두정 행복주택 건설공사 준공 ('19.6 예정)
			실증단지 홍보방안 구축	- 실증단지 구축영상 제작방향설정 - 기획·제작업체 섭외	- 천안두정 실증기술 전시실 구축계획 수립('18.9)
				- 홍보관 내부인테리어 설계 - 홍보관 관리운영계획 수립	
		조립식주택 실증단지 관리운영 방안 (SH공사)	조립식주택 공법 및 단지 특성을 반영한 운영관리지침(매뉴얼)의 정책건의	- 운영관리매뉴얼 최종 업데이트 - 소규모 공동주택의 장기적인 운영관리 기준 수립	- 3,4차년도에 개발 한 운영관리매뉴얼 최종 보완 - 실증단지 운영관리 평가
		조립식주택 활용 임대주택 사업모델 개발 (SH공사)	국내 임대주택시장 여건에 맞는 조립식 공공주택 사업모델 개발	- 조립식 공공주택 사업모델 제안 - 연구성과를 종합 한 단계별 사업추진 방안	- 모듈러주택 사업모델개발 보고서
		조립식주택 확대 위한 민간주도 비즈니스모델 개발 (서울대학교 산학협력단)	민간주도 조립식 주택 사업 활성화를 위한 정책제언	- 조립식 주택을 활용한 서민주거복지 안정화 정책 제언 - 조립식 건축 활용 청년주거복합문화공간 개발 사업제안	- 조립식주택 활용 정책제언 - 사업제안서 및 컨소시업 구성 MOU
		조립식 주택 실증단지 홍보방안 구축 (SH공사)	실증단지 홍보 및 구축과정 다큐멘터리 제작방영	- 실증단지 홍보관 구축	- 홍보관 구축완료 및 운영
				- 2017 UIA SEOUL 조립식주택 홍보	- 실증단지 홍보영상 국제행사 소개
				- 실증단지 기술 홍보물(브로셔) 제작	- 홍보 브로셔 제작 및 배포 완료
				- 실증단지 구축과정 다큐멘터리 완성 및 방영	- 다큐멘터리 제작완성 및 방영 :(MBC 다큐프라임, '모듈러, 도시의 집이 되다', 2018.03.08.)
				- 실증단지 구축관련 백서 제작	- 가양 실증단지 백서 발간
		실증단지 거주후 평가 (온공간연구소)	가양단지 조립식 주택 거주 후 평가 실시	- 가양단지 거주후 평가 설문 실시 - 설문 후 입주자 심층 인터뷰 실시	- 가양동 거주 후 평가 결과 분석
			기존 조립식 주택 거주 후 평가 결과와 비교 분석 및 향후 조립식 주택 거주환경 개선 방향 및 정책 제언	- 1~2차년도 (공릉동, 천연동) 결과와 가양 실증단지 거주 후 평가 결과 비교 분석 - 조립식 주택의 문제점 및 개선 방향 - 제시	- 가양동 거주 후 평가 결과 분석

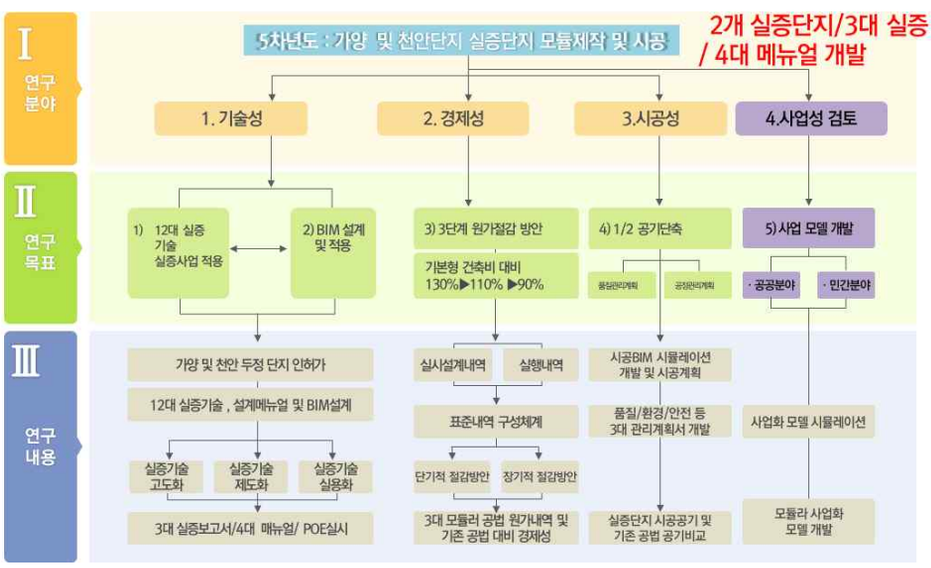
02 연구수행내용 및 성과

1. 전체 연구구성
2. 연구수행내용 및 성과

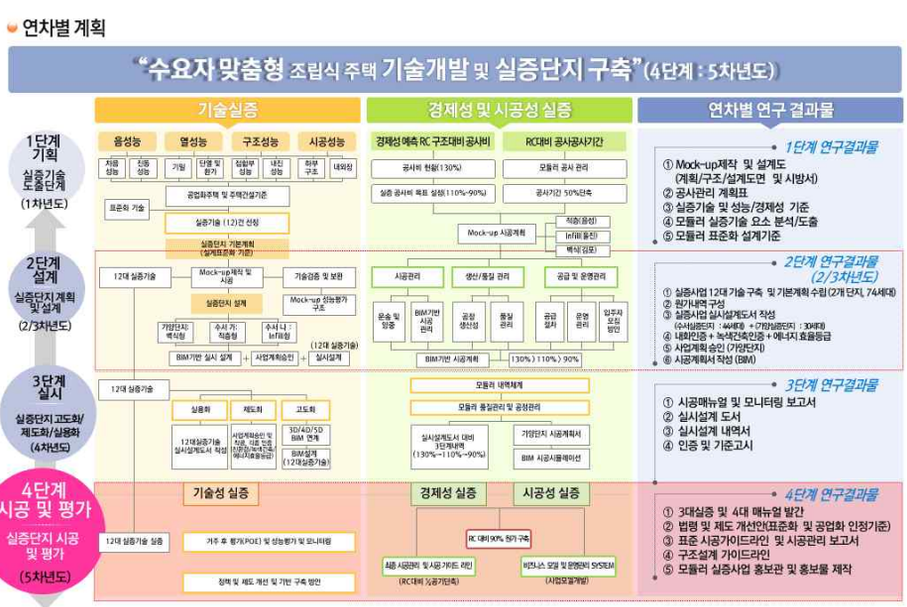
02 연구수행내용 및 성과

1 전체 연구구성

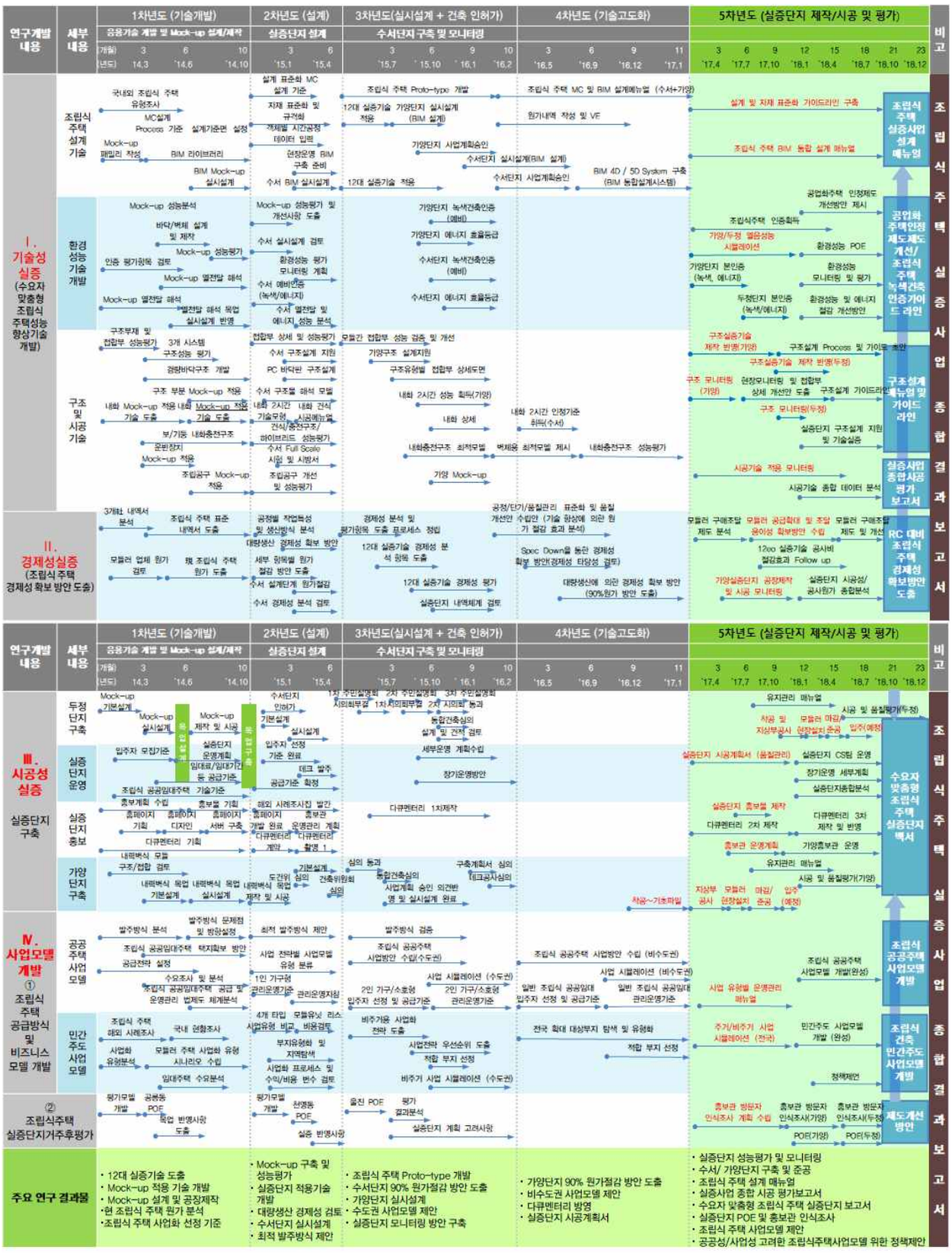
가. 전체 연구 프레임



나. 단계별 연구내용



다. 전체 연구 프로세스

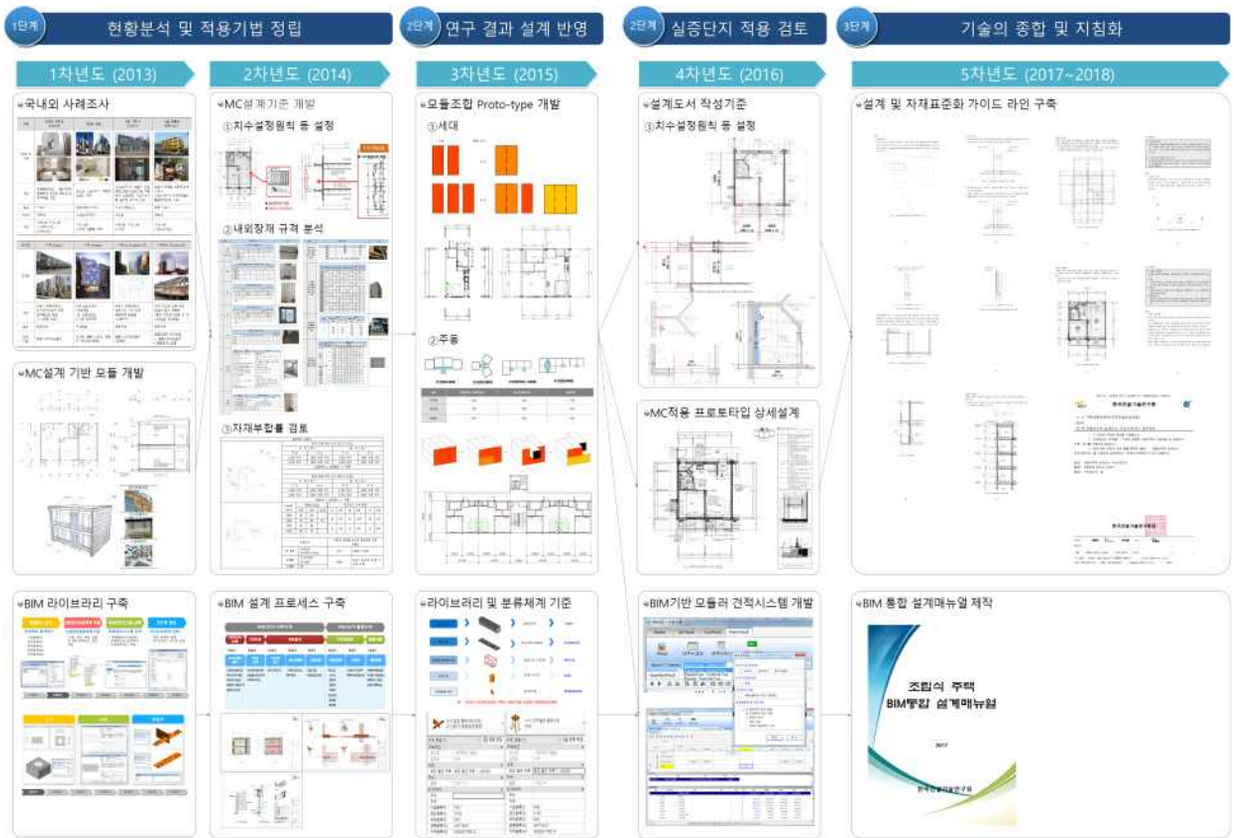

연구개발 내용
세부 내용
1차년도 (기술개발)
2차년도 (설계)
3차년도(실시설계 + 건축 인허가)
4차년도 (기술고도화)
5차년도 (실증단지 제작/시공 및 평가)
비고
조립식 주택 실증사업 종합결과보고서
Ⅰ. 기술성 실증 (수요자 맞춤형 조립식 주택성능 향상기술 개발)
조립식 주택 설계 기술
환경 성능 기술 개발
구조 및 시공 기술
Ⅱ. 경제성실증 (조립식주택 경제성 확보 방안 도출)
Ⅲ. 시공성 실증
실증단지 구축
실증단지 운영
실증단지 홍보
가양단지 구축
Ⅳ. 사업모델 개발
① 조립식 주택 공급방식 및 비즈니스 모델 개발
공공주택 사업모델
민간주도 사업모델
② 조립식주택 실증단지거주후평가
주요 연구 결과물
조립식 주택 실증사업 설계 매뉴얼
공업화주택 인증제도 개선/조립식 주택 녹색건축 인증가이드 라인
구조설계 매뉴얼 및 가이드 라인
실증사업 종합사항 평가 보고서
RC 대비 조립식 주택 경제성 확보방안 도출
수요자 맞춤형 조립식 주택 실증단지 백서
조립식 공공주택 사업모델 개발
조립식 건축 민간주도 사업모델 개발
제도개선 방안
· 12대 실증기술 도출
· Mock-up 적용 기술 개발
· Mock-up 설계 및 공장제작
·현 조립식 주택 원가 분석
·조립식 주택 사업화 선정 기준
· Mock-up 구축 및 성능평가
· 실증단지 적용기술 개발
· 대량생산 경제성 검토
· 수서단지 실시설계
· 최적 발주방식 제안
· 조립식 주택 Proto-type 개발
· 수서단지 90% 원가절감 방안 도출
· 가양단지 실시설계
· 수도권 사업모델 제안
· 실증단지 모니터링 방안 구축
· 가양단지 90% 원가절감 방안 도출
· 비수도권 사업모델 제안
· 다큐멘터리 방영
· 실증단지 시공계획서
· 실증단지 성능평가 및 모니터링
· 수서/ 가양단지 구축 및 준공
· 조립식 주택 설계 매뉴얼
· 실증사업 종합 시공 평가보고서
· 수요자 맞춤형 조립식 주택 실증단지 보고서
· 실증단지 POE 및 홍보관 인식조사
· 조립식 주택 사업모델 제안
· 공공성/사업성 고려한 조립식주택사업모델 위한 정책제안

2 연구수행내용 및 성과

가. 기술성 실증

1) 조립식주택 모듈 및 설계기술 개발 (KICT 계획)

■ 전체 연구 프로세스



가) 1차년: 현황분석 및 적용기법 정립(1)

연구목표

- 조립식 주택 유형 및 수요자 요구 분석 / MC 설계기준 작성
- BIM 라이브러리 구축

연구내용

- 국내외 사례조사
  - 국내외 조립식 주택 유형 조사
- MC설계
  - 설계표준화 기준
  - Mock-up 모듈개발 검토 및 Mock-up 설계
- BIM 라이브러리 구축
  - BIM 라이브러리 분류체계 기준 설정
  - BIM 라이브러리 작성

최종성과물

- 보고서 2건
  - 국내외 조립식 주택 유형 조사 / 수요자 요구 조사 분석
  - BIM 라이브러리 분류체계 기준 작성 / BIM 라이브러리 작성

(1) 국내외 사례조사

(가) 국내 조립식주택의 현황

① 사례현황

○ 국내에 도입된 것은 1992년부터이며, 초기에 주로 PC 주택의 개념이었고, 점차 공업화건축으로 활용되면서 공기단축, 품질향상, 성능인증 등의 측면에서 비교적 우수하게 평가받음. 공업화건축은 2009년 이후 모듈러 건축시스템이 본격적으로 활용되면서 활성화되고 있는데 국내의 모듈러 건축시스템은 기둥-보 스틸프레임 방식이 주류를 이루고 있음. 초기시장은 학교시설, 군부대 등으로 한정되었지만 최근 들어 주거시설, 업무시설에 적용되면서 시장규모 확대 중이이며 2011년 이후 모듈러 시장규모가 성장추세를 보이고 있는 실정.

표 2.2.1.1 국내 사례

구분	천연동 대학생 임대주택	청담동 뮤토	안동 세무서 의성지서	서울 공릉동 공공기숙사
외부 및 내부				
개요	한국해비타트 서울지회와 협력하여 천연동 대학생 임대주택을 건립	포스코 A&C에서 개발한 브랜드 주택	스타코(주)의 모듈러 인필 공법_캐빈(CABIN)을 적용하여 노후화된 기존기숙사를 철거한 부지에 신축	모듈러 공법을 적용한 임대기숙사 (재능기부 및 지역주민들의 활용공간으로 사용)
용도	기숙사	단독주택(다가구)	기숙사(합숙소)	공공 기숙사
대상자	대학생	직원용(외국인)	직원용	대학생
규모	지하1층, 지상 4층 21세대(42인), 6세대(6인)	지상 4층 18세대 원룸형 주택	지하1층, 지상 2층 10세대	지상 4층 22호(43개실)

② 현황조사방법

㉠ 분석기준

- ㅇ 조사대상은 국내 모듈러 건축사례로 2010년 이후에 건립된 천연동 대학생 임대주택, 청담동 뮤토, 안동세무서 의성지서, 서울 공릉동 공공기숙사 4개의 사례를 분석.
- ㅇ 분석기준은 모듈러 주택의 건축적 특성을 파악을 위해 일반사항, 설계특성, 구조특성, 환경성능으로 나누어 조사.
- ㅇ 일반개요에서는 사용성을 파악할 수 있는 용도, 입주방식을 건축물 입면 형태를 파악할 수 있는 외벽 마감 및 필로티 설치유무를 파악하였고 규모를 파악할 수 있는 층수, 건축면적, 모듈사이즈 등을 조사함. 그리고 모듈러 건축의 장점인 공사기간과 기타로 난방방식 등을 기준으로 설정.
- ㅇ 설계 특성에서는 건축물별 설계표준화 적용 여부를 분석하기 위해 수평, 수직, 벽체, 바닥, 층간대, 창호치수를 분석기준으로 설정.
- ㅇ 구조 특성에서는 모듈러 건축의 구조시스템을 파악하기위해 주요 구조재의 재료 및 접합부 방식, 기초유형, 구축방법, 재사용성에 대한 내용을 분석기준으로 설정.
- ㅇ 모듈러 주택의 환경성능을 파악하기 위해 단열성능, 바닥충격음, 차음성능, 기밀성능, 친환경인증 여부 등을 분석기준으로 조사.

표 2.2.1.2 분석기준_국내

구분	항목	세부내용
일반개요	용도	사용
	입주대상	주입주자 및 사용자
	난방방식	바닥난방 형식
	외벽마감	외벽마감 재료
	필로티설치	설치유무
	층수	지상층 기준
	건축면적	건축법 기준
	유닛사이즈	가로×세로×높이
	공사기간	공장제작기간 포함
설계특성	수평치수	치수기준선, 증분치수 적용
	수직치수	층고, 천장고, 증분치수 적용
	벽체치수	외벽, 내벽, 벽체+단열재+내외장·외장재
	바닥치수	바닥 슬라브 두께(단열재 제외)
	층간대치수	하부유닛 천장 마감에서 상부유닛 바닥 마감 치수
	창호치수	창문대높이 및 창호치수
	설계표준화	MC 설계 적용여부
구조특성	구조재	기둥, 보 재료
	접합방식	접합부형식
	구축방법	적층형, 인필, 기타
	기초방식	기초형식
	재사용성	이축 및 재조립성
환경성능	단열성능	열관류율 등 단열성능 측정 여부
	바닥충격음	중량 및 경량 바닥 충격음 측정여부
	차음성능	외부 및 세대간 차음성능 측정여부
	기밀성능	기밀성능 측정여부
	친환경인증	친환경 인증 여부

③ 특성분석

㉠ 설계특성

ㅇ 수평 및 수직치수

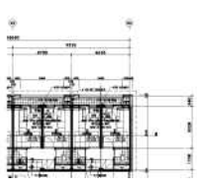
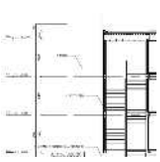
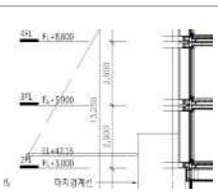
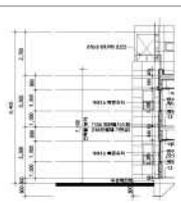
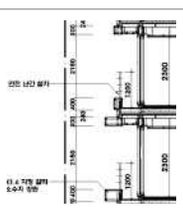
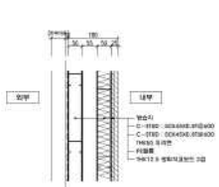
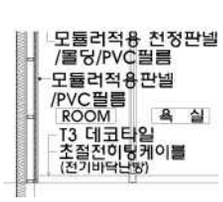
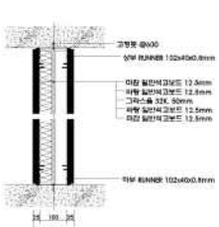
- 천연동 대학생 임대주택의 수평치수는 외목치수를 기준으로 3200×6250이며, 수직치수는 2800mm임
- 청담동 뮤토의 수평치수는 외경치수를 기준으로 3200×6600이며, 수직치수는 2900mm임
- 안동세무서 의성지서 설계기준 수평치수는 중심선을 기준으로 3100×5150이며, 수직치수는 3200mm임
- 서울 공릉동 공공기숙사의 설계기준 수평치수는 중심선 및 외목치수를 기준으로 4700×5500이며, 수직치수는 3090mm임

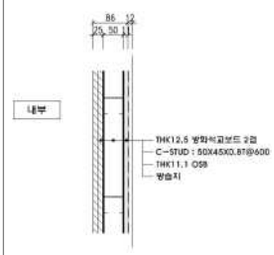
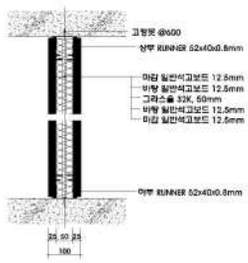
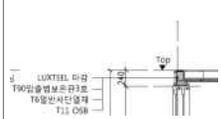
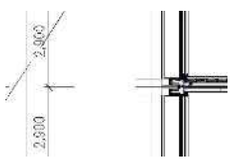
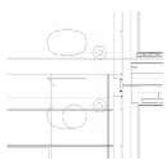
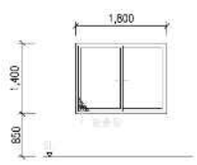
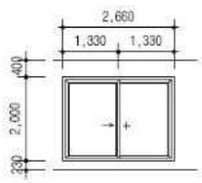
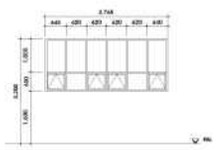
ㅇ 벽체치수
- 천연동 대학생 임대주택의 외벽치수는 120mm이며, 내벽치수는 98mm임
- 청담동 뮤토 외벽치수는 120mm이며, 내벽치수는 125mm임
- 안동세무서 의성지서 외벽치수는 100mm이며, 내벽치수는 25mm임
- 서울 공릉동 공공기숙사 외벽치수는 150mm이며, 내벽치수는 100mm임

ㅇ 바닥 및 층간대 치수
- 천연동 대학생 임대주택의 바닥치수는 150mm이며, 층간대 치수는 98mm임
- 청담동 뮤토의 바닥치수는 120mm이며, 층간대 치수는 500mm임
- 안동세무서 의성지서의 바닥치수는 210mm이며, 층간대 치수는 800mm임
- 서울 공릉동 공공기숙사의 바닥치수는 150mm이며, 층간대 치수는 610mm임

ㅇ 창호치수 및 설계 표준화
- 천연동 대학생 임대주택의 창호치수는 188×1400임
- 청담동 뮤토의 바닥치수는 2730×22임
- 안동세무서 의성지서의 1층 합숙소 창호치수는 2,660×2000임
- 서울 공릉동 공공기숙사의는 3765×1600임

표 2.2.1.3 국내사례 설계특성

항목	천연동 대학생 임대주택	청담동 뮤토	안동세무서 의성지서	서울 공릉동 공공기숙사
수평치수				
	3200×6250	3200×6600	3100×5150	4700×5500
수직치수				
	2800mm	2900mm	3200mm	3090mm
벽체치수 (외벽)				
	120	120	100	150

항목	천연동 대학생 임대주택	청담동 뮤토	안동세무서 의성지서	서울 공릉동 공공기숙사
벽체치수 (내벽)				
	98	125	25	100
바닥치수	150mm	120mm	210mm	150mm
층간대 치수				
	98	500	800	610
창호치수				
	188×1400	2730×2200	2,660×2000	3765×1600
설계표준화	×	×	×	×

④ 국내 조립식주택 사례표

구분	건립 연도	용도	규모		조립식 공법	유닛		설계 기준 (치수)	MC 설계 적용	구조재	바닥		벽		환경성능			친환경 인증	기타
			층수	건축 면적		유형	Size (mm)				공법	두께	내벽 (mm)	외벽 (mm)	단열 성능	바닥 구조	기밀 성능		
천연동	2014년 3월	기숙사 (대학생 임대 주택)	지하 1층 지상 4층 (필로티)	290.0 8 ㎡	적층형	1종	3200×2500	중심선	×	기둥, 보 -C채널 보 -ㄷ형강	건식	150	98	120	없음	없음	없음	없음	
청담동	2012년 7월	직원 숙소	지상 4층 (필로티)	193.0 7㎡	적층형	1종	3300×6600	외목 치수	×	기둥,보 -C채널,T바 H형강 L앵글	건식	120	125	120	벽체 열관류율 : 0.196 W/m²K	경량충격음 : 44 dB(2급) 중량충격음 : 50 dB(4급)	없음	없음 (자체 검토)	
안동 세무서	2014년 1월	기숙사	지하 1층 지상 2층	623.3 1㎡	인필식	1종	3000×5100	중심선	×	C채널	건식	210	25mm	100mm	없음	없음	없음	없음	
공릉동	2014년 2월	공공 기숙사 (임대 주택)	지상 4층	258.2 4	적층형	1종	2236×6140	중심선 외목 치수	×	기둥 -H형강	건식	150	(100)	(150)	실내온도: 33.4/13.1 실외온도: 3.2/1.1	경량충격음 : 27dB(1등급) 32dB(1등급) 중량충격음 : 38dB(1등급) 50dB(4등급)	1.1.6 ACH50 1.8.7 ACH50	없음	
기타	■ 바닥충격음 차단성능실험: KS F 2810-1, 20810-2, 경량 중량 충격음-벽체자음실험 : KS F 2808:2011 ■ 기밀성능측정: Fan Pressurization Method (KS L ISO 9972, ASTM E 779)																		

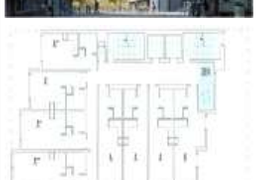
그림 2.2.1.1 국내 조립식주택 사례표

(가) 미국 조립식주택의 현황

① 사례현황

ㅇ 2011년 기준 약 $5 billion(약 5.5조원)규모의 조립식 건축 시장이 형성되어 있고 특히 의료시설, 대학기숙사, 제조시설, 저층건물, 공공건물 등에서 모듈러 건물 등 다양한 유형에 대한 시장이 형성되어 있으며 계약자, 엔지니어, 건축가들의 프로젝트에 모듈러를 사용하는 빈도가 높은 실정

표 2.2.1.4 미국 모듈러 건축 사례

단지명	미국 Capsys	미국-Deluxe	미국 n-Architect(안)	미국(B2-Project(안)
조감도				
개요	뉴욕시 주택과에서 인구증가수요에 맞춰 임대형으로 공급 (2~3개층 규모)	뉴욕 브로드웨이 7개층규모 1층 상업리테일 2~7층 임대주택	뉴욕시 주택과에서 정부차원 시내 임대 공공주택 공급분 (소형주거)	세계 최고층 32층 규모 모듈러 빌딩 계획안 (현재 기초공사진행 및 테스트모듈 제작완료)
용도	공동주택	주상복합	공동주택	공동주택
도입 기술	철골-스터드모듈러	장스팬 철골-스터드 모듈러 (현장설치완료)	철골-스터드모듈러 (설계중)	철골모듈러 코어모듈 + 철골스터드모듈러 +철골트러스모듈

② 현황조사 방법

㉠ 분석기준

○ 미국 모듈러 협회(MBI)의 자료를 근거로 140종의 모듈러 주택을 분석.

○ 모듈러 주택의 건축계획 특성 파악을 위해 일반사항과 모듈러 건축의 특징인 이축 및 재사용 가능성을 분석할 수 있는 확장성과 건축물의 용도를 파악할 수 있는 사용성 등으로 분석기준을 설정.

표 2.2.1.5 미국 모듈러 주택 분석 기준

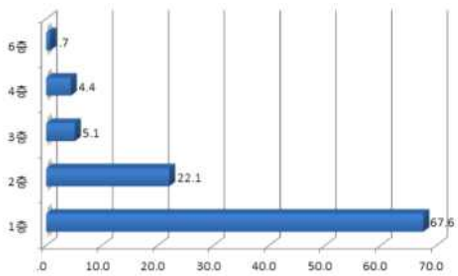
구분		기준	세부내용
일반사항	규모	층수, 연면적, 모듈사이즈, 모듈수	지상층 기준, 연면적 500m² 기준, 모듈사이즈: 가로×세로×높이
	공법	구축방식, 구조재	적층형/인필형, 강재/목재/PC/기타
	공사기간	공사기간	30일 기준
	입면	지붕, 필로티	평지붕/박공형/경사형, 필로티 유무
	보급	위치	미국 주(state) 기준
유형	확장성	영구적 건물	숙소시설, 교육시설, 의료시설, 사무실, 상점
		이동가능한 건물	숙소시설, 교육시설, 의료시설, 사무실, 상점, 응급재난구호시설
		재건축 건물	교육시설, 사무실
	사용성 (용도)	숙소시설	선수숙박시설, 소셜하우징, 기숙사, 아파트, 사병막사, 공용 오두막, 근로자 숙소, 실버타운, 어포더블 하우징, 주상복합주택, 농장관리건물
		교육시설	초등학교, 유치원, 교실, 방과후 클럽하우스, 학교 실험실, 스튜디오, 아동복지시설, 학생훈련시설, 영유아 보육시설, 고등학교 캠퍼스 및 교실, 체육관, 학생 식당
		의료시설	의학 연구소, 장애인의료시설, 노인요양원, 치과, 의료 사무실, 약국
		사무실	복지서비스사무실, 시청, 행정사무실, 경찰서, 공업시설, 항만청 빌딩, 임시사무실, 현장사무소, 보안요원시설
		상업시설	커피전문점, 은행, 호텔, 파빌리온, 공중화장실, 매점, 와인실험실, 방문자 센터, 서점, 골프클럽하우스, 부동산 센터, 프레젠테이션 센터, 임시식당 시설
		응급재난 구호시설	폐수처리공장, 레이더지원시설, 재난구조주택, 임시 소방서

③ 특성분석

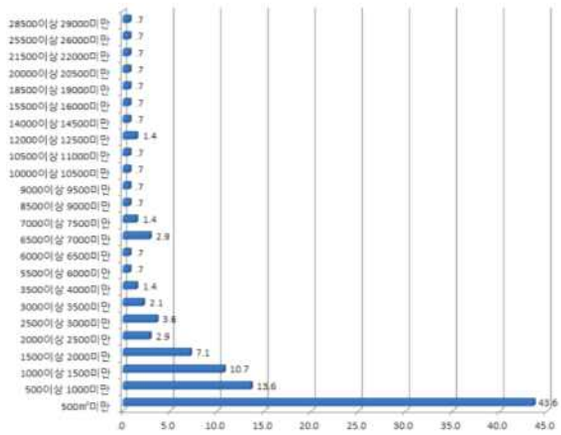
㉠ 일반사항

○ 규모

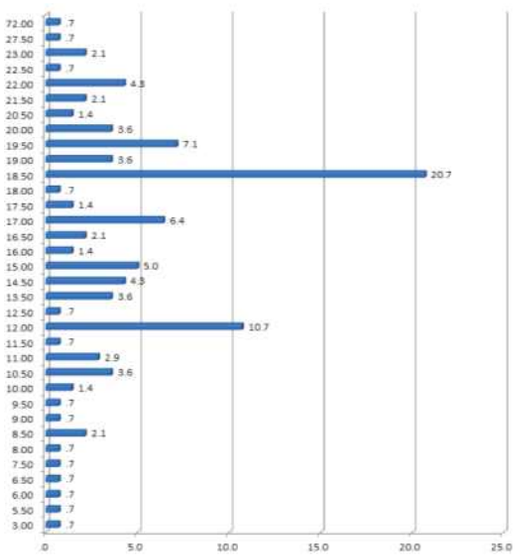
- 미국 모듈러 주택의 규모현황의 분석을 위해 층수, 연면적, 모듈사이즈, 모듈수로 세부내용을 분류. 층수 분석은 지상층을 기준으로 분석하였는데 단일층이 67.6%, 2층이 22.1%로 대부분의 모듈러 주택이 저층형태로 구축. 연면적은 500m²를 기준으로 분석하였는데 500m²미만이 43.6%, 2000m²미만이 75%로 대부분이 중소규모로 이루어짐. 모듈사이즈는 가로가 3.5m가 55%, 4.5m가 30%로, 세로가 18.5m가 20.7%, 12m가 10.7%로, 높이가 3.5m가 39.3%, 4m가 12.9%, 4.5m가 27.9%로 특정 길이로의 제작 빈도가 높음. 모듈수는 1개가 11.9%, 4개 이하가 37.6%로 대부분이 소규모. 층수는 이동가능한 건물은 대부분 단일층으로 구축되었고 상업시설은 대부분 단일층, 숙소시설은 대부분 다층으로 구축



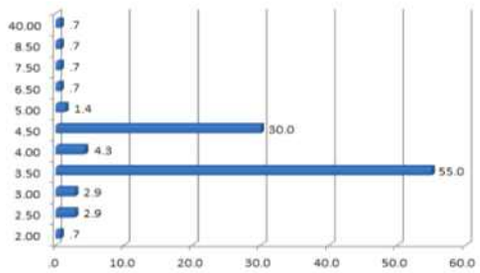
층수



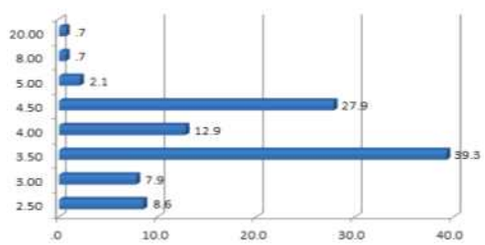
연면적



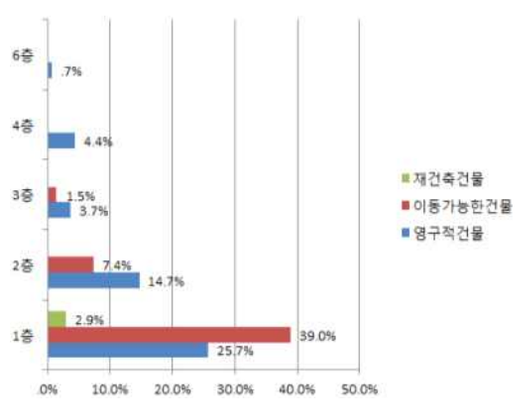
세로



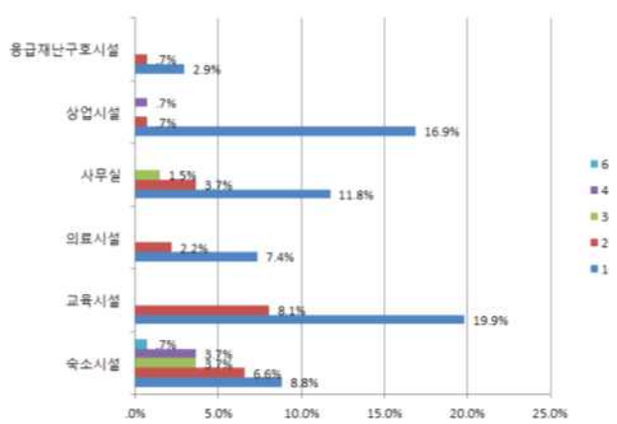
가로



높이



층수별 확장성 분포

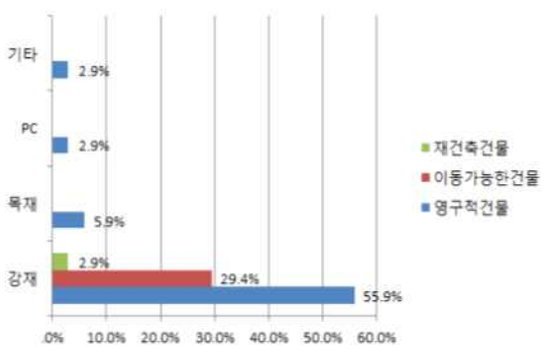


용도별 층수 분포

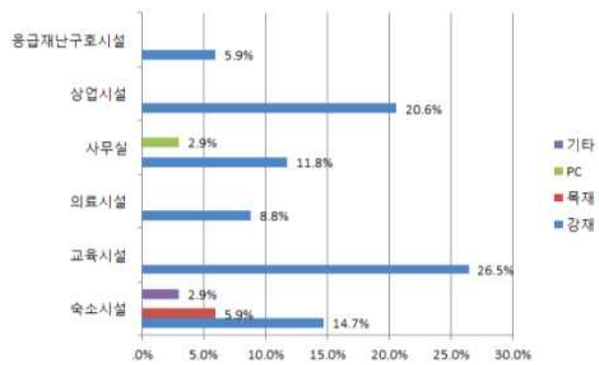
그림 2.2.1.2 규모

○ 공법

- 미국 모듈러 주택의 공법현황의 분석을 위해 구축방식, 구조재로 세부내용을 분류. 구축방식은 인필형 0%, 적층형 100%로 모듈러 건축 사례 모두 적층형으로 구축. 구조재는 강재가 88.2%, 목재가 5.9%, PC가 2.9%로 대부분의 모듈러 건축물이 강재구조로 구축.



구조재별 확장성 분포

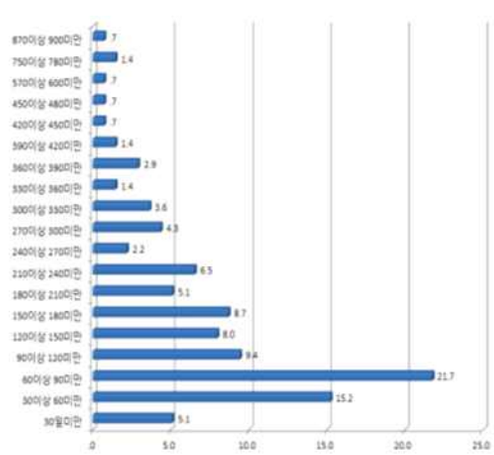


용도별 구조재 분포

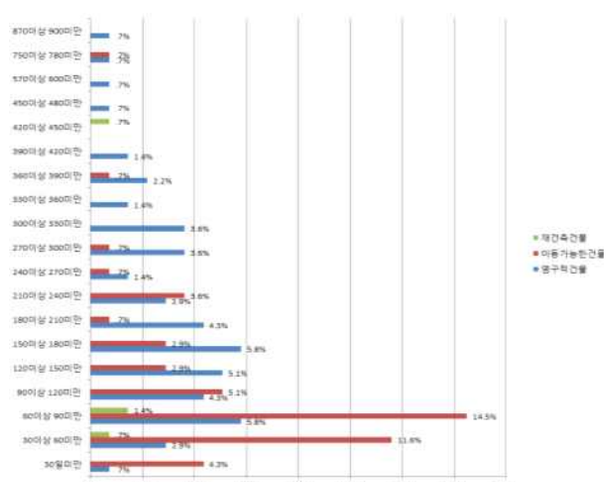
그림 2.2.1.3 공법

○ 공사기간

- 미국 모듈러 주택의 공사기간현황의 분석을 위해 30일 기준으로 분류. 공사기간은 90일 미만이 42%, 180일 미만이 68.1%로 모듈러 건축의 대부분 6개월 이내에 공사 완료. 영구적 건물은 공사기간이 2개월 이상 11개월 미만 분포가 고르게 나타나고 이동가능한 건물은 2개월 미만이 15.9%, 3개월 미만이 30.4%로 대부분 짧은 공사기간 내에 구축



공사기간



공사기간별 확장성 분포

그림 2.2.1.4 공사기간

ㅇ 입면

- 미국 모듈러 주택의 입면현황의 분석을 위해 지붕 형태, 필로티 유무로 세부내용을 분류. 지붕은 평지붕, 박공형 지붕, 경사지붕으로 분류. 평지붕이 56.2%, 박공형이 27.8%, 경사형이 6%로 모듈러 건물의 대부분이 평지붕 또는 박공형으로 제작. 필로티는 3.8%의 모듈러 건물에서 사용, 96.2%는 필로티 없이 구축

ㅇ 보급

- 미국 모듈러 주택의 보급현황의 분석을 위해 미국의 주(state)를 기준으로 위치분포를 나타냄. 건설 위치는 앨버타 주가 13.8%로 가장 많고, 캘리포니아 주가 11.6%, 브리티시컬럼비아 주가 8.7%로 특정 주에서 모듈러 건축의 빈도가 높음

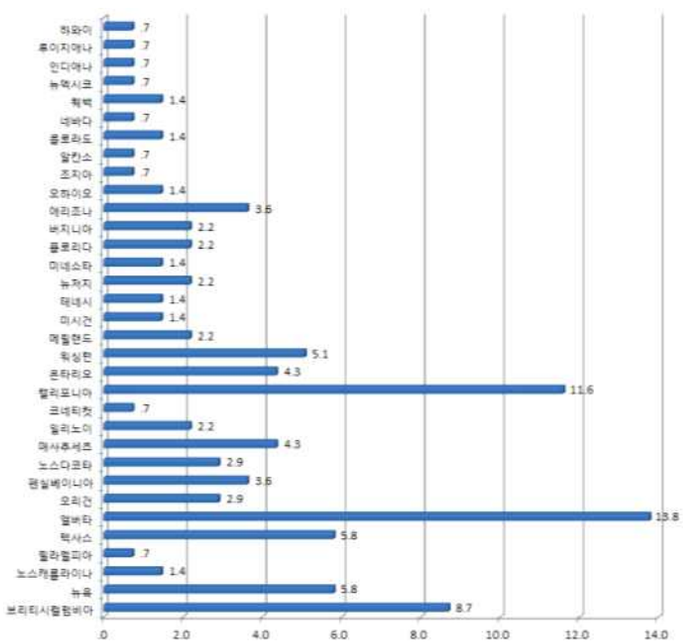


그림 2.2.1.5 위치

㉡ 확장성

ㅇ 미국 모듈러 주택의 확장성 분석을 위해 영구적, 이동가능, 재건축 건물로 세부내용을 분류함. 영구적 건물의 비중이 47.9%, 이동가능한 건물이 49.3%, 재건축 건물이 2.9%로 나타남. 영구적으로 건설된 건물은 일반 공법 건축물과 같은 기능을 하며 이동가능한 건물은 해체 및 재설치가 가능

㉢ 사용성

ㅇ 미국 모듈러 주택의 사용성 분석을 위해 숙소시설, 교육시설, 의료시설, 사무실, 상업시설, 응급재난구호시설로 세부내용을 분류. 사용 유형은 교육시설이 27.9%로 가장 많고 숙소시설이 22.9%, 사무실이 18.6%, 상업시설이 17.9%등으로 대부분을 차지. 숙소시설은 운동선수숙박시설, 기숙사, 고급 아파트, 근로자 임시숙소, 주상복합 주택 등의 다양한 용도로 사용. 교육시설은 유치원, 실험실, 학생 식당 등의 소규모에서부터 초등학교, 고등학교 캠퍼스, 아동복지시설 등의 대규모 시설까지 대부분 영구적 모듈러 건축을 이용. 의료 시설, 사무실, 상업 시설은 연구소, 일반 사무실 등의 소규모 모듈러로 건설됨. 응급재난구호시설은 폐수처리공장, 레이더지원용 특수시설, 재난구조주택, 임시 소방서등의 용도로 건설되어 이동가능한 건물로 구축

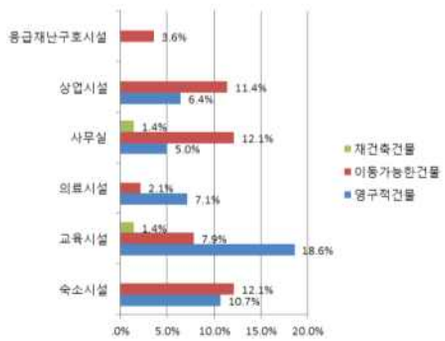


그림 2.2.1.6 용도별 확장성 분포

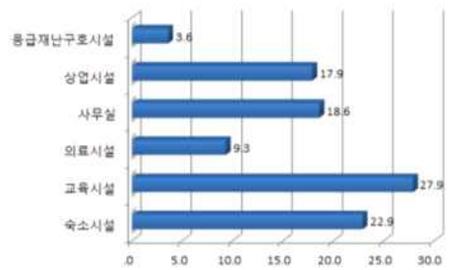


그림 2.2.1.7 사용성

○ 교육시설은 학기 운영계획에 맞추어 빠르게 진행되는 경우가 많아 단기간에 공사를 완료

○ 숙소시설은 다층형의 경우가 많고 대규모로 이루어져 공사기간이 6개월 이상 15개월 미만으로 비교적 긴 기간 공사가 이루어짐

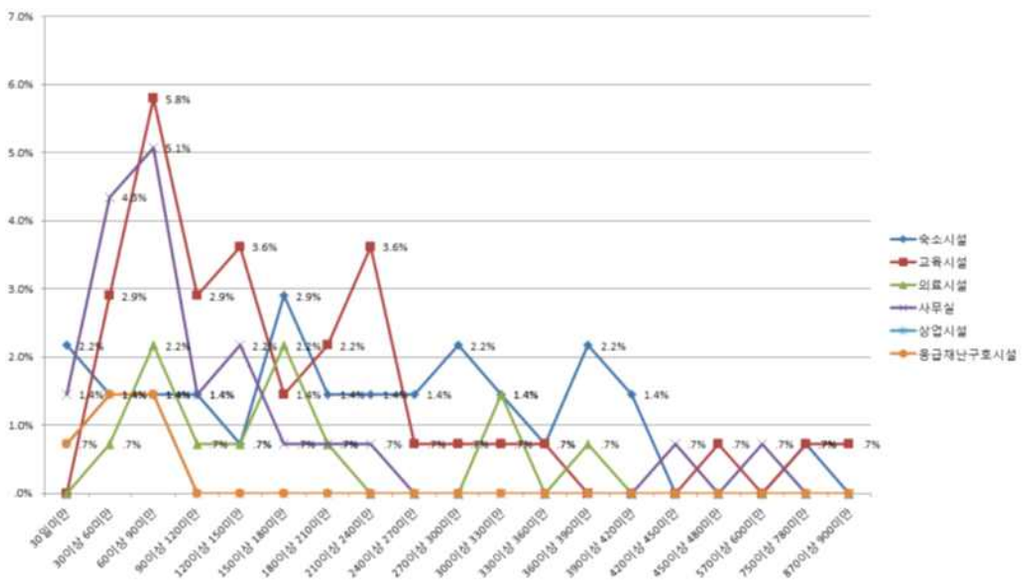


그림 2.2.1.8 용도별 공사기간 분포

ⓔ 소결

○ 미국 모듈러 건축물의 용도는 주거, 호텔, 학교, 상업시설, 의료시설 등 다양하게 분포되어 있고 층수는 1-2층 이하가 주류를 이루고 있으나 4층 이상규모로 다양하게 분포되어 있음

○ 건물 용도에 따라 다양한 유닛사이즈의 모듈을 사용하며 영구적 건물 뿐만 아니라 이동가능한 건축물 비율이 높게 나타남

구분	국내	미국
용도	주거 위주	주거, 호텔, 학교, 상업시설, 의료시설 등 다양하게 분포
규모	3층 이하	1-2층이 주류를 이루고 있으나 4층 이상 다양하게 분포
공사기간	3-4개월	1-6개월
유닛사이즈	소규모 사이즈	용도에 따라 다양한 사이즈 사용
확장성	영구적 건물형태 높음	이동가능한 건물분포가 높음

(2) MC설계

(가) 설계표준화 기준

① 수평계획모듈

ㅇ 모듈러주택의 주요구성 실(거실, 침실, 부엌, 화장실) 각 변의 치수는 안목치수 300㎜ 증분치수 적용을 원칙으로 하고, 불가피한 경우에는 보조모듈 증분치수를 적용. 단 다음 각 항목의 치수는 보조모듈 증분치수인 100㎜ 증분치수를 적용.

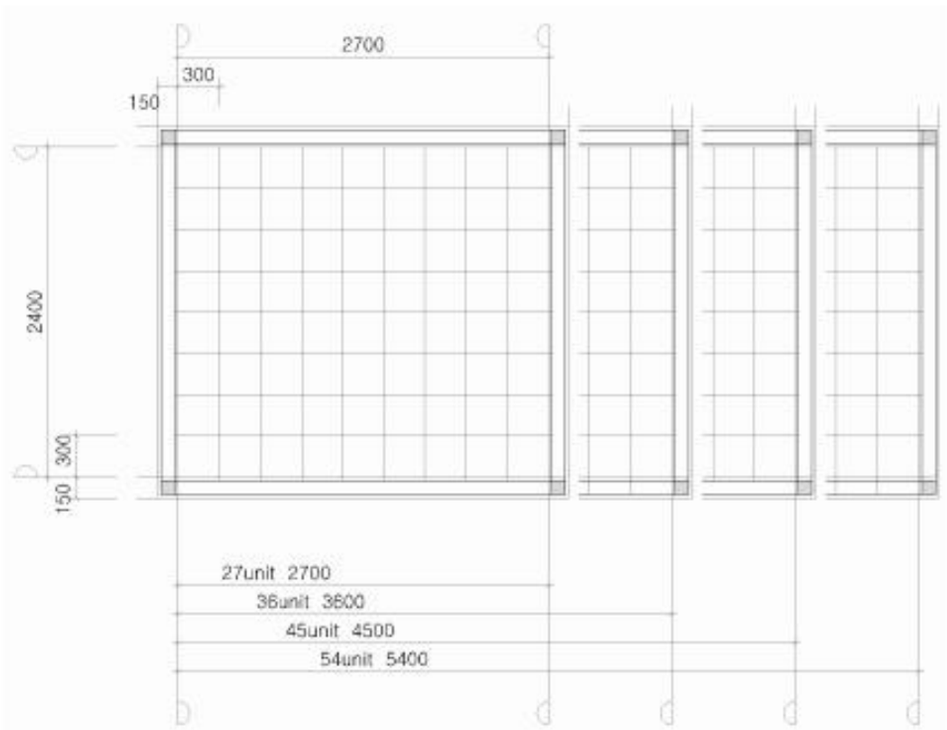


그림 2.2.1.9 수직계획모듈

② 수직계획모듈

ㅇ 100㎜ 증분치수 적용을 원칙으로 하고 불가피한 경우 보조모듈 증분치수 적용을 할 수 있음. 다만 각 항목의 규정에 의한 치수는 보조모듈 증분치수를 적용할 수 있음.

㉠ 층고 : 아래층 바닥마감 기준면에서 위층 바닥마감기준면까지의 치수로 100㎜ 증분치수를 적용하되, 보조적으로 50㎜ 증분치수를 적용할 수 있음.

㉡ 천장고 : 100㎜ 증분치수를 적용하며, 2400㎜를 권장함.

㉢ 층간대 : 천장마감재, 천정보, 바닥보, 바닥온돌판 및 바닥마감재로 구성되어 100㎜ 증분치수를 적용하되, 보조적으로 50㎜ 증분치수를 적용할 수 있음.

㉣ 창문대 높이 : 바닥마감기준면으로부터 300㎜ 증분치수를 원칙으로 하고, 보조적으로 100㎜ 증분치수를 적용할 수 있음.

③ 주요 구성재의 기준면 설정

㉠ 벽체

1. 벽체는 안목기준면 잡기를 적용한다.
2. 벽체의 기준면 치수는 철골 두께, 마감재 치수, 시공오차 및 시공여유의 합이 5센티미터의 증분치수로 설정한다.
3. 벽체의 룸값은 철골 두께, 마감재 치수, 시공오차, 시공여유 등에 의해 조정된다.
4. 두께가 다른 벽체가 인접할 경우, 조립기준면은 두꺼운 벽체를 기준으로 설정한다.
5. 외벽 기준면 치수는 150㎜를 권장한다.
6. 내벽 기준면 치수는 100㎜를 권장한다.

㉡ 층간대

1. 층간대 기준면은 천장하부 마감기준면에서부터 상부층 바닥마감 상부기준면에 설정한다.
2. 층간대 치수는 천장판, 천장보, 바닥보, 바닥판, 온수온돌판, 바닥마감 두께에 허용오차를 합하여 10센티미터의 증분치수가 되도록 하고, 보조적으로 5센티미터 보조 증분치수를 사용한다.
3. 층간대 기준면 치수는 600㎜를 권장한다.

㉢ 창호

1. 창문대 높이는 3M의 증분치수 적용을 원칙으로 하되 1M의 증분치수도 적용할 수 있다. 창호의 크기는 KS F 1515의 표준모듈호칭치수를 따르되, 3M의 증분치수를 권장한다.
2. 창호의 룸값 설정은 다음과 같다.
 ① 창의 경우 나비 및 높이방향에 대하여 룸값을 5㎜로 설정한다.
 ② 문의 경우 나비방향에 대한 룸값을 5㎜, 높이방향에 대한 룸값을 1㎜로 설정한다.
3. 창호와 접합되는 고정벽의 룸값은 0으로 설정한다.

④ 창호 주요 접합부별 설계기준

㉠ 벽체-천장재

1. 벽체와 천장재가 접합되는 부분은 천장재를 시공할 때 기준면을 넘어 룸을 마무리한다.
2. 벽체와 천장재의 최대한계치수를 설정한다.
3. 최대한계치수에 맞는 마무리재를 선택하여 룸을 마무리하도록 한다.

ㄴ 벽체-창호

1. 벽체와 창이 접합되는 부분은 창을 설치할 때 기준면을 넘어 틈을 마무리한다.
2. 벽체와 창의 최대한계치수를 설정한다.
3. 최대한계치수에 맞는 마무리재를 선택하여 틈을 마무리하도록 한다.

ㄷ 벽체-바닥재

1. 벽체와 바닥재가 접합되는 부분은 후속공정인 바닥재를 시공할 때 기준면을 넘어 틈을 마무리한다.
2. 벽체와 바닥재의 최대한계치수를 설정한다.
3. 최대한계치수에 맞는 마무리재를 선택하여 틈을 마무리하도록 한다.

ㄹ 벽체-시스템키친-바닥(천장)

1. 벽체와 시스템키친이 접합되는 부분은 시스템키친을 시공할 때 기준면을 넘어 틈을 마무리한다.
2. 벽체와 시스템키친의 접합부 최대한계치수(dw)를 설정한다.
3. 바닥(천장)과 시스템키친이 접합되는 부분은 시스템키친을 시공할 때 기준면을 넘어 틈을 마무리한다.
4. 바닥(천장)과 시스템키친의 접합부 최대한계치수를 설정한다.
5. 최대한계치수에 맞는 마무리재를 선택하여 틈을 마무리하도록 한다.

ㅁ 벽체-조립식욕실-바닥(천장)

1. 벽체와 조립식 욕실이 접합되는 부분은 조립식 욕실을 시공할 때 기준면을 넘어 틈을 마무리한다.
2. 벽체와 조립식 욕실의 수평 최대한계치수를 설정한다.
3. 바닥(천장)과 조립식 욕실이 접합되는 부분은 조립식 욕실을 시공할 때 기준면을 넘어 틈을 마무리한다.
4. 바닥(천장)과 조립식 욕실의 수직 최대한계치수를 설정한다.
5. 최대한계치수에 맞는 마무리재를 선택하여 틈을 마무리하도록 한다.

(나) Mock-up 모듈개발 검토 및 Mock-up 설계

① Mock-up 모듈개발

ㅇ 1~2인 주거형태에 대한 자료조사와 사례조사 등을 통하여 제안서 당시의 계획안을 기준으로 평면 형태를 발전시킴

㉠ 1인형 : 사회초년생 및 대학생

ㅇ 공간분리와 설비집약화를 고려하여 3안을 선택.

유형	Alt1	Alt2	Alt3
Plan			
특징	• 제안서 계획안 • 공간의 유연한 활동성에 중점을 둠	• 화장실/현관/주방의 협소한 부분 개선	• 주방/거실+침실 공간 분리 • 주방/욕실 레이아웃 변경으로 설비집약화
목업적용	X	X	O

그림 2.2.1.10 모듈개발_1인형

㉡ 2인형 : 신혼부부

ㅇ 수납공간의 극대화와 주방/거실 통합형을 고려하여 3안을 선택

유형	Alt1	Alt2	Alt3
Plan			
특징	• 제안서 계획안	• 주방/거실 분리형으로 각각의 공간에 독립성 부여	• 수납공간 극대화 • 주방/거실 통합형
목업적용	X	X	O

그림 2.2.1.11 모듈개발_2인형

② Mock-up 설계

㉠ 평면

ㅇ 유닛박스의 안목치수를 가로세로 모두 300㎜의 증분치수로 함.

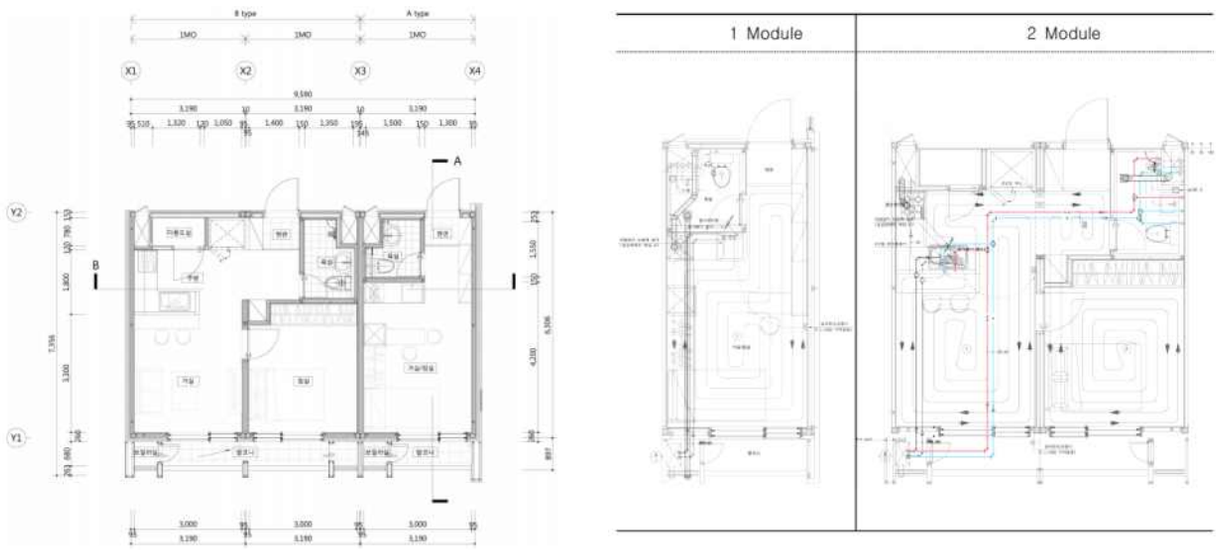


그림 2.2.1.12 Mock-up 평면

㉡ 단면

ㅇ 유닛박스의 층고, 천정고, 층간대 치수를 100㎜의 증분치수로 함.

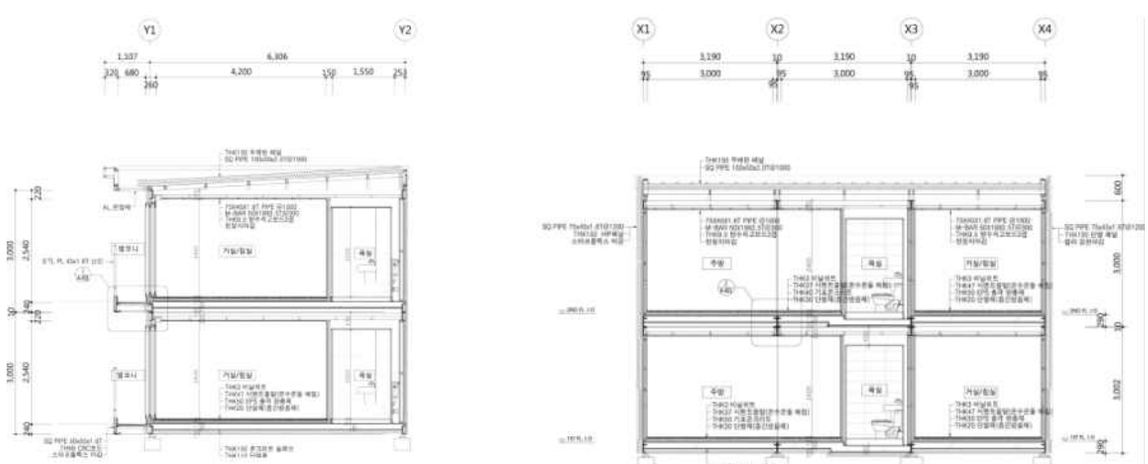


그림 2.2.1.13 Mock-up 단면

ⓒ 입면

○ 최외장재는 부위를 달리하여 칼라복합강판과 스타코플렉스, 수성페인트로 마감.

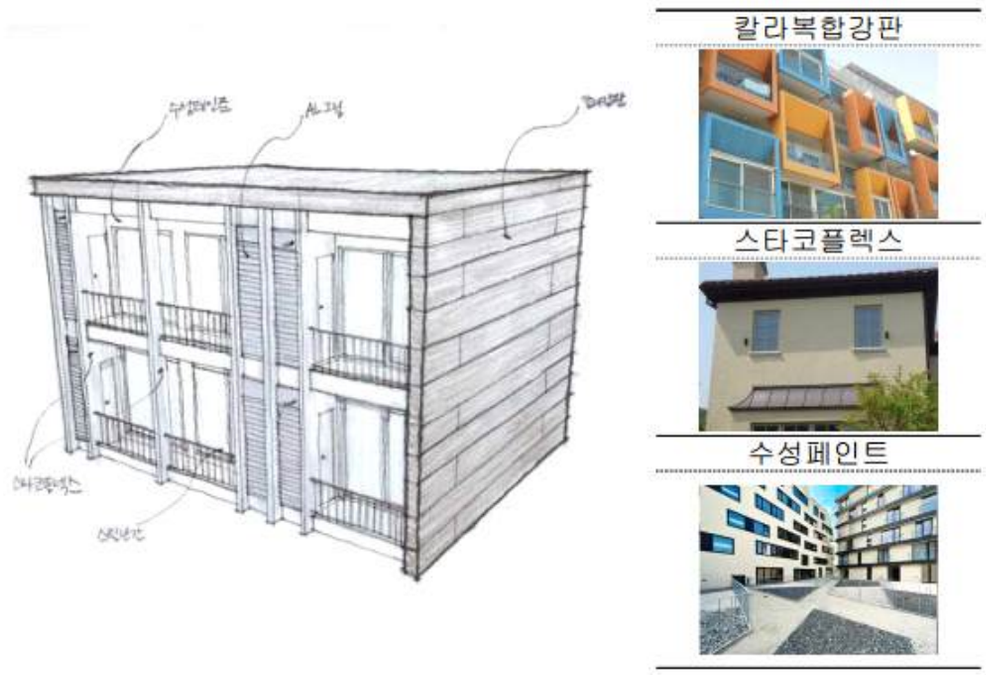


그림 2.2.1.14 Mock-up 입면

(3) BIM 라이브러리 구축

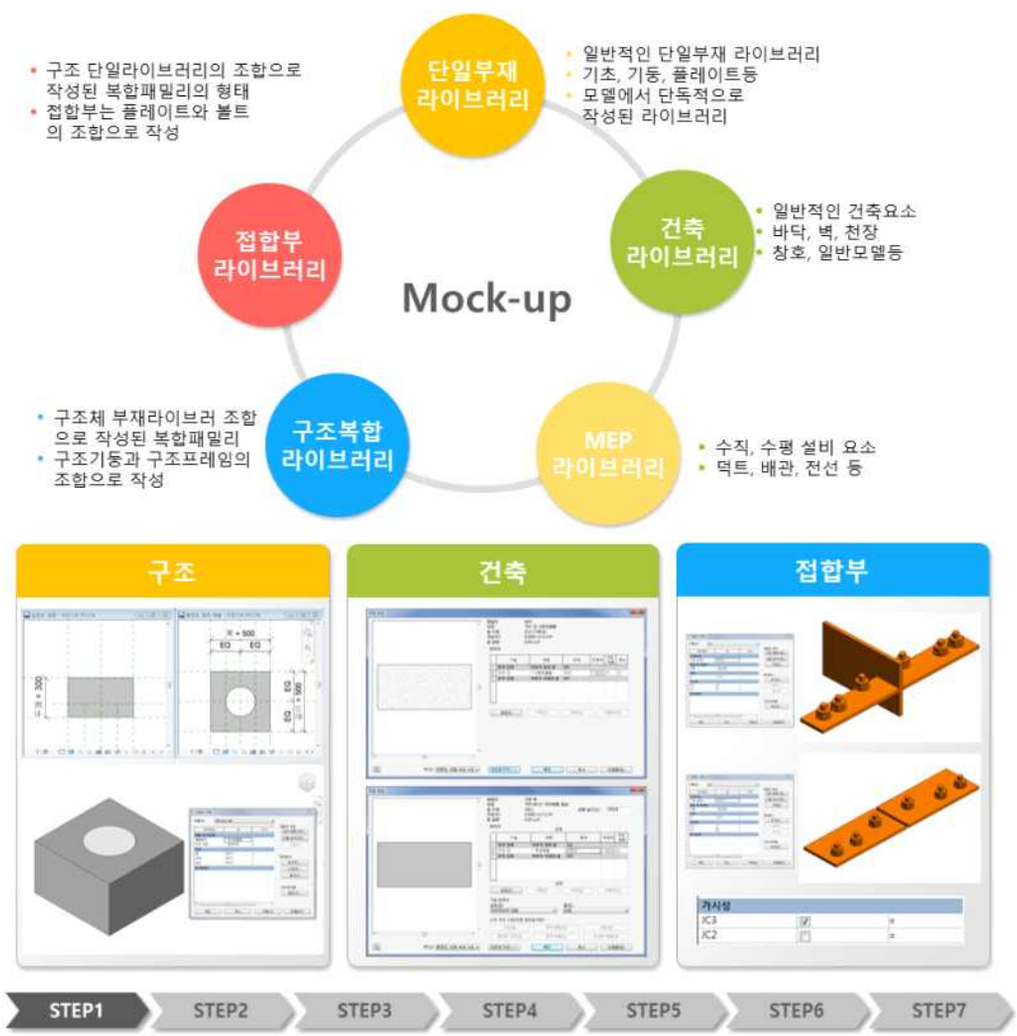
(가) BIM 라이브러리 분류체계 기준 설정 및 작성

① 1단계 : 라이브러리 제작

㉠ 조립식 주택 목업에 대한 BIM 설계를 하기위해 아래와 같은 5가지 부문으로 라이브러리를 구축하여야 함.

㉡ 자재 및 부품의 패밀리 객체 구축

- ㅇ 유닛모듈러주택의 각 자재 및 부품의 형상정보를 입력하여 BIM 기초 Data 제작
- ㅇ 부재별 목록 일람표와 재료의 물량산출이 가능한 패밀리 구축



분야	카테고리	분류	패밀리 이름	유형 이름	신규	수정	재사용
구조	구조기둥	일반패밀리	H-Column	C1 - 125x125x6t		●	
구조	구조기둥	일반패밀리	H-Column	C1 - 125x125x9t			●
구조	구조기둥	일반패밀리	SQ PIPE	75x45x1.6T		●	
구조	구조기초	일반패밀리	구조기초 일반	500x500x300	●		
구조	구조기초	일반패밀리	구조기초 PC1	500x500x300	●		
구조	구조 프레임	일반패밀리	Girder	CG1 - 200x75x5.7t		●	
구조	구조 프레임	일반패밀리	C-Frame	CG1 - 200x75x5.7t		●	
구조	구조 프레임	일반패밀리	C-Frame	SG1 - 200x75x5.7t		●	
구조	구조 프레임	일반패밀리	Beam	SB1 - 150x75x6.5x10t		●	
구조	구조 프레임	일반패밀리	Beam	SB2 - 100x50x5x7.5t		●	
구조	구조 프레임	일반패밀리	M-BAR	50x19x0.5T	●		
구조	구조 프레임	일반패밀리	채광천넬	75x45x1.2T		●	

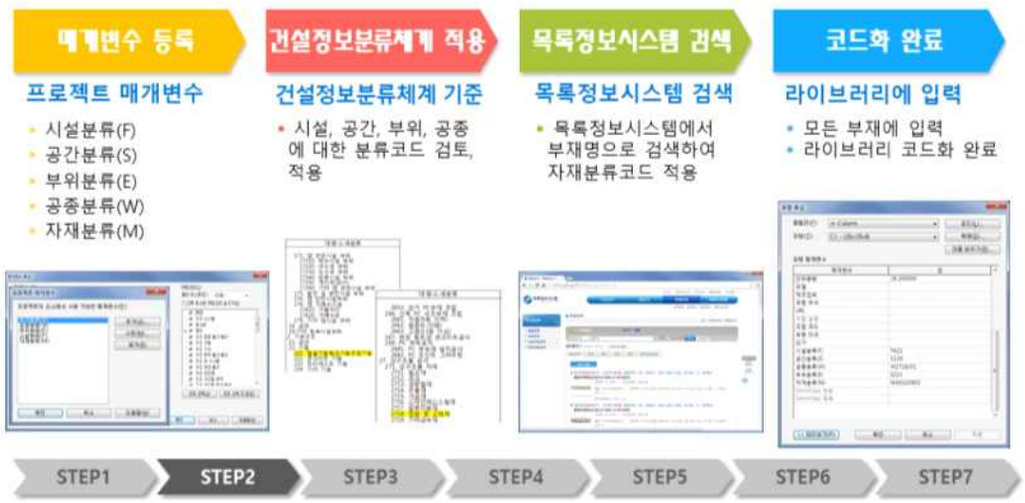
분야	카테고리	분류	패밀리 이름	유형 이름	신규	수정	재사용
구조	구조 프레임	유닛패밀리	Unit1	Unit1	●		
구조	구조 프레임	유닛패밀리	Unit2	Unit2	●		
구조	구조 프레임	유닛패밀리	Unit3	Unit3	●		
구조	구조 연결	일반패밀리	S-COL Cover	Cover			●
구조	구조 연결	일반패밀리	연결 BOLT	F10T M16			●
구조	구조 연결	일반패밀리	연결 PLATE	PL 6mm(220d)	●		
구조	구조 연결	일반패밀리	연결 PLATE	PL 10mm			●
구조	구조 연결	접합패밀리	외곽접합부	JC1	●		
구조	구조 연결	접합패밀리	모듈간접합부	JC2	●		
구조	구조 연결	접합패밀리	접합패밀리	JC3	●		
구조	구조 연결	접합패밀리	기초 접합부	PC1	●		
총 계					11	8	4

그림 2.2.1.15 BIM 라이브러리 구축 1단계

⑤ 2단계 : 라이브러리 코드 입력

㉠ 프로세스

- ㅇ 매개변수 등록 : 시설/공간/부위/공종/자재
- ㅇ 건설정보분류체계 적용 : 시설, 공간, 부위, 공종에 대한 분류코드 검토 및 적용
- ㅇ 목록정보시스템 검색 : 목록정보시스템에서 부재명으로 검색하여 자재분류코드 적용
- ㅇ 코드화 완료 : 모두 부재에 입력



라이브러리 코드화 (SAMPLE)

분야	구분	코드명	시설분류	공간분류	부위분류	공종분류	자재분류	패밀리
구조	조합(연결)	F422_S135:01_E221_W2732/02_m30102204:13	F422	S135:01	E221	W2732/02	M30102204:01	JC1
			연립주택	지상층:유닛1	철골기둥형강기둥조립	건축철골조 및 설치/현장공정	모듈접합01	
구조	조합(연결)	F422_S135:01_E221_W2732/02_m30102204:13	F422	S135:01	E221	W2732/02	M30102204:02	JC2
			연립주택	지상층:유닛1	철골기둥형강기둥조립	건축철골조 및 설치/현장공정	모듈접합02	
구조	조합(연결)	F422_S135:01_E221_W2732/02_m30102204:13	F422	S135:01	E221	W2732/02	M30102204:03	JC3
			연립주택	지상층:유닛1	철골기둥형강기둥조립	건축철골조 및 설치/현장공정	모듈접합03	
구조	조합(연결)	F422_S135:01_E221_W2732/02_m30102204:13	F422	S135:01	E221	W2732/02	M30102204:04	PC1
			연립주택	지상층:유닛1	철골기둥형강기둥조립	건축철골조 및 설치/현장공정	모듈접합04	

라이브러리 분류체계기반 **구조부재** 코드입력 현황

라이브러리 분류체계기반 **건축부재** 코드입력 현황

그림 2.2.1.16 BIM 라이브러리 구축 2단계

⑥ 3단계 : 2D 도면 로드

㉠ CAD도면 REVIT으로 링크

ㅇ 각각의 평면, 입면, 단면도 Revit 으로 링크, 모델링 준비

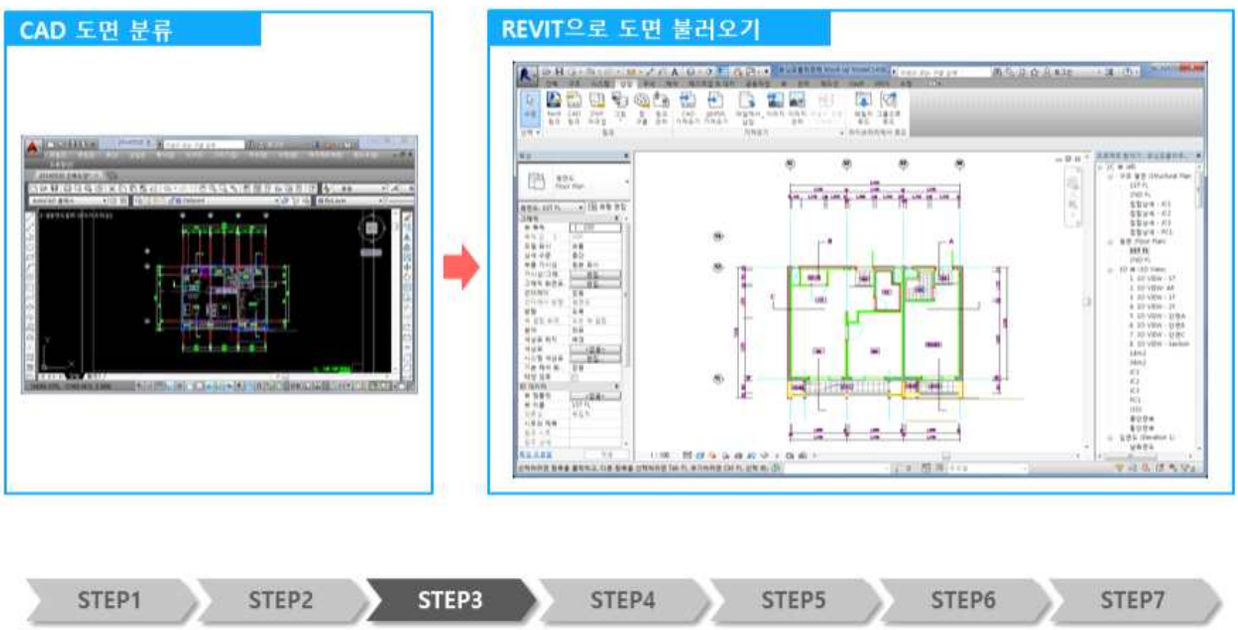


그림 2.2.1.17 BIM 라이브러리 구축 3단계

⑦ 4단계 : 유닛모델링

ㅇ 패밀리의 조합으로 구조/건축 모델링 완성

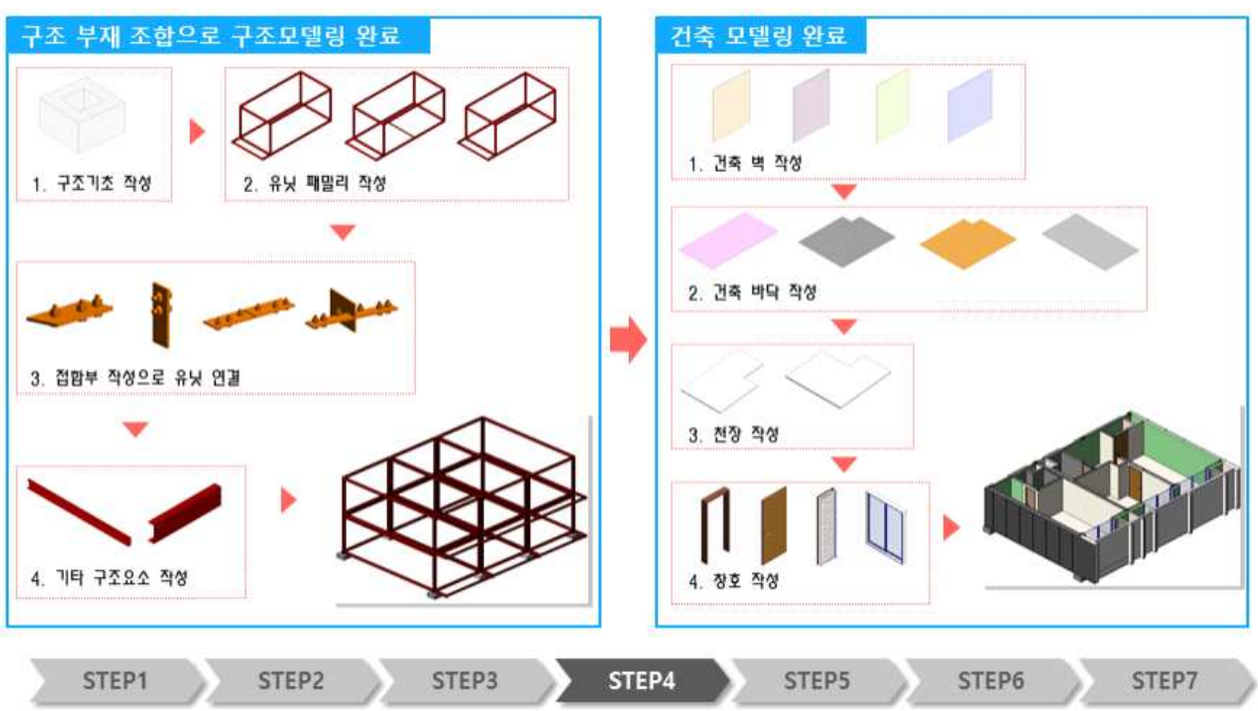


그림 2.2.1.18 BIM 라이브러리 구축 4단계

⑧ 5단계 : 모듈조합

㉠ 3D 뷰를 활용하여 직관적인 모델 검토

ㅇ 단면상자와 뷰 큐브를 활용한 3D뷰 모델생성 및 검토

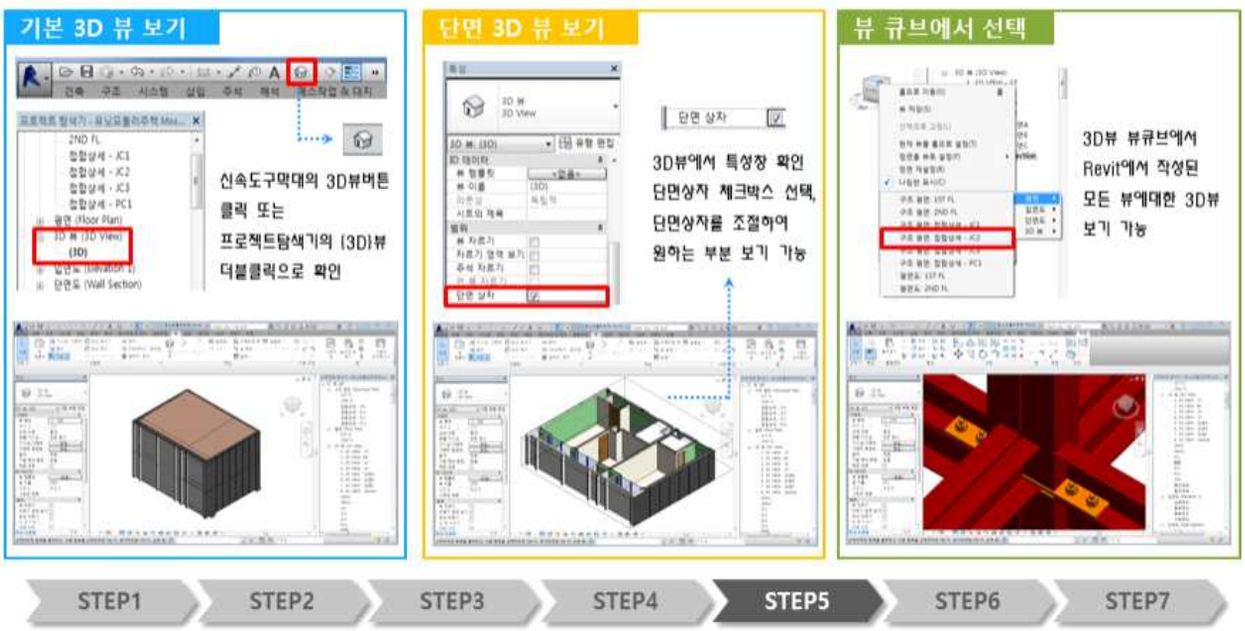


그림 2.2.1.19 BIM 라이브러리 구축 5단계

⑨ 6단계 : 도면화

㉠ 도면화 작업 및 시트 배치

ㅇ 주석요소를 활용한 도면화 작업으로 BIM 도면 완성

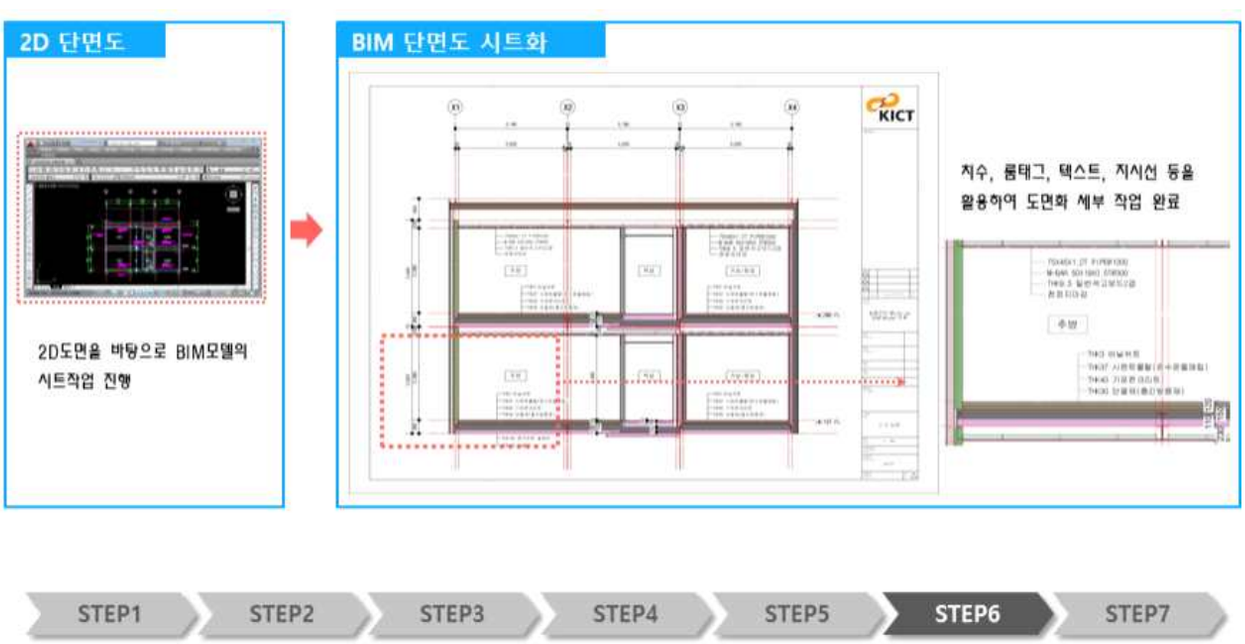


그림 2.2.1.20 BIM 라이브러리 구축 6단계

⑩ 7단계 : 물량 산출

㉠ 일람표로 카테고리별 물량산출

ㅇ 확인하려는 속성정보 필드를 선택적으로 추출 가능

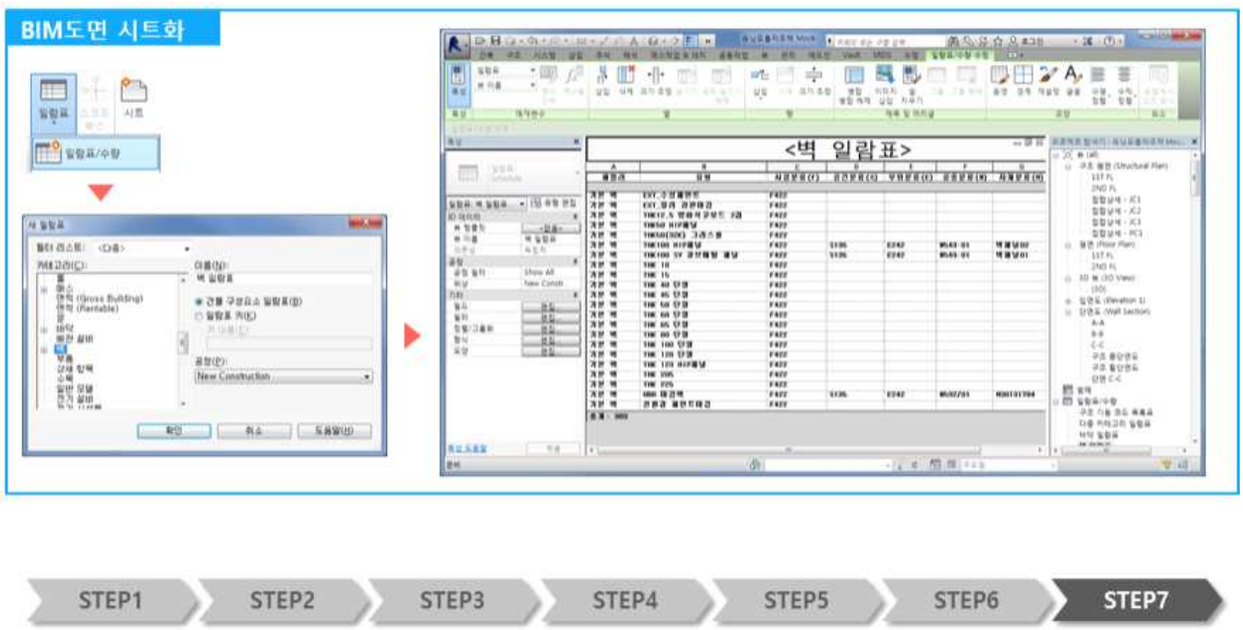


그림 2.2.1.21 BIM 라이브러리 구축 7단계

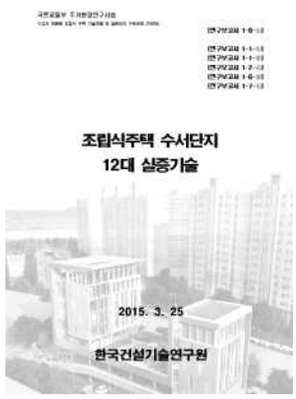
가) 2차년: 현황분석 및 적용기법 정리(2)

연구목표

- 조립식 주택 MC설계기준 개발
- 조립식 주택 BIM 설계 프로세스 구축

연구내용

- 조립식 주택 설계 표준화(MC) 기준 설정
  - 치수설정원칙 및 조립기준면 설계기준 설정
  - 조립식주택 자재 표준화 및 규격화 방안
  - MC설계기준 적용 설계도서 사례(수서단지)
- BIM 설계 프로세스 구축
  - 수서단지 BIM 설계 프로세스 7단계 구축
  - BIM 라이브러리 제작



최종성과물

- 설계도서 1건
- 보고서 1건

(1) 설계표준화(MC) 기준 설정

(가) 치수설정원칙 및 조립기준면 설계기준 설정

○ 공장생산을 전제로 하는 모듈러 건축(Modular Construction)은 자재 및 부품의 표준화를 위한 Modular Coordination(MC) 설계가 필수적으로 이뤄져야 함. 그러나 한국의 모듈러 건축기술은 초기 도입단계이고 모듈러 건설시장이 크게 확대되지 않아서 MC설계 적용이 미비한 실정임. 따라서 본 연구에서는 모듈러 건축의 MC 설계 방향을 '치수 설정원칙', '주요대상 및 구성재 선정', '조립기준면 설계기준'등으로 제시하고 실증단지에 검증하는 것이 최종 목표임.

○ 1차년에 기 설정된 MC 설계 기준안을 기반으로 수서단지 모듈러 주택의 기본 유닛에 적용하고 치수설정원칙, 주요구성재 선정 내용을 수정 및 보완하였고 2차년에는 조립기준면 설계기준 중심으로 연구를 진행함. 건식시스템인 모듈러 건축에서 이종의 구성재가 서로 교차되는 부분에서의 조립기준면 설정이 벽체-벽체, 벽체-창호, 벽체-욕실 등의 연구를 진행.

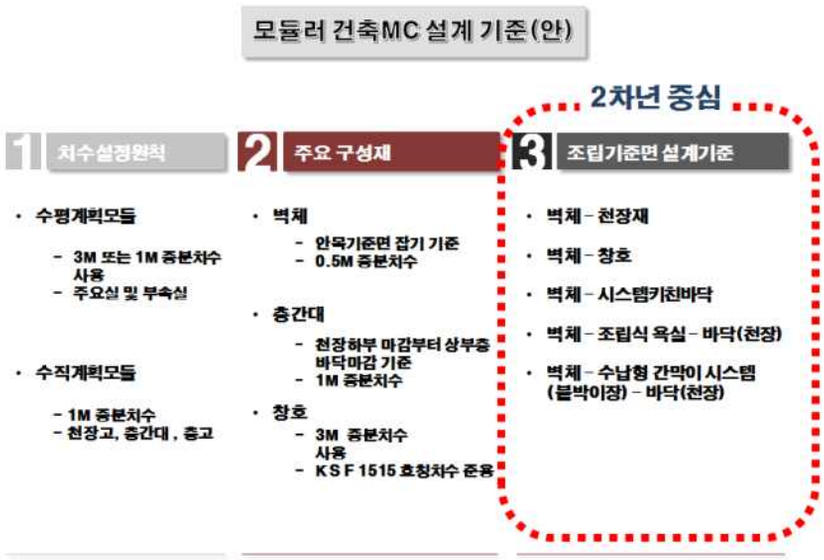


그림 2.2.1.22 모듈러 건축 MC 설계 기준 2차년 연구내용

① 치수설정 원칙

㉠ 수평계획모듈

o 모듈러주택의 주요 실(거실, 침실) 각 변의 치수는 안목치수 기준 3M 증분치수 적용을 원칙으로 하고, 벽체 및 평면 공간 구성상 부득이한 경우는 1M 증분 치수를 적용한다.

o 공동주택의 주요 실(거실, 침실) 각 변의 치수는 안목치수 기준으로 30cm 증분치수 적용을 원칙으로 하고, 불가피한 경우에는 보조모듈 10cm 증분치수를 적용한다. 단, 다음 각 항복의 치수는 보조모듈인 1M 증분치수를 적용할 수 있다.

- 주방, 욕실 / - 복도, 계단, 계단참, 발코니 / - 현관, 창고, 다용도실 / - 기타 공간

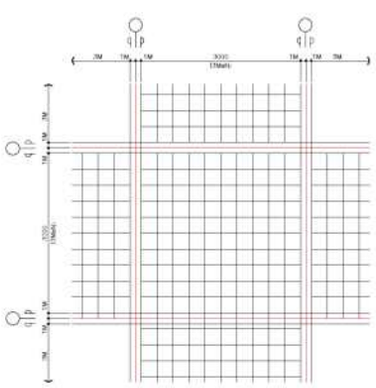


그림 2.2.1.23 수평계획모듈

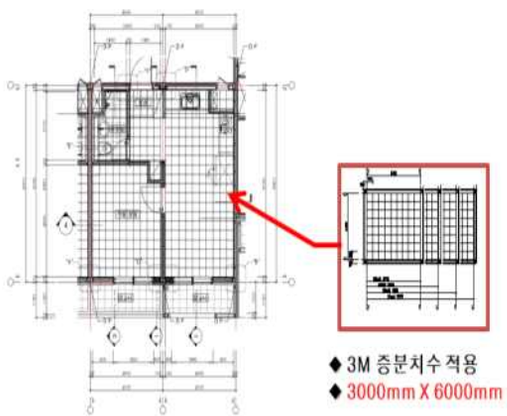


그림 2.2.1.24 적용사례(수서 적용)

㉡ 수직계획모듈

o 아래층 바닥 마감기준면에서 위층 바닥마감기준면까지의 치수로 1M의 증분치수를 적용한다.

o 모듈러 주택의 수직계획 모듈 치수는 10cm 증분치수 적용을 원칙으로 하고, 불가피한 경우 보조모듈 증분치수 적용을 할 수 있다. 다음, 각 항목의 규정에 의한 치수는 보조모듈 증분치수를 적용할 수 있다.

- 층고 : 아래층 바닥 마감기준면에서 위층 바닥마감기준면까지의 치수로 10cm 증분치수를 적용하되, 보조적으로 5cm 증분치수를 적용할 수 있다.
- 층간대 : 천장마감재, 천장보, 바닥보, 바닥온돌판 및 바닥 마감재로 구성되며 10cm 증분치수를 적용하되 보조적으로 5cm 증분치수를 적용할 수 있다.
- 천장고 : 10cm 증분치수를 적용한다.
- 창문대 높이 : 바닥마감기준면으로부터 30cm 증분치수를 원칙으로 하고, 보조적으로 10cm 증분치수를 적용 할 수 있다.

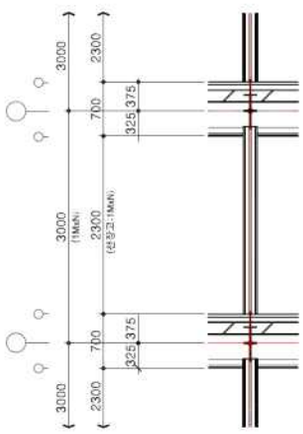


그림 2.2.1.25 수직계획모듈

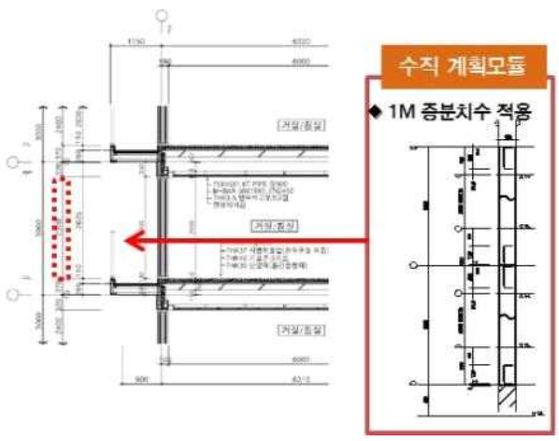
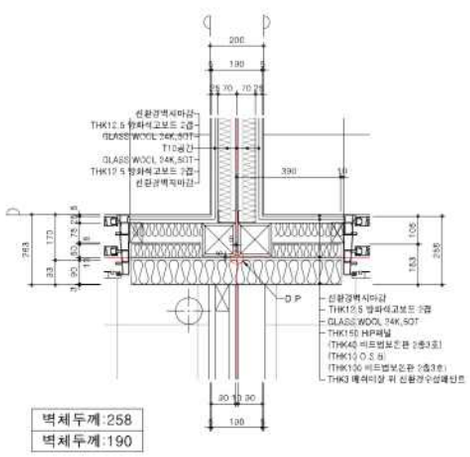


그림 2.2.1.26 적용사례(수서 적용)

② 주요 구성재

㉠ 벽체

○ 면잡기는 안목기분면 잡기를 원칙으로 시공오차 및 보정치수를 고려하여 기준선을 설정한다. 0.5M 기준으로 설정한다.

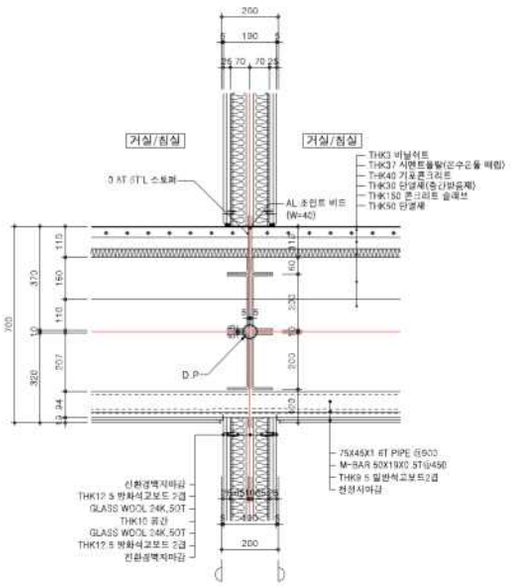


- 벽체는 안목기준면 잡기를 적용한다.
- 벽체의 기준면 치수는 철골 두께, 마감재 치수, 시공오차 및 시공여유의 합이 5cm의 증분치수로 설정한다.
- 벽체의 틈값은 철골 두께, 마감재, 시공오차, 시공여유 등에 의해 조정된다.
- 두께가 다른 벽체가 인접할 경우, 조립기준면은 두꺼운 벽체를 기준으로 설정한다.

그림 2.2.1.27 주요 구성재_벽체

㉡ 층간대

○ 층간대 기준면은 천장하부 마감기준면에서부터 상부층 바닥마감 상부기준면에 설정한다. 증분치수는 1M을 기준으로 한다.

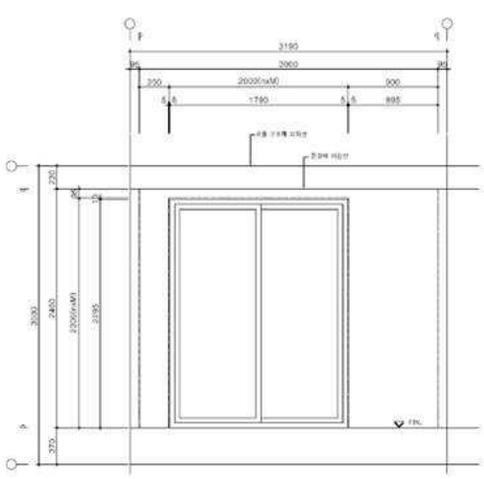


- 층간대 기준면은 천장하부 마감기준면에서부터 상부층 바닥마감 상부기준면에 설정한다.
- 층간대 치수는 천장판, 천장보, 바닥보, 바닥판, 온수온돌판, 바닥마감 두께에 허용오차를 합하여 10cm의 증분치수가 되도록 하고, 보조적으로 5cm 보조증분 치수를 사용한다.

그림 2.2.1.28 주요 구성재_층간대

㉢ 창호

○ 창호는 3M의 증분치수를 따르고 보조적으로 1M을 증분치수도 따른다. KS F 1515의 모듈호칭치수를 따른다.



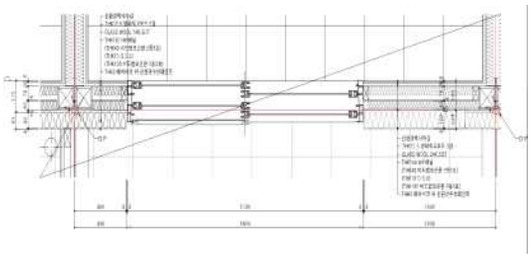
- 창문대 높이는 3M의 증분치수 적용을 원칙으로 하되 1M의 증분치수도 적용할 수 있다. 창호의 크기는 KS F1515의 표준모듈호칭치수를 따르되, 3M의 증분치수를 권장한다.
- 창호의 틈값 설정은 다음과 같다.
  - 창의 경우 나비 및 높이방향에 대하여 틈값을 5mm로 설정한다.
  - 문의 경우 나비방향에 대한 틈값을 5mm, 높이방향에 대한 틈값을 1mm로 설정한다.

그림 2.2.1.29 주요 구성재_창호

③ 조립기준면 설계기준

㉠ 벽체-창호

○ 벽체와 창이 접합되는 부분은 창을 설치할 때 기준면을 넘어 틈을 마무리한다.

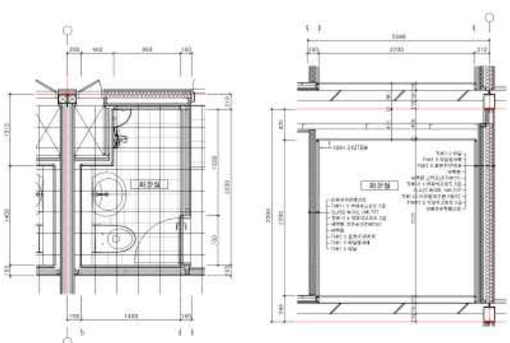


- 유닛모듈라 주택에 시공되는 벽체는 건식공법을 사용하므로 시공오차가 거의 발생하지 않는다. 따라서 창과 접합되는 부분의 틈값은 벽체의 시공오차는 무시하고 창에서 발생하는 시공여유와 제작오차를 고려하여 5㎜를 설정한다. 즉 창의 모듈호칭치수와 개구부치수를 동일하게 설정하고 벽체의 틈값이 0이 되므로 최대한계치수도 0이 된다.
- 즉 표준마무리재로 시공해야할 부분은 벽체의 오차(제작+시공)와 창호의 오차(제작+시공)와 시공여유를 합한 5㎜이다.

그림 2.2.1.30 조립기준면(벽체-창호)

㉡ 벽체-욕실

○ 벽체(바닥)와 조립식 욕실이 접합되는 부분은 조립식 욕실을 시공할 때 기준면을 넘어 틈을 마무리하며 벽체(바닥)와 조립식 욕실의 수평 최대한계치수를 설정한다.



- 조립식 욕실은 계획모듈격자에 대하여 모듈정합하며, 조립식 욕실 치수는 관련 해당 한국산업규격(KS F 2222)의 적용을 원칙으로 한다.
- 벽체와 조립식 욕실이 접합되는 부분은 조립식 욕실을 시공할 때 기준면을 넘어 마무리한다. 벽체의 최대한계치수는 앞에서 언급한 바와 같이 150㎜ 호칭치수일 때 8㎜가 된다. 이와 함께 조립식 욕실에서 발생하는 틈값을 더해 표준마무리재가 시공하는 치수가 된다.
- 현재 조립식 욕실에서 발생하는 틈값은 업체의 제품치수 및 특성에 따라 각각 다르게 나타난다. 따라서 표준마무리재로 시공해야 할 부분은 조립식 욕실 업체의 제품마다 다르게 나타난다.

그림 2.2.1.31 조립기준면(벽체-욕실)

(나) 조립식주택 자재 표준화 및 규격화 방안

① 내외장재 규격분석

- o 모듈러 건축은 MC 설계를 통해서 최종적으로는 자재 및 부품의 표준화를 유도하는 것이 최종 목표임.
- o 일반 건축물과 동일한 재료를 사용하고 있는 실정임.
- o 대부분의 내장재 및 구성재의 경우 KS 기준을 통하여 치수 기준이 정해져 있어 MC 설계를 적용하면 기존에 KS 규격으로 생산되고 있는 제품들은 조립식 주택 적용이 가능함.
- o 외장재의 경우 경량기포콘크리트 패널(ALC- KS F 4914), 철강복합패널(KS F 4714), 알루미늄복합패널(KS F 4737) 등의 표준규격이 존재하나 치수규격을 준용하지 않고 주문생산에 따라서 업체별로 다양한 사이즈로 생산하고 있는 실정임.
- o 외장재의 치수기준은 MC설계의 치수설정원칙을 고려하면 나비 6//9/12/15M, 길이 6/9/12/12/21M을 사용하는 것이 유리함.(층간대 현장시공)

표 2.2.1.6 내장 및 구성재 표준규격

<table>
<tr><th colspan="2">구분</th><th>기준 치수</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>1</td><td>석고
보드
KS F 3504
(방화석고보드)</td><td>
석고보드 유형별 치수
단위 : mm
<table>
<tr><th rowspan="2">길이</th><th colspan="3">나비</th></tr>
<tr><th>600</th><th>900</th><th>1,200</th></tr>
<tr><td>1,800</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr>
<tr><td>2,400</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr>
<tr><td>2,700</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr>
<tr><td>3,000</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr>
</table>
</td><td> </td></tr>
<tr><td>2</td><td>UBR</td><td>
주택용 샤워룸 유닛형의 표준 모듈 호칭 치수(TL형)
단위 : mm
<table>
<tr><th>긴변
짧은변</th><th>1400</th><th>1500</th><th>(1550)</th><th>1600</th><th>(1650)</th><th>1700</th></tr>
<tr><td>1200</td><td></td><td></td><td></td><td>○</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>1300</td><td></td><td>○</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>1400</td><td>○</td><td></td><td></td><td>○</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>(1450)</td><td></td><td></td><td>○</td><td></td><td>○</td><td></td></tr>
<tr><td>1500</td><td></td><td></td><td></td><td>○</td><td></td><td>○</td></tr>
</table>
</td><td> </td></tr>
<tr><td>3</td><td>문
KS F 1515</td><td>
문의 모듈 호칭 치수
단위 : mm
<table>
<tr><th colspan="2">나비(W)</th><th colspan="2">높이(H)</th></tr>
<tr><th>구간</th><th>치수</th><th>구간</th><th>치수</th></tr>
<tr><td>3000 이하</td><td>1M의 증분 치수</td><td>2700 이하</td><td>1M의 증분 치수</td></tr>
<tr><td>3000 초과</td><td>3M의 증분 치수</td><td>2700 초과</td><td>3M의 증분 치수</td></tr>
</table>
비고 1. 1M = 100mm
2. 창의 나비(W) 또는 높이(H)가 900mm이하인 경우에는 M/2의 증분치수를 적용할 수 있다.
</td><td> </td></tr>
<tr><td>4</td><td>창
KS F 1515</td><td>
창의 모듈 호칭 치수
단위 : mm
<table>
<tr><th colspan="2">나비(W)</th><th colspan="2">높이(H)</th></tr>
<tr><th>구간</th><th>치수</th><th>구간</th><th>치수</th></tr>
<tr><td>2100 이하</td><td>1M의 증분 치수</td><td>3000 이하</td><td>1M의 증분 치수</td></tr>
<tr><td>2100 초과</td><td>3M의 증분 치수</td><td>3000 초과</td><td>3M의 증분 치수</td></tr>
</table>
비고 1. 1M = 100mm
2. 창의 나비(W) 또는 높이(H)가 600mm이하인 경우에는 M/2의 증분치수를 적용할 수 있다.
</td><td> </td></tr>
</table>

표 2.2.1.6 내장 및 구성재 표준규격 (계속)

<table>
<tr>
<td>5</td>
<td>타일
KS L 1001</td>
<td>
타일의 모듈 호칭 치수
단위 : mm
<table>
<tr><td></td><td colspan="12">내장, 타일, 외장 타일 및 바닥 타일</td><td>구성타일</td></tr>
<tr><td>A
(나비)</td><td>50</td><td>100</td><td>150</td><td>200</td><td>250</td><td>300</td><td>400</td><td>450</td><td>500</td><td>600</td><td>300</td><td>450</td></tr>
<tr><td>B
(길이)</td><td>50</td><td>100</td><td>150</td><td>200</td><td>250</td><td>300</td><td>400</td><td>450</td><td>500</td><td>600</td><td>300</td><td>450</td></tr>
</table>
</td>
<td> </td>
</tr>
<tr>
<td>6</td>
<td>시스템
키친
KS F 1523</td>
<td>
<table>
<tr><th>기호</th><th>명칭</th><th>치수</th></tr>
<tr><td>A</td><td>작업대 상단의 높이</td><td>800, 850, 900</td></tr>
<tr><td>B</td><td>챌판의 높이</td><td>50이상
다만, A가 800일 때, 50을 우선치수로 한다.
A가 850일 때, 100을 우선치수로 한다.
A가 900일 때, 150을 우선치수로 한다.</td></tr>
<tr><td>C</td><td>바닥에서 상부 수납장 하단까지의 높이</td><td>1300(최소)+n X 50</td></tr>
<tr><td>D</td><td>키큰장 및 상부 수납장 상단까지의 높이</td><td>1900(최소)+n X 50
우선치수는 2100으로 한다.</td></tr>
<tr><td>E</td><td>작업대 상단, 하부 수납장 및 키큰장의 옆깊이</td><td>500, 550, 600, 650, 700</td></tr>
<tr><td>F</td><td>상부 수납장의 옆깊이</td><td>300, 350
[다만, 바닥에서 상부 수납장 하단까지의 높이가 1600 이상 1800 미만일 경우(F')는 400, 450, 500으로, 1800 이상일 경우(F'')는 600, 650, 700 등으로 할 수 있다.]</td></tr>
<tr><td>G</td><td>챌판의 깊이</td><td>50 이상</td></tr>
</table>
</td>
<td> </td>
</tr>
<tr>
<td>7</td>
<td>수납
벽체
KS F 1523</td>
<td>
<table>
<tr><th>방향</th><th colspan="2">모듈 호칭 치수</th></tr>
<tr><td>나비 방향</td><td>2100 이상으로 100의 증분치수[a]</td><td>2100 이상으로 300의 증분치수[b]</td></tr>
<tr><td>깊이 방향</td><td colspan="2">300, 450, 600, 750, 900</td></tr>
<tr><td>높이 방향</td><td colspan="2">2100 이상으로 100의 증분치수</td></tr>
</table>
[a] 전용 면적 60m² 이하 주택에 적용할 경우
[b] 전용 면적 60m² 초과 주택에 적용할 경우
</td>
<td> </td>
</tr>
</table>

표 2.2.1.7 외장재 표준 규격

<table>
<tr><th colspan="2">구분</th><th>기준 치수</th><th>비고</th></tr>
<tr>
<td>1</td>
<td>KS 규격 검토 : 법랑 강판 벽판 KS F 4738 : 2012</td>
<td>
<table>
<tr><th>길이</th><th>나비</th><th>두께</th></tr>
<tr><td>900</td><td>600</td><td>20</td></tr>
<tr><td>1200</td><td>900</td><td>30</td></tr>
<tr><td>1500</td><td>1200</td><td>40</td></tr>
<tr><td>1800</td><td></td><td>50</td></tr>
<tr><td>2100</td><td></td><td></td></tr>
</table>
이외의 치수는 인수 · 인도 당사자 협의에 따른다.
</td>
<td> </td>
</tr>
</table>

표 2.2.1.7 외장재 표준 규격 (계속)

2 건축용 보드류의 표준 모듈 호칭 치수 KSF 1518 : 1997

W / H	300	400	450	600	700	800	900	1000	1200	1800
300	O			O			O		O	
400		O		O	O	O		O	O	O
450			O				O			
600	O	O		O	O	O		O	O	O
800		O		O	O	O		O	O	O
900	O		O	O			O			
1000		O						O		
1200	O	O		O	O	O	O	O	O	O
1500	O			O			O		O	O
1800	O		O	O		O			O	O
2000	O	O		O	O	O		O	O	O
2100	O	O			O	O	O	O	O	O
2400	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
2500				O	O	O	O	O	O	O
2600	O			O			O		O	O
2700	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
3000	O		O	O	O	O	O	O	O	O
3300		O		O	O	O		O	O	O
3600		O	O	O	O	O	O	O	O	O
4000		O		O	O	O		O	O	O

3 알루미늄 복합패널 KSF 4737 : 2007

두께	나비		길이	
	모듈 호칭 치수	제작 치수	모듈 호칭 치수	제작 치수
3 4 6	900 1200 1500	935 1235 1535	900 1200 1500 1800 2100	935 1235 1535 1835 2135

4 경량 기포 콘크리트패널 (ALC) KSF 4914 : 2012

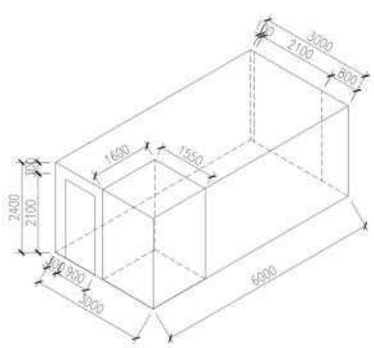
종류	비중 구분	단위하중 N/m2	두께	호칭 치수									
				길이									나비
				2100	2400	2700	3000	3300	3600	4500	5100	6000	
외벽관	0.5품	1180	100		O	O	O	O					600
			125		O	O	O	O	O	O			
			150		O	O	O	O	O	O	O		
			200				O	O	O	O	O	O	
		1960	100		O	O	O						
			125		O	O	O	O	O				
			150		O	O	O	O	O	O			
			200				O	O	O	O	O		
내벽용 패널		640	100	O	O	O	O	O	O				
			125	O	O	O	O	O	O	O			
			150			O	O	O	O	O	O	O	
			200			O	O	O	O	O	O	O	
지붕 및 바닥판		3530	150	O	O	O	O	O					
			200	O	O	O	O	O	O				
		5880	150	O	O	O							
			200	O	O	O	O	O					

② 조립식 주택의 MC설계적용에 따른 표준화 자재 부합률

- 국내 모듈러 건축사례 및 실증단지 Mock-up 기준안을 대상으로 창, 문, 방화석고보드, UBR 등 4개 자재의 표준화 실태 및 가능성을 분석함
- 4개 사례 모두 창 및 문에서는 KS F 1515 규격에 부합하는 것으로 나타남. 창 및 문 등의 자재는 규격화된 제품을 사용하는 것으로 분석됨.
- 조립식 주택은 건식시스템으로 욕실 및 화장실을 UBR 시스템의 활용이 높은데 조립식 실증단지 목업을 제외하고 국내의 기존 모듈러 사례에서는 UBR KS F 2222 규격에는 부합하지 않는 것으로 분석됨
- 방화석고보드 KS F 3504의 손실률 및 부합률을 분석한 결과 MC 설계를 적용한 조립식주택 실증단지 목업 모듈이 부합률이 99.06% 가장 높았고 손실률도 0%로 건축폐기물을 감소시키고 공장에서의 작업 효율성을 증대 시킬 수 있는 것으로 나타남
- 유닛에 사용되는 자재를 규격화된 제품을 사용하여 시공 효율성을 높이고 공기를 단축 및 유지보수를 용이하게 할 수 있으며 성능이 확보된 제품을 사용함에 따라 균등한 환경성능을 기대할 수 있음.

표 2.2.1.8 자재 부합률

실증단지 기준안



창의 모듈 호칭 치수 (KS F 1515)

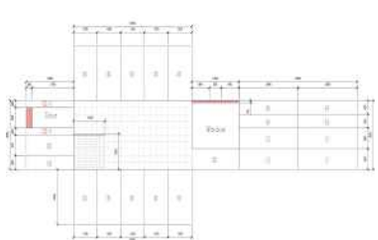
나 비 (W)		높 이 (H)	
구 간	치 수	구 간	치 수
2,100 이하	1M의 증분 치수	3,000 이하	1M의 증분 치수
2,100 초과	3M의 증분 치수	3,000 초과	3M의 증분 치수

2100(W) x 2400(H) =〉 적합

문의 모듈 호칭 치수 (KS F 1515)

나 비 (W)		높 이 (H)	
구 간	치 수	구 간	치 수
3,000 이하	1M의 증분 치수	2,700 이하	1M의 증분 치수
3,000 초과	3M의 증분 치수	2,700 초과	3M의 증분 치수

900(W) x 2100(H) =〉 적합



Length (mm)	Width (mm)			석고보드 사용 현황					
	600	900	1200	Ⓐ	0개	Ⓓ	2개	Ⓖ	0개
1800	ⓐ	ⓑ	-	Ⓑ	0개	Ⓔ	10개	Ⓗ	4개
2400	ⓒ	ⓓ	ⓔ						
2700	ⓕ	ⓖ	-	Ⓒ	2개	Ⓕ	0개	Ⓘ	4개
3000	ⓗ	ⓘ	-						

석고보드		주택용 샤워룸 유닛형 표준모듈 호칭 적합도	
총 면적	54.00m2 (바닥면적 제외)	치수	1600 * 1550
부합률	약 99.06% (0.51㎡)	적합도	KS F 2222의 TL형 기준에 적합
손실률	0%		

(다) MC설계기준 적용 설계도서 사례(수서단지)

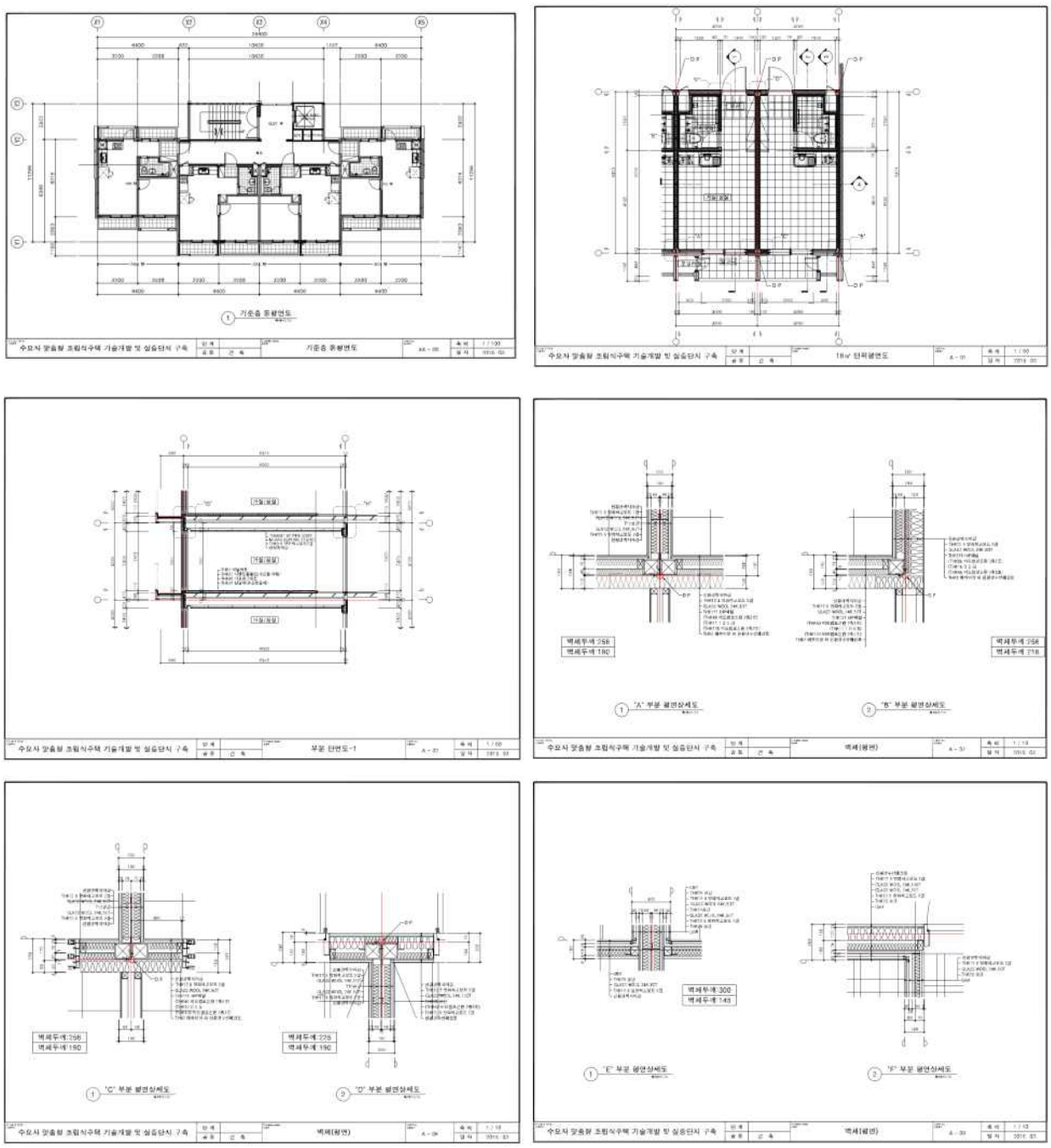


그림 2.2.1.32 MC설계기준 적용 설계도서 사례(수서단지)

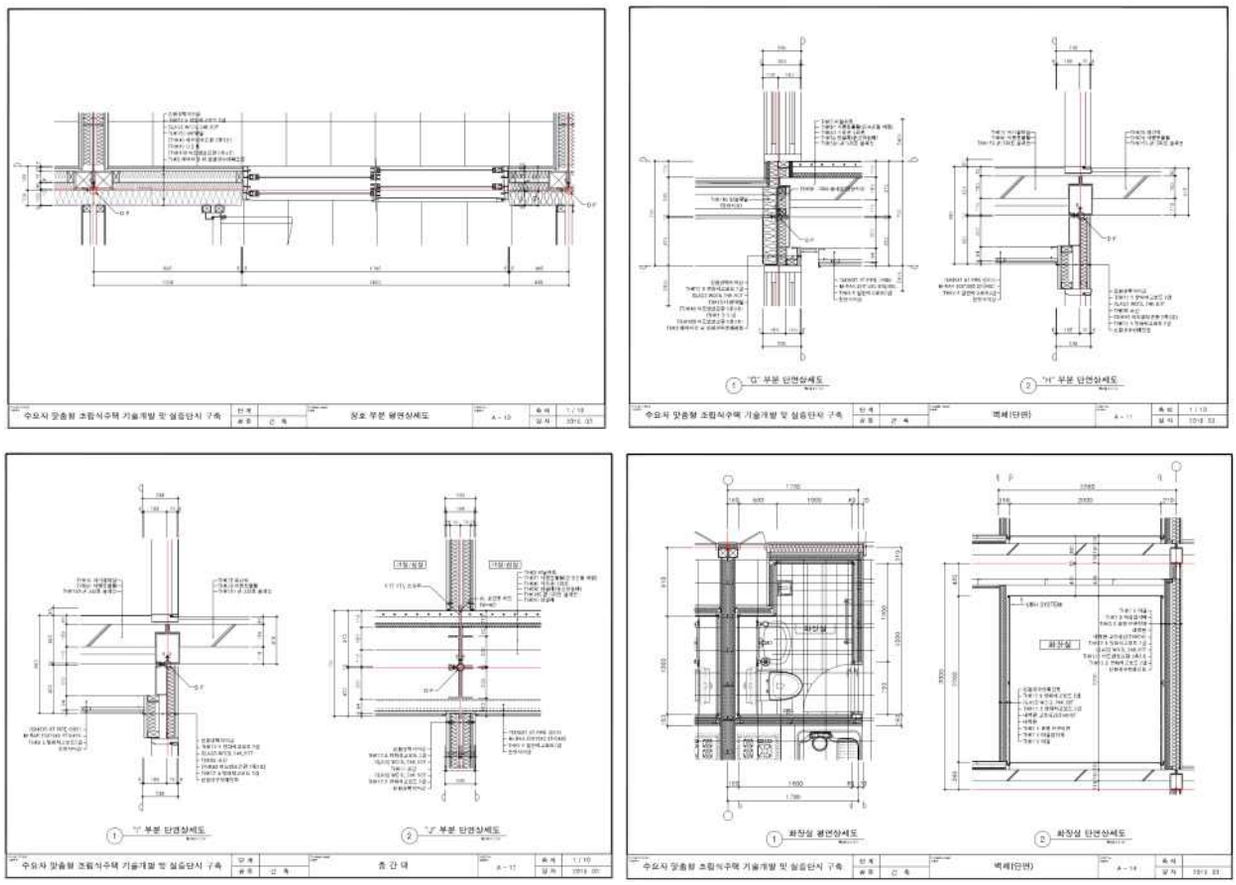


그림 2.2.1.32 MC설계기준 적용 설계도서 사례(수서단지) (계속)

(2) BIM 설계 프로세스 구축

(가) 모듈러주택의 BIM 설계 프로세스

ㅇ BIM 설계는 프로세스는 7단계로 구축하였는데 아래의 그림과 같이 1단계 라이브러리 제작, 2단계 라이브러리 코드화, 3단계 유닛모델링, 4단계 모듈조합, 5단계 시공성검토, 6단계 도면화, 7단계 물량산출 순서이다. 1차년도에 제안된 8단계 프로세스에서 3단계 도면로드를 삭제하고 7단계로 단축함.

(나) BIM 설계프로세스별 요구작업 및 정보

① 1단계: 라이브러리 제작

ㅇ 부재의 유형 및 규격에 따른 모델링

ㅇ 부재 및 재료는 구조/건축/MEP 등 3공종으로 분류함

그림 2.2.1.33 1단계: 라이브러리 제작

② 2단계: 코드입력

ㅇ 정보화 단계로 설계, 자재관리, 공정관리, 운반/양중, 유지관리에 필요한 정보들을 체계화하고 탐재함.

ㅇ 설계: 구조재의 유형 및 규격에 따른 모델링

ㅇ 자재관리: 부지, 내/외장재 유형에 따른 모델링

ㅇ 운반/양중: 구조재의 유형 및 규격에 따른 모델링

ㅇ 유지관리: 부지, 내/외장재 유형에 따른 모델링

분야	구분	코드명	시설분류(F)	공간분류(S)	부위분류(E)	공종분류(W)	자재분류(M) (조달청물품분류체계)	3D View
MEP	단위	F422_S135_E537_W5412_M22472082	F421 >	S135 >	E537 >	W6412 >	M22472082	
			아파트	지상층	소화전 및 소화기	소방설비 기기류별 설치공사	소화기	
MEP	단위	F422_S135_E71235_W6314_M30181503	F421 >	S135 >	E712 35 >	W6314 >	M30181503	
			아파트	지상층	위생기구 수전	수전금구류공사/공장제작	샤워기	
MEP	단위	F422_S135_E541_W6522_M41112508	F421 >	S135 >	E541 >	W6522 >	M41112508	
			아파트	지상층	연료가스 공급설비	가스설비관련기기설치	가스계량기	
MEP	단위	F422_S135_E71225_W6312_M30181504	F421 >	S135 >	E712 25 >	W6312 >	M30181504	
			아파트	지상층	세면기	위생기구류/공장제작	세면기	
MEP	단위	F422_S135_E71210_W6312_M30181505	F421 >	S135 >	E712 10 >	W6312 >	M30181505	
			아파트	지상층	대변기	위생기구류/공장제작	대변기	
MEP	단위	F422_S135_E56110_W6211_M40102001	F421 >	S135 >	E5611 0 >	W6211 >	M40102001	
			아파트	지상층	보일러	기계보일러공사	보일러	
MEP	단위	F422_S135_E561_W6112_M40101893	F421 >	S135 >	E561 >	W6112 >	M40101893	
			아파트	지상층	난방설비	설비별 배관공사	난방용전열관	

그림 2.2.1.34 2단계: 코드입력

③ 3단계: 유닛 모델링

- 3단계인 모듈모델링에서는 1단계에서 작업된 라이브러리를 이용해서 유닛을 구축함.
- 구조부재라이브러리 결합으로 구조 Unit 제작함.
- 구조 유닛에 MEP 부재 결합
- 36㎡ 유닛모듈러 그룹생성함
- 단일 부재 라이브러리: 건축, 구조, MEP
- 조합(복합라이브러리): 접합부, 구조프레임, 바닥 슬래브, 창호, 설비, 전기설비 등

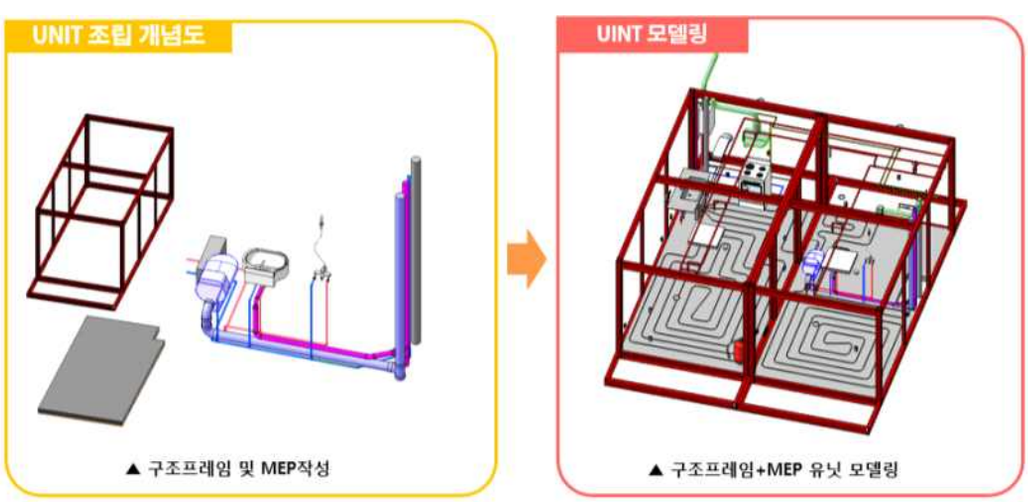


그림 2.2.1.35 3단계 유닛 모델링 개념도

④ 4단계: 모듈조합

- 4단계에서는 유닛 간 모듈조합 모델링이 진행하며 자재단위가 아닌 모듈 그룹을 배치하여 모델링 함.
- 동일한 형태로 이어지는 모듈러 주택의 특성에 맞춰 미리 그룹화된 모듈을배치하여 완성함.
- 모듈조합은 복합라이브러리 구성이 불가하여 코드번호를 라이브러리 명으로 부여함.

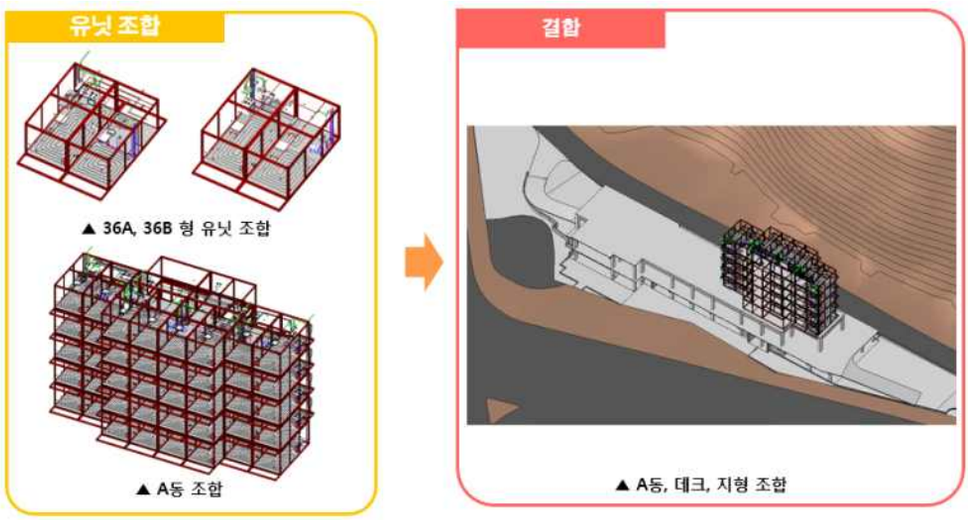


그림 2.2.1.36 4단계 모듈조합

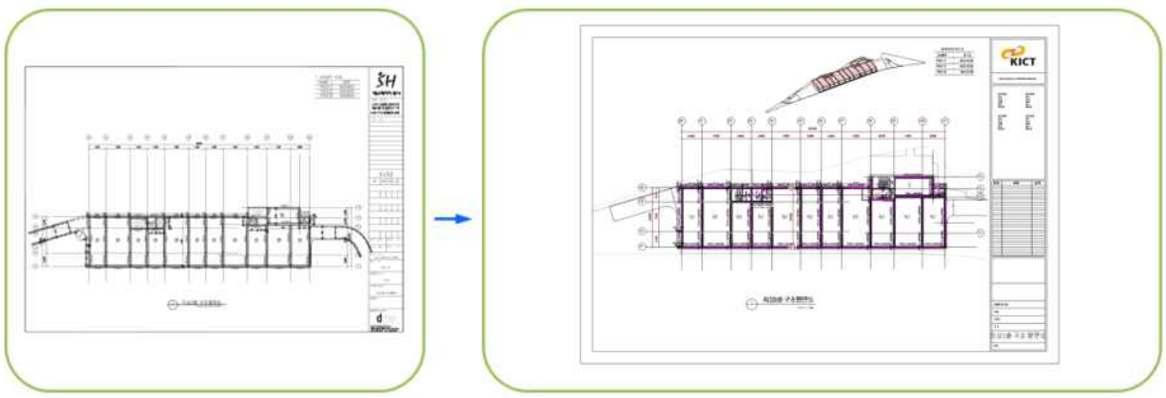
⑤ 5단계: 시공성 검토

- 3D 모델링을 통한 시각적인 모델링 검토
- 완성 모델에서 부위별, 공정별 사전 간섭검토 실시
- 간섭체크(공종별/부위별), 공장/현장 공정 시뮬레이션 구현을 통한 제작 및 시공성 검토

그림 2.2.1.37 5단계: 시공성 검토

⑥ 6단계: 도면화

- ㅇ 모듈러 주택 전용 도면 시트 표준화 구축
- ㅇ 공장제작 및 현장시공시 도면이해력을 향상시키기 위해 3D 모델링을 도면에 활용
- ㅇ 배치도, 계통도, 평/입/단면도, 단위모듈 전개도, 접합부, 상세도(LOD 400) 추출함.



▲ 2D 설계 도면(지상2층 평면도)　　▲ 3D 설계 도면(지상2층 평면도)

그림 2.2.1.38 6단계: 도면화

⑦ 7단계: 물량산출

- ㅇ BIM 라이브러리 정보화를 통한 수서단지 자재 물량산출
- ㅇ 연계되는 라이브러리에 물량산출 연동 정보입력

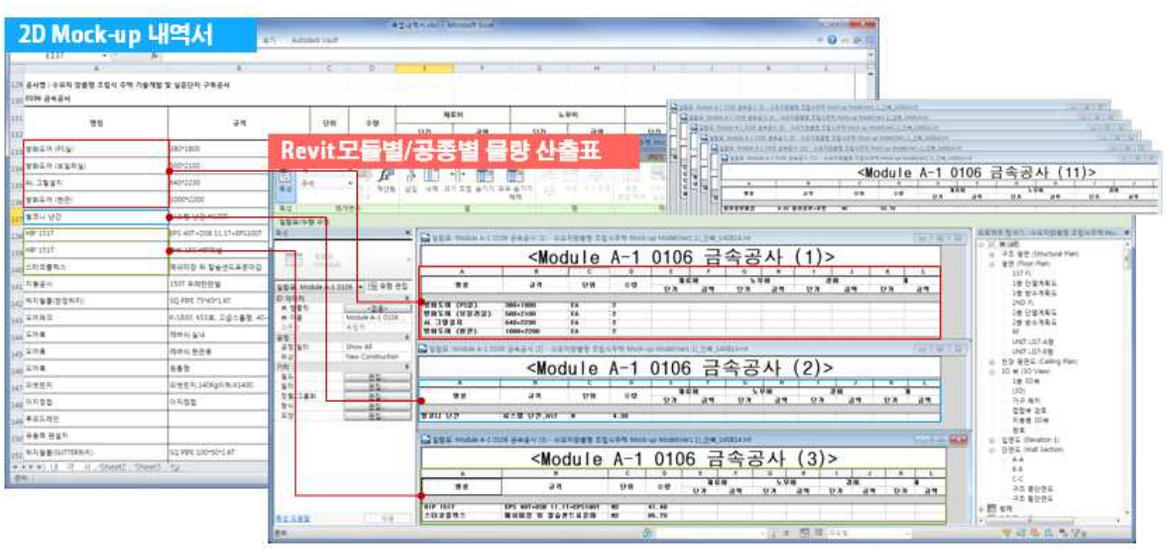


그림 2.2.1.39 7단계: BIM기반 조립식주택 물량산출

(다) BIM 라이브러리 제작

① 건축라이브러리

ㅇ 19개 라이브러리 제작 완료

순번	분야	구분	명칭	부호	규격	위치	2D 이미지	3D 이미지	비고
1	건축	패밀리	철재 외여닫이문	FSD 1	1000*2200	지하실, A·B동 계단실			"A-801~802_창호 안내도.dwg", "창호일람표.dwg" 기준으로 작성
2	건축	패밀리	철재 외여닫이문	SD1	1200*2200	1·2층 출입문, 경비실 출입문			"A-801~802_창호 안내도.dwg", "창호일람표.dwg" 기준으로 작성
3	건축	패밀리	강화 유리자동문	ASD 1	1800*2400	A동 주출입구			"A-801~802_창호 안내도.dwg", "창호일람표.dwg" 기준으로 작성
4	건축	패밀리	강화 유리자동문	ASD 2	2200*2400	B동 주출입구			"A-801~802_창호 안내도.dwg", "창호일람표.dwg" 기준으로 작성

그림 2.2.1.40 제작된 BIM 라이브러리 (건축)

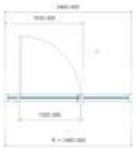
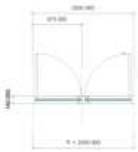
순번	분야	구분	명칭	부호	규격	위치	2D 이미지	3D 이미지	비고
5	건축	패밀리	스텐레스 강화유리문	SSD1	2480*2600	2층 A·B동 홀 출입문			"A-801~802_창호 안내도.dwg", "창호일람표.dwg" 기준으로 작성
6	건축	패밀리	스텐레스 강화유리문	SSD2	1800*2600	3층 A·B동 커뮤니티 데크 출입문			"A-801~802_창호 안내도.dwg", "창호일람표.dwg" 기준으로 작성
7	건축	패밀리	스텐레스 강화유리문	SSD3	2000*2600	3층 주민지원센터 출입문			"A-801~802_창호 안내도.dwg", "창호일람표.dwg" 기준으로 작성
8	건축	패밀리	알루미늄 고정창 알루미늄 프로젝트장	AW3	540*2400	A동 3~7층 복도			"A-801~802_창호 안내도.dwg", "창호일람표.dwg" 기준으로 작성

그림 2.2.1.41 제작된 BIM 라이브러리 (건축)

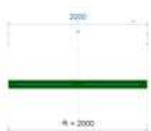
순번	분야	구분	명칭	부호	규격	위치	2D 이미지	3D 이미지	비고
9	건축	패밀리	알루미늄 고정창 알루미늄 프로젝트장	AW4	2000*2400	A동 2~7층 엘리베이터 홀			"A-801~802_창호 안내도.dwg", "창호일람표.dwg" 기준으로 작성
10	건축	패밀리	철재 외여닫이문	FSD2	1000*2200	단위세대 각 타입 현관출입문			"A-801~802_창호 안내도.dwg", "창호일람표.dwg" 기준으로 작성
11	건축	패밀리	철재 외여닫이문	FSD3	380*1800	A동 PS실			"A-801~802_창호 안내도.dwg", "창호일람표.dwg" 기준으로 작성
12	건축	패밀리	철재 외여닫이문	FSD4	700*1800	B동 PS실, A동 코어 PS실, B동 코어 PS실			"A-801~802_창호 안내도.dwg", "창호일람표.dwg" 기준으로 작성

그림 2.2.1.42 제작된 BIM 라이브러리 (건축)

순번	분야	구분	명칭	부호	규격	위치	2D 이미지	3D 이미지	비고
13	건축	패밀리	철재 외여닫이문	FSD5	550*2100	A동 보일러실			"A-801~802_창호 안내도.dwg", "창호일람표.dwg" 기준으로 작성
14	건축	패밀리	목재 여닫이문	WD1	900*2200	36A, 36B, 36C침실			"A-801~802_창호 안내도.dwg", "창호일람표.dwg" 기준으로 작성
15	건축	패밀리	ABS 여닫이문	PD1	800*2200	다용도실			"A-801~802_창호 안내도.dwg", "창호일람표.dwg" 기준으로 작성
16	건축	패밀리	ABS 여닫이문	PD2	700*2200	36A, 36B, 36C 화장실			"A-801~802_창호 안내도.dwg", "창호일람표.dwg" 기준으로 작성

그림 2.2.1.43 제작된 BIM 라이브러리 (건축)

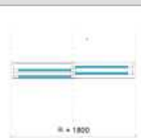
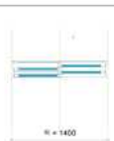
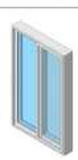
순번	분야	구분	명칭	부호	규격	위치	2D 이미지	3D 이미지	비고
17	건축	패밀리	PVC 이중창호	PW1	1800*2300	단위세대 각 타입 거실 발코니 36A, 36B, 36C 침실 발코니			"A-801~802_창호 안내도.dwg", "창호일람표.dwg" 기준으로 작성
18	건축	패밀리	PVC 이중창호	PW2	1400*2300	36B 현관복도 발코니, B동 5~6층 공용공간			"A-801~802_창호 안내도.dwg", "창호일람표.dwg" 기준으로 작성
19	건축	패밀리	알루미늄 그릴	AG1	1150*2400	A동 3~7층 복도			"A-801~802_창호 안내도.dwg", "창호일람표.dwg" 기준으로 작성
							건축 라이브러리 19개 완료		

그림 2.2.1.44 제작된 BIM 라이브러리 (건축)

② 구조라이브러리

ㅇ 18개 라이브러리 제작 완료

순번	분야	구분	명칭	부호	규격	위치	2D 이미지	3D 이미지	비고
1	구조	패밀리	파일	PF1	2500*2500*900	기초			"수서단지 건축 및 구조평면도-20141219.dwg" 기준으로 작성
2	구조	패밀리	파일	PF2	2500*2375*800	기초			"수서단지 건축 및 구조평면도-20141219.dwg" 기준으로 작성
3	구조	패밀리	파일	PF3	1250*2500*700	기초			"수서단지 건축 및 구조평면도-20141219.dwg" 기준으로 작성
4	구조	패밀리	파일	PF4	1250*1250*700	기초			"수서단지 건축 및 구조평면도-20141219.dwg" 기준으로 작성

그림 2.2.1.45 제작된 BIM 라이브러리

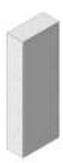
순번	분야	구분	명칭	부호	규격	위치	2D 이미지	3D 이미지	비고
5	구조	패밀리 유형	기둥	C1	400*500	1층			"수서단지 건축 및 구조평면도-20141219.dwg" 기준으로 작성
6	구조	패밀리 유형	기둥	C2	500*800	1층			"수서단지 건축 및 구조평면도-20141219.dwg" 기준으로 작성
7	구조	패밀리 유형	기둥	C3	400*800	1층			"수서단지 건축 및 구조평면도-20141219.dwg" 기준으로 작성
8	구조	패밀리 유형	기둥	C4	400*900	지하, 1층			"수서단지 건축 및 구조평면도-20141219.dwg" 기준으로 작성

그림 2.2.1.46 제작된 BIM 라이브러리

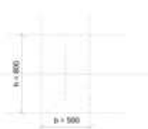
순번	분야	구분	명칭	부호	규격	위치	2D 이미지	3D 이미지	비고
9	구조	패밀리 유형	기둥	C5	400*700	지하, 1층			"수서단지 건축 및 구조평면도-20141219.dwg" 기준으로 작성
10	구조	패밀리 유형	보	PSG11	600*800	1층, 2층			"수서단지 건축 및 구조평면도-20141219.dwg" 기준으로 작성
11	구조	패밀리 유형	보	PSG12	500*800	2층			"수서단지 건축 및 구조평면도-20141219.dwg" 기준으로 작성
12	구조	패밀리 유형	보	PSG13	400*800	2층			"수서단지 건축 및 구조평면도-20141219.dwg" 기준으로 작성

그림 2.2.1.47 제작된 BIM 라이브러리 (구조)

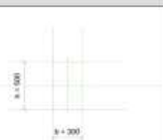
순번	분야	구분	명칭	부호	규격	위치	2D 이미지	3D 이미지	비고
13	구조	패밀리 유형	보	CG1	300*500	2층			"수서단지 건축 및 구조평면도-20141219.dwg" 기준으로 작성
14	구조	패밀리	유닛 프레임	MSG1	C-200*75*6t	각층 유닛			"S02-구조평면도.dwg", "S03-구조상세도면.dwg" 기준으로 작성
15	구조	패밀리	유닛 프레임	C1	ㅁ-125*125*9t	각층 유닛			"S02-구조평면도.dwg", "S03-구조상세도면.dwg" 기준으로 작성
16	구조	패밀리	유닛 프레임	C2	ㅁ-75*75*4.5t	각층 유닛			"S02-구조평면도.dwg", "S03-구조상세도면.dwg" 기준으로 작성

그림 2.2.1.48 제작된 BIM 라이브러리 (구조)

순번	분야	구분	명칭	부호	규격	위치	2D 이미지	3D 이미지	비고
17	구조	패밀리	36A 모듈	-	-	3~7층			"수서단지 건축 및 구조평면도-20141219.dwg" 기준으로 작성
18	구조	패밀리	36B 모듈	-	-	3~7층			"S02-구조평면도.dwg", "S03-구조상세도면.dwg" 기준으로 작성
							구조 라이브러리 18개 완료		

그림 2.2.1.49 제작된 BIM 라이브러리 (구조)

③ MEP라이브러리

ㅇ 7개 라이브러리 제작 완료

분야	구분	코드명	시설분류(F)	공간분류(S)	부위분류(E)	공종분류(W)	자재분류(M) (조달청물품분류체계)	3D View
MEP	단위	F422_S135_E537_W5412_M22472082	F421 >	S135 >	E537 >	W6412 >	M22472082	
			아파트	지상층	소화전 및 소화기	소방설비 기기류별 설치공사	소화기	
MEP	단위	F422_S135_E71235_W6314_M30181503	F421 >	S135 >	E71235 >	W6314 >	M30181503	
			아파트	지상층	위생기구 수전	수전금구류공사/공장제작	샤워기	
MEP	단위	F422_S135_E541_W6522_M41112508	F421 >	S135 >	E541 >	W6522 >	M41112508	
			아파트	지상층	연료가스 공급설비	가스설비관련기기설치	가스계량기	
MEP	단위	F422_S135_E71225_W6312_M30181504	F421 >	S135 >	E71225 >	W6312 >	M30181504	
			아파트	지상층	세면기	위생기구류/공장제작	세면기	
MEP	단위	F422_S135_E71210_W6312_M30181505	F421 >	S135 >	E71210 >	W6312 >	M30181505	
			아파트	지상층	대변기	위생기구류/공장제작	대변기	
MEP	단위	F422_S135_E56110_W6211_M40102001	F421 >	S135 >	E56110 >	W6211 >	M40102001	
			아파트	지상층	보일러	기계보일러공사	보일러	
MEP	단위	F422_S135_E561_W6112_M40101893	F421 >	S135 >	E561 >	W6112 >	M40101893	
			아파트	지상층	난방설비	설비별 배관공사	난방용전열관	

그림 2.2.1.50 제작된 라이브러리 (MEP)

다) 3차년: 연구결과 설계 반영

연구목표

- Proto-type 개발
- BIM 설계 시스템

연구내용

- 조립식주택 모듈조합 Proto-type 개발
  - 조립식주택 모듈조합 모델 개발(대학생/사회초년생/도시근로자/신혼부부)
- Express된 조립식주택 주동계획모델 개발
  - 조립식주택 공동주택 주동계획(판상형/꺾임형/타워형)
- 라이브러리 및 분류체계 기준
  - BIM 라이브러리 구조 67종, 건축 22종, MEP 75종 총 164종을 분류체계 기준에 따라 코드화함
- 양중 및 견적 활용을 위한 물량산출 시스템 구축
  - 양중 및 견적 S/W 적용 검토

최종성과물

- 설계도서 1건
- 보고서 1건

(1) 조립식주택 모듈조합 Proto-type 개발

(가) 유닛평면 설계

⑪ 컨셉

- 거주대상 : 대학생 및 사회초년생, 도시근로자, 신혼부부
- 주안점 : 규모 및 가족구성원 변동 가능성

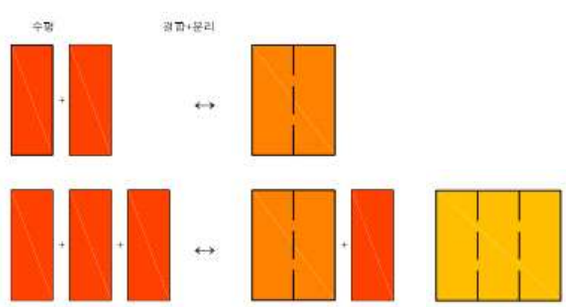


그림 2.2.1.51 컨셉

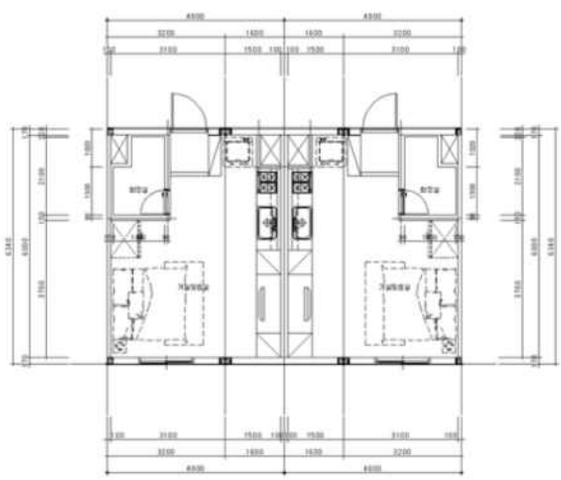
⑫ 유닛모듈계획

㉠ 모듈조합모델 1

- 용도 : 공동주택 (기숙사)
- 거주대상 : 대학생 및 사회초년생
- 거주인원 : 1 인
- 거주인원변동 ; 없음
- 면적 : 18 ㎡(전용면적)
- 전면베이(Bay) : 1
- 공간구성 : One-Room

㉡ 모듈조합모델 2

- 용도 : 공동주택
- 거주대상 : 도시근로자
- 거주인원 : 1 인
- 거주인원변동 ; 없음
- 면적 : 27㎡(전용면적)
- 전면베이(Bay) : 1
- 공간구성 : One-Room



㉢ 모듈조합모델 3

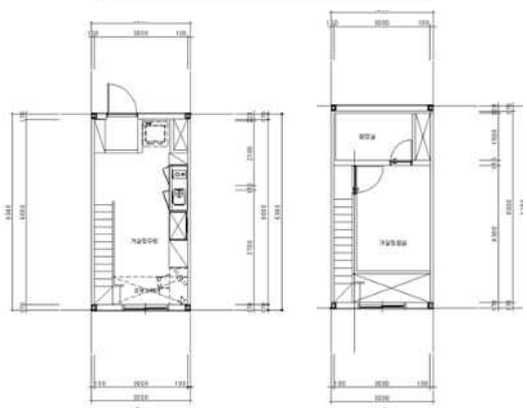
- 용도 : 공동주택
- 거주대상 : 도시근로자 및 신혼부부
- 거주인원 : 1-2인
- 거주인원변동 ; 가능
- 면적 : 36㎡(전용면적)
- 전면베이(Bay) : 2
- 공간구성 : Two-Room

㉣ 모듈조합모델 4
- ㅇ 용도 : 공동주택
- ㅇ 거주대상 : 도시근로자 및 신혼부부
- ㅇ 거주인원 : 1-2인
- ㅇ 거주인원변동 ; 가능
- ㅇ 면적 : 36㎡(전용면적)
- ㅇ 전면베이(Bay) : 2
- ㅇ 공간구성 : Two-Room

㉤ 모듈조합모델 5
- ㅇ 용도 : 공동주택
- ㅇ 거주대상 : 도시근로자 및 신혼부부
- ㅇ 거주인원 : 1-2인
- ㅇ 거주인원변동 ; 가능
- ㅇ 면적 : 36㎡(전용면적)
- ㅇ 전면베이(Bay) : 2
- ㅇ 공간구성 : Three-Room

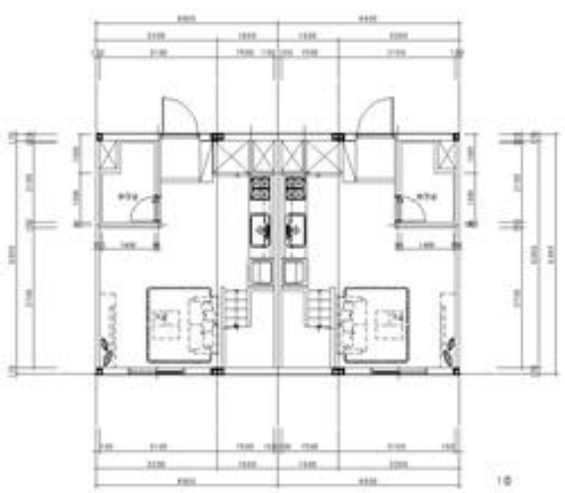
㉥ 모듈조합모델 6
- ㅇ 용도 : 공동주택
- ㅇ 거주대상 : 신혼부부
- ㅇ 거주인원 : 2~4인
- ㅇ 거주인원변동 ; 가능
- ㅇ 면적 : 54㎡(전용면적)
- ㅇ 전면베이(Bay) : 3
- ㅇ 공간구성 : Three-Room

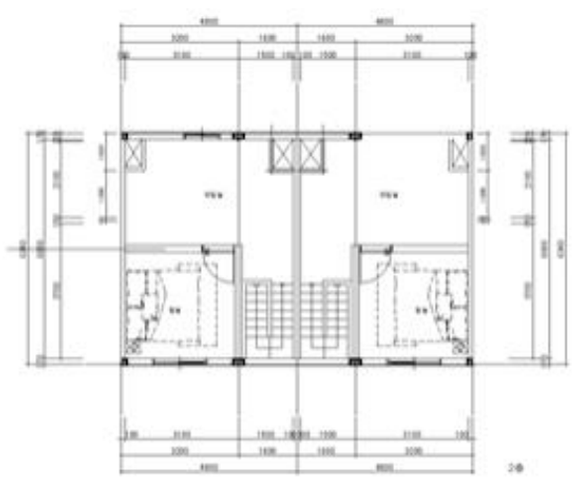
㉦ 모듈조합모델 7
- ㅇ 용도 : 공동주택
- ㅇ 거주대상 : 신혼부부
- ㅇ 거주인원 : 1~2인
- ㅇ 거주인원변동 ; 가능
- ㅇ 면적 : 36㎡(전용면적)
- ㅇ 전면베이(Bay) : 1
- ㅇ 공간구성 : Two-Room(복층)



◎ 모듈조합모델 8

- ㅇ 용도 : 공동주택
- ㅇ 거주대상 : 신혼부부
- ㅇ 거주인원 : 2인이상
- ㅇ 거주인원변동 ; 가능
- ㅇ 면적 : 54㎡(전용면적)
- ㅇ 전면베이(Bay) : 1
- ㅇ 공간구성 : Two-Room(복층)



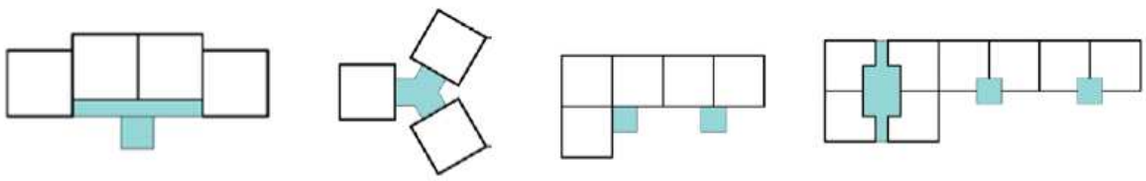


(나) Express된 조립식주택 주동계획모델 개발

① 컨셉

㉠ 주동형상

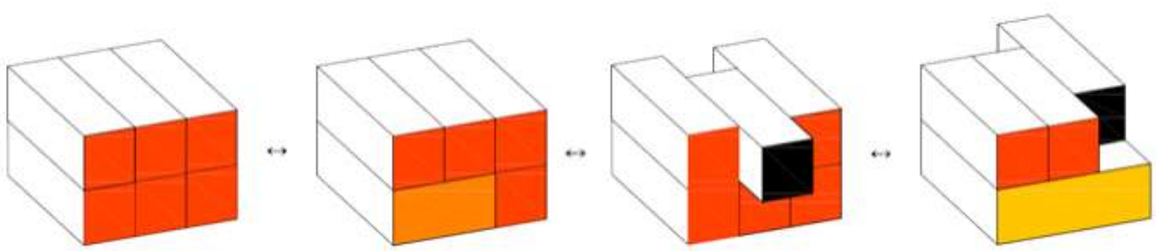
- ㅇ 다양한 대지조건에 맞는 주동계획 요구됨
- ㅇ 도시경관 및 미관을 고려한 입면디자인과 주동계획이 필요함



판상형(4세대) 탑상형(3세대) 판상형(꺾임, 5세대) 복합형(8세대)

분야	대학생 및 사회초년생	도시근로자(1인)	신혼부부
판상형	• 적용	• 적용	• 적용
탑상형	• 적용	• 적용	• 적용
복합형	• 적용	• 적용	• 적용

㉡ Pushed & Pulled



② 판상형

ㅇ 거주대상 : 대학생, 도시근로자, 신혼부부

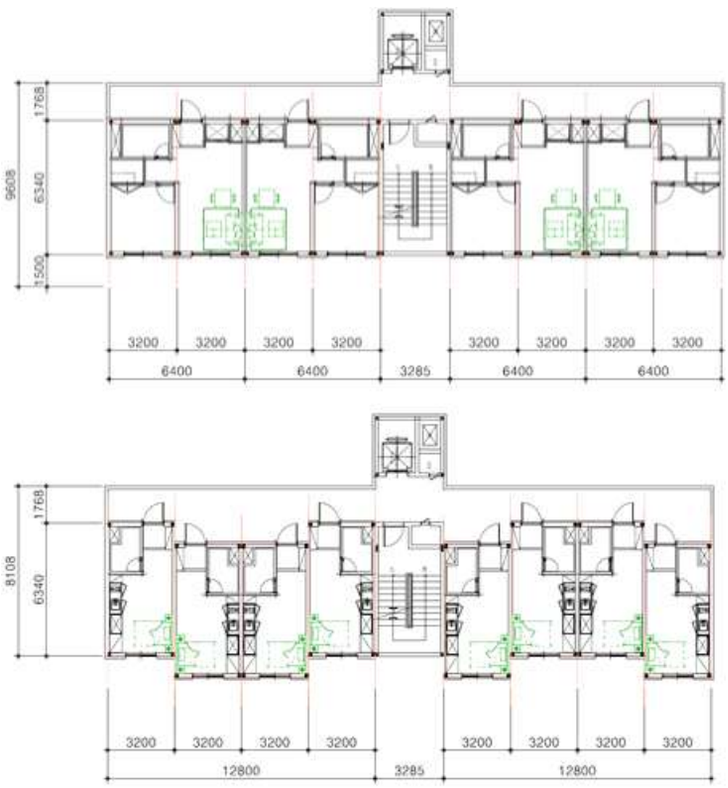


그림 2.2.1.52 판상형

③ 꺾임형

ㅇ 거주대상 : 대학생, 도시근로자, 신혼부부

그림 2.2.1.53 꺾임형

④ 복합형

○ 거주대상 : 대학생, 도시근로자, 신혼부부

그림 2.2.1.54 꺾임형

⑤ 탑상형

○ 거주대상 : 대학생, 도시근로자, 신혼부부

그림 2.2.1.55 탑상형

그림 2.2.1.56 Twisting

(2) 라이브러리 및 분류체계 기준

(가) BIM 라이브러리 건설정보 분류체계

① 분류체계 구성

- ㅇ 유닛모듈러 라이브러리 분류체계는 시설물분류, 공간분류, 공정분류, 공종항목분류, 부위분류, 자재분류의 6개 분류면(주제면)으로 구성
- ㅇ 유닛모듈러 라이브러리 분류체계는 분류대상 정보의 특성에 따라 1개의 분류면(주제면) 만을 선택적으로 적용하거나 다수의 분류면(주제면)을 조합하여 적용
- ㅇ 유닛모듈러 라이브러리 분류체계의 각 “분류면(주제면)”은 분류대상 정보의 특성 및 속성을 일관된 관점에서 분류한 독립적인 분류체계로서 상호 보완적인 대등한 분류이며, 분류체계를 적용함에 있어서 다수의 분류면(주제면)을 조합하여 분류할 때에도 독립적인 개념을 지켜야 할 필요성이 있음

② 분류기호 및 분류항목표

- ㅇ 유닛모듈러 라이브러리 분류체계는 6개 분류면(주제면)별 대표기호는 영문 알파벳으로 표기하고, 각 분류면(주제면)별 항목분류 기호는 아라비아 숫자로 표기하는 것을 원칙으로 함
- ㅇ 유닛모듈러 라이브러리 분류체계의 각 분류면(주제면)별 항목분류체계 및 코드 자릿수는 [별표 1]와 같음.
- ㅇ 유닛모듈러 라이브러리 분류체계의 각 분류면(주제면)별 분류항목은 한국건설기술연구원에서 제공하는 매뉴얼을 참조하여 활용할 수 있음

③ 보조기호

- ㅇ BIM 라이브러리 분류체계는 분류 대상정보의 복합적인 개념을 정의하거나 계층적인 분류형태의 표현 등 분류체계의 구조화 및 적용성 확대를 위하여 다음의 4가지 유형의 보조기호를 사용할 수 있음
- ㅇ 더하기기호 (+) : 동일 분류면 내에서 연속되지 않은 두 가지 이상의 분류항목을 표현하는데 사용할 수 있음
- ㅇ 사선기호 (/) : 동일 분류면 내에서 연속된 두 가지 이상의 분류항목을 표현하는데 사용할 수 있음.
- ㅇ 콜론기호 (:) : 분류면(주제면) 또는 분류항목간의 상호 연관성만을 표현하고 계층적인 의미를 가지지 않는 구조를 표현하는데 사용할 수 있음
- ㅇ 부등기호 (〉) : 분류면 또는 분류항목간의 계층적 구조를 표현하는데 사용 할 수 있음
- ㅇ 콜론기호와 부등기호는 축소형 기호로서 분류대상을 좁혀나가는데 사용되고 더하기기호와 사선기호는 확장형 기호로서 분류대상을 넓혀나가는데 사용할 수 있음

④ 활용방법

- ㅇ 발주청 및 건설 관련업체 등 건설관련 주체는 건설공사의 기획단계, 설계단계, 시공단계 및 유지관리단계 등 건설공사 각 단계에서 발생되는 설계도서 등 BIM 설계관련 문서의 작성 및 건설관련 정보시스템의 정보분류 등에 이 기준을 적용하여 분류·관리할 수 있음
- ㅇ 공고된 분류항목보다 상세한 분류항목은 각 건설 주체별로 세부분류항목표를 확장하여 활용할 수 있음
- ㅇ 자재분류 조달청의 물품목록체계를 적용하는 것을 원칙으로 하며, 본 연구에서는 이의 대·중분류만을 표시하고 소·세분류는 조달청 물품목록체계 홈페이지(http://www.g2b.go.kr:8100/index.jsp)를 이용함

(나) 조립식건축의 BIM 라이브러리 체계 구축

- 유닛모듈러기반 BIM 라이브러리 분류체계는 건설교통부 공고 제 2006-281의 건설정보 분류체계를 따름
- 분류체계는 크게 5가지로 분류하고 공간(S) 부분에 유닛모듈러의 유형을 포함시킨다. 공종부분에 공장제작과 현장시공부분의 내용을 추가함
- 유닛모듈러기반 BIM 라이브러리 분류체계의 자재분류(M)은 조달청 물품 목록체계를 적용

그림 2.2.1.57 조립식주택의 BIM 라이브러리 분류 기준 체계

① BIM 라이브러리 분류

- BIM 라이브러리 분류체계 기준에 따라 유닛모듈러 건축의 라이브러리를 구조 67종, 건축 22종, MEP 75종 총 164종 개발하였다. 구축된 분류체계는 코드화하여 BIM 매개변수를 이용하여 적용함.
- 구축된 분류체계는 코드화하여 BIM 매개변수를 이용하여 장착함

② 수서단지 라이브러리 및 분류체계 기준

- 조립식주택 BIM 라이브러리 분류체계는 건설교통부 공고 제 2006-281의 건설정보 분류체계를 따라 작성함.
- 수서단지 조립식주택 BIM 모델링 라이브러리를 기반으로 분류체계는 크게 5가지로 분류하고 공간(S) 부분에 유닛모듈러의 유형을 포함함. 공종부분에 공장제작과 현장시공부분의 내용을 추가함.
- BIM 라이브러리 분류체계 기준에 따라 유닛모듈러 건축의 라이브러리를 구조 67종, 건축 22종, MEP 75종 총 164종 개발하였다. 구축된 분류체계는 코드화하여 BIM 매개변수를 이용하여 적용함.

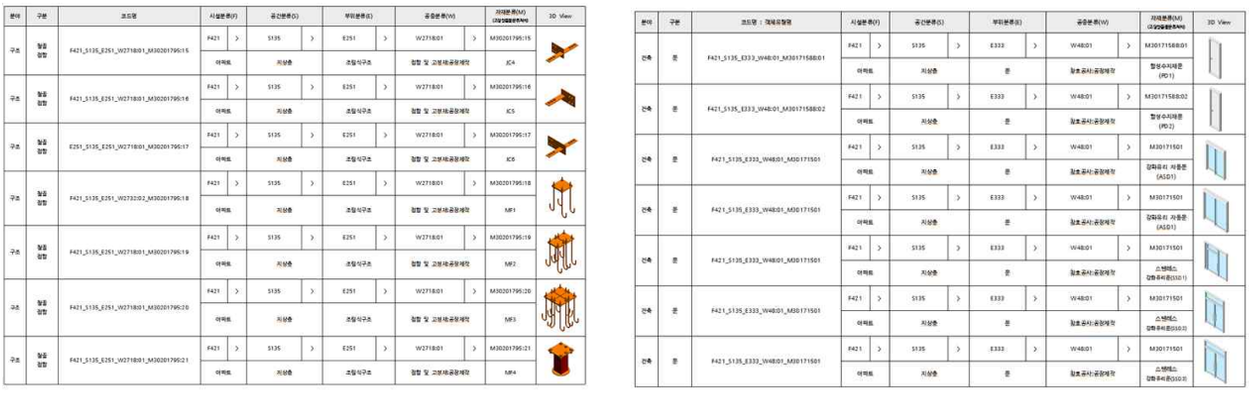


그림 2.2.1.58 수서단지 BIM 라이브러리 분류체계

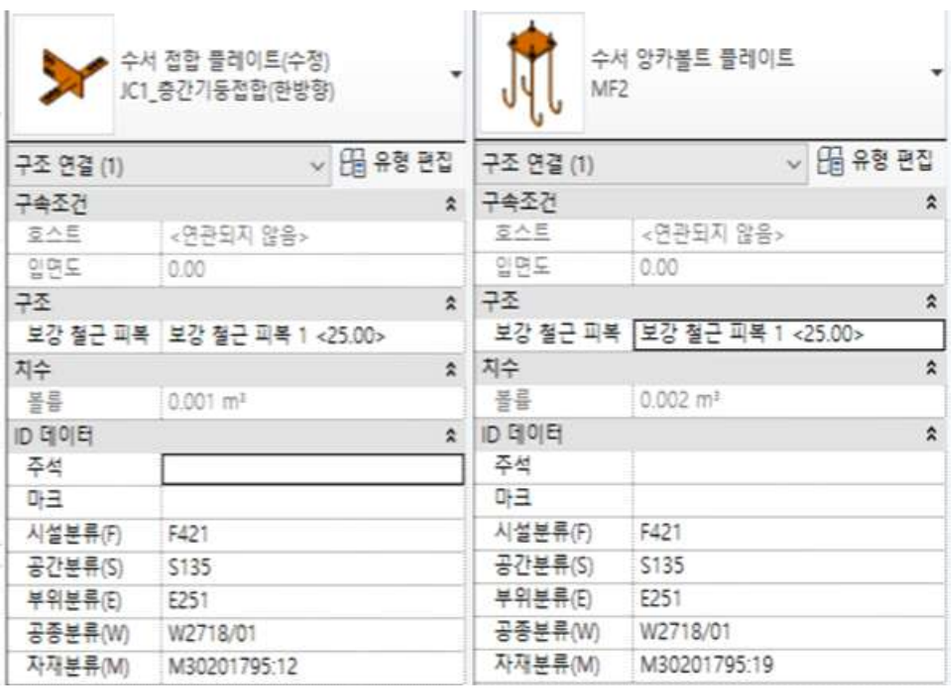


그림 2.2.1.59 라이브러리 매개변수를 활용한 정보화

(3) 양중 및 견적 활용을 위한 물량산출 시스템 구축

(가) 조립식주택 양중계획 개요

- ㅇ 모듈러 건축의 경우 설계 계획단계에서부터 모듈러의 양중 및 운반 계획이 수립되어함.
- ㅇ 따라서 모듈러 건축 설계의 중요한 요소로써 일반 건축물의 양중계획과 다른 차별화된 모듈러 주택설계만을 위한 양중계획이 필요함.
- ㅇ 양중계획을 수립하는데 필요한 고려요소는 크게 4가지로 양중공정, 양중기 위치, 양중 기종, 양중기 대수로 볼 수 있으며 양중계획을 수립하는데 관련된 4요소들은 서로 유기적인 관계를 가지고 있음.
- ㅇ 모듈러 건축에서 양중계획은 양중자재의 흐름을 계획하는 것으로 공장제작으로 생산되어지는 다양한 형태, 크기의 정형화된 모듈타입들을 현장조립 완료 단계까지의 과정으로 정리할 수 있으며 이러한 양중계획의 흐름은 모듈러 주택의 주요 쟁점 중 하나인 '공기단축'과 맞물려 그 중요성이 다른 건축물에 높은 비중을 차지함.

(나) BIM 기반 모듈러 건축 양중계산 시스템

- ㅇ 시스템 개발은 아래 그림과 같이 V모델 프로세스로 진행이 이루어지는데, 이는 왼쪽은 개발단계, 오른쪽은 테스트 단계로 진행이 이루어진다고 할 수 있음.

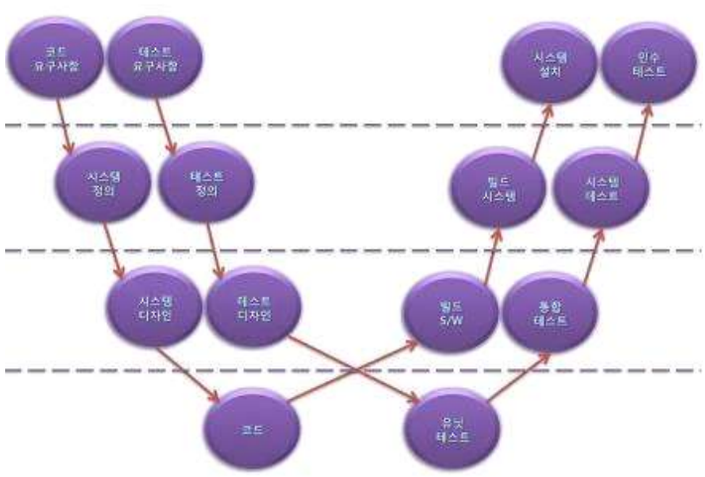


그림 2.2.1.60 양중 시스템 구성

- ㅇ 조립식건축의 양중설계 WorkFlow는 모듈러 양중설계 전체 S/W WorkFlow 와 Modeling WorkFlow로 구분하여 표현할 수 있음.

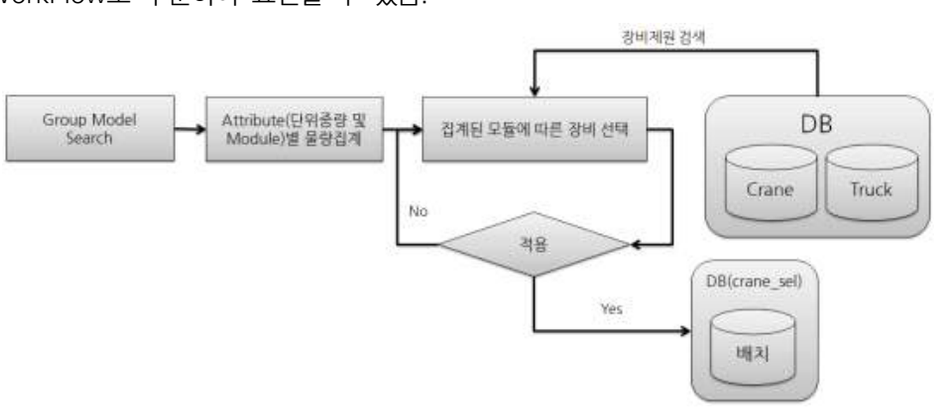


그림 2.2.1.61 시스템 WorkFlow

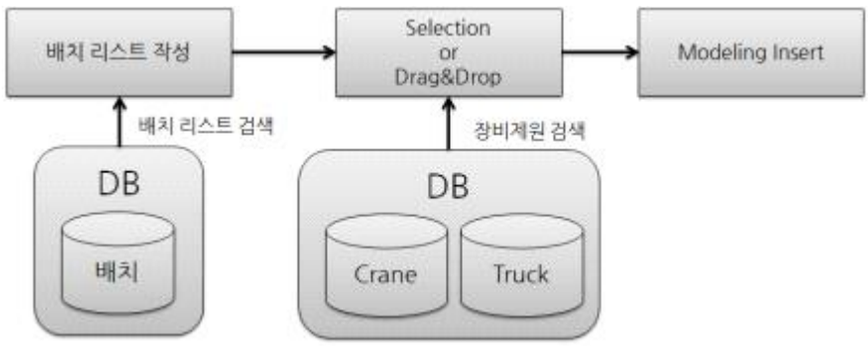


그림 2.2.1.62 Modeling WorkFlow

(다) 조립식주택 물량산출 시스템 개요

- 현재 모듈러주택에 대한 설계(모델링)는 3차원 BIM 설계(모델링)가 적용되고 있지만 시공을 위한 양중 및 견적(수량/공사비산출)업무는 아직 2D CAD 기반으로 이루어지고 있음. (BIM설계와 시공 연계성 저하) 따라서 모듈러주택에 대한 3차원 BIM 설계 데이터를 연계한 파라메트릭(Parametric) 양중 및 견적(수량 및 공사비 산출) 시스템 설계를 통해 모듈러에 적합한 물량 시스템을 구축하고자 함
- 최종적으로는 BIM기반으로 양중 및 견적 부분 등에서 다양하게 활용할 수 있는 물량 산출시스템을 구축하여 사전에 사업성 등을 검토하여 시공효율성을 확보하고 경제성을 확보할 수 있을 것임

그림 2.2.1.63 모듈러주택 물량산출 시스템 Framework

- 기존의 시스템들은 Revit Q와 EBS가 분리되어 두 번의 과정을 각각 거치는 번거로움이 있다면 현재 개발 중인 모듈러기반의 물량산출 시스템은 BIM의 파라메트릭한 특성을 이용하여 Revit Q와 EBS가 분리되지 않고 하나의 시스템으로 구축되어 양방향으로 수정 및 보완이 가능함.
- 물량산출 시스템 구성은 '단일재료', '복합재료', '모듈러 유닛(Unit),'재료가 부여되지 않은 Mass와 같은 유형'으로 구분함.

- 정확한 DATA 분석을 통한 효율적인 VE 적용할 수 있음. 향후 모듈러 주택시장에서 사전 검토용으로 사용 할 수 있음. 모듈러 주택 실증단지 사례에 증축 및 설계 변경시 실시간으로 견적 검토 가능함.
- 모듈러기반 BIM 견적시스템 구축을 통해서 양중 및 견적 뿐만 아니라 유지관리 시스템 활용까지 가능할 것으로 판단됨.
- 모듈러 주택의 물량산출시템은 WBS와 CBS를 양방향으로 연계하는 템플릿 시스템이 구성됨.
- 모듈러 건축의 건식시스템을 파라메트릭하게 반영할 수 있음.
- 최종적으로 BIM기반 물량산출시스템에 대한 신뢰성을 확보하기 위해서는 기존의 수동 물량산출을 비교하는 시도가 이뤄져야함. 이러한 과정을 거친 후 최종적으로는 BIM 요율 적용 표준화를 도출 할 수 있음.

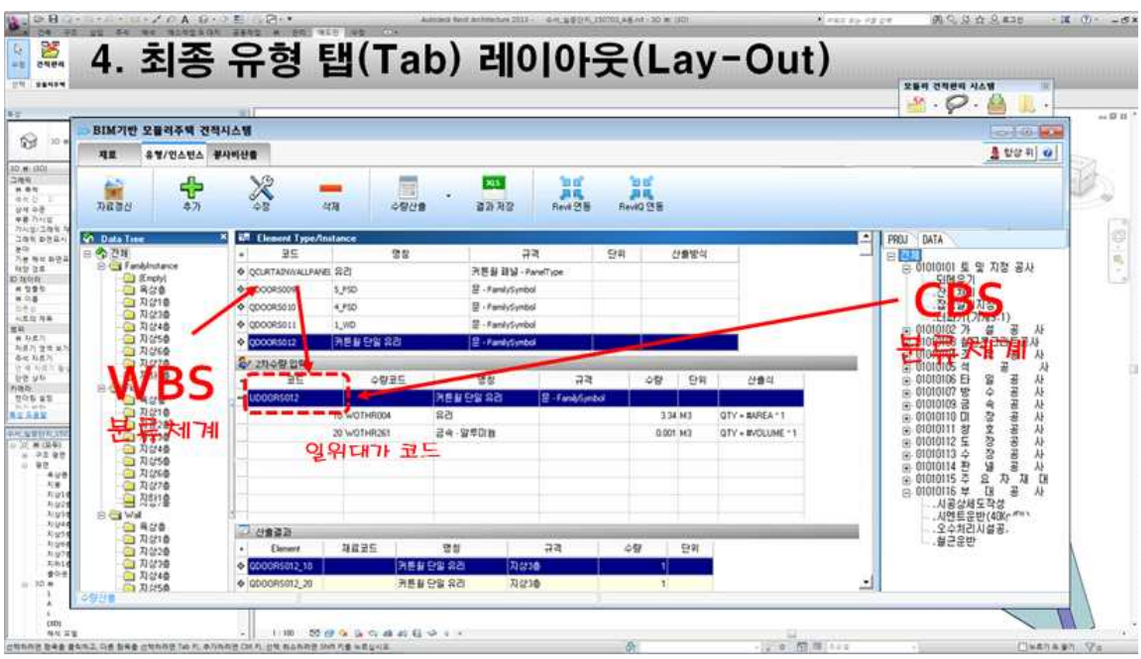


그림 2.2.1.64 모듈러주택 물량산출 시스템 UI

라) 4차년 : 실증단지 적용 검토

연구목표

- 설계도서 작성기준 제시 및 MC설계 적용 Proto-type 1종 상세설계
- 조립식주택 BIM기반 견적시스템 개발

연구내용

- 모듈러주택(적층형) 설계도서 작성기준(안) 작성
  - 주택의 설계도서 작성기준에 반영되도록 국토부에 정책 제안
- MC설계 적용 Proto-type 1종 상세설계
  - 내외장재의 규격화를 위한 조립기준면 확정(시공오차 흡수 디테일 포함)
- BIM 기반 모듈러 견적시스템 개발
  - 견적시스템구축, CBS공정별 내역트리, 양중 S/W 연계한 Ton 계산까지 가능한 프로그램
- 2D와 3D 견적 비교
  - 3D 모델링 상의 정보값과 2D 내역상의 정보값이 달라 현 시점에서는 정확한 내역비교 곤란. 초반 다자간 협의가 필요.

최종성과물

- 별책보고서 2건
  - 모듈러주택(적층형) 설계도서 작성기준(안)
  - 조립식주택 BIM기반 견적시스템 개발, 소프트웨어 설명서
- 소프트웨어등록 1건
- 등허등록 2건
- 설계도서 1건(MC설계적용 Proto-type 1종 상세설계, 설계도서)
- 정책제안 1건 *설계기준(안)
- 학술발표 2건

(1) 모듈러주택 설계도서 작성기준(안)

(가) 설계기준의 기본구상

① 주요개념정리

㉠ 시스템 건축

○ 공장에서 구조재, 내장재, 각종 설비 등을 모듈이라는 입방체의 Unit Box에 설치제작하고 현장에서는 최소한의 조립공정으로 건축물을 완성하는 공법이다. 주택을 공장에서 제작하기 때문에 현장에서의 작업을 최소화 할 수 있어 획기적으로 공기를 단축시킬 수 있고, 인건비의 절감과 양질의 주거성능을 확보할 수 있다.그리고 현장공사 최소화를 통해 현장 공사폐기물 감소를 기대할 수 있다. 그리고 시스템 건축은 레고블록처럼 조립 및 해체가 간단하고 부분적인 유지보수 및 노후화에 따른 교체 및 수리가 용이하여 용도변경에 따른 증축 리모델링도 간편하다. 특히 공업화 건축에 기반을 둔 공법으로 자재의 표준화된 성능을 확보할 수 있다. 시스템 건축은 크게 Unit Box의 구조 및 형태에 따라서 다음과 같이 적층형, 인필, 벽식, 혼합형으로 구분 할 수 있다.

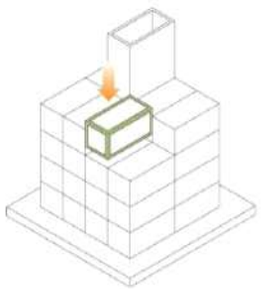
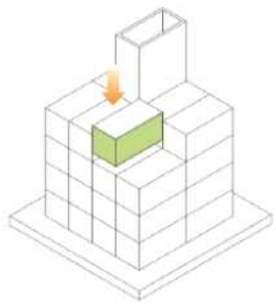
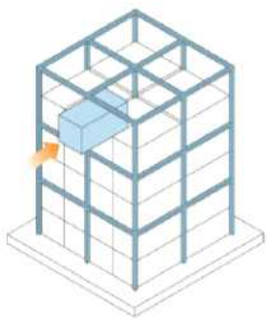
적층	벽식	인필
		

그림 2.2.1.65 시스템 주택 유형

- ㅇ 국내에 건설되고 있는 대부분의 건물은 습식공법인 철근콘크리트구조나 또는 철골구조 공법으로 대다수의 공정을 현장인력에 의존하는 현장시공 방법으로 이루어지고 있다. 이러한 현장시공 방법은 기능인력의 숙련도 및 현장 관리 · 감독자의 역량, 현장의 환경조건, 기후변화, 자재의 수급 정도 등 여러가지 요인에 의한 영향으로 시공 품질이나 공기지연 등의 문제가 발생한다.
- ㅇ 시스템 건축의 선진국은 공장생산 기반의 공업화 건축기술을 지속적으로 개발하여 주택, 학교, 군시설물 및 사무실 등 다양한 건축물에 폭넓게 확대 적용하는 반면, 국내는 시스템 건축 도입기로 최근까지도 외국의 시스템 기술을 답습하는 수준이었으나 건축물의 고품질화, 친환경 건설에 대한 사회적 요구 증대, 표준화 및 부품화 등 새로운 기술수요들을 만족시킬 수 있는 공법으로 시스템 공법이 부각되면서 자체 기술에 의하여 한국형 시스템이 개발되고, 실증단지 시공 및 성능평가 등을 통해 성능과 안전성, 기술성, 경제성 등이 검증되어 적용분야가 확대되어 가고 있다

㉡ MC설계

- ㅇ 모듈(Module)은 건축의 공업화 생산에 가장 합리적인 건축구성재 및 설계의 전반적인 치수정합 확립에 사용되는 가장 기본이 되는 치수단위이며 치수표준화의 도구로 활용된다. 따라서 건축 및 구성재의 치수관계를 모듈에 따라 조정하는 것을 말한다. 일반적인 호칭으로 MC(Modular Coordination)라고 부른다. 모듈정합의 궁극적인 목적은 설계 작업의 편의, 대량 생산과 공사비 절감, 건축재의 수송과 취급상의 편리, 건축 부품의 호환 및 수선의 편의성을 높이는데 있다. 모듈정합은 근본적으로 '공간의 최소단위'에 대한 추출에 노력이 집중되어야 하며 조합된 전체가 단위에 따른 비례체계로서의 질서를 느끼게 해줄 수 있을 때 모듈정합의 목표가 달성되었다고 할 수 있다. 이러한 모듈정합은 절대적인 것이 아니며 인간의 생활방법이나 도구의 변화발전에 적용하여 가장 효율적으로 가능성 있는 '단위' 및 '시스템'을 찾아내는 방법이다.
- ㅇ 시스템 건축은 공장생산을 전제로 하는 공업화 건축시스템이기 때문에 제작의 효율성 및 경제성 확보를 위해서는 MC설계가 필수적으로 이뤄져야 한다. MC설계는 건축물의 주요 구조부(벽, 기둥, 바닥 등) 및 창 개구부의 위치 설정 등을 위한 규정으로(KS F1525:2002) 수평 및 수직계획모듈 그리고 주요구성부의 증분치수설정 등 의 설계기준 수립이 우선된다. 수직·수평모듈계획은 건축공간, 건축구성재 상호간의 호환성을 바탕으로 수평·수직계획 모듈 격자 체계를 정하는 것을 의미한다.(Park & Kim, 2013) 국내의 MC 설계기준은 'International Standard ISO 2848 Building construction-Modular coordination-principle and rules'를 준용한 내용으로 기본적으로 수평모듈 계획은 300mm(3M), 수직모듈 계획은 100mm(1M) 원칙으로 증분치수를 적용하고 각 구성재마다 설정기준을 설정하고 있다.

○ 국내뿐만 아니라 해외에서도 모듈정합치수에 대한 원칙을 갖고 있는데 대부분 ISO 기준을 준용하고 있는 실정이다. 국내의 시스템 건축의 모듈정합 설계 기준은 '철골조 유닛하우스의 오픈시스템을 위한 설계기준 설정연구'에서 유닛하우스의 설계기준으로 제안되었다. 내용은 수평·수직계획모듈의 설정 및 벽체, 층간대, 창호 등 주요 부위의 기준면 설정에 관한 내용이다. 유닛하우스 설계 기준제안 또한 ISO 기준을 적용한 것으로 벽식 공동주택 설계도 작성기준, 철골조 및 라멘조 공동주택 설계도서작성 기준과 시스템 주택의 설계도서 작성기준과 연계된 규정이라고 할 수 있다.

표 2.2.1.9 국가별 모듈정합 설계 적용 치수기준

구분	ISO	UK(BS)	Germany (DN)	Japan (BL)	Korea (KS)
수평	주거 3M	6M	3M,6M,12M	3M	주거 3M
수직	1M	1M,3M,6M	-	1M	KS = 2M 국토부 = 1M
기준선	마감선/ 중심선	마감선/ 중심선	마감선/ 중심선	마감선(구조체)	마감선/ 중심선

㉢ 기준면(선)

○ 기준면(선)은 기준치수체계에 의해 설정된 면(선)을 의미하며, 건축구성재의 조합을 기준으로 할 때 구성재기준면(선)과 조립기준면(선)으로 구분한다. 특히 건축공간을 구성하는 건축구성재의 위치와 영역을 나타내며, 3차원의 공간에서는 기준면으로, 2차원의 평면에서는 기준선으로 각각 표시된다.

② 구성재 기준면

㉠ 정의

○ 건축구성재의 현장조립시 요구되는 필요공간을 고려하여 건축구성재가 차지하는 영역을 사전에 설정하는 기준면(건축구성재의 제작치수와 호칭치수 설정시 기준)

㉡ 설정방법

○ 건축구성재의 종류, 형태, 물성, 제작방법 등에 따라 여러 가지로 설정될 수 있으나 건축구성재 상호간의 조합과 호환성을 고려하여 설정한다.

○ 기준면은 평행, 직교를 원칙으로 한다. 단 경사진 부분이 발생할 경우에는 경사각을 표시하며, 원의 형태를 사용할 때는 지름이나 반지름을 표시한다.

㉢ 설정순서

○ 1단계: 공간분할의 전제조건 결정(적용될 건축구성재의 공간영역 파악)

○ 2단계: 건축구성재 기준면의 기능 및 역할 판단(어떤 조건으로 사용되는가를 파악)

○ 3단계: 조합방법 파악(필요한 오차, 틈, 공차를 고려)

○ 4단계: 건축구성재의 치수, 크기(호칭치수) 결정.(건축구성재 상호간의 조합 및 호환성 고려)

③ 조립기준면

㉠ 정의

○ 건축설계, 시공 시 건축구성재의 조립을 위하여 설정되는 기준면으로서, 건축공간에 있어서 건축구성재의 위치나 영역을 지정한다. (건축구성재의 현장조립시 기준)

㉡ 설정방법

- 건축계획, 건축설계, 건축시공 전 과정을 거쳐 사용되는 기준면으로서 계획도, 실시도, 상세도 등의 작성시 일관성 있는 기준으로 작용할 수 있도록 설정한다.
- 상세도에 설정할 경우에는 하나의 조립기준면을 기준으로 하여 각 조립기준면들의 위치와 영역을 설정한다.
- 직교할 경우에는 평면, 단면 등 각 방향에서 기준면을 설정한다.
- 경사질 경우에는 경사각을 기입하며, 원의 형태로 된 경우에는 지름이나 반지름을 표시한다.
- 필요에 따라 조립기준면 사이에 보조기준면을 설정할 수 있다.

㉢ 설정순서

- 1단계: 구조, 공법, 구법 선정(계획격자 설정)
- 2단계: 공간구획(공간구성 계획시 단선, 복선격자 사용)
- 3단계: 건축구성재의 대상 선정(건축구성재의 영역, 위치 선정)
- 4단계: 조립기준면과 구성재 기준면간의 치수정합성 확보(현장작업기준선으로 활용)

④ 기준면(선)의 역활

- 건축구성재는 일반적으로 3차원의 체적으로 구성된다. 따라서 건축구성재의 제작이나 조립시 기준면(선)은 3방향으로 설정되며 영역지정, 편영역지정, 위치지정 등을 통하여 적용될 건축공간에서 건축구성재의 위치, 영역 등을 나타낸다.
- 영역지정
  - 기준면은 일반적으로 하나의 건축구성재에 한 방향으로 설정되며, 두 개의 다른 구성재 사이에 조립될 경우에는 그 구성재 양면에 설정한다.
  - 3차원의 공간과 3방향에서 조립될 경우에는 3방향 모두에 각각의 기준면을 설정한다.
- 편영역지정
  - 건축구성재가 다른 건축구성재와 한 면만이 접하는 경우 건축구성재 상호간의 경계에 기준면을 설정하여 영역을 지정한다.
- 위치지정
  - 건축구성재의 위치를 지정할 때 사용하는 기준면을 의미한다.

⑤ 면잡기

㉠ 유형

- 제작면잡기
  - 건축구성재의 제작면에 기준면을 설정하는 기법으로, 공장생산되는 건축구성재의 경우에는 적용이 용이하지만, 습식공법으로 건설되는 경우에는 시공시 발생하는 오차, 공차 등으로 정밀시공을 확보하는데 비효율적이라고 할 수 있다.
- 기준면잡기
  - 안목기준면잡기: 건축구성재의 위치 및 치수 등을 설정하는 것으로서, 건축구성재로 구획되는 건축공간에 설정하는 기준면잡기
  - 중심기준면갑기: 건축구성재의 위치를 설정하는 것으로서, 공간을 구성하는 건축구성재의 중심간 거리에 설정하는 기준면잡기

ㅇ 혼합면잡기
- 제작면잡기 및 기준면잡기를 혼합한 면잡기

⑥ 계획모듈 : 2차년도 내용에서 그림부분만 실증단지 기반으로 변경되므로 중략.

(나) 설계기준(안)

① 총칙

㉠ 목적

ㅇ 공장생산을 전제로 하는 시스템 건축(System Construction)은 자재 및 부품의 표준화를 위한 Modular Coordination(MC) 설계가 필수적으로 이뤄져야 한다. 그러나 국내의 시스템 건축기술은 초기 도입단계이고 시스템 건설시장이 크게 확대되지않아서 MC설계 적용이 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 시스템 건축의 MC설계 방향을 '치수 설정원칙', '조립기준면 설계기준' 등으로 제시한다.

㉡ 적용범위

ㅇ 적층형 시스템 건축형태로 건설되는 모든 모듈러 주택에 적용된다.

㉢ 용어의 정의 (주요 구성재 내용 포함) : 내용생략

ㅇ 본 기준에서 규정하지 아니한 건축모듈정합에 관한 용어정의는 한국산업규격 KS F 1503(건축모듈정합 원칙 및 기준)와 KS F 1508(건축모듈정합 관련 용어)을 준용한다.

② 치수설정 원칙

㉠ 수평계획모듈

ㅇ 시스템 주택의 주요 실(거실, 침실) 각 변의 치수는 안목치수 기준으로 300㎜(3M) 증분치수 적용을 원칙으로 하고, 불가피한 경우에는 보조모듈 100㎜(1M) 증분치수를 적용한다. (* 3600㎜ 초과 ~ 9600㎜ 이하 : 6M 증분치수)

ㅇ 단, 다음 각 항목의 치수는 보조모듈인 100㎜(1M) 증분치수를 적용할 수 있다.
- 주방, 욕실 / - 복도, 계단, 계단참, 발코니 / - 현관, 창고, 다용도실 / - 기타 공간

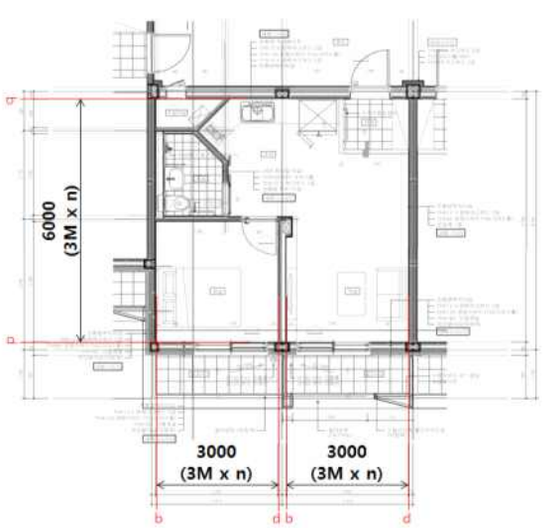


그림 2.2.1.66 수평계획모듈

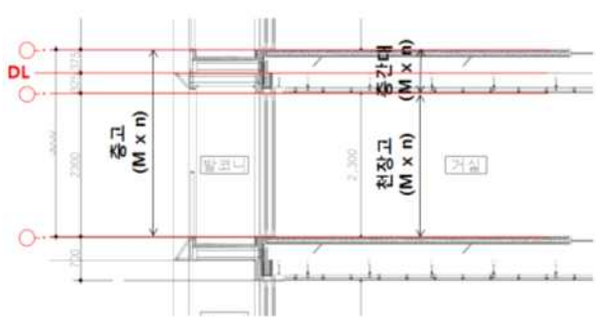


그림 2.2.1.67 수직계획모듈

㉡ 수직계획모듈

○ 시스템 건축의 수직계획모듈 치수는 100㎜(1M) 증분치수 적용을 원칙으로 하고, 불가피한 경우 보조모듈 증분치수 적용을 할 수 있다.

○ 다음, 각 항목의 규정에 의한 치수는 보조모듈 증분치수를 적용할 수 있다.

- 층 고 : 아래층 바닥 마감기준면에서 위층 바닥마감기준면까지의 치수로 100㎜(1M) 증분치수를 적용하되, 보조적으로 50㎜(M/2) 증분치수를 적용할 수 있다.
- 층간대 : 천장마감재, 천장보, 바닥보, 바닥온돌판 및 바닥 마감재로 구성되며 100㎜(1M) 증분치수를 적용하되 보조적으로 50㎜(M/2) 증분치수를 적용할 수 있다.
- 천장고 : 100㎜(1M) 증분치수를 적용한다.

③ 조립기준면 설정

㉠ 벽체-벽체

○ 시스템 주택에 시공되는 벽체는 건식공법을 사용하므로 시공오차가 거의 발생하지 않는다. 따라서 벽과 벽이 접합되는 부분의 틈값은 벽체의 시공오차는 무시한다. 벽체 간의 틈값이 0이 되므로 최대한계치수도 0이 된다.

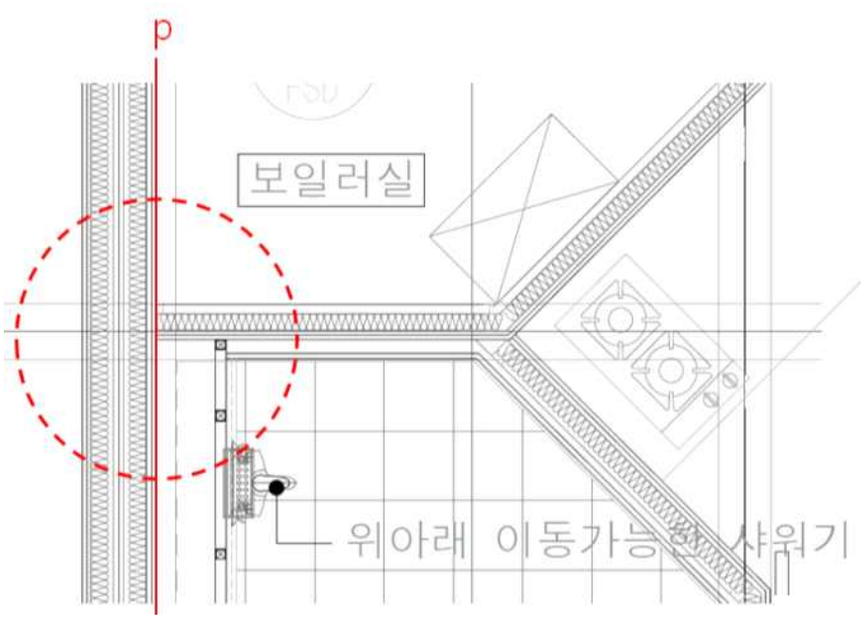


그림 2.2.1.68 조립기준면 설정(벽체-벽체)

㉡ 벽체-창호

○ 시스템 주택에 시공되는 벽체는 건식공법을 사용하므로 시공오차가 거의 발생하지 않는다. 따라서 창과 접합되는 부분의 틈값은 벽체의 시공오차는 무시하고 창에서 발생하는 시공여유와 제작오차를 고려하여 5㎜를 설정한다. 즉 창의 모듈 호칭치수와 개구부 치수를 동일하게 설정하고 벽체의 틈값이 0이 되므로 최대한계치수도 0이 된다.

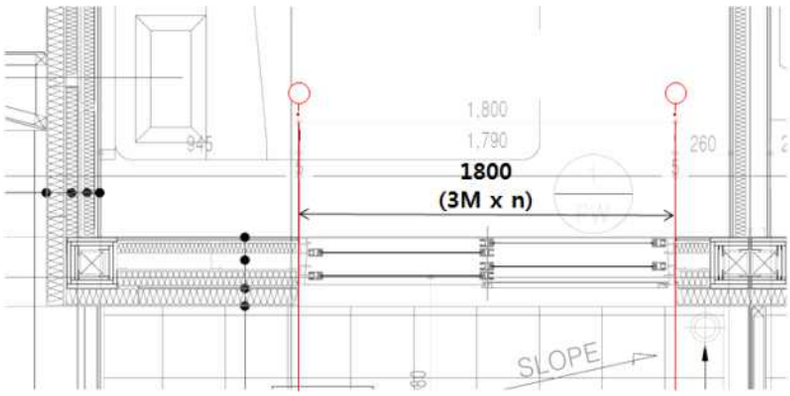


그림 2.2.1.69 조립기준면 설정(벽체-창호)

ⓒ 벽체-조립식 욕실

- ㅇ 조립식 욕실은 계획모듈격자에 대하여 모듈정합하며, 조립식 욕실치수는 관련 해당 한국산업규격(KS F 2222)의 적용을 원칙으로 한다.
- ㅇ 조립식 욕실을 넣을 공간을 구획하는 벽체의 조립기준면 간의 간격은 조립식 욕실의 오차(제작+시공)와 설비공간 및 시공여유를 합한 치수로 1M(100㎜)을 원칙으로 한다. 특히 개별 유니트의 단변 안목치수 3M(3000㎜)의 배수 치수에서 조립식욕실의 치수를 우선 확보해야 한다.
- ㅇ 현재 조립식 욕실에서 발생하는 틈값은 업체의 제품치수 및 특성에 따라 각각 다르게 나타난다. 따라서 표준마무리재로 시공해야 할 부분은 조립식 욕실 업체의 제품마다 다르게 나타난다.

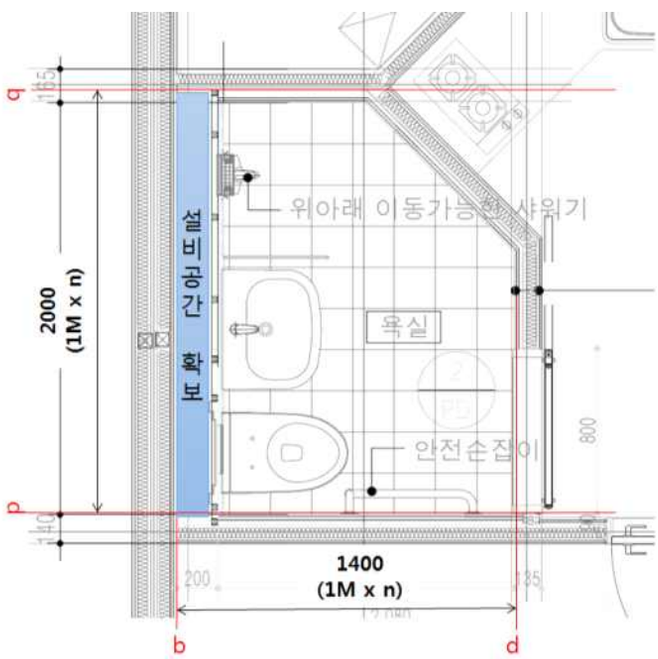


그림 2.2.1.70 조립기준면 설정(벽체-조립식 욕실)

④ 세부기준에 대한 매뉴얼의 제작 및 활용

- ㅇ 이 기준의 시행에 필요한 주요구성재의 조립기준면 설정 등 세부기준에 대하여는 건축사법 제31조의 규정에 의하여 설립된 건축사협회장이 제작한 매뉴얼을 활용할 수 있다.

(다) 자재의 우선치수

ㅇ 수서실증단지 모듈러주택에 사용되는 자재를 대상으로 KS 규격에 적합한지를 파악함.

① 내장 및 구성재 표준규격

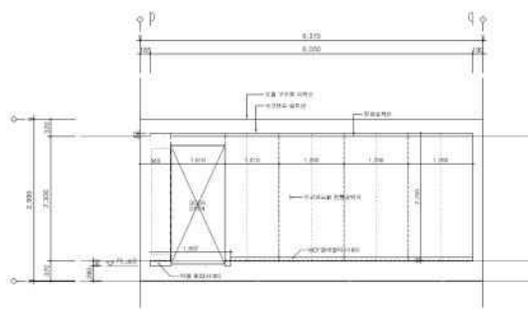
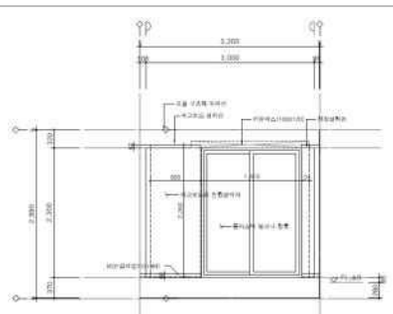
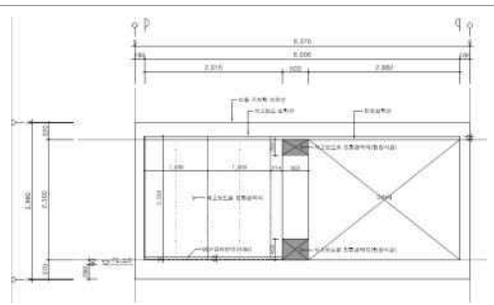
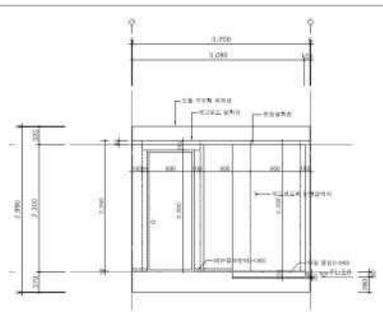
<table>
<tr><th colspan="2"></th><th>기준치수</th><th>수서</th></tr>
<tr><td rowspan="4">01</td><td rowspan="4">석고보드
KSF3504
(방화
석고보드)</td><td rowspan="4">
석고보드 유형별 치수
단위 : mm
<table>
<tr><td rowspan="2">길이</td><td colspan="3">나비</td></tr>
<tr><td>600</td><td>900</td><td>1,200</td></tr>
<tr><td>1,800</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr>
<tr><td>2,400</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr>
<tr><td>2,700</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr>
<tr><td>3,000</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr>
</table>
</td><td> 
1200(1010) x 2400</td></tr>
<tr><td> 
900(1810,124) x 2400</td></tr>
<tr><td> 
1200(214,503) x 2400</td></tr>
<tr><td> 
900(182,84,850,100,183) x 2400</td></tr>
</table>

그림 2.2.1.71 내장 및 구성재 표준규격

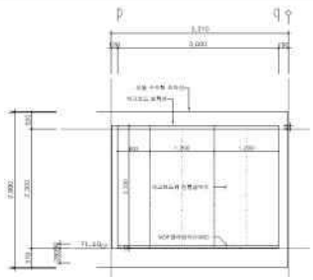
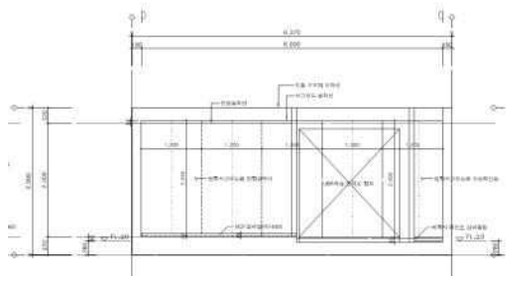
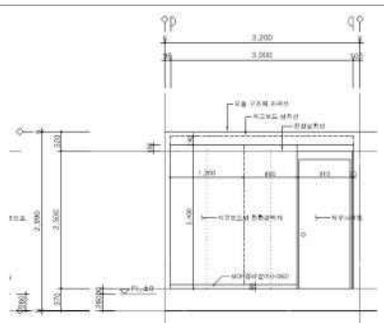
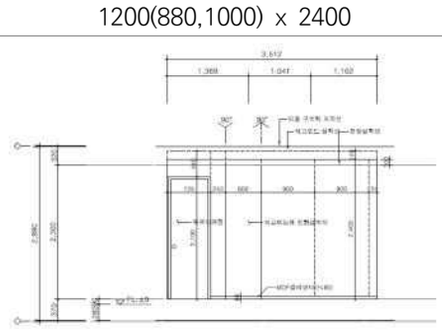
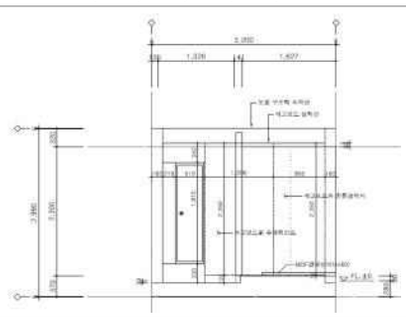
<table>
<tr><th colspan="2"></th><th>기준치수</th><th>수서</th></tr>
<tr><td rowspan="8">01</td><td rowspan="8">석고보드
KSF3504
(방화
석고보드)</td><td rowspan="8">
석고보드 유형별 치수
단위 : mm
<table>
<tr><td rowspan="2">길이</td><td colspan="3">나비</td></tr>
<tr><td>600</td><td>900</td><td>1,200</td></tr>
<tr><td>1,800</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr>
<tr><td>2,400</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr>
<tr><td>2,700</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr>
<tr><td>3,000</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr>
</table>
</td><td>  </td></tr>
<tr><td>1200(603) x 2400</td></tr>
<tr><td>  </td></tr>
<tr><td>1200(1202) x 2400</td></tr>
<tr><td>  </td></tr>
<tr><td>1200(880,1000) x 2400</td></tr>
<tr><td>  </td></tr>
<tr><td>900 (600,735,243,134) x 2400</td></tr>
<tr><td>  </td></tr>
<tr><td>183+219+120+905+183 x 2400</td></tr>
</table>

그림 2.2.1.71 내장 및 구성재 표준규격 (계속)

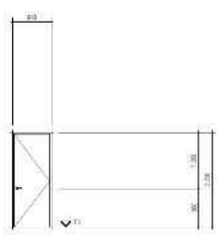
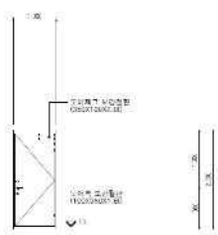
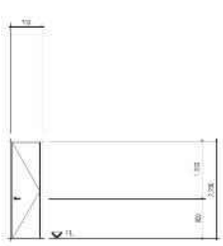
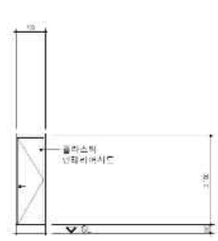
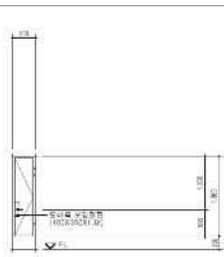
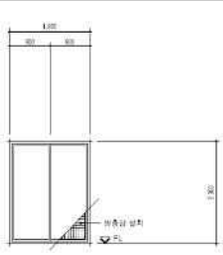
<table>
<tr>
<td>02</td>
<td>UBR
KSF2222</td>
<td>
주택용 샤워룸 유닛형의 표준 모듈 호칭 치수(TL형)
단위 : mm
<table>
<tr><th>짧은변 \ 긴변</th><th>1400</th><th>1500</th><th>(1550)</th><th>1600</th><th>(1650)</th><th>1700</th></tr>
<tr><td>1200</td><td></td><td></td><td></td><td>○</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>1300</td><td></td><td>○</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>1400</td><td>○</td><td></td><td></td><td>○</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>(1450)</td><td></td><td></td><td>○</td><td></td><td>○</td><td></td></tr>
<tr><td>1500</td><td></td><td></td><td></td><td>○</td><td></td><td>○</td></tr>
</table>
</td>
<td>
이형(1637 x 2114) F</td>
<td>
이형(1343~1943 x 2115) F</td>
</tr>
<tr>
<td rowspan="3">03</td>
<td rowspan="3">문
KSF1515</td>
<td rowspan="3">
문의 모듈 호칭 치수
단위 : mm
<table>
<tr><th colspan="2">나비(W)</th><th colspan="2">높이(H)</th></tr>
<tr><th>구간</th><th>치수</th><th>구간</th><th>치수</th></tr>
<tr><td>3000 이하</td><td>1M의 증분 치수</td><td>2700 이하</td><td>1M의 증분 치수</td></tr>
<tr><td>3000 초과</td><td>3M의 증분 치수</td><td>2700 초과</td><td>3M의 증분 치수</td></tr>
</table>
비고 1. 1M = 100mm
2. 창의 나비(W) 또는 높이(H)가 900mm이하인 경우에는 M/2의 증분치수를 적용할 수 있다.
</td>
<td> 
A동세대 침실 (900x2200) P</td>
<td> 
현관 (1000x2200) P</td>
</tr>
<tr>
<td> 
A동세대 화장실 (700x2200) P</td>
<td> 
B동세대 화장실 (700x2100) P</td>
</tr>
<tr>
<td>
A동세대 화장실(약) (1640x2200)P</td>
<td> 
보일러실 (500x1800) P</td>
</tr>
<tr>
<td>04</td>
<td>창
KSF1515</td>
<td>
창의 모듈 호칭 치수
단위 : mm
<table>
<tr><th colspan="2">나비(W)</th><th colspan="2">높이(H)</th></tr>
<tr><th>구간</th><th>치수</th><th>구간</th><th>치수</th></tr>
<tr><td>2100 이하</td><td>1M의 증분 치수</td><td>3000 이하</td><td>1M의 증분 치수</td></tr>
<tr><td>2100 초과</td><td>3M의 증분 치수</td><td>3000 초과</td><td>3M의 증분 치수</td></tr>
</table>
비고 1. 1M = 100mm
2. 창의 나비(W) 또는 높이(H)가 600mm이하인 경우에는 M/2의 증분치수를 적용할 수 있다.
</td>
<td> 
A동세대 발코니 (1800x2300) P</td>
<td></td>
</tr>
</table>

그림 2.2.1.71 내장 및 구성재 표준규격 (계속)

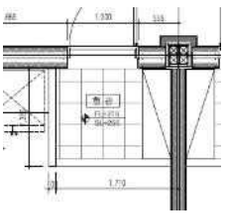
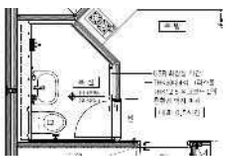
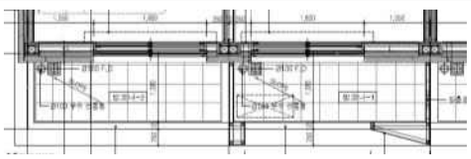
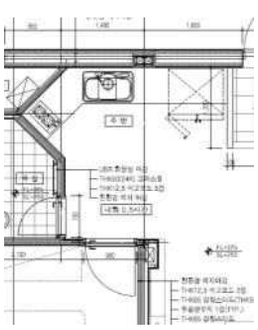
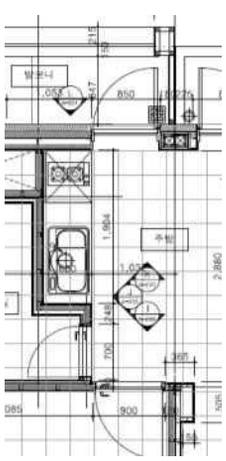
<table>
<tr><th colspan="2"></th><th>기준치수</th><th colspan="2">수서</th></tr>
<tr><td rowspan="3">05</td><td rowspan="3">타일
KSL1001</td><td rowspan="3">
타일의 모듈 호칭 치수
단위 : mm
<table>
<tr><td colspan="2">내장, 타일, 외장 타일 및 바닥 타일</td><td colspan="10">구성타일</td></tr>
<tr><td>A
(나비)</td><td>50</td><td>100</td><td>150</td><td>200</td><td>250</td><td>300</td><td>400</td><td>450</td><td>500</td><td>600</td><td>300</td><td>450</td></tr>
<tr><td>B
(길이)</td><td>50</td><td>100</td><td>150</td><td>200</td><td>250</td><td>300</td><td>400</td><td>450</td><td>500</td><td>600</td><td>300</td><td>450</td></tr>
</table>
</td><td> 
현관바닥타일 300x300 P</td><td> 
욕실바닥자기질타일
200x200 P</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
발코니바닥타일 300x300 P</td></tr>
<tr><td rowspan="2">06</td><td rowspan="2">시스템
키친
KSF1523</td><td rowspan="2">
<table>
<tr><th>기호</th><th>명칭</th><th>치수</th></tr>
<tr><td>A</td><td>작업대 상단의 높이</td><td>800, 850, 900</td></tr>
<tr><td>B</td><td>챌판의 높이</td><td>50이상
다만, A가 800일 때, 50을 우선치수로 한다. A가 850일 때, 100을 우선치수로 한다. A가 900일 때, 150을 우선치수로 한다.</td></tr>
<tr><td>C</td><td>바닥에서 상부수납장 하단까지의 높이</td><td>1300(최소)+n X 50</td></tr>
<tr><td>D</td><td>키큰장 및 상부수납장 상단까지의 높이</td><td>1900(최소)+n X 50
우선차수는 2100으로 한다.</td></tr>
<tr><td>E</td><td>작업대 상단,하부수납장 및 키큰장의 옆깊이</td><td>500, 550, 600, 650, 700</td></tr>
<tr><td>F</td><td>상부 수납장의 옆깊이</td><td>300, 350
[다만, 바닥에서 상부 수납장 하단까지의 높이가 1600 이상 1800 미만일 경우(F')는 400, 450, 500으로, 1800 이상일 경우(F")는 600, 650, 700 등으로 할 수 있다.]</td></tr>
<tr><td>G</td><td>챌판의 깊이</td><td>50 이상</td></tr>
</table>
</td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>07</td><td>천장재
KSF</td><td></td><td>
900(310) x 1800(604)</td><td>
900(810,400,310) x
1800(1504)</td></tr>
</table>

그림 2.2.1.71 내장 및 구성재 표준규격 (계속)

② 외장재 표준규격

ㅇ 수서실증단지 표준규격 미적용

(2) MC설계적용 프로토타입 상세설계

(가) MC설계적용 프로토타입 상세설계(수서)

① 치수설정원칙 적용 : 상세설계에 반영.

② 조립기준면 적용 : 상세설계에 반영.

③ 외장재 규격화 적용 : 상세설계에 미반영. 별도 설계도서 제작 및 특허출원 완료.

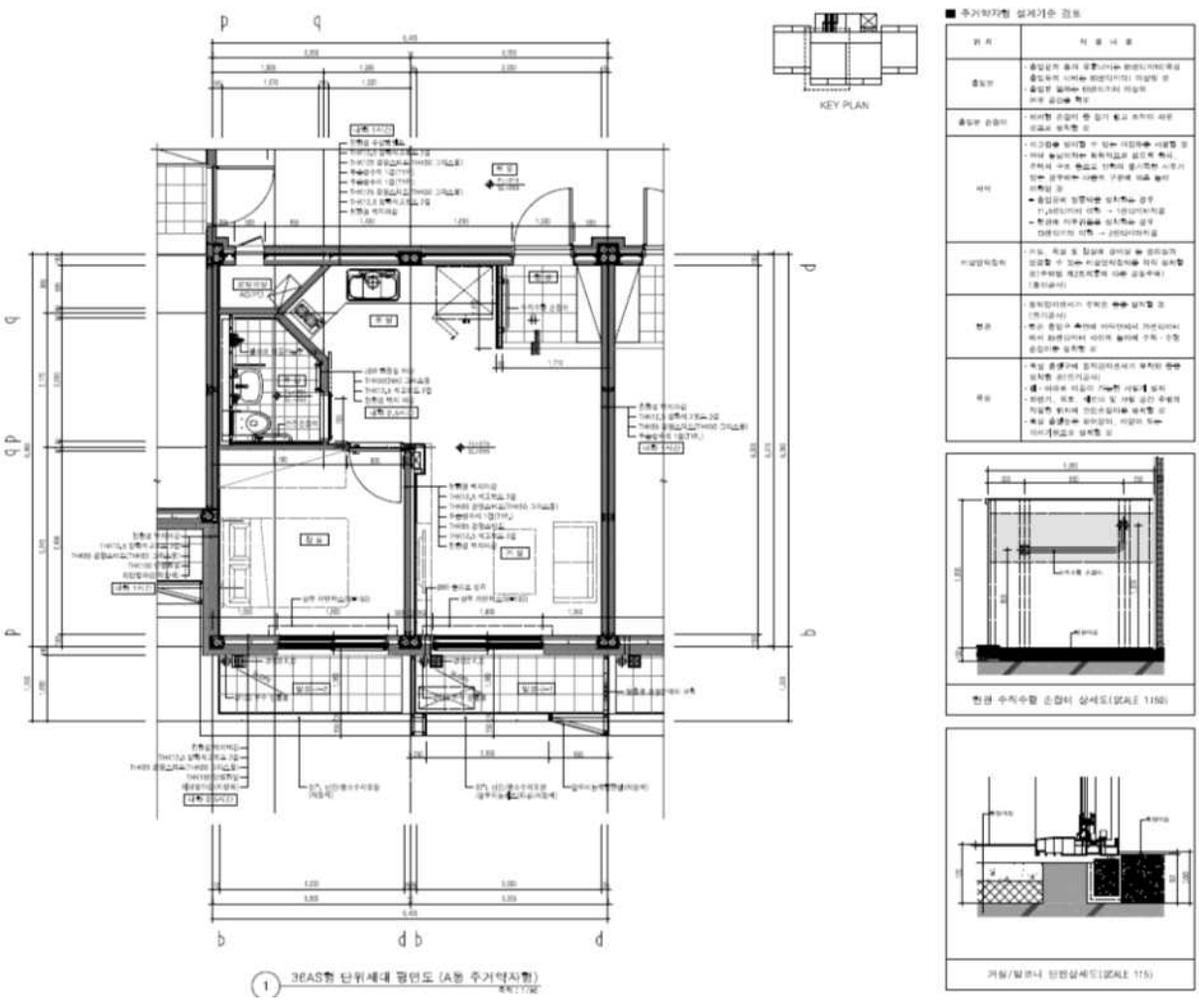


그림 2.2.1.72 MC설계적용 프로토타입 상세설계(수서)

(3) BIM 기반 모듈러 견적시스템 개발

(가) BIM기반 모듈러 견적시스템 설치 가이드 : 개별 매뉴얼 참조

(나) BIM기반 모듈러 견적시스템 사용자인터페이스 : 개별 매뉴얼 참조

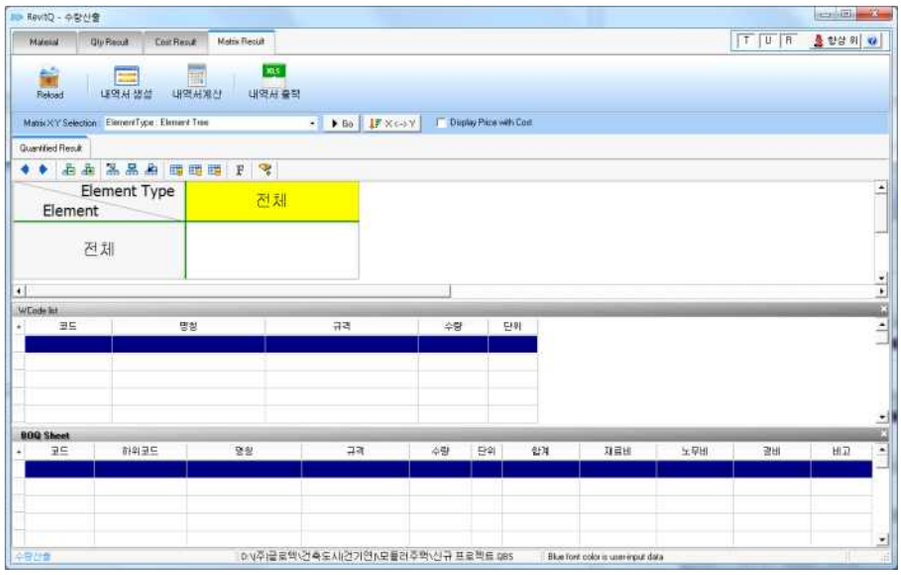
(다) BIM기반 모듈러 견적시스템 기본기능

① 재료 탭 활용법

② 수량 탭 활용법

③ 공사비 탭 활용법

④ 내역서 탭 활용법

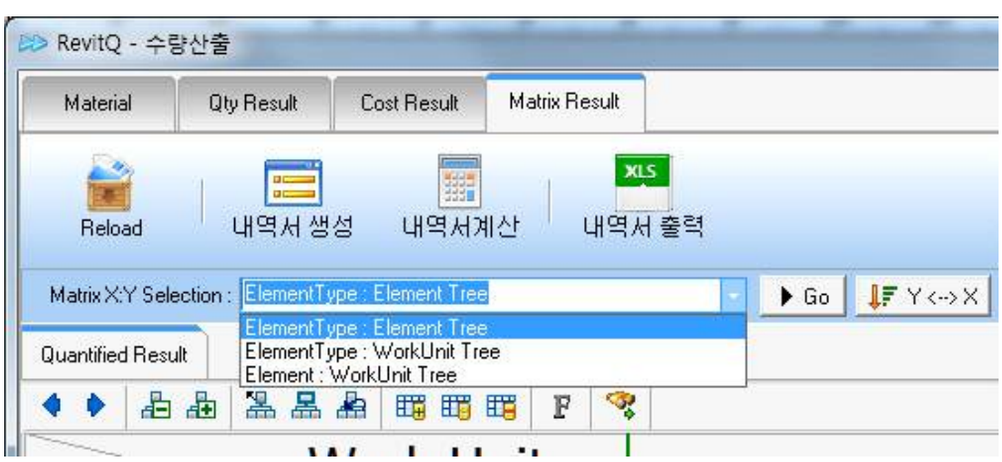


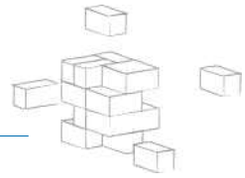
- ㅇ 내역서(Matrix Result) 탭(Tab)의 주 기능은 그동안 앞선 과정에서 수행했던 모든 과정을 총 정리하여 CBS(Cost Breakdown System), MBS(Model Breakdown System), WBS(Work Breakdown System) 등의 조합으로 이루어진 BIM기반 수량 및 공사비 내역서를 산출하기 위한 것입니다.
- ㅇ 최종 산출물은 엑셀(Excel) 내역보고서로 출력이 됩니다.

㉠ 매트릭스(Matrix) 란?

- ㅇ 매트릭스(Matrix) 란? X축과 Y축에 공종(CBS), 시설(WBS), 부위(MBS) 등의 요소들을 배치하여 두 요소가 만나는 엑셀과 같은 셀(Cell)에 수량, 공사비, 공정, 도면, 시방서. 사진 등 멀티미디어(Multimedia) 데이터를 배치하여 통합관리 할 수 있는 ㈜글로텍이 자체개발한 건설 통합관리 매트릭스(Matrix) 기술을 말합니다.
- ㅇ 이곳 BIM기반 모듈러 견적시스템 수량산출(견적) 프로그램에서는 CBS, MBS, WBS 별 조합에 의한 BIM기반 수량/공사비 내역서 작성에 활용됩니다.

㉡ Matrix XY Selection 이해하기





○ 내역서 작성을 위해 X축과 Y축에 CBS, MBS, WBS 조합을 설정하는 부분입니다.

○ Element Type : Element Tree

- Element Type(패밀리 유형)과 Element(패밀리 유형 인스턴스) 간 조합에 의한 내역서를 작성하는 조합니다.

○ Element Type : WorkUnit Tree

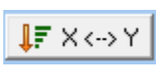
- Element Type(패밀리 유형)과 WorkUnit(재료 = 일위대가) 간 조합에 의한 내역서를 작성하는 조합니다.

○ Element : WorkUnit Tree

- Element (패밀리 유형 인스턴스)과 WorkUnit(재료=일위대가) 간 조합에 의한 내역서를 작성하는 조합니다.

○ Matrix XY Selection 리스트(List) 중 원하는 항목을 선택하고 오른쪽의

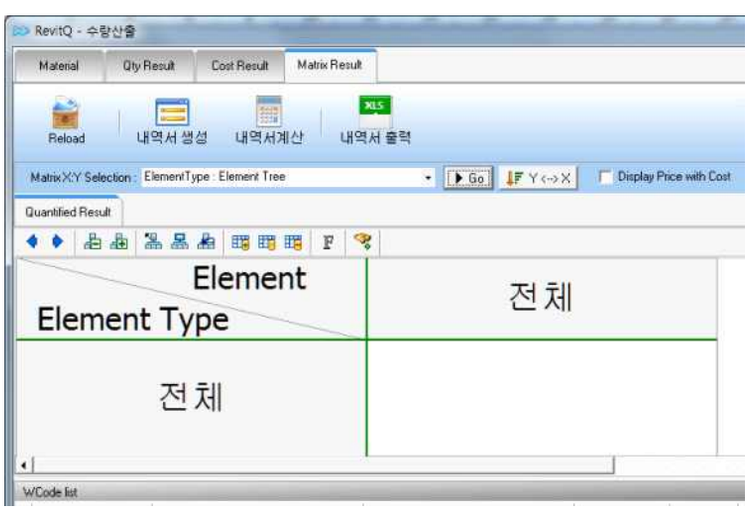
버튼을 클릭(Click) 하면 매트릭스(Matrix)에 적용됩니다.

○ 적용된 매트릭스(Matrix)의 X축과 Y축을 변경하고자 하는 경우 오른쪽의 

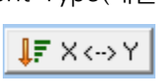
버튼을 클릭(Click) 하면 적용된 매트릭스(Matrix)의 X축과 Y축의 요소가 바뀌게 됩니다.

☞ Element Type(패밀리 유형) : Element(패밀리 유형 인스턴스) Tree 선택하고

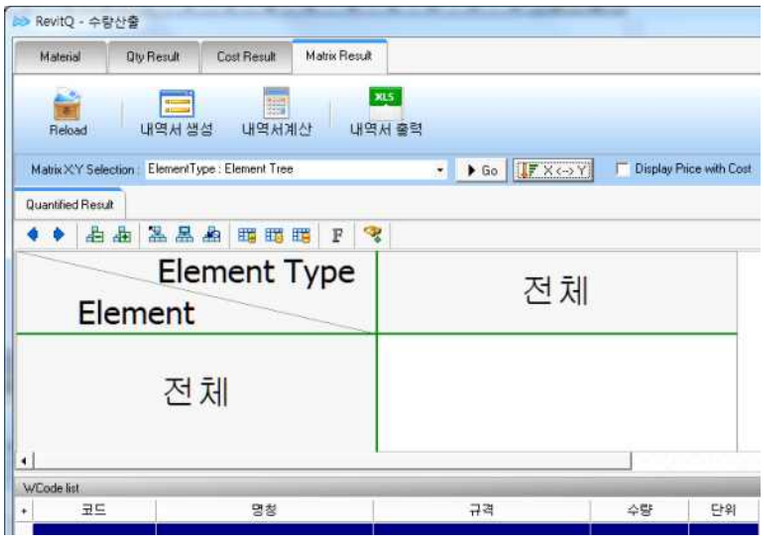
를 클릭(Click) 한 경우



☞ Element Type(패밀리 유형) : Element(패밀리 유형 인스턴스) Tree 선택하고

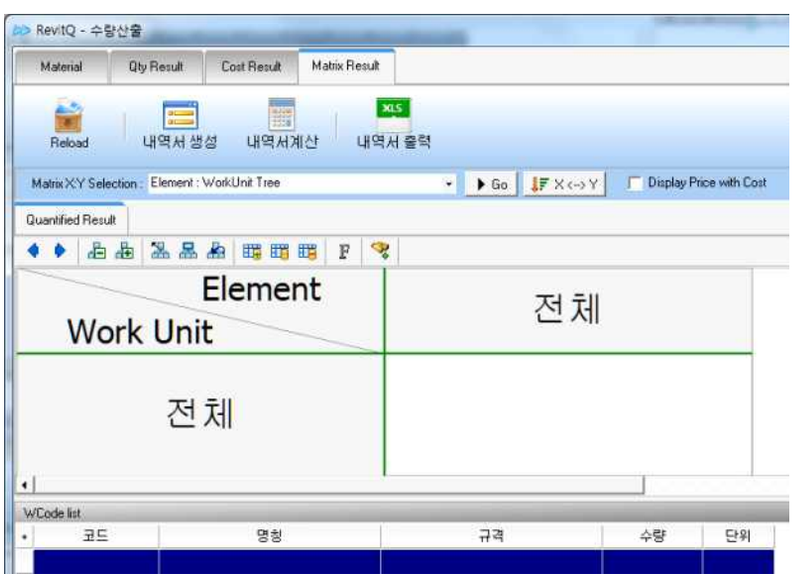
를 실행하고 난 후 

버튼을 클릭(Click) 한 경우



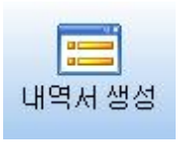
☞ Element Type(패밀리 유형) : WorkUnit(재료=일위대가) Tree 선택하고 ▶ Go 를 클릭(Click) 한 경우

☞ Element (패밀리 유형 인스턴스) : WorkUnit(재료=일위대가) Tree 선택하고 ▶ Go 를 클릭(Click) 한 경우

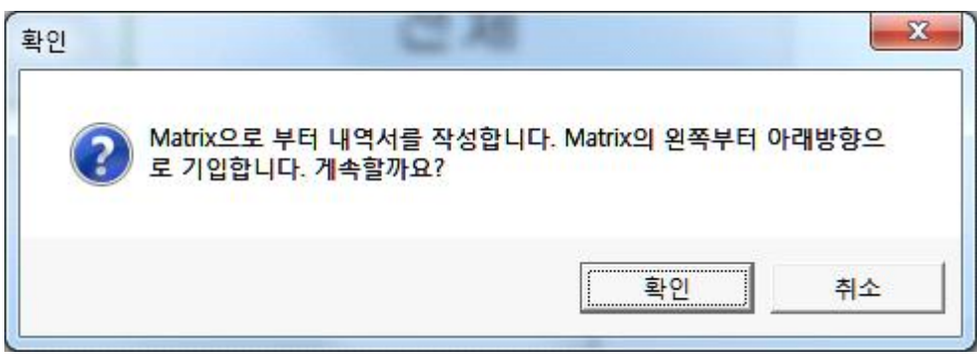


ⓒ 내역서 생성 / 내역서 계산 이해하기

○ Matrix XY Selection에 의해 원하는 CBS, MBS, WBS 조합에 의한 매트릭스(Matrix) 셀(Cell) 조합이 완성되었다면 경우 이를 통한 수량/공사비 내역서 작성 작업을 수행할 수 있게 됩니다.

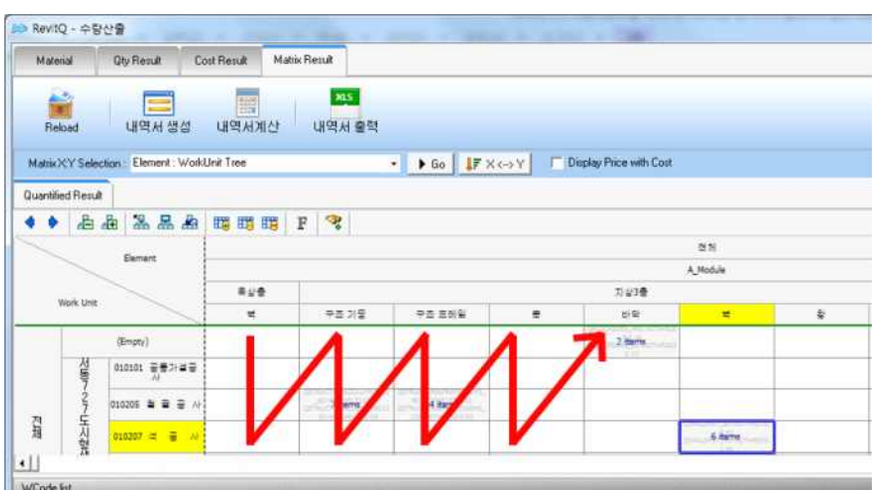
○ 내역서 생성 

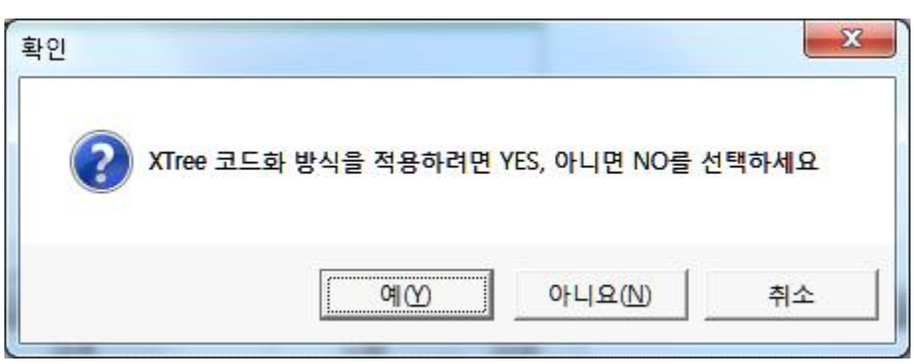
메뉴를 클릭(Click) 합니다.



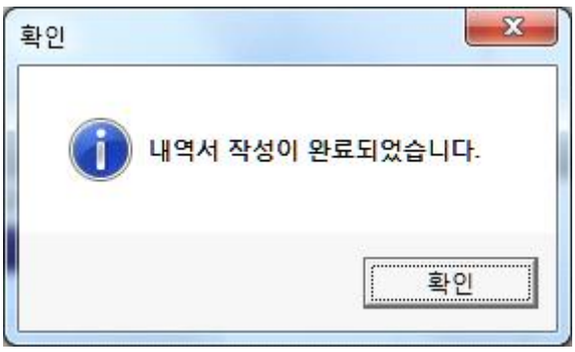
○ 확인을 클릭(Click) 합니다.

☞ 내역서 작성 순서

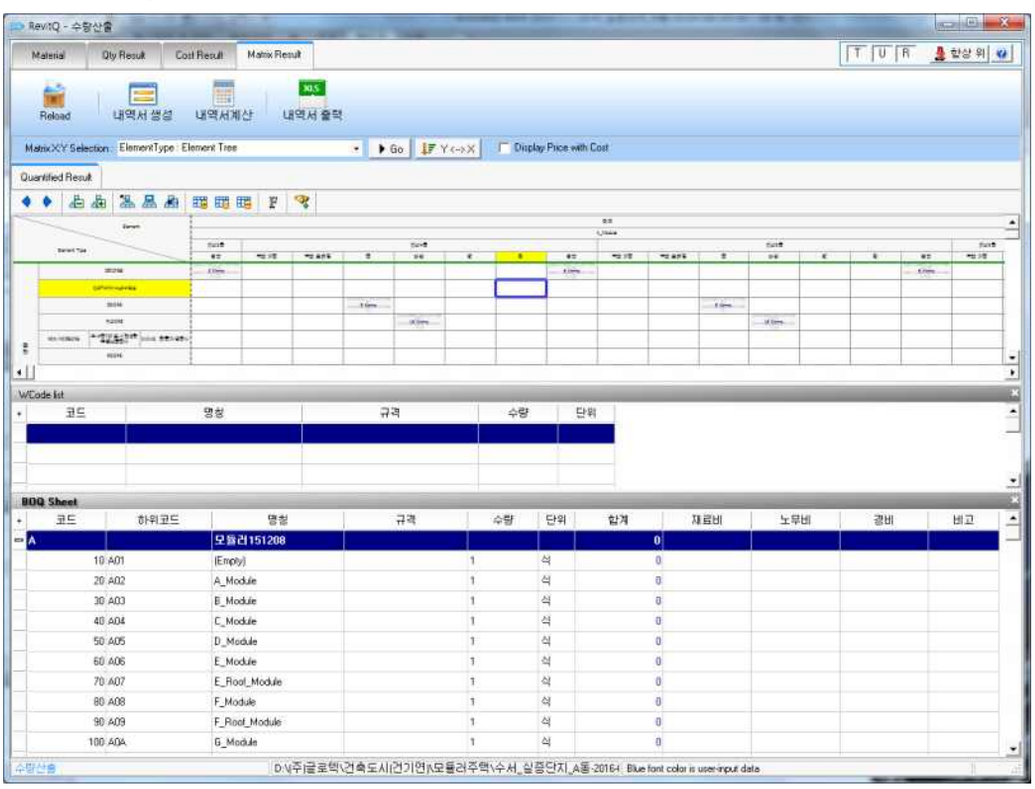




○ 트리(Tree) 단위별로 A, A01, A02, A03 등과 같이 내역서에 자동코드를 부여하고자 할 시에는 예(Y)를 클릭(Click) 합니다.

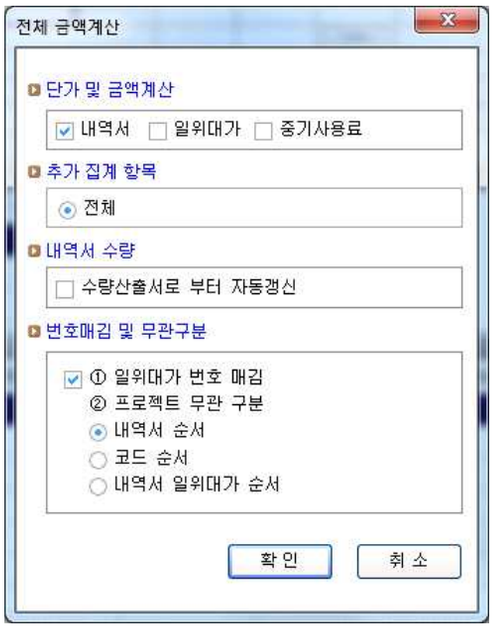


☞ 내역서 작성이 완료된 결과
(하단의 BOQ Sheet 작성은 되었지만 계산이 반영되지 않은 상태임)



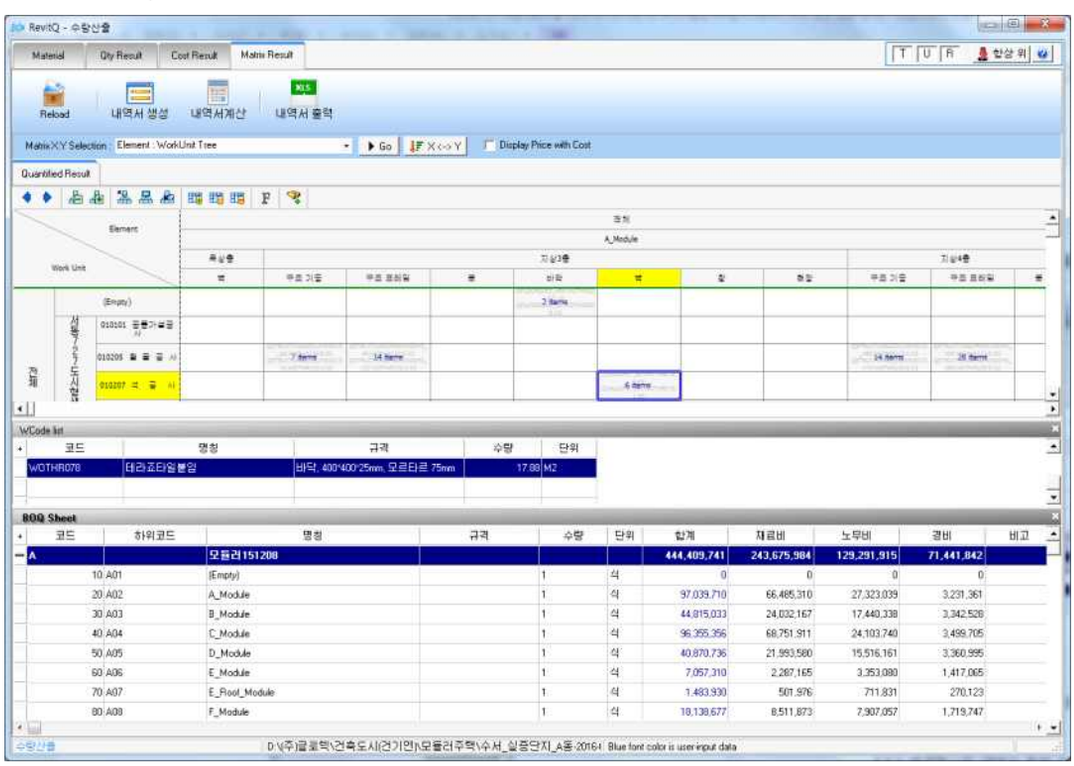
○ 내역서 계산

메뉴를 클릭(Click) 합니다.



○ 이곳에서의 금액계산은 앞선 공사비(Cost Result) 탭(Tab)과는 별개로 내역서 텝(Tab)에서의 내역서 계산만 수행하는 것입니다.

☞ 내역서 계산이 완료된 결과
(하단의 BOQ Sheet에 금액계산 결과가 반영된 상태임)



① BIM기반 모듈러 견적시스템 부가기능 : 개별 매뉴얼 참조

마) 5차년: 기술의 종합 및 지침화

연구목표

- 조립식주택 모듈 및 실증단지 설계기술 개발 종합

연구내용

- 조립식주택 설계 및 자재 표준화 가이드라인 구축
  - 현장적용을 통한 조립식 주택의 설계 및 자재 표준화 기준 정립
  - 소형 임대주택 국가모듈과의 연계 모색
- 조립식주택 BIM 통합 설계매뉴얼 제작
  - WBS와 CBS 통합가능성 검토
- 천안두정단지 인필 캐빈 제작 및 총괄 관리

최종성과물

- 조립식주택 설계 및 자재 표준화 가이드라인 1건
- BIM 통합 설계매뉴얼 1건
- 국내논문 1건 (심사 중 1건)
- 제도 반영 1건

(1) 조립식주택 설계 및 자재 표준화 가이드라인 구축

(가) 정책제안 경과

① 2017.03.13. 설계기준 업체간담회 1차

㉠ 설계도서 작성기준 제작 취지

- 설계표준화와 성능표준화가 있음
- 성능표준화는 모듈러 제작업체 관계자들은 익히 알고 있지만, 설계표준화에 대해서는 서툼
- 오픈 시스템의 일환으로 모듈러 오픈 시스템을 만들어보자는 것이 본 기준의 취지임.
  - 모듈러제작업체가 자재생산업체를 보유하여 폐쇄적인 시스템을 가지고있는 일본과는 달리. 한국의 경우 업체마다 해당치수가 상이하며, 자재생산업체를 보유하지 못한 경우도 많다는 문제점을 가지고 있음.
  - 일반 설계후 모듈러 설계로 전환설계를 하고 있는 문제.
  - 매 프로젝트마다 동일한 치수체계를 사용하지 못하고 있는 실정.
  - 자재부품기준을 확립하기 위해 설계표준화를 하는 것임. 그래서 자재우선치수를 포함하고있음.
- 올해 안에 고시를 목표로 하고 있음.
  - 4월중에 1차 체크. 5월 중에 국토부 담당자까지 참석한 회의 개최
- 현재 방법이 없다고 못한다고 생각하지 말고, 업계와 함께 생각을 하는 시간이 되었으면 함.

㉡ 업계의 의견수렴

- 용어를 모듈러로 통일했으면 좋겠음.
- 모듈러 설계도서 작성기준가 있어야 되는 것에는 동감.

ㅇ 내부공간의 3M 조정을 위해 유닛의 크기를 일부러 키울 필요가 있는가? 경제성이 떨어질 수도있는 문제
- 업계에서는 유닛의 크기를 최외각 3300㎜으로 생각함. 3400㎜의 유닛크기도 된다는 연구진의 의견에 3300㎜의 근거는 운송 상의 고속도로 톨케이드 폭을 언급하면서 노선변경에 따른 비용상승을 문제제기함.
- 단변방향은 M, 장변방향은 3M으로 해주었으면 좋겠음.

ㅇ 도면 표현상의 문제
- 틈값이라는 용어는 오차값을 인정하는 것이므로 다른 용어로 대체.
- 유닛간 접합부의 크기는 업체마다 다른 상태임. 금강과 포스코는 10㎜, 유창은 20㎜임. 더 이상 줄일 수 없는 크기임. 정확하게 시공되고 있다. 하지만 임석호 박사님의 경험으로는 오차값이 그것보다 크다고 인지하고 계심. 업계 답변 못함.
- 포스코의 경우, 수장선은 확실히 잡을 수 있다고 하였음.
- 금강의 경우, 내화도료를 사용하고 있음. 이에 대한 유닛접합부 불연속복선격자에 대한 연구진의 검토 필요.
- 철골에서는 2㎜ 이내 오차만 인정하는데 틈값 7㎜는 큰 거 아닌가? 어떻게 메꿀 것인가? 수치 7㎜의 의미를 오해한 것임. 유닛접합부의 불연속복선격자를 nM 단위로 하려다 보니 발생된 것이므로 꼭 7㎜이 아닐 수도 있다고 설명해 줌.

ㅇ 층간대는 설계도서 작성기준에서 제외해주었으면. 자유롭게 해주었으면
- 업체마다 구조계산마다 case by case 이므로

ㅇ 설계자유도를 업계에 줄 것인가?
- 설계자유도를 줄것인가? 업체마다 다른데.
- 가이드에 ①내부공간 크기 ②각 사마다 조인트 폭 ③덕트까지 포함될수록 복잡해지니

ㅇ 기둥이 정방형이 아니라 장방형이라면?
- 연구진이 검토해 보겠음.

㉢ 개별의견

ㅇ 외측을 3M으로 하면 어떨까?

ㅇ 표준화 되는 것은 맞는데
- 현재 오더메이드로 발주를 받고 있어서
- 일반설계된 것을 모듈러 전환설계가 많다.

ㅇ 모듈 종류가 다양하면 지그 바꿔야되니 비용상승 요인임. 발주자의 의견에 맞출 수밖에 없는 상황인데. 국가설계기준이 필요하겠다는데 공감. 시장방어 차원에서도 필요.

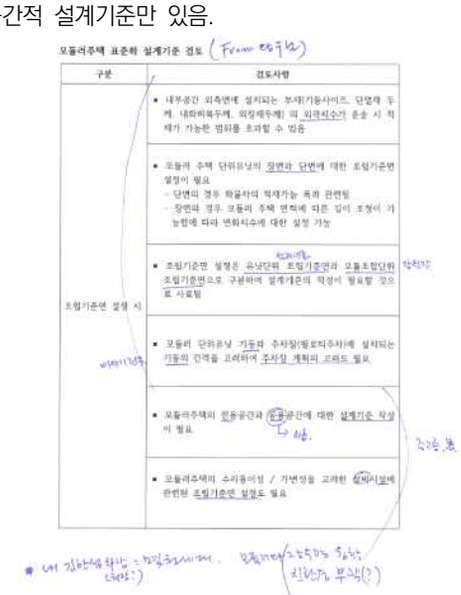
ㅇ 자동차생산처럼 기본과 옵션으로 나눈 것은 어떨지?

② 2017.04.11. 설계기준 업체간담회 2차

㉠ 업체를 위한 기준임.

ㅇ 외부요구에 대응하여 국가기준에 맞추어야하기 때문에 그러한 요구에 응대하기 어렵다는 근거를 위한 기준임.

㉡ 회의내용

	발언	대응
정준수 KICT	-한국의 모듈러 주택 표준화를 위한 설계기준_ver.2 내용 설명	
임석호 KICT	-귀사에서 모듈 설계나 제작시의 문제가 없는가를 심층적으로 검토해달라.	
DMP	-1유닛 1세대인 경우 문제없어 보임. 하지만 다수유닛이 1세대를 구성하는 경우 구조대로 인해 내부 안목치수가 1M이 될 수도 있음. 따라서 (1) 모듈의 치수설정 가. 조립기준면에서 "복수 유닛으로 대규모 실 구획" 문구 추가	-(1) 모듈의 치수설정 가. 조립기준면에서 "~단, 모듈운송 문제나 복수 유닛으로 대규모 실 구획 등으로 불가피한 경우 1M의 증분치수 인정" 문구 수정
	-치수 언급 : 내부유닛은 3000, 최외각유닛은 외장재를 붙여지므로 내부안목 2700	-검토하겠음
	-모듈러는 일반건축물 설계와는 달리 유닛을 우선고려하고 축열 조정하고 규모검토가 이루어져야 함 (포스코도 동의함)	-현 기준의 순서(조립기준면 잡고, 구체기둥 중심이나 DL 치수 설정)대로 하면 모듈러설계하는데 무리가 없을 것임.
금강	-현재 설계기준이 미흡. 일정 기준하에 들어왔으면 시장접근을 위해서 좋겠음. RC등 일반설계기준은 있는데 모듈화 작업을 지원한다는 미명하게 모듈사의 무보수 행위가 많음.	-본 기준에 익스큐즈하고 있음
유창	-15여년 모듈러 역사 짧지않은 기간. 기준 생겨서 개념알고 있어야 되는데. 모듈러를 알고 설계하는 사무소 몇 개 안된다. 활성화시키기 위해서 기준 필요하다. -전환설계는 비용, 로스, 공기 증가시키는 요인임.	-본 기준에 익스큐즈하고 있음
	-모듈 혼자가 아니라, 만나는 부분. 하부기둥 PC의 축열과 상부 모듈러의 축열 상이한 문제도 기준에서 다루었으면	-검토하겠음
	-공간적 설계기준만 있음. 	-본 기준에 익스큐즈하고 있음 -1~4번까지는 대응할 수 있을 것임 -5~6번은 중고층 몫으로 한다.
표스코	-기준이 장방향일 때에는 ?	-구조대 내의 보조조립기준면으로 조립기준면이 변경하면 된다.
	-모듈러 건축의 목표는 효율성인데 효율성이 떨어짐. 그 원인은 전환설계이므로 일을 두 번하며 있는 것에 끼워 맞추고 있는 것이 문제임. 앞단에서 모듈러를 우선 고려한다면 효율성 확보의 첫걸음이 될 것임.	-본 기준에 익스큐즈하고 있음

ⓒ 총평

○ 외국에서 바라본 본 설계기준(안) 시도

- 국외 사례(RNB) RC도면과 모듈러도면과 아귀를 맞추는데 참여업체간의 오픈마인드가 필요했다. 이형모듈이 다수 발생했고, 제작사는 어려움을 겪었다. 클로징시스템의 문제를 언급한 듯.
- 국가차원에서 오픈시스템의 기준이 한국에서 준비되고 있다는 것에 놀라함.

○ 국내 모듈러 주요 관련업체 담당자들도 필요한 기준으로 인식해 줌.

③ 2017.06.09. 설계기준 자문회의

이현호 교수	○ 오차값을 포함시킬 것. 조정치수에 ○ 소규모 제출도면 주기를 달 것 ○ 용어정의 '천장재'에 대한 설명 제대로 된 것인지 확인할 것. ○ 이 기준이 적용되는 범위는? - 전용공간에만 적용한다는 내용 추가해야함. - 전용공간의 용어정의 추가 필요. ○ 도면을 캐드파일 형식보다는 컨셉화시키는 것이 좋을 듯.
정재희 교수	○ 최소치수가 2400인지? - 보편적인 실사이즈를 2100이상으로 한다. 단변방향의 길이는 MAX 3000, 장변방향의 길이는 MAX ? ○ 수서사례도면 (단지 사례집 일반) - [임] 설계사례는 3m×6m 로 한 것은 샘플로 보여주기 위한 것임. 기준사이즈는 아님. ○ 층간대 치수 - [장활제] 층간대는 원래 RC조의 개념이다. 모듈러에서는 층간대 개념을 빼는 것이 좋겠다. 층간대는 하부모듈의 상부층간대+도킹에어리어+상부모듈의 하부층간대를 말하며, 1M원칙으로 한다. 여기서 도킹라인보다는 도킹에어리어가 더 맞다. 연구진의 생각은 100㎜ 증분치수 원칙였으나, 업체의견 수렴후 테크니컬 사이즈로 봄. ○ 일본에서 오픈시스템이 되지 않은 이유? - 제작사 설계팀에서 직접 설계를 해왔으며, 업체마다 치수체계가 다른 상태에서 모듈러주택 시장 규모가 크기 때문에 오픈시스템을 할 필요성을 못 느낌. ○ 조정치수에 대한 용어 정의 필요 : 제3조 용어정의에 '조정치수' 추가할 것. ○ 조립기준면 설정방법 (최소치수) ○ 모듈러주택의 설계도서 작성기준(안) 제목 변경 : 모듈러공법 중 라멘적층만 해당되는 기준이므로 제목을 적용공법에 한정한 제목으로 변경해야 함.
배규웅 단장	○ 기둥두께치수 : 용어수정, 용어를 더 가다듬어야 한다. ○ 3개의 공법(적층라멘, 적층벽식, 인필식)만 언급했는데, 복합공법도 추가했으면 함. ○ 공업화주택 용어를 활용할 필요가 있음 : 기둥과 벽에 대한 정의가 있음.
정찬우 부장	○ 모듈러주택 : 용어 ○ 도면리스트와 도면량 : 규모에 맞추어서. 상/중/하 급이 있다. - '모듈러 특기도면을 제외한 도면은 기존 작성내용에 준한다.' 라고 하면 될 듯.
조관우 사무관	○ 보완 필요 (6월말까지) ○ 기존 주택의 설계도서 작성기준처럼 철근콘크리트조, 철골조, 모듈러조 이런식으로 추가될 것임. ○ 영세한 업체들도 따라올 수 있도록 고려했는가? : 따라올 수 있다고 생각함. ○ 건축사협회랑 공조 : 제도검토분과에게 설명회를 했으면.

④ 2017.06.15 모듈러주택 설계기준 자문회의 회의내용 및 조치계획

조치결과 보고

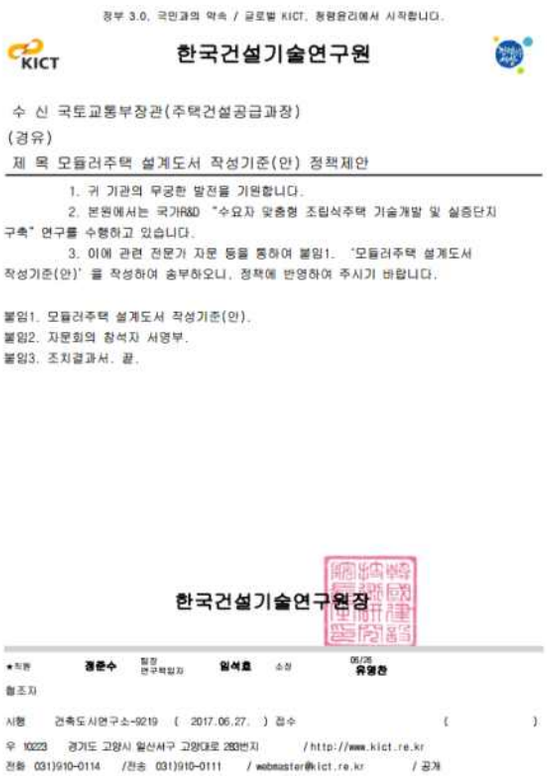
(2017.06.09 설계기준 자문회의)

No	지적 및 요구사항	조치계획	조치결과
1	ㅇ오차값을 조정치수에 포함시킬 것.	-용어정의에 조정치수 추가 후, 오차값 내용 포함 예정	-제3조(용어의 정의) 22."조정치수" 추가 완료 <p.6 참조>
2	ㅇ조정치수에 대한 용어 정의 필요 : 제3조 용어정의에 '조정치수' 추가할 것.	-제3조 용어정의 '조정치수' 추가	
3	ㅇ소규모 제출도면 주기를 달 것 -모듈러 특성값을 가지는 도면작성리스트만 작성	-모듈러용 제출도면 리스트 작성	-별표1 : 모듈러용 기본설계도면 작성내용만 기재<p.12 참조> -별표2 : 모듈러용 실시설계도면 작성내용만 기재<p.15 참조> -별표3 : 제작도면 작성내용 추가<p.26 참조> -제5조(설계도면의 작성 등) ① 제작도면 추가, ② 별표3 추가, ⑤항 내용추가 <p.5-6참조>
4	ㅇ도면리스트와 도면량 : 규모에 맞추어서, 상/중/하 급이 있다. -'모듈러 특기도면을 제외한 도면은 기존 작성내용에 준한다.' 라고 하면 될 듯.	-기본설계도면 작성내용, 실시설계도면 작성내용에 모듈러 특기도면만 기재. -제작도면(샵도) 추가 : 발주처가 요구할 때에 제작사가 작성 및 제출함.	
5	ㅇ용어정의 '천장대'에 대한 설명 제대로 된 것인지 확인할 것. -제3장 용어정의의 19.층간대와 20.천장대는 다른 개념임. -층간대 : 천장대 + 마감두께 고려한 영역임	-용어정의에 모듈러주택설계를 위한 층간대 및 천장대 수정보완.	-층간대 유지 : 제3조(용어의 정의) 16."층간대" <p.5 참조> -천장대 삭제
6	ㅇ이 기준이 적용되는 범위? Core 부분은? -'전용공간에만 적용한다.' 내용추가. -'전용공간'의 용어정의 추가.	-설계기준 적용범위에 전용공간 명시	-제2장 제13조(적용범위) "이 장의 규정은 모듈러 공법으로 건설되는 주택 가운데 철골라멘 구조의 적층형 공법으로 설계되는 주택의 전용공간에 한하여 적용한다."로 적용범위 구체적으로 명시<p.9 참조>

No	지적 및 요구사항	조치계획	조치결과
7	ㅇ도면을 캐드파일 형식보다는 컨셉화시키는 것이 좋을 듯.	-실제 건축사 설계를 위하여 설계사례도면 첨부가 필요함. -설계도면 이해가 용이하도록 도면 해상도 향상시킬 계획.	-도면의 해상도 보완수정 완료 <도면 해상도 향상>
8	ㅇ최소치수가 왜 2400㎜인지? -보편적인 실사이즈는 2100㎜ 이상임. -단변방향의 길이는 MAX 3000㎜, 장변방향의 길이는 MAX ?	-단변방향 : 2,100㎜(최소법령기준) ~ 3,000㎜(도로폭 제한(3400㎜), 도로교통법) -장변방향 : 3,000 ~ 12,000㎜ (신고 및 아간운반제한) -치수설정 예시에 2100㎜이상으로 표현.	-Half 모듈을 고려하여 해설서 [별표5. 모듈기준면의 설정방법] 수정완료.
9	ㅇ수서사례도면 (단지 사례집 일반) -수서유닛플랜의 3000㎜×6000㎜ 적용으로 인해 획일화 우려	-설계사례(3000㎜×6000㎜)는 단순 사례샘플임	-좌동
10	ㅇ층간대 치수 -[장활제] 층간대는 원래 RC조의 개념. 모듈러에서는 층간대 개념 빼야됨. 층간대는 하부모듈의 상부층간대+도킹에어리어+상부모듈의 하부층간대를 말하며, 1M 원칙임. 여기서 도킹라인보다는 도킹에어리어가 더 맞다.	-층간대는 기술적 치수로 남겨두어 각 제작업체의 설계자유도를 확보하는 것이 바람직함	-좌동
11	ㅇ일본에서 오픈시스템이 되지 않은 이유?	-제작사 설계팀의 직접 설계, 업체마다 치수체계가 다른 상태임. 시장규모도 크기 때문에 오픈시스템으로의 전환 시도 없음	-좌동

12	ㅇ모듈러주택의 설계도서 작성기준(안) 제목 변경 : 모듈러공법 중 라멘적층만 해당되는 기준이므로 제목을 적용공법에 한정한 제목으로 변경해야 함.	-적용범위에 명시하고 있기 때문에 타 유사공법(벽식 및 인필식 모듈러 공법 등)의 설계기준 작성시 이에 대한 명확한 용어정의 포함예정.	-향후 용어변경이 확정된 후 수정보완 예정
13	ㅇ기둥두께치수 : 용어수정, 용어를 더 가다듬어야 함. ㅇ공업화주택 용어를 활용할 필요가 있음 : 기둥과 벽에 대한 정의가 있음.	-공업화주택인정기준에 기둥과 벽을 구분하는 기준은 언급되어있으나 기둥의 폭과 너비에 대한 정의는 없음	-통상적으로 이해하기 쉬운 "기둥단면치수" 용어통일을 하였음.
14	ㅇ3개의 공법(적층라멘, 적층벽식, 인필식)만 언급, 복합공법도 추가했으면 함.	-복합공법에 대한 사례가 있을 경우, 포함여부 논의	-이번 설계기준(안)에 복합공법 제외
15	ㅇ모듈러주택 : 용어 ㅇ시스템주택→프리패브 주택(용어정리 필요)	-향후 관련용어의 개정시 일괄적으로 개정계획	-향후 용어변경이 확정된 후 수정보완 예정
16	ㅇ구조대의 설명	-용어정의에 구조대 설명 보완 예정	-제3조(용어의 정의) 15."구조대" 보완 완료. <p.4 참조>
17	ㅇ향후 본 설계기준의 보급 및 교육방안은 ?	-건축사협회와의 공조를 통하여 제도검토분과 등의 주관으로 설명회 및 교육프로그램 마련	-좌동

⑤ 2017.06.26 모듈러주택 설계도서 작성기준(최종안)_국토부제출



정부 3.0, 국민과의 약속 / 글로벌 KICT, 창조융합에서 시작합니다.

KICT 한국건설기술연구원

수 신 국토교통부장관(주택건설공급과장)
(경유)
제 목 모듈러주택 설계도서 작성기준(안) 정책제안

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 본원에서는 국가R&D "수요자 맞춤형 조립식주택 기술개발 및 실증단지 구축" 연구를 수행하고 있습니다.
3. 이에 관련 전문가 자문 등을 통하여 붙임1. '모듈러주택 설계도서 작성기준(안)' 을 작성하여 송부하오니, 정책에 반영하여 주시기 바랍니다.

붙임1. 모듈러주택 설계도서 작성기준(안).
붙임2. 자문회의 참석자 서명부.
붙임3. 조치결과서. 끝.

한국건설기술연구원장

협조자

시행 건축도시연구소-9219 (2017.06.27.) 접수 ( )

우 10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283번지 / http://www.kict.re.kr
전화 031)910-0114 /전송 031)910-0111 / webmaster@kict.re.kr / 공개

⑥ 2017.06.30 조관우 사무관_기준에 대한 질문3건(준거체계,간수,시스템건축)

(나) 모듈러주택의 설계도서 작성기준(안) - 국토부 제출(2017), 정책채택 (2018)

그림 2.2.1.73 모듈러주택의 설계도서 작성기준(안)

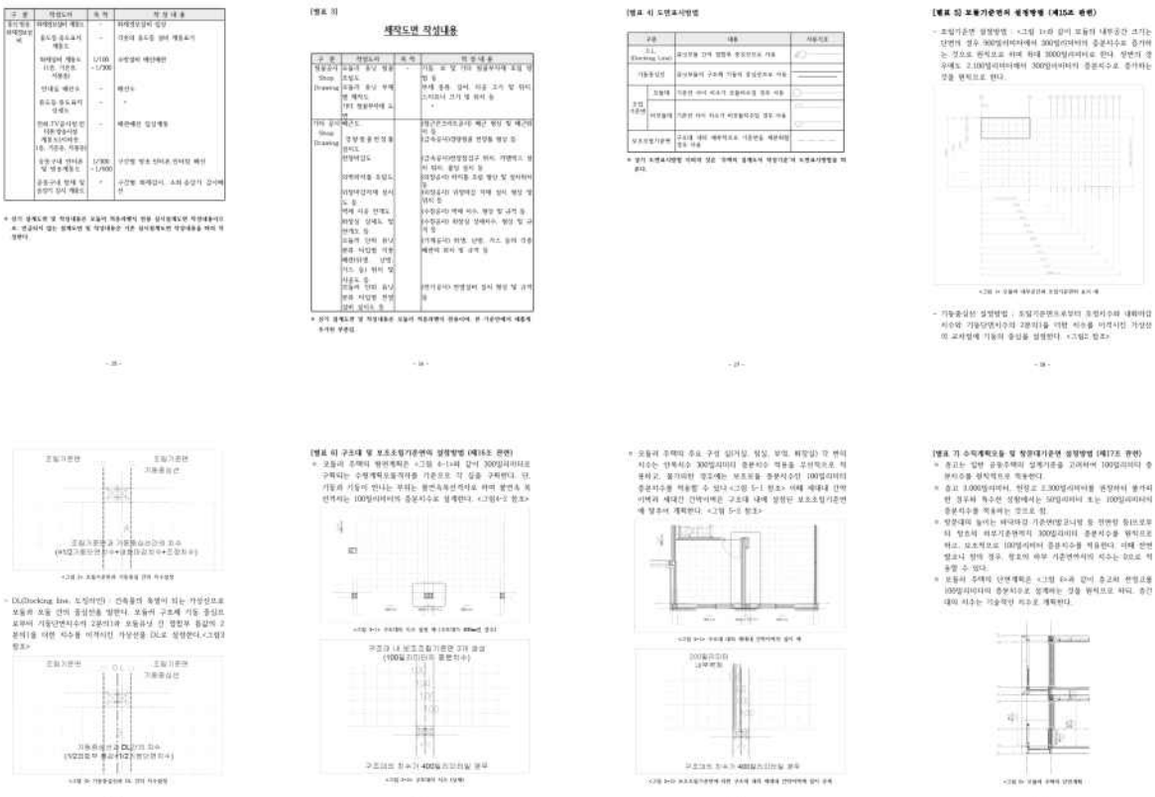
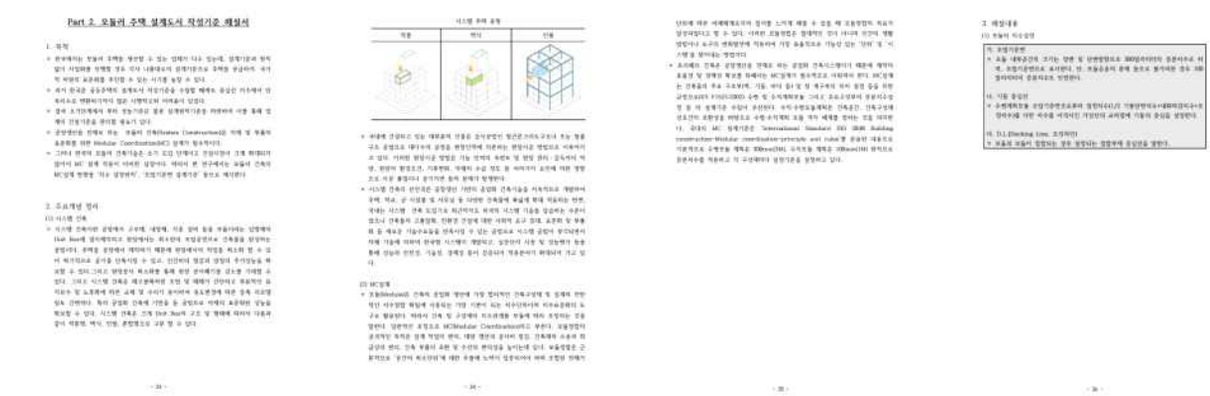


그림 2.2.1.73 모듈러주택의 설계도서 작성기준(안)_계속

(다) 모듈러주택의 설계도서 작성기준(안) 해설서



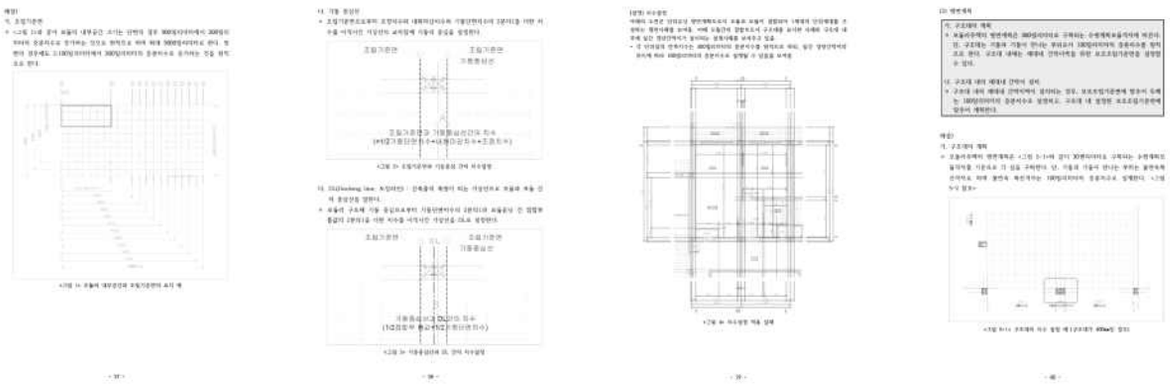


그림 2.2.1.74 모듈러주택의 설계도서 작성기준(안) 해설서

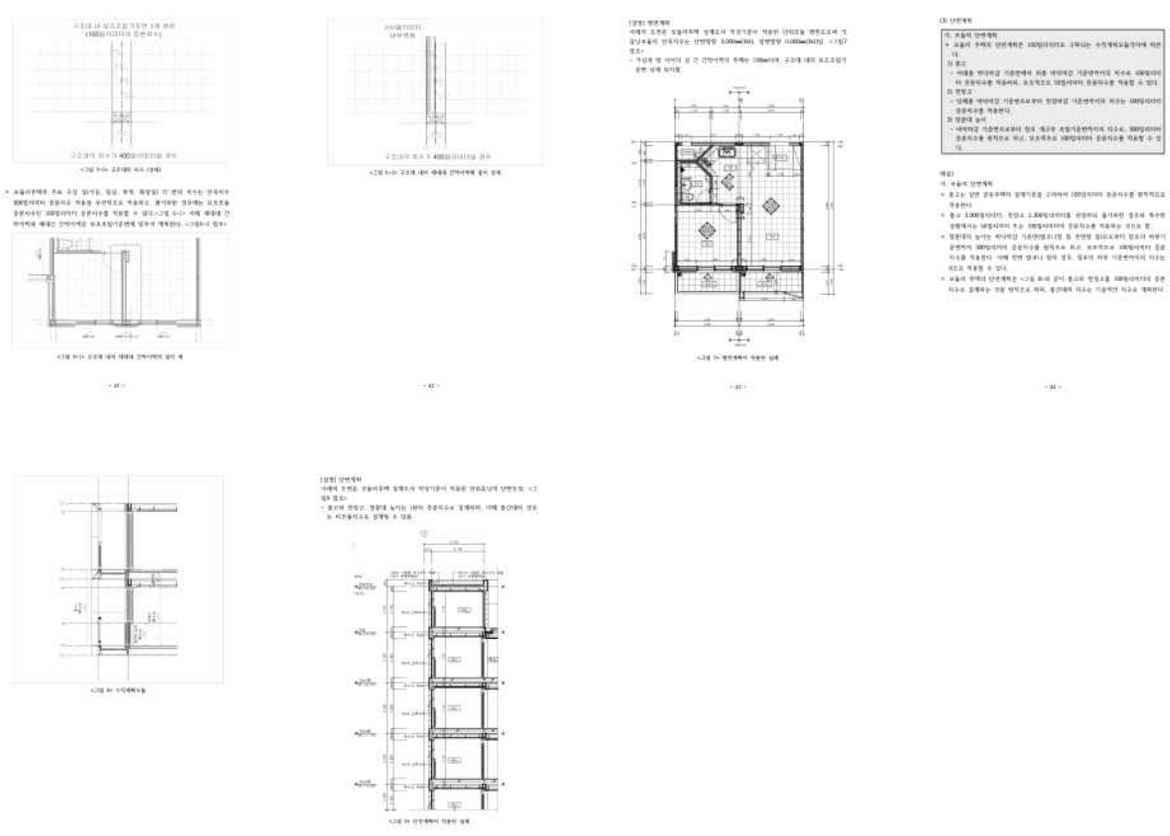


그림 2.2.1.74 모듈러주택의 설계도서 작성기준(안) 해설서_계속

(2) 천안두정 단지 인필캐빈 제작 및 총괄관리

(가) 제작

① FLOOR FRAME 설치

- ㅇ 건물 전체를 구성할 단위 유닛캐빈의 프레임을 만드는 공정임. 구조계산을 바탕으로 품질관리 및 정밀한 오차관리가 필요. Unit Toilet의 Frame을 먼저 만든 뒤 도장 – 본드도포 – 타일부착의 과정을 거치고 마지막으로 Unit Cabin의 Frame과 결합하는 과정으로 진행하였다
- ㅇ UT 베이스판의 배수를 위한 구배(슬로프)를 확보해야 함.

② 벽 판넬 설치

- ㅇ 단위 유닛 프레임에 벽체를 구성하는 공종임.
- ㅇ 기밀성능과 단열성능을 고려하여야 하며, 공간구성의 기본이 되기 때문에 정밀한 관리가 요구.
- ㅇ UT, UC 각각의 벽 판넬을 설치한 후 전기케이블 설치 – 단열재 설치 – 문틀 설치의 과정으로 진행.
- ㅇ 판넬 간 연결부위가 벌어지지 않도록 비주얼 및 치수를 체크할 것

③ Unit Toilet 제작

- Floor Frame 단계에서 미리 만들어 놓은 UT Frame안에 배관이나 위생도기들을 설치.
- 수압테스트를 꼭 실시할 것.

위생도기, 욕실장 설치

UT 배관 설치

배수 테스트

UT 욕실장 설치

④ 천정판넬 제작 및 조립

- 천정공사는 벽 판넬 조립설치 이후의 공정. 천정판넬의 설치와 더불어 전기배선공사가 수반되는 공정. 판넬제작은 시공도면에 표기된 규격으로 Cross runner와 Modular carrier를 설치하여 만들고, 폭 방향의 이음은 벽 판넬과 동일한 방법으로 시공.
- 결합 후 천정 등을 설치하고 천정전기케이블을 포설.
- 판넬 간 연결부위가 벌어지지 않도록 비주얼 및 수치체크를 하여야 함.

일정크기로 나누어 조립

천정판넬 결합

천정 등 설치

천정 전기케이블 포설

⑤ 내부기능공사 및 설비검사

- 바닥공사 전 공정임.
- 벽이나 천장에 설치된 배관 및 배선에 대한 시운전을 실시

세대분전반 설치

싱크대 배관 설치

수압테스트

전기테스트

⑥ Packing and Transportation

- Unit Cabin의 제작이 완성 된 후 운송 중 외부환경에 영향을 받지 않도록 포장을 실시한다.
- 포장을 할 때는 운송 중에 비나 눈이 올 것을 대비하여야 하며, 바람에 의해 포장이 뜯어지지 않도록 개구부 등을 철저히 패킹하여야 한다.
- 또한, 포장 재료는 투습방수지로 운송 중 뿐만 아니라 적층 후에도 모듈의 투습방수 기능을 할 수 있도록 제작하여야 한다.
- Unit Cabin의 운송을 위해서는 도로교통법에 의거하여 사전에 승인을 득하고 현장까지의 운행경로를 사전에 파악하여 현장까지 반입할 수 있도록 계획하여야 한다.
- 운송시 비, 바람, 진동 등 포장물의 훼손을 최소화시킬 수 있는 최대한의 조치(2m 이내의 1회의 밴딩이나 테이핑)를 할 것.

포장

운반

(나) 현장시공

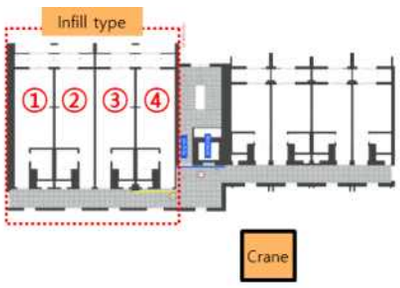
① Considerations for modular on-site construction

- 사전 답사를 통한 이동경로 숙지 및 문제점 파악
- 현장 주변 교통흐름를 고려한 세부이동경로 계획수립 및 민원소지 사전협의
- 장비의 사양을 적절히 선택할 것.
- 장비의 설치위치가 양중시 필요한 회전반경을 고려할 것

② 천안두정 실증단지 양중시 양중장비 스펙 및 양중 순서

ㅇ 주변 전선 때문에 2호 위치에 넣어서 4,3,1호 위치로 케빈 이동 및 설치

양중기기 (100톤 크레인)



Installation order
(주변 전선 때문에 2호 위치에 넣어서 4,3,1호 위치로 케빈 이동 및 설치)

③ 양중

ㅇ 케이지에 유닛캐빈을 상하차하기 위한 공정.

ㅇ 양중내용을 파악하여 계획을 준비하고, 양중기계를 산정 (현장책임자의 승인 필요)

ㅇ 위치선정을 하고 크레인의 관련 법규를 준수하여 양중을 진행.

Get off the cabin | Put a cabin in the cage | Lift the cabin

Fix the cage to the target layer slab | Move the cabin from the cage to the floor of the target floor

④ 인필캐빈 구조체 삽입 프로세스

ㅇ 케이지박스를 이용하여 Unit Cabin을 설치하고자 하는 층의 셋팅위치로 이동하여 위치를 잡는 공정.

ㅇ 설치하고자 하는 층과 OOO호 위치로 이동 전에 레벨링 및 라인마킹을 철저히 할 것.

ㅇ 유닛캐빈을 설치하는 순서를 잘 정해야 함.

해당 층 슬래브에 케이지박스 고정 | 지그를 이용한 유닛캐빈 이동

해당 위치에 셋팅

⑤ 구조체와 Infill Cabim 연결

- ㅇ 구조체와 유닛캐빈을 연결 및 고정하는 공정임.
- ㅇ 천정슬래브와 유닛캐빈 사이에 공간을 막는다. (관련법규 준수)
- ㅇ 수직 및 수평에 대한 평활도(평평한 정도)와 구조체와 Unit Cabin 간의 고정철물의 개수, 철물의 사양을 구조검토후 적절한 것을 사용할 것.

셋팅

세대간 판넬 설치

고정

전기작업 및 테스트

측면 철판 설치

바닥 및 측면 완충재 설치

⑥ Infill Cabin 바닥공사

- ㅇ 바닥난방 사양(스펙)에 따라 설비공사 및 층간소음을 고려한 바닥공사.
- ㅇ 완충재 빈공간이 없게 설치해야 함.
- ㅇ 양생기간(7일)을 철저히 지켜야 함. (외기조건에 따라)

보일러 급수관 설치

경량기포 콘크리트 타설

양생

PD 공간 및 현장주배관과 연결

⑦ 바닥난방공사

- ㅇ 바닥온수난방을 위한 엑셀파이프 설치 및 방통 설치
- ㅇ 엑셀온수난방배관 포설 간격 및 설비기준을 철저히 지켜야 함.

XL pipe Spacer

XL pipe Setting

Floor-plaster Mortar Casting

Floor-plaster Mortar Curing

⑧ 바닥마감 및 가구설치

- ㅇ 내부마감공사 후 가구 설치 완료.
- ㅇ 모듈러만의 특성을 살릴 수 있는 디자인 컨셉을 적용할 것. (내구성도 확보)

Flooring Finish

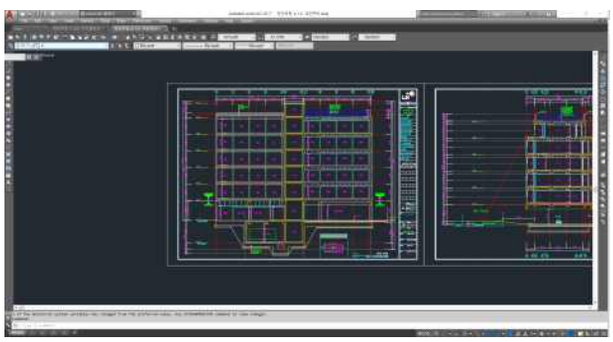
Furniture Installation

(3) 조립식주택 BIM 통합설계 매뉴얼 제작 (천안두정 실증단지를 중심으로)

(가) 철근콘크리트조 모델링

① 구조모델링 시작

ㅇ 1단계 철근콘크리트조 모델링을 시작하기 위하여 CAD도면에 포함된 건축 폴더의 ‘A-131 주단면도’와 구조 폴더의 ‘S-201 구조평면도’ 파일을 준비한다. PDF파일을 열어 전체적인으로 도면 파악을 먼저 하는 것을 권장한다.



\건축\A-131 주단면도

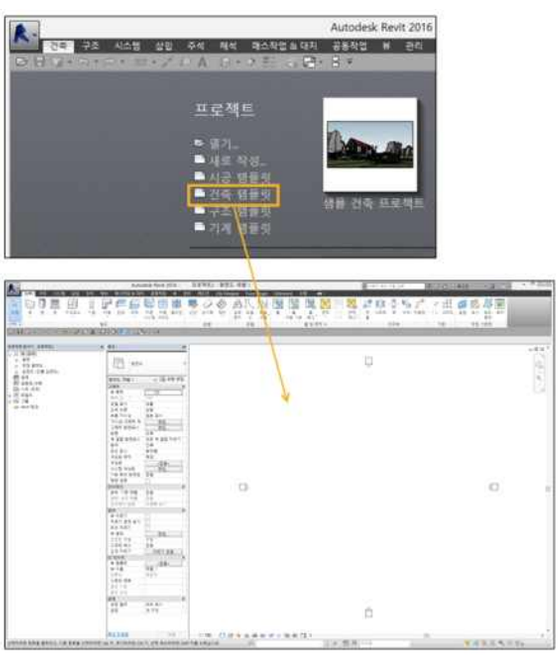
\구조\S-201 구조평면도

② 구조 도면 링크 및 기본 환경 설정

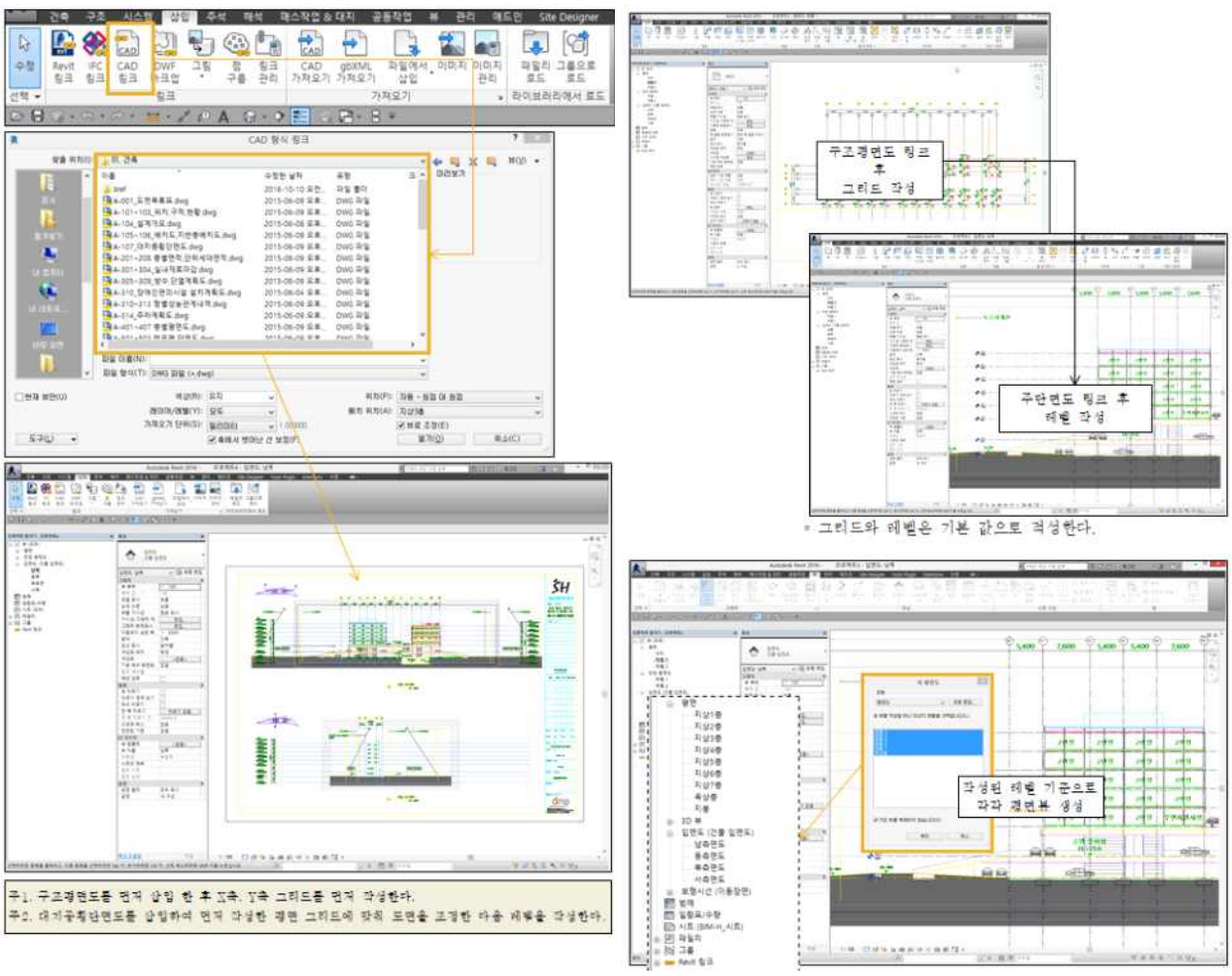
㉠ 모델링 기준이 되는 레벨과 그리드를 설정하고 본격적인 철근콘크리트구조 모델링을 시작하도록 한다. 즉, ‘A-131 주단면도’는 건물의 높이를 설정할 레벨을 작성하기 위한 것이며, ‘S-201 구조평면도’는 그리드 작성을 위한 것입니다.

ㅇ 다음 순서에 맞춰 작업을 진행한다.

- 그리드와 레벨 작성을 위하여 BIM 작성도구인 ‘레빗 2016’을 구동한다.
- ‘건축 템플릿’을 선택하여 새로운 프로젝트를 시작한다.



- 구조평면도와 주단면도를 각각 링크하여 레벨과 그리드를 작성할 준비를 한다.
- 해당 뷰(레벨1 평면과 남측 입면)로 이동하여 각각 그리드와 레벨을 작성한다.
- 뷰 패널로 이동하여 새로 작성한 레벨을 '평면뷰'로 작성한다.

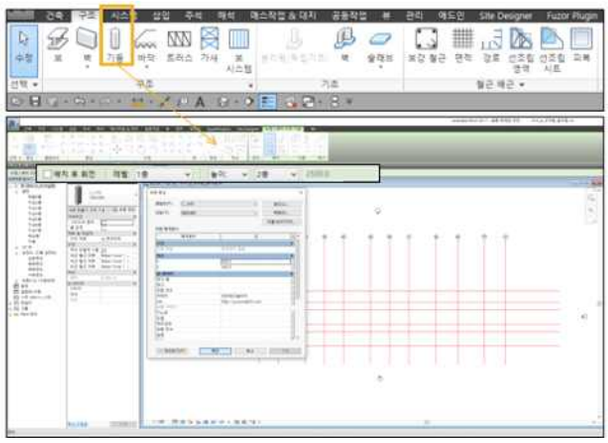


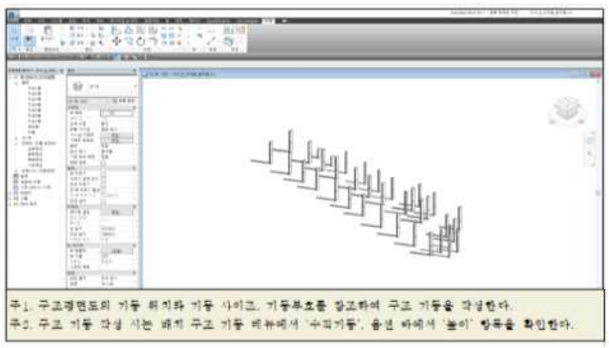
③ 구조객체 모델링 완성(RC 기둥, 보, 바닥, 벽)

㉠ 철근콘크리트구조 모델링을 기둥, 보, 바닥, 경사로(바닥), 벽의 순서로 진행한다. 라이브러리는 제공된 패밀리와 유형으로 작성한다. (2.3항목 참고)

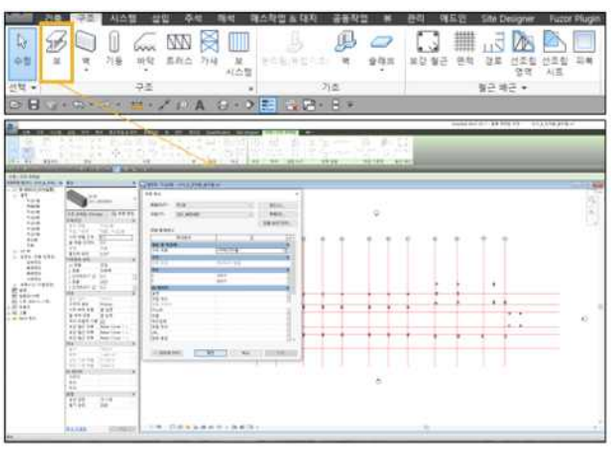
ㅇ 다음 순서에 맞춰 작업을 진행한다.

- 3.2장에 기본 환경이 작성된 상태에서 시작한다.
- 구조 기둥을 작성한다. 구조 평면에 표시된 부호와 치수를 참고하여 적합한 유형으로 작성한다.

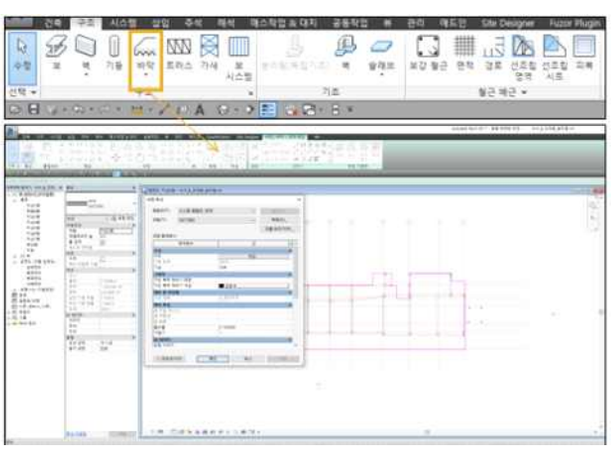


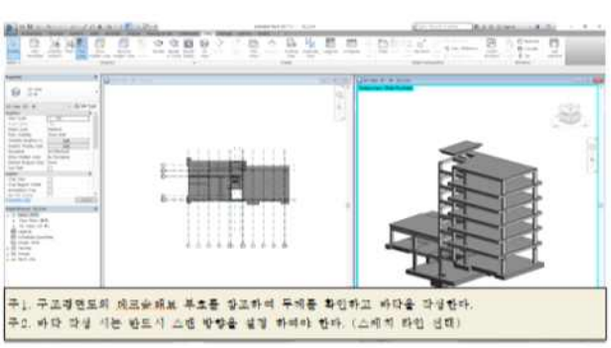


- 구조 프레임(보)을 작성한다. 보는 기둥 중심과 기둥 중심에서 작성하는 것을 원칙으로 한다.
- 구조 평면에 표시된 부호와 치수를 참고하여 적합한 유형으로 작성한다.

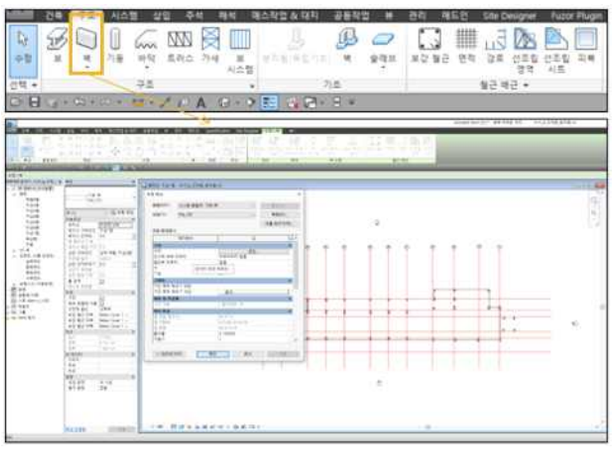


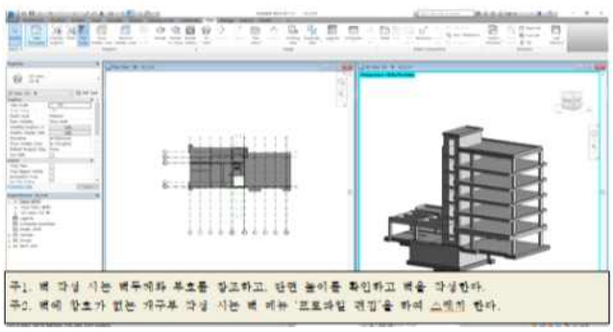
- 구조 바닥을 작성한다. 바닥은 시스템 패밀리로써 기둥과 보처럼 로드하여 사용하는 패밀리가 아니며, 레빗 내부에 내포 되어 있는 패밀리이며 이것을 시스템 패밀리라 부른다.
- 구조 바닥은 기둥과 보 외곽선을 기준으로 하되 구조 도면을 바탕으로 스케치하여 작성한다. 이때도 마찬가지로 구조평면도의 부호와 치수 등을 참고하여 적합한 유형으로 작성한다.





- 마지막으로 구조 벽을 작성한다. 이미 작성한 기둥, 보, 바닥은 구조적 속성을 가진 객체입니다. 벽은 시스템패밀리로 스케치하지 않고 선을 그리듯 작성하면 됩니다.
- 구조 도면을 바탕으로 구조평면도의 부호와 치수 등을 참고하여 적합한 유형으로 작성한다.

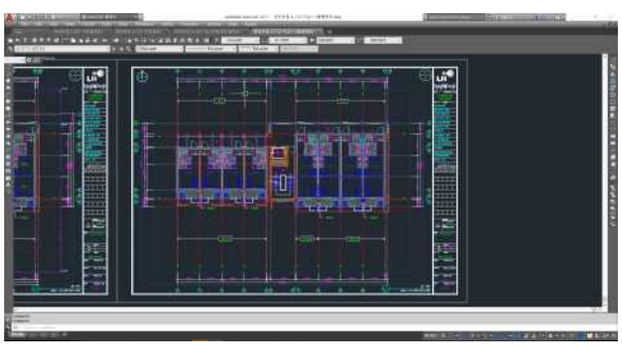




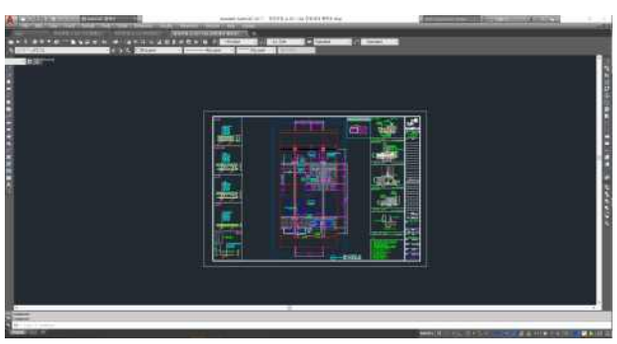
(나) 모듈러 유닛모델링

① 유닛모델링 시작

ㅇ 모듈러 유닛 모델링을 시작하기 위하여 건축 폴더의 'A-112 지상1~3층평면도'와 'A-201 16A 단위세대 평면도', 'A-131 주단면도' 파일을 준비한다. 구조도면도 같이 살펴봐야 하며 PDF파일을 열어 전체적으로 도면 파악을 먼저 하는 것을 권장한다.



☞ \건축\A-112 지상1~3층평면도



☞ \건축\A-201 16A 단위세대 평면도

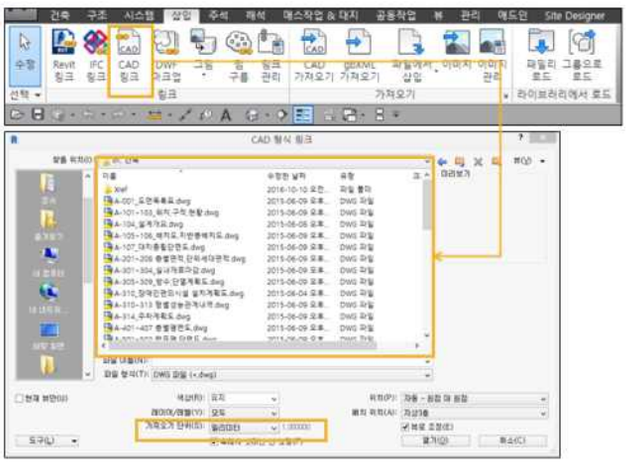
② 유닛 도면 링크 및 기본 환경 설정

㉠ 모델링 기준이 되는 레벨과 그리드를 설정하고 본격적인 모듈러 유닛의 구조와 마감 모델링을 시작하도록 한다. 준비한 평면도 외에도 입면도와 단면도를 참고하여 모델링을 진행한다. 각 도면에서 모든 정보를 얻어야 하며, 모듈러 유닛은 MC설계에 기반을 두고 있으므로 내부 치수 즉, 안목치수는 300단위로 유지 되어야 한다.

ㅇ 다음 순서에 맞춰 작업을 진행한다.

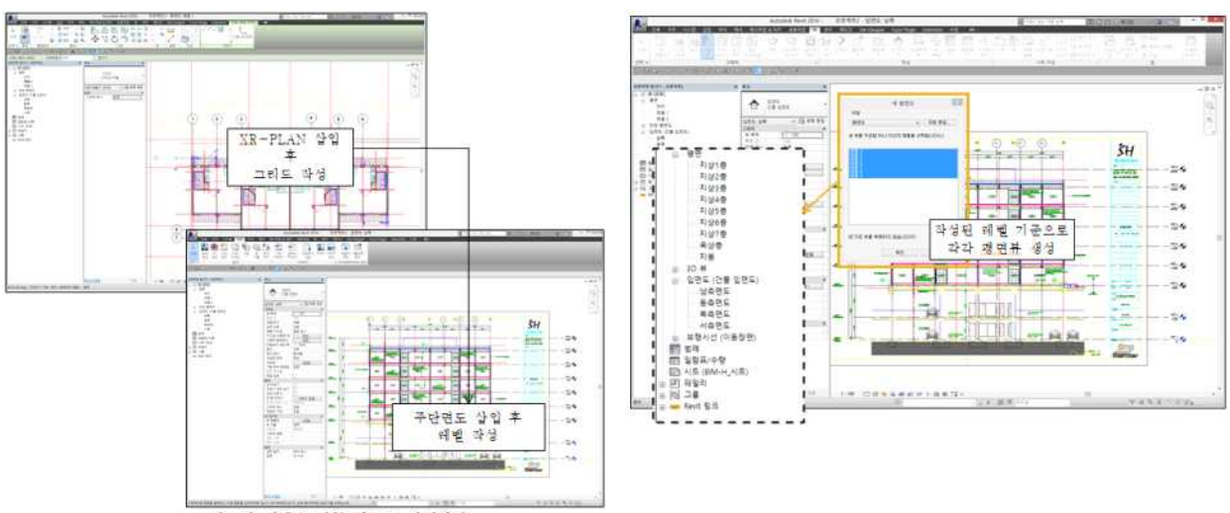
- 기본사항은 1단계(철근콘크리트조) 모델링 시작 항목과 같은 방법으로 시작한다.

- 지상평면도를 층별로 각각 링크하여 레벨과 그리드를 작성할 준비를 한다. 단, 층별평면도는 반드시 같은 폴더내 'Xref'에서 'XR-PLAN'을 불러와야 한다. (CAD링크)
- CAD형식 링크 대화상자에서 다른 옵션은 설정하지 않고 가져오기 단위만 '밀리미터'로 설정한다.



주1. 평면도를 먼저 링크한 후 X축, Y축 그리드를 먼저 작성한다.
주2. 주단면도를 링크하여 먼저 작성한 평면 그리드에 맞춰 도면을 조정한 다음 레벨을 작성한다.

- 해당 뷰(레벨1 평면과 남측 입면)로 이동하여 각각 그리드와 레벨을 작성한다.
- 뷰 패널로 이동하여 새로 작성한 레벨을 '평면뷰'로 작성한다.



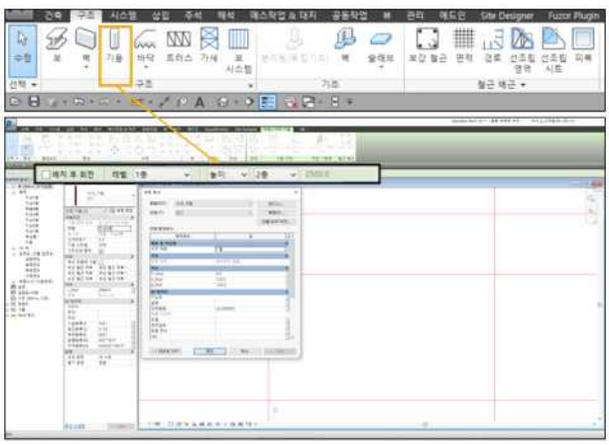
* 그리드와 레벨은 기본 값으로 작성한다.

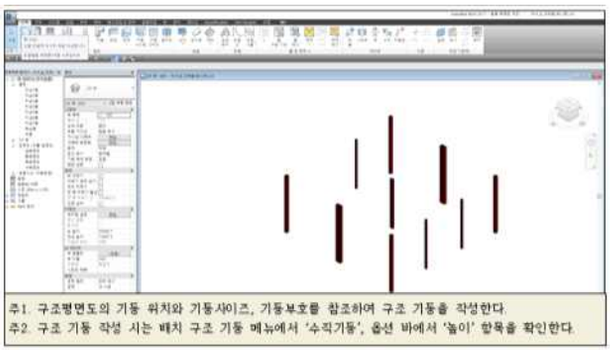
③ 유닛 구조 객체 모델링 (STEEL 기둥, 보, 바닥)

㉠ 모듈러 유닛 구조 모델링을 기둥, 보, 바닥의 순서로 진행한다. 라이브러리는 제공된 패밀리와 유형으로 작성한다. (2.3항목 참고)

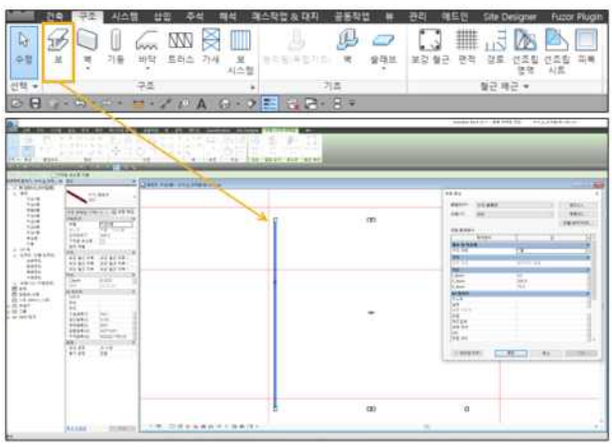
o 다음 순서에 맞춰 작업을 진행한다.

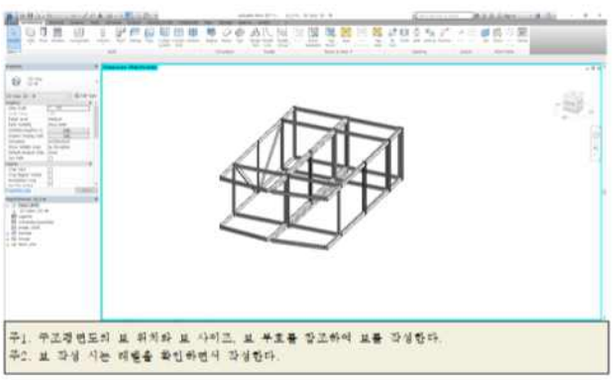
- ②의 기본 환경이 작성된 상태에서 시작한다.
- 구조 기둥을 작성한다. 구조 평면에 표시된 부호와 치수를 참고하여 적합한 유형으로 작성한다.



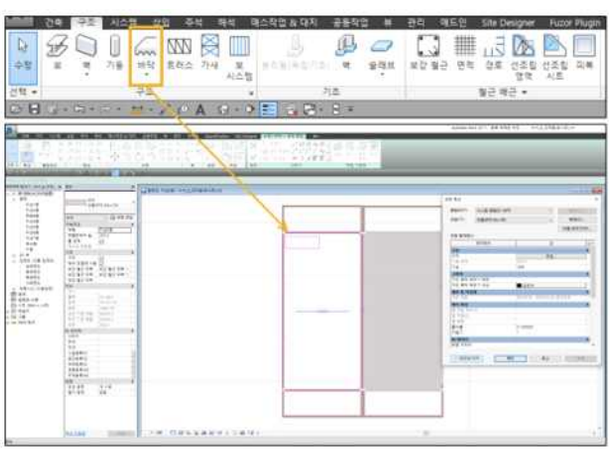


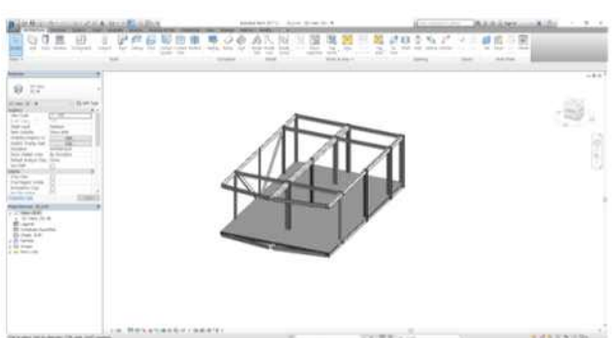
- 구조 프레임(보)을 작성한다. 보는 기둥 중심과 기둥 중심에서 작성 하는 것을 원칙으로 한다.
- 구조 평면에 표시된 부호와 치수를 참고하여 적합한 유형으로 작성한다.





- 구조 바닥을 작성한다. 바닥은 시스템 패밀리로써 기둥과 보처럼 로드하여 사용하는 패밀리가 아니며, 레빗 내부에 내포 되어 있는 패밀리이며 이것을 시스템 패밀리라 부른다.
- 구조 바닥은 기둥과 보 외곽선을 기준하되 구조 도면을 바탕으로 스켓치하여 작성한다. 이때도 마찬가지로 구조평면도의 부호와 치수 등을 참고하여 적합한 유형으로 작성한다.



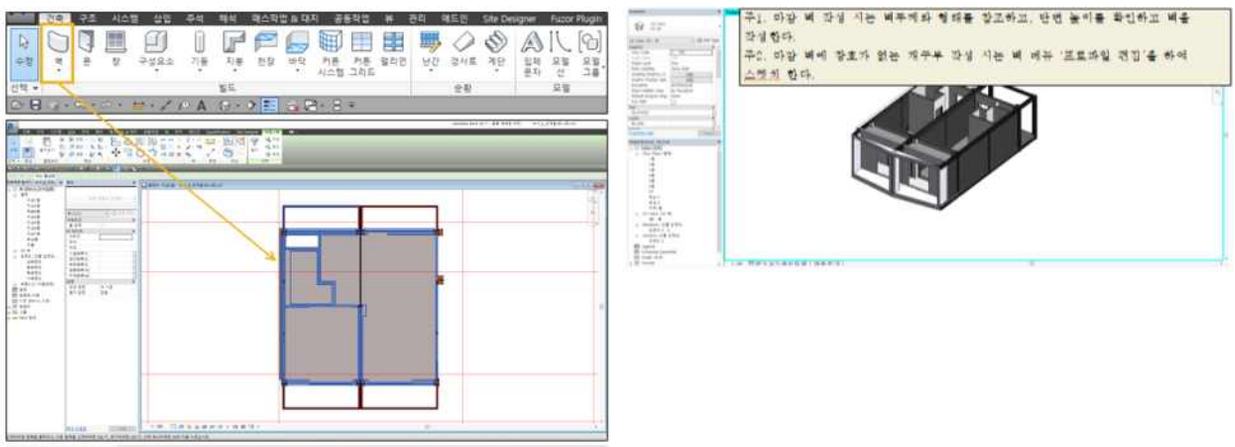


④ 유닛 마감 객체 모델링

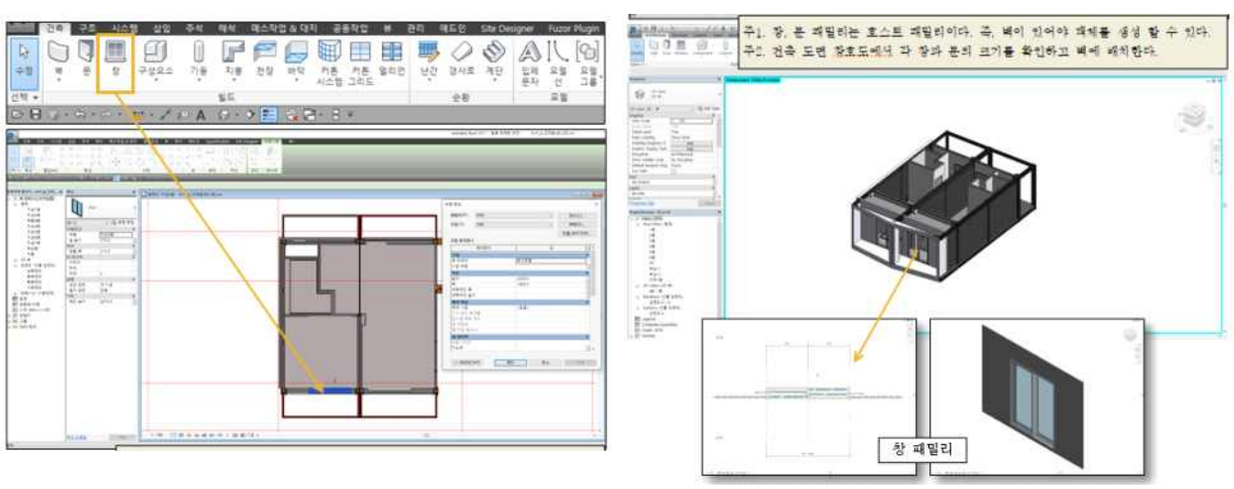
㉠ 모듈러 유닛 마감 모델링을 내벽(마감-석고보드), 창/문, 바닥(마감-UBR, 판넬히팅), 외벽, 난간, 천장의 순서로 진행한다. 라이브러리는 제공된 패밀리와 유형으로 작성한다. (2.3항목 참고)

ㅇ 다음 순서에 맞춰 작업을 진행한다.

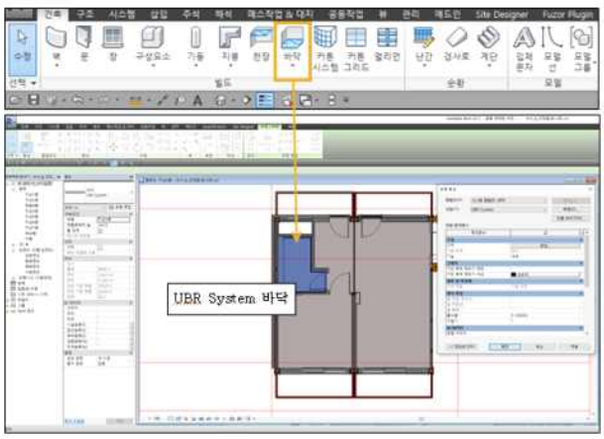
- ③에 모듈러 유닛 구조 모델이 작성된 상태에서 시작한다.
- 마감벽 작성 순서는 단열벽을 우선 작성하고 석고보드벽 순으로 작성하여 완성한다. 이때도 마찬가지로 건축 도면의 마감 두께와 치수 등을 참고하여 적합한 유형으로 작성한다.

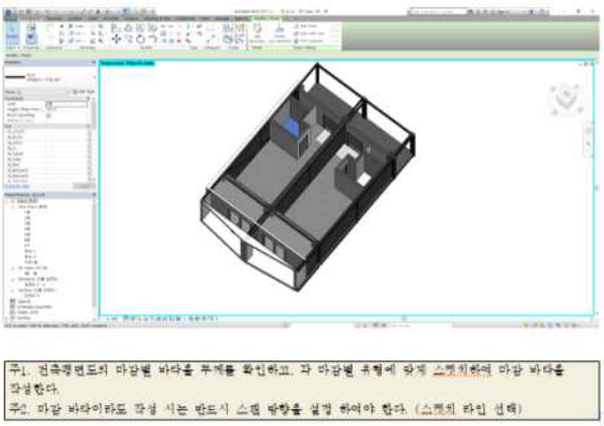


- 바닥 마감을 작성한다. 준비된 라이브러리 PW1을 부호에 맞게 설치한다.
- 건축 도면의 발코니창의 위치와 두께와 치수 등을 참고하여 작성한다.

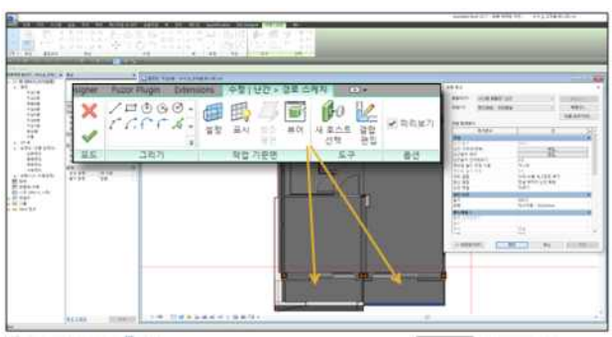


- 마감 바닥을 작성한다. 바닥은 시스템 패밀리로써 창과 문처럼 로드하여 사용하는 패밀리가 아니며, 레빗 내부에 내포 되어 있는 패밀리이며 이것을 시스템 패밀리라 부른다.
- 마감 바닥은 화장실 UBS System과 판넬히팅을 마감벽과의 경계를 고려하여 스켓치하여 작성한다. 이때도 마찬가지로 건축도면의 벽과 바닥의 경계와 치수 등을 참고하여 적합한 유형으로 작성한다.

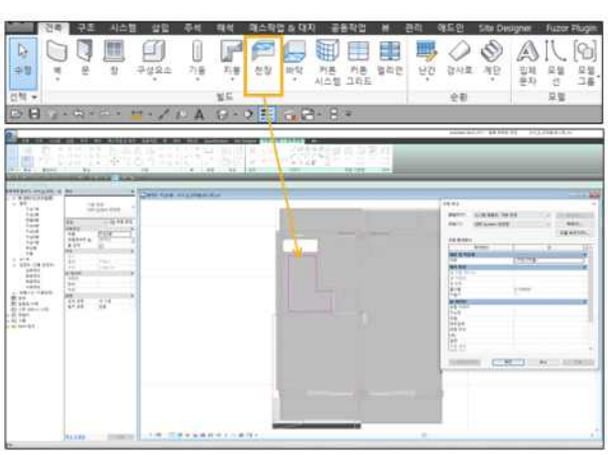


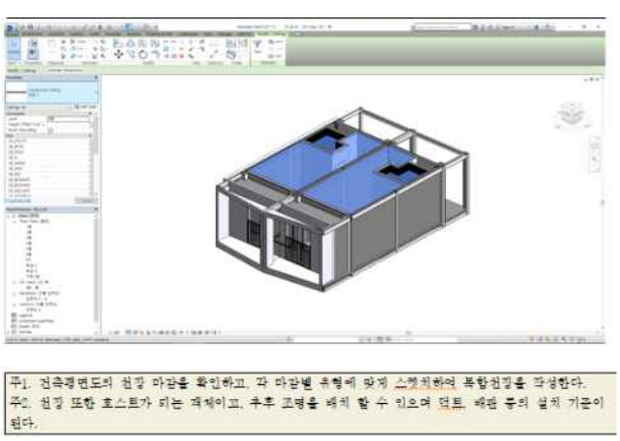


- 외벽 마감을 한다. 외벽 마감의 경우 돌출 형태를 가지기 때문에 기본벽으로 작성할 수 없어 내부편집 일반모델로 작성한다. 건축도면의 위치 등을 고려하여 작성한다.
- 외부 발코니 난간을 설치한다. 건축평면에서 난간 위치 등을 참고하여 적합한 유형으로 작성한다.



- 천장을 설치한다. 건축도면의 위치 등을 참고하여 적합한 유형으로 작성한다.



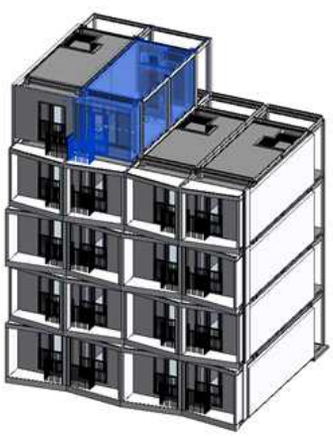


⑤ 유닛 모델 라이브러리(그룹)

㉠ 모듈러 유닛 모델의 라이브러리 화는 유닛이 구조나 마감 모델링이 완료 되면, 같은 유형이나 공정 또는 특정 모듈 단위로 그룹화하는 것을 말한다. 그룹으로 관리하면 모듈러 유닛의 수정이나 일괄적인 변경이 가능하다. 또한 적층시도 유리하다.

ㅇ 다음 순서에 맞춰 작업을 진행한다.

- ④에 모듈러 유닛 마감 모델이 작성된 상태에서 시작한다.
- 같은 유형이나 공정 또는 특정 모듈 단위로 선택하여 그룹화한다. 그룹화는 사용자의 선택에 따라 결과가 달라질 수 있으니 반드시 BIM 매니져와 협의하여 진행하여야 한다.



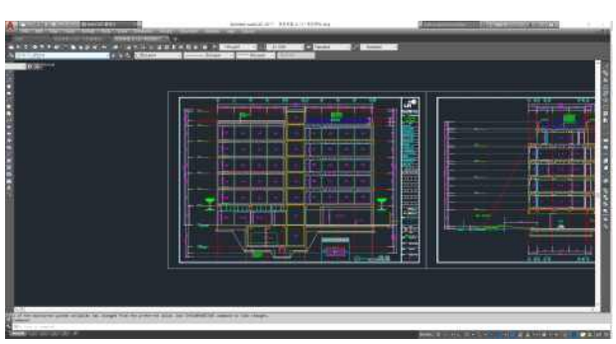
주1. 그룹 작성의 목적은 동일 형태의 반복 사용이며, 그룹을 복제하여 수정하면 새로운 그룹을 만들 수 있다.
주2. 일반적인 객체와 태그, 치수 등 상세요소 또한 그룹화 할 수 있다.

(다) 모듈러유닛 적층조합 모델링

① 적층 모델링 시작

ㅇ 모듈러 적층 모델링을 시작하기 위하여 1단계 모델(철근콘크리트조 모델링)을 불러와 작업을 진행한다. 1단계 모델(철근콘크리트조 모델링)에 있는 그리드와 레벨을 기준으로 모듈러 유닛을 적층한다. 마지막으로 PDF파일을 열어 전체 건축 평면, 입면, 단면을 먼저 파악하는 것을 권장한다.

☞ \건축\A-121 입면도



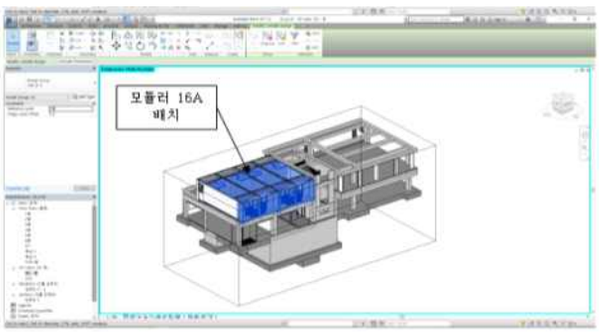
☞ \건축\A-131 주단면도

② 유닛 모델 적층 및 라이브러리 활용

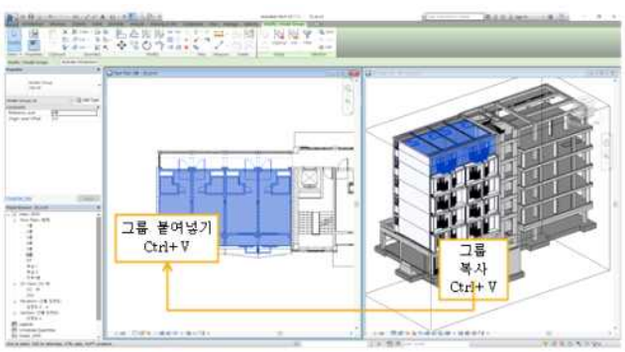
㉠ 2단계에서 작성한 모듈러 유닛(16A TYPE)을 재사용하여 적층(조합)을 하며, 또한 같은 방법으로 16B TYPE, 26A TYPE, 26B TYPE의 다른 모듈러 유닛을 모델링 한다. 또는 모듈러 유닛 라이브러리를 이용하여 적층 작업을 진행하여도 된다.

ㅇ 다음 순서에 맞춰 작업을 진행한다.

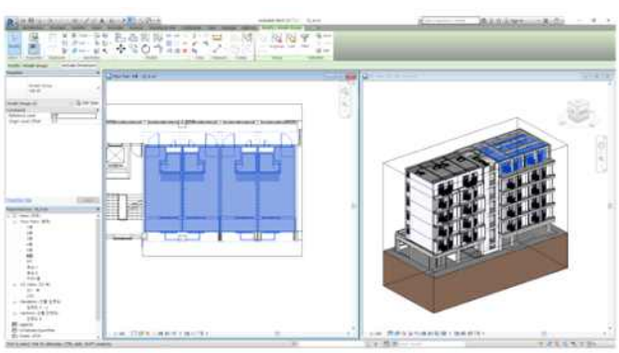
- 기본적인 환경은 이미 만들어져 있으므로 이전 단계와 같이 도면 링크를 계속 수행한다.
- 적층식 모듈러 조합을 위하여 1단계 모델을 포함한 새로운 프로젝트에서 적층 프로세스를 수행하며, 그룹화된 모듈러 유닛 라이브러리를 이용하여 도면에 맞게 배치 및 적층한다.



- 프로젝트 탐색기에서 평면: 지상 3층으로 이동하여 모듈러 유닛 그룹 라이브러리 'TYPE 16A'를 배치한다.
- 붙여넣기로 불러온 그룹은 수정 명령(이동)을 통하여 도면상 정확한 위치에 배치하며, 반대편도 평면과 동일하므로, 수정 명령(대칭)을 이용하여 반복하여 진행한다.
- 그룹화 되어 있는 외부 마감 및 다른 유닛도 복사하여 건축 층별로 배치한다



- 인필식 모듈러 조합을 위해 적층식 모듈러 적층과 같은 방법으로 16B TYPE, 26A TYPE, 26B TYPE의 다른 모듈러 유닛을 조합한다.

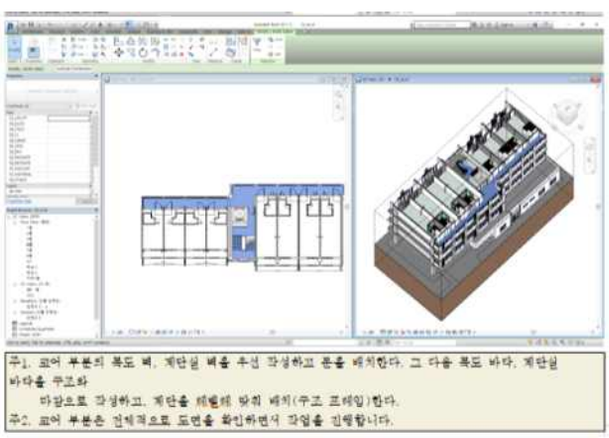


③ 코어 및 커튼월, 지붕 모델링

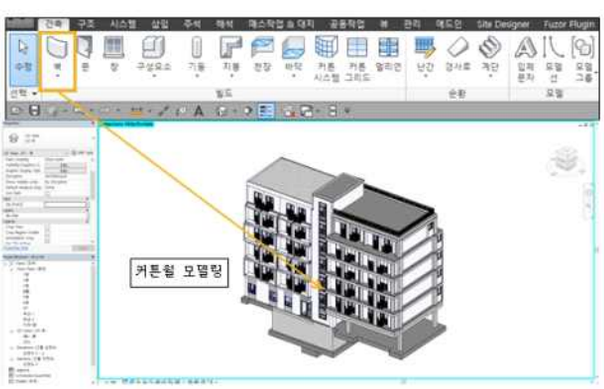
㉠ 모듈러 적층을 마무리하고 코어에 해당하는 계단실과 복도, 커튼월, 지붕의 순서로 진행한다. 라이브러리는 제공된 패밀리와 유형으로 작성한다.

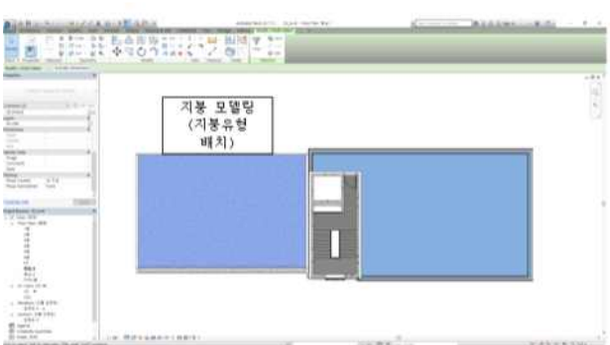
ㅇ 다음 순서에 맞춰 작업을 진행한다.

- ②에 모듈러 적층이 작성된 상태에서 시작한다.
- 1단계, 2단계, 3단계 모델링을 진행한 기준을 바탕으로 계단, 복도, 커튼월을 신속하게 모델링한다. 이미 배치된 도면을 참고하고, 각 카테고리 유형에 맞게 마감 두께와 치수 등을 참고하여 작성한다.

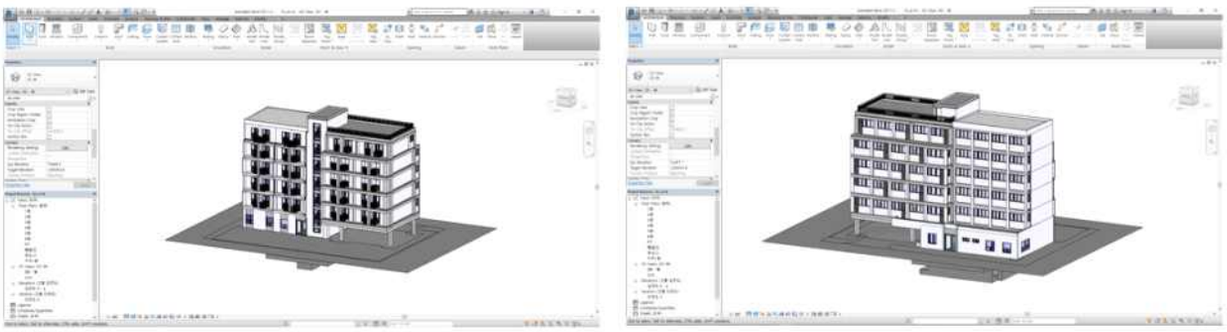


- 커튼월 모델링은 '커튼월'의 유형으로 작성하며, 창호도를 기준으로 작성한다.
- 계단 구조와 계단판, 난간 또한 작성을 마무리한다. 건축 도면의 위치와 두께와 치수 등을 참고하여 작성한다.
- 지붕도 같은 방법으로 해당 유형을 확인하고 작성한다.
- 복사, 붙여넣기로 불러온 여러 유형은 수정 명령(이동, 정렬)을 통하여 도면상 정확한 위치에 배치하며 코어 부분, 커튼월, 지붕 모델링을 진행한다.





ㅇ 모델링이 완성된 천안 두정 모듈러 통합 모델링입니다.

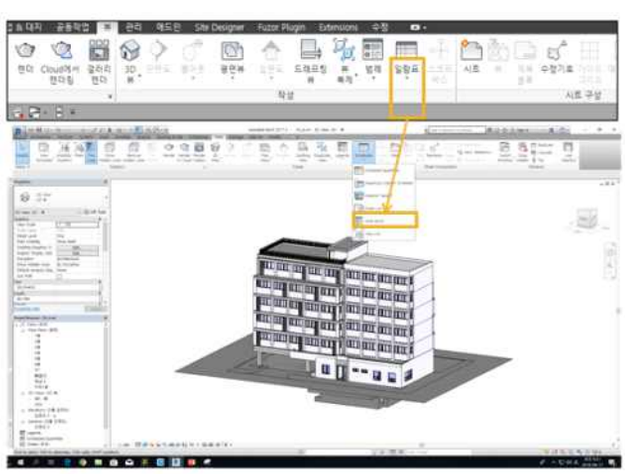


○ 모듈러 적층, 코어 모델링은 현재 상태로 완료한다.
○ 모든 작업이 마무리 되면 파일 다른 이름으로 저장한다. (Save as)

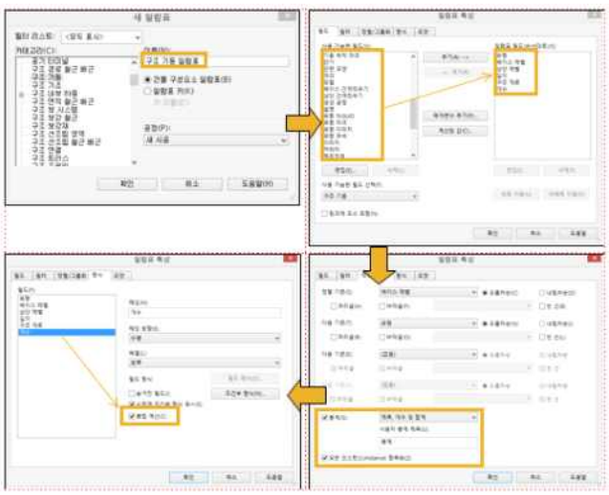
(라) 모듈러 BIM 활용

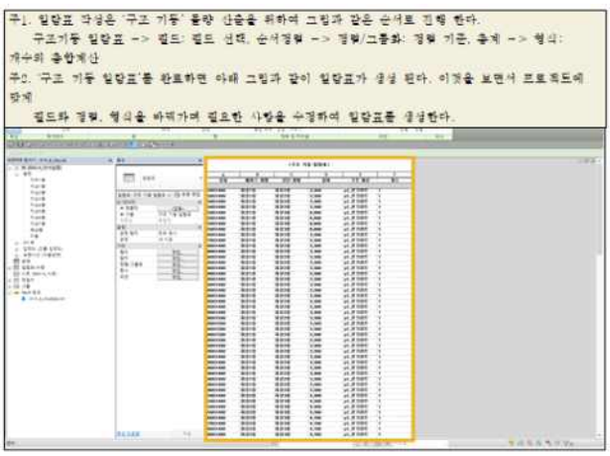
④ 물량산출 (카테고리)

○ 3단계에서 완성된 최종 모듈러 모델링을 통해 각 카테고리 별 물량 산출하는 방법을 알아보도록 한다. 단, 물량 산출은 모델링이 되어 있는 객체만을 산출할 수 있다. 하지만 산출된 물량에서 수식을 통하여 모델에 없는 물량을 산출할 수도 있다. 또한 산출 결과는 엑셀로 내보내어 다양한 활용이 가능하다.
○ 물량산출은 일람표를 통하여 이뤄지며, 모든 요소 특성에서 추출된 정보를 표 형식으로 표시한다. 일람표는 BIM 객체 작성 과정 중 어떤 시점에서도 작성할 수 있다. 프로젝트를 변경하여 일람표에 영향을 미치는 경우, 일람표는 자동으로 업데이트되어 변경사항을 반영하며, 도면 시트에도 일람표(물량 산출 정보)를 추가할 수 있다.
○ 다음 순서에 맞춰 작업을 진행한다.
- 3단계까지 완성된 모델을 RVT를 가지고 작업을 시작한다.
- '뷰' 리본 메뉴에서 '일람표/수량' 항목을 선택하여, 산출하고자 하는 카테고리별 물량을 구합니다. 먼저 구조 물량을 산출하기 위해서 '구조 기둥'을 선택한다.

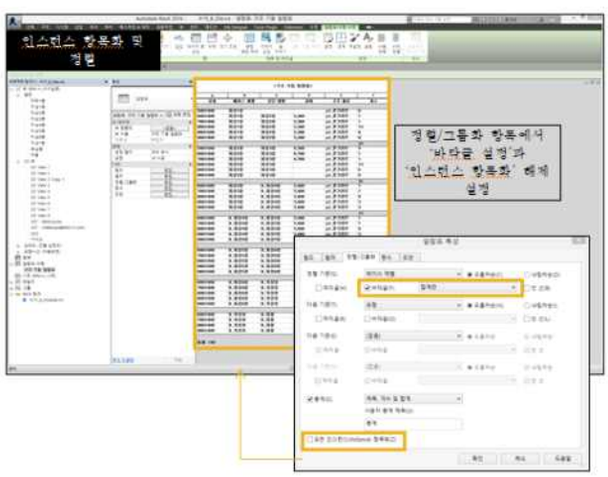


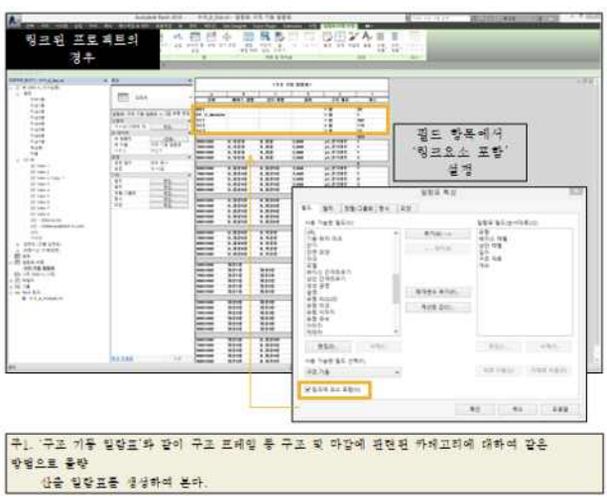
- '일람표 특성' 대화상자를 통해 "필드"탭에서 물량 산출 시 '사용 가능한 필드'에서 필요한 항목들을 선택하고 선택된 일람표 필드를 아래/위 순서대로 정렬한다.





- "정렬/그룹화"탭으로 이동 어떠한 기준으로 정렬할지와 합계, 인스턴스 항목 등을 비교하면서 물량 산출 표를 만들어 본다.





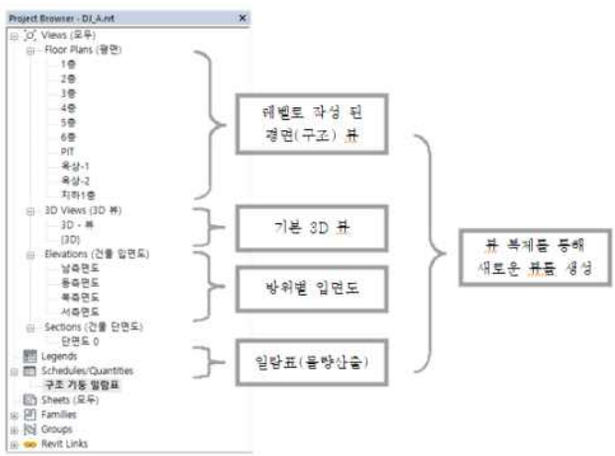
⑬ 시각화 (단면뷰, 3D뷰)

㉠ 완성된 모델을 다양한 방법으로 뷰를 추출하는 방법을 알아보도록 한다. 모듈러 프로젝트에서는 평면뷰, 단면뷰, 입면뷰 및 3D뷰 처럼 모듈러 모델의 다양한 뷰를 작성할 수 있으며 각 뷰는 모듈러 모델의 정보를 시각적으로 나타낸 것이다. 하나의 뷰에서 모듈러 모델을 변경 또는 수정하면 BIM 작성 도구인 Revit에서는 해당 변경 사항을 전체 프로젝트에 반영한다.

㉡ BIM 작성 도구인 Revit에서 뷰의 종류

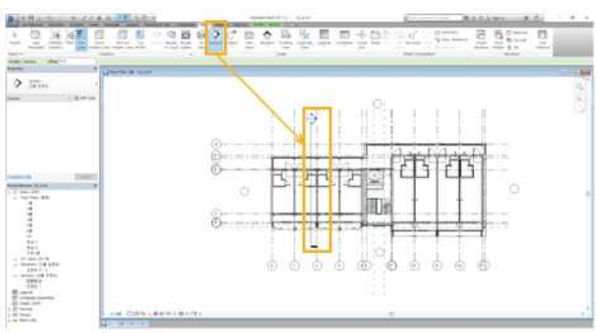
- 평면뷰: 2D 뷰는 모듈러 모델을 각 층 레벨을 보기 위한 일반적인 방법을 제공합니다. 이러한 뷰는 평면, 반사된 천장 평면도, 구조 평면을 포함합니다.
- 입면뷰: 다양한 입면 또는 동서남북의 방위의 모듈러 모델의 외부를 봅니다.
- 단면뷰: 단면뷰는 보고자 하는 모듈러 모델을 절단합니다. 평면, 단면, 입면 및 상세 뷰에서 단면을 절단할 수 있습니다. 3D 절단 뷰는 '단면상자'를 사용합니다.

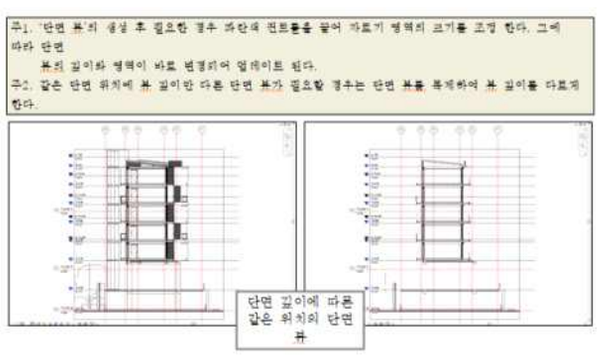
- ㅇ 콜아웃 뷰: 콜아웃은 다른 뷰의 특정 부분을 상세하게 확대하여 더 큰 축척으로 보여줍니다. 확대된 뷰는 상세수준으로 디테일을 높이고, CAD 데이타를 활용할 수 있습니다.
- ㅇ 3D 뷰: 투시도 3D 뷰 및 직교 3D 뷰를 작성한 다음 배경을 추가하거나, 카메라 위치 또는 범위를 조정하거나, 단면상자 또는 뷰 특성을 변경하여 뷰를 개선합니다.
- ㅇ 일람표: 카테고리 단계에서 작성하여 모듈러 모델을 구성하고 있는 객체 요소와 항목을 표로 나열하며, 특성을 이용 편집합니다.
- ㅇ 모든 뷰의 항목은 아래 그림처럼 '프로젝트 탐색기'를 통하여 제어할 수 있으며, 모든 뷰도 복제가 가능하며, 복제를 통해 새로운 여러 뷰를 생성할 수 있다.



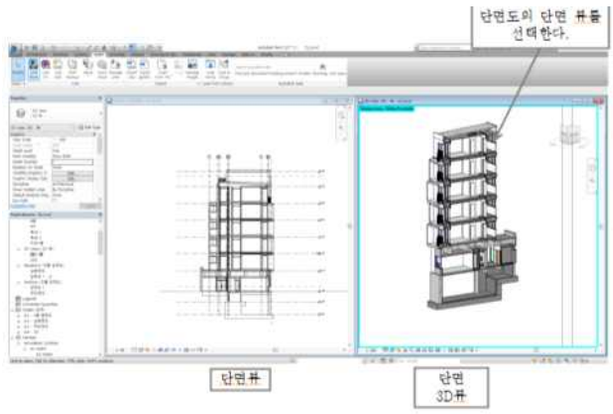
ⓒ 본 항목에는 빠른 의사결정 및 오류 체크의 기초 자료로 요구되는 단면 뷰의 생성과 3D 뷰의 효과적인 생성을 통해 시각적인 커뮤니케이션 방법을 알아보도록 한다.

- ㅇ 다음 순서에 맞춰 작업을 진행한다.
  - 3단계까지 완성된 모델 RVT를 가지고 작업을 시작한다.
  - '프로젝트 탐색기'에서 지상 3층을 기준으로 단면 뷰를 작성한다.
  - '뷰' 탭의 단면도 명령을 이용하여 원하는 곳에 단면 뷰를 생성한다. 이때 단면 뷰는 필요한 만큼 필요한 위치에서 생성할 수 있다.
  - 평면 뷰와 단면 뷰의 '가시성/그래픽'(단축키 "VV")을 이용하여 각 항목 '모델, 주석, 가져온 카테고리와 Revit링크'의 가시성을 조정한다.





- 기본 3D 뷰를 복제하여 새로운 3D 뷰를 만든다. 이때도 '가시성/그래픽'을 이용하여 각 항목 '모델, 주석, 가져온 카테고리와 Revit링크'의 가시성을 조정한다.
- 위 그림 오른쪽 상단의 '뷰 큐브'의 콘텍스트 메뉴(우측 클릭) 또는 뷰 특성의 '단면상자'를 이용하여 복제한 3D 뷰를 단면 3D 뷰의 형태로 만든다. 이러한 방법을 응용하면 원하는 만큼 다양한 3D 뷰를 만들 수 있으며 시각적인 의사소통을 보다 쉽게 할 수 있다.

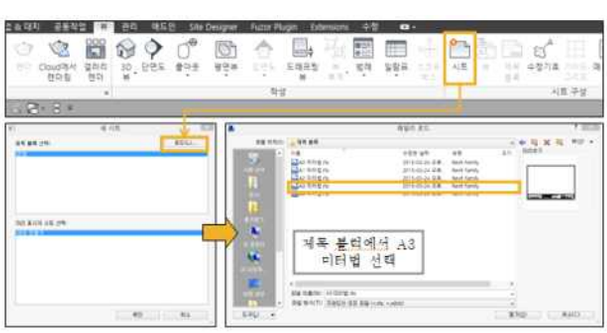


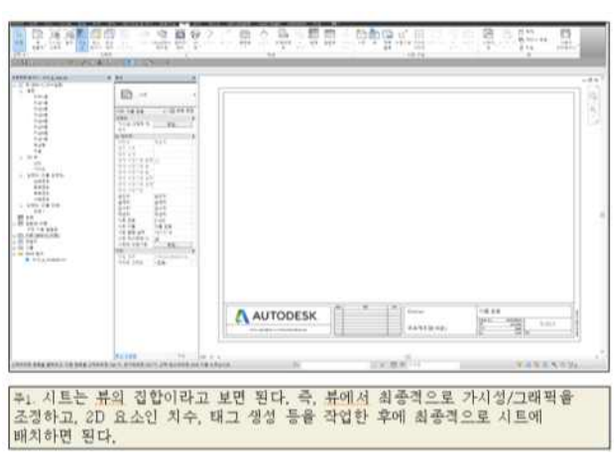
⑭ 도면배치 (도면화)

㉠ 완성된 모델과 작성된 다양한 뷰를 도면(시트)에 배치하여 도면화 하는 방법을 알아보도록 한다. 현재 모듈러 프로젝트에서 생성한 '구조 기둥 일람표', '3층 평면도', '단면 뷰', '단면 3D 뷰'를 도면(시트)에 배치하여 A3 규격의 도면을 만들어 보고자 한다.

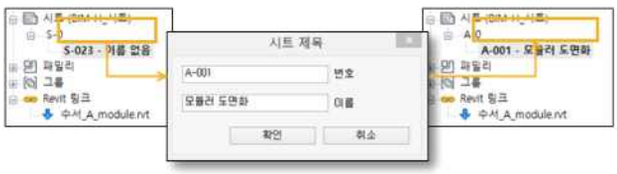
o 다음 순서에 맞춰 작업을 진행한다.

- 완성된 모듈러 모델과 생성된 뷰를 가지고 작업을 시작한다.
- '뷰' 탭의 '시트' 명령을 이용하여 새로운 A3 규격의 시트를 생성한다. 이때 시트는 프로젝트 도면 목록표에 의하여 요구되는 만큼 생성 할 수 있다.

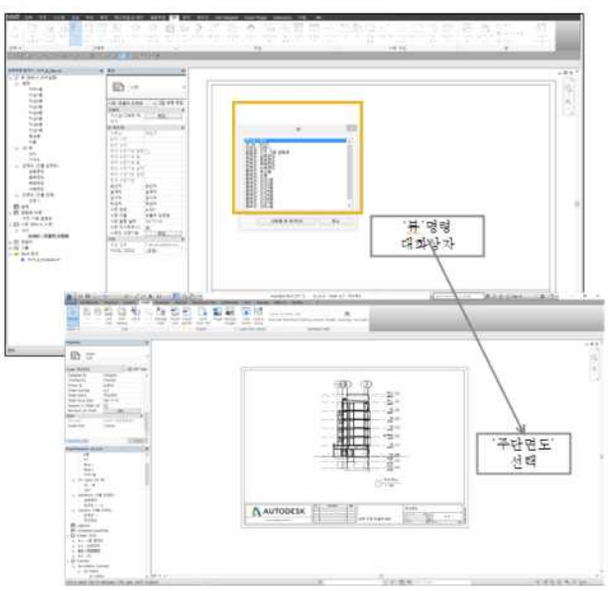


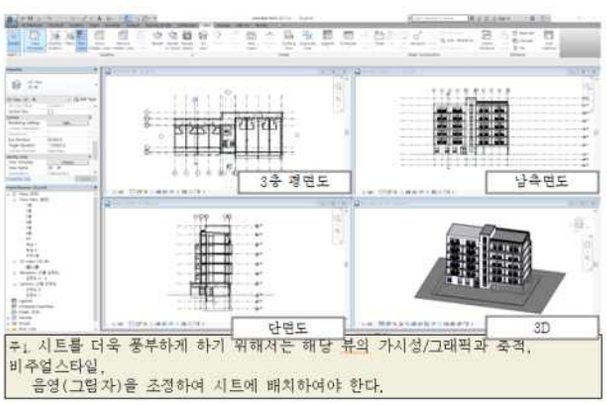


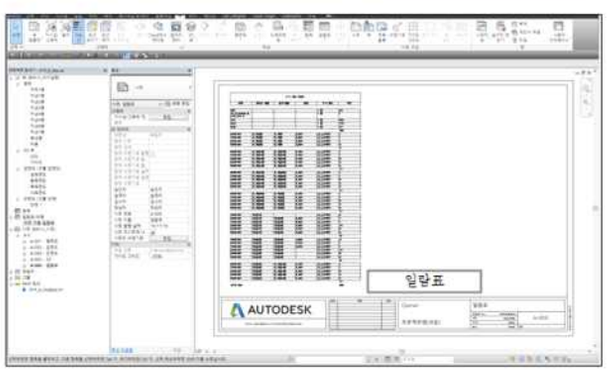
- '시트'가 생성이 되면 프로젝트 탐색기에서 시트의 번호와 이름과 알맞게 수정한다



- '시트'의 번호와 이름이 수정되면 배치하고자 하는 뷰를 추가한다. 뷰를 추가하는 방법은 다음과 같이 두 가지 방법으로 사용한다.
  * 뷰 탭의 '뷰'명령을 선택하여 대화상자가 나오면 시트에 뷰 추가를 한다.
  * 프로젝트 탐색기에서 해당 뷰를 찾아서 열려진 시트 영역으로 끌어 배치한다.
- '시트'를 5장 추가하며 계속하여 뷰를 선택하여 시트에 배치한다. 시트에는 다음과 같이 평면도, 입면도, 단면도(3D 단면 포함), 3D뷰 및 일람표를 선택하여 배치한다. A3 규격으로 총 5장을 만들어 보도록 한다.







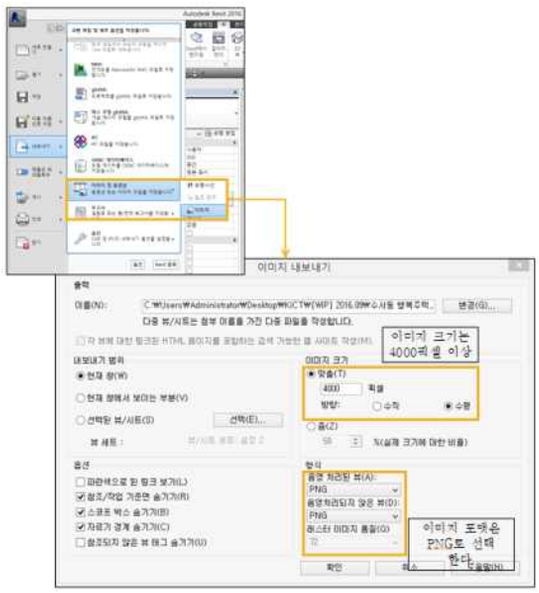
도면출력 (이미지, PDF)

㉠ 완성된 모델과 시트를 최종 단계인 '인쇄' 명령을 이용하여 PDF로 만들어 봅니다. 또한 보고용이나 회의용 이미지는 별도로 뷰를 만들어 '내보내기 〉 이미지' 합니다. 인쇄 명령은 현재 창, 현재 창에서 보이는 부분 또는 선택된 뷰 및 시트를 인쇄하며, 원하는 도면을 프린터, PRN 또는 PLT 파일, PDF 파일로 전송할 수 있다.

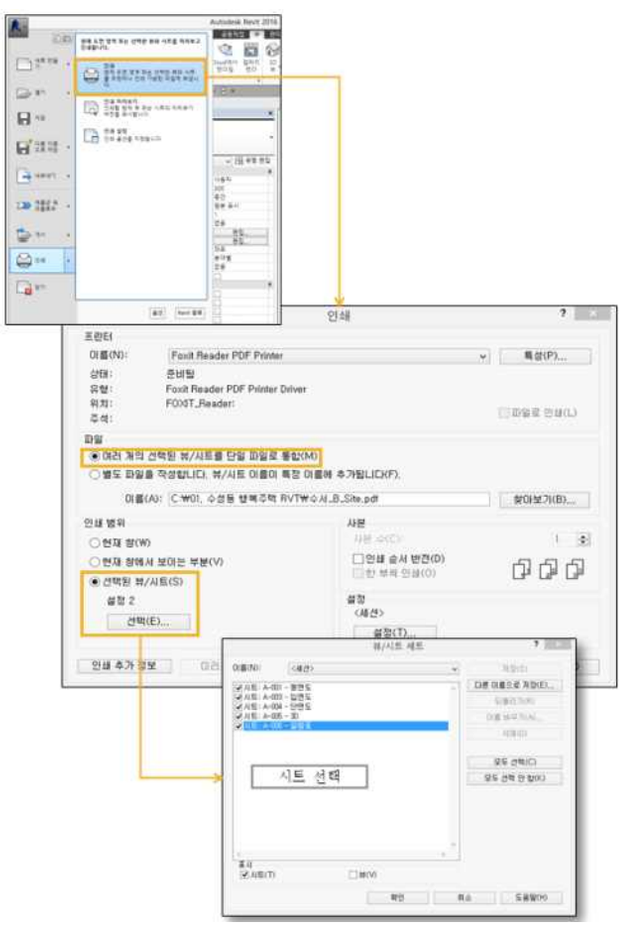
ㅇ다음 순서에 맞춰 작업을 진행한다.

- 먼저 이미지를 내보내고자 하는 뷰를 선택한다. 이미지를 내보내는 것은 단순하게 캡쳐를 하는 것보다 높은 해상도의 이미지를 만드는 데 목적이 있다.

- 좌측 상단 'R' 버튼을 클릭하여 '내보내기'에서 '이미지 및 동영상'을 선택한다. 여기서 이미지를 선택하여 다음과 같이 대화상자의 항목을 설정한다.

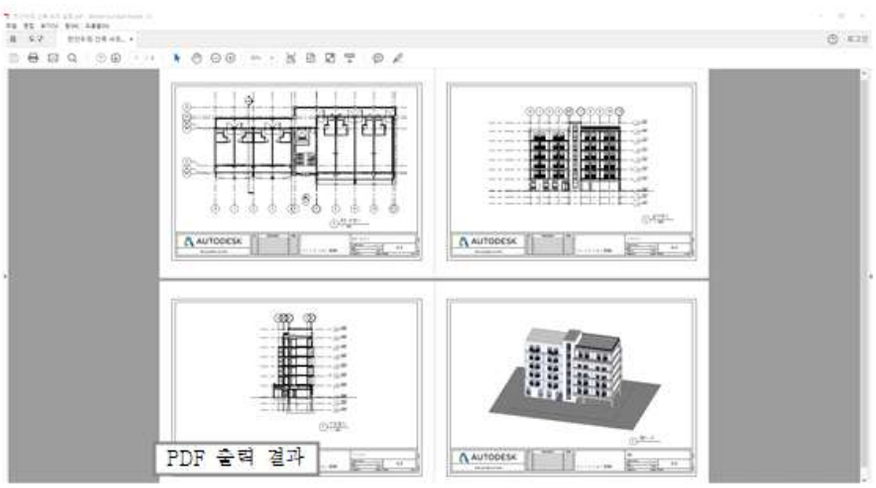


- 이제 마지막으로 A3 규격으로 만든 시트를 PDF로 출력하여 보도록 한다. 좌측 상단 'R' 버튼을 클릭하여 '인쇄'을 선택한다. 다음과 같이 대화상자의 항목을 설정한다.



6.3.2 PDF 파일의 전자 버전을 볼 때 다음과 같은 추가 기능을 사용할 수 있다.

- 목차에서 문서를 탐색할 수 있으며, 제목을 클릭하면 해당 뷰 또는 시트가 열린다.
- 뷰 또는 시트 내에서 뷰 표식기는 활성 하이퍼링크로 표식기를 클릭하면 PDF 파일에 있는 해당 뷰 또는 시트로 바로 이동한다.



주1. PDF 파일의 하이퍼링크는 PDF 인쇄 드라이버 및 하이퍼링크를 지원하는 PDF 뷰어(예: Adobe PDF® 인쇄 드라이버)를 사용할 때 적절하게 작동한다.

2) 조립식주택 음 및 열성능 개선 (KICT 환경)

가) 1차년: 조립식주택 Mock-up 음·열환경 최적시스템 적용 및 성능평가

연구목표

- 조립식주택 열 및 음환경 실증 Mock-up 설계 검토 및 성능평가

연구내용

- 기존 조립식 주택의 열 · 음환경 성능 평가
  - 국내 조립식 주택 주거환경성능 수준 파악 (현장 2곳 성능평가)
- 조립식 주택 모듈 Mock-up 설계 검토
  - 실증기술 적용 검토 및 설계 안 개선
- 조립식 주택 Mock-up의 열 · 음환경 성능 평가

최종성과물

- 기술보고서 1건
- 특허출원 1건(조립식 외벽패널)
- 성능 시험성적서 2건(세대간 차음, 외벽 단열)

(1) 기존 조립식 주택의 음·열환경 성능평가

(가) 평가개요

- ㅇ 기존 조립식 주택의 음환경 및 열환경 성능평가를 통해 현재 국내 조립식 주택의 주거환경성능 수준을 파악하기 위한 실험 실시
- ㅇ 국내 조립식 주택 중 공동주택으로 사용되는 것은 S사의 부산 현장과 Y사의 서울 공릉동 현장이 존재함
- ㅇ 상기 명시한 것처럼 국내 조립식 공동주택이 부족하여 데이터의 대표성은 부족할 수 있으나, 현재 국내 조립식 공동주택의 성능 수준을 파악하기에는 합당함
- ㅇ 2개의 현장에서 음환경분야에서는 바닥충격음 및 세대간 공기전달음 차단성능을 실험하였으며, 열환경 분야에서는 기밀성능 및 벽체 열관류율 평가를 실시하였음
- ㅇ 상기 실험을 통해 조립식 공동주택의 성능수준과 취약부위를 진단하여 주거환경성능 향상방안을 도출하고자 함

(나) 평가기준

① 바닥충격음의 차단성능

- ㅇ 경량충격음 : KS F 2810-1:2001
- ㅇ 중량충격음 : KS F 2810-2:2012

② 세대간 벽체 차음성능
- KS F 2809:2011

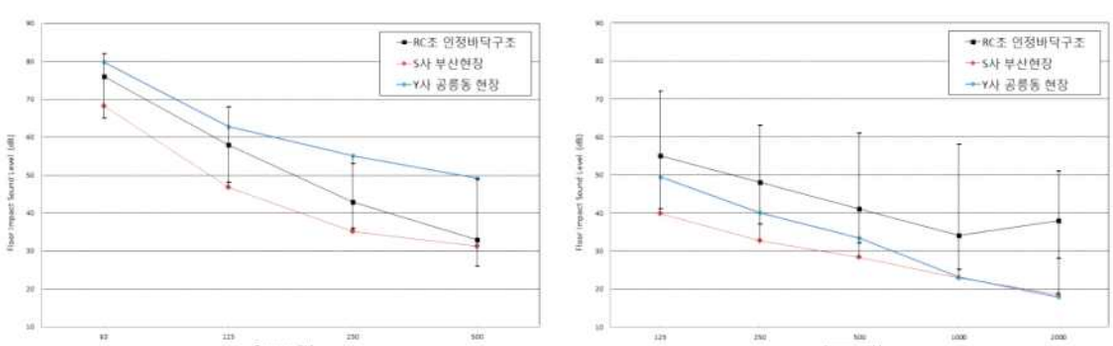
③ 열관류율 시험
- KS F 2277:2002
- KS F 2829:2005 (적외선 촬영법)
- KS M ISO 6946:2013 (열저항 계산법)

④ Fan Pressurization Method
- ASTM E 779, EN 13829
- KS L ISO 9972:2006

(다) 평가결과

① 음환경 성능평가

㉠ 바닥충격음 평가결과
- 2개 현장의 평가결과를 기존 RC조 인정바닥구조 성능과 비교하였음
- S사의 부산현장은 골조는 RC조로 실내 유닛모듈이 삽입되어 완성된 주택이며, Y사의 서울 공릉동 현장은 철골조로 유닛모듈이 적층되어 완성되는 주택임
- S사의 부산현장은 콘크리트 슬라브 위에 모듈이 삽입되어 고정되는 방식으로 상부층 바닥과 하부층 천장과의 두께 차이는 630mm가 된다. 이 두께는 바닥충격음 성능에 큰 영향을 준 것으로 파악되며, 기존 공동주택의 바닥충격음 성능보다 좋은 것으로 파악됨
- 다만 주요구조부가 철근콘크리트라는 점에서는 주파수별 바닥충격음 레벨의 감쇠특성이 유사한 것으로 보이는바, S사의 부산현장과 같은 Infill공법의 바닥충격음 성능은 모듈의 바닥구조의 영향보다는 주요구조부인 철근콘크리트인 바닥 슬라브의 영향이 더 큰 것으로 파악됨
- 철골 라멘조의 Y사 공릉동 현장은 기존 RC공동주택의 평균 중량충격음 차단성능보다 다소 높은 것으로 파악되나, 경량충격음에서는 RC보다 좋은 것으로 파악됨
- 경량충격음 특성은 마감재의 구성이 비슷하여 유사한 RC조 및 Infill공법과 유사한 결과를 보임



(a) 중량충격음 실험결과 (b) 경량충격음 실험결과

그림 2.2.2.1 기존 조립식 주택의 바닥충격음 특성

㉡ 세대간 차음성능 평가

- 2개 현장 모두 저주파수 대역에서 차음성능이 낮고 고주파로 갈수록 차음성능이 높은 것으로 나타났음
- 이는 건식형 벽체의 일반적인 차음 특성을 보이고 있음
- 세대간 차음성능은 2개 현장 모두 기준 성능 내에 들어오고 있음

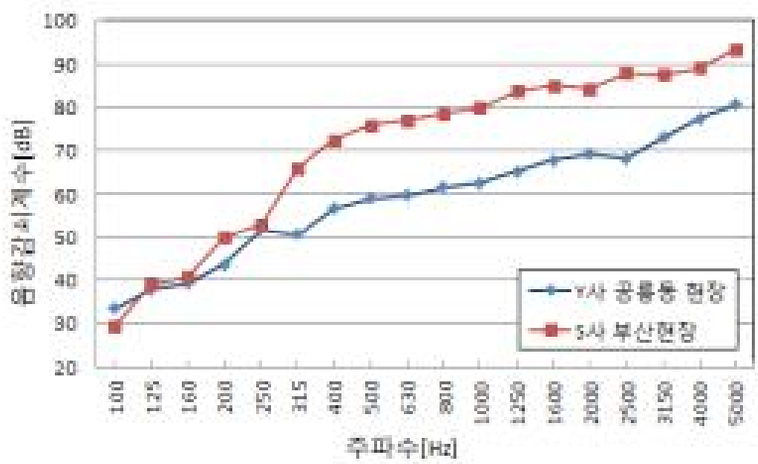


그림 2.2.2.2 기존 조립식 주택의 세대간 차음 특성

② 열환경 성능평가

- 기존 조립식 주택의 기밀성능 측정결과를 ACH50[1] 기준의 침기 또는 누기에 의한 시간당 환기횟수의 값으로 평가한 결과는 다음 표와 같음

측정대상	측정결과 (ACH50 기준, 회/h)
S사 부산 Infill식 모듈러	9.5
Y사 공릉동 철골라멘조 모듈러	16.8

- 열환경 성능평가를 위해 온·습도 센서를 설치하고 실내외 공기온도, 건축물 부위별 실내외 표면온도를 측정하였으나 중간기에 따른 측정으로 의미있는 결과를 도출하지 못함
- 기존 조립식 주택의 외벽 단열성능(열관류율) 평가결과는 다음과 같음

측정대상	열관류율(W/㎡K)	설계기준(W/㎡K)
S사 부산 Infill식 모듈러	0.31	0.34
Y사 공릉동 철골라멘조 모듈러	0.21 (0.30)	0.27

(2) 조립식 주택 Mock-up의 음·열환경 성능평가

(가) 음환경 성능평가

- 기존 조립식 주택의 성능평가를 토대로 주거향상을 높이고 제작효율을 높이고자 바닥구조안을 아래 그림과 같이 제안함

1) ACH 50 : 건물내부에 인위적으로 ±50Pa의 차압이 유지될 때 발생한 침기 또는 누기에 의한 시간당 환기횟수를 나타내며 건물의 기밀성능을 상호 비교하기 위한 지표로 북미와 유럽 국가들에서 많이 사용하는 기준임.

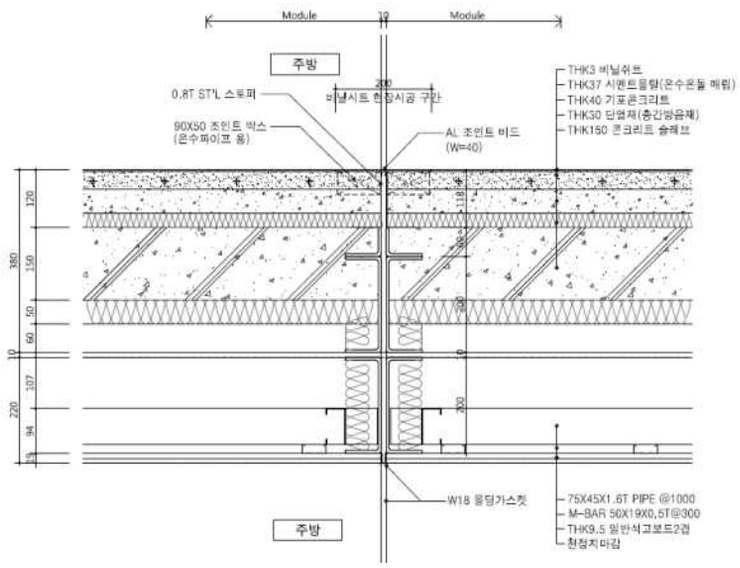
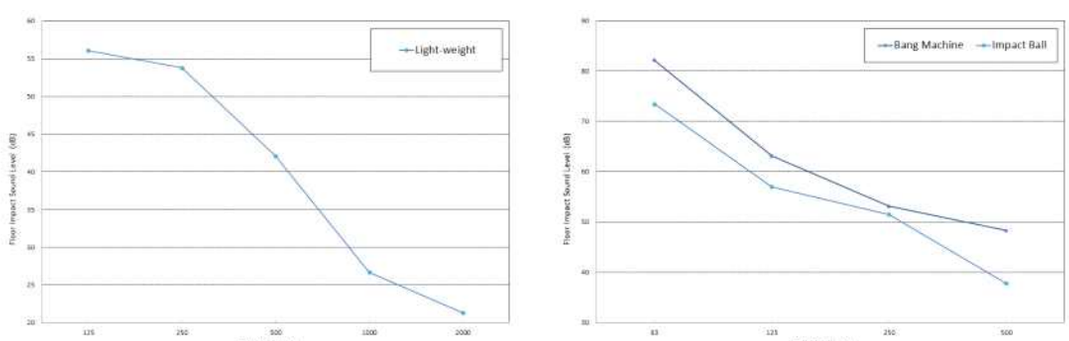


그림 2.2.2.3 조립식 주택 Mock-up 바닥구조 설계안

- ㅇ Mock-up 설계(안)에서 보는 바와 같이 기존 바닥구성에서 바닥 완충재를 각각 2개 층으로 나누고 동탄성 계수를 다르게 설계하였음
- ㅇ 동탄성 계수가 낮을수록 바닥충격원의 충격력을 많이 흡수할 수 있으나, 너무 낮으면 바닥의 구성이 되질 않기 때문에 적정 동탄성 계수를 찾는 것이 중요함
- ㅇ 주택건설기준 등에 관한 규정에 따르면, 철골 라멘조는 콘크리트 바닥슬래브가 150mm를 구성하게끔 되어있어 Mock-up 설계에도 적용하였음
- ㅇ Mock-up 평가시 표준 중량충격원으로는 임팩트볼을 사용함

① 바닥충격음 차단성능

- ㅇ 아래 그림은 목업의 바닥충격음 특성임
- ㅇ 경량 및 중량 충격음 모두 저주파수에서 높은 충격음이 발생하고 고주파로 갈 수 록 감소하는 것을 볼 수 있음
- ㅇ 단일수치평가량으로 보면 경량충격음은 41dB, 중량충격음은 임팩트볼일 때 44dB로 평가되어 각각 경량충격음 1등급, 중량충격음 3등급의 성능을 구현함



(a) 목업 경량충격음 특성　　(b) 목업 중량충격음 특성

그림 2.2.2.4 조립식 주택 Mock-up 바닥충격음 특성

② 세대간 차음성능

- Mock-up 설계(안)은 기존 조립식 주택보다 저주파수에서 차음력을 높이기 위해 설계하였으며, 그에 따른 결과는 그림 4와 같음
- 차음성능에 의한 평가값으로는 Rw+c 56dB로 2등급에 해당함

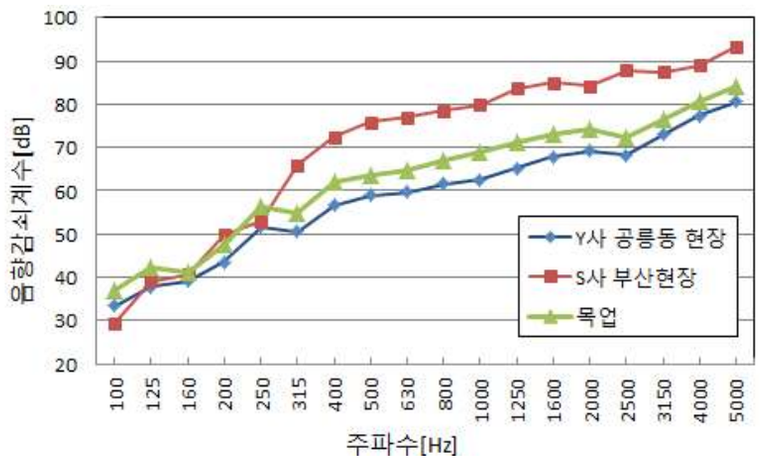


그림 2.2.2.5 조립식 주택 Mock-up의 세대간 차음성능 특성

(나) 열환경 성능평가

① 벽체 단열 평가

- Mock-up 설계안의 단열성능 평가를 통해 공동주택 에너지 손실방지를 위한 설계기준 및 공업화주택 단열기준을 만족하는지에 대해 검토함

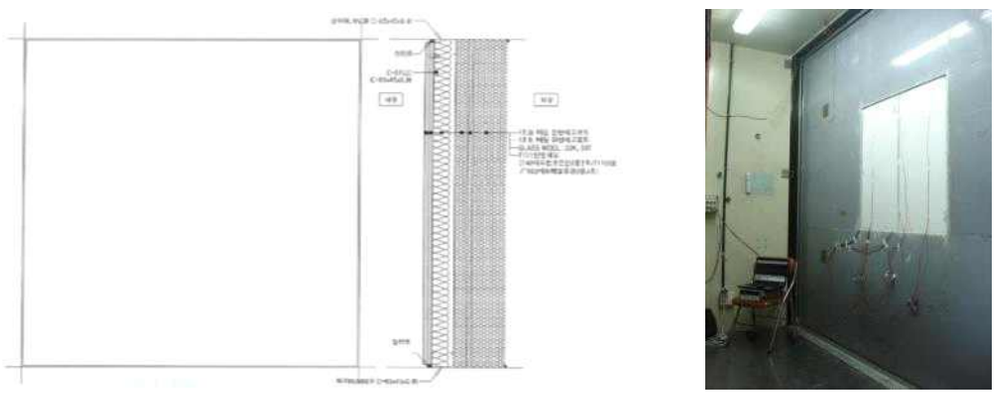


그림 2.2.2.6 조립식 주택 외벽 실증기술의 단열측정 시험

- 벽체 열관류율 시험을 KS F 2277:2002 건축용 구성재의 단열성 측정방법에 따라 조립식 모듈러 벽체의 단열성능을 측정하였고 측정결과는 다음과 같음

열관류율(W/㎡K)	측정결과	설계기준	
		허가기준	친환경주택기준
조립식 모듈러 Mock-up 외벽	0.21	0.27	0.25

○ 열환경 측정을 위해 실내외 및 Mock-up의 벽체 내부 및 표면의 온도를 측정하고 평가하였다. 향후 난방 및 냉방이 이루어지는 동·하계의 측정이 요구됨

그림 2.2.2.7 조립식 주택 Mock-up의 열환경 측정

② 기밀 성능 평가

○ Mock-up 설계안의 기밀성능 평가를 통해 공동주택 결로방지 및 기밀성능을 위한 설계기준을 만족하는지에 대해 검토하였음

○ 본 연구의 Mock-up 시공시 결로방지 및 기밀성능 확보를 위한 시공방법은 다음과 같이 제시하였음

- 벽체 단열 및 차음성능을 위해 벽체내부의 글라스울은 촘촘히 채워 시공
- 석고보드 고정용 스터드와 단열재 설치용 스터는 최대한 공유하여 설치하고 그 설치 개수를 최소화함
- 석고보드 시공 및 마감재 시공시 접합부위는 교차하여 시공하고 겹침부위는 비닐계 테이프 또는 마스킹 테이프 등으로 테이핑하여 기밀하게 마감
- 석고보드 및 스터드 고정을 위해 사용된 타카 및 나사못 시공 부위는 실리콘으로 충분히 충진 후 코킹마감
- 벽체 및 바닥의 배관 관통 부위와 전기배선, 콘센트 부위는 비닐계 테이프로 테이핑하여 기밀 시공하여 마감

그림 2.2.2.8 조립식 주택 Mock-up의 벽체와 배관접합부의 기밀시공 예시

○ Mock-up의 세대 기밀성능 측정은 KS L ISO 9972 단열-건물기밀성 측정-팬 가압법, ASTM E779-03 기준의 측정절차와 조건에 따라 블로어도어(Blower door) 측정시스템을 이용함

그림 2.2.2.9 조립식 주택 Mock-up의 기밀성능 측정

ㅇ 기밀성능 측정 결과는 ACH 50 기준의 환기횟수(회/h)로 나타내고 국내 유사 공동주택의 기밀성능 및 기밀성능 설계기준과 비교하였음

측정대상	측정결과 (감압법 기준)	비교 기준	
		목표수준	국내 공동주택[2)]
Mock-up 2-모듈 세대 (101호, 201호)	5.2~6.0	5 회/h	1.37~5.1 회/h
Mock-up 1-모듈 세대 (102호, 202호)	4.2~4.7	5 회/h	1.37~5.1 회/h

(다) 소결

ㅇ 목업을 통해 적용된 기술 중 음환경 향상 기술로는 조립식 주택 바닥시스템 및 세대간 벽체 시스템이며, 열환경 향상기술로는 조립식 주택 벽체시스템이 적용되어 KS기준에따라 평가한 결과는 아래와 같음

표 2.2.2.1 조립식 주택 Mock-up의 음 및 열환경 성능평가 결과

성능구분	평가결과
경량충격음	41dB (1등급)
중량충격음	44dB (3등급)
세대간 차음성능	56dB (2등급)
외벽체 열관류율	0.21 W/㎡K
기밀성능	ACH50 4.2~6.0

2) 신현국 외, 단위세대 기밀성능 측정 및 에너지 관련 기준 평가, 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집, 제32권제1호, p.p.229-230, 2012

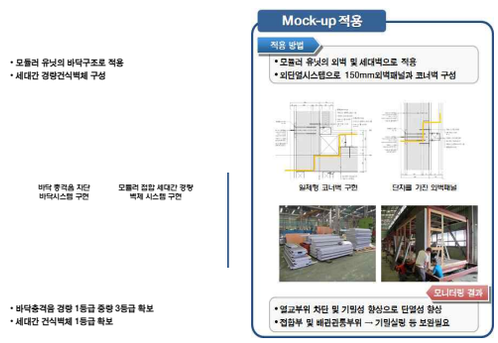
나) 2차년: 조립식 주택 음·열환경 최적시스템 적용 및 성능평가

연구목표

- 조립식주택 열 및 음환경 성능검토 및 평가 모니터링 계획 수립

연구내용

- 조립식 주택 Mock-up 열 · 음환경 성능 평가(2차)
  - Mock-up 평가를 통한 환경성능 개선 사항 도출
- 조립식 실증주택(수서) 기본 및 실시설계의 열음환경성능 검토
  - 실증기술 적용 검토 및 설계 안 개선
- 조립식 실증주택 환경성능 평가 모니터링 계획



최종성과물

- 국내 등재논문 1건
- 특허출원 1건(유닛모듈접합시스템)
- 성능 평가보고서 1건
- 조립식 실증주택(수서) 기본 및 실시설계 도면(음·열환경)

(1) 조립식 주택 Mock-up의 음·열환경 성능평가

(가) 평가개요

ㅇ 조립식 실증주택의 Mock-up에 대한 음환경 및 열환경 성능평가를 통해 실증주택(수서)의 주거환경성능 적합성 확인 및 성능기준 확보

ㅇ 수서단지 2개의 Mock-up에 대한 음환경 및 열환경 성능 평가 실시(적층형 모듈(금강공업) 목업 및 인필식 모듈(스타코))

ㅇ 조립식 실증주택의 Mock-up의 환경성능 평가(2차)를 통해 실증주택(수서)의 기본설계 및 실시설계의 환경성능 개선 방안 제안

(나) 평가방법

ㅇ 평가는 음환경 및 열환경 성능에 대해서 실시하였으며, 평가방법은 아래와 같음

① 바닥충격음의 차단성능

ㅇ 경량충격음 : KS F 2810-1:2001 바닥충격음 차단성능 현장측정방법 제1부: 표준경량충격원에 의한 방법

ㅇ 중량충격음 : KS F 2810-2:2012 바닥충격음 차단성능 현장측정방법 제2부: 표준중량충격원에 의한 방법

② 세대간 벽체 차음성능

ㅇ KS F 2809:2011 공기전달음 차단성능 현장측정 방법

③ 외부창호 차음성능

- KS F 2235:2001 외벽 및 외벽 부재의 공기 전달음 차단 성능 현장 측정 방법

④ 열관류율 시험

- KS F 2277:2002 건축용 구성재의 단열성 측정방법-교정열상자법 및 보호열상자법
- KS F 2829:2005 적외선 촬영법에 의한 건축물 단열 성능 평가 방법
- 건축물의 에너지절약기준, 열관류율 계산식 [별표1]지역별 건축물 부위의 열관류율표

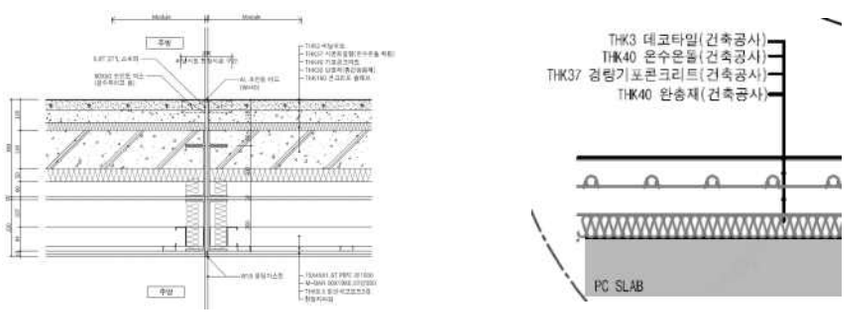
⑤ 기밀성능

- KS L ISO 9972:2006 단열-건물 기밀성 측정-팬 가압법

(다) 평가결과

① 음환경 성능평가

- 기존 조립식 주택의 성능평가를 토대로 주거향상을 높이고 제작효율을 높이고자 적층형 모듈(금강공업) 목업과 인필식 모듈(스타코)) 목업의 바닥구조안을 아래 그림과 같이 제안함



(a) 적층형 모듈　　(b) 인필식 모듈

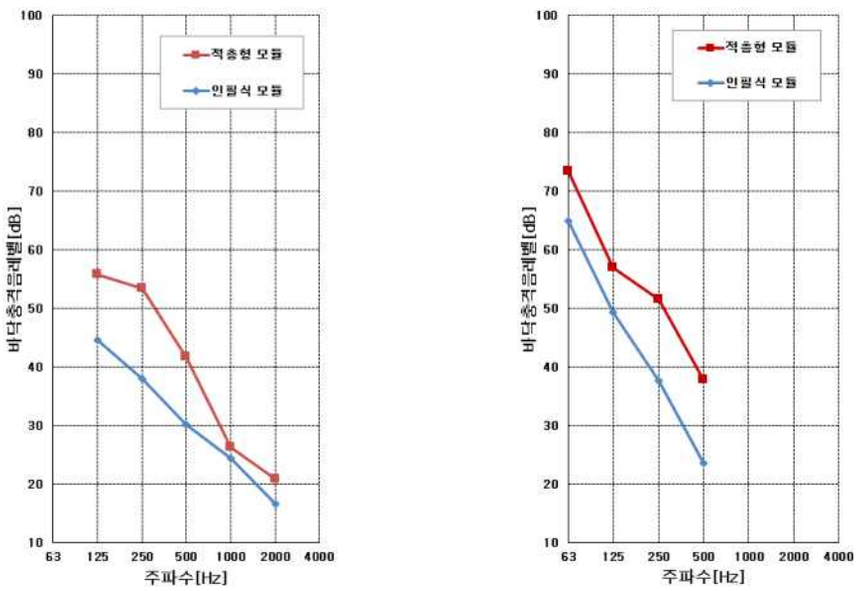
그림 2.2.2.10 Mock-up 바닥구조(안)

- 2개 Mock-up은 모듈 시공방법의 차이로 인하여 바닥구조 설계(안)이 다르게 구성됨. 적층형 모듈은 슬래브와 상부에 설치되는 완충재의 두께 증대와 동탄성계수 조정을 통하여 바닥구조를 설계하였음. 인필식 모듈은 PC슬래브(두께:210mm) 상부에 추가적 구조(완충재+기포콘크리트+마감몰탈)가 설치되는 형식임
- 동탄성 계수가 낮을수록 바닥충격원의 충격력을 많이 흡수할 수 있으나, 너무 낮으면 바닥의 구성이 되질 않기 때문에 적정 동탄성 계수를 선정하여 재료를 선택함
- 주택건설기준 등에 관한 규정에 따르면, 철골 라멘조는 콘크리트 바닥슬래브가 150mm를 구성하게끔 되어있어 적층형 Mock-up 설계에도 적용하였음. 인필식 Mock-up은 210mm로 슬래브를 구성함
- Mock-up평가 시 표준중량충격원은 임팩트볼을 사용함

㉮ 바닥충격음 차단성능

- 아래 그림은 2가지 목업의 바닥충격음 특성임
- 경량 및 중량 충격음 모두 저주파수에서 높은 충격음이 발생하고 고주파로 갈수록 감소하는 것을 볼 수 있음
- 단일수치평가량으로 보면 적층형 Mock-up은 경량충격음 41dB, 중량충격음은 임팩트볼일 때 44dB로 평가되어 각각 경량충격음 1등급, 중량충격음 3등급의 성능을 구현함

○ 인필식 Mock-up은 경량충격음 28dB(1등급), 중량충격음 임팩트볼일 때 36dB(1등급)의 성능을 확보함



(a) 경량충격음 (b) 중량충격음

그림 2.2.2.11 Mock-up 바닥충격음 특성

㉣ 세대간 차음성능

○ Mock-up 설계(안)은 기존 조립식 주택보다 저주파수에서 차음력을 높이기 위해 설계하였으며, 그에 따른 결과는 다음 그림과 같음

○ 차음성능에 의한 평가값으로는 적층형 Mock-up은 59dB(Dw), 인필식 Mock-up은 48dB(Dw)의 성능을 보임.

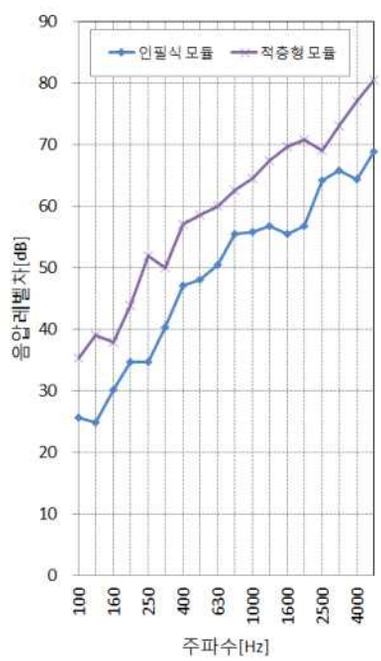


그림 2.2.2.12 Mock-up의 세대간 차음성능

㉰ 창호 차음성능

- ㅇ 창호의 차음성능은 외부소음(교통소음)을 차단하여 실내소음기준에 적합할 수 있는 창호를 적용해야 함
- ㅇ 실증단지(수서)의 주변 교통소음을 차단하여 실내소음기준을 만족시켜야 함
- ㅇ 도로변 교통소음은 70dB 전후로 분석되기 때문에 30dB 이상 성능을 확보하는 것이 필요함
- ㅇ 인필식 Mock-up 발코니 부위 창호 차음성능은 48dB, 적층형 Mock-up은 34dB의 성능을 확보

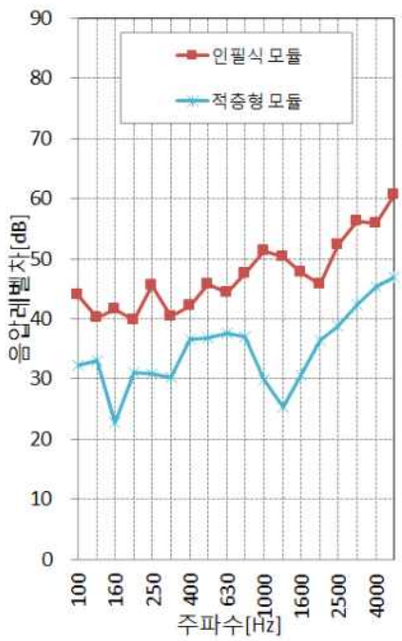
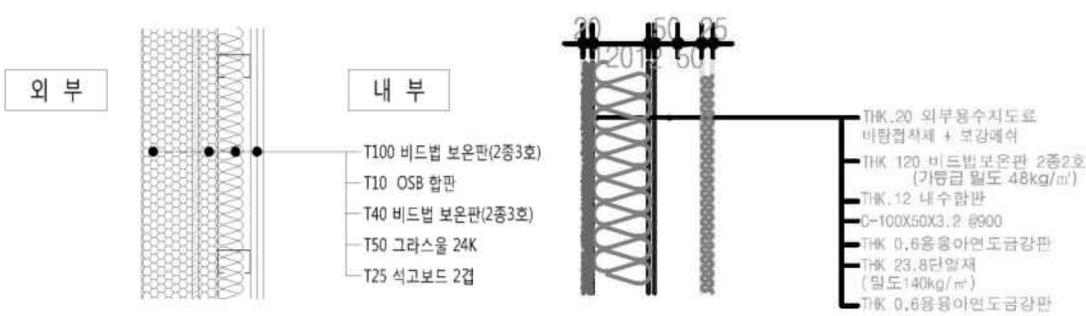


그림 2.2.2.13 Mock-up의 창호 차음성능

② 열환경 성능평가

- ㅇ 조립식 주택 Mock-up의 성능평가를 통해 실증주택(수서)의 주거 환경성능을 높이고자 적층형 모듈(금강공업) 목업과 인필식 모듈(스타코)의 Mock-up에 아래와 같은 외벽(측벽)의 구성을 설계함



(a) 적층형 모듈 (b) 인필식 모듈

그림 2.2.2.14 Mock-up의 외벽 구성(안)

㉱ 벽체 단열

- ㅇ Mock-up 설계안의 단열성능 평가는 공동주택 에너지 손실방지를 위한 설계기준 및 공업화주택 단열기준을 만족하는지에 대해 검토하여야 함

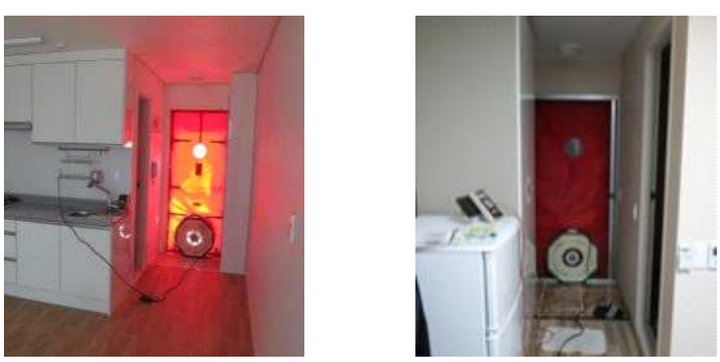
- 설계된 적층형 모듈러 유닛은 기둥-보 형식으로 각형 강관과 C형강 보로 구성되어 철골 모듈 부재를 외부에 면하는 벽체의 단열재가 감싸는 코너벽을 만들고 외단열 형태의 벽체 구성을 적용하여 단열성능 및 기밀성능을 높이고 열교방지 방안을 마련함
- 벽체 열관류율 시험을 KS F 2277:2002 건축용 구성재의 단열성 측정방법에 따라 적층형 모듈러 벽체의 단열성능을 측정한 결과 열관류율 값은 0.21 W/㎡K(설계 값은 0.168 W/㎡K)으로 평가됨. 인필식 모듈의 외벽(측벽)의 열관류율 값은 설계기준의 계산방법에 따라 도출한 결과 0.25 W/㎡K로 평가됨

표 2.2.2.2 조립식 모듈러 벽체 단열성능 평가결과

단열성능	열관류율(W/㎡K)	
	적층식 모듈	인필식 모듈
Mock-up 외벽	0.21 (0.168)	0.23~0.25
Mock-up 창호	(THK 22mm 로이복층 이중창) 1.2	(THK 16mm 복층 이중창) 2.1

㉲ 기밀 성능

- Mock-up 설계안의 기밀성능 평가를 통해 공동주택 결로방지 및 기밀성능을 위한 설계기준을 만족하는지에 대해 검토하였음
- 기밀성능 측정결과는 실내외 압력차를 50Pa로 유지하였을 때 측정값으로 환산하여 나타내는 ACH50(회/hr)로 환기횟수로 결과를 도출
- 평가결과 적층식 Mock-up의 환기횟수는 1모듈 타입은 4.7~7.0 ACH50(회/h), 2모듈 타입은 5.2~6.0 ACH50(회/h), 인필식 Mock-up의 1모듈 타입은 10.0 ACH50(회/h), 2모듈 타입은 7.7 ACH50(회/h)로 평가됨
- 일반 공동주택의 기밀성능인 5.1 ACH50(회/h)와 비교하여 1모듈 타입과 인필식 Mock-up은 누기부위에 대한 보완이 요구됨



(a) 적층형 모듈　　(b) 인필식 모듈

그림 2.2.2.15 기밀성능 측정 장면

표 2.2.2.3 조립식주택 Mock-up의 환경성능 평가결과 요약

성능구분	평가결과	
	적층형 Mock-up	인필식 Mock-up
경량충격음	41dB (1등급)	28dB (1등급)
중량충격음	44dB (3등급)	36dB (1등급)
세대간 차음성능	59dB	48dB
발코니 창호 차음성능	34dB	48dB
외벽체 열관류율	0.21 W/㎡K	0.25 W/㎡K
기밀성능	4.7~6.0 ACH50(회/hr)	7.7~10.0 ACH50(회/hr)

(2) 조립식 실증주택 환경성능 평가 모니터링 계획

(가) 평가개요

ㅇ 조립식 실증주택의 Mock-up에 대한 음환경 및 열환경 성능평가를 통해 실증주택(수서)의 거주환경성능을 확보함. 실증주택(수서) 단지의 구축 시 환경성능 평가를 위한 모니터링 계획을 수립

(나) 모니터링 목적 및 내용

ㅇ 실증주택(수서)의 시공 후 거주에 따른 주거환경성능 평가와 환경데이터를 모니터링
: 벽체, 바닥, 실내의 환경성능(온도, 기밀, 결론, 소음)에 대한 거주후 평가로 주거 적합성을 확인함
: 실증주택 음환경 및 열환경 성능을 검증하고 환경데이터(온도, 소음, 에너지) 등에 대한 성능을 확인함

ㅇ 조립식 실증주택 환경성능 모니터링시스템 구축
: 실증주택의 최적 운영방안 검토 및 실증주택 운영과 유지관리 계획(환경부문) 검토

(다) 모니터링 계획

ㅇ 주거로서 확보해야하는 주거의 음환경 성능은 바닥충격음, 세대간 차음성능, 외부소음 차단 성능이며, 주거의 열환경 성능은 열환경 부분은 환기성능, 기밀성능, 단열성능, 에너지성능임

ㅇ 실증주택의 건설 후에 기준 세대에 대해 성능기준 별 평가방법에 따라 측정하여 평가 진행

ㅇ 온도센서 및 습도 센서 설치를 실증 주택 제작 단계에서부터 우각부, 창호주변, 벽체내부 등에 설치하여 온열환경변화 모니터링, 난방열량계, 가스계측기, 전력계 등 에너지 사용량 모니터링을 통한 에너지 성능 모니터링 계획

다) 3차년: 조립식주택 열·음환경 성능 개선

연구목표

- 조립식주택 열 및 음환경 성능 개선

연구내용

- 조립식 주택 열 및 음환경 성능 검토 및 개선
  - 실증단지의 목표 열 및 음 환경 성능 검토
  - 조립식 모듈러 주택의 음 및 열환경 성능 비교
  - 음 및 열환경 실증기술의 실증단지(수서) 적용
- 열 및 음 환경 성능 확보를 위한 시공 유의사항

최종성과물

- 보고서 1건
- 특허등록 2건

(1) 조립식 실증주택 열 · 음 성능 개선

(가) 실증단지 목표 열 및 음환경 성능

① 음환경 성능

- 경량충격음 1등급, 중량충격음 3등급 목표설정
- 차음성능 1등급 목표설정

② 열환경 성능

- 외피(벽체 및 창호) 단열기준은 친환경주택 단열성능기준을 반영하여 외벽단열 0.25W/㎡K 이하 및 창호단열 1.2W/㎡K이하
- 기밀성능 기준 및 목표는 주택건설기준 등에 관한 기준을 만족하도록 세대 현관문과 세대내 방화문은 1.8 W/㎡K 이하, 기밀성능 2등급 이하 목표, 외기에 면한 창은 기밀성능 2등급 이하 목표설정. 모듈 및 조립식 주택의 기밀성능은 압력차 50Pa에서 시간당 5회(5.0 ACH50(회/h) 설정
- 결로방지 성능 목표는 접합부 및 열교우려부위의 실내외 온도의 온도차 비율(TDR)이 0.2 이하로 설계 및 목표 설정

(나) 실증기술의 적용에 따른 실증단지 열 및 음 환경 성능 확보

- 조립식 실증주택이 기존 공동주택의 주거 환경성능에 대해 동등 이상의 성능 확보
- 바닥충격음 저감, 외부소음차단, 단열, 기밀, 결로 방지 등에 대한 주거 환경성능 기준 마련 및 실증기술 적용

① 음환경 성능

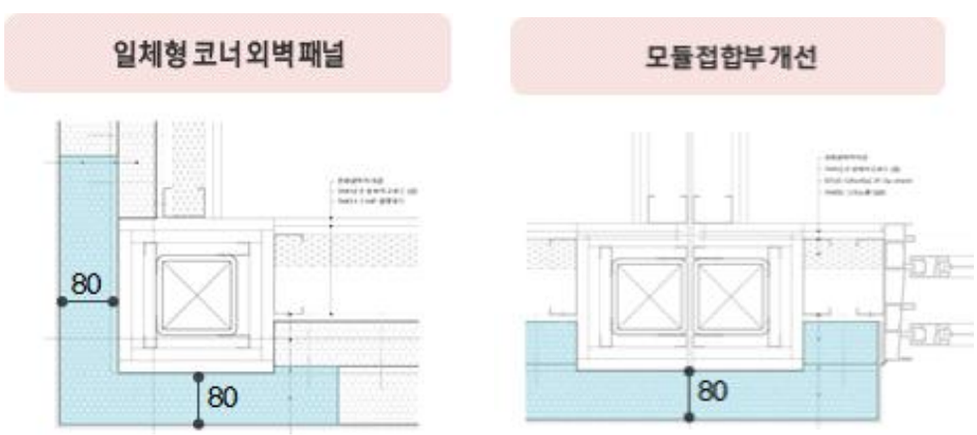
- ㅇ 바닥충격음 : 경량충격음 1등급, 중량충격음 3등급 확보
- ㅇ 적층형 모듈은 슬래브와 상부에 설치되는 완충재의 두께 증대와 동탄성계수 조정을 통하여 바닥구조를 설계(완충재: 30mm) 및 수서단지 실시설계 반영
- ㅇ 세대간 벽체 차음성능 : 차음성능 1등급 확보(수서단지 2등급 벽체적용)

〈실증단지(수서) 모듈 바닥구조 적용 구조〉 〈실증단지(수서) 세대간 벽체 적용 구조〉

그림 2.2.2.16 음환경 실증기술(바닥구조, 세대간 벽체) 적용

② 열환경 성능

- ㅇ 외벽 단열 : 외기에 직접면하는 외벽의 단열(열관류율)은 0.21 W/㎡K이하 성능 확보 및 창호의 단열(열관류율)은 0.98 W/㎡K 성능 확보
- ㅇ 공동주택 에너지 손실방지 기준 및 공업화 주택 단열기준 성능을 확보하도록 외피단열 시스템 적용
- ㅇ 조립식 실증주택(수서)의 Mock-up 현장 평가를 통해 기밀성능 평가, 기밀성능 확보를 위한 현장 기밀시공을 통해 조립식 실증단지 주택의 기밀성능은 50Pa 4.7~7.0ACH50(회/h) 개선



〈실증단지(수서) 모듈 외벽 적용〉 〈실증단지(수서) 모듈접합부 적용〉

그림 2.2.2.17 열환경 실증기술(외벽코너패널, 모듈접합단열) 적용

(다) 조립식 모듈러 주택의 음 및 열환경 성능 비교

항목	Infill식	라멘식	Infill식	라멘식	RC공동주택
형태	울진 기숙사	서울 공릉	부산 원룸	수서 Mock-up	일반적 수준
바닥충격음	중량:44dB 경량:28dB	중량:50dB 경량:1등급	중량:38dB 경량:1등급	중량:44dB 경량:3등급	중량:48-52dB 경량:2-4등급
세대간차음	48dB	2등급(56dB)	3등급(52dB)	2등급(56dB)	벽체두께: 210mm
외부창호 차음	47-48dB	-	-	32-34dB	45dB
기밀성능	7.7-10ACH	18.7 ACH	11.6ACH	5.2-6.8ACH	1.37-5.1ACH
단열성능	벽: 0.25 창호: 2.1	벽: 0.27 창호: 1.4	-	외벽: 0.21 창호: 0.98	외벽: 0.25 창호: 1.5
열교 발생	접합부	접합부, 발코니, 개구부	접합부, 개구부 주위	발코니	우각부
현장					

(2) 음·열환경 분야 실증기술의 실증단지 적용

○ 12대 실증기술의 환경분야 기술인 소음차단 마감기술(바닥 및 세대간 건식 벽체), 에너지 절약형 외피 기술의 적용 부위는 다음과 같음

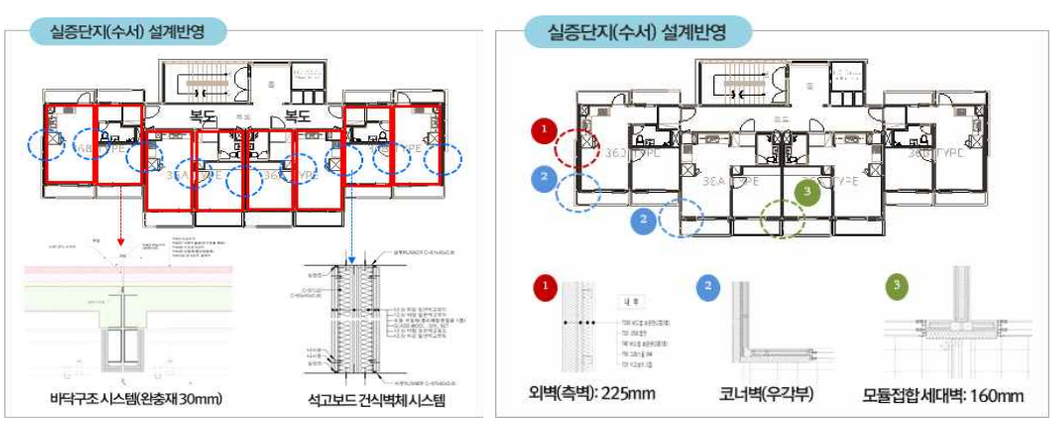


그림 2.2.2.18 실증단지(수서)의 음 및 열환경 실증기술 반영 사항

(가) 소음차단 마감기술

○ 각 층의 모듈(세대)의 바닥 및 모듈 접합 바닥 구조
○ 모듈 간 또는 세대 간 접합부의 건식 벽체 시스템

(나) 에너지 절약형 외피 기술

○ 주거세대의 외벽(측벽)의 코너벽 및 외벽패널 (일체형 외단열 코너벽, Z형단차을 가진 패널 접합 부위)
○ 모듈간 접합 및 세대벽의 벽체 시스템 (모듈 및 패널 접합부와 마감재의 기밀테이핑)

(다) 조립식 주택의 실증을 위한 설계 검토 및 보완

- ㅇ 적층식 모듈 실증단지(수서)의 형별성능내역서, 건식벽체마감상세도, 부분상세도 수정 및 기술적용(세대간 바닥 및 건식벽체 적용, 외단열 코너벽 및 Z단차 외벽패널 접합 적용)
- ㅇ 조립식 주택의 건축인증(친환경건축인증, 에너지효율등급인증 등) 지원 및 협력 추진
- ㅇ 실증단지(가양)의 기본설계 및 사업승인도서 검토 및 보완 요청. 실증단지(가양)의 음 및 열환경 성능 평가를 위한 협의 추진

(3) 열 및 음 환경 성능 확보를 위한 시공 유의사항

(가) 음환경 성능

① 일반사항(모듈러 주택 소음발생 예상부위)

- ㅇ 세대간 유닛의 접합부위(세대간 벽체)
- ㅇ 외부벽체와 창호의 접합부위(외부소음 유입)
- ㅇ 복도와 연결되는 출입문 부위
- ㅇ 화장실 배관설치 부위
- ㅇ 상하층 연결을 통한 바닥구조(바닥판)
- ㅇ 최상층 천장부위(외부소음 유입)

② 창호

- ㅇ 소음유입이 예상되는 부분의 창호는 씰링을 반드시 설치
- ㅇ 벽체, 천장 부위의 연결부분에 틈새가 최소화 되도록 시공
- ㅇ 틈새 발생시 틈새내부 까지 백업재나 코킹재 등을 사용하여 메워 시공

③ 연결부위 및 관통부위

- ㅇ 모듈은 많은 연결부위로 제작되기 때문에 연결부위 처리가 우선되어야 함
- ㅇ 건식벽체는 상부유닛의 부재 등에 틈새 없이 설치되어야 함
- ㅇ 발생된 틈새는 백업재나 코킹재 등을 사용하여 메워 시공
- ㅇ 벽체와 바닥판으로 인한 연결부위 전체에 실링재를 사용하여 기밀 유지
- ㅇ 벽체, 바닥, 천장 등을 관통하여 설치되는 부재는 최소화하며, 관통부위는 실링재로 마감

④ 바닥과 천장

- ㅇ 바닥에 설치되는 난방방식은(습식, 건식) 벽체와 절연되어 시공
- ㅇ 벽체부위에 측면절연재를 반드시 설치하고 단락되지 않도록 함
- ㅇ 바닥과 천장에 관통되어 설치되는 자재는 흡음재(암면, 폴리에스터 등)로 마감

⑤ 벽체

- ㅇ 건식 벽체 시공시 연결부위가 반대편과 통일하게 발생되지 않도록 시공
- ㅇ 보드류 접합을 위한 스크류는 최소화 하며, 보드간 연결부위는 퍼티 등으로 틈새를 마감
- ㅇ 보드류를 여러겹 시공하는 경우, 연결부위가 겹치지 않도록 엇갈리게 시공
- ㅇ 건식벽체는 높이는 바닥면에서 천장면(슬래브 또는 기타)까지 시공을 원칙으로 함

(나) 열환경 성능

① 일반사항

- ㅇ 모듈러 주택 외피 단열 시공은 외기와 직접 혹은 간접 면하는 부위(외벽, 최상층 지붕, 최하층 바닥 등)의 단열 공사에 관하여 적용되는 것으로 기본적으로 건물의 단열 설계는 법규상의 단열 기준에 충실하여야 하고, 건물 용도에 따른 적절한 단열 공법을 선택해야 함
- ㅇ 외피 전체에서 단열재 및 기밀층이 끊김 없이 연속되도록 시공
- ㅇ 외피 상에 다른 부재의 돌출이 있게 되는 부위(발코니 부위, 지붕 파라펫 부위 등)에서도 단열재 끊김 없이 연속되도록 시공
- ㅇ 서로 다른 재질의 창과 벽, 벽과 벽 등이 만나는 부위 등에서는 항상 기밀에 관하여 고려
- ㅇ 특히 건축물 외피 단열부위의 접합부, 모듈 간 또는 부재 간의 틈 등은 밀폐될 수 있도록 코킹과 가스켓 등을 사용하여 기밀하게 처리함

② 지면경계 부위

- ㅇ 단열재 흡습, 외부 마감재 훼손 방지 필요, 단열재는 지면 하부까지 설치
- ㅇ 지면 하부 단열재는 내수성 좋은 압출법 보온판 적용
- ㅇ 지면 하부 단열재 인접한 곳에는 자갈 등의 배수층 설치

③ 창호 부위

- ㅇ 외기에 접하는 표면적 줄여 단열성 증대, 열교방지 필요
- ㅇ 창호는 고정 프레임 외측선이 구조체 외측선에 일치하거나 더 외측에 위치하도록 설치
- ㅇ 외벽 단열재로 창호 고정 프레임까지 외단열
- ㅇ 창호 고정 프레임과 구조체 사이는 우레탄폼 등으로 충진

④ 발코니 부위

- ㅇ 비확장형 발코니의 경우 거실 외벽-발코니 바닥 접합부 열교 방지 필요
- ㅇ 비확장형 발코니는 발코니 바닥 및 천장 등 단열재로 감싸 열교 방지
- ㅇ 비확장형 발코니와 확장형 발코니가 인접하게 되는 경우 인접하는 외벽, 발코니 바닥 및 천장 등 단열재로 감싸 열교 방지

⑤ 벽체 등 접합부

- ㅇ 수직 벽체와 천장이 만나는 부위에는 공간이 생겨 기밀층이 끊길 수 있음
- ㅇ 수직 벽체와 천장이 만나는 부위에는 기밀층이 끊어지지 않게 벽체를 시공하여야 하며 접합부 시공에는 코킹 및 실링재를 사용하여 마감을 하여야 함
- ㅇ 벽과 창 및 문의 프레임 사이에는 틈새가 생기기 마련이며, 특히 프레임 상부의 틈새에 기밀을 고려하여야 함
- ㅇ 프레임을 설치 할 시에는 설치면을 정리하여 깨끗한 상태를 유지하여야 하며 틈새가 생길 시에는 팽창형밴드 등을 사용하여 틈새를 기밀하게 처리하여야 함
- ㅇ 접합부의 마감은 기밀테이프를 사용하여 기밀층을 형성하여야 함

⑥ 수평 및 수직 배관 관통부

- ㅇ 오수, 우수 및 가스 등의 설비용 배관이 수직 또는 수평 외벽을 관통하는 부위에는 틈새가 생길 수 있어 기밀에 대하여 고려를 하여야 함
- ㅇ 건물에는 수평 및 수직의 설비 배관의 수가 많으므로 계획 시 이러한 배관의 관통부위를 최소화 하여 계획하는 것이 필요
- ㅇ 배관의 관통부에는 틈새가 발생하지 않게 관통부의 종류와 크기에 맞는 설비용 테이프를 사용하여 기밀층을 형성하거나, 실링 및 코킹을 통하여 기밀층을 형성하여야 함

라) 4차년: 열 및 음환경 실증기술 현장 모니터링 및 현장 평가

연구목표

- 조립식주택 열 및 음환경 실증기술 현장 모니터링 및 현장 평가

연구내용

- 열 · 음환경 실증기술 현장 모니터링
  - 단열, 음성능 확보를 위한 실증기술 설계 검토
  - 외피, 바닥구조 등 실증요소의 제작 모니터링
- 실증단지 열 · 음환경 성능 현장 평가
  - 단열, 기밀, 바닥충격음, 외부소음 현장 평가

최종성과물

- 실증기술 기술이전 1건

(1) 조립식 주택 실증단지 열·음환경 성능 현장 평가

(가) 음환경 성능 평가

○ 바닥충격음 및 세대간 차음 성능은 국가산업표준(KS)에서 제시하고 있는 경량(KS F 2810- 1:2001) 및 중량충격음(KS F 2810-2:2012) 측정방법과 세대간 벽체 차음은 실험실 측정방법(KS F 2808:2001)에 의한 성능 분석 실시함

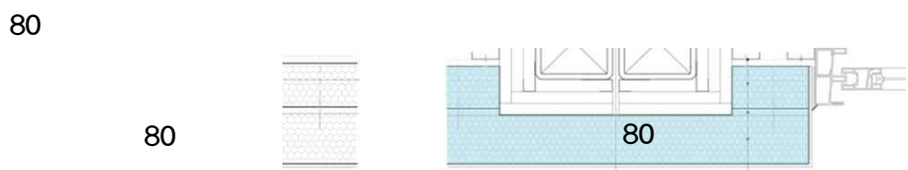
○ 적층형 모듈은 슬래브와 상부에 설치되는 완충재의 두께 증대와 동탄성계수 조정을 통하여 바닥구조를 설계(완충재: 30mm) → 경량충격음 41dB(1등급), 중량충격음 44dB(3등급)

○ 조립식 실증주택(수서)의 Mock-up 현장 평가를 통해 세대간 차음성능 59dB, 발코니 창호 차음성능 34dB 평가

그림 2.2.2.19 층간소음 및 세대간 소음 저감을 위한 실증단지 설계(안)

(나) 열환경 성능평가

- ㅇ 국가산업표준(KS)에서 제시하는 열저항 계산법(KS M ISO 6949:2013)에의한 수치석 해석과 Mock-up을 활용 시에는 적외선 촬영법(KS F 2829:2005)와 열관류율 측정방법인(KS F 2277:2002)에 의한 측정 및 성능분석을 실시함
- ㅇ 공동주택 에너지 손실방지 기준 및 공업화 주택 단열기준 성능을 확보하도록 외피단열 시스템 적용 → 벽체 열관류율 0.21W/㎡K이하, 접합부 결로방지 온도차비율(TDR): 0.2이하
- ㅇ 조립식 주택에 대한 기밀성능 분석은 국가산업표준(KS)에서 제시하는 팬가압방식(KS L ISO 9972:2006)과 미국에서 제시하는 'ASTM E 779', 유럽에서 제시하는 'EN13829'에 의한 측정 및 성능분석을 실시함
- ㅇ 조립식 실증주택(수서)의 Mock-up 현장 평가를 통해 기밀성능 평가, 기밀성능 확보를 위한 현장 기밀 시공 → 기밀성능 4.7~7.0 ACH50(회/h)



접합부 기밀시공 – 마감재 기밀테이핑 – 열교부위 단열

그림 2.2.2.20 에너지 절약형 외피를 위한 실증단지 설계(안)

마) 5차년: 열·음환경 실증기술 현장 모니터링 및 현장 평가

연구목표

- 조립식주택 열 및 음환경 실증기술 현장 모니터링 및 현장 평가

연구내용

- 열 · 음환경 실증기술 현장 모니터링
  - 단열, 음성능 확보를 위한 실증기술 설계 검토
  - 외피, 바닥구조 등 실증요소의 제작 모니터링
- 실증단지 열 · 음환경 성능 현장 평가
  - 단열, 기밀, 바닥충격음, 외부소음 현장 평가

최종성과물

- 국내 논문 1건

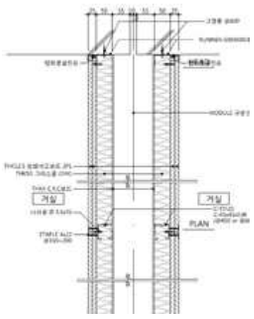
(1) 열·음환경 실증기술 현장 모니터링

(가) 조립식 주택 실증단지(가양)의 열·음환경 실증기술 현장 모니터링

① 단열, 음 성능 확보를 위한 실증기술 설계 검토

ㅇ 실증단지(가양)의 실증기술 설계 도서 반영

그림 2.2.2.21 실증단지(가양)의 모듈세대 주요 차음 및 단열 검토 부위



〈외부 면한 벽체단열〉 〈내화 및 외벽상세〉 〈층간 바닥〉 〈세대간 벽체〉

그림 2.2.2.22 실증단지(가양)의 열 및 음환경 부위별 설계(안)

② 실증단지의 외피, 바닥구조 등 실증요소의 제작 모니터링

㉠ 가양단지 모듈 제작- 층간바닥 및 세대간 벽체 모니터링

ㅇ 실증단지(가양)의 층간바닥 및 세대간 벽체 차음성능을 위한 실증기술 제작 모니터링

ㅇ 실증단지(가양)의 단열 및 기밀성능을 위한 실증기술 제작 모니터링

그림 2.2.2.23 실증단지(가양)의 열 및 음환경 모듈 현장제작 모니터링

(2) 실증단지 열 · 음환경 성능 현장 평가

(가) 조립식 주택 실증단지(가양)의 열·음환경 성능 현장 평가 내용

① 환경성능 평가 항목

ㅇ 음환경 분야: 바닥충격음, 세대간 차음성능

ㅇ 열환경 분야: 기밀성능(환기량), 열적외선 화상(단열) 촬영

② 환경성능 평가 부위 및 내용

ㅇ 음환경 분야: 바닥충격음 1개 모듈세대 및 2개 모듈세대 각 1개소
세대간 차음성능 세대간 벽체 1개소

ㅇ 열환경 분야: 기밀성능 1개 모듈세대 및 2개 모듈세대 각 1개소
열적외선 화상 촬영 2개 세대 외

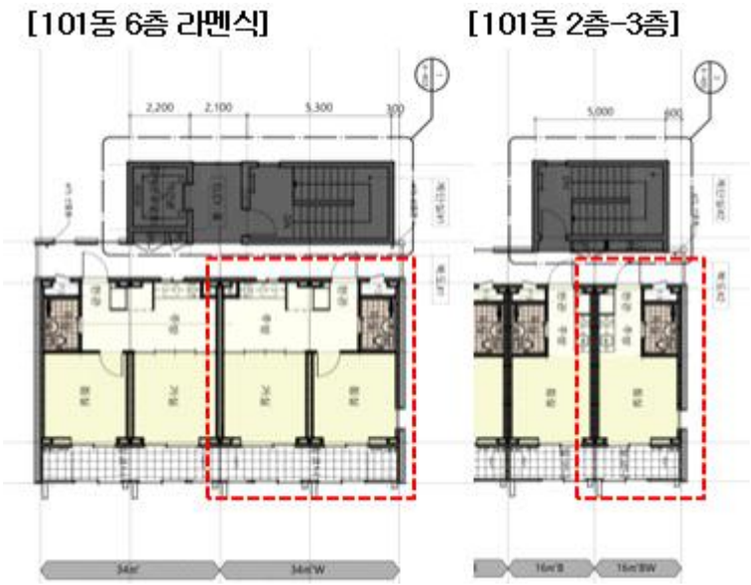


그림 2.2.2.24 실증단지(가양)의 열 및 음환경성능 현장평가 부위

③ 환경성능 현장 성능평가 방법

ㅇ 음환경 성능 평가

- 바닥충격음 성능 측정
  : KS F 2810-1, -2 바닥충격음 차단성능 현장측정방법
  : 경량충격음 및 중량충격음
- 세대간 차음성능 측정
  : KS F 2809 공기전달음 차단성능 현장측정방법
  : 음향감쇠계수 측정

〈바닥충격음 성능 현장평가〉 〈세대간 차음성능 현장평가〉

그림 2.2.2.25 실증단지(가양)의 음환경성능 현장측정 및 장비

ㅇ 열환경 성능 평가
- 기밀성능 측정
  : KS L ISO 9972(단열-건물기밀성 측정- 팬가압법)에 따라 실시
  : Blower Door 장비 사용
- 단열 및 열교 부위 측정
  : IR(적외선) 촬영에 의해 열교부위 측정

〈기밀성능 현장평가〉 〈열화상 단열 현장평가〉

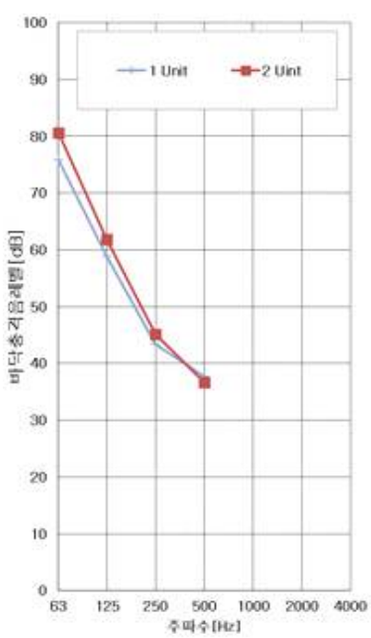
그림 2.2.2.26 실증단지(가양)의 열환경성능 현장측정 및 장비

(나) 조립식 주택 실증단지(가양)의 열·음환경 성능 현장 평가 결과

① 음환경 성능 평가 결과

ㅇ 바닥충격음 성능: 중량충격음 1모듈 3등급(46dB), 2모듈 4등급(50dB)
경량충격음 1모듈 1등급(36dB), 2모듈 1등급(39dB)

ㅇ 세대간 차음성능: Rw(55dB), C(-3dB)로 차음구조 성능기준 4등급(48≤Rw+C<53)



〈경량충격음 측정 결과〉 〈중량충격음 측정 결과(뱅머신)〉

그림 2.2.2.27 실증단지(가양)의 음환경성능(바닥충격음) 현장측정 결과

② 열환경 성능 평가 결과

ㅇ 세대의 기밀성능: 가감압법 기준(50@ACH) 1모듈 6.2 ACH50(회/hr)
가감압법 기준(50@ACH) 2모듈 6.9 ACH50(회/hr)

ㅇ 세대의 열화상 촬영 결과

그림 2.2.2.28 실증단지(가양)의 열화상(단열) 현장측정 결과 일부

3) 친환경 기술도입을 통한 조립식 주택의 건축인증 획득 (한국환경건축연구원)

그림 2.2.3.1 전체 연구프로세스

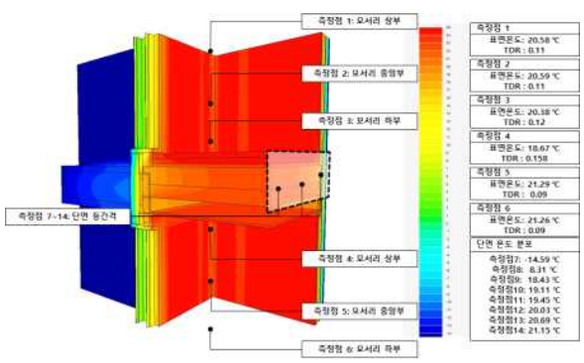
가) 1차년: 조립식주택 녹색건축인증 목표등급 설정 및 Mock-up 모듈 해석

연구목표

- 건축인증 목표등급 설정 및 Mock-up 모듈 해석

연구내용

- Mock-up 모듈의 열전달 해석 및 에너지 해석
  - 단열성능 및 에너지성능 해석
- 인허가위한 환경성능 검토 및 확보
  - 필수 적용항목 검토
  - 인증관련 목표등급 검토 및 설정
- 건축인증 평가항목 설계반영 요소 정리



최종성과물

- Mock-up 설계안 분석보고서 1건
- 건축인증 적용검토서 1건

(1) 인허가 위한 환경성능 검토 및 확보

(가) 친환경주택건축물 설계기준 필수 검토사항 확인

표 2.2.3.1 친환경주택건축물 설계기준

구 분	항 목		기 준
건축설계	벽체단열	외기직접	0.25 W/㎡k 이하
		외기간접	0.32 W/㎡k 이하
		측벽	0.20 W/㎡k 이하
	창호단열		1.2 W/㎡k 이하
	창호기밀		2등급 제품 사용
	친환경자재		환경표지, GR마크 제품 권장
	건물녹화		옥상 및 벽화녹화 권장
기계설비	열원설비	가정용보일러	에너지소비효율 1등급 제품
		전동기	고효율에너지기자재 인증제품
		난방,급탕 및 급수펌프	KS기준효율의 1.12배이상 제품
	절수설비		절수기기 설치 권장
	실별온도조절장치		세대네 온도조절장치 설치
전기설비	대기전력자동차단장치		거실, 침실, 주방에 1개 이상
	일괄소등스위치		단, 전용면적 60㎡이하 제외
	조명		고효율조명기구, LED설치
	에너지사용량 정보확인 시스템설치		에너지사용량 확인시스템 권장
신재생	신재생에너지 설치		신재생 에너지 설치 권장

(나) 서울시 녹색건축물 설계기준 필수 검토사항 확인

○ 서울시에서 건축되어지는 공공건축물에 대해 서울시 녹색건축물 설계기준을 만족시켜야하는 의무가 있음.

표 2.2.3.2 서울시 녹색건축물 설계기준

분야	구분		법적기준	서울시 녹색설계기준
건축물에너지 소비총량제	주거용 (100세대이상 공동주택)		없음	190 kwh/㎡ y 미만
성능인증	건축물에너지효율등급인증		자율	2등급 이상
	녹색건축물 인증		자율	우수(그린2등급) 이상
	에너지성능지표평점 합계(EPI)		65점 이상	86점 이상
절감기술	단열성능 (평균열관류율)	외벽 (창 및 문 포함)	0.66W/㎡K 미만	0.46W/㎡K 미만
		지붕	0.18W/㎡K 미만	0.14W/㎡K 미만
		바닥	0.29W/㎡K 미만	0.20W/㎡K 미만
	문 및 창호의 기밀성 확보		자율	2등급 이상
	창면적 비율제한		없음	벽면율 50% 이상
	LED조명기기 전력량 비율		자율	조명설비 전력량의 5% 이상
	고효율 변압기 설치		자율	용도별 기준부하율 적용
신재생 에너지설비	주거용		없음	신재생에너지공급율 1% 이상

(2) Mock-up 모듈의 열전달 및 에너지 해석

(가) 열전달 해석 분석범위

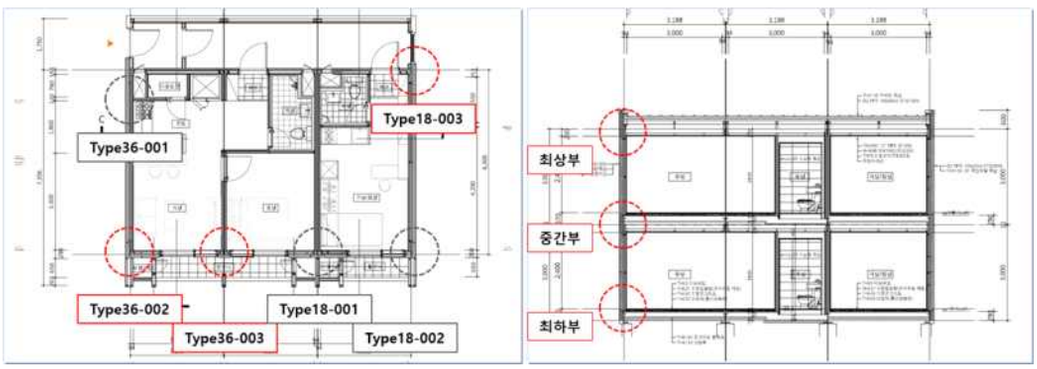


그림 2.2.3.2 Mock-up 모듈 열전달 해석 분석범위

(나) 열전달 해석 분석결과

○ Mock-up 모듈 열전달 해석 분석결과는 다음과 같음

표 2.2.3.3 Mock-up 모듈 부위별 열전달 해석 분석결과

구분		Type36-002			Type36-003			Type18-003		
		최하층	중간층	최상층	최하층	중간층	최상층	최하층	중간층	최상층
최저실내 표면온도	벽체접합부	21.43	20.58	21.67	20.48	20.46	20.56	21.02	18.89	20.12
TDR값	벽체접합부	0.089	0.110	0.083	0.113	0.113	0.111	0.099	0.152	0.122

○ Mock-up 설계안에 대한 열전달 해석을 실시한 결과 측정한 모든 부위에 대하여 공동주택 결로방지를 위한 설계의 기준값 이내에 해당하는 수치가 분석되었음.

○ 검토결과 철골 프레임 및 스터드 부위에 열교현상이 나타나는 것으로 분석되어 이 부위에 대한 추가적인 단열마감이 필요한 것으로 나타났음. 또한 창호인접 부위도 추가적인 단열계획을 적용해야 할 것으로 분석되었음.

나) 2차년: 수서실증단지 실시설계검토 및 목표등급 설계안 도출

연구목표

- 수서실증단지 실시설계검토 및 목표등급 설계안 도출

연구내용

- 수서실증단지 기본설계도서 분석
  - 녹색건축인증 검토 및 에너지성능 해석
- 수서실증단지 목표등급 설계안 도출
  - 녹색건축인증 검토
  - 건축물 에너지효율등급인증 검토 및 목표등급 만족 설계 방안 도출

최종성과물

- 수서실증단지 건축인증 예비인증 획득 2건 (실시설계 일정 변경으로 3차년도 성과물로 변경)
- 건축인증 적용검토서 1건

(1) 수서실증단지 기본설계도서 분석

(가) 수서실증단지 기본설계도서 에너지성능 분석

① 분석목적

ㅇ 실증단지를 구축하는데 있어 기본설계도서에 대한 에너지 성능을 파악하여 녹색건축인증 및 건축물 에너지 효율등급인증 에 포함되는 건물 에너지성능을 만족시키는 설계 방안을 검토하기 위함

② 입력항목

ㅇ 수서실증단지 기본설계안 에너지성능 분석 입력값은 다음과 같음.

표 2.2.3.4 수서실증단지 기본설계안 에너지성능 분석 입력값

항목		입력값	비고
사용프로필		주거공간	-
열관류율 (W/㎡k)	벽체	0.168~0.211	건축물의 에너지절약설계기준 재료별 열관류율 값 반영
	간벽	0.291	
	천정	0.138~0.148	
	바닥	0.156~0.199	
	창호	0.868	
열저장능력		50	조립식 주택-〉 경량값 입력
열교가산치		외단열	-
침기율(1/h)		6	ECO2 기본 입력값 적용
열생산기기		가스보일러	고효율 콘덴싱 보일러 (효율 87%)
조명에너지부하율(W/m2)		7.8~10.5	LED 조명 포함하여 계산

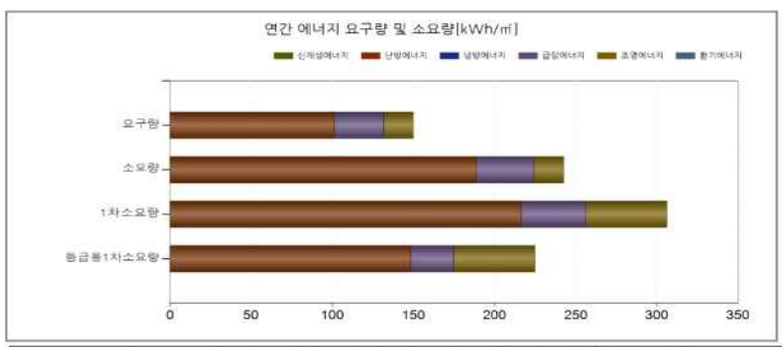
(나) 수서실증단지 에너지성능 분석결과

① 수서실증단지 에너지성능 검토 특이사항

ㅇ 수서실증단지는 일반공동주택 대비 단위세대 바닥면적이 작고 세대수가 작으며 외피면적이 큰 특징을 가지고 있음. 이는 에너지 평가프로그램인 ECO2에서 같은 단열성능, 기기를 적용하더라도 불리하게 계산되는 항목이므로 해당 항목에 대한 정교한 에너지 개선 설계가 필요함.

② 분석결과

ㅇ 수서실증단지 기본설계안에 대한 에너지성능 분석 결과 단위세대당 연간에너지소요량은 225.0 kWh/㎡로서 건축물 에너지효율등급 인증 3등급에 해당하는 것으로 분석되었음.



	신재생에너지	난방에너지	냉방에너지	급탕에너지	조명에너지	환기에너지	합계
요구량	0.0	101.1	0.0	30.7	18.3	0.0	150.0
소요량	0.0	188.6	0.0	35.6	18.3	0.0	242.5
1차소요량	0.0	216.4	0.0	39.7	50.2	0.0	306.3
CO2발생량	0.0	39.5	0.0	7.3	8.6	0.0	55.4
등급용1차소요량	0.0	148.2	0.0	26.6	50.2	0.0	225.0

그림 2.2.3.3 수서실증단지 기본설계안 에너지성능 분석 결과

(2) 수서실증단지 목표등급 설계안 도출

(가) 수서실증단지 인허가 위한 의무 항목 도출

ㅇ 수서실증단지 인허가를 위해 의무적으로 적용해야하는 항목은 다음과 같음.

표 2.2.3.5 수서실증단지 인허가 의무적용 항목

분야	구분			적용항목
성능인증	건축물에너지효율등급인증			2등급 이상 (190 kwh/㎡·y 미만)
	녹색건축물 인증			그린4등급(일반) 이상
	에너지성능지표평점 합계(EPI)			80점 이상
절감기술	단열성능 (평균열관류율)	외벽(창 및 문 포함)		0.46W/㎡·K 미만
		외벽 단열	외기직접	0.25 W/㎡k 이하
			외기간접	0.32 W/㎡k 이하
			측벽	0.20 W/㎡k 이하
		지붕		0.14W/㎡·K 미만
		바닥		0.20W/㎡·K 미만
		창호단열		1.20 W/㎡·K 미만
	문 및 창호의 기밀성 확보			2등급이상
	창면적 비율제한			벽면율50% 이상
	고효율 변압기 설치			용도별 기준부하율 적용
	가정용 보일러			에너지소비효율 1등급 제품
	전동기			고효율에너지기자재 인증제품
	난방 급탕 및 급수펌프			KS기준효율의 1.12배이상 제품
	실별온도조절장치			세대네 온도조절장치 설치

(나) 수서실증단지 목표등급 만족 설계안 도출

① 녹색건축인증 만족 설계안 도출

ㅇ 수서실증단지는 녹색건축인증 4등급을 만족해야하는 건축물임

ㅇ 수서실증단지에 적용한 녹색건축인증 점수항목은 다음과 같음

표 2.2.3.6 수서실증단지 녹색건축인증 점수항목

부문	범주	통합기준		배점	적용 점수
1. 토지이용 및 교통	1.1 생태적 가치	1.1.1	기존대지의 생태학적 가치	2	2
	1.2 인접대지영향	1.2.1	일조권 간섭방지 대책의 타당성	2	2
	1.3 거주환경의 조성	1.3.1	커뮤니티 센터 및 시설공간의 조성수준	3	0
		1.3.2	단지 내 보행자 전용도로 조성여부	3	0
		1.3.3	외부보행자 전용도로 네트워크 연계여부	2	0
	1.4 교통부하 저감	1.4.1	대중교통에의 근접성	2	2
		1.4.2	자전거 보관소 및 자전거도로 설치여부	2	0.8
		1.4.3	도시중심 및 지역중심과 단지 중심간의 거리	2	2
2. 에너지 및 환경 오염방지	2.1 에너지절약	2.1.1	에너지 성능	12	9.6
	2.2 지속가능한 에너지원 사용	2.2.1	신 • 재생에너지 이용	3	0
	2.3 지구 온난화방지	2.3.1	이산화탄소 배출 저감	3	0
		2.3.2	오존층 보호를 위하여 특정 물질의 사용 금지	3	2.1
3. 재료 및 자원	3.1 자원절약	3.1.1	가변성	3	0
	3.2 폐기물 최소화	2.2.1	생활용 가구재 사용억제 대책의 타당성	3	1.8
	3.3 생활폐기물 분리수거	3.3.1	재활용 가능자원의 분리수거	2	2
		3.3.2	음식물 쓰레기 저감	2	0.8
	3.4 지속가능한 자원 활용	3.4.1	유효자원 재활용을 위한 친환경인증제품 사용여부	3	2.4
		3.4.2	재료의 탄소배출량 정보표시	2	1.6
4. 물순환 관리	4.1 수순환체계 구축	4.1.1	우수부하 절감대책의 타당성	4	1.6
	4.2 수자원 절약	4.2.1	생활용 상수 절감 대책의 타당성	4	4.0
		4.2.2	우수이용	4	1.6
		4.2.3	중수도 설치	3	0
5. 유지관리	5.1 체계적인 현장관리	5.1.1	환경을 고려한 현장관리계획의 합리성	1	1
	5.2 효율적인 건물관리	5.2.1	운영/유지관리 문서 및 지침 제공의 타당성	2	1.6
	5.3 효율적인 세대관리	5.3.1	사용자 매뉴얼 제공	1	1
	5.4 수리용이성	5.4.1	전용부분	2	0.5
		5.4.2	공용부분	2	0.5
6. 생태환경	6.1 대지내 녹지공간조성	6.1.1	연계된 녹지축 조성	2	0
		6.1.2	자연지반 녹지율	2	0.5
	6.2 외부공간 및 건물외피의 생태적 기능 확보	6.2.1	생태면적률	10	2.5
	6.3 생물서식공간 조성	6.3.1	비오톱 조성	4	0
7. 실내환경	7.1 공기환경	7.1.1	실내공기오염물질 저방출 제품의 적용	6	4.8
		7.1.2	자연 통풍 확보 여부	3	1.8
		7.1.3	단위세대의 환기성능확보 여부	3	1.2
	7.2 온열환경	7.2.1	각 실별 자동온도조절장치 채택 여부	2	2
	7.3 음환경	7.3.1	경량 충격음 차단성능	2	2
		7.3.2	중량 충격음 차단성능	2	1
		7.3.3	세대간 경계벽의 차음성능	2	1
		7.3.4	교통소음(도로,철도)에 대한 실내·외 소음도	2	0
		7.3.5	화장실 급배수 소음	2	0
	7.4 빛환경	7.4.1	세대 내 일조 확보율	4	1.6

ㅇ 수서실증단지 녹색건축인증 평가결과 50.40점으로 녹색건축인증 4등급을 만족하였음.

표 2.2.3.7 수서실증단지 녹색건축인증 평가결과

전문분야	분야별 총점	획득점수	가중치	최종점수
토지이용 및 교통	18	8.8	15	7.35
에너지 및 환경오염	21	11.7	25	30.25
재료 및 자원	15	8.6	15	
물순환관리	15	7.2	10	
유지관리	8	4.6	5	
생태환경	18	3	10	1.70
실내환경	28	15.4	20	11.00
합 계				50.40

총 점	50.40
건축물 에너지효율등급	2등급
등 급	일 반 (그린4등급)

② 건축물 에너지효율등급 인증 만족 설계안 도출

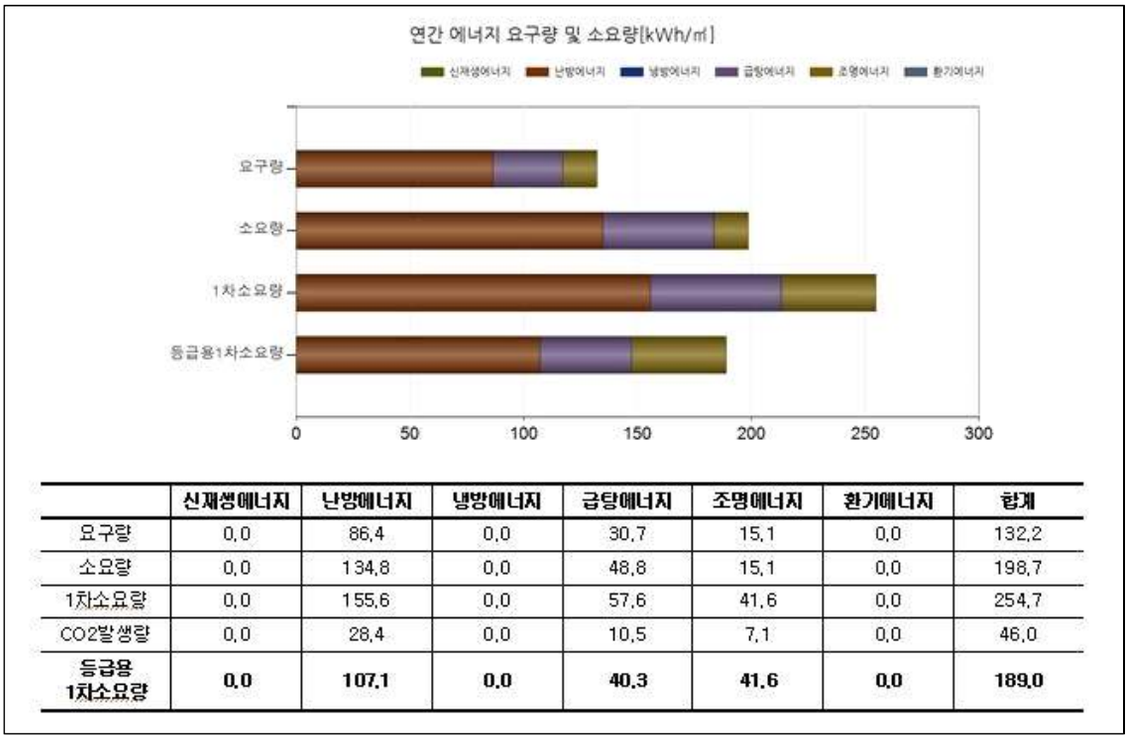
ㅇ 수서실증단지는 건축물 에너지효율등급인증 2등급을 만족해야하는 건축물임

ㅇ 자체평가결과 수서실증단지는 3등급에 해당하는 에너지 성능을 보유하고 있으므로 개선방안 검토가 필요함. 이를 위해 다음과 같은 향상방안 검토를 진행하였음

표 2.2.3.8 수서실증단지 건축물 효율등급인증 성능개선방안 검토

검토 단계	검토사항	세부사항	비고
1차 검토	창호 입력값 변경	창호 0.88	실시설계 설치예정 창호
	보일러 효율 변경	효율 91% 입력	-
	전열교환기 설치	-	비용 및 설계변경 문제로 적용 어려움
	외단열 입력	-	평가기관과 협의 필요
	신재생에너지 설치	태양광 100㎡	비용 문제로 적용 어려움
	발코니창 설치	-	전면 발코니창 설치 힘듬
2차 검토	최신도서 적용	사업승인도서	외벽변경, 설계변경 적용
	발코니창 설치	입면의 1/2설치	폐쇄형 발코니에만 적용 ->비용 및 심의 문제로 적용 어려움
	보일러 통합 (1보일러로 2세대 공급안)	18type 2세대 통합	각 type별 보일러 통합방안을 검토하였음 창호, 보일러효율 까지 적용하면 2등급 만족하나 시공 / 운영 상의 문제점이 발생할 것으로 예상됨
		18,27type 2세대 통합	
		18,36type 2세대 통합	
		B동 전체 2세대 통합	
3차 검토	보일러 통합 (층별 중앙난방안)	B동 5,6층 보일러 통합 (1)	18type 세대 / B동 전체에 대한 층별 중앙난방(Cascade 방식) 검토진행 (1)안은 보일러 용량 48000 kcal/hr적용 (2)안은 보일러 용량 13000 kcal/hr적용 (2)안의 용량 적용하고 창호, 보일러효율 91% 적용시 2등급 만족
		B동 5,6층 보일러 통합 (2)	
		B동 전체 보일러 통합 (1)	
		B동 전체 보일러 통합 (2)	

○ 상기 개선안을 적용한 건축물 에너지효율등급인증 평가결과는 189.0kWh/㎡ 로서 목표등급인 2등급을 만족하는 것으로 검토되었음.



	신재생에너지	난방에너지	냉방에너지	급탕에너지	조명에너지	환기에너지	합계
요구량	0.0	86.4	0.0	30.7	15.1	0.0	132.2
소요량	0.0	134.8	0.0	48.8	15.1	0.0	198.7
1차소요량	0.0	155.6	0.0	57.6	41.6	0.0	254.7
CO2발생량	0.0	28.4	0.0	10.5	7.1	0.0	46.0
등급용 1차소요량	**0.0**	**107.1**	**0.0**	**40.3**	**41.6**	**0.0**	**189.0**

그림 2.2.3.4 수서실증단지 설계개선안 건축물 에너지효율등급 분석결과

(다) 수서실증단지 친환경 에너지절감 적용항목 정리

○ 수서실증단지 에너지절감 설계 적용항목은 다음과 같음

표 2.2.3.9 수서실증단지 에너지절감 설계 적용항목

분야	구분			성능목표	수서실증단지 설계적용 값
성능 인증	건축물에너지효율등급인증			2등급 이상 (190 kwh/㎡·y 미만)	2등급 (189.0 kwh/㎡·y)
	녹색건축물 인증			일반(그린4)등급 이상	일반(그린4)등급
	에너지성능지표평점 합계(EPI)			80점 이상	80점 이상
절감 기술	단열성능 (평균열관류율)	외벽(창 및 문 포함)		0.46W/㎡·K 미만	0.46W/㎡·K 미만
		외벽 단열	외기직접	0.25 W/㎡k 이하	0.167 W/㎡k
			외기간접	0.32 W/㎡k 이하	0.291 W/㎡k
			측벽	0.20 W/㎡k 이하	0.167 W/㎡k
		지붕		0.14W/㎡·K 미만	0.129 W/㎡k
		바닥		0.20W/㎡·K 미만	0.141 W/㎡k
		창호단열		1.20 W/㎡·K 미만	0.868 W/㎡k
	문 및 창호의 기밀성 확보			2등급이상	1등급 제품 사용
	창면적 비율제한			벽면율50% 이상	벽면율50% 이상
	고효율 변압기 설치			용도별 기준부하율 적용	해당사항 없음
	가정용 보일러			에너지소비효율 1등급 제품	에너지소비효율 1등급 제품
	전동기			고효율에너지기자재 인증제품	해당사항 없음
	난방 급탕 및 급수펌프			KS기준효율의 1.12배이상 제품	해당사항 없음

(3) 3차년: 가양실증단지 실시설계 검토 및 목표등급 설계 적용방안 도출

연구목표

- 가양실증단지 실시설계 검토 및 목표등급 설계 적용방안 도출

연구내용

- 가양실증단지 기본설계도서 분석
  - 녹색건축인증 검토 및 에너지성능 해석
- 가양실증단지 목표등급 설계 적용방안 도출
  - 녹색건축인증 검토
  - 건축물 에너지효율등급인증 검토 및 목표등급 만족 설계 방안 도출

최종성과물

- 가양실증단지 설계반영 계획서 1건
- 수서실증단지 건축인증 예비인증 획득 2건 ->보류

(가) 가양실증단지 기본설계도서 에너지성능 분석

① 가양실증단지 에너지 성능 수준

- 2차년도에 진행한 수서실증단지 에너지 성능 도출을 바탕으로 수서실증단지의 주요한 설계요소를 가양실증단지에 적용하였음
- 연구진행과정에서 도시형생활주택규모에 대한 한계사항이 발생하여 서울시와의 협의로 건축물 에너지효율등급 인증 목표등급을 2등급에서 3등급으로 조정하였음.
- 가양실증단지에 적용된 에너지 성능 값은 다음과 같음

표 2.2.3.10 가양실증단지 기본설계안 에너지 성능 값

항목		입력값	비고
사용프로필		주거공간	-
열관류율 (W/㎡k)	벽체	0.131~0.190	벽체는 수서실증단지보다 강화 창호는 성능하락
	간벽	0.291	
	천정	0.119	
	바닥	0.188	
	창호	1.240	
열저장능력		50	조립식 주택-〉 경량값 입력
열교가산치		외단열	-
침기율(1/h)		6	ECO2 기본 입력값 적용
열생산기기		가스보일러	고효율 콘덴싱 보일러 (효율 87%)
조명에너지부하율(W/m2)		7.13~7.40	효율향상

② 건축물 에너지효율등급 인증 목표등급 변경에 따른 설계합리화

- 가양실증단지 인허가시 도시형생활주택규모에 대한 서울시와의 협의로 건축물 에너지효율등급 인증 목표등급을 2등급에서 3등급으로 조정하였음.

(나) 가양실증단지 목표등급 설계 적용방안 도출

① 가양실증단지 녹색건축인증 목표등급 획득 방안

㉠ 건축물 에너지효율등급 인증 조정에 따른 변경

○ 건축물 에너지효율등급 인증 목표등급 변경으로 녹색건축인증 에너지항목의 점수가 변동되면서 녹색건축인증 전체 적용항목에 변동이 발생하였음

○ 변동된 항목별 적용점수는 다음과 같음

표 2.2.3.11 가양실증단지 녹색건축인증 점수 변경항목

부문	범주	통합기준		배점	적용점수
1. 토지이용 및 교통	1.1 생태적 가치	1.1.1	기존대지의 생태학적 가치	2	2
	1.2 인접대지영향	1.2.1	일조권 간섭방지 대책의 타당성	2	0
	1.3 거주환경의 조성	1.3.1	커뮤니티 센터 및 시설공간의 조성수준	3	0
		1.3.2	단지 내 보행자 전용도로 조성여부	3	0
		1.3.3	외부보행자 전용도로 네트워크 연계여부	2	0
	1.4 교통부하 저감	1.4.1	대중교통에의 근접성	2	2
		1.4.2	자전거 보관소 및 자전거도로 설치여부	2	0.8
		1.4.3	도시중심 및 지역중심과 단지 중심간의 거리	2	2
2. 에너지 및 환경오염 방지	2.1 에너지절약	2.1.1	에너지 성능	12	7.2
	2.2 지속가능한 에너지원 사용	2.2.1	신 · 재생에너지 이용	3	0
	2.3 지구 온난화방지	2.3.1	이산화탄소 배출 저감	3	0
		2.3.2	오존층 보호를 위하여 특정 물질의 사용 금지	3	1.2
3. 재료 및 자원	3.1 자원절약	3.1.1	가변성	3	3
	3.2 폐기물 최소화	3.2.1	생활용 가구재 사용억제 대책의 타당성	3	0
	3.3 생활폐기물 분리수거	3.3.1	재활용 가능자원의 분리수거	2	2
		3.3.2	음식물 쓰레기 저감	2	0.8
	3.4 지속가능한 자원 활용	3.4.1	유효자원 재활용을 위한 친환경인증제품 사용여부	3	2.4
		3.4.2	재료의 탄소배출량 정보표시	2	2
4. 물순환 관리	4.1 수순환체계 구축	4.1.1	우수부하 절감대책의 타당성	4	1.6
	4.2 수자원 절약	4.2.1	생활용 상수 절감 대책의 타당성	4	4
		4.2.2	우수이용	4	2.8
		4.2.3	중수도 설치	3	0
5. 유지관리	5.1 체계적인 현장관리	5.1.1	환경을 고려한 현장관리계획의 합리성	1	0.7
	5.2 효율적인 건물관리	5.2.1	운영/유지관리 문서 및 지침 제공의 타당성	2	2
	5.3 효율적인 세대관리	5.3.1	사용자 매뉴얼 제공	1	1
	5.4 수리용이성	5.4.1	전용부분	2	1
		5.4.2	공용부분	2	1
6. 생태환경	6.1 대지내 녹지공간조성	6.1.1	연계된 녹지축 조성	2	0
		6.1.2	자연지반 녹지율	2	0.5
	6.2 외부공간 및 건물외피의 생태적 기능 확보	6.2.1	생태면적률	10	2.5
	6.3 생물서식공간 조성	6.3.1	비오톱 조성	4	0
7. 실내환경	7.1 공기환경	7.1.1	실내공기오염물질 저방출 제품의 적용	6	6
		7.1.2	자연 통풍 확보 여부	3	1.2
		7.1.3	단위세대의 환기성능확보 여부	3	2.4
	7.2 온열환경	7.2.1	각 실별 자동온도조절장치 채택 여부	2	2
	7.3 음환경	7.3.1	경량 충격음 차단성능	2	0.5
		7.3.2	중량 충격음 차단성능	2	0.5
		7.3.3	세대간 경계벽의 차음성능	2	1
		7.3.4	교통소음(도로,철도)에 대한 실내·외 소음도	2	0
		7.3.5	화장실 급배수 소음	2	2
	7.4 빛환경	7.4.1	세대 내 일조 확보율	4	4

ㅇ 가양실증단지 녹색건축인증 평가결과 50.75점으로 녹색건축인증 4등급을 만족하였음.

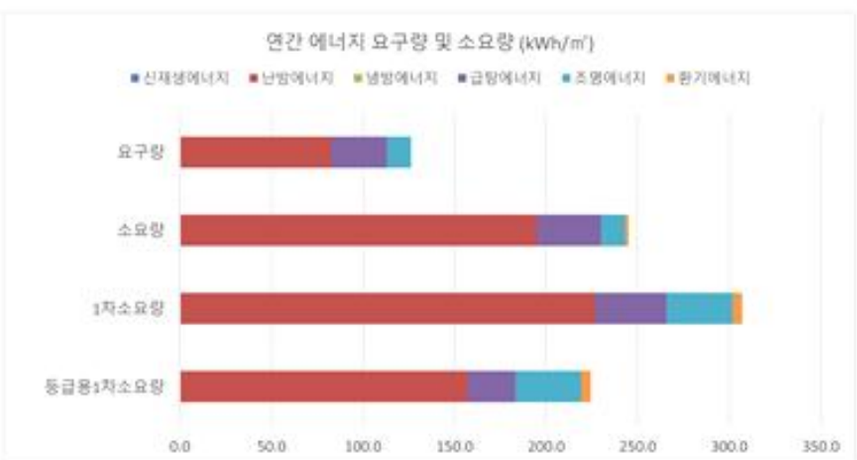
표 2.2.3.12 가양실증단지 녹색건축인증 변경항목 평가결과

전문분야	분야별 총점	획득점수	가중치	최종점수
토지이용 및 교통	18	6.8	15	5.70
에너지 및 환경오염	21	8.4	25	29.35
재료 및 자원	15	10.2	15	
물순환관리	15	8.4	10	
유지관리	8	5.7	5	
생태환경	18	3.0	10	1.70
실내환경	28	19.6	20	14.00
합 계				50.75

총 점	50.75
건축물 에너지효율등급	3등급
등 급	일 반 (그린4등급)

② 가양실증단지 건축물 에너지효율등급 성능 분석

ㅇ 가양실증단지에 대한 건축물 에너지효율등급 인증 평가를 실시한 경과 224.5 kWh/㎡ 로서 건축물 에너지 효율등급 인증 3등급을 만족하는 에너지 성능을 보유한 것으로 검토되었음.



(kWh/㎡·yr)

	신재생에너지	난방에너지	냉방에너지	급탕에너지	조명에너지	환기에너지	통계
요구량	0.0	82.5	0.0	30.7	13.1	0.0	126.3
소요량	0.0	195.1	0.0	34.9	13.1	1.9	245.0
1차소요량	0.0	226.9	0.0	39.0	36.1	5.2	307.2
CO2발생량	0.0	41.4	0.0	7.1	6.2	0.9	55.6
등급용1차소요량	0.0	157.1	0.0	26.1	36.1	5.2	224.5

그림 2.2.3.5 가양실증단지 건축물 에너지효율등급 분석결과

(4) 4차년: 수서실증단지 목표등급 설계 적용방안 도출 및 가양실증단지 건축인증 예비인증 획득

연구목표

- 수서실증단지 목표등급 설계 적용방안 도출 및 가양실증단지 건축인증 예비인증 획득

연구내용

- 수서실증단지 목표등급 설계 적용방안 도출
  - 녹색건축인증 검토 및 에너지성능 해석
- 가양실증단지 건축인증 예비인증 획득
  - 녹색건축인증 예비인증 획득
  - 건축물 에너지효율등급인증 예비인증 획득

최종성과물

- 수서단지 설계반영 계획서 1건
- 가양실증단지 건축인증 예비인증 획득 2건

(가) 수서실증단지 목표등급 설계 적용방안 도출

① 건축물 에너지효율등급 인증 목표등급 변경에 따른 설계합리화

- ㅇ 가양실증단지 인허가시 도시형생활주택규모에 대한 서울시와의 협의로 건축물 에너지효율등급 인증 목표등급을 2등급에서 3등급으로 조정하였음.
- ㅇ 수서실증단지의 경우 2차년도에 건축물 에너지효율등급 2등급에 준하는 성능을 만족하고자 해당 건물규모에 적절하지 않은 설계요소가 다수 적용되었음.
- ㅇ 가양실증단지의 등급조정에 따른 수서실증단지 목표등급 조정으로 일부 설계변경을 통해 건물규모에 적절한 합리적인 설계안을 적용하였음.

표 2.2.3.13 수서실증단지 설계안 변경값 정리

항목		입력값	변경값	비고
사용프로필		주거공간		-
열관류율 (W/㎡k)	벽체	0.168~0.211	0.143~0.196	단열성능 강화 (창호는 기존안 유지)
	간벽	0.291	0.276	
	천정	0.138~0.148	0.129	
	바닥	0.156~0.199	0.244	
	창호	0.868	0.868	
열저장능력		50	50	유지
열교가산치		외단열	외단열	
침기율(1/h)		6	6	
열생산기기		가스보일러	가스보일러	Cascade방식에서 개별보일러로 변경
조명에너지부하율(W/m2)		7.8~10.5	10.5~11.2	소폭 상승

② 수서실증단지 녹색건축인증 목표등급 획득 방안

○ 건축물 에너지효율등급 인증 목표등급 변경으로 녹색건축인증 에너지항목의 점수가 변동되면서 녹색건축인증 전체 적용항목에 변동이 발생하였음

○ 변동된 항목별 적용점수는 다음과 같음

표 2.2.3.14 수서실증단지 녹색건축인증 점수 변경항목

부문	범주	통합기준		배점	적용점수
1. 토지이용 및 교통	1.1 생태적 가치	1.1.1	기존대지의 생태학적 가치	2	2
	1.2 인접대지영향	1.2.1	일조권 간섭방지 대책의 타당성	2	2
	1.3 거주환경의 조성	1.3.1	커뮤니티 센터 및 시설공간의 조성수준	3	0.9
		1.3.2	단지 내 보행자 전용도로 조성여부	3	0
		1.3.3	외부보행자 전용도로 네트워크 연계여부	2	0
	1.4 교통부하 저감	1.4.1	대중교통에의 근접성	2	2
		1.4.2	자전거 보관소 및 자전거도로 설치여부	2	0.8
		1.4.3	도시중심 및 지역중심과 단지 중심간의 거리	2	2
2. 에너지 및 환경 오염방지	2.1 에너지절약	2.1.1	에너지 성능	12	7.2
	2.2 지속가능한 에너지원 사용	2.2.1	신·재생에너지 이용	3	0
	2.3 지구 온난화방지	2.3.1	이산화탄소 배출 저감	3	0
		2.3.2	오존층 보호를 위하여 특정 물질의 사용 금지	3	2.1
3. 재료 및 자원	3.1 자원절약	3.1.1	가변성	3	3
	3.2 폐기물 최소화	3.2.1	생활용 가구재 사용억제 대책의 타당성	3	0
	3.3 생활폐기물 분리수거	3.3.1	재활용 가능자원의 분리수거	2	2
		3.3.2	음식물 쓰레기 저감	2	0.8
	3.4 지속가능한 자원 활용	3.4.1	유효자원 재활용을 위한 친환경인증제품 사용여부	3	3
		3.4.2	재료의 탄소배출량 정보표시	2	2
4. 물순환 관리	4.1 수순환체계 구축	4.1.1	우수부하 절감대책의 타당성	4	1.6
	4.2 수자원 절약	4.2.1	생활용 상수 절감 대책의 타당성	4	4
		4.2.2	우수이용	4	1.6
		4.2.3	중수도 설치	3	0
5. 유지관리	5.1 체계적인 현장관리	5.1.1	환경을 고려한 현장관리계획의 합리성	1	0.7
	5.2 효율적인 건물관리	5.2.1	운영/유지관리 문서 및 지침 제공의 타당성	2	2
	5.3 효율적인 세대관리	5.3.1	사용자 매뉴얼 제공	1	1
	5.4 수리용이성	5.4.1	전용부분	2	1
		5.4.2	공용부분	2	1
6. 생태환경	6.1 대지내 녹지공간조성	6.1.1	연계된 녹지축 조성	2	0
		6.1.2	자연지반 녹지율	2	0.5
	6.2 외부공간 및 건물외피의 생태적 기능 확보	6.2.1	생태면적률	10	2.5
	6.3 생물서식공간 조성	6.3.1	비오톱 조성	4	0
7. 실내환경	7.1 공기환경	7.1.1	실내공기오염물질 저방출 제품의 적용	6	6
		7.1.2	자연 통풍 확보 여부	3	1.8
		7.1.3	단위세대의 환기성능확보 여부	3	1.2
	7.2 온열환경	7.2.1	각 실별 자동온도조절장치 채택 여부	2	2
	7.3 음환경	7.3.1	경량 충격음 차단성능	2	0.5
		7.3.2	중량 충격음 차단성능	2	0.5
		7.3.3	세대간 경계벽의 차음성능	2	0
		7.3.4	교통소음(도로,철도)에 대한 실내·외 소음도	2	0
		7.3.5	화장실 급배수 소음	2	2
	7.4 빛환경	7.4.1	세대 내 일조 확보율	4	1.6

○ 수서실증단지 녹색건축인증 평가결과 51.15점으로 녹색건축인증 4등급을 만족하였음.

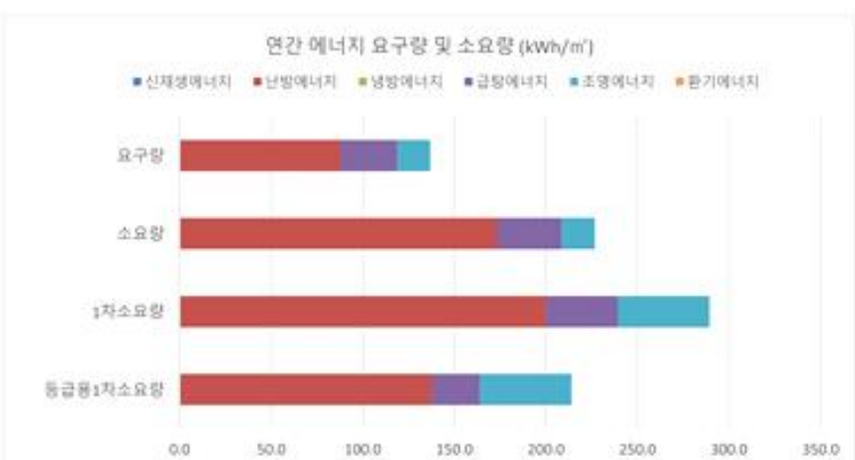
표 2.2.3.15 수서실증단지 녹색건축인증 변경항목 평가결과

전문분야	분야별 총점	획득점수	가중치	최종점수
토지이용 및 교통	18	9.7	15	8.10
에너지 및 환경오염	21	9.3	25	30.15
재료 및 자원	15	10.8	15	
물순환관리	15	7.2	10	
유지관리	8	5.7	5	
생태환경	18	3.0	10	1.70
실내환경	28	15.6	20	11.20
합 계				51.15

총 점	51.15
건축물 에너지효율등급	3등급
등 급	일 반 (그린4등급)

③ 수서실증단지 건축물 에너지효율등급인증 목표등급 획득 방안

○ 변경된 설계안을 적용하여 건축물 에너지효율등급 인증 평가를 실시한 경과 214.0 kWh/㎡ 로서 건축물 에너지 효율등급 인증 3등급을 만족하는 에너지 성능을 보유한 것으로 검토되었음.



(kWh/m²yr)

	신재생에너지	난방에너지	냉방에너지	급탕에너지	조명에너지	환기에너지	통계
요구량	0.0	87.9	0.0	30.7	18.3	0.0	136.9
소요량	0.0	173.3	0.0	35.2	18.3	0.0	226.8
1차소요량	0.0	199.9	0.0	39.3	50.2	0.0	289.4
CO2발생량	0.0	36.5	0.0	7.2	8.6	0.0	52.3
등급용1차소요량	0.0	137.5	0.0	26.3	50.2	0.0	214.0

그림 2.2.3.6 수서실증단지 변경 설계안 건축물 에너지효율등급 분석결과

(나) 가양실증단지 건축인증 예비인증 획득

① 녹색건축인증 예비인증 획득

ㅇ 가양실증단지 녹색건축인증 예비인증 평가결과 결과는 다음과 같음.

그림 2.2.3.7 가양실증단지 녹색건축인증 예비인증서

② 건축물 에너지효율등급인증 예비인증 획득

ㅇ 가양실증단지 건축물 에너지효율등급인증 예비인증 결과는 다음과 같음.

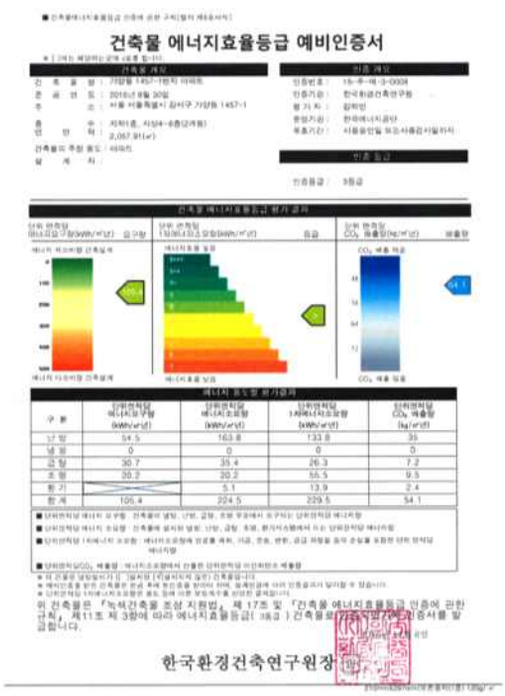


그림 2.2.3.8 가양실증단지 건축물 에너지효율등급 인증 예비인증서

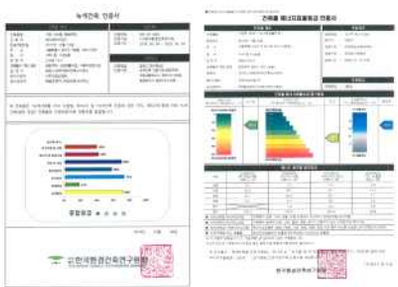
(5) 5차년: 가양실증단지 건축인증 본인증 획득 및 조립식 주택 건축인증 획득 가이드라인 작성

연구목표

- 가양실증단지 건축인증 본인증 획득 및 조립식 주택 건축인증 획득 가이드라인 작성

연구내용

- 가양실증단지 건축인증 본인증 획득
  - 가양실증단지 녹색건축인증 본인증 획득
  - 가양실증단지 건축물 에너지효율등급인증 본인증 획득
- 가양실증단지 현장측정 실시
  - 가양실증단지 건축 친환경수준 현장 측정
- 조립식주택 건축인증 획득 가이드라인 작성



최종성과물

- 가양실증단지 건축인증 본인증 획득 2건
- 가양실증단지 단열성능 보고서 1건
- 조립식주택 건축인증 획득 가이드라인 1건
- 국내 등재논문 1건

(가) 가양실증단지 건축인증 본인증 획득

① 녹색건축인증 본인증 획득

○ 가양실증단지 녹색건축인증 본인증 평가결과 결과는 다음과 같음.

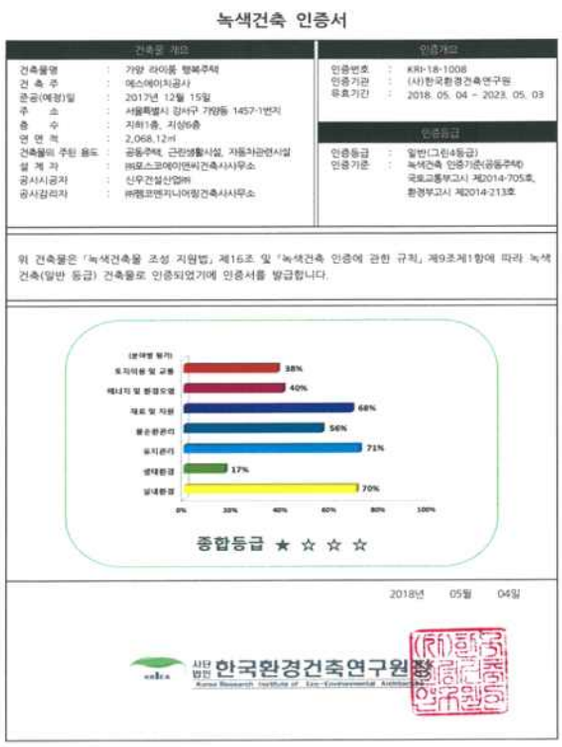
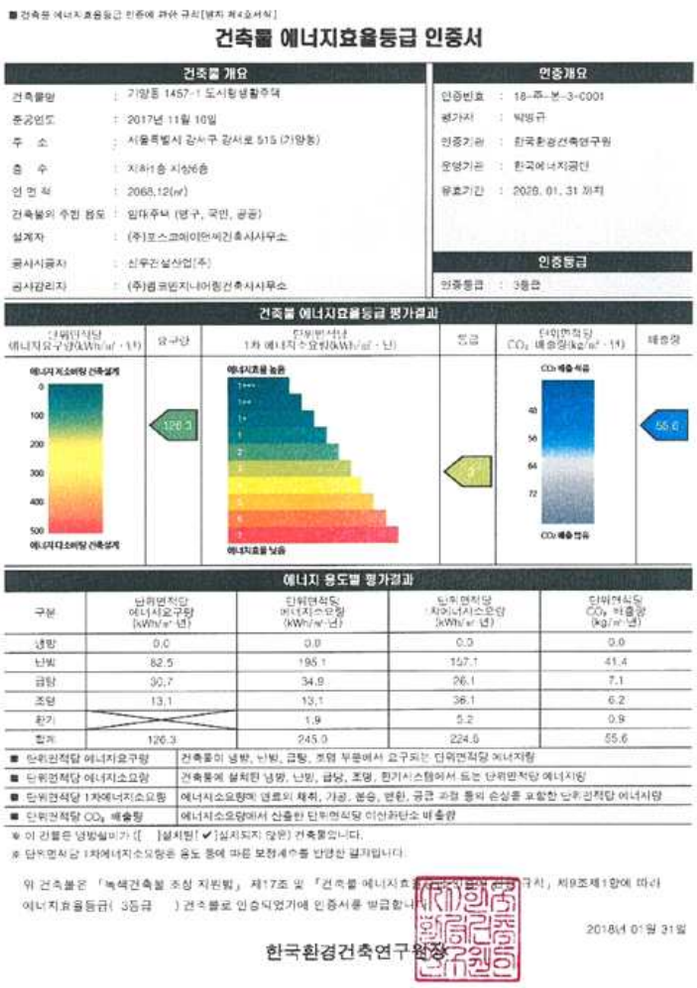


그림 2.2.3.9 가양실증단지 녹색건축인증 본인증서

② 건축물 에너지효율등급인증 본인증 획득

ㅇ 가양실증단지 건축물 에너지효율등급인증 본인증 결과는 다음과 같음.



■ 건축물 에너지효율등급 인증에 관한 규칙 [별지 제4호서식]

건축물 에너지효율등급 인증서

건축물 개요		인증개요	
건축물명	: 가양동 1457-1 도시형생활주택	인증번호	: 18-주-본-3-C001
준공연도	: 2017년 11월 10일	평가사	: 박병규
주 소	: 서울특별시 강서구 강서로 515 (가양동)	인증기관	: 한국환경건축연구원
층 수	: 지하1층 지상6층	운영기관	: 한국에너지공단
연 면 적	: 2068.12(㎡)	유효기간	: 2028. 01. 31 까지
건축물의 주된 용도	: 임대주택 (영구, 국민, 공공)		
설계자	: (주)포스코의이앤씨건축사사무소		
공사시공자	: 신우건설산업(주)		
공사감리자	: (주)범코엔지니어링건축사사무소		

인증등급
인증등급 : 3등급

건축물 에너지효율등급 평가결과

단위면적당 에너지요구량(kWh/㎡·년)	등급	단위면적당 1차 에너지소요량(kWh/㎡·년)	등급	단위면적당 CO_2 배출량(kg/㎡·년)	등급
126.3			3	55.6	

에너지 용도별 평가결과

구분	단위면적당 에너지요구량 (kWh/㎡·년)	단위면적당 에너지소요량 (kWh/㎡·년)	단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/㎡·년)	단위면적당 CO_2 배출량 (kg/㎡·년)
냉방	0.0	0.0	0.0	0.0
난방	82.5	195.1	157.1	41.4
급탕	30.7	34.9	26.1	7.1
조명	13.1	13.1	36.1	6.2
환기		1.9	5.2	0.9
합계	126.3	245.0	224.6	55.6

■ 단위면적당 에너지요구량 : 건축물의 냉방, 난방, 급탕, 조명 부문에서 요구되는 단위면적당 에너지량
■ 단위면적당 에너지소요량 : 건축물에 설치된 냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기시스템에서 쓰는 단위면적당 에너지량
■ 단위면적당 1차에너지소요량 : 에너지소요량에 연료의 채취, 가공, 운송, 변환, 공급 과정 등의 손실을 포함한 단위면적당 에너지량
■ 단위면적당 CO_2 배출량 : 에너지소요량에서 산출한 단위면적당 이산화탄소 배출량

※ 이 건물은 냉방설비가 ([ ]설치됨 [✓]설치되지 않음) 건축물입니다.
※ 단위면적당 1차에너지소요량은 용도 등에 따른 보정계수를 반영한 결과입니다.

위 건축물은 「녹색건축물 조성 지원법」 제17조 및 「건축물 에너지효율등급 인증에 관한 규칙」 제9조제1항에 따라 에너지효율등급(3등급)의 건축물로 인증되었기에 인증서를 발급합니다.

2018년 01월 31일

한국환경건축연구원장

그림 2.2.3.10 가양실증단지 건축물 에너지효율등급 인증 본인증서

(나) 가양실증단지 현장측정 실시

① 조도 현장측정

ㅇ 가양실증단지 실내 자연광 유입에 대한 측정을 위해 실내 조도를 측정하였음

ㅇ 주거시설의 적절한 조도기준은 작업면 기준으로 거실 30-40-60(lx), 주방 60-100-150 (lx)임.

ㅇ 가양실증단지 조도 현장측정은 동지(12월22일) 12시경에 실시하였음

ㅇ 가양실증단지 각 실별 거리에 따른 조도분포는 다음과 같음

표 2.2.3.16 가양실증단지 각 실별 조도분포

단위(lx)	0mm	50mm	100mm	150mm	200mm	250mm	300mm	350mm	400mm	450mm
101동 204호	4,881	4,473	3,221	2,020	1,095	628	334	214	189	147
101동 401호	18,837	17,119	15,884	12,406	2,450	1,554	1,098	907	582	303
101동 601호	20,112	19,800	18,343	15,077	2,280	1,601	1,395	1,077	850	774
102동 202호	18,624	17,825	17,785	14,140	2,250	1,244	859	647	541	374
102동 402호	20,060	19,450	19,334	13,954	2,573	1,688	1,224	909	721	592

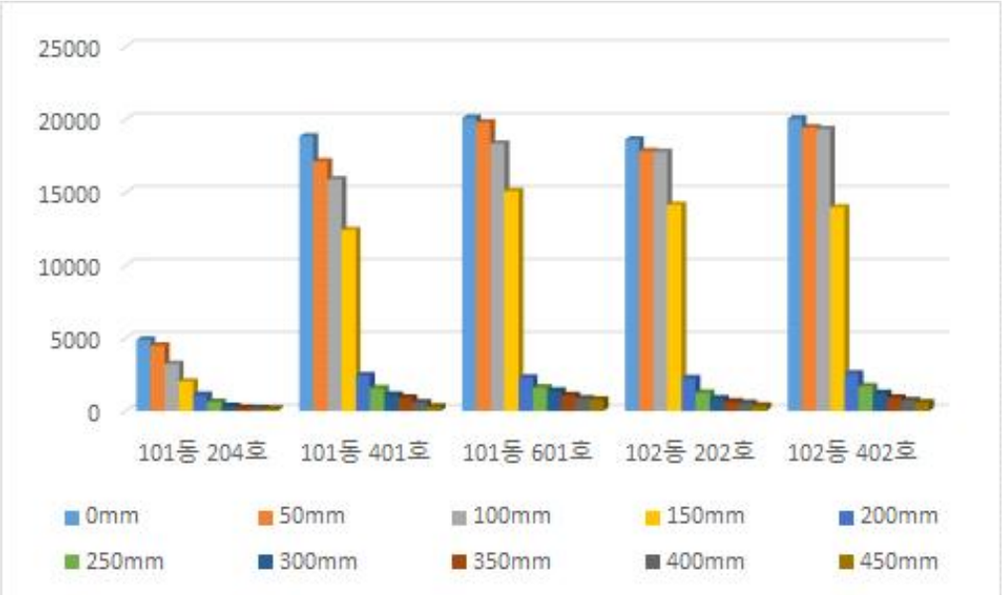


그림 2.2.3.11 가양실증단지 각 실별 조도분포

○ 가양실증단지 조도 현장측정결과 단위세대에 유입되는 일사량은 조도기준을 만족하는 것으로 확인되었음

② 열화상카메라 측정

○ 가양실증단지 외피 및 실내의 온도분포를 검토하기 위해 열화상카메라를 활용한 측정을 실시하였음

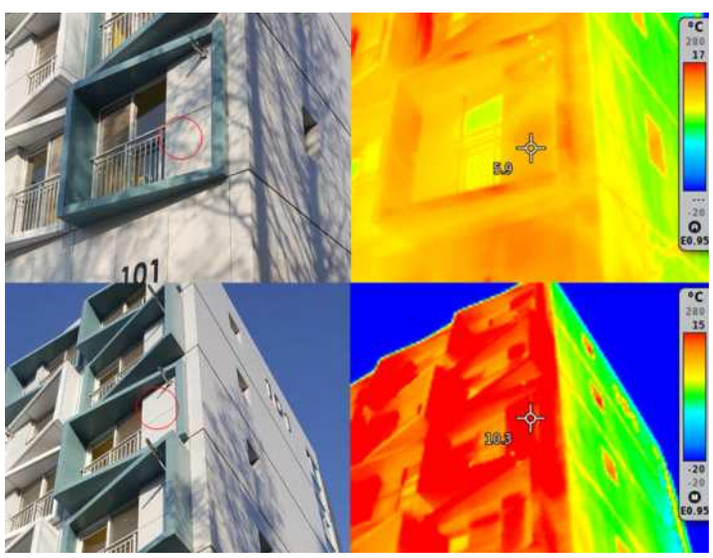


그림 2.2.3.12 가양실증단지 외부 열화상 이미지

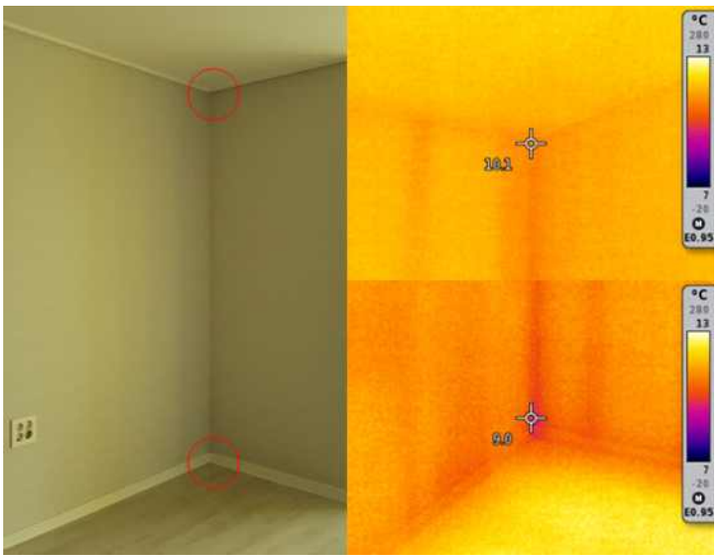


그림 2.2.3.13 가양실증단지 실내 열화상 이미지

- ㅇ 가양실증단지 외피 열화상 측정결과 창호중앙부의 경우 온도차이가 발생하였으나 창호인접부와 건물 외피에서 고른 온도분포를 나타내는 것으로 측정되었음
- ㅇ 가양실증단지 실내 열화상 측정결과 고른 온도분포를 나타내었으나 벽체의 스터드 부위는 다른부위보다 미세하게 낮은 온도분포를 나타내는 것으로 측정되었음. 추후 스터드 부위에 대한 단열조치 등을 통해 열교를 적극적으로 방지할 수 있을 것으로 검토됨.

③ 실내외 온습도 분포 측정

- ㅇ 가양실증단지에 대해 실내외 온습도를 측정하여 온열성능을 확인하였음
- ㅇ 가양실증단지 온습도 측정은 동지를 기준으로 하여 12/20~12/22에 실시하였음
- ㅇ 측정장비는 Testo사의 174H 데이터 로거를 활용하였음

그림 2.2.3.14 가양실증단지 실내외 온습도 측정

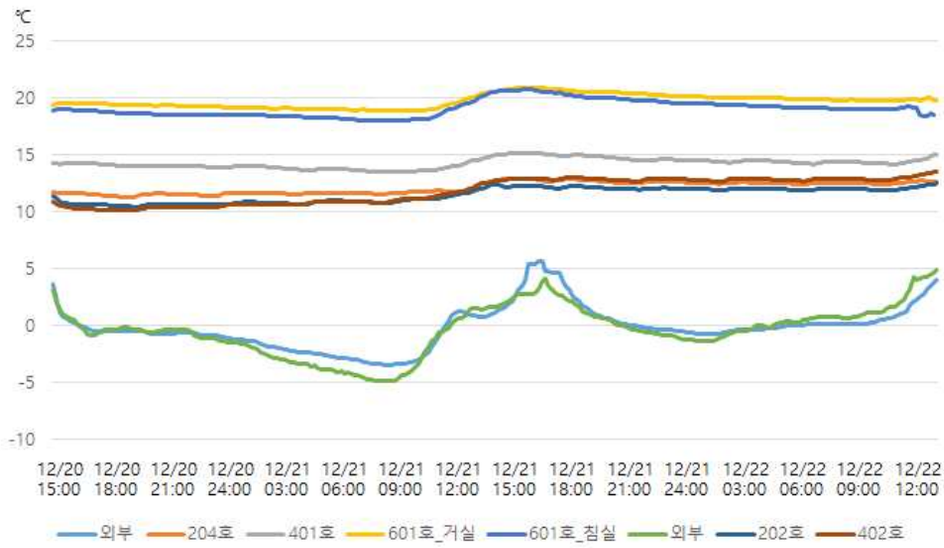


그림 2.2.3.15 가양실증단지 실내외 온도분포

- ㅇ 601호의 경우 실내온도 조절장치를 외출모드로 설정하여 최소한만 작동되도록 설정하였으며 나머지 실들은 난방장치를 가동하지 않는 것으로 설정하였음.
- ㅇ 측정결과 외기의 온도변화와 관계없이 실내는 일정한 온도를 유지하는 것으로 측정되었음.

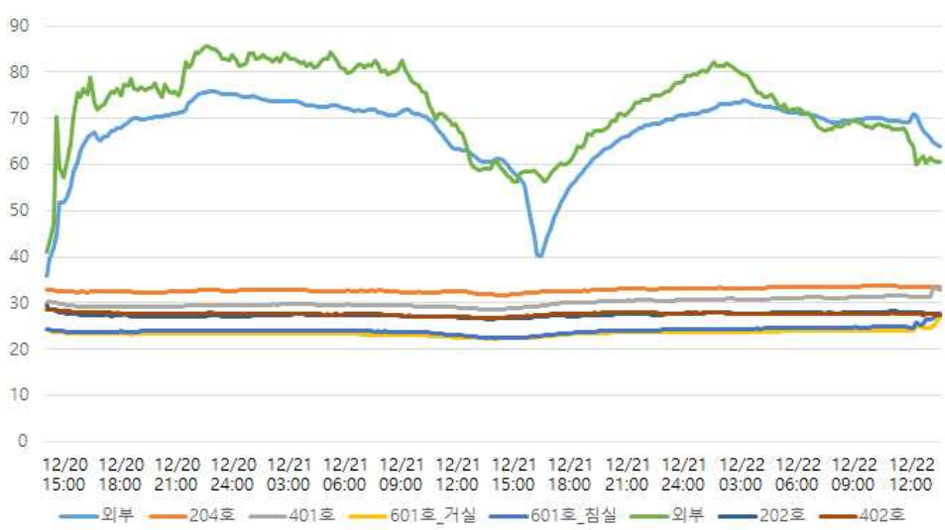


그림 2.2.3.16 가양실증단지 실내외 습도분포

- ㅇ 측정시점에 강설로 인해 외기습도가 높은 상황이었으나 건물의 기밀한 설계로 인해 실내는 적정습도를 유지하는 것으로 측정되었음.
- ㅇ 온도분포와 마찬가지로 외기의 습도변화와 관계없이 실내는 일정한 습도를 유지하는 것으로 측정되었음.

(다) 조립식주택 건축인증 획득 가이드라인 작성

④ 가이드라인 작성 목적

o 조립식공법을 이용한 공공주거단지를 계획하는 과정에서 친환경적이고 에너지를 적게 소비하는 건물로 계획되도록 녹색건축인증, 건축물 에너지효율등급 인증조건을 만족하는 설계를 적용하는 과정에서 어려움과 시행착오를 줄여 조립식 공법을 활용한 도시형 생활주택 보급을 활성화하고자 함.

⑤ 건축인증 획득 가이드라인

㉠ 건축인증 획득 프로세스

그림 2.2.3.17 조립식주택 건축인증 획득 프로세스

o 일반적으로 조립식 주택을 활용한 공동주택의 건축인증획득은 일반 공동주택과 비교하여 어려운 편임. 따라서 인허가를 위해서 의무적으로 적용해야하는 목표등급을 파악하여 해당 등급을 만족하는 성능을 적용하는 것이 우선적으로 필요함

o 녹색건축인증의 경우 필수항목을 비롯한 중요항목에 대한 검토를 통해 적용수준을 검토하고 그에 따른 목표 인증점수를 채워나가는 방식으로 적용하는 것이 타당함

o 가중치가 높은 항목이나 다른 인증과 중복되는 항목에 대한 적용을 우선시하면 좀 더 효율적인 설계를 적용할 수 있음.

㉡ 녹색건축인증 획득 가이드라인

o 녹색건축인증의 공동주택 항목은 일반적으로 대단지 규모의 공동주택을 대상으로 적용가능한 항목이 많으며, 실증단지와 같은 도시형생활주택 규모의 공동주택에서는 적용이 불가능한 항목도 다수 존재함.

o 따라서 실증단지 규모의 공동주택은 녹색건축인증 획득을 위해서 전략적인 항목 선정과 설계요소 도입을 검토할 필요가 있음.

o 이를 위해 우선적으로 필수항목을 중심으로 점수를 획득하고, 적용 가능한 항목에서 최대한의 배점을 획득하는 것을 목표로 하는 것이 타당함.

o 항목별 가중치가 높은 항목에서 주요한 점수를 획득하고, 건축물 에너지효율등급 인증과 관계있는 항목에 대한 설계를 적용하는 것이 시공성, 경제성 등을 고려했을 때 유리한 것으로 검토되었음.

o 기존 녹색건축인증 평가기준에는 조립식 주택에 유리한 평가항목이 일부 존재하였으나, 2016년 개정된 녹색건축인증 평가기준에서는 해당 항목이 제외되어 조립식 주택의 특성을 반영한 인증 획득은 불가능한 것으로 검토되었음.

㉢ 건축물 에너지효율등급 인증 획득 가이드라인

o 건축물 에너지효율등급 인증 산정에 사용되는 프로그램인 ECO2에서는 바닥면적이 작거나, 세대 수가 작거나, 외피면적이 큰 건축물의 경우 동등 성능을 보유하더라도 더 열악하게 계산되는 특성이 있음.

o 따라서 바닥면적이 작은 도시형생활주택에서는 일반 건축물보다 더 치밀한 에너지 성능을 보유하도록 계획을 수립해야함.

- ㅇ 에너지절약설계기준에 의거한 벽체의 단열을 적용하고, 동등성능 이상의 단열, 기밀성능을 가진 창호의 적용도 필수적임. 장비는 고효율 제품 적용을 원칙으로 하고 바닥면적에 알맞은 용량을 산정하여 효과를 극대화 하는 것이 필요함
- ㅇ 공장제작과정에서부터 기밀구역을 정확하게 설정하여 시공하고 해당 구역이 모듈이동, 현장시공 등에서 훼손되지 않도록 관리하는 것이 필요함.

(라) 실증단지 열전달 해석

① 목적

- ㅇ 전열해석 시뮬레이션 프로그램을 활용한 조립식 공법 실증단지의 열성능 확인

② 방법

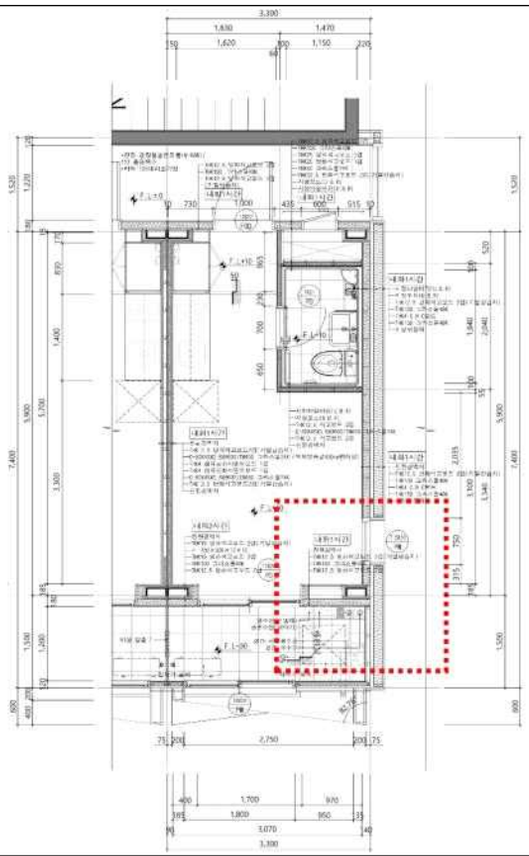
- ㅇ 「공동주택 결로 방지를 위한 설계기준」(개정 2016.5.4. 국토교통부고시 제2016-238호)에 근거하여 실증단지에 대한 전열해석 시뮬레이션을 수행 시 일정수준 이상의 단열성능을 만족하는지에 대하여 검토함
- ㅇ 해석을 위하여 ISO 15099에 적합한 컴퓨터 프로그램인 Physibel Trisco version 12.0을 사용함.
- ㅇ 외기에 직접 접하는 부위의 벽체와 세대 내의 천정 및 바닥이 동시에 만나는 접합부 위주로 표면온도값을 산출함.
- ㅇ 발코니, 대피공간 등 난방설비가 설치되지 않는 공간의 벽체는 제외함.
- ㅇ 본 실증단지의 화장실은 비난방 공간으로 시공되었으므로 해당 부위 벽체는 해석범위에서 제외함.
- ㅇ 본 연구과제에서는 3차원으로 분석을 진행하여 각각 부위에 대한 열적 성능을 분석, 검토하여 실증단지 단열성능을 확인함.

③ 분석범위

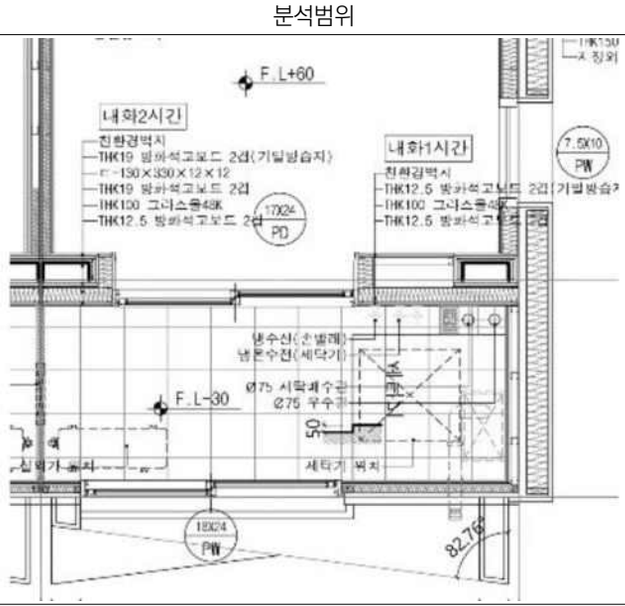
분석부위	구분	분석대상	비고
Type16A-001	최하층	○	- 최상층이 존재하지 않음
	기준층	○	
	최상층		
Type16A-002	최하층	○	- Type16A-001과 기준층이 동일하므로 분석대상에서 제외 - 최상층이 존재하지 않음
	기준층	X	
	최상층		
Type34-001	최하층		- Type16A-002와 기준층이 동일하므로 분석대상에서 제외 - 최하층이 존재하지 않음
	기준층	X	
	최상층	○	
Type34-002	최하층		- Type16A-002와 기준층이 동일하므로 분석대상에서 제외 - Type34-001과 최상층이 동일하므로 분석대상에서 제외 - 최하층이 존재하지 않음
	기준층	X	
	최상층	X	

④ 분석결과

㉠ Type16A

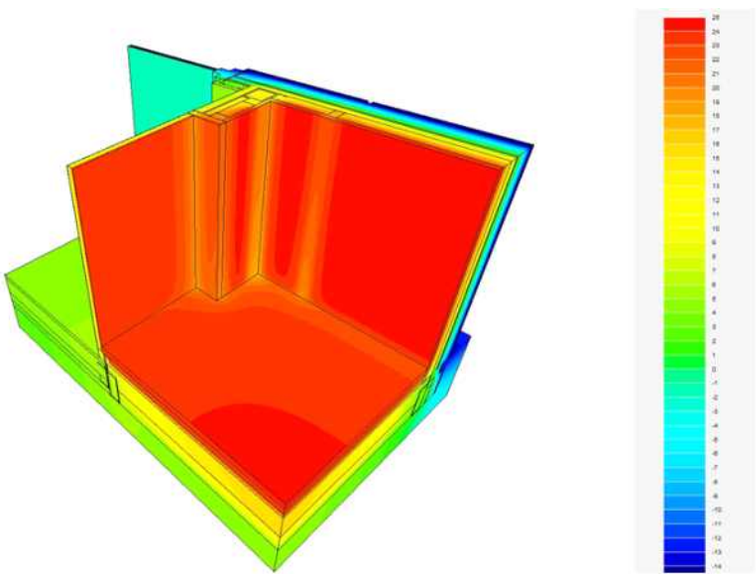


분석범위



상세도

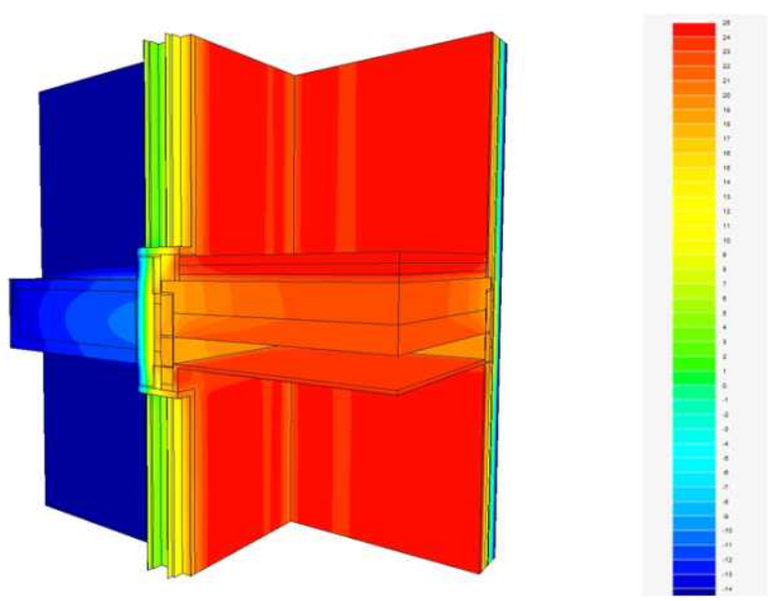
○ 최하층 분석결과



Type16A-001 최하층 온도분포

	최저온도	TDR값	비고
천정			
바닥	15.34	0.241	만족

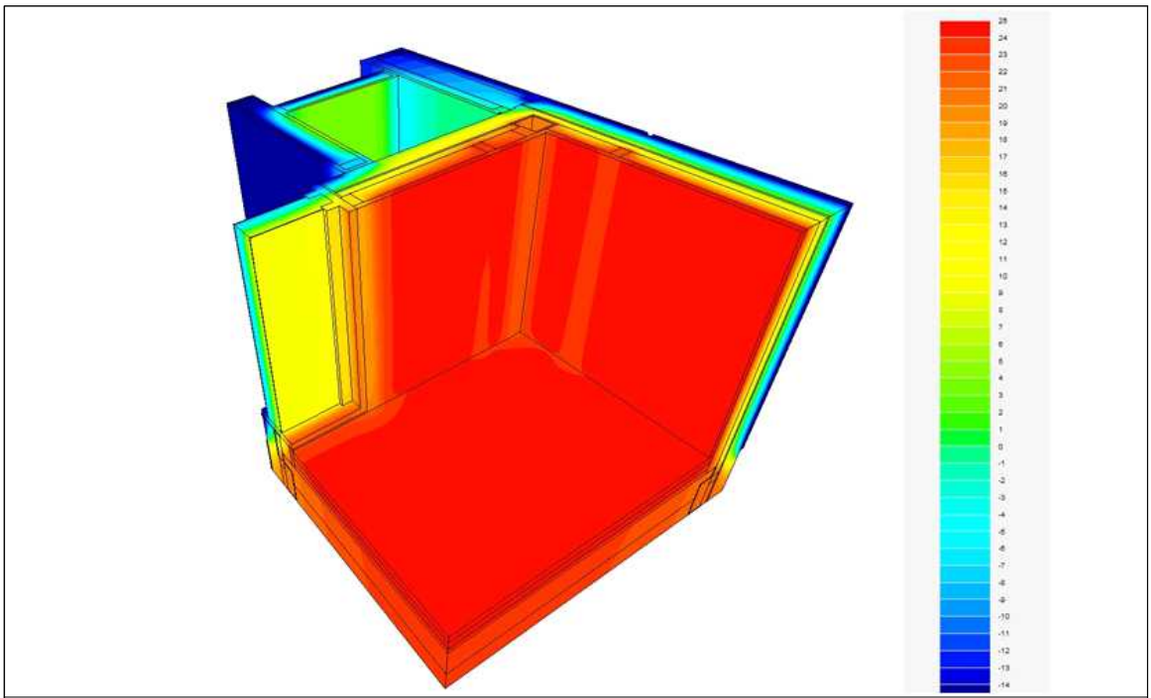
○ 기준층 분석결과



Type16A-001 기준층 온도분포

	최저온도	TDR값	비고
천정	20.58	0.110	만족
바닥	17.66	0.183	만족

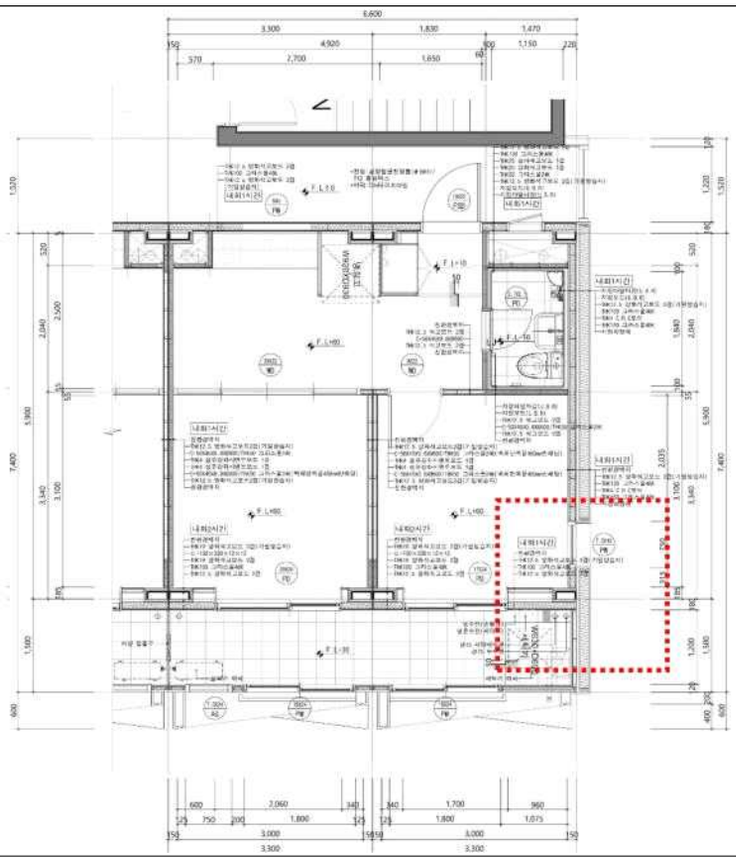
ㅇ 최하층 분석결과



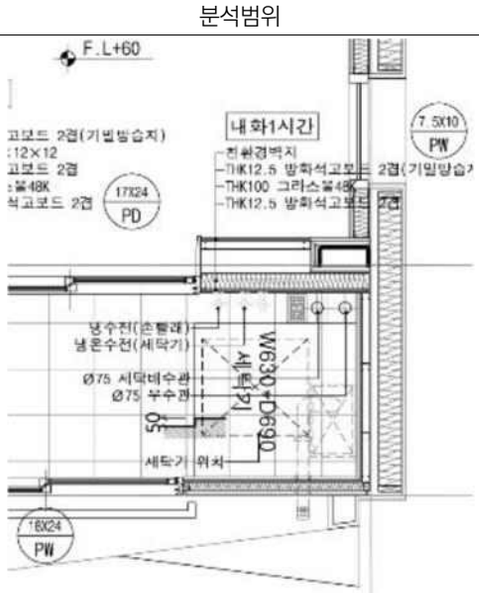
Type16A-002 최하층 온도분포

	최저온도	TDR값	비고
천정			
바닥	16.26	0.218	만족

㉡ Type34

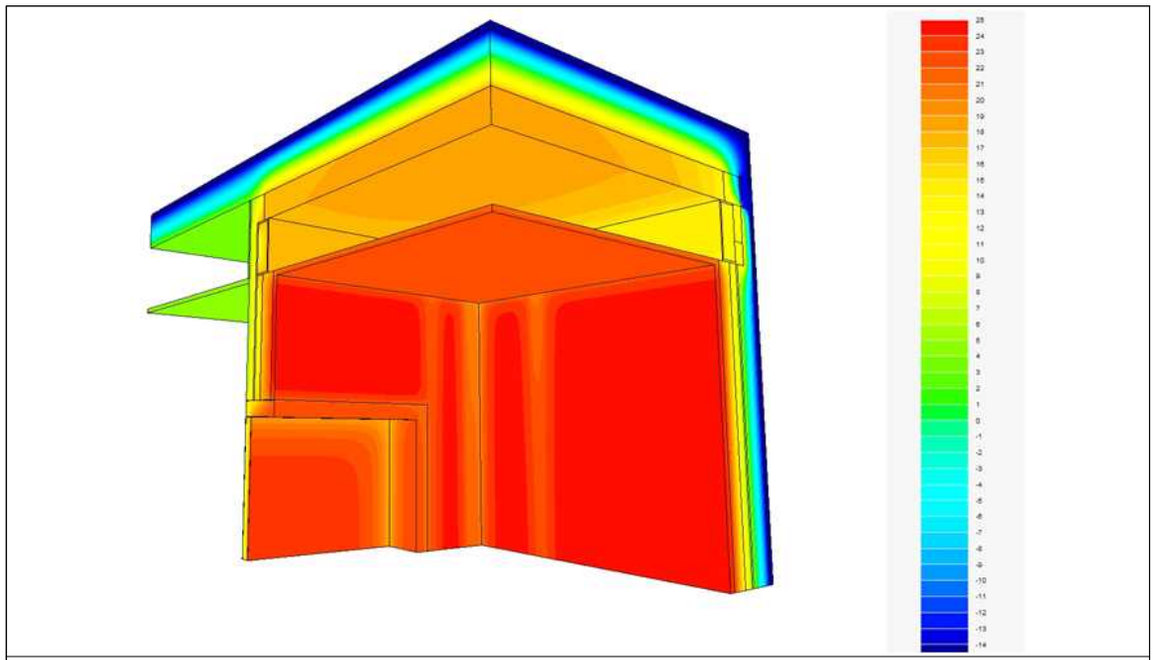


분석범위



상세도

ㅇ 최상층 분석결과



type34-001 최상층 온도분포

	최저온도	TDR값	비고
천정	18.89	0.152	만족
바닥			

⑤ 결론

ㅇ 수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축 연구의 실증단지에 대한 전열해석 시뮬레이션을 실시한 결과 벽체접합부에서 최저 표면온도값 최하층은 17.7℃, 기준층은 17.6℃, 최상층은 18.8℃로 나타나 양호한 수준의 단열성능을 보유하고 있는 것으로 검토되었음.

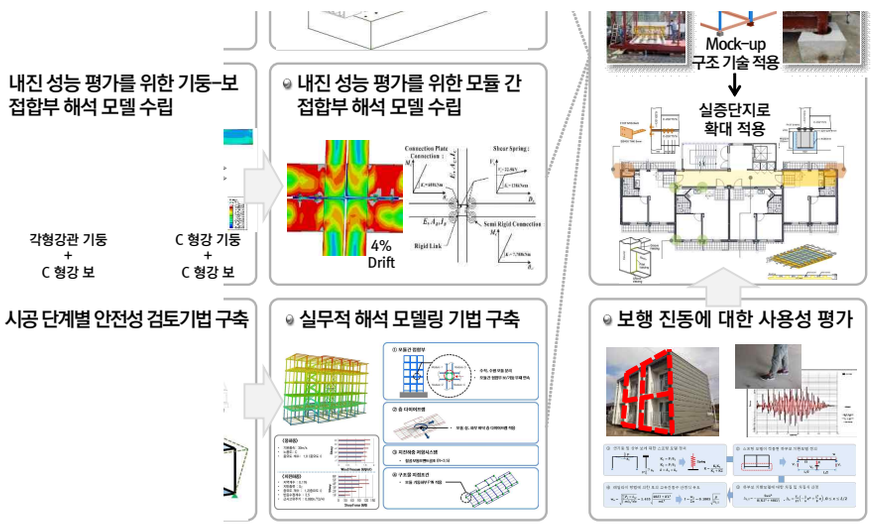
ㅇ 벽체접합부 및 조립식 주택에서 활용되는 스틸스터드 등의 강구조에서 발생하는 열교로 인하여 일부 벽체에서 상대적으로 낮은 온도분포가 확인됨.

ㅇ 추후 연구에서 위 열교부위에 대한 대응대안이 마련된다면 더욱 쾌적한 주거환경을 구현할 수 있을 것으로 보여짐.

4) 조립식주택 구조안전성 평가 및 실증(KICT-구조)

■ 전체 연구 프로세스

기둥-보 접합부 구조성능 평가 | 모듈 간 접합부 구조성능 평가 | 구조 분야 실증 기술 상세 설계



실증단지 내진성능 평가 | 가양 실증단지 구조 기술 실증 | 두정 실증단지 구조 기술 실증

Modeling

Modular Frame | PC Frame

두정 실증단지

외부 진동에 대한 사용성 평가 | 조립식 주택 구조상세도 정리 | 구조설계가이드 작성

조립식 주택
구조설계가이드

가) 1차년 연구 : 유닛 모듈의 구조성능 평가 및 유형별 구조해석 기법의 표준화

연구목표

- 국내 모듈러 시스템의 내부 접합부 구조성능 평가 및 구조설계 방법의 정립

연구내용

- 시스템별 유닛 모듈 구조성능 평가
  - 금강공업 모듈 시스템과 포스코 A&C 모듈 시스템
- 시스템별 유닛 모듈의 개선 방안 설정 및 성능 평가
  - 유닛 모듈 내부 접합부(보-기둥 접합부) 구조 성능 평가 실험
- 구조 분야 실증 기술의 Mock-up 반영(12대 실증기술)
  - 구조 기술 상세 개선
- 시스템별 해석 모델 수립 및 적합성 검증(시립대)
  - 내부 접합부의 유한요소해석
- 시스템별 유닛 모듈의 운반, 양중, 사용 시 구조설계 적합성 평가(WISE구조)
  - 기존 구조해석 모델링 기법의 검토
  - 시공 단계별 합리적 구조해석 모델 제시
- Mock-up 구조물의 구조 설계 검토(WISE구조)
  - 시공 단계별 Mock-up의 구조안전성 검토

최종성과물

- 국내외 모듈 내부접합부 조사 보고서 1건
- 연결구를 이용 접합시스템 특허출원 1건
- 학술발표 1건
- 2시간 내화성능 PC경량합성슬래브 시험 성적서 1건
- 모듈러 시스템의 접합부 해석 모델 개발 보고서 1건(시립대)
- 시공 단계별 구조성능 평가 보고서 1건(WISE구조)

(1) 시스템별 단위 모듈 구조성능 평가

(가) 단위 모듈 구조 성능 향상을 위한 검토

⑥ 모듈 내부 접합부

○ 모듈 내부의 기둥-보 접합부가 핀(pinned) 접합에 가까운 상세로 구성된다면 그림2.2.4.1과 같이 불안정 구조로 횡력에 쉽게 붕괴될 것이기 때문에 횡력저항성능을 높이기 위해 강접(fixed)에 가까운 모멘트 골조로 구성하는 것이 바람직함

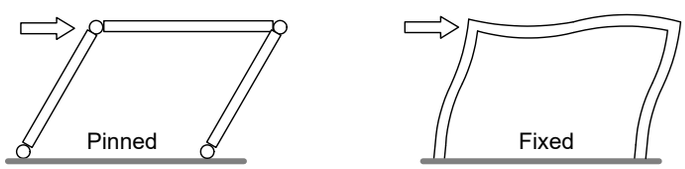


그림 2.2.4.1 모듈 내부 접합부의 강성에 따른 변형

⑦ 모듈 내부 기둥-보의 용접

○ C형강 보는 각형강관 기둥의 가장자리에 맞춰 용접되기 때문에 기둥 모서리 부분은 플레어(flare) 용접으로 처리되므로 모서리 곡률에 따른 용접성을 고려해야 함

○ 부재의 폭-두께비 검토를 통해 국부좌굴 가능성을 검토하고, 휨을 받는 보 부재의 단면이 전소성모멘트(M_p)를 발휘할 수 있는 용접 상세가 적용되어야 함

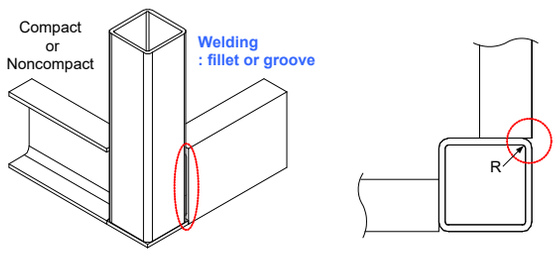


그림 2.2.4.2 모듈의 기둥-보 용접부

⑧ C형강 보의 비틀림 좌굴

○ C형강 보의 경우 전단중심이 단면 밖에 있어 비틀림좌굴에 취약하여 C형강 보의 비틀림 좌굴을 방지하기 위해 장선이나 바닥슬래브로 구속시키는 것이 바람직함

○ C형강 보에 발생되는 비틀림 모멘트에 따른 영향을 검토하기 위하여 비틀림 지지길이에 따른 C형강 보 비틀림강도 검토 프로그램을 개발하였음

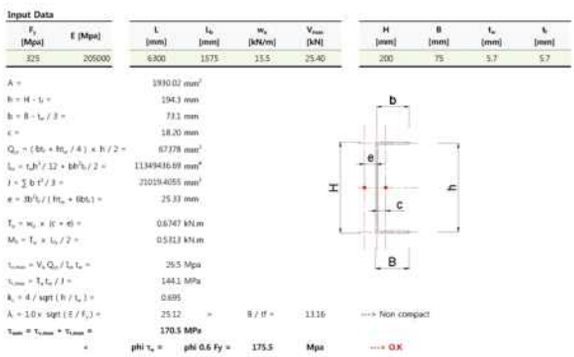


그림 2.2.4.3 C형강의 비틀림강도 계산 프로그램

⑨ Access Hole 가공에 따른 기둥의 단면 결손

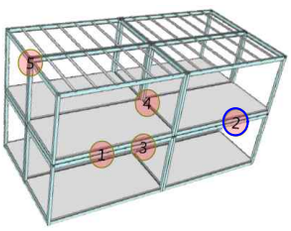
○ 상부 모듈과 하부 모듈을 연결하기 위해 기둥에 가공되는 Access Hole(또는 Mouse Hole)로 인한 단면 결손은 수직 및 수평하중에 대한 구조 안전성을 저하시키는 원인이 될 것임

○ 단면 결손으로 인하여 발생되는 기둥의 강도 감소를 고려하기 위하여 실제 결손 단면에 대한 기둥 강도 산정 실무프로그램을 개발함

그림 2.2.4.4 각형강관 단면 결손을 고려한 강도 계산 프로그램

⑩ 모듈 바닥보와 천장보의 연결

- ㅇ 모듈에는 바닥보와 천장보가 있으며 바닥보는 상·하 모듈이 조립될 때까지 대부분의 하중에 저항해야 하므로 천장보에 비해 바닥보의 단면이 큰 것 것이 바람직함
- ㅇ 운반 및 양중시 안전상 문제가 없을 정도로 바닥보의 크기를 최적화하고, 조립 후 바닥보와 천장보를 설계기준(ANSI/AISC360-10, 2010)에 제시되어 있는 설계식에 제시된 간격으로 연결판으로 연결하면 구조성능을 높일 수 있음



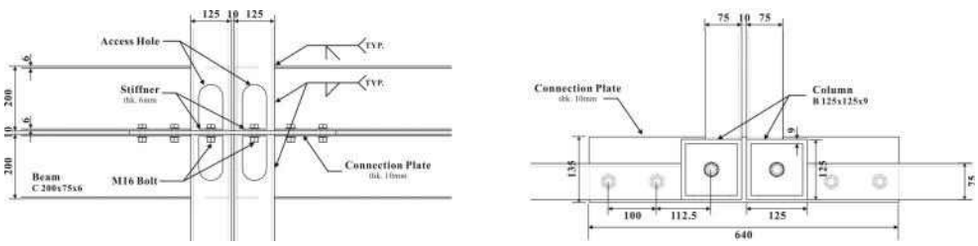
AISC 설계조건 : $\frac{Ka}{r_i} \leqq \frac{3}{4}\frac{KL}{r_t}$

그림 2.2.4.5 바닥보와 천장보의 일체거동을 위한 연결

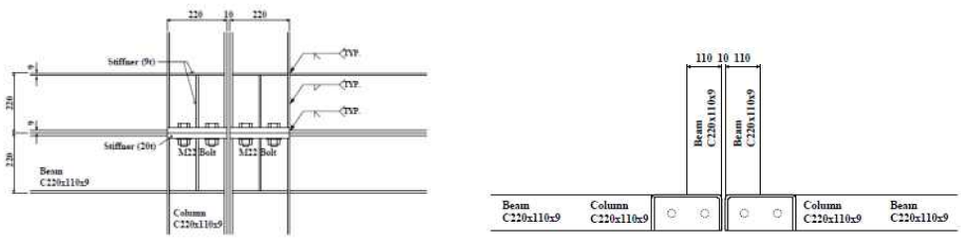
(나) 모듈 내부 접합부 내진구조성능의 해석적 평가

① 해석 대상 조립식주택의 구조시스템

- ㅇ 실증단지에 적용 예정인 금강공업 및 포스코A&C의 골조식 모듈의 내부 접합부에 대해 해석을 실시함
- ㅇ 금강공업 및 포스코A&C의 골조식 모듈 시스템에 사용되는 부재 및 접합 상세는 다음과 같음



(a) 금강공업 모듈 시스템

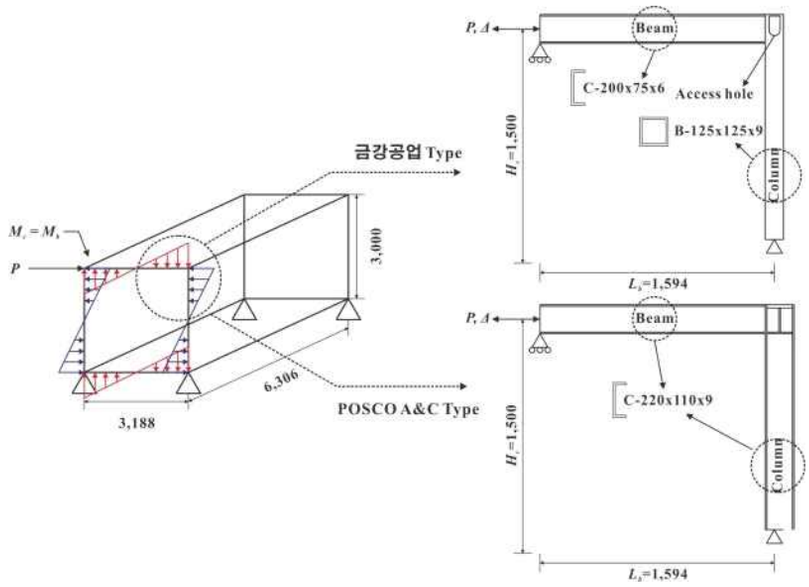


(b) 포스코A&C 모듈 시스템

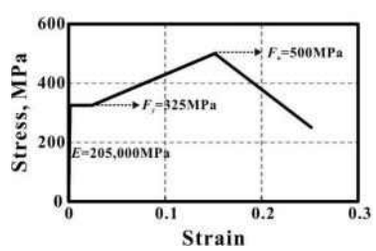
그림 2.2.4.6 해석 대상 모듈 시스템

② 시스템별 모듈의 보-기둥 접합부의 모델링

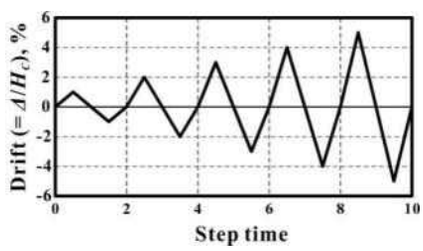
- ㅇ 유닛 모듈 보-기둥 접합부의 횡력저항성능에 관한 기존 연구 및 사례가 부족하여 해석 모델 개발에 앞서 접합부의 회전성능을 정확히 평가하기 위해 유한요소 해석을 수행함



(a) 유한요소 해석 모델



(b) SPA-H 강재 응력-변형률 곡선



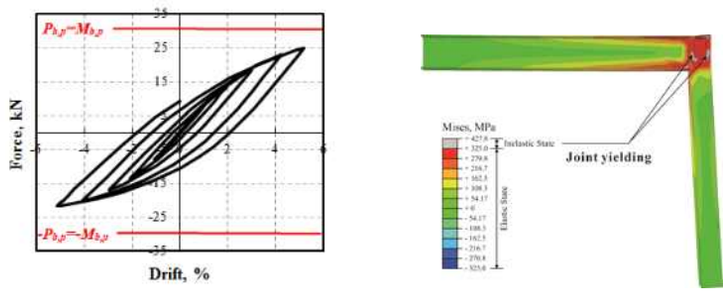
(c) 하중 가력 패턴

그림 2.2.4.7 시스템별 모듈 내부 접합부의 유한요소해석 모델링

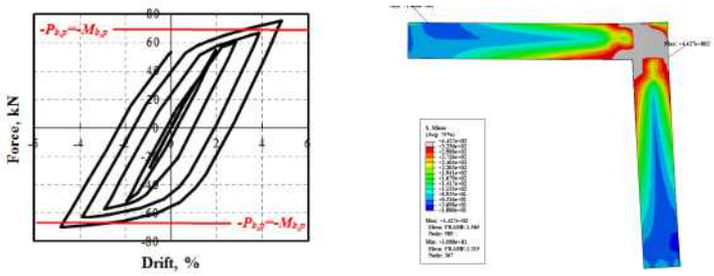
- ㅇ 모듈 내부의 보-기둥 접합부에 대해서 해석을 수행하였으며, 실제 모듈에 횡력이 작용하였을 때와 동일한 휨모멘트가 분포되도록 경계조건을 부여함
- ㅇ 용접부 강도는 기둥 또는 보에서 발생 가능한 소성모멘트보다 크다는 가정 하에 보-기둥 접합이 일체화된 것으로 모델링함

③ 모듈 보-기둥 접합부의 유한요소 해석결과 분석

- ㅇ 금강공업의 모듈 내부 접합부에서 항복이 발생하는 하중은 약 15kN으로 변위비는 약 2%에 해당되며, 5% 변위비일 때 최대 25kN의 하중이 작용함
- ㅇ 금강공업의 모듈 내부 접합부의 최대모멘트는 보 소성 모멘트(M_P=45kN·m)의 78% 수준임



(a) 금강공업의 모듈 내부 접합부의 거동(5% 층간변위비)



(b) 포스코A&C 모듈 내부 접합부의 거동(5% 층간변위비)

그림 2.2.4.8 시스템별 모듈 내부 접합부의 유한요소해석 결과

- ㅇ 금강공업 모듈 내부 접합부의 응력분포는 마우스 홀을 중심으로 응력집중 현상이 발생하며, 철골구조물의 패널존과 유사하게 전단응력에 의한 영향이 큰 것으로 나타남
- ㅇ 금강공업의 모듈 내부 접합부는 비록 급격한 강도 및 강성 저감 현상이 없이 안정적인 이력거동을 보였지만 내력 확보를 위해 마우스홀의 보강이 필요한 것으로 판단됨
- ㅇ 포스코A&C 모듈 내부 접합부의 최대내력은 68.8kN이며, 1% 층간변위비에서 상하부 플랜지에서 최초로 항복응력에 도달하였으며, 2% 층간변위비에서 뚜렷한 비선형 거동을 보임
- ㅇ 포스코A&C의 모듈 내부 접합부의 최대모멘트는 보 소성 모멘트(M_P=94kN·m)의 110% 수준으로 접합부는 충분한 강도를 가지는 것으로 파악됨
- ㅇ 포스코A&C의 모듈 내부 접합부는 일반적인 철골 구조물의 패널존과 동일한 전단응력 및 변형 형상을 보이며, 모멘트 접합부로 거동하고 있음

④ 모듈 내부(보-기둥) 접합부의 해석 모델 개발

- ㅇ 반강접 접합부의 회전성능을 구현하기 위해 보 단부에 회전 스프링요소가 설치된 2차원 골조 해석 모델을 수립하였으며, 골조요소의 강성행렬과 스프링요소의 회전강성을 조합한 강성행렬을 구성함
- ㅇ 보 요소는 총 6개 자유도를 가지는 프레임 요소의 강성행렬을 적용하였고, 보-기둥 접합부 절점에 2개 회전 자유도를 가진 회전강성(R_k)이 적용된 스프링 요소의 강성행렬을 조합하여 최종적으로 총 6개 자유도를 가지는 반강접 보의 강성행렬 산정함
- ㅇ 하중(P)이 작용할 때. 보-기둥 접합부의 강성행렬을 통해 산정된 보 수평변위(x_1) 및 접합부의 회전변위(θ_2)는 다음 식과 같고, 접합부 모멘트와 회전강성에 의한 추가적인 변위가 발생하는 것을 확인함

$$x_1 = -\frac{PH_c^2}{R_k} - \frac{PH_c^2}{3EI_b} \times L_b - \frac{PH_c^3}{EA_c} \times \frac{1}{L_b^2} - \frac{PH_c^3}{3EI_c} - \frac{P}{EA_b} \times L_b$$

$$\theta_2 = \frac{PH_c}{R_k} + \frac{PH_c}{3EI_b} \times L_b + \frac{PH_c^2}{EA_c} \times \frac{1}{L_b^2}$$

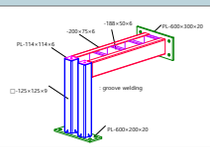
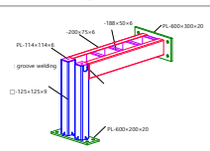
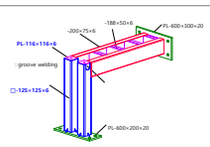
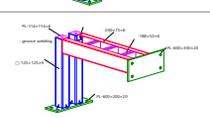
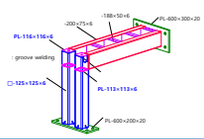
- ㅇ 수립된 해석모델의 강성 행렬과 유한요소해석 결과를 이용하여 시행착오법을 통해 회전 스프링 요소의 회전강성과 항복강도를 산정하였으며, 회전 스프링의 이력모델로 Ramberg-Osgood 모델(Osgood and Ramberg, 1943)을 적용함
- ㅇ 수립된 해석 모델을 이용하여 비선형 정적해석을 수행하였으며, 해석 모델의 이력 거동이 유한요소해석결과와 잘 대응하고 있음을 확인함

(다) 모듈 내부 접합부 내진구조성능의 실험적 평가

① 금강공업의 모듈 내부 접합부 실험 계획

- ㅇ 금강공업은 각형강관 기둥과 C형강 보를 사용하며, 모든 부재를 항복점이 355N/㎟인 KS D 3529「고내후성 압연강재」를 사용하였으나, 경제성 확보 차원에서 강종을 SPSR400과 SS400으로 변경하였음
- ㅇ 금강공업 시스템에서 실험적으로 검증되어야 주요변수는 기둥 두께, 마우스홀, 다이아프램의 영향으로 다음 표에 정리한 실험계획에 반영시켰음
- ㅇ 실험체는 비틀림 영향을 배제시키기 위해 2개의 보-기둥 접합이 대칭으로 세워져 있는 형태로 계획되었고, 국부좌굴에 대비하고 동시 거동을 위해 스티프너로 보강하거나 연결시켜 5개의 실험체를 제작하였음

표 2.2.4.1 금강공업의 모듈 내부 접합부 실험체 계획

번호	실험체명	주요 변수			형상
		기둥 두께	MouseHole	Diaphragm	
1	K-9NS	9mm	없음	Single (상부)	
2	K-9WS	9mm	길이 방향 (기둥웨브)	Single (상부)	
3	K-6WS	6mm	길이 방향 (기둥웨브)	Single (상부)	
4	K-9FS	9mm	폭 방향 (기둥플랜지)	Single (상부)	
5	K-6WD	6mm	길이 방향 (기둥웨브)	Double (상하부)	

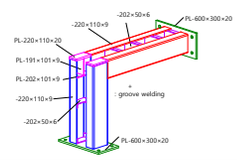
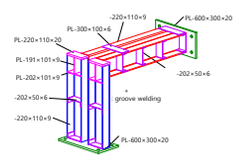
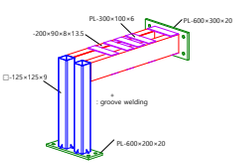
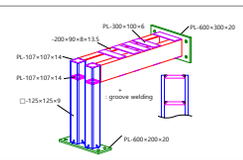
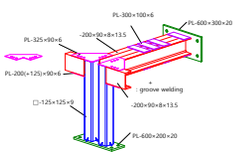
② 포스코 A&C의 모듈 내부 접합부 실험 계획

- ㅇ 포스코A&C는 C형강(빌트업)으로 기둥과 보를 구성하는 방식과 각형강관 기둥과 C형강(기성품) 보로 구성하는 방식으로 구분되며, C형강(빌트업)의 경우 SM490의 강판이 사용되었고, 각형강관과 C형강

(기성품)은 SPSR400과 SS400이 사용되었음

○ 포스코A&C 시스템에서 실험적으로 검증되어야 주요변수는 기둥 단면 형태 및 보 접합 방향, 다이아프램, 코너부 커버 플레이트로 계획되었음

표 2.2.4.2 포스코 A&C의 모듈 내부 접합부 실험체 계획

번호	실험체명	주요 변수			형상
		기둥 두께	MouseHole	Diaphragm	
1	P-CF	ㄷ-220×110×9	ㄷ-220×110×9	기둥 플랜지 접합	
2	P-CW	ㄷ-220×110×9	ㄷ-220×110×9	기둥 웨브 접합	
3	P-RN	□-125×125×9	ㄷ-200×90×8 ×13.5 (기성품)	다이아프램 없음	
4	P-RD	□-125×125×9	ㄷ-200×90×8 ×13.5 (기성품)	상하 다이아프램	
5	P-RC	□-125×125×9	ㄷ-200×90×8 ×13.5 (기성품)	코너부 커버 플레이트	

㈐ 실험체 제작

○ 각 시스템별 실험 계획에 따라 제작하였고, 용접 상세를 준수하도록 유의하였음

그림 2.2.4.9 시스템별 모듈 내부 접합부의 실험체 제작

③ 실험 방법

○ 실험은 보에 횡력이 KBC2009 0722.2.4.「보-기둥모멘트접합부의 가력방법」에 따라 가해지도록 다음과 같은 실험 장치를 마련하였음

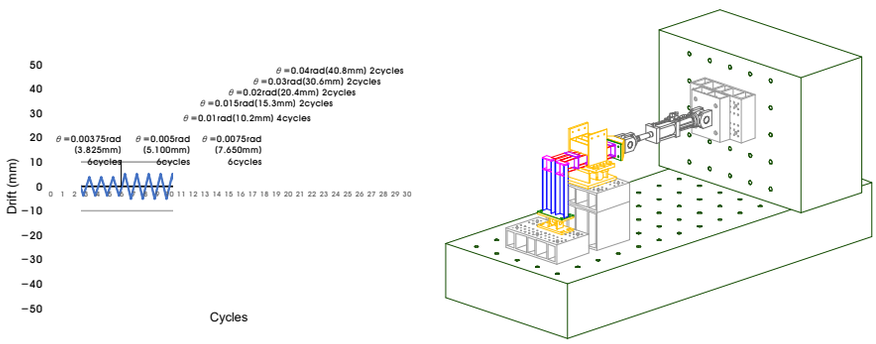


그림 2.2.4.10 모듈 내부 접합부의 실험방법

(2) 금강공업 Mock-up의 구조 검토

① 금강공업 Mock-up 개요

○ 금강공업 Mock-up은 각층이 3×6×3m의 모듈 3개로 구성되어 2층으로 계획되었으나, 5층인 실증단지에 사용될 기둥 크기를 미리 알아보기 위해 5층 구조와 2층 구조에 대해 MIDAS GEN을 이용하여 검토하였음

○ 기둥은 □-125×125×9.0(SPSR400)을 적용하였고, 보는 C-200×75×6.0 (SS400)을 적용하였음

○ 모듈의 조합과 적층에 따라 만나는 기둥과 보 단면은 단일부재의 단면성능을 갖도록 환산하여 입력하였고 지점은 8개소를 고정으로 가정하였으며 발코니는 별도로 모델링하여 해석하였음

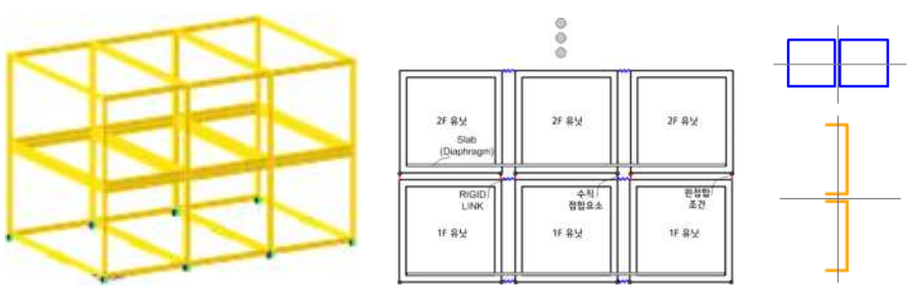
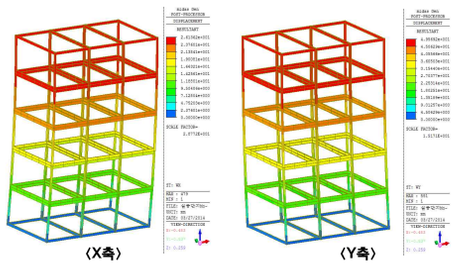


그림 2.2.4.11 금강공업 Mock-up의 모델링

② 금강공업 Mock-up 구조 검토 결과

○ 금강공업 Mock-up을 5층으로 구성한 경우 단변방향으로 풍하중에 대해 설계기준을 만족시키지 못하고, 지진하중에 대해서도 심각한 피해 가능성이 있는 것으로 평가됨

○ 모듈을 5개층으로 단순 적층한 구조는 일반적인 구조 형태가 아니기 때문에 횡력에 대한 위와 같은 결과는 큰 의미를 갖지 못하기 때문에 중력하중에 대한 기둥 크기 결정에 결과를 활용함



L/500(=30mm) 〉 26.1mm (X축) OK!
L/500(=30mm) 〈 49.6mm (Y축) NG!

그림 2.2.4.12 5층 Mock-up의 횡하중에 대한 사용성 검토

- o 2층으로 구성할 경우 몇 가지 사항을 보완할 경우 구조적으로 안전한 것으로 평가됨
- o 사용된 부재의 적정성 검토에서 모두 만족되는 것으로 나타났음
- o 모듈과 모듈 사이의 접합부에 F10T M16 볼트가 6개 사용될 경우 접합부에 작용하는 모멘트에 충분히 저항하는 것으로 평가되었음
- o 주각부 앵커는 기둥이 단독으로 세워지는 모서리 부분과 기둥 2개가 만나는 부분으로 구분하여 검토하였으며, 케미컬 앵커(HIT-RE500 HAS Anchor)의 소요 개수를 설계하였음

H형강 베이스 접합
F10T 4-M24

HIT-RE500 HAS Anchor
4-M16

HIT-RE500 HAS Anchor
8-M16

F10T M16 6개 → O.K.

그림 2.2.4.13 2층 Mock-up의 접합부 및 주각부 앵커 설계

③ 금강공업 Mock-up 모듈 상세 구조 검토

- o 장변방향 보의 수직 처짐을 제어하기 위해 샛기둥을 설치 필요함
- o 샛기둥 설치시 모듈의 상부바닥 장변방향 보 SG1의 단면강도가 부족하여 SG1의 수직방향으로 횡좌굴을 제어하기 위한 보강부재(B-75x45x2.3t)를 2개 이상 설치할 필요가 있는 것으로 나타남
- o 모듈의 바닥 장변방향 보 SG1의 비틀림 모멘트를 제어하기 위해 SG1의 수직방향으로 보강부재(B-25x25x1.6t)를 3개 이상 설치할 필요가 있음
- o 기타 보와 기둥 부재들에 대한 구조검토 결과 모두 단면강도는 소요강도를 만족하는 것으로 검토됨

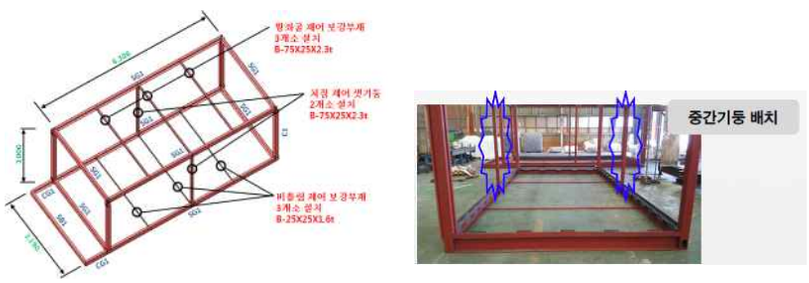


그림 2.2.4.14 2층 Mock-up의 모듈의 상세 구조 검토

④ 시공 단계별 구조안전성 검토

[운반 및 양중 단계에서 검토 사항]

- 양중시 급제동에 의해 발생된 가속도를 산정하고 그에 따른 구조안전성에 대한 관성력의 영향을 고려할 필요성에 따라 이를 검토함
- 양중시 순간풍속에 의하여 발생되는 모듈의 수평변위를 산정하고 구조안전성에 대한 돌풍의 영향도 고려할 필요성에 따라 이를 검토함
- 모듈의 불균형 양중에 따른 구조안전성도 검토 필요성이 있어 이를 검토함
- 모듈의 설치시, 설치속도에 따른 충격하중을 산정하고 그에 따른 모듈의 구조안전성을 평가할 필요성에 따라 이를 검토할 수 있는 방안을 제시함

[운반 및 양중 단계에서 제한 범위]

- 모듈의 양중시 속도 80~50m/min 범위에서 급제동에 따른 관성력을 각각 산정하고, 그에 따른 부재응력 및 모듈의 허용수평변위 검토결과 양중시 속도는 50m/min로 제한되어야 함
- 모듈의 양중 작업시 순간풍속 10~5m/sec 범위에서 모듈의 수평변위를 각각 산정한 결과 순간풍속은 5m/sec로 제한되어야 할 것임
- 양중시 불균형 양중에 의하여 발생되는 불균형 수직변형량에 따른 허용변위 및 부재안전성 검토결과, 불균형 변형양은 7.0mm로 제한이 필요하고, 수직변형 7.0mm는 육안으로 인식할 수 있는 정도의 변형이 아니기 때문에 실제 모듈 양중 작업할 때는 Balanced beam을 이용하여 불균형 변형이 발생되지 않도록 하는 것이 바람직함
- 모듈을 적치한 차량의 시내도로 주행중 급제동에 따른 모듈의 구조안전성을 평가하고자 주행속도 60~30km/h 범위의 차량속도에 따른 관성력을 각각 산정하고 부재응력 및 모듈의 허용수평변위를 검토한 결과 차량 운반시 제동 전 최고속도는 60km/h로 제한되어야 하는 것으로 나타남
- 모듈을 양중하여 적재할 때 설치속도 5~2m/min 범위에서 충격하중하중을 산정하고, 그에 따른 기둥의 허용응력을 검토한 결과, 설치시 속도는 2m/min로 제한되어야 하는 것으로 나타남

[Mock-up의 운반 및 양중 단계에서 구조안전성 검토]

- 양중시 급제동에 대한 구조검토 결과 완공시 SG1 부재검토에서 횡좌굴을 방지하고 단면강도를 증가시키기 위한 보강부재(B-75x45x2.3t) 설치는 2개에서 3개로 증가되어야 하는 것으로 검토됨
- 양중시 풍속, 운반시 급제동, 설치시 충격하중에 대한 구조검토 결과 모듈의 수평변위는 허용변위를 만족하였으며, 부재응력은 허용응력을 만족함

(3) 구조 실증기술의 Mock-up의 적용을 위한 검토

① Mock-up 적용 구조 실증기술의 개요

- Mcok-up에 적용할 KICT의 구조 실증기술은 기둥 주각부의 포켓기초, 모듈 내부 접합부의 용접상세, 모듈 간 접합부의 십자형 연결 철물, 그리고 PC바닥판 등 모두 4가지로 다음 그림과 같음

그림 2.2.4.15 Mock-up 적용 KICT 구조 실증기술

ㅇ KICT의 구조 실증기술은 금강공업의 Mock-up과 연계 제작되는 관계로 시공에 문제가 없도록 상세가 일부 변형되었고, 내화 및 층간소음 제한사항에 따라 PC 바닥판의 중공층은 형성하지 않은 중실 단면으로 시공되었음

② 기둥 주각 접합부 기술의 실증

ㅇ KICT의 기둥 주각 접합부는 모듈의 기둥을 연장시켜 미리 형성된 포켓 내부에 삽입한 후 포켓 내부를 무수축 몰탈로 채워 넣어 고정단으로 처리할 수 있는 기술로, 자체 개발한 구조 설계식을 이용해 매입길이는 200mm,원형 엔드플레이트 직경은 220mm를 적용하였음

ㅇ KICT의 기둥 주각 접합부인 포켓기초를 금강공업 Mock-up의 주각 접합부와 함께 시공하기 위해 지상으로 돌출된 콘크리트 페데스탈을 미리 제작하였고, 기둥의 연장부도 미리 제작하여 현장에서 모듈 설치 과정에서 체결하여 시공하는 방식을 채택하였음

그림 2.2.4.16 KICT 기둥 주각 접합부 기술의 실증

③ 모듈 내부 접합 기술의 실증

ㅇ KICT의 모듈 내부 접합부는 마우스홀이 없이 각형강관과 C형강이 용접되는 형태로 구성되며, C형강 보의 전소성모멘트가 발휘될 수 있는 용접 상세가 적용되어 있음

ㅇ 금강공업의 모듈 간 접합부를 적용해야 하는 관계로 마우스홀이 없는 내부 접합부를 구성하기 어려워, C형강 보가 전소성모멘트를 발휘할 수 있도록 플랜지 부분은 그루브(groove)용접을 하고, 웨브 부분

은 플레어(flare)용접 상세를 제시하였음

- Mock-up의 제작 후 제시한 용접 상세의 준수 여부를 살펴본 바, 보 플랜지 부분이 모살용접 되어 수정될 필요가 있었으나 웨브는 비교적 양호하게 플레어용접 처리되어 있음을 확인하였음

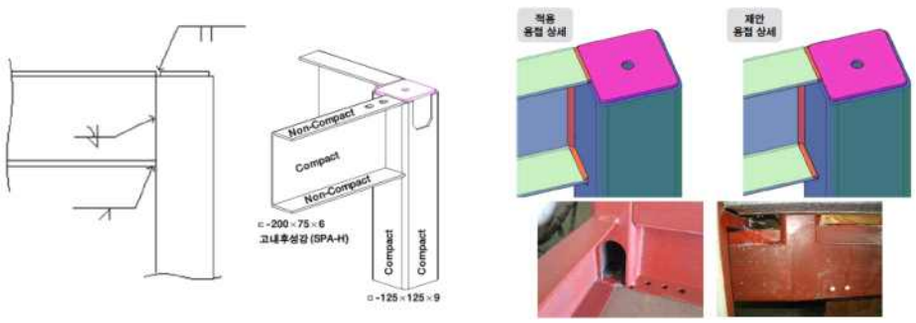


그림 2.2.4.17 KICT 내부 접합부 용접 상세의 실증

④ 모듈 간 접합 기술의 실증

- KICT의 모듈간 접합부는 십자형 철물을 이용한 수직 및 수평 접합부를 구성하는 공법으로 금강공업의 Mock-up과 함께 시공될 수 있도록 수직판을 수평으로 변형한 십자형 철물을 실증하였음
- 십자형 철물의 사용으로 모듈 간 접합부는 횡력에 안정적인 저항성능(특수모멘트 골조의 성능)을 확보할 수 있음
- Mock-up에 기술 실증을 통해 수직판의 수평판으로 전환, 볼트 개수의 최소화 등의 개선 사항을 도출하였으며, 4개의 모듈이 만나는 위치뿐 아니라 2개의 모듈이 만나는 위치에도 적용할 수 있도록 십자형 철물의 형태 변경이 가능함을 인지하였음

그림 2.2.4.18 KICT 모듈 간 접합부 기술의 실증

⑤ PC 바닥판 기술의 실증

- KICT의 PC 바닥판은 중공을 형성한 경량바닥판이었지만 내화 및 층간소음의 구조제한으로 중실단면으로 실증되었음
- 모듈 내부에서 화장실 공간을 위한 단차를 위한 상세도 제시하였으나, 층상 배관 기술의 적용으로 슬래브의 단차 없이 적용될 수 있도록 구조 상세와 시공 과정을 제시함
- 시공성을 높이기 위해 단순한 전단연결재의 구성안을 제시하였고, 1방향 슬래브로 설계하여 필요한 철근간격 등을 제시하였음

1차 안

최종 안

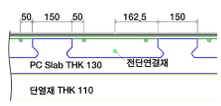


그림 2.2.4.19 KICT PC 바닥판 기술의 적용 상세

○ PC 슬래브와 철근콘크리트 슬래브의 시공 과정을 비교한 다음 그림에서 알 수 있듯이 제작시 설치 순서만 변경될 경우 PC 슬래브를 사용한 경우가 비교적 단순하게 모듈 바닥을 완성할 수 있으며, 바닥의 시공성도 개선될 수 있는 것으로 나타남

그림 2.2.4.20 PC 슬래브와 RC 슬래브의 시공 비교

나) 2차년 : 모듈러 골조 구조안전성 평가 및 수서 실증단지의 실무구조 검토

연구목표

- **모듈러 골조의 실험 및 해석을 통한 구조안전성 평가 및 실증단지의 구조설계 검증**

연구내용

- 시스템별 모듈 간 접합부 실험적 성능 평가 계획 수립
  - 모듈 간 접합부 특성 파악, 실험 변수 도출, 실험체 제작
- 수서 실증단지 모듈 간 접합부 내력의 설계기준에 따른 이론적 평가
  - 접합 철물 및 볼트의 구조설계 검토
- 구조 분야 실증 기술인 PC 바닥판의 구조설계 프로세스 제시
  - 실증 대비 경량 합성 PC 바닥판의 구조 설계
- 실증단지 대상 구조해석 모델링 및 비선형 정적/동적해석 결과 분석(시립대)
  - FEMA P-695 기반 2D 모듈 골조의 내진성능 평가
- 실증단지 구조설계를 위한 실무적 해석 모델링 기법 도출(WISE구조)
  - 모듈 간 접합부의 모델링
- 수서 실증단지 실무구조해석 절차의 정립(WISE구조)
  - 수서 실증단지 구조설계 결과의 검토

최종성과물

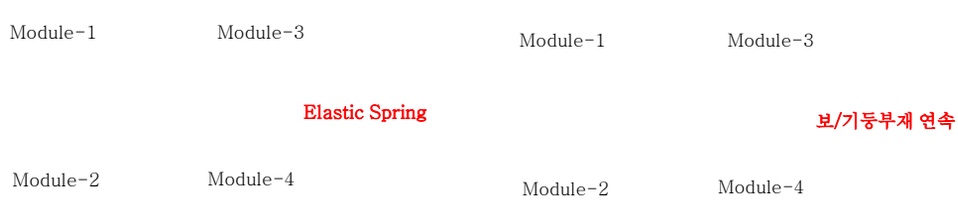
- 모듈 간 접합부 실험계획 보고서 1건
- PC 바닥구조 구조설계 보고서 1건_(통합)
- 횡력저항시스템 관련 국내 논문 1건
- 주각 접합부 관련 SCI(E) 1건
- 모듈 기둥-보 접합부 관련 국내 논문 1건(시립대)
- 수서 실증단지 검토 및 실무해석 보고서 1건(WISE구조)_(통합)
- 모듈러 주택의 시공조건 관련 국내 논문 1건(WISE구조)_

(1) 모듈러 구조물의 실무해석 기법

(가) 모듈러 구조물 구조해석 기법

① 모듈간 접합부의 모델링

○ 해석모델에서 모듈 간 접합방식을 모사하기 위해서는 보-기둥 부재를 연속시키거나 접합부를 스프링으로 모델링하는 방안으로 구분됨



(a) Elastic Spring 적용 (b) 보-기둥부재 연속

그림 2.2.4.21 모듈 간 접합부 모델링

② 보-기둥부재 연속 시 단부 고정율에 따른 해석결과

- 보-기둥 부재를 연속시켜 모듈간 접합부를 모델링할 경우 단부의 고정도를 변수로 하여 해석 (1.0:FIX~0.1:PIN)
- 해석결과, 단부의 고정율이 0.5까지는 고정도가 1.0인 경우와 철골물량이 유사하게 나타나 실증단지 모듈러 구조물의 경우 구조 해석시 해석모델의 접합부 고정도는 FIX로 적용하고 보수적인 검토를 위해서는 PIN조건의 적용이 가능한 것으로 판단됨.

표 2.2.4.3 모듈 간 접합부 고정도에 따른 해석결과

구분	모듈 간 접합부 고정율				
	R=1.0	R=0.75	R=0.5	R=0.25	R=0.1
철골물량 비교	693.3 kN	693.3 kN (± 0%)	694.7 kN (증 0.2%)	705.6 kN (증 1.8%)	719.1 kN (증 3.7%)

③ 스프링요소 적용시 해석결과

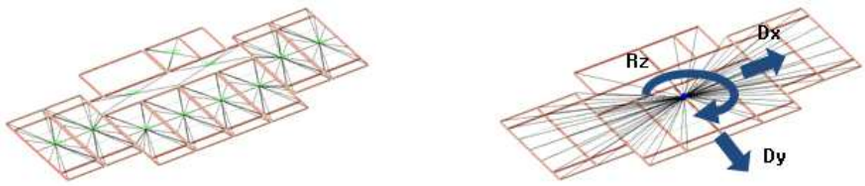
- 실증단지 모듈러 구조물을 예시로 하여 접합부의 강성 및 모듈의 수직, 수평 연속 여부를 변수로 해석을 수행
- 검토결과, M-2 모델의 경우 M-1 모델의 해석결과와 거의 유사한 것으로 나타나, 예시 구조물은 구조해석시 해석모델의 접합부는 회전에 대해 PIN으로 적용 가능한 것으로 검토됨
- 수직모듈은 분리하고 수평모듈은 연속한 해석모델 C-2의 경우 M-1모델의 해석결과와 비교하여 구조물을 보수적으로 설계하는 것으로 나타남

표 2.2.4.4 모듈간 접합부 스프링 가정에 따른 해석결과

구 분		M-1 해석결과 (제안된 해석모델)	M-1에 대한 각 해석모델의 해석결과 비율					
			M-2 (M-1모델, 휨강성=0)	R-1 (강성=∞)	R-2 (축, 전단=∞, 휨강성=0)	C-1 (수직, 수평 연속)	C-2 (수직 연속, 수평 분리)	C-3 (수직 분리, 수평 연속)
주기 [sec]	1 st	1.731	1.01 배	0.97배	1.00 배	1.11 배	1.06배	1.07 배
	2 nd	1.272	1.00 배	0.84 배	0.85 배	0.91 배	0.91 배	1.06 배
풍변위 [mm]	X방향	21.05	1.00 배	0.95배	0.98 배	1.20 배	1.11 배	1.07 배
	Y 방향	19.17	1.00 배	0.70 배	0.71 배	0.77 배	0.80 배	1.00 배
부재 강도비	mC1	0.99	1.01 배	0.95 배	1.01 배	1.08 배	1.02 배	1.05 배
	sC1	0.90	0.97 배	1.11 배	1.07 배	1.18 배	1.19 배	1.02 배
	mG1	1.31	0.98 배	1.12 배	0.98 배	1.47 배	0.83 배	1.58 배
	sG1	3.14	0.99 배	1.11 배	1.19 배	1.19 배	1.20 배	1.20 배
	Brace	0.64	1.00 배	1.22 배	1.18 배	1.58 배	1.25 배	1.24 배

④ 층다이아프램의 적용

- 첫 번째 방안은 단위모듈별로 다이아프램을 적용하는 방안으로, 모듈러 구조물의 기하학적 조건을 실제에 가깝게 모사할 수 있는 장점이 있으나 해석모델 수립시 번거로운 문제가 있음
- 두 번째 방안은 층다이아그램을 적용하는 방안으로, 해석모델 수립 시 간편하게 적용 가능하나 수평변형에 대하여 평면이 일체 거동할 수 있도록 모듈 간 접합방식의 검증 필요함



(a) 모듈별 다이어프램 (b) 층다이어프램

그림 2.2.4.22 다이어프램 효과 적용 방법

(나) 실증단지 구조 검토

① Brace 설치위치 검토

- 기존 실증단지에 적용된 수직 Brace의 일부가 구조물의 외벽면에 위치하여 외장재 및 단열재의 설치로 인해 시공이 어려움, 이를 개선하기 위한 방안을 검토
- 개선안 1은 Brace를 모두 내부에 시공됨에 따라 시공성을 개선하고 있으나 Brace설치 모듈이 증가하는 단점
- 개선안 2는 Brace를 코어모듈에 집중 설치하여 Brace 설치모듈의 개수는 감소되었으나, 코어기둥의 부재 크기가 B-125×125×9 → B-150×150로 커짐

(a) 기존안 (b) 개선안 1 (c) 개선안 2

그림 2.2.4.23 Brace 설치 위치 개선안

② 부재 최적화 검토

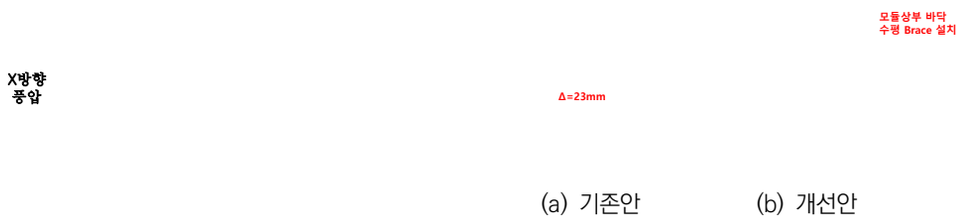
- 현 설계안에 대한 부재단면 최적화를 수행함
- 검토결과 현설계안 대비 검토안의 철골물량이 약 4.2% 감소함

표 2.2.4.5 부재 최적화 검토

구 분			현설계안 샛기둥 2개소 모멘트 접합	검토안 (와이즈구조) 샛기둥 1개소 PIN 접합
부재 크기	주거	mC1	B-125×125×9	B-125×125×6
		mC2	B-75×75×4.5	B-125×125×3.2
		mC0	B-75×75×4.5 (2개소)	1개소 변경
	복도	pC1	B-125×125×9	B-125×125×3.2
		pC2	B-75×75×4.5	B-125×125×3.2
		pC0	B-75×75×4.5 (2개소)	1개소 변경
	코어	sC1	B-125×125×9	B-150×150×9
		sC0	B-75×75×4.5 (2개소)	B-125×125×6 (1개소)
	브레이스		B-75×75×4.5	B-125×75×4.5
철골물량 비교			722.2 kN	692.0 kN (감소 4.2%)

③ 외측모듈의 풍하중 영향 검토

ㅇ 기존 구조설계안에 대해 외벽면에 풍하중 적용 결과, 모듈의 상부 바닥 장변방향 보에 약 23mnm(L/260)의 수평변형이 발생, 수평변형을 제어하기 위해 모듈의 상부 바닥에 수평 Brace(B-100×50×1.6)의 보강이 필요



(a) 기존안 (b) 개선안

그림 2.2.4.24 풍하중에 대한 외측모듈의 보강

(2) 수서단지 구조설계 기술 지원 및 구조안전성 검증

(가) 수서단지 구조설계

① 모듈 간 접합부의 모델링

ㅇ 수서단지 구조설계를 위해 실무적 차원에서 합리적인 해석모델을 수립할 수 있도록 모듈간 접합에 대한 MIDAS GEN의 모델링 방안을 제안하였음

ㅇ 금강공업(주)의 모듈러 시스템에 사용되는 일자형 플레이트를 이용한 접합 방식은 상하 및 좌우 모듈이 F10T M16 볼트를 이용해 동시에 체결되는 방식임

그림 2.2.4.25 금강공업 모듈 시스템의 모듈간 접합 방식

ㅇ 고력볼트와 일자형 플레이트의 주로 전단과 지압으로 저항하며, 경우에 따라 인발에 저항하게 되기 때문에 구조 검토를 통해 소요 볼트 개수와 일자형 플레이트 소요 두께를 검토하여 기본적인 구조안전성을 확보하였음

ㅇ 검토 결과 소요 볼트 개수는 상하 모듈의 접합을 위해 3개의 F10T M16 고력볼트가 필요하고 두께 8㎜ 이상의 일자형 플레이트가 필요한 것으로 나타났음

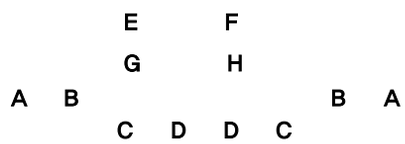
ㅇ 이와 같은 전제로 상하 좌우의 모듈 접합부는 구조 모델에서 다음 그림과 같이 모델링하여 구조 설계를 진행함

그림 2.2.4.26 접합부의 모델링

② 구조 설계 결과

ㅇ 최종 구조 설계 결과를 다음 그림에 나타내었듯이 하부 3개층에 걸쳐 세대간 벽체에 V형 가새로 보강하고, 모든 모듈의 장변방향 보에는 2개씩의 샛기둥을 설치하도록 통일하였음

ㅇ 또한 계단실과 엘리베이터 샤프트도 모듈러 공법으로 시공되며, 복도의 경우도 모듈로 시공하는 것으로 구조설계에 반영되었음



[기본 구조계획]

그림 2.2.4.27 수서단지 최종 구조설계

ㅇ 구조설계를 위해 입력된 기본 가정 사항은 다음과 같음

- 고정하중 : 5.1kPa, 주거공간(슬래브 두께 150mm 마감 및 몰탈 60mm)
- 적재하중 : 거실 2.0kPa, 복도와 계단실 3.0kPa
- 지진하중 : 지역계수 0.176, 중요도계수 1.2, 내진설계범주 C(Sc), 반응수정계수 3.5
- 풍하중 : 기본풍속 30m/s, 중요도계수 1.0, 지표면조도 C, 풍속고도분포계수 1.14, 거스트계수 1.99

ㅇ 부재 설계 결과

- 기둥 : 각형강관 125×125×9(SPSR 400)
- 장변보 : C형강 200×75×6(SPH-A)
- 단변보 : C형강 200×75×6(SS400)
- 샛기둥 : 각형강관 75×75×4.5(SPSR 400)
- 가새 : 각형강관 75×75×4.5(SPSR 400)

③ 기타 사항

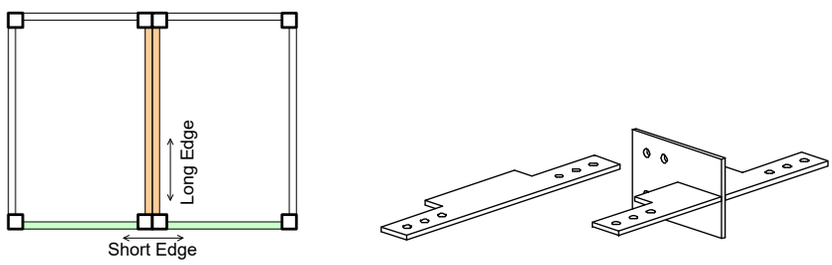
ㅇ 수서 실증단지 구조설계에서 가새는 당초 양측면의 외벽부와 중앙 세대간 경계에 배치시켰지만 실내 마감을 위한 하지철물의 설치와 외벽 마감을 위한 하지철물을 경사 가새가 있는 위치에 설치하기에 시공 상의 어려움이 커 세대 간 경계 위치로 배치시킨 것임

ㅇ 수서 실증단지 구조설계에서 가새를 대신할 수 있는 구조 부재로 샛기둥이 있었지만 전층에 걸쳐 샛기둥의 개수를 늘린다고 해도 횡력에 대한 구조안전성을 확보할 수 없고 역V형 가새로 설계할 경우 일부 기둥에서 설계가 만족되지 못하는 결과를 보였음

(나) 수서단지 모듈 간 접합부 구조성능 평가 계획

① 모듈 간 접합부의 실험 변수

- 모듈 간 접합부는 작용하는 횡력의 방향에 따라 장변방향과 단변방향으로 구분할 수 있음
- 또한 사용되는 접합철물의 형태에 따라 일자형 접합철물과 십자형 접합철물로 구분할 수 있음



(a) 하중작용 방향 (b) 접합철물 형상

그림 2.2.4.28 수서단지 모듈 간 접합부의 실험 변수

② 모듈간 접합부의 유한요소해석

- 장변방향과 단변방향에 대해 일자형과 십자형 접합철물이 사용된 모듈간 접합부에 대해 해석을 수행함
- 초기강성, 항복하중 및 항복변위비는 하중 방향과 접합철물에 상관없이 유사하였지만, 층간변위비가 증가할수록 일바형 접합철물에 비해 십자형 접합철물이 안정적인 거동을 보이는 것으로 나타남

(a) 일자형 접합철물 (b) 십자형 접합철물

그림 2.2.4.29 수서단지 모듈 간 접합부의 해석 결과

③ 모듈 간 접합부의 실험 계획

- 실험체는 안전상 편심가력에 따른 실험체의 불안정을 없애기 위해 대칭으로 계획함
- 실험체는 각 가력 방향에 따라 달라져 장변방향 실험체는 외팔보 형태로 구성하고 단변방향 실험체는 십자 형태로 각각 구성함
- 가력은 기둥을 반복 가력하여 기둥과 보에 하중이 가해지도록 실시될 것임
- 가력 방법은 AISC Seismic Provisions For Structural Steel Building의 접합부 내진성능 평가를 위한 Cyclic Loading Program을 따라 실시할 것임
- 두께 10㎜ 강판으로 제작된 일자형 및 십자형 접합철물을 기본으로 실험 제작비용을 검토하여 두께 8㎜의 일자형 및 십자형 접합철물이 사용된 실험체의 제작 여부를 결정할 것임

그림 2.2.4.30 수서단지 모듈 간 접합부 실험체 형상 및 실험 방법

(다) 12대 실증기술 - 구조분야 기술의 적용 계획

① 주각 접합부

- ㅇ 마우스홀의 미가공에 따라 주각 연장부와 모듈의 접합 상세를 엔드플레이트 볼팅으로 변경함
- ㅇ 매입깊이는 250㎜ 이상으로, 홍보관 주각 1개소에 적용하는 것으로 협의 완료

② 모듈 내부 접합부

- ㅇ 1차년도 연구결과에 따라 기둥 관벽에 가공한 마우스 홀을 가공하지 않는 것으로 변경
- ㅇ 모살용접에서 그루브용접(플랜지 부분)과 플레어용접(웨브 부분)으로 용접 상세 변경
- ㅇ 전체 모듈 내부의 기둥-보 접합에 적용하는 것으로 협의

③ 모듈 간 접합부

- ㅇ 십자형 접합철물은 중앙부 세대간 경계의 배관 샤프트 공간에 전층에 걸쳐 적용 예정
- ㅇ 수평판에는 한쪽에 3개의 F10T M16 고력볼트 체결, 수직판은 상하에 2개씩의 고력볼트 적용

④ 경량 합성 슬래브

- ㅇ PC 슬래브를 이용한 경량 합성 슬래브는 비주거 부분에 적용할 예정으로 복도 모듈 1개소 또는 1층 홍보관 모듈의 복도로 구획된 부분에 적용할 예정임
- ㅇ 역리브 PC 슬래브의 리브와 리브 사이의 공간에 EPS를 채워 경량화하는 방식으로 같은 두께의 RC 슬래브 대비 최소 1/3의 자중 경감 효과가 있음

(3) 모듈러 구조물의 내진성능 평가

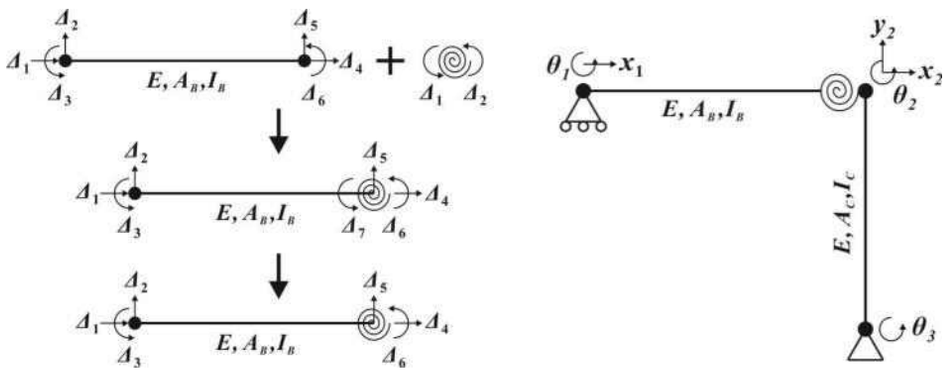
(가) 모듈 간 볼트 접합부의 해석 모델 개발

① 모듈 간 접합부 유한요소 해석

- ㅇ 실제 모듈 간 접합상세를 고려하여 유한요소해석을 수행하기 위한 모듈 간 볼트 접합부의 유한요소해석 모델링을 실시함
- ㅇ 4개의 모듈이 십자형으로 접합되는 경우를 고려하였으며, 접합되는 각 모듈은 1차년도 수행한 보-기둥 접합부 모델과 동일함

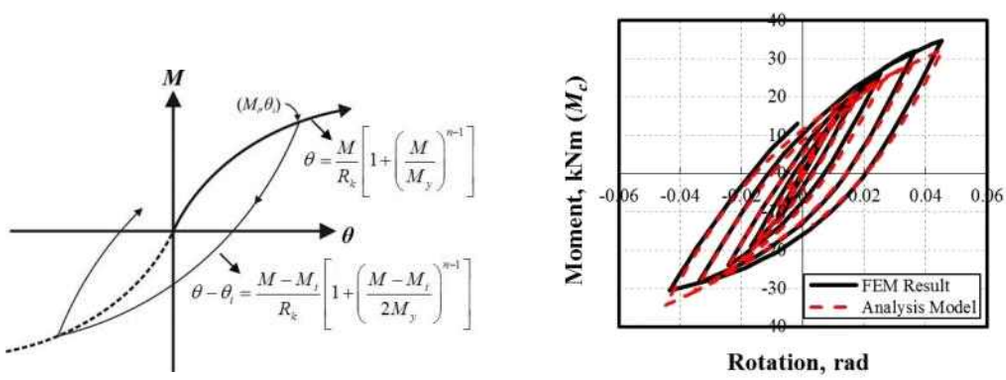
○ 볼트 접합에 의한 마찰 거동을 모사하기 위해 접촉면의 방향에 따라 Coulomb friction과 Hard contact 접촉 조건을 정의하였으며, 이때 마찰계수를 0.2로 적용함

○ 2단계로 나누어 해석을 수행하였으며, 1단계는 볼트 긴장을 통한 체결력 도입, 2단계는 층간변위비 1~5%까지 각 1싸이클의 반복 하중을 가력함



(a) 반강접 접합을 고려한 보 요소 (b) 모듈 보-기둥 접합부 해석 모델

그림 2.2.4.31 모듈 보-기둥 접합부의 해석 모델 수립



(a) 회전 스프링의 이력모델 (b) 유한요소해석결과와의 비교

그림 2.2.4.32 모듈 보-기둥 접합부 해석 모델의 이력 거동

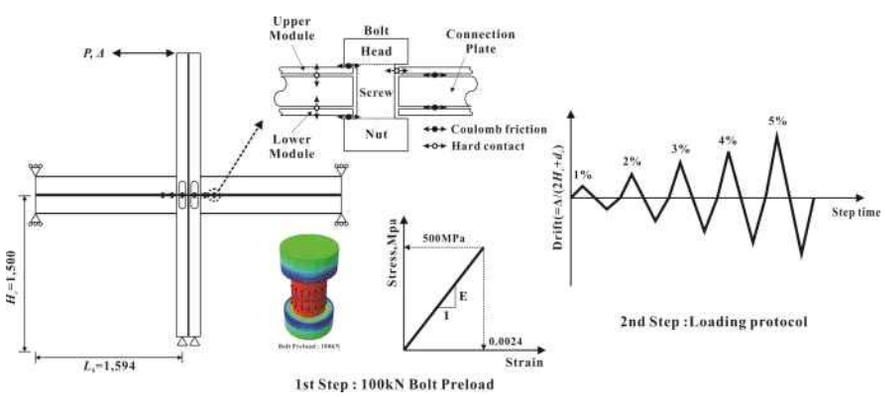
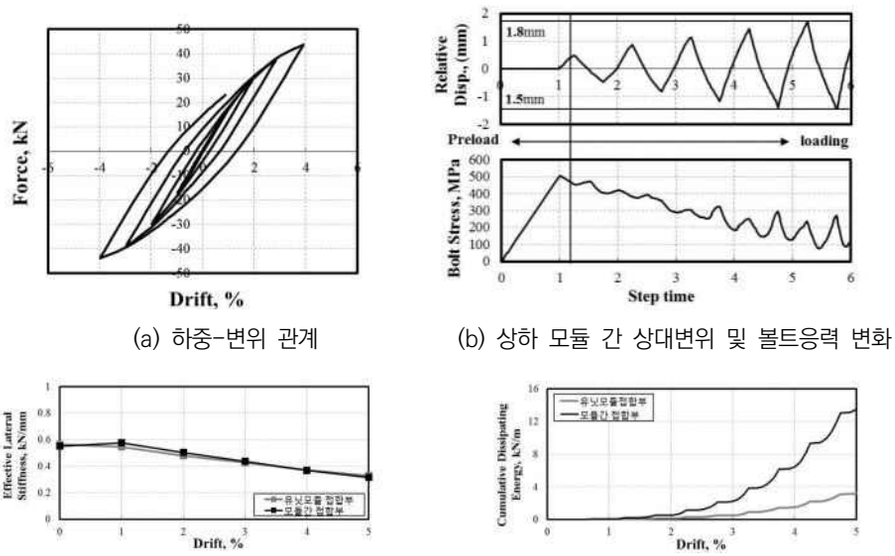


그림 2.2.4.33 모듈 간 접합부 해석 모델

② 모듈 간 접합부 유한요소 해석 결과

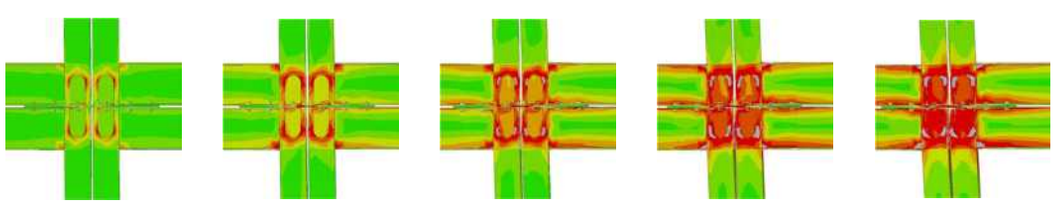
- 약 2%이상의 변위비가 작용하였을 때 모듈 접합부를 중심으로 소성 거동하며, 이때의 하중은 약 29kN이고, 5% 변위비일 때, 최대 46kN의 하중이 작용함
- 볼트접합부를 중심으로 상·하부 4개 모듈의 응력이 대칭적으로 분포하며 각 유닛 모듈의 접합부와 보 플랜지에 응력이 집중되는 것으로 나타남
- 변위가 증가할수록 볼트 긴장력이 점차 제거되며, 볼트 접합부에서의 상대변위가 발생하나 전체 횡변위에 비해 미소하고 지압 현상은 발생하지 않는 것을 확인함
- 모듈 보-기둥 접합부와 비교하면, 모듈간 접합부는 동일한 유효강성을 가지며, 누적 에너지소산량은 약 4.2배 큰 것을 확인함



(a) 하중-변위 관계 (b) 상하 모듈 간 상대변위 및 볼트응력 변화

(c) 유효강성의 비교 (d) 누적에너지소산량의 비교

그림 2.2.4.34 모듈간 접합부의 유한요소해석결과



1% Drift 2% Drift 3% Drift 4% Drift 5% Drift

그림 2.2.4.35 모듈 간 접합부의 응력 분포 및 변형형상

(나) 실증 단지의 비선형 시간이력해석

① 실증 단지 모듈러 구조물의 해석모델 개요

- 실증단지 모듈러 구조물의 비선형 해석 모델을 수립하고, 비선형 정적·동적 해석을 수행하였으며, FEMA 356(ASCE, 2000)을 기반으로 구조물의 내진성능을 평가하였음
- 3~7층에 위치한 적층식 모듈러 구조 시스템을 대상으로 3차원 비선형 해석을 수행하였으며, 대상 구조 시스템의 평면은 그림과 같고, 내진설계범주는 표와 같음
- 대상 구조 시스템의 유효 건물 중량은 100% 고정하중만을 고려하여 총 7390kN으로 산정

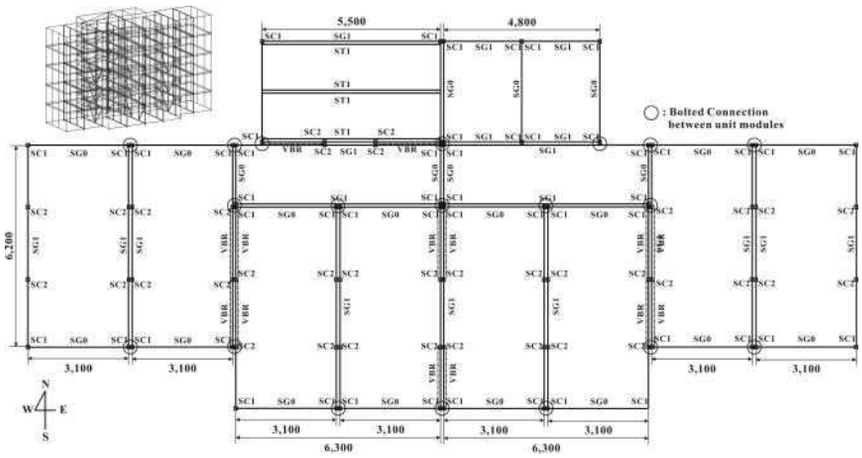


그림 2.2.4.36 수서 실증단지 모듈러 구조시스템의 평면도

표 2.2.4.6 대상 모듈러 구조 시스템의 내진설계 범주

SDS	SD1	R	Cd	Ω0	I
0.352	0.191	3.5	3	3	1.2

② 주요 구조 부재의 비선형 이력거동

○ 대상 모듈러 구조 시스템의 주요 구조 부재는 표와 같이 단면 및 재료에 따라 크게 6개 부재로 구분할 수 있으며, 각 부재는 그림과 같이 FEMA 356(ASCE, 2000)에서 제시된 모델링 파라미터를 이용하여 비선형 이력거동을 모델링하였고, 성능수준을 정의하였음

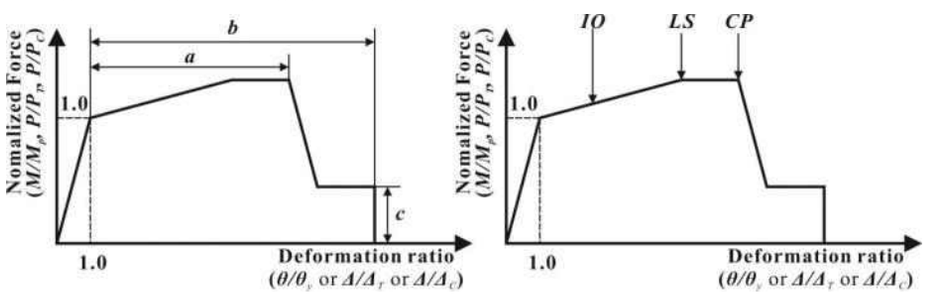


그림 2.2.4.37 주요 구조 부재의 비선형 모델링 파라미터 및 성능수준의 정의

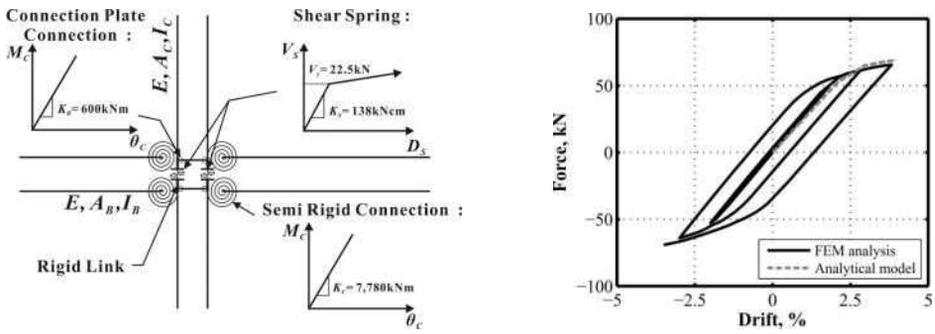
표 2.2.4.7 주요 구조 부재의 단면성능 및 비선형 해석 모델링

List	Steel	Section	Member Strength			Nonlinear Modeling Parameter			Acceptance Criteria		
			Pt(kN)	Pc(kN)	Mp(kNm)	a	b	c	IO	LS	CP
SG0	SS400	C-200x75x6	-	-	3,399	4θy	6θy	0.2	0.25θy	2θy	3θy
SG1	SPAH490	C-200x75x6	-	-	4,959						
ST1	SPAH490	C-350x75x6	-	-	11,660						
SC1[1]	SS400	B-125x125x9	1,025	869	4,705	1θy	1.5θy	0.2	0.25θy	0.5θy	0.8θy
						4θy	6θy	0.2	0.25θy	2θy	3θy
SC2	SS400	B-75x75x4.5	314	193	868	4θy	6θy	0.2	0.25θy	2θy	3θy
VBR[2]	SS400	B-75x75x4.5	314	193	868	11⊿T	14⊿T	0.8	0.25⊿T	7⊿T	9⊿T
						0.5⊿C	3⊿T	0.2	0.25⊿T	1⊿T	2⊿T

1) SC1 : 축력비를 고려하여 최하층 SC1과 상부층 SC1의 비선형 모델링 파라미터를 구분하여 적용
2) VBR : 가새부재의 압축에 의한 좌굴 현상을 고려하기 위하여 인장과 압축에 따른 비선형 모델링 파라미터를 구분하여 적용

③ 모듈 간 접합부의 거시적 해석 모델

- 유한요소해석 결과, 모듈내 보-기둥 접합부는 완전 강접이 아닌 반강접 접합부로 평가되었기 때문에 보-기둥 접합부가 회전강성 7,780kN·m을 가지도록 반강접 조건을 부여하였음
- 모듈간 볼트 접합부의 경우, 상·하부 모듈 기둥 사이에 강체 요소(rigid link)와 전단 스프링을 이용하여 모델링하였으며, 좌·우 모듈 보 사이는 연결 플레이트의 휨강성을 반영할 수 있도록 실제 길이를 고려하여 단부의 회전 강성을 부여하였고, 적용된 회전강성은 600kN·m임



(a) 해석 모델 (b) 유한요소해석 결과와의 비교

그림 2.2.4.38 모듈 간 접합부 해석 모델

④ 실증단지 모듈러 구조물의 고유치 해석

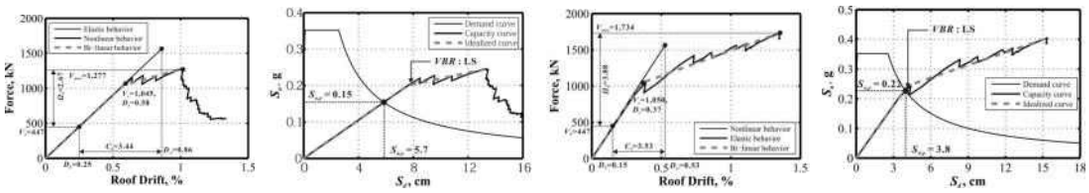
- 고유치 해석 결과 E-W 방향의 경우 1차 모드가 진동을 지배하며, N-S 방향의 경우, 3차 모드가 진동을 지배하는 것을 확인할 수 있음

표 2.2.4.8 대상 모듈러 구조 시스템의 고유치 해석 결과

모 드	주 기 (sec)	E-W 방향		N-S 방향	
		모드질량참여율 (%)	누적질량참여율 (%)	모드질량참여율 (%)	누적질량참여율 (%)
1	1.236	67.62	67.62	0	0
2	0.840	6.25	73.88	7.42	7.42
3	0.817	0.71	74.59	55.01	62.43
4	0.448	4.41	79	0.11	62.55

⑤ 실증단지 모듈러 구조물의 비선형 정적해석 결과

- 등가정적해석법에 의해 산정된 설계 밑면 전단력(=447kN)과 해석을 통해 산정된 최대 밑면 전단력을 비교한 결과, E-W 방향은 2.67, N-S 방향은 3.88의 초과강도계수를 가지며, 변위 증폭 계수는 E-W 방향은 3.44, N-S 방향은 3.53의 값을 가짐
- 가력 방향에 따른 성능점은 E-W, N-S 방향 모두 구조물의 탄성 영역에서 위치하는 것을 확인할 수 있으며, 본 계획서에는 나타내지 않았지만 성능점일 때 압축력을 받는 가새 부재를 제외한 모든 주요 구조 부재가 탄성을 유지하고, 좌굴이 발생한 가새 역시 인명 안전(life safety, LS) 수준을 만족하는 것으로 나타남

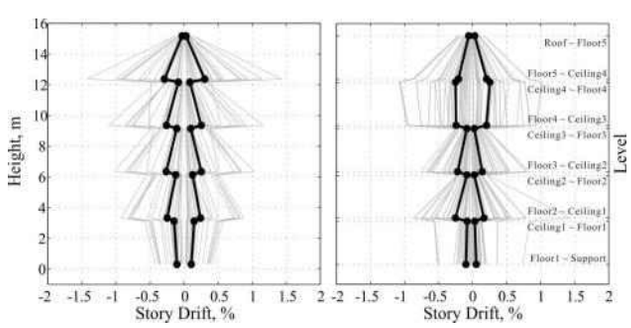


(a) V-⊿roof(E-W) (b) Sa-Sd(E-W) (c) V-⊿roof(N-S) (d) Sa-Sd(N-S)

그림 2.2.4.39 모듈 간 접합부 해석 모델

⑪ 실증단지 모듈러 구조물의 비선형 시간이력해석 결과

- 7개의 역사지진(총 14개의 지진파)를 KBC2009에서 제시하는 방법에 따라 보정(보정계수 0.5)을 적용하여 해석에 사용
- 비선형 시간이력해석은 직교하는 지진하중의 효과를 고려하기 위하여 1개 지진에 대해 한 방향 지진하중 100%와 직각방향지진하중의 30%에 대한 하중효과를 적용함
- 하부 모듈의 천장과 상부 모듈의 바닥 사이의 층간변위비가 1개 모듈의 천정과 바닥 사이의 층간변위비보다 상대적으로 크게 나타났으며, 이는 모듈간 볼트 접합부를 구현하기 위한 전단스프링에서 발생하는 변위로 최대 3mm의 전단 변위가 발생하였음
- 평균 최대 층간변위비는 0.5% 이하로 나타났으며, KBC2009에서 제시하는 내진등급 1급에 해당하는 내진구조물의 허용층간변위 제한인 1.5%를 만족함



(a) E-W 방향 (b) N-S 방향

그림 2.2.4.40 최대 층간 변위비 응답

다) 3차년 : 실증단지 대상 구조분야 기술 적용 및 보행 진동에 대한 해석적 평가

연구목표

- 구조 분야 실증 기술의 적용 및 보행에 대한 바닥 진동성능의 해석적 평가

연구내용

- 실증단지 모듈 간 접합부 구조성능의 검증
  - 수서 및 가양 실증단지 모듈 간 접합부의 반복 가력 실험
  - 모듈 간 접합부 성능 개선안 제시
- 실증단지 구조설계 기술 지원
  - 실증단지 모듈 간 접합부 설계용 모델링 방법 지원
- 구조 분야 실증 기술의 상세 구조 설계(12대 실증 기술)
  - 기둥-보 접합부, 모듈 간 접합부, 포켓기초, 경량 합성 PC 바닥

12대 실증 구조분야 기술

- 실증단지 시스템별 사용성능 해석적 평가(WISE구조)
  - 보행에 따른 바닥 진동성능에 대한 해석적 평가 및 개선 방안 제시
  - Mock-up 주택 대상 바닥 보행 진동성능 평가 실험
- 국내외 모듈러 시스템 접합부의 상세 도면 정리
  - 접합방법에 따른 접합 상세의 도면화

최종성과물

- 모듈 내부 접합부 관련 학술발표 3건
- 모듈 내부 접합부 관련 국내 논문 1건
- 모듈 간 접합부 실험 보고서 1건
- 모듈 간 접합 철물 디자인 출원 1건
- 모듈러 접합부 상세 도면집 1건(WISE구조)
- 조립식 주택 바닥 진동성능 평가 보고서 1건(WISE구조)
- 조립식 주택 바닥 진동성능 평가 국내 논문 1건(WISE구조)

(1) 실증단지의 모듈 간 접합부의 실험적 성능 검증 및 기술 실증

(가) 실증단지 모듈 간 접합부 실험

① 실험 계획

- ㅇ 구조물의 강도는 가장 약한 부분에 의해 결정되며, 부재들을 연결하는 접합부는 부재보다 약한 부분이 될 가능성이 있음
- ㅇ 횡하중에 대해 모듈의 안정적 거동을 위해 일반적으로 강 기둥-약 보의 조합이 권고됨
- ㅇ 실증단지 모듈러 구조시스템에 있어 모듈 간 접합에 접합철물이 사용되고 기둥에 접합되는 보의 방향에 따라 발생하는 휨모멘트에 대해 접합철물의 거동이 2가지로 구분됨

그림 2.2.4.41 실증단지 모듈 간 접합부 및 실험 대상 부위

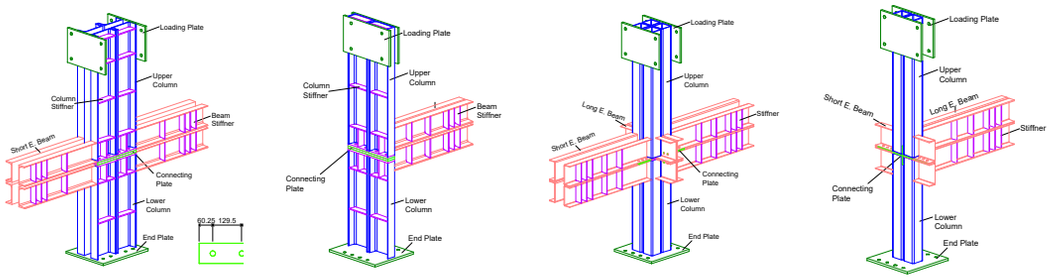
ㅇ 가양 실증단지 모듈 간 접합부 실험체에 사용될 부재와 강종은 다음과 같음

- 기둥 : ⊏-250×90×9×13 (SS400)
- 보 : ⊏-200×80×7.5×11 (SS400)
- 접합철물 : PL-20 (SS400)

ㅇ 수서 실증단지 모듈 간 접합부 실험체에 사용될 부재와 강종은 다음과 같음

- 기둥 : □-125×125×9 (SPSR400)
- 보 : ⊏-200×75×6 (SS400)
- 접합철물 : PL-8 (SS400)

ㅇ 다음과 같이 총 6개의 실험체를 계획하였음



P-LS　　P-SS　　K-LS (K-LC)　　K-SS (K-SC)

그림 2.2.4.42 실증단지 모듈 간 접합부 실험체

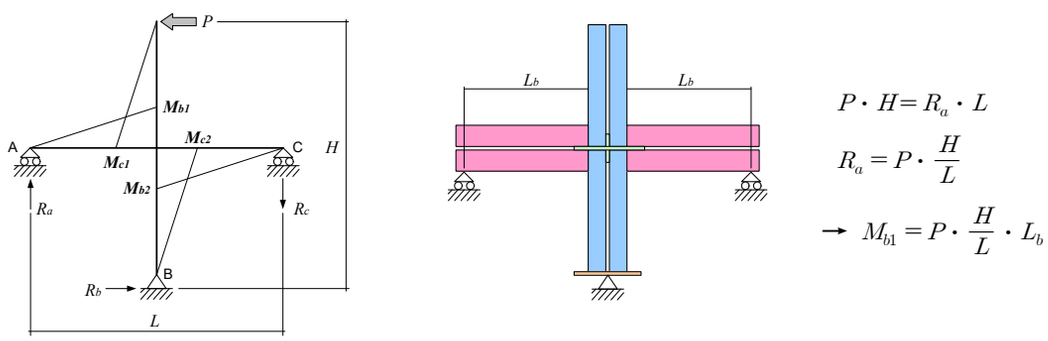
② 실험 방법

ㅇ 모듈러 골조가 횡력을 받는 상황을 상정하여 1000kN 용량의 Actuator를 이용하 기둥을 횡방향으로 KBC2009 0722.2.4.에 따라 0.05mm/sec의 속도로 변위 점증 방식으로 가력함

그림 2.2.4.43 모듈 간 접합부 실험체의 셋팅

③ 실험 결과 분석

ㅇ 모듈 간 접합부 실험 결과를 통해 모듈 골조의 성능을 파악하기 위해 접합부의 휨모멘트를 다음과 같은 힘의 평형 조건을 이용하여 계산함 (외팔보형 실험체도 동일)



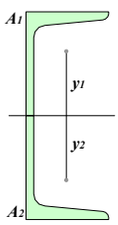
$$P \cdot H = R_a \cdot L$$

$$R_a = P \cdot \frac{H}{L}$$

$$\rightarrow M_{b1} = P \cdot \frac{H}{L} \cdot L_b$$

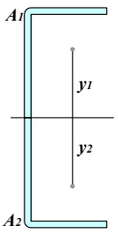
그림 2.2.4.44 실험체 반력과 휨모멘트 분포

○ 각 실증단지별 모듈간 접합부 실험체 제작에 사용된 보 부재 단면의 소성휨모멘트는 소성단면계수와 강재인장강도 시험 결과를 이용하여 계산함



C-200×80×7.5×11

Mp=77.0 kN·m



C-200×75×6

Mp=36.1~37.2 kN·m

그림 2.2.4.45 보 단면의 소성휨모멘트

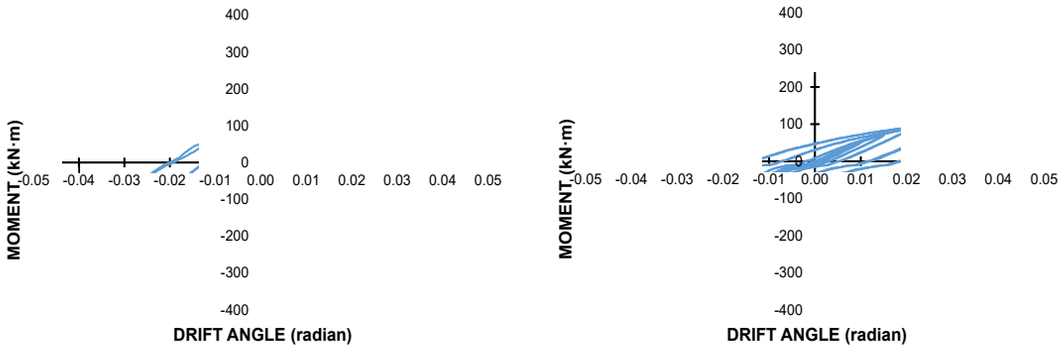
○ 가양 실증단지의 P-LS 실험체의 경우 특수모멘트골조 성능에 해당하는 접합부임

○ 가양 실증단지의 P-SS 실험체의 경우 보통모멘트골조 성능에 해당되어 전체골조의 해석에서 반응수정계수는 3.5를 적용해야 함

○ K-LS의 경우 실험적 오류로 접합부의 성능을 판단할 수 없지만, K-LC의 경우 특수모멘트골조 성능에 해당하는 성능을 보유하고 있음

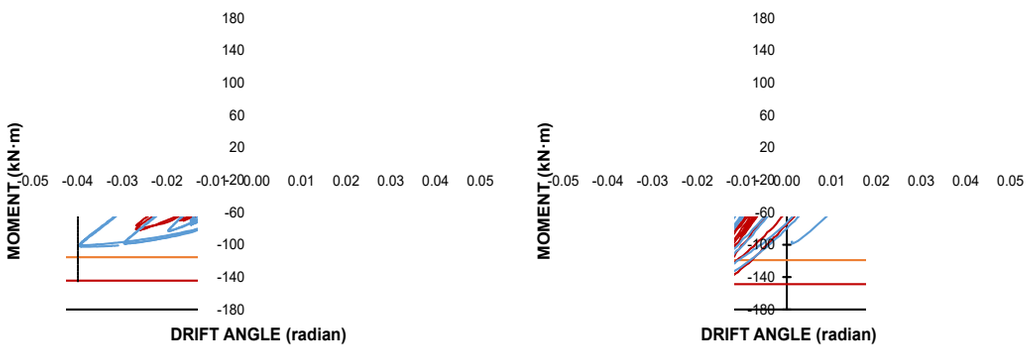
○ K-SS와 K-SC 모두 접합부의 성능은 특수모멘트골조 성능에 해당되고 있지만 일자형 접합철물이 사용된 경우 0.04rad 이후 강성과 내력 저하가 발생하는 반면 십자형 접합철물이 사용된 경우 0.04rad 이후 강성과 내력이 유지되었음

그림 2.2.4.46 모듈 간 접합부 실험체의 주요 좌굴 형상



(a) P-LS (b) P-SS

그림 2.2.4.47 모듈 간 접합부의 골조성능 분석 (계속)



(c) K-LS(K-LC) (d) K-SS(K-SC)

그림 2.2.4.48 모듈 간 접합부의 골조성능 분석

④ 개선 사항

- 가양 실증단지는 모듈의 기둥으로 C형강이 사용됨에 따라 강축에 대한 휨에 대해서 강한 저항성능을 갖지만 약축에 대한 휨에 대해서는 매우 약해질 수 있음
- 따라서 패널존 부근에서 C형강 기둥에 스티프너(다이아프램)로 보강하는 것이 바람직할 것임
- 수서 실증단지의 모듈 시스템을 일자형 접합철물을 사용하여 5개 층 이상 적층할 경우 실제 횡변위는 해석에 의한 횡변위보다 커질 수 있음
- 또한 모듈과 모듈 사이에 접합을 위한 10mm의 갭은 보의 비틀림 좌굴을 억제하지 못할 수 있기 때문에 필러의 설치가 바람직함

그림 2.2.4.49 모듈 간 접합부의 개선 사항

(나) 12대 실증기술의 구조분야 기술 실증단지 적용 계획

① 구조분야 기술의 적용 위치

ㅇ 12대 실증기술의 구조분야 기술인 포켓기초, 모듈 내부 접합부, 모듈간 접합부, 경량바닥의 수서 실증단지 적용 부위는 다음과 같음

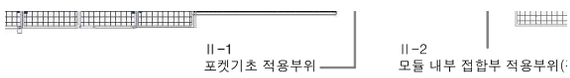


그림 2.2.4.50 구조분야 기술의 적용 위치

② 구조분야 실증 기술 변경 사항

[포켓 기초]

ㅇ 1층 홍보관 테라스 1곳 적용 확정, 주각 연장부 엔드플레이트 볼팅 방식으로 변경

[모듈 내부 접합부]

ㅇ 모든 모듈의 기둥과 보 접합부 적용 확정, 그루브+플레어 용접 유의 필수

[모듈 간 접합부]

ㅇ 3~6층의 양측 배관 샤프트 8개소 적용 확정, 반십자형 접합철물로 형상 변경

[경량합성바닥]

ㅇ 1층 홍보관 복도 1곳 적용 확정, 복도 모듈로 확대 적용 고려 중, 내부 관찰용 투명 마감처리 예정

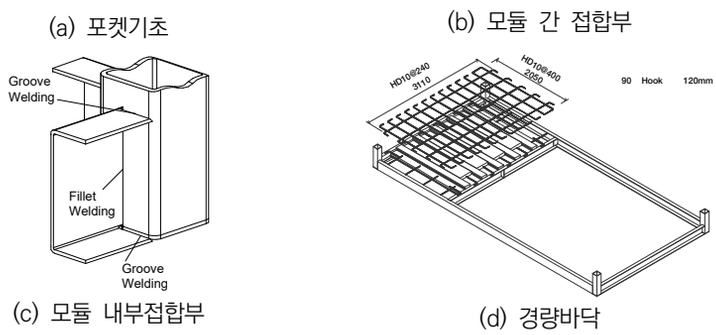


그림 2.2.4.51 구조분야 기술 실증단지 적용 계획 상세

(2) 보행에 대한 바닥 진동성능의 해석적 평가

(가) AISC Steel Design Guide의 진동성능 평가식에 의한 바닥판 진동성능 평가

① AISC 평가식의 실증단지 조립식주택 적용성 검토

- ㅇ 바닥판 진동성능 평가 시 실무에서 많이 사용되고 있는 AISC Steel Design Guide에서 제안된 평가식의 실증단지 조립식주택 적용성을 검토함
- ㅇ 실증단지 적용 모듈을 대상으로 보행하중에 대한 MIDAS 유한요소해석결과와 AISC 평가식의 바닥판 진동응답가속도를 비교
- ㅇ 샛기둥 미설치모듈의 경우, AISC 평가식에 의한 바닥판 고유진동수 및 응답가속도는 MIDAS 해석결과와 약 2~5% 오차가 발생하는 것으로 나타나 비교적 잘 일치함. 따라서 샛기둥 미설치모듈의 바닥판 진동성능 평가시 AISC 평가식을 사용하여 별도의 해석모델 작성없이 바닥판의 진동성능을 비교적 정확하고 간편하게 예측할 수 있을 것으로 판단됨

표 2.2.4.9 AISC 평가식의 실증단지 조립식주택 적용성 검토

	AISC 평가식 (①)	MIDAS 해석결과		결과비교	
		샛기둥 X (②)	샛기둥 O (③)	$\frac{AISC\ ①}{MIDAS\ ②}$	$\frac{AISC\ ①}{MIDAS\ ③}$
고유진동수 [Hz]	5.53	5.82	6.79	95%	81%
응답가속도 [%g]	0.75	0.77	0.53	98%	143%

- ㅇ 그러나, 샛기둥 설치모듈의 경우 AISC 평가식에 의한 바닥판 고유진동수 및 응답가속도는 MIDAS 해석결과와 약 19~43% 오차가 발생하는 것으로 나타나, 샛기둥 설치모듈에서 AISC 평가식을 사용하기 위해서는 샛기둥에 의한 바닥판의 응답가속도 감소효과를 고려하는 방안이 필요한 것으로 판단됨

② 샛기둥 설치 모듈에 대한 AISC 평가식 적용방안

- ㅇ AISC 평가식에 의한 바닥판 진동성능 예측은 샛기둥 미설치 모듈의 경우 해석결과와 잘 일치하는 것으로 나타난 반면 샛기둥 설치모듈의 경우 해석결과와 오차가 비교적 크게 나타나, AISC 평가식에서 샛기둥에 대한 영향을 고려하는 방안을 다음과 같이 제시 함
- ㅇ 기둥 및 상부보로 이루어진 상부골조와 샛기둥에서 각각 발생하는 수직변위에 대한 강성을 각각 정의하고, 상부골조와 샛기둥에 대한 전체 유효강성을 산정
- ㅇ 하부 바닥보의 샛기둥 설치위치에 유효강성을 적용한 치환모델을 정의
- ㅇ 치환모델에 대한 처짐식을 정의하고, 레일라이 방법에 의하여 보의 고유진동수 산정식 유도
- ㅇ 유도된 식으로 바닥판 고유진동수를 산정하고, 산정된 고유진동수를 AISC 평가식에 적용하여 바닥판 응답가속도 산정

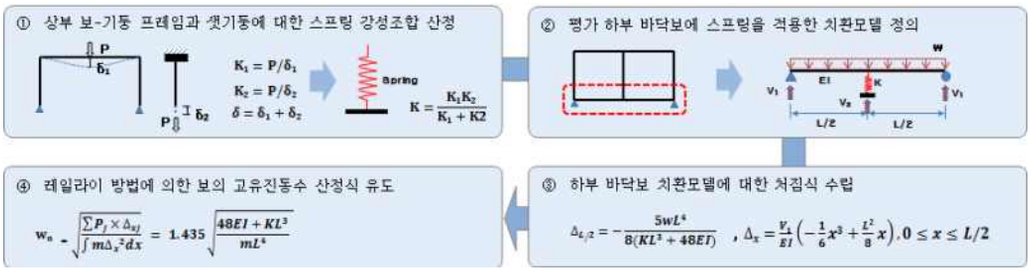


그림 2.2.4.52 샛기둥 설치모듈에 대한 AISC 평가식 적용방안

○ 제안된 방안을 적용하여 샛기둥 설치모듈에 대한 바닥판 고유진동수 및 응답가속도 산정결과, 해석결과 대비 약 8~11% 오차를 보여 기존 AISC 평가식의 19~43% 오차보다 해석결과에 근접한 결과로 나타남

표 2.2.4.10 AISC 평가식 적용방안에 따른 샛기둥 설치모듈 진동성능 평가결과

	AISC		MIDAS	결과 비교	
	기존 평가식 (①)	수정평가식 (④)	샛기둥 O (③)	① / ③	④ / ③
고유진동수 [Hz]	5.53	6.25	6.79	81%	92%
응답가속도 [%g]	0.75	0.58	0.53	143%	111%

○ 샛기둥에 대한 유효강성의 크기 변화에 따른 제안된 방안의 적용범위를 고찰하기 위하여 유효강성 0~8,000N/mm 범위에서 바닥보 치환모델에 대한 해석결과와 제안된 방법에 의한 고유진동수 산정값을 비교한 결과, 유효강성이 증가할수록 오차가 점차 증가함

○ 따라서 샛기둥에 대한 유효강성 크기에 따른 제안된 방안의 적용을 제한할 필요가 있으며, 본 연구에서 대상으로 하는 중저층 조립식주택의 규모 및 부재크기를 고려할 때 유효강성 약 4,000N/mm에서 적용 가능할 것으로 판단됨

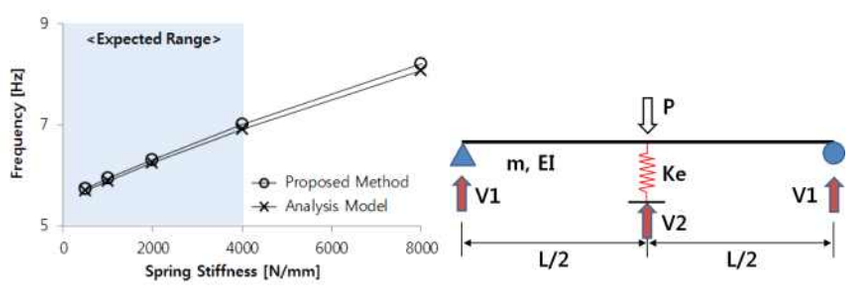


그림 2.2.4.53 샛기둥 유효강성에 따른 AISC 평가식 적용방안에 대한 적용범위

③ 실증단지 바닥판 진동성능 향상 방안

○ 실증단지 조립식주택 바닥판의 보행하중에 대한 다양한 진동성능 향상방안을 변수로 국내 범용해석프로그램인 MIDAS를 이용하여 해석모델을 수립하고 시간이력해석을 통해 최적의 바닥판 진동성능 향상방안을 도출

○ 진동성능 향상방안으로는 샛기둥 미설치 또는 설치 모듈을 대상으로 슬래브 두께 또는 바닥보의 단면증가, 적층 모듈의 상하보 연결시공, 브레이스 설치 방안을 적용하여 검토함

○ 향상방안별 진동성능 검토결과, 별도의 구조체 보강없이 적층모듈의 상하보를 연결시공하는 방안이 가장 경제적이며 효과적으로 판단됨

표 2.2.4.11 실증단지 조립식주택 진동성능 향상방안 검토

허용 진동가속도 = 0.5%g	기본 모듈		진동성능 향상방안					
	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4	CASE-5	CASE-6	CASE-7	CASE-8
향상 방안	-	-	샛기둥 미설치		샛기둥 설치			
			슬래브 150→200	C250x90x9	슬래브 150→165	C200x90x8/13.5	상하보 연결시공	브레이스 설치
응답가속도 [%g]	0.77	0.53	0.45	0.46	0.48	0.37	0.32	0.03
허용값 대비	154%	106%	90%	92%	96%	74%	64%	6%

(나) Mock-up 주택 바닥판 진동성능 측정

① 보행하중에 대한 바닥판 진동성능 실험계획

○ 금강공업 Mock-up 조립식주택에서 1~2층의 중간 및 외측모델을 대상으로 각각 보행시뮬레이션 후 가속도이력 측정

○ 가속도 측정은 각 모듈별 슬래브 정중앙 마감층에서 보행시뮬레이션의 변동을 고려하여 3회 반복수행함, 실험시 보행시뮬레이션의 보행인 중량, 보폭, 보행속도는 각각 70kgf, 70cm, 2Hz가 적용됨

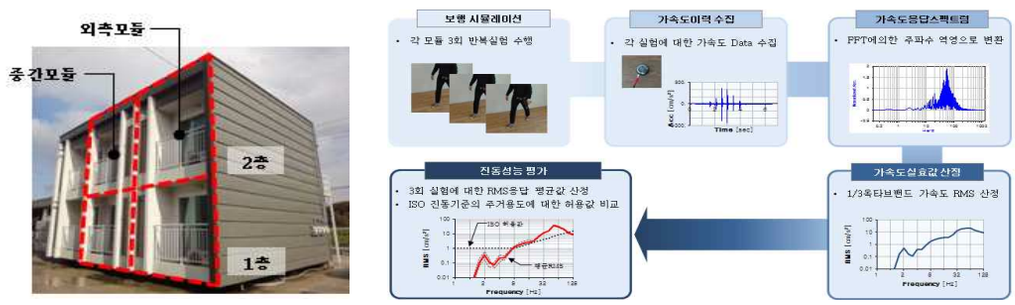


그림 2.2.4.54 Mock-up 주택 바닥판 진동성능 실험

② 바닥판 고유진동수 검토

○ 바닥판 가속도이력에 대한 스펙트럼을 분석한 결과, 뚜렷한 고유진동수가 나타나지 않고 복합적인 진동수 성분으로 나타남

○ 스펙트럼의 첫 번째 피크는 약 20Hz에서 바닥판 진동에 의한 값이며, 두 번째 피크는 약 60Hz에서 마감층 진동에 의한 값으로 판단됨

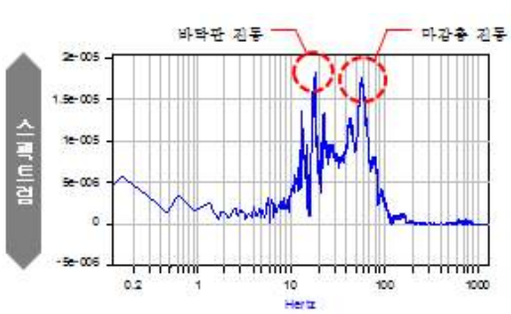


그림 2.2.4.55 가속도 응답스펙트럼

③ 바닥판 진동성능 검토

- 가속도 RMS값과 ISO의 주거에 대한 허용값을 비교검토한 결과, 1층과 2층, 외측와 중간모듈의 진동 응답이 거의 유사하게 나타남
- 바닥판의 진동으로 추측되는 주파수 20Hz 이하에서는 허용값을 대체적으로 만족하는 것으로 나타났으나, 마감층의 진동으로 추측되는 주파수 20Hz 이상에서는 허용값을 초과함
- 진동에 사용성능은 구조체를 대상으로하기 때문에 정확한 판단을 위해서는 마감이 없는 나 슬래브 상태에서 실험평가가 필요함

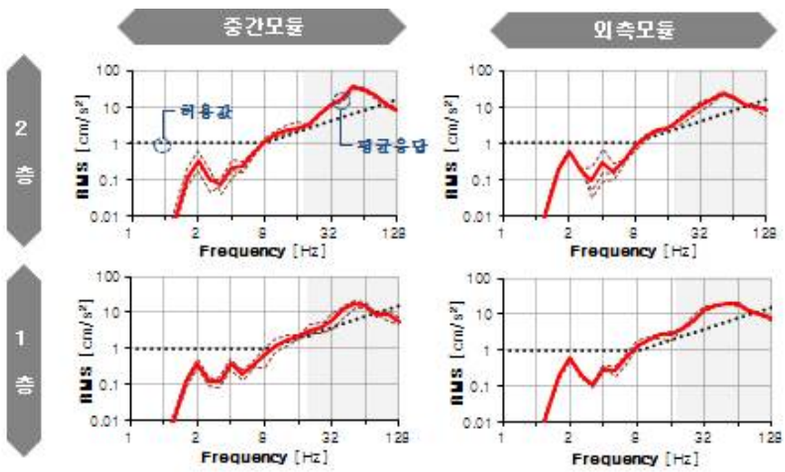


그림 2.2.4.56 Mock-up 주택 진동성능 평가

라) 4차년 : 실증단지 내진성능 평가 및 외부 진동에 대한 사용성 평가

연구목표

- 비선형 동적 해석을 통한 실증단지 내진성능 평가 및 외부 진동에 대한 성능 평가

연구내용

- 실증단지 비선형 동적 해석을 통한 내진성능 평가
  - 수서 실증단지 혼합 구조(PC+모듈러)에 대한 내진성능 평가
  - 실제 지진파 입력에 의한 동적 해석 수행 및 프로세스 정리
- 실증단지 모듈의 구조성능 향상 방안 도출
  - 가양 실증단지 내부 접합부(C형강 기둥-C형강 보)의 유한요소해석
  - 구조성능 향상을 위한 보강 방안 도출
- 조립식 주택 구조설계가이드 체계 구성
  - 구조설계가이드 내용 구성
- 조립식 주택 바닥의 외부 진동에 대한 실측 및 분석(WISE구조)
  - 조립식 주택(공릉동 기숙사) 대상 외부 진동 실측
  - 조립식 주택 바닥의 진동 성능 취약 원인 분석
- 구조해석을 통한 외부 진동 시뮬레이션
  - 외부 진동에 대한 바닥 진동 성능 향상 방안 제시

최종성과물

- **구조설계가이드(초안) 1건**
- **조립식 주택 모듈 간 접합부 성능 평가 논문 1건**
- **조립식 주택 기초 성능 평가 SCI 1건**
- **연결구를 이용 접합시스템 특허 등록 1건**
- **조립식 주택 외부 진동 성능 평가 보고서 1건(WISE 구조)**

(1) 비선형동적해석을 통한 실증단지 내진 안전성 평가

(가) 실증단지의 모델링

① 실증단지 구조 시스템

- 실증단지의 용도는 도시형 생활주택로 규모는 지상 7층의 44세대이며 구조시스템은 적층형 모듈러 골조시스템과 PC 골조시스템이 혼합되어 있음
- 지상 2층까지 부지 전체에 걸친 주차장이 PC 골조로 구성되며, 3층부터 7층까지 2동의 건물이 골조식 모듈(모듈러 골조)와 인필식 모듈(PC 골조)로 구분됨
- 골조식 모듈 건물의 경우 3층 바닥에 PC 거더로 구성되는 전이 구조를 형성되어 있음

② 비선형동적해석을 위한 모델링

- 각형강관 기둥과 C형강 보가 사용된 모듈러 골조의 부재와 접합부 모델은 이 연구에서 수행된 실험 결과와 선행 연구에서 수행된 유사동적실험 결과를 이용하여 적절한 복원력 특성 모델을 선정하였음
- PC 골조의 부재와 접합부 모델은 여러 연구를 통해 알려진 콘크리트에 대표적인 복원력 특성 모델을 이용하였음
- 해석에 사용된 프로그램은 3차원 비선형해석이 가능한 CANNY(Li, 2010)를 사용하였음
- CANNY(Li, 2010)를 이용한 실증단지 모델링 결과는 다음과 같음

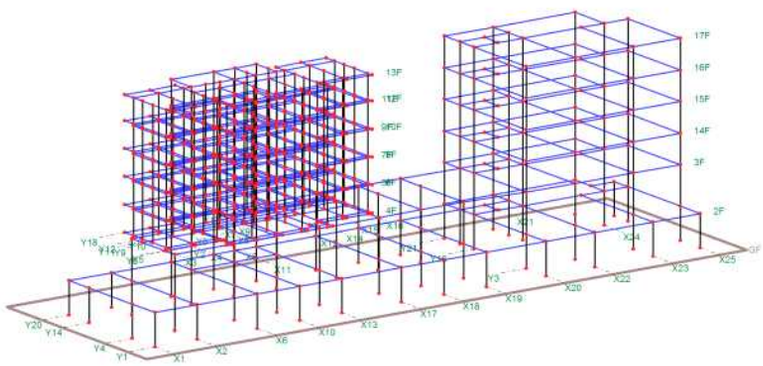


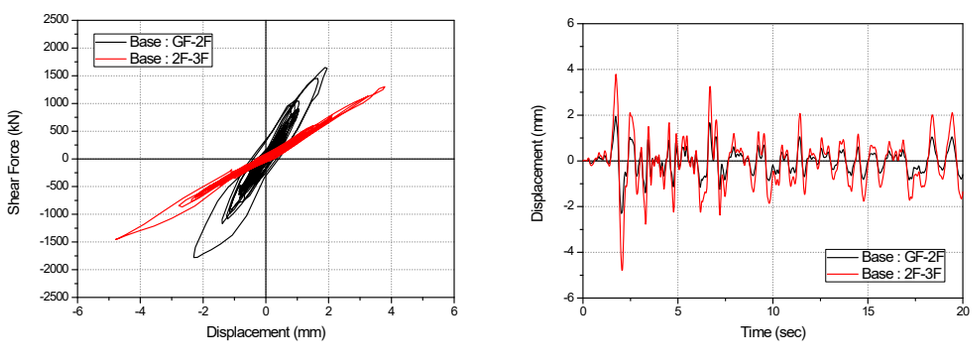
그림 2.2.4.57 수서 모듈러 골조 조립식주택 골조의 모델링

- ㅇ 수서 실증단지 구조설계 결과를 참고하여 기둥 및 보 부재 단면 100여개를 프로그램에서 생성하여 구조설계와 동일한 골조로 모델링하였음
- ㅇ 지진가속도는 Taft(NS), Taft(EW)를 입력하였음
- ㅇ 지진파의 크기는 지반조건 SD에 해당하는 2400년 재현주기 지반가속도의 2/3 수준인 200gal 및 250gal의 지반가속도를 설정하였음

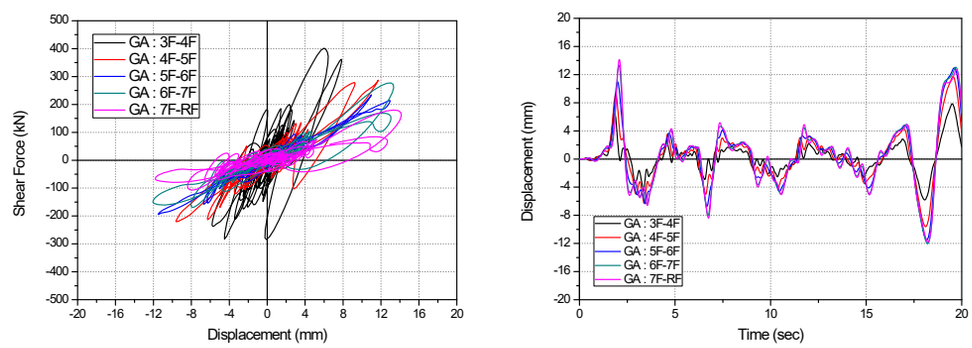
(나) 실증단지의 비선형동적해석 결과

① 200gal 지반가속도

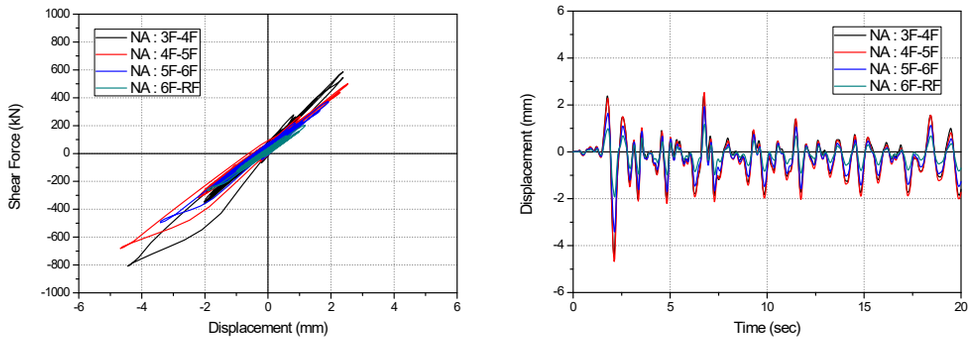
- ㅇ Taft(NS) 200gal에 대한 수서 실증단지의 지진응답 하중-변위곡선 및 지진응답 시간-변위곡선은 다음과 같음



(a) 하부 PC 골조 GF~3F의 하중-변위 및 시간-변위 관계



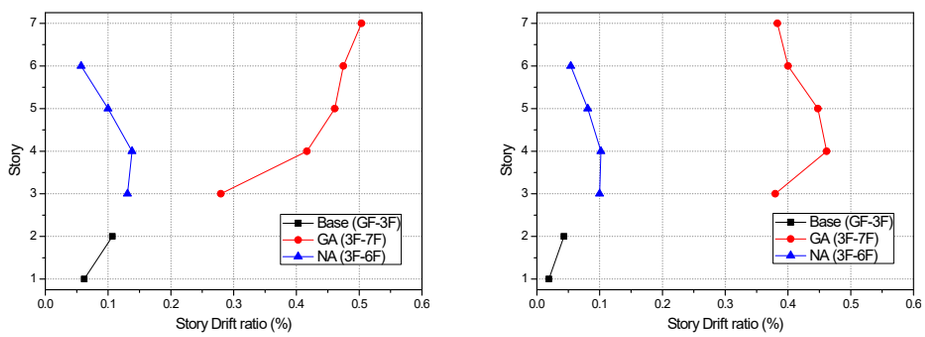
(b) 모듈러 골조 3F~RF의 하중-변위 및 시간-변위 관계



(c) PC 골조 3F~RF의 하중-변위 및 시간-변위 관계

그림 2.2.4.58 수서 실증단지의 지진응답해석(Taft_NS, 200gal)

- ㅇ Taft(EW) 200gal에 대한 수서 실증단지의 지진응답 하중-변위곡선 및 지진응답 시간-변위곡선은 Taft(NS) 200gal의 응답보다 약간 작은 응답을 보였음
- ㅇ Taft(NS) 및 Taft(EW)의 200gal에 대한 수서 실증단지의 지진응답에 따른 최대 층간 변형률을 다음 그림에 정리하였음
- ㅇ Taft(EW) 200gal에 대한 수서 실증단지의 지진응답변위는 전체 층에 걸쳐 항복을 넘지 않는 변위를 보였으며, Taft(NS)의 해석결과는 Taft(EW)의 해석결과보다 약간 큰 지진응답을 보여주었지만 대부분의 부재는 항복에 도달하지 않았음

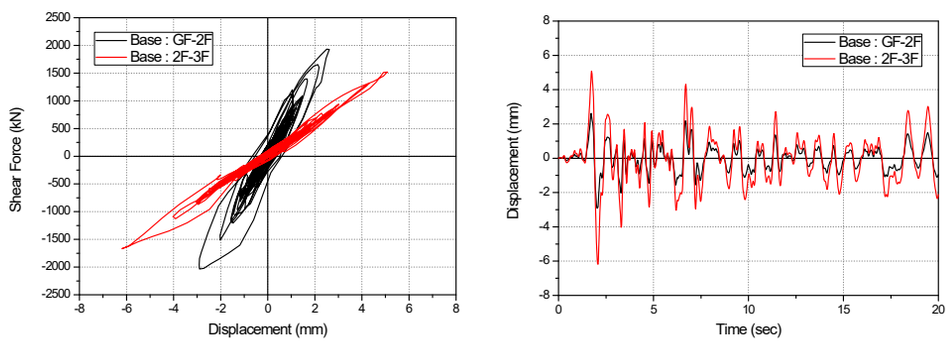


(a) X-방향(NS) 층간 변형률 (b) Y-방향(EW) 층간 변형률

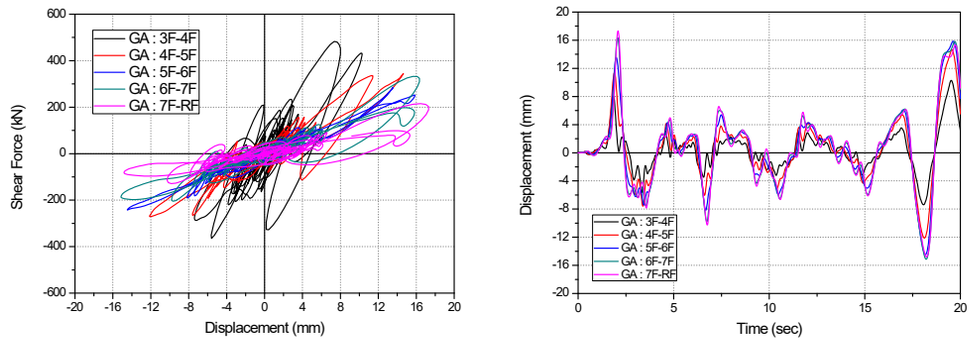
그림 2.2.4.59 수서 실증단지의 최대 층간 변형률(Taft_NS, 200gal)

② 250gal 지반가속도

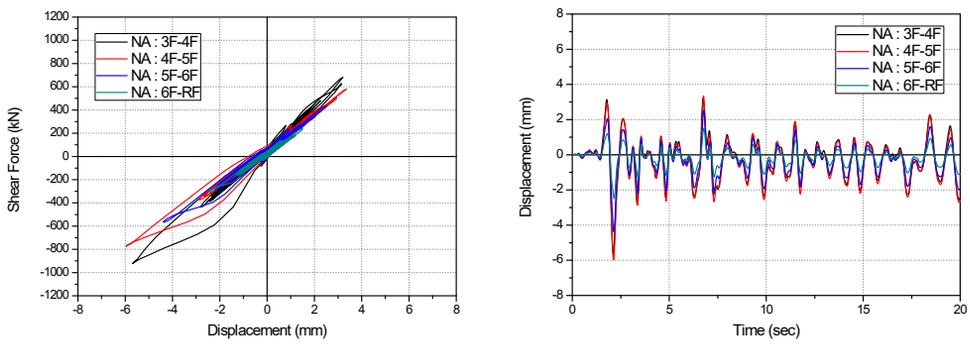
- ㅇ Taft(NS) 250gal에 대한 수서 실증단지의 지진응답 하중-변위곡선 및 지진응답 시간-변위곡선은 다음과 같음



(a) 하부 PC 골조 GF~3F의 하중-변위 및 시간-변위 관계



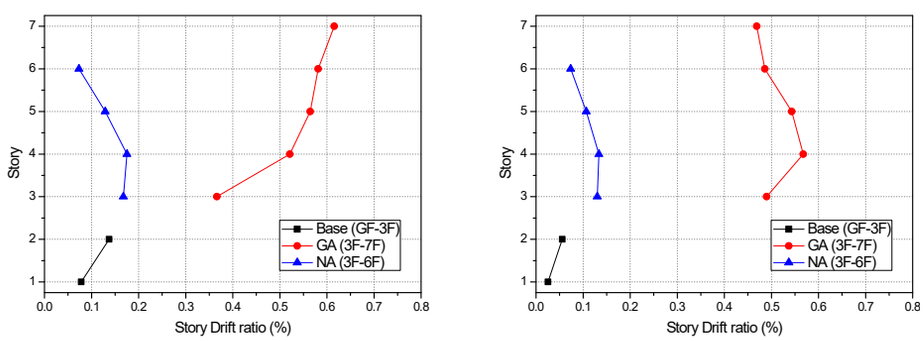
(b) 모듈러 골조 3F~RF의 하중-변위 및 시간-변위 관계



(c) PC 골조 3F~RF의 하중-변위 및 시간-변위 관계

그림 2.2.4.60 수서 실증단지의 지진응답해석(Taft_NS, 250gal)

- ㅇ Taft(EW) 250gal에 대한 수서 실증단지의 지진응답 하중-변위곡선 및 지진응답 시간-변위곡선은 Taft(NS) 250gal의 응답보다 0.9배 작은 응답을 보였음
- ㅇ Taft(NS) 및 Taft(EW)의 250gal에 대한 수서 실증단지의 지진응답에 따른 최대 층간 변형률을 다음 그림에 정리하였음
- ㅇ Taft(NS) 250gal에 대한 수서 실증단지의 지진응답변위는 일부 층에서 항복을 초과한 지진응답변형률(약 0.6%)를 보였으나 목표수준인 인명안전(LS) 수준을 벗어나지 않았음
- ㅇ Taft(EW) 250gal에 대한 수서 실증단지의 지진응답변위는 Taft(NS) 250gal의 결과보다 약 0.9배 작은 응답을 보여 목표수준인 인명안전(LS) 수준을 벗어나지 않았음



(a) X-방향(NS) 층간 변형률 (b) Y-방향(EW) 층간 변형률

그림 2.2.4.61 수서 실증단지의 최대 층간 변형률(Taft_NS, 250gal)

③ 실증단지의 내진안전성 평가

- 국내 내진설계 기준에서 규정한 지진규모인 200gal수준(지반조건 SD)에서 수서 실증단지는 전체적으로 항복 이전 또는 부근의 지진응답변위를 보여주어 성능수준은 즉시거주(IO) 수준으로 소규모 지진피해가 예상됨
- 2400년 재현주기 지진수준인 250gal(지반조건 SE)에서는 전반적으로 인명안전(LS) 수준을 충분히 만족하는 수준으로서 중·소규모 지진피해가 예상됨

(2) 가양 실증단지 모듈 접합부 보강 상세 해석

(가) 해석 모델 및 모델링 기법

① 해석 모델링

- 범용 구조해석 프로그램인 ABAQUS를 사용하여 기하 및 재료 비선형 고려
- 기존 실험결과와 비교하여 해석 모델 검증 후 무보강 및 보강 실험체 해석
- 4절점 쉘요소(S4R)을 사용하고 상, 하부층 및 연결판은 각각 모델링 후 Tie option으로 일체화 조건을 부여하여 해석시간 단축을 위해 Half Model을 이용함
- 해석 검증 모델의 경계조건 및 Mesh 형상은 아래와 같음

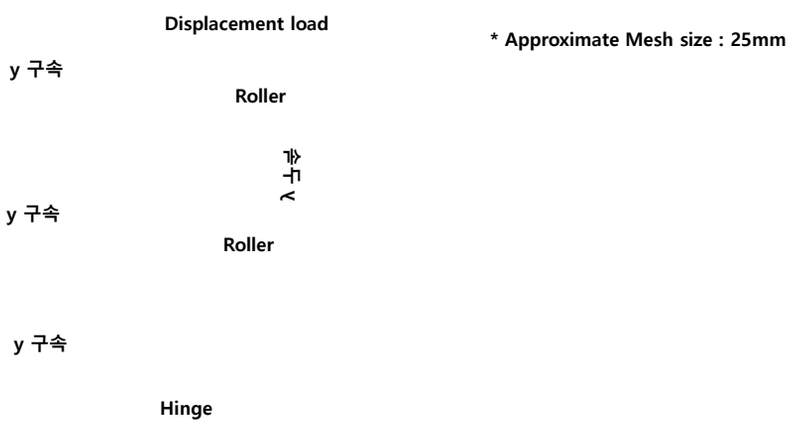


그림 2.2.4.62 가양 실증단지의 해석 검증 모델

- 해석 검증 모델의 재료 강도는 실험을 통해 확인된 재료시험 결과와 동일한 값을 적용하였음
- 가양 실증단지 구조설계에 사용된 기둥 단면은 SM490 C-330×130×12이고, 보 단면은 SM400 C-230×100×12으로 보강 상세 검증 모델에 사용됨
- 보강 상세 검증 모델의 재료 강도는 설계기준강도가 적용됨

② 해석 모델 검증

- Half model의 해석 결과 부(-)방향의 경우 해석값(-62.6kN)은 실험 최대 하중(-60.9kN)과 약 3%의 차이를 보임
- Half model의 해석 결과 정(+)방향의 경우 해석값(+66.1kN)은 실험 최대 하중(+57.6kN)과 약 15%의 차이를 보임
- 정방향 해석결과에서 상대적으로 오차가 크게 나타난 이유는 실험이 반복하중으로 진행된 것에서 기인한 것으로 전체적인 거동은 유사한 것으로 나타남

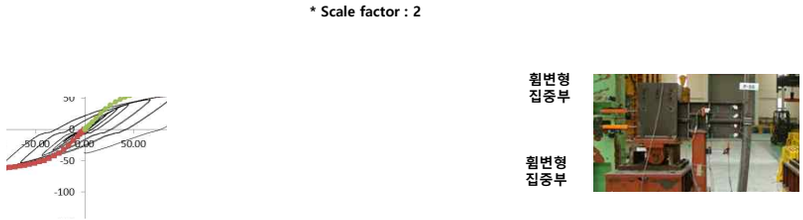


그림 2.2.4.63 가양 실증단지의 해석 모델 검증

(나) 가양 실증단지 구조설계 부재 접합부 및 보강 상세 해석 결과

① 가양 실증단지 구조설계 부재 접합부에 대한 해석 결과

- ㅇ 해석 방법 및 경계조건은 해석 검증 모델과 동일하게 적용
- ㅇ 해석 결과 부(-)방향의 경우 최대내력은 -129.7kN으로 나타났고, 정(+)방향의 경우 최대내력은 +142.1kN으로 나타났음
- ㅇ 구조설계 부재 단면의 사용으로 내력은 실험결과보다 증가하는 것으로 나타났지만 보 플랜지 부근의 기둥이 꺾이는 현상이 그대로 관찰됨

그림 2.2.4.64 가양 실증단지 구조설계 부재 접합부의 해석결과

② 가양 실증단지 구조설계 부재 접합부 보강 상세에 대한 해석 결과

- ㅇ 보강 상세는 크게 2가지로 기둥-보 접합부에서 기둥의 상·하부로 100mm 떨어진 위치에 두께 9mm의 스티프너를 설치하는 방안과 기둥-보 접합부에서 기둥의 상·하부 150mm의 오픈 구간을 두께 9mm 플레이트로 덧대는 방안이 제시되었음

그림 2.2.4.65 가양 실증단지 구조설계 부재 접합부 보강 방안

o 수평 스티프너로 보강한 상세의 하중-변형 관계는 보강하지 않은 경우와 비교하여 차이가 거의 없는 것으로 나타났으나 기둥-보 접합부의 기둥 단면에 변형이 집중되는 현상은 완화되는 것으로 나타남

o 150mm 구간을 강판으로 보강한 상세의 해석결과는 보강하지 않은 경우에 비해 내력이 약 15% 증가하는 것으로 나타났고 마찬가지로 기둥-보 접합부의 기둥 단면에 변형이 집중되는 현상은 완화되는 것으로 나타남

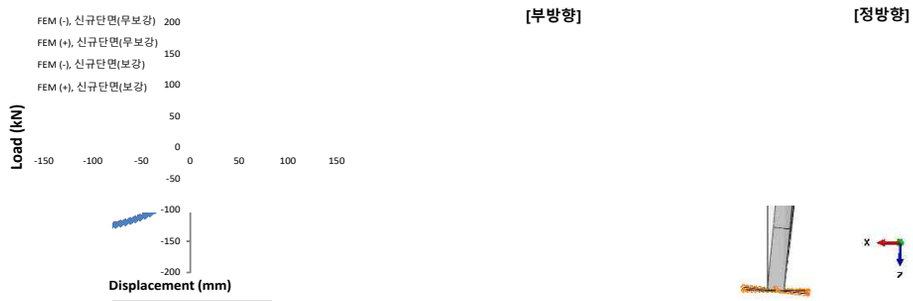


그림 2.2.4.66 가양 실증단지 구조설계 부재 접합부 보강 상세 1의 해석결과

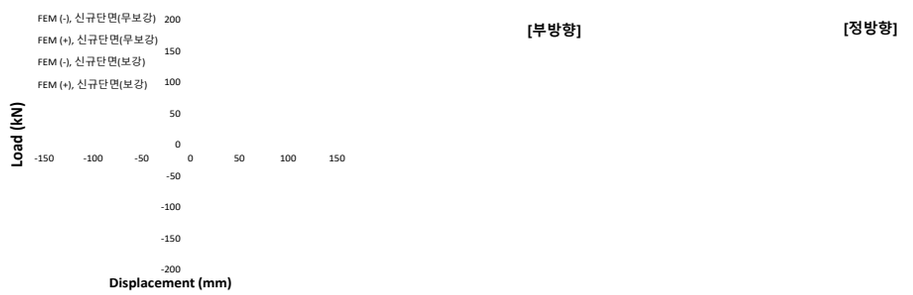


그림 2.2.4.67 가양 실증단지 구조설계 부재 접합부 보강 상세 2의 해석결과

(3) 조립식 주택 바닥의 외부 진동에 대한 실측 및 분석

(가) 외부 진동의 측정 계획

① 외부 진동 측정 모듈러 건축물 및 차량 운행 경로

o 외부 진동 측정 대상은 노원구 공릉동에 건립된 모듈러 기숙사로 왕복 4차선 도로와 2차선 도로의 교차로에 위치해 있고, 내부순환도로가 인접해 있으며, 우측 1차선 버스 전용차선으로 버스가 운행하며, 공사차량 및 대형트럭이 빈번히 운행하고 있어 3가지 경로(A, B, C)에 대해 외부 진동을 측정함

그림 2.2.4.68 외부 진동 측정 대상 모듈러 건축물 및 차량 운행 경로

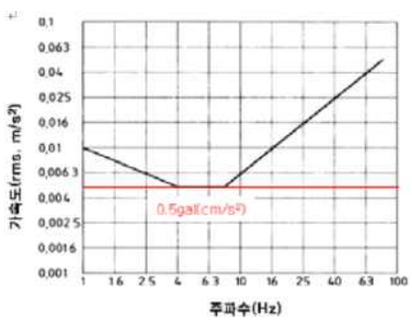
② 외부 진동의 세대 내 측정 위치 및 장비

- 이 모듈러 건축물의 규모는 4층으로 총 22호 중 장애인실 1호를 제외하고 한 호당 2개의 실로 독립된 구조로 구성되어 있어 건물 내부의 측정 위치는 302호로 정하였음
- 1호의 크기는 길이 3150mm, 폭 2164mm로 바닥 면적은 22.61㎡이며 세대 내부에서 진동을 측정한 위치는 세대 중심으로 정하였음
- 측정 장비는 FFT Analyze로 SA-01A4, VIBRATION LEVEL METER로 VM-53, Acceler meter로 KS 77C-100가 사용됨

그림 2.2.4.69 외부 진동 세대 내의 측정 위치

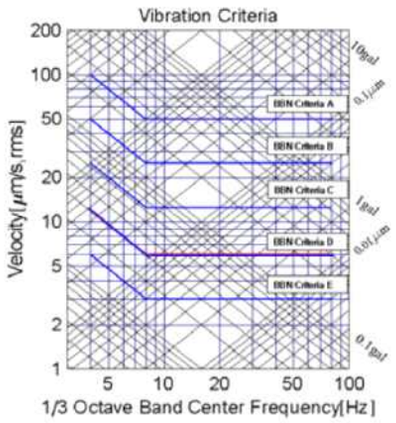
③ 평가 방법

- ISO 2631에서 규정하는 인체 반응의 진동 허용 규제치는 아래에 나타난 것과 같이 등가반응곡선을 적용하여 장소의 중요도, 시간, 진동의 발생 빈도에 따라 2~8배의 곱셈 인자를 이용하여 기준을 설정함
- BBN Criteria는 정밀 장비 관련된 진동 수준을 등급별로 나타내었으며, BBN Criteria의 일반적인 진동 환경은 ISO 2631의 등가반응곡선과 일치하도록 설계됨
- 예를 들어 등가 반응 곡선은 중요한 작업 장소로 병원의 수술실, 전자 장비, 400배 현미경 등의 위치로 BBN Criteria와 비교하여 보면 일반적인 진동 환경에 준하는 진동 수준임



지 역	시 간	연속진동(dB)	충격진동(dB)
병원의 수술실, 정숙을 요하는 지역		51 (3.5mm/s²)	54 (5.0mm/s²)
주거지	낮 밤	57 (7.0mm/s²) 54 (5.0mm/s²)	60 (10.0mm/s²)
사무실		63 (14.1mm/s²)	66 (19.9mm/s²)
공장, 작업장		69 (28.2mm/s²)	72 (39.8mm/s²)

그림 2.2.4.70 ISO 2631의 등가반응곡선과 진동 허용 기준



Descrip. / Class	Vibration Criteria	
	4-8Hz RMS Acc.	8-80Hz RMS Vel.
일반적인 진동 환경	4gal(변위 16㎛)	800 ㎛/s
	2gal(변위 8㎛)	400 ㎛/s
	1gal(변위 4㎛)	200 ㎛/s
	0.5gal(변위 2㎛)	100 ㎛/s
Class : A	0.25gal (변위 1㎛)	50 ㎛/s
Class : B	0.13gal(변위 0.5㎛)	25 ㎛/s
Class : C	0.06gal(변위 0.25㎛)	12 ㎛/s
Class : D	0.03gal(변위 0.12㎛)	6 ㎛/s
Class : E	0.015gal(변위 0.06㎛)	3 ㎛/s

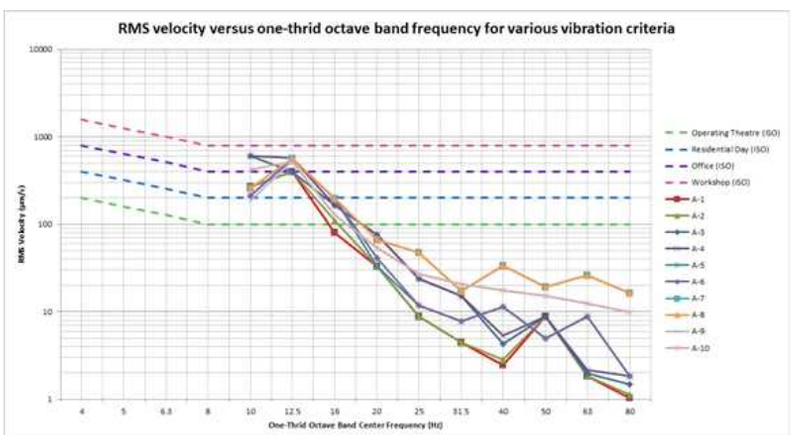
그림 2.2.4.71 BBN Criteria

(나) 외부 진동 측정 결과 및 분석

① 외부 진동 측정 결과

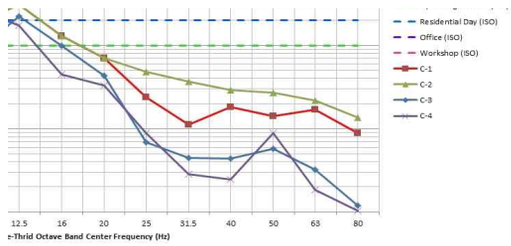
ㅇ 설정된 경로(A, B, C)의 차량이동에 따른 진동속도(㎛/s)를 수평 및 수직 방향에서 측정함

ㅇ 대표적으로 A, B, C 경로의 수직 방향에 대한 측정 결과는 다음과 같음



(a) A경로 수직방향

(b) B경로 수직방향



(c) C경로 수직방향

그림 2.2.4.72 외부 진동 측정 결과(수직 방향)

② 외부 진동 측정 분석

- ㅇ 동일한 외부충격에 대해 수평진동보다 수직진동이 높게 나타남
- ㅇ A 경로가 대상 건축물과 거리가 가장 떨어져 있음에도 불구하고 다른 경로와 대비하여 높게 나타남
- ㅇ 대상 건축물과 근접하게 설정된 C 경로는 차량 속도가 높지 않음에도 불구하고 진동이 주거기준을 초과하는 것으로 나타남
- ㅇ 모듈러 건축물의 외부 진동 원인은 차량으로 파악되며 ISO 2631 주거용 기준치를 약 3배 정도 상회하는 것으로 분석됨
- ㅇ 외부 진동을 계측하는 동안 건축물 앞 사거리에 중량이 큰 버스나 트럭이 지날 때 높은 진동이 측정되기 때문에 사거리 도로 중심부의 높이가 주변보다 높아 충격이 크게 작용하는 것으로 판단됨

마) 5차년 : 구조분야 실증 기술 현장모니터링 및 조립식주택 구조설계가이드 구축

연구목표

- 조립식 주택 구조기술의 실증 및 구조설계가이드 구축

연구내용

- 구조기술 실증 및 현장 모니터링을 통한 기술 고도화
  - 12대 실증기술의 구조 분야 기술의 설계 반영 및 구조성능 검토
  - 실증단지 구조 분야 기술의 모니터링 및 개선안 반영
  - 조립식 주택 시스템 구조성능 향상을 위한 기술 개선 방향 분석
- 실증단지 구조설계 기술 지원
  - 실증단지 구조설계 해석 모델링 기법 자문
  - 실증단지 구조설계 결과 검토(마감 간섭, 횡력저항성능 등)
- 조립식 주택 구조설계를 위한 구조설계가이드 작성
  - 건축구조기준의 내용 및 용어의 일원화
  - 조립식 주택 구조설계 프로세스 및 사례 작성
- 조립식 주택 상세 구조도면 정리(아이스트테크)
  - 조립식 주택 시스템별 상세 구조도면 작성
- 조립식 주택 구조설계를 위한 구조설계가이드 작성 지원(아이스트테크)
  - 바닥 진동성능 평가 프로세스 및 사례 작성

두정 실증단지

가양 실증단지

조립식 주택 구조설계가이드

최종성과물

- 조립식 주택 구조설계가이드 1건
- 조립식 주택 구조기술 모니터링 보고서 1건
- 조립식 주택 상세 구조도면집 1건(아이스트테크)
  (구조설계가이드와 통합 정리)

(1) 조립식주택 실증단지 구조 분야 모니터링

(가) 가양 실증단지 구조 분야 모니터링

① 모듈 제작 구조 분야 모니터링

ㅇ C형강 기둥과 C형강 보가 접합되는 내부 접합부에서 보의 소성모멘트 발현을 보장할 수 있는 접합부의 용접 상세로 플랜지 부분은 그루브 용접을 하고 웨브 부분은 플레어 용접을 제작 과정에서 확인함

그림 2.2.4.73 가양 실증단지 모듈의 기둥-보 접합 용접 상세 모니터링

ㅇ 모듈 바닥구조에 사용된 트러스 데크의 단부에서 콘크리트 타설을 위한 스토퍼에 용접된 철근 정착을

보에 용접되도록 하고 스터드 볼트와 교대 배치하여 정착에 소요되는 스터드 물량 및 용접량을 줄이는 개선 방안을 적용하였음

그림 2.2.4.74 가양 실증단지 트러스 데크 바닥 단부의 정착 상세 개선

○ 또한 콘크리트 코어와 연결을 위해 복도 슬래브에 선매립한 연결 철물이 거푸집으로 사용된 트러스 데크에만 용접되어 있어 이를 C형강 보에 용접될 수 있도록 재용접을 요청하였고, 외측에서 C형강과 거푸집 스토퍼와 용접하여 보강될 수 있도록 모니터링함

그림 2.2.4.75 가양 실증단지 콘크리트 코어와 연결을 위한 선매립 철물의 용접부 수정

② 현장 설치 구조 분야 모니터링

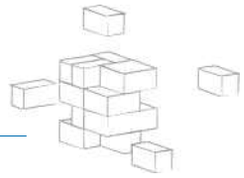
○ 모듈을 고정하기 위해 2층 철근콘크리트 전이 거더의 철근 배근이 완료된 후 측량을 통해 선설치 앵커를 정확한 위치에 설치하는 작업을 모니터링한 결과 전이 거더의 특성상 철근량이 많고 간격이 좁아 앵커를 철근 사이에 삽입하기 곤란한 부분이 있었음

○ 앵커 삽입이 곤란한 경우 철근을 절단해야 하는 문제가 있으나 가양 실증단지에서는 철근 간격을 일일이 벌려 설치되도록 요청하였음

○ 모듈러 건축물의 경우 철근콘크리트로 포디움을 형성하고 그 위에 적층하는 방식이 많으므로 앵커와 전이구조가 포함된 포디움 철근의 상호 간섭을 최소화하기 위해 보나 거더의 상부 철근 간격이 여유가 있는 것이 바람직함

○ 선설치 앵커는 정확한 위치에 설치되었으나 콘크리트 코어의 바닥과 전이 거더의 높이가 맞지 않아 앵커 주변을 무수축 몰탈을 이용하여 모듈의 바닥 레벨과 코어 바닥 레벨을 일치되도록 조정하였음

그림 2.2.4.76 가양 실증단지 선설치 앵커의 시공 및 높이 조정



- ㅇ 모듈 간 접합부의 경우 상하부 모듈의 볼트 홀이 정확히 일치하지 않아 볼트가 체결되지 못한 경우가 일부 있는 것으로 확인되었으며 이것은 모듈 외부에 부착한 띠판 형태의 내화용 자재가 쉽게 압축되지 못하기 때문으로 확인되었음
- ㅇ 원래 크기의 볼트(M22)가 체결되지 못한 경우 그 보다 작은 볼트(M19)로 대체하여 체결하였음
- ㅇ 소요 볼트 개수 및 내력에서 충분히 여유가 있어 구조적인 문제는 없는 것으로 확인되었지만 이러한 문제를 최소화하기 위해 모듈 외부에 부착하는 내화용 자재의 압축 범위에 여유를 두는 것이 필요할 것임

그림 2.2.4.77 가양 실증단지 모듈 간 볼트 접합부

- ㅇ 콘크리트 코어와 모듈의 연결은 코어에 매립된 강판과 모듈 복도 슬래브에 매립된 연결철물을 현장에서 용접하는 것으로 계획되었음
- ㅇ 콘크리트 코어의 시공이 정밀하지 못하고 앞서 언급한 바와 같이 바닥 레벨 오차가 있어 원래 계획대로 시공할 수 없는 부분이 있어 이에 대한 해결 방안이 필요하였음
- ㅇ 바닥 레벨 오차가 발생한 위치는 강판을 레벨이 낮은 곳에 일차 용접하여 높이를 맞춘 후 덧판을 걸쳐대어 용접하여 연결하였음
- ㅇ 또한 그 하부층 천장 높이에서 코어에 강재 브라켓을 후설치 앵커로 설치하고 복도 모듈 바닥보에 용접한 강판과 볼트로 연결하여 보강하였음
- ㅇ 이와 같은 보강 방안은 구조 검토를 통해 안전성을 확인하였음

그림 2.2.4.78 가양 실증단지 코어와 모듈 연결부 보강

(나) 천안두정 실증단지 구조 분야 기술의 반영

- ㅇ 천안 두정 조립식 주택 건축물에 실증을 계획한 12대 실증기술의 구조분야 기술은 원래 포켓기초, 기둥-보 접합 상세, 모듈 간 접합 철물, 경량 합성 슬래브의 4가지였지만 건축법 기준에 따른 건축물 높이 제한으로 포켓기초는 제외되었음
- ㅇ 포켓기초를 제외한 나머지 3가지 구조분야 실증기술은 건축 설계도서를 검토하여 실증 계획을 수립하였고 실시설계도서에 반영하였음

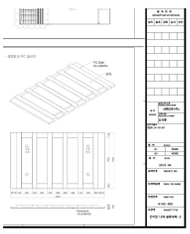


그림 2.2.4.79 천안두정 실증단지 구조분야 실증기술의 실시설계도서

○ 경량 합성 슬래브 시제품은 제작 완료되어 있으며 배근 및 정착 상세는 도면화하여 모듈 제작에 사용될 수 있도록 제공하였고 모듈 제작 시 모니터링을 실시하였음

그림 2.2.4.80 경량 합성 슬래브 시제품 제작

(다) 천안두정 실증단지 구조 분야 모니터링

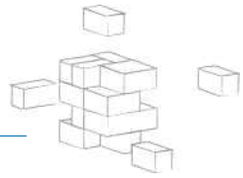
① 모듈 제작 구조 분야 모니터링

○ 제작 공장 모니터링 결과 C형강 보 플랜지의 개선 처리는 비교적 지켜지고 있었으나 개선 상세의 수치 측정보다는 육안 관찰로 관리가 이루어지고 있는 것으로 보였으며, 그라인더를 이용한 수작업으로 인해 일정하게 개선 처리는 모든 C형강에서 약간의 차이는 있었음

○ C형강 보의 개선 작업에 기계식 그라인더를 도입하는 것이 일정한 개선 처리가 가능하고 작업 효율 향상에 도움이 될 것으로 판단됨

○ 트러스 데크를 설치하기 위해 C형강 보에 앵글 등을 덧대는 경우 기둥과 보 용접에서 C형강 보 웨브의 외부는 플레어 용접하고, 내부는 모살 용접할 수 있도록 간섭이 되지 않도록 단부에서 앵글의 길이 조정이 필요함

그림 2.2.4.81 C형강 보 개선 처리



ㅇ 1방향 슬래브의 특성을 감안하여 트러스 데크의 설치는 단변 방향으로 거치하도록 수정되었고, 건축물 높이 제한을 감안하여 2가지로 조정된 트러스 데크 거치 높이 방안에 대해 단부 철근 정착 및 고정도 향상으로 위해 스터드 볼트와 정착 철근 상세를 제시하여 실시설계 도서에 반영하였음
ㅇ 단부 정착 상세에 따라 스터드 볼트와 정착 철근이 용접되어 설치되었으며, 배관을 위한 개구부 주변에 철근 보강은 도면과 일치되도록 이루어졌음

그림 2.2.4.82 트러스 데크 설치 및 단부 정착 처리

ㅇ C형강 보 웨브 중간 높이에 앵글 등을 덧댈 경우 모든 단면을 구조부재로 이용할 수 있도록 단속 용접이 아닌 연속 용접으로 접합하고 앵글의 플랜지 부분도 기둥과 용접하는 것이 바람직할 것임

그림 2.2.4.83 트러스 데크 설치를 위한 앵글 용접

ㅇ 배선을 위한 플라스틱 배관 매립을 위해 경량 합성 슬래브의 일부를 파내거나 잘라내는 작업이 있었지만 큰 무리 없이 설치되었고 상부 배근 작업도 제시된 상세를 준수하여 수행된 것을 확인하였음
ㅇ 경량합성슬래브는 일종의 PC 슬래브로 트러스 데크보다 무게가 인력으로 핸들링할 수 있는 범위를 넘어서고 있기 때문에 양중 장치가 구비되어 있지 못한 공장에서 모듈이 제작되는 경우 적용하기 곤란한 것으로 판단됨

그림 2.2.4.84 경량합성슬래브 설치 및 배근 상세

② 현장 설치 구조 분야 모니터링

- 모듈과 모듈의 접합을 위해 일자형 플레이트가 접합철물로 상·하층 모듈의 보 플랜지 사이에 삽입되고 볼트로 접합하는 것이 기본 원칙이었음
- 좌·우 및 상·하 모듈이 접합되는 위치에서는 접합철물이 대칭을 이뤄 배치되지만 상·하 모듈만 접합되는 코너 부분의 경우 횡력에 의해 기둥 밑면이 들려질 우려가 있었음
- 이를 방지하고자 아래 그림과 같이 코너 부분에는 ㄱ형 또는 ㄴ형 접합철물을 사용하도록 권고하였고, 횡력에 의해 기둥 밑면이 들리거나 벌어지지 않도록 보완하여 실시설계 도서에 반영하였음
- 일장형 접합철물과 ㄱ형 접합철물은 아래 사진과 같이 적용되었고 모든 위치에서 가이드 핀 등을 이용하여 볼트 홀을 맞춰 체결되지 않는 부분 없이 접합이 이루어졌음
- 모듈 제작에 착수한 후 일부 부재가 변경되는 문제가 있어 볼트 홀이 이미 가공된 C형강 보 부재가 제 위치를 벗어나 사용되어 볼트 홀이 남아 있는 사례가 있었으나 볼트 접합이 누락되는 사례는 없었음
- 드를 이용해 내화 성능을 확보하지 못하는 구간은 내화 도료를 이용하고 있으며 아래 사진에서 확인할 수 있듯이 볼트 접합 부분은 내화 피복을 제거한 상태이고, 접합철물도 내화 피복으로 처리되지 않은 상태임

그림 2.2.4.85 일장형 접합철물 및 ㄱ형 접합철물의 적용

- 십자형 접합철물도 볼트 홀을 정확히 맞추기 위해 모듈을 적층하기 앞서 가용접을 통해 정위치에서 벗어나지 않도록 설치되었음
- 볼트 접합의 체결력을 높이기 위해 체결 부분은 내화 피복을 하지 않는 것이 바람직하지만 화재 시 접합부의 강도가 쉽게 취약해질 우려가 있어 볼트 접합부를 보호할 수 있는 장치가 마련되어 설치되는 것이 바람직할 것임
- 접합철물은 녹막이 페인트로 마감되지 않아 녹 발생 우려가 있기 때문에 녹막이 처리를 한 후 사용하거나 현장에서 노출되는 부분은 반드시 녹막이 스프레이로 마감하는 것이 필요함

그림 2.2.4.86 십자형 접합철물의 적용

(2) 조립식주택 구조설계가이드

(가) 구조설계가이드 구성 체계

① 구조설계가이드 본문

- ㅇ 구조설계가이드는 KICT와 WISE구조(현 아이스트테크)의 5차년도 성과를 통합하여 본문과 부록Ⅰ, 부록Ⅱ로 구성되도록 정리하였음
- ㅇ 본문의 목차는 다음과 같음
  - 1장 – 모듈러 건축물의 이해
  - 2장 – 모듈러 건축물 구조계획
  - 3장 – 모듈러 건축물의 구조해석 모델링
  - 4장 – 모듈러 건축물의 구조설계 및 검토
  - 5장 – 모듈러 건축물의 내진성능평가

② 구조설계가이드 부록

- ㅇ 부록Ⅰ은 실무설계용 프로그램을 이용한 예제로 그 목차는 다음과 같음
  - 모듈러 건축물의 구조설계 예제
  - 시공단계별 구조설계 예제
  - 바닥진동 사용성 평가 예제
- ㅇ 부록Ⅱ는 모듈러 구조의 상세 도면을 정리하였으며 그 목차는 다음과 같음
  - General Note
  - Connection between Member into Module
  - Connection between Module
  - Connection between Module and Foundation

(나) 구조설계가이드 본문 내용

① 모듈러 건축물의 이해

- ㅇ 모듈러 구조와 일반 철골구조의 차이점을 설명하였으며 모듈러 건축물의 구조설계의 고려사항을 정리하였음

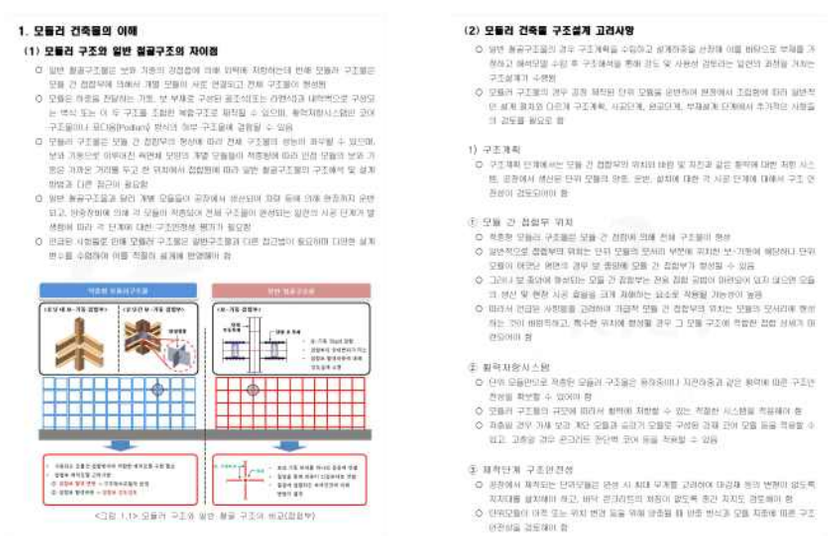


그림 2.2.4.87 구조설계가이드 본문 1장

② 모듈러 건축물 구조계획

○ 모듈러 건축물의 구조계획 단계에서 고려해야 할 사항에 대해 서술하였으며 5차년의 연구를 통해 중요 사항으로 파악되었던 하중, 횡력저항시스템, 시공단계별 구조검토, 바닥진동 사용성 평가를 중심으로 설명함

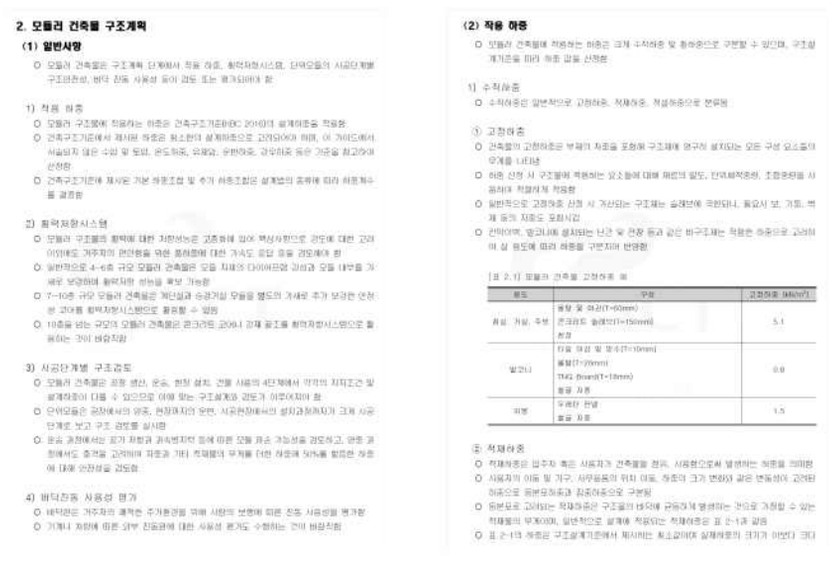


그림 2.2.4.88 구조설계가이드 본문 2장

③ 모듈러 건축물의 구조해석 모델링

○ 모듈러 건축물의 구조설계용 해석 모델을 프로그램에 입력하기 위해 모듈 간 접합부의 모델링, 모듈 내부 접합부(기둥-보, 큰보-작은보)의 모델링, 다이어프램 설정 등에 대해 현실 조건과 부합되도록 적용할 수 있는 방법에 대해 실증단지 구조시스템을 중심으로 설명하였음

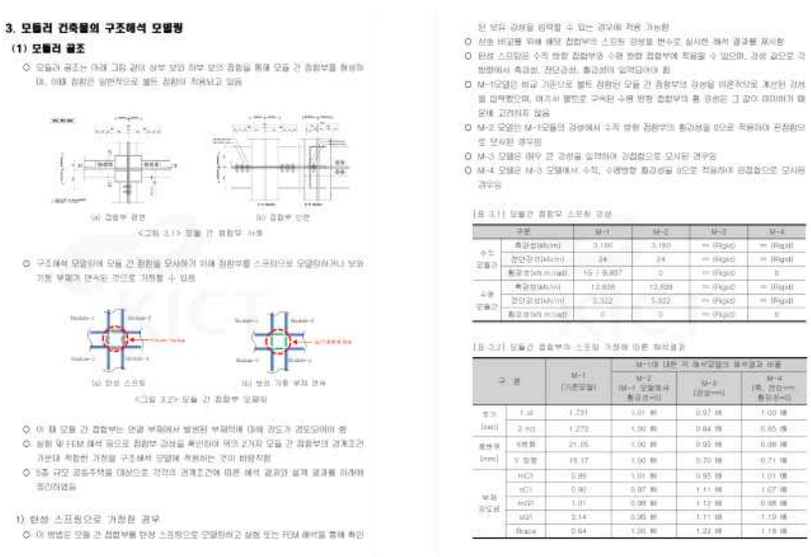


그림 2.2.4.89 구조설계가이드 본문 3장

④ 모듈러 건축물의 구조설계 및 검토

ㅇ 모듈러 유닛을 구성하는 보, 기둥, 가새 등의 부재의 구조설계, 기둥과 보 접합부의 구조설계, 모듈 간 접합부의 구조설계, 그리고 모듈러 유닛의 기초의 구조설계에서 설계단계에서 검토해야 할 사항과 계산 과정을 서술하였음

⑤ 모듈러 건축물의 내진성능평가

ㅇ 모듈러 건축물의 내진성능을 평가하기 위해 「Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings(ASCE 41-17)」 및 「기존건축물 내진성능평가지침(구조안전성향상기술연구단, 2018)」를 중심으로 절차를 설명하였으며, 성능목표, 평가방법, 성능수준판정, 강구조 내진성능평가의 순서에 따라 일반화된 사항을 서술하였음

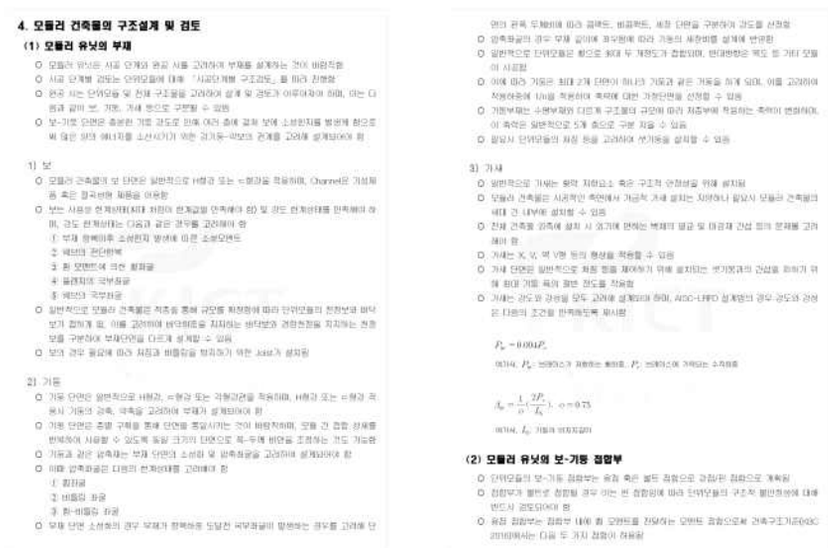


그림 2.2.4.90 구조설계가이드 본문 4장

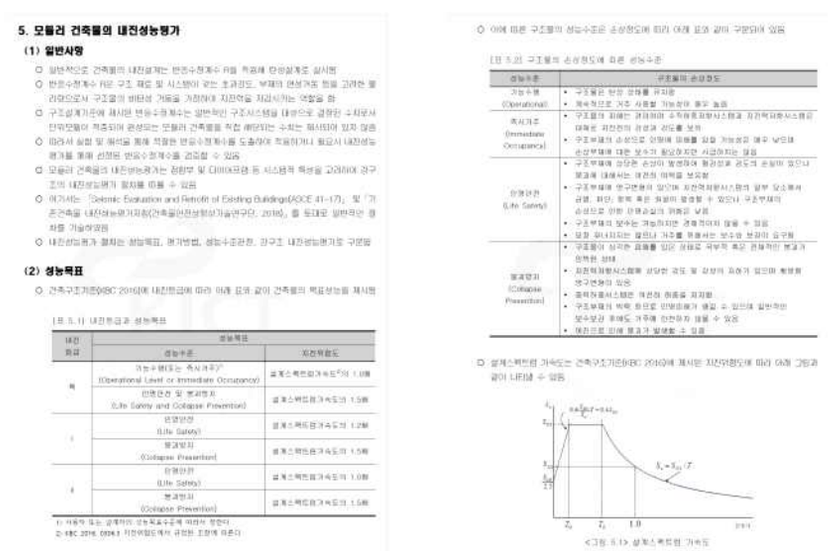


그림 2.2.4.91 구조설계가이드 본문 5장

(다) 구조설계가이드 부록Ⅰ 내용

① 모듈러 건축물의 구조설계 예제

○ 천안두정 실증단지를 대상으로 프로그램 입력 방법 등을 서술하였음

그림 2.2.4.92 구조설계가이드 부록Ⅰ 구조설계 예제

② 시공단계별 구조설계 예제

○ 천안두정 실증단지를 대상으로 양중, 운반, 조립단계에서 구조검토 예제를 서술하였음

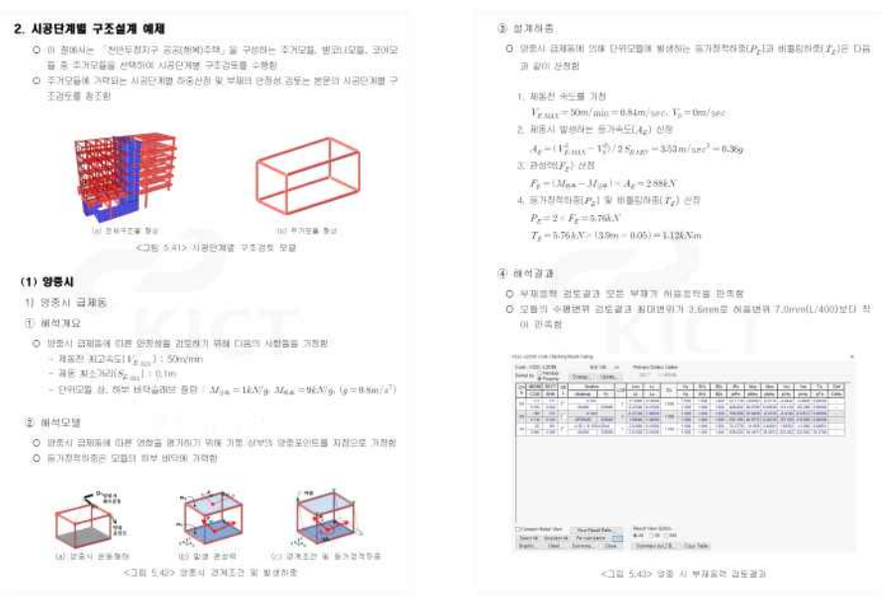


그림 2.2.4.93 구조설계가이드 부록Ⅰ 시공단계별 구조설계 예제

③ 바닥진동 사용성 평가 예제

ㅇ 보행 하중에 대한 바닥의 사용성의 해석적 평가 예제를 서술하였음

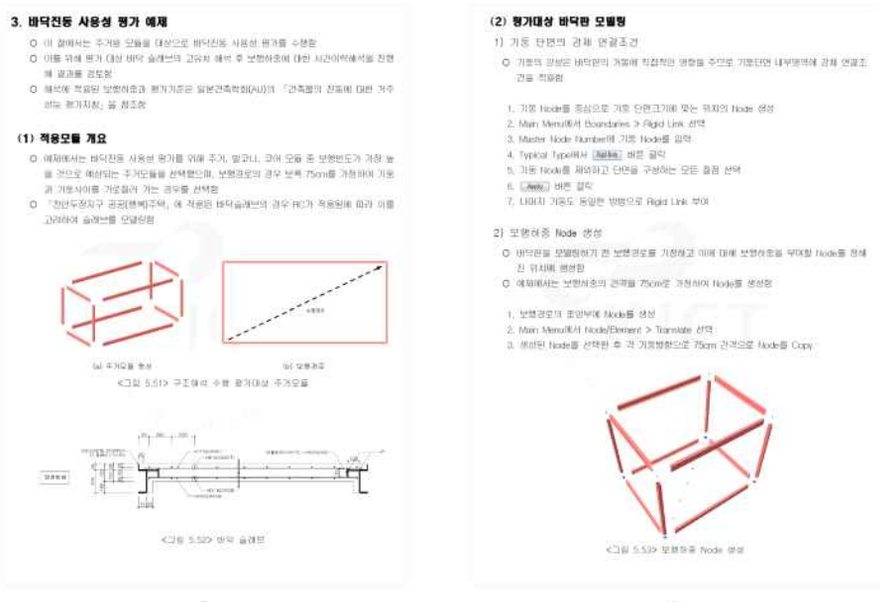


그림 2.2.4.94 구조설계가이드 부록Ⅰ 사용성 평가 예제

(라) 구조설계가이드 부록Ⅱ 내용

① 부록Ⅱ 구조상세 구축 개요

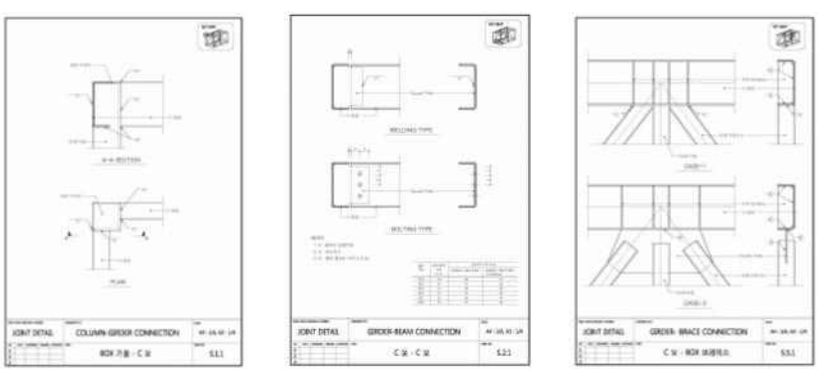
ㅇ 국내외 모듈러 주택 제작 사례 및 특허출원 기술을 대상으로 모듈 내부 및 모듈 간 접합, 기초 접합방법을 조사하였음

ㅇ 인터넷 검색을 통해 조립식 주택의 구조상세 및 접합 방법을 조사하고 도면화하였음

ㅇ 실증단지 구조물에 적용된 다양한 단면 형상 및 접합 방법에 따른 각종 접합 상세를 도면화하여 5차년 연구에서 구조설계가이드와 통합하여 활용될 수 있도록 부록Ⅱ로 정리하였음

② Connection between Member into Module

ㅇ 모듈 유닛을 구성하는 기둥-보 접합, 큰보-작은보, 보-가새, 보-슬래브 등의 접합상세 도면을 정리함

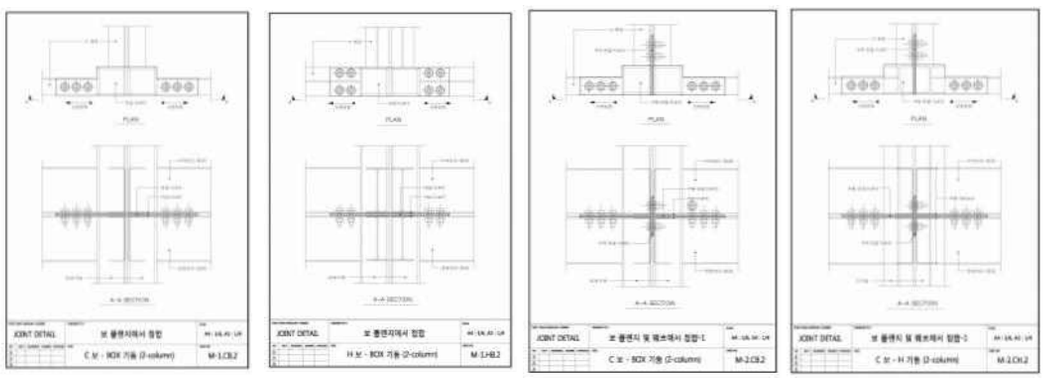


(a) 기둥-보 (b) 보-보 (c) 보-가새

그림 2.2.4.95 구조설계가이드 부록Ⅱ 내부 접합부 상세

③ Connection between Module

○ 조사된 모듈 간 접합방식은 총 9개 타입으로 이 가운데 3개 타입을 실증단지 모듈에 적용하여 도면화 하였음

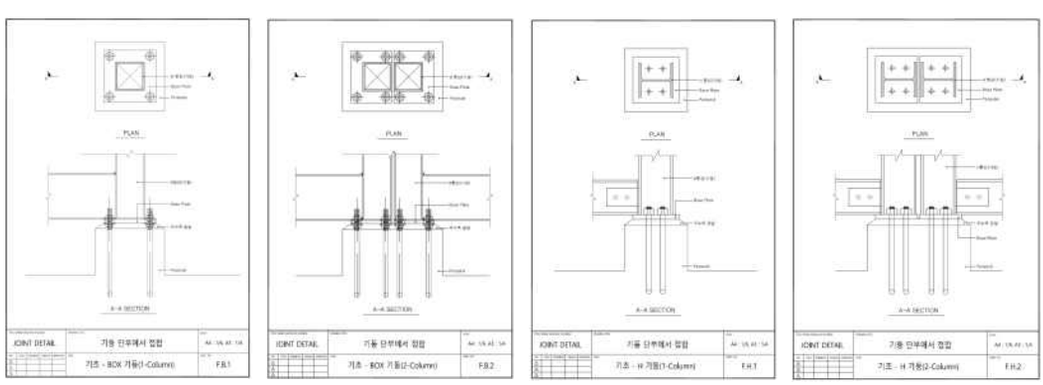


(a) 보 플랜지 접합방식　　(b) 보 플랜지 및 웹 접합방식-1

그림 2.2.4.96 구조설계가이드 부록II 모듈 간 접합부 상세

④ Connection between Module and Foundation

○ 최하부 모듈이 앵커와 연결되는 접합 상세를 조사하여 도면화하였음



(a) 각형강관 기둥 주각 접합　　(b) H형강 기둥 주각 접합

그림 2.2.4.97 구조설계가이드 부록II 모듈 주각 접합부 상세

5) 조립공구 및 운반장치 개발 및 실증적용 (KICT-건설관리)

■ 전체 연구 프로세스

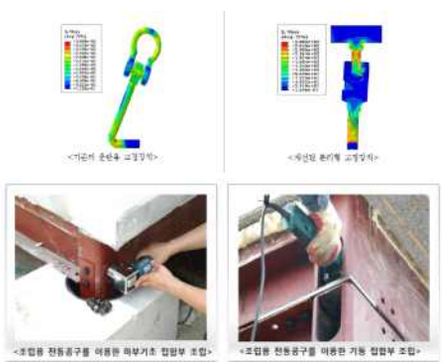
가) 1차년: 조립식주택 운반 및 조립장치 적용평가

연구목표 KICT 건설관리

- 조립식주택용 운반장치 및 조립장치 기술조사 및 적용성 분석

연구내용

1. 모듈러 조립공구 운반장치, 신기술 적용조사
   - 국내기술현황 및 적용기술 조사
2. 조립용 전동공구, 모듈러 운반 장치 등의 신기술을 Mock-up 모듈에 적용
   - Mock-up 적용을 반영한 개선안 마련
   - 현장적용을 통한 작업효율화 개선방안 제시



최종성과물

- 기술보고서 1건
- 특허출원 1건

(1) 조립식주택 운반장치 적용방안

(가) 기술현황 및 적용기술 개요

① 국내기술 현황

○ 현행 차량용 운반장치는 화물차량에 고정블럭을 용접하여 사용하고 있으며 고정 블럭은 화물차 출고 시에는 없지만 화물차 소유자가 운반의 편의를 위해서 개별적으로 설치하여 사용하고 있음. 고정블럭 설치는 화물차 좌·우 양방향에 기본적으로 3개 이상 용접하여 사용하고 있음

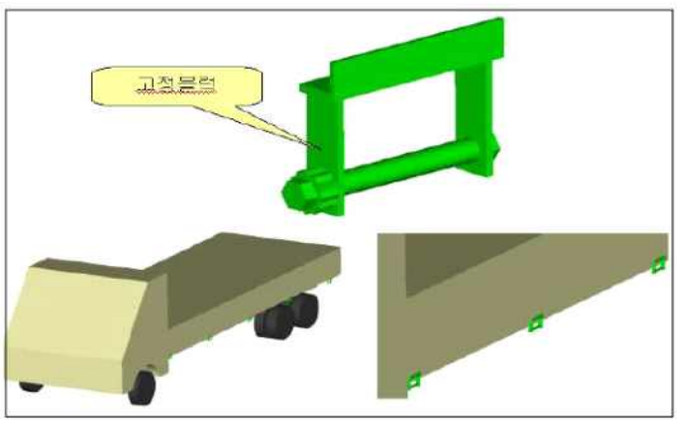


그림 2.2.5.1 화물차량에 용접 설치된 기존의 고정블럭

② 문제점

○ 현행 운반용 고정장치는 유닛모듈을 화물차량에 상차하고 로프, 그물망, 천막 등을 불안정하게 결속하면서 마감재가 손상이 되고 유닛모듈을 운반차량에 적재 후 요철구간 주행과 주행 중 바람 등으로 인한 자재 파손이 많음

(나) 분리형 고정장치 개선안

○ 유닛모듈러 차량 운반용 고정장치 Mock-up 적용 방향은 운반용 고정장치(아답터 블록)는 체결 부위의 형태를 고려하여 A Type, B Type 2가지 형태로 구분하고 성능검증을 기반으로 문제점 분석 및 전문가 의견을 반영한 개선사항 도출함

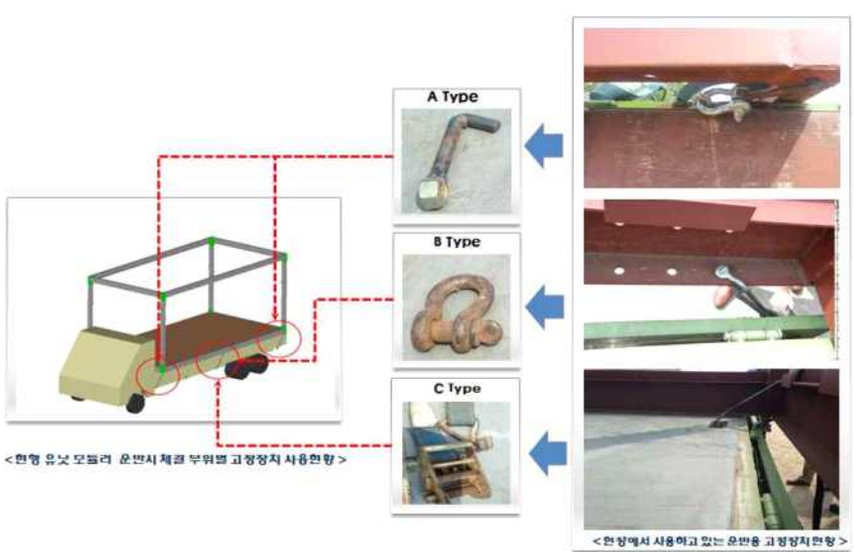


그림 2.2.5.2 기존 유닛모듈러 운반용 고정장치 현황

ㅇ 차량 운반용 고정장치 개선(안)은 현장조사 기반의 Mock-up 적용을 고려하였으며 기존 현장에서 사용되고 있는 고정장치의 현황을 파악하고 개선 가능한 취약부위를 검토함

ㅇ 차량 운반시 체결부위 별 하중 분포를 고려하여 기존의 일체형 운반용 고정장치를 응력과 항복하중을 반영하여 분리형으로 개선함

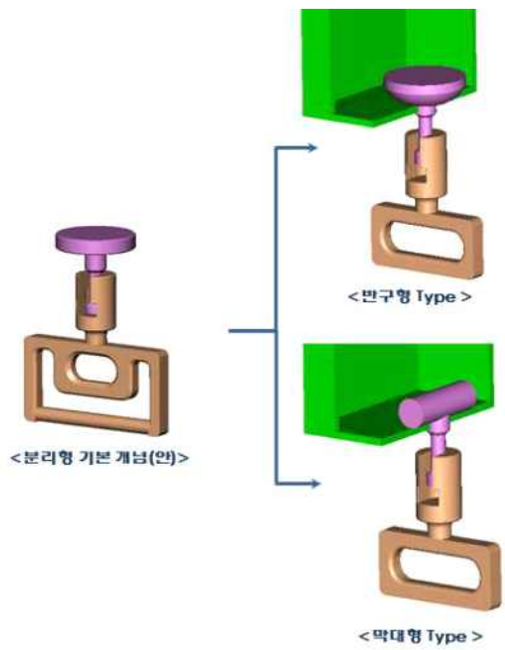


그림 2.2.5.3 Mock-up 적용을 고려한 기능 개선

(2) 조립식주택 조립장치 적용방안

(가) 기술현황 및 적용기술개요

① 국내기술 현황

ㅇ 조립용 수공구는 유닛 모듈러 주택시공시 사용빈도가 높은 공구이며 일반적으로 유닛 모듈간볼팅(모듈 상하, 좌우)에 주로 사용되고 있음. 기존의 전동공구는 유닛모듈 조립시 협소한 공간의 볼팅 작업이 용이하지 않음

그림 2.2.5.4 기존의 조립접합용 공구

② 문제점

○ 현행 조립용 수공구는 일반적으로 수평 조립작업에 용이하다. 하지만 기둥 조립 등 수직 조립작업 시 작업공간이 협소하여 수공구 사용시 작업효율이 현저히 떨어지고 있음. 특히, 조립용 수공구 중에서 기존의 라쳇렌치(속칭 깔깔이)의 경우 공사 현장별 작업자가 형태를 변형하여 사용 하고 있어서 작업자의 안전 및 조립효율성이 떨어짐

(나) 조립용 전동장치 개선안

○ 개선된 유닛모듈 조립용 전동공구의 작업 안정성은 볼팅 작업 시 기존 현장의 조립용 전동공구에 비해서 베벨기어를 이용한 코너드릴을 사용하기 때문에 운동방향을 변환하여 힘을 전달할 수 있어서 작업공간이 확보되지 않은 좁은 공간에서 조립 작업이 용이하게 나타남.

그림 2.2.5.5 유닛모듈 조립용 전동공구 접합부 조립

○ 현행 구조체 조립작업은 1층과 같은 기준층에서는 2인 1조 작업이 가능하나 2층 이상 작업 시 가설비계 등을 설치하고 작업을 해야 하기 때문에 기준층에 비해서 2층이상 볼팅 작업은 작업공간이 협소하여 작업자의 안전 문제가 발생할 수 있음.

그림 2.2.5.6 유닛모듈 조립용 전동공구 작업효율 개선

나) 2차년: 조립식주택 운반 및 조립장치 개발

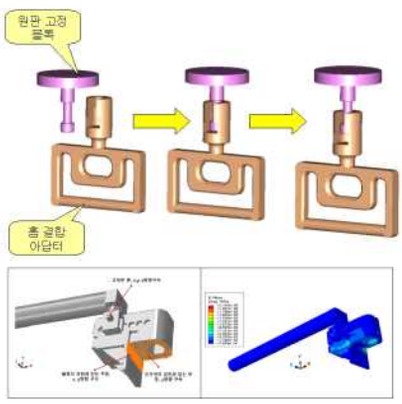
연구목표 KICT 건설관리

- 조립식주택을 위한 운반 및 조립장치 개발 및 분석

연구내용

1. 모듈러 운반 고정장치의 성능 테스트 및 검증
   - 고정장치 개선안 도출
   - 고정장치 개발 및 구조해석 시뮬레이션 분석

2. 조립식 주택 적용을 위한 전동조립공구 연구개발
   - 조립공구 개선안 도출
   - 조립공구 개발 및 구조해석 시뮬레이션 분석



최종성과물

- 국내특허출원 1건

(1) 조립식주택 고정장치 개발

(가) 고정장치 개선안

○ 차량 운반용 고정장치 개선(안)은 현장조사 기반의 Mock-up 적용을 고려하였으며 기존 현장에서 사용되고 있는 고정장치의 현황을 파악하고 개선 가능한 취약부위를 검토하였음. 차량 운반시 체결부위별 하중 분포를 고려하여 기존의 일체형 운반용 고정장치를 응력과 항복하중을 반영하여 분리형으로 개선하였다. 분리형으로 개선함에 따라 진동과 충격으로 인한 이탈을 방지하도록 하였음

그림 2.2.5.7 운반용 고정장치의 분리형 개선안

○ 고정블록과 아덥터블록 결합에 의한 분리형 고정장치는 고정블록이 원판형태로 아답터 블록과 결합하여 벨트 체결을 할 수 있어 고장력에 견딜 수 있도록 구상하였음. 결합방법은 조립 블록의 홀에 그림과 같이 원판 고정 블록을 상부에서 넣은 후 원판 고정 블록의 돌기 부분을 홈 결합 아답터 블록의 돌기 홈에 조립해서 원판 고정 블록과 홈 결합 아답터 블록을 고정시켰음

(나) 구조해석 시뮬레이션

○ Mock-up 적용을 반영한 분리형 고정장치의 비선형 해석결과 작용하중 1.7 kN, 15.1 kN, 35.3 kN인 경우 고정장치의 응력 분포이며 아래 그림에서 알 수 있듯이 초기 하중에서는 원기둥 고정블록과 아덥터블록이 만나는 지점에서 응력이 집중되는 것을 알 수 있으며, 이 후에는 하중이 작용하는 아답터 블록 하단 부분과, 원기둥 고정블록의 수직봉 부분으로 응력이 집중되는 것을 알 수 있음. 이 후 극한 하중에서는 K584하단 부분과, K582의 수직봉 부분이 모두 항복강도를 초과하는 것을 알 수 있음

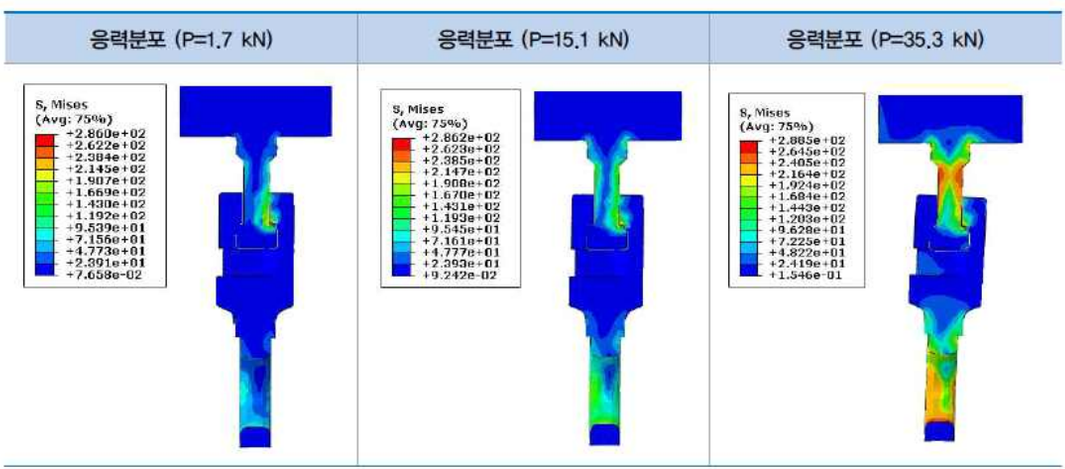


그림 2.2.5.8 작용하중에 따른 분리형 고정장치의 응력분포

(2) 조립식주택 조립장치 개발

(가) 조립장치 개선안

○ 본 연구에서는 기존 작업공구가 가지고 있는 문제점(낮은 작업효율성 및 작업자 안전도)을 규명하고 이를 개선할 수 있는 조립공구를 개발하였음.

○ 작업효율성을 높이기 위해 전동공구 및 에어공구를 비교하였으며, 좁은 범위에서 작업이 가능하고 장시간 사용에도 토크 성능이 변하지 않는 에어공구를 이용하였음.

○ 기존의 에어공구는 우수한 토크성능을 보이기는 하나 다른 공구에 비해 긴 길이로 인해 좁은 공간에서는 활용성이 떨어지는 단점이 있음.

○ 이에 에어공구에 기어드오프셋(Geared Offset)을 장착하고 회전블럭을 설치하여 좁은 공간에서 작업이 가능하도록 개선하였으며, 높은 토크에서 발생하는 반력을 반력블럭을 설치하여 잡아주어 작업자의 안전성이 높아지도록 구성하였음

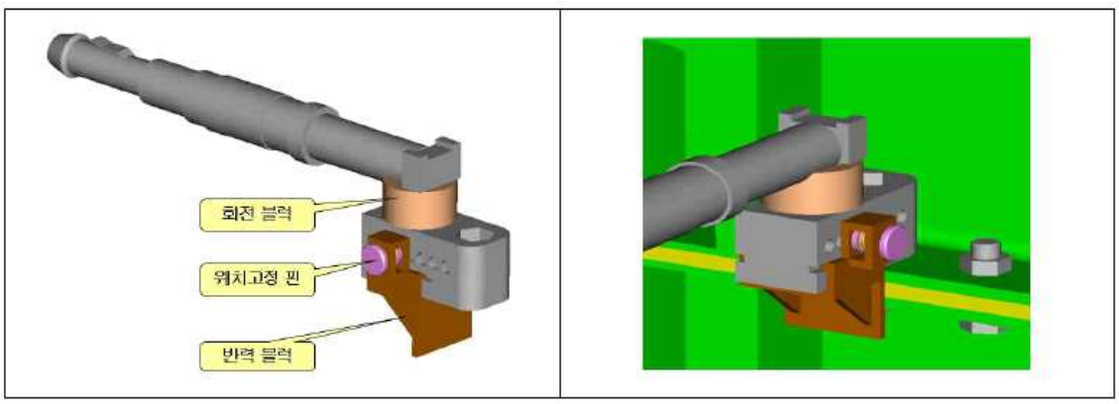


그림 2.2.5.9 개선된 조립공구의 구성 및 거치형태

(나) 구조해석 시뮬레이션

- ㅇ 해석 결과, 가이드 블록과 오프셋이 결합되는 부분에 국부적으로 최대 응력 (약 215 MPa)이 발생하였음. 해석에 사용된 강재의 항복응력은 240 MPa로 이를 초과하지는 않았으나 항복응력 대비 큰 응력이 발생하는 것을 알 수 있음.
- ㅇ 하지만 FEM 의 특성 상 직각으로 꺾인 부분이 다른 직각부분과 닫아 응력 집중이 발생한 것으로 보이며, 실제 구조물에서는 꺾인 부분이 곡률반경을 가지거나 용접목이 있을 것으로 예상 되므로 이러한 응력 집중 현상은 줄어들 것으로 기대함

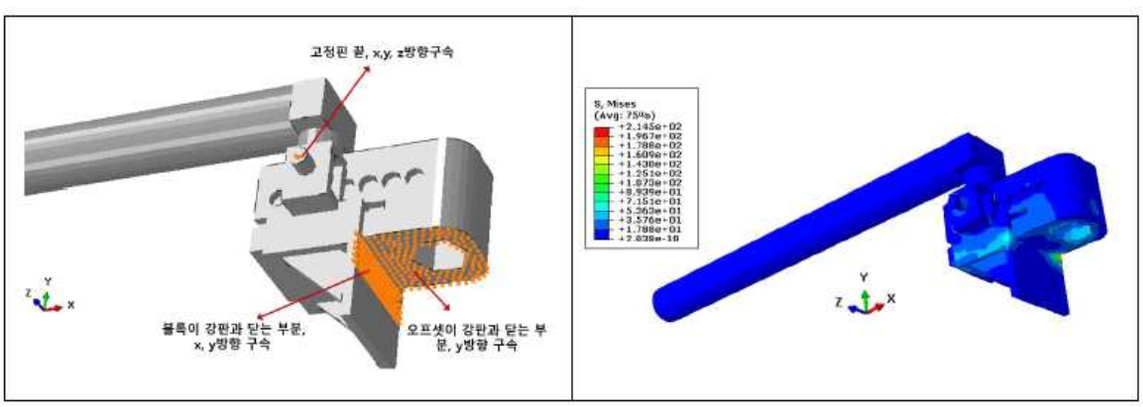


그림 2.2.5.10 해석 모델의 경계조건 및 해석결과

다) 3차년: 조립식 주택 시공 신기술 실증 적용

연구목표 KICT 건설관리

- 조립식 주택 시공 신기술 실증단지 적용

연구내용

1. 모듈러 운반용 고정장치의 실증적용 및 개선사항 도출
   - 현장적용 계획
   - 현장시험 적용
2. 모듈러 조립장치의 실증적용 및 개선사항 도출
   - 현장적용 계획
   - 현장시험 적용

최종성과물

- 국내논문 1건
- 국내외 학술대회 2건
- 특허등록 2건

(1) 조립식주택 운반용 고정장치의 현장적용

(가) 현장적용 계획

○ 운반 고정장치의 개선안을 현장에 시험적용하여 현장적용성을 검증하는 것을 목적으로 하였으며, 이를 통해 개선사항을 도출하여 향후 적용방안을 모색하고자 하였음. 시험적용에 적용된 운반용 고정장치는 개선안을 토대로 시작품으로 기 제작된 Bar형 고정장치 4set와 Round형 고정장치 4set이며 아래 그림과 같음

○ 시험적용은 금강공업 진천1공장에 위치한 Mock-up모듈을 운반차량에 상차한 후, 기 개발된 운반용 고정장치를 적용하여 약 30분 내외의 코스로 운반 후 Mock-up모듈의 내외장 탈락 및 구조적 안정성과 고정장치의 손상여부 등을 확인하는 것으로 계획하였음

(a) 연결커넥터용 고정블럭 (b) 연결 커넥터(Bar형) (b) 연결 커넥터(Round형)

그림 2.2.5.11 운반용 고정장치

(나) 현장 시험적용

○ 운반경로는 금강공업 진천1공장(충북 진천군 이월면 노원리)을 출발하여 진천신척 일반산업단지(충북 진천군 덕산면 신척리)를 경유하는 왕복 약 15.5km구간으로 소요시간은 약 30분이 소요되었음. 운반 시 급커브구간, 요철구간, 폭이 좁은 구간 등 다양한 운행조건에서 모듈운반을 진행하였으며, 운반 후 육안으로 모듈의 구조적 안전성 및 내외장 탈락여부를 확인 한 결과 구조적 안전성에 영향을 미칠만한 큰 결함이나 내외장 탈락이 발견되지 않았음

그림 2.2.5.12 운반용 고정장치 거치 및 모듈운반

(2) 조립식주택 조립장치의 현장적용

(가) 현장적용 계획

○ 현장 시험적용은 아래 그림과 같이, 금강공업 진천공장에 위치한 Mock-up현장을 대상으로 Mock-up 모듈 접합부 6개 체결부위에 적용하였음

(a) Mock-up 전면부 (b) Mock-up 후면부

그림 2.2.5.13 대상 Mock-up 및 적용부위

○ 성능평가에 사용된 실험장비 중 토크렌치는 기존 조립용 공구와의 비교를 위해 토크측정이 가능한 수공구 토크렌치와 본 연구에서 기 개발된 에어토크렌치를 사용하였음

그림 2.2.5.14 수공구 및 에어토크렌치

(나) 현장 시험적용

① 품질 측정결과

- 현장시험 적용을 통한 성능평가 결과, 볼트 조립시 기존 수공구를 사용한 경우는 최소 85.5N.m에서 최대 225.3N.m까지 토크치가 측정되어, 평균 188.44N.m의 토크치를 보였으나, 표준편차가 30.55N.m로 나타나 작업자의 숙련도 및 작업특성에 따라 조립 품질의 차이가 큰 것으로 나타났음
- 이에 비해, 에어공구는 최소 114.1N.m에서 최대 196.7N.m까지 토크치가 측정되어 평균 166.23N.m의 토크치를 보였으며, 13.60N.m의 표준편차를 보였음. 이는 작업자의 숙련도나 작업특성에 영향이 미미하여 일정한 조립품질을 유지시켜 전체적인 모듈의 안전성 및 품질향상에 기여할 것으로 판단됨

② 생산성 측정결과

- 실험결과, 볼트 조립시 기존 수공구의 볼트 1개당 평균 조립시간 8.85초로 측정되었고, 표준편차는 약 2.48초로 나타났음
- 반면, 에어공구 사용시 볼트 1개당 조립시간은 평균 0.86초로 측정되어 볼트 1개당 약 8초의 절감효과가 있는 것으로 나타났음. 또한, 표준편차도 약 0.21초로 나타나 수공구에 비해 일정한 작업속도를 유지하는 것으로 판단됨

라) 4차년: 모듈러 주택 시공 신기술 실증적용

연구목표 KICT 건설관리

- 모듈러 주택 시공 신기술의 실증단지 적용을 위한 안정화

연구내용

1. 모듈 운반용 고정장치의 안정화 및 구조성능분석
   - 모듈운반용 고정장치의 안정화
   - 모듈운반용 고정장치의 구조성능분석

2. 모듈 조립용 공구의 안정화 및 구조성능분석
   - 모듈 조립용 공구의 안정화
   - 모듈 조립용 공구의 구조성능분석

최종성과물

- 국내논문 1건
- 국외논문 1건
- 국내학술발표 1건
- 국외학술발표 1건

(1) 모듈 운반용 고정장치의 안정화 및 구조성능분석

(가) 모듈운반용 고정장치의 안정화

ㅇ 본 연구는 현재 사용되고 있는 고정장치의 문제점을 분석하여 기존의 일체형 운반용 고정장치를 응력과 항복하중을 반영한 분리형 운반용 고정장치로 개선하여 개발하였음. 또한, 이를 3차년도 연구수행을 통해 운반고정장치의 개선안을 현장에 시험적용하여 현장적용성을 검증하였음.

ㅇ 현장 시험적용 결과 기 개발된 운반용 고정장치는 당초 목표한 바와 같이 기존 장치에 비해 상당 부분 개선된 것으로 나타남. 그러나 시험적용한 모듈의 판두께는 약 18mm로 시험적용 결과 개선사항은 발견되지 않았으나, 판 두께가 22mm이상으로 두꺼워질 경우 고정장치의 항복 등 안정성에 심각한 영향을 미칠 것으로 판단되었음.

ㅇ 이에 고정장치와 고정장치와 모듈을 연결하는 볼트홀이 맞닿는 부위의 규격 조정을 통해 운반용 고정장치를 안정화하고 구조성능분석을 통해 안정성을 검증하였음.

(나) 모듈운반용 고정장치의 구조성능분석

① Bar type 상단 고정장치 응력해석

ㅇ bar type 상단 고정장치에 대해 0, 30. 60, 90도 하중이 적용되었을 때 응력분포와 최대응력을 해석한 결과임. 그림에서 보이듯이 수직하중(θ=0°)이 작용할 때에는 두 경우 모두 고정장치의 밑단에서 최대응력이 발생하는 것을 확인했음. 수직하중 외에 각도를 가지며 하중이 발생할 경우 모든 각도에 대해 중심부에서 가장 큰 굽힘 응력이 발생했음.

그림 2.2.5.15 Bar type 상단 고정장치의 하중 각도에 따른 최대 응력

② Round type 상단 고정장치 응력해석

○ round type 상단 고정장치에 대해 0, 30. 60, 90도 하중이 적용되었을 때 응력분포와 최대응력을 해석한 결과임. 응력 분포 역시 bar type 과 마찬가지로 수직하중(θ=0°)이 작용할 때에는 두 경우 모두 고정장치의 밑단에서 최대응력이 발생하는 하여, 수직하중 외에 각도를 가지며 하중이 발생할 경우 모든 각도에 대해 중심부에서 가장 큰 굽힘 응력이 발생했음. 전반적으로 round type이 bar type에 비해 응력 특성이 좋은 것으로 확인되었음.

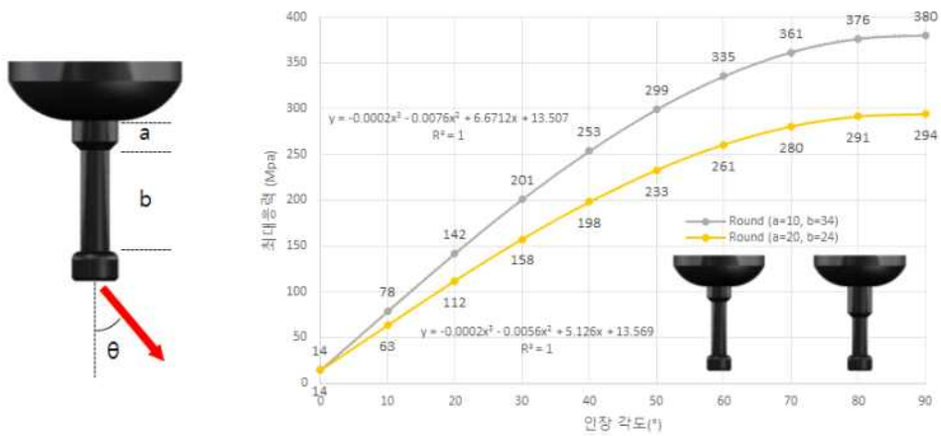


그림 2.2.5.16 Round type 상단 고정장치의 하중 각도에 따른 최대 응력

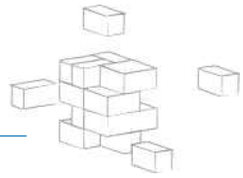
(2) 모듈 조립용 공구의 안정화 및 구조성능분석

(가) 모듈 조립용 공구의 안정화

○ 모듈러주택은 특성상 다양한 접합부위를 조립을 통해 체결하여야 함. 그러나 유닛간 조립에 있어 기둥과 기둥 간 또는 기둥과 보간 접합 시 작업공간이 협소해지는 문제가 있음.

○ 이로 인해 볼팅 작업 시 수공구인 토크렌치 또는 전동공구인 코너드릴 등을 일반적으로 사용하고 있으나, 수공구와 전동공구의 특성으로 인해 생산성이 저하되는 등의 문제점 등으로 에어공구를 활용한 모듈 조립용 공구를 개발하였음.

○ 그러나 3차년도 연구수행을 통해 목업현장에 적용하여 현장적용성을 판단한 결과, 공구 자체의 무게로 인해 작업성을 저하시키고, 작업자의 피로도가 누적되는 문제점이 발견되었음.



ㅇ 이에 조립공구 지지대 모듈을 설계함으로써 모듈러주택 조립공구를 안정화하고자 하였음. 조립공구 지지대 모듈의 설계 목적은 무거운 조립공구에 의해 발생하는 불편함을 감소시키고, 조립공구에 의해 발생하는 토크에 대한 부담을 줄이는데 있음. 두 가지 목적을 개선하기 위해 그림 12와 같은 지지대 모듈을 설계하였음.

ㅇ 지지대 모듈은 조립공구와 밀착하여 고정시키기 위한 하부 브라캣과 조립공구 토크 및 자중을 지지할 수 있는 상부 브라캣으로 나누어 지며, 상하부 브라캣을 연결하기 위한 체결 나사로 구성됨. 또한 하부 브라캣은 다양한 강판크기에 맞춰 상부 브라캣의 채결 위치 조절이 용이하도록 5개의 채결 홀로 구성되어 있음.

(나) 모듈 조립용 공구의 구조성능분석

① 자중지지 환경에서의 응력해석

ㅇ 자중지지 환경에서 체결나사의 결합 위치에 따른 해석 결과를 나타낸 것임. 해석 결과 체결나사 결합 위치에 따라 응력에 차이는 크게 없었으나, 1번째 홈에 채결되었을 때 가장 큰 응력이 발생하는 것을 알 수 있음.

ㅇ 지지대 모듈에서 가장 큰 응력이 발생하는 곳은 상하부 브라캣을 연결하는 체결나사이며, 전단응력이 발생함. 하지만 발생 응력이 재료의 항복응력에 1/5도 되지 않아 자중에 의한 파손은 발생하지 않을 것으로 판단됨.

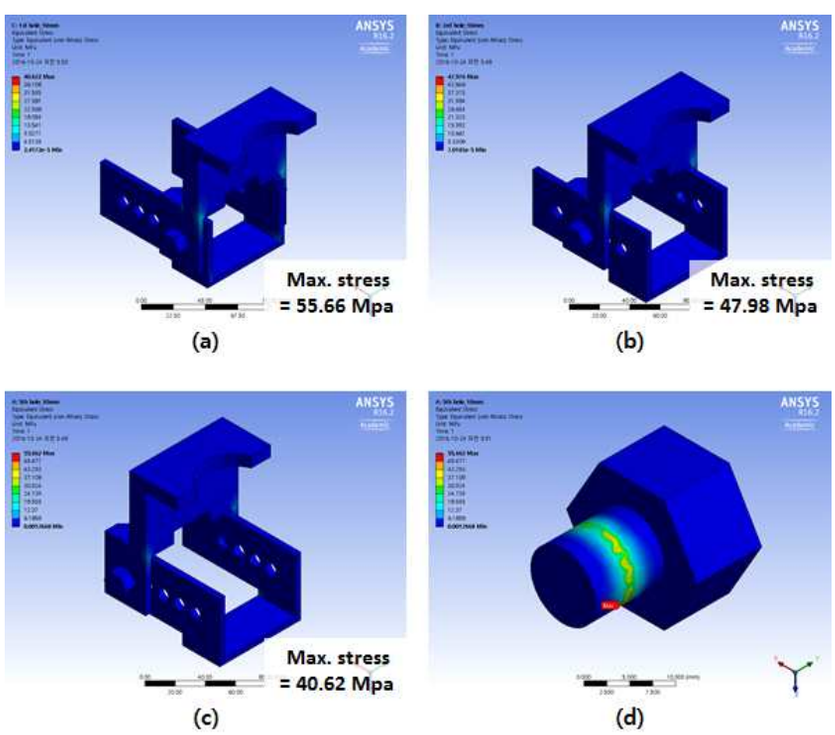


그림 2.2.5.17 체결나사 결합 위치에 따른 응력 해석 결과

② 반력지지 환경에서의 응력해석

ㅇ 체결 나사의 개수를 2개에서 4개로 증가 시킬 경우, 아래 그림과 같이 오히려 응력이 증가한 것을 알 수 있음. 내부 응력은 체결 나사가 2개일 경우 상부 브라켓은 218MPa에서 체결 나사를 4개로 설계했을 경우 250Mpa까지 증가했으며, 링크는 195Mpa에서 248Mpa로 증가하였음.

○ 체결 나사가 4개일 경우, 나사의 개수가 증가한 만큼 응력은 분산 시킬 수 있으나, 체결 나사가 2개일 때보다 링크들의 자유도가 낮아져 완전 구속에 가까워지므로, 전체 구조의 변형량이 작아지면서 상대적으로 내부응력이 크게 걸린 것으로 판단됨.

○ 링크의 직경을 10mm에서 12mm로 바꾸어, 링크에서 발생하는 전단응력에 대한 강성을 증가시킴으로써 내부 응력을 183Mpa에서 162Mpa로 개선하였음. 최종 모델의 시뮬레이션 결과 상부 브라켓과 체결 나사의 응력차이가 거의 없는 것을 확인했으며, 이는 구조에 가해지는 응력을 효과적으로 분산시켰음을 의미함.

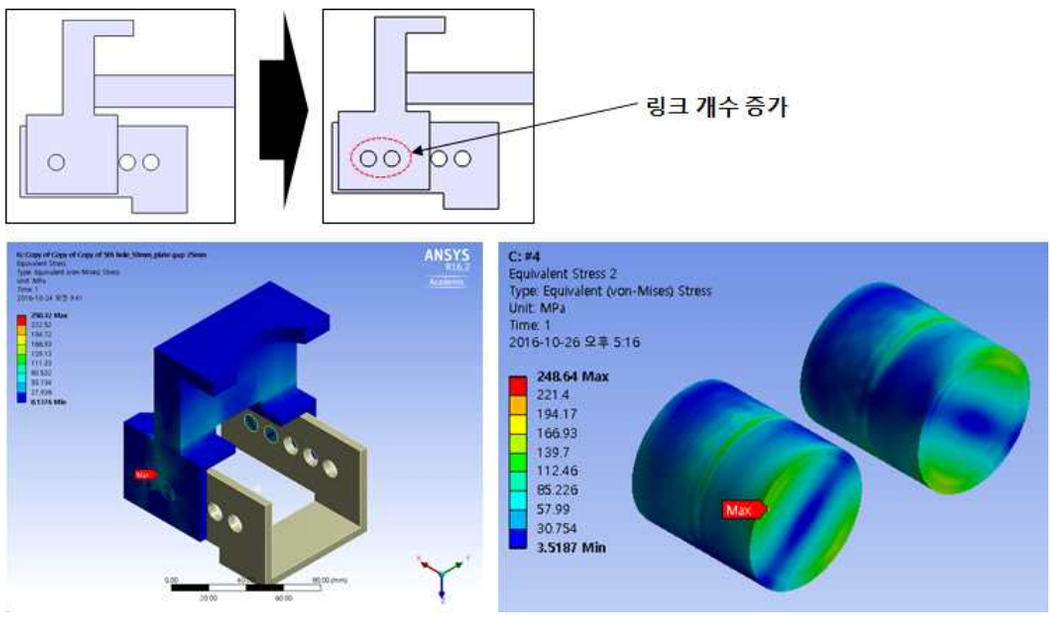


그림 2.2.5.18 링크 개수에 따른 응력 변화

마) 5차년: 모듈러 주택 시공 신기술 실증 적용

연구목표 KICT 건설관리

- 운반용 고정장치 및 조립용 공구 실증단지 적용 및 모니터링 등 종합적 데이터 분석

연구내용

1, 운반용 고정장치 실증단지 적용 및 종합적 결과분석
- 운반용 고정장치의 모듈운반(공장→현장)단계 적용
- 운반경로 및 상황에 따른 운반용 고정장치 안전성 검증
- 운반용 고정장치 적용 및 모니터링 등 종합적 데이터 분석

2. 조립용 공구 실증단지 적용 및 종합적 결과분석
- 조립용 공구의 실증단지 모듈조립단계 적용
- 작업자의 안전성 및 효율성, 조립품질 효과 측정
- 조립용 공구 적용결과 종합적 분석

최종성과물

- 기술적용 결과분석 보고서 2건

(1) 조립식주택 운반용 고정장치 실증단지 현장적용 계획

(가) 현장적용 계획

ㅇ 운반용 고정장치의 최종모델은 현장 시험적용과 구조성능분석을 통하여 현장 적용성 및 구조 안정성이 검증되었음. 이러한 고정장치는 아래 그림과 같으며, 이와 같은 고정장치가 운반경로 및 상황에 따른 안전성이 확보되는지에 대한 실검증을 위하여, 운반실험이 진행될 필요가 있음

ㅇ 실증단지 현장적용은 창녕의 금강공업 공장에서 모듈을 운반차량에 상차한 후, 운반용 고정장치를 설치하고, 내외장재 부착정도, 손상여부 등 모듈 상태를 확인함. 그리고 공장에서 천안두정 현장까지 운반하는 과정에서 발생할 수 있는 위험 요인을 운반차량 추종 등 실시간으로 집중 모니터링하여 확인하고자 함. 운반 완료 후 모듈의 내외장재 탈락, 고정장치의 손상여부 등 육안 검사 및 데이터를 추출함

ㅇ 실증단지 적용 순서는 아래 표와 같으며, 3차년도 현장시험에서 기 수립된 현장시험 적용순서를 준용하고자 함

그림 2.2.5.19 운반용 고정장치

표 2.2.5.1 실증단지 적용 순서

구분	작업	내용
1	모듈상차	운반용 차량에 해당 모듈 상차
2	고정	운반용 고정장치를 활용한 모듈과 운반용 차량 결속
3	운반	계획경로 운행
4	해체	운반용 고정장치 해체
5	확인	모듈 내외장 탈락여부 확인 및 고정장치 이상여부 확인
6	모듈하차	모듈하차

(나) 현장 시험적용

① 사전 검토

- 본 연구에서는 운반용 고정장치를 천안두정 현장에 직접 적용하기 전에 그 적용성을 확인하기 위하여 사전검토를 수행함
- 사전검토는 천안두정 현장용 유닛모듈을 생산중인 금강공업 창녕공장에서 2019년 03월 28일에 진행되었으며, 제작 중인 유닛모듈의 볼팅용 홀에 운반용 고정장치를 연결시키면서 예상 문제점과 적용방안을 검토하였으며, 그 과정은 아래 그림과 같음

(a) 볼팅용 홀 확인 (b) 상부 고정장치 걸기 (c) 하부 고정장치 연결1

(d) 하부 고정장치 연결2 (e) 하부 고정장치 연결3 (f) 적용방안 토의

그림 2.2.5.20 운반용 고정장치의 사전검토

② 실증단지 적용

ㅇ 천안두정 현장에 적용된 유닛모듈의 운반고정 과정은 다음 그림과 같음

(a) 고정장치 걸기 (b) 벨트 걸기 (c) 벨트 조이기

(d) 벨트 연결 완성 (e) 트럭 이동 (f) 벨트 풀기

그림 2.2.5.21 운반용 고정장치의 실검증 적용

③ 종합적 데이터 분석

ㅇ 운반 후, 유닛모듈의 구조적 안전성이나 내외장재의 탈락여부를 육안으로 확인 한 결과, 유닛모듈의 구조적 안전성에 영향을 미칠만한 큰 결함이나 내외장 탈락 현상은 발견되지 않음

ㅇ 다만, 위와 같은 순서로 실험을 진행하는 과정에서 아래 그림과 같이, 일부 운반용 고정장치가 파단되는 현상이 발견되었으며, 이로 인하여 기존 운반고정공구로도 유닛모듈을 고정시키는 작업도 병행한 후에 실검증을 수행하였음

ㅇ 파단 원인으로는, 운반용 고정장치는 일체화 되어야 하나, 실험용 Mock-up을 하나의 몰드로 구성하여 일체화 하는 것이 매우 어려우므로, 본 연구에서는 여러 개의 부분을 가공·제작한 후에 이들을 용접하여 Mock-up 모델을 완성하였는데, 용접부가 취약하기 때문임

ㅇ 즉, 제작과정에서 일체화 되지 못한 부위가 취약하여 파단이 발생한 것으로, 향후 일체화된 모델을 제작할 경우에는 이와 같은 문제는 완화될 것으로 판단됨. 또한 파단 우려를 보다 경감시키기 위해서는, 상용화 모델은 보다 강화할 필요가 있는 것으로 생각됨

그림 2.2.5.22 운반용 고정장치의 파단

④ 소결

- ㅇ 기존에 국내의 운반고정장치는 화물용 벨트, 체인블럭 등 일반 고정용 부속 장비를 활용하고, 필요 시 후크 등 변형하여 고정하였으며, 이는 해외에서도 유사한 상황임. 따라서 국내외 모두에서 모듈 운반을 위한 전용 고정장치는 부재함.
- ㅇ 이로 인하여, 장거리 운반시 유닛모듈의 구조적 변형이 발생하거나 내외장재 탈락이 발생할 가능성이 있음. 또한 모듈과 운반장비간의 고정은 상하부를 동시 고정하기 때문에 비틀림 등 모듈의 구조적 변형이 발생할 우려가 있음
- ㅇ 이와 같은 문제점을 개선하기 위하여, A Type, B Type 2가지 형태의 운반용 고정장치(아답터 블록)을 개발함
- ㅇ 개발된 운반용 고정장치는 구조해석 시뮬레이션과 현장적용 시험, 구조성능 분석 등을 거쳐 구조적 안전성을 확인함
- ㅇ 운반용 고정장치는 천안두정 실증단지에 적용되어, 유닛모듈의 구조적 안전성에 영향을 미칠만한 큰 결함이나 내외장 탈락 현상은 발견되지 않음을 확인함
- ㅇ 다만 실험용 고정장치의 경우, 여러 부분을 제작한 후 용접하는 과정에서 용접부위가 취약한 점이 확인되는 등 아래와 같은 개선 사항이 도출됨
  - 운반용 고정장치의 일체화(하나의 몰드로 구성)
  - 유닛모듈의 무게증가에 대응할 수 있도록 견고하게 제작
  - 현재는 벨트 연결을 고려하여, ㅁ자형 고리로 되어 있으나, 다양한 연결방법을 감안할 때 이 부분을 둥글게 변경

(2) 조립식주택 조립공구 실증단지 현장적용 계획

(가) 현장적용 계획

- ㅇ 현장 시험적용은 아래 그림과 같은 조립공구를 천안두정 현장에 적용하는 것임

그림 2.2.5.23 조립공구

- ㅇ 천안두정 현장에서 1층은 콘크리트 구조이므로, 1층과 2층의 연결부에는 개발된 조립공구를 적용하는 것이 매우 어려우므로, 적층이 어느 정도 진행된 이후인 3층과 4층 사이 접합부 6개의 체결부위에 적용하는 것으로 계획하였음. 적용위치는 아래 그림과 같음

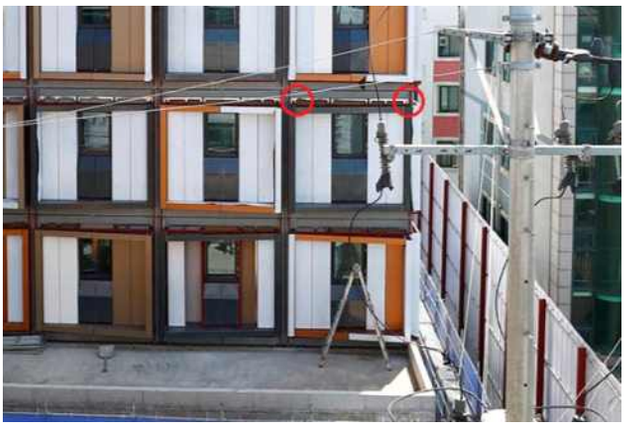


그림 2.2.5.24 조립공구 적용부위

(나) 현장 시험적용

① 사전 검토

- 본 연구에서는 조립공구를 천안두정 현장에 적용하여 조립작업을 수행하기 전에 그 시공성을 확인하기 위하여 2019년 03월 28일에 사전검토를 수행함
- 사전검토는 천안두정 현장용 유닛모듈을 생산중인 금강공업 창녕공장에서 진행되었으며, 제작 중인 유닛모듈의 볼팅용 홀에 조립공구를 배치시키면서 조립상의 문제점과 시공성 향상방안을 검토하였으며, 그 과정은 아래 그림과 같음
- 천안두정 현장에 적용된 유닛모듈의 경우, 설계 과정에서 접합부 부근에 철골 프레임이 배치되었으며, 이러한 철골 프레임이 접합부를 가리게 되어, 조립공구와 간섭이 발생할 것으로 우려됨

(a) 볼팅용 홀 확인 (b) 모듈상부 볼트 접합 (c) 하부 고정장치 연결1

(d) 하부 고정장치 연결2 (e) 하부 고정장치 연결3 (f) 적용방안 토의

그림 2.2.5.25 조립공구의 사전검토

② 실증단지 적용

- ㅇ 천안두정 현장에 적용된 유닛모듈의 경우, 사전검토 과정에서 발견된 바와 같이, 접합부 부근에 철골 프레임이 배치됨.
- ㅇ 이러한 철골 프레임이 접합부의 진입을 차단하게 되어, 조립공구가 접합부로 진입하는 데에 간섭이 발생하고, 조립공구를 적용하는 데에 공간이 확보되지 못하게 됨

그림 2.2.5.26 철골 프레임에 의한 조립공구 간섭 위치

③ 종합적 데이터 분석

- ㅇ 위에서 서술한 간섭으로 인하여, 조립공구를 적용할 공간이 확보되지 못함. 또한 아래 그림과 같이, 접합부위와 철골 프레임 사이의 공간에 조립공구를 넣고 작업을 시도한 결과, 2인이 동원되어 위치를 잘 잡으면 어느 정도 작업은 가능하였음
- ㅇ 그러나 간섭을 회피하는 과정에서 인력과 시간이 많이 소요되는 한계를 보임
- ㅇ 따라서 천안두정 현장의 여건상 생산성을 측정하여 분석하는 것은 큰 의미가 없을 것으로 판단됨

그림 2.2.5.27 철골 프레임 간섭에 의한 조립공구 적용 어려움

- 위와 같은 문제점으로 인하여, 최종적인 생산성은 확인하지 못하였으나, 기존 실험 결과를 보면, 본 연구에서 개발한 에어공구를 사용할 때, 볼트 1개당 조립시간은 평균 0.86초로 측정되었으므로, 볼트 1개당 평균 조립시간 8.85초인 기존 수공구보다 생산성이 크게 향상될 것으로 기대됨
- 또한 표준편차도 약 0.21초로 나타나, 표준편차가 약 2.48초인 기존 수공구에 비해 일정한 작업속도를 유지하는 것으로 판단할 수 있음

④ 소결

- 기존에 유닛모듈러 공사현장에서 조립공구는 철골조립 등에서 기존에 사용되던 일반적인 조립공구인 수공구(라쳇렌치 등)와 전동공구(코너드릴 등)를 사용하거나, 모듈특성에 따라 기존공구를 구부리는 등의 변형을 가한 후에 활용하고 있으며, 모듈러 전용 기술은 부재함
- 이러한 상황은 해외의 경우에도 유사하여, 공법적 측면에서는 조립계획, 조립방식, 조립부마감에 대한 기술개발이 활발히 이뤄지고 있으나, 모듈러 전용 조립공구 개발은 소극적이며 프로젝트별 활용장비가 상이함
- 이로 인하여, 기존 조립용 수공구는 기둥 조립 등 수직 조립작업 시 작업공간이 협소하여 수공구 사용 시 작업효율이 현저히 떨어지고 있음. 특히, 조립용 수공구 중에서 기존의 라쳇렌치(속칭 깔깔이)의 경우 공사 현장별 작업자가 형태를 변형하여 사용 하고 있어서 작업자의 안전 및 조립효율성이 떨어짐
- 본 연구에서는 작업효율성 및 작업자 안전도가 낮다는 문제점을 개선하기 위하여, 좁은 범위에서 작업이 가능하고 장시간 사용에도 토크 성능이 변하지 않는 에어공구를 이용한 조립공구를 개발함
- 개발된 조립공구는 구조해석 시뮬레이션과 현장적용 시험, 구조성능 분석 등을 거쳐 구조적 안전성을 확인하고 생산성을 측정함
- 조립공구는 천안두정 실증단지에 적용되었는데, 천안두정 현장의 유닛모듈의 경우에는 접합부위 전면에 철골 프레임이 배치되어 조립공구와 간섭이 발생함
- 기존 현장적용 시험 결과를 바탕으로 생산성을 분석해 보면, 볼트 1개당 조립시간은 평균 0.86초로, 8.85초인 기존 수공구보다 생산성이 크게 향상되며, 표준편차도 약 0.21초로, 약 2.48초인 기존 수공구에 비해 일정한 작업속도를 유지할 수 있음
- 다만 개발된 조립공구의 경우, 전면부에 장애물이 있을 경우 작업에 간섭을 받을 수 있다는 점이 확인되는 등 아래와 같은 개선 사항이 도출됨
  - 조립공구의 길이를 최소화 하여 간섭의 영향 완화
  - 조립공구가 다소 무거우므로, 작업원 1인이 휴대·작업하는 데에 부담이 없을 정도로 경량화 하여 제작
  - 개발된 조립공구는 에어공구인데, 공압을 제공하기 위한 에어라인이 굵고 무거우며 변형도 용이하지 않아 작업성이 저하될 우려가 있음. 따라서 유닛모듈을 조립하는 데에 충분한 토크를 제공하면서도 작업성이 저하되지 않는 공구를 고안할 필요가 있음

6) 조립식주택 화성능평가 및 실증 (KICT 내화 작성)

■ 전체 연구프로세스

가) 1차년: 조립식 주택용 보 및 기둥의 내화구조 기술

연구목표

- 조립식주택용 보 및 기둥의 내화구조 기술 개발

연구내용

- 조립식 주택용 하이브리드 내화피복기술 개발
- 하이브리드 내화피복기술 성능평가 및 고찰
- 조립식 주택용 하이브리드 내화피복 최적기술 제시

최종성과물

- 하이브리드 내화성능 시제품 6건
- 기술보고서 1건
- 시험성적서 2건

(1) 조립식 주택용 하이브리드 내화기술 개요

(가) 국내 규정 및 요구수준

○ 「건축법」제50조 및「건축법 시행령」제56조에 따라 공동주택 용도의 건축물중 바닥면적이 400제곱미터

이상인 건축물의 주요구조부인 기둥과 보는 내화구조로 하여야 하며,「건축물 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」별표1. 에 건축물의 규모에 따른 내화성능 요구수준이 제시되어 있음. 내화성능 기준 중 공동주택에 해당하는 부분이며, 기둥 및 보 부재는 용도에 따라 1시간에서 3시간까지의 내화성능을 국내 규정에서 요구하고 있음.

- ㅇ 본 과제 실증단지의 규모가 5층이므로, 상기 내화구조 요구성능 기준에 따라 단지에 적용되는 기둥 및 보 부재는 2시간의 내화성능을 확보하여야 함. 또한, 동 규칙 제3조에 따라 내화구조 인정을 받아 실증단지 현장에 적용하도록 하고 있으며, 이를 위해서 당해 연도에는 내화 하이브리드 기둥 및 보에 대한 최적기술 및 대안을 제시하고 2차년도 부터 내화구조 인정을 추진하고자 함.

(나) 조립식 주택 하이브리드 내화기술 개요

- ㅇ 하이브리드 내화기술은 각각의 내화성능을 가진 별도의 기술을 융합하여 내화성능을 개선하는데 목적이 있으며, 조립식 주택에 적용하고자 하는 기술은 일반 건축물에서 기둥 및 보의 골조에 사용되어지는 건식 또는 습식 내화피복 기술과 보드 피복 기술을 융합하고자 하였음.

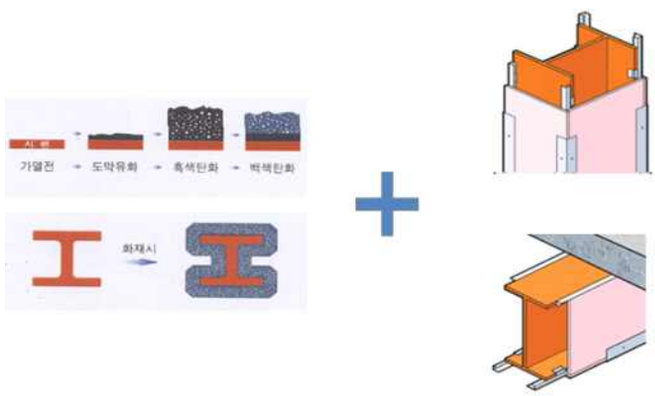


그림 2.2.6.1 내화 하이브리드 기술 개념

- ㅇ 건축물에서 일반적으로 적용되는 강재 기둥 및 보의 피복기술은 크게 습식과 건식공법으로 구분할 수 있으며, 습식공법의 경우 내화도료 또는 내화뿜칠을 사용함. 건식공법은 내화성능이 있는 유리면(Glass wool)이나 암면(Mineral wool)등 단열재를 사용한 피복공법과 석고보드 등 건식 보드류를 사용하는 보드 피복공법으로 구분할 수 있음.
- ㅇ 본 실증단지 구축에서는 첫째, 단열재와 석고보드를 사용한 “건식+건식” 하이브리드 공법과 둘째, 내화도료와 석고보드를 적용한 “습식+건식”의 두가지 대안을 확인하고자 하며, 1차년도에는 첫 번째 대안인 단열재와 석고보드를 이용한 하이브리드 기술을 적용 및 평가하고자 함.

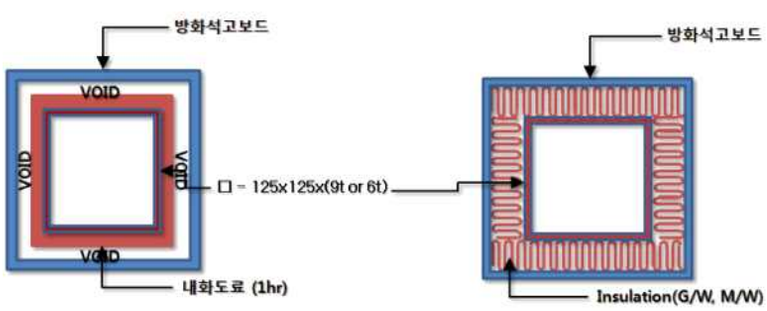


그림 2.2.6.2 건식 및 습식 내화 하이브리드 공법 개요

(2) 하이브리드 내화기술 최적 공법 제시

- ㅇ 공장 생산형 조립식 주택에 적용되는 기둥 및 보 부재의 내화구조는 시공현장에서 기술적용이 되는 일반적인 내화구조와는 다르게 제조공장에서 시공되어 현장에서 조립되는 형태를 가짐.
- ㅇ 또한, 조립식 주택 특성상 아파트 등 일반 공동주택 형태에 비하여 공간활용성이 높아야 하므로 내화성능 뿐만 아니라 최소의 단면을 가지고 내화성능을 확보하여야 하는 특징이 있음. 하지만 일반적으로 현장에서 구현되는 내화구조에 비하여 제조공장에서 품질관리가 확보된 조건에서 시공되므로, 현장시공에 따른 현장시공관리 문제가 발생할 가능성이 없어, 이런 특성을 반영한 최적의 하이브리드 조합을 제시하고자 함.
- ㅇ 습식 내화공법인 내화도료의 경우 내화뿜칠에 비하여 적은 단면(두께)에도 내화성능을 구현하는 장점이 있는 반면에, 시공현장에서 도포 기술 및 양생 조건에 따라 성능의 차이가 발생할 우려가 높은 품목임. 이러한 이유로 일반 건설현장에서 내화도료를 사용할 경우 엄격한 시공품질관리가 요구되는 구조임. 내화뿜칠은 내화도료에 비하여 상대적으로 시공품질관리가 용이한 반면에 단면 두께가 높고 공간활용도가 떨어지는 단점이 있음.
- ㅇ 이러한 이유로, 조립식 주택용 하이브리드 내화기술의 적용은 기본적으로 내화도료와 보드형 건식피복을 융합하는 기술로 대안을 제시하였음. 내화도료의 경우 품질관리가 용이한 제조공장에서 시공되므로 내화뿜칠에 비하여 적은 단면두께로 내화성능 확보가 가능할 것으로 사료되며, 이와 융합되는 건식보드 공법에는 기존에 내화구조로 인정받은 석고보드 건식피복 공법을 선정하였음.

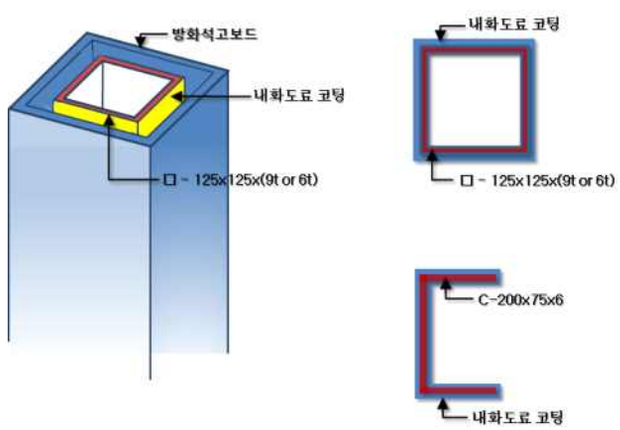


그림 2.2.6.3 조립식 주택용 하이브리드 내화기술 모델

(3) 하이브리드 내화기술 성능평가 및 고찰

(가) 내화성능 평가 모델 선정 및 시험체 개요

- ㅇ 내화성능 시험체 구성은 단열재와 석고보드 피복으로 구분할 수 있으며, 단열재는 유리면과 암면을 각각 사용하였으며, 석고보드는 12.5mm의 방화석고보드를 사용하였음. 시험체 구성은 아래의 표와 같으며, 시험체 선정을 위한 변수로는 단열재의 두께와 밀도 그리고 조립식 주택에 사용되는 강재의 형태를 달리하여 기둥 4개, 보 2개의 시제품을 제작하여 성능을 평가하였음.
- ㅇ 시험체 단면 형태 및 세부 구성은 아래의 표와 같으며, 건식 공법으로 제작되어 별도의 양생기간을 거치지 않고 내화성능을 평가하였음.

표 2.2.6.1 하이브리드 내화성능 평가 시험체 개요

No	부위	단면크기(㎜)	단열재		건식 보드 피복 (Encasement)
			종류/밀도	두께(㎜)	
1	기둥	각형강관 125×125×6	Glass wool 64K	75	방화석고보드 12.5mm 1겹
2			Mineral wool 100K	50	방화석고보드 12.5mm 1겹
3		각형강관 125×125×9	Glass wool 64K	100	방화석고보드 12.5mm 1겹
4			Mineral wool 100K	75	방화석고보드 12.5mm 1겹
5	보	C형강 200×75×6	Glass wool 64K	75	방화석고보드 12.5mm 1겹
6			Mineral wool 120K	50	방화석고보드 12.5mm 1겹

- ㅇ 기둥 부재 하이브리드 시작품은 강재 형상이 2가지 종류이며 단열재의 두께를 달리하여 내화성능 시험체를 제작하였음.
- ㅇ 보 부재 하이브리드 시작품은 C형강에 유리면과 암면을 피복하고 12.5T 방화석고보드로 피복하여 제작하였음.
- ㅇ 내화성능 평가는 KS F 2257-1(건축부재의 내화시험방법-일반요구사항)에따라 강재의 온도가 평균 538℃, 최고 649℃를 넘지 않아야 하며, 시험체 온도측정은 K-type 시스형 열전대를 사용하여 아래의 그림과 같이 강재 단면별로 3개소에서 온도를 측정하였음.

(나) 내화성능 평가 결과 및 고찰

- ㅇ 내화성능 평가는 KS F 2257-1에서 제시하고 있은 표준온도 곡선에 따라 내화 2시간 성능시험을 수행하여 그 결과를 고찰하였음.

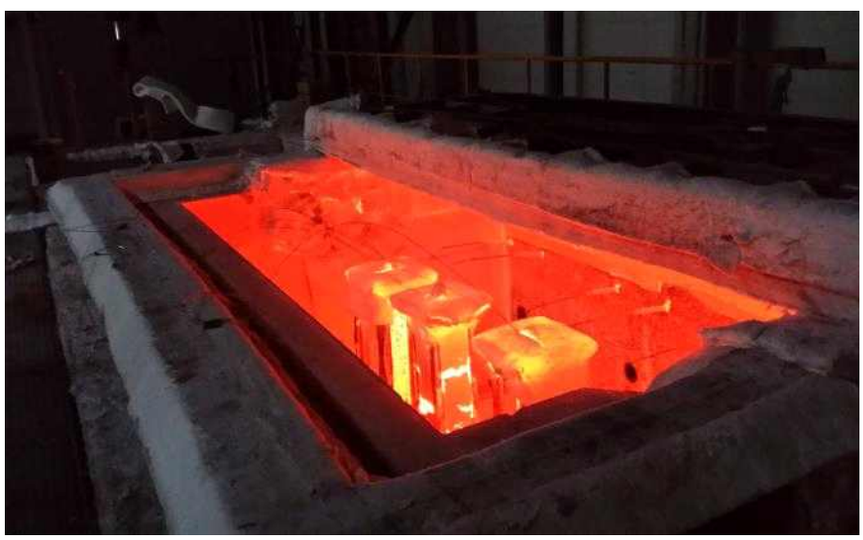


그림 2.2.6.4 하이브리드 시험체 내화성능 시험 모습

그림 2.2.6.5 내화시험 후 시험체 모습

○ 내화성능시험을 수행한 결과, 시험체는 대부분 강재가 노출될 정도로 피복재의 손상이 심하였으며, 암면을 사용한 시험체의 경우 일부 단열재와 석고보드가 형상을 유지하고 있음을 관찰하였음.

○ 조립식 주택 하이브리드 내화성능 평가용 1차 시험체 시험 결과 최소 43분에서 최대 71분의 내화성능을 나타냈으며, 실증단지 적용을 위한 120분의 내화성능을 만족하지 못하는 것으로 나타났음. 하지만, 1차 시험체의 경우 건식공법만을 대상으로 융합한 기술이므로, 2차 내화도료를 사용한 성능평가를 수행하여 실증단지에 적용할 하이브리드 내화기술 대안을 제시하고자 함. 아래의 표는 내화성능 평가 결과를 정리한 것임.

표 2.2.6.2 조립식 주택 하이브리드 내화성능 시험체 실험 결과

No	강재종류	Insulation		평균온도 (℃)	최고온도 (℃)	내화성능 (분)
		종류	두께			
1	125x125x6	G/W 64K	75mm	538.0(43분)	617.6(44분)	43
2		M/W 100K	50mm	518.8(61분)	637.4(66분)	61
3	125x125x9	G/W 64K	100mm	514.7(53분)	639.8(59분)	53
4		M/W 100K	75mm	528.8(71분)	642.1(78분)	71
5	200x75x6	G/W 64K	75mm	501.4(37분)	639.8(39분)	37
6		M/W 100K	50mm	513.2(52분)	628.1(59분)	59

○ 기둥 및 보 시험체 결과를 보면, 시험시작 30분 까지는 모든 시험체에서 균일하게 온도상승 억제 효과가 보이는 것으로 나타났으며, 이는 외측면에 피복된 방화석고보드의 성능에 의한 것으로 사료됨.

○ 30분 이후 시험체 거동을 고찰하면, 온도상승의 기울기가 유리면 보다는 암면에서 완만하게 상승하는 것으로 나타났으며, 유리면의 경우 매우 급격한 온도상승을 보이는 것으로 나타남.

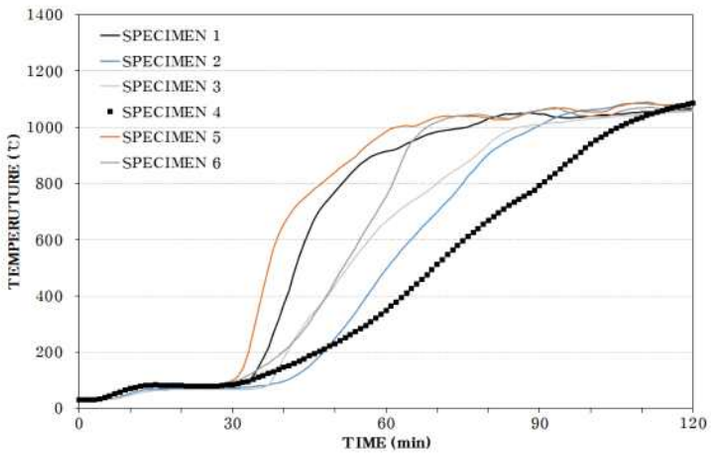


그림 2.2.6.6 시험체 시간-평균온도

- ㅇ 평균온도 상승을 비교하면 100K의 밀도의 암면을 사용한 4번 시험체가 최대 성능을 보이는 것으로 나타났으며, 온도상승 기울기 또한 완만하여 향후 실증단지 적용에는 암면 100K 이상을 사용하는 것이 적정할 것으로 사료됨.
- ㅇ 최고온도 고찰 결과도 마찬가지로 암면 100K를 적용한 4번 시험체에서 최대 성능을 확보한 것으로 나타남.

(4) 소결

- ㅇ 실증단지 적용을 위한 내화기술은 법령에서 요구하는 2시간의 내화성능을 확보하는데 우선 목표가 있으며, 이를 위하여 조립식 주택 특성에 부합하도록 하이브리드 공법을 대안으로 제시하였음.
- ㅇ 하이브리드 최적 모델 선정을 위한 1차 성능평가를 수행한 결과, 내부 단열재는 암면이 효과적이며 외부 보드 피복재의 경우는 12.5mm 방화석고보드는 성능확보에 부족하므로 두께를 15mm로 상향 조정하여 적용하는 것이 타당할 것으로 사료됨. 2차년도에 수행 예정인 2차 성능평가에서는 내화도료를 적용한 시작품에 이를 반영하고자 함.
- ㅇ 조립식 주택 하이브리드 내화기술 대안 제시를 위한 성능평가 수행결과 성과로 아래의 그림과 같이 내화시험 성적서를 확보하였음.

그림 2.2.6.7 내화시험성적서

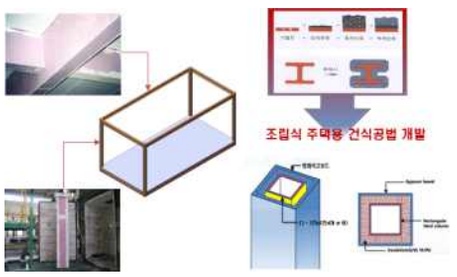
나) 2차년: 조립식 주택 맞춤형 보/기둥 내화피복기술 개발 및 실증

연구목표

- 조립식주택 맞춤형 내화기술 개발

연구내용

- 조립식주택 맞춤형 내화기술 개발
  - 건식내화피복기술 인정예비시험 수행 및 성능확보
  - 내화충전구조 성능평가 및 최적 기술 도출
- 수서실증단지 적용을 위한 내화구조 인정 확보



최종성과물

- 내화피복기술 시제품 12건
- 국내논문 1건
- 기술보고서 1건

(1) 조립식 주택용 내화건식피복기술

(가) 조립식 주택 주요 구조부 내화기술 개요

○ 공장생산형 조립식주택의 내화기술은 현재까지 일반 건축물 대상으로 개발된 기술을 적용하고 있는 수준이며, 조립식 주택에 최적화된 맞춤형 내화기술개발은 미비한 실정임.

○ 일반 건축물 용도로 개발된 내화기술은 건설현장과 공장생산이라는 시공조건의 차이 및 공장 대량생산과 현장 조립이라는 조립식 주택 특성을 제대로 담아내지 못하고 있어 과설계 또는 적절한 내화성능 구현에 문제가 될 가능성이 높음. 조립식 주택에 최적화된 내화성능 확보기술 개발은 건설시장에서 조립식 주택 시장 활성화에 매우 중요한 요인 중 하나임.

○ 조립식 주택용 단위 유닛의 기둥 및 보에 적용하는 내화피복 기술은, 내화도료를 사용할 경우 제작이 용이하며 내화기술 적용 단면을 최소화 할 수 있지만, 2시간 이상의 내화성능을 확보하면서 양생기간이 필요 없어 공장 제작에 유리한 건식 보드피복 기술을 실증단지에 적용하고자 함.

○ 내화건식피복기술은 내화도료에 비하여 경제적이며 건식공법이므로 별도의 양생기간이 필요하지 않아 모듈러 단위 유닛 제작 기간을 단축할 수 있을 것으로 사료됨.

(나) 내화성능 평가 모델 선정 및 시험체 개요

○ 조립식주택 맞춤형 내화기술 성능 평가를 위하여 건식피복기술을 기준으로 건식과 습식을 혼용한 하이브리드 형태의 기술까지 내화성능 평가를 수행하여 그 결과를 고찰하였음.

○ 내화성능 시험체 구성은 단열재와 방화석고보드 피복으로 구분할 수 있으며, 내화건식피복기술인 15mm 방화석고보드 2겹 이외에 무기질 단열재로 미네랄울을 사용한 건식 하이브리드와 내화도료와 방화석고보드를 사용한 습식 하이브리드기술로 실험체를 구성하였음.

표 2.2.6.3 하이브리드 내화성능 평가 시험체 개요

No	종류	단면크기(㎜)	피 복 구 분	
1	각형 강관	125×125×6	내화도료(1시간) + 50mm 공간	방화석고보드 15mm 1겹
2			Mineral wool 100K 75mm	방화석고보드 15mm 1겹
3		125×125×9	방화석고보드 15mm 2겹	
4			Mineral wool 120K 75mm	방화석고보드 15mm 1겹
5	C형강	200×75×6	내화도료(1시간) + 50mm 공간	방화석고보드 15mm 1겹
6			Mineral wool 120K 75mm	방화석고보드 15mm 1겹
7	복합형	125×125×9 200×75×6	방화석고보드 15mm 2겹	
8			Mineral wool 120K 75mm	방화석고보드 15mm 1겹

(다) 내화성능 평가 결과 및 고찰

(a) 1번 실험체 (b) 2번 실험체 (c) 3번 실험체 (d) 4번 실험체

(e) 5번 실험체 (f) 6번 실험체 (g) 7번 실험체 (h) 8번 실험체

그림 2.2.6.8 내화시험후 시험체 모습

○ 내화성능 평가는 KS F 2257-1에서 제시하고 있은 표준온도 곡선에 따라내화 2시간 성능시험을 수행하여 그 결과를 고찰하으며, 실험 결과 최소 40분에서 최대 120분의 내화성능을 나타냈으며, 실증단지 적용을 위한 내화건식피복기술은 120분의 내화성능을 만족하는 것으로 나타났음.

표 2.2.6.4 조립식 주택 맞춤형 보/기둥 내화피복기술 실험 결과

No	피복구분		내화성능(분)
1	1Hr 내화도료+50mm 공간	방화석고보드 15mm 1겹	51
2	Mineral wool 100K 75mm	방화석고보드 15mm 1겹	40
3	방화석고보드 15mm 2겹		120
4	Mineral wool 120K 75mm	방화석고보드 15mm 1겹	46
5	1Hr 내화도료+50mm 공간	방화석고보드 15mm 1겹	48
6	Mineral wool 120K 75mm	방화석고보드 15mm 1겹	53
7	방화석고보드 15mm 2겹		120
8	Mineral wool 120K 75mm	방화석고보드 15mm 1겹	83

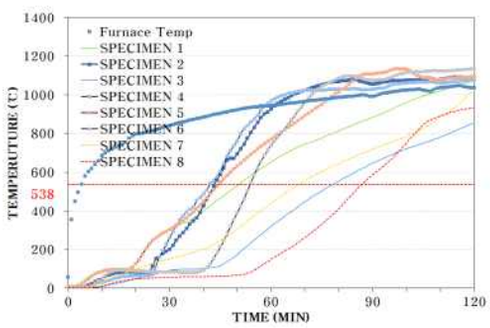


그림 2.2.6.9 시험체 평균온도 거동

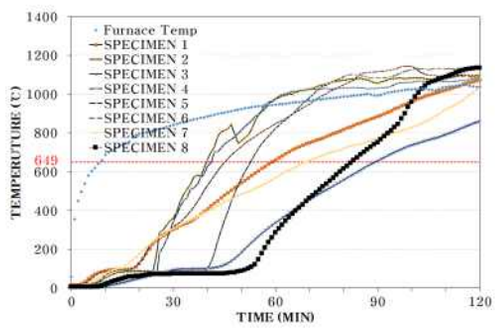


그림 2.2.6.10 시험체 최고온도 거동

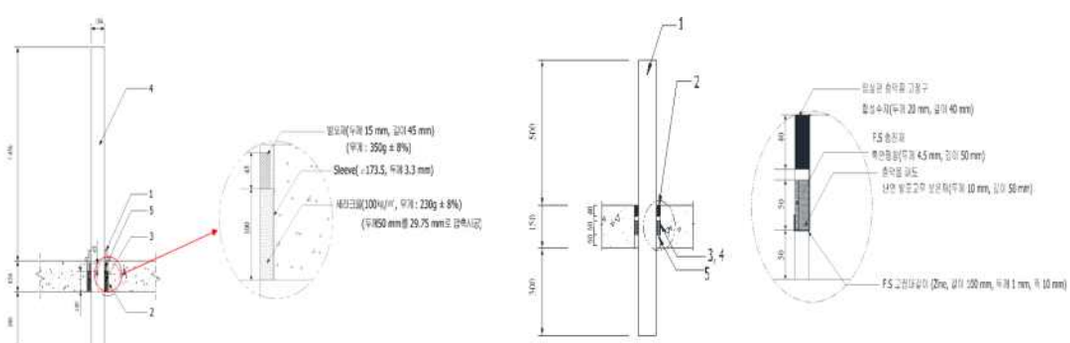
(2) 조립식 주택용 내화충전구조 기술 개발

(가) 조립식 주택용 내화충전구조 개요

○ 건축물 화재시 구획간 관통부를 통한 화재확산 방지를 목적으로 적용되는 내화충전구조에 대하여, 조립식 주택에 적합하도록 일반 건축물용 내화충전구조 기술을 대상으로 적용성을 평가하였음.

○ 내화충전구조는 크게 무기질 단열재를 사용한 구조와, 발포성 팽창제를 사용한 구조로 나눌수 있으며, 국내건설시장에서는 다양한 구조의 내화충전구조가 적용되고 있는 실정임. 하지만 공장 생산형에 적합한 내화충전구조는 없으며, 대부분 현장 시공을 대상으로 개발된 기술임.

(나) 조립식 주택용 내화충전구조 성능평가



(a) 무기질 단열재 구조(system 1)　　(b) 발포성 팽창제 구조(system 2)

그림 2.2.6.11 조립식 주택용 내화충전구조 실험체 구성

ㅇ 2차년도에는 공장 생산에 적합한 형태로 내화충전구조 개발을 위한 적용성을 평가하기 위하여 무기질 단열재 형태와 발포성 팽창제 구조에 대하여 내화성능 평가를 수행하였음.

ㅇ 내화충전구조 성능평가를 위한 시스템은 무기질 단열재인 세라크울을 이용한 구조와 발포성 흑연 팽창제를 이용한 2개 구조에 대하여 내화성능 실험을 수행하였으며, 2개 구조 모두 120분의 내화성능을 안정적으로 보이는 것으로 확인되었음.

(a) 무기질 단열재 구조(system 1)　　(b) 발포성 팽창제 구조(system 2)

그림 2.2.6.12 조립식 주택용 내화충전구조 실험 모습

다) 3차년: 조립식 주택 맞춤형 내화구조 기술개발

연구목표

- 조립식 주택 맞춤형 내화구조 기술 개발

연구내용

- 조립식 주택용 내화건식피복기술 개발 및 적용
  - 보/기둥 내화건식피복기술 내화성능 확보
  - 실증단지 기술 적용
- 공장생산형 내화충전구조 기술 개발 및 적용
  - 슬리브 일체형 내화충전구조 개발 및 성능평가
  - 실증단지 내화충전구조 기술 적용

최종성과물

- 내화피복기술 시제품 2건
- 국내논문 1건
- 기술보고서 1건

(1) 조립식 주택 맞춤형 보/기둥 내화피복기술 개발 및 적용

(가) 조립식 주택 주요구조부 내화건식 피복기술

○ 공장 생산형 조립식 주택에 적합한 내화기술은 국내에는 현재까지 일반 건축물 대상으로 개발된 기술을 응용하여 적용하고 있는 수준이며, 조립식 주택에 최적화된 기술은 미비한 실정임.

○ 공장에서 생산되는 단위 유닛에 적용하는 내화피복 기술은 제작시간, 다음 작업으로 원활한 공정수행 등 시공성을 위하여 습식 보다는 건식 구조가 적합하며, 이를 위해 건식 내화피복기술에 대한 다양한 기술모형 평가를 2차년까지 수행하였음.

○ 2차년에 제시된 내화구조 최적 기술모형을 조립식 주택 단위 유닛의 주요구조부인 보와 기둥을 대상으로 Full Scale의 내화구조 성능평가를 수행하였음

(나) 내화건식 피복기술 2시간 내화성능 평가 및 고찰

○ 조립식 주택용 보/기둥 건식 내화피복 최적 기술모형은 방화석고보드 19mm 2겹을 사용하는 구성으로, 내화성능 평가는 내화구조 인정 획득을 위하여 Full Scale의 시험체를 보 및 기둥에 대하여 각각 2개씩 제작하였음

표 2.2.6.5 내화건식피복기술 성능평가 시험체 개요

No	강재 종류	단면 크기(㎜)	피복 구분	길이	부위
1	C형강	300×90×9	방화석고보드 19mm 2겹	3,000mm	기둥
2		150×75×4	방화석고보드 19mm 2겹	4,700mm	보

(a) 보 부재 시험후

(b) 기둥 부재 시험후

그림 2.2.6.13 내화건식피복기술 내화성능 평가 모습

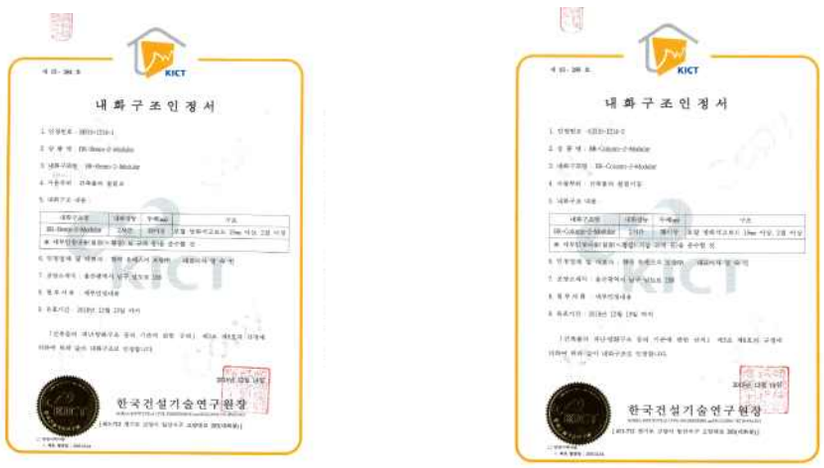
- ㅇ 내화구조 성능평가 결과, 보는 234℃~268℃의 평균온도 분포를 보였으며 최고온도는 258℃~282℃로 나타났으며, 기둥은 평균온도는 190℃~496℃ 최고온도는 453℃~502℃의 결과를 보였음
- ㅇ 조립식 주택용 내화건식피복기술을 적용한 보 및 기둥 시험체는 내화구조 인정을 위한 성능기준을 모두 만족하였으며, 2시간의 내화성능을 확보하였음
- ㅇ 보는 시험체 전체에 걸쳐 균질한 온도분포를 보였으나, 기둥의 경우에는 시험체 단부에 위치한 1,4단면 보다 중앙부에 위치한 2,3단면에서 높은 온도 분포를 보인 것으로 측정되었음

표 2.2.6.6 내화건식피복기술 성능평가결과

구분		성능기준	측정위치	시험결과	내화성능
보	시험체 ⓐ	강재 평균온도 538℃ 이하	1단면	268℃	120분
			2단면	235℃	
			3단면	262℃	
		강재 최고온도 649℃ 이하	-	282℃	
	시험체 ⓐ	강재 평균온도 538℃ 이하	1단면	234℃	120분
			2단면	238℃	
			3단면	242℃	
		강재 최고온도 649℃ 이하	-	258℃	
기둥	시험체 ⓐ	강재 평균온도 538℃ 이하	1단면	195℃	120분
			2단면	410℃	
			3단면	449℃	
			4단면	190℃	
		강재 최고온도 649℃ 이하	-	453℃	
	시험체 ⓐ	강재 평균온도 538℃ 이하	1단면	252℃	120분
			2단면	472℃	
			3단면	496℃	
			4단면	238℃	
		강재 최고온도 649℃ 이하	-	502℃	

(다) 조립식 주택용 내화건식피복기술 내화구조 인정 확보

○ 내화구조 인정을 위한 조립식 주택용 내화건식피복기술에 대한 내화시험 수행 결과 보 및 기둥 부재에 대하여 모두 2시간의 내화성능을 보여 내화구조 인정서를 확보하였음



(a) 보 (b) 기둥

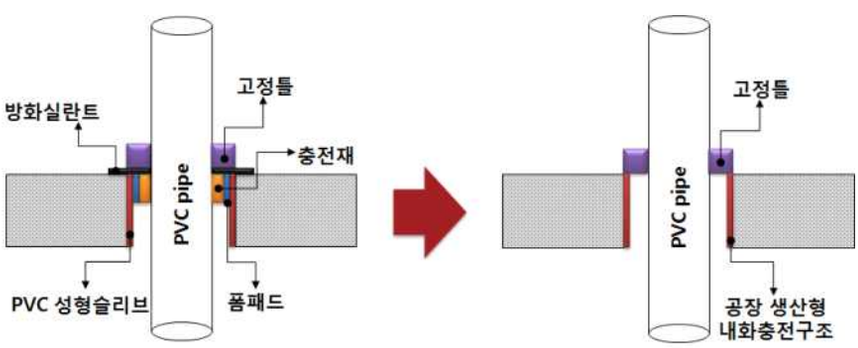
그림 2.2.6.14 내화구조 인정서

(2) 공장 생산형 내화충전구조 기술 개발 및 적용

(가) 조립식 주택 주요구조부 내화건식 피복기술

○ 건축물의 방화구획 설비관통부를 통한 화재확산 방지를 위하여 내화충전구조를 설치하도록 의무화 되어 있음('건축물의 피난·방화구조등의 기준에 관한 규칙' 제14조). 그러나, 현재 일반 건축물용 내화충전구조는 여러 부속품들로 이루어진 복합구조로서 현장에서 설치하여야 하는 구조임. 조립식 주택의 경우 현장 설치 및 시공을 최소화 하여야 경제성 및 시공성을 확보할 수 있으므로, 공장에서 설치할수 있는 공장 생산형 내화충전구조를 개발 실증단지에 적용하고자 함

○ 공장 생산형 내화충전구조는 흑연 발포성 재료를 사용한 슬리브 형상의 내화충전구조로서, 별도의 현장 시공 없이 제조 공장에서 조립식 주택 단위 모듈의 바닥 콘크리트 타설시 배관 관통을 위한 슬리브 대신에 슬리브 일체형 내화충전구조를 시공하므로 조립식 주택에 최적화된 구조임



(a)기존 내화충전구조 (b) 공장 생산형 내화충전구조

그림 2.2.6.15 공장 생산형 내화충전구조 개요 및 기존 구조 비교

(나) 공장 생산형 내화충전구조 성능 평가 및 적용성 확보

- 조립식 주택에 적용하기 위한 공장 생산형 내화충전구조는 기존 바닥에 설치하는 슬리브 형상에 내화성능을 추가한 발포성 슬리브 형태의 내화충전구조로서, 조립식 주택 단위 모듈의 바닥을 관통하는 PVC 배관의 관통부에서 화재시 화염 확산을 방지하기 위한 목적을 가짐
- 설비관통부에 설치되는 내화충전구조는 국토교통부 고시기준에 적합한 성능을 확보하여야 실증단지에 적용 가능하며, 바닥 관통시 내화2시간의 성능을 확보하여야 함

그림 2.2.6.16 내화시험 시험체 설치 및 시험후 발포 형상

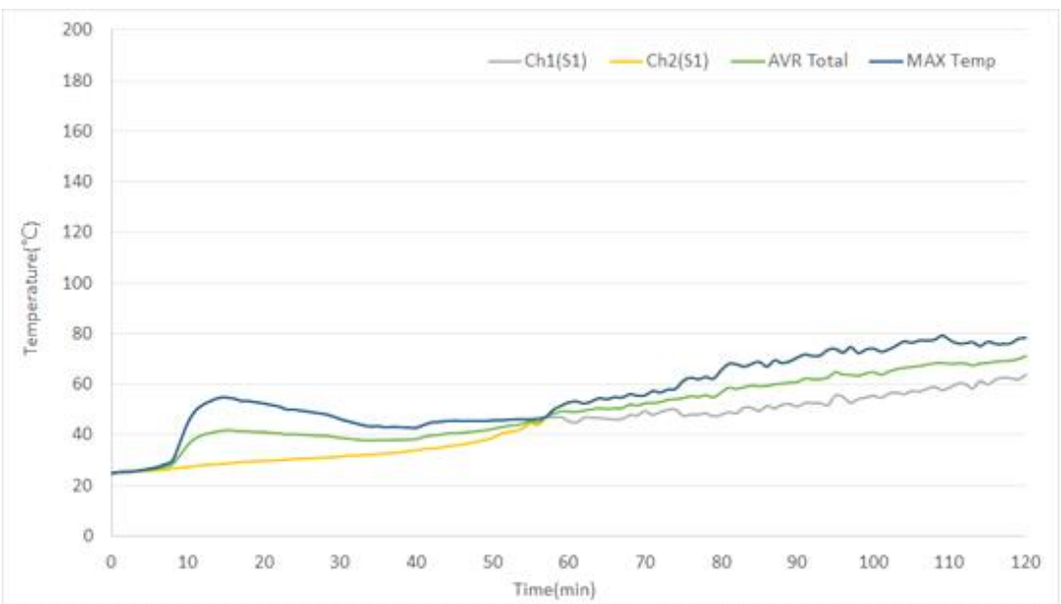


그림 2.2.6.17 내화충전구조 시험체 온도 분포

- 내화충전구조 성능평가 결과 2시간의 내화성능을 확보하였으며, 시험체 표면 최고 상승온도는 71.8℃~73.5℃로 나타나 성능기준인 최고온도 180℃에 대하여 안정적인 성능을 보임

라) 4차년: 조립식 주택 맞춤형 공장 생산형 내화기술 개발

연구목표

- 조립식 주택 맞춤형 공장 생산형 내화기술 개발

연구내용

- 조립식 주택 실증단지 적용 내화구조 기술 개발
  - Full scale 내화성능 평가
  - 실증단지 적용을 위한 내화구조 인정서 확보
- 공장생산형 내화충전구조 기술 개발
  - 슬리브 일체형 내화충전구조 2시간 성능 확보
  - 실증단지 적용을 위한 시험성적서 확보

최종성과물

- 시험성적서 2건

(1) 조립식 주택 맞춤형 보/기둥 건식 내화피복기술 개발 및 적용

(가) 천안 두정단지 적용 조립식주택용 내화건식피복기술 내화구조 인정 확보

○ 조립식 주택 맞춤형 보/기둥 내화건식피복기술 개발을 위한 건식보드를 적용한 시제품을 제작였으며, 내화성능 평가를 통한 성능 고찰을 수행하였음

표 2.2.6.7 조립식주택 보/기둥 내화건식피복기술 내화구조 성능 확인 시험체 개요

No	강재 종류	단면 크기(㎜)	피복 구분	길이	부위
1	각형강관 (정방형)	100×100×6	방화석고보드 19mm 2겹	3,000mm	기둥
2	ㄷ 형강	200×75×4	방화석고보드 19mm 2겹	4,700mm	보

○ 조립식 주택용 보/기둥 건식 내화피복 최적 기술모형은 방화석고보드 19mm 2겹을 사용하는 구성으로, 내화성능 평가는 내화구조 인정 획득을 위하여 Full Scale의 시험체를 보 및 기둥에 대하여 각각 1개씩 제작하였음

(a) 보 부재 시험후 (b) 기둥 부재 시험후

그림 2.2.6.18 내화성능 실험 모습

표 2.2.6.8 내화건식피복기술 성능평가결과

구분	성능기준	측정위치	시험결과	내화성능
보	강재 평균온도 538℃ 이하	1단면	507℃	120분
		2단면	518℃	
		3단면	513℃	
	강재 최고온도 649℃ 이하	-	622℃	
기둥	강재 평균온도 538℃ 이하	1단면	486℃	120분
		2단면	496℃	
		3단면	528℃	
		4단면	515℃	
	강재 최고온도 649℃ 이하	-	530℃	

(나) 조립식 주택용 내화건식피복기술 내화구조 인정 확보

ㅇ 천안 두정단지에 적용하기 위한 조립식 주택용 내화건식피복기술에 대한 내화시험 수행 결과 보 및 기둥 부재에 대하여 모두 2시간의 내화성능을 보여 내화구조 인정서를 확보하였음

(a) 보(인정번호:BB17-1129-1) (b) 기둥(인정번호:CB17-1129-2)

그림 2.2.6.19 내화구조 인정서

(2) 조립식 주택 맞춤형 공장생산형 내화충전구조 개발 및 적용

(가) 공장생산형 내화충전구조 국토교통부 고시 시험성적서 확보

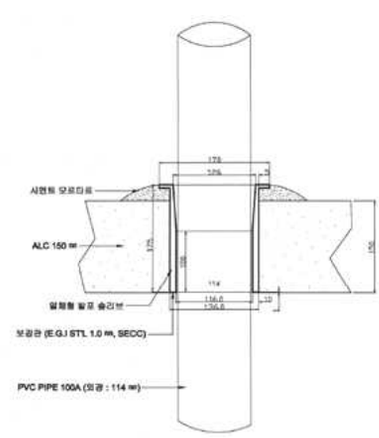


그림 2.2.6.20 내화성능평가 시험체

○ 또한, 국토교통부 고시 제2014-200호에 따른 성능기준을 만족하여, 고시시험 성적서를 확보하였으며, 고시 시험성적서를 확보함에 따라 실증단지 적용을 위한 요건을 확보하였음(시험성적서 번호 : CT15-104194, 시험기관 : 한국건설생활환경시험연구원)

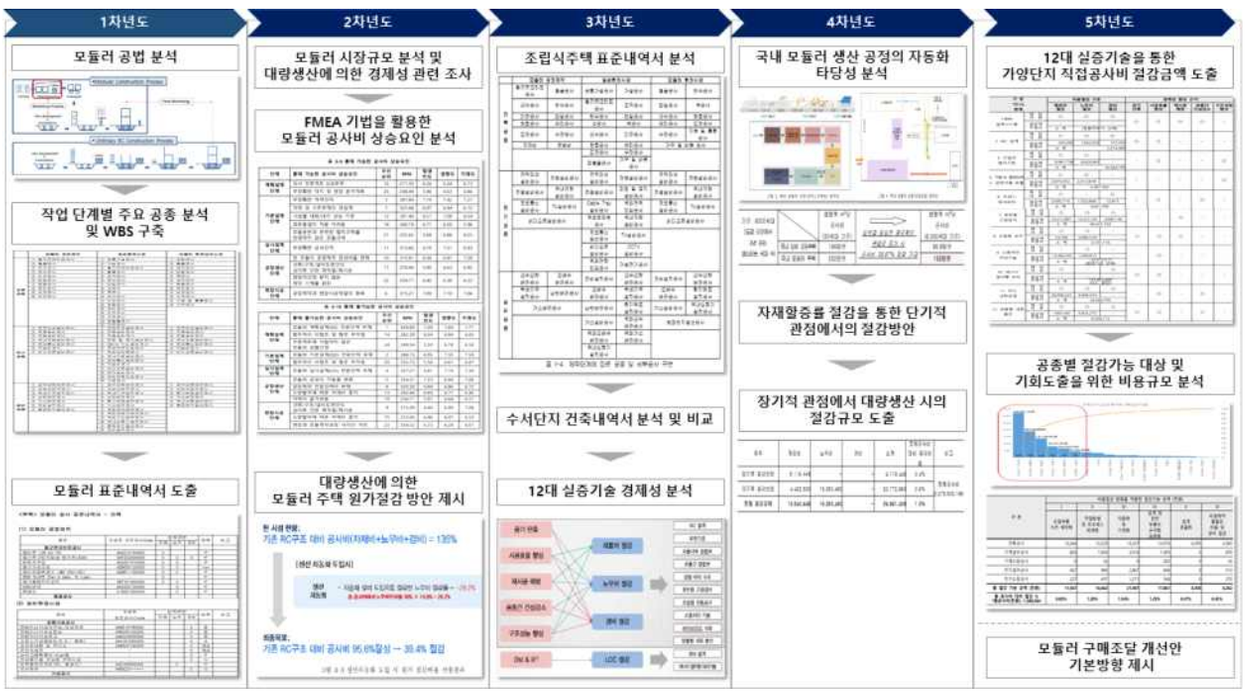
그림 2.2.6.21 내화충전구조 시험 모습

그림 2.2.6.22 공장 생산형 내화충전구조 국토부 고시 시험성적서 분포

나. 경제성 실증

1) 조립식주택 공사 경제성 분석 (성균관대학교)

■ 전체 연구 프로세스



가) 1차년: 공정, 원가 표준화 및 시공품질 개선 연구

연구목표

- 조립식주택 WBS 및 표준내역체계 구축

연구내용

- 조립식주택의 특성을 반영한 WBS 제작
  - 조립식 주택 실적데이터 수집 및 WBS, 표준내역체계 자료 조사
- 조립식주택의 발주 및 원가관리를 위한 표준내역체계 구축
  - 실적데이터 분석 및 전문가 면담을 통해 대표성을 갖는 표준 대상과 범위 선정
  - 도면 및 내역서 분석을 통해 주요 공정을 도출하고, 조립식 주택의 WBS 및 표준내역체계 구축

최종성과물

- 조립식주택 WBS 및 표준내역체계 보고서 1건
- 국내논문 1건

(1) 모듈러 공법의 특징 분석 및 조립식 주택에 적합한 모듈러 공법 분석

(가) 모듈러 공법의 정의 및 특징

○ 모듈러 공법은 건축 부재를 규격 및 표준화하여 설계에 반영한 후 유닛화된 제품을 공장에서 생산하고, 현장으로 운송하여 조립 및 마감작업을 통해 건축물을 완성하는 공법임.

○ 국내의 경우, 아직 모듈러 공법이 건설 산업에 전반적으로 활성화되지 않았지만 향후 시장 확대 및 기술 개발을 통해 적용 범위가 점차 확대될 것으로 기대됨. 유연하게 변화할 수 있는 다양한 유닛 디자인을 통해 디자인적인 관점에서 개선뿐만 아니라 기술 개발을 통해 고층 시공이 가능해질 것임.

○ 모듈러 공법은 공기단축, 품질향상, 친환경적인 공법이며 모듈의 추가 및 제거가 쉬울 뿐만 아니라 현장인력의 최소화로 현장통제가 용이하다는 장점이 있음.

(나) 모듈러 공법의 정의 및 특징

○ 모듈러 공법의 기본유형은 크게 '적층형 모듈'과 '인필형 모듈'로 나눠짐.

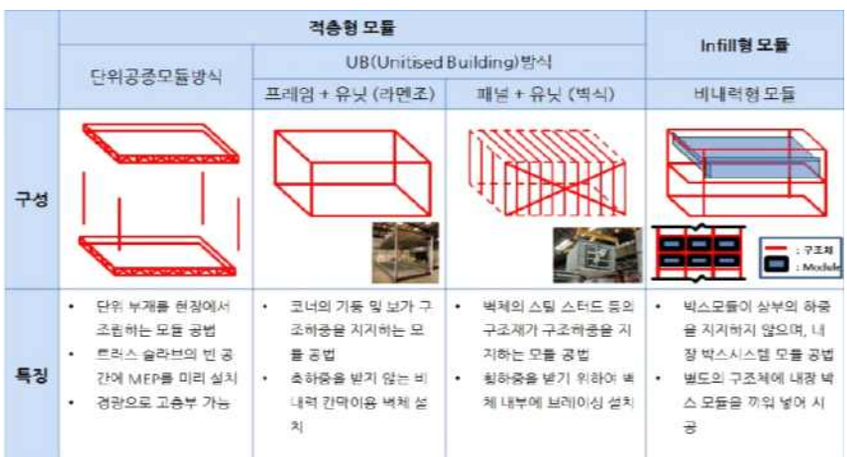


그림 2.2.7.1 모듈러 공법의 유형 분류

○ 수요자 맞춤형 조립식 주택에 적합한 유형을 선정하기 위해서는 국내 모듈러 공장에서 생산되는 유닛과 모듈러 공법이 적용될 현장 여건을 고려해야 함.

○ 현재 국내 모듈러 공장에서는 한 세대가 하나로 구성되어있는 적층형 UB방식 또는 인필형에 적합한 유닛을 주로 생산하고 있음.

○ 또한 주택이 지어지는 지역이 대부분 주거 밀집 지역임을 고려했을 때, 현장 통제가 용이하고 소음 및 먼지의 영향이 적을수록 유리하기 때문에 모듈러 공법의 공장제작 비율이 높아야 함.

(2) 작업 단계별 주요 공종분석 및 WBS 구축

○ 모듈러 건축의 표준내역서를 도출하기 위해서는 모듈러 공사의 프로세스 및 특성이 반영된 공종이 도출되어야 함. 따라서 공릉동 기숙사 프로젝트 도면 분석을 통해 투입공종 및 세부 Activity를 살펴보고, 단계별 WBS를 구축하였음.

○ 본 연구에서는 공종의 수 및 작업범위가 좁은 토목 및 부대토목 공종은 제외하고, 건축공종, 전기공종, 설비공종, 통신공종에 대해 도면분석을 실시함.

○ 도출된 프로세스 단계별 특성을 바탕으로 도면분석을 통해 중공종 및 세부 Activity를 파악하였음. 이때 각 Activity에 대한 WBS코드는 조달청 표준공사 코드를 적용하였음. 또한 규격을 일반화할 수 있는 자재는 조달청 표준 공사코드의 전 코드를 부여하였음.

표 2.2.7.1 모듈러 공사 수행단계별 필요 중공종 (예시)

	모듈러 공장제작	일반현장시공	모듈러 현장보강시공
건축 공종	철근콘크리트공사	공통가설공사	조립공사
	철골공사	가설공사	철골공사
	금속공사	철근콘크리트공사	방수공사
	방수공사	철골공사	타일공사
	미장공사	조적공사	목공사
	타일공사	방수공사	금속공사
	창호공사	타일공사	창호공사
	유리공사	석공사	유리공사
	도장공사	목공사	도장공사
	수장공사	금속공사	수장공사
		미장공사	지붕 및 홈통 공사
		창호공사	가구공사
		유리공사	
		도장공사	
		수장공사	
		잡철물공사	
		가구공사	

(3) 표준내역서 도출

(가) 내역서의 구성

- ㅇ 기존에 분석된 Activity와 각 Activity에 해당하는 조달청 표준공사 코드를 토대로 모듈러 공장제작, 일반 현장시공, 모듈러 현장보강시공에 대한 각각의 내역서를 도출하였음.
- ㅇ 조달청 표준공사 코드의 경우, 기존에 사용하고 있는 공사내역을 실적화하기 위하여 표준코드화 한 것으로 모듈러 공사의 경우도 공종을 구성하고 있는 각 세부내역에 대한 표준 코드화를 통해 향후 공사원가 산정시 해당 코드의 일위대가 적용을 통해 보다 정확한 원가 측정이 가능할 것으로 판단함.
- ㅇ 공종별 각 세부내역에 대한 비목별, 단위별 정의의 기준은 조달청 표준공사 코드의 일위대가 정의를 활용하였음. 조달청 표준공사 코드상 존재하지 않는 내역 등의 경우에는 기존 모듈러 3사의 내역서를 토대로 내역을 추가하였고, 비목 및 단위를 정의하였음.
- ㅇ 모듈러 조립 등과 같이 기존의 표준공사 코드로 정의할 수 없는 내역의 경우에는 NEW CODE라고 명기하였음, 이러한 내역의 경우에는 향후 모듈러 공사의 특성에 맞는 적정 일위대가의 산정이 필요함.

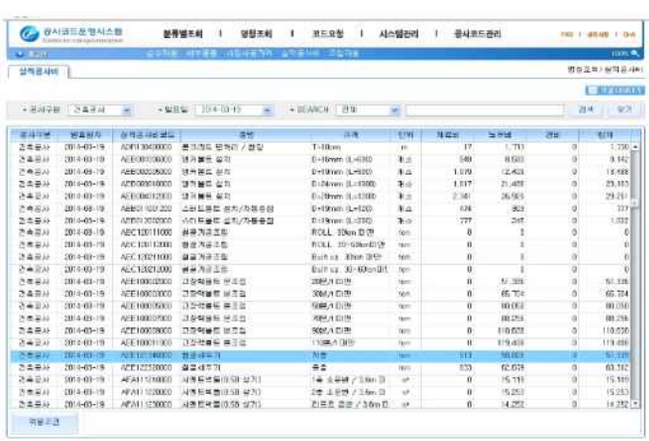


그림 2.2.7.2 조달청 공사코드 운영시스템 중 공사 코드에 따른 실적공사비 사례

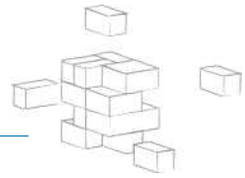
(나) 내역서의 작성

- 공릉동 공공기숙사 도면분석을 바탕으로 도출된 중공종을 기준으로 각각의 내역을 작성하였으며, 각 내역에 가장 적합한 조달청 표준공사코드를 부여하였음. 조달청 표준공사코드에 존재하지 않는 자재성 공종 등의 경우는 Activity 상에는 별도 코드를 표기하지 않았으나, 공종별 내역서 상에는 해당 내역을 정리하였고, 기존 모듈러 3사의 자료를 토대로 비목 및 단위를 정의하였음.
- 동일 Activity상에 존재하는 규격만 상이한 내역의 경우 공통규격까지만 표기를 하고 이후 부분의 경우 AOC700****** 와 같이 *로 표기하여 향후 설계도서에 의거해 작성할 수 있도록 정리하였음.
- Activity별로 표준공종 코드를 도출한 후 모듈러공장제작, 일반현장시공, 모듈러현장시공 단계에 따라 공종별로 표준공종코드를 재취합하여 이를 토대로 공종별 표준내역서를 도출하였음.
- 자재, 노무, 경비로 구분되는 비목의 경우, 각각의 품명이 자재비, 노무비, 경비 중 어디에 포함되는지 동그라미 기호(○)로 표시하였으며, 하나의 내역이 자재비, 노무비, 경비에 모두 포함되는 경우 중복 표기하였음. 단위란에는 품명에 적합한 표준단위를 적용하였으며, 마지막으로 비고란에는 각각의 자재가 건축공사 어느 부위에 적용되었는지, 프로젝트마다 규격이 상이할 수 있는 경우 규격의 분기가 필요함을 나타내었음.

표 2.2.7.2 공종별 내역분류 및 정의사례-공장제작 건축공사 철골공종

품명	조달청 표준공사 Code	비목구분			단위	비고
		자재	노무	경비		
철골공사						
H 형강	AEA110******	○			ton	
ㄱ 형강	AEA160******	○			ton	
ㄷ 형강	AEA150******	○			ton	
압연강판	AEA221******	○			ton	
철골가공 및 세우기(현장)	AEE000******		○		ton	
강판용접	AEE900******	○	○		ton	
녹막이페인트(1회)	ANA000120000	○	○	○	m2	
스터드볼트설치(자동용접)	AEB010******	○	○		EA	
턴버클	-	○			EA	
NUT	-	○			EA	
유도핀	-	○			EA	
내화페인트-(유기/유성), 철골	AEG113120000	○	○		m2	

- 건축공사에서 사용되는 내역서는 공사에 필요한 공사비를 표현하는 수단으로서 공사의 계약체계 및 공사수행을 위한 자료가 될 뿐 아니라 공사비에 대한 협의 및 실무처리에도 매우 중요한 역할을 하고 있음.
- 특히나 표준화된 내역체계는 공사수행에 있어 공사수행주체들 간의 공사비에 대한 이해도를 높이고 원활한 의사소통을 유도해 효율적인 공사관리를 가능하게 함.
- 하지만 모듈러 건축은 각 건설업체의 내역서 양식은 물론 내역 작성요령 및 기준이 표준화되어 있지 않은 관계로 발주자는 각 업체의 내역에 대한 비교검토 및 적정공사비 산출여부를 파악하기에 많은 어려움을 겪고 있음.



ㅇ 표준내역체계를 갖춤으로써 새로운 유형의 건설공사 수행 시에는 내역의 오류나 누락이 없는지 확인할 수 있어 개산 견적의 정확도가 향상되어 공사비 관리가 수월해질 것임.

ㅇ 또한 내역과 공정의 통합관리가 가능하며 계약단가가 표준내역을 기반으로 산정되어 실적공사비 적산 제도가 효과적으로 이루어질 수 있을 것임.

표 2.2.7.3 모듈러 공사 표준내역서 예시(모듈러 공장제작)

품명	조달청 표준공사 Code	비목구분			단위	비고
		자재	노무	경비		
철근콘크리트공사						
레미콘 (25-24-15)	AAD210104300	○			m2	
철근콘크리트타설/펌프카(32m)	ADF202000000	○	○	○	m2	
바닥거푸집	ADA201310000	○	○		m2	
철근가공조립	ADB000120000	○	○		ton	
와이어메쉬깔기 (#6-150*150)	ADB511100000	○	○		m2	
DECK PLATE (Ferro Deck, B type)	-	○			m2	
데크플레이트설치	AEF101000000	○	○		m2	
CONC보양	AAD202120000		○		m2	
먹매김	AIB4010000000		○		m2	
철골공사						
H 형강	AEA110******	○			ton	설계규격확인
ㄱ 형강	AEA160******	○			ton	설계규격확인
ㄷ 형강	AEA150******	○			ton	설계규격확인
압연강판	AEA221******	○			ton	설계규격확인
철골가공 및 세우기(현장)	AEE000******		○		ton	설계규격확인
강판용접	AEE900******	○	○		ton	설계규격확인
녹막이페인트(1회)	ANA00012000	○	○	○	m2	
스터드볼트설치(자동용접)	AEB010******	○	○		EA	설계규격확인
턴버클	-	○			EA	
NUT	-	○			EA	
유도핀	-	○			EA	
내화페인트-(유기/유성), 철골	AEG113120000	○	○		m2	
방수공사						
수밀코킹(10mm각)	AHF111300000	○	○		m	
수밀코킹(우레탄, 사각, 20mm)	AHF442500000	○	○		m	
우레탄방수-프라이머 포함(바닥3mm)	AND011000000	○	○		m2	
우레탄도막방수코너보강	AHC100100000	○	○		m	
보호모르타르바름	AHJ111******		○		m2	설계규격확인
방수모르타르(바닥 50mm)	AHG115200000	○	○		m	
시멘트 액체 방수	AHI1008000000	○	○		m2	

나) 2차년: 대량생산에 의한 경제성 분석

연구목표

- 대량생산에 의한 모듈러 생산의 공정 분석 및 원가 절감 방안 제시

연구내용

- 시범단지 실적데이터 수집 및 분석을 통한 공정표 작성, 검토
- 대량생산에 따른 노무비 측면 경제성 검토
- 작업조건 개선에 의한 생산성 및 경제성 분석
  - 모듈러 생산규모 및 작업조건에 따른 노무비 및 생산성 분석

최종성과물

- 대량생산에 의한 경제성 분석 보고서 1건

(1) 모듈러 시장규모 예측

(가) 모듈러 시장전망

○ 모듈러 공법의 시장수요는 현재까지는 크지 않으나, 1인 가구의 빠른 증가와 소형주택의 수요가 늘어남에 따라 크게 성장할 것으로 예상됨.

○ 국내의 모듈러 공법을 수행하는 업체수가 많지 않음을 감안하였을 때 모듈러 공법의 수요증가에 따른 국내 업체들의 공급 가능량을 살펴볼 필요가 있음.

○ 모듈러 공법 수요가 증가하여 국내 모듈러 업체들의 공급량을 초과하게 되면 설비를 확장하고 대량생산이 가능한 시점이 오게 될 것이며, 대량생산의 조건에 따라 자재구입, 작업형태, 계약형태는 바뀌게 될 것임. 또한 일정 규모의 경제에 따라 현시점의 모듈러 생산 원가를 기준으로 절감할 수 있는 부분이 있을 것으로 판단됨.

○ 모듈러 건축시장은 2020년 최소 9,400억에서 최대 3.4조 원 규모의 시장을 형성할 것으로 추정됨. 급격한 시장 확대 전망에 따라 모듈러의 수요증가는 불가피할 것으로 보임. 이러한 시장규모 예측에 따른 예상 모듈 수요량을 산출하기 위해 1차년도 연구의 분석대상이었던 공릉동 기숙사 프로젝트의 모듈 제작비 대비 생산된 모듈수를 토대로 모듈 수요량을 산출한 결과, 공릉동 기숙사 프로젝트의 총 공사비는 14억6300만원, 제작 모듈 수는 46개 인 것을 감안하였을 때, 모듈러 건축시장규모에 따른 예상 모듈 수요량은 2018년에는 15,000개, 2020년에는 약 3만 개로 추정됨.

○ 하지만 2015년에 국내 대표 모듈러 3사의 연간 모듈 최대 생산량을 조사한 결과, 13,000~15,000개로(P사 3,600~4,200개, K사 8,000개, Y사 3,000개 합산) 현 수준에서 앞서 산출한 모듈 예상수요를 충족시키기 위해선 2018년에는 모듈러 3사 공장의 풀가동이 요구되고, 2020년에는 모듈러 3사 공장을 증설하거나 모듈러 생산 업체 수 증가 없이는 수요 충족이 어려울 것으로 판단됨.

○ 결과적으로 모듈 수요량 예측과 현재 추세로 모듈러 시장규모가 확대된다고 가정했을 때, 2018년에 이르면 현재 모듈러 생산 업체의 모듈 생산량으로는 모듈 수요를 충족시키지 못할 뿐 아니라, 추가적인 라인 증설, 업체 수 증가 없이는 공급이 어려울 것으로 판단됨.

(나) 국내·외 대량생산에 의한 경제성 관련 조사

- 기존 RC조와 비교하였을 때 생산 비용을 절감하기 위해 방안을 모색하기 위해 모듈러 유닛 제작의 경제성 확보와 관련된 문헌을 조사하여 대량생산에 의한 경제성 확보 방안에 대해 살펴봄.
- 경제성을 확보하기 위해 진행된 연구로는 모듈러 공법이 건식공법이라는 점에서 모듈러 공장 생산라인을 개선하여 노무자들의 동선 개선 및 loss률을 최소화하는 방안 연구(배병윤 외,2012)(조봉호 외, 2009), LCC 측면에서 공기단축으로 한 금융 비용감소, 현장경비 절감 등에 관한 연구(Sri Velamati, 2012)가 진행된 바 있음.

(2) FMEA기법을 활용한 모듈러 공사비 상승요인분석(이재승,2014)

- 모듈러 공법의 경제성 확보를 위해 모듈러 공법의 프로세스 및 특성을 분석하고, 각 단계별로 영향을 미치는 공사비 상승 요인 인자를 FMEA기법을 활용하여 정성적으로 분석함.
- 모듈러 공법의 프로세스를 크게 설계단계, 공장제작단계, 현장시공단계로 나누었으며, 공사비 상승요인 도출을 위해 각 단계별 업무를 조사하여 모듈러 공법의 프로세스를 작성하였음. 이 프로세스를 통해 각 단계별 비효율적인 요인들을 도출하였고, 도출된 요인들은 전문가 인터뷰를 통해 수정 및 보완되어 최종 공사비 상승요인으로 확정되었음. 또한 이 요인을 토대로 FMEA 설문조사를 진행하였음.
- 설문조사 결과를 단계별로 살펴보면, 계획설계 단계의 공사비 상승요인은 7가지로 '모듈러SD 전문인력 부재', '발주자의 비협조 및 협조 부적절', '유사 프로젝트 D/B부족', '프로젝트에 적합하지 않은 모듈러 공법선정', '부정확한 대지 및 현장 분석 자료' 등의 순으로 RPN이 높게 나타났음. 이는 초기단계의 방향설정 및 자료수집의 어려움 등이 공사비 상승에 많은 영향을 끼치고 있음을 의미함.
- 기본설계 단계의 공사비 상승요인은 14가지로 '모듈러 DD 전문인력 부재', '부정확한 개략견적', '자재 및 구조부재의 과설계', '시설별 내화/내진 성능 기준', '표준품셈의 적용 어려움' 등의 순으로 RPN이 높게 나타남. 기본설계는 설계가 구체화되는 단계로 이와 직접적으로 관련된 요인들이 모듈러 공사비 상승의 주요 요인인 것을 알 수 있었음.
- 실시설계 단계의 공사비 상승요인은 8가지로 '모듈러 CD 전문인력 부재', '부정확한 상세견적', '표준품셈의 적용 어려움', '발주자의 비협조 및 협조 부적절' 등의 순으로 RPN이 높게 나타남. 전체적인 RPN의 경향은 기본설계단계와 유사하게 나타났으며 RPN 값이 높은 요인들의 위험도는 대체적으로 기본설계단계보다 낮았음. 이는 해당 단계가 기본설계업무의 연장선상에 있으면서 설계가 완성되는 단계이기 때문인 것으로 판단함.
- 공장생산 단계의 공사비 상승요인은 11가지로 '모듈러 공장의 가동률 변화', '공장제작 전문인력의 부재', '한 모듈의 공장제작 완성비율 변화', '소량발주에 따른 자재비 증가', '건축/구조/설비도면간의 상이로 인한 재작업/재시공' 등의 순으로 RPN이 높았음. 공장생산단계의 RPN값을 살펴보면 '모듈러 공장의 가동률 변화', '소량발주에 따른 자재비증가' 등과 같이 모듈러 수요 부족에 기인한 요인들이 많은데 이는 모듈러 대량생산체계가 갖추어지면 어느 정도 해소될 것임. 이 외 '한 모듈의 공장제작의 완성비율 변화'는 가장 높은 영향도 값을 나타내기도 했는데 이는 모듈제작비율에 따라 관련 업무의 변동이 다수 발생할 수 있기 때문임.
- 현장시공 단계의 공사비 상승요인은 9가지로 '공장제작과 현장시공 작업의 중복', '건축/구조/설비도면간의 상이로 인한 재작업/재시공', '소량발주에 따른 자재비 증가', '현장과 모듈제작공장 사이의 거리' 등의 순으로 RPN이 높게 나타남. 이 중 '공장제작과 현장시공작업의 중복'은 발생빈도와 치명도가 높은 것으로 나타났으며, '현장과 모듈제작공장 사이의 거리'의 경우 발생빈도는 높으나 치명도나 영향도는 상대적으로 낮게 나타남.

○ 각 단계별 공사비 상승요인 평가항목들을 평균내어 각 단계의 발생빈도, 치명도, 영향도 및 RPN값을 도출하였다. 분석결과 계획설계-기본설계-현장시공-공장생산-실시설계 순으로 RPN값이 높게 나타났으며, 특히 설계 단계는 계획설계-기본설계-실시설계의 순으로 RPN값이 높게 나타났음. 이는 초기 계획 및 방향설정이 모듈러 프로젝트 공사비 상승에 가장 큰 영향을 미치며, 이 부분에 대한 집중적인 관리와 개선이 필요하다고 판단함.

(3) 대량생산에 의한 모듈러 공법의 원가 절감방안

(가) 기존 모듈러 생산의 경제성 현황 분석

○ 기존 모듈러 공법의 경제성 수준을 파악하기 위해 1차년도 연구에서 공동연구기관인 현대엔지니어링에서 모듈러 공법의 경제성 확보를 위한 기초 조사로서 현 모듈러 공법의 공사원가 수준을 연구하였음.

○ 모듈러 공법의 공사원가 분석을 위해 공릉동 기숙사를 대상으로 설계도서와 공동연구기관의 견적내역서를 바탕으로 견적 타당성 검토를 실시하였음.

○ 타당성 검토는 가격정보, 물가정보, 유통물가, 거래가격, 조사가격, 모듈러 업체 실적단가 등을 토대로 진행되었으며, 비목별(자재비·노무비·경비), 공종별(대공종·중공종), 단계별(일반현장시공·모듈러현장시공·모듈러공장제작)로 분석하였음. 이에 대해 공동연구기관(모듈러 시공업체)에서 제출한 견적내역서 1차 타당성 검토결과 공릉동기숙사의 공사원가는 기존 RC공법 대비 162%수준으로 상당히 높은 것으로 조사되었음.

○ 공릉동 기숙사의 공사원가는 일반적인 모듈러 공법과 비교하였을 때 매우 높은 수준으로 모듈러 공법 적용의 대표 모델로 보기 힘듦. 따라서 현대엔지니어링에서는 일반적인 모듈러 공법 대비 대상 건축물의 공사원가 상승요인을 분석하였음. 공사원가 상승요인은 다음과 같이 5가지로 도출했음.

○ 일반적으로 모듈러 주택의 경우, 지상 1층부는 필로티로 구성되어 있으나 공릉동 기숙사의 경우, 1층부에 공용시설로 설계되어 RC조로 시공됨에 따라 공사원가가 증가하였음.

○ 공릉동 기숙사의 철골 사용수량은 일반 모듈러 공법 대비 132% 수준으로 과도하게 구조설계가 되었으며, 이는 철골공사의 공사비가 건축공사비의 상당부분(16.9%)를 차지하기 때문에 이 또한 공사원가를 절감할 수 있다고 판단하였음.

○ 외장 마감사양은 AL.Sheet 마감으로 고가의 사양이 적용되어 일반적인 모듈러 공법 적용 마감재와 차이가 있음.

○ 공릉동 기숙사에 적용된 M-Bar 천정 시스템은 모듈러 유닛의 운송 및 현장설치 진행 중 경량철골천정틀이 파손되어 현장 재시공 및 보수를 야기할 수 있음.

○ 또한 경량벽체 시스템 적용을 하였는데, 경량벽체의 단가는 일반 모듈러 공법 대비 높은 편이며, 단위면적 당 경량벽체의 수량 역시 148% 수준으로 높은 공사비를 초래하였음.

○ 도출된 공사원가 상승요인을 1차 타당성 검토 결과에 수정 반영하였고, 현 모듈러 공법의 공사원가를 재산정한 결과, 현 모듈러 공법의 공사원가는 기존 RC대비 135% 수준인 것으로 나타남.

표 2.2.7.4 현대엔지니어링 1차 타당성 검토 결과

모듈러 공법 공사원가 1차 타당성 검토		
구분	공사비	구성비
건축공사	1,163,013,107	79%
기계설비공사	104,324,859	7%
전기통신공사	70,357,546	5%
토목공사	125,691,214	9%
합계	1,463,386,726	100%
기존 RC대비 162% 수준		

표 2.2.7.5 현대엔지니어링 2차 타당성 검토 결과

모듈러 공법 공사원가 2차 타당성 검토			
구분	공사비	구성비	1차 타당성 검토 대비 절감률
건축공사	961,974,638	79%	17%
기계설비공사	87,381,969	7%	16%
전기통신공사	42,899,947	5%	39%
토목공사	125,691,214	9%	-
합계	1,217,947,768	100%	18%
기존 RC대비 135% 수준			

(나) 노무비 분석에 의한 원가절감 방안

- 노무비의 경우 각 비목별 구성(자재비: 57%, 노무비:39%, 경비: 4%)에서 차지하는 비중이 큰 편이며, 대량생산의 관점에서 다양한 노무비 절감 포인트가 존재함을 모듈러 관련 실무자 및 전문가와의 면담을 통해 확인하였음.
- 면담내용을 참고로 하여 노무비 경제성 분석에 관한 2차년도 연구과제에서는 공릉동 기숙사 프로젝트 기준 모듈러 공장제작 단계를 중심으로 '생산 Loss Time 최소화에 의한 노무 생산성 향상', '공릉동 기숙사 프로젝트 노무 생산성 분석', '작업자 고용방식(직영/외주)에 따른 노무 생산성 분석', '생산성 향상을 위한 작업 Tool 적용에 따른 경제성 분석'의 4가지 관점에서 연구를 진행하였음.
- 이 과정에서 단일 프로젝트인 '공릉동 기숙사 프로젝트'를 대량생산의 관점에서 노무비 측면에서의 경제성 향상방안을 분석하기 위해 모듈이 대량생산된 프로젝트를 선정하였음.
- 모듈이 대량생산된 프로젝트는 '독신자숙소 프로젝트'로 총 1184개의 모듈을 사용하였고, '공릉동 기숙사 프로젝트'(모듈수: 46개)와 정량적으로 비교함으로써 현 시점 생산방식 기준으로 모듈이 대량생산되었을 때, 노무비 절감 폭을 예측하고자 하였음.

① 공릉동 기숙사 프로젝트의 노무 생산성 분석

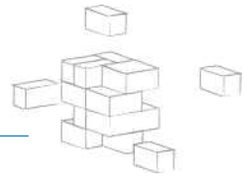
- 공릉동 기숙사의 경우, 공장제작을 20일 내로 소량의 모듈러 주택을 생산하는 조건으로 인해, 공장생산의 야간, 철야공사의 돌관공사(Over time)가 불가피하게 적용된 현장으로, 돌관 공사 시, 야간과 철야작업을 진행하면서 작업시간당 비용은 증가하게 되고, 낮은 생산성을 유지하며 작업을 진행하였음.
- 하지만 대량 생산 시 모듈러 생산 공장은 계획적으로 물량을 나눠서 생산이 가능하며, 같은 모듈을 다

량생산하기 때문에 제작과정에서 가장 시간이 많이 소요되는 디자인 단계에서의 오류수정 및 자재제작 과정을 마치게 되면 보다 효율적으로 생산성을 높일 수 있을 것임.

- 이러한 가정 하에 물량이 많아 대량생산의 개념을 적용할 수 있었던 독신자 숙소와 공릉동 기숙사에 대해 돌관 작업 유무에 따른 노무비 경제성 분석을 진행하였음. 특히, 공릉동 기숙사처럼 돌관 작업을 적용하지 않았을 때의 노무비가 어느 정도 절감 가능한지 분석해 보았음.
- 공릉동 기숙사의 경우, 돌관 작업 시 투입비율은 주간인원의 야간30%, 철야20% 비율로 투입되었음. 이는 주간작업 시간 8시간을 기준으로 환산하였을 때, 4시간의 추가 작업 시간이 확보된 것이나, 실질적으로 야간의 작업자 피로도를 고려하여 80%의 작업효율을 적용하였을 때, 3.2시간의 추가된 것으로 볼 수 있음. 즉 11.2시간의 일일 작업시간이 투입되었으며, 일일작업량을 100으로 보았을 때, 140의 일일 작업량을 투입한 것으로 볼 수 있음.
- 이와 달리, 독신자숙소의 경우는 140일의 충분한 작업기간이 있었으며, 주간작업만으로 생산이 가능한 프로젝트였음. 일일 작업시간은 주간기준인 8시간이 투입되었고, 일일작업량은 공릉동 기숙사가 140일 때 100으로 볼 수 있음.
- 또한 돌관공사를 진행한 공릉동 기숙사에 투입된 공종별 노무비 단가와 독신자 숙소 프로젝트의 공종별 노무비 단가를 파악하여 비용의 차이점을 분석해 보았음.
- 각각의 프로젝트별 노무비 내역을 작성한 결과, 돌관 작업이 진행된 Activity에 대해서는 주간 작업기준으로 1공수 노임을 지급하는 것과 같은 기준으로 야간작업 1공수, 철야작업 1공수를 지급하여 140이라는 작업량을 소화했을 때, 3공수가 투입되게 되며 이를 주간기준 작업량인 100으로 변환하였을 때, 2.14배의 노무비용이 드는 것으로 계산된다. 하지만 이는 공릉동 기숙사의 모든 공종에 적용되는 것이 아니라, 구조체 조립 작업 및 벽체작업 등에 한해서 적용되었음.
- 종합적으로 돌관작업이 혼재하는 공릉동 기숙사 노무비 내역과 주간작업에 의해서만 진행한 독신자 숙소를 공릉동 기숙사와 동일한 물량으로 환산하여 비교하게 되면, 공릉동 기숙사는 194,923,867원의 노무비가 드는 것에 반해, 독신자숙소는 131,927,042원의 노무비가 드는 것으로 나타남.
- 즉, 대량생산의 관점에서 주간작업만 실시하여 진행된 독신자 숙소 프로젝트는 공릉동 기숙사 대비 67.7% 수준의 노무비가 드는 것으로 32.3%의 노무비 절감이 가능할 것으로 예상됨. 이는 총 공사비에서 노무비의 비율 39%에 적용하면 전체적인 공사비는 12.6% 절감이 가능한 것으로 판단됨.

② 생산 Loss Time 최소화에 의한 노무 생산성 향상

- 현 시점 생산방식 기준의 노무비 절감을 위한 노력으로 모듈러 공장제작시 각 공종별 Activity별 공정흐름을 조사하고, 작업과 작업 간의 인수인계 후 이전작업자의 공백기를 조사한 다음, 공백이 생기는 시간을 최소화 하여, 작업 Flow 개선을 통한 노무자의 작업 Loss Time을 최소화하고자 하였음.
- 공릉동 기숙사 프로젝트의 WBS는 공종별로 구성하여 하나의 모듈이 순차적으로 완성되어 가는 과정으로 분류하였으며, 구조체부터 주요벽체 구성 후 실내마감공사 순으로 진행되고, 철골가공, 방청내화, 바닥조립, 콘크리트 타설, 구조체 조립, 설비공사, 화장실공사, 수장공사, 금속공사, 도장공사, 전기공사, 외장공사, 미장공사, 창호공사, 타일공사, 가구공사, 운송 순의 WBS 구성으로 진행됨.
- Primavera를 활용하여 공릉동기숙사 프로젝트 공장제작단계를 공정분석한 결과 대부분의 공정이 동시에 투입되며 시간단위로 치밀하게 계획되어 투입되었으므로 하나의 모듈을 제작하기 위해 여러 가지 공종이 순차적으로 투입될 때, 작업을 쉬거나 기다릴 수 있는, 여유시간(Float)이 없음을 알 수 있었음. 이는 공릉동기숙사 프로젝트의 작업공기가 굉장히 촉박하였고, 이에 따라 주7일 근무에 야간과 철야를 모두 투입한 상황이었기 때문으로, 모듈생산은 불필요한 Loss Time없이 컴팩트하게 진행되었다고 판단함.



- 독신자숙소의 공정표 분석을 통해 모듈이 대량생산 되었을 때에도 체계적인 생산계획에 의해 연속적으로 작업이 진행되었는지 확인해보았음. 이 프로젝트의 경우, 단일 부지에 1,184개의 모듈이 시공된 것이 아니라 하나의 모듈러 공장에서 제작된 모듈이 서울, 경기, 인천, 강원 등 전국 각지로 흩어져 시공되는 프로젝트로서 노무 경제성을 확보하기 위해서는 연속적인 작업진행이 필요하였음.
- 독신자 프로젝트의 작업 연속성을 판단하기 위해 Primavera 6.0의 Group & Sort 기능을 활용하여 1단계 레벨을 공종을 기준으로 분류하여 각각 공종별로 작업 연속성을 주요공종별로 살펴보고 추가적인 단축이 가능한지 살펴보았음.
- 철골공사의 작업연속성을 살펴보면 구조체 반입 후 적재 작업이 바로 이어지며, 방청 페인트 작업 또한 Loss 없이 진행됨. 이어서 구조체 조립 작업으로 철골공사의 Cycle이 반복되는데, 작업간의 시간손실은 거의 없으며 작업간격 또한 적절히 배분되어 있음을 확인할 수 있음. 추가적인 시간 단축을 위해 Activity 간 선후관계를 살펴보더라도 휴일을 제외한 공정간의 휴식이 1일을 넘지 않도록 되어 있어 실질적으로 1일 단위로 투입되는 노무인력의 일량을 변경하는 단축작업이 쉽지 않음을 알 수 있었음.
- 철근콘크리트 공사의 작업연속성을 살펴보면, 바닥판 조립작업 이후 Deck Plate를 설치한 후, 바닥판 야적을 실시함. 바닥판 콘크리트 타설 후 바닥판 양생기간 동안 다음 모듈로 이동하여 작업을 실시하는 Cycle로 작업을 진행하였음. 공정 간의 휴식이 1일을 넘지 않도록 되어 있고 양생기간을 활용하여 차순위 모듈로 이동하여 작업의 효율성을 높이는 방식으로 진행되고 있었으므로, 역시 추가적인 단축작업이 쉽지 않음을 알 수 있었음.
- 수장공사의 작업연속성을 살펴보면, 상부합판 제작 및 시공, 장변벽체 판넬 제작 및 시공, 단변벽체 골조설치, 창/문틀 보강 및 시공, 장변벽체 단열재 및 CRC보드 시공, 단변벽체 방화석고보드 취부, 단변벽체 단열재 및 CRC보드 시공, 방수, 방습지 시공, 복도 YSP 시공, 천장 석고보드 시공, 천장몰딩, 걸레받이, 마루굽틀 시공, 도배시공 등 벽체 및 천정 마감과 관련된 작업들이 빈틈없이 나열되어 상황에 따라 Loss Time를 최소화한 방향으로 진행됨. 수장공사는 Activity간 공종의 차별성이 크지 않아, 작업을 순차적으로 진행되는 것보다 현장에서 즉흥적으로 작업성이 높은 Activity를 수행할 확률이 높아 현실적으로 추가적인 공기단축이 가장 어려울 것으로 예상되었음.
- 금속공사의 작업연속성을 살펴보면, 컨텐박스 및 천장 SQ-BAR 설치작업, 창호주위 후레임 설치 작업, AL 천장재 설치작업이 이루어지고, 프레임에 수성페인트칠 순으로 진행되는 Cycle을 이루고 있었음. 금속공사는 다른 공종에 비해 부피나 면적이 크지는 않지만, 제작단계에서의 작업성 확보가 쉽지 않은 이유로 소요시간이 긴 편에 속하였고, 공종의 Flow를 분석해 보았을 때, 선후공정 사이에 Float은 거의 존재하지 않고, 공정 간의 휴식이 1일을 넘지 않도록 되어 있어 추가적인 단축작업이 쉽지 않음을 알 수 있었음.
- 주요공종인 철골공사, 철근콘크리트공사, 수장공사, 금속공사 이외의 공종또한 공사의 주요 흐름이 되는 이 4개의 공종들 사이의 공간속에 치열하게 배열되어, 단축의 가능성을 찾는 것이 쉽지 않았으며, 주요공종들이 대부분 Critical Path에 해당되는 만큼 한 두가지 아이템을 선정하여 공기단축을 하기에는 어려움이 있을 것으로 판단됨.
- 또한 모듈 사이즈를 고려했을 때, 두가지 이상의 공종을 동시에 투입하여 공정을 단축시키는 것 또한 효율적이지 못하다는 것이 현업을 수행하는 전문가의 판단이었음을 감안하였을 때, 짧은 시간동안 이뤄지는 공장생산 작업을 추가로 단축하는 것은 어려울 것으로 판단되었음.

③ 작업자 고용방식에 따른 노무 생산성 분석

- 모듈러 생산라인의 작업고용 방식은 두 가지로 분류할 수 있음.

- 모듈러 생산업체 관리자가 생산인력을 직접 고용하고 관리하는 직영방식과 발주를 통해 전문공종 수행업체와 계약을 맺고 전문공종 업체가 작업을 수행하는 외주방식이 있으며, 각각의 발주방식에 따른 노무생산성 향상 정도를 모듈러 수행업체 실무자 설문조사를 통해 분석하였음.
- 모듈러 행업체 Y사의 경우, 각각의 공종이 전문성을 띄고 있어 외주방식으로 작업자를 고용할 것이라는 예상과는 달리 대부분의 공종에서 직영방식을 채택한 것을 확인할 수 있었음. 보다 구체적으로 보면 Y사는 직영으로 철골가공, 방청내화, 바닥조립, 콘크리트 타설, 구조체 조립, 금속공사, 수장공사로 이뤄진 구조체 작업뿐만 아니라 화장실 공사, 설비공사, 전기공사, 외장공사, 미장공사, 창호공사 등 전문성이 작업까지도 직영체제로 진행하고 있었음. 또한 운송작업도 직영체제로 진행하고 있었는데, Y사의 경우 모듈러 생산량을 꾸준히 확보할 수 있었기 때문에 직영인력의 숙련도를 확보할 수 있었고, 관리적인 측면에서도 노하우를 확보한 상태로 생산공장을 운영하였다는 것을 알 수 있었음.
- 한편, 모듈을 제작하는 타 업체인 K사의 경우에는 위에서 언급한 Y사와 상이한 고용방식을 나타내고 있음. K사는 주로 외주방식으로 작업자를 고용을 하는 형태를 띠고 있었는데, 이는 모듈러의 수요, 즉 작업물량의 확보가 어려워 외주방식보다 인력 유지 차원에서 외주방식으로 작업자를 고용하는 것이 비용적 측면으로 좀 더 합리적일 것으로 보이기 때문임. 구체적으로 살펴보면, 철골가공, 방청내화 콘크리트 타설, 구조체 조립 공정, 모듈러 완성 후 운송은 직영으로 운영하였으며, K사의 경우 구조체 부분에서 숙련공을 확보하고, 인력 고용유지를 취하는 형태였음. 외주방식을 취하는 공종은 바닥조립, Deck 판개 등의 바닥구조체와 자재성인 공종, 그리고 그 밖에 설비공사, 화장실공사, 수장공사, 금속공사,도장공사, 전기공사, 외장공사, 미장공사, 창호공사, 타일공사. 가구공사 등의 특수공종과 마감공종 대부분 이었으며, 단순 공종인 청소작업은 일용직을 고용하는 것을 알 수 있었음.
- 최종적으로, 대량생산에 의한 원가절감 측면에서 합리적인 작업자 고용방식은 현재 Y사가 취하고 있는 방식처럼, 지속적인 작업을 통해 숙련도가 확보된 인력들을 직영형태로 고용 하는 것이 원가절감에 도움이 될 것으로 판단했음.
- 또한 전기, 설비공종과 같이 별도의 전문성이 요구되는 공종이나 타 공종에 비해 비교적단순하거나, Shop DWG이 굳이 출도되지 않더라도 작업이 가능한 공종의 경우엔 외주업체 숙련공의 생산성이 더 좋다는 판단이며, 인원관리의 효율성 측면에서 외주형태로 고용을 하는 것이 타당한 것으로 나타남.

④ JIG 적용에 따른 원가절감 분석

- 현재 공릉동 기숙사와 독신자 숙소 프로젝트를 수행한 모듈러 업체의 경우 200개 유닛 이상의 프로젝트에서는 작업효율성 및 완성도를 높이기 위한 JIG(작업형틀)를 제작하여 적용하고 있으며, 대량생산의 개념으로 수행된 독신자숙소 프로젝트에서 JIG 적용을 하여 공정 별로 작업시간을 단축하고 작업편의성을 개선하였음.
- JIG 설치로 발생하는 경제적 효과를 분석하기 위해 공릉동 PJT 공정표에 도출한 JIG 적용가능 공종(수장공사, 구조체 조립, 전기공사, 외장공사)의 작업시간을 각각 0.5시간씩 단축하여 기존의 공정표와 비교한 결과 모듈 제작기간 1cycle당 1일을 앞당길 수 있었음. 이는 JIG 설치로 생산효율을 높여 공종수행시간을 단축된 것으로, 결과적으로는 공기단축에 의한 경제적 효과가 있는 것으로 판단됨.
- 공릉동 기숙사를 기준으로 JIG 반영 전, 후의 모듈제작기간 노무비를 계산하여 비교한, 결과 모듈생산기간 감소로 인한 노무비는 공릉동기숙사 프로젝트 기준으로 모듈당 약 400만원의 절감효과를 확인하였음. 이는 전체 공사비의 0.95% 수준임을 알 수 있었음.
- 추가적으로, 제작기간 단축으로 절감되는 노무비를 예측한 결과 공릉동기숙사 프로젝트를 기준으로 보았을 때 제작기간 4일 단축시 노무비 절감액은 11,963,463원으로 총 공사비의 2.8%를 절감효과가 있을 것으로 예상됨.

표 2.2.7.6 JIG사용으로 인한 노무비 절감액 예측

절감시간(H)	노무비(원)	절감액(원)	절감율
82H(11일)	43,946,031	-	-
76H(10일)	39,978,210	3,967,821	0.95%
70H(9일)	35,980,389	7,965,642	1.9%
64H(8일)	31,982,568	11,963,463	2.8%

(다) 자재비 분석에 의한 원가절감 방안

ㅇ 현대엔지니어링의 1차년도 연구결과에 의하면 공릉동 기숙사의 각 비목별 공사비는 자재비 57%, 노무비 39%, 경비 4%로 가장 큰 비중을 차지하는 것은 자재비로 나왔음. 따라서 재료비의 비용절감을 통해 전체적인 경제성 확보를 하고자 하였으며, 모듈이 대량생산됨에 따라 필요자재를 대량 구매할 시 얻게 되는 경제적 효과에 대해 알아보았음.

그림 2.2.7.3 모듈러 공장제작단계 각 공종별 자재비 구성

ㅇ 분석결과 모듈러 공장제작 단계의 자재비 구성 비율은 철골공사, 수장공사, 금속공사의 순으로 비중이 높게 나타났음. 이 중 철골공사의 비중이 가장 높은 것을 알 수 있는데 이는 모듈러 공법의 특성상 모듈의 공장제작 단계에서 건식공법으로 시공이 이루어지며, 그러한 과정에서 구조시스템을 철골구조로 채택하고 있기 때문임. 따라서 상당히 많은 양의 철골이 구조부재로 사용됨을 알 수 있음.

ㅇ 전문가들에 의하면 자재 대량구매에 의한 예상 절감 폭이 5% 내외 수준으로 자재의 대량구매에 의한 자재비 절감보다는 자재 자체의 Spec-Down에 의한 자재비 절감이 필요할 것으로 판단하였음.

(라) 생산 자동화에 의한 원가절감 방안

ㅇ 현재 적용 가능한 노무 생산성 향상을 통해 절감가능한 노무비는 113% 수준이며, RC구조 대비 모듈러 주택과 동등한 가격수준이 되기 위해서는 33%의 추가적인 노무비 절감이 요구됨.

ㅇ 이와 같은 혁신적인 노무생산성을 확보하기 위해 첨단자동화 생산 설비가 필수적이라고 볼 수 있음. 따

라서 반자동화 시스템 설비를 갖춘 일본의 대표적인 모듈러 주택 생산업체인 세키스이하임(SEKISUI HEIM)의 사례를 분석하여, 반자동화 생산설비를 갖추었을 때, RC구조대비 경제성 확보가 가능한지 분석하였음.

- 세키스이하임은 2014년까지 누적 시공한 주택가구 숫자가 2,185,189호로 2013년 2,135,437호와 비교하면 1년간 49,752호를 시공하였고, 이는 일본 내의 8개 생산 공장에서 나누어 생산하였으므로, 1개 모듈러 생산 공장별로 연간 6,219개의 모듈 생산이 가능함을 의미하며, 하루 평균 17개 이상의 모듈 생산능력에 해당됨.
- 반면, 국내 공릉동 기숙사의 경우 46개의 모듈제작을 20일에 걸쳐서 진행하여, 하루 평균 2.3개의 모듈 생산을 하였으므로 이에 비해 최대 7.4배의 생산성이 높음.
- 하지만 투입된 인력은 세키스이 도쿄공장의 경우 307명의 생산근로자 일하는 반면 국내 사례 업체의 경우 165명이 투입되었다는 점을 고려할 때 생산규모와 대량생산은 생산성 향상에 있어 필수적인 것임을 알 수 있음.
- 세키스이 하임의 생산성을 국내 모듈러 업체에 적용한다면 공릉동 기숙사 프로젝트 기준 39%를 차지하고 있는 노무비를 74.8%로 절감가능함.
- 또한 전체 모듈 제작비용을 29.2% 절감할 수 있으며, RC구조 대비 135% 수준인 모듈러 주택 원가를 95.6%까지 절감가능한 것으로 나타남.
- 추후에 국내에서도 세키스이 하임과 같은 규모의 생산설비와 시스템을 갖춘다면 현재 수준에서 원가 절감가능성은 매우 높지만 현재까지 국내에서 모듈러 주택이 활성화되지 못한 점을 보았을 때, 현실적으로 적용이 어려운 점이 고려되어야 함.

다) 3차년: 12대 실증기술 경제성 분석

연구목표

- 12대 실증기술 적용을 통한 공사비 경제성 분석

연구내용

- 경제성 분석항목 도출
- 12대 실증기술 적용 시의 경제성 분석을 통한 공사원가 절감 효과 분석
  - 12대 실증기술의 생산성 향상 효과의 타당성 분석

최종성과물

- 12대 실증기술 경제성 분석 보고서 1건

(1) 표준내역체계와 수서단지 내역서 비교

(가) 조립식주택 표준내역서 구성 및 분석

- ㅇ 조립식 주택 생산 및 시공업체간 공정계획이 상이하고, 내역작성 항목 및 기준이 표준화되어 있지 않아 공사비 산정체계가 일정하지 않음.
- ㅇ 공장과 현장은 인력 및 자재 투입여건, 생산성에서 차이를 보이기 때문에 작업내역에 대한 단가를 다르게 적용할 수밖에 없음. 이로 인해 업체별 내역에 대한 비교검토 및 원가의 적정성 파악이 어려운 실정임.
- ㅇ 따라서 공정 및 원가관리를 효율적으로 수행할 수 있는 내역체계 구축 및 표준내역서의 개발이 요구되며 본 연구에서 모듈러 공장생산, 일반현장시공, 모듈러 현장시공으로 내역을 분류하였음.
- ㅇ 표준내역체계를 기반으로 실적공사비의 계약단가를 산정하여 실적공사비의 일관성과 신뢰성을 확보할 수 있으며 적정공사비 산출이 가능함.
- ㅇ WBS의 Activity와 표준내역서의 내역항목을 연계하여 공정 및 원가관리를 효율적으로 수행가능 할 것으로 판단됨.
- ㅇ 조립식 주택 표준내역서는 국토교통부의 '공사시방서 작성요령'과 '건축공사표준시방서'를 참조하여 구성하였음.
- ㅇ 모듈러 공장제작 단계의 경우, 중공종 단위에서 작업 Flow를 분석하여 세부 Activity를 작성하고, 각 Activity는 하나의 내역으로 연계됨. Flow 및 Activity는 모듈러 3사의 견적내역 및 제작 및 시공 프로세스를 일반화하여 도출하였음.
- ㅇ Activity 별 내역 분류작업은 각 공종별 Activity를 조달청 표준공종 코드에 따라 분류하여 각 내역에 대한 비목(노무비, 재료비, 경비) 분류작업 및 견적단위를 정리함.

(나) 수서단지 건축내역서 분석 및 비교

- ㅇ 수서단지의 건축내역서는 모듈러 표준내역체계의 기본 구성인 모듈러 공장생산, 일반 현장시공, 모듈러 현장시공의 구성을 갖추고 있음.
- ㅇ 조달청 표준공사 코드의 활용은 없으나, 유사한 내역을 매칭하여 내역 및 코드 정리가 가능함.
- ㅇ 건설프로젝트의 특성상 표준내역에 없는 부분은 자료를 축적하여 향후 내역체계를 보완하는 방법으로 활용할 예정임.

표 2.2.7.7 수서단지 건축내역서와 조립식주택 표준내역서 비교

구분	조립식주택 표준내역서	수서단지 건축내역서	비고
내역구성	공장생산-일반현장시공-모듈러 현장시공으로 구성됨.	저층부(일반현장시공)-현장제작 (모듈러현장시공)-공장제작으로 구성됨.	동일한 체계사용
조달청 표준공사 Code	각 Activity마다 Code 부여로 내역체계 관리	조달청 표준공사 Code 없음.	후속작업을 통한 보완가능

(2) 12대 실증기술 경제성 분석

- 공사비의 경제성을 확보하기 위해 12대 실증기술을 수서단지에 적용하고 이에 따른 작업공사비의 절감 효과를 분석할 필요가 있음.
- 본 연구에서는 경제성 평가 항목을 도출한 후, 건설기술연구원의 12대 실증기술 담당자 및 각 기술의 전문가와 회의를 통해 평가항목의 중복성, 직관성 등을 수정 보완하였음.
- 또한 12대 실증기술의 기술 자료와 전문가 면담 내용을 바탕으로 각 평가항목의 경제성 평가 방법을 정립하였으며, 경제성 평가 Worksheet를 작성하였음.
- 총 6가지 경제성 평가항목이 도출되었으며 이는 공기단축, 시공효율 향상, 재시공 예방, 공종간 간섭감소, 구조성능 향상, OM&R(Operation Maintenance&Repair)임.
- 이 6가지 경제성 평가항목이 직접공사(재료비, 노무비, 경비)에 절감효과를 가져오는지 분석하고 각 실증기술별 경제성평가를 실시함. 평가항목 중 OM&R 항목은 생애주기비용(LCC)상에서 절감효과를 가져오는 것이며 경제성 평가는 실시하였지만 직접공사비의 절감효과에서는 제외하였음.
- 또한 각 평가항목이 직접공사비의 세부 항목에 어떻게 영향을 미치는지 경제성 분석 체크리스트를 작성하여 분석하였음.
- 12대 실증기술 적용에 따른 직접공사비 절감금액을 기술별로 산출하였으며 직접공사비 절감에 직접적으로 영향을 끼치는 기술의 경우, 기술 적용의 전/후를 비교하여 경제성을 평가하였음.
- 직접적인 절감효과를 산출하기 어려운 기술에 대해서는 각 기술의 성능 목표치를 설정하고, 현재 기준과의 비교를 통해 경제성 절감효과를 산출하였음.

표 2.2.7.8 경제성분석 Checklist

	실증기술명	비용구분			경제성 평가 항목				
		재료비 절감	노무비 절감	경비 절감	공기 단축	시공효율 향상	재시공 예방	공종간 간섭감소	구조성능 향상
1	BIM 설계 시스템	○	○	○	○	○	○	○	
2	MC설계	○	○	○	○	○			
3	포켓기초	○	○			○			○
4	기둥-보 용접 상세	○	○						○
5	강판 이용 모듈간 접합	○	○						○
6	트러스 데크 바닥	○		○		○		○	
7	운반용 고정장치	○	○	○			○		
8	조립용 전동 공구	○	○		○	○	○		
9	소음차단 마감기술		○			○			
10	에너지 절약형 외피 기술	○		○	○	○			
11	건식 내화공법	○	○	○		○		○	
12	맞춤형 내화 충전	○	○	○	○	○		○	

(가) BIM 설계 시스템

- ㅇ 자재조달-공장-운반-현장 등 장소 이동에 따른 정보단절을 최소화 할 수 있으므로, 각 단계를 거치면서 생기는 불필요한 재료의 할증 저감이 가능하지만 관련 문헌을 조사해도 정량적인 절감효과의 산출이 불가능함.

(나) MC 설계

- ㅇ 조립식 주택공사에 적합한 MC 설계를 통하여 자재 및 부품의 표준화 유도함. 이를 통해 모듈러 건축에 적합한 설계 표준을 정립하고 활용함에 따라 직접공사비 절감할 수 있을 것으로 보임.
- ㅇ Mock-up 설계 시, UBR, 문, 창호, 시스템키친, 수납벽체, 타일, 석고보드, 외장재 등에 대한 8대 표준 규격을 설정 후 적용하여 활용 가능함.
- ㅇ 이에 따라 기존 물량 산출시 반영하던 마감재의 기본 할증률 저감 가능 (석고보드 5%, 자기질 및 도기질 타일 3%의 자재 할증률 저감)
- ㅇ 자재 물량 감소 및 현장에서의 자재 가공 감소로 인한 노무비의 10% 절감을 기대할 수 있으며 자재 가공 감소에 따른 건설 폐기물 처리비의 10% 절감을 기대할 수 있음.

(다) 포켓기초

- ㅇ 기존 조립식 주택의 기초 형식이 Pin 접합인 것을 Fix 접합으로 개선함으로써 기초의 구조적 안정성을 확보할 것으로 기대됨. 이에 따라 골조 부재 규격이 감소되면서 재료비 및 노무비 측면에서 절감효과를 가져올 것으로 보임.
- ㅇ 또한 기존 볼트체결 공정이 무수축 모르타르 타설 공정으로 대체됨에 따라 앵커볼트 설치 노무비가 삭제됨.

(라) 모듈내부 접합부·모듈간 접합부

- ㅇ 획일화된 모듈내부 용접방법을 부위별로 적절한 용접방법으로 개선하여 모듈내부 보-기둥의 구조적 안정성을 증대시킴. 또한 모듈간 접합에 사용되는 철물형태를 개선하여 특수모멘트골조 성능을 확보하고 보의 소성변형을 유도함.
- ㅇ 이에 따라 구조설계를 변경하여 골조 부재 단면 크기를 감소시켜 재료비 및 노무비 절감을 기대할 수 있음.
- ㅇ 이 두 기술은 구조적 안정성을 증대시켜 골조 부재 규격을 감소시킴으로써 직접공사비 절감을 가져오는 것이며 두 가지 기술을 함께 적용하였을 때 구조적안정성의 증대가 가능함.

(마) 경량 바닥 구조

- ㅇ PC 슬래브 사용으로 인한 형틀 자재비 절감 및 슬래브 내부 EPS 사용으로 인한 콘크리트 물량 절감이 가능함.
- ㅇ 세대내부의 경우, Solid구조에 대한 법적 해석의 이견이 발생할 소지가 있어(EPS로 인한 공실 발생), 공용부 바닥 슬래브에만 적용하는 것으로 산출함.

(바) 운반용 고정장치

- ㅇ 조립식 주택 유닛모듈 운반에 적합한 고정장치를 고안하여 결속력을 증대시킴으로써 유닛모듈 재제작 예방 및 마감공사 재시공 예방을 통해 직접공사비를 절감시킬 것으로 보임.

○ 해당기술 적용을 통한 직접적인 공사비 절감효과는 기대하기 힘드나 사고 발생 확률을 줄여줌으로써 실패비용을 저감하는 측면에서 경제성이 있다고 판단됨.

(사) 조립용 전동공구

○ 작업성(Workability)과 안전성을 개선한 조립용 전동공구를 사용함에 따라 볼트당 조립시간 절감 및 일정한 시공품질 확보가 가능함.

○ 전동공구 사용을 통한 일정한 시공품질 확보가 가능함에 따라 고장력볼트의 자재 할증률 저감(3% → 1%)을 기대할 수 있음.

(아) 소음차단 기술

○ 기존 공동주택의 철근콘크리트 라멘구조에서 바닥소음 차단을 위해 사용되는 '인정바닥구조'는 철골구조인 조립식 주택에 사용할 경우 소음차단 성능 확보를 위해 바닥두께가 약 3~40% 증대되어야 하는 단점이 있음.

○ 법정 소음차단 성능을 만족시키기 위해 도입한 소음차단 기술을 적용할 경우 법정 기준 성능은 만족하지만 그에 따른 공사비, 특히 재료비 측면에서 상당한 증액이 필요할 것으로 보임.

(자) 에너지 절약형 외피기술

○ 에너지절약설계기준안과 수서단지 적용 안에 대한 에너지 성능 분석 시뮬레이션을 실시하여, 연간 건물 총 1차 에너지 소요량을 산정, 비교분석함.

○ 수서실증단지 적용 안의경우에는 본 기술에서 제안한 시공디테일이 적용되지 않았으므로, 본 기술을 적용하였을 경우 추가로 기밀성까지 확보하여 약 3%의 에너지 절감을 실현 할 수있을 것으로 기대됨.

(차) 하이브리드 내화

○ 2시간 내화도료 습식공법을 1시간 내화도료와 방화석고보드를 혼용하는 하이브리드 공법으로 변경함으로써 재료비 및 노무비 절감효과를 기대할 수 있음.

(카) 맞춤형 내화충전

○ 일반 건축물용으로 개발된 내화충전구조의 모듈러 주택 적용을 위하여 내화성능을 평가하여 적용성을 검토하고 공장제작 과정에서 시공성을 높이기 위해 슬리브와 충전재가 일체형으로 된 제품을 개발함.

○ 하지만 신기술 개발 중인 관계로 개발 제품의 재료비 및 노무비 내역에 대한 정보를 입수할 수 없어, 시중에 출시된 유사 제품의 재료비와 노무비를 개발기술의 목표치로 설정하여 경제성평가를 실시함.

(타) 12대 실증기술 적용에 따른 직접공사비 절감금액

○ 12대 실증기술의 적용 시, 총 공사비 중 94,801,828원을 절감가능하며 이는 전체 공사비 대비 2.36% 수준임.

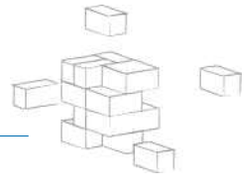


표 2.2.7.9 직접공사비 절감금액

기술명	재료비	노무비	경비	소계	해당 공종 대비 절감비율	전체공사비 대비 절감비율	비고
BIM 설계 시스템	-	-	-	-	-	-	정량적평가 난해
MC설계	250,360	1,822,032	147,093	2,219,485	0.37	0.06	
선설치 앵커 기초	9,961,738	6,623,061	-	16,584,799	4.52	0.36	
기둥-보 용접 상세 강판 이용 모듈간 접합	2,075,052	2,412,878	-	4,487,930	1.22	0.10	
트러스 데크 바닥	2,095,716	1,522,868	12,815	3,631,399	0.97	0.08	
운반용 고정장치	24,212,867	14,527,720	9,685,146	48,425,734	2.80	1.10	
조립용 공구	24,596	3,080,520	-	3,105,116	0.80	0.07	
소음차단 마감기술	-12,462,332	1,546,815	-	-10,915,517	-	-	법정기준 만족
에너지 절약형 외피 기술	-	-	-	(197,841,600)	-	-	LCC 절감
건식 내화공법	20,400,227	3,606,543	-	24,006,770	6.50	0.52	
맞춤형 내화 충전	-569,160	3,825,272	-	3,256,112	3.10	0.07	
전체 절감금액	45,989,064	38,967,709	9,845,054	94,801,828	-	2.36	

라) 4차년: 가치기반 Spec.down을 통한 경제성 분석

연구목표

- 기존 RC구조 대비 현재 모듈러 공법 경제성 확인

연구내용

- 국내 모듈러 주택의 대량 생산 시 경제성 분석
  - 동일 세대 기준 국내·외 모듈러 생산 공정의 자동화 타당성 및 생산가격 비교
- Spec.down 가능 요소 도출 후 공사비 절감 효과 분석
  - 단기/장기적 관점에서의 가치기반 Spec.down 항목을 제시하여 공사비 절감효과 확인
- 12대 실증기술 공사비 절감효과 Follow up

최종성과물

- Spec.down을 통한 경제성 분석 보고서 1건
- SCI(E)해외등재논문 1건

(1) 국내 모듈러 생산 공정의 경제성 분석

(가) 국내·외 모듈러 공장 현황 조사

① 해외 모듈러 공장을 통해 현장 모듈러 공장의 현황 파악

ㅇ 현재 일본의 건설 산업은 다품종 소량생산으로 시장이 변화하면서, 원가 절감이 아닌 소비자 개성을 만족시키는 품질 향상에 초점이 맞춰져 있음.

ㅇ 일본의 대표적인 모듈러 생산 공장인 세키스임하임은 일본 국내에 8개 공장이 있으며, 도쿄 공장에서만 연간 3천 세대를 공급하고, 전체 3만 세대를 매년 생산 중임. 또한 1개 유닛제작에 5시간이 소요되고, 유닛 간 출하 간격은 3분으로 계획하고 있음.

그림 2.2.7.4 해외 모듈러 공장(세키스이하임) 배치도

② 국내 모듈러 공장 현황 파악

- 현재 모듈러 공장의 가동률은 30~40% 수준이며 공장에서 하루에 5개의 모듈이 완성되고 있으며, 공장 하루 최대 생산량은 7~8개/일 정도 수준임.
- 공장의 현 수준에서는 모듈의 용접이 끝나고 철근배근을 위해 모듈을 공장 외부로 반출했다가 내장재와 마감재를 시공하기 위해 다시 공장 내부로 운반함. 모듈러의 잔여작업이 있으면 공장내부에서 시공하는 것이 아니라 공장외부에서 진행하고 있음.
- 또한 각 공정에 따른 모듈의 이동은 컨베이어 벨트 위에서 공정이 다 해결되는 해외 공장과 달리 지게차를 이용하여 공장 내·외부 반출입을 하고 있으며, 그 횟수가 빈번하여 해외 공장에 비해 비효율적인 생산라인을 가지고 있음.
- 국내 모듈러 공장은 프로젝트의 유휴기간 존재, 프로젝트별 마감수준의 상이 등으로 인해 모든 공장 근로자는 아웃소싱으로 활용하고 있음.

(나) 자동화 타당성 및 대량생산의 효과 창출 규모 분석

- 국내 모듈러 공장의 자동화 생산 타당성을 분석하기 위하여, 대량생산 시 원가절감 효과를 파악하였음. 본 연구는 가양 실증단지를 대상으로 하며 일본·국내 모듈러 생산 공장 1개소에서 생산되는 모듈러 생산량을 세대수 기준으로 비교하였음.

① 일본 모듈러 주택 생산 세대 수

- 일본 세키스이하임 도쿄 공장에서는 모듈러 주택이 년간 3,000세대가 생산되고 있음. 국내 공동주택 건설프로젝트의 기간이 일반적으로 2년이기 때문에, 공장에서 2년 동안 생산되는 물량을 6,000세대로 가정하여 이를 기준으로 국내 공장의 대량생산 시 효과를 알아보고자 하였음.
- 또한 국내의 한 세대 당 평균면적이 84m2으로 일본 모듈러 주택의 세대 평균면적과 수치가 비슷하기 때문에 세대수로 비교 가능하다고 판단하였음.
  (일본에서의 한 세대에 들어가는 모듈의 수는 2개이고, 한 모듈의 크기는 7.2m * 5.6m= 40.32m2 이기 때문에 일본 모듈러 주택의 한 세대 당 평균면적은 80.64m2 임을 알 수 있음.)

② 국내 일반 공동주택 생산면적 및 가격

- 가양단지의 세대수인 30세대를 기준으로 면적당 공사비를 살펴보면 국내 공동주택의 유사규모 프로젝트(30세대)의 공사비는 약 166만원/m2 임.
- 이를 비교 기준인 6,000세대로 규모를 늘리게 되면 공사비는 1m2 당 99.8만 원으로 감소하게 됨. 따라서 30세대에서 6,000세대로 공사규모를 증가시키게 되면 약 39.87%의 공사비 절감이 가능한 것으로 분석됨.

③ 국내 모듈러 주택 생산면적 및 가격

- 국내 모듈러주택의 공사비는 면적 당 약 252만 원으로 RC구조 건축물 대비 139% 수준임.

모듈러 주택도 일반공동주택과 마찬가지로 프로젝트의 규모가 증가할 때 공사비 절감효과가 유사할 것으로 판단함.

- 따라서 국내 공장의 2년 간 생산량이 6,000세대로 증가한다고 가정 시, 252만 원/m2에서 152만 원/m2으로 절감되어 약 39.87% 절감효과가 있을 것으로 분석하였음.

표 2.2.7.10 대량생산 경제성 분석

기준: 6000세대 (도쿄 공장에서 2년 동안 생산되는 세대 수)		연면적 m2당 공사비 (30세대 기준)	*일본과 동일한 프로젝트 규모로 증가 시 공사비 39.87% 절감 기대*	연면적 m2당 공사비 (6,000세대 기준)
	국내 일반 공동주택	166만 원		99.8만 원
	국내 모듈러 주택	252만 원		**152만 원**

(2) 중·장기적 관점에서의 공사비 절감방안 분석

(가) 단기적 관점에서의 절감금액 산출

- 현재 가양 실증단지의 설계내역서의 산출기준을 분석한 결과, 모듈러 주택에 적합한 자재할증률을 적용하지 않고, 일반 공사의 할증률을 적용한 것으로 나타남.
- 따라서 할증률이 적용되는 자재 중 모듈러 주택의 공장생산으로 인하여 할증률이 즉시 절감 가능한 자재를 도출하여 향후 자동화 설비 도입 시 예상되는 원가절감 효과를 분석하였음. 이는 구조재와 마감재 중 가양단지에 적용된 각 자재의 절감금액을 합쳐서 산출함.

표 2.2.7.11 공장생산 및 자동화생산 시 할증률 변화

종류		할증률(%)			
		현재*	변경**	최종***	
구조재	이형철근	3	1	0	
	형강재/판재	10	3	0	
마감재	석고판	5	3	0	* 가양단지 적용 할증률 ** 공장생산 할증률 *** 자동화생산 할증률
	석고붙임용	8	3	0	
	단열재	10	3	0	
	석재판붙임용	10	3	0	
	도기질타일	3	1	0	
	자기질타일	3	1	0	
	테라코타	3	1	0	

- 그 결과 구조재의 절감금액은 9.061,926원, 마감재의 절감금액은 약 56,520원으로, 총 절감 가능 금액은 9,118,446원으로 산출됨. 이 금액은 전체 공사비 대비 0.4%에 해당하며, 실제 절감효과는 크지 않은 것으로 분석됨.
- 하지만 가양단지의 특수성(소규모 세대, 적용 가능한 자재 부족)으로 인한 결과인 것으로 판단되어 향후 모듈러 시장 규모의 확대 및 자동화 생산설비 도입으로 인한 공사비 절감효과는 크게 증대될 것으로 예상됨.

(나) 장기적 관점에서의 절감금액 산출

- 장기적 관점에서 대량생산 시의 절감가능성을 알아보고자 하였고, 그 기준은 1,000세대로 하였음. 또한 기존 단가는 A사의 유사 프로젝트 자료를 참고하였음.
- 분석 결과 총 12개의 항목에서 약 20,772,960원의 공사비 절감이 가능할 것으로 분석됨. 또한 이 항목 외에도 절감 가능한 항목이 존재하지만 특수 규격으로 인하여 단가비교가 불가능한 항목들은 제외하였음.

표 2.2.7.12 대량생산 시 단가 절감 금액

항목	규격	단위	기존안(A)			개선안(B)		
			수량	단가	금액	수량	단가	금액
다채무늬도료	내벽, 석고보드면	m2	828	18,619	15,416,532	828	2,500	2,070,000
다채무늬도료	내벽, 석고보드면	m2	177	21,467	3,799,659	177	2,500	442,500
테라죠타일붙임	바닥,400*400*25	m2	137	71,157	9,748,509	137	34,250	4,692,250
타일압착붙임	바닥,바탕15mm+압5mm	m2	159	33,889	5,388,351	159	9,710	1,543,890
타일압착붙임	벽,200*200	m2	104	18,265	1,899,560	104	9430	980720
경량철골천정틀	'M-BAR H:1m 미만. 인써트 유	m2	145	35,265	5,113,425	145	26,200	3,799,000
맑은유리	5mm	m2	15	7,480	112,200	15	5,000	75,000
복층유리	투명,22mm	m2	58	32,000	1,856,000	58	19,000	1,102,000
유리끼우기 - 판유리	10mm 미만	m2	13	14,194	184,522	13	7000	91000
유리끼우기 - 복층유리, 일반창호	22mm(5+12A+5)	m2	308	17,810	5,485,480	308	9000	2772000
친환경벽지바름 (합지)	석고보드면 (초배지-갈램막이붙임)	m2	1016	5,744	5,835,904	1016	2100	2133600
친환경천장지바름 (합지)	석고보드면 (초배지-갈램막이붙임)	m2	510	6,908	3,523,080	1016	2100	1071000
소계					58,363,222			20,772,960

(다) 12대 실증기술 공사비 절감효과 Follow up

- 4차년도 연구 진행 중 실증단지 부지가 수서단지에서 천안두정단지로 변경됨에 따라 '3차년도 연구결과의 수서단지 실제 적용효과 Follow up' 내용은 무의미한 것으로 판단되었음.
- 따라서 12대 실증기술 중 수서단지에 국한되지 않고, 모듈러 주택의 경제성 확보 방안에 통용적으로 활용 가능한 기술을 재분석하여 기술내용을 업데이트하고, 그 효과를 산출하는 것으로 연구를 진행하고자 하였음.
- 12대 실증 기술 중모듈러 공법에 범용적으로 활용되는 실증기술을 선별하였으며, 해당 기술은 'MC 설계', 'BIM 설계', '운반용 고정장치', '조립용 공구', '에너지 절약형 외피', '내화충전 기술' 등 총 6개 기술임.

표 2.2.7.13 모듈러 공법에 범용적 활용이 가능한 실증기술 분류

기술명	변경 여부	변경 사항
BIM 설계	X	-
MC설계	O	규격 변경
운반용 고정장치	O	성능(강도) 40% 향상
조립용 공구	X	-
에너지 절약형 외피	O	성능 최대 20% 향상
맞춤형 내화 충전	O	국토부 시험성적서 확보

① BIM 설계시스템

- 장소 이동에 따른 정보 단절을 최소화 할 수 있으므로 각 단계를 거치면서 생기는 불필요한 재료의 할증 절감이 가능하지만 정량적인 절감효과의 산출은 불가능함.
- BIM 설계시스템을 적용했을 때, 생애주기비용(LCC)의 절감효과가 대부분을 차지하며 장기적 관점에서 봤을 때 향후 유지·보수에 투자되는 비용이 절감됨을 기대해 볼 수 있음. 초기에 투자비가 필요하나 유지·관리비의 감소로 전반적인 생애주기비용(LCC)이 절감될 것으로 예상하고 있음.

② MC 설계

- MC 설계는 공장제작 비율이 높은 모듈러 주택설계에 적합하며, 설계표준을 정립하고 활용함에 따라 직접공사비를 절감할 수 있을 것으로 예상함. 이는 모듈러 주택 시장의 활성화로 인해 물량 산출과정에서 적용하던 마감재의 기본할증률을 절감 가능하게 하며, 차후 공장 자동화생산의 완성도가 높아지면 자재할증률 0%를 기대할 수 있는 부분임.
- 본 실증단지에서 MC 설계를 통한 직접공사비의 절감금액은 약 68,000원으로 산출됨. 전체공사비에 대비하여 큰 의미를 가지지는 않지만 설계표준안 정립을 통한 설계업무 생산성 향상효과를 고려한다면 전체 사업비의 절감을 기대해 볼 수 있는 부분이라고 판단하였음.

③ 운반용 고정장치

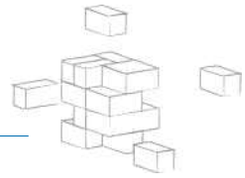
- 운반용 고정장치 기술은 기존 기술의 고정장치 강도를 증대시킴으로써 고정 안정성을 확보하였음. 기존 장치 대비 40% 이상의 구조성능 향상과 결속력을 증대시킴으로써 유닛 모듈 재제작 예방 및 마감공사 재시공 예방을 통해 직접공사비를 절감시킬 것으로 보임.
- 운반용 고정장치의 직접공사비 절감효과는 사고발생 시 모듈 유닛의 재제작 및 마감공사 재시공을 예방할 수 있다는 가정을 바탕으로 추산하였음. 따라서 산출된 절감금액은 재제작 및 재시공 리스크 예방의 관점에서 이해해야 하며, 실제 공사비에 해당 리스크가 반영이 되었다면 공사비 절감금액으로 인정될 수 있음.
- 본 연구에서는 공장제작비의 2.77%, 전체 공사비의 1.49%를 절감 할 수 있는 것으로 분석됨.

④ 조립용 공구

- 일반적으로 사용되는 수공구는 효율성 및 조립품질의 저하를 초래하였으나 시공효율화와 품질향상을 고려한 조립용 공구를 개선함. 또한 기존 수공구 대비 균일한 접합 품질이 확보가능하고, 모듈의 대량생산 시 조립시간의 절감으로 전체적인 공기단축이 가능함.
- 조립용 공구를 사용함으로써 일정한 시공품질 확보가 가능함에 따라 모듈러 주택 공사 시 주요부위 체결에 필요한 고장력볼트의 자재 할증률 절감을 통하여 재료비 절감을 기대할 수 있음. 그리고 기존 2인 1조 작업방식에서 1인 1조로 변경됨에 따라 노무비 절감도 가능함.
- 향후 모듈러 프로젝트에서 조립용 공구 사용 시 약 16,596,882원의 직접공사비를 절감가능하며 이는 전체 공사비 대비 71.5% 절감효과가 있는 것으로 나타남.

⑤ 에너지 절약형 외피

- 기존 연구내용을 개선하여 에너지효율등급 3등급을 확보였고, 총 에너지 절감율이 20% 이상으로 냉·난방, 급탕, 조명 등에 대한 에너지 소요량을 감소시킬 것으로 기대됨.
- LCC 측면에서 에너지 소요량의 절감비율이 커 사용자의 경제적 부담은 줄어들 것으로 분석됨.



○ 본 연구에서는 에너지 절약형 외피기술의 경우, 생애주기비용(LCC)상에서의 직접공사비절감효과를 분석하였음.

○ 에너지절약설계기준안 대비 본 기술을 적용한 수서실증단지의 연간 건물 총 1차 에너지 소요량은 약 204,593.28 kWh로 약 13.5%가량 절감 가능함. 이에 따른 연간 총 난방비용은 에너지절약설계기준안 대비 약 23%인 6,594,720원 (단위 세대별 연 149,880원)을 절감 가능하며, 일반적인 유지관리 기간 30년 동안 197,841,600원 (단위 세대별 4,496,400원)의 난방비용을 절감할 것으로 기대됨.

⑥ 맞춤형 내화충전

○ 내화충전 기술은 모듈러 공법에 국한된 것은 아닐지라도, 타 프로젝트에 적용 시 노무비 측면에서 공사비를 절감할 수 있을 것으로 기대됨.

○ 가양단지 내역서 상 '파이어스탑재설치' 항목 1,135건 중 설계도면에서 파악할 수 있는 내화충전 적용 개소를 산출함. 이에 따른 내화충전 슬리브 설치 부위는 1모듈 당 8개소이며, 총 30개 모듈 및 공영주차장 상부 32개소를 합한 272개소로 산출됨.

○ 또한 신기술의 적용에 따른 해당 제품의 재료비 및 노무비 내역에 대한 정보를 입수할 수 없어, 시중에 출시된 유사 제품의 재료비와 노무비를 개발기술의 목표치로 설정하여 경제성 평가를 실시함. 그 결과 내화충전 기술 적용을 통하여 직접공사비 대비 약 0.3%의 금액 절감효과를 가질 수 있다고 판단함.

표 2.2.7.14 12대 실증기술을 적용한 직접공사비 절감금액(종합)

기술명	재료비	노무비	경비	소계	전체공사비 대비 절감비율	비고
BIM 설계 시스템	-	-	-	-	-	정량적평가 난해
MC설계	56,520	-	12,421	68,941	0.0031%	
조립용 전동 공구	5,851	16,591,031	-	16,596,882	0.8%	
에너지 절약형 외피 기술	-	-	-	(197,841,600)	(0.9%)	LCC 절감
맞춤형 내화 충전	- 1,138,320	6,762,464	-	5,624,144	0.3%	
전체 절감금액	**-1,075,949**	**23,353,495**	**12,421**	**22,289,967**	**1.01**	**총공사비 2,188,900,000**

마) 5차년: 대량생산에 따른 경제성 분석

연구목표

- 단기·장기적 관점의 경제성 확보 방안 도출

연구내용

- 경제성 확보 단기적 방안
  - 12대 실증기술 업데이트 유무 파악 후, 가양실증단지 직접공사비 절감금액 산출
- 경제성 확보 장기적 방안
  - 공종별 절감가능 대상 및 기회도출
  - 비용절감 방법을 적용한 직접공사비 절감효과 분석
- 모듈러 구매조달 개선안 기본방향 제시

최종성과물

- 단기·장기적 관점의 경제성 분석 보고서 1건

(1) 중·장기적 관점에서의 공사비 절감 방안 분석

(가) 단기적 관점에서의 경제성 확보방안

ㅇ 본 연구에서는 3차 년도 (2016.01 완료) 연구에서 수행했던 1차 '12대 실증기술 경제성 분석' 결과에 대해 추가적인 경제성 향상 요인이 있었는지 모니터링 하고자 하였음.

ㅇ 3차 년도에 조사된 실증기술별 경제성 분석내용과 모니터링 관련 양식을 바탕으로 2018년 현재까지 진행된 기술개발 및 적용성과를 근거로 비용 절감효과를 분석하고자 하였음. 따라서 2015년 추정된 총 절감액을 기준으로 기술개발 및 적용 등의 변화에 따라 예측되는 비용절감 규모를 알아보았음.

ㅇ 그 결과, 2015년 대비 더 개발된 기술은 없었으며, 이에 따른 비용절감 규모는 당시와 동일한 것으로 규정됨.

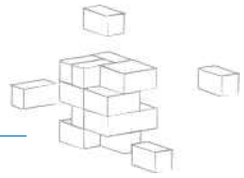
(나) 장기적 관점에서의 경제성 확보방안

ㅇ 본 공사의 공사비 내역(설계도 기준)은 일반공사와 같이 공장제작부분과 현장설치부분을 구분하여 산출하지 않았으므로 본 연구 1차 년도의 연구 결과인 '조립식 주택 WBS 및 표준내역체계'에 따라 '공장제작 및 생산분'과 '현장설치 및 시공분'의 공종을 재분류하고 사용 내역을 집계하였음. (현대엔지니어링 수행)

ㅇ 공사비 내역의 재분류 및 집계 결과 모듈러 건축 부분만을 대상으로 했을 때 총 공사비 1,030,174,759원 중 공장제작분은 741,533,800원으로 72%에 해당되고, 현장설치분은 288,640,959원, 28%에 해당됨. (이하 파레토도 및 표의 금액은 상기 설계도서 기준 견적 금액)

① 절감대상 및 기회도출을 위한 비용규모 분석

ㅇ 가양실증단지는 이미 완공된 사업이기 때문에 내역작성방법, 생산 및 공사방법 등에서 실 절감액을 산정하는 것이 불가능함.



ㅇ 재분류된 공종내역을 토대로 '공장제작 및 생산분'과 '현장설치 및 시공분' 가각에 대한 공사별 총 금액과 노무비, 재료비의 비용내역을 재집계하고, 그 중 다양한 공종이 포함되어 있는 건축공사와 기계설비공사에 대해 파레토도를 작성하여 비용누계 80% 내외에 포함되는 핵심공종을 찾아 이를 공사비 절감 핵심 대상으로 선정하였음.

ㅇ 세부공종의 분개가 어렵거나 단순한 공종으로 구성된 기계소방, 전기설비, 전기소방공사에 대해서는 총 공사금액과 '공장제작 및 생산분','현장설치 및 시공분'에 대한 재료비, 노무비의 구성을 산출하여 공사비 절감 기회를 분석하였음.

ㅇ 경비의 경우, 자재를 수급하는 과정에서 모듈러 제작 공장과 모듈러를 설치하는 현장 위치에 따라 금액이 다르게 발생하기 때문에 제외하였음.

표 2.2.7.15 파레토도 분석에 의한 모듈러 '공장제작 및 생산분'과'현장설치 및 시공분'의 공사비 절감 대상 공종 예시(건축공사)

구 분		순위	공장 제작 및 생산분				현장설치 및 시공분			
			공종	금액 (천원)	비중 (%)	누계 (%)	공종	금액 (천원)	비중 (%)	누계 (%)
A.건축공사	총액기준	1	수장공사	301,069	41	41	패널공사	137,379	48	48
		2	철골공사	182,116	25	66	가설공사	37,660	13	61
		3	기타공사	80,224	11	77	창호공사	22,027	8	69
		4	창호공사	44,212	6	83	수장공사	19,412	7	76
	재료비기준	1	수장공사	199,742	40	40	패널공사	90,614	58	58
		2	철골공사	124,992	25	65	창호공사	20,007	13	71
		3	기타공사	65,949	13	78	수장공사	11,577	7	78
		4	창호공사	38,347	8	86	가설공사	9,414	6	84
	노무비기준	1	수장공사	101,083	46	46	패널공사	32,516	30	30
		2	철골공사	42,288	19	65	가설공사	28,246	26	56
		3	기타공사	14,274	7	72	도장공사	12,802	12	68
		4	금속공사	9,936	5	77	수장공사	7,824	7	75

② 절감규모 도출을 위한 전문가 인터뷰 및 설문조사

ㅇ 향후 중·장기적인 기술발전을 가정했을 때 비용절감 방법의 기준에 따라 어떤 수준의 공사비 절감기회 및 효과가 있을지를 전문가 대상 설문조사를 통해 의견을 수렴하고자 하였음.

ㅇ 파레토도에서 현재 생산 또는 시공 비용의 비중이 가장 큰 공종을 도출한 뒤, 모듈러 공법의 특성을 반영한 비용절감 방법을 설정하였음. 이는 '조립 부품의 완전사전제작화', '작업방법 및 프로세스의 체계화', '자동화 및 기계화', '설계 및 관련 부품의 규격화·표준화', '설계효율화', '비경제적 비용이나 불필요한 경비의 절감'으로 총 6가지 방법임.

ㅇ 설문은 국내 모듈러 건축의 대표 업체의 전문가 집단만을 대상으로 진행하였으며, 국내 모듈러 건축의 시장규모와 수요가 일본이나 유럽 국가 등 모듈러 선진국 수준에 다다르고 그에 상응하는 이상적인 기술 및 생산투자가 이루어졌다고 가정하에 비용절감 방법 6가지에 대해 비용절감의 가능성을 알아보고자 하였음.

③ 조립 부품의 완전 사전제작화

○ 모듈러 관련 부품을 제작, 생산, 시공함에 있어, 공장 또는 현장에서 절단, 접합, 가공, 소조립(sub-assembly) 등을 배제하고 한 번에 조립이나 시공이 가능하도록 조립부품을 사전 제작하여, 부품·재료 등의 할증률을 제로(0)화 하고 관련 작업절차를 단순화하여 작업기간 단축과 비용절감을 도모.

④ 작업방법 및 프로세스의 체계화

○ 생산·제작·시공 작업의 순서나 내용을 조정하고 생산공정을 라인(line)화 하는 등, 기존의 작업방법과 프로세스를 체계적으로 개선함으로써 비생산적인 작업 투입인력의 축소, 불필요한 작업자 또는 장비 이동의 제거, 작업동선의 효율화를 유도하고 이를 통해 작업기간 단축과 비용절감을 도모.

⑤ 자동화 및 기계화

○ 공장 또는 현장에서 자재나 조립품의 절단, 접합, 가공, 이동, 운반, 설치 등의 작업에 대해 선진국 수준의 자동화(로봇 포함), 기계화 설비를 도입하여 수작업 공정을 배제하거나 줄여 노무인력을 감축하고 작업 프로세스를 효율화함으로써 작업기간 단축과 비용절감을 도모.

⑥ 설계 및 관련 부품의 규격화·표준화

○ 건축물 전체의 설계에서부터 모듈러 요소, 부품 등의 설계에 규격화와 표준화를 실현함으로써 자재 및 부품의 로스(loss)율 줄이고 일반 수작업 공정은 물론 자동화 및 기계화 작업의 생산성을 높이는 한편, 대량생산의 기회를 높여 작업기간 단축과 비용절감을 도모.

⑦ 설계효율화

○ 건축물의 평면, 단면, 입면, 상세 등에 있어 모듈러 건축의 장점을 살리기 어려운 요철형(凹凸形), 부정형(不定形), 비정형(比定形) 설계를 배제하고 생산•제작•시공의 효율성을 극대화 할 수 있는 자재 및 재료 선정, 접합 및 시공 방법 등을 고려한 설계로 작업기간 단축과 비용절감을 도모.

⑧ 비경제적 비용이나 불필요한 경비의 절감

○ 공장제작 및 현장시공의 이상적인 환경과 조건을 가정한 상태에서, 각 공종과 관련된 비경제적이거나 불필요한 비용 및 경비 발생(예를 들어, 경제성이 없는 운반거리, 비규격화 유닛의 운반 등에 따른 비경제적인 운반비, 모듈러 부품의 현장 제작 또는 조립장 설치, 특수 장비의 도입 등)을 배제함으로써 작업기간 단축과 비용절감을 도모.

⑨ 공사별 모듈러 주택 공사비 절감 가능 규모

○ 결과적으로 가양단지 모듈러 주택 공사비는 비용절감 방법 중 '자동화 및 기계화'방법이 적용됐을 때 절감기회가 가장 큰 것으로 나타남.

○ 특히 건축공사에서 크게 절감가능한 것으로 보아 공장 또는 현장에서 자재나 조립품의 절단, 가공, 이동, 운반, 설치 등의 작업에 대해 선진국 수준의 자동화 및 기계화 설비가 갖춰진다면 수작업으로 진행되는 공정 감소 및 작업프로세스의 효율화를 기대할 수 있음.

○ 또한 비용절감 방법 적용 외에 중·장기적으로 모듈러 건축의 공사비를 절감시킬 수 있는 방법으로 전문가들은 모듈러 주택의 공업화 인증 혜택 제공, 모듈러 공사의 일반적인 공사기간 확대, 모듈러만의 독자적인 표준 시방서 작성 등이 있을 것이라고 판단하였음.

표 2.2.7.16 총 절감금액 및 절감가능성

구 분	비용절감 방법을 적용한 절감가능 금액 (천원)					
	I	II	III	IV	V	VI
	조립부품 사전 제작화	작업방법 및 프로세스 체계화	자동화 및 기계화	설계 및 관련 부품의 규격화 표준화	설계 효율화	비경제적 불필요 비용 및 경비 절감
건축공사	10,264	13,229	14,247	14,974	6,495	4,583
기계설비공사	603	1,930	3,016	1,493	0	870
기계소방공사	0	26	0	202	0	26
전기설비공사	467	980	2,867	846	0	513
전기소방공사	227	497	1,271	346	0	270
총 절감 가능 금액 (천원)	11,561	16,662	21,401	17,861	6,495	6,262
총 공사비 대비 절감 % *총공사비(천원): 1,388,584	0.83%	1.20%	1.54%	1.29%	0.47%	0.45%

(다) 2차, 3차, 4차, 5차년도 연구결과를 종합한 모듈러주택의 경제성 확보방안

- 본 연구에서는 모듈러 건축의 경제성 분석 및 향상과 관련해 2차부터 5차 년도에 걸쳐 다양한 요소와 방법에 의한 공사비 절감기회를 분석하였으며 이 결과들을 종합해 보면 크게 단기적으로 실현가능한 방안과 중·장기적으로 추진해야 할 방안을 구분됨.
- 우선 단기적 방안으로는 2차 년도 연구에서 '작업 분석 및 자재 대량구매 적용'을 통해 16.4%의 공사비 절감효과가 있을 것으로 예측했으며 이후 12대 실증기술의 경제적 효과 분석(3-5차), 할증률 분석(4차)을 통해 각각 2.36%와 0.4%의 절감효과를 예상하였음.
- 특히 12대 실증기술 중 'MC 설계', 'BIM 설계', '운반용 고정장치', '조립용 공구', '에너지 절약형 외피', '내화충전 기술' 은 모듈러 공법에 범용적으로 활용되는 실증기술로써 향후 모듈러 주택이 활성화되고, 이 기술이 적용된다면 공사비 절감을 기대해 볼 수 있음.
- 다만, 본 연구의 중심인 12대 실증기술은 물론이고 모듈러 건축과 관련된 새로운 기술을 개발할 때, 성능적인 향상뿐만 아니라 기존 기술대비 경제성에 대한 분석이 병행되어야 할 것이며, 다른 공종과 연계하여 전체 생산과정에 미치는 비용측면에서의 효과까지도 고려되어야 할 것임.
- 장기적으로는 국내 모듈러 시장이 점진적으로 확대되고 궁극적으로 시장사정과 생산기술 및 규모 등이 선진국 수준에 이르렀을 때를 가정하여 공사비 절감효과와 경제성을 분석하였음.
- 즉, 4차 년도에는 RC공법으로 건설된 1,000세대급 유사 프로젝트와 비교해 자재단가 절감을 분석하였고, 전체 공사비 대비 0.9%의 효과가 있을 것으로 예측했음.
- 또한 같은 연도 연구에서 일본 세키스이하임의 생산체계를 모델로 이 회사의 생산규모만큼 국내 모듈러 전문회사가 생산을 할 경우를 가정하였을 때, 약 39.8% 절감가능성을 보였음.
- 세키스이하임은 대형의 반자동화 설비를 갖추고 최첨단 로봇과 작업 안정성, 편의성을 갖춘 설비를 구축한 결과, 국내 모듈러 생산업체 Y사와의 효율을 비교했을 때 약 3.97배 높은 것으로 나타남.
- 4차 년도의 연구결과가 단순히 같은 생산규모를 기준으로 산술적인 절감기회를 찾아낸 것이라면 이번 5차 년도 연구에서는 국내 전문가들이 생각하는 절감 수준을 분석하였으며 6가지 비용 절감방법을 적용했을 때 5.78%의 절감효과를 예상하였음.
- 또 장기적 관점에서의 공사비 절감 역시, 시장규모의 확대 추세를 바탕으로 언제, 어느 정도의 시장규

모가 확보된다는 보장 없이 단순 가정에 근거한 것인 만큼 결과의 정확성을 담보하기는 어려움.

- 그러나 시장규모의 확대가 공사비 절감에 절대적인 영향을 미칠 것이라는 점은 확인할 수 있었으며, 그 결과 RC 대비 어느 정도의 효과가 있을 것이라는 방향 제시를 했다는 점에서 큰 의미가 있다고 사료됨.
- 이런 의미에서 지금까지 수행한 경제성 관련 연구를 순차적으로 적용해 보면, 모듈러 생산업체가 바로 적용할 수 있는 '작업 분석 및 자재 대량구매 적용'을 시작으로 '모듈러 건축의 특성을 반영한 할증률 적용', '12대 실증기술 적용'을 단기적, 순차적으로 적용하고 장기적으로 1,000세대 급을 기준으로 한 '대량 생산 시 변경된 자재 단가 절감', 그리고 '6가지 비용 절감방법 적용' 결과를 반영한다면, RC구조 대비 135%에 해당하는 모듈러 건축 공사비를 거의 비슷한 수준까지 (102.8%) 공사비를 낮출 수 있음. 궁극적으로 '일본 세키스이하임 생산체계를 모델로 한 대량생산 시 원가절감규모 분석'을 통해 자동화 시설을 완비할 수 있는 이상적인 시장규모를 갖추었을 때는 60% 수준까지도 공사비를 낮출 수 있다는 결론에 도달함.

표 2.2.7.17 모듈러 주택의 경제성 확보방안-연구결과 종합

절감방안		개요	연구 대상	전체공사비 대비 절감가능성	연구 기간
단기	작업 분석 및 자재 대량구매 적용	노무생산성 분석, Loss Time 최소화, 작업 Tool 적용, 작업자 고용방식에 따른 노무비 절감 및 자재 대량구매에 의한 공사비 절감효과 분석	공릉동 기숙사	16.4% 절감 가능	2차 년도
	모듈러 건축의 특성을 반영한 할증률 적용	일반 공사의 할증률이 적용된 설계내역서에 모듈러 주택에 적합한 할증률을 적용하여 공장생산으로 인해 할증률 절감이 즉시 가능한 자재를 도출한 후 절감효과 분석	가양	0.4% 절감 가능	4차 년도
	12대 실증기술 적용	공사비의 경제성 확보를 위해 12대 실증기술을 적용하고, 이에 따른 직접공사비의 절감효과 분석	수서	2.36% 절감 가능	3·4·5차 년도
장기	대량생산 시 변경된 자재 단가 절감	유사프로젝트(RC공법) 자료의 단가를 참고하여, 대량생산(1,000세대 기준) 시 단가절감이 가능한 특정 자재를 도출한 후 절감효과 분석	가양	0.9% 절감 가능	4차 년도
	일본 세키스이하임 생산체계를 모델로 한 대량생산 시 원가절감규모 분석	일본 모듈러 생산규모만큼 대량생산(6,000세대 기준) 시 가격 절감효과 분석	가양	39.87% 절감 가능	4차 년도
	6가지 비용 절감방법 적용	국내 모듈러 건축의 시장규모와 기술수준이 장기적인 관점에서 모듈러 선진국과의 수준과 비슷해졌다는 가정하에 공사비 관련 개선 방법 총 6가지에 따른 절감가능성과 예상되는 절감 규모를 산정	가양	5.78% 절감 가능	5차 년도

표 2.2.7.18 RC 구조 대비 공사비 절감 가능성 분석 (동일 프로젝트로 가정)

절감방안		적용 순서	RC 구조 대비 절감 가능성
단기	작업 분석 및 자재 대량구매 적용	①	135% → 113.6% (21.4% 절감)
	모듈러 건축의 특성을 반영한 할증률 적용	②	113.6% → 113.0% (0.6% 절감)
	12대 실증기술 적용	③	113.0% → 110.3% (2.7% 절감)
장기	대량생산 시 변경된 자재 단가 절감	④	110.3% → 109.3% (1.0% 절감)
	일본 세키스이하임 생산체계를 모델로 한 대량생산 시 원가절감규모 분석	⑥	102.8% → 61.7% (41.1% 절감)
	6가지 비용 절감방법 적용	⑤	109.3% → 102.8% (6.5% 절감)
소계			135% → 61.7% (73.3% 절감)

(2) 모듈러 구매조달 개선안 수립

(가) 국내 모듈러 구매조달 현황 및 발주제도 분석

① 국내 모듈러 관련 제도 분석

- 기획재정부 계약예규에는 국가에서 지정하는 계약의 형태인 공사·물품·용역 계약의 일반조건 및 집행기준이 제시되어있음.
- 공사계약은 발주기관과 계약상대자가 체결하는 계약의 대상이 공사인 경우를 말하며, 건설공사, 전기공사, 정보통신공사, 소방공사, 문화재수리 공사가 이에 해당함.
- 물품계약은 발주기관과 계약상대자가 체결한 계약의 대상이 물품인 경우를 말하며, 2가지로 구됨. 발주된 규격과 사양에 따라 물품을 새로 만들어 내는 것을 내용으로 하는 계약은 '물품제조계약'이라고 칭하며, 이미 특정한 규격으로 만들어진 물품을 그대로 발주기관에 납품하는 것을 내용으로 하는 계약은 '물품납품계약'이라고 함.
- 용역계약은 물직적 재화의 생산이나 소비에 필요한 노무를 대상으로 하는 발주기관과 계약상대자가 체결하는 계약의 형태로, 건설기술용역, 엔지니어링용역, 학술연구 등이 이에 해당함.
- 현재 발주자는 모듈러 건축물의 특성을 반영하지 않고, 일반 건축물과 동일하게 단순 공사계약으로 진행되고 있음. 또한 모듈러 유닛 생산의 공장제작을 수주한 일반 건설업체는 모듈러 제작업체와 물품계약을 맺고 있어 '(계약예규)제2조의2(물품, 용역, 공사가 혼재된 계약의 집행)'에 따라 계약이 집행되고 있음.
- 또한 모듈러 건축물은 부품 및 유닛을 공장에서 생산하고, 현장에서 조립하는 '공업화 주택'의 특성을 가지고있음. '주택법' 제6절 제51조(공업화주택의 인정 등)에 공업화주택에 대한 정의와 '[별표 6] 공업화주택의 성능 및 생산기준'에 공업화주택의 성능기준 및 생산기준이 제시되어 있음. 또한 '주택법' 제2조(정의)를 살펴보면 모듈러 주택의 특징에 가까운 에너지절약형 친환경주택 또는 도시형생활주택에 대한 정의는 있지만 모듈러 주택만의 정의 및 생산기준이 제시되어있지 않은 상태임.
- 주택법에 공업화 주택 인정에 관한 조건이 제시되어있음에도 불구하고, 현재 다양한 용도로 발주되고 있는 건축물 공사에는 직접적인 영향을 주지 못하고 있음. 이로 인해 발주기관은 공업화주택으로 인정받지 못한 모듈러 건축물을 일반 건축물과 마찬가지로 공사계약으로 발주하고 있음.

따라서 현재 국내에는 모듈러 건축물 만의 체계화된 법·제도의 구비가 시급하다고 볼 수 있음.

② 국내 모듈러 발주제도의 현황 및 문제점

- 국내 모듈러 건축물의 발주체계의 문제점으로써 발주자는 원도급자와 공사계약을, 그리고 원도급자는 모듈러 제작업체와의 물품계약을 통해 모듈러 건축물을 구매하고 있음.
- 일반적인 모듈러 주택의 유닛은 조달청에 물품 등록이 되어 있어 조달청을 통해 구매가 가능하지만 유닛을 구성하는 자재나 규격이 달라지면 조달청에 다시 등록을 해야 한다는 번거로움이 있음.
- 모듈러 건축물은 생산 및 설치, 공사, 물품 구매 등이 혼합되어있기 때문에 혼합계약으로 진행되어야 함에도 발주자는 발주의 용이성을 위해 모듈러 제작부분을 물품계약으로 선호하고, 건설업체들은 기존 업역 존중을 목적으로 공사계약으로 발주하기 원하고 있음. 즉, 모듈러 유닛 제작은 물품제조계약으로 진행되며, 모듈러 건축물의 설치 및 시공은 공사계약으로 진행되고 있음.
- 이 때문에 모듈러 건축공사의 특성이 제조업에 반영되기 어렵고, 모듈러 건축물을 제대로 알지 못하는 비전문 업체가 공사에 참여할 수 있다는 우려가 있음. 또한 이러한 발주방식은 빈번한 설계 변경, 부적격 업체 참여, 물품제조 원가와 공사의 원가 구성의 차이 등으로 인해 모듈러 건축물의 품질 저하 및 효율성 저하를 초래하고 있음.

(나) 모듈러 구매조달 개선안 기본방향

① 현행 모듈러 발주방식 개선

- 현재 모듈러 건축물의 발주방식은 모듈러 제작을 위해 모듈러 제작업체와의 물품계약, 모듈러 건축물 설계를 담당하는 설계업체와의 용역계약과 모듈러 건축물의 현장공사를 하는 공사업체와의 공사계약으로 구성되어있음. 따라서 생산·설치물을 물품 및 공사로 모듈러 제작업체, 설계업체, 공사업체를 하나의 공동수급체를 형성하여 계약하는 방식이 필요하다고 판단함.
- 이에 적합한 계약 방식으로 미국에서 적용되는 통합발주방식(IPD: Integrated Project Delivery)의 일부를 적용하고자 함. IPD 방식의 경우, 기존에 건설프로젝트에서 사용되어왔던 건설공사수행체계에서 기획, 설계, 시공, 유지관리 단계가 분절되어 각 단계별로 서로 다른 계약자가 업무를 수행하던 방식과 달리 프로젝트의 성과 최적화와 발주자 및 모든 프로젝트 참여자의 가치 증대를 위해 프로젝트를 수행하는 단계와 참여자의 구성, 프로젝트 운영방식을 총체적으로 통합하여 운영하는 방식임. 즉, IPD 발주방식은 주요 사업참여자가 사업 초기부터 참여하여 공동의 사업목표를 위하여 협력하는 것을 말함.
- 따라서 국내 모듈러 발주방식에서의 IPD 도입은 모듈러 건축공사 사업 초기에 사업참여자들이 참여할 수 있기 때문에 발생가능한 리스크에 대해 적절한 대응을 할 수 있음. 또한 사업초기에 모듈러 건축설계, 모듈러 제작 및 시공 과정에서 효율을 극대화할 수 있는 방안을 제시함으로써 건축물의 품질향상과 불필요하게 소모되는 공사비 절감을 기대해 볼 수 있음.

② 전문건설업 업종 등록 방안 제시

- 공업화 주택으로 인정받지 못하는 모듈러 제작업체를 전문건설업종으로 등록하여 '주택법' 제6절 제51조(공업화주택의 인정 등)에 부합하도록 함.
- 모듈러 제작업체를 전문건설업종으로 등록하기 위해서는 예를 들어 공업화 인증의 기준을 참조하여 새로운 생산설비 및 품질관리 기준을 제시함으로써 전문건설업 업종을 신설하거나 하거나 모듈러 건축물의 특징을 고려하여 기존에 있는 유사업종에 등록하도록 해야함. 따라서 업종명, 업종에 대한 명확한 업무내용과 등록기준이 필요함.
- 이를 통해 모듈러 건축물 제작업체를 건설업 제도권 하로 끌어들임으로써 업무를 건설업 기준에 따라 관리가 가능하기 때문에 품질 및 하자 관리에 있어 명확한 업무 구분이 가능할 것임. 또한 제작업체의 실적관리, 품질관리 등이 용이해질 것이며, 모듈러 건축물의 품질 저하 및 하자 문제를 해결할 수 있을 것으로 판단함.

③ 모듈러 건축물만의 표준품셈 제시

- 대부분의 구조물이 현장에서 시공되는 건축공사와 달리 모듈러 건축물은 공장에서 다수의 입방체로 구성되고, 내부에 각종 내장재, 기계설비, 전기배선 등을 미리 시공하고 이를 현장에 운반하고 조립하여 완성함. 이 때문에 모듈러 건축에 필요한 자재의 종류와 물량 및 단가가 다르게 산정되고 있음에도 불구하고, 수시로 변하는 시장가격을 제대로 반영하지 못해 적정공사비를 산출하는데 어려움을 겪고 있음.
- 따라서 표준내역서는 모듈러 건축의 표준품셈과 일위대가를 제시할 수 있는 근거가 될 수 있음. 본 연구에서는 1차년도 연구에서 진행한 모듈러 표준내역체계를 바탕으로 모듈러 건축에서의 표준품셈을 마련하고자 함.

2) 조립식주택 공사원가 분석 및 공사원가 절감방안 (현대엔지니어링)

■ 전체 연구 프로세스

가) 1차년: 조립식주택 경제성 확보 방안

연구목표

■ 현, 조립식 주택 공사원가 분석

연구내용

■ 공사원가 분석을 위한 대상 건축물 설계도서 분석
- 기 수행된 공릉동 공공기숙사 프로젝트 대상으로 설계도면 검토 및 분석

■ 현 시점 조립식 주택 공사원가 분석
- 도면 및 모듈러 공사 수행업체의 내역을 공정별, 비목별로 분석

최종성과물

■ 현 조립식주택 공사원가 분석 보고서

(1) 현, 조립식주택 공사원가 분석

(가) 원가 분석 절차

○ 현 수준의 모듈러 공사비 도출을 위해 우선 모듈러 공법으로 시공된 대상건물을 선정하고, 선정된 현장의 도면과 내역을 분석하여 모듈러 공법에 맞는 표준내역체계 구축

○ 모듈러 전문제작사인 K사로부터 견적서를 접수 받고, 대상 건물의 모듈러 시공사인 Y사의 실적 공사비와 비교하여 현 모듈러 원가 도출

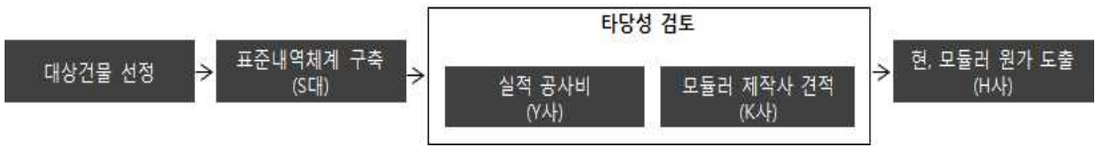


그림 2.2.8.1. 원가분석 절차

(나) 시공사례 현장 개요

○ 대상 건축물은 서울시 SH공사에서 모듈러 공법을 적용하여 2014년도 3월에 준공한 대학생 기숙사임.
○ 4층 규모로 1층 필로티와 장애인실, 주거공간은 2~4층에 배치되어 있음
○ SH공사에서 발주한 최초의 모듈러 주택임
○ 1층은 RC조로 서울지역 철근콘크리트업체인 D사,2~4층은 모듈러 공법으로 Y사 시공

표 2.2.8.1. 건축개요

구 분		내 용
건축개요	대지위치	서울시 노원구 공릉동
	대지면적	431.08㎡
	지역/지구	제2종 일반주거지역 / 일반미관지구, 학교시설보호지구
	용 도	공공주택 (기숙사)
	건축면적	258.24㎡(전용면적 7.675㎡)
	연 면 적	821.52㎡
	세 대 수	22호실(장애인실 1호 포함)
	규모/구조	지상 4층 / 지상 1층 : RC, 지상 2~4층 모듈러 구조

(다) 견적내역 타당성 검토 (검토 내역서 작성)

○ 일반현장부문, 모듈러 현장시공부분, 모듈러 공장제작부분 세부분으로 나누어 작성하고, 분류된 품목에 따라 금강공업에서 견적 내역서를 작성하여 제출하였으며,원가 검토 내역서 작성 시 당사에서 내역 항목별 분류체계 적정성을 재검토하여 수정 보완 함.
○ 모듈러 현장시공부분은 일반현장시공부분과의 동일한 기준으로 단가를 적용하였으며, 모듈러 공장제작부분은 공장제작에 의한 효율성을 고려하여 검토 단가를 적용함.

표 2.2.8.2. 내역작성 기준

구 분	자 재 비	노 무 비	경 비
1. 일반현장시공	- 가격정보, 물가자료, 물가정보, 유통물가 거래가격, 조사가격, 금강공업 제시단가 A사 S PJT 적용단가, B사 실적단가 中 최저가 반영 (2014.06월 기준)	- 수량 : 표준품셈의거 수량 적용 . 표준품셈 < 금강공업 기준 => 표준품셈 반영 . 표준품셈 > 금강공업 기준 => 금강공업 기준 반영 . 표준품셈 미반영 항목 => 금강공업 기준 반영 - 단가 : 2014년 상반기 시중 노임단가 반영 . 시중노임 < 금강공업 기준 => 시중노임 반영 . 시중노임 > 금강공업 기준 => 금강공업 기준 반영	- 표준품셈의거 적용 비율 반영 . 표준품셈 < 금강공업 기준 => 표준품셈 반영 . 표준품셈 > 금강공업 기준 => 금강공업 기준 반영 . 표준품셈 미반영 항목 => 금강공업 기준 반영
2. 모듈러 현장시공			
3. 모듈러 공장제작		- 수량 : 공종별 공장제작 따른 노무 효율성 고려 1) 건축공사 가. 철콘공사 : 표준품셈 대비 **90%** 노무 공수 반영 나. 습식공사 : 표준품셈 대비 **85%** 다. 수장공사 : 표준품셈 대비 **80%** 라. 골조공사 : 표준품셈 대비 **100%** 마. 기타공사 : 표준품셈 대비 **90~100%** (소량시공 및 설치도 품목) 2) 기계설비공사 가. 배관공사 : 표준품셈 대비 **65%** 노무 공수 반영 나. 위생기구공사 : 표준품셈 대비 **60%** 다. 기타공사 : 표준품셈 대비 **65%** - 단가 : 2014년 상반기 시중 노임단가 반영 . 시중노임 < 금강공업 기준 => 시중노임 반영 . 시중노임 > 금강공업 기준 => 금강공업 기준 반영	
* 전기, 통신공사 내역 : 금강공업 견적금액 반영 (금강공업 실적단가 반영 견적 제출 (일위대가 항목 無)) * 토목공사 내역 : 공릉동 PJT 실적 금액 반영			

㉠ 전체공사비 분석

표 2.2.8.3. 공사원가 대비표

구 분	B 사 실적 공사비 (A)		금강공업 견적가 (B)			현대엔지니어링 타당성 검토 (C)				비 고
	공 사 비	구성비	공 사 비	구성비	증 감 (B-A)	공 사 비	구성비	증 감 (C-A)	증 감 (C-B)	
건축공사	1,308,353,226	83%	1,719,048,653	85%	410,695,427	**1,163,013,107**	79%	-145,340,119	-556,035,546	
기계설비공사	110,715,062	7%	114,696,963	6%	3,981,901	**104,324,859**	7%	-6,390,203	-10,372,104	
전기통신공사	34,138,811	2%	70,357,546	3%	36,218,735	**70,357,546**	5%	36,218,735		
토목공사	125,691,214	8%	125,691,214	6%		**125,691,214**	9%			
합 계	1,578,898,313	100%	2,029,794,376	100%	450,896,063	**1,463,386,726**	100%	-115,511,587	-566,407,650	
	6,343,644	원/평	8,155,238	원/평		**5,879,545**	원/평			

ㅇ 대상건축물 공사원가 타당성 검토 결과 전체 공사비는 14.6억이며, 평당 588만원으로 기존 RC 공법 적용 162% 수준임. ※ 기본형 건축비(직접비) : 364만원/평-SH공사 제시

㉡ 공종별, 비목별, 분야별 분석

표 2.2.8.4. 공종별, 비목별 공사원가 대비표

구 분	건축공사	기계설비공사	전기,통신공사	토목공사	합 계	비 중
재 료 비	692,979,023	59,910,708	24,246,997	62,845,607	839,982,335	57.4%
노 무 비	434,149,988	44,411,439	45,410,549	43,991,925	567,963,901	38.8%
경 비	35,944,096	2,712	700,000	18,853,682	55,500,490	3.8%
합 계	1,163,073,107	104,324,859	70,357,546	125,691,214	1,463,446,726	100.0%
비 중	79.5%	7.1%	4.8%	8.6%		

○ 공종별, 비목별 직접공사비 구성비는 아래와 같이 건축공사, 재료비와 모듈러공장제작 분야의 비중이 가장 큼. 직접공사비는 재료비 8.4억, 노무비 5.7억, 경비 0.6억으로 구성되어 있으며 재료비의 비중이 큼

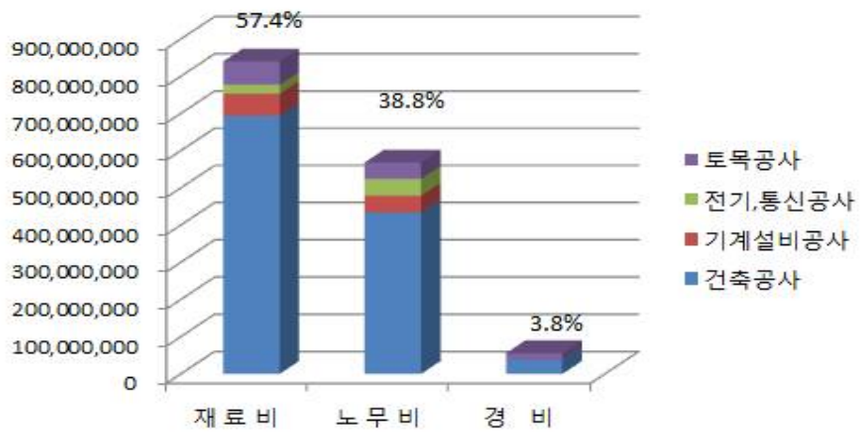


그림 2.2.8.2. 비목별 구성비

○ 모듈러 유닛 대량생산에 의한 자재 대량 구매 시 재료비 절감이 가능할 것이며, 표준화 및 규격화를 통한 자재 Loss율 최소화 통한 추가적인 원가절감이 가능함. 또한 대량생산에 따른 공장 자동화 생산체계를 구축한다면 생산성 향상을 통한 노무비 절감이 가능함.

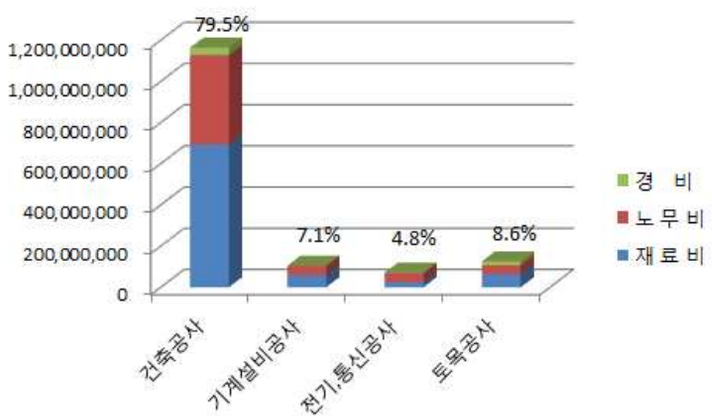


그림 2.2.8.3. 공종별 구성비

○ 건축공사가 전체 공사비의 80%의 비중을 차지하며, 건축공사 공사비 중 수장공사, 철골공사, 금속공사의 순으로 공사비 비중이 큼. 조립식 주택의 경제성을 확보하기 위해서는 금액 비중이 높은 상기 공종에 대한 원가 절감 방안을 도출하는 것이 가장 타당함. 최적화된 구조설계를 통한 유닛골조 제작, 내/외장 마감재의 최적사양 및 자재 개발, 설계표준화 및 최적 건축계획 수립을 통하여 경제성 확보 효과 극대화가 가능함.

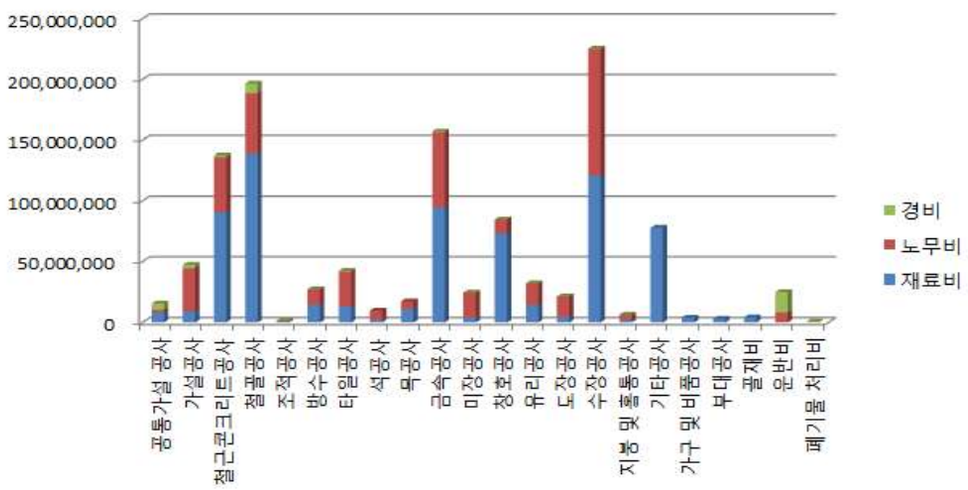


그림 2.2.8.4 건축공사 구성비

표 2.2.8.5 분야별 공사원가

구 분	금강공업 견적가 (A)		현대엔지니어링 타당성 검토 (B)			
	공 사 비	구성비	공 사 비	구성비	증 감 (B-A)	평 단 가
일반현장시공	633,607,308	31%	**492,060,153**	34%	-141,547,155	1,037만원/py
모듈러현장시공	481,592,155	24%	**263,780,769**	18%	-217,811,386	486만원/py
모듈러공장제작	914,594,913	45%	**707,545,804**	48%	-207,049,109	
합 계	2,029,794,376	100%	**1,463,386,726**	100%	-566,407,650	588만원/py
	8,155,238	원/평	**5,879,545**	원/평	-2,275,693	

○ 분야별 분석결과 전체공사비 중 모듈러 제작공장 분의 비중이 가장 큼. 향후 조립식 주택 보급이 확대되어 모듈러 대량생산에 따른 공장 자동화 생산체계를 구축 시 원가절감 효과가 극대화 될 것으로 기대됨.

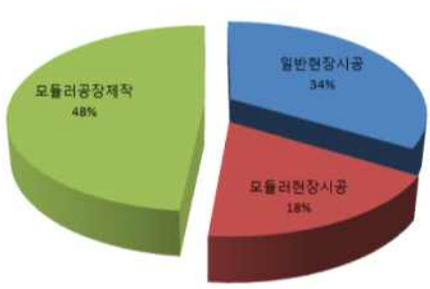


그림 2.2.8.5. 분야별 구성비

ⓒ 세부항목별 분석

○ 대상건축물의 경우 기존 RC대비 162% 수준의 금액으로 상당히 높으며, 일반적인 모듈러 공법 적용의 대표 모델로 보기는 어려움. 이에 세부 항목별 공사비 분석을 통해 일반적인 모듈러 공법 대비 대상건축물의 금액 상승요인을 분석하고 반영하여 현, 모듈러 공법 적용 조립식 주택 공사원가를 산정 함.

표 2.2.8.6 1층 필로티 적용 전체 공사비 비교표

구 분	변 경 전 (A) 현대엔지니어링 타당성 검토 [1차]		변 경 후 (B) - 1층 필로티 적용 현대엔지니어링 타당성 검토 [2차]			비 고
	공 사 비	구성비	공 사 비	구성비	증 감 (B-A)	
건축공사	1,163,013,107	79%	**1,083,704,599**	81%	-79,308,508	
기계설비공사	104,324,859	7%	**87,381,969**	7%	-16,942,890	
전기통신공사	70,357,546	5%	**42,899,947**	3%	-27,457,600	
토목공사	125,691,214	9%	**125,691,214**	9%		
합 계	1,463,386,726	100%	**1,339,677,729**	100%	-123,708,998	
	5,879,545	원/평	**5,382,511**	원/평		

○ 일반적인 모듈러 공공주택의 경우 지상 1층부는 필로티 공간으로 되어 있으나, 대상건축물의 경우 1층의 북카페 및 식당 등의 공용시설 공간으로 계획되어 공사금액의 증가요인으로 볼 수 있음. 이에 1층 공간을 필로티 공간으로 가정하여 공사원가 금액을 개산함. 적용결과 직접공사비는 최초 검토 금액 대비 1.24억이 절감된 13.40억으로 전체공사비의 8.5% 절감 효과가 나타남.

그림 2.2.8.6. 1층 필로티 공간 사례

표 2.2.8.7 모듈러 유닛 골조 물량 분석

구 분	공릉동 PJT - A	S PJT (A사) - B	B - A
철골수량 (Ton/M2)	**0.090**	**0.068**	0.090

○ 대상건축물의 유닛 골조 부재를 S PJT의 부재 적용을 가정하여, 절감 금액을 산정함.

○ 개산견적결과 부재변경에 따라 모듈러 유닛 공장제작 및 설치비 절감 금액이 0.20억으로, 이는 철골공사 공사비의 10.2% 절감이 가능하고, 전체 공사비의 1.4% 금액 절감 효과가 나타남.

표 2.2.8.8 모듈러 유닛 골조 부재 변경 절감액 산정

품 명	규 격	단위	수량	절감금액								비고
				재료비		노무비		경비		합계		
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
부재변경에 따른 절감금액												
영강류	각 종	Ton	-10,718	865,000	-9,271,416					865,000	-9,271,416	
모듈러 가공 및 제작	자재 가공 및 조립, 용접포함	Ton	-10,208	21,028	-214,654	192,009	-1,960,028			213,037	-2,174,681	* 수량산출 : 0.022(절감량)*463.98(세대면적)
내파이인트-(유기/유성),점품	1시간 0.95mm, (5층, 20m)미만	M2	-93	32,000	-2,976,000					32,000	-2,976,000	* 수량산출 : 0.2M2(절감량)*463.98(세대면적)
모듈러 설치		Ton	-8,352			149,626	-1,249,622	124,688	-1,041,352	274,314	-2,290,973	* 중량산정을 통한 비례단가 적용
모듈러 운반		Ton	-8,352			124,688	-1,041,352	266,002	-2,221,550	390,689	-3,262,901	* 중량산정을 통한 비례단가 적용
합계					-12,462,070		-4,251,001		-3,262,902		-19,975,971	

○ 금속공사 공사비는 건축공사비 중 13.5%의 높은 비중을 차지하고 있으며, 대상건축물에서 외장재 마감의 비율이 가장 높음. 대상 건축물은 외장 마감사양이 AL. Sheet 로 구성되어 있어 상당한 고가의 사양이 적용 되어 일반적인 공공주택의 마감과 현, 모듈러 공법 적용 마감재와는 상당한 차이가 있음.

표 2.2.8.9 조립식 주택 외장 마감재 사양비교

구 분	공공동 PJT	S PJT (A사)		기 타 외 장 마 감 재 (공동주택)		
주 요 마 감 재	AL. Sheet 마감	Luxteel 강판	메탈판넬	세라믹사이딩	CRC보드 + 도장	징크판넬
단 가 (M2당)	139,011	96,000	92,000	106,000	63,000	135,000

○ 또한, 대상건축물의 경우 외장재 디자인 요소가 공사비에 영향을 크게 미침. 일반적인 건축물의 경우 외벽 마감선이 동일하나, 대상건축물의 경우 각 층별 외벽 마감선이 다름

○ 이에 따른 추가적인 시공 수량이 늘어나고 공사금액이 증가 됨. 외장재 마감 라인이 동일한 디자인 조건을 가정하여 외장재마감 수량을 분석한 결과 현 기준 수량이 디자인 변경시의 수량 대비 143% 수준임.

표 2.2.8.10 외장마감 수량 비교

구 분	현 기준	변 경 시	비 고
외장마감 수량 (M2)	583	407	
비 율	143%	100%	

○ 대상건축물의 디자인 요소 변경 및 외장마감 사양 변경을 가정하여 절감금액을 산정결과, 외장재 마감 절감금액이 0.39억으로 이는 금속공사 공사비의 24.7% 절감이 가능하고, 전체공사비의 2.7% 금액 절감 효과가 나타남.

그림 2.2.8.7. 대상건축물 외부 전경

○ 대상건축물의 적용 천정 시스템은 모듈러 공법 적용에 널리 사용되었던 M-Bar (인써트유) 시스템을 적용 하였으나 최근 모듈러 유닛의 운송 및 현장 설치 진행 중 경량철골천정틀이 파손되어 현장 재시공 및 보수를 하는 문제점이 야기되어, 유닛 골조 프레임 제작시 상부 Joist를 설치하고 마감재를 취부하는 방식으로 개선되어 사용되어짐. 이는 야기된 문제점을 해결하고, 공정의 단순화를 통한 작업효율을 높였음을 물론, 원가 절감의 효과를 가져옴.

표 2.2.8.11 모듈러 적용 천정시스템 비교

구 분	공급동 PJT	S PJT (A사)	비 고
천정틀 적용 시스템	경량철골 천정틀 (M-Bar,H:1m미만,인써트유)	유닛 골조 프레임 상부 Joist 활용	
단 가 (M2당)	26,300	-	

○ 대상 건축물의 천정시스템을 최근 널리 적용되어지는 S PJT 시스템 적용을 가정하여 절감 금액을 산정한 결과 절감금액이 0.14억으로 이는 금속공사 공사비의 9.2% 절감이 가능하고, 전체 공사비의 1.0% 금액 절감 효과가 나타남.

표 2.2.8.12 천정시스템 사양 변경 절감액

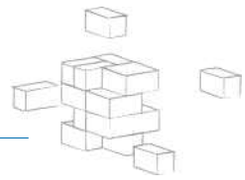
명 칭	규 격	단위	수량	절감금액								비 고
				재료비		노무비		경비		합계		
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	
경량철골천정틀 사양 변경에 따른 절감금액 반영												
(경량철골천정틀 M-Bar적용)												
경량철골천정틀	M-BAR H:1m미만,인써트유	M2	-600	5,293	-3,175,800	18,811	-11,286,600			24,104	-14,462,400	
(유닛 골조 프레임 상부Joist활용)												
상부Joist	C-140-40-13-1.2@600	Ton	2.648									철골공사비 포함
합 계					-3,175,800		-11,286,600				-14,462,400	

○ 수장공사 공사비는 건축공사비 중 19.4%의 가장 높은 비중을 차고 하고 있이며, 경량벽체 공사비의 비중이 가장 높음. 대상건축물의 세대간 경량벽체 적용 비용의 경우 M2당 10.1만원으로 일반적으로 적용 되어지는 S PJT와 비교시 106% 수준임.

○ 또한 단위 면적당 경량 벽체 수량의 경우 대상건축물의 경우 M2당 3.57M2이며, S PJT와 비교시 148% 수준임.

표 2.2.8.13 모듈러 적용 경량벽체 비교

구 분	공급동 PJT	S PJT (A사)	비 고
내 부 벽 체	경량벽체 (T12.5석고보드2P+ T50 STUD+T50그라스울 +T3 CRC 보드+도솜방수지)	경량벽체 (T12.5 방화석고보드2P+ T50 STUD+T50그라스울 +도솜방수지)	
면적비 (M2당)	3.57	2.41	1Unit 1세대 기준
단 가 (M2당)	101,932	95,884	



ㅇ 대상건축물의 경량벽체 시스템을 일반적으로 적용되는 S PJT 시스템 적용을 가정하고 단위면적당 경량벽체 수량을 일반적인 단위면적 1M2당 2.5M2 수량으로 가정하여 절감 금액을 산정한 결과, 절감 금액이 0.43억으로 금속공사 공사비의 27.5% 절감이 가능하고, 전체 공사비의 2.95% 금액 절감 효과가 나타남.

표 2.2.8.14 경량벽체 사양 변경 절감액

표 명	그 건	단위	수량	절감금액								비고
				재료비		노무비		장비		합계		
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
경량벽체 사양 변경에 따른 절감금액 반영												
(가 반영 내면)												
DW-01/OK	CRC ST+GW60T+STUD50+GB12.5+2건	M2	-771	22,742	-17,554,082	28,224	-21,760,704			50,966	-39,294,786	
DW-01A/OK	CRC ST+GW60T+STUD50+GB12.5+방수GB12.5	M2	-170	24,557	-4,171,290	20,019	-3,403,230			44,556	-7,574,520	
DW-02/OK	GB12.5+2건+GW60T+STUD100+GB12.5+2건	M2	-267	25,896	-6,914,232	20,019	-5,345,073			45,915	-12,259,305	
DW-03	CRC ST+GW60T+STUD50+2+GW60T+GB12.5+2건	M2	-286	35,887	-10,263,682	50,240	-8,648,640			66,127	-18,912,322	
DW-03A/OK	CRC ST+GW60T+STUD50+2+GW60T+GB12.5+1건	M2	-68	33,598	-2,271,064	50,240	-2,056,320			65,638	-4,327,384	
DW-04	12.5T 2건+그라스울60MM+12.5T 일반+방수	M2	-375	24,615	-9,230,625	22,116	-8,293,500			46,731	-17,524,125	
DW-05	12.5T 일반+방수+그라스울60MM	M2	-164	20,595	-3,344,780	22,116	-3,627,024			42,511	-6,971,804	
DW-06	그라스울60MM+2+STUD50+2+12.5T 일반2건	M2	-179	51,561	-9,649,419	50,240	-9,412,960			61,801	-11,062,379	
DW-09	CRC ST+GW60T+STUD50+방수12.5+2건	M2	-63	56,272	-2,235,136	20,019	-1,261,197			56,291	-3,546,333	
DW-09A	GB12.5T+2건+GW150T+STUD50+방수12.5+2건	M2	-13	57,907	-492,791	20,019	-260,247			57,926	-753,038	
DW-09B	GB12.5T+2건+GW150T+STUD50+방수12.5+2건	M2	-11	57,907	-416,977	20,019	-220,209			57,926	-637,186	
DW-09C	GW60T+STUD50+방수12.5+2건	M2	-6	19,144	-114,864	20,019	-120,114			59,165	-234,978	
(경량벽체 사양변경 : 일반선고->방수선고 / CRC 보도 삭제)												
DW-01/OK	GW60T+STUD50+방수GB12.5+2건	M2	540	19,646	10,607,189	24,696	13,333,765			44,542	23,940,954	
DW-01A/OK	GW60T+STUD50+GB12.5+방수GB12.5	M2	119	20,790	2,475,000	17,517	2,085,357			38,307	4,560,357	
DW-02/OK	GB12.5+2건+GW60T+STUD100+GB12.5+2건	M2	187	25,896	4,841,899	20,019	3,743,048			45,915	8,584,947	
DW-03	GW60T+STUD50+2+GW60T+방수GB12.5+2건	M2	200	32,756	6,560,375	26,460	5,299,412			59,216	11,859,787	
DW-03A/OK	GW60T+STUD50+2+GW60T+방수GB12.5+1건	M2	48	29,617	1,410,333	26,460	1,260,000			56,077	2,670,333	
DW-04	12.5T 2건+그라스울60MM+12.5T 일반+방수	M2	263	24,615	6,464,023	22,116	5,807,775			46,731	12,271,796	
DW-05	12.5T 일반+방수+그라스울60MM	M2	115	20,595	2,342,285	22,116	2,559,933			42,511	4,882,216	
DW-06	그라스울60MM+2+STUD50+2+12.5T 일반2건	M2	125	51,561	3,956,176	50,240	3,790,588			61,801	7,746,764	
DW-09	GW60T+STUD50+방수12.5+2건	M2	44	32,477	1,432,809	17,517	772,809			49,994	2,205,618	
DW-09A	GB12.5T+2건+GW150T+STUD50+방수12.5+2건	M2	9	57,907	545,092	20,019	182,246			57,926	527,338	
DW-09B	GB12.5T+2건+GW150T+STUD50+방수12.5+2건	M2	8	57,907	292,001	20,019	154,208			57,926	446,209	
DW-09C	GW60T+STUD50+방수12.5+2건	M2	4	19,144	80,457	20,019	84,115			59,165	164,550	
합계					-21,881,525		-21,355,866				-43,237,291	

(라) 현, 조립식 주택 공사원가

ㅇ 모듈러 공법이 적용된 대상건축물의 공사원가를 검토, 경제성분석을 위한 공정별, 분야별, 비목별로 분석을 진행하였음. 또한 공사원가에 영향을 미치는 세부항목들에 대한 비교분석을 실시하고 그 결과를 대상건축물 검토 내역에 반영하여 현, 조립식 주택의 공사원가를 산정함.

ㅇ 산정결과 전체 공사비는 12.2억이며, 평당 489만원 수준으로 기존 RC 대비 135% 수준임. PJT별 부지, 규모 등의 특성에 따른 공사금액 상승요인, 추가적인 세부 항목별 절감요소등을 고려한다면, 현, 조립식 주택의 공사원가 수준은 기존 RC 대비 130~135% 수준임.

나) 2차년: 조립식주택 경제성 확보방안

연구목표

- 현 조립식 주택의 공사원가 절감방안 도출

연구내용

- 1차년도에서 절감한 내역을 바탕으로 2차 원가 절감 방안 도출
  - 대기업 건설사 자재비 대량구매 단가 적용
  - 대량생산에 의한 노무비용 적용
- 수서실증단지 설계도서 검토
  - DMP 작성 도면에 대한 설계검토 및 원가절감 항목 반영

최종성과물

- 현 조립식 주택 원가절감 방안 보고서 1건

(가) 원가 분석 절차

- 본 연구에서는 1차년도의 과제 수행 결과물인 RC대비 135%의 내역을 기준으로 함.
- 1단계에서는 대기업 연간단가를 적용하여 자재비 절감 분석
- 2단계에서는 대량생산에 의한 노무비를 적용하여 노무비 절감 분석

그림 2.2.8.8. 공사비 절감 분석 프로세스

(나) 경제성 분석

- 경제성 분석을 위하여 기준내역서 선정하고 1단계 검토에서 대기업의 대량구매 자재비 단가를 적용함과 동시에 모듈러 전문업체인 금강공업의 실행단가를 접수하여 검토함으로서 공사비 절감액을 내역서에 반영하였다. 또한 2단계 검토에서는 자재비 절감과 동시에 공장제작 노무비를 검토하여 기존 프로젝트에서의 문제점을 분석하고 대량생산에 의한 노무비 단가를 적용하여 추가 원가절감을 반영하였다.

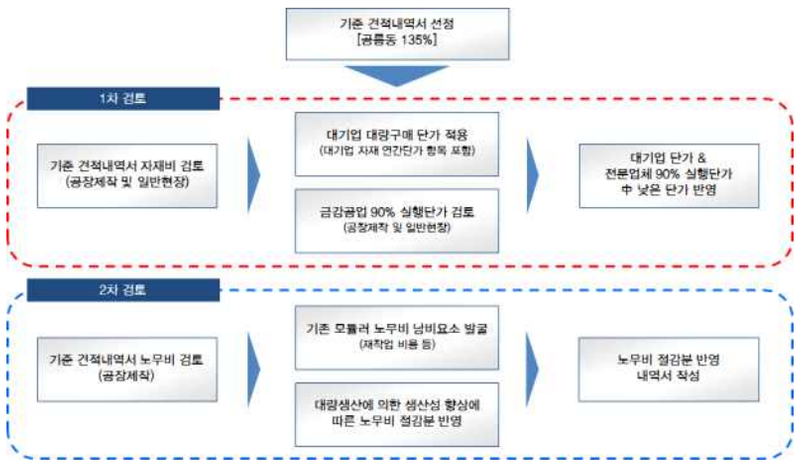


그림 2.2.8.9. 경제성 분석 절차

(다) 공사 내역서 작성 기준

원가 검토내역서 작성 작업 시 일반 RC 공법 품목과 모듈러 공법 품목을 재분류 함.

모듈러 공법 품목은 모듈러 공장제작 품목과, 현장시공 품목을 재분류 함.

원가 내역서는 하나의 공종을 일반현장시공, 모듈러 현장시공, 모듈러 공장제작으로 구분하여 작성하였음.

1차년도 도출 1차 원가절감한 내역을 바탕으로 추가 원가절감 분석

표 2.2.8.15 내역서 공종 분류체계

구 분	공릉동 PJT		검토 내역서		
전체 내역 구성	•현장건축공사비(일반공사)+모듈러건축공사비 •모듈러공장제작분, 현장시공분 분리내역 無		•현장건축공사비(일반공사)+모듈러건축공사(공장제작+현장시공) •모듈러공장제작분,현장시공분 분리내역구성		
공종별 분류 (건축공사)	현장건축공사비 (일반공사)	모듈러 건축공사비	현장건축공사비 (일반공사)	모듈러 건축 공사비	
				현장시공	공장제작
	1.공통가설 공사	1.철근콘크리트공사	1.공통가설 공사	1.공통가설공사	1.철근콘크리트공사
	2.가설공사	2.철골공사	2.가설공사	2.철골공사	2.철골공사
	3.철근콘크리트공사	3.수장공사	3.철근콘크리트공사	3.방수공사	3.방수공사
	4.조적공사	4.방수공사	4.조적공사	4.타일공사	4.타일공사
	5.방수공사	5.타일공사	5.방수공사	5.목공사	5.금속공사
	6.타일공사	6.목공사	6.타일공사	6.금속공사	6.미장공사
	7.석공사	7.금속공사	7.석공사	7.창호공사	7.창호공사
	8.목공사	8.미장공사	8.목공사	8.유리공사	8.유리공사
	9.금속공사	9.창호 및 유리공사	9.금속공사	9.도장공사	9.도장공사
	10.미장공사	10.도장공사	10.미장공사	10 수장공사	10.수장공사
	11.창호공사	11.기타공사	11.창호공사	11.지붕및 홈통공사	11.골재비
	12.유리공사	12.골재비	12.유리공사	12.기타공사	12.운반비
	13.도장공사	13.운반비	13.도장공사	13.골재비	
	14.수장공사		14.수장공사	14.운반비	
	15.기타공사		15.기타공사		
	16.가구및비품공사		16.가구및비품공사		
	17.부대공사		17.부대공사		
	18.골재비		18.골재비		
	19.운반비		19.운반비		
	20.작업부산물		20.작업부산물		
	21.폐기물 처리비		21.폐기물 처리비		

○ 모듈러 현장시공부분은 일반현장시공부분과의 동일한 기준으로 단가를 적용하였음
○ 모듈러 공장제작부분의 경우에는 공장제작에 의한 노무 효율의 증가를 고려하여 감소된 노무공수를 적용하였음.
○ 일위대가 세부항목별 타당성 검토 시 자재비는 가격정보, 물가정보, 유통물가, 거래가격, 조사가격, 금강공업 제시단가, A사 S PJT 적용단가, B사 실적단가, C사 대량구매시 적용단가 중 최저가를 반영하였음.
○ 노무비는 2014년 하반기 시중 노임단가를 반영하였으며, 모듈러 공장제작의 경우 공종별 공장제작에 따른 노무 효율성을 고려하여 표준품셈 대비 일정 요율을 적용하여 노무공수를 반영하였음.
○ 경비에 대해서는 표준품셈에 의거 검토함.

표 2.2.8.16 검토내역서 작성 기준

구 분	자 재 비	노 무 비	경 비
1. 일반 현장시공	-가격정보, 물가자료, 물가정보, 유통물가, 거래가격, 조사가격, 금강공업 제시단가, SH실적단가 A사 B PJT 적용단가, C사 대량구매시 적용단가 中 최저가 반영 (2015.01월 기준)	- 수량: 표준품셈의거 수량 적용 • 표준품셈 〈 금강공업 기준 => 표준품셈 반영 • 표준품셈 〉 금강공업 기준 => 금강공업 기준 반영 • 표준품셈 미반영 항목 => 금강공업 기준 반영 - 단가: 2014년 하반기 시중 노임단가 반영 • 시중노임 〈 금강공업 기준 => 시중노임 반영 • 시중노임 〉 금강공업 기준 => 금강공업 기준 반영	- 표준품셈의거 적용 비율 반영 • 표준품셈 〈 금강공업기준 =>표준품셈 반영 • 표준품셈 〉 금강공업기준 =>금강공업 기준 반영 • 표준품셈 미반영 항목 =>금강공업 기준 반영
2. 모듈러 현장시공			
3. 모듈러 공장제작		- 수량: 공종별 공장제작 따른 노무 효율성 고려 1) 모듈러공장 공사 • 효율 증가로 표준품셈대비 60% 노무공수 반영 2) 모듈러현장 공사, 현장시공 공사 • 각 공사 별 협의를 통한 표준품셈대비 80~85% 노무공수 반영 3) 기계설비공사 가.배관공사: 표준품셈 대비 65%노무공수반영 나.위생기구공사: 표준품셈 대비 60% 다.기타공사: 표준품셈 대비 65% - 단가: 2014년 하반기 시중 노임단가 반영 • 시중노임 〈 금강공업 기준 => 시중 노임 반영 • 시중노임 〉 금강공업 기준 => 금강공업 기준 반영	

* 전기, 통신공사 내역 : 금강공업 견적금액 반영 (금강공업 실적단가 반영 견적 제출 (일위대가 항목 無))
* 토목공사 내역 : 공릉동 PJT 실적 금액 반영

(라) 자재비/노무비 절감방안

표 2.2.8.17 공사원가 분석 결과 비교

구 분	검토내역 (A) 2차년도 1차 검토 (126%)		검토결과 (B) 2차년도 최종 검토 (120.8%)		
	공 사 비	구성비	공 사 비	구성비	증 감 (B-A)
건축공사	885,852,559	77.5%	838,516,693	76.6%	-124,564,369
기계설비공사	87,381,969	7.7%	87,381,969	8.0%	-
전기통신공사	42,899,922	3.8%	42,899,922	3.9%	-
토목공사	125,691,214	11.0%	125,691,214	11.5%	-
합 계	1,141,825,664	100%	1,094,489,798	100.0%	-124,564,369
	4,585,645	원/평	4,395,541	원/평	

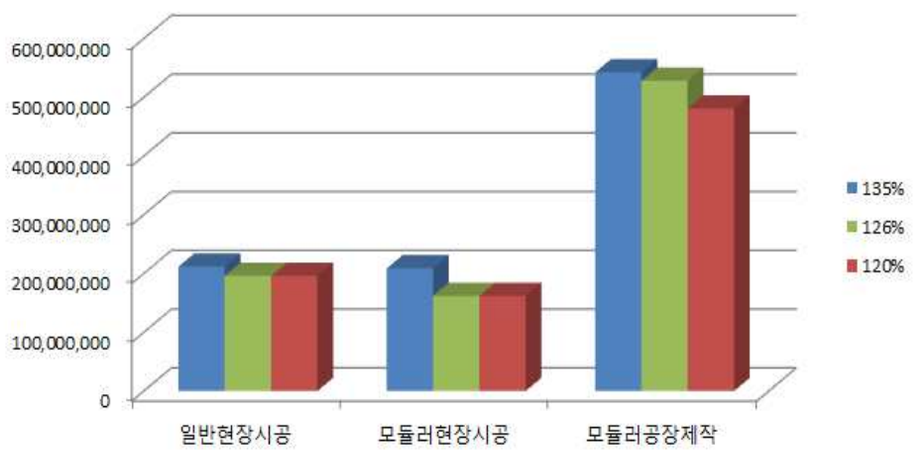


그림 2.2.8.10. 비목별,공종별 공사금액 비교

○ 최종 검토 결과 직접공사비는 재료비 4.8억, 노무비 3.2억, 경비 0.3억으로 구성되어 있으며 그 중 재료비의 비중이 가장 큼.

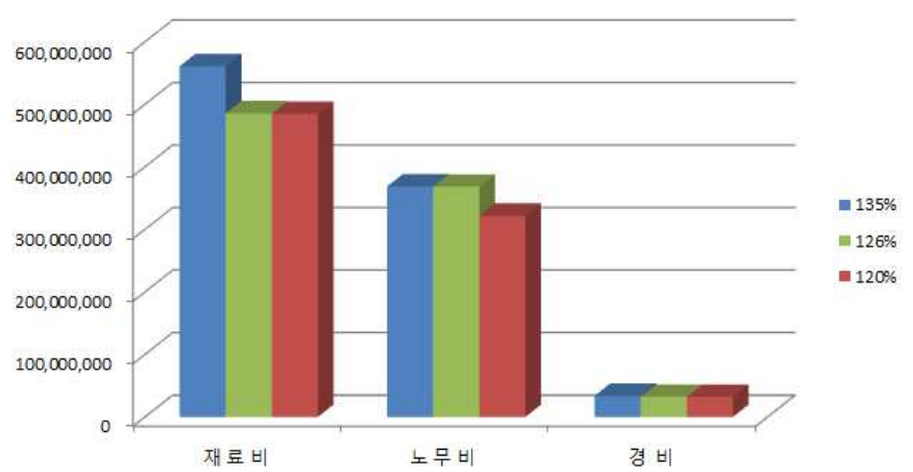


그림 2.2.8.11. 분야별 공사금액 비교

○ 분야별 공사금액을 비교해보면 모듈러 공장제작 분의 비중이 가장 크며, 이는 대량생산에 따른 공장 자동화 생산체계를 구축 하게 되면 원가절감 효과가 극대화 될 것임.

표 2.2.8.18 최종 공사원가 분석결과 비교

구 분	기준내역 (A) 1차년도 검토 (135%)		검토결과 (B) 2차년도 1차검토 (126%)		검토결과 (C) 2차년도 최종 검토 (120.8%)		
	공 사 비	구성비	공 사 비	구성비	공 사 비	구성비	증 감 (C-A)
건축공사	963,081,062	79%	885,852,559	77.5%	838,516,693	76.6%	-124,564,369
기계설비공사	87,381,969	7%	87,381,969	7.7%	87,381,969	8.0%	-
전기통신공사	42,899,947	3%	42,899,922	3.8%	42,899,922	3.9%	-
토목공사	125,691,214	10%	125,691,214	11.0%	125,691,214	11.5%	-
합 계	1,219,054,192	100%	1,141,825,664	100%	1,094,489,798	100.0%	-124,564,369
	4,895,800	원/평	4,585,645	원/평	4,395,541	원/평	

○ 최종 1,2단계 검토 결과 총공사비는 10.9 억원이며, 평당 440만원으로 기존 RC대비 120.8% 수준임

○ 모듈러 전용 자재의 개발과 공장제작 프로세스의 합리화, 자동화, 투입인력의 상시 고용 및 동일 작업의 숙달을 통해 생산성을 향상시킨다면 추가적인 원가절감이 가능할 것임.

다) 3차년: 조립식주택 경제성 확보

연구목표

- 가양실증단지 모니터링 계획수립

연구내용

- 수서실증단지 설계도서 검토
- 가양 실증단지 MOCK UP 공장제작 모니터링 플랜 작성

최종성과물

- 모니터링 플랜 보고서 1건

(가) MOCK UP 모니터링 계획수립 및 모니터링 추진 절차

- ㅇ 가양실증단지 MOCK-UP 모듈의 도면을 분석하여 공정프로세스 작성
- ㅇ 가양실증단지의 제작, 시공사인 P사 천안공장 레이아웃 검토
- ㅇ 모듈러 MOCK-UP 제작 모니터링에 필요한 양식지 작성

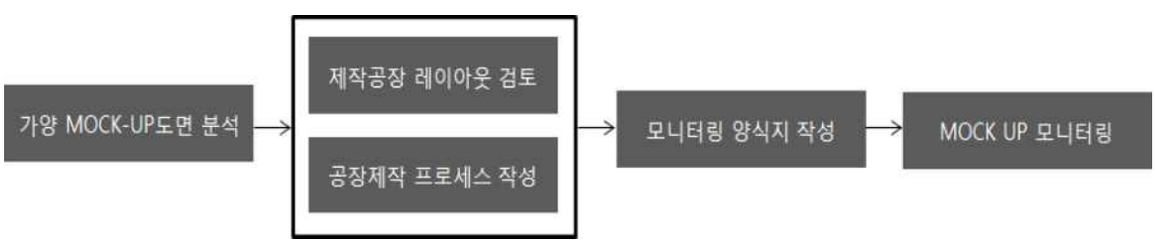


그림 2.2.8.12. MOCK UP 모니터링 추진 계획

(나) 가양실증단지

- ㅇ 공사개요
  - 위　　치 : 서울특별시 강서구 가양동 1457-1
  - 지역지구 : 도시지역, 제1종지구단위계획구역, 제2종일반주거지역, 주차장(공영주차장)
  - 용　　도 : 공동주택(아파트), 근린생활시설, 자동차관련시설(공영주차장)
  - 대지면적 : 1,436.00 M2
  - 건축면적 : 371.65 M2
  - 건 폐 율 : 25.88% (법정 60%)

그림 2.2.8.13 가양실증단지 투시도

○ 세대별 평면도

- 101동(18세대) : 2~5층 A형 층당 1모듈 4세대 / 6층 B형 2모듈 2세대
- 102동(12세대) : 2~4층 C형 층당 1모듈 4세대

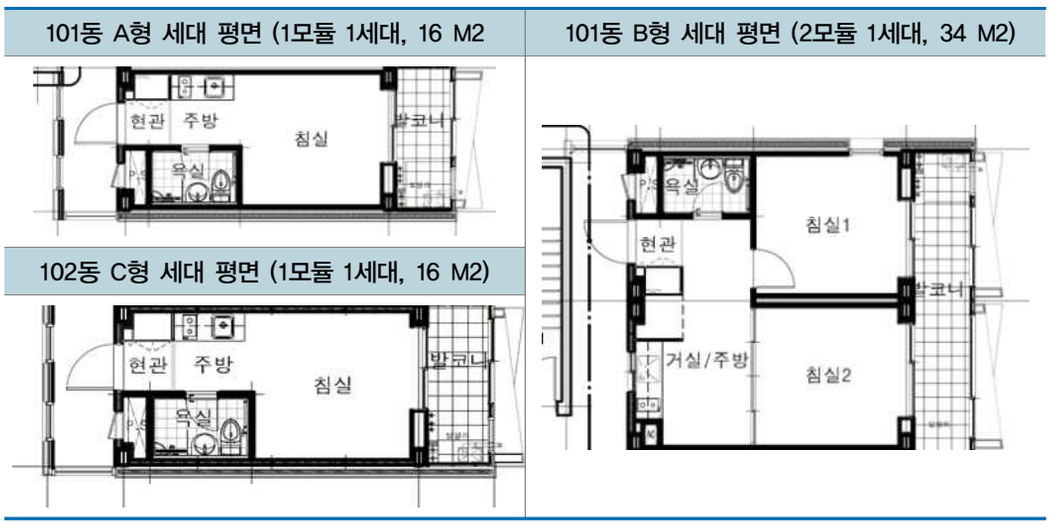


그림 2.2.8.14 가양실증단지 세대별 평면도

○ 단위세대 단면도

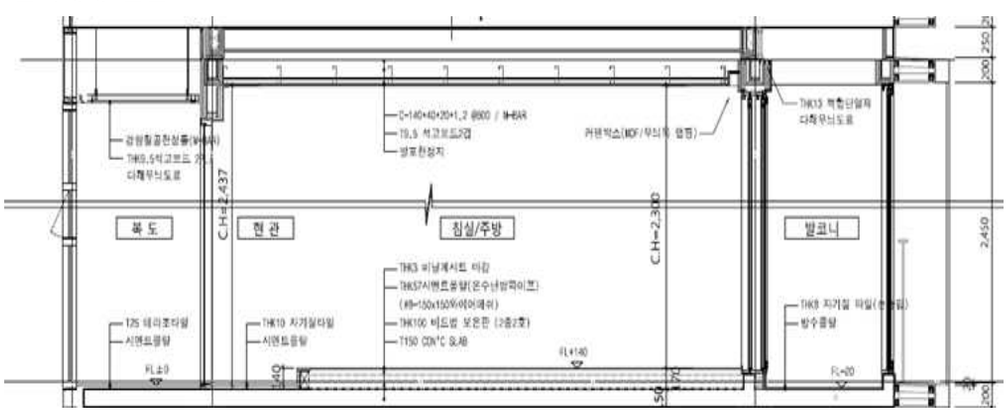


그림 2.2.8.15 가양실증단지 단위세대 단면도

ㅇ 실내 재료 마감

구 분		바닥	걸레받이	벽체	천장	층고
지하 주차장		T105 무근콘크리트 + 에폭시코팅	-	침투성방수 + T75 벽체배수판	콘크리트 면처리 + 내부용 수성페인트	-
공동구역	계단실	T35 시멘트몰탈 + T25 테라조타일	걸레받이용 페인트	T18 시멘트몰탈 + 다채무늬도료 (친환경)	T9.5 석고보드 2P + 다채무늬도료 (친환경)	-
	화장실	액체방수 / 시멘트몰탈 + 자기질타일	-	액체방수 / 시멘트몰탈 + 도기질타일	경량철골천장틀(M-Bar) + 함성수지천정판	2400
	주민공동시설	T30 시멘트몰탈 + T25 테라조타일	걸레받이용 페인트	T18 시멘트몰탈 + 다채무늬도료 (친환경)	경량철골천장틀(M-Bar) + T6 무석면텍스	2400
주거구역	침실/주방/거실	T57 시멘트몰탈 +T3 비닐계시트	PVC / 무늬록시트	석고보드 + 친환경벽지 (합지)	T9.5 석고보드 2P + 친환경 발포 천장지	2300
	현관	T50 시멘트몰탈 + T10 자기질타일	PVC / 무늬록시트			2400
	욕실	UBR 시스템				2200
	발코니	T22방수몰탈 + T8 자기질타일	-	T13 복합단열재 + 다채무늬도료 (친환경)	데크슬라브+방청페인트+조합페인트	-
	발코니 (보일러)	T22 방수몰탈 + T50 경량기포콘크리트 + T8 자기질타일	-	T13 복합단열재 + 다채무늬도료 (친환경)	데크슬라브+방청페인트+조합페인트	-

(다) 공장 Lay out

ㅇ 모듈러 공장 개요(P사 천안공장)

- 위　　치 : 충남 천안시 동남구 성남면 대화리
- 대지면적 : 6,792평
- 연 면 적 : 1,820평
- 주요설비 : 롤포밍 머신, 갠츄리크레인, 오버해드크레인, 판재절단기, 대차, 제작지그외

공장 외부 전경	공장 내부 전경

그림 2.2.8.16 공장 내/외부 전경

ㅇ 공장세부 Lay out

- 천안공장은 모듈러 전용공장으로 자재창고, 철골가공동, 모듈조립동, 야적장으로 구성
- 조립동은 2개의 조립 라인을 보유하고 있으며, 생산 CAPA는 3600M/년임.

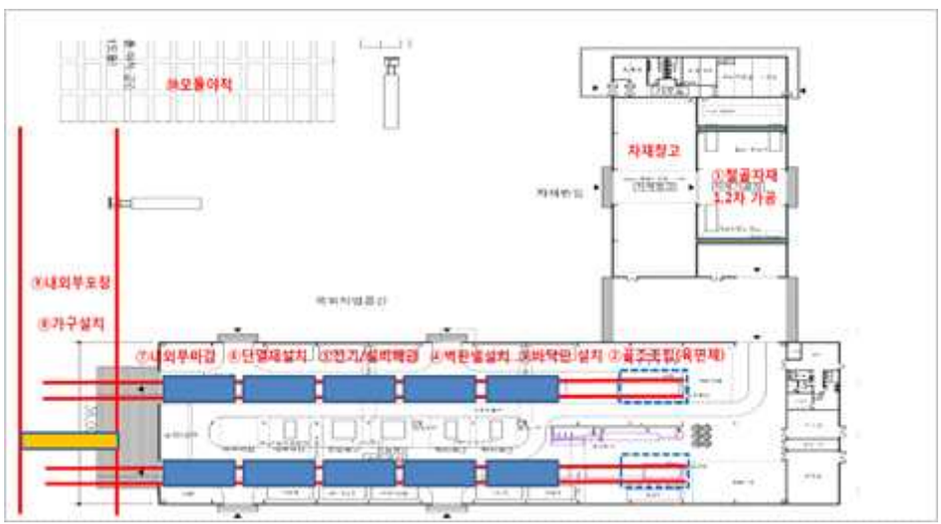


그림 2.2.8.17 공장 Lay out

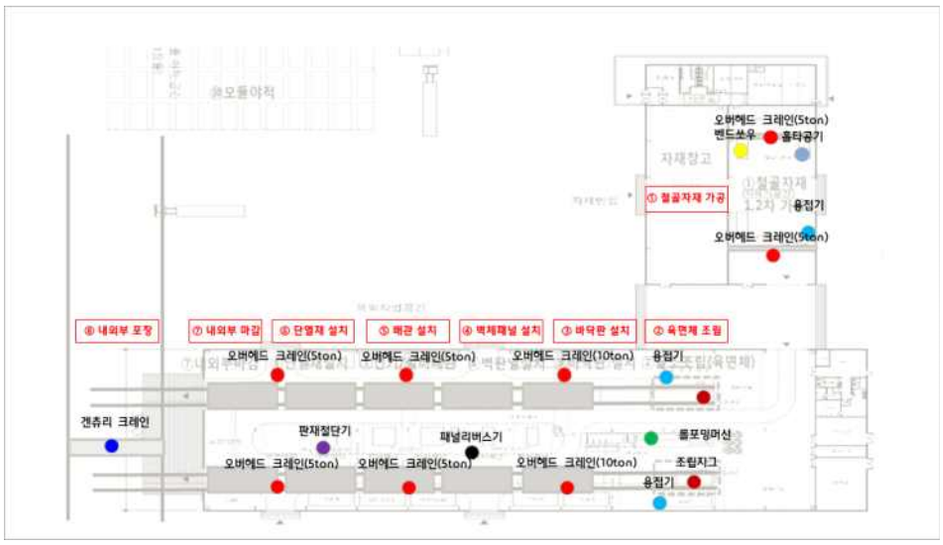


그림 2.2.8.18 주요장비 현황 및 공정 프로세스

(라) 모니터링 양식지 작성

ㅇ 모니터링을 위해서 모듈의 공장생산 현황 확인을 위한 생산일보 양식 작성

ㅇ 모듈별 공장투입에서 출고까지 이력을 관리할 수 있는 모듈별 이력카드 작성

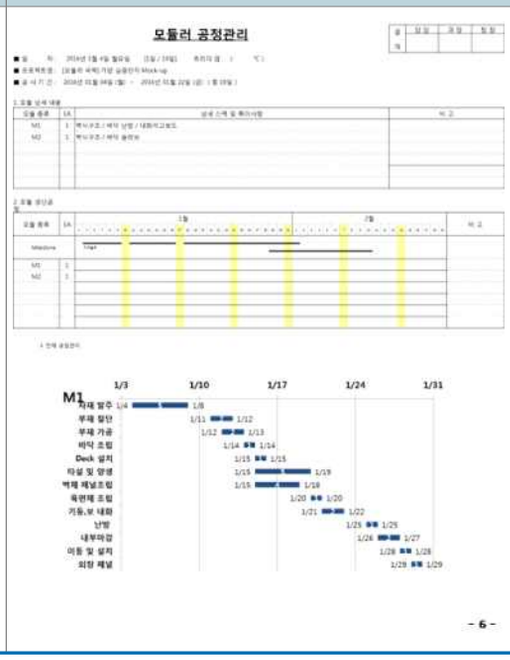
생산일보	모듈 이력카드
	

그림 2.2.8.19 모니터링 양식지 작성 例

(마) 가양실증단지 MOCK UP 모니터링

ㅇ Mock up 개요

- 제작기간 : 2016. 1. 14 ~2016. 2. 4
- 제작모듈 : 벽식구조 2모듈
- 실험목적 : 벽식구조 제작 후 1,2층 적층 Test, 건식내화 시공성 확인

○ 도면 및 제작사양

- 제작범위 : 1층 모듈- 모듈골조+바닥슬래브+건식내화+바닥난방+석고마감
  2층 모듈- 모듈골조+바닥슬래브
  ※ 바닥슬래브 설비배관외 전기, 설비 작업 미실시

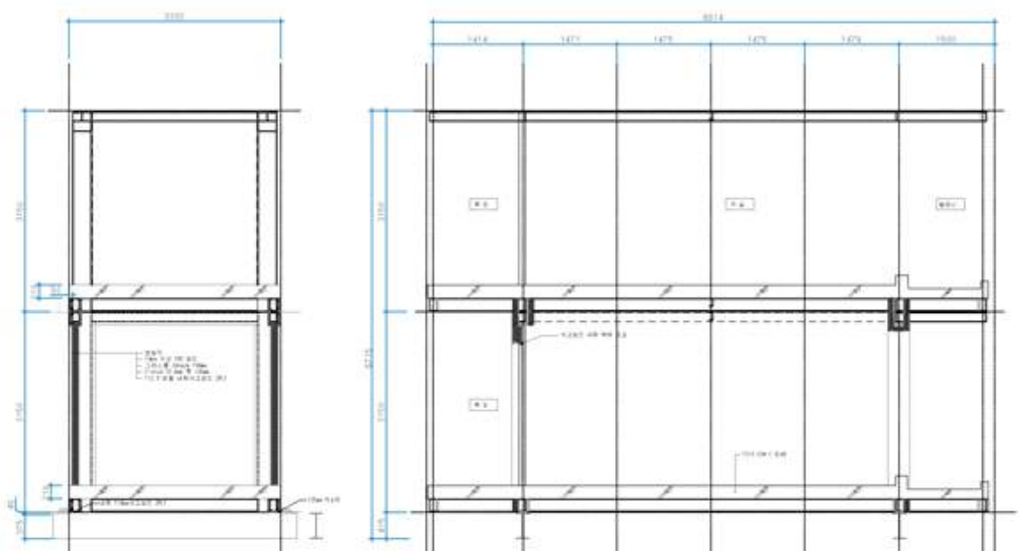


그림 2.2.8.20 MOCK UP 제작 단면

○ 제작사진

1. 자재절단/절곡	2. 단품 1차가공	3. 장변제작	4. 육면체 조립
5. 샌딩샌딩	**6. 도장작업**	**7. 바닥 데크설치**	**8. 바닥 콘크리트타설**
9. 방화석고 절단	**10. 기둥,보 철물설치**	**11. 방화석고 취부**	**12. 퍼티작업**

그림 2.2.8.21 MOCK UP 제작사진

○ 모니터링 결과
- 공정별 인원투입 67명 투입
- MOCK-UP 제작으로 도면검토 및 시공방법에 대한 인력 투입 多
- 철골제작 우선으로 수장공 투입이 어려워 철골 작업자가 방화석고보드 취부로 생산성 낮게 나옴

표 2.2.8.19 공정별 투입인원 현황

공정명	투입인원	공정명	투입인원
자재절단 및 절곡	7	데크설치/스터드볼트 포함	6
1차 단품가공	9	콘크리트 타설/슬리브, 방수턱	5
장변제작	6	동절기 난방 및 보양	2
육면체조립	10	석고재단	2
샌딩	2	경량철물설치/석고취부	12
도장	5	석고퍼티	1

라) 4차년: 조립식주택 경제성 확보 방안

연구목표

- 가양실증단지 설계VE를 통한 원가절감

연구내용

- 가양실증단지 설계VE를 통해 원가절감 방안 제시
  - 가양실증단지의 설계VE를 통하여 원가절감 및 품질향상 기여
  - 사전 Risk Management를 통해 사전에 위험요소를 발굴하여 회피
- 모듈러 표준 내역서 작성
  - 가양실증단지의 일반 내역을 바탕으로 모듈러 표준내역서로 재분류

최종성과물

- 가양실증단지 설계VE보고서 1부
- 가양실증단지 표준내역서 1부

(가) 가양실증단지 설계 VE

① VE 분석결과 요약

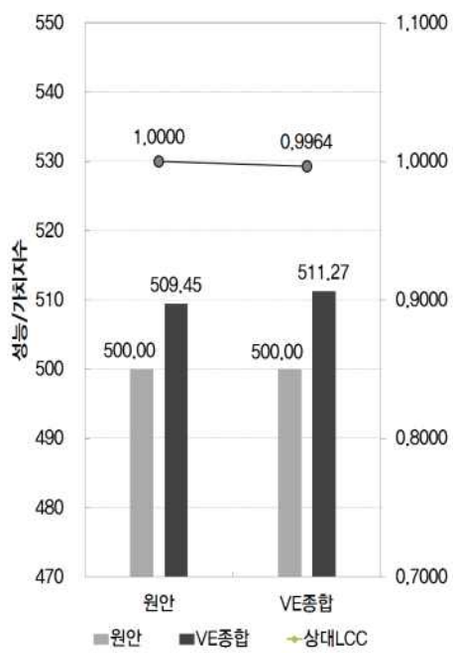
- 설계공모, 기본설계 등의 시행 및 설계의 경제성 등 검토에 관한 지침(국토교통부, 15.06.30) 및 설계VE 매뉴얼에 의거 『가양동 1459-1번지 도시형 생활주택 건설공사 설계VE+RA 용역』을 수행함
- VE검토는 관련분야 전문가들로 최고 가치지향적인 VE제안을 위한 VE팀을 구성하여 함께 VE를 진행하였음
- 전체 VE팀원들을 VE전문가(CVS : Certified Value Specialist)가 Team Leading을 하며, 국토해양부(2006.02) 『설계VE 업무메뉴얼』의 VE Job Plan 및 미국 캘리포니아 교통국(Caltrans)의 『Value Analysis Report Guide』를 참고하여 체계적으로 VE 수행
- 아이디어모색 단계에서 총 56건의 아이디어가 도출되었고 아이디어 평가와 기술검토회의, 이행회의를 총 19건의 대안을 최종적으로 채택하여 제안함
- 총 11건의 VE제안 분석결과 원안 대비 초기공사비 0.63백만원 절감, 생애주기비용 22.94백만원 절감 다기준 성능평가기법(MLPM)에 의한 성능평가기준상으로 성능은 원안대비 1.89%가 향상됨
- 비용절감 및 성능향상을 종합적으로 고려할 때 전체 프로젝트의 가치는 약 2.20% 향상되었음

그림 2.2.8.22 VE결과 종합

② 가치유형별 비용분석 결과

구분		종합	가치혁신	비용절감	성능강조	성능향상
VE제안건수		12건	8건	-	4건	-
비용 증/절감액 (백만원)	초기공사비용	(▽)4.96	(▽)11.71	-	(▲)6.76	-
	유지관리비용	(▽)22.31	(▽)24.16	-	(▲)1.85	-
	생애주기비용	(▽)27.27	(▽)35.88	-	(▲)8.61	-

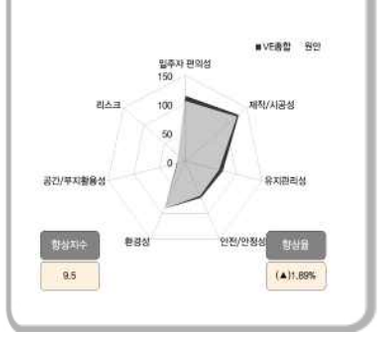
③ VE제안 가치분석 결과

구분			원안	VE종합	원안대비 가치분석 결과
성능 (P)	성능지수		500.00	509.45	
	성능향상율		(▲)1.89%		
비용 (C)	초기 비용 (백만원)	비용	5,364.34	5,359.39	
		절감액	(▽)4.96		
		절감율	(▽) 0.09%		
	생애 주기 비용 (백만원)	비용	7,648.27	7,621.00	
		절감액	(▽)27.27		
		절감율	(▽) 0.36%		
가치 (V)	상대LCC		1.0000	0.9964	
	가치지수		500.00	511.27	
	가치향상율		(▲)2.25%		

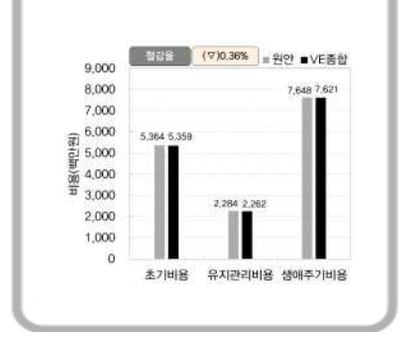
※ 상기 제시한 VE분석결과는 원설계도서 수신일 기준으로 제시된 총공사비 5,364.34(백만원)을 기준으로 분석을 수행한 결과임

분석결과	• VE Job Plan에 의한 일련의 과정을 통해 총 12건 VE제안에 대한 가치분석을 실시함 • VE제안사항에 대해 다단계 성능평가방법과 생애주기비용을 고려하여 본 사업의 가치를 분석함 • 성능(P) 1.89% 향상, 생애주기비용(LCC) 0.36% 증가를 통하여 2.25%의 가치향상을 도모함

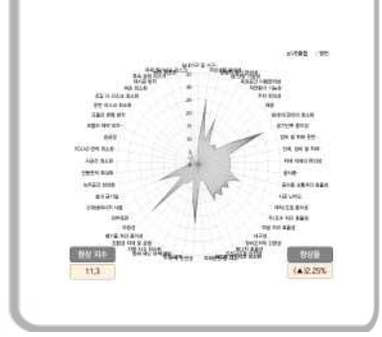
성능 Diagram



비용 Diagram



가치 Diagram



④ VE제안별 분석결과

구 분	아이디어 내용	성능향상율 (%)	비용절감액(백만원)		가치향상율 (%)
			초기공사비용	생애주기비용	
제안-01	• 옥외주차장에 회차공간을 설치하여 통로를 확보하자 (101동 지상1층 X3열~X4열)	(▲)1.19%	(▽)0.03	(▽)0.03	(▲)1.19%
제안-02	• 101동, 102동 세대모듈러 각층 발코니 세대간벽 방수턱 150㎜ 설치하여 누수를 방지하자	(▲)1.50%	(▲)2.85	(▲)2.85	(▲)1.46%
제안-03	• 101동 지상1층 계단밑 창고#1 = 계단경사로 부분만 1.0B 벽체설치	(▲)1.14%	(▲)0.02	(▽)1.06	(▲)1.15%
제안-04	• 지상1층 펌프실/물탱크실 집수정이 불필요하므로 자연배수관 설치하자	(▲)0.66%	(▽)0.89	(▽)1.11	(▲)0.67%
제안-05	• 101동, 102동 지붕 배기용 무동력팬 2개를 1개로 축소하자	(▲)0.66%	(▽)0.28	(▽)1.15	(▲)0.68%
제안-06	• 101동 지상6층 전면 발코니 알루미늄루버 기능상 불필요하므로 삭제하자	(▲)0.14%	(▲)0.65	(▲)1.31	(▲)0.12%
제안-07	• 102동 지상1층 층고 4.4m를 4.0m로 (홀 천장고 2.8m → 2.4m)조정하자 (사선제한, 동간격 유리)	(▲)1.29%	(▽)4.12	(▽)7.01	(▲)1.38%
제안-08	• 101동, 102동 세대간벽 내화1시간기준 50㎜그라스울 양면을 일면으로 설치 하자	(▲)1.14%	(▽)2.65	(▽)4.79	(▲)1.20%
제안-09	• 101동 지상1층 경비실,홀 바닥슬래브 하단면 천장100㎜ 경질우레탄 단열재 설치하자 (결로방지)	(▲)1.47%	(▲)2.20	(▲)2.89	(▲)1.43%
제안-10	• 101동, 102동 지상2층~6층 복도 바닥슬래브 두께210㎜를 150㎜로 설치하자 (국토부 규칙 비주거공간 기준)	(▲)0.44%	(▲)1.05	(▲)1.55	(▲)0.42%
제안-11	• 저수조 재질 PDF를 STS로 변경하자	(▲)2.70%	(▲)0.57	(▽)16.39	(▲)2.92%
제안-12	• 102동 층고를 101동과 동일하게 조정하자	(▲)1.29%	(▽)4.33	(▽)4.33	(▲)1.35%
초기공사비용 절감형 (6건)		(▲)1.89%	(▽)12.30	(▽)18.42	(▲)2.25%
초기공사비용 절감형 이외 (6건)			(▲)7.35	(▲)8.84	
VE대안 종합 (12건)			(▽)4.96	(▽)27.27	

(나) 가양실증단지 RISK 관리

① 리스크 정성적 분석

- 도출된 총 22개의 리스크에 대해 리스크의 정성적 분석(Qualititive Risk Analysis)을 거쳐 리스크 우선순위를 선정함
- 정성적 리스크 분석은 미국 캘리포니아교통부(Caltrans, 2012)의 사업리스크관리 핸드북 리스크 매트릭스법 적용지침을 준용하여 임팩트/확률 매트릭스법에 의해 우선순위를 선정함

② 리스크 우선순위 평가기준

- 리스크 매트릭스는 리스크의 임팩트(리스크가 발생했을 대의 손실 · 이익)와 확률(리스크가 발생할 가능성)의 곱이 낮은지, 중간 정도인지, 높은지를 결정하기 위한 가장 잘 알려진 방법론임 발생 확률과 발생 임팩트가 공히 매우 높은 것이 1등급부터 발생 확률과 발생 임팩트가 공히 매우 낮은 10등급까지 등급화)
- 아래 미국 캘리포니아교통부(Caltrans, 2012) 리스크 매트릭스법 적용지침에 따라 발생확률보다는 임팩트에 보다 높은 비중을 주어 평가를 수행하였으며, 우선순위가 높은 리스크에 대한 리스크 대응 전략은 팀 토론을 통하여 정의함

리스크 우선순위 평가기준

발생가능성	위협					기회				
매우높음 90%	7	5	3	2	1	1	2	3	5	7
높음 70%	8	6	4	3	2	2	3	4	6	8
보통 50%	9	7	5	3	2	2	3	5	7	9
낮음 30%	10	8	6	4	3	3	4	6	8	10
매우낮음 10%	10	9	8	5	4	4	5	8	9	10
임팩트	매우낮음 〈 0.5%	낮음 0.5~1.0%	보통 10.~1.5%	높음 1.5~2.0%	매우높음 〉 2.0%	매우높음 〉 2.0%	높음 1.5~2.0%	보통 10.~1.5%	낮음 0.5~1.0%	매우낮음 〈 0.5%

리스크 22건 우선순위 평가

발생가능성						
	VH			RS-05	RS-01	
	H			RS-19	RS-02 / RS-03 / RS-08 / RS-09 / RS-17	
	M			RS-11 / RS-22	RS-04 / RS-12	RS-06 / RS-07
	L	RS-14	RS-15 / RS-16	RS-18/21	RS-10 / RS-20	
	VL		RS-13			
		VL	L	M	H	VH
		임팩트				

※ 리스크 정성적 평가기준 - VL : 매우낮음 / L : 낮음 / M : 보통 / H : 높음 / VH : 매우높음

③ 리스크 및 리스크대응책에 대한 이행회의 결과

○ 리스크의 정성적 평가를 통해 총 22건의 리스크를 식별하였으며, 식별된 22개의 리스크에 대해서 브레인스토밍 기법을 통해 리스크 대응책 26건을 수립함

구분	리스크 설명		리스크 대응책		채택 여부
RISK-01	위협 (Threat)	• 운반중 변형으로 인한 시공오차 발생으로 인한 공사비 증가와 공기지연 리스크	완화 (Mitigation)	• 발란스빔 등 변형방지를 위한 장비사용, 잦은 양중금지	▣
RISK-02	위협 (Threat)	• 모듈러 적재 및 하차시 모듈러 변형으로 인한 공사비 증가 리스크	완화 (Mitigation)	• 전용 Lifting Beam 등 설계 및 개발	▣
				• 적재공간 충분히 고려된 차량 수배	▣
RISK-03	위협 (Threat)	• 모듈러 운반 중 우수침투에 의한 재료 손상으로 공사비 증가 및 공기지연 리스크	완화 (Mitigation)	• 제품포장 철저 및 운송간 포장지 파손 방지	▣
RISK-04	위협 (Threat)	• 내화규정 등 각종 규정 및 지침 준용에 따른 재료/제품변경으로 공사비 증가 리스크	완화 (Mitigation)	• 사전 충분한 법규 및 제작 검토	▣
RISK-05	위협 (Threat)	• 모듈러 운송지연 및 설치순서에 맞는 모듈 반입 지연으로 시공(설치지연) 장비 및 인력 대기로 인한 간접비 증가 리스크	완화 (Mitigation)	• 모듈러 설치계획 철저, 사전 운송차량 관리	▣
RISK-06	위협 (Threat)	• 창호/도어/계단 등 도면 오류와 제작 인력의 실수로 인한 재작업 발생으로 자재 및 시공비 증가 리스크	완화 (Mitigation)	• 체크리스트 준비 및 철저한 품질점검	▣
				• 사전 SHOP DWG 검토, 이중 품질 체크	▣
RISK-07	위협 (Threat)	• 시공자재의 부족으로 인한 생산 중단 등으로 인한 공기지연 리스크	완화 (Mitigation)	• 자재적재를 고려한 생산계획 작성	▣
RISK-08	위협 (Threat)	• 모듈의 앵커링 및 제작 오류에 의한 설치 일정 지연 리스크	완화 (Mitigation)	• 현장 기초공사와 모듈러 설치업체 동일하게	▣
RISK-09	위협 (Threat)	• 장애물로 인한 (도로 폭 협소, 전기, 통신선로) 나무, 전봇대, 지하도 등 운송불가로 인한 비용 증가 리스크	완화 (Mitigation)	• 사전 운송로 검토 및 지장물 조치계획 작성 및 시뮬레이션 수행 (Mock Up 운송 및 설치)	▣
RISK-10	위협 (Threat)	• RC 코어 또는 철골 구조물과 복합으로 시공시 시공오차로 인한 설치지연 리스크	완화 (Mitigation)	• 오차발생을 위한 디테일 마련 (오차발생 기정 사실화)	▣
				• RC, 철골 치수관리 철저, 설계시 시공오차 고려	▣

구분	리스크 설명		리스크 대응전략	리스크 대응책	채택 여부
RISK-11	위협 (Threat)	• 모듈러 설치 후 후시공 작업으로 외장재 설치에 따른 오차 발생으로 인한 원가 상승 및 공기지연 리스크	완화 (Mitigation)	• 오차발생을 흡수할 만한 디자인 제안	▣
				• 외장작업시 시공오차를 고려한 설계 (오픈 조인트) 및 정밀시공	▣
RISK-12	위협 (Threat)	• 전선 품절로 인한 자재 구매 지연 리스크	완화 (Mitigation)	• NFIX 전선으로 대체 가능	▣
RISK-13	위협 (Threat)	• 대치 고유저항이 높아서 규정 접지저항지(10옴) 확보가 곤란	완화 (Mitigation)	• 사전 대지저항 측정이 필요	▣
RISK-14	위협 (Threat)	• 정온식 감지기 온도 표기가 없어 적정 온도 작동이 어려움	완화 (Mitigation)	-	▣
RISK-15	위협 (Threat)	• 입주자가 설치하는 냉방시설에 따른 공사비 증가 및 미관 저하 리스크	완화 (Mitigation)	• 공장제작시 오차관리 철저	▣
				• SH공사 지침에 따름	▣
RISK-16	위협 (Threat)	• 이설하수관에 연결 트렌치 직접 연결시 하수구 악취와 역류 발생으로 인한 민원발생으로 공기지연 리스크	완화 (Mitigation)	• 연결트렌치 삭제 후 집수정 설치	▣
RISK-17	위협 (Threat)	• 배관 조인트의 부정확한 접합으로 인한 누수	완화 (Mitigation)	• 하자방지를 위한 조인트 시공 • 최종 마감전 수입 등 Test 진행	▣
RISK-18	위협 (Threat)	• 건설자재 원가 상승에 따른 모듈러 주택의 성능 확보 지연 또는 실패	완화 (Mitigation)	• 대체 자재리스크 사전 구축 (DB)	▣
				• 생산계획을 반영한 사전 자재구매 • 확신 가능한 자재 스펙 적용	▣
RISK-19	위협 (Threat)	• 공장제작과 현장조립, 일부공종의 현장공사에 따른 품질 조직 이원화로 품질 추적관리 불연속성	완화 (Mitigation)	• 공장제작에 관여하는 전담 품질관리자 파견	▣
				• 공정한 단계별 품질관리 (확인 후) 후속공정 진행 책임자 선정	▣
RISK-20	위협 (Threat)	• 지지 구조물의 크랙 등 결손으로 인한 모듈러 변경	완화 (Mitigation)	• RC구조물 품질관리 강화	▣
RISK-21	위협 (Threat)	• 숙련공 이탈에 따른 적기 자재 공종 불가 및 공기지연 리스크	완화 (Mitigation)	-	▣
RISK-22	위협 (Threat)	• 하수도 이설 협의지연에 따른 공기지연 리스크	-	-	

마) 5차년: 조립식주택 경제성 확보 방안

연구목표

- 실증단지 모니터링을 통한 조립식주택 공사원가 절감방안 연구

연구내용

- 모듈러 실증단지 모니터링
  - 천안두정 실증단지 공장제작 모니터링
  - 천안두정 실증단지 현장설치 모니터링
- 조립식주택 경제성 향상방안
  - Web-Cyclone 방법론 활용 생산성 및 민감도 분석
  - 최적대안에 따른 생산성 향상 결과 및 그에따른 공사비 절감 분석

최종성과물

- 실증단지 모니터링을 통한 조립식 주택 공사원가 절감방안 연구 보고서 1부

(가) 연구목표 및 전략

① 연구목표

○ 본 연구의 목표는 “적층식 모듈러 건축에 대한 공장제작 및 현장설치 모니터링과 이에 대한 분석을 통한 생산성 향상 방안”도출이며, 이를 통해 적층형 모듈러 주택보급의 저해요소로 작용되는 공사비를 저감하는 하나의 방안을 제시하고자 함.

○ 상기와 같은 본 연구의 목표를 달성하기 위한 전략은 다음과 같음.

○ 첫째, “공장제작 모니터링 분석”을 위해 제작공정의 프로세스를 조사 및 분석함. 즉, 모듈유닛 제작 시의 투입 시간 및 인원을 조사하고, 공장제작에 대한 공정별 현황 결과를 분석함. 상기의 분석결과를 통해 공종별 문제점과 개선방안을 제시하고자 함. 공장제작 학습효과에 따른 생산성 측정을 통해 공장제작 효율성 향상을 위한 종합분석을 실시함.

○ 둘째, “현장설치 모니터링 분석”을 위해 현장 조립 및 설치공정의 프로세스를 조사 및 분석함. 즉 모듈유닛 설치 시의 투입 시간 및 인원을 조사하고, 현장설치에 대한 공정별 현황 결과를 분석함. 상기의 분석결과를 통해 공종별 문제점과 개선방안을 제시하고자 함. 현장설치 학습효과에 따른 생산성 측정을 통해 현장설치 효율성 및 경제성 향상을 위한 종합분석을 실시함.

○ 셋째, “모듈 공장제작 및 현장설치 생산성 향상 방안”제시를 위해 건설분야의 반복작업 프로세스 시뮬레이션 분석 기법인 Web-Cyclone 분석을 적용하여 모듈러 공장제작 및 현장설치에 대한 공정별 시간 및 인원투입요소를 고려하고 단위 시간당 완성 공정을 분석하여 생산성 향상방안을 제시함.

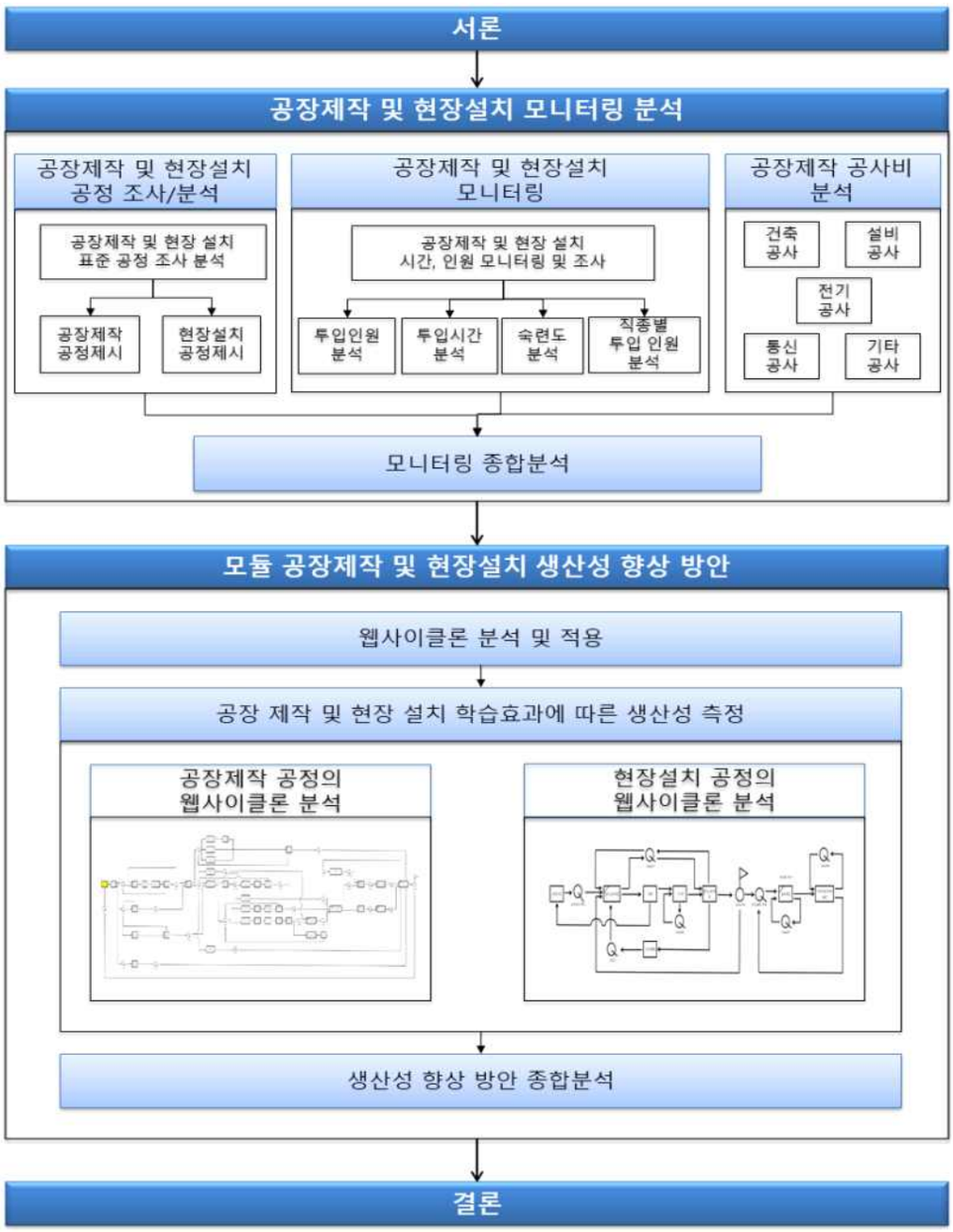


그림 2.2.8.23 연구의 목표 및 내용

(나) 천안두정 공장제작 및 현장설치 모니터링

① 제작공장 개요

- ㅇ 공장위치 : 경남 창녕군 계성면 광계마을길
- ㅇ 대지면적 : 27,792평
- ㅇ 연 면적 : 2,938평
- ㅇ 주요장비 : 밴드쇼, 절곡기, 오버해드크레인, 지게차, 도장부스 등
- ㅇ 생산제품 : 조선, 토목/건축 가설재, 모듈러

그림 2.2.8.24 공장전경

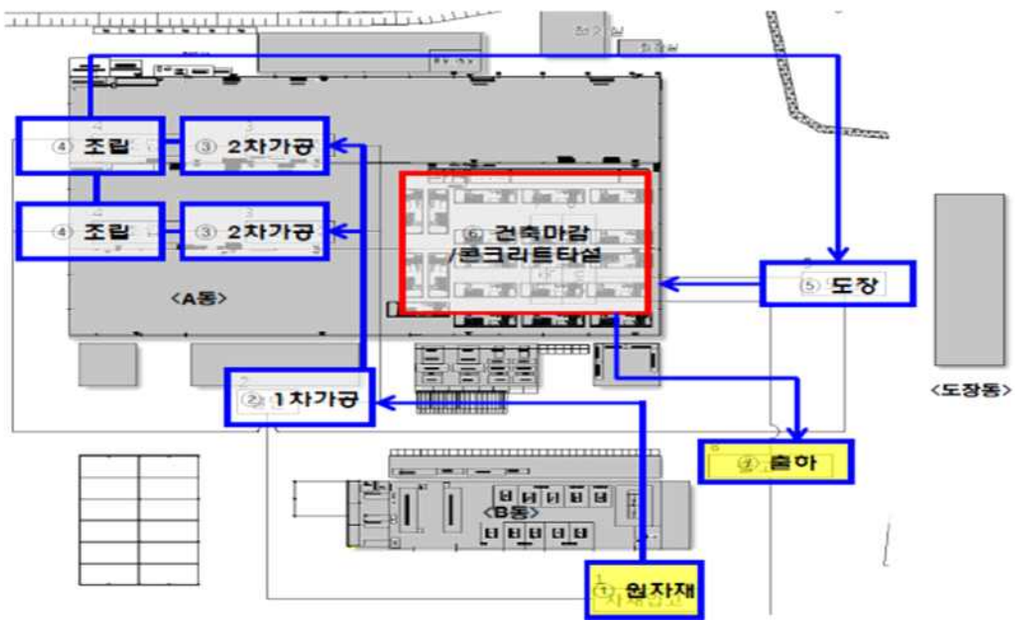


그림 2.2.8.25 공장 Lay out

② 천안두정 공사개요

구 분	내 용
공 사 명	'17년 천안두정 공공주택 건설공사
위 치	충남 천안시 서북구 두정동 581번지
지역/지구	제2종 일반주거지역, 가축사육제한구역, 상대보호구역, 절대보호구역
용 도	공동주택(아파트), 도시형 생활주택 40세대
대지면적	971.20 ㎡ (294평)
건축면적	401.47 ㎡ (122평)
건 폐 율	41.34%
연 면 적	1,510.07㎡
용 적 율	155.48%
주차대수	17대 (일반 12대, 장애인 전용 1대, 확장형 4대)
조경면적	105.25 ㎡ (10.83%)
구 조	모듈러공법(RC, 적층식(금강공업), 인필식(스타코)
난방방식	개별난방
규 모	아파트 1개동, 40세대 (1층~ 6층)

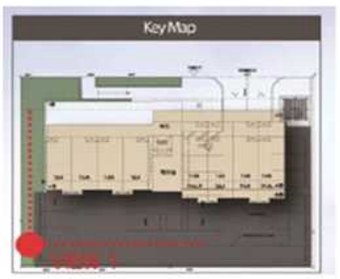


그림 2.2.8.26 공사개요

③ 천안두정 건축도면

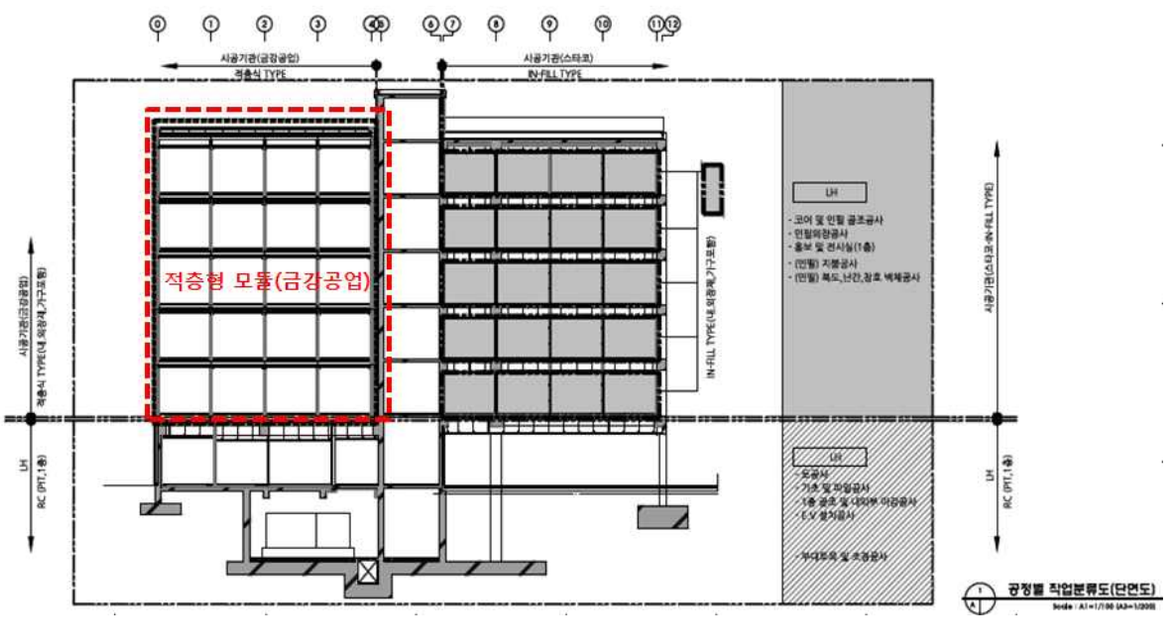


그림 2.2.8.27 모니터링 범위

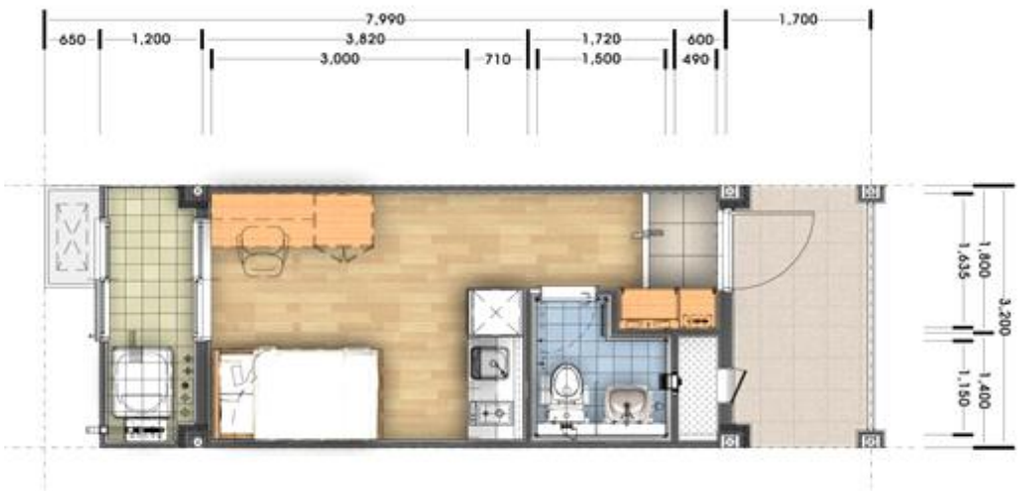
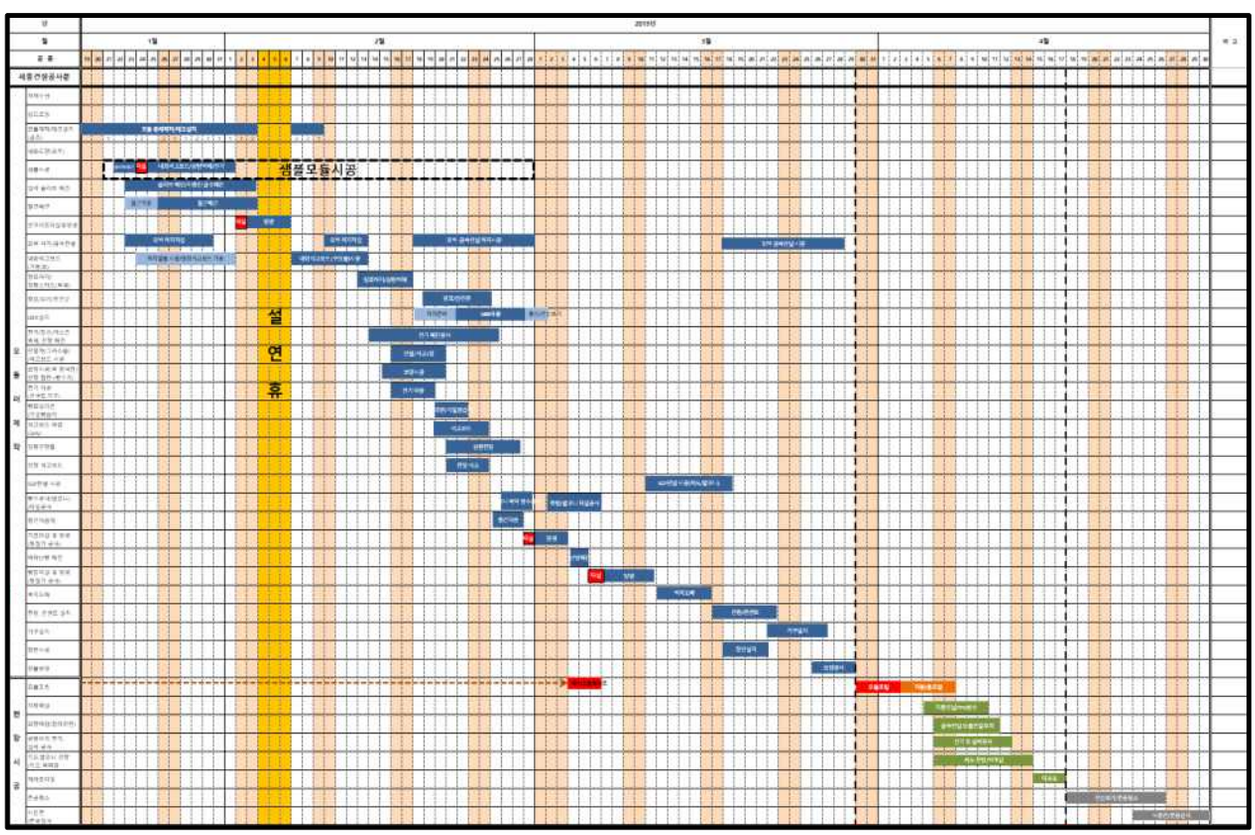


그림 2.2.8.28 단위세대 평면도

④ 공정표



⑤ 모니터링 개요

- ㅇ 공장제작 모니터링 : 2019년 1월 19일~2019년 3월 29일
- ㅇ 모듈 배치 방식 : 2행 10열

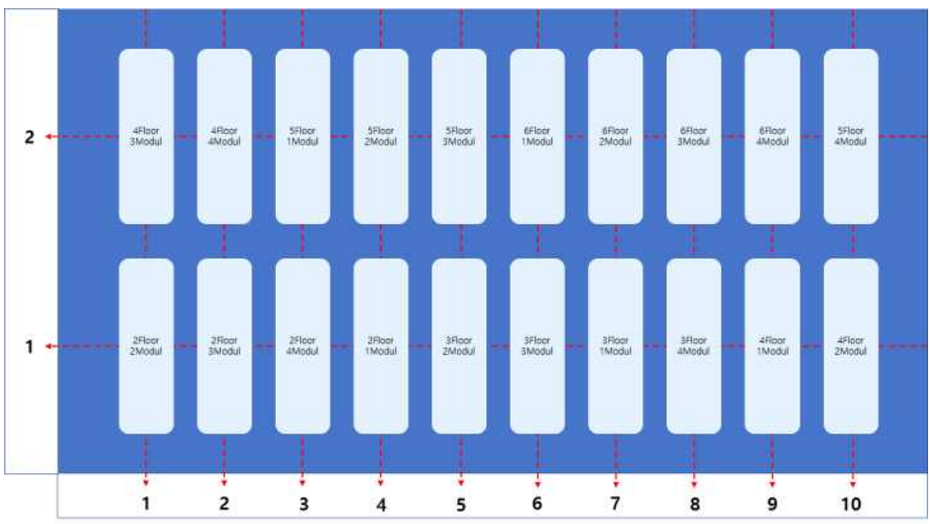


그림 2.2.8.29 공장제작 모듈 배치

그림 2.2.8.30 공장제작 모습

- ㅇ 현장설치 모니터링 : 2019년 4월 4일~2019년 4월 7일
- ㅇ 천안두정 실증단지의 현장설치 및 현장작업 공정은 2019년 4월 4일부터 2019년 4월 30일까지 진행되었지만, 본 연구에서는 4월4일부터 7일까지 4일간 진행된 모듈러 양중 및 조립 부분에 대한 모니터링을 실시함.

그림 2.2.8.31 천안두정 실증단지 현장설치

⑥ 모니터링 결과

- 공장제작 및 현장설치 각각의 공정을 분류하여 모니터링 계획 및 작업일보양식을 작성함. 작업일보에 기록된 정보를 이용하여 공장제작 및 현장설치 공정에 실제 투입된 작업시간 및 작업인원 현황을 조사함. 또한, 공장제작과 현장설치 공정에서 발생한 문제점은 다음과 같음
- 모듈러건축은 라인생산(Line Production)의 형태로 제작되어야 그 효과가 나타나지만, 천안두정 실증단지는 모듈을 공장바닥에 배치하여 공장제작을 진행함. 이러한 배치는 투입된 인력들이 단위공정순서에 관계없이 작업을 진행하고, 그에 따라 반복생산에 의한 숙련도 증가 등의 장점을 극대화하지 못해 생산성이 저하된 부분이 발생하였으며, 또한 일관되지 않은 작업진행으로 제작품질의 향상에도 한계가 있었던 것으로 파악됨.
- 공장제작 투입인원의 숙련도 검토를 위하여 투입인원의 경력, 모듈러 공사경험, 연령대를 분석한 결과 10년 이상 경력자가 76%를 차지하였으나, 이들 대부분이 모듈러공사 미경험자로서, 이들을 모듈러공사 경험자들로 대체할 경우 어느 정도의 생산성 향상이 이루어질 수 있을 것으로 예상해 볼 수 있음.
- 현장설치 과정에서는 양중 후 설치 과정 중에 발견된 시공오차를 해결하기 위해 작업시간이 지체됨. 또한 현장설치 시 모듈러설치 경험이 부족하거나 없는 작업자들이 투입되어 현장설치 공정의 시간 단축에 한계가 있었음

(다) Web-Cyclone 방법론 활용 경제성 분석

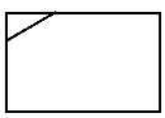
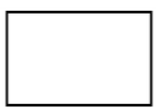
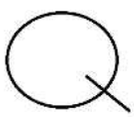
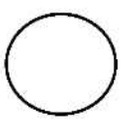
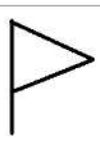
① Web-Cyclone 분석 개요

- 'Web-Cyclone'은 미국 Purdue 대학의 Halpin 교수에 의해 고안된 반복 작업 프로세스 시뮬레이터 'Cyclone'(1974)을 웹 인터페이스에 맞추어 개량한 것임. 불연속사건 시뮬레이션 기법 중 하나로써 건설 작업 공정의 계획과 분석에 유용하게 쓰이는 순차적 알고리즘 방법임. 공정 시뮬레이션의 형태인 사이클론은 Activity, Operation, Work task 등으로 구성되며, 자원 및 작업시간, 작업간의 논리적인 상호관계를 단순하게 표현할 수 있음
- 특히, 'Web-Cyclone' 방법은 특정 공종을 대상으로 반복적인 시뮬레이션을 수행하여 생산성을 산출할 수 있음. 또한 민감도 분석을 통해 생산성에 영향을 미치는 요인을 파악할 수 있으며, 도출된 요인으로 입력변수를 조정하여 생산성 변화를 파악할 수 있는 특징이 있음.
- 생산성은 생산활동의 효율성을 가늠하는 가장 기본적인 척도로서, 다음 식과 같이 투입량에 대한 생산량의 비로 나타낼 수 있음. 다음의 식은 Input의 종류(labor, capital 등)와 Output에 따라 노동생산

성, 자본생산성, 원재료생산성 등으로 정량화 시킬 수 있음. 건설분야에서는 보편적으로 Input에 시간에 대한 노동을 투입하는데, 시간의 흐름에 따른 측정이 가장 쉬운 측정방법인 동시에 시간당 노동력은 건설 측면에서 가장 중요한 자원(resource)요소이기 때문임.

$$\mathrm{P}roductivity = \frac{Output(unit\ of\ products)}{Input(resources)}$$

○ 본 연구에서 적용할 'Web-Cyclone'방법의 주요 구성 요소는 다음의 표와 같음.

구 성 요 소	기 호	비 고
COMBI		진행을 멈추고 선행 QUEUE 작업들이 완수 될 때까지 대기
NORMAL		가장 먼저 도달하는 선행 작업으로부터 사용자가 지정한 시간만큼 소요한 뒤 진행
QUEUE		작업 사이에 발생하는 유휴시간을 나타내며 COMBI에 선행함
FUNCTION		특수한 기능을 위한 요소임 a) 통과 횟수 기록 b) 특정 번호의 작업으로 건너뜀 c) 확률의 샘플링을 위한 더미 생성
ACCUMULATOR		FUNCTION의 일종으로 통과 횟수를 1 가산한 후 처음으로 돌아감. 공정의 완료를 나타냄

② Web-Cyclone 시뮬레이션

○ 본 연구에서 용할 Web-Cyclone 분석법의 흐름은 아래와 같음.

○ 첫째, 공종선택, 계획수립, 현황파악 등을 통해 작업 프로세스 모델링을 구축함.

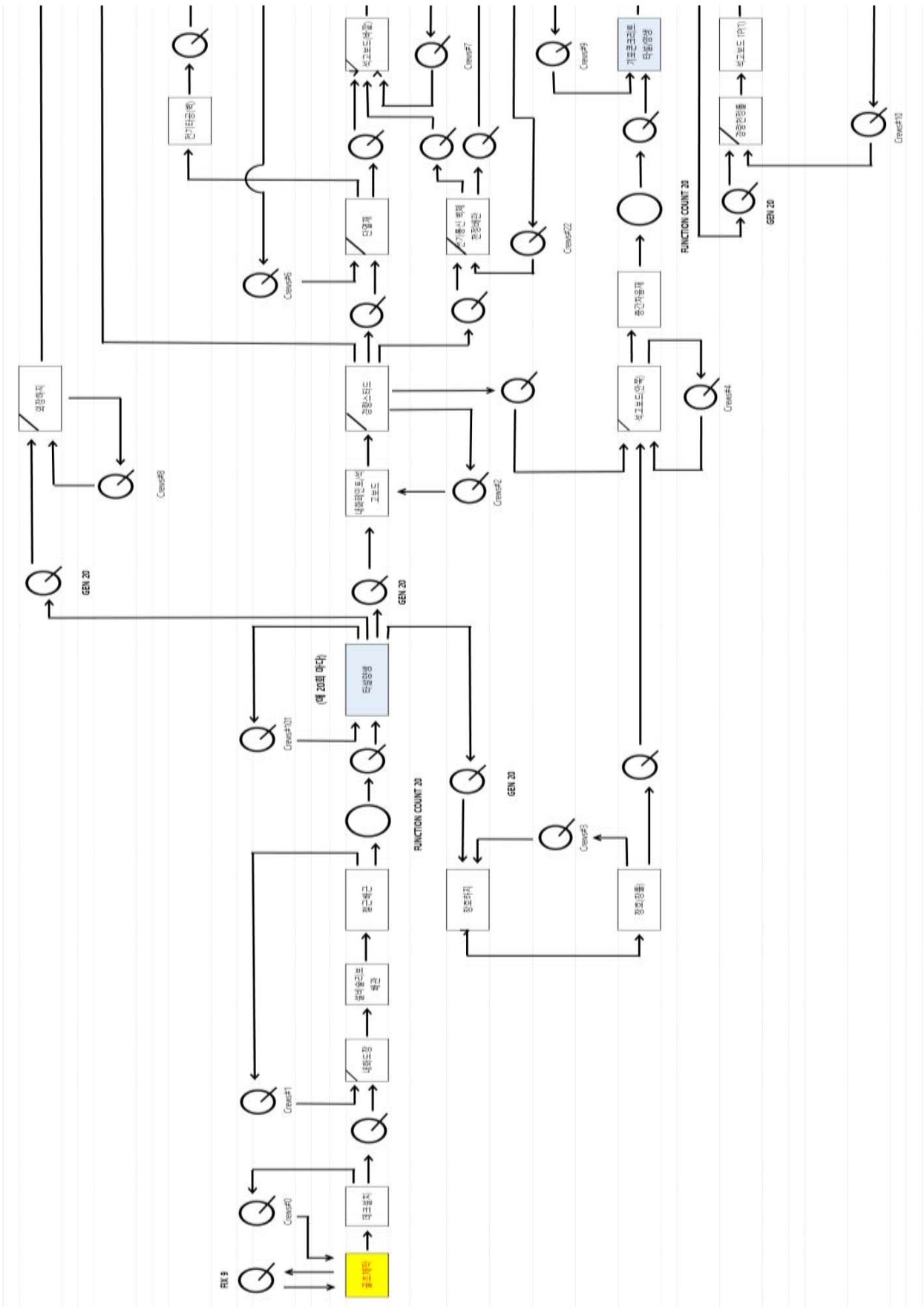
- 공종 선택 : 전체 공정에서 병목이 발생하거나 효율이 저하되는 공종 선정
- 계획 수립 : 선행 연구 및 현장 관리자 자문을 통해 관리 목표 설정
- 현황 파악 : 세부 작업들 간의 순서와 인력, 장비 등 자원투입의 논리관계 파악

○ 둘째, 기본 Cyclone 모델을 바탕으로, 모델링 요소 변경 및 작업 사이클 평준화를 실시함.

- 기본 Cyclone 모델 도입
- 모델링 요소 변경 : 실제 현장과의 차이를 고려해 모델 커스터마이징
- 작업 사이클 평준화 : 세부작업 조정, 병목 해소

○ 셋째, 시뮬레이션 결과를 바탕으로 생산성을 얻고, 민감도 분석을 통해 현장적용성을 분석함.

- 단위시간당 생산성 곡선 도출
- 민감도가 높게 나타나는 변수의 초기 값 조정
- 반복 수행을 통한 수동적 회귀 분석
- 현장 적용성 평가


GEN 20
FUNCTION COUNT 20
(예 20회 반복)

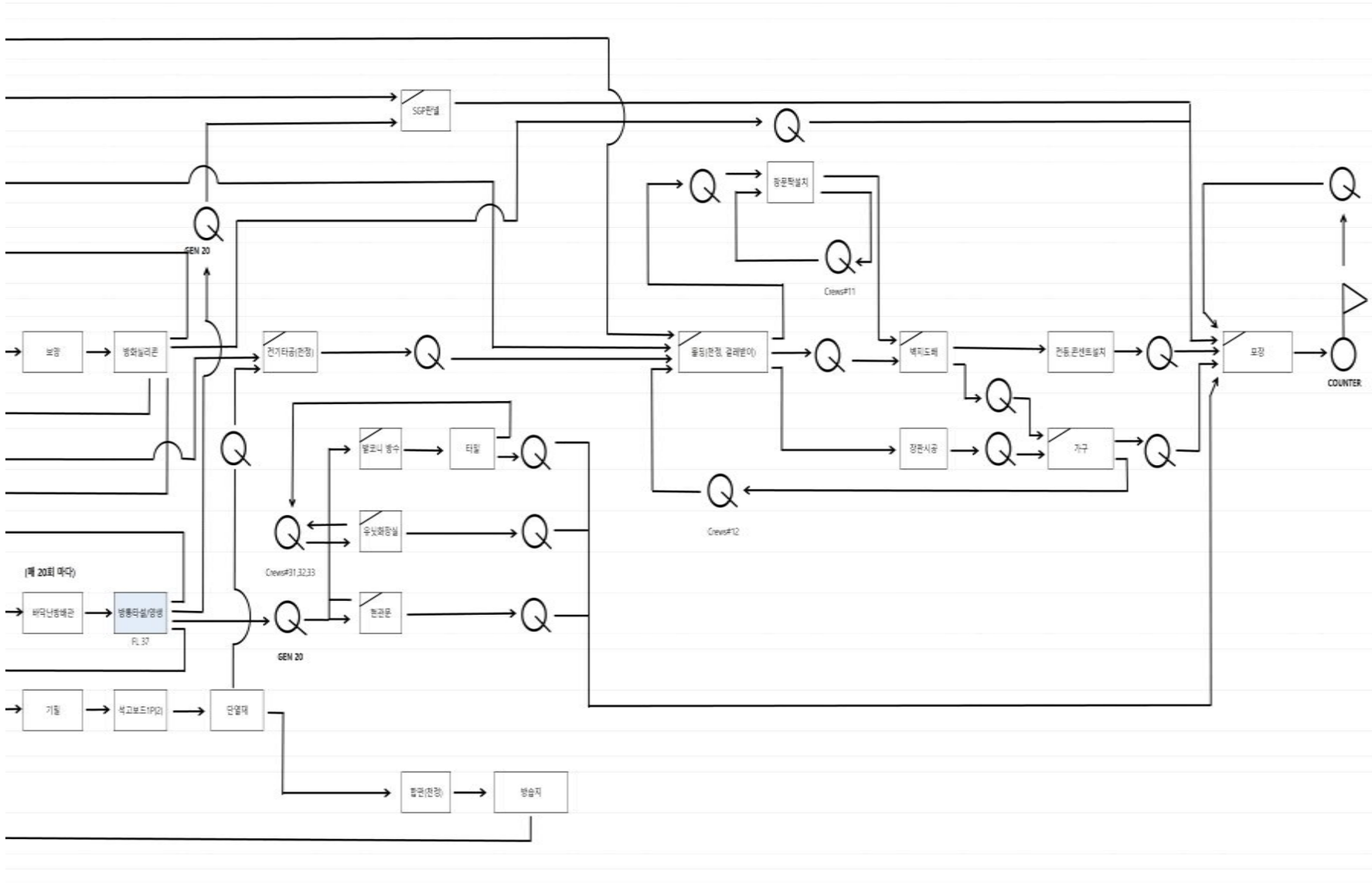


그림 2.2.8.32 Web-Cyclone모델 공장제작 공정관리표

- 위의 그림은 제작공정을 대상으로 구축된 Web-cyclone모델 제작공정 공정관리표임. 모니터링을 통해 수집한 데이터를 입력변수로 반영하기 위해서 제작공정을 단위작업들로 세분화하였으며, 각 작업간의 선·후행 관계 및 작업시간, 작업조 구성에 관한 정보를 정의하였음.
- 시뮬레이션 모델 구축 후 현장 모니터링 분석을 통해 소요시간 편차(variance)가 존재하는 공종은 평균·최대·최소값의 삼각분포로 모델의 입력변수로 적용하였음.
- 다음 그림2.2.8.31은 설치공정을 대상으로 구축된 Web-cyclone모델 제작공정 공정관리표임. 모니터링을 통해 수집한 데이터를 입력변수로 반영하기 위해서 설치공정을 단위작업들로 세분화하였으며, 각 작업간의 선·후행 관계 및 작업시간, 작업조 구성에 관한 정보를 정의하였음.

③ Web-Cyclone 시뮬레이션 활용 생산성 분석

- 생산성은 생산활동의 효율성을 가늠하는 가장 기본적인 척도로서, 본 연구에서는 단위시간당 노동량을 의미함.
- 위 단계에서 모델링한 모듈러 공장제작 Web-Cyclone 모델의 제작기간은 총 72일이 소요되었으며, 실제 공정은 2019년 1월 19일부터 4월 3일까지 총 75일이 소요되었음. 실측값 대비 오차는 약 -4.0% 정도로 발생하여, Web-Cyclone모델의 결과는 실제 제작공정 일정과 매우 유사한 결과 갖는 것으로 나타남.
- 그러나 실제와 시뮬레이션 결과의 생산성 차이는 시뮬레이션모델 구축과정에서 각 공종별 공정소요 시간들에 대한 수집데이터 부족과 현장에서 발생할 수 있는 모든 지연요소를 반영하지 못한 차이에서 기인한 것으로 판단됨.

표 2.2.8.20 모듈러 제작공정의 총 소요시간 및 생산성

Cycle No.	총 소요시간 (hour)	총 소요시간 (day)	생산성 (cycle/hour)
20	647.7	72.0	0.030878

- 다음 표는 현장설치 공정의 생산성을 분석한 결과 임. Web-Cyclone 모델의 설치공정에서 제작기간은 총 3.8일이 소요됨. 실제 공정은 4일이 소요되었음. 실측값 대비 오차는 약 -5.0% 정도로 발생하여, Web-Cyclone 모델의 결과는 실제 설치공정 일정과 매우 유사한 결과 갖는 것으로 나타남.

표 2.2.8.21 모듈러 설치공정의 총 소요시간 및 생산성

Cycle No.	총 소요시간 (min)	총 소요시간 (hour)	총 소요시간 (day)	생산성 (cycle/hour)
5	2032.7	33.9	3.8	0.002460

그림 2.2.8.33 Web-Cyclone 모델 현장설치 공정관리표

④ 학습효과

○ 학습곡선이란 단위당 총 직접 노동 투입량과 제품의 누적 생산량과의 관계를 나타내는 그래프임. 특히 학습곡선은 반복되는 작업과 관련성이 있고, 경험과 생산성의 상관관계에 대한 내용을 포괄함. 작업자가 기존대비 더 많은 단위의 제품을 생산함으로써 단위당 소요시간은 줄어들 수 있음. 이는 특정 제품을 반복 생산함으로써 노동생산성이 점차 향상되어 단위당 작업시간이 감소하기 때문에 발생함.

○ 다음 그림 2.2.8.32.는 일반적인 제조업의 학습곡선 그래프로써 y축은 생산성, x축은 학습률을 나타고 있음. x에 따른 y값이 비례관계를 표현하고 있으며, y값의 증가는 반복작업에 의한 학습효과로 생산성의 점진적인 상승을 의미함. 또한 작업자의 업무에 대한 경험이 축적됨에 따라 일정 시점에서는 생산성 향상이 완만하게 됨.

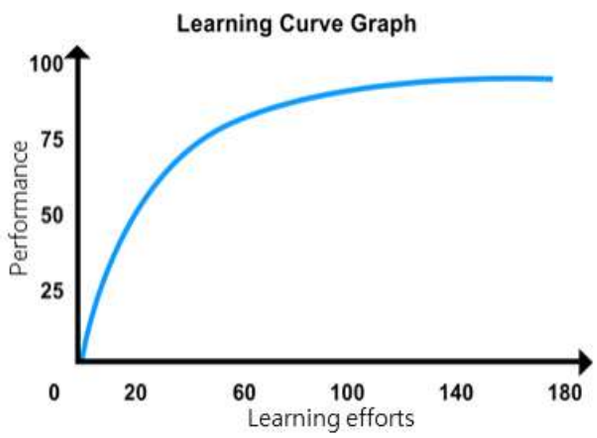


그림 2.2.8.34 제조업 분야의 학습률에 따른 생산성 특성

○ 모듈러 건축 시스템의 경우, 모듈 유닛을 공장에서 제작하는 특징으로 인해 일반적인 제조산업적 특성을 갖는다고 볼 수 있음. 즉 반복적인 작업을 통해 학습 및 숙련도가 축적될수록 생산성이 향상되는 제조업의 특성을 모듈러 건축 시스템에도 동일하게 적용할 수 있음.

○ 본 연구의 경우 20개의 모듈 유닛을 배치생산 방식으로 제작하며, 유닛을 기준으로 작업자가 이동하며 반복적인 작업을 수행함. 따라서 일반 제조산업에서 적용하고 있는 라인생산 방식과 유사한 학습효과가 있을 것으로 판단됨.

(라) 원가절감 방안

① 공장제작 공사비 분석

○ 본 연구에서는 천안·두정 실증단지에 적용되는 적층형 모듈러 주택의 공장제작에 투입된 공사비를 조사 및 분석하였음. 표 13의 공사비 내역은 20개의 모듈을 75일간(1월 19일 – 3월 29일) 제작 및 설치한 작업에 소요된 재료비, 노무비, 경비, 일반관리비를 나타냄.

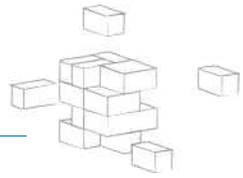


표 2.2.8.22 공장제작의 공사비 내역

구 분			금 액	구 성 비
순 공사원가	재료비	직접재료비	643,258,183	58.6%
		간접재료비	-	
		소계	643,258,183	
	노무비	직접노무비	353,785,028	34.8%
		간접노무비	28,656,587	
		소계	382,441,615	
	경비	기계경비	72,810,789	6.6%
		산재보험료	-	
		고용보험료	-	
		건강보험료	-	
		연금보험료	-	
		노인장기요양보험료	-	
		퇴직공제부금비	-	
		안전관리비	-	
		기타경비	-	
		환경관리비	-	
		지급발급수수료	-	
		소계	72,810,789	
	합계		1,098,510,587	100%
일반관리비			41,743,402	
총합계			1,140,253,989	

○ 상기 표 13에서 보는 바와 같이 천안·두정 실증단지에 적용되는 적층형 모듈러 건축의 공장제작 공정에 투입된 순공사원가는 1,098,854,000원이고, 이에 대한 재료비는 643,258,183원으로 약 58.6% 정도 구성된 것으로 분석되었으며, 노무비는 382,441,615원으로 약 34.8% 정도 구성된 것으로 분석되었음. 또한 경비는 72,810,789원으로 약 6.6% 정도 구성되어 있는 것으로 분석되었음.

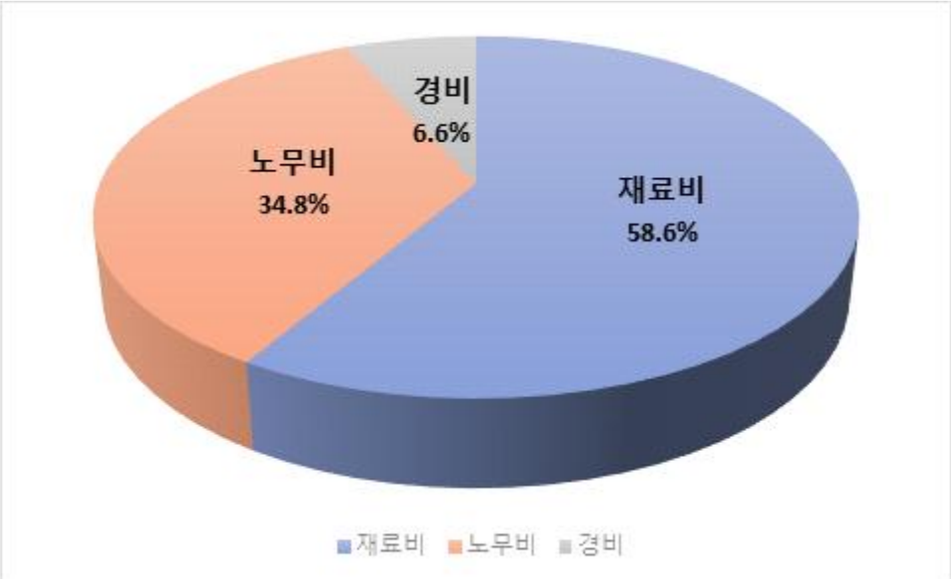


그림 2.2.8.35 순공사비 비율 분석

○ 상기 표 13의 공장제작 공사비에 따라서 각 공정별 재료비, 노무비, 경비의 공사비 내역은 다음의 표 14와 같음.

표 2.2.8.23 천안·두정 실증단지 모듈러 공사 공정별 내역

품명	단위	수량	재료비		노무비		경비		합계	
			단가	금액	단가	금액	단가	금액	금액	비율
건축 공사	식	1	-	573,312,111	-	307,185,489	-	72,060,509	952,558,109	86.7%
설비 공사	식	1	-	45,503,425	-	36,508,238	-	510,280	82,521,943	7.5%
전기 공사	식	1	-	10,454,337	-	23,632,265	-	-	34,086,602	3.1%
통신 공사	식	1	-	8,388,310	-	12,521,223	-	-	20,909,533	1.9%
기타 공사	식	1	-	5,600,000	-	2,594,400	-	240,000	8,434,400	0.8%
합계			-	643,258,183	-	382,441,615	-	72,810,789	1,098,510,587	100%

○ 상기 표 14에서 보는 바와 같이 천안·두정 실증단지에 적용된 적층형 모듈러 건축의 공장제작에 대한 각 공정분류에 따른 순공사원가는 1,098,510,587원이고, 이에 대한 건축공사는 952,558,109원으로 약 86.7% 정도 차지한 것으로 분석되었으며, 설비공사는 82,521,943원으로 약 7.5% 정도 차지한 것으로 분석되었고, 전기공사는 34,086,602원으로 약 3.1% 정도 차지한 것으로 분석되었음. 또한 통신공사는 20,909,553원으로 약 1.9% 정도로 분석되었으며, 기타공사는 8,434,400원으로 약 0.8% 정도로 분석되었다. 이를 도식화하여 나타내면 다음의 그림 29와 같음.

그림 2.2.8.36 공정별 공사비 비율 분석

ㅇ 상기 표 14에서 보는 바와 같이 천안·두정 실증단지에 적용되는 적층형 모듈러 건축의 공장제작에 대한 건축공사 공정 비용은 총 952,558,109원으로 이중 재료비는 573,312,111원 약 60.2%, 노무비는 307,185,489원 약 32.2%, 경비는 72,060,509원 약 7.6% 정도 구성된 것으로 분석되었으며, 이를 도식화하여 나타내면 다음의 그림 30과 같음.

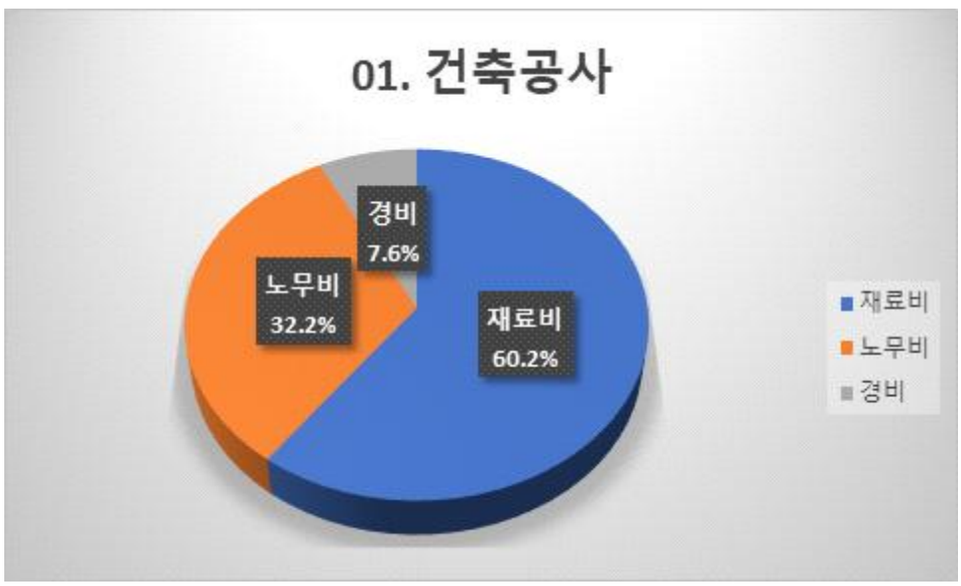


그림 2.2.8.37 건축공사 공정의 공사비 집계 비율 분석

○ 상기 표 14에서 보는 바와 같이 천안·두정 실증단지에 적용되는 적층형 모듈러 건축의 공장제작에 대한 설비공사 공정 비용은 총 82,521,943원으로 이중 재료비는 45,503,425원 약 55.1%, 노무비는 36,508,238원 약 44.2%, 경비는 510,280원 약 0.6% 정도 구성된 것으로 분석되었으며, 이를 도식화하여 나타내면 다음의 그림 31과 같음.

그림 2.2.8.38 설비공사 공정의 공사비 집계 비율 분석

○ 상기 표 14에서 보는 바와 같이 천안·두정 실증단지에 적용되는 적층형 모듈러 건축의 공장제작에 대한 전기공사 공정 비용은 총 34,086,602원으로 이중 재료비는 10,454,337원 약 30.7%, 노무비는 23,632,265원 약 69.3% 정도 구성된 것으로 분석되었으며, 이를 도식화하여 나타내면 다음의 그림 32과 같음.

그림 2.2.8.39 전기공사 공정의 공사비 집계 비율 분석

○ 상기 표 14에서 보는 바와 같이 천안·두정 실증단지에 적용되는 적층형 모듈러 건축의 공장제작에 대한 통신공사 공정 비용은 총 20,909,533원으로 이중 재료비는 8,388,310원 약 40.1%, 노무비는 12,521,223원 약 59.9% 정도 구성된 것으로 분석되었으며, 이를 도식화하여 나타내면 다음의 그림 33와 같음.

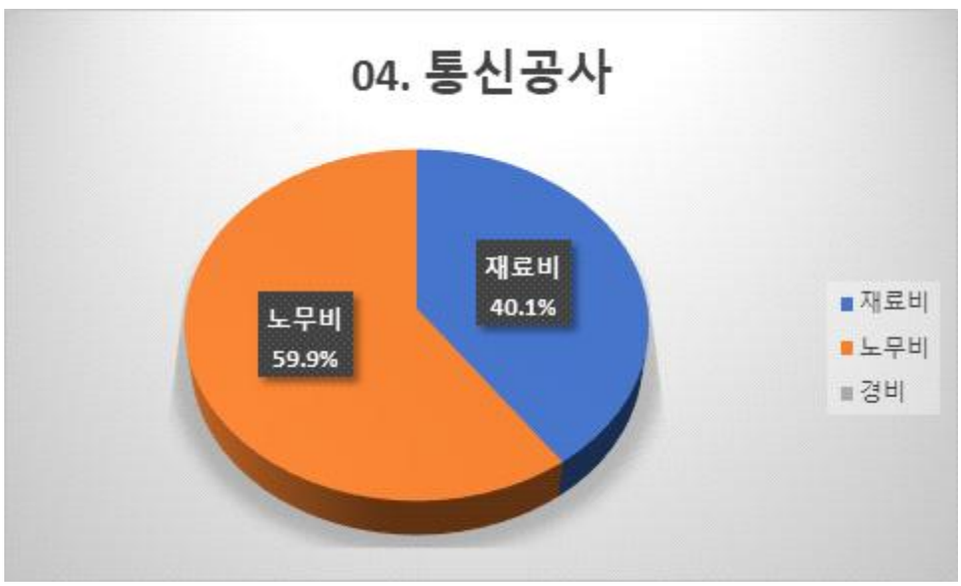


그림 2.2.8.40 통신공사 공정의 공사비 집계 비율 분석

○ 상기 표 14에서 보는 바와 같이 천안·두정 실증단지에 적용되는 적층형 모듈러 건축의 공장제작에 대한 기타공사 공정 비용은 총 8,434,400원으로 이중 재료비는 56,000,000원 약 66.4%, 노무비는 2,594,400원 약 30.8%, 경비는 240,000원 약 2.8% 정도 구성된 것으로 분석되었으며, 이를 도식화하여 나타내면 다음의 그림 34과 같음.

그림 2.2.8.41 기타공사 공정의 공사비 집계 비율 분석

○ 상기 천안·두정 실증단지에 적용되는 적층형 모듈러 건축의 공장제작에 투입되는 공사비를 조사 및 분석한 결과 건축공사 및 기타공사는 건설과정에서 투입되는 자재 및 재료가 많아 재료비가 많은 비율을 차지하는 것으로 분석되었음.

○ 전기공사 및 통신공사의 경우 건설과정에서 투입되는 자재 및 재료보다 투입되는 인력의 노무비가 많아 노무비가 많은 비율을 차지하는 것으로 분석되었음.

② Web-Cyclone 모델 시뮬레이션 및 민감도 분석

○ 본 연구에서는 분석 결과를 통해 모듈러 건축의 공장생산 및 현장설치에 대한 공종별 소요시간 및 생산성 분석결과를 도출하였음. 각 단위 공종에 대해 투입 노무자를 인적자원으로 활용하여 Web-Cyclone 모델을 구축하는 경우, 여러 공종간 자원배정이 지속적으로 변동되거나 작업공간이 변동될 수 있고, 이로 인해 공종의 소요시간이 영향을 받을 수 있으며, 공정 전체의 생산성이 달라질 수 있음.

○ 따라서, Web-Cyclone 모델을 통한 시뮬레이션 분석결과 (시간당 생산량, 공정완료시간, 투입자원 사용효율 및 공정완료비용 등)의 신뢰성을 확보하기 위해서는 각 공종에서 현장의 작업공간이 변동되는 조건을 현실적으로 모델링에 반영해야 함.

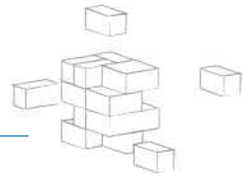
○ 민감도 분석은 Web-Cyclone 모델의 분석과정에서 발생할 수 있는 불확실성을 각 공종에 적용함으로써, 그 결과에 따라 발생할 수 있는 모든 종류의 결과를 검토하는 과정이라 할 수 있음. 소규모 공장제작에 의해 완성되는 모듈러 제작 특성상, 재료 및 장비는 거의 고정된 변수라는 점을 고려할 때, '불확실성'으로서 조정할 수 있는 요인은 주로 인력이라 판단됨.

○ 본 연구에서 구축된 Web-Cyclone 모델을 대상으로 인적자원 변수의 변화(증·감)를 통해 결과를 비교 분석하는 민감도 분석(Sensitivity analysis)을 실시하고자 하였음. 상기 과정을 통해 인적자원 투입 대안별로 단위시간당 생산성 및 단위 비용으로 변화추이를 살펴보고 최적의 인력투입 대안을 제시하고자 함. 이때, 다수의 인력을 투입할수록 작업지연은 단축되고 시간당 노무비용은 상승하는 것을 전제로함.

③ 공장제작 공정 민감도분석 결과 분석

○ 본 연구에 진행된 공장제작 공정을 대상으로 구축된 Web-Cyclone 모델을 활용하여 민감도 분석을 수행한 결과는 표 23~26과 같음. 상기에서 도출된 4가지 경우를 대상으로 민감도분석을 수행하였으며, Crews #22(전기, 설비, 수장), #7(수장), #6(수장, 전기), #31(방수, 타일), #32(UBR), #33(현관문), #10(철골, 수장), #22(전기, 설비, 수장), #8(외장), #12(도배, 가구, 장판, 미장), #40(미장)의 파라미터를 변화하여 시뮬레이션하여 생산성을 산출하였음. 제작공종별 작업자 최적조합은 표 30과 같음.

○ 최적대안에 따른 생산성 변화(공장제작 공정)는 다음 표 32와 같음. 기존의 생산성은 0.0292(cycle/hour)이었으나, 0.03138(cycle/hour)로 증가하였으며 증가량은 7.47%인 것으로 분석되었음. 즉 생산성 7.47% 향상은 공기단축으로 연계되며, 결과적으로 경제적 이익이 발생할 것으로 판단됨.



ㅇ 제작공정에서 기존대안에서 소요된 시간은 76.1일인 반면 최적대안은 70.7일로 대략 5일 이상이 감소하여 생산성이 증가한 것으로 분석되었음.

표 2.2.8.24 최적대안에 따른 생산성 변화(공장제작 공정)

		As-is	To-be	Change in %
생산성	cycle/hour	0.0292	0.03138	7.47%
	Day	76.1	70.7	

④ 현장설치 공정 민감도분석 결과 분석

ㅇ 트레일러, 밸런스빔 체결/해체, 임시고정, 볼트체결, 커넥션플레이트 용접의 파라미터를 변화하여 민감도분석을 수행한 결과, 설치공종별 작업자 최적조합은 표 31과 같음.

ㅇ 최적대안에 따른 생산성 변화(현장설치 공정)는 다음 표 33과 같음. 최적대안의 생산성은 0.0025(cycle/hour)으로 증가량은 1.09%인 것으로 분석되었음. 현장설치 공정에서 기존대안과 최적대안 사이의 생산성의 차이는 0.0002(cycle/min)에 불과하여, 두 가지 대안 모두 소요시간이 약 4.0일로 차이가 없는 것으로 분석되었음.

표 2.2.8.25 최적대안에 따른 생산성 변화(현장설치 공정)

		As-is	To-be	Change in %
생산성	cycle/min	0.0023	0.0025	1.09%
	Day	4.0	4.0	

(마) 종합분석

① 생산성 및 민감도 분석 결과

ㅇ 본 연구에서 구축된 Web-Cyclone 분석을 통하여 모듈러 공장제작 및 현장설치 공정에 대하여 40가지 세부 단위작업의 선후행 관계를 정의하였으며, 본 연구 실제현장의 특성이 반영된 Web-Cyclone 모델을 구축하였음.

ㅇ 모듈러 공장제작 및 설치공정의 시뮬레이션을 수행한 결과, 실제 제작공정 실측값 대비 오차는 약 -4.0% 발생하였으며, 또한 현장설치 공정은 실측값 대비 -5.0%의 오차가 발생하여 실제 일정과 매우 유사한 결과를 갖는 것으로 분석되었음. 이로부터 시뮬레이션을 통해 산출된 제작공정 소요 시간과 생산성이 신뢰할 수 있는 수준이며 실제 작업데이터를 적절히 반영하고 있는 것으로 판단 할 수 있음.

ㅇ 또한, 모듈러 공장제작 투입 작업조 구성 대안별로 민감도분석을 수행하여 최적조합에 따른 생산성 향상을 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같음. 첫째, 공장제작 공정의 경우 상기의 표 30과 같이 인적자원을 구성하는 것이 최적대안인 것으로 분석되었고 생산성은 기존 0.0292에서 0.03138(cycle/hour)로 7.47% 만큼 증가하였음. 이에 따른 20개 모듈 유닛 제작의 소요시간은 76.1에서 70.7day로 약 5일 정도 감소되는 것으로 분석되었음. 둘째, 현장설치 공정의 민감도분석 결과, 상기의 표 31과 같이 작업조를 구성하는 것이 최적인 것으로 분석되었고 생산성은 기존 0.0023에서 0.0025(cycle/min)으로

1.09% 증가하였으나 생산성 향상효과가 미미하여, 소요시간이 약 4.0일로 기존대안과 최적대안 사이 변화가 없는 것으로 분석되었음.

○ 향후 의사결정 방법으로 현실적인 모듈러 시스템의 성능을 평가하고 예측할 수 있는 공정 시뮬레이션 기법을 활용할 경우, 본 연구의 Web-Cyclone 모델 구축 프로세스를 기반으로 각 세부공정별 소요시간에 대한 충분한 데이터 수집과 이에 대한 통계적 적용방안, 지연요소 등을 반영하면 모델의 정확성을 높일 수 있을 것으로 판단됨.

② 최적대안에 따른 공사비 절감 분석

○ 상기의 표 13에 제시된 바와 같이 모듈러 건축의 공장제작 공정의 간접노무비는 28,656,587원 이며, 일반관리비는 41,743,402원이며, 간접노무비와 일반관리비의 합계는 70,399,989원임. 상기의 민감도분석 결과와 같이 최적대안 적용을 통해 생산성이 7.47% 향상되었고, 이에 따라 약 5일의 제작공기가 감소되었기 때문에 간접노무비·일반관리비의 절감이 가능함. 따라서 최적대안 적용시 간접노무비·일반관리비가 65,141,110원 소요되며, 이에 대해 5,258,879원 절감이 가능한 것으로 분석되었음. 이는 전체 공사액 대비 약 ~~%로 작은비율이지만, 프로젝트 규모가 커질수록 최적화의 효과가 증가하므로 최적화에 따른 생산성 향상 및 이로인한 원가절감 효과가 증가할 것으로 판단됨.

○ 구체적인 절감액 산정과정은 다음과 같음.

$$1)\,\text{기존비용} = \text{간접노무비} + \text{일반관리비}$$

$$= 28,656,587 + 41,743,402 = 70,399,989\,\text{원}$$

$$2)\,\text{증가된 생산성 반영 비용} = (28,656,587 + 41,743,402) \times \frac{(1 - \text{생산성 증가율})}{1}$$

$$= (70,399,989) \times \frac{(1 - 0.0747)}{1} = 65,141,110\,\text{원}$$

$$3)\,\text{절감액} = \text{기존비용} - \text{증가된 생산성 반영 비용}$$

$$= 70,399,989 - 65,141,110$$

$$= 5,258,879\,\text{원}$$

③ 결론

○ 본 연구의 목적은 “적층식 모듈러 건축에 대한 공장제작 및 현장설치 모니터링과 이에 대한 분석을 통한 생산성 향상 방안”도출이며, 이를 통해 적층형 모듈러 건축의 활용에 대한 유용한 정보를 제공하고자 하였음. 이를 위해 모듈러 건축에 대한 공장제작 및 현장 모니터링 분석을 실시하였으며, 또한 Web Cyclone 분석을 통하여 모듈 공장제작 및 현장설치 생산성 향상 방안을 제시하였음.

○ 상기와 같은 과정을 통하여 수행한 본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같음.

○ 첫째, 실제 프로젝트의 모니터링 결과를 바탕으로 공장제작 및 현장설치 공정을 바탕으로 각 세부 공정별 투입인원과 작업소요 시간을 최소, 평균, 최대로 모니터링 조사 및 분석을 실시하였으며, 공장제작

투입인원의 숙련도 조사를 통해 투입인원의 경력, 모듈러 경험, 연령 분석을 실시하였음. 접수된 모듈러 공사비 내역서를 분석한 결과 모듈러 건축의 공장제작에 투입된 공사비는 1,098,510,587원으로 건축공사는 952,558,109원으로 약 86.7%, 설비공사는 82,521,943원으로 약 7.5%, 전기공사는 34,086,602원으로 약 3.1%, 통신공사는 20,909,553원으로 약 1.9%, 기타공사는 8,434,400원으로 약 0.8%로 조사되었음. 또한, 각 공정에 대한 재료비, 노무비, 경비의 비율도 분석하였음. 상기의 모니터링 조사 및 분석을 통해 공장제작 과정에서 자재수급 지연 문제점, 공정관리 상의 문제점, 작업자들의 근무태도의 문제점과 현장설치 과정에서 설치 시의 시공 오차에 따른 미세조정 문제점, 작업자들의 안전사고 발생 우려의 문제점, 모듈러 공사 미경험 인력의 숙련도 문제점 등이 발견되었음.

○ 둘째, 본 연구의 모듈 공장제작 및 현장설치 생산성 분석을 위하여 공정시뮬레이션 소프트웨어인 Web-Cyclone을 활용하였음. 이를 위해 본 연구에서 공장제작 및 현장설치 모니터링 결과를 바탕으로 모델을 통해 생산성을 산출하기 위한 액티비티 타입, 노드 넘버, 공종명, 평균 소요시간, 최대 소요시간, 최소 소요시간을 정의하여 모델링하였음. 이 과정에서 20개 모듈 유닛의 반복 작업에 따른 학습효과를 분석하여 제시하였음. 모듈러 제작 및 설치공정의 시뮬레이션을 수행한 결과, 실측값 대비 시뮬레이션 결과의 오차는 약 -4.0% 발생하여 실제 공장제작 공정 일정과 매우 유사한 결과 갖는 것으로 분석됨. 이는 실제 현장의 모니터링 데이터를 적절히 반영하고 있는 것으로 판단되어 향후 의사결정시 활용할 수 있을 것으로 판단됨.

○ 셋째, 민감도 분석을 통하여 공장제작 및 현장설치 공정에 대해 작업조 구성을 대안별로 비교분석을 수행하고, 최적조합에 따른 생산성 향상 분석 결과를 제시하였음. 최적대안 적용시 공장제작 공정의 생산성이 7.47% 증가하였음. 이는 기존 76일에서 72일로 약 5일의 제작공기가 감소되었음을 의미하며, 내역서에 따라 계산한 결과 간접노무비·일반관리비 항목에서 5,258,879원 절감이 가능한 것으로 분석됨.

다. 시공성 실증

1) 조립식주택 실증단지 설계 (DMP)

■ 전체 연구프로세스

가) 1차년: 조립식 주택 수서단지 설계

연구목표

- 조립식 주택 수서단지 설계

연구내용

- Mock-Up 기본계획
  - Mock-Up 모듈 개발
  - MC기준 정립 및 Mock-Up 설계 반영
  - Mock-Up 적용 기술 검토 및 반영
- Mock-Up 실시설계
  - 평면, 입면, 단면계획 도출
  - Mock-Up 적용 기술 검토 및 반영

최종성과물

- Mock-Up 기본계획 수립 및 기본설계도서 1건
- Mock-Up 실시설계도서 1건

(1) Mock-Up 기본계획

(가) 가. Mock-up 모듈개발 검토

ㅇ 1~2인 주거형태에 대한 자료조사와 사례조사 등을 통하여 제안서 당시의 계획안을 기준으로 평면 형태를 발전시킴

(1) 1인형: 사회초년생 및 대학생

표 2.2.9.1 모듈러 Mock-up 평면계획-1

유형	Alt1	Alt2	Alt3
Plan			
특징	제안서 계획안 공간의 유연한 활동성에 중점을 둠	화장실/현관/주방의 협소한 부분 개선	주방/거실+침실 공간 분리 주방/욕실 레이아웃 변경으로 설비집약화
목업적용	X	X	O

(2) 2인형: 신혼부부

표 2.2.9.2 모듈러 Mock-up 평면계획-2

유형	Alt1	Alt2	Alt3
Plan			
특징	제안서 계획안	주방/거실 분리형으로 각각의 공간에 독립성 부여	수납공간 극대화 주방/거실 통합형
목업적용	X	X	O

(나) 나. Mock-up 설계

- ㅇ 1~2인실 대표 단위세대 실별 검토를 토대로 Mock-up 기본설계 및 실시설계진행
- ㅇ A type(독신자세대), B type(신혼부부세대) 2세대 모듈을 결합하여 2개층 4개세대로 Mock-up을 구성함
- ㅇ 실험 및 실증기술 적용·검토를 위하여 A type과 B type의 설계를 달리함
  - A type: 화장실층상배관/바닥완충재/PC바닥슬래브/천정흡음완충재
  - B type: 화장실바닥배관/RC콘크리트슬래브

(1) Mock-up동 기본계획

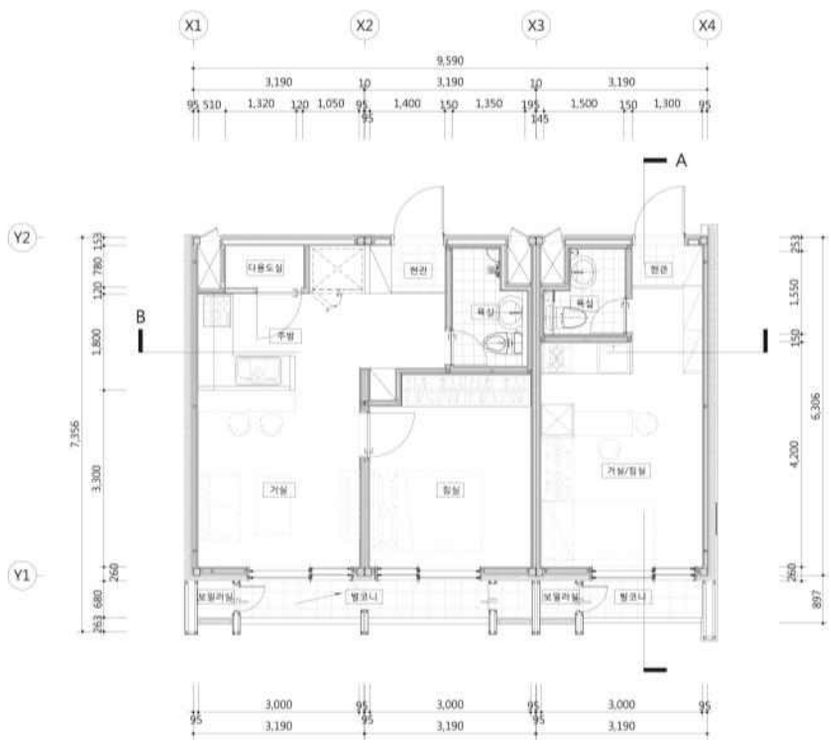


그림 2.2.9.1 Mock-up 1~2층 평면도

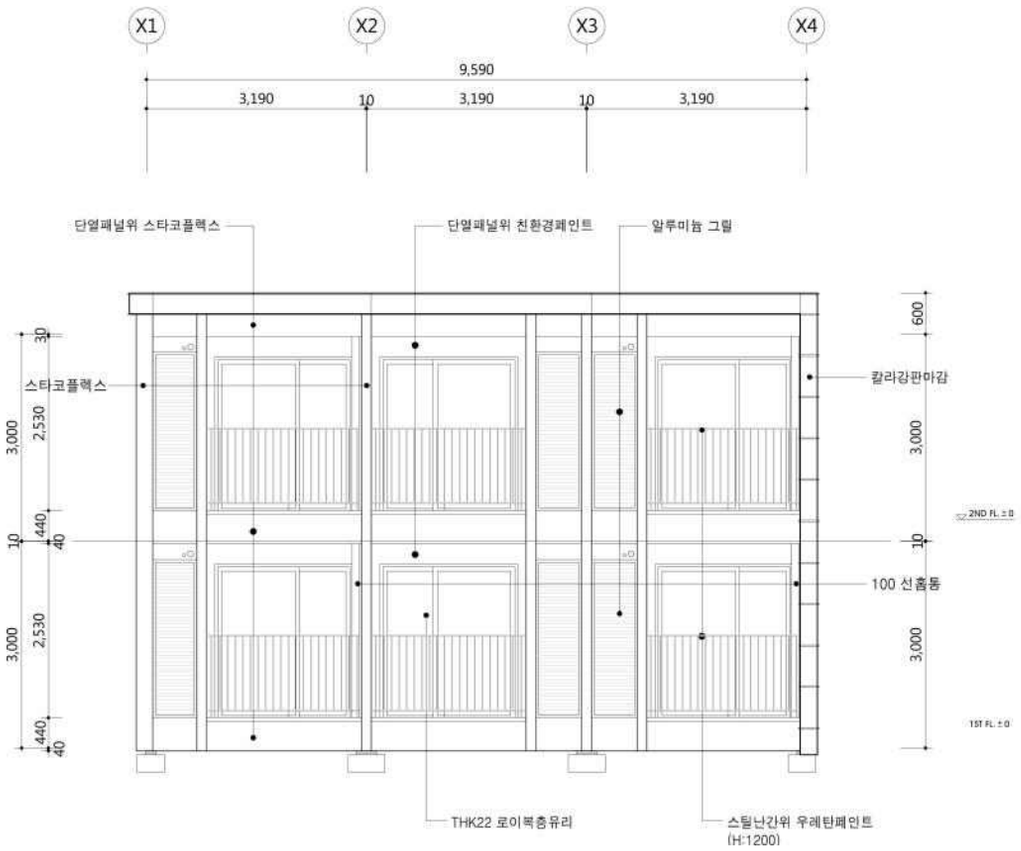


그림 2.2.9.2 Mock-up 정면도

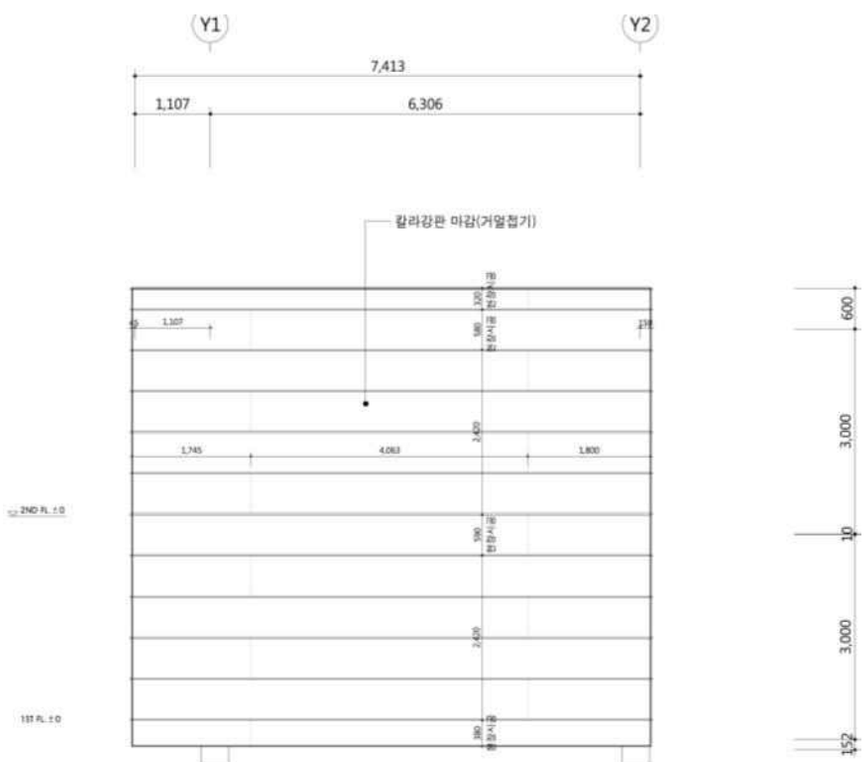


그림 2.2.9.3 Mock-up 우측면도

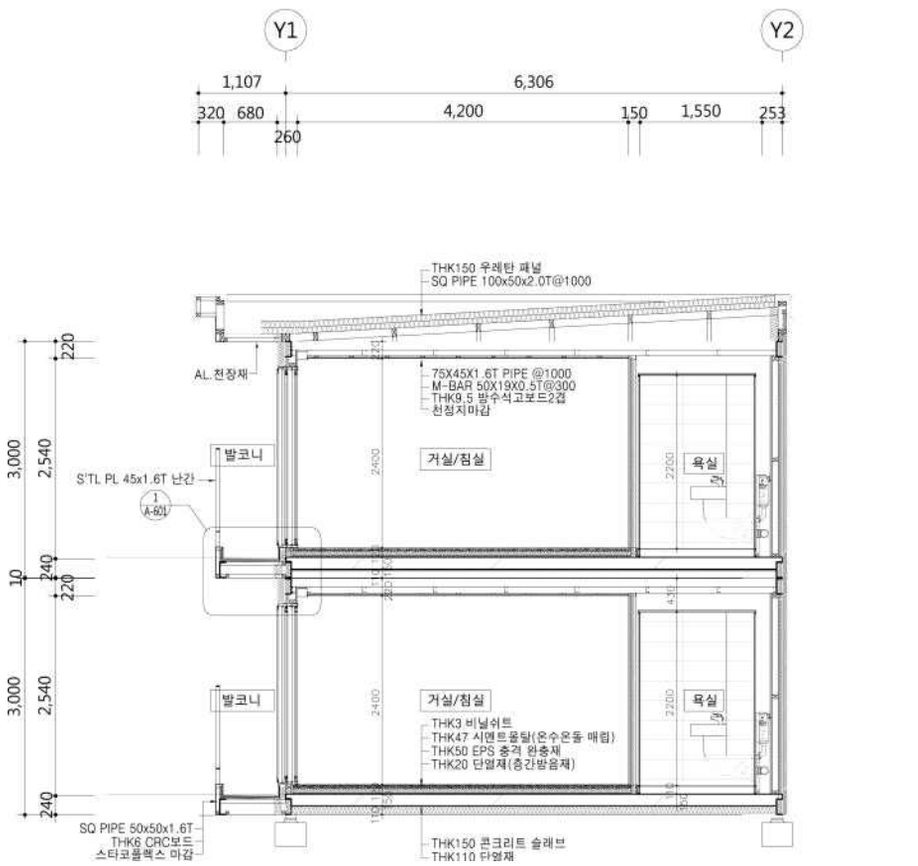


그림 2.2.9.4 Mock-up 단면도 A

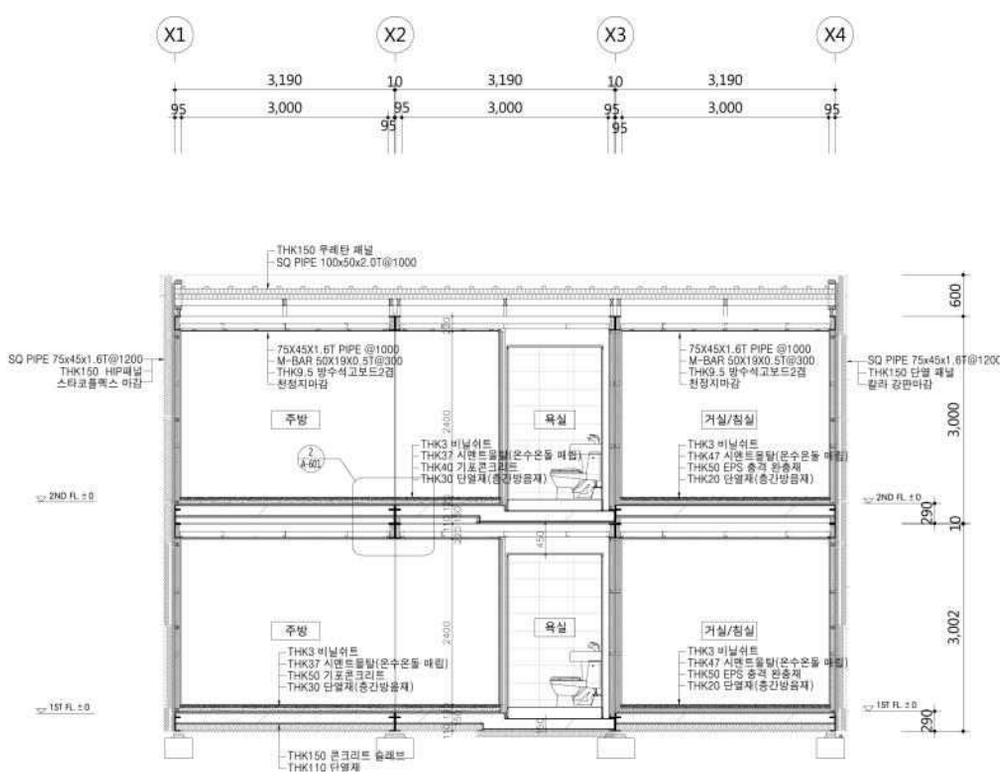


그림 2.2.9.5 Mock-up 단면도 B

(2) 단위세대 계획

○ Mock-up 계획 주안점 - 1 Module Unit

① 공간의 위계 설정 : 현관→거실/주방→침실의 영역을 구분

② 단열재 거취용 스터드, 내부 마감재 거취용 스터드, 마감재 지지용 스터드를 통합하여 설치, 단열 누락부위 감소, 결로차단

③ 화장실 오수 및 바닥배수배관을 벽배관으로 설계

○ 층상배관중 벽배관은 슬래브 단차가 발생하지 않음

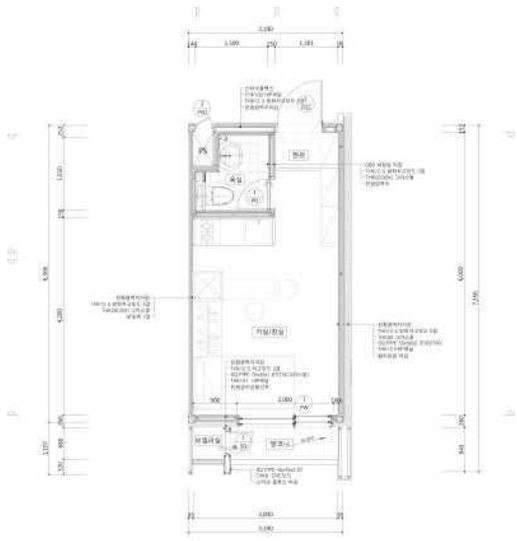


그림 2.2.9.6 1 Module Unit

○ Mock-up 계획 주안점 - 2 Module Unit

○ 수납공간 극대화 - 붙박이장/다용도실/발코니 등에 수납공간확보

○ 단열재 거취용 스터드, 내부 마감재 거취용 스터드, 마감재 지지용 스터드를 통합하여 설치, 단열 누락부위 감소, 결로차단

○ 화장실 오수 및 바닥배수 층상배관

○ 구조슬래브 단 낮춤하여 바닥형으로 설계

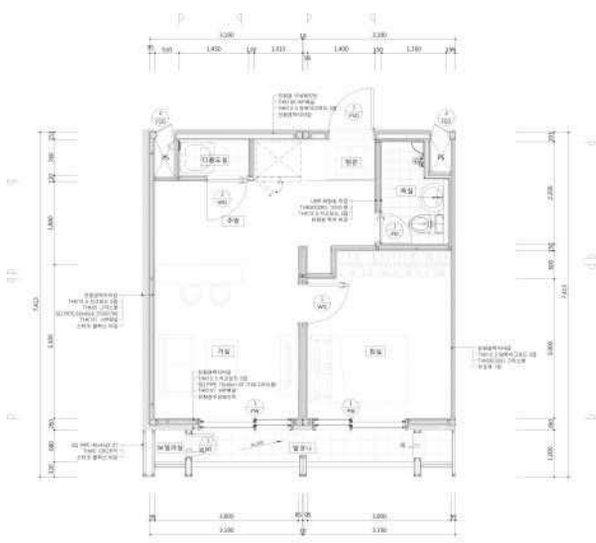


그림 2.2.9.7 2 Module Unit

(3) 입면계획

○ 입면재료사례조사 결과, 국내 적층식 모듈러 공법의 일반적인 외장마감재는 아연도 강판, AL강판 등의 금속판넬이 일반적이며, 부분적으로 외단열 마감 등이 사용됨

표 2.2.9.3 모듈러 입면에 적용된 재료사례

공릉동기숙사	포스코 청담 Muto	천연동기숙사
드라이비트(코어) AL복합판넬	아연도강판 철제계단 위 페인트	아연도강판 평판 / 골판

○ 모듈제작시 입면마감재료의 공장시공률 향상을 위하여 Mock-up제작시 습식/건식 공법을 둘 다 채택하여 입면요소로 반영

○ 발코니보일러실 및 창호주변은 열관류율 및 기밀성 확보에 유리한 습식 공법을 적용하고, 측벽 및 지붕부위에 건식공법인 복합 철판 마감을 적용

○ 실증사업에 적용할 수 있는 자재(칼라복합강판, 스타코플렉스, 수성페인트)사용

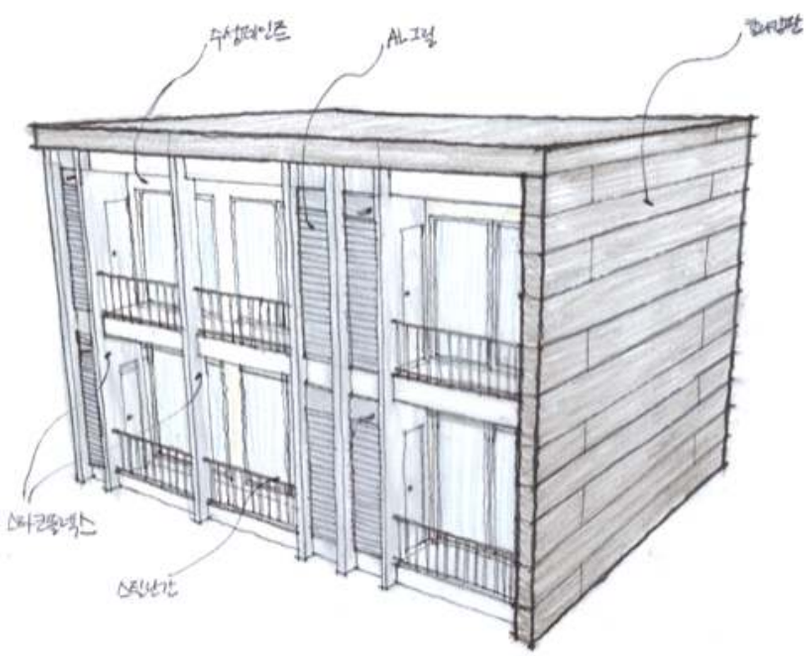


그림 2.2.9.8 Mock-Up 기본계획

나) 2차년: 조립식 주택 수서단지 설계

연구목표

- 조립식 주택 수서단지 설계

연구내용

- 실증단지(수서단지) 기본설계
  - 도시계획 반영사항 검토(수서단지)
  - 배치계획/동선계획/주차계획/구조계획 검토
  - 입면스터디 및 대안 검토
- 실증단지 인허가
  - 인허가 도서 작성(유관부서 협의)
- 실증단지(수서단지) 실시설계
  - 토목/구조/설비분야 실시설계도서 작성
  - PC주차장과 모듈러 접합부위 검토 및 도서 작성
- 실증단지(가양단지) 기본설계
  - 도시계획 반영사항 검토(가양단지)
  - 배치계획/동선계획/주차계획/구조계획 검토

최종성과물

- 실증단지(수서단지) 기본계획 보고서 1건
- 실증단지(가양단지) 규모검토 보고서 1건
- 실증단지(수서단지) 사업승인 신청도서 1건
- 실증단지(수서단지) 실시설계도서 1건

(1) 디자인계획

- 수서택지개발지구 내 도시계획시설(주차장) 부지인 강남구 수서동 727번지의 제1종 지구단위계획 변경을 통하여 기존 주차장 기능을 유지하며 공공임대주택 건립
- 대지면적은 넓은 편이나, 세장한 삼각형 모양으로 활용도가 좋지 못함
- 현재까지 소규모 공영주차장으로 쓰이던 부지이며, 북측에 대규모의 공영주차장이 존재함
- 초역세권으로서, 대중교통을 이용하여 출퇴근하는 신혼부부 및 사회초년생의 수요가 많을 것으로 예상되며, IT 관련 소규모 청년창업자들과 테헤란로 등 IT 업종 종사자들의 수요도 예상됨
- 공영주차장 기능을 그대로 유지 후 임대주택 건설

그림 2.2.9.9 주차장부지를 활용한 디자인계획

(2) 배치계획

그림 2.2.9.10 수서단지 배치도

- ㅇ 대지의 북측면에는 광평로(35m)와 밤고개로(35m)가 위치해 있음
- ㅇ 대지의 남측면에는 보차혼용 8m 도로가 위치해 있음
- ㅇ 대로변에서 발생하는 소음 및 진동을 배제하기 위한 주동 배치
- ㅇ 남향배치로 인해 대지 남측에 위치한 대모산 조망과 주간에는 충분한 일사량을 확보 가능
- ㅇ 두 주동의 간격을 18m가량 이격하여 배치하고 주동 사이에 생기는 공간에는 커뮤니티데크를 설치하여 거주민 및 근린생활시설 이용객의 쉼터를 제공
- ㅇ 공영주차장과 세대주차장 통합운영관리로 인해 주차장 진출입구는 대지 서측편에 위치
- ㅇ 공영주차장 이용자의 편의성 및 안전성을 고려하여 보행자 진출입구는 수서역6번 출구와 수서역 4거리에 인접한 곳에 위치
- ㅇ 대지 동측면에는 대모산으로부터 내려오는 녹지축을 이어가는 쌈지공원을 조성하여 수서역 6번출구와 버스정류장을 이용하는 일반인들에게 휴식을 제공할 수 있는 공간을 마련
- ㅇ 2층 주차장과 3층 근린생활시설을 이용하는 일반인들은 건물 동편에 있는 외부철골계단을 이용하여 진출입이 가능함. 수서역 6번출구와 수서역 사거리와 인접함
- ㅇ 대지안의 공지
  - 공동주택 3m (30세대 미만의 도시형생활주택(원룸형)은 2m이상)
  - 자동차관련시설 1.5m (준공업지역은 1m이상, 그 외 지역은 1.5m이상)

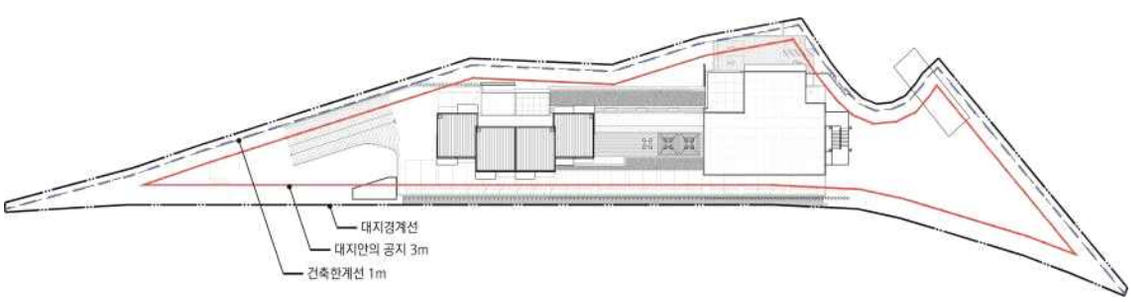


그림 2.2.9.11 건축한계선 및 대지안의 공지 기준선

(3) 평면계획

(가) 1층 평면도

- ㅇ 1층에는 총 44대를 주차할 수 있는 공간이 있으며, 전체를 공영주차장으로 사용
- ㅇ 장애인 주차는 공영주차대수 69대 중 3대를 계획. 2개의 보행자 진출입구에 인접한 곳에 위치를 시켰으며, 여성우선주차도 출입구에 인접한 곳에 위치
- ㅇ '저층부 주차장의 아웃라인을 디자인적으로 구성이 필요' (서울시심의회의견14.12.11) 와 관련하여, 대지의 전면부와 후면부에 베이스패널을 불규칙적으로 배치하여 리듬감있게 구성함
- ㅇ 베이스패널 하부에는 관목 또는 잔디를 식재하여 자연적인 이미지 부여
- ㅇ 수서역 6번출구와 세곡동 방면 버스정류장을 이용하는 일반인들의 휴식과 위락을 위한 벤치와 계절의 변화가 나타날 수 잇는 교목, 관목, 꽃 등을 혼합식재하여 녹지공간을 조성
- ㅇ 경비실은 주차장 차량 진출입구 부분에 위치

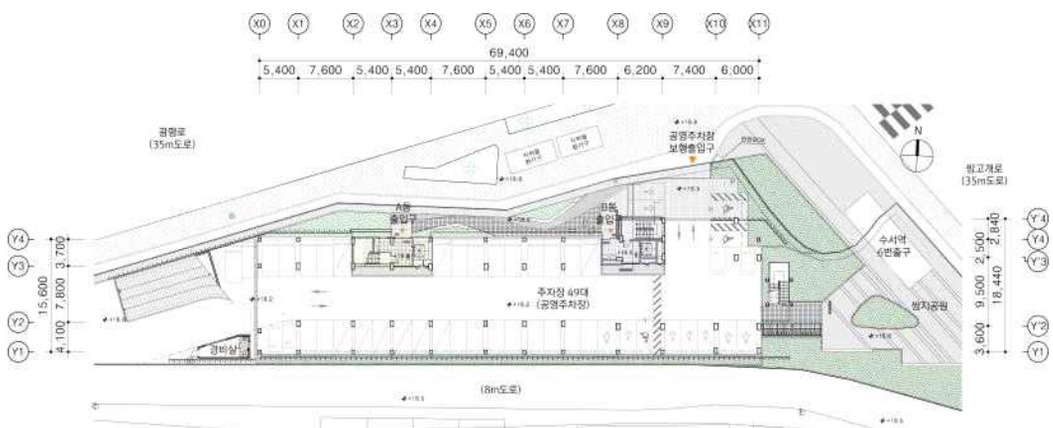


그림 2.2.9.12 1층 평면도

(나) 2층 평면도

- ㅇ '공영주차장과 세대주차장 통합운영 관리 방안 검토. E/V 동선 등을 고려하여 세대 주차가 한쪽으로 몰리지 않도록 계획하며, 운영과 관련해서 민원이 발생하지 않도록 할 것' (통합심의 소위원회 자문 의견, 2016.01.28.)

  → 세대 주차가 A동, B동 각각의 코어에 인접하게 세대주차를 배치하고 공영주차 부분을 배치하도록 계획

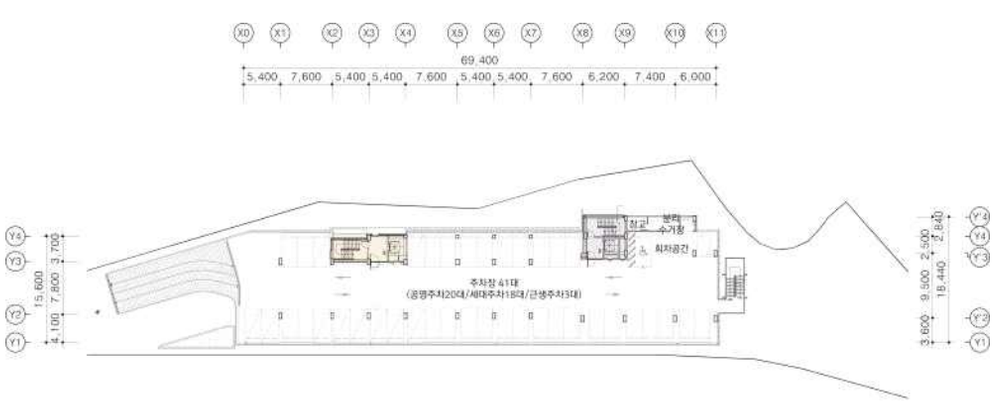


그림 2.2.9.13 2층 평면도

○ 도시형생활주택(원룸형) 주차장 설치기준은 30㎡미만은 세대당 0.4대이며, 30~50㎡이하는 세대당 0.5대임. (수서단지: 17㎡(26세대), 36㎡(15세대)
→ 총 세대주차=(26×0.4)+(15×0.5)=17.9 ∴설치대수는 18대

○ 근린생활시설 주차장 설치기준은 134㎡당 1대임. (수서단지 근린생활시설 면적: 461.75㎡)
→ 총 근생주차=461.75÷134=3.45 ∴설치대수는 3대

○ 분리수거장
- 분리수거장은 1층에 설치하는 것이 유리하지만 적절한 공간이 없어 2층으로 계획
- 2층 층고는 3800㎜로 2.5톤 차량 진입가능
- SH공사 설계기준에 의하여 분리수거함은 마대걸이 제품 사용

표 2.2.9.4 수서단지 주차계획

주차장	주차램프	분리수거장
• 공영주차20대/세대주차18대 근생주차3대 • 일반형, 장애인, 확장형, 경차형 주차구획이 혼용	• 외기에 노출된 주차램프에 스노우멜팅 시스템을 설치	• 5종류의 마대걸이형 분리수거함 • 설치규격은 2030×290×890

(다) 3층 평면도

○ 3층은 1~2층 주차장에서 주거부분으로 전이되는 층임. A동과 같은 경우는 모듈러 적층이 시작되는 지점으로 모듈적층에 필요한 매입형 기초를 설치함
B동의 구조시스템은 PC라멘조로 1~2층과 연계하여 시공

○ A동 근린생활시설
- 수서동 주민을 위한 편익시설 계획
- 8개의 유닛 모듈 활용. 골조를 비롯한 기본적인 마감만 공장시공
- 공용화장실은 UBR시스템이 아닌 현장습식공사

○ B동 근린생활시설
- 인필형 모듈을 사용하지 않음
- 주거부분 기계/전기 입상배관이 지나갈 수 있는 최소한의 샤프트 계획

○ 커뮤니티데크
- A동과 B동을 연결하는 회랑과 벤치로 계절에 관계없이 이용할 수 있음

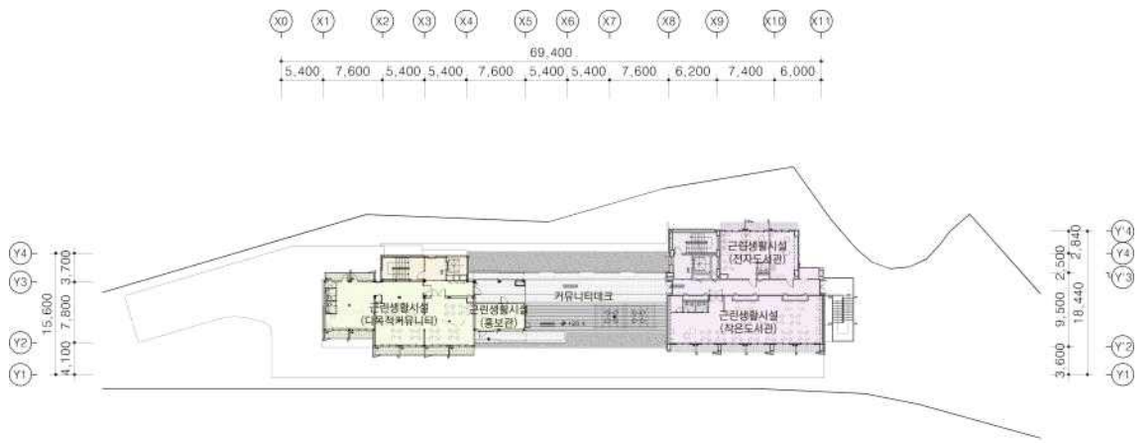


그림 2.2.9.14 3층 평면도

(라) 4층 평면도

ㅇ A동은 36A TYPE 2세대와 36B TYPE 1세대로 총 3세대가 한 층에 배치
B동은 17 TYPE 8세대가 한 층에 배치
공동세탁실
- 각 동에 공동세탁실을 설치
- 세탁실은 물 사용 공간으로 구분하여 방수계획을 세워야함. (탄성도막방수, 비노출 적용)
- A동 같은 경우는 공동세탁실도 모듈형으로 제작. 따라서 복도와 세탁실의 바닥단차가 나지 않도록 계획하는 것이 중
- B동 공동세탁실은 인필형 모듈이 아닌 현장공사로 구분

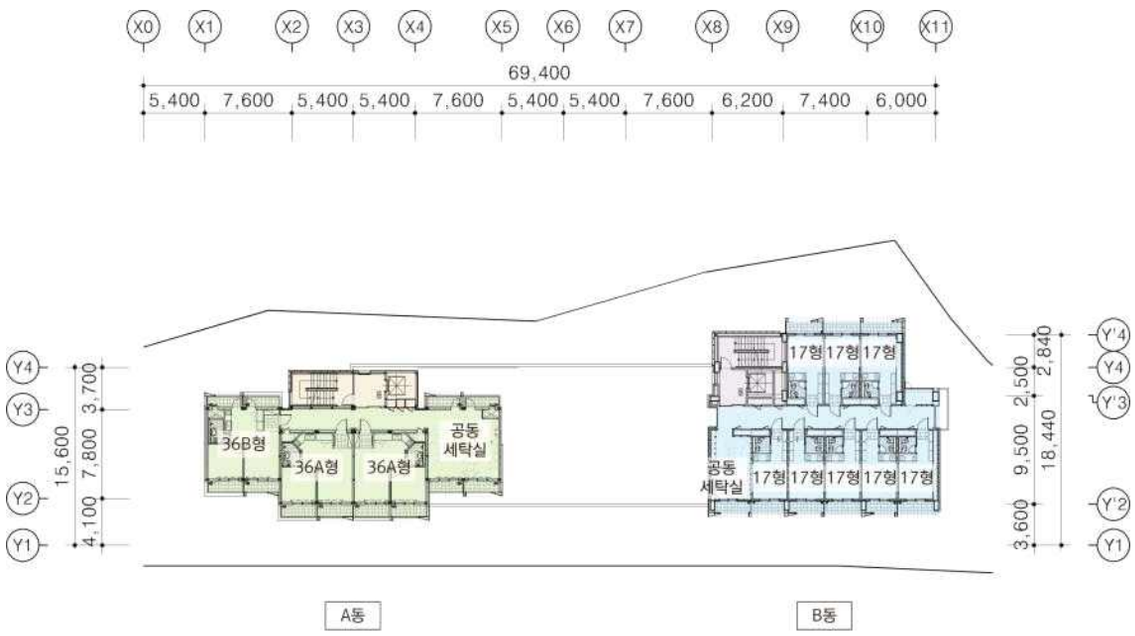


그림 2.2.9.15 4층 평면도

(마) 기준층 평면도

- ㅇ A동은 36A TYPE 2세대와 36B TYPE 2세대로 총 4세대가 한 층에 배치
- ㅇ B동은 17 TYPE 9세대가 한 층에 배치
- ㅇ A동은 5~7층, B동은 5~6층까지 계획

1층에는 총 44대를 주차할 수 있는 공간이 있으며, 전체를 공영주차장으로 사용

- ㅇ 장애인 주차는 공영주차대수 69대 중 3대를 계획. 2개의 보행자 진출입구에 인접한 곳에 위치를 시켰으며, 여성우선주차도 출입구에 인접한 곳에 위치
- ㅇ '저층부 주차장의 아웃라인을 디자인적으로 구성이 필요' (서울시심의회의견14.12.11) 와 관련하여, 대지의 전면부와 후면부에 베이스패널을 불규칙적으로 배치하여 리듬감있게 구성함
- ㅇ 베이스패널 하부에는 관목 또는 잔디를 식재하여 자연적인 이미지 부여
- ㅇ 수서역 6번출구와 세곡동 방면 버스정류장을 이용하는 일반인들의 휴식과 위락을 위한 벤치와 계절의 변화가 나타날 수 잇는 교목, 관목, 꽃 등을 혼합식재하여 녹지공간을 조성
- ㅇ 경비실은 주차장 차량 진출입구 부분에 위치

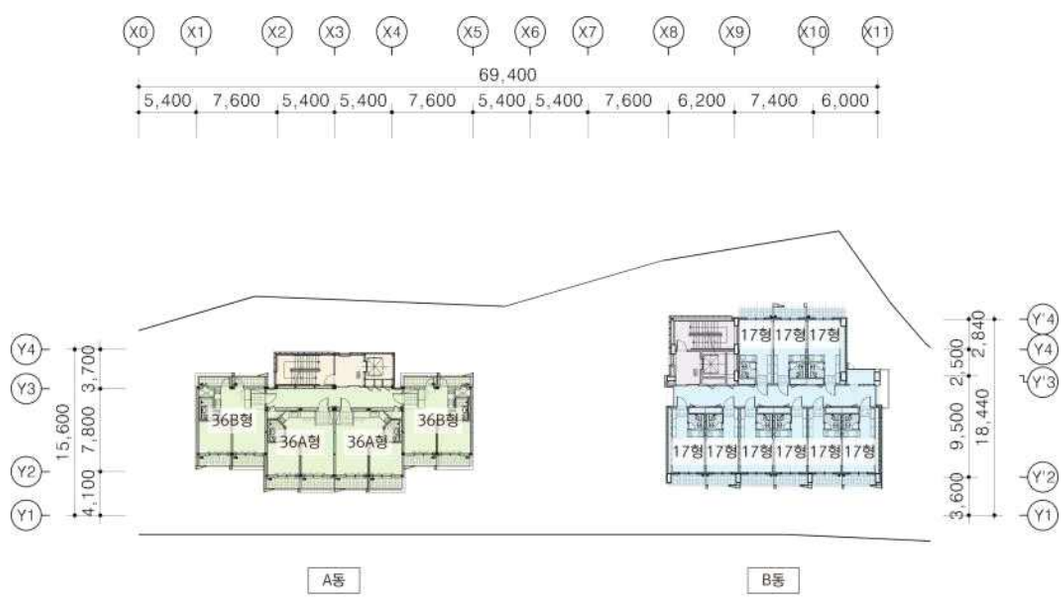


그림 2.2.9.16 5층 평면도

표 2.2.9.5 수서단지 계획요소

베이스패널 루버	쌈지공원	공영주차장(자동화정산)
• 경량의 베이스패널은 제작 및 설치에 용이함 • 반사형 차음판으로도 활용이 가능하여 주차장의 소음이 외부로 나가는 것을 막을 수 있음	• 대중교통을 이용하는 일반인들이 잠시 휴식을 취할 수 있도록 벤치를 녹지 중간 중간에 설치 • 버스정류장 근처에는 차양이 가능하며 가시성을 높일 수 있는 가로수를 계획	• 환승형 공영주차장은 관리인이 상시 거주하는 곳이 아닌 무인정산 시스템을 사용 • 자동화정산 기기 설치 공간 고려

(4) 입면 및 단면계획

(가) 개념의 설정

ㅇ 적층되는 모듈박스로 가볍고 새로운 이미지 형성

ㅇ 층과 층, 칸과 칸 사이에 채워지는 인필형은 굵은 그리드가 감싸는 안정적이고 따뜻한 이미지 형성

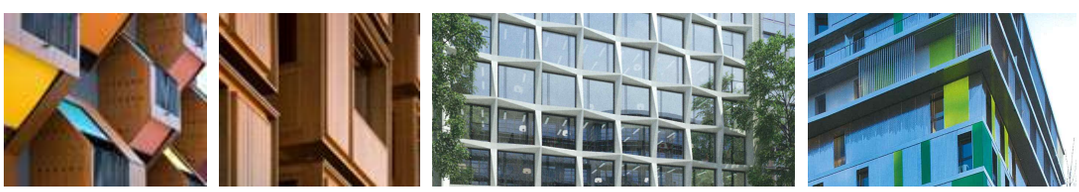


그림 2.2.9.17 입면개념 이미지

(나) 디자인 프로세스

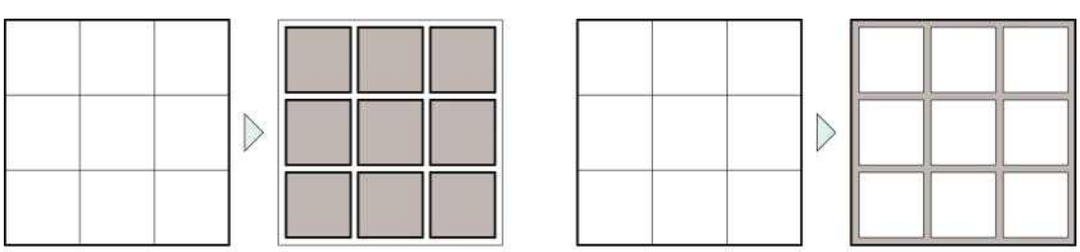


그림 2.2.9.18 입면디자인 프로세스

ㅇ 적층형과 인필형의 두 가지 다른 공법의 표현을 요소로 하여 패턴을 만듬

ㅇ A동 적층형 타입의 입면디자인은 모듈 자체의 이미지가 부각되는 방식으로 접합이 이루어지는 부위를 그대로 노출시키고, 측벽과 발코니 부분은 돌출을 시켜

○ B동 인필형 타입의 입면디자인은 큰 프레임 속에 모듈이 삽입되는 이미지를 부각시키기 위해 층과 층을 구분하는 수평적 라인과 세대와 세대를 구분하는 수직적 라인을 강조

그림 2.2.9.19 수서단지 입면재료 적용안

그림 2.2.9.20 펀칭메탈 발코니

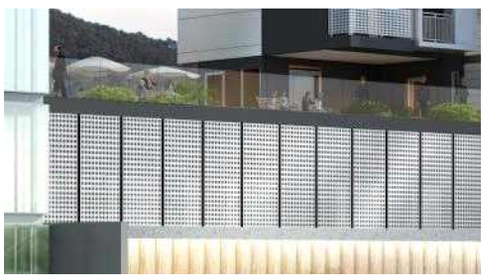


그림 2.2.9.21 펀칭메탈 주차장 차폐

(다) 입면도

① 남측면도

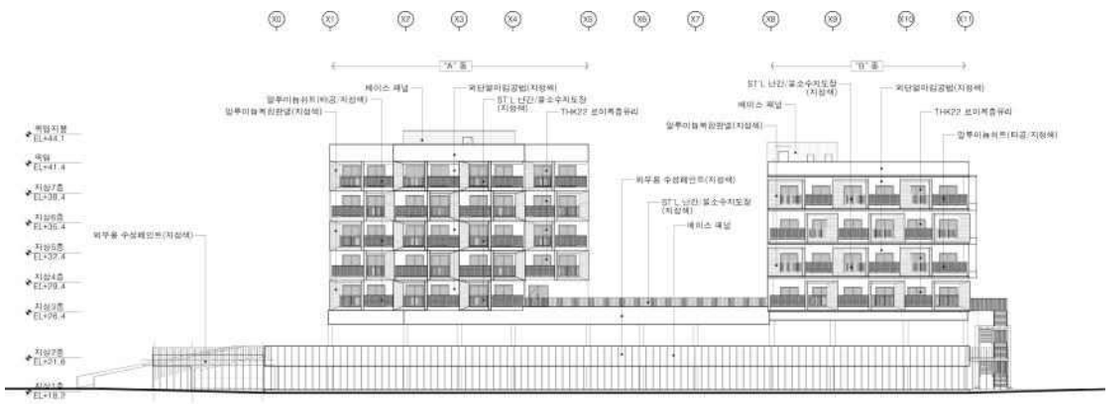


그림 2.2.9.22 남측면도

② 북측면도

그림 2.2.9.23 북측면도

③ 3동/서측면도

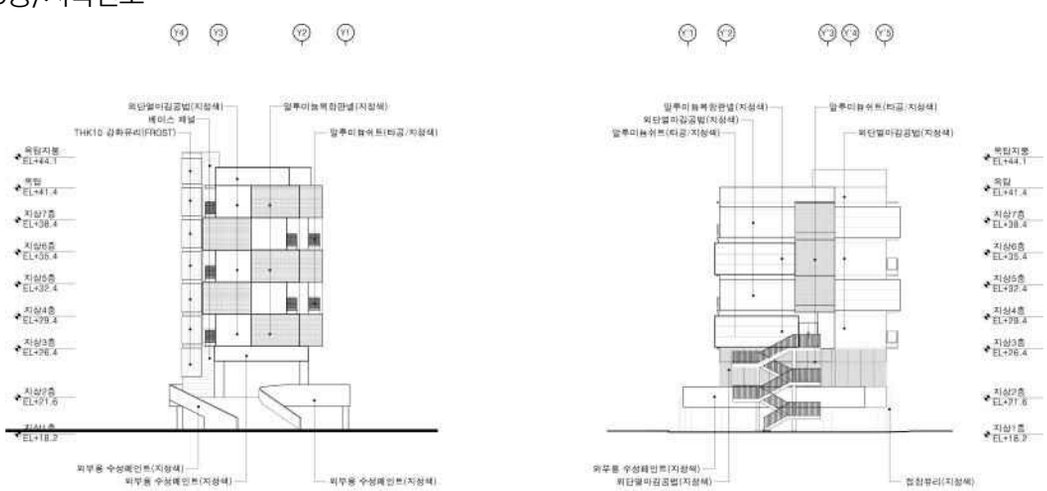


그림 2.2.9.24 동/서측면도

(라) 단위세대계획

① 17TYPE

㉠ 공간배치

그림 2.2.9.25 17TYPE 공간배치

- 1Unit 기본모듈 타입은 3×6(m) 안목치수를 기준으로 내부에 공간을 배치하는 방법으로 계획
- 거실/침실 공간은 3M 기준을 적용하여 표준화 자재 사용이 용이 할 수 있음
- 화장실을 벽부형 층상배관으로 계획하여 PS실-화장실과 PS실-주방을 연결하는 급·배수설비를 일체식으로 구성 가능
- 현관문 폭1,000㎜/발코니 폭1,800㎜

㉡ 단열계획

- 에너지 절약정책은 점점 강화되어지고 있음.
- 단열재두께와 형별성능기준은 건축심의 신청일 기준으로 적용
  (수서단지 서울시심의회 1차: 2014.10.07.)
- 외단열 공법 적용: 단열재(PF보드패널) + 마감(드라이비트/알루미늄복합패널)
- PF보드 적용
  - 지구 온난화 규제 물질을 사용하지 않는 친환경건축자재 → 녹색건축인증 점수 획득 가능
  - 우수한 내화성능(준불연)으로 내화성능기준 만족
  - 열전도율이 0.019W/m·K으로 우수한 단열성능으로 유기계 단열재보다 얇은 두께로 적용가능
  - 단열성능 기준 가격비교: PF보드(T80)가 비드법보온판(T150)보다 20%정도 가격이 비쌈

㉢ 17형 단위세대 평면도

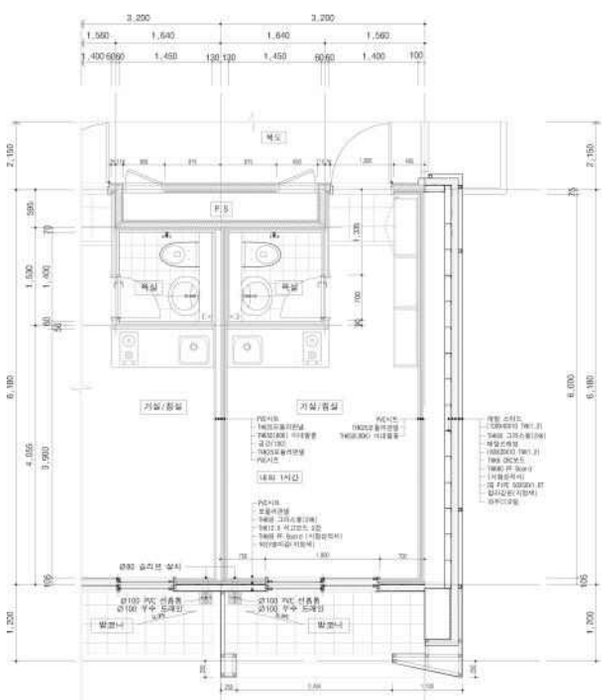


그림 2.2.9.26 17TYPE 단위세대 평면도

② 36A/36B TYPE

㉠ 공간배치

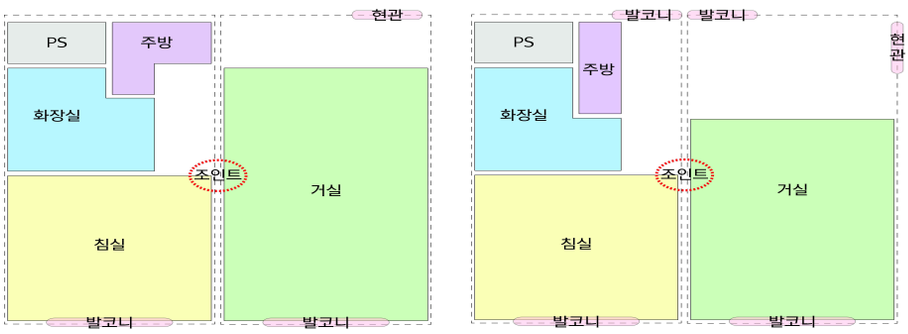


그림 2.2.9.27 36A/36B TYPE 공간배치

- ㅇ 2Unit은 1Unit 기본모듈 타입은 3×6(m)
- ㅇ 1Unit 기본모듈 타입은 3×6(m) 안목치수를 기준으로 내부에 공간을 배치하는 방법으로 계획
- ㅇ 거실/침실 공간은 3M 기준을 적용하여 표준화 자재 사용이 용이 할 수 있음
- ㅇ 화장실을 벽부형 층상배관으로 계획하여 PS실-화장실과 PS실-주방을 연결하는 급·배수설비를 일체식으로 구성 가능
- ㅇ 현관문 폭1,000㎜/발코니 폭1,800㎜

㉡ 단열계획

- ㅇ 에너지 절약정책은 점점 강화되어지고 있음.
- ㅇ 단열재두께와 형별성능기준은 건축심의 신청일 기준으로 적용
  (수서단지 서울시심의회 1차: 2014.10.07.)
- ㅇ 외단열 공법 적용: 단열재(HIP) + 마감(드라이비트/알루미늄복합패널)
  - HIP(고성능단열패널)은 구조적 심재(OSB)를 중심으로 양면에 단열재를 합지시켜 안정성을 갖춤
  - 무기질 경량보드(CRC 및 마감재)로 되어있어 다양한 외부마감이 가능
  - 모듈설계를 통한 건식벽체시스템

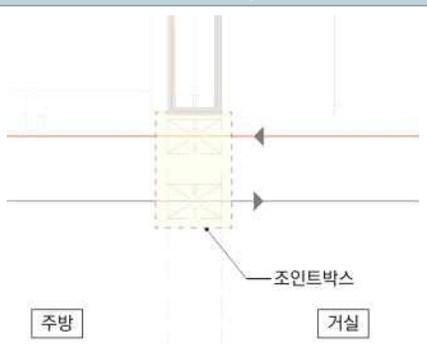
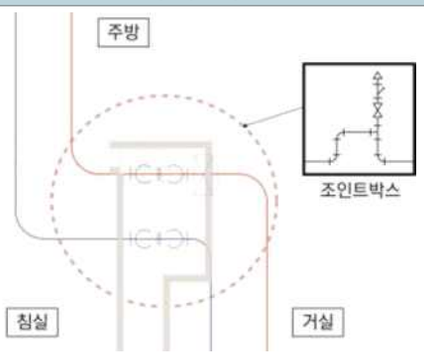
표 2.2.9.6 수서단지 단열계획

표준형(CRC)	강화섬유(Fiber)	구조용합판(OSB)
• CRC+단열재+OSB+단열재+CRC • 도장마감이 가능	• CRC+단열재+OSB+단열재+LMF • 습식공법 마감재 적용이 가능	• CRC+단열재+OSB+단열재+OSB • 건식공법 마감재 적용이 가능

ⓒ 모듈접합계획

○ 36A·36B TYPE은 2개의 모듈의 접합하여 만드는 단위세대로 조인트 부분이 생기며, 조인트 부분을 통해 난방배관은 연속되어져야함

표 2.2.9.7 수서단지 모듈접합계획

유형	Mock-up	수서단지
PLAN		
특징	• 조인트 박스가 설치되는 부분을 비워두고 제작한 뒤 현장 조립 후 난방배관을 결합하고 조인트 박스는 거실바닥 하부로 매립함 • 기밀테스트 결과 조인트박스를 매립한 부분이 기밀성능에 매우 취약	• 난방배관 조인트 부분에서 위의 상세도와 같이 결합 • 돌출된 난방배관 조인트 부분을 석고보드 간벽으로 인케이싱함 • 매립형보다는 현장시공 난이도가 수월함

ⓓ 36형 단위세대 평면도

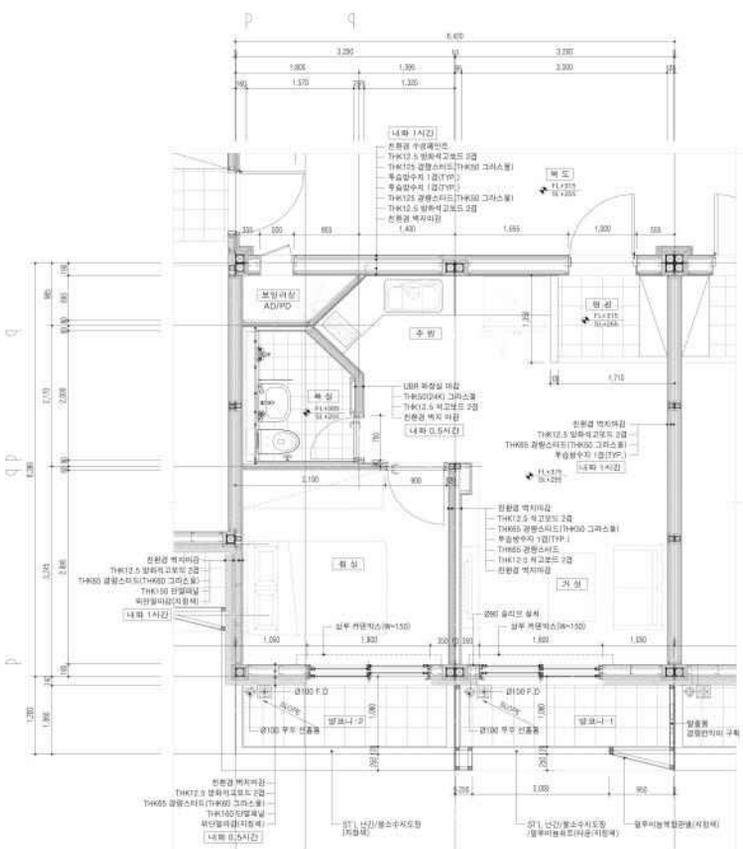


그림 2.2.9.28 36TYPE 단위세대 평면도

(5) 주차계획

(가) 주차장 계획안

표 2.2.9.8 수서단지 주차장계획안

구분		공영주차장	세대주차장	근생주차장	총 계
주차대수	1층	49대	-	-	81대
	2층	20대	18대	3대	
주차장면적		329.89㎡	296.90㎡	49.49㎡	676.28㎡

- ㅇ 공영주차장: 기존 81대 → 계획안 69대
  쌈지공원의 조성으로 인한 주차장 면적 감소
- ㅇ 세대주차장: (26×0.4)+(15×0.5)=17.9 ∴18대
  도시형생활주택(원룸형) 주차장 설치기준은 30㎡미만은 세대당 0.4대이며, 30~50㎡이하는 세대당 0.5대임. (수서단지: 17㎡(26세대), 36㎡(15세대)
- ㅇ 근생주차장: 461.75÷134=3.45 ∴3대
  근린생활시설 주차장 설치기준은 134㎡당 1대임.
  (수서단지 근린생활시설 면적: 461.75㎡)

(나) 1층 주차장

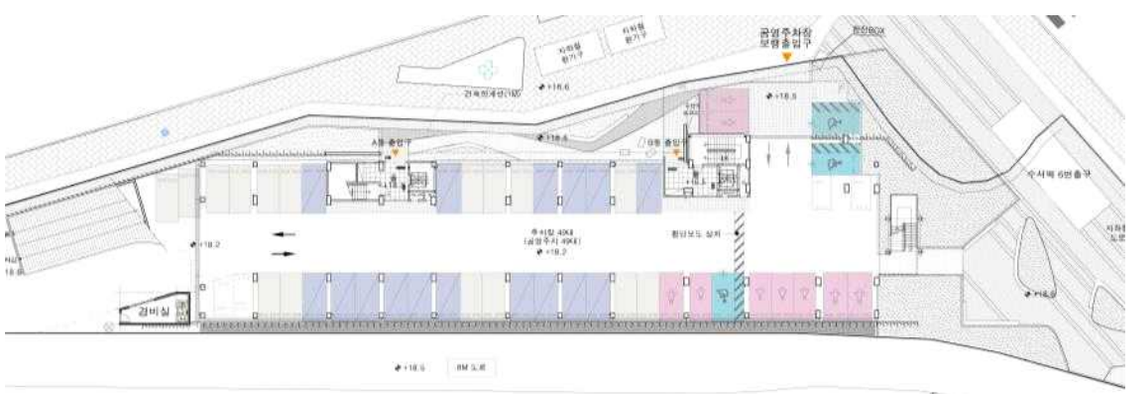


그림 2.2.9.29 1층 주차장 평면도

표 2.2.9.9 1층 공영주차장 현황

일반형	확장형	장애인	여성우선형	경차형
16대	16대	3대	9대	5대
49대				

- ㅇ 1층 전체를 공영주차장으로 사용되며, 총 69대 중 49대가 계획됨
- ㅇ 장애인 주차구획은 총 3대로 보행자 주출입구 접근이 용이한 위치에 배치하였으며, 점자블록과 안내표지판은 서울시 주차장설치 및 관리조례 규정에 맞게 설치함
- ㅇ 여성의 편의와 안전을 위한 여성우선 주차구획 9대(전체의 13%)을 설치함. 설치 위치는 사각이 없는 위치로 보행출입구에 인접한 곳이며, CCTV감시가 용이함
- ㅇ 경차형 주차구획(2.0m×3.6m)은 총 5대가 계획됨

(다) 2층 주차장

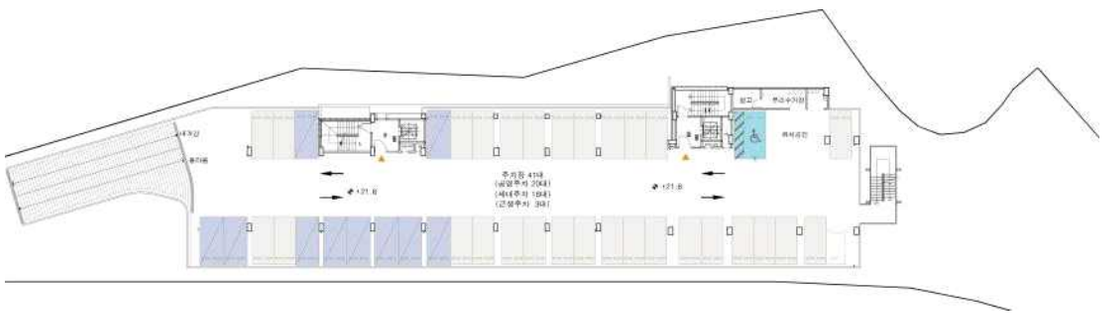


그림 2.2.9.30 2층 주차장 평면도

표 2.2.9.10 2층 공영주차장 현황

일반형	확장형	장애인	여성우선형	경차형
10대	10대	-	-	-
20대				

○ 2층에 계획된 공영주차구획은 총 20대이며, 이중 10대는 확장형(2.5m×5.1m)으로 계획함

표 2.2.9.11 2층 세대주차장 현황

일반형	확장형	장애인	여성우선형	경차형
16대	-	1대	-	1대
18대				

○ 도시형생활주택 41세대와 관련하여 설치해야하는 주차대수는 18대이며, 이중 3%는 장애인 주차구획으로 구분해야함. 따라서 공동주택과 관련한 장애인 주차대수는 1대로 계획

○ 경차형 주차구획을 전체의 18대 중 1대를 계획함

표 2.2.9.12 2층 근생주차장 현황

일반형	확장형	장애인	여성우선형	경차형
3대	-	-	-	-
3대				

○ 근생시설 주차대수는 해당시설 면적 대비로 산정하여 계획함.

○ 외부철골계단 인근으로 배치하여 3층 근린생활 시설을 이용하는 사람들의 편의성을 제공

(6) 구조분야

(가) 구조계획 기본방향

- ㅇ 대상 구조물은 양쪽 대칭으로 4세대가 조합되며, 1세대 당 유닛모듈 2개를 사용하는 일반적인 소형 주거용 건축물
- ㅇ 하부 PC구조 위로 적층식 모듈러(가동)와 인필식 모듈러(나동)가 MULTI TOWER형식으로 계획
- ㅇ 주거용 건물의 특성상 전면에 캔틸레버 형태의 발코니를 계획하였고, 5층 규모의 계단실, 코어, 복도등도 모듈러 시스템을 적용
- ㅇ 모듈러 시스템의 계획에서는 가능한 한 단위모듈의 종류를 줄이는 것이 효율적이므로, 세대를 구성하는 단위모듈과 코어 부분의 모듈로 구분될 수 있도록 하였음.

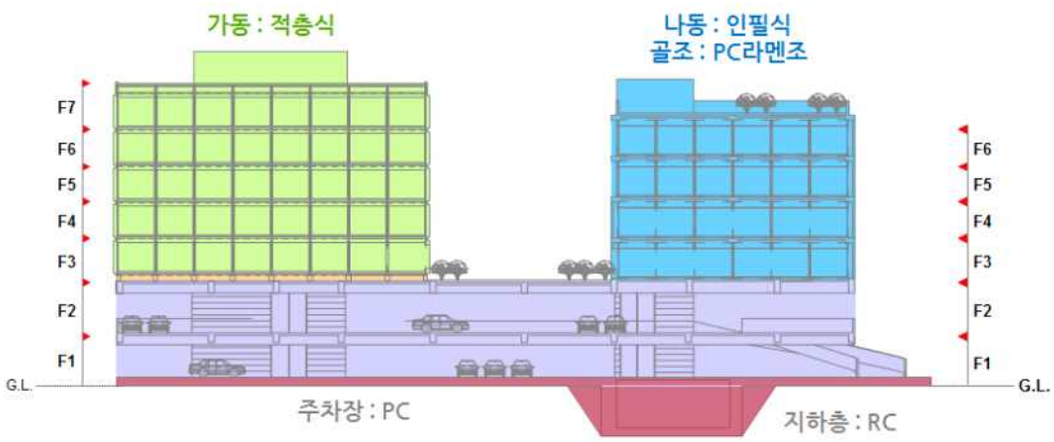


그림 2.2.9.31 수서단지 구조계획 기본방향

(나) 구조시스템 계획

① 모듈러

- ㅇ 수직방향으로 응력 편차가 커 비경제적인 설계가 될 수 있는 모듈러시스템의 단점을 보완하기 위하여 대상건물에서는 기본부재 크기를 줄이고, 샛기둥을 두어 보강
- ㅇ 대상구조물의 외곽, 내부세대 사이 벽체에 역V형태의 별도의 횡력저항 부재를 두어 횡력에 저항 하도록 함

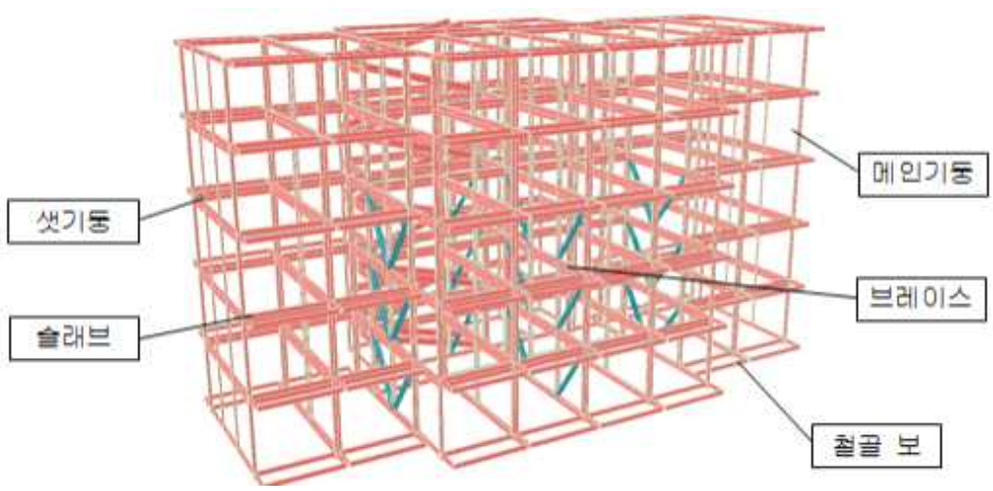


그림 2.2.9.32 구조시스템 3D 모델링

- ㅇ 메인기둥 : 각 유닛별 최소 4개소 설치로 구조안전성 확보
- ㅇ 샛기둥 : 장방향에 1개소 또는 2개소 설치로 구조안전성 및 경제성 확보
- ㅇ 슬래브 : 데크슬래브 설치로 시공성 확보
- ㅇ 철골보 : 메인기둥을 수평으로 연결하여 구조안전성 확보
- ㅇ 브레이스 : 횡방향하중 작용시 구조안전성 및 사용성 확보

② PC

- ㅇ 가동 적층식 모듈러의 기둥열은 하부 PC구조 기둥열과 상이하므로 전이구조로 설계
- ㅇ 나동 인필식 모듈러의 프레임은 하부 PC구조와 같으므로 PC프레임으로 설계
- ㅇ 적층식 모듈러와 접합이 이루어지는 전이층 부분 기둥 하부에 PC보 구조를 추가하여 전이보를 설계
- ㅇ 적층식 모듈러의 기둥 하부기초는 PIN조건 또는 SEMI FIX조건이 될 수 있도록 페데스탈로 설계
- ㅇ 전체 구조의 횡력저항시스템은 중간모멘트골조시스템을 적용 (반응수정계수 R = 4.5)

(다) 각 부 구조 계획

① 각 부분별 구조계획

- ㅇ 대상구조물 상부의 모듈러시스템 중 적층식 모듈(가동)의 경우 적층모듈 기둥의 위치가 하부 주차장의 기둥 위치와 상이하므로 전이구조로, 인필식 모듈(나동)의 경우 모듈의 프레임은 하부 주차장과 같으므로 PC골조로 계획

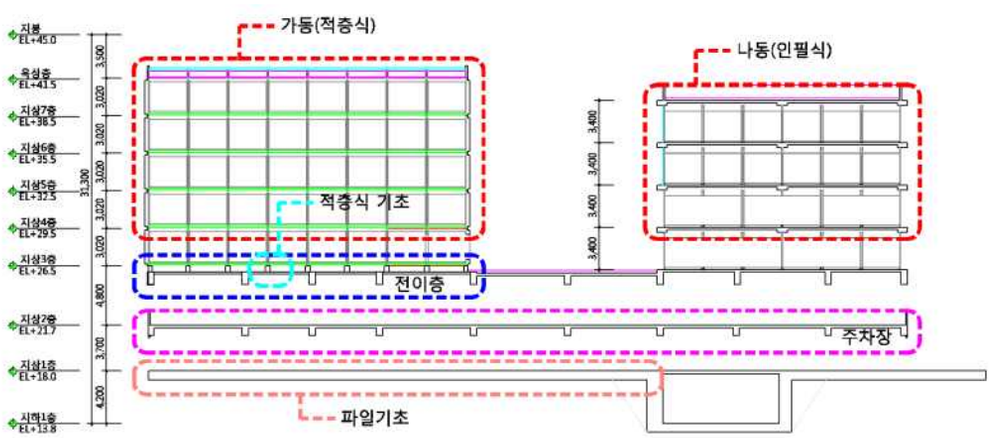


그림 2.2.9.33 각 부분별 구조계획

② 전이부 상세계획

- ㅇ 주차장 지붕층에 상부 적층식 모듈기둥의 전이구조를 해결하기 위해 적층모듈 기둥의 위치에 전이보를 설치하였다. 적층모듈 기둥의 하부는 상부의 축력 및 전단력만을 하부 PC전이보에 전달하도록 PIN 조건의 PEDESTAL TYPE을 적용・설계

③ 모듈러+PC구조결합 복합구조의 내진 안정성 확보 계획

- ㅇ 인필실 모듈러(나동) + 하부 PC구조는 단일 PC시스템의 내용과 같음
- ㅇ 단일 모듈러(가동) + 단일 PC시스템은 개별 시스템과 복합시스템의 작용(지진)하중이 상이하므로, 접

합부를 SEMI FIX 조건으로 하고, 해당 지점에 발생하는 휨모멘트에 저항할 수 있는 페데스탈을 계획하여 내진등급 I 의 허용층간변위(0.015h)를 만족하도록함

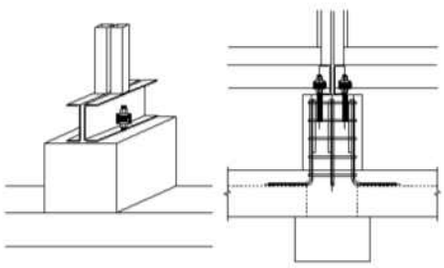


그림 2.2.9.34 Pedestal Type (PIN)

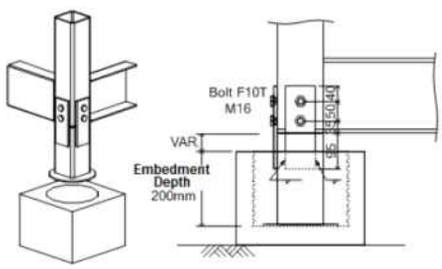


그림 2.2.9.35 Embedded Type (FIX)

(7) 실증단지(가양단지) 기본설계

(가) 기본계획

- ㅇ 공영주차장사용 부지의 지하화 및 상부 공동주택개발
  - 주차대수 공영 49대, 세대 16대 계획
- ㅇ 공동주택 기본유닛 규격 기본모듈 타입은 3×7.6(m)
- ㅇ 전용 17.66m2 :26세대, 전용 36.45m2 :4세대
- ㅇ 기본모듈 타입은 안목치수를 기준으로 내부에 공간을 배치하는 방법으로 계획

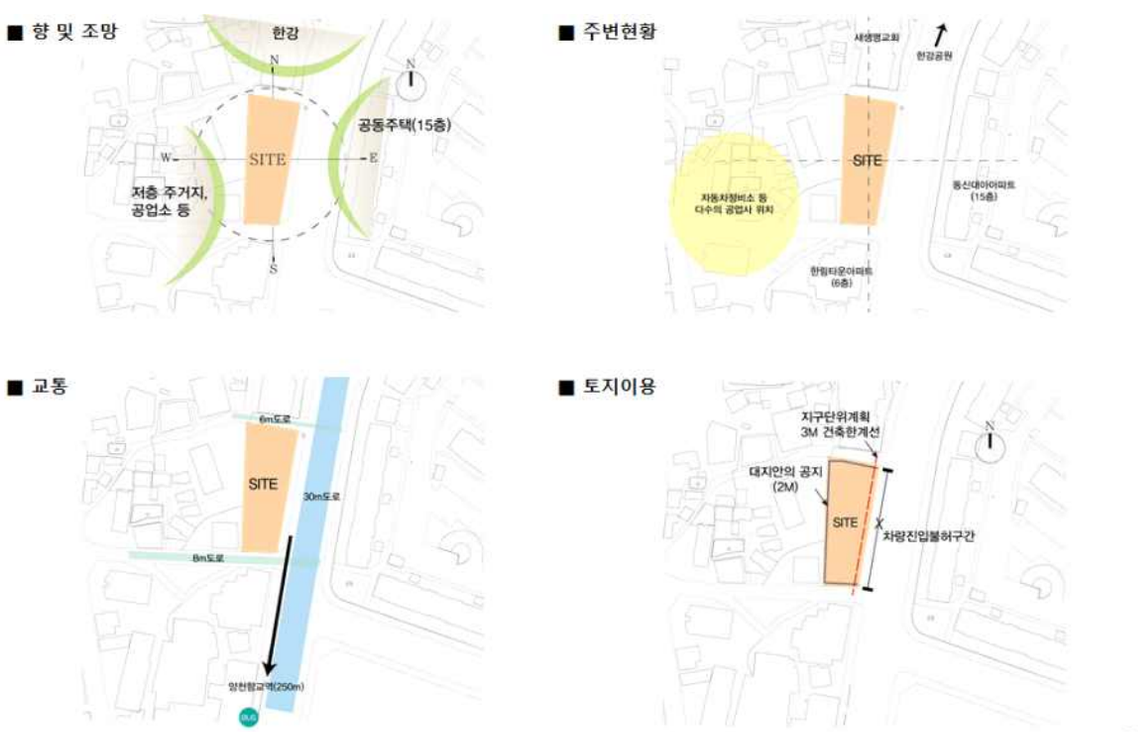


그림 2.2.9.36 실증단지(가양단지) 기본계획

- ㅇ 향을 고려한 배치로 주거환경 개선(전세대 남향배치)
- ㅇ 주거동의 충분한 인동간격 확보로 통풍과 환기를 고려
- ㅇ 주거동에 진입하는 동선의 분리로 세대주민의프라이버시 확보
- ㅇ 독립적인 보행동선을 위한 옥외공간 확보
- ㅇ 지상층에 커뮤니티 설치로 지역주민의 접근성용이
- ㅇ 공영주차장과 세대주차장의 영역분리
- ㅇ 대지 남측과 북측의 2개의 도로를 이용하여 진출입동선 분리

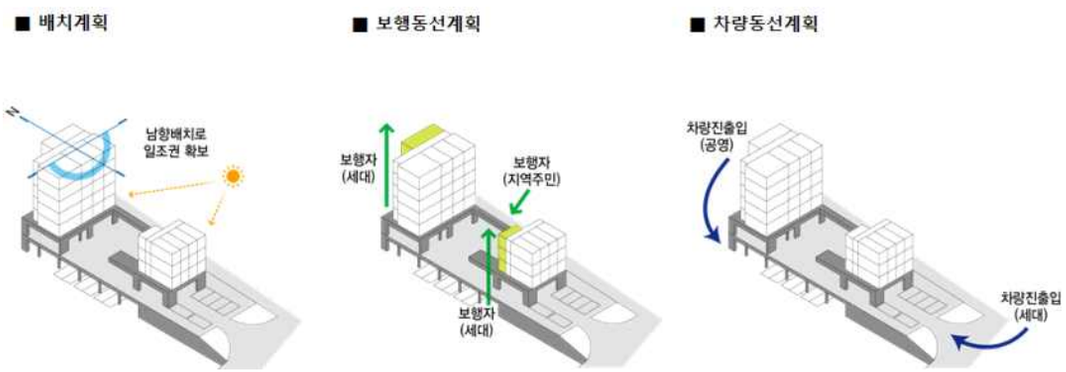


그림 2.2.9.37 실증단지(가양단지) 배치 및 동선계획

(나) 조감도 및 배치도

- ㅇ 모듈러 적층이 시작되는 지점으로 모듈적층에 필요한 매입형 기초를 설치함
- ㅇ 공영주차장과 세대주차장 분리운영관리 공영 주차장 진출입구는 대지 북측에 위치
- ㅇ 공영주차장 이용자의 편의성 및 안전성을 고려하여 보행자 진출입구 위치

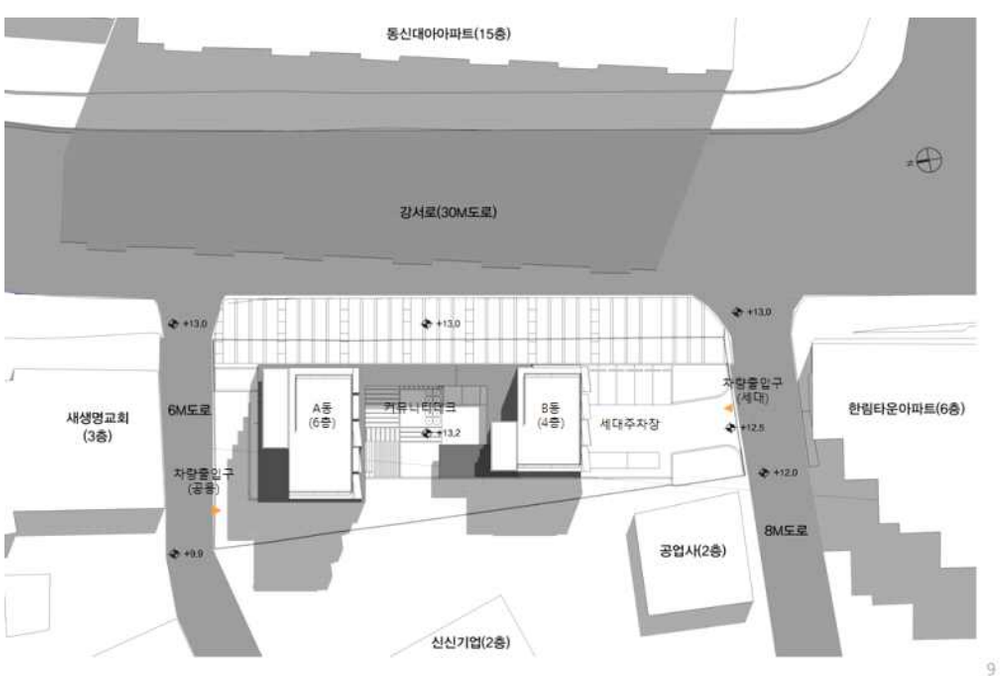


그림 2.2.9.38 실증단지(가양단지) 배치계획

ㅇ 수서 실증과 연계한 입면계획으로 적층되는 모듈박스로 가볍고 새로운 이미지 형성
ㅇ 인동간격거리 확보를 통해 향 및 채광을 충분히 할 수 있는 정면 입면계획
ㅇ 주거동 내 발코니를 설치하여 통풍 및 환기를 고려

그림 2.2.9.39 실증단지(가양단지) 입면계획

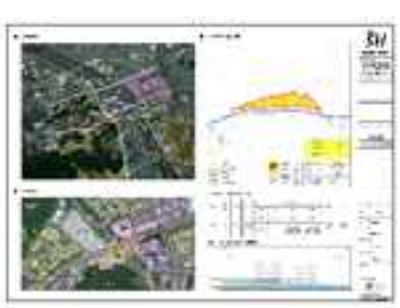
다) 3차년: 조립식 주택 수서단지 설계

연구목표

■ 조립식 주택 수서단지 설계

연구내용

■ 실증단지(수서단지) 설계변경 및 현장모니터링
- 구조 및 내화기술 반영한 설계 변경 (12대 실증기술 반영)
- 수서단지 설계예가를 바탕으로 VE 검토
- 수서동 주민의 민원을 반영하여 배치 및 평면계획 수정 (주민편익시설 추가)
- 실시설계도서 변경사항 반영 (12대 실증기술 반영)



최종성과물

■ 실증단지(수서단지) 실시설계 변경도서 1건

(1) 12대 실증기술 실시설계도서 반영

(가) 12대 실증기술 적용사항 List-Up

- ㅇ 수서단지 실시설계도서에 12대 실증기술 적용 후 실증사업 시 모니터링 계획
- ㅇ BIM 설계를 병행하여 기계, 전기, 소방의 간섭사항 Check로 시공시 오류 최소화
- ㅇ Mock -up 적용사항 및 환경성능 실험결과를 수서 실증단지에 반영
- ㅇ 하이브리드 내화성능 성능인정 및 기술개발 내용 반영
- ㅇ 모듈러 제작 시 기초 레벨링 및 모듈 접합부 구조기술내용 반영

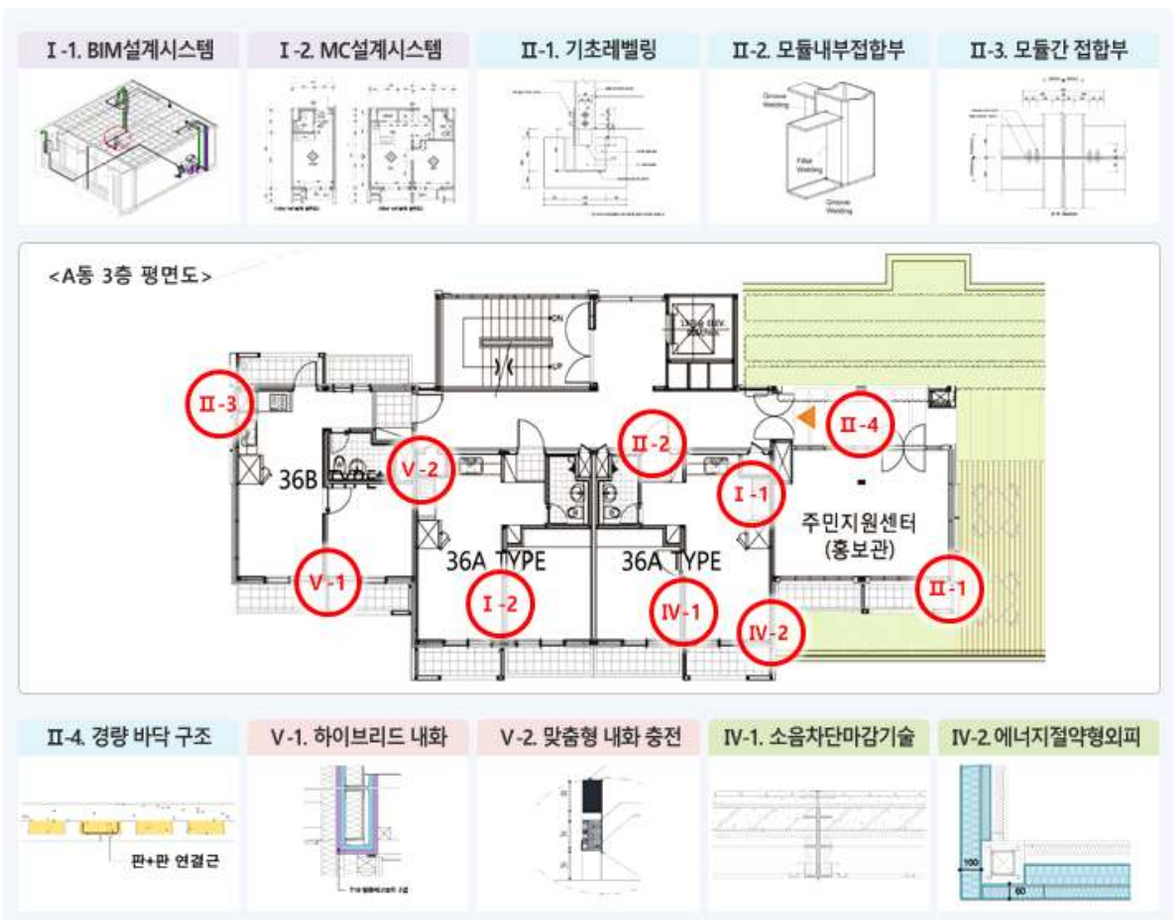


그림 2.2.9.40 12대 실증기술 실시설계도서 적용사항 List

(나) 계획분야 실증기술

- ㅇ 모듈박스의 Size는 3m×6m(안목치수) 기준
- ㅇ 표준화 부품설계에 적합하게 세부치수 조정 예정임
  - 표준화 부품 규격 적용부위 창호/석고보드/UBR/수납벽체/타일/시스템키친/문 (8종 표준화 우선대상 자재)
  - 외장재(단열재 및 마감판넬) 또한 상용화 되어있는 규격패널을 증분치수의 기준으로 하여 설계됨
- ㅇ 수서단지 수평 및 수직 계획모듈 설정
- ㅇ 수서단지 주요구성재 및 조립기준면 설정

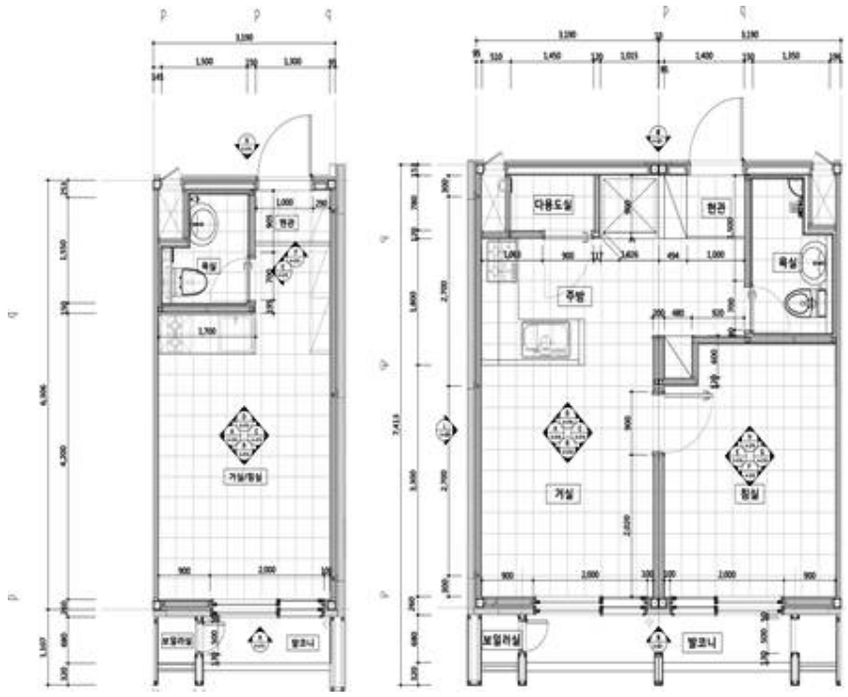


그림 2.2.9.41 MC설계적용

(다) 구조분야 실증기술

- ㅇ 기초접합부 완전 고정단 매입형 주각 상세 개발
- ㅇ 주각부와 기초의 일체 거동으로 구조 안전성 향상
- ㅇ 주각부의 고정도 향상과 횡력 저항 성능 향상
- ㅇ 주각부에서 기초로 휨모멘트 전달 가능

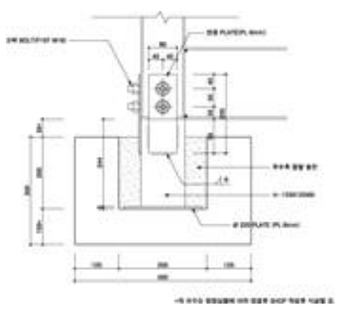


그림 2.2.9.42 기초 레벨링

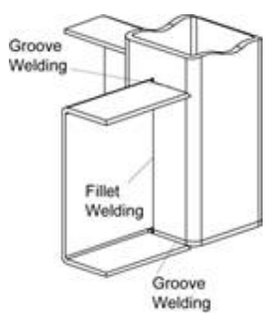


그림 2.2.9.43 모듈내부 접합부

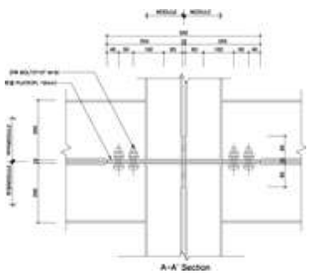


그림 2.2.9.44 모듈간 접합부

그림 2.2.9.45 경량바닥구조

(라) 환경분야 실증기술

- ㅇ Mock-up을 활용한 음환경 성능평가 및 개선
- ㅇ 조립식 실증주택의 음환경 설계 및 검토
- ㅇ 벽체단열

  외기직접 : 0.25 W/㎡k 이하 - 0.167 W/㎡k 만족

  외기간접 : 0.32 W/㎡k 이하 - 0.291 W/㎡k 만족

  측벽 : 0.20 W/㎡k 이하 - 0.167 W/㎡k 만족
- ㅇ 창호단열 : 1.2 W/㎡k 이하 - 0.868 W/㎡k 만족
- ㅇ 창호기밀 : 2등급 제품 사용 - 1등급 제품 사용 만족
- ㅇ 건물녹화 : 옥상 및 벽화녹화 권장- 옥상녹화 적용 만족
- ㅇ 가정용 보일러에너지소비효율 1등급 제품 : 에너지소비효율 1등급 제품사용 만족

대기전력 자동차단장치 거실, 침실, 주방에1개 이상 : 대기전력 자동차단장치 적용

- ㅇ 바닥충격음 차단성능 향상을 통한 거주자 만족도 증대

  - 중량충격음 : 3등급, 경량충격음 : 1등급

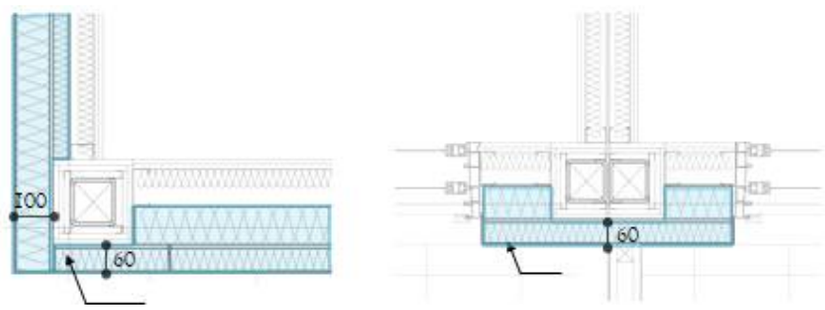


그림 2.2.9.46 에너지 절약형 외피기술적용

(마) 내화분야 실증기술

- ㅇ 강재 형상 변화에 대응한 조립식 주택용 내화구조 기술 결과 반영

  - 하이브리드 내화피복 기술
- ㅇ 기둥 1보 - T19 방화석고보드 2겹 (건식)
- ㅇ 브레이스 - 2시간 내화도료 (습식)
- ㅇ 계단실 및 ELEV. - 2시간 내화도료 (습식)
- ㅇ 맞춤형 내화충진재 개발을 통해 관통부위는 모듈러용 충진재적용

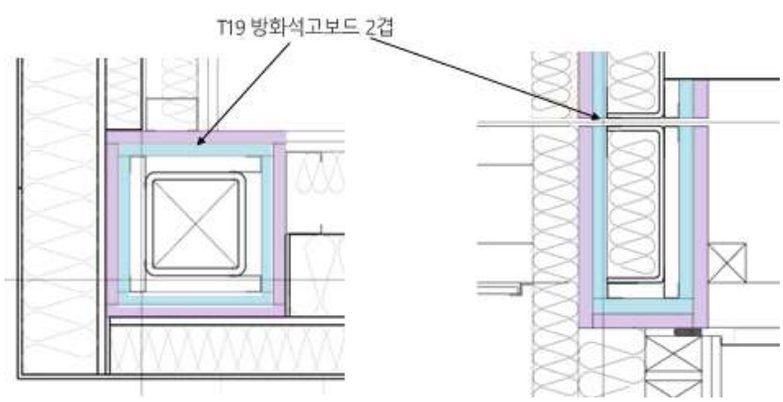


그림 2.2.9.47 내화건식피복 기술

라) 4차년: 조립식 주택 수서단지 설계

연구목표

- 조립식 주택 수서단지 설계

연구내용

- 조립식 주택 수서 실증단지 실시설계
  - 수서 실증단지 인허가 도서작성
  - 수서 실증단지 인허가 득
  - 수서 실증단지 실시설계 도서 작성
  - 수서 실증단지 설계내역서 작성
- 조립식 주택 수서 실증단지 설계매뉴얼
  - 수서 실증단지 설계매뉴얼 작성

최종성과물

- 수서 실증단지 설계매뉴얼 1건
- 수서 실증단지 인허가 득
- 수서 실증단지 실시설계 도서 1건
- 수서 실증단지 설계내역서 1건

(1) 조립식 주택 수서 실증단지 실시설계

(가) 수서 실증단지 실시설계 추진경과

① 주요 사업추진경과

표 2.2.9.13 수서 실증단지 주요 사업추진경과

날 짜	내 용
2012.03.27	· 도시계획시설(주차장 등) 복합개발을 통한 장기전세주택건립 공급 추진 알림
2013.01 ~	· 복합개발 관련 2013년도 추진예정 부지 조사 및 검토 · 모듈러주택을 활용한 장기전세주택 건립계획 수립(전용 14㎡형 59세대)
2013.05.07	· 도시계획용역 입찰공고
2013.09.12	· 도시관리계획 변경을 위한 사전자문 요청
2013.10.07	· 수서부지를 활용한 국토부R&D사업 참여 통보
2013.11.01	· R&D사업 수주(사업비 국비 44억 지원) · 모듈러주택을 활용한 건축계획 변경(전용 18~36㎡형 44세대)
2014.05.28	· 도시건축공동위원회 자문 통과
2014.09	· 공공건축가 자문 (9월 12일 1차, 9월 25일 2차)
2014.10	· 건축위원회 자문(건축기획과) (10월 22일 1차, 12월 11일 2차)
2014.10	· 행복주택으로 사업방식 결정(市임대주택과)
2015.01.08	· 수서동 1차 주민설명회 개최
2015.09.24	· 수서동 2차 주민설명회 개최
2015.10.22	· 수서동 3차 주민설명회 개최
2015.12.18	· 서울시 통합건축심의 소위원회 자문
2016.01.28	· 서울시 통합건축심의 소위원회 자문
2016.05.04	· 수서동 727번지 주택건설사업계획승인 신청
2016.06.30	· 수서동 727번지 주택건설사업계획승인 득

(나) 서울시 자문의견 반영사항

① 서울시 공공건축가

1) 정책의 개요 및 추진배경

- ㅇ 건축 및 공간환경의 공공성 확보를 통한 서울의 경쟁력 제고와 건축을 사유재산 및 기술로 보는 인식에서 공공재 및 문화로 보는 인식으로의 변화
- ㅇ 건축 및 공간환경이 시민의 삶의 질과 도시 경쟁력을 결정하는 중요 요소로 인식

2) 정책소개

- ㅇ 공공발주 건축물의 기획·설계업무에 대한 조정 및 자문
- ㅇ 소규모 공공건축물(1억미만)의 지명현상설계에 참여
- ㅇ 정비계획(재개발·재건축·뉴타운)의 가이드제시 및 자문

② 수서단지 공공건축가 자문 1차 (2014.09.12.)

표 2.2.9.14 수서단지계획 공공건축가 자문1차 의견

	공공건축가의견	검토결과
1	동측 근생부 및 밤고개로에서 진입하는 차량동선과 버스 승강장 대기 승객과의 상충문제의 극복 필요	근생 1층면적을 축소하여 일부 부분은 공용공간으로 제공함
2	쓰레기 분리수거장 및 우편함 미설치	쓰레기 분리수거장 및 자전거보관소 설치 무인택배 및 우편함 등은 1층에 설치
3	나동 커뮤니티실의 위치 변경 검토 (홀 및 계단과 근접한 것이 유리)	커뮤니티 실을 홀 앞의 접근이 원할한 위치로 변경
4	1인실 및 soho형 세대의 화장실 레이아웃 불합리함	1인실 및 soho형 세대의 화장실 계획 변경.

- ㅇ 커뮤니티실(공동세탁실 및 취사실) 계획안 변경관련

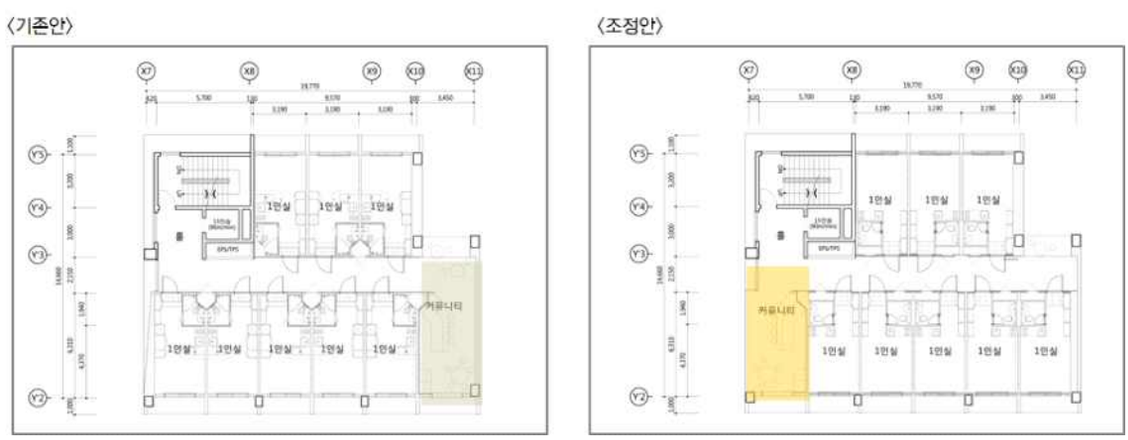


그림 2.2.9.48 커뮤니티실 조정안

ㅇ 1인실 및 SOHO형 세대의 화장실 계획 변경

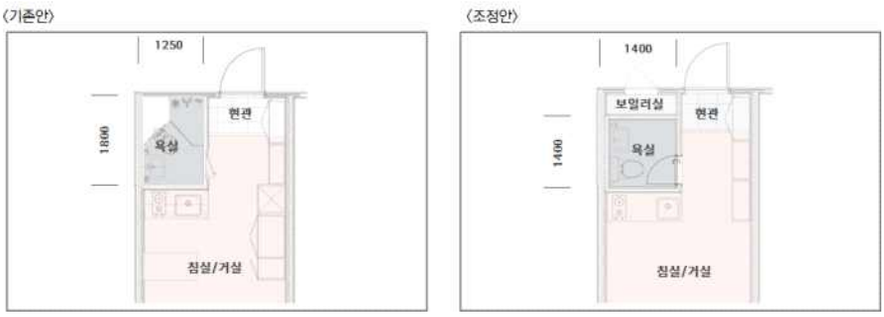


그림 2.2.9.49 화장실 조정안

③ 수서단지 공공건축가 자문 2차 (2014.09.25.)

표 2.2.9.15 수서단지계획 공공건축가 자문2차 의견

	공공건축가의견	검토결과
1	쓰레기 분리수거장이 인도측과 면하고 있으므로 외관에 대한 고려가 필요해 보임.	녹지 및 담장으로 일차로 시선 차단함. 또한, 추후 쓰레기 분리수거장의 설치시 외부 마감 재료를 저층부와 통일하겠음.
2	공영주차장 출입구부분 차량사고 및 동선의 흐름에 부적합할 것으로 판단됨. 램프의 위치 조정 또는 길이를 조정하여 차량동선의 상충이 되지 않도록 계획할 것.	램프의 위치를 출입구로부터 기존의 위치보다 3.5M 옮겨 차량의 흐름이 원할하도록 조정 하였음.

ㅇ 쓰레기 분리수거장 외관관련

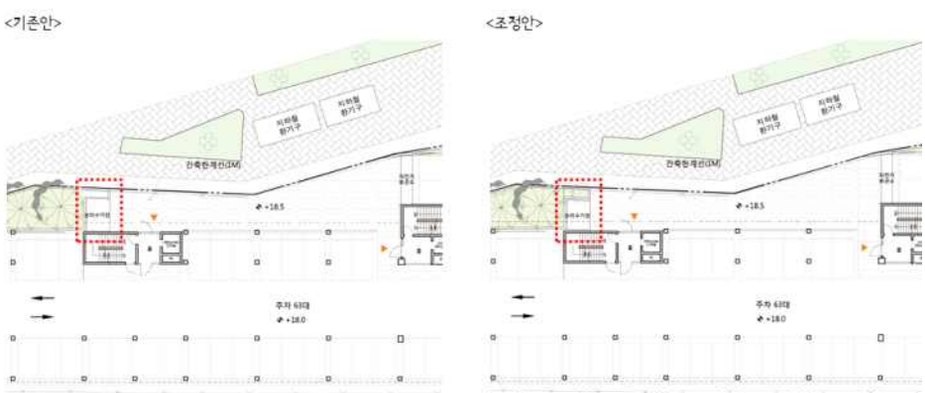


그림 2.2.9.50 쓰레기 분리수거장 조정안

ㅇ 램프진입구 확장

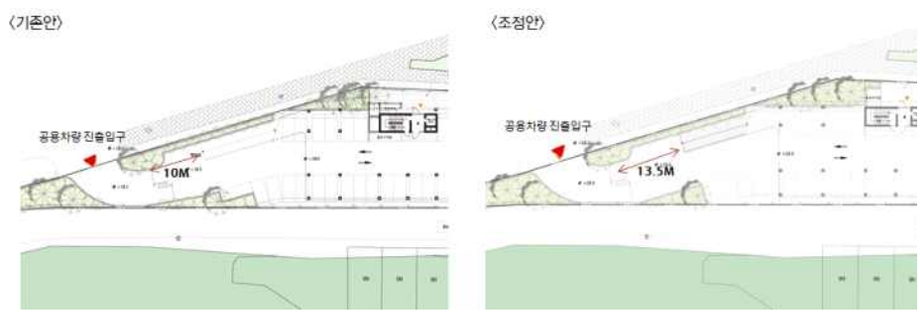


그림 2.2.9.51 램프진입구 조정안

(다) 서울특별시 건축위원회 자문 (2014.10.07.)

표 2.2.9.16 서울특별시 건축자문위원회 자문1차 의견-1

	건축위원회 의견	조치사항
1	보행로에 면한 1·2층 주차장부분의 입면은 보행환경을 고려하여 주변경관과 조화되도록 개선 - 주차장 인식되지 않도록 고려	보행레벨 및 원거리에서 노출되는 주차면을 차폐시키기 위하여 2층 천정부 및 난간 상부를 디자인함 램프와 코아부, 저층부의 재료와 패턴을 연결하여 하나의 통합 이미지로 읽히도록 함.

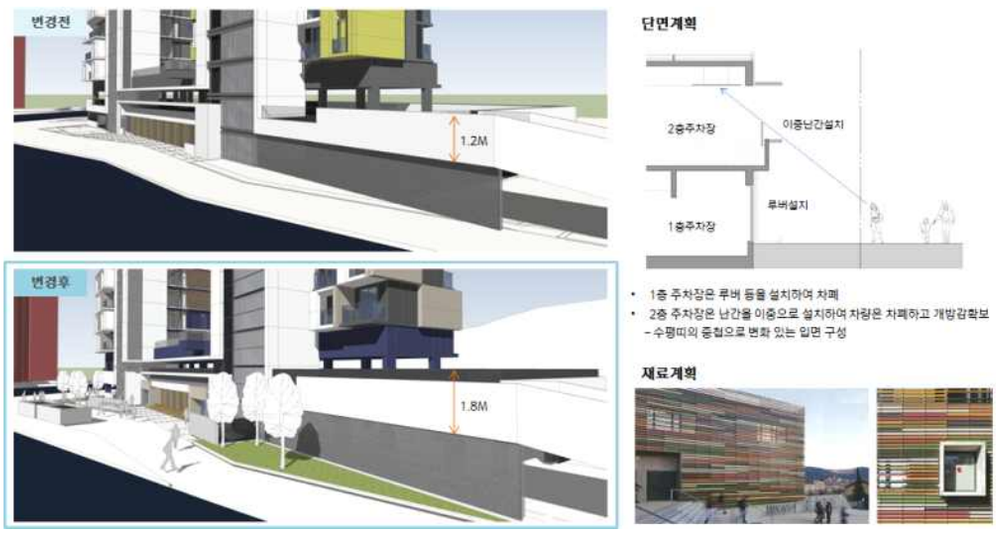


그림 2.2.9.52 건축위원회 조치사항-1

표 2.2.9.17 서울특별시 건축자문위원회 자문1차 의견-2

	건축위원회 의견	조치사항
2	입면은 전체적으로 일정한 패턴 또는 통일성 고려하는 방안 검토	입면의 패턴을 통일하였고, 부대복리시설부분의 입면을 변형하여 강조함

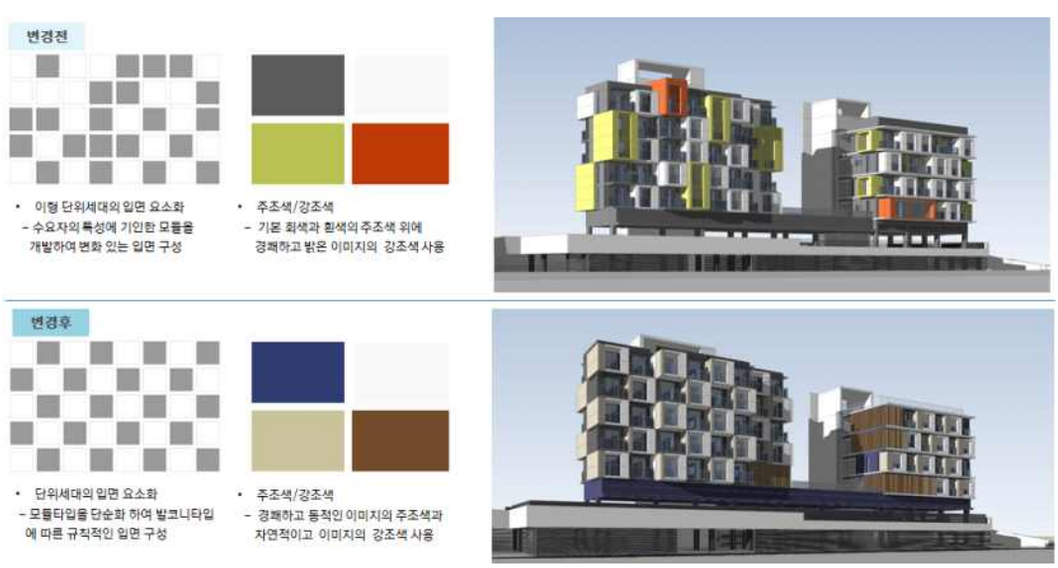


그림 2.2.9.53 건축위원회 조치사항-1

표 2.2.9.18 서울특별시 건축자문위원회 자문1차 의견-3

	건축위원회 의견	조치사항
3	B동출입구는 주차장을 통해서 진출입하는 느낌이 들지 않도록 환경개선	A, B동 출입 홀의 면적을 넓히고, 정면에서 출입할 수 있도록 문위치 변경 외부에서 동 출입구의 인지성이 확보되도록 공동주택 외부공간을 영역화 함.

그림 2.2.9.54 건축위원회 조치사항-3

표 2.2.9.19 서울특별시 건축자문위원회 자문1차 의견-4

	건축위원회 의견	조치사항
4	근린생활시설 위치조정 검토 - 지하철 6번출구와의 연장 경계선 이내	근린생활시설이 포함된 동의 형태를 변형하여 6번출구 쪽에서의 건물면을 1m 후퇴함

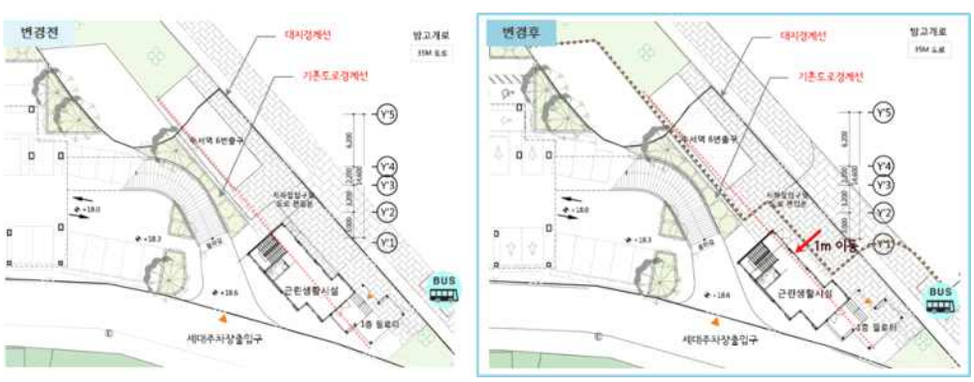


그림 2.2.9.55 건축위원회 조치사항-4

표 2.2.9.20 서울특별시 건축자문위원회 자문1차 의견-5

	건축위원회 의견	조치사항
5	35㎡형의 욕실이 규모가 사용하기에 옹색하므로 개선하는 방안 검토	건축위원회 의견을 반영하여 샤워공간이 분리된 욕실타입으로 변경

그림 2.2.9.56 건축위원회 조치사항-5

표 2.2.9.21 서울특별시 건축자문위원회 자문1차 의견-6

	건축위원회 의견	조치사항
6	장애인주차면과 여성전용주차면은 코어주위에 배치 - 장애인주차면은 주차통로를 횡단하지 않는 위치	2층 세대주차장의 장애인 주차면을 코아옆으로 이동 공영주차장의 장애인 주차면은 출구에서 가장 가까운 위치로 이동, 여성전용 주차면은 출구 근처로 이동

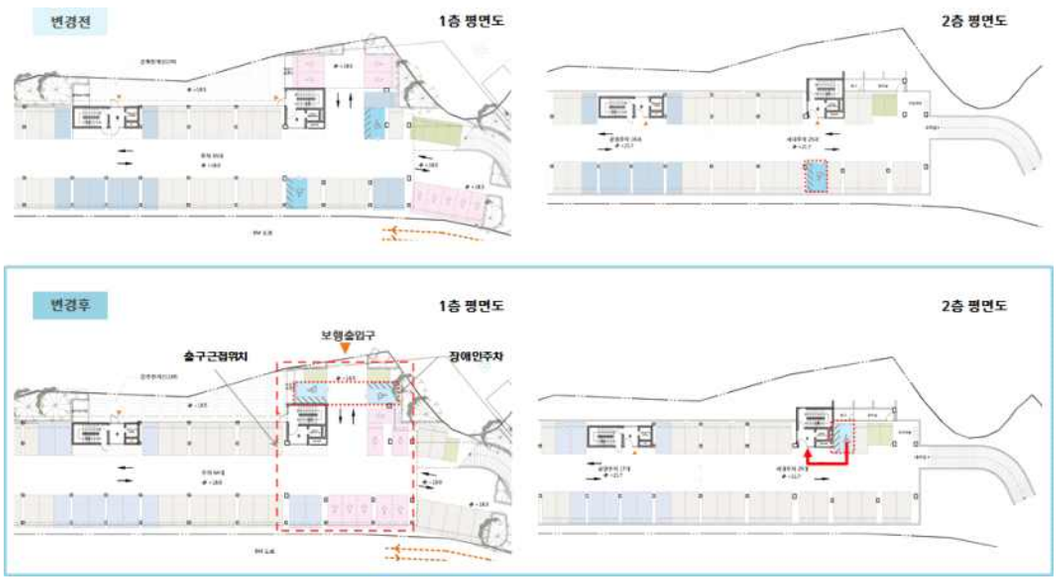


그림 2.2.9.57 건축위원회 조치사항-6

표 2.2.9.22 서울특별시 건축자문위원회 자문1차 의견-7

	건축위원회 의견	조치사항
7	램프의 시종점부에는 입구에 안내시스템 등 안전시설 보완 - 반사경, 경광등 설치 등	램프 통행의 혼잡을 방지하기 위하여 대기공간을 고려한 안내시스템 설치

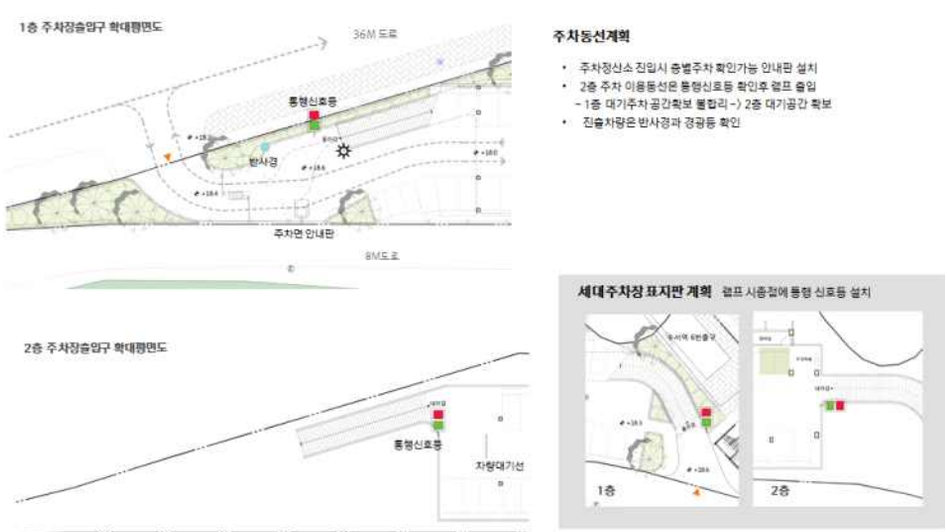


그림 2.2.9.58 건축위원회 조치사항-7

(2) 서울특별시 자문위원회 2차 (2014.10.22.)

표 2.2.9.23 서울특별시 건축자문위원회 자문2차 의견-1

	건축위원회 의견	조치사항
1	입면계획을 주변과 조화되도록 재조정.(재료선정, 램프하부, 조경계획, Color 등) 계단탑의 경우는 너무 과대하고, 무미건조한 디자인임을 감안하여 조정 바람	주변에 조화되고 보행환경 및 경관에 저해되지 않도록 재료, 색채, 조경계획에 반영함

그림 2.2.9.59 서울특별시 자문위원회 조치사항-1

표 2.2.9.24 서울특별시 건축자문위원회 자문2차 의견-2

	건축위원회 의견	조치사항
2	B동 출입구는 주거시설에 맞지 않는 디자인이므로 조정 바람	1층 Hall의 면적을 넓히고 전면도로에서 직진입할 수 있도록 재조정함

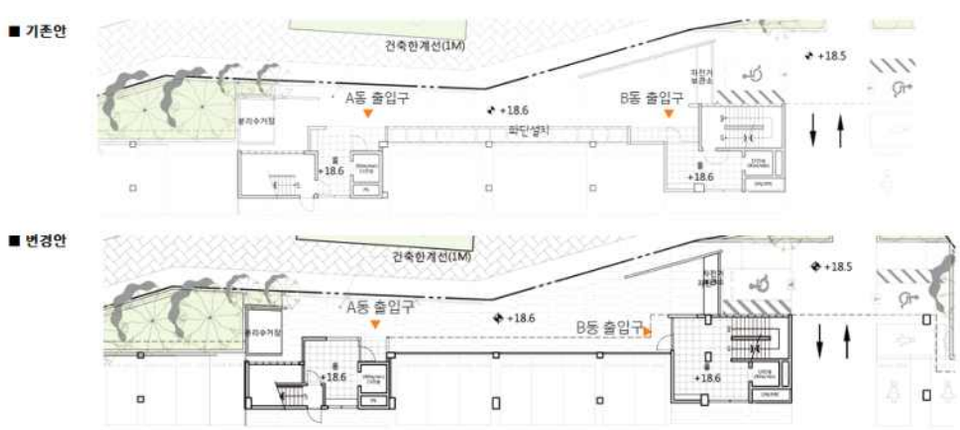


그림 2.2.9.60 서울특별시 자문위원회 조치사항-2

표 2.2.9.25 서울특별시 건축자문위원회 자문2차 의견-3

	건축위원회 의견	조치사항
3	18TYPE경우 P.S가 과다한 부분 조정 필요 화장실은 슬라이딩도어로 조정	P.S는 보일러실과 통합하고 욕실 출입문을 슬라이딩 타입으로 변경
4	26TYPE경우 평수에 비해서 욕실이 협소하므로 슬라이딩 도어 검토	욕실은 샤워공간이 확보되는 형태로 변경함
5	36A는 36B에 비해서 평면계획이 불리하므로 조정 바람	발코니폭을 1200으로 확장하고 주방의 보일러실은 P.S와 통합하여 주방의 크기를 확장함

(3) 서울특별시 자문위원회 3차 (2014.12.11.)

표 2.2.9.26 서울특별시 건축자문위원회 자문3차 의견-1

	건축위원회 의견	조치사항
1	전면부 계단실에 Design이 과다하고, 전체적인 Mass와 조화될 수 있는 Design으로 조정하시기 바랍니다.	계단실이 과하게 보이지 않도록 매스를 분절하고 유리면의 면적을 축소하여 계획하였음

그림 2.2.9.61 서울특별시 자문위원회 2차 조치사항-1

④ 저층부 디자인 계획

- ㅇ 저층부 램프하단부분에 베이스패널을 불규칙적으로 배치하여 리듬감 있게 구성
- ㅇ 남측면 저층부는 베이스패널과 함께 담쟁이 또는 대나무를 식재하여 보행경관을 고려한 자연적인 이미지 부여

그림 2.2.9.62 서울특별시 자문위원회 2차 조치사항-2

(라) 수서 실증단지 설계내역 검토

표 2.2.9.27 수서 실증단지 설계내역 검토

(단위: 천원)

구분	A동				B동			
	아파트	공용	근생	합계	아파트	공용	근생	합계
건축	464,839	605,841	85,936	1,156,616	400,463	713,081	86,383	1,199,927
기계	26,740	163,336	4,407	194,483	43,541	182,476	4,450	230,467
전기	54,739	31,333	11,538	97,610	58,513	45,552	14,601	118,666
통신	26,956	41,058	4,979	72,993	31,528	73,280	3,483	108,291
소방	38,954	41,180	17,033	97,167	28,335	37,640	14,618	80,593
소계	612,228	882,748	123,893	1,618,869	562,380	1,052,029	123,535	1,737,944
면적(평)	186	92	52	330	148	97	55	300
평당 순공사비	3,292	9,595	2,383	4,906	3,800	10,846	2,246	5,793

(2) 조립식 주택 수서 실증단지 설계매뉴얼

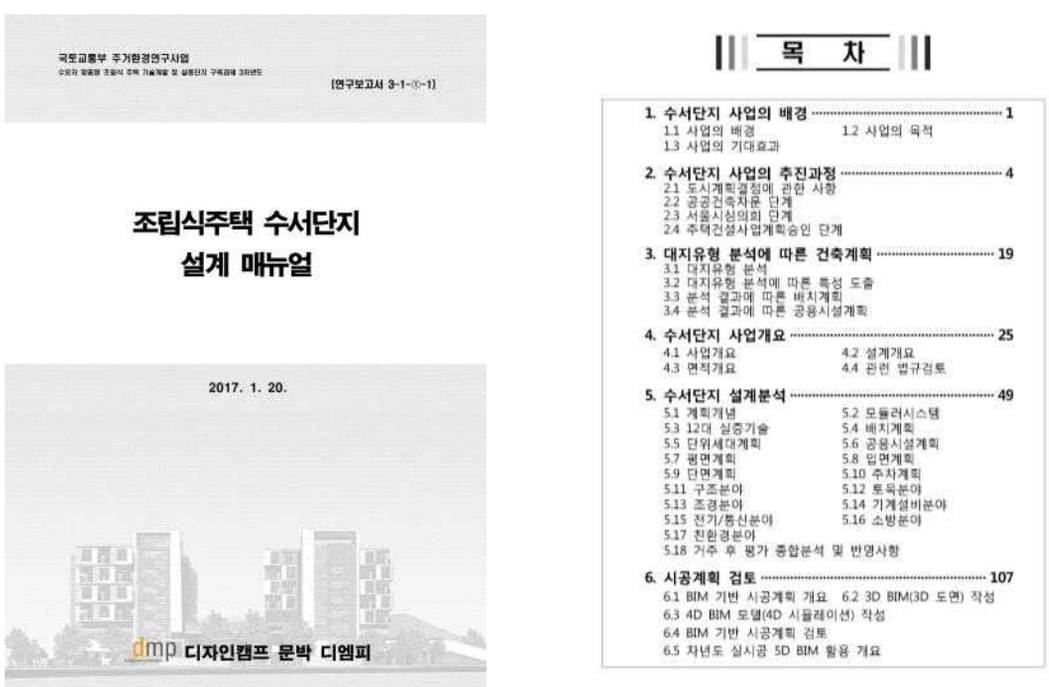


그림 2.2.9.63 수서 실증단지 설계매뉴얼 표지 및 목차

마) 5차년: 조립식주택 Proto-Type 개발 및 BIM 통합설계 가이드라인 구축

연구목표

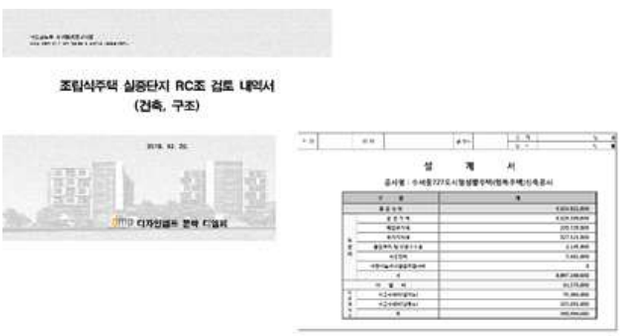
- 수요자 맞춤형 표준설계도서 작성

연구내용

- 수요자 맞춤형 조립식 주택 유형별 표준설계도서
  〈건축분야〉
  - 실내재료마감, 방수 · 단열 · 우수계획
  - 평면, 입면, 단면도
  - 창호, 건식벽체 등 안내도 및 일람표
  - 상세도

  〈구조분야〉
  - 구조평면도, 접합 상세도

  〈기계, 전기, 소방분야〉
- 천안두정 실증단지 RC조 공사비 도출
  - 천안두정 실증단지 RC조 공사비 검토용 도면 작성
  - RC조 공사비 검토용 도면 바탕으로 공사비 도출



최종성과물

- 수요자 맞춤형 조립식주택 표준설계도서 1건
- 천안두정 실증단지 RC조 공사비 내역서 1건

(1) 수요자 맞춤형 조립식 주택 유형별 표준설계도서

(가) 건축

- ㅇ 효율적이고 경제적인 전기·기계설비를 관리, 통제할 수 있도록 MEP실을 계획
- ㅇ 토목공사의 최소화와 인접합 지하철(수서역) 시설물에 피해가 발생하지 않도록 오픈컷 공법을 적용하고, 굴착레벨은 지면에서 5m정도로 제한
  - 시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제2조 2호 및 3호의 1, 2종 시설물로서 『철도보호지구에서의 행위제한에 관한 업무지침(국토교통부 고시 제2014-335호)』에 의거하여 시행하는 것을 원칙
  - 공사착수 전에 『철도보호지구에서의 행위제한에 관한 업무지침』별표3의 기준에 의거 작성된 철도보호지구 안전관리계획서를 작성
- ㅇ 발전기와 각 종 펌프의 기초패드 높이는 200㎜이며, 저수조와 소화수조의 기초패드 높이는 500㎜로 계획
- ㅇ 소화전용 저수조는 내진설계에 의해 방파판을 설치

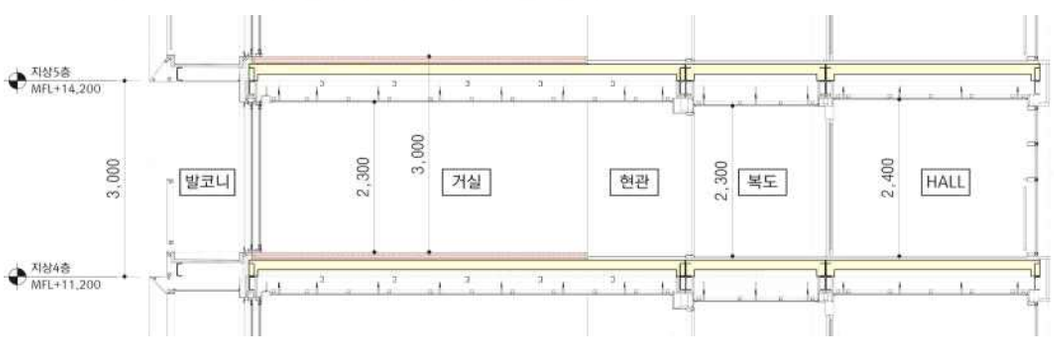


그림 2.2.9.64 A동 기준층 단면 상세도

- 기준층 층고: 3,000㎜ (모듈접합부 기준 적용, Module Floor Level)
- 천정고: 거실 2,300㎜ / 복도 2,300㎜ / HALL 2,400㎜
  - 복도 천정고를 2,300㎜으로 설정한 이유는 36A TYPE의 보일러실이 복도에 면해있으며, 배기연통이 복도의 천정을 지나가야 하는데 보 밑 공간에서 100㎜ 더 확보가 필요하여 복도 천정 마감기준면을 100㎜ 내려 설계를 했음
  - 보일러 배기연통이 복도천정을 지나갈 상황이 발생되지 않는다면 복도 천정고를 2,400㎜로 설정이 가능함
- SLAB: 150㎜
- 거실바닥마감: 120㎜ (T3비닐시트+T37시멘트몰탈+T50경량기포콘크리트+T30층간완충재)
- 화장실바닥마감: 110㎜ (T8자기질타일+T100구배몰탈+T2시트방수)
  벽체트랩의 최소 크기가 h-80이며, 욕실바닥의 최소 구배는 20㎜임
- 거실바닥마감과 화장실바닥마감의 단차는 10㎜이며, 화장실 문턱과의 단차는 20㎜정도임. 욕실에 슬리퍼를 두기에 어려움이 있음.
  (필요한 최소 바닥단차는 50㎜ 이상)
- 거실과 욕실 바닥의 단차를 충분히 확보하기 위한 방법
  ① 화장실 바닥 슬래브 다운
  ② 화장실 문턱을 30~40㎜정도 높임
  ③ 거실바닥마감 재료의 두께를 상향 (120㎜→150㎜)

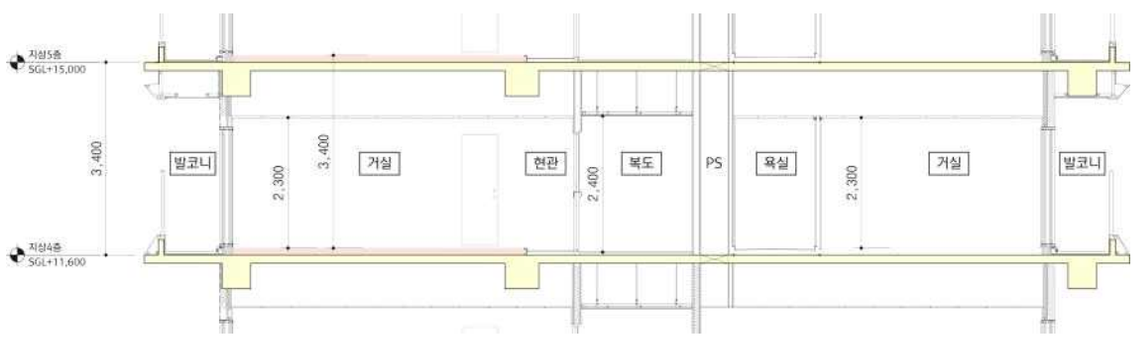


그림 2.2.9.65 B동 기준층 단면 상세도

- 기준층 층고: 3,400㎜
  PC라멘조로 구조체 사이에 모듈을 인필하는 형식으로 인필형 모듈을 삽입 및 설치함에 적정한 공간으로는 보 밑 기준으로 h=2,800정도임.
- 천정고: 거실 2,300㎜ / 복도 2,400㎜
- SLAB: 150㎜
- 거실바닥마감: 120㎜ (T3비닐시트+T37시멘트몰탈+T50경량기포콘크리트+T30층간완충재)
- 화장실바닥마감: 100㎜ (UBR시스템)
- 거실과 욕실의 바닥 단차를 두기 위해 화장실 문턱을 30㎜ 높여서 설계함
- 지하층 층고: 4,400㎜
- 천정고: 기계실 3,650㎜ / 정화조 2,350㎜
- 1층 공영주차장 층고: 3,400㎜
- 천정고: 공영주차장 2,700㎜ / HALL 2,500㎜

(나) 구조개요 및 적용기준

① 구조형식: PRECAST CONCRETE 구조 + RC 구조
모듈러 시스템 (가동 : 적층식 / 나동 : 인필식)

② 횡하중 저항 시스템 : 모멘트 저항골조 시스템 - 철골 중간모멘트골조

③ 기초형식 : 파일기초 - PHC PILE Φ500 (fp = 1200kN/EA)

④ 적용기준 : 건축법 동시행령 및 규칙 (건축법)
건축구조설계기준 (대한건축학회, 2009)
콘크리트 구조설계기준 (한국콘크리트학회, 2007)
프리캐스트 콘크리트 조립식 건축구조설계기준 (건설교통부)

⑤ 설계하중
1) 수직하중 : 각 실별 건축계획 및 모듈러 계획에 따른 하중 산정 및 적용
2) 횡하중
① 풍하중
기본풍속(V0) : 30 m/sec (서울)
중요도계수(Iw) : 1.0 (중요도(1))
노풍도 : C
풍속할중계수(KZT) : 1.0

② 지진하중
지역계수(A) : 0.176 (지진구역 Ⅰ)
중요도계수(Ie) : 1.2 (중요도(1))
지반분류 : Sc
지진력저항시스템 설계계수 (철골 중간모멘트골조시스템)
: 반응수정계수(R) : 4.5
: 시스템초과강도계수(Ω) : 3.0
: 변위증폭계수(Cd) : 4.0(3)

(2) 천안두정 RC조 설계 및 공사비 도출

(가) 천안두정 RC조 설계

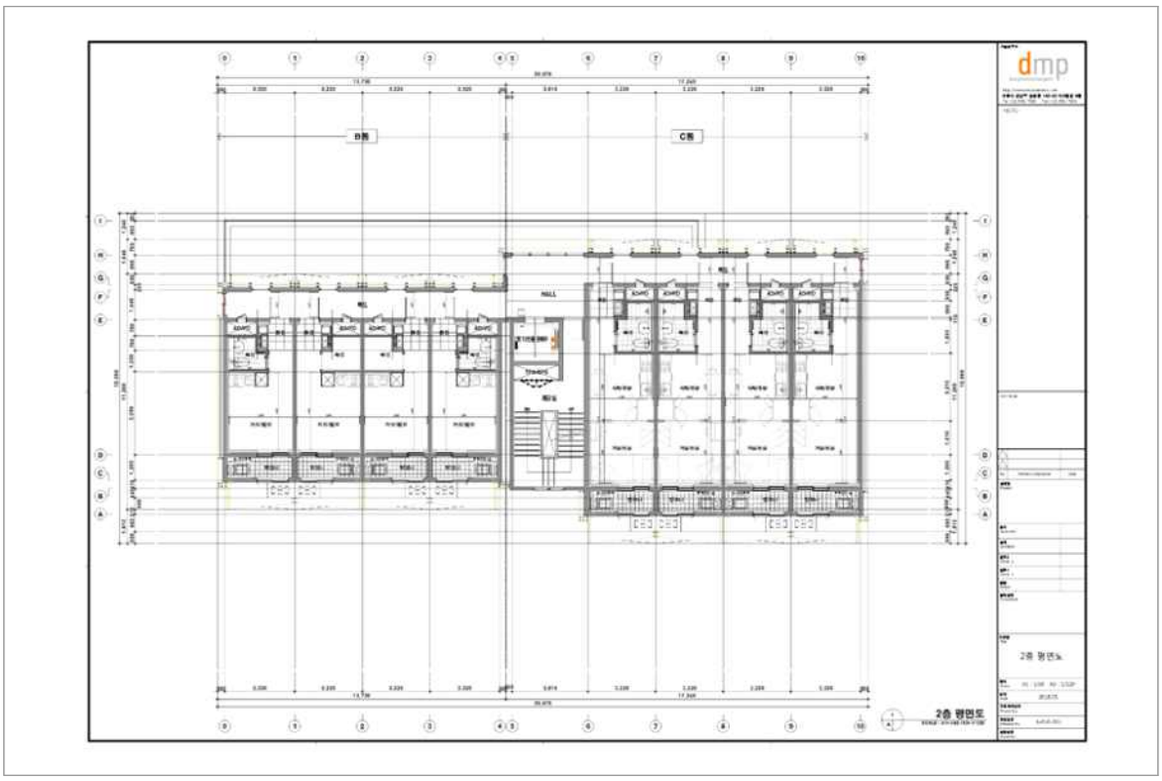


그림 2.2.9.66 천안두정 RC조 기준층 평면도(2~5층)

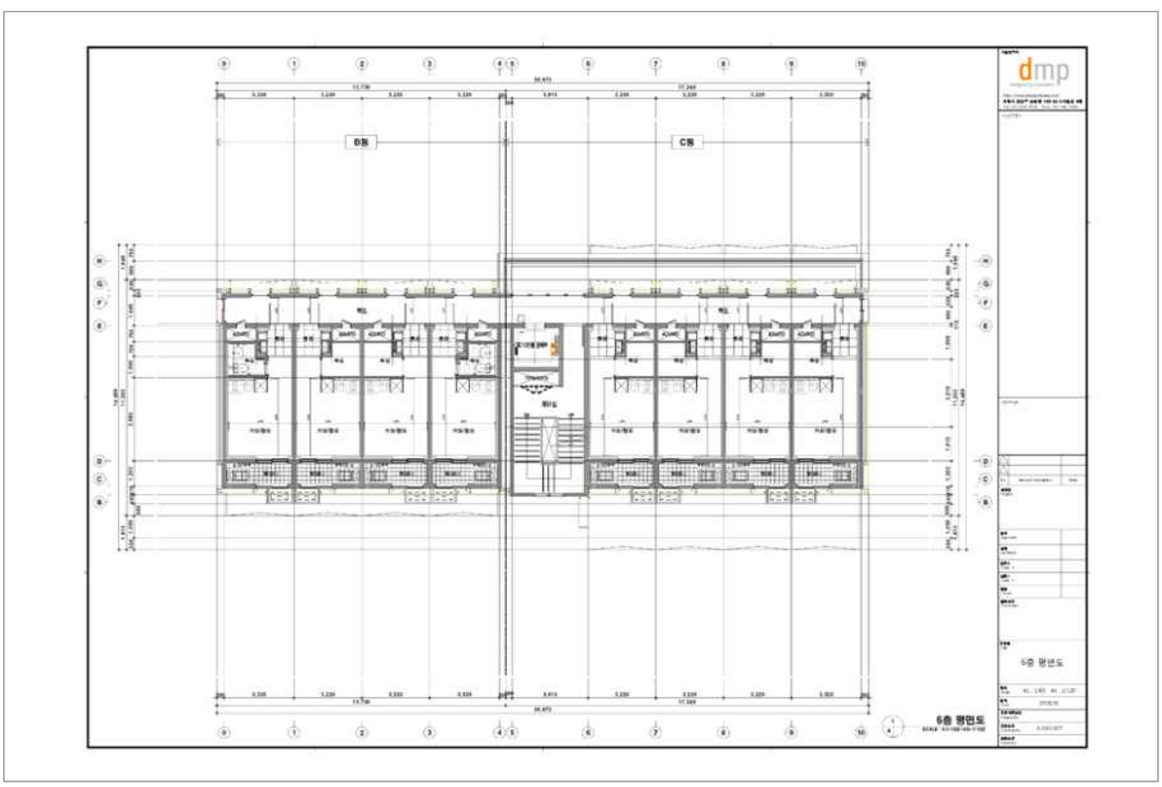


그림 2.2.9.67 천안두정 RC조 기준층 평면도(6층)

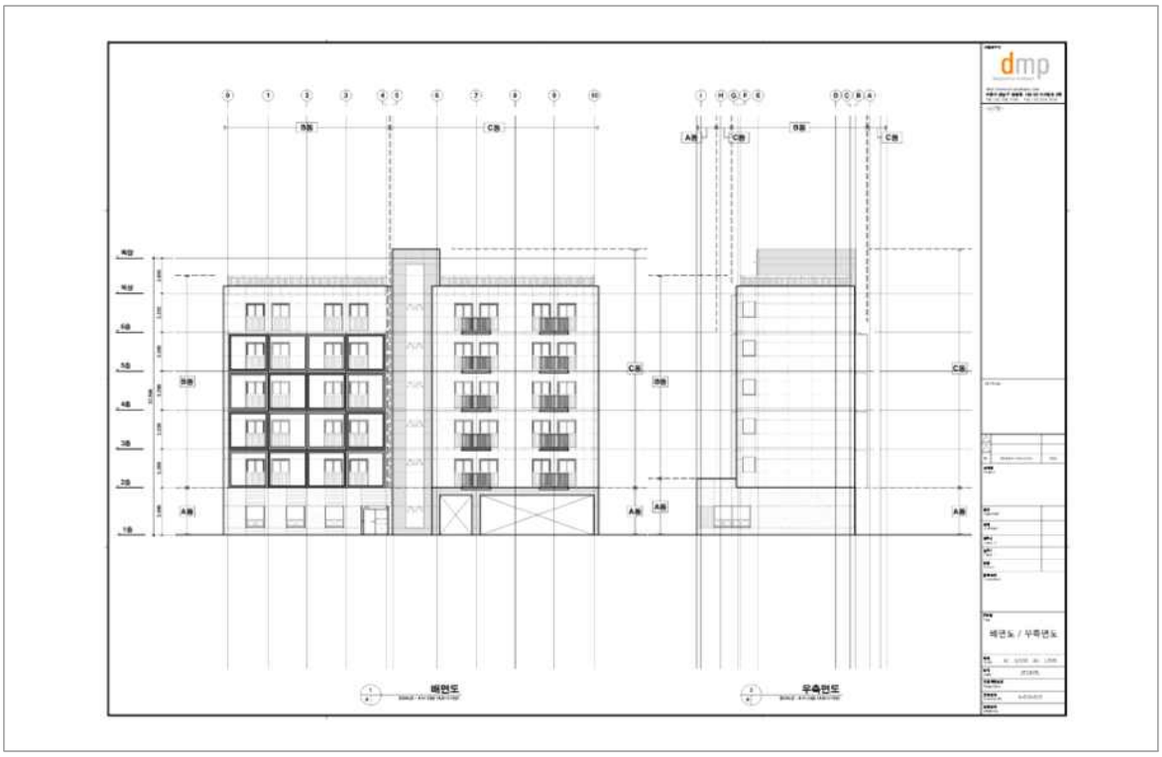


그림 2.2.9.68 천안두정 RC조 배면도 및 우측면도

(나) 천안두정 RC조 공사비 도출

표 2.2.9.28 천안두정 RC조 공사비 도출

(단위: 원)

구 분	재료비	노무비	경비	직접비 소계	총 공사비
B동(적층)	274,749,225	265,383,841	7,207,008	547,340,074	1,004,080,000
C동(인필)	338,676,850	367,696,900	8,876,333	715,250,083	1,288,290,000
합 계	613,426,075	633,080,741	16,083,341	1,262,590,157	2,292,370,000

공 사 원 가 계 산 서 (B동)

2) 가양실증단지 수요자 맞춤형 골조식 모듈 (Posco A&C)

■ 전체 연구프로세스

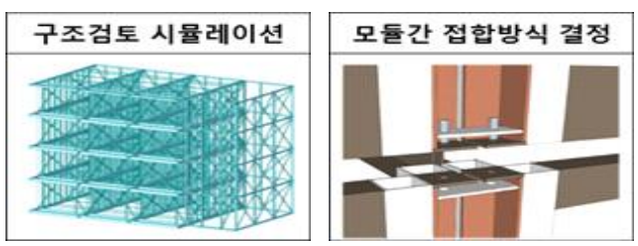
가) 1차년 : 가양실증단지 Mock-up 설계 및 제작 검토

연구목표

- Mock-up 설계 및 제작 검토

연구내용

- 기둥식(라멘식) 모듈러 주요기술 실증 및 검토
- 벽식(혼합식) Mock-up 모듈 설계도서 작성
- 벽식(혼합식) 모듈러 구조/접합부 기술개발



최종성과물

- 특허출원 1건
- 설계도서 1건

(1) 개발목적 및 범위

ㅇ 본 연구의 최종 연구목표는 현재 주차장으로 사용되는 가양동 실증단지에 PC공법으로 2개 층을 시공하고, 그 위에 원룸형 내력벽식 모듈을 4개 층 추가 시공하여, 총 6층 규모의 건축물을 구축하고자 함.

ㅇ 이를 위해 1차년도 연구를 통해 가양단지를 대상으로 하는 내력벽식 목업 유닛과 접합부를 개발하고, 이에 대한 설계를 수행하고자 함.

(2) Mock-up 개요

- ㅇ 목적 : 가양단지 내력벽식 모듈 실증을 위한 Mock-Up 설계
- ㅇ 범위 : 전체 12 중 1개 모듈, 모듈간 접합부
- ㅇ 구조 : 내력벽식
- ㅇ 유닛의 규격 : 외곽치수(6,400 X 3,300), 안목치수(6,000 X 3,000)
- ㅇ 주요도면

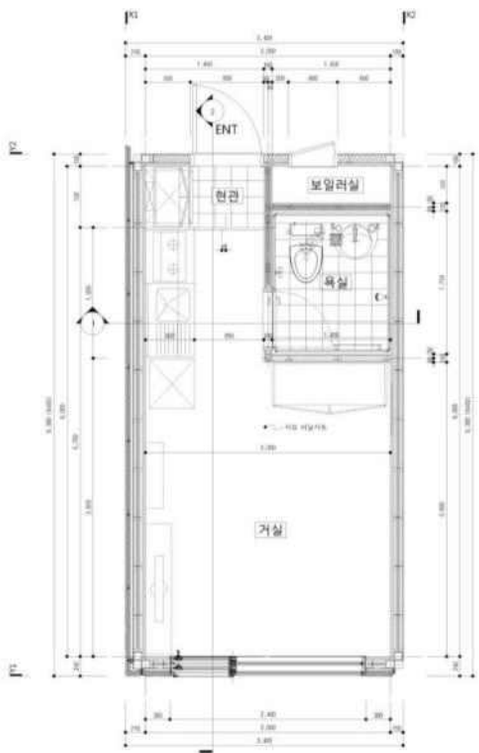


그림 2.2.10.1 가양단지 Mock-up 평면도

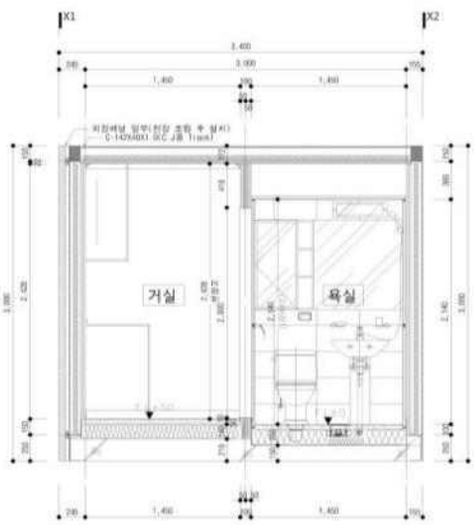


그림 2.2.10.2 가양단지 Mock-up 종단면도

(3) 계획적 특징

- ㅇ 본 수요자 맞춤형 내력벽식 모듈은 MC설계기준을 적용하여 추후 실증단지의 자재 및 부품의 규격화와 시공 효율성 향상을 통해 향후 표준화 된 기술력 확보를 목적으로 함.
- ㅇ 치수설정은 수평계획모듈(3M), 수직계획모듈(1M)을 원칙으로 작성 함.

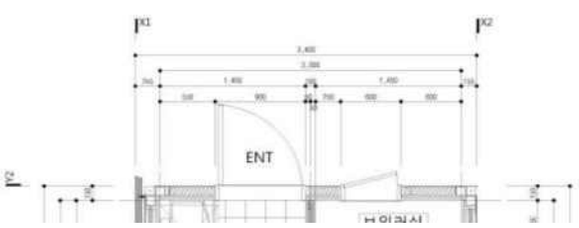


그림 2.2.10.3 수평계획모듈

그림 2.2.10.4 수직계획모듈

(4) 내력벽식 목업 구조

○ 6층 규모의 원룸형 내력벽식 모듈러 건축물에 대한 구조해석 및 모듈간 접합부 상세해석을 통해 구조 안정성을 검토하고, 그 중 1개 모듈(최하층 모듈)에 대해 도면화 실시

표 2.2.10.1 구조물 개요

검 토 명	벽식 시스템 적층식 모듈러 유닛 검토
모듈러 유닛 규모	3.2m(가로) x 6.2m(세로) x 3.0m(높이) (C-C 기준)
층 수	PC 2개층 + 모듈러 4층

(가) 구조계획 개요

○ 벽식 모듈의 구조개념은 내력벽체가 하중을 지지해야 하므로, 연직하중은 벽체 내의 스터드가 지지하고, 횡력은 벽체의 브레이싱이 저항하는 구조임.

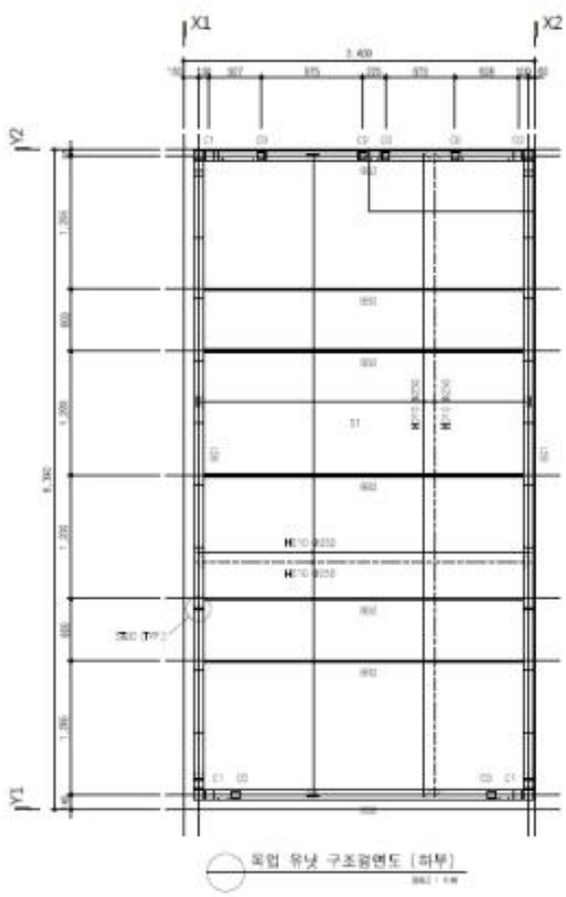


그림 2.2.10.5 수직계획모듈가양단지 Mock-up 구조평면도(바닥)

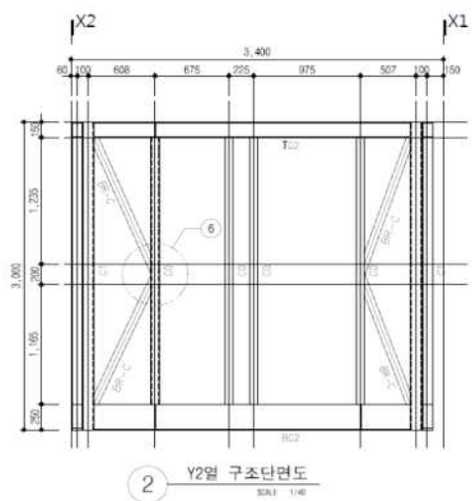


그림 2.2.10.6 수직계획모듈 가양단지 Mock-up 구조 횡단면도

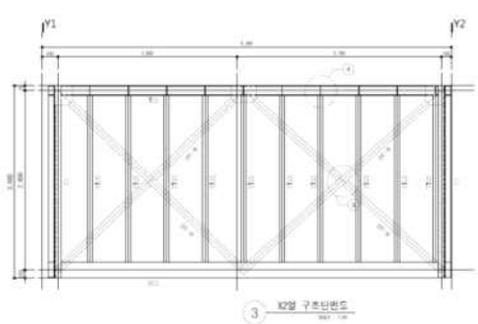


그림 2.2.10.7 수직계획모듈가양단지 Mock-up 구조 종단면도

(나) 부재검토 결과

표 2.2.10.2 각 부재의 단면사이즈 검토결과

부재명	사이즈	부재명	사이즈
C1	B-100x100x6t(2EA) L-100x100x10t(1EA)	BB2	B-25x25x1.6t
C0	B-75x75x3.2t	STUD	2C-100x50x1.8t
TG1, TG2, TB1	C-150x100x6t	BR-W	PL-100x2.3t
BG1, BG2, BB1	C-250x100x6t	BR-C	B-75x75x2.3t

(다) 단위모듈의 기둥과 벽체(STUD)의 하중분담 비율 검토

- ㅇ 최하층 1개 모듈에서 수직부재인 스터드, 브레이싱 지지 사잇기둥, 코너 기둥에서 발생된 연직 반력값 조사
- ㅇ 기둥과 벽체 분담비는 약 42% 대 58% 정도 임

표 2.2.10.3 기둥과 벽체의 하중분담 비율

수직 부재명		발생 연직 반력		
기둥 (C1)		623 kN	41.7 %	약 42%
벽체	벽체 브레이싱지지 (C0)	167 kN	11.2 %	약 58%
	벽체 스터드 (STUD)	704 kN	47.1 %	
TOTAL		1494 kN (100%)		

(라) 벽식 모듈과 라멘식 모듈러 시스템에 따른 총 철골물량 비교

- ㅇ 가양단지 기본설계를 기준으로 6층 규모의 벽식 모듈러 구조와 기둥식 모듈러 구조를 설계 후, 모듈러 골조의 총 철골물량 비교 (단, 바닥판 두께는 벽식 210mm, 라멘식 150mm로 다르고 나머지 설계 조건 동일함)
- ㅇ 벽식 모듈러 구조가 라멘식 모듈러 구조 대비 약 38% 철골 골조물량 증가
  (철골량은 계단 모듈러 유닛 4개 포함한 물량임)

표 2.2.10.4 벽식모듈과 라멘식 모듈러 시스템의 철골물량 비교

구분	총 철골물량	비교
벽식 모듈러 구조물	263kN	1.38
라멘식 모듈러 구조물	190kN	1.00

(마) 내력벽식 접합부

- ㅇ 접합연결판을 상하모듈에 사용하여 4개 모듈 접합
- ㅇ 모듈 코너부 기둥에서 접합하고, 기둥의 엔드플레이트와 접합연결판 (두께 10mm)로 볼팅 체결

나) 2차년 : 실대형 Mock-up테스트 및 가양실증단지 도서작성

연구목표

- 벽식(혼합식) 실대형 Mock-up 테스트 및 가양실증단지 도서작성

연구내용

- 벽식 Mock-up 모듈 제작 및 시공
  - 벽식(혼합식) Mock-up 모듈 제작(이월)
  - 벽식(혼합식) Mock-up 조립 설치(이월)
- 실증단지 기본계획 및 실시설계
  - 실증단지 기획안 리뷰 및 기본설계(이월)
  - 실증단지 실시설계(이월)
  - 모듈러 관련기술 특허출원

최종성과물

- 특허출원 1건
- 설계도서 1건(이월)

(1) 내력벽식 목업

(가) 목업 개요

① 목적 : 벽식 모듈러에 대한 골조 제작성 검토 및 현장 적층조립을 통한 시공성 검토

② 제작 범위 : 벽식 모듈 2개 골조유닛 제작(바닥판, 보, 벽체 스터드/기둥, 브레이싱)

③ 주요검토내용 :

ㅇ 제작성 : 벽식 부재와 모듈의 제작성 및 접합부 상세에 대한 제작가능성 검토

ㅇ 시공성 : 적층 조립 시 모듈 간 중첩 상하부보의 수평도 확보 가능성 검토
모듈 간 접합부 시공성 검토
모듈러 양중 및 바닥판 처짐 체크 및 바닥안착 용이성 검증

※ 상부 모듈 바닥판보와 하부 모듈의 천장보의 수평도 유지 필수(허용오차 이내 관리)

표 2.2.10.5 모듈간 조립성 검증 항목 및 세부내용

검증목표	단 계	검증항목	세부내용
모듈 간 조립성 검증	제작	1. 골조(보) 제작성 검증	- 바닥보 수평도 허용오차 2mm이내로 제작 가능한지 검증
		2. 골조(바닥판)제작성 검증	- 바닥판 콘크리트 타설/경화 시 처짐, 비틀림 변형 허용오차 2mm이내 제작가능한지 검증
	양중, 적층	3. 양중 시 바닥보 변형율 검증	- 바닥보 처짐량 2mm이내 검증
		4. 적층 후 바닥보 변형율 검증	- 적층 후 바닥보 처짐량 2mm이내 검증
		5. 조립 시 체결 용이성 검증	- 제작, 양중, 적층에 의한 모듈 변형 발생 시 모듈 간 볼팅 체결 가능한지 검증 - 조립 용이성을 위한 상하부 보의 볼팅 체결이 필요한지 검증 (장변보 2m, 4m지점 체결)

(나) 목업 계획

① 목업 규모 : 6,290 × 3,290 × 3,000(2EA)

② 주요 부재 :

- ㅇ 내력벽 : C- Stud 100×50×20×1.8@600 맞댐 설치 / T2.3 X-Bracing
- ㅇ 하부보 : C-250×100×6×6 / T210 Con'c slab(욕실-T150 Con'c slab)
- ㅇ 상부보 : C-150×100×6×6 / C-142×40×1.0(C.J용 TRACK)
- ㅇ 주요 도면 :

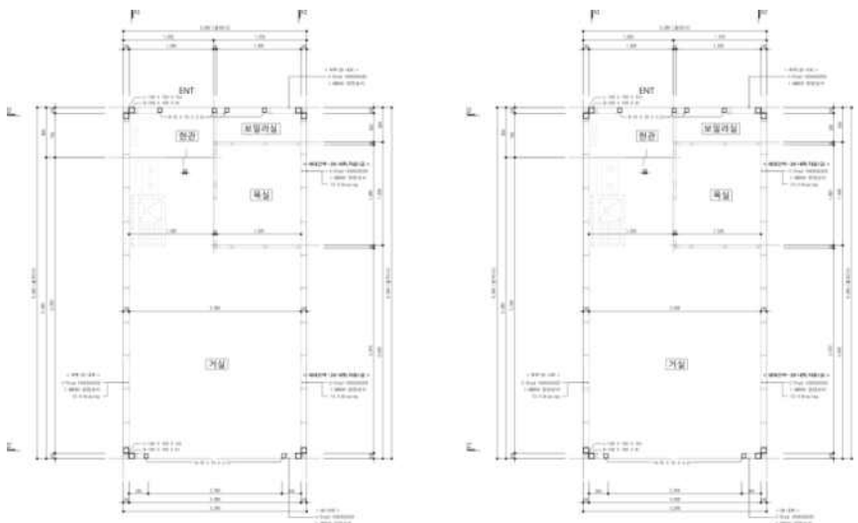


그림 2.2.10.8 목업유닛 평면도

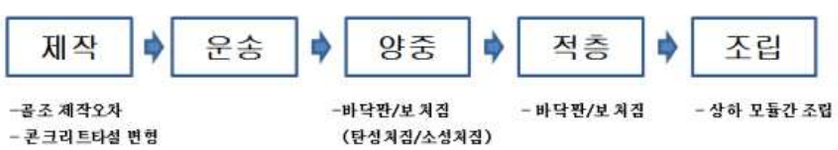


그림 2.2.10.9 목업 프로세스

- ㅇ 테스트 방법 : 모듈의 양중, 적층, 조립테스트
- ㅇ 테스트 순서 : 모듈 양중 → 부재 변형 및 처짐량 측정 → 모듈 적층 → 부재 변형 및 처짐량 측정 → (상하부 보의 보조 볼팅 체결) → 코너부 기둥 접합부 볼팅 체결

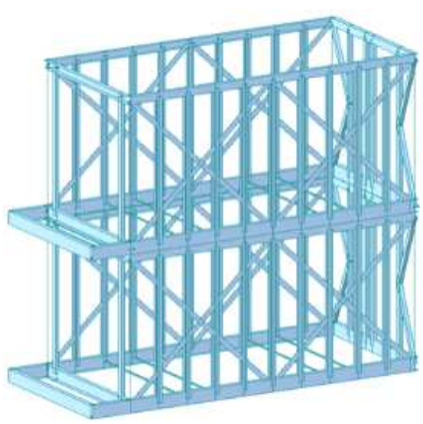
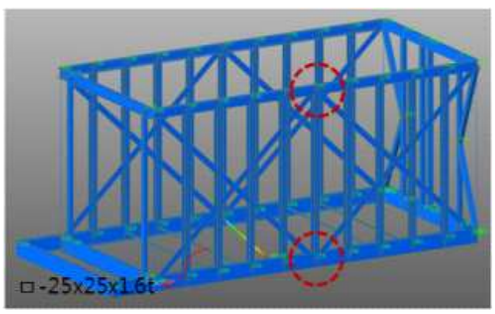


그림 2.2.10.10 목업 골조시스템

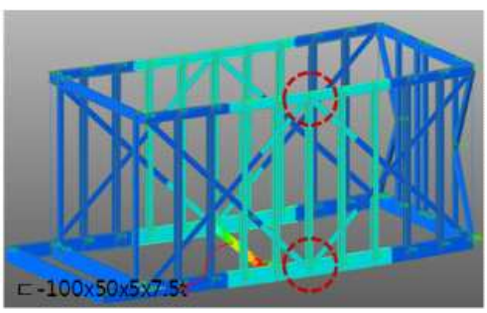
ⓗ 양중테스트

- ㅇ 테스트 목적 : 양중에 의한 모듈 장변보의 변형여부 측정/검증
- ㅇ 양중시뮬레이션 : 장변보의 처짐량 체크(1개모듈 양중)
  ※ 구조해석 결과 벽식 모듈 장변보의 천장보의 바닥판 보 처짐량은 동일 함.
  ※ 양중 시 보의 최대 처짐은 탄성범위 이내인 3.7mm임



- 고정하중에 의한 처짐 : 2mm
- 고정하중 & 활하중에 의한 처짐 : 3.7mm

그림 2.2.10.11 바닥사잇보 5개적용모델



- 고정하중에 의한 처짐 : 2mm
- 고정하중 & 활하중에 의한 처짐 : 3.6mm

그림 2.2.10.12 바닥사잇보 1개적용모델

- ㅇ 양중방법 : 수직양중(상향) → 수평이동 → 수직양중(하향) 2회 왕복
  - 양중속도 : 공장 내 크레인 최고 이동속도 적용
  - 크레인 미세조정 시 발생하는 진동, 충격 적용

그림 2.2.10.13 모듈 양중 및 변형 테스트

- ㅇ 양중기기 : Gantry crane(capacity : 20ton), @MUTO 천안공장
- ㅇ 평가방법
  - 양중 시 바닥 장변보 처짐량 측정
  - 양중 시험 이후 외관상으로 보여 지는 파손(변형)여부
    ※ 접합철물(리벳 및 스크류) 파손 여부
  - 양중 전/후 대각 길이변화 측정

ⓘ 적층조립테스트

- ㅇ 테스트 목적 : 모듈 적층조립 시 장변보와 스터드 변형여부 측정/검증
- ㅇ 적층시뮬레이션 : 구조해석을 통해 장변보의 처짐 확인결과 최대 처짐 2mm로 조립 시 문제없는 것으로 판단

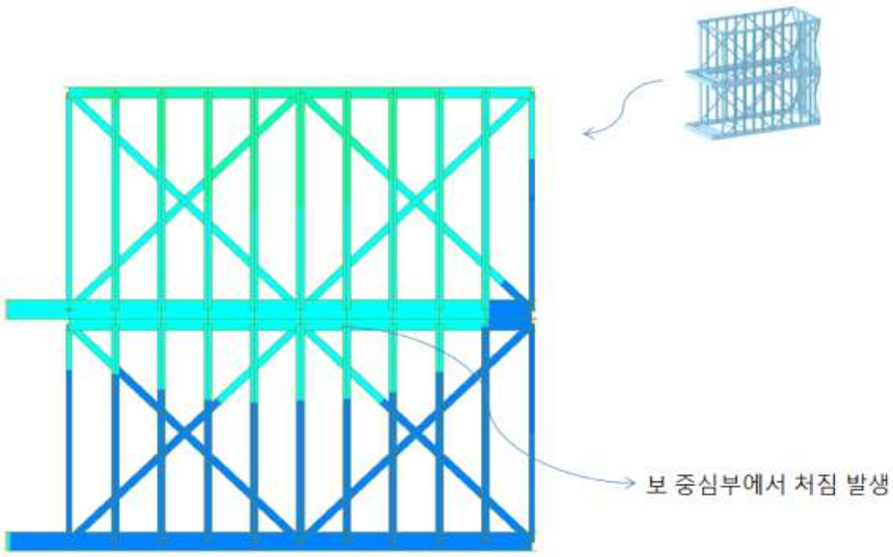


그림 2.2.10.14 목업 장변방향 측면 시뮬레이션

- ㅇ 적층방법 : 첫 번째 모듈을 크레인으로 이동하여 원하는 위치에 양중 후 안착 → 두 번째 모듈을 크레인으로 이동하여 첫 번째 모듈위에 적층
- ㅇ 양중기기 : Gantry crane(capacity: 20ton), @MUTO 천안공장
- ㅇ 평가방법
  - 상부모듈과 하부모듈 적층 후 장변보의 처짐량 체크
  - 적층 시험 이후 외관상으로 보여 지는 파손(변형)여부
    ※ 접합철물(리벳 및 스크류) 파손 여부
  - 적층 전/후 대각 길이변화 측정

㉥ 제작 테스트

- ㅇ 테스트 목적 : 제작오차 및 제작변형에 의한 보 변형
- ㅇ 제작시뮬레이션 : 제작 시 용접과 바닥 콘크리트 타설시 구조부재 변형 검토
  - 제작오차/제작변형에 의한 보 변형 : 바닥판 보 (장변보, 단변보)의 수평도는 보의 단부 변형량(△)이 변수이므로 이를 제작 시 2mm이내로 관리

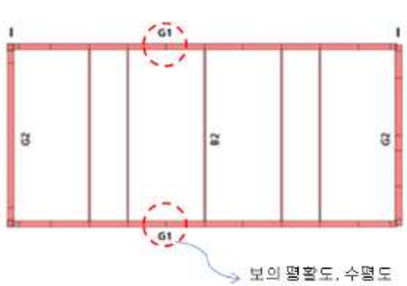


그림 2.2.10.15 혼합식 바닥판 평면

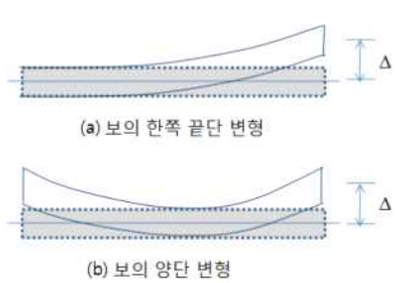


그림 2.2.10.16 혼합식 바닥판 보 가정

  - 콘크리트 타설 경화에 의한 보 변형 : 콘크리트 타설 경화 시에 바닥판(보) 평활도 및 비틀림 2mm 이내 관리

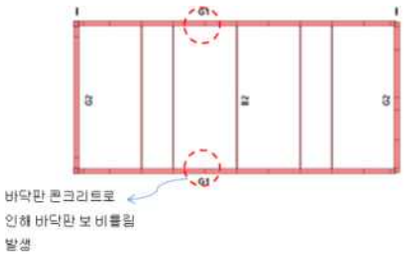


그림 2.2.10.17 혼합식 바닥판 평면

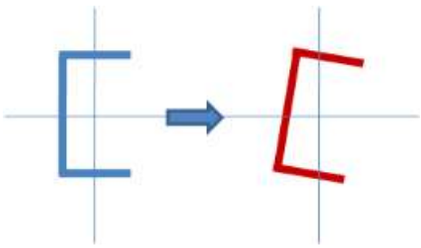


그림 2.2.10.18 장변보 비틀림 전/후

ㅇ 결합방법 : 기둥과 보 부재 간 결합은 용접
ㅇ 평가방법
- 부재 가공에 의한 변형 여부 측정
- 부재 간 용접에 의한 평활도 및 비틀림 여부 측정
- 콘크리트 타설에 의한 바닥판(보) 변형 여부 측정

(2) 가양단지 설계 및 심의

(가) 가양단지 기본계획

① 건축개요

ㅇ 위　치 : 강서구 가양동 1457-1
ㅇ 도시계획시설 : 주차장 공간적 범위 결정
ㅇ 용　도 : 제2종 일반주거지역
ㅇ 대지면적 : 1,436.0㎡ (건축면적 : 292.28㎡)
ㅇ 연면적 : 2,390.39㎡ (지하 : 1,055.85㎡, 지상 : 1,334.54㎡)
ㅇ 건폐율/용적률 : 20.35% / 92.93%
ㅇ 층　수 : A동 지상6층, B동 지상4층 (A, B동 1층 : 필로티)
ㅇ 모듈 수 : 총 37유닛 모듈(3,290×6,290×3,000)
ㅇ 주차대수 : 공동주택 주차 : 16대, 공영주차장 : 49대(법정 15대)

② 공사비 예산 : 15.84억원

그림 2.2.10.19 가양실증단지 사이트 위치 및 조감도

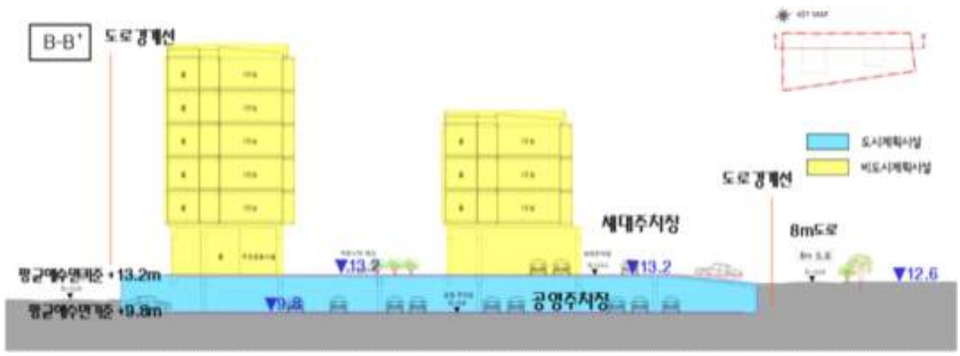


그림 2.2.10.20 가양실증단지 공간적 범위 결정안 횡단면도

(나) 가양단지 도시건축계획 심의

① 심의 목적 : 가양택지개발지구 내 도시계획시설(주차장)부지인 가양동 1457-1번지의 지구단위계획 변경을 통하여 공영주차장 기능을 유지하면서 공공주택(행복주택)건립을 추진하기 위한 심의임

② 도시관리계획 사항

표 2.2.10.6 도시기반시설에 관한 결정사항

- 주차장 결정(변경)조서

구분	도면 표시번호	시설의 세분	위치	면적(㎡)			최초결정일	비고
				기정	변경	변경후		
변경	①	주차장	가양동 1457-1	1,436	-	1,436	서고시 289 (90.8.27)	공간적 범위 결정

- 공간적 범위 결정(변경)조서

구분	도면 표시번호	시설명	위치	공간적범위				최초 결정일	비고
				구분	기정	변경	변경후		
신설	①	주차장	가양동 1457-1	면적 (㎡)	1,436	감) 237	1,199	서고시 289 (90.8.27)	공간적 범위 결정
				높이 (m)	-	지하1층 평균해수면기준 (9.8m~13.2m)	지하1층 평균해수면기준 (9.8m~13.2m)		

- 공간적 범위 결정(변경) 사유서

도면 표시번호	시설명	변 경 내 용	변 경 사 유
①	주차장	공간적 범위 결정 (평균해수면기준 9.8m~13.2m)	가양택지개발사업지구 내 도시계획시설로 결정된 주차장 부지를 활용하여 기존 주차장 기능을 유지하면서 서민주거 안정에 기여할 수 있는 공공주택 건립으로 한정된 토지의 효율적 이용 및 복합적 활용을 도모하기 위해 공간적 범위 결정

○ 건축물에 관한 결정사항

도면번호	위 치	구 분		계 획 내 용		비 고
-	강서구 가양동 1457-1 번지	용 도		지정 용도	주차장, 공동주택	
				불허 용도	관련법상 지정용도 및 그 부대시설 이외의 건축물	
		건 폐 율		60% 이하		제2종일반주거지역 (서울시 도시계획조례 제54조)
		용적률	기준용적률	230% 이하		「공공주택건설 등에 관한 특별법」 제40조의6 및 시행령 제23조의4에 의거 용적률의 상한 적용
			허용용적률	250% 이하		
		높 이		간선도로변 : 35m이하		- 건축물의 높이제한은 최고고도지구(H1 : 수평표면 해발 57.86m이하, H2 : 원추표면 해발 112.86m이하)를 초과할 수 없음 - 간선도로변 : 강서로, 양천길, 허준길

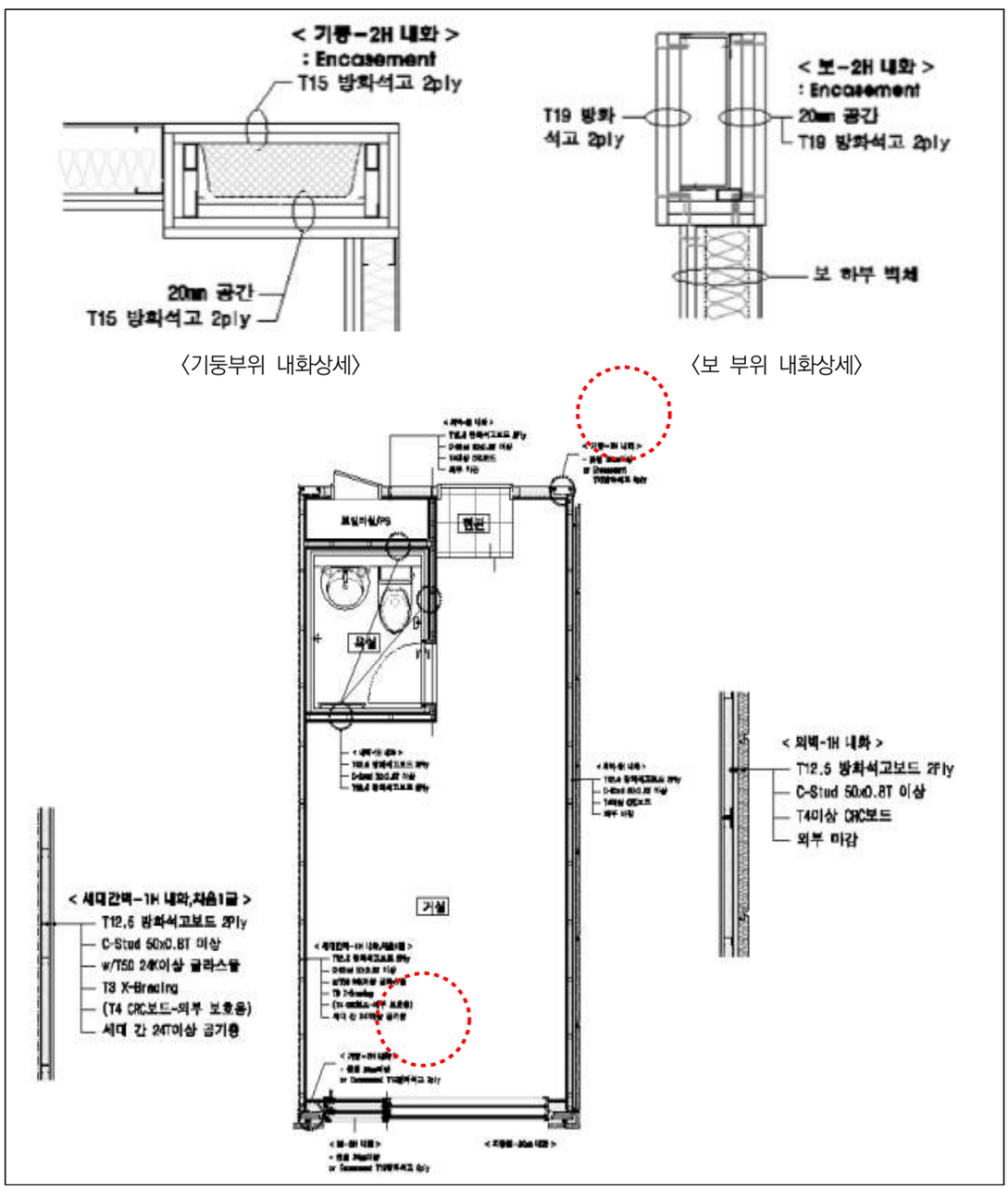
표 2.2.10.7 환경성 검토 결과 총괄표

검토항목		목표기준	준수 여부	현황 및 검토결과	계획의 반영사항
자연 환경	생태면적율	20%	△	- 현재 공영주차장으로 이용	- 공영주차장과 공동주택 복합 조성으로 생태 면적률 17.38%계획
	녹지 네트워크	녹지평가 지표1	O	- 기존 공영주차장으로, 주변 녹지여건을 고려하여 조경녹지 계획	- 대상지내 조경 등 계획
	지형변동	절성토 비율 20% 미만	O	- 완경사 지역으로 터파기 공사에 따른 토공량만 발생	- 터파기 공사에 따른 토공량만 일부 발생하므로 개별 대책 수립
		지형변동 비율 30% 미만	O	- 사업규모가 경미하고 완경사지역으로 대규모 지형변동 없음	- 해당없음
		지하수위보전	O	- 지하공간 계획	- 지하수위 모니터링 계획
	비오톱	1등급 보전	O	- 비오톱유형평가 4·5등급, 개별비오톱 제외등급으로 조사됨	- 해당없음
추가	물순환	우수관리	O	- 기존 빗물관리시설 없음	- 계획대상지내 우수관거 계획
생활 환경	일조	연속 2시간 확보	O	- 계획대상지 일조영향 예상	- 수인한도 만족
	바람 및 미기후	바람길 확보	O	- 주풍향 고려	- 건축물 계획시 주풍향 고려
	에너지	에너지절약 계획 수립	O	- 향후 에너지사용량 추정 - 에너지 절약 설비 및 계획 고려	- 에너지절약형 설비기기 도입 및 청정연료 사용
		신재생 에너지사용	X	- 건축공사비 또는 총에너지사용량의 1% 이상 반영	- 모듈러주택으로 미반영
	경관	Skyline보전	O	- 도심지역으로 스카리라인 변화 경미	- 주변지역과 연계한 층고 계획
		조망권 확보	O	- 주로 근경에서 조망이 가능하며, 도심지역 특성상 경관변화 경미	- 색채 및 디자인 계획을 통해 조화로운 경관형성
		가로 녹시율 30%	O	- 녹음상태 불량	- 건축물 외곽 조경식재 계획 → 가로 녹시율 증가
		입면차폐도	O	- 주차장부지에 입지	- 보행중심의 가로환경 조성
	휴식 및 여가 공간	휴식, 여가 공간 최대 확보	O	- 대상지 주변 휴식, 여가 공간 부족	- 조경공간 및 커뮤니티공간 계획
	보행 친화공간	보행자전용 도로계획수립	X	- 보행자전용도로 미계획	- 해당 계획이 없으므로 미반영
		자전거전용 도로계획 수립	X	- 자전거전용도로 미계획	- 해당 계획이 없으므로 미반영
		자전거보관소	O	- 자전거 보관소 계획	- 자전거 보관소 확보
추가	소음 / 진동	규제기준 만족	O	- 공사 시 주변 정온지역에 소음진동 영향	- 모듈러주택으로 소음, 진동 영향이 적음
	폐기물	폐기물 성상별 분리처리	O	- 공사 시 및 운영 시 폐기물 발생 예상	- 폐기물 처리계획에 의거처리

(다) 가양단지 주요부 상세

① 기둥, 보식 내화계획 : C형 기둥, 보 : 인케이스먼트 내화 2시간 인정 필요

- o 기둥, 보 : 내화 2시간
- o 내, 외벽 : 내화 1시간
- o 세대간벽 : 내화 1시간, 차음 1급
- o 지붕틀 : 내화 0.5시간



〈기둥부위 내화상세〉 〈보 부위 내화상세〉

그림 2.2.10.21 가양실증단지 벽체별 내화

② 기둥, 보식 벽 단열계획 (중부지방 기준 단열성능)

- 외벽 : 외기 직접면 0.27 W/㎡K 이하, 외기 간접면 0.37 W/㎡K 이하
- 창호 : 외기 직접면 1.5 W/㎡K 이하, 외기 간접면 2.2 W/㎡K 이하

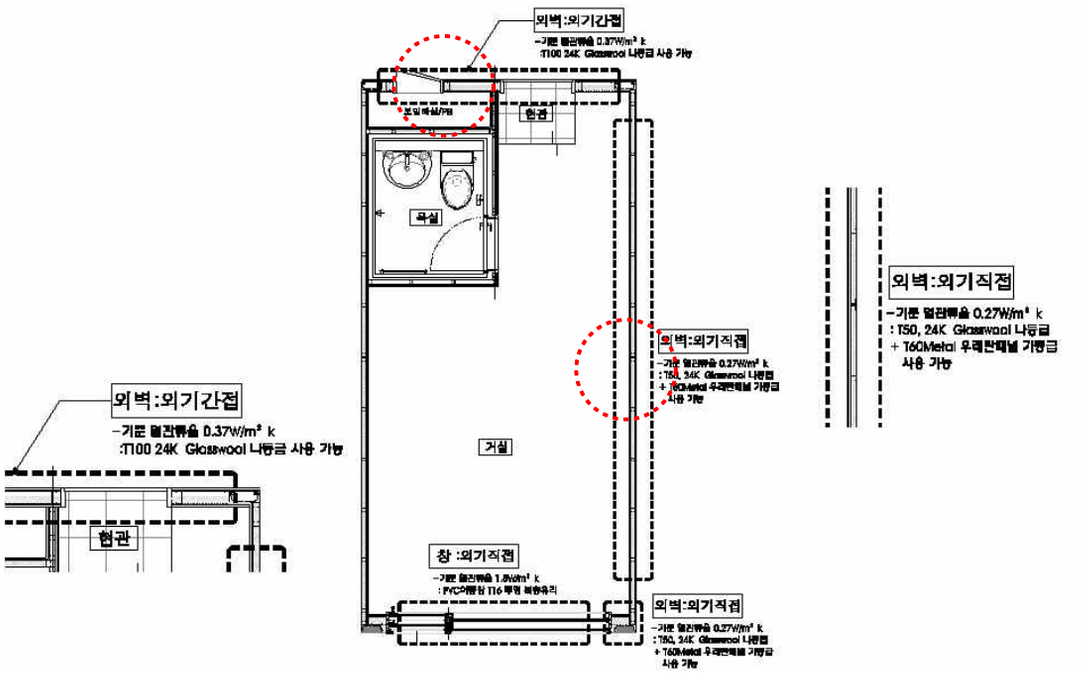


그림 2.2.10.22 가양실증단지 벽체단열계획

③ 기둥, 보식 바닥 단열계획 (중부지방 기준 단열성능)

- 외기 직접면 (바닥난방) 0.23 W/㎡K 이하
- 외기 간접면 (바닥난방) 0.35 W/㎡K 이하

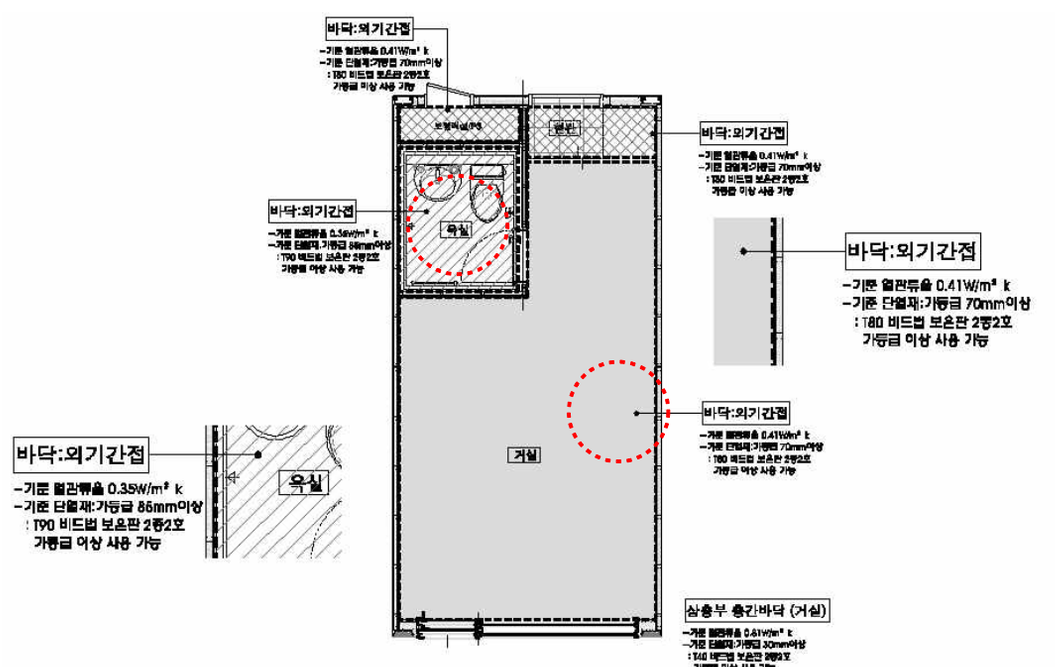


그림 2.2.10.23 가양실증단지 바닥단열계획

④ 벽식 내화 계획 : 내력벽식 내화인정은 현재 1시간 부재로 2시간 내화구조 적용

- 기둥·보, 내·외벽 : 내화 1시간
- 세대간벽 : 내화1시간(차음1급)
- 지붕틀 : 내화 0.5시간

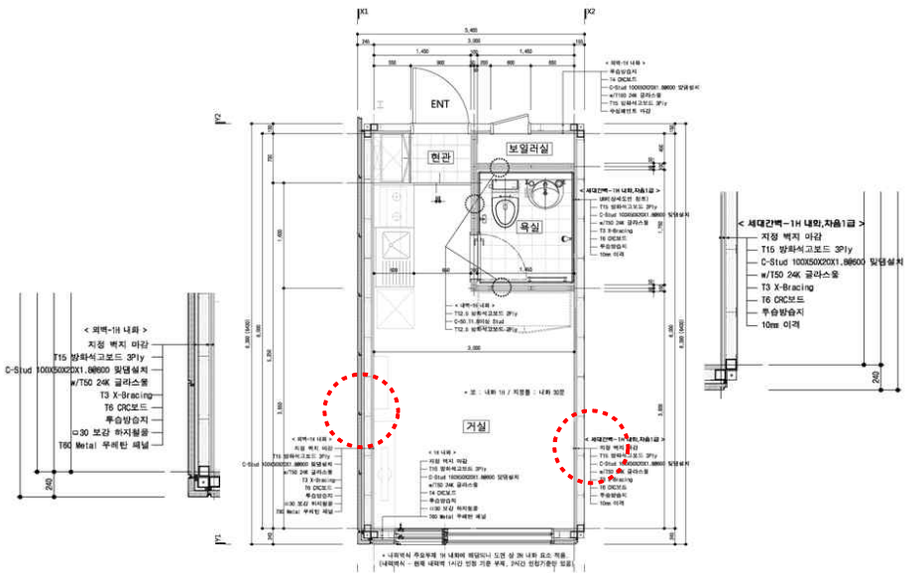


그림 2.2.10.24 가양실증단지 벽식 내화계획

⑤ 벽식 단열 계획 (중부지방 기준 단열성능)

- 외벽 : 외기 직접면 0.27 W/㎡K 이하, 외기 간접면 0.37 W/㎡K 이하
- 외기 직접면 (바닥난방) : 0.23 이하
- 외기 간접면 (바닥난방) : 0.35 이하
- 창호 : 외기 직접면 1.5 W/㎡K 이하, 외기 간접면 2.2 W/㎡K 이하

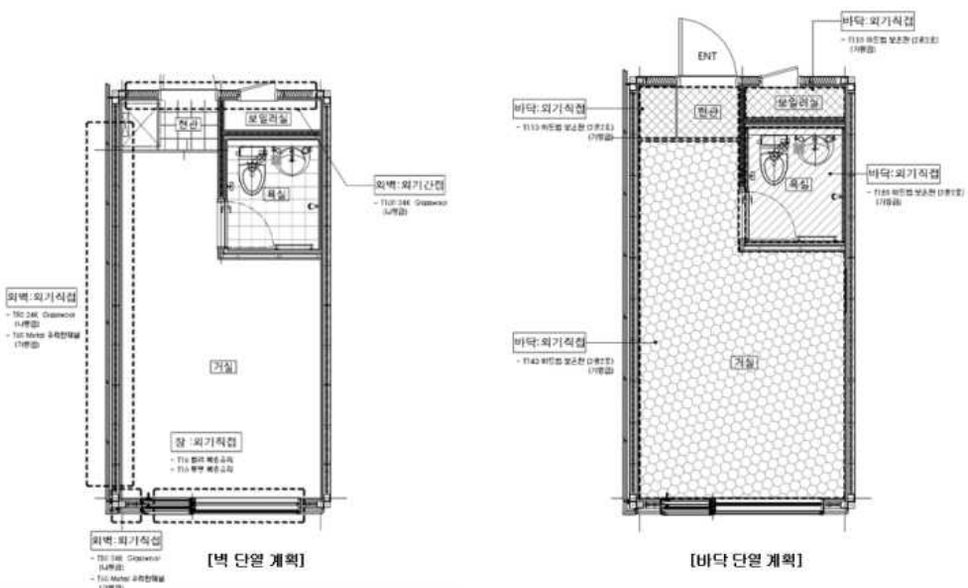


그림 2.2.10.25 가양실증단지 벽식 단열계획

※ 벽식 주요단면 상세

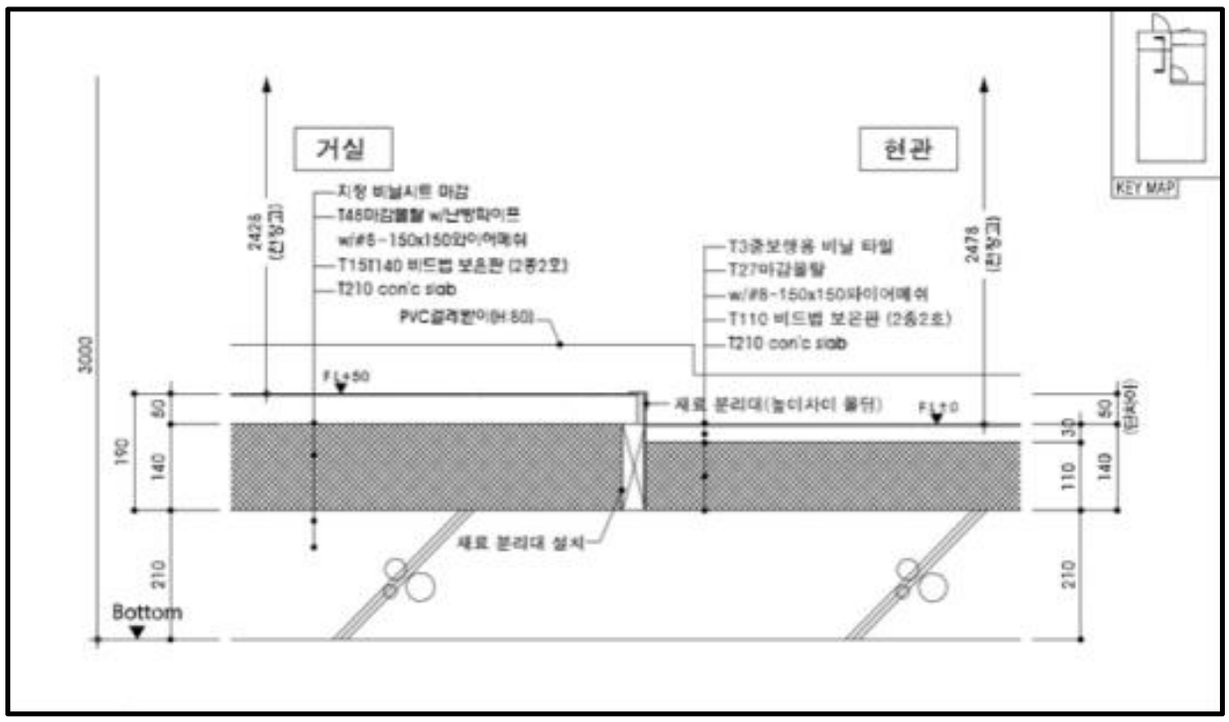


그림 2.2.10.26 가양실증단지 벽식 기준층 거실-현관 바닥 단면상세도

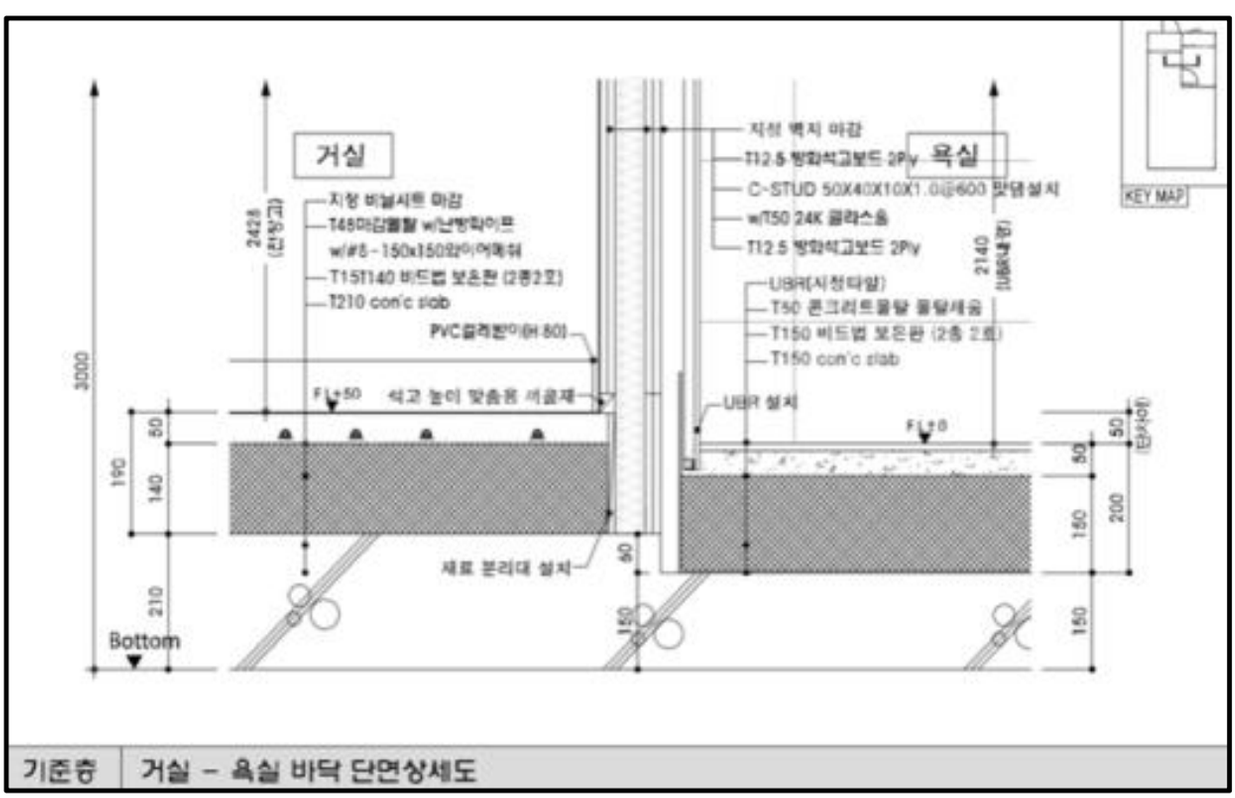


그림 2.2.10.27 가양실증단지 벽식 기준층 거실-욕실 바닥 단면도

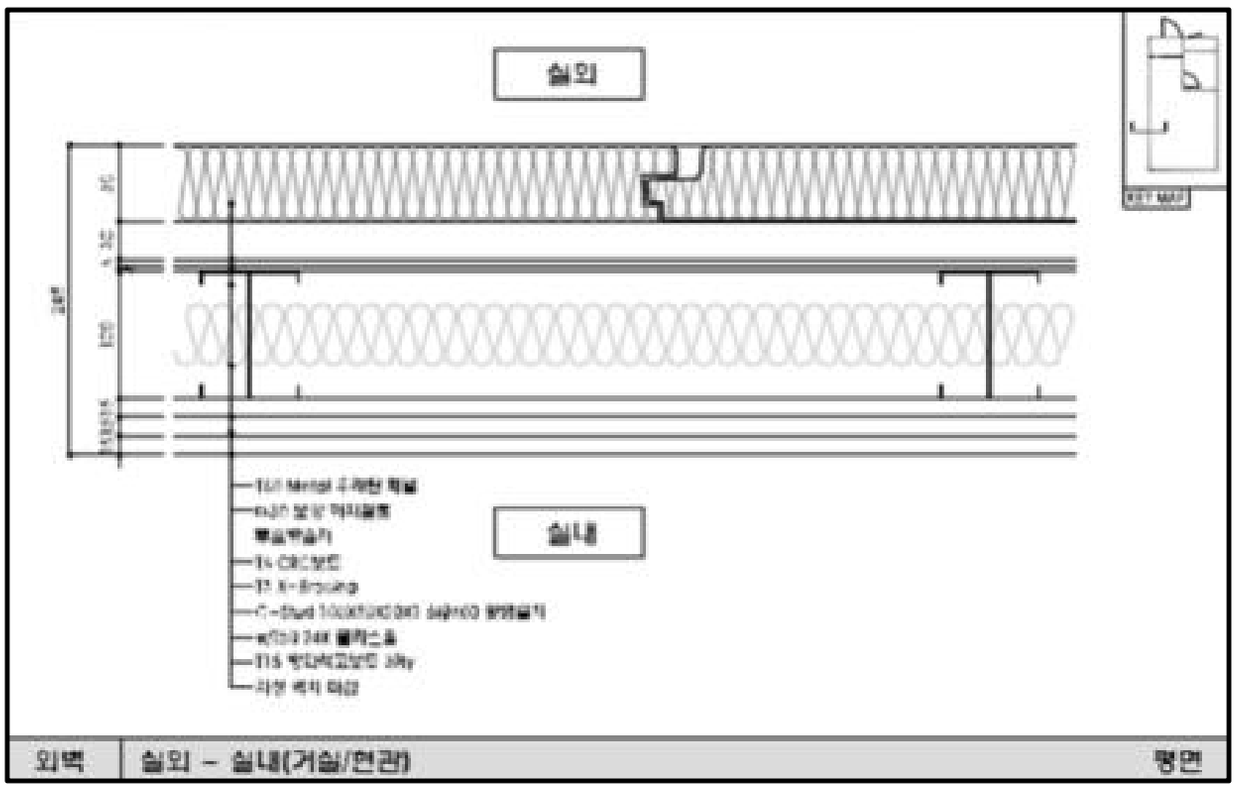


그림 2.2.10.28 가양실증단지 벽식 외벽 실외-실내 평면도

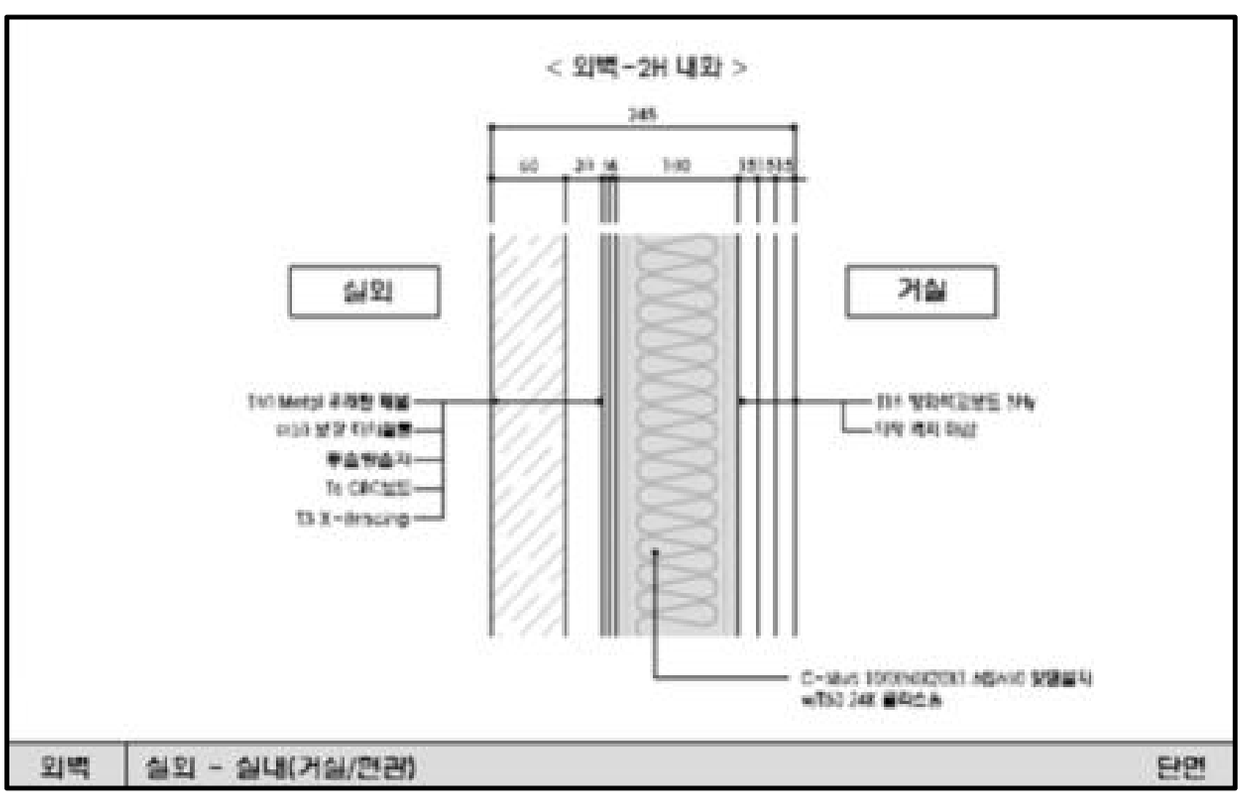


그림 2.2.10.29 가양실증단지 벽식 외벽 실외-실내 단면도

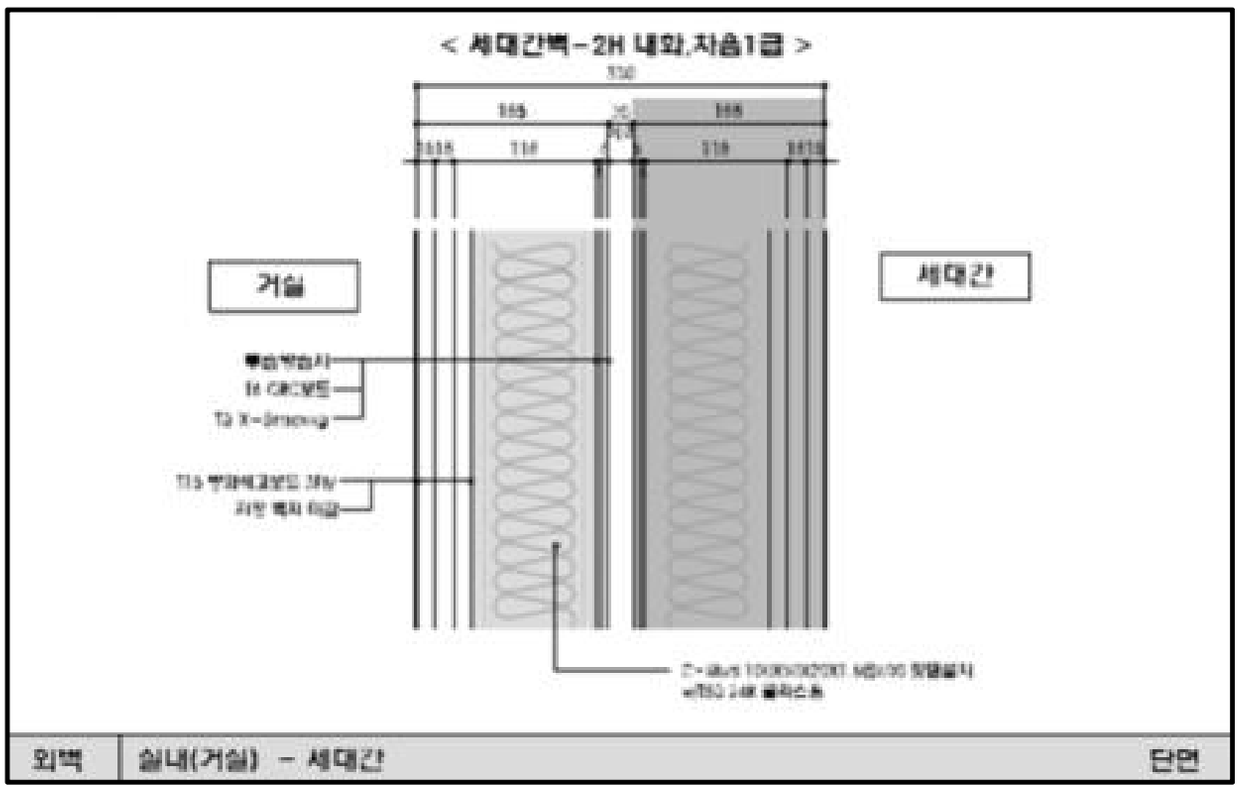


그림 2.2.10.30 가양실증단지 벽식 외벽 실내(거실)-세대간 단면도

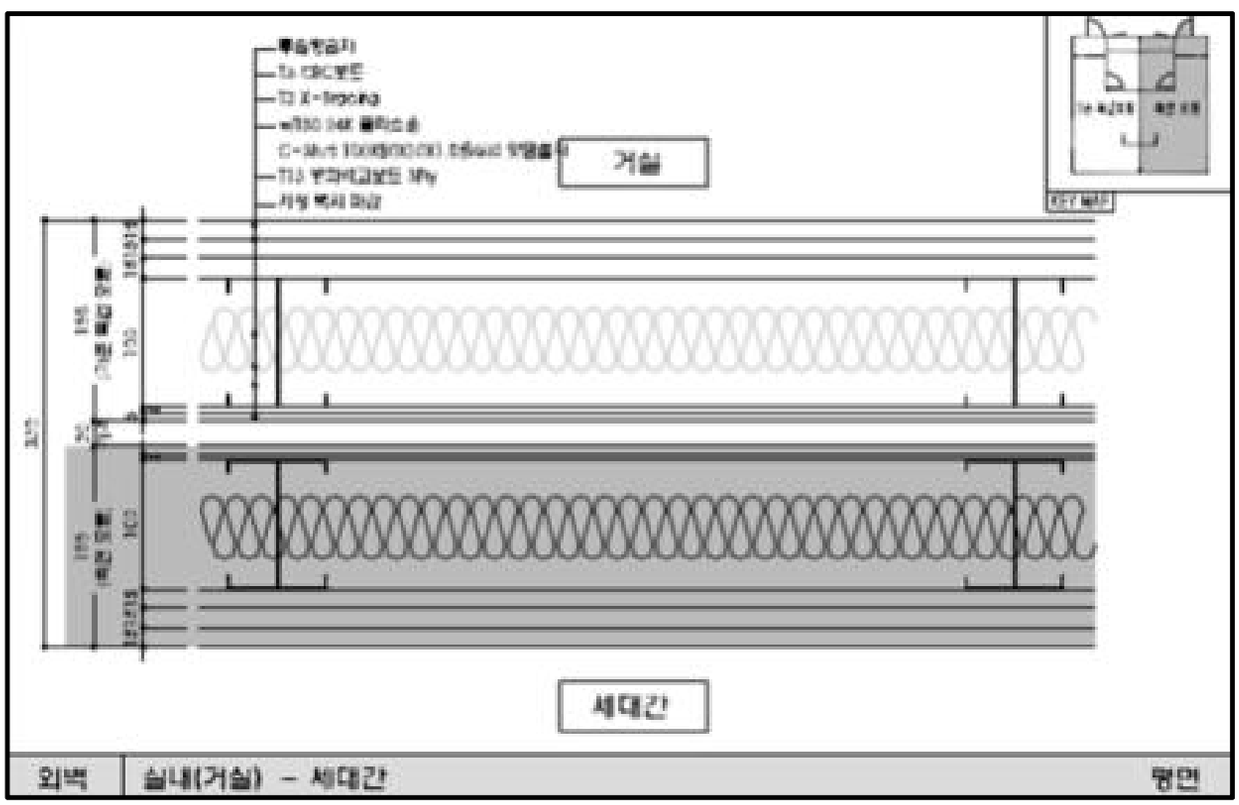


그림 2.2.10.31 가양실증단지 벽식 외벽 실내(거실)-세대간 평면도

다) 3차년: 가양실증단지 도서작성 및 인허가

연구목표

- 벽식(혼합식) 실대형 Mock-up 테스트 및 가양실증단지 도서작성

연구내용

- 벽식 Mock-up 모듈 제작 및 시공
  - 벽식(혼합식) Mock-up 모듈 제작(이월분)
  - 벽식(혼합식) Mock-up 조립 설치(이월분)
- 실증단지 기본계획 및 실시설계
  - 실증단지 기획안 리뷰 및 기본설계(이월분)
  - 실증단지 실시설계(이월분)
  - 모듈러 관련기술 특허출원(이월분)
- 실증단지 인/허가
  - 실증단지 인허가 수행

최종성과물

- 시제품(목업) 1건
- 설계도서 1건
- 건축계획사업승인 1건
- 특허출원 1건
- 특허등록 1건

(1) 가양단지 설계

(가) 위치/주변현황 및 기본설계

① 주변현황 분석

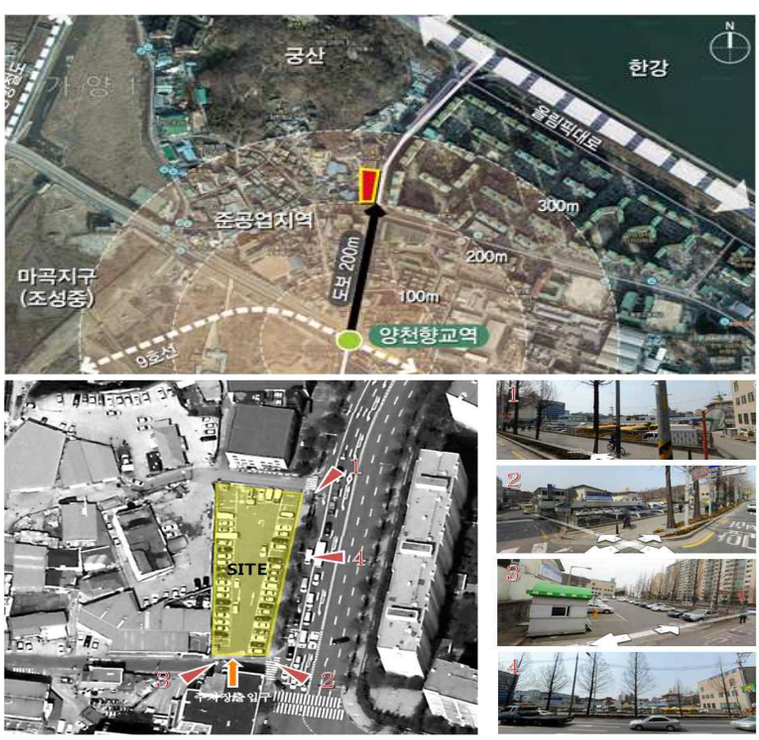


그림 2.2.10.32 가양실증단지 주변현황 분석도

ㅇ 가양단지는 기 준공된 가양택지 개발지구 내 토지로 전면은 15층 아파트, 후면은 저층 공장 및 주택이 혼재되어 있음.
ㅇ 도시계획시설 공영주차장으로 이용되고 있고 동측으로 강서로(30m)와 남측 300m 지점에 양천향교역이 입지함.

(나) 건축개요

표 2.2.10.8 가양실증단지 건축설계 개요

대지위치	서울시 강서구 가양동 1457-1
지역/지구	도시지역, 제1종 지구단위계획구역, 제2종 일반주거지역, 주차장(공영주차장)
대지면적	1,436.00㎡
도로현황	동측 30m, 북측 6m, 남측 8m
용도	공동주택(도시형생활주택), 근린생활시설, 자동차관련시설(공영주차장)
세대수	30세대 (1인실: 28세대, 2인실: 2세대)
건축면적	371.65㎡
연면적	2,057.91㎡(공영주차장 : 967.15㎡)
건폐율	25.88 %
용적율	75.96 %
건축규모	A동 : 지상6층, B동 : 지상4층
주요구조	콘크리트RC조(주차장), 모듈러시스템(주동)
최고높이	22.02m
주차대수	공용 : 49대, 세대 : 14대, 총 : 63대
조경면적	475.47㎡
공개공지	해당사항 없음

(다) 기본배치계획

ㅇ 도시근로자를 위한 통합분리 가변형 세대 및 원룸형 세대 확보

그림 2.2.10.33 가양실증단지 배치도

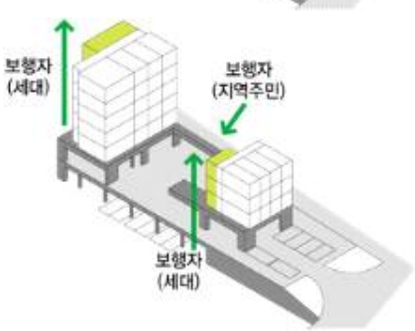
(라) 조감도

그림 2.2.10.34 가양실증단지 조감도

(마) 가양단지 기본계획 방향

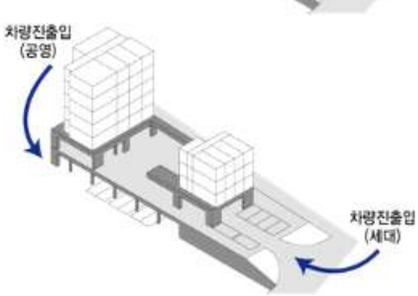
① 배치계획

- ㅇ 향을 고려한 배치로 주거환경 개선 (전세대 남향배치)
- ㅇ 주거동의 충분한 인동간격 확보로 통풍과 환기를 고려



② 보행동선 계획

- ㅇ 주거동에 진입하는 동선의 분리로 세대주민의 프라이버시 확보
- ㅇ 독립적인 보행동선을 위한 옥외 공간 확보
- ㅇ 지상층에 커뮤니티 설치로 지역주민의 접근성용이



③ 차량동선 계획

- ㅇ 공영주차장과 세대주차장의 영역분리
- ㅇ 대지 남측과 북측의 2개의 도로를 이용하여 진출입 동선 분리

(바) 가양단지 평면계획

① 가양단지 지하1층 평면도

ㅇ 지하공용주차장

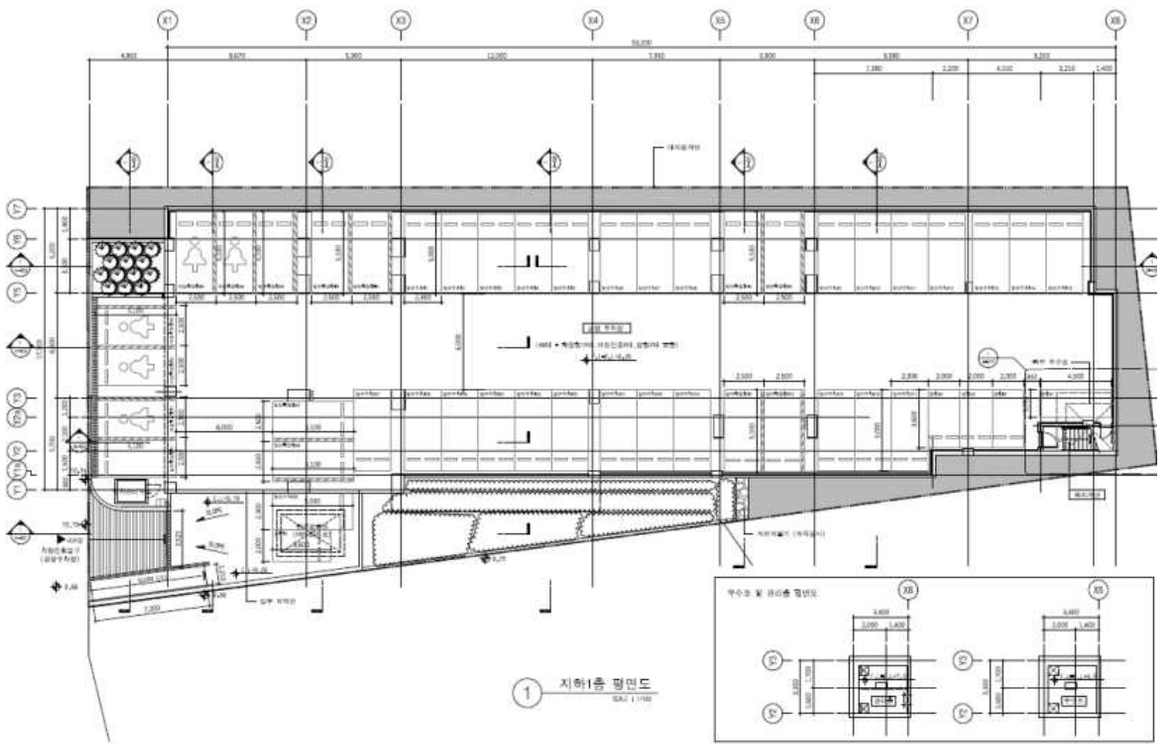


그림 2.2.10.35 가양실증단지 지하공용주차장 평면도

② 가양단지 1층 평면도

ㅇ A동 : 경비실, 근린생활시설

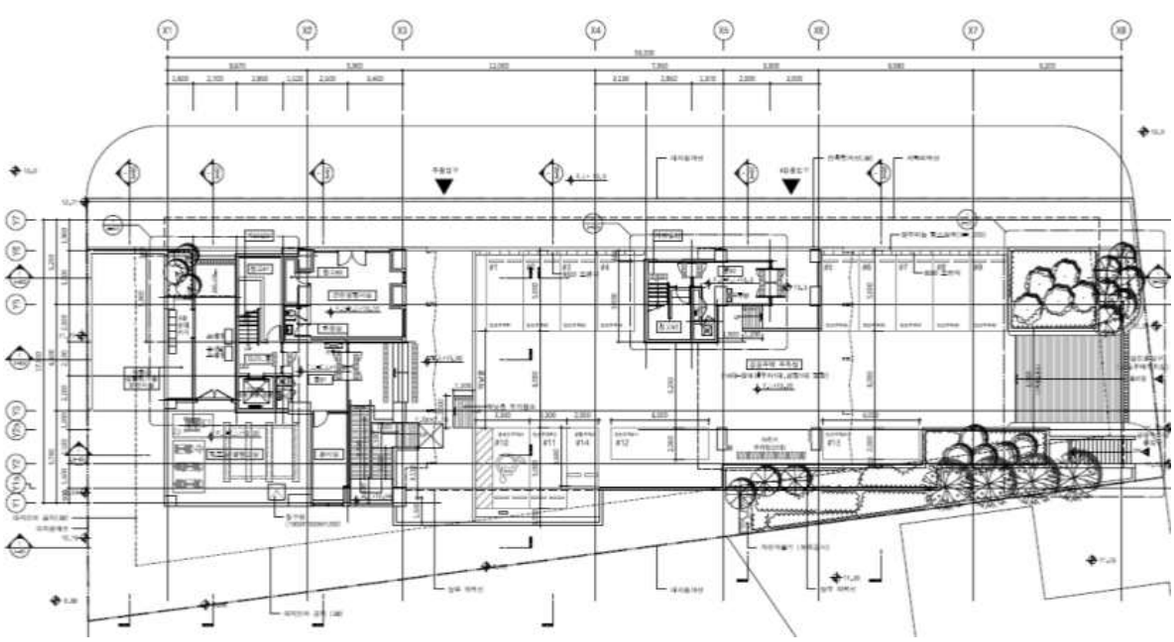


그림 2.2.10.36 가양실증단지 1층 평면도

③ 가양단지 2층 평면도

- ㅇ A동: 주민편의시설, 16A TYPE (4세대)
- ㅇ B동 : 16B TYPE (4세대)

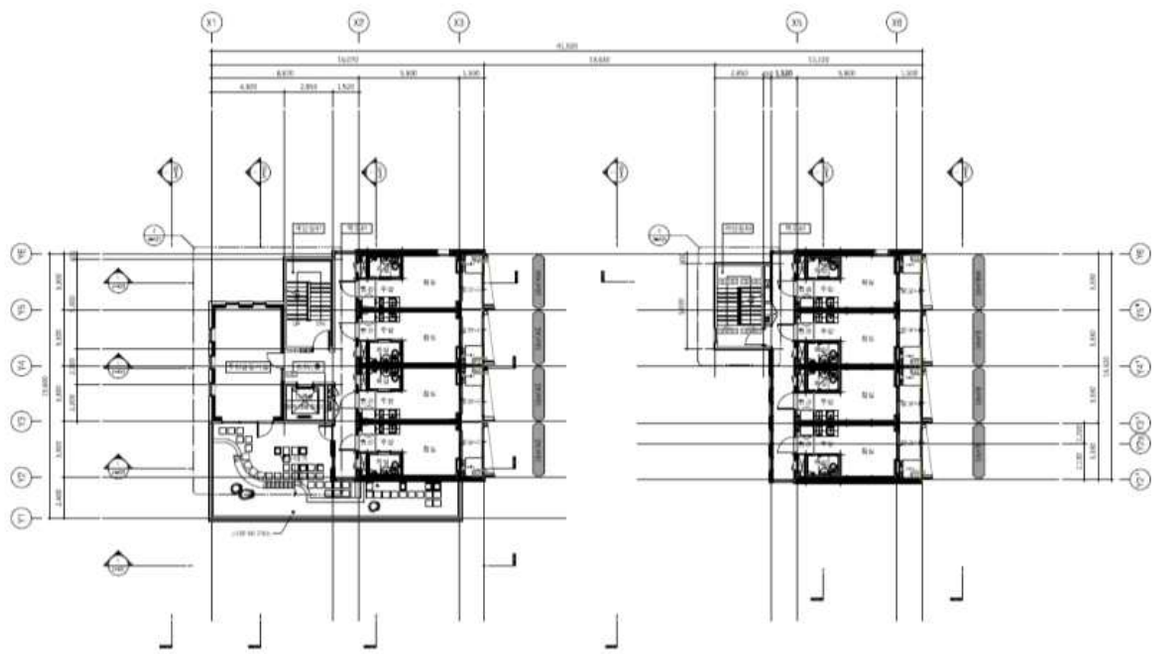


그림 2.2.10.37 가양실증단지 2층 평면도

④ 가양단지 3층 평면도

- ㅇ A동 : 16A TYPE (4세대)
- ㅇ B동 : 16B TYPE (4세대)

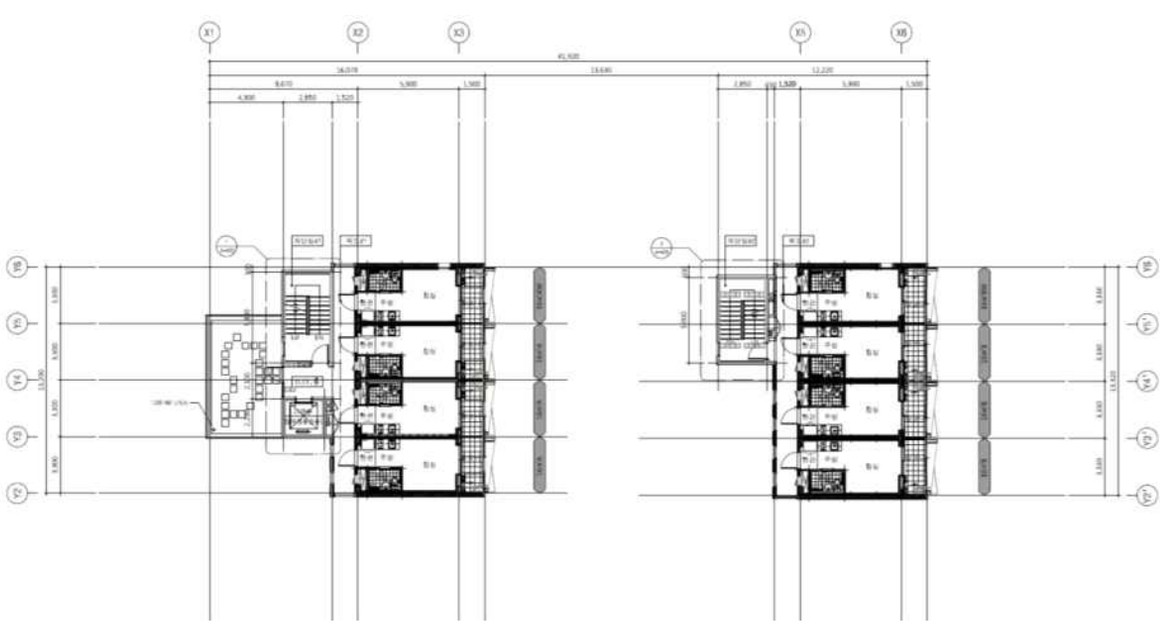


그림 2.2.10.38 가양실증단지 3층 평면도

⑤ 가양단지 4층 평면도

ㅇ A동 : 16A TYPE (4세대)

ㅇ B동 : 16B TYPE (4세대)

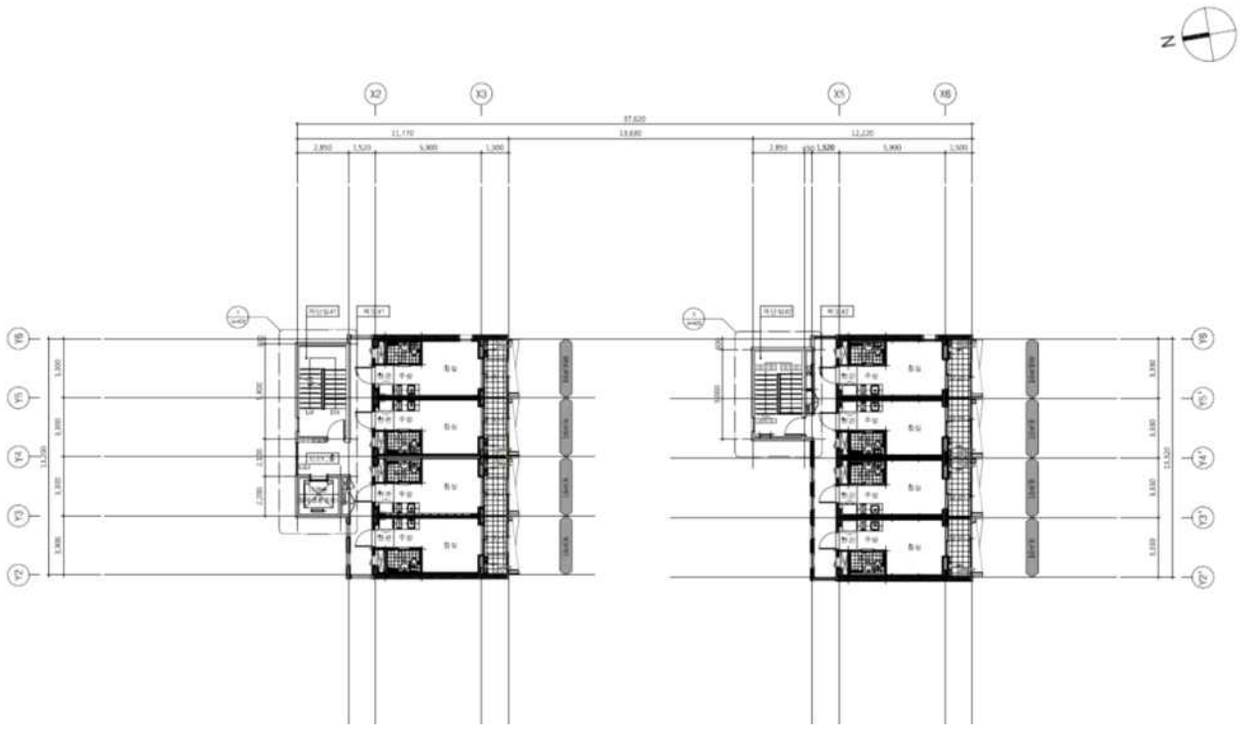


그림 2.2.10.39 가양실증단지 4층 평면도

⑥ 가양단지 5층 평면도

ㅇ A동 : 16A TYPE (4세대)

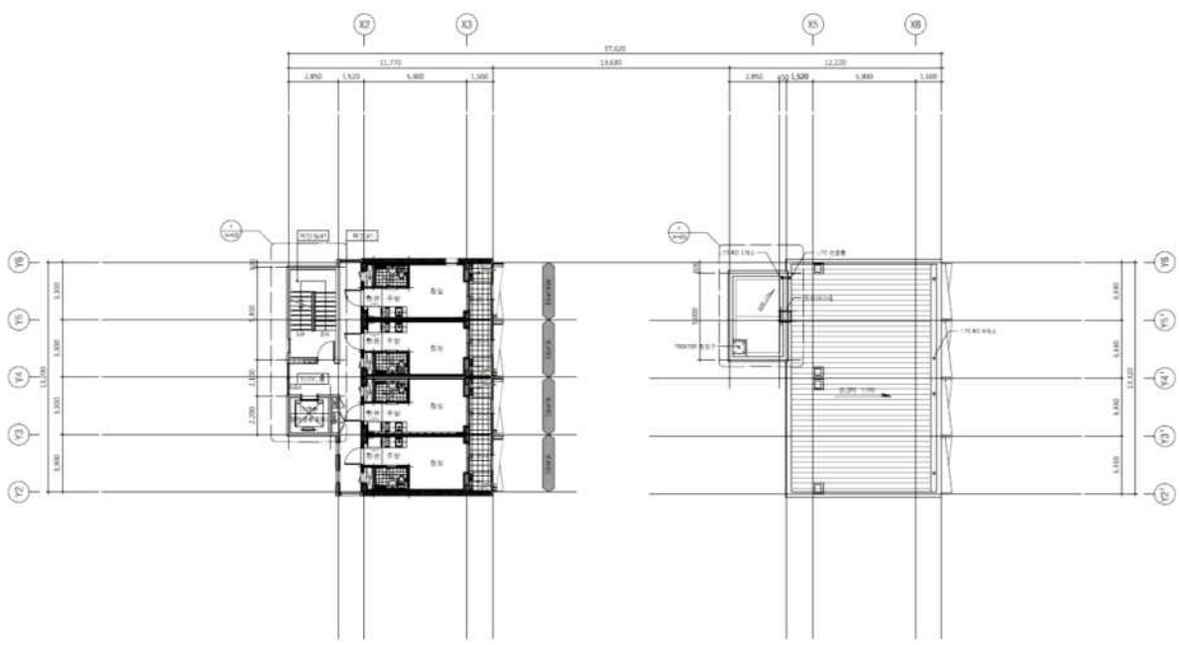


그림 2.2.10.40 가양실증단지 5층 평면도

⑦ 가양단지 6층 평면도

ㅇ A동: 32A TYPE (2세대)

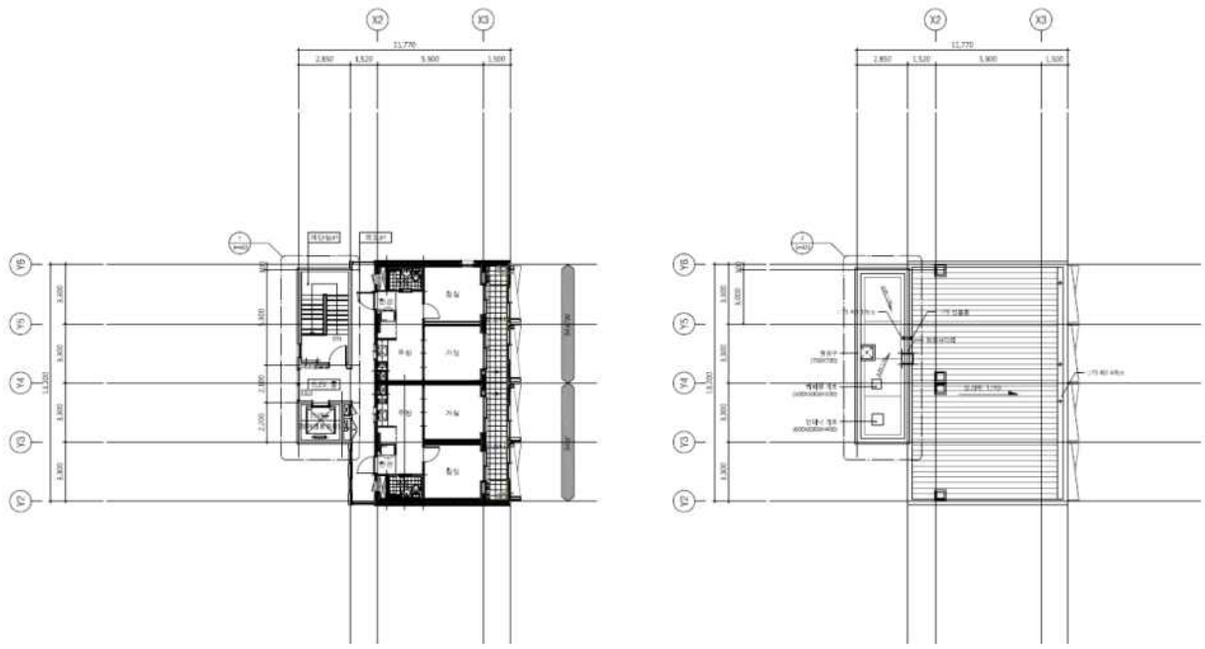


그림 2.2.10.41 가양실증단지 6층 평면도

(사) 가양단지 입면계획

⑫ 정면도

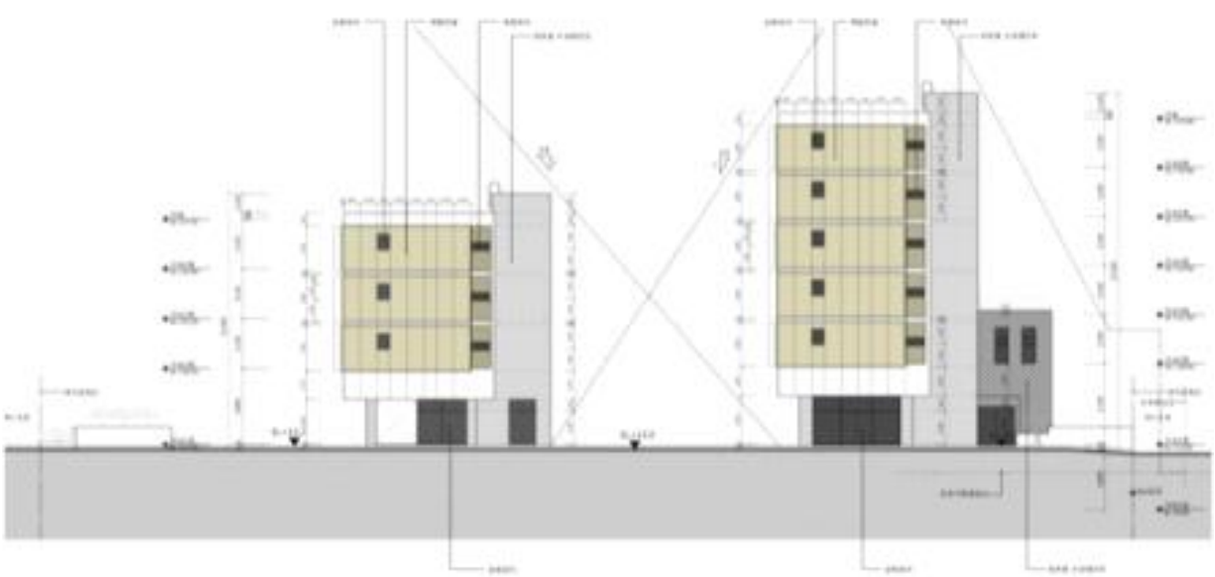


그림 2.2.10.42 가양실증단지 입면도

(아) 가양단지 단면계획

○ 저층부는 공영주차장으로 RC구조이며, 상층부는 공동주택으로 A동은 적층식 모듈, B동은 벽식(혼합식)모듈을 적용

그림 2.2.10.43 가양실증단지 단면도

(자) 가양단지 단위세대계획

○ 도시근로자계층을 위한 원룸형, 통합분리 가변형 평면제시

○ 거주자 특성을 고려한 공간구성 : 거실주방 통합형 원룸 타입, 침실 공간 통합분리 가변형 타입

표 2.2.10.9 가양실증단지 타입별 평면

16㎡ A type_101동 라멘식	16㎡ B type_102동 혼합식	34㎡ W type_101동 라멘식

(2) 가양단지 건축계획 사업승인

- ㅇ 서울시 공공임대주택의 일환으로 서울시 공공건축가와 서울시 심의회의 자문을 득함.
- ㅇ 건축, 교통, 구조, 소방, 색채 등의 전문가로 구성된 자문위원회를 개최하여 의견을 청취
- ㅇ 미관 및 조경 향상, 1호 모듈러 공공주택으로서의 모듈러의 특색 있고, 상징적 입면 구현, 이를 반영하여 기본계획안을 도출

그림 2.2.10.44 가양실증단지 건축계획사업승인 현황

(3) 가양단지 실시설계

(가) 12대 인증기술 실시도서 적용 List-up

표 2.2.10.10 12대 실증기술 LIST

분야	기술명	기술성능목표	도서 적용
계획	1. BIM 설계 시스템	조립식주택 BIM설계	○
	2. MC 설계	자재의 규격화 및 부품화	○
구조	3. 포켓기초	조립식 주택 하부 구조 레벨링	-
	4. 모듈 내부 접합부	소성회전각 0.04rad 확보	○
	5. 모듈간 접합부	코어구조와 함께 이중 골조로 설계	○
	6. 층간소음저감 바닥 구조	중량 2등급, 경량 1등급 만족	○
시공	7. 운반용 고정 장치	고정 작업 편의성 향상과 운송 중 추락사고 방지	△
	8. 조립용 전동 장치	모듈간 접합 시공 속도 향상	△
환경	9. 소음차단 마감기술	바닥 : 중량3등급, 경량 1등급, 벽체 1등급 (+두께 감소 효과)	○
	10. 에너지 절약형 외피	에너지 효율 3등급 이상	○
내화	11. 건식내화	기둥(2시간), 보(2시간), 바닥(2시간)	○
	12. 내화충전구조기술	바닥(2시간), 벽체(1시간)	○

(나) 12대 인증기술 도서 적용

그림 2.2.10.45 가양실증단지 12대실증기술 적용안

라) 4차년: 가양실증단지 설계변경

연구목표

- 가양실증단지 관로이설에 따른 설계변경

연구내용

- 가양실증단지 모듈러 공장제작 및 품질관리(이월)
  - 모듈 공장제작
  - 모듈 품질관리
- 가양실증단지 모듈러 현장시공 및 시공계획(이월)
  - 모듈 현장시공
  - 모듈 공정관리
- 가양단지 하수관로 이설에 따른 설계변경
  - 모듈러 시방서 작성
  - 가양실증단지 설계내역 산출
  - 가양실증단지 관로이설 설계변경

최종성과물

- 특허등록 1건
- 설계도서 1건
- 현장시공 1건(이월)

(1) 가양동 모듈러 특기시방서

1. 하부공사 특기사항

○ “하부공사” 란 가양동 1457-1 도시형생활주택공사 중 모듈러공사를 제외한 공사를 말한다.

○ **콘크리트 구조물 검측**

모듈러공사와 접하는 부위의 하부공사 검측에 모듈러시공사도 함께 참여하며 모듈러시공사의 확인 후 다음 차순의 공사가 진행되도록 한다.

○ **엘리베이터공사 작업범위**

엘리베이터 pit내부 콘크리트 및 철근의 잔재, 거푸집 외 매립 세퍼레이터, tie 등의 부속철물, 고임물 제거와 방수, 바닥 무근콘크리트 등의 마감과 문틀주변사춤이 하부공사 작업범위이다.

○ **접합부 앙카볼트 시공**

하부공사 시공사와 모듈러공사 시공사는 수직, 수평 기준점을 서로 확인하며, 앙카볼트 설치는 모듈러 시공사에서 1일 동안 시공하며, 앙카볼트를 설치하는 곳에 보철근과의 간섭문제는 하부공사 시공사가 해결해야 한다.

하부공사 시공사는 2층바닥 콘크리트바닥 타설작업으로 앙카볼트의 위치가 변경되거나 손상되지 않도록 각별히 주의한다.

○ **양중작업 지장물 반출**

모듈러 현장설치가 1층에서 시행되고 jack support의 구조보강이 지하1층에서 실시되기 때문에 하부공사 시공사는 철근콘크리트공사의 모든 가설재를 현장에서 반출한다.

○ **하부공사 일정준수**

가양동 1457-1번지 공공주택 30세대는 모듈러주택(공업화주택)으로서 공장에서 만들어 현장에 설치

하기 때문에 하부공사가 완료되지 않을 경우 공장에서 제작된 모듈러가 공장을 차지하여 다른 생산작업을 못하기 때문에 하부공사의 철근콘크리트공사가 해당공기에 완료되어야 한다.

○ **인허가 승인 취득**

모듈러공사와 관련한 모든 대관 인입 및 인허가 사항을 모듈러시공사의 협조 및 지원으로 SH공사 또는 하부공사 시공사가 승인 취득해야 한다.

○ **마감자재 색상 등의 정보공유**

외장 강판THK1.2 및 다채무늬도료 등은 모듈러공사의 것과 통일, 조화를 위해 색상, 제작공장 등의 정보를 모듈러공사 시공사와 공유해야 한다.

○ **가설시설물의 설치 및 철거**

하부구조 공사용으로 사용된 외부비계 등 가설재, 기타 자재를 모듈러공사에 지장을 주지 않도록 하부공사 시공사는 하부공사 구조물공사 기간이 완료되기 전에 모듈러공사에 지장이 없도록 해체하여야 한다.

○ **공사내용 등의 모듈러공사 시공사와의 협의**

하부공사 시공사는 모듈러공사 시공사에서 하부공사의 일정 등의 조정요청이 있을 경우 협의, 검토해야하며 검토한 결과를 조속히 모듈러공사 시공사에게 통보해야 한다.

○ **기계설비 및 소방공사 관련**

종합수압시험은 하부공사 작업범위이다

기계설비 배관공사의 지하구조물에 해당되는 각종 스리브 및 BOX오픈 등은 사전에 협의하여 하부공사 시공사에서 시공한다.

하부공사의 천정 마감공사 진행 시 모듈러공사 시공사에서 시공한 각종 배관 및 장비에 대한 각종 보양작업은 하부공사 작업이다.

정화조 설치를 위한 구조물공사는 모듈러공사 시공사에서 요청하는 기일 내 하부공사 시공사에서 시공하며, 인입배관 연결, 상부콘크리트 마감공사도 하부공사 시공사 공사분이다.

모듈러공사의 시공사가 펌프를 설치하기 전에 하부공사 시공사는 모듈러 시공사가 제공한 패드 도면으로 시공하고 마감을 해야 한다.

2. 하부공사 특기사항

○ **콘크리트 구조물 검측**

모듈러공사 시공자는 하부공사의 철근콘크리트 구조물을 확인하기 위해 검측에 참여하고 확인 후 다음 차순의 공사가 진행되도록 한다.

○ **엘리베이터 공사 관련 작업범위**

모듈러공사의 엘리베이터 작업범위는 엘리베이터 기계와 관련된 영역이며, 엘리베이터 pit내부 및 문틀 주변사춤은 하부공사 작업범위이다.

○ **접합부 앙카볼트 시공**

앙카볼트는 수직, 수평 기준점을 하부공사 시공사와 확인 후 정확하게 시공하며 보철근의 간섭은 하부공사 시공사와 협의한다.

콘크리트타설에 의한 앙카볼트의 위치가 변경되지 않도록 주의를 요한다.

○ **양중작업 지장물 반출**

모듈러시공사는 모듈러 반입 전 설치현장의 상황 및 주변여건을 파악하여 현장설치에 문제가 없는지 확인한다.

○ **하부공사 일정 확인**

모듈러공사 시공사는 하부공사의 일정을 확인하고 모듈러설치에 문제가 없는지 하부공사 시공사와 긴밀한 연락을 취해야 한다. 하부공사 공사일정 변경으로 예정된 일정에 설치가 곤란할 경우 관련기관과 차후 대책을 협의한다.

○ **인허가 승인 취득**

모듈러공사와 관련한 공사에 대해 하부공사 시공사가 인허가를 취득함에 있어 모듈러시공사는 관련자료의 전달 등 하부공사 시공사가 인허가를 취득함을 협조해야 한다.

○ **마감자재 색상 등의 정보공유**

공사 일정상 모듈러공사의 외장 강판THK1.2의 설치가 선시공되고 후에 하부공사 시공사가 외장 강판 THK1.2를 설치하므로 색상의 통일과 조화를 위해 하부공사 시공사의 요청이 있을 경우 색상, 제작공장 등의 정보를 하부공사에게 즉시 알려주어야 한다.

다채무늬도료 외 기타 마감자재의 경우도 위와 동일하다.

○ **가설시설물의 설치 및 철거**

모듈러공사용으로 사용된 모듈러시공사의 외부비계 등 가설재, 기타 자재를 하부공사에 지장을 주지 않도록 모듈러시공사는 모듈러공사 기간이 완료되기 전에 현장밖으로 반출해야 한다.

하부공사 시공사에서 설치하는 가설전기 및 용수, 안전시설물 등 외에 모듈러시공사에서 모듈러공사를 위해 하부공사 공사부위에 설치한 분전반, 전등, 수전 시설 등은 모듈러공사 기간이 완료되기 전에 철거해야 한다.

○ **공사내용 등의 하부공사 시공사와의 협의**

모듈러공사 시공사는 하부공사 시공사에서 모듈러공사의 일정 등의 조정요청이 있을 경우 협의, 검토해야하며 검토한 결과를 조속히 하부공사 시공사에게 통보해야 한다.

(2) 설계변경도서

그림 2.2.10.46 가양실증단지 설계변경도서

마) 5차년: 가양실증단지 모듈제작 및 시공

연구목표

- 가양실증단지 모듈 제작 및 시공

연구내용

- 가양실증단지 모듈러 공장제작 및 품질계획
  - 모듈 공장제작
  - 모듈 품질관리
- 가양실증단지 모듈러 현장시공 및 시공계획
  - 모듈 현장시공
  - 모듈 공정관리
- 가양실증단지 모듈러 하자보수 및 유지관리 매뉴얼

〈가양실증단지 모듈러 제작 및 시공〉

최종성과물

- 가양실증단지 제작 및 시공 1건
- 가양실증단지 모듈 공장제작 및 품질계획서 1건
- 가양실증단지 모듈 현장시공 보고서 및 시공계획서 1건
- 가양실증단지 유지관리보고서

(1) 개요

표 2.2.10.11 가양실증단지 공사개요

구 분	내 용	
공 사 명	가양 1457-1번지 도시형생활주택 신축공사 (가양 모듈러 R&D 실증사업)	
대지위치	서울시 강서구 가양동 1457-1번지	
지역지구	도시지역, 제1종 지구단위계획구역, 제2종 일반주거지역, 주차장(공영주차장)	
대지면적	1,436.00㎡	
용 도	공동주택(도시형생활주택), 근린생활시설, 자동차관련시설(공영주차장)	
건축면적	371.65㎡	(건폐율) 25.88%
연 면 적	2,057.91㎡	(용적률) 75.96%
건축규모	A동 : 지상 6층, B동 : 지상 4층	
구 조	콘크리트조, 철골조(모듈러시스템)	
조경면적	475.47㎡(33.10%)	
주차대수	총59대(공영45대, 세대13, 근생1)	

(2) 생산공정별 제작

(가) 골조공사

01. 원자재 반입 및 플라즈마 절단

※ 원자재를 가공하기 전에 반드시 품질검사용 시편을 확보해 놓을 것.

원자재인 후판 또는 코일을 대리점에서 공급받아 절곡을 위한 사이즈로 철구제작소에서 플라즈마로 절단.

02. 절곡

대형 프레스 절곡기를 이용하여 ㄷ형상의 기둥, 보 등으로 절곡. 이때 두께(T)가 12mm를 넘어갈 경 절곡된 곡면부위가 터질 수 있기 때문에 주의가 필요.

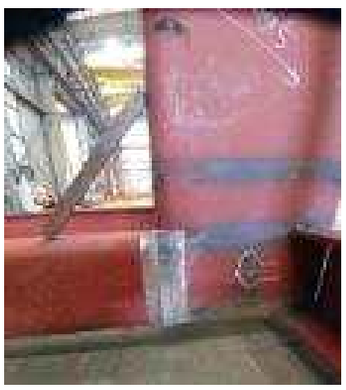
03. 가조립

단품가공 된 부재를 정반에 올려 단변부부터 가조립.

단변부와 단변부 사이에 장변보를 연결하여 유닛의 기본 형태를 만들고 치수 오차 확인.

04. 본조립(본용접)

가조립 된 유닛 구조체의 본용접 실시하며, 하향용접이 될 수 있도록 구조체를 돌려가면서 용접.



05. END PLATE

가양실증단지는 하부보 상부에 슬래브가 얹어지는 구조로 콘크리트 타설을 위해 End Pl.을 용접.

06. DECK PLATE

데크플레이트는 하부보에 용접하며, 설치 시 콘크리트 물이 흘러내리지 않도록 주의하며 용접.

07. 슬리브매립

오배수, 가스 등 수직배관이 연결되는 PD실, 발코니 부위 등에 슬리브를 매립하여 흔들리지 않도록 고정.

※ 매립된 슬리브가 콘크리트 타설시 움직이게 되면 모듈 적층시 상하 연결부 수직배관이 맞지 않으므로 타설 전 검측, 타설 후 검측 필요

08.	철근(배력근)

데크 위 배력근을 200mm간격으로 설치하고 주근과 결속.
콘크리트 타설 전 냉온수 배관이 연결되는 보일러, 수전, PD실 등의 연결부분에 선매립 필요.

09.	거푸집 설치 및 콘크리트 타설, 양생

※ 품질시험 기준에 따라 콘크리트 슬럼프 테스트 수행 및 공시체를 확보 필요

품질시험이 완료 된 콘크리트를 타설하며, 바이브레이터를 이용하여 정해진 두께 만큼 타설 후 양생.

(나) 건식내화공사

01.	각파이프용접

20×40의 각파이프를 600mm 간격으로 기둥 및 보 형강의 프렌지에 단속용접하여 접합.

02.	단열재 충진

※ 본 기양단지는 외단열을 적용하여 골조 내에 단열재 충진이 의무사항은 아니지만 단열재 충진을 통해 열교현상을 줄일 수 있음.

기둥과 보에 100T, 48K 글라스울 충진하여 기둥과 보에서 직접 전달되는 외기를 차단.

03. 바탕석고보드

바탕석고보드(석고보드 1겹)은 에어타카로 임시 고정하여 취부하고 나사못을 300mm 간격으로 고정.

04. 마감석고보드

마감석고보드(석고보드 2겹)은 최소 300mm 어긋나도록 하여 붙임면에 본드를 바르고 나사못을 300mm으로 고정.

05. 코너비드 및 퍼티

석고보드 취부 후 모서리면에 파손방지를 위한 코너비드를 붙이고 피스로 고정.
코너비드 설치부위는 퍼티마감하여 면잡기를 실시.

06. 인케이스먼트 검수

모듈 간 골조결합을 위한 일부 부위는 공장에서 인케이스먼트를 하지 않고 개방하여 현장으로 운반하며, 현장에서 모듈을 적층하여 상하볼트 체결 후 현장에서 개방부위를 마무리 함.

(다) 건식벽체공사

01. 모듈수평잡기

경량벽체를 설치하기 위해 슬래브 바닥으로부터 기준이 되는 높이에 먹줄을 놓아 기준설치. (허리먹)

02. 벽체 런너 및 스터드 설치

경량벽체 구성을 위한 런너 설치.

상 · 하부 런너 사이에 450mm 간격으로 스터드 설치.

03. 배전반설치

벽체 신발장 부위에 배전반을 설치하며 주변은 기밀테이프로 기밀방습지와 밀실하게 시공

04. 기밀방습지

모듈 내부 전체에 대하여 기밀방습지로 시공하며 시방기준에 맡게 접합부위가 새지 않도록 처리

05. 벽체석고보드 취부

기밀방습지 위 세대간 내화벽체를 구성하는 내화석고보드를 2P취부. TV 및 에어컨 설치 위치에 합판으로 보강처리.

06. CRC보드 취부

글라스울을 삽입 후 CRC보드로 마감하며, 파손되는 우려가 발생할 수 있으니 주의하여 시공

07. OSB 취부

모듈의 최외측부는 CRC보드가 아닌 OSB로 마감하며, 이때 피스가 밀실하게 박힐 수 있도록 주의하여 시공.

(라) 바닥공사

01. 완충재

※ *측면완충재의 설치*

- 흡수율 높은 벽체 또는 방수턱 인접부위에서 Dry-Out 현상으로 인한 기포콘크리트 처짐 방지
- 기포콘크리트 및 몰탈면이 벽체에 직접 닿는 것을 방지하여 벽을 타고 내려오는 층간소음을 방지

슬래브 위 경량벽체 주변으로 측면완충재를 설치.
슬래브 위 우레탄 폼 도포 후 층간완충재(THK30) 설치. 연결부위는 기포콘크리트가 들어가지 않도록 테이프처리.

02. 경질우레탄보드

최하층세대의 경우 단열성능 확보를 위해 층간완충재 + 기포타설을 하지 않고 경질우레탄보드(THK60) 설치하여 성능 향상.

03. 기포타설

기포타설시 단차가 있는 부분이 함몰되지 않도록 주의하여 타설.

04. 난방배관

- 16, 34Type : 200간격시공, 욕실내부 미적용.
  (욕실-Room과의 코일연결부 하자발생 원천방지)
- 34Type (2 Room) : 모듈간 연결구간은 약 300정도 타설을 비워두고 현장조립 후 현장타설 실시.

05.	매탈라스깔기

난방코일 고정핀이 견고히 설치되 있으나 몰탈 타설간 코일들뜸 방지를 통한 균일한 난방을 위해 매탈라스 깔기 작업.

06.	몰탈타설

몰탈을 미리 설정해 놓은 기준높이까지 타설하고, 면잡기를 완료 후 양생.

(마) 천정공사

01.	천정틀설치

모듈 천정면 구조를 위한 천정틀 설치.

02.	전기통신 배관 및 배선

세대 전기통신 배관을 위한 천정구조틀 타공 및 스리브 작업 후 배관 및 배선 작업 진행.

03. 가스검침지시부

가스배관은 현장시공으로 모듈러 최하층 바닥(2층)에서 횡주배관 후 각 세대 발코니로 입상배관하여 계량기 설치. (각 세대 발코니에 계량기 설치)
가스검침부는 세대 출입문 옆 상단. (약2100)에 설치 (계량기에서 출입문까지는 배관배선 시공)

04. 수압테스트

모듈 세대별 수압테스트 실시. (10kg/cm2, 2일)

05. 환기덕트

모듈세대 환기덕트는 총 2개소임.(욕실, 주방)
욕실, 주방 환기덕트는 MD(전기식 역류방지용 댐퍼)를 부착하여 타 세대로부터의 역류를 원천 방지함.

06. 천정석고취부

천정마감용 천정석고를 취부.

07.	천장OSB

모듈바깥쪽 상부에 경량철골 사이에 실리콘 위 OSB보드를 덮고 나사못으로 고정 후 테두리 및 연결부위에 기밀테이프로 마무리.

(바) 방수 및 타일공사

01.	발코니바닥방수

방수액을 도포하여 시멘트모르터를 거칠게 바른다.

02.	방수보강

시멘트모르터바름으로 방수가 완료되었으나 필요시 2차 우레탄 방수를 수행할 수 있다.

03.	발코니타일

발코니 타일을 붙이기 전에 기준높이 만큼 몰탈을 충진하고 물축이기를 수행한다. 바탕면에 이물질을 제거하고 타일을 줄눈간격에 맞추어 시공한다.

04.	현관타일

현관 타일 시공전 몰탈 충진 후 물축이기를 수행하며, 평탄화하여 건조시킨다. 바닥에 타일접착재를 시방기준에 맞게 바르고 안쪽부터 시공한다.

(사) UBR공사

01.	UBR 방수판 및 벽판 설치

UBR방수판 설치.

UBR 벽판설치 시 위생기구 연결부위(급수, 급탕)를 미리 Shop DWG를 통해 조립할 수 있도록 미리 가공.

02.	욕실바닥타일

욕실 바닥타일 설치.

03.	UBR 천정

UBR 천정재 설치.

04.	위생기구

위생기구(세면대, 양변기, 각종 기구류) 부착.

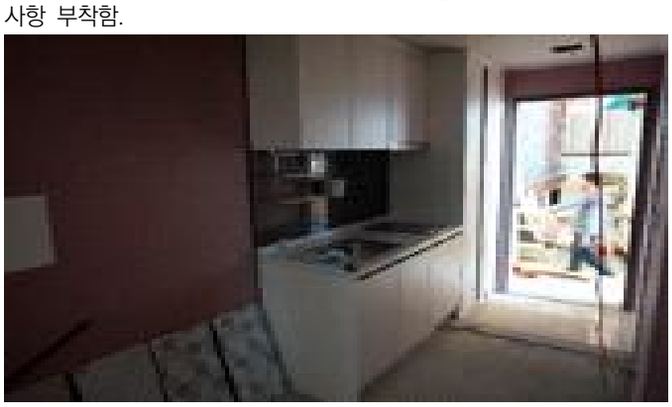
(아) 가구공사

01.	상부장설치

싱크대 하부장 설치 고정 후 높낮이 조절을 하여 수평을 맞추어 흔들리지 않도록 함.

02.	상부장설치

싱크대 상부장의 위치는 합판 또는 각파이프로 사전에 보강 후 상부장을 설치하며, 사용자에게 편중되어 적재하거나 20kg 이상 적재하지 않도록 주의사항 부착함.



03.	신발장설치

신발장 설치 후 안쪽의 배전반커버 위치를 확인하고 흔들리지 않도록 고정 함.

(자) 도배공사

01.	걸레받이/천정몰딩

걸레받이 및 천정몰딩 설치.

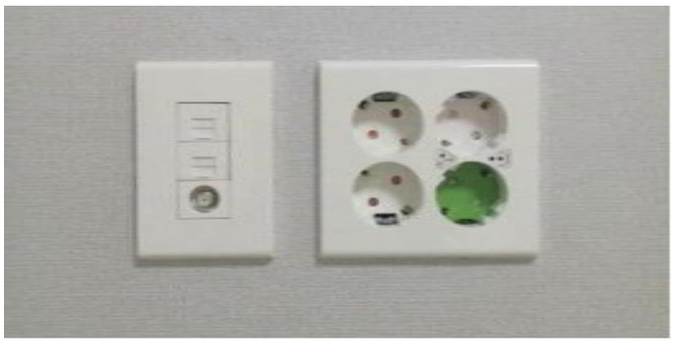
02.	도배

석고 취부 후 이음매 초배작업 후 도배작업 진행.

(차) 기타공사

01.	스위치, 콘센트 및 등기구 설치

벽체에 미리 뽑아놓은 통신용 UTP케이블, TV 동축케이블, 등기구 스위치 및 전기콘센트 커버 설치.



거실, 현관, 주방 등의 매립 등기구 설치.

02.	투습방수지

모듈 외부 투습방수지 설치.
모듈 이동시 투습방수지 이탈방지를 위한 철재타이 설치.

(카) 포장 및 운송

01.	모듈포장

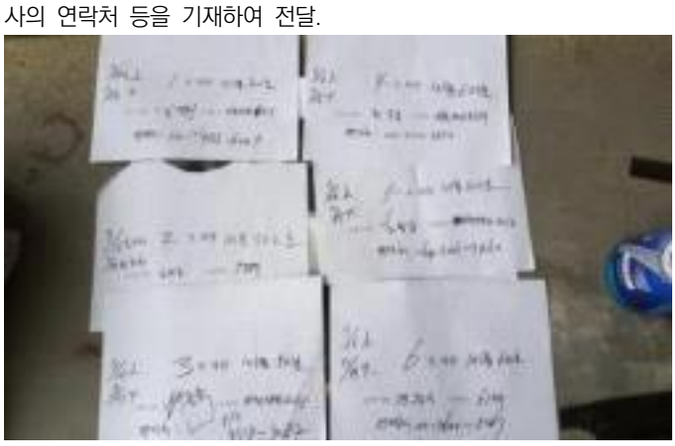
모듈 이동 전 이물질 유입방지 위해 포장 실시.

02. 모듈 상차 및 결박

모듈과 트레일러를 체인블럭으로 결박하여 단단히 고정.

03. 모듈송장작성

상차 후 출하 전에 운전자에게는 운송에 필요한 주의사항을 숙지시키고 하차순서 및 배송지 담당연락처를, 현장설치담당자에게는 차량번호 및 운전기사의 연락처 등을 기재하여 전달.



(3) 현장시공

(가) 앵커공사

01. 앵커볼트매설

모듈 고정용 앵커볼트 현장골조 타설 전 선시공.

02. 1차 앵커볼트 레벨조정

현장 구조타설 전 앵커볼트 레벨 1차 재조정.

03. Base PL. 설치

현장 구조타설 후 Base PL 설치.

04. 2차 앵커볼트 레벨조정

정밀측량을 통해 2차 앵커볼트 레벨조정

05. 무수축모르타르

최종 레벨조정 후 무수축 타설

(나) 모듈설치공사

01.	하부 서포트설치

모듈 반입간 하중지지(크레인(300톤)+모듈(27톤))를 위한 시스템 서포트 설치. (지하1층, 약 100개소)

02.	크레인설치

모듈 반입을 위한 장비(300톤 크레인) 설치.

03.	모듈양중 및 설치

모듈양중 및 설치.

04.	가이드핀 및 방진 패드 설치

가이드핀 적용으로 조립간 오차 및 시간단축을 하고 상하부 모듈간 방진을 위한 고무패드를 설치.

05.	모듈적층

구조 - 모듈간 초기 연결구간. (2층 하부)

06.	모듈조립

모듈 본조립 : 토크랜치 이용하여 최종 조립실시.

7.	지붕패널설치

모듈 지붕패널 설치.

08.	옥상 TPO방수

모듈 최상층 TPO 방수작업 실시.

(다) 비계공사

01.	안전울타리 및 시스템비계설치

모듈 외부 마감 작업 간 안전 확보를 위한 안전울타리 설치 및 모듈 외부 마감 작업간 이동통로 및 안전 확보 위한 시스템 비계설치.

02.	세대 안전난간 설치

모듈 외부 마감 작업 간 낙하물 방지를 위한 안전난간 설치. (모듈 외부작업 완료 후 안전난간 해체.)

03.	비계해체

시스템비계 해체 실시.

(라) 외장패널공사

01.	외장 하지재 용접

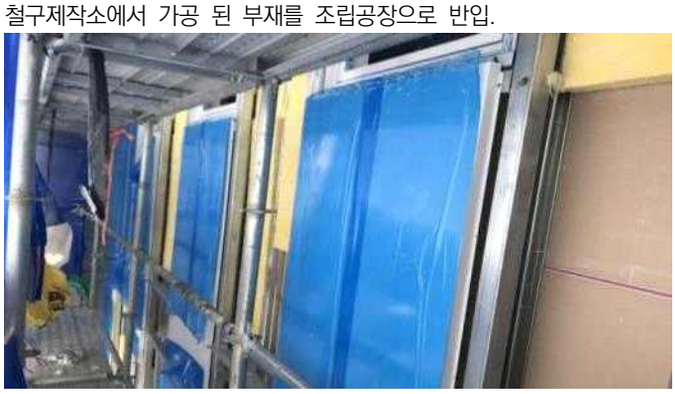
철구제작소에서 가공 된 부재를 조립공장으로 반입.

02.	외장 글라스울 취부

글라스울 150 취부.

03.	외장 강판취부

철구제작소에서 가공 된 부재를 조립공장으로 반입.



04.	외장 실리콘 마감

외장 강판 – 백업재 충진 작업 후 강판 이음매 실리콘 마감작업.

(라) 발코니 천정마감공사

01.	발코니 천정틀

발코니 천정 마감을 위한 천정틀 설치.

02.	발코니 천정 석고마감

발코니 천정석고 마감을 위한 석고취부.

03.	발코니 천정 복합단열재 마감

발코니 천정 복합단열재 마감작업.

(마) 발코니 벽체마감공사

01.	모듈연결부 단열재 취부

모듈 연결부 열손실 최소화를 위한 단열재 취부.

02.	발코니벽체 석고마감

발코니 구간 볼트체결부위 벽체 석고마감.

03.	발코니 복합단열재

발코니 복합단열재 시공.

04.	발코니 피난벽체

발코니 피난용 벽체 시공.

(바) 복도 공사

01.	복도 알루미늄 커튼월 설치

복도 하지 설치 후 알루미늄 창호 설치.

02.	복도 커튼월 벽체 마감

실내쪽 석고보드 취부

03.	복도 천정틀 설치

천장 슬라브 타공 후 달대 및 Mbar 설치,

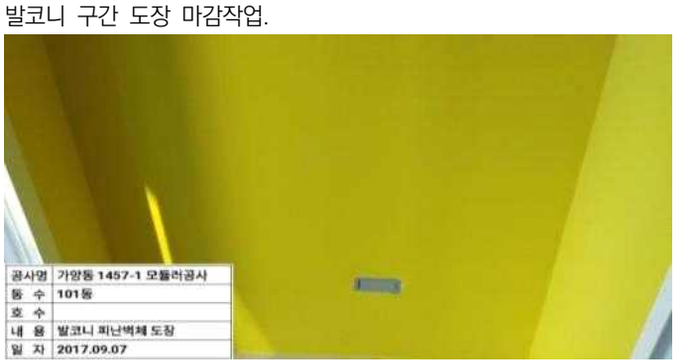
04.	복도천장 텍스마감 및 점검구 설치

복도 천장 텍스 마감 후 복도 끝 양쪽에 점검구 설치
복도 텍스 마감시 피스 간격 일정하게 유지

(사) 도장공사

01.	발코니도장

발코니 구간 도장 마감작업.



02.	복도 도장공사

현관문, 창호등을 보양 후 지정된 색상으로 도장 마감.

(아) 기계설비공사

01. PD실 위생설비 수직배관

세대 PD실 입상용 위생배관 시공(오·배수, AD덕트외)하며, 흔들림이 없이 고정한다. (배관의 용도 라벨로 표시)

02. 세대내 우수 수직배관

세대 발코니구간 위생입상배관(세탁배수, 우수배관, 가스배관)시공.

03. 세대내 가스배관

세대내 가스배관, 가스계량기 설치하고, 흔들림이 없이 고정한다.

04. 보일러설치

세대 보일러는 계획된 용량의 것이 설치 될 수 있도록 확인하고, 연도설치 시 응축수가 역류 되지 않도록 설치 시공한다.

(4) 품질관리계획서

① 업무분담

표 2.2.10.12 품질관리 담당자별 주요업무

구분	적용	주요업무
품질관리책임자	현장소장	공사수행과 품질에 대한 총괄책임
품질관리담당	품질관리원	당해공사 투입자재 검수 공사시행 및 진행과정의 품질관리
각공정별담당	공정별관리책임자	품질관리 계획서 작성 및 시행 품질시험 기록 작성 보존 부적합 시 시정조치 및 확인 기타 품질시험 관련 업무

(나) 관련법령 및 시행근거

① 품질시험관련 적용 규정

표 2.2.10.13 품질시험 관련 법적기준

관련법규	시행자	내용
건 기 법 시 행 령 제41조 2항 시행규칙 제15조 2항	건설업자	▶ 품질시험계획수립
건 기 법 시 행 령 제15조 4항	건설업자	▶ 품질시험 및 검사의 실시 - 품질시험 기준 - 시험실의 규모, 시험장비, 시험요원배치기준
건 기 법 시 행 령 제16조	건설업자	▶ 품질관리에 따른 시험, 검사의 실시

㉠ 품질시험계획 대상(영 제41조 제2항)

- o 총공사비가 5억 이상인 토목공사
- o 연면적이 660㎡ 이상인 건축물의 건축공사
- o 총공사비 2억원 이상인 전문공사
- o 품질관리계획 대상의 경우
  - 전면책임감리 대상인 건설공사로 총공사비가 500억 이상인 건설공사
  - 다중이용건축물의 건설공사로서 연면적이 30,000㎡ 이상인 건축물의 건축공사
  - 당해 건설공사의 계약에 품질관리 계획의 수립이 명시되어있는 건설공사

㉡ 품질시험계획의 이행여부 확인 실시 (영 제40조제2항)

- o 발주자는 건설업자 또는 주택건설등록업자가 품질시험계획에 따라 건설공사의 시공 및 사용재료에 대한 품질관리 업무를 적정하게 수행하고 있는지의 여부를 확인하기 위하여 품질시험 계획의 이행여부 확인을 실시할 수 있다.
- o 발주자가 품질관리업무의 수행여부를 확인코자 "품질시험계획의 이행여부 확인"을 하고자 하는 때에는 시공자가 참여할 수 있도록 하여야 한다. (영 제40조 제3항)
- o 발주자는 확인 결과 시정이 필요하다고 인정하는 경우에는 당해 시공자에 시정을 요구할 수 있으며, 시정을 요구 받은 시공자는 지체 없이 이를 시정한 후 그 결과를 발주자에게 통보하여야 한다. (영 제40조 제4항)
- o 발주자는 품질관리업무 적정수행여부의 확인을 국·공립시험기관에 의뢰하여 실시할 수 있다. (영 제40조 제5항)

② 품질시험기준

㉠ 품질시험 공인기관 대행 시행 (품질시험종합계획 참조)

- ㅇ 선정시험 : 자재소요 1개월 전
- ㅇ 관리시험 : 최초 및 일정량 반입시점마다

㉡ 품질시험성과 및 총괄표 작성 보관

- ㅇ 기성부분검사 또는 준공검사 신청 시 첨부
- ㅇ 당행 공사의 하자보수 의무기간이 끝날 때까지 보관

(다) 별첨

① 품질시험종합계획

표 2.2.10.14 공종별 시험종목 및 품질시험 기준

공종	시험종목	시험방법	대상물량	시험빈도	시험계획
굳지 않은 콘크리트 (25-24-150)	배합설계	콘크리트 표준시방서	160M3 [시험:2회]	재료가 다른 각 배합마다	■KS제품 1.시험성적서대체 : 0 2.의뢰시험 : 1 3.자체시험 : 0
	현장배합수정	-		작업개시 전 1회	
	KS F 4009에 규정된 시험종목(강도제외)	KS F 4009		배합이 다를때 /150㎥마다	
	KS F 4009에 규정된 시험종목(강도)	KS F 4009		배합이 다를때 /150㎥마다	
철근 (SD50D10)	KS D 3504에 규정된 시험종목	KS D 3504	0.1852TON [시험:0회]	제조회사 /규격별 /100TON마다	■KS제품 1.시험성적서대체 : 1 2.의뢰시험 : 0 3.자체시험: 0
시멘트	KS L 1592에 규정된 시험종목	KS L 1592	26.12TON [시험:0회]	300TON마다 /제조일3개월 경과 때마다	■KS제품 1.시험성적서대체 : 1 2.의뢰시험 : 0 3.자체시험 : 0
	KS L 5201에 규정된 시험종목	KS L 5201			
	KS L 5204에 규정된 시험종목	KS L 5204			
	KS L 5210에 규정된 시험종목	KS L 5210			
	KS L 5219에 규정된 시험종목	KS L 5219			
건축용 시멘트 방수제	KS F 2451에 규정된 시험항목	KS F 2451	189M2 [시험:0회]	제조회사별 /제품규격마다	■KS제품 1.시험성적서대체 : 1 2.의뢰시험 : 0 3.자체시험 : 0
석고보드	KS F 3504에 규정된 시험항목	KS F 3504	1,301M2 [시험:0회]	제조회사별 /제품규격마다	■KS제품 1.시험성적서대체 : 1 2.의뢰시험 : 0 3.자체시험 : 0
	KS F 2271에 규정된 시험항목	KS F 2271			
	KS F ISO 5660-1에 규정된 시험항목	KS F ISO 5660-1			
테라조타일	압 축 강 도	KS F 2519	137M2 [시험:0회]	제조회사별 /제품규격마다	1.시험성적서대체 : 1 2.의뢰시험 : 0 3.자체시험 : 0
	비중 및 흡수율	KS F 2518			
데크 플레이트	KS B 1037에 규정된 시험항목	KS B 1037	921.55M2 [시험:0회]	1,000M2마다 /1,000매마다	■KS제품 1.시험성적서대체 : 1 2.의뢰시험 : 0 3.자체시험 : 0
	KS D 3503에 규정된 시험항목	KS D 3503			
	KS D 506에 규정된 시험항목	KS D 3506			
	KS D 3602에 규정된 시험항목	KS D 3602			
	KS D 4101에 규정된 시험항목	KS D 4101			

(5) 환경관리계획서

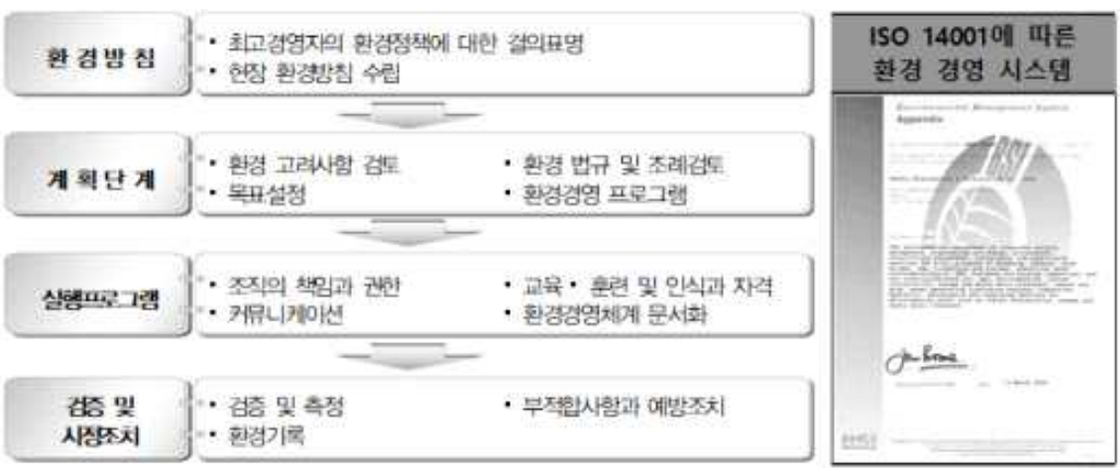
(가) 환경관리 개요

① 환경관리 기본

표 2.2.10.15 가양실증단지 환경관리방향

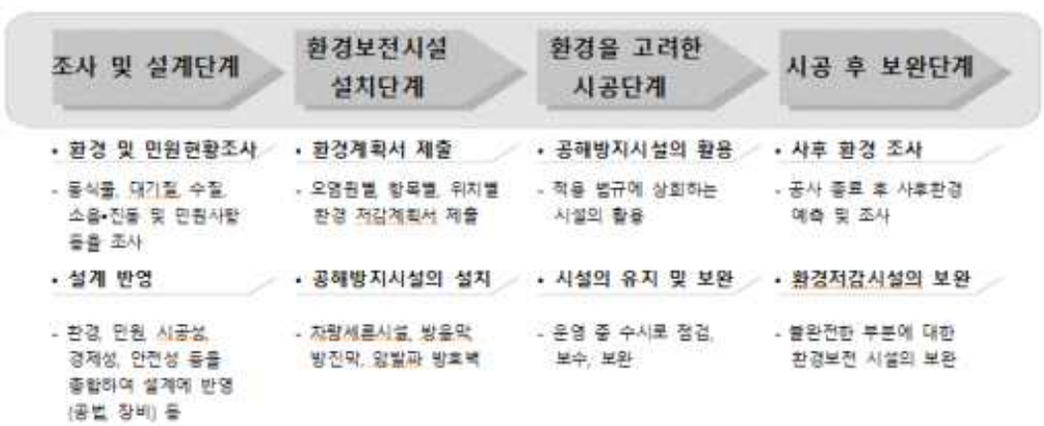
② 환경관리 시스템

표 2.2.10.16 가양실증단지 환경관리 프로세스



③ 단계별 관리계획

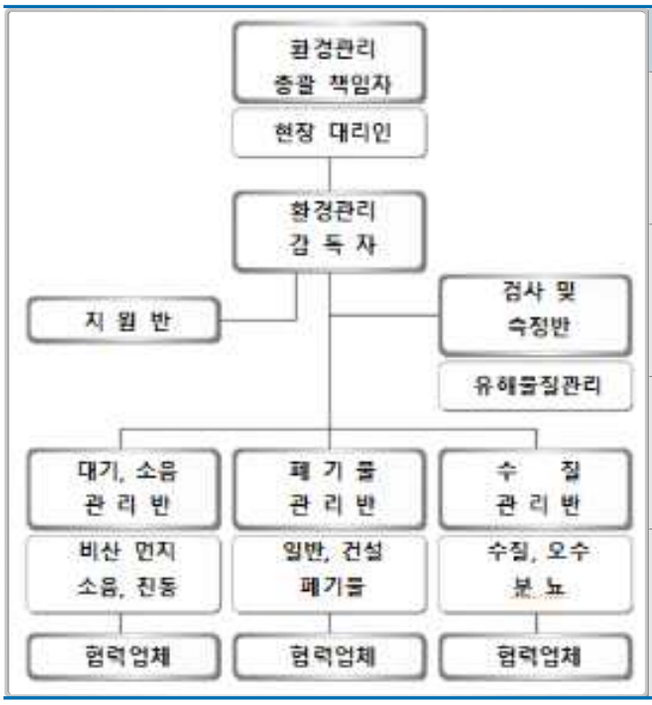
표 2.2.10.17 가양실증단지 단계별 환경관리방향



(나) 환경관리 운영 계획

① 환경관리 조직도

표 2.2.10.18 가양실증단지 환경관리 조직구성



구 분	담 당 업 무
환경관리 총괄책임자	· 환경계획서 검토 및 승인 · 환경 방침 및 목표 관리 · 현장 환경조직 유지 및 관리 총괄
대기, 소음 관 리 반	· 비산먼지 억제시설 운영, 상태 점검 · 현장 내 대기 소음관련 환경오염 상황 수시 파악
환경관리 감 독 자	· 환경 계획서 작성 · 환경관련 신고 및 인허가, 계약관리 · 현장 환경상태 수시 점검 및 환경 교육 실시
폐 기 물 관 리 반	· 폐기물 보관소 수시 점검 · 현장 내 보관 폐기물 관리 · 현장 내 폐기물 관련 환경오염 상황 수시 파악

② 환경 민원 처리계획

표 2.2.10.19 가양실증단지 환경 민원 처리 프로세스

구 분	내 용	해당부서	비 고
접 수	· 외부 이해관계자로부터 환경관련 민원 접수 · 관련 팀 / 현장에 접수된 민원 중 중요사항은 즉시 환경 안전팀 및 본부 품질환경 담당팀으로 전달	관련팀 / 현장	· 관련팀/현장은 당사 전 조직이 해당됨 · 환경정보 보고서
기 록	· 민원발생보고서에 기록	환경 안전팀, 본부품질환경담당팀, 현 장	· 민원발생보고서
검 토	· 환경민원에 대한 현장조사, 파악 및 대책 방안 수립 · 타당치 않은 민원에 대한 민원 제기자에게 설명 후 민원 종결 · 민원발생보고서에 기록 및 대책협의	상 동	· 민원발생보고서
조치/교육	· 대책방안 조치실시 · 주관팀은 필요시 관련 직원교육 · 조치결과를 민원발생보고서에 기록	상 동	· 민원발생보고서
회 신	· 민원 제기자에 처리결과 통보	상 동	· 기록관리
Feed Back /홍보	· 환경경영 시스템 개정, 보완 · 사례 자료화 및 사내 홍보	환경 안전팀, 본부품질환경담당팀, 품질경영팀	

(다) 환경관리 예산 및 집행

① 환경관리 집행 기준

표 2.2.10.20 가양실증단지 환경관리 집행기준

개 념	· 공사현장에 설치하는 환경오염방지시설의 설치 및 운영에 소요되는 비용 · 건설기술관리법 시행규칙 제 28조의 제3항	
관련법규	· 공공주택 건립공사	(직접공사비 × 0.5 %) 이상
비용 산정기준	· 주거용 건축공사	(직접공사비 × 0.5 %) 이상

※ 원가계산에 의해 비용 산정이 가능한 경우 원가계산방식으로 산정

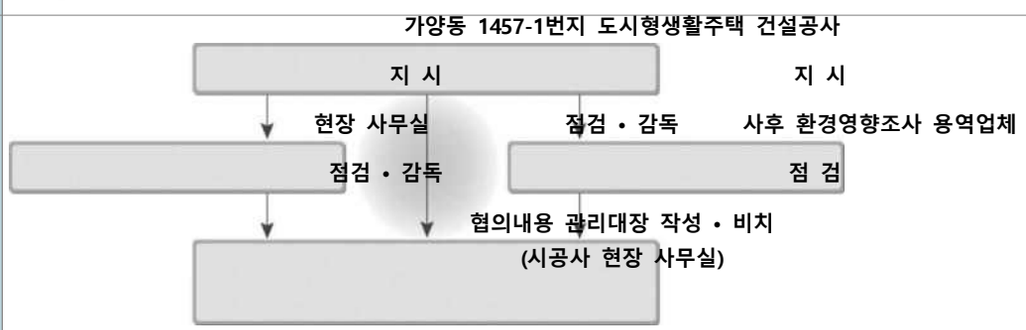
② 환경관리 집행 항목

표 2.2.10.21 가양실증단지 분야별 환경관리 집행항목

분 야	집 행 항 목
수질 분야	· 이동식화장실, 수질 오염 측정(오수발생 시)
대기 분야	· 자동 세륜기(살수기 대체), 살수차, 야적물 덮개
소음·진동 분야	· 가설방음벽(하부공사 시공사), 방진구, 소음진동 측정
폐기물 분야	· 폐기물 덮개, 폐기물 분리수거함
기타 분야	· 환경교육(안전교육과 병행실시), 환경홍보물

③ 환경 문서 관리계획

표 2.2.10.22 가양실증단지 환경문서 관리 프로세스

작성시기	· 협의 내용 관리 대장 비치 : 공사 착공 후 즉시 · 협의 내용 이행시 즉시 기록 (영수증, 사진 첨부 등) · 환경 저감 시설물 설치 (설치일자, 철거일자, 사진 첨부 등)
근 거	· 환경, 교통, 재해 등에 관한 영향 평가법 제25조(사업자의 의무) 시행규칙 제13조 (관리대장의 비치 등)
내 용	· 환경 영향평가 협의 내용 관련 사업 계획서에 준하여 작성 · 공사 중 환경 저감시설, 저감 행위 등 환경 관련 이행 내용을 기록하고 그에 따른 영수증 사진대장, 방지시설 인·허가서 사본 등을 별도보관
비치위치	· 시공업체 사무실
절 차	

(라) 환경영향 저감대책

① 주요 환경영향 저감시설물 설치계획

표 2.2.10.23 가양실증단지 단지내 환경관리계획

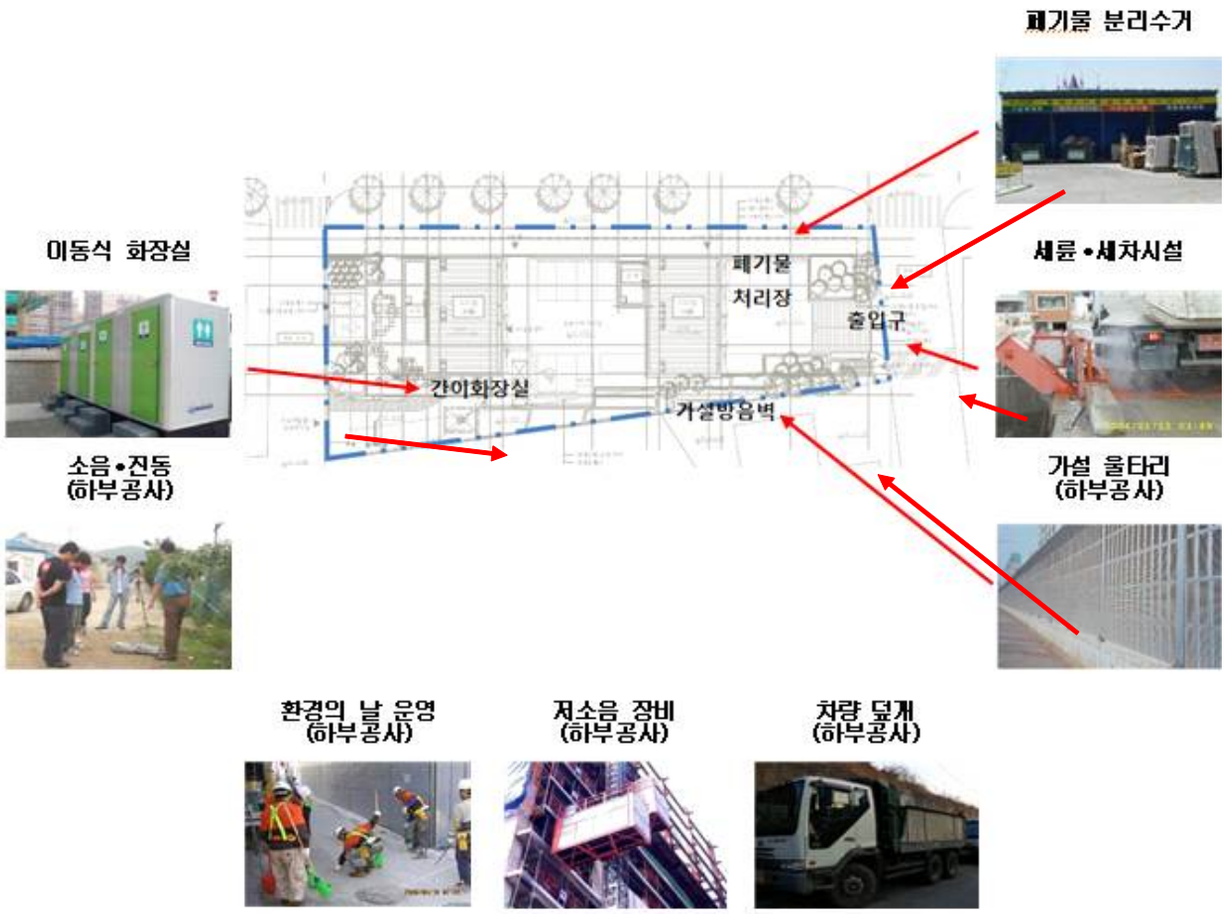


표 2.2.10.24 가양실증단지 위치별 환경관리 계획

구 분	실 시 계 획	구 분	실 시 계 획
분리수거함	· 분리수거함 설치 · 재활용 불가능한 폐자재 생활 쓰레기는 별도 분리 전문 업체에 위탁처리	가설방음벽 분진망	· 주요 민원 예상지역에 가설 방음벽 분진망 설치
간이화장실	· 작업원들에 대한 환경 의식 고취 교육 · 주요 작업구간 내에 간이화장실 설치 및 정기적인 관리	폐유 저장소	· 현장내 폐유 저장소 설치
이동식가설 방음벽설치	· 외장공사 등 외부공사 시 이동가설 방음벽 설치 운영	세륜·세차 시설	· 주 작업로와 기존도로 접합부에 세륜·세차 시설 설치 운영 (현장 공간문제로 살수기 대체)

② 대기오염 저감 대책

표 2.2.10.25 가양실증단지 대기오염 저감 대책

구 분	내 용
세륜·세차 시설의 설치	· [대기환경 보전법 시행규칙 62조 별표16]에 의거 변경노선 진 · 출입로에 세륜 · 세차 시설을 설치 및 운영
방진망 설치	· 공사 시 미세먼지 발생으로 인한 주변 주거지역 주민의 생활 불편예상, 방진망 설치
차속 제한	· 공사장내 작업차량 운행속도 20km/hr 이하로 제한
불법소각 금지	· 현장 내 폐기물에 대한 불법소각 방지

세륜·세차시설

차량속도제한

③ 수질오염 저감 대책

표 2.2.10.26 가양실증단지 수질오염 저감 대책

구 분	내 용
현장 내 토사오염 방지	· 우기 시 토양 유출에 의한 수질오염 방지 대책 수립 (가배수로 및 임시 침사지 설치 후 유수 배출)
현장 생활 오수 처리	· 현장사무실 개설, 운영으로 발생될 수 있는 오수를 처리하기 위한 시설을 설치 · 건설인부에 의한 수질오염 예방을 위하며 이동식 간이 화장실 설치
유류유출 방 지	· 중장비의 주기적인 점검 및 정비를 실시하여 유류의 유출을 방지함

폐기물 분리수거

이동식 화장실

④ 소음, 진동 저감 대책

표 2.2.10.27 가양실증단지 소음 및 진동 저감 대책

구 분	내 용
토 공 사	· 해당사항 없음
가설공사	· 주변 현황에 따라 차음벽 겸용 울타리 설치 · 가능한 조립식 울타리 설치, 현장 가공음 최소화
모듈러 양중 공사	· 공사부위에 적합한 용량의 기종 선정 · 가설용 크레인 등은 적정 규격 사용
구조물 공사	· 고장력 볼트 작업 시 가능한 전동식 · 유압식 렌치 사용 · 핀 작업 시 타격식 지양

방 음 벽

⑤ 폐기물 처리대책

표 2.2.10.28 가양실증단지 폐기물 처리 대책

목 적	· 사업 활동과 관련하여 발생하는 폐기물의 발생저감 및 불법처리를 예방하여 깨끗한 환경을 보전
업무절차	발생억제 → 분리수거 → 중간처리 → 최종처리
저감대책	· 1회용 자재사용 지양 · 건축폐기물 지정업체 위탁처리 · 분리수거함 설치운영(재활용, 매립, 소각) · 폐목 재활용업체 선정 위탁처리
효 과	· 건설폐기물의 Recycle, Reuse, 자가 처리 증대로 처리 비절감 및 효율적인 폐기물관리로 현장 청결 유지
향후대책	· 신공법 개발로 폐기물발생 최소화 및 건설폐기물 재활용설비 개발

(마) 환경관리 점검 계획

① 기본방향

표 2.2.10.29 가양실증단지 대상별 환경점검 주기(I)

분 야	대 상	주 기	비 고
환 경 점 검	· 소음 및 진동 · 대기오염 · 세륜 및 세차시설 · 수질관리 · 소각로 · 폐기물 · 환경관련 신고 · 유독물 · 에너지 및 자원	월1회	· 자체 체크리스트 사용 환경점검 실시 · 수질관리의 경우 Batcher Plant 및 세륜세차시설 설치운영 현장만 해당 (측정은 위탁 / 용역, 년2회 실시)
환 경 측 정	· 소음·진동 · 폐기물 발생량 및 처리비용 · 에너지 사용량 (전기, 용수, 종이) · 수질관리 (세륜 / 세차시설 및 Batcher Plant 설치현장해당)	분기1회 월1회 월1회 년2회 년2회	· 민원 발생 시 추가 · 년간 건설폐재 재활용 실적 양식 · 자가 측정기록부 (수질) (오수, 정화조 설치 현장은 제외) · 자가 측정기록부 (대기)
환 경 점 검 및 환 경 측 정	· 수질오염도 (BOD, COD, SS, pH) · 소음, 진동 · 폐기물 발생량 및 처리비용 · 에너지사용량 (전기, 용수, 사무용품) · 기타 환경물질	년2회 년2회 월1회 월1회 발생시	· 환경점검은 자체 체크리스트를 작성하여 월1회 점검하고, 그 결과를 기록 보관 · 환경 측정기록은 운영관리지침 양식에 따라 유지 관리

② 점검

표 2.2.10.30 가양실증단지 대상별 환경점검 주기(II)

분 야	대 상	빈도/주기	비 고
환 경 운영관리 (유지 및 점검)	· 대기오염 · 수질오염 · 폐기물 · 토양오염 · 에너지 및 자원 · 세륜 및 세차시설 · 환경위해물질	매월 1회 매월 1회 매월 1회 매월 1회 매월 1회 매월 1회 매월 1회	· 불량 시 수시 점검 및 조치상태 확인 · 운영 관리상태 점검
자주적인 환경대책 (시정 및 조치)	· 수질, 소음, 진동 · 현장 환경 실태 점검 (폐기물, 비산먼지, 수질오염) · 폐기물 발생량 / 처리비용 관리	발생시 매일 1회 수시	· 수질(오수포함) : 반기 1회 외부 위탁 측정 의뢰

(6) 안전관리계획서

(가) 개 요

① 적용 범위

- ㅇ 이 계획서는 ㈜포스코A&C의 가양동 1457-1번지 도시형생활주택 모듈러공사와 관련하여 업무수행에 참여 하는 모든 근로자에게 적용된다.

② 적용 규정

- ㅇ 본 안전관리계획서는 산업안전보건법 및 공사안전시방서를 기준으로 건설안전 사항을 기록하였으며 산업안전보건법 및 건설산업기본법에 따라 감독원에게 제출토록 한다.

③ 적용 시 주안점

- ㅇ 건설공사는 인력, 장비, 시공방법, 기자재, 공사비 등의 생산수단을 효과적으로 관리하여 공사에 필요한 제조건을 충족 할 수 있도록 체계적으로 계획하고 관리하는 등 주요 건설공사 관리 중 안전관리는 상호 복합적인 관련성을 가지므로 타기능과의 유기적인 관련성이 무엇보다 중요하다.
- ㅇ 건설재해는 여러 가지 원인에 의해 발생하고, 그 대책도 정책적/기술적 문제 등 여러 가지 방안이 있겠으나 무엇보다 중요한 것은 경영자 및 현장관리자의 재해예방을 위한 마음가짐이 필요하고, 현장에서의 효율적인 안전계획 수립·실천, 철저한 안전교육으로 현장관리자나 근로자 모두 항상 안전의식을 갖고 공사를 수행하면 건설재해를 최소화 할 수 있다.

④ 본 공사 특성 및 유해요인

㉠ 중장비 사용

- ㅇ 크레인 상호간의 충돌
- ㅇ 장비운행 시 신호수 미설치
- ㅇ 운전자의 미숙능

㉡ 기타

- ㅇ 화기의 부주의한 취급
- ㅇ 가설전기에 의한 누전
- ㅇ 전열기의 임의사용
- ㅇ 기계/기구의 과부하 등

⑤ 안전관리 기본방향

- ㅇ 공사규모 및 특성에 맞는 안전관리 조직편성
- ㅇ 관계 설계도서 숙지(도면, 시방서, 설계내역)
- ㅇ 관계법규 숙지(산업안전 보건법, 노동부 제정 제기준)
- ㅇ 안전보건교육 철저하게 이행
- ㅇ 안전관리비 항목내역 철저하게 집행(인건비, 안전시설, 보호장구, 안전진단, 교육 등 안 전 보건행사, 근로자 건강진료 등)
- ㅇ 각 공종별 세부 안전대책 수립 및 철저한 집행
- ㅇ 공종별, 소집단별 포상제도 운영으로 안전의식 함양고취 안전관리 중점 추진사항

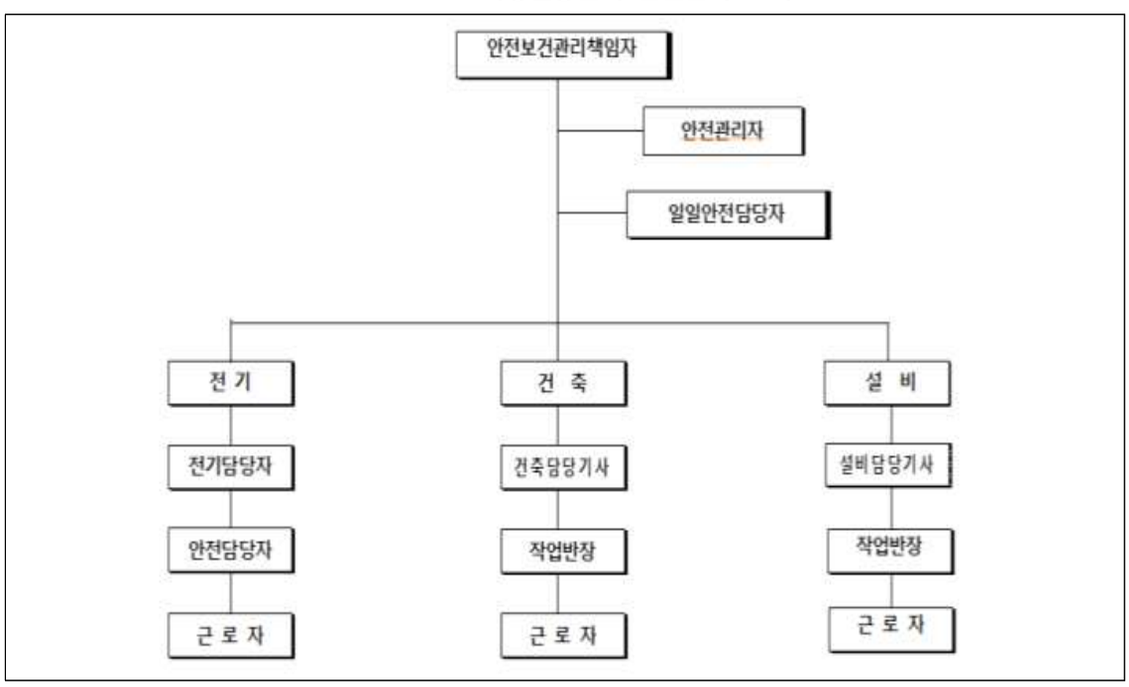
㉠ 안전관리 효율화
- ㅇ 3대 재해(추락, 낙하비래, 붕괴) 예방 중점관리
- ㅇ 안전시공 Cycle 정착
- ㅇ 안전시설물 표준화

㉡ 협력업체 질적 수준 향상
- ㅇ 소집단 안전 활동 정착
- ㅇ 평가제도 활성화
- ㅇ 협력업체 관리자 및 담당자 교육 강화

(나) 안전관리 조직

① 안전관리 조직도

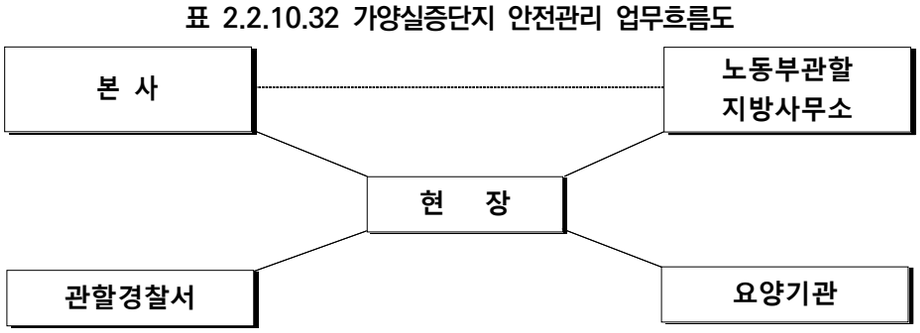
표 2.2.10.31 가양실증단지 안전관리 조직도



② 재해발생시 조치절차

㉠ 업무흐름도

표 2.2.10.32 가양실증단지 안전관리 업무흐름도



㉡ 보고내용

표 2.2.10.33 안전사고발생시 보고체계

업무명	사고부분	처리기한	사용양식	첨 부 서 류
본 사 보 고	중대재해	즉 시	- 안전사고 보고서	- 진술서(사고자, 목격자, 관리감 독자, 관리책임자, 협력업체소장) - 각서(협력업체 대표) - 요양신청서 - 기타 사진 등
	4일 이상 재해	즉 시		
노동부 보 고	중대재해	사고 후 24시간 이내	- 중대재해발생 보고서 - 요양신청서	- 관할노동부의 양식 - 본사와 동일한 첨부 서류 - 언급사항 (발생개요 및 피해상황, 조치 및 전망)
	4일 이상 재해	사고 후 14일 이내	- 산업재해 조사표 - 요양신청서	- 첨부 서류는 노동부의 요청에 의해 첨부
후 송	중대재해	즉 시	- 요양신청서	- 담당의사의 소견을 노동부에 제출
	4일 이상 재해			
경찰서 보 고	중대재해	즉 시		- 경찰서(수사과)에서 조사
	4일 이상 재해			

㉢ 착안사항

- ㅇ 중대 재해 시
  - 응급조치 및 2차재해 예방 강구
  - 즉시보고 및 현장보존
- ㅇ 중대재해란 사망이 1명 이상이거나 3개월 이상 요양이 2명이상, 경미하지만 10명이상이 치료를 요하는 경우를 말한다.
- ㅇ 휴양급여, 장애보상 청구는 본사에서 행함

㉣ 비상연락망

(다) 안전대책 활동

① 관리 책임자들 등의 일반적 책임

- ㅇ 현장소장 및 관리감독자, 십장(반장)은 작업공간에 대하여 회사를 대표하여 지휘/감독하는 자로서 불의의 사고로 인하여 발생할 수 있는 재해를 사전에 방지하기 위하여 항상 안전을 생각하고 모든 위험요소를 사전에 제거한다.

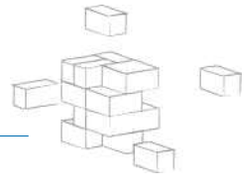
② 근로자의 일반적 책임

- ㅇ 근로자는 안전을 위하여 주어지는 모든 요구사항, 지식, 규정, 충고 등을 준수한다.
- ㅇ 모든 근로자는 사고방지를 위하여 가능한 모든 안전규정을 이행하고 안전장구를 작용한다.
- ㅇ 모든 근로자는 게시 또는 부착된 모든 안전수칙을 숙지한다.
- ㅇ 모든 근로자는 가연성 물질이 있는 곳에서는 항상 금연하며, 그와 같은 지역에서는 반드시 금연 표지판을 부착한다.

③ 안전 보호장구

㉠ 일 반 사 항

- ㅇ 보호구 및 장비는 사용량을 파악하여 사전에 비치하여야 한다.



ㅇ 작업 전에 작업에 적합한 보호구를 검토하여 필요한 보호구를 지급한다.
ㅇ 지급된 보호구는 사용 전 점검하여 이상 유무를 확인한다.
ㅇ 보관 전에 점검하여 이상 유무를 확인하고 보수하여야 한다.
ㅇ 보관된 보호구는 일정기간 동안 정기적으로 점검하여야 한다.
ㅇ 보호구를 사용하거나 보관할 때에는 깨끗이 닦고 소독 후 보관한다.
ㅇ 개인에게 지급되는 보호구는 작업장에서 반드시 사용하여야 한다.
ㅇ 보호구를 원형대로 보전하여야 하고 변형하여서는 안 된다.
ㅇ 새로운 보호구 및 장비는 사전 활용법을 숙지하도록 교육을 시켜야 한다.
ㅇ 보호구 지급대장에 수급현황을 철저히 기록한다.

ⓒ 작업 환경
ㅇ 모든 작업 활동, 자재, 장비에 대해 위험요소가 있는지 확인해야 하며, 그와 같은 것들로 부터 근로자가 위험에 노출되지 않는지 사전에 검토해야 한다.
ㅇ 위험물에 대하여는 환경관리 여부, 유독성 여부 등을 분석해야 하며 그에 따른 적절한 대응책이 제시되어야 한다.
ㅇ 유해물질 등의 저장 등의 작업은 반드시 관리자의 감독 하에서 실시한다.
ㅇ 유기용제를 사용하는 실내작업 등 필요한 장소는 반드시 환기시설을 하여 실내가 밀폐된 상태가 되지 않도록 한다.
ㅇ 환기시설은 먼지, 유독가스, 악취 등이 유입되지 않도록 설계
ㅇ 작업장 주변의 자재 등은 정리 정돈하여야 하며 청소, 청결상태 등을 수시로 점검하여 쾌적한 작업환경을 유지한다.

ⓔ 안전표시판
ㅇ 안전표시, 게시물, 부착물 등은 작업자들과 통행인들에게 잘 보이는 곳에 설치해야 하며 위험요소가 없어지면 즉시 제거한다.
ㅇ 모든 작업자는 안전표시가 의미하는 위험에 대한 내용을 이해하여야 하며 어떠한 사전 주의가 필요한지 알고 있어야 한다.
ㅇ 안전표지는 해당위험이 직접적으로 도사리고 있는 곳에 가까이 부착한다.
ㅇ 안전표지판은 건설안전분야 기본 표지판과 "안전시설물 표준집"을 참조하여 규격화된 제품을 사용한다.
ㅇ 야간 안전표지판은 조명시설을 하거나 야광도색을 해야 한다.
ㅇ 안전표지판의 색깔은 일률적으로 통일되어야 한다.

ⓜ 화재예방
ㅇ 각 공사장 및 시설물에 비치한 소방 및 소화 장비의 적합성 여부 및 효능에 대한 검사를 적어도 1년에 1번 이상 실시.
ㅇ 화재의 위험이 상존하는 장소에는 추가하여 소방장비 및 시설을 추가로 설치한다.
ㅇ 불 및 화염기구를 방치해 두어서는 안 된다.
ㅇ 인화물질 또는 유사한 위험물이 저장된 곳에서 담배를 피워서는 안 된다.
ㅇ 인화성 쓰레기, 폐자재 등은 화재예방에 관련된 법과 환경관련법에 준하여 소각 또는 처리 한다.
ㅇ 쓰레기 소각 장소는 관계당국에 신고하고, 소각장소로서의 적합성에 대한 판정을 받아 운용하되 인가된 소각로로 소각
ㅇ 인화성 물질의 처리, 사용 등은 위험 및 인화성물질 취급허가자 입회하에 시행한다.

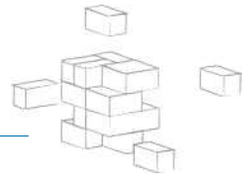
ㅇ 소화기는 완전충전이 되어 작동 상태가 되어야 하며, 적당한 위치에 놓아 표시를 하고 쉽게 접근할 수 있어야 한다.
ㅇ 소방 기구는 관련법규에 의거하여 공급 및 설치한다.

ⓑ 용접 및 절단
ㅇ 모든 용접공, 절단공 및 그 감독자는 공구사용의 안전 및 화재예방에 대한 안전교육을 반드시 이수해야 한다.
ㅇ 용접 시 용접공 및 통행인들을 용접광선, 섬광, 불꽃, 녹은쇠 및 불똥으로부터 보호한다.
ㅇ 용접 케이블 호스 및 기타 장비는 통로, 계단, 사다리 위 등에 놓이도록 해서는 안 된다.
ㅇ 모든 용접, 절단, 가열 작업 시는 충분한 환기시설을 설치하여 작업자가 열기나 유독가스에 손상을 입지 않도록 한다.
ㅇ 용접 / 절단작업 시 소방 기구를 즉시 사용할 수 있는 장소에 비치한다.
ㅇ 산소용접 및 절단기는 국가공인기관에서 인정하는 것을 사용한다.
ㅇ 연료가스호스와 산소호스는 색깔로 서로 구분한다.
ㅇ 토오치는 사용하기 전에 가스누출 여부, 호스연결부위의 견고성, 불꽃 분출부분의 이음 새 확인 등을 거쳐 고장이 있는가 확인한다.
ㅇ 전기용접기에는 한국산업안전공단에서 승인한 자동전격방지기를 부착하여 설치, 운용한다.
ㅇ 용접기의 금속 부분 중 전류가 흐르지 않는 부분은 접지, 용접기 중 손으로 잡는 부분 은 최대 전압에도 전기가 흐르지 않도록 완벽한 방전 상태로 유지한다.

ⓢ 계절별 안전대책
ⓐ 해빙 시 안전대책
ㅇ 가설공사에 대한 안전조치
- 가설통로의 표준안전난간 설치
- 개구부 등의 안전시설 설치
- 작업발판에 최대 적재하중 설치 및 조명시설
- 각종 비계에 대한 설치의 적합성
- 낙하물 표시, 추락위험 등 안전표지판 설치
- 임시 분전반등 가설전기에 대한 감전사고 예방철저
- 기타 안전에 대한 정리정돈 철저

ㅇ 관리적 사항
- 안전교육 및 안전점검을 계획에 의해 실시
- 비상복구반 및 연락망 운용
- 하도급체에 대한 안전관리 철저
- 근로자의 안전보호구(안전모/안전화/안전대) 착용철저
- 교통의 차단이나 통제 시 교통안내판, 위험표지판, 야간위험표시 등을 설치
- 관계자 외 작업장 출입통제

ⓑ 우기대비 안전대책
ㅇ 본방향
- 현장여건, 공사진척도 및 과거 공사현장 해당지역의 강우 피해상황을 종합, 분석 검토하여 공정별로 우기안전대책 수립



- 재해 발생 시 공사귀책 사유의 문제제기 소지가 있는 인근주민의 민원사항에 대해 최우선적 시행
- 설계기준상의 최대 강우량에 대한 암거 등의 통수단면 검토 철저

o 외곽유입수 및 현장 내 표면수 처리
- 일최대강우량, 시간최대 강우량 등 강우강도에 관한 자료는 최근자료 이용

o 가설재 붕괴 및 비산방지
- 동바리 및 비계지지 상태확인 및 연결부 조임
- 폭우 / 강풍 시 작업 중단

o 인근주민 안전대책
- 공사로 인한 농경지, 가옥, 침수 등 인근주민에 직•간접 피해가 예상될 경우는 관계기관과 긴밀히 협의하여 주민대피계획 및 재해복구 대책 수립
- 응급복구 자재 및 장비 사전확보

o 점검사항
- 우기대비 안전대책 수립 및 이행여부
- 우기대비 안전점검 및 실시여부 확인
- 수방용 자재 및 장비 확보상태
- 재해 발생 시 보고체계 및 복구대책 수립여부

ⓒ 동기 안전대책

o 화재예방에 대한 대책
- 불필요한 쓰레기는 즉시 반출 또는 지정된 소각로에서 방화수 및 소화기 등을 비 치하고 안전책임자의 입회하에 소각 한다.
- 현장 내 모닥불을 피우지 않도록 한다.
- 지정장소에서 흡연
- 비승인 전열기의 사용금지 및 수시 배선상태 확인
- 화기(식당의 가스, 유류 등)취급을 수시 점검 및 소화기 비치

o 낙하/비래방지에 대한 대책
- 각종장비 및 기계의 운전은 임명된 유자격파가 작동
- 상하 동시작업 지양 및 부득이시 신호수 배치
- 경량물(공구/소량자재) 양중 시 로프 사용

o 추락방지 대책
- 작업발판의 단부, 개구부에는 표준안전난간 설치 및 낙하물방지망/ 울등을 설치
- 비계발판은 눈/비등이 올 경우 추위에 얼지 않도록 안전화/안전대 사용
- 고소작업자에게는 안전모는 물론 안전대 착용 철저

ⓞ 수동 및 자동공구

o 수동 및 자동공구는 잘 수리하여 보관하고, 그 고안된 목적으로만 사용한다.

o 수동 및 자동공구는 사용하기 전에 검사를 하고, 시험을 하여 안전하게 가동할 수 있는 상태에 있는가를 결정한다.

o 공구는 사용 목적에 맞도록 설치하고, 안전규정에 적함 하게 관리한다.

- 공구에 보호장치를 부착하도록 설계된 자동공구는 사용할 때 반드시 그대로 시행한다.
- 자동공구를 사용할 때는 헐렁한 의복, 늘어진 긴머리, 줄이 긴 목걸이 등을 착용 금지한다.
- 회전동력톱은 톱날을 덮는 자동안전 보호장치, 분리장치, 뒤로 튀어나옴을 방지하는 앤티키팩 장치를 설치한다.
- 공압식 공구(공기압축식 공구)에는 안전클립이나, 홈통장치를 하여 공구 가압력 용기에서 우발적으로 분리되지 않도록 조치한다.
- 화약작동 시 공구는 취급자격을 소지하고 있는 자만이 취급한다.

㉦ 건설장비 및 항타/항발기

ⓐ 건설차량

- 모든 차량운전자는 자기가 소지한 운전면허의 범위 이내에서만 해당 차량을 운전한다.
- 모든 차량은 정기적으로 정비를 받아야 한다.
- 모든 차량은 정기적으로 주요부분에 매한 정비를 받고 고정상태를 점검한다.
  - 서비스 브레이크(트레일러의 경우)
  - 핸드, 메인 브레이크
  - 타이어, 경적, 운전, 커펄링, 오페레이팅 장치
  - 안전벨트 및 기타 안전용구 점검
- 항상 방어운전을 생활화한다.
- 버스 등 공용승합차는 정원을 초과하여 승차시키면 안 된다.

ⓑ 트럭크레인

- 설치작업
  - 붐의 경사각은 보기 쉽게 표시한다.
  - 제한각도를 명시한다.
  - 붐의 경사각에 따른 정격하중을 알기 쉽게 한다.
  - 접속부와 조임부의 볼트, 너트 등이 헐거워짐 또는 빠지지 않도록 한다.
  - 치차, 축, 샤프트 등의 회전 부에는 접촉방지 덮개를 한다.
  - 권과방지장치의 성능은 좋아야 한다.
  - 클러치의 기능은 양호하여야 한다.
  - 제언장치 기능은 양호하여야 한다.
  - 접촉우의 파손, 마모, 변형된 부분은 없어야 한다.
  - 아운트리거나 잭의 4점지지는 확실히 해야 한다.
  - 지반이 약할 때는 받침목, 받침판자 등을 사용한다.

- 운전
  - 정격하중을 초과하여 화물을 올리지 않는다.
  - 붐 경사각은 제한각도를 초과하지 않도록 한다.
  - 신호는 확실히 이행하며 운전자는 이를 철저히 지켜야 한다.
  - 크레인 행동반경 내에는 배전선이 없도록 하고 불가피한 경우 배전선에 적절한 방호조치를 한다.
  - 매달은 짐 아래에 신호자나 작업자가 들어가지 않도록 통제한다.
  - 짐을 매단 체로 운전자가 운전위치를 이탈해서는 안 된다.
  - 옆으로 짐을 잡아당기지 않는다.

- 폭우, 태풍, 대설의 경우는 작업을 중단해야 한다.
- 주행 중에는 후크를 고정시킨다.

㉦ 유해위험 기계/기구에 대한 조치

ⓐ 방호조치

o 방호조치대상
- 아세틸렌 용접장치 및 가스접합 용접장치의 안정기
- 방폭용 기계/기구의 방폭구조
- 교류 아아크용접기의 자동전격방지기
- 크레인/승강기/리프트의 과부하방지장치 및 기타 방호장치
- 연삭기의 덮개
- 동력식 수동대패의 칼날 접촉 예방장치
- 추락/붕괴의 방호를 위한 가설 기자재(비계 등)
- 동력 기계/기구의 추가조치

ⓑ 준수사항

o 사업주
- 방호조치가 정상적으로 정상적 기능발휘를 위해 상시점검 및 정비
- 사고 발생 시 작업 중지/수리 및 보수 등 필요조치

o 근로자
- 작업상 방호조치 해체 시 사업주 사전 승인제
- 방호조치 해체 후 목적 달성 시 즉시 원상복구
- 방호조치 기능상실 부분 발견이 즉시 관리자 보고

㉧ 감전사고의 예방대책

ⓐ 감전위험 작업 장소

o 가공전선 등에 근접한 작업
o 개폐기, 부하측 전선취급작업
o 전기설비공사 작업
o 전기기계/공구에 의한 작업
o 기타 금속물 취급 작업

ⓑ 배선 및 기구

o 전선 및 전기기구는 규정품으로 사용한다.
o 전기시설은 전기기술 기준 및 관계법령을 준수한다.
o 미숙련자는 전기 작업을 하지 않는다.
o 전류가 흐르고 있는 전선 또는 장비에는 사람이 접촉되지 않도록 절연조치를 한다.
o 야간 및 지하실 등의 작업장에 대한 조망을 양호하게 한다.
o 변압기실 /고압설비 등의 위험장소는 방호을 설치 및 출입금지 표지판 설치
o 장비, 사람의 이동로상의 활선부위는 매설 및 보호시설 설치
o 휴즈함 등메는 잠금장치 설치 및 관계자만 조작
o 스위치나 회로차단기는 수리하는 동안 단전상태로 차단할 수 있는 장치 설치

ㅇ 스위치, 회로차단기, 휴즈, 배전반 등을 옥외에 설치시는 우천 시에 대비한 방호조치를 갖춘다.

ⓔ 산소결핍장소의 안전대책

ⓐ 산소결핍 위험장소

ㅇ 아래의 지층에 접하거나 통하는 우물의 내부
- 상층에 불투수층이 있는 역암층중 함수 또는 용수가 없거나 적은 부분
- 제1철염류 또는 제1망간염류를 함유하는 지층
- 메탄/에탄 또는 부탄을 함유하는 지층
- 탄산수를 용출하는 지층

ㅇ 장기간 사용하지 않는 우물의 내부

ㅇ 케이블, 가스관 또는 지하에 부설되어 있는 매설물을 수용하기 위해 지하에 부설한 암거, 맨홀 또는 핏트의 내부

ㅇ 빗물, 하천의 유수 또는 용수가 채류하고 있거나 체류하던 중 통/암거/ 맨홀 또는 핏트의 내부

ㅇ 밀폐된 강재의 보일러, 탱크, 반응탑 기타 그 내벽이 산화하기 쉬운 시설

ㅇ 페인트로 도장되어 건조되기 전에 밀폐된 지하실 창고 또는 탱크 등 통풍이 불충분한시설의 내부

ⓒ 안전조치사항

ㅇ 사전조치사항
- 작업 시작 전 공기 중의 산소농도 측정 및 기록보존
- 산소결핍 위험장소의 산소농도를 18% 이상 유지
- 산소호흡기, 안전대의 점검, 착용의 의무화
- 작업시작전과 종료 후 인원점검 빛 건강상태 확인
- 연락, 통화확인 및 응급 시 구호체계 확립
- 산소농도 측정 시 수직/수평방향으로 3개소이상 측정
- 작업 중단 후 작업 개시 시 산소농도 측정
- 안전담당자 배치 및 작업 상태 확인/점검
- 감시인배치, 피난용구의 비치 및 활용법 교육
- 작업자 외 출입금지
- 안전표지판 설치

ㅇ 재해 발생 시 조치사항
- 재해작업자 산소호흡기 착용 및 산소공급
- 안전한 장소로 이송
- 위험구역에 대한 환기 실시
- 폭발가스가 있는 경우는 착화물질 반입금지
- 구조자의 안전대책 강구(산소호흡기, 송기식호흡기)
- 필요시 인공호흡 및 병원으로 후송

(라) 자율적 안전관리 활동

① 착공 시 필요한 안전관련 사항

ㅇ 대관 서류사항

② 현장 안전관리 활동

㉠ TOOL BOX MEETING(T·B·M) 실시

표 2.2.10.34 TBM실행관련 기관별 보고자료

제 출 처	항 목	제출부수	제출기한	비고
노 동 부	관리책임자 등 선임보고서	해당없음		
산업안전공단	유해위험방지 계획서	해당없음		
	무재해운동 개시보고서	해당없음		

※ 협력업체별로 작업 시작 전에 위험예지활동, 지적확인 및 TOUCH & CALL을 실시함으로써 자율적 안전관리활동의 일환으로 무재해 운동에 전 근로자가 적극 참여하도록 유도한다.

ㅇ 위험예지훈련

- 도해나 현물을 보면서 작업원들이 자유롭게 대화를 하며 잠재위험을(1R : 현상파악)하여 위험의 포인트(2R : 본질추구)를 결정한다. 그리고 그에 대한 대책을 강구(3R : 대책수립)팀의 행동목표(4R : 목표설정)를 결정하는 안전보건 선취를 위한 기법

ㅇ 지적확인

- 작업현장에서 작업동료 상호간 보호구 착용상태, 작업복 착용상태 등을 손으로 가리키면서 큰 소리로 외쳐 잠재된 위험 요인을 찾아내는 기법

ㅇ TOUCH & CALL

- 작업현장에서 동료의 손등 피부를 맞대고 공동목표를 향한 다짐을 큰소리로 외쳐 팀의 일체감, 연대감을 조성하는 스킨쉽이다.

㉡ 협력업체 회의 및 합동점검

ㅇ 협의체 회의

- 매월 1회 이상 협력업체 사장단(작업책임자 또는 작업반장) 회의
- 개최 작업의 시작 시간, 작업장간의 연락방법 및 재해발생 위험시의 대피방법 등으로 협의
- 작업장의 순회점검 매일 3회 이상 실시
- 경보의 통일
- 발파작업, 화재발생, 토석의 붕괴
- 안전관리비 사용계획 및 사용, 지급 (월별 사용 내역서 첨부)

ㅇ 노사합동 안전점검

- 소장, 공구장, 안전관리자, 협력업체 사장단이 현장 순회점검 (본사 합동점검과 별개로 운영)
- 현장 안전시설물 및 근로자 불안전한 행동 및 불안전한 상태 점검

- 불량개소 및 불안전한 행동 근로자 또는 협력업체를 사진 촬영하여 현장사무실 앞 게시판 등에 부착
- 안전시설물 점검 Check - List 활용

㉣ 산업안전보건 위원회

ㅇ 상시근로자 100인 이상인 현장에서 구성
ㅇ 위원장은 현장소장 당연직
- 위원 안전관리자 1인
- 관리감독자 9인 이내
- 근로자 대표 1인 및 근로자 대표가 추천하는 근로자 9인 이내

ㅇ 매 분기별로 1회의 정기회의 개최 필요시 임시회의 개최
ㅇ 회의는 재적인원 과반수이상으로 개최하고 그 출석인원 2/3이상의 찬성으로 의결
ㅇ 의결사항 및 회의결과 근로자에게 주지(안전게시판에 부착)

㉤ 안전보건 관련행사

ⓐ 결의 및 캠페인

ㅇ 목 적 : 인명존중의 기본이념을 실천하기 위해 현장에서 가장 효과적인 홍보활동을 전개하여 자율적인 산업재해 예방 활동을 활성화하기 위함.
ㅇ 일 정 : 매 분기별 근로자 안전 교육 시 실시
ㅇ 장 소 : 안전교육장 또는 현장
ㅇ 시행책임자 : 현장소장
ㅇ 참석 대상자 전 근로자 및 전직원
ㅇ 실시내용
- 안전결의문 낭독
- 안전구호 제창
- 안전관리 유공자 포상실시

㉥ 기타 안전보건 세부 추진사항

ⓐ 안전조직 강화

ㅇ 전직원의 안전요원화
ㅇ 전직원의 안전관리 능력배양
ㅇ 건설안전관리자 양성교육 수료 및 산업안전공단 교육강사 초빙교육 강화

ⓑ 조직의 운영

ㅇ 일일 공정 회의 시 재해예상지역 도출 및 관리방안 Check 안전부서에 통보
ㅇ 안전관리의 효율화를 위하여 구역별 공정별 집중관리
- 구역별 안전담당자 배치
- 관리감독자가 책임 의무화
- 현장감독자 위주로 안전수칙 위반자 기회교육, 위험요인 제거

ㅇ 월 1회 이상 협의체 회의 개최

(마) 안전보건 관리 담당업무

① 안전보건관리책임자의 임무

안전보건관리책임자는 하도급 시행 시 "안전보건총괄책임자"의 임무를 동시에 수행하며 현장을 총괄 관리하고 다음업무를 수행.

- o 안전관리 계획 수립
- o 안전관리 규정의 작성
- o 근로자의 안전보건 교육
- o 근로자의 건강진단 등 건강관리
- o 재해원인조사 및 재발방지 대책의 수립
- o 재해에 관한 통계의 기록유지
- o 안전장치/ 보호구 구입 시 적격품 여부 확인
- o 근로자의 유해위험 예방조치 (안전기준 및 보건기준에 관한 규칙)
- o 재해발생의 급박한 위험이 있을 때 또는 중대재해 발생 시 작업의 중지 및 재개
- o 안전보건협의회 운영
- o 현장의 순회점검 등 안전보건관리
- o 하도급 업체가 실시하는 안전보건 교육에 대한 지도와 지원
- o 하도급업체 안전관리비의 집행감독/ 이의 사용에 관한 협의
- o 유해, 위험 기계기구 및 설비의 사용여부 확인
- o 기타 관계법규에서 정하는 사항

② 관리감독자의 임무

- o 관리감독자는 현장에서 당해 작업과 관련, 소속직원 또는 근로자를 직접 지휘, 감독하는 시공담당 책임자나 그 지위에 있는 시공담당 기술직 직원으로 다음 업무를 수행한다.
  - 당해 작업과 관련되는 유해, 위험 기계기수 또는 설비의 안전•보건 점검, 이상 유무 확인 및 시정조치
  - 지휘 하에 있는 근로자의 작업복, 보호구 및 방호장치의 점검과 착용사용에 관한 교육 및 지도
  - 당해 작업의 발생한 재해에 관한 보고 및 이에 대한 응급조치
  - 당해 작업장의 정리정돈 및 통로 확보의 확인 감독
  - 안전예산의 집행
  - 기타 사업장 안전보건에 필요한 사항
  - 협력업체 사업장 안전업무 지도 감독

③ 안전관리자의 임무

안전관리자는 현장 안전관리에 관한 전문가로선 각종 사고예방 조치를 지킬 수 있도록 안전보건관리 책임자를 보좌하고, 관리감독(책임)자 및 안전담당자에 대하여 이에 관한 지도, 조언을 하며 다음 업무를 수행한다.

- 사규에 정해진 업무수행
- 신규자 안전교육, 정기교육 주관 실시
- 재해발생원인 조사 및 대책수립
- 유해·위험 기계기구 및 설비, 방호장치, 보호구의 구입 시 적격품의 선택

- 현장 순회 점검·지도 및 조치건의
- 관련법규 및 각종 규정 등 안전에 관한 사항을 위반한 근로자에 대한 조치/건의
- 기타 관계법규에서 정하는 사항

ㅇ 안전보건협의회에서 정하는 사항

ㅇ 안전일지 작성 또는 확인

④ 안전담당자의 임무

ㅇ 안전담당자는 안전보건책임자가 산업안전보건법에 정하는 작업에 종사하는 직원, 십장, 반장, 조장을 안전담당자로 임명하여 임무를 부여하여야 하며, 하도급자의 현장소장을 현장 안전조직상의 안전담당자로 지정하여 소속근로자를 직접 지휘, 감독하도록 하여야 하며, 다음 업무를 수행한다.

ㅇ 유해 위험작업 특별교육 중 안전에 관한 교육실시

ㅇ 유해, 위험 기계기구 및 설비에 대한 자체검사(유자격자)

표 2.2.10.35 안전사고요인

대 별	종 별	세 부 요 인
인적 요인	의식	- 반복 작업에 의한 안전관리 의식 희박 - 촉박한 공기에 쫓기는 의식 - 안전도구 착용 기피 - 교육의 부재 등
	건강	- 신체 부자유 - 정신장애자 - 심신불안정자 - 알코올 중독자 - 휴식 불충분 등
	지식	- 미숙련자 - 신공법 무지 - 설계도서 미숙자 - 신규채용자 - 교육의 부재 등
물적 요인	설비	- 안전설비의 미설치 또는 불안정한 설치 - 능력미달의 장비사용 - 가설재 및 주요장비, 장구 미점검 또는 관리 소홀 - 개인 안전장구 미지급 - 각종 안내표지의 미설치 또는 설치의 부적정 - 규격에 미달되는 재료, 자재 사용 - 불안정한 자재 적치 - 주변정리 미흡
기 상		- 폭우, 폭풍, 낙뢰, 결빙, 폭설 등 악조건 작업

※ 산업안전보건법 제 31조 시행규칙 제33조 규정에 의한 법정교육 항목은 물론 본 공사의 특성상 별도 추가 관리하여야 할 공종에 대하여도 법정시간 이상을 할애하여 교육 관리할 계획임.

⑤ 교육의 종류

㉠ 신규채용자 교육

ㅇ 교육대상자 : 신규채용자

ㅇ 교육시기 신규 채용하여 작업시작하기 전 1시간 이상 실시

ㅇ 교육내용

- 설비 및 기계, 기구의 위험성과 점검사항, 방호조치 및 안전작업에 관한 사항

- 사업장의 정리정돈, 보호구 취급, 건강장애 예방방법 및 작업환경 관리에 관한 사항
- 재료의 위험성과 취급방법에 관한 내용
- 사고시의 응급처리 및 대처요령

㉡ 작업내용 변경 시 교육

o 교육대상자 : 작업내용 변경자
o 교육 시기 : 변경업무 개시 전 교육완료
o 교육내용 및 시간
- 산업안전보건법 시행규칙 제14조에 규정된 교육내용 중 작업내용이 변경될 근로 자가 수행할 업무와 관련되는 사항
- 1시간 이상

㉢ 특별안전 보건교육

o 교육대상자 : 산업안전보건법 시행규칙 제15조 제1항에 규정된 작업 종사자
o 교육 내용 : 규칙 제14조 제2항에 규정된 내용
o 교육 시간 : 2시간 이상

㉣ 일반교육

o 교육대상자 : 하도급자 및 모든 근로자
o 교육시기 : 매월 2시간이상(연간 24시간 이상)
o 교육내용
- 안전보건관리실태
- 직장과 가정의 안전관리
- 표준작업방법
- 작업환경의 안전화
- 안전한 태도
- 기타 안전관리자가 필요하다고 정하는 교육

㉤ 관리감독자 교육

o 교육대상자 : 부장, 조장, 주임 등 관리감독자
o 교육내용 및 시간
- 현장관리감독자의 안전보건책임자 직무 : 1시간
- 작업환경관리 및 일선작업방법 : 3시간
- 현장안전보건 개선방법 : 2시간
- 안전보건관리기법 : 2시간
- 이상 발견 시 및 사고발생시의 조사방법
- 산업안전보건법 : 1시간
- 안전 보건점검 지도요령과 사고조사 분석요령 : 1시간

㉥ 교육계획 및 서류보존

- ㅇ 안전관리자는 연간 교육계획을 매년 1월중 작성
- ㅇ 안전관리자는 교육내용을 「안전보건교육실시 결과보고서」에 기록보존

※ 사업장 안전보건관리규정 작성기준 참조

⑥ 공사별 세부 안전교육

㉠ 가설물에 대한 교육

- ㅇ 시공계획 시 고려사항
- ㅇ 해체방법, 순서, 시기
- ㅇ 사용기계, 기구의 종류 배치
- ㅇ 주변구조물, 지하매설물의 방호 이용
- ㅇ 위험장소 또는 작업에 대한 금지사항
- ㅇ 시공계획에 의거 작업지휘자의 지휘에 따라 안전한 작업 (특히 수상 가설물, 교량상부 설비기기 등 위험장소에 대해서는 각별한 주의를 기울이도록 한다.)

㉡ 장비설치 / 해체에 대한 교육

- ㅇ 해체작업
- ㅇ 작업실시전에 사용기계 및 차량의 점검을 실시한다.
- ㅇ 작업지휘자는 신호, 지시 등을 명확하게 실시한다.
- ㅇ 방음, 방진에 주의한다.
- ㅇ 가스절단기를 사용할 경우 불티가 비산되지 않도록 주의.

※ 산업안전기준에 관한 규칙의 관련조항· 해체작업 (제457조-제461조)

㉢ 공사현장 주변화재 폭우 및 강풍에 대한 대책교육

ⓐ 본 공사현장 주변의 위험예방

- ㅇ 공사현장 주변은 울타리 또는 로우프를 설치 공사범위를 명확하게 구분
- ㅇ 각종 표지를 부착하여 항상 주의를 환기.
- ㅇ 구조물의 경우 필요시 외부에 보호망 시트를 설치 낙하물 등에 의한 외부의 위험을 예방한다.
- ㅇ 트럭 등의 출입이 빈번한 출입구에는 경보장치를 설치하고, 교통정리원을 배치하 여 출입구를 명확히 한다.
- ㅇ 도로점용 허가범위 경계선을 침범하지 않도록 유지관리.

ⓑ 화재예방

- ㅇ 지정 장소 외 또는 작업 시는 작업장에서 금연조치.
- ㅇ 휘발유, 도료 등 가연성 물질의 주변은 화기사용 금지표시를 설치하고, 주변의 정 리 정돈을 철저히 한다.
- ㅇ 지정된 장소 외 화기사용을 금하고, 화기취급 시는 반드시 소화기를 비치한다.
- ㅇ 소화기, 방화용수, 방화사 등을 적당한 장소에 항상 비치.

ⓒ 호우 강풍대책

o 호우/ 강풍경보/ 주의보 발령 시 조치사항
  - 작업원 전체에게 알린다.
  - 강풍의 경우 필요에 따라 숙소, 사무실 등을 보강
  - 가설교량/케이블 등은 전도방지를 위해 Wire Rope 등으로 보강.
  - 호우에 의한 침수, 유실우려가 있는 기계, 가설물 등은 조기에 철거하거나 보강
  - 비탈면, 흙막이공 등의 붕괴로 토압이 증대 될 우려가 있는 경우 배수, 보강 등을 실시한다.

o 구명로우프, 손전등 기타 필요한 용품은 항상 사용 가능토록 비치하고 또한 비상 용토사, 물 등은 항상 쓸 수 있도록 하고, 이들을 긴급 반입할 수 있도록 수배하여 두도록 교육

o 호우 또는 강풍 중에는 다음 조치를 취하도록
  - 강풍 중에는 고소작업을 중지
  - 호우로 하천수심이 증가할 위험이 있으면 철거, 보강 등 의 작업은 중지
  - 빗물에 흘러내릴 위험이 있을 경우, 작업을 중지하거나 구명로우프를 사용, 호우의 경우 작업장, 숙소 등에 근접하여 비탈면이 있으면 붕괴위험이 있으므로 점검을 하고 상황에 따라서 작업원 등을 대피
  - 야간의 경비 및 순찰은 단독으로 하지 않는다.
  - 비상시의 신호, 대피요령은 전원 알리도록 한다.

ⓔ 기계·기구 설비에 의한 위험예방

o 기계의 원동기, 회전축 치차, 풀리, 플파이휘일 및 벨트 등 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있는 부위에는 덮개, 울, 슬리이브 및 건널 다리 등을 설치한다.

o 벨트의 이음부분에는 돌출된 고정구를 사용하여서는 안 된다.

o 건널다리에는 높이 90cm이상인 손잡이 및 미끄러지지 아니하는 구조의 발판을 설치하여야 한다.

o 동력으로 작동되는 기계에는 스위치, 클러치 및 밸트 이동장치 등 동력 차단장치를 설치한다.

o 기계의 운전을 시작함에 있어서 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있는 때에는 근로자 배치 및 교육, 작업방법, 방호조치 등 필요한 사항을 미리 확인한다.

o 건설기계 등의 정비, 청소, 급유, 검사, 수리 기타 이와 유사한 작업을 함에 있어서 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있든 때에는 당해 기계 운전을 정지한다. (다만, 기계의 운전 중에 작업을 하지 아니하면 안 되는 경우로서 위험한 부위에 덮개를 설치하는 등 필요한 조치를 한 때에는 예외 한다.)

o 위험한 기계, 기구 또는 설비에 설치한 방호장치를 해체하거나 사용을 정지하여서는 안 된다. 다만, 방호장치의 수리, 조정 및 교체 등의 작업을 따는 때에는 그러하지 아니 한다.

(바) 안전점검 계획

⑬ 점검 및 평가

㉠ 목적 : 안전관리 활동의 적정성을 파악하여 시정, 개선

㉡ 본사점검

㉢ 현장점검

⑭ 재해관리

㉠ 목적

o 재해의 신속, 정확한 조사처리 및 추적관리를 통한 동종재해 발생의 재발을 최대한 억제시킴을 목적으로 한다.

㉡ 재해범위

- ㅇ 사망재해가 발생한 경우
- ㅇ 4일 이상의 요양을 요하는 부상자가 발생한 경우
- ㅇ 업무와 관계되는 일로 질병에 걸린자가 발생한 경우
- ㅇ 물적 손실이 50만원 이상으로 추정되는 재해의 경우

㉢ 재해조사 및 보고

- ㅇ 재해조사
  - 모든 재해는 현장조사를 원칙으로 한다.
  - 다음 재해발생시 본사 환경안전팀이 현장조사.
  - 재해조사는 재해관련자(재해자, 목격자, 가해자, 작업지시자등)와 면담조사를 실시하고 재해보고서를 작성

3) 천안실증단지 수요자 맞춤형 Infill 모듈 (스타코)

■ 전체 연구프로세스

가) 1차년: 실증단지 구축 위한 Mock-up 제작 및 기반조성

연구목표

- 조립식주택 Mock-up 제작 및 시공

연구내용

- Mock-up 설계
- MC설계기준으로 인필 모듈러 적용기준 정립
- Mock-up 제작 및 시공
- 현장 Mock-up Test를 통한 성능 비교
  (영덕세무서 울진지서 성능검증)

최종성과물

- 실증단지 Mock-up 시제품
- 설계도서 1건

(1) 12대 실증기술 적용

스타코의 경북 영덕세무서 울진지서 프로젝트를 대상으로 한 Mock-up에 대해 12대 실증 기술 중 6개의 기술을 적용

(가) MC 설계

① 성능: 규격화된 모듈 수치를 기준으로 Proto-type을 설정하고, 수요자의 요구에 유연하게 대처할 수 있는 타입을 개발

② 특징: MC설계 기준은 수평 및 수직계획 모듈을 우선설정 함. 주요구성재의 기준면 설정 주요설계 기준 수립이 우선됨

③ 효과: 표준화된 치수의 정립으로 설계와 생산의 과정을 간소화 할 수 있는 이점이 있음

(나) PC 기초 접합부

① 성능: 기초의 미리 매입된 볼트에 너트로 고정시켜 이음

② 특징 : 돌출부가 거의 없어 차량 운송 시 효율적으로 적재, 이동이 간편함

③ 효과 : 공장 제작한 PC부재와 빠른 조립으로 구조물 설치 -〉 획기적 공기 단축, 거푸집이 필요 없어 쾌적한 현장상태 유지

(다) 모듈 내부 접합부

① 성능: 사람의 손으로 쉽게 조립할 수 있는 접합 방식

② 특징 : 판넬 간의 탈 부착이 쉬워 개보수 용이함

③ 효과 : 화학 접착제를 이용하지 않아 인체에 유해한 물질 감소

(라) 운반용 고정 장치

① 성능: 유닛박스 모듈을 양중하여 추락이나 손상되지 않기 위한 고정

② 특징 : 캐빈이 롤러를 타고 있어 사람의 힘으로 밀어 이동할 수 있음

③ 효과 : 단시간에 캐빈 하차, 양중, 인필이 가능

(마) 소음 차단 마감 기술

① 성능: STC - 50 dB(음향감쇠계수)

② 특징 : 서울시 인허가 기준 충족

③ 효과 : 검증받은 판넬 사용으로 별도 소음 차단 마감이 필요치 않아 구성이 간단함

(바) 맞춤형 내화충전

① 성능: 방화석고보드를 이용하여 2시간 내화 성능을 가짐

② 특징 : 건축물 규모에 따라 내화시간 조절 가능

③ 효과 : 균등한 성질의 석고보드를 통해 안정적인 내화성능을 확보

(2) 수요자 맞춤형 인필식 모듈 MC설계

(가) MC설계 기술도입 배경

- ㅇ 현행 법규에서 수평, 수직모듈에 대한 규정이 없어졌으나 공장생산을 통해 표준화의 효과를 기대할 수 있는 주택의 경우 규정이 필요함
- ㅇ 표준마감재의사용 및 조립기준을 설정하여 부품 및 자재가 다른 부품 및 자재와 접합될 때 발생되는 틈과 자재절감을 최대화 함
- ㅇ 스타코 캐빈모듈의 각각의 부품마다 표준마무리 되는 부위 및 특성이 다르고 발생되는 틈 값에 마감의 종류 및 치수가 다른 것을 표준화 함

① 성능 : 규격화된 모듈 수치를 기준으로 Proto-type을 설정하고, 수요자의 요구에 유연하게 대처할 수 있는 타입을 개발

② 특징 : MC설계 기준은 수평 및 수직계획 모듈을 우선설정 함
주요구성재의 기준면 설정 주요설계기준 수립이 우선됨

③ 효과 : 표준화된 치수의 정립으로 설계와 생산의 과정을 간소화 할 수 있는 이점이 있음

(나) MC설계 및 Mock-up 개요

① 목적 : 수서단지 인필식 모듈 실증을 위한 Mock-Up 설계

② 범위 : 8 unit, 지상 1~2층

③ 구조 : 인필식(Half PC라멘조 및 RC조 + 모듈러)

④ 유닛의 규격 : 5,100 X 3,000

⑤ Mock-up 설계개요

표 2.2.11.1 설계개요

공 사 명	영덕세무서 울진지서 합숙소
대지면적	4,958 ㎡
건축면적	173.33 ㎡
연면적	289.28 ㎡
건물규모	지상2층
건물높이	8.1m
용 도	기숙사(7개실)

① 주요도면

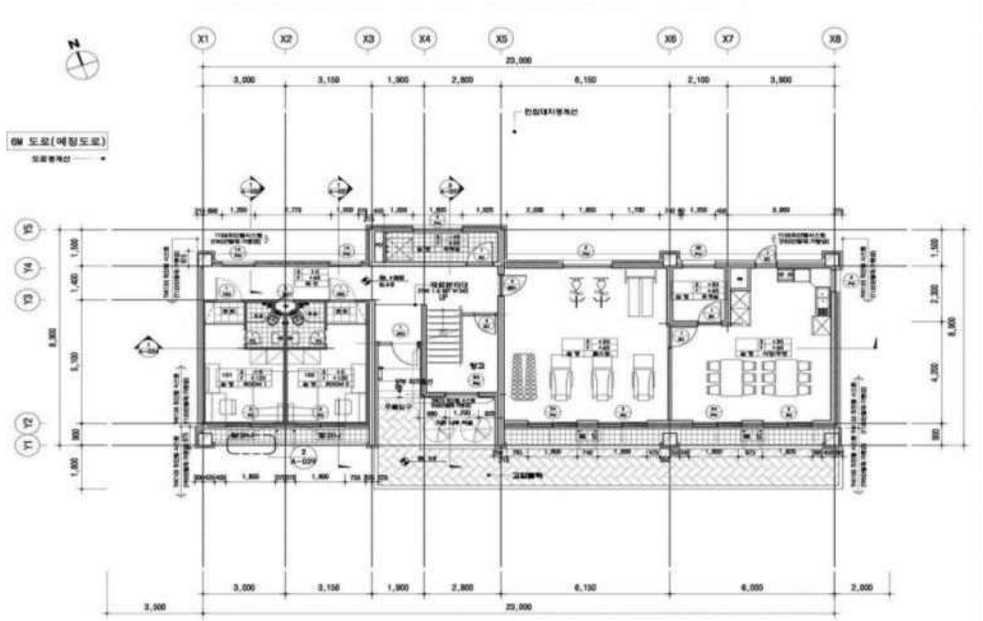


그림 2.2.11.1 1층 평면도

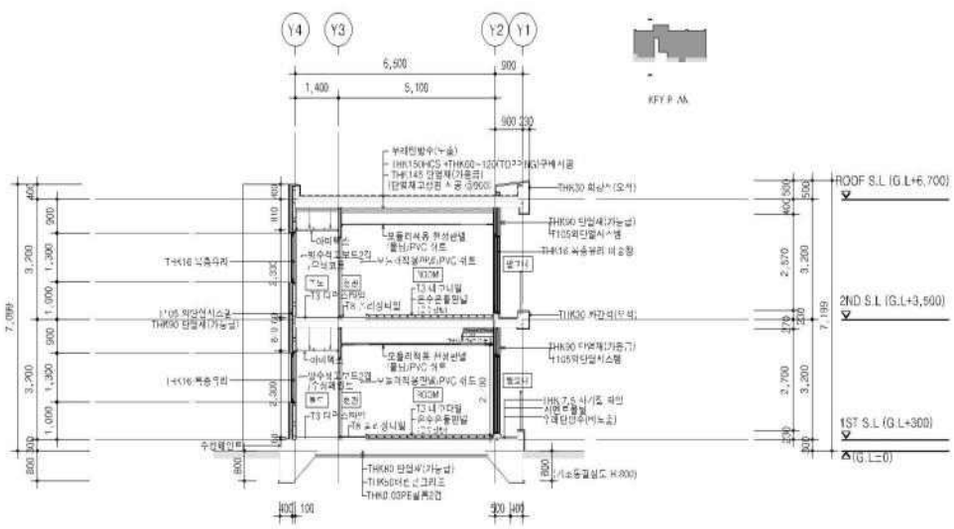


그림 2.2.11.2 단면도

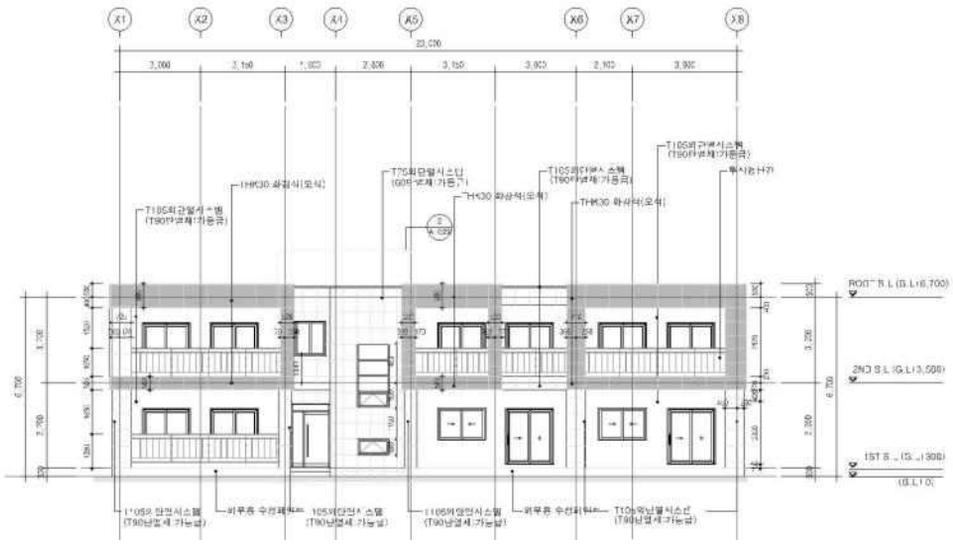


그림 2.2.11.3 정면도

(다) 계획적 특징

① 모듈러 유닛 공장 표준화 생산 : 표준화 모듈을 적용하여 각 생활실의 공장 제작 후 운송, 현장 반입 및 설치

② 모듈러-PC 복합화 공법을 적용한 현장시공 : 바닥공사에서부터 외관 마감공정까지 합리적, 효율적인 시공법을 적용

③ 모듈이라 함은 모듈 정합을 위한 치수의 단위기준을 정하여 계획

④ 기본모듈 1M/ 치수표현 100mm

⑤ 보조모듈 증분치 기본모듈보다 작은 증분치수를 필요로 할 때 사용하여 M/2, M/4, M/5 적용 (MC 설계 적용)

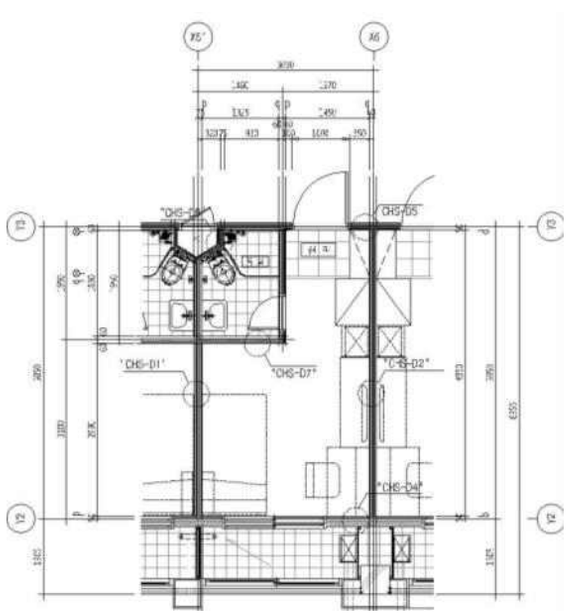


그림 2.2.11.4 단위세대 기본 모듈 평면도

(3) 현장 Mock-up제작 및 설치

(가) 인필 모듈러 제작 및 운송

그림 2.2.11.5 모듈러 제작 및 운송 과정

(나) 인필 모듈러 양중 및 설치

그림 2.2.11.6 인필 모듈러 양중 및 설치 과정

(4) 인필식 모듈 Mock-up 성능

(가) 구조개요

표 2.2.11.2 인필 목업 구조 개요

구 분	내 용	비 고
위 치	경북 울진군 울진읍 읍내리 347	
규 모	지상2층	
구조형식	Half PC라멘조 및 RC조 + 모듈러	
관련법규	건축법 동 시행령 및 규칙 건축물 구조기준등에 관한 규칙	국토교통부(2013) 국토교통부(2013)
적용기준	건축구조기준(KBC2009) 콘크리트 구조설계기준	대한건축학회(2009) 콘크리트학회(2012)

(나) 사용재료의 종류 및 설계기준 강도

표 2.2.11.3 재료 설계기준강도

구 분	내 용	설계기준강도	비 고
콘크리트	KS L 5201	fck = 21MPa	일반구조용
		fck = 40MPa	PC구조용
철 근	KS D 3504 SD400	fy = 400MPa	HD로 표기
		fy = 500MPa	SHD로 표기
철 골	KS D 3503 SS400	Fy= 235MPa	일반구조용

(다) 실별 활화중

표 2.2.11.4 실별 활화중

실 용 도	옥탑지붕층	지붕층	실	복도
활하중(kPa)	1.0	2.0	2.0	2.0

(라) 수평하중

표 2.2.11.5 풍하중, 지진하중

풍 하 중		지 진 하 중	
구 분	설계조건	구 분	설계조건
기본 풍속	V0 = 35m/s(울진)	지역 계수	A = 0.176(지진구역1)
노 풍 도	B	지반 종류	SD(가정치)
중 요 도	IW = 0.95(중요도Ⅱ)	중 요 도	IE = 1.0(내진등급I)
풍 속 할증 계수	KZT = 1.0	반 응 수정 계수	R = 4.5 (전단벽-골조 상호작용 시스템)

(마) 풍하중/지진하중 구조해석 결과

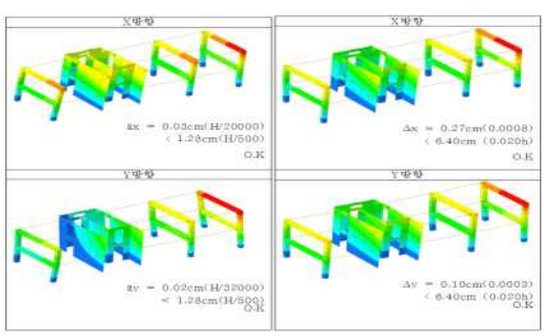


그림 2.2.11.7 풍하중, 지진하중 구조해석

나) 2차년: Infill방식 캐빈유닛 실시설계 및 시공계획 수립

연구목표

■ 실증단지 인필형 Mock-up 보완사항 도출에 따른 실시설계 반영 및 시공계획 수립

연구내용

■ 실증단지 캐빈 유닛 실시설계
- Mock-up 보완사항 실시설계 반영
- 기본설계 기반 실시설계 실시
- 구조, 소방, 설비, 전기 등 설계 검토 및 지원
- 실증단지 설계안에 따른 시공견적 검토

■ 실증단지 시공계획
- 효율적 통합 공정관리계획 수립
- 공정관리계획 기반 조달 및 운송관리 계획 수립
- JIT(Just In Time)시스템 적용 계획

최종성과물

■ 실증단지 실시설계도서

■ 실증단지 시공계획서

(1) INFILL 모듈러 공법 적용을 위한 캐빈 실시설계

- 기존 저층 및 소규모에서 고층 및 대규모화 기반 마련
- 수요자 맞춤형 수서단지 적용 및 검증
- 세대간 내화, 차음성능, 단열기준 등 조립식주택시공에 대한 적용 및 적정성, 고층화 방안검증
- 연구 수행 체계도 (실시설계 도서작성) : dmp + 스타코(다연건축; 용역사)

(가) B동 설계 주요 변경사항

표 2.2.11.6 수서단지 B동 설계 변경 사항

구 분	기존안	변경안	비 고
규 모	지상4층 (주차장 2개층, 주동 3개층)	지상6층 (주차장 2개층, 주동 4개층)	
세대수	18세대	25세대	1인실(18 type): 16세대 2인실(27A,27B): 6세대 소호형주택(36C): 3세대
난방방식	개별 난방방식	층별 난방방식	
코어구조	PC공법	RC공법	• 경제성 검토중
UT화장실	-	배치 및 배관 설계(층상배관) 변경	• 스타코 UT: Unit toilet 적용
주민공동시설	모듈	PC	• 모듈 크기 상이
벽체구조	내력벽	라멘조	• 내화성능 검토
조경계획	-	대지면적 15%	• 녹색건축인증시 필요
소방계획	-	스프링클러 전 층 적용 발코니 방화문 설치 대피공간 발코니 추가	• 화재안전 강화

(나) B동 평면도

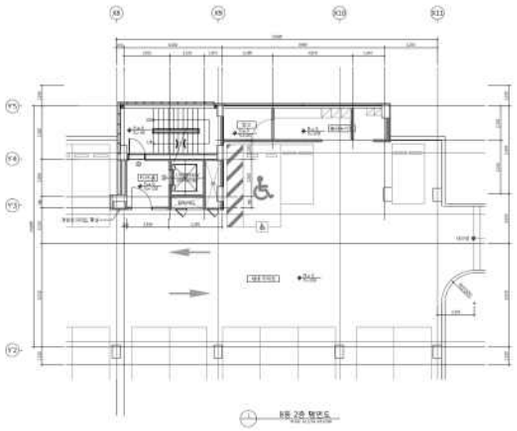


그림 2.2.11.8 2층 평면도

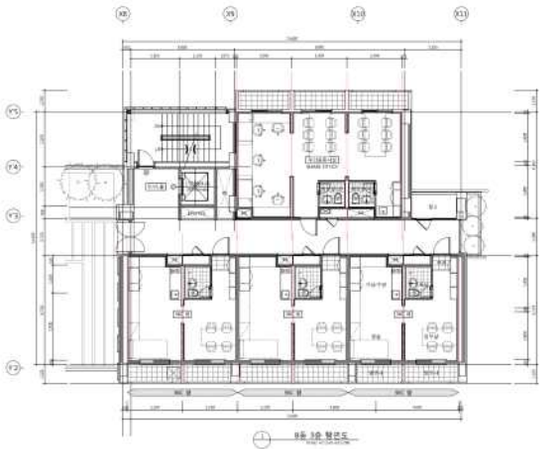


그림 2.2.11.9 3층 평면도

그림 2.2.11.10 4층 평면도

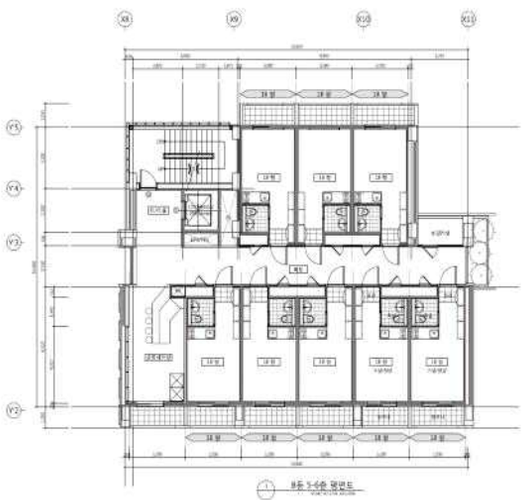


그림 2.2.11.11 5-6층 평면도

(다) 단면상세도

- 공간별 단열, 접합 계획

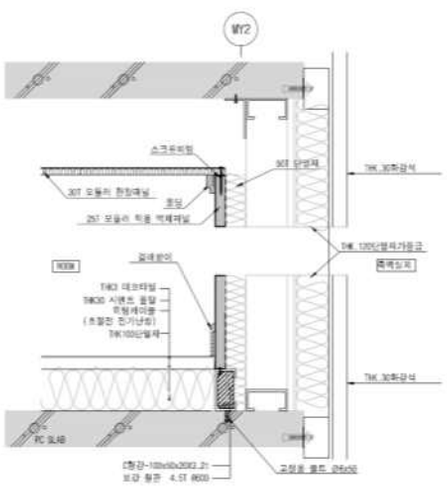


그림 2.2.11.12 침실-외벽 접합상세도

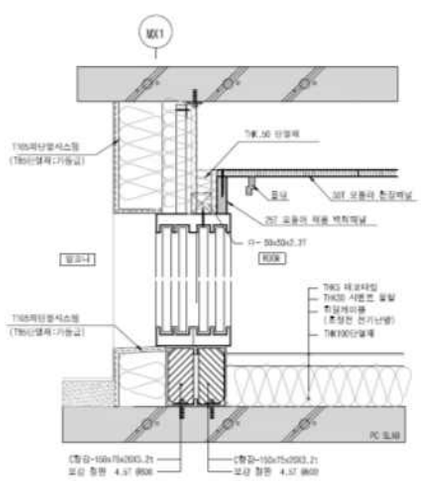


그림 2.2.11.13 참실-발코니 접합상세도

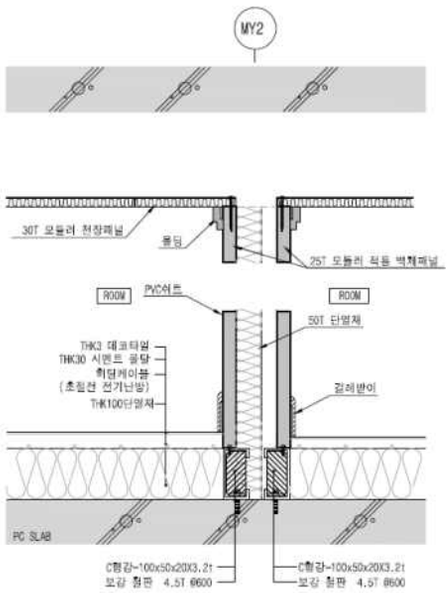


그림 2.2.11.14 침실-침실 접합상세도

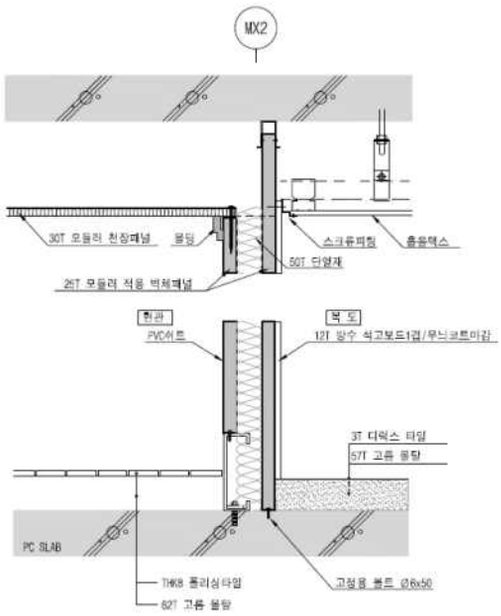


그림 2.2.11.15 현관-복도 접합상세도

(라) 공사비 견적가 검토

① 1차 견적당시 평당 약 5,040,000원이었으나, 2차 견적에 5,170,000원으로 상승

② 2015.01.10. 의정부 화재사건 이후, 화재 안전 강화로 인해 수서단지 내 스프링클러 전체 설치 및 대피공간으로서의 발코니 추가, 외장재 사양이 높아짐에 따라 불가피하게 공사비가 상승되었음

(2) INFILL 모듈러 공법 적용을 위한 시공계획 작성

: 적층식 및 INFILL 모듈러 관련기술의 제작 시공 적용 및 검증

- 적층식, INFILL 모듈러 각각의 공법이 상이하므로 제작기간, 공정관리, 시공관리 등 조율
- 시공계획 작성으로 모듈러 공법 합복적용에 따른 문제점, 해결방안, 적용 및 적정성 검증
- 모듈러 공법 주택의 공사기간 및 시공성 향상에 따른 원가절감 확보

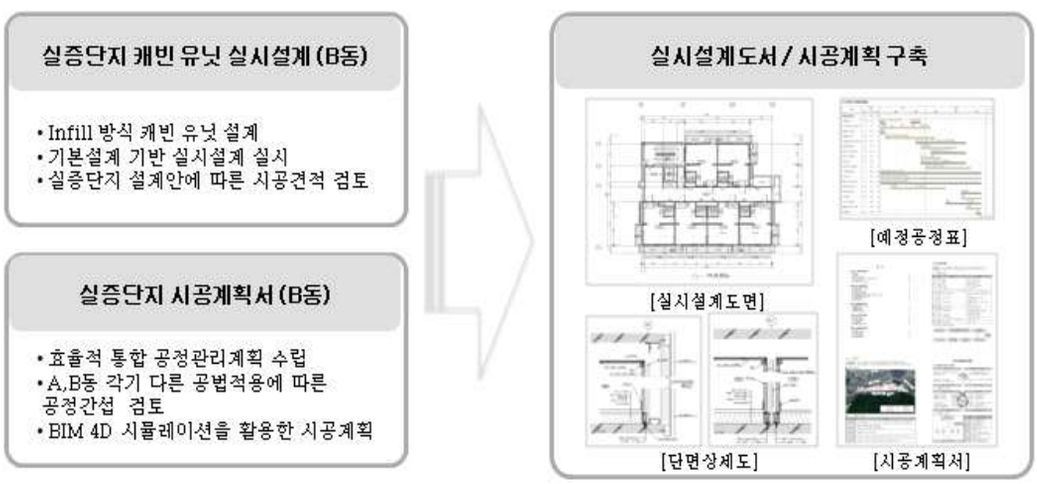


그림 2.2.11.16 과제 수행 프로세스

(가) A동/ B동 공정간 간섭검토

① 당초 A, B동 사이 일정위치에 고정식 타워를 설치하여 금강공업과 스타코가 서로 공유함으로써 원가 절감(장비비) 및 좁은 공사 야드에서의 장비 면적을 줄이자는 스타코 의견이 있었고, 이로 인한 A, B동 공정간 간섭 검토를 하게 됨

② 검토 결과, 기초(데크) 공사를 담당하는 시공사의 업무 범위 침해의 여지가 있고, 데크의 안전상의 문제가 있었으며, 적층식과 인필 모듈 유닛의 중량과 양중 방식의 차이, 그리고 B동의 PC공법 적용 확정 등으로 인하여 A동, B동 각각 별도로 이동식 크레인을 사용해야 할 것으로 판단됨

③ 인필식과 적층식 예정공정을 비교 검토해본 결과, 모듈의 현장 설치 이후 기타 공정이 많은 인필 공법의 경우 모듈러 유닛의 현장 반입이 비교적 조기에 이루어졌으며(양중 등 장비사용), 반면 대부분의 모듈 공정이 공장에서 이루어지는 적층식의 경우 모듈러 현장 설치 및 기타공사 등이 전체 기간 중 말미에 몰리게 되므로 현장에서 공정이 간섭되는 기간은 예상보다 짧을 것으로 예상

④ 예상 공정 간섭기간

그림 2.2.11.17 주요공정표 중 공정 간섭기간

⑤ 공정이 간섭되는 기간에는 A, B동 각각의 모듈러 유닛(자재) 야적 공간 및 작업공간을 확보하고 A, B동 모듈러 반입 차량외 공사 중장비 동선과 출입구를 분리함으로써 간섭을 최소화 하고자 함

표 2.2.11.7 공정간섭 검토 및 대안

	내 용	비 고
계획안	A, B동 고정식 타워 공유 (※ 공사비 절감을 위한 스타코 의견임) -> 공사비용 및 공사 장비 야드 축소 가능 -> A, B동 공정간 간섭 검토 필요	
검토	① 기초(데크) 시공사의 업무범위 침해 및 데크 구조의 안전상의 문제 ② 적층식과 인필 모듈 유닛의 중량 및 양중 방식의 차이 문제 ③ B동의 PC공법(이동식 크레인 필요) 적용 확정 ④ 적층식 및 인필 모듈 제작기간 현장 설치 기간 상이 -> 공정 간섭 기간이 짧을 것으로 사료	공사 일정 변동 가능
대안	① A, B동 각각 시공사별 이동식 크레인 사용 ② A, B동 각각의 모듈러 유닛(자재) 야적공간 및 작업공간 사전협의(수시협의) ③ A, B동 모듈러 반입 차량 외 공사 양중장비 등의 동선 분리 ④ 가설계획 시 A, B동간의 적정 출입구 위치 선정	

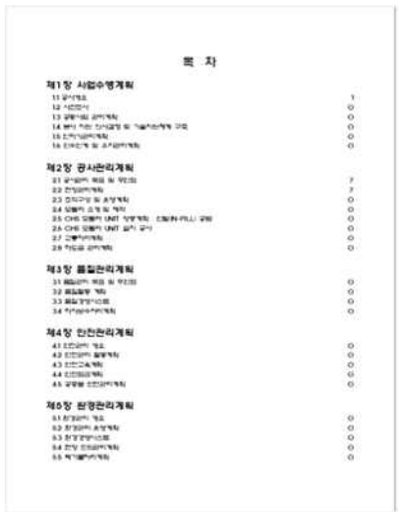
(나) 시공계획서 작성(*별책보고서)

수요자 맞춤형 조립식 주택
기술개발 및 실증단지 구축

2015. 03. 06

스타코㈜

그림 2.2.11.18 시공계획서


목 차

제1장 사업수행계획

제2장 공사관리계획

제3장 품질관리계획

제4장 안전관리계획

제5장 환경관리계획

그림 2.2.11.19 목차

그림 2.2.11.20 사업수행계획

그림 2.2.11.21 공사관리계획

제3장 품질관리계획

그림 2.2.11.22 품질관리계획

그림 2.2.11.23 환경관리계획

다) 3차년: 인필 모듈제작 품질관리 및 실증단지 구축 계획 수립

연구목표

- 실증기술 적용 제작 및 시공관련 구축 계획 및 품질관리 계획 수립

연구내용

- 수서 B동 실시설계 도면 검토
- 인필 모듈(Cabin+U.T;Unit Toilet) 제작도 작성
- 품질관리 Check-list 작성
- 공정관리 기반 모듈 출하/운송계획 수립
- 전체 공정 계획 검토 및 현장 개설 준비

최종성과물

- 모듈러 제작도 및 품질관리 체크리스트
- 실증기술 적용 수서단지 구축계획서

(1) 수서단지 B동 실시설계 도면 검토

(가) 도면 검토 및 변경사항

① 서울시 의회 승인 지연 및 수서동 주민 요구에 따른 실시설계 도면 변경

② 도면 변경 개요

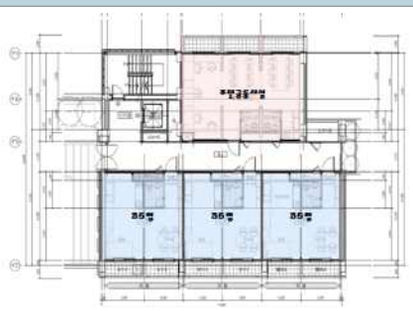
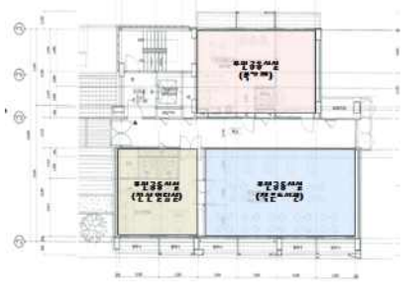
표 2.2.11.8 실시설계 변경 개요

	변 경 전	변 경 후
모듈타입	35C, 26A, 26B, 17 Type	17 Type
모 듈 수	34 Unit (25세대)	25 Unit (25세대)
공용시설	공용오피스	도서관, 북카페, 전산열람실

③ 층별 변경 내용

- [3층] 35형 주거공간(3ea) 대신 주민시설(북카페, 작은도서관, 전산열람실)로 변경
- [4층] 26형 주거공간(6ea) 대신 17형 주거공간(9ea)으로 변경

표 2.2.11.9 층별 변경 내용

	변 경 전	변 경 후
3F		
	주거공간 (35형, 3EA)	주민시설(북카페, 작은도서관)
4F		
	주거공간 (26형 A/B, 6EA)	주거공간 (17형, 9EA)

④ 기타 협의사항

- (5-6F)공용세탁실 주민공용시설로 대체 가능 여부
- 보일러실(공용) 대신 개별보일러 가능여부
- 입면도 변경 (색채 그래픽)

⑤ B동 BIM설계를 통한 검토

- 수서실증단지(B동) 인필시스템 BIM 3D모델링
- 기본 설계도서 추출(평면, 입면, 단면)
- 인필시스템 라이브러리(단위UNIT) 구축

수서단지 (B동) BIM설계 수행

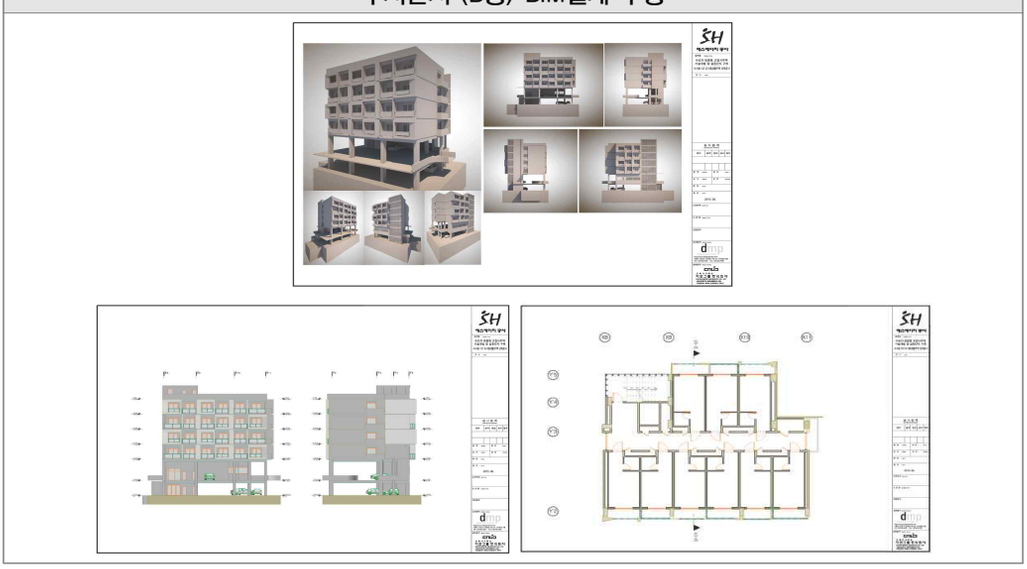


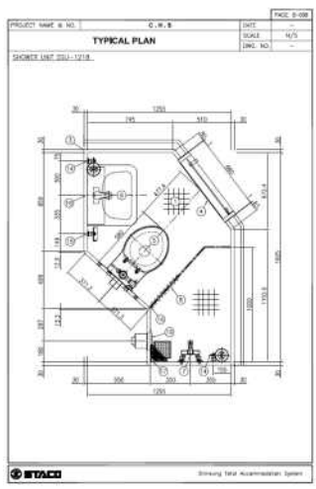
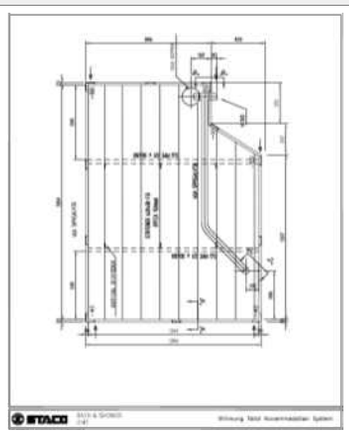
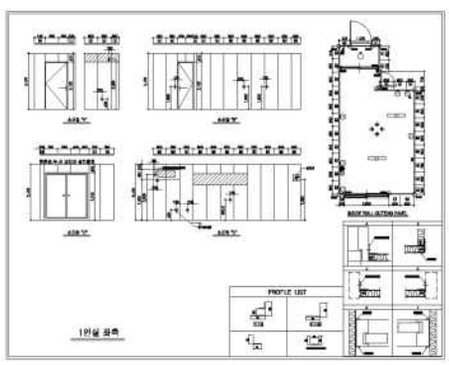
그림 2.2.11.24 B동 BIM 설계

(2) 모듈제작 공정 및 품질관리 계획 (*별책보고서 1)

(가) 국토교통과학기술진흥원의 요청으로 단독판매처 심의 결과에 따라 스타코(주) 연구내용인 인필시스템 캐빈제작을 주관 연구기관인 한국건설기술연구원이 수행하기로 함

(나) 이에 스타코(주)는 인필시스템 캐빈 제작에 대한 공정관리 및 품질관리에 대한 연구로 변경하여 수행함

표 2.2.11.10 성과물(품질관리 체크리스트 및 제작도)

품질관리 체크리스트 및 제작도	
	
[품질관리 체크리스트]	[UT 제작도]
	
[CABIN/ BASE FRAME 제작도]	[CABIN 제작도]

(다) 기대효과

① 품질관리 체크리스트를 활용하여 모듈 공장 출고 및 현장 반입 시 불량 및 하자를 감소시켜 고품질 모듈 성능 유지

② UT 및 1인실 캐빈에 대한 표준 제작도를 구축 하여 추후 유사 공사 시 표준 지침서로 활용 가능

(3) B동 구축계획서(*별책보고서 2)

(가) 공사일정 4개월 지체에 따라 착공이 3차년도(2015.02)에서 4차년도(2016.06)로 변경됨

(나) 변경 일정에 따라 공정계획 수정 및 현장 특성 반영한 시공계획 검토 수행

(다) B동 원가절감 VE를 통한 표준내역 작성

(라) 공사계획

① 공사관리 목표 및 주안점

그림 2.2.11.25 공사관리 계획

② 본 공사 관리계획

표 2.2.11.11 공사 주요 관리계획

구 분	주 요 관 리 계 획
골조공사	• CHS모듈러 설치를 위한 골조 PC 제작 및 반입 일정 계획 수립 • CHS 및 PC구조물의 일체화 작업 계획 수립 • 바닥 TOPPING 콘크리트 타설 및 양생계획 수립
모듈러 공사	• 모듈러 UNIT 제작 및 생산, 포장 관리 계획 수립 • 협소한 현장으로 인한 모듈러 UNIT의 현장내 반입 및 양중 계획 수립 • 모듈러 UNIT 배치를 위한 양중 및 설치공사 계획 수립
마감공사	• 기계설비, 전기설비 연결마감공사 계획 수립 • 복도, 창호, 화장실 UNIT 내부 마감공사 계획 수립 • 외장 및 외부마감공사 계획 수립

③ 공정계획

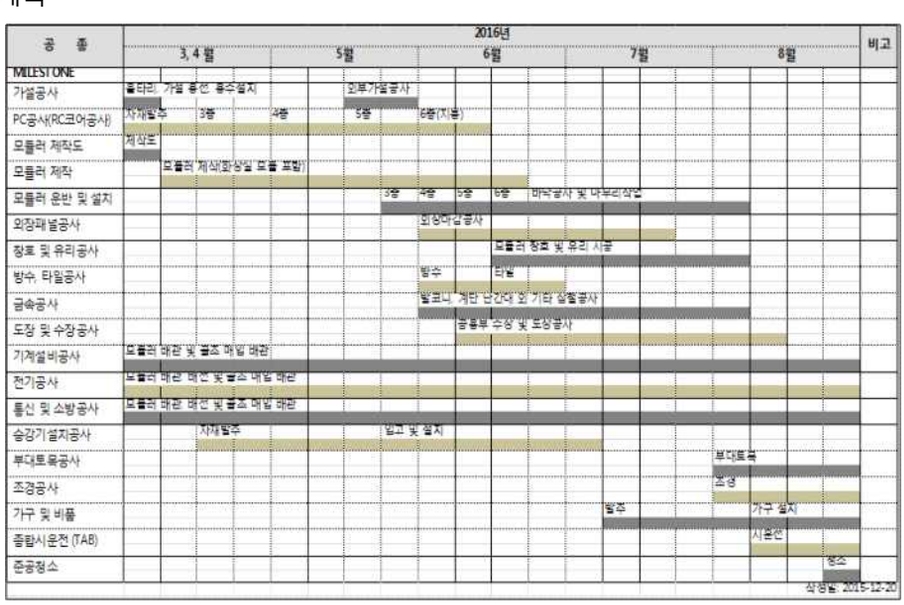


그림 2.2.11.26 주요공정표

(마) 가설 및 배치계획

① 가설계획

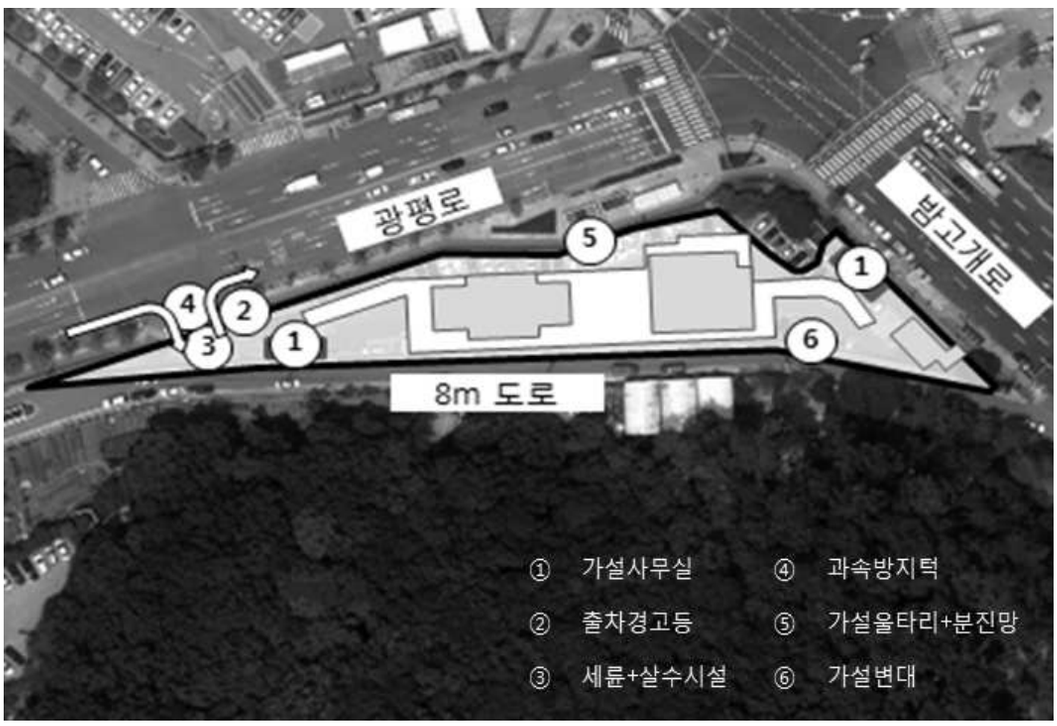


그림 2.2.11.27 가설계획도

② 운반차량 운영계획

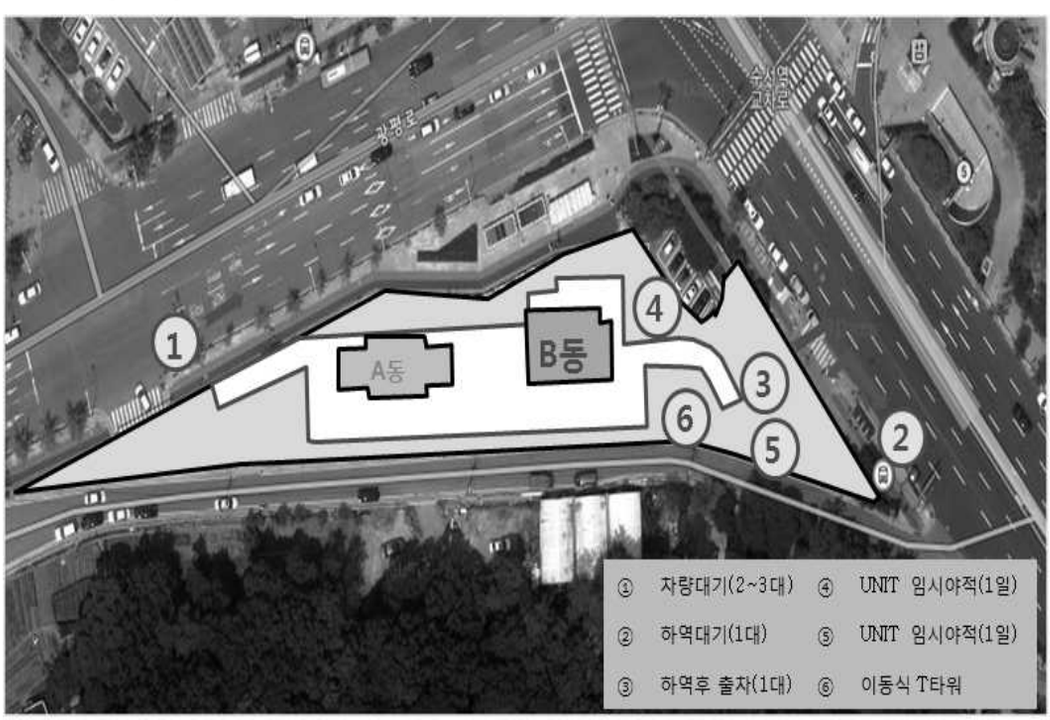


그림 2.2.11.28 운반차량 운영계획도

(바) 설치계획

표 2.2.11.12 인필모듈 설치계획

구 분	층 구분	세대수	UNIT수량	비 고
주민공동시설	3F	1개소	-	세대수에서 제외
17TYPE	4~6F	25세대	25EA	
`공동세탁실	5,6F	2개소	-	세대수에서 제외
총 계		25세대	25EA	

① 5 EA 반입 / 1일 (반입 시 시차를 두어 교통영향 최소화)
② 5 EA 설치 / 5~6인 / 1일 (하루 설치물량만 반입하여 현장에 과적재 지양)
③ 차량대기 장소에 신호수배치 (교통통제, 차량 및 보행자 안전 확보 우선)

(사) 교통처리계획

① 진·출입로 관리계획

표 2.2.11.13 교통관리계획

구 분	진·출입로 관리계획
교통통제 최소화	• 교통통제를 최소화하는 교통 처리계획 수립 • 광평로(기존 주차장 진입로)에서 진입하여 우회전 진출
안전성 확보	• 일방통행 등 기존 도로상황을 반영, 교통흐름을 계획
안전표지판 배치	• 진입로 등 현장여건에 부합되는 현장안전표지판을 적정 위치에 설치(동일표지, 규격과 색상을 통일)
신호수 배치	• 주차장과 주도로가 접속되는 위치에 신호수 배치 • 공사현장 외곽 협소한 주변도로에 신호수 배치

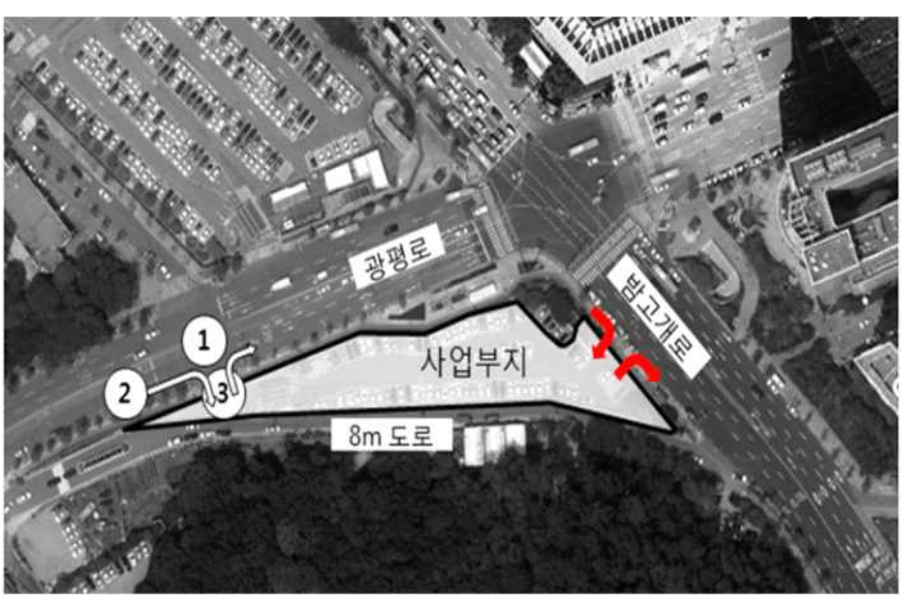


그림 2.2.11.29 차량 진·출입로 계획도

② 교통시설물 설치 및 신호수 배치계획

표 2.2.11.14 교통시설물 배치계획

교통안내표지판	교통신호수	과속방지턱
UNIT 등 자재 및 장비 반입시 진출입구 교통안내표지판 설치	일반차량, 보행자의 교통안전을 위한 교통신호수 배치	작업차량의 진출입 안전을 위한 출입구에 과속방지턱 설치

(아) 양중 및 설치계획

① 양중계획(양중장비 : 이동식T타워_MK88)

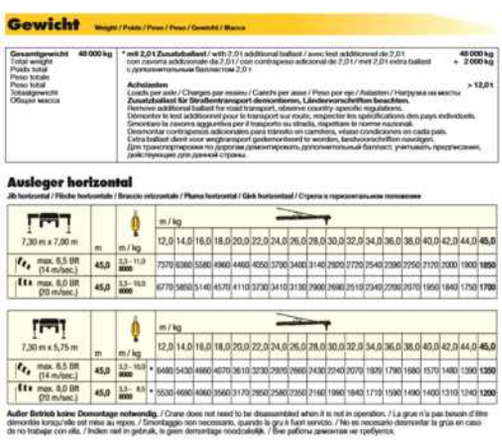


그림 2.2.11.30 양중장비 스펙

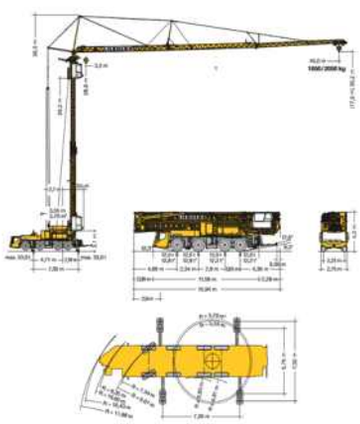


그림 2.2.11.31 이동식T타워

② 양중계획(모듈러 IN-FILL설치계획_설치순서)

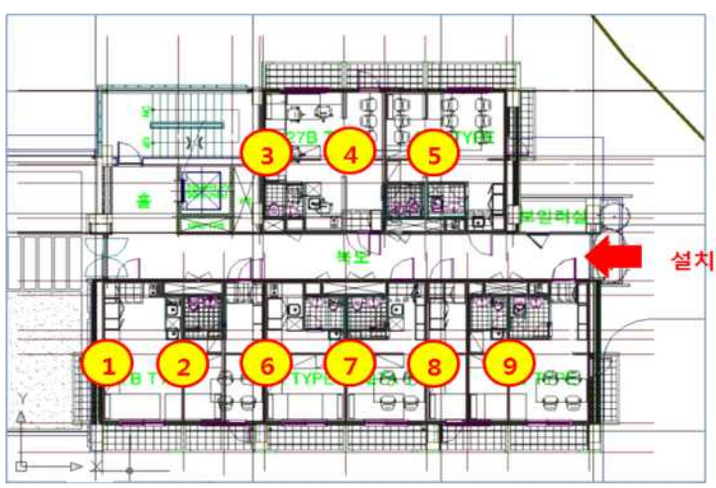


그림 2.2.11.32 모듈러 설치계획도

③ 설치계획

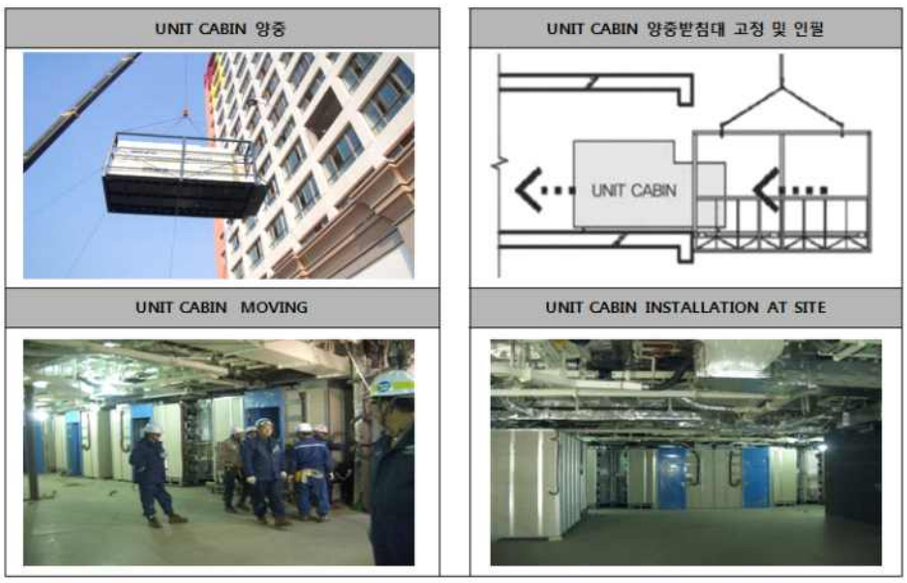


그림 2.2.11.33 인필 모듈 설치 프로세스

(자) 품질관리 계획

① 품질관리 목표 및 주안점

그림 2.2.11.34 품질관리 목표 및 주안점

② 품질관리 CYCLE

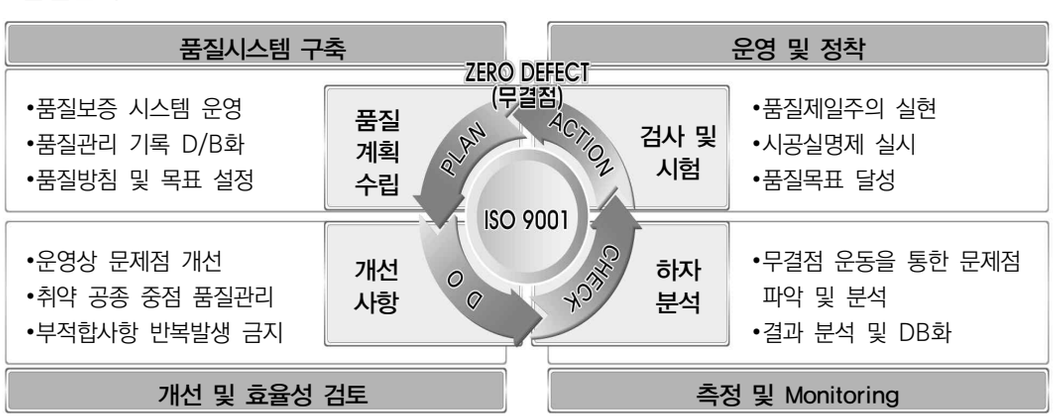
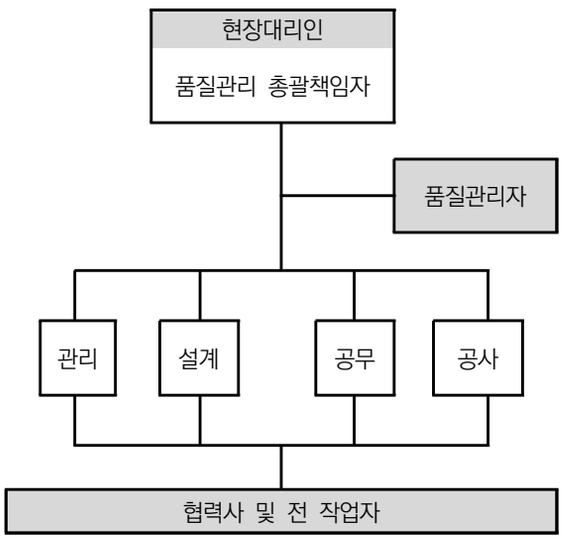


그림 2.2.11.35 품질관리 CYCLE

③ 품질관리 조직 및 업무분장

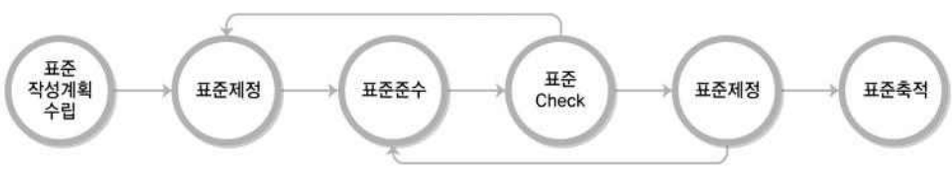
표 2.2.11.15 품질관리 조직 및 주요업무



구 분	업 무 분 장
현장대리인	• 현장의 품질방침/목표제시 • 현장 품질활동 책임
품질관리책임자	• 현장대리인을 보좌 • 품질계획서 작성 및 검토
행정관리책임자	• 품질계획 이행 • 자재, 노무, 홍보, 민원관리
공사책임자	• 시공계획 및 작업절차 이행/관리 • 협력업체 관리
품질시험실장	• 품질관련 활동계획 수립/이행 • 검사 및 시험계획 수립/이행

④ 공사 단계별 현장표준화 계획수립

표 2.2.11.16 현장표준화 계획

착 공 단 계	시 공 단 계	준 공 단 계
		
•작성계획 수립 및 확정 •작성자 선정 및 일정수립 •작성 / 확정 / 등록	•작업실시 및 문제점 발췌 •자체표준화 실천도 평가 •개정사항 확정 및 추가제정	•보존 •모델보완 •표준시스템화

라) 4차년: 실증기술 모듈 시범적용 및 개선안 모색

연구목표

- 수서단지 인필형(B동) 모듈의 현장적용 및 유닛 성능·시공 개선안 모색

연구내용

- 인필 모듈 시범적용(부산 행정동) 및 시공 분석
- 인필 모듈 성능 및 시공 개선안 모색
- 유닛 모듈 성능 개선안 도면 적용
- 모듈러 제작··설치 계획 관련 작업자들의 표준 지침서 수립

최종성과물

- 인필 유닛 성능 및 시공 개선안 보고서

(1) 인필 모듈 유사현장(부산 행정동) 시범적용 시공계획

(가) 모듈러 시공 목표

① 수서단지 사업진행 및 공사 착공 지연에 따라 인필 모듈 유닛 성능개선안 분석을 위한 유사현장(부산 행정동)의 바닥 및 벽, 천장 내·외장재 등 시범적용

② 본 공사는 “부산신항 배후단지 스타코 제1공장 신축공사” 중 행정동 건축공사를 모듈러 공사로 계획 및 시공하여, 모듈러-건축시장의 지속적 확대에 부흥하고, 적극적인 홍보활동을 통해 모듈러-건축의 활성화를 꾀하기 위함이다.

또한 본 공사를 수행함에 있어서 모듈러 품질 및 시공성에 관한 개선 방안을 모색하고, 이와 관련한 업무지원 및 활동순서를 규정함으로써 요구되는 품질/시공성 수준을 확보하기 위함이다.

(나) 공사개요

표 2.2.11.17 시범적용 공사개요

구 분		내 용	
대지위치		부산 신항 웅동 배후단지 1단계(창원시 진해구 남문동1198번지)	
지역, 지구		도시지역, 준공업지역,제1종지구단위계획구역	
도로현황		남측:30M도로, 서측25M도로	
건축개요	용 도	사무실 + Guest-House	
	대지면적	36,781.80㎡	
	건축면적	21,383.73㎡ / 행정동 : 416.51㎡	
	연 면 적	22,448.93㎡ / 행정동 : 822.27㎡	
	건 폐 율	58.14% / 법정 60.0%	
	용 적 율	61.03% / 법정 300.0%	
	건축규모	공장동 + 행정동	
	구 조	철골 + [SRC + 모듈러(CHS & 컨테이너 적층방식)	
	최고높이	공장동16.7M / 행정동 : 11.5M	
	주차대수	법 정	22,448.93 / 350 = 64.14 대
		계 획	옥외주차 : 90대 (장애인주차 3대포함)

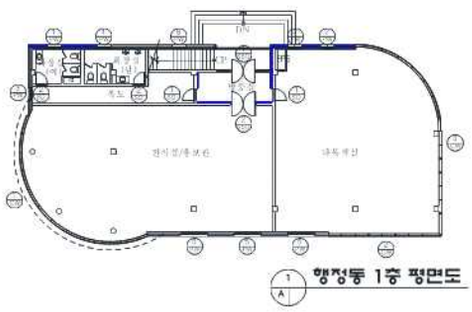
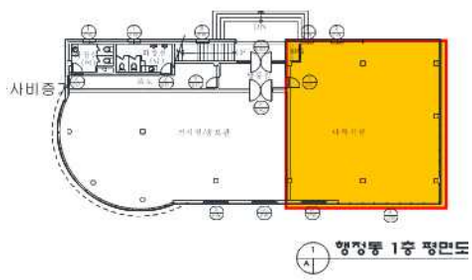
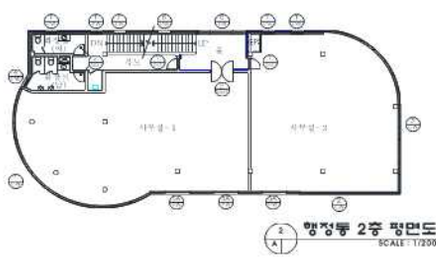
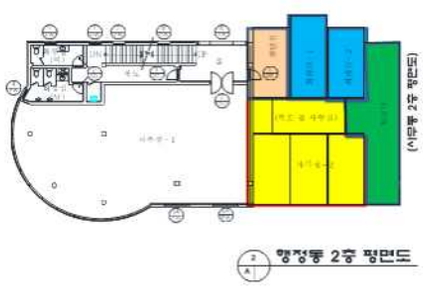
(다) 모듈러 제작, 설치계획

표 2.2.11.18 모듈러 제작 및 설치계획

구 분			설치 및 활용계획
2층	계단실	3 x 6 x 3 - 1동	복도겸 사무실과 사무실-2 구간을 OPEN된 공간으로 계획하여 개방적이면서 독립적인 설정 회의실1, 회의실2는 각각 독립적으로 설치하여 보안기밀을 유지할 수 있도록 설정하되 전면창을 설치하여 폐쇠적인 느낌을 최소화하는 설정 발코니는 휴게공간으로 활용하도록 설정
	복도겸 사무실	3 x 7 x 3 - 1동	
	사무실-2	3 x 6 x 3 - 3동	
	회의실-1	3 x 7 x 3 - 1동	
	회의실-2	3 x 6 x 3 - 1동	
	발코니		
3층	계단실	3 x 7 x 3 - 1동	- 3층에는 숙소를 배치하여 작지만 효율적인 생활공간을 구현
	복도	3 x 6 x 3 - 1동	
	회의실-1	3 x 6 x 3 - 1동	
	회의실-2	3 x 6 x 3 - 1동	
	회의실-3	3 x 6 x 3 - 1동	
	발코니		

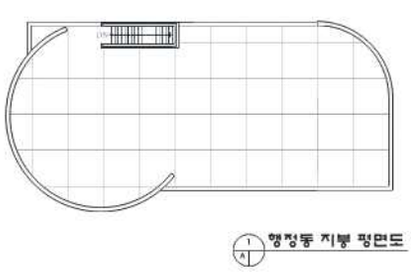
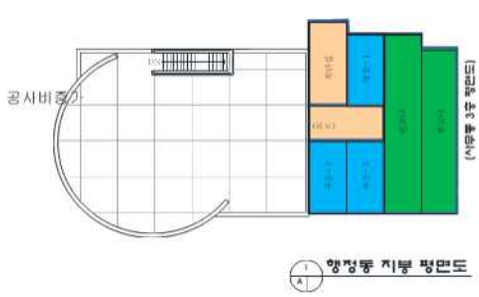
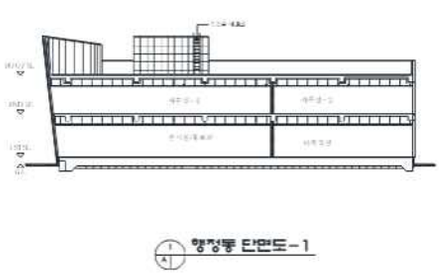
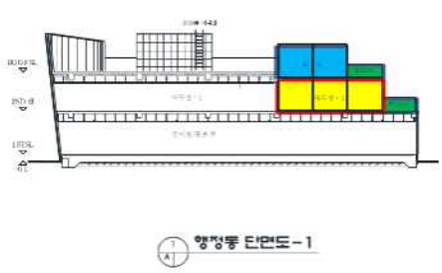
(라) 계획 평면도(1,2층 평면도)

표 2.2.11.19 계획평면도

당 초 – RC조	변 경 - RC조 + 모듈러
	
	

(마) 계획 평면도(지붕층), 단면도

표 2.2.11.20 지붕평면, 단면도

당 초 – RC조	변 경 - RC조 + 모듈러
	
	

(바) 공사기간 및 일정

① 공사기간: 2016년 2월 1일 ~ 2016년 6월 15일 (약 4개월)

② 공사일정

표 2.2.11.21 주요공정표

공 종	2016년					비고
	2월	3월	4월	5월	6월	
[행 정 동]						
설계/승인						
건축공사						
모듈러공사			〈공장제작기간〉			
[준공검사]						
준공검사						

(사) Unit Cabin 기술 적용 내용

① 바닥공사

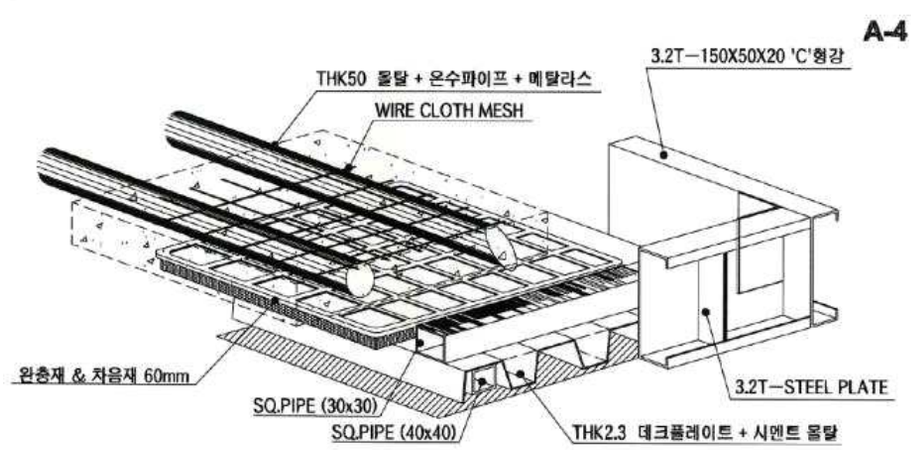


그림 2.2.11.36 바닥상세도

- BASE-PLATE: 300*300*20T
- WIRE-MESH: 10-150*150
- 압출법 보온판 T=20
- VINYL: 0.03mm, 2겹
- 바닥몰탈: 1:3 (T=40)
- 온수파이프 제외

② 벽체공사(내·외장재)

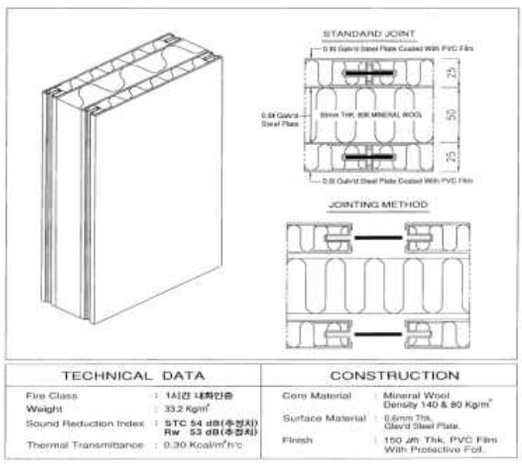


그림 2.2.11.37 내장재 상세도

- ○ 벽체판넬: STACO 25T
- ○ 천정판넬: STACO 25T
- ○ 그라스-울: 80Kg/m2, 50T
- ○ 외장재: 징크판넬
- ○ Door : WD1, SD1

* WD1: 일반랩핑 도어

* SD1: 철제외여닫이 도어

(아) 부산 행정동 완공사진

표 2.2.11.22 인필모듈 시범적용 관련 사진

부산 행정동 외관	1 Module 내부	2 Module 내부

(2) 모듈 성능 및 시공성 개선안

(가) Unit Cabin 성능 개선안

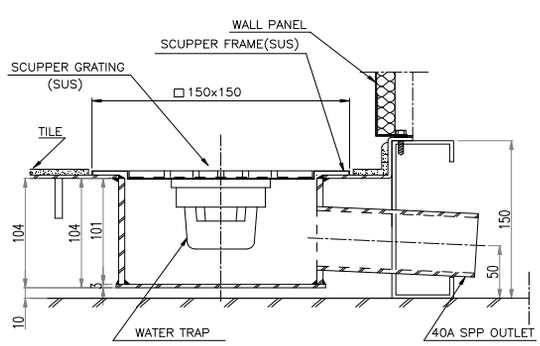
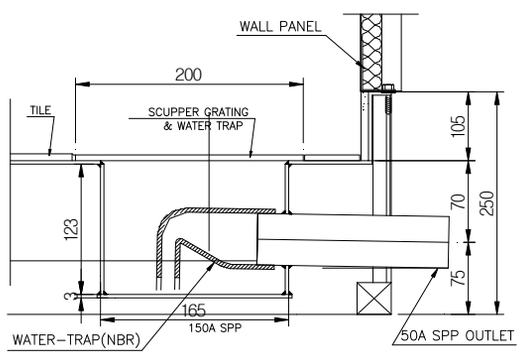
① U/T 바닥 구조틀

표 2.2.11.23 U/T관련 사진

배관 및 기타설비 공간	U/T 바닥판

- ㅇ 높이 150mm C형강 구조틀 제작
  ⇒ 바닥 배수관이 현장 입상배관과 연결이 어려워 구조틀 높이를 상향 조정
- ㅇ 육상용 바닥 유가가 타일보다 높아서 유가 주변으로 물고임 발생
  ⇒ 해상용 바닥 유가로 개선
- ㅇ 문턱과 화장실 바닥 단차가 낮아 욕실화가 문 여닫을 시 걸림
  ⇒ FLOOR HIGH 하향 조정하여 개선

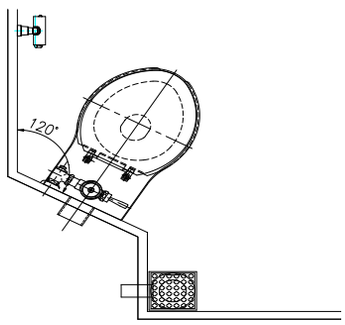
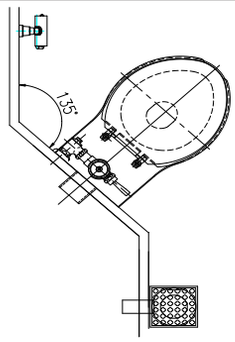
표 2.2.11.24 U/T 바닥 구조틀 개선 전·후 비교

개 선 전	개 선 후
	

② U/T 벽 판넬

- ㅇ 급수배관 설치 시 판넬에 밀착이 안되고 이격이 생겨서 별도 보강 필요
  ⇒ 양변기 좌측 판넬 각도 조정 (120° -> 135°)

표 2.2.11.25 U/T 벽 판넬 개선 전·후 비교

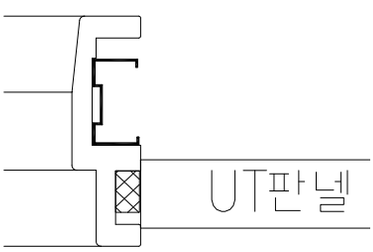
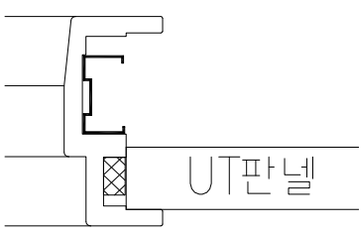
개 선 전	개 선 후
	

③ 욕실문

ㅇ 기존 욕실문은 판넬 접합시 구조적으로 견고함이 떨어져 운반 도중 탈락할 염려 있음

⇒ 판넬바 타입으로 교체(문틀타입 개선)

표 2.2.11.26 욕실문 개선 전·후 비교

개 선 전	개 선 후
	

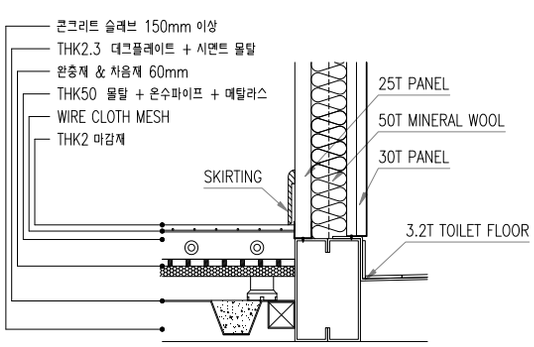
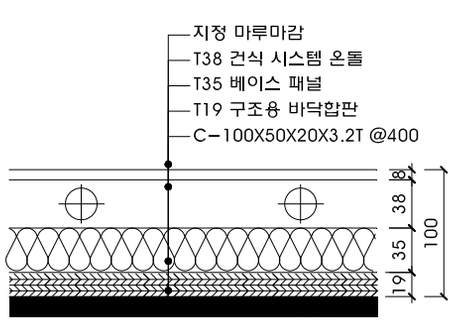
(나) Unit Cabin 시공성 개선안

① U/C 바닥 난방방식

ㅇ 기존 모듈러 바닥 난방방식은 습식구조로써 구조체 자체 중량이 많이 나가므로 이동 및 모듈러 양중 시 어려움이 많이 발생

⇒ 바닥 난방방식을 건식구조로 변경하여 운반 및 양중이 용이하도록 함

표 2.2.11.27 U/C 바닥난방 개선 전·후 비교

개 선 전	개 선 후
	

② RC구조 + 모듈러

ㅇ RC구조로 현장에서 바닥 콘크리트를 타설하는 경우 바닥이 평활하지 않고, 바닥 높이에 오차가 생기게 되면 충분한 천장고를 확보하지 못해 인필 시 어려움이 많음

ㅇ 또한 바닥이 평활하지 않는 경우, 모듈러 설치 시 수평을 잡기 위한 추가 작업 필요

⇒ RC구조는 PC(Precast Concrete)를 활용, 건식공법을 수행함으로써 공기단축 가능

③ 지게차 하차 시

ㅇ 모듈러 인필 후 내부 지게차로 이동 후 하차 시 적정 표준 매뉴얼이 없어 눈대중으로 위치 파악 후 인력으로 모듈을 하차시켰으므로 시간이 많이 소요되고 위험을 감수해야 하는 문제 발생

⇒ 모듈러 인필 전 설치 위치에 먹줄 그림, 유압 자키를 활용하여 대차 제거

표 2.2.11.28 모듈 하차방식 개선 전·후 비교

개 선 전	개 선 후
BAR 활용	자키(Jack) 활용

마) 5차년: 천안실증단지 인필식 모듈제작/설치 및 품질관리

연구목표

- 실증기술 적용 천안두정단지 인필식(B동) 모듈 공장제작에 따른 품질관리/ 설치/ 유지관리

연구내용

- 천안두정 실증단지 B동 모듈 품질관리 및 설치
  - 천안두정단지 인필형(B동) 모듈 공장제작 및 품질관리(계획)
  - 천안두정단지 시공성 평가 및 하자보수
  - 천안두정단지 모듈 품질 및 시공 ·개선방안 도출
- 인필형 모듈 유지관리 매뉴얼

최종성과물

- 인필형 모듈 공장제작 및 품질계획서
- 시공계획서 및 현장시공 보고서
- 인필 모듈 유지관리 매뉴얼

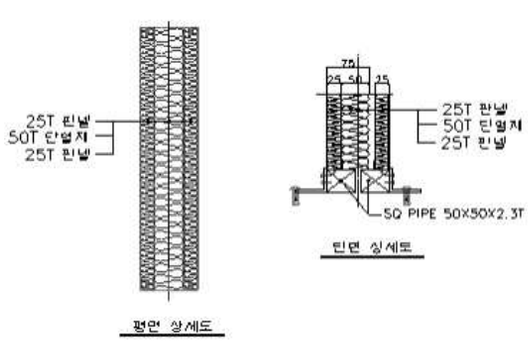
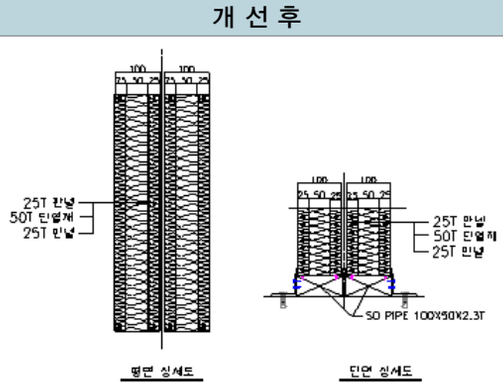
(1) 천안두정 U/C 모듈 설계 변경

(가) Unit Cabin 개선안 적용

① U/C 세대간 벽체구성(1시간 내화구조체)

⇒ 기존의 스타코 내화 구조방식은 세대간 벽체 한쪽에 25T 판넬 단열재를 사용하였으나, 1시간 내화 기준을 충족시키기 위하여 세대간 벽체 양쪽에 25T 판넬을 적용하였음

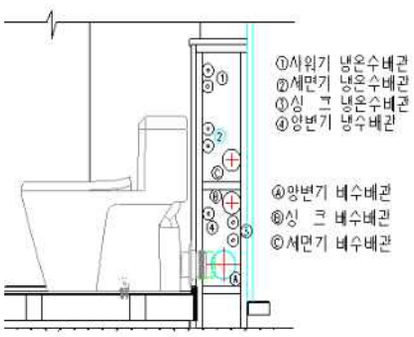
표 2.2.11.29 U/C 세대간 벽체구성 개선 전·후 비교

개 선 전	개 선 후
	

② 설비 배관 성능 향상-1

⇒ 층하 배관을 층상 배관으로 변경하여 성능 및 유지보수 측면 개선

표 2.2.11.30 층하배관, 층상배관 비교

개 선 전	개 선 후
	

③ 설비 배관 성능 향상-2

⇒ 기존 스타코 방식 PP-R 융착식 배관방식에서 PB 이중관 배관방식으로 변경

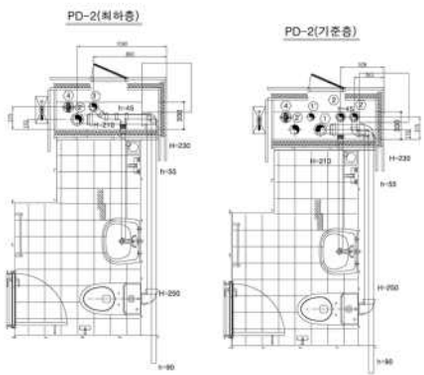
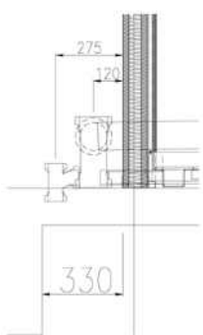
표 2.2.11.31 PP-R융착식 배관, PB이중관 배관방식 비교

개 선 전	개 선 후

(나) 도면 검토에 따른 설계 · 반영

① 위생배관 평면도에 슬라브 수량과 위치가 PD상세도와 상이

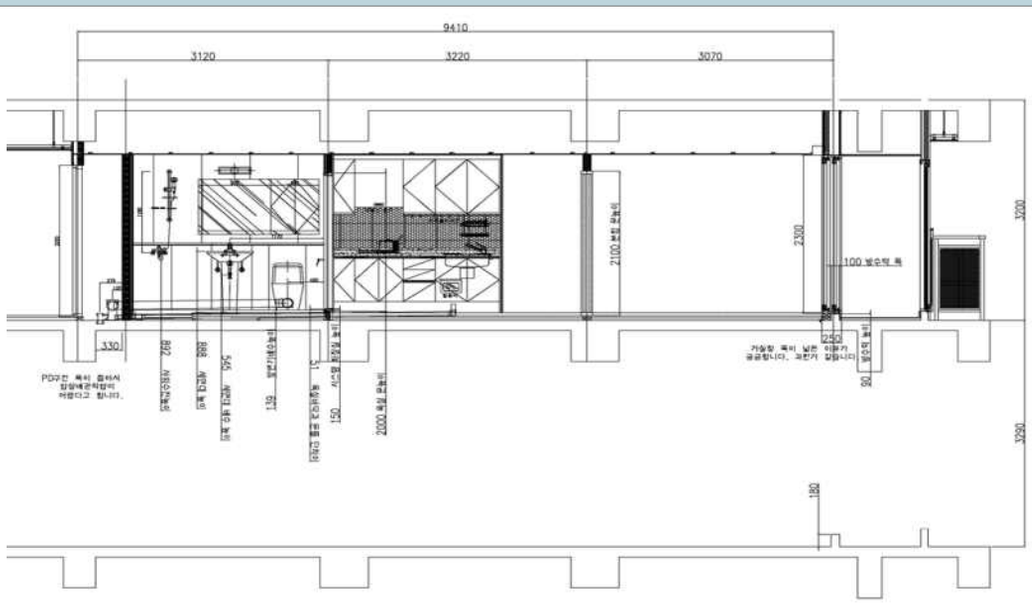
표 2.2.11.32 PD 상세도/입면도

PD 상세도		PD 입면도
	① 3층~6층 고층부 오수 ② 3층~6층 고층부 배수 ⑪ 2층 오수 ⑫ 2층 배수 ④ 2층~6층 급수	

② 다운슬라브 없이 진행하기로 협의(PD구역만 다운슬라브) ⇒ 단면도 반영

③ 방화문 성적서상 높이 2100mm 확인(삼선 CSA 방화문 업체) ⇒ 단면도 반영

표 2.2.11.33 검토사항 반영시킨 U/C 단면도

U/C 단면도


(2) 천안두정 시공계획

(가) 공사개요

표 2.2.11.34 천안두정 인필식 모듈 공사내용

구 분	공 사 내 용
구조체	시스템 화장실 구조틀 + 모듈러 구조틀 = 21set
외부마감	지붕: 스타코 천장 판넬 외장: 스타코 25T 판넬 창호: PVC 이중창
내부마감	스타코 판넬(벽, 천장) 거실바닥: 비닐계 타일, 현관바닥: 폴리싱 타일 화장실 및 발코니 바닥 - 자기질 타일
기 타	가구공사(신발장, 부엌가구)

- 주요 자재 사양

o 벽체 판넬: 스타코 1시간 내화판넬

o 위생도기: 양변기(대림바스 CC262P),세면기(대림바스 CL758)

o 수전금구류: 세면기수전-26형(대림바스 DL-L1110), 샤워겸용 세면수전-16형(대림바스 DL-B1116), 샤워수전-26형(대림바스 BFB-123), 슬라이드바(대림바스 DL-S4103), 주방싱크수전(대림바스 BFK435), 악세사리 4종(대림바스 DL-A1400), 유리코너선반(대림바스 DL-A9024)

o 바닥 및 벽 타일: 현관바닥타일 400X400(대보세라믹 HBG1027), 욕실바닥타일 200X200 (태영세라믹 TFA3818), 발코니 바닥타일 200X200(삼영산업 SFC 5311), 주방벽타일 250X400-16형(태영세라믹 TWE-D8791), 주방벽타일 250X400-26형(태영세라믹 TWE-D1138g)

o 창호: 거실이중창(1500x2300), 발코니 단창 (1500x2400), 욕실문 (700x2100), 현관문 (1000x2200)

(나) 공정관리계획

① 모듈러 부분 예정공정표

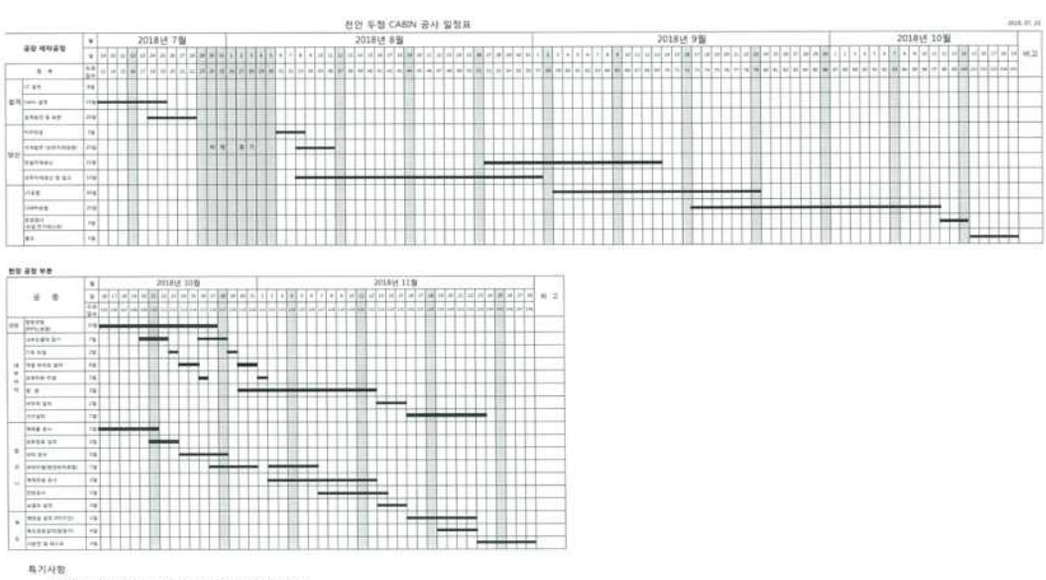


그림 2.2.11.38 천안두정단지 예정공정표

② 주요 공정작업

NO	투입인원		주요공정	공정표						작업내용
	팀	인원		10일	20일	30일	40일	50일	60일	
1	1	4	U/T 구조체 제작							U/T 구조체 21EA
2	1	2	U/C 구조체 제작							U/C 구조체 37EA
3	1	2	U/T 바닥타일							바닥 타일 설치
4	1	2	U/T벽체공사							단열재 / 스타코 판넬 설치
5	2	6	U/C벽체공사							단열재 / 스타코 판넬 설치
6	1	4	천장판넬설치							스타코 판넬 설치
7	1	2	U/T도기 및 악세사리설치							위생도기 및 액세서리 설치
8	1	4	전기, 설비							전기배관 및 설비 배관작업
9	1	2	검사,출하							수압테스트 및 잔손보기, 포장작업
※모듈 순수조립기간 60일 소요,										

그림 2.2.11.39 주요 공정 작업표

③ 주요 장비현황

- 운반: Low-bed 차량(3.6mX9.41m, 6ton)
- 지게차: 7.6ton

④ 현장 잔여 공정작업

NO	투입예상인원		주요공정	공정표						작업내용
	팀	인원		10일	20일	30일	40일	50일	60일	
1	1	3	발코니 외부 벽체틀 설치							각 파이프로 판넬 구조틀 설치
2	1	2	발코니창호 설치							발코니 단창 설치, 유리룬 설치
3	1	3	발코니 바닥 방수작업							우레탄 방수 적용 예정
4	1	3	발코니 바닥 타일작업							BMC 선작업,
5	1	6	거실 바닥 기포 타설							타설전 층간소음재 설치, 6층부터 타설
6	1	2	난방 파이프 설치							온수난방 및 각종 매설 파이프 설치
7	1	6	거실 바닥 몰탈 타설							6층부터 아래로 이동
8	1	3	현관바닥 타일							폴리싱 타일 400 x 400
9	2	4	전기입선 및 배관조인							26형 배관 연결 및 입선 , 등기구 설치
10	1	3	바닥 장판마감							6층부터 설치
11	3	6	가구설치							6층부터 설치
12	1	2	PD벽체틀 설치							점검구 포함

그림 2.2.11.40 잔여 공정 및 예상 투입인원

(다) 공장 조직도

그림 2.2.11.41 모듈 공장 조직도

(라) 공장 운영 계획

① 모듈러 공장제작 flow

그림 2.2.11.42 모듈 제작 과정

② 현장 작업 연계

- ㅇ 수장공사-가구공사(Weight 증가, 이동간 뒤틀림, 터짐 우려 있음)
- ㅇ 창호공사-유리문 미설치(이동 중 유리파손 우려 있음)
- ㅇ 설비공사-환풍기 미설치(Infill 과정에서 보와 간섭되어 현장 설치)
- ㅇ 보일러 설치(이동 중 떨어질 우려 있음)
- ㅇ 전기통신-각 종 전선 인입 및 배관 연결 공사(26형만 해당)

⇒ 현장 작업 계획에 맞춰서 순차적으로 시행할 것이며, 공정간 간섭 현상을 최소화하여 시공관리 예정

(마) 시공 관리 계획

① 모듈러 제작계획

- ㅇ 외부에서 들어오는 자재를 철저한 품질 검사 후 제작도면에 맞게 조립
- ㅇ 조립간에 간섭현상이나 특이사항 발생 시 담당자 입회하에 협의 조정
- ㅇ 구조물 양중 시 슬링벨트 사용
- ㅇ 중량물 운반 시 장비(지게차 또는 대차)이용 운반
- ㅇ 부피가 큰 부재는 항상 2인 1조로 운반 작업

② U/T 작업공정(1일 U/T 제작 8 SET)

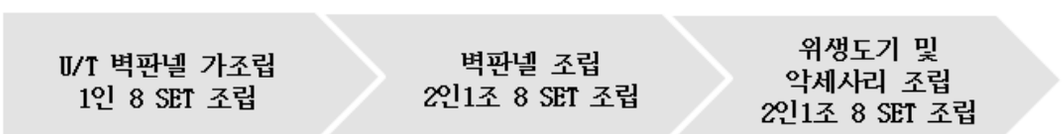


그림 2.2.11.43 U/T 작업 공정 계획

③ U/C 작업공정(7일DP 1 SET 제작)

그림 2.2.11.44 U/C 작업 공정 계획

④ 모듈러 운송차량 관리

- ㅇ 출하 전 각 모듈 별 일련번호를 부착하여 현장 운송
- ㅇ 스케줄표의 순서대로 현장 조립 실시
- ㅇ 조립 전 차량 순차적 대기장소 관리

시공일자	시공순서	모듈번호	모듈규격 (W * L * H)					수량	모듈중량 (KG)	타임스케줄			비고
										차종	인필시간(분)	조립시간	
2018.9	2층	2-1~4	3200	*	9410	*	2500	4	6,000	11T	360	9:00 ~ 18:00	
2018.9	3층	3-1~4	3200	*	9410	*	2500	4	6,000	11T	360	9:00 ~ 18:00	
2018,9	4층	4-1~4	3200	*	9410	*	2500	4	6,000	11T	360	9:00 ~ 18:00	
2018.9	5층	5-1~4	3200	*	9410	*	2500	4	6,000	11T	360	9:00 ~ 18:00	
2018.9	6층	6-1~4	3200	*	6140	*	2500	4	5,000	11T	360	9:00 ~ 18:00	

그림 2.2.11.45 모듈 인필 계획표

⑤ 모듈러 설치 일정

- ㅇ 조립인원: 1개팀(팀장 8명 운용)
- ㅇ 장비투입: 하이드로 크레인(100ton) 1대
- ㅇ 양중계획

⇒ 자재 양중을 위한 계획은 층별로 구분하여 수립

⇒ 양중 시 안전요원 및 안전도구(신호기, 무전기 등)을 비치하여 사고에 대비

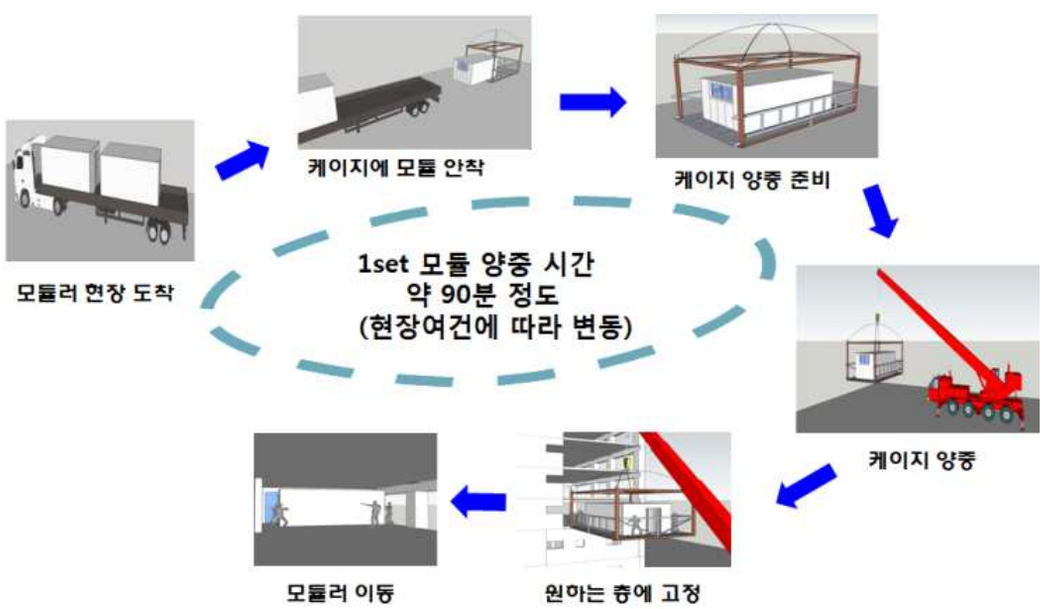


그림 2.2.11.46 인필 모듈러 양중 순서

⑥ 현장 잔여공사 계획

ㅇ 층별 작업 순서: 6층→5층→4층→3층→2층→1층

ㅇ 공종별 순서: 발코니 내부 벽체틀 공사 → 발코니바닥 방수공사 → 바닥 난방공사 → 발코니 및 현관바닥 타일공사 → 유리문 설치 → 전기배선 및 등 기구 설치 → 보일러 설치 → 장판마감 → 가구 설치

(바) 품질 관리 계획

① 품질/표준화 관리계획

표 2.2.11.35 품질관리 단계별 실천계획

단계별 Process		실 천 계 획
1단계	종합시공계획	ㅇ품질목표 : 최우선 경영으로 고품질 확보 ㅇ주요품질관리 공종 선정-구조체/방수/금속/수장 ㅇ표준화 운영 및 실천계획 수립
2단계	기술교육	ㅇ전 공종 실시 ㅇ1단계 수립된 계획 공정진행 순차로 학습회 실시 ㅇ내용 : ①공종별 품질관리 process, ②shop, ③시방서 ④하자사례 연구자료 ㅇ지속 F/B 관리 : 현장별 계획 update
3단계	공종별 시공반영(F/B)	ㅇ업체선정 : 현장설명시 특기조건 반영 ㅇ협력사 시공계획서 (PCM)에 반영 및 교육

① 공장제작 품질관리

ㅇ 모듈 품질관리 목표 및 절차

그림 2.2.11.47 품질관리 목표 및 절차

○ 모듈 품질관리 실천방안

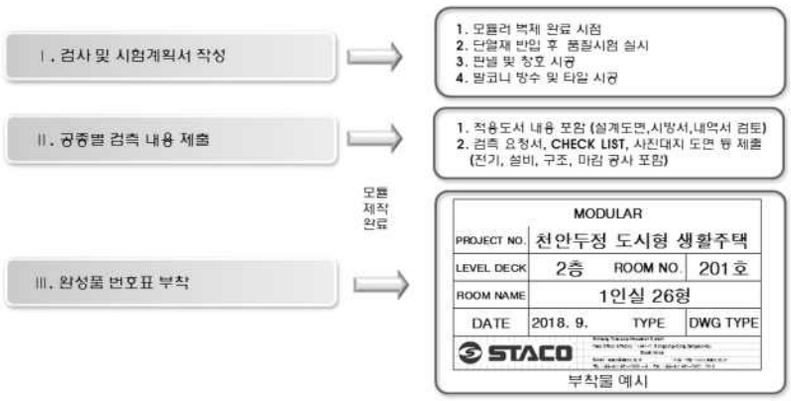


그림 2.2.11.48 모듈 품질관리 방안

② 하자다발 공종 관리방안

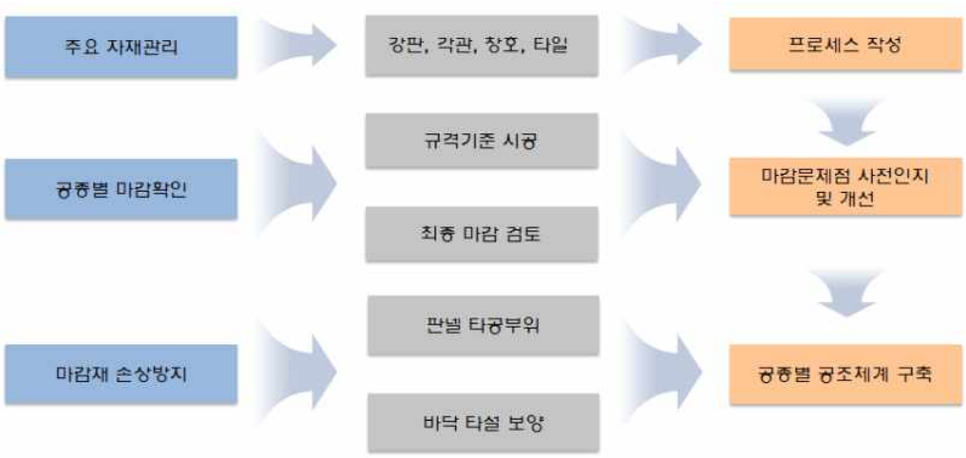


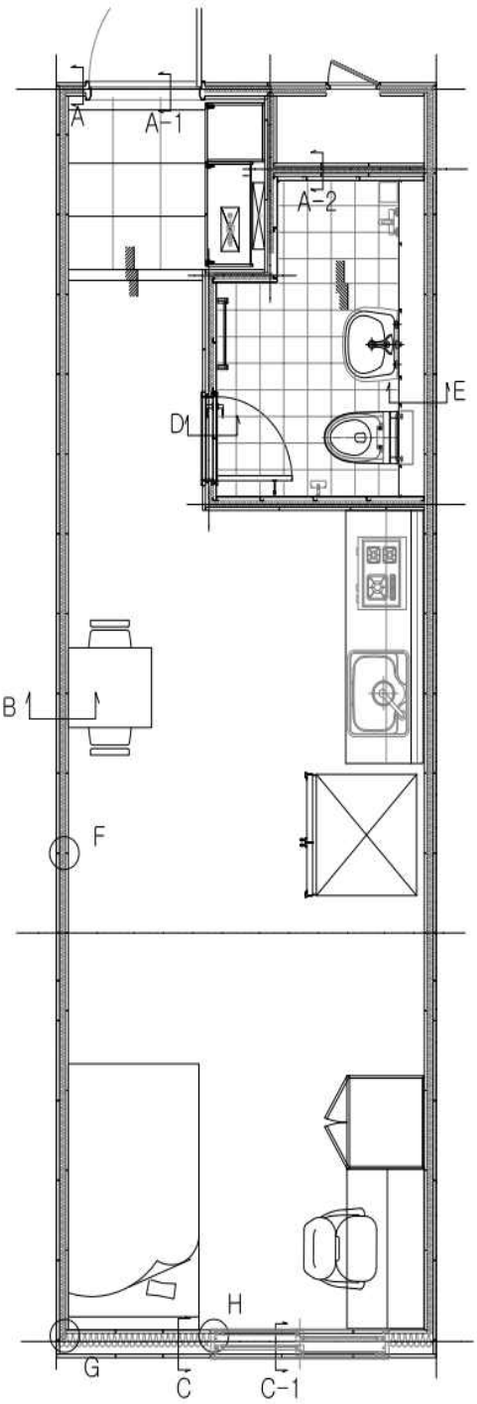
그림 2.2.11.49 주요 하자 품질 관리방안

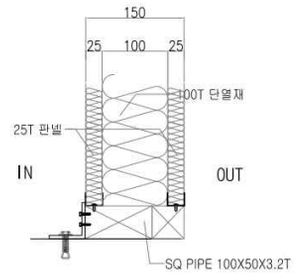
③ 주요하자 사전예방 방안

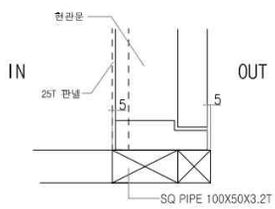
표 2.2.11.36 주요하자 원인 및 대책

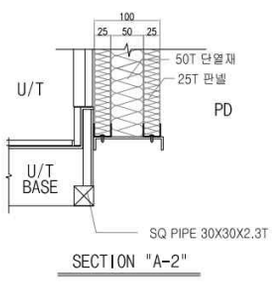
공 종	하자유형	원 인	대 책
타 일	줄눈불량	미숙련공 바탕청소 미비	숙련공 검증 줄 눈 사이 사전 청소
	구배불량	바탕몰탈 시공불량	구배먹매김 타일시공 전 구배체크 LIST작성
	파손/흠집	벽타일 접착제 충진 불량 액세서리 취부 시 파손	접착제 충진 및 자재검수 철저 액세서리 설치부위 사전위치 작성
창 호	개폐불량	문틀 수직, 수평 불량	프레임 설치 기준 준수 SHOP DWG 사전작성 관리 방바닥 미장 전 수직, 수평 재확인
	파손/흠집	자재 운반 시 훼손 모양 불량	교육 및 운반 감독 철저 설치 후 조속 보양
	잠금장치 불량	부착위치 불량	정밀시공 자재검수 철저

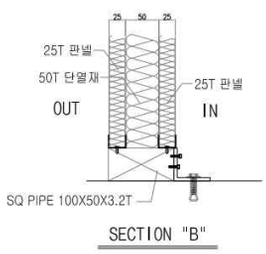
(3) 모듈러 제작 주요 부분 상세도 (26형 기준)

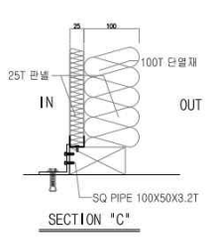


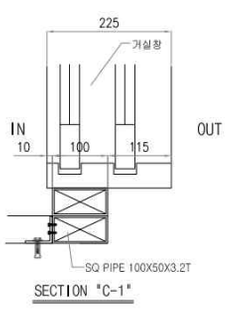


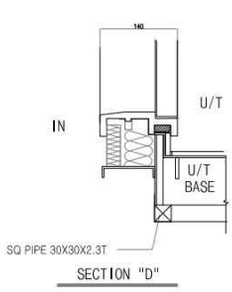


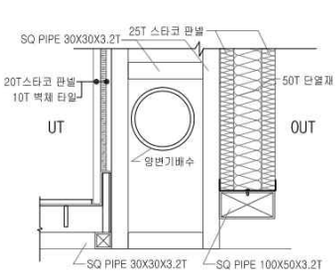


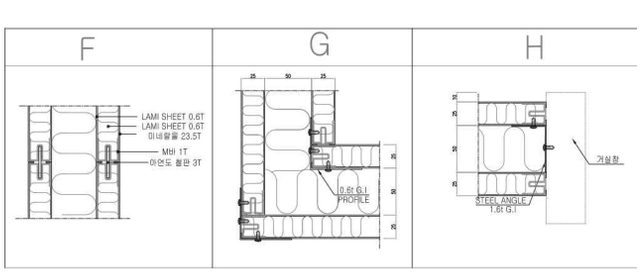






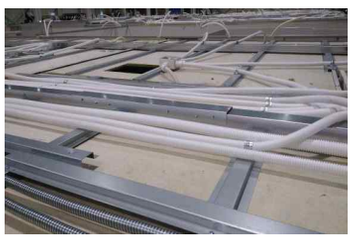




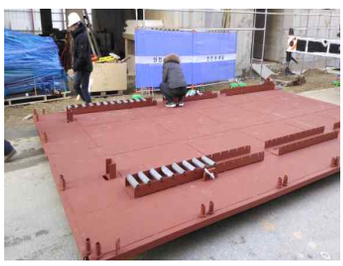
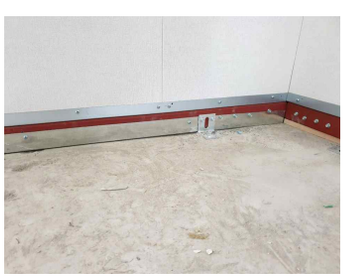
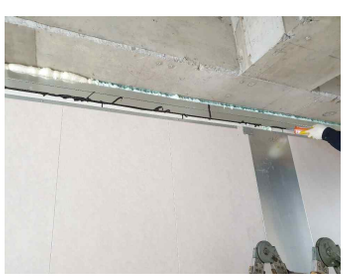


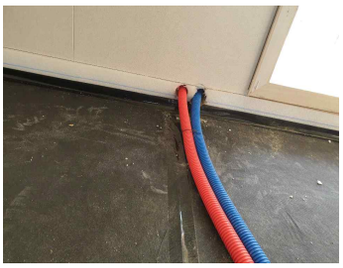
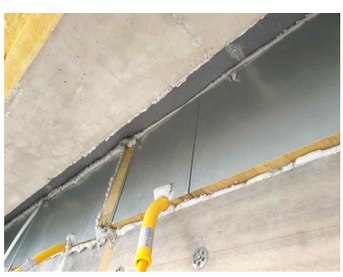
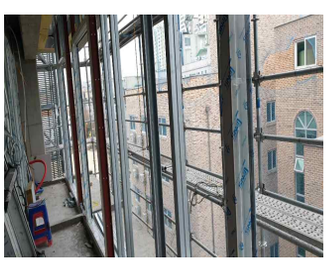
(4) 모듈러 제작 과정 (공장제작)

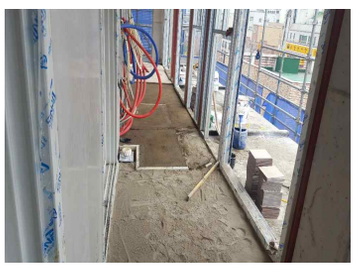
모듈러 베이스 조립	화장실 벽체 조립	욕실문 설치
모듈러 내부판넬 설치	현관문틀 설치	거실창 설치
전기박스 및 배관 설치	급 배수배관 설치	보온핀 설치
단열재 설치완료	경질우레탄폼 설치	외부판넬 설치

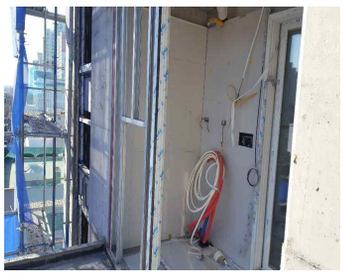
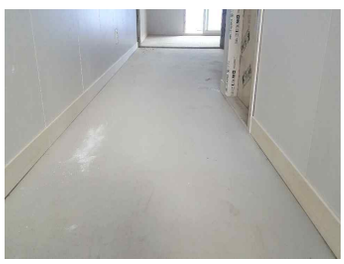
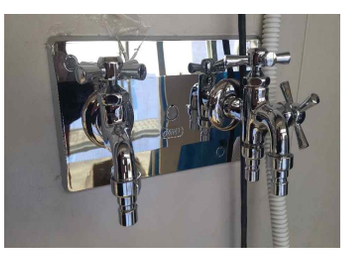
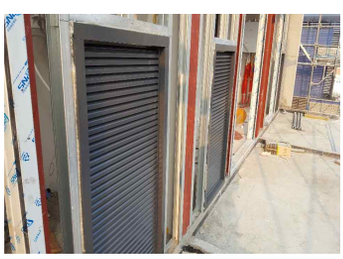
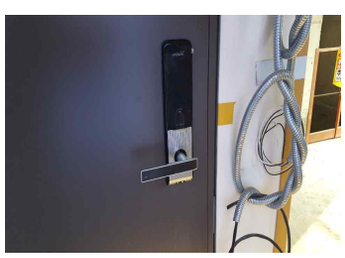
위생도기 및 수전 설치	수압테스트	천장판넬 설치
		
천장판넬 고정	천장 배관 설치(전기)	통합단자함 설치
세대분전함 설치	환풍기 설치	가스배관설치
조명등 테스트(거실)	조명등 테스트(화장실)	포장

(5) 모듈러 제작 과정 (현장 시공)

		
모듈러케이지 준비	모듈러 현장도착	모듈러 하차
케이지에 하차	케이지 양중	케이지 고정
모듈러 인필	모듈러 이동	모듈러 안착
		
모듈러 고정	모듈러상부 방화벽 설치	측면완충재 설치

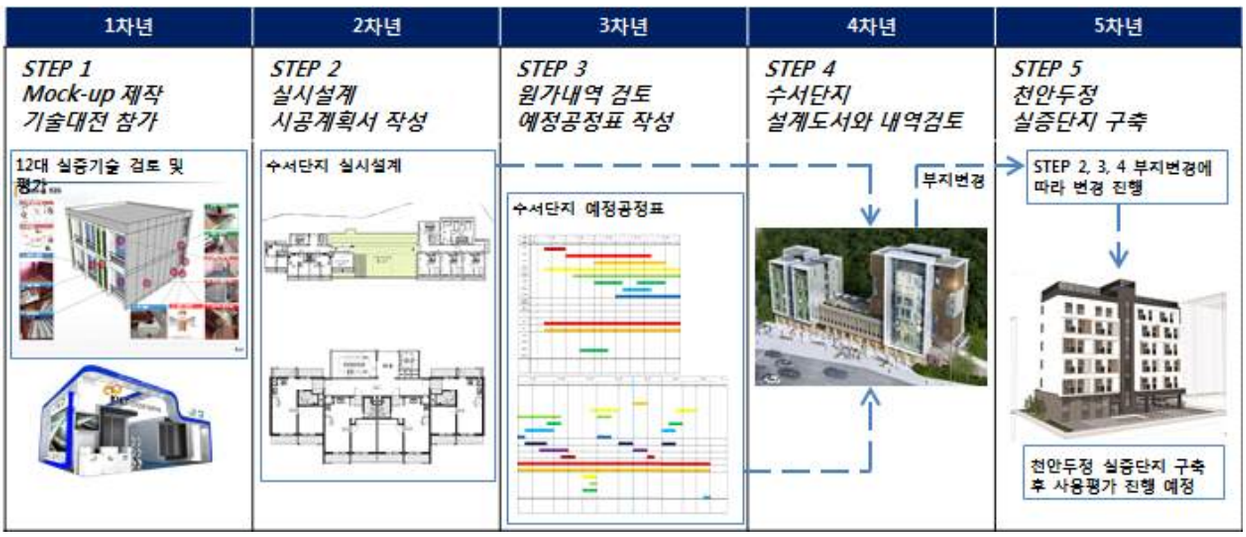
		
바닥완충재 설치	마루굽틀 설치	발코니 배관설치
수도계량기 배관 설치	기포콘크리드 타설	기포콘크리드 양생
		
발코니 상부벽체 설치	복도 상부벽체 설치	3연동 도어 설치
		
발코니 하지틀 설치	난방배관 설치	방열기 설치

계량기함 설치	모르타르 타설	모르타르 양생
주방벽타일시공(26형)	주방벽타일시공(16형)	발코니방수 - 프라이머도포
		
발코니방수 - 시트지 부착	고름 몰탈 작업	발코니 타일 설치
현관 바닥타일 설치	신발장 설치	주방가구 설치

		
발코니 벽판넬 설치	복도 점검구 판넬설치	복도 점검구 설치
		
천장몰딩 설치	걸레받이 설치	바닥장판 설치
		
발코니 수전 설치	발코니 콘센트 설치	세면기타입변경(16형)
		
그릴창 설치(6층만)	보일러 설치	현관도어록 설치

4) 천안실증단지 수요자 맞춤형 골조식 모듈 (금강공업)

■ 전체 연구프로세스



가) 1차년: 실증단지 구축 위한 Mock-up 제작 및 기반조성

연구목표

- 조립식주택 Mock-up 제작 및 시공

연구내용

- Mock-up 설계 및 제작 검토
- Mock-up 제작 및 시공
- BIM 설계적용 Mock-up
- Mock-up 성능평가

최종성과물

- 실증단지 Mock-up 시제품
- 설계도서 1건

(1) 12대 실증기술 검토

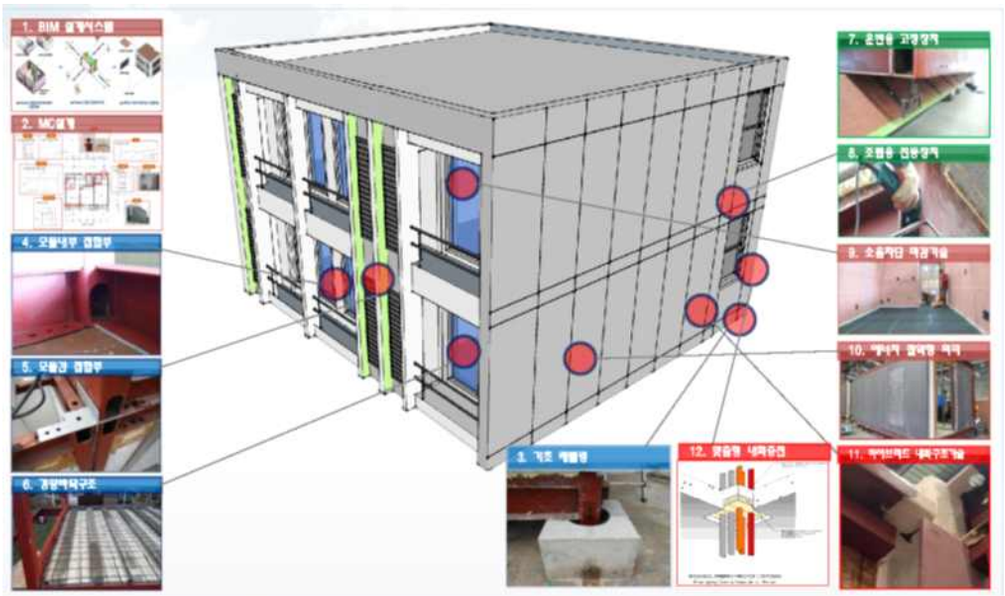


그림 2.2.12.1 12대 실증기술

(2) Mock-up 설계

(가) Mock-up 설계개요

□ 설 계 개 요

사 업 명	수요자 맞춤형 조립식주택 실증단지 MOCK-UP	
건축면적	86.56㎡	
연 면 적	154.86㎡	
용 도	공동주택	
세 대 수	4세대	
구 조	철골조 (모듈러구조)	
층 수	지상2층	
최고높이	6.72M	
주요외장재료	아연도 강판, 스타코플렉스, THK22 투명로이복층유리	
단 열 재	외 벽	THK151 HIP 패널
	지 붕	THK150 우레탄 패널
	바 닥	THK30압출법보온판 +THK110 우레탄 패널
세대별면적	1Mo	17.42㎡
	2Mo	36.08㎡
비 고		

그림 2.2.12.2 Mock-up 설계개요

(나) Mock-up 진행계획 평면도

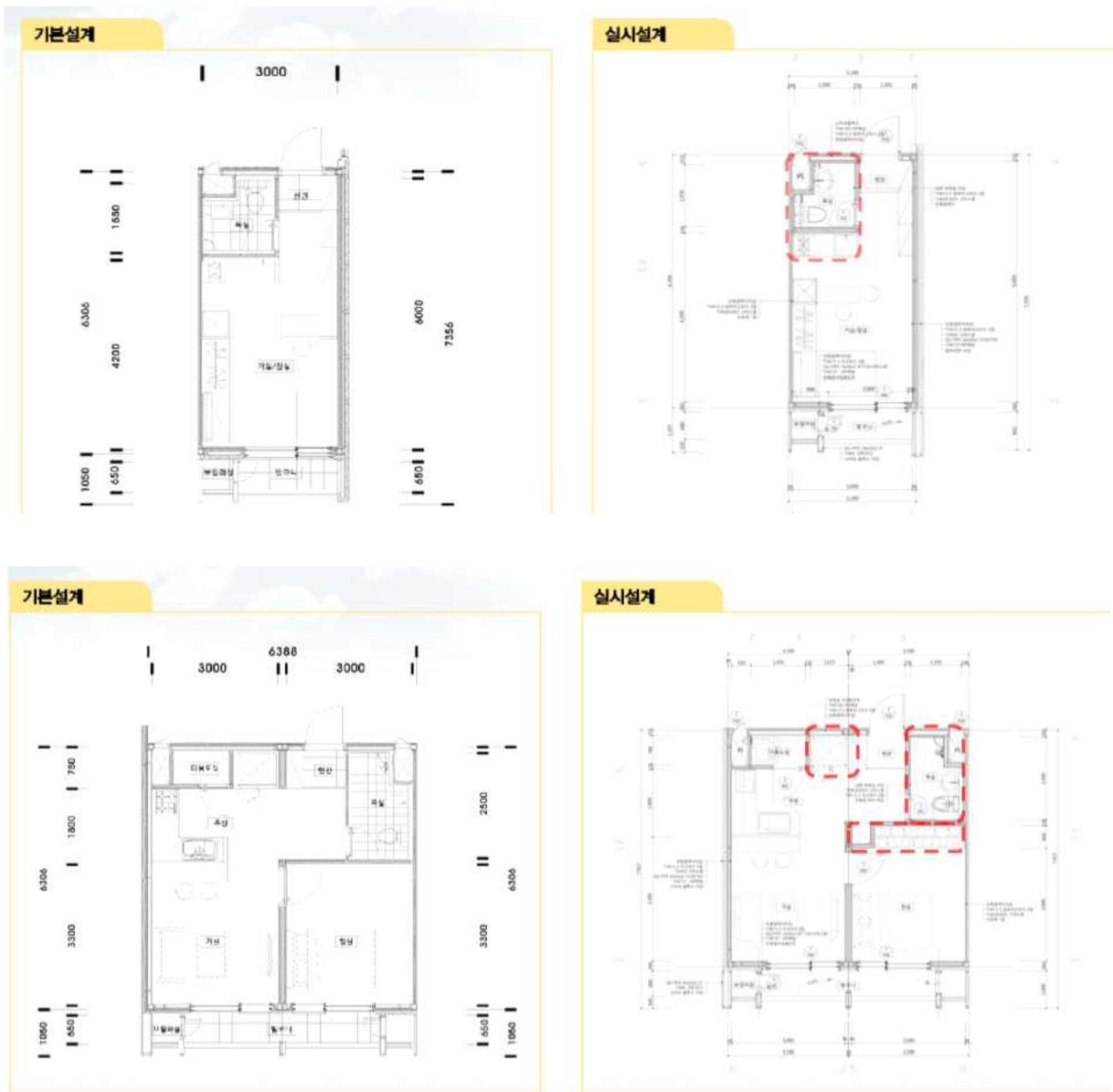


그림 2.2.12.3 Mock-up 진행계획 평면도

(다) Mock-up 진행계획 단면도

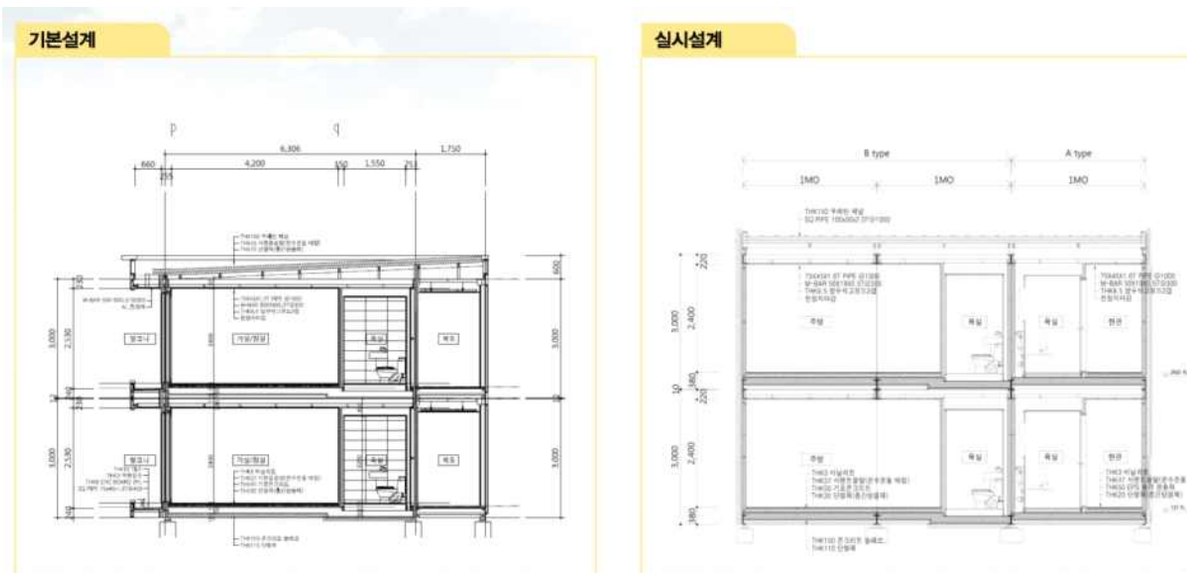


그림 2.2.12.4 Mock-up 진행계획 단면도

(라) Mock-up 진행계획 입면도

그림 2.2.12.5 Mock-up 진행계획 입면도

(3) Mock-up 구축 프로세스(공장제작)

(가) 모듈러 공장제작 단계별 기능에 따른 투입 공정 프로세스 - 건축

그림 2.2.12.6 공장제작 프로세스(건축)

(나) 모듈러 공장제작 단계별 기능에 따른 투입 공정 프로세스 - 전기

그림 2.2.12.7 공장제작 프로세스(전기)

(4) Mock-up 구축 프로세스(현장조립)

(가) 모듈러 공장제작 단계별 기능에 따른 투입 공정 프로세스 - 건축

그림 2.2.12.8 현장조립 프로세스(건축)

(나) 모듈러 공장제작 단계별 기능에 따른 투입 공정 프로세스 - 운반

그림 2.2.12.9 현장조립 프로세스(운반)

(5) 실증단지 실험체 개선안

(가) 발코니 구조재 및 바닥 마감재 검토 필요

① 하중 고려한 경량재로 변경, 마감재 또한 건식, 경량화 필요

(나) 발코니 바닥마감 변경

① 바닥 방수 및 타일 시공으로 인한 습식공사 필요 및 하중 증대

② FRP방수판을 이용한 건식공법 적용으로 단순화 및 중량감소

(다) 모듈상부 외부보양 필요

① 모듈상부 외부보양 필요(합판+비닐)

⑮ 우천 등의 급작스런 상황 발생 시 마감재 손상 등의 피해 발생

(라) 발코니 외부 천장시공 생략

① 발코니 천장마감 생략 검토, 하지도장 등의 노출마감 고려(공정단순화, 비용절감)

(마) 접합모듈 제작방법 변경

① 접합모듈 공장제작시 접합상태 정반배치로 제작진행

② 현장이동 후 조립시 접합부위 단차이 등의 최소화로 마감이 유리

(바) 발코니 난간대 단순, 경량화

① 발코니 난간의 단순, 경량화 필요(실시도면 적용안됨)

② 작업단순 및 경량화, 원가절감 가능

(사) 외장마감의 건식화 필요

① 습식마감으로 인한 접합부위등의 마감지연, 공장제작율 저하

② a외부 작업량 증가로 우천등의 기후영향에 민감

(아) 외단열공법(HIP패널) 문제

① 공법 특성상 내외부 동시작업 불가(제작시간 지연)

② 창호주변 및 좁은 면적 마감 어려움(후속공정 진행에 문제)

(자) 기밀시공 공법 개선 필요

① 기밀시공 비용 증가 및 기밀효과 확인 필요

② 천장 및 벽체 등 각종 부위에 대한 기밀시공 매뉴얼 필요

(차) 최상층 모듈 지붕일체화

① 최상층 모듈 공장 제작 시 지붕트러스 및 지붕판 일체화 검토

② 지붕마감이 빨리 진행될 수 있음(모듈높이 증가로 인한 운송 검토)

(카) 접합모듈 설비배관 검토

① 난방배관 및 온수배관 접합부위 통과

② 바닥 점검박스 등의 시공으로 인한 마감어려움

(타) 전기, 설비 배관공간 확보

① 실내 천장 석고보드 시공시 달대 미사용으로 인한 전기, 설비 배관 통과 어려움

② ㄷ-형강 플랜지 타공등의 문제점 발생

(파) 발코니 배관방법 개선

① 발코니 상부 ㄷ-형강 배관 통과로 인한 부재 타공 및 가공 필요

② 전기, 설비 공종과 사전 도면 협의 필요(타공 위치 및 수량 확인)

(하) 보일러 및 설비배관 검토

① 보일러실 설비배관 집중으로 인한 마감 어려움

② 각종 배관 천장 및 바닥 분리되어 시공(한곳으로 집중 필요)

(거) 설비 층상배관 변경 검토

① 층상배관으로 인한 화장실 바닥높이 높아짐(욕실화 걸림등의 문제 발생)

② 층상배관시 PS실 벽테 시공 및 마감 또한 어려움

나) 2차년: 실증단지 Mock-up 보완사항 도출 및 시공계획 수립

연구목표

- 실증단지 적층형 Mock-up 보완사항 도출에 따른 실시설계 반영 검토 및 시공계획 수립

연구내용

- 수서단지 적층형 Mock-up 보완사항 도출
- 실증단지 실시설계 검토 및 협의
- 실증단지 시공계획(공정, 공사관리, 운송, 양중, 조립계획, CS팀 운영) 수립
- Mock-up 보완사항 수정 실시 설계 반영

최종성과물

- 실증단지 시공계획서
- 조립 가이드판 디자인 등록

(1) Mock-up 제작을 통한 실증단지 검토

(가) 실증단지 적층형 Mock-up 보완조치

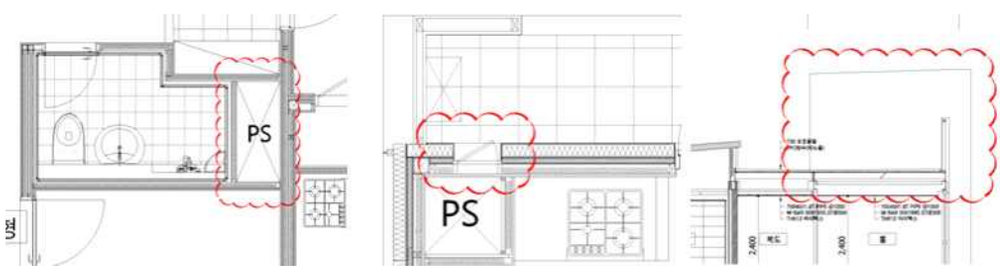
① 난방 효율 및 에너지 소비량 점검관련 난방 실시(일부 배관 동파로 인한 실험지연)

② 기밀, 차음, 열교 관련 실험대비 난방 및 마감상태 점검(1월 9일 기밀, 차음 실험실시, 열교부위 측정)

(나) 실시설계 관련사항 검토

① 기본설계 도면 검토

- 시공분야 : 설비배관 시공시 PD OPEN부위 협소 / 36B형 화장실측(3층 홍보관) PD 문 설치여부 / 복도와 공용부위(계단실, E/V 홀) 조립 / 데크와 모듈러 경계 기초 / 최상층 지붕마감 등
- 구조분야 : 1~2층 데크 공용부위와 3층 모듈러 구간의 공용부위의 시공형태(RC와 철골조 또는 전체 RC) / 데크 최상층 모듈러 기초부분(기존 Mock-up의 기초적용 여부)
- 기본설계 관련사항 검토



Door 누락　　Door 폭 협소　　마감재 불명확

그림 2.2.12.10 기본설계 관련사항 검토

(다) 실증단지 시공 예상 공사비 견적

① 1차 견적 금액 : 1,981,100,000원(V.A.T 포함) / 345평 기준 → 평당 약 574만원 계상
- 1/5일 추가사항 미적용 / 3층~최상층 모듈러 공사분(계단실, E/V, 홀 포함-모듈)만 산출
- 전기, 기계공사분은 Mock-up기준으로 산출

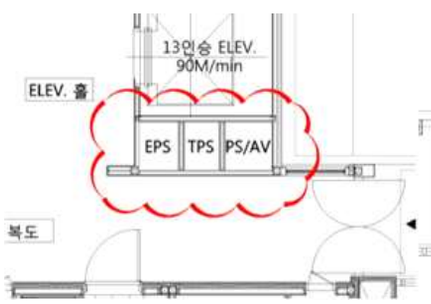
② 1/13일 견적관련 협의
- 1/5일 추가사항 적용후 산출(추후 연구비 16억 지급예정)
- 1/27일 추가사항 반영된 견적 협의예정(견적 상세산출 진행중)

(라) 실증단지 시공계획 수립
- 진행상황에 맞는 일정수립 후 시공계획서 작성전 협력사와 조율
- 사업승인신청 지연에 따른 변경 예정공정표 작성예정

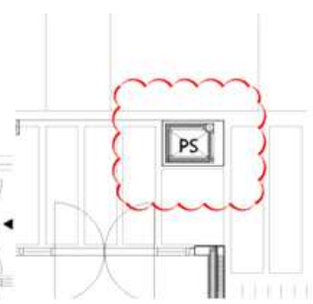
(2) 실증단지 수서 적층형 기본설계 및 변경 적용사항

(가) 기본 설계도서 검토

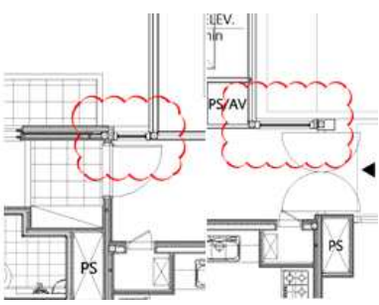
① 평면 : 36B형 PS실(화장실측) Door위치, 복도 BOX모듈 또는 판형, PS Door 폭, EPS 외 점검 Door, 주민지원센터 앞 PS 점검 Door, 공용실 좌우측 복도면 벽체 창호, 최상층 옥상부위 마감, 발코니바닥 Slope에 따른 유가위치, 내화 기둥, 보 시공에 따른 마감면 외



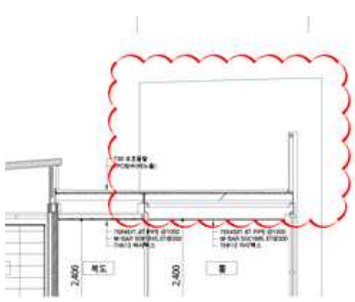
EPS 외 점검 Door



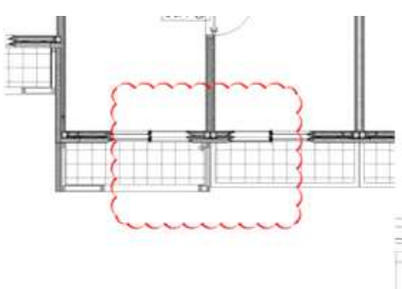
홍보실 앞 PS 점검 Door
창호



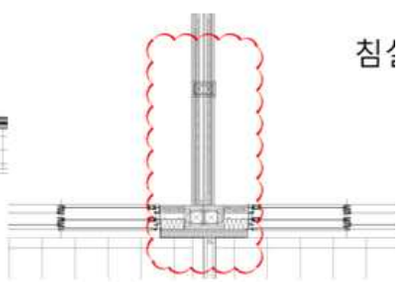
복도 좌우측 외부



최상층 옥상부위 마감



세대 발코니 바닥 유가 및 Slope



내화벽체 적용 내부 마감

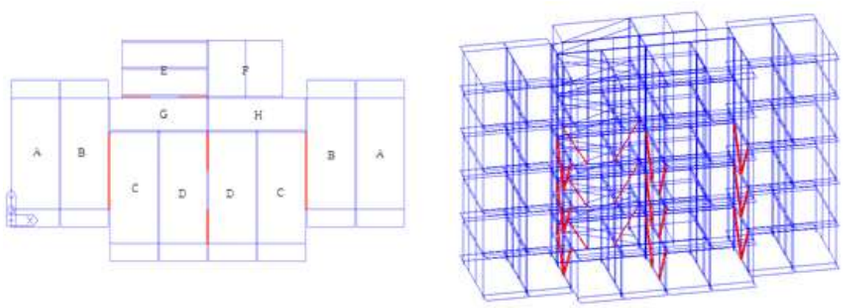
그림 2.2.12.11 기본 설계도서 검토(평면)

② 입면 : 외부 외단열 마감공법(HIP패널+칼라강판&벽산이노코트화재관련), 발코니 난간대 고밀도 목재패널부분, 외부 계단실 THK10 강화유리 마감재 외

외단열마감공법(드라이비트) 발코니 난간 고밀도 목재패널 외부 계단 커튼월 유리규격

그림 2.2.12.12 기본 설계도서 검토(입면)

③ 구조 : 36B형과 A형 측면 기둥부위와 보부위 고정, 복도 및 공용부위 RC구조 또는 E/V RC구조 병행, 장보방향 샛기둥 추가 및 브레이스 사선적용, 내화 적용관련 샛기둥 및 브레이싱을 주 구조부재로 적용 외



보 부재와의 교차부위 접합 장보방향 색기둥 및 브레이싱 적용

그림 2.2.12.13 기본 설계도서 검토(구조)

(3) 실증단지 수서 적층형 공사비 내역

① 1차 내역 금액 : 2,338,700,000원(매입세_직접재료비*10%기준) / 평당 7,044,277원(332평기준)

ㅇ 내역사항

- 모듈수량 총 64UNIT(세대 40UNIT, 복도 12UNIT, E/V 6UNIT, 계단 6UNIT)
- 옥외 및 내부공용부위 배관, 인입비, 배선공사 / DECK 조경공사 / E/V공사 포함
- 소방법관련 5층 이상 6층부터 7층(2개층) 포함
- 내화도료 2hr로 적용

② 2차 내역금액 : 2,004,100,000원(매입세_직접재료비*10%기준) / 평당 6,034,992원(332평기준)

ㅇ 내역사항

- 1차 견적사항 4개항목과 동일 적용
- 공용부위 공동 부담분(옥외 및 공용부위 배관 외, DECK 조경공사) 당사 51%, STACO 49%로 적용
- 타일공사 외 6공종 일부 항목 대체아이템 변경 및 대량생산 노무비 절감방안 적용

(4) 실증단지 수서 시공관련 검토사항

(5) 서울시 사업승인에 따른 마감사양이 높은 상태임(공사비 절감방안 모색중)

(가) 에너지효율등급, 녹색건축물인증, 신재생에너지 등 적용된 아이템 협의필요

(나) 변경 가능한 항목을 대체 아이템으로 적용 가능여부 협의필요

(다) 기본건축분야

① 계단실 마감 : 테라죠타일 ⇒ 디럭스타일 변경 / 계단 STEP판 THK4.5 ⇒ THK 6 변경
② 지붕마감 : THK150 우레탄패널(난연2급) ⇒ THK225 EPS패널(난연2급) 변경
③ 외장마감 : 외단열마감공법(HIP=1200) ⇒ 마스터판넬(THK0.5+THK12.5석고보드) 변경
④ 공용부마감 : 걸레받이용페인트(세라믹) ⇒ 걸레받이(스틸, THK0.4 BLACK) 변경
⑤ 외부마감 : 커튼월, 베이스패널, 고밀도 목재패널 부위

(라) 구조분야

① 구조부재 내화적용시 샛기둥 및 가새부분 추가(횡력에 의한 보강부재)
② UNIT 조립 연결부위 플레이트 변형(+자형, T자형)
③ 복도 PC바닥 구조 적용(PC판 + 철근배근 + 전단연결재 + 단열재 + 콘크리트 타설)
④ 주각부 매입형 기초 적용(Mock-up 시공건과 동일)
⑤ 기둥부재 마우스홀 미시공(보 볼팅 및 보와 기둥면 용접)

(마) 기계분야

① 신재생에너지 관련 빗물저류조 및 처리시스템 적용
② 소화시설 관련 스프링쿨러 및 저수조, 자동제어 시스템 적용
③ 고층에 따른 부스터펌프(인버터) 적용
④ 지상부 옥외 공용배관, 인입비 및 원상복구 비용 적용
⑤ 화재 및 소방시설관련 간이완강기, 소화기, 자동확산소화기, 자동식소화기, 옥내소화전 적용

(바) 중점사항

① 공용부위 계단 및 E/V, 복도부분 RC조 적용 검토중 (적용시 UNIT, 내화, 조립, 마감 등 공종별 3~7%정도 절감예상)
② 공용부위 계단 및 E/V, 복도부분 RC조 적용 검토중 (적용시 UNIT, 내화, 조립, 마감 등 공종별 3~7%정도 절감예상)
③ 공용부위 계단 및 E/V, 복도부분 RC조 적용 검토중 (적용시 UNIT, 내화, 조립, 마감 등 공종별 3~7%정도 절감예상)
④ 12대 실증기술 적용관련 시공부위 및 방법 KICT와 연계하여 검토중 (현재 구조와 건설관리분야 협의중)
⑤ 세대 평면변경 대안(2타입) 검토중 (DMP와 협의중)
⑥ 구축계획서 작성중 (시공계획서 작업 병행)

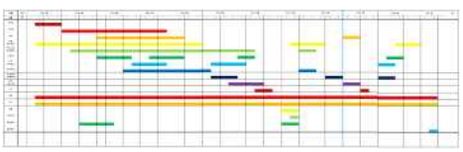
다) 3차년: 실증기술 적용 도서 및 12대 실증기술 검토, 공정관리계획 수립

연구목표

- 실증기술 적용 실시설계도서, 원가내역 및 12대 실증기술 검토
- 실증기술 적용 제작 및 시공관련 공정, 품질관리계획 수립

연구내용

- 수서단지 A동 실시설계도서 및 원가내역 검토
- 수서단지 A동 12대 실증기술 적용 검토
- 수서단지 A동 시공관련 공정 및 품질관리 계획 수립



최종성과물

- 실증기술 적용 수서단지 원가내역서
- 실증기술 적용 수서단지 예정공정표

(1) 실시설계도서 및 원가내역 검토

(가) 실시설계도서 검토

① 공동주택 계획

표 2.2.12.1 공동주택 계획표

A동	구분	B동
측벽: T150(95+45)비드법2종 층간대: T120 미네랄울 외벽: T170(60+100)비드법2종 지붕: T150PIR지붕판넬 바닥: T110PIR우레탄보드	단열계획	측벽: T150(95+45)비드법2종 층간대: T120 미네랄울 외벽: T100비드법2종+T50그라스울 지붕: T160PIR우레탄보드 바닥: T110PIR우레탄보드
보/기둥: T15방화석고보드 2P 세대간벽:T12.5방화석고보드2P 양면 내벽: T12.5방화석고보드2P 양면 외벽: T12.5방화석고보드2P	내화계획	보/기둥: 콘크리트 세대간벽: 스타코판넬 양면 내벽: T12.5방화석고보드2P 양면 외벽: T12.5방화석고보드2P
세대간벽:T12.5방화석고보드2P 양면	차음계획	세대간벽: 스타코판넬 양면
아연도강판 위 파우더코팅 외단열마감공법 베이스패널	주요마감재	아연도강판 위 파우더코팅 외단열마감공법 베이스패널
샌드위치 지붕패널	지붕방수	복합 도막 방수
90m/min 13인승(장애인용)	승강기	90m/min 13인승(장애인용)
난방설비: 개별온수보일러 (온수배관: 모듈별 설치후 현장접합) 가스설비: LNG가스에 의한 난방/취사 소방설비: 스프링클러 모듈별 인입 우수계획: 발코니별 집수하여 우수관연결	기계설비계획	난방설비: 층별 공용 보일러 (온수배관: 현장 배관 시공) 가스설비: LNG가스에 의한 난방 소방설비: 스프링클러 세대별 인입 우수계획: 지붕층우수 저류조로 집수
인입: 모듈별 멀티박스 설치	전기설비계획	인입: 세대별 인입
1층: 우편물수취함+무인택배함 3층: 주민지원센터(방송설비)	부대시설계획	1층: 우편물수취함+무인택배함 3층: 주민회의실(화장실설치) 5~6층: 공동세탁실(세탁기2대설치)
화장실 위생기기: 벽부형 층상배관 보일러: 개별 보일러실 설치 세탁기: 주방에 빌트인설치	단위세대계획	화장실 위생기기: 벽부형(스타코타입) 보일러: 층별 공용보일러실 설치 세탁기: 공용세탁실 설치

② 부대시설 계획

- 1층 : 우편물수취함+무인택배함
- 3층: 주민회의실(화장실설치)
- 5~6층: 공동세탁실(세탁기2대설치)
- 화장실 위생기기: 벽부형 층상배관
- 보일러: 개별 보일러실 설치
- 세탁기: 주방에 빌트인설치

③ 단위세대 계획

- 화장실 위생기기: 벽부형(스타코타입)
- 보일러: 층별 공용보일러실 설치
- 세탁기: 공용세탁실 설치

(나) 원가내역 검토

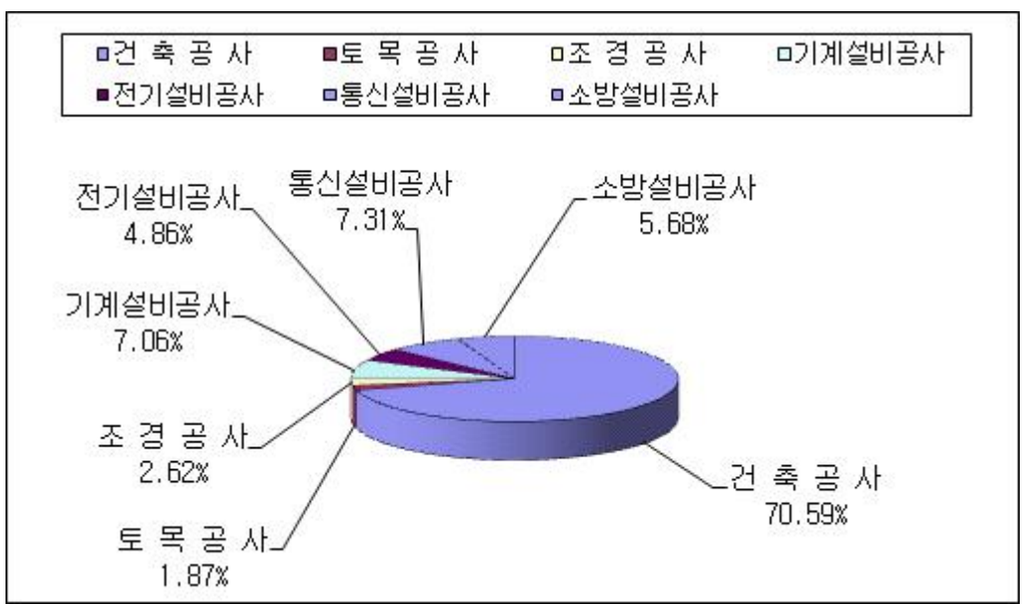


그림 2.2.12.14 원가내역 검토

(2) 시공관련 공정 및 품질관리 계획 수립

(가) 공사관리계획

① 공사관리 목표 및 주안점

그림 2.2.12.15 공사관리 목표 및 주안점

(나) 현장관리계획

① 가설계획

기 본 방 향	• 수서역, 교차로 등 도심지 현장의 특성을 반영한 가설계획으로 민원예방 • 협소한 주변환경에 대응하는 현황 분석을 통한 안전 및 환경 등 종합가설계획 수립

그림 2.2.12.16 가설계획

② 가설 시설물 설치계획

표 2.2.12.2 가설 시설물 설치계획

구 분	세부내용
가설사무소	• 주차장 골조공사 대지에 위치 후 부대시설 완료 후 부대시설을 현장사무실로 활용
현장출입구	• 입•출구 동선분리, 출차 경고등 설치 • 세륜 및 세차시설 운영, 과속방지턱 설치
가설울타리	• 가설울타리 상부 분진망 설치
작업장 야적장	• 작업장 및 야적장은 주차장 골조 바닥 타설 후 작업의 간섭이 없는 위치에 설치
건물외부	• 비계설치 후 비산먼지 방지를 위한 분지망, 낙하물 방지망 설치

(다) 조직구성 및 운영방향

① 조직구성 방향

표 2.2.12.3 조직구성 방향

구 분	조직구성 방향
체계적인 조직	• 발주자 사업 수행조직과 업무연계를 고려한 효율적인 조직구성 • 체계적 조직구성, 적절한 업무분장 • 최적기 인원투입 관리
일체화된 조직	• 조직내 팀 워크 형성 • 능력있는 분야별 관리자 선정 • 조직 갈등관리로 업무능률 향상 • 적절한 교육계획 수립
정보의 공유	• A동, B동 간 공정 및 작업시간 공유를 통한 공사간 간섭 체크 • 발주자, 감리단과의 실시간 정보공유 체계 구축

② 조직운영 방향

표 2.2.12.4 조직운영 방향

구 분	조직운영 방향
팀워크 형성 (의사소통)	• 조직구성원의 역할분담 • 조직관리 능력이 탁월한 관리자 선정 • 생산공장과 현장조직 관리에 적합한 효율적인 의사소통 체계 형성 • 타 조직과의 협력을 위한 수시협의 도모
조직, 갈등관리	• 관리자의 갈등 조정능력 강화 • 각 구성원간 일체감, 사명감 고취를 위한 정기적 교육
운영위원회구성	• A동, B동 간 현안문제 해결 및 본사차원의 지원사항 논의 결정 • 매월 또는 필요시 개최(각 공종 책임자 참석)
내부회의 개최	• 내부 업무협의 및 정보교류, 지시사항 전달 • 각 분야별 책임자로 내부 회의 개체 • 총괄 책임자(현장 대리인) 주재하에 협의체 개체 (현안 발생시)

③ 조직도

그림 2.2.12.17 조직도

④ 직원투입계획

표 2.2.12.5 직원투입계획

구 분		2015년			계
직종	투입인원	2/4	3/4	4/4	
현장대리인	1	3	3	1	7
품질	1	3	3	1	7
안전/환경	1	3	3	1	7
건축	1	3	3	1	7
기계	1	3	3	1	7
전기	1	3	3	1	7
토목/조경	1	3	3	1	7
합계	7	21	21	7	49

(라) 교육훈련계획

표 2.2.12.6 교육훈련계획

구 분	교육내용	교육기관	교육대상	교육방법	교육일정
직무교육	• 기초직무교육, 전문직무교육 • 현장책임자 심화/양성과정 (공무교육)	건축기술	전직원 (직급별)	집합교육	연1회 정기교육
품질관리	• ISO9001 매뉴얼교육	품질팀	전직원	집합교육	반기 1회
안전관리	• 안전관리와 무재해 달성 관리	안전팀	안전분야, 비상조직분야	집합교육	월 1회
공정	• PERT-CPM 및 시스템 운영 • PMIS, ERP 교육운영	본사 공정팀	신입사원 경력사원	집합교육 및 실습교육	수시

(아) 모듈러 소개 및 제작

① KMC(KUMKANG MODULAR COORDINATION) : 공업화 주택 인정 (2014.5.30.)

표 2.2.12.7 KMC 공법

구 분	주 요 내 용	
KMC 공법	• 2004년 모듈러 공법 연구개발로 시작되었으며, UNIT의 접합, 층간소음, 진동, 모듈러간 정밀시공 등 기존 공법의 문제점을 개선하여 발전시킨 신개념 건축시스템	
특징	• 고강도 접합구조 • 높은 공장제작율 • 운송 최적화 • 최상층 소음, 누수억제	• 기밀성능 확보 • 일체화 바닥구조 • 이중벽 구조 시스템 • 바닥 성능 개선

② KMC 모듈러 UNIT 생산 프로세스

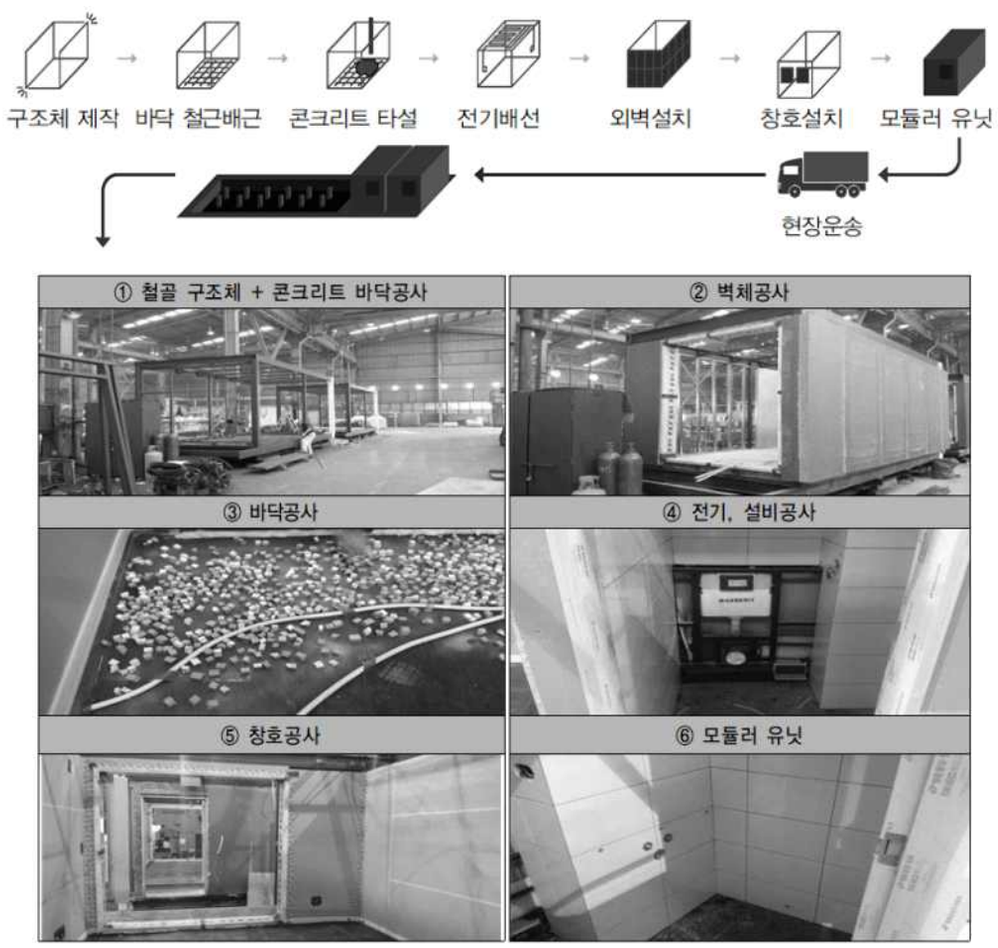


그림 2.2.12.18 KMC 모듈러 UNIT 생산 프로세스

③ KMC 모듈러 공장제작 및 운송계획

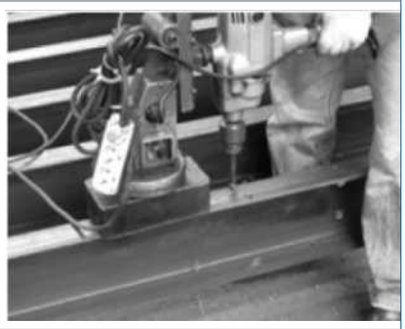
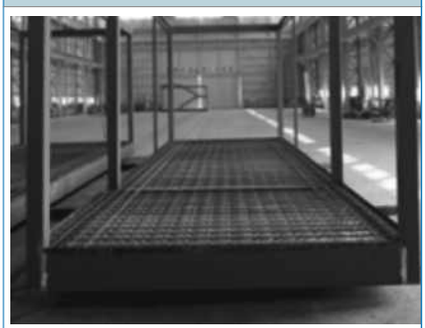
① 자재절단	② 홀 마킹 및 가공	③ 부재 접합
		
• 절곡기, 커팅기	• 드릴 및 펀치	• 태그 용접
④ 부재 용접	**⑤ 모듈러 용접**	**⑥ 철근배근**
		
• 아크 용접	• 수직재,수평재	• 배근간격 확인
⑦ 콘크리트 타설	**⑧ 콘크리트 양생**	**⑨ 전기, 설비 배관 배선**
• 바닥 콘크리트 타설	• 양생, 보온	• 배관, 배선 일체식
⑩ 외부마감	**⑪ 내부마감**	**⑫ 포장 및 운반**
• THK 151 단열판넬	• 내벽, 바닥마감, UBR	• 카고트럭

그림 2.2.12.19 KMC 모듈러 공장제작 및 운송계획

(바) 모듈러 UNIT 운반 및 현장 조립계획

① 모듈러 UNIT 운반계획

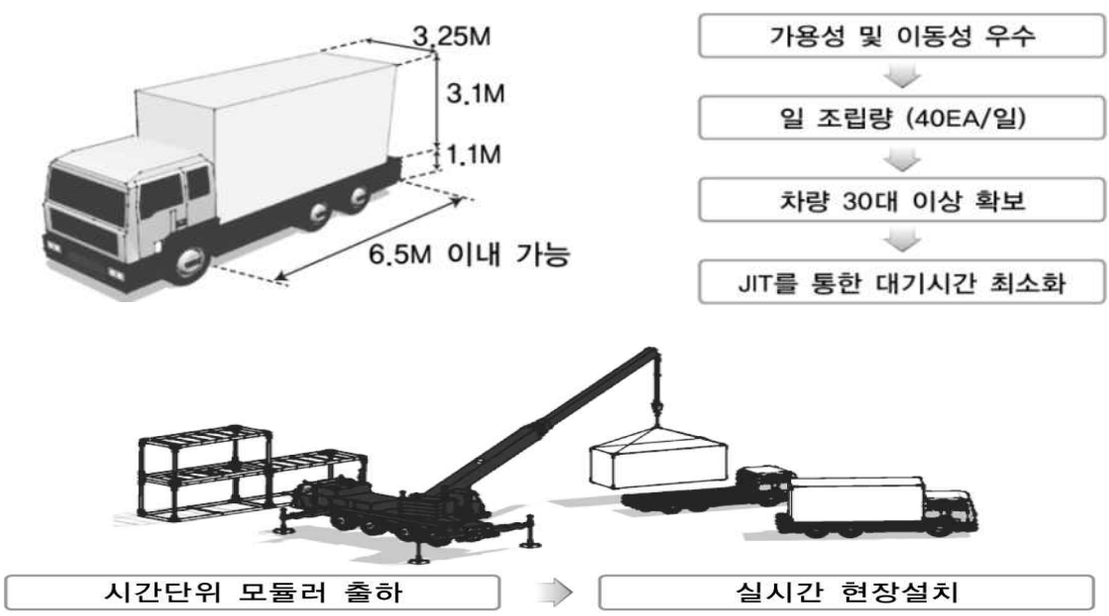


그림 2.2.12.20 모듈러 UNIT 운반계획

② 모듈러 UNIT 현장 조립 프로세스

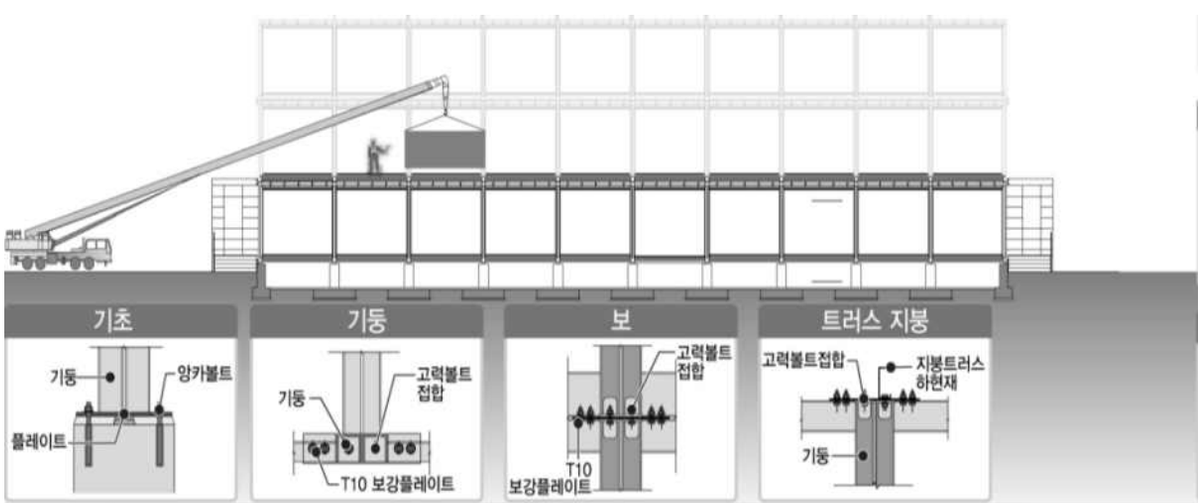


그림 2.2.12.21 모듈러 UNIT 현장 조립 프로세스

③ 모듈러 UNIT 현장 조립계획

그림 2.2.12.22 모듈러 UNIT 현장 조립계획

(사) 교통처리계획

① 진출입로 관리계획

구 분	잔출입로 관리계획
교통통제 최소화	• 교통통제를 최소화하는 교통 처리계획 수립 • 광평로(기존 주차장 진입로)에서 진입하여 우회전 진출
안전성 확보	• 일방통행 등 기존 도로상황을 반영, 교통흐름을 계획
안전표지판 설치	• 진입로 등 현장여건에 부합되는 현장안전표지판을 적정 위치에 설치(동일표지, 규격과 색상을 통일)
신호수 배치	• 주차장과 주도로가 접속되는 위치에 신호수 배치 • 공사현장 외곽 협소한 주변도로에 신호수 배치

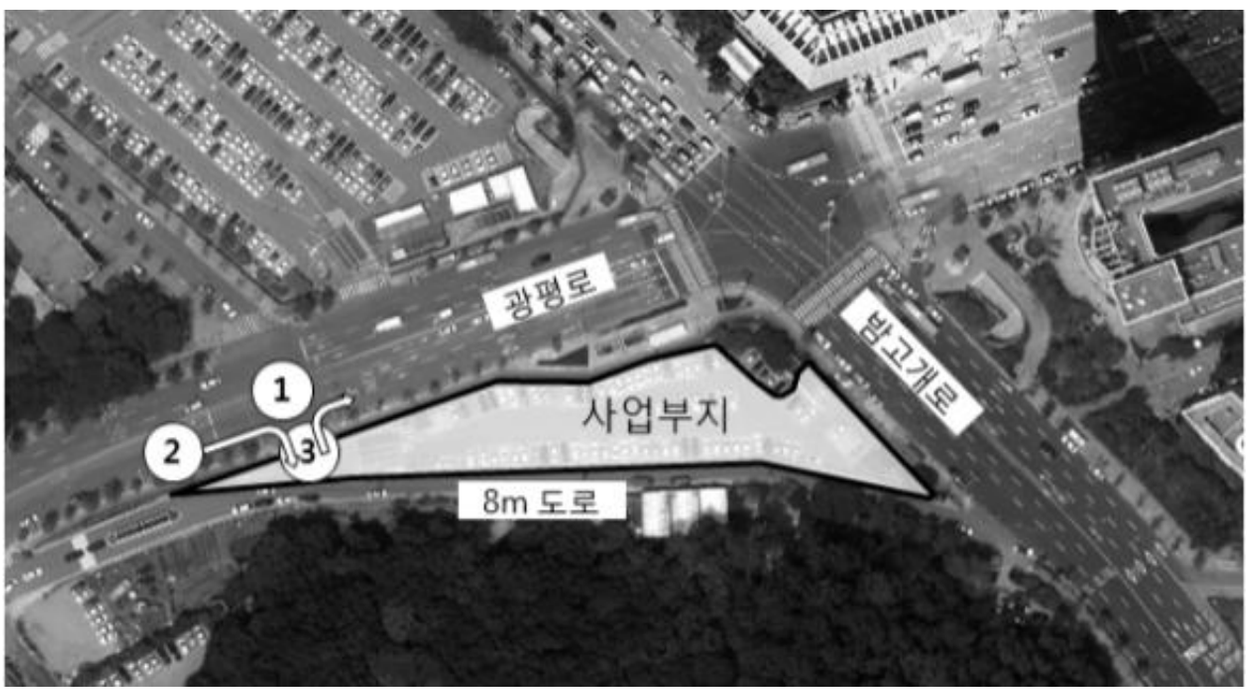


그림 2.2.12.23 진출입로 관리계획

② 교통시설물 설치계획

① 교통안내표지판	② 교통신호수	③ 과속방지턱
• UNIT 등 자재 및 장비 반입시 진출입구 교통안내표지판 설치	• 일반차량, 보행자의 교통안전를 위한 교통신호수 배치	• 작업차량의 진출입 안전을 위한 출입구에 과속방지턱 설치

그림 2.2.12.24 교통시설물 설치계획

(아) 하도급 관리계획

기 본 방 향	• 철저한 하도급 관리 및 평가를 통한 공사관리 극대화 도모 • 사후관리 강화 ➜ 우수 협력업체의 발굴, 육성 및 사후관리 기능

업 체 선 정	선 정 의 뢰	현 장 설 명	견 적 접 수	견적서 개봉
• 경쟁 입찰방식	• 현장, 담당 경유 • 추천업체 추천서 임원 결제	• 동일 동시 시행 (현장 주관)	• 지정일자 접수 (필히 동봉)	• 현장 개봉 및 업체 통보

그림 2.2.12.25 하도급 관리계획

① 주요 하도급 대상공사

표 2.2.12.8 주요 하도급 대상공사

구 분	세 부 항 목
골조공사	• 콘크리트타설, 철근배근, 거푸집 설치, 앵커설치
마감공사	• 방수공사, 타일공사, 창호공사, 내장공사, 외장공사, 인테리어공사
설비공사	• 위생설비, 가스설비, 소방설비
전기공사	• 배선배관공사, Cable Tray공사, 전동, 전열공사, 통신공사

② 협력회사 평가

표 2.2.12.9 협력회사 평가

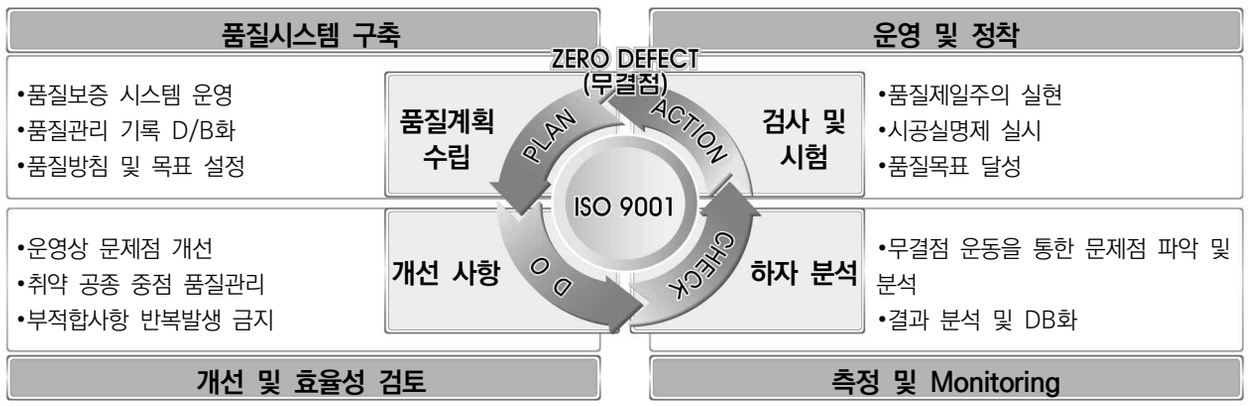
평 가 관 리 목 적	• 외주업무 프로세스 합리적,효율적으로 수행 • 우수한 협력업체 선정, 시공품질 향상 도모

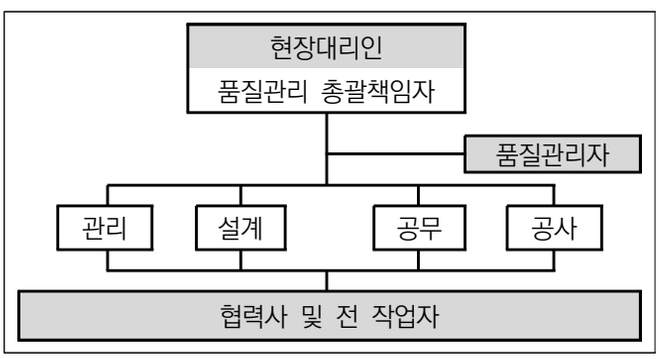
구 분	평 가 항 목	배점	평 가 내 용
현장 및 본사	안전관리	25점	• 안전시공(정리정돈, 신규채용자 교육, 작업공정 회의 등) • 관리적 사항(개인보호구, 안전관리비, 근로자 건강관리 등) • 기술적 사항(붕괴/도괴 방지, 추락방지 등)
	품질관리	25점	• 품질의식, 환경관리, 관리적 사항
	환경관리	25점	• 환경의식, 환경관리, 관리적 사항
	시공관리	25점	• 공정관리, 성실도, 현장관리

(3) 품질관리 목표 및 주안점

그림 2.2.12.26 품질관리 목표 및 주안점

(가) 품질관리 CYCLE





구 분	업 무 분 장
현 장 대 리 인	• 현장의 품질방침/목표제시 • 현장 품질활동 책임
품질관리 책 임 자	• 현장대리인을 보좌 • 품질계획서 작성 및 검토
행정관리 책 임 자	• 품질계획 이행 • 자재, 노무, 홍보, 민원관리
공 사 책 임 자	• 시공계획 및 작업절차 이행/관리 • 협력업체 관리
품질시험 실 장	• 품질관련 활동계획 수립/이행 • 검사 및 시험계획 수립/이행

그림 2.2.12.27 품질관리 CYCLE

(4) 품질활동 계획

(가) 품질교육계획

표 2.2.12.10 품질교육계획

구 분	세 부 교 육 내 용	교육시기	교육대상	교육기관
품질 Risk	• 품질 Risk 발견시 대처방안 • 공사공정과 연계한 품질방안	연2회	품질관리자	현장대리인
품질관리	• 품질관리 P → D → C → A Cycle의 이해 • 공종별 품질관리 계획	연3회	공사관리자	시험실
공종별 품질관리	• 공사 공정에 따른 품질확보 방안 • 우기시, 강설시, 동절기, 하절기 품질확보 계획	연3회	공사관리자 협력업체	현장대리인 시험실

(5) 품질경영 시스템

(가) 건설공사 정보

표 2.2.12.11 건설공사 정보

목적	• 공사와 관련된 일반현황 및 계약내용의 명확화
적용범위	• 현장 조직원의 계약 내용에 대한 교육과 이해, 현장 품질방침 수립

구 분	책임 및 권한	공사개요
품질경영 대 리 인	• 공사관련 현황 및 계약 내용의 공지	•대지면적 : 3,070.50㎡ •건축면적 : 1,512.66㎡ •건축규모 : A동 7층, B동 6층 •구 조 : 콘크리트 PC조(주차장) 모듈러시스템(주동)
현 장 대 리 인	• 현장 현황 및 계약 내용의 확인 및 품질관리 계획 수립	
현장품질 관 리 자	• 현장 품질시험계획 수립 및 조직원의 교육	

(나) 현장 품질방침 및 품질목표

표 2.2.12.12 현장 품질방침 및 품질목표

목적	• 고품질 실현의 기본 틀과 방향 및 요건을 제시
적용범위	• 품질경영에 대한 현장 조직원 의식고취 및 교육에 적용

구 분	책임 및 권한	품질목표
현장 대리인	• 현장의 품질방침 및 목표 제시	•품질 제일주의를 통한 최고의 고객만족 실현
공무 담당자	• 품질교육 계획 및 품질방침의 준수여부 관리	

(다) 현장조직관리

표 2.2.12.13 현장조직관리

구 분	책임 및 권한	조직도
품질경영 대리인	• 현장의 품질방침 및 목표 제시	본 사 / 현 장 품질경영대리인 / 현장대리인 품질안전팀장 품질관리담당 / 품질시험담당 공사 / 공무 / 관리
현장 대리인	• 품질교육 계획 및 품질방침의 준수여부 관리	
현장 공무 담당	• 현장의 품질방침 및 목표 제시	
품질 시험 담당자	• 품질교육 계획 및 품질방침의 준수여부 관리	

(라) 문서관리

표 2.2.12.14 문서관리

목 적	• 품질관리시스템을 효율적으로 운영하기 위한 관련조직 구성 및 책임과 권한의 명확화
적 용 범 위	• 품질관련 조직과 개인의 책임과 권한에 대하여 적용

구 분	책임 및 권한	업무절차
현장 대리인	• 문서의 작성, 검토 및 승인이 해당 절차 전결에 따라 수행됨을 확인	문 서 작 성 승인 및 발행 문 서 배 포 문 서 개 정 Filing 개 정
품질 관리자	• 품질관련 문서의 작성, 등록, 평가, 개정 관리 및 검토업무 수행	
공무 / 공사 담당자	• 모든 문서가 식별될 수 있도록 파일관리	

(마) 기록관리

표 2.2.12.15 기록관리

목 적	• 품질기록의 효율적 보관 및 보호를 위한 체계적 관리절차 및 기록방법 절차 수립
적 용 범 위	• 당 현장에서 발생하는 품질기록의 식별, 보관, 보호, 처분, 기밀유지 등 관리업무에 적용

라) 4차년: 실증기술 적용 수서단지 A동 모듈 제작 및 시공

연구목표

- 실증기술 적용 수서단지 라멘식 적층형(A동) 모듈의 공장제작 및 현장시공, 품질관리 및 공정관리

연구내용

- 수서단지 라멘식 적층형(A동) 모듈 공장제작 및 품질관리
- 수서단지 라멘식 적층형(A동) 현장시공 및 공정관리
- 수서단지 라멘식 적층형(A동) 12대 실증기술 적용
  (구조, 내화, 환경, 건설관리분야)

최종성과물

- 수서단지 라멘식 적층형 공장제작/품질관리계획서/ 시공계획서 1건

(1) 시공계획서 작성

(가) 공사개요

① 설계개요

표 2.2.12.16 설계개요

구 분	공 사 개 요		
공사명	수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축		
대지위치	서울시 강남구 수서동 727번지		
지역/지구	도시지역, 제2종일반주거지역, 지구단위계획구역(수서택지개발지구), 도시철도, 주차장		
대지면적	3,070.50㎡		
도로현황	북동측 35m, 북서측 35m		
용도	공동주택(도시형생활주택 원룸형)		
세대수	44세대(1인실 : 16세대, 2인실 : 19세대, 소호형주택 : 9세대)		
건축면적	1,374.05㎡		
연면적	3,385.61㎡		
건폐율	44.75% (1,374.05 / 3,070.50×100)	: 법정 60%	
용적율	776.57% (2,350.96 / 3,070.50×100)	: 법정 250%	
건축규모	A동 : 지상 7층, B동 : 지상 6층	: 법정 지상7층 이하	
주요구조	콘크리트 PC조(주차장), 모듈러 시스템(주동)		
최고높이	27m		
주차대수	공 용 주 차	공영주차장 주차대수	81대
	세 대 주 차	(22×0.5) + (22×0.6)=24.2	25대
	합계		106대
조경면적	• 580.53㎡ (18.91%) : 대지면적 15%		
공개공지	• 해당사항 없음		

그림 2.2.12.28 조감도

② 층별면적

표 2.2.12.17 층별면적

구 분		A동			B동			공영시설		합계	
		층면적(㎡)	용도	세대수	층면적(㎡)	용도	세대수	층면적(㎡)	용도	층면적(㎡)	세대수
지상층	7층	214.44	주호	4	-	-				214.44	4
	6층	214.44	주호	4	251.14	주호	8			465.58	12
	5층	214.44	주호	4	251.14	주호	8			465.58	12
	4층	214.44	주호	4	251.14	주호	5			465.58	9
	3층	202.97	주호, 공용	3	251.14	주호	4			454.11	7
	2층	33.62	공용	-	37.82	주거, 오피스		959.99	주차장	1,031.43	
	1층	33.62	공용	-	37.82	공용		112.79	주차장, 근생	187.23	
	지하 1층	-	-	-		공용		104.66	주차장, 근생	304.66	
합계		1,127.97		19	1,080.2		25	1,177.44		3,385.61	44

③ 현장위치도

그림 2.2.12.29 현장위치도

(나) 주요현황

기 본 방 향	• 도로현황, 지장물 분석을 통한 무재해 안전현장 및 고품질 현장 구현 • 현장 주변 환경현황 분석을 통한 문제점 파악 및 공사관리 계획 수립

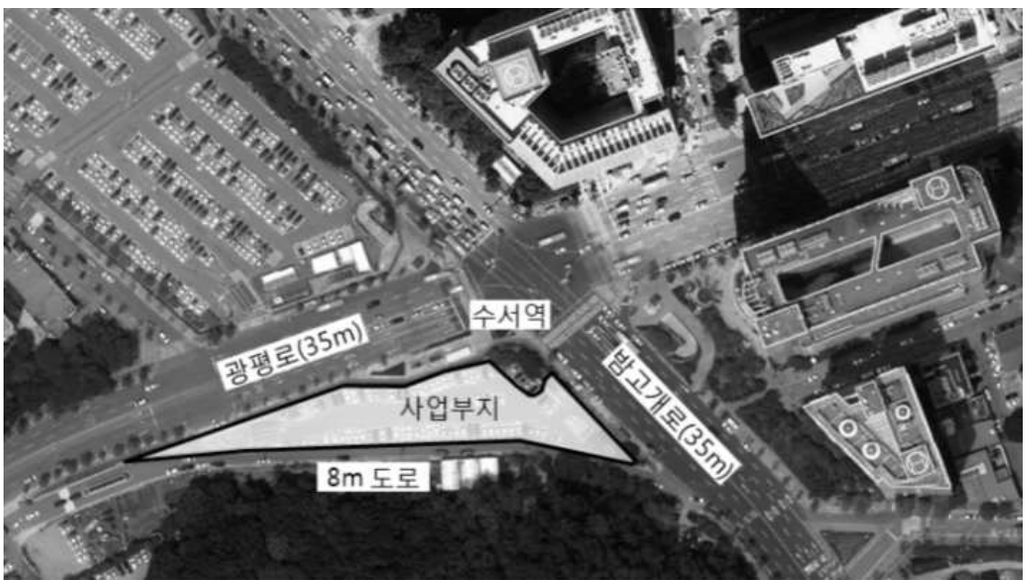


그림 2.2.12.30 주요현황

(다) 현황분석 및 반영계획

표 2.2.12.18 현황분석 및 반영계획

구 분	현황분석	시공반영
광평로	• 북측 35m 도로로 공영주차장 출입구 위치 • 지하철 환기구 2개소, 한전박스 인접 • 인도에 가로수 분포	• 공사차량 진입로 활용 및 서행운전 • 공사중 지하철 환기구 및 한전박스 안전대책 • 보행자 및 가로수 보호대책 수립
밤고개로	• 동측 35m 도로 • 수서역 에스컬레이터 및 버스정류장 인접	• 공사중 지하철 및 버스 이용자 소음, 분진 등 환경 및 안전대책 수립으로 민원 예방
배면 도로	• 부지 남측 위치한 8m 도로 • 화훼단지와 부지 사이길로 임시주차 차량 및 밤고개로 방향 차량의 통행로로 이용 • 화훼단지와 인접하여 전신주 5개 위치	• 공사중 근로자 주차금지로 화훼단지 민원 예방 • 공사중 전신주 단전 및 감전에 대한 보호 대책수립 • 공사중 소음, 진동 등 환경/민원대책 수립

(라) 본사 지원 의사결정 및 기술지원체계 구축

표 2.2.12.19 본사 지원 의사결정 및 기술지원체계 구축

구 분	주 요 내 용
의사결정 및 기술지원 체계구축	• 공종별 특성화된 전문기술력을 바탕으로 지원체계를 구축하여 현장지원 업무 극대화 • 국내외 기술사례 및 시공사례 분석을 통한 기술지원 • 본사 및 국내 기술전문가로 구성된 기술자문단 운영 • 건축, 구조, 기계, 전기 등 각 공종간 협력체계 구축 • 최신 장비 및 시스템 구축으로 효율적 업무수행 • 현장 관리자 및 근로자의 지속적 교육, 훈련으로 시공업무 능력 향상

(2) 인허가관리계획

기 본 방 향	• 공사에 영향을 주는 관련법규 및 규정·조례 등 사전검토하여 원활한 공사 추진 • 대관업무의 처리시기와 내용을 명확히 하여 착공전 조치계획을 수립 및 시행

(가) 관련법규검토

표 2.2.12.20 관련법규검토

구 분	관련법규	검토내용
가 설	• 건축법 • 도로법 • 수도법 • 하수도법 • 전기사업법 • 오수, 분뇨 및 축산 폐수 처리에 관한 법률	• 공사용 가설물 설치신고 • 도로의 점용허가 신청 • 공급규정의 승인 신청 • 배수시설 공작물 설치허가 • 전기사용 허가 • 정화조 설치 및 오수처리시설 설치 신고
안전	• 고압가스안전관리법 • 산업안전보건법 • 위험물안전관리법	• 고압가스 저장소 설치 및 특정고압가스 사용신고 • 유해, 위험방지계획서 제출 등 건설기계설치 신고 • 위험물저장 및 취급 : 위험물 탱크안전 성능 시험 신청
품질	• 건설기술 진흥법	• 건설공사 품질시험기준
환경	• 소음·진동관리법 • 대기환경보전법 • 폐기물 관리법 • 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률	• 소음·진동관련 특정공사 사전신고 • 대기배출시설(변경)설치 신고 • 비산먼지 발생사업신고 • 지정폐기물 처리 계획서 작성 및 신고 • 비점오염원 설치신고서
기타	• 건설산업기본법	• 사업개시 보고

(나) 인허가 업무처리 흐름도

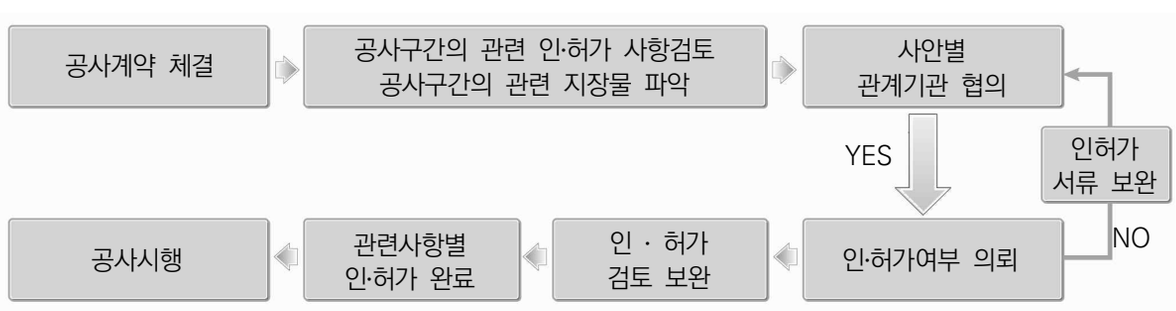


그림 2.2.12.31 인허가 업무처리 흐름도

(3) 인수인계 및 유지관리계획

(가) 인수인계 계획

표 2.2.12.21 인수인계 계획

구 분	주 요 내 용
현장문서 인수인계	• 관리자는 인계할 문서 목록을 발주자와 협의하여 확정 • 관리자는 일괄사업자가 제출한 시설물 유지관리 지침서를 검토하여 공사준공 후 14일 이내에 발주자에게 제출
시 설 물 인수인계	• 예비준공검사 완료 후 14일 이내에 인수인계 일정계획을 수립 • 인수인계 계획서 접수 후 7일 이내에 검토/확정하고 발주자 및 일괄사업자에게 통보 • 일괄사업자와 함께 입회자로서 인수인계 계획서를 검토 및 확인 • 시설물의 인수인계는 준공검사시 지적사항 시정 완료일로부터 14일 이내에 실시

(나) 유지관리 시스템 및 운영계획

유지관리 시스템

- 유지관리 지침서 (Operation & Maintenance Manual)
  - ➜ 시설물의 규격 및 기능 설명 5서
  - ➜ 유지관리 기구에 대한 의견서
  - ➜ 장비운영 사용계획 및 지침
  - ➜ FMS 운영지침 등
- 시설물 통합관리 시스템 (Facility Management System)
  - ➜ 시설물 유지보수, 점검, 설계도면 등 인덱스화된 정보 신속 제공
  - ➜ 유지인력 최소화 및 예방점검
  - ➜ 각종 장비류 체계적 이력관리

유지관리 운영계획

구 분	Before Service(철저한 예방조치)
생애주기 비용분석	• 생애주기 분석에 따른 최적의 대안선정 • 계획단계에서 리스크 사전관리
시 운 전	• 시운전 절차 확립 / Punch List 작성 • 각종 TAB 시험 및 보완 조치
문서관리	• 시운전 결과보고서 작성 • 준공도면 검토, 유지관리 매뉴얼 작성
구 분	After Service(체계적 유지관리 및 점검)
하자업무 절차방안	• 유지보수 기한에 따른 하자처리 • A/S 팀 운영
안전점검	• 철저한 안전점검 및 진단으로 시설물 하자 발견 및 조치
유지관리 프로그램	• 유지관리 직원 훈련 프로그램 • 운영자 훈련 프로그램 시행

그림 2.2.12.32 유지관리 시스템 및 운영계획

(다) 유지관리 추진절차

표 2.2.12.22 유지관리 추진절차

구 분	주 요 내 용
성과요구 수준파악	• 발주자의 유지관리 단계의 요구수준 파악 • 타 조립식주거시설의 사례조사를 통한 요구수준 파악
유지관리 대상업무 분석	• 유지관리 주요대상업무 및 각 분야별 특수성 검토 • 타 조립식주거시설의 유지관리 사례 및 본 사업 적용업무 체계화
조직 및 인원계획 수립	• 통합관리를 고려한 조직 및 인원계획 검토 • 직종/기능별 전문화, 체계화된 조직 구성
유지관리 계획수립	• 건축, 설비, 마감재 등의 점검 및 교체 등의 계획 수립 • 청소, 보안, 위생관리 등의 계획 수립
요구수준 반영 및 모니터링	• 유지관리업무 수행 및 자체점검 실시 • 자체 점검결과 Data-Base화 및 모니터링 실시

(라) 품질확보 및 관리계획

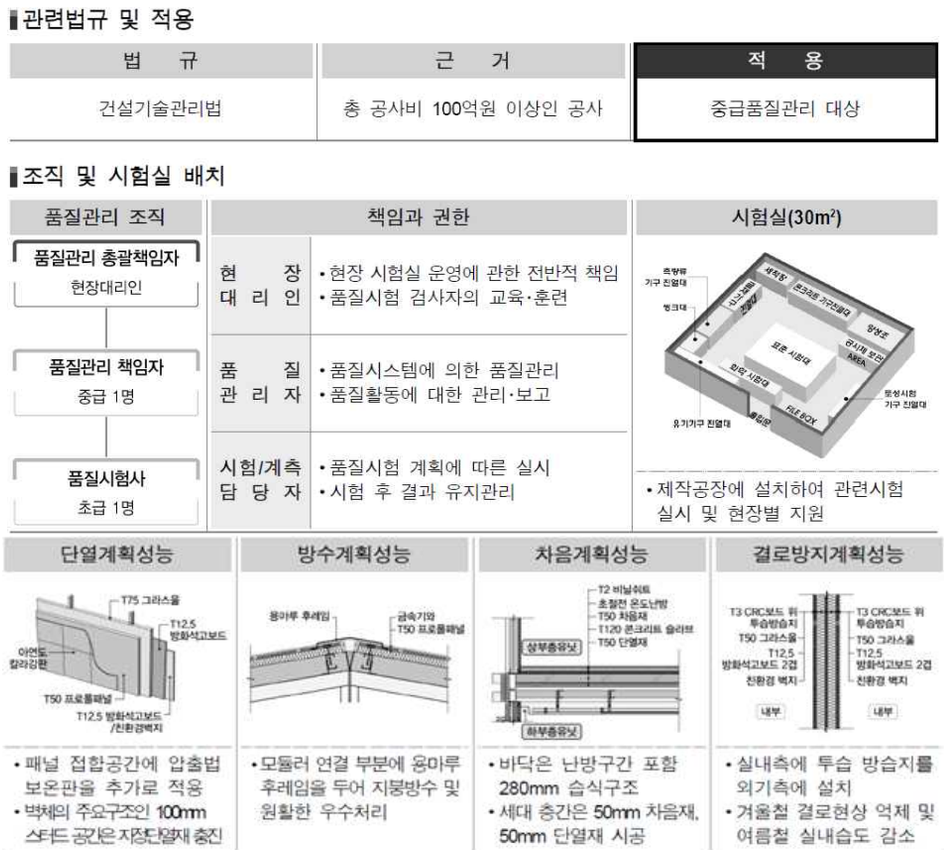


그림 2.2.12.33 품질확보 및 관리계획

(4) 단계별 품질확보 방안

(가) 생산단계 품질확보 방안

그림 2.2.12.34 생산단계 품질확보 방안

(나) 시공단계 품질확보 방안

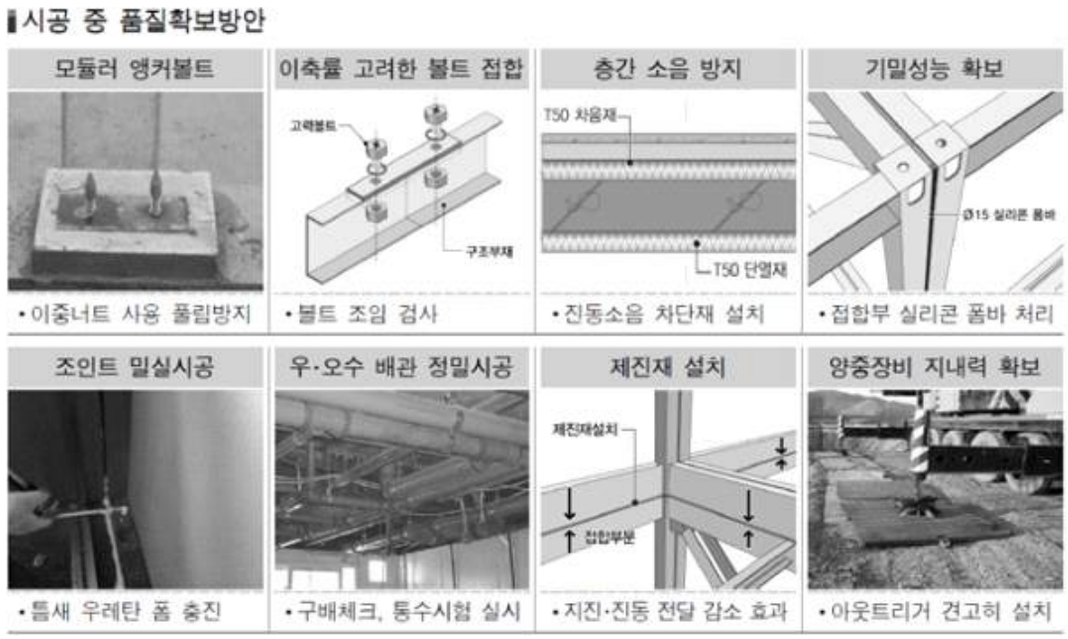


그림 2.2.12.35 시공단계 품질확보 방안

(다) 모듈러 품질확보 방안

① 쾌적한 주거환경확보 방안

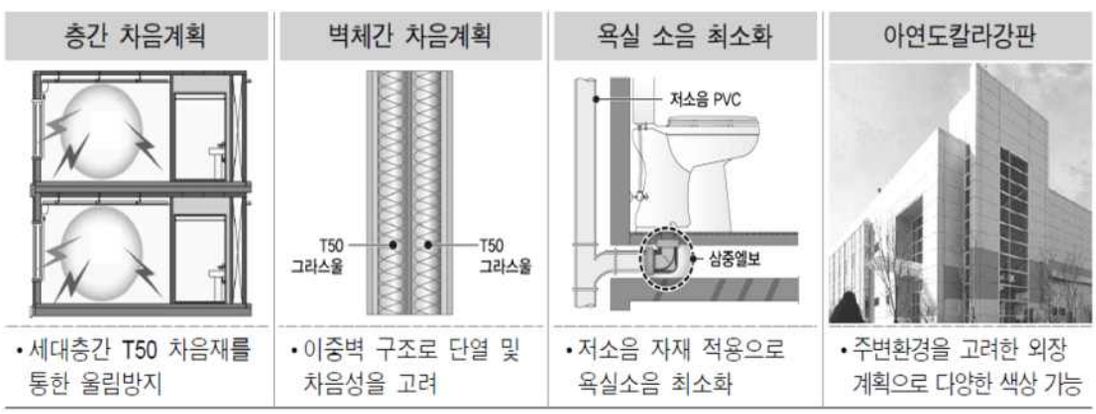


그림 2.2.12.36 쾌적한 주거환경확보 방안

② 모듈러 이동성능 향상방안

그림 2.2.12.37 모듈러 이동성능 향상방안

(5) 유지관리 및 하자보수계획

(가) TAB 및 종합시운전(인수인계 준비)

TAB 종합 시운전	• 쾌적한 실내환경 조성, 시공품질의 증대, 운전경비의 절감 및 효율 증대 • 공기분배 및 물분배 계통장비의 시험 조정, 소음 및 진동 측정		
건 축	• 건축 준공전 점검 및 인수인계팀 구성 • 인·허가 사항검사(사용전 검사)	기 계	• 준공전 인허가 사항검사 • 준공전 TAB, 불합격 사항조치 및 기록
토 목 조 경	• 토목 준공도면에 지중매설 배관 상세도 확인 • 동절기 조경수 관리 계획수립	전 기	• 준공전 인허가 사항검사 • 준공전 수변전 설비/통신기능 시험

그림 2.2.12.38 TAB 및 종합시운전

(나) 유지관리 및 하자보수 계획

표 2.2.12.23 유지관리 및 하자보수 계획

구분	Before Service(철저한 예방조치)	구분	After Service(체계적 유지관리 및 점검)
생애주기 비용분석	• 생애주기 분석에 따른 최적의 대안선정 • 계획단계에서 리스크 사전관리	하자업무 절차방안	• 유지보수 기한에 따른 하자처리 • A/S 팀 운영
시운전	• 시운전 절차 확립 / Punch List 작성 • 각종 TAB 시험 및 보완 조치	안전점검	• 철저한 안전점검 및 진단으로 시설물 하자 발견 및 조치
문서관리	• 시운전 결과보고서 작성 • 준공도면 검토, 유지관리 매뉴얼 작성	유지관리 프로그램	• 유지관리 직원 훈련 프로그램 • 운영자 훈련 프로그램 시행

구분	주 요 내 용
하자접수 (공문)	• 하자보수 요청공문을 접수한 경우 해당 현장별 담당자에게 전달 • 현장별 담당자는 원본을 수령 후 결재를 득한 후 해당현장별 서류철에 보관 • 하자처리 업무절차에 의거 규정에 따라 보수를 실시하고 그 결과를 통보 • 보수공사에 대한 보수비 청구 및 결재는 자금청구 및 결재절차에 따름
하자접수	• 공문이외의 형식으로 접수된 하자내용은 해당현장별 서류철에 보관 • 요청사항에 대한 업무처리는 공문 접수건에 대한 처리에 준함
하자처리	• 일반사항 하자처리는 하자접수 후 D+20일 정도의 보수 기간이 필요 • 긴급사항 하자처리는 하자접수 후 D+7일 정도의 보수 기간이 필요

(6) 안전관리계획

(가) 안전관리 개요

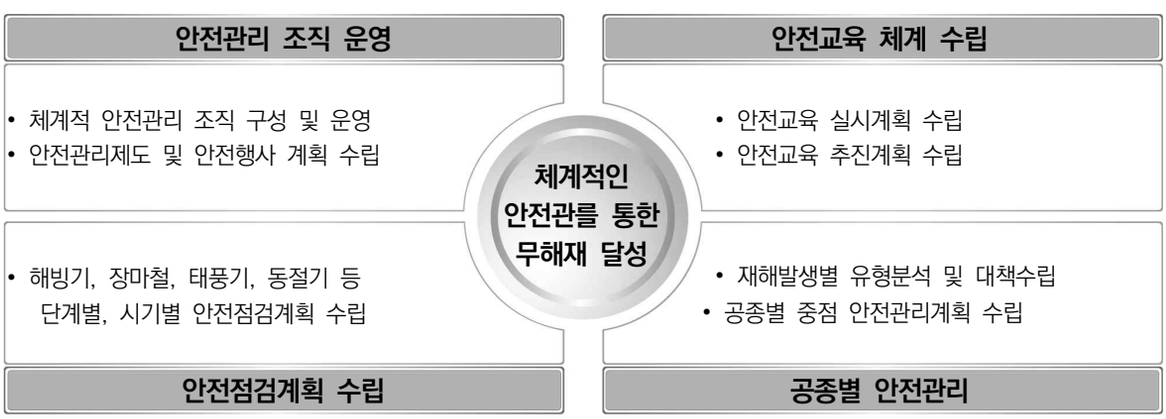


그림 2.2.12.39 안전관리 개요

(나) 단계별 안전관리

착공단계	• 사용자재, 장비의 위험요인 분석 • 고객만족을 위한 방침 설정 • 지질 및 지장물 현황 파악	⇒ • 작업진행에 따른 위험성평가 실시 • 안전교육/점검계획, 무재해 목표수립 • 교통처리대책, 방재계획 수립
시공중단계	• 공법 적용에 따른 사전 안전관리 계획 수립 • 안전교육 및 현장 관리감독체계 확립 • 상시 안전점검체계 확립 및 비상시 Hot Line 직보체계수립	⇒ • 안전교육점검 • 문제점 분석 • 개선계획 수립
시공완료단계	• 유사 동종재해 방지를 위한 안전계획 재수립 • 종합 시운전 및 총괄점검 실시를 통한 최적 시설물 운영 • 분석결과에 대한 교육홍보 및 Data Base화	

그림 2.2.12.40 단계별 안전관리

(다) 주요 안전관리 계획

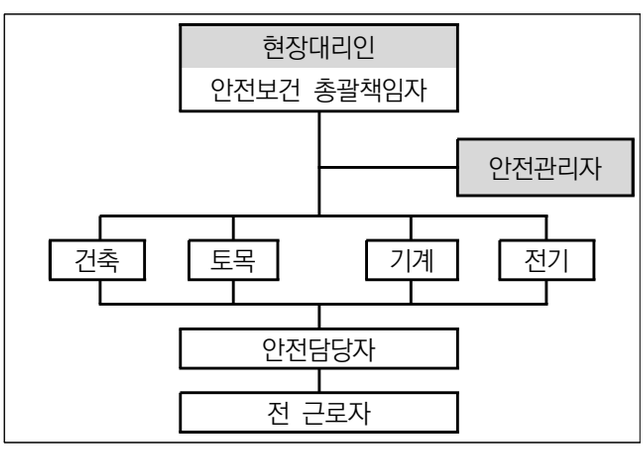
현황분석	총괄 안전관리	공종별 안전관리
• 주변 도로 현황분석 및 조사 • 안전사고 유형 및 빈도 파악 • 지하철 3호선 (수서역 6번출구) 인접구간 현황 분석	• 안전관리조직 • 공종별 안전점검계획 수립 • 단계별 안전교육계획 수립 • 지장물 처리, 교통관리계획	• 각 공종별 안전사고 유형에 따른 안전대책 수립 • 중점 안전대책 수립

재해별 대책		유해 위험방지
• 비상사태시 안전조치계획 수립 • 주기적 훈련 실시 • 현장 특성에 따른 시기별 안전대책 수립	**현장특성을 분석 및 반영한 안전관리 계획 수립**	• 시공중 추락, 낙하, 붕괴, 감전 등 재해 위험에 대한 안전조칙 • 공사장비, 위험기계, 기구 등에 대한 재해 예방

그림 2.2.12.41 주요 안전관리 계획

(7) 안전관리 활동계획

(가) 안전관리 조직 및 업무



구 분	업 무 분 장
안전보건 총괄책임자	• 안전관리비 집행, 감독 및 사용에 관한 수급 업체간 업무 조정
안전관리자	• 재해 발생원인조사 및 대책수립 • 작업장 점검 및 안전관리
관리감독자	• 유해·위험기구, 설비의 안전·보건 점검 및 이상유무 확인 및 조치
안전담당자	• 위험요소의 주기적 Check • 안전시설물 설치 및 유지 보수
전 근로자	• 근로자는 일반안전수칙 / 산업재해예방을 위한 제반기준 준수

그림 2.2.12.42 안전관리 조직 및 업무

(나) 안전보건 경영시스템

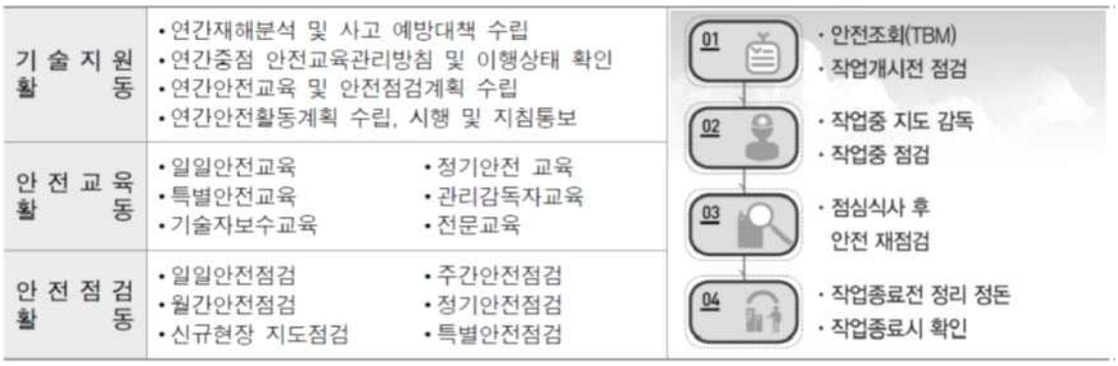


그림 2.2.12.43 안전보건 경영시스템

(다) 비상시 안전관리계획

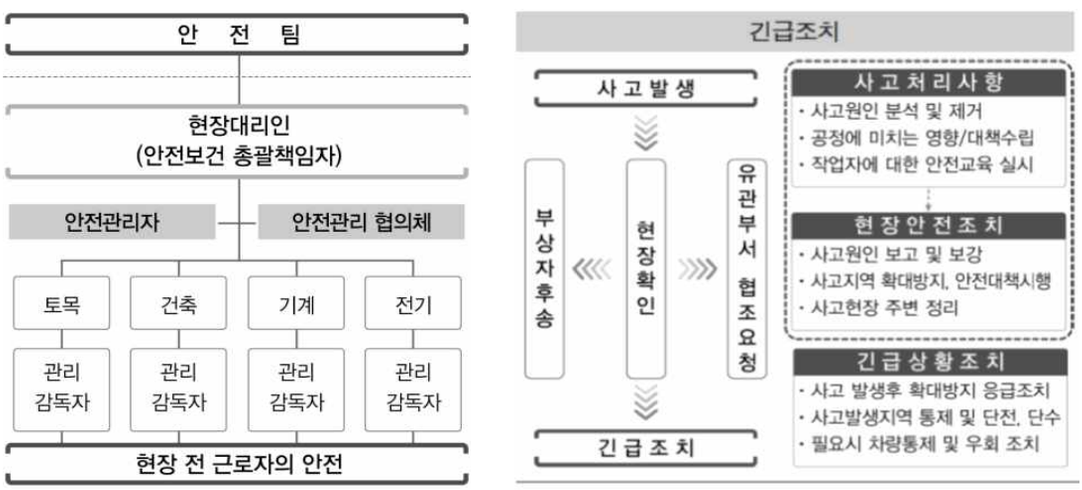


그림 2.2.12.44 비상시 안전관리계획

(라) 안전행사계획

표 2.2.12.24 안전행사계획

구 분	기 간	내 용	
환경/안전 점검의 날	매월 4일	• 현장소장은 전 직원 및 근로자 조회를 실시, 안전의 중요성, 작업시 주의사항 등 주지시키고 안전의식을 고취시킴 • 작업장내 특별 안전점검 실시로 불안전한 요소 및 시설 보완 및 설치 • 현장소장, 안전관리자, 관리감독자 및 협력업체 소장이 참가하여 협력업체의 자율적인 안전점검을 유도 함	
무재해결의 대회	매년 2회 (상,하반기)	• 안전유공자 포함 • 무재해 결의문 채택 • 전근로자 특별안전교육 실시	•무재해 3대 실천행동 낙독 •무재해 구호 제창
안전보건 강조주간	매년 7.1 ~ 7.7	• 현장행사 : 특별 안전교육 실시, 안전 유공자 표창, 무재해 결의, 특별 안전점검 • 본사의 표어, 포스터 현상공모 참여 • 정부주관 행사 참석 ➡ 산업안전보건대회, 안전기기전시회, 세미나 등 각종 대회 참가하여 정보입수 및 견문 확대	

(8) 안전교육계획

표 2.2.12.25 안전교육계획

구분	주 요 내 용
일일안전교육	• 작업개시전 안전조회(TBM) 실시 • 작업중 지도 감독 및 점검 • 작업 종료전 정리정돈 지시 및 종료주변 점검, 확인
정기안전교육	• 2주 1회 2시간 교육 실시(안전의식 고취 영상 및 데이터 교육, 수료증 교부) • 작업중 안전사고 등 교육을 통한 현장 작업 안전의식 향상
특별안전교육	• 현장내 지적건 초과 및 관리자 안전조치 불응지시 3회 초과시 실시 • 협력사 지적 및 관리자 경고조치 등 현장안전 수시 점검 및 작업자 인지능력 향상
관리감독자교육	• 현장 관리감독에 대한 협회의 별도 관리감독자 교육 실시 • 작업에 따른 세세부 항목들에 대한 처리 및 관리, 철저한 안전지식 및 의식 고취
기술자보수교육	• 현장 관리감독의 지시에 따른 직영반장 등 기술자 보수교육 실시 • 작업자에 대한 수시, 별도 및 안전시설물 관리 보완, 보수 등에 대한 지식 인지
전문교육	• 현장 안전에 대한 전반적인 지시 및 자세한 관리방법 등 교육 실시 • 현장 관리감독자, 직영반장, 협력사 관리감독자등 분야별 교육으로 안전에대한 의식 고취, 사고예방, 현장 안전화 방안 향상

(9) 환경관리계획

(가) 환경관리 개요

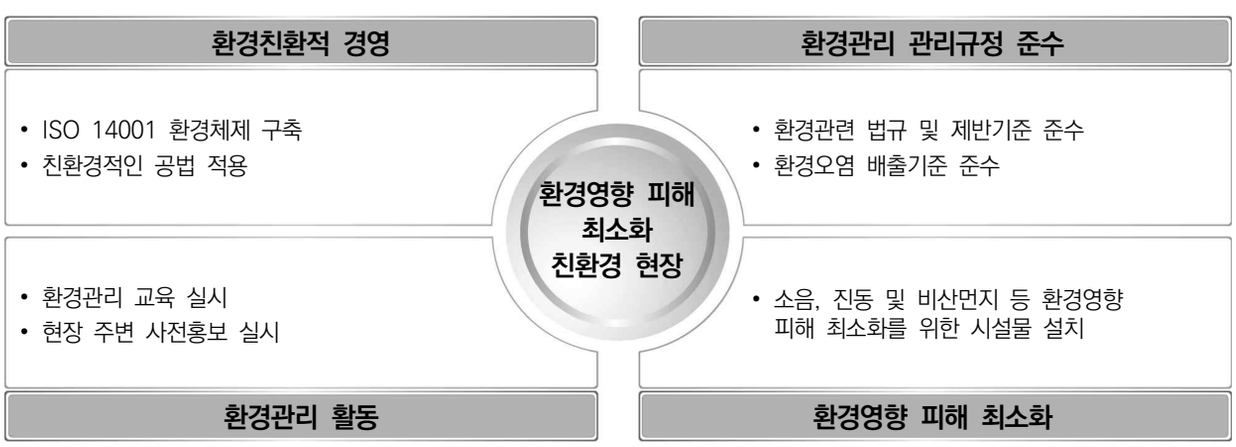


그림 2.2.12.45 환경관리 개요

(나) 단계별 환경관리계획

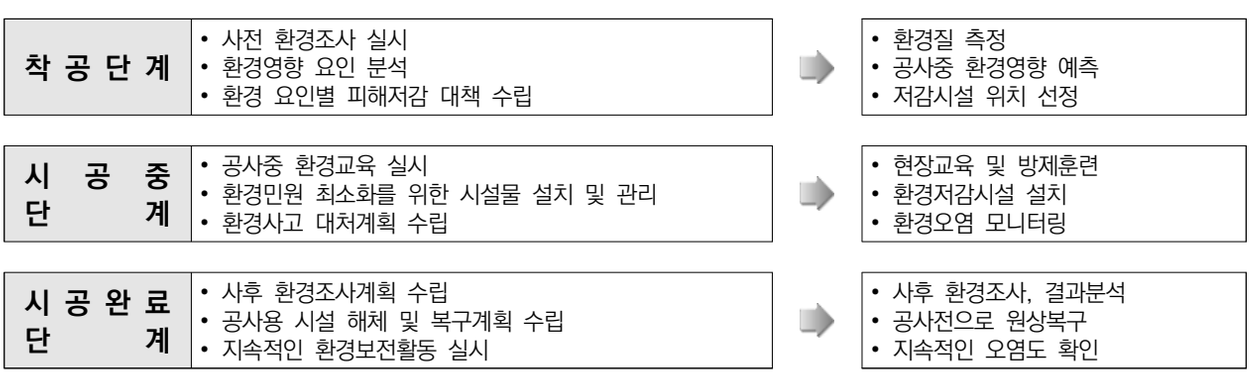


그림 2.2.12.46 단계별 환경관리계획

(다) 주요 인자별 세부관리계획

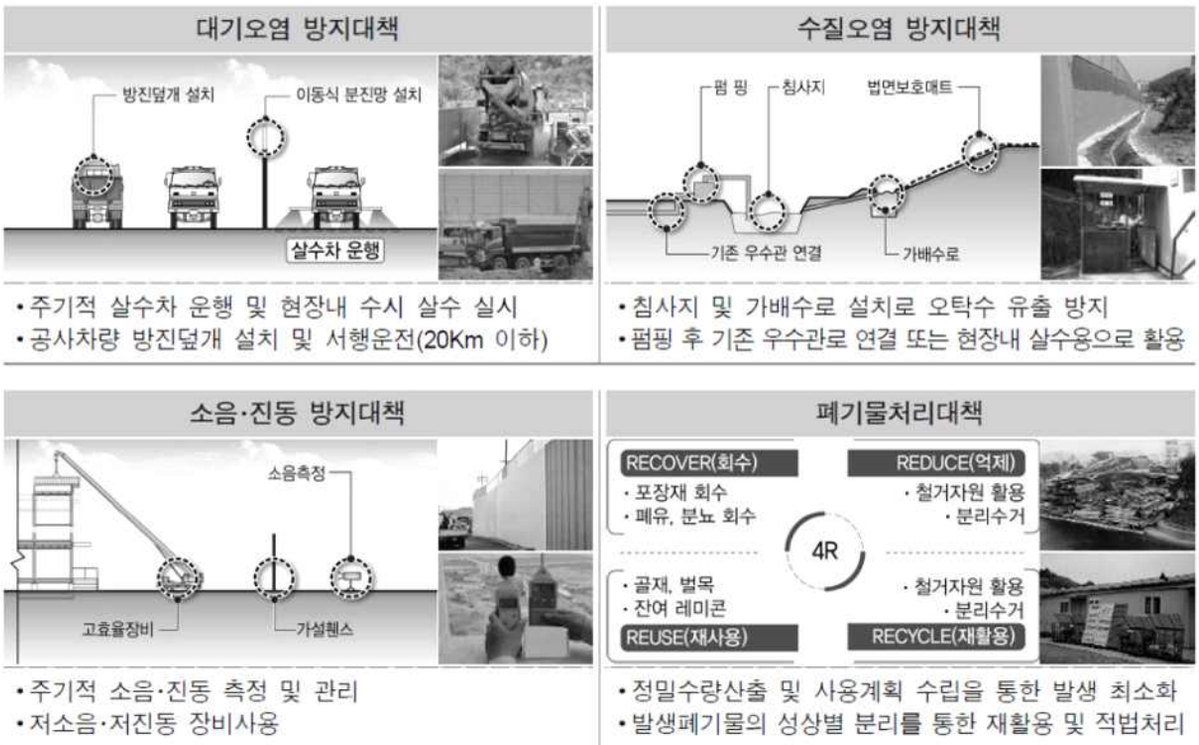
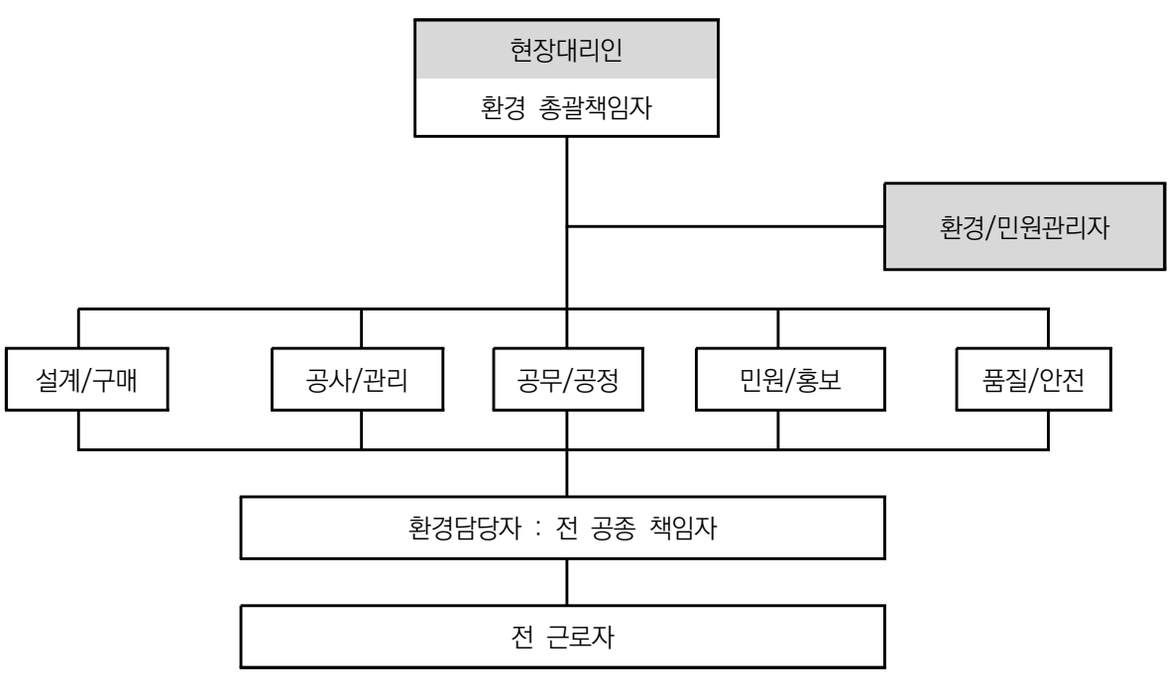


그림 2.2.12.47 주요 인자별 세부관리계획

(라) 환경관리 조직 및 업무



구 분	업무와 권한	역 할
현장소장	• 환경관리업무 총괄책임 • 현장 환경경영 시스템 구축, 실행에 대한 책임 • 현장 환경관리 조직 구성하고 관리 감독	• 환경관리총괄책임자
환경관리자	• 현장 환경관리 계획서 작성 및 유지 • 현장 환경관리 실태 점검 및 시정조치(점검·평가) • 환경 관련 대내·외 행정처리 • 환경교육, 비상사태 대응계획 수립 및 교육, 훈련	• 현장 환경관리자 - 환경오염검사, 원인분석, 예방대책의 기록 및 유지 - 현장직원 교육 및 홍보
관리담당	• 가설사무실, 식당, 숙소, 창고, 환경관리 • 현장 반·출입 폐기물 관리 및 기록관리 • 공급업체 자재구매시 환경 오염방지 관리	• 환경관리감독자
공사담당	• 단계별 시공계획 수립 및 시공중 환경관리 활동 • 시공중 환경피해/오염방지 최소화 • 작업장내 환경 개선활동 및 저감관리 • 공사장내 환경 오염방지 시설관리 및 점검	• 환경관리감독자
공무담당	• 협력업체 환경관련 평가 계약 및 시공중 관리 • 현장 환경관련문서 및 기록관리 • 환경관리 시설파악 및 소요예산 확보	• 환경관리감독자
품질담당	• 환경오염 측정 및 측정장비 관리	• 환경관리감독자
공종별담당	• 현장소장, 환경관리자, 분야별 관리감독자 지시에 따른 환경관리 활동 및 운영 • 책임 구역내 현장 환경 파수꾼 역할	• 환경관리담당자

그림 2.2.12.48 환경관리 조직 및 업무

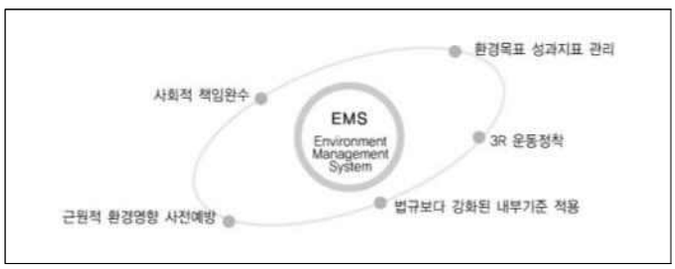
(마) 환경교육계획

표 2.2.12.26 환경교육계획

교육과정 및 내용	교육시기 및 시간	교육대상자	교육책임자
• 환경경영 시스템 교육 - 업무 매뉴얼/절차서/계획서	현장 신규 개설시 주요내용 개정시	현장직원	안전·환경팀장
• 신규현장 환경교육	현장 개설시	현장직원	
• 비상사태 대응 모의 훈련	1회/년	현장직원 작 업 자	현장대리인
• 관리감독자 교육 - 현장 환경관리에 필요한 법규 및 업무절차 (환경관리지침)	8시간/반기	현장직원	현장 환경관리자
• 작업자 인식 교육	2시간/월	작 업 자	
• 현장 환경관리자 업무 교육	2회/년	현장 환경관리자	안전·환경팀장
• 협력업체 관리책임자 교육	1회/1년	협력업체 현장관리 담당자	

(바) 환경경영 방침

기 본 방 향
- ISO14001을 토대로 하는 환경경영시스템의 구축
- 교육·훈련을 통한 환경 친화적인 수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 현장관리



환경경영 목표

- 환경보전의 중요성과 가치 인식으로 전 공종 분야에 친환경 경영을 지향
  - 자연과 조화되는 친환경 창조
  - Zero Discharge

그림 2.2.12.49 환경경영 방침

(사) 경영시스템 구축방안

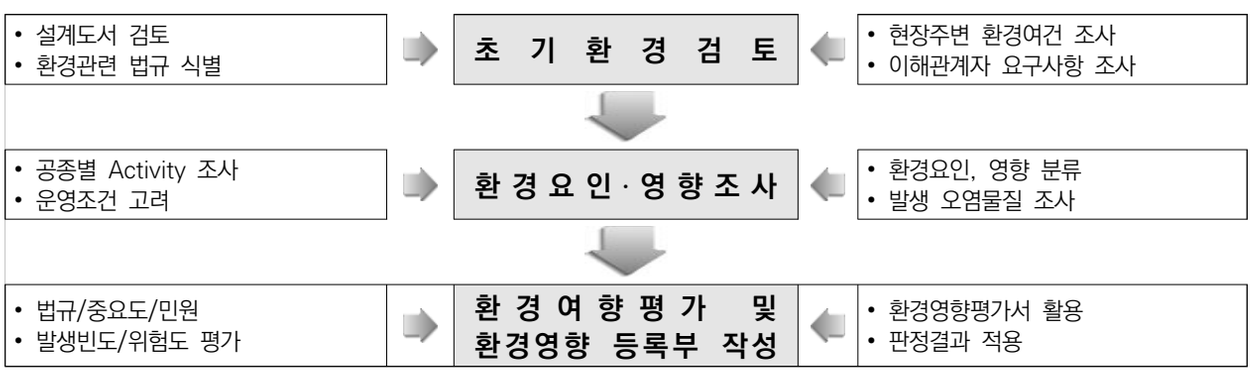


그림 2.2.12.50 경영시스템 구축방안

(아) 환경점검계획

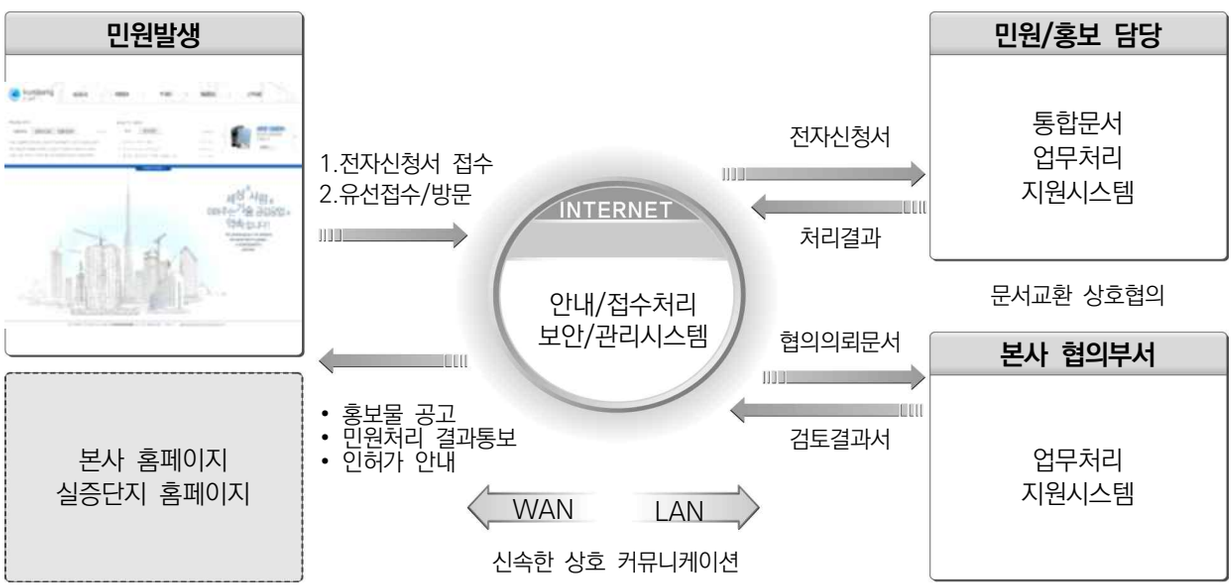
표 2.2.12.27 환경점검계획

분 야		대상	방법	빈도/주기	비고
환경법규 이행현황		• 환경오염방지시설 설치 및 관리 현황 • 폐기물 관리 현황	점 검 표	1회/월	• 환경점검표
본사 점검사항		• 환경경영 이행 현황 • 환경문서 관리 상태 • 환경 비용 집행 현황	내부심사 점 검 표	1회/반기	• 점검/평가 결과 우수현장 포상
주민합동 환경점검		• 환경오염방지시설 설치·관리 현황 • 작업장 주변 환경오염 현황	점 검 표	1회/분기	• 주민참여 환경감시단
환경점검	지형 지질	• 토사유출 방지여부	자체조사	매 일	• 현장대리인 • 환경담당자
	대기질	• 비산먼지 저감대책 실시여부			
	수질	• 수질 오염방지 시설			
	폐기물	• 폐유저장고 관리현황 • 건설폐기물 처리현황			
	소음 진동	• 이동식 방음벽 관리상태 • 저소음·저진동 장비 사용여부			

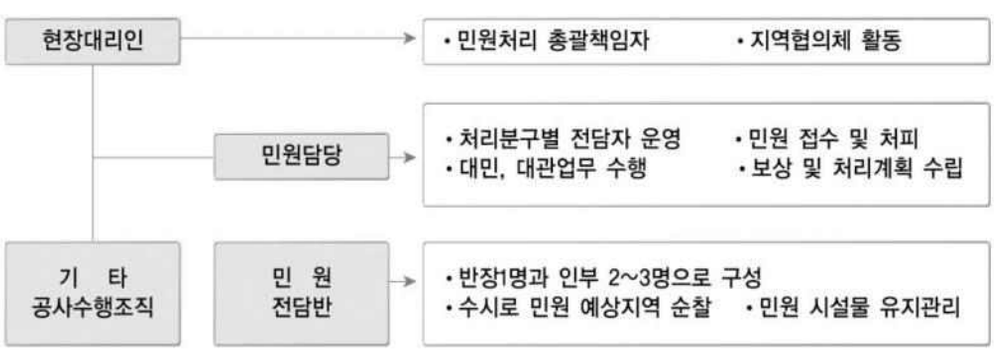
(10) 현장 민원관리계획

기 본 방 향	• 소음, 진동, 비산먼지 등 생활환경에 대한 종합대책 수립 • 예상민원 분석 및 민원 대응 방안 수립 • 민원 발생시 체계적이고, 신속 정확한 민원 대처를 통한 재발방지

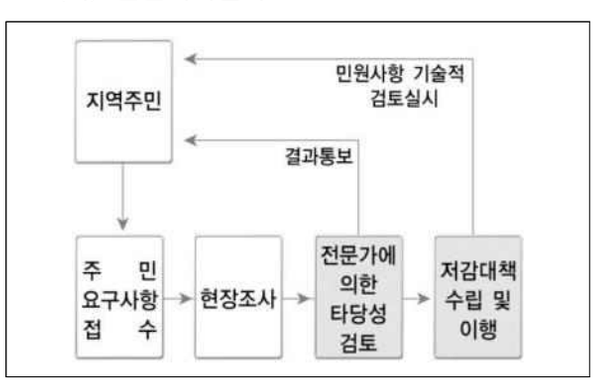
(가) 민원관리 시스템



(나) 민원전담조직



(다) 민원처리절차



구분	민원처리계획
설계시	• 예상민원 사전조사, 주민 요구사항 조사 • 지역기관, 관계자 사전협의 설계반영
공 사 착수전	• 공사 착수 전 주민설명회 개최 • 주민의견수렴을 통한 민원최소화방안 수립 • 각종 시설물 지장물 합동조사 상호검증 • 인근현장 민원담당자 공조체계 구축
공사중	• 민원시스템 가동 철저한 민원발생 억제 • 민원발생시 체계적이고 신속한 대처

그림 2.2.12.51 민원관리 시스템

(11) 폐기물처리계획

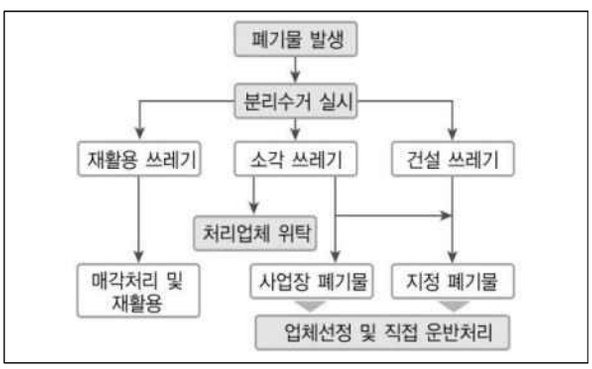
기 본 방 향	• 공사중 투입장비에 의한 폐유 발생 • 공사중 발생 폐기물 및 지장물 철거 또는 이설로 인한 건축폐기물 발생 • 작업자 분뇨 및 생활쓰레기로 인한 폐기물 발생

(가) 공사중 폐기물 수집 및 처리 계획

구분	수집	처리방법
생활폐기물	분리수거함	재활용 위탁처리
작업자분뇨	간이화장실	분뇨처리업체 위탁
건설폐기물	즉시반출	재활용 위탁처리
장비폐유	임시저장소	전문업체 위탁처리

분리수거함	폐유 임시저장소

(나) 폐기물 흐름도



구분	폐기물종류	처리구분
건 설 폐기물	• 폐아스콘 • 폐콘크리트	재활용
	• 철재류	재활용
	• 폐유 등 지정폐기물	전문업체 위탁처리
생 활 폐기물	• 음식쓰레기 • 이동식화장실	전문업체 위탁처리

(다) 폐기물 재활용 계획

표 2.2.12.28 폐기물처리계획

구 분	발새요인	저감대책	예시도
건설폐기물	• 폐콘크리트 • 폐아스콘 • 폐목재	• J.I.T기법에 따라 잉여재 발생 최소화 • 폐기물 전문업체 위탁처리 및 재활용 • 폐목재 전문업체 처리, 분쇄후 조경 처리	
자재반입	• 포장재 • 폐합성수지	• 포장재 폐기물 공급자 회수제 실시 • 폐합성 수지는 위탁 소각 처리 • 자재 입고 전 제품 포장방법 개선 유도	
가설사무실 가설식당	• 생활쓰레기 • 오수·분뇨	• 분리 수거함 설치, 폐기물 전문업체 위탁처리 • 이동식 화장실 및 간이 단독정화조 설치	
중장비 정비	• 폐유	• 폐유 전용수거 용기 설치 및 위탁처리	

마) 5차년: 천안실증단지 라멘식 적층형 모듈 제작 및 시공

연구목표

- 실증기술 적용 천안두정단지 라멘식 적층형(A동) 모듈의 공장제작 및 현장시공, 품질관리 및 공정관리

연구내용

- 천안두정 실증단지 라멘식 적층형 공장제작 및 현장시공
  - 천안두정단지 라멘식 적층형(A동) 모듈 공장제작 및 품질관리
  - 천안두정단지 라멘식 적층형(A동) 현장시공 및 공정관리
  - 천안두정단지 시공평가 및 하자보수
  - 천안두정단지 시공·품질·기술·개선방안 도출
- 천안두정 실증단지 라멘식 적층형 모듈 공장제작/현장시공 메뉴얼

최종성과물

- 천안두정단지 모듈 공장제작 및 품질계획서
- 천안두정단지 모듈 시공계획서 및 현장시공 보고서
- 실증단지 구축
- 천안두정단지 적층형 모듈 공장제작/현장시공 메뉴얼

(1) 개요

표 2.2.12.29 천안두정 개요

구 분	내 용
공 사 명	천안두정 공공주택(행복주택) 건설사업 모듈러공사
대지위치	충청남도 천안시 서북구 두정동 581번지
지역지구	제2종 일반주거지역, 가축사육제한구역, 상대보호구역, 절대보호구역
대지면적	971.20㎡
용 도	공동주택-아파트 (도시형 생활주택-40세대)
건축면적	402.16㎡ (건폐율) 41.41%
연 면 적	1,514.55㎡ (용적율) 155.95%
건축규모	지상6층
구 조	모듈러공법 (RC, 적층식, 인필식)
조경면적	105.25㎡(10.83%)
주차대수	자주식 일반주차 17대

(2) 공정표

(가) 천안두정 전체 공정표

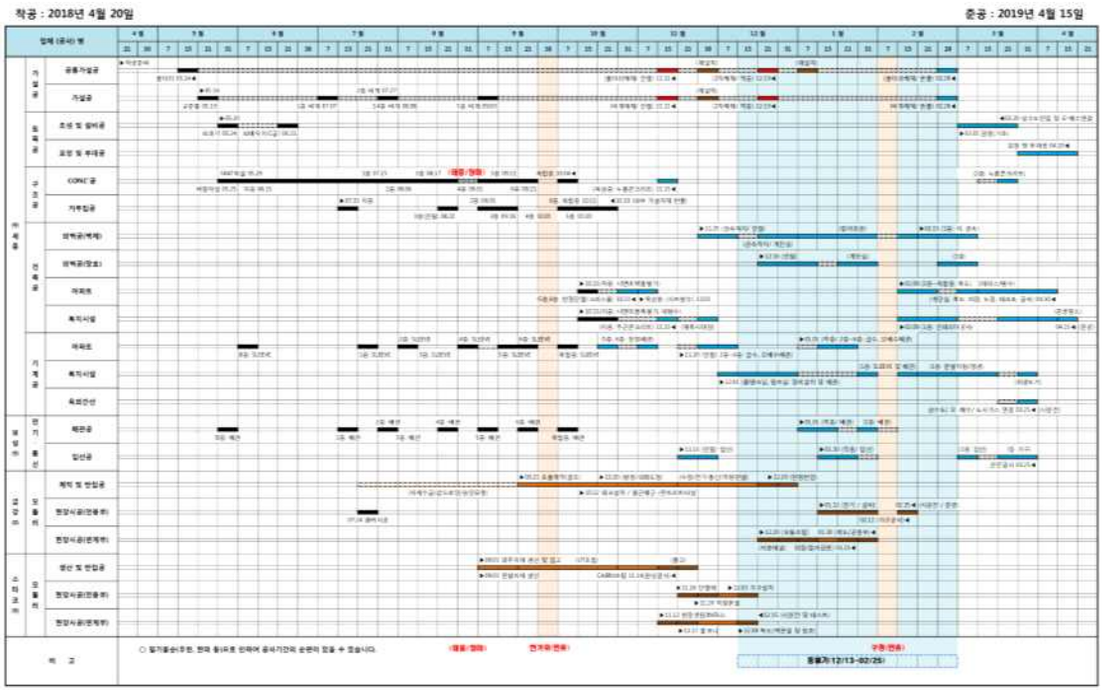


그림 2.2.12.52 천안두정 전체 공정표

(나) 적층형 공정표

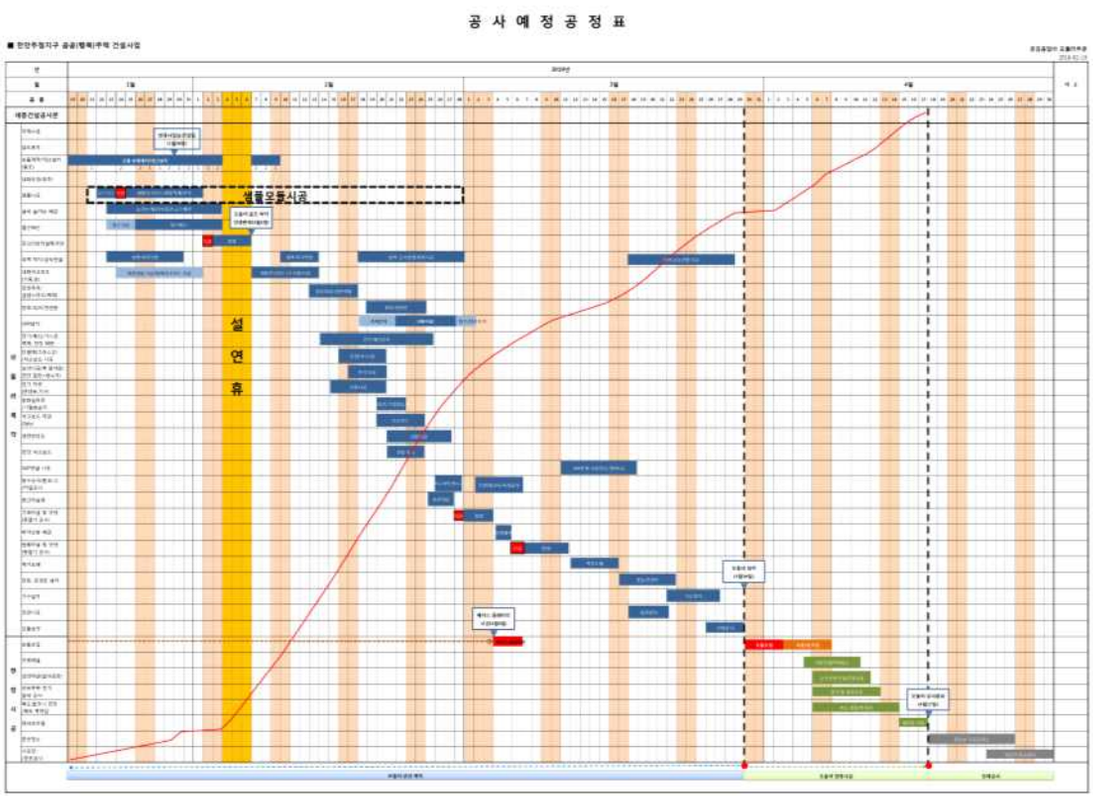


그림 2.2.12.53 적층형 공정표

(3) 주요자재 사용계획

(가) 주요자재 LIST

① 기둥 : SQ-125x125x9T (SM490)
② 보 : C-200x75x6T (SM490)
③ 브레이스 : C-300x50x6T (SM355)
④ 데크플레이트 : 데크 T150
⑤ 방화석고보드 : KCC 방화석고보드 12.5T, 19T

(나) 마감재선정 LIST (적층식 16Aa / 16Ab 컴팩트가구)

표 2.2.12.30 마감재리스트

공종	구 분	공 간	부 위	설계현황	자재명	생산업체명
건축 내부	기본 마감	현 관	바닥	자기질타일(400*400)	HBG1027	대보타일
			마루귀틀	인조대리석(BMC)	시오트쿼츠 (KV-020)	코반
		거 실 주 방 식 당	천장/벽체	발포벽지/실크벽지	800-1/257-1	제일/코스모스
			바닥	륨카펫(2.0T 이상)	B8001	한화 보금자리
		침 실	천장/벽체	발포벽지/실크벽지	800-1/257-1	제일/코스모스
			바닥	륨카펫(2.0T 이상)	B8001	한화 보금자리
		욕 실	천장/벽체/바닥	시스템욕실	SMC천장재(천장) TWED8088PM(벽) TFA3818(바닥)	성일 태영타일
			뒷선반	엔지니어스톤	BT352비스마르크	한화
			액세서리	휴지걸이, 수건걸이, 코너선반, 강화유리선반	KI-1950AC	국일
		비확장 발코니	천장/벽체	칼라알루미늄천정판/칼라강판(0.5T)	-	-
			바닥	자기질타일(200*200)	TFA 3105	태영타일
	창호류	현관문	현관도어록	디지털도어록	E110-f	아이레보
			세대현관문	불연속 스크린 인쇄	KD-712R	금강방화문
		침실문 욕실문	문짝	합성수지(ABS) 위 데코시트	N7H053M	삼영크란츠
			문틀/문선 래핑	데코시트	〃	〃
		내부 미서기문	문짝	데코시트	〃	〃
			문틀/문선 래핑	데코시트	〃	〃
		PL창호	내측면	데코시트	〃	〃
			외측면	PVC도장	-	-
	가구류	주방가구	문짝(상부장)	HPL(가구전용)	HPL003	가구협동조합
			(하부장)	HPL(가구전용)	HPL003	
			체대	LPL	LPL001	
			냉장고장	설치(W=600 이상)	HPL003	
			상판	인조대리석(BMC)	C-001 라네즈	풍천실업
			주방벽	도기질타일(400*250)	TWED8791	태영세라믹

공종	구 분	공 간	부 위	설계현황	자재명	생산업체명
			손잡이	C찬넬	흑니켈	
			악세서리	칼꽂이,조리걸이세트,수세미망		
		신발장	문짝	HPL(가구전용)	HPL003	가구협동조합
			상부오픈장	HPL(가구전용)	WOOD	
			체대	LPL	LPL001	
			손잡이	알루미늄	흑니켈	
		컴팩트가구 (16Ab)	책상, 선반 옷장, 침대	HPL(가구전용)	기본 :WOOD HPL002(문짝)	가구협동조합
건축 외부	공용 부위	복도	바닥	테라죠타일(THK25)		
			벽체	칼라강판(1.2T)	SGP	-
			천정	칼라알루미늄천정판	-	-
		외벽	벽체	다크징크그레이	-	-
				미디엄브론즈	-	-
				코퍼페니	-	-
				옐로우화이트	-	-
기계	주방 설비	주방	레인지후드	디럭스형	K60WH	하츠
		빌트인 가전	가스레인지	설치(2구형쿡탑)	GRAB220	SK매직
			냉장고	설치(130~160ℓ,H=1250 이하,1등급)	FR-B151SDWWK	대우전자
	수전류	욕실	샤워용	(슬라이드바 700L이상)	-	-
			세면용	샤워겸용 혼합꼭지	DD-313EN	다다
		주방	싱크용	혼합꼭지	FS 935C	대림통상
		발코니	세탁용	청소수전 포함	FS 130A FS 111A	대림통상
	위생 기구	욕실	양변기	투피스 C-1210C(사이펀)	SPS-KOBIC-004-2016-7163	와토스코리아
			세면기	단독형 높이 720이하(원형)	CL-757	대림바스
전기	조명 설비	조명기구	침실등	아크릴글로브(FPL)	LED시스템방등(500*500*85, 50W)	(주)보승전기
			거실등	고급형 아크릴글로브(LED)	-	-
			식탁등	유리/아크릴 글로브(LED)	-	-
			주방등	아크릴/PC(FPL)	LED시스템주방2등 (500*155*70, 25W)	(주)보승전기
			발코니등	아크릴/PP(EL)	원형직부 15W	(주)보승전기
	기타 설비	배선기구	스위치, 콘센트류	경제형	디노 II 시리즈	제일전기
			일괄소등스위치	미설치	-	-
		전기설비	차량출입통제 시스템	부분설치	-	-
		정보 통신설비	세대단말기	비디오폰 (칼라 7인치)	-	-

(4) 모듈제작계획

(가) 모듈러제작 공장

① 위치 : 경상남도 창녕군 계성면 광계마을길 149-16

② 공장면적 :

- ㅇ 대지 91,713m2 (27,792평)
- ㅇ 건물 9개동 9,695m2 (2,938평)

③ 관리인원 : 30명

④ 설비사항 : 밴드쇼, 용접기 arm & 기둥-보 조립지그, 모듈러운반대차, 10T Over head crane, 지게차

그림 2.2.12.54 모듈러제작 공장 스카이뷰

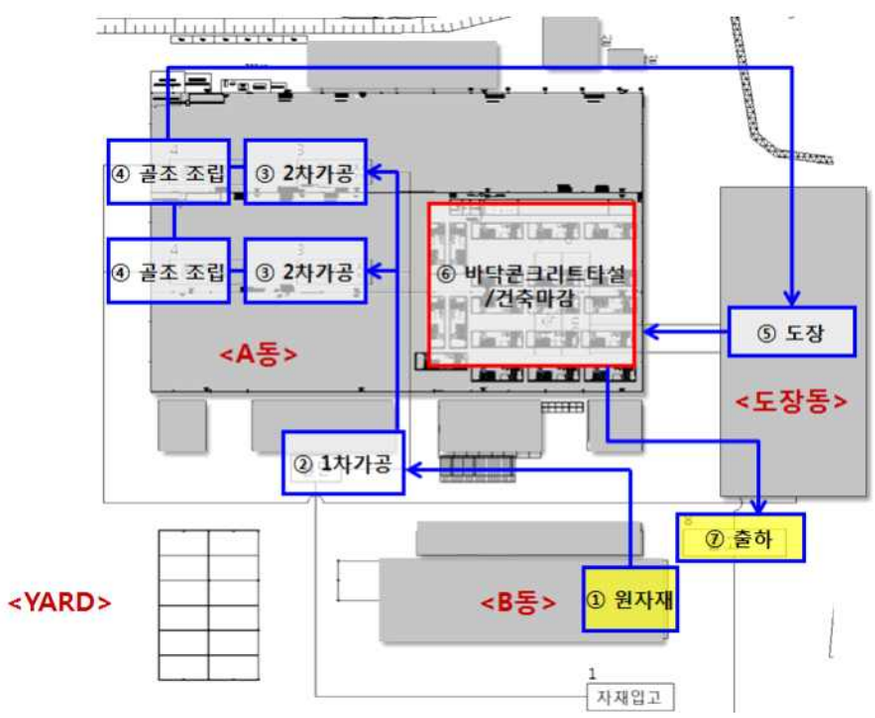


그림 2.2.12.55 모듈공장제작 Lay-out

(5) 모듈 운송 및 조립계획

(가) 모듈러 운송계획

① 도로법 제 54조 제 1항 상에 준하여 최대촉과 높이를 규정

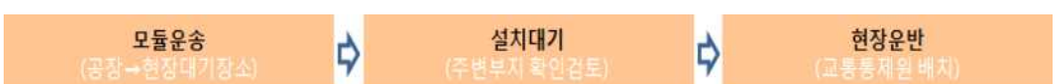
ㅇ 운행제한(폭 2.5m, 높이 4.0m 등)을 초과하면 사전허가필요

② 국토교통부 제한차량 운행허가시스템 www.ospermit.go.kr

③ 모듈러 유닛이 변형되지 않도록 규정속도 준수

그림 2.2.12.56 모듈러 운송예정 도로

(나) 모듈러 현장반입 절차



(다) 운송체크리스트

표 2.2.12.31 운송체크리스트

구분	체크항목	대상지 검토결과
운행제한 규격	너비 2.5m 전후높이 3.2m 전후	기본 모듈사이즈 너비 3.2m x 길이 10.5m x 높이 3.2m (33.6㎡) 내외주간통행 불가심야운송
중량	-	중량 20ton 전후
운송장비	카고/트레일러	트레일러(모듈의 높이길이중량 감안)
운행경로	경사 30°전후폭반경고가높이 4.5m 전후	창녕공장 → 중부내륙고속도로 → 당진영덕고속도로 → 경부고속도로 → 현장주변 임시대기 → 천안두정 현장 (차량 회전반경 검토하여 진입로 선정)
현장 인접도로	경사 30° 전후폭반경출입구대기 장소하차 위치	왕복2차선 8m 도로, 골목길로 맞은편 축산도매업체 차량진입 빈번 조립시 도로점용 허가등 주변부지 확보 추진
지장물	전신주가시설물 높이 및 이격거리	지장 없음
샘플운반	최대한 본공사와 동일 조건	내부마감 및 가구설치가 완료된 완성모듈을 현장까지 운송하고 이 결과로 모듈의 변형상태를 체크함

(라) 현장관리 중점 사항

그림 2.2.12.57 현장관리 중점 사항

(6) 공장 제작 매뉴얼

(가) 골조제작

① 개요

- 이 시방서는 모듈러 건축물 골조의 공장제작과 이에 준하는 공사에 적용한다. 모듈러 골조제작은 공장에서 제작하며 현장에서는 각 유닛의 결합부분에 대해서만 시공한다. 골조를 만드는 공종은 공장 마감시공과 현장에서의 결합을 위해 정밀한 품질 유지와 제작 오차관리가 필요하다.
- 천안두정 실증단지의 골조공사는 철골골조 제작 – 데크플레이트 설치 – 바닥 콘크리트 슬라브타설 공정으로 이루어진다. 세부적으로 모듈러 유닛의 기둥과 보는 구조계산을 통해 선정된 부재를 반입하여 절단 – 타공 – 단부조립 – 전체조립의 순으로 제작한다. 이 후 제작된 철골골조 하부보 위에 Deck Plate, End Plate, 배력근, 스터드볼트 등을 시공하고 배력근을 배근하며 타설부위의 슬리브와 전기배선등을 한 후 콘크리트 타설하여 마무리한다.

② 공정순서

- 원자재 반입 – 원자재 절단 – 단품 가공(타공) – 단품 가공(용접) – 소조립 – 대조립 – 천장틀 조립 – 콘크리트 스토퍼 – 데크플레이트 – PC슬라브 설치 – 슬리브매립 – 바닥 냉온수배관 – 철근(배력근) – 스터드볼트 – 콘크리트 타설 및 양생

원자재반입

원자재 절단

단품 가공(타공)

단품 가공(용접)

소조립

대조립

천장틀조립

콘크리트 스토퍼

데크플레이트

PC슬라브 설치

슬리브매립

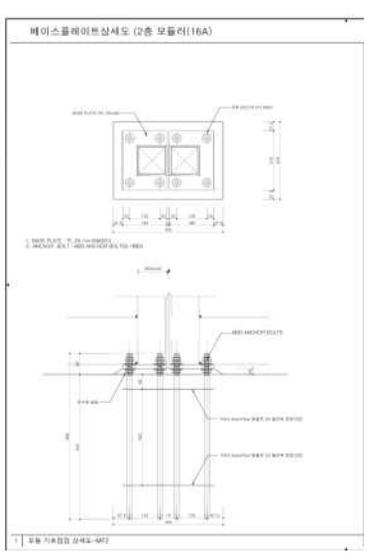
바닥 냉온수배관

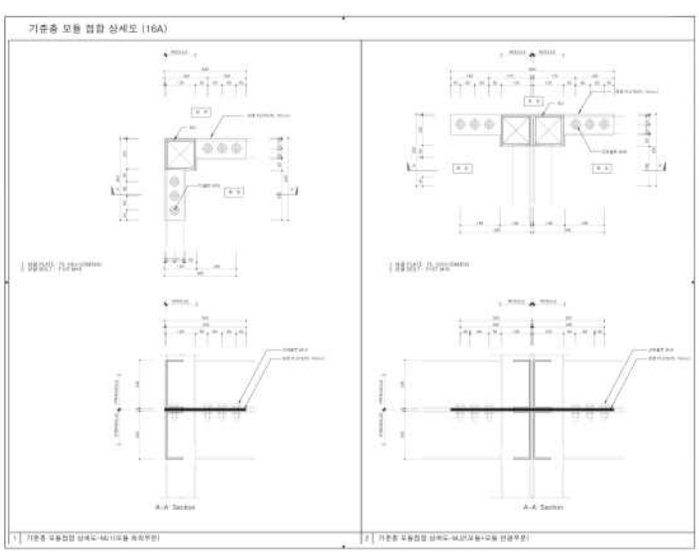
철근(배력근)

스터드볼트

콘크리트 타설 및 양생

③ 주요상세





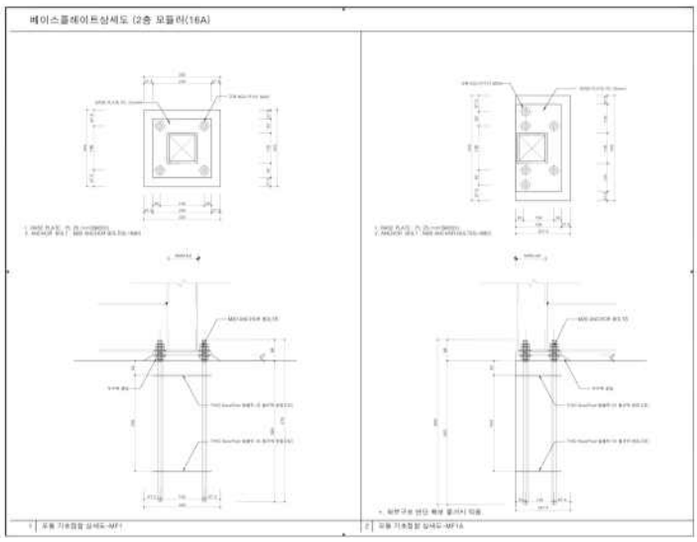


그림 2.2.12.58 철골 주요접합 상세도

(나) 건식내화피복

① 개요

- 내화 피복은 건물 화재 시 철골 강도 저하 방지를 위해 강재 표면을 보호하므로, 모듈러의 각 구조체들은 건물 법적 기준에 맞추어 내화 피복을 한다.
- 모듈러 건식내화공사는 주요구조부인 보와 기둥을 방화석고보드와 철물을 이용하여 철골내화피복을 수행하는 방식으로 건식내화피복시스템이라고 한다. 건식내화공사는 보・기둥 형식의 주요구조부의 경우 4층 이하 1시간, 5~12층 이하 2시간, 12층 초과 3시간의 내화구조가 적용된다.
- 천안두정실증단지는 기둥의 형상이 "ㅁ"형에 6층이므로 내화시간 2시간이 적용되는 구조이고, 보의 형상은 "ㄷ"형에 6층이므로 내화 2시간 적용되는 구조이다. 현재 KCC의 KCC-Beam-2-Modular, KCC-Column-2-Modular 인정시스템이다.
- 건식내화피복시스템은 골조공사가 완료 된 이후에 골조에 엣지채널을 부착, 석고 취부하여 마무리 한다.

				일반시설(Common)			주거시설(Residential)			산업시설(Industrial)		
				12F / 50m		4F / 20m	12F / 50m		4F / 20m	12F / 50m		4F / 20m
				초과 excess	이하 below	이하 below	초과 excess	이하 below	이하 below	초과 excess	이하 below	이하 below
벽 Wall	외벽 Exterior	내력벽 Bearing		3	2	1	2	2	1	2	2	1
		비내력벽 Non-Bearing	연소우려有	1	1	1	1	1	1	1.5	1	1
			연소우려無	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	내벽 Interior	내력벽 Bearing		3	2	1	2	2	1	2	2	1
		경계벽, 간막이벽 Separating, partition		2	1.5	1	2	1	1	1.5	1	1
		샤프트실 구획벽 Shaft wall		2	1.5	1	2	1	1	1.5	1	1
보, 기둥 Beam, Column				3	2	1	3	2	1	3	2	1
바닥 Floor				2	2	1	2	2	1	2	2	1
지붕 Roof				1	0.5	0.5	1	0.5	0.5	1	0.5	0.5

그림 2.2.12.59 내화구조의 인정 및 관리기준 [국토해양부고시 제2010-331호]

② 공정순서

ㅇ 에지채널(Edge Channel) 및 메탈앵글(Metal Angle) 설치 – 바탕석고보드 취부 – 마감석고보드 취부

하지철물 설치

바탕석고보드

마감석고보드

③ 주요상세(도면)

㉠ KCC-Column-2-Modular 구조

(단위 : mm)

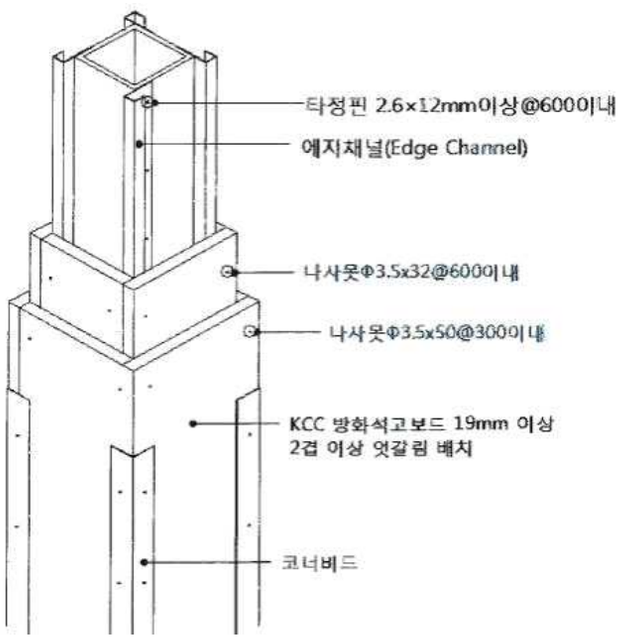


그림 2.2.12.60 구조설명도

(단위 : mm)

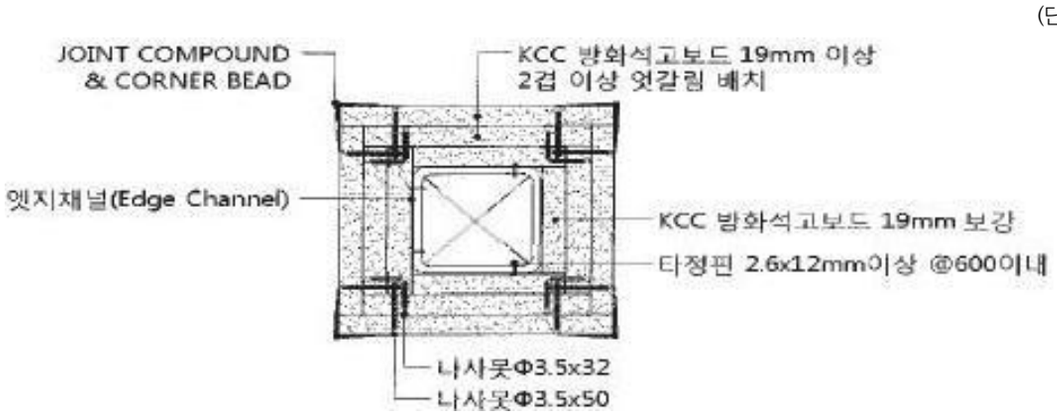


그림 2.2.12.61 단면도

㉡ KCC-Beam-2-Modular 구조

(단위 : mm)

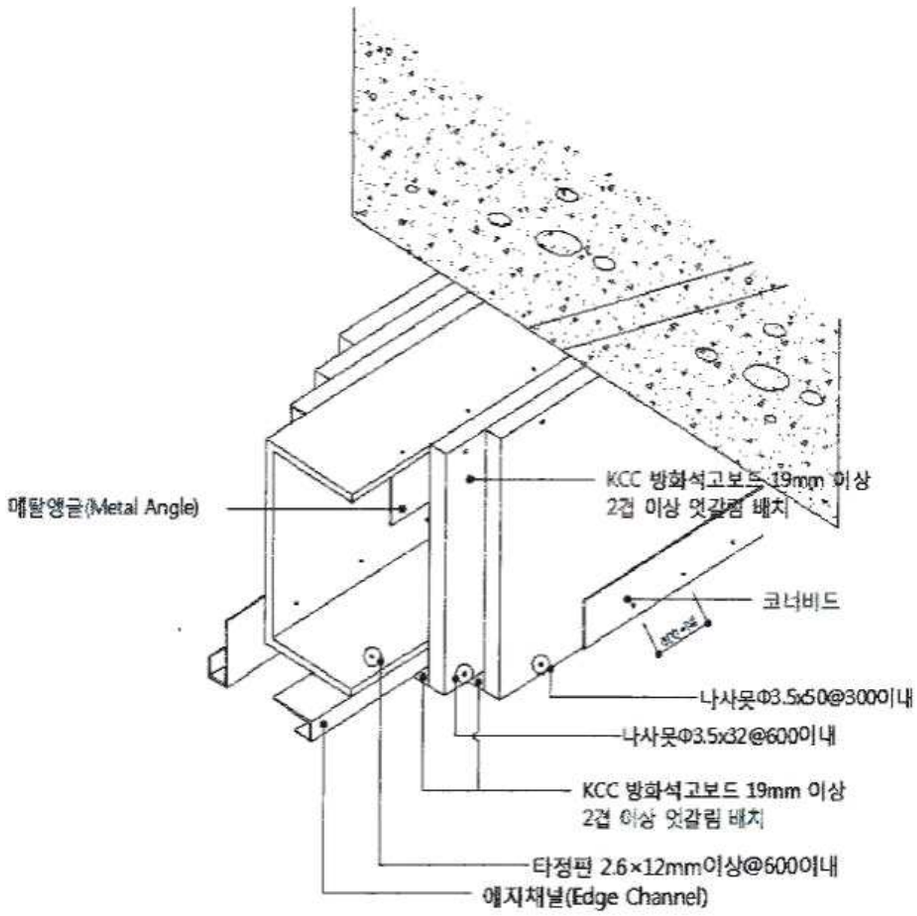


그림 2.2.12.62 구조설명도

(단위 : mm)

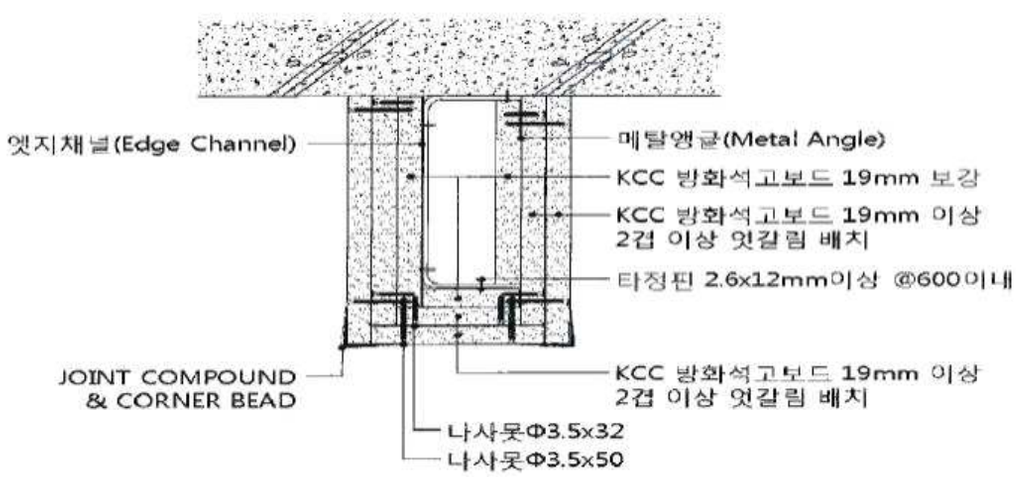


그림 2.2.12.63 단면도

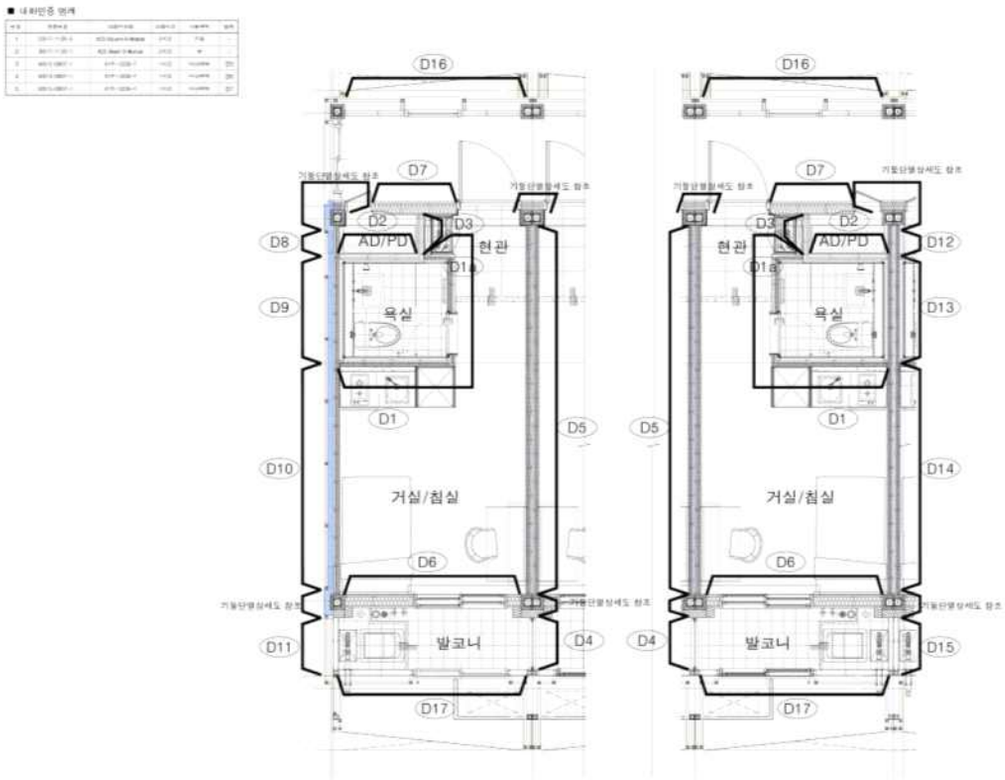


그림 2.2.12.64 건식벽체 부호도

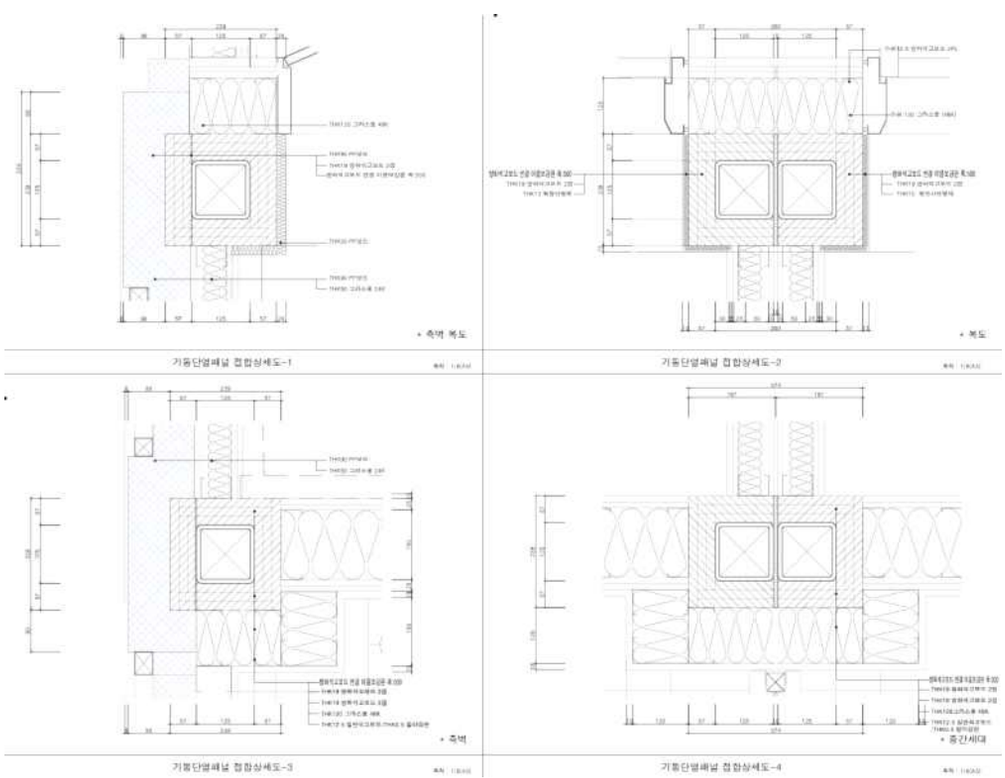


그림 2.2.12.65 기둥 단열 상세도

(다) 건식벽체

① 개요

- 모듈러 건식벽체는 단위 유닛 프레임에 벽체를 구성하는 공종으로 기밀성능과 단열성능을 고려하여야 하며, 공간구성의 기본이 되기 때문에 정밀한 관리가 요구된다.
- 천안두정실증단지의 건식벽체공사는 상하부에 런너 및 스터드를 고정하고, 스터드 내부에 기밀방습지 시공 후 석고보드 취부, 외부에 글라스울 설치 후 보양용 철판 or CRC보드 취부로 구성된다.

② 공정순서

- 모듈수평잡기 – 먹줄 – 경량강제 윗막이 및 밑막이(Runner) 설치 – 경량강제 샛기둥(Stud) 설치 – 오수/하수배관 – 배전반 설치 – 전기박스 설치 – 바탕석고보드 취부 – 기밀방습지 – 기밀테이프보강 – 마감석고보드 취부 – 그라스울 취부 – 함석판 취부 – CRC보드 취부 – PF보드 취부 – 창틀/문틀 설치 – 하지철물 시공 – 마감강판 시공

모듈수평잡기

먹줄

벽체 런너 설치

벽체 스터드 설치

오수/하수배관

배전반설치

전기박스

바탕석고보드 취부

기밀방습지

기밀테이프보강

마감석고보드 취부

그라스울

함석판 취부

CRC보드 취부

PF보드 취부

창틀/문틀 설치

하지철물 시공

마감강판 시공

③ 주요상세

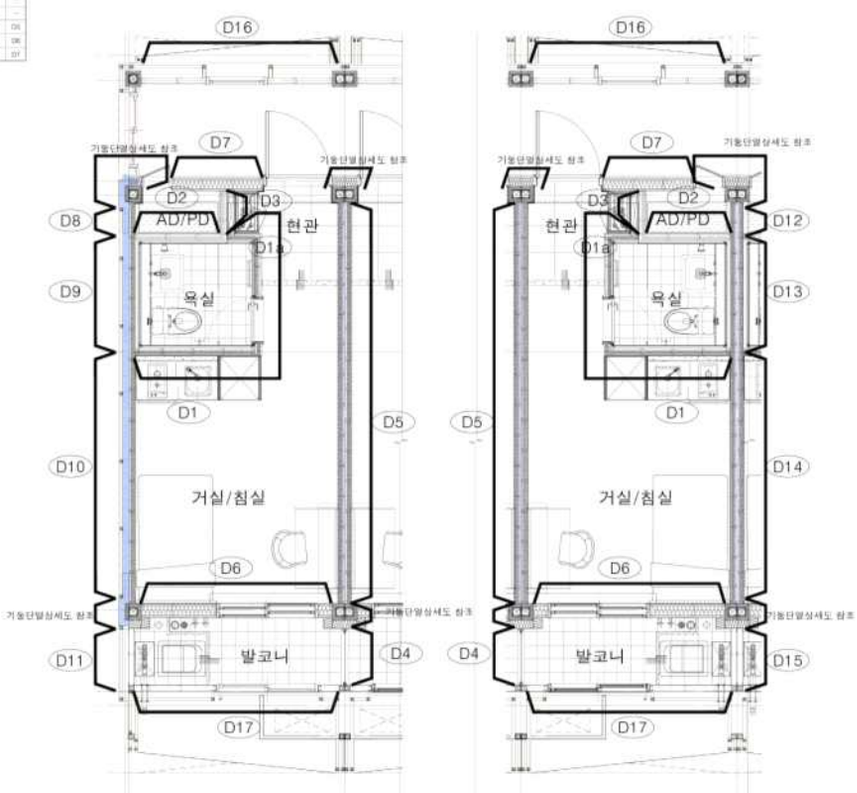


그림 2.2.12.66 건식벽체 안내도

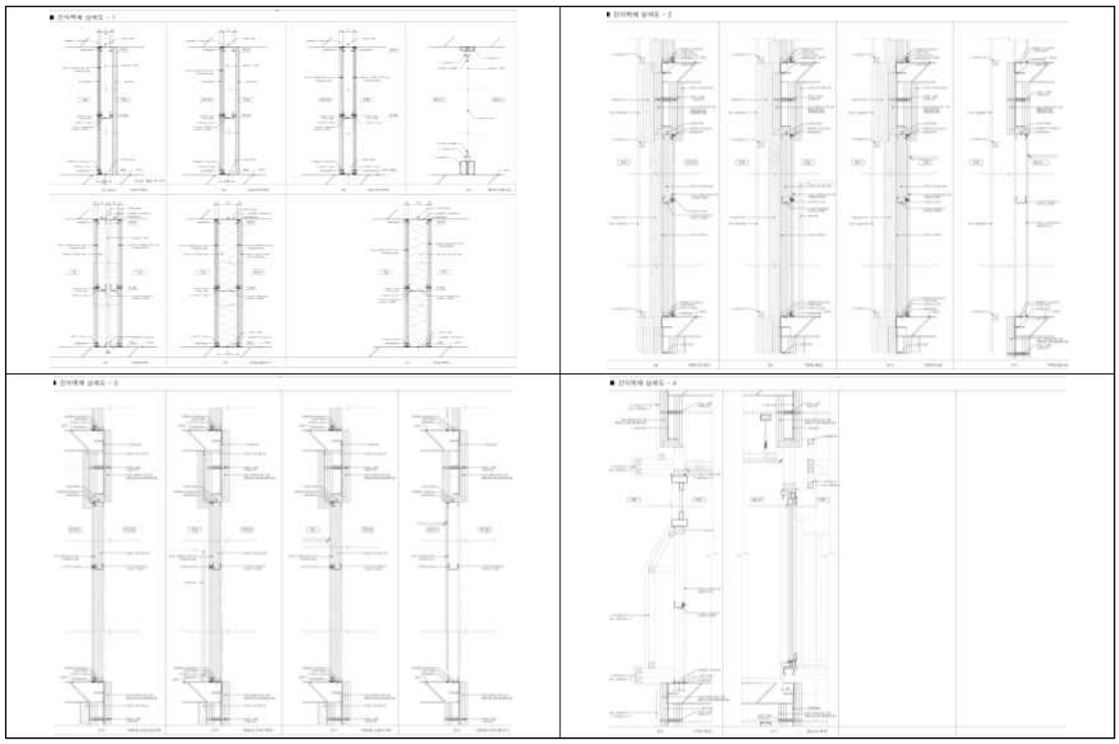


그림 2.2.12.67 건식벽체 상세도

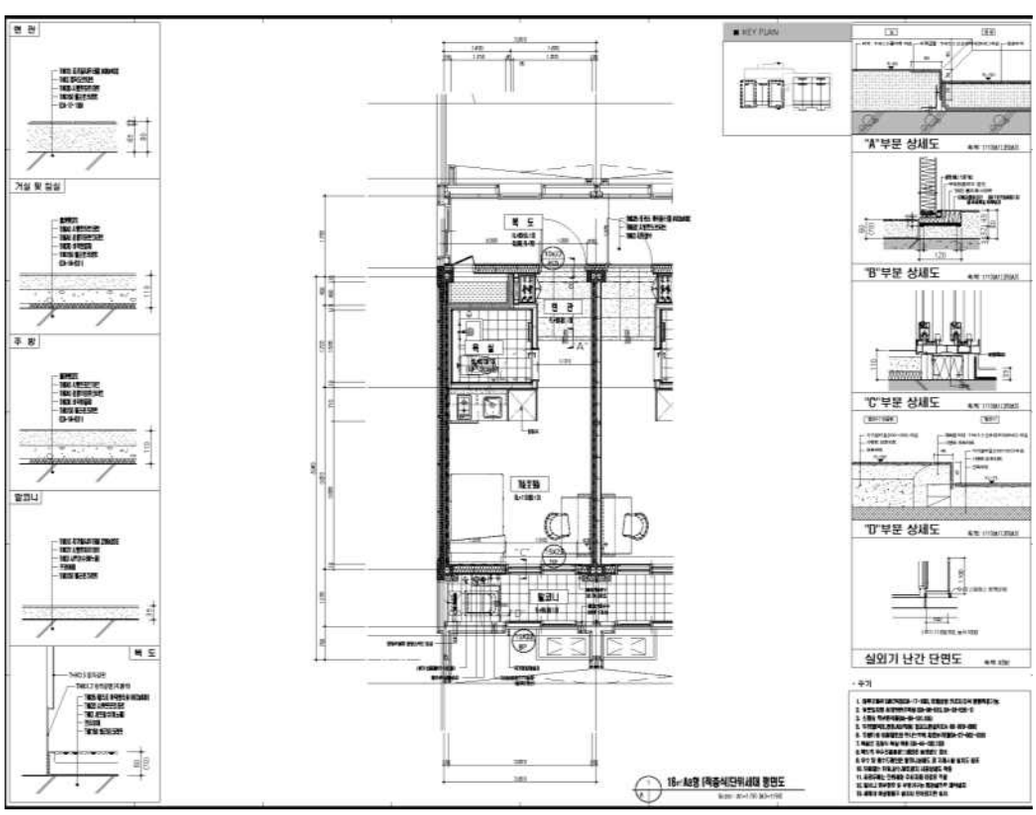


그림 2.2.12.68 적층식 평면도

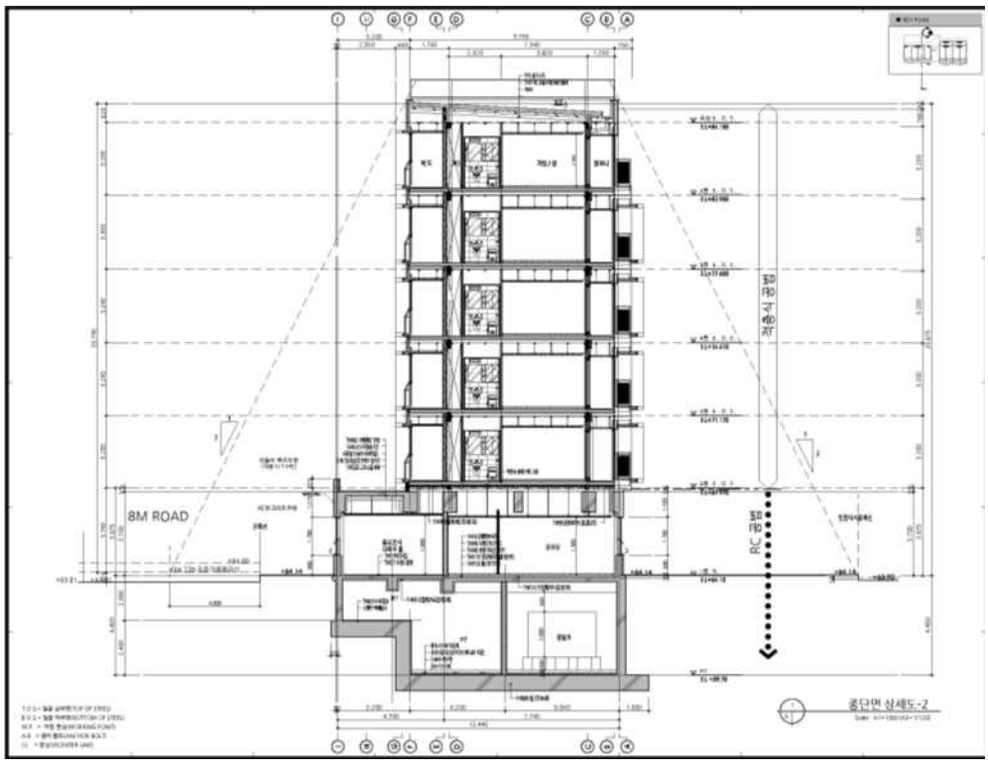


그림 2.2.12.69 적층식 단면도

(라) 바닥

① 개요

- 모듈러 바닥은 콘크리트 슬라브 위에 온돌바닥, 난방배관 등을 시공하는 공종이다.
- 모듈러의 바닥공사는 콘크리트 바닥 위 완충재 설치 - 경량기포콘크리트타설 - 배관공사 - 모르터 마감 등을 시공하여 마무리한다.

② 공정순서

- 완충재 설치 - 기포 콘크리트 타설 - 난방배관 - 몰탈타설

완충재 설치

기포타설

난방배관

몰탈타설

③ 바닥 상세도

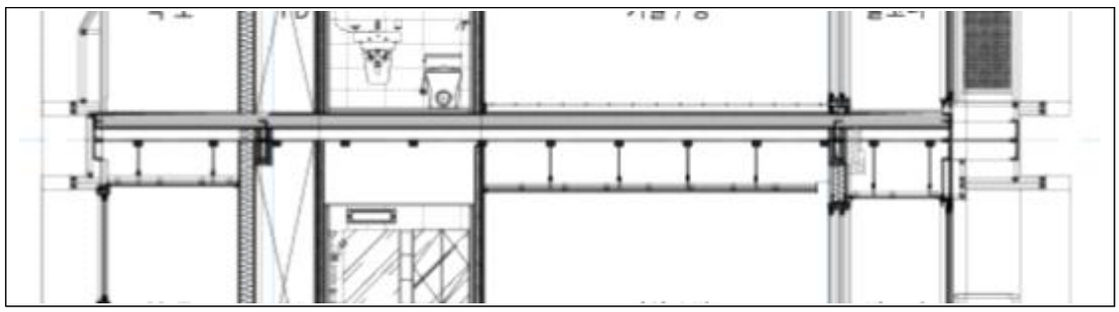
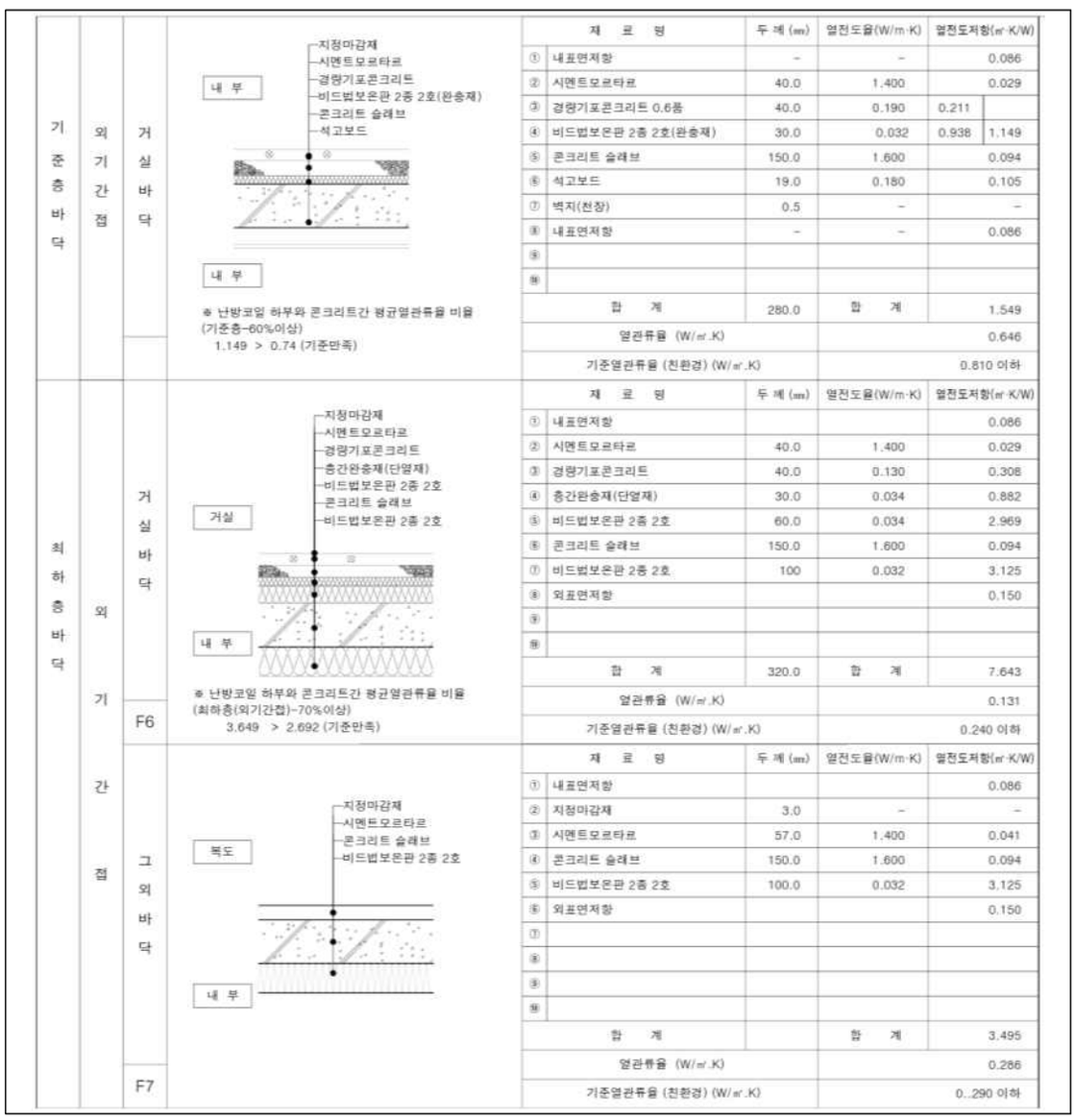


그림 2.2.12.70 적층식 단면도



기준층바닥 / 외기간접 / 거실바닥

※ 난방코일 하부와 콘크리트간 평균열관류율 비율
(기준층-60%이상)
1.149 > 0.74 (기준만족)

	재 료 명	두 께 (㎜)	열전도율(W/m·K)	열전도저항(㎡·K/W)	
①	내표면저항	-	-	0.086	
②	시멘트모르타르	40.0	1.400	0.029	
③	경량기포콘크리트 0.6품	40.0	0.190	0.211	
④	비드법보온판 2종 2호(완충재)	30.0	0.032	0.938	1.149
⑤	콘크리트 슬래브	150.0	1.600	0.094	
⑥	석고보드	19.0	0.180	0.105	
⑦	벽지(천장)	0.5	-	-	
⑧	내표면저항	-	-	0.086	
⑨					
⑩					
	합 계	280.0	합 계	1.549	
	열관류율 (W/㎡.K)			0.646	
	기준열관류율 (친환경) (W/㎡.K)			0.810 이하	

최하층바닥 / 외기간접 / 거실바닥 / F6

※ 난방코일 하부와 콘크리트간 평균열관류율 비율
(최하층(외기간접)-70%이상)
3.649 > 2.692 (기준만족)

	재 료 명	두 께 (㎜)	열전도율(W/m·K)	열전도저항(㎡·K/W)
①	내표면저항			0.086
②	시멘트모르타르	40.0	1.400	0.029
③	경량기포콘크리트	40.0	0.130	0.308
④	층간완충재(단열재)	30.0	0.034	0.882
⑤	비드법보온판 2종 2호	60.0	0.034	2.969
⑥	콘크리트 슬래브	150.0	1.600	0.094
⑦	비드법보온판 2종 2호	100	0.032	3.125
⑧	외표면저항			0.150
⑨				
⑩				
	합 계	320.0	합 계	7.643
	열관류율 (W/㎡.K)			0.131
	기준열관류율 (친환경) (W/㎡.K)			0.240 이하

최하층바닥 / 외기간접 / 그외바닥 / F7

	재 료 명	두 께 (㎜)	열전도율(W/m·K)	열전도저항(㎡·K/W)
①	내표면저항			0.086
②	지정마감재	3.0	-	-
③	시멘트모르타르	57.0	1.400	0.041
④	콘크리트 슬래브	150.0	1.600	0.094
⑤	비드법보온판 2종 2호	100.0	0.032	3.125
⑥	외표면저항			0.150
⑦				
⑧				
⑨				
⑩				
	합 계		합 계	3.495
	열관류율 (W/㎡.K)			0.286
	기준열관류율 (친환경) (W/㎡.K)			0..290 이하

그림 2.2.12.71 바닥 상세 단면도

(마) 천장

① 개요

ㅇ 모듈러 천장은 건식벽체 이후 공정으로 경량천장철골틀과 더불어 전기배선공사가 수반되는 공정이다. 골조제작시 미리 제작한 철골 프레임에 M-bar를 설치하고 CD관을 배관한다. 이후 천장용 석고보드로 내부를 마무리하며, 외측은 내수합판으로 덮고 연결부를 실리콘 처리하여 방수보양으로 마감하는 공정이다. 이때 운반 및 양중을 고려하여 흔들림에 파손이 되지 않도록 피스고정을 시방기준에 따라 정확히 수행하여야 한다.

ㅇ 복도천장은 공장에서 제작된 달대와 반자틀 받이에 알루미늄 천장판 시공을 수행한다.

② 공정순서

ㅇ 천장틀 설치 - 전기통신배관 - 전기통신배선 - 가스배관 설치 - 환기덕트 설치 - 천장 석고보드 취부 - 천장 내수합판 취부

천장틀 설치

전기통신배관

전기통신배선

가스배관

환기덕트

천장석고보드취부

천장내수합판

③ 주요상세

(바) 방수 및 타일

① 개요

- ㅇ 모듈러 방수 및 타일은 단위 유닛내 화장실, 현관 및 화장실 바닥, 주방 벽 타일부분에 대한 공종으로 위치에 따라 타일의 종류가 다르고 붙이는 방법이 다르게 적용된다.
- ㅇ 천안두정실증단지의 방수 및 타일은 바닥의 경우 우레탄 방수 후 시트방수로 추가방수를 수행하며, 사모래를 깔고 그 위에 타일을 붙이며, 주방벽 타일의 경우는 타일용 본드바름 후 타일을 압착하여 붙인다.

② 공정순서

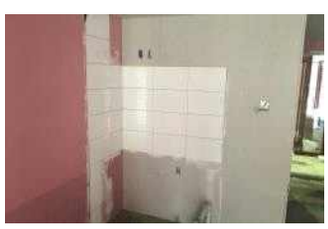
- ㅇ 발코니 바닥방수 시공 – 발코니 시트방수 시공 – 발코니 타일 시공 – 현관타일 시공 – 주박벽 타일 시공

발코니 바닥방수

발코니 시트방수

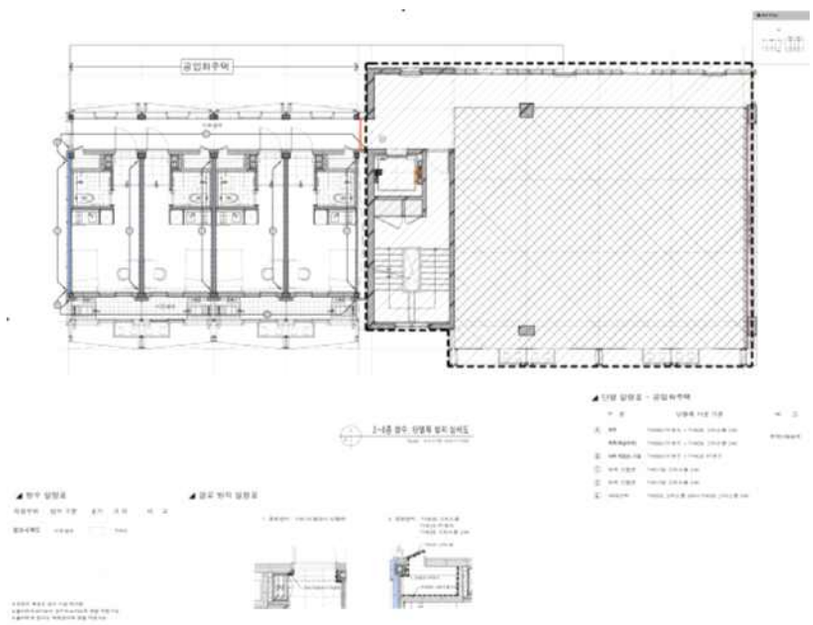
발코니 타일

현관타일



발코니 시트방수

③ 주요상세



(사) U.B.R

① 개요

- ㅇ 별도의 방수공사 없이 방수판을 이용한 방수 및 배수의 기능을 확보하며 방수판 위에 직접 본드를 이용한 타일 붙임이 아닌 방수판 위에 몰탈 작업을 하여 습식 시공처럼 타일을 붙여 바닥을 완성한다.
- ㅇ 화장실 벽면은 사전에 합의한 기성 타일을 이용하여 공장에서 타일을 PU가 충진된 판넬에 압착, 접합하여 현장에서 상, 하부로 나누어 조립 시공한다. 천장은 공용부는 경량천장철골틀+열경화성수지천장재, 부속화장실은 SMC돔천장재로 시공한다.
- ㅇ 내부자재는 사전에 합의된 도기류 및 악세사리, 수전류 등을 2차 시공하여 마무리하는 조립식 욕실(UBR) 시스템임.

② 공정순서

- ㅇ 바닥 방수판 설치 – 벽판 설치 – 욕실 문틀 설치 – 욕실 바닥타일 시공 – 욕실 천장 시공 – 위생기구 설치

바닥 방수판

벽판 설치

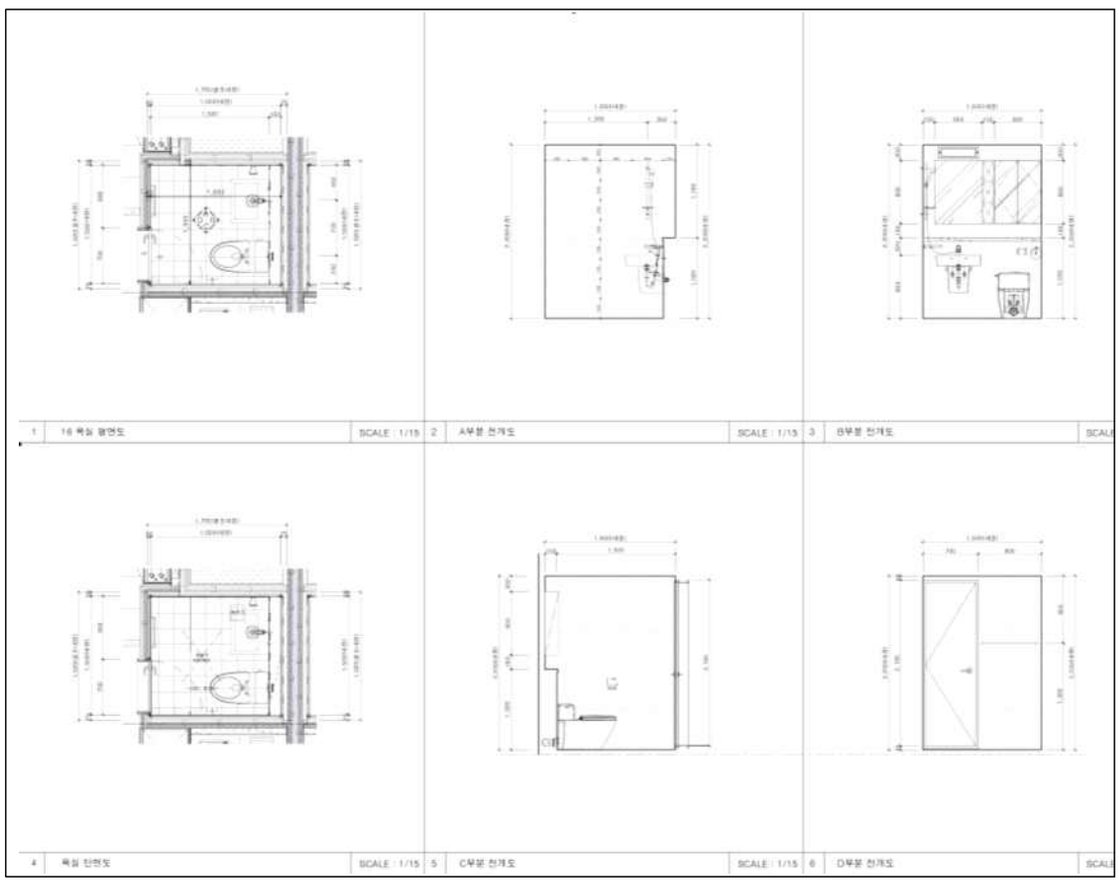
욕실문틀설치

욕실바닥타일

욕실 천장

위생기구

③ 욕실 상세도



(아) 가구설치

① 개요

ㅇ 모듈러 가구설치는 싱크대 및 신발장을 설치하는 공정으로 싱크대설치 시 수전 높이를 고려하여 시공하며, 신발장 설치시 뒤쪽에 배전반이 연결될 수 있도록 설치한다.

ㅇ 상부장 설치시 스터드에 정확히 고정할 수 있도록 주의하여 시공한다.

② 공정순서

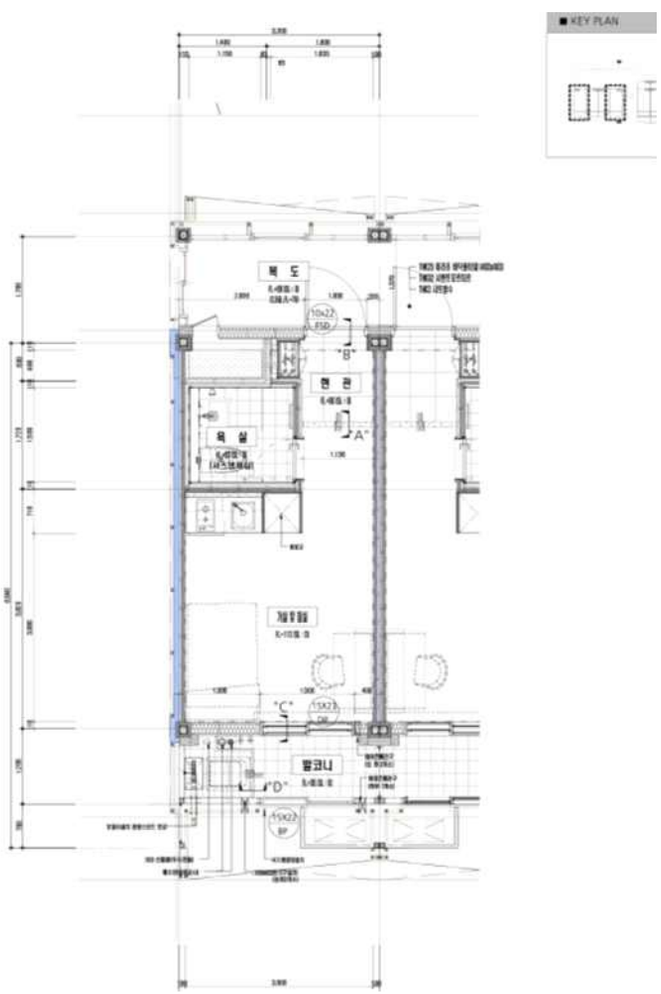
ㅇ 하부장 설치 - 상부장 설치 - 신발장 설치

하부장 설치

상부장 설치

신발장 설치

③ 가구 배치도



(자) 도배

① 개요

ㅇ 모듈러 도배는 실내 최종 마감공정으로 벽체의 경우 하부에 걸레받이 시공 및 상부 몰딩 시공 후 초배지를 붙이고 지정된 합지를 붙이는 순으로 시공한다. 모서리 부분은 반드시 코너몰딩을 설치하며 손스침 부분에 오염이 되지 않도록 보양한다.

ㅇ 바닥은 장판시공시 여러차례에 걸쳐 이물질을 제거하여야 하며, 장판시공후 바로 본딩을 하지 말고 난방 후 장판이 안착 된 후에 최종 마무리를 하도록 한다.

② 공정순서

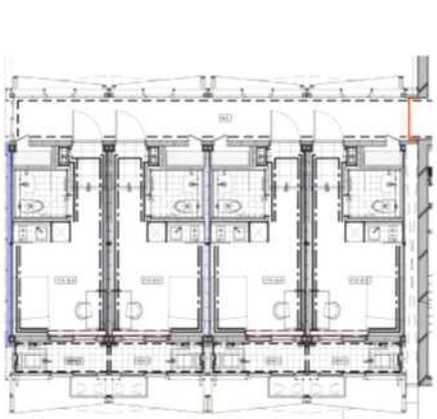
ㅇ 걸레받이 및 천장몰딩 설치 - 도배 시공 - 장판 시공

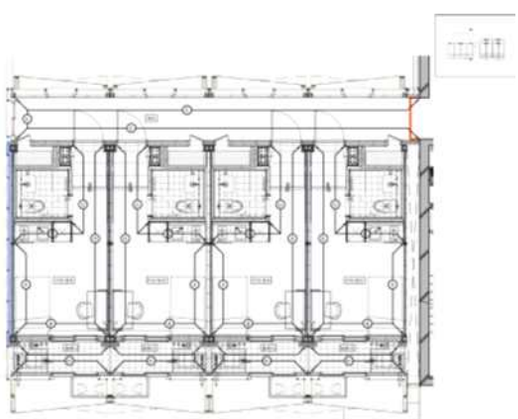
걸레받이/천장몰딩

도배시공

장판시공

③ 주요상세





(차) 기타 (전등, 전열, 보일러, 보양)

① 개요

ㅇ 수장공사 완료 후 공장제작 마무리 공사로 세대내부 등기구를 설치하고 모듈 하부에 시방기준에 맡도록 결로방지를 위한 우레탄폼을 도포한다. 모듈의 최 외측은 투습방수지로 포장하여 습기를 방지한다.

② 공정순서

ㅇ 스위치 및 콘센트 설치 - 등기구 설치 - 보일러 및 수전 설치 - 모듈포장

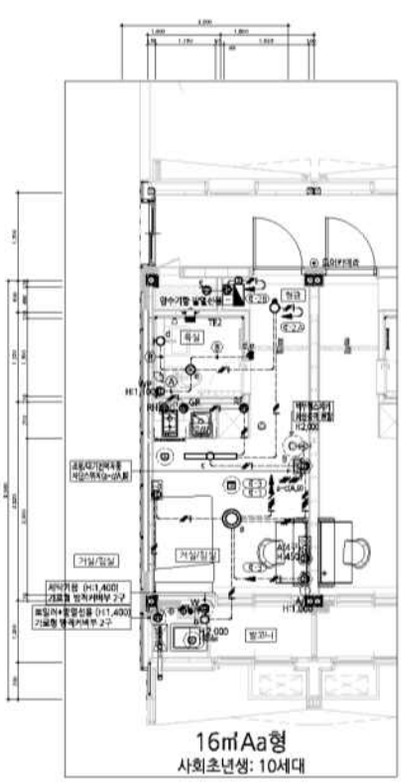
스위치/콘센트

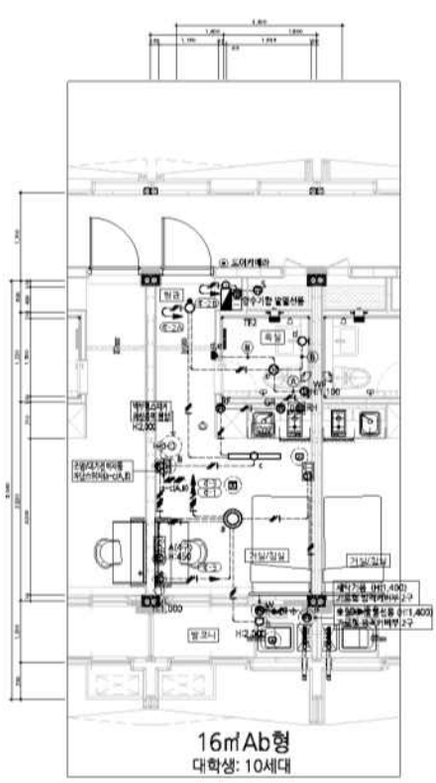
등기구

보일러/수전

모듈포장

③ 전등 및 전열설비 배선도





(카) 운송

⑯ 개요

ㅇ 모듈의 운송간에는 도로법 및 도로교통법을 준수하고 현장까지의 운행경로를 사전에 파악하여 현장까지 반입할 수 있도록 계획하여야 한다.

⑰ 시방기준

㉠ 출고 전 확인 및 포장

ㅇ 공장에서의 세대 체크리스트 작성 및 출하 전 펀치작업을 시행한다.

ㅇ 외장재, 부속재 등의 연결부위는 실란트 등으로 채워서 마감하도록 한다.

ㅇ 실란트, 미장, 본드 등 일정 양생 기간을 요하는 작업 수행 후 시방 규정에 맞게 충분한 양생 시간을 확보하여야 한다.

ㅇ 출고 전 모든 공종 별(수장, 설비, 전기, 외장 등) 잔손 보기를 실시한 뒤 담당원으로부터 승인을 받는다.

ㅇ 표면을 보호하고 오염을 방지하기 위하여 포장 및 보호장치를 해야 하며 포장은 습기나 운반 중 우천 대비를 위해 모듈설치 볼팅 접합부를 제외하고 투습방수지로 패킹을 실시한다.

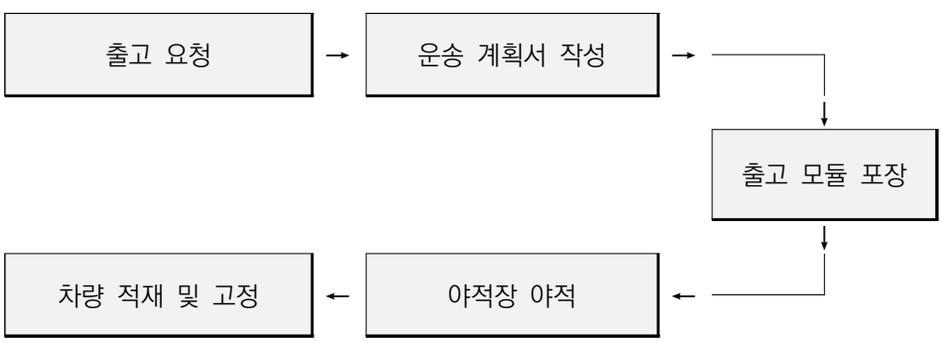


그림 2.2.12.72 모듈러 출고 프로세스

㉡ 운송 계획 및 세부 사항

ⓐ 사전 계획

ㅇ 모듈러 출고 전 지역 특징과 일기 예보를 통한 눈, 비 등 주간 기상조건을 확인하고 적정한 방법으로 보양하여 출고일을 선정 후 운송하도록 한다.

- 마감재 설치 정도에 따라 모듈러 유닛의 풍우에 노출 대비 보양을 실시한다.

ㅇ 모듈러 유닛은 관련 도로법상에 준하여 이동할 도로 최대 폭과 높이를 규정하도록 하며, 이에 준하여 제작, 적재한다.

- 이동할 도로 최대 폭과 높이를 확인하여야 한다. (도로 규정 준수)

ㅇ 운송 책임자 및 차량 운전자는 사전에 이동 경로 및 지역적인 제한사항들을 조사하여 충분히 숙지한다.

- 현장까지의 이동경로, 육교, 교각 등의 장애물 등을 사전에 확인함으로써 모듈 운반에 지장이 없도록 한다.

ㅇ 모듈러 유닛은 트레일러 등 전용장비를 사용하여 운송한다. 운송 장비는 현장 및 도로 조건 등을 감안하여 적정한 장비를 선택한다.

구분	내용
운송 관련 법규 확인	최대 폭 / 높이 등의 운행제한 기준 확인
운행차량 선정	모듈의 높이, 길이 중량 고려 차량 선정
모듈적재 및 고정계획	모듈 차량 적재 계획, 차량과 모듈의 결박 방법 계획
운행경로조사 (공장 → 현장대기장소 →현장)	지역 도로 및 인근 도로의 경사, 폭, 반경 등 고려
대기장소	모듈 현장설치 전 대기 장소 운영계획
교통통제계획	모듈의 현장소운반 (현장대기장소 → 현장에 따른 통제계획)

ⓑ 세부 사항

○ 운반차량은 모듈러유닛이 변형/탈락/파손되지 않도록 규정 속도를 준수한다.
- 도로상태가 양호한 경우 (포장 혹은 비포장이지만 고르게 되어 있는 경우)는 40 ~ 60 km/h로 운행
- 비포장의 열악한 도로인 경우는 20 ~ 30km/h로 운행
- 차량 운전자 외에 운송 보조자가 동행한다.

○ 야적장으로부터 단위부재를 미리 정해진 조립순서에 맞게 적당한 순서로 싣고 운반하며, 단위부재의 상차 및 운반은 다음과 같이 한다.
- 상차 시 단위부재의 방향이나 고임위치를 조립도에 나타내어야 한다.
- 적절한 순서로 상차하여 이동이나 조립의 위험과 취급 작업량을 최소화 할 것

○ 모듈러 유닛은 운송 장비에 적절한 지지물, 고임목, 쿠션, 기타 고정용구 등을 사용하여 운반 시 파손, 사고를 방지하거나 최소화 한다.
- 모듈 유닛과 묶은 끈 사이에 적절하게 패드를 삽입해 모듈 유닛의 파손을 방지한다.
- 운반 중에 수평 처짐이나 진동이 현저히 나타날 것으로 생각되는 긴 단위부재는 부재 사이를 브레이스나 트러스로 견고히 지지한다.
- 고임목, 포장재, 보호재는 부재를 손상시키지 않고, 오염이나 변형을 야기 시키지 않는 것을 사용한다.

○ 조립감독자는 작업현장에 단위부재가 제시간에 도착하도록 조정하고 조립순서에 맞게 적재 장소에 저장하였다가 안전하게 조립되도록 하여야 한다.
- 클래딩(Cladding) 작업을 한 유닛 제품들은 현장 방치 시 수분 흡수에 따른 피해 방지를 위해 모듈 유닛, 복도, 서비스 공간 사이의 조인트 부분에 대한 주의가 필요하다.

ⓒ 운송 제한

ⓐ 운행 제한 기준(도로법)

○ 현행 국내의 운행제한차량 단속은 도로법 제54조 제1항과 동법시행령 제55조에 의거하여 도로의 구조를 보전하고 차량 운행의 위험을 방지하기 위하여 일정 기준을 초과하는 화물차 및 건설기계 등을 단속한다.

○ 운행 제한 기준(단속 대상): 아래의 기준을 초과하여 운행하는 차량(건설기계 및 트레일러 연결차와 세미트레일러 연결차 포함)은 단속 대상이 된다.

- 운행제한 폭 2.5m : 후사경등 바깥 돌출부분을 제거하거나 닫은 상태에서의 차량으로 적재물의 너비 (2.5m 초과 시 도로관리청으로부터 운행허가를 득해야 한다.)
- 운행제한 높이 4.0m : 지면으로 부터 차량 또는 적재물의 최대높이 (도로의보전과 통행의 안전에 지장이 없다고 관리청이 인정하여 고시한 도로노선의 경우에는 4.2m로 한다.)
- 운행제한 길이 16.7m : 차량 또는 적재물의 총 길이
- 운행제한 축하중 10톤, 총중량 40톤
  (다만, 계측기 및 측정오차 등을 감안하여 축중 및 총중량이 위 기준의 1할 이내 초과된 경우에는 이를 허용할 수 있다.)
- 거의 모든 트레일러는 폭이 2.5m 이하로서 별도로 운행허가를 받을 필요가 없으나, 일부 특수 대형 트레일러 (2.98 ~ 3.64m)는 제한 기준(2.5m)을 초과하고 있어 운행하고자 할 경우 도로관리청으로부터 운행허가를 득해야 한다

ⓑ 관련 규정

ㅇ 해당 법규

요인 / 항목	관련법	폭 (m)	높이 (m)	길이 (m)	중량 (ton)	예외규정
도로조건	도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 제10조, 제17조	2.75	4.2	-	-	
운반트럭	자동차 안전기준에 관한 규칙 제4조	2.5	4.0	16.7	40	제114조 별표 폭 2.75
차량운행	도로법 시행령 28조의3	2.5	4.0	16.7	40	28조의 3 별표 운행신청서 작성

ㅇ 도로별 최대 허용 기준 (이외 도로 : 제한차량 운행허가 시스템 참고)

구간명 (호선)	길이	너비	높이	중량	구간명 (호선)	길이	너비	높이	중량
서울시	19	3.4	4.5	40t	익산포항선	19	3.5	4.5	40t
도시고속도로	19	3.4	4.5	40t	호남선	19	3.4	4.3	40t
경부선	19	3.3	4.5	40t	중부선	19	3.4	4.5	40t
남해선	19	3.3	4.5	40t	제2중부선	19	3.4	4.5	40t
88선	19	3.2	4.5	40t	음성평택선	19	3.4	4.5	40t
서해안선	19	3.4	4.5	40t	중부내륙선	19	3.4	4.5	40t
평택화성선	19	3.4	4.5	40t	영동선	19	3.4	4.5	40t

ⓒ 운행 허가 신청 절차

ㅇ 신청인은 제출 서류를 수수료와 함께 해당지역(출발지) 관할 시(구)청 도로관리과에 제한차량 운행허가를 신청한다.
- 제한차량 운행허가 시스템 (국토교통부) http://www.ospermit.go.kr 에서도 가능 (처리기간 단축 및 신청 절차 간소화)
- 접수된 신청서는 도로관리자가 차량 제원, 운행 경로, 허가 기간, 조건 등을 확인하여 심사한다.

ㅇ 신청한 제한차량의 운행경로가 2 이상의 도로관리청 또는 관할기관에 걸쳐 있을 경우, 타 도로관리청과 운행허가 여부를 협조한다.

ㅇ 심사 후 도로관리자는 신청인에게 운행시간, 운행기간, 호송차량 배치, 깃발 부착 등의 운행조건이 부여된 허가 또는 불허가 통지서를 발급한다.

5) 실증단지 BIM기반 시공지원 (연우테크놀로지 작성)

가) 2차년: 실증단지 BIM 활용계획 수립

연구목표

- 실증단지 BIM 활용계획 수립

연구내용

- BIM 기반 모듈러 건축 4D 시뮬레이션 작성 매뉴얼 수립
  - 4D 시뮬레이션 구현을 위한 정보체계 구축
  - BIM 기반 모듈러 건축 4D 시뮬레이션
- 수서단지 시공단계 BIM 활용계획 수립
  - 수서단지 BIM 활용계획서 작성

최종성과물

- BIM 기반 모듈러 건축 4D 시뮬레이션 매뉴얼 작성
- 수서단지 시공단계 BIM 활용계획서

(1) BIM 기반 모듈러 건축 4D 시뮬레이션 작성 매뉴얼 수립

(가) 실증단지 BIM 모델링

① 수요자 맞춤형 조립 주택 기술개발 및 실증단지 구축을 위해 “수서동 727 도시형 생활주택 신축공사”를 대상으로 BIM기반 모듈러 건축의 BIM 데이터구성 및 정보체계 정의

② 모델링 작업은 국내에서 가장 보편적으로 사용되는 BIM 구현 프로그램인 AUTODESK社의 REVIT 2017을 사용하였음

③ 수서단지의 통합모델은 건축, 구조, MEP, 대지 모델로 구성되어 있으며, PC구조(저층부), A동(적층형 모듈), B동(인필식 모듈)로 구분됨. 층 기준으로 분류함. 또한 적층형 모듈 및 인필식 모듈의 모듈별로 그룹화하여 모델링하였으며 아래그림과 같음

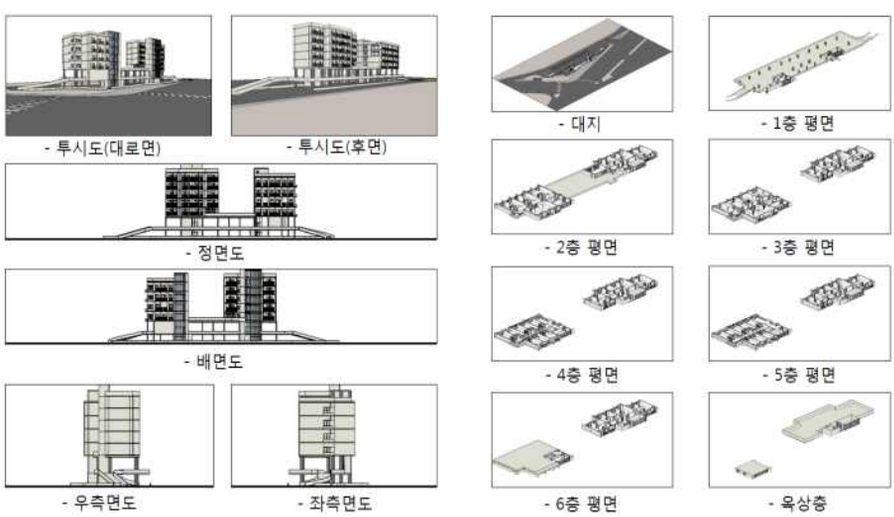


그림 2.2.13.1 수서단지 BIM 구현모습

(나) 실증단지 BIM 기반 4D 시뮬레이션 구현

① 수서단지 BIM 통합모델을 기반으로 AUTODESK社의 NAVISWORKS 2017을 기반으로 공정정보를 연계하여 4D 시뮬레이션 모델을 구현

② 공정정보는 국내 모듈러 전문업체 전문가 자문을 통해 모듈 유닛의 적층 방향 및 순서를 자문하여 설정하였음

③ 수서단지 BIM 3D 및 4D 모델을 통해 수서단지의 시각화를 통해 관련 연구진의 이해도를 높이고 도면검토에 활용하였으며, 수서단지 배치 및 공간검토를 통해 시공계획수립 및 검토도구를 활용하였음

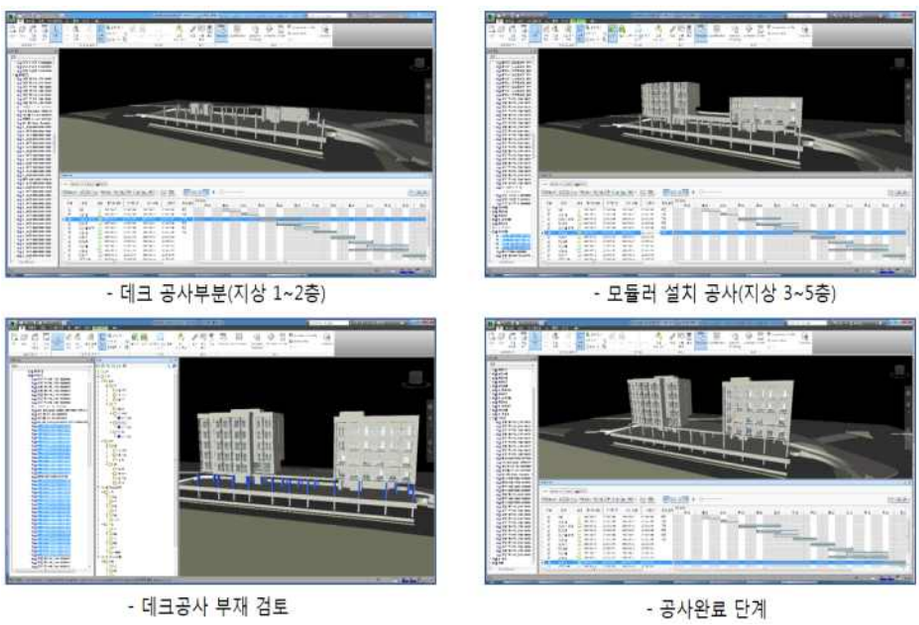


그림 2.2.13.2 수서단지 4D 시뮬레이션 구현화면모습

(2) 수서단지 시공단계 BIM 활용계획 수립

(가) 수서단지 BIM 활용계획 프로세스 정립

① BIM 모델을 활용하여 시공에 대한 사전계획을 수립하는 BIM 기반 시공계획서 수립을 목적으로 하며 사전 시공성 검토 등 주요 프로세스를 수립하였음

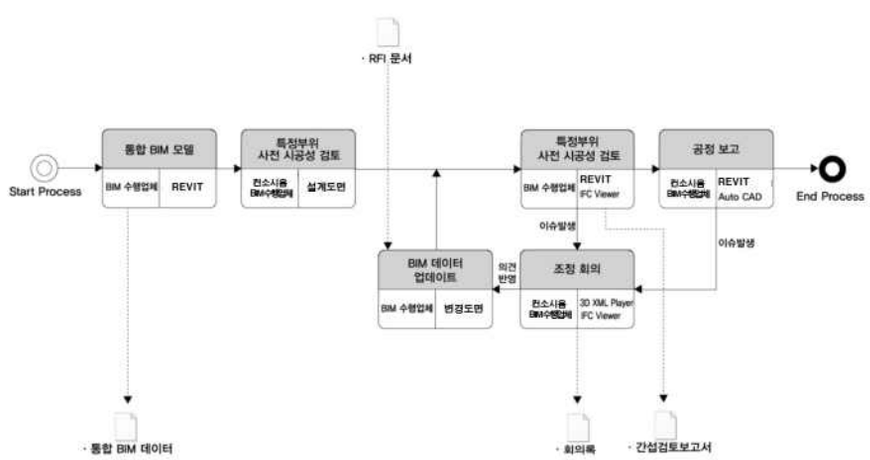


그림 2.2.13.3 BIM 활용계획 프로세스부분

나) 3차년: 실증단지 BIM 기반 시공계획 수립

연구목표

- 실증단지 BIM 기반 시공계획 수립

연구내용

- 실증단지(수서) BIM 기반 시공계획 수립
  - 수서단지 BIM 시반 시공계획 검토
- 실증단지(가양) BIM 기반 시공계획 수립
  - 가양단지 BIM 시반 시공계획 검토

최종성과물

- 실증단지(수서) BIM 기반 시공계획서
- 실증단지(가양) BIM 기반 시공계획서

(1) BIM 기반 시공계획검토를 위한 BIM 시공계획용 모델링

(가) 실증단지 BIM 모델링

① 수요자 맞춤형 조립 주택 기술개발 및 실증단지 구축을 위해 수서단지 및 가양단지를 대상으로 BIM 모델링 작업수행

② BIM 기반 시공계획(배치&양중&공정)검토를 위한 모델 구축 작업(주변 지장물 및 가시설포함)

③ 3D BIM 모델에 시간정보를 입력하여 공정계획 검토

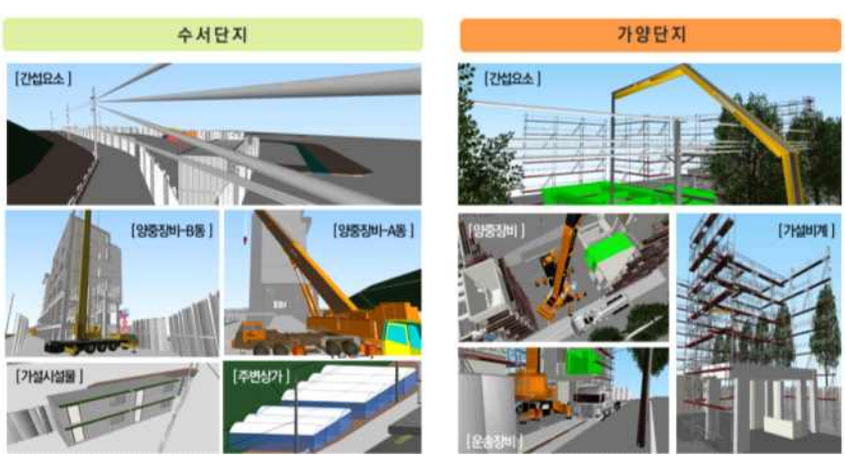


그림 2.2.13.4 BIM 활용계획 프로세스부분

(나) 실증단지 BIM 기반 시공계획 검토

① 배치계획: 가설 시설물 배치계획 검토(현장사무소, 모듈 야적장, 주출입구 및 주변지장물)

② 양중계획: 모듈러 설치를 위한 양중장비 운영계획 검토(장비종류 및 위치, 동선)

③ 공정계획: 모듈러 설치 공사 계획(설치 및 작업동선, 전후행 공정검토, 공정시뮬레이션)

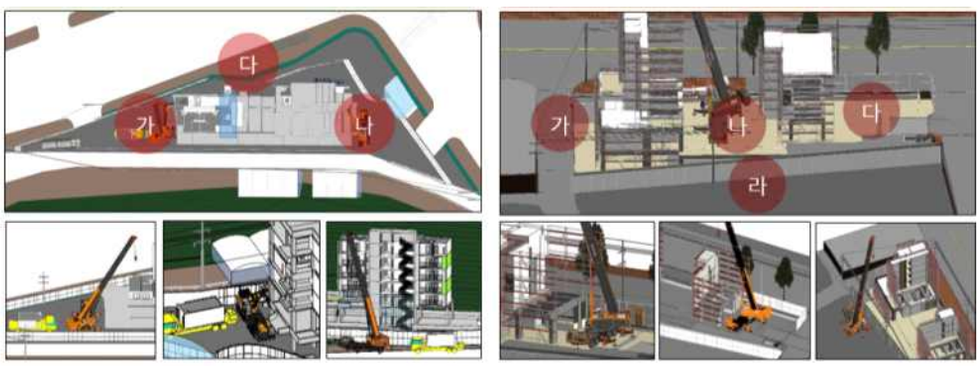
④ 기존 2D 도면 기반의 시공계획을 3D/4D 모델로 검토하여 전문가간 의사소통향상 및 다각적 검토 지원

⑤ 시공계획의 시각적 보완으로 시공이해도 향상, 시공계획 대안 제시 및 검토를 통해 시공오류 사전제거

(라) 실증단지 배치계획 검토: 현장 조사 및 지장물/인접 건물을 고려한 3D 모델 검토

그림 2.2.13.5 배치계획 검토 모습

(마) 실증단지 양중계획 검토: 민원, 주변도로, 주변지장물 고려한 양중장비 계획검토



- A동: 하이드로 크레인(250ton), '가' 위치
- B동: 이동식 T형 타워크레인 (80ton), '나 ' 위치
- 고려사항
  - A 동 a 부분 고층부 양중시 '다'위치에서 양중 고려
  - 도로점용신고, 안전요원 및 민원 발생 대응
  - 크레인 공간확보를 위한 램프 공사 후속공종으로 이동

- A동: 하이드로 크레인(150ton), '나' 위치
- B동: 하이드로 크레인(100ton), '다' 위치
- 고려사항
  - 1층 데크부분 서포트 설치필요, 크레인 진입을 위해 팬스 부분 해체
  - 전신주(고압전선) 간섭 확인
  - '라' 위치(민간 택시 주차장) 대여시 안정적 크레인 위치 확보

그림 2.2.13.6 양중계획 검토 모습

(바) 실증단지 공정계획 검토: 공정프로세스 연계를 통한 선후행 작업검토

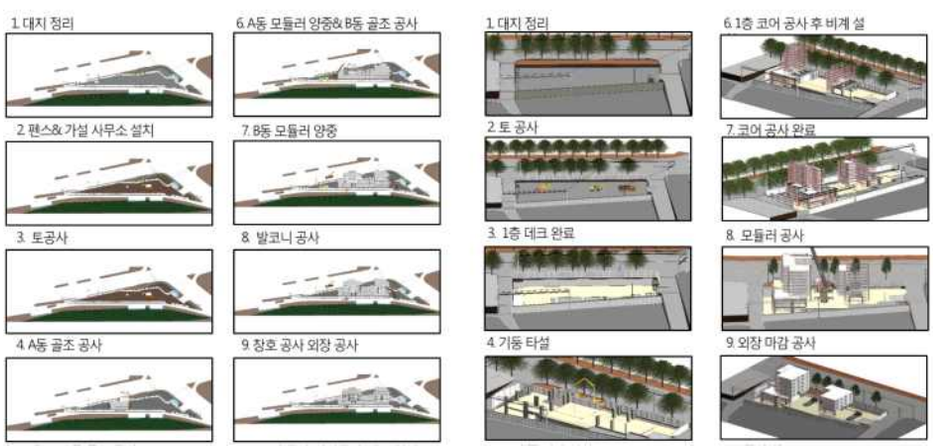


그림 2.2.13.7 공정계획 검토 모습

다) 4차년: 실증단지 BIM 활용계획 수립

연구목표

- 실증단지 4D/5D BIM 적용을 통한 시공지원 및 활용성 검토

연구내용

- 실증단지 BIM 기반 시공계획 검토 및 시공 계획서 작성
- 실증단지 4D/5D 활용성 검토

최종성과물

- 실증단지 주요 시공계획(배치, 양중, 공정)의 3D/4D 기반 검토(시공시나리오 동영상 작성)
- 모듈러 프로젝트 4D/5D 활용성 분석

(1) 실증단지 BIM 기반 시공 계획 검토 및 4D/5D 활용성 검토

(가) 수서 및 가양단지 BIM 기반 시공계획(시공시나리오) 작성

그림 2.2.13.8 실증단지 시공시나리오 모습

(나) 실증단지 BIM 4D/5D 활용성 검토

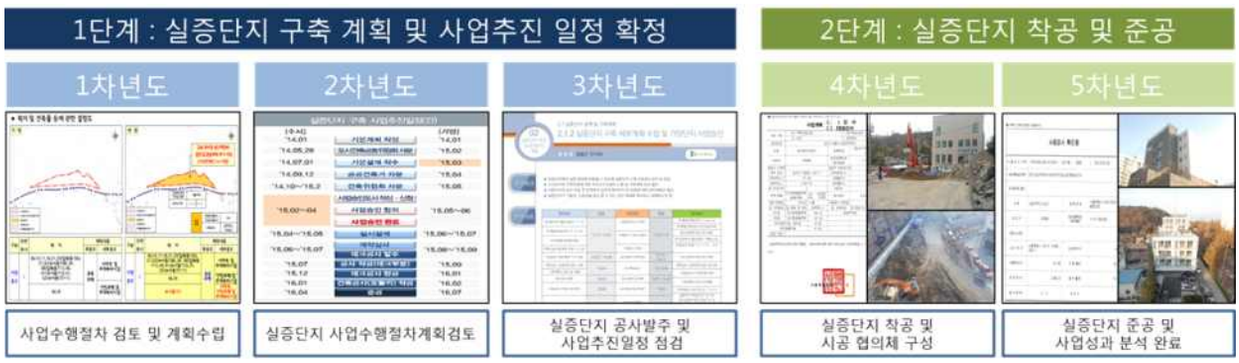
① 모듈러 건축 프로젝트 BIM 적용가능성 타진 및 모듈러에 특화된 BIM 활용성 검토

② 3D-4D-5D BIM 적용성 검증 및 모듈러 BIM 적용 고도화 기반 구축

그림 2.2.13.9 3D-4D-5D BIM 적용 및 연계성 검토

6) 가양실증단지 구축계획 및 사업 성과분석 (SH공사)

■ **전체 연구프로세스**



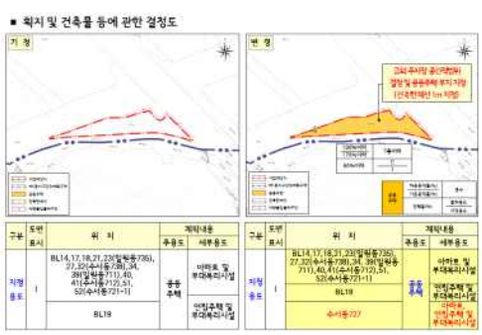
가) 1차년: 조립식 실증단지 구축 사업수행절차 검토 및 계획 수립

연구목표

- 조립식주택 실증단지 구축계획 수립

연구내용

- Mock-up의 부지 계획 검토
- Mock-up의 사업수행계획 검토
- 조립식 공공임대주택의 기술기준 검토
- 실증단지 사업추진계획(일정) 수립



최종성과물

- 조립식 주택 사업추진계획 보고서 1건

(1) 실증단지 구축관련 주요 추진실적

① 실증단지 구축을 위한 「市-SH-KICT」간 협력체계 구축

② 서울시, 2013년 9월 '조립식주택 수요자 맞춤형 기술개발 및 실증단지' R&D 과제에 공영주차장 부지 2곳을 실증단지로 활용할 수 있도록 제공함.

③ 과제협약체결 후 2014.1월 '서울시-SH-KICT' 간 실증단지 추진을 위한 긴밀한 협력체계를 구축, 조립식주택 R&D 실증사업이 행정적으로 원활하게 추진될 수 있는 시스템 운영

④ SH공사는 매주 '서울시 8만호임대주택 공정회의'를 통해 수서, 가양 실증단지의 추진사항을 보고, 문제점 및 지원사항에 대한 지속적인 협의

(2) 실증단지 발주방식 결정

① 조립식주택 R&D 실증단지 연구기관에는 설계(DMP), 모듈러제작사(포스코 A&C, 스타코, 금강)가 포함되어 있어 연구기관간의 발주가 불가하여, 관련된 사항의 정리가 필요했음
② 실증단지 공사를 데크공사와 모듈러건축공사로 구분
③ 데크공사는 SH공사에서 공개경쟁입찰방식으로 발주(SH공사 현물투자)
④ 모듈러건축공사 부분에 대한 부분은 시작품제작에 관한 사항으로 주관기관KICT)과 공동연구기관(모듈러제작사)과의 협약에 의한 계약 체결

(3) 조립식주택 기술개발을 위한 SH공사 공릉동 모듈러기숙사 사례내용 제공

(가) SH공사 공릉동 모듈러 기숙사 협력내용

① 국내 최초의 공공 모듈러 주택공사 발주사항 관련 내용 제공(공개경쟁입찰)
② 공릉동 모듈러 건축, 전기, 토목, 기계, 조경공사 세부내역 제공('14.3)
③ 공릉동 모듈러 주거성능테스트 실험현장 제공('14.3)
④ 공릉동 기숙사 입주자에 대한 모듈러 POE 설문조사 시행('14.4)

(나) 공릉동 사례 활용을 통한 조립식주택 R&D 기대효과

① 국내 최초의 공공 모듈러 기숙사 사례를 R&D 기술개발을 위해 관련내용 협력
② 2014년 준공된 사례를 통해 R&D 표준공사비 산출내역 가능
③ 적층식 모듈러 사례의 성능테스트 결과를 통한 기술적 문제점 해결가능
④ 입주자 설문조사를 통한 보완사항 도출 및 실증단지 기술범위 결정

(4) 실증단지 구축 사업추진일정(안) 계획 수립

(가) 실증단지 구축사업 추진일정 변경 요청 및 승인

① 2014.04.10 : 서울시 임대주택과는 55차 임대주택 8만호 공정회의를 통해 수서, 가양 모듈러주택단지 추진일정을 2014년도 착공으로 변경 요청(서울시→SH)
② 2014.04.16 : SH공사, 서울시의 요청사항을 KICT에 전달
③ 2014.05.12 : KICT, 국토교통과학기술진흥원과 관련연구진과의 추진일정 단축사항을 검토, 수서단지에 대해서는 6개월 기간단축('14.9월 모듈러공사 착공)으로 일부 변경 승인

(나) 가양단지 추진일정(안)

① 2014.10 : 도시건축공동위원회 자문 상정(예정)
② 2014.11 : 기본설계 착수
③ 2015.01 : 공공건축가 자문 예정
④ 2015.02 : 건축위원회 심의
⑤ 2015.03 : 주택건설사업계획(허가)신청 예정/승인
⑥ 2015.04 : 실시설계(모듈러 부분 기본설계, 지하층 및 데크부분 실시설계)
⑦ 2015.07 : 지상1~2층 데크공사 발주
⑧ 2015.08 : 데크공사 공사착공 및 모듈러공사 실시설계

⑨ 2016.01 : 데크공사 완료
⑩ 2016.02 : 건축공사계약/착공 예정(모듈러 부분)
⑪ 2016.07 : 건축공사 준공 예정
⑫ 2016.08 : 입주예정

(5) 조립식 공공임대주택 기술기준 검토

① 조립식 공공임대주택에 적용될 기술은 서울시 “녹색건축물 설계기준(2013.3)에 따라 적용되고 있음.
② 공동주택 주택성능등급은 정하지 않고, 단지별 제반여건에 따라 가산비용 적용이 필요하면, 항목별 성능기준을 조정하여 시행하고 있음.
③ 건축물 에너지 효율등급은 우수(그린2등급)이상으로, 필수항목은 최소평점이상 반드시 취득하고 있음. 단 소규모 건축물(20세대이상 공동주택)의 경우, 자치구 건축위원회 심의대상으로 서울시 “녹색건축물 설계기준“ 2등급이상을 적용해야 하나, 자치구마다 완화된 상이한 기준을 적용하고 있음

표 2.2.14.1 조립식 공공임대주택 기술기준 검토 요약

필수 평가항목	평가내용	SH공사 적용기준
에너지 성능	건축물 에너지효율등급 2급이상	커뮤니티센터 및 시설·공간의 조성수준 4등급이상
재활용 가능자원의 분리수거	재활용 보관시설+6종이상 분리수거용기 1급이상	가변성 4등급 이상 이외 사항 1~2등급 수준
유효자원 재활용을 위한 친환경인증제품 사용여부	내부공간 9종이상+외부공간 9종 이상 1급이상	1~2등급 수준
생활용 상수 절감 대책의 타당성	절수형 수도꼭지·샤워헤드·양변기, 급수압력 2.5kgf/㎠이하 1급이상	3등급이상
운영/유지관리 문서 및 지침 제공의 타당성	최종 시공도면 및 시방서 제공 / 각종 설비 운영 및 유지관리 1급이상	1~2등급 수준
실내공기오염물질 저방출 제품의 적용	마감재, 접착제, 기타 내장재의 환경표지인증 획득기준 1급이상, 가구용 자래 E0등급 수준 이상	경량충격음 차단성능 3등급이상 화장실 급·배수소음 3등급 이상 세대간 경계벽의 차음성능 3등급 이상 실내공기오염물질 저방출자재 적용 4등급이상 단위세대의 환기성능 확보여부 3등급이상

나) 2차년: 가양 실증단지 구축계획 및 사업성과 분석계획 수립

연구목표

- 조립식주택 실증단지 구축 실무행정 업무 지원 및 계획 검토

연구내용

- 실증단지 인허가를 위한 市 행정지원
- 실증단지의 사업수행절차 계획 검토
- 실증단지 기본계획 검토(가양)
- 실증단지 감리계획 수립(가양)

최종성과물

- 구축계획보고서 1건

(1) 실증단지 구축관련 주요 추진실적

(가) 실증단지 구축을 위한 「市-SH-KICT」운영위원회 운영

① 매주 『市-SH』간 임대주택 8만호 회의에서 수서, 가양 모듈러실증단지 논의
② 전체워크숍 및 수시회의를 통해 『KICT-SH』간 협력 및 해결방안 모색
③ 중요안건에 대한 사항은 『市-SH-KICT』운영위원회를 통해 추진방식(안)을 결정
④ 최종적으로 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 보고를 통해 확정

(나) 실증단지 사업추진방식 결정 ▶ 행복주택사업으로 추진

① 국고지원 및 국민주택기금 추가지원사항 협의(주택건설공급과, 공공주택총괄과)
② 국토부와의 협의를 수서, 가양단지를 행복주택사업으로 추진하기로 결정함
③ 또한 기존 R&D기금이외에 국고지원금 및 국민주택기금도 타 행복주택 사업지구와 같이 추가지원이 가능한 것으로 확인

(다) 가양단지 세대수 변경건(증가: 28→30세대)

① 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 서울시, R&D연구기관 간담회 개최를 통해 가양단지 추진방향 검토 : 사업개요, 세대수 변경건, 건축계획안 변경, 적용공법
② 가양단지의 실질적인 수요층 파악 및 국토부의 공급호수 증대를 위해 세대수 증가 결정

(2) 가양단지 기본계획안 검토/확정(지구단위계획 결정): 도시건축공동위원회 심의(자문) 통과

(가) 추진경위

① 2011.01.20 : 가양택지개발지구 지구단위계획 결정(변경) 및 지형도면고시(재정비)
② 2011.07.10 : 도시계획시설 시유지 복합개발을 통한 생활밀착형 시프트 도시계획 수립
③ 2013.09.12 : 서울시 도시건축공동위원회 사전자문 신청(SH공사→서울시)
④ 2013.10.07 : 수서727부지, 가양1457-1부지를 활용한 국토부 R&D사업 통보
⑤ 2013.12.21 : R&D실증사업 착수
⑥ 2014.09~12 : 유관부서 협의(市임대주택과)
⑦ 2014.12.17 : 도시건축공동위원회 사전자문 재신청(SH공사→서울시)
⑧ 2014.12.23~2015.01.09 : 관련부서 협의(市주차계획과, 도시계획상임기획단, 강서구청 등)
㉠ 기존공영주차장 기능 유지, 현 공영주차면수 이상 확보요구
㉡ 강서구의 임대주택 실정을 고려, 강서구 지역주민에게 실질적인 혜택 방안 강구
⑨ 2015.01.23 : 협의의견에 대한 조치계획 제출
o 조치계획 : 주차면수 100% 충족, 행복주택사업으로 입주권 70%를 지역주민에게 우선권 부여하고 지역주민을 위한 주민커뮤니티시설 확보 노력
⑩ 2015.02.11 : 도시건축공동위원회 사전자문 개최(시행)
o 안건명 : 가양 택지개발지구 지구단위계획 결정(변경)(안) 자문
⑪ 2015.02.13 : 도시건축공동위원회 개최 결과통보(가양단지 조건부통과)
o 조건내용 : 도시계획시설(공용주차장)과 비도시계획시설에 대한 방화방재관리 등 상호간의 안전을 고려하여 계획할 것
o 조치계획 : 건축심의 이전, 소방관련 市건축자문위원회 개최 후 의견 반영할 예정

(나) 가양단지 지구단위계획 변경 승인내용

① 도시계획시설(주차장) 공간적 범위 결정

■ 주차장 결정(변경) 조서

구분	도면표시번호	시설명	위 치	면 적 (㎡)			최초 결정일	비고
				기정	변경	변경후		
변경	①	주차장	가양동 1457-1번지	1,436.0	-	1,436.0	서고시289 (90.8.27)	공간적 범위 결정

■ 공간적 범위 결정(변경) 조서

구분	도면표시번호	시설명	위 치	공간적 범위				최초결정일	비 고
				구 분	기 정	변 경	변경후		
신설	①	주차장	가양동 1457-1 번지	면적(㎡)	1,436.0	감) 237	1,199.0	서고시289 (90.8.27)	공간적 범위 결정
				높이(m)	-	지하1층 (평균해수면기준 +9.8m ~+13.2m)	지하1층 (평균해수면기준 +9.8m ~+13.2m)		

※ 공간적 범위는 "공간적 범위 결정도"의 표시와 같음

■ 공간적 범위 결정(변경) 사유서

구분	시설명	변경내용	변경사유
신설	주차장	• 주차장 공간적범위 결정 (평균해수면기준 +9.8m ~+13.2m)	가양택지개발사업지구 내 도시계획시설로 결정된 주차장부지를 활용하여 기존 주차장기능을 유지하면서 서민주거안정에 기여할 수 있는 공공주택(행복주택) 건립으로 한정된 토지의 효율적 이용 및 복합적 활용을 도모하기 위한 공간적 범위 결정

그림 2.2.14.1 도시건축공동위원회 결정사항

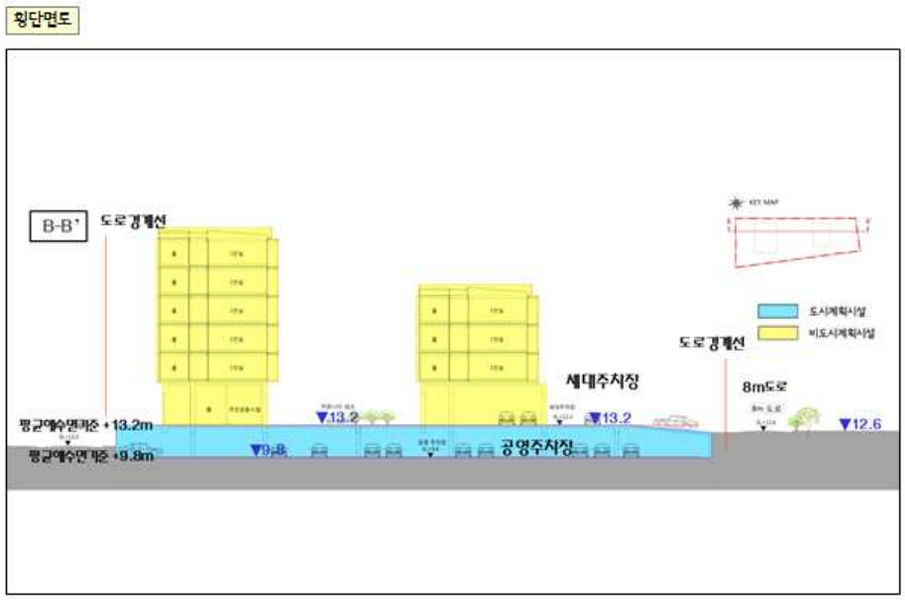


그림 2.2.14.2 공간적범위 결정(안)도

② 건축물등에 관한 결정 : 공공임대주택 부지 지정

㉠ 지정용도 : 도시계획시설(주차장) + 비도시계획시설(공동시설)

㉡ 건폐율 : 60%이하, 용적률 : 250%이하

㉢ 높이계획 : 35m이하

■ 건축물 지정용도

구 분		위 치	계 획 내 용			
			주용도		세 부 용 도	
명 칭	도면표시번호		기정	변경	기정	변경
주차장	①	가양동 1457-1번지	주차장	- 도시계획시설 : 주차장 - 비도시계획시설 : 공동주택	-	- 비도시계획시설 : 아파트 및 부대복리시설

■ 건폐율 계획

용도지역	기 정	변 경	비 고
제2종일반주거지역	-	60%이하	서울특별시 도시계획조례 제54조

■ 용적률 계획

위 치		기 준	허 용	상 한	비 고
공동주택	가양동 1457-1번지	230%이하	250%이하	해당없음	

주) 「공공주택건설 등에 관한 특별법」 제40조의6 및 시행령 제23조의4에 의거 용적률의 상한 적용

■ 허용용적률 인센티브 항목

구분		인센티브(용적률)	비고
우수디자인		5%	서울특별시 건축위원회 공동주택 심의기준 준용
지속가능형 건축구조	라멘구조	10%	
	무량판구조	7%	
	소계	10%이내	
친환경 신재생에너지	친환경 최우수등급	3%	
	신재생에너지 (건축비의 2%이상)	2%	
	소계	5%이내	
합계		20%이내	

그림 2.2.14.3 건축물등에 관한 결정사항

다) 공영주차장부지 활용에 따른 임시주차장 확보방안 검토

(가) 이용현황(문제점)

① 공사기간 내 공영주차장 미운영으로 인한 대체방안 필요

② 현재 민간사업자가 위탁운영중이서 주변지역의 대체부지 확보가 필요한 상황임

(나) 임시주차장 확보방안

① 방향 : 가양부지 주변현황조사를 통한 임시주차장 이용방안 수립

② 대책 : 마곡 미매각부지(편익5)를 사용하는 것으로 유관부서과 협의('14.12)

③ 관련부서와 협의내용

㉠ 마곡사업지구내 6개 부지 검토결과 대체부지 1곳과 후보지 3곳으로 협의

㉡ 대체부지 : [편익5]시설(대상지에서 도보 350m)

㉢ 대체부지 조성면적 : 전체 13,493㎡중 약 1,500㎡조성, 55면 주차가능

- 현재사용상태 : 미사용토지
- 대체주차장이용기간 : 2015년9월~2016년6월(최대 10개월)

④ 향후 공영주차장공사가 공사기간조정 및 구축계획수립에 따라 이용기간 단축 가능

⑤ 본 부자(안)은 추후 서울시 및 SH사정에 의해 변경될 수 있음

그림 2.2.14.4 마곡사업부지 내 공사기간중 대체주차장 부지(안)

라) 3차년: 가양 실증단지 구축 사업추진계획 검토

연구목표

- 실증단지 사업추진계획 검토 및 주택건설사업 통과

연구내용

- 가양 실증단지 기본설계 확정 및 주택건설사업계획승인 통과
- 가양 실증단지 녹색건축인증 및 에너지효율등급 조정 검토 및 인증 신청
- 가양 실증단지 데크공사 발주/계약방식 검토
- 가양 실증단지 공사비 서울시 계획심사 통과
- 가양 실증단지 설계내역 적정성 심사 통과
- 가양 공영주차장부지 활용에 따른 임시주차장 조성계획 검토
- 실증단지 시공계획 검토 및 가양실증단지 구축계획서 작성
- 실증단지 구축 사업추진일정계획 점검 및 조정

최종성과물

- 가양 실증단지 주택건설사업 통과 1건(행정승인)

(1) 가양 실증단지 데크공사 발주/계약방식 검토

(가) 검토배경

① 본 가양동 모듈러 행복주택사업은 국토교통부에서 발주하고, 서울시 및 한국건설기술연구원과 함께 공동으로 추진하는 복합개발 실증사업인데, 모듈러주택부분을 협약에 의해 추진되고 있고 제작사가 선정되어 있음.

② R&D연구비로 지원되지 않는 데크주차장(공영주차장 및 1층)공사를 타 시공사가 시행할 경우의 문제점을 검토하게 되었음

(나) 검토내용(안)

① 모듈러주택공사의 시공사(포스코A&C)와 데크주차장공사(미정) 시공사가 상이하여 분리시공 할 경우, 다음의 주요 문제점이 검토됨

㉠ 동일현장 개별(지하층/공동주택) 소방준공검사 불허(소방감리 질의회신)

㉡ 시공 중/준공 후 구조물 하자(균열,처짐,비틀림) 발생시 책임소재 불분명

㉢ 분리발주에 따라 약 3개월의 공기지연 및 추가비용 발생

㉣ 분리발주 시 공종간섭에 의한 시공&추가관리 항목 및 추가비용 발생

㉤ 분리발주에 따른 관리주체구분 필요에 따라 소방·기계설비 공간 분리 및 설치에 따른 추가공간이 필요하나 확보 어려움(불가), 추가 비용발생

㉥ 작업공간 중첩(1층)에 의한 안전 등 현장관리 구분 곤란

② 따라서 모듈러주택 시공사(포스코A&C)가 데크주차장도 함께 시공할 수 있는지에 대한 법률자문을 시행, 수의계약 대상이 되는지에 대한 자격여부를 자문 ☞ SH공사 외부 법률자문

③ 모듈러주택 시행자인 포스코A&C는 결격사유가 없고 수의계약 운영요령에 따른 대상평가표에 따라 판단할 수 있는 결과회신[근거: 법률자문 회신 결과(2015.11.18.)]실증단지 구축을 위한 「市-SH-KICT」운영위원회 운영

㉠ 매주 『市-SH』간 임대주택 8만호 회의에서 수서, 가양 모듈러실증단지 논의

㉡ 전체워크숍 및 수시회의를 통해 『KICT-SH』간 협력 및 해결방안 모색

㉢ 중요안건에 대한 사항은 『市-SH-KICT』운영위원회를 통해 추진방식(안)을 결정

㉣ 최종적으로 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 보고를 통해 확정

④ 따라서 지방자치단체를 당사자로하는 계약에 관한 법률 시행령 제25조(수의계약에 의할 수 있는 경우)①항에 따라 수의계약의 합법성 및 타당성여부를 SH공사 계약심의위원회에 부의하고 결정하고자 함 (건설공사 및 전기통신공사 포함)

(다) 추진 결과 : SH공사 계약심의 위원회 개최 (`2015.12.21.) ☞ 수의계약 불가 결정

① 심의 개최 결과 수의계약 불가 결정 판정됨

② 불가 사유 : 가양동 1457-1 공영주차장 데크조성공사 및 전기통신공사 분리발주시 여러 가지 문제점이 예상되나 기술적으로 해결 가능한 문제이고 법적으로 검토하였을 때 분리발주 하는 것이 타당하다고 판단되어 분리발주 하는 것으로 의결

(2) 가양 실증단지 공사비 서울시 계약심사 통과 및 SH공사 설계내역 적정성 심사 통과

(가) 서울시 계약심사 신청 ☞ 통과(2015.12.09.)

(나) 서울시 계약심사 목적 : 국비,시비가 투입되는 공사에 투입되는 1억이상의 경비에 대한 적정성을 심사하기 위함

(다) 가양동 1457-1번지 행복주택건설에 대한 공영주차장+공동주택 공사비에 대한 서울특별시 계약심사 신청(2015.12.01.) 공영주차장공사의 전기통신공사는 제외한 금액임)

(라) 심사결과 : 건축, 토목, 기계/설비, 조경

(3) SH공사 설계내역 적정성 심사 신청(2015.12.3.) ☞ 통과(2015.12.17.)

(가) 심사목적 : 공공주택의 기준에 맞는 단가, 설계, 내역에 대한 적정성을 검토/조정

(나) 심사내용 : 각 공종별 공사의 수량, 위치, 단가, 자재 등에 대한 검토/보완

(다) 심사결과 : 건축, 기계설비, 조경, 전기/통신, 토목분야 대한 SH공사 감독들의 조정의견 제시

(4) 가양 공영주차장부지 활용에 따른 임시주차장 조성계획 검토

(가) 조성방향

① 배경 : 가양동 1457-1번지는 市 시설관리공단에서 운영하는 공영주차장임, 가양동 주차장 및 지역여건을 감안하여, 행복주택사업이 추진되는 공사기간동안에도 대체부지를 활용하여 임시공영주차장을 확보하도록 요청을 한바, SH공사 사업지구인 마곡지구내 편익시설부지(S5)를 활용하여 임시공영주차장으로 활용 할 수 있는 방안 검토

② 임시주차장 위치 : SH공사 마곡지구 편익시설부지(S5)를 임시활용

그림 2.2.14.5 가양 실증단지 구축 임시주차장 부지

③ 활용예정기간 : 2016.3~2017.3(공가시간 내)
④ 조성규모 : 50~60대
⑤ 이용대상 : 인근 지역주민 및 사용자
⑥ 운영관리 : 서울시 시설관리공단

(5) 추진경과 및 SH공사 관련부서 협의사항

(가) SH공사 마곡전략팀, 택지판매2팀 의견 조회

(나) 의견 : 공사기간에 대한 별도 사용계획은 없으나 마곡지구 기반시설 조성공사 일정 및 SH공사 취득세, 재산세 추징 발생 우려등에 대한 검토 필요

(6) 실증단지 시공계획 검토

(가) 가양 실증단지 구축계획서 작성 [세부내용 구축보고서(별책) 수록]

① 공사 착공 전 시점부터, 준공, 입주단계까지의 전과정을 관리하기 위한 보고서
② 주요내용 : 실증단지 구축 배경 및 목표, 사업대상지 개요, 모듈러주택 단지 개념, 설계, 공정계획, 공사준비계획, 시공계획, 모니터링 계획, 준공계획, 홍보관 운영계획, 실증단지 입주계획, 12대 R&D 적용기술, 공사비 내역, 기대효과를 포함하고 있음
③ 실증단지 구축은 R&D연구기관의 협약에 의해 추진되어 시공되지만 건설공사의 업무는 기본적으로 국토교통부 「건설기술 진흥법」제 49조 제2항에 따라 “건설공사 감독자 업무지침”과 ‘SH공사 업무편람’을 따라 관리할 계획임

(나) 가양단지 3차년도 계획대비 추진일정 6개월 지연(공사 착공 기준)

(7) 원인분석(지연사유)

① 가양 실증단지는 3차년도 계획과 대비하여, 각 단계별 준비단계에서 수립하는 계획안에 대한 검토와 유관기관 협조과정에서 사업이 일부 지연되었음
② 공공건축가 자문 후 서울시 건축심의 준비과정에서 1개월 지연 ☞ 주동배치 변경안 검토/확정
③ 자문의견 및 단지효율성 측면을 고려한 코어 통합형 주동방식으로 변경안 검토
④ 건축심의 후 사업승인 신청 준비단계까지 3개월 지연 ☞ 단위세대 및 입면계획, 변경 검토/확정
⑤ 건축심의 후 입면에 대한 보완 및 색채계획 보완, 세탁기 공간설치를 위한 발코니 폭 확보 및 단위세대 규모 조정, 공용면적 비율 축소에 따른 공동시설 축소 등 계획변경 검토

⑥ 또한 예기치 못하게 발생한 하수도이설 등 토목공사 문제에 대한 해결책 모색 및 검토
⑦ 사업승인 후 공사 발주단계까지 2개월 지연 ☞ 계약방식 검토/확정
⑧ 데크공사 분리발주시 발생하는 문제점 검토에 따라 수의계약을 검토하였으나, 위원회에서 불가 결정으로 인해 공사 발주에 필요한 행정적 소요시간 지연

(나) 향후 추진방향

① 포스코A&C에서 데크공사 및 모듈러 공사에 대한 전체 시공계획을 검토 결과, 본 사업부지만의 하수관 이설공사, 실증단지로 인한 특수한 발주방식 등 실증사업에서의 추진일정이 일반적인 사업과의 비교해 한계점이 있음을 인식
② 이러한 점을 감안, 늦춰진 일정을 감안, 향후 사업추진에서는 R&D 연구단 전체가 실증사업 업무지원을 목표초 추진할 것이며, 당초 계획대비 공사지연에 대해서는 시공사 선정후 공사계획을 재수립하여 최대한 공사기간을 단축할 수 있는 방향으로 검토함.

(다) 가양동 1457-1번 실증단지 추진일정(안)

① 2015.02.11. : 도시건축공동위원회 심의(자문) 시행/통과
② 2015.03. : 기본설계 착수
③ 2015.04.23. : 공공건축가 자문 완료
④ 2015.06.25. : 서울시 공공주택통합심의 소위원회 심의(자문) 완료
⑤ 2015.07~10. : 기본계획 확정
⑥ 2015.10.07. : 주택건설사업계획(허가)신청
⑦ 2015.10.14.~11.10 : 사업승인 유관부서 협의 시행(21곳)
⑧ 2015.11.11. : 주택건설사업계획승인 완료
⑨ 2015.11.19. : 주택건설사업계획승인 지형도면 고시(서울시 고시 제2015-360호)
⑩ 2015.12.09. : 서울시 계약심사 통과
⑪ 2015.12.21. : SH계약심의 위원회 개최(내용: 데크공사 수의계약 타당성 심사)
⑫ 2016.01.말 : 데크공영주차장조성공사 입찰공고
⑬ 2016.03.초 : 데크공영주차장조성공사 계약체결
⑭ 2016.03 : 데크공영주차장공사 착공
⑮ 2016.07 : 토목공사 완료(하수관이설공사 포함)
⑯ 2016.08 : 공영주차장공사 1단계 완료
⑰ 2016.09 : 모듈러공사 착공(현장설치 기준)
⑱ 2016.12 : 모듈러공사 완료
⑲ 2017.03 : 준공(전체마감공사, 전기통신공사, 부대토목공사 포함)
⑳ 2017.04 : 입주예정(사용승인)

마) 4차년: 가양 실증단지 착공 및 사업수행 분석방안 수립

연구목표

- 가양 실증단지 발주, 시공계획 및 착공계획 분석

연구내용

- 가양 실증단지 추진일정 검토 및 변경
- 가양 실증단지 시공계획 검토 및 변경
- 가양 공영주차장부지 활용에 따른 임시주차장 조성계획 변경
- 가양 실증단지 데크공사 발주방식 검토 및 확정
- 가양 실증단지 R&D 모듈러 공사계약 내용검토 및 계약체결(KICT-SH-포스코A&C)
- 가양 실증단지 토목공사 계획 검토/변경
- 가양 모듈러 행복주택 시공협의체 구성

최종성과물

- 가양단지 공사착공 1건
- 성과보고서 1건

(1) 가양 실증단지 착공

(가) 시공사 확정

① 발주처 : SH공사

② 공사별 시공사 및 계약금액

표 2.2.14.2 가양동 행복주택 공사별 담당 시공사

건명	계약자	계약금액	체결일	비고
가양동 1457-1 도시형생활주택 (모듈러주택 연계) 건설공사	신우건설산업(주)	2,447,695,400원	2016.9.30	공개입찰
가양동 1457-1 도시형생활주택 (모듈러주택 연계) 전기공사	해음전기(주)	209,117,430원	2016.10.25	공개입찰
가양동 1457-1 도시형생활주택 (모듈러주택 연계) 정보통신공사	㈜벨에어테크	198,768,120원	2016.10.25	공개입찰
가양동 1457-1 도시형생활주택 모듈러주택 공사	포스코A&C	1,584,000,000원	2016.10.25	R&D 공동연구기관

(나) 공사감리

표 2.2.14.3 가양동 행복주택 공사별 담당 시공사

건명	계약자	계약금액	체결일	비고
가양동 1457-1 도시형생활주택 건설사업관리용역	㈜펨코엔지니어링	611,148,183원	2016.12.16	공개입찰

(다) 모듈러 공사 R&D 계약체결

① 계약자 : 주관연구기관(한국건설기술연구원)-실증총괄기관(계약담당자)-시공기관(계약상대자)

② 모듈러주택 공사 연면적 : 1,007.27㎡

③ 건축규모 : 도시형생활주택 2개동, 30세대, 6층 규모

(라) 착공신고필증

■ 주택법 시행규칙 [별지 제22호서식]

착공신고필증

건축구분	신축	승인번호	2015-임대주택과-임대주택 건설사업계획승인-8
사업주체	서울특별시 서울주택도시공사 (사장 변창흠)	법인등록번호 (생년월일)	111171-0007324
대지위치	서울특별시 강서구 가양동 1457-1		
대지면적(㎡)	1,436.0㎡		
건축물명칭	가양동 1457-1번지 도시형생활주택	주용도	공동주택(행복주택), 공영주차장, 부대복리시설 (근린생활시설, 주민공동시설 등)
건축면적(㎡)	371.65	건폐율(%)	25.88
연면적(㎡)	2,057.91	용적률(%)	75.96
착공예정일	2016.11.		

「주택법 시행규칙」 제15조제3항에 따라 귀하께서 제출하신 착공신고서에 관한 착공신고필증을 발급합니다.

2016년 11월 11일

서울특별시장-인

210㎜×297㎜[백상지(150g/㎡)]

그림 2.2.14.6 가양 실증단지 착공신고필증 (2016.11.11.)

(2) 추진일정 및 실적

(가) 추진경위

① 2012.03.27. : 도시계획시설(주차장등) 복합개발을 통한 장기전세주택건립 공급 추진 알림(서울특별시 임대주택과-4695호)

② 2013.01~ : 복합개발 관련 2013년도 추진예정 부지 조사·검토(수서동 727 포함)

③ 2013.05.07. : 도시계획용역 입찰공고
④ 2013.09.12. : 도시관리계획 변경을 위한 사전자문 요청
⑤ 2013.10.07. : 수서부지를 활용한 R&D사업 참여 통보 (서울시 임대주택과-4695호)
⑥ 2013.11.01. : SH공사 R&D사업 수주
⑦ 2015.02.11. : 도시건축공동위원회 심의(자문) 시행/통과
⑧ 2015.03.01. : 기본설계 착수
⑨ 2015.04.23. : 공공건축가 자문 완료
⑩ 2015.06.25. : 서울시 공공주택통합심의 소위원회 심의(자문) 완료
⑪ 2015.07~10 : 기본계획 확정
⑫ 2015.10.07. : 주택건설사업계획(허가)신청
⑬ 2015.10.14.~11.10 : 사업승인 유관부서 협의 시행(21곳)
⑭ 2015.11.11. : 주택건설사업계획승인 완료
⑮ 2015.11.19. : 주택건설사업계획승인 지형도면 고시(서울시 고시 제2015-360호)
⑯ 2015.12.09. : 서울시 계약심사 통과
⑰ 2015.12.21. : SH계약심의 위원회 개최(내용: 데크공사 수의계약 타당성 심사)

(나) 현안문제 및 대응노력

① 사업승인 이후 공영주차장 계획안에 대한 서울시설관리공단 요구
㉠ 무인 주차관제 시스템 추가, 출입부분 CCTV 설치 등 원격제어 조치요청
㉡ 주차출입구 변경 요청, 주차장 우수구배 조정 요청, 우수처리용 트렌치 설치 요망
㉢ 청소용 수전 등 별도 관리 가능토록 조치요청, 공영주차장 무인운용 적합 소방계획 조치 요망
㉣ 소방설비가 주차구획과 간섭이 생기지 않토록 요망, 대체주차장 부지 위치 확정 요망, 기존 공영주차장 관리붓스 및 시스템 이전 요청(비용포함)
② 토목공사'하수관이설'의 불확실성으로 인한 공사일정 조율
㉠ 사업부지의 하부에 매장물에 대한 불확실성, 하수관의 도로점용 및 굴착으로 인한 민원 등으로 단지 내부로 이설 요청
㉡ 단지 내부로 이설시 SH부지 내 도시계획시설이 위치하게 되어 추후 유지관리의 어려움 예측
③ 임시공영주차장 민원으로 인한 임시주차장 건설과 본공사의 동시 착공 불가
㉠ 시공사 선정 후 임시공영주차장을 건설하고, 동시에 기존사업부지를 1개월간 폐쇄하여 동시에 공사를 진행하려 하였으나 주변지역의 공영주차장 이용자들로부터 민원 발생
㉡ 따라서 임시공영주차장 건설기간 동안 본부지 동시 착공 불가
④ 사업지연으로 인한 행복주택 입주자 모집공고 기간 지연
㉠ 2015년 계획상으로는 2016.9월에 모집공고 하고 2017.3월 준공이었으나 사업기간 지연으로 행복주택 입주자 모집 연간계획에 차질
㉡ 착공이 지연되어 당초 입주자 모집시 입주시기 및 건축계획안 변경 불가피

(다) 대응노력 및 조치결과

① 공@영주차장 계획안에 대한 시설관리공단 요구 반영 처리 완료
o 협의로 인한 지연을 방지하고 및 준공시 인수인계를 위해 시설관리공단 요구를 대부분 수용함

② 강서구청 협의를 통해 공사기간 단축을 위한 부재내 설계로 변경완료
㉠ 공사비의 절감, 공사기간의 예측성을 우선시하여 강서구청과 재협의 완료
㉡ 토목설계를 및 공영주차장 하부설계 재요청 후 처리 완료
㉢ 관련 변경사항은 착공 후 설계변경을 통해 처리하기로 함
③ 임시공영주차장 선공사 시행, 본공사 협의 우선 추진으로 일정조정 완료
㉠ 시공사 선정 후 임시공영주차장 선공사를 시행하고, 조속한 시일내에 준공처리 완료(2016년 11월 25일 완료)
㉡ 임시공영주차장 부지 조성기간동안은 본공사에 민원인들을 위해 철거공사를 미루고, 인접부지 철거계획 협상 진행
㉢ 지연된 기간만큼 동절기 토목공사 진행추진계획으로 수정하여 일정조정 완료
④ 입주자 모집공고 2016년 12월 말로 연기 및 불확실성 사전 검토
㉠ 행복주택 입주자 모집공고 일정 확정(2016.12.28.
㉡ 행복주택 입주자 모집공고 시 유의사항에 계획안에 대한 변경가능성, 모듈러주택에 대한 유의사항, 사용자 입장에서의 민원 발생 여부 등을 최대한 검토하여 사전공지 문건 작성

(3) 가양단지 계획안 검토 및 평가

(가) 공영주차장부분과의 복합사용 문제

① 기본적으로 공영주차장과 임대주택의 운영을 완전 분리할 수 있도록 설계단계에서 검토되고 반영되었어야 함
② 특히 SH공사 정관에 주차장 운용에 관한 부분이 없어 시설관리공단에서 인수인계를 받지 않을 경우 사용승인이 지연될 수 있음
③ 다만 소규모 사업이고 세대수도 적어 효율적인 측면을 반영해야 했던 것으로 보여, 시설관리 공단과 협약으로 해결책을 마련하기로 함

(나) 운영관리 부분의 어려움 검토

① 관리주체가 없는 소규모시설에서는 (공영주차장 없는 상태에서도) 입주자 공동요금 관리도 매우 어려운 실정임
② 근생화장실을 공용주차장에서 사용하는 등 공동으로 사용하는 공간은 설계시 제외하는 것이 좋음. 무인 관리 공영주차장이면, 화장실 없는 것이 타당함.
㉠ 완전분리설계를 하는 것이 좋으나, 소규모의 시설이고, 펌프실을 공영주차장으로 내려보낼 경우 주차효율이 너무 떨어져서 사업의미가 없어진다고 판단하였고, 설계부와 시설리공단도 같은 판단임.
㉡ 1층 화장실은 근린생활시설 내부에서 출입하는 것으로 하고, 공영주차장 화장실은 없는 것으로 하겠음
㉢ 승강기가 있을 경우 의무관리 대상으로 안전관리자 선임이 필요하고, 월 7~8만원씩 관리비 부담이 많아짐. 입주시 승강기를 꺼려할 수 있음, 입주자 모집시 관리비가 얼마라고 공고를 하기는 어려움
ㅇ 연구 실증 사업이어서 각 동 구조가 다르고, 101동만 승강기를 두었으므로 입주자 모집시 101동은 102동보다 관리비가 더 나올 수 있음을 알리고, 별도 모집이 필요함

ㅇ 펌프실(세대와 공영주차장 공동 이용)과 정화조(근생과 세대 공동이용)는 불가피하게 공동으로 사용되는 부분으로 이 부분의 물, 전기 이용요금과 시설물 고장시 수리비의 분담에 대한 협약이 필요함. 펌프실은 주로 세대가 이용하므로 비용부담시 연면적 비율로 하면 입주자가 이득일 수 있음

③ 주차장 급수부분은 계량기를 별도로 하면 요금 분리 가능하나, 펌프실용 계량기는 전기요금이 공용으로 산정됨. 민원이 있을 수 있음

㉠ SH공사에서 분담에 대한 협약을 한 사례가 없어, 공동으로 사용하는 부분이 있다면 항목별로 관리주체와 이용요금, 유지보수비 비용 분담 방식 일람표 작성

㉡ 따라서 관리규약 신설을 통해 비용분담방식 해결방안 검토

㉢ 하자 및 민원 발생 최소화를 위한 도면 검토 및 보완

㉣ 세대간, 세대내의 소음발생 저감을 위해 모듈러 접합부간 디테일 도면 수정

㉤ 공영주차장 차량 경사 및 공동구 설치로 인한 냄새 제거를 위한 보완

(4) 주민공동시설의 사용용도 검토

(가) 법적설치 의무 대상 아니나 주민편의를 위해 1개소 운영

① 가양단지는 30세대에 불과하여 법적으로는 주민공동시설 설치 의무가 아니나 서울시의 요청 및 원룸형 주거기설의 주민 편의를 위해 모듈러 1개 유닛을 설치하기로 함

② 입주자 선정 후 단계적 방안을 통한 유휴화 방지

㉠ SH공사의 자체연구에 따르면 소규모단지의 경우 주민공동시설의 유휴화가 심하고 주요 원인으로는 수요계획의 미흡 및 자치조직 부재가 있음

㉡ 따라서 가양 실증단지는 단계적 방안을 통해 주민공동시설의 용도 확정예정

(5) SH하부공사 발주 및 모듈러 공사비 확정금액

(가) 가양동 행복주택 총공사비 : 5,795,296천원

① 모듈러공사(R&D공사) : 2,189,996천원 [A,B,G]

② 모듈러외 조성공사(SH공사 발주공사) : 3,605,300천원 [C,D,E,F,H]

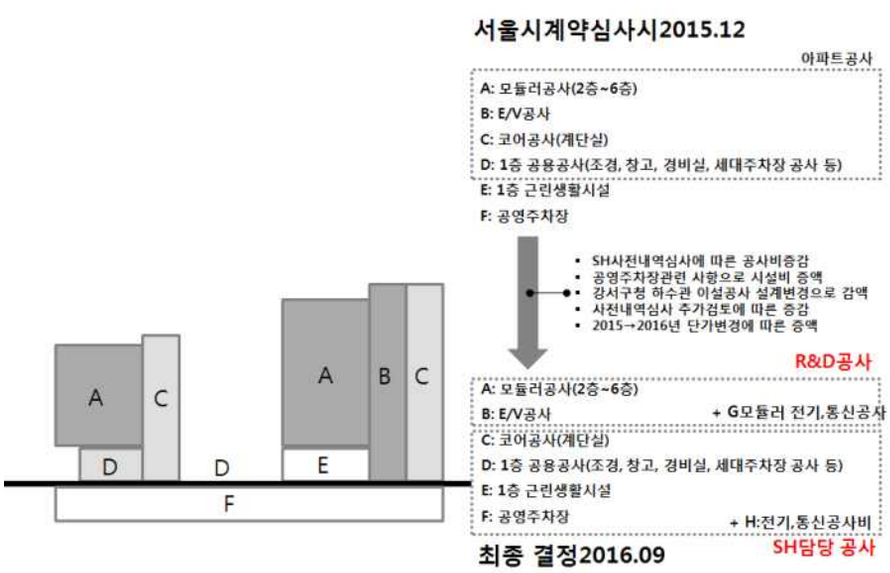


그림 2.2.14.7 모듈러 부분 및 하부시공 부분 공사비 분류

표 2.2.14.4 가양동 발주금액 도출과정 및 첨부파일 확인표

공 종	구 분	발주금액 도출과정					
		설명1. 市계약심사 요청금액(A)	설명2. 市계약심사 결과 조정액(B)	설명3. 사전내역 심사 및 이후 변경에 따른 증감액 (C)	설명4. 발주금액 (단위 : 천원)		
					총공사비 (S)=A+B+C	발주제외금액 (M) ※R&D공사 (모듈러공사)	SH발주금액 (D)=(S)-(M)
건축	공사비	3,099,776	감) 99,507	증) 341,720	3,341,989	1,593,491	1,748,498
	이설비	-		-	-	-	
	지급비	267,182		감) 52,943	214,239	-	214,239
	소 계	3,366,958	감) 99,507	증) 288,777	3,556,228	1,593,491	1962,737
토목	공사비	1,042,321	감) 212,211	감) 32,261	797,849	-	797,849
	이설비	-		-	-	-	
	지급비	26,864		증) 1,075	27,939	-	27,939
	소 계	1,069,185	감) 212,211	감) 31,186	825,788	-	825,788
기계 (설+소+승)	공사비	496,379	감) 23,795	증) 98,442	571,026	379,176	191,850
	이설비	38,211		-	38,211	-	38,211
	지급비	65,529		감) 65,529	-	-	-
	소 계	600,119	감) 23,795	증) 32,913	609,237	379,176	230,061
조경	공사비	86,237	감) 668	증) 12,391	97,960	-	97,960
	이설비	-		-	-	-	-
	지급비	-		-	-	-	-
	소 계	86,237	감) 668	감) 12,391	97,960	-	97,960
소계	도급비	4,724,713	감) 336,181	증) 420,292	4,808,824	1,972,667	2,836,157
	이설비	38,211	-	-	38,211	-	38,211
	지급비	359,575	-	감) 117,397	242,178	-	242,178
	소 계	5,122,499	감) 336,181	증) 302,895	5,089,213	1,972,667	3,116,546
비고		-모듈러공사를 포함한 전체공사를 심사 -지급비에는 모듈러공사분 포함	-지급비,이설비 심사 제외	-모듈러공사 지급비를 모듈러 공사비로 항목변경 ※사유: 적용예외	요청금액(A)대비 →33,286천원 (감)	-모듈러분은 지급자재 대상 예외	하부공사만 해당
SH사전내역심사 요청금액							
전기 (+전소)	공사비	427,442		감) 19,942	407,500	168,822	238,678
	이설비			증) 21,660	21,660	-	21,660
	지급비				-	-	-
	소 계	427,442		증) 1,718	429,160	168,822	260,338
통신	공사비	161,217		증) 115,706	274,923	48,507	228,416
	이설비				-	-	-
	지급비				-	-	-
	소 계	161,217		증) 115,706	274,923	48,507	228,416
비고		모듈러전기,통신 공사 포함		공영주차장 무인통신시스템 추가설치	요청금액(A') 대비 →117,424천원(증)		
계					5,795,296	2,189,996	3,605,300

③ 모듈러공사금액 산정 경위

ㅇ 상기금액은 전체 공사내역서상의 총공사금액이며 R&D공사비로 계상된 금액은 일반관리비, 이윤 등이 제외된 순공사비원가로 책정되어 포스코A&C의 공사비로 책정하였음(현금+현물)

(6) 가양 실증단지 현장 스케치

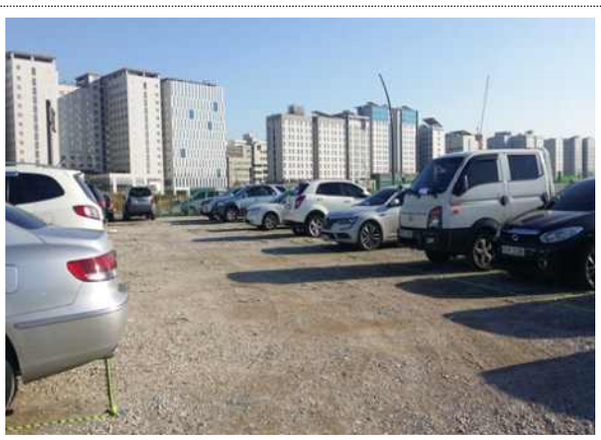
(가) 가양동 1457-1 본부지

2016.12.05. 철거공사+하수도이설공사

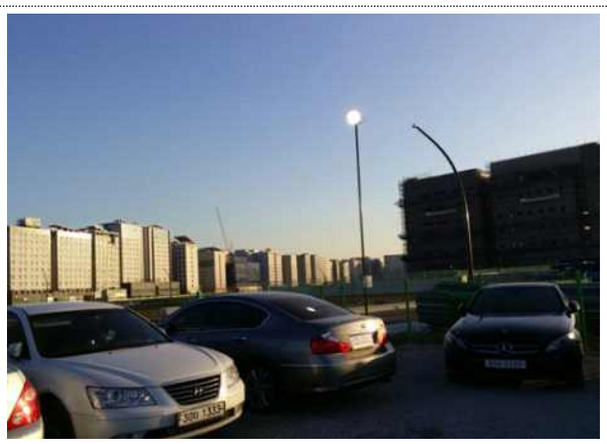
2016.12.12. 철거공사+하수도이설공사

그림 2.2.14.8 가양동 1457-1 현장 철거공사 및 하수도 이설공사 현황

(나) 임시주차장



2016.11.21. 임시주차장 조성완료



2016.11.28. 임시주차장 운영

그림 2.2.14.9 임시주차장 조성 및 운영 현황

바) 5차년: 가양 실증단지 준공 및 실증단지 종합분석

연구목표

- 가양 실증단지 발주, 시공계획 및 착공계획 분석

연구내용

- 가양실증단지 Total 디자인
  - CI 디자인
  - 사인, 단지 적용 컬러 컨셉 등
- 가양실증단지 준공
  - 실증단지 사업수행 추진계획 변경/검토
  - 변경계획 보고 및 변경사업승인 시행
  - 실증단지 시공현장 감독 및 관리(감리)
- 실증단지 사업수행 종합성과분석
  - 가양단지 성과분석
  - 조립식주택 실증단지 종합분석
- 조립식주택 공법별 적합 사업모델 제안

최종성과물

- 토탈디자인 시안 1건
- 실증단지 준공(사용승인) 허가서
- 실증단지 백서 1건
- 보고서 1건, 논문 1건

(1) 가양 실증단지 토탈 디자인 개발 및 적용

(가) 목적

① 가양 1457-1 행복주택은 서로다른 2개 시공사(하부공사, 모듈러공사)가 진행됨에 따라 외부, 공용 공간, 실내공간의 전체적인 색상 및 디자인에 대한 컨트롤이 필요

② 외부환경디자인, 공용공간, 실내공간의 자재 및 칼라, CI, 사인몰 등에 대한 전문업체를 활용한 토탈디자인 용역을 시행

(나) 토탈 디자인 용역 수행 기관 : 디자인원

(다) 토탈 과업 범위

① 외부환경 및 공용부분

ㅇ 주거동 : 측벽, 기단부, 중층부, 상층부, 코아, 주동출입구, 필로티(지상 세대주차장), 복도, E/V홀, 계단실, 홀

② 지하공영주차장 : 출구, 기둥 및 벽면 컬러, 계단실 및 램프

③ 부대복리시설 : 주민공동시설(4월 입주자 결정 후 용도 설문 예정), 근린생활시설(홍보관) 내외부 공간

④ 옥외시설물 : 플랜터, 인접대지 담당 및 난간, 단지내 포장, 트렌치 등

⑤ 사인 시스템 : 더품 로고 및 동호 표시, 층수 표기 등 단지 내 사인 물 픽토그램, 서체
⑥ 경관조명 : 로고 등
⑦ 실내디자인
ㅇ 천장, 입면, 가구류, 창호류 조명 등의 각 요소에 대한 세부 디자인 및 조율

(라) 진행방법

① 기본설계 : 전체 프로젝트의 디자인 방향 및 기본구상
② 실시설계 : 기본설계 구체화, 시공도서 작성, 설계내용 관련 시방 및 견적 자료 작성
③ 설계 내용 관련 현장 협의 및 지원 : 샘플하우스 디자인 지원

그림 2.2.14.10 토탈 디자인 과업 수행 결과

(마) 가양 실증단지 색채 디자인 방향

① 독창성과 균형감이 느껴지는 감각적인 공간으로 주변환경과 조화롭게 어우러지는 색채를 활용
② 주조색은 차분한 색상으로 명암의 대비를 사용하여 경쾌한 분위기를 표현함
③ 보조색은 입주자의 이미지를 표현할 수 있는 엑센트 요소의 저명도, 저채도의 블루계열 색채와 밝은 무채색 계열의 대비

(바) 디자인 의도

① 모듈러 주택은 획일적인 아파트 구조를 탈피하여 유니크한 디자인을 적용 할 수 있는 장점
② 또한 ,공사기간이 짧고 건축비를 절약할 수 있으면서 먼지나 소음이 적은 조립식 친환경 공법임
③ 그러나 자재와 구조의 이질적인 특성이 기존 건축물과 어우러질 때 다소 환경적인 충돌로 느껴질 수도 있음
④ 이러한 이질감을 환경에 활력을 주는 엑센트 요소로 전환시킬 수 있도록, 트랜디 하되 도회적인 느낌의 지속 가능한 디자인의 조화를 시도

(사) 토탈디자인 적용 범위 및 방향 요약

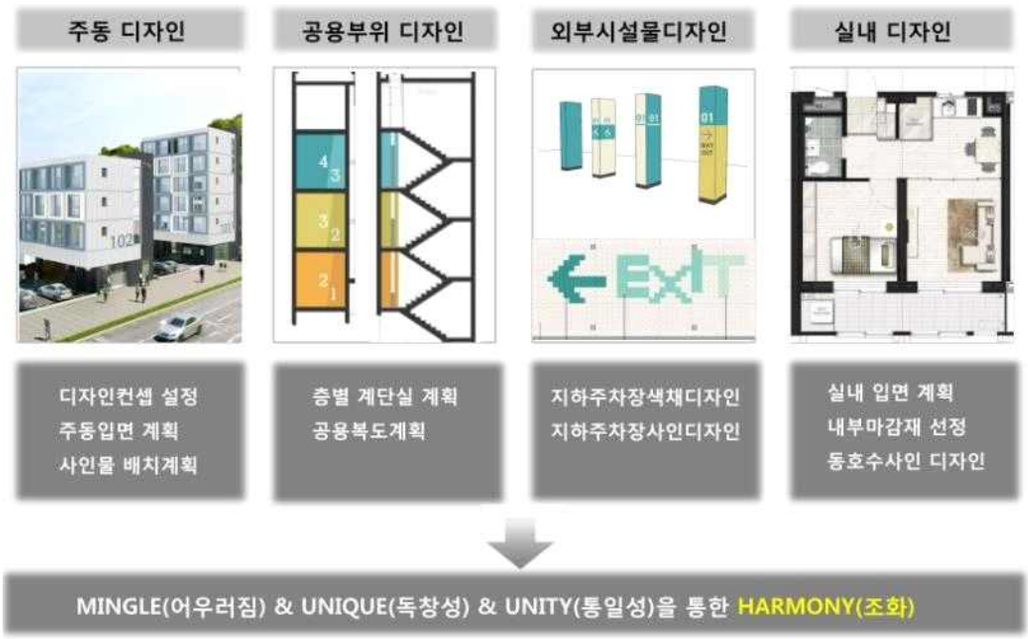


그림 2.2.14.11 토탈 디자인 범위 요약

(아) 토탈 디자인이 적용 된 가양동 모듈러 실증단지 현황

① 건물 외부 및 공용공간

그림 2.2.14.12 토탈 디자인이 적용 된 가양 실증단지 외부 및 공용부분

② 복도 및 세대 내부

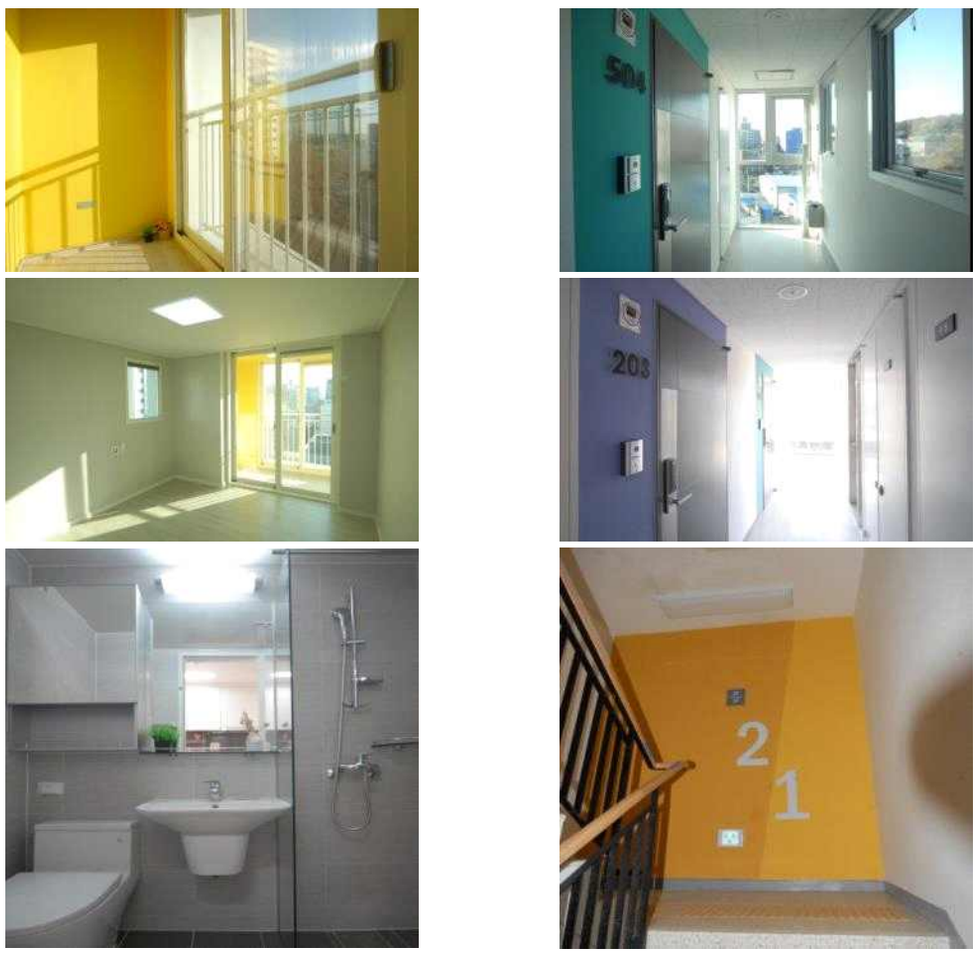


그림 2.2.14.13 토탈 디자인이 적용 된 가양 실증단지 실내 부분

(2) 가양 실증단지 브랜드 개발 및 적용: 라이품(LIFPOOM)

(가) 개발 목적

ㅇ 조립식 주택에 대한 대국민 인식 전환과 홍보를 위해 '모듈러'기술에 대한 이해와 공공주택에 대한 친근한 이미지를 위해 브랜드를 개발하고 이를 상표 등록으로 추진함

(나) 브랜드명 개발 추진 경위

① 2015년 가양 실증단지 브랜드명 외부 용역 수행 결과 : The POOM (한글 : 더품)으로 결정되었으나 2017년 상표등록 과정에서 타 업체에 의해 선점이 된 상태로 확인

② 2017년 브랜드 네이밍 전문 업체((주)네임넷)의 자문을 통해, 가양동 실증단지에 가장 적합 한 두 가지 브랜드 명을 추가 개발하여 확정함

㉠ 라이품(LIFPOOM)

ㅇ 품질 좋은 주택으로 당신을 따뜻하게 품다.

ㅇ 정관사 The를 붙여 우선 타깃인 임대주택 거주자들에게 '더 따뜻한' 보금자리를 마련하겠다는 의지 표현

ㅇ 영문으로 생활(Life)와 한자어 '品'의 형태를 결합하여 '생활을 품다', 생활의 품격을 더하다는 의미

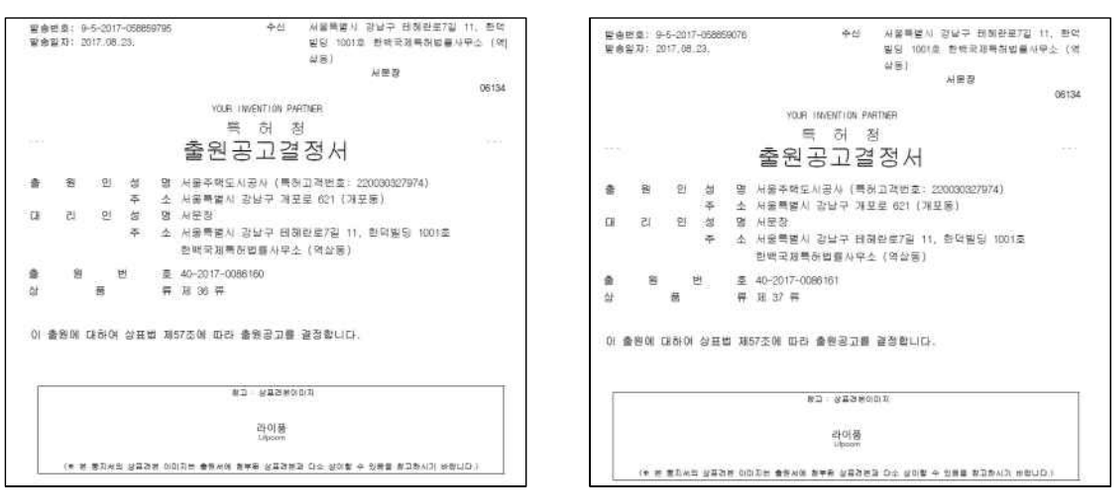
㉡ 모두가(MODUGA)

- ㅇ 모두가 행복한 조립식 주택
- ㅇ 국문으로 다양하게 커뮤니케이션 가능, 화제성 도모(ex.모두가 행복한, 모두가 즐거운, 모두가 꿈꾸는 집…)
- ㅇ 영문으로는 Module공법을 내포, 자연스러운 인식의 전환을 유도
- ㅇ 화제성 있는 명칭으로 개성 및 기억용이성 확보

③ 2017년 7월 두 가지 브랜드명 중 기존 조립식 주택에 대한 부정적 이미지 해소 및 조립식 주택의 공법을 상징적으로 나타내고 있는 '라이품(LIFPOOM)'에 대해 상표등록출원 진행

④ 2017년 8월 23일 '라이품(LIFPOOM)'에 대한 상표등록출원 최종 결정 완료

그림 2.2.14.14 라이품(LIFPOOM) 브랜드명이 적용 된 가양 실증단지 현황



발송번호: 9-5-2017-058859795
발송일자: 2017.08.23.
수신 서울특별시 강남구 테헤란로7길 11, 한덕빌딩 1001호 한백국제특허법률사무소 (역삼동)
서문장
06134

YOUR INVENTION PARTNER
특 허 청
출원공고결정서

출 원 인 성 명 서울주택도시공사 (특허고객번호: 220030327974)
주 소 서울특별시 강남구 개포로 621 (개포동)
대 리 인 성 명 서문장
주 소 서울특별시 강남구 테헤란로7길 11, 한덕빌딩 1001호 한백국제특허법률사무소 (역삼동)
출 원 번 호 40-2017-0086160
상 품 류 제 36 류

이 출원에 대하여 상표법 제57조에 따라 출원공고를 결정합니다.

참고 : 상표견본이미지
라이품
Lifpoom
(※ 본 통지서의 상표견본 이미지는 출원서에 첨부된 상표견본과 다소 상이할 수 있음을 참고하시기 바랍니다.)

발송번호: 9-5-2017-058859076
발송일자: 2017.08.23.
수신 서울특별시 강남구 테헤란로7길 11, 한덕빌딩 1001호 한백국제특허법률사무소 (역삼동)
서문장
06134

YOUR INVENTION PARTNER
특 허 청
출원공고결정서

출 원 인 성 명 서울주택도시공사 (특허고객번호: 220030327974)
주 소 서울특별시 강남구 개포로 621 (개포동)
대 리 인 성 명 서문장
주 소 서울특별시 강남구 테헤란로7길 11, 한덕빌딩 1001호 한백국제특허법률사무소 (역삼동)
출 원 번 호 40-2017-0086161
상 품 류 제 37 류

이 출원에 대하여 상표법 제57조에 따라 출원공고를 결정합니다.

참고 : 상표견본이미지
라이품
Lifpoom
(※ 본 통지서의 상표견본 이미지는 출원서에 첨부된 상표견본과 다소 상이할 수 있음을 참고하시기 바랍니다.)

그림 2.2.14.15 라이품(LIFPOOM) 상표출원 상품류 제 36류, 제37류 출원공고 결정서

(3) 가양동 모듈러주택 실증단지 준공

(가) 가양 실증단지 연혁 (착공 신고 이후, 2016.11.11)

① 2016.11.11. 착공
② 2017.03.20. 모듈러 공장제작 착수 (충남 당진)
③ 2017.03.28. 가양동 현장 터파기 완료 (가양동 현장)
④ 2017.04.24. 지하골조공사 완료 (가양동 현장)
⑤ 2017.05.15. 모듈러 골조 제작 완료 (충남 당진)
⑥ 2017.06.12. 모듈러 벽체 및 천정 공사 완료 (충남 당진)
⑦ 2017.06.25. 모듈러 수장 및 가구 공사 완료 (충남 당진)
⑧ 2017.06.30. 지상1층~6층(101동), 지상1층~4층(102동) 코어 공사 완료 (가양동 현장)
⑨ 2017.07.05. 모듈러 마감 및 포장 작업 완료 (충남 당진)
⑩ 2017.07.13. 모듈러 현장설치 시작 (충남당진->가양동 현장)
⑪ 2017.07.18. 모듈러 현장설치 완료 (휴일제외 총 4일, 가양동 현장)
⑫ 2017.09.30. 모듈러 공사 완료 (가양동 현장)
⑬ 2017.10.01. 하부시공 부대토목공사 시작 (가양동 현장)
⑭ 2017.10.20. 조경공사 완료 (가양동 현장)
⑮ 2017.11.01. 준공검사 실시 (SH공사 감독관)
⑯ 2017.11.10. 준공
⑰ 2017.12.15. 사용승인 획득 (서울시 강서구청)
⑱ 2017.12.26. 준공식
⑲ 2017.12.29. 입주시작 (총 30세대)

(나) 서울주택도시공사의 가양 실증단지 구축관련 업무 지원

① 사업진행사항에 대한 검토 및 관리방법: 책임감리 기관인 펨코ENG에서 모듈러 공사 및 하부 시공 공사 전체에 대해 진행
② 다만, 펨코ENG는 모듈러 공사에 대한 책임감리 업무가 처음이고 특히 국가 연구과제의 일환으로 진행되는 특성으로 인해 독자적인 책임감리 전체 업무를 수행하는 데 한계가 있었음.
③ 따라서 이미 모듈러 건축공사를 한 차례 진행한 경험이 있는 서울주택도시공사에서 책임 감리기관이 적극적으로 수행하기 어려운 모듈러 공장제작 및 현장시공에 대한 전반적인 공사감독업무를 추가로 지원함.

(다) 가양 실증단지 구축관련 기성금 지급 프로세스 요약

① 모듈러 R&D공사에 대한 기성금 지급 프로세스 요약
㉠ 기성금 청구서류 제출 (POSCO A&C -> 펨코ENG)
㉡ 기성금 서류검토 및 기성검사결과서 작성(펨코ENG)
㉢ 기성금 검사결과서 제출 (펨코ENG->SH공사)
㉣ 기성금 지급요청 공문송부(SH공사->KICT)
㉤ 기성금 지급 (KICT->POSCO A&C)

② 하부시공 공사에 대한 기성금 지급 프로세스 요약

㉠ 기성금 청구서류 제출 (신우종합건설-〉 펨코ENG)

㉡ 기성금 서류검토 및 기성검사결과서 작성(펨코ENG)

㉢ 기성금 검사결과서 제출 (펨코ENG-〉SH공사)

㉣ 기성금 지급 (SH공사-〉신우종합건설)

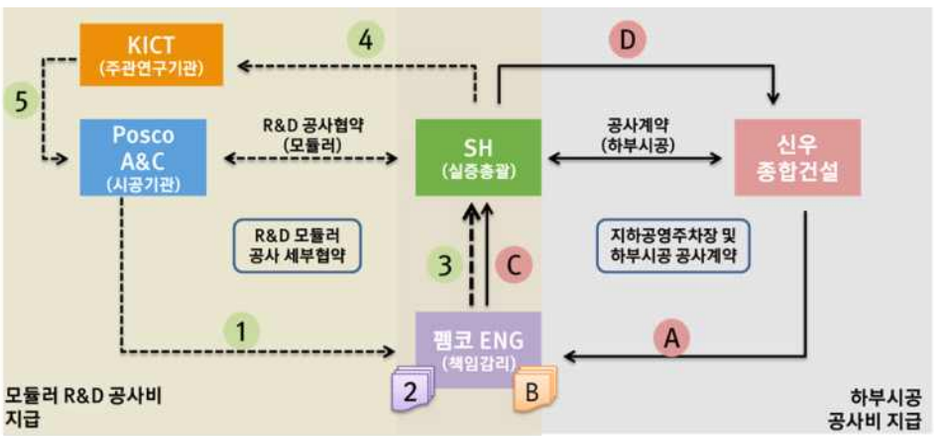


그림 2.2.14.16 가양 실증단지 구축 기성금 지급 프로세스

(4) 가양 실증단지 종합 성과분석

(가) 가양 실증단지 점검과 협의에 따른 주요 변경 완료

① 협의기관 요청에 따른 지하 공영주차장 변경(주차면 수 변경)

㉠ 서울시설공단에서 가양 라이품 지하공영주창의 운영 및 관리방법을 무인운영시스템으로 고려함에 따라 주요부분 설계 변경 발생

- 무인운영으로 검토결과, 기존의 1개 진출입로는 차량들의 동시 입차, 출차의 어려움 발생 예상, 확인
- 결과, 서울시설공단에서는 서울주택도시공사에 이를 해결할 수 있는 기술적 대안 또는 대기차량을 위한 임시정차구역을 마련해줄 것을 요청함.

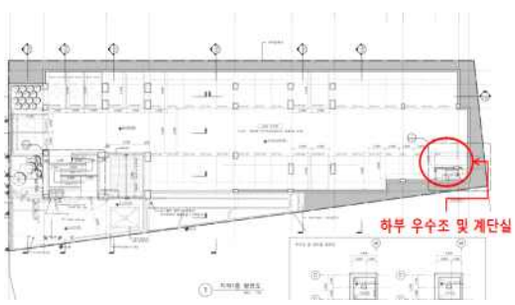
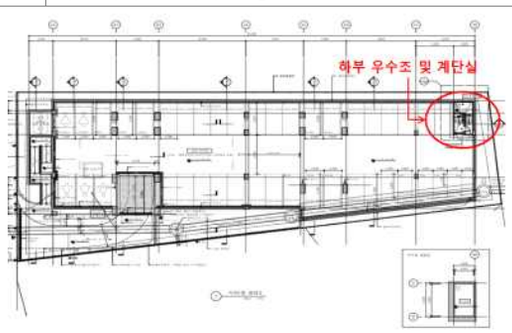
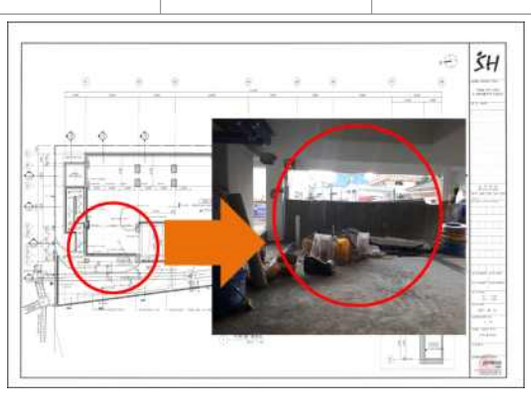
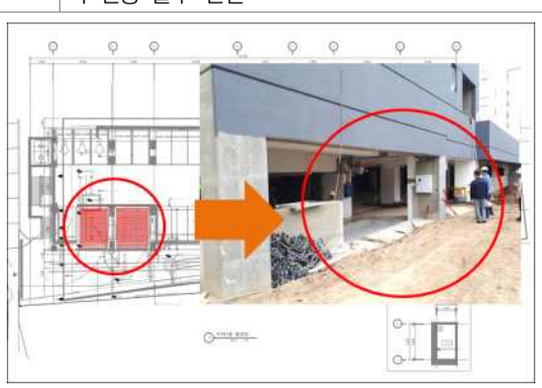
㉡ 준공 1개월 전(2017년 9월 13일) 합동현장 점검을 통해 추가 시공 변경건 발생

- 서울시 주차계획과와 서울시설공단 관계자들이 참여하는 합동현장점검을 진행
- 준공 1개월 전에 도면내용에 대한 점검뿐만 아니라 앞서 제기 된 입/출차 동시 진행 문제를 파악하기 위한 목적임
- 현장점검결과, 현재 1개로 차량의 입/출차가 진행되는 상황에서는 해결책을 찾기 어렵다는 결론에 도달

㉢ 기존 주차면 수 2개를 추가로 삭제, 입/출차 분리 방식으로 진행=〉재시공(서울시)

- 별도의 추가공사비가 투입되어 최종 마무리 공사 진행

표 2.2.14.5 가양 실증단지 지하 공영주차장 주차면 수 변경과정

가양 라이품 지하 공영주차장 주차면 수 변경				
요청 일자	계획	변경	증감	사유
2015.12.	48대	43대	▽5	진출입 구간 변경 기존 : 직선형 진입 시 출입구 경사로 구배 17% 변경 : 곡선형 진입 시 출입구 (R=5.0M) 14%로 변경
 (변경전)				 (변경후)
2016.04.	43대	41대	▽3	지하주차장 내 차량 회차 공간 추가 주차장 동쪽 끝 부분 주차면 수 삭제 후 회차 공간 신설, 지하 우수조 위치 변경, 지하 하수관로 이설 요청에 따른 우수조 위치 변경
 (변경전)				 (변경후)
2017.09	41대	39대	▽3	지하주차장 출입구 1개 추가 주차장 서측쪽 담당 철거 및 주차면 수 2개 삭제 후 출차 전용 출구 신설
 (변경전)				 (변경후)
최종	39대		최초 계획대비 ▽11	

② 날씨 영향으로 인한 모듈러 현장설치 일정 변경 및 조정

㉠ 현장기초공사 일정 지연으로 인한 1차 변경

- ㅇ 가양동 현장기초공사 일정 1개월 지연(2017년 6월 2일 → 7월 3일)
- ㅇ 가양동 지질조사결과, 당초 기초파일 지지선단 깊이가 약 10~14m로 조사되어 PHC ∅500-14m 기초파일을 사용하기로 함
- ㅇ 그러나 시공사 선정 후 실제 기초공사 착수 전 직접 시행 한 시험천공 결과, 기초파일 지지선단 깊이가 약 19~25m로 확인됨. 해당 사항에 대한 기초공법 변경 필요 유무 및 기초공법 대안 확인에 약 40일의 시간이 소요 됨
- ㅇ 이로 인해, 전체 공사기간이 지연됨에 따라 당초 모듈러 현장설치 시작 일이었던 2017년 6월 2일에서 2017년 7월 3일로 변경되어 전체 공사 일정을 조정 함

㉡ 장마로 인한 현장설치 일정 2차 변경

- ㅇ (당초) 2017년 7월 3일 → (변경) 2017년 7월 13일
- ㅇ 현장기초공사 일정 지연으로 인해 변경 된 모듈러 현장설치 일정에 맞추어 모든 공사진행이 진행되었음
- ㅇ 그러나 현장설치 약 1주일 전부터 미국, 한국, 일본 기상청에서 발표한 일기예보에 따르면 2017년 07월 03일부터 약 5일 동안 서울지역에 비가 올 것으로 예측됨
- ㅇ 가양 모듈러의 경우, 운송 및 현장설치 과정에서 모듈러를 감싸는 포장재 일부를 방수포로 감쌀 수 있으나 현장 설치 이후 모듈러 구조를 감싸고 있는 건식내화자재 및 실내 벽체 대분이 석고보드이기 때문에 우기의 영향으로 인한 심각한 성능저하가 발생될 수 있는 우려가 제기 됨
- ㅇ 이에, 서울주택도시공사-한국건설기술연구원-포스코 A&C 3개 기관에서는 전체 공사 일정에 영향을 주지 않는 범위 내에서 비 피해를 사전에 예방하고자 현장설치 일정을 연기하여 진행 함
- ㅇ 그 결과, 2017년 7월 13일로 변경하여 모듈러 현장설치를 조정 완료.

그림 2.2.14.17 2017년 6월 28일 발표 된 한국, 미국, 일본 기상청의 서울지역 7월 3일 기상예보 현황

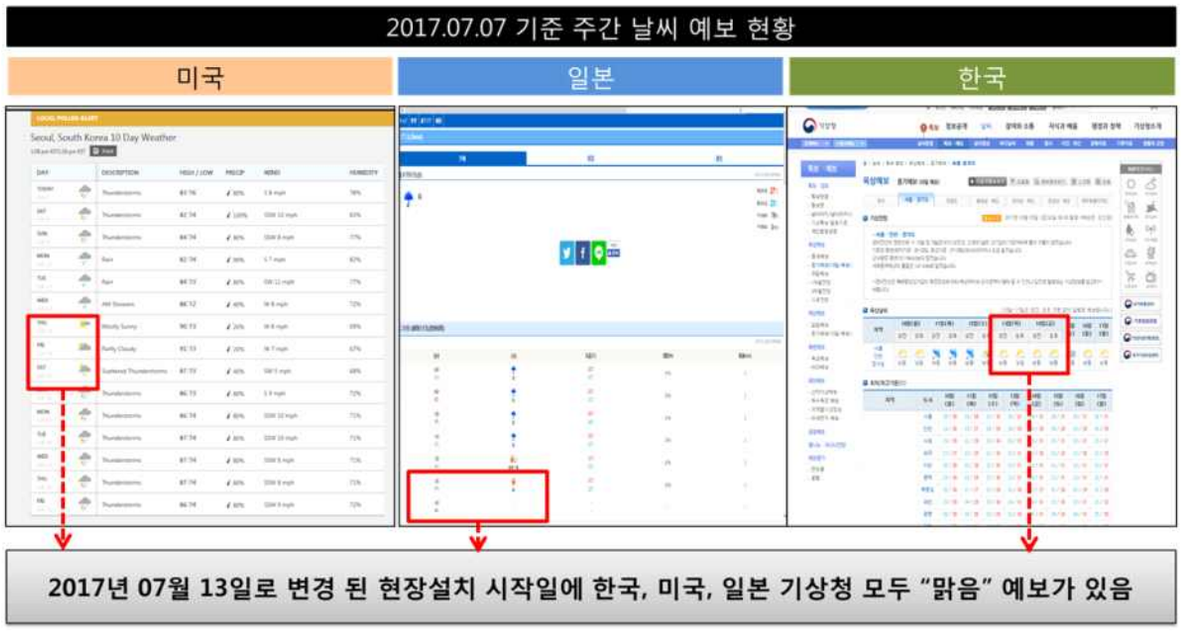


그림 2.2.14.18 2017년 7월 7일 발표 된 한국, 미국, 일본 기상청의 서울지역 7월 13일 기상예보 현황

(나) 실증단지 구축 공종별 사업성과 분석

① 건축공사

㉠ 기초파일공사에서 주변환경, 지질, 안전성 등으로 PHCØ500에서 Ø114 강관파일로 설계변경 하여 현장여건에 적합한 안정된 기초구조물을 구축함

ㅇ 철근콘크리트공사시 적절한 사전교육 시행, 검측, 조치 등을 통해 양질시공을 시행함

㉡ 모듈러 설치시 시공계획 및 사전준비, 교육, 검측, 조치 등을 통해 양질의 시공을 시행함

㉢ 마감공사시 적절한 시공계획 및 시공상세 검토, 자재승인, 자재검수, 품질시험, 시공확인 등을 통해 세부 공종간 간섭을 최소화하여 양질의 마감을 확보함

② 토공사 및 부대토목 공사

ㅇ 사전 설계도서 및 관련자료 검토 후 원활한 공사진행을 도모하였으며, 본 현장의 흙막이 가시설공법의 지지방식을 일부 변경하여 예산을 절감 함

③ 기계설비공사

ㅇ 사전 설계도서 및 사업승인조건 녹색건축물예비인증서 등을 검토하여 자재수급계획을 수립함. 유지보수 및 하자관련부분을 사전검토 하여 품질향상 및 입주자 편의를 도모함

④ 전기공사

ㅇ 체계적인 공정관리로 공기내에 공사를 완료 하였으며, 원활한 시공관리로 시공성을 향상시켜 철저한 품질계획과 실천 및 정기적인회의로 시공개선 및 품질을 확보하였으며, 탁월한 안전관리 이행으로 무재해를 달성하고 사업승인 이해 조건을 검토하여 전기공사를 완료함

⑤ 통신공사

ㅇ 사전설계도서 검토를 통해 세대 비디오폰설비의 불합리한 사항과공용주차관제 입출차시스템에 대한 발주처.시설공단과의 협의를 통한 입주자편의 도모와 성능개선에 최선을 다함

⑥ 소방공사

ㅇ 모듈러공법을 적용 한 새로운 주택에 소방공사를 적용함에 있어 다소 생소한 부분도 있었으나 각 공종의 협조와 관련규정을 철저히 적용하여 우수한 품질의 주택을 완공함

⑦ 조경공사

ㅇ 모듈러하우스의 경관향상과 민원처리를 위하여 설계보다 규격이향상된 조형소나무 식재와 꽃이 아름다운 철쭉류 위주로 조경을 조성 함.

ㅇ 또한 하우스벽면에는 벽면녹화를 실시하여 단순한 하우스벽면을 푸르고 꽃이 피는 아름다운 공간으로 조성하여 도시경관 향상을 도모하였음

(다) 공사추진 중 문제점 및 대책, 향후 개선사항

① 하부공사와 모듈러 공사 2개 시공사의 동시 진행 어려움

㉠ 하부공사와 모듈러공사의 시공사가 2개사 였으며 상호 시공범위가 모호한 부위에서 의견조정에 어려움이 발생함

㉡ 하부공사와 모듈러공사의 공법 차이로 공용부의 모듈러와의 접합부, 골조공사 기간 및 품질관리에 어려움이 발생함

㉢ 이를 해결하기 위해, 모듈러공사 및 하부공사의 시공범위 조정을 위한 협의 기구를 현장대리인 중심으로 조직 운영- 모듈러공사의 시공편차에 맞추기 위해 공용부 현장타설 부위에품질 검측을 실시함

㉣ 향후 모듈러 공사가 공장제작 현장 설치이므로 시공사를 1사로 하고 공용부의 공법도 조립식으로 조정되는 것이 공정관리 및 품질관리에 효율적이라고 판단 됨

② 2개 현장에 대한 책임감리기관의 동시 업무수행 어려움

㉠ 가양동 모듈러 현장의 경우, 서울주택도시공사와 계약 한 책임감리업체에서 현장 전반에 대한 감리 업무를 진행함

㉡ 그러나, 일반적인 건설현장과 달리 모듈러 프로젝트는 공장제작현장과 실제 토목 및 건축이 수행되는 설치 현장 2개의 현장이 발생 됨. 따라서 책임감리업체는 부득이하게 공정, 원가, 품질관리 등 사업관리 전반에 대한 업무를 공장과 현장에 대해 동시에 수행해야 하는 얼움이 있음

㉢ 가양동 현장의 경우, 책임감리기관의 상주 사무실이 가양동에 마련되어 있었기 때문에 충남 당진에서 진행되는 모듈러 공사에 대한 전체적인 공정 및 품질관리를 위해 별도의 비상주 감리원을 파견하여 관리해야 하는 어려움이 발생 함

㉣ 이를 해결하기 위해, 충남 당진에 위치 한 모듈러 제작사의 공장제작 총괄 현장소장이 가양동 현장에 매 주 주간공정회의에 참석하여 공사 진행에 대한 전반적인 상황을 브리핑하며 책임 감리업체와 현장시공사 간의 의견 조율을 실시 함

㉤ 향후 모듈러 공사 진행 시, 공장제작-설치현장-현장감독관이 동시에 전체 공정상황 및 업무 내용을 공유할 수 있는 전용 시스템을 개발 및 구축하여 업무 효율을 향상시키고 투명한 의사소통이 가능할 있어야 할 것으로 판단 됨.

(라) 가양 실증단지 단계별 현장 전경 및 사용검사 확인증

착공 전

2016년 11월

2016년 12월

2017년 1월

그림 2.2.14.19 착공전~2017년 1월 가양동 현장 전경

2017년 2월

2017년 3월

2017년 4월

2017년 5월

그림 2.2.14.20 2017년 2월~2017년 5월 가양동 현장 전경

그림 2.2.14.21 2017년 6월~2017년 9월 가양동 현장 전경

그림 2.2.14.22 2017년 10월 ~ 준공

그림 2.2.14.23 준공 후 가양 라이품 전경

■ 주택법 시행규칙[별지 제24호서식]

사용검사 확인증

사 용 검 사 구 분	주택건설사업([✔]전체 [ ]공구별 [ ]동별) [ ]대지조성사업		
사업계획승인번호	2015-임대주택과-임대주택건설사업계획승인-8		
공구명/동 명칭			
상 호	서울주택도시공사	등 록 번 호	서울특별시-임대사업자-2188200136
대 표 자	변창흠	법인등록번호 (생년월일)	111171-0007324
영업소소재지			
대 지 위 치	서울특별시 강서구 가양동 1457-1	대지면적(㎡)	1,436
건축면적(㎡)	371.65	건 폐 율(%)	25.88
연 면 적(㎡)	2,068.12	용 적 률(%)	75.96
동 수(주/부)	4 / 2	세 대 수	30

「주택법」 제49조, 같은 법 시행령 제54조 및 같은 법 시행규칙 제21조제2항에 따라 사용 검사되었기에 사용검사확인증을 발급합니다.

2017년 12월 15일

서울특별시 강서구청장 인

210㎜×297㎜[백상지 80g/㎡]

7) 천안실증단지 구축계획 및 사업 성과분석 (LH공사)

■ 전체 연구프로세스

가) 5차년: 천안두정 실증단지 구축 및 성과분석

연구목표

■ 천안두정 실증단지 구축 및 성과분석

연구내용

■ 천안두정 실증단지 구축
- 실증단지 사업수행 추진계획 관리
- 실증단지 구축계획서
- 실증단지 인허가/발주
- 인필 골조·외장 및 코어 시공
- 실증단지 시공현장 감독 및 관리(감리)

■ 천안두정 실증단지 유지관리매뉴얼(제작업체 모듈 유지관리매뉴얼 총괄)

■ 천안두정 실증단지 사업수행 성과분석

■ 천안두정 실증단지 홍보
- 천안두정 실증단지 홍보 브로셔 및 홍보관 구성

최종성과물

■ 실증단지 구축계획서 1건
■ 실증단지 준공(사용승인) 허가서
■ 천안두정단지 적층·인필 유지관리매뉴얼(합본) 1건
■ 실증단지 사업수행 성과분석 보고서 1건

(1) 천안두정 실증단지 주요 실적

(가) 실증단지 주택건설사업계획 수립

① 추진경위

㉠ '16.02.24 : 천안시와 행복주택 공급을 위한 업무협약 체결

㉡ ‘16.10.31 : R&D사업 참여의사 검토요청(KICT→LH)
㉢ ‘16.11.01 : R&D사업 참여의사 회신(LH→KICT)
㉣ ‘16.11.25 : R&D사업 후보지 결정(국토교통과학기술진흥원)
㉤ ‘17. 1.19 : 모듈러주택 R&D사업 연구협약(한국건설기술연구원)

② 주요내용
㉠ 해당 지구는 지자체에서 무상제공하기로 업무협약 체결
㉡ 향후 조립식주택 기술개발 및 창의적 설계안 도출을 위해 현상설계공모를 추진
㉢ 지자체 협의 결과에 따라 노인계층 비율을 50%로 확대

(나) 실증단지 구조 변경(PC→RC)

① 도입배경
㉠ 부지변경 이전 수서단지 계획 시 인필식 모듈러 주동을 프리캐스트공법으로 설계하여 공기단축 효과를 증대하고자 하였음
㉡ 천안두정은 협조한 부지여건으로 인해 1개동 코어를 중심으로 공법을 구분하고 코어 및 인필식 모듈러 구조체를 프리캐스트구조로 설계

② 경제성 분석 결과
㉠ 해당 실증단지는 소규모 공사로서 공장몰드 제작비용 대비 전용횟수 부족으로 RC공사에 비해 생산성 저하(견적가격 조사결과 공사비의 50% 이상이 공장제작 비용으로 소요)

표 2.2.15.1 PC공사 견적가격

업체명	견적가격(직접비) (단위: 천원)					비고
	계	제작비	운반비	설치비	설계비	
A	505,570	270,970	17,595	166,175	50,830	·계단 미포함 ·Topping con'c 및 철근제외
B	497,750	267,650	15,600	159,900	54,600	

㉡ RC 표준공사기간 대비 공기단축 효과 미미
ㅇ 코어 및 기둥철근조립(2D) → 기둥 및 슬래브 거푸집 조립(2D) → 슬래브철근배근(1D) → 청소 및 검사(0.5D) → 타설(0.5D) → 양생(4D)

표 2.2.15.2 PC공사 예상공사기간

구분	LH 표준공사기간(벽식구조)			인필 모듈러골조 공사기간
	PC조	RC조		
6층이하 (7층~15층)	19일 (15일)	20일 (12일)	→	세대 벽체물량 제외로 층당 약 10일 소요예상

③ PC구조 검토결과
㉠ 해당 안건에 대하여 『KICT-LH』간의 협의를 통하여 해결방안을 결정
㉡ 당초 계획하였던 PC구조를 실증단지에 적용 할 경우 설계 공사비 상승에 따른 연구예산을 과도하게 초과하므로 구조변경이 필요
㉢ 조립식주택 R&D 과제목표 및 12대 실증기술은 예정대로 추진하고, RC구조로 재설계하여 변경 사업승인

(2) 실증단지 발주방식 및 업무범위 결정

① 천안두정 R&D 실증단지는 총괄기관인 LH와 공동연구기관인 금강공업, 스타코가 참여하는 구축사업으로 원활한 추진을 위하여 참여 연구기관별 업무범위와 역할을 정립

② 비모듈러 부문

㉠ 적격심사 총액입찰 방식으로 LH에서 시공업체를 선정하고, 전기 및 정보통신공사 는 건설공사와 분리발주

㉡ 2층 바닥슬래브 이상, 코어 및 골조, 인필 외장공사, 1층 홍보 및 전시실, 게스트 하우스는 R&D 연구비예산에 포함된 범위이며 이외는 LH사업비 집행예정

③ 모듈러 부문은 모듈러 시공기관에서 직접 수행하며 공장제작부터 현장설치 및 마감공사 등 준공단계까지 전담

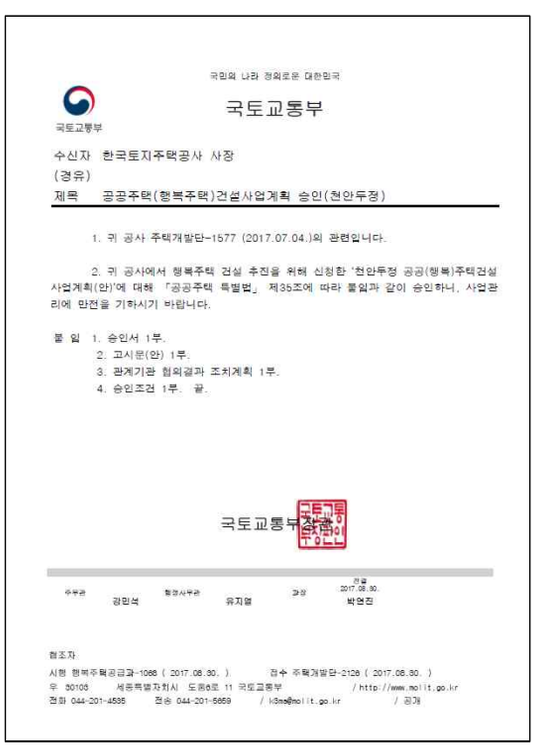
㉠ 금강공업(적층) : 복도 및 발코니를 포함한 유닛모듈을 2층부터 지붕층까지 일괄시공

㉡ 스타코(인필) : 구조체공사 완료 후 세대내부 유닛캐빈 설치 및 발코니 습식공사 전담

구 분		사업주체	사업범위	비고	
모듈러	적층식	금강공업㈜	·모듈러 제작 설치	R&D	약 24 억원
	인필식	스타코㈜	·모듈러 제작 설치		
比모듈러		LH	·코어 및 인필 골조·외장공사		
			·하부공사 및 부대복리시설	자체 사업비	

그림 2.2.15.1 참여기관별 업무범위

(라) 천안두정 공공주택(행복주택) 건설사업계획 승인 및 변경사업승인



국민의 나라 정의로운 대한민국

국토교통부

국토교통부

수신자 한국토지주택공사 사장
(경유)
제목 공공주택(행복주택)건설사업계획 승인(천안두정)

1. 귀 공사 주택개발단-1577 (2017.07.04.)의 관련입니다.

2. 귀 공사에서 행복주택 건설 추진을 위해 신청한 '천안두정 공공(행복)주택건설사업계획(안)'에 대해 「공공주택 특별법」 제35조에 따라 붙임과 같이 승인하니, 사업관리에 만전을 기하시기 바랍니다.

붙 임 1. 승인서 1부.
2. 고시문(안) 1부.
3. 관계기관 협의결과 조치계획 1부.
4. 승인조건 1부. 끝.

국토교통부장관

국민의 나라 정의로운 대한민국

국토교통부

국토교통부

수신자 한국토지주택공사 사장
(경유)
제목 공공주택건설사업계획 변경 승인 알림(천안두정)

1. 한국토지주택공사 주택개발단-3062호(2018.7.3.)의 관련입니다.

2. 귀 공사가 변경 승인 신청한 천안두정 공공주택건설 사업계획(행복주택)에 대하여 「공공주택 특별법」 제35조에 따라 붙임과 같이 변경 승인하고 관보고시 요청하였음을 알려드리니, 사업관리를 철저히 하여 주시기 바랍니다.

붙임 1. 변경 고시문 1부.
2. 변경 승인서 및 승인 조건 각 1부. 끝.

국 토 교 통 부 장

그림 2.2.15.2 천안두정 행복주택 건설사업계획 승인서 (2017.8.30.) 및 변경사업승인서(2018.7.6.)

(2) 실증단지 시공계획 수립

(가) 중간공정관리일 설정

① 골조 및 하부공사 등을 수행하는 건설업자와 모듈러 시공기관의 유기적 공정관리체계 구축을 위해 단계별 중간공정관리일 설정

② 착공부터 준공단계까지 공정관리는 골조 및 하부공사 건설업자 주관으로 모듈러 시공기관 협조

③ 골조 완료(LH) → 인필캐빈 → 적층식 모듈 → 적층 및 인필외장 공사 순으로 진행

표 2.2.15.3 실증단지 중간공정관리일

구분	비모듈러		모듈러	비모듈러	
단계	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계
공정	터파기 완료		골조/공장제작완료	모듈러공사 완료	지붕/외장완료
	LH(현장공사)				
	기초/PIT	인필골조	인필/적층식 모듈러설치 1층/공용마감	외장마감	토목/조경

(나) 천안두정 실증단지 구축계획서 작성

㉠ 5차년도 수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축과제의 별책보고서로 구축계획서를 작성하여 계획부터 준공까지의 전체적인 과정을 기술

㉡ 주요내용

- ㅇ 실증단지 주택 및 단지계획
- ㅇ 하부공사 및 모듈러공사 추진일정
- ㅇ 시공계획 및 관리계획
- ㅇ 실증단지 준공계획
- ㅇ 홍보관 운영계획
- ㅇ 실증단지 12대 R&D 적용기술
- ㅇ 기대효과

(3) 천안두정 실증단지 착공 및 모듈러 공사 R&D 세부협약체결

(가) 시공사 확정

① 발주처 : 한국토지주택공사

② 착공일 : 2018년 4월 20일

표 2.2.15.4 천안두정 행복주택 담당 시공사

공사명	수급업체	세대수	도급액 (백만원)	공사기간	비고
천안두정 모듈러주택 연계 공사	㈜세종건설 ㈜천우전기 ㈜부경엔지니어링	40호 (행복)	1,272 170 195	'18.04.20 ~'18.12.18(토목) '18.05.18 ~'18.11.28(건기)	

(나) 모듈러 공사 R&D 세부협약체결

① 실증단지의 공공주택건설사업계획 변경 승인에 따라 각 연구기관별 공사비 확정

- ㅇ 인필식 패널자재 제작업체 생산단가 적용 및 소규모 공사의 자재수급상황을 고려하여 시공기관별 내역단가 산출 및 낙찰률 적용 등 적정공사비 배분
- ㅇ 시공책임 한계가 모호한 사항에 대한 설계변경 및 품질개선을 위한 추가공사 등을 감안하여 기타공사비 확보

표 2.2.15.5 각 시공기관별 시공한계

(인필식 시공한계) 발코니 내부공사와 외장패널, 외벽 프레임, 단열재, 개구부 실링재 시공한계
☞ (스타코) : 외장패널 시공업체에서 발코니 벽체 프레임 및 내부 단열재 시공함이 공정추진에 효율적
☞ (세종건설) : 외장패널 설치공사에 대한 난이도가 매우 높고, 작업중첩에 대한 하자책임 일원화를 위해 세대부문과 외장으로 분리시공 필요
(적층식 특수가구) 적층식 10세대 공간활용형 입체형가구 시공주체 및 비용부담
☞ 상이한 시공주체 참여에 따른 품질하자 방지를 위해 모듈러 시공기관에서 일괄 제작

② 모듈러공사협약 주요내용

- ㅇ (모듈러 설치개시) 당초 토공사 완료일 이후 현장설치 개시일 통보예정이었으나 토공사 완료일이 경과되어 협약 체결일로부터 10일 이내 시공기관과 공정관리계획 협의
- ㅇ (지체상금 부과) 입주지연에 따른 지체상금 시행자 부담에 따라 준공지연에 대한 책임을 위해 지체상금 부과
- ㅇ (하자보수인원 상주) 입주자 사전점검 지적사항 조치 및 입주 후 잔손보기 등 고객 요구사항의 신속한 대응 및 고객만족을 위한 품질확보를 위해 상주
- ㅇ (자재품질시험) 사용자재에 대한 객관적 품질성능 확인은 입주고객에 대한 신뢰도 확보 및 모듈러주택의 성능입증을 위해 반드시 필요하며 친환경 성능기준 확인 등을 위한 시험성적서 제출 및 자재품질시험 등 관련절차 준수
  * 관련서류 제출 의무화로 연구사업 예외불가
- ㅇ (공사중단에 따른 간접비 부담) 골조공사 완료 후 모듈러 현장설치지연으로 인해 하부공사 후속공정 추진이 불가능하여 공사가 중지될 경우 공사 중지기간 동안 하부공사 시공자의 간접비 발생분에 대해서는 모듈러 업체에서 부담 조치
- ㅇ (연구기간 연장) 주택품질확보를 위한 품질성능이 확보된 자재선정, 인테리어 디자인에 따른 마감자재 결정 등 검토가 필요한 시점이나, 연구협약 지연으로 모듈러 제작착수 일정이 2개월 이상 지연되고 있어 주택품질 확보를 위해서는 연구기간 연장 검토

(4) 천안두정 실증단지 공사 지연

① 추진경과

- 2016.12.23. : 천안두정 실증단지 구축 추진회의[LH, 건기연, 금강공업, 스타코]
- 2017.01.20. : 5차년도 연구협약 체결
- 2017.02.15. : 주택건설사업계획(안) 및 설계추진계획(안) 수립[LH]
- 2017.03.15. : 천안두정 도시형생활주택 설계공모[LH]
- 2017.07.04. : 천안두정 공공주택건설사업계획 승인신청[LH]

- **2017.08.30. : 천안두정 공공주택(행복주택)건설사업계획 승인[국토부 고시 제2017 -589호]**
  * 기본설계 완료(전용면적 16㎡ 20호, 26㎡ 20호)
- **2017.10.18. : 천안두정 실증단지 PC구조 변경[건기연→ LH]**
  * PC구조 설계에 따른 공사비 과다 및 계획공사비 초과로 RC구조로 공법 변경
- 2017.11.09. : 천안두정 모듈러주택 관련도서 제출 요청[LH→ 금강공업,스타코]
- 2017.11.21. : 설계도면 및 공사추진일정 검토회의[LH, 금강공업, 스타코]
- 2017.12.30. : 천안두정 실증단지 내역서 및 제작상세도 제출 요청[건기연→ 금강공업, ,스타코]
- 2018.01.30. : 천안두정 모듈러주택 도서 제출 촉구[LH→ 금강공업, ,스타코]
- 2018.02.12. : 천안두정 모듈러주택 외관디자인 변경 회의 [LH, 건기연]
- 2018.02.14. : 천안두정 모듈러부문 설계검토 회의 [LH, 건기연, 금강공업]
- **2018.03.23. : 천안두정 모듈러주택 연계형 건설공사(하부공사) 입찰공고[LH]**
- 2018.03.28. : 천안두정 모듈러주택 실증단지 세부추진(안) 수립·시행[LH]
- **2018.04.15. : 천안두정 모듈러주택 연계형 건설공사 설계도서 송부**
- 2018.04.17. : 천안두정 모듈러주택 연계형 건설공사 계약체결(세종건설㈜-LH)
- 2018.04.19. : 천안두정 모듈러주택 연계형 건설공사 사업추진 회의[LH, 금강공업, 스타코]
- **2018.04.20. : 천안두정 모듈러주택 연계형 건설공사 착공**
- 2018.04.20. : 천안두정 모듈러주택 연계형 전기공사 계약체결
- 2018.04.20. : 천안두정 모듈러주택 연계형 건설공사 건설폐기물 위탁처리용역 계약체결
- 2018.04.24. : 천안두정 현장사무소 개소
- 2018.04.26. : 천안두정 모듈러주택 연계형 건설공사 설명회(LH, 금강공업, 스타코, 세종건설, 나래건축)
- **2018.05.02. : 천안두정 공공(행복)주택건설 사업계획 변경승인 신청[LH]**
- 2018.05.10. : 모듈러연계형 건설공사 착공신고(충남도청)
- **2018.05.24. : 천안두정 모듈러공사 세부협약서 의견회신 요청[LH→ 금강공업, 스타코]**
- **2018.05.29. : 천안두정 행복주택(모듈러연계) 토사반출 완료(세종건설㈜)**
  * 터파기 완료시점부터 공장제작 착수 일정으로 추진 예정이었으나, 모듈러 시공기관의 공사비 예산내역서 작성 및 검토 지연으로 공사비 확정 지연 및 자재발주 지연
- 2018.06.14. : 모듈러주택 내외부 마감재 칼라강판 샘플 검토[LH]
- 2018.06.22 : 5차년도 연구기관 중간평가 및 천안두정 실증단지 구축회의[건기연,LH, 시공기관 등]
- 2018.06.28 : 천안두정 모듈러실증단지 마감재 제품자료 요청[LH→ 시공기관]
  * 세대별 마감수준 차이에 따른 입주자 민원예방 및 하자관리 용이성을 위해 시공주체별 부위별 사용자재 일원화 협의 요청
- 2018.07.04 : 천안두정 실증단지 모듈러 협약서(안) 검토의견 송부[LH→건기연, 시공기관]
- **2018.07.05. : 천안두정 공공주택(행복주택)건설사업계획 변경승인[국토부고시 제2018-425호]**
- 2018.07.17 : 연구기관별 천안두정 실증단지 연구기관별 공사비 확정
- **2018.07.31 : 천안두정 R&D 모듈러공사 세부협약서 체결[건기연-LH-금강공업-스타코]**
- 2018.08.09 : 모듈러 제작착수 회의[LH, 건기연, 시공기관(3개사), 나래건축사사무소]

② 주요 지연 사유

㉠ 부지변경으로 인한 복잡한 의사결정 구조

- 수서단지의 경우, 공동연구기관인 dmp가 설계를 처음부터 담당하여 제작업체와의 긴밀한 협력 하에 설계를 진행

- 가양단지의 경우, 포스코A&C가 설계와 제작을 담당하여 설계변경 등 돌발상황에 신속하게 대응 가능하였음
- 본 천안단지는 수서단지에서 부지가 변경된 관계로 설계의 연구비 중복투자 또는 매몰비용 문제가 제기되어 LH공사가 자체사업비로 설계용역을 진행
- LH와 계약을 맺어 설계를 진행한 나래종합건축사사무소는 금강공업 및 스타코, 주관연구기관과의 직접적인 계약관계가 아닌 협력관계로 설정됨
- 몇 차례의 설계변경에 대한 의사결정주체, 실시설계와 제작도와의 오류에 대한 책임관계 등의 협의가 원활하지 못한 구조적 문제가 드러났으며, 이에 따라 설계변경, 내역작업 등에서 상당한 시간이 지연 됨.

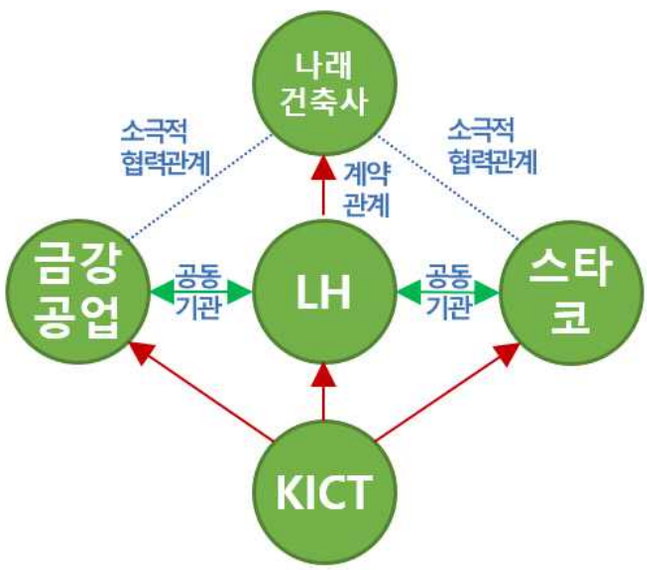


그림 2.2.15.3 천안두정단지 의사결정 구조

㉡ PC구조 및 모듈접합부 기초변경에 따른 재설계 소요

- 당초 실증단지 조립식공법 건식공법 및 공기단축 효과 극대화 요구에 따라 모듈러외 골조구조를 PC공법으로 설계하였으나,
- 소규모 공사에 적용시 RC공사에 비해 공장생산 몰드제작 등 전용율 부족으로 천안두정 계획공사비의 과도한 상승(RC공사비의 3배)으로 RC공법으로 구조변경 및 적층식 모듈러 RC접합부 기초공법 변경(포켓→지내력)
- 실시설계도서 보완기간(3개월) 소요로 하부공사 발주가 지연되어 당초보다 착공일정 지연(4.20)되었으며, 그 결과 공사준공일 및 연구기간 종료일(12.18)까지 촉박한 일정으로 공사추진이 불가피한 상황이 발생하게 됨

㉢ 1개동 부지내 혼합공법 적용으로 충분한 공사기간 반영 필요

- 본 사업은 적층식 및 인필식 모듈러공법에 대한 실증을 위해 부득이하게 1개부지에 혼합된 공법으로 시공하는 실증단지로서 참여주체간(인필식-적층식-하부공사) 선후행 마감공사의 시공주체가 상이한 공정이 상존하고 있으며,
- 건축공사 시공주체와 설비공사 시공주체간 공정간섭이 빈번하고 공사중 자재반입 및 야적공간의 부족, 양중장비 진입 및 건설기계 사용기간 중첩 등 건설관리 측면에서 불리한 요소가 다수 상존함에 따라 행복주택 준공품질확보 및 입주자 고객만족도 향상을 위해 연구기간 연장 및 충분한 공사기간 확보가 필요함

③ 소결

- 당초 터파기 완료(5.18) 시점부터 모듈러시공기관은 제작에 착수하여 공장제작(100일), 현장설치(60일) 공정으로 모듈러 내부공사(11.30) 및 마감공사를 긴급으로 시행하여 촉박한 일정으로 연구기간내 준공을(12.18) 목표로 하였으나, 현재까지 약 4개월 동안 모듈러 착수가 지연되어 연구목표의 성공적 달성과 원활한 준공품질확보를 위해 '19년 4월까지 연구기간 연장이 필요.
- 동절기 마감공사 불능기간 (12.13~2.25) 동안 복도 테라죠공사 및 방수공사 등 습식공사 추진 불가

그림 2.2.15.4 천안두정단지 공사지연 요약

(5) 실증단지 홍보관 구축계획(안) 수립

(가) 홍보관 구축방향

ㅇ 국토교통부 R&D사업으로 진행 중인 천안두정 모듈러주택 사업의 추진과정 및 실증기술 적용내용을 소개함으로 모듈러주택에 대한 이해도를 증진시키고 혁신성장 모델로서의 모듈러주택산업 활성화

(나) 전시실 공간구성

① 다목적홀 : 모듈러주택 실증단지 구축과정 및 요소기술 자료전시

② 게스트룸 : 인필식공법 자재 적용내용 및 행복주택 내부공간 소개

표 2.2.15.6 천안두정 홍보관 개요

구분	전시실(다목적 홀)	전시실(게스트룸)
면적	• 다목적홀 : 30.03㎡	• 게스트룸 :16㎡(인필식)
내부 구성	• 입구 게이트 디자인 • 디자인월 및 전시벽체 • 전시조명 및 기타 비품	• 인필식 모듈러주택 내부공간 및 마감재
부분 평면도		

(다) 홍보관 전시내용

① 조감도, 사업개요, 12대 실증기술에 대한 기술자료 등 전시물 설치
② 공장제작부터 공사 준공까지 모듈러 제작 및 설치영상
③ 적층식 모듈러 접합부 실물자재 및 인필식 모듈러 내부공간 전시

(라) 홍보관 운영관리방안

① 공사 준공 후 6개월 : 주 1회 예약제 운영(주관기관 및 시공기관 공동운영)
② 기간종료 후 : 주민공동시설 등 입주민 커뮤니티공간으로 전환
③ 운영예산 및 관리비용 : 5차년도 연구사업계획에 따라 R&D 예산범위 내 집행

(6) 실증기술 구현과정 소개를 위한 용역계약 체결

(가) 기획방향

ㅇ 인필식 및 적층식 모듈러주택의 공장 조립과정, 현장모듈러 설치 등 12대 실증기술 구현과정에 대한 영상을 제작하여 소개

(나) 제작범위

① 조립식주택 R&D과제 소개
② 조립식주택 공장제작 과정 촬영(인필 및 적층)
③ 천안두정 실증단지 시공 과정 촬영

(다) 세부추진내용

① 용역명 : 천안두정 실증단지 R&D 사업 기술소개자료(영상) 제작
② 목적
㉠ 천안두정 실증단지 R&D 홍보관을 구축함으로 실증기술 소개를 통해 모듈러주택에 대한 이미지를 제고하고 인지도를 높이는 계기를 마련하고자 함
㉡ 모듈러주택에 대한 전체적인 과정을 전문 디자인 기법을 활용하여 효과적으로 전개하고 청중의 몰입과 관심을 유도하도록 제작

③ 수행기간 : 2018. 9 ~ 2019. 3(착수일로부터 7개월)
  ㅇ 상기 수행기간은 R&D사업 추진일정에 따라 변경될 수 있음

(라) 홍보관 추진일정(안)

① ‘18. 9. : 기술소개자료(영상)제작 용역계약 및 착수
② ‘18. 9. ~ ’19. 3. : 촬영 및 자료수집
③ ‘19. 4. : 영상제작완료
④ ‘19. 4. ~ 10. : 실증기술 전시관 운영

(7) 추진일정

① ‘18.10. 2 : 하부공사 콘크리트 타설 완료
② ‘18.10.16 : 인필식 모듈 반입
③ ‘18.11.30 : 인필식 모듈러공사 완료 및 적층식 모듈 반입
④ ‘19. 1.30 : 실증단지 모듈러공사 완료(적층식)
⑤ ‘19. 4. : 공용부 마감공사 및 부대공사 완료(공사준공)
  ㅇ 동절기 마감공사 불능기간(12.13~2.25)에 따른 습식공사(방수·조적 등)기간 별도반영.

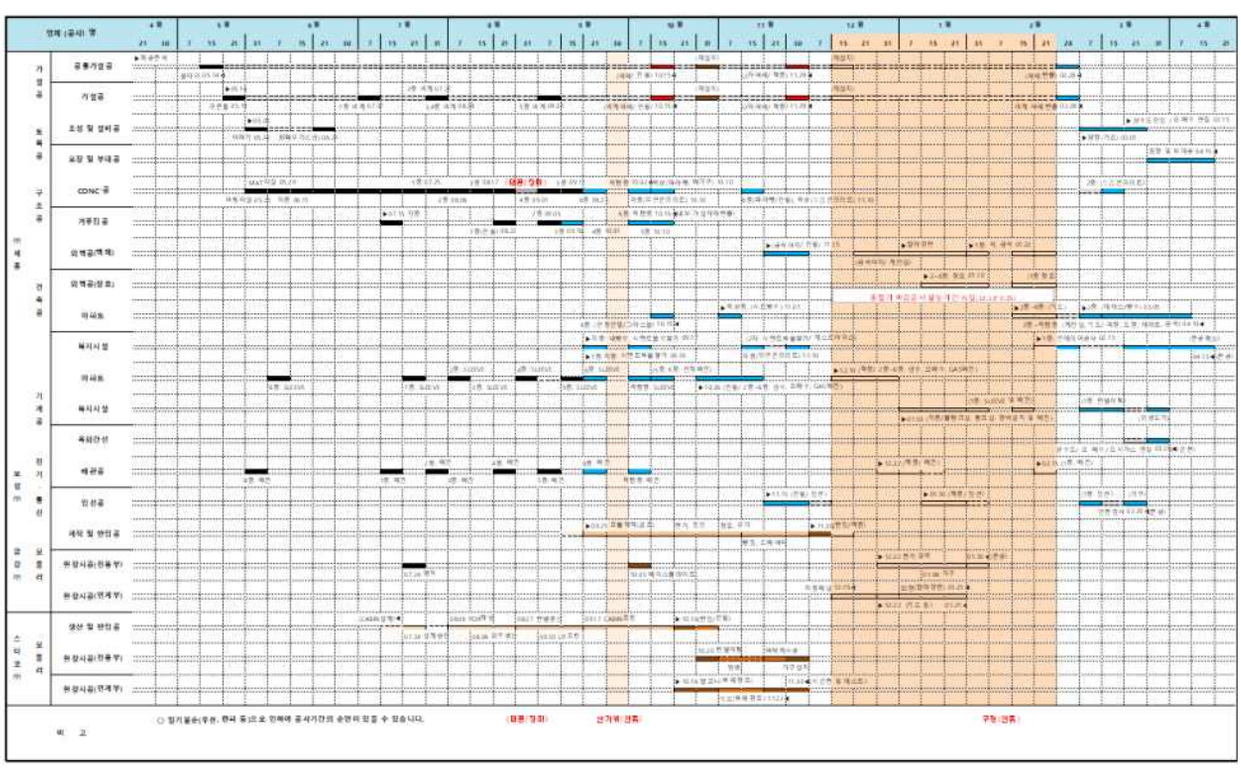


그림 2.2.15.5 천안두정실증단지 통합 공정표

3대 모듈러 공법 비교분석

구분		가양단지		천안단지	기존 모듈러(평균)	
		라멘식(적층)	벽식(적층)	인필식	적층	인필식
구조 성능	풍하중 변위	X축 3.4mm, Y축 10.1mm (법적 기준 39.6mm)		-		
	지진하중	리히터 규모 M6.0 만족		-		
내화	법적기준	2시간	1시간	- 벽: 2시간 내화 - 기둥: RC 25cm 이상 - 바닥: RC 10cm 이상 - 보: RC구조	1시간	RC동등
	시공	2시간 (석고보드 19t 2P)	2시간 (석고보드 19t 2P)	벽: 2시간 내화 기둥: RC 40~80cm 바닥: RC 15cm 보: RC구조	1시간	RC동등
음성능	세대간 차음	2등급	1등급	(기존사례) 4등급	2~3등급	4등급
	경량충격음	1등급	1등급	(기존사례) 1등급	1~3등급	1등급
	중량충격음	4등급	3등급	(기존사례) 1등급	4등급 이하	1등급
기밀성능		5회 내외 ACH50(회/h)	5회 내외 ACH50(회/h)	(기존사례) 7.7~10 ACH50(회/h)	18 ACH50(회/h)	7.7~10 ACH50(회/h)
단열성능		0.13W/m2K	0.143W/m2K	0.28W/m2K (기준 0.30이하)	0.27W/m2K	0.25W/m2K
시공 특성		공기단축 효과 큼, 공장제작율 높음	공기단축 효과 큼, 공장제작율 높음	골조 공사로 인한 공기단축 효과 적음, 골조 공사로 인해 공장제작율 저하	-	-
		내화 기준으로 인한 고층(13층 이상) 시공시 기둥, 보 사이즈 증대	내화 기준으로 인한 고층 시공시(13층 이상) 기둥, 보 사이즈 증대	고층 시공시 일반 RC공사와 동일한 기준 적용, 적층공법에 비해 유리	-	-
		슬래브 두께 증가 (2016년 기존 150mm 확보)	슬래브 두께 증가 (2016년 기존 210mm 확보)	일반 RC공사와 동일한 기준 적용	-	-
		-	-	인필 공법의 특성상 층고 증대	-	-

라. 사업모델 개발

1) 조립식 주택을 활용한 임대주택 사업모델 개발 (SH공사)

■ 전체 연구프로세스

가) 1차년: 조립식주택 임대주택사업 모델개발 및 실증단지 운영관리방안

연구목표

- 사업전략별 수요자 맞춤 사업모델 유형분류
- 실증단지 입주자 선정기준 및 공급기준 마련

연구내용

- 조립식주택 사업전략별 사업모델 유형 정립
  - 다섯 가지 조립식주택 사업전략 수립 및 모델 유형 정립
- 실증단지 입주자 선정기준 마련
  - 입주자 선정기준 수립
  - 실증단지 적정 임대료 및 임대기간 수립

최종성과물

- 실증단지 사업추진일정 확정
- 실증단지 인허가 통과
- 조립식 공공임대주택 사업모델 유형 보고서 1건
- 실증단지 장기운영방안 기획서 1건

(1) 조립식 공공임대주택사업모델 개발 및 운영관리방안 추진전략

(가) 연구의 필요성

① 공공임대주택 공급에 대한 패러다임 변화

㉠ 기존의 공급자 중심의 공공임대주택 공급이 인구 및 사회구조적인 변화와 공공임대주택 수요층 변화 등으로 수요자 중심으로 변화하고 있음.

㉡ 1~2인 소형가구, 고령가구 등의 비중이 크게 증가하면서 사회초년생, 대학생, 신혼부부, 고령자 가구 등을 위한 소형 공공임대주택에 대한 수요가 증가하고 있음.

② 조립식 공공임대주택 사업모델 개발의 필요성

㉠ 「주택건설기준 등에 관한 규칙(2012.4.10.)」개정을 통해 공업화주택(조립식주택)의 공동주택 적용이 가능하게 되었으며, 국토부 2012년도 주택종합계획('12.06)에서 다양한 주택공급 및 시장 창출을 위한 해결책으로 저층 공동주택 위주의 공업화(조립식) 주택 추진방향을 제시하였음.

㉡ 조립식 주택에 대한 국내외 건설기술 발전이 활발히 이루어지면서, 주택성능 향상과 공기단축, 사업비 절감이 가능해졌고, 이로 인해 조립식주택이 수요자 맞춤형 공공임대주택 공급의 새로운 방식의 하나로 등장하고 있음

㉢ 주거복지 구현을 위한 다양한 공공임대주택 공급 방식의 하나로, 조립식 공공임대주택이 새로운 공공임대주택의 사업모델이 될 수 있음. 따라서 도심 택지고갈에 대응하고 수요자 중심의 다양한 공공임대주택 공급을 확대하기 위해, 조립식 공공임대주택의 다양한 사업모델 개발 연구가 필요함.

③ 조립식 주택단지 관리운영계획 기본방향

㉠ 소규모 단지특성을 고려한 관리모델 수정

- 동단위로 축소될 경우 기존의 관리비수준으로는 전임근로자(경비 및 청소원)의 임금 및 수선유지경비 등을 감당하지 못함
- 인접단지와의 통합관리, 무인경비시스템 운영, 입주민 청소원 운영 등 근본적인 대책 수립

㉡ 입주민공동체 활성화를 위한 커뮤니티시설 계획

단지규모 및 입주자 특성 변화에 따른 특화된 커뮤니티시설의 계획 설치

(나) 연구개발의 내용 및 방법

- 사업모델 개발 연구내용은 현재 공공임대주택 공급의 문제점과 조립식주택의 적용 가능성을 검토하고, 조립식 공공임대주택에 대한 수요분석, 조립식 공공임대주택의 공급확대를 위한 택지확보 방안을 살펴보고, 조립식 공공임대주택의 비전과 목적, 공급확대를 위한 추진전략임.

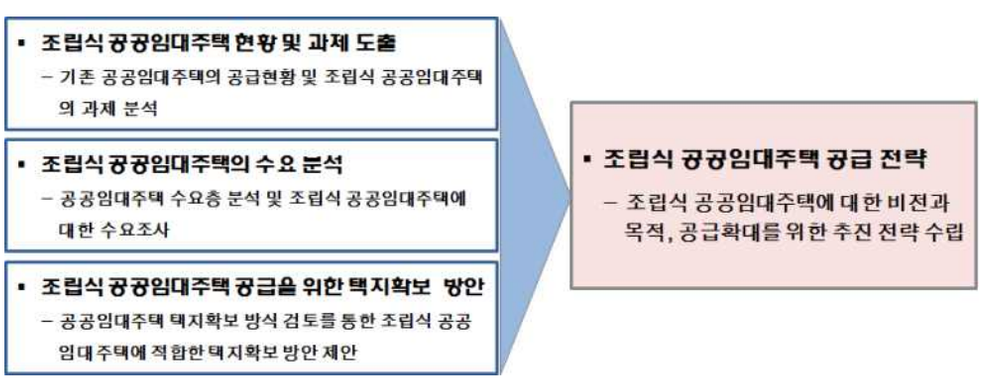


그림 2.2.16.1 사업모델개발 연구내용 요약

(다) 연구방법

① 공공임대주택에 대한 국내외 문헌조사 및 통계자료 조사
② 조립식공공임대주택 수요층 분석을 위한 설문조사
③ 조립식공공임대주택과 관련한 사례조사
④ 공공임대주택과 관련한 전문가 자문

(2) 가구현황 및 주택 패러다임 변화

(가) 가구규모 및 주택유형별 가구수

① 가족구성 형태의 변화

- 지난 30년간 핵가족[3] 비중은 지속적으로 증가한 반면, 3대가족 등 직계가족 비중은 감소하고 있음(통계청, e-나라지표).
- 핵가족비중은 '70년 71.5%에서 '10년 82.3%로 증가, 직계가족은 '70년 18.8%에서 '10년 6.2%로 감소.
- 한부모가구[4]의 수는 '05년 1,370천가구에서 '10년 1,594천가구, '12년 1,677천 가구로 증가하고 있음. 전체 가구에서 한부모가구가 차지하는 비율은 '05년 8.6%에서 '10년 9.2%, '12년 9.3%로 증가하였음.
- 부부와 양친과 자녀로 구성된 직계가족[5]의 비중은 지속적으로 감소가 예상되는 반면 가구 분화와 더불어 핵가족 중 부부가족의 비중은 계속 늘어날 전망이며 이에 따라 가족의 형태별 분포도 지속적으로 변화할 전망임.

표 2.2.16.1 가족구성 변화 추이

구분		1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
혈연가구수 (천가구)		5,576	6,367	7,470	8,751	10,167	11,133	11,928	12,490	12,995
핵가족 (%)	부부	5.4	5	6.4	7.8	9.3	12.6	14.8	18	20.6
	부부와 미혼자녀	55.5	55.6	56.5	57.8	58	58.6	57.8	53.7	49.4
	편부모와 미혼자녀	10.6	10.1	10	9.7	8.7	8.6	9.4	11	12.3
직계가족 (%)	부부와 양(편)친	1.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.2	1.2	1.2
	부부와 양(편)친과 자녀	17.4	10.9	10.4	9.9	9.3	8	6.8	5.7	5
기타가족(%)		9.7	17.9	16.1	14	13.8	11.2	10.1	10.4	11.6

자료 : 통계청, e-나라지표

② 농촌과 도시의 가구규모 및 유형 현황

- 도시지역은(동)은 1인 가구부터 4인 가구까지 가구 규모가 각각 약 20%정도로 비교적 고르게 분포되어 있는데 반해, 농촌지역은(읍·면)은 1인가구(30.3%)와 2인가구(35.7%)의 비중이 66%로 1인과 2인가구의 비중이 크게 나타남[6].

3) 핵가족(부부, 부부+미혼자녀, 한부모+미혼자녀) / 혈연가구
4) 일반가구중 한부(모)와 미혼자녀로만 구성된 가구
5) 직계가족(부부+양(편)친, 부부+양(편)친+자녀) / 혈연가구
6) 2010년 우리나라 전체 가구수는 약 1,734만 가구이며, 평균 가구원수는 2.69명임

표 2.2.16.2 가구 규모별 가구수

(단위 : 천 가구, %)

구분	평균 가구원수	1인	2인	3인	4인	5인	6인이상	합계
전국	2.69	4,142 (23.9)	4,205 (24.3)	3,696 (21.3)	3,898 (22.5)	1,078 (6.2)	241 (1.4)	17,339 (100)
동	2.74	3,244 (23.1)	3,154 (22.5)	3,120 (22.2)	3,373 (24.0)	892 (6.4)	190 (1.4)	14,031 (100)
읍	2.68	347 (23.3)	400 (26.9)	299 (20.1)	312 (21.0)	98 (6.6)	23 (1.6)	1,487 (100)
면	2.33	552 (30.3)	651 (35.7)	277 (15.2)	213 (11.7)	88 (4.8)	28 (1.5)	1,821 (100)

주 : 일반가구만을 대상으로 집계함.
자료 : 통계청(2010), 인구주택총조사

- ㅇ 2010년 현재, 전국 가구의 약47.1%가 아파트에 거주하고 있으며, 특히 도시지역(동)에서는 아파트의 비율이 50%이상으로 전국평균보다 높게 나타났는데, 아파트를 비롯한 연립, 다세대 주택 등에 거주하는 가구수를 포함하면 도시지역의 약 60% 이상이 공동주택[7]에 거주하고 있음.
- ㅇ 농촌지역(읍, 면)에서는 도시지역에 비해 단독주택 거주가구가 많은데, 읍에서는 공동주택 거주비율이 높은 편이고, 면에서는 단독주택 거주비율이 약80%로 높게 나타남.

표 2.2.16.3 주택 유형별 가구수

(단위 : 천 가구, %)

구분	합계	주 택						주택이외의 거처
		소계	단독주택	아파트	연립주택	다세대	비거주용 건물내주택	
전국	17,339 (100)	16,985 (98.0)	6,860 (39.6)	8,169 (47.1)	502 (2.9)	1,242 (7.2)	212 (1.2)	354 (2.0)
동	14,031 (100)	13,706 (97.7)	4,789 (34.1)	7,180 (51.2)	404 (2.9)	1,164 (8.3)	169 (1.2)	325 (2.3)
읍	1,487 (100)	1,478 (99.4)	628 (42.2)	711 (47.8)	67 (4.5)	52 (3.5)	20 (1.3)	9 (0.6)
면	1,821 (100)	1,801 (98.9)	1,442 (79.2)	278 (15.3)	31 (1.7)	26 (1.4)	23 (1.3)	20 (1.1)

주 : 일반가구만을 대상으로 집계함.
자료 : 통계청(2010), 인구주택총조사

③ 저출산·고령화로 인구구조 변화

- ㅇ 통계청 자료에 따르면 출생아수는 2003년 49만5백명에서 2013년 43만6천6백명으로 지속적으로 감소추이를 보이고 있음.
- ㅇ 조(粗)출생률(인구 1천 명당 출생아 수)은 8.6명으로 전년보다 1.0명 감소하였으며, 통계 작성('70년) 이래 가장 낮음. 이는 저출산 현상이 심각한 사회적 문제로 부각되고 있음을 보여줌.

7) "공동주택"은 건축물의 벽, 복도, 계단 그 밖의 설비 등의 전부 또는 일부를 공동으로 사용하는 각 세대가 하나의 건축물 안에서 각각 독립된 주거생활을 영위할 수 있는 구조로 된 주택을 말함.

(나) 1~2인가구의 주택 및 거주특성

⑱ 가족구성 형태의 변화

○ 저소득층은 월세의 유형이 36.9%로 가장 높고 고소득층으로 갈수록 자가 비율이 높아지는 것을 알 수 있음. 1인가구의 경우 월세의 비율이 모든 계층에서 높게 나타나며, 저소득층으로 갈수록 월세의 비율이 높게 나타남.

표 2.2.16.4 가구원수별 소득계층별 주택 점유형태 비율

(단위 : %)

구 분	소득계층	자가	전세	월세	기타 (사글세, 일세, 무상)	총합계
1인 가구	저소득층	14.2	31.5	50.2	4.0	100.0
	중소득층	10.7	41.7	46.0	1.6	100.0
	고소득층	37.0	23.9	39.1	-	100.0
	총계	14.2	34.2	48.4	3.1	100.0
2인 가구	저소득층	46.7	25.3	26.3	1.7	100.0
	중소득층	40.6	32.8	24.0	2.6	100.0
	고소득층	48.5	40.2	10.3	1.0	100.0
	총계	44.2	30.7	23.1	2.0	100.0
3인 가구 이상	저소득층	34.1	32.2	31.3	2.4	100.0
	중소득층	48.3	35.4	13.9	2.4	100.0
	고소득층	63.3	30.8	4.2	1.7	100.0
	총계	51.9	33.3	12.6	2.2	100.0
전체 가구	저소득층	30.8	29.5	36.9	2.8	100.0
	중소득층	42.5	35.5	19.7	2.4	100.0
	고소득층	60.6	31.7	6.0	1.6	100.0
	총계	43.8	32.8	21.1	2.3	100.0

자료 : 국토해양부(2010), 주거실태조사자료 (이재수(2013) 자료 재인용)

⑲ 1~2인 가구 거주면적

○ 저소득층의 평균 거주면적은 1인가구가 32.1㎡에서 3인가구가 51.4㎡로 가수원수가 증가할수록 평균 거주면적이 증가함.

표 2.2.16.5 가구원수별 거주면적 현황

(단위 : ㎡)

구 분	저소득층	중소득층	고소득층	총 평균
1인 가구	32.1	46.0	74.8	51.0
2인 가구	44.7	59.8	79.9	61.4
3인 이상 가구	51.4	68.5	84.1	68.0
전체 가구	42.7	58.1	79.6	66.7

자료 : 국토해양부(2010), 주거실태조사자료 (이재수(2013) 자료 재인용)

○ 저소득층 20대 1인가구 평균 거주면적은 26.2㎡로 전체 저소득층 1인가구 평균거주면적보다 작게 나타남.

표 2.2.16.6 저소득층 1 · 2인 가구 연령대별 평균 거주면적

(단위 : ㎡)

구 분	20대 1인 가구	30대 1인 가구	60대 이상 1인 가구	30대 2인 가구	60대 이상 2인 가구
평균 거주면적	26.2	34.7	43.7	44.9	59.9

자료 : 국토해양부(2010), 주거실태조사자료 (이재수(2013) 자료 재인용)

⑳ 1~2인 가구 주거비

- o 1인~3인가구의 월세는 34만원~35.7만원 선으로 1•2인 가구는 3인 이상 가구에 비해 소득수준과 평균 거주면적이 낮고 월세 거주 비율이 높지만, 월세수준은 차이가 거의 없음
- o 연령대가 증가할수록 자가 주택가격은 증가하는 반면, 20~30대 1인가구로 갈수록 월세 주거비가 평균보다 높으며, 20대의 경우 40.9만원으로 매우 높음

표 2.2.16.7 가구원수별 주택 점유형태별 평균 임대료

(단위 : 만원)

구 분	자가	전세	월세
1인 가구	49,141	8,518	34,4
2인 가구	58,042	10,869	35.3
3인 이상 가구	46,882	13,199	35.7
총 평균	51,355	10,862	35.1

자료 : 국토해양부(2010), 주거실태조사자료 (이재수(2013) 자료 재인용)

① 1~2인 가구 거주기간

- o 가구원수별 평균 거주기간은 1인가구 6.8년, 2인가구 9.6년, 3인 이상 가구 8.7년으로 1인가구의 평균거주기간이 짧게 나타남
- o 3년 이하의 단기 거주기간 비율도 1인가구가 42.1%로 가장 높게 나타남
- o 1인가구이며 젊은 계층 일수록 3년 이하의 단기 거주비율이 높게 나타남

표 2.2.16.8 가구원수별 평균 거주기간

(단위 : 년)

구 분	1인 가구	2인 가구	3인 이상 가구	전체 가구
평균 거주기간	6.8	9.6	8.7	8.6

출처 : 국토해양부(2010), 주거실태조사자료 (이재수(2013) 자료 재인용)

표 2.2.16.9 1·2인 가구 연령대별 거주기간 비율

(단위 : %)

구 분	1–2년	2–3년	3–5년	5–10년	10–15년	15–20년	20–25년	25년 초과	합계
20대 1인 가구	36.7	34.3	19.4	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
30대 1인 가구	21.3	22.9	30.0	22.9	2.8	0.0	0.0	0.0	100.0
60대 1인 가구	9.7	10.0	13.0	25.1	16.7	7.7	6.7	11.0	100.0
30대 2인 가구	22.5	29.4	31.1	12.8	3.5	0.3	0.3	0.0	100.0
60대 2인 가구	4.5	5.5	14.7	24.0	15.9	10.0	12.8	12.5	100.0

자료 : 국토해양부(2010), 주거실태조사자료 (이재수(2013) 자료 재인용)

(3) 공공임대주택으로 조립식주택의 가능성

(가) 정부 건설기술 정책의 정합성

- ㅇ 건설산업의 새로운 성장동력으로 제조업과 건설업의 융•복합화를 추진하고, 조립식주택 분야 육성정책 등을 통해 세계적인 강소기업을 육성 할 수 있음.
- ㅇ 조립식 주택의 기술을 정부의 녹색성장/그린빌딩 정책 등과 연계시켜 건설산업이 갖고 있던 기존의 한계를 극복하고, 새로운 사업영역으로 발전시켜 갈 수 있음(대한건설정책연구원, 2011).

(나) 정부의 공공임대주택 공급 다양화정책에 부합

- ㅇ 정부는 최근 다양한 공공임대주택 공급을 확대하는 정책을 추진 중이며, 특히 1~2인 가구의 증가에 다른 소형 공공임대주택 공급을 추진 중임.
- ㅇ 조립식주택은 이러한 정부의 정책에 부합하는 건축기술로 소규모 공공용지 및 기존건물의 복합개발과 민간임차형 공공임대주택 등을 공급하는데 유용할 수 있음. 특히, 조립식주택의 경우 소형공공임대주택을 공급함에 있어서 조립식주택이 유리함.

(다) 지역주민의 민원과 현장 안전에 유리

- ㅇ 도심 소규모 공공임대주택 건설에 있어서 지역주민의 민원을 최소화 하는 것이 중요한데, 조립식주택은 공장에서 대부분의 주택이 건설되고 현장 시공 기간이 짧기 때문에 이러한 지역주민의 민원을 줄일 수 있음.
- ㅇ 또한 공공기관이 임대주택을 건설할 때 공사현장의 안전을 우선해야 하기 때문에 공사기간이 짧은 조립식주택이 현장안전에 유리할 수 있음.

(라) 자원절약과 친환경을 추구하는 정부정책에 부합

- ㅇ 기존 RC공법의 경우 현장시공 과정에서 거푸집 등 건설폐기물이 많고, 철거 과정의 자원낭비의 요소가 있으나, 조립식주택은 재활용이 가능하여 자원을 절약할 수 있음.
- ㅇ 또한 현장에서 발생하는 소음과 먼지 등 환경공해를 줄일 수 있어, 정부의 친환경 정책에도 부합함.

(마) 적정 물량을 확보할 경우 공사비절감으로 더 많은 공공임대주택 공급 가능

- ㅇ 조립식주택은 공장에서 대량생산이 가능한 주택으로 적정규모의 공공임대주택을 발주할 경우, 건설비를 줄일 수 있어 정부재정 절약에도 기여할 수 있고, 같은 재원으로 더 많은 공공임대주택을 공급할 수 있음.
- ㅇ 특히 전국의 공공임대주택을 공급하는 LH공사의 경우, 조립식 공공임대주택의 연중 물량을 계획하고, 이를 통합하여 발주하여 순차적으로 시공할 경우, 보다 저렴한 공공임대주택 공급이 가능할 것임.

(4) 조립식 공공임대주택 추진전략

(가) 조립식 공공임대주택 사업모델개발 기본방향

① 시공 과정에서 환경오염 등으로 지역주민의 불편을 해소

- ㅇ 조립식주택의 경우공장제작을 통해 현장 시공기간의 단축으로 공사에 따른 소음, 먼지, 폐기물 등이 줄어들어 지역주민의 민원 경감

② 조립식주택의 장점을 활용하여 다양한 토지에 공공임대주택 공급
- ㅇ 재활용, 이동성 등의 조립식주택의 특성을 반영하여 민간토지 임차, 미집행도시계획시설 부지, (재개발) 순환영 공공임대주택 등 기존 RC공법보다 조립식주택이 유리한 사업부지에 적용

③ 요자 특성을 반영한 수요자 중심의 맞춤형 공공임대주택 공급
- ㅇ 1~2인 가구, 공장 또는 대학교 기숙사, 청년창업자 등을 위한 공공임대주택으로 거주기간, 임대료, 주택의 용도(업무겸용) 등 다양한 형태의 주택공급
- ㅇ 침수, 해일, 화재 등 재난구호용으로 긴급히 공공임대주택이 필요한 수요자를 위한 공공임대주택 공급

④ 정책적 필요성에 의한 다양한 공공임대주택 공급
- ㅇ 국가 필요시설(섬의 등대, 남극기지 등)에 필요한 공공주택 공급
- ㅇ 정부와 자치단체의 주거복지 강화정책 기조를 반영하여 국가재정 여건, 자치단체의 특성 등을 감안한 다양한 형태의 공공임대주택 공급

⑤ 조립식주택의 표준화·규격화를 통해 공공임대주택 관리 효율화 추구
- ㅇ 공공임대주택의 평면 및 내부시설과 같은 건축기술적인 측면에서는 수요자별 특성을 감안하여 국가차원의 표준화·규격화를 통해 공공임대주택의 관리 및 수선유지비 절감.

⑥ 대량공급을 통해 공사비 절감은 물론 저렴한 공공임대주택 공급 추진
- ㅇ 공공임대의 대량공급이 필요할 경우 공장생산의 장점을 활용하여 보다 저렴한 공공임대주택을 조립식으로 공급 가능하며, 특히 주거환경이 열악한 농촌에 대한 공공임대주택 공급 시 저렴한 공공임대주택 공급 가능

(나) 조립식 공공임대주택 사업모델개발 추진전략

① 일자리 창출 등 입주자의 자활과 지역 활성화를 위한 조립식주택 공급
② 1~2인 가구 등 주거복지 사각지대를 위한 소규모 조립식주택 공급
③ 공공용지, 기존주택 등 공공자원을 최대한 활용하는 조립식주택 공급
④ 표준화, 규격화 및 적정규모 생산을 통한 저렴한 조립식주택 공급
⑤ 관리비, 수선유지비 절감 등 주택관리에 효율적인 조립식주택 공급

그림 2.2.16.2 조립식 공공임대주택 사업추진 전략

(5) 조립식 공공임대주택 추진전략별 세부 실행방안

(가) 일자리 창출 등 입주자의 자활과 지역 활성화를 위한 조립식주택 공급

① 일과 주거를 함께 하는 SOHO형 (조립식)공공임대주택[8] 공급

- 서울시 SH공사는 정부의 '수요자 맞춤형 주거서비스 정책'의 일환으로 1인 창조기업가 등에게 도심지 임대주택 겸, 사무공간을 제공하는 공공임대주택을 "도전 숙(宿)"으로 명명(命名)하여 시범공급[9]을 추진 중임.
- "도전 숙(宿)"은 기존 매입공공임대주택(원룸주택)을 청년창업자를 위한 공공임대주택으로 제공하는 것으로, 원룸에서 업무를 볼 수 있고, 회의실 겸 다용도실을 제공하여 입주자들 간의 소통을 활발히 할 수 있도록 계획하였음.

그림 2.2.16.3 SH공사의 '도전숙' 시범사업 사례

- 저소득 창업인 및 창업준비자들의 일자리 및 주거공간을 동시에 해결할 수 있고 관련부서(국토부, 중소기업청, 자치구, 서울시 등)와의 협력을 통해 새로운 공공임대주택을 공급하는 "창조경제 기반 융복합 정책"의 하나로 인식하여 SH공사는 지속적으로 이러한 공공임대주택을 공급할 계획임.
- 본 사례는 청년창업자를 위해 주거와 업무를 동시에 할 수 있는 새로운 공공임대주택의 유형을 창출했다는 것에 의의가 있으나, 기존의 매입공공임대주택을 청년창업자를 위한 임대주택으로 공급함으로써 발생하는 제도적 장애[10]와 평면적 한계도 있었음.
- 따라서 국토해양부에서는 정부의 일자리 창출정책에 부합하는 "SOHO형 공공임대주택"을 새로운 공공임대주택으로 분류하여 공급할 필요가 있음.

② SOHO형 공공임대주택으로 조립식주택의 가능성

- 1인 창조기업의 주요업종은 "국민의 창조적 아이디어 등이 발현되어 경제적 부가가치 및 일자리 창출이 타 업종에 비해 높은 업종", "s/w, 인터넷서비스, 컨설팅, 디자인, 전시 등 제조관련 서비스업", "영화 · 예술 · 관광 · 저술 · 시나리오 등 문화관련 서비스업", "건축기술, 엔지니어링, 연구개발업 등 전문과학 및 기술서비스업" 등[11]으로 서비스업 중심의 업종별 특성과 30대 전후의 젊은 사람의 취향을 고려할 때, 업종별로 차이는 있지만 주로 도심에 사무공간(주거)을 확보하는 경우가 많음.

8) 소호(SOHO, Small Office Home Office)의 뜻은 '개인이 자기 집 또는 작은 사무실에서 인터넷을 활용하는 사업을 하는 소규모 업체'로, SOHO형 공공임대주택이란, 사무와 주거를 동시에 할 수 있는 공공임대주택을 말함. 스튜디오하우스(studio house)와 의미가 같다고 볼 수 있음.
9) 시범단지는 서울시 성북구에 도시형생활주택(원룸)을 도전숙으로 개조하여 공급하는 것으로 원룸규모는 전용 20~25㎡(6~7평) 내외로 24실을 공급하며, 5층에는 빔 프로젝트 등을 설치하여 창업자들이 회의를 할 수 있도록 하였음.
10) 청년창업자의 경우 무주택 기간, 소득기준 등과 같은 입주자격으로 인해 공공임대주택에 입주하기 어렵다는 문제가 있음.
11) 1인창조기업의 범위「1인 창조기업 육성에 관한 법률시행령」제2조제1항 관련)

표 2.2.16.10 1인창조기업의 범위「1인 창조기업 육성에 관한 법률시행령」제2조2제1항 관련

구 분	해당 업종	한국표준산업분류번호
제조업	식료품 제조업	10
	음료 제조업	11
	섬유제품 제조업; 의복제외	13
	의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	14
	가죽, 가방 및 신발 제조업	15
	목재 및 나무제품 제조업;가구 제외	16
	화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	20
	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	26
	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	27
	전기장비 제조업	28
	기타 기계 및 장비 제조업	29
	자동차 및 트레일러 제조업	30
	가구 제조업	32
	기타 제품 제조업	33
출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	출판업	58
	영상 · 오디오 기록물 제작 및 배급업	59
	방송업	60
	통신업	61
	컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	62
	정보서비스업	63
전문과학 및 기술 서비스업	연구개발업	70
	전문서비스업	71
	건축기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업	72
	기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	73
사업시설관리 및 사업지원서비스업	사업지원 서비스업	75
교육 서비스업	온라인 교육 학원	85504
	기타 기술 및 직업훈련학원	85659
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	창작, 예술 및 여가관련 서비스업	90
그 밖에 중소기업청장이 고시로 정하는 업종		

※ 비고: 해당 업종의 분류는「통계법」제22조에 따라 통계청장이 고시하는 한국표준산업분류에 따른다.

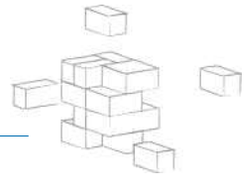
- ㅇ SOHO형 공공임대주택은 입주자의 특성 상, 임대기간이 짧기 때문에 기존의 도시계획 미집행 시설부지나, 민간토지, 또는 공공시설물의 공지 등을 활용하여 공급할 수 있음.
- ㅇ 이러한 용지에 중•단기적으로 SOHO형 공공임대주택을 공급하기 위해서는 기존의 RC공법보다는 설치와 철거, 이동이 가능한 조립식주택이 적합함.
- ㅇ 또한 주택의 공간구성에 있어서도 업무공간과 주거공간을 분리할 수 있는 표준화된 모듈을 개발할 경우, 창조적이고 편리한 공간구성이 가능할 것임.

(6) 주거복지 사각지대 해소를 위한 소규모 공공임대주택 공급

(가) 노후 다가구 매입임대주택을 조립식으로 재건축

① 다가구 매입주택의 문제점

- ㅇ 다가구 매입임대주택은 민간에 의해 건설된 주택을 매입한 것이므로, 주택의 품질과 성능이 기존의 공공임대주택(아파트)에 비해 떨어지는 경우가 많고, 관리에도 어려움이 있음.



- 실제로 김준성(2010)[12]이 다가구임대주택 입주자 및 관리자에 대한 설문조사[13]에 따르면 현재 입주민들은 실내환경 중, 주택의 규모가 가장 불만족 스럽다고 응답(27.3%)했으며, 다음이 욕실과 자연채광으노 나타났음. 그리고 사용 중, 가장 불만족 스러운 부문은 방음상태에 대한 불만(19.7%)이 높았고, 다음으로 난방과 방수에 대한 불만이 많았음.
- 이러한 주택성능과 관련한 불만의 이유 중의 하나는 소규모 영세 민간건설업자들에 의해 건설되어 부실시공 주택이 많고, 건축주의 건축비 절감과 수익성 확보 등으로 인해 주택성능이 다른 공공임대주택(아파트)보다 떨어지는 것으로 판단됨.

② 노후 다가구 매입임대주택의 조립식주택 재건축 추진전략

- 정부와 자치단체, 공급주체인 LH공사 등(SH공사)은 다가구 임대주택에 거주하는 입주민의 주거복지 향상을 위해 노후다가구 주택에 대한 재축을 추진해야 하며, 재건축(또는 리모델링)을 추진할 경우 사업비 절감과 지역주민의 민원을 최소화 할 수 있는 공법을 선정하여 추진해야함.
- 다가구 주택의 규모와 주거형태가 비슷하므로, 노후다가구를 재건축할 경우 표준화된 주택모델을 개발하여 통합적으로 추진함으로써, 시설물 조달 등에서 사업비를 절감하도록 해야함.
- 다가구 밀집지역에서 재건축공사를 시행할 경우, 주변민원으로 인한 사업기간 장기화와 사업비 증가 등의 문제가 발생할 수 있음. 따라서 건설원가 절감 및 민원예방을 위해 저비용의 공기단축형 공법을 적용할 필요가 있음.
- 일예로, SH공사에서 검토한 바에 따르면, 다가구 매입임대주택을 기존 RC공법으로 재건축했을 때보다 조립식으로 재건축 했을 때, 공사기간의 단축으로 주변 지역주민의 민원을 줄일 수 있고 사업비도 저렴한 것으로 나타남[14].

(7) 공공자원(주택 및 토지)을 최대한 활용하는 공공임대주택 공급

(가) 조립식주택을 활용한 공공임대주택 리모델링 사업

① 노후화된 공공임대주택으로 인한 삶의 질 저하 문제

- 노후화에 따른 성능저하는 거주자의 생활불편 및 불이익을 의미하게 되고, 거주자의 향상된 거주요구와 생활수준을 만족시키지 못하게 됨.
- 저렴한 건설비로 건축된 공공임대주택의 특성상 빠른 노후화가 나타나며, 입주자 특성상 관리 소홀과 충분한 유지보수가 이루어지지 못하는 실정임[15].

② 노후 공공임대주택에 대한 성능개선으로 리모델링이 적합한 이유

- 노후화된 주택성능을 개선하기 위해서는 일정시점에서 대수선 또는 리모델링, 재건축·재개발 등을 고려할 수 있음.
- 리모델링은 건축물의 노후를 억제하는데 효과적이기도 하지만, 기능적 성능저하에 대처하여 원래 예정되어 있지 않은 기능을 추가하기 위해 개량하거나 규모나 모양을 변경하는 데 목적이 있음(강지연 외, 2010, p.38)

12) 김준성, 2010,「다가구 매입 임대주택 입주자의 만족도 영향요인에 관한 연구 : 서울시를 중심으로」, 세종대학교 행정학 박사학위 논문
13) 서울시 강서구, 도봉구, 성북구 등 4개 구에 거주하는 다가구 매입임대주택 입주민들을 대상으로 2009년 8월에 설문조사를 실시
14) 은밀한 의미에서 RC공법과 조립식주택의 사업비 비교는 주택성능과 규모, 관련 기준 등이 달라 직접적으로 비교하는데 대한 논란이 있을 수 있음. 특히 자가로 건축한 소형주택(민간)의 건축비를 공공임대주택 건축비와 비교한다는 것은 공급주체의 성격 상 무리가 있음. 그러나 사업기간 단축과 이로 인한 사업비 절감 등을 고려할 때 조립식주택이 기존 RC공법보다 더 경쟁력 있다고 볼 수 있음.
15) 이성창;박현찬, 2010,「서울시 장기공공임대주택 리모델링을 위한 전략도출 및 모델개발」, 서울연구원, p.ii

(나) 조립식주택을 활용한 공공임대주택 리모델링 전략

① 조립식주택으로 리모델링 할 수 있는 임대단지 현황조사

- LH공사와 자치단체(SH공사 등)가 공급한 장기공공임대주택(영구임대, 공공임대) 중 리모델링이 필요한 단지에 대한 현황조사를 실시.
- 현황조사 시, 입주민의 의견을 수렴하여 입주민의 의견을 최대한 반영한 리모델링 기본방향 설정.
- 조립식주택의 장점을 활용하여 리모델링을 추진할 임대단지를 선정하고, 정책적 효과와 사업성 등을 분석한 후, 정책사업화 추진.

② 아파트 리모델링을 위한 조립식주택 유형 개발

- 수직증축에 대한 리모델링이 가능해지면서 공공임대주택뿐만 아니라 민긴주택에 대한 리모델링 수요도 증가할 것으로 예상됨.
- 수직, 수평증축 시, 건물의 안전을 최우선으로 해야 하므로 증축하는 건물의 하중이 가벼워야 함. 따라서 주택성능기준을 유지하면서 하중을 낮출 수 있는 리모델링용 조립식주택 개발이 필요함.
- 수직, 수평증측에 사용할 수 있는 조립식 모듈의 개발은 관련업체의 노력도 필요하지만, 영세한 산업규모를 고려할 때, 정부차원에서 연구가 필요할 것으로 판단됨.

③ 시범사업 추진을 통해 조립식주택이 가능성 검증

- 앞서 제시(이성창 외, 2010)한 방식으로 공공임대주택을 리모델링한 사례가 국내에는 없기 때문에 사업성이나, 리모델링 효과 등에 대한 검증을 위해 시범사업 추진 필요.
- 정부 또는 자치단체가 조립식으로 공공임대주택을 리모델링하는 사업을 시범적으로 추진하여, 사업성과를 분석한 후 확대할 필요가 있음.

(8) 표준화·규격화 및 적정규모 생산을 통한 저렴한 공공임대주택 공급

(가) 농어촌 주거취약계층을 위한 저렴한 조립식 공공임대주택 공급

① 농어촌의 공공임대주택 공급의 필요성

- 농어촌지역(행정구역상 읍면부)의 주거복지는 도시지역(행정구역상 동부)에 비해서 상대적으로 매우 열악함. 농어촌지역(행정구역상 읍면부)의 주거복지는 도시지역(행정구역상 동부)에 비해서 상대적으로 매우 열악함. 농어촌의 최저주거기준[16] 미달가구는 72만 5천 가구(2007년)로서 전체 농어촌가구 328만 2천 가구의 22.1%에 달함. 이는 도시지역의 비율 7.7%에 비하여 크게 높은 수치임[17].

표 2.2.16.11 지역별 수주 현황

(단위 : 만가구, %)

구분	가구수	최저주거기준 미달가구
전국(2008년 추계)	1,667.3 (100)	175.5 (10.5)
도시(동부)	1,337.1 (80.3)	103.0 (7.7)
농어촌(읍면부)	328.2 (19.7)	72.5 (22.1)

자료 : 장종익, 2011

16) 국민이 쾌적하고 살기 좋은 생활을 영위하기 위하여 건설교통부 장관이 정하는 가구구성별 최소 주거면적, 용도별 방의 개수, 전용부엌, 화장실의 설비기준, 안전성, 쾌적성 등을 고려한 주택의 구조, 성능 및 환경 기준을 말함.

17) 장종익, 2011, "농어촌주택의 실태와 개량사업의 의의 : 노인가구의 주거빈곤을 중심으로"「도시와 빈곤」제94호[2011. 9/10], 한국도시연구소, p.60

- 최근 국토교통부의 '2012년도 주거실태조사'에 따르면 '10년 조사시 전체가구의 10.6%인 184만 가구가 최저주거기준에 미달하였으나, '12년에는 전체가구의 7.2%인 128만 가구가 미달하여 총 56만 가구가 감소하는 등 주거의 질적수준이 크게 개선되었음(국토교통부 보도자료, 2013.05.13.). 그러나 여전히 도시에 비해 농촌의 주거수준은 상대적으로 열악한 상황임.
- 농어촌지역의 가구 중에서 주거복지수준이 매우 열악한 계층은 특히 노인가구들인 것으로 조사되고 있음. 노인가구들은 열악한 주거상태에 처해 있음에도 이를 개선할 경제적 능력도 부족하고 전망도 매우 불투명하여 복지의 사각지대에 놓여 있다고 할 수 있음.

② 농어촌의 공공임대주택 공급 전략

- 농림축산식품부(http://www.mafra.go.kr)에서는 농어촌주택의 질적 향상 및 친환경 저에너지 주택의 보급을 위해 농어촌주택 표준설계도 종합안내서[18]를 제작, 배포하고 있음.
- 조립식 공공임대주택의 공급을 확대하기 위해서는 농촌주택 표준모델에 의거하여 조립식공공임대주택 표준모델 개발이 필요함. 표준설계도서의 농어촌주택은 조립식으로 사업모델화 하기에 유리한 구조로, 소규모의 모듈화 가능한 주택구조를 가지고 있음.
- 표준 모델은 단독주택과 마을단위의 그룹홈 등 주거유형에 따른 모델을 만들어야 하고, 농어업의 특성을 반영하고 어촌, 중산간 등 지역적 특성을 고려하여 다양한 형태로 조립식표준주택을 개발해야 함.
- 농어촌 공공임대주택의 경우, 농어업인의 특성을 감안하여 장기수선 및 관리비가 저렴한 방식으로 내부 설계가 이루어져야함.

그림 2.2.16.4 농어촌주택표준설계도 예시

- 농어촌 공공임대주택의 경우, 임대주택 공급이라는 측면에서 국토교통부가 주관이 되어야하나, 농어촌이라는 특수성으로 인해 농어촌정책을 담당하는 농림축산부, 복지를 담당하는 보건복지부, 시·군사업을 주관하는 안전행정부 등과도 연관이 있는 사업임.

18) 농림수산식품부·한국농어촌공사, 2012, 「2009-2012 농어촌주택 표준설계도 종합한내서」, 농림축산식품부

- ㅇ 농어촌의 과소화를 방지하고, 지역균형발전차원에서 중앙부처 중심으로 사업을 추진하는 것도 고려할 수 있지만, 농어촌을 관리하는 광역자치단체가 중심이 되어 사업을 추진하는 방안도 검토해야함.
- ㅇ 어촌, 산촌 등의 지역적 특성을 고려하여, 집단적인 주거단지를 조성할 경우 공동택지를 조성하여 집단공급(어촌, 면소재지 등)하고, 개별 주택에 거주를 희망할 경우 원하는 부지(입주자 소유 부지 또는 폐학교 등 공공용지)에 설치하여야 함. 단, 마을 공동체 내에 공급하는 것을 원칙으로 해야함.
- ㅇ 농어촌임대주택 관리를 위해서는 시, 군단위의 지방사무소의 역할이 중요함. 읍•면사무소가 관리주체가 될 수 있으나, 전문적인 관리를 위해서는 주관기관의 지역사무소가 관리하는 것이 효율적임[19].
- ㅇ 주관기관의 지방사무소가 입주민 신청 및 선정과 관리를 하는 것이 기존의 공공임대주택 공급 및 관리(LH공사, SH공사 등이 수행) 방식이나, 농어촌의 경우 지방사무소를 주민들이 찾아가기 어렵기 때문에 민원의 일선인 읍•면사무소에서 신청을 받는 것이 합리적임. 입주자 선정은 주관기관의 본사에서 담당할 수도 있으나, 지역적 상황에 대한 이해와 관련 자치단체와의 협의 등을 위해 지방본부(예, 농어촌공사의 도본부)에서 입주자 기준에 맞게 선정하는 하는 것이 바람직함.
- ㅇ 소모품 교체 등의 간단한 주택관리는 입주자가 자체적으로 해결하는 것을 원칙으로 하나, 시설에 대한 관리 및 수선은 지방자치단체(광역 또는 기초)에서 예산 집행해야 함. 조립식주택의 리모델링 비용 및 관리 연한에 따른 수선유지비용의 경우 중앙정부에서 주관기관에 비용을 보전해야 함.

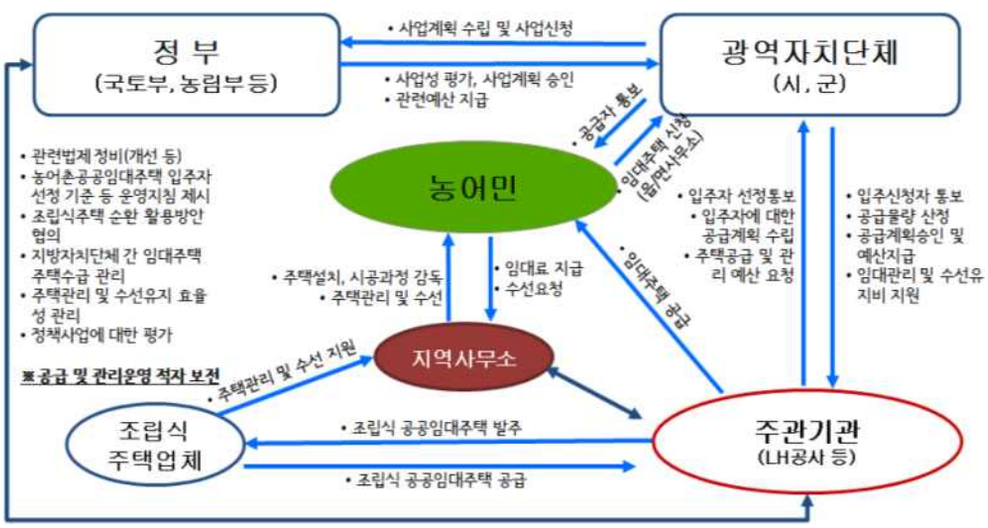


그림 2.2.16.5 조립식주택을 활용한 농어촌 공공임대주택 사업모델(안)

(나) 조립식주택 적정규모발주를 통한 공공임대주택 공사비 절감

① 조립식공공임대주택의 적정규모 발주의 필요성

- ㅇ 조립식주택(공업화주택, 모듈러주택)의 가장 큰 장점으로 조립식공법에 의한 공기단축, 규격화된 공장생산에 따른 품질확보, 온실가스 감축 등 폐기물 저감, 건설현장의 안전사고 감소, 구조변경 및 유지보수의 용이성, 폐기 또는 철거 시 자원재활용 등이 있지[20]만, 공공임대주택 공급측면에서 가장 눈여겨 볼 부문은 “대량생산 및 인건비 절감 등에 따른 공사비 절감”이라 할 수 있음.

19) 주관기관의 경우 본사와 지방사무소(광역, 시•군)와의 역할정립을 명확히 하여 업무분장을 해야함.
20) 유일한, 2011,「전문건설업 발전을 위한 공업화주건축 활성화 방안」, 대한건설정책연구원, p.25

표 2.2.16.12 조립식(모듈러)공법과 타 공법과의 비교

구분	철근콘크리트 구조	철골 구조	모듈러 공법
현장 시공률	100%	70%	30%
이축 • 재사용(재활용)	0%	이축 불가, 재활용률(30%)	이축 • 매매 가능, 재활용률(70~90%)
가변성	0%	30%(실내 칸막이벽)	수직, 수평 증개축 용이(70~90%)
철거 시 건축폐기물 발생량	100%	41%	28%
인증 혜택	없음	없음	공업화 주택 인정 시 각종 건축법 완화·행정처리 간소화

자료 : 매경이코노미 제1642호, 12.02.01~07일자

ㅇ 조립식주택은 기술혁신을 통한 시공비 절감도 중요하지만 공사비절감을 위해서는 대량생산을 통해 모듈의 공급단가를 낮추는 것이 더 중요함.

ㅇ 특히 조립식 공공임대주택의 경우, 한정된 정부재원으로 많은 공공임대주택을 공급해야하기 때문에, 적정규모의 공급물량을 확보하여 공사비를 절감하도록 해야함.

② 조립식공공임대주택 적정규모 발주를 위한 전략

ㅇ 조립식공공임대주택 표준모델 개발

- 조립식공공임대주택의 공급을 위해서는 사용자의 특성을 감안하여 주택용도에 따라 표준화·규격화 해야함.
- 특히 앞서 살펴본 '농어촌주택표준모델'과 같이 조립식주택 관련업계의 협력하여 임대주택공급기관이 표준화된 조립식공공임대주택 모델을 개발해야함.
- 표준모델은 거주자의 생애주기를 고려하여야 하며, 특히 관리 및 수선유지를 용이하게 할 수 있는 모델로 제작해야함.

ㅇ 연차별 수급물량을 산정하여 통합발주가 이루어지도록 추진

- 단순하게 생각하면, 공공임대주택 공급기관(LH공사, SH공사 등)에서 연도별 수급물량을 산정하여 조립식주택을 대량발주하면 되겠지만, 그러나 이를 위해서는 조립식주택 표준모델이 조달품 목록에 들어 있어야하고, 철근이나 시멘트처럼 건축자재 대량구매방식처럼 해야 하는데, 현재의 발주체계에서는 불가능함. 따라서 현실적으로 가능한 방법은 발주처가 재량을 발휘하여 조립식주택을 적정규모로 발주하는 방법 밖에 없음.
- 앞서 제안한 농어촌 조립식공공임대주택은 대량발주가 가능함. 농어촌 공공임대주택 공급물량을 산정하고, 대량 발주하여 순차적으로 주택을 공급받아, 농어민에게 공공임대주택을 공급하면 될 것임.
- 도심의 소규모 공공임대주택을 조립식으로 공급할 경우, 여러 사업장의 공급물량을 종합하여 통합발주를 추진할 수 있음. 가령, 서울시에서 공급한 공릉동 기숙사(조립식주택)와 같은 규모의 주택이 여러 지역에서 공급될 경우, 각 지역별로 개별업체를 선정하지 않고, 지역별 사업물량을 종합하여 발주할 수있음. 사업물량을 통합했을 때, 공사비 경감이 현저할 경우 발주자의 재량으로 충분히 가능한 방법임.
- LH공사의 경우 각 지역본부에서 발주하는 조립식주택 물량에 대해, 본사차원에서 사업시기 및 주택공급의 유형을 고려하여 통합적으로 발주하는 방식도 고려할 수 있을 것임.

(9) 관리비, 수선 유지비 절감 등 주택관리에 효율적인 공공임대주택 공급

(가) 공공임대주택 수선유지비 절감의 필요성

① 공공임대주택 수선유지비 문제

- 공공임대주택을 공급하는 LH공사나 SH공사 등의 경우, 임대주택 공급(건설 또는 매입)에 대한 적자도 문제지만, 임대주택을 관리하면서 발생하는 적자가 지속적으로 증가하고 있음.
- 임대관리 호수가 증가하고, 입주민에 대한 주거복지 사업이 많아지면서 임대주택을 관리하는 공기업[21]의 적자가 증가하고 있음.
  - 실제로 SH공사의 임대사업손익구조를 살펴보면, 임대사업비 증가의 원인으로 감가상각비와 공급 시 발생한 차입금의 이자지급 외 수선유지비에 기인하는 것으로 나타남[22].
- SH공사의 공공임대주택을 분석한 결과, 수선유지비는 준공 7년차에 건물가액의 0.82%로[23] 7년차 이후로는 임대료 수입으로는 수선유지비를 감당할 수 없게 되는 것[24]으로 나타남(서울시, 2014, p.50).

자료 : 시정주요분야컨설팅 용역보고서, SH공사

그림 2.2.16.6 준공(SH공사 임대주택) 후 연차별 수선유지비 비율

② 조립식주택의 수선유지비에 대한 기술적 증명 필요

- 조립식공공임대주택에 대한 공급이 많지 않고, 그나마도 최근에 공급된 것이기 때문에 주택관리와 서선유지비에 대한 분석자료가 없는 상황임.
- 임대주택 공급자들은 막연한 추측으로 기존 RC공법에 비해, 내구성이 떨어지지 않을까, 우려하고 있으며, 이러한 우려가 조립식주택을 공공임대주택으로 도입하는 장애요인으로 작용하고 있음.
- 조립식주택이 공공임대주택의 하나로 자리 잡기 위해서는 관리비 및 수선유지비에 대한 검증이 필요하며, 이를 통해 임대주택 공급자들의 불안을 덜어 주어야 함.

---

21) LH공사의 경우 「한국토지주택공사법」개정안이 2010년 12월에 국회를 통과하여 공공임대주택사업, 산업단지개발사업, 주거환경개선 사업 등 공익사업에서 발생한 손실을 정부가 보전하도록 하고 있으나, 지자치단체의 공기업은 공공임대주택 손실에 대한 정부의 지원은 없는 상황임(국토부 보도자료, 2010.12.09.).

22) 서울시, 2014, 「시정 주요분야 컨설팅 용역 보고서(SH공사 2)」, p.44

23) 수선유지비는 임대주택 사업원가에서 가장 비중이 큰 항목임에도 불구하고 임대주택의 임대료에 반영되는 수선유지비는 임대주택법에 의거 건물가액의 0.4%(공공임대 0.5%)를 적용함.

24) SH공사 내부자료에 따르면 2002년부터 2012년까지 수선유지비용을 살펴본 결과 임대수입은 임대주택 증가 등으로 2배 증가한 반면, 수선유지비는 동기간 동안 3.5배 증가한 것으로 나타남.

(나) 조립식공공임대주택의 주택관리 효율화 전략

① 조립식공공임대주택의 시설에 대한 수선유지비 정보 제공

- ㅇ 조립식주택이 공공임대주택으로 적극 사용되기 위해서는 기술개발 및 적정수요 확보에 의한 공사비 절감도 중요하지만, 장기수선유지비를 줄이는 기술개발도 필요함.
- ㅇ 조립식주택의 모듈을 개발할 때, 시설별 수선주기를 검토하고 이러한 정보를 공급자(발주자)에게 제공하여, 조립식주택의 수선유지에 대한 불안감을 불식 시켜 주어야 함.
- ㅇ 조립식주택의 도입이 최근에 이루어지고 있어, 장기수선에 대한 경험적 데이터가 없으므로, 각 모듈별 수명과 교체주기에 대한 객관적 실험 정보의 제공이 무엇보다도 중요함.
- ㅇ 비슷한 사례로 영국의 경우, 영국정부에서 저탄소주택 리모델링에 대한 정보를 일반인도 쉽게 알 수 있도록 만들어, 각 시설별 교체에 따른 비용(에너지 절감 시설로 교체할 경우의 비용과 이익 등)을 담은 매뉴얼을 제작, 배포하고 있음[25].

② 조립식주택의 관리 및 수선유지에 대한 매뉴얼 개발

- ㅇ 조립식주택은 기존에 공급한 공공임대주택과 관리 및 수선유지방식에 차이가 있을 수 있으므로, 현장에서는 조립식주택 관리를 효과적으로 할 수 있는 매뉴얼 제작이 필요함.
- ㅇ 현재 우리나라에서 조립식공공임대주택의 공급은 초기단계로, 주택관리 및 수선에 대한 정보가 전무한 상황임. 따라서 현장에 근무하는 관리자 입장에서는 주택의 어떤 부문에 중점을 두어 관리해야 하는지 제대로 알지 못하고 있음.
- ㅇ 특히 주택의 안전과 관련하여 입주자들이 유의해야 할 사항이나, 시설관리자들이 중요하게 관리해야할 부문들에 대한 정보는, 공공임대주택 관리 측면에서 매우 중요하므로, 이에 대한 매뉴얼 제작은 반드시 필요한 상황임.
- ㅇ LH공사, SH공사 등 공공임대주택을 공급하는 주체와 관련업체가 협력하여 조립식주택 관리 및 수선에 대한 매뉴얼을 제작하여, 일선 관리자들에게 배포해야 함.
- ㅇ 특히 장기수선주기가 도래했을 때, 조립식주택 시공사는 달라도 내부시설은 규격화 되어 있기 때문에, 대량물품구매로 수선유지비를 절감할 수 있기 때문에, 주택관리 차원에서, 조립식공공임대주택의 내부시설에 대한 표준화•규격화가 필요 함.

25) 영국 The Times, Energy Saving Trust, Energychoices.co.uk, 코트라 런던KBC 자료 종합(대한무역진흥공사 해외시장정보 www.globalwindow.org)

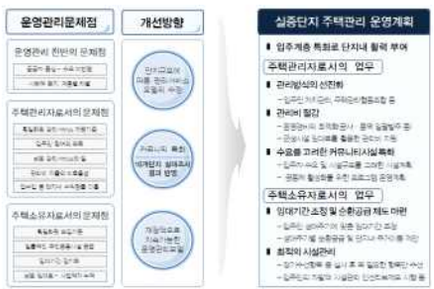
나) 2차년 : 조립식 공공임대주택 발주방식 제안 및 운영관리방안

연구목표

- 조립식 공공주택 최적 발주방식 제안
- 실증단지 입주자 선정기준 및 공급기준 마련

연구내용

- 조립식주택 사업전략별 사업모델 유형정립
- 공공공사 발주모델 프로토타입 개발
- 실증단지 입주자 선정기준 마련



최종성과물

- 입주자 공고문(안) 1건
- 실증단지 운영관리 관련 보고서 1건
- 조립식 공공주택 최적 발주방식 연구보고서 2건
- 학술발표 1건

(1) 사업전략별 수요자 맞춤 사업모델 유형 분류

(가) 연구전체 구성

① 연구목적

ㅇ 임대주택 사업모델 개발」 부문의 총괄 연구목적은 “수요자 중심의 다양한 공공주택 공급확대를 위한 조립식 공공주택 사업모델 개발”이며, 당해 2차년도 연구의 목적은 “사업전략별 수요자 맞춤형 사업모델 유형을 분류”하는 것임

② 수요자 특성별 입지 요구 조건

ㅇ 조립식 공공임대주택의 수요층은 대학생, 사회초년생, 신혼부부, 사회취약계층, 노인가구가 가장 대표적인 수요계층이며 각 수요층이 원하는 입지요구사항은 다음과 같음

- 대학생활권 : 대학주변 반경 1km 이내 생활권
- 역세권 : 지하철역 반경 500m 이내
- 편익시설 : 주민자치센터, 우체국 등 관공서, 도서관, 복지센터 등 생활편익시설

표 2.2.16.13 조립식 공공임대주택의 수요층 및 수요층별 거주특성

구분	수요층		주거 분포 특성	입지요구조건
도시 지역	젊은계층	대학생	주요 대학 주변에 밀집	대학생활권
		사회초년생	도심 등 고용중심지에 밀집	역세권, 편익시설
		신혼부부	도심 및 주거비 저렴한 도심주변지역 밀집	역세권, 편익시설
	저소득층	사회취약계층 (소득2분위 이하 노인가구 포함)	도심인접 노후주거지와 구시가지에 밀집	역세권, 편익시설
		노인가구	도심 주변 및 외곽지역에 밀집	편익시설
비도시 지역	주거취약계층 (원주민 중심)		농촌마을, 읍, 면 소재지 중심	기존 주거지

(나) 택지지구 및 국공유지를 활용한 사업모델 유형 분류

① 공공기관(LH/SH) 매입주택

㉠ 다가구 매입임대주택은 도심 내 기초생활수급자 또는 차상위계층이 현 생활권에서 거주할 수 있도록 기존의 다가구주택들을 매입하여 저렴하게 임대하는 공공임대주택임

㉡ 2014년 10월 말 현재 서울시내의 매입주택은 총 2,334동 18,268세대 임[26)]

㉢ LH 매입(다가구·다세대) 1,373동/9,562호(이 중 1999년 이전 준공 874동/5,930호)

- SH 매입(다가구·다세대) 834동/6,398호(이 중 1999년 이전 준공 326동/2,134호)
- SH 매입(원룸) 127동 / 2,308호
- 재건축이 전제되어야 하는 사업특성과 영구임대주택 수준의 임대료 고려시, 첫째, 신속한 재입주를 위한 공기단축이 필요하며, 둘째, 설계·시공 표준화를 통한 공사비 인하가 필요하여 조립식주택 공급여건이 양호한 부지임

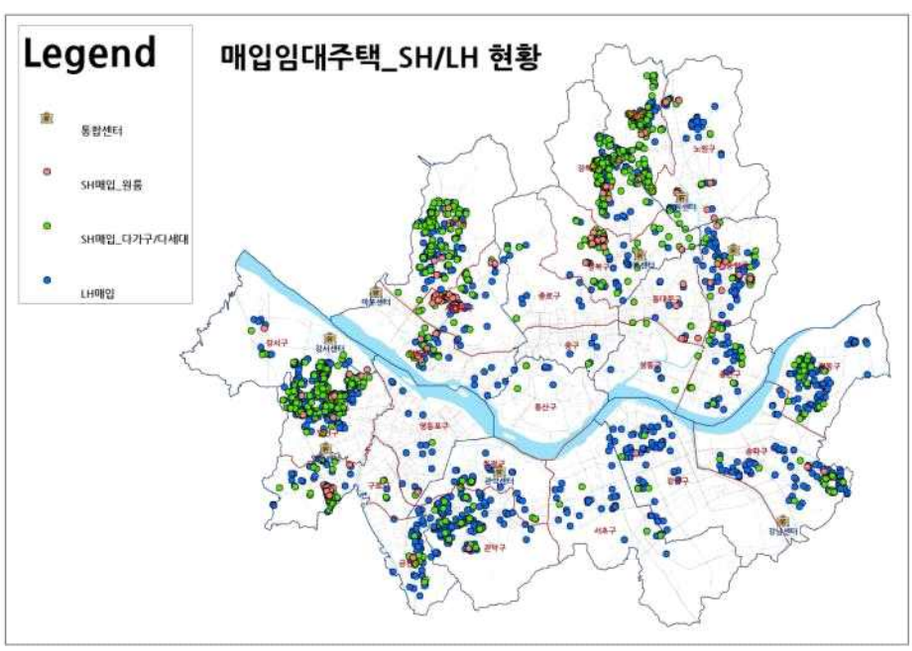


그림 2.2.16.7 LH 및 SH공사가 보유한 매입임대주택 현황(2014.11월 말 기준)

26) 자료출처 : 서울시 및 SH공사 내부자료

② 공공기관(LH/SH) 보유부지(미매각용지)

㉠ LH공사 및 SH를 비롯한 지방공기업의 경우 택지개발 후 공공기관 매입의사 철회, 실수요자 부족 등의 이유로 미매각 된 토지를 다수 보유중임

ㅇ SH공사의 경우 총 17개 지구 260여 필지를 보유중이며, 이 중 개발계획상 현재용도 기준으로 주거 또는 주거복합으로 개발 가능한 부지는 근린생활시설, 단독주택용지, 주차장부지 등 총 157개 필지, 154,525㎡ 임

㉡ 국공유지

ㅇ 서울시내에는 서울시가 소유중인 공공토지자원 약 6만개 필지가 있으며, 이 중 100㎡ 이상(도로변 녹지, 문화재, 기수립 계획이 존재하는 필지 제외)인 1,300여개(획지기준)의 활용가능한 시유지가 있으며, 서울시에서는 공공토지자원의 효율적 활용을 계획을 수립 중에 있음

ㅇ 이 중 일반주거지역 내에 존재하는 100~ 3,000㎡이하 중소규모 부지의 경우 조립식주택을 활용한 공공주택 건립가능 부지임

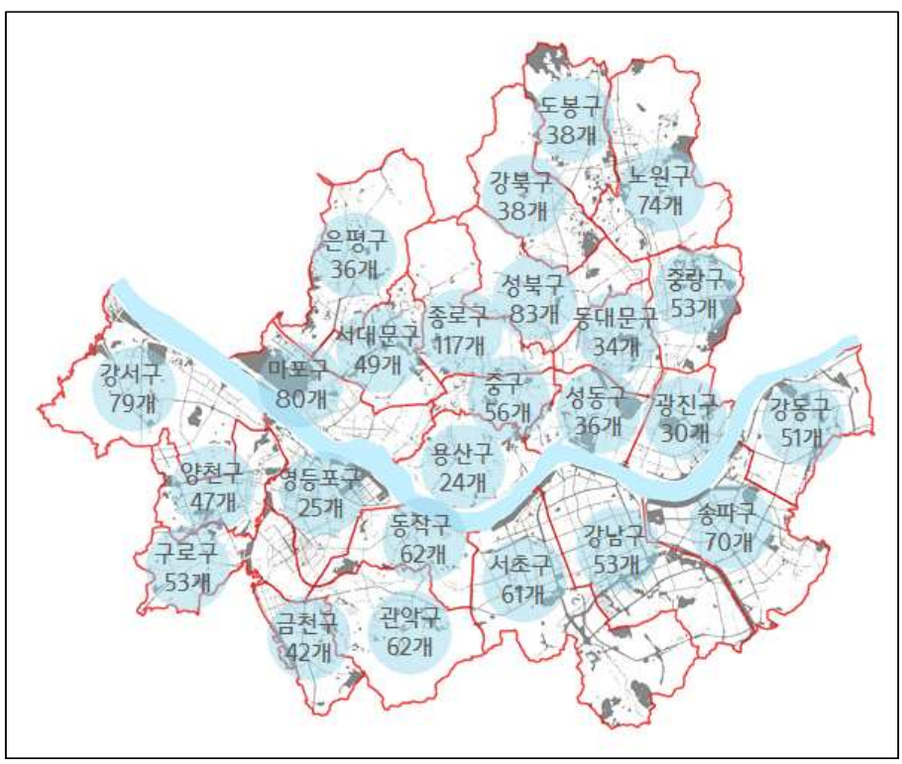


그림 2.2.16.8 서울시내 활용가능부지 현황

③ 기존 공공시설

ㅇ 도심지 내에는 노후화 및 저개발된 공공시설이 다수 존재함. 이영민(2011)[27]의 선행연구에 따르면, 노후저개발되어 재건축을 통한 개발면적 확보가 공공시설이 301개소에 달하는 것으로 조사되었으며, 분포현황은 다음과 같음

27) 공공시설 복합개발을 통한 임대주택 공급방안 연구(SH공사, 이영민외 1, 2011)

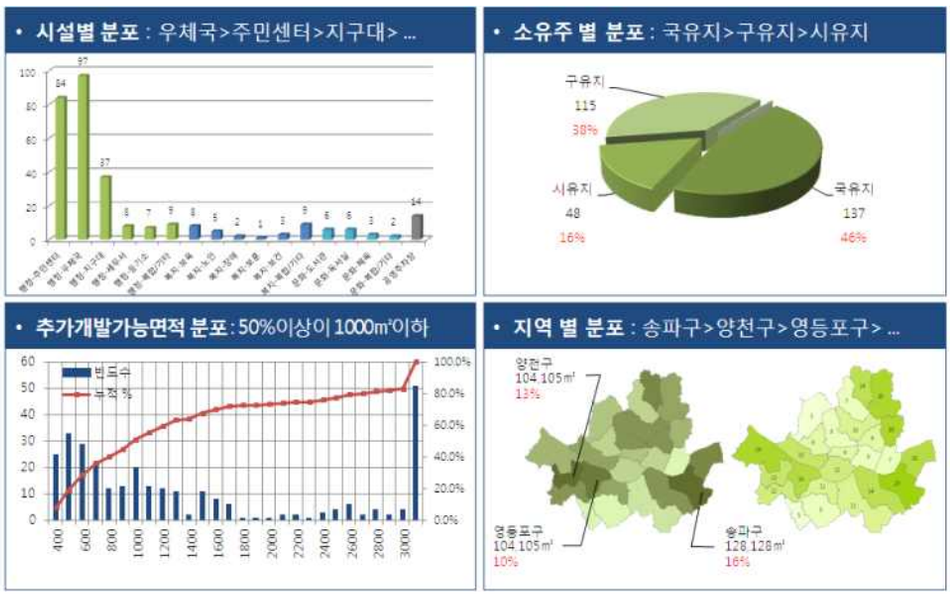


그림 2.2.16.9 개발가능대상지의 분포 현황

④ 도시계획시설부지

ㅇ 건축물이 있는 공공시설 외에 도심지내에 평면적으로 활용되고 있는 도시계획시설 중에는 공영주차장[28], 공영차고지, 유수지, 철도부지 등 행복주택사업의 주요 대상지인 도시계획시설 부지가 다수 존재하며, 실증단지 2개소도 여기에 해당함

(다) 수요자 맞춤 사업모델 유형 도출

① 주요 수요자의 입지요구사항과 활용가능 공공토지의 입지현황을 매칭하여 주요 사업모델로 사업화가 가능한 사업모델 유형은 다음과 같이 3가지 유형이 도출됨

그림 2.2.16.10 택지유형에 따른 수요자 맞춤형 조립식주택 사업모델 분석대상

② 역세권 및 대학생활권에 입지한 노후 매입임대주택 재건축

㉠ LH 및 SH공사가 보유한 매입임대주택 재건축을 통한 조립식 공공주택 공급 유형으로써 15년 이상 경과한 1,200동/8천여호 매입임대주택 중 6%인 70여개 주택이 대상이 됨

㉡ 2차년도에서는 개략적인 분석을 통해 사업화 가능성을 탐색하고, 실제 사업화 가능 물량 분석은 3차년도에 시행 예정임

28) 서울시 공영주차장부지를 조사한 결과 서울시내 평면주차장 206개 소 중 개발이 어려운 126개소를 제외한 80개소, 총면적 4만㎡가 개발가능하며, 이는 약 1만 3천호(30㎡ 소형주택 기준)의 공공임대주택의 공급이 가능한 토지임

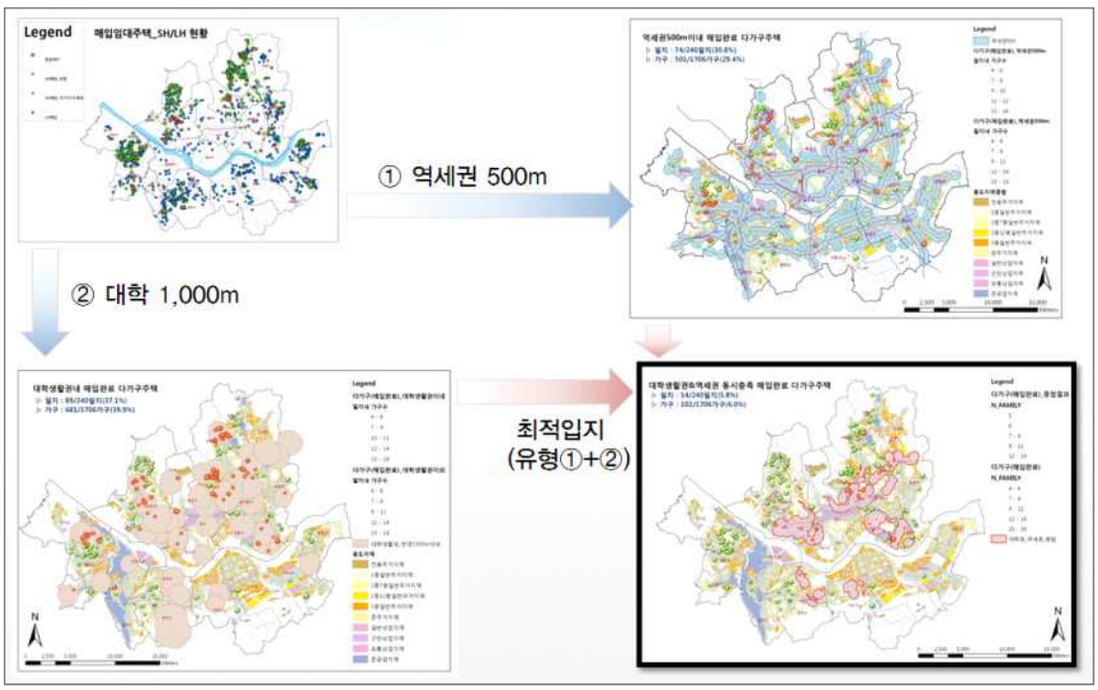


그림 2.2.16.11 유형① 사업화 가능부지 개략 현황

③ 역세권 및 대학생활권에 입지한 국공유 나대지에 신축

㉠ 주거지역에 위치하는 국공유 나대지에 조립식 공공주택을 신축하는 사업모델 유형으로서 다음의 조건을 충족하는 부지를 대상으로 함

- 역세권 500m 이내에 위치 : 더블역세권 이상 1순위, 싱글역세권 2순위
- 대학생활권 1km 이내에 위치
- 부지규모 100~3,000㎡인 중소규모 국공유 나대지

④ 노후(15년 경과), 저개발된 공공시설부지의 재건축 또는 수직증축

㉠ 기존의 도심지 내 노후·저개발된 공공시설을 재건축하여 기존 공공시설은 기부채납하고, 추가개발면적을 조립식 공공주택으로 공급하는 사업모델 유형으로써 다음의 조건을 충족하는 부지를 대상으로 함(※ 400~1,000㎡인 중소규모 135개 필지로 추정됨)

㉡ 일반주거지역 입지하며, 15년 이상 경과된 노후 건축물

㉢ 법정 용적률 대비 60% 이하 저개발된 주민자치센터, 보육시설 등 기존 생활밀착형 공공시설

(2) 민간토지 임차를 통한 사업모델 유형 분류

(가) 활용가능한 민간토지

① 민간소유 나대지

㉠ 서울시 전체 1,021,794필지 중 나대지이면서 용도지역이 주거지역인 부분을 검토한 결과, 200~ 3,000㎡ 사이의 대지는 3,470필지가 추출됨

㉡ SH공사의 경우 유료주차장으로 활용되던 사당동 00번지 민간소유부지를 장기임차하여 공공임대주택을 건립·공급한 바 있으며, 이를 확대하고자 하는 추세임

㉢ 민간소유 나대지의 경우 소유주의 개발경험 부족으로 활용이 되지 않는 부지를 공공의 목적으로 활용하는 한편 소유주는 수익을 발생시킬수 있는 사업유형임

② 건축물이 있는 부지

㉠ 개발경험 및 자본의 부족으로 지주에 의한 재건축 또는 리모델링 되지 않는 부지가 있을 수는 있으나, 대상물량이 매우 광범위하여 현황파악 및 부지선별이 사실상 어려움

(나) 수요자 맞춤 사업모델 유형 도출

① 더블역세권 500m 이내에 기반시설은 양호한 민간토지 중 중소규모 나대지에 신축

㉠ 대중대중교통 편의성이 매우 우수한 역세권 부지 중 기반시설이 양호한 민간소유 나대지를 임차하여 조립식 공공주택을 신축하는 사업모델 유형으로서 다음의 조건을 충족하는 부지를 대상으로 함

㉡ 역세권 500m 이내에 위치 : 더블역세권(74개소) 이상 1순위, 싱글역세권 2순위

㉢ 부지규모 1,000㎡이하인 소규모 나대지

㉣ 20년 이상 장기임차 가능부지

② 더블역세권 부지 재건축 후 원 토지·건축물 소유자 재입주 및 공공주택 추가 공급

㉠ 대중교통 편의성이 우수한 역세권 부지 중 민간소유 주택을 재건축하여 원 소유주는 재입주하고 추가건설된 주택을 공공주택으로 활용하는 사업모델 유형으로서 다음의 조건을 충족하는 부지를 대상으로 함

③ 농촌의 노후주택 개량(재건축)사업

㉠ 비수도권, 농촌의 주거환경 개선을 위해 고령자 소유의 노후주택을 조립식주택으로 재건축하여 임대하는 사업모델 유형으로 1차년도 연구성과로 제안된 사항임

㉡ 고정소득이 낮은 농촌 고령자의 경우 임대료 부담을 작게하기 위해 역모기지방식 적용 검토

(3) 실증단지 운영관리방안 연구

(가) 법령에 의한 공공부지 행복주택 입주자 선정기준

- 본 실증단지 입주자 선정은 공공주택「공공주택건설 등에 관한 특별법」(이하 “공공주택 특별법”이라 함) 제 40조의2 제1항에 따른 “공공부지 행복주택” 및「주택공급에 관한 규칙」제32조의5(공공시설부지 등에서의 공공주택 입주자 선정 등에 관한 특례)에 따름
- 상기 법령에 따르면 공공부지 행복주택은 ① 일반형의 경우 대학생·사회초년생·신혼부부(이상 80%), 주거급여수급자(10%), 고령자(10%)로 구분 공급하며, ②산업단지형의 경우 산업단지 근로자(80%), 대학생·사회초년생·신혼부부(이상 10%), 고령자(10%)를 원칙으로 하되, 세부 비율은 사업시행자가 지역특성을 고려하여 시장 등의 의견을 들어 정할 수 있음

(나) 실증단지 입주자 선정방향

- 주택공급에 관한 규칙」제32조의5 제2항 단서 “세대수가 50호 이하인 경우 공공부지 행복주택의 사업시행자가 관할 시장등의 의견을 들어 비율을 별도로 정할수 있다”는 규정 적용

- ㅇ 실증단지의 경우 역세권에 입지하여 청년층의 수요가 매우 많은 점과 특화된 단지 구성이라는 사업 취지를 고려하여, 상기의 특례규정을 적용하여 대학생·사회초년생·신혼부부로 100% 우선공급을 원칙으로 함
- ㅇ 우선공급 미달시에 한하여 주거급여수급자 및 고령자 등에 일반공급하며, 입주자 구성에 있어 지역주민 우선 배려를 위해 지역주민(강남구, 강서구)에게 1순위 우선 입주권을 부여함
- ㅇ 신청자격은 입주자 모집공고일 현재 본인과 세대원 전원이 무주택인 세대주로서 소득 및 자산보유 기준에 해당되는 자로 하며, 소득기준 전년도 도시근로자 가구당 월평균소득의 100퍼센트 이하, 부동산(토지, 주택, 건축물)가액 합산기준 12,600만원 이하, 자동차는 현재가치 기준 2,494만원 이하로 함

표 2.2.16.14 기존 국민임대주택과 실증단지의 주요 차이점 비교

구분	국민임대주택	행복주택(실증단지)
입주계층	일반 중·저소득층(중장년층 비율 높음)	대학생, 사회초년생, 청년창업자, 신혼부부, 도시근로자(청년층 100%)
소득기준	월평균소득의 50%이하(1순위)	월평균소득의 70%이하(1순위), 100%이하(2순위)
임대료	별도산정기준 적용(주변시세의 40~60%선)	주변시세의 68~80% 실제적용
주택규모	전용면적 39~49㎡위주(점차 소형화 추세)	전용면적 18~36㎡(원룸, 투룸 혼합)
임대기간	최장 20년(시간경과에 따라 고령화)	최장 6년(청년층, 미취학계층 유지 가능)

(다) 실증단지 입주자 선정기준(수서단지 기준)

① 공급현황 및 신청자격(공통)

㉠ 수서단지는 총 44세대를 공급하며, 입주자 유형별로는 대학생 8세대, 사회초년생(직장인) 8세대, 사회초년생(청년창업자) 9세대, 신혼부부 19세대 공급

㉡ 주택 규모별로는 전용면적 18㎡ 16세대, 27㎡ 6세대, 36㎡ 22세대를 공급

㉢ 신청자격은 주택공급에 관한 규칙 제32조의5 제1항에서 정한 입주자격을 충족하며, 입주자 모집공고일 현재 본인과 세대원 전원이 무주택인 세대주로서 소득 및 자산보유 기준에 해당되는 자로 하되, 신혼부부를 제외하고는 단독세대주도 신청 가능함

㉣ 입주자 선정순위는 월평균소득의 70%이하인 세대에게 먼저 공급하고, 남은 주택이 있을 경우 가구원수별 가구당 월평균소득의 70%초과 100%이하인 세대에게 공급

- ㅇ 1순위 : 입주자모집공고일 현재 거주지 또는 사업장 소재지가 강남구인 자
- ㅇ 2순위 : 입주자모집공고일 현재 거주지 또는 사업장 소재지가 송파구, 서초구, 용산구, 성동구, 광진구인 자
- ㅇ 3순위 : 위 1순위 및 2순위에 해당하지 않는 자
- ㅇ 동일 순위내에서 경쟁이 있는 경우 “동일순위 경쟁시 입주자 선정기준”에 의하며, 모두 동일한 경우 전산추첨으로 입주자 선정

표 2.2.16.15 수서단지 신청유형 및 공급호수

신청 유형 (전용)	공급호수					세대당 계약면적(㎡)				난방 방식	입주 (예정)
	계	대학생	사회 초년생	청년 창업자	신혼 부부	주거 전용	주거 공용	기타 공용	합계		
합계	44	8	8	9	19						
18㎡	8	8	-	-	-	17.99	15.54	3.52	37.05	개별 난방	'15.03
	8	-	8	-	-	17.99	15.54	3.52	37.05	개별 난방	'15.03
27㎡	6	-	-	6	-	27.57	23.17	5.39	56.13	개별 난방	'15.03
36㎡	3	-	-	3	-	36.60	30.38	7.15	74.13	개별 난방	'15.03
	19	-	-	-	19	35.68	21.39	6.97	64.04	개별 난방	'15.03

② 대학생 입주자 선정기준

㉠ 신청자격 : 서울시 또는 연접지역 대학교(전문대 포함)에 재학중인 학생

- 혼인 중이 아니며, 30세 이하일 것
- 대학생 본인과 부모의 월평균소득 합계가 가구당 월평균소득의 100퍼센트 이하일 것

㉡ 동일순위내 경쟁시

- 저학년(복학생인 경우 등록학기 기준으로 학년 산정) 우선
- 신청자의 연령(연월일계산)이 낮은 순으로 선정

③ 사회초년생(직장인) 입주자 선정기준

㉠ 신청자격 : 공공주택 입주자격을 충족하는 자로서 서울시 또는 연접지역에 취업중인 자

- 취업 합산 기간이 5년 이내일 것
- 입주자 모집 공고일 기준 35세 미만이며, 혼인 중이 아닐 것

㉡ 동일순위내 경쟁시

- 취업기간(연월일계산)이 짧은 순, 신청자의 연령(연월일계산)이 낮은 순으로 선정

④ 사회초년생(청년창업자) 입주자 선정기준

㉠ 신청자격 : 공공주택 입주자격을 충족하는 자로서 서울시 또는 연접지역에 창업한 자

- 창업시점이 입주자 모집 공고일 기준 5년 이내일 것
- 입주자 모집 공고일 기준 35세 미만이며, 혼인 중이 아닐 것

㉡ 동일순위내 경쟁시

- 창업기간(연월일계산)이 짧은 순, 신청자의 연령(연월일계산)이 낮은 순으로 선정

⑤ 신혼부부 입주자 선정기준

㉠ 신청자격 : 입주자모집공고일 현재 혼인기간이 5년 이내이고 그 기간에 출산(임신중이거나 입양한 자 포함)하여 자녀가 있는 자

- 1순위 혼인기간 3년 이내인자, 2순위 혼인기간 3년초과 5년 이내인 자

㉡ 동일순위내 경쟁시

○ 혼인기간(연월일계산)이 짧은 순, 신청자의 연령(연월일계산)이 낮은 순으로 선정

⑥ 일반공급 입주자 선정기준(우선공급 미달시 적용)

㉠ 신청자격 : 주택공급에 관한 규칙 제 32조 제1항 국민임대주택 입주자격을 충족하는 자

㉡ 동일순위내 경쟁시 가점기준에 의함(세부규정은 추후 모집공고시 변경될 수 있음)

표 2.2.16.16 입주자격 구분별 입주대상자 선정 기준

구 분	3점	2점	1점
① 세대주 나이(만나이 기준)	50세이상	40세이상 50세미만	30세이상 40세미만
② 부양 가족수(태아수 포함, 신청자 제외)	3인이상	2인	1인
③ 서울특별시 연속거주기간(만19세 이후)	5년이상	3년이상 5년미만	1년이상 3년미만
④ 만65세 이상의 직계존속(배우자의 직계존속 포함)을 1년 이상 부양하고 있는 경우 : 3점			
⑤ 미성년(만19세 미만)자녀(태아수 포함)의 수	3자녀이상	2자녀	-
⑥ 청약저축 납입 횟수	60회 이상	48회이상 60회미만	36회이상 48회미만
⑦「중소기업기본법」제2조 제1항의 규정에 의한 중소기업 중 제조업체에 종사하는 근로자(임원제외) : 3점			
⑧「건설근로자의고용개선등에관한법률」제11조에 따른 피공제자 중 1년(252일) 이상 공제부금이 적립된 자 : 3점			
⑨ 사회취약계층에 속한 자 : 3점(세부내용은 아래의 ※사회취약계층 가점사항 참조)			

(라) 실증단지 공급기준

① 공공부지 행복주택 임대료 산정기준

㉠ 2015.02.25.일자 정책토론회에서 제시된 국토교통부 행복주택 임대료 기준(안)을 적용하였으며, 2015년 4월 확정 고시 예정에 따라, 최종 입주자 모집 시 적용

표 2.2.16.17 행복주택 입주계층별 표준 임대료 산정기준

입주계층	표준임대료
대학생	시세의 68%
사회초년생	시세의 72%
신혼부부, 산업단지근로자	시세의 80%

㉡「주택공급에 관한 규칙」제32조의2 제8항에 따른 입주기간 적용

○ 대학생, 사회초년생, 신혼부부 : 6년 (다만, 대학생의 겨우 거주기간 중 1년을 초과하여 휴학하는 경우에는 공급계약을 갱신할 수 없으며 졸업 후 계약갱신은 1회로 제한)

○ 기타 주거급여수급자, 고령자, 산업단지 근로자 등 : 20년

② 실증단지 임대료 산정

㉠ 상기의 임대료 적용기준을 적용한 단지별 세부 임대료 결정내역은 다음과 같음(전월세 전환율 6%, 보증금 비율 50% 적용시)

㉡ 2차년도 연구실적인 본 안에 맞추어 입주 3개월 전인 2016년 11월에 입주자 모집공고문 작성 예정이며, 공급기관인 SH 공사의 임대료 심위위원회 심의를 통해 임대료 및 세부기준 확정

표 2.2.16.18 실증단지별 입주자 유형 및 임대료 산정(안)

단지명	유형	전용면적	보증금	월임대료	시세대비
수서	대학생	18㎡	29,860,000	149,336	68%
	사회초년생	18㎡	31,620,000	158,121	72%
	청년창업자	27㎡	47,430,000	237,181	72%
		36㎡	63,240,000	316,241	72%
	신혼부부	36㎡	70,270,000	351,379	80%
가양	도시근로자(1인)	18㎡	22,120,000	110,637	80%
	도시근로자(부부)	36㎡	44,250,000	221,274	80%

(마) 실증단지 임대기간

- 실증단지의 경우 대학생, 사회초년생, 신혼부부 100%로 구성 예정이므로, 실증단지의 임대기간은 기본적으로 6년 이내에서 선순환을 유도할 계획임
- 다만, 대학생인 공공부지 행복주택 입주자가 거주하는 중 사회초년생 또는 신혼부부의 자격을 갖추거나, 사회초년생인 공공부지 행복주택 입주자가 거주하는 중 신혼부부 자격을 갖추는 경우에는 공급대상을 변경하여 갱신계약을 할 수 있고, 갱신계약을 하는 시점부터 변경된 공급대상의 최대 거주기간을 새로 적용함

다) 3차년: 조립식 공공임대주택 사업화 방안 시뮬레이션 및 장기운영방안

연구목표

- 사업모델 유형별 사업 가능부지 탐색 및 시장규모 분석
- 실증단지 주택관리 세부운영계획 및 장기운영방안 제시

연구내용

- 사업모델 유형별 사업 가능부지 탐색(공공부지)
  - 유형1:역세권 및 대학생활권에 입지한 노후 매입임대주택 재건축
  - 유형2:역세권 및 대학생활권에 입지한 국공유 나대지에 신축
  - 유형3:노후저개발 공공시설부지 재건축 또는 수직증축
- 사업모델 유형별 시범사업 시뮬레이션
- 실증단지 장기운영 방안: 지속가능한 단지운영모델 개발

최종성과물

- 사업모델 유형 결과보고서 2건
- 논문 1건
- 장기운영방안 매뉴얼 1건
- 실증단지 운영관리방안 보고서 1건

(1) 조립식 공공주택 사업화 방안 시뮬레이션

(가) 사업모델 유형별 사업 가능부지 탐색

① 유형1: 역세권·대학생활권 노후 매입임대주택 재건축(마포구 서교동 주택)

㉠ 대상지 현황

- 당해 부지는 홍대입구역(2호선)에서 약 490m거리(보도7분), 합정역(2호선,6호선) 더블역세권에서 약 450m거리(보도7분)에 위치하며, 동측에 홍익대학교가 약 700m거리에서 위치해 있음
- 2종일반주거지역으로 법정건폐율 60%, 법적용적률 200%이나, 실제 위치해 있는 주택은 건폐율 58.4% 용적률 108.5%로 추가개발 가능면적은 218.8㎡임

표 2.2.16.19 유형 1 사업대상지 개요

대지면적	239.3㎡	용도지역	2종일반	건축년도	1995
건축면적	139.9㎡	연면적 (용적률산정용)	375.4㎡ (259.8㎡)	토지소유	SH
				공시지가	303만원
건폐율	58.4%	법정건폐율	60%	층수	지상2/ 지하1
용적률	108.5%	법정용적률	200%	추가개발 가능면적	218.8㎡

㉡ 개발계획 수립

ㅇ 건축비 상승을 막고 공간활용을 위해 1층 필로티 주차장를 최소로 개발하고, 필요한 별도의 주차는 인근에 따로 부설주차장을 설치하여 수요 확보함 (*부설주차장 인근설치(주차장법 19조4항, 주차장법 시행령 7조) : 직선거리 300m, 도보거리 600m 이내에 부설주차장 설치가능)

ㅇ 1층에 다목적실 설치로 공동공간 확보했으며, 층수는 사선제한으로 인해 3층으로 계획

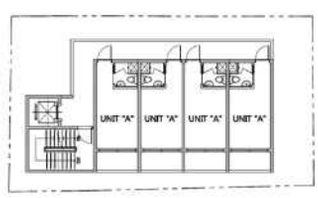
마포구 서교동 주택

〈건축개요〉

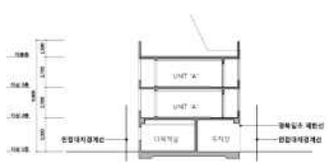
- 건축면적 : 134.68㎡
- 연면적 : 315.72㎡
- 건폐율 : 56.28%
- 용적률 : 131.93%
- 세대수 : 8세대
- 세대면적 : 17.92㎡
- 층수 : 지상3층
- 주차 : 2대

조감도

평면도(1층)



평면도(2~3층)



단면도

그림 2.2.16.12 유형1 건축개요 및 도면

② 유형2 : 역세권·대학생활권 국공유 나대지 (마포구 성산동 나대지)

㉠ 대상지 현황

ㅇ 당해 부지는 월드컵경기장역(6호선)에서 약 370m거리에 위치하며, 동측에는 약 2km 거리에 명지대, 약2.6km 거리에 연세대가 위치해 있음

ㅇ 주변지역은 근린상업지역으로 당해 부지 옆에는 우체국이 접해 있음

ㅇ 3종일반주거지역으로 법정건폐율 50%, 법정용적률 250%이며, 나대지로 인해 100% 개발용이함

표 2.2.16.20 유형2 사업대상지 개요

대지면적	330.0㎡	용도지역	3종일반	건축년도	–
건축면적	–㎡	연면적 (용적률산정용)	–㎡	토지소유	시
				공시지가	490만원
건폐율	–%	법정건폐율	50%	층수	–
용적률	–%	법정용적률	250%	추가개발 가능면적	825.0㎡

㉡ 개발계획 수립

ㅇ 건축비 상승을 막고 공간 활용을 위해 1층 필로티 주차장를 최소로 개발하고, 필요한 별도의 주차는 인근에 따로 부설주차장 설치 마련 (*부설주차장 인근설치(주차장법 19조4항, 주차장법 시행령 7조) :

직선거리 300m, 도보거리 600m 이내에 부설주차장 설치가능)

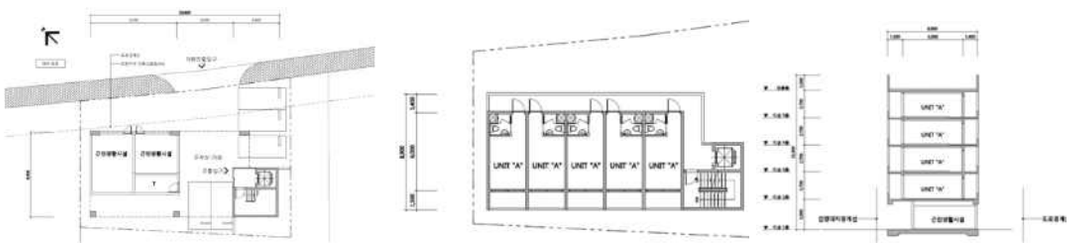
ㅇ 근생상업지역인 주변 입지여건을 고려하여 1층에 근린생활시설 설치를 통해 사업성을 확보하였음

마포구 성산동 나대지

〈건축개요〉

- 건축면적 : 161.08㎡
- 세대수 : 20세대
- 연면적 : 638.76㎡
- 세대면적 : 17.92㎡
- 건폐율 : 48.81%
- 층수 : 지상5층
- 용적률 : 193.56%
- 주차 : 5대

조감도



배치도(1층) 평면도(2~3층) 단면도

그림 2.2.16.13 유형2 건축개요 및 도면

③ 유형3: 노후저개발 공공시설부지 재건축 또는 수직증측 (광진구 중곡1동 사무소)

㉠ 대상지 현황

ㅇ 당해 부지는 중곡역(7호선)에서 약 720m 거리, 더블 역세권인 군자역(5호선, 7호선)에서 약 340m거리에 위치함

ㅇ 1985년에 건축된 동사무소로 노후 되었고, 2종일반주거지역으로 법정건폐율 60%, 법적용적률 200%이나, 현재 동사무소는 건폐율 26.4% 용적률 66.1%로 추가개발 가능면적 1,339.0㎡로 나타남

표 2.2.16.21 유형3 건축개요 및 대지현황

대지면적	1,000.0㎡	용도지역	2종일반	건축년도	1985
건축면적	264.4㎡	연면적 (용적률 산정용)	793.5㎡ (661.0㎡)	토지소유	구
				공시지가	236만원
건폐율	26.4%	법정 건폐율	60%	층수	지상3/ 지하1
용적률	66.1%	법정 용적률	200%	추가개발 가능면적	1,339.0㎡

㉡ 개발계획수립

ㅇ 기존의 공공시설을 확보하면서 추가개발 가능면적에 임대주택을 설치하여 공급하는 것이 본 사업의 중요한 특징으로, 1층~2층에 기존 공공시설(동사무소)을 100% 확보하고, 3층~7층에 임대주택 설치를 통해 사업성 확보함

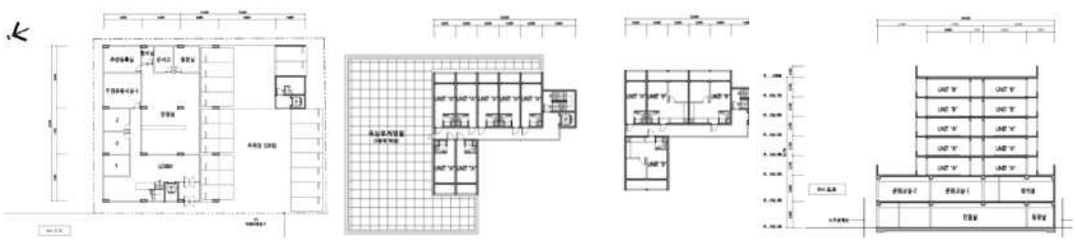
ㅇ 1층 필로티 주차장 설치를 통해 동사무소의 주차공간과 임대주택의 주차공간을 100% 확보함

광진구 중곡1동사무소

〈건축개요〉

- 건축면적 : 161.08㎡
- 세대수 : 27세대
- 연면적 : 597.88㎡
- 세대면적 : 18.36㎡
- 건폐율 : 59.97%
- 층수 : 지상7층
- 용적률 : 177.27%
- 주차 : 19대

조감도



배치도(1층) 평면도(3~5층) 단면도

그림 2.2.16.14 유형3 건축개요 및 도면

(2) 사업대상지 사업성 분석결과

(가) 분석결과

① 세가지 대안에 대한 분석결과 공공유휴부지를 활용한 모듈러 공공주택의 경우 30년 운영기간 기준 최소한의 사업성은 확보되는 것으로 분석되어 단계적인 사업화 가능

② 사업성 측면에서는 1,000㎡이상 나대지에 저층부 근린생활시설 복합개발이 가장 유리함

표 2.2.16.22 유형별 사업성 분석결과

구 분		유형①(서교동)	유형②(성산동)	유형③(중곡동)
공사기간		6개월	6개월	1년
총사업비		5.2억	13.0억	36.1억
총수익(30년, NPV)		5.3억	9.9억	0.3억
사업초기 재원조달금액		2.4억	6.0억	26.3억
임대주택	보증금	6,000,000원/호	6,000,000원/호	6,000,000원/호
	월임대료	월360,000원/호	월300,000원/호	월300,000원/호
근생시설	보증금	15,000,000월/호	26,000,000원/호	40,000,000원/호
	월임대료	월450,000원/호	월770,000원/호	월1,150,000원/호

(나) 시장규모

① 각 사업유형별 예상되는 사업규모는 다음과 같음

유형① : 매입임대 재건축	유형② : 나대지 신축	유형③ : 공공시설 재건축
32개 부지 → 6,620㎡	23개 부지 → 5,050㎡	19개 부지 → 21,100㎡
400호, 총 사업비 260억	300호, 총 사업비 200억	550호, 총 사업비 750억

그림 2.2.16.15 유형별 사업 예상규모

② 서울시내 택지개발지구내 미매각부지의 용도변경을 통한 모듈러 공공주택 공급시 중기(2020년) 350세대, 장기(2020년 이후) 850세대 정도가 공급 가능한 것으로 추산

③ 이상을 종합하면, 공공유휴부지를 활용한 모듈러 공공주택 공급규모는 향후 5년간(~2020년) 최대 1,600호, 시장규모는 1,450억으로 추산됨350세대, 장기(2020년 이후) 850세대 정도가 공급 가능한 것으로 추산

(3) 실증단지 주택관리 세부운영계획

(가) 운영관리매뉴얼 수립방향

① 1차 및 2차년도 연구결과 운영관리분야의 주요 이슈는 ①단지규모에 따른 관리서비스 모델의 수정, ②커뮤니티시설 특화, ③재정적으로 지속가능한 운영관리모델 구축인 것으로 나타났으며,

② 통상적인 주택관리업무의 구분기준에 따라 운영관리방향을 주택관리자로서의 업무와 주택소유자로서의 업무로 구분하여 운영관리방향 설정

③ 3차년도에서는 1, 2차년도의 연구결과를 바탕으로 실증단지의 운영관리매뉴얼과 장기운영방안 수립을 연구의 목적으로 함

④ 운영관리매뉴얼은 운영관리, 유지관리, 생활관리로 구분하여 매뉴얼을 작성하였음. 단, 실증단지 구축 지연으로 인하여 ①시공후 평가를 통한 모듈러주택의 공법상의 특징을 반영한 시설관리, ②구체적인 부대시설(주민편익시설 및 공영주차장 등)의 용도 및 규모에 따른 관리계획은 이어지는 4차년도 연구를 통해 업데이트 하는 것으로 함

그림 2.2.16.16 기존 공공임대주택 운영관리 문제점과 조립식 실증단지 운영관리 방향

(나) 기존 일반단지 운영관리매뉴얼 검토 및 시사점 도출

① SH공사 임대주택업무 매뉴얼

㉠ SH공사의 일반 공동주택 관리업무 매뉴얼은 총 954페이지에 달하는 방대한 내용으로, 크게 주택관리업무, 시설물 유지관리업무, 하자관리업무로 나누어짐

㉡ 첫째, 주택관리업무는 임대주택관리, 신규 입주관리, 법적 분쟁관리, 임대상가 관리, 위·수탁 및 일반용역 계약업무, 기타로 구성

㉢ 둘째, 시설물 유지관리업무는 공종별 유지관리지침, 장기수선계획, 시설공사 유형별 시행방법(소액보수, 단가보수, 일반공사), 입퇴거시 수선비용 부담 등으로 구성

㉣ 셋째, 하자관리업무는 하자관리규정 및 하자처리, 연차별 하자관리, 하자분쟁 처리, 하자보수보증금, 시설물의 인계·인수, 하자의 소종, 입주민 불편사항의 처리로 구성

② 현황분석에 따른 시사점

㉠ 명확한 분류체계 부재 : 서울시, 경기도, SH공사, LH공사 등 공동주택을 관리하는 주요 기관의 분류체계가 각각 상이하며, 주택법 제44조에 의한 공동주택관리규약 또한 운영관리의 참고자료로 활용되는 수준으로 법적 구속력은 없음

㉡ 따라서, 운영관리매뉴얼 개발시 SH공사의 매뉴얼을 기본으로 하되 새롭게 정의한 분류체계를 적용하며, 실증단지와의 관련성을 고려하여 가감하여 정리하였음

(다) 운영관리매뉴얼 구성체계

① 관리영역의 정의

㉠ 운영관리매뉴얼 작성을 위해 서울시, 경기도, SH공사, LH공사, 시민단체, 참여연대 등 국내의 공동주택 표준관리규약을 비롯하여 공동주택 관리이론 사례조사 및 전문가 자문을 통해 관리영역을 재정의함

㉡ 관련문헌 분석결과, 기존 관리매뉴얼 분류인 주택관리는 '운영관리'로, 시설관리는 '유지관리'로, 최근 강조되는 공동체생활 관리는'생활관리' 항목으로 구분하여 관리영역을 크게 운영관리, 유지관리, 생활관리로 분류

② 운영관리매뉴얼 구성

㉠ 구성체계는 다음과 같으며, 일반공동주택 관리항목과 조립식주택 특화항목(음영부분)으로 구성

㉡ 운영관리 22개 세부항목(사무관리, 회계관리, 인사관리), 유지관리 22개 세부항목(건물시설관리, 설비관리, 수선 및 보수, 안전관리, 조경관리, 청소위생관리), 생활관리 9개 세부항목(공동생활관리, 공동체활성화, 거주후평가, 교육 및 홍보) 등 총 53개 세부항목으로 분류

표 2.2.16.23 운영관리 매뉴얼 목차(안)

대분류	중분류	관리항목
운영관리	사무관리	관리규약
		관리주체
		사업자 선정 및 계약
		문서관리
		입주자 대표회의
		입주 및 퇴거관리
		입주자 현황관리
		장기수선계획
		세대주차관리
		공영주차관리
		주민편익시설관리
		대외업무
	회계관리	관리비관리
		특별수선충당금 관리
		예산관리
		세무관리
		보험
		회계감사
	인사관리	채용관리
		인사고과
		노무관리
		관리자교육
유지관리	건물시설관리	외피
		계단 및 공용홀
		세대주차장
		공영주차장
		주민편익시설
		홍보관
		기타공용공간
	설비관리	일반설비
		조립식주택 특화설비
	수선 및 보수	장기수선
		일반수선
		조립식주택 특화공종 보수
		하자보수
	안전관리	시설물 안전
		방범과 순찰
		대피관리
		CCTV관리
	조경관리	조경시설물
		수목관리
	청소위생관리	청소
		쓰레기 수거
		소독과 살충
생활관리	공동생활관리	민원처리
		공동생활규칙
		광고물 상행위 관리
	공동체활성화	커뮤니티 프로그램
		복지 프로그램
	거주후 평가	입주자 POE
	교육 및 홍보	안전교육
		주거복지안내
		조립식 공동주택 홍보

(라) 실증단지 장기운영방안: 지속가능한 단지운영모델 개발

② 입주자 관리

㉠ 대학생, 청년근로자, 신혼부부 등 청년층으로 100% 특화된 단지특성을 유지하기 위한 입주자 관리방안 설정

㉡ 생애주기별 임대기간 조정 : 「주택공급에 관한 규칙」 제32조의2 제8항에 따른 입주기간 6년을 적용하여 선순환 유도(대학생의 경우 거주기간 중 1년을 초과하여 휴학하는 경우에는 공급계약을 갱신할 수 없으며 졸업 후 계약갱신은 1회로 제한)

㉢ 단지내 주거이동 : 대학생인 공공부지 행복주택 입주자가 거주하는 중 사회초년생 또는 신혼부부의 자격을 갖추거나, 사회초년생인 공공부지 행복주택 입주자가 거주하는 중 신혼부부 자격을 갖추는 경우(이 경우는 공실이 발생할 경우에 한함) 공급대상을 변경하여 갱신계약을 할 수 있고, 갱신계약을 하는 시점부터 변경된 공급대상의 최대 거주기간을 새로 적용함

㉣ 입주자 구성비율 유지 : 장기적으로 대학생 및 사회초년생 비율 유지하도록 조치

③ 커뮤니티 활성화

㉠ 커뮤니티 프로그램 도입 : 입주계층 선호도 조시를 통한 커뮤니티 시설 및 프로그램 계획

㉡ 부대시설 운영수입 창출 : 주민편익시설 및 근린생활시설의 운영수익을 창출하여 관리비 보전

㉢ 4차년도 부대시설 규모 확정시 계획 착수, 5차년도 입주후 POE 결과 반영하여 최종 모델 개발

라) 4차년: 조립식주택 공공임대주택 사업모델 개발 및 운영관리지침 정책 건의

연구목표

- 조립식주택 공공임대주택 사업모델 개발

연구내용

- 조립식 공공주택 사업모델 제안
  - 국내 공공주택 사업여건 분석
  - 유사 소규모 공공주택 사업운영실적 평가
  - 사업조건별 민감도 분석 및 최종 사업모델 개발
    (3, 4차년도 시뮬레이션 결과 활용)
- 연구성과를 종합한 단계별 사업추진 방안
  - 발주제도, 실증단지 성과, 유형별 모델을 종합분석
  - 단계별 사업 모델 제안
- 운영관리매뉴얼 최종 업데이트
  - 시공평가를 통한 공법특성 반영
  - (POE를 통한) 주민편익시설, 입주민 관리참여 등 실증단지 특성 반영
  - 3, 4차년도에 개발한 운영관리매뉴얼 최종 보완
- 실증단지 운영평가 및 정책건의
  - 조립식주택 실증단지 운영관리 평가
- 조립식주택 특성을 고려한 사업별 관리운영 기준 및 정책건의
  - 소규모 공공주택의 장기적인 운영관리 기준 수립
  - 조립식주택 운영관리 관련 정책건의

최종성과물

- 정책건의 보고서(방침서)1건
- 사업모델 개발 최종 보고서 1건

(1) 사업모델 개발 연구

(가) 연구목적

ㅇ 당해 4차년도 연구의 목적은 2차년도 연구결과로 제시된 사업화 가능 모델 유형 6가지 중 민간토지에 해당하는 부분을 중심으로 “사업모델 유형별 사업가능부지 탐색 및 유형별 대표부지 시뮬레이션을 통한 사업성 분석”하는 것임

(나) 주요 연구내용

① 사업모델 유형별 사업 가능부지 탐색(민간토지)
② 사업모델 유형별 시범사업 시뮬레이션(민간토지)
③ 시범사업대상지 사업성 분석

(다) 사업모델 유형별 사업가능부지 탐색

① 2차년도 연구결과인 사업화모델 유형 6개 중 민간부지에 해당하는 3개 유형을 기준으로 사업가능부지 탐색
② 사업모델 유형별로 사업가능부지 단계별 추출과정 통해 사업 검토 가능 부지추출
③ 도심지 부분은 서울시의 민간부지에서 더블 역세권 위주로, 농촌 부분은 경기도 농촌도시 읍·면을 대상으로 모듈러주택 건설이 가능한 부지추출을 통해 사업 후보지를 추출하였음

(라) 시범사업 시뮬레이션

① 시범사업 시뮬레이션 부지선정

② 대상지 선정은 부지 및 주변여건, 노후도, 추가개발가능면적 등 사업여건을 고려하여 사업 유형별로 시범사업 부지를 선정하였음

㉠ 유형④ 중소규모 나대지 신축의 경우 개발가능연면적의 우선순위를 정해 사업에 적합한 연면적을 기준으로, 더블역세권 중 대지형상이 개발이 용이하며, 부지접근 진입도로여건이 좋은 부지선정 ➔ 광진구 자양동 나대지

㉡ 유형⑤ 노후 건축물 재건축의 경우 기존개발연면적 대비 추가개발연면적을 기준으로 우선순위를 정해 사업하기에 적당한 더블역세권 부지들 중 저층개발 되어있고, 부지접근 진입도로여건이 좋은 부지 선정 ➔ 마포구 동교동 주택

㉢ 유형⑥ 농촌 노후주택 신축 또는 재건축의 경우도 마찬가지로 우선사업가능부지 중 농촌주택개량사업 대상범위를 기준으로, 저층개발 되어있고 노후도가 높은 건물 위주로 부지선정 ➔ 경기도 여주시 가남읍 태평리 주택

③ 시범사업 대상지 현황

㉠ 유형4: 광진구 자양동 나대지

- 본 시범사업 대상지는 광진구 자양동 나대지임
- 건대입구역(2호선,7호선) 더블역세권에서 약 210m거리에 위치하며, 북서측 약400m 거리에 건국대학교가 위치해 있음
- 건축비 상승을 막고 공간활용을 위해 1층 필로티 주차장를 최소로 개발하고, 필요한 별도의 주차는 인근에 따로 부설주차장을 설치하여 수요 확보함 (부설주차장 인근설치(주차장법 19조4항, 주차장법 시행령 7조) : 직선거리 300m, 도보거리 600m 이내에 부설주차장 설치가능)

그림 2.2.16.17 유형4 위치 및 대지현황

㉡ 유형5: 마포구 동교동 주택

- 본 시범사업 대상지는 마포구 동교동의 주택으로 주변지역에 홍익대학교가 입지해 있어 주변에 근린상업지역이 형성되어 있으며, 또한 홍익대학교 근처에는 작은 회사들이 다수 존재하고 있음
- 홍대입구역(2호선, 공항철도)에서 약 250m거리에 위치하며, 동측으로는 약 1.1km, 거리에 연세대학교, 남측으로는 약 650m거리에 홍익대학교가 위치해 있음
- 2종일반주거지역으로 법정건폐율 60%, 법정용적률 200%이며, 추가개발가능면적은 499.5㎡로 개발이 용이함

그림 2.2.16.18 유형5 위치 및 대지현황

- ㅇ 주변지역이 근린상업지역임을 고려하여 1층에 근린시설 1개정도를 배치하도록 함
- ㅇ 건축비 상승을 막고 공간 활용을 위해 1층 필로티 주차장를 최소로 개발하고, 필요한 별도의 주차는 인근에 따로 부설주차장 설치 마련 (부설주차장 인근설치(주차장법 19조4항, 주차장법 시행령 7조) : 직선거리 300m, 도보거리 600m 이내에 부설주차장 설치가능)

ⓔ 유형6: 마포구 동교동 주택

- ㅇ 본 시범사업 대상지는 마포구 동교동의 주택으로 주변지역에 홍익대학교가 입지해 있어 주변에 근린상업지역이 형성되어 있으며, 또한 홍익대학교 근처에는 작은 회사들이 다수 존재하고 있음
- ㅇ 홍대입구역(2호선, 공항철도)에서 약 250m거리에 위치하며, 동측으로는 약 1.1km, 거리에 연세대학교, 남측으로는 약 650m거리에 홍익대학교가 위치해 있음
- ㅇ 2종일반주거지역으로 법정건폐율 60%, 법정용적률 200%이며, 추가개발가능면적은 499.5㎡로 개발이 용이함
- ㅇ 주변지역이 근린상업지역임을 고려하여 1층에 근린시설 1개정도를 배치하도록 함
- ㅇ 건축비 상승을 막고 공간 활용을 위해 1층 필로티 주차장를 최소로 개발하고, 필요한 별도의 주차는 인근에 따로 부설주차장 설치 마련 (부설주차장 인근설치(주차장법 19조4항, 주차장법 시행령 7조) : 직선거리 300m, 도보거리 600m 이내에 부설주차장 설치가능)

그림 2.2.16.19 유형 6 위치 및 대지현황

(마) 시사점

㉠ 3개 유형 시범사업 모두 사업성 확보를 위해 지하층 없도록 계획하였음

㉡ 유형④ 광진구 자양동 나대지와 유형⑤ 마포구 동교동 주택 경우 협소한 대지면적으로 인해 1층 주차 공간 마련에 어려움 발생. 이에 따라 나대지(330.00㎡)의 경우 대지가 협소하여 1층에 주차 공간 마련이 어려워 「주차장법 19조 4항, 주차장법 시행령 7조」에 의거 부설주차장을 인근에 설치하여 주차공간을 확보함

㉢ 사회초년생을 주요 수요층으로 확보하여 서울시에 공공임대주택으로 공급하는 유형④와 유형⑤의 세대면적은 전용15.17㎡로 구성하였으며, 협소한 면적이지만 사업성을 위해 최소한의 근린생활시설을 계획하였음

표 2.2.16.24 유형별 시범사업 시뮬레이션 계획(안) 비교

구분	유형④ 광진구 자양동 나대지	유형⑤ 마포구 동교동 주택	유형⑥ 여주시 가남읍 태평리 단독주택
대지면적	544.4㎡ (164.68평)	369.3㎡ (111.71평)	228㎡ (68.97평)
건축면적	324.44㎡ (98.14평)	220.43㎡ (66.68평)	70.16㎡ (21.22평)
연면적	948.07㎡ (286.79평)	731.86㎡ (221.39평)	122.72㎡ (37.12평)
건폐율	59.60% (법정 60%)	59.69% (법정 60%)	41.70% (법정 60%)
용적률	174.15% (법정 200%)	198.17% (법정 200%)	72.94% (법정 150%)
층수	지상 5층	지상 5층	지상 2층
주차대수	6대	7대	1대
주거시설	34세대 (전용면적 15.17㎡)	27세대 (전용면적 15.17㎡)	1세대 {1층 70.16㎡, 2층 52.56㎡}
기타시설	근린생활시설	근린생활시설	-
특 징	공공임대주택	공공임대주택	개인 단독주택

표 2.2.16.25 시범사업 시뮬레이션 시사점

주차계획으로 인한 비효율 발생	◦ 협소한 부지에 1층 주차공간 활용 사실상 불가 → 직선거리 300미터, 도보거리 600미터 이내에 부설주차장 설치 가능
	◦ 대중교통중심 지역의 효율적 개발을 통해 임대주택 공급 촉진을 위한 '역세권 청년주택 공급 지원에 관한 조례'(2016.07.14) → 원룸형 주택의 주차장 설치기준 완화 가능 (전용30㎡이하 : 0.4대/세대 → 0.35대/세대, 상업지역인 경우 0.25대/세대)
도로여건에 따른 사업불가지역 발생	◦ 차량 진출입 곤란한 경우 시공 어려움 발생 → 입지양호하나 차량진입불가로 개발 불가한 부지 다수 발생
	※ 농촌주택의 경우 또한 노후주택들의 입지가 도로와 떨어져 있는 경우가 많아 차량진입불가로 개발 어려운 부지 다수 발생

(2) 실증단지 운영관리 매뉴얼 업데이트

(가) 개요

① 3차년도에 작성된 기존 운영관리 매뉴얼을 기준으로모듈러 공공주택과 관련있는 항목에 한해 부분적인 내용 업데이트를 하였으며, 운영관리주체 및 운영방법에 대한 내용을 중점적으로 운영관리매뉴얼을 수립하였음

② 3차년도에 업데이트되는 매뉴얼 항목은 크게 사무관리, 유지관리, 생활관리로 구분되며, 사무관리 8개 항목, 유지관리 2개 항목, 생활관리 3개 항목에 대한 매뉴얼 업데이트를 수립하였음

표 2.2.16.26 모듈러 실증단지 특성보완 운영관리 매뉴얼항목]

대분류	중분류	소분류
사무관리	사무관리	관리규약
		관리주체
		장기수선계획
		세대주차관리
		주민편익시설관리
		공가관리
	인사관리	채용관리
		노무관리
유지관리	수선 및 보수	일반수선
		하자처리
생활관리	공동생활관리	공동생활규칙
		광고물 상행위 관리
	공동체 활성화	커뮤니티 프로그램

(나) 사무관리

① 관련근거

㉠ 공공주택특별법 시행령 제53조(공공임대주택의 관리 등)

㉡ 민간임대주택에 관한 특별법 제52조(임차인대표회의)

㉢ 공동주택관리법 제18조(관리규약), 제19조(관리규약 등의 신고)

② 관리규약 제·개정

㉠ 관리규약 제정 : 임차인주택관리협동조합

- 제정 : 사업주체가 제안한 내용을 입주예정자(조합원)의 과반수 서면동의로 결정
- 개정 : 관계법령 개정 및 임차인주택관리협동조합의 조합원 10분의 1이상이 개정 제안 등의 경우에는 임대사업자와 임차인주택관리협동조합의 협의 하에 입주자(조합원) 과반수 동의로 개정함

㉡ 세부 처리내역

- 관리규약(안) 개정
- SH공사 협의 : 예산 편성 및 관리규약 내용 전반적으로 위반사항 등 검토

㉢ 관리규약 개정(안) 안내 공고

- 공고일 및 공고장소 : 7일 이상 각동 승강기 앞 및 단지 내 게시판 등

㉣ 공고내용 : 관리규약 개정 안내문 및 신구조문 대비표

- 7일 이상 공고 이후 관리사무소 직원이 세대 방문하여 개정 찬·반 서명
- 과반수 동의 시 관리규약이 개정 효력 발생

㉤ 규약 개정 공고

- 동의 절차가 종료된 후 총 세대수, 참여세대(율), 동의세대(율) 등을 명시하여 관리규약이 개정되었음을 각 단지 게시판 및 인터넷 홈페이지 등에 공고

마) 5차년: 조립식 모듈러 공공주택 사업모델 제시 및 운영관리 매뉴얼 개발

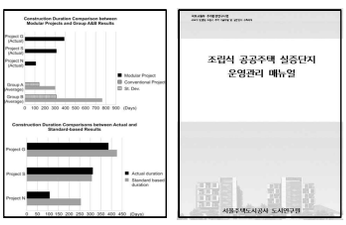
연구목표

■ 조립식 공공주택 사업모델 제시 및 운영관리 매뉴얼 최종 업데이트

연구내용

■ 조립식 공공주택 사업모델 개발
- 국내 공공주택 사업여건 분석
- 시장 활성화를 위한 사업모델 유형화
- 실증단지 구축성과 평가를 통한 모듈러 주택사업 기본방향 제시

■ 조립식 공공주택 실증단지 운영관리 매뉴얼 개발 (최종)



최종성과물

■ 정책건의 보고서(방침서) 1건
■ 사업모델 개발 최종 보고서 1건

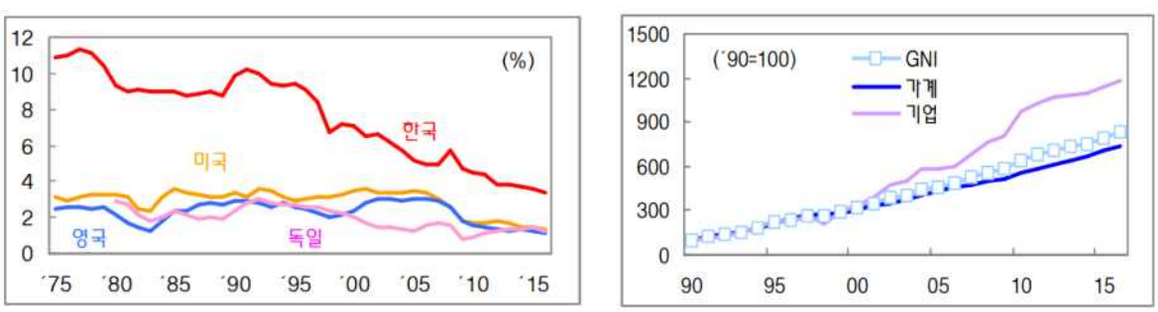
(1) 모듈러 공공주택 사업모델 개발

(가) 국내 공공주택 사업 여건 분석

① 국내 고공주택 공급의 사회적 여건 변화

㉠ 인구 및 가구와 주거 실태

○ 저성장 양극화의 구조적 복합적 위기 상황

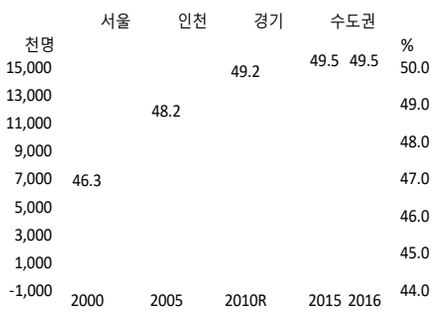


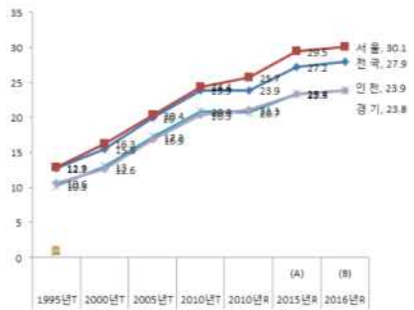
출처 : 한국은행·OECD자료를 관계부처합동(새정부 경제정책방향, 2017.7.25.) 자료에서 재인용

그림 2.2.16.20 선진국 장기경제 성장률 추이(좌), 한국 가계-기업소득 추이

○ 인구는 지속적으로 감소, 1인 가구는 증가하는 상황임

○ 주택 공급 확대에서 불구하고, 저소득층 주거안정성 취약





출처 : 통계청, 2016 인구주택총조사(2017.8.30.)

그림 2.2.16.21 연도별 수도권 인구 및 구성비(좌) 및 서울시 1인 가구비율(우)

㉡ 청년, 저소득 가구와 높은 공공임대주택 수요

- ㅇ 청년가구, 저소득가구의 경우 주택구입에 대한 필요성이 다른 가구에 비해 상대적으로 낮아, 임대수요가 상대적으로 높음
- ㅇ 2017년 내 집 마련이 필요하다고 응답한 비율이 노인 가구 89.5%, 신혼부부 83.4%, 일반가구 82.8%, 저소득가구 78.5%, 청년가구 70.7% 순임.
- ㅇ 소득계층별로 가장 필요한 주거지원 프로그램의 선호도가 다른데, 저소득층의 경우 공공임대주택 공급 필요성이 높음
- ㅇ 가장 필요한 주거지원 프로그램은 저소득층에서 '장기공공임대주택 공급', 중·고 소득층에서 '주택 구입자금 대출 지원'임('17년 주거실태조사)

② 국내 공공임대주택 사업 여건변화

- ㅇ 공공임대주택의 확충 필요성 부각
- ㅇ 대규모 공급방식에서 소규모 공급방식으로 전환
- ㅇ 기존 공공임대주택 공급방식의 한계로 공공지원 임대주택 공급이 확대가 되고 준공공임대주택, 뉴스테이, 사회주택 등 공공지원 임대주택제도 추진

③ 국내 공공임대주택 사업 운영 실적 평가

- ㅇ 공급목표는 달성하였으나 공적임대주택은 여전히 부족함
- ㅇ 공적임대주택 공급확대를 추진중이나 토지확보에 어려움이 발생하고 있음
- ㅇ 민간협력, 정책융복합 등 임대사업 효율화 미흡

(2) 실증단지 구축성과 평가를 통한 모듈러 주택사업 기본방향 제시

(가) 모듈러 주택사업 기본방향

- ㅇ '수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축'과제의 실증단지 주요 연구 목표는 기술성, 경제성, 시공성으로 구분됨
- ㅇ 실증단지를 통해 기술성 측면에서는 BIM설계시스템, 열관류율, 에너지 효율화, 기밀성능, 중량 충격음, 5층 구조, 진동, 소음, 2시간 내화구조 적용에 대한 사항을 검증하고자 함
- ㅇ 실증단지를 통한 경제성 측면과 시공성 측면에서는 공사비와 공사기간에 대한 검증을 확인하고자 하였음

(나) 기술성 평가 결과

① 2시간 내화 시공성 확인완료

㉠ 5~12층까지 고층화 가능, 고층일수록 습식보다는 건식내화 필요

② 소규모 부지에 사업 추진으로 인한 친환경 인증점수의 절대한계치 노출

㉠ 설계단계에서 많은 고민 필요, 공용공간 최소화, 1개동으로 사업 추진

③ 기밀, 성능에 있어서는 2-unit보다는 1-unit 세대 효율우수

㉠ 아직까지는 1unit에 최적화된 모듈러임, 1-unit으로 추진이 바람직함

④ 모듈러 진동은 아직까지도 외부충격에 의한 생활불편정도가 발견됨

㉠ 4차선 이상의 도로에 면한 부지의 경우 향후 공급시 바닥 진동 주파수에 대한 검토 및 보강 필요

㉡ 모듈러의 양중에 문제만 없다면 이면도로가 더 적합함

o 바닥고유진동 주파수가 12.5Hz 중심으로 나타나면서 외부의 대형차량 통과에 따른 진동 측정 피크 주파수인 12.5Hz와 일치하여 외력에 의한 공진현상이 발생하고 있음.

⑤ 모듈러와 발코니와의 관계는 주거성 측면에서는 필요함. 다만 이로 인한 경제성, 기술성은 떨어짐

㉠ 고층 모듈러에서는 발코니부분을 제외시키는 것이 바람직함

(나) 경제성 평가 결과

① 2가지 공법으로 설계한 7가지 평면타입, 2개동 설계로 인한 공용공간 증가로 공사비 상승요인 발생

㉠ 평면타입 최소화로 물량확보 필요, 필요시 지역 통합발주(발주계획)

② 내화 1, 2시간 차이에 따른 단위면적당 공사비 차이 발생(4층이하, 5층 이상)

㉠ 4층이하 대규모 발주로 모듈러 시장 확보(시장 형성 필요)

③ 건축법 대비 주택법이 적용되는 공공주택 건설 단가의 상승 확인

㉠ 주택용도 이외의 오피스, 준주거 등 사업 시장 확보 필요(용도계획)

④ 벽식 모듈러와 라멘식 모듈러 비교시 라멘식 모듈러의 경제성 확인(구조계획)

(라) 시공성 평가 결과

① 모듈러 공법 적용으로 총 사업기간 단축가능 및 현장공사 기간 단축으로 지역 민원 최소화 가능

㉠ 현장공사 기간 단축이 필요한 지역과 신속한 주택공급이 필요한 지역에 사업 추진 가능(사업방식)

② 여름철 우기 시 연속 현장설치 어려움

㉠ 현장설치 기간을 중심으로 공사일정 계획 수립 필요(일정계획)

(3) 사업여건 및 시장 분석을 통한 조립식 공공주택의 사업화 전략

(가) 기본 전략

① 공기단축과 융통성으로 사업속도를 높여 개발운영수익 조기회수

㉠ 기존 습식건설방식에 비해 최대 50% 공기단축 장점을 활용하여 신속한 공급 및 수익 조기회수

㉡ 사전 설계, 제작된 기본 모듈의 다양한 조합이 가능한 융통성 활용

② 새로운 주거소비 트렌드를 반영한 복합용도의 청년주택 공급

㉠ 단순한 주거를 벗어나 일자리와 문화를 아우르는 복합공간으로 계획하며, 근린생활시설 등의 용도 복합으로 사업성 개선

㉡ 낯선 고층모듈러 건축을 시장에 도입하기 위해 새로운 주택모델을 유연하게 받아들일 수 있는 청년을 대상으로 적정수준, 적정가격의 청년주택 공급

㉢ 1~2인 가구 위주의 소형주택에 최적화된 공법의 장점을 활용하여 모듈화된 공간을 조합하여 새로운 유형의 주거 공간 공급

③ 4차산업 비즈니스 육성과 도시재생 지원을 위한 복합용도 플랫폼 공간 제공

㉠ 가성비와 공유가치를 중시하는 소비트렌드를 반영하여, 리테일, 오피스, 호텔 등 비주거 공간을 계획하되 업무와 여가가 결합된 복합용도 공간 공급

㉡ 신규 비즈니스 육성과 도시재생 지원을 위한 다양한 제작자, 크리에이터의 네트워크 구축, 서비스 비즈니스가 연계될 수 있는 제작 플랫폼 공간 마련

㉢ 공장 사전제작의 장점을 활용하여 최신 IoT기술 등 세련된 사용자 경험 제공

(나) 주거모델 사업전략

① 사업대상: 일자리와 문화ㅜ거를 아우르는 복합 청년주거공간

㉠ 낯선 고층모듈러 건축을 시장에 도입하기 위해서는 새로운 주택모델을 유연하게 받아들일 수 있는 청년을 대상으로 하는 것이 바람직함

㉡ 청년계층은 자산을 소유하기보다는 자산에 대한 접근성을 높이는 소비방식을 선호하며, 자산을 다른 사람과 공유하는 방식을 적극 활용하려는 추세

㉢ 서울의 1인가구는 전체가구의 약 25%임. 그 중 45%인 약 55만 가구는 20-30대 청년가구이며, 증가추세로 양적으로 충분한 수요를 가짐

㉣ 1인가구의 대부분은 전용면적 40㎡ 이하의 소형주택에 거주하고 있어 소형 주택에 특화된 모듈러 공법의 장점 활용 가능

- ㅇ 다양한 모듈 조합을 통해 청년 1인가구 라이프 스타일에 부합하는 주거 공간 개발 필요
- ㅇ 청년의 경우 기존 주택상품보다 가성비가 높고 커뮤니티 구성을 통해 주거 경험을 풍요롭게 할 수 있는 쉐어하우스에 대한 선호 증가 : 개인공간인 침실은 따로 사용하지만, 주방/거실/화장실 등은 공유
- ㅇ 주거와 복합하여 지역사회와 연계한 스타트업 복합 공간, 다양한 이벤트와 청년들의 액티비티가 공존하는 소셜 공간 창출이 필요

② 사업부지 : 대중교통이 편리한 청년 1인가구 밀집지역 우선 검토

㉠ 대학가, 업무지구, 상업지역 인근일수록 2030 청년 1인가구 수요가 풍부하며, 1인가구에 있어 대중교통 접근성은 주거지결정에 중요인 요인

㉡ 안정적 사업진행을 위해 최소 25호실 공급이 가능한 대지규모 설정 필요

㉢ 다중주택, 다가구주택, 다세대주택, 다중생활시설 등으로 개발하는 경우 쉐어하우스의 관리운영의 효율성 등을 고려하여 최소 가구수를 25호실 내외로 설정하고 필요한 부지 규모를 산정

- ㅇ 2종일반주거지역: 건폐율60%, 용적률 200% 적용시 300㎡ 내외
- ㅇ 3종일반주거지역: 건폐율50%, 용적률 250% 적용시 250㎡ 내

㉣ 공동주택인 경우 최적의 대지면적 또는 용적률 제한은 없으며, 사업성 확보를 위해서는 고밀개발이 가능한 준공업지역 및 준주거지역을 주요 대상지로 검토

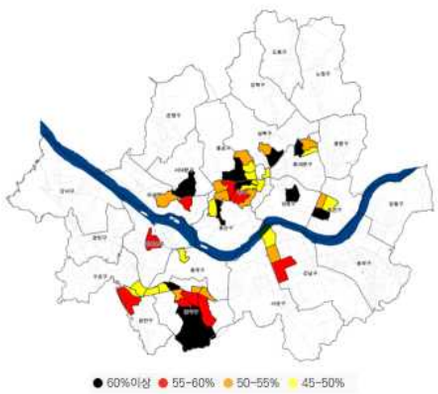


그림 2.2.16.22
서울시 1인가구 밀집지역 현황

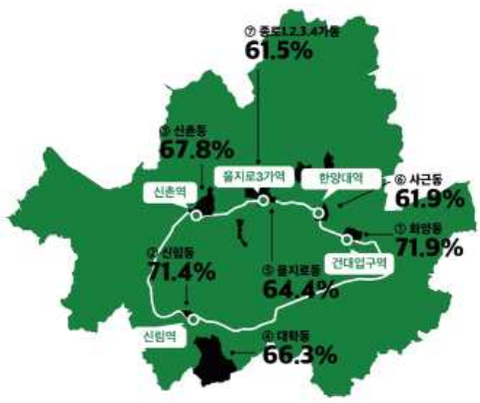


그림 2.2.16.23 지하철 2호선과
1인 가구 밀집도

③ 사업구조 : 공공과 민간이 함께 참여할 수 있는 개발구조(Vehicle) 마련

㉠ 중앙/지방정부, 공공디벨로퍼, 민간디벨로퍼 간의 파트너십 구축을 통한 사업 추진으로 모듈러 주택 시장의 확장이 필수

㉡ 민간건설사의 공공리츠(REITs) 지분투자 등 사업대안 다각화: 공공리츠(REITs) 사업에 민간 건설사업자가 모듈러 주택 건설 후 현물출자 하는 등 민간 참여를 유도할 수 있는 다양한 방식 검토 필요

(다) 비주거모델 사업전략

① 업무와 여가가 결합된 복합용도 공간 제공

o 가성비와 공유가치를 중시하는 소비트렌드를 반영하여, 리테일, 오피스, 호텔 등 비주거 공간을 계획하되 업무와 여가가 결합된 복합용도 공간 공급

② 공장 사전제작의 장점을 활용하여 최신 IoT기술 등 세련된 사용자 경험 제공

③ 해외 고층모듈러 공법을 활용한 사업사례 벤치마킹

㉠ 사례 #1. Yotel(소형이지만 세련된 경험을 제공하는 저렴한 럭셔리호텔)

㉡ 사례 #2. 무중력지대(컨테이너 기반 모듈러 건축을 활용한 청년 코워킹공간)

㉢ 사례 #3. 커먼그라운드(컨테이너 기반 모듈러 건축을 활용한 마켓플레이스)

그림 2.2.16.24 호텔 사례(Yotel)

그림 2.2.16.25 리테일 사례(커먼그라운드)

(라) 4차 산업 비즈니스 육성과 도시재생 지원을 위한 플랫폼 공간 제공

① 신규 비즈니스 육성을 위해 다양한 제작자, 크리에이터의 네트워크 구축, 서비스 비즈니스가 연계될 수 있는 제작 플랫폼 공간 제공

② 도시재생 지원을 위해 지역기반의 스타트업, 도심 제조업 등의 육성을 위한 공간 인프라 공급

(마) 공공과 민간이 함께 참여할 수 있는 개발구조(Vehicle) 마련

① 주거모델과 기본적인 사업구조는 동일하며, 중앙/지방정부, 공공디벨로퍼, 민간디벨로퍼 간의 파트너십 구축을 통해 사업 추진

(4) 조립식 공공주택의 단계별 사업추진 전략

① 1단계: 비주거 모듈러 건축과 준주거 모듈러를 통한 시장 형성

- 1단계는 4층 이하로 건축되는 모듈러 건축을 중심으로 많은 제작사들이 쉽게 참여 할 수 있도록 공공이 선도적으로 시장을 열어주는 것
- 주요 용도로는 기숙사, 쉐어하우스, 상업시설와 같은 준주거, 비주거 시설이며 주거의 경우는 4층이하의 매입임대주택 시장에 모듈러는 도입하여 연간 약 2000호 이상의 규모의 시장을 형성하는 것임
- 이를 통해 그동안 가격부담으로 도입하지 못하였던 모듈러를 적극 검토할 수 있도록 유도하는 것이 목적임

② 2단계 : 주거형 모듈러 중규모 단지의 보급전략으로 경제성 확보

- 2단계는 5층 이상 10층 이하의 중층형 주거, 단지형 주거사업을 통해 경제성을 확보하는 것임.
- 특히 1~2인 시장의 청년층 주거에 대한 특화 공급으로 정책적인 공급해소를 모듈러를 통해 이룰 수 있으며 비용적으로도 규모의 경제를 실현함으로써 RC공사비 이하의 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 판단
- 공공과 민간에서 함께 추진가능

③ 3단계 : 고층화 모듈 적용으로 주택시장 속 특화수요 창출

- 3단계를 미래의 사업으로 분류될 수 있음. 외국에서는 이미 모듈러에 대한 산업을 4차 산업의 중요한 사업으로 기대하고 있음
- 국내에서도 13층 이상의 고층 모듈러 사업을 통해 특화 수요를 창출하고 기술 수출, 모듈러 수출을 통해 우리나라의 새로운 성장동력으로 이끌 수 있음
- 다만, 이를 위해서는 국내 대기업의 참여가 필요하며, 국내 건설시장에서 표준화와 공장제작의 자동화가 선행되어 이루어져야 할 것임.

그림 2.2.16.26 단계별 모듈러산업의 추진 전략

(5) 입주자 생활안내서 발간 및 배포

(가) 발간 목적

① 입주자 생활안내서란, 가양 라이품 행복주택에 입주하는 입주민들에게 직접 배부된 시설물, 생활양식, 실내외 단지 구성에 대한 안내가 수록 된 책자

② 본 생활안내서는 가양 실증단지에 특화되어 제작 및 배포되는 자료로 입주기간 동안 단지 시설물 사용 방법 및 생활 규칙에 전반에 대한 내용이 수록되어 있음

(나) 목차

표 2.2.16.27 가양 라이품 생활안내서 구성

구성	세부 내용
단지생활 안내	단지안내
	주차장 이용 안내
세대 내 시설 안내	세대 별 평면도
	세대 별 안내
단지 시설 안내	시설물 이용 안내
	화재 시 행동요령
	생활 안전
생활 에티켓	공동생활규칙
	쓰레기 처리 방법
	입주민 커뮤니티
설비안내	난방배관
	위생배관
	통신설비
	전등설비
사용 설명서	디지털 도어록
	홈 네트워크
	렌지 후드
	전기 쿡탑
	온도 조절기

(다) 생활안내서 주요 사항

① 본 생활안내서는, 가양 라이품이 모듈러 건축공법으로 준공 된 점과 관련하여 세대 내/외부에서 금지 또는 유의해야 하는 사항들에 대해 세부적으로 설명되어 있음

② 본 생활안내서는, 가양 라이품이 별도의 관리인이 상주하지 않고 주민자치로 운영된다는 점에 대해 강조하고 있으며 입주민들 간 상호간 지켜야 하는 에티켓에 대해 세부적으로 설명되어 있음

(라) 발간 수량 및 배포 방법

① 발간 수량 : 총 50부 (입주자에게 직접 배포하는 수량은 30부 이며, 남은 수량은 가양 라이품 단지관리를 맡고 있는 서울주택도시공사 강서센터로 이전)

② 배포 방법 : 입주민 입주 시 시설물 점검을 진행할 때 직접 입주민에게 전달 함

그림 2.2.16.27 가양 라이품 입주자용 생활 안내서

(6) 조립식 공공주택 실증단지 운영관리 매뉴얼 개발

(가) 본 매뉴얼은 모듈러 공공주택 단지의 효율적인 운영관리 방안을 제안하는데 그 목적이 있으며, 기존 운영관리 이론 및 관리방안 사례조사 등을 통해 운영관리 매뉴얼 목차를 구성하고 세부 내용을 작성함

(나) 운영관리 매뉴얼 구성

① 운영관리 매뉴얼은 크게 운영관리, 유지관리, 생활관리 등 3개의 장으로 구성됨

② 입주관리는 입주관리 계획부터 입주, 퇴거, 입주자 현황관리 등 입주에 대한 전반적인 내용

③ 주택관리는 관리방식별 주요 업무에 대한 내용

④ 유지관리는 청소부터 보안, 안전 및 설비시설 등 주택의 전반적인 시설물에 대한 관리방안 및 이에 따른 주의사항 등에 대한 내용

⑤ 생활관리는 공동생활에 대한 규칙과 조립식 주택에서의 생활규칙 등에 대한 내용

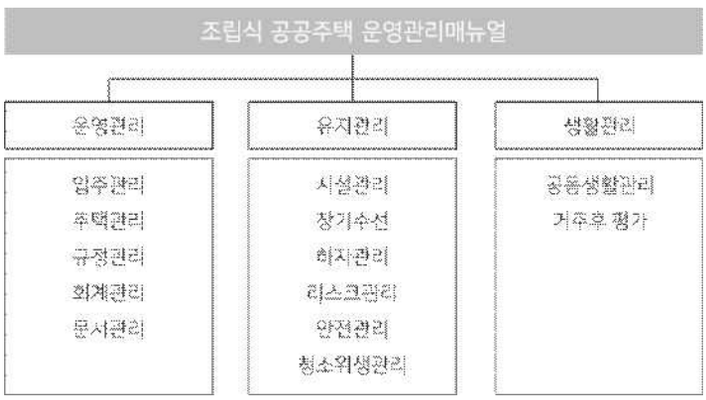


그림 2.2.16.28 실증단지 운영관리 매뉴얼 구성

(다) 실증단지 운영관리 매뉴얼 주요 사항

① 세대 내부 하자관리(하자보수 운영 계획서)- 포스코 A&C

㉠ 공사개요

- 공 사 명 : 가양동 1457-1 도시형생활주택 건설공사
- 공사위치 : 서울시 강서구 가양동 1457-1
- 발 주 처 : 서울주택도시공사, 한국건설기술연구원
- 시 공 자 : 포스코 A&C
- 공종 및 공사기간 : 모듈러공사 및 엘리베이터 설치
- 공사규모 : 도시형생활주택 2개동(30세대)

㉡ 하자관리 업무흐름

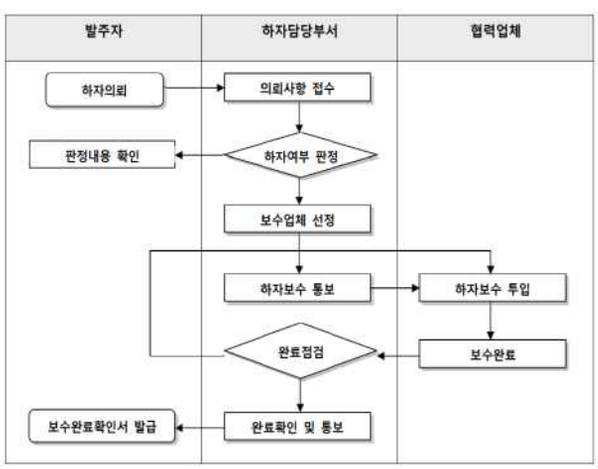


그림 2.2.16.29 가양 라이품 모듈러 세대부분 하자관리 업무 흐름

② 자치관리 (입주민 주택관리협동조합 방식)

㉠ 관리범위

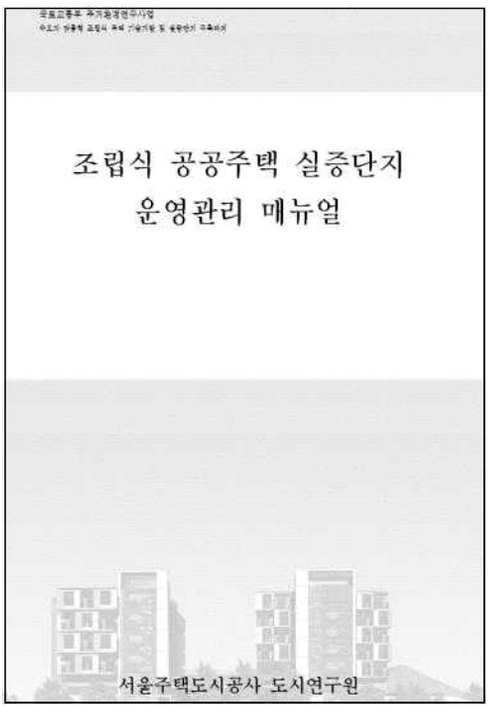
- ㅇ 모듈러 공공주택 관리운영은 크게 건물과 사람으로 구분할 수 있으며, 건물도 임대관리와 물리적 관리로 나눌 수 있음
- ㅇ 임대관리는 주택관리를 위한 예산수립과 집행, 관리비, 입·퇴거관리, 공가관리, 사용료 징수이며, 물리적 관리는 공용시설물의 관리(청소)와 장기수선계획의 수립 및 유지 보수업무가 있음
- ㅇ 사람에 대한 관리는 입주자 배정, 공동체 유지를 위한 다양한 활동이 있음
- ㅇ 임차인 주택관리협동조합은 건물의 임대관리, 물리적 관리 중 공용시설물 관리 및 사람에 대한 사회복지적 관리를 하며, 주택의 소유자는 건물의 물리적 관리 중 장기수선계획의 수립 및 유지보수업무를 담당하도록 함
- ㅇ 임차인 주택관리협동조합의 주택관리범위는 주택관리운영 예산의 수립과 집행, 입주자 우선순위 배정(입주자 관리), 공실 및 입·퇴거 안내, 공용 공간 청소 및 관리, 공용공과금(전기, 수도) 배분 및 수납, 소모품 교체 및 소수선, 공동체 유지활동(교육, 모임 등)임
- ㅇ 주택 소유자의 주택관리범위는 주택관리운영 예산의 수립, 임대차계약 및 법률 사항, 입주자 선발기준 설정, 대수선(하자보수), 장기수선계획 수립 및 조정임
- ㅇ 임차인 주택관리협동조합과 주택 소유자가 함께 하는 주택관리는 공실관리 중 주택입주 준비, 연간 예산 수립과 입주자 규모 측정임
- ㅇ 임차인 주택관리협동조합과 SH공사(주택 소유자)와의 책임 구분

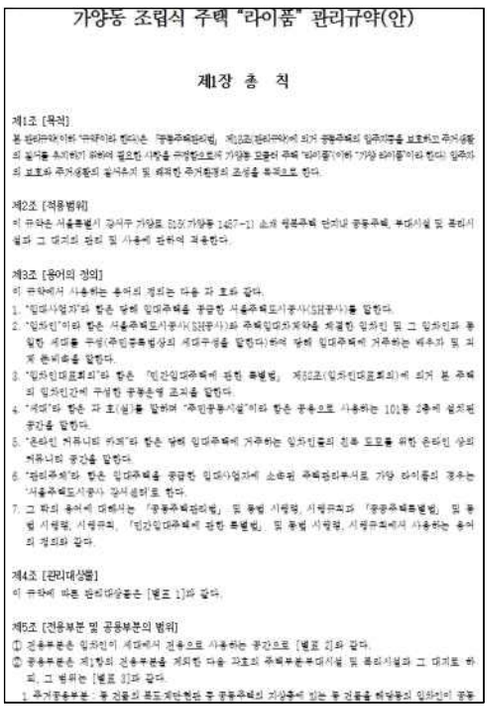
㉡ 운영방법

- ㅇ 초기에는 임차인 주택관리협동조합이 주택관리업자의 자격을 갖추고 있지 않기 때문에 협동조합과 주택소유자간의 주택관리협약을 통하여 주택관리 및 입주자를 관리하도록 함
- ㅇ 임차인 주택관리협동조합이 주택관리업자의 자격을 갖추게 되면 주택소유자는 위·수탁계약에 의하여 단계적으로 주택관리와 입주자 관리 등을 협동조합에 일임하도록 함

구 분		1 단계 (입주 ~ 3년)	2 단계 (3년 ~ 5년)	3 단계 (5년 이후 ~)
관리 주체		주택관리협동조합 / 주택소유자 (공공)	주택관리협동조합 / 주택소유자 (공공)	주택관리협동조합
주요 특징		소유자 : 협동조합 설립지원 협동조합 : 공동체 관리 운영	소유자 : 협동조합 운영 컨설팅 협동조합 : 일부 주택관리 및 공동체 관리 운영	소유자 : 관리감독 협동조합 : 주택관리 및 공동체 관리
주택관리 협동조합	역할 / 기능	주민공동체 활성화 활동	주택관리 자격취득 입주자 선정 및 관리	자치적 주택 관리 입주자 선정 및 관리
	시설	주택 일부 (소수선) 주민편익시설	주택 일부 (소수선) 주민편익시설	임대주택 전체 주민편익시설
주택 소유자	역할 / 기능	협동조합 설립 지원 입주자 교육 및 컨설팅	주택관리 교육 및 컨설팅 협동조합 운영 컨설팅	주택 관리 감독
	시설	주택 하자보수(대수선) 장기수선계획 수립	주택 하자보수 (대수선) 주택관리 교육 및 컨설팅	-

그림 2.2.16.30 자치관리 주체별 단지 관리 운영방안




가양동 조립식 주택 "라이품" 관리규약(안)

제1장 총 칙

제1조 [목적]

본 관리규약(이하 "규약"이라 한다)은 「공동주택관리법」 제18조(관리규약)에 의거 공동주택의 입주자등을 보호하고 주거생활의 질서를 유지하기 위하여 필요한 사항을 규정함으로써 가양동 모듈러 주택 "라이품"(이하 "가양 라이품"이라 한다) 입주자의 보호와 주거생활의 질서유지 및 쾌적한 주거환경의 조성을 목적으로 한다.

제2조 [적용범위]

이 규약은 서울특별시 강서구 가양로 515(가양동 1427-1) 소재 영복주택 단지내 공동주택, 부대시설 및 복리시설과 그 대지의 관리 및 사용에 관하여 적용한다.

제3조 [용어의 정의]

이 규약에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다.

1. "임대사업자"라 함은 당해 임대주택을 공급한 서울주택도시공사(SH공사)를 말한다.
2. "임차인"이라 함은 서울주택도시공사(SH공사)와 주택임대차계약을 체결한 임차인 및 그 임차인과 동일한 세대를 구성(주민등록법상의 세대구성을 말한다)하여 당해 임대주택에 거주하는 배우자 및 직계 존비속을 말한다.
3. "임차인대표회의"라 함은 「민간임대주택에 관한 특별법」 제52조(임차인대표회의)에 의거 본 주택의 임차인간에 구성한 공동은행 조직을 말한다.
4. "세대"라 함은 각 호(실)를 말하며 "주민공동시설"이라 함은 공용으로 사용하는 101동 2층에 설치된 공간을 말한다.
5. "온라인 커뮤니티 카페"라 함은 당해 임대주택에 거주하는 임차인들의 친목 도모를 위한 온라인 상의 커뮤니티 공간을 말한다.
6. "관리주체"라 함은 임대주택을 공급한 임대사업자에 소속된 주택관리부서로 가양 라이품의 경우는 '서울주택도시공사 강서센터'로 한다.
7. 그 밖의 용어에 대해서는 「공동주택관리법」 및 동법 시행령, 시행규칙과 「공공주택특별법」 및 동법 시행령, 시행규칙, 「민간임대주택에 관한 특별법」 및 동법 시행령, 시행규칙에서 사용하는 용어의 정의와 같다.

제4조 [관리대상물]

이 규약에 따른 관리대상물은 [별표 1]과 같다.

제5조 [전용부분 및 공용부분의 범위]

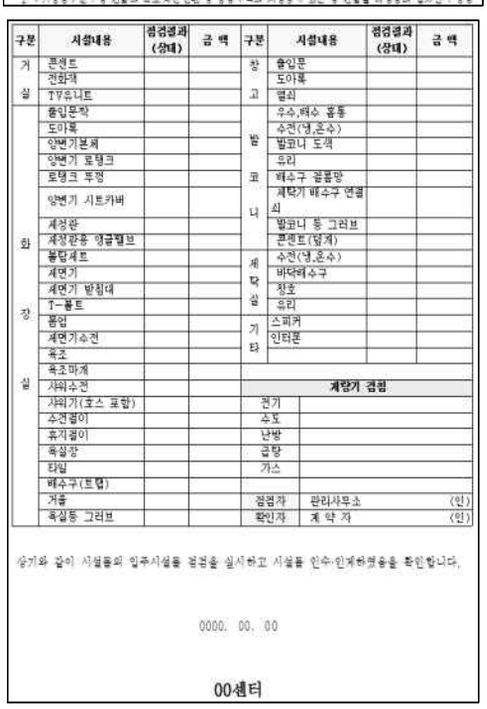
① 전용부분은 임차인이 세대에서 전용으로 사용하는 공간으로 [별표 2]와 같다.
② 공용부분은 제1항의 전용부분을 제외한 다음 각호의 주택부분부대시설 및 복리시설과 그 대지로 하되, 그 범위는 [별표 3]과 같다.
1. 주거공용부분 : 동 건물의 분도 계단현관 등 공동주택의 기상중에 있는 동 건물을 해당동의 임차인이 공동

퇴거세대 시설물 점검표

담당자	과장	센터장

○ 단지명 :
○ 동호 및 임차인 :
○ 입주일자 : 연락처 :

구분	시설내용	점검결과(상태)	금 액	구분	시설내용	점검결과(상태)	금 액
현관	출입문착(방화문)			침실2	출입문도아록		
	출입문도아록				열쇠		
	도아체크				창호 유리		
	도아스토퍼(탈급)				창문(목재창)		
	도아뷰				창문(하이샤시)		
	열쇠(set)				방충망		
	자임벨				등기구		
	비디오폰				온도조절기		
	타임스위치				전화객		
	현관등 그러브				TV유니트		
	우유투입구				콘센트		
	신발장			주방	싱크대(상부장)		
침실1	출입문 교체				싱크대(하부장)		
	출입문 보수(1면)				싱크대 문작		
	출입문 부분 보수				싱크 상부장 유리		
	출입문도아록				렌지후드		
	열쇠				배수구 자바라호스		
	창호 유리				가스렌지 절판		
	창문(목재창)				싱크수전		
	창문(하이샤시)				걸레받이(대,소)		
	방충망				싱크배수걸름망		
	등기구				싱크배수마개		
	온도조절기				주방 등기구		
	전화객				콘센트		
	TV유니트			거실	목재창호		
	콘센트				PL창호		
침실2	출입문 교체				방충망		
	출입문 보수(1면)				문합문틀		
	출입문 부분 보수				거실 등기구		



구분	시설내용	점검결과(상태)	금 액	구분	시설내용	점검결과(상태)	금 액
거실	콘센트			창고	출입문		
	전화객				도아록		
	TV유니트				열쇠		
화장실	출입문착			발코니	우수,배수 홈통		
	도아록				수전(냉,온수)		
	양변기본체				발코니 도색		
	양변기 로탱크				유리		
	로탱크 투명				배수구 걸름망		
	양변기 시트카버				세탁기 배수구 연결쇠		
	세정관				발코니 등 그러브		
	세정관용 앵글밸브				콘센트(덮개)		
	볼탑세트			세탁실	수전(냉,온수)		
	세면기				바닥배수구		
	세면기 받침대				창호		
	T-볼트				유리		
	몸업			기타	스피커		
	세면기수전				인터폰		
	욕조						
	욕조마개						
	샤워수전				계량기 검침		
	샤워기(호스 포함)				전기		
	수건걸이				수도		
	휴지걸이				난방		
	욕실장				급탕		
	타일				가스		
	배수구(트랩)						
	거울				점검자	관리사무소	(인)
	욕실등 그러브				확인자	계 약 자	(인)

상기와 같이 시설물의 입주시설물 점검을 실시하고 시설물 인수·인계하였음을 확인합니다.

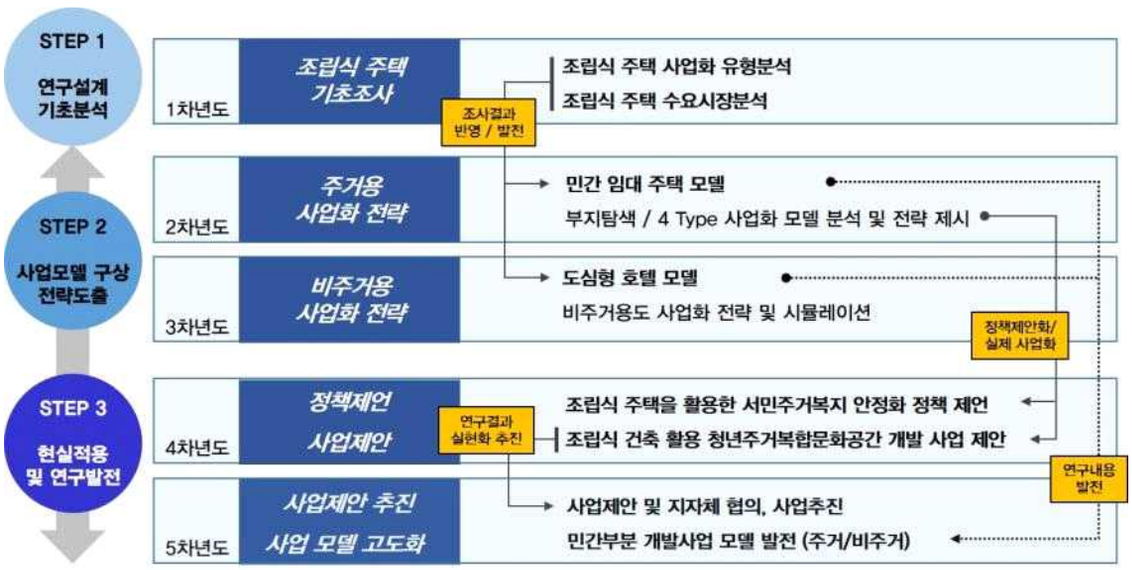
0000. 00. 00

00센터

그림 2.2.16.31 가양 실증단지 운영관리 매뉴얼 표지 및 주요 내용

2) 조립식주택 확대를 위한 민간주도 비즈니스 모델 개발 (서울대)

■ 전체 연구프로세스



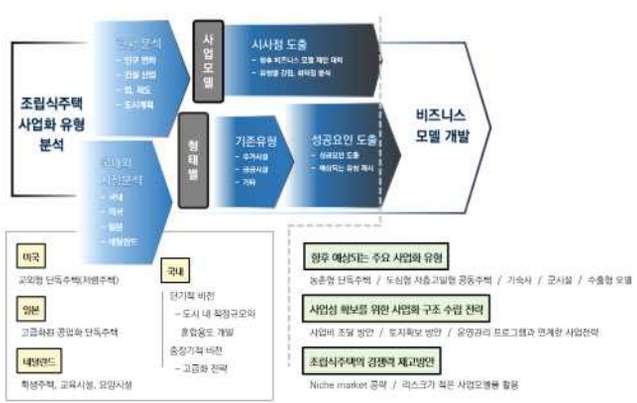
가) 1차년: 조립식 주택 사업화 유형분석

연구목표

- 건설과 부동산 패러다임의 변화와 다양한 장점 등으로 조립식 주택이 주목받고 있음
- 현재 조립식 주택은 국내시장 개척 단계로, 이에 적합한 비즈니스 모델 개발 필요

연구내용

- 조립식 주택 시장의 수요, 공급 관련한 환경변화와 현황분석
- 국내외 기존 조립식 주택 사업유형과 그 성공요인을 파악하여 국내 현황에 적합한 유형 도출
- 개발 사업에서의 경쟁력 확보 전략을 조립식 주택에 적용하여 시사점 도출



최종성과물

- 조립식주택 사업화 유형분석 및 임대주택 수요분석 보고서
- 조립식주택 시장분석 보고서

(1) 해외 조립식 주택 시장 성공요인 분석

(가) 미국 : 교외형 단독주택(저렴주택)

- ㅇ 1950년대 주택 부족 해소를 위해 도입
- ㅇ 저렴주택(affordable housing) 수요의 대안으로 개발, 중산층 수요까지 확산
- ㅇ 최근 뉴욕 등 대도시의 도심지역을 중심으로 마이크로하우징과 복합용도의 대규모 상업시설에 적용되는 등 적용범위가 확장되고 있음

(나) 일본 : 고급화된 공업화 단독주택

- ㅇ 최초 도입은 도시 내 주택난 해소 목적
- ㅇ 주택 보급률 100% 달성 이후, 주택의 질적인 개선요구 높아져 성능 향상을 추구함
- ㅇ 현재 일본의 조립식주택은 대규모 기업들에 의한 고급 주택시장을 이루고 있음
- ㅇ 기술 개발이 아니라 대량생산에 의한 경제성 확보가 시장 장악에 가장 주요하게 작용

(다) 네덜란드 : 학생주택, 교육시설, 요양시설 등

- ㅇ 노동자의 고임금과 기술 발전으로 일찍부터 조립식 건축이 발전
- ㅇ 일반적인 건설 시장에서 대등하게 경쟁함
- ㅇ 주택의 원가 절감 측면의 장점을 바탕으로 시장 내 경쟁력을 유지
- ㅇ 1, 2인 가구 주택을 중심으로 포지셔닝

(라) 해외사례 성공요인 분석

① 공통사항

- ㅇ 공기 단축 및 품질관리, 대량생산으로 인한 공사비 절감, 공업화로 인한 경제성 달성
- ㅇ 공업화로 폐자재 감소 및 유닛 재활용 등의 조립식주택 고유의 특징이 경쟁력으로 작용

② 개별요인

- ㅇ 사회변화와 건설시장 환경변화에 대한 능동적 대응
- ㅇ 각국의 조립식주택 시장은 각 시장 상황과 수요에 적합한 유형으로 발전하여 시장형성

(2) 민간주도 조립식 주택 적합 사업유형 분석

(가) 도심형 공동주택

- ㅇ 공기단축, 경량구조로 기초부담 감소, 주변영향 적어 중저층 공동주거 형태의 모듈러 콤플렉스 공급

① 인구·가구 구조 변화

- ㅇ 3인 이상 가구 비율 감소. 1,2인 소형가구 비율의 급격한 증가
- ㅇ 국내 주택시장 수요 및 공급구조의 대폭적인 변화 예상
- ㅇ 도심 접근성 좋은 다양한 임대주거에 대한 수요 증대
- ㅇ 셰어하우스, 서비스드 레지던스 등 임대주거 성격 다양화

② 도시개발 패러다임 변화

- ㅇ 대단위 재개발 방식 난항 (12~14, 서울 정비구역 156곳 해제)
- ㅇ 기성시가지 정비사업에 사업규모 소규모화 (사업추진 기간 단축, 절차 단순화 장점)
- ㅇ 아파트 보다 기존 도시 조직을 유지하는 저층 소규모 재개발로 조립식주택이 적합

(나) 기숙사

- ㅇ 학생 및 청년 주거문제 대안으로 대학, 지자체 등이 운영하는 공공기숙사 건립 추세(2012년, 9,772억 규모 시장)
- ㅇ 조립식주택의 특징인 모듈화 가능성과 빠른 공기가 시장 내 경쟁력으로 작용가능

(다) 군시설

- ㅇ 군 시설 상당수가 20년 이상 경과된 노후시설, 병영시설 현대화에 대한 이슈 존재
- ㅇ 표준화된 동일시설의 대량공급이 조립식 주택에 적합, 건설의 신속성과 이동가능성이 장점으로 작용
- ㅇ 건축물 수요가 계획적, 안정적으로 예측이 용이하며, 안정적인 사업모델이 될 수 있음

(라) 농촌형 단독주택

- ㅇ 노인가구가 주로 거주하는 농어촌 지역 내 상당 수가 낙후한 노후주택
- ㅇ 그러나 경제적 이유, 자녀세대의 도시거주 등의 이유로 재건축 수요 저조
- ㅇ 신축 기간과 비용 저렴, 향후 이동 및 재사용, 처분에 용이한 조립식 주택의 특성이 농어촌지역 대체주택의 수요에 적합

(마) 수출형 모델

- ㅇ 도시개발 수요가 있는 개발도상국의 노무자 숙소 등을 활용한 수출용 조립식주택 사업화 움직임 존재
- ㅇ 현지자재 및 인력조달이 어려운 러시아, 중동, 동남아, 호주, 아프리카, 중남미 등지에서 임시 주거용 조립식주택 수요존재
- ㅇ 노무자 숙소, 임시주택, 재난 구호주택 등의 수출형 조립식주택 사업화 가능성

그림 2.2.17.1 조립식 주택 사업화 유형분석연구 프로세스

(3) 민간 디벨로퍼 참여 유도를 위한 사업 활성화 전략

(가) 민간주도 조립식 주택 개발사업 활성화 구조

그림 2.2.17.2 민간주도 조립식 주택 개발사업 활성화 구조 개념도

(나) 모듈러 주택 건설 대상 장기저리융자, 공공유휴토지 활용

① 조립식 주택 시장의 확대를 위해서는, 초기 정부의 정책적 지원이 요구

- ㅇ 시대적 흐름(대규모 개발이 아닌 중소규모 개발로의 전환) 상에서, 소프트웨어적 지원으로 장기 저리 금융상품 개발/지원, 하드웨어적 지원책으로 국공유지 활용지원 필요

② 공공의 유휴지 제공은 민간주도 모듈러주택 건설 확대에 크게 기여할 것

- ㅇ 민간 부동산 개발 사업에서 토지구입비는 비용의 20~30%를 차지
- ㅇ 수도권 도심의 공공유휴부지 활용은 모듈러 주택 인식 제고를 통한 브랜드 이미지 구축
- ㅇ 더불어 주택 수요(1~2인 가구의 성장) 및 도시재생 (상대적으로 빠른 공기를 통한 커뮤니티 성격 유지) 정책에 능동적으로 대응을 가능하게 함

나) 2차년: 조립식 주택 확대를 위한 민간주도 비즈니스 모델 개발

연구목표

- 조립식 주택은 국내시장 개척 단계로, 시장 확대를 위해서 민간이 주도할 수 있는 적합한 비즈니스 모델 개발 필요
- 사업 유형별 비교 검토를 통해서 사업화 전략 제시 및 시뮬레이션을 통한 사업성 분석
- 조립식 주택 확대를 위한 사업성 개선방안을 도출하고자 함

연구내용

- 4Type 모델을 통한 조립식 주택 시장의 사업화 전략 및 부지 탐색
- 시나리오 가정을 통한 시뮬레이션 분석
- 대상지 별 사업 비용 및 수입 분석을 통한 사업성 검토
- 시뮬레이션을 민간주도 조립식 주택 시나리오에 적용하여 사업화 개선안 도출

최종성과물

- 조립식주택 확대를 위한 민간주도 비즈니스 모델 개발 연구보고서

(1) 민간주도 조립식 주택 사업화 전략 검토

(가) 민간주도 조립식 주택 확대를 위한 사업화 방안 검토 필요성

① 변화하는 주택 수요에 신축적으로 대응하기 위한 사업전략 모델 수립 필요

② 정책적 필요

- ㅇ 공공의 임대주택 공급을 위한 민간임대주택 장려 의지가 강화되고 있으며, 조립식 주택의 민간시장 확대를 위해서는 민간임대주택에 초점 맞출 필요가 있음
- ㅇ 정부의 세수 부족에 따른 재정 고갈과 공공임대주택 확대를 통한 재정 부담을 줄이고자 리츠 및 펀드 등의 간접자본을 활용한 민간임대 공급의 확대방안이 마련되고 있음

③ 산업적 필요

- ㅇ 현장인력 부족 등의 예견되는 문제를 극복하기 위해 현장의 시공을 최소화할 수 있는 공장생산 기반의 건축시스템인 조립식 주택의 확대가 필요한 시점

(나) 민간주도 조립식 주택 사업화 전략 검토

- ㅇ 민간부문에서 직접적인 사업화 움직임이 나타나려면, 초기비용을 줄이고 수익성이 제고된 사업모델 제시되어야 함
- ㅇ 개발사업의 주요 비용은 토지구입과 건설공사비로 공공유휴부지를 활용하고 모듈유닛(캐빈)리스 방식을 적용한 조립식 주택 사업모델 제안

① 공공유휴부지 활용

- ㅇ 공공유휴부지를 장기 임차하여 토지 확보에 대한 비용 부담을 완화하는 방안 타진

② 모듈유닛 리스

- ㅇ 모듈제작 및 건설업체 측면에서 직접적인 건설비용 감축이 아닌 사업모델 다각화 측면에서 의의

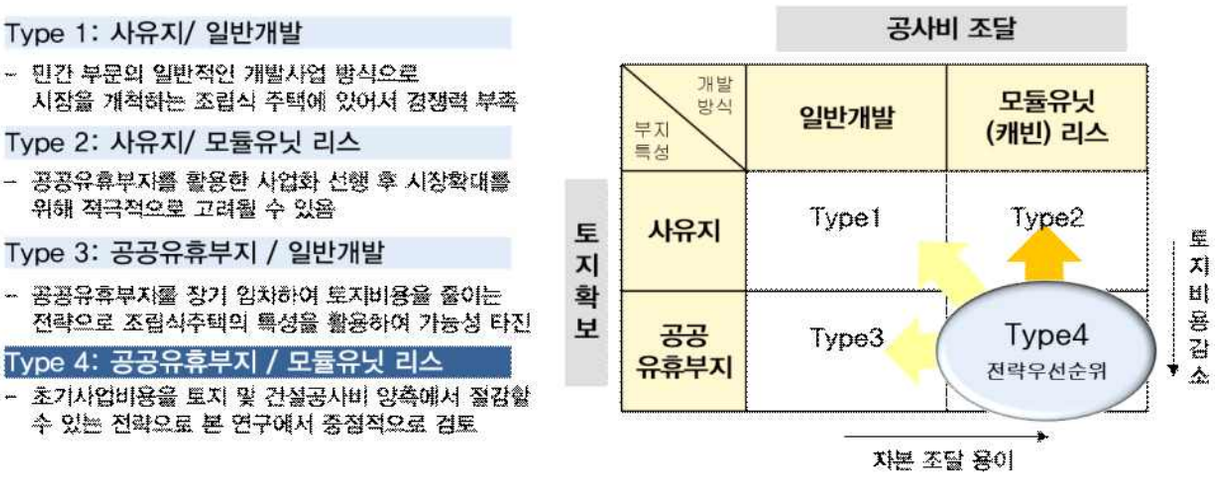


그림 2.2.17.3 4TYPE 사업전략

(2) 사업 적합 부지 탐색

(가) 분석 대상지 분류

㉠ 공공유휴부지 (Type 3, Type 4)

- ㅇ 주거용도 일반 국공유 나대지를 민간에 임대하여 주거용 조립식주택 건설

㉡ 택지개발사업지 (Type 3, Type 4)

- ㅇ 택지개발사업지 중 단독주택, 연립주택, 도시형 생활주택 부지 등 일부 임대하여 민간차원 조립식주택 공급 (향후, 주차장, 근린생활시설 부지도 검토)

㉢ 민간주택지 (Type 1, Type 2)

- ㅇ 저층단독주택지 중 주택 교체가 발생예정인 지역, 조립식주택이 적합한 지역에 사업화 제안(가로주택정비사업지 등)

(나) 공공유휴부지 중 사업 적합 부지 탐색

㉠ 공공유휴부지의 유형화

- ㅇ 교통접근성, 필지 규모 및 형태, 특성, 주변지가 및 임대료 수준 등의 기준에 따라서 기존의 유휴부지를 유형화할 수 있음

㉡ 지역 탐색

- ㅇ 유형화된 유휴부지 조건에 따른 적합 사업 모델 선정 및 수요 분석이 가능
- ㅇ 인구분포, 일자리분포, 대중교통 접근서, 지가 및 임대료 수준, 토지이용, 기존 시장 입지분포 등 수요에 따라서 적합 지역 탐색할 수 있음

㉢ 부지 유형 및 사업화 요건에 따른 중첩필지 중심으로 사업화 검토

- ㅇ 대중교통 접근성과 주요 일자리 분표 및 지가와 토지 이용 등을 반영한 지역 분석을 통하여 부지유형에 따른 사업화 요건에 맞는 중첩필지를 선정할 수 있는 분석프로세스를 제시
- ㅇ 중첩필지를 중심으로 사업화 가능 지역을 선정할 수 있으며, 반대로 확보된 토지를 중심으로 수도권 지역 내에서 다른 경쟁토지와의 비교 검토를 통하여 사업이 예정된 토지의 차별화를 위한 기초자료로 이용할 수 있음

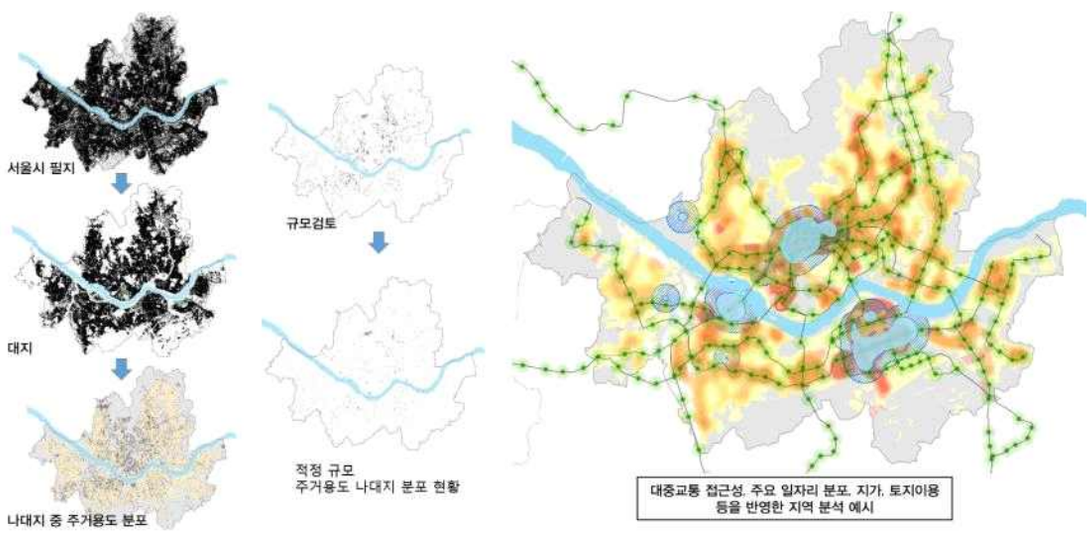


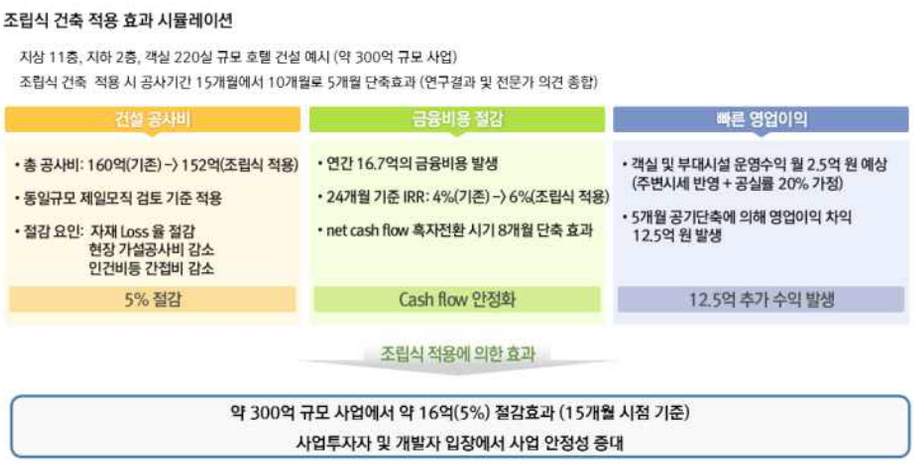
그림 2.2.17.4 사업적합 부지탐색 과정 예시

다) 3차년: 민간주도 호텔용 조립식 건축 사업화 방안

연구목표

- 조립식 건축의 장점과 부동산 시장 분석을 통해, 조립식건축을 활용한 비주거 부동산 개발 가능성 분석 (입지 분석 및 사업타당성 분석)
- 조립식 주택 적용 부동산 개발시장 확대 위해 민간부분(민간투자자/디벨로퍼) 참여가능한 비즈니스 모델 개발

연구내용



- 비주거부문 중 호텔사업에 대한 조립식 건축적용시 민간사업가능성 분석
- 조립식 건축시공시 사업성, 국내 호텔시장 분석 및 사업전략 제시
- 조립식 건축을 활용한 해외 호텔사업 사례 분석, 관련분야 국내 기업 담당자 인터뷰
- 시뮬레이션을 통한 민간주도 도심형 조립식 호텔 사업성 분석

최종성과물

- 조립식건축 시장 확산을 위한 비주거부문 민간주도 비즈니스 모델 개발 연구보고서

(1) 민간주도 호텔용 조립식 건축 사업화 방안

(가) 연구배경

① 조립식 건축 시장 확대를 위한 비주거 부문 사업화 전략 수립 필요

- ㅇ 현재 민간 투자에 의한 국내 조립식 건축 시장은 미비한 상황
- ㅇ 미국, 영국, 네덜란드 등 해외 조립식 주택 시장의 경우 주거뿐 아니라 오피스, 리테일, 호텔, 학교, 병원 등 다양한 비주거 사업모델이 존재
- ㅇ 국내 조립식 건축 시장 확대와 이에 대한 민간 투자 및 사업 활성화를 위해서는 비주거 부분에 대한 조립식 건축 사업모델 개발이 요구되고 있음

② 민간주도 조립식 주택 확대를 위한 산업적 측면의 요구 존재

③ 조립식 건축의 확대 가능성 탐색

- ㅇ 민간주도 조립식 주택 확대를 위한 사업화 방안을 마련 위해 사업화 모델 분석틀 수립
- ㅇ 사업화 가능성을 검토하고 조립식 주택 시장의 확대를 위한 개선방안을 도출이 목표
- ㅇ 이를 위해서 비주거용(호텔)의 조립식 건축물의 사업화 방안을 검토

(나) 조립식 건축의 호텔시장 적용 가능성

① 호텔 시장 특성

㉠ 자본집약적 투자

- ㅇ 높은 초기투자비용으로 진입장벽 존재
- ㅇ 호텔 등급이 높을수록 비용 및 운영원가 상승 (특급호텔, 300억 이상 비용 예상)
- ㅇ 사업초기 토지 및 건축물 등 고정자산 투자 비중이 총비용의 70%이상

㉡ 상대적으로 긴 투자기간, 낮은 자본회전율

- ㅇ 일반 부동산 개발사업에 비해 투입 많고, 영업시작 이전 회수가능 금액 비율 작음
- ㅇ 파이낸스 설계가 사업성에 중요

㉢ 입지 조건의 중요성

㉣ 외부환경요인

- ㅇ 경제여건 및 트랜드 변화에 민감함 (예, 메르스 영향으로 인한 호텔 수입 하락)

■ 호텔 등 개발사업 프로세스

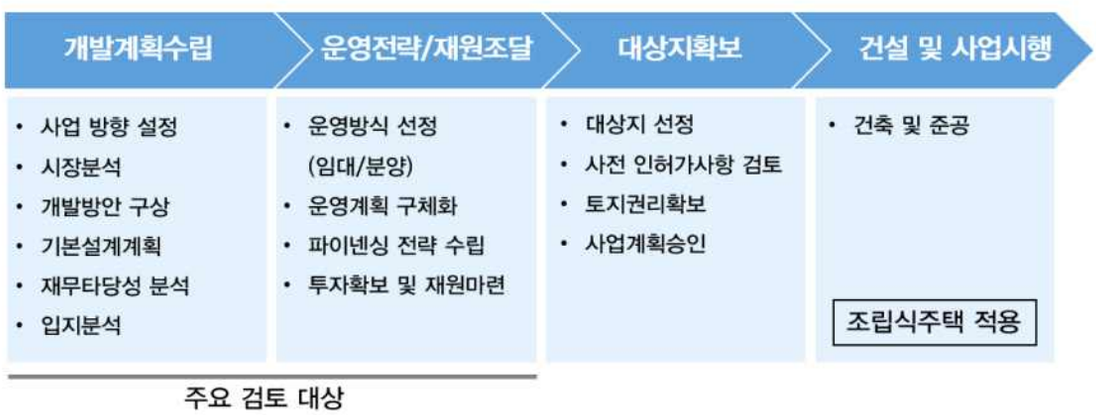


그림 2.2.17.5 개발사업 프로세스와 주요 검토 내용

② 조립식 건축과의 적합성

- ㅇ 주거모듈을 활용하여 객실화에 용이
- ㅇ 규격화된 건축형태로 소규모 민간사업자 입장에서 건축에 대한 부담 경감 가능
- ㅇ 공기단축에 의한 효과적인 사업성 재고 가능
- ㅇ 수요에 대한 즉각적 대응 가능
- ㅇ 주거지역 입지에 있어서 사업적 가능성이 많은 상황에서 짧은 공기로 민원발생 소지 최소화 가능
- ㅇ 상대적으로 취약한 진동 등의 문제에 있어서, 주거용도보다 요구수준 낮음
- ㅇ 해외 사례에서 호텔 등 숙박시설로 활용한 사례 다수

(다) 해외사례 분석

① 도심형 중저가 호텔

- ㅇ 조립식 건축을 활용한 호텔은 최근 빠르게 늘어나는 추세
- ㅇ 주로 영국, 네덜란드, 독일 등 유럽 주요도시와 뉴욕 사례

ㅇ 대부분 젊은 층을 타겟으로하는 중저가의 트렌디한 컨셉의 호텔이 대부분
ㅇ 객실규모가 상대적으로 작고, 객실타입이 많지 않음
ㅇ 지가가 높은 도심 요지에 입지. 공기와 경제성 등 실용적 목적에서 조립식 기술 적용
㉠ citizen M Hotel : 독일 호텔체인으로 7개의 호텔 운영 중
㉡ Moxy Hotel : IKEA와 Marriott의 joint venture 호텔 브랜드, 현재 1개 호텔 운영 중이며 5개 준비 중
㉢ Yotel : 저렴한 트랜디 호텔로 뉴욕, 런던, 암스테르담 등에 입지

그림 2.2.17.6 조립식 건축적용 호텔 해외사례(citizen M)

② 이동식, 이벤트 호텔
㉠ Snoozebox Portable Hotel : 이동형 호텔 시스템, 유럽전역에서 운영 중
ㅇ 음악축제나 스포츠이벤트를 겨냥하여 개발된 이동식 호텔
ㅇ 이동성과 빠른 설치를 특징으로 함

(라) 조립식 건축 적용에 적합한 호텔 사업화 유형
① 국내호텔 산업 현황
㉠ 운영현황 및 특징
ㅇ 대기업 운영 고급호텔 중심
ㅇ 최근 여행업 기업 및 중저가 해외호텔브랜드 국내 진출
ㅇ 중국관광객의 증가와 저가여행상품
ㅇ 내외국인 호텔 숙박객수 증가 추세. 특히, 3등급 호텔 객실이용률 상승
㉡ 서울시 호텔 과부족 및 수요지역 전망
ㅇ 과잉공급 우려에도 불구, 외래관광객의 증가로 과부족 예상
ㅇ 특급호텔 공급이 상대적으로 높으며, 입지 예정 지역이 도심에 상대적으로 집중됨
ㅇ 비즈니스급 또는 중소형 장기투숙 상품에 대한 수요 전망
② 조립식 건축 적용에 적합한 호텔 사업 유형
ㅇ 젊은 고객을 타깃으로 한 트랜디한 컨셉의 도심 비즈니스 호텔
㉠ Yotel과 같은 중소형 규모의 트랜드한 컨셉의 도심형 중저가 호텔에 대한 전망 밝음
ㅇ 특급 호텔의 포화 임박

- ㅇ 트랜드 변화로 인한 개별관광객 증가 추세. 고급호텔보다 중저가 선호
  중저가 도심 호텔 수급부족. 서울 외곽지역 또는 시설이 열악한 시설 이용 증대
- ㅇ 내국인 숙박 사례도 증가 추세, 부대시설에 의한 수익성도 기대

㉡ 조립식 건축 적용성

- ㅇ 적은 수의 객실타입과 소형객실에 적합
- ㅇ 지가가 높은 도심 내 사업에서 효과적
- ㅇ 빠른 수요 대응 가능
- ㅇ 저렴하게 최신기술 및 스타일 적용에 유리

(마) 시뮬레이션 분석 결과

① 프로그램 : 트랜디한 컨셉의 도심 비즈니스 호텔

- ㅇ 현 모듈 유닛은 일반적인 호텔의 평균과 유사한 규모: 1unit (18, single), 1.5unit (27, double, twin), 2unit (36, deluxe)
- ㅇ 서울 및 수도권 시장에서 중소형 규모의 도심형 중저가 호텔 수요 증가, 모듈러 건축의 특장점은 중저가, 중소규모 사업화에 적합

② 사업구조 : 사업주체가 PF금융을 통해 토지 매입 및 건축하여 운영하는 기존 호텔(숙박업) 사업 구조에 건축방식으로 모듈러 건축 적용

③ 사업규모 : 서울시 강남구에 위치한 가상대지

표 2.2.17.1 사업대상 부지 개요

구 분	내 용
대지면적 / 건축규모	830㎡ (약 250평) / 지상11층, 지하2층, 총 객실 수 220
건축면적(건폐율)	496㎡ (약 150평) / 59.76%
연면적(용적율)	6,640㎡(약2,000평) / 800%
사업 준비 기간	약 10개월

④ 사업성 검토

- ㅇ 건설공사비(간접비 포함) : 약 8억 원 절감(5%)
- ㅇ 금융비용 : 건축비에 연동되어 연 0.47억 원 절감
- ㅇ 영업이익 : 공기단축에 의한 영업이익 조기실현 가능. 공기단축에 의한 영업이익 차익 약 7.9억 원
- ㅇ 약 300억 규모 사업에서 약 16억 원(5%) 절감 효과 (24개월 시점 기준)
- ㅇ 사업투자자 및 개발자 입장에서 사업 안정성 증대

표 2.2.17.2 비용 시뮬레이션 요약

비용 구분	내 용 (단위: 천 원)	수익 구분	
토지비	12,660,206	운영수익	1.6억 원/월
건축비	15,185,016		
기타비용	769,285	가정조건	인근 시세 기준 (유사규모 및 수준) 객실 공실률 20%
금융비용	2,088,392		
지출총계	30,702,899		

라) 4차년: 조립식주택 확대를 위한 민간주도 비즈니스 모델 개발

연구목표

- 민간부문의 조립식 주택 개발사업 활성화를 위한 정책적 제언
- 연구 진행된 민간주도 조립식 주택 사업화 모델을 현실 적용 시도

연구내용

〈정책제언〉

- 조립식 주택 시장분석, 전략분석, 관련 기관 및 업체 의견청취사항을 종합하여 '조립식 주택을 활용한 서민주거복지 안정화 정책 제언'작성
- 전략적 접점
  : 서민대상 민간 임대주택 공급의 정책목표와 중저층 도심형 임대주택에 대한 조립식 건축 활용 적합성 일치
- 주요내용
  : 서민대상 민간임대주택에 조립식 건축 적용 경우 개발주체(디벨로터)에 인센티브 제공

〈정책제언〉

〈사업제안〉

- 현 기능이 2018년 만료되어 신규 활용을 검토 중인 서울시 관악구 차고지 부지에 조립식 건축을 적용한 사업제안
- 부지 여건과 주변 수요, 조립식 건축 활용가능성을 고려하여 청년주거 복합문화공간의 성격으로 사업화 계획
- 서울대학교(연구 및 자문), 어반하이브리드(운영 및 기획), ㈜선랩건축사무소(공간개발 및 설계) 등 사회적 성격의 주체들과 컨소시엄 구성

〈사업제안서〉

최종성과물

- 조립식 주택을 활용한 서민주거복지 안정화 정책 제언(관련 공문)
- 조립식 건축 활용 청년주거복합문화공간 개발 사업제안서 및 컨소시엄 구성 서류

(1) 정책제언: 조립식 주택을 활용한 서민주거복지 안정화 정책 제언

(가) 정책목표

① 부동산 가격은 사이클이 존재하는 바, 2014년 이후 현재까지 가격 상승패턴이 나타남. 공급물량 부족으로 인한 전세가(임대료) 상승이 주택가격 상승으로 이어짐

② 이는 중산층 이하의 서민계층의 주거복지에 큰 위협요소로 작용함

③ 이에 중산층 이하 서민계층을 위한 주거복지 정책이 절실히 요구됨

④ 따라서 빠른 시기 안에 적정한 수준의 주택공급이 이루어져야 함

⑤ 또한, 지속가능한 개발의 관점에서 친환경적인 개발이어야 함

⑥ 종합적으로, 적시적이고 적정한 형태의 친환경 · 공익 개발이 요구됨

(나) 정책 요지 및 수혜대상

① 정책요지

- ㅇ 개발주체(디벨로퍼)의 적시적이며 친환경적 그리고 공익적 개발에 인센티브 제공
- ㅇ 공익적 개발: 중산층 이하 서민 대상 임대주택
- ㅇ (건축공법 측면) 적시적이며 친환경적 개발: 조립식 주택(모듈러 주택)

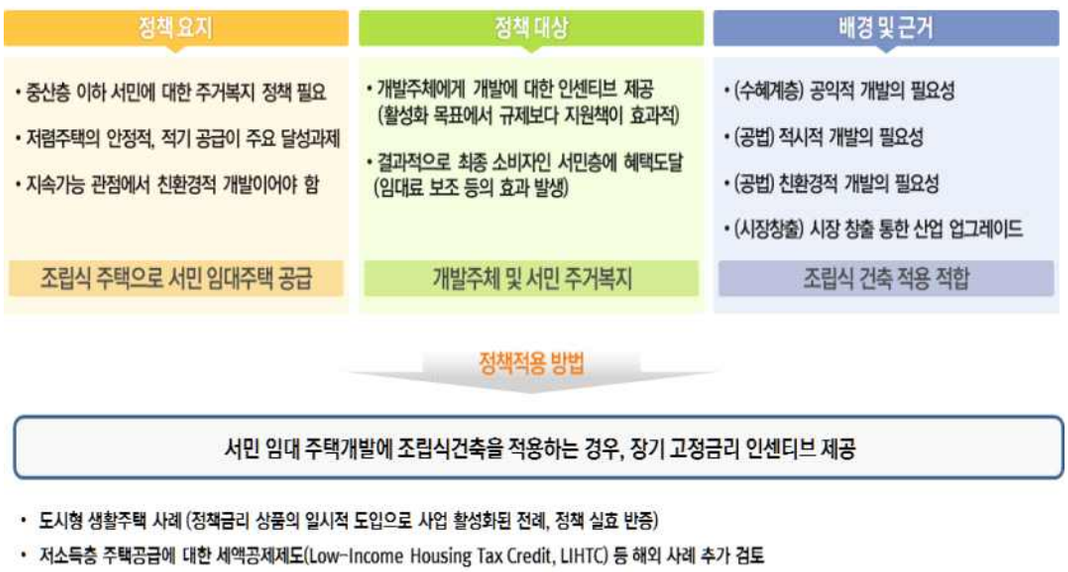


그림 2.2.17.7 정책제언 개요

② 정책수혜대상

- ㅇ 디벨로퍼와 더불어 중산층 이하 서민계층
- ㅇ 기본적으로 디벨로퍼 (민간디벨로퍼, 공공디벨로퍼, 공익추구 민간디벨로퍼 등)에게 인센티브를 제공함
- ㅇ 이러한 인센티브는 상황에 따라 임대료 보조의 형태로 최종 소비자인 서민층에게 도달 가능

(다) 배경 및 근거

① (수혜계층) 공익적 개발의 필요성

- ㅇ 저소득층을 위한 민간 임대주택(대규모 단지가 아닌 현 도심에 적합한 다세대 연립 등)의 공급이 요구됨
- ㅇ 대규모 토지를 도심에서 구할 수 없는 한계 그리고 뉴타운 정책의 폐해 등을 고려할 때, 도시 내부에서 과거와 같은 대규모 철거를 바탕으로 한 대규모 임대아파트 건설은 불가능
- ㅇ 따라서 작은 개발, 적정한 개발을 통해서 건물 단위의 적정 임대주택공급을 통해서 네트워크 효과를 거둬야 함

② (공법) 적시적 개발의 필요성

- ㅇ 서민계층의 주거복지가 심각하게 위협받는다고 하면, 공급은 적시에 빠른 기간 안에 이루어져야 함
- ㅇ 공급기간이 길어지는 경우, 커뮤니티 해체 등의 부작용이 나타남
- ㅇ 따라서, 공급기간이 짧은 공법의 건설시공을 장려해야 함. 조립식 주택이 그 대안임

③ (공법) 친환경적 개발의 필요성

- ㅇ 조립식 주택, 특히 모듈러공법은 환경적으로 지속가능한 건축모델로 주목받고 있음
- ㅇ 조립식 주택은 다음과 같은 친환경적 특장점을 가지고 있음

④ (시장 창출) 조립식 주택 시장 창출을 통한 주택산업 업그레이드

- ㅇ 주택을 건설하고자 하는 디벨로퍼 포함 일반인들은 다세대연립주택 정도의 주택을 제대로 건설하는 실력 있는 시공업체를 찾고 싶어도 찾기 힘든 것이 현실임
- ㅇ 또한, 찾는다고 하더라도 시공업체들이 주택을 제대로 건설 시공하는지를 관리할 방법이 없음
- ㅇ 따라서 대형 건설회사들이 건설하는 아파트가 아닌 일반 서민들이 살고 있는 다세대연립수준의 주택의 품질을 획기적으로 높일 수 있는 방안이 제시되어야 함
- ㅇ 조립식 주택공법은 이러한 부분의 상당한 정도를 커버할 수 있음
- ㅇ 그러나, 조립식 주택 활성화의 선결과제는 규모의 시장을 마련해야 하는 바, 초기에 정부의 적극적인 인센티브 제공을 통해서 조립식 주택 시장 창출을 유도해야 함

(라) 정책적용 방법

: 서민 임대주택개발에 모듈러공법을 사용하는 경우, 장기고정금리 인센티브 제공

- ㅇ 도시형 생활주택 건설시, 한시적으로 건설비용 20년 2% 고정금리 상품을 제공하였음. 그 결과 도시형 생활주택 건설 붐이 일었음
- ㅇ 따라서 서민 주거복지를 위한 모듈러 공법 사용 주택건설에 20년 2% 장기고정금리 상품을 내놓는 경우, 상당한 효과가 예상됨
- ㅇ 현재 모듈러공법은 일반 공법에 비해 14~35% 정도 건설비가 더 드는 상황
- ㅇ 인센티브가 주어지지 않는 경우, 모듈러 공법을 활용한 서민임대주택 건설은 사실상 어려운 상황
- ㅇ 조립식 주택 개발 대한 저금리 제공시, 사업성을 크게 향상시켜 개발을 유인할 수 있음

(2) 민간주도 조립식 건축 사업화 제안

(가) 개요

- ㅇ 2018년 현재 기능이 만료되어 새로운 활용방안 검토 중인 서울시 관악구 차고지 부지를 대상으로 사업화 제안 진행
- ㅇ 연구를 진행한 민간부문 조립식 건축 사업화 모델의 현실 적용을 위해 사업
- ㅇ 조립식 건축의 특장점과 대상지에 대한 지역의 수요를 반영하여 사업구상

표 2.2.17.3 사업대상 부지 개요

구 분	내 용		
위치	서울시 관악구 신림동 131-6 외		
건축면적	1,852 ㎡	연면적	4,629 ㎡
	주거 85세대 2,429 ㎡ | 업무 700 ㎡ | 상업 1,500 ㎡		
개발방식	민간투자 BOT (Build - Own Operate - Transfer)		
개발비용 및 운영기간	약 65억 원 / 시설 조성 후 20년 운영		
개발주체	사회적 기업 컨소시엄 도시융합협동조합 (개발주관사), ㈜선랩건축사사무소 (공동개발사) 민달팽이유니온 (운영협력기관), 서울대학교 환경대학원 '수요자 맞춤형 조립식주택 기술개발 및 실증단지 구축사업'팀 (연구협력)		

(나) 대지분석: 서울시 관악구 차고지 부지

그림 2.2.17.8 사업대상 대상지 개요

(다) 개발전략

ㅇ 공공유휴부지를 활용한 조립식 건축적용 '청년주거복합문화공간' 개발 사업

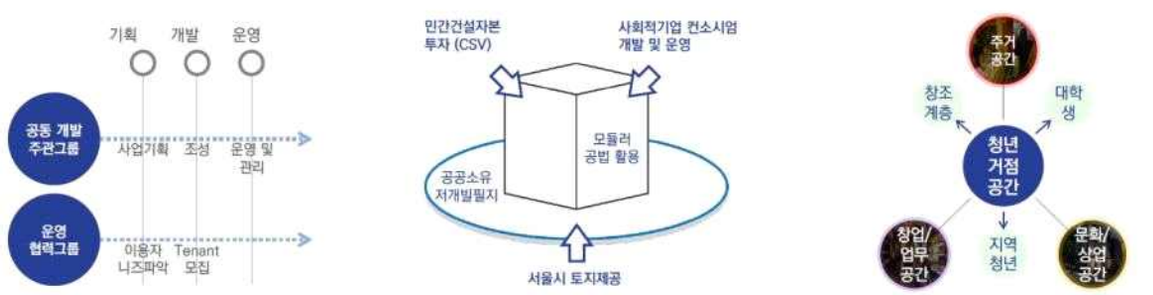


그림 2.2.17.9 개발전략

① 지역 사회적 기업이 실행주체로서 참여, 운영협력그룹이 사전기획 단계부터 참여

ㅇ 지역 기반 사회적 기업으로 구성된 공동개발주관그룹이 사업실행주체가 되어 지역 맞춤형 공간 및 서비스 개발 및 기획

ㅇ 운영협력그룹이 사업기획단계부터 참여하여 예비 사용자의 니즈 조사와 이용자 그룹을 사전조직하여 사업 리스크 최소화

② 공공소유 저개발필지 + 모듈러 공법 활용
- ㅇ 공공 소유 저개발필지를 활용한 개발을 통해 비용절감과 지역분위기 변화
- ㅇ 모듈러 공법을 혼합 활용하여 공기단축으로 수익발생시점 단축
- ㅇ 모듈러공법을 적용하여 변화하는 환경에 대응할 수 있는 조립식 주택, 건축개발

③ 청년생활문화 거점공간 조성을 통한 청년생활문화 이슈 발굴 및 서비스 개발
- ㅇ 대상지를 거점으로 하여, 지속적인 청년공간 창출 및 프로그램 개발·운영
- ㅇ 주거·업무·문화·상업 공간 복합개발/운영을 통해 새로운 청년생활문화 이슈 발굴
- ㅇ 다양한 청년 그룹의 니즈를 바탕으로 청년생활문화 서비스 기획·개발

(라) 사업성 분석

① 사업규모: 64억 7,271만원 (BOT 민간투자사업)
② 운영수익(NOI): 최초 1차년 기준 연 6억 8,500만원 (총 운영수입 8억 4,800만원/ 운영비용 1억 6,200만원)
③ 운영기간: 시설조성 후 20년간 사업자 운영, 운영 이후 서울시 시설양도
④ 민간투자: 15억 원 (CSR 및 Crowd fund)
⑤ 선순위대출: 최초 1차년 약 49억 원 (준공공임대주택 건설자금 지원 최대 50억 원)

마) 5차년: 조립식주택 확대를 위한 민간주도 비즈니스 모델 개발

연구목표

- 주거(서민대상 민간 임대주택)/비주거 부문 조립식건축 적용 사업화 전략 및 시뮬레이션
- 민간투자 활용 공공부지 조립식건축 사업화 추진

연구내용

〈사업모델 및 정책효과〉
- 주거(서민대상 민간 임대주택) / 비주거 부문 조립식건축 사업화 전략
- 조립식 건축 적용 민간부문 개발사업 모델 및 활성화 정책 효과 예측
- 연구결과를 토대로 정책제언의 현실 반영을 위한 연구발전 및 협의

〈사업화 추진〉
- 4차년에 구성된 사업화 컨소시엄을 중심으로 사업제안 속행
- 관악구 및 서울시와 사업화 협의 진행

최종성과물

- 국내논문 1건
- 제안사업 MOU

(1) 사업제안 개요: 조립식 건축 기술을 활용한 동대문 패션 플랫폼 구축

(가) 사업화 제안 배경

① 4차년도 제안 사업 진행 지연

- ㅇ 지방선거와 관련해 관악구의 적극성에 변화
- ㅇ 대상지의 배차문제가 잘 해결되지 않아 해당 부지에 대한 활용 계획이 지연
- ㅇ 서울시와 관악구의 여건 변화로 빠른 진행을 기대하기 어려운 상황

② 대체 사업발굴 및 제안

- ㅇ 개발 계획이 확정되지 않는 부지를 대상으로 모듈러 활용을 제안을 검토
- ㅇ 공공부지 활용 민간의 모듈러 개발 사업

㉠ 서울시 중구 소재 공공부지에 대한 조립식 건축 적용 사업화 제안

- ㅇ 대사 부지의 규모가 크고, 유물 발굴 등 개발 과정이 복잡하여 단계적 개발이 요구됨
- ㅇ 단계적 개발의 초기 단계에 모듈러 기술을 활용이 적합할 것으로 사료됨
- ㅇ 조립식 건축 적용이 사업성 확보에 용이할 것으로 판단. 관련한 사업 전략 제안

(나) 대상지 개요

- ㅇ 서울시에서 '패션혁신허브'로 활용 계획하여, 서울시 경제진흥본부에서 사업 추진

표 2.2.17.4 사업제안 대상지 개요

구 분	내 용
위치	서울시중구신당동193-29 외
대지면적	22,318 ㎡
건축가능면적	13,390 ㎡(60 %)
최대연면적	133,908 ㎡(600 %)
용도지역지구	일반상업지역, 중심지미관지구, 지구단위계획구역, 가로구역별최고높이제한지역, 4대문안, 중점경관관리구역
프로그램구성	주거40% + 업무40% + 상업20%

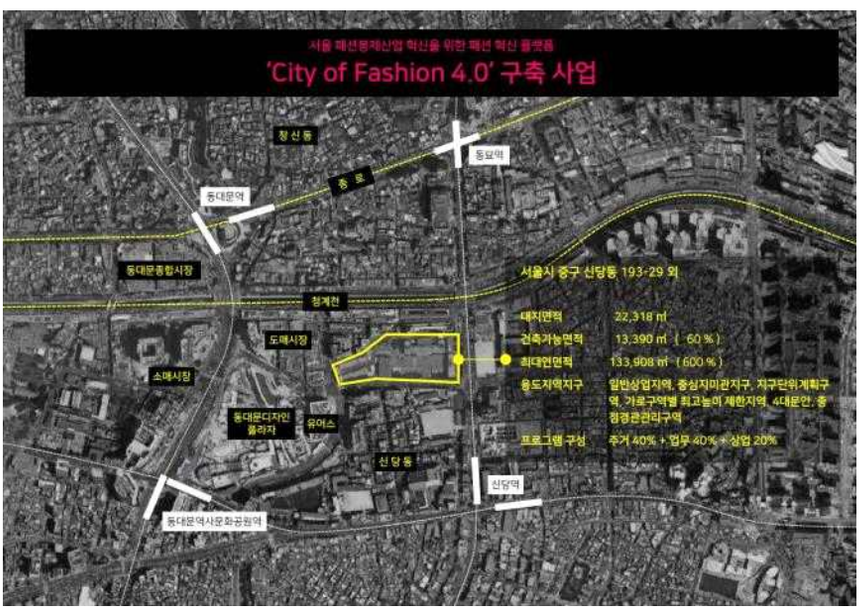


그림 2.2.17.10 사업대상 대상지 개요

(2) 사업 비전

(가) City of Fashion 4.0

- ㅇ 일반적인 패션산업가치사슬은 연구개발-디자인-생산-마케팅이 선형으로 구성
- ㅇ 온라인 환경의 변화와 소비자 소비성향의 변화와 함께 패션산업 가치사슬은 디자이너 (동대문시장인디브랜드포함)를 중심으로 한 별모양으로 재편되고 있음
- ㅇ 공공의 역할은 네트워크를 활성화 할 수 있도록 지원 구조와 내용을 재정비
- ㅇ 새로운 산업 가치사슬에 따라 봉제업체들이 국내생산을 할 수 있는 수요를 발굴하는 산업전략이 필요
- ㅇ 디자이너와 봉제업체간 결합을 전제로, 디자이너의 좋은 콘텐츠를 중심으로 성과를 높일 수 있는 전후방 연계 지원이 필요

(나) 사례분석

① The Made in NY Campus (The Sunset Park, Brooklyn, NYC)

- ㅇ 지불가능한 가격으로 패션제조업, 영화/영상미디어 제작, 관련된 비즈니스 서비스산업을 위한 최적의 시설 제공을 통해 창의적 제조산업 지원
- ㅇ 뉴욕시에서 고부가가치산업으로 빠르게 성장하고 있으나, 새로운 공간을 찾아 뉴욕을 떠나고 있는 영화, TV 프로덕션 회사를 위한 공간 제공

- ㅇ 뉴욕 제조업의 30%를 차지하고 있으나 글로벌 경기침체와 함께 해외생산을 고려하고 있는 의류제조업에게 small white-box spaces 제공
- ㅇ 운영프로그램 : 패션디자인/패션제작/디자인개발 관련 서비스업, TV&미디어 산업, 교육/R&D, 외식산업

② Fashioning Poplar (London)

- ㅇ 패션과 마케팅 허브로써, 패션디자인, 창업, 제조 등을 촉진하기 위한 공간
- ㅇ Abbott Road and Brion Place의 81개 버려진 창고(2,000㎡)를 개조하여 패션과 창작공방 중심 센터로 탈바꿈
- ㅇ 70여개의 패션디자인과 테크 관련 지역기업들을 위해 제조, 인큐베이터, 기술, 적정가격의 스튜디오 공간으로 구성
- ㅇ 지역주민이 함께 이용할 수 있는 카페, 이벤트 공간, 정원공간제공
- ㅇ 믿을 수 있고 접근이 용이하며 야심찬 산업을 포플라 지역으로 가지고 오고, 이를 통해 첫 2년간 40개의 지역 일자리 창출을 목표

(3) 프로그램 구성

① 디자인-제작-쉐어팩토리
② 패션비즈니스 업무공간
③ 쇼룸 및 마켓플레이스
④ 리테일

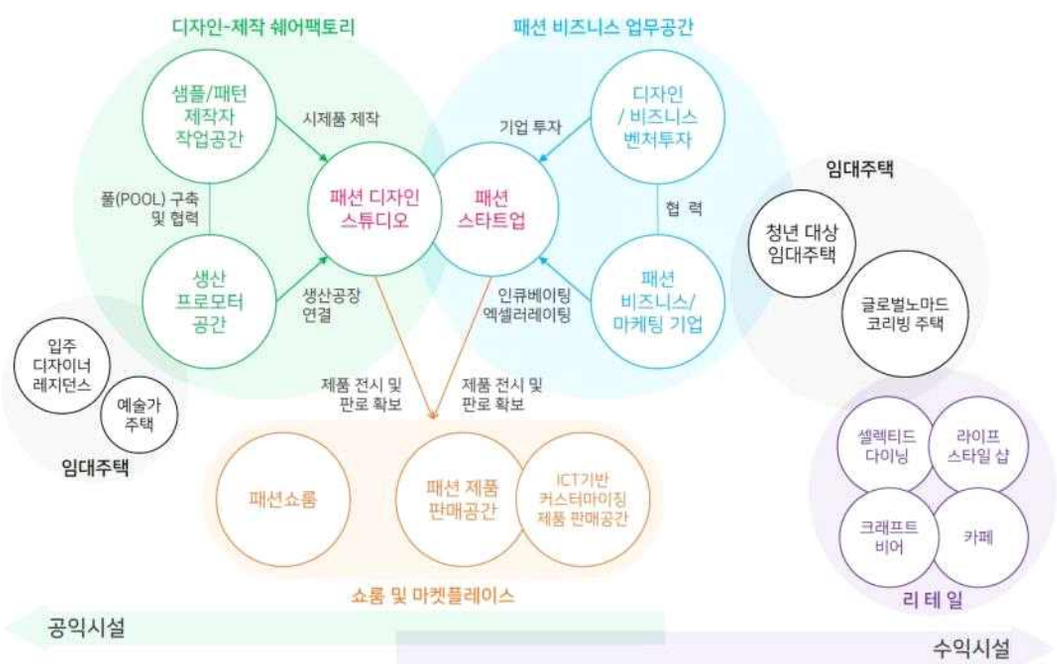


그림 2.2.17.11 사업제안 프로그램 구성

(4) 개발 전략

① 4차산업 육성과 도시재생 지원을 위한 전략적 툴로 활용

- ㅇ 4차산업 비즈니스 육성을 위한 모듈러 기술 활용
- ㅇ 새로운 산업 지원과 다양한 크리에이터 그룹과의 협력을 통한 도심제조업의 새로운 패러다임 제시
- ㅇ 지역기반 기업가정신 함양 지원과 신규비즈니스를 실험할 수 있는 장소 제공
- ㅇ 다양한 제작자, 크리에이터의 네트워크 구축, 서비스 비즈니스가 연계될 수 있는 제작 플랫폼 공간 마련

② 공공디벨로퍼 주도 지속가능한 사업구조 실현

- ㅇ 운영측면: 사이트전체를통합기획, (개발) 관리, (미래건물보유및) 운영총괄조직
- ㅇ 금융측면
  - : 출자개발을 통해 자체 자산을 레버리지로 활용
  - : 민간투자 유치(일부 매각 또는 장기임대) 및 다양한 협업 시나리오 가능
  - : 자체자산(수익형+비수익형) 내 다양한 시설 간 교차보조 구현
  - : 지속적인 운영 가능을 통해 공익 실현과 금융의 지속가능성 해결

③ 조립식 건축의 특성을 활용, 단계적 개발을 통한 유물 발굴 및 조사

3) 조립식 주택 실증단지 홍보방안 (SH공사)

■ **전체 연구프로세스**

가) 1차년: 실증단지 구축 홈페이지 구축 및 다큐멘터리제작 기획

연구목표

- 실증단지 홍보를 위한 홈페이지 구축 및 다큐멘터리 제작기획

연구내용

- 홈페이지 구성안 및 계획안 수립
- 다큐멘터리 제작업체 선정 및 지침화
- 조립식주택 해외 사례집 발간 기획

최종성과물

- 서버구축 1건
- 기획서 발간 방침서(보고서) 1건

(1) 조립식주택 홍보 마스터플랜 수립

(가) 조립식주택 홍보 키워드

그림 2.2.18.1 조립식주택 홍보 키워드 요약

(나) 조립식주택 홍보 수단

① 모듈러주택 홍보관, 실증단지 구축, 다큐멘터리, 모듈러주택 R&D 홈페이지, 모듈러주택 해외사례집, 세미나 개최, 전문가 포럼 개최를 통해 시민과 지자체 공무원 등에 적극적 홍보

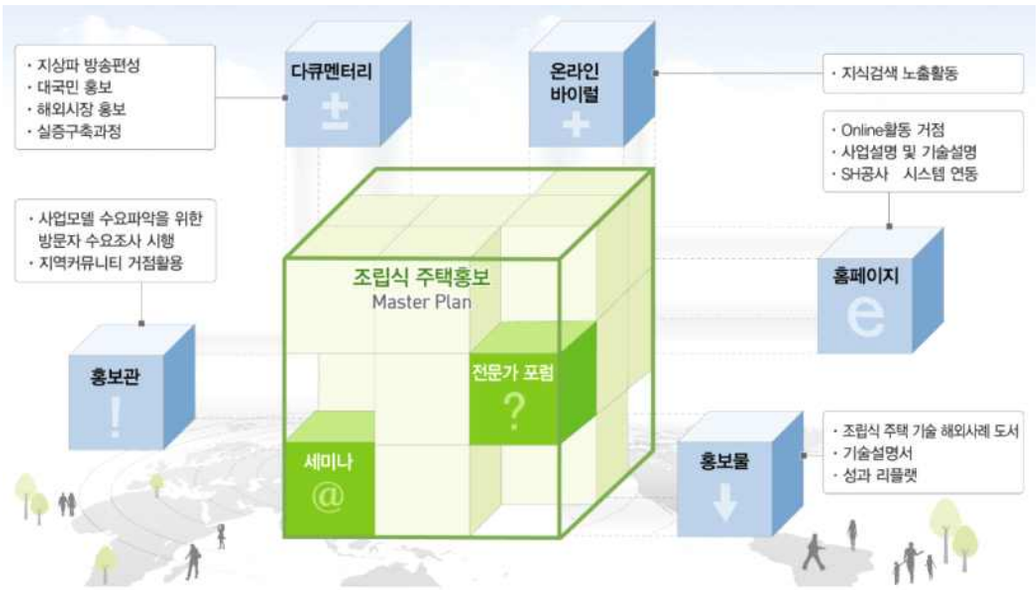


그림 2.2.18.2 조립식 실증단지주택 홍보 방법

(다) 연차별 홍보계획

표 2.2.18.1 조립식 실증단지 연차별 홍보계획

세미나	1년차	2년차	3년차	4년차
	국내외 기술현황 홍보 :국제세미나 개최	**실증단지 추진홍보 :세미나 개최**	**실증단지 구축홍보 :국제세미나 개최**	**연구결과물 중심홍보 :세미나 개최**
전문가 포럼·학술대회	■ 국내 학술대회 참여	■ 해외 관련기관 초청 :전문기술포럼 개최	■ 기술실증 성과검증 :산학 합동포럼 개최	■ 투자확대를 위한 전문기업포럼 개최
홍보물	■ 홍보물 구성 기획 ■ 조립식주택 해외사례조사	■ 홍보물 제작/운영 :조립식주택 해외사례집	■ 실증홍보물 제작/운영	■ 성과홍보물 제작/운영
다큐멘터리	■ 다큐멘터리 기획 ■ 제작업체/방송사 섭외	■ 다큐멘터리촬영 ■ 자료수집	■ 다큐멘터리 편집/완성	■ 다큐편성 및 방송
R&D 홍보관	■ 홍보관 운영사례 조사	■ Mock-up 활용계획수립 ■ 홍보관 인테리어 계획	■ 홍보관 구축 (방문자 모니터링 시행)	■ 홍보관 운영 (지역커뮤니티공간 활용)
홈페이지	■ 홈페이지 기획·서버구축	■ 홈페이지 제작/개발 :오픈, 업데이트	■ 홈페이지 업데이트 ■ 주택공급 창구 활용	■ 성과자료 업데이트

(2) 조립식주택 홍보관 구축계획 수립

(가) 홍보관 운영사례 조사

① 국내 홍보관 운영사례 조사

ㅇ 행정중심복합도시 홍보관, 서울 도시모형영상관, 청계천 문화관, 아시아 문화중심도시 홍보관, 주택체험관사례((XI 갤러리, 힐스테이트 갤러리, 푸르지오 벨리), 에너지 및 과학기술 체험관 사례(3L 하우스, 그린 투모로우, 에너지 녹색실험관)

② 국외 홍보관 운영사례 조사

ㅇ 건축박물관 DAM(독일), 브뤼셀 리빙 투머로우(벨기에), 파리 아스날관/건축문화유적박물관 Cite(프랑스), HDB 갤러리/URA 시티갤러리(싱가포르), 상하이 도시계획관(중국)

(나) 조립식주택 홍보관 구축방향 검토

① 위치 : 각 실증단지 내 위치

② 용도 : 연구기간 내에는 홍보관으로 사용 (종료 후 임대주택 주민공동시설로 활용)

③ 규모 : 모듈 2~3개 unit사용

(3) 국토교통부 조립식주택 R&D 실증단지 홈페이지 개발완료

(가) 홈페이지 개발의 필요성

① 모듈러 주택의 대국민 인식 개선을 위한 온라인 홍보 도구 수단 필요

② 모듈러 공공임대주택 실증단지 구축 홍보 및 관리운영 수단 필요

③ 모듈러 주택의 시장 활성화를 위한 관련기관간의 온라인 네트워크 구심점 필요

④ 모듈러 관련 R&D 연구성과의 공유 및 국내외 기술개발 현황 소개의 장 필요

(나) 홈페이지 주요 구축내용

① 모듈러주택 기술소개 : 모듈러 주택에 대한 개념 및 사업의 방향과 범위

② R&D 과제 소개 : 연구의 배경, 필요성, 대상, 범위, 조직, 연차별 내용 등

③ 실증계획 : 실증목표, 수요자, 공법, 실증, 연구내용 및 성과

④ 실증단지 계획 : 대상지, 사업추진일정, 수서실증단지, 가양실증단지, 공급계획 등

⑤ 자료실 : 국내외 모듈러 기술 사례, 연구성과 자료실, 기술자료실 등

⑥ 커뮤니티 마당 : 공지사항, 입주자 커뮤니티, 연구진 게시판 등

그림 2.2.18.3 홈페이지 메인 화면

(4) 조립식주택 해외사례집 기획안 및 사례조사 연구

(가) 조립식주택 해외사례집 발간방향

① 기본방향

㉠ 조립식주택 R&D 연구를 수행하면서 파생되는 각 기관별 해외 기술정보 수록

㉡ 조립식주택 R&D 국외출장으로 수행하고 발생된 각 기관의 조사결과물을 수록

㉢ 조립식 주택과 관련 국내 전문가 및 해외 전문가들의 원고작성을 통한 구성

② 주요내용

㉠ 해외 모듈러주택 시장의 흐름

㉡ 주요 국가별 모듈러 주택관련 제도 현황(임대주택 제도, 발주제도 등)

㉢ 사업모델, 유지관리, 기술수준 등에 과한 각 사례별 조사 내용

㉣ 국내 모듈러주택 활성화를 위한 정책/기술적 시사점

(나) 해외사례집 기관별 역할 및 자료조사 범위

표 2.2.18.2 해외사례집 작성 내용 및 담당기관 요약

국가/목적	담당기관	모듈러 관련 정책 및 제도	사업모델 및 관리	사업시장	사례	기술현황 (공법의 특징)	비고 (외부의뢰)
미국	KICT	●			●	●	
	서울대		◎	●	●		
네덜란드	서울대	◎	●	●	●	◎	
독일	SH	◎	◎			◎	외부일부 의뢰
호주, 뉴질랜드	SH	◎	◎			◎	외부일부 의뢰
영국	KICT					●	
	SH	◎	◎		◎		
스위스	KICT	◎				●	
일본	KICT	◎				●	
	서울대	◎		●	●		

※ 내용 작성 방법 : ● 출장 보고서, ◎ 추가자료조사 필요

(5) 실증단지구축 다큐멘터리 기획 및 방송국 협의

(가) 다큐멘터리 기획의도

① 국책과제 “수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축”의 수행에 따라 건설된는 수서, 가양 모듈러 공공임대주택을 건설하기 위한 기술 및 공사 전 과정을 다큐멘터리로 제작하여 방송함으로써 국민들에게 모듈러주택에서의 삶의 모습을 그려볼 수 있도록 하기 위함

㉠ 세계는 지금 1인가구의 시대

㉡ 1인가구 증대에 따른 소형 주택 공급정책에 대한 필요성 대두

㉢ 국토교통부에서 추진하는 모듈러 하우스 건설 계획

㉣ 새로운 시대를 열어줄 모듈러 하우스의 장점

㉤ 저렴주택, 불량주택 같은 오해를 없애줄‘착한 주택’모듈러 하우스

㉥ 미국, 일본, 미국 등 선진국인 이미 모듈러주택이 한창!

㉦ 2014년 국내 최초 시도, 조립식 공공임대주택 기술과 현장의 모습을 담기 위함

(나) 제작범위

① R&D 과제소개

㉠ 과제 추진 배경(국내 여건, 현 정부의 정책방향)

㉡ 모듈러주택에 대한 개념소개(R&D 과제 소개 등)

㉢ 모듈러 주택 기술 소개(현재 국내 기술 수준, 개발 목표 등)

② 국내 기술수준 소개

㉠ 국내사례 : SH공사 공릉동 희망하우징, 서대문구 천연동 대학생 기숙사, 민간 모듈러 기숙사(민간) 등 약 5개 사례 소개

- 해외 기술수준 및 동향 소개 (※ 해외촬영 부분 필요)
- 모듈러 기술의 주요 선진국은 영국, 미국, 일본, 독일, 네덜란드 정도 임

㉡ 실증사업 공사(제작 및 시공) 촬영

- 모듈러 공장제작 부분
- 모듈러 현장시공(이동, 설치 및 조립)

㉢ 시범사업 준공 후 주택성능 테스트 부분 촬영

㉣ 입주 후 주민 만족도 인터뷰

- 입주계층 : 대학생, 사회초년생, 신혼부부

㉤ 인터뷰 부분

- 정부관계자, 과제수행자(기술부분, 공사부분, 제작부분)
- 해외사례 조사인터뷰
- 실증단지 조립식주택 실 입주자 만족도

(다) 다큐멘터리 개요

① 방송타이틀(안) : 30일간의 기적, 모듈러 하우스!

② 제작기간(예상) : 약 1년(2015.2 ~ 2016.2)

③ 방송횟수 및 시간(안) : 50분 기준 1회 (방송사에서 기획안을 보고 최종판단 및 변경가능)

④ 특수조건 : 지상파 방송 조건(MBC, KBS, SBS, EBS)

⑤ 필요예산 : 약1억 5천만원~2억원

(라) 다큐멘터리 제작순서

- 기획회의 ▷ 기획안 및 구성안 작성 ▷ 섭외 ▷ 촬영구성안 작성 ▷ 촬영 ▷ 편집 ▷ 최종 원고 작성 ▷ 특수영상 제작 및 자막작업 ▷ 음악·음향 작업 ▷ 내레이션 더빙 ▷ 종합편집

(마) 다큐멘터리 추진방향

① 다큐멘터리 제작목적 : 조립식주택 R&D 실증단지의 홍보 및 오해 풀기

② 다큐멘터리 방송편성 목적 : 국민들에게 조립식주택을 통한 새로운 도시의 모습, 주거지의 모습, 그 속에서의 행복한 삶의 모습을 보여주기 위함

③ 다큐멘터리 추진방향 : 외주를 통해 제작 후 방송국 섭외 방식보다 방송국에 직접 의뢰하는 방식으로 추진 (사유: 현실적으로 방송편성 가능한 방식 고려)

(바) 검토방송국 : EBS

① KBS·MBC·SBS 등을 검토함

나) 2차년: 홍보방안 수립 및 해외 사례집 발간

연구목표

- 홍보관 관리계획 수립
- 홈페이지 오픈
- 해외 사례집 발간

연구내용

- 홍보관 관리운영계획 수립
- 조립식주택 해외사례집 발간
- 다큐멘터리 제작방송사 계약체결
- 홈페이지 개발완료

최종성과물

- 홈페이지 1건
- 해외사례집 도서 1건
- 보고서 1건

(1) 국토교통부 조립식주택 R&D 실증단지 홈페이지 개발완료(오픈)

(가) 홈페이지 개발의 필요성

① 모듈러 주택의 대국민 인식 개선을 위한 온라인 홍보 도구 수단 필요

② 모듈러 공공임대주택 실증단지 구축 홍보 및 관리운영 수단 필요

③ 모듈러 주택의 시장 활성화, R&D 연구성과 공유를 위한 온라인 네트워크 구심점 필요

(나) 홈페이지 구축 모습(디자인)

그림 2.2.18.4 조립식주택 R&D 실증단지 홈페이지 안내

(다) 홈페이지 구축 시스템

① 위치 : SH공사 홈페이지에 연결(주소: http://175.202.108.109/sh/main/main.jsp)

② 오픈일시 : 2015.4.6 (SH공사 홈페이지 개편시기와 연동)

③ 향후 추진계획

ㅇ 3차년도부터 홈페이지 운영, 실증단지 계획안 확정에 따라 콘텐츠 업데이트

(2) 실증단지 홍보관 관리운영계획 수립

(가) 홍보관 구축 기본방향

① 위치 : 각 실증단지 내 위치
② 용도 : R&D 연구기간 내에는 홍보관으로 사용(종료 후 임대주택 주민공동시설로 활용)
③ 규모 : 3m×6m모듈 2개씩 사용(6m×6m)
④ 전시방법 : 벽면전시 + 영상물전시 + 모형전시

(나) 홍보관 전시구성 프로그램

① 수요자 맞춤형 조립식주택 R&D 사업 소개 : 벽면판넬 및 영상물(다큐멘터리 상영)
② 수서실증단지 소개(기술적 특징 및 적용기술, 실증방법, 추진사항) : 벽면판넬 및 모형전시
③ 기술소개 1(적층식 모듈러공법 설명) : 벽면판넬 및 부분모형, 소형 영상판넬
④ 기술소개 2(infill식 모듈러공법 설명) : 벽면판넬 및 부분모형, 소형 영상판넬

(다) 홍보관 운영방법

① 연구기간 내 : 비상근 관리인력 배치
② 연구기간 종료 후 : 주민자치위원회 운영을 통한 임대주택 주민공동시설로 활용

(3) 다큐멘터리 제작을 위한 용역계약 체결

(가) 기획방향

ㅇ 국책과제 “수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축”의 수행에 따라 건설되는 수서, 가양 모듈러 공공임대주택을 건설하기 위한 기술 및 공사 전 과정을 다큐멘터리로 제작하여 방송함으로써 국민들에게 모듈러주택에서의 삶의 모습을 그려볼 수 있도록 하기 위함

(나) 제작범위

① 조립식주택 R&D과제 소개
② 조립식주택 국내·외 기술수준 소개(국내사례, 국외사례 및 기관방문 후 기술소개)
③ 수서모듈러 실증사업 공사(제작 및 시공)촬영
④ 준공 후 성능테스트 결과 및 입주만족도 인터뷰
⑤ 연구과제 수행자 및 정부관계가 인터뷰

(다) 제작추진방식 ▶ 외부용역을 통한 제작

① 입찰방법 :『지방자치단체를당사자로하는계약에관한법률시행령』에 따라 공개경쟁 전자입찰 (협상에 의한 계약)로 시행
② 공고방법 : 전자공고(조달청G2B 및 공사 홈페이지)
③ 발주처 : SH공사 도시연구소
④ 추진방향 : 외부제작, 방송국제작 모두 가능, 단 방송편성에 대한 보증 필요

(라) 용역계약(체결사항)

① 계약체결업체 : 미정(2015.3.5 기준)
② 용역입찰공고액 : 98,700,000원 (계약체결액 : 미정)
③ 용역기간 : 착수일로부터 365일

(4) 조립식주택 해외사례집 발간

(가) 발간 배경 및 목적

ㅇ 실질적으로 본 과제를 수행 하면서 수반되는 국내외 조식 주택 정책/제도, 사업모델, 시장여건, 시공사례, 기술현황 사례에 대한 DB를 보완하여 조립식 주택의 국내 현황 및 국외기술 현황을 파악할 수 있는『모듈러주택 해외사례집』발간하고자 함

(나) 해외사례집의 필요성

① 모듈러 주택 연구를 진행하면서 수반되는 국외 모듈러주택 자료의 DB화 필요

② 모듈러 주택의 대국민 인식 개선을 위한 오프라인 홍보 수단으로 활용

(다) 해외사례집 목차 및 주요내용

① 해외사례집 사례 국가 : 모듈러 건축 선진 국가

ㅇ 미국, 호주, 뉴질랜드, 일본, 영국, 독일, 스웨덴

② 해외사례집 목차 및 담당자

표 2.2.18.3 해외사례집 목차 및 담당자 요약

목차			저자(집필)
1부. 모듈러주택의 개념	국내의 모듈러 주택 현황 및 개념		KICT 임석호 선임연구위원
			SH공사 고아라 연구원
2부. 국가별 모듈러주택 사례	1.미국	계획, 기술, 사례	KICT 이창재 박사, 한양대 안용한 교수
		시장분석	서울대 김경민 교수 이석준연구원
	2.호주	제도, 현황, 사례	멜버른대 Clare Newton, 숭실대 유해연 교수
	3.뉴질랜드	제도, 현황, 사례	PrefabNZ CDO Pamela Bell
	4.일본	제도, 현황	Masa Noguchi
	5.영국	제도, 현황, 사례	SH공사 김진성 연구원, 고아라 연구원
	6.독일	제도, 현황, 사례	Thomas Bock 교수
	7.스웨덴	제도, 현황, 사례	SH공사 김진성 연구원, 고아라 연구원

(라) 해외사례집 주요내용

④ 국내의 모듈러 주택 현황 및 개념

㉠ 모듈러주택의 개념정의, 국내 모듈러주택의 제도 및 시장

㉡ 국내. 군막사위주의 모듈러시장에서 벗어나 주택공급의 새로운 유형으로 시도중

ㅇ 미국 : 세계에서 가장 높은 32층 모듈러건축 사업 진행 중

ㅇ 호주 : 조립식주택의 사업을 위한 금융적 지원과 정책적 지원

ㅇ 뉴질랜드 : 개발이 제한된 도심지의 새로운 주택공급의 대안으로 모듈러주택 추진

ㅇ 일본 : 자동화 설비방식의 모듈러 생산방식, 고급화 주택 등 다양화된 사업구조

ㅇ 영국 : MMC(공산생산 패널 모듈러)방식의 소규모의 모듈러 사업모델의 우수한 사업성

ㅇ 독일 : 주택성능의 향상에 초점에 맞춰 생산되는 모듈러 방식

ㅇ 스웨덴 : 나무재료를 이용한 모듈러시장 활발, 국가주도의 이민자 거주용 모듈러주택 추진

(마) 해외사례조사를 위한 국외출장 시행

① 출장개요

㉠ 목적 : 조립식주택의 해외 선진기술, 사례 및 관련기관 방문, 저렴주택으로서의 모듈러주택 활용 가능성 조사, 조립식 공공주택 구축 사례 방문

㉡ 기간 : 2015.2.22~2015.3.1, 6박 8일

㉢ 국가 : 스웨덴(스톡홀름, 내쓰셔), 영국(런던, 버밍험)

㉣ 출장자 : SH공사 건설사업처 배양수 차장, SH공사 도시연구소 김진성 연구원

② 국가별 방문기관

표 2.2.18.4 국가별 방문기관 및 주요내용

도시	방문기관, 사례	주요내용
스웨덴 Nassjo	Flexator社의 브리핑 및 공장견학	-나무재료의 모듈러 조립방식(3D) -기본유닛+수요자 맞춤형 설계 가능 -주요수요 : 오피스, 유치원, 학교, 기숙사 등의 용도 공급
	Tracentrum社의 브리핑	-나무와 관련된 회사들로 위원회를 구성,유지되는 협회 -협회이자 기술교육원 기능, 지자체가 중심적 역할을 함
스웨덴 Stockholm	TEMPORENT社의 브리핑 및 사례	-임대주택을 공급하고 렌트하는 민간임대회사 -모듈러주택에 대한 표준모델이 구현, 저렴하게 렌트하여 운영 -스웨덴 전국적으로 지사가 확보되어 있음
	Linsbak社의 시공현장	-주택을 전문적으로 제조, 시공하는 회사 -5층 규모의 모듈러 제작현장 방문 -비용을 줄이고, 모듈러 시공과정에서의 철저한 관리 시행중
	SOLLEED社의 브리핑(자문)	-고강도 콘크리트를 사용하는 2D방식의 모듈러제조 회사 -스톡홀름의 노후주택 리모델링사업 진행 중 -고강도 콘크리트의 장점은 가볍고 CO2를 저감시킨다는 것
	BOVERKET社의 브리핑(자문)	-스웨덴의 주택시장의 분위기 설명 : 현재 버블시장 -지자체에서는 임대보다 분양으록 공급하고싶어함 -스웨덴은 EU로부터 이민자들이 연간10만명씩 입국중, 이를 위한 특별법이 시행중이고 이들을 위한 주택으로 모듈러주택을 추진중
영국 Birmingham	Accord Group의 브리핑 및 공장견학	-MMC방식의 모듈러 조립방식 사용, 사업성이 우수한 것으로 판단 -제조공장의 자동화시스템의 중요성, 소규모 최적화 생산라인
	Aston대학의 전문가 자문 및 사례	-아스톤 대학의 하이브리드 방식의 모듈러 기숙사 사례 -화장실, 외벽조립 모듈러방식으로 고층가능 -영국과 한국의 모듈러 방식의 비교
영국 London	영국건축연구소(BRE)의 사례	-영국에서의 모듈러의 위치, 등장배경, -향후 모듀러주택의 기술방향 등 -innovation park 내의 모듈러 시범주택 견학
	도심 모듈러 사례	-스틸, 스톤을 사용한 중층규모의 모듈러주택 -적은 비용으로 입면을 디자인한 아이디어 사례

③ 시사점 및 활용계획

㉠ 영국, 스웨덴 모듈러사업의 시작은 건설산업의 신뢰에서부터 시작하고 있음

㉡ 유럽에서는 모듈러주택을 배경이 사회적 요구(필요, 문제해결)에 의해 시작되었기 때문에 모듈러의 명확한 장점을 활용하고 있음(이동가능성, 기후여건, 공사현장, 숙련공 부족 등)

㉢ 분명한 것은 모듈러의 장정을 살리기 위해서는 표준화된 최적화 평면과 그 조합이 제시되어야 하고 이에 맞는 생산설비가 자동화되는 것이 비용을 줄이기 위한 선결과제라고 봄

㉣ 본 출장의 결과를 활용하여 국내에서 사회가 요구하는 모듈러주택의 방향에 맞는 최적화된 사업모델을 제시하도록 할 것임

(5) 조립식주택 브랜드 네이밍 개발

(가) 필요성

① 조립식 주택에 대한 부정적인 국내 인식

② 1차년도 과제평가결과에 따른 평가위원들의 네이밍 개발의 필요성 요구

③ 네이밍 개발을 통해 향후 관련 사업 및 실증단지에 적용, 이미지 개선 효과

(나) 개발 목표

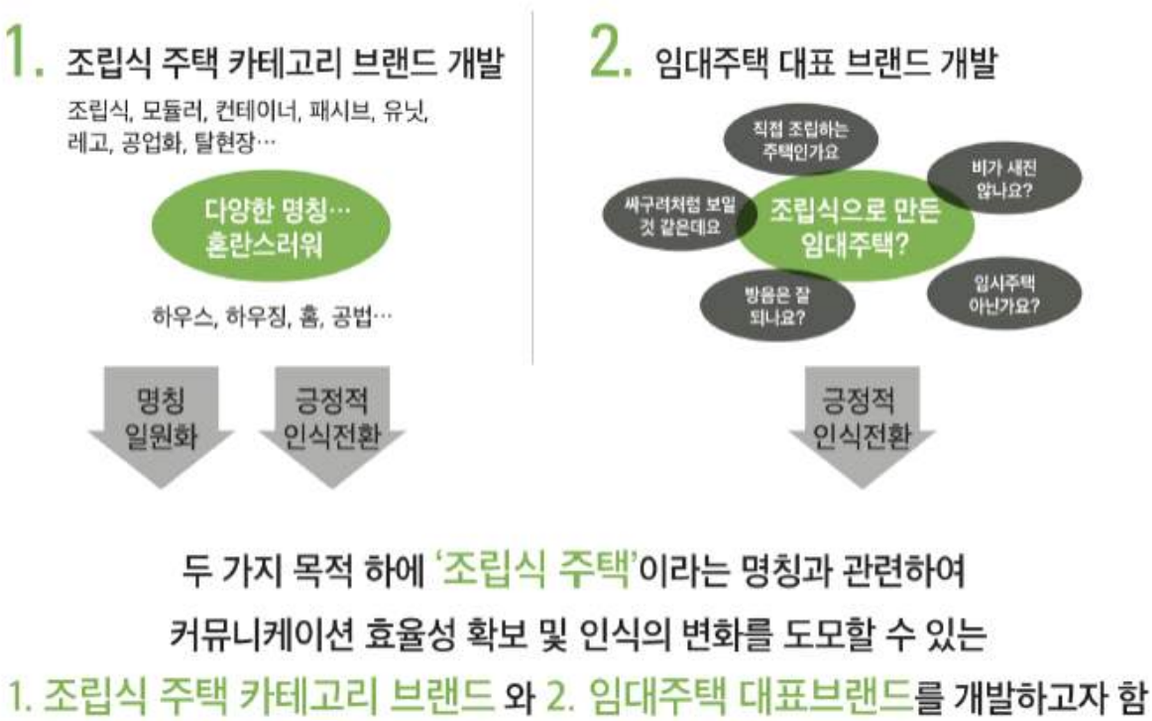


그림 2.2.18.5 조립식주택 네이밍 개발목표

(다) 추진방법

① 네이밍 개발 전문업체 용역 및 홍보전문가 활용

② 개발기간 : 2015.2 ~ 2015.4

③ 진행일정

그림 2.2.18.6 네이밍 개발 진행일정

(라) 네이밍개발 내용 (3/6, 중간보고 기준)

① 조립식 주택 카테고리 브랜드 개발(안) 검토

그림 2.2.18.7 조립식 주택 카테고리 개발(안)

② 네이밍 검토안 : 주택의 성격을 친근하게 + 공법의 기술력을 전문적으로

그림 2.2.18.8 유형별 네이밍 후보(안)

③ 네이밍 후보(안) : 주택의 성격을 친근하게 + 공법의 기술력을 전문적으로

그림 2.2.18.9 네이밍 후보 이미지

④ 네이밍 후보(안) 사내 및 R&D 연구진 설문조사 시행 : 2014.3.16.~20

[브랜드 선정을 위한 설문조사]

안녕하십니까? 본 설문은 조립식 주택의 새로운 브랜드 개발을 위하여 작성된 것입니다.
후보안에 대한 평가와 선호도를 조사하기 위하여 작성된 것이오니 잠시 시간을 내시어 응답해 주시면 감사하겠습니다.

조립식 주택의 부정적인 이미지를 쇄신하며
국민들에게 친근하게 소구할 수 있는 주택 브랜드

아래에 제시되어 있는 3개 브랜드 후보안을 살펴보시고 아래 문항에 답해주십시오

A. THE 品 HAUS 더품하우스

- 품: 두 팔을 벌려서 안을 때의 가슴, 따뜻한 보호를 받는 환경을 비유적으로 이르는 말
  品: 품격, 품위, 질, 성질, 가지런히 하다
- 품질 좋은 주택으로 당신을 따뜻하게 품다
- 정관사 The를 붙여 임대주택 거주자들에게 '더 따뜻한' 보금자리를 마련하겠다는 의지
- 한자어 '品'의 형태를 활용하여 각 유닛들이 쌓아 올려진 모습을 시각적으로 형상화

B. MODUGA 모두가

- Modu-Module-모두(빠짐이나 넘침이 없는 전체) + 家
- 모두가 행복한 조립식 주택
- 국문으로 다양한 커뮤니케이션 가능, 주택 형태에 따라 확장 용이
  (ex. 사회초년생, 젊은부부 타깃- 모두가 SMART, 도시근로자 타깃- 모두가 HAPPY...)
- 영문으로는 Module공법을 내포, 자연스러운 인식의 전환을 유도

C. syskan 시스칸

- System(체계, 시스템, 순서, 방식, 규칙, 조직...)
- Kan-칸(집의 칸살의 수효를 세는 단위, 일정한 규격으로 둘러막아 생긴 공간, 박스)
- 맞춤형 가구 등에 활용되는 'system'이라는 키워드로 '칸칸마다 잘 짜여진', '1, 2인 가구' 위주로 소형 설계된 조립식 주택의 특장점을 표현
- 영문과 국문의 조어화를 통해 생경한 이미지 전달, 강력한 개성 확보

- SH의 조립식 주택에 적용 시 가장 적절하다고 생각되는 후보안은 무엇입니까?

_____

- 선호 이유는 무엇입니까?

_____

그림 2.2.18.10 네이밍 개발 후보안 설문지

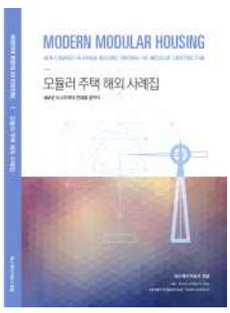
다) 3차년: 조립식주택 홈페이지 구축 및 다큐멘터리 편성계획 수립

연구목표

- 조립식주택 홍보를 위한 실증단지 다큐멘터리 촬영 및 홈페이지 운영

연구내용

- 국토교통부 조립식주택 R&D 실증단지 홈페이지 운영
- 가양실증단지 홍보브로셔 제작
- 실증단지 구축 관련 다큐멘터리 촬영
- 실증단지 다큐멘터리 방송편성 계획수립
- 조립식주택 해외사례집 도서발간 및 배포
- 해외사례집 도서 1권



최종성과물

- 해외사례집 도서 1권
- 홍보물 1건

(1) 국토교통부 조립식주택 R&D 실증단지 홈페이지 운영

(가) 홈페이지 운영 개요

① SH공사 홈페이지에 연결되어 운영 중에 있음

② 주소 : http://175.202.108.109/sh/main/main.jsp

(나) 홈페이지 운영 내용

① 실증단지 사업추진일정 및 실증단지 계획안 업데이트

② 모듈러주택 브랜드 개발 내용 업데이트

③ 모듈러주택 보급 및 확대방안에 대한 내용 업데이트

(2) 조립식주택 해외 사례집

(가) 해외사례집 발간의 배경 및 목적

ㅇ 실질적으로 본 과제를 수행 하면서 수반되는 국내외 조립식 주택 정책/제도, 사업모델, 시장여건, 시공사례, 기술현황 사례에 대한 DB를 보완하여 조립식 주택의 국내 현황 및 국외기술 현황을 파악할 수 있는‘모듈러주택 해외사례집’을 발간하였음

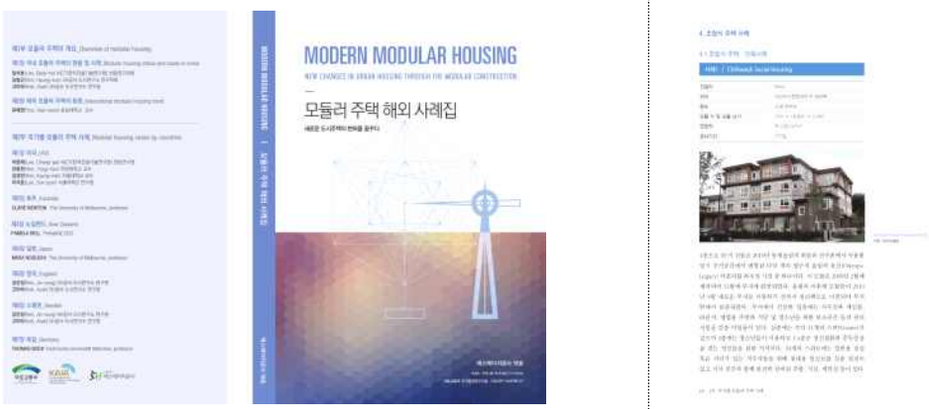


그림 2.2.18.11 해외사례집 도서발간

(나) 모듈러 주택 해외사례집 도서발간

① 도서등록일 : 2015년 6월 30일

② 도서등록번호 : ISBN 978-89-967968-7-9-93540

(다) 모듈러 주택 해외사례집 홍보관련

① 국립중앙도서관과 서울도서관에 납본 완료(`15.7월)

② 국토부, 진흥원, R&D연구기관, 서울시 등 관련 기관에 1차 배포 완료

③ 2016 국토교통과학기술대전 배포예정

(3) 실증단지 다큐멘터리 제작

(가) 다큐멘터리 제작 개요

① 용역명 : 조립식 주택 다큐멘터리 제작 및 송출 용역

② 제작방향

㉠ 전 국민을 대상으로 하는 다큐멘터리를 제작하여 '국책과제'인 조립식 주택 실증단지 건설 기술의 우수성과 미래 청사진 확인

㉡ 일반인들이 관심을 가질 수 있는 아이템을 발굴하고, 조립식 주택에 대해 관심을 불러일으킬 수 있도록 제작

③ 계약기간 : 2015년 4월 10일 ~ 2016년 4월

ㅇ 실증단지 사업지연으로 인해 제작기간 연장으로 인해 2017년 4월까지 계약연장 검토 중

④ 다큐 방송송출 :"MBC다큐프라임"방송 송출 예정 (방송 6개월전 계약 진행 예정)

(나) 진행사항

표 2.2.18.5 국내 전문가 인터뷰 목록 및 내용

일자	인터뷰	내용
15.07.15	한국건설기술연구원 / 임석호 박사 인터뷰	- 모듈러주택 실증사업 및 전반적인 기본 내용 인터뷰
15.07.13	한국건설기술연구원 / 백정훈 박사 인터뷰	- 모듈러주택 일본 사례 인터뷰
15.08.07	한양대학교 / 안용한 교수 인터뷰	- 모듈러주택 일본 사례 인터뷰
15.07.27	호주 멜버른대학교 / 마사노구치 교수 인터뷰	- 모듈러주택 해외 사례 (호주, 일본) 인터뷰

표 2.2.18.6 국내 다큐멘터리 촬영 내용

일자	촬영	내용
15.05.25	수요자 맞춤형 조립식주택 기술개발 및 실증단지 구축 컨소시엄 (3차년도 1차 워크샵)	- 각업체별 실증 분과 발표 현장 및 토론회 현장 촬영 - SH공사 이영민 책임연구원 인터뷰
15.05.25	모듈러 건축물 내력 시험 현장	- 모듈러 건축물 내력 시험 현장 촬영 - 한국건설기술연구원 배규옹 박사 현장 인터뷰
15.07.27	숭실대 프리팹 건축 세미나 현장	- 건축 관련 세미나 발표 현장 촬영 - 일본 마사노구치 교수 세미나 발표 촬영 - 마사노구치 교수 인터뷰
15.09.24	수서역 행복주택 부지 촬영	- 행복주택 부지(공영주차장) 옥상 촬영 - 수서역 인근 촬영 (교통 현황, 주변 건물 등) - 수서역 인근 상인 인터뷰 (인지도, 인식 조사)
15.09.24	수서 행복주택 주민 2차 설명회	- 수서 주민설명회 현장 촬영 - 반대시위가 벌어지는 현장 및 중단되는 현장 촬영 - SH공사 담당자 인터뷰 (행복주택을 수서에 짓는 이유, 행복주택이란)
15.10.22	수서 행복주택 주민 3차 설명회	- 주민설명회 현장 촬영 - PT설명과 질의응답 촬영
15.10.29	한국건설기술연구원 내화 실험현장 촬영	- 내화실험현장 촬영 - 자재 내화강도 증명 화면 및 관계자 인터뷰

① 해외사례조사를 위한 국외촬영 시행

㉠ 출장개요

- ㅇ 목적 : 모듈러주택의 해외 사례 및 관련기관 방문, 관련 담당자 인터뷰와 완성모듈러 주택 촬영 및 실거주자 인터뷰를 통해 모듈러주택의 시장성과 모듈러주택의 실제 생활상 촬영
- ㅇ 기간 : 1차- 2015.9.21.~2015.9.25. / 2차-2015.10.25.~2015.10.28
- ㅇ 국가 : 미국 (워싱턴 D.C / 뉴욕)
- ㅇ 출장자 : 촬영팀, 현지코디, 이태인PD, SH공사 도시연구소 이영민 책임연구원(2차만)

표 2.2.18.7 해외 촬영지 목록 및 내용

도시	촬영지	내용
미국 워싱턴D.C.	워싱턴 D.C. 중심지	- 워싱턴 D.C. 전경 촬영
	OFF-SITE CONSTRUCTION EXPO	- 미국 모듈러 시장 및 세계 모듈러 시장의 현황과 동향 파악
미국 뉴욕	뉴욕 중심지	- 뉴욕 전경 촬영
	N Architects	- My Micro Unit 제작 사무실 방문 및 모듈러 주택 건설담당자 인터뷰 진행
	Gluck +	- The Stack 설계업체 방문 및 모듈러 주택 관련 담당자 인터뷰
	The Stack	- 모듈러 주택 외부 스케치
	Atlantic B2 Project	- 모듈러 주택 외부 스케치
	My Micro Unit NY Project	- 모듈러 주택 외부 스케치

My Micro Unit NY Project　　The Stack　　Atlantic B2 Project

그림 2.2.18.12 해외 촬영 대상 주요 건물(모듈러 건축물)

ⓔ 해외 관계자 인터뷰

도시	관계자	내용
미국 워싱턴D.C.	University of Utah, Ryan E Smith 교수	- 유타대 건설학과 교수 - 미래 모듈러 주택의 변화와 모듈러 주택의 기능적 부분에 대한 설명 인터뷰
	The National Insititue of Building Science, Ryan M. Colker, J.D.	- 미국 건설산업의 전반적인 소개와 변화 미국 건설산업 내에서 모듈러 주택 건설 소개 기존 건설방법과 모듈러 건설과의 차이점 등 인터뷰
미국 뉴욕	N Architects, Eric Bunge 대표	- My Micro Unit 건설에 대한 전반적인 인터뷰
	Gluck+, Peter Gluck 대표	- The Stack 건설에 대한 전반적인 인터뷰
	The Stack 주민	- 실제 모듈러 주택 생활에 관한 인터뷰

(다) 4차년~5차년 촬영 진행 내용

표 2.2.18.8 4차년~5차년 국내 촬영 내용

장소	장소	내용
기존 모듈러	공릉동 기숙사	- 기숙사 내부 촬영 - 기숙사 외관 촬영 및 주변 촬영 - 실제 기숙사 학생 인터뷰
	포스코 외국인 기숙사 '뮤토'	- 모듈러 내부 촬영 - 외관 촬영 및 주변 촬영 - 거주 외국인 인터뷰 - 포스코 담당자 인터뷰
	천연동 꿈꾸는 다락방	- 기숙사 내부 촬영 - 기숙사 외관 촬영 및 주변 촬영 - 실제 기숙사 학생 인터뷰
신축 모듈러	가양단지	- 모듈러주택 건설과정 촬영 - 건설 담당자 인터뷰
	수서단지	- 모듈러주택 건설과정 촬영 - 건설 담당자 인터뷰
사전 조립공장	천안/송도/부산 조립공장	- 천안/송도/부산 모듈러주택 생산공정 촬영 - 사전 조립과정 촬영 - 업체별 특징적 생산 방법 촬영

표 2.2.18.9 4차년~5차년 해외 촬영 내용

국가	장소	촬영 내용
일본	일본 모듈러 업체	- 모듈러 주택 업체 공장 촬영 - 업체 담당자 인터뷰
	도쿄	- 일본 내 모듈러주택 인식조사 - 일본 전문가 인터뷰

(4) 언론사 홍보 및 노출

① 해외사례집 도서 책소개 : 도서출판 건축문화 2015년 11월

② 수서 행복주택 관련 내용 KBS 방영 : 2015.12.1. 10시 “시사기획 창”

③ 수서 실증단지 제2차 주민설명회(`15.9.24) 관련내용 및 모듈러 행복주택 사업 설명, 소개

그림 2.2.18.13 조립식 국책과제 언론 방영 사례

라) 4차년: 실증단지 홍보물 제작 및 다큐멘터리 기획방안 수립

연구목표

- 조립식주택 실증단지 홍보물 업데이트
- 다큐멘터리 제작 기획방안 수립

연구내용

- 실증단지 홍보물 제작
- 다큐멘터리 제작 기획 계획서 완료

최종성과물

- 홍보방안 보고서 1건

(1) 가양 실증단지 브로셔 업데이트

㉠ 용도 : 가양 실증단지 홍보물

㉡ 주요내용 : 사업개요, 조감도, 도면, 기술소개 등

그림 2.2.18.14 가양 실증단지 브로셔 표지

(2) 다큐멘터리 재구성 기획(안)

(가) 프롤로그 - 새집으로 이사하는 사람들

① 새집으로 이사하는 사람들의 모습

㉠ 이삿짐이 도착하고 집에 입주하는 사람들의 모습

㉡ 가양 모듈러 주택으로 이사하는 사회초년생 팔로우 (이곳에 사는 게 어떨 것 같냐는 질문에 대한) 입주자들의 반응

(나) 서울에 사는 사람에게 '주택'이란 어떤 의미인가?

① 시대의 흐름에 따라 변한 주택의 변화

㉠ 기존의 한국의 집, 외국의 집 등을 예시로 (주변 환경과 그 당시 기술에 의해 만들어진 살기위한 과거의 집)

㉡ 17세기, 18세기~ 19xx 최초 아파트 -〉 19xx 아파트 유행 혹은 현대부분만 다루든. 그 후 주택은 우리의 기호, 우리의 바람에 맞춰 진화를 거듭했다. (각종 주택의 모습) 특히 '서울'은 엄청난 발전을 이뤄냈다. 그리고 최근에 서울의 전세난, 월세난을 구해낼 새로운 주택들이 속속 등장하고 있다. 우리가 소개할 주택도 특별한 점이 있다. 바로 '모듈러다'이 주택이 원하는 특별한 사람들은 누구일까?

그림 2.2.18.15 다큐멘터리 영상 도입부 예시 영상

② 현대의 주택난, 우리는 왜 서울에서 살아야 하는가!

㉠ 현대사회 주택난의 가장 큰 피해자!

- 서울에서 꼭 일해야 하는 사람들은 누구인가?
- 그리고 그 사람들이 원하는 주택이란 어떤 공간인가

㉡ 이 시대의 주택난 문제를 살며시 보여줌. (비싼 집값, 전세난)

- " 전셋집은 찾기가 어렵고, 집은 살 여력이 없어요 " - (신혼부부)
- " 지방에서 올라와서 사는데... " - (대학생)

㉢ 그들의 삶에 가장 필요한 부분은 사실 '금전적'인 문제가 가장 클 수 있다는 점. 그리고 지금 당장 바로 서울에 살고 싶다는 것이다.

(다) 모듈러 주택에 가기 전 살던 당신의 삶은?

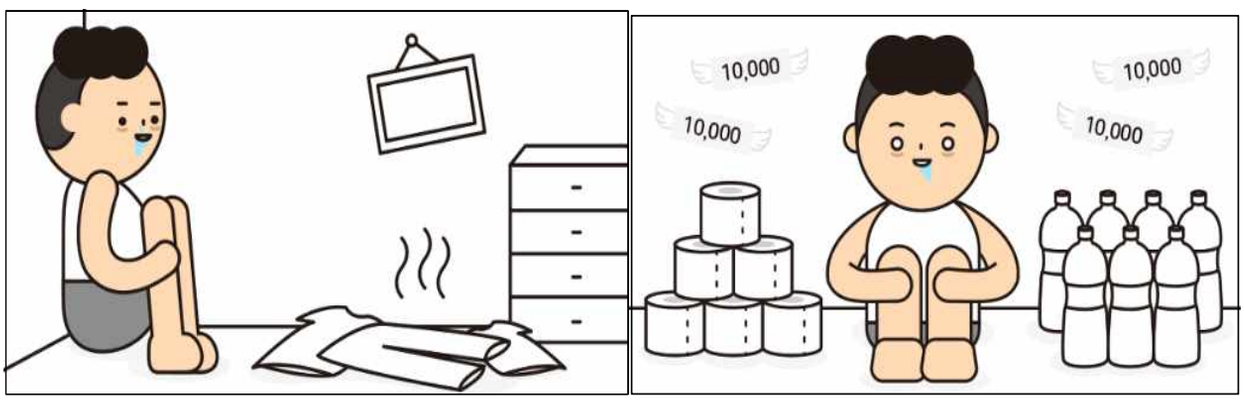


그림 2.2.18.16 사회초년생의 내 집 마련 관련 예시 영상

① 가양 모듈러 주택 들어가기 전의 당신의 삶은? (사회초년생)

㉠ 사회생활 초년생 : 집 활용도 거의 없음

- “자는 일 외에는 집에서 생활하는 시간이 너무 적음.”
- "비싼 가격이 부담됨. 식사는 거의 회사에서 아니면 집에서는 인스턴트“

② 가양 모듈러 주택에 들어가게 된 사람들의 이야기가양 모듈러 주택에 들어가게 된 사람들의 이야기

㉠ 가양 모듈러주택 분양 추첨

- 기대감을 품고 온 사람들의 모습, 그리고 그 기쁨

㉡ 그런데, 이 사람들은 들어가게 될 주택이 조금 ‘특별한’ 곳이라는 것을 알까?

㉢ 모듈러 주택에 대한 반응, 궁금증!

- “모듈러 주택이 뭔가요?” ‘이 이름도 특이한 이 ‘미래주택에 살고 있는 특별한 사람들이 있다.’

(라) 미래주택에 거주하는 사람들

① 연극인을 위해 지은 특별한 집 ‘모듈러’

㉠ 우리는 이 특별한 주택이 궁금하다. 도대체 어떤 특별함이 있는 걸까?㉡ 입주자 연극인들 인터뷰

- 가장 필요했던 것이 바로 ‘住’ 잘곳, 쉴곳이었다.
- 모듈러라는 특별한 공간보다 더 놀라운 건 지어지는 속도와 가격이다.

㉡ SH공사 관계자 인터뷰

- 기대효과? 연극인의 주거사다리 역할, 지역주민과 소통의 공간, 마을공동체 문화 창출

㉢ 마무리 : 지역과 공동체에 문화예술을 전파하는 연극인들의 모습 (공연 장면)

그림 2.2.18.17 조립식 주택에 대한 설명 관련 예시 영상

② 한국인이 생각하는 모듈러 '주택'이란?

㉠ 시민 인터뷰 (부정적 인식이 많음)

- 오래살기에는 적합하지 않다. 내구성 의심이 간다. 못 사는 사람들이 임시로 사는 집.

㉡ 부정적인식으로 인해 성장이 더딘 모듈러 주택

- 국내 모듈러 시장 (CG)
- SH공사 인터뷰 (공공주택 모듈러 공급 시 겪는 어려움들)- 국내 모듈러 시장이 더디게 성장하고 있다.
- 그렇다면 세계의 모듈러 시장은 어떨까?

(마) 미국의 고층 공공 모듈러

① 미국의 모듈러 시장 그리고 세계 모듈러 시장의 현황

㉠ 규모가 큰 EXPO 현장 (Offsiteconstruction Exopo 행사 스케치, Expo 담당자 인터뷰)

그림 2.2.18.18 해외 모듈러 학회 및 EXPO 관련 예시 영상

㉡ 미국의 모듈러 시장, 세계 모듈러 시장 (CG, 그래프)

㉢ 건축 시장에서 모듈러의 위치는? (Keynote Speaker 인터뷰)- 미국 건설산업의 전반적인 소개와 변화, 건설 산업 내에서 modular 주택건설 소개, 미래 모듈러 주택의 변화와 모듈러 주택의 기능적 부분에 대한 설명

㉣ 한국, 세계 모듈러 시장에 관한 관심 (현대엔지니어링 인터뷰)- Expo를 찾은 한국 엔지니어를 통해 한국이 가지고 있는 모듈러 시장에 전망과 미래.

② 그 중에서도 뉴욕이 고층 모듈러 주택을 짓는 이유?

㉠ 뉴욕의 모듈러 시장 (CG, 그래프)

㉡ 환경적 요인 (NYC 공무원 인터뷰)

- 서울과 흡사한 뉴욕의 지역적, 환경적 요인.
- 땅값이 비싸고 인건비가 비싸기 때문에 모듈러가 적합하다.
- 그 적합성으로 인해 계속해서 모듈러가 뉴욕에서 지어지고 있다.

③ 욕의 모듈러는 어떻게 지어질까?

그림 2.2.18.19 뉴욕 My Micro Unit 관련 예시 영상

㉠ 모듈러가 지어지고 있는 모습(MY MICRO UNIT 외관 촬영)

- 일반 주택이 지어지는 모습과의 차이점. 모듈러의 특징들을 그림으로 (철골을 박거나 틀을 만드는 작업이 아닌 통째로 옮겨다 위에 얹는 모습 등)
- 모듈러의 특징 (N Architects – 엔지니어, 컨설팅, 디자인팀 인터뷰)– 각자 파트에 따라 모듈러의 특장점에 대해 인터뷰 (기술적인 부분)
- 시공업체 입장으로서 모듈러의 특장점 (시공업체 담당자 인터뷰)– 한국으로 따지면 포스코나 스타코와 같은 시공업체의 입장을 들어본다.

(바) 실제 조립식 주택에서의 삶은 어떨까?

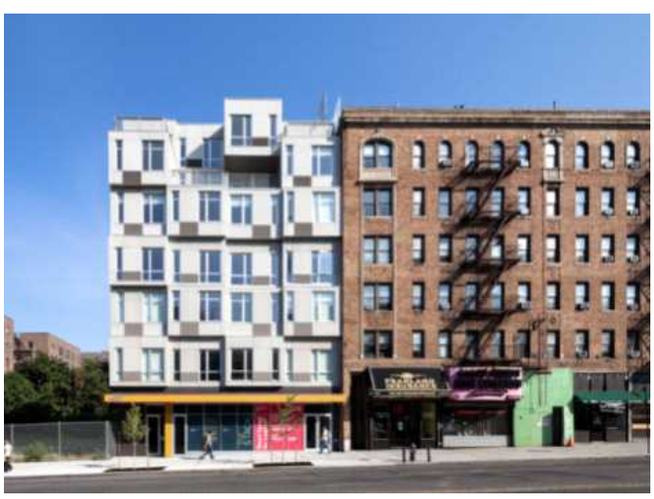


그림 2.2.18.20 뉴욕 모듈러 주택 촬영 관련 예시 영상

① 뉴욕의 한 조립식주택의 모습 (The Stack 외부 촬영)

㉠ 일반 주택과 큰 차이가 없는 외관, 오히려 세련되고 깔끔한 느낌- 왔다갔다하는 주민들의 모습 (공공주택이라기 보다는 세련된 멘션 느낌으로)

㉡ 관리자 인터뷰- 어떤 사람들이 사는지, 얼마나 사는지

㉢ NYU 교수님 인터뷰

- 과거~ 현재~ 미래 모듈러 건축은 계속해서 발전하고 있으며
- 과거 천편일률적인 컨테이너에서 디자인적으로 세련, 건축 기술적으로 발전 중.

(사) 우리는 왜 모듈러를 지을까? (건축가의 입장)

① SMART! 외부 환경요인 피할 있는 스마트시스템

㉠ 일반 건설현장- 전문건설업체 인터뷰 / 가장 골칫거리인 근로자 구인과 인건비 문제 해결의 중요한 요소다.

㉡ 가양 모듈러 사전 제작 공장

- 공장 사전 제작하는 과정 촬영
- 공장 관계자 인터뷰: 사계절 어떤 날씨에도 공사가 가능하다, 퀄리티 유지가 가능.

② SPEED! 단 4일 만에 집이 뚝딱!

㉠ SH공사 공릉동 희망하우징 (기존 모듈러)- 대학생 42명 생활할 수 있는 3층짜리 기숙사 4일 만에 완공

㉡ 상가주민 인터뷰 / (정말 빨리 지어졌다는 내용)

㉢ 실제로 그럴까? 짓는 현장을 보여준다.- 가양 모듈러 조립과정

그림 2.2.18.21 국내 모듈러 주택 및 가양 라이품 시공관련 예시 영상

㉣ 시공사 인터뷰 / (빨리 지을 수 있어서 좋다)

- 휑한 부지 모습. (주차장만 있는 모습)
- 완성된 모듈러 공장에서 현장으로 옮기는 모습
- 건물 지어지는 모습 (타임랩스)

(아) ECO-FRIENDLY! 재활용, 이동이 가능한 주택

① 이동 가능한 점 (현장으로 옮겨지는 모습을 통해, 다시 재분해해서 옮겨질 수 있음을 보여줌)

② 시공사 인터뷰

㉠ 지금은 국내에서 시도되고 있지 않지만 외국에서는 위치를 바꾸거나 옮기는 모습도 볼 수 있다. 우리나라도 사실상 재활용과 이동이 가능한 주택으로 사용 가능하다.

㉡ 짓는 사람에게 많은 장점을 가지고 있는 모듈러주택
㉢ 그렇다면 사는 사람에게 모듈러 주택은 어떤 장점이 있을까?

(자) 일본, 레고처럼 원하는 대로 집을 만든다. (커스터마이징)

① 원하는 대로 짓고, 원하는 장소로 언제든 번쩍 들어 옮길 수 있는 집을 꿈꾸다.
㉠ 일본, 주택을 커스터마이징한다.
- ㅇ 다이나믹한 공장자동화. 모듈러 공장 촬영
- ㅇ 구조체·설비·배관·전기배선·조명·온돌 등 전체 공정 중 80%를 공장에서 진행
- ㅇ 현장에서는 단순 조립으로 끝!

그림 2.2.18.22 일본 조립식주택 해외 현지촬영분 관련 예시 영상

㉡ 원하는 집을 만들기 위해 조립식 주택을 선택한다.
- ㅇ 시민인터뷰 (퀄리티가 좋고 커스터마이징이 가능한 집이라는 인식)

② 모듈러로 보다 튼튼한 집을 만든다.
㉠ 한신, 아와이 대지진 때 조립식 주택 무너진 게 없다는 기사, 영상 - 탄탄하고 강력한 내진 설계, 박스라멘 구조로 충격 흡수
㉡ 일본 모듈러 관계자 인터뷰 / 튼튼하다
㉢ 한국 KICT 내진설계 실험 (튼튼하다는 것이 증명됨)

(차) 가양 모듈러로 이사 온 사람들의 달라진 생활

① 가양에서 달라진 일상 (공공주택 + 모듈러의 특장점 보여주는 그림으로)
㉠ 가벼워진 월세로 많은 돈을 세이브하게 된 모습 (경제적)
㉡ 생각보다 층간소음이 없고 일반주택과 다를 바가 없다. (사는 데 아무런 불편이 없음. 특별한 점이 없음.)
㉢ 미래를 생각할 수 있게 된 사람들의 밝은 얼굴

(카) 에필로그 - 집이 삶을 바꾼다.
- ㅇ 그들에게 딱 맞는 특별한 주택이 그들의 삶을 바꿨다.
- ㅇ “누구든 좋은 집에 살고 싶잖아요. 여긴 저에게 최고의 집이에요“

마) 5차년: 실증단지 홍보관 구축 및 실증단지 구축관련 다큐멘터리 방영

연구목표

- 조립식주택 실증단지 홍보관 구축완료
- 조립식주택 실증단지 다큐멘터리 제작방영

연구내용

- 2017 U.I.A SEOUL에 조립식주택 홍보
- 실증단지 기술 홍보물 제작
- 실증단지 홍보관 구축
- 실증단지 구축과정 다큐멘터리 완성 및 방영

최종성과물

- 조립식주택 R&D 홍보관 구축 1건
- 조립식주택 R&D 홍보영상 1건
- 다큐멘터리 제작 영상1건, 방영 1건

(1) 2017 UIA SEOUL 실증단지 구축 관련 홍보영상 상영

(가) 서울 U.I.A(International Union of Architects) 세계 건축대회 (2017.09.03.~09.10)

① 개요

㉠ UN이 이정한 유일한 건축인 단체로, 130만 전 세계 회원을 보유한 국제건축연맹(UIA)이 3년 다 개최, 건축계의 올림픽으로 불리며 전 세계 건축인들이 즐기는 축제

㉡ 전 세계 건축인들이 모여 학술, 문화, 정책 프로그램을 통해 전 세계의 의견과 담론을 모으고 통합하는 장

② 서울주택도시공사 전시부스 공간계획

㉠ 개발(택지/도시/재건축)

㉡ 재생(주거/보전)

㉢ 주거복지 (작은도서관 등)

㉣ 미래 (모듈러/제로에너지)

그림 2.2.18.23 서울주택도시공사 U.I.A 전시공간 계획

③ 미래사업 융복합사업 분야 중 모듈러 부분 전시

㉠ 서울주택도시공사의 미래사업 융복합사업으로 모듈러 건축 분야 선정

㉡ 모듈러 건축 분야에 대한 전시를 위해, 가양 모듈러 실증단지 구축 사례가 선정되어 해당 내용에 대한 별도 홍보영상 방영 공간 기획

④ 가양 모듈러 실증단지 U.I.A 홍보영상 상영 전경

그림 2.2.18.24 U.I.A 조립식 실증단지구축 홍보영상 상영 모습

(2) 실증단지 기술 홍보물 제작 및 배포

(가) 제작배경

① 조립식 실증단지 구축에 적용 된 12대 실증기술에 대한 기술 소개와 홍보관 내 전시물로 활용하기 위함

② 공공발주기관, 민간 건설사 및 일반 시민들 모두가 실증단지 구축사업을 이해할 수 있도록 최대한 간결하고 알기 쉬운 그림들로 제작

(나) 홍보물 제작 유형

① 기존 홍보 브로셔 내용 중 기술적 내용에 대한 설명을 추가하고 조감도 및 평면 유형 소개를 수정함

그림 2.2.18.25 가양동 모듈러 실증단지 최종 홍보 브로셔

② 홍보관 내 12대 실증기술에 대한 자세한 소개와 조립식 주택(모듈러 건축)에 대한 자세한 설명을 위해 한국건설기술연구원과 포스코 A&C에서 별도의 판넬을 제작하여 이를 홍보관에 전시 함

그림 2.2.18.26 한국건설기술연구원의 조립식 주택 실증단지 구축 홍보 판넬

그림 2.2.18.27 포스코 A&C의 조립식주택 실증단지 구축 홍보 판넬

③ 홍보관 내 건식내화2시간 인증에 대한 구조체 몇 벽체, 모듈러 접합부 및 화재확산방지 슬리브에 대한 기술적인 설명을 위해 별도의 모형을 제작하여 비치 함 (모형 제작 협조 : 한국건설기술연구원, 포스코 A&C)

그림 2.2.18.28 홍보관 내 전시물 비치 현황

(3) 가양 모듈러 실증단지 착공식 개최

(가) 행사개요

① 일시 : 2017년 7월 14일(금) 오후 2시 ~ 오후 4시
② 행사명 : 가양동 모듈러 행복주택 실증단지 현장 착공식
③ 장소 : 서울시 강서구 강서로 515 (가양동 147-1) 실증단지 현장

(나) 행사 목적 및 참석대상자

① 목적
- ㅇ 국토교통부 지원을 받아 「수요자 맞춤형 조립식주택 기술개발 및 실증단지 구축」국책과제로 수행되는 가양동 실증단지의 모듈러 유닛 현장 설치를 기념하며, 향후 공사 진행 과정에 대한 실무진들과의 기술 교류

② 참석자 : 70 명
③ 행사주관 : 한국건설기술연구원
④ 행사주최 : 서울주택도시공사
⑤ 후원 : 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 서울특별시

(다) 행사결과

① 사업추진 경과보고, 모듈러 현장설치 관람
② 보도자료 배포를 통해 가양동 모듈러 행복주택 홍보

그림 2.2.18.29 현장 착공식(모듈러 현장 설치) 행사 사진

(4) 가양 모듈러 실증단지 준공식 개최

(가) 행사개요

① 일시 : 2017년 12월 26일(화) 오후 2시~ 오후 3시 30분

② 행사명 : 가양동 모듈러 행복주택 실증단지 준공식

③ 장소 : 서울시 강서구 강서로 515 (가양동 147-1) 실증단지 현장

(나) 행사 목적 및 참석대상자

① 목적

ㅇ 국토교통부 지원을 받아 「수요자 맞춤형 조립식주택 기술개발 및 실증단지 구축」국책과제로 수행되는 가양동 실증단지의 준공을 기념하며, 국내 최초로 모듈러 6개 층 규모의 공공주택을 연구단 및 국민들에게 소개하기 위한 장을 마련함.

② 참석자 : 80명

③ 행사주관 : 서울주택도시공사, 한국건설기술연구원 공동 개최

④ 후원 : 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 서울특별시

(다) 행사결과

① 사업추진 경과보고, 모듈러 세대내부 오픈, 홍보관 오픈 등 행사 진행

② MBC, 채널A 2017년 12월 26일 저녁 뉴스 방영

○ http://imnews.imbc.com/replay/2017/nwdesk/article/4482819_21408.html

③ 보도자료 배포를 통해 가양동 모듈러 행복주택 홍보

그림 2.2.18.30 준공식 행사 사진

(5) 가양 모듈러 실증단지 내 홍보관 구축 완료

(가) 구축목적

① 가양동 모듈러 실증단지 홍보 및 모듈러 주택 적용기술 소개
② 조립식주택에 대한 부정적 이미지 해소 및 개선을 위한 모듈러 사업 소개

(나) 홍보관 위치 및 개요

① 위치 : 가양 라이품(가양동 모듈러 실증단지) 101동 1층 근린생활시설
② 면적 : 41.26㎡
③ 구성 : 실 1, 화장실1, 창고1

(다) 홍보관 구축기간 : 2017.12.07. ~ 2017.12.17.

(라) 홍보관 구축 업무분장

① 총괄 : 서울주택도시공사 도시연구원
② 컨텐츠 제작 및 모형협조 : 한국건설기술연구원, 포스코 A&C, ㈜USG 보랄
③ 디자인 특화부분 : 외부협력사(코닝, 유니드, 존스미디어)
④ 시공 : 외부용역 (라인소울 건축사무소)

(마) 홍보관 특화전략

⑤ 지역 소통공간 ▸ 모듈러주택 및 임대주택 관련 상담
ㅇ 독창적인 외관으로 지역주민들로부터 많은 관심을 받고 있어 모듈러주택 및 서울주택도시공사의 사업 소개 등을 대외적으로 소개
⑥ 디자인 특화 ▸ 모듈러 방식에 적합한 특성화 유리를 아트월로 활용
㉠ 공장에서 제작되는 모듈러건축의 특성을 반영해 적용 가능한 새로운 형태의 디스플레이로 향후 모듈러의 자재 경량화 및 MC설계 측면에서 활용도가 높은 초경량 글라스 제품을 홍보관 일부 영역의 시공을 통해 홍보하고자 함
㉡ 글라스에 이미지패턴을 삽입하여 모듈러주택 이미지의 고급화를 돕고 향후 모듈러주택의 인테리어 요소로 보편화될 수 있을 것으로 판단됨
⑦ 기술적 특징 특화 ▸ 실증단지 적용 모형 전시
㉠ 관련 업체 : ㈜USG보랄, ㈜포스코A&C 상세모델 제작 및 전시
㉡ 가양동 모듈러 건축공사에 적용 된 2시간 내화구조를 모형으로 제작·전시하여 모듈러 건축에 적용된 기술을 홍보하고자 함

(바) 홍보관 인테리어 시공

① 추진방식 : 수의계약 범위내 인테리어 공사 별도용역추진
② 시공범위 : 마감공사, 조명공사, 판넬설치, 테이블설치 등 기본적인 홍보관

(사) 홍보관 운영계획

ㅇ 기본방향 : 연구과제 기간 내 주관기관(한국건설기술연구원)과 서울주택도시공사, 모듈러 시공사(포스코A&C)의 공동주관으로 홍보관 운영

(아) 연구기간 내 운영 방향

㉠ 운영기간 : 준공식이후 ~ 연구과제 종료시(2017.12~2018.12)

㉡ 2015년 사업 승인시 강서구청의 사업승인시 요청(1층 근린생활시설을 지역주민을 위한 시설로 활용)에 따라 홍보관 운영기간 내 강서구청과 협의하여 종료 후 사용용도 결정예정

㉢ 운영시간 : 주1회 정기 개방 및 수시개방(외부 예약시)

ㅇ 모듈러홈페이지(http://modular.i-sh.co.kr)를 통해 방문 예약접수

그림 2.2.18.31 모듈러 홈페이지를 통한 홍보관 방문신청 게시판 운영

㉣ 관리기관 : 한국건설기술연구원, 서울주택도시공사, 포스코A&C 공동관리

ㅇ 관리인력 : 관리기관별 담당자 1인 지정 후 순환 근무

ㅇ 임대료 : 국책과제 협약에 따라 연구기간내 무상사용

ㅇ 관리비 : 홍보관 내에서 발생하는 전기료, 수도세는 R&D연구비에서 집행

(자) 연구과제 종료 후 조치계획

① 연구기간 종료 후 관할센터과 강서구청과의 협의로 지역주민을 위한 근린생활시설 공급완료(운영기관 : 서울시 위탁 / 용도: 맘스지원센터)

② 홍보관에 R&D비용으로 구축될 시설 중 TV(모니터), 테이블, 가구는 2층 주민공동시설에 설치하여 입주민 커뮤니티공간을 위한 용도로 사용하도록 조치

(차) 홍보관 운영 현황 (2017.12.26. ~ 2018.11.30.종료)

① 누적 방문자 수 : 총 506명

㉠ 일반인 (모듈러 공법문의, 모듈러 사업추진 문의, 강서구 주민)

ㄴ 건설기업 (일반 건설사, 모듈러 제작 및 시공사)
ㄷ 건설 외 일반기업
ㄹ 공공기관 (발주처)
ㅁ 대학, 연구소, 연구원 등
ㅂ 특별방문 : 151명

구분	구분명	주요방문목적
A	일반인 (강서구 주민, 일반 시민)	모듈러 공법 문의 SH의 모듈러 사업추진계획 문의 일반인의 모듈러 주택 구입 및 발주 가능 문의 모듈러 주택 주거성능 문의
B	건설기업 (일반건설사, 모듈러 제작 및 시공사)	모듈러 건축 제작 및 시공 방법 문의 모듈러 사업추진 시 고려사항 문의 일반인의 모듈러에 대한 인식 문의 향후 SH의 모듈러 사업추진계획 문의
C	건설 외 일반기업 (디스플레이 제조사, 병원, 전자회사 등)	모듈러 건축 시장성 문의 4차 산업혁명 컨테츠와 모듈러 건축 접목 가능 문의 모듈러 건축 기술성 및 주거성능 문의
D	공공기관 (발주처)	모듈러 건축 시장성 문의 모듈러 건축 발주방법 문의 소규모 사업대상의 모듈러 건축 발주 방법 문의 모듈러 주택 주거성능 문의 모듈러 건축 기술수준 문의
E	연구기관 (대학 연구소, 정출연 연구원, 기업 연구소)	공장제작 및 현장시공 문제점 문의 모듈러 건축 공정관리 방법 문의 거주자 만족도 문의 국외 모듈러 사례와의 비교 문의
F	특별방문* (정부기관 및 민간기업 주요 인사)	가양 라이품 견학 모듈러 건축 활성화 방안 토의 거주자 만족도 문의

그림 2.2.18.32 홍보관 월별 방문인원 집계표, 구분별 안내

표 2.2.18.10 특별방문 단체명 및 일시

특별방문		
일시	단체명	인원
2017.12.28	기획재정부	과장 외9명
2018.01.19	LH공사 고객품질혁신단	단장 외1명
2018.02.01	민명부 국회의원	의원 외4명
2018.02.23	LH공사 고객품질혁신단	이사 외3명
2018.03.05	서울주택도시공사	사장 외 20명
2018.08.07	이화여자대학교 건축학과 & 고등학생	교수 외 16명
2018.08.31	대만(Taiwan) 감찰원 사찰단(장관급)	단장 외14명
2018.09.05	일본 국토기술연구센터(JICE)	10명
2018.10.10	LH 주택사업본부	3명
2018.10.17	LH 주택사업본부	10명
2018.10.31	숭실대학교 건축학과	교수 외 42명
2018.11.21	서울주택도시공사	사장 외 5명
2018.11.21	HDC 현대산업개발	회장 외 4명

그림 2.2.18.33 홍보관 방문 사진

(6) 다큐멘터리 방영

(가) 프로그램명 및 방영일자

⑧ 송출 방송국 : MBC

⑨ 프로그램명 : MBC 다큐프라임

⑩ 방영제목 : 모듈러, 도시의 집이 되다

⑪ 방영일시 : 2018년 03월 08일 오전 12시 10분 (3월 15일 16:00 재방송)

(나) 다큐멘터리 구성

① 도시의 '집'은 어떤 모습인가?

㉠ 아파트 거주비율 49.6% (2014년 기준)

- ㅇ 집은 시대를 반영하는 거울. 그리고 지금 우리의 대다수는 아파트에 살고 있다.
- ㅇ 주택의 변화. 비싼집을 살 여력은 없고, 전세는 자리가 없고, 직장 때문에 멀리 살 수도 없는 상황에서 비싼 월세를 감당하고 도시에 살아야하만 하는 사람들

㉡ 도시 '주택난' 속에 사는 청춘의 삶

- ㅇ 서울에서 월세사는 2030 이야기

㉢ 당신은 어디에 사는 청년인가?

- ㅇ 고시원에 살고 있는 청년들의 삶, 그들에 집이라는 어떤 존재인가?
- ㅇ 이상적인 주거 면적이란? 청년들에게 주거 면적, 주거 위치는 어떤 의미인가?

㉣ 집이 갖는 의미

- ㅇ 유치원생들이 생각하는 '내가 살고 싶은 집'에 대한 그림 그리기 : 모든 아이들이 각각 다른 형태의 집을 그리고, 자신이 꿈꾸는 집이 어떤 집인지에 대한 설명
- ㅇ 사회초년생(청년)들이 생각하는 '내가 살고 싶은 집'에 대한 그림 그리기 : 창 하나, 몸 하나 쉴 수 있는 작은 공간이라도 갖고 싶다는 취지의 그림을 그리고, 집은 내가 쉴 수 있는 공간이 아니라 하나의 짐이 되고 있다는 점에 대한 이유 설명

㉤ 가양 라이품에 대한 소개

- ㅇ 행복주택, 가양 라이품에 대한 소개
- ㅇ 가양 라이품 건축과정에 대한 타입랩스 영상 및 관련 전문가 인터뷰 영상
- ㅇ 국내외 조립식 건축물(모듈러 건축물)의 사례 소개 및 관련 전문가 인터뷰 영상

㉥ 행복주택, 모듈러 주택, 청년 주거문제, 주택가격

- ㅇ 행복주택 추진 과정에서 주민들의 반발로 인해 무산된 사업 소개
- ㅇ 행복주택이 들어서면 집값이 떨어지고, 대학생들의 자유분방한 삶으로 인해 동네 분위기기 나빠지기 때문에 행복주택 건설을 반대한다는 주민 인터뷰 영상

㉦ 함께 살아가기

- ㅇ 연극인 행복주택 입주자들과 주민들간의 상생 협력 과정에 대한 내용 영상
- ㅇ 청년들의 행복주택, 주민들의 우려, 그리고 이를 해결해 나갔던 과정에 대한 영상

㉧ 가양 라이품 준공 후, 입주자들의 인터뷰

- ㅇ 가양 라이품 입주자들의 사전점검 방문 시 집에 대한 인터뷰 영상
- ㅇ 가양 라이품 입주자들의 부모님들이 갖는 '집'에 대한 인터뷰 영상

(다) 다큐멘터리 영상

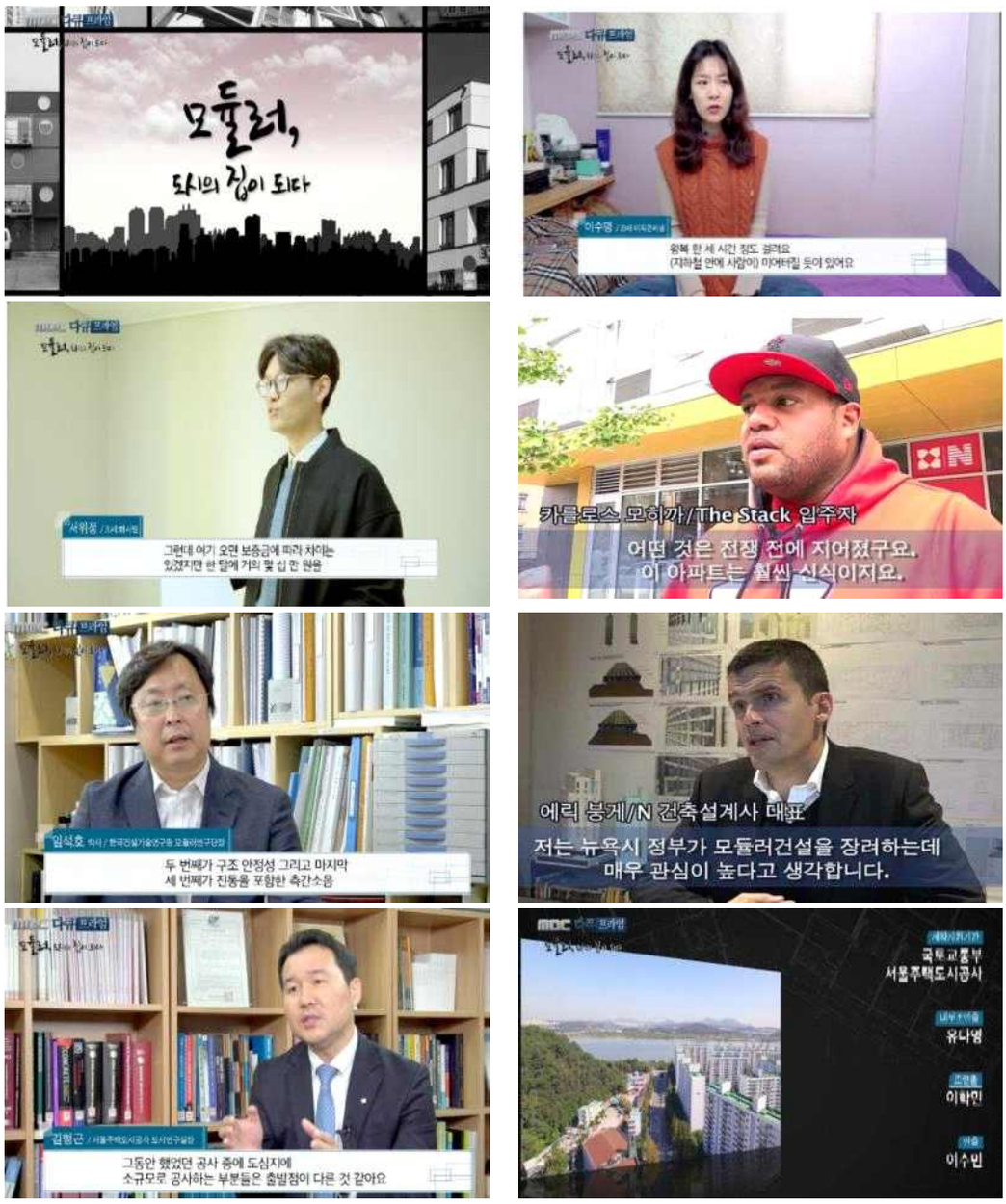


그림 2.2.18.34 가양 실증단지 구축 다큐멘터리 관련 영상

(라) 최종 송출 이후 결과

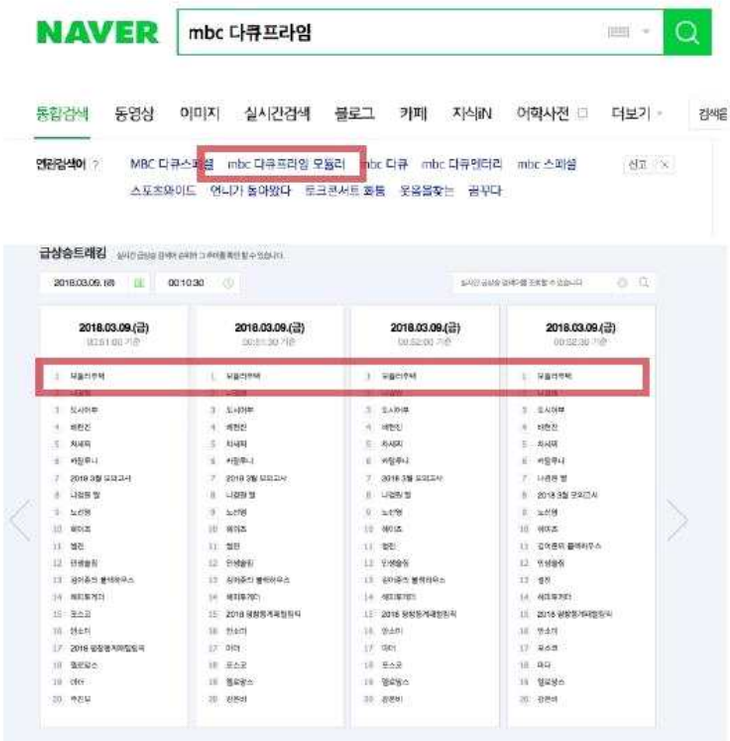


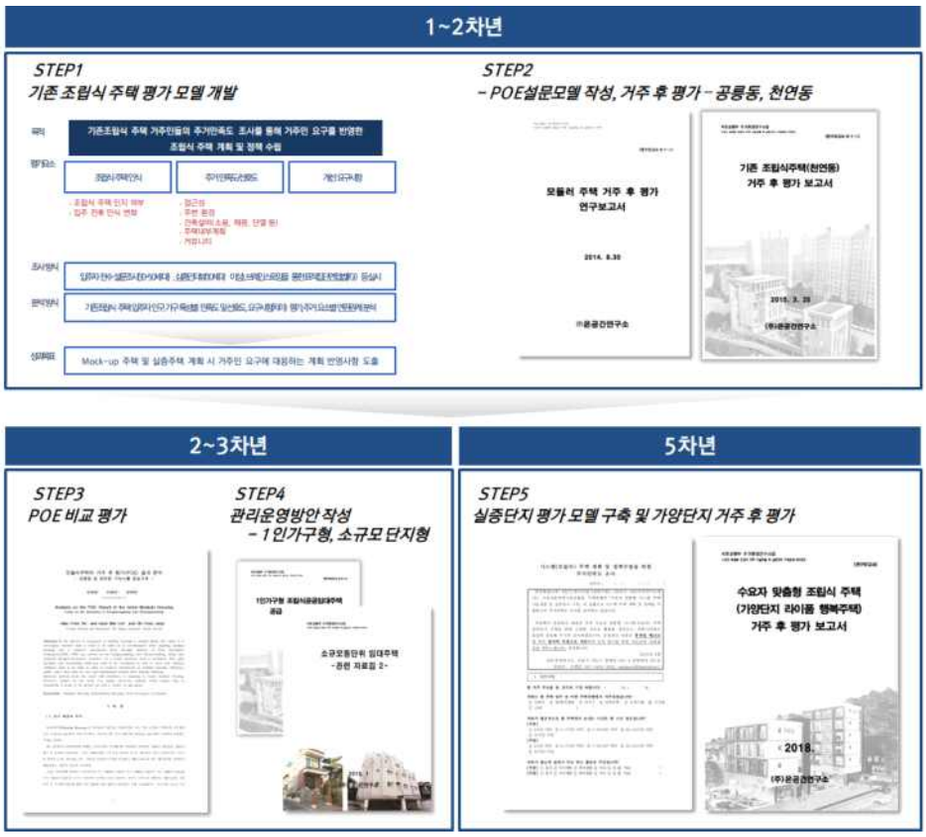
그림 2.2.18.35 다큐멘터리 방영 후 실시간 검색어

① 다큐멘터리를 통해 모듈러 공법으로 만들어 진 조립식 주택을 알리려는 목적을 고려할 때, 방송 송출 이후 사람들의 반응을 통해 위와 같이 소기의 목적을 달성했다고 볼 수 있음

② 조립식주택이 갖고 있던 편견을 없애고 청년들 혹은 주거 빈곤층을 위한 주택공급 대안으로 모듈러 공법을 떠올릴 수 있는 계기가 되었다고 판단 됨.

4) 실증단지 거주후 평가 (온공간연구소)

■ 전체 연구프로세스



가) 1차년: 조립식 공공임대주택 공급 및 운영관리를 위한 법제도 체계 분석

연구목표

- 거주자 요구에 부응한 실증단지 계획
- 거주 후 평가를 통하여 본 사업으로 건립되는 Mock-up 주택 및 수서, 가양 실증단지 계획 반영사항 도출

연구내용

- 기존 조립식 주택 거주 후 평가 모델 개발
- 기존 조립식 주택 거주 후 평가를 통한 Mock-up 계획반영사항 도출
- 조립식 공공 임대주택 공급 및 운영관리를 위한 법제도 체계 분석

최종성과물

- 기존 조립식 주택(공릉동) 거주 후 평가 보고서 1건
- '거주 후 평가를 통한 모듈러 주택에 대한 인식 및 만족도 연구' 논문 1건

(1) 기존 조립식 주택 평가 모델 개발

(가) 평가 모델 개발 구축

① 목적 : 기존 조립식 주택 거주민들의 주거만족도 조사를 통해 거주민 요구를 반영한 조립식 주택 계획 및 정책 수립

② 평가요소

㉠ 조립식 주택 인식

㉡ 주거만족도

㉢ 개선요구사항

③ 조사방식 : 입주자 전수 설문조사 (3~50세대), 심층인터뷰(10세대 이상), 브레인스토밍을 통한 표적 집단면접법(FGI)등 실시

④ 성과목표 : Mock-up 주택 및 실증주택 계획 시 거주민 요구에 대응하는 계획 반영사항 도출

표 2.2.19.1 세부 조사 항목

조사항목		설문조사	인터뷰
대분류	소분류		
조립식 주택에 대한 인식	조립식 주택에 대한 인지 여부	O	O
	조립식 주택에 대한 인식	O	O
	현 주택이 조립식 주택이란 것을 알고 들어왔는지	O	
	입주 전후 조립식 주택에 대한 인식변화	O	O
	앞으로 조립식 주택에 계속 거주할 의향이 있는지	O	O
주변 환경 요소	주변 근린생활시설 만족도	O	O
	주변 공공생활시설 만족도	O	O
	주변 공원 등 녹지 만족도	O	O
	주변 경관(조망)에 대한 만족도	O	O
	주변 이웃에 대한 만족도	O	O
접근성	대중교통 이용에 대한 만족도	O	O
	주기적으로 왕래하는 곳(학교 or 직장 등)과의 접근성 만족도	O	O
건축/설비 요소	방음(층간소음 등)에 대한 만족도	O	O
	채광에 대한 만족도	O	O
	환기에 대한 만족도	O	O
	단열에 대한 만족도	O	O
	냉난방시설(방식)에 대한 만족도	O	O
	쓰레기처리시설 방식에 대한 만족도	O	O
	방범안전 요소(경비, CCTV 등) 만족도	O	O
주택 내부 계획	평면 형태의 적절 여부, 만족도	O	O
	주택 유형 만족도	O	O
	주택 규모 만족도	O	O
	주택내부 가구 만족도(가구, 수납공간 등)	O	O
	주택내부 기구(설비) 만족도	O	O
커뮤니티	공용시설에 대한 만족도(북카페, 세탁실, 무인택배시스템 등)	O	O
	주차시설에 대한 만족도	O	O
	커뮤니티 프로그램 유무(있다면 그 종류 및 만족도)	O	O
기본 인구통계 현황	성별	O	
	연령	O	
	직업(계층 : 도시근로자 등)	O	
	소득수준	O	
	현재 가구원수(가구구성)	O	
	차량 보유 현황	O	
	주택유형 & 규모	O	
	주택점유형태	O	

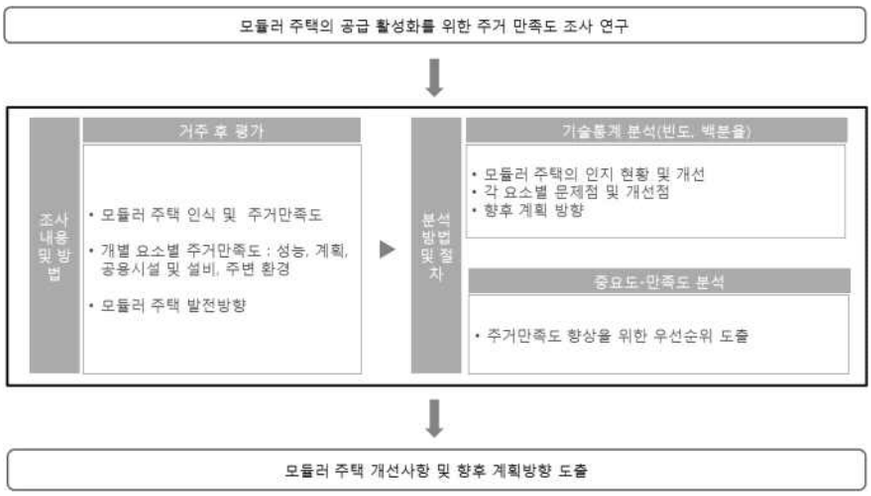


그림 2.2.19.1 평가 모델

(2) 기존 조립식 주택 거주 후 평가 실시 (공릉)

(가) 조사 개요

① 대상지 특징 : 노원구 공릉동 657-7번지 학생 공공기숙사
② 조사 기간 : 4월 2일(수) ~ 4월 17일(목)/ 약 2주간 진행
③ 조사 부수 : 총 39세대 중 32세대(82.1%) 조사 실시
④ 조사 방법 : 직접 설문, 방문 및 전화 인터뷰
⑤ 조사 항목 : 모듈러 주택 인식 및 발전방향, 주택 성능 요소, 주택 계획 요소, 공용시설 및 설비, 주변 환경 요소

그림 2.2.19.2 외부전경

(나) 조사 대상자 특징

그림 2.2.19.3 조사 대상자 특징

(다) 조사 결과 - 모듈러 주택 인식, 모듈러 주택 발전방향, 주거만족도

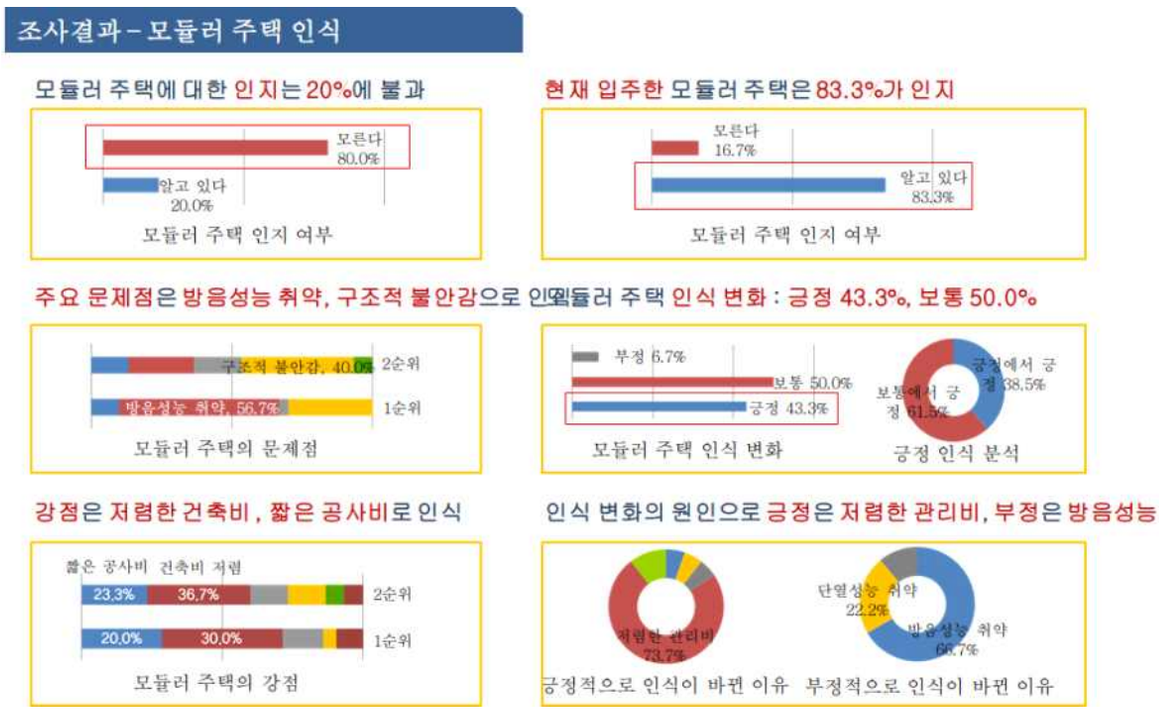


그림 2.2.19.4 모듈러 주택 인식

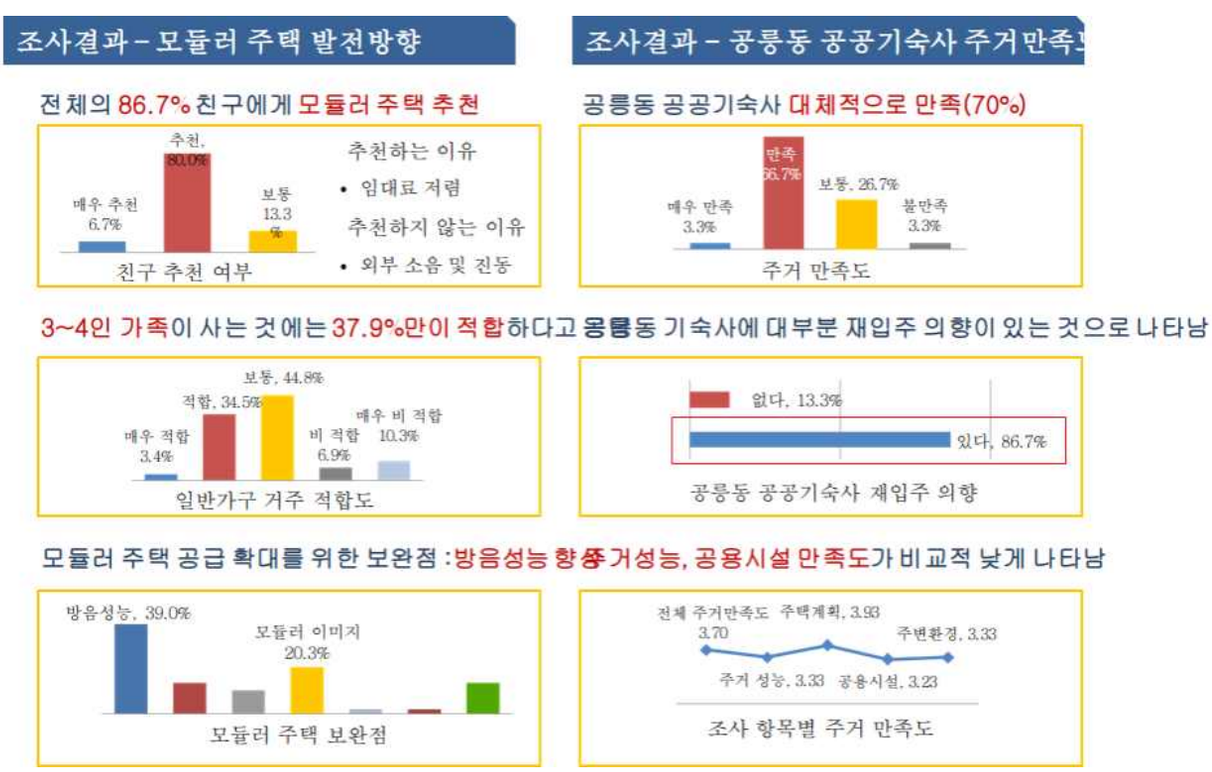


그림 2.2.19.5 주택 발전방향, 주거만족도

(라) 실증단지 설계 반영

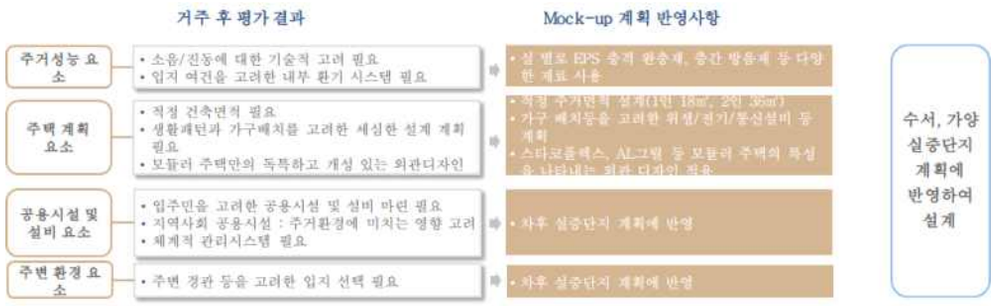


그림 2.2.19.6 거주 후 평가 Mock-up 계획 반영사항

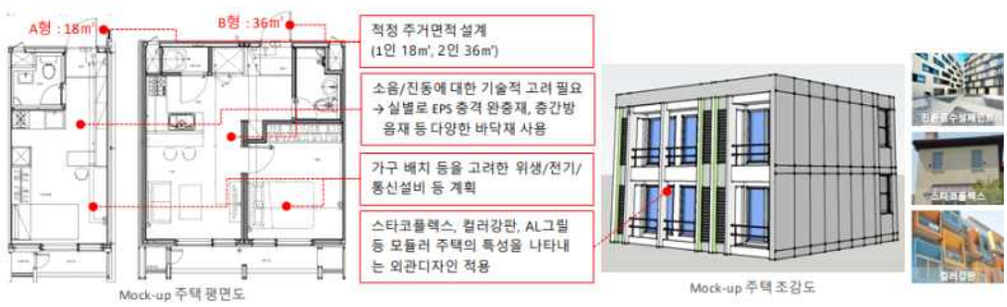


그림 2.2.19.7 Mock-up 계획 반영사항

(3) 임대주택 공급 및 운영관리를 위한 법제도 체계 분석

(가) 관련되는 연구 목표 : 조립식 주택 공급방식 및 사업화 모델 개발

① 기존 대비 조립식 주택 경제성 확보방안 도출
② 공공임대주택을 위한 조립식 주택 공급방식 개발
③ 조립식 주택 확대를 위한 비즈니스 모델 개발
④ 조립식 주택 임대사업 운영방안 개발 및 시장성 확충
⑤ 조립식 주택 임대사업 시장성 분석
⑥ 조립식 주택 사업유형별 관리운영 방식 개발(입주자 선정, 임대료, 소유권, 운영권)
⑦ 공공임대주택을 위한 조립식 주택 사업모델 개발(공급유형 및 발주방식)
⑧ 조립식 주택 확대를 위한 비즈니스 모델 개발

(나) 주요 내용

① 법제도를 기반의 임대주택 공급을 위한 입주자 선정 방식, 발주 방식, 임대료 산정 방식, 운영 및 관리방식 작성
② 기존의 공급방식, 비즈니스 모델 개발 방향 등 자료를 참고하여 법제도 검토 및 개선사항 도출

(다) 임대주택 공급 및 관리운영을 위한 법제도 체계

① 임대주택법 : 건설형공공임대주택의 유형, 임대조건 및 임대료 산정방식, 임대주택 관리업무
② 주택공급에 관한 규칙 : 입주자 선정방식
③ 국토교통부 지침, 임대주택법 시행규칙 : 임대료 근거
④ 보금자리주택처리지침
⑤ 주택건설기준 등에 관한 규정

나) 2차년: 조립식 공공임대주택 공급 관련 제도개선 방안 연구

연구목표

- 조립식 주택 사례 조사를 통한 수요자 맞춤형 소규모 공공임대주택(조립식 주택)의 공급 및 운영관리 기준 수립
- 1인가구형 조립식 주택의 특화된 관리운영방식 도출

연구내용

- 서대문구 천연동 대학생 공공임대주택(서대문구)를 대상으로 거주 후 평가 실시
- 주거 인식, 모듈러 주택 발전방향, 주거만족도 관련 설문조사 및 인터뷰 진행
- 기술통계 분석, 중요도-만족도 분석 등 분석 실시
- 이를 통하여 주거만족도를 향상시킬 수 있는 요소 도출 및 실증단지 계획 반영사항 도출

최종성과물

- 기존 조립식 주택(천연동) 거주 후 평가 보고서 1건
- 1인가구형 조립식 공공입대주택 공급·관리방안 보고서 1건

(1) 1인가구형 조립식 공공임대주택 입주자 선정기준 및 공급기준 마련

- 조립식주택을 활용한 소규모 동단위 주택 형태에 적합한 공급 · 관리운영방안 설정 필요
- 소규모 동단위 임대주택 관리의 주요 이슈
  - 입주민의 관리 참여 방안 확대 / 운영관리 단위업무 세분화/ 입주계층 특성을 고려한 주민공동시설의 공급
- 기존 동단위 임대주택 공급 및 관리운영 사례 조사를 통한 1인가구형 임대주택 공급관리기준 설정

(가) 연구의 배경 및 목적

① 조립식 주택을 활용한 소규모 동단위 임대주택의 공급
② 소규모 동단위 조립식 임대주택에 적합한 공급, 관리운영기준 마련 필요
③ 1인가구형 조립식 임대주택 입주자 선정기준 및 관리운영방향 설정

(나) 연구의 주요내용

① 1인가구형 임대주택 공급관리운영 관련 법제도 현황 분석
② 1인가구형 임대주택 공급사례 분석
③ 1인가구형 임대주택 공급관리기준 설정

(다) 1인가구형 임대주택 공급유형 및 특성 분석

① 입주자 선정기준

② 임대기간 및 임대료

③ 관리운영 현황

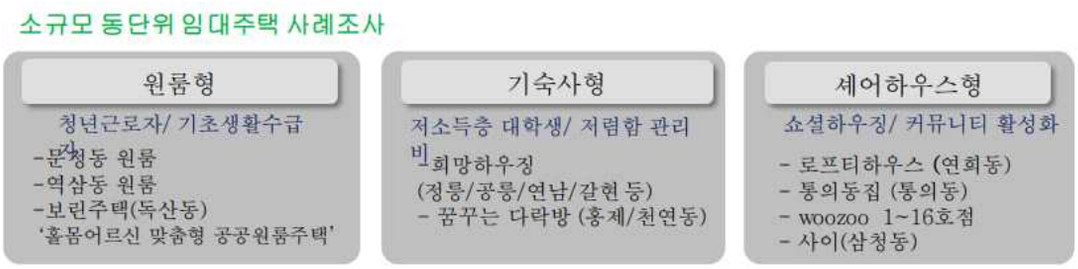


그림 2.2.19.8 소규모형 임대주택 사례조사

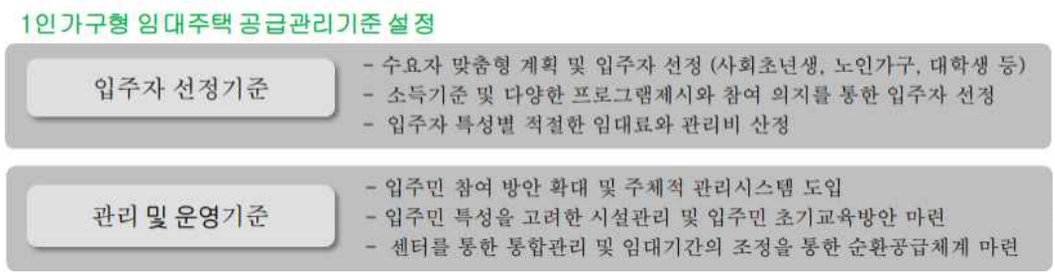


그림 2.2.19.9 1인가구형 관리기준 설정

(라) 1인가구형 조립식임대주택(소규모 동단위) 공급·관리기준 설정

① 입주자 선정기준

㉠ 수요자 맞춤형 입주자 선정(사회초년생, 홀몸 노인, 대학생 등)

㉡ 입주자 특성별 소득기준 완화

㉢ 다양한 프로그램제시와 참여의지를 통한 입주자 선정

㉣ 충분한 입주자 선정과정 운영

② 관리 및 운영기준

㉠ 조립식 공공임대주택 통합관리센터 운영

㉡ 입주민 초기교육을 통한 주체적 관리시스템 마련

㉢ 수요자 특성을 고려한 적절한 임대료와 임대기간 산정

㉣ 입주계층 특성을 고려한 프로그램운영과 공용시설 설치

(마) 1인가구형 조립식 공공임대주택 공급·관리기준(안)

① 신청자격

㉠ 사회초년생: 무주택 세대주, 만 20세 이상-만 40세 미만, 6개월 이상 근무한 청년근로자(직종 구분 없음)

㉡ 대학생: 서울소재 대학(전문대 포함) 재학생 또는 입학예정자

㉢ 홀몸 어르신: 무주택소유자, 만65세 이상 홀몸 어르신

② 예비입주자 선정순위

㉠ 1순위 : 서울시 주택이 소재한 구에 거주 또는 직장이 있는 자

㉡ 2순위 : 서울시에 거주하는 자

㉢ 3순위 : 서울시 외에 거주하는 자

기초생활 수급자 및 저소득층 30% 의무 선정

세대원 전체 소득의 합계가 도시근로자가구 월평균 소득 100% 이하

③ 입주자 의무사항(주체적 관리방안 마련)

* 제안 된 프로그램은 입주자의 활기찬 생활과 주택을 장기적으로 관리운영하기 위한 것이므로, 입주자는 반드시 각 프로그램에 참여하여야 함. 3회 이상 참여하지 않을 경우 결격사유가 됨

표 2.2.19.2 입주자 의무사항

사회초년생	- 사회초년생을 위한 동아리방 운영을 운영하며, 입주자는 의무적으로 동아리방에 소속되어 활동해야 함 - 해당 동아리가 일주일 동안 순번제로 건물관리 및 청소 등을 진행하며 우수 동아리에게는 동아리 활동비 지원 * 기본적인 건물 공공시설에 대한 관리 및 동아리 활동비 지원 등을 위해 최소금액의 관리비는 입주자가 부담(월 2만원 이하)
대학생	- 대학생 소그룹팀을 운영하며, 소그룹팀은 교육프로그램과 워크숍 등 입주자 선정과정에서 이루어짐 - 소그룹팀은 다양한 주제로 6개월 동안 진행할 소그룹활동계획을 제출하고, 향 후 결과보고서도 제출 * 소그룹팀에서 제안된 아이디어의 실현방안 및 연계방안에 대한 지원 예정(지역사회 및 단체, 기업체 등)
홀몸 어르신	- 홀몸 어르신들을 위한 안마프로그램, 치매방지 프로그램 등 노인 케어프로그램 운영 - 입주자는 프로그램에 의무적으로 참여하여야 하며, 프로그램 진행에 대한 최소비용은 입주자가 부담(단, 기초생활 수급자 및 저소득층은 전액 지원)

④ 입주자 우선공급 (관리시스템 마련)

표 2.2.19.3 입주자 우선공급

사회초년생	- 다양한 동아리방의 리더역할을 할 수 있는 입주자 - 각 동아리의 활동을 기획 운영하고 소속된 입주자 관리
대학생	- 각 주제별 소그룹팀장의 역할을 할 수 있는 입주자
홀몸 어르신	- 건물을 관리운영 할 수 있는 45세이상-60세 미만 입주자 - 홀몸 어르신들을 위한 프로그램을 관리 운영할 수 있는 입주자

⑤ 공용 공간 (입주자 특성을 고려한 공용 공간 제공)

표 2.2.19.4 입주자 공용 공간

사회초년생	- 커뮤니티 공간(동아리활동 지원), 순번제로 사용 - 공용세탁실, 휴게실 등
대학생	- 커뮤니티 2개소 공간(소그룹활동 지원) - 공용세탁실, 휴게실 등
홀몸 어르신	- 커뮤니티 공간(돌봄프로그램 운영 및 노인정 운영) - 공용세탁실, 공용취사실 등

(2) 기존 조립식 주택 거주 후 평가 실시 1곳 (천연)

(가) 조사 개요 : 조사대상 및 범위

① 대상지 특징 : 서대문구에 위치한 연세대학교, 이화여자대학교 등의 대학생들을 위한 임대주택 (천연동 98-13/지하1층~지상4층 필로티, 27실 48명 - 2인용 21실, 1인용 6실)

② 조사 기간 : 1월 26일~2월 6일 (약 2주간 진행)

③ 조사 부수 : 1월 말 기준 거주자 33명 중 32명(32부) 조사 실시

④ 조사 방법 : 온라인 설문, 방문 및 전화 인터뷰

⑤ 조사 내용 : 모듈러 주택 인식 및 발전방향, 주택 성능 요소, 주택 계획 요소, 공용시설 및 설비, 주변 환경 요소 등

그림 2.2.19.10 외부 전경

(나) 조사 대상자 특성

그림 2.2.19.11 조사 대상자 특성

(나) 조사 결과 - 모듈러 주택 인식, 모듈러 주택 발전방향, 주거만족도

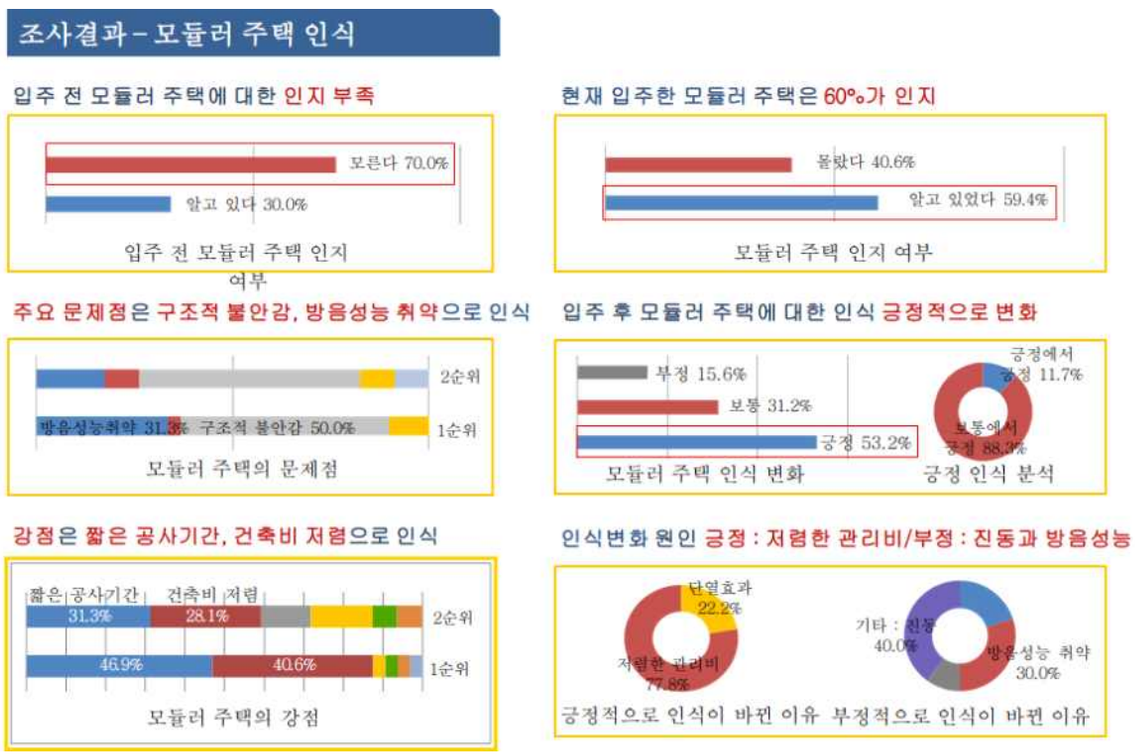


그림 2.2.19.12 모듈러 주택 인식

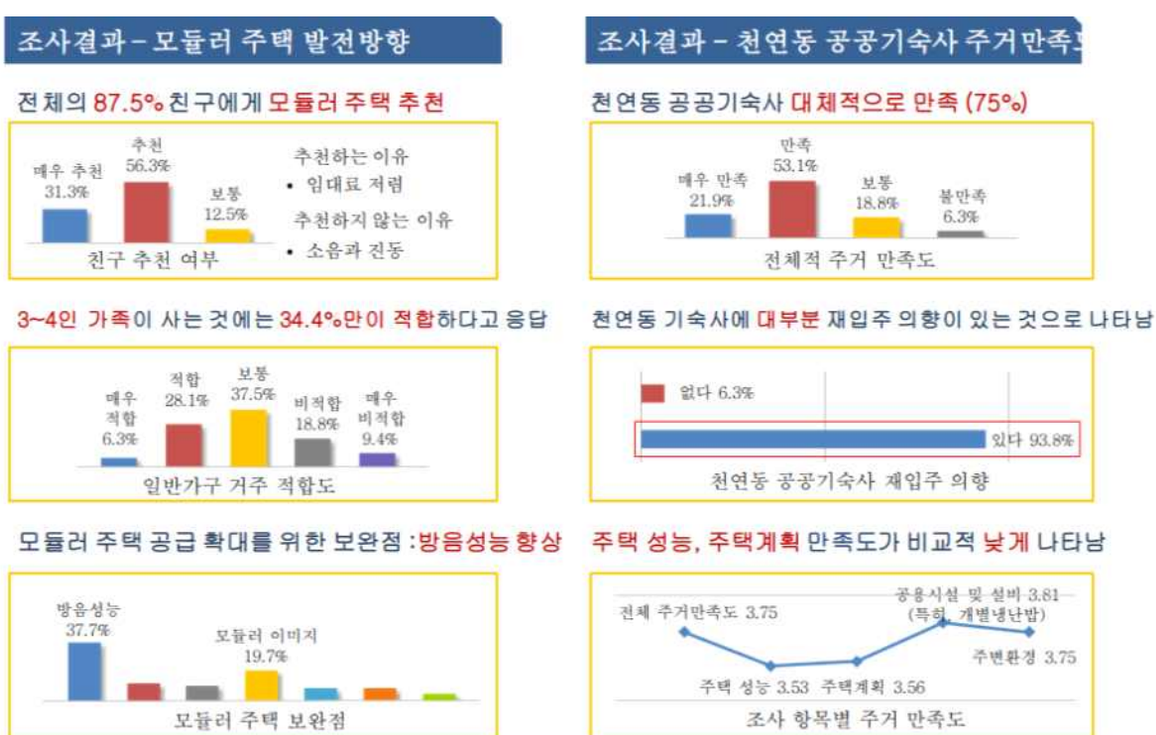


그림 2.2.19.13 주택 발전방향, 주거만족도

(라) 실증단지 설계 반영 내용(공릉, 천연)

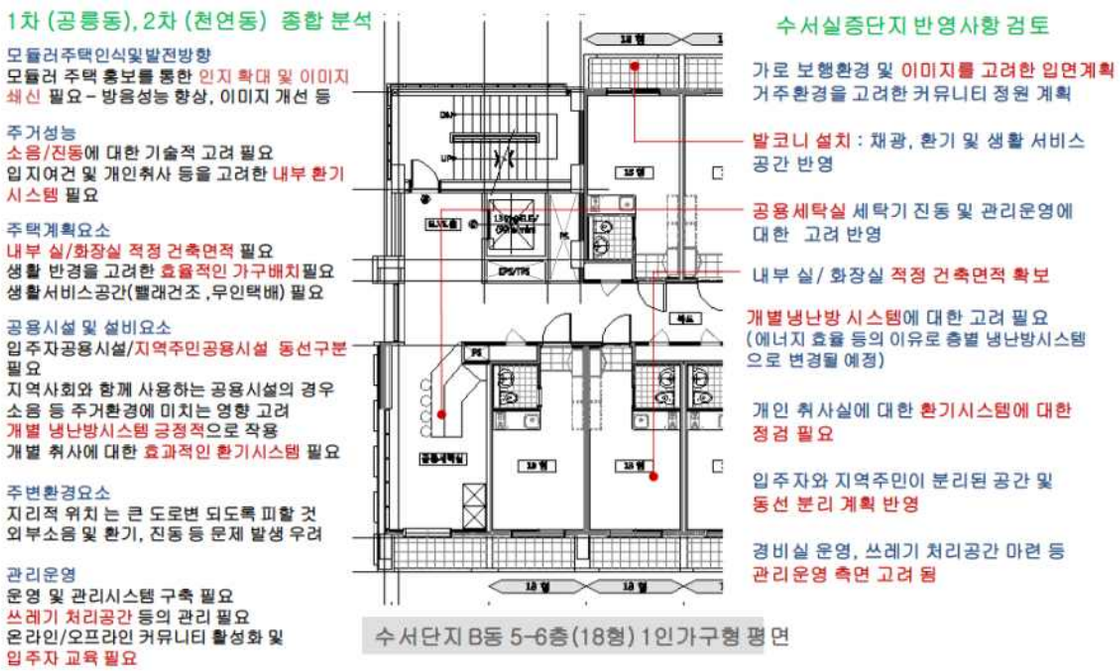


그림 2.2.19.14 종합분석 및 실증단지 반영사항

다) 3차년: 조립식 공공임대주택 공급 관련 제도개선 방안 연구(2)

연구목표

- 기존 조립식 주택의 거주 후 평가를 통해 조립식 주택(건립 예정인 수서 실증단지)의 개선점 분석
- 소규모로 공급될 예정인 조립식 임대주택에 대한 공급 및 관리운영 기준 마련

연구내용

- 기존 조립식 주택 거주 후 평가의 중요도-만족도 분석을 통한 만족도 향상을 위한 주요 요소 도출
- 기존 조립식 주택의 거주 후 평가를 통해 실증단지 반영사항 도출

최종성과물

- '모듈러주택의 거주 후 평가(POE) 결과 분석' 논문 1건
- 소규모 조립식 임대주택 공급 및 관리운영 지침 1건

(1) 기존 조립식 주택 심층인터뷰 3곳 (서울, 부산)

(가) 뮤토 청담

① 조사 개요

대상지 : 서울시 강남구

규모 : 지상 4층 / 18실

준공 : 2012년

시공사 : 포스코 A&C

② 심층인터뷰 내용(관리소장)

관리소장과 인터뷰

- 입주자 : 포스코 직원 (외국인)
- 1인 1실이 원칙이지만 특별한 제한 없음

- 주거 만족도

- 주택계획 (built-in구조) 만족도 높음
- 주거성능에 대한 민원 및 불편사항 없었음 (수 차례 진동/소음 점검, 측정값 정상)
- 외부 계단실의 배수 문제로 인한 불편
- 본사와 멀어 내후년 이전 계획

- 관리 및 운영

- 건물 관리 : 포스메이트 (전문 업체)
- 공용공간 및 시설 관리 : 관리소장
- 전 층 CCTV 설치, 관리사무소에서 관리
- 건물 입구에 무인택배함, 분리수거함 설치

그림 2.2.19.15 인터뷰 내용

(나) 두원빌 주택

① 조사 개요

대상지 : 부산시 부산진구

규모 : 지상 4층 / 18실
준공 : 2014년
시공사 : 포스코 A&C

② 심층인터뷰 내용(관리인, 거주자)

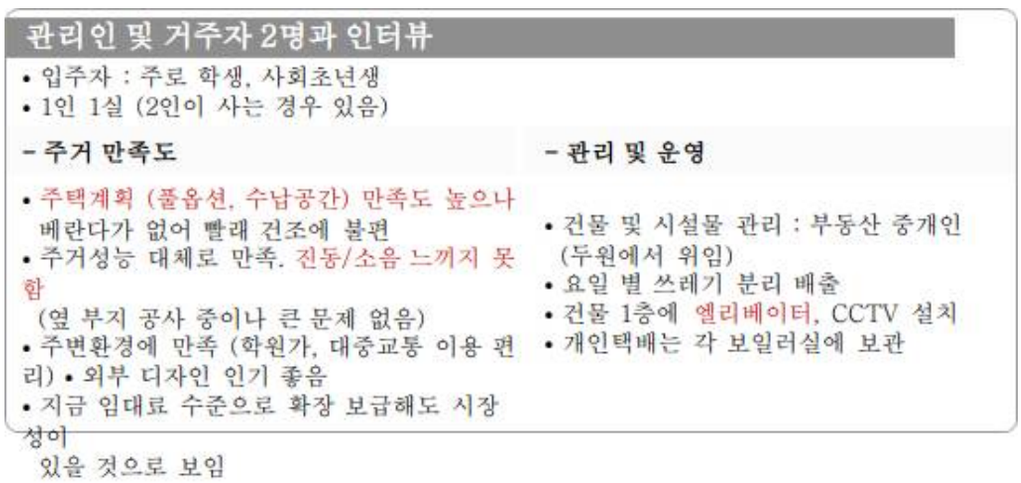


그림 2.2.19.16 인터뷰 내용

내부 가구 built-in구조, 풀옵션 등 주택 계획에 큰 만족도 보임
전차년도에 제기된 진동 및 소음 문제에 대해서는 다른 주택과 비교 시 큰 불편함 없음
외부 디자인과 건물 입지 요건(주변 환경)이 주거 만족도에 크게 영향을 끼침

(다) 스타코 CHS 오피스텔

① 조사 개요

대상지 : 부산시 강서구
규모 : 지상 10층 / 67
준공 : 2012년
시공사 : 스타코(주)

② 심층인터뷰 내용(관리인, 거주자)

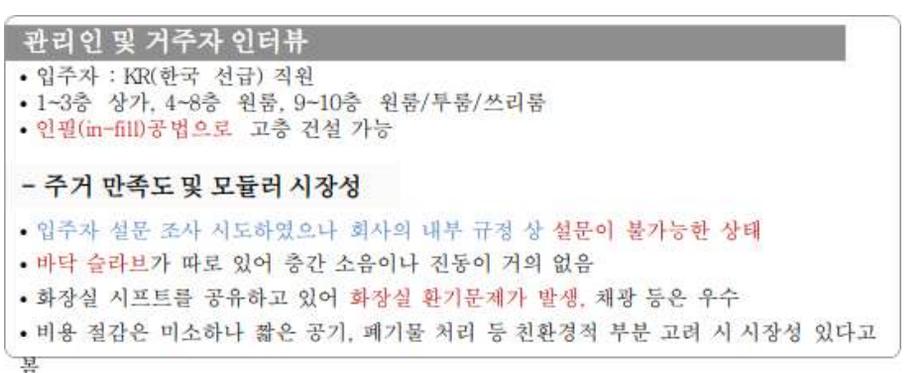


그림 2.2.19.17 인터뷰 내용

인필공법의 조립 방식으로 짧은 기간에 고층 건물 건설 및 다양한 평면 구성 가능
바닥 슬라브 구조로 층간 소음과 진동은 거의 느끼지 못함 / 세탁진동도 내부에서만 느낄 정도 임

(2) 종합분석

평가 요소	1차-공릉동 기숙사 (설문 조사)	2차-천연동 기숙사 (설문 조사)	3차- 두원빌 주택 (거주자 및 관리자 인터뷰)	3차-스타코 크루즈(인필방식) (거주 및 관리자 인터뷰)
주거 만족도	• 만족(68.7%) (저렴한 관리비)	• 만족(75%) (저렴한 관리비)	• 주변원룸보다 저렴한 편의로 인기가 좋음	• 거주자 대부분이 만족하고 있음 (인필 방식)
주택 성능	• 자연채광, 단열 만족 • 소음, 진동 고려 필요 • 실내환기 고려 필요	• 자연채광, 단열 만족 • 복도소음 세탁진동 문제 • 취사 시 환기문제	• 소모용품 수리 외에는 진동 방음에 대한 민원은 없음 • 주거성능 대체로 만족 함	• 바닥슬라브가 있는 구조로 층간 소음 진동은 느끼지 못함
주택 내부계획	• 주택 규모 협소 • 욕실, 세면실 분리 불편 • 실내 가구배치, 콘센트 위치 등 고려 필요	• 화장실 규모 협소 • 가구 품질 문제, 효율적 재 배치 필요 • 2인 규모 협소 • 개별난방, 취사, 세탁 만족	• 주변 원룸보다 실내공간은 좁지만 빌트인구조 품옵션으로 인기가 좋음 • 수납공간 만족하나 벽에 건조 불편 해란다 있었으면좋겠음	• 수납 및 가구배치 대체로 만족 • 원룸,투룸,쓰리룸의 다양한평면구성 시도
주택 외관디자인	• 외관디자인 만족	• 외관디자인 고려 필요	• 특이한 외관으로 관심도가 높음	• 3개층 상가 1-1층 거주공간의 고층 건물, 기계식 주차장, E/V코아 별도 구성
공용시설 및 관리	• 1층 특카페 소음 문제 • 체계적 관리시스템 필요	• 2층 공용시설부분 소음문제 • 휴게 및 친교공간 부족 • 건물 관리시스템 필요	• 뒤쪽 공터 주차장과 연계하여, 1층에 사무실 운영으로 임대수익을 올리고 있음	• 스타코에서 관리, 상가 외에 특별한 공용시설은 없음
주변환경 요소	• 대중교통은 편리하나 주변경관에 대한 만족도 낮음	• 주변경관에 대한 만족도가 낮으며, 공원 등 휴게공간 부족	• 중심가(서면), 학원가와 가깝고 주택가에 있어서 조용한 환경 임 (공실이 없음)	• 주변 오피스텔, 아파트가 입지한주거지로 조용함 • 외지에 입지하여 공실 많음
모듈러 주택 발전방향	• 86.7% 모듈러주택 수천 • 3-4인가족 37.9% 적합	• 87.5% 모듈러주택 수천 • 3-4인가족 34.4% 적합	• 지금 수준의 임대료로 더 건축해서 보급한다면 시장성이 있을것으로 보임, 3-4인 규모도 기술적인 보완만 된다면 괜찮을 것으로 보임 (두원빌 관지자)	• 건축비가 콘크리트 공법과 비슷하거나 좀 더 드는것으로 보임 향후 환경이나 건축폐기물 측면에서 충분히 시장성이 있다고 봄 (부산 스타코 직원)

그림 2.2.19.18 종합분석표

(3) 조립식 주택 거주 후 평가 비교분석 (공릉, 천연)

(가) 대상지 입지 비교

그림 2.2.19.19 공릉동 공공기숙사 입지

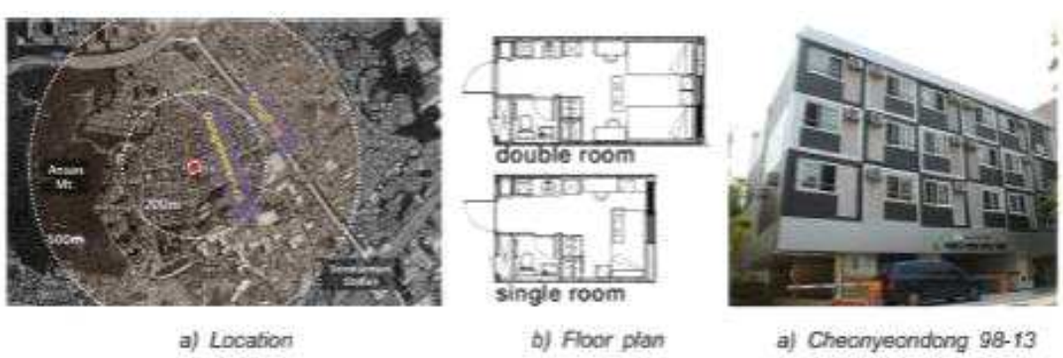
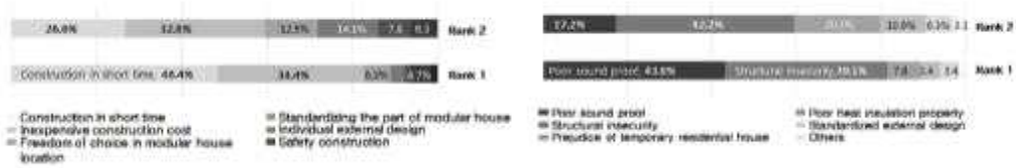


그림 2.2.19.20 천연동 '꿈꾸는 다락방' 입지

(나) 거주자 만족도 비교

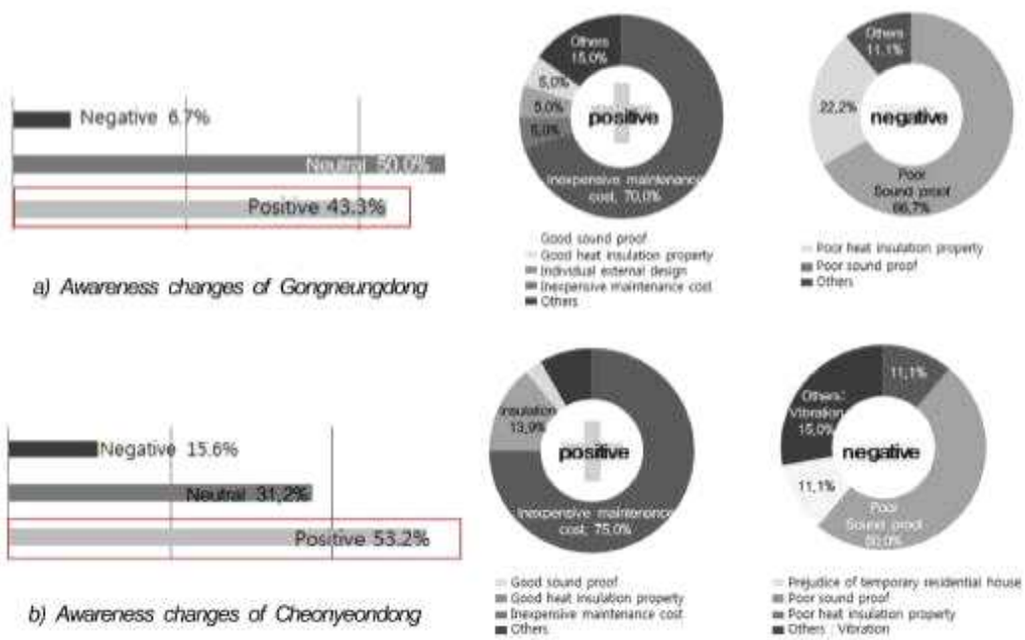
a) Gongneungdong　　b) Cheonyeondong

Figure 3. Recognition of Modular housing.



a) Benefits of modular house　　b) Problems of modular housing

Figure 4. Benefits and Problems of Modular housing.



a) Awareness changes of Gongneungdong

b) Awareness changes of Cheonyeondong

그림 2.2.19.21 주거 인식, 장단점 비교

① 만족도 분석 결과

㉠ 복도소음에 대한 고려 필요

㉡ 주민 공동시설 계획 시 공간과 함께 프로그램 계획도 필요

㉢ 2인실 모듈러주택에 대한 적정한 내부 실 규모 산정 필요

㉣ 개별 난방 및 취사시설에 대한 만족도 높음

㉤ 상주관리직원 및 관리시스템에 대한 고려 필요

㉥ 추가인터뷰 조사에서 발코니공간 필요성 제시

(다) 만족도-중요도 비교 : 기존 조립식 주택 거주 후 평가의 중요도-만족도 분석을 통한 만족도 향상을 위한 주요 요소 도출

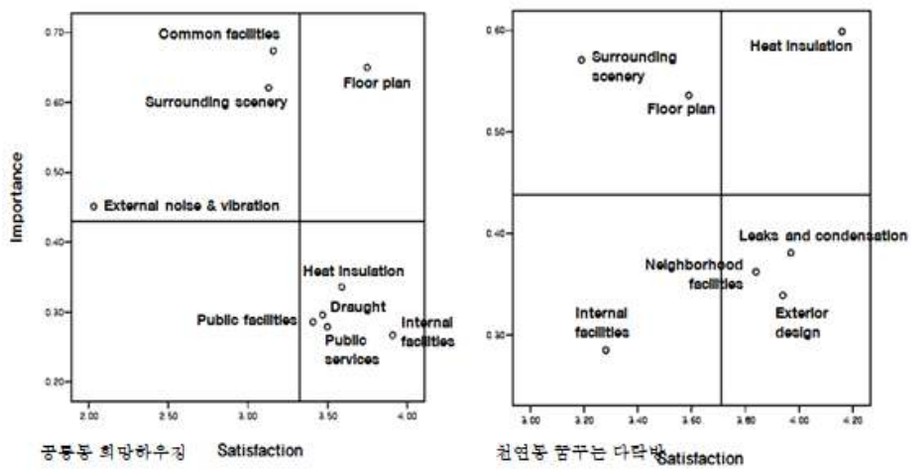


그림 2.2.19.22 만족도-중요도 그래프(공릉, 천연)

① 중요도-분석 결과

㉠ 만족도에 영향을 미치는 중요 공통요소 4개 도출

- 단열/ 주택 내부평면/ 가구 등의 내부시설/ 주변경관
- 단열(열환경)에 대한 만족도는 공릉동 및 천연동 모두 높게 나타남
- 내부평면 및 가구 등 내부시설에 대한 만족도는 공릉동 에 비해 천연동은 만족도가 낮게 나타남
- 주변경관에 대한 만족도는 공릉동 및 천연동 모두 낮게 나타남

㉡ 추가 인터뷰 조사에서 문제로 제기되었던 공릉동의 외부소음 및 진동, 천연동의 내부진동(세탁진동) 등에 대한 기술검증 필요

=〉 연구결과 바탕으로 계획 및 설계 시 고려되어야 한 부분 제시

(라) 실증단지 반영사항 도출

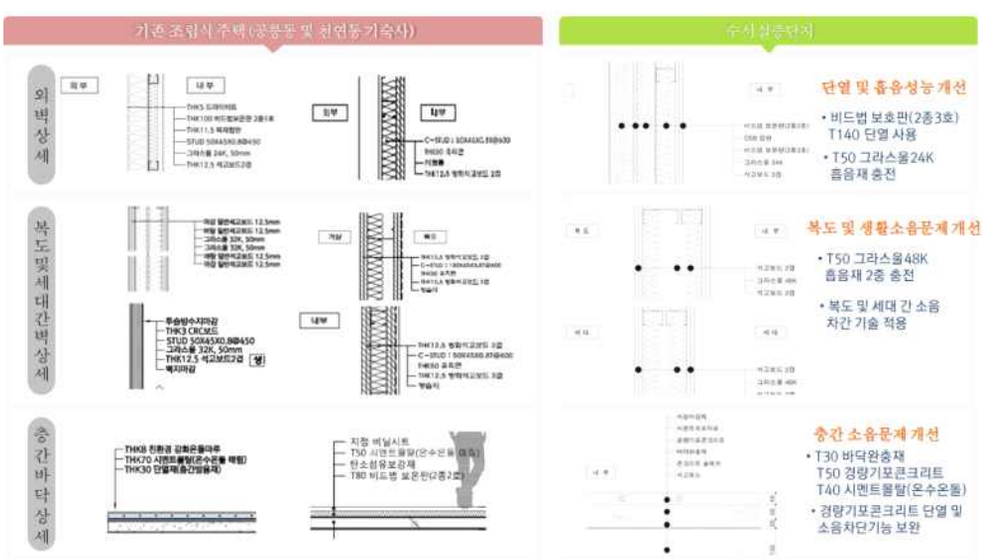


그림 2.2.19.23 실증단지 반영사항

그림 2.2.19.24 실증단지 반영사항

(4) 소규모 조립식 공공임대주택 관리운영 방안

(가) 소규모 조립식 임대주택의 개발유형 및 공급유형 정의

(나) 공급유형별 입주자 선정기준 및 선정방식 마련

(다) 임차인과 관리주체간의 관리범위와 관리책임 규정

(라) 공동체(커뮤니티) 활성화를 위한 주민지원방안 마련

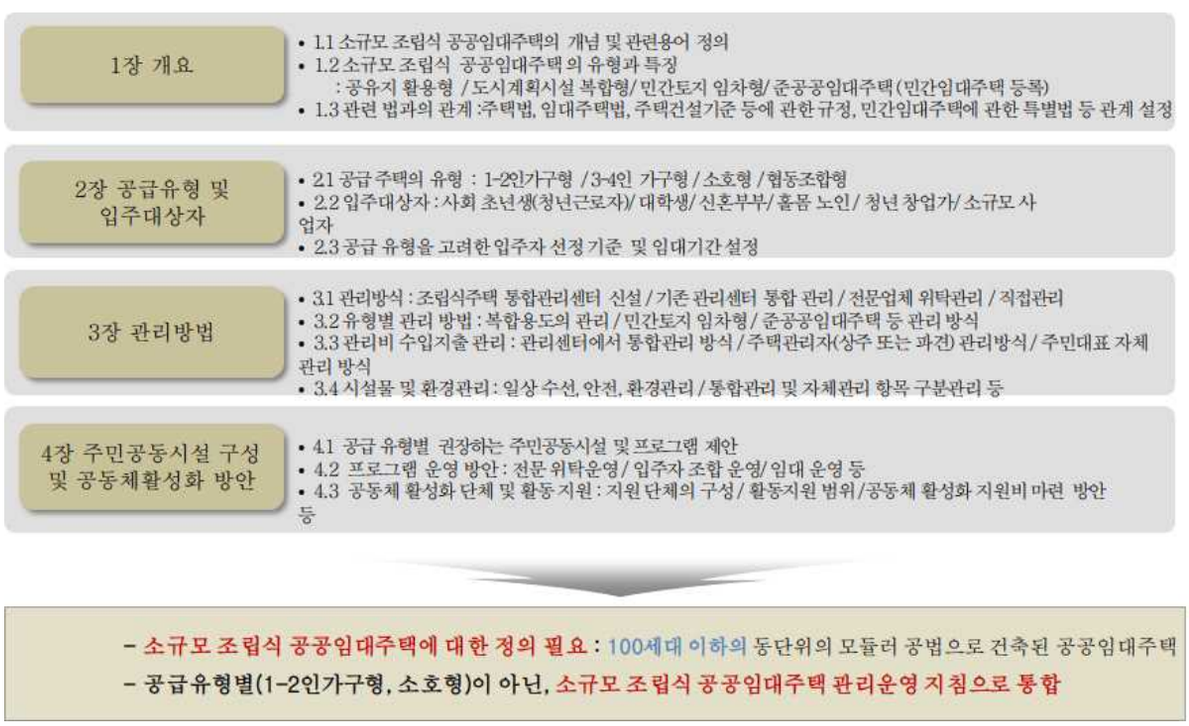


그림 2.2.19.25 소규모 조립식 공공임대주택 관리운영 방안

라) 4차년 : 해당 없음

마) 5차년 : 전차년도 종합 거주 후 평가 비교 분석을 통해 개선 방안 도출

연구목표

- 가양, 천안 두정 실증단지 거주 후 평가를 통해 거주민 만족도 평가
- 기존 조립식 주택과 거주 후 평가 비교 분석을 통한 개선 사항 제시 및 정책 제언

연구내용

- 가양 실증단지 거주민 입주 이후 입주민 조사를 통해 조립식 주택 거주민의 만족도 조사, 분석
- 기존 조립식 주택 거주 후 만족도와 가양동 거주 후 만족도 비교 분석
- 가양단지 수요자 맞춤형 조립식 주택 거주 후 평가 보고서 작성

최종성과물

- 거주후 평가 보고서 1부 : 가양단지 *천안 두정단지의 경우 준공년도 지연으로 인해 거주 후 평가 및 보고서 작성 미실행

(1) 거주 후 평가 설문 조사 1곳(가양단지)

(가) 조사 목적

① 가양 실증단지 거주자 평가를 통해 사용자 관점의 거주 만족도 평가 및 진단
② 추후 시스템주택 거주환경 개선방향 및 정책 제언

(나) 조사대상 및 범위

① 대상지 특징 : 강서구 가양동 1457-1, 사회초년생들을 위한 공공임대주택 (건물 2동, 총 30실 : 16㎡ 28실, 32㎡ 2실)
② 조사 기간 : 04월 06일~04월 27일 (3주)
③ 조사 부수 : 4월 초 기준 총 28명 중 25명 조사 실시
④ 조사 방법 : 온라인, 오프라인 설문 및 간담회 형식의 심층 인터뷰
⑤ 조사 내용 : 시스템주택 인식 및 발전방향, 주택 성능 요소, 주택 계획 요소, 공용시설 및 설비, 주변 환경 요소 등에 대한 만족도

그림 2.2.19.26 외부 전경

(다) 조사 대상자 특성

그림 2.2.19.27 조사대상자 특성

(라) 조사 결과 - 모듈러 주택 인식, 모듈러 주택 발전방향, 주거만족도

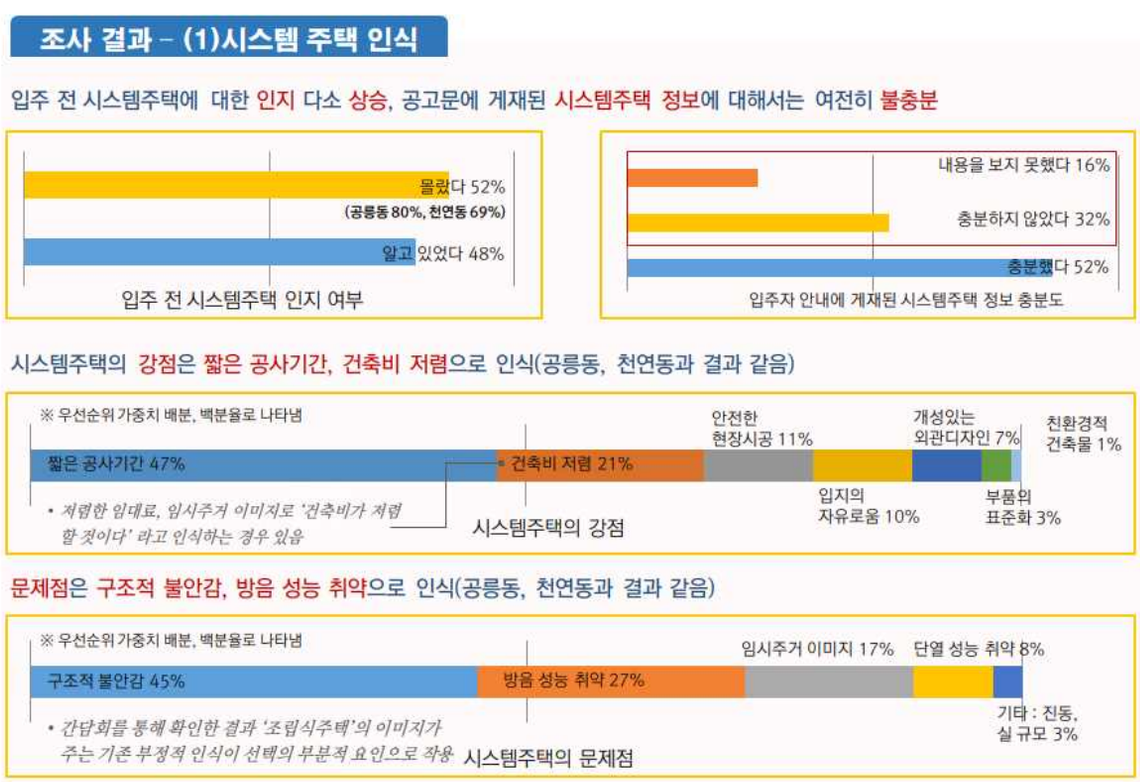


그림 2.2.19.28 조립식 주택 인식

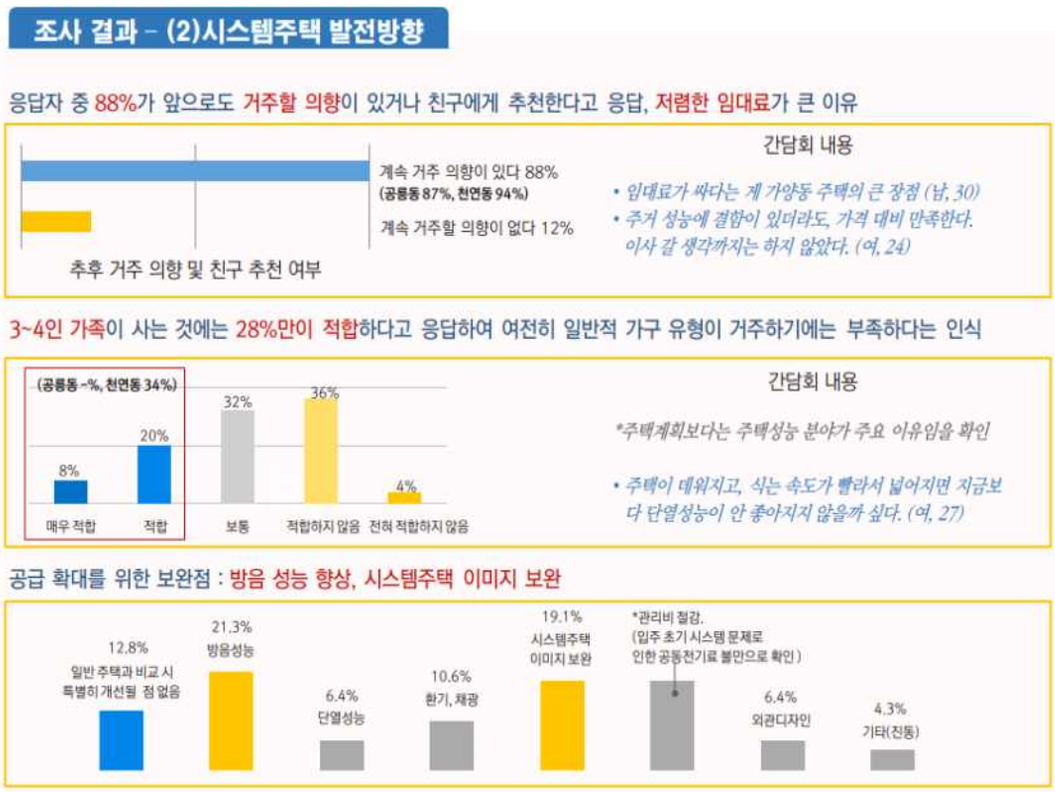


그림 2.2.19.29 조립식 주택 발전방향

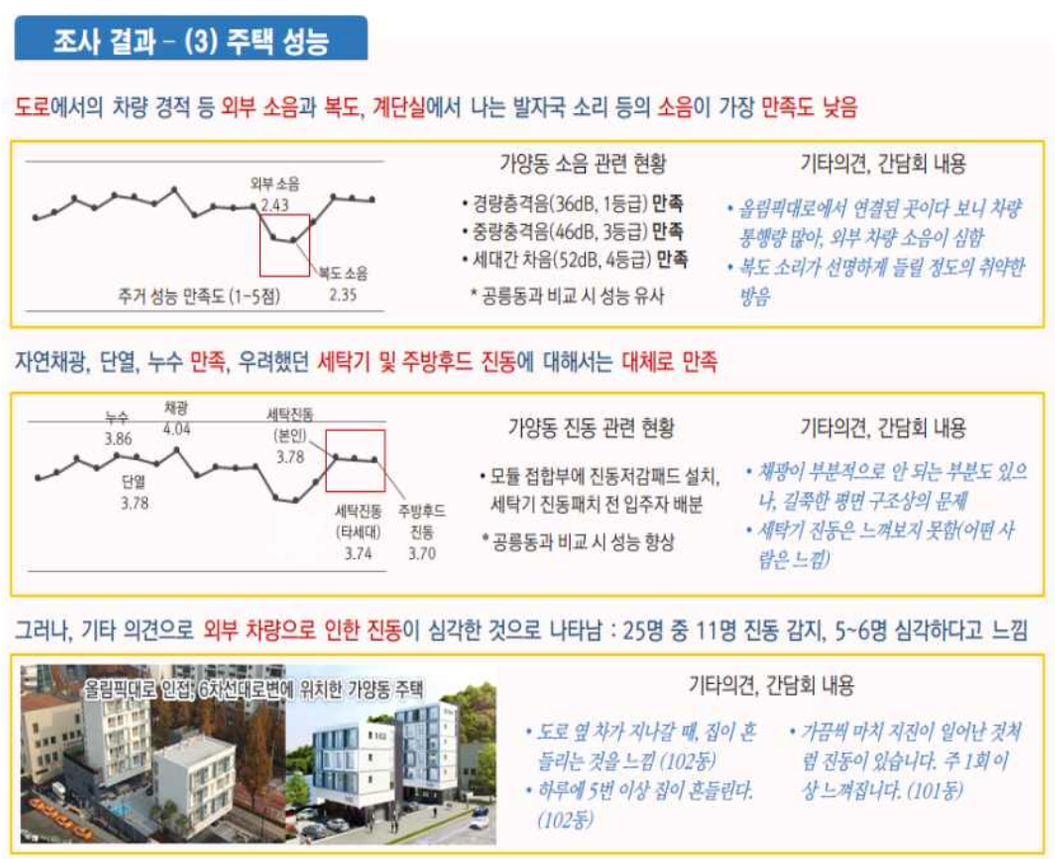


그림 2.2.19.30 조립식 주택 성능 요소

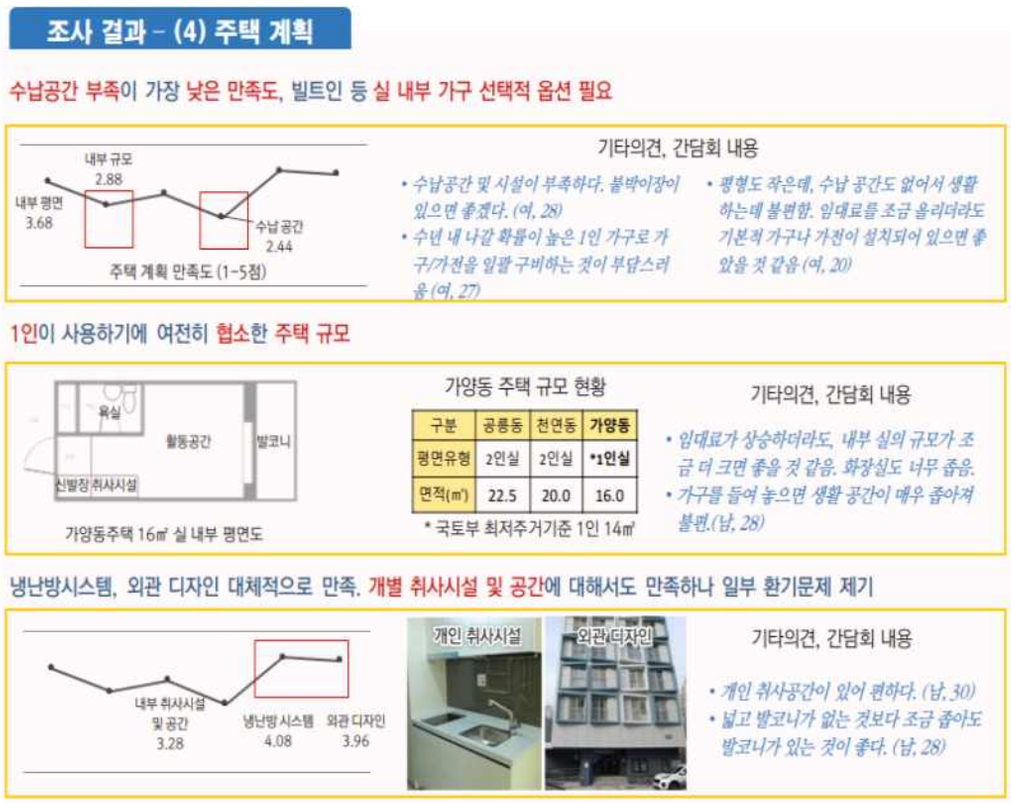


그림 2.2.19.31 조립식 주택 계획 요소

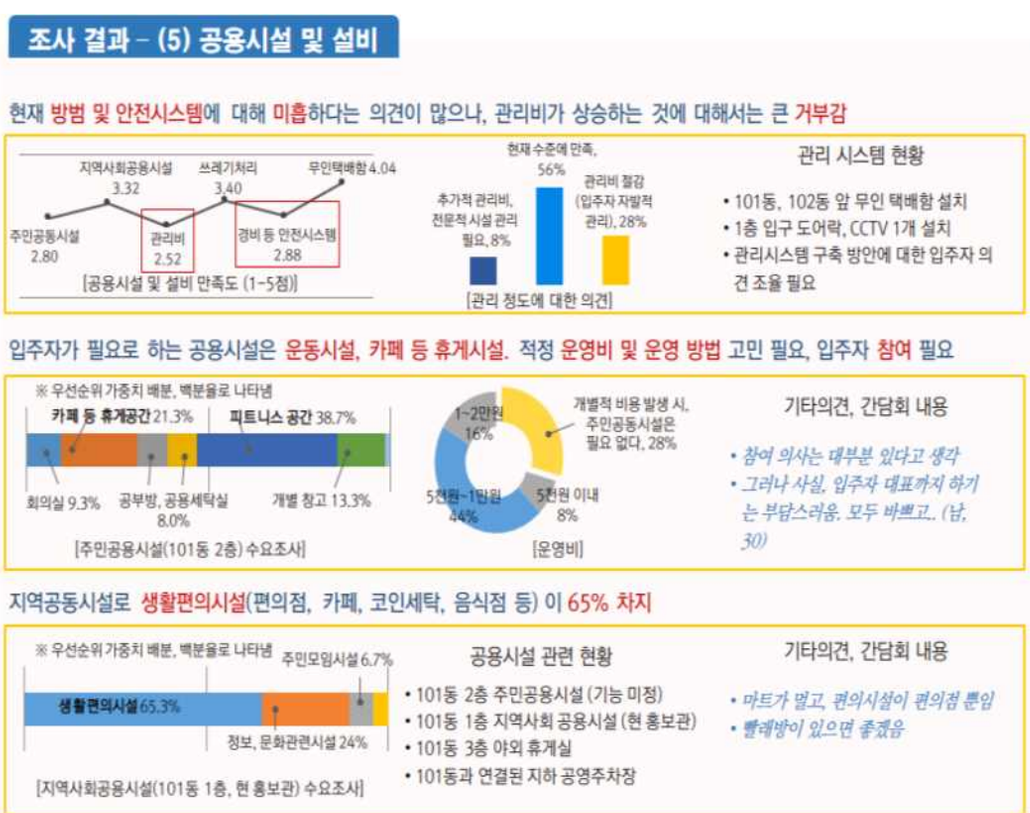


그림 2.2.19.32 조립식 주택 공용시설 및 설비 요소

(2) 기존 조립식 주택 거주 후 평가 비교 분석 (공릉, 천연, 가양)

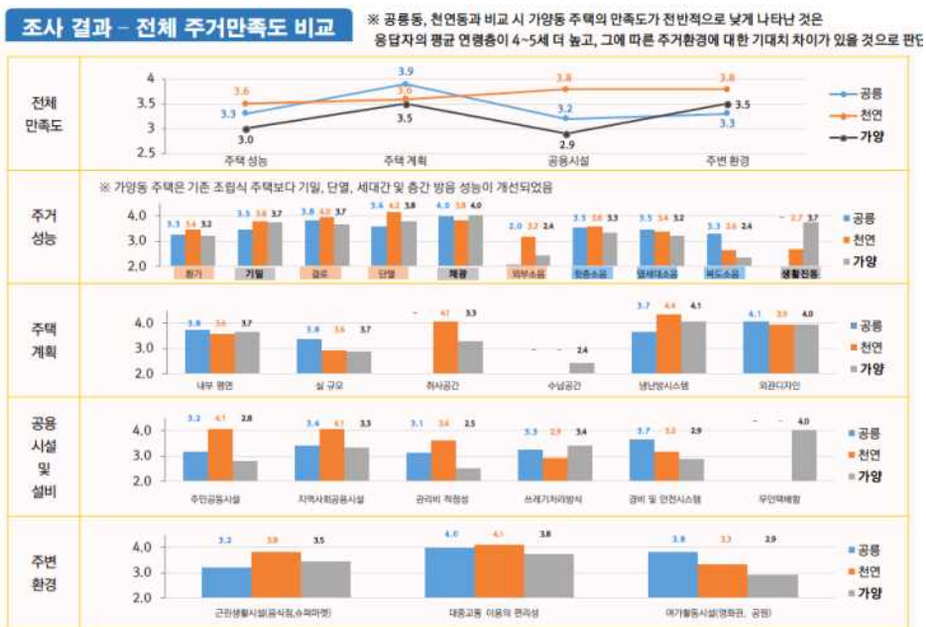


그림 2.2.19.33 조립식 주택 전체 주거만족도 비교 (공릉, 천연, 가양)

(3) 향후 조립식 주택 시사점 및 정책 제언

(가) 입지적 요소

① 건설 공사 중의 주변 민원이 큰 문제점으로 작용하는 기성 시가지 내 소규모 필지의 주거 건축에 있어 공기 단축은 조립식 건축의 큰 장점으로 작용할 수 있음. 향후 조립식 주택을 활용한 주요 사업모델로 강화할 필요 있음

(나) 시스템 주택 인지 및 인식

① 조립식 주택에 대한 인지 부분이 향상되었다는 점에서, 가양동 행복주택 입주자 공고문에 게재된 '조립식(모듈러) 주택' 정보 제공은 바람직한 것으로 보임

② 여전히 조립식 주택에 대한 이미지 개선은 필요

③ 조립식 주택 정책 홍보의 초점을 명확히 하여 안전한 현장시공, 친환경적인 건축물 등 조립식 주택의 장점을 강조하고 긍정적 인식을 확대해 나가야 함

(다) 주택 성능 요소

① 주거 성능요소는 다른 요소 중에서도 가장 주목되는 항목으로 특히, 이번 가양동 조사에서도 계속해서 문제가 제기되었던 복도 방음과 외부소음, 그로 인한 진동에 대해서는 현재의 안전성 진단과 해결이 필요하며 추후 조립식 주택에 적용할 적정 기준 제시할 필요

② 주거 성능 중 외부소음과 외부 진동은 입지 조건에 따라 큰 차이를 보이는데, 공릉동, 가양단지의 경우와 같이 간선대로 변에 위치하지 않고, 천연동 사례와 같이 시가지 내부의 소규모 택지에 입지하는 것이 나을 것으로 판단

(라) 주택 계획 요소

① 주택 계획요소는 연령층에 맞는 사용자에 따른 활동 반경을 고려하여 적정한 주택면적을 공급하고, 수납공간을 마련하는 것이 필요해 보임

② 공용시설 및 설비와 관리에 대해서는 앞으로 꾸준한 주민 모임을 통해 의견을 조정하고 추후 자율적이고 민주적인 협의체가 이루어질 수 있도록 입주자 교육 등이 필요한 것으로 보임

03 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 연구기관별 최종 연구목표
2. 목표 달성여부
3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구 필요성 등)

03 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1 연구기관별 최종 연구목표

구분	연구과제명	연구기관	최종 연구목표
조립식주택 실증단지 모니터링 및 매뉴얼	MC 설계를 활용한 조립식 주택 Proto-type 개발	KICT-계획	• MC설계기준 기반 조립식 주택 프로토타입 제시
	조립식 주택 BIM 통합 설계 가이드라인	KICT-계획	• BIM 통합 설계가이드라인 구축
	조립식 주택 음열성능 검토 및 성능향상 기술 개발	KICT-환경	• 조립식주택 실증단지 열 및 음환경의 성능 향상 기술 확보 및 실증단지 열환경 평가
	조립식 주택의 녹색건축 인증	한국환경건축연구원	• 건축인증획득을 통한 친환경 저에너지 조립식주택 구현 • 조립식 주택의 특성에 맞는 녹색건축인증 및 건축물에너지효율등급 가이드라인 작성
	조립식 주택 구조안전성 평가 및 실증	KICT-구조	• 조립식주택 실증단지 구조시스템의 구축 및 구조 분야 기술의 실증
	조립식 주택 맞춤형 내화구조 기술	KICT-내화	• 조립식주택 내화성능 확보를 위한 맞춤형 내화피복기술을 개발하고 내화구조 기술 실증 • 조립식주택에 최적화된 공장 생산형 내화충전구조 제시 및 기술 실증
	모듈러 주택 시공 신기술 실증 적용	KICT-건설관리	• 조립식주택용 운반장치 및 조립장치 기술조사 및 적용성 분석 • 조립식주택을 위한 운반 및 조립장치 개발 및 분석 • 조립식 주택 시공 신기술 실증단지 적용 • 모듈러 주택 시공 신기술의 실증단지 적용을 위한 안정화 • 운반용 고정장치 및 조립용 공구 실증단지 적용 및 모니터링 등 종합적 데이터 분석
실증단지 공사원가 절감방안 도출	모듈러 공법 표준내역체계 및 대량생산·실증기술 경제성 분석	성균관대학교산학협력단	• 기존 RC구조 대비 현재 모듈러 공법의 경제성을 확인 및 단기·장기적 관점에서의 경제성 확보 방안 제시 • 모듈러 구매조달 현황 분석 및 개선안 제안
	조립식주택 경제성 확보 방안	현대엔지니어링	• 실증단지 모니터링을 통한 조립식 주택 공사원가 절감방안 연구
모듈 제작 및 실증단지 시공	조립식 주택 수서단지 설계	DMP	• 조립식주택 모듈 및 실증단지 설계기술개발 • 조립식주택 설계시스템 실증 및 MC설계를 활용한 모듈러 주택 Proto-type적용
	가양실증단지 조립식주택 제작 및 시공	포스코 A&C	• 가양실증단지 제작 및 시공 • 공장제작 및 현장시공매뉴얼작성
	천안실증단지 수요자 맞춤형 Infill식 모듈	스타코	
	천안실증단지 수요자 맞춤형	금강공업	• 천안두정실증단지 구축 및 공장제작/현장시공 매뉴얼

구분	연구과제명	연구기관	최종 연구목표
	골조식 모듈		작성
	실증단지 BIM 기반 시공지원	연우테크놀로지	• 실증단지 BIM 기반 시공계획 수립 및 시공지원
	가양실증단지 구축계획 및 사업 성과분석	SH공사	• 가양동 모듈러 실증단지 준공 및 사업 종합평가
	천안실증단지 구축계획 및 사업 성과분석	LH공사	• 천안두정 모듈러 실증단지 준공 및 사업 종합평가
	조립식주택 실증단지 관리운영 방안	SH공사	• 가양동 모듈러 실증단지 관리운영 체계 구축
조립식 주택 공급방식 및 사업화 모델 확대	조립식주택 활용 임대주택 사업모델 개발	SH공사	• 공공부문 모듈러 주택의 사업적용 모델 개발
	사업유형별 관리운영 기준	SH공사	• 사업유형별 공급 및 관리 기준 마련
	조립식주택 확대 위한 민간주도 비즈니스모델 개발	서울대학교산학협력단	• 민간 주도 조립식 건축 사업 활성화 모델 제시
실증단지 홍보	조립식 주택 실증단지 홍보방안 구축	SH공사	• 실증단지 홍보 전략 및 수단개발, 홍보
실증단지 거주후 평가	실증단지 거주후 평가	온공간연구소	• 실증단지 및 기존 조립식 주택의 거주 후 평가를 통해 조립식 기술에 대한 일반인들의 인식정도와 발전방향에 대한 의견 수렴 • 조립식 주택 거주 후 만족도 평가를 통해 조립식 주택에 적용된 주거성능과 주택 계획요소에 대한 실증적 평가를 통해 주거 만족도 향상을 위한 기술개발 방향 제안

2 목표 달성여부

가. 최종 연구목표 달성여부

구분	년도	세부과제명	성과목표	세계최고 수준 (보유국/ 보유기관)	연구전 국내수준	목표치	가중치 (%)	평가기준	달성치
최종 목표	2018	MC 설계를 활용한 조립식 주택 Proto-type 개발 (KICT 계획)	10종 Proto-type 개발	용도·디자인 등 다양한 Proto-type (일본/세키스이하임)	MC설계 적용 조립식 주택 Prototype 전무함	1-2차년도: 1종 3-4차년도: 8종 5차년도: 10종	4	전문가 검증	10종 Proto-type 개발
		조립식 주택 BIM 통합 설계 가이드라인 (KICT 계획)	1종 BIM 통합 설계 가이드라인 구축	BIM 통합 시스템 활용 (미국/KPF)	업체별 상이한 BIM 가이드라인 구축됨	BIM 시스템 및 BIM 통합 설계 가이드라인 구축	5	전문가검증	1종 BIM 통합 설계 가이드라인 구축
		조립식 주택 음열성능 검토 및 성능향상 기술 개발 (KICT 환경)	조립식 주택 음 · 열성능	음환경성능: 경량충격음 (1등급) 중량충격음 (3등급) 열환경성능: 단열성능(0.25 W/㎡K이하) 기밀성능(0.5A CH50이하) (일본/Sekisui-heim)	경량충격음 2-3등급 중량충격음 4등급-등외 외벽 단열 0.27W/㎡K 기밀 성능 10~12ACH	음환경성능: 경량충격음 (1등급) 중량충격음 (3등급) 열환경성능: 단열성능(0.25 W/㎡K이하) 기밀성능(0.5A CH50이하)	5	KOLAS공인시험성적서 KS, ISO 규격 등에 의한 현장성능 평가	100%
		조립식 주택의 녹색건축 인증 (환경건축연구원)	- 조립식주택 녹색건축인증 /건축물 에너지효율등급인증 성능 적용	-	공업화주택 성능기준	실증단지 녹색건축인증 목표성능 적용/ 건축물에너지 효율등급 인증 목표 성능 적용	3	적용 보고서 인증서 가이드라인	- 조립식주택 녹색 및 에너지효율등급 건축인증 획득 및 가이드라인 구축
		조립식 주택 구조안정성 평가 및 실증 (KICT 구조)	주거용 7층 조립식 주택 구조안전성 확보	32층 모듈러 건축물 구조설계 기술 (미국/Arup)	30% (4층이하 비주거용)	60% 7층(5개층) 조립식 주택 실증	6	7층(5개층) 규모 구조계산서	100%
		조립식 주택 맞춤형 내화구조 기술 (KICT 내화)	조립식 주택 맞춤형 2시간 내화구조 기술 개발	3시간 내화성능 (미국, 유럽)	조립식 주택용 내화기술 없음	2시간 내화성능 확보	5	2시간 내화성능 (내화구조 시험성적서)확보	실증단지 2시간 내화성능 확보
		모듈러 주택 시공 신기술 실증 적용 (KICT 건설관리)	조립용공구 토크성능 323N.m 및 고정장치	-	모듈러 전용 기술 부재	조립용공구 토크성능 323N.m 확보 및 고정장치	4	구조시뮬레이션 및 전문가 검증	100%

구분	년도	세부과제명	성과목표	세계최고 수준 (보유국/ 보유기관)	연구전 국내수준	목표치	가중치 (%)	평가기준	달성치
			최대응력 35.3kN 확보			최대응력 35.3kN 확보			
		단기·장기적 관점에서의 조립식 주택 경제성 확보 방안 및 모듈러 구매조달 개선안 수립(성균관대학 교산학협력단)	조립식 주택 경제성 확보 방안 및 모듈러 구매조달 개선안 수립	-	-	공사비 절감 방안 제시 및 모듈러 구매조달 개선안 제안	4	전문가 설문조사 및 인터뷰	중·장기적 관점에서의 경제성 확보 방안 제시 모듈러 구매조달 개선안 제시
		조립식주택 경제성 확보 방안 (현대엔지니어링)	생산성 향상을 통한 조립식주택 공사원가 절감방안 제시	없음	없음	생산성 향상을 통한 조립식주택 공사원가 절감방안 제시	3	보고서	100%
		조립식 주택 수서단지 설계 (DMP)	조립식 주택 표준설계도서 작성	-	-	수서단지 실시설계 및 표준설계도서	7	조립식 주택 표준설계도서 작성 여부	100%
		조립식주택 제작 및 시공 (포스코 A&C)	가양실증단지 설계, 제작 및 시공	조립식 주택 제작 및 시공 (미국 및 영국)	-	가양실증단지 공장제작 가양실증단지 현장시공	14	제작 : 준공공문(모듈러 출고확인서) 시공 :SH공사 시공진척도 검증(설계도서)	100% (가양실증단지 구축 1건)
		수서단지 수요자 맞춤형 Infill식 모듈 (스타코)	주택성능 확보 인필시스템 제작 및 시공	인필시스템 제작 및 시공 (미국)	70%	90%	7	수서 B동 구축	50%
		천안두정실증단지 수요자 맞춤형 골조식 모듈 (금강공업)	천안두정실증단지 적층형 모듈 제작 및 시공	모듈러 제작 및 시공 (미국 및 영국)	40%	80%	7	천안두정 적층형 부분 구축	100%
		실증단지 BIM 기반 시공지원(연우테크놀로지)	실증단지 BIM 기반 시공지원 및 검증	시공단계 4D/5D BIM 활용 (미국/다수민간기업)	30%	90%	3	보고서	100%
		가양실증단지 구축계획 및 사업성과분석 (SH공사)	실증단지 구축 계획 및 사업평가	모듈러 공공주택 사례 (영국)	4층 이하 사업추진 1건 실적	5층이상 공공주택 사업화(준공) 1건 추진	5	백서 사업화(준공) 1건	100% (백서1건, 준공1건)
		천안실증단지 구축계획 및 사업성과분석 (LH공사)	실증단지 구축 계획 및 사업평가	모듈러 공공주택 사례 (영국)	4층 이하 사업추진 1건 실적	5층이상 공공주택 사업화(준공) 1건	5	사업승인 성과보고서	100%
		조립식주택 실증단지 관리운영 방안 (SH공사)	실증단지 관리운영 체계구축	소규모 주택관리 (일본)	복합화 운영관리 매뉴얼 부재 (70%)	모듈러 운영관리 기준 수립 (80%)	3	매뉴얼	100% (매뉴얼 1건)

구분	년도	세부과제명	성과목표	세계최고 수준 (보유국/ 보유기관)	연구전 국내수준	목표치	가중치 (%)	평가기준	달성치
		조립식주택 활용 임대주택 사업모델 개발 (SH공사)	조립식주택 공공,민간사업 부지별 적용 사업모델 개발	다양한 사업모델개발(영국, 미국, 일본)	제한적 사업모델(기숙사. 군막사) (40%)	공공임대주택 사업화 모델 개발(70%)	4	보고서 국내논문	100% (SCI논문 1건, 논문1건, 보고서1건)
		사업유형별 관리운영 기준 (SH공사)	사업유형별 공급 및 관리기준 마련	-	법・제도 분석 실적 미미	관리운영 매뉴얼 작성 및 법제도 개선사항 도출	2	정책제안 보고서	100% (관리기준 적용제안)
		조립식주택 확대 위한 민간주도 비즈니스모델 개발 (서울대학교산학 협력단)	민간 주도 조립식 건축 사업모델 제시	민간 사업모델 (미국 및 영국)	30%	50%	4	보고서 정책제언 국내논문 사업제안서	100% (보고서 3건, 정책제언1건, 논문1건, 사업제안서2 건)
		조립식 주택 실증단지 홍보방안 구축 (SH공사)	실증단지 홍보전략 및 수단개발, 홍보	해외사례관련자료 홍보(미국)	조립식주택에 대한 부정적 인식 (30%)	실증단지 구축 및 홍보를 통한 모듈러주택의 인식 개선 (80%)	3	홈페이지 해외사례도서 홍보관 다큐멘터리 홍보물	100% (홈페이지 1건, 도서1건, 홍보관 1건, 다큐멘터리 1편, 브로셔1건)
		실증단지 거주후 평가 (온공간연구소)	실증단지 거주 후 평가 및 분석	/	주민요구를 조사한 연구경험	주민 반응 조사 및 개선사항 도출	4	POE 보고서	60%

나. 연차별 연구목표 달성여부

구분	년도	세부과제명	성과목표	세계최고 수준 (보유국/ 보유기관)	연구전 국내수준	목표치	가중치 (%)	평가기준	달성치
1차년도	2013	MC 설계를 활용한 조립식 주택 Proto-type 개발 (KICT 계획)	조립식 주택 Proto-type 개발	용도·디자인 등 다양한 Proto-type (일본/세키스이하임)	MC적용 안됨	1종 MC설계 적용 Proto-type	5	모듈러 건축 MC설계 기준 구축(자체평가)	1종 MC설계 적용 Proto-type
		조립식 주택 BIM 통합 설계 가이드라인 (KICT 계획)	조립식 주택 BIM 통합 설계 가이드라인 구축	BIM 통합 시스템 활용 (미국/KPF 건축회사)	표준화되지 않은 업체별 라이브러리	모듈러 주택 BIM 70개 라이브러리 구축	4	BIM 라이브러리 DATA (자체평가)	모듈러주택 건축 22개, 구조 18개, MEP 41개 BIM 라이브러리 작성
		조립식 주택 음열성능 검도 및 성능향상 기술 개발 (KICT 환경)	조립식 주택 음 및·열성능	음환경성능: 경량충격음 (1등급) 중량충격음 (3등급) 열환경성능: 단열성능(0.25W/㎡K이하) 기밀성능(0.5 ACH50이하) (일본/Sekisui-heim)	-경량충격음 2-3등급 -중량충격음 4등급-등외 -외벽 단열 0.27W/㎡K -기밀 성능 10~12ACH	음환경성능: 경량충격음(1등급) 중량충격음(3등급) 열환경성능: 단열성능(0.25W/㎡K이하) 기밀성능(0.5 ACH50이하)	7	KOLAS공인시험성적서	100%
		조립식 주택의 녹색건축 인증 (환경건축연구원)	건축인증 및 단열성능 목표 등급 설정	-	-	건축인증 목표 등급 설정 단열성능 확보	3	단열성능 시뮬레이션	ISO15099 및 KS F 2295 만족
		조립식 주택 구조안정성 평가 및 실증 (KICT 구조, 서울시립대, 와이즈)	보 내력 100% 발현 가능 용접 상세 확보	모듈 기둥-보 접합 상세 확보 (영국/SCI)	80%	보 내력 100% 발휘 가능 용접 상세 도출	7	모듈러 구조 내부접합부 용접 상세 제시 및 실험적 검증	100%
		조립식 주택 맞춤형 내화구조 기술 (KICT 내화)	조립식 주택용 내화구조 기술 모형 제시	3시간 내화성능 (미국, 유럽)	조립식 주택용 내화기술 없음	2시간 내화성능 기술모형 제시	8	2시간 내화성능 평가 시험성적서	100%
		모듈러 주택 시공 신기술 실증 적용 (KICT 건설관리)	조립용공구 토크성능 323N.m 및 고정장치 최대응력 35.3kN 확보	-	모듈러 전용 기술 부재	- 최종목표대비 20%(국내외 현황분석)	5	전문가검증	100%
		모듈러 공법 표준내역체계 및 대량생산·실증기술 경제성 분석 (성균관대학교산학협력단)	모듈러 WBS 및 표준물량내역체계 구축	-	-	WBS 및 표준물량내역 체계 구축	5	표준물량내역 체계 구축여부	100%

구분	년도	세부과제명	성과목표	세계최고 수준 (보유국/ 보유기관)	연구전 국내수준	목표치	가중치 (%)	평가기준	달성치
		조립식주택 경제성 확보 방안 (현대엔지니어링)	현 조립식 주택 공사원가 분석	-	-	현 조립식 주택 공사원가 분석	4	내역분석	100%
		조립식 주택 수서단지 설계 (DMP)	Mock-up 개발	-	-	Mock-up 실시설계	7	Mock-up실시 설계도서 작성여부	100%
		가양단지 설계 및 제작·시공 (포스코 A&C)	가양단지 설계 및 제작·시공	조립식 주택 제작 및 시공 (미국 및 영국)	40%	Mock-up 설계	4	설계도서 및 보고서 작성 여부	내력벽식 실증용 Mock-up 설계도서
		수서단지 수요자 맞춤형 Infill식 모듈 (스타코)	실증단지 구축을 위한 mock-up 제작 및 기반조성	인필시스템 제작 및 시공 (미국)	70%	Mock-up 설계	4	Mock-up 설계도서	100%
		수서단지 수요자 맞춤형 골조식 모듈 (금강공업)	수서단지 적층형 Mock-up 제작 및 시공	모듈러 제작 및 시공 (미국 및 영국)	40%	Mock-up 제작	8	Mock-up 구축 성과보고	100%
		실증단지 구축계획 및 사업 성과분석 (SH공사)	사업추진계획 점검	-	4층 이하 사업추진 1건 실적 (50%)	공공주택사업 추진화 인정	6	워크샵 자체평가 및 보고서	100%
		조립식주택 실증단지 관리운영 방안 (SH공사)	기존운영관리계획 검토 및 실증단지 주택관리 이슈도출	소규모 주택관리 (일본)	복합화 운영관리 매뉴얼 부재 (70%)	주택관리 방향 수립	4	워크샵 자체평가 및 보고서	100%
		조립식주택 활용 임대주택 사업모델 개발 (SH공사)	조립식주택을 활용한 임대주택 사업다양화 전략도출	다양한 사업모델개발 (영국, 미국, 일본)	제한적 사업모델 (기숙사. 군막사) (40%)	적용가능 사업유형 개발	5	워크샵 자체평가 및 보고서	100%
		조립식주택 확대 위한 민간주도 비즈니스모델 개발 (서울대학교산학협력단)	조립식 주택 해외 사례조사 국내 현황분석	조립식 주택 활용 사업모델	30%	조립식 주택 시장성 분석	5	워크샵 자체평가 및 보고서	100%
		조립식 주택 실증단지 홍보방안 구축 (SH공사)	실증단지 홍보수단별 전략수립, 홈페이지 개발, 해외사례집 조사	해외사례관련 자료 홍보(미국)	조립식주택에 대한 부정적 인식 (30%)	조립식주택의 개념 이해 수단 개발	4	홈페이지	100%
		기존 조립식 주택 거주 후 평가 (온공간연구소)	거주 후 평가 모델 개발 및 실시	/	주민요구를 조사한 연구경험	공릉동 거주 후 평가 실시 및 분석	5	POE 결과	100%

구분	년도	세부과제명	성과목표	세계최고 수준 (보유국/ 보유기관)	연구전 국내수준	목표치	가중치 (%)	평가기준	달성치
2차년도	2014	MC 설계를 활용한 조립식 주택 Proto-type 개발 (KICT 계획)	조립식 주택 Proto-type 개발	용도·디자인 등 다양한 Proto-type (일본/세키스이하임)	모듈러 전용 내외장재 기준 없음	내장 및 구성재 7개 품목, 외장재 8개 품목의 표준 규격 설정	3	부재별 표준화 기준 (자체평가)	내장 및 구성재 7개 품목, 외장재 8개 품목의 표준 규격 설정
		조립식 주택 BIM 통합 설계 가이드라인 (KICT 계획)	조립식 주택 BIM 통합 설계 가이드라인 구축	BIM 통합 시스템 활용 (미국/KPF 건축회사)	조립식주택 전용 BIM 프로세스 없음	1종 조립식주택 BIM 설계 프로세스 7단계 구축	3	조립식주택 BIM 설계 프로세스(자체 평가)	1종 조립식주택 BIM 설계 프로세스 7단계 구축
		조립식 주택 음열성능 검토 및 성능향상 기술 개발 (KICT 환경)	조립식 주택 음 및·열성능	음환경성능: 경량충격음 (1등급) 중량충격음 (3등급) 열환경성능: 단열성능(0.25W/㎡K이하) 기밀성능(0.5 ACH50이하) (일본/Sekisui-heim)	-경량충격음 2-3등급 -중량충격음 4등급-등외 -외벽 단열 0.27W/㎡K -기밀 성능 10~12ACH	음환경성능: 경량충격음 (1등급) 중량충격음 (3등급) 열환경성능: 단열성능(0.25W/㎡K이하) 기밀성능(0.5 ACH50이하)	6	KS, ISO 규격 등에 의한 Mock-up 성능 평가 시뮬레인션에 의한 결로방지 성능 평가	100%
		조립식 주택의 녹색건축 인증 (환경건축연구원)	실시설계 건물 에너지 성능 및 친환경 구축	-	-	에너지 절감형 친환경 주택 구현	6	시뮬레이션 검증	100%
		조립식 주택 구조안전성 평가 및 실증 (KICT구조, 와이즈)	주거용 5층 조립식 주택 구조안전성 확보	32층 모듈러 건축물 구조설계 기술 (미국/Arup)	30% (4층이하 비주거용)	40% 5층 조립식 주택 구조설계	8	5층 규모 구조계산서	100%
		조립식 주택 맞춤형 내화구조 기술 (KICT 내화)	조립식 주택용 건식 내화피복기술 개발	3시간 내화성능 (미국, 유럽)	조립식 주택용 내화기술 없음	2시간 내화성능 확보	7	조립식 주택용 내화피복 최적 기술 시제품 제작 여부	100%
		모듈러 주택 시공 신기술 실증 적용 (KICT 건설관리)	조립용공구 토크성능 323N.m 및 고정장치 최대응력 35.3kN 확보	-	모듈러 전용 기술 부재	- 최종목표대비 60%(시작품 제작)	4	구조시뮬레이션	100%
		대량생산에 의한 경제성 분석 (성균관대학교산학협력단)	직접공사비 비목별 절감방안	-	-	기존 모듈러 공사비대비 20% 절감	4	공사비 절감 비율	100%
		조립식주택 경제성 확보 방안 (현대엔지니어링)	현 조립식 주택 공사원가 절감방안 도출	-	-	현 조립식 주택 공사원가 절감방안 도출	5	대안별 절감 내역	100%
		조립식 주택	수서단지	-	-	실증기술 반영	6	수서단지	100%

구분	년도	세부과제명	성과목표	세계최고 수준 (보유국/ 보유기관)	연구전 국내수준	목표치	가중치 (%)	평가기준	달성치
		수서단지 설계 (DMP)	실시설계			실시설계도서 작성		실시설계도서 작성여부	
		가양단지 설계 및 제작·시공 (포스코 A&C)	가양단지 계획설계 및 목업테스트	조립식 주택 제작 및 시공 (미국 및 영국)	40%	가양단지도건심의 목업테스트	4	도건심의공문 목업테스트(3차년도 이월)	도건심의
		수서단지 수요자 맞춤형 Infill식 모듈 (스타코)	실증단지 실시설계 및 시공계획 수립	인필시스템 제작 및 시공 (미국)	70%	실시설계도서 및 시공계획서	5	실시설계도서 시공계획서	100%
		수서단지 수요자 맞춤형 골조식 모듈 (금강공업)	Mock-up보완 및 기본설계 기준 실행견적 작성	모듈러 제작 및 시공 (미국 및 영국)	40%	수서 B동 실행견적 작성	5	실증기술적용 실험 데이터 측정 실행견적 대비	100%
		실증단지 BIM 기반 시공지원 (연우테크놀로지)	실증단지 BIM 활용계획 수립	모듈러 건축프로젝트 BIM 활용 (미국/다수민간기업)	30%	실증단지 BIM 활용계획 수립	4	실증단지 BIM 활용계획 수립 계획서 작성여부	100%
		실증단지 구축계획 및 사업 성과분석 (SH공사)	수서, 가양단지 주택사업승인	모듈러공공주택사례(영국)	4층 이하 사업추진 1건 실적 (50%)	실증단지 사업계획 승인	4	사업승인	100%
		조립식주택 실증단지 관리운영 방안 (SH공사)	실증단지 입주자 선정 및 공급기준 마련	소규모 주택관리(일본)	복합화 운영관리 매뉴얼 부재 (70%)	운영관리 매뉴얼 기본방향 개발	3	워크샵 자체평가 및 보고서	100%
		조립식주택 활용 임대주택 사업모델 개발 (SH공사)	사업전략별 수요자 맞춤형 사업모델 유형 개발 및 최적 발주방식 제안	다양한 사업모델개발 (영국, 미국, 일본)	제한적 사업모델 (기숙사. 군막사) (40%)	공공부지 사업화 모델 개발	5	워크샵 자체평가 및 보고서	100%
		사업유형별 관리운영 기준 (온공간연구소)	1인 가구형 조립식 공공임대주택 공급 및 관리방안 마련	-	법·제도 분석 실적	1인 가구형 조립식 공공임대주택 입주자 선정기준 및 공급기준 마련	3	워크샵 자체평가 및 보고서	100%
		조립식주택 확대 위한 민간주도 비즈니스모델 개발 (서울대학교산학협력단)	주거용 조립식 주택 사업화 전략 주거용 사업 대상 사업부지 탐색: 수도권	민간 조립식 주택 사업 모델	30%	사업화 전략제시 및 우선순위 선정 부지탐색	5	워크샵 자체평가 및 보고서	100%
		조립식 주택 실증단지 홍보방안 구축(SH공사)	실증단지 홍보방안 수립(홍보관, 다큐, 홈페이지, 네이밍개발)	해외사례관련 자료 홍보(미국)	조립식주택에 대한 부정적 인식 (30%)	조립식주택의 개념 이해 수단 개발	5	도서발간 홈페이지	100%

구분	년도	세부과제명	성과목표	세계최고 수준 (보유국/ 보유기관)	연구전 국내수준	목표치	가중치 (%)	평가기준	달성치
		기존 조립식주택 거주 후 평가 (온공간연구소)	기존 조립식 2차 거주 후 평가 실시	-	주민요구를 조사한 연구경험	천연동 거주 후 평가 실시 및 분석	5	POE 결과	100%
3차년도	2015	MC 설계를 활용한 조립식 주택 Proto-type 개발 (KICT 계획)	조립식 주택 프로토 타입 개발	용도·디자인 등 다양한 Proto-type (일본/세키스 이하임)	40%	8종 조립식주택 모듈조합 모델 개발 및 4종 조립식주택 공동주택 주동계획	3	모듈조합 및 주동계획 Proto-type 개발(자체평가)	8종 조립식주택 모듈조합 모델 개발 및 4종 조립식주택 공동주택 주동계획
		조립식 주택 BIM 통합 설계 가이드라인 (KICT 계획)	조립식 주택 BIM 통합 설계 가이드라인 구축	BIM 통합 시스템 활용 (미국/KPF 건축회사)	40%	라이브러리 보완(총 164종) 및 1종 물량산출 견적시스템 구축	4	BIM 라이브러리분 류체계 기준 및 물량산출 S/W 적용 검토(자체평가)	라이브러리 보완(총 164종) 및 1종 물량산출 견적시스템 구축
		조립식 주택 음열성능 검토 및 성능향상 기술 개발 (KICT 환경)	조립식 주택 음 및·열성능	음환경성능: 경량충격음 (1등급) 중량충격음 (3등급) 열환경성능: 단열성능(0.25W/㎡K이하) 기밀성능(0.5 ACH50이하) (일본/Sekisui-heim)	-경량충격음 2-3등급 -중량충격음 4등급-등외 -외벽 단열 0.27W/㎡K -기밀 성능 10~12ACH	음환경성능: 경량충격음 (1등급) 중량충격음 (3등급) 열환경성능: 단열성능(0.25W/㎡K이하) 기밀성능(0.5 ACH50이하)	3	KS, ISO 규격 등에 의한 현장성능 평가	100%
		조립식 주택의 녹색건축 인증 (환경건축연구원)	조립식주택 건축인증 예비인증 획득	-	-	가양단지 녹색건축인증 4등급/ 건축물 에너지효율등 급인증 3등급 예비인증 획득	5	인증획득여부	100%
		조립식 주택 구조안정성 평가 및 실증 (KICT 구조, 와이즈)	모듈간 접합부 층간변위각 0.02rad 유지	층간변위각 0.04rad 유지 (미국/Vector bloc)	80%	모듈간 접합부 층간변위각 0.03rad 유지	4	모듈간 접합부 실험적 검증	100%
		조립식 주택 맞춤형 내화구조 기술 (KICT 내화)	조립식 주택용 내화기술 실증단지 적용	3시간 내화성능 (미국, 유럽)	조립식 주택용 내화기술 없음	2시간 내화성능 확보	4	2시간 내화성능 (내화구조 인정서) 확보 여부	100%
		모듈러 주택 시공 신기술 실증 적용 (KICT 건설관리)	조립용공구 토크성능 323N.m 및 고정장치 최대응력 35.3kN 확보	-	모듈러 전용 기술 부재	- 최종목표대비 80%(시공신 기술 시험적용)	3	시험적용여부	100%

구분	년도	세부과제명	성과목표	세계최고 수준 (보유국/ 보유기관)	연구전 국내수준	목표치	가중치 (%)	평가기준	달성치
		12대 실증기술 경제성분석 (성균관대학교산 학협력단)	12대 실증기술 적용을 통한 경제성분석	-	-	실증기술 적용을 통한 2.4% 직접 공사비 절감	4	기술별 산출근거	100%
		조립식주택 경제성 확보 방안 (현대엔지니어링)	공장제작 모니터링 플랜 작성	-	-	모듈러용 공장제작 모니터링 플랜 작성	2	보고서	100%
		조립식 주택 수서단지 설계 (DMP)	수서단지 설계변경도서 작성	-	-	인증완료 된 실증기술 반영 및 VE검토 사항을 반영한 실시설계도서 작성	6	수서단지 실시설계변경 도서 작성여부	100%
		가양단지 설계 및 제작·시공 (포스코 A&C)	기본설계 및 실시설계 벽식(혼합식) Mock-up 제작 및 테스트	조립식 주택 제작 및 시공 (미국 및 영국)	40%	건축인허가 및 Mock-up 테스트	15	사업승인 Mock-up 제작 및 테스트	벽식(혼합식) Mock-up 테스트 및 건축계획사업승인
		수서단지 수요자 맞춤형 Infill식 모듈 (스타코)	모듈제작 품질관리 및 단지 구축계획 수립	인필시스템 제작 및 시공 (미국)	70%	품질관리 및 단지구축 계획수립	6	품질 체크리스트 및 제작도 구축계획서	100%
		수서단지 수요자 맞춤형 골조식 모듈 (금강공업)	실증단지 실시설계 검토 및 시공계획 작성	모듈러 제작 및 시공 (미국 및 영국)	40%	수서 A동 시공계획서 구축	5	실시설계 도서 기술적용여부 시공계획서	100%
		실증단지 BIM 기반 시공지원 (연우테크놀로지)	실증단지 BIM 기반 시공계획 수립	모듈러 건축프로젝트 BIM 활용시공계획 (미국)	30%	실증단지 BIM 기반 시공계획서 작성	4	실증단지 BIM 활용계획 수립 계획서 작성여부	100%
		실증단지 구축계획 및 사업 성과분석 (SH공사)	수서,가양단지 구축감독 및 실증단지 사업승인	모듈러공공주 택사례(영국)	4층 이하 사업추진 1건 실적 (50%)	실증단지 구축계획 수립 및 사업계획 승인	6	구축계획서, 사업승인유무	100%
		조립식주택 실증단지 관리운영 방안 (SH공사)	실증단지 주택관리 세부운영계획 수립 및 장기운영방안 마련	소규모 주택관리(일본)	복합화 운영관리 매뉴얼 부재 (70%)	실증단지 운영관리 매뉴얼 세부지침 작성	5	매뉴얼	100%
		조립식주택 활용 임대주택 사업모델 개발 (SH공사)	조립식 공공주택 유형별 사업화 방안(공공부지) 및 시뮬레이션 및 발주방식 검증	다양한 사업모델개발 (영국, 미국, 일본)	제한적 사업모델 (기숙사. 군막사) (40%)	민간부지 활용 사업화모델 개발	4	보고서	100%

구분	년도	세부과제명	성과목표	세계최고 수준 (보유국/ 보유기관)	연구전 국내수준	목표치	가중치 (%)	평가기준	달성치
		사업유형별 관리운영 기준 (온공간연구소)	소규모 조립식 임대주택 공급 및 관리 치침 작성	-	법·제도 분석 실적	지침 초안 작성	4	지침서	100%
		조립식주택 확대 위한 민간주도 비즈니스모델 개발 (서울대학교 산학협력단)	비주거 부문 조립식건축 사업화 전략	비주거부문 조립식 건축 사업모델	20%	조립식 건축적용 호텔 사업화 전략	5	비주거부문 조립식 주택 사업화 분석 보고서	100%
		조립식 주택 실증단지 홍보방안 구축 (SH공사)	실증단지 홍보물 제작 및 다큐멘터리 촬영	해외사례관련 자료 홍보(미국)	조립식주택에 대한 부정적 인식 (30%)	조립식주택의 개념 이해 수단 개발 (브로셔)	4	보고서 홍보물	100%
		실증단지 거주후 평가 (온공간연구소)	기존 조립식 주택 거주 후 평가 내용 비교 분석	-	주민요구를 조사한 연구경험	수서실증단지 반영사항 도출	4	국내논문	100%
4차년도	2016	MC 설계를 활용한 조립식 주택 Proto-type 개발 (KICT 계획)	조립식 주택 프로토 타입 개발	용도·디자인 등 다양한 Proto-type (일본/세키스 이하임)	국내 MC설계 적용 Proto-type 부재	MC설계 적용 Proto-type 1종 상세설계/설계 도서 작성기준 제시	3	전문가검증	100%
		조립식 주택 BIM 통합 설계 가이드라인 (KICT 계획)	조립식 주택 BIM 통합 설계 가이드라인 구축	BIM 통합 시스템 활용 (미국/KPF 건축회사)	조립식주택 BIM기반 견적시스템 개발 부재	조립식주택 BIM기반 견적시스템 개발	3	소프트웨어 등록증	90%
		수서 B동 캐빈 제작 관리 및 환경성능 모니터링	인필 캐빈 제작	-	-	수서 B동 캐빈 제작	4	캐빈 제작 여부	0%
		조립식 주택의 녹색건축 인증 (환경건축연구원)	조립식주택 건축인증 본인증 획득	-	-	수서단지 녹색건축인증 4등급/ 건축물 에너지효율등 급인증 3등급 예비인증 성능 적용	4	인증만족성능 설계반영 여부	100%
		조립식 주택 중층 구조시스템 및 구조설계가이드 (KICT 구조, 아이스트테크)	주거용 7층 조립식 주택 내진성능 확보	32층 모듈러 건축물 구조설계 기술 (미국/Arup)	붕괴방지(CP) 수준 (2400년 재현주기급 지진수준)	인명안전(LS) 수준 (2400년 재현주기급 지진수준)	4	내진성능평가 분석 결과	100%
		조립식 주택 맞춤형 내화구조 기술 (KICT 내화)	조립식 주택용 내화기술 실증단지 적용	3시간 내화성능 (미국, 유럽)	조립식 주택용 내화기술 없음	2시간 내화성능 확보	3	천안 실증단지 적용을 위한 2시간 내화성능 (시험성적서) 확보	100%

구분	년도	세부과제명	성과목표	세계최고 수준 (보유국/ 보유기관)	연구전 국내수준	목표치	가중치 (%)	평가기준	달성치
		모듈러 주택 시공 신기술 실증 적용 (KICT 건설관리)	조립용공구 토크성능 323N.m 및 고정장치 최대응력 35.3kN 확보	-	모듈러 전용 기술 부재	- 최종목표대비 90%(신기술 안정화)	3	전문가검증	10%
		조립식 주택의 가치(Value)기반 Spec.down을 통한 경제성 분석(성균관대학 교산학협력단)	Spec. down에 따른 경제성 검토	-	-	90% 절감을 위한 경제성 확보방안	4	논문게재 여부	100%
		조립식주택 경제성 확보 방안 (현대엔지니어링)	설계도서 검토 및 VE 모듈러 표준내역서 작성	-	-	가양단지 설계도서 검토 및 설계VE	3	보고서	100%
		조립식 주택 수서단지 설계 (DMP)	조립식 주택 설계 매뉴얼 개발	-	-	유형별 조립식 주택 설계 매뉴얼 작성	5	매뉴얼 개발 여부	100%
			수서단지 실시설계 도서 작성	-	-	수서단지 실시설계 도서 작성	-	설계도서 작성 여부	100%
		조립식주택 제작 및 시공 (포스코 A&C)	가양실증단지 제작 및 시공	조립식 주택 제작 및 시공 (미국 및 영국)	-	가양실증단지 공장제작 (이월) 가양실증단지 현장시공 (이월) 가양실증단지 설계변경	15	제작 : 준공공문(모듈러 출고확인서) 시공 :SH공사 시공진척도 검증(설계도서)	가양실증단지 시방서, 산출서 작성 및 설계도서변경
		수서단지 수요자 맞춤형 Infill식 모듈 (스타코)	실증단지 모듈 품질관리 및 현장시공 인필 유닛 성능 및 시공 개선안 모색	인필시스템 제작 및 시공 (미국)	70%	- 수서 B동 현장시공 90% 완료 인필 유닛 성능 및 시공 개선 보고서	8	실증단지 구축 관련 품질 및 시공계획서 인필 유닛 성능 및 개선 보고서	100%
		수서단지 수요자 맞춤형 골조식 모듈 (금강공업)	수서단지 A동 제작 및 시공	모듈러 제작 및 시공 (미국 및 영국)	40%	- 수서단지 A동 공장제작 수서단지 A동 현장시공	8	수서단지 A동구축 및 시공계획서 고도화	100%
		실증단지 BIM 기반 시공지원(연우테크놀로지)	실증단지 4D/5D BIM 적용을 통한 시공지원 및 활용성 검토	시공단계 4D&5D BIM 활용 (미국/다수민간기업)	30%	실증단지 4D/5D 활용성 검토	5	활용성 검토보고서	100%
		실증단지 구축계획 및 사업	실증단지 구축계획 확정	모듈러공공주택사례(영국)	4층 이하 사업추진 1건	5층이상 착공실적 1건,	8	사업승인 성과보고서	100%

구분	년도	세부과제명	성과목표	세계최고 수준 (보유국/ 보유기관)	연구전 국내수준	목표치	가중치 (%)	평가기준	달성치
		성과분석 (SH공사)	및 사업수행성과 분석		실적	사업계획승인 1건			
		조립식주택 실증단지 관리운영 방안 (SH공사)	시공평가를 통한 실증단지 운영관리매뉴얼 업데이트	소규모 주택관리 (일본)	복합화 운영관리 매뉴얼 부재 (70%)	운영관리 매뉴얼 업데이트	4	매뉴얼	100%
		조립식주택 활용 임대주택 사업모델 개발 (SH공사)	조립식 공공주택 유형별 사업화 방안(민간부지) 및 시뮬레이션	다양한 사업모델개발 (영국, 미국, 일본)	제한적 사업모델 (기숙사. 군막사) (40%)	민간부지 사업화 모델 개발	4	보고서 국내논문	100%
		조립식주택 확대 위한 민간주도 비즈니스모델 개발 (서울대학교산학 협력단)	민간주도 조립식 주택 사업 활성화를 위한 정책제언	조립식 건축 민간사업 활성화 정책	40%	민간주도 조립식 주택 사업 활성화를 위한 정책제언	4	정책제언	100%
		조립식 주택 실증단지 홍보방안 구축 (SH공사)	실증단지 홍보물 및 국제세미나 개최	해외사례관련 자료 홍보(미국)	조립식주택에 대한 부정적 인식 (30%)	홍보물 1건 다큐멘터리 기획서	8	보고서 홍보물	100%
5차년도	2017 - 2018	MC 설계를 활용한 조립식 주택 Proto-type 개발 (KICT 계획)	조립식 주택 프로토 타입 개발	용도·디자인 등 다양한 Proto-type (일본/세키스 이하임)	국내 MC설계 적용 Proto-type 부재	조립식주택 설계 및 자재 표준화 가이드라인	3	조립식주택 설계 및 자재 표준화 가이드라인 검증 (전문가검증)	100%
		조립식 주택 BIM 통합 설계 가이드라인 (KICT 계획)	조립식 주택 BIM 통합 설계 가이드라인 구축	BIM 통합 시스템 활용 (미국/KPF 건축회사)	국내 조립식주택 전용 BIM 설계 매뉴얼 부재	1종 BIM 통합 설계 가이드 라인 구축	4	BIM 통합 설계 가이드라인 수립(전문가검증)	100%
		조립식 주택 음열성능 검토 및 성능향상 기술 개발 (KICT 환경)	실증단지 성능 평가 및 기술 모니터링	음환경성능: 경량충격음 (1등급) 중량충격음 (3등급) 열환경성능: 단열성능(0.25W/㎡K이하) 기밀성능(0.5 ACH50이하) (일본/Sekisui-heim)	-경량충격음 2-3등급 -중량충격음 4등급-등외 -외벽 단열 0.27W/㎡K -기밀 성능 10~12ACH	음환경성능: 경량충격음 (1등급) 중량충격음 (3등급) 열환경성능: 단열성능(0.25W/㎡K이하) 기밀성능(0.5 ACH50이하)	5	실증단지 현장 평가	100%
		조립식 주택의 녹색건축 인증 (환경건축연구원)	건축인증을 통한 친환경 저에너지 조립식주택 구현	-	-	건축인증 획득 위한 가이드라인 수립	3	가이드라인 작성 여부	100%

구분	년도	세부과제명	성과목표	세계최고 수준 (보유국/ 보유기관)	연구전 국내수준	목표치	가중치 (%)	평가기준	달성치
			실증단지 단열성능 성능향상	-	-	단열 성능 (TDR 0.25이하)	2	-시뮬레이션 통한 열전달 해석 실시	100%
		조립식 주택 중층 구조시스템 및 구조설계가이드 (KICT 구조, 아이스트구조)	주거용 7층 조립식 주택 구조안전성 확보	32층 모듈러 건축물 구조설계 기술 (미국/Arup)	30% (4층이하 비주거용)	60% 7층(5개층) 조립식 주택 구조시스템 완성	5	7층(5개층) 규모 구조계산서 각 연차별 성능검증실험 및 보고서	100%
		모듈러 주택 시공 신기술 실증 적용 (KICT 건설관리)	조립용공구 토크성능 323N.m 및 고정장치 최대응력 35.3kN 확보	-	모듈러 전용 기술 부재	최종목표대비 100% (활용성 분석)	3	전문가검증	100%
		단기·장기적 관점에서의 조립식 주택 경제성 확보 방안 및 모듈러 구매조달 개선안 수립 (성균관대학교산학협력단)	모듈러 구매조달 개선안 수립	-	-	제도 개선안 제안	5	국내 논문 보고서	100%
		조립식주택 경제성 확보 방안 (현대엔지니어링)	생산성 향상을 통한 조립식주택 공사원가 절감방안 제시	-	-	생산성 향상을 통한 조립식주택 공사원가 절감방안 제시	3	보고서	100%
		조립식 주택 수서단지 설계 (DMP)	조립식 주택 표준설계도서 작성	-	-	수요자맞춤형 조립식주택 표준설계도서 작성	3	조립식 주택 표준설계도서 작성 여부	100%
		가양단지 설계 및 제작·시공 (포스코 A&C)	가양실증단지 설계, 제작 및 시공	조립식 주택 제작 및 시공 (미국 및 영국)	-	가양실증단지 공장제작 가양실증단지 현장시공 가양단지 유지관리 보고서	6	제작 : 준공공문(모듈러 출고확인서) 시공 :SH공사 시공진척도 검증(설계도서) 가양단지 유지관리 보고서	100% 가양실증단지 준공 공장제작 및 시공매뉴얼 구축 유지관리보고서 작성
		천안두정 실증단지 Infill식 모듈 (스타코)	모듈 품질관리 및 실증단지 구축 시공평가 및 유지관리 매뉴얼 개발	인필시스템 제작 및 시공 (미국)	70%	- 천안 두정 실증단지 B동 준공 - 유지관리 매뉴얼 작성	6	실증단지 구축 및 자체시공평가 유지관리 매뉴얼	100%
		천안두정단지 수요자 맞춤형	시공, 품질, 기술개선방안	모듈러 제작 및 시공	40%	- 천안두정 실증단지	6	공사완료 보고서	100%

구분	년도	세부과제명	성과목표	세계최고 수준 (보유국/ 보유기관)	연구전 국내수준	목표치	가중치 (%)	평가기준	달성치
		골조식 모듈 (금강공업)	도출 및 시공 품질 자체평가	(미국 및 영국)		모듈제작 및 시공, 유지관리 매뉴얼 작성		유지관리 매뉴얼	
		실증단지 구축계획 및 사업 성과분석 (SH공사)	실증단지 준공, 사업수행성과 종합분석	모듈러공공주택사례(영국)	4층 이하 사업추진 1건 실적	5층이상 공공주택 사업화(준공) 1건 추진	7	준공1건 백서 국내논문1	100%
		천안실증단지 구축계획 및 사업 성과분석 (LH공사)	실증단지 구축계획 확정 및 사업수행성과 분석	모듈러공공주택사례(영국)	4층 이하 사업추진 1건 실적	5층이상 착공실적 1건, 사업계획승인 1건	8	사업승인 성과보고서	100%
		조립식주택 실증단지 관리운영 방안 (SH공사)	실증단지 운영평가	소규모 주택관리 (일본)	복합화 운영관리 매뉴얼 부재 (70%)	모듈러 운영관리 기준 수립	4	매뉴얼	100%
		조립식주택 활용 임대주택 사업모델 개발 (SH공사)	국내임대주택 시장여건에 맞는 조립식 공공주택 사업모델 개발	다양한 사업모델개발 (영국, 미국, 일본)	제한적 사업모델 (기숙사. 군막사) (40%)	공공임대주택 사업화 모델 개발	5	보고서	100%
		사업유형별 관리운영 기준 및 제도개선 (SH공사)	사업유형별 관리방안 마련	-	법・제도 분석 실적 미미	사업유형별 관리 매뉴얼 작성/ 제도 개선 제안	5	정책제안 보고서	100%
		조립식주택 확대 위한 민간주도 비즈니스모델 개발 (서울대학교산학협력단)	주거(서민대상 민간 임대주택) 부문 조립식건축 적용 사업화 전략	조립식 건축 활용 민간 사업 모델	30%	주거/비주거 부문 조립식 건축 적용사업화 분석보고서	5	국내논문1 제안사업 MOU	100%
		조립식 주택 실증단지 홍보방안 구축 (SH공사)	실증단지 홍보물 및 다큐멘터리 제작완료, 방영	해외사례관련 자료 홍보(미국)	조립식주택에 대한 부정적 인식 (30%)	실증단지 구축 및 홍보를 통한 모듈러주택의 인식 개선	10	홍보관1건 백서 다큐멘터리	100%
		실증단지 거주후 평가 (온공간연구소)	실증단지 거주 후 평가실시 및 분석	-	-	조립식 주택의 개선 사항 도출	12	보고서	50%

3 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구 필요성 등)

구분	연구과제명	연구기관	미달성 원인 및 차후대책
조립식주택 실증단지 모니터링 및 매뉴얼	MC 설계를 활용한 조립식 주택 Proto-type 개발	KICT-계획	• 해당사항 없음
	조립식 주택 BIM 통합 설계 가이드라인	KICT-계획	• 해당사항 없음
	조립식 주택 음열성능 검토 및 성능향상 기술 개발	KICT-환경	• 해당사항 없음
	조립식 주택의 녹색건축 인증	한국환경건축연구원	• 해당사항 없음
	조립식 주택 구조안정성 평가 및 실증	KICT-구조	• 해당사항 없음
	조립식 주택 맞춤형 내화구조 기술	KICT-내화	• 해당사항 없음
	모듈러 주택 시공 신기술 실증 적용	KICT-건설관리	• 해당사항 없음
실증단지 공사원가 절감방안 도출	모듈러 공법 표준내역체계 및 대량생산·실증기술 경제성 분석	성균관대학교산학협력단	• 해당사항 없음
	조립식주택 경제성 확보 방안	현대엔지니어링	• 해당사항 없음
모듈 제작 및 실증단지 시공	조립식 주택 수서단지 설계	DMP	• 해당사항 없음
	가양실증단지 조립식주택 제작 및 시공	포스코 A&C	• 해당사항 없음
	천안실증단지 수요자 맞춤형 Infill식 모듈	스타코	• 해당사항 없음
	천안실증단지 수요자 맞춤형 골조식 모듈	금강공업	• 해당사항 없음
	실증단지 BIM 기반 시공지원	연우테크놀로지	• 해당사항 없음
	가양실증단지 구축계획 및 사업 성과분석	SH공사	• 해당사항 없음
	천안실증단지 구축계획 및 사업 성과분석	LH공사	• 해당사항 없음
	조립식주택 실증단지 관리운영 방안	SH공사	• 연구를 통해 도출된 관리운영안을 SH공사에서 공급하는 관리운영메뉴얼로 채택하여 지속적으로 사용
조립식 주택 공급방식 및 사업화 모델 확대	조립식주택 활용 임대주택 사업모델 개발	SH공사	• 해당사항 없음
	사업유형별 관리운영 기준	SH공사	• 해당사항 없음
	조립식주택 확대 위한 민간주도 비즈니스모델 개발	서울대학교산학협력단	• 해당사항 없음
실증단지 홍보	조립식 주택 실증단지 홍보방안 구축	SH공사	• 해당사항 없음

실증단지 거주후 평가	실증단지 거주후 평가	온공간연구소	• 기존 가양단지, 천안두정 2곳에 대한 거주 후 평가와 보고서 작성이 계획되었음 • 천안두정 실증단지의 공사일자 지연으로 사업 기간 내에 거주 후 평가를 시행할 수 없었음 • 모듈러 실증단지 POE를 통한 성능, 경제성 향상방안 연구를 통해 천안두정실증단지의 POE가 계획되어있음
후속연구 계획			• 국토교통촉진사업을 통해 수행예정임 • 경제성 확보 방안, 성능향상 등 기술완성도를 높이기 위한 연구가 진행될 예정임

04 연구개발성과의 활용계획

1. 연구개발 결과의 활용 방안
2. 기대성과 및 파급효과

04 연구개발성과의 활용계획

1 연구개발 결과의 활용 방안

가. 현장적용 방안

연구내용	활용방안	수요처
조립식 주택 모듈 및 실증단지 설계 기술 개발	○ 인구구조 및 사회 환경변화에 유연하게 대응할 수 있는 조립식 공법의 새로운 공공임대주택 모델로서 활용 ○ 설계 표준화를 통한 공장제작 효율화 및 공사비 절감 ○ 그러나 규모별 표준화 설계타입 부재로 공공주택사업 즉시 적용엔 어려움	○ 건설사 및 설계사무소
조립식 주택을 위한 모듈 조립공구 기술 개발	○ 다양한 부위(기초간/모듈간/지붕간)에 적용가능한 조립공구로 활용 ○ 조립공구의 개선을 통한 작업자의 효율성 및 안전성 향상	○ 건설사 및 모듈제작업체
수서단지 4D 공정 시뮬레이션 및 시공단계 BIM 활용계획 수립	○ BIM 모델을 활용한 공정보고를 통해 공사 진행사항을 검토하고 예상 공정을 점검하여 시공 품질 확보 및 생산성 증대에 기여함 ○ BIM 모델을 통해 관계자들 간에 의사소통을 원활하게 하며 시공성 검토 및 시뮬레이션을 통해 최적의 협의안을 도출할 수 있게 지원하여 원가절감 및 시공성 향상에 기여함	○ 발주처 건설사 및 설계사무소
모듈간 접합 방식	○ 각형강관 기둥-C형강 보의 모듈러 구조시스템의 모듈간 접합 방식으로 활용 ○ 모듈러 건축의 중고층화에 따른 모듈간 접합 방식의 기본 모델로 활용	○ 모듈 제작업체 ○ 구조설계사무소
조립식주택 실무 구조해석 가이드라인 개발	○ 모듈러 구조물에서 기존 일반구조물의 구조해석방법과 상이한 부분에 대한 가이드라인 제시 ○ 구조설계 표준화를 통해 모듈러 구조물 구조안전성 확보	○ 구조설계사무소
조립식 주택 환경성능 기술 개발	○ 조립식 주택의 음 및 열환경 계획을 위한 기본 모델로 활용 ○ 바닥 및 벽체 시스템 개발을 통한 조립식 공법 주거건물에 적용 ○ 적용 기술의 시뮬레이션 성능 검증, Mock-up을 활용한 실물검증을 통해 최종 적용 기술 도출 및 조립식주택 제조업체의 환경성능 검증 자료로 활용	○ 모듈러 제작 업체 및 건설사 ○ 환경 분야 연구소
조립식주택 맞춤형 보/기둥 내화기술 개발	○ 조립식 주택에 적합한 내화건식피복기술을 평가 및 개발하여 모듈러 건축에 적용하여 공기 단축 가능 ○ 공장 생산형 내화충전구조 개발을 통한 단위 모듈 제작시 공기 절감 가능	○ 설계사무소 및 조립식 주택 제조사
실증단지의 사업추진계획수립 및 구축계획 검토	○ 실증단지 구축을 통해 평가/검증된 사실들은 조립식 주택의 사업모델의 기준, 지침서로 활용가능 ○ 단독 모듈 및 조합형 모듈의 적용을 통한 주거복지 정책을 실현 할 수 있는 1~2인 주거 및 국민주택 규모의 조립식 주택 구현	정부 및 공공기관, 민간건설사
실증단지 입주자 선정 및 공급기준 마련	○ 수서 및 가양 실증단지 공급시 입주자 선정 및 임대료 기준 제시 ○ 실제 공급시점에서 입주자 모집공고문의 부분적 수정을 통한 즉시 활용	정부 및 공공기관, 민간 건설사 등
실증단지 홍보구체화 및 해외조립식 주택 사례조사집 발간	○ 조립식주택 R&D홈페이지 개발을 통해 실증단지의 사업추진과정을 소개하고 관련 기술들을 소개, 시민들과 연구진이 협업하고 소통이 될 수 있는 장 마련	정부 및 공공기관, 민간건설사, 입주수요자
조립식주택 제작 및 시공	○ 설계 표준화 및 BIM을 통한 공장제작, 현장 시공성 향상 및 공사비 절감 ○ 소규모 임대주택 및 민간 조립식주택시장 진출 ○ 모듈러 공법으로서의 공공임대주택 시장 진출	○ 제작사 ○ 지자체 및 민간인 ○ 정부 및 공공기관
모듈러 공사 경제성 확보	○ 국내 모듈러 생산공정의 자동화 타당성 및 경제성 분석자료 활용 ○ 가치(Value)기반 Spec. down 요소 적용 ○ 12대 실증기술 공사비 절감계획 대비 실제 절감금액 분석	○ 제작공장, 발주자

나. 실용화제품화 방안

연구내용	활용방안	수요처
조립식 주택 모듈 및 실증단지 설계 기술개발	○ 실증사업 결과 검증을 통해 국가적 조립식 주택 설계 표준화 기준으로 활용 ○ 건설사 및 설계사무소에 조립식 주택 최적화 모델 제시를 통한 조립식 주택보급 확대 ○ 조립식 주택 구축시 표준 설계안으로 빠른 의사결정 수단 활용	○ 정부 및 공공기관 ○ 건설사 및 설계사무소
수서단지 4D 공정 시뮬레이션 및 시공단계 BIM 활용계획 수립	○ 정부 지자체 및 민간 발주처를 대상으로 모듈러 건축 프로젝트의 전 단계 프로세스를 시각화하여 제공함으로서 모듈러 건축 컨설팅 도구로 활용	○ 건설사 및 설계사무소
조립식 주택을 위한 모듈 조립공구 기술 개발	○ 실증사업 모니터링을 통한 취약점 검토 및 보완 ○ 모듈 조립시 빠르고 안전한 체결수단으로 활용	○ 건설사 및 모듈제작업체 ○ 공구제작업체
조립식 주택 환경성능 기술개발	○ Mock-up 실험 및 실증단지 적용을 통해 성능검증, 특허 및 인증서 확보를 통한 제품 실용화 ○ 국가공인시험성적서 및 인증 등을 통한 기술 신뢰성 확보 ○ 중소기업 기술이전을 통한 제품 실용화 추진	○ 모듈러 제작 업체 및 건설사
조립식주택 맞춤형 보/기둥 내화기술 개발	○ 조립식 주택용 내화건식피복기술을 활용하여 공기 절감형 모듈러 건축기술 민간 보급 및 공공기술인 화재안전기술의 보급 ○ 발포성 팽창제를 적용한 공장 생산형 내화충전구조 기술 개발을 통한 공기 및 비용 절감을 통한 실용화 기술 보급에 기여 ○ 기술이전을 통한 제품 실용화 추진	○ 설계사무소 및 조립식 주택 제조사
사업 전략별 수요자 맞춤 사업모델 및 공공주택 최적 발주방식 제안	○ 수요자 맞춤형 사업유형별로 중앙정부 및 지자체의 새로운 공공주택 유형으로 적용 ○ 향후 지속될 조립식주택 정책 사업화모델 및 지침으로 활용 ○ 모듈러주택을 비롯한 각종 공공공사의 최적의 발주방식 선정을 위한 의사결정 방법으로 활용	정부 및 공공기관, 민간임대사업자, 민간 건설사 등
실증단지 홍보구체화 및 해외조립식 주택 사례조사집 발간	○ 해외사례집 발간을 통한 조립식주택 소개는 본 모듈러주택 사업의 특징을 국내 널리 알릴 수 있는 계기가 될 것이며, 이를 통해 국내 공공기관, 민간건설사 등 전문가 및 관계자들이 본 사업에서 개발된 기술을 찾아볼 수 있는 계기 마련가능	정부 및 공공기관, 민간건설사, 설계사무소
조립식주택 제작 및 시공	○ 소규모 임대주택 및 민간 조립식주택시장 진출 ○ 모듈러 공법으로서의 공공임대주택 시장 진출	○ 지자체 및 민간인 ○ 정부 및 공공기관

다. 미래원천기술 확보

연구내용	활용방안	수요처
조립식 주택 모듈 및 실증단지 설계 기술개발	○ 국내 주요 3사 조립식 주택 제조업체의 컨소시엄 구성으로 실증단지 구축 및 검증을 통해 국가 조립식 주택 설계 표준화 기준 구축 ○ 실증단지 설계시 BIM 및 IT 기술 활용을 통한 정보화 조립식 주택 설계기술 확보	○ 정부 및 공공기관 ○ 건설사/설계사무소 ○ 조립식 주택 관리운영기관
조립식 주택의 해석적 내진성능 평가	○ 향후 적층식 모듈러 구조시스템의 내진설계 및 성능평가에 참고할 수 있는 기초자료 제시	○ 모듈 제작업체 및 설계사무소
조립식 주택 환경성능 기술개발	○ 주택건설기준 및 법적 성능규준에 부합하는 조립식 주택 기술 확보 ○ 단열, 소음, 에너지 등 주거환경에 적합한 건축부위별 모듈러시스템 기술개발	○ 조립식 주택 관리 운영기관 ○ 조립식 주택 제작업체 및 건설사
수서단지 4D 공정 시뮬레이션 및 시공단계 BIM 활용계획 수립	○ 모듈러 건축 프로젝트의 전 단계 프로세스를 시각화하여 제공함으로서 모듈러 건축 BIM 모델 가이드 라인 확보	○ 건설사 및 설계사무소

라. 신산업창출

연구내용	활용방안	수요처
조립식 주택 모듈 및 실증단지 설계 기술개발	○ 모듈 및 실증단지 BIM기반 설계를 통한 건설 정보화 설계 시장 창출 ○ 저층 조립식 주택 및 향후 고층화를 위한 관련 복합화 주택 설계 시장 공급 기반 구축	○ 건설사/설계사무소
조립식 주택 환경성능 기술개발	○ 모듈러 공법 적용 패널 벽체기술 및 바닥판 기술 개발을 중소기업과 연계하여 생산유도 ○ 모듈러 벽체 생산 및 접합기술 등을 통한 소규모 생산기술 개발 및 사업화 확대 및 조립식 주택 적용 확대를 통한 기술개발 활성화	○ 중·소 건축부품업체 ○ 건설사
사업 전략별 수요자 맞춤 사업모델 및 공공주택 최적 발주방식 제안	○ 공공주도의 조립식 공공임대주택 사업모델을 제시하여 국내외 조립식주택 건설시장 확대 ○ 다양한 수요계층을 충족하는 주택개발 및 사업모델 활성화를 통해 조립식주택 부품산업 시장 창출	건설사 및 중소 건축부품업체
민간주도 주거용 조립식 주택의 사업화 방안 (수도권) (서울대학교산학협력단)	○ 민간주도형 사업화 모델 설정을 통한 민간 조립식 주택 시장 확대 방안 마련 ○ 주택 보급에 있어 새로운 형태의 개발 및 임대업 시장 형성 가능성 제시	○ 민간 개발업자

2 기대성과 및 파급효과

가. 성과물 활용에 따른 수요자, 정부, 기업 측면의 주요 기대효과

활용 기관	주요 기대효과
수요자 달성 가능한 효과	○ Mock-up 홍보관과 실증단지를 통해 중앙정부의 주거복지 정책 체험 ○ 저렴한 공공임대주택 거주로 친환경 고품질 주거문화 향유 ○ Mock-up 홍보관 및 실증단지 거주 후 평가를 통해 거주자 및 주민 의견 적극 반영 ○ 국내최초 조립식 주택 공공 임대주택 단지 입주에 따른 지역 주민의식 고취 ○ 공공임대 조립식 주택단지의 검증된 환경성능 체감 가능
정부가 달성 가능한 효과	○ 수요자 맞춤형 공공임대 조립식 주택단지 실현 ○ 주거복지 정책 실현가능성 검증 ○ 조립식 주택 단지 관련분야 고용 창출 ○ 국내 공공임대 주택시장 활성화 마련 ○ Mock-up 홍보관 및 실증단지를 통해 정부의 주거복지 정책 홍보
기업이 달성 가능한 효과	○ 연구기관으로 참여한 설계사무소, 건설사, 모듈러 제작업체의 실증단지 구축 관련 보유기술 검증 ○ 국가 R&D 실증사업에 참여함으로서 국·내외 이미지 제고 및 홍보에 따른 기업이미지 상승 ○ 실증단지 구축시 대상지별 국내 주요 모듈러 3사의 기술을 활용함으로서 각 기업별 보유기술의 발전 가능성 모색 ○ 연구원 및 공공기관의 기술 및 노하우를 민간기업에서 활용함으로서 보유기술의 확대 및 발전 계기 마련 ○ 민간기업이 보유한 조립식 주택기술을 서울시 그리고 SH공사를 통해 공공에 보급

나. 사회적 파급효과

사회적 파급효과	수요자 요구 대응 새로운 공공임대주택 모델 공급 조립식 주택에 대한 국민인식 전환 국가 경쟁력과 이미지 제고 공업화 시공을 통한 고용창출 효과

수요자 요구 대응 새로운 공공임대주택 모델 공급

- 신속 공급 및 해체가 용이한 공업화 공법의 특성을 활용하여 인구구조 및 사회 환경변화에 유연하게 대응할 수 있는 주거복지형 공공임대주택 모델 공급
- 적층형 공법, 인필공법 등 조립식 주택의 다양한 공법 유형에 따른 공급 및 운영관리 방안의 모색을 통하여 적기·적소 공급 가능한 사업모델 창출
- 전국적으로 모듈러주택을 활용한 신규 사업의 활성화 여건 마련완료(사업화 검토 3건이상)

조립식 주택에 대한 국민인식 전환

- 창의적 디자인 적용을 통한 컨테이너 박스라는 조립식 주택의 부정적 이미지 전환
- 조립식 주택의 객관적 성능 검증을 통한 품질에 대한 국민인식 전환
- 고부가가치 및 고효율 산업으로서의 건설 산업 위상 제고

국가 경쟁력과 이미지의 향상

- 대한민국 친환경 조립식 주택 경쟁력 선점 및 친환경 국가 이미지 향상
- 신혼부부, 1~2인가구, 사회초년생, 학생 등 주거취약계층을 배려한 친환경·고품질 주거문화 선도
- 조립식 주택 관련 공법의 해외 수출로 인한 국가 경쟁력 향상
- 친환경 조립식 주택 공공임대주택의 수요증가로 거주자 만족도 향상과 고품질 국민 주거문화 선도

공업화 시공을 고용창출 효과

- 현장 노무자 안전성 향상
- 전문 노동인력 부족현상 대체기술 개발
- 첨단산업의 건설 특화상품 수요 창출을 통한 고용 창출
- 건설 현장 계약직 인력을 공장 생산 인력으로 전환함으로 건설 노동시장의 구조개선
- 조립식 주택의 시스템 생산을 통한 미숙련공 활용 및 동절기공사 가능

그림 4.2.2.1 사회적 파급효과

다. 경제적 파급효과

경제적 파급효과	조립식 주택 기술개발에 따른 기존공법대비 경제적 효과 설계 및 제작/시공 표준화를 통한 시공비 절감 효과 생산성 향상 및 공기단축을 통한 임대수익 창출 조립식 주택기술 해외 수출에 따른 경제적 효과

❖ 조립식 주택 기술개발에 따른 기존공법대비 경제적 효과

- RC공법 및 기존 조립식 주택 대비 공사원가 절감에 의한 사회적 비용 절감
  - 기존 RC공법 대비 90% 수준(2차목표)의 공사원가 개선
  - 기존 조립식 대비 15% 수준의 공사원가 절감

	현 조립식 주택	실증단지 1차목표	실증단지 2차목표
기존 RC 대비	130%	110%	90%

- 조립식 주택의 이동, 해체, 재활용 등을 통한 전생애주기 비용의 경쟁력 확보

❖ 설계 및 제작/시공 표준화를 통한 시공비 절감 효과

- 70% 이상 자재·부품의 공장제작을 통한 공사기간 단축 및 인건비 절감을 통한 공사비 절감
- MC 설계 및 표준화된 자재와 부품 적용을 통한 건축자재 원가 절감
- 건축폐기물과 이산화탄소 저감 및 골조 재활용으로 에너지 50% 절감으로 친환경의 그린건축물 구현 가능

❖ 생산성 향상 및 공기단축을 통한 임대수익 창출

- 공장생산과정에서 도출된 표준 생산 프로세스 적용을 통한 생산 공정 원가 절감 및 제작시간 단축
- 기존 공법 대비 50% 단축된 공기만큼의 임대수익을 통한 사업수익 개선

❖ 조립식 주택 기술 해외수출에 따른 경제적 효과

- 해외 건축 수주금액은 매년 증감되고 있는 추세이며, 특히 2012년부터 건축 해외수주는 대폭 증감됨. 해외 수출용 조립식 주택 시스템의 개발은 건축시장의 한 분야를 개척하는 교두보 역할을 할 것으로 판단됨.
- 본 연구에서 제안하는 조립식 주택 시스템이 저탄소 구조시스템, 재활용이 가능한 공법의 특징이 녹색건설시장에 부합할 것으로 사료되며 세계적으로도 고층형 모듈러 시스템의 기술개발이 시작 단계인 점을 감안하면, 향후 녹색건축시장규모 성장에 따른 경제적 파급효과도 클 것으로 사료됨.
- 세계녹색건설시장규모에서 모듈러공법 시장 점유율은 0.5~1.0% 증가하여 2020년에는 10.7%의 시장 점유율을 확보할 것으로 판단됨.

표 4.2.3.1 세계 건설시장 전망에 따른 경제적 파급효과

(단위:억미불)

경제적 파급효과			2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
기술수명			도입	도입	도입	도입	도입	성장	성숙	성숙	성숙
TRL			기초이론 (1단계)	개념정립 (2단계)	기본실험 (3단계)	성능실험 (4단계)	시작품 제작 (5단계)	파일럿 제작 (6단계)	신뢰성 평가 (7단계)	표준화 인증 (8단계)	사업화 (9단계)
직접 경제 효과	세계	녹색건설시장규모1)	2,500	2,740	3,003	3,291	3,607	3,953	4,333	4,749	5,204
		모듈러 시장 점유율	5.1%	5.6%	6.2%	6.8%	7.4%	8.1%	8.9%	9.7%	10.7%
		건설수주2)	648	777	932	1,118	1,342	1,610	1,932	2,318	2,782
		모듈러 수주3)	12.9	15.5	18.6	22.4	26.8	32.2	38.6	46.4	55.6
간접 경제 효과4)		생산유발 효과	-	-	-	0.08	0.3	0.9	2.9	4.6	7.4
		부가가치 유발	-	-	-	0.03	0.09	3.3	1.1	1.6	2.6
		합 계	-	-	-	22.48	27.1	33.1	41.5	51	63

1) 자료: Global Green Building Trends, McGraw Hill Construction(2010)을 기반으로 세계 녹색 건설시장 달러 규모 및 세계시장 점유율 추정 함.
2) 해외건설 수주 증감율은 전년동기대비 20%가정함
3) 해외 모듈러 수주는 해외건설수주의 2%로 전망함("전문건설산업 발전을 위한 공업화건축 활성화 방안" 보고서[대한건설정책연구원]의 보수적 전망 가정에 따름)
4) 2010년 산업연관표(한국은행)를 활용, 건설부분으로 도출(생산유발계수 2.104, 부가가치유발계수 0.749)

그림 4.2.3.1 경제적 파급효과

라. 기술적 파급효과

기술적 파급효과	주택건설기준에 부합한 조립식 주택 기술 3대 난제 해결 조립식 주택의 다양한 공법 및 회사별 핵심 기술에 대한 성능 검증 소형 임대주택 국가 모듈 설계 표준화 기준 정립 해외기술의 대체 및 고유 기술 축적 공업화 주택 활용에 따른 시공기술의 선진화 조립식 공법 적용 공공임대 주택 유지보수 시스템 구축

❖ 주택건설기준에 부합한 조립식 주택 기술 3대 난제 해결

- 50dB 만족의 바닥판 차음 성능확보
- 2시간 이상 내화성능 확보 기술개발
- 운송/양중/조립 등 다양한 작업조건과 하중조건을 고려한 구조시스템 개발

❖ 조립식 주택의 다양한 공법 및 회사별 핵심 기술에 대한 성능 검증

- 조립식 주택의 공법별, 업체별 기술적 특징의 객관적 성능 검증에 기반 한 조립식 공동주택 적용 가능성 실증
- 국내 조립식 주택 관련 기술을 선도하는 3개 업체의 기술적 특징 및 성능을 비교 검토함으로써 한국형 조립식 공동주택 표준모델 구축

❖ 소형 임대주택 국가모듈 설계 표준화 기준 정립

- 3개 조립식 주택 제조업체의 컨소시엄 구성으로 설계 표준화 기준을 마련할 수 있는 절호의 기회
- 수평·수직 계획 모듈, 주요 구성재의 설계 표준화 기준 정립
- 공업화 건축의 활성화 및 건축구성재의 표준화·부품화 촉진
- BIM 기반의 설계-제작-시공 프로세스 구축을 통한 조립식 주택 프로세스 표준화 및 경제성 개선 효과 기대

❖ 해외기술의 대체 및 고유기술 축적

- 순수 국내기술의 조립식 주택 보급으로 국내 산업 경쟁성 확보 및 활성화 기대
- 향후 고층화 가능 보급형 조립식 주택 복합화 기술의 정착화 및 세계화 추진

❖ 공업화주택 기술 활용에 따른 시공기술의 선진화

- 유닛조립 및 외벽시공법에 대한 시공프로세스 개선을 통한 시공성 향상
- 모듈러 양중계획 가이드라인을 제시함으로써, 조립식 주택의 양중 효율 향상 및 공기단축 증대
- 유닛모듈의 해체 프로세스를 제시함으로써, 유닛의 재사용(Reuse), 폐자재 발생량 저감(Reduce) 등에 기여
- 고성능 경량 유닛 모듈러 복합시스템 주택 건설 기술의 선진화 및 공업화를 도모
- 대지의 환경파괴 및 에너지부하 최소화 등 친환경 시공의 해법 제시

붙임. 참고문헌

1. ANSI/AISC 360-10(2010) Specification for Structural Steel Buildings. Illinois 60601-1802, American Institute of Steel Construction, Chicago
2. W. R. Osgood and W. Ramberg(1943), Description of Stress-Strain Curves by Three Parameters, NACA Technical Note 902, National Bureau of Standards, Washington
3. 대한건축학회(2016), 건축구조기준 및 해설(KBC2016), 기문당
4. ㈜마이다스아이티(2015), MIDAS-GEN Analysis Manual, ㈜마이다스아이티
5. ABAQUS Inc.(2012), ABAQUS Analysis User's Manual, version 6.11.2, USA.
6. ASCE (2000). FEMA 356 Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings", ASCE for the Federal Emergency Management Agency, Washington D.C.
7. Li Kang-Ning. 2010. CANNY:3-dimensional nonlinear static/dynamic structural analysis computer program-User Manual, CANNY Structural Analysis, Canada
8. 구조안전성향상기술연구단(2018), 기존건축물 내진성능평가지침, 구조안전성향상기술연구단
9. E-나라지표 http://www.index.go.kr
10. SH공사 홈페이지 http://www.i-sh.co.kr/
11. SH공사,「업무현황」, 2014
12. SH공사, 시정주요분야컨설팅 용역보고서, 2012
13. 국토교통부, 2014,「행복주택 관련 주요 전문가 합동 워크샵」자료집
14. 국토연구원, 2013,「제2차 장기(2013~2022) 주택종합계획 수립연구」, 주택종합계획수립연구 공청회 자료집, 2013,10.17
15. 국토해양부(2010), 주거실태조사자료
16. 김준성, 2010,「다가구 매입 임대주택 입주자의 만족도 영향요인에 관한 연구 : 서울시를 중심으로」, 세종대학교 행정학 박사학위 논문
17. 법제처 국가 법령정보센터 http://www.law.go.kr/
18. 서울주택도시공사, 2017,「새정부 도시재생·주거복지 정책 추진방안」, 서울주택도시공사 도시연구원
19. 유일한, 2011,「전문건설업 발전을 위한 공업화주건축 활성화 방안」, 대한건설정책연구원,
20. 이성로, 도시계획시설 복합화에 대한 유형 특성 연구, 서울시립대학교 석사학위논문, 2012
21. 이성창;박현찬, 2010,「서울시 장기공공임대주택 리모델링을 위한 전략도출 및 모델개발」, 서울연구원,
22. 이영민·배윤지,「공공시설 복합개발을 통한 임대주택 공급방안 연구」, 2011, SH공사 도시연구소
23. 한국건설기술연구원 (2011). 탈현장 초고속 주택 시공기술 개발(1차년도)
24. 한국건설기술연구원 (2012). 탈현장 초고속 주택 시공기술 개발(2차년도)
25. 한국건설기술연구원 (2013). 탈현장 초고속 주택 시공기술 개발(3차년도)

26. 한국건설기술연구원 (2014). 탈현장 초고속 주택 시공기술 개발(4차년도)

27. 한국건설기술연구원 (2015). 탈현장 초고속 주택 시공기술 개발(5차년도)

28. 김석 (2016). Improvement of Assembly Equipment for Prefabricated Houses, International Journal of Control and Automation, 9(3), p.43-50

29. 김태영, 김석 (2016). 모듈러주택 조립을 위한 조립공구의 성능분석, 한국콘텐츠학회 논문집, 16(12), 143-150

30. 박남천, 김균태, 김석 (2015). 운반하중의 확률분포를 활용한 유닛모듈 운반용 고정장치 개발, 한국산학기술학회 논문집, 16(6), p.4267-8475

31. 김석, 김태영, 박재우 (2015). 모듈러주택의 생산성 및 품질향상을 위한 조립공구 개선방안, 2015 대한토목학회 정기학술대회 논문집, p.49-50

32. TaeYeong, K. & Seok, K. (2015). Improvement of Assembly Tool for Modular Building Technology, GST 2015 (Green and Smart Technology 2015), 120, p. 189-193

33. 김태영, 김석 (2016). 모듈러주택 조립용공구의 생산성 및 품질향상 효과분석, 2016년 한국건축시공학회 춘계학술발표대회 논문집, 16(1), p.243-244

34. TaeYeong, K. & Seok, K. (2016). Analysis of the Characteristics on Assembly Tools of Modular House through Site Application, SBE 16 SEOUL (International Conference on Sustainable Built Environment 2016), p.768-770

35. 김석, 김균태, 박남천 (2014). 유닛모듈 운반고정장치의 하중거동 분석, 한국구조물진단유지관리공학회 2014년 가을 학술발표회 논문집, 18(2), p.409-410

36. 박남천, 김균태, 김석 (2014). 유닛 모듈의 운반하중에 관한 상관 분석, 한국구조물진단유지관리공학회 2014 가을 학술발표회 논문집, 18(2) p.628-630

37. 김석, 김균태, 박남천 (2014). 유닛모듈 운반을 위한 고정장치 개발, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, p.287-288

38. 박남천, 김균태, 김석 (2014). 유닛모듈 운반하중에 관한 확률분포 모델 추정, 2014년 한국건축시공학회 추계학술발표대회 논문집, 14(2), p.220-221

39. 김균태, 전영훈 (2018). 유닛모듈러 공법에서의 모듈 운반작업 분석, 2018년 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, 38(2), p.561-562

40. Bae, B. Y., Kim, K. R., Cha, H. S. and Shin, D. W. (2012), To Improve Production Process of the Modular Using the Conveyor System, Korea Journal of Construction Engineering and Management, KICEM, 13(5), 103-112

41. Cho, B. H., Kim, H. J. and Ko, G. H.(2009), The state of art in the modular construction in Korea, Korea Society of Steel Construction, KSSC, 19(1), 112-119

42. Sri Velamati(2012), Feasivility, Benefits and Challenges of Modular Construction in High-rise Development in The United States: A Developer's Perspective, MIT

43. Lee, J. S.(2014), A Study of Major cost-increasing factors on Modular Project Phases, Sungkyunkwan University Master Thesis

44. Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2016). Design Criteria for Preventing Condensation in Apartment Houses, 2016-238. Retrieved May 4, 2016 from http://www.molit.go.kr

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 주거환경연구사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.