첨단도시개발사업 최종보고서

R&D / 05건설핵심 D06

노후 공동주택의 구조 및 설비성능개선 기술 개발

2010.06.29.

주관연구기관 / 아 주 대 학 교
산 학 협 력 단
한국토지주택공사
단 국 대 학 교
산 학 협 력 단

협동연구기관 / SH공사

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

Land Transpot and Maritime R&D Report

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

본 보고서를 “노후 공동주택의 구조 및 설비성능개선 기술 개발”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2010 . 06 . 29 .

주관연구기관 : 아주대학교 산학협력단
산학협력단장 박 범
대한주택공사
대표이사 이 지 송
단국대학교 산학협력단
산학협력단장 김 오 영

■ 총 괄 연 구 책 임 자 / 수석연구원 신 동 우(아주대학교) 총괄/세부책임

■ 주관연구기관 참여연구원

/ 수석연구원	윤 영 호(대한주택공사)	세 부 책 임
/ 수석연구원	최 재 필(서울대학교)	평면확장계획
/ 수석연구원	김 인 기(현종설계)	주차장 확장계획
/ 연 구 원	박 지 영(대한주택공사)	접합부 설계
/ 연 구 원	김 인 기(현종설계)	주차장 확장계획
/ 수석연구원	정 란(단국대학교)	세 부 책 임
/ 선임연구원	윤 성 원(서울산업대학교)	진동특성 평가
/ 선임연구원	이 상 현(단국대학교)	제진시스템 개발
/ 선임연구원	민 경 원(단국대학교)	제진시스템 개발
/ 선임연구원	김 진 구(성균관대학교)	제진시스템 개발
/ 선임연구원	박 홍 근(서울대학교)	구조보강 시스템
/ 선임연구원	최 창 식(한양대학교)	구조보강 시스템
/ 선임연구원	이 영 욱(군산대학교)	성능평가
/ 선임연구원	박 용 좌(지우구조)	성능평가
/ 연 구 원	조 승 호(단국대학교)	제진시스템 개발
/ 선임연구원	박 철 수(성균관대학교)	환기시스템
/ 수석연구원	김 광 우(서울대학교)	건식온돌패널
/ 선임연구원	오 양 기(목포대학교)	음향성능개선
/ 연 구 원	성 재 호(한일MEC)	배관시스템 개발
/ 선임연구원	전 재 열(단국대학교)	경제성/시공성
/ 선임연구원	이 찬 식(인천대학교)	주차장 시공
/ 선임연구원	차 희 성(아주대학교)	평면확장 시공
/ 선임연구원	김 경 래(아주대학교)	친환경 소재
/ 연 구 원	이 재 석(단국대학교)	경제성/시공성
/ 연 구 원	명 재 훈(인천대학교)	주차장 시공
/ 연 구 원	한 주 연(아주대학교)	평면확장 시공
/ 연 구 원	이 동 건(아주대학교)	평면확장 시공
/ 연 구 원	김 기 현(아주대학교)	친환경 소재

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>05건설핵심
D06</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td colspan="2">2009.06.30-2
010.06.29</td><td>단 계 구 분</td><td>5/5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="5">첨단도시연구개발사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="5">노후 공동주택 구조 및 설비성능개선 기술개발</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">신동우</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 207 명
내부 : 116 명
외부: 91명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부
1,288,000 천원
기업
594,240 천원
계
1,882,240 천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 1035 명
내부 : 580 명
외부: 455 명</td><td>총연구비</td><td>정부
6,724,000 천원
기업
3,002,480 천원
계
9,726,480천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">아주대학교 산학협력단</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">LH공사 외 31</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명 :</td><td colspan="3">상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="3">연구기관명 :</td><td colspan="3">연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="5">요약</td><td>보고서면수</td><td>575</td></tr>
</table>

1. 주거환경 개선 기술

가. 리모델링 평면확장 유형 도출

나. 최적의 평면확장 프로세스(안) 개발

다. 주차장 확장 설계유형 및 최적의 시공방법 선정 프로세스 도출

라. 리모델링의 정착 및 확산에 저해되는 관련 법규 및 제도 개선(안) 제안

마. 주거환경 개선기술 가이드라인 제시

2. 구조성능 개선 기술

가. 정밀 내진성능평가 프로세스 구축을 통한 보강량 및 보강위치 최소화

나. 철거량 및 보강량 최소화를 위한 기존 구조체 및 증축 구조체를 활용한 신 내진보강공법 제안

다. 건식공법을 활용한 공기단축

라. 구조성능 개선을 위한 가이드라인 제시

3. 설비성능 개선 기술

가. 바닥난방 성능개선 모델 개발

나. 위생배관 성능개선을 위한 가이드라인 제시

다. 최적화 기법과 수학적 모델의 결합을 통한 환기 시스템 최적 설계 제시 라. 불확실성 분석을 통한 환기 시스템의 최적 제어전략 제시 마. 소리환경 개선 기술 **4. 친환경 확보 기술** 가. 친환경 실내마감재료 평가 및 선정 방법론 제시 나. 친환경 철거공사 수행방법 및 프로세스 제시 다. 친환경 철거공사 가이드라인 제시 **5. 성능/경제성 평가 기술** 가. 개발 요소기술의 성능 평가 체계 개발 나. 요소기술의 적용 시 경제성 평가 체계 개발 다. BIM을 활용한 사업성 평가 체계 개발		
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	리모델링, 주거환경개선, 구조성능개선, 설비성능개선, 친환경, 성능평가, 경제성평가
	영 어	Remodeling, Structural Performance Enhancement, Equipment Performance, Performance Measurement, Environmental Construction, Economic Evaluation

요 약 문

Ⅰ. 제 목

연구단 과제명: 노후 공동주택 구조 및 설비성능 개선 기술개발

- 세부과제 1: 노후 영구임대주택 리모델링 시행을 위한 계획기준, 절차 가이드라인 개발 및 공공부문 리모델링 실용화 기분구축을 위한 노후 영구임대주택 리모델링 시범사업
- 세부과제 2: 동특성 기반 노후 공동주택 강도/연성/감쇠 증진 기술 및 경량형 평면확장 접합상세개발
- 세부과제 3: 리모델링 복합기술 및 요소기술 개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

2003년 12월 말을 기준으로 20년 이상 된 노후 공동주택은 36만 세대에 불과하지만 향후 10년 이내에 노후 공동주택의 세대수는 100만 세대 이상으로 급격하게 증가할 전망이다. 이와 같이 노후 공동주택의 수가 급격하게 증가하면서 주거 환경적인 문제, 구조성능의 저하, 설비의 노후화에 따른 성능저하 등으로 인하여 노후 공동주택에 다양한 형태의 결함 및 문제점이 발생되고 있으며, 앞으로도 이 같은 문제는 더욱 범위가 넓고 다양하게 발생될 것이다. 이러한 노후 공동주택을 개선하기 위한 방법으로 현재 사업추진의 용이성 때문에 재건축이 가장 많이 활용되고 있으나, 천연골재의 부족, 폐기물 발생으로 인한 자연환경 파괴, 국가적 자원의 낭비, 재건축 단지 인근 지역의 전세대란 초래 등으로 인하여 향후 급격하게 증가하는 노후 공동주택을 대상으로 산업적, 정책적인 측면에서 더 이상 재건축을 적극적으로 추진하기 어려운 실정이다. 따라서 무분별한 재건축 추진을 억제하고, 노후 공동주택 개선방안으로 리모델링을 활성화 하는 것이 필요하다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

본 과제는 노후 공동주택의 구조 및 설비성능을 개선시키기 위하여 현행 리모델링의 문제점을 해결하고, 향후 리모델링 활성화를 위한 애로기술을 개발을 위한 것으로 실용화 사업화를 위주로 하는 핵심기술개발사업이다. 이를 위하여 다음과 같은 리모델링 요소기술을 핵심기술의 범위로 한다.

1. 주거환경 개선기술

본 핵심기술 개발의 최종 목표를 달성하기 위한 세부 목표를

가. 평면확장 설계 및 시공기술 개발
나. 주차장 확장 설계 및 시공기술 개발
다. 주거기능 개선기술 개발로 설정하고 이를 주거환경 개선기술 개발의 세부범위로 한다.

2. 구조성능 개선기술

본 핵심기술 개발의 최종 목표를 달성하기 위한 세부 목표를

가. 증축층을 활용한 동조질량감쇠기 개발
나. 기존구조체를 활용한 마찰감쇠기 개발
다. 경량 각봉 충전 건식 비좌굴가새 개발
라. 경량 건식 강판복합 기술개발
마. 기존구조체를 활용한 전단보강 기술개발로 설정하고 이를 구조성능 개선기술개발의 세부범위로 한다.

3. 설비성능 개선기술

본 핵심기술 개발의 최종 목표를 달성하기 위한 세부 목표를

가. 바닥난방 건식화 기술 개발
나. 당해층 배관기술 개발
다. 하이브리드 환기기술 개발
라. 공동주택 소음 저감 기술개발로 설정하고 이를 설비성능 개선기술개발의 세부범위로 한다.

4. 친환경 확보기술

본 핵심기술 개발의 최종 목표를 달성하기 위한 세부 목표를

가. 폐기물 재활용을 위한 철거기술 개발
나. 친환경 마감재료 적용기술 개발로 설정하고 이를 친환경 확보기술개발의 세부범위로 한다.

5. 성능/경제성 확보기술

본 핵심기술 개발의 최종 목표를 달성하기 위한 세부 목표를

가. 요소기술의 성능평가 기술 개발
나. 요소기술의 경제성평가 기술 개발
다. 리모델링 사업성 평가기술 개발
라. BIM을 활용한 리모델링 사업성 평가기술 개발로 설정하고 이를 성능/경제성 확보기술 개발의 세부범위로 한다.

Ⅳ. 연구개발결과

1. 주거환경 개선 기술

가. 리모델링 평면확장 유형 도출

- 서울시에 위치한 노후공동주택 전수조사를 통해 평면유형 도출 및 유형에 따른 다양한 평면확장 전략 개발
- 한국적 상황(주택공급 부족, 단기간의 대량생산 등)에 기인한 20년 이상 고착화 된 평면유형을 최근의 트렌드 반영
- 구체적이며 체계적인 리모델링 평면확장 가이드라인 설정

나. 최적의 평면확장 프로세스(안) 개발

- 리모델링 대상 단지에 거주하는 주민들의 needs 분석(설문조사, 공청회 등) 및 대응 방안을 반영한 평면확장 프로세스(안) 도출
- 도출한 평면확장 프로세스(안)을 다양한 시뮬레이션 적용을 통하여 최적의 프로세스 개발

다. 주차장 확장 설계유형 및 최적의 시공방법 선정 프로세스 도출

- 문헌고찰과 공동주택 단지의 특성을 분석하여 주차장 확장 설계유형 및 설계유형 도출 프로세스 개발, 주차장 확장 공사에 적합한 시공법의 유형화 및 시공법 선정 프로세스 개발

라. 리모델링의 정착 및 확산에 저해되는 관련 법규 및 제도 개선(안) 제안

마. 주거환경 개선기술 가이드라인 제시

- 평면유형 도출, 주차장 설계유형 도출, 접합부 및 주차장 확장 시공법에 대한 일반·프로그램별 가이드라인 제시

2. 구조성능 개선 기술

철거량/보강량/공기를 최소화하여 친환경성과 경제성을 확보함과 동시에 목표내진성능을 달성할 수 있는 공법을 개발한 내용을 요약하면 다음과 같다.

가. 정밀 내진성능평가 프로세스 구축을 통한 보강량 및 보강위치 최소화

- 실계측 자료를 이용하여 구조물의 진동 특성을 평가함으로써 경제적인 내진보강 설계 수행 및 보강전후 성능의 비교평가를 가능하게 함.
- 벽식구조 지진취약도함수 개발을 통한 정밀 내진성능평가

나. 철거량 및 보강량 최소화를 위한 기존 구조체 및 증축 구조체를 활용한 신 내진보강공법 제안

- 수직증축층을 활용하는 증축형 동조질량감쇠기 개발
- 기존 및 신설 병렬 전단벽을 활용하는 인방설치형 마찰감쇠기 개발
- 기존 세대간벽 및 조적벽체를 활용하는 다양한 보강공법제안

다. 건식공법을 활용한 공기단축

- 습식 전단벽체를 대체할 수 있는 무게절감형 강판전단벽 및 비좌굴가새 개발

라. 구조성능 개선을 위한 가이드라인 제시

3.. 설비성능 개선 기술

가. 바닥난방 성능개선 모델 개발

- 건식온돌패널의 prototype 개발
- 건식온돌패널의 열성능 criteria 및 설계프로세스 개발
- Mock-up Test를 통한 건식온돌패널 요소기술의 평가
- 건식온돌패널을 포함한 난방설비 성능 개선 모델 개발

나. 위생배관 성능개선을 위한 가이드라인 제시

- 당해층 배관시스템 적용을 위한 검토사항 도출

다. 최적화 기법과 수학적 모델의 결합을 통한 환기 시스템 최적 설계 제시

- 다기준 목적함수(초기투자비, 운영비, 불만족도, CO2농도)의 해결방안 제안.
- 유전자 알고리즘+파레토+시뮬레이션 툴을 결합한 다기준 최적설계 기술을 개발.

라. 불확실성 분석을 통한 환기 시스템의 최적 제어전략 제시

- 결정론적 접근 (Deterministic approach)가 아닌, 확률적 접근 (Stochastic approach)을 이용한 제어전략 간 (외기공급량 결정기준, 급기구 설치위치, CO2센서위치) 성능평가방법 제안.

마. 소리환경 개선 기술

- 소리환경에 대한 거주자 요구 및 불만 요인 분석
- 소리환경 현황 분석
- 리모델링 목표 수준의 설정
- 평가 요소별 소리환경 개선기술 개발
- 요소기술의 현장 적용 평가 및 타당성 검증

4.. 친환경 확보 기술

리모델링 공사에서 친환경 성능을 크게 거주자 측면과 산업적 측면으로 구분하여 연구를 수행하였다. 먼저 거주자 측면은 공동주택 실내 공기환경 개선에 관한 연구이며, 산업적 측면에서는 리모델링 공사에서의 대부분의 폐기물이 발생하는 단계인 철거공사 단계에서의 폐기물 재활용에 관한 연구를 수행하였다. 친환경 확보기술에 대한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 친환경 실내마감재료 평가 및 선정 방법론 제시

- 거주자 요구사항을 반영한 최적의 실내 마감재료 선정방법 제시

나. 친환경 철거공사 수행방법 및 프로세스 제시

- 친환경 철거공사 사전계획요소 및 유의사항 제시
- 친환경 철거공사 프로세스 모델 제시
- 리모델링 철거공사 성능평가 방법 및 결과 제시

다. 친환경 철거공사 가이드라인 제시

- 공사 참여자 측면에서 친환경 철거공사 유의사항 제시

5.. 성능/경제성 평가 기술

가. 개발 요소기술의 성능 평가 체계 개발

- 요소기술별 성능 평가 항목을 선정, 평가항목의 상대적 중요도 도출을 통한 성능, 비용 및 가치향상도 도출

나. 요소기술의 적용 시 경제성 평가 체계 개발 및 경제성 평가 프로세스 도출

- 리모델링 공사비 도출시 이용 가능한 공종체계를 연구수행체계로 변환을 통한 공종 분류체계 도출
- Test bed에 대한 일반적으로 수행하는 리모델링 공사비, 요소기술을 적용한 리모델링 공사비, 리모델링 재현 신축시의 공사비, 재건축 공사비를 도출을 통한 비교분석을 가능하게 함.

다. BIM을 활용한 사업성 평가 체계 개발

- BIM을 활용한 공사비와 공기산출 체계 개발, 이를 이용하여 사업초기에 사업수행자의 사업수행에 대한 의사결정을 지원할 수 있도록 함.

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

1. 기술적 측면

본 연구를 통해 개발되는 요소기술은 향후 공동주택 리모델링을 위한 기준 설계 방법, 구조보강 방법, 설비성능 개선 방법, 경제성과 시공성을 확보한 시공방법으로 활용될 수 있으며 또한, 노후 공동주택 구조성능 개선, 노후 공동주

택의 진단, 개보수, 구조성능 개선 설계 및 시공 시 기초 기술 자료로 활용될 수 있다.

2. 산업적 측면

복잡/난해한 공동주택의 리모델링 과정을 간소화시키고 개발된 기술의 적용을 통해 리모델링 사업의 애로사항을 해결함으로써 리모델링 산업의 활성화에 기여할 수 있으며, 특히 개발된 기술은 건설업뿐만 아니라, 유관산업의 요소기술로 활용될 수 있어 기술 확산을 통한 산업 전반의 발전 도모할 수 있다.

S U M M A R Y
(영 문 요 약 문)

Ⅰ. Subject

Subject of Research: Development of Technology to Enhance the Structure and Equipment Performance of Old Multi-Family House

- Detailed Task 1: Development of Standard Model and Detail for the Expansion of Plane and Parking Lot of Old Multi-Family House
- Detailed Task 2: Development of Technology to Enhance the Strength/Ductility/Damping Based on Dynamic Characteristics and the Connection Details of Lightweight Plane Expansion of Old Multi-Family House
- Detailed Task 3: Development of Remodelling Technology to Enhance the Environmental and Equipment Performance of Old Multi-Family House. Development of Technology for Remodelling and Management to Ensure Economic Efficiency and Constuctability

Ⅱ. Purpose and Necessity of Research & Development

Though there are only an estimated 360,000 multi-family houses which are more than two-decade old as of late December 2003, the number of old multi-family house is expected to soar to over 10 million in a decade. With the number of old multi-family houses skyrocketing, many problems have been arising from the residential, environmental aspect, degradation of structural performance, degradation of performance caused by aging equipment. Those problems are expected to come to the fore in a wide-ranging ways in upcoming years.

Though reconstruction has been one of the most commonly used way to improve those old multi-family houses in consideration that it facilities the implementation of project, it is hard to actively go ahead with the reconstruction of rapidly increasing number of old multi-family houses from the perspective of industry and policy because the lack of natural construction materials, generation of waste that damages natural environment, waste of resources at national dimension, extreme shortage of houses for lease in the area designated for reconstruction.

Therefore, reckless reconstruction must be contained, and the remodelling of old multi-family houses must be stimulated.

Ⅲ. Description and Range of Research and Development

This study aims to develop the technology to resolve current problem that arises from remodelling and stimulate future remodelling in order to enhance the structural and equipment performance of old multi-family house, and it is a core technology developing project that focuses on the practical application and commercialization. For that, 4 remodelling Enabling Technology fall into the category of core technology.

1. Development of standard model and detail to expand the plane and parking lot of old multi-family houses

The ultimate purpose of this detailed project is to develop the standard model and detail to expand the plane and parking lot of old multi-family houses. For that, the followings will be carried out:

A. Development of standard model by evaluation model and remodeling modelling type, based on the analysis on the user requirement, in planning the remodelling of old multi-family houses.

B. Development of designand construction technology to expand the parking lot of multi-family houses while people are dwelling in them.

C. Presenting designand construction manual that includes the standard reinforcement measure and detail in relation to the structural plan and structural reinforcement(draft), installation of wall, lightweight load and earthquake resistance reinforcement to improve the structural function of old multi-family houses,

D. Applying the developed Enabling Technology to trial project, and others.

2. Development of remodelling engineering method to improve the structural function

The following detailed goals were set forth to achieve the final objective of this core technology development:

A. Development of technology to evaluate dynamic property of old multi-family house

B. Development of connection detail for the extended lightweight horizontal plane that has earthquake resistance.

C. Development of structural reinforcement system that considered the decrease in dead weight and increase in ductility(steel plate sheer wall, steel frame brace)

D. Development of seismic performance system to improve the vibration damping(tuned mass damper, friction damper, buckling-restrained brace, visco-elastic damper)

E. The integrated evaluation system is established in relation to the improvement of structural performance before and after the application of the developed Enabling Technology, and this is set as the boundary of remodelling method development to enhance the performance of old multi-family house.

3. Development of guideline on environment/equipment performance evaluation and remodelling design for old multi-family house

The development of guideline on environment/equipment performance evaluation and remodelling design for old multi-family house is the final goal of this detailed project. For that, the followings will be carried out.

A. Development of guideline on equipment system remodelling design for old multi-family house

B. Development of ventilation remodelling system standard model for old multi-family house

C. Development of home automation remodelling system standard model

D. Development of sound performance improvement and model development, etc, for multi-family house

4. Development of technology for environmental-friendly remodeling construction management

Development of technology for remodelling construction and management to ensure the environmental-friendly performance for old multi-family house is the final goal of this detailed project. For that, the following will be carried out.

A. Development of remodelling construction technology that uses environment-friendly materials suitable for the requirement of users, domestic and foreign issues and policies related to environment.

B. Selective Demolition Method for recycling construction waste

5. Development of technology for performance evaluation

A. Development of method for evaluating the performance remodeling technology

B. Development of method for evaluating economic efficiency remodeling

technology

C. Development of method for evaluating economic efficiency remodeling technology using BIM based system

Ⅳ. Result of Research and Development

1. Status on the old multi-family house and analysis of remodelling case

A. Analysis on the status of old multi-family house

(1) Setting the direction for the development of required technology

(2) Analysis on the result of survey of all old multi-family houses that were older than 20 years in Seoul as of in 2006.

The distribution of old multi-family house by year has been rising very steeply at a specific point of time(1974, 1978, 1983, etc), and the distribution of old multi-family house by region has been concentrated in Gangnam area, such as Gangnam(24.5%), Seocho(21.5%), and Songpa(11.4). In Gambuk area, most of old multi-family houses were concentrated in Yongsan-gu(6.4%).In terms of the number of floor of old multi-family house, 11 to 15 floors comprised approximately 80%, and 6 to 10 floors comprised approximately 10.0%. In terms of the heating system, a great difference was found depending on the region. However, local heating comprised the greatest portion(57.3%), followed by central heating (25.1%) and individual heating(17.6%). In terms of the parking, most of region had less than 1 car to park, except Gwangjin-gu(1.71) and Seocho-gu(1.19). In Gangbuk region, such as Seongbuk-gu(0.5) and Seodaemun-gu(0.55), old multi-family house had more severe lack of parking lot.

B. Review on the law related to remodelling

(1) Setting the direction of revision of law related to remodelling

C. Analysis of the remodelling case

(1) Deriving the pattern of old multi-family house plane

(2) Presenting the outcome of the analysis on the remodelling abroad

Presenting the outcome of analysis on about 50 remodelled multi-family houses, including the multi-family houses under remodelling work.

2. Deriving Enabling Technology of remodelling for old multi-family house

A. Developing the standard remodelling and detail to expand the plane and parking lot of old multi-family house

B. Developing the technology to enhance strength/ductility/damping based on dynamic characteristics of old multi-family house, and the connection detail of lightweight type plan expansion

C. Developing the remodelling technology to enhance the environment and equipment performance for old multi-family house

D. Developing the technology for remodelling and management to ensure the economic efficiency and constructability

3. Development of standard model and detail to expand the plane and parking lot of old multi-family house

A. Deriving the remodelling pattern of old multi-family house

B. Identifying the factor for remodelling plans

(1) Identifying factors for remodelling plans by spatial hierarchy

C. Deriving the pattern of remodelling plans

(1) Analyzing the patterns of remodelling plan by spatial hierarchy for factors of remodeling plans

(2) Analysis on the pattern of plan, depending on the structural form, core form and size(3.3m2)

Identifying factors of remodelling plans from the perspective of plane variation based on the remodelling cases of domestic multi-family houses, on which to analyze the pattern of remodelling plans and derive four types of remodelling patterns for plane expansion, namely individual family unit integration type, individual family unit expansion type, core expansion type, and vertical expansion type.

D. Deriving patterns of parking lot remodelling plans

(1) Deriving the patterns of parking lot remodelling plan, depending on the expansion pattern, method for access and type of multi-family house

It derived the pattern involving a new construction of parking lot between structures and under the structure in case of basement floor, the use of deck, construction of additional and mechanical type parking lot in case of ground floor, and the expansion of parking lot on the upper part of structure, based on the outcome of the analysis on the remodelling of existing old multi-family houses.

E. Deriving the pattern of joining by part, depending on the remodelling plan

The existing method was categorized according to the method of connection in reinforcing and connecting the wall, slab, beam, column, and foundation which are the framework of architectural structure, the object of remodelling. And the pattern of connection part generation were compared and analyzed from the viewpoint of economic efficiency, constructability, existence of additional work and the unitization with the existing structure.

4. Development of connection detail for the technology to enhance the strength/ductility/damping and expand the plane of old multi-family house, based on dynamic characteristics

'In the development of connection detail for the technology to enhance the strength/ductility/damping and expand the plane of old multi-family house, based on dynamic characteristics, the earthquake resistance of Jugong apartment in Gaepo-dong was evaluated that has the wall structure selected as the standard model for this project. In addition, the connection detail(draft0 to expand the lightweight type plan was presented. Furthermore, the number of vibration and damped ratio of old multi-family house of various floors were evaluated on the basis of the synchronized human excitation and regular measurement, including apartments as high as the standard model.

seismic performance system, such as top floor installation type tuned mass damper, in-between installation type finish damper, buckling-restrained brace, etc, which were Enabling Technology to enhance the earthquake resistance, and the technology was developed that uses steel plate wall toward long side and carbon fiber seat and steel plate wall toward short side, a reinforcing way that ensures the decreased dead weight and increased ductility. The outcome of study can be summarized in detail as follows:

A. Development of technology to evaluate the vibration property of old multi-family house

By evaluating the number of vibration and damped ratio(dampening ratio) which are the dynamic characteristics of structures, the essential part of earthquake resistance designtechnology through the synchronized human excitation and regular measurement of 9 to 25 floor domestic multi-family houses in Seoul, the applicability of method for experimenting various vibration measurement and interpretation was

assured for the dynamic property of apartment.

The technology that was developed by the study in the first year include the half power method, RD method, synchronized human excitation and so on, and technologies that need to be achieved in the future include maximum likelihood method and Multiple Degreedom of Freedom RD method, and so on.

B. Tuned mass damper was developed for installation on top floor, and friction damper and buckling-restrained brace for in-between floor installation, which is the design technology to enhance the seismic performance(earthquake resistance) for old multi-family house. The outcome of study based on the dynamic characteristics resistant system is as follows:

(1) Top floor installation type tuned mass damper

. Optimal vibration rate and optimal damped ratio were derived, depending on the performance index of tuned mass damper, a top floor installation type dynamic characteristics system that uses the earthquake load by the foundation, and it was confirmed that the designvariables presented in this study indicated an earthquake response control function better than expectations of existing studies. Moreover, the analysis of response performance of manual and semi-active tuned mass damper -which used Bou-Wen model in consideration that old multi-family house, the object of this study, possessed nonlinear Hysteretic Characteristics- indicated that the performance degraded remarkably if the structure had more section that displayed hysterisis behavior even if the designvariables were optimized in case of manual tuned mass damper. Meanwhile, the performance index of semi-active tuned mass damper was approximately 15% to 40% lower than manual tuned mass damper,

leading to the confirmation that it also had a excellent vibration control of nonlinear Hysteretic structure.

(2) In-between floor type I friction damper

The Enabling Technology was obtained that enabled the simple evaluation of earthquake resistance enhancing effect of structure that has seismic performance system by deriving the equivalent damped ratio of the structure in which one friction damper is installed. The equivalent damped ratio of friction damper is determined by the relative ratio of excitation load and maximum friction and is not affected by the weight and excitation load of structure very much. In addition, there is a difference in equivalent damped ratio by friction damper, depending on the component of vibration number even if the earthquake has the identical maximum foundation acceleration.

The empirical equation for the response damping coefficient of the equivalent damped ratio and equivalent linear system- which was obtained by the nonlinear interpretation based on the maximum response error analysis of equivalent linear system- was presented. And its application to the estimation of equivalent damped ratio will reduce the response expectation error remarkably.

(3) In-between installation type II buckling-restrained brace

The method for seismic reinforcement system that can enhance both the strength and ductility of old multi-family house was studied, using the buckling-restrained brace. This method was effective in reducing the in-between floor displacement of structure when it was applied to RC structure that was not based on earthquake resistant design.

If ordinary steel frame brace was used, the internal force that resists the horizontal force from the buckling of compression brace following the yield of structure dwindled drastically. But for buckling-restrained

brace, a sufficient ductility behavior was present even after the yield of structure.

C. Developing the method to reduce the dead weight load, increase the ductility and reinforce the strength

The design technology of steel plate sheer wall toward long side and carbon fiber seat and steel plate wall toward short side was developed, a Enabling Technology that achieves seismic performance(earthquake resistance) through the reduced dead weight load and increased ductility.

(1) Steel plate sheer wall that reinforces toward long side

Thin steel plate presented by existing design criteria is based on the strip model. Though the strip model provides relatively accurate forecast compared to the strength of system, it does not forest the strength accurately. Therefore, a valid thickness that enables the forecast of strength was presented in consideration of the tensile strength of steel plate by using the elasticity interpretation program, and the outcome of experiment and nonlinear limited factor program were used to validate it.

A method to attach the steel plate wall to the extended plane area, the external area of existing structure, was presented. As a result of applying to multi-family house, it was confirmed that the required reinforced seismic performance of KBC2005 could be met using the steel plate wall with the valid thickness put forth by this study.

(2) Carbon fiber seat/steel plate that reinforces toward the short side

A reinforcing method that uses the carbon fiber seat and steel plate wall -if the wall of adjacent house unit was dismantled toward the short side- was presented. In a test to evaluate the performance of 4 objects which were reinforced with the steel plate and carbon fiber, as

well as the standard test object and the test object with opening, it was confirmed that the opening affected the behavior of wall body if it was installed in the wall because of the lost reinforced bar that is cut as a result of the installation of the opening and the reduced valid sectional area of concrete due to the opening. Even if the opening was made to integrate each house unit, an improvement was attained without compromising the seismic performance(earthquake resistance) toward the short side, as the evaluation of reinforcement effect indicated that the strength of carbon fiber seat and steel plate was 12% higher than that of standard test object on the average.

D. Development of connection detail to expand lightweight type plane expansion

The characteristics, strength and weakness of various connection details that are applied to plane expansion remodelling in Korea can be summarized as follows:

Most of connection is made by appropriately joining sheer connection materials(chemical anchor or shear connection reinforced bar, carbon fiber rod). This method essentially requires new installation. For the method that connects the existing structure and newly-installed structure, the internal force of concrete of the existing structure is the most major factor in the internal force of the connected part, and presents a problem that an additional reinforcement method is required in order to ensure the internal force of concrete. Though the method that uses free cast concrete shortens the construction period without the concrete casting, it poses the problem that the connection detail is somewhat complex and the unitization behavior of connected part must be checked. Separate seismic performance(earthquake resistance) method is required because the unit process does not include the seismic performance though it facilitates the maintenance and repair.

By referring to the preceding construction cases and research materials related to the existing plane expansion remodelling method in order to compare and analyze the strength and weakness of each method and process, and by developing the connection detail to enhance the seismic performance and constructability, the slab connection system(draft) suitable for the trial housing complex of this study was developed using dry(wet) construction method to ensure that the hysteretic characteristics and ductility of connection part are enhanced, considering a way to effectively make up for the shortcomings of the existing methods and processes. Future studies need to focus on the development of detail that ensures the enhancement of constructability and economic efficiency, which is feasible enough to be applied to the trial construction complex, as well as an experimental and interpretative aspect of structural stability evaluation.

E. Interpretation of standard model structure and evaluation of seismic performance(earthquake resistance)

Structural interpretation model was created on the basis of the detailed information on the materials and reinforced bars for Samik Jugong apartment which was selected as the standard model, and the membranous lengthwise seismic performance(earthquake resistance) of standard model was analyzed on the basis of the nonlinear push-over interpretation in accordance with the structural design and reinforcement guideline for the remodelling of multi-family house. In the test, the base shear internal force was found to be less than 0.02g, which suggests that the seismic performance was remarkable meager compared to the seismic scale set forth by KBC2005. Therefore, it was confirmed that an appropriate horizontal strength and ductility were required to achieve the seismic performance.

5. Development of remodelling technology to enhance the environmental and equipment performance of old multi-family house

This study is intended to derive Enabling Technology necessary from the perspective of residential environment and equipment system of old multi-family house and enhance the equipment performance of old multi-family house in order to resolve the waste of resources that accompany the reconstruction, stimulate the remodelling of multi-family house and ensure more efficient remodelling.

A. Development of cooling & heating and sanitary pipeline system to improve the performance of equipment in old multi-family house

Based on the findings in the process of this study, the following Enabling Technology was derived that are necessary for the progress of this study.

(1) Improvement of design for shaft within common and each house unit

(A) Ensuring the flexibility for the integration of each house unit, expansion and alteration of plane

(B) Ensuring the responsiveness and changeability of remodelling

(2) Improvement of heating and sanitary pipeline

(A) Separation from the structure

(B) Structuring a system that incorporates the heating and sanitary pipeline

(C) Ensuring the responsiveness and changeability of remodelling

(3) Improvement of heating for windows, doors, and structure

(A) Standard of the heating performance for windows, doors and structure in the expanded plane

(4) Improvement of sanitation and reduction of noise

(A) Measure to improve the sanitation and reduce the noise

B. Development of aerial environment performance indicator of old multi-family house

The objective performance indicator which was derived from this study can provide a means for quantitative evaluation and communication.

For example, it can indicate that "the replaceability of ventilation system is over 70%", and the satisfied dweller comprises over 80%." and so on, rather than qualitatively indicating the performance of ventilation system. This performance indicator provides the vocabulary useful for the communication between the building stake-holders who are related to the building.

In addition, the developed performance indicator can be used during the entire life span of the building(design, construction, maintenance & repair, disposal). In the designing stage, it can be used as a tool that indicates and expresses the performance among the architect, owner of building, user and engineer. In the construction stage, it facilitates the procedure necessary for commissioning. In the maintenance and repair stage, it helps monitor the system performance and is applicable to the decision-making on the remodelling and repair.

C. Development of home automation remodelling system

The boundary of home automation system was defined by figuring out the condition of equipment and machine, along with the trend of home automation technology in Korea and abroad, in the first year of this study.

Protocol and signal system that are necessary for home automation system development were organized in consideration of the structure of old multi-family house, and the system configuration and communication system necessary for the development of indoor environment integration adjusting system were taken into consideration.

Furthermore, the primary preference and requirements of indoor environment among dwellers were examined by surveying and analyzing the demand and prereference for home automation.

Based on the aforesaid details of study, the concept of indoor environment integration adjusting system based on home automation was defined, and the home network system was configured to adjust the integration of indoor environment. And then, the potential of 'home network based indoor environment integration adjusting system' was presented using an example.

The indoor environment pleasantness indicators which were closely interconnected require a systematically-connected control in the indoor environment adjusting system. The indoor environment integration adjusting system must be organized in a way that suit the overall system strategy, encompassing a pleasant ambience, energy saving, system stability, fire prevention and control, security, etc, by figuring out the characteristics and interconnectivity of the controlling factors that are intertwined like a net.

Home network system can provide the basis to ensure this indoor environment integration adjusting system can interact seamlessly, and through this, an indoor environment control can be realized that puts an emphasis on the pleasant ambience and health for dweller. Furthermore, appropriate standard and criteria for home automation and home network must be established to stimulate and promote the indoor environment integration adjusting system, for which interoperability and intercompatibility among heterogeneous devices must be guaranteed.

D. Development of sound performance evaluating tool for old multi-family house

Based on the process of this study, tools to evaluate the sound performance of old multi-family house were classified into five different categories in the following way.

(1) Interception of lightweight floor impact sound

(2) Interception of heavy floor impact sound

(3) Interception of sound penetrating the wall shared by different households

(4) Interception of water supply/drainage facility noise

(5) Indoor noise level for outdoor noise

Regulated value set forth by law and standard value were applied in order to enhance the validity of evaluation tool, regarding the minimum performance level of each evaluation factor. Domestic measuring standard(KS) were also used to ascertain whether the sound performance or minimum performance level of old multi-family house was achieved after the remodelling.

Particularly, the interception of heavy floor impact sound(New floor panel must be developed because it is very weak in wall type structure and the standard floor structure cannot be used due to the problem of load or height) and the indoor noise level for outdoor noise(Considering that the provision set forth in 65dB states that the reach of current external noise is determined by the location, regardless of the sound quality of structure, it implies that the Article 9 must be superseded with the indoor noise level.) must be noted carefully among factors in evaluating the sound performance of old multi-family house.

6. Development of technology for remodelling construction and management to achieve the economic efficiency and constractability

A. Development of the method to evaluate the remodelling performance enhancing technology

(1) Analysis of the awareness and demand of dwellers in relation to the economic efficiency of remodelling

(2) Obtaining basic materials necessary for evaluating the existing structure from the perspective of easiness of remodelling

(3) Gathering basic information about the economic efficiency and constructability of technology for remodelling

B. Development of construction technology to expand the parking lot with dwellers inside

(1) Analysis of cases involving the expansion of parking lot in multi-family house in Korea and abroad

(A) Investigating whether there was any reinforcement of foundation and structure, as well as the change in the parking lot, of 10 multi-family house that were remodelled

(B) Investigating the cases involving the reinforcement of foundation in old multi-family house in Singapore and the change in the parking lot in France.

(2) Study on the method to expand the parking lot, depending on the pattern of housing complex

(A) Classifying the parking lot expansion method into six categories, analyzing their characteristics, and reviewing the parking lot expansion method that suits the housing complex

(B) Reviewing the method to maneuver into the main section of structure from the parking lot.

(3) Analysis of the construction technology to expand the parking lot

(A) Analyzing foundation reinforcement technology and parking lot expansion technology which were applied to previous remodelling works

(B) Analyzing the existing technology, such as basic foundation, excation method, Sheathing method, and so on, which are related to the expansion of parking lot.

(4) Presentation of method to evaluate the expansion of parking lot

(A) Presentation of standard process model to expand the parking lot

(B) Break down decisive factors of parking lot expansion method into plan factor, technological factor, and customer(user) factor, and presentation of method to evaluate the parking lot expansion method based on AHP method and Fuzzy measure.

C. Development of remodelling technology to expand the plane of structure

(1) Investigating law and regulation related to the expansion of plane

(A) Summarization on law and regulation related to the expansion of plane

(2) Reference to literatures related to the expansion of plane

(A) Establishing the remodelling construction technology for plane expansion

(B) Establishing the system to categorize the remodelling pattern of plane expansion

(3) Investigating the remodelling cases in Korea and abroad

(A) Investigating the remodelling cases in Korea

(B) Categorizing the construction patterns involving remodelling cases in Korea

(C) Investigating and analyzing remodelling cases in Korea and abroad

(4) Interview with remodelling construction professional

(A) Establishing the remodelling work process for plane expansion

(B) Analyzing the problem of remodelling work for plane expansion

(C) Setting the direction for technology that enhances the remodelling works for plane expansion

(5) Deriving the Technology Selection Tool Factor

(A) Definition of Technology

(B) Deriving the technology selection factor which reflects the condition of remodelling site.

(6) Investigation of status on PC process to stimulate freefab

(A) Investigating the current status of PC industry

(B) Identifying factors that hinder the application of PC technology to the plane expansion remodelling

D. Development of remodelling construction technology that uses environment-friendly materials

(1) Definition of environment-friendly construction method

The technology necessary for remodelling is defined as environment-friendly material application(Biophysical Environment, Economic Environment) and site pollution reduction, based on the definition of environment-friendly construction method.

(2) Figuring out the status on the application of environment-friendly material and the criteria for application in remodelling

(A) Application of environment-friendly product registered with 'Environment-friendly Product Accredited Agency' in remodelling multi-family house

(B) Major criteria for environment-friendly product includes reduction of indoor and air pollution, reduction of harmful materials, reduction of resources and energy, recycling of resources, reduction of waste material, and so on

(C) Ideas of dwellers are not systematically embraced in reflecting environment-friendly materials in remodelling works.

(3) Figuring out the requirements of dwellers for environment-friendly materials

(A) Summarizing the environment-friendly performance of indoor finishing materials

(B) Reviewing the criteria for the certification of environment-friendly product

(C) Surveying the requirement of dwellers in relation to the environment-friendly performance of finishing materials for multi-family house

(4) Selection of indoor finishing material that reflects the requirements of dwellers

(A) Presentation of finishing material that dwellers require in relation to various parts of multi-family house

(5) Presentation of measure to ensure an economic efficiency in applying environment-friendly materials.

(A) Measure to ensure an economic efficiency by selecting indoor

finishing materials based on the requirements priority of dwellers for environment-friendly materials.

(6) Figuring out the status on site pollution

(A) Figuring out the type of site pollution and its pattern

(B) Investigating the measure to cope with at the site

(7) Presenting the measure to alleviate the pollution at the site

(A) Presenting the measure to ensure an systematic and environment-friendly site management

Ⅴ. Plan to apply the result of research and development

1. Technological aspect

The Enabling Technology that are developed through this study are applicable to the standard design method, structure reinforcing method, equipment performance enhancing method, and the construction method that ensures both economic efficiency and constructability, and furthermore, provide a basic feedback for the examination, repair, structural performances enhancing design, and construction of old multi-family house.

2. Industrial aspect

By simplifying the complex and difficult remodelling process of multi-family house and applying developed technologies, difficulties of remodelling can be resolved while facilitating the stimulation of remodelling industry. Specifically, the developed technology can be applied as the Enabling Technology to related industry, as well as the construction industry, and revitalize the development of overall industries by promoting the technology.

CONTENTS

(영문목차)

Chapter 1. Introduction ·····1

Paragraph 1. Purpose of Research ·····1

Paragraph 2. Needs of Research ·····1

Paragraph 3. Remodeing Technology ·····2

Paragraph 4. Structure of Research ·····7

Chapter 2. Status on the Technological Development in Korea and Abroad ·····10

Paragraph 1. Technology to Enhance the Residential Performance ·····10

Paragraph 2. Technology to Enhance the Structural Performance ·····14

Paragraph 3. Technology to Enhance the Equipment System ·····18

Paragraph 4. Technology to Enhance the Environment Performance ·····22

Paragraph 5. Technology to Evaluate Economic Efficiency and Performance ··24

Chapter 3. Results of Research ·····25

Paragraph 1. Overview ·····25

Paragraph 2. Development Remodeling Technology ·····26

Paragraph 3. Test Bed ·····310

Paragraph 4. Propose the reasonable regulation ·····353

Paragraph 5. Development Remodeling Programs ·····359

Paragraph 6. Conclusion ·····445
Paragraph 7. Guideline for Public Housing ·····451
Chapter 4. Achievement of Research and Development and Contribution to Related Field ·····452
Paragraph 1. Technology to Enhance the Residential Performance ·····452
Paragraph 2. Technology to Enhance the Structural Performance ·····457
Paragraph 3. Technology to Enhance the Equipment System ·····467
Paragraph 4. Technology to Enhance the Environment Performance ·····474
Paragraph 5. Technology to Evaluate Economic Efficiency and Performance 479
Chapter 5. Plan to Apply the Result of Research and Development ·····
486
Paragraph 1. Technology to Enhance the Residential Performance ·····489
Paragraph 2. Technology to Enhance the Structural Performance ·····494
Paragraph 3. Technology to Enhance the Equipment System ·····496
Paragraph 4. Technology to Enhance the Environment Performance ·····497
Paragraph 5. Technology to Evaluate Economic Efficiency and Performance 498
Chapter 6. Information on Foreign Scientific Technology Collected in the Process of Research and Development ·····500
Paragraph 1. Technology to Enhance the Residential Performance ·····500
Paragraph 2. Technology to Enhance the Structural Performance ·····511
Paragraph 3. Technology to Enhance the Equipment System ·····514
Paragraph 4. Technology to Enhance the Environment Performance ·····515

Paragraph 5. Technology to Evaluate Economic Efficiency and Performance 516

Chapter 7. Reference ·····521

[Appendix 1] Proposal of Resonable Regulation ·····536

[Appendix 2] BIM Database Table ·····552

[Appendix 3] Performance Measurement Indicators of Technology ····563

<국문목차>

제 1 장 연구개발과제의 개요 ·····1

제 1 절 연구개발의 목적 ·····1

제 2 절 연구개발의 필요성 ·····1

제 3 절 리모델링 요소기술의 도출 ·····2

1. 리모델링 활성화를 위한 요구사항 분석 ·····2

2. RFP 요구사항 분석 ·····5

3. 리모델링 요구성능 도출 ·····5

4. 리모델링 요소기술 도출 결과 ·····7

제 4 절 연구개발의 추진체계 ·····7

제 2 장 국내외 기술개발 현황 ·····10

제 1절 주거환경 개선 기술 ·····10

1. 국내 리모델링 기술 동향 ·····10

2. 국외 리모델링 기술동향 ·····12

제 2 절 구조성능 개선기술 ·····14

1. 국내 리모델링 기술 동향 ·····14

2. 국외 리모델링 기술동향 ·····15

제 3 절 설비성능 개선 기술 ·····18

1. 국내 리모델링 기술 동향 ·····18

2. 국외 리모델링 기술 동향 ·····21

제 4 절 친환경확보기술 ·····22

1. 국내 리모델링 기술 동향 ·····22

2. 국외 리모델링 기술 동향 ·····22

제 5 절 성능/경제성 평가기술 ·····24
1. 국내외 기술개발 현황 ·····24

제 3 장 연구개발 수행 내용/결과 ·····25

제 1 절 개 요 ·····25
제 2 절 리모델링 요소기술 개발/적용 ·····26
1. 주거환경 개선기술 ·····26
2. 구조성능 개선기술 ·····71
3. 설비성능 개선기술 ·····164
4. 친환경 확보 기술 ·····230
5. 성능/경제성 확보기술 ·····248
6. 소결 ·····305
제 3 절 Test Bed ·····310
1. 개요 ·····310
2. 민간부문 ·····310
제 4 절 제도개선안 제시 ·····353
1. 기술적인 측면의 제도개선 ·····353
2. 리모델링 활성화 측면의 제도개선 ·····356
제 5 절 리모델링 프로그램 개발 ·····359
1. 개요 ·····359
2. 민간부문 프로그램 ·····359
3. 프로그램 3-0의 제안 및 검토결과 ·····440
제 6 절 결 론 ·····445
1. 요소기술의 개발 및 적용 성과 ·····445
2. Test-bed 적용과 Test-bed 적용 기술의 선정 ·····448
3. Test-bed 적용 결론 ·····449
제 7 절 공공 Test Bed 및 가이드라인 제안 ·····451

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 ·····452

제 1 절 주거환경 개선 기술 ·····452

1. 연구개발 목표 달성도 ·····452

2. 관련분야에의 기여도 ·····456

제 2 절 구조성능 개선기술 ·····457

1. 연구개발 목표 달성도 ·····457

2. 관련분야에의 기여도 ·····464

제 3 절 설비성능 개선 기술 ·····467

1. 연구개발목표 달성도 ·····467

2. 관련분야의 기여도 ·····473

제 4 절 친환경 확보 기술 ·····474

1. 연구개발목표 달성도 ·····474

2. 관련 분야에의 기여도 ·····478

제 5 절 성능/경제성 평가기술 ·····479

1. 연구개발목표 달성도 ·····479

2. 관련분야에의 기여도 ·····484

제 5 장 연구개발결과의 활용계획 ·····486

제 1 절 주거환경 개선 기술 ·····489

1. 노후 공동주택 평면유형 DB 웹사이트 게재 ·····489

2. 일반인이 활용 가능한 리모델링 지침서 발간 ·····491

3. 주차장확장 설계기법 및 시공기술 개발 ·····492

4.. 사회적 · 문화적 · 환경적 요구를 반영한 공간부위 별 리모델링 계획요소와 지침 ·492

5. 리모델링 계획요소를 조합해 실용화가 용이한 옵션으로 제시 ·····493

제 2 절 구조성능 개선기술 ·····494

1. 구조성능개선 기술 ·····494

2. 구조 리모델링을 위한 사용자 매뉴얼 개발 ····494
3. 기술이전 및 기술지도 ····495
제 3 절 설비성능 개선 기술 ····496
1. 환경/설비 개선 리모델링시 활용가능한 가이드라인 개발 ····496
2. 실내 공기환경 최적 설계 및 제어 알고리즘 개발 ····496
제 4 절 친환경 확보 기술 ····497
1. 실내 마감재료의 합리적인 선정방법 제시 ····497
2. 친환경 철거공사 프로세스 제시 ····497
제 5 절 성능/경제성 평가기술 ····498
1. 리모델링 요소기술의 성능 및 경제성 평가와 지식기반의 구축 ····498
2. 기존 공동주택 리모델링 전·후의 성능평가 수법 개발 ····498
3. 리모델링 요소기술의 LCC분석 및 LCC에 근거한 경제적 조합방법 개발 ····498
4. 리모델링 공사의 비용/공사기간 자동산출 기반 구축 ····499

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ····500

제 1 절 주거환경 개선 기술 ····500
1. 평면확장 설계기술 ····500
2. 주차장확장 설계/시공 기술 ····502
3. 주거기능 개선 기술 ····503
제 2 절 구조성능개선 개선 기술 ····511
1. 증축층을 활용한 동조질량감쇠기 ····511
2. 비좌굴가새 ····511
3. 단변방향 전단벽 및 조적벽체 보강 ····512
4. 증축접합부의 구조성능 개선 ····514
제 3 절 설비성능 개선 기술 ····514
제 4 절 친환경 확보 기술 ····515
제 5 절 성능/경제성 평가 기술 ····516

제 7 장 참고문헌 ·····521

[부록 1] 제도개선(案) 제안내용 ·····536

[부록 2] BIM Database Table ·····552

[부록 3] 요소기술의 고유성능 평가 항목 지표 설정 ·····563

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적

본 과제는 노후 공동주택의 구조 및 설비성능을 개선시키기 위하여 현행 리모델링의 문제점을 해결하고, 향후 리모델링 활성화를 위한 애로기술을 개발을 위한 것으로 실용화 사업화를 위주로 하는 핵심기술개발사업이다.

제 2 절 연구개발의 필요성

건설교통부에서 발표한 공동주택 공급현황을 살펴보면, 표 1-1에서와 같이 2003년 12월 말을 기준으로 20년 이상 된 노후 공동주택은 36만 세대에 불과하지만 향후 10년 이내에 노후 공동주택의 세대수는 100만 세대 이상으로 급격하게 증가할 전망이다. 이와 같이 노후 공동주택의 수가 급격하게 증가하면서 주거 환경적인 문제, 구조성능의 저하, 설비의 노후화에 따른 성능저하 등으로 인하여 노후 공동주택에 다양한 형태의 결함 및 문제점이 발생되고 있으며, 앞으로도 이 같은 문제는 더욱 범위가 넓고 다양하게 발생될 것이다.

표 1-1 공동주택 공급현황(2003년 12월말: (구)건설교통부)

사용년수(사용검사일 기준)						
	소 계	5년 이하	6~10년	11~15년	16~20년	20년 이상
단지	15,923	3,702	4,525	4,035	2,285	1,376
동	73,187	19,067	21,169	14,906	10,668	7,377
세대	5,262,285	1,525,152	1,748,173	1,093,182	534,917	360,861

이러한 노후 공동주택을 개선하기 위한 방법으로 현재 사업추진의 용이성 때문에 재건축이 가장 많이 활용되고 있으나, 천연골재의 부족, 폐기물 발생으로 인한 자연환경 파괴, 국가적 자원의 낭비, 재건축 단지 인근 지역의 전세대란 초래 등으로 인하여 향후 급격하게 증가하는 노후 공동주택을 대상으로 산업

적, 정책적인 측면에서 더 이상 재건축을 적극적으로 추진하기 어려운 실정이다. 따라서 무분별한 재건축 추진을 억제하고, 노후 공동주택 개선방안으로 리모델링을 활성화 하는 것이 필요하다. ([그림 1-1] 참조)

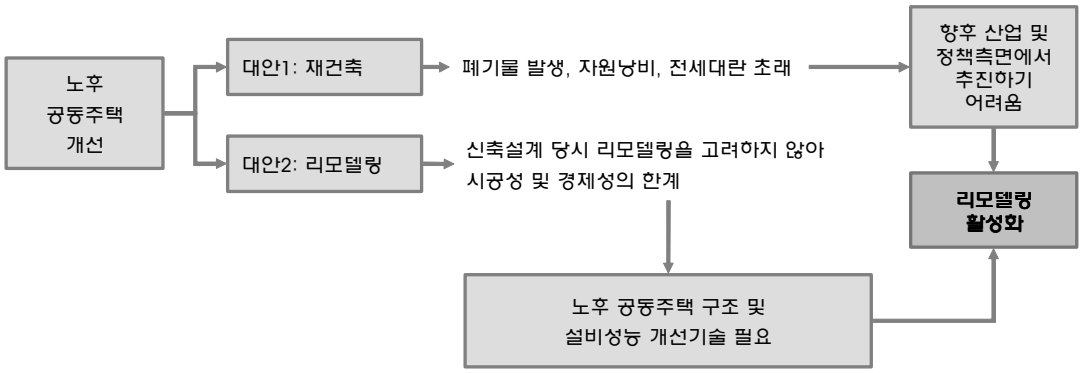


그림 1-1 노후 공동주택 개선의 대안

제 3 절 리모델링 요소기술의 도출

1. 리모델링 활성화를 위한 요구사항 분석

윤영선(2004)[1] 준공 후 20년 주기에 들어서는 아파트를 대상으로 시기별 리모델링 시장을 예측하였는데 시간이 경과 할수록 매우 빠르게 성장할 것으로 전망하고 있다. 이러한 시장 활성화에 대한 전망의 근거로는 첫째, 노후 공동주택의 급격한 증가 둘째, 정부의 재건축 억제와 리모델링 활성화 정책 셋째, 주택보급율의 증가에 따른 재건축의 사업성 하락 넷째, 리모델링 관련 기술의 개발과 확산 등을 들고 있다. 이러한 배경에 근거하여 국내 리모델링 시장은 매우 빠르게 성장할 전망이다.

리모델링이란 노화현상을 올바로 인식하면서 당초 설정된 기능들을 온전하게 장기간에 걸쳐 유지·보전하는 것이다. 건축물의 생애에 따른 기능·성능 수준을 시간의 흐름에 따라 변화하는 내용을 개념적으로 설명하면 그림 1-2

1) 윤영선, 「국내 아파트 리모델링 시장의 성장 전망과 과제」, 한국건설산업연구원, 2004.

와 같다.

리모델링 대상이 되는 노후 공동주택의 특징을 파악하기 위해 공동주택 시스템의 변천과정을 다양한 분야별로 분석할 필요가 있다. 그림 1-3은 과거 1960년대에서 가까운 미래인 2010년까지의 공동주택 시스템의 변천과정을 파악한 것이다.

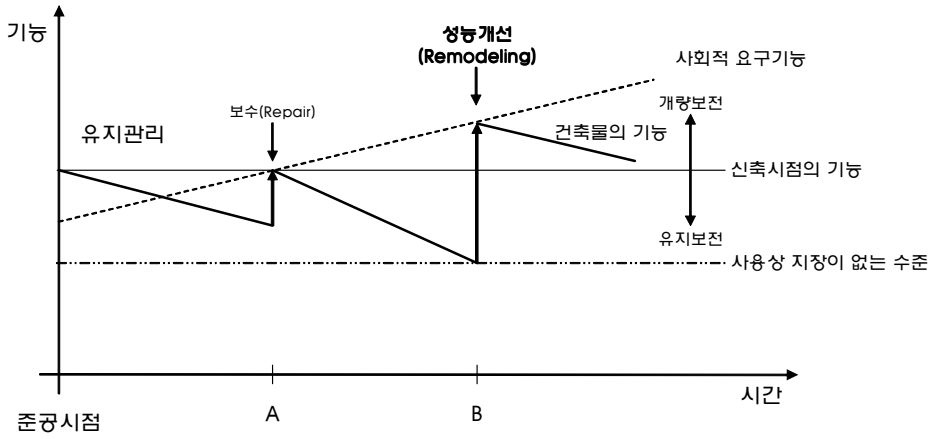


그림 1-2 리모델링 계획의 개념도

공동주택 시스템의 변천과정을 파악하는 것은 연구의 대상이 되는 노후 공동주택의 특징을 고려하여 연구의 범위와 방향을 설정하는 목적 이외에 현재 지어지고 있는 건물 또는 가까운 미래에 건설될 공동주택의 요구되는 성능을 파악하여 노후 공동주택의 성능수준을 본 연구에서 어느 정도 향상시킬 것인지에 대한 연구목표를 설정하는 근거자료로 활용될 수 있다.

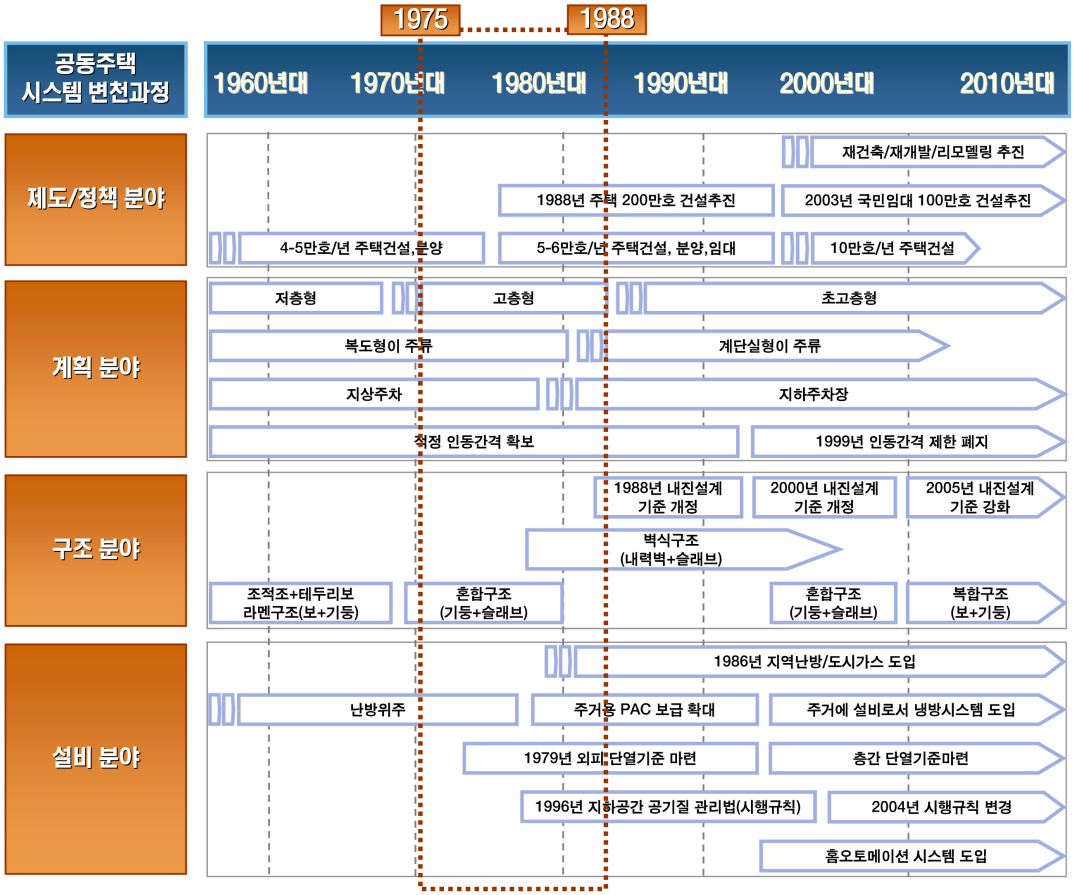


그림 1-3 기존 공동주택의 변화

완공된지 20~30년이 지난 1975년에서 1988년 사이에 건설된 현재 리모델링 대상이 되는 노후공동주택의 특징은 다음과 같다.

가. 단지계획 및 설계 측면

- 중저층 및 고층 아파트 (층수 14층 이하)
- 복도형 또는 계단실형이 혼재
- 대부분 지하 주차장 없음
- 인동간격: 비교적 넓음 (건물 높이 : 인동간격 = 1 : 1 이하)

나. 구조시스템 측면

- 보+기둥 혼합방식 → 벽식구조로 전환

- 내진설계 미 적용

다. 설비시스템 측면

- 중앙 공급식 난방 / 개별난방
- 급수 급탕
- 도시가스

라. 재료 및 시공 측면

- 건축자재 환경성능기준 미비

따라서 본 연구에서는 리모델링 대상 아파트를 14~15층의 중층형 아파트, 벽식구조 아파트, 지하주차장이 없는 아파트로 설정한다.

2. RFP 요구사항 분석

건설분야의 핵심기술 개발을 통하여 산업의 발전을 도모하고자 본 과제가 공모되었고 건축 리모델링 분야의 이러한 요구를 충족시키기 위하여 본 연구단이 발족되었다. 본 연구과제의 공모당시 RFP의 요구사항을 요약하면 다음과 같다.

- 내진설계 적용
- 주차장 확대
- 평면 확장

3. 리모델링 요구성능 도출

또한 노후 공동주택 리모델링 관련 제도 및 정책은 건축법 시행령 제6조의 적용의 완화 규정(2001.9월 개정)에 따라 20년 이상 된 노후 공동주택의 증축 리모델링 시 용적율, 건폐율, 건축선, 높이제한 등의 적용기준을 완화 받을 수 있게 되었다. 그리고 2005년 9월부터 시행되는 주택법 시행령의 개정은

노후 공동주택 리모델링 시 주거 전용면적의 30%까지 증축이 가능하도록 허용하고 있다. 이처럼 리모델링 관련 제도 및 정책 변화는 점차로 완화되고 따라서 리모델링 사업수행이 용이해지며 사업성이 개선되고 있어 리모델링에 대한 여건이 형성되었다고 판단된다. 그리고 최근 새로이 적용되는 내진성능 확보, 친환경건축물인증제도, 정보화 등의 신규 건축물에 대한 기준 역시 리모델링에서도 그대로 적용된다. 그러므로 노후 공동주택 리모델링 시 이러한 기준 또한 만족하여야 하며 이를 반영한 리모델링 요소기술 개발이 중요하다. 재건축에 대한 수요를 억제시키고 리모델링을 활성화하기 위해서는 기술적인 측면에서 경제성을 확보한 리모델링이 될 수 있게 하는 것이 중요하다. 이러한 리모델링의 제도 및 정책, 신규건축물에 대한 기준, 향후 리모델링 활성화를 위한 정책의 변화를 고려하여 현재 중점적으로 요구되는 증축 리모델링의 수요는 다음과 같다.

가. 구체적인 증축 리모델링의 수요

- 생활 패턴등 사회적 변화를 고려한 평면구성
- 주차공간 확보
- 내진 설계 기준 적용
- 환경 편의시설 확충
- 정보화/자동화 등 첨단설비도입
- 친환경건축물인증기준 만족

이러한 리모델링 대상 아파트의 특징을 고려하고 리모델링에 대한 요구사항을 만족시키기 위한 리모델링 요구성능을 도출하면 다음과 같다.

나. 리모델링 요구성능

- 통합성능평가
- 수평/수직 증축
- 지하주차장 확장
- 구조보강
- 내진시스템
- 노후설비 대체

- 환경 편의 시설 적용
- 첨단 설비 활용
- 친환경 소재 및 재료의 적용

4. 리모델링 요소기술 도출 결과

리모델링의 요구성능을 확보하기 위해 본 연구에서는 그림 1-4와 같은 리모델링 핵심기술을 도출하고 핵심기술의 개발을 통해 리모델링에 대한 수요자 및 사회적 요구사항을 만족시킨다.

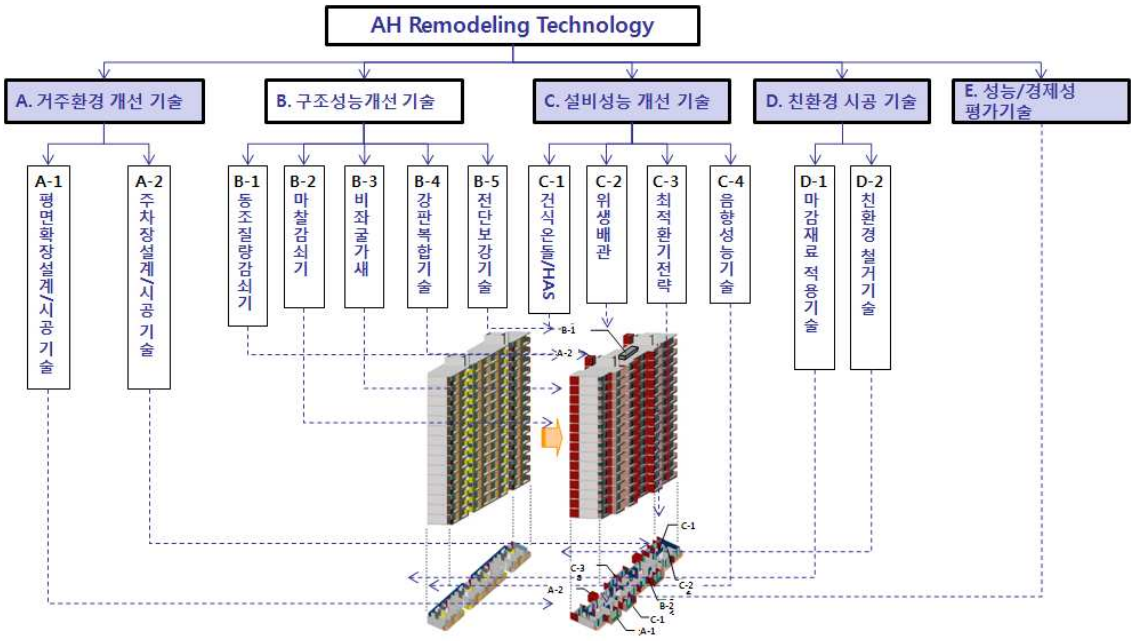


그림 1-4 리모델링 핵심기술

제 4 절 연구개발의 추진체계

본 연구는 현행 리모델링의 문제점을 개선하기 위한 리모델링 요소기술 개발

하고 실용화를 통한 리모델링의 활성화를 달성하기 위해 본 연구를 3단계로 나누어 진행하였다. 리모델링 요소기술을 개발하기 위한 문헌조사 및 현행 리모델링의 문제점을 파악하는 것이 1단계(1차년도)이고 리모델링 요소기술을 개발(2차년도)과 개발한 요소기술들을 표준화하고 최적화하여 실용화 가능성을 높이는 것(3차년도)을 2단계로 설정하였다. 3단계는 개발된 요소기술의 평가와 실용화 검증을 위한 Test Bed(4차년도)를 실시하고 Test Bed의 결과를 분석하고 평가하여 리모델링 실용화/활성화 방안을 제시하는 것(5차년도)으로 연구의 단계를 구분하여 연구개발을 추진하였다.

각 단계별 세부내용은 우선 1단계(1차년도)는 기존 노후 공동주택의 현황분석과 문헌 및 사례조사가 기존 리모델링 기술의 문제점과 한계를 도출하기 위한 과정으로 수행이 되며 이를 바탕으로 리모델링 요소기술을 도출하였다. 2단계(2차년도)에서는 도출된 리모델링 요소기술을 개발하였고 2단계(3차년도)에서는 개발된 리모델링 요소기술을 시범적용 및 실용화하기 위한 가상 시나리오 작성 및 Test Bed를 위한 세부적인 계획 및 전략을 수립하였다. 3단계(4차년도)에서는 개발된 리모델링 요소기술의 적용성과를 높이기 위한 각종계획침이나 상세를 개발하고 이를 Test Bed에 적용하였다. 그리고 3단계(5차년도)는 Test Bed의 결과를 분석하고 평가하며 이를 통하여 실용화를 위한 표준모델 제안, 리모델링 활성화 방안 제시, 실용화가 검증된 리모델링 요소기술을 제시하였다.

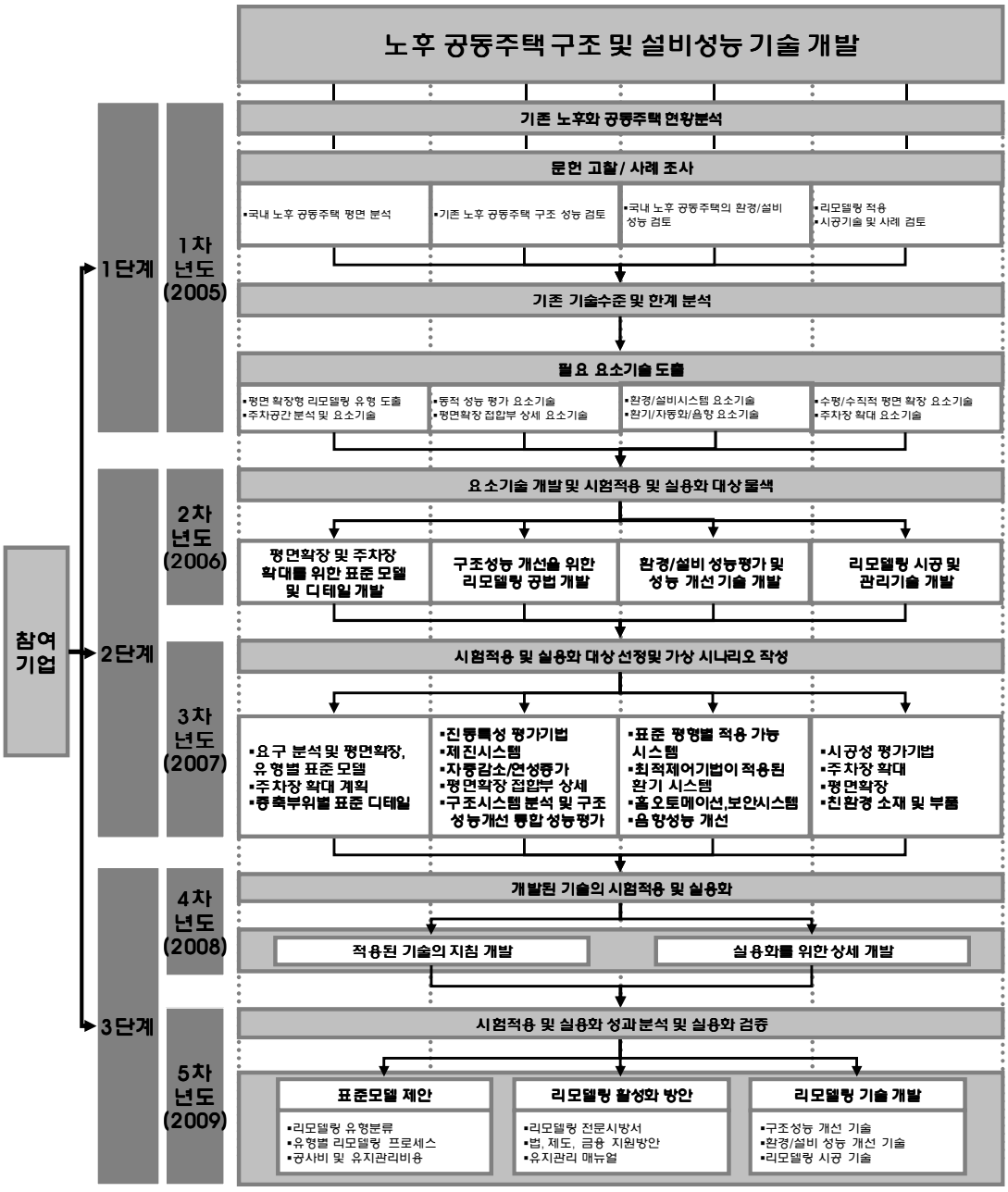


그림 1-5 노후 공동주택 구조 및 설비성능 기술 개발

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1절 주거환경 개선 기술

1. 국내 리모델링 기술 동향

가. 평면확장 설계기술 사례 및 평가

평면확장 설계기술에 관련된 국내 연구 사례들로는 리모델링 대상 주택 부품(창호류, 벽체류)의 국내 생산 및 적용현황 파악과 국내 적용성 검토, 인정기준별 구성요소 설정, 활성화 방안 등을 제시하고 있는 “리모델링 부품의 활성화를 위한 인정기준 요소설정에 관한 연구 (2004, 대한주택공사)”, “리모델링 활성화를 위한 주택 부품의 리모델링성능 평가지표 및 지침개발 (2004년 하반기에 착수 예정, 대한주택공사)”, 국내 벽식공동주택의 리모델링 관련 설계 및 시공기법의 현황 파악과 설계, 부품, 시공 등 관련기술의 상호 종합 연관체계도 구상, 벽식 공동주택의 리모델링 설계기준 등을 제시하고 있는 “리모델링에 대비한 벽식 공동주택의 기준설정 연구 (2001, 대한주택공사)”들이 있다.

관련 연구들 중 계획기법의 유형화 연구는 계획유형의 정리와 가능성의 제안, 방향설정 등의 초기 접근으로 그치는 한계가 있고, RC조 아파트에 대한 가변성 검토 및 실험주택 건설, 경량칸막이 벽체 시스템 개발 등의 요소기술 개발 및 계획에 치우치고 있다.

또한, 기술적인 평가로써 현재 국내 평면확장 리모델링 설계기술은 골조만 남기고 거의 대부분을 교체하는 신축적인 접근방법을 벗어나지 못하고 있으므로 기존 건물의 여건을 최대한 활용하는 계획기법의 수립이 요구되고, 리모델링 대상 부위 시스템과 기존 시스템의 결합 방법과 관계를 효율적으로 분석, 표현하기 위한 리모델링 표준모델의 개발이 요구된다. 그리고 리모델링 기술에 대한 데이터베이스 및 정보 공유 시스템이 부재하여 이에 대한 데이터베이스 구축이 요구되고, 특히 평면확장 리모델링 시 거주민의 만족도를 높이기 위해서 주동, 단지 차원에서 사용자의 요구를

체계적으로 수렴하는 시스템의 개발이 요구된다.

나. 주차장확장 설계기술 사례 및 평가

기존 건축물의 주차장을 확대 시공하기 위한 기술은 국내·외를 막론하고 개발된 사례가 없다. 다만, 기초의 부동침하나 건축물의 기울어짐 등으로 지반이나 기초를 국부적으로 보수 보강하는 요소기술 만이 개발되어 적용되고 있다.

공동주택의 리모델링 시 부족한 주차공간을 확대하는데 현재 일반적으로 적용되고 있는 기술은 다음과 같다.

- 수영장이나 주민 편의 시설 등의 구조를 변경하거나 용도를 변경한 후 기초 및 바닥이 부담하는 하중에 안전하도록 구조를 보강하여 주차장을 확대하는 방식
- 녹지공간이나 오픈스페이스를 줄이고 지상에 별동으로 자주식 주차장을 확장하는 방식
- 경사지 등을 이용하여 철골이나 콘크리트로 만든 데크형 주차확대 방식
- 많이 사용되는 사례는 아니지만 공지나 건물근처에 별동으로 만든 기계식주차 확대방식

이러한 주차장확대를 위해 전면적인 리모델링 공사로 전체입주자들이 이주하여, 공사 중 입주자들의 안전 및 생활의 불편을 고려하지 않고 주차장을 확장하는 경우와 입주자의 이주에 따른 불편을 고려하여 기존 주차장의 일부를 사용하면서 확장하는 기술로 시공성과 경제성 그리고 거주자의 편의성을 향상시키기 위한 연구개발이 필요하다. 본 연구에서는 단지유형별 확대방식을 분석한 후 각 단지에 적합한 주차장 확대방식을 선정하는 입주비율에 따른 주차장 확대공정을 개발하고, 노후화된 공동주택의 주차장 확대를 위한 시공기술을 개발하여 기존 건물에 새로운 주차장을 확대하여 부족한 주차공간을 확보하는 것을 목적으로 한다.

다. 주거기능 개선 기술 사례 및 평가

노인가구 주택개조 매뉴얼(건설교통부, 2007. 8)과 친환경건축물 인증기

준(국토해양부, 2008. 5) 같이 무장애설계(Barrier-free Design)와 친환경 계획의 요소기술들에 대해서는 많은 연구를 바탕으로 계획의 기준이 마련되고 있다. 그러나 국내에서 노후 공동주택의 리모델링은 대체적으로 기존의 평면구성 및 단지배치를 따르고 있으며 기존 공동주택의 한계에 대한 인식을 바탕으로 주거기능을 개선할 수 있는 의미있는 계획요소를 도입하는 경우는 드문 실정이다. 특히 주거기능 개선의 측면에서 사회의 요구를 분석하고 그것을 바탕으로 계획요소와 기술을 도출하는 실용적인 연구는 매우 미비한 상황이다. 또한 이미 개발된 요소기술을 노후 공동주택의 리모델링에 효과적으로 적용하기 위한 지침을 연구하고 개발, 적용한 사례도 드물다.

2. 국외 리모델링 기술동향

가. 평면확장 설계기술 사례 및 평가

국외에서는 세대 확장 및 통합, 발코니 증축, 주동의 신축 및 측면 증축, 설비를 포함한 내부 레이아웃의 전면 교체 등의 적극적인 리모델링 기술 시행이 이루어지고 있다.

미국의 경우 엘리베이터의 신설과 공공시설의 증축 등의 공익적인 요소를 주로 고려하는 리모델링 시행하고 있고, 일본의 도시기반정비공단에서는 세대 간 경계벽을 터서 2호를 1호로 개조하는 공법, 바닥 슬래브 개조 공법, 발코니 칸막이를 헐어내는 발코니 연속 공법 등의 세대 변경 공법을 개발하였다. 프랑스의 경우 “주민의사취득시스템”을 적용, 사용자 요구에 대한 다양한 기초 자료를 제공하는 시스템의 시범적 적용 단계에 있으며, 주동의 전체 입면 계획, 주출입부, 발코니, 세대 간 면적 확장 등의 리모델링 기술 적용 및 의사결정 기법의 실용화 단계에 있다. 또한, 도시계획사업의 일환으로서 장기적이고 단지, 주동 전체를 대상으로 한 리모델링 계획 기법 수립 단계에 있으며, 신축 설계 단계에서 설계 변경을 용이하게 하기 위한 최적 부위 산정을 위한 도식화 모델이 활용되고 있으나, 리모델링 프로젝트에 활용하기에는 적합하지 않다고 판단된다.

표 2-1 국내외 기술수준비교

국가		기술수준
국외	일본 NEXT21 (1993)	▪ System Building 개념이 적용된 SI 주택 ▪ 시스템의 규격화, 부품화에 따른 모듈정합체계 ▪ 물사용 공간, 외벽의 가변성 실현 ▪ 프리패브 배관공법 차용 ▪ 내부공간 가변성 확보 및 설비의 자유로운 배치
	프랑스 Ilot Rue Nationale	▪ 세대 내부 리모델링 및 일부 주거의 철거 ▪ 발코니의 확장 및 주출입부의 변형, 입면 리모델링 ▪ 지하주차장 신설
국내	마포용강시범아파트 (2002-2003)	▪ 세대간 경계벽과 콘크리트옹벽, 슬래브를 제외한 모든 부분의 철거 ▪ 철골조, 데크플레이트 슬래브에 의한 발코니 증축 ▪ 내부 평면 변경 및 설비 교체, 온돌바닥판넬, 조립식 욕실 공사
	압구정 아크로빌 (2002-2004)	▪ 세대통합형 리모델링 ▪ 계단실, 엘리베이터실의 신설 및 증축
	개포동 공무원 아파트 (2002-2004)	▪ 공용설비 교체 및 성능개선 ▪ 세대내부는 개선 없음

나. 주차장확장 설계기술 사례 및 평가

현재 국외에서 거주 중 사용자의 불편을 최소화하면서 주차장을 확대할 수 있는 공법이나 기술 개발과 관련된 연구는 거의 없는 실정이다.

다. 주거기능 개선 기술 사례 및 평가

유럽에서는 기존 건물을 다양한 계획 기법으로 리모델링함으로써 주거 공간의 역사, 문화적 연속성과 기능적 편의성을 확보하고 있다. 또한, 리모델링을 통해 무장애설계(Barrier-free Design), 친환경 계획요소 등 새로운 개념의 계획수법을 다양하게 적용하고 있다. 세대 구성원의 특성에 따라 평면의 단차를 없애거나, 화장실·욕실·주방 등 설비공간의 편의성을 제고한다든지, 옥상녹화·우수이용 시스템 같은 친환경적 기법을 도입한 외국의 리모델링 경험은 국내의 리모델링에 다양한 시사점을 준다.

일본에서는 고령사회가 본격화됨에 대비하여 바닥단차 해소, 레버핸들형

문고리 설치, 대형 스위치 설치, 안전손잡이 설치 같은 기법을 리모델링에 적용하고 있다. 일본은 무장애설계(Barrier-free Design)에 치우친 감이 있지만, 우리와 사회적 조건이 유사한 일본의 경험은 주거기능 개선을 위한 계획요소를 개발하는 데 큰 참고자료가 된다.

제 2 절 구조성능 개선기술

1. 국내 리모델링 기술 동향

가. 구조물의 동적특성 평가

국내에서는 아직까지 동적특성의 계측을 통한 평가기법에 대한 연구는 일부기관에 한정되어 실시되었다. 그러나 최근에 고층주상복합의 건설 증가로 인하여, 강풍에 대한 내풍설계를 위한 사용성평가를 위하여 제진장치의 설치가 시도되면서, 풍응답계측과 동적특성의 평가를 주요목적으로 진동계측이 실시되고 있다.

그러나 국내에서는 동적특성 평가를 할 수 있도록 장비를 완비한 학계와 업계의 수가 한정되어 있는 실정이다.

나. 요소기술 통합성능평가

공동주택의 구조성능에 대한 성능평가는 주로 내진 성능평가에 관련되어 있으며 미국과 일본 및 유럽 등에서 건축물의 리모델링 설계에 내진성능에 대한 평가 기준을 적용하고 있다.

다. 비좌굴 가새

국내에서는 고려대학교에서 H형강과 각형 강관을 이용한 비좌굴가새를 개발하였고, 성균관대학교에서 강판과 ㄷ형강을 이용한 비좌굴가새를 개발하였다.

라. 증축접합부 구조성능 공법

규모변경기술의 사례를 조사한 결과를 살펴보면 우리나라의 경우 비교적 1990년대 중·후반에, 공간가변 기술에 집중되어 나타났으며, 발코니 증축기술의 경우, 기존 발코니는 실내화하고, 새로운 발코니를 신설하여 실내공간의 규모를 확장시키는 것으로 구조부재를 이용하는 방법, 프리캐스트 콘크리트를 이용하는 방법, 유닛공법 등이 있다. 기술동향은 발코니 공간을 실내화하여 전용공간을 확보하고 새로운 발코니를 첨가해 주는 기술이 대표적이며 발코니를 첨가하는 기술로서 부품화 및 유닛화 된 발코니의 접합기술과 습식으로 시공되는 경우 발코니를 보강하는 기술이 대부분이다.

2. 국외 리모델링 기술동향

가. 구조물의 동적특성 평가

미국, 일본, 호주, 영국 등의 국외에서는 건물의 동적특성의 계측을 통한 평가가 광범위하게 이루어지고 있다. 동적특성 평가를 위한 가진장비부터 data acquisition 장비에 이르기까지 장비를 완비하여 학계와 업계에서 연구를 하고 있다. 그러나 국내의 노후 공동주택의 구조형식이 독특한 관계로 국내의 공동주택와 유형이 비슷한 건물을 대상으로 한 동적특성 평가 실험은 미비한 실정이다.

나. 요소기술 통합성능평가

미국의 경우는 1996년에 ATC 40 '콘크리트 건물의 내진평가와 보강(Seismic evaluation and retrofit of concrete structure)' 기준을 발표함으로 성능평가 절차를 확립하였다. 한편 1997년에 제정된 FEMA 273 (NEHRP 기준안)에서는 구조물의 시스템과 부재별 성능을 정의하고 보강설계하는 방법을 기술하고 있다. 이후 FEMA에서는 2000년에 '건축물 내진보강에 대한 기준안과 설명 (Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings, FEMA 356)'을 발표하였으며, 이 기준에서는 각 부재별 성능을 상세하게 기술하였다. ATC 40의 성능평가 절차

의 보완사항으로 2006년에 FEMA에서는 '비탄성 정적 지진해석 절차의 개선(Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures, FEMA 440)' 안을 제시하였다.

유럽의 경우는 2005년에 제정된 Eurocode 8의 Part 3에서 에서 내진에 대한 평가와 보수방법을 기술하고 있다(EN 1998-3). 비선형 정적해석의 방법으로는 목표변위(Target displacement)를 이용한 성능곡선법을 이용하고 있다.

일본의 경우는 2001년에 건축물 방재협회(Japan Building Disaster Prevention Association)에서 '기존 철근콘크리트 건축물의 내진진단기준 및 해설'r과 ' 기존 철근콘크리트 건축물의 내진개수설계지침 및 해설'을 발표하였다. 이 내용은 전단과 휨파괴 모드를 구별하여 약산식으로 건물의 내력을 평가할 수 있도록 제안되어 있다.

다. 증축층을 활용한 동조질량감쇠기

증축형 동조질량감쇠기와 관련한 국내 연구는 현재 전무한 실정이며, 일본의 경우 학교건축물에 대한 수직증축을 수행하면서, 기존 구조체 외부에 기초 및 기둥을 신설하여 신축 구조물의 축력을 부담하게 하고, 기존 구조체와 증축부의 접합부에 면진장치를 설치하여 지진에 대한 보강을 수행하였다. 하지만 이러한 사례에서도 증축층 자체를 제진장치로 활용한 것이 아닌 증축부에 발생할 수 있는 진동을 격리하는 장치로 활용하고 있다.

라. 경량 각봉 충전 건식 비좌굴 가새

일본에서는 1980년대 초반부터 다양한 형태의 비좌굴가새를 개발하여 실제 건물에 적용하였으며 Nippon Steel에서 개발한 Unbonded Brace가 널리 사용되고 있다. 미국에서는 Corebrace 등 몇몇 업체에서 비좌굴가새를 생산하고 있다. 국립 대만대학에서는 Double Core BRB를 개발하여 다양한 건물의 내진설계 및 보강에 적용하였다.

마. 단변방향 전단벽 및 조적벽체 보강

현재까지 국외에서 벽체의 내력을 복구 또는 증진시키는 보수·보강방법에 대해 연구된 내용을 요약하면 다음과 같다.

1990년 Ioannis D. Lefas와 Michael D. Kotsovos는 보수·보강 전·후의 전단벽에 대하여, 보수·보강 방법을 변수로 하여 보수·보강을 하고, 가력방법을 달리하여 실험을 실시하여 보수·보강된 벽의 내력은 주로 보강 철근의 가력 방법에 큰 영향을 받고 콘크리트의 강도에 대해서는 거의 영향을 받지 않는 것으로 보고하였다. 또한, 모든 실험체에 대하여 보수·보강된 실험체의 강성과 연성은 원 실험체보다 낮은 것으로 나타났으며, 에폭시 레진을 사용했을 경우는 벽의 극한 강도에서 별 효과를 보이지 않았으나, 사용성 한계 상태에선 강성과 에너지 소산 능력을 향상시키는 것으로 나타났다. 보수·보강 전·후 실험체 모두에 관련된 균열의 패턴과 파괴 양상은 압축력의 흐름을 따르는 것으로 보고하였는데, 이는 균열 패턴과, 파괴 양상과 내력이 사선방향 콘크리트 스트럿의 강도와 관련 있는 것이 아니라, 휨 모멘트가 최대가 되는 부분의 콘크리트 강도와 관련이 있기 때문인 것으로 판단하였다.

1998년 山田辰雄외 1인은 고점성의 모르터를 사용한 숏크리트로 보강하는 방법에 대한 연구를 실시하여 30cm 정도의 벽두께인 경우, 숏크리트를 이용하여 보강을 하는 것이 효과적임을 보였다.

By J. I. Daniel, K. N. Shiu는 개구부 유•무를 변수로 하여 1/3스케일의 6층 건물을 반복가력에 의한 실험을 실시하여 개구부로 인해 손실되는 철근을 개구부 주위에 보강하는 것이 효과적임을 보였다. 또한 인방보 주근의 항복이 벽체의 주근보다 선행되지 않아야 하고 인방의 전단 스팬비에 따라 벽체의 거동이 크게 달라진다고 보고하였다.

2002년 HongLan Miao는 개구부가 있는 조적조 벽의 FRP를 이용한 보강에 관하여 실험을 실시하여 FRP는 벽체의 강도와 연성증진에 큰 기여를 한다고 보고하였다. 또한 FRP의 보강량이 증가할수록 선형적이지는 않으나 벽체의 강도가 증가하며 같은 양의 보강량일 경우 벽체의 단부에 집중하여 보강하는 것보다 중앙부에 나누어 배열하는 것이 연성적인 측면에서 우수한 것으로 보고하고 있으며 개구부 주위로부터 가까운 거리일수록 벽체의 변형률이 증가하는 것으로 나타났다.

제 3 절 설비성능 개선 기술

1. 국내 리모델링 기술 동향

환경 및 설비 관한 연구는 2000년도 이후 관련 부분의 논문과 신기술 개발 진척이 미미한 것으로 판단된다. 특히, 국내는 주로 기술자의 주관에 의한 설비 진단이 대부분으로 구성되어 있으며 이러한 기술자들의 기술력을 자료화 시키는 연구가 부족한 것으로 나타났다. 이는 실제적으로 이 분야의 기술개발에 대한 투자 부족과 기술력의 축적 부족에서 기인한 것으로 판단된다. 국내의 경우, 고급 주상복합 건물을 제외하고, 공동주택에 기계 환기시스템을 도입한 사례는 없으며, 관련 연구도 미미한 실정이다. 현재까지의 관련 기술의 개발 상황은 다양한 종류의 신기술들이 개발되었으나 안정성 · 상호호환성 등이 검증되지 않았고 특히, 실제 주택에 적용된 사례가 많지 않아 활성화와 보급에 어려움이 있다. 한편 주거환경 성능에 대한 거주자들의 요구가 급증함에 따라 공동주택의 음향성능 개선에 관한 다수의 연구개발이 수행되고 있다. 하지만 2003년 공동주택의 바닥충격음 성능에 관한 기준이 수립되기 이전 단계에 지어진 노후 공동주택의 음향성능 개선을 위한 연구개발은 아직 미미한 실정이다.

난방 설비 요소 기술의 경우, 기존 공동주택의 리모델링시 발생가능한 문제점과 리모델링시 필요한 기술을 분석하기 위해서는 현재시점에서 신축 공동주택에 적용되고 있는 난방 설비 요소와 향후 몇 년 내에 신규 적용될 설비 요소를 분류하고 과거 80년대 후반에서 90년 사이의 설비 요소와 비교해 볼 필요가 있으며 이는 다음 표에서 보는 바와 같다.

표 2-2 난방 설비요소 비교

80년대 후반~90년 초	현재	비고
■ 도시가스 및 지역난방 ■ 개별가스보일러 ■ 동관 및 엑셀파이프 (온돌 배관 재질) ■ 습식공법의 온돌패널 ■ 온수분배 헤더 (세대내 중앙제어, 실별제어 불가능, 매뉴얼 방식)	■ 도시가스 및 지역난방 ■ 개별가스보일러 ■ 엑셀파이프 위주 ■ 습식공법의 온돌패널 (조립식 온돌 구조체 및 배관 개발) ■ 정유량 밸브/매니폴드 (세대내 실별 개별제어, 매뉴얼 및 자동제어)	■ 적용 지역 확대 ■ 기기효율 향상(콘덴싱) ■ 조립식 온돌구조체 적용 확대 가능성 높음 ■ 실별 온수분배 성능 향상

온돌패널의 경우 과거로부터 현재에 이르기까지 습식 공법으로 시공된 패널의 사용이 주를 이루고 있음을 알 수 있다.

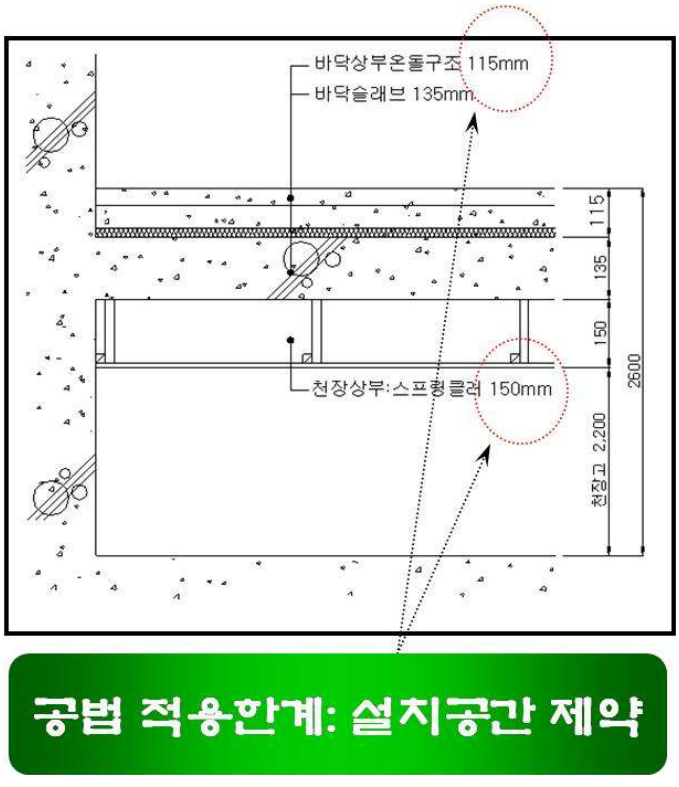


그림 2-1 노후 공동주택 리모델링시 고정된 층고로 인한 제약 상황

기존 노후 공동주택의 대부분 슬래브 두께가 150mm를 넘지 않으며, [그림

2-1]의 예와 같이 135mm인 경우도 상당수이다. 노후 공동주택을 리모델링할 때, 발생하는 가장 큰 문제는 고정된 층고 안에서 천장고 2,200mm를 확보하면서, 스프링클러 설치 의무와 함께 바닥충격음 기준을 충족시켜야 한다는 점이다. 스프링클러 설치 공간으로 150mm가 필요하고, 중량충격음 저감을 위해선 210mm까지 슬래브 두께가 늘어나야 한다.

그러나, 현실적으로 리모델링시 슬래브 두께를 증가시키는 것은 불가능하며, 결국 슬래브구조가 135mm인 경우 115mm 안에서, 그리고 150mm인 경우는 100mm 안에서 차음성능기준을 만족시키는 온돌바닥구조를 설치해야 한다.

이와 함께, 공동주택 바닥충격음 성능기준을 만족시키기 위해서, 슬라브 두께가 늘어나거나 충격음을 완화시켜주는 제진시스템을 포함하는 바닥구조로의 변화가 요구되고 있다. 따라서, 리모델링 대상건물에서 바닥충격음 성능 확보를 위해서는, [그림 2-2]와 같이 온돌 구조체 두께의 증가로 천장고 축소가 불가피하다.

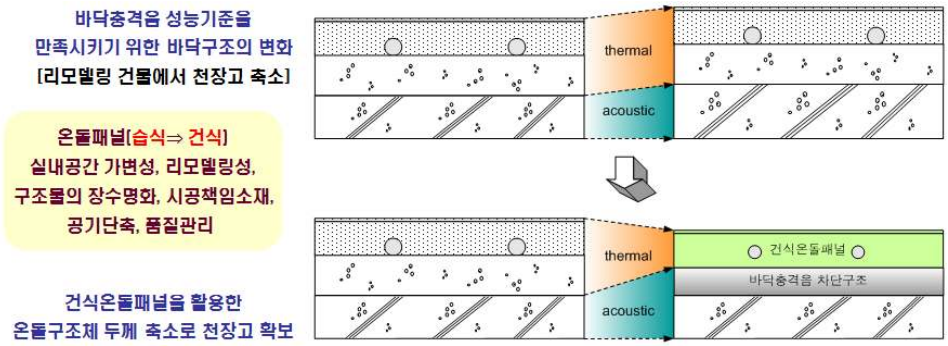


그림 2-2 리모델링 건물에서 건식온돌패널 활용의 필요성

위생배관 시스템의 경우, 대부분의 공동주택에서는 하층세대 경유배관 방식을 사용하고 있으며, 최근 하층세대 경유 배관 방식의 대안으로 오배수 층간소음 완화 및 해당층에서 배관 하자보수가 가능한 당해층 배관 방식을 사용하고 있다. 그러나 당해층 배관 방식에 대한 적용 효과 및 사례에 대한 연구는 미미한 실정이다. 또한 당해층 배관 방식이 적용된 건물은 대부분 층고에 대한 제약이 적은 신축 건물이며, 신축 건물 보다 층고에 대한 제약이 많

은 노후 공동주택에 대한 적용성 및 시공성, 성능평가에 대한 사례는 전무하다. 환기 설비의 경우, 국내에는 고급 주상복합 건물을 제외하고, 공동주택에 기계환기 시스템을 도입한 사례는 없으며, 관련 연구도 미미한 실정이다. 현재, 환기의 성능평가는 객관적이고 투명한 성능기준 없이 '규범화된 법규적 만족 (0.7회/h)'을 확보하기 위한 시스템 설계방식으로 객관적이고 투명한 정보를 반영할 수 있는 (1) 성능지사자의 미반영으로 인해, 의사결정자 (DM: Decision Maker)들에게 표준적인 설계안을 제시할 수 없다. 특히, (2) 다기준 성능기준을 고려하지 않는 최적설계, (3) 대상건물에 내재되어 있는 불확실한 변수를 고려하지 않는 최적제어 전략, 그리고 (4) 환기 시뮬레이션 검증을 위한 시뮬레이션 예측값과 실측값과의 비교에 대한 연구는 그 사례가 미미하다.

2. 국외 리모델링 기술 동향

미국 공동주택의 경우, 천장이나 바닥 취출구를 통한 전공기식 냉난방 방식이 보편적이다. 일본의 경우, 2003년부터 24시간 기계 환기가 법제화되면서 적용되기 시작하였는데, 아직까지 높은 운영비와 냉난방 비용 상승으로 인해서, 일별 운전시간은 기준치에 크게 못 미치는 형편이다. 전세계적으로 가장 선도적인 연구는 2004년부터 시작된 유럽 연합(EU) 연구 프로젝트, RESHYVENT(http://www.reshyvent.com/index.htm)이다. 이 연구에서 개발중인 Demand Controlled Hybrid Ventilation 은 자연환기를 최대한 이용하되, 필요한 경우에만 기계 환기를 작동함으로, 기계 환기의 효율적인 운용을 도모하는 것을 목표로 한다. 이 환기시스템을 통하여 유럽 연합 공동주택 부문에서 년간 64 PJ(1012 Joule)의 에너지 절감을 예상하고, 이와 더불어 360 만톤의 이산화탄소(CO2) 감소를 기대한다. 하지만, 유럽의 주거방식과 기후, 냉난방 시스템은 한국과 상이하여, 이 방식을 그대로 도입하기에는 어려운 점이 있다.

제 4 절 친환경확보기술

1. 국내 리모델링 기술 동향

친환경 소재를 이용한 리모델링 시공기술의 경우는 친환경 건축물 인증제도 시행에 따른 환경친화적 연구에 대한 관심이 고조되어 친환경 소재의 요건과 특징에 대한 연구가 수행되고 있으나, 친환경 소재를 이용한 리모델링 기술이나 공법에 대한 연구는 부재한 실정이다. 최근에는 리모델링에 대비하여 마감재료의 가변성과 교체 및 수선이 용이한 마감재료의 개발이 활발히 이루어지고 있다. 친환경 마감재료 또한 마감재료별 실내공기질 측면에서 자재들을 평가하여 등급화 되어 있고 최근 공동주택 신축에서 친환경 마감재료가 폭넓게 사용되고 있다. 하지만 마감공사시 사용되는 바탕재, 접착재, 마감재 등을 통합적으로 평가하고, 시공방법을 제시하는 연구는 다소 미흡한 실정이다. 또한 리모델링 철거공사시 폐기물의 재사용, 재활용 등 친환경적인 처리에 관한 연구는 극히 드문 실정이다.

2. 국외 리모델링 기술 동향

일본의 경우 SI(Support & Infill)주택의 개념으로 구조체와 마감재료의 분리를 가능하게 하여 가변성을 확보하고 교체 및 수선이 쉬운 마감재료가 적용되고 있다. 이러한 SI 주택의 개념은 리모델링을 쉽게 할 뿐만 아니라 리모델링 비용의 감소효과도 기대할 수 있다. 선진국에 비해 국내는 아직 이러한 개념의 마감기술의 개발이 부족하고 적용된 사례 또한 극히 드문 현실이다.

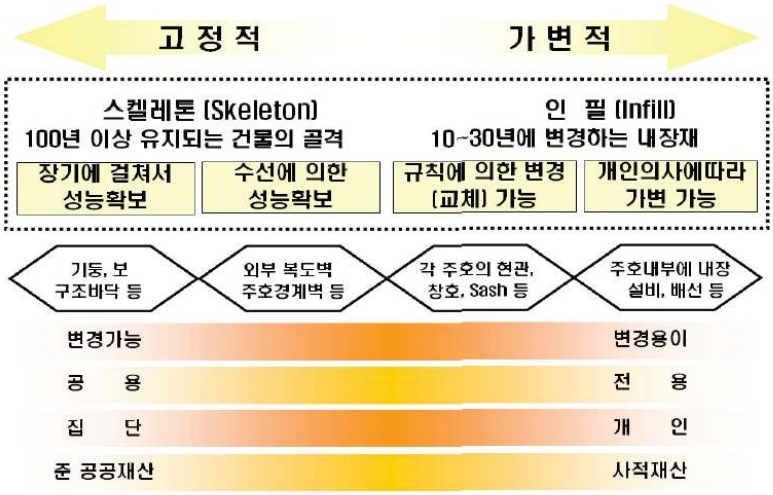


그림 2-3 SI System 개념

친환경 리모델링 철거기술은 홍콩의 Civil Engineering and Development Department에서는 폐기물 선별분리에 관한 연구를 지속적으로 실시하고 이를 가이드라인으로 만들어 실무에 참고자료로 활용하고 있다. 홍콩의 Civil Engineering and Development Department에서는 폐기물의 현장분리를 극대화하여 혼합폐기물 발생을 최대한 줄이는 연구를 수행하고 있다. 이를 제외하고 리모델링 시 폐기물 재활용을 높이는 연구는 전 세계적으로 아직 미미한 실정이다.

제 5절 성능/경제성 평가기술

1. 국내외 기술개발 현황

리모델링과 관련한 기술개발은 크게 소프트기술(제도 및 정책, 프로젝트 관리, 운용관리)과 하드기술(구조, 설비, 내장) 분야로 나눌 수 있다. 우리나라 뿐만 아니라 제 외국에서도 상기 두 분야의 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나 구체적으로 보면, 주택의 수급상황, 소유관계, 유지관리 주체, 건설서비스 조달의 사회적 기반이 상이하다는 것과, 기존 건축물의 구법 및 공법, 난방방식 등이 달라 우리나라에서 그대로 적용되기 곤란한 것도 많다.

예를 들어 일본은 상대적으로 개수를 반복하다가 재건축을 하기 때문에 우리나라의 리모델링과 차이가 있다. 그리고, 유럽은 지속가능성을 높이기 위한 도시재생의 일환으로 증축과 감축, 리모델링과 재건축 및 재개발, 용도변경이 복합적으로 적용되는 경우가 많다. 또한 친환경성능의 개선을 적국적인 주제로 삼고 있는 경우도 많다. 또한, 유럽이나 일본은 주택이 초과 공급되어 공동주택이 슬럼화된 것을 재생하는 경우가 있는 것이 현재의 우리나라와는 다른 점이다. 공동주택 거주율이 50%를 상회하는 수도권의 장기적 전망에서 시사하는 바가 크다.

하드기술은 지진국인 일본의 경우는 우리나라나 유럽에 비해 지진에 대비하는 기술이 특히 발달해 있다. 프로젝트 매니지먼트 측면에서 보면, 우리나라의 리모델링 체계는 대단히 허술하다. 기존건물의 문제점과 거주자 요구의 파악, 설계의 적정성이나 객관성, 의사결정과 비용집행의 투명성 등 이 분야는 앞으로 분발할 필요성이 특히 높다.

제 3 장 연구개발 수행 내용/결과

제 1 절 개 요

리모델링은 기존 구조체를 재활용함으로써 국가적인 자원절감과 친환경적인 기여로 인해 재건축과 비교해 큰 장점을 가지고 있다. 연구단의 출범은 리모델링의 이와 같은 장점에도 불구하고 사업성 위주로 진행되는 재건축의 사회적인 문제점을 직시하고 재건축의 대안으로 노후 공동주택 리모델링을 활성화시킨다는 정책적인 의도에서 이에 필요한 구조와 설비 기술의 개발과 적용에 목적을 두고 있다. 따라서 연구단은 리모델링의 사업비가 재건축과 비교해 크게 경쟁력이 없는 사업여건의 개선에 초점을 맞추어 성능과 경제성을 함께 확보할 수 있는 기술들을 개발하고 Test Bed 를 통해 이들 기술을 종합적으로 적용해 그 성과를 분석하는 것으로 연구 방향을 설정하였다.

제 2 절 리모델링 요소기술 개발/적용

1. 주거환경 개선기술

가. 평면확장 설계/시공 기술

(1) 기술의 정의

본 연구에서 개발하고자 하는 “평면확장 계획기준 및 지침”은 기존 평면유형에 따른 평면확장 방안을 제시하고, 이를 최적화하기 위해 필요한 계획요소들을 평면확장 리모델링 계획 실행 시 필요한 기준 및 지침으로 제시하는 것이다.

이는 리모델링 계획안 작성 및 사업추진 과정에 효율성을 기하고, 계획 및 현장 실무에 바로 적용 가능한 실용적인 목적을 가진다.

(2) 기존 기술과 차별성

첫째, 리모델링 계획의 가이드라인이 전무한 상황에서 일반적으로 상용 가능한 평면확장 리모델링 표준모델을 개발함으로써 일반인 혹은 계획가가 평면확장 리모델링 계획을 지침에 따라 쉽게 시행해 볼 수 있도록 하였다.

둘째, 리모델링 기술에 관한 데이터베이스 및 정보 공유 시스템이 부재한 상황에서 기존 노후공동주택 데이터베이스 구축과 주동, 단지차원에서 사용자 요구를 체계적으로 수렴하는 시스템을 계획기준 및 지침으로 개발하였다. 이는 리모델링 계획안 작성 시 계획가가 결정해야 할 부분에 있어 기 구축된 데이터베이스를 계획기준을 참고할 수 있어, 리모델링의 효율성과 거주자의 만족도를 높일 수 있다.

(3) 기술 개발 결과

(가) 평면확장 설계기술

① 노후 공동주택 DB 구축 및 대표평면 유형 도출

본 연구의 최종 목표인 “단위세대 평면확장 리모델링 계획기준

및 지침"을 마련하기 위해서, 1차년도 연구에서 2006년(1차년도) 기준으로 노후공동주택의 현황을 파악하고, 리모델링에 대한 수요를 예측하기 위한 기반조사를 수행했다. 당시 법규상 리모델링이 요구되는 서울특별시에 위치한 20년 이상 경과된 노후공동주택을 전수조사하여 이를 지리정보체계(GIS) 기반 한 노후공동주택 DB를 구축하였다.[1] 단지 차원의 기본 정보 조사와 더불어 단지를 구성하는 단위세대 정보를 추가로 구성하고, 조사대상 단지의 단위세대의 평면자료를 바탕으로 노후공동주택의 평면유형을 추출하여 이를 자료화하였다.[2]

서울지역 노후공동주택의 단위세대 평면, 189,229호를 전수조사하는 방대한 자료구축을 기반으로 하여 몇 개의 단위세대 대표평면을 도출한 이유는 본 연구의 최종 목표인 "단위세대 평면확장 리모델링 계획기준 및 지침"을 작성할 때, 리모델링이 요구되는 가장 많은 평면을 기준으로 작성함으로써 지침이 표준모델로서의 대표성을 갖게 하기 위해서이다. 상기 평면유형 통계에서 볼 수 있는 바와 같이 전체 분양 세대 중 52.3%가 편복도형, 45.5%가 계단실형 아파트에 속한다. 이 중 세분화된 기준의 최종 평면유형 분류코드에 따른 "분양 세대 수 기준 상위 5개 아파트 단위평면 유형"을 노후공동주택 대표평면으로 하였고, 5개의 단위평면 유형 상세는 다음 표 3-1과 같다.

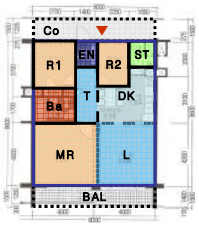
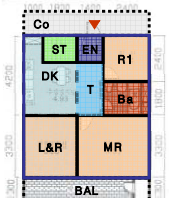
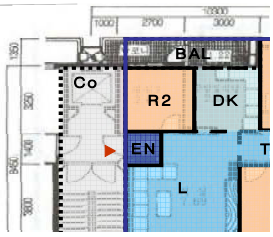
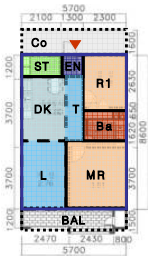
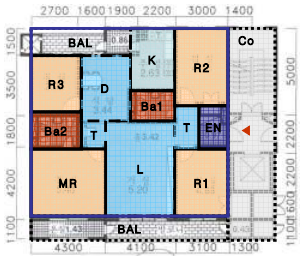
1) 기초 자료의 수집은 아파트 백과(세진사, 2004)에 수록 된 단지현황 및 단위세대 평면자료를 기준으로 하여, 인터넷 자료(서울시 GIS포탈, 부동산 뱅크 등)를 통해 상호 대조하여 수정 보완함.

2) 단지차원 정보조사 : 연도별 노후공동주택의 분포현황, 지역별 노후 공동주택의 분포현황, 노후 공동주택의 층수, 노후공동주택의 난방방식, 노후공동주택의 주차대수 현황

단위세대 정보조사 : 지역별 노후공동주택의 분포현황(세대 수 기준), 연도별 노후공동주택의 건설현황, 코어형태별 세대현황, 침실 개수별 세대현황, 욕실 개수별 세대현황,

표 3-1. 분양 세대 수 기준 상위 5개 단위평면 유형 상세

※ 퍼센트 : 전체 평면유형 중 차지하는 비율

① C_3L1_2-3_B	② C_3K1_2-2_B	③ S_3L1_2-3_C
		
단위평면 : 79개 세대 수 : 19,381호 퍼센트 : 10.24% 전용면적 : 59.30-94.78㎡	단위평면 : 78개 세대 수 : 14,286호 퍼센트 : 7.55% 전용면적 : 43.69-70.52㎡	단위평면 : 60개 세대 수 : 9,796호 퍼센트 : 5.18% 전용면적 : 70.75-84.83㎡
④ C_2L1_2-2_A	**⑤ S_4L2_3-4_D**	
		
단위평면 : 28개 세대 수 : 8,303호 퍼센트 : 4.39% 전용면적 : 47.16-65.87㎡	단위평면 : 51개 세대 수 : 8,174호 퍼센트 : 4.32% 전용면적 : 103.69-138.40㎡	

위와 같이 도출한 대표평면 유형별로 1차년도에 수행했던 단지, 단위세대 차원의 정보조사에 추가로 본 연구 4차년도에는 대표평면에 포함되는 단위세대의 폭과 깊이, 각 개실의 폭과 깊이 등의 물리적 규모분석 DB를 구축하였다. 대표평면 유형별 물리적 규모분석 DB는 계획가가 평면확장 리모델링 계획을 시행하고자 할 때, 침실 및 각 개실의 규모를 결정함에 있어서 계획참고기준으로써 역할을 할 수 있도록 단위세대 평면확장 리모델링 계획기준 및 지침에 포함하였다.

② 평면확장 사례조사 및 평면확장 계획기법 도출

평면확장 계획기법을 도출하기 위해서 1~5차년도 연구기간 동안

크게 두 번에 걸쳐 리모델링이 완료 혹은 계획된 사례를 수집, 분석하여 이로부터 계획기법을 도출하였다.

연구진행 초반에는 일반적으로 국내에서 시행되는 리모델링의 계획기법들을 파악하기 위해서 규모확장, 규모유지, 규모감축 등 평면확장뿐만 아니라 전반적인 규모변화에 따른 계획기법들에 대해서 조사를 하였고, 공간위계별로 주호, 주동, 단지 차원으로 구분하여 세부적으로 리모델링 계획요소들을 파악하였다.

이후에는 본 연구의 키워드인 "단위세대 평면확장“에 더욱 초점을 맞추어 그 동안 추가된 평면확장 리모델링 완료 및 계획사례들을 보강하여 최근 단위세대 평면확장 기법의 경향을 반영하고, 좀 더 구체적으로 단위세대 내부에 해당되는 평면확장 리모델링 계획기법들을 도출하였다.

㉮ 리모델링 계획의 유형화

표 3-2. 리모델링 계획 유형

유형	세부 유형	세부 계획 기법
I **세대통합형**	단층형 수평 세대통합	2호 1호화
		3호 2호화
		기타 수평 세대통합
	복층형 수평 세대통합	복층형 유지
		단층형으로의 변경
	수직 세대통합	복층형으로의 변경
II **세대확장형**	부가형 세대확장	발코니 증축
		실 증축
	재구성형 세대확장	발코니 실내화
		복도 실내화
		계단실 삭제
III **코어증축형**	코어형식 변경	편복도식의 계단식으로의 변경
		중복도식의 계단식으로의 변경
	코어 수평증축	코어 부가 확장
		코어 이동 확장
	코어 수직증축	IV 수직증축형에 수반
IV **수직증축형**	지상1층 필로티 신축	최상층 증축 수반
	최상층 증축	코어 수직증축 수반
	지하층 증축	코어 수직증축 수반

㈏ 단위세대 평면확장 리모델링 계획기법 도출

표 3-3. 단위평면확장 리모델링 기법

기 법	세부 항목			
A 코어변경 기법	1 - 코어형태	계단식 / 복도식		
	2 - 코어위치	전면배치 / 중앙배치 / 후면배치 / 편심배치		
B 확장기법	1 - 전후면확장	전면확장 / 후면확장		
	2 - 측면확장			
	3 - 세대통합	수평 세대통합	단층형 수평 세대통합	2호 1호화 / 3호 2호화 / 기타
			복층형 수평 세대통합	복층형 유지 / 단층형으로의 변경
		수직 세대통합		
C 실구성기 법	1 - 전면베이 실구성	2bay(안방-거실) → 2bay(안방-거실)		
		2bay(안방-거실) → 3bay(안방-거실-주방)		
		3bay(안방-거실-방) → 3bay(안방-거실-방)		
		3bay(안방-거실-방) → 3bay(안방-거실-주방)		
	2 - LDK 구성	대면형 / 분리형		
	3 - 개실 추가 및 생성	침실 / 욕실(+드레스룸) / 가족실 / 부속실(알파룸) / 실내정원 / 보주주방 및 다용도실		
	4 - 가변형 실 제안			

③ 사용자 요구분석 기법 개발

“평면확장 계획기준 및 지침”을 개발하기 위해서, ㈎ 노후공동주택 DB구축 및 대표평면유형도출, ㈏ 평면확장 사례조사 및 평면확장 계획기법 도출, 그리고 ㈐ 사용자 요구분석 기법을 개발하였다. 평면확장 리모델링 계획을 시행하고자 할 때, 계획가가 일방적으로 계획방향을 결정하기보다는 실제 공간을 사용할 주민들의 의견을 반영함으로써 평면확장 리모델링의 만족도를 높이기 위해서이다. 이를 위하여 본 연구에서는 5개년간 총 6번의 사용자 요구분석을 시행하였다. 이상의 설문실적 자료를 근거로 하여 사용자요구분석 설문항목 및 결과분석 데이터를 평면확장 계획기준 및 지침으로 제시함으로써 평면확장 리모델링의 만족도를 높

일 수 있도록 하였다.

(나) 평면확장 설계기술 시범적용(시뮬레이션)

① 대표평면에 계획기법 적용(제주 동홍동 / 서울 개포동(주공) / 서울 논현동(동현))

연구 1차년도에 도출했던 평면확장 계획기법을 평면확장 유형에 따라 선정한 대상단지에, 연구 2차년도에는 계획기법을 적용하여 평면확장 유형별 계획안을 작성 및 검토해 보았다.

표 3-4. 평면확장 유형 적용 대상단지 및 리모델링 개요

유형	대상단지 개요	리모델링 개요
Ⅰ 세대통합형	제주 동홍동 / 주공 임대아파트	단층형 수평 세대통합 [2호1호화]
	주동형식: 5층 편복도형 기준층 세대조합: 3코어 + 12세대 단위세대: L + DK, 침실 1, 욕실 1 전용면적: 26㎡ [8PY]	코어형식: 편복도 ▸ 계단식 세대구성: 침실 1 ▸ 3, 욕실 1 ▸ 2, 후면발코니 추가 전용면적: 26㎡ [8PY] ▸ 68/69㎡ [21PY] 기타사항: 개별난방 ▸ 중앙난방, 승강기 추가
Ⅱ 세대확장형	서울 논현동 / 동현아파트	부가형 세대확장
	주동형식: 12층 계단실형 기준층 세대조합: 6 / 8세대 단위세대: L + DK, 침실 3, 욕실 1 전용면적: 84㎡ [25PY]	코어형식: 변경 없음 세대구성: 침실 3 ▸ 3/4, 욕실 1 ▸ 2, 발코니 추가 전용면적: 83.6㎡ [25PY] ▸ 108㎡ [33PY]
Ⅲ 코어증축형	서울 개포동 / 주공아파트	코어형식 변경 + 코어 수평증축
	주동형식: 15층 편복도형 기준층 세대조합: 1코어 + 6세대 단위세대: L + DK, 침실 2, 욕실 1 전용면적: 53 / 73 / 84㎡ [16 / 22 / 25PY]	코어형식 변경: 편복도 ▸ 계단식 세대구성: 침실 2/3 ▸ 3, 욕실 1 ▸ 1/2, 발코니 추가 전용면적: 53/73/84㎡ [16/22/25PY] ▸ 69/94/109㎡ [21/28/33PY]

② 리모델링 전(全)단계 시뮬레이션(광명 하안동 / 서울 개포동(현대))

연구 3차년도에는 선행연구의 연장선에서 평면확장, 주차장 확장, 주거기능 개선을 위한 리모델링 계획요소 및 유형들을 실제 현장에서의 적합성을 검증하기 위하여, 현재 리모델링이 추진 중인 단지를 대상으로 주민요구 수렴, 계획안 작성 및 평가 등의 계획

과정 전반에 참여하는 리모델링 계획과정의 시뮬레이션 연구를 수행하였다. 계획과정의 시뮬레이션은 연구일정 및 현장여건을 감안하여, 리모델링 계획과정을 기획단계(광명하안)와 계획단계(마포현대)로 단계를 나누어 해당 단계에 적합한 2개의 단지를 선정하여, 개별적으로 다음 그림 3-1과 같이 진행하였다.

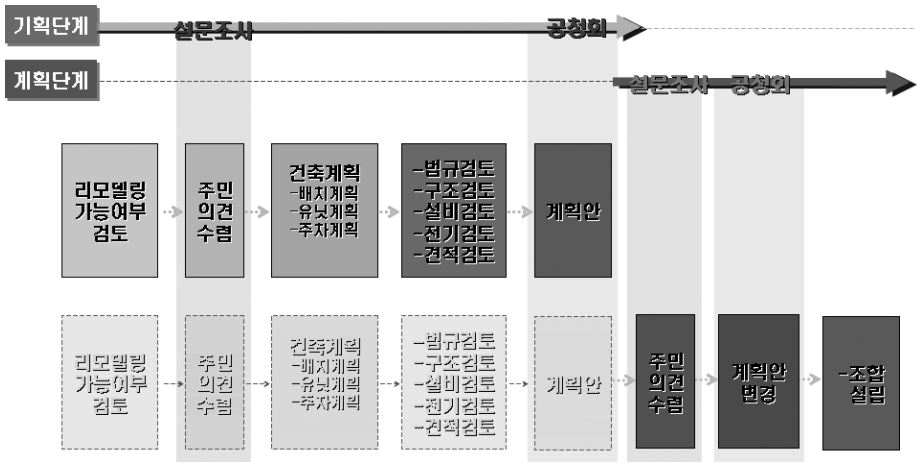


그림 3-1. 리모델링 계획과정의 시뮬레이션

㉮ 기획단계 시뮬레이션(광명 하안동)

아직 리모델링 계획안이 작성되지 않은 사업초기단계 단지를 대상으로 현장조사 및 주민 인터뷰를 통해 리모델링 가능여부를 검토하고, 거주민을 대상으로 리모델링 요구 및 계획요소에 대한 선호도를 묻는 설문조사를 실시하고, 그 결과에 따른 기본 계획안을 작성하여 주민공청회를 통해 계획안에 대한 만족도 조사를 수행하는 일련의 절차에 참여함으로써 리모델링 기획단계에 발생할 수 있는 각종 문제점 및 장애요소를 파악하고, 리모델링 계획안에 영향을 미치는 쟁점사안 및 계획요소를 도출하고자 하였다.

㉯ 계획단계 시뮬레이션(서울 개포동(현대))

기본설계가 완료되어 리모델링 사업이 진행되는 단지를 대상으로 초기 계획안을 문제점을 분석하여 가능한 대안을 도출하여 이에 대한 주민만족도 및 선호도를 묻는 설문조사를 수행하여 개선방안을 도출하였으며, 주민 공청회를 통해 개선안에 만족도 조사를

수행하여 최종 계획안을 확정하는 일련의 절차에 참여함으로써 최초 계획안이 제시된 이후에 계획안이 발전해나가는 과정에서 수반되는 각종 민원 및 장애요소를 파악하고, 최종 계획안 선정에 영향을 미치는 쟁점사항 및 계획요소를 도출하고자 하였다.

(다) 평면확장 계획기준 및 지침 개발

앞서 연구한 평면확장 설계기술과 적용을 통해 집약된 연구결과들을 바탕으로 최종적으로 “평면확장 계획기준 및 지침”을 본 연구에서는 개발하였다. ① 노후공동주택 DB구축 및 대표평면 유형 도출을 통해 “대표평면별 각 실의 물리적 규모”와 “대표평면별 평면확장 계획사례”를 계획기준 및 참고자료로 제시하였다. ② 평면확장 사례조사 및 평면확장 계획기법 도출을 통하여 “단위평면확장 리모델링 계획기법”들을 계획기준 및 지침으로 제시하였다. 그리고 연구 5개년간의 설문실적 자료를 근거로 하여 ③ 사용자 요구분석 기법을 개발, “사용자요구분석 설문항목 및 결과분석 데이터”를 평면확장 계획기준 및 지침으로 제시함으로써 평면확장 리모델링의 만족도를 높일 수 있도록 하였다. 축척된 ④ 평면확장 설계기술 적용을 통하여 알아낸 실무적 검토 요소들 “법규검토, 경제성 및 시공성 검토” 또한 평면확장 계획기준 및 지침으로 제시하였다.

이와 같이 평면확장 계획기법, 대표평면별 평면확장 계획사례, 대표평면별 물리적 규모분석, 사용자 요구분석 구조화, 경제성 및 시공성 검토, 법규검토 종합하여 아래와 같이 “평면확장 계획기준 및 지침”을 개발하였다.

표 3-5. 리모델링 세부 계획절차 흐름도

리모델링 절차	결정 요인	계획기준
Step1. 확장범위 결정	건축물 높이 제한(일조 및 도로사선) 검토	현행건축법규 기준
	주동에서 단위세대의 위치	단위세대 위치에 따른 확장 가능 범위 전면, 후면, 측면확장 리모델링 계획 사례
Step2. 변경가능 벽체 검토	벽체구조 검토 (내력벽/비내력벽)	기존 구조도면 검토
Step3. 코어형식 및 위치결정	주동 코어형식 선호도	사용자 요구분석 : 편복도 vs 계단실형 선호도 설문 주동 코어형식 유지 및 변경 리모델링 계획 사례 코어유형 리모델링 계획 사례
	경제성 및 시공성	코어위치에 따른 경제성 및 시공성 비교 및 리모델링 계획사례
	단위세대 채광 가능 폭	리모델링 코어유형 사례
	계단실 자연채광 여부	사용자 요구분석 : 계단실 자연채광 vs 단위세대 평면개선 설문
Step4. 증가면적 배분 결정	우선 확장 공간	사용자 요구분석 : 면적/위치/동선(입구)/채광/통풍 불만족 공간 설문 전용면적 기준 각 실 폭 및 면적 통계
Step5. 침실 수 및 배치 결정	전용면적 대비 분양성	전용면적 기준 침실 수 통계
	거주자 가족구성/활용계획 등	사용자 요구분석 : 현재 가족 수/가족계획/적정 침실 수 설문
	침실 규모	전용면적 기준 침실 폭, 면적 및 세장비(폭/깊이) 통계
Step6. LDK 형식 결정	LDK 맞통풍 여부	사용자 요구분석 : LDK맞통풍 vs 기타공간개선 설문
	LDK 분리/대면형 배치 여부	사용자 요구분석 : LDK분리 vs 횡대면, 종대면 설문
	주방/식당 남향 여부	사용자 요구분석 : 거주성 vs 기능성 설문

(라) 평면확장 시공기술

① 평면확장 시공기술 개요

앞에서 개발된 평면확장 계획기준 및 지침을 기반으로 시공시

주요 관리 대상을 중심으로 시공기술을 도출하면 다음 표 3-6과 같다.

표 3-6. 평면확장 시공시의 주요 관리 대상

주요관리대상	개 요
구조체 접합	평면확장으로 인한 신축구조체와 기존구조체간의 접합기술로 구조체간의 이질재와 부동침하로 인한 접합부의 균열을 방지하기 위한 시공기술
내진보강	89년 이전의 공동주택의 경우 내진보강이 되지 않았기 때문에 현행법의 준수와 구조체의 안전을 위해 기초를 보강하거나 신축구조체를 활용하여 구조체의 강성을 높이고 뒤틀림에 대한 보강을 하기 위한 시공기술
내력벽 이동 및 신설	평면의 변경으로 인해 내력벽이 이동 또는 신설 되어야 할 경우 기존 내력벽을 철거해야 하기 때문에 기존의 하중을 기초로 전달 하기 위한 내력벽을 이동 또는 실설 하기 위한 시공기술

주요 관리 대상은 기존구조체와 신축구조체의 재료의 이질과 구조체의 부동침하 등을 고려한 접합부 시공기술, 내진보강여부에 따라 기존구조체의 기조보강 및 신축구조체의 기초 시공기술, 뒤틀림 보강, 그리고 기존평면에서 내력벽의 이동 및 신설에 따른 내력벽신설기술로 구분할 수 있다. 주요관리대상을 중심으로 평면확장 시공시 핵심기술을 도출하였으며 각 시공기술에 대한 전문가 설문조사를 통해 최적기술을 선정하였다.

② 시공기술

ⓐ 구조체 접합(Jiont)시공기술

기술동향은 발코니 공간을 실내화하여 전용공간을 확보하고 새로운 발코니를 첨가해 주는 기술이 대표적이며 발코니를 첨가하는 기술로서 부품화 및 유닛화 된 발코니의 접합기술과 습식으로 시공되는 경우 발코니를 보강하는 기술이 대부분이다.

표 3-7. 구조체 접합 시공기술 특징

구분	공 법	특 징
1.단순접합	1.1. dowel bar를 이용한 접합	● 시공의 용이함 ● 기존 구조체 연결부 Chipping ● 신설기초 필요 ● 내진성능 미확보 ● 접합부의 일체화 문제 ● 신설부는 1방향 슬래브여야만 한다. ● 연결철근에 대한 역학적 성능 규명 신뢰 확보
	1.2. anchor + deck plate	● 공비/공기의 절감 ● 환경 친화적인 방법 ● 자중의 경감 ● 신설기초 필요 ● 내진성능 미확보 ● 접합부의 일체화거동 중요 ● 정형화된 디테일 부족 ● 장스팬의 경우 접합부 별도의 보강 필요
2.강접합	2.1. 겹침이음	● 횡력에 대한 다이아프램 거동 ● 시공의 난해함 (접합 디테일 복잡) ● 기존 구조체 일부 파취 ● 신설기초 필요 ● 접합부의 일체화 거동 중요
	2.2. 강판보강	● 자중의 경감유도 (건식공법) ● 연성능력확보 기대 ● 비용 감소 ● 기초부 추가 신설 ● 접합부의 일체화 중요
3. 프리캐스트 콘크리트	3.1. 전단 저항덕트 및 이를 이용한 PC부재의 연결구조	● 공기단축 ● 증축부의 현장 타설 없다. ● 접합 디테일 다소 복잡 ● 접합부의 일체화 거동 중요
	3.2. 건식접합구조	● 조립식으로 공기단축 ● 규격화로 정밀도 향상 ● 조립물 제작과정 복잡 ● 초기 제작비용 증대
	3.3. 루프바를 이용	● 접합상태 확인 용이 ● 생산 효율 증대 ● 시공의 난해함(디테일 복잡) ● 모르타르 주입면적 증가(공기증가)
	3.4. 개량철골보와 PC슬래브의 접합부 및 구조물을 축조하는 방법	● 층고절감효과 우수 ● 높은 강도 확보 ● 구조시스템의 제약 ● 접합부 일체화 거동 필요
4. 유닛 공법	4.1. 건축물의 발코니 확장 구조체 및 설치 방법	● 내구성 향상 ● 유지 보수 용이 ● 접합디테일 복잡 ● 내진성능 결여 ● 별도의 와이어 또는 브레이스 설치 필요

ⓑ 구조체 내진보강 시공기술

리모델링 대상 공동주택의 경우 구조적으로 지진에 취약하기 때문에 평면확장 시공시 구조체의 내진보강을 실시하여야 한다. 내진보강 시공기술로는 기초보강과 구조체 내력벽의 뒤틀림 보강으로 구분할 수 있다.

표 3-8. 구조체 내진보강 시공기술 특징

구분	공법	특 징
1.구조체 보강	1.1 Micro -pile 보강	● 최근 공법의 유용성이 입증되어 적용 범위가 다양화 ● 무소음, 무진동 말뚝공법 ● 소구경 현장타설 마찰말뚝 (100mm - 300mm) ● 하중 조건에 따른 다양한 적용성 (20ton - 90ton) ● 소형장비로 협소한 공간에서 적용가능 ● 도심지 기초보강, 언더피닝 공법에 유리 ● 시공이 간단하며 시공 효율 양호.
	1.2 RCD Pile	● 굴착장비의 이동없이 깊은 심도까지 굴착가능하며 깊을수록 타 공법보다 효율성이 양호 ● 무소음, 무진동 ● 물을 이용하는 공법으로 스탠드 파이프 하부는 이수가 있는 상태로 굴착하므로 수상에서도 시공가능 ● RCD 기종에 따라서는 경사 시공도 가능함 ● 깊은 심도까지 굴착가능, 타공법보다 효율이 양호 ● 연, 경암층도 무진동으로 굴착가능 ● 작업반경 : 폭→약12m, 높이→약17m
	1.3 신축구조체 활용 내진보강	● 평면확장 부분의 기초보강과 n 자형태로 구조체의 평면을 구성함으로써 기존구조체의 내진을 보강하는 공법 ● 발코니와 코어를 구조체의 전,후면에 확장 배치함으로써 n자형태의 구조체 시공 ● 기존 구조체의 기초를 보강하지 않고 내진보강이 가능 ● 신축 구조체와 기존구조체의 구조적 접합이 중요함.
2.내력벽 뒤틀림 보강	2.1 강판보강	● 기존 구조물의 벽체와 슬래브에 앵커볼트를 사용하여 H형강을 벽 및 슬래브에 일체화 시킨 후 강판 접합 ● RC조에 비해 재료가 고가이나 양생을 하지 않기 때문에 공기 단축 가능 ● 내력벽 신설/이동의 경우 효과적이며 벽두께 감소 ● 자중 감소, 지진하중 감소로 내진성능 우수
	2.2 비좌굴 가새 보강	● 비좌굴가새를 사용하여 노후공동주택의 강도와 연성능력을 증가시킬 수 있는 내진보강방법 ● 내진설계가 적용되지 않은 RC 구조물에서 구조물의 층간변위를 줄이는데 효과적임. ● 항복이후에도 충분한 연성거동을 보임.

ⓒ 내력벽 이동 및 신설

공동주택 리모델링에서 평면설계시 내력벽의 이동 또는 신설이 불가피한 경우가 많다. 하지만 내력벽을 이동하는 경우에는 많은 구조보강 및 내력벽 간의 접합기술이 필요하기 때문에 보완 기술이 필요하다.

표 3-9. 내력벽 이동 및 신설 시공기술 특징

구분	공법	특 징
1.내력벽 이동 및 신설	1.1 강판벽 시스템	● 기존 구조물의 벽체와 슬래브에 앵커볼트를 사용하여 H형강을 벽 및 슬래브에 일체화 시킨 후 강판 접합 ● RC조에 비해 재료가 고가이나 양생을 하지 않기 때문에 공기 단축 가능 ● 내력벽 신설/이동의 경우 효과적이며 벽두께 감소 ● 자중 감소, 지진하중 감소로 내진성능 우수
	1.2 철근콘크리트 내력벽 신설 공법	● RC조 내력벽으로 내력벽간의 일체화가 가능 ● 슬래브를 타공하여 철근을 이음하기 때문에 구조적 강성을 확보해야 함 ● 거푸집 설치 및 해체기간으로 강판벽 시스템보다 공기가 길다. ● 슬래브 타공시 슬래브 철근을 보존하여야 하므로 주의를 요함. ● 기존 내력벽과의 일체성 확보를 위해 조인트 부분의 접합기술 필요

③ 평면확장 시공기술 선정 Process 개발 및 대안평가

ⓐ 구조체 접합 시공기술 선정 Process

리모델링을 통한 평면확장을 하는 경우에 증축되는 부분과 기존 구조체의 접합부위가 생겨나게 된다. 이 경우 접합부위의 시공기술의 선정을 필요로 하며 그 프로세스는 그림11과 같다. 우선 시공개소가 많고 신속한 접합부위의 시공 완성을 통하여 전체공사

의 공사기간을 단축시키려면 PC(프리케스트 콘크리트)를 사용하는 것이 바람직하다. 단순접합의 시공법을 선택하는 경우에 기존 구체의 벽체 또는 슬라브를 천공하여야 하기 때문에 이음부위의 단면두께가 고려되어야 한다.

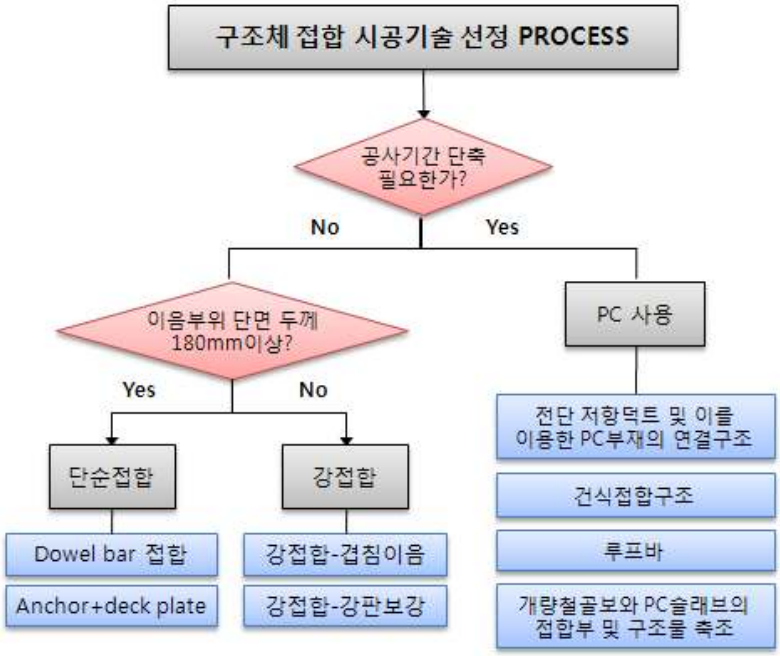


그림 3-2. 구조체 접합 시공기술 선정 프로세스

ⓑ 내진보강 기초시공기술 선정 Process

리모델링의 공사를 진행할 경우 기존건물의 내진보강여부가 먼저 검토 되어야 한다. 평면확장이 있는 경우에는 신축 구조체의 평면확장이 단면인지, 양면인지, 작업이 가능한 반경확보가 얼마나 가능한지 파악 되어야 한다. 또한 기존 구체의 지하층 층고가 파악되어야 장비의 반입 및 시공여부를 확정할 수 있다.

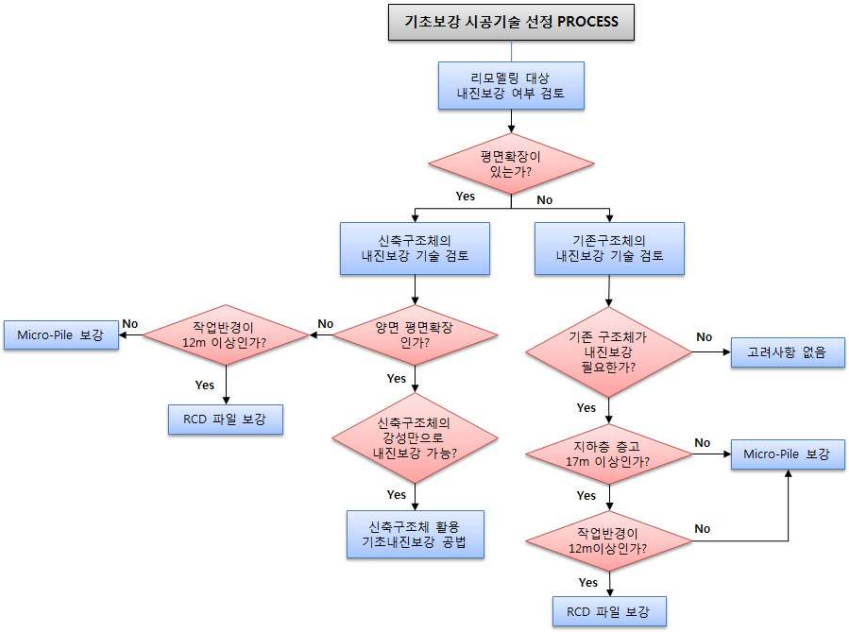


그림 3-3. 기초보강 시공기술 선정 프로세스

ⓒ 내력벽 이동 및 신설 시공기술 선정 Process

리모델링시 기존 구조체의 내력벽을 이동하는 경우에 구조체의 보강이 필요한지, 공사기간에 여유가 있는지에 따라 도출되는 내력벽 이동 및 신설 시공기술이 달라지게 된다. 이를 프로세스로 나타내면 다음 그림과 같다.

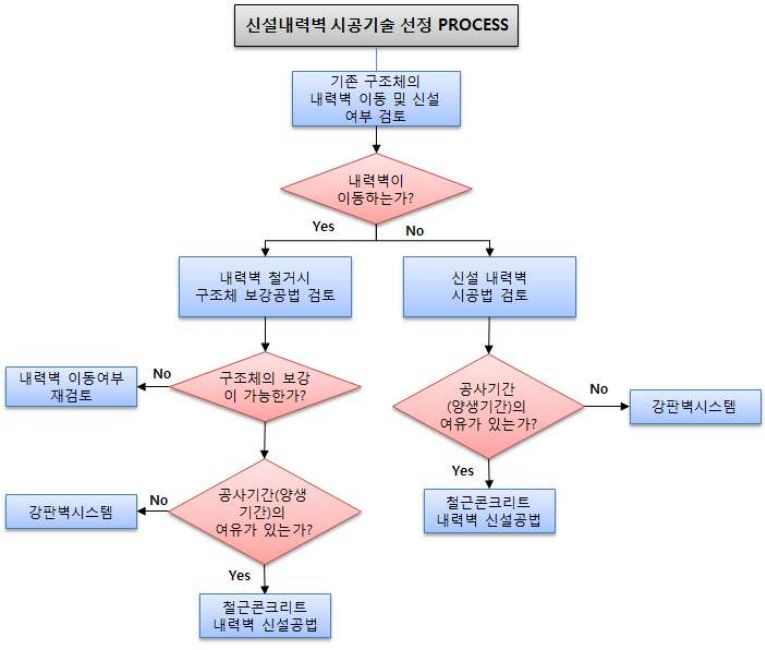


그림 3-4. 신설 내력벽 기술 선정 프로세스

④ 평면확장 시공기술 선정을 위한 기술 대안평가

도출된 리모델링 평면확장 시공기술의 경제성, 시공성, 공사기간에 대한 평가를 현업에 종사하는 시공 관리자 12명에게 설문을 통하여 5점 척도로 상대평가 하였다. 경제성은 재료비를 포함한 직접비만을 고려하였고 시공성은 작업의 난이도, 전문인력의 필요성 및 작업의 효율성을 고려하였다. 공사기간은 자재가공, 제작시간을 제외한 순수 시공 및 양생(콘크리트의 경우)기간만을 고려하였고 구조체의 접합부의 경우 구조체간의 마감성을 별도로 고려하였다. 각 평가요소는 5점 만점으로 평가하였으며 설문조사를 통한 가중치를 통해 최적의 시공기술을 도출하였고 아래 표 3-10 ~ 3-12와 같다.

표 3-10. 구조체 접합 기술

구 분	공 법	경제성 (0.4)	시공성 (0.2)	공사기간 (0.3)	마감성 (0.1)	종합 (점수 x가중치)
1.단순접합	1.1 dowel bar를 이용한 접합	3.2	3.5	3.5	3.7	3.40
	1.2 anchor + deck plate	4.8	4.7	3.7	3.8	4.35
2.강접합	2.1 겹침이음	3.6	3.5	2.8	2.8	3.26
	2.2 강판보강	2.8	3.6	2.5	2.7	2.86
3.프리캐스트콘크리트	3.1 전단 저항덕트 및 이를 이용한 PC부재의 연결구조	2.2	4.5	3.2	2.1	2.95
	3.2 건식접합구조	2.5	4.2	3.6	2.3	3.15
	3.3 루프바를 이용	2.8	4.3	4.8	2.6	3.68
	3.4 개량철골보와 PC슬래브의 접합부 및 구조물을 축조하는 방법	3.5	4.3	3.6	2.8	3.62
4.유닛 공법	4.1 건축물의 발코니 확장 구조체 및 설치 방법	1.0	2.0	4.5	2.4	2.39

표 3-11. 구조체 내진보강

구 분	공 법	경제성 (0.5)	시공성 (0.2)	공사기간 (0.3)	종합 (점수 x가중치)
1.구조체보강	1.1 Micro-pile 보강	1.8	3.2	4.0	2.74
	1.2 RCD Pile	3.9	4.8	3.5	3.96
	1.3 신축구조체 활용 내진보강	4.2	4.1	1.0	3.22
2.내력벽 뒤틀림 보강	2.1 강판보강	1.7	3.4	3.2	2.49
	2.2 비좌굴 가새보강	2.3	2.4	4.1	2.86

표 3-12. 내력벽 이동 및 신설 기술

구 분	공 법	경제성 (0.5)	시공성 (0.2)	공사기간 (0.3)	종합 (점수 x가중치)
1.내력벽 이동 및 신설	1.1 강판벽 시스템	1.6	3.1	3.0	2.32
	1.2 철근콘크리트 내력벽 신설 공법	3.3	1.4	1.2	2.29

⑤ 결론

본 연구에서 도출한 리모델링 평면확장 시공기술은 신축구조체와 기존구조체간의 접합기술, 내진보강기술, 내력벽의 이동 및 신설 기술로 주요관리대상을 중심으로 구분하였다. 각 관리대상으로부터 도출된 시공기술 리스트의 특성 및 제약조건에 따른 시공기술 선정 프로세스를 개발하였으며 리모델링 대상 공동주택의 조건에 적합한 기술 선정을 할 수 있다. 또한 현업에 종사하는 시공관리자 12명에게 선정된 시공기술의 대안평가를 설문조사를 통해 5점 척도 및 가중치를 적용한 결과 경제성, 시공성, 공사기간 측면에서 최적의 시공기술을 도출하였다. 본 연구에서 도출된 시공기술 선정 프로세스와 기술대안평가를 통해 리모델링 공동주택 평면확장 시공시 최적 시공기술을 선정할 수 있을 것이다.

나. 주차장 확장 설계/시공 기술

(1) 기술의 정의

급격한 차량수요 증가에 따라 노후공동주택단지들의 주차 공간 부족 문제가 매우 심각하다. 따라서 주차공간이 부족한 공동주택단지에 경제적이면서 환경적으로 우수한 주차공간 확보 기술이 필요하다. 본 연구에서 개발한 주차장확대 설계 및 시공 기술은 노후공동주택 단지 유형 및 특성에 적합한 주차장확대 설계기술과 시공기술, 그리고 이를 통합 적용하는데 필요한 프로세스이다.

(2) 기존 기술과 차별성

지금까지 공동주택의 리모델링 과정에서 주차장을 확대한 경우는 대부분 지하의 수영장 등을 주차장으로 용도변경 하거나 지상 조경 면적을 줄여 주차공간으로 활용한 것이 있다. 이 연구는 주로 지하에 주차장을 신설하기 위한 설계 및 시공기술에 관한 것이다.

본 연구에서 개발한 “주차장확대 설계방식 선정 프로세스”, “주동진입방식 선정 프로세스”, “지하주차장 신설을 위한 흙막이 공법 선정 프로세스”, 그리고 이들을 종합한 “설계 및 시공의 통합 프로세스 모델”은 기존에 연구된 바가 없다. 또한 기초 보강기술 개선·개발은 기존의 기술을 개량한 것이다.

(3) 기술 개발 결과

(가) 기술개발의 연구방법론

주차장확대 리모델링 설계 및 시공기술 개발을 위한 구체적인 연구의 내용과 연구방법론을 도식화하면 다음과 같다.

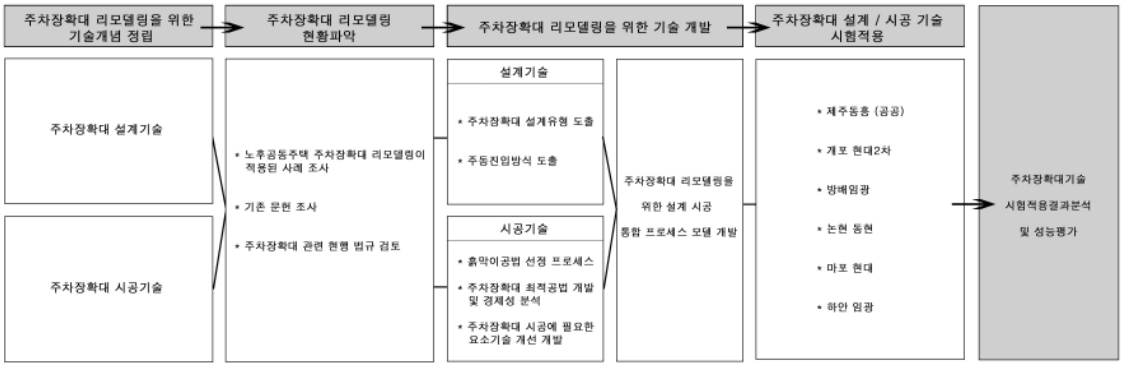


그림 3-5. 주차장확대 설계 및 시공기술 연구방법론

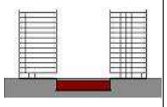
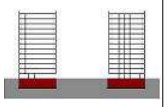
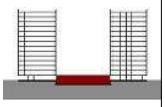
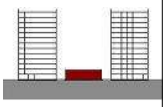
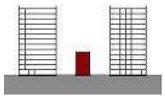
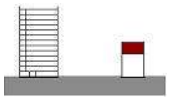
(나) 기술개발내용

① 주차장확대 계획유형

㉮ 주차장확대 방식

주차장확대방식은 지하수평확대, 지하수직확대, 데크확대, 별동신축(주차타워), 별동신축(기계식), 건물상부확대의 6가지 방식으로 분류할 수 있다.

표 3-13. 주차장확대 계획유형

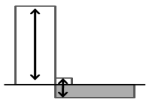
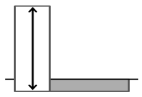
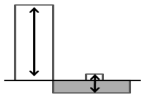
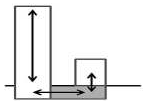
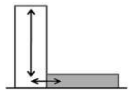
구 분	지 하		지 상			
형 식	지하수평 확대	지하수직 확대	데크확대	별동신축 (주차타워)	별동신축 (기계식)	건물상부 확대
도 해						
설 명	동사이의 공지에 지하주차장 계획	기존건물 하부에 지하주차장 계획	지상에 주차장 만들고 상부에 데크를 계획	공지에 철골 주차장 계획	공지에 기계식 주차장 계획	단지내 주민시설 등 건물상부에 주차장 계획
장 점	기존구조에의 영향을 최소로 하여 계획 및 시공이 가능	주동이 하나인 경우, 기존 지하대피시설 등 지하구조물이 있는 경우 적용 가능	일반적 단지에 가장 많이 적용되며 시공이 간편하고 토공사비 절감 가능	기존 건축물에의 영향 최소화 짧은 시간, 적은 비용으로 계획이 가능	대지내 공지가 협소하여 자주식방식의 주차장확대가 어려운 경우, 주차램프설치가 어려운 곳에 효율적임	대지내 공지확보가 필요없음

구 분	지 하		지 상			
단 점	중저층아파트의 경우 활용가능한 공지면적이 작아 적용이 제한적임	기초 구조체에 영향을 미치는 경우가 많아 구조적인 어려움이 따름 벽식구조아파트에는 적용이 불가능	최상층 증축이 수반되어 하중이 증가되는 점이 우려됨	시공 후 외관이 좋지 않음 저층부의 일조침해, 사생활침해, 소음 등이 발생 우려	관리인원, 전력사용 등 유지관리 비용 발생 차량 입출고 대기시간 소요	기존건축물의 구조보강 및 램프, 차량용 승강기가 설치되어야 함 넓은면적의 확보는 어려움
조 건	매설물의 유무를 검토해야 함 인동거리가 20m 이상이어야 함	기초의 구조보강방법을 고려해야 함 지하층이 깊어질수록 공사비가 올라감	데크상부 식재를 통한 조경면적 제공이 가능	5층 이하의 건물에는 주차대수가 200~400대가 적당함	-	공동주택에서는 적용이 어려우며 제한적으로는 사용이 가능함
적용 가능한 주동진입방식	지상직접진입 지상간접진입 지하직접진입	지상직접진입 지하직접진입	데크진입	지하간접진입	지하간접진입	별동진입
관련 법규	주택건설 기준 등에 관한 규정 제11조 지하층의 활용	-	건축법 시행규칙 제2조의 4적용의 완화	건축법 시행령 제118조 옹벽 및 공작물 등에의 준용	□-	□-
사 례	방배궁전 아파트	이촌동점보 아파트	이촌동현대 아파트	행당신동아 아파트 옥수극동 아파트 도봉서원 아파트	일본 주차장 다수	이촌동점보 아파트

㈏ 주동진입방식

지하 주차장에서 주동으로 진입하는 방식은 크게 직접진입방식과 간접진입방식으로 구분되며, 지상직접진입, 지하직접진입, 지상간접진입, 지하간접진입, 데크진입 등 5가지로 세분할 수 있다.

표 3-14. 주동진입방식의 분류 및 특성

분류	주동진입방식		특징
직접 진입방식	지상직접 진입방식		지상직접진입의 경우에는 직접연결을 위해 엘리베이터를 기존 건축물 외부로 설치하는 방법이 있으나, 주동 접근에 문제가 발생할 수 있고 코어 면적만큼 1층부 세대의 채광면적이 줄어든다는 단점이 있다.
	지하직접 진입방식		지하직접진입의 경우는 주동의 코어를 주차장과 직접 연결하기 위해서 엘리베이터를 지하주차장까지 확장하는 경우이며, 지하2층까지 주차장으로 계획할 경우에는 지하1층까지만 엘리베이터를 설치하고 지하2층은 계단으로 이동하도록 계획하는 방식을 적용한다.
간접 진입방식	지상간접 진입방식		지상간접진입의 경우는 계단이나 셔틀 엘리베이터를 옥외공간에 설치하여 지하주차장과 옥외공간을 연결시킴으로써 외부를 통과하여 주동으로 접근하도록 하는 간접접근방식이다.
	지하간접 진입방식		지하간접진입의 경우는 기존 공동주택 주동의 레벨과 주차장 계획 레벨이 맞지 않기 때문에 주동 엘리베이터까지 계단을 이용한 간접접근을 하는 방식이다.
데크방식	데크 진입방식		데크진입의 경우는 지상에 데크주차장을 설치하였을 때 지하간접진입의 경우와 마찬가지로 주동과 주차장의 계획 레벨이 다른 경우 연결을 위한 계단의 설치를 통해 간접접근을 하는 방식이다.

② 시공기술

㉮ 흙막이 공법 선정 프로세스

거주중에도 주차장확대 공사가 가능하도록 현행 요소기술 및 사용 장비의 문제점을 도출하여 다음 표와 같은 기술개발·개선 및 개량방향을 설정하였다.

표 3-15. 거주 중 주차장확대공사의 애로기술 및 개선방향

공법	투입 장비	애로 기술(기술 적용상 문제점)			개선 방향
		환경·안전성	시공성	경제성	
흙파기공사	백호, 크람쉘, 도져, 덤프 등	소음·진동과 비산먼지 발생	장비의 소형화로 작업공간 및 이동의 용이성 확보	-	·저소음, 저진동 공법 개발 ·소형장비 개발

공법		투입 장비	애로 기술(기술 적용상 문제점)			개선 방향
			환경·안전성	시공성	경제성	
흙막이공사	H-pile+토류판공법	20ton Crane T-4W (Auger) 소형항타기 Vibro hammer 등	소음 · 진동으로 인한 민원발생 및 주변지반 침하	타입깊이가 불충분할 경우 주변지반 침하 우려	-	· 저소음, 저진동 공법 개발 · 소형장비 개발 · 친환경 안정액 개발 · 근접시공 기술 개발
	Sheet Pile	20ton Crane 소형항타기 Vibro hammer 등	소음 · 진동으로 인한 민원발생 및 주변지반 침하	사력층이나 모래지반에서 시공 곤란	-	
	SCW공법	SCW기(단축, 이축, 삼축 Auger) Crane Cement Silo 안정제 Plant 등	안정액으로 인한 지하수오염	협소한 지역에서 작업 곤란	공기 · 공사비 보통	
	CIP공법	20ton Crane Auger T-4W 유압보링기 등	안정액으로 인한 지하수오염	사력층 전석층에서 시공 곤란	공기가 김 공사비 상승	
	슬러리월 공법	50~80ton Crane 안정제 Plant 모래선별기 치즐 등	안정액으로 인한 지하수오염	협소한 지역에서 작업 곤란 작업장의 평탄성필요	공기가 김 공사비 상승	
기초보강공사	기성말뚝공법	Crane 항타기 등	소음 · 진동으로 인한 민원발생 및 주변지반 침하	파일의 손상, 파일의 최종 관입깊이 부족	-	· 저소음, 저진동 공법 개발 · 보링 공법 개선
	현장타설말뚝공법	Crane Auger T-4W 유압보링기 등	안정액으로 인한 지하수오염	경암반의 경우 굴착효율이 떨어짐	공기가 김 공사비 상승	

개선/개발 방향

- **거주 중 주차장 확대공사에 필요한 요소 기술 및 공법의 개선·개발**
- **협소한 작업공간에 적용 가능한 소형 장비 개발 및 개량**
- **시공성, 환경성, 거주성 및 경제성 확보 방안 강구**

㉯ 주차장확대 최적 공정 개발 및 경제성 분석

주차장확대에 적합한 공정을 개발하고 경제성을 분석하기 위해서는 우선 대상단지의 특성을 분석해야 한다. 대표단지에 적합한 주차장확대방식을 결정하고 흙막이공법을 선택한다. 지하수평확대의 경우에는 주동진입방법도 결정해야 한다. 그 후 시뮬레이션을 실시하여 시공성, 경제성, 환경성을 비교 · 분석한 후 공정을 개발하고 공사비를 분석한다. 아래 그림 3-6은 주차장확대 공정개발 절차이다.



그림 3-6. 주차장확대 공정개발 절차

③ 주차장확대 프로세스 통합모델 및 체크리스트 개발

‘주차장확대계획유형’ 및 ‘흙막이공법 선정 절차’와 ‘주동진입방법 선정 모델’을 통합하여 주차장확대를 위한 ‘주차장확대 프로세스 통합모델’을 개발하였다.

주차장확대 수요가 발생하면 설문조사 및 문헌조사를 통해 단지유형을 분석한다. 단지유형에 적합한 확대방식 대안을 개발하고, 평가기법을 이용하여 대안을 선정한다. 대안이 선정되면 구조 안전진단 여부를 검토하고, 거주자와 시공자 측면을 고려하여 이주비율을 결정한다. 이러한 과정을 거쳐 적정 주차장확대방식을 선정한다. 선정된 방식이 지하주차장확대 방식인 경우는 적용 가능한 흙막이공법을 선정해야 한다. 흙막이공법 선정은 공법선정에 영향을 미치는 요인의 가중치를 결정하고, 흙막이공법에 대한 현장 적용성을 평가한다. 마지막으로 거주중 현장 적용성 평가 값에 가중치를 곱하여 평가점수의 합계가 가장 높은 공법을 선정한다. 또한 지하주차장의 경우 지하주차장에서 세대로 진입하는 주동진입방식을 선정해야 한다. 주동진입방법은 거주중 공사여부, 주동 지하층 유무의 판단 후 적정한 주동진입방식을 선정한다. 주차확대 수요발생에 따른 주차장확대방식의 선정과정부터 흙막

이공법선정, 주동진입방식선정 등 주차장확대 프로세스 통합모델은 4차년도에 개발되었고 그 내용은 그림 3-7과 같다.

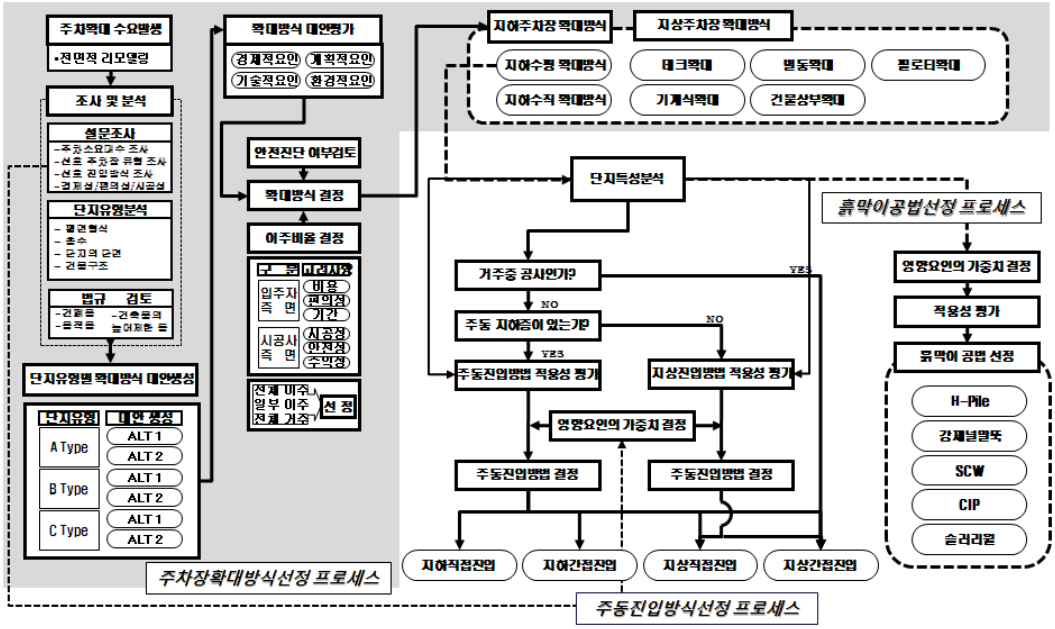


그림 3-7. 주차장확대 프로세스 통합모델 개발

주차장 확대 프로세스 통합모델을 바탕으로 합리적인 의사결정을 지원하기 위해 '주차장확대 계획 및 공사를 위한 체크리스트'를 개발하였다. 주차장확대를 위한 체크리스트는 2, 3차년도에 개발한 '주차장확대방식 선정'과 '흙막이 공법 선정', '주동진입방법 선정' 등의 선행연구를 바탕으로 설계자 및 시공자와 주민이 용이하게 사용할 수 있도록 검토 및 확인사항을 서술한 것이다. 체크리스트의 주목적은 주차장확대의 계획단계에서부터 시공단계까지 영향을 미치는 주요 사항 등을 검토하기 위한 것으로 최적의 주차장확대방식과 경제성을 갖춘 공법을 선정하도록 유도한다.

체크리스트는 다음과 같은 기본원칙과 방향을 유지할 수 있도록 개발하였다.

- 노후공동주택의 주차장확대에 공통적으로 적용하고 활용할 수 있는 형태
- 각각의 주차장확대 단계에 적합한 검토항목을 제시하여 사용자

가 주차장 확대 과정에 쉽게 접근할 수 있는 형태
- 매뉴얼 형태인 지침서로의 변환 가능성을 가진 형태
- 사용자와 사업자가 참여하여 주차장 리모델링 방식을 선정할 수 있는 형태

검토분야는 기존 연구문헌 및 사례조사를 통해 계획, 구조, 시공, 경제, 환경 분야로 구분·설정하였으며 '주차장확대방식 선정'과 '흙막이 공법 선정' 및 '주동진입방법 선정'의 각 영향요인을 토대로 전문가의 자문을 통해 검토항목을 설정하였다. 그리고 도출된 검토 분야와 검토항목을 바탕으로 분야별 검토항목의 분류체계와 주요 검토내용을 작성하였다.
전문가 자문을 통하여 도출된 각 분야의 단계별 점검사항을 활용하여 체크리스트의 기본 구성체계를 정립하였다.

표 3-16. 체크항목의 코드체계

구분	예시	PL, TE, EC, EV	01	01
		대분류	중분류	소분류
대분류	PL : 계획적 요인, TE : 기술적 요인, EC : 경제적 요인, EV : 환경적 요인			
중분류	PL01 : 주민의 요구사항, PL02 : 단지특성, PL03 : 법적제한 등			
	TE01 : 구조적 안전성, TE02 : 적정 공법·기술 선정 등			
	EC01 : 공사비, EC02 : 공사기간, EC03 : 유지관리비			
	EV01 : 소음, EV02 : 진동, EV03 : 비산먼지·분진			
소분류	PL0101 : 소요주차대수, PL0102 : 선호 주동진입 방식 등			
	TE0101 : 지반상태, TE0102 : 지하수위 상태 등			
	EC0101 : 적정 공사비 산출, EC0201 : 적정 공기 산정 등			
	EV0101 : 생활소음 규제기준, EV0201 : 생활진동 규제기준 등			

체크리스트의 검토항목을 용이하게 활용할 수 있도록 'Code'와 '참고사항'을 두었다. 'Code'는 체크리스트의 검토항목과 연계하여 가이드라인을 쉽게 확인할 수 있도록 Code화 하였으며, 참고사항은 타 분야와 협의가 필요한 사항을 나타내거나 기타 의견을 작성하는 공간이다.
아래 표 3-17은 '주차장확대 계획 및 공사를 위한 체크리스트'이

다.

표 3-17. 주차장확대 계획 및 공사를 위한 체크리스트

L.1 (영향 요인)	L.2 (고려사항)	L.3 (검토항목)	Code(번호)	참고사항
계획적 요인 (PL)	주민의 요구사항	소요주차대수	PL-01-01	
		선호 주차장확대 방식	PL-01-02	
		선호 주동진입 방식	PL-01-03	
		거주중 공사 여부	PL-01-04	
	단지특성	경사유형	PL-02-01	
		인동간격	PL-02-02	
		단지접근 용이성	PL-02-03	
		배치유형	PL-02-04	
		평면유형	PL-02-05	
		세대 당 주차대수(현행)	PL-02-06	
		층수	PL-02-07	
		지하층 유·무	PL-02-08	
		인접구조물의 현황	PL-02-09	
	법적제한	건폐율	PL-03-01	
		용적율	PL-03-02	
		건축물의 높이제한	PL-03-03	
		주차장의 주차구획	PL-03-04	
		법정주차대수	PL-03-05	
		지하주차장 진입램프 너비	PL-03-06	
기술적 요인 (TE)	구조적 안전성	지반상태	TE-01-01	
		지하수위 상태	TE-01-02	
		주동의 안전	TE-01-03	
		인접건축물에 대한 영향	TE-01-04	
	적정 공법·기술 선정	Elev. 확장기술	TE-02-01	
		기초 보강기술	TE-02-02	
		흙막이 공법	TE-02-03	
	시공성	시공성	TE-03-01	
경제적 요인 (EC)	공사비	적정 공사비 산출	EC-01-01	
	공사기간	적정 공기 산정	EC-02-01	
	유지관리비	주차장 유지관리비	EC-03-01	
환경적 요인 (EV)	소음	생활소음 규제기준	EV-01-01	
	진동	생활진동 규제기준	EV-02-01	
	비산먼지·분진	비산먼지, 분진 규제기준	EV-03-01	

(다) 주차장확장 설계기술 적용(시뮬레이션)

본 연구에서는 준공 후 15년 이상 경과되고 층수가 15층 이상, 세대수 500세대 이상의 단지 중 서울 개포동과 서울 대치동, 서울 방배동, 서울 논현동, 서울 마포구를 선정하고 연구단의 시범단지인

제주 동흥단지를 대상으로 주차장확대방식을 적용하였다.

개포동은 전면적 리모델링시(전면이주 후) 주차장확대를 하는 것으로 가정하여 지하수평확대방식과 데크방식을 적용하였다. 대치동과 제주 동흥단지는 거주중 주차장확대를 하는 것으로 가정하여 지하수평확대방식과 별동확대방식을 적용하였다. 대상단지의 현황 및 주차장확대 계획은 아래 표 3-18과 같다.

표 3-18. 대상단지 개요 및 주차장확대 계획

				개포 현대아파트 (전면이주 후 공사)			대치 선경아파트 (거주중 공사)	제주 동흥3지구 주공임대아파트 (거주중 공사)	
대상단지개요	단지단면			평지			평지	평지	
	평면/구조형태			판상형 / 벽식+라멘			판상형/벽식+라멘	판상형 / 벽식	
	층수			9층			15층	5층	
	세대수			558세대			1,034세대	400세대	
	현주차대수			500대 (0.9대/세대)			514대(0.5대/세대)	120대 (0.3대/세대)	
주차장확대계획	주차장확대유형			지하수평확대 (전면이주후)	지하+지상확대 (전면이주후)	데크확대 (전면이주후)	지하수평확대 (거주중)	지하수평확대	별동확대 (지하+지상)
	계획주차대수			1,011대 (1.81대/세대)	1,011대 (1.81대/세대)	1,127대 (2.02대/세대)	1,632대 (1.58대/세대)	290대 (0.72대/세대)	264대 (0.66대/세대)
	주차장층수 (연면적)			지하1층	지하1층	지상1층	지하2층	지하1층	지하1층 + 지상1층
	공법검토	흙막이		H-Pile CIP	H-Pile CIP	-	H-Pile CIP 슬러리월	H-Pile CIP	H-Pile CIP
		구조체	순타	RC구조, PC구조	RC구조, PC구조	RC구조	RC구조, PC구조	RC구조, PC구조	RC구조
			역타	-	-	-	RC구조	-	-

다. 주거기능 개선 기술

(1) 기술의 정의

거주자 요구를 반영한 주거기능 개선 기술은 표준화·획일화된 주거공간을 다양한 방식으로 적절히 개조함으로써 변화하고 다양화하는 생활방식을 수용하기 위한 것으로, 이는 공동주택 리모델링의 매우 중요한 요건이다. 이러한 주거기능 개선 기술은 사회적 요구를 디자인으로 변환하는 전문적인 기술로서, 시대의 흐름에 부응하고 합리적인 리모델링 활동을 위한 선결 과제라고 할 수 있다.

(2) 주거기능 개선 기술 연구의 목적

본 연구는 거주자의 요구를 반영한 공동주택 리모델링 계획요소를 도출하고 실제 리모델링 대상이 되는 공동주택에 적용하여 실용화 방안을 제시하는 것을 최종 목적으로 한다. 이를 위해 공동주택의 사회적·문화적·환경적 측면에 대한 연구 주제를 연차별로 설정하여 2 ~ 5차년도까지 4년에 걸쳐 본 연구를 진행하였다.

- 2년차 : 고령사회의 요구를 반영하는 계획요소
- 3년차 : 문화적 요구를 반영하는 계획요소
- 4년차 : 친환경 요구를 반영하는 계획요소
- 5년차 : 조합 및 적용, 시뮬레이션, 적용성 검토

(3) 주거기능 개선 기술 연구의 내용 및 방법

연구는 문헌고찰, 기준 및 지침 분석, 현장조사, 공동주택 디자인의 사회적 트렌드 파악, 공동주택 리모델링의 계획 요소 및 지침 도출, 적용 등의 순으로 진행되었다.

(4) 기존 기술과 차별성

·기존의 기술이 바닥면적의 확대, 실 면적으로 확대 등 양적인 측면에서 접근하였다면 본 연구는 변화하는 사회적 요구를 반영하여 삶의

질을 높이려는 질적인 연구이다.

· 기존의 기술은 집단적인 적용을 전제로 한 것으로 개별적인 선택이 어려운 기술임에 비해 본 연구는 거주자의 특성에 따라 개별적인 선택이 가능한 기술을 다룬다.

(5) 기술 개발 결과

(가) 거주자 요구를 반영한 공동주택 리모델링의 개념 및 계획방향

5차년도 연구에서 2 ~ 4차년도에 진행한 공동주택 리모델링의 사회적 · 문화적 · 환경적 요구를 파악하여 도출한 다양한 계획 및 설계요소를 조합하고 실용화 하는 방안을 제시하였다.

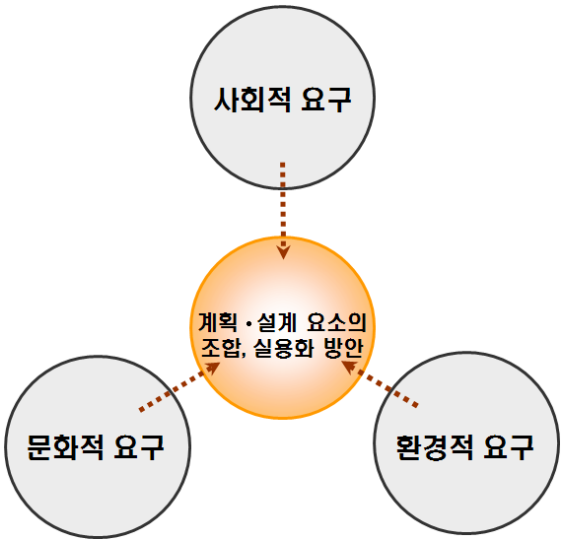


그림 3-8. 거주자의 요구를 반영한 리모델링의 개념

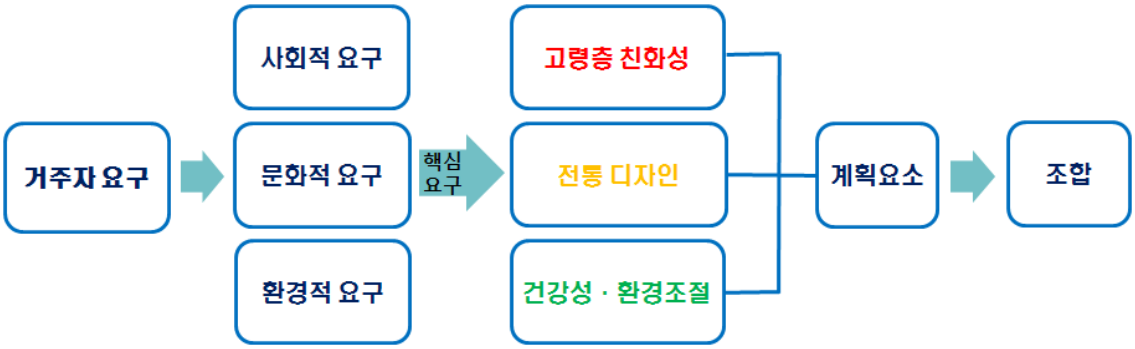


그림 3-9. 거주자 요구를 반영한 리모델링 계획요소의 조합 방식

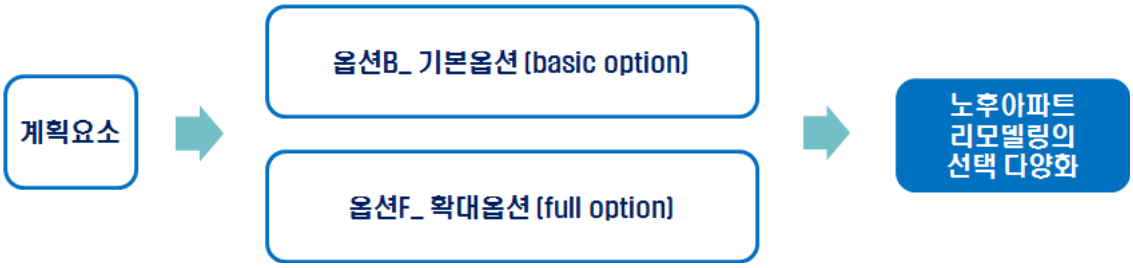


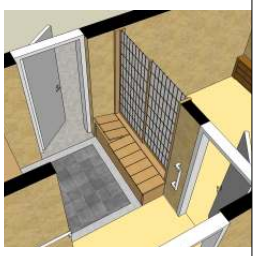
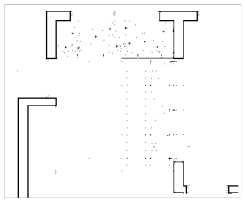
그림 3-10. 거주자 요구를 반영한 리모델링 계획요소의 실용화 방안

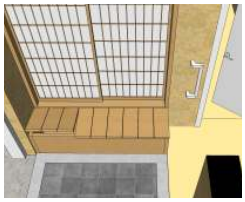
(나) 거주자 요구를 반영한 공동주택 리모델링 계획요소의 조합

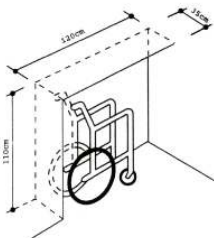
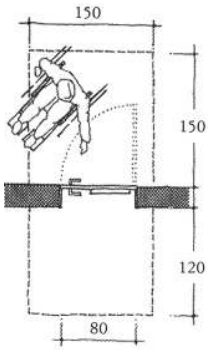
3장 '거주자 요구를 반영한 공동주택 리모델링의 개념 및 계획방향'에서 제시한 거주자의 세 부문의 핵심 요구, 곧 '고령층 친화성', '전통 디자인', '건강성 · 환경조절'에 해당하는 리모델링 계획요소를 도출하였다. 그것들을 공간부위 별로 제시하고 각각의 적용방안을 간단히 설명하면 다음과 같다.

① 현관 (E)

표 3-19. 리모델링 계획 요소 - 현관(E)

리모델링 계획 요소	지침	예시	효과
툇마루 E-01	-현관 바닥에서 높이 400㎜, 폭 400㎜로 디자인 -툇마루 하부는 수납공간으로 사용 가능		· 외부인 방문시 잠시 머무를 수 있는 공간 마련 · 짜투리 공간을 이용한 수납공간 확충 · 노인이 걸터앉을 수 있는 요소 마련
화단 (텃밭) E-02	-현관이 외기와 연한 경우 화단 설치 -외기에 면한 화단상부에 창 설치		· 정서적 활동 공간을 확보 · 빛, 바람, 흙을 쉽게 접함

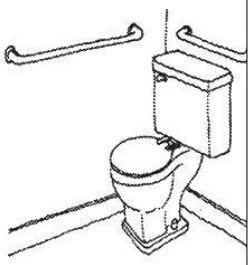
리모델링 계획 요소	지침	예시	효과
들어열개문 E-03	-현관 인접실을 사랑방 개념으로 디자인 할 경우 적용 -최소 높이 1.8m 확보		· 사회적 공간의 장치 설치 · 현관의 인접실을 서재 및 손님접대의 용도를 갖는 사랑방으로 사용할 수 있음 · 현관과 현관의 인접실을 필요에 따라 공간의 통합 및 분리가 가능함
보조의자 E-04	-신을 신고 벗을 때 걸터앉거나 짐을 올려놓을 수 있도록 보조의자 설치 -보조의자 형태는 접이식의자나 서랍식으로 디자인하여 공간효율성을 높이도록 함 -툇마루를 설치할 경우는 적용하지 않음		· 노인이 신을 신고 벗을 때 걸터앉을 수 있어 용이함 · 휠체어 갈아 탈 때 용이함
안전손잡이 E-05	-높이는 노인의 신장을 고려하여 800~850㎜의 일정 높이(실험 결과 신장의 1/1.7~1/1.8 높이 정도의 안전손잡이를 선호)에 연속적으로 설치하도록 함 -형태는 직경 32~38㎜의 원형이나 타원형으로 움켜잡기 쉬운 것으로 함 -위치는 벽면으로부터 50㎜정도 공간을 확보 -재질은 금속재질을 피해 겨울철 차지 않도록 함		· 신을 신고 벗을 때 안전손잡이에 몸을 지지할 수 있음
현관턱 및 단차 E-06	-현관 턱을 20~50㎜ 정도로 하여 단차를 최소화하거나, 휠체어가 오를 수 있는 한쪽 부분에 간이 경사로 설치		· 현관 턱이나 단차를 최소화하여 휠체어 사용이 가능함

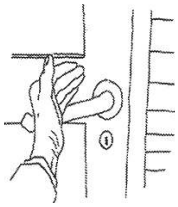
리모델링 계획 요소	지침	예시	효과
휠체어 수납 공간 E-07	-휠체어를 접어서 보관할 수 있도록 수납장 하단부에 빈 공간(1200×1100×350㎜)을 둠		· 휠체어 보관 가능
현관 및 현관문의 최소 폭 E-08	-현관 폭은 휠체어 사용을 고려하여 휠체어 회전지름인 1500㎜을 확보함 -휠체어 사용자가 팔꿈치를 부딪치지 않고 드나들 수 있도록 현관문의 너비는 최소 800㎜를 확보 -여닫이문을 설치할 경우, 휠체어 사용자를 고려하여 문의 안과 밖의 공간은 각각 1500×1500㎜를 확보 -미닫이문으로 설치할 경우, 휠체어 사용자를 고려하여 안과 밖의 공간은 각각 1200×1900㎜를 확보		· 현관 및 현관문의 최소 폭을 확보하여 휠체어 사용이 가능함
문 손잡이 E-09	-문의 손잡이는 레버형이나 D자형 손잡이로 하고, 850~1000㎜ 높이에 설치		· 손아귀 힘이 없는 노인이 쉽게 조작할 수 있음

② 욕실 (B)

표 3-20. 리모델링 계획 요소 - 욕실(B)

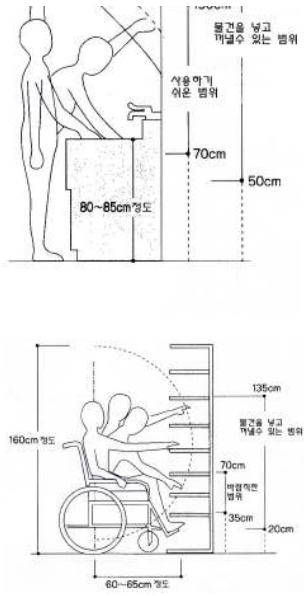
리모델링 계획 요소	지침	예시	효과
욕실 반자 및 일부 벽체 히노끼 (편백나무) 마감 B-01	-히노끼(편백나무) 9t~12t 두께로 마감 (시공비 포함해 ㎡당 7~8만원 소요 http://www.pbwood.co.kr)		· 항균 효과 · 실내 공기를 정화하여 냄새 제거 및 탈취효과 · 실내 습도 조절
샤워 의자 B-02	-샤워기 주위에 접히거나 이동이 가능한 의자 설치 -욕실 벽에 설치하거나 안전손잡이에 고정 -의자를 벽에 부착할 경우, 펼쳐서 이용할 수 있는 접이식으로 설치 -접이식 의자 크기는 400×450㎜ 정도로 하고 바닥으로부터 400~450㎜ 높이에 설치함		· 하체에 힘이 없는 노인과 휠체어 사용자가 앉아서 샤워 할 수 있음

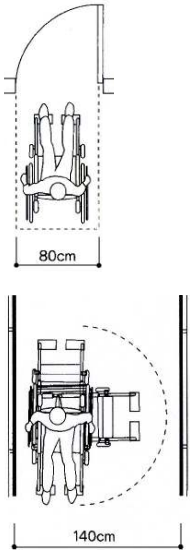
리모델링 계획 요소	지침	예시	효과
안전손잡이 B-03	-800~850㎜ 높이에 설치 -직경 32~38㎜의 원형이나 타원형으로 움켜잡기 쉬운 형태로 함 -벽면으로부터 50㎜정도 공간 확보 -금속재질을 피해 겨울철에도 차지 않도록 함 -양변기, 욕조, 샤워기 주위에 안전손잡이 설치 -욕조가 면한 벽면에 세로형·가로형 안전손잡이 설치 -양변기 주위에는 휠체어와 변기 사이의 이동을 원활히 하도록 안전손잡이를 하나 이상 설치함 -양변기 주위의 L자형 안전손잡이에서 수평 손잡이는 양변기 좌대로부터 250㎜ 높이에, 욕실 바닥에서는 650~700㎜ 높이에 설치(이때 변기의 높이는 휠체어 사용자를 고려하여 휠체어 의자 높이와 비슷한 450㎜ 정도로 함) -양변기 주위에 ㅡ자형 안전손잡이를 설치할 경우 양변기 좌대와 45° 각도를 이루도록 설치		· 욕조 진입 시 미끄러지지 않고, 변기에 앉고 일어날 때 지지할 수 있음 · 세로형 안전손잡이는 욕조 안에서 앉고 일어설 때 사용하며, 가로형 안전손잡이는 자세를 바로잡을 때 등 몸의 균형을 보조하기 위해 사용할 수 있음
욕실문 및 샤워실문 B-04	-욕실문은 여닫이문 보다 미닫이문을 설치하도록 하며, 문의 최소 폭은 800㎜를 확보함 -샤워실문은 미닫이문이나 접이문을 설치 -욕실문을 여닫이문으로 설치할 경우, 욕실 밖으로 열릴 수 있도록 함		· 욕실문은 미닫이문을 설치하여 욕실 안에서 사람이 쓰러졌을 때에도 쉽게 열 수 있어 위급상황에 신속히 대처할 수 있으며 좁은 공간의 효율성 높일 수 있음 · 욕실 밖으로 열리도록 설치된 문은 휠체어나 보행 보조기 사용자에게 도움이 됨

리모델링 계획 요소	지침	예시	효과
수전 B-05	-수도꼭지는 레버형 수도꼭지나 풋 밸브(foot-valve) 부착식 수도꼭지를 설치		· 노인은 손아귀 힘이 없으므로 수전은 레버형이나 풋 밸브형으로 설치하여 이용이 편리함
바닥 마감재 B-06	-약한 요철이 있는 미끄럼 방지 타일 마감		· 바닥 마감재는 미끄러지지 않고 청소하기 쉬운 재료를 사용하여 안전사고 방지
문턱 및 단차 B-07	-욕실의 문턱과 인접실과의 단차는 없애고 문턱은 바닥에 매입시킴 -바닥에 매입한 문턱은 배수가 가능하도록 하며 문턱은 물에 내구성을 갖는 재질로 사용 -욕실의 문턱을 낮추기 어려운 경우, 욕실 문쪽의 타일을 경사지게 시공하고 배수로를 만들어 물이 욕실 밖으로 유출되지 않도록 함		· 욕실의 단차를 없앰으로써 휠체어 사용자가 쉽게 이용할 수 있으며, 노인이 바닥 단차에 의해 걸려 넘어지는 안전사고 방지
세면대 하부 공간 B-08	-휠체어 사용자를 고려하여 세면대 하부를 비워둠		
문 손잡이 B-09	-문의 손잡이는 레버형이나 D자형 손잡이로 하고, 850~1000㎜ 높이에 설치		

③ 주방 및 식당 (DK)

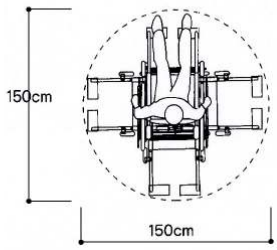
표 3-21. 리모델링 계획 요소 - 주방 및 식당(DK)

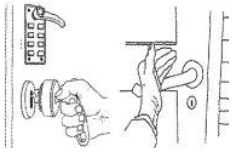
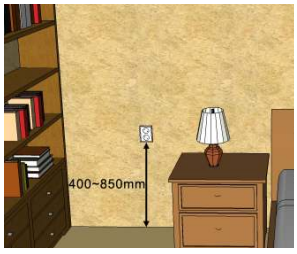
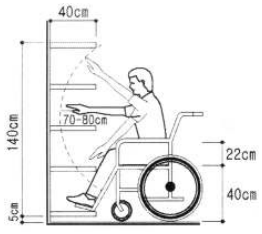
리모델링 계획 요소	지침	예시	효과
작업대 형태와 높이조절 DK-01	-조리와 식사가 가능한 아일랜드형 입식가구 시스템 도입 -작업대는 L자형· U자형으로 설치 -수납장 계획시 레일을 이용하여 선반을 끌어낼 수 있도록 함 -주방의 작업대 높이는 550~1050㎜까지 높이의 변화가 가능하도록 함(휠체어 사용자 경우 65cm 높이까지 하부장이 없도록 함)		· 한 공간에서 조리와 식사가 함께 이루어질 수 있음 · 작업동선의 최소화 · 사용자에 따라 작업대 높이의 변화가 가능함
주방 수납장 높이와 형태 DK-02	-고령자(70대 여성, 키 약 140cm)가 사용하기 용이한 주방 상부 수납장의 가장 위쪽 선반 높이는 1500㎜ 이하로 낮게 설치 -휠체어를 탄 상태에서 이용할 수 있도록 하려면 주방 상부 수납장의 선반은 350~1350㎜ 정도로 설치 -부엌의 수납장 손잡이는 조작이 쉬운 레버형이나 D자형으로 설치 -선반을 끌어낼 수 있는 부엌 수납장을 설치 -싱크대 하부 수납장을 이동식 카트로 설치 -휠체어 이용자를 고려하여 이동식 카트의 폭은 750㎜로 함		· 주방 상부 수납장의 선반 높이는 1500㎜ 이하로 낮게 설치하여 사용의 편리성과 안전성을 확보 · 수납장의 레버형이나 D자형 손잡이는 크고 잡기 쉬우며, 조작이 간편함 · 부엌의 수납장에서 끌어낼 수 있는 선반은 내용물을 꺼내기 위해 몸을 굽힐 필요가 없음 · 주방 하부 수납장은 휠체어 사용자가 싱크대 사용시에 수납장을 빼내서 보조 작업대나 음식 운반대로 사용하도록 하고 사용하지 않을 때는 그 자리에 수납하도록 함

리모델링 계획 요소	지침	예시	효과
통로 폭 및 여유공간 DK-03	-휠체어 사용자를 고려해 최소 800㎜의 폭 확보 -휠체어 회전이 가능하려면 회전 반경 1500㎜의 여유 공간을 확보		· 통로의 최소 폭을 확보하여 휠체어 사용이 가능함
문턱 및 단차 DK-04	-통행에 불편이 없도록 인접실과의 문턱을 없앰		· 문턱에 걸려 넘어지는 안전사고를 예방할 수 있으며, 휠체어 사용이 가능함

④ 침실 (R)

표 3-22. 리모델링 계획 요소 - 침실(R)

리모델링 계획 요소	지침	예시	효과
최소 폭 R-01	-침실의 한쪽은 최소 3750㎜(침대 1600㎜+장롱650㎜+휠체어 회전지름 1500㎜)의 폭 확보		· 침실의 최소 폭을 3750㎜이상 확보하여 침대, 장롱, 휠체어를 사용할 수 있음

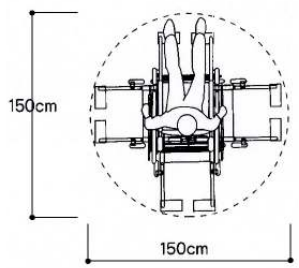
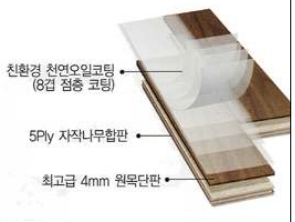
리모델링 계획 요소	지침	예시	효과
문손잡이 R-02	-문의 손잡이는 레버형이나 D자형 손잡이로 하고 850~1000㎜ 높이에 설치, 경첩 쪽에도 문손잡이 설치		· 레버형이나 D자형 손잡이를 설치함으로써 노인이 이용하기 편리함 · 경첩 쪽에도 문손잡이를 설치하여 휠체어 이용자가 문을 여닫기 용이함
인터폰, 보일러조절기 위치 R-03	-인터폰과 보일러 조절기 등은 사용하기 편한 위치에 집중시켜 1000~1200㎜ 높이에 설치		· 인터폰과 보일러 조절기 등을 집중시켜 위치시킴으로써 노인들이 앉아서 생활하거나 보행이 불편한 노인이 조작 용이
콘센트 높이 R-04	-콘센트는 바닥에서 400~850㎜ 높이에 가구나 전기제품의 배치를 고려해 설치		· 바닥에서 일정 높이에 콘센트를 설치하여 허리나 무릎을 구부리지 않아도 됨
붙박이장의 형태와 수납공간 높이 R-05	-침실에 붙박이장을 효과적으로 설치하여 수납공간을 최대한 확보하도록 함 -가구의 문은 접이식이나 미닫이식을 설치함 -붙박이장은 400~1400㎜ 높이에 활용 가능성이 높은 것을 수납하고 높이 조절이 가능하도록 함		· 노인은 사물에 대한 애착심이 강해 물건을 버리지 못하고 보관하는 행동패턴이 있으므로, 실들이 수납화 되는 것을 방지하고 생활공간을 최대로 확보 · 붙박이장의 높이 조절과 가구의 접이식·미닫이 문은 사용자의 상황에 따라 이용 가능

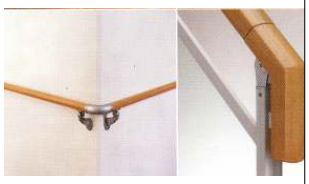
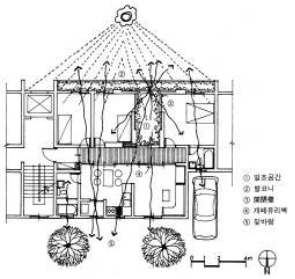
리모델링 계획 요소	지침	예시	효과
바닥 마감 재료 R-06	-코르크 소재의 재료, 약한 요철무늬가 있는 비닐시트 사용 고려		· 바닥이 미끄러워 넘어지는 안전사고 예방
문턱 제거 R-07	-고령자 및 휠체어 사용자를 고려하여 침실의 문턱 제거		· 문턱이나 돌출부가 감소되어 부딪히는 부상을 줄일 수 있음
침대 높이와 주변 공간 확보 R-08	-침대의 높이는 450㎜ 이하로 하며, 발치와 한쪽 옆에 900㎜의 공간을 두어, 보조기구 사용에 불편이 없도록 함		· 침대는 실 바닥보다 앉은 상태에서 일어서는 것이 용이함
사랑방 R-09	-현관 인근실을 서재 및 손님접대의 용도를 갖는 사랑방으로 이용		·사회적 공간을 마련하여 실의 성격이 뚜렷해짐

리모델링 계획 요소	지침	예시	효과
친환경 자재 마감 R-10	-몰탈(황토 · 맥반석 몰탈), 벽돌(황토벽돌),판넬(황토판넬), 벽지(참숯초배지 · 천연직물도배지, 전통한지, 규조토 벽지), 타일(항균타일), 페인트(천연 · 아크릴 실리콘 코포리머 페인트), 마루(온돌마루) 등 국내에 생산된 친환경 자재를 이용 -황토는 두께 10㎜일 때, 습도조절 능력이 가장 우수하므로 실내마감을 10㎜ 두께로 함		· 인체에 해로운 VOC(휘발성 유기화합물)와 HCHO(포름알데히드)는 복합 플로링재, 합판, 집성재, 미장합판, 목재보존제, 유성페인트, 목공용접착제 등에 함유되어 있음 · 흙, 나무, 돌 등의 자연재료로 만든 자재를 이용하여 건강에 도움이 되도록 함 · 황토는 습도조절 능력 우수 · 황토는 탈취율이 높음 · 황토는 원적외선 방사량 우수 · 황토는 축열 성능 우수
창턱 하부 수납 공간 R-11	-창턱하부를 수납공간으로 확보		· 버려질 수 있는 창턱하부에 수납공간을 조성함으로써 공간 효율성 높임

⑤ 거실 및 복도 (L)

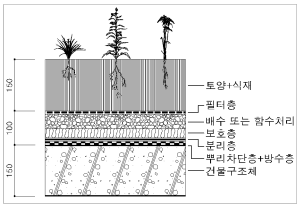
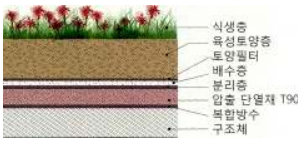
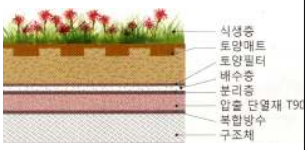
표 3-23. 리모델링 계획 요소 - 거실 및 복도(L)

리모델링 계획 요소	지침	예시	효과
통로 폭 및 여유 공간 L-01	-휠체어 회전이 가능하도록 회전반경 1500㎜ 공간 확보		· 회전반경의 공간을 확보하여 휠체어 사용이 원활함
친환경 자재 마감 L-02	-몰탈(황토·맥반석 몰탈), 벽돌(황토벽돌),판넬(황토판넬), 벽지(참숯초배지· 천연직물도배지, 전통한지, 규조토 벽지), 타일(항균타일), 페인트(천연·아크릴 실리콘 코포리머 페인트), 마루(온돌마루) 등 국내에 생산된 친환경 자재를 이용 -황토는 두께 10㎜일 때, 습도조절 능력이 가장 우수하므로 실내마감을 10㎜ 두께로 함		· 인체에 해로운 VOC(휘발성 유기화합물)와 HCHO(포름알데히드)는 복합 플로링재, 합판, 집성재, 미장합판, 목재보존제, 유성페인트, 목공용 접착제 등에 함유되어 있음 · 흙, 나무, 돌 등의 자연재료로 만든 자재를 이용하여 건강에 도움이 되도록 함 · 황토는 습도조절 능력 우수 · 황토는 탈취율이 높음 · 황토는 원적외선 방사량 우수 · 황토는 축열성능 우수
바닥 마감 재료 L-03	-코르크 소재의 재료, 약한 요철무늬가 있는 비닐시트 사용 고려		· 바닥이 미끄러워 넘어지는 안전사고 예방

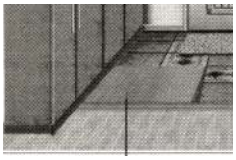
리모델링 계획 요소	지침	예시	효과
안전 손잡이 L-04	-안전손잡이 높이는 노인의 신장을 고려하여 800~850㎜의 일정 높이(실험 결과 신장의 1/1.7~1/1.8 높이 정도의 안전손잡이를 선호)에 연속적으로 설치함 -형태는 직경 32~38㎜의 원형이나 타원형으로 움켜잡기 쉬운 것으로 함 -위치는 벽면으로부터 50㎜정도 공간을 확보 -재질은 금속재질을 피함		· 노인이 보행시 손잡이에 의지하여 균형 잡을 수 있음
맞통풍 가능한 창호 설계 L-05	-전후면 공간의 연결을 고려해 풍로 확보 -후면 개구부 크기가 커서 유입 풍량이 풍부해야 함 -창호면적이 작더라도 유효 개구면적비가 커야 함		· 맞통풍이 가능하여 에너지 소비가 감소됨
벽 모서리 및 돌출부 마감 L-06	-벽과 가구, 설비시설 등 모서리 및 돌출부를 날카롭지 않게 둥글게 처리함		· 벽의 모서리 및 돌출부를 부드럽게 처리하여 모서리와 돌출부에 부딪히는 안전사고를 예방

⑥ 발코니 (V)

표 3-24. 리모델링 계획 요소 - 발코니(V)

리모델링 계획 요소	지침	예시	효과
화단 V-01	-발코니 깊이를 1500㎜ 이상으로 계획하여 정서적 활동 공간 마련 -발코니 바닥에 텃밭이나 실내정원을 설치함 -발코니 벽체에 담쟁이 넝쿨을 식재함 -발코니 바닥 녹화는 건물구조체 위에 '방수층-분리층-보호층-배수처리층-필터층'의 단면 두께를 100㎜ 정도로 구성함 -배수시설 및 수도꼭지 설치 -발코니 벽면녹화는 식재용기를 설치하거나 덩굴을 감는 토대가 되는 등 반보조기구를 설치하며, 등반보조기구는 식물의 녹화보조기능 뿐 아니라 하나의 디자인 요소 작용할 수 있도록 재료와 형태, 색상 등을 고려함 -발코니 벽체에 화분걸이 설치	 텃밭의 단면구성  	· 화초를 키우거나 애완견을 기를 수 있는 정서적 활동 공간을 확보할 수 있음 · 발코니 바닥이나 벽체를 이용해 녹지공간을 둠으로써 '온·습도 조절 및 유기성(음식물) 쓰레기 순환'이 가능 · 실내정원은 공기청정, 실내습도 조절, 자연스런 일사차폐, 온도조절 기능 등 환경조절 측면이 있음
애완견 공간 V-02	-발코니를 애완견 전용 공간으로 마련 -애완견 전용 공간에 배수시설 및 수도꼭지 설치 -애완견 통로 설치		

리모델링 계획 요소	지침	예시	효과
루버. 블라인드 V-03	-남측에는 수평형 루버를 설치하고, 서향이나 동향에는 수직형 루버를 설치함 -수평루버(차양)의 적정 돌출 길이는 창의 하부로부터 루버까지 높이의 0.4~0.5배 정도 -냉방부하 감소를 위해 블라인드를 창의 외부에 설치 -루버나 블라인드를 전통 분위기로 디자인 할 수 있음		· 겨울철 일사를 돕고 여름철에는 직사광선을 차폐함으로써, 냉·난방 부하를 감소시키는 데 효과적인 계획요소임. 특히 여름철 다량의 빛이 실내로 유입되는 것을 방지하여 실온 상승을 억제하고, 가구나 책·의류 등 생활용품이 변색이나 변형, 거주자의 눈부심을 방지함 · 루버는 직사광선과 외부시선을 차단하면서도 통풍이 가능 · 블라인드를 창의 외부에 설치하면 태양에너지의 12%만 실내로 유입됨 · 전통분위기 창출
바닥 마감재 V-04	-약한 요철이 있는 미끄럼 방지 바닥재 설치	  대리석과 특수수지의 혼합	· 바닥 마감재는 미끄러지지 않고 청소하기 쉬운 재료를 사용하여, 노인의 안전사고 방지

리모델링 계획 요소	지침	예시	효과
인접실과의 단차 V-05	-발코니 인접실의 단차를 최소화하거나 간이경사로 설치		· 거실과의 단차를 최소화함으로써 휠체어 사용이 원할함
안전손잡이 V-06	-800~850㎜ 높이에 설치 -직경 32~38㎜의 원형이나 타원형으로 움켜잡기 쉬운 형태로 함 -벽면으로부터 50㎜정도 공간을 확보 -금속재질을 피해 겨울철에도 차지 않도록		· 안전손잡이를 설치함으로써 몸의 균형을 유지 할 수 있음

2. 구조성능 개선기술

본 연구는 총 5차년도 연구 수행을 통해 노후공동주택의 구조성능개선을 위한 구조리모델링 공법 개발을 목표로 한다. 본 연구를 통해 개발된 상세요소기술에는 구조물의 진동특성 및 성능평가 개발, 진동저감능력 향상을 위한 제진시스템 개발, 자중감소 및 연성증가를 고려한 구조보강 시스템 기법의 개발이 있다. 각 상세요소기술의 연구개발결과는 다음과 같다.

가. 구조물의 진동특성 및 성능평가

(1) 구조물의 진동특성 평가

진동계측의 방법으로는 상시진동실험(Ambient vibration test)과 가진실험(Forced-vibration test)방법 등이 있다. 진동계측은 상시진동계측에서 계측한 시계열 파형의 파워스펙트럼을 이용하여 고유진동수를 산정하고, 여기서 산정한 고유진동수가 노이즈가 아닌 실제 건물의 고유진동수 임을 확인하는 차원에서 가진 실험방법의 하나인 인력가진 실험도 병행한다.

(가) 상시진동계측의 기술적 요소

서보가속도계의 측정범위는 상시조건에서 일반적인 아파트건물의 경우 진폭범위가 0.3~1mm/s^2 영역에 있기 때문에 최대측정범위를 0.1g로 설정한다. 또한 최소 측정범위는 1×10-6g(0.01mm/s^2)의 분해능으로 설정하여 계측을 실시한다. 센서의 위치는 그림 1.1과 같이 건물 중심에 장변 및 단변방향으로 서보가속도계를 1개씩 설치하며, 건물 단부에 장변 및 단변방향(비틀림 방향)으로 설치하여 총 4개의 채널로 동시계측을 한다. 상시진동계측시 일반적으로 20회 반복으로 계측하고, 각각에 대하여 FFT분석을 하여 분석 결과의 평균값을 구하고 이 평균값을 고유진동수 데이터로 이용한다. 이때 상시진동계측시 샘플링 간격은 건물의 높이와 형태에 따라 다르지만 일반적으로 아파트 수평진동의 경우 20Hz~100Hz로 계측하며, LPF의 차단진동수는 10Hz로 선정한다. 또한 노이즈 외력이

상시진동 입력파형보다 큰 데이터는 제거하고 다시계측을 실시하여 정확한 진동파형을 얻으며, 전기적 신호의 노이즈의 제거를 위해서는 신호측정기를 옥상의 철제 난간 등에 접지해야하며, 계측시의 Low Pass Filter는 최소한 각 건물의 3차 진동수 2배 이상으로 설정한다.

진동계측 장비는 정밀 진동분석을 위해 가속도계, 증폭기, 신호분석기가 사용하고 있으며, 그림 3-12(a)는 건물옥상에 설치한 모습을 보여주고 있으며, 이때 사용된 주파수 분석기 포함 기타장비는 그림 3-12(b)와 같다.

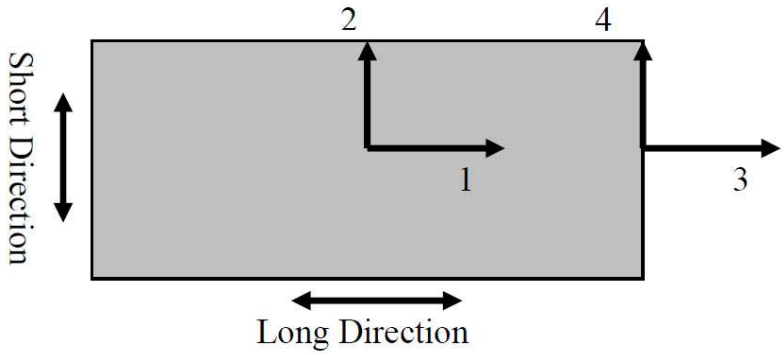


그림 3-11. 건물의 센서위치



(a) 서보형 가속도계 설치장면 (b) 주파수 분석기 및 기타장비

그림 3-12. 서보형 가속도계 설치 및 기타장비

(나) 인력가진 실험의 기술적 요소

상시진동 실험 완료 후에 계측현장에서 파형을 분석하여 고유진동수보다 고차모드 진동수의 파워가 큰 경우도 가끔씩 발생하는 등

계측한 고유진동수의 검증이 필요한 경우가 있다.

이 경우에 건물의 고유진동수에 동조시켜서 어떤 방법으로 반복적으로 가진을 하면, 건물의 응답진폭은 공진 현상에 따라 서서히 커진다. 이러한 공진형상을 이용한 가진법 중에 인력가진 방법이 있다. 상시진동 레벨이상의 진폭을 얻기 위해서는 건물의 고유주기에 될 수 있는 한 정확한 피치와 충분한 반복횟수가 필요하다.

인력가진법을 건물의 높이 즉, 고층, 중층, 저층 인력가진으로 구분하며, 가진각도에 따라 수평가진, 경사가진으로 분류하여 각 상황에 맞게 실험을 진행한다. 그림 3-13은 건물별 인력가진법의 적용 방식이다.

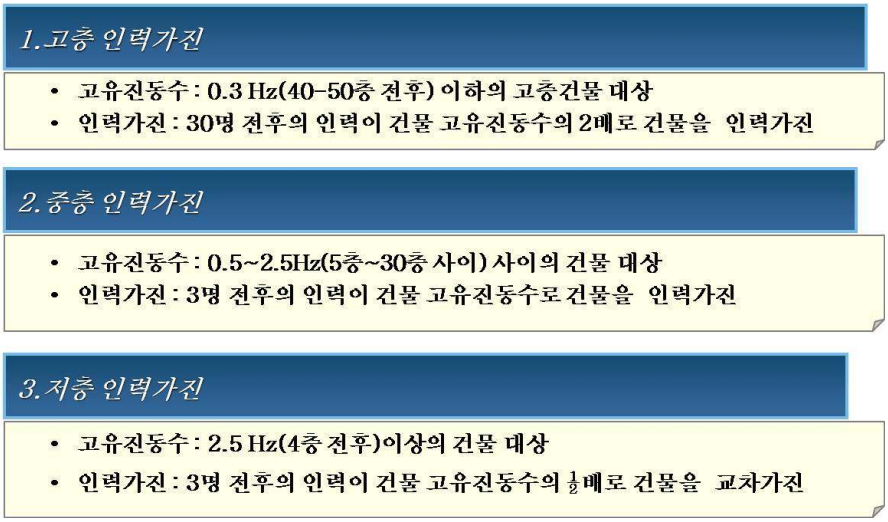


그림 3-13. 건물별 인력가진법의 적용

일반적으로 중층건물은 1개조(2~3명)단위로 실험이 수월하게 진행 될 수 있으나, 본 연구와 같은 저층형 건물의 경우 예를 들어 2.5Hz의 고유진동수을 지닌 건물의 경우 1개조로 반복적으로 가진하기는 불확실할 뿐만 아니라 매우 불안정하다. 따라서 교차 인력가진을 통해 고유진동수의 1/2을 2개조로 반복적으로 가진하는 방법을 사용하며, 그림 3-14는 교차 인력가진을 통해 얻은 건물의 고유진동수와 일치하는 가진을 실행하는 모습을 보여주고 있다. 인력

을 이용한 가진 피치의 정밀도를 올리기 위해서는 상시진동 측정 등에 따라 확인되어 있는 고유진동수에 펄스음을 발생시켜 가진 실시자에게 주지시키는 방법을 이용한다.

그림 3-15는 인력가진의 방법에 따른 파형을 보여주고 있다. (a)의 경우 일반적인 1개조를 통한 인력가진 파형이며, (b)의 경우 2개조를 나누어 가진하여 얻은 파형이다. 일반적으로 가진 횟수에 대해서는 인간의 체력적인 면에서 한계가 있어, 건물이 정상진동 상태에 도달하기 전에 정지시키지 않을 수 없는 경우가 많다. 따라서 인력가진의 방법으로 단변과 장변 각각 10~20회 정도 가진한다.

가력위치는 중앙코어부나 벽체부분을 가력하며, 1회는 계측기기의 계측조건의 설정과 가진 상황을 체크하고, 2회는 본 실험을 하는 방법이 보다 정확한 데이터를 얻는다. 이 인력가진법은 경험적으로 0.5~2초 정도의 범위의 고유주기 건물에 적당하며, 특별히 1초 전후의 주기에서의 가진이 가장 쉽고 공진파형도 잘 나타나는 것으로 알려져 있다.

주의사항으로는 인력가진 시 건물을 미는 힘으로써 사람의 체중이동에 따른 관성력을 이용하기 때문에 특별한 기계장치는 필요하지 않지만 2명 이상이 가진할 때에는 서로 호흡을 맞춰 진동을 만드는 것이 가장 중요하다. 또한 그림 3-16은 실제로 건물 옥상에서 인력가진을 하고 있는 장면을 보여주고 있다.

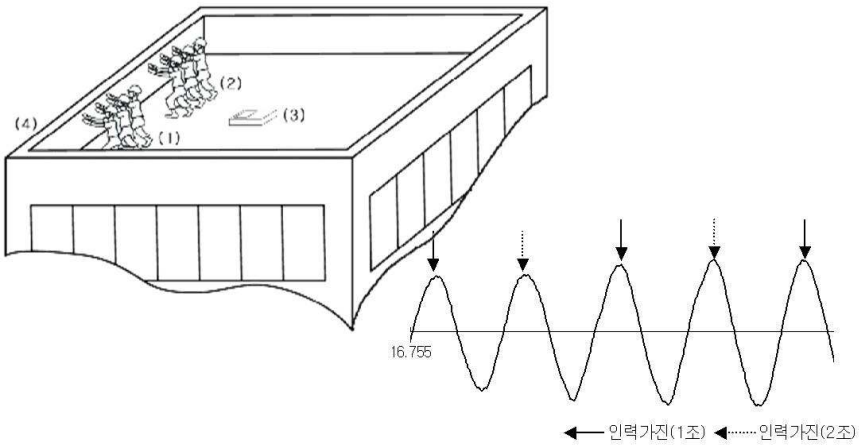
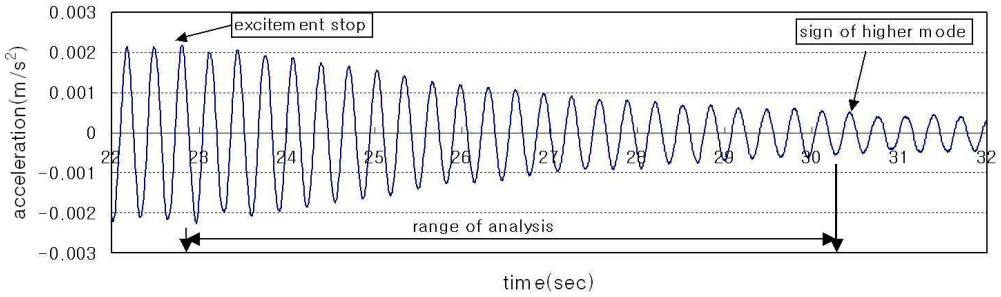
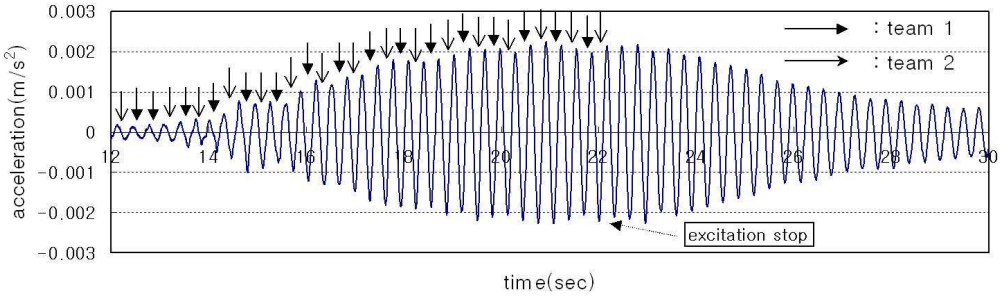


그림 3-14. 교차 인력가진 적용방법



(a) 1개조 인력가진을 통해 얻은 파형



(b) 교차인력가진을 통해 얻은 파형

그림 3-15. 인력가진의 방법에 따른 파형



그림 3-16. 인력가진 가진 장면

(2) 요소기술 통합성능평가

(가) 개요

내진성능을 정확하게 평가하기 위하여 최근 성능에 기초한 평가 방법이 개발되고 있다. 이 평가 방법에서는 재현주기에 따른 지진하중과 구조물의 다양한 성능 수준을 정하고, 각 지진하중과 허용하는 성능수준을 고려하여 성능목표를 정한다.

성능기초 평가에서 두 개 이상의 하중과 성능수준을 만족하게 할 수 있는 성능목표를 가지게 된다. 기본적으로는 500년 재현주기 하중에 대하여 인명안전의 성능수준과 2400년 재현주기의 하중에 대하여서는 붕괴방지의 성능수준을 만족하여야 한다.

이러한 평가 방법에서 사용할 수 있는 해석방법은 탄성정적 및 동적 해석과 비탄성 정적 및 동적해석 총 네 가지를 모두 허용한다. 이러한 성능에 기초한 평가 및 보강 절차는 다음 그림 3-17과 같다.

그림 3-17. 건물의 내진성능 보강절차

평가절차는 현재까지 많이 개발되고 있는데 대표적인 것은 변위계수법과 능력스펙트럼 법이 있다. 본 장에서는 콘크리트 건물에 많이 적용되는 능력스펙트럼법에 대해서 간단히 소개한다. 능력스펙트럼법에서는 구조물의 능력스펙트럼과 지진하중에 대한 요구스펙트럼을 찾아 교차점을 구하고 그 교차점을 성능점이라고 한다. 성능점하에서 발생하는 구조물과 그 구성 부재의 변위가 지진에 대한 요구 변위가 되고 각 기준에서 정하는 허용한계를 넘어서는 않된다. 능력스펙트럼법에 따른 성능평가는 별책의 기준에 기술되어 있다.

본문에서는 일반인들이 사용할 수 있도록 엑셀을 이용하여 성능점을 계산하도록 개발된 프로그램을 다음에서 소개하기로 한다.

(나) 성능평가 절차

① 구조해석을 통한 층모드 입력

A열과 B열에 층명과 층높이를 대입하고 F열에 일차모드를 입력하면 G열에서 자동적으로 지붕층이 1로 정규화(normalized)된 값으로 변환하고 그림을 그려준다.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	Story	Level (m)	X (m)	Y (m)	Mode	UX	normalize
3	Roof	39,00	85,51	8,41	1	0,01709	1,00000
4	15F	36,40	85,49	8,23	1	0,01616	0,94530
5	14F	33,80	85,49	8,19	1	0,01517	0,88756
6	13F	31,20	85,49	8,23	1	0,01414	0,82731
7	12F	28,60	85,49	8,19	1	0,01306	0,76401
8	11F	26,00	85,49	8,23	1	0,01194	0,69837
9	10F	23,40	85,49	8,17	1	0,01078	0,63069
10	9F	20,80	85,49	8,19	1	0,00959	0,56125
11	8F	18,20	85,49	8,12	1	0,00838	0,49041
12	7F	15,60	85,49	8,13	1	0,00717	0,41927
13	6F	13,00	85,49	8,09	1	0,00596	0,34848
14	5F	10,40	85,49	8,10	1	0,00476	0,27864
15	4F	7,80	85,49	8,04	1	0,00360	0,21060
16	3F	5,20	85,49	8,09	1	0,00249	0,14578
17	2F	2,60	85,49	8,04	1	0,00147	0,08600
18	1F	0,00	85,47	8,06	1	0,00056	0,03282

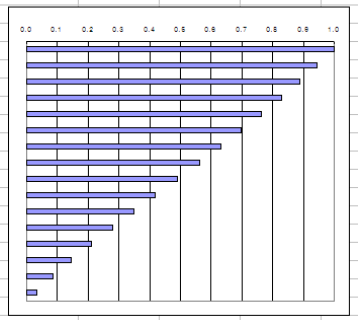


그림 3-18. 층모드의 입력

(나) 모드참여계수의 계산

D1에 건물의 전체 고정하중을 입력하면 자동적으로 B1에서 질량으로 환산하고 이에 따른 모드참여 및 질량계수를 계산한다.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	m=	9231,735	DL=	90471	kN			
2	T(sec)	1,13						
3	Sa(g)=	0,34						
4	층수	ϕ_i	w/g	$wi/g*\phi_i^2$	ϕ_i	$wi/g*\phi_i$	$wi/g*\phi_i^2$	a1(g)
5	Roof	1,0000	45,34	45,34	0,0615	2,79	0,171	0,485
6	15F	0,9453	45,34	40,51567	0,0581	2,63	0,153	0,458
7	14F	0,8876	45,34	35,7174	0,0545	2,47	0,135	0,430
8	13F	0,8273	45,34	31,03243	0,0508	2,31	0,117	0,401
9	12F	0,7640	45,34	26,46552	0,0470	2,13	0,100	0,370
10	11F	0,6984	45,34	22,11349	0,0429	1,95	0,084	0,339
11	10F	0,6307	45,34	18,03484	0,0388	1,76	0,068	0,306
12	9F	0,5612	45,34	14,28215	0,0345	1,56	0,054	0,272
13	8F	0,4904	45,34	10,90418	0,0301	1,37	0,041	0,238
14	7F	0,4193	45,34	7,970195	0,0258	1,17	0,030	0,203
15	6F	0,3485	45,34	5,506166	0,0214	0,97	0,021	0,169
16	5F	0,2786	45,34	3,520102	0,0171	0,78	0,013	0,135
17	4F	0,2106	45,34	2,01094	0,0129	0,59	0,008	0,102
18	3F	0,1458	45,34	0,963585	0,0090	0,41	0,004	0,071
19	2F	0,0860	45,34	0,335296	0,0053	0,24	0,001	0,042
20	1F	0,0328	45,34	0,048834	0,0020	0,09	0,000	0,016
21	Base	0	0	0				
22	합 계		725,44	264,7608	0,511723	23,20153	1	4,036738
24				PF_{RF}	**1,43**	(eq. 8-20a)		
25				α_m	**0,74205**	(eq. 8-21)		
26				a_{RF}	0,484807	(eq. 8-22)		

그림 3-19. 모드 참여계수의 산정

(다) 하중 변형도 곡선의 이선형화

구조해석 프로그램을 이용하여 얻어진 변위와 하중을 B열과 C열에 입력하면 아래 그림 3-20과 같이 곡선이 나타나 하중-변위 곡선을 확인할 수 있다. 이때 성능점 산정을 위하여 이선형화(bilinearization)을 위하여 항복점(yidle point)과 최대점(maximum point)를 조정한다. G열에 성능점산정에 필요한 상수들이 자동적으로 산정되도록 되어있다. 사용자는 구조물의 특성에 따라 kapa의 값을 조정한다.

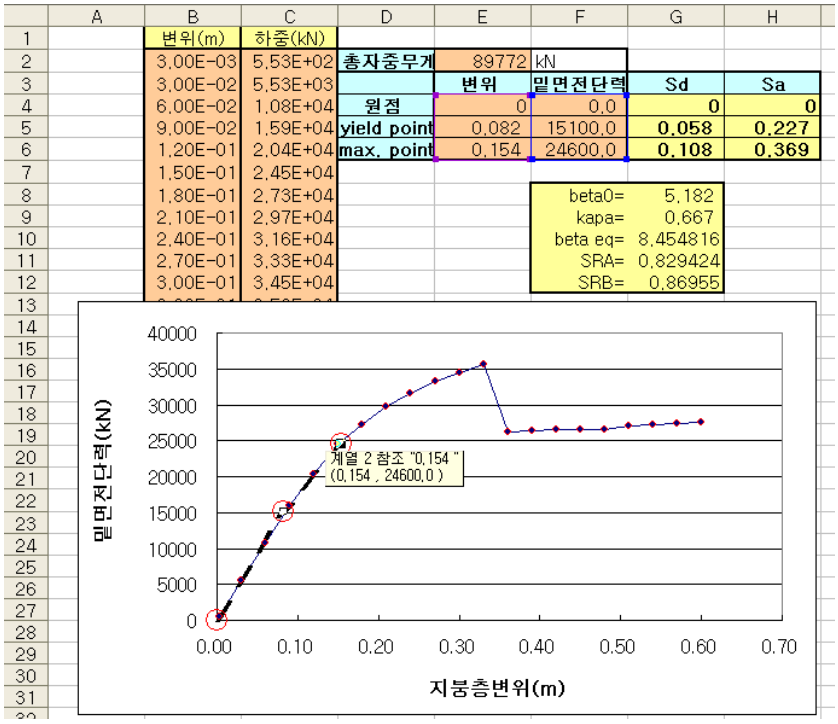
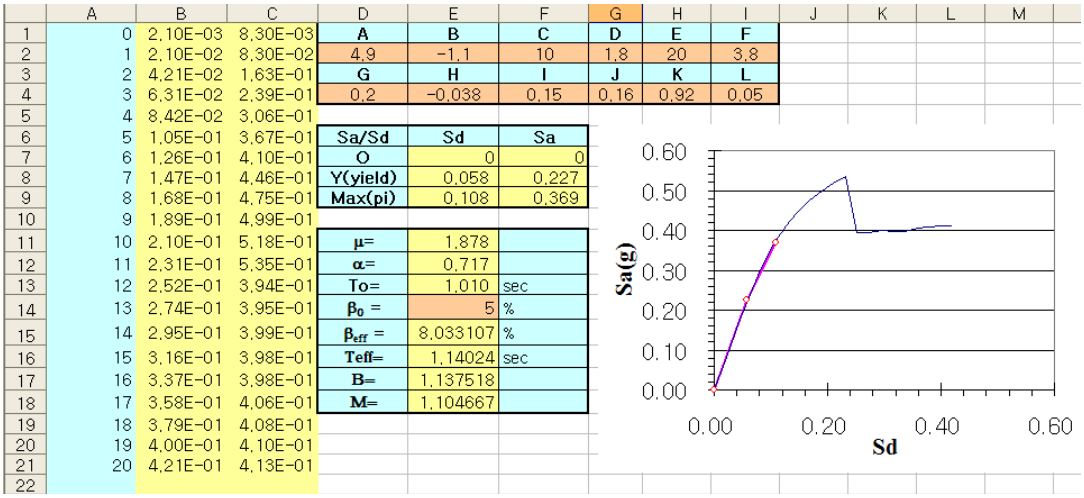


그림 3-20. 하중-변위도의 이선형화

(라) 스펙트럴 변위와 가속도 곡선 작성

앞에서 변위와 하중의 값이 입력되면 자동적으로 스펙트럴 변위 S_d와 스펙트럴 가속도 S_a가 작성되고 그래프로 확인할 수 있다. 또한 필요한 변수들이 자동으로 산정된다.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	0	2.10E-03	8.30E-03	A	B	C	D	E	F
2	1	2.10E-02	8.30E-02	4.9	-1.1	10	1.8	20	3.8
3	2	4.21E-02	1.63E-01	G	H	I	J	K	L
4	3	6.31E-02	2.39E-01	0.2	-0.038	0.15	0.16	0.92	0.05
5	4	8.42E-02	3.06E-01						
6	5	1.05E-01	3.67E-01	Sa/Sd	Sd	Sa			
7	6	1.26E-01	4.10E-01	O	0	0			
8	7	1.47E-01	4.46E-01	Y(yield)	0.058	0.227			
9	8	1.68E-01	4.75E-01	Max(pi)	0.108	0.369			
10	9	1.89E-01	4.99E-01						
11	10	2.10E-01	5.18E-01	μ=	1.878				
12	11	2.31E-01	5.35E-01	α=	0.717				
13	12	2.52E-01	3.94E-01	To=	1.010	sec			
14	13	2.74E-01	3.95E-01	β_0 =	5	%			
15	14	2.95E-01	3.99E-01	β_{eff} =	8.033107	%			
16	15	3.16E-01	3.98E-01	Teff=	1.14024	sec			
17	16	3.37E-01	3.98E-01	B=	1.137518				
18	17	3.58E-01	4.06E-01	M=	1.104667				
19	18	3.79E-01	4.08E-01						
20	19	4.00E-01	4.10E-01						
21	20	4.21E-01	4.13E-01						
22									

그림 3-21. 스펙트럴 변위와 가속도 곡선 작성

(마) 성능점의 자동계산과 확인

국내 지진동 스펙트럼의 상수를 입력하면 자동적으로 스펙트럼이 생성되며 앞에서 구한 Sd-Sa 곡선과 같이 도시화 되어 최대 절점이 성능점이 됨을 확인할 수 있다. 만약 최대 점이 감소된 스펙트럼과 교차하지 않을 경우는 앞의 (다)번으로 다시 가서 이중화곡선의 최대점과 항복점을 이동하여 성능점이 스펙트럼과 교차하도록 한다.

지진하중을 입력할 때 R과 I_E의 값은 1을 대입한다. 2400년 재현주기의 S 값은 지진구역 1일 때 0.22, 지진구역 2일 때 0.14를 대입한다. 500년 재현주기의 S 값은 지진구역 1일 때 0.11, 지진구역 2일 때 0.07를 대입한다.

Fa와 Fv는 KBC 2009 기준에 따른 계수이며, 해당되는 지진하중에 따라 Interpolation 하도록 되어 있다. 곡선을 작성하는데 필요한 계수는 다시 한번 정리되어 있다.

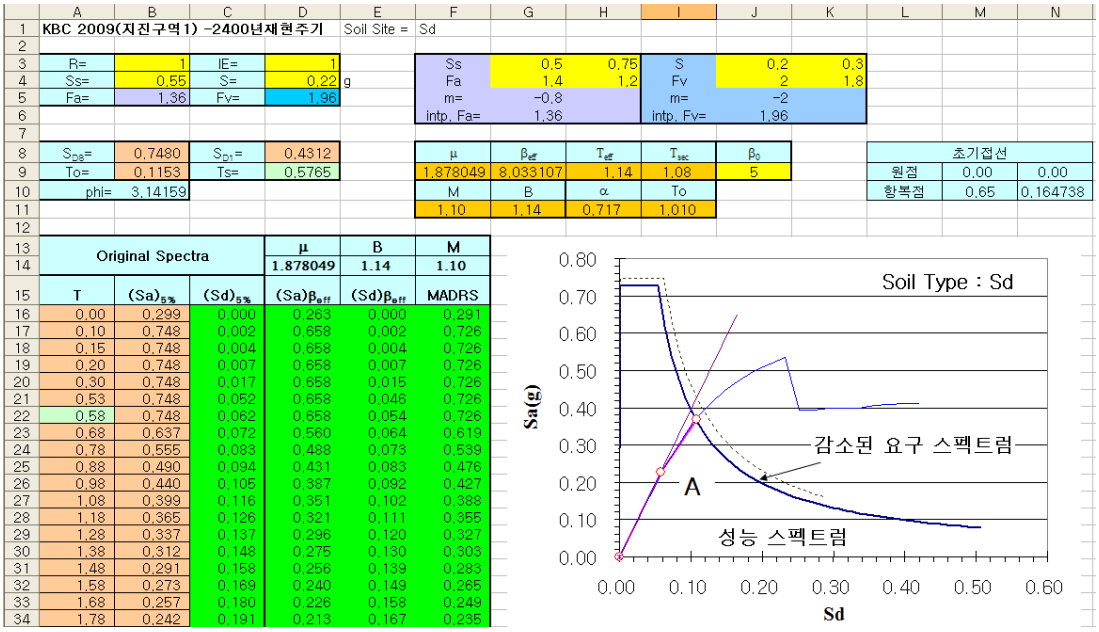


그림 3-22. 성능점의 산정

나. 진동저감능력 증가를 위한 제진시스템 개발

(1) 최상층 설치형 : 증축층을 활용한 동조질량감쇠기

(가) 증축층을 활용한 동조질량감쇠기 개요

동조질량감쇠기(Tuned Mass Damper, TMD)는 구조물의 동적 응답을 감소시키기 위해 질량체, 강성, 그리고 감쇠로 구성된 장치이다. 동조질량감쇠기의 진동수는 구조물의 특정 진동수에 동조되어 그 진동수가 가진 될 때 감쇠기의 거동은 구조물의 거동과 반대의 위상으로 거동하게 되고 감쇠기의 관성력에 의하여 구조물의 에너지가 소산된다.



그림 3-23. 일본 Chiba Port Tower에 설치된 TMD

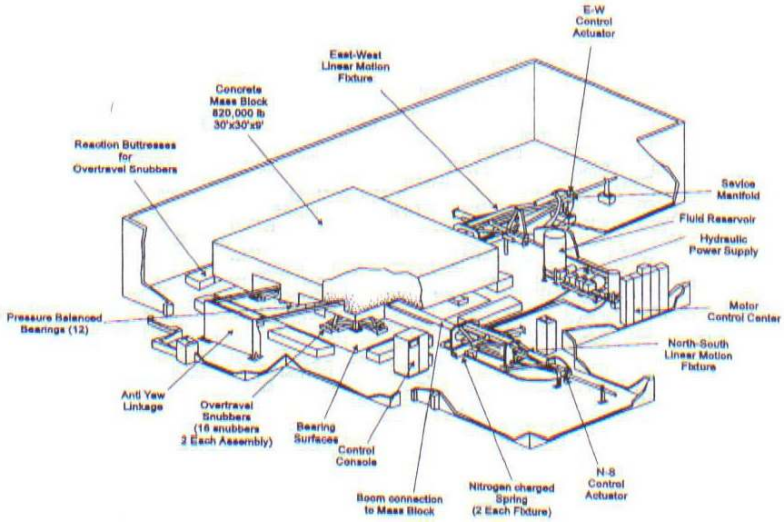


그림 3-24. Citicorp 센터에 설치된 TMD, New York

(나) 기존기술과의 차별성

본 연구에서는 크게 3가지의 연구 주제로 준능동 동조질량감쇠기 개발과 레일의 정지마찰력을 이용한 수동형동조질량감쇠기 최적설계기법, 증축층을 활용한 동조질량감쇠기 개발을 수행하였다.

먼저, 준능동 동조질량감쇠기는 기존 강성 또는 감쇠중 한가지만을 변화시키는 경우가 일반적이나 본 연구에서 제안하는 준능동 동조질량감쇠기 제어 알고리즘은 강성 및 점성을 동시에 변화시킬 수 있는 알고리즘 제안과 상세를 제시하였다.

레일의 정지마찰력을 이용한 수동형동조질량감쇠기의 차별성은 기존 수동형 동조질량감쇠기 설계시 레일의 마찰력을 최소화되었는 가정하에 이를 무시하고 있다. 하지만 본 연구에서는 기존에 마찰력을 최소화한 후 여기에 다시 부가의 감쇠장치를 사용하는 상호모순적인 설계과정을 개선하여, 레일의 마찰이 감쇠장치의 감쇠력과 같이 TMD의 거동을 제한한다는 사실에 기초함으로써 레일의 운동마찰력을 고려한 TMD의 최적 설계를 통해 TMD의 성능을 증가시키는 레일의 최적마찰력을 산정하였다.

마지막으로 증축층을 활용한 동조질량감쇠기는 리모델링 시, 1~3개층 수직증축되는 층을 활용하여 동조질량감쇠와 동일한 원리로 거동하게 하는 설계기술로, 국내에서는 관련 기술이 개발되고 있지

않으며, 외국의 경우에도 신축 구조물과 기존 구조물의 격리를 위한 방법으로 사용되고 있다.

(다) 증축층을 활용한 동조질량감쇠기 연구개발 내용 결과

① 준능동 동조질량감쇠기

㉮ 강성-점성변환 시스템을 갖는 준능동 동조질량 감쇠기

기존 제안 및 설치된 준능동 동조질량감쇠기의 경우에는 강성 또는 점성중 한가지만을 변화시키는 경우가 일반적이고, 일반적인 동조질량감쇠기의 형상에서 크게 벗어나지 않으며, 강성 또는 점성을 변화시킬 수 있는 별도의 장치를 사용하기 때문에 이 장치를 제작하는데 큰 비용이 소요된다는 문제점이 있다. 또한, 강성 또는 점성을 실시간으로 변화시키기 위해서는 입력신호를 계산하기 위한 컴퓨터가 부가적으로 요구되고, 종래의 변환강성시스템은 가새부재의 연결 상태를 조절하기 위해 복잡한 형태의 접합부가 필요하며, MR 감쇠기를 사용하는 준능동 동조질량감쇠기의 경우에는 유체의 특성이 매우 고가이고, 내구성이 검증되지 못해 실제 건축구조물에 설치되는데 어려움이 있다는 문제점이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 강성 및 점성자체의 변화를 위한 장치를 사용하지 않고, 준능동 동조질량감쇠기의 제어알고리즘을 구현할 컴퓨터를 필요로 하지 않으며, 센서를 통해 계측된 신호에 따라 브레이크의 작동상태만을 조절하여 납-고무베어링을 이용하여 브레이크 상부에 설치된 TMD의 유효강성과 유효점성을 변화시키는 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

이러한 목적을 달성하기 위하여 본 연구를 통해 제안한 강성-점성변환 시스템을 갖는 준능동 동조질량감쇠기의 구성은 그림 3-25와 같고, 각 부분의 구성은 다음과 같다.

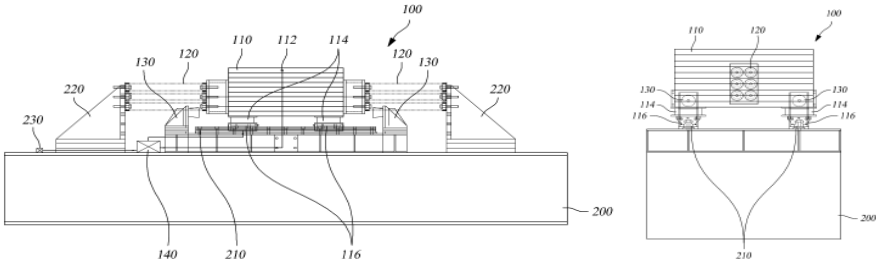


그림 3-25. 강성-점성변환 시스템을 갖는 STMD

먼저, 구조물에 고정되는 가이드레일, 상기 가이드레일을 따라 이동 가능하도록 설치된 TMD(Tuned Mass Damper, 동조질량감쇠기) 질량체와 TMD 질량체에 탄성력을 인가하는 스프링, 전동식 브레이크를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 준능동 동조질량감쇠 장치를 제공한다. 이러한 기본적인 구성상태외에 준능동 알고리즘 구현 및 외력을 파악하기 위해 TMD 질량체에 발생하는 가속도를 계측할 수 있는 가속도센서와 외력에 의해 발생한 구조물의 속도 계측을 위한 속도계, 그리고 이 두가지 신호를 바탕으로 TMD 가이드레일에 설치된 전동식 브레이크를 작동시키는 컨트록 박스등이 추가로 구성된다.

이상에서 설명한 바와 같이, 종래에 사용된 별도의 감쇠장치를 사용하지 않고 종래의 수동형 TMD에 납-고무베어링과 전동식 브레이크를 장착하고, TMD 질량체를 가이드레일 위에 설치함으로써 상기 전동식 브레이크의 작동에 따라 상기 TMD 질량체와 납-고무베어링에 의한 유효강성 및 유효점성을 동시에 변화시킬 수 있다는 효과가 있다.

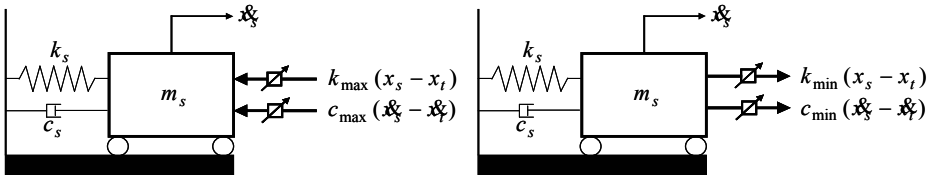
그리고 컴퓨터를 사용하지 않고 센서에서 계측된 신호의 부호에 따라 상기 컨트롤박스에서 상기 전동식 브레이크의 작동여부만 결정하여 상기 전동식 브레이크를 작동시키기 때문에 시스템의 안정성 및 유지관리가 우수하다는 효과가 있다.

또한, 전동식 브레이크가 작동된 후에 TMD 질량체는 스프링과 하단에 설치된 납-고무베어링에 의해서만 거동하게 되고, 이때, 상기 납-고무베어링의 점성과 강성에 의해 TMD 질량체에 추가

적인 강성이 발생되어 구조물의 진동이 추가적으로 감쇠된다는 효과가 있다.

㉯ STMD 제어알고리즘

STMD의 강성과 점성을 조절하기 위한 제어 알고리즘은 식 3.2.19로부터 TMD가 설치된 바닥판의 속도와 TMD와 바닥판의 상대 속도 혹은 상대 변위의 부호가 반대여서, 그림 3-26(a)와 같이 TMD에 강성과 점성에 의해 구조물에 전달되는 힘의 방향이 구조물의 운동방향과 반대여서 구조물의 에너지를 흡수하는 경우에는 강성과 점성을 최대로 연결하고, 그림 3-26(b)와 같이 반대로 강성과 점성에 의해 구조물에 전달되는 힘의 방향이 구조물의 운동방향과 동일하여 에너지를 증가시키는 경우에는 강성과 점성을 최소로 연결하도록 하였다.



(a) STMD 강성 및 점성 최대　　(b) STMD 강성 및 점성 최소

그림 3-26. STMD 제어 알고리즘

㉰ 수치해석

기존 최적 설계된 수동형 동조질량감쇠기와 본 연구에서 제안하는 설계알고리즘을 사용한 준능동 동조질량감쇠기에 대한 수치해석을 통해 성능을 비교 검토하였다.

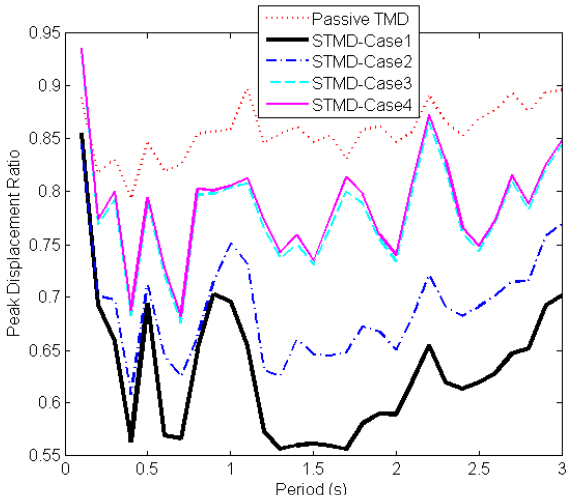


그림 3-27. STMD와 TMD가 설치된 구조물 탄성 변위응답 스펙트럼비

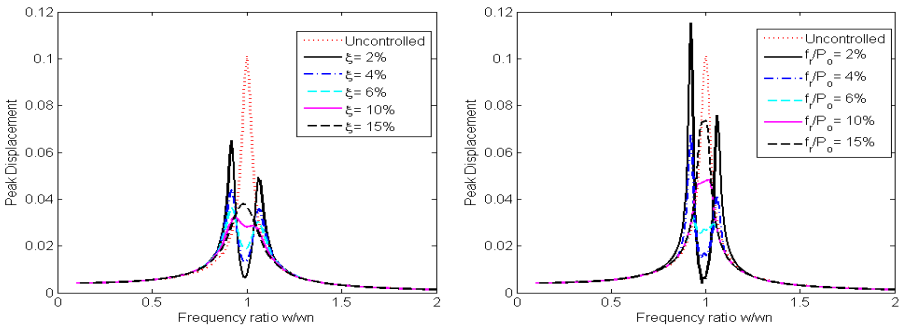
그림 3-27은 수동형 TMD와 STMD가 설치된 탄성구조물의 변위응답스펙트럼을 보여준다. STMD에 의해 수동형 TMD의 변위응답감소성능이 크게 개선됨을 알 수 있다. STMD에서는 강성과 점성이 모두 가변적인 Case-1, 2가 Case-3, 4보다 우수한 제어성능을 보이며, 강성이 가변폭이 큰 Case-1이 Case-2보다 최대변위를 더 크게 줄임을 알 수 있다. 이것은 TMD 강성의 가변이 가능하다면 가능한 큰 폭의 대역으로 변하는 것이 변하는 것이 변위제어에 있어 유리함을 의미한다. Case-3과 Case-4를 비교하면 비록 차이는 크지 않지만 본 연구에서와 같이 TMD와 구조물의 상대적인 응답에 대하여 구조물의 속도를 기준으로 점성의 크기를 결정하는 것이 변위를 기준으로 하는 것보다 변위응답제어에 있어 우수한 성능을 보이는 것을 알 수 있다.

② 레일의 운동마찰력을 고려한 동조질량감쇠기 최적 설계

본 연구에서는 기존에 마찰력을 최소화한 후 여기에 다시 부가의 감쇠장치를 사용하는 상호모순적인 설계과정을 개선하여, 레일의 마찰이 감쇠장치의 감쇠력과 같이 TMD의 거동을 제한한다는 사실에 기초함으로써 레일의 운동마찰력을 고려한 TMD의 최적 설계를 통해 TMD의 성능을 증가시키는 레일의 최적마찰력을 산정

하였다.

㉮ 조화하중 지반가진 해석



(a) 일반 TMD (b)마찰력이 고려된 TMD

그림 3-28. 지반가진된 조화하중에 의한 최대변위응답

그림 3-28은 주기가 0.4초이고 감쇠비가 2%인 질량 정규화된 단자유도 시스템에 대하여, 질량비 2%를 가지는 TMD가 설치된 경우의 수치해석 결과를 보여준다. (a)는 일반적인 TMD와 같이 마찰력이 0이고 점성이 변하는 경우의, (b)는 점성이 0이고 마찰력이 변하는 경우의 가진 진동수에 따른 최대변위응답을 보여준다. 그림에서 알 수 있듯이 TMD의 선형점성감쇠와 마찰력은 TMD가 설치된 구조물의 주파수 응답에 유사한 영향을 준다. 즉 TMD의 점성과 마찰의 크기가 작은 경우에는 TMD가 설치되지 않은 구조물의 고유진동수의 단일 peak값을 두 개의 peak로 분리하는 역할을 한다. 이는 구조물의 진동수와 동조된 TMD는 하중의 진동수가 구조물의 진동수와 같은 경우에는 응답을 크게 감소시키나 하중의 진동수가 구조물의 진동수보다 작거나 큰 경우에는 오히려 구조물의 응답을 증폭시킴을 의미한다.

점성감쇠와 마찰력이 증가함에 따라 고유진동수 부근에서 분리되었던 두 개의 peak값은 점차로 감소하고 고유진동수 부근의 응답은 점차로 증가하는 경향을 가진다. 이는 점성과 마찰이 TMD의 움직임을 방해함으로써 비록 공진된 경우의 응답은 점성과 마찰

이 없는 경우보다 증가시키나 공진되지 않은 경우에 TMD에 의해 증폭되었던 구조물의 응답을 감소시킴을 의미한다. 하중의 진동수 성분과 구조물의 진동수가 항상 일치하는 것은 아니기 때문에 TMD는 어느 정도의 점성을 가질 때 최적의 성능을 보이는 것으로 알려져 있으며, 최적감쇠비는 전술한 바와 같이 모든 진동수에 대한 가장 작은 주파수 응답의 적분 값을 산정하는 경우이다.

그림 3-29는 2%와 5%의 감쇠비를 가지는 구조물에 최적감쇠비와 최적마찰력을 사용하여 TMD을 설치한 경우의 질량비에 따른 J_x값의 비교를 보여준다. 최적마찰력이 최적감쇠비보다 J_x를 더 작게 만드는 것을 알 수 있다. 이는 마찰력을 최적화시키는 것이 가능하다면 TMD에 부가의 선형점성감쇠기를 설치하는 것보다 우수한 성능을 확보할 수 있음을 의미한다.

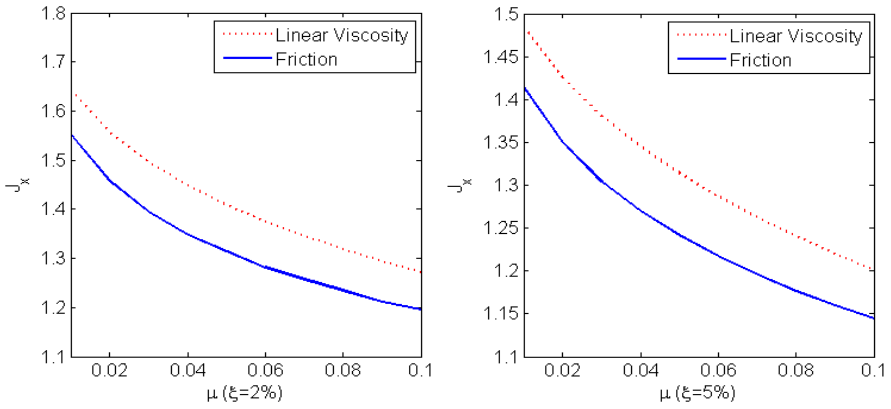


그림 3-29. 선형 점성과 마찰력에 의한 J_x비교

(라) 증축층을 활용한 동조질량감쇠기 설계

해석대상 구조물은 시범사업 표준모델인 서울시 개포동에 위치한 15층 규모의 철근 콘크리트 벽식 공동주택을 대상으로 하였다. 표준모델 및 면진장치를 설치한 층축층 모델에 대한 수치해석은 상용 구조해석 프로그램인 MIDAS를 사용하였고, 면진장치의 비선형 이력을 고려하여, MIDAS의 해석기법인 비선형 시간이력 해석으로

El Centro (1940, NS성분) 지진파를 하중크기를 50%로 감소시킨 후, 해석을 수행하였다. 표준모델에 대한 수치해석 결과 장변방향의 고유진동수는 0.44Hz로 나타났다.

면진장치가 설치된 수직증축모델은 증축층 중 1개 부분에 LRB를 설치한 경우와, 3개, 그리고 전체층을 6개로 나누어 독립 거동을 시킨 경우로 나누어 해석을 수행하였다. 수치해석을 위한 면진장치 강성 설정 및 설치는 다음과 같은 순서로 진행하였다.

① 기존구조물의 고유치 및 시간이력 해석을 통해 구조물의 1차 모드 고유진동수와 층질량을 파악하였으며, 각각 0.44Hz와 840tonf로 나타났다.

② 증축층을 총 6개 구간으로 설정하고, 1개 구간의 질량을 산정(한개구간 질량 160tonf)한 후, 면진장치가 설치되는 상부층 절점 4곳에 분산하여 설정하였다. 이때, 모든 질량은 장변방향으로 거동하게 설정하였다.

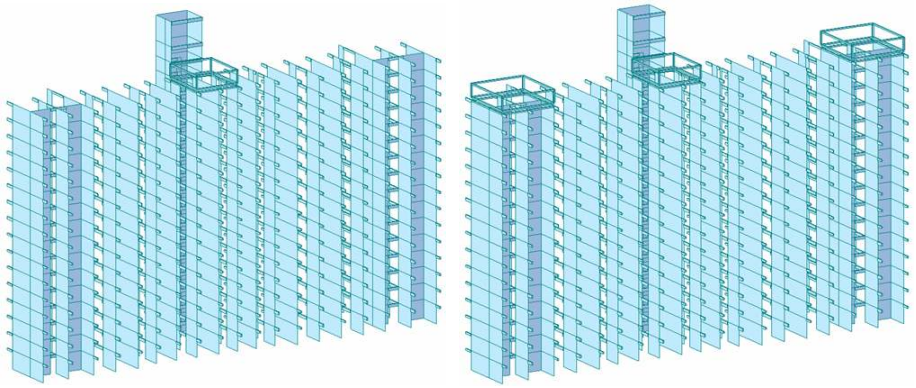
③ 면진장치를 설치하는 절점 한 곳의 질량을 바탕으로 기존 구조체의 고유진동수인 0.44Hz와 동조시키기 위한 횡강성을 설정하였다.

④ 횡강성 설정시 고려되는 강성의 거동방향 x, y, 그리고 z축에 대하여 모두 선형 상태에서의 유효 강성을 설정한다. 본 연구에서는 장변방향으로 거동을 유도하기 위해서 z 축 방향의 횡강성 요소만을 고려하였다.

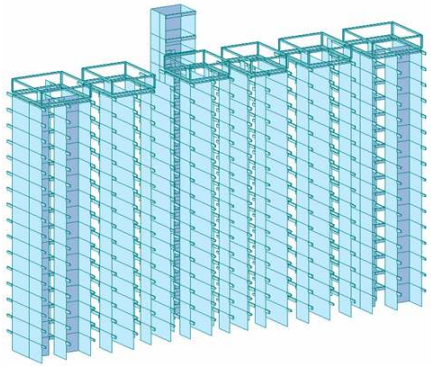
그림 3-30은 앞서 기술한 LRB의 설계요소 입력을 통해 수직 증축층에 1, 3, 그리고 6개소에 면진장치를 설치한 경우에 대한 해석모델을 나타낸다.

본 연구에서는 감쇠장치의 개수에 따른 변위 및 전단력에 대한 응답저감 성능을 검토하였다. 그리고 면진장치의 설계 또는 시공오차에 따른 고유진동수 비동조시 동조질량감쇠기가 구조물의 거동에 미치는 영향을 검토하였다.

그림 3-30의 3가지 경우에 대한 수치해석 수행을 통해 파악된 층변위와 층 전단력 응답을 그림 3-31에 나타내었다.

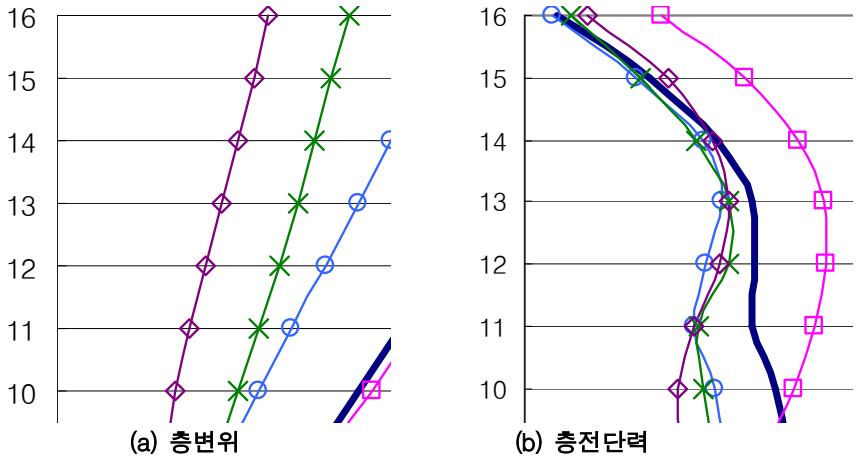


(a) 1개소 (b) 3개소



(c) 6개소

그림 3-30. 면진장치가 설치된 증축층 모델



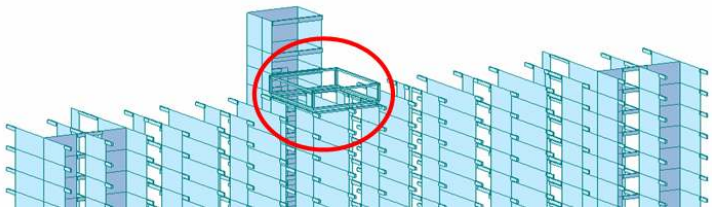
(a) 층변위 (b) 층전단력

그림 3-31. 증축모델에 따른 층별 응답

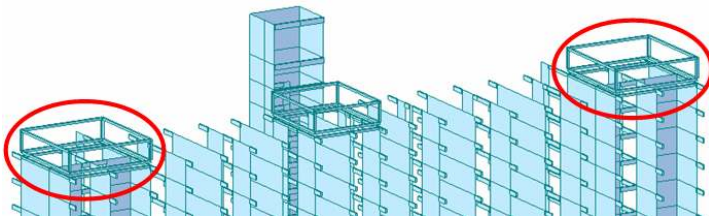
그림에서 나타나듯, 기존 15층 높이의 구조물을 1개층 수직 증축하였을 때, 변위와 전단력 모두 증가하는 것을 알 수 있다. 하지만

중측층 가운데 일부분을 동조질량감쇠기로 설계한 경우, 변위와 전단력 모두 응답저감 효과가 큰 것을 알 수 있다. 또한 면진장치 설치 개소를 증가시킨 경우, 동일한 주기를 갖는 동조질량감쇠기가 여러 대 설치된 경우와 같은 질량비 효과에 따른 응답저감 성능이 크게 증가 되어, 변위응답은 최대 50%이상, 전단력도 30%이상의 저감 효과를 갖는 것으로 나타났다.

앞서 기술한 바와 같이, 설계 또는 시공상에 오류로 인한 면진장치 횡강성이 변화된 경우, 즉 기존 구조물의 고유진동수와 동조질량형 감쇠장치와의 비동조에 따른 응답변화를 검토하였다. 그림 3-32의 (a)는 1개소에 설치된 면진장치의 횡강성이 변화된 경우이고, (b)는 3개소에 설치된 면진장치 중, 양단부에 설치된 곳의 횡강성이 변환된 경우에 대해서 나타낸 것이다. 이러한 비동조시 응답검토를 위해 면진장치의 횡강성을 기준값에 대해서 최대 및 최소값을 40%까지 검토 하였다.



(a) Case 1

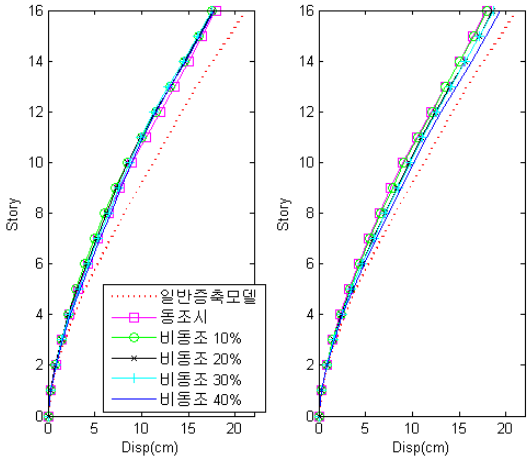


(b) Case 2

그림 3-32. 비조동조 응답 검토를 위한 해석모델

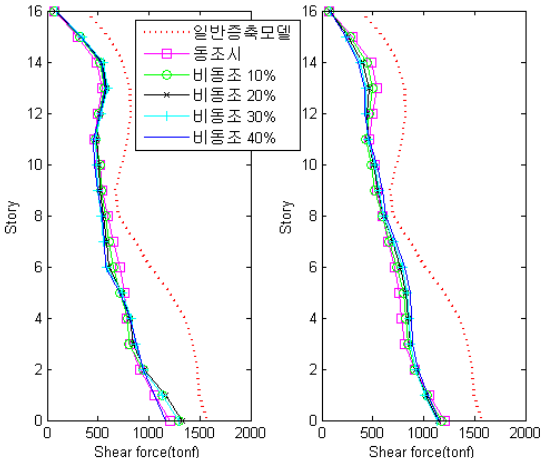
그림 3-33, 3-34는 Case 1에 대한 층 변위 그리고 층 전단력 응답에 대한 변화경향을 나타낸 것이다. 면진장치의 횡강성 변화에 따른 비동조 시, 강성차에 따른 변위 및 전단력 응답간의 차가 발

생하고 있으나, 일반증축모델에 비해 작게 분포되는 것을 알 수 있다. 그러나 강성이 감소되는 경우에는 제어 성능이 감쇠되고 있어, 실제 설계 및 시공시 정확한 동조가 어려울 경우, 동조시키고자 하는 강성보다 큰 강성을 갖게 설계하는 것이 유리할 것으로 판단된다.



(a) 횡강성 증가시 (b) 횡강성 감소시

그림 3-33. 층변위 응답 비교

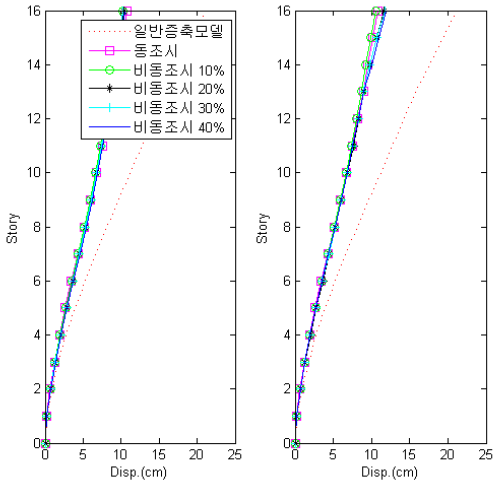


(a) 횡강성 증가시 (b) 횡강성 감소시

그림 3-34. 층전단력 응답

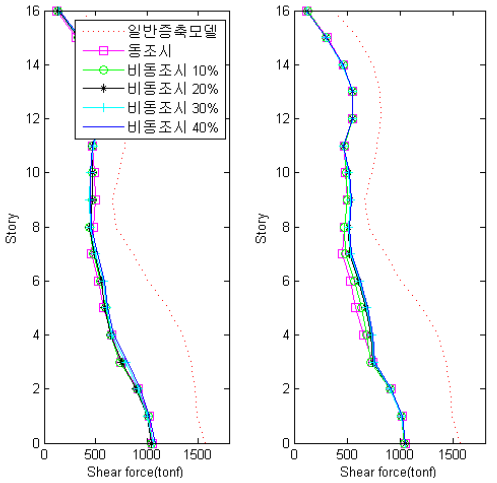
그림 3-35, 3-36은 Case 2에 대한 해석결과를 나타낸 것으로, Case 1의 결과와 유사한 결과를 보이는 것을 알 수 있다. 하지만 Case 1달리 강성 감소 시에도 응답 제어성능의 변화폭이 더 작게 나타나고 있어, 1개소에 설치된 면진장치에 비해 더 안정적인 거동

을 보이는 것을 알 수 있다.



(a) 횡강성 증가시 (b) 횡강성 감소시

그림 3-35. 층변위 응답 비교



(a) 횡강성 증가시 (b) 횡강성 감소시

그림 3-36. 층전단력 응답 비교

(2) 층간설치형 Ⅰ : 기존구초체를 활용한 마찰감쇠기

(가) 인방보형 마찰감쇠기 개요

그림 3-37은 두 개의 전단벽이 인접해 있을 때 횡하중에 의한 휨변형을 나타낸다. 인방보로 연결된 인접한 전단벽이 횡하중에 의해 그림 3-37과 같이 휨변형을 하게되면 벽체 양 끝단의 변형에 의해 인방보에 상대수직변위와 회전각이 발생하게 된다. 횡변위를 줄이

는데 효과적인 인방보가 초기에 항복하게 되면 전체적으로 횡저항 능력이 감소되고 이에 따라 횡변위가 크게 증가하게 된다. 하지만 인접한 전단벽 간의 상대수직변위 또는 회전각이 발생되는 위치에 인방보형 마찰감쇠기를 설치하여 이력거동을 유도하고 에너지소산을 통한 감쇠효과를 얻을 수 있다면 지진과 같은 동적하중에 효과적으로 대응하는 시스템으로 설계할 수 있다.

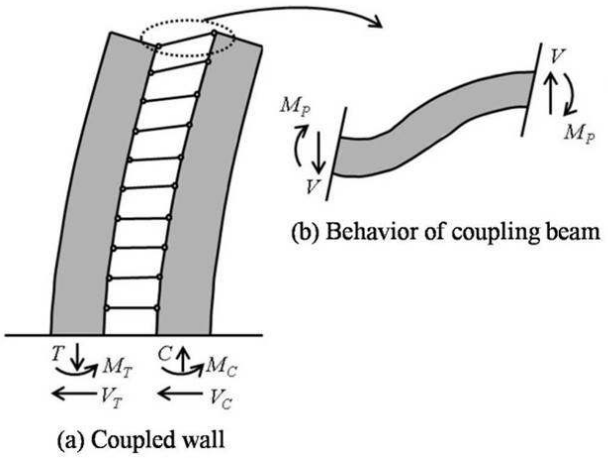
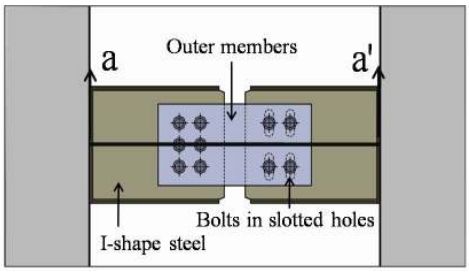
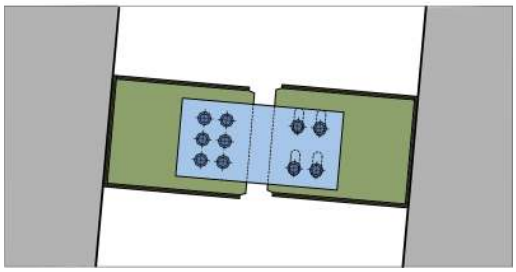


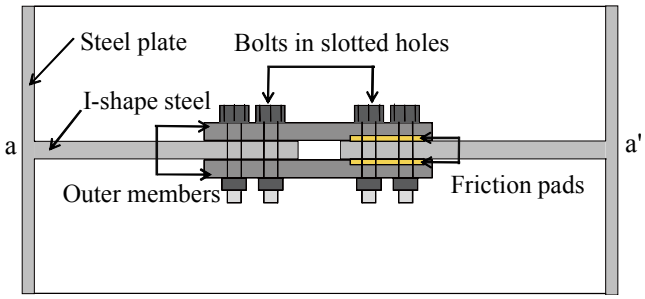
그림 3-37. 전단벽의 휨거동에 의한 인방보의 거동



(a) 입면도



(b) 벽체의 휨변형에 의한 슬롯볼트형 접합부의 슬립



(c) 단면도

그림 3-38. 인방보 사이에 설치된 슬롯볼트형 접합부

(나) 인방보형 마찰감쇠기 구성

그림 3-38은 전단벽의 휨거동을 이용한 슬롯볼트형 접합부의 설치형상과 변형을 나타낸다. 마찰형 감쇠기는 H형강 2개, 덮판 플레이트 2개, 접합용 강판 2개 그리고 마찰재인 동판 2개로 이루어져 있다. 벽체와 마찰형 감쇠기는 앵커를 이용하여 접합한다. 마찰형 감쇠기의 좌측부는 볼트접합부이고 우측부는 슬롯 홀을 이용한 마찰부분이다. 벽체가 휨변형에 의해 회전각이 발생하면 마찰형 감쇠기는 그림 3-38(b)와 같이 슬롯 홀의 길이만큼 변형을 하면서 에너지 소산이 일어나게 된다. 마찰형 감쇠기는 슬롯형 홀을 이용하여 수직변위가 발생하도록 유도하고 철판과 마찰재인 황동판사이의 마찰계수 μ와 볼트의 조임력에 의해 결정되는 인장력 T에 의해 슬립하중이 결정된다. 이때 결정된 슬립하중과 수직변위를 통해 이력거동으로 인한 에너지 소산량이 결정된다.

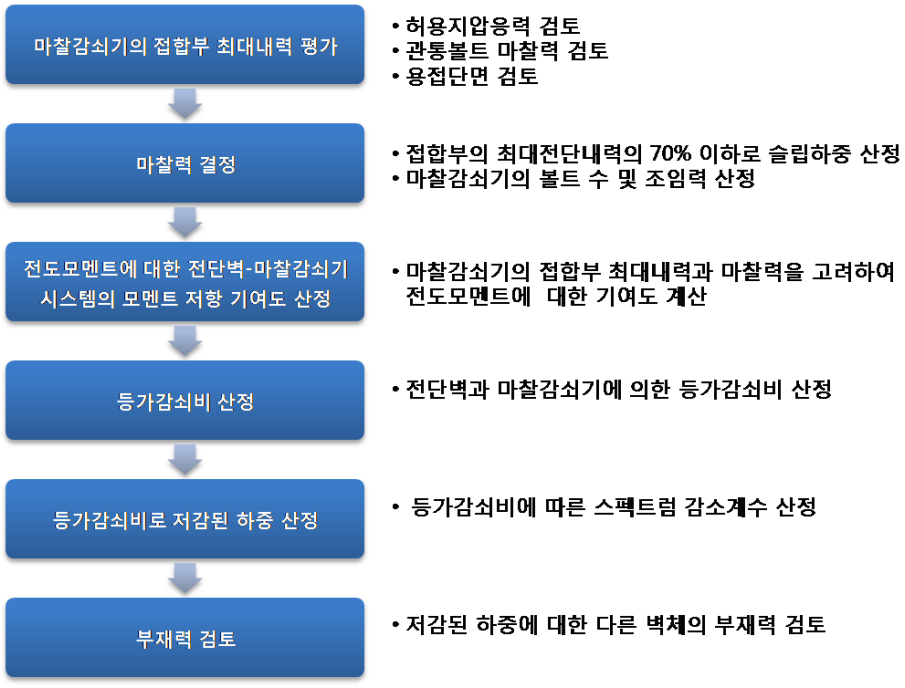


그림 3-39. 인방보형 마찰감쇠기 설계 절차

(다) 인방보형 마찰감쇠기 설치 적격성 평가 및 설계 절차

인방보형 마찰감쇠기는 인접한 두 개 이상의 전단벽을 인방보 대신에 마찰감쇠기를 설치하여 에너지소산능력를 증가시켜 구조물의 내진성능을 향상시키는 방법이다. 인방보형 마찰감쇠기를 노후화된 전단벽식 아파트에 적용하기 위해 다음과 같은 항목을 미리 검토한다.

① 내진보강을 고려하는 방향(전단벽식 아파트의 경우 장변방향)에 기존 인방보 위치 또는 신설벽체의 위치를 고려하여 인방보형 마찰감쇠기의 설치 위치를 선정한다.

② 기존 인방보 위치에 인방보형 마찰감쇠기를 설치할 경우 인접한 전단벽의 연성도 및 마찰감쇠기와 전단벽의 접합부 강성을 평가한다.

③ 전체 횡저항력에 대한 인방보형 마찰감쇠기로 연결된 전단벽의 횡저항 기여도를 평가한다.

④ 위의 항목으로 전단벽식 아파트에 설치된 인방보형 마찰감쇠기가 에너지소산능력을 충분히 확보할 수 있는지 평가하여 설치 여부를 판단한다.

(라) 해석 예제

전단벽의 휨거동을 이용한 마찰감쇠기의 성능을 검증하기 위하여 표준모델의 엘리베이터 입구에 위치한 벽과 인방보 구조를 대상으로 비선형 시간이력 해석을 수행하였다. 대상 구조물은 지상 15층이며, 층고는 2.6m, 벽체의 폭과 두께는 각각 0.8m, 0.2m이다.

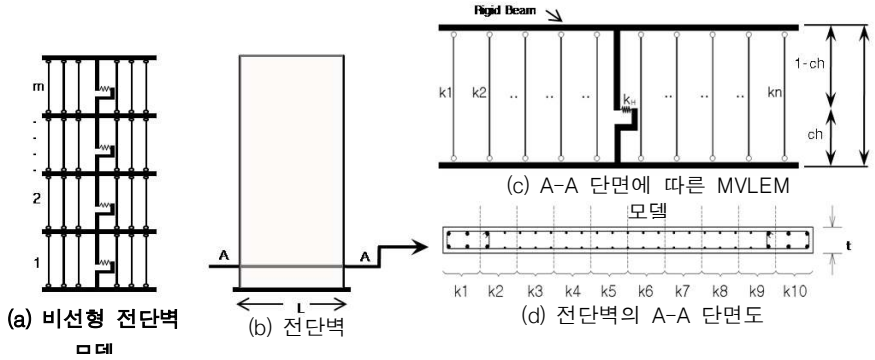


그림 3-40. MVLEM을 이용한 전단벽 모델

벽체의 휨거동을 모사하기 위하여 해석모델은 MVLEM(Multiple Vertical Line Element Model)를 이용하였다. 그림 3-40은 MVLEM을 이용한 모델링 방법을 나타낸다. 여러 개의 트러스 수직부재는 벽체의 철근배근과 콘크리트 단면을 나타내고 벽체의 휨거동에 의한 압축/인장력에 대해 저항한다. 이때 트러스요소는 콘크리트와 철근에 의한 비선형 거동을 위하여 각각의 비선형 물성을 섬유(fiber)요소를 이용하여 이식하였다. 벽체에 작용하는 전단력은 벽체 중앙에 스프링강성으로 저항하며 본 연구에서는 기존 실험연구결과를 바탕으로 벽체의 전단 연성을 7.6으로 가정하였다.

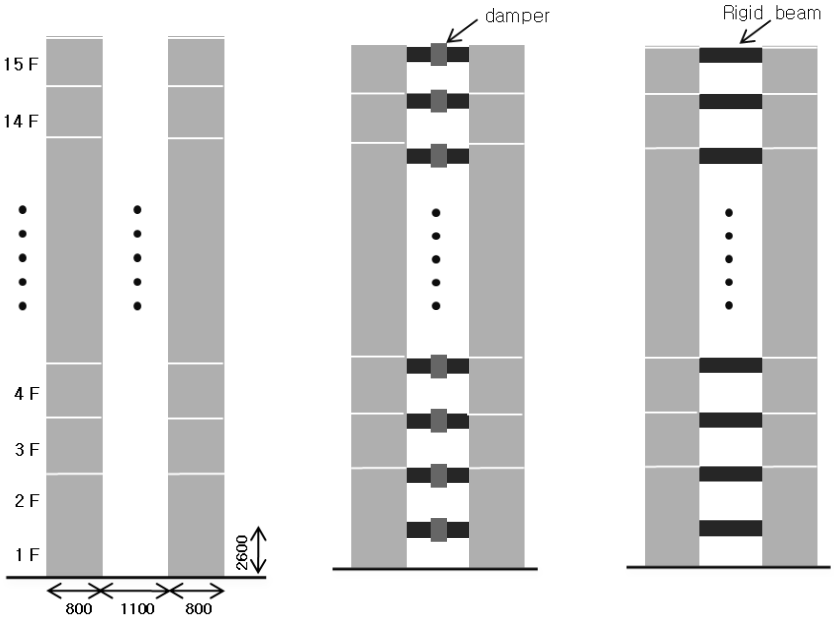
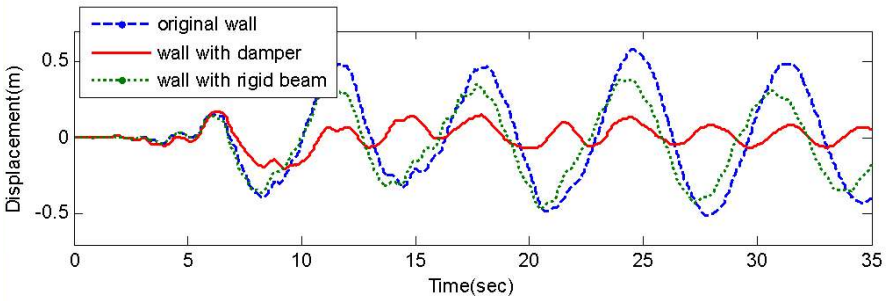


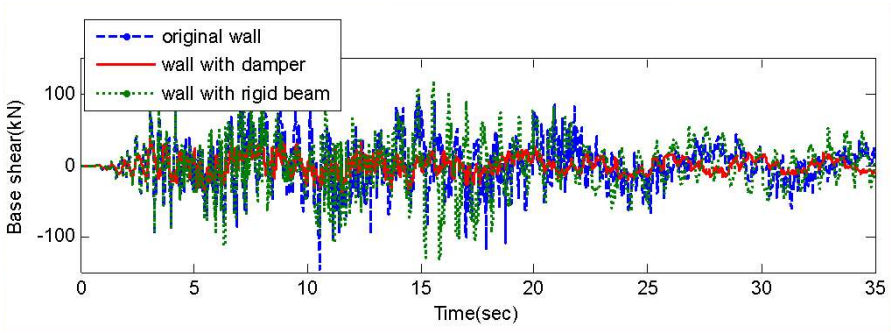
그림 3-41. 해석대상 구조물

마찰감쇠기의 내진성능평가를 위하여 그림 3-41과 같이 두 개의 전단벽 사이에 아무 보강이 없이 각막거동을 할 때, 마찰감쇠기 설치 시 그리고 rigid beam 설치로 구분하여 해석을 수행하였다.

그림 3-42의 (a)와 (b)는 각각 비탄성 시간이력 해석결과에 의한 최상층 수평변위응답과 1층의 밑면전단력을 나타낸다. 그림 3-42의 (a)에 나타난 최상층 수평변위응답을 살펴보면, 보강이 없는 시스템과 rigid beam이 설치된 시스템의 경우 6초 이후에 벽체의 비탄성거동이 발생하여 주기가 길어지는 것을 확인 할 수 있다. 그러나 마찰감쇠기가 설치된 시스템의 경우 구조물의 손상정도가 적어서 구조시스템의 주기 변화가 크지 않고 최대 변위응답이 감소하는 것을 알 수 있다.



(a) 최상층 수평변위응답



(b) 1층의 밑면전단력

그림 3-42. 비탄성 시간이력해석 결과

표 3-25는 최상층 수평변위응답과 밑면전단력의 최대값과 감소율을 나타낸다. 마찰감쇠기가 설치된 시스템과 rigid beam이 설치된

경우에 수평변위 응답의 감소율은 각각 65%와 20%이다. 마찰감쇠기와 rigid beam은 전단벽 시스템의 변위응답을 감소시킨다. 하지만 마찰감쇠기의 경우 밑면전단력을 에너지소산으로 감소시키기 때문에 지진하중을 더 효과적으로 제어 할 수 있다.

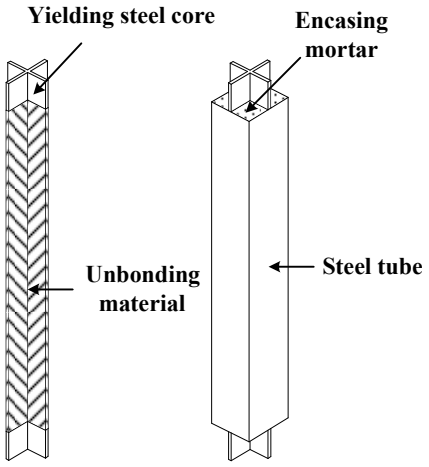
표 3-25. 최상층 변위응답 및 밑면전단력의 최대값과 감소율

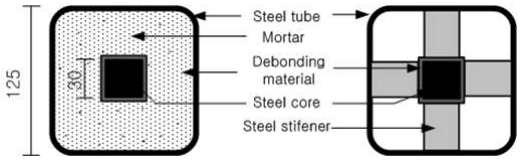
	Displacement		Base shear	
	Max [m]	Reduction ratio[%]	Max [kN]	Reduction ratio[%]
Original wall	0.544	-	110.80	-
Wall with damper	0.1976	63%	38.08	65%
Wall with rigid beam	0.4428	19%	119.36	108%

(3) 층간설치형 Ⅱ : 경량 각봉 충전 건식 비좌굴가새

(가) 기술개발의 정의

철골 중심부재를 강관으로 감싸거나 형강을 덧대어 인장력과 압축력에 대해서 안정적인 이력거동을 할 수 있도록 보강한 철골부재를 비좌굴가새 (Buckling-Restrained Braces, BRB)라 하며 (그림 3-43(a)), 본 연구에서는 기존 노후 아파트에 대한 적용성을 고려하여 단면이 최소화된 비좌굴가새를 개발하였다(그림 3-43(b)).





(a) 기존 BRB　　(b) 본 연구에서 개발된 BRB

그림 3-43. 비좌굴가새의 형태

(나) 기존 기술과의 차별성

· 기존의 철골 가새는 인장력을 받을 경우 안정적인 거동을 하지만 압축력을 받을 경우 쉽게 좌굴하여 불안정한 거동을 하나, BRB는 좌굴이 방지되어 지진과 같은 반복하중이 작용할 때 안정적인 이력거동을 통하여 많은 에너지를 소산할 수 있다.

· BRB의 항복강도를 구조물의 강도 보다 상당히 낮게 설계할 경우 지진 발생시 대부분의 손상을 BRB에 집중시켜 구조물은 탄성적으로 거동할 수 있다.

· 지진이 발생한 후에는 손상된 BRB만 교체하면 되므로, 구조물의 보수/보강 비용을 절감할 수 있다.

· 개별 부재의 크기 및 무게가 작아 신축구조물의 내진성능 향상에도 적용할 수 있으며, 내진성능이 부족한 기존 구조물의 내진보강에도 효과적으로 사용할 수 있다.

· 역V형 가새로 설치할 경우 기존의 철골 가새는 압축 및 인장강도의 불일치로 인하여 보에 큰 수직방향 불균형력 (unbalanced force)이 발생하여 보가 파괴될 수 있으나, BRB의 경우 인장 및 압축강도가 유사하여 불균형력이 발생하지 않는다.

· 기존에 개발된 BRB는 강판을 코어 부재로 사용하여 단면적이 크나, 본 연구를 통하여 개발된 BRB는 강봉을 사용하여 단면적을 최소화하였다.

(다) 기술개발 내용 및 결과

① 각봉과 각형튜브를 이용한 비좌굴가새의 성능실험

일반적인 BRB는 일자형 혹은 십자형의 중심부재를 사용하고 외

부 보강재와 중심부재 사이를 모르터로 충전하는 습식 공법을 채택하고 있다. 본 연구에서는 중심부재로 각형각봉을 사용하여 단면의 크기를 최소화하고, 충전재로 각형강봉을 사용하는 건식공법으로 제작하고 반복하중 실험을 통하여 성능을 검증하였으며, 충전재로 모르터를 사용한 실험체의 성능과 비교하였다. 실험체의 골조실험은 가력프레임을 만들고 하나의 실험체를 왼쪽 기둥 하단의 접합부와 상단 보 중앙부 사이에 역V형 가새의 부분형태로 설치하였다. 500 kN의 가력기를 보의 오른쪽 상단부에 설치하고, 보와 기둥은 힌지로 접합하여 비좌굴가새가 모든 횡력을 저항할 수 있도록 하였다.

unit : mm

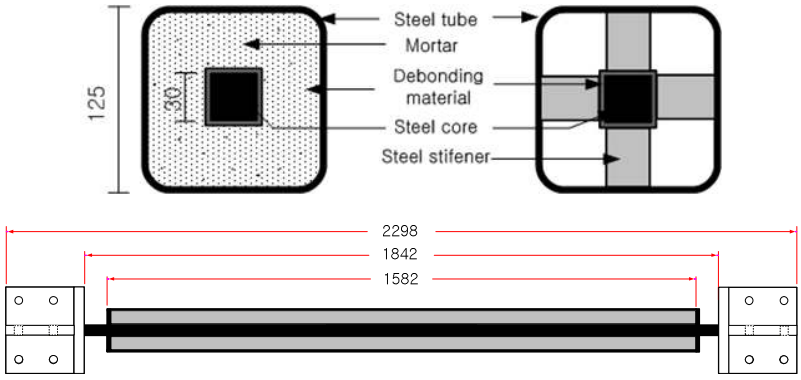
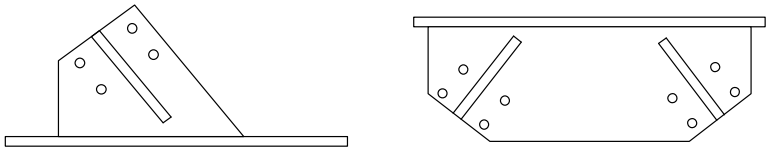


그림 3-44. 실험체 상세도



a) 하부 접합부 b) 상부 접합부

그림 3-45. 접합부 상세도

표 3-26. 인장 실험에 의한 재료특성 (SS400)

Coupon	Thickness	Width	Yield strength	Ultimate strength	Yield stress	Ultimate stress	Elongation ratio
Unit	mm		kN		kN/mm2		%
Gusset plate	12	20	68.6	80.0	0.286	0.333	34.7
Brace core	12	20	64.2	101.6	0.268	0.423	31.0

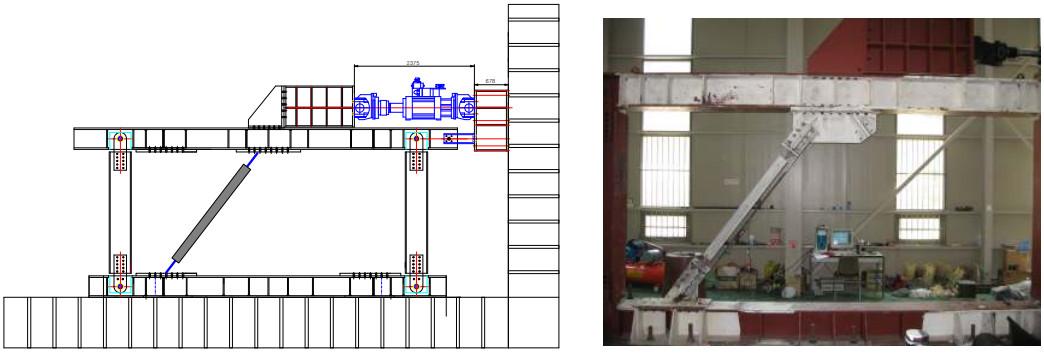


그림 3-46. 골조실험 설치상황



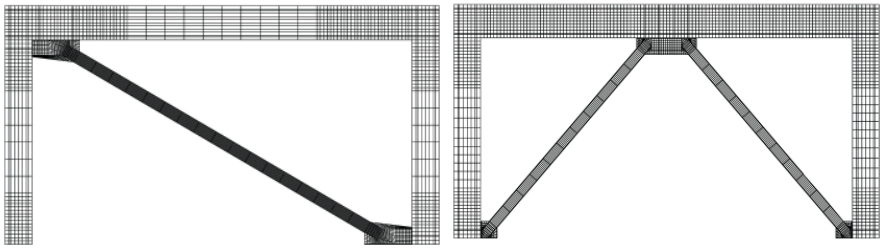
(a) 항복변위 8배 (b) 항복변위 9배(압축) (c) 항복변위 11배(인장)

그림 3-47. 실험체의 파괴형상

② 가새와 강골조를 이용한 저층 RC 구조물의 내진보강

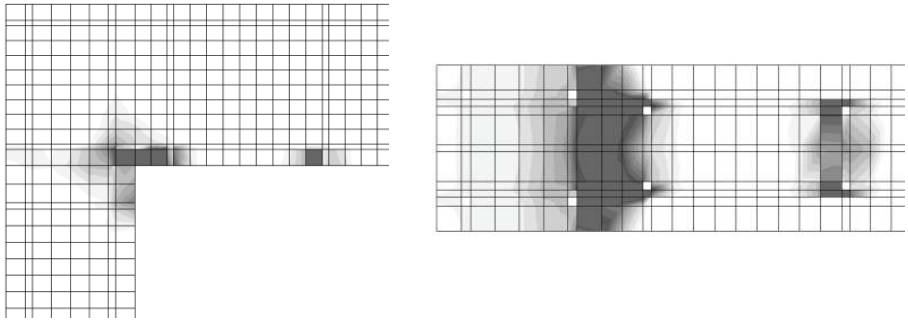
노후되어 균열이 발생하였거나 콘크리트의 강도가 저하된 구조물의 경우 가새와 같은 보강재가 충분히 하중에 저항하기 전에 접합부에 큰 응력이 집중하여 접합부의 파괴가 발생할 수 있으며, 이로 인하여 보강재의 성능을 발휘하지 못하는 결과가 나타날 수 있다. 본 연구에서는 범용 유한요소해석프로그램인 ABAQUS CAE를 이용한 유한요소 해석을 통해 중력하중만을 고려하여 설계된 저층의 RC 건축물을 가새 만으로 보강할 경우 접합부의 파괴 거동을 관찰하고, 철골 골조의 추가 설치 필요성을 검토하였

다. 또한 Midas Gen을 이용하여 해석 모델의 비선형 정적 및 동적해석을 수행하고, 추가되는 철골조와 비좌굴 가새의 내진 보강 효과를 검증하였다. 해석 결과에 따르면 철골프레임으로 보강되지 않은 노후 아파트는 가새가 좌굴하기 전에 접합부 콘크리트에서 파괴가 발생하는 것으로 나타났으나, 철골 프레임이 설치된 경우 가새의 능력이 최대한 작용할 수 있는 것으로 나타났다.



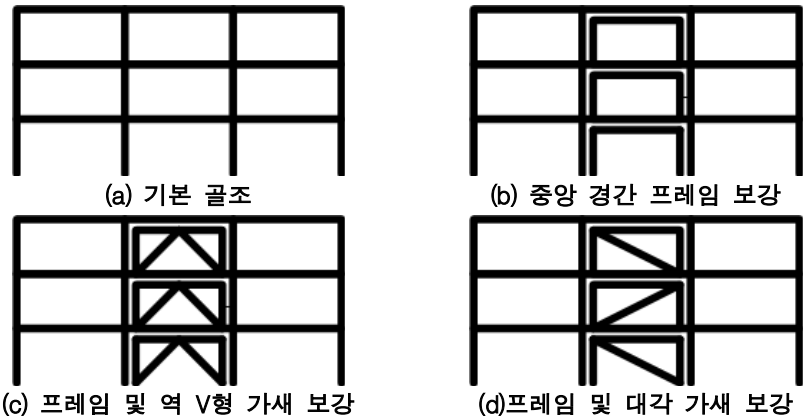
(a) 대각 가새 보강 (b) 역 V형 가새 보강

그림 3-48. 유한 요소 해석 모델



옆면 밑면

그림 3-49. 각 접합부의 압축변형 (수평 변위 7mm)



(a) 기본 골조 (b) 중앙 경간 프레임 보강

(c) 프레임 및 역 V형 가새 보강 (d)프레임 및 대각 가새 보강

그림 3-50. 해석 모델의 형태

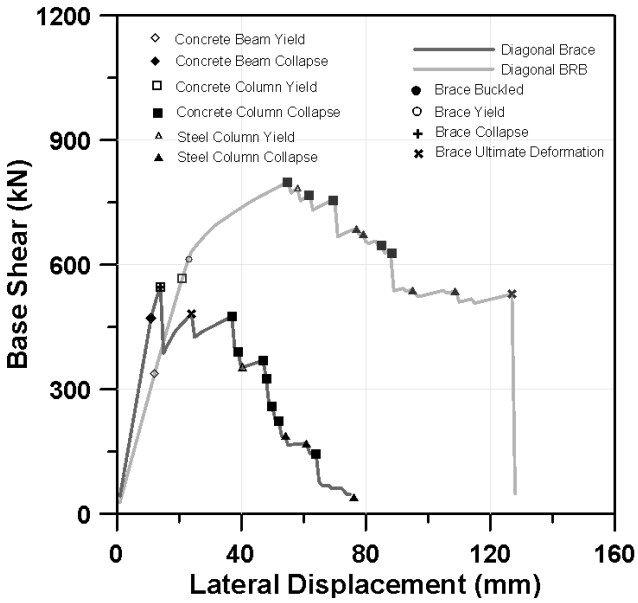


그림 3-51. 대각 가새 보강 골조의 Pushover Curve

③ 벽식 아파트의 내진 보강설계

BRB를 이용하여 개포동 주공아파트의 내진보강 설계를 수행하였다. 평면상 대부분의 전단벽이 단변방향으로 위치하고 있기 때문에 KBC2005에 의한 응답스펙트럼 해석을 수행한 결과 횡변위는 단변방향으로 0.028cm, 장변방향으로 6.95cm 발생하였다. 층간변위는 단변방향으로 층고의 0.01%를 넘지 않는다. 하지만, 장변방향의 층간변위는 최상층에서 0.9%까지 발생한다. 하지만 BRB요소를 사용하여 보강한 경우 보강 전 모델과 비교할 때 변위 응답이 현저하게 감소하는 것으로 나타났다. 설계하중에 대하여 부재의 강도를 검토한 결과 보의 경우 보강 후 강도를 모두 만족하지만 벽체의 경우 강도를 만족하지 못하는 부재가 남아 있기 때문에 추가적인 보강이 필요하다.

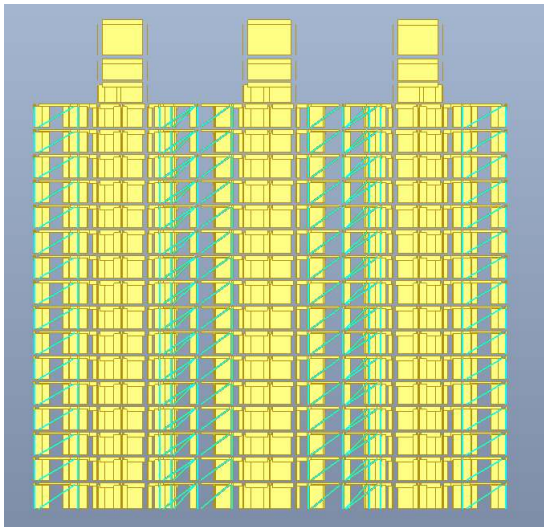
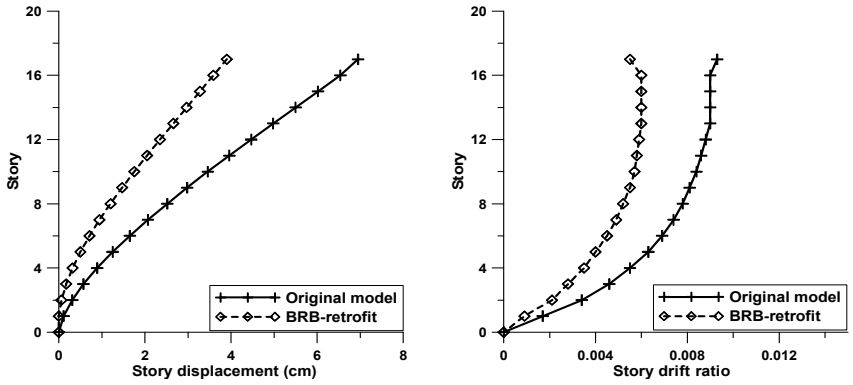
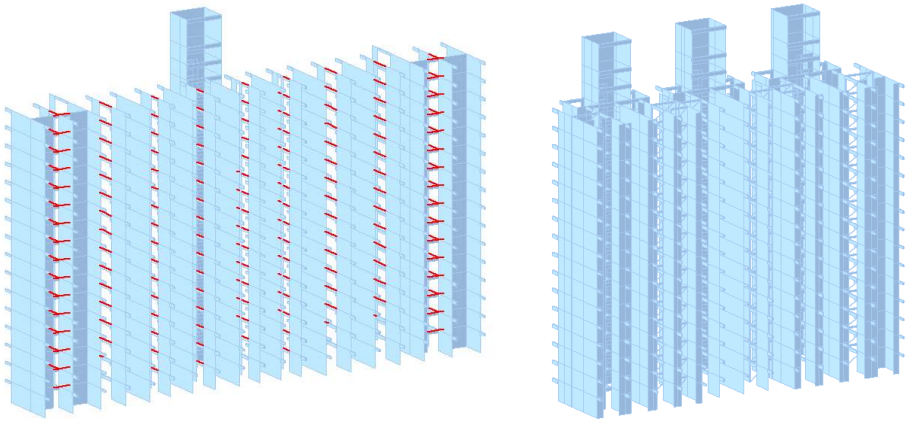


그림 3-52. 개포동주공 아파트 리모델링후의 입면



(a) 해석모델의 횡변위 (b) 해석모델의 층간변위비

그림 3-53. 리모델링 전후의 변위응답 (탄성해석)



a) 보강전 b) 보강후

그림 3-54. 강도를 만족하지 못하는 보

그림 3-55. 예제모델의 성능점 산정

(라) 성능평가의 결과 및 기술개발효과

연구결과에 따르면 본 연구를 통하여 개발된 BRB를 이용한 노후 아파트의 내진보강 방법은 기존에 개발된 방법에 비하여 작은 공간을 차지하면서도 상당히 효과적인 내진보강 방법인 것으로 나타났다. 개발된 기술은 부가되는 중량을 최소화할 필요가 있는 노후 건물의 리모델링, 신축건물의 내진성능 향상, 대형 공장 및 창고 구조물의 내진보강에 적용할 수 있으며, 저렴한 비용으로 구조물의 내진보강을 수행할 수 있도록 함으로써 리모델링을 활성화하여 건설경기의 활성화 및 철강산업의 발전에 기여할 것으로 기대된다.

다. 자중감소와 연성증가를 고려한 구조보강시스템 개발

(1) 강판전단벽 시스템

(가) 강판벽 시스템 개요

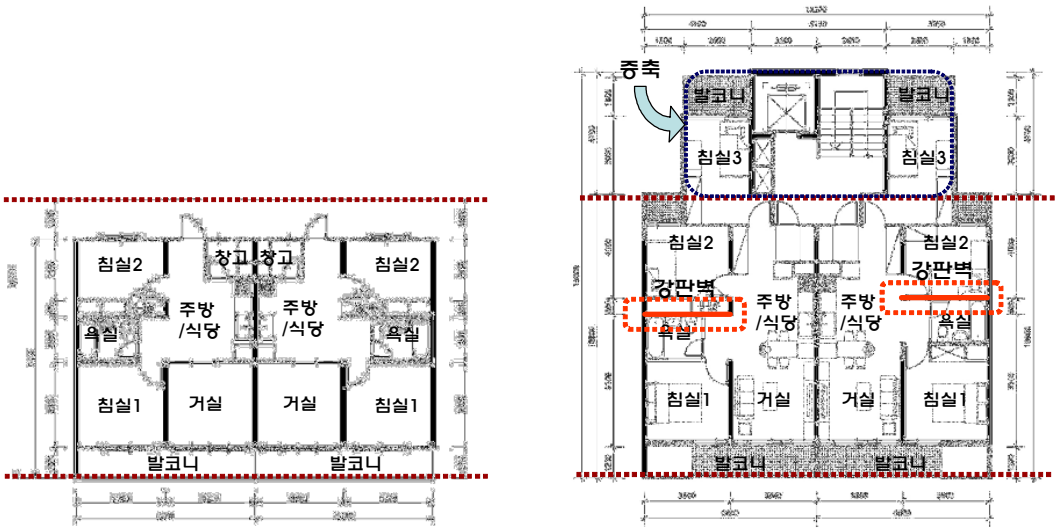
강판벽 시스템은 외부 골조에 얇은 내부 강판을 용접하거나 볼트로 접합한 횡력 저항 시스템이다. 강판벽 시스템에 대한 연구는

1970년대에 미국, 캐나다, 일본 등의 강진 지역에서 시작되었다. 일본에서는 오랜 기간 내진저항 구조로서 강판벽을 사용하였으며, 강판에 스티프너를 사용하여 강판의 좌굴을 억제하고 강판이 일부 중력하중을 부담하도록 설계하고 있다. 그러나 강판에 스티프너를 사용하게 되면 강재량 및 용접량이 증가하여 시공성과 경제성이 저하되는 문제점이 있다. 따라서 미국과 캐나다 등에서는 경제성을 위하여 스티프너가 없는 얇은 강판을 사용하여 강판의 전단 좌굴 발생 이후의 인장응력장작용(tension-field action)을 발휘하도록 설계하고 있다. 얇은 강판을 사용한 강판벽 시스템은 콘크리트 전단벽에 비하여 벽의 두께를 크게 줄일 수 있으므로 유효 건축면적을 증가시킬 수 있으며, 건물의 자중이 감소하여 지진하중이 감소하며 기초를 경량화 할 수 있다. 또한 건식 조립식 구조로서 공기단축이 가능하며, 기존건축물의 리모델링을 위한 구조변경에 유리하다.

(나) 기존기술과의 차별성

강판벽 시스템의 장점을 응용하여 철근콘크리트 구조물의 내진보강을 위하여 얇은 강판채움벽을 사용하면 철골조에 적용한 강판벽과 마찬가지로 강판의 전단항복에 의한 큰 연성도를 나타내는 우수한 내진구조로 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 건물의 자중 증가 없이 기존의 철근콘크리트 구조물의 내진 성능을 확보하는 방법으로 두께가 얇은 강판을 사용하여 추가적인 자중 증가없이 구조물의 내진성능을 향상시킬 수 있는 기술 개발과 건식공법으로 콘크리트 전단벽과 비교하여 빠른 작업으로 동일한 내진성능을 확보할 수 있는 기술을 개발하고자 한다.

(다) 강판벽 시스템 연구개발 내용 결과



(a) 보강 전 (b) 보강 후

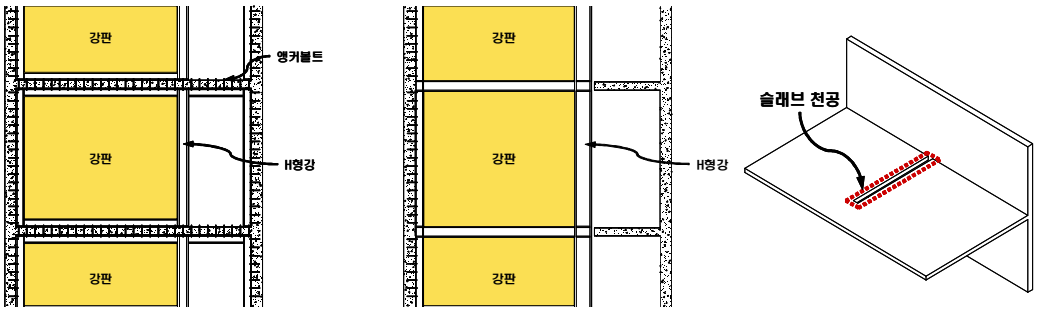
그림 3-56. 기존 구조물 내부 보강방법

① 강판보강 구조시스템 개발

㉮ 기존구조물 내부 보강방법

기존 구조물 내부의 보강 방법은 철근콘크리트 내력벽 설치와 마찬가지로 장변방향의 비내력벽을 제거한 후 강판벽을 설치할 수 있다.

그림 3-57(a)는 기존구조물 내부에 강판을 설치하기 위한 상세를 나타낸다. 이때 강판은 기존 구조물의 벽체와 슬래브에 앵커볼트를 사용하여 H형강을 벽 및 슬래브에 일체화 시키는 방법을 사용할 수 있다. 그림 3-57(b)는 앵커볼트 설치를 최소화하기 위하여 기존 구조물의 슬래브에서 강판벽을 설치할 위치를 천공 한 뒤 일체로 제작된 강판벽을 삽입하는 방법이다.



(a) 앵커볼트 사용 (b) 슬래브 천공

그림 3-57. 기존 구조물 내부 보강 상세

㉯ 기존구조물 외부 보강방법

구조물의 내부에 보강하는 방법은 강판벽과 기존 구조물간의 일체화를 위해 앵커볼트 타입이나 슬래브 천공과 같이 기존 구조물에 손상을 입히게 된다. 또한 기존의 비내력벽을 철거하고 설치해야 하기 때문에 경제성이 저하되는 문제점이 있다. 따라서 기존 구조물의 손상을 최소화 하면서 경제성을 확보하기 위해서는 전·후면 발코니와 같은 수평증축 부분을 활용하여 보강할 수 있다. 전·후면의 수평 증축부는 H형강과 데크플레이트를 사용하여 건식으로 시공 가능하며 기초는 기존 구조물 외부에 따로 설치할 수 있다. 따라서 위와 같은 수평 증축부나 신축하는 엘리베이터 코어에 강판벽을 따로 설치하는 것이 경제적이다. 이때 강판을 설치하는 기본 골조는 H 형강이나 PC 기둥을 사용할 수 있다. PC 기둥을 사용할 경우에는 강판을 용접하기 위한 철물을 미리 기둥이나 보에 설치해야 한다.

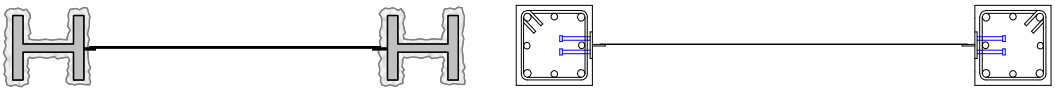


그림 3-58. 기존 구조물 외부 보강 상세

② 강판벽 구조성능 실험

철근콘크리트 골조에 얇은 강판채움벽을 접합한 합성벽의 내진성능을 연구하기 위한 실험을 실시하였다. 실험체로서 얇은 채움

강판을 사용한 3층 합성벽을 사용하였다. 주요 실험 변수는 기둥의 철근비와 채움벽의 개구부이며, 비교를 위하여 철근콘크리트 채움벽과 철근콘크리트 골조에 대한 실험을 실시하였다.



(a) RCSPW1 (b) RCSPW3 (c) RCIW (d) RCF

그림 3-59. 실험체 구성

강판채움벽을 갖는 합성벽 실험체는 철근콘크리트 채움벽과 동일한 하중재하능력을 나타내면서도 변형능력이 크게 향상되었다. 또한 철골 골조를 사용한 강판벽 시스템과 마찬가지로 우수한 강도, 큰 변형능력 및 에너지소산 능력을 나타냈다. RC 골조에 대한 강판채움벽의 보강효과로 기둥-보 접합부의 전단균열과 손상을 방지할 수 있었다. 실험결과 강판채움벽을 갖는 합성벽 실험체는 철근콘크리트 채움벽에 비하여 연성도는 최대 2.3배, 에너지소산능력 3.5배, 철근콘크리트 골조에 비해서는 강도 4.7배, 연성도 1.2배, 에너지소산능력은 3.0배 뛰어난 내진성능을 나타냈다.

③ 강판벽 시스템 비선형 주기거동 해석

얇은 강판을 사용한 강판벽 시스템의 경우 지진하중에 의한 에너지는 주로 웨브강판의 비선형 거동에 의해 소산된다. 즉, 강판벽 시스템의 거동은 웨브강판의 주기거동에 큰 영향을 받는다. 따라서, 성능기초 내진평가 및 설계를 위해서는 웨브강판의 주기거동을 정확히 예측하는 것이 매우 중요하다. 따라서, 주기하중을 받는 강판벽 시스템의 비탄성 거시모델해석을 위한 강판의 주기이력 모델을 개발하였다. 제안한 이력모델은 강판의 유한요소 해석

결과를 바탕으로 스트립모델 뿐만 아니라 등가가새모델에도 적용할 수 있도록 강판의 이력거동을 간략화하여 제시하였다.

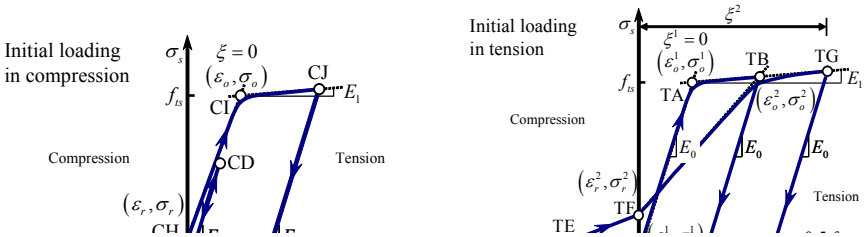


그림 3-60. 강판의 이력모델: (a) 초기 압축거동시, (b) 초기 인장거동시

다양한 변수를 갖는 강판벽 실험체에 대해 비선형 해석을 수행하였고, 초기강성, 강도, 에너지소산능력 등의 거동특성을 실험결과와 비교하여 본 연구에서 제안한 모델을 이용한 비선형 해석방법의 정확성을 검증하였다. 해석결과 실험 변수 및 가력방법에 관계없이 실험체의 이력곡선을 비교적 정확히 예측하였으며, 특히 골조의 강성이 큰 경우 스트립모델과 등가가새모델 해석결과는 동일한 결과를 나타냈다.

(2) 단변방향 전단벽 및 조적벽체 보강

(가) 개구부 발생에 따른 벽체의 전단 내력 평가 방안

① 정의

평면 확장을 위한 간소화된 방법인 개구부의 설치 시에 따르는 구조체의 전단 강소 감소분을 정량화한 기술

② 기존 기술과의 차별성

· 개구부가 있을 경우 횡력을 저항하는 전단벽의 전단 내력은 국내 현행 기준에서는 스트럿 타이 모델을 사용하여 구하도록 하고

있음

· 스트럿 타이 모델은 그 모델을 구성함에 있어 다양한 결과가 도출될 수 있으며, 경험적인 편차가 크게 나타날 수 있음

· 실무에서는 독립된 두 개의 벽체로 간주하여 산정하고 있음

· 일본에서의 연구 결과를 따르면 개구부의 전체 벽체 면적에 대한 비율을 통하여 산정하도록 하고 있음. 철근이나 잔류 벽체와 같은 다른 요소는 평가에 포함되지 못하여 보수적인 평가를 통해 비경제적 보수·보강 공사가 계획될 수 있음

· 본 기술은 결정론적 방법으로 명확한 가이드라인을 제시할 수 있으며 경제적인 보수 및 보강 공사가 가능하게 함

③ 기술 개발 내용 및 결과

본 연구에서는 철근 콘크리트 전단벽 내부에 개구부가 발생하였을 경우 개개의 벽체가 가지는 전단 내력의 감소분을 명확하게 제시하기 위해 통계적 분석과 함께 실험 및 해석 연구가 병행되었음

㉮ 통계 및 해석적 연구

기존의 개구부가 있을 경우의 철근 콘크리트 전단벽의 거동에 대한 실험 결과를 통계적으로 분석한 결과 다음의 영향인자가 더 필요함

a) 형상비 b) 횡보강근 철근비

그림 3-61. 면적비 외의 영향인자

㈏ 실험적 연구

본 연구의 대상이 되는 벽식구조 아파트 중 하나를 모델링한 벽체에 대한 전단 저항 능력에 대한 실험을 수행한 결과 개구부에 의한 감소분의 크기를 확인할 수 있었음.



a) WB-Solid　　b) WB-0.23

그림 3-62. 파괴 양상

㈐ 회기 분석

기존 실험체들 및 본 연구에서 수행된 실험 결과와 해석 결과를 사용, 회기 분석을 실행하여 다음의 감소율을 결정할 수 있었음

새로운 영향 인자를 반영하여 다음 식 (1.1)을 통하여 회기 분석을 수행함.

$$r = k_1\sqrt{\frac{A_0}{A}} \times \frac{1}{\rho_h f_y} \times \frac{l_0}{h_o} + k_2 \qquad \text{(식 1.1)}$$

spss를 사용한 비선형 회기분석의 결과 식(1.1)에 사용된 계수들은 다음과 같이 나타남.

$$r = 0.7\sqrt{\frac{A_0}{A}} \times \frac{1}{\rho_h f_y} \times \frac{l_0}{h_o} + 0.15 \qquad \text{(식 1.2)}$$

따라서, 본 연구에서의 보강 대상의 보강 요구량은 개구부의 형태 및 면적에 따라 다음과 같이 정할 수 있음.

$$V_{c,perforated} = (1-r)\,V_c \qquad \text{(식 1.3)}$$

$$r = 0.7\sqrt{\frac{A_0}{A}} \times \frac{1}{\rho_h f_y} \times \sqrt{\frac{l_0}{h_0}} + 0.15 \qquad \text{(식 1.4)}$$

※ 목표 보강량 : $r \times V_c$ (식 1.5)

㉲ 기술 개발의 효과

식 (1.2)의 적합성을 검증하기 위해 위 식을 통한 강도 감소율과 기존식을 이용한 강도 감소율을 실험 결과와 비교한 결과 그림 3-63 에서 나타내는 바와 같이 오차의 평균은 12.3%에서 1.5%로, 표준 편차는 0.174에서 0.090으로 감소함.

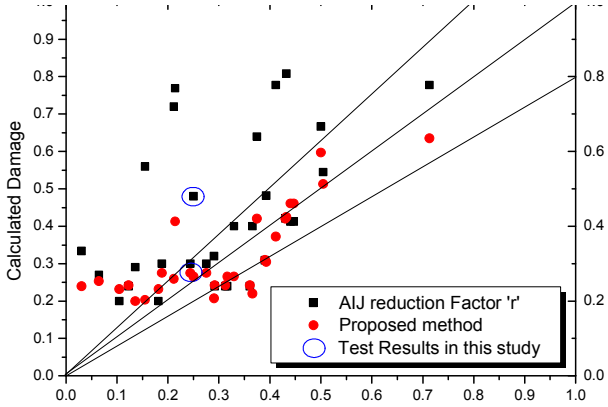


그림 3-63. 실험 및 제안식의 강도 감소율 비교

(나) 기존 구조체를 활용한 전단보강

① 정의

개구부 발생에 의한 개별 벽체의 전단 내력 감소에 의한 보강을 수행하기 위한 방법 중 하나. 판으로 구성된 보강재 또는 섬유 보강재를 잔류 벽체에 부착시켜 전단 내력을 향상시키거나 가력 장치를 사용하는 방법. 단면 증설을 통해 전단 내력을 향상시키

기도 함.

② 기존 기술과의 차별성

· 기존에 개발된 전단 보강 방법은 대부분 보와 같이 휨에 크게 영향을 받는 부재에 대한 것이었음

· 전단 스팬비가 매우 작으며 베르누이 가정이 적용이 되지 않는 벽체와 같은 경우 기존 보강 방법에 대한 새로운 평가가 필요함

· 효과적 균열 제어를 위한 세부 상세의 도입

③ 기술 개발 내용 및 결과

본 연구에서는 보강재의 부착을 통한 보강된 벽체의 성능 평가를 위하여 실험적 연구가 수행됨. 보강량은 보강재가 가지는 재료적 특성을 반영한 응력 방향을 통하여 결정하였으며 실험을 통해 확인함.

㉮ 보강재의 종류

보강 기술은 보강재의 종류와 공법에 따라 건식 보강 공법과 습식 보강 공법으로 분류됨.

· 건식 보강 재료 : 탄소섬유시트나 강판과 같이 별도의 접착제를 사용하여 모재에 부착을 시키는 재료

· 습식 보강 재료 : 별도의 거푸집 작업을 필요로 하는, 단면 확장을 통해 전단 내력을 증가 시키는 재료

표 3-27. 벽체의 전단 강도 보강 방법

구 분	보강 방법
건식 공법	탄소 섬유 시트(CFS, Carbon Fiber sheet) 부착 보강
	강판(Steel Plate) 부착 보강 공법
	프리스트레싱 보강 공법
습식 공법	MDF(Macro Defect Free) 보강 공법
	ECC(Engineered cementitious composite) 보강 공법

㉯ 보강재의 설계 방안

기존 연구 및 본 연구에서 수행된 실험을 통해 보강재의 능력을 확인하였으며, 각 재료의 기본적 재료 특성을 반영하여 보강 설계 방안을 마련함.

표 3-28. 보강재 설계 방안 (건식 공법)

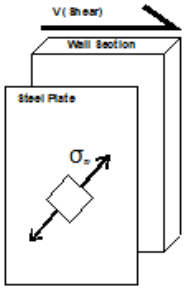
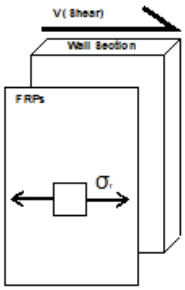
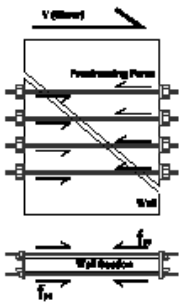
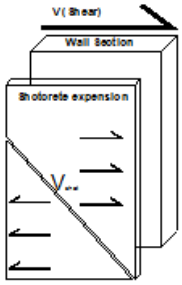
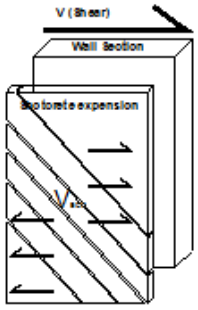
Steel Plate		$rV_c = V_{Steel\ Plate}$ $= \tau l t_p$ $= \sigma_{py} l t_p \sin\alpha\cos\alpha$ (식 2.1)
FRPs		$rV_c = V_f$ Two Sided Retrofitting $V_f = 2.0 t_f \sigma_f L_w \sin^2\theta$ Single Sided Retrofitting $V_f\ 0.75 t_f \sigma_f L_w \sin^2\theta$ (식 2.2)
Prestressing		$rV_c = V_{PS}$ $= 2A_{ps} f_{ps} h / S_p$ (식 2.3)

표 3-29. 보강재 설계 방안 (습식 공법)

Shortcrete		$r V_c = V_{shot}$ $V_{shot} = 0.27\sqrt{f'c}\,hd + \frac{N_u d}{4l_w}$ (식 2.4)
Sprayable ECC		$r V_c = V_{ECC}$ $V_{ECC} = v_n \times t \times h$ $v_n = (0.167 + 0.25F)\sqrt{f'_c}$ $F = fiber\ factor(L_f / D_f)\, V_f d_f$ (식 2.5)

③ 기술 개발의 효과

제안된 보강 기술의 적용 결과 다음과 같은 보강 효과가 나타났으며 애초의 보강 목표였던 개구부가 없는 벽체의 성능에 상회하는 보강효과가 확인됨.

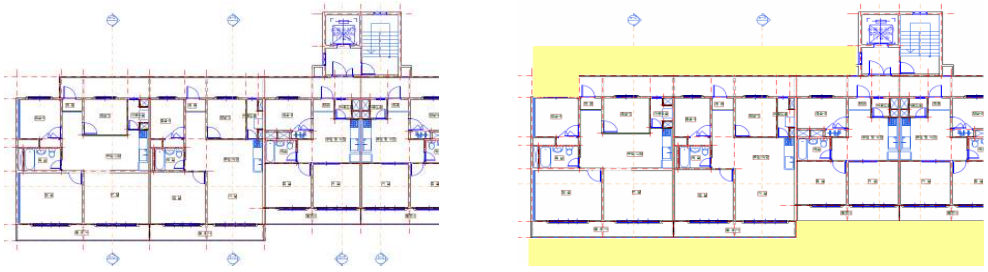
a) 건식 공법의 보강 효과 b) 습식 공법의 보강 효과

그림 3-64. 보강재의 보강 효과

라. 수평증축 접합부의 구조성능개선

(1) 평면확장 공법의 필요성 및 차별성

리모델링 소비자의 요구사항 중 가장 큰 요구사항인 평면확장의 경우 기존구조체와 신설구조체간의 이음부가 필연적으로 발생하게 되는데 이곳에서는 상대적으로 내력이 취약하게 되므로 외력이 작용했을 때 집중손상을 입기 쉽다. 특히 슬래브간의 연결에서는 신축 건물 지반의 부동침하 등으로 층고가 내려갈 수 있으므로 수직방향으로 충분한 변형능력이 확보되어야 한다. 또한 횡방향으로 지진이나 풍하중에 충분히 저항할 수 있도록 설계되어야 한다.



(a) 리모델링 전 (b) 평면확장 계획

그림 3-65. 리모델링 현황

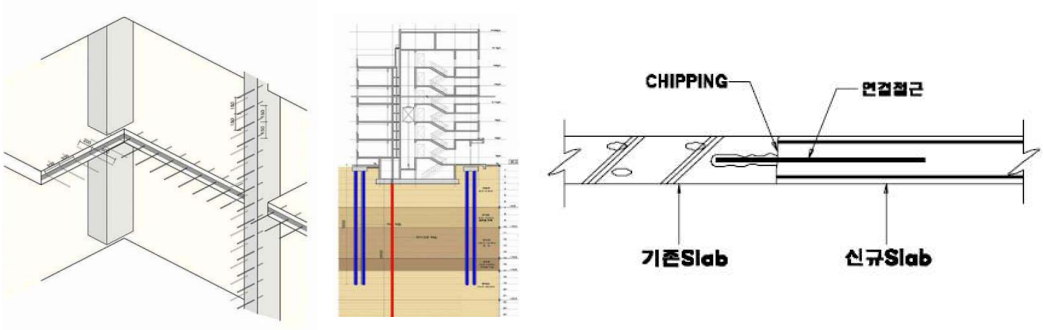


그림 3-66. dowel bar를 적용한 공법 개요

현재 적용되는 공법은 그림 3-66과 같이 기존 슬래브에 전단철근을 삽입하여 연결시키는 공법으로, 이 공법은 우리나라에서 이루어지는 발코니 실내화를 통한 규모변경의 일반적인 사례이다. 하지만 이는 구조

적 검토 없이 시공되고 있으며, 실제 지진시 신·구 구조체사이의 동적 거동의 차이로 인하여 매립된 전단철근이 구조물을 파손시킨 사례가 있어 이에 대한 검토가 필요한 실정이다.

(2) 수평증축 접합부 개발 내용 및 결과

(가) 접합상세 모델 제안

본 연구에서 개발하고자 하는 리모델링 평면확장기술은 발코니 공간을 실내화하여 전용공간을 확보하고 새로운 발코니를 첨가해 주는 기술로서 하중변화에 따른 구조적 안전성 확보 및 작업 단순화, 공기 단축할 수 있는 접합 기술 개발이 요구되며 구조적으로는 내진성능이 갖춰진 신구조체와 내진성능이 부족한 기존구조체와의 일체화와 관련된 기술 개발이 필요하게 된다. 이에 본 연구에서는 다음과 같은 평면확장 접합상세를 고안하였다.

(나) 접합 디테일 검토

평면확장부의 접합부에 있어서 신·구 슬래브의 지진하중(횡력)에 대해 충분한 연성능력을 확보하고 자중을 경량화 할 수 있는 접합부의 디테일 개발을 위한 구조성능 실험을 수행하였다. 시공의 편의성을 고려하였고, 이를 위하여 슬래브 접합부의 기존공법과 새롭게 제안하는 공법을 이용하여 접합면의 지진하중에 의한 전단성능실험을 수행하였다.

① 기존 접합상세

㉮ Dowel bar에 의한 보강

현재 일반적으로 사용되는 평면확장공법으로 기존의 공법과 본 연구에서 제안하는 공법과의 비교하기 위해 실험체를 계획하였다. 이 공법은 기존구조체와 신설구조체의 접합을 Dowel bar를 이용하여 일체화를 유도하는 공법으로 기본 구조체의 내력을 활용한다.

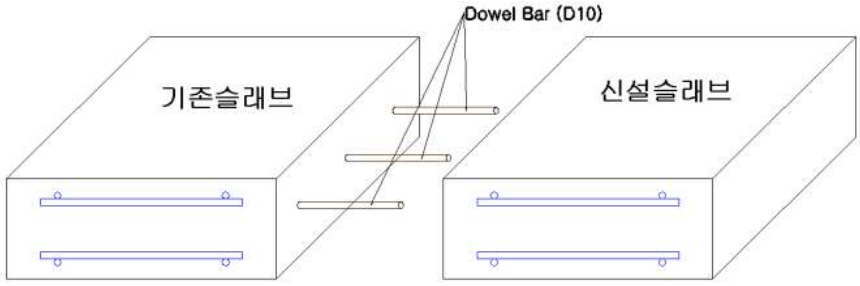


그림 3-67. Dowel bar를 이용한 보강개념도

㈏ 전단철물(강관)에 의한 보강

일본의 도다건설에서 개발한 벽체 연결공법을 본 연구에 맞게 평면확장 공법에 적용한 공법으로서 기존 구조물에 원통형의 구멍을 파고 시공 앵커를 대신하여 강관을 삽입하는 공법이다. 시공방법은 코어비트를 이용하여 천공을 한 후에 강관을 삽입한 후에 접착제를 이용하여 고정시킨다.

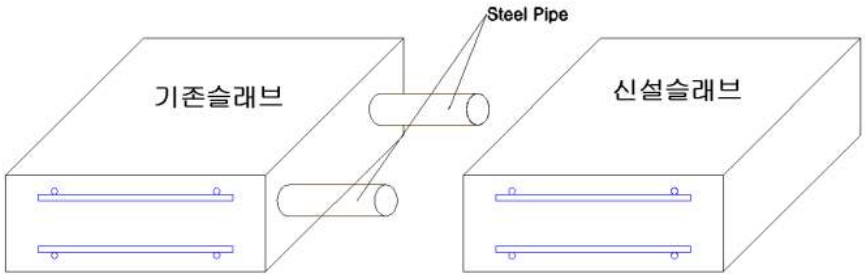


그림 3-68. 강관을 이용한 보강개념도

② 본 연구에서 제안하는 상세

㈎ 원형전단키에 의한 보강

기존의 전단키의 형태를 원형으로 바꾸어 시공의 용이와 충분한 강도를 발휘시키고자 계획하였다. 본 연구에서는 기존의 전단키와 동일한 성능을 발휘하면서 간편한 시공이 가능하도록 원형전단키를 제안하였다. 이때 원형전단키의 지름은 기존전단키의 각도 30° 를 넘지 않도록 하면서 지압면적이 같도록 한다. 시공방법

은 코어비트를 이용하여 기존바닥판에 반원형으로 천공을 한 후, 전단보강재를 연결하여 신설바닥판을 설치한다.

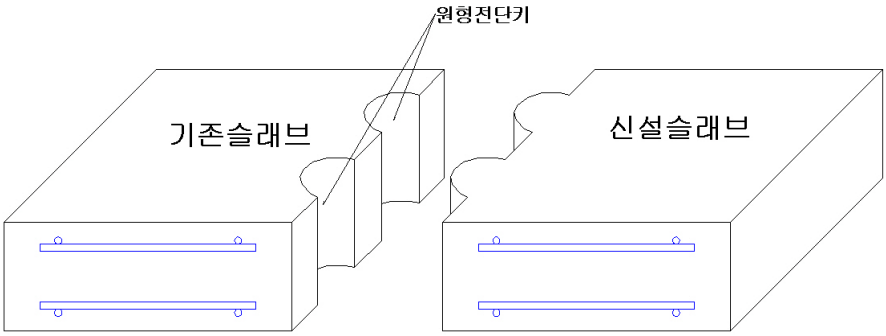


그림 3-69. 원형전단키를 이용한 보강개념도

㈏ 형강접합에 의한 보강

기존에 개발된 형강에 의한 접합은 형강이 연결재로 사용되면서 바닥판 사이에 매립되는 공법이다. 본 연구에서는 슬래브의 춤에 맞는 기성품의 H형강을 이용하여 신·구바닥판을 연결하여 시공의 용이를 도모하였다. 이 공법은 H형강의 플렌지 사이로 기존바닥판을 끼워넣고 스터드볼트로 체결하는 것으로 스터드볼트의 내력과 H형강과 바닥판의 마찰력으로 전단력을 전달한다. 시공방법은 기존바닥판의 확장하고자 하는 부위에 H형강을 끼워넣고 스터드볼트를 H형강과 바닥판을 관통하여 체결한 다음, 에폭시로 보강한다. 이 후에 신설슬래브를 타설한다.

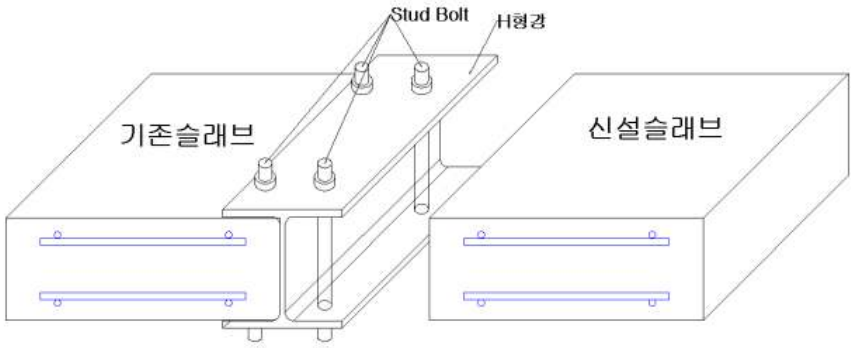


그림 3-70. H형강을 이용한 보강개념도

(다) 접합성능 실험

① 실험체 계획

실험체는 단면폭 650mm, 길이 850mm, 춤 150mm인 기존슬래브에 단면폭 400mm, 길이 850mm, 춤 150mm인 신설슬래브을 좌·우에 접합을 하였다. 슬래브 철근은 상·하부 모두 D10@250으로 배근하였으며 피복두께는 신·구슬래브 모두 20mm로 하였다. 실험체는 기존의 공법을 사용한 보강방법과, 본 연구에서 제안하는 공법으로 원형전단키, H형강을 이용한 2가지 공법을 선정하였다.

② 실험방법

㉮ 실험체 제작

기존 슬래브와 신설 슬래브의 접합은 실제 시공을 고려하여 보강을 하지 않은 기존슬래브를 제작하고 실험실에서 보강방법에 따라 기존슬래브에 보강을 실시한 후 신설슬래브를 타설하였다.

㉯ 전단 내력 검토

전단력에 저항하는 요소는 그림 7과 같이 1)콘크리트의 전단, 2) 전단철물 3) 콘크리트 압축대에 의한 저항으로 구분할 수 있다. 이를 이용하여 본 연구에 적용된 4가지 공법의 전단내력을 산정하면 표 3-30과 같이 나타나 강관이나 원형전단키를 이용하여 평면확장공법을 수행 할 수 있을 것으로 기대된다.

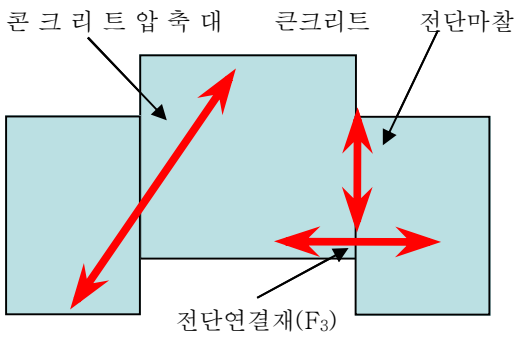


그림 3-71. 전단력에 저항하는 요소

표 3-30. 전단연결재의 전단내력

전단연결재 종류	계산식	전단내력 (kN)	비고
dowel bar	$V_n = \mu \times A_{vf} \times f_y$	27.961	μ:콘크리트마찰력 A_{vf}:연결재 단면적 f_y:철근의 항복강도
강관	$V_n = F_s \times A_w$ $F_s = F_y/\sqrt{3}$	61.921	F_s:강관의 전단응력 A_w:강관의 단면적 F_y:강관의 항복강도
원형전단키	$V_n = \phi \times 0.2 \times \lambda \times f_g \times A_v$	49.824	A_v:전단키의 면적 f_g:그라우트 강도 (콘크리트 강도)
전산볼트	1면전단의 허용전단력	27.7	재질:STK400 호칭지름:M20

마. 요소기술의 시범적용

(1) 제주 동홍 지구

(가) 리모델링 전

서귀포 3지구 동홍주공아파트는 본 연구단의 리모델링 시범단지로 선정되어 구조체의 성능평가가 필요하다. 따라서 본 구조물을 5층형 표준모델로 선정하여 내진성능을 평가하고 그 결과에 따라 적절한 조치를 취하여 리모델링 사업을 원활히 추진하도록 하고자 하였다.

표 3-31. 건축개요

지 구 명	서귀포 3지구	구조형식	철근콘크리트 벽식구조
위 치	제주시 동홍동	용 도	공동주택
규 모	지상 5층, 지하 1층	준공연도	1989. 5

표 3-32. 구조개요

콘크리트 강도	f_{ck}= 21 N/mm^2	철근강도	f_{st} = 300 N/mm^2
슬래브 두께	120 mm	벽체 두께	150 mm
기초 형식	지내력기초(줄기초)		

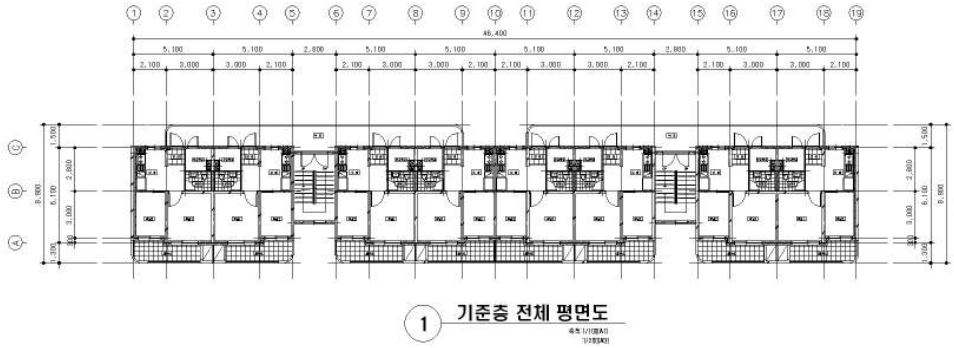


그림 3-72. 기준층 평면도 (리모델링 전)

본 5층형 표준모델인 제주시 동흥아파트에 대하여 KBC2005를 적용한 구조검토결과 층간변위와 부재내력이 기준의 제한치 이하로 나타나 별도의 내진보강 없이 리모델링이 가능하다. 다만 외부에 설치하는 엘리베이터는 본 2세부연구진과 협의 후 진행하도록 하여야한다.

① 층간변위 검토

표 3-33. 층간변위 검토

허용층간변위(0.015hs)	최대층간변위량	검토결과
40.5㎜(hs=2,700mm)	5.6㎜ (5층)	만족

② 벽체 내력검토

전단벽의 구조검토결과 설계력이 허용내력 이하(0.13~0.45)로 검토되어 기준에 만족하는 내진성능을 갖추고 있으므로 본 건물은 별도의 내진보강이 필요 없다.

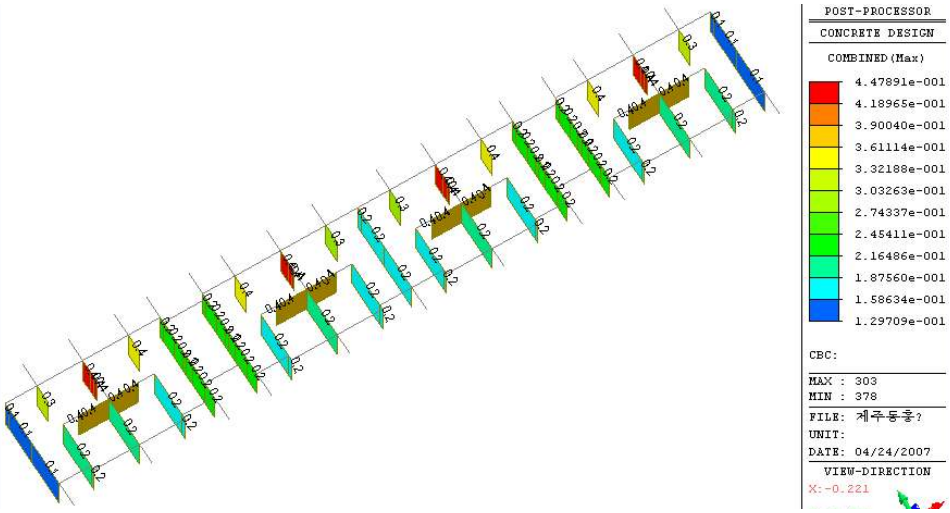


그림 3-73. 벽체 내력검토

(나) 세대확장 A형의 내진성능 평가

전·후면 발코니 평면확장 및 내부 횡방향 벽체 일부 철거와 엘리베이터 벽체가 신설되므로 보강된 구조평면을 작성하여 내진성능을 평가하였고, 평가결과, 층간변위와 부재내력이 기준의 제한치 이하로 나타나 별도의 내진보강 없이 리모델링이 가능한 것으로 검토되었다.

① 층간변위 검토

표 3-34. 층간변위 검토

허용층간변위(0.015hs)	최대층간변위량	검토결과
40.5㎜(hs=2,700mm)	7.4㎜ (5층)	만족

② 벽체 내력검토

전단벽의 구조검토결과 설계력이 허용내력 이하(0.15~1.05)로 검토되어 기준에 만족하는 내진성능을 갖추고 있으므로 본 건물은 별도의 내진보강이 필요 없다.

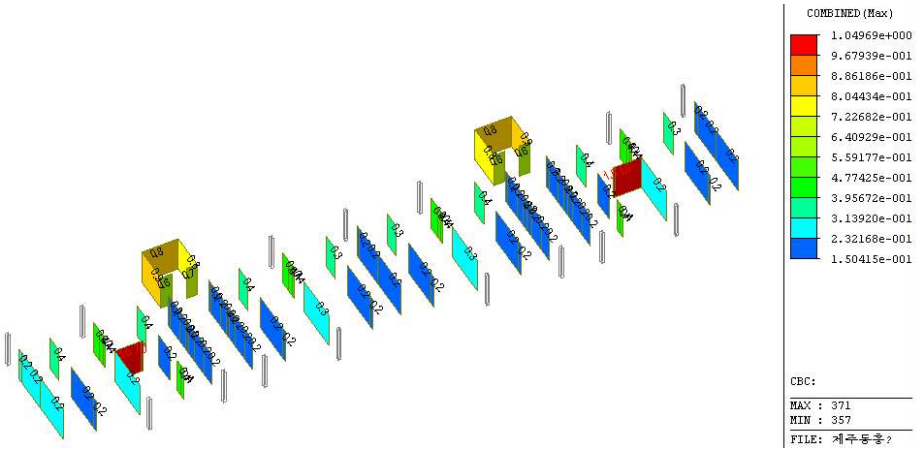


그림 3-74. 벽체의 내력검토

(다) 세대확장 C형의 내진성능 평가

전면 발코니 평면확장 및 내부 횡방향 벽체 일부 철거와 엘리베이터 벽체를 신설되므로 보강된 구조평면을 작성하여 내진성능을 평가하였고, 평가결과 층간변위와 부재내력이 기준의 제한치 이하로 나타나 별도의 내진보강 없이 리모델링이 가능한 것으로 검토되었다.

① 층간변위 검토

표 3-35. 층간변위 검토

허용층간변위(0.015hs)	최대층간변위량	검토결과
40.5㎜(hs=2,700mm)	9.2㎜ (5층)	만족

② 벽체 내력검토

전단벽의 구조검토결과 설계력이 허용내력 이하(0.19~0.89)로 검토되어 기준에 만족하는 내진성능을 갖추고 있으므로 본 건물은 별도의 내진보강이 필요 없다.

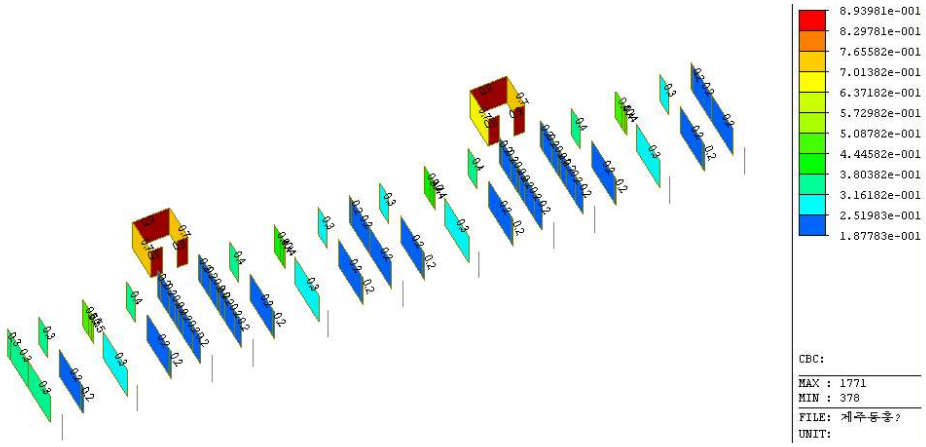


그림 3-75. 벽체의 내력검토

(라) 내진성능 평가 종합의견

본 연구단의 리모델링 공공부문 시범단지인 제주 서귀포 3지구 동흥 주공아파트 평면확장 A형 및 C형에 대한 내진성능 평가결과 모두 별도의 내진보강은 필요 없는 것으로 검토되었다. 다만 평면확장을 위한 구조체 신설에 관한 구조설계 및 상세는 필요하다.(그림 3-76 및 그림 3-77 참조)

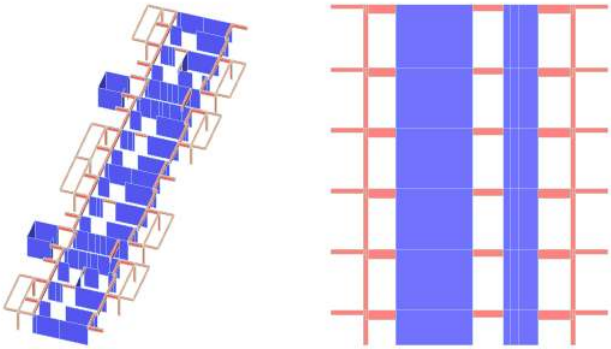


그림 3-76. 평면확장 A형-구조보강(안)

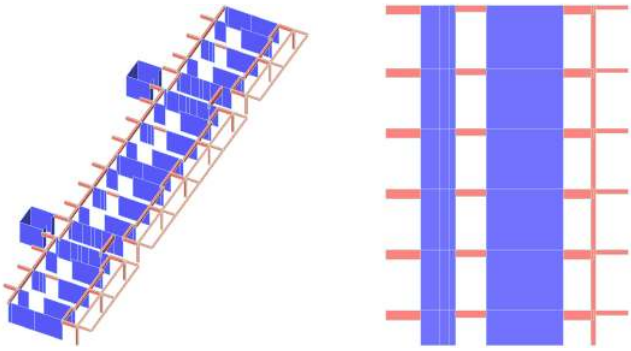


그림 3-77. 평면확장 C형-구조보강(안)

(2) 서울 개포 지구

(가) 개요

개포 7단지 삼익주공아파트는 1980년대 터널폼으로 지어진 내진설계 시행 과도기에 건설된 15층 아파트로 내진성능이 매우 취약한 구조물이다. 따라서 본 구조물을 15층형 표준모델로 선정하여 평면확장에 따른 무보강시 내진성능을 평가하고, 요소기술을 적용한 구조보강 후 내진성능을 평가하고자한다.

표 3-36. 건축개요

지 구 명	개포 2차지구	**구조형식**	철근콘크리트 벽식구조
위 치	서울시 개포동	**용 도**	공동주택
규 모	지상 15층, 지하 1층	**준공연도**	1987

표 3-37. 구조개요

콘크리트 강도	f_{ck}= 18 N/mm^2 (기존) f_{ck}= 24 N/mm^2 (증축)	**철근강도**	f_y = 300 N/mm^2 (기존) f_y = 400 N/mm^2 (증축)
슬래브 두께	120 mm	**벽체 두께**	140, 170, 200 mm (기존) 180 mm (증축)
기초 형식	지내력기초(전면기초)		

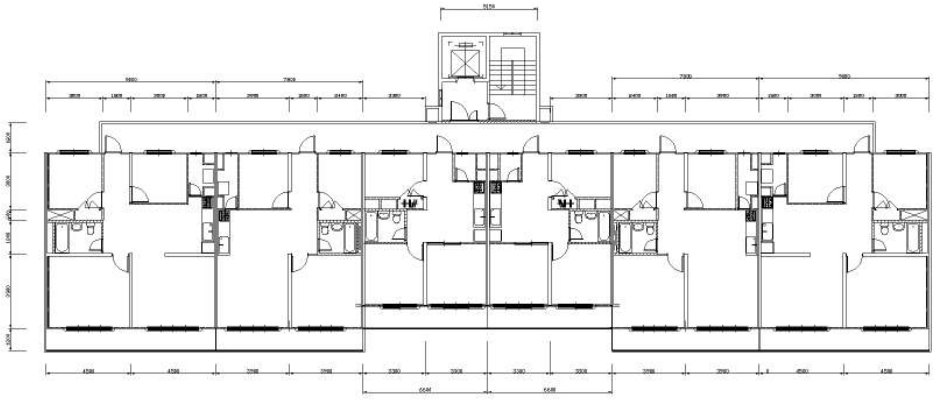


그림 3-78. 기준층 평면도(리모델링 전)

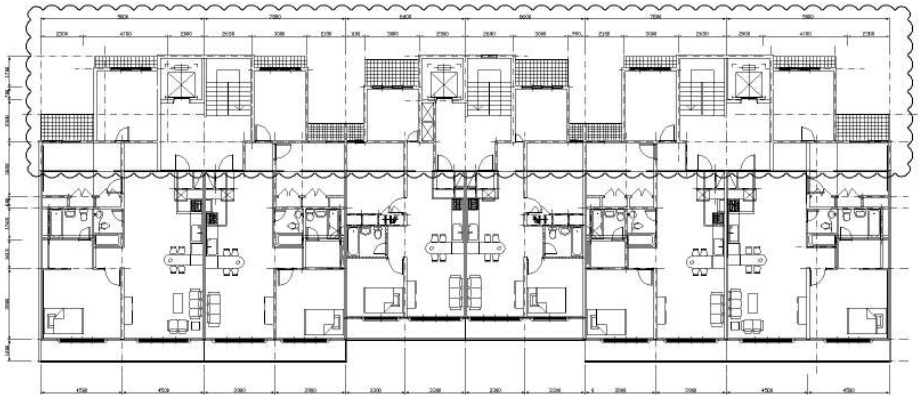


그림 3-79. 기준층 평면도(리모델링 후)

(나) 무보강

평면확장에 따른 전단벽의 증설만으로 내진성능이 확보될 수 있는지의 판단을 위한 평가이며 별도의 보강기술을 적용하지 않았다.

본 15층형 표준모델인 개포 7단지 삼익주공아파트에 대하여 무보강시 KBC 2005를 적용한 구조검토결과 층간변위는 기준의 제한치 이하로 나타나 문제없으나, 기존의 벽체중 측벽과 횡벽, 코아벽에서 부재내력이 부족하므로 내진보강이 필요하다.

① 층간변위 검토

표 3-38. 층간변위 검토

허용층간변위(0.010hs)	최대층간변위량	검토결과
26㎜(hs=2,600mm)	18.2㎜ (15층)	만족

② 벽체 내력검토

전단벽의 구조검토결과 측벽과 횡벽, 코아벽에서 설계력이 허용내력을 초과(최대 3.52, 지하~8층)하여 부재내력이 부족한 부재에 대하여 구조보강이 필요하다.

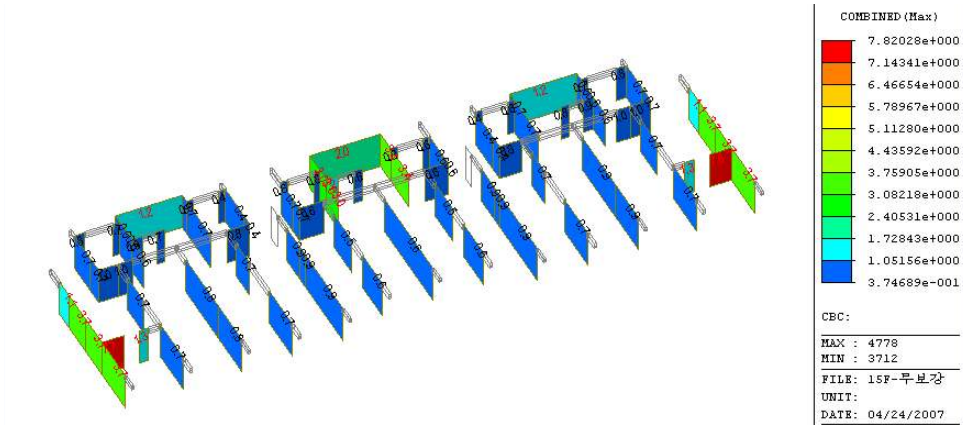


그림 3-80. 벽체의 내력검토

(다) RC 전단벽 보강

평면확장에 따른 전단벽의 증설만으로 내진성능이 확보될 수는 있으나 기존의 벽체가 내력을 초과하므로 남측 발코니에 횡벽(R.C)만을 보강하여 내력이 부족한 기존부재의 보강효과를 기대할 수 있는지를 평가하였다.

구조검토결과 횡벽(R.C)만의 보강으로 허용내력 초과량(최대 6.2)을 수용할 수 있을 정도의 보강은 되지 않았다.

① 층간변위 검토

표 3-39. 층간변위 검토

허용층간변위(0.010hs)	최대층간변위량	검토결과
26㎜(hs=2,600mm)	16.9㎜ (15층)	만족

② 벽체 내력검토

전단벽의 구조검토결과 설계력이 허용내력을 초과(최대 6.20)하는 것으로 검토되어 보다 적극적인 구조보강이 필요하다.

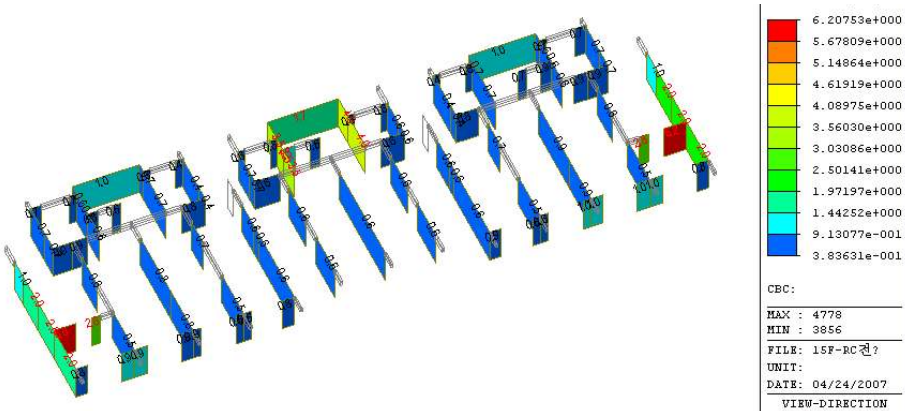


그림 3-81. 벽체의 내력검토

(라) 강판보강벽 보강

평면확장에 따른 전단벽의 증설과 남측 발코니에 횡벽(R.C)을 보강하여도 내력이 부족한 기존부재의 보강효과를 기대할 수 없으므로 요소기술 중 강판벽을 간막이 벽체 위치에 설치하여 보강효과를 평가하였다.

요소기술(강판벽)을 적용한 구조검토결과 층간변위는 기준의 제한치 이하로 문제없으나, 전단벽은 요소기술(강판벽) 적용 전 부재는 허용내력 초과량이 3.52에서 2.92으로 감소하였다. 그러나 요소기술(강판벽)이 지지된 벽에서 축력의 증가로 허용내력을 초과(최대 4.37)하였다.

① 층간변위 검토

표 3-40. 층간변위 검토

허용층간변위(0.010hs)	최대층간변위량	검토결과
26㎜(hs=2,600mm)	9.81㎜ (15층)	만족

② 벽체 내력검토

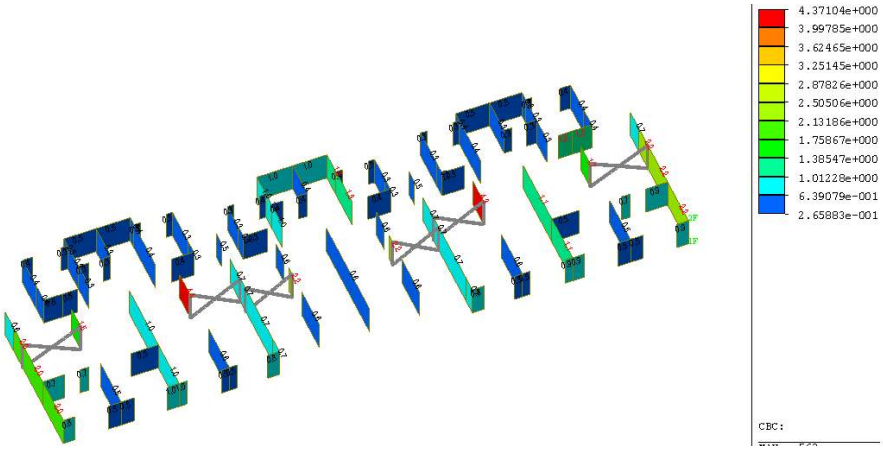


그림 3-82. 벽체의 내력검토

전단벽의 구조검토결과 요소기술(강판벽) 적용 전 부재는 허용내력 초과량이 3.52에서 2.92로 감소하였으나, 요소기술(강판벽)이 지지된 벽에서 축력의 증가로 허용내력을 초과(최대 4.37, 지하~지상5층)하였다.

(마) 슈퍼 BRACE 보강시 내진성능 평가

평면확장에 따른 전단벽의 증설만으로 내진성능이 확보될 수는 있으나 기존의 벽체가 내력을 초과하므로 슈퍼 BRACE를 보강하여 내력이 부족한 기존부재의 보강효과를 기대할 수 있는지를 평가하였다.

구조검토결과 슈퍼 BRACE의 보강으로 비틀림에 의한 하중집중을 방지할 수 있었으며 측벽의 1,2층 허용내력 초과(최대 1.4) 부분은 단면보강하면 문제없을 것으로 판단된다.

① 층간변위 검토

표 3-41. 층간변위 검토

허용층간변위(0.010hs)	최대층간변위량	검토결과
26㎜(hs=2,600mm)	13.02㎜ (15층)	만족

② 벽체 내력검토

검토결과 기존의 계단실 벽은 설계력이 허용내력을 초과(최대 1.61, 지하~2층)하나 주변에 벽량이 많으므로 대체하고, 측벽의 1, 2층은 단면보강이 필요하다.

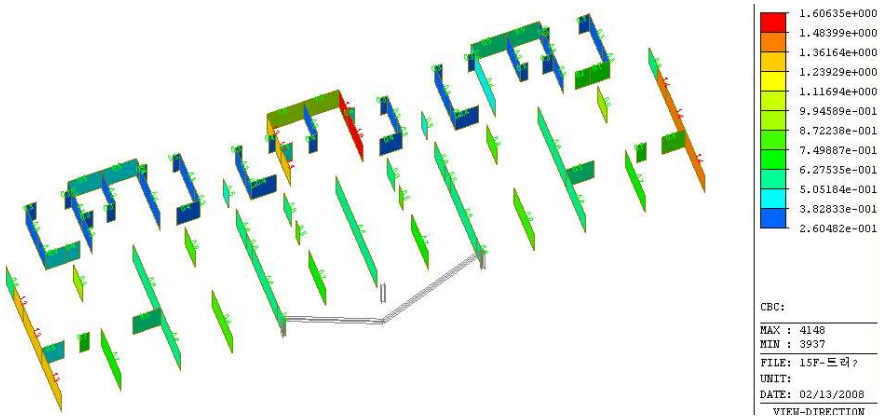


그림 3-83. 벽체의 내력검토

③ 보강 상세

슈퍼 BRACE 보강안은 그림 3-64 및 그림 3-65와 같으며, 측벽의 단면 보강안은 그림 3-66과 같다.

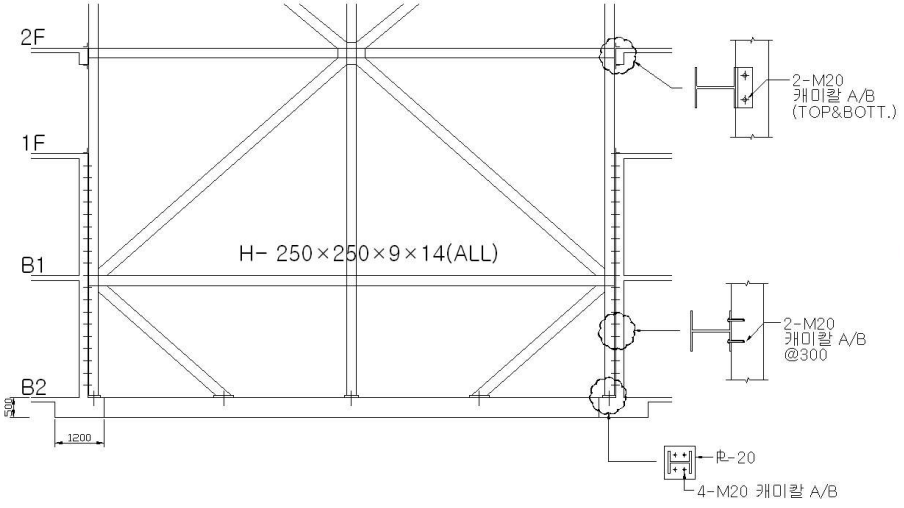


그림 3-84. 슈퍼 BRACE (BRB) 보강상세도

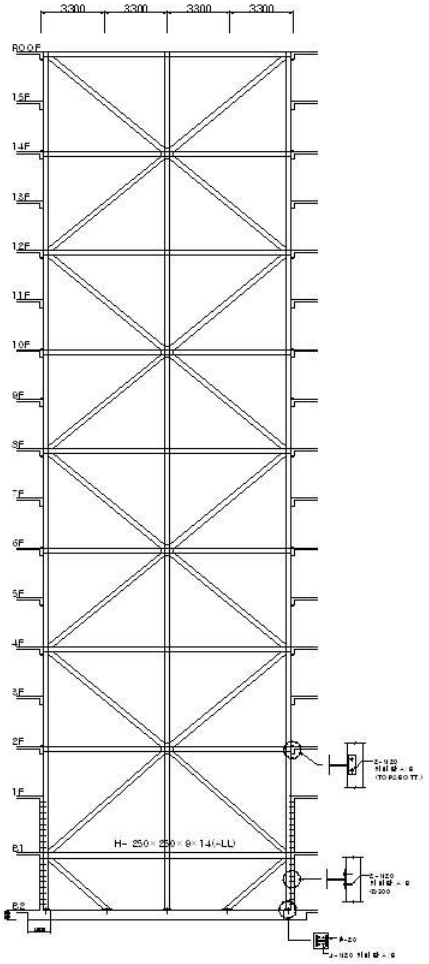
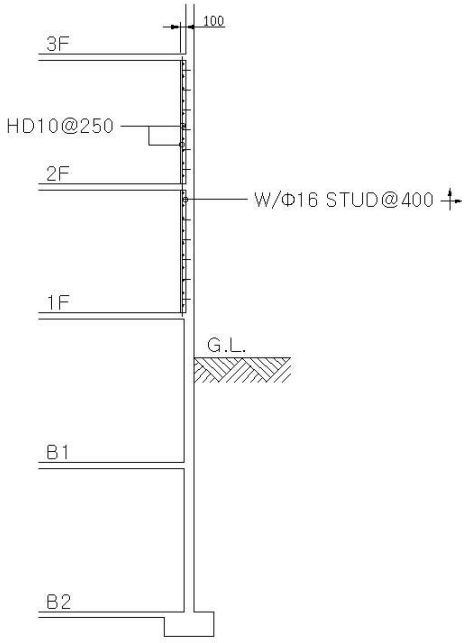


그림 3-85. 슈퍼 BRACE (BRB) 보강도



〈 측벽 보강안 ; 철근CON'C 증타 〉
〔 또는 강판벽, 탄소섬유판등 〕

그림 3-86. 측벽 보강안

(바) R.C FRAME 보강시 내진성능 평가

평면확장에 따른 전단벽의 증설만으로 내진성능이 확보될 수는 있으나 기존의 벽체가 내력을 초과하므로 남측 발코니에 현재 보강방법으로 주로 사용하는 철근콘크리트 보, 기둥(R.C FRAME)만을 보강하여 내력이 부족한 기존부재의 보강효과를 기대할 수 있는지를 평가하였다.

구조검토결과 보, 기둥(R.C)만의 보강으로 허용내력 초과량(최대 3.52)을 수용할 수 있을 정도의 보강은 되지 않았으나 측벽 및 계단실 일부 기존벽체의 보강이 필요하다.

① 층간변위 검토

표 3-42. 층간변위 검토

허용층간변위(0.010hs)	최대층간변위량	검토결과
26㎜(hs=2,600mm)	9.63㎜ (15층)	만족

② 벽체 내력검토

전단벽의 구조검토결과 설계력이 허용내력을 초과(최대 2.86, 지하~3층)하는 것으로 검토되어 보다 적극적인 구조보강이 필요하다.

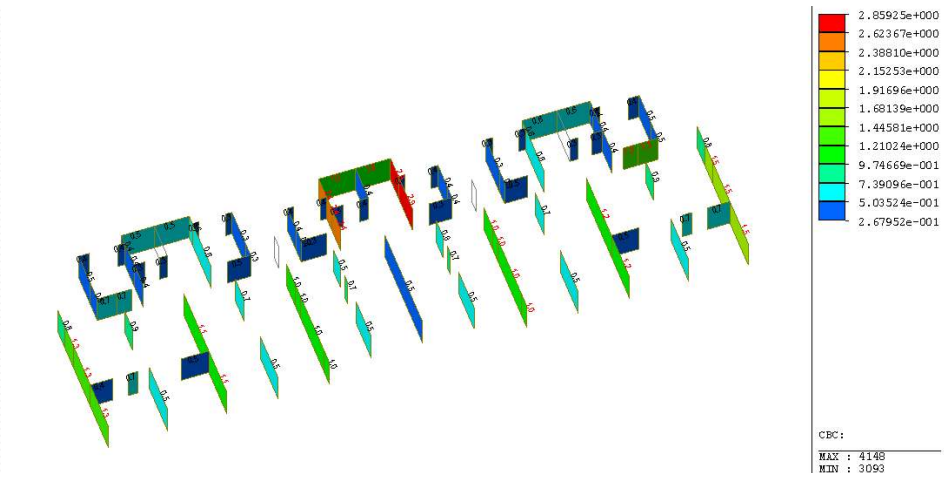
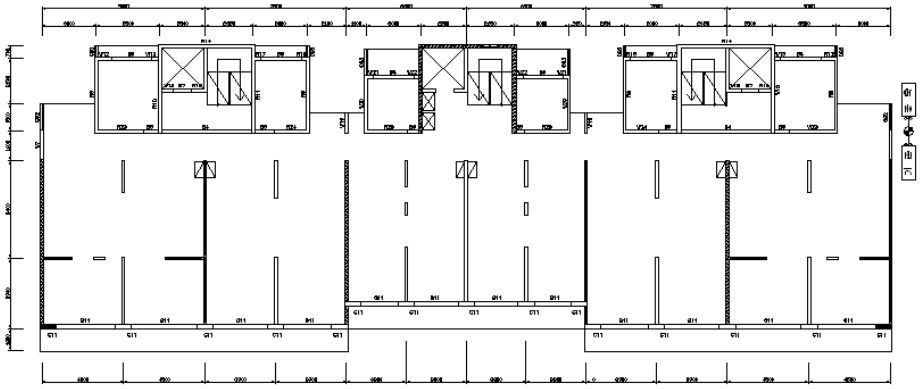


그림 3-87. 벽체의 내력검토

③ 보강 설계

보, 기둥의 설치 후 전단벽의 설계력이 허용내력을 초과하여 적극적인 구조보강이 필요한 부재는 그림 3-88과 같으며, 남측 발코니에 보강된 보 및 기둥의 배근상세는 그림 3-89와 같다.



: 보강 필요 부위

그림 3-88. 기존 벽체의 내력 초과 부분

구 분	G11	구 분	C11
형 태	300 400 전 단 면	형 태	900 300
상부근	5-HD19		
하부근	5-HD19	주 근	18 - D19
스터럽	2-D10@100	띠 철 근	D10 @ 150(300)

그림 3-89. 보강된 보 및 기둥 배근상세도

(사) 요소기술별 내진성능 평가의견

지금까지 검토된 요소기술별 내진성능 평가결과를 비교하고, 시공성 과 경제성 측면에서 장단점을 비교하여 향후 내진보강시스템 결정에 참조가 되도록 하였다.

표 3-43. 요소기술별 내진성능 평가

보강 종류	층간변위 (백분율)	보강효과 (백분율)	추가보강 범위	예상 공정
1.무 보강	13.08㎜ (100%)	측벽-3.5(100%) 계단벽-2.3(100%) 간벽-0.9(100%)	1~8층 (측벽, 세대간벽, 계단벽, 횡벽)	-
2.R.C전단벽 보강	11.7㎜ (89%)	측벽-2.1(60%) 계단벽-2.9(126%) ⇒ 기존벽체 보강에 문제 있음	1~5층 (측벽, 세대간벽, 계단벽, 횡벽)	1)R.C전단벽 신설(발코니) 2)기존벽체 보강공사 (측벽, 세대간벽, 계단벽, 횡벽)
3.R.C전단벽 +강판벽 보강	9.81㎜ (75%)	측벽-2.2(63%) 계단벽-1.3(57%) 간벽-4.37(485%) ⇒ 기존벽체 보강에 문제 있음	1~5층 (측벽, 간벽)	1) R.C전단벽 신설(발코니) 2) 기존벽체 보강공사 (측벽, 간벽) 3) 강판벽 보강공사 4) R.C전단벽 설치를 위한 철거공사
4.슈퍼 BRACE 보강	8.14㎜ (62%)	측벽-1.4(40%) 계단벽-1.6(70%) ⇒요소기술 설치 양호하며 보강효과 우수 (적용가능함)	1~2층 (측벽)	1) 슈퍼 BRACE 설치공사 (발코니) 2)기존벽체 보강공사(측벽)
5.R.C FRAME 보강	9.63㎜ (73%)	측벽-1.5(43%) 계단벽-2.86(124%) ⇒ 요소기술 설치 다소 문제 있으나 보강효과 양호 (적용가능함)	1~3층 (측벽, 계단벽)	1) R.C FRAME 설치공사 (발코니) 2) 기존벽체 보강공사 (측벽, 계단벽) 4) R.C FRAME 설치를 위한 철거공사

※ 백분율은 무보강을 기준으로 작성하였음

(3) 광주 학동 지구

(가) 개요

노후 공동주택의 내진성능을 향상시키기 위하여 개발한 요소기술(마찰감쇠기, 비좌굴가새, 강판벽 보강, ECC 조적벽체 보강)을 실제 건축물에 적용하여 이에 대한 내진성능을 파악하기 위해 다음과 같이 대상건축물을 선정하였다.

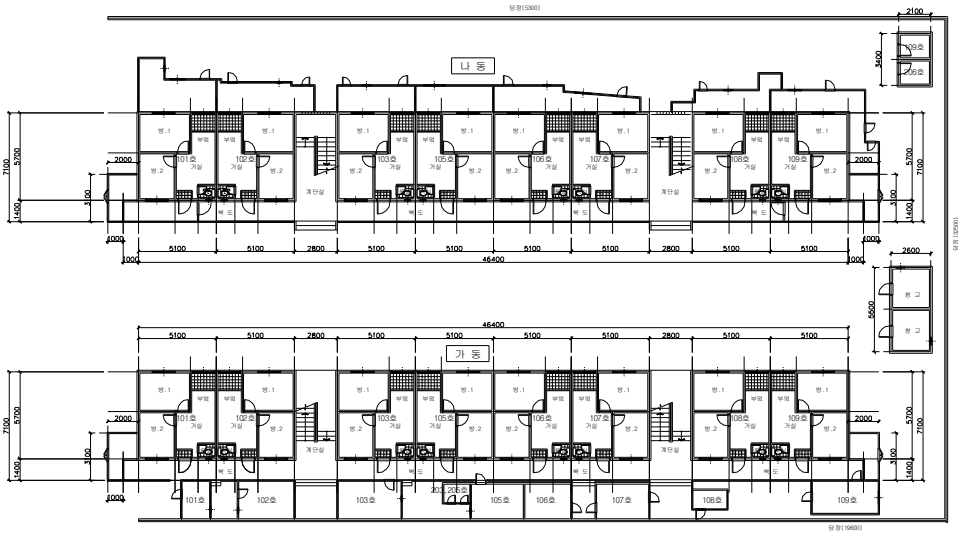
표 3-44. 시범사업 대상건물의 건축 및 구조개요

명 칭	광주시영아파트
구조형식	철근콘크리트구조
위 치	광주광역시 동구 학동 898번지
용 도	공동주택
규 모	지하 1층, 지상 3층
콘크리트 강도	fck = 21N/mm^2
철근 강도	fy = 300N/mm^2
슬래브 두께	200mm
벽체두께	150, 120mm
기초 형식	독립기초



(a) 전경 (b) 입면 (c) 배면

그림 3-90. 대상건축물 현황



(a) 1층 평면도

그림 3-91. 대상건축물 도면

(나) 대상건축물의 사전조사

선정된 대상건축물의 부재 위치, 크기 및 배근을 조사하기 위하여 실측과 철근탐사를 실시하였으며, 건축물의 노후도를 파악하기

위하여 콘크리트 탄산화 검사 및 철근의 부식 상태를 조사하였다. 조사한 결과 콘크리트의 탄산화 진행 및 철근의 부식은 없는 것으로 조사되었다.

또한 대상건축물의 기초상황을 파악하기 위하여 그림 3-92, 3-93에서 보는 바와 같이 1층 바닥의 일부를 조사하였다. 조사결과 기초는 줄기초 형식이며, 줄기초 상부는 무근콘크리트로 타설되어 있었다.

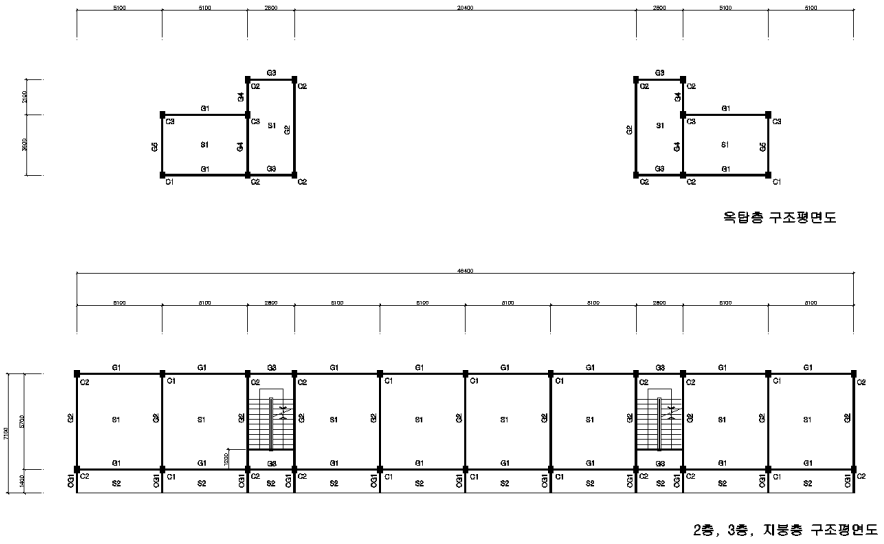
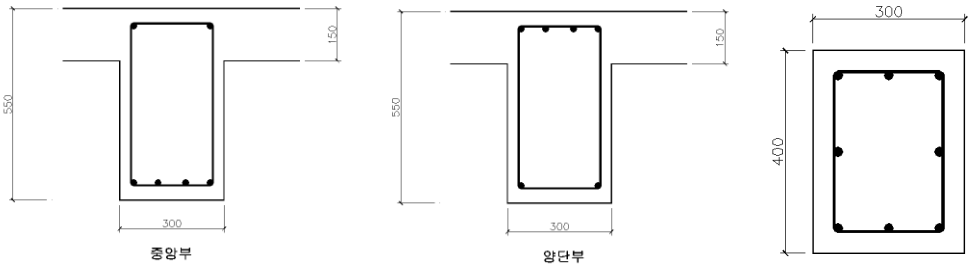


그림 3-92. 대상건축물의 구조평면도



300mm×550mm
상부근 2-D19 (추정)
하부근 4-D19
늑근 D10@300

(a) 보의 중앙부

300mm×550mm
상부근 4-D19 (추정)
하부근 2-D19
늑근 D10@200

(b) 보의 양단부

300mm×400mm
주근 8-D19
띠철근 D10@300

(c) 기둥

그림 3-93. 보, 기둥의 크기 및 배근상황

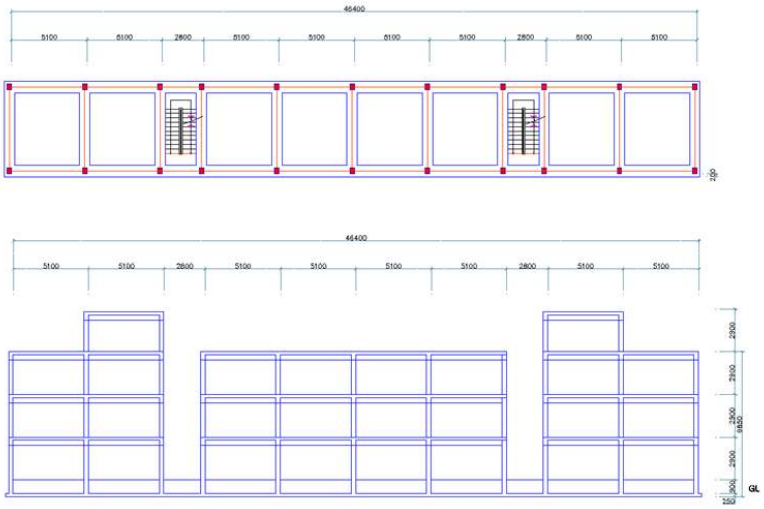


그림 3-94. 기초 부위 평면도 및 입면도

(다) 실험 계획

① 가력 계획

실험은 그림 3-95에서 보는 바와 같이 계단실을 중심으로 좌·우측의 2개 경간의 3층 골조로 선정하였으며, 양측 계단실 중간의 4개 경간은 가력을 위한 가력시스템으로 계획하였다.

가력은 3층 바닥 기둥과 보 접합부 부분을 중심으로 유압잭(인장/압축 ±200tonf, 스트로크 500mm)을 이용하여 2군데를 가력하며, 변위제어에 따른 반복하중으로 계획하였다. 실험체에 반복하중을 가하기 위해 실험체는 로드바(ϕ25mm)를 사용하여 긴결하여 일체가 되도록 하였으며, 반력시스템은 브레이스 보강을 하여 가력시 발생할 수 있는 변형이 없도록 하였다.

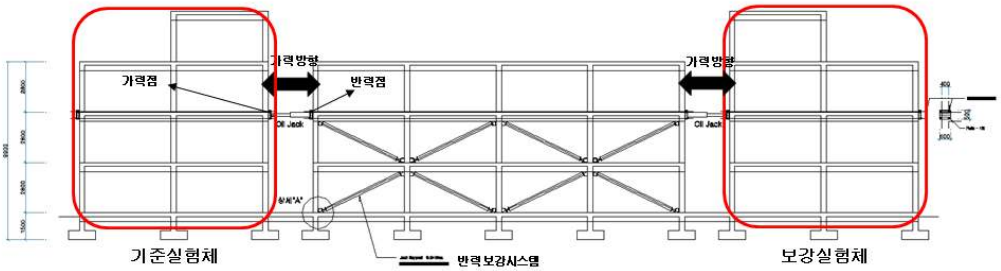


그림 3-95. 실험 부위 및 가력 위치

② 보강설계 내력의 산정

예상내력은 그림 3-96과 같이 철근의 재료의 강도가 2,400 kgf/㎠의 경우에 30.7 tonf, 4,000 kgf/㎠은 46 tonf으로 예상된다. 이는 KBC 2005의 설계 지진하중과 비교하면 어느 정도 비슷한 수준이다.

설계지진하중에 사용된 다음의 계수를 고려하여 밑면전단력을 계산하면 141.8 tonf이 산정되나 IBC2006(KBC 2008 개정판)에서 제안하는 보통모멘트 골조의 R=3을 반영하여 예상되는 지진하중을 산정하면 94.5 tonf로 나오며, 이를 보강설계의 목표 강도로 설정하였다.

중요도 계수 IE=1.2

반응수정계수 R=4.5 --> R=3

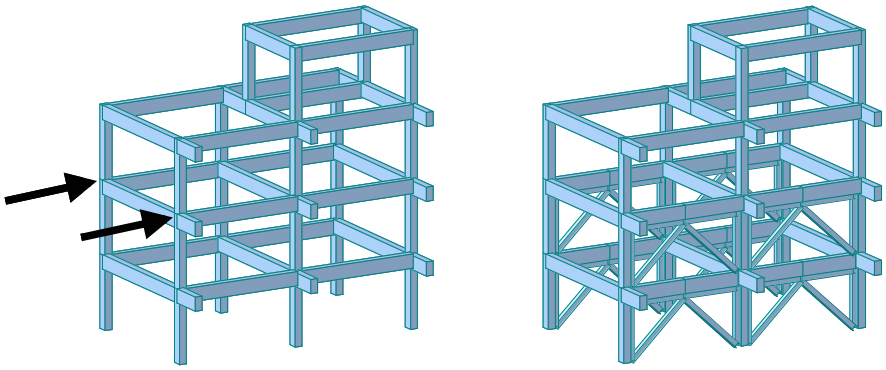
그림 3-96. 2층 예상내력의 산정

(라) 보강 계획

① 마찰감쇠기

마찰감쇠기는 쉐브론 가새 형태로 설치하였으며, 마찰감쇠기의 최대정지 마찰력은 5.76 tonf 이며, 1층과 2층에 각각 4개씩 총 8개의 마찰감쇠기를 설치하였다. 쉐브론 가새 형태로 설치된 마찰

감쇠기는 항복하중 이전까지는 강성으로 작용하여 인접 부재에 가새의 반력으로 인해 하중을 집중시키는 역할을 하게 된다. 이 때문에 인접한 기둥과 보를 H형강으로 보강하여 상부로부터 기초까지 하중 전달이 용이하도록 하였다. 이를 해석 모델에 적용하기 위하여 그림 3-97과 같이 마찰감쇠기와 보강부재 그리고 기존의 기둥과 보를 모델링하였다.



(a) 무보강 해석모델　　(b) 마찰감쇠기 설치 해석모델

그림 3-97. 3차원 해석모델

마찰감쇠기의 강성보강 및 연성증가 효과를 검토하기 위해 그림 3-98과 같이 구조물의 하중-변위 곡선을 나타내었다. 프레임 구조에 가새 형태로 설치된 마찰감쇠기는 강성 보강효과가 매우 큰 것으로 나타났다.

그림 3-98. 하중-변위 능력곡선

② 비좌굴가새

비좌굴가새에 작용하는 축력을 지반으로 전달하기 위하여 가새가 설치되는 곳에 추가적으로 H200×200×8×12 철골기둥을 설치하였다. 그림 3-101과 같이 엥커볼트를 사용하여 기존 구조체에 강판을 설치하고 가셋플레이트를 용접한 후 가새를 설치하는 것으로 가정하였다. 가새는 축력만 받도록 그림 3-102와 같이 접합부를 힌지로 한다.

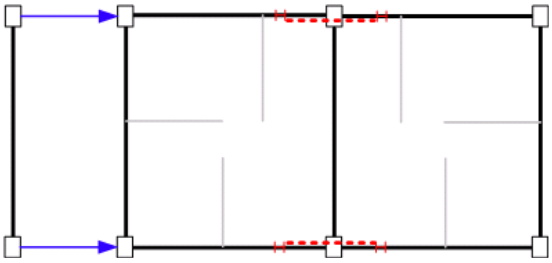


그림 3-99. 해석모델의 평면

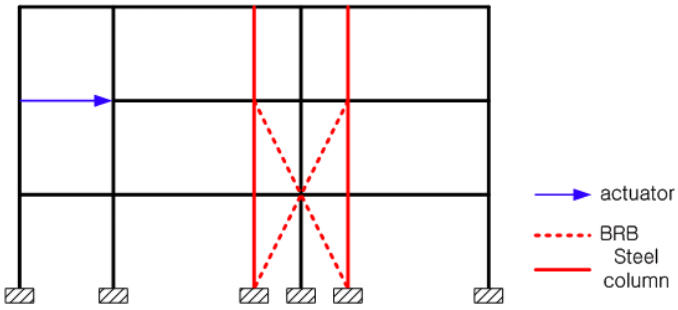


그림 3-100. 해석모델의 입면

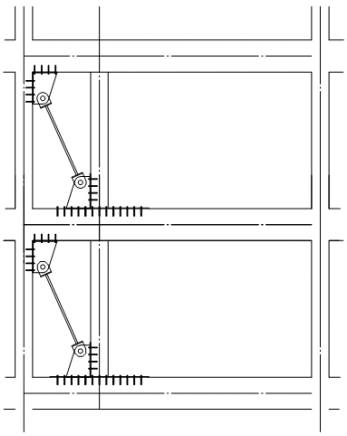


그림 3-101. BRB의 설치형태

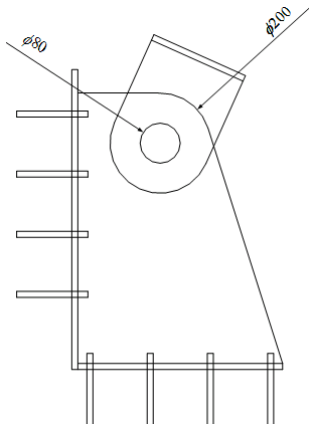


그림 3-102. BRB의 접합부 디테일

그림 3-103은 대상구조물의 보강 전후 Pushover 해석결과를 나타낸다. 보강되지 않은 대상구조물의 횡력에 대한 최대 밑면전단력은 목표 최대 강도를 1.0 MN으로 정할 경우 목표 값의 30%에도 미치지 못하는 것으로 나타났다. 또한 횡변위가 약 18cm에 도달하면 구조물이 붕괴되는 것으로 나타났다. 철골 기둥을 설치한 경우 최대 강도는 목표값의 약 60%까지 증가하는 것으로 나타났다. 코어(심재)의 단면적이 16cm2 및 25cm2인 비좌굴가새와 기둥을 동시에 설치한 경우 최대 강도는 약 1.2 MN 및 1.3 MN으로 증가하여 주어진 목표 강도를 만족하는 것으로 나타났다. 또한 비좌굴가새의 우수한 연성능력으로 인하여 구조물의 파괴 시 최대변위가 증가하는 것으로 나타났다.

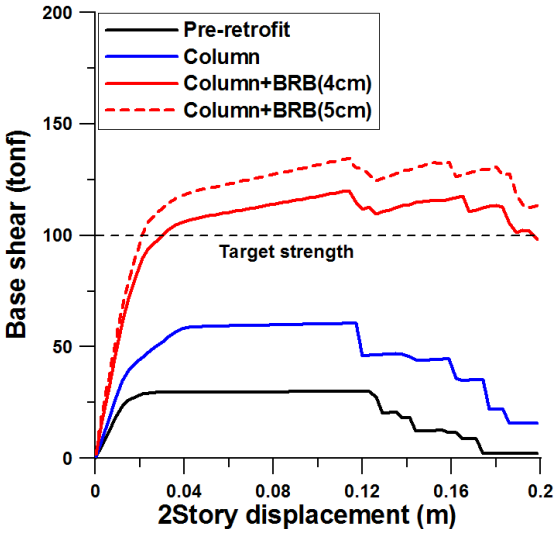


그림 3-103. 해석모델의 힘-변위 관계

③ 강판전단벽

Mock-up 구조물의 경우 내진보강이 가능한 위치는 실 내부 비구조벽 위치이다. 실과 실 사이의 비구조벽 위치에도 강판벽을 설치할 수 있으나, 편심이 작용하기 때문에 그림 3-104와 같이 양측 기둥이 위치한 곳에 설치하는 것으로 계획하였다. 일반적으

로 단변방향으로는 개방감을 요구하기 때문에 너비 1.3m의 강판벽을 설치하였고, 경제성을 위하여 기존의 RC 구조물은 보강하지 않았고 강판벽 설치 위치를 집중적으로 보강하였다. 구조물에 내진벽을 설치할 경우 기초에 큰 축력과 모멘트가 작용하기 때문에 강판벽 하부에 줄기초를 신설하였다. 강판벽과 기초 보강 계획은 그림 3-105와 같다.

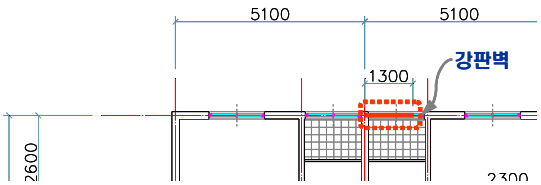


그림 3-104. 강판벽 보강 위치

그림 3-105. 강판벽 보강 계획

④ ECC를 이용한 조적벽체 보강

현장 적용 실험 대상이 되는 공동주택의 구조 형식은 철근 콘크리트 프레임형식으로, 세대간 통합이 용이한 구조 형식이다. 이

구조 형식에 대해서는 벽량의 손실에 따른 내력 저하는 발생하지 않는다. 다만 리모델링시 발생할 수 있는 잔류 조적벽체의 보강을 통해 전체 구조물의 횡지지 능력을 증가시킬 수 있는 방안을 사용하도록 한다. 그림 3-106에서 나타나듯이 대상건물은 장변 방향으로의 벽량이 적기 때문에 장변 방향으로의 횡지지 능력이 더 작을 것이다. 그러므로 장변 방향의 칸막이 벽을 리모델링 대상 요소로 선정한다. 보강시의 구속효과의 증진을 위해 양면을 보강할 수 있는 내부 벽체로 보강 대상을 결정하기로 한다.

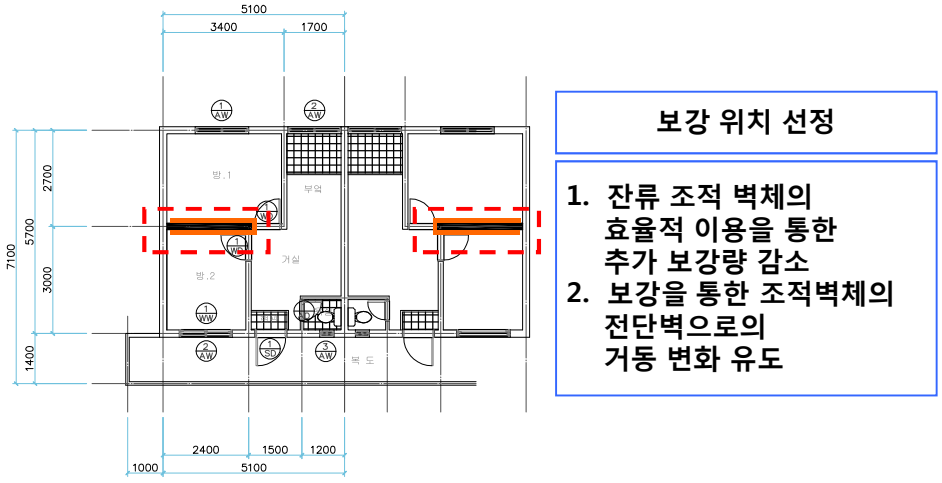


그림 3-106. 보강 위치의 선정

기 수행된 실험 결과는 전도로 인한 와이어 메쉬의 뽑힘 현상과 보강체의 Rocking이 없었지만 본 실험의 조적 벽체는 횡력에 저항할 경우 Rocking에 지배 받을 것이며 별도의 압축력이 없기 때문에 벽체의 전도가 예상된다. 그러므로 와이어 메쉬의 정착과 함께 별도의 보강을 위해 'ㄱ'자형 앵글을 사용하여 벽체와 슬래브의 일체성을 보장하도록 한다. 계획된 모든 상세를 나타내면 다음 그림 3-107과 같다.

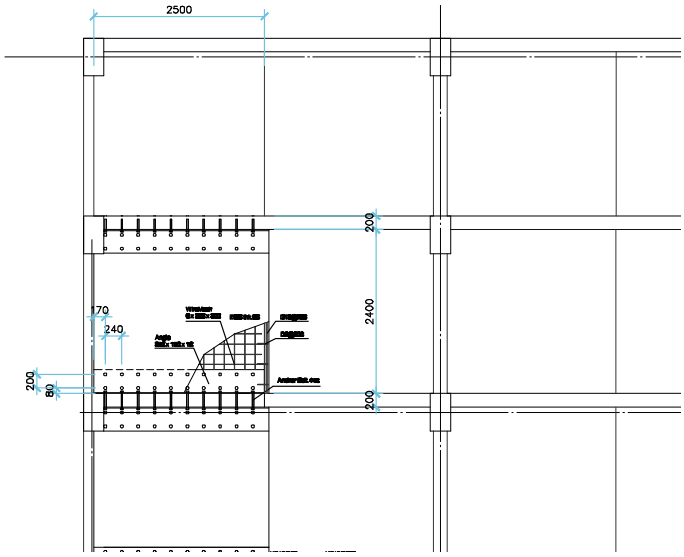
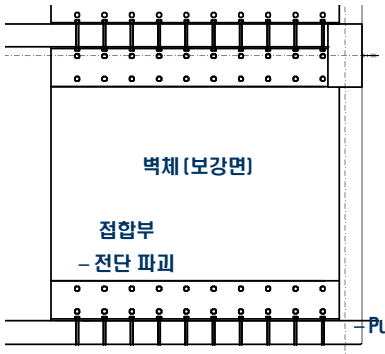


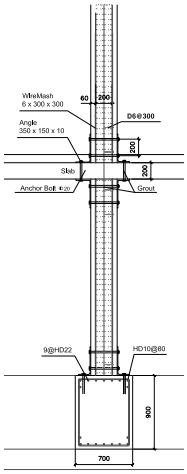
그림 3-107. 보강 실험체 계획 (입면)

다만, 벽체의 파괴를 통한 ECC의 연성 거동 유도를 위해서 벽체의 최대 내력, 앵글-슬래브 연결부의 앵커 뽑힘 내력, 벽체-앵글간의 전단 내력을 각각 비교하여 벽체의 최대 내력이 가장 적도록 설계하도록 한다. 이를 통해 시스템이 강도 증진과 함께 연성적인 거동을 할 수 있도록 한다. 또한 벽체의 최대 내력에 의한 횡력의 증가로 인한 기초의 전도 및 파괴를 막기 위하여 추가적인 모멘트에 대한 별도의 기초 보강을 수행하도록 하며 벽체의 강성 증가로 인한 1층 슬래브의 뚫림 파괴를 막을 수 있도록 내부 벽체 아래에 별도의 기초 보강을 하도록 한다.

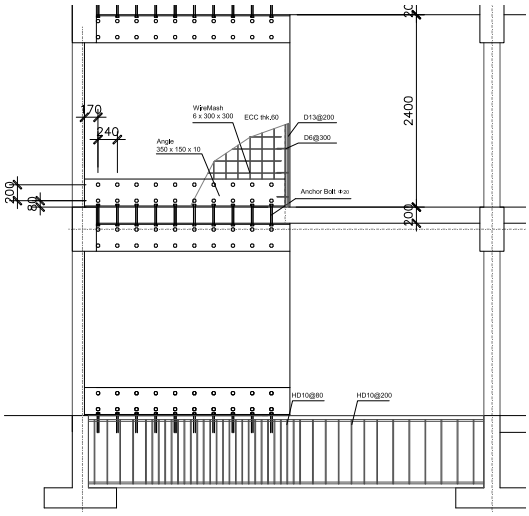


	Strength / unit	전체 강도(1개 벽체 기준)	파괴대상
벽체(보강면)	209.13 kN / 1면	418.26 kN	보강재
접합부 Pull Out	90 kN / 1개(앵커)	900 kN	콘크리트 슬래브
접합부 Shear	42 kN / 2면, 1개	420 kN	보강재
최종 파괴	벽체의 전단 파괴		

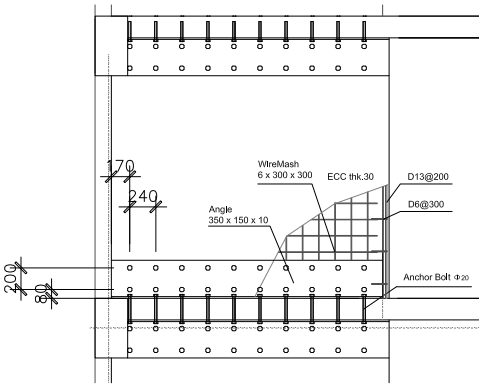
그림 3-108. 보강 벽체의 파괴 거동 결정



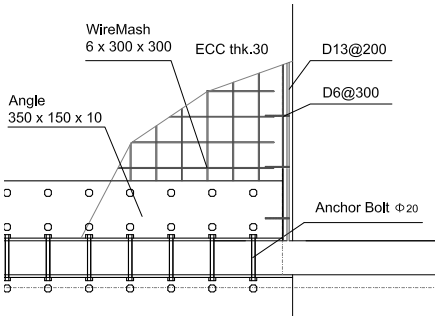
(a) 벽체-슬래브 단면



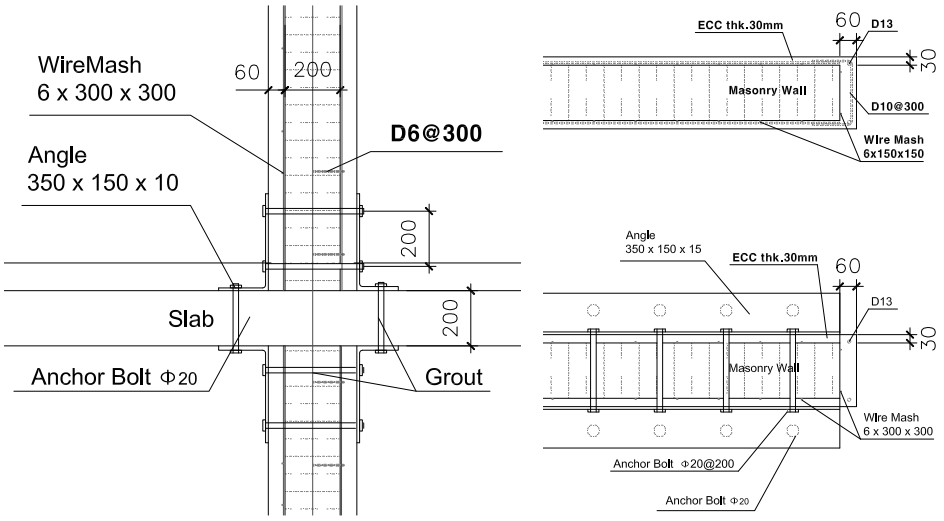
(b) 보강 상세 입면



(c) 벽체 슬래브 접합면



(d) 벽체 슬래브 접합면 상세



(e) 횡단면 상세 (f) 종단면 상세

그림 3-109. 보강 상세 계획

(마) 보강안 선정 및 상세

위의 4가지 보강 계획을 통해 광주 학동 지구에 대한 실제 실험을 위한 보강안을 선정하였다. 당초 개별 계획에 대하여 모두 실험을 수행할 예정이었으나, 실험체의 제한에 의해 최종 1개안을 선정하기로 하였으며, 그에 따라 강판전단벽을 최종 보강안으로 선정하였다.

보강안으로 선정된 강판전단벽 시스템의 실제 보강 상세는 그림 3-111과 같으며, 내진보강을 위하여 SS400 2mm 강판을 사용했다.

표 3-45. 재료실험 결과

Grade	Thickness (1) (mm)		Yield stress(2) (MPa)	Ultimate stress(3) (MPa)	Yield strength ratio (4) = (2)/(3)(%)	Member
	Nominal	Actual				
SS400	2	2.0	294	360	82	Infill plate
SS490	8	7.6	472	637	74	Column
SM490	12	11.2	391	583	67	Column

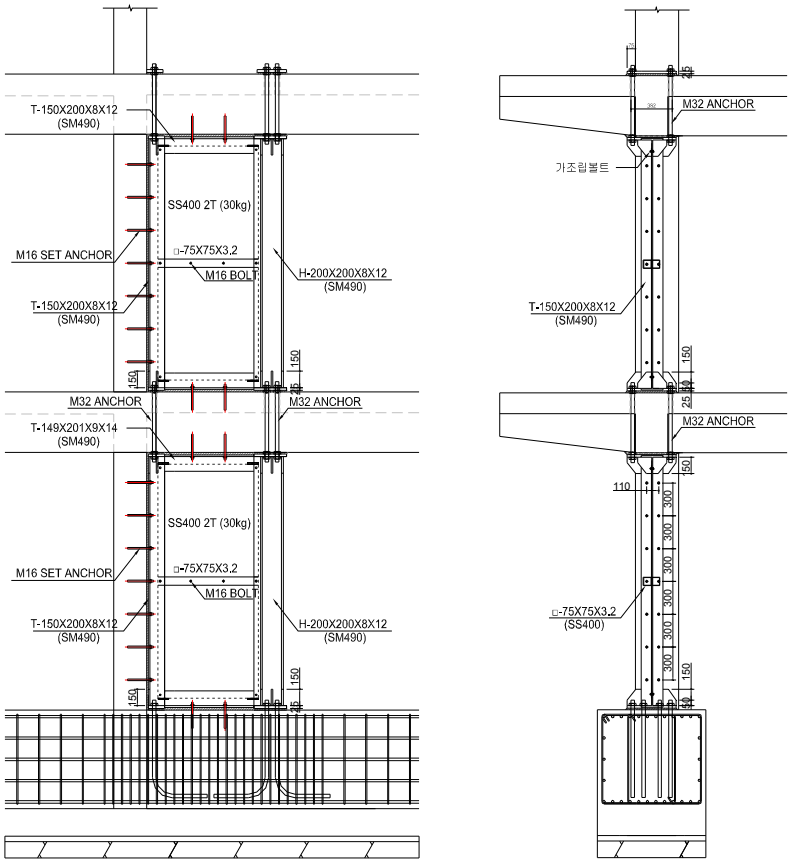


그림 3-110. 강판벽 보강 상세 (입면도, 단면도)

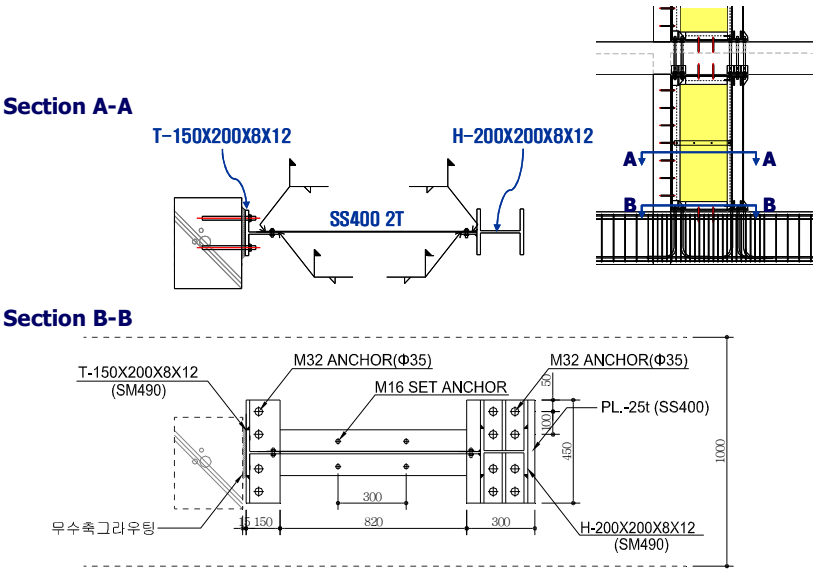


그림 3-111. 강판벽 보강 상세

(바) 기술적용 결과

기술적용 대상 구조물의 강판 보강 실험체(SPW)와 무보강 실험체(Frame)의 하중-2층변위 관계는 그림 3-112에 나타나 있으며, 각각의 최대하중과 최대변위는 표 3-46에 요약되어 있다. 강판보강 실험체(SPW)의 경우 1.0% 변위까지 하중이 측정되지 않아 1.5% 이후 변위에서의 하중-2층변위 관계를 나타냈으며, Mock-up 구조물의 붕괴 우려로 1.5% 변위까지만 가력했다.

그림 3-112에 나타난 바와 같이 강판보강한 SPW 실험체는 무보강 Frame 실험체에 비해 강성 및 하중재하능력이 향상된 것을 볼 수 있다. 무보강 실험체인 Frame 실험체와 비교하면 강판보강 실험체(SPW)는 강성 2.7배, 강도 2.1배 증가되었다.

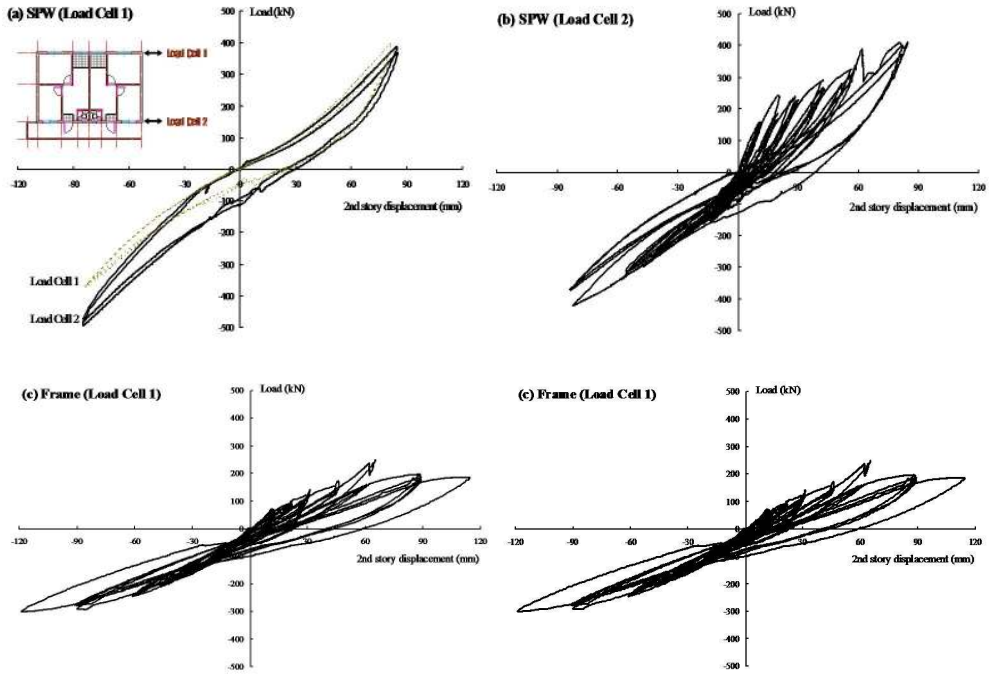


그림 3-112. Mock-up 구조물 하중-2층변위 곡선 비교

표 3-46. 실험결과

실험체	최대 하중						최대 변위					
	정방향(+)			부방향(-)			정방향(+)			부방향(-)		
	P_{max}(kN)	δ(mm)	층간 변위각(%)	P_{max}(kN)	δ(mm)	층간 변위각(%)	P_{max}(kN)	δ(mm)	층간 변위각(%)	P_{max}(kN)	δ(mm)	층간 변위각(%)
SPW Load Cell 1	397	81.7	1.5	-366	-83.6	1.5	397	81.7	1.5	-366	-83.6	1.5
SPW Load Cell 2	410	84.5	1.5	-420	-82.4	1.5	410	84.5	1.5	-367	-83.9	1.5
Frame Load Cell 1	199	87.5	1.5	-300	-118.8	1.5	186	114.0	2.0	-300	-118.8	2.0
Frame Load Cell 2	191	91.1	1.5	-247	-91.5	1.5	179	120.0	2.0	-245	-120.3	2.0

무보강 실험체(Frame)의 파괴형태는 그림 3-113에 나타냈다. 그림 3-113에서 볼 수 있는 것과 같이 외곽기둥 패널존과 내부기둥 상단에서 전단파괴가 발생했다. 그러나 그림 3-112 (c)와 (d)에 나타난 것과 같이 기둥의 전단파괴 이후 하중의 급격한 저하는 발생하지 않았다.



(a) 외곽기둥 패널존 파괴



(b) 내부기둥 상부 파괴

그림 3-113. 무보강 실험체(Frame) 파괴형태



그림 3-114. 강판보강 실험체(SPW) 파괴형태

강판보강 실험체(SPW)의 파괴형태는 그림 3-114와 같다. 강판벽이 세장하기 때문에 강판벽의 중간 높이에 각형 강관을 설치하였고, 각형강관의 상·하부 강판에서 인장응력장이 형성되었다. 그러나 강판을 앵커볼트로 접합한 기존 기둥의 보유내력이 크지 않고 앵커볼트가 기존 기둥에 제대로 정착되지 않아서 강판의 인장응력장 형성 이후에 강판과 기둥 접합면에서 파괴가 발생하여 신·구 구조체간 하중전달이 제대로 일어나지 않았다. 특히, 2층 강판벽의 경우 강판벽 상단과 슬래브 사이 접합면이 파괴되어 미끄러짐이 발생했고, 2층 기둥 하부에서 전단파괴가 발생했다. 그림 3-113 (b)에 나타낸 것과 같이 2층 강판벽 상부 접합면 파괴 이후 구조물의 부방향 하중이 정방향 하중에 비해 크게 감소하는 결과가 나타났다.

그림 3-115은 보강실험체(SPW)와 무보강 실험체(Frame)의 누적 에너지소산량을 나타낸다. 에너지소산량은 그림 3-112의 하중-2층 변위 곡선에서 Load Cell 2의 이력곡선 내부의 면적으로 계산하였다. 1.5% 변위에서 강판보강 후 보강 전보다 1.6배 많은 에너지를 소산했다.

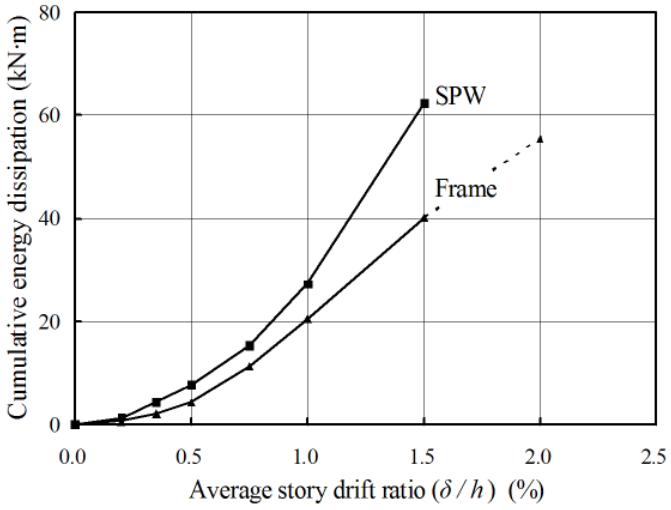


그림 3-115. 에너지소산능력 비교

(사) 시범사업 대상건물의 진동계측

① 계측방법 및 해석방법

철근콘크리트조 건물의 3층 중심에서 계측한 데이터를 통해 동적 특성에 대한 평가를 실시하였다. 상시진동계측을 실시하였으며, 이와 더불어 반복적으로 사람의 체중이동에 따른 관성력을 건물의 고유주기에 동조시켜서 건물의 응답 진폭의 공진 현상에 따라 서서히 커지게 하여 데이터를 얻는 가진방법인 인력가진법을 이용하여 감쇠율을 산정하였다. 상시진동은 미소진동이므로 측정대상건물의 주변의 진동 등의 잡진동이 작은 경우에 되도록 계측을 해야 한다. 본 실험의 경우 철거작업으로 인한 진동이 심하게 발생되었기 때문에 공사휴식시간을 활용하여 계측을 실시하였다. 또한 계측시의 Low Pass Filter를 3Hz로 설정하였으며, 10회 반복하여 계측을 실시하였다. 인력가진의 경우 상시미진동 측정 등에 따라 확인되어 있는 고유주기에 펄스음을 발생시켜 가진 실시자에게 주지시켜 가진을 하는 방법으로 진행하였다. 그림 3-116는 인력가진을 통해 얻어진 진동계측 파형을 보여주고 있으며, 인력가진을 통해 얻은 자유진동파형에 대해 대수감소법을 적용하여 감쇠율을 산정하였다.

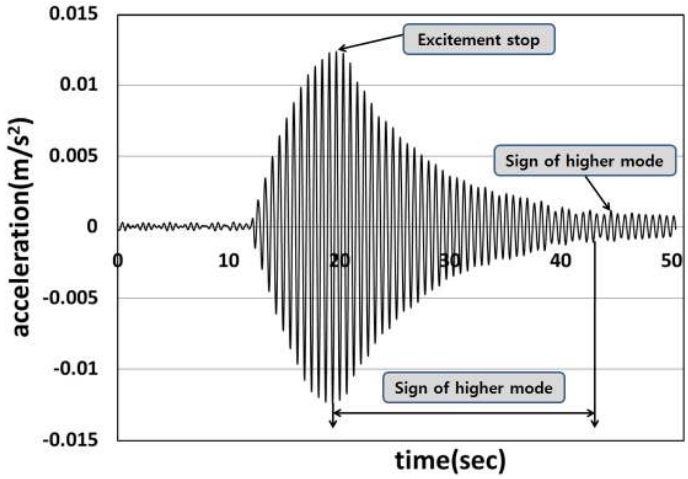
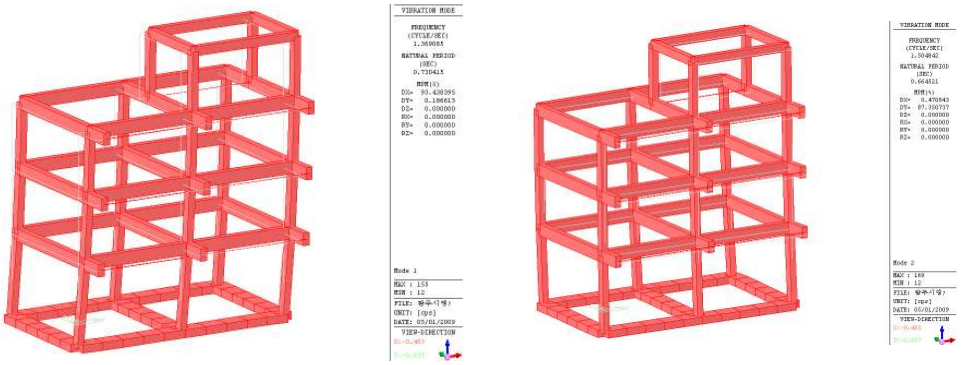


그림 3-116. 인력가진을 통해 얻어진 진동계측파형

② 대상건물의 고유치해석 및 진동계측

대상건물의 고유진동수를 확인하기 위하여 Midas-Gen으로 통한 모드해석을 수행하였다. 이를 실제 진동계측을 통해 얻은 고유진동수를 비교하였다. 대상건물의 장변방향, 단변방향, 비틀림방향에 대한 진동모드 형상 및 FFT를 통한 스펙트럼 분석결과 그림 3-117에서 확인하듯이 각각 1.369Hz, 1.504Hz, 1.779Hz이며, 그림 3-118에서 확인하듯이 진동계측결과 장·단변 및 비틀림에 대한 고유진동수는 1.540Hz, 1.619Hz, 2.086Hz로 약 11.1%, 5.12%, 17.25% 진동계측치가 크게 계측되었다.

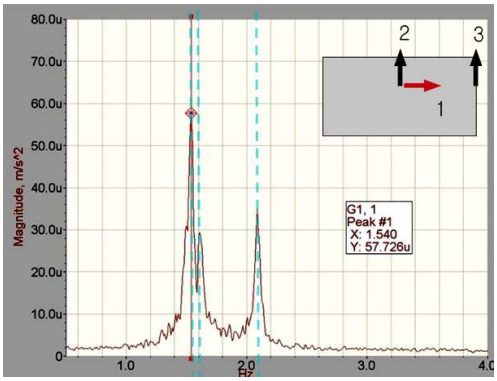


(a) 장변방향(해석치) : 1.369Hz　　(b) 단변방향(해석치) : 1.504Hz

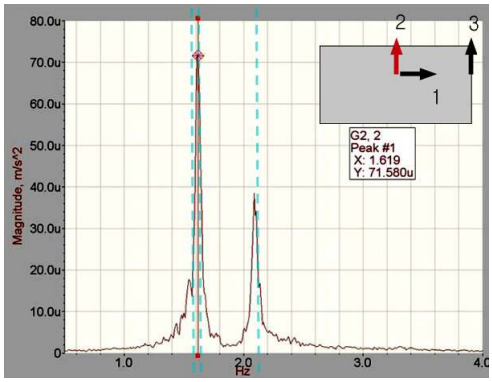
그림 3-117. 대상건물의 고유치 해석

표 3-47. 대상건물의 해석치와 계측치의 비교분석

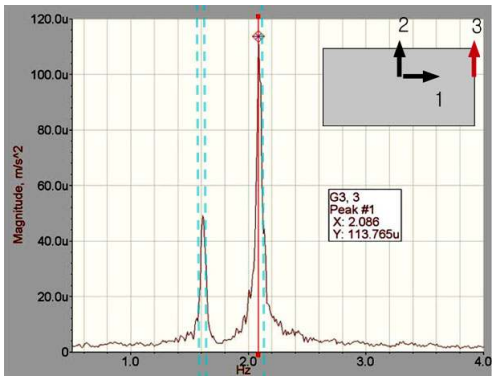
	대상건물의 해석치 및 계측치(단위 : Hz)		
	해석치	계측치	$\frac{②-①}{①} \times 100(\%)$
장변방향	1.369	1.540	11.1%
단변방향	1.504	1.619	5.12%
비틀림방향	1.779	2.086	17.25%



(a) 장변방향(진동계측) : 1.540Hz



(b) 단변방향(진동계측) : 1.619Hz



(c) 비틀림방향(진동계측) : 2.086Hz

그림 3-118. 대상건물의 계측결과

③ 대상건물의 보강을 통한 진동특성 평가

㉮ 보강 전·후의 고유진동수 평가

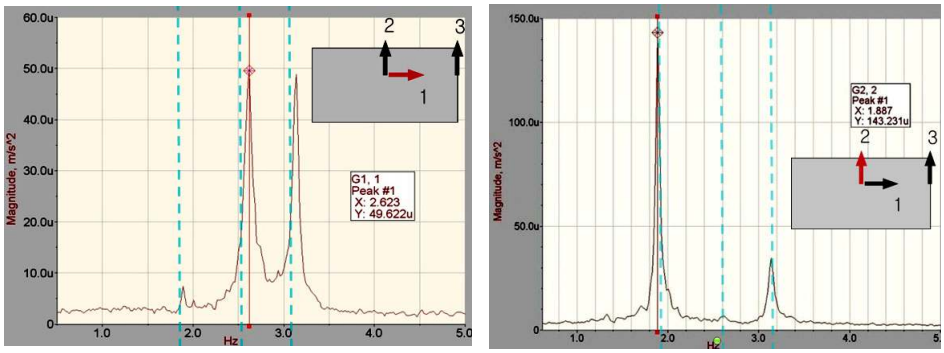
강판벽 및 줄기초 보강 후 실험체 A의 장변방향, 단변방향, 비틀림방향에 대한 모드해석 및 스펙트럼 분석결과는 그림 3-120으로 나타나며, 보강 전 진동계측을 통한 장·단변 및 비틀림에 대한 고유진동수는 1.540Hz, 1.619Hz, 2.086Hz이며, 보강 후 장·단변 및 비틀림에 대한 고유진동수는 2.623Hz, 1.887Hz, 3.119로 강성 변화율이 약 290.1%, 135.8%, 223.5% 증가하였다. 이 때 강성 변

화율은 기준이 되는 고유주기에 대한 엑츄에이터 분리 후 의 고유주기의 비에 제곱승을 통해서 산출하였다.

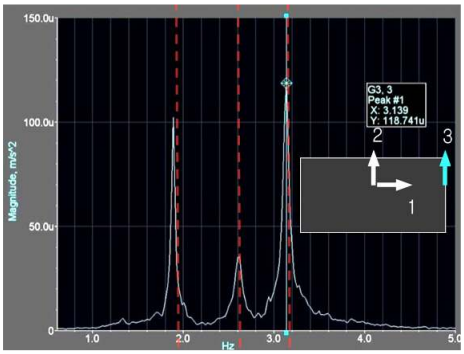


(a) 강판벽의 보강　　(b) 줄기초 보강 완료

그림 3-119. 대상건물의 강판벽 및 줄기초 보강



(a) 장변방향(진동계측) : 2.623Hz　　(b) 단변방향(진동계측) : 1.619Hz



(c) 비틀림방향(진동계측) : 2.086Hz

그림 3-120. 보강 후 대상건물의 계측결과

표 3-48. 대상건물의 해석치와 계측치의 비교분석

	대상건물의 보강 전 · 후 계측치 (단위 : Hz)		
	보강 전	보강 후	강성변화율(%)
장변방향	1.540	2.623	290.1%
단변방향	1.619	1.887	135.8%
비틀림방향	2.086	3.119	223.5%

㈏ 보강 전 · 후의 감쇠율 평가

대수감소법을 이용하여 감쇠율을 산정 결과 보강 전 장 · 단변에 대한 감쇠율은 1.59%, 1.25%로 계측되었으며, 보강 후 장 · 단변에 대한 감쇠율은 각각 2.18%, 1.47%로 23.15%, 17.6% 증가함을 알 수 있다. 또한 표 3-49는 감쇠율 산정을 위한 해석방법인 대수감소법을 이용할 때 파라미터가 되는 사이클 수 및 진폭을 보여준다.

표 3-49. 대상건물의 보강 전 · 후 감쇠율 비교분석

보강 유무	방향	사이클 수	진폭(m/s2)	감쇠율(%)	변화율(%)
보강 전	장변	1	13.56E-05	1.596	.
		10	4.97E-05		
	단변	1	23.99E-05	1.256	
		10	10.88E-05		
보강 후	장변	1	11.78E-05	2.187	+23.15%
		10	3.64E-05		
	단변	1	13.46E-05	1.477	+17.6%
		10	6.266E-05		

④ 대상건물의 손상 전 · 후에 대한 동적특성 평가

㈎ 하중가력실험을 통한 대상건물의 고유진동수 평가

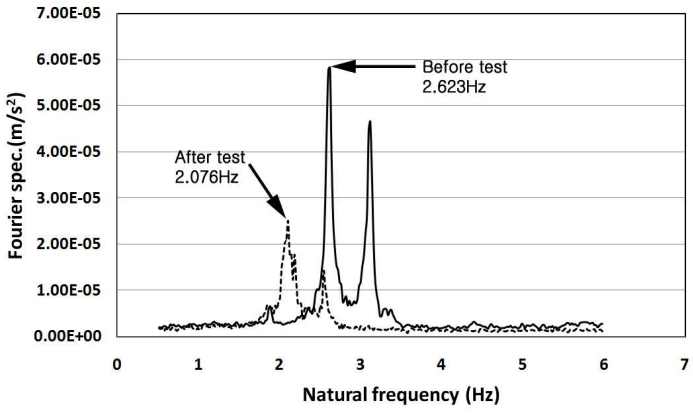
대상건물에 단계별 하중가력실험을 통해 파괴형상을 확인한 후

구조물의 손상정도를 평가하기 위해 진동계측을 이용하여 고유진동수 및 감쇠율을 평가하였다. 손상정도를 평가하기 위해서 실험 전 진동계측을 통해 얻은 데이터와 엑츄에이터를 설치하여 가진을 실시한 뒤 엑츄에이터 분리 후 진동계측을 통해 얻은 데이터와 비교하였다. 그림 3-121은 가력실험을 위해 대상건물에 장착된 엑츄에이터의 모습 및 계측 모습을 보여주고 있다. 계측 시 안전을 위해 중간건물 옥상에서 50m 케이블을 이용하여 대상건물 3층 바닥에 서보가속도계만 해당위치에 설치한 후 계측을 실시하였다.

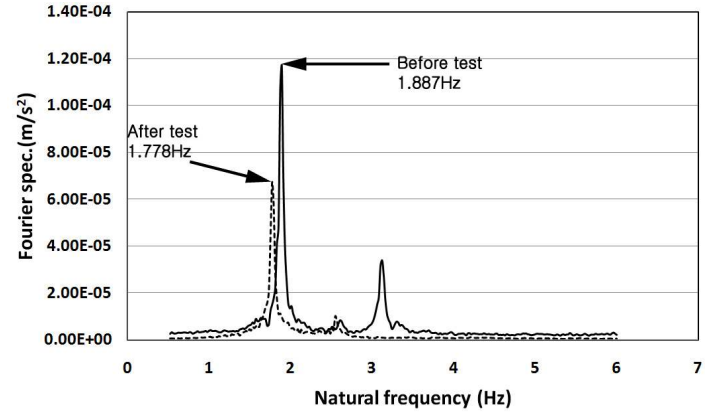


(a) 엑츄에이터 설치모습 (b) 진동계측 모습

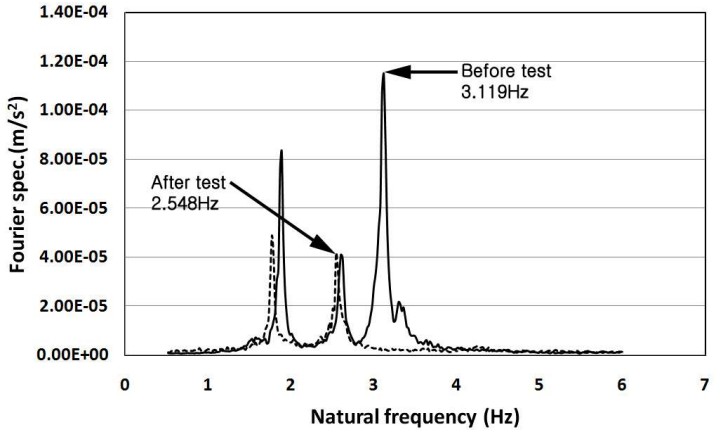
그림 3-121. 하중가력실험을 위한 엑츄에이터 설치 및 진동계측 모습



(a) 장변방향의 가력실험 전 · 후 진동계측 비교



(b) 단변방향의 가력실험 전 · 후 진동계측 비교



(c) 비틀림방향의 가력실험 전 · 후 진동계측 비교

그림 3-122. 가력실험을 통한 대상건물의 고유진동수 비교

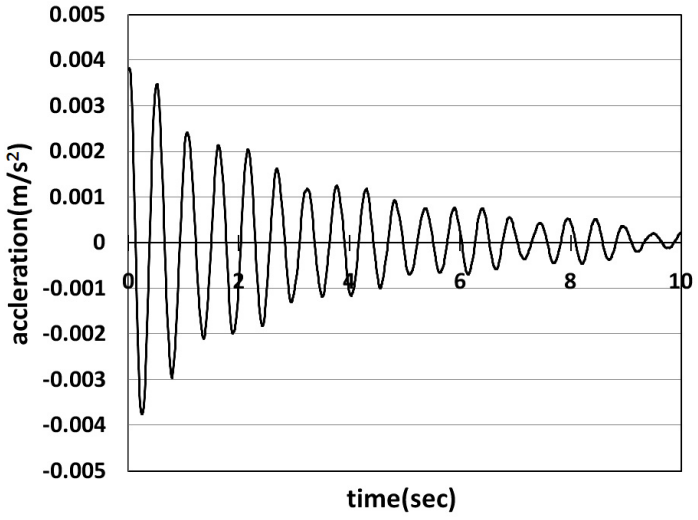
그림 3-122에서 확인 하듯이 엑츄에이터를 분리한 후 장변방향의 고유진동수는 2.076Hz, 단변방향은 1.778Hz, 비틀림 방향은 2.543Hz로 계측하였으며, 가력 전 계측치 보다 강성변화율이 37.36%, 11.22%, 33.27% 감소됨 확인할 수 있다. 또한 표 3-50을 통해 가력실험 전 · 후 강성 변화율을 확인할 수 있었다.

표 3-50. 가력실험을 통한 손상 전 · 후의 계측치 비교분석

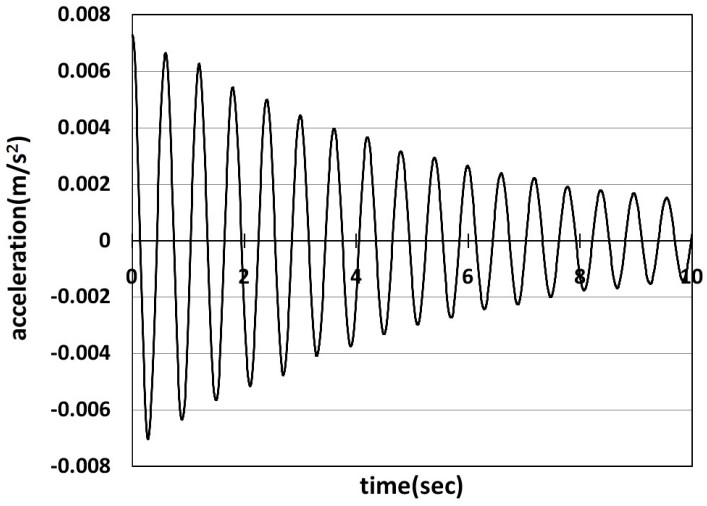
	대상건물의 손상 전 · 후 계측치 (단위 : Hz)		
	손상 전	손상 후	강성변화율(%)
장변방향	2.623	2.076	-37.36%
단변방향	1.887	1.778	-11.22%
비틀림방향	3.119	2.548	-33.27%

㈏ 하중가력실험을 통한 대상건물의 감쇠율 평가

그림 3-123를 통해 대상건물의 손상 후 장변에 대한 감쇠율은 기준 줄기초 및 강판벽 보강 시 평가된 기준치보다 53.9%, 23.15% 감쇠됨을 확인할 수 있다. 이는 엑츄에이터로 단계별 하중 실험 간에 발생되는 부재의 손상으로 인해 강성의 감소되며, 이에 따라 감쇠율이 감소됨을 확인 할 수 있다.



(a) 손상 후 장변방향의 진동파형



(b) 손상 후 단변방향의 진동파형

그림 3-123. 인력가진법을 통한 손상 후 대상건물의 자유진동파형

표 3-51. 대상건물의 손상 전 · 후 감쇠율 비교분석

손상유무	방향	사이클 수	진폭(m/s2)	감쇠율(%)	변화율(%)
손상 전	장변	1	11.78E-05	2.18	.
		10	3.64E-05		
	단변	1	13.46E-05	1.47	
		10	6.266E-05		
손상 후	장변	1	7.286E-05	1.02	-53.9%
		10	4.077E-05		
	단변	1	3.213E-05	1.13	-23.15%
		10	1.574E-05		

㈐ 손상전후의 고유진동수와 감쇠율 검토

대상건물의 손상전 · 후의 동적특성을 평가하기 위해 소진폭(11.2mm)부터 대진폭(84mm)까지 가력실험을 통해 고유진동수와 감쇠율을 평가하였다. 그 결과 3층 철근콘크리트 건물인 대상건물의 장·단변에 대한 고유진동수는 가력실험 전 각각 2.623Hz, 1.887Hz인 반면, 대진폭(84mm)으로 가력실험 한 후 2.076Hz, 1.778Hz로 37.36%, 11.22% 감소함을 확인할 수 있었다. 감쇠율의 경우 소진폭(11.2mm)으로 가력하기 전 장·단변에 대한 감쇠율이 2.18%, 1.47%인 반면, 대진폭(84mm)으로 가력실험 한 이후 1.02%, 1.13%로 약 53.9%, 23.15% 감소되는 경향을 확인 할 수 있었다. 서울산업대 윤성원(2009)의 3층 철근콘크리트조 건물의 손상전후의 진동특성에서 연구한 무보강 실험체의 고유진동수와 감쇠율의 감소비율과 비교한 결과 고유진동수는 보강실험체의 가력실험 후 단변방향의 강성변화율(11.22%)을 제외한 모든 방향의 강성변화율이 30~40% 감소되는 양상을 보였다. 또한 감쇠율의 경우 장변방향의 경우 50%이내, 단변방향은 20% 이내로 감소되는 비슷한 경향을 보이고 있다.

또한 이 실험 결과를 해외의 기존 연구와 비교하였다. 福和伸夫는 3층규모의 철골조 건물을 대상으로 3단계(50, 100, 250kN)의

진폭으로 손상을 입힌 자유진동 실험을 통해 손상 후 진동특성을 확인하였다. 작은 진폭영역(50kN)에서 고유진동수가 4.3Hz였지만 진폭이 증가함에 따라 대진폭(250kN)레벨의 경우 2.1Hz로 51.1% 감쇠하는 경향을 보인다. 그러나 감쇠율의 경우에는 초기진폭 50kN에서 100kN로 증가할 때 까지는 1.55%에서 1.62%로 증가하는 경향을 보이다가 대진폭(250kN)으로 진폭이 증가한 후 1.22%로 24% 감소하였다.

岡田敬一는 일본지역 내 50층 규모의 철골조 건물을 대상으로 상시진동의 작은 진동레벨에서 소진폭(1 cm/s), 중간폭(2 cm/s), 대진폭(4 cm/s)로 손상을 입힌 후 기존대상건물의 고유주기와 감쇠율을 통해 손상 후 동적특성을 확인하였다. 그 결과 상시진동영역에서 고유주기 3.7초이였지만 진폭이 증가함에 따라 대진폭영역에서는 3.86초로 약 4.3% 증가하였다. 반면에 감쇠율은 소진폭영역(1cm/s)에서 1.5%까지 증가하지만 대진폭에서의 감쇠율은 0.8%로 46.6% 감소하였다.

3. 설비성능 개선기술

가. 바닥난방 건식화 기술

과제가 시작될 당시의 연구 주제는 홈오토메이션 및 보안 리모델링 시스템의 개발로서 그 연차별 계획은 표 3-52와 같았다. 이와 같은 계획에 따라 1차년도에는 홈오토메이션 시스템 기기, 장비 조사/ 분석을 실시하고, 프로토콜 및 신호체계에 대하여 정리하였다. 또한 거주자 선호도 조사를 통하여 기능적인 측면에서의 선호도, 건축 환경적인 측면에서의 선호도를 파악하였다.

표 3-52 변경전 '홈오토메이션 및 보안 리모델링 시스템 개발'의 연차별 연구개발 계획

연차	연차별 연구개발 계획
1차년도	홈오토메이션 및 보완 시스템 현황파악/분석 및 요소기술 개발 방향 설정
2차년도	홈오토메이션 및 보안 리모델링 시스템의 요소기술 개발
3차년도	홈오토메이션 및 보안 리모델링 시스템의 요소기술의 제품 설계 및 시제품 제작
4차년도	홈오토메이션 및 보안 리모델링 시스템의 현장 적용 및 성능평가
5차년도	홈오토메이션 및 보안 리모델링 시스템의 표준모델 제시

그러나 1차년도 연구 진행 후 실시된 평가에서 다음 표 3-53과 같은 지적을 받음에 따라 연구 주제에 대한 보완 및 변경을 고려하게 되었다.

표 3-53. 1차년도 연구 진행 후 평가 지적 사항

- 홈오토메이션 적용은 특성상 구조적/공간적인 영향을 적게 받기 때문에 리모델링과 신축건물의 차별성이 덜함
- 기존 시설 노후화에 따른 대체기술과 새로운 시스템을 도입할 때 고려해야 할 사항 등을 집중하여 연구하는 것이 리모델링에 합당하다고 보여짐
- 설비 개선 요구 사항을 반영하는데 문제가 있는 기존 노후 아파트의 한계점과 문제점에 대한 분석을 선행해야 할 것이고, 이를 통하여 본 연구의 방향을 설정해야 할 것임
- 설비/난방 성능 향상에 대한 기술 개발이 필요하다고 생각됨

본 연구팀에서는 이러한 지적을 적극 수렴하여, 신축 구조물과 구별하여 차별성을 부여할 수 있고, 노후화된 기존 시설에 대한 대체기술 개발 아이템이 될 수 있는 기술을 모색하였다. 그 결과 리모델링 특성상 반드시 극복되어야 하는 고정된 층고 상황에서 최대 천장고의 확보가 중요한다는 점, 1차년도 연구결과인 거주자 선호도 조사에서 거주자들의 우선 요구사항이 열환경 개선이였다는 점, 연구단 내에 난방 설비 노후화에 대응할 수 있는 기술에 대해 연구하는 팀이 부재하다는 사실에 착안하여 '리모델링 대상건물에 적용가능한 건식온돌패널의 요소기술 개발'로 연구 주제를 변경하게 되었다.

이러한 연구 주제에 맞추어 다음 표 3-54와 같은 연차별 연구개발 계획을 세웠다.

표 3-54. 변경후 '리모델링 대상건물에 적용가능한 건식온돌패널의 요소기술 개발'의 연차별 연구개발 계획

연차	연차별 연구개발 계획
2차년도	리모델링을 고려한 건식온돌패널 요소기술 개발
3차년도	리모델링을 고려한 건식온돌패널 요소기술의 제품 설계 및 시제품 제작
4차년도	리모델링을 고려한 건식온돌패널의 현장 적용 및 성능평가
5차년도	건식온돌패널의 적용 프로세스 및 난방설비성능 개선 모델 개발(매뉴얼 작성)

2차년도에는 건식온돌에 대한 현황 파악 및 적용 사례조사를 실시하였으며, 개발시에 고려되어야 하는 주요성능을 고려하여 최적 구성안을 도출하였다. 3차년도에는 이러한 최적 구성안에 대해 시편실험을 실시 후 수정/보완을 통해 시제품을 제작하였다. 4차년도에는 건식온돌패널을 시범적용(인천 가정동)에 적용하여 성능평가를 실시하였다. 5차년도에는 그동안의 연구결과를 바탕으로 건식온돌패널을 리모델링 건물에 적용하기 위한 프로세스를 완성하고, 난방설비성능 개선 모델로 매뉴얼화 하였다. 이러한 이러한 일련의 연구 과정 및 결과를 좀더 자세히 정리하면 다음과 같다.

(1) 건식온돌에 대한 현황 파악 및 요구 열성능 도출

기존의 천편일률적인 습식온돌에 비하여, 2006년 당시 시장에 나와

있는 건식온돌패널 관련한 제품들은 다양한 구조와 재료를 가지고 있었다. 그러나, 건식온돌패널에 요구되는 성능에 대한 검토의 부재, 특히 온돌패널의 기본 기능이라고 할 수 있는 열성능에 대한 검증 과정 없이 국부적인 제품 테스트 수준의 기술 자료가 대부분이었다. 이러한 상황에서 리모델링 대상 건물에 적용할 수 있는지 여부에 대하여서는 그 고려 수준이나 검토가 부족하였다.

함께, 분석했던 국외 건식온돌패널의 경우, 국내의 사례보다는 체계적인 시스템을 가지고, 각종 건식온돌패널 성능에 대한 검토 자료들을 보유하고 있었으나, 공동주택이 주류를 이루고 있는 국내 사정에는 바로 적용하기 어려운 구조와 재료를 가지고 있었다. 이에 따라 건식온돌패널의 요구 열성능을 도출을 통해 리모델링을 위한 건식온돌패널의 Prototype을 개발하는데 활용하고자 하였다.

KS G 3703 등의 국내 규격과 ISO 6241, Nordtest vvs 127 등의 국외 규격을 검토한 결과 다음과 같은 주요 요구 성능을 정리할 수 있었다.

전열 촉진 방안을 통한 바닥온도 편차 감소

단열성능 향상으로 하부 방열량 최소화

경량패널구조의 열특성을 고려한 적정 공급온수온도 및 유량

경량패널구조의 열특성을 활용하여 열적 응답속도 향상

(2) 건식온돌패널의 prototype 개발

노후 공동주택을 리모델링할 때, 발생하는 가장 큰 문제는 고정된 층고 안에서 천장고 2,200mm를 확보하면서, 스프링클러 설치 의무와 함께 바닥충격음 기준을 충족시켜야 한다는 점이다. 스프링클러 설치 공간으로 150mm가 필요하고, 중량충격음 저감을 위해선 210mm까지 슬래브 두께가 늘어나야 한다. 그러나, 현실적으로 리모델링시 슬래브 두께를 증가시키는 것은 불가능하다. 예를 들면 층고가 2600mm인 리모델링 대상 건물의 슬래브구조가 135mm인 경우 115mm 안에서, 그리고 150mm인 경우는 100mm 안에서 차음성능기준을 만족시키는 온돌바닥

구조를 설치해야 한다. 그림 3-124은 천장고를 고려하여 패널 단면을 구성해 본 예로써, 슬래브 두께별 가능한 온돌패널을 보여주고 있다.

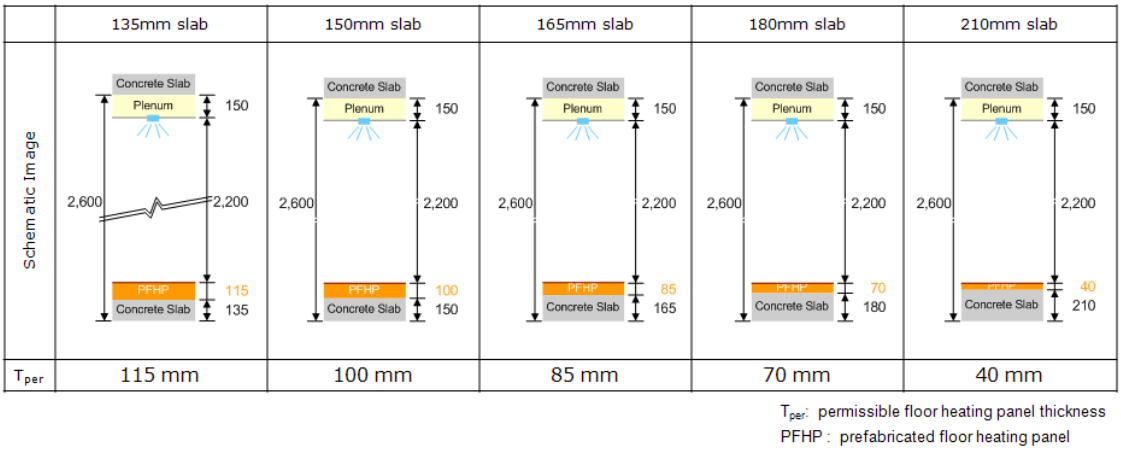


그림 3-124. 천장고를 고려한 패널 단면 구성

건식온돌 패널이 수납해야 하는 기본 배관 piping 형태, 복수의 배관 배치 수용 가능성, 모듈화의 용이성 등을 고려하여, 건식온돌 패널의 모듈화 및 패널 piping 수납 방안을 검토하여 그림 3-125와 같은 1차 prototype을 개발하였다.

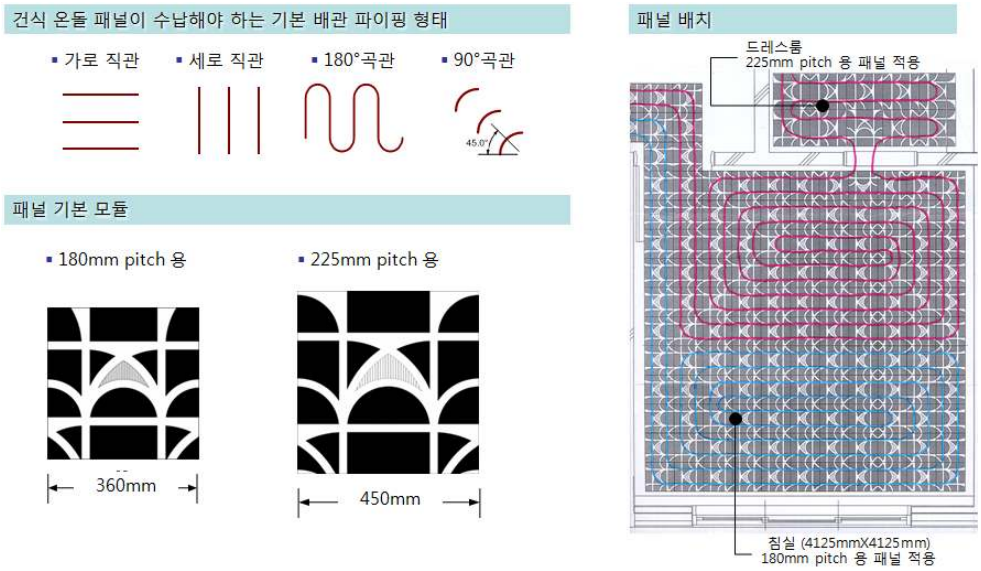


그림 3-125. 패널 prototype의 기본 모듈 및 패널 배치의 예

건식온돌패널의 재료층 구성의 상세 설계를 진행하기 위해 패널의

설계인자를 도출하였다. 설계인자의 선정은 EN15377, ASHRAE Standard, Nordtest VVS127 등 바닥복사패널의 국제 설계기준의 분석을 통해 열분배, 열원, 열손실 방지 역할 별로 나뉘며 각각에 대한 구성요소와 관련 값은 그림 3-126과 같다.

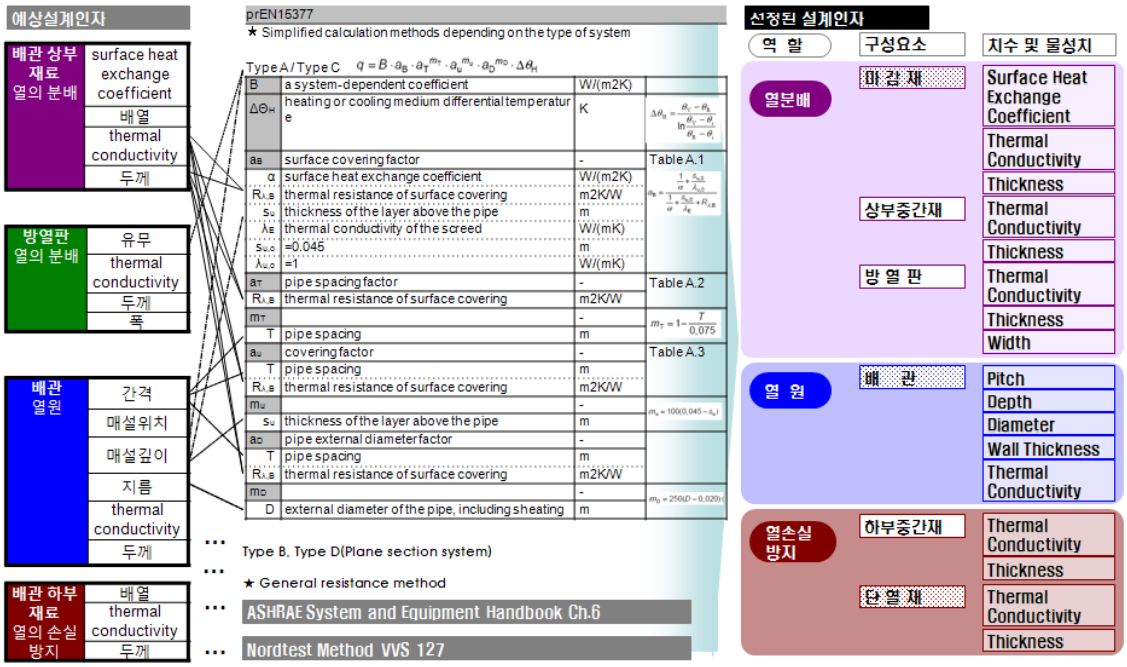


그림 3-126. 열성능 평가를 위한 설계인자 선정

(3) 건식온돌패널의 열성능 criteria 및 설계 프로세스

앞선 도출된 요구 열성능을 바탕으로 각 열성능이 갖추어야할 조건을 표 3-55와 같이 정립하였다.

표 3-55. 건식온돌패널 설계 프로세스의 성능 criteria

	performance criteria						출처
	방열성능	단열성능	바닥표면온도 분포		제어성능	두께	
요구성능	바닥 위로의 방열량이 60% 이상이어야 한다[1]	1.패널의 총 열관류율이 표1을 만족하도록 한다. 2.배관 하부의 열전달저항이 충간 열전달 저항의 60% 이상을 확보하도록 한다[2]	최고바닥표면온도는 40℃ 미만이어야 한다 ·EN 1264에서는 29 ℃로 제한하고 있다.[3]	바닥표면온도 편차(최고온도와 최저온도의 차이)가 5℃ 이내여야 한다[1]	제어에 의한 바닥표면 온도의 디퍼런셜이 4℃ 이내여야 한다[1]	최소 천장고(2200mm)를 만족시킬 수 있을 정도의 두께여야 한다[4]	1) Better Living. 『優良住宅部品評価基準 暖冷房システム【床暖房ユニット】』. 2007. 2) 건설교통부. 『건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제 21조 (건축물의 열손실 방지)』. 3) CEN. 『EN 1264 : Floor heating-Systems and components』. CEN, 1997. 4) 건설교통부. 『주택건설 기준등에 관한 규칙 제3조 제4항』.
성능지표	상부 방열량	1.패널의 총열관류율 2.하부 열전달저항	최고바닥 표면온도	바닥표면 온도편차	바닥표면온도 디퍼렌셜	치수	

이 요구 열성능들을 만족할 수 있도록 설계인자 값을 결정할 수 있는 설계 프로세스를 그림 3-127과 같이 구성하였다.

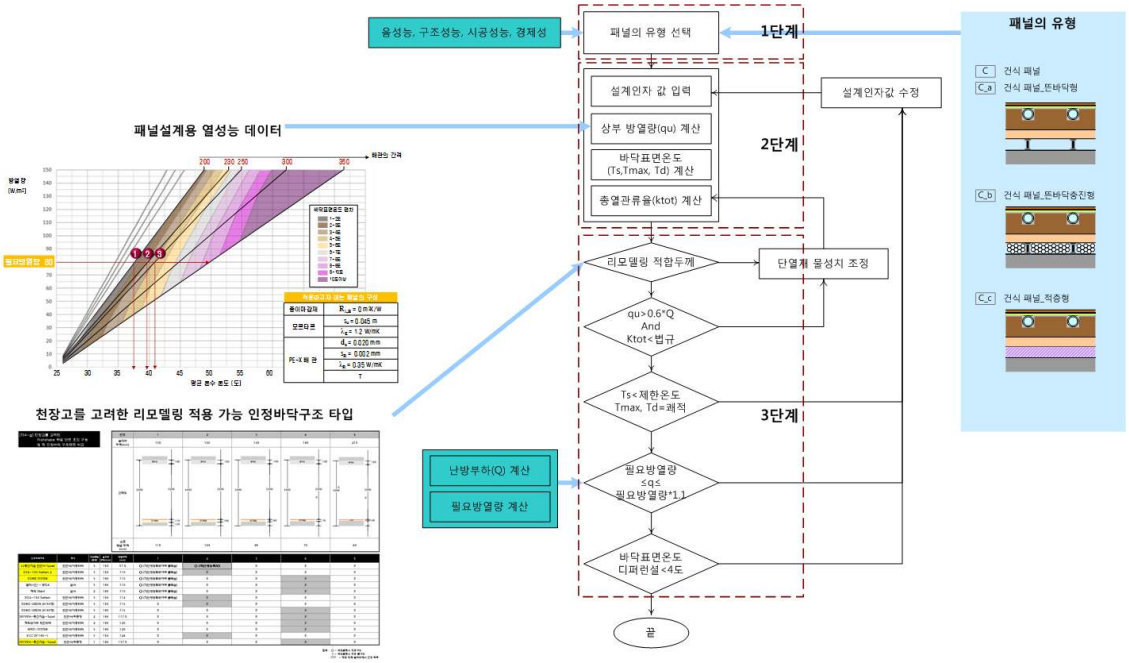


그림 3-127. 건식온돌패널의 설계 프로세스의 흐름

1단계에서 설계하고자하는 패널의 유형을 열성능 이외의 성능들, 즉 음성능, 구조성능, 시공성능, 경제성 등을 고려하여 선택한다. 그 후에 2단계에서 개략적으로 결정된 설계인자 값을 사용하여 방열량 및 바닥표면온도, 총열관류율 등 열성능 값을 계산한다. 3단계에서는 계산 결과를 성능지표 값들과 비교하여 그 만족여부를 판별, 피드백하는 과정을 되풀이함으로써, 열성능 및 리모델링에 적합한 패널 두께를 갖는 건식온돌패널을 설계하도록 하는 흐름이다.

(4) 건식온돌패널 시편 실험

건식패널온돌 모듈 시제품에 대한 성능평가를 위하여 EN 1264-2의 실험 방법에 따라 실험 장치를 구성하였다. 본 실험에서는 열성능 시뮬레이션 모델의 적합성을 검증하고, 건식온돌패널의 열적 특성값(방열판의 contact resistance 등)들을 결정(정밀한 시뮬레이션을 위한 input)하

며, 각 type별 건식온돌패널의 상/하부 방열량 획득, 표면온도 분포, 패널 단면의 열성능 실험값 획득하여 열성능을 비교하였다.

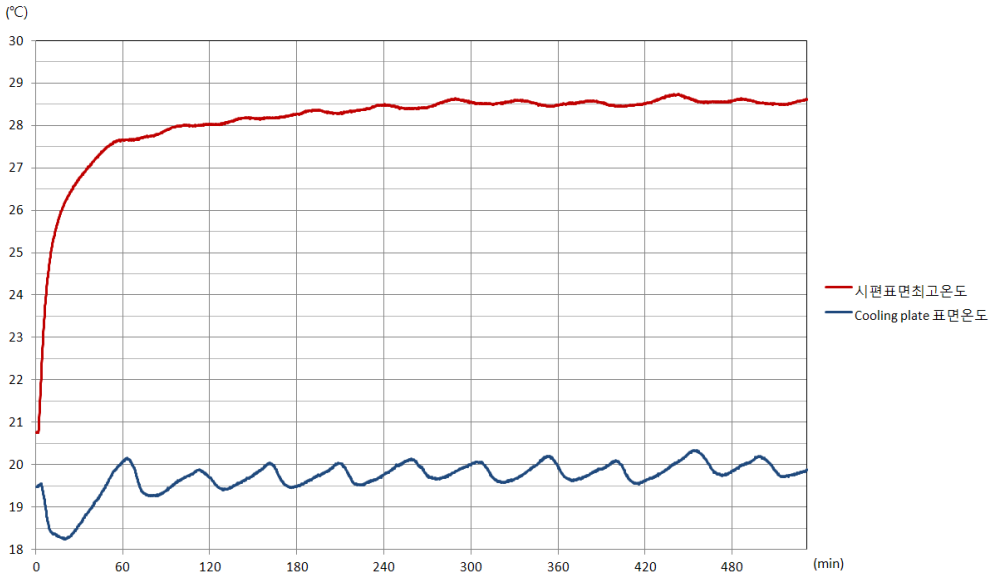


그림 3-128. 시편 표면 최고 온도와 Cooling plate 표면 온도 그래프

실험결과 시편 표면 최고 온도가 29° C에 정확히 맞지는 않았지만, 센서 오차 등을 고려하여 허용 가능 오차가 0.5° C 정도라 생각한다면 실험 조건에 만족한다고 볼 수 있다. 또한 Cooling plate의 표면 온도는 20± 0.5° C 정도로 유지되었다. 이 때, 대수평균온수 온도차( )가 0.017K 이고 상부방열량( )의 값이 68.27W/m2으로 도출되어, 값은 4.5로 계산되었다. 일반적으로 습식 값이 약 1.5인 것을 고려할 때, 건식패널의 값은 두 배 이상으로 매우 크다. 이는 같은 방열량 를 내기 위한 대수평균온수 온도차가 적어도 되고, 이에 따라 습식보다 낮은 온도로 난방수를 공급해도 목표 방열량에 도달할 수 있다는 것을 의미한다. 또한 열원에서 난방수 온도 상승을 위한 시간을 절약할 수 있으므로, 축열 시간이 습식에 비해 적게 걸린다는 건식 패널의 특징과 더불어 목표실온에의 도달 시간 단축 측면에서도 유리하다.

(5) 건식온돌패널 적용 프로세스의 수정 보완

시편 실험 결과를 통해 앞서 도출하여서 건식온돌패널 적용프로세스를 수정보완하고 Ms-excel을 활용하여 사용의 편의성을 높인 tool-kit의 형태로 만들 수 있었다. 이 과정에서 입력부를 구성하고 성능의 확인 순서를 그 중요성에 따라 결정하여 출력부를 구성하였다.

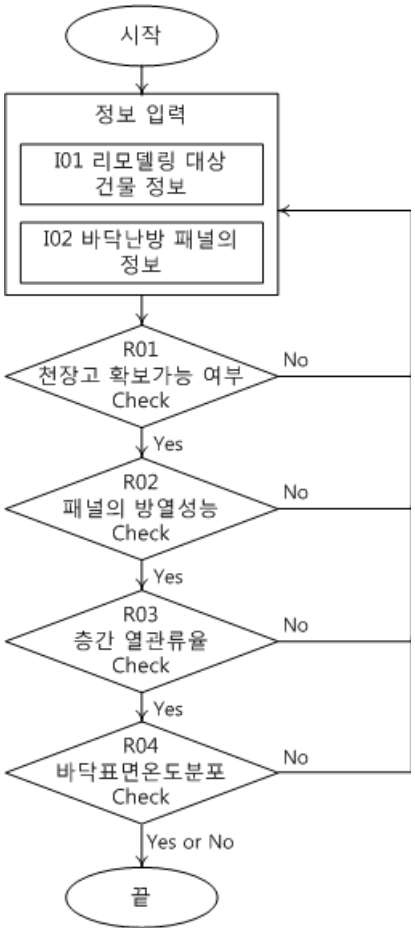


그림 3-129. 노후 공동주택 리모델링에서의 바닥난방 패널 적용 프로세스의 최종 흐름도

최종 결과물로서의 패널 설계 프로세스 tool-kit은 그림 3-130 ~ 3-132의 형식으로 이루어진다.

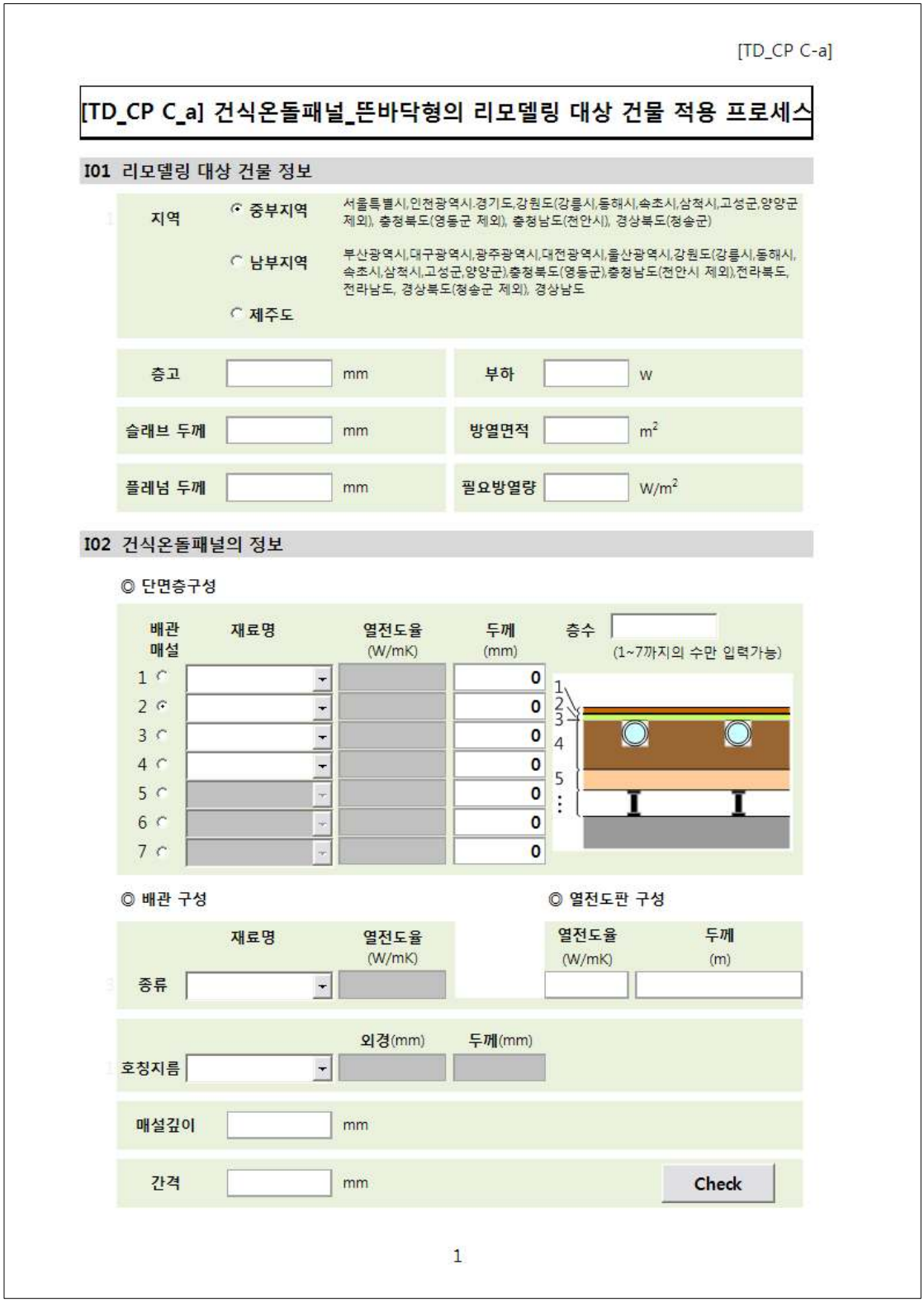
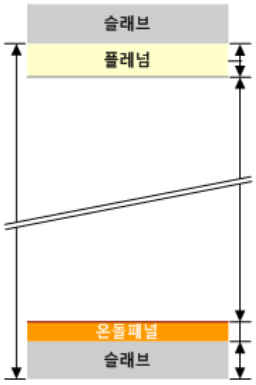


그림 3-130. 노후 공동주택 리모델링을 위한 바닥난방 패널 적용 프로세스 1

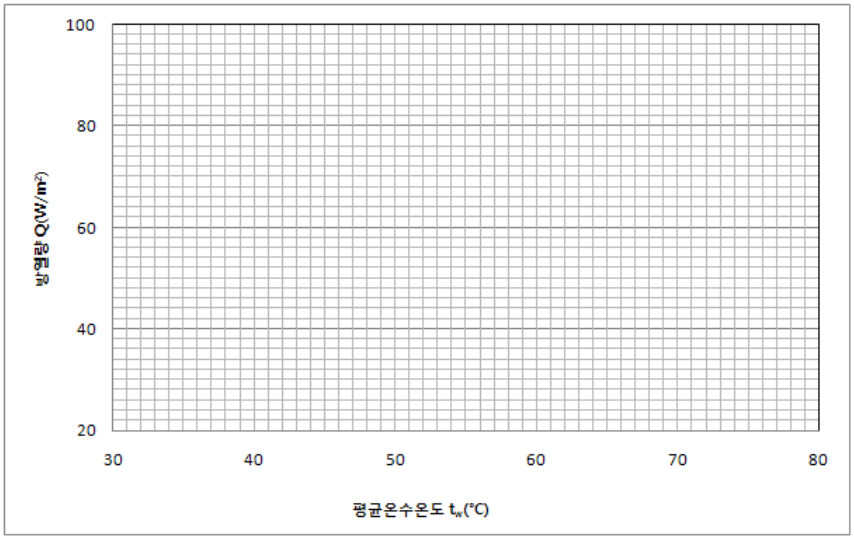
[TD_CP C-a]

R01 *천장고 확보 가능 여부*



천장고 _____ **mm**

R02 *방열량-온수온도 관계*



설계공급온수온도 _____ ℃

2

그림 3-131. 노후 공동주택 리모델링을 위한 바닥난방 패널 적용 프로세스 2

[TD_CP C-a]

R03 *층간열관류율 만족 여부*

층간 _____

총 열관류율 _____ W/m²K 외기에 직접 면하는 경우 _____

외기에 간접 면하는 경우 _____

<비고>건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제21조(건축물의열손실방지) 별표4:지역별 건축물 부위의 열관류율표 (W/m²K

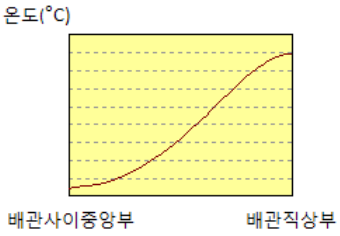
지역		중부지역	남부지역	제주도
공동주택의 층간바닥		0.81	0.81	0.81
최하층에 있는 거실 바닥	외기에 직접 면하는 경우	0.35	0.41	0.47
	외기에 간접 면하는 경우	0.52	0.55	0.64

R04 *바닥표면온도 분포*

최고표면온도 = _____ °C

표면온도편차 = 최고표면온도
-최저표면온도
= _____ °C

뜬바닥형 건식온돌패널의 경우는 계산식을 활용한 바닥표면온도 분포 예측이 불가능 하므로 이를 알고자 할 때는 별도의 실험을 수행하여야 함





3

그림 3-132. 노후 공동주택 리모델링을 위한 바닥난방 패널 적용 프로세스 3

(6) 시범적용을 통한 건식온돌패널 요소기술의 평가

시범적용(인천 가정동)은 개발된 요소 기술(건식온돌패널 적용프로세스)을 활용하여 설계된 건식온돌패널을 실제 적용함에 있어,

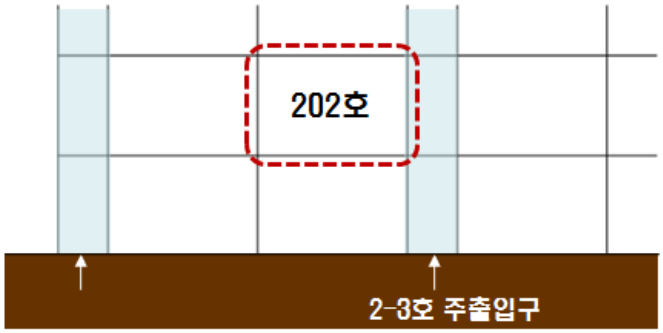
① 건식온돌패널 적용프로세스의 적용성 test

② 리모델링 대응성, 시공성, 경제성 test

를 하는데 그 목적을 두고 인천 가정동에 위치한 신아 아파트 3동 202호에서 수행되었다.



(a) 외부모습



(b) 동 내 위치

그림 3-133. 대상 세대의 외부 모습 및 동 내 위치

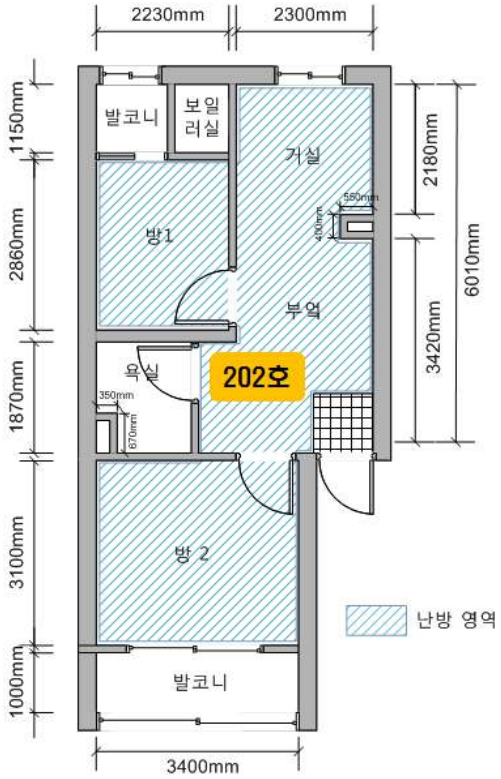


그림 3-134. 대상 세대평면

각 목적에 대한 실험 방법은 다음과 같다.

① 건식온돌패널 적용프로세스의 적용성 test

적용프로세스들 통하여 확보하고자 했던 성능이 만족하는지 평가한다. 먼저, 천장고가 확보되었는지를 측정을 통해 확인한다. 다음으로, 열성능이 확보되었는지 확인한다. 이는 설정 실내 온도 유지 여부 측정, 상부방열량, 하부방열량 측정, 바닥표면온도 측정을 통해 확인할 수 있다.

② 리모델링 대응성, 시공성 test

리모델링 대응성 및 시공성의 중요한 요소로 꼽히는 시공시간과 시공인력을 실제 시범적용을 통해 평가한다.

시범적용(인천 가정동)의 실행은 다음과 같은 과정을 통해 이루진다.

(가) 현황 파악

시범적용(인천 가정동)의 대상 세대는 2층에 위치한 층간 세대이다. 세대당 전용면적은 44.93m2으로 이 중 난방패널을 설치할 수 있는 가열 가능 면적은 30.74m2이다. 층고 2,600mm, 슬래브 두께 120mm, 플레넘 두께 150mm이다. 대상 세대의 도면이 분실되어 벽체의 구성을 알 수 없는 상태였으므로, 아파트가 지어진 시대의 전형적 벽체 구성으로 난방 부하를 계산하였다. 계산 결과 총 난방부하는 2,028 W로 파악되었다.

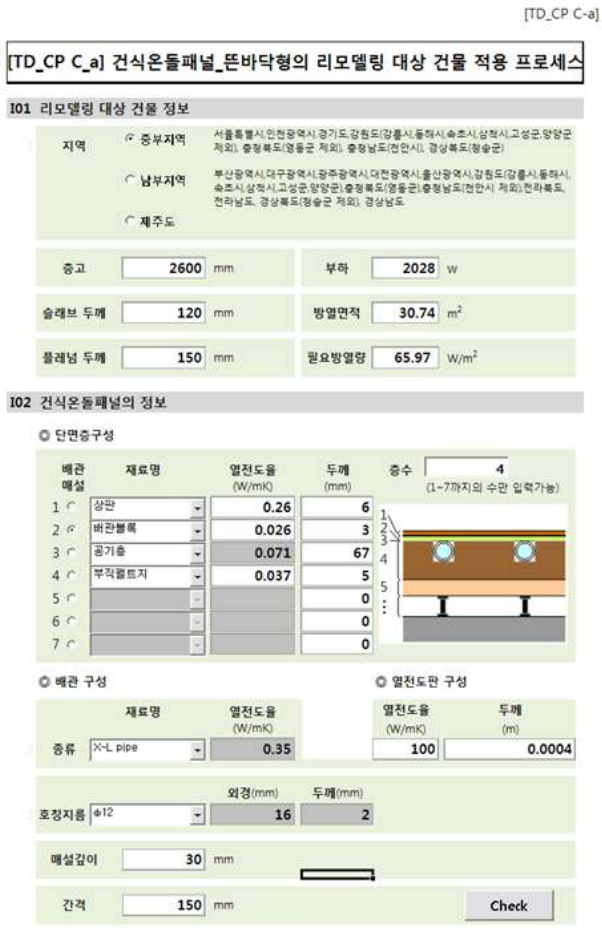


그림 3-135. 리모델링 대상 정보 및 건식온돌패널 정보 입력

(나) 적용계획 수립

건식온돌패널의 적용 프로세스를 적용하여 대상세대에 설치할 온

돌패널을 설계하였다. 우선 그림135와 같이 리모델링 대상 건물 정보와 건식온돌패널의 초기 정보를 입력하였다.

정보 입력이 끝나면 그림 3-136과 같이 천장고 확보 여부, 필요 방열량을 달성하기 위해 공급되어야 하는 온수의 온도, 층간열관류율의 법규만족 여부를 판단할 수 있다. 현재 입력된 건식온돌패널의 정보로 검토한 결과 천장고 확보가 가능하고, 대상 세대에 필요한 방열량을 만족하기 위해 필요한 온수 온도는 59.3℃, 층간 열관류율은 0.63 W/m2K로 법규 기준을 만족하고 있어, 본 패널을 대상 세대에 적용할 수 있었다. 만일 이러한 기준을 만족할 수 없을 경우는 패널의 입력 정보를 수정하면서 각 성능의 기준이 만족하는지를 체크해가며 리모델링 대상 세대에 적합한 패널을 설계, 결정할 수 있다.

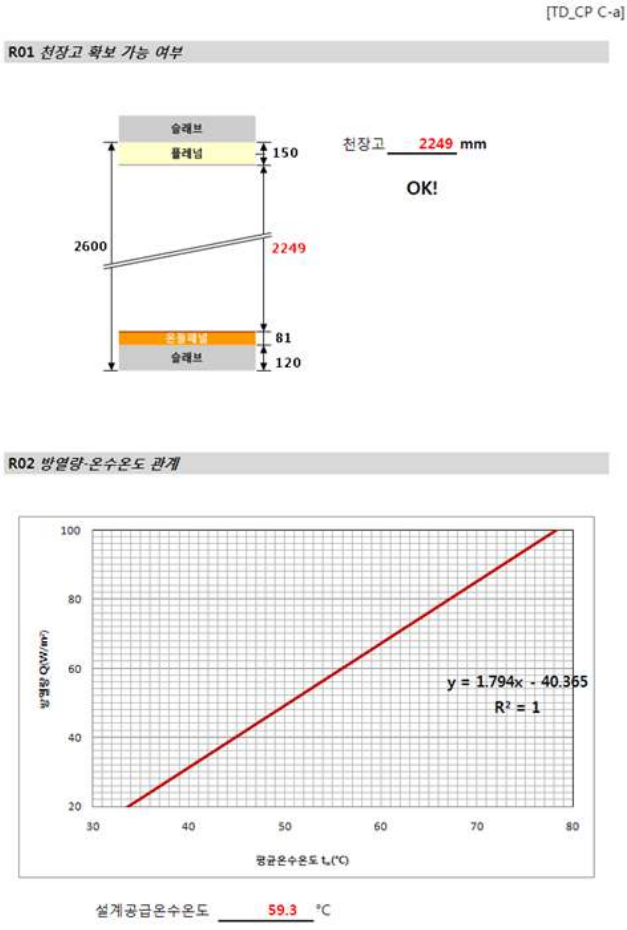


그림 3-136. 건식온돌패널 적용시 천장고 확보 여부 및 방열량과 온수온도 관계

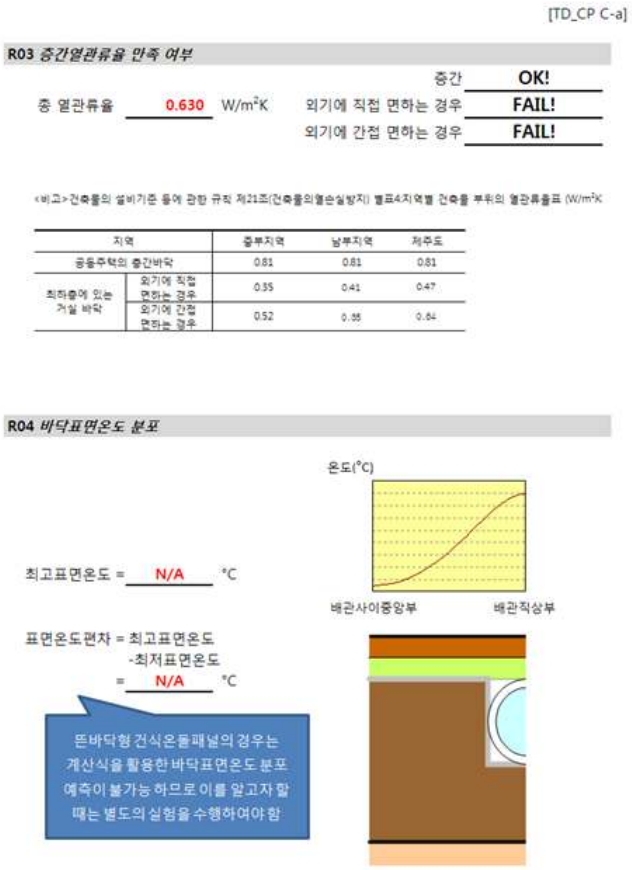


그림 3-137. 건식온돌패널 적용시 층간열관류율 만족 여부

바닥표면온도분포의 경우는 대상 세대에 적용하려는 패널의 유형이 뜬바닥형의 전열판을 갖추고 있는 타입이면 계산식을 활용한 바닥표면온도 분포 예측이 불가능하다. 그러나 바닥표면온도분포는 법규적으로 제한되어 있는 성능이 아니기 때문에 예측하지 못하더라도 설치하는데 제약은 없었다.

(다) 도면화

건식온돌패널의 적용 프로세스를 적용하여 결정된 건식온돌패널을 대상 세대에 설치하기 위한 난방설비 도면을 3-138과 같이 작성하고, 열성능을 평가하기 위한 측정 센서 설치 위치를 결정하였다. 바닥표면온도를 측정하기 위한 센서는 배관 직상부, 배관과 배관 사이에 설치하였고, 실온을 측정하기 위한 센서는 바닥으로부터 수직으로 1.5m 위 지점에 설치하였다.

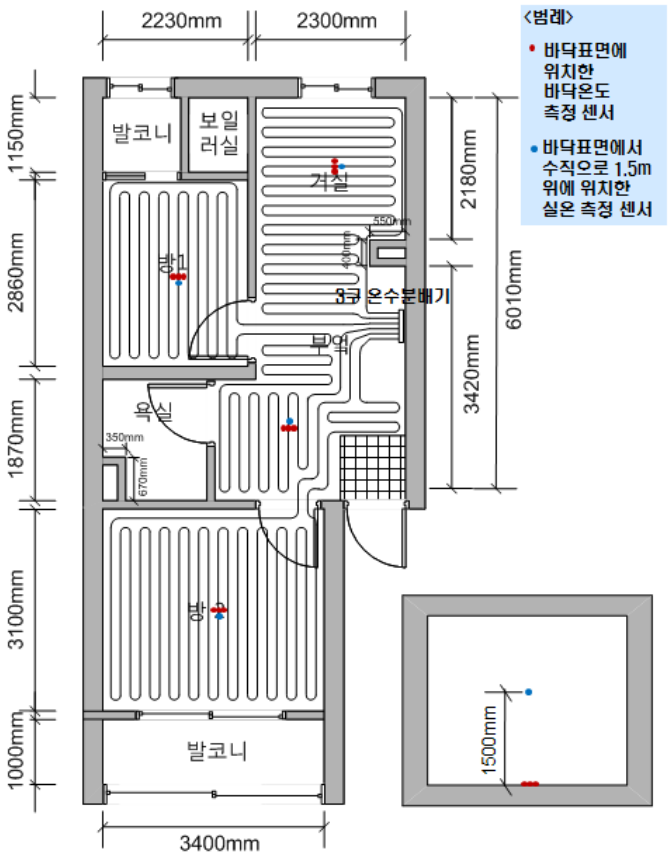


그림 3-138. 대상 세대의 난방 설비 도면 및 측정 센서 위치



그림 3-139. 대상 세대의 건식온돌패널 설치 및 측정 센서 설치

(라) 시공 및 실험 준비

건식온돌패널의 설치는 오전 8시 30분에서 오후 6시 사이의 총 9시간 30분 동안 이루어 졌으며, 시공인력은 3인이었다.

(마) 실험

설정 실내 온도는 20℃, 공급온수온도는 계산 결과에 따라 60℃를 공급하여 3월 14일 0시에서 3월 16일 9시에 이르기 까지 난방을 실시하여 실험을 수행 하였다.

(바) 실험결과 분석

① 건식온돌패널 적용 프로세스의 적용성 test

a) 설정 실온 유지

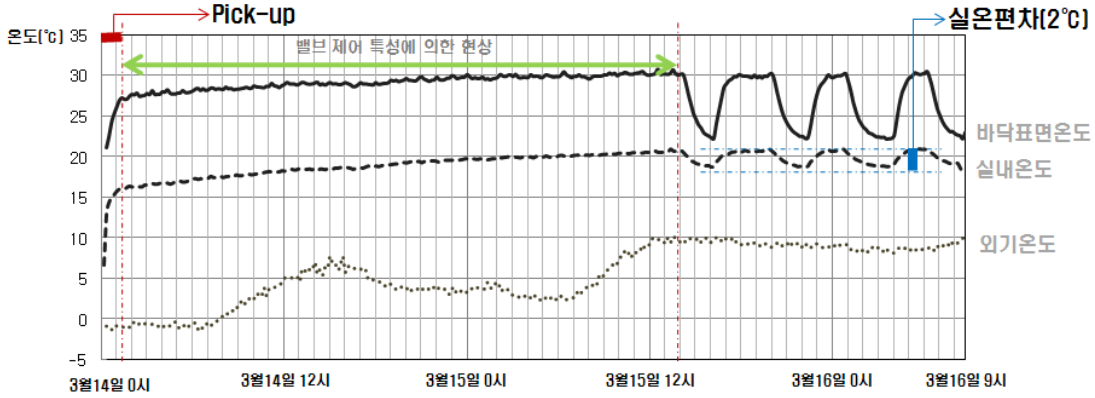


그림 3-140. 대상 세대의 실내온도와 바닥표면온도 거동

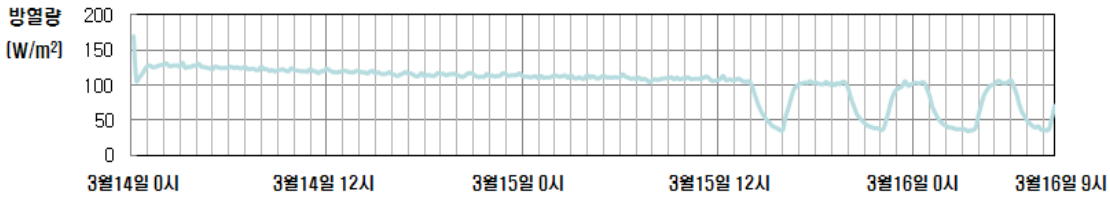


그림 3-141. 건식온돌패널의 방열량

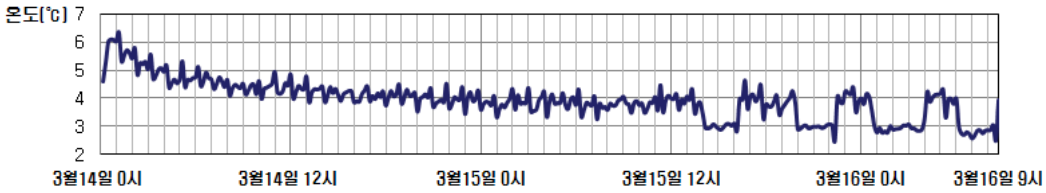


그림 3-142. 건식온돌패널의 바닥표면온도 분포

실온은 난방을 시작하여 설정온도 20℃에 이른 후에는 20±1℃로 유지가 가능하였다. 실온편차가 작은 것으로 미루어 제어에 대한 패널의 반응성이 좋음을 알 수 있다. 실온 거동으로 보아 Pick-up에 걸리는 시간이 약 1시간 정도로 간헐 운전을 하는 경우에도 유리할 것으로 생각된다.

b) 상부 방열량

그림 3-141과 같이 필요방열량을 유지하고 있음을 알 수 있다.

c) 바닥표면온도 편차

배관 직상부와 배관과 배관 사이의 온도차인 바닥표면온도 편차는 그림 3-142와 같이 난방 초기를 제외하고는 5℃이하로 유지되고 있다.

d) 천장고 확보

측정결과 2,245mm로 2,200mm 이상을 확보하고 있다. 적용프로세스를 통한 계산 결과 2,249mm와 거의 일치하고 있음을 알 수 있다. 대상 세대에 습식온돌이 설치되었을 때 보다 85mm 더 천장고가 확보되었다.

이상과 같이 설계를 통하여 확보하려 하였던 열성능과 천장고가 모두 만족되는 것을 알 수 있었다.



그림 3-143. 기존 습식패널과 건식패널의 마감선 비교

② 리모델링 대응성, 시공성, 경제성 test

건식패널은 현장 조립식으로 설치되고, 겨울철 시공이 가능하여 시공시기에 제한이 없으며, 해체 후 재사용이 가능하기 때문에 리모델링 대응성이 좋다. 아울러, 시공시간 단축과 시공인력의 축소로 시공성이 향상된다.

건식패널 자체의 단가는 습식패널보다 비싸지만 공기단축으로 경제성 확보가 가능할 것으로 보인다.

(7) 건식온돌패널을 포함한 난방설비 성능 개선 모델 개발

이상과 같이 연구된 건식온돌패널 요소 기술을 포함하여 리모델링시 고려하여야 하는 열환경 및 난방설비 성능 개선에 대한 가이드라인을 작성하고 리모델링 프로그램별로 Description을 작성함으로써 연구를 마무리하였다.

건물에서 사용단계에 최종적으로 조성되는 거주자를 둘러싼 열환경은 다음의 두 단계를 걸쳐 생성되는데, 첫 단계는 외부환경을 얼마나 차폐하는가 혹은 도입하는가를 결정하기 위하여 건물의 형상 및 재료를 설계하는 단계이며, 두 번째 단계는 첫 단계로도 만족시키지 못한 환경을 각종 설비를 통하여 확보하는 것이다. 이러한 열환경 형성 단계는 건물의 리모델링 시에도 동일하게 적용할 수 있으므로, 가이드라인도 건물을 외피 조건 자체를 설계하여 패시브하게 리모델링하는 첫 단계의 열환경 생성에 대한 가이드라인과 두 번째 단계에 대한 난방설비

를 리모델링할 때의 가이드라인으로 나누어 작성하였다.

열환경 생성에 대한 가이드라인은 그림 3-144와 같이 건축물 부위별 단열성능과 기밀성능, 단열재 보호를 위한 투습 및 결로 방지 성능으로 나누어 각각을 개선할 수 있는 방안을 정리하였다.

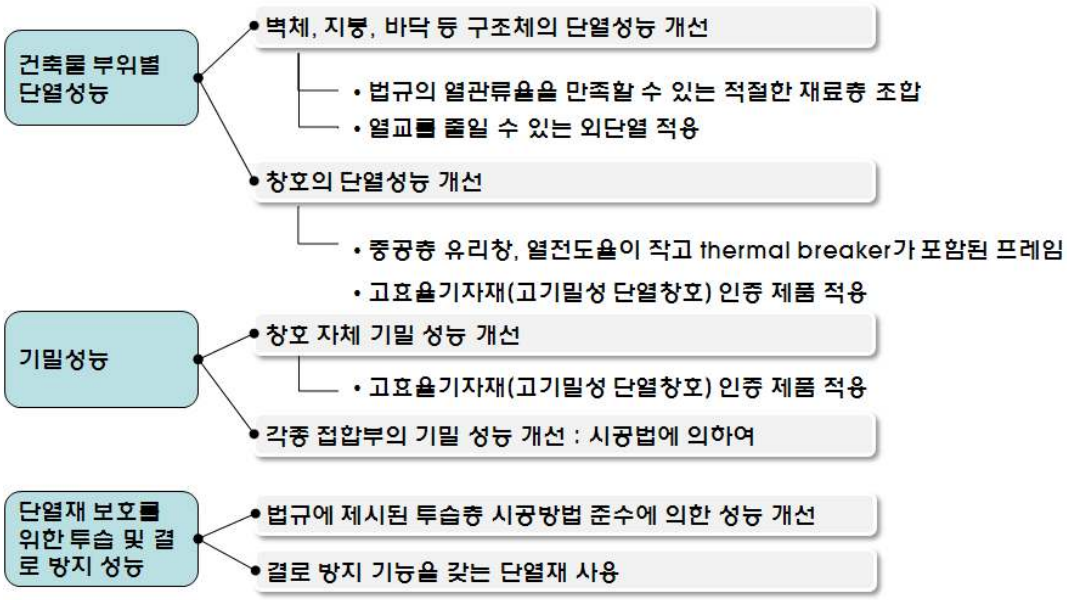


그림 3-144. 열환경 생성에 대한 가이드라인의 주요 내용

난방 설비에 대한 가이드 라인은 그림 3-145와 같이 열원 시스템 설계, 분배시스템 설계, 제어시스템 설계, 패널 시스템 설계로 나누어 각각의 설계 과정에서 성능을 개선시킬 수 있는 기술들을 종합 정리하였다. 이러한 기술 중 본 연구팀에서 개발한 건식온돌패널에 대한 기술을 포함시킴으로써 기존의 연구 부족으로 적용이 쉽지 않았던 건식온돌패널의 활용을 활성화 할 수 있도록 하였다.

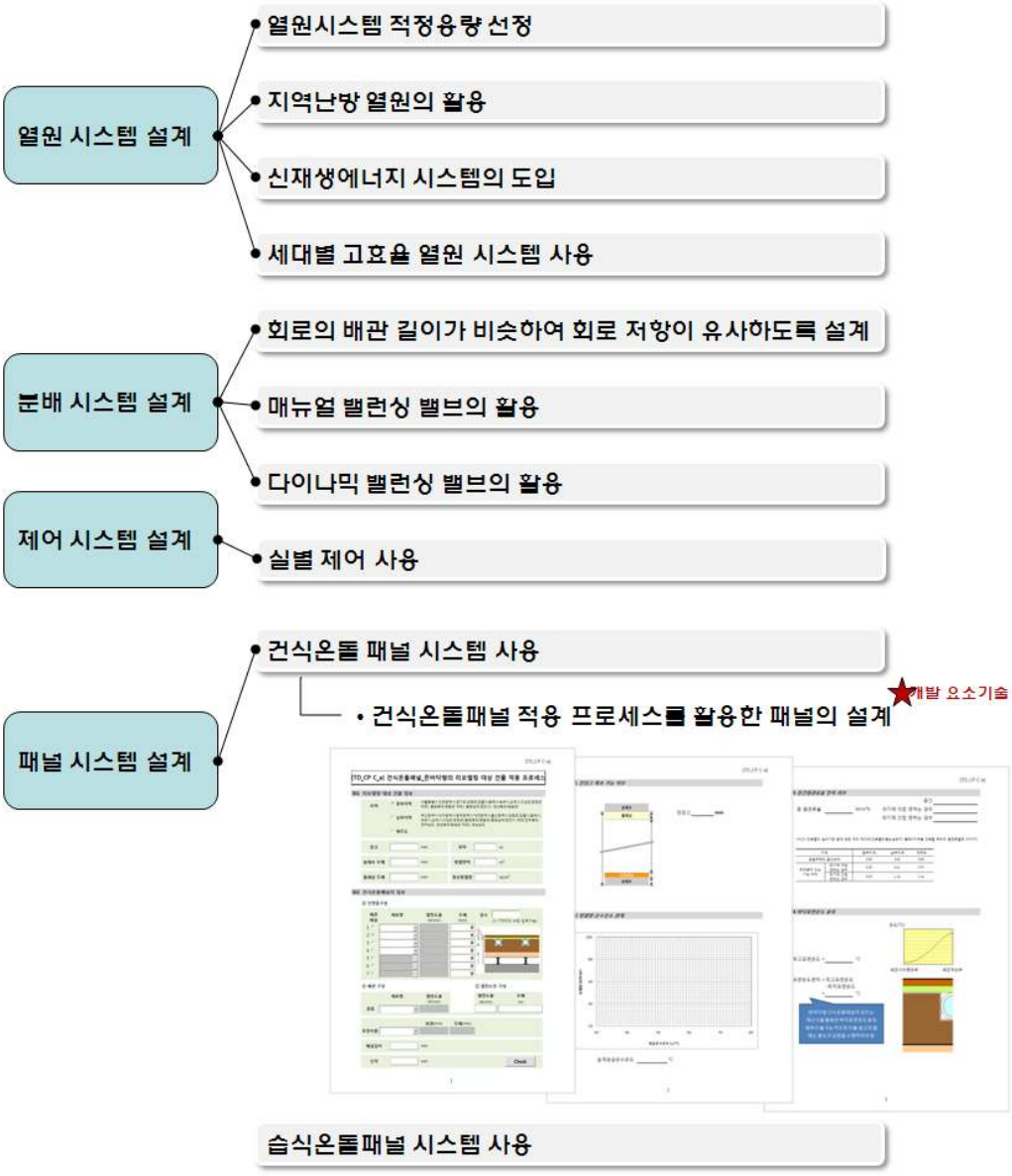


그림 3-145. 난방설비에 대한 가이드라인의 주요 내용

나. 당해층 배관 기술

위생배관의 5개년 연구계획은 다음과 같다.

표 3-56. 연차별 연구개발 계획

구 분	연 차 별 중 점 추 진 과 제
1차년도	■ 문헌 및 사례 조사를 통한 현황 분석 ■ 노후 공동주택의 리모델링시 필요 요소 기술 도출
2차년도	■ 현황 분석을 통한 리모델링 및 유지보수 저해요인 도출 ■ 리모델링을 위한 위생배관 시스템의 요구조건 설정
3차년도	■ 요소기술을 이용 노후 공동주택의 설비성능개선을 위한 구체적 모델 개발 ■ 도출된 위생배관 시스템의 현장 적용방안 검토
4차년도	■ 시범적용 및 개발된 성능개선 시스템과 요소기술의 적용 ■ 개발된 시스템간의 통합적용 및 상호보완
5차년도	■ 노후 공동주택의 설비성능개선을 위한 위생 배관 시스템의 가이드라인 개발

1차년도에는 사례조사를 통해 문제점 및 요구도를 분석하고 리모델링시 필요 요소 기술을 도출하였다. 2차년도에는 1차년도에서 조사한 문제점과 요구도를 바탕으로 선정 대상 노후 공동주택의 기존 시스템의 현황을 분석하고 리모델링 및 유지보수 저해요인을 도출하였다. 3차년도에는 구체적 모델을 개발하고 현장 적용성을 검토하였다. 4차년도에는 개발한 설비시스템은 민간 시범적용 및 평가하고 타 분야 시스템과의 연계성을 검토하였다. 5차년도에는 과년도의 연구성과들을 검토하여 요소별 리모델링 검토사항 및 위생배관시스템의 가이드라인을 개발하였다. 좀 더 상세한 연구과정을 아래에 서술한다.

(1) 국내 노후 공동주택 실태파악

(가) 설문 및 인터뷰

공동주택의 설비 리모델링시 개선이 필요한 설비요소를 도출하는 기초 자료를 제공하고자 노후 공동주택 설비시스템의 노후 현황과 설비시스템의 리모델링에 대한 의식조사를 위해 거주자 및 관리자

에 대한 설문 및 인터뷰를 수행하였다.

(나) 설문 및 인터뷰 결과 분석

설비요소 및 리모델링에 대한 설문 및 인터뷰 결과를 정리하면 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 수충격음 및 급수소음, 그리고 화장실 배기구로의 소음 및 냄새
- 설비 노후 개선 및 에너지 절감, 유지관리의 용이성을 위한 샤프트 점검구
- 위생배관의 상하층간 공기전달음

대상 단지 아파트의 경우 노후 된 설비를 교체하는 내부수리 공사가 이루어졌음에도 불구하고, 급·배수 설비소음이 불만 요인으로 지적되는 것은 성능개선을 위해 건축적인 접근이 필요함을 보여주는 것이라 할 수 있다.

(2) 노후 공동주택의 설비 리모델링 연구 개발 필요 요소 기술 도출

거주자 설문 및 거주자와 관리자 인터뷰, 거주자 현장 방문 인터뷰를 종합하여 개선 필요가 있는 부분과 이의 해결방안, 그리고 해당 설비분야를 정리하면 다음 표 3-57에서 보는 바와 같다.

표 3-57. 노후 공동주택 리모델링 연구 개발 필요 분야 도출

구 분	문제 도출	해결 방안	해당 설비 분야
기술현황 분석	■ 리모델링시 대응성 및 가변성 확보 문제	■ 구조체와 내장 분리	■ 난방 및 위생배관
	■ 공용 및 세대 샤프트 설계 방안	■ 세대 통합, 평면 변경, 평면 확장 등에 대응 가능한 계획	■ 난방 및 위생배관
거주자 설문	■ 난방 조절기 및 난방 문제	■ 난방시스템 개선	■ 난방시스템
	■ 위생소음 문제	■ 위생 배관 시스템 개선	■ 위생 배관
	■ 배기구(AD) 소음 및 냄새전달 문제	■ AD 개선	■ 세대내 샤프트(AD)

구 분	문제 도출	해결 방안	해당 설비 분야
거주자 인터뷰	■ 발코니 확장에 따른 창호 단열 문제	■ 창호 및 확장부분 구조체 단열 개선	■ 창호 및 구조체 단열
	■ 발코니 확장에 따른 난방 문제	■ 확장부분 난방 개선	■ 난방시스템
관리자 인터뷰	■ 온수배관 유지관리 문제	■ 배관 유지관리 용이성 확보	■ 공용 및 세대내 샤프트 ■ 난방 및 위생배관
	■ 공용 및 세대 샤프트 유지관리 문제	■ 샤프트 유지관리 용이성 확보	■ 공용 및 세대내 샤프트
	■ 세대내 배관 등 점검 문제	■ 층상배관 및 층상공법, 세대내 점검구 위치 선정	■ 공용 및 세대내 샤프트 점검구
거주현장 방문	■ 평면 변경 문제	■ 평면 변경 수용 가능 시스템 개발	■ 난방 및 위생배관

(3) 리모델링 및 유지보수 저해 요인 분석

기존 공동주택의 평면 및 단면을 검토한 결과 리모델링 및 일상적인 유지관리를 저해할 수 있는 요인으로 작용하는 몇 가지 요소를 도출할 수 있었다. 이러한 요소들에는 건축 구조 및 형태에서 기인하는 요인도 있고 실제 설계단계에서 고려될 수 있음에도 불구하고 고려되지 못한 요인도 있는 것으로 판단된다. 이러한 리모델링 저해 요소는 다음과 같이 도출되었다.

① 벽식 구조

② 층고 제약

③ 구조체 매립 배관

④ 하층 세대 천장으로의 위생 배관 경유

⑤ 샤프트 형태 및 위치, 점검구 계획

⑥ 모듈정합 설계의 부재

(4) 노후 공동주택의 설비성능 개선을 위한 위생배관시스템 개발

(가) 리모델링 유형별 욕실 평면 분류

기존 2차년도 연구를 통하여 리모델링 대상 공동주택 유형별로 세대통합형, 세대확장형, 코어증축형 그리고 시범단지형으로 분류하였으며, 각 평면에 대하여 설비 현황 및 단면에 대하여 검토하였다.

설비성능 개선을 위한 위생배관 시스템을 개발하고자 각 유형별 표준 욕실 평면 유형을 도출하여 층상피트 및 샤프트 계획방안에 대하여 검토하였다.

욕실 평면을 유형별로 분류한 결과 샤프트+층상피트형, 샤프트형, 그리고 특수한 경우로 시범적용단지형으로 그림 3-146과 같이 구분되었다.

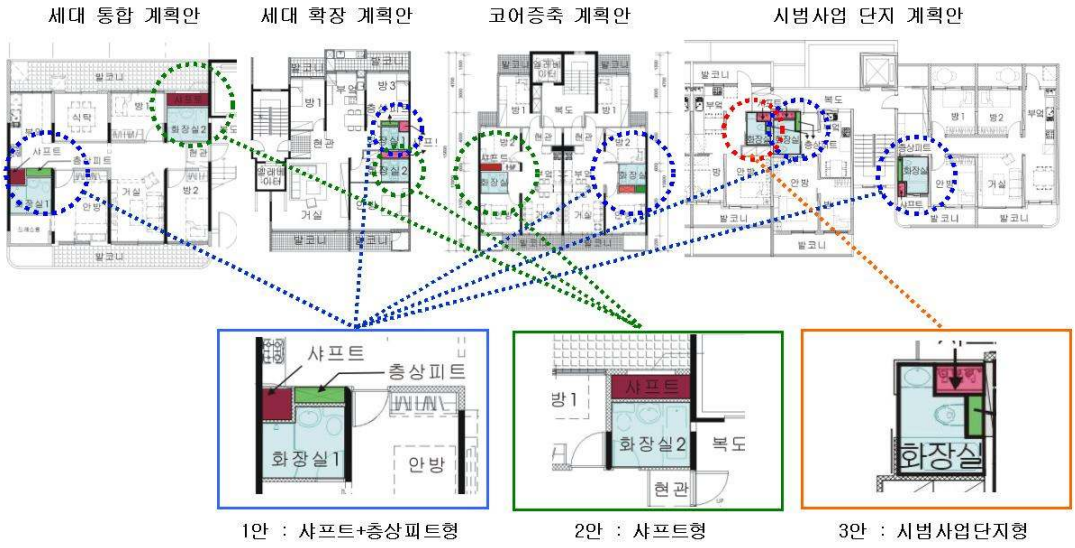


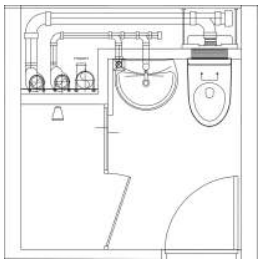
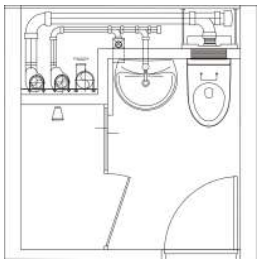
그림 3-146. 적용가능한 욕실평면 계획안 검토

(나) 위생배관 시스템 도출

① 시스템 평면계획

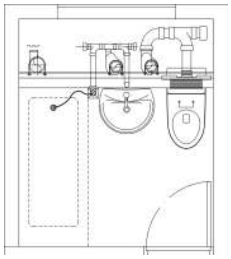
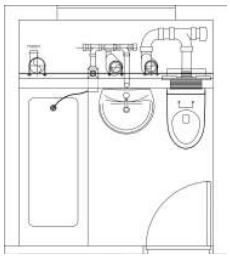
㉮ 1안 : 샤프트 + 층상피트형

표 3-58. 샤프트 + 층상피트형 욕실 평면대안 및 아이소메트릭

뜬바닥	습식매립	습식벽부	아이소메트릭
			

㉯ 2안 : 샤프트형

표 3-59. 샤프트형 욕실 평면대안 및 아이소메트릭

뜬바닥	습식매립	습식벽부	아이소메트릭
			

㉰ 3안 : 시범적용단지형

표 3-60. 시범적용단지 욕실 평면대안 및 아이소메트릭

뜬바닥	아이소메트릭

② 위생배관 시스템 대안에 따른 세대 단면계획

위에서 살펴본 각 욕실 평면 유형별 대안에 대하여 적용 가능한 욕실 단면 대안을 검토하였으며, 거실 측의 단면 구성에 대해서 추가적으로 살펴보았다. 욕실의 단면 대안은 주로 바닥배수구(육가)의 형태에 따라 결정되며, 거실의 단면 대안은 스프링클러 유무, 천장배관/바닥배관 방식 등의 계획에 따라 다르게 나타난다.

㉮ 욕실 단면계획

표 3-61. 욕실 측 단면계획

뜬바닥	습식매립
습식벽부	**습식기존**

앞서 검토한 욕실 평면 유형별 대안(샤프트+층상피트형, 샤프트형, 시범적용단지형)에 대한 단면계획은 위 표 3-61의 4가지 방안으로 계획이 가능하다.

㉯ 거실 단면계획

표 3-62. 거실 측 단면계획

바닥배관	바닥배관 + 스프링클러

천장배관	천장배관 + 스프링클러

위의 표 3-62에 거실 측의 4가지 단면 계획 대안을 보여준다.

③ 세대 단면 계획에 따른 설비 공사비 검토

앞서 검토된 욕실의 위생배관 시스템 대안에 따른 뜬바닥형, 습식매립형, 습식벽부형, 습식기존형의 단면계획에 대하여 경제성을 검토하고자 공사비를 산출하였다. 각 대안에 대한 비교를 위하여 욕실에 구성된 위생배관 및 위생기구를 고려한 순공사비로 산출하였으며, 최근의 물가정보[3]에 기초하여 각 구성재료에 의한 재료비와 노무비를 검토하였다.

다음 표 3-63에 각 공사비 산출 결과를 요약하여 나타내었다.

표 3-63. 단면계획별 설비공사비 요약 (단위 : 원)

항 목	재료비	노무비	합 계
뜬바닥형			
배관공사	68,101	34,971	103,071
위생기구설치공사	1,166,000	96,475	1,262,475
기타공사	624,295	3,485	627,780
총 계	1,858,395	134,931	1,993,326

3) 한국물가협회, 월간물가자료 2008年 4月

항 목	재료비	노무비	합 계
습식매립형			
배관공사	68,101	34,971	103,071
위생기구설치공사	1,166,000	96,475	1,262,475
기타공사	224,295	3,485	227,780
총 계	1,458,395	134,931	1,593,326
습식벽부형			
배관공사	68,101	34,971	103,071
위생기구설치공사	1,166,000	2,130,908	3,296,908
기타공사	190,095	96,475	286,570
총 계	1,424,195	3,485	1,427,680
습식기존형			
배관공사	84,307	34,971	119,278
위생기구설치공사	711,000	96,475	807,475
기타공사	113,490	1,668	115,158
총 계	908,797	133,114	1,041,911

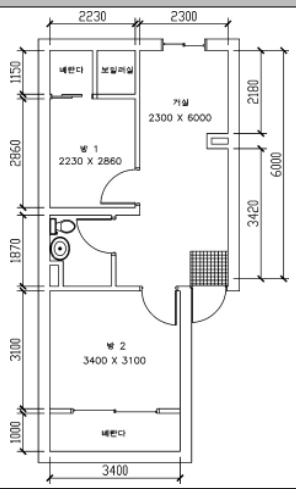
(5) 개발된 성능개선 시스템과 요소기술의 적용

(가) 시범적용 검토대상 아파트

연구를 통하여 정립된 설계프로세스를 바탕으로 선정된 위생배관 시스템을 현장에 시범 적용하여 시공성 및 경제성, 리모델링 대응성 등의 성능을 검토하였다. 또한 시공시 발생할 수 있는 문제점을 도출하고 개선사항을 검토하였으며, 음향분야와 연계하여 목업의 음향 성능을 측정하였다. 시범적용은 목업의 형태로 진행하였으며,

목업 대상은 인천시 서구 가정동에 소재한 신아아파트이다. 이 아파트는 6층의 벽식구조를 갖고 있으며 바닥슬래브의 두께는 125mm이다.

표 3-64. 시범적용 대상 개요

시범적용 대상 위치	시범적용 대상 평면
	

시범적용 대상 아파트개요	
위 치	인천광역시 서구 가정동 신아아파트 3동 203호
구 조	벽식구조(철근 콘크리트)
층 수	6층
세 대 면 적	40.57㎡ (약 12.3평)
화장실 면적	2.88㎡ (약 0.8평)

(나) 시험시공 내용

시험시공 계획은 위생배관 시스템의 성능향상을 위해 본 연구에서 제시한 당해층 배관 방식의 위생배관 시스템에 대하여 진행하였다. 본 시범적용 대상 욕실의 형태를 분석한 결과 샤프트+층상피트 형태가 적합한 것으로 판단되었다.

실험을 위해 기존 화장실의 평면 레이아웃과 단면을 표 3-65와 같이 변경하였으며, 시범적용 실험 목적과 내용에 대하여는 다음 표 3-66과 같이 정리하였다.

표 3-65. 시범적용을 위한 위생시스템 변경

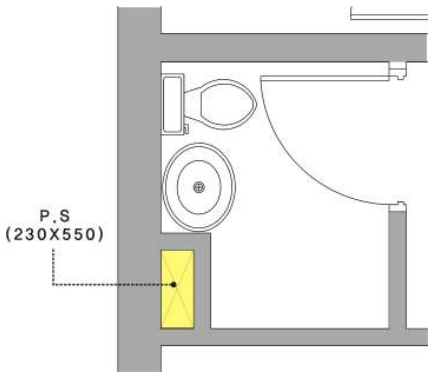
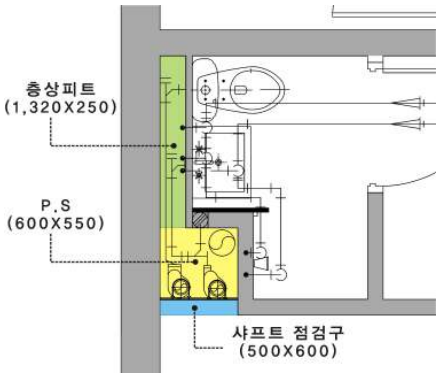
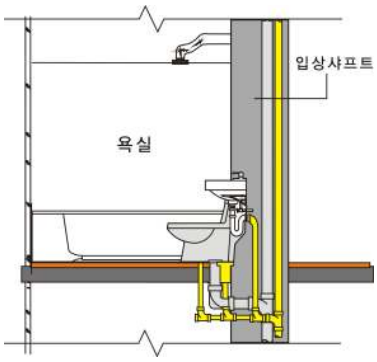
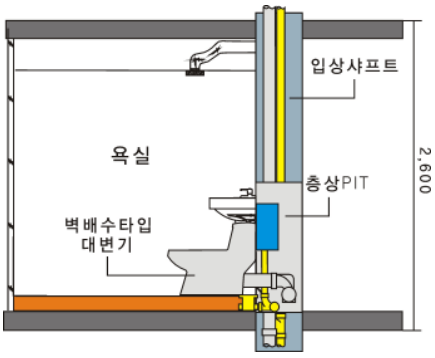
기존 욕실 Lay-out	시범적용 욕실 Lay-out
	
기존 욕실 단면	**시범적용 욕실 단면**
	

표 3-66. 위생배관 시스템 시험시공 내용

시험시공 목적	내 용
① 상상배관 시스템 적용 가능성 및 타당성 검토	- 시험시공 과정에서 기존 위생배관과의 공정 비교 및 공사 난이도 평가, 마감상태 검토
② 유지관리 및 리모델링 대응성 검토	- 점검구 구조 및 점검 가능성 여부 검토 - 리모델링시 샤프트내 배관 교체 용이성 검토
③ 시공성에 대한 검토	- 시험시공 과정에서 기존 위생배관과의 공정 비교 및 공사 난이도 평가
④ 경제성에 대한 검토	- 시험시공 투입 비용 비교 검토
⑤ 상상배관 시스템 적용에 따른 소음 평가	- 기존 위생배관과 상상배관 시스템의 음향 측정 비교
⑥ 도출된 상상배관 시스템의 성능 평가	- AHP를 활용한 전문가 설문을 통해 성능(F)을 평가하고 초기투자비용(C)을 분석하여 가치지수(V=F/C)로 상대평가

(다) 시험시공

시험시공 대상 세대 욕실이 내력벽에 면하여 형성되고 욕실 출입구와 샤프트, 위생기구의 배치를 검토한 결과 층상피트 점검구는 욕실 내부에서 점검이 가능한 구조로 계획하였으며, 오·배수 배관이 형성되는 하부에 점검구를 계획하고 세면대가 설치되는 상부는 고정하는 형태로 계획하였다.

층상피트의 마감은 실리콘으로 마감하고 보수가 필요한 경우 실리콘을 제거하고 점검구를 통해 배관을 점검하는 것으로 설정하였으며, 세대 위생배관과 샤프트 내 입상관의 접속부위의 보수가 필요한 경우에는 샤프트가 면한 안방의 점검구를 통해 보수하도록 설정하였다. 또한 양변기는 벽배수 타입을 적용하여 설치 단가를 최대한 낮추면서 원하는 기능을 확보할 수 있도록 계획하였다.

① 위생배관 시스템 시범적용 시공성 검토

시공성 검토결과 기존 방식도 샤프트를 확장하고 건식 AD를 설치한다는 전제 하에 기존 방식과 크게 상이한 부분은 없으며, 시

공 난이도에 있어서도 기존에 비하여 크게 문제가 발생하는 부분은 없었다. 실질적으로 공사에 투입되는 인원과 공사기간에서도 기존 방식과 큰 차이가 발생하지 않는 것으로 파악되었다.

② 바닥매립형 바닥배수구 구성 및 적용성 검토

기존 바닥배수구는 하층세대를 경유하기 때문에 위생배관의 배수음이 하층 세대로 전달되고, 문제가 발생하여 보수가 필요할 경우 하층 세대의 천장을 뜯어내고 보수를 해야 하는 상황이 발생되므로 이러한 문제 발생을 방지하고 상상배관방식을 구성하기 위하여 바닥배수구를 슬라브 위에 설치하고 샤프트에 바로 인접시켜 측면으로 배수되는 형태의 매립형 바닥배수구를 계획하였다. 바닥배수구를 샤프트에 인접하여 설치하지 않는 경우에는 배수배관의 구배확보 차원에서 욕실바닥의 높이가 상승하기 때문에 거실과의 단차를 확보하기가 어려운 상황이 발생할 수 있어 바람직하지 않다.

③ 층상피트 구성 및 적용성 검토

층상피트 구성시 층상피트 내부로 욕실에서 사용한 물이 들어가지 않도록 방수 계획이 필요하며 층상피트 쪽 바닥면에 방수턱을 설치하여야 한다. 층상피트 구성시 층상피트 내부에 형성되는 세대내 위생배관은 화장실 바닥구배에 따른 바닥높이 상승을 고려하여 배치하여야 하며 층상피트 프레임에 세대내 배관과 연결을 위한 오배수 접속구의 높이와 연계하여 계획하여야 한다.

④ 시험시공 공사비 검토

시험시공을 위해 적용된 위생배관 시스템과 기존 위생배관의 공사비를 산출하여 도출된 위생배관시스템의 초기투자비 상승 여부를 검토하고자 하였다. 기존 하층경유 위생배관 시스템과 시험시공에 적용된 위생배관 시스템에 대한 비교를 위하여 욕실에 구성된 위생배관 및 위생기구를 고려한 순공사비로 산출하였으며, 물

가정보에 기초하여 각 구성재료에 의한 재료비와 노무비를 검토하였다.

다음 표 3-67은 각 공사비 산출 결과를 요약한 것이다. 그 결과, 기존방식을 기준으로 하였을 때, 시험시공 세대 공사비가 약 22% 증가하는 것을 알 수 있었다. 이는 전체적으로 배관길이가 기존방식에 비하여 줄어들어 배관공사비는 줄었으나, 위생기구의 경우 당해층 배관을 위한 벽배수 타입 대변기 사용으로 비용이 증가하였으며, 층상피트 구성과 샤프트 점검구 확보 등으로 공사비가 증가하는 것으로 파악되었다. 그러나 기존 하층세대 경유 위생배관시스템은 향후 문제 발생시 보수를 위한 배관 교체시 샤프트 일부 및 하층세대 천장을 철거하므로 약 50만원 이상(천장 30만원, 샤프트 22만원)의 철거 및 마감공사비용이 추가로 소요될 것으로 판단되어 유지관리비를 고려한 경제성 관점에서는 시험시공에 적용된 위생배관 시스템이 경제적일 것으로 판단된다.

표 3-67. 설비공사비 요약 **(단위 : 원)**

항 목	재료비	노무비	합 계
기존 위생배관 시스템(하층세대 경유 배관)			
철거공사		315,915	315,915
배관공사	84,307	34,971	119,278
위생기구 공사	824,490	96,475	920,965
마감공사	470,000	570,000	1,040,000
총 계	1,378,797	1,017,361	2,396,158
시험시공된 위생배관 시스템(상상배관)			
철거공사		317,732	317,732
배관공사	68,101	34,971	103,071
위생기구 공사	906,095	96,475	1,002,570
마감공사	900,000	570,000	1,470,000
총 계	1,874,195	1,019,178	2,893,373

⑤ 시험시공 단계 분석

시험시공을 통해 시공성을 평가하기 위하여 기존 하층세대 경유 위생배관 시공단계와 시험시공 세대의 시공 단계를 표 3-68과 같이 정리하였다. 기존 위생배관 시스템과 도출된 위생배관시스템의 시공성은 큰 차이가 없는 것으로 파악되었다.

표 3-68. 기존 위생배관 및 시범적용 위생배관 시공 프로세스

시범적용 위생배관 시스템 시공 프로세스	기존 위생배관 시공 프로세스
1. 화장실 천장 철거	1. 화장실 천장 철거
2. 화장실 샤프트 철거	2. 화장실 샤프트 철거
3. 위생도기, 위생기구 철거	3. 위생도기, 위생기구 철거
4. 화장실 바닥 타일 및 바닥구배 철거	4. 화장실 바닥 타일 및 바닥구배 철거
5. 화장실 매립 급수 배관 철거	5. 화장실 매립 급수 배관 철거
6. 샤프트 점검구 확보	6. -
7. 화장실 슬래브 일부 철거(샤프트 확장)	7. 화장실 슬래브 일부 철거(샤프트 확장)
8. 기존 세대 및 입상 오배수 배관 철거	8. 기존 세대 및 입상 오배수 배관 철거
9. 건식 AD 재단 및 설치	9. 건식 AD 재단 및 설치
10. 세대 내 오배수 배관 재단	10. 세대 내 오배수 배관 재단
11. F.D. 설치위치 및 필요 높이 설정	11. -
12. F.D. 필요 높이를 고려하여 입상 배관 재단 및 설치	12. 입상 배관 재단 및 설치
13. F.D. 필요 높이를 고려하여 세대내 오배수 배관 설치	13. 세대내 오배수 배관 설치
14. 샤프트 조적 마감	14. 샤프트 조적 마감
15. 벽 타일 마감	15. 벽 타일 마감
16. 바닥 방수, 구배 조정, 바닥타일 마감	16. 바닥방수, 구배조정, 바닥타일 마감
17. 양생(3일)	17. 양생(3일)
18. 화장실 천장 마감 및 배기구 접속	18. 화장실 천장 마감 설치 및 배기구 접속
19. 층상피트 프레임 설치 및 마감	19. -
20. 위생도기, 기구 설치	20. 위생도기, 기구설치

(6) VE관점의 성능평가

본 연구를 통해 시험 시공한 위생배관시스템의 개략적인 분석은 앞

서 수행하였으나 이는 연구자의 입장에서 평가한 것으로 다소 주관적인 성향이 내재된 것으로 판단할 수 있다. 따라서 전문가 및 비전문가를 대상으로 설문을 실시하여 도출된 위생배관 시스템을 기존 위생배관 시스템과 비교하여 평가하여 이를 정량화하고, 초기투자비용을 비교분석하여 VE 관점에서 가치지수(Value)의 개념을 도입하여 각 시스템의 성능을 평가하고자 하였다.

성능평가는 우선 성능 항목을 설정하고, 성능 항목에 대한 AHP 설문을 수행하여 각 성능항목간의 가중치를 산정하고 각 성능항목의 점수와 가중치를 곱하여 성능 점수를 산출하였다. 산출된 성능 점수를 각 위생배관 시스템의 초기투자비용으로 나누어 이를 가치지수로 삼아 성능 평가를 수행하는 형태로 진행하였다.

(가) 성능 항목 설정

본 위생배관 시스템과 관련된 성능 항목은 거주성, 유지관리성, 기능성, 경제성, 시공성, 친환경성의 6가지로 도출하였다.

(나) AHP를 활용한 성능점수 도출

성능평가를 위한 설문과 설문을 처리하는 기법은 AHP를 활용하였다. 1970년대 초 Thomas Saaty 교수에 의해 개발된 AHP(Analytic Hierarchy Process: 계층적 의사결정 방법)는 두뇌가 단계적 또는 위계적 분석과정을 활용한다는 사실에 착안하여 고안된 계산모델이다. 이것은 의사결정의 전 과정을 다단계로 나눈 후 이를 단계별로 분석 해결함으로써 최종적인 의사결정에 이르는 방법이며, AHP는 이론의 단순성, 명확성, 적용의 간편성 및 범용성이라는 특징을 가지고 있기 때문에 여러 의사결정 분야에서 널리 응용되어 왔다.

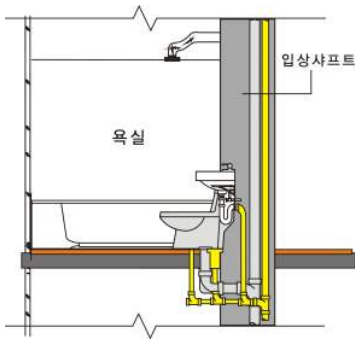
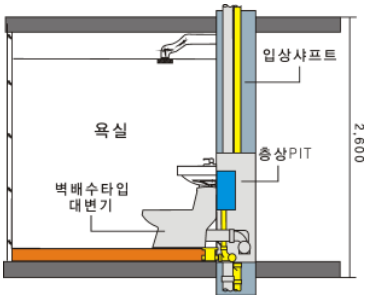
(다) VE관점의 성능평가 결과

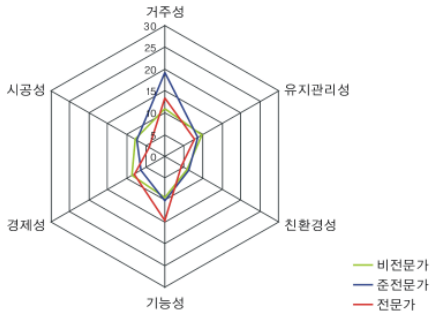
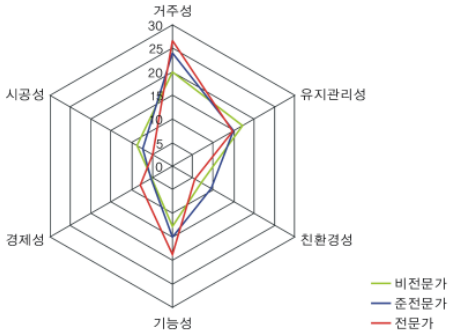
AHP를 통한 성능점수와 초기투자비용을 산출하여 이를 가치지수로 환산하여 표현하면 다음 표 3-69에서 보는 바와 같다.

결과적으로 기존 위생배관 시스템(하층세대 경유 배관 방식)에 비해 본 연구를 통해 시험 시공한 위생배관시스템(상상배관 방식+점검구 확보)의 가치지수가 전반적으로 높게 평가되었으며, 준전문가 그룹까지는 약 10% 정도, 전문가 그룹에서는 약 25% 정도의 가치지수가 높은 것으로 파악되었다.

이러한 결과로 미루어 판단해 볼 때 기존 위생배관 시스템보다 본 연구에서 도출한 위생배관 시스템이 투입 비용 대비 성능이 우수한 것으로 판단해 볼 수 있다.

표 3-69. VE 관점의 성능평가

구분	일반배관 방식(하층세대 경유 배관)	시험시공 위생배관 방식(상상배관)
개요		
개요	기존 위생배관방식으로 하층세대 욕실 천장 내부로 위생배관이 구성되는 형태	욕실에 구성되는 모든 배관을 당해층 세대욕실에 수용하는 형태
장점	- 상대적으로 다소 저렴한 초기투자비용	- 하층세대로 전달되는 기존 설비소음 저감 - 유지보수시 하층세대의 프라이버시 보호
단점	- 기존 설비소음이 하층세대로 전달 - 유지보수시 하층세대 천장을 통해야 하기 때문에 프라이버시 침해발생	- 기존 욕실에 비해 공사비 20%정도 증가(욕실공사 기준)

구분	일반배관 방식(하층세대 경유 배관)		시험시공 위생배관 방식(상상배관)	
성능 평가 그래프				
성능평가 점수(F)	비전문가 그룹	52.25	비전문가 그룹	70.35
	준전문가 그룹	57.57	준전문가 그룹	75.71
	전문가 그룹	51.80	전문가 그룹	78.00
공사 비용(C)	2,396,158 원(기준: 1)		2,893,373 원(기준 대비 : 1.21)	
가치지수 (F/C=V)	비전문가 그룹	52.25	비전문가 그룹	58.14
	준전문가 그룹	57.57	준전문가 그룹	62.57
	전문가 그룹	51.80	전문가 그룹	65
검토 결과	- 전문가 그룹으로 갈수록 상상배관시스템의 가치지수가 높게 나타남 - 전문가 그룹에서 기존 일반배관 시스템에 비하여 상상배관 시스템이 약 25%의 가치지수가 높은 것으로 판단되어 성능도 그에 준하여 우수한 것으로 판단			

(7) 가이드라인 도출

연구를 통해 개발된 위생배관 시스템을 현장에 적용하기 위하여 그림 3-147에서 보는 바와 같이 설계프로세스를 정립하였다.

위생배관 시스템 설계 진행순서는 리모델링 대상 평면 및 단면검토를 통해 리모델링 전 기존 욕실위치 및 샤프트의 변경유무를 확인하고 이에 따라 샤프트 크기와 점검구 계획이 이루어진다. 욕실 및 샤프트의

위치, 크기에 대한 검토가 끝나면 샤프트의 위치와 크기를 고려하여 욕실 Layout검토를 실시한다. 욕실 Layout검토를 통해 욕실에 적용 가능한 샤프트유형(샤프트형, 샤프트+층상피트형, 특수형)을 결정한다. 샤프트유형 결정 후 거실과 욕실바닥의 단차를 고려하여 적용 가능한 욕실바닥 배수 형태를 결정하고 적합성을 검토하여 최종적으로 위생배관 시스템의 설계에 반영하는 형태로 진행된다.

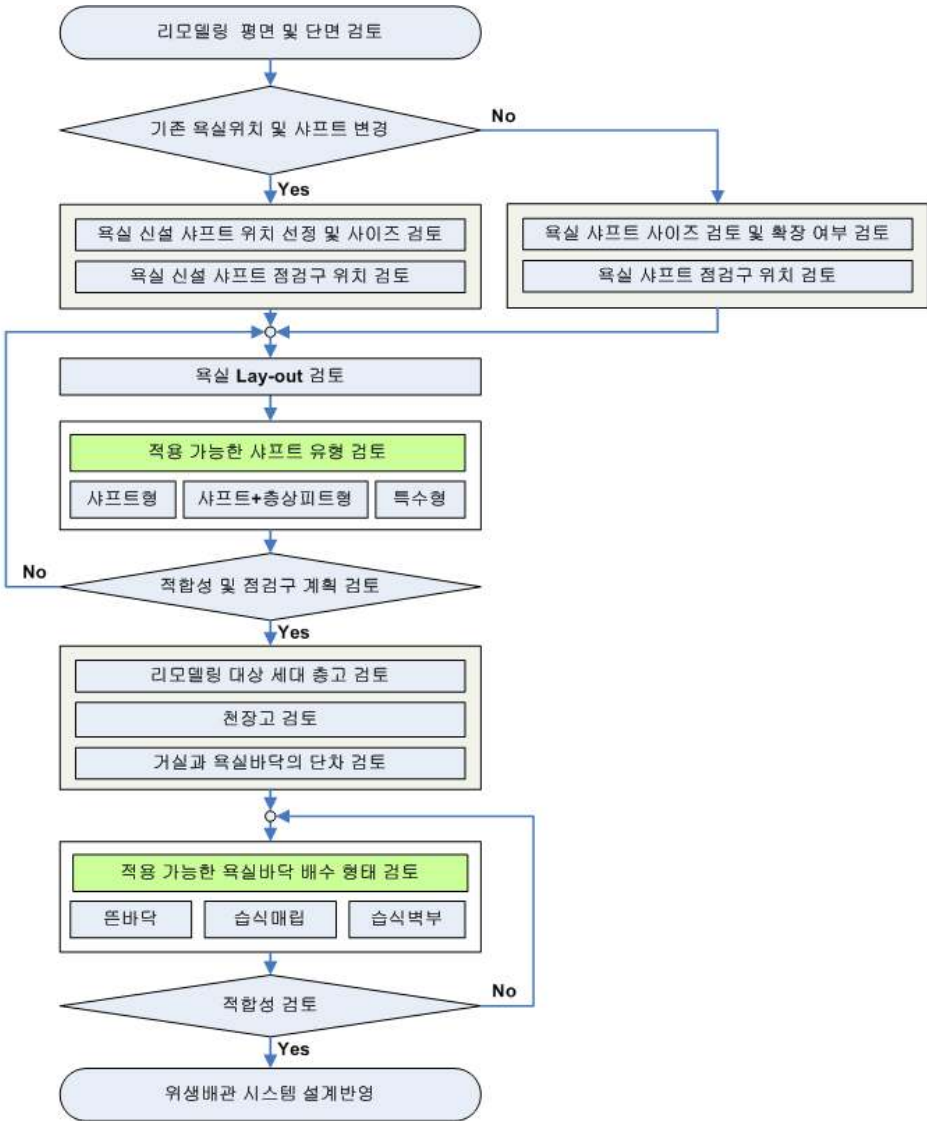


그림 3-147. 위생배관 시스템 설계 프로세스

다. 최적환기전략

최근 소득 증가에 따른 생활수준 향상과 생활의식 변화로 인하여 주거환경이 많이 개선되었고, 거주자의 새로운 요구 사항도 증가하고 있다. 또한 웰빙에 대한 인식과 관심이 고조되면서, 실내환경의 질 (IEQ: Indoor Environmental Quality) 향상에 대한 노력은 전 세계적으로 활발하다. 실내환경의 질(IEQ)은 온열환경의 유지, 실내 오염물질의 제거, 재실자의 행동패턴, 시스템 유지관리 등에 의해서 결정된다. 특히, 노후화된 공동주택의 리모델링에서 이슈화되고 있는 실내공기질 문제, 24시간 기계환기에 대한 국내 법규, 건강한 주거공간에 대한 국민의 요구를 고려하면, 노후 공동주택의 환기 리모델링 시스템은 필수적인 요소기술이다. 본 연구과제에서는 표 3-70과 같이, 국내 실정에 맞는 노후 공동주택 리모델링 환기 시스템을 개발하기 위해서 노후 공동주택의 환기 실태 분석(1차년도), 환기 시스템 최적 설계(2차년도), 환기 시스템 최적제어 전략(3차년도)을 도출한 뒤, 이를 시범적용 단지에 적용(4차년도)하고, 그 성능 분석을 통해 환기 시스템 표준 모델을 제시(5차년도)하는 것을 주목적으로 한다.

표 3-70. 최적 환기전략 연차별 연구개발 계획

연차	연차별 연구개발 계획
1차년도	노후 공동주택의 환기 실태 분석
2차년도	환기 시스템 최적설계
3차년도	환기 시스템 최적제어 전략
4차년도	환기 시스템 시범적용
5차년도	환기 시스템 표준모델 제시

(1) 노후 공동주택의 환기 실태 분석

환기에 대한 인식과 관심이 최근 고조되면서, 실내공기질(IAQ: Inoor Air Quality)을 위한 노력은 우리나라 뿐만 아니라 전 세계적으로 활발하다. 미국의 경우, ASHRAE와 GSA를 중심으로 이에 대한 연구가 활발하며 일본의 경우 2003년 7월부터 건축법으로 “24시간 환기시스템의 의무화”를 시행, 24시간 연속 환기회수가 0.5회/시간 이상 되도록 외기

도입을 법제화하였다.

국내에서는 2006년 2월부터 '건축물의 설비기준 등에 관한 규칙'의 '제11조 (공동주택 및 다중이용시설의 환기설비기준 등) ①영'에서 '신축 또는 리모델링하는 주택 또는 건축물은 시간당 0.7회 이상의 환기가 이루어질 수 있도록 자연환기설비 또는 기계환기설비를 설치하여야 한다'고 명시하였다. 그리고, 자연환기설비를 설치하는 경우에는 최소 필요 환기량 기준을 충족하는지를 지방건축위원회에 제시하고 (2)기계환기설비를 설치하는 경우에는 세대의 환기량 조절을 위하여 환기설비의 정격풍량을 최소 · 적정 · 최대의 3단계 또는 그 이상으로 조절할 수 있는 체계를 갖추어야 한다. 이때, 기존 문헌 (McQuiston et al 2006) 에서는 시간당 환기횟수의 규정은 과도한 외기도입을 유발할 수 있고, 이에 따른 높은 유지비용을 초래할 수도 있음을 명심할 필요가 있다. 따라서, 좀 더 성능기반(performance-based)의 기준이 되기 위해서는, 실내 오염정도에 대한 기준을 명시함이 바람직하겠다.

본 연구과제에서는 설비시스템의 노후 현황과 설비 시스템의 리모델링에 대한 의식조사를 수행함으로써 공동주택의 설비 리모델링 시 개선이 필요한 설비요소를 도출하는 기초 자료를 제공하고자 거주자 및 관리자에 대한 설문 및 인터뷰를 실시하였다.

특히, 국내 공동주택의 환기 실태를 파악하기 위하여 현재 공동주택 거주자를 대상으로 설문을 통한 공동주택 환기의 문제점, 거주자 선호도를 조사하였다. 그리고 창, 문을 통하여 얼마나 많은 자연환기가 이루어지고 있는지를 알아보고 재실자에 의한 CO2 발생량을 파악하기 위하여 재실자, 창, 문의 스케줄에 대한 현장 인터뷰를 수행하였다. 그 결과, 거주자가 느끼는 불만족의 대부분이 (1) '주방의 오염된 공기의 배출불량', (2) '외기오염으로 인하여 창을 열고 환기를 시키는데 제약'을 지적하고 있다. 이는 환기 시스템의 설치의 필요성을 제시하고 있음을 의미한다. 그리고 선호하는 환기 시스템을 조사한 결과 하이브리드 방식, 자연환기 방식, 기계환기 방식 순으로 나타났으며, 이는 환기 시스템에 대한 초기투자비용과 깊은 상관관계가 있다고 추정된다. 또한, 신선한 공기의 취출구 위치를 조사한 결과 모든 실에 설치, 거실, 안방

순으로 선호하였으며, 환기 시스템의 제어방식은 사용자+자동모드를 가장 선호하였다.

결론적으로 노후 공동주택 리모델링에서 환기 시스템 설치는 필수적임을 알 수 있다.

(2) 환기 시스템 최적설계

최적설계는 수학적 모델을 이용한 최소[$-f(x)$]/최대화[$f(x)$] 과정으로 시스템의 성능을 평가할 수 있는 다수의 평가기준 (초기투자비, 운영비, 불만족도, CO2농도)간의 trade-off를 수반하는 방법이다. 이러한 평가기준으로 구성된 목적함수는 비연속적(discontinuous)이며, 비선형(nonlinear)이기 때문에 고전적인 최적화방법(목적함수의 gradient를 이용하는 방법)으로는 문제를 해결하기 어렵다. 따라서 본 연구과제에서는 이러한 최적화 문제에 적합한 유전자 알고리즘(GA: Genetic Algorithm)을 최적화 알고리즘으로 선택하였고, 다수의 최적설계 대안들을 찾은 후, 의사결정자가 그 중의 하나를 결정하는 접근 방법인 search→decide 방법(posteriori articulation)을 수행하기 위해 파레토 최적(Pareto Optimality)을 이용하였다 (Wright et al, 2002). 유전자 알고리즘과 파레토 최적을 통합하여 최적화 알고리즘을 수행한 결과는 표 xx과 같다. 파레토 최적해 집합은 총 18개의 파레토 최적해로 구성된다. 총 18개의 파레토 최적해는 대안공간(option space)에 존재하는 무수한 해에 대해 항상 우월한 지배 파레토 개체임에 유의할 필요가 있다. 즉, 의사결정자는 18개 중의 어떤 설계안을 선택하더라도, 대안공간 내의 어떤 해보다 항상 우월한 설계대안을 선택하게 된다.

표 3-71. 최적 설계안(지배 파레토 개체 집합)

지배개체해 (non-dominated solutions)														
최적 설계안	설계 변수 (design variables)										목적 함수 (objective function)			
	하이브리드 (급기구)			전열교환기 (CMH) (급·배기량)			현열교환기 (CMH) (급·배기량)			하이브리드 (CMH) (배기량)	초기 투자비 (원)	운영비*** (원/년)	불만족도 (%)	CO2 농도 (PPM)
	거실 (X1)	침실 (X2)	주방 (X3)	거실 (X4)	침실 (X5)	주방 (X6)	거실 (X7)	침실 (X8)	주방 (X9)	주방 (X10)				
1	0*	0	1**	0	0	0	0	0	0	60	710,000	151,230	17.6	1100
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	120	710,000	292,450	9.8	800
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	120	750,000	292,450	9.8	700
4	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	1,000,000	182,400	11.5	900
5	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0	1,252,900	223,590	7.9	800
6	0	0	0	0	150	0	0	0	0	0	1,252,900	223,590	7.9	800
7	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0	1,252,900	223,590	7.9	800
8	0	0	0	0	0	200	0	0	0	0	1,569,700	264,780	5.9	700
9	0	0	1	0	100	0	0	0	0	60	1,710,000	333,630	7.4	700
10	0	0	1	100	0	0	0	0	0	60	1,710,000	333,630	7.4	700
11	0	0	1	0	100	0	0	0	0	120	1,710,000	474,850	5.3	600
12	1	0	0	0	100	0	0	0	0	180	1,750,000	616,070	4.1	500
13	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	2,000,000	364,780	5.9	600
14	0	0	0	100	0	100	0	0	0	0	2,000,000	364,780	5.9	600
15	0	0	0	0	100	100	0	0	0	0	2,000,000	364,780	5.9	600
16	0	0	0	150	100	0	0	0	0	0	2,252,900	405,970	4.6	500
17	0	0	0	100	150	0	0	0	0	0	2,252,900	405,970	4.6	500
18	1	0	1	200	250	0	0	0	0	60	4,326,300	731,960	1.9	400

* 급기구가 없는 경우, ** 급기구가 있는 경우, ***운영비는 난방비용만 계산(10-2월)

(3) 환기 시스템 최적제어 전략

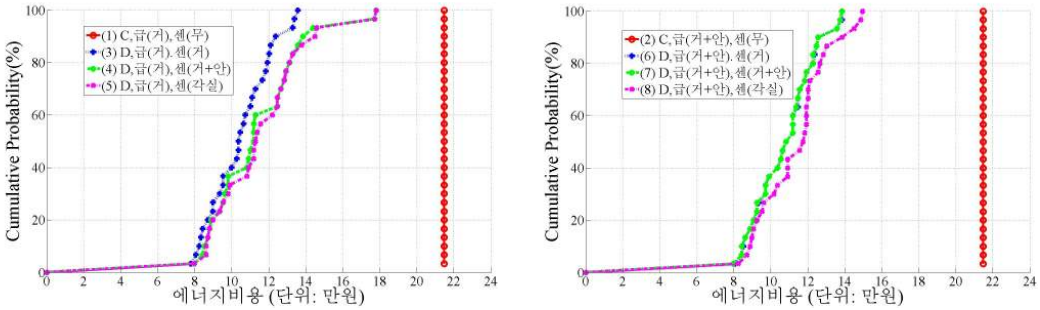
최적 환기 제어 전략은 크게 자연환기, 하이브리드, 기계환기 등으로 구분된다. 본 연구과제에서는 우리나라 공동주택에 일반적으로 적용되는 전열교환기를 내장한 기계환기 방식(ERV: Energy Recovery Ventilator)을 대상으로 선정하였다. ERV 방식은 외기공급량 결정 기준에 따라, 상시환기 방식 (CAV: Constant Air Volume, 공동주택은 시간당 환기횟수 0.7회)과 CO2 중심 환기 방식 (DCV-CO2: CO2-sensor based Demand-Controlled Ventilation)으로 구분된다. 그리고, 급기구의 설치 위치(거실만 설치, 거실+안방 설치), CO2 센서의 설치 위치(거실만 설치, 거실+안방 설치, 모든 실 설치)에 따라 다수의 환기 전략이 존재한다. 본 연구과제의 목적은 외기공급량, 급기구의 위치, CO2 센서의 위치에 따른 다수의 환기 전략을 4가지 평가기준(초기투자비, 에너

지비용, 불만족도[PD: Percentage Dissatisfied, %], CO2 농도)으로 비교·분석하고, 이를 통해 환기 시스템 설계자 및 사용자에게 유의한 정보를 제공하는 것이다. 즉, CAV, DCV-CO2 방식을 4가지 평가기준을 통해 비교하고, DCV-CO2 방식이 유리하다면, 급기구 위치와 CO2 센서의 설치 위치 등에 따라 어느 정도의 성능 차이가 존재하는지를 파악하여, 의사결정에 필요한 정보를 제공하고자 한다. 본 연구에서는 지면상 환기전략에 따른 에너지 비용의 최소/최대값, 최빈값, 평균값, 표준편차만을 보여준다 (표 3-72). 환기전략 (3)~(8)은 DCV-CO2 방식이어서 에너지 비용이 변화하지만, (1)과 (2)는 상시환기이므로, 에너지 비용이 일정하다. DCV-CO2 방식 이 CAV 방식에 비해 에너지 비용이 상당히 유리함을 알 수 있다. 그리고, DCV-CO2 방식의 최소값, 최빈값, 최대값, 평균값 사이에 상당한 차이가 있음을 알 수 있다. 즉, 불확실한 파라미터 값들의 선택에 따라 시뮬레이션 결과는 큰 차이가 날 수 있음을 알 수 있다.

표 3-72. 환기전략별 에너지비용 비교

환기전략	에너지비용(원/년)				
	최소	최빈	최대	평균(30case)	표준편차
(1)	214,850	214,850	214,850	214,850	-
(2)	214,850	214,850	214,850	214,850	-
(3)	77,909	102,720	135,810	104,807	16,525
(4)	79,747	109,160	178,090	114,763	25,008
(5)	79,747	109,160	178,090	116,356	24,945
(6)	80,666	106,400	138,570	108,268	16,488
(7)	79,747	106,400	138,570	108,084	16,517
(8)	82,504	110,080	149,600	113,999	18,532

그림 3-148은 환기전략에 따른 에너지비용의 누적확률을 보여준다. 그림 3-148(a)는 급기구가 안방에 설치된 CAV 방식과 DCV-CO2 방식을 비교한 것으로 DCV-CO2 방식이 에너지비용 측면에서 유리함을 알 수 있다. CAV 방식은 상시환기(0.7회/h) 방식이므로, 그림 그림 3-148과 같이 에너지비용이 일정하게 나타난다.



(a) 급기구가 거실에 설치 (b) 급기구가 거실+안방에 설치

그림 3-148. 환기전략별 에너지 비용

(4) 시범적용

환기 시뮬레이션은 모델에 내재되어 있는 불확실성으로 인해 시뮬레이션 모델에 대한 검증은 필수적 부분이다. 본 연구과제에서는 시뮬레이션을 통해 2-3차년도 연구에서 제안한 4가지 평가기준(초기투자비, 에너지비용, 불만족도[PD: Percentage Dissatisfied, %], CO2 농도)의 결과에 대한 적합성을 입증하기위해, 실험에 의한 CO2농도 실측값과 시뮬레이션을 이용한 CO2농도 결과값과의 검증을 진행하고자 한다. 이때 환기실험은 3차년도에서 제안된 환기전략을 바탕으로 한다. 본 환기실험은 기존연구(김영진 et al, 2008)에서 제시한 불확실한 요소들 중 실험 시 측정이 가능한 요소들(기후의 확률적 특성, 재실자의 행동패턴)과 측정이 불가능한 요소들(건축적 구성요소, 시뮬레이션의 파라미터)로 구분하였다. 이때 측정이 가능한 요소들은 환기 시뮬레이션에 적용하여 불확실한 요소를 최소로 하였다. 이를 바탕으로 CO2농도의 시뮬레이션 결과값과 실측값을 정량적으로 비교/분석하였으며, 2-3차년도 연구의 적합성에 대해 분석하였다.

환기 실험을 진행하기 위한 대상건물은 인천 가정동에 위치한 공동주택(6층)을 본 연구의 실험장소로 선정하였다. 선정된 세대에는 하이브리드 방식 (거실에서 강제 배기하고 각 실의 급기구를 통해 외기를 도입하는 방식)과 전열교환 방식의 환기 시스템을 각각 설치하였다. 운영방식(하이브리드 방식, 전열교환 방식), 외기공급량 (60 CMH, 100 CMH), 급기구 설치위치 (침실 1, 침실 1+거실, 침실 1+거실+침실 2)에

대해 표 3-73와 같이 실험을 수행하였다. 실험은 2일 동안 (2009년 03월 19일-3월 20일, 환기전략별 5시간씩, 총 5시간×4=20시간) 수행되었다.



그림 3-149. 시범적용 대상 건물

표 3-73. 4가지 환기전략

환기전략	환기 방식	외기공급량 (CAV)	급기구 설치위치	측정시간 (각 5시간)
1	하이브리드 방식	60 CMH	침실1	17:00-22:00(3월19일)
2			침실1+거실	9:59-14:59(3월20일)
3			침실1+거실 +침실2	15:04-20:04(3월20일)
4	전열교환 방식	100 CMH	침실1	10:35-15:35(3월19일)

하이브리드 시스템, 전열교환 환기 시스템, 실험 및 측정 기기 위치는 그림 3-150, 151과 같다. 하이브리드 방식은 거실에 위치한 배기팬에서 실내 공기를 배출하고, 외기는 침실 1, 침실 2의 발코니, 거실에 설치된 급기구를 통해 공급되는 방식이다. 전열교환 환기 시스템은 3-151과 같이 설치되었고, 외기는 침실 1에 설치된 급기구를 통해 공급되고, 배기 또한 침실 1에 설치된 배기구를 통해 이루어진다.

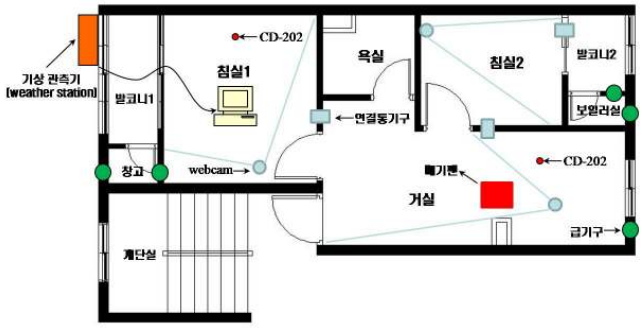


그림 3-150. 하이브리드 방식

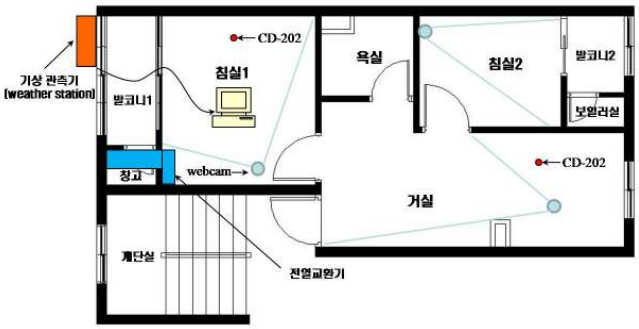


그림 3-151. 전열교환 방식

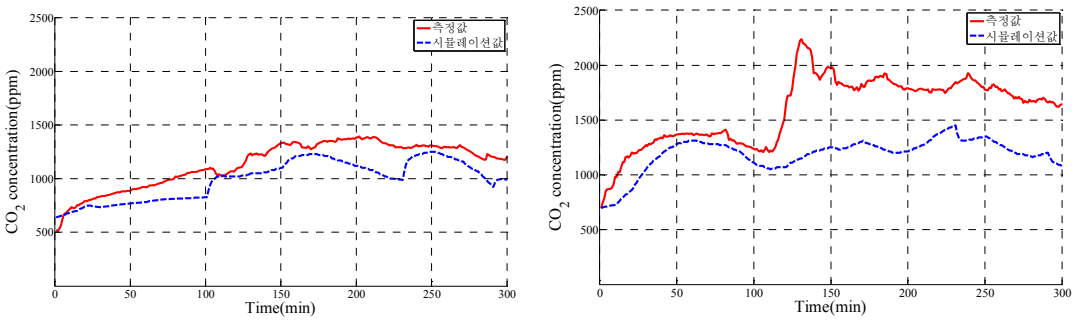
환기 시뮬레이션 결과와 실제 측정값의 차이는 존재하며, 이러한 차이에 대한 분석을 위해, 민감도 분석 (SA: Sensitivity Analysis)을 실시하였다. 민감도 분석은 불확실한 입력변수와 출력변수(CO2농도) 간의 비선형적인 관계를 정량적으로 파악하기 위함이다.

민감도 분석 도구로써, Simlab 2.2 (Saltelli et al, 2004)를 이용하였다. 입력변수에 대한 민감도 분석 수행을 위해서는 상당한 횟수의 시뮬레이션이 요구되어, 본 연구에서는 시뮬레이션 횟수를 효과적으로 줄일 수 있는 몬테카를로 방법의 하나인 LHS (Latin Hypercube Sampling) 방법을 사용하였다. LHS 방법은 복잡한 비선형 빌딩 시뮬레이션 모델에 효과적으로 사용되어질 수 있다 (de Wit and Augenbroe, 2002).

LHS 방법은 상대적으로 적은 샘플을 이용하여, 유의한 결과를 도출하는데 적절하다. 이 방법은 입력변수의 범위를 확률적으로 동일하게 N개의 구간으로 나눈 후, 각 구간에서 시뮬레이션 케이스를 생성한다 (Wyss and Jorgensen, 1998). 본 연구에서는 LHS 방법의 최소로 요구되는 시뮬레이션 케이스 수 (4k/3, k는 입력변수의 개수)보다 충분히 많은 200회로 실시하였다: 전열교환 방식일 때 k=23[시뮬레이션 입력변

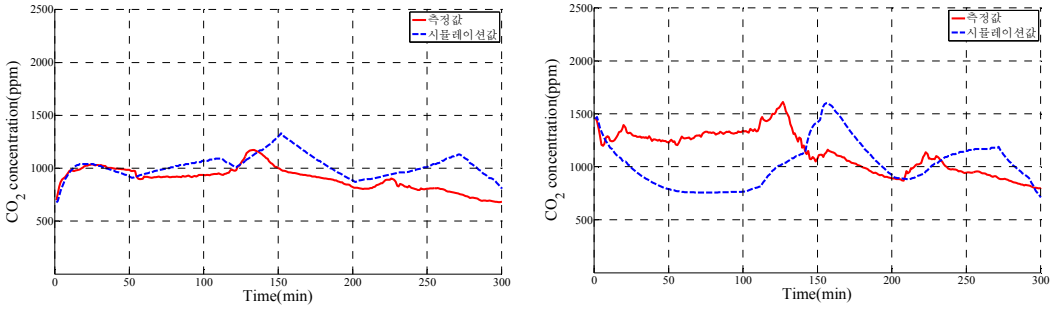
수[1]+건축적 구성요소+오염물질 발생강도+팬의 성능비율의 급/배기팬]이며, 4k/3=30.67회가 됨. 하이브리드 방식의 경우 k=30[시뮬레이션 입력변수[1, 2]+건축적 구성요소+오염물질 발생강도+급/배기구 면적비율+팬의 성능비율의 배기팬]이며, 4k/3=40회가 됨.

그림 3-152~155는 환기전략 1-4에 대한 CO2 농도 측정값(measured)과 시뮬레이션 결과값(simulated)을 비교한 것이다. 환기전략 1의 경우(그림 3-152), 침실 1에서는 CO2농도 측정값과 시뮬레이션 결과값이 비교적 일치하지만, 거실에서는 큰 차이를 보인다. 특히, 거실(그림 3-152)의 경우, 시뮬레이션 결과와 측정값 간의 큰 차이가 존재한다. 이는 취사 (114-134분 사이, 총 10분 동안 가스 버너 사용. 실험 기간 동안 재실자는 자유로운 입/출입 및 취사가 허락되었음)로 인해 발생한 급격한 CO2 증가 때문이다. 일반적으로 환기 시스템 설계와 성능평가 시, 부엌에서의 취사로 인한 CO2 농도 변동은 대부분 고려되지 않는다. 하지만, 실제 거주 조건에서는 취사로 인한 CO2 증가 또한 재실자만큼 중요한 변수임을 알 수 있다. 환기전략 2, 3의 경우(그림 3-153, 154), 환기전략 1과 유사하게 침실 1에서의 CO2 농도 측정값과 시뮬레이션 결과값이 비교적 잘 일치하나, 거실의 경우에는 큰 차이를 보인다. 그림 3-152~154는 하이브리드 환기 전략에 관한 것인 반면, 그림 3-155는 환기전략 4(전열교환 방식)에 해당된다. 그림 3-152~154와 비교해 볼 때, 그림 3-155의 침실 1, 거실에서의 CO2 농도 측정값과 시뮬레이션 결과값이 놀라울 정도로 일치하였다.



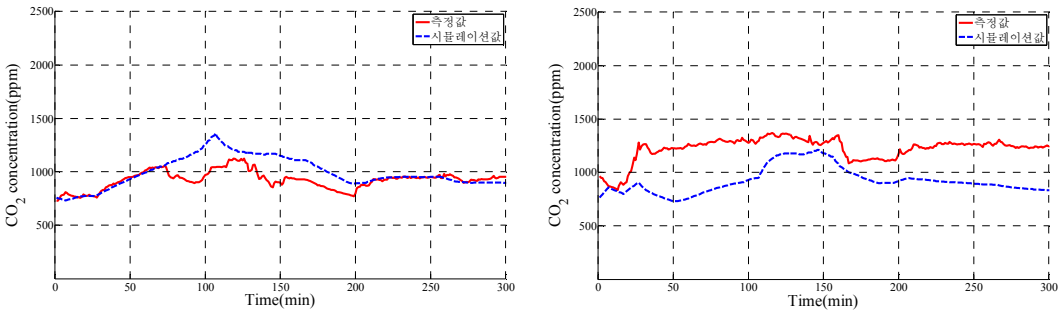
(a) 침실 1 (b) 거실

그림 3-152. 시뮬레이션 결과와 측정값 간의 비교 (환기전략 1)



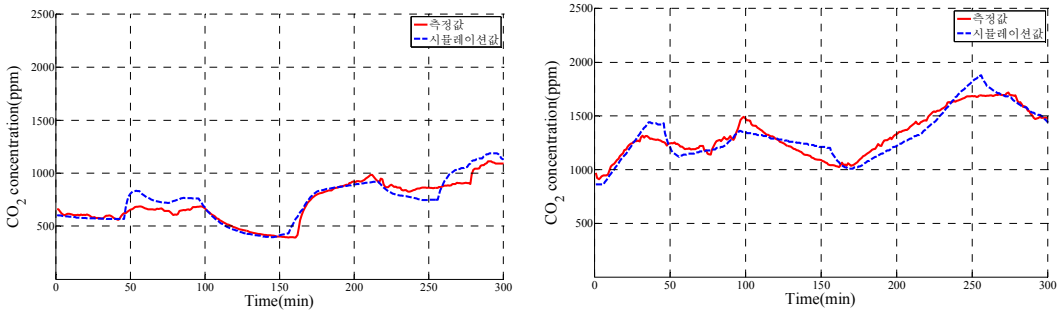
(a) 침실 1 (b) 거실

그림 3-153. 시뮬레이션 결과와 측정값 간의 비교 (환기전략 2)



(a) 침실 1 (b) 거실

그림 3-154. 시뮬레이션 결과와 측정값 간의 비교 (환기전략 3)



(a) 침실 1 (b) 거실

그림 3-155. 시뮬레이션 결과와 측정값 간의 비교 (환기전략 4)

민감도 분석 결과 표 3-74를 보면 하이브리드 방식(환기전략 1-3)의 경우, 침실 1문의 누기면적이 유의한 변수로 선정되었다. 하이브리드 방식은 거실(주방)에서 강제배기가 이루어지며, 이에 따른 압력차에 의해 각 실의 급기구(침실 1, 침실 2, 거실)를 통해 외기가 유입된다. 급기구를 통해 유입된 외기는 각 실의 실내공기와 혼합된 후, 거실로 유입되어, 배기구를 통해 바깥으로 배출된다. 그리고, 유입된 외기는 침실

1의 거실로 이동하여, 거실의 실내공기와 완전히 혼합되지 않은 상태에서 실외로 배출되는 것으로 사료된다. 그 결과, 거실 CO2 측정값과 시뮬레이션 결과값의 차이가 발생하는 것으로 판단된다. 반면, 전열교환 방식은 침실 1에서 강제 급기/강제 배기가 이루어져, 주풍향에 따른 외기 유입의 영향이 하이브리드 방식에 비해 크지 않았다. 전열교환 방식의 경우, 거실의 오염물질 발생강도 (Rank 2), 침실 1의 오염물질 발생강도 (Rank 4)가 민감한 변수로 선정되었다. 전열교환 방식은 실 간의 기류 흐름보다는 재실자에서 발생되는 오염물질(CO2농도) 발생강도의 모델링이 중요함을 알 수 있다.

표 3-74. 민감도 분석 결과 (Sp: Spearman coefficient, Ra: Rank)

불확실한 입력변수		환기전략 1		환기전략 2		환기전략 3		환기전략 4	
		Sp	Ra	Sp	Ra	Sp	Ra	Sp	Ra
Flow exponent		0.0048	25	-0.0197	22	-0.0196	22	-0.0464	14
차출계수 (Discharge coefficient)		0.0046	27	-0.0432	13	-0.0432	13	0.0646	11
Cp 값		-0.0117	21	-0.0194	23	-0.0194	23	-0.0895	6
Local terrain const.		-0.0926	6	-0.0838	5	-0.0839	5	-0.0433	15
Wind velocity profile exponent		-0.0137	20	-0.0571	10	-0.0571	10	-0.0100	20
Terminal loss coef.		0.0498	11	0.0200	21	0.0200	21	-	-
local loss coef.	oval	0.0035	28	-0.0405	15	-0.0404	15	-	-
	rect.	0.0391	13	0.0333	16	0.0335	16	-	-
duct roughness		-0.0022	29	-0.0511	12	-0.0510	12	-	-
침실 1문 (cm2/lmc)		0.2009	1	0.1767	1	0.1768	1	-0.0629	12
침실2문 (cm2/lmc)		0.0156	16	0.0612	9	0.0610	9	0.0024	23
욕실문 (cm2/lmc)		-0.1200	2	-0.1450	2	-0.1440	2	-0.0246	17
보일러실문 (cm2/lmc)		-0.0214	14	0.0127	25	0.0126	25	-0.0858	7
발코니1문 (cm2/lmc)		-0.1000	3	-0.0847	4	-0.0846	4	0.0713	9
발코니2문 (cm2/lmc)		0.0693	8	0.0715	8	0.0716	8	-0.1080	5
현관문 (cm2/EA)		0.0828	7	0.0724	7	0.0722	7	-0.0158	19
발코니1창 (cm2/m2)		-0.0948	4	-0.0879	3	-0.0879	3	0.0543	13

불확실한 입력변수		환기전략 1		환기전략 2		환기전략 3		환기전략 4	
		Sp	Ra	Sp	Ra	Sp	Ra	Sp	Ra
발코니2창 (cm2/m2)		-0.0168	15	0.0206	20	0.0206	20	0.0044	22
침실 1창 (cm2/m2)		-0.0001	30	0.0006	30	0.0006	30	-0.0427	16
거실창 (cm2/m2)		-0.0944	5	-0.0555	11	-0.0556	11	0.0056	21
계단실창 (cm2/m2)		0.0107	22	-0.0239	19	-0.0238	19	-0.0801	8
오염물질 발생강도	침실 1(%)	-0.0056	24	-0.0185	24	-0.0185	24	0.2141	4
	침실2(%)	-0.0065	23	0.0114	26	0.0114	26	-0.0654	10
	거실(%)	0.0138	18	0.0425	14	0.0423	14	0.4525	2
	욕실(%)	0.0688	9	0.0787	6	0.0785	6	-0.0215	18
침실 1 급기구 (%)		0.0151	17	0.0092	28	0.0091	28	-	-
침실2 급기구 (%)		0.0047	26	-0.0107	27	0.0072	29	-	-
거실 급기구 (%)		-0.0138	19	0.0073	29	-0.0106	27	-	-
연결통기구 (%)		0.0494	12	0.0266	18	0.0269	18	-	-
배기팬 (%)		0.0542	10	0.0323	17	0.0321	17	-	-
supply fan (%)		-	-	-	-	-	-	-0.3430	3
return fan (%)		-	-	-	-	-	-	-0.5000	1

그 결과, 하이브리드 방식과 전열교환 방식 모두 침실 1에 대한 시뮬레이션 결과는 충분히 정확하였다. 그러나 거실의 경우, 하이브리드 시뮬레이션은 상당한 오차가 발생하였다. 실험 기간 동안의 주풍향으로 인해 침실 1의 외기 유입이 지배적이었고, 민감도 분석 결과, 침실 1문의 누기면적이 유의한 변수로 판정되었다. 실 간의 기류 흐름이 중요한 하이브리드 방식의 경우, 실간 기류 유동의 모델링에 세심한 주의가 필요하며, 그러지 못할 경우, 오차의 원인이 될 수 있다. 이와 달리 전열교환 방식은 실 간의 기류 흐름보다 재실자의 발생강도가 민감한 변수임을 알 수 있었다. 따라서, 시뮬레이션 수행 시 발생되는 불확실한 변수들을 결정론적 접근방식으로 적용하기 보다는 2-3차년도에서 제시한 방법과 같이 확률적 접근방식으로 제안함으로써 의사결정자에게 보다 객관적인 정보를 제공해 줄 수 있음을 알 수 있었다.

라. 음향성능 기술

소리환경 개선기술의 5개년 연구개발 계획은 다음의 표 3-75와 같다.

표 3-75. 소리환경 개선기술의 연차별 연구개발 계획

연차	연차별 연구개발 계획
1차년도	노후공동주택 음향성능 평가도구 개발
2차년도	평가 요소별 노후공동주택의 현황 조사 및 리모델링 목표수준 설정
3차년도	평가 요소별 개선방안 개발
4차년도	현장적용평가 및 개선 방안의 수정
5차년도	음향성능의 개선 모델 개발(매뉴얼 작성)

1차년도에는 노후 공동주택 소리환경의 어떠한 부분이 문제인지 찾아내고자 하였다(무엇이 문제인가?). 2차년도에는 1차년도의 문제점들에 대하여 노후공동주택의 성능 현황을 조사하였고, 조사의 결과 그 목표 수준과의 차이가 어느 정도인지 판단하였다(그 수준은 어느 정도인가?). 3차년도에는 문제가 있는 소리환경의 각 요인들을 대상으로 그 성능을 향상시킬 수 있는 요소기술을 개발하였다(어떻게 그 성능을 향상시킬 것인가?). 4차년도에는 개발된 요소기술을 민간시범적용 단지에 직접 적용하여 그 성능을 검증하였다(현장적용평가). 마지막 5차년도에는 현장적용평가의 결과를 통한 개선사항을 수정·검증하였으며 전체 연구과정을 통한 노후공동주택 소리환경 개선의 모델로 정리하였다(음향성능의 개선 모델 개발 및 매뉴얼 작성). 이러한 일련의 연구 과정 및 결과를 좀 더 자세히 정리하면 다음과 같다.

(1) 소리환경에 대한 거주자 요구 및 불만 요인 분석

(가) 거주자 요구분석을 위한 설문조사

설문조사의 목적은 연구 대상인 20년 이상의 벽식구조 아파트(15층 정도)에 실제 거주하는 주민들이 노후공동주택의 음향 성능에 대하여 어떠한 불만을 가지고 있는지, 그리고 그러한 불만요인과 관련하여 어떠한 요구를 하고 있는지 파악하고자 하였다.

(나) 설문의 대상 선정 및 설문 방법

연구 대상인 노후공동주택에 실제로 거주하는 주민들의 음향 성능에 관한 의식을 조사하기 위하여 준공 후 20년 정도 경과한 10층 이상의 철근콘크리트(벽식) 구조의 판상형 아파트인 서울시 양천구의 두 개 단지에서 설문을 수행하였다.

(다) 설문 내용의 구성

설문의 각 항목에서는 거주자들의 현황에 대한 자의적 판단과 그 심각성에 대한 반응의 정도를 파악하고자 하는 질문을 포함하였다. 설문의 한계에 의해 "질문받지 못한 내용은 제외되는" 현상을 없애기 위해 반드시 서술형 의견란을 두었다.

(라) 설문조사의 결과 – 음향성능에 대한 거주자 요구사항

현재 세대 내의 소음에서 불만스러운 것이 있다면 어떤 것인지에 대한 질문에서 상하층간의 충격음, 특히 중량바닥충격음과 상하층간의 급·배수 설비소음의 지적률이 높았다. 상하층간 충격음에 대한 거주자의 반응은 특히 중량 바닥충격음에 대하여 불만의 요인이 큰 것으로 드러나고 있다. 전반적인 만족도 조사에서도 41.8%로 급배수 소음을 제외한 다른 평가요소들에 비해 두배 이상의 높은 지적률을 보인 것과 같이, 상하층간 충격음에 대한 거주자 반응에 있어서도 평균값이 2.89로 가장 불만족 정도가 높다. 거주자들의 상하층간 소음전달에 대한 응답의 평균은 2.79로서, 급·배수 설비소음이 노후공동주택의 음향성능 불만요인중 중량바닥충격음(평균 2.89)에 이어 두 번째로 중요한 것으로 드러났다. 상하층간의 충격음(경량 및 중량 바닥충격음)이나 상하층간의 공기전달음(급·배수 설비소음)에 비하여 측면세대간의 공기전달음에 대한 거주자의 불만 정도는 크게 낮아진다. 응답자들의 평균 불만율이 평균 2.32로서 위의 상하층간 소음전달의 불만율(세가지 평가요소의 평균 2.83) 보다 매우 낮다. 외부소음에 대한 평균 불만율은 2.45 정도

로 세대간 공기전달음에 의한 방해보다는 약간 높지만 다른 평가 요소들보다는 현저히 낮게 나타난다.

(2) 소리환경 현황 분석

표 3-76. 현황 측정방법 및 평가방법

평가항목	측정 방법	평가 방법	법규	내용
경량 충격음	KS F 2810-1	KS F 2863-1	58dB	표준경량충격원에 의한 직하층 평균레벨, 역A곡선
중량 충격음	KS F 2810-2	KS F 2863-2	50dB	표준중량충격원에 의한 직하층 피크레벨, 역A곡선
설비 소음	KS F 2870[급수] KS F 2871[배수]	-	없음	급/배수음의 dBA(정상)/ Leq(변동) 측정, 역A곡선
세대간 차음	KS F 2809	주택건설등에 관한규정 제14조	D50	인접세대 소음의 전달량 측정, 법규개선 필요
외부소음	KS F 2235	공동주택의 소음측정 기준	제정중	1층~5층 외부소음 65dB 6층 이상 내부소음 45dB

표 3-77. 현황 측정 시스템 및 측정 위치

평가 요소	측정 기기	음원발생장치	마이크로폰	기타
경량충격음 차단성능	4채널 무선측정시스템	Tapping Machine	회전이송장치	잔향시간측정
중량충격음 차단성능	4채널 무선측정시스템	Bang Machine	회전이송장치	-
급배수 설비소음	적분소음계	실제 급배수음	4 Fixed Microphones	-
세대간 공기전달음 차단성능	4채널 무선측정시스템	Dodecaheadron Loudspeaker	회전이송장치 x 2	벽체두께 실측
외부소음 차단성능	4채널 무선측정시스템	실제 교통소음 +Loudspeaker	1 Fixed(외부) + 회전이송장치(실내)	별도의 고층 측정

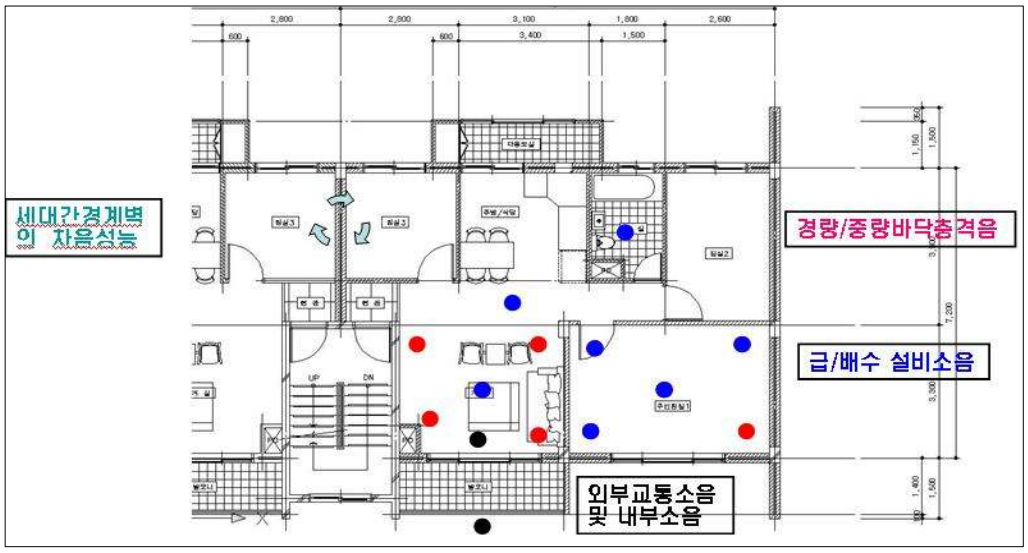


그림 3-156. 측정대상평면과 측정지점(제주대학교 교직원 아파트)

표 3-78. 소리환경 요소별 성능 현황

평가 요소	측정 방법	법규	내□ 용	평가
경량충격음 차단성능	KS F 2810-1	58dB	거실 58dB, 안방 55dB	법규 만족 (성능개선 필요)
중량충격음 차단성능	KS F 2810-2	50dB	거실 51dB, 안방 56dB	1~6dB 개선 요구됨
급배수 설비소음	KS F 2870(급수) KS F 2871(배수)	없음	욕실 63.2dB 거실 47.4dB 안방 49.2dB	4.2dB 개선 요구됨
세대간 공기전달음 차단성능	KS F 2809	DnTw 48dB	단일 수치 평가량 47dB	법규 불만족 (성능개선 필요)
외부소음 차단성능	KS F 2235	65dB	도로에서 멀리 떨어져있어서 외부소음이 그리 크지 않음	법규 만족

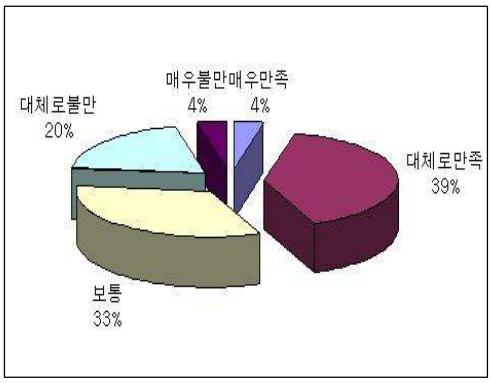


그림 3-157. 소음환경에 대한 전반적인 만족도(%)

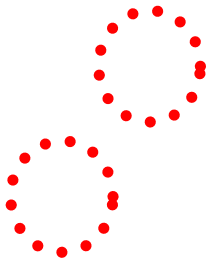


그림 3-158. 불만요인 분석

(3) 리모델링 목표 수준의 설정

노후 공동주택 거주자들의 불만 요인과 실제 성능 수준을 감안하여 표 3-79에서와 같이 리모델링 소리환경 분야의 목표 수준을 설정하였다. 이 목표 수준을 가능하게 할 것으로 예측되는 요소 기술을 개발하고, 실제 상황에서의 적용 평가를 통해 그 성능을 검증할 것이다.

표 3-79. 리모델링 소리환경 요수의 목표 수준

평가 요소	측정 방법	목표 수준	요소 기술
경량충격음 차단성능	KS F 2810-1	58dB (법규수준)	뜬바닥 구조
중량충격음 차단성능	KS F 2810-2	50dB (법규수준)	강성보강 습식 완충구조 천장 차음 등
급배수 설비소음	KS F 2870(급수) KS F 2871(배수)	동일층 및 직하층 45dB	저소음형 배수관 당해층 배관 급배수 설비의 절연
세대간 공기전달음 차단성능	KS F 2809	Rw + C 48dB (법규수준)	시방기준 성능기준에 의한 건식복합벽체
외부소음 차단성능	KS F 2235	1층~5층 외부소음 65dB 6층 이상 내부소음 45dB (법규수준)	법규의 개정 1층의 방음벽 차음형 창호

(4) 평가 요소별 개선 방안

① 중량 바닥충격음 차단성능의 개선 방안

- 강성 보강에 의한 슬래브 구속조건의 변화
- 건식패널시스템
- 고탄성 바닥완충재를 적용한 습식바닥시스템
- 천장판 및 천장상부공간의 흡음

② 급배수 설비소음의 개선 방안

- 급수압력의 조정
- 절수형 변기의 채용에 의한 소음저감
- 배관 지지부와 벽, 바닥의 관통부위에 완충재 등을 사용하여 절연시공
- 저소음형 배수관 사용
- 오·배수관의 당해층 배관방식

③ 세대간 공기전달음 차단성능의 개선방안

- 습식벽체와 시방기준
- 건식벽체와 성능기준

④ 외부소음 및 외부소음 차단성능의 개선

- 법규의 개선
- 차음형 창호에 의한 실내소음 개선방안
- 방음벽 설치에 의한 외부소음 개선
- 도로 경계선으로부터의 이격거리 확보에 의한 외부소음 개선
- 차음동의 설치에 의한 외부소음 개선

(5) 현장 적용 평가

(가) 중량바닥충격음 차단성능 개선 방안의 현장 적용 평가

① 슬래브의 강성 보강

슬래브 강성 보강의 효과는 특히 125Hz 대역 이상의 주파수대역에서 가시적으로 드러나고 있다. 이를 한국공업규격에서 지정하고 있는 단일수치 평가값으로 나타내면 나슬래브의 경우 64dB에서 강성보강 슬래브의 경우 61dB로 약 3데시벨 정도 저감되는 양으로, 실제 공동주택성능등급표시제도의 한 등급 차이값과 동일한 변화량이다. 현실적으로 볼 때 슬래브의 강성 보강은 리모델링 아파트의 성능 개선을 위해 유용하게 사용할 수 있는 방안이지만, 비용이나 바닥 패널난방 시스템의 디테일과 관련하여 사용의 폭이 제한적이라는 단점이 있다.

② 건식 난방패널 시스템

리모델링의 범위가 제한적이거나 공사 기간이 한정되어 있을 때 경량기포콘크리트 등의 습식 자재를 사용하는 것 보다 건식온돌패널시스템을 설치하는 것이 온돌층의 두께나 공사 기간을 줄일 수 있는 좋은 대안이다. 현장 적용 평가의 결과, 탄성체 혹은 핀으로 지지되는 건식패널 구조가 나슬래브에 비해 중량바닥충격음 차단성능을 향상시키는 못하며, 따라서 현행의 법규 수준인 중량바닥충격음 차단성능의 단일수치 값 50dB를 만족하지 못한다. 이러한 결과를 놓고 볼 때 건식 난방패널 시스템은 층수나 바닥면적의 증가 등을 수반하지 않는, 비교적 간단하고 빠른 시일 내에 수행해야 하는 거주환경 개선을 위한 단순 리모델링의 경우에 적용하는 것이 적절하다.

③ 고탄성 바닥완충재를 적용한 습식바닥시스템

습식 방식을 활용한 바닥시스템의 개선안을 실험한 결과, 상당히 좋은 중량바닥충격음 차단효과를 나타내고 있다. 현재로는 아직 중량바닥충격음 차단성능의 법적 기준인 50데시벨을 약간 상회하는 51데시벨의 성능을 나타내고 있으나, 임팩트볼로의 표준충격원의 개선을 감안한다면 63Hz 대역에서의 충격음 레벨이 현행의

뱅머신에 비해 많이 낮아지기 때문에 충분히 법적 기준을 만족할 것으로 예상할 수 있다. 다만, 얇은 두께의 바닥슬래브에서도 충분한 차단성능을 갖도록 하기 위해 하중을 균등하게 지탱하기 힘들 정도의 유연한 완충재를 사용함으로써 모르터 층의 균열이나 거주성능의 약화 등을 초래할 우려가 있다는 점은 공사시에 감안하여야 할 것으로 보인다.

④ 중량 천장판의 사용

맨슬래브 구조에 대하여 천장의 유/무, 천장 상부공간의 흡음처리 여부, 천장패널 무게의 변화, 방진천장의 효과, 볼트천장의 효과 등에 대한 다양한 실험을 수행한 결과, 다른 변인에는 비교적 무관하게 혹은 오히려 바닥충격음 차단성능이 떨어지는 것에 비하여, 천장의 무게를 증가시키는 경우에는 차단성능이 향상되는 것을 관찰할 수 있었다. 방진용 달대를 사용하는 경우에도 유사한 결과가 도출되는 것으로 보아 1dB-2dB 정도의 임계 성능이 필요한 경우에 사용 가능한 개선 방안인 것으로 생각할 수 있다.

(나) 급배수 설비소음 개선 방안의 현장 적용 평가

① 절수형 변기의 사용

절수형 변기는 변기의 세정시 6리터 이하의 물을 사용하는 변기를 말한다. 상호 비교 실험 결과, 일반형 변기와 절수형 변기의 소음레벨에 의미있는 차이가 드러나지 않았다. 수량의 많고 적음에 따라서 소음 발생 정도가 달라지는 것이 아니라, 세정수의 공급 방법이나 변기의 바닥과 절연 정도 등에 따라서 달라지는 것으로 여겨진다.

② 저소음형 배수관 사용(주철관 및 이중관)

실험의 결과 욕실의 변기와 세면기, 욕조 모두에서 일반 PVC 배수관에 비하여 주철관은 13dB 이상의, PVC이중관은 8dB 이상의

좋은 소음차단 효과를 보이고 있다. 특히 주철관을 사용한 경우는 욕실 내에서도 급배수설비소음의 목표 환경인 45dBA를 만족하고 있어서, 리모델링아파트에 적용할 수 있는 좋은 개선 방안인 것으로 판단할 수 있다.

③ 당해층 배관방식 채용

실험의 결과에 따르면 급수시에는 배수관을 통해 전달되는 급수소음이 약 4dB 정도 저감되지만, 변기의 밸브를 눌러 배수가 진행될 때의 배수소음은 약 12dB 정도까지 크게 저감되는 것으로 나타났다. 이 배수소음의 저감은 욕실 뿐 아니라 거실이나 안방에서도 상당량에 이른다. 따라서 욕실의 위치나 핏트까지의 거리 등 리모델링 아파트의 조건을 맞출 수 있다면, 변기의 배수와 관련해서는 당해층 배관방식을 사용하는 것이 바람직하다.

(다) 세대간 공기전달음 차단성능 개선 방안의 현장 적용 평가

① 건식 벽체의 사용

리모델링 아파트의 세대간 벽체로 법규상의 성능기준을 만족시키는 다중 건식벽체를 설계하고 현장적용 평가를 수행하였다. 실험의 결과 3등급 이상으로 노후 공동주택의 리모델링에 당장 적용할 수 있는 다양한 복합 건식벽체를 설계할 수 있음이 나타났다. 특히 스터드를 엇갈려 배치하거나 양면 스터드를 지지하는 간주(runner)를 독립적으로 사용한 경우에 차음성능이 높게 나타났다. 법적으로 사용할 수 있는 13개의 다중 건식벽체 시스템 중에서 3가지의 구조(C-1, G-1, G-2)가 2등급에 해당되며, 다른 10개의 시스템은 최소 등급인 3등급에 해당한다.

표 3-80. 대상 건식벽체의 차음성능 등급

등급	성능 범위	시스템	두께(mm)	Rw+C
2등급	53 ≤ Rw+C < 58	C-1	212	53
		G-1	164	54
		G-2	164	54
3등급	48 ≤ Rw+C < 53	A-2	162	50
		B	164	50
		C-2	114	49
		D	152	49
		E	158	49
		F-1	164	51
		F-2	164	50
		H	168	51
		I	166	50
		J	175	52

(라) 외부소음 및 실내소음레벨 개선 방안의 현장 적용 평가

① 외부소음의 개선 : 방음벽 높이 변화에 따른 예측결과

예측의 결과 1층의 외부소음레벨은 방음벽을 3미터로 설치하는 것만으로도 외부소음 규제 기준인 65데시벨을 충분히 만족한다. 그러나 5층 이상의 경우 방음벽으로 커버될 수 있는 영역을 벗어나기 때문에 방음벽의 높이와 무관하게 65데시벨 이상의 외부소음레벨을 나타내고 있다. 현장 적용 평가의 성취도로만 본다면 도로변에 5m 이상의 방음벽을 설치하여 성능 개선의 목표를 달성했다고 볼 수 있다. 그러나 무시할 수 없는 사실은 현행의 법규가 특히 5층 부근 세대에 대해 문제점을 드러내고 있다는 점이다. 5층 부근의 세대는 외부소음레벨 규제 기준인 65데시벨을 만족하지 못할뿐더러, 6층 이상과는 달리 실내 소음도의 규제를 받지 않기 때문에 별도의 차음 대책을 수립할 필요가 없다. 따라서 외부소음 및 실내소음도 규제의 보호 범위 밖에 있는 것이다.

표 3-81. 방음벽의 높이에 따른 층별 소음레벨 변화

Hight of Barrier	1	5	10	15	Average (1and5)
3m	63.3	73.6	72.7	71.6	68.5
5m	58.3	71.1	71.8	71.1	64.7
7m	57.5	71.0	71.8	71.1	64.3
8m	57.3	70.8	71.8	71.1	64.1
9m	57.0	70.6	71.8	71.1	63.8

② 외부 소음의 개선 : 도로와 50m 거리이격에 따른 예측결과

현장 적용 평가 아파트를 도로에서 50m 이격시킨 후, 각 지점의 층별소음도를 예측했다. 대지 경계선에서 50m를 이격한 상태의 외부소음도를 보면 모든 층의 소음이 65dB(A)를 초과하고 있으며, 도로에서 아주 멀리 떨어져 있는 B-E 지점을 제외한 지점 모두에서 65dB(A)를 초과하고 있다. 따라서 도로변의 대지 경계선에서 50m 떨어진 곳에 주동을 배치하는 것은 외부소음 제어의 대안이 되지 못하는 것을 알 수 있다.

③ 외부 소음의 개선 : 배치방식에 따른 외부소음 예측결과

단지 내 건물 중 상가동으로 사용할 1개 동을 도로와 평행 배치하여 단지의 차음동으로 계획한 결과 각 지점의 층별 외부소음을 예측하였다. 그 결과 도로에 면한 차음동의 외부소음레벨은 모든 층이 70dB(A)를 초과하고 있어 차음동의 생활 환경의 질이 저하될 수 있으나, 단지 내의 모든 주거용 아파트 위치에서의 예측값은 허용기준을 만족하고 있다. 따라서 외부소음 레벨의 상황에 따라, 상가 건물을 적절히 차음동으로 활용하는 경우 주거용 아파트 동이 외부소음레벨의 기준값을 만족할 수 있다.

④ 실내소음 레벨의 개선 : 차음형 창호 시스템의 적용

노후 공동주택의 리모델링에 있어서 6층 이상 부분의 실내소음을 법규 수준인 45데시벨 미만으로 낮추기 위해서는 발코니 창호의 차음 성능이 매우 중요하다. 평가의 결과 '발코니+거실창호'의

경우 각 1/3 주파수 대역에 대하여 28dB~48dB의 차음성능을 나타내고 있었으며 특히 중·고음 대역에서의 차음성능이 우수한 것으로 나타났다. 시스템창호 단창의 경우에도 34dB~46dB의 비교적 높은 차음성능을 나타내고 있었으나, 오히려 저음 대역에서 높은 차음성능을 보이고 있는 점이 '발코니+거실창호'의 경우와 다르게 나타났다. 현장 적용 평가에서 드러난 사실은 어떤 경우에서건 외부소음의 심각성 정도에 따라 적절한 발코니창호, 거실창호, 혹은 시스템창호를 선별 적용함으로써 실내소음을 법규의 규제 수준 이하로 유지할 수 있다는 점이다.

(6) 현장 적용 평가에 의한 각 요소기술의 평가

① 중량바닥충격음 차단성능의 요소기술

현재로서 중량바닥충격음 차단성능의 목표인 50데시벨을 달성하기 위해 가장 타당한 방법은 고탄성(낮은 동탄성계수)의 적층 바닥 완충재를 사용한, 180mm 두께의 슬래브에서 1등급 인정을 받은, 습식 바닥시스템이다. 이 시스템을 135mm의 바닥슬래브 두께인 노후 공동주택에 적용한 결과 현행의 법규 수준인 50데시벨을 약간 상회하는 51데시벨의 중량바닥충격음 차단성능을 확인하였다. 이 바닥구조는 실제의 충격원(아이들 뛰는 소리)에 비해 63데시벨에서의 충격량이 상대적으로 커서 문제가 되고 있는 현행의 표준충격원(뱅머신)이 개선 표준충격원(임팩트볼)으로 바뀌게 되면 법규의 수준을 만족할 수 있는 것으로 판단된다. 개선 표준충격원은 63Hz의 충격량은 줄어들고 125Hz의 충격량이 약간 커지는 경향을 갖고 있다. 이 표준충격원 개선 작업은 우리나라의 산업규격을 관장하는 기술표준원을 중심으로 현재 진행되고 있다. 또한 연구과정에서 실험한 바닥 강성 증대방안이나 중량의 천장을 설치하는 방법 등에 의해서도 3데시벨 정도 까지 추가로 바닥충격음 차단성능을 개선할 수 있으나, 비용이나 적용성 등의 측면을 고려하여야 한다. 리모델링의 범위가 층수나 바닥

면적의 증가 등을 수반하지 않는, 비교적 간단하고 빠른 시일 내에 수행해야 하는 거주환경 개선을 위한 단순 리모델링의 경우에는 건식 바닥온돌패널을 적용하는 것도 검토할 필요가 있다.

② 급배수 설비소음의 개선에 관한 요소기술의 평가

목업 실험을 통하여 다양한 급배수 설비소음 개선 방안에 대해 확인한 결과 주철관 등 저소음형 배수관과 당해층 배관방식의 효과가 뛰어나다는 것을 확인할 수 있었다. 이 두 가지의 방법과 함께 급수 압력을 2.5kgf/㎠ 이하로 조절하고, 배관 지지부와 관통부 등을 구조체와 철저하게 절연하는 방법을 리모델링의 급배수설비소음 개선을 위한 가이드라인으로 채택하고자 한다. 목업 실험에서 드러난 정량적 개선을 통해 판단하면, 이러한 개선안을 통하여 급배수 설비소음을 목표 수치인 45db 미만으로 유지하는 데에는 별 어려움이 없을 것으로 생각한다.

③ 세대간 공기전달음 차단성능 개선에 관한 요소기술의 평가

노후 공동주택의 구조가 변경되지 않는 경우, 세대간 경계벽은 그 원래의 하중지지벽으로 유지된다. 이 때에는 대부분 150mm 이상의 두께를 갖는 철근콘크리트 구조로서 세대간 경계벽의 차음성능 시방기준을 이미 충족하므로, 별도의 보완조치 없이도 리모델링이 가능하다. 그러나 세대의 면적이 확장되거나 세대 통합, 혹은 엘리베이터 코어의 위치 등 중요한 변화가 있는 경우에는 내진 성능을 확보하기 위해 건물의 하중을 줄여야 할 필요가 생긴다. 이 경우 적절한 구조적 보강을 통해 기존의 내력벽을 경량의 건식벽체로 바꾸거나 혹은 새로 확장되는 부분의 벽체를 건식벽체로 계획할 수 있다. 이러한 상황에서의 적용을 위해 다양한 건식벽체를 설계하고 그 차음성능을 실험하였다. 그 결과로 성능이 검증된 13가지 구조의 건식 벽체를 세대간 공기전달음 차단성능 개선을 위한 가이드라인으로 제시한다.

④ 외부소음 및 내부소음 개선에 관한 요소기술의 평가

사실상 아파트의 리모델링을 통하여 외부소음을 개선한다는 것은 거의 불가능에 가까운 일이다. 위 ①에서 언급한 외부소음 개선 방안은 외부소음 환경을 개선하는 것이 아니라, 공인된 측정점(1층)을 합법적으로 차폐함으로써 측정 수치만을 낮추는 방안이다. 오히려 낮은 외부소음으로 산술평균 평가되어 실내소음에 대한 아무런 조치도 취해지지 않을 2층 - 5층의 실내소음 레벨은 45dB를 넘을 수도 있다. 실제로 아파트의 2층 - 5층의 소음환경이 6층 이상과 달라야 할 이유도 없다. 따라서 실제 거주공간화 되어가고 있는 1층을 제외하고는 실내소음 45dB를 리모델링의 목표로 삼아 설계하는 것이 바람직하다. 이를 위해서는 리모델링을 통해 외부소음을 개선하도록 되어 있는 현행의 법규 체계를 실제 가능한 실내소음 개선으로 바꾸어야 하며, 발코니의 설계에 차음형 창호를 적극 활용해야 한다.

4. 친환경 확보 기술

가. 친환경 리모델링 시공기술의 정의

친환경 리모델링의 시공기술에 대한 정의와 개념을 파악하는 것은 본 연구의 범위를 명확히 정의하고 연구의 방향을 설정하는데 매우 중요한 의미를 갖는다. 선행연구문헌에서는 친환경 시공에 대한 개념을 사회적 친환경(Social Environment), 경제적 친환경(Economic Environment), 생물학적 친환경(Biophysical Environment), 기술적 친환경(Technical Environment)로 일반적으로 구분하고 있다. 사회적 친환경(Social Environment)은 국가 및 산업 차원에서 고려되어야하는 친환경 시공에 대한 요소이며 본 연구의 목적인 친환경 소재를 활용한 리모델링 시공기술은 리모델링 한 노후 공동주택의 실내환경을 쾌적하게 하여 거주자의 생활환경의 질을 높이는데 있으므로 사회적 친환경에 대한 부분은 본 연구의 직접적인 범위가 아니므로 제외한다. 따라서 본 연구에서 다루고자 하는 친환경 리모델링 시공기술이란 친환경 소재를 활용하는데 있어 경제적인 요소를 고려(Economic Environment)하여 거주자의 생활환경의 쾌적성(Biophysical Environment)을 높이는 것과 리모델링 공사의 친환경적인 철거공사를 통하여 폐기물 재활용율을 제고하는 기법을 개발하는 것(Technical Environment)으로로 친환경 리모델링 시공기술을 정의할 수 있다.

나. 기존기술과의 차별성

우선, 철거공정은 일반 신축과 대별되는 리모델링 공사만의 특징이고 철거공사 과정에서 대부분의 폐기물이 발생한다. 기존 철거기술은 선철거 후분리 방식으로 철거공사 단계에서는 혼합된 상태의 폐기물을 배출하고 후처리 작업으로 재활용 자재를 구분하는 방식이다. 반면, 본 연구에서 제시하는 친환경 철거방식은 철거공사 이전단계에 발생되는 폐기물의 종류와 양, 철거위치, 폐기물 배출경로 등을 도면화하고 철거공사 단계에서는 사전 계획에 따라 폐기물의 종류를 기준으로 선택적으로 철거하여 분리배

출이 가능한 기술이다. 둘째로 친환경 마감재료 적용기술은 기존의 경제성과 친환경성능을 복합적으로 고려하지 못한 문제점을 해결하고, 사용자의 요구분석을 통한 친환경 마감재료를 선정할 수 있는 방법을 제시한 기술이다.

다. 기술개발 결과

(1) 친환경 철거기술

(가) 친환경 리모델링 철거공사 프로세스 모델

친환경 리모델링 철거공사 프로세스 구축의 핵심구성요소 및 참조기준을 활용하여 개선한 친환경 리모델링 철거공사의 개념은 그림 3-159와 같다. 리모델링 철거공사에 앞서 철거작업의 기초적인 정보를 제공하고 참여자간 의사소통이 가능하게 하여 체계적인 작업수행이 가능하게 하는 철거기본도면을 작성하게 된다. 또한 친환경 프로세스에 핵심적으로 제안한 철거기본도면에 의한 폐기물 분리반출을 통해 재사용(Reuse) 및 재활용(Recycle)이 가능한 가구류와 내부 수장재를 분리철거하고 별도의 수거장소를 마련하여 폐기물 중간처리 업체로 장외반출이 가능하게 된다. 철거 중 발생하는 폐기물의 특성에 따라 수거장소를 따로 구성하여 폐기물의 발생 즉시 선별분리가 가능하게 되어 폐기물의 재사용 및 재활용율을 높일 수 있다. 철거작업의 안정성 확보와 후속공정과의 연계를 위해 내부 수장재가 완전히 철거되고 구조체만 남은 상태에서 구조체 안전점검을 실시하여야 한다. 구조체 안전점검은 리모델링 사업 시행 초기에 실시하는 안전진단과는 달리 구조체의 상태를 직접적으로 확인할 수 있고, 철거작업의 진행여부를 결정하는 중요한 요인으로 작용할 수 있다. 철거 중 구조체의 안전점검의 원활한 수행을 위해 사전에 안전점검 Check List를 작성하여 활용하여야 하며, 안전점검 결과에 따라 구조체의 보수보강 후 계속적인 철거작업을 진행하게 된다. 또한 구조체 안전점검 Check List는 철거공사 이후 공정

인 보수보강공사의 참고자료가 되어 보수보강공사 관리에 활용할 수 있다. 그리고 철거작업이 완료된 후 철거작업의 적정성 여부를 판단할 수 있는 과정이 필요하다. 후속공정과의 연계를 고려하여 적정성을 판단할 수 있는 철거완료 Check List를 작성하고 그 결과를 발주자로부터 승인받아 철거 종결 후 재 철거작업으로 인한 리모델링 주공정이 지연되는 것을 사전에 방지한다.

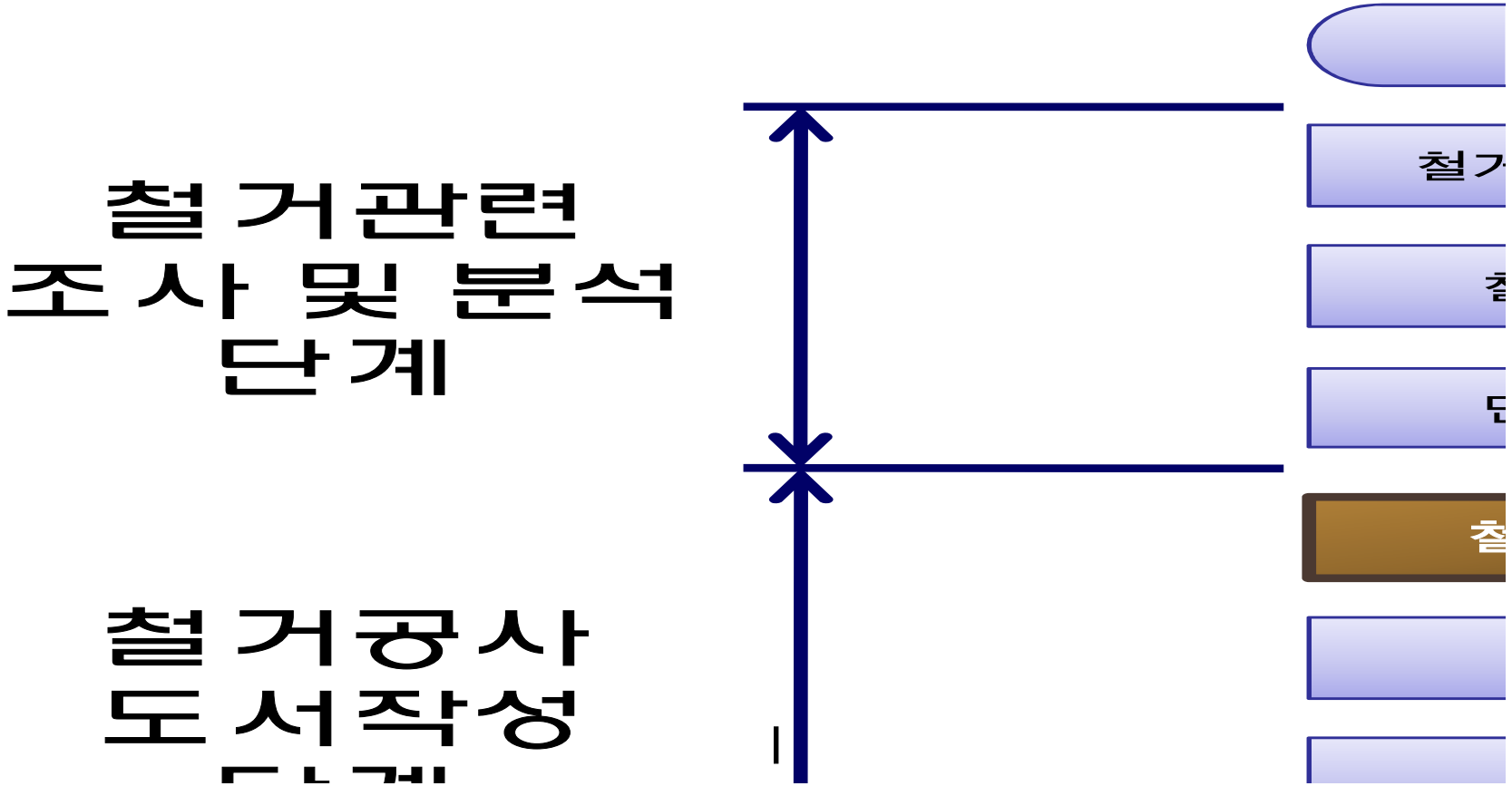


그림 3-159. 친환경 리모델링 철거공사 프로세스 모델

(나) 계층별 기능 도출

연구에서 친환경 리모델링 철거공사 프로세스 모델이 Level 0로써 최상위 단계의 프로세스이며 그 하위 단계인 Level 1의 주요 기능은 철거관련 조사 및 분석(A1), 철거공사 도서작성(A2), 철거공사 시공계획서 작성(A3), 철거시공 및 감리(A4), 철거 후 관리(A5)의 5단계로 구분하였다.

(다) IDEF0 프로세스 모델 개발

친환경 리모델링 철거공사 프로세스 모델에서 기존 노후 공동주택의 도면, 기존시방서 그리고 그 동안 축적된 건물의 개조, 설계변경, 대수선 등의 유지관리 기록이 Input Data로 입력된다. 이는 철거관련 조사 및 분석과정과 철거관리 시공계획서 작성에 활용된다. 친환경 리모델링 철거공사 프로세스 모델의 최종 Output은 리모델링 공사에 활용할 수 있다.

철거관련 조사 및 분석은 기존도면, 유지관리기록, 기존 시방서를 Input으로 하여 수행되며 프로세스 결과물로 사업추진계획이 도출되어 다음 단계의 프로세스인 철거도서작성의 Input으로 적용된다. 철거도서작성 또한 기존 건물의 도면, 유지관리기록, 시방서와 사업추진계획을 바탕으로 프로세스가 수행되며 이러한 철거도면 작성을 통하여 산출내역서, 공정표, 시방서, 각종 철거도면이 작성되게 된다. 이러한 산출물은 철거관리시공계획서 작성의 Input 요소로 작용하고 철거관리시공계획서 작성 단계를 거쳐 가설공사계획, 안전관리계획, 폐기물 투하계획, 장비선정계획 등 철거공사 수행에 필수적인 계획서가 만들어지는 단계이다. 이러한 각종 계획서를 바탕으로 철거공사 및 폐기물 분리반출이 수행되며, 향후 철거공사가 완료되고 폐기물에 대한 추적관리가 이루어지는 프로세스로 구축된다.

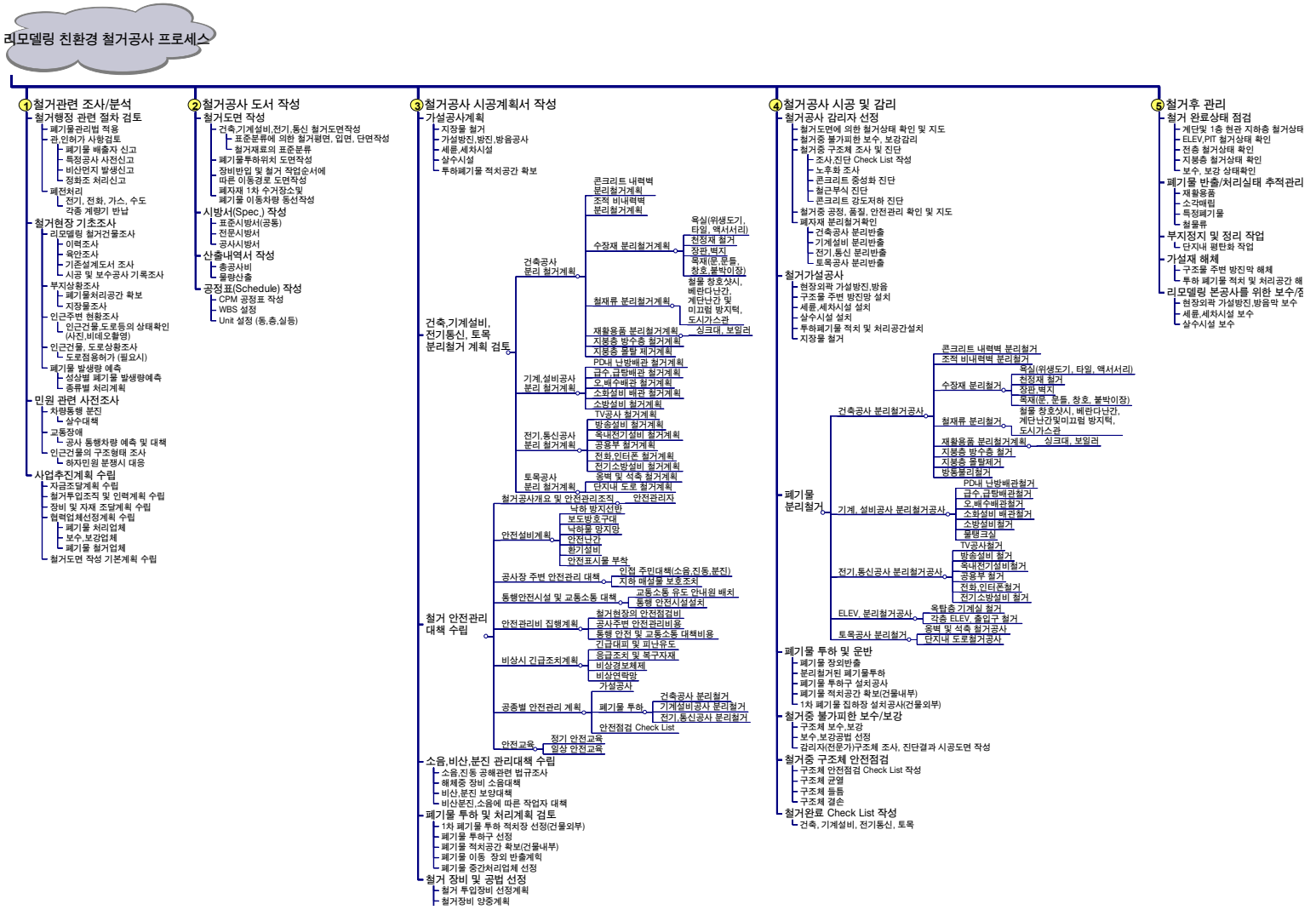


그림 3-160. 계층별 기능도출 결과

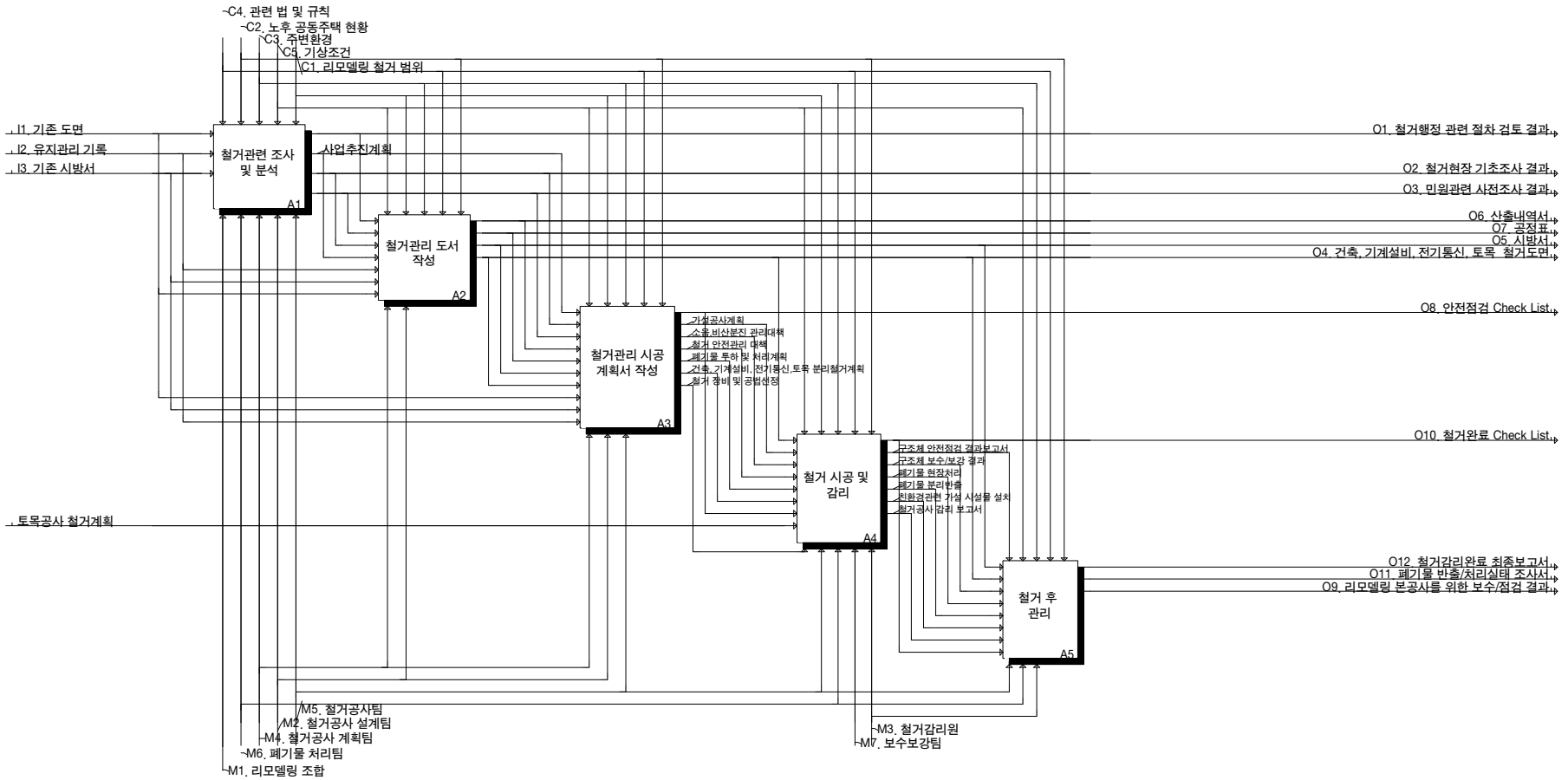


그림 3-161. 친환경 리모델링 철거공사 IDEF0 프로세스 모델(Level 1)

(라) 광주 시영아파트 기술적용

신규로 개발한 친환경 철거프로세스를 실물모형에 적용하여 기존 리모델링 철거방식과 경제성, 시공성, 친환경성 측면에서 결과를 서로 비교분석 하고 친환경 철거기술의 실제 적용시에 발생하는 문제점을 파악하고 이를 개선하여 실제 적용 가능성을 높이고자 한다.

본 목업 테스트의 성과평가를 위해 다음 그림 3-162와 같은 성과평가 체계를 구축하였다. 기존 철거공사와 대비한 친환경 철거방식을 성과를 정량적, 정성적으로 평가하여 비교하고자 한다.

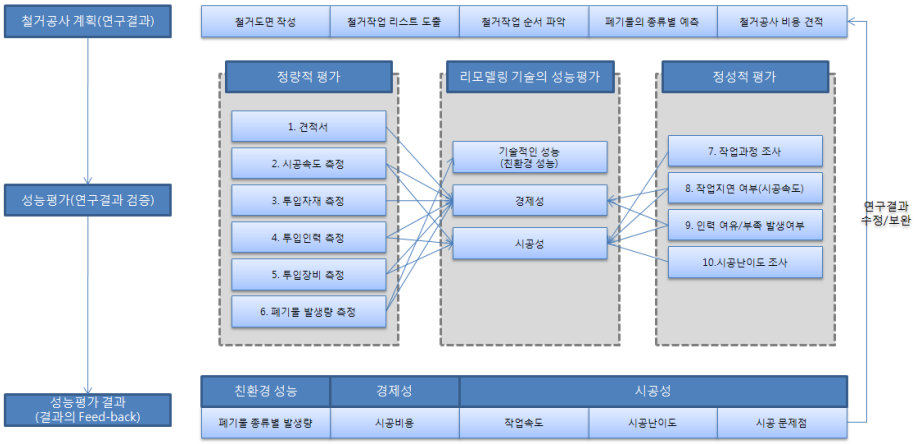


그림 3-162. Mock-up Test 성과평가 체계

우선 정량적인 평가요소로는 견적서, 시공속도, 투입자재, 투입인력, 투입장비, 폐기물 발생량을 측정하고 정성적인 평가는 작업과정 조사, 작업지연 여부, 인력의 여유 및 부족, 시공난이도 등을 작업자 면담을 통하여 평가하고자 한다. 이러한 체계를 바탕으로 연구단 개발기술의 성능을 경제성, 시공성, 기술성능(친환경성)을 정량적인 수치로 평가하였다.

동일한 구조로 되어있어 한쪽을 기존 철거방식을 적용하는 대조군, 나머지 한쪽을 친환경 철거방식을 적용하는 실험군으로 설정하여 성능을 비교 평가하는 방식으로 실험을 진행하였다. 목업테스트의 개요와 적용결과는 다음과 같다.

표 3-82. 친환경 철거기술 시험적용의 개요

개요	관련 사진
•위치: 광주 동구 학동 898번지 시영아파트 •구조형식: 라멘구조 •규모: 3개층 24세대 2개동 •세대면적: 약 30m^2 •Mock-up 대상: 동측 1개동 양 단부 12세대(기존방식: 6세대, 친환경방식: 6세대) •Mock-up 기간: 2009년 3월 14일~ 20일 (7일간)	

기존 철거공사는 내부수장재, 내외부 벽체, 조적 폐기물 투하 및 마무리 철거 순으로 진행이 되며, 친환경 철거공사는 창호·잡철물 철거 및 투하, 천정·마감재 철거 및 투하, 바닥 마감재 철거 및 투하, 내외부 벽체 철거, 조적 폐기물 투하 및 마무리 철거 순으로 진행 되었다. 친환경 철거공법 사용이 기존 철거공법 사용시 보다 소요되는 비용이 2,430,571원 (23,503원/㎡)절감되었다. 이는 친환경 공법의 사용이 비용을 약 29.8% 절감 시켜줄 수 있다는 것을 보여준다. 친환경 철거공사의 시간은 기존 방식에 비해 약 11.3% 증가되었으나, 조적벽 철거의 경우 친환경 철거방식이 내부 마감재가 분리되어 있어 기존방법에 비해 작업시간이 단축되었다(기존 442분, 친환경 394분). 친환경 철거의 경우 여러 단계를 거치는 내부 수장재의 분리철거로 인해 시공성이 저하되나 조적벽 철거(장비 철거)의 시공성은 우수한 것으로 분석된다.

표 3-83. 기존 및 친환경 철거방식 비교

구분		기존 철거방식	친환경 철거방식	비고
공사비	철거도면 작성비	-	2,000,000 원 (1,111 원/m2)	
	철거공사비	1,129,360 원 (6,274 원/m2)	1,175,687 원 (6,532 원/m2)	2008년 품셈, 일위대가를 기준으로 재료비, 노무비, 경비의 실행금액으로 계산함.
	폐기물 처리비	7,027,658 원 (39,043 원/m2)	2,550,760 원 (14,171 원/m2)	
	소계	8,157,018 원 (45,317 원/m2)	5,726,447 원 (21,814 원/m2)	친환경 방식 29.8% 감소
공사기간	내부수장재철거	209분	229분	친환경 방식 9.6%증가
	천정 및 벽마감재철거	442분	94분	친환경 방식 31.2%증가
	바닥마감재철거		92분	
	내외부벽체철거		394분	
	조적폐기물 투하 및 마무리 철거	590분	571분	친환경 방식 3.2%감소
	소계	1241분	1380분	친환경 방식 1.1%증가

(2) 친환경 마감재료 적용기술

(가) 실내 마감재료의 거주자 요구사항 조사 및 친환경 소재 평가기준 정립

친환경 소재에 대한 거주자 요구사항을 2006년 7월~8월에 걸쳐 1:1 설문조사를 통해 파악하였다. 거주자 요구사항 조사 결과 마감재료의 친환경 성능이 실내 공기질 성능에 집중되어 있는 것으로 나타났다. 또한 국내·외 많은 국가에서 실내 공기오염으로 인해 거주자의 각종 질병을 유발하고 생활환경에 악영향을 미치는 사례가 빈번히 발생함에 따라 실내 마감재료에 대한 친환경성을 평가하여 친환경 소재를 등급을 제안하고 있다. 각 국가별 실내 공기질 측면의 오염물질 규제를 살펴보면 다음 표 다-13과 같다.

표 3-84. 국가별 친환경 상품 평가기준

국가	평가대상 오염물질
한국	VOCs, HCHO
캐나다	VOCs, HCHO
일본	HCHO
미국	VOCs, 스티렌, HCHO
핀란드	VOCs, HCHO, 벤젠 등 발암물질 냄새, 카세인
독일	VOCs, HCHO, 벤젠 등 발암물질

표 3-84에서 볼 수 있듯이 일본을 제외한 모든 국가에서 친환경 상품 평가기준으로 VOCs(휘발성 유기화합물)[1]와 HCHO(포름알데히드) 저방출 성능을 공통적으로 사용하고 있는 것을 알 수 있다. 국내의 경우는 공기청정협회에서 휘발성유기화합물 총량 및 포름알데히드 방출량을 기준으로 친환경 상품의 등급을 정하여 발표하고 있다. 따라서 본 연구에서도 실내 마감재료의 친환경성을 휘발성유기화합물 총량과 포름알데히드 방출량을 기준으로 산정하고자 한다.

(나) 친환경 소재 평가 방법 개발

노후 공동주택 적용되는 친환경 소재의 휘발성유기화합물 총량 및 포름알데히드 방출량을 조사하여 소재의 친환경 성능을 점수화하고 제품의 가격정보 또한 점수화하여 제품의 평가를 위한 Index를 산출한다.

① 실내 마감재료의 친환경지수 개발

실내 마감재료의 친환경성에 대한 부분은 국내를 비롯하여 해외 선진국에서도 실내 공기질 관점에서 TVOC(휘발성 유기화합물의 총량), HCHO(포름알데히드)을 규제하고 이를 근거로하여 평가하

1) 증기압이 높아 대기 중으로 쉽게 증발되는 액체 또는 기체상 유기화합물의 총칭. 대기오염물질이며 발암성을 지닌 독성 화학물질로서 광화학산화물의 전구물질이기도 하다. 환경과 인체 건강에 악영향을 미치며 지구온난화의 원인물질이며 악취를 일으키기도 한다.

고 있다. 따라서 본 연구에서 실내 마감재료의 친환경성을 나타내는 지수를 TVOC(휘발성 유기화합물의 총량)방출량 평가점수와 HCHO(포름알데히드)방출량 평가점수를 합하여 산정한다. 친환경 평가점수는 친환경 성능이 가장 좋은 제품의 경우 5점을 부여하고 가장 취약한 제품일 경우 1점으로 부여한다. 다만, 실내 마감재료는 시공방법에 따라 여러 복합재료가 다양하게 적용되는 특징이 있어 복합재료 각각의 오염물질 방출량의 합계를 구하여 평가한다.

EI(Environmental Index) = ∑(TVOC(휘발성 유기화합물의 총량)방출량 평가점수) + ∑(HCHO(포름알데히드)방출량 평가점수)

② 실내 마감재료의 경제성지수 개발

실친환경 소재의 경제성은 제품의 m2당 단가를 조사하여 단가자료를 활용한다. 복합재료의 재료비, 시공비를 모두 고려하고 제품 가격 점수를 산정하여 지수를 산정한다. 경제성 지수는 가격이 가장 비싼 제품을 5점, 가장 싼 제품을 1점으로 점수를 부여하였다.

CI(Cost Index) = ∑(실내 마감재료의 가격점수)

경제성 측면에서 가장 효율성이 좋은 친환경 소재를 선정하기 위해서는 친환경 지수(EI)와 경제성 지수(CI)를 복합적으로 고려하여야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 친환경 지수 EI를 경제성 지수 CI로 나눈 ECI(Environmental-Cost Index)를 산정한다.

ECI = EI (Environmental Index) / CI(Cost Index)

위의 공식에서 알 수 있듯이 ECI가 큰 친환경 제품은 가격에 비해 친환경 성능이 우수한 제품이라고 볼 수 있다. 친환경 성능이

좋은 제품 일수록 높은 EI값을 가지고 비싼 제품 일수록 높은 CI 값을 가지게 지표가 설계되었기 때문이다.(경제성이 있고 우수한 친환경성을 확보한 실내 마감재료는 높은 ECI값을 가짐)

(다) 실내 마감재료 평가 및 선정 방법의 적용

① 적용 대상

개발된 실내 마감재료의 경제성, 친환경성 평가방법의 적용을 위해 제주 서귀포 동홍3지구 주공 영구임대아파트('93년 준공)를 대상으로 선정하였다. 제주 동홍지구 아파트는 전용면적 26.34㎡, 30.48㎡의 두 가지 평형으로 각각 200세대씩 총 9개동의 400세대로 되어있고, 구조는 철근콘크리트 벽식 구조이며, 층수는 5층이다.

표 3-85. 기술적용 대상 단지 개요

구 분		내 용					관련사진
위 치		제주도 서귀포시 동홍동 353-1번지					
지역지구		일반주거지역					
대지면적(㎡)		17,799					
건축연면적(㎡)		17,140.43					
용적율(%)		96.3					
단지 규모	구 분	형별 (㎡)	세대 수	동수 (층수)	연면적(㎡) 전용	연면적(㎡) 공용	
	아파트	36.70	200	4 (5층)	5,268	2,072	
		40.94	200	5 (5층)	6,096	2,092	
	상 가	39.11	5	1 (2층)	195.55		
		48.38	5	1 (2층)	241.90		
	복지관	428.83	1	2층	428.83		
		387.09	1	1층	387.09		
		219.06	1	지하층	219.06		
	관리소	140	1	1	140		
	합 계				12,976.43	4,164	
구 조		철근콘크리트 벽식구조					
난방방식		개별난방(보일러식)					
주차대수							
준공년도		1993					



[서귀포 동홍 3단지 단지 전경 및 배치현황]

이와 같은 대상주택에 본 연구에서 개발한 친환경 실내마감재료 평가 및 선정방법을 다음 그림 3-163과 같이 적용하고자 한다. 리모델링 계획에 따른 인테리어 공사의 범위는 비내력벽체의 신설과 마감공사에 해당된다. 따라서 비내력 벽체 공사의 경제성 및 시공성 평가와 더불어 최적 친환경 마감재료를 평가하고 적용하고자 한다.

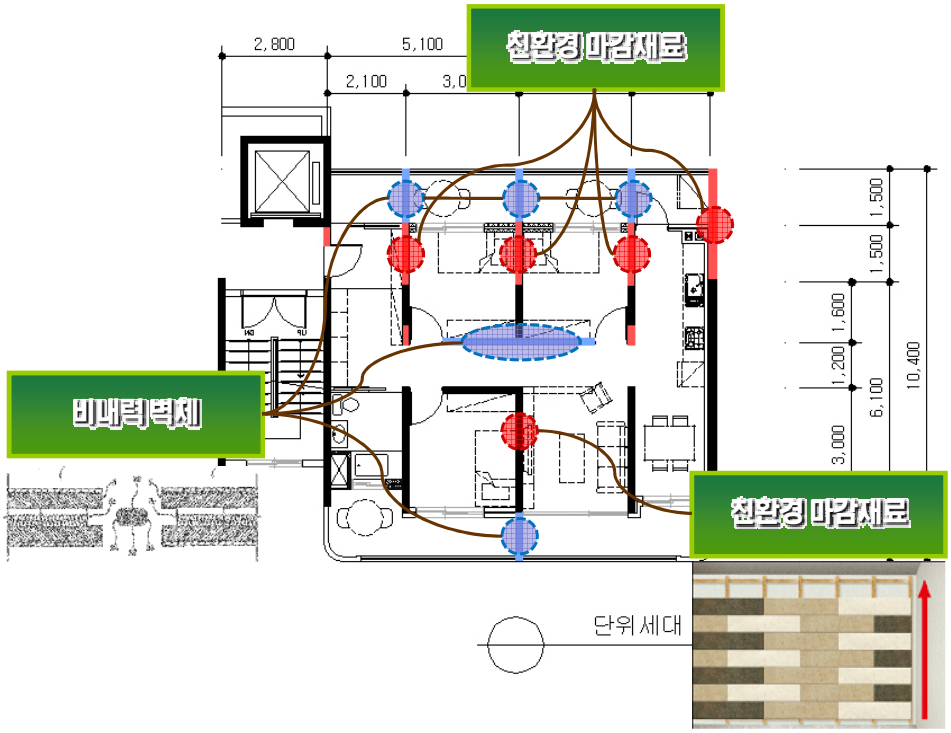


그림 3-163. 실내 마감재료 적용 안

② 실내 마감재료의 친환경성 및 경제성 평가 결과

친환경 소재의 ECI 값을 그래프로 표현하여 분석결과를 의사결정의 기준으로 삼을 수 있다. ECI 값의 기울기가 급격히 증가하는 지점에서 실내 마감재료를 구분할 수 있지만 ECI 상위그룹을 중심으로 심층적인 분석이 필요하다. 예를 들어, 종이벽지의 경우는 10번, 11번 제품이 타 제품보다 상대적으로 높은 ECI 값(8.0)을 기록했고 14번 제품의 경우 5.0의 ECI 값이 도출되었다. 이들 제품의 친환경성능과 경제성을 비교해보면 10번, 11번 제품의 친환경 지수는 8점이고, 경제성 지수는 1점이다. 14번 제품의 경우

친환경 지수는 10점이고 경제성 지수는 2점을 기록하였다. 이는 14번 제품이 10번, 11번 제품보다 친환경 성능은 좋으나 제품가격이 비싸다는 결과이다. 만약 노후 공동주택 거주자가 14번 제품의 선정에 따른 추가가격을 부담할 수 있는 수준이라면 10번, 11번 제품보다 14번 제품을 선정할 수 있다. 이와 같이 ECI 값이 높은 제품의 순서로 경제성과 친환경성을 분석하고 거주자의 경제적 부담의 한계점을 기준으로 실내 마감재료를 선정할 수 있다.

표 3-86. 실내 마감재료 분석 결과

구분	자재 No.	TVOC 방출량 (mg/m2) (1)	TVOC 방출량 점수 (2)	HCHO 방출량 (mg/m2) (3)	HCHO 방출량 점수 (4)	EI (2)+(4)	CI (5)	ECI {(2)+(4)} / (5)
종이 벽지	1	0.058	2	0.001	5	7	5	1.40
	2	0.016	5	0.001	5	10	5	2.00
	3	0.058	2	0.001	5	7	4	1.75
	4	0.058	2	0.001	5	7	4	1.75
	5	0.040	3	0.001	5	8	3	2.66
	6	0.016	5	0.001	5	10	4	2.50
	7	0.040	3	0.001	5	8	3	2.66
	8	0.040	3	0.001	5	8	2	4.00
	9	0.058	2	0.002	4	6	2	3.00
	10	0.007	5	0.003	3	8	1	8.00
	11	0.040	3	0.001	5	8	1	8.00
	12	0.039	4	0.001	5	9	2	4.50
	13	0.039	4	0.001	5	9	2	4.50
	14	0.021	5	0.001	5	10	2	5.00
실크 벽지	1	0.058	2	0.002	4	6	3	2.000
	2	0.058	2	0.002	4	6	3	2.000
	3	0.058	2	0.002	4	6	2	3.000
	4	0.039	4	0.001	5	9	3	3.000
	5	0.021	4	0.001	5	9	3	3.000
	6	0.021	4	0.001	5	9	2	4.500
	7	0.021	4	0.001	5	9	2	4.500
	8	0.021	4	0.001	5	9	2	4.500
	9	0.039	4	0.001	5	9	1	9.000
	10	0.016	5	0.001	5	10	2	5.000
접착제	1	0.073	2	0.027	3	5	5	1.000
	2	0.174	1	0.007	4	5	2	2.500
	3	0.024	5	0.036	2	7	4	1.750
	4	0.03	4	0.005	5	9	3	3.000
	5	0.064	3	0.005	5	8	1	8.000
페인트	1	0.200	1	0.050	1	2	2	1.000
	2	0.200	1	0.050	1	2	2	1.000
	3	0.052	4	0.004	2	6	5	1.200
	4	0.200	1	0.050	1	2	2	1.000
	5	0.200	1	0.050	1	2	2	1.000
	6	0.200	1	0.050	1	2	2	1.000
	7	0.200	1	0.050	1	2	2	1.000
	8	0.039	5	0.003	3	8	4	2.000
	9	0.054	4	0.004	2	6	3	2.000

구분	자재 No.	TVOC 방출량 (mg/m2) (1)	TVOC 방출량 점수 (2)	HCHO 방출량 (mg/m2) (3)	HCHO 방출량 점수 (4)	EI (2)+(4)	CI (5)	ECI {(2)+(4)} / (5)
바닥 마루	1	0.030	3	0.004	1	4	2	2.000
	2	0.015	4	0.043	1	5	2	2.500
	3	0.020	4	0.010	4	8	5	1.600
	4	0.020	4	0.032	2	6	3	2.000
	5	0.022	4	0.032	2	6	2	3.000
	6	0.022	4	0.015	4	8	4	2.000
	7	0.022	4	0.015	4	8	3	2.667
	8	0.015	4	0.043	1	5	1	5.000
	9	0.033	3	0.020	3	6	2	3.000
	10	0.028	4	0.015	4	8	3	2.667
	11	0.028	4	0.020	3	7	2	3.500
	12	0.025	4	0.018	4	8	3	2.667
	13	0.030	3	0.018	4	7	2	3.500
	14	0.030	3	0.004	5	8	2	4.000
	15	0.031	3	0.020	3	6	1	6.000
	16	0.025	4	0.015	4	8	1	8.000
장판지	1	0.001	5	0.001	5	10	3	3.333
	2	0.002	4	0.001	5	9	2	4.500
	3	0.001	5	0.001	5	10	2	5.000
	4	0.005	1	0.002	4	5	1	5.000
	5	0.001	5	0.001	5	10	2	5.000
	6	0.003	3	0.001	5	8	1	8.000
	7	0.009	1	0.001	5	6	1	6.000
	8	0.001	5	0.001	5	10	4	2.500
	9	0.001	5	0.001	5	10	4	2.500
	10	0.001	5	0.001	5	10	5	2.000

③ 비내력벽 설치공사의 경제성, 시공성 평가

경제성은 재료비, 노무비, 경비로 구분하여 산출하였으며 조적벽체(1.0B) 시공비용은 재료비 8,765 원/m2, 노무비 39,246 원/m2, 경비 3,139 원/m2 이 소요되어 1m2의 벽체의 시공비용은 51,150 원이 소요되었다. 반면 조립식 건식벽체 1m2 시공비용은 재료비 46,338 원/m2, 노무비 28,947 원/m2, 경비 2,315 원/m2 으로 77,650 원/m2 이 소요되었다. 이는 조적벽체 시공비용보다 51% 증가된 것으로 나타났다. 공장제작된 조립식 건식벽체의 재료비가 조적벽체의 재료비 보다 무려 37,573 원/m2 (428%) 상승하였지만 투입되는 인건비는 시공의 용이성으로 인해 10,299 원/m2 (26%) 감소하였다. 시공속도는 기존 조적벽체의 경우 1m2 시공에 소요되는 시간은 79.25분이 소요되었고 조립식 건식벽체의 시공시간은 7.31분으로 약 90% 감소됨을 알 수 있었다. 조립식 건

식벽체의 재료비가 조적벽에 비해 4배 이상 비싸지만 제품이 실용화 되고 대량생산 될 경우 가격이 낮아질 수 있으며, 기존의 시공방법이 아닌 다소 생소한 시공방법으로 인해 아직 기능공의 작업 숙련도가 낮았고 이는 충분히 개선되어 노무비 또한 낮아질 가능성이 있다.

표 3-87. 신설벽체 구성 안의 경제성 시공성 비교 분석

시공방식	특성	경제성			시공성*
		재료비 (원/m2)	노무비 (원/m2)	경비 (원/m2)	시공속도 (Time/m2)
조적벽체 (1.0B의 경우)	기존 비내력 신설벽체 구성 방법	벽돌(3,544) + 시멘트(1,187) + 모래(1,009) + 단열재(3,025) = 8,765 원/m2	조적공: 0.12인 * 86,508 = 10,381 보통인부: 0.18인 * 60,547 = 11,095 미장공: 0.08인 * 89,567 = 7,165 내장공: 0.12인 * 88,373원 = 10,605 합계: 39,246 원/m2	공구손료: 인력품의 3% = 1,177원 기타경비: 인력품의 5% = 1,962원 합계: 3,139 원/m2	벽돌운반 + 벽돌쌓기 + 벽체양생: 73.37 벽체마감: 5.92 합계: 79.25분
소 계		8,765 + 39,246 + 3,139 = 51,150 원/m2			
조립식 건식벽체	모듈화된 부재를 이용하여 벽체신설의 건식화함.	석고보드: 19,446 단열재: 3,025 패널: 17,498 기타: 6,419 합계: 46.338 원/m2	철공: 0.16인 * 93,552원 = 14,968 내장공: 0.12인 * 88,373원 = 10,605 도장공: 0.04인 * 84,343 원 = 3,374 합계: 28,947 원/m2	공구손료: 인력품의 3% = 868원 기타경비: 인력품의 5% = 1,447원 합계: 2,315 원/m2	시공준비: 0.56분 벽체 프레임: 0.83분 벽체 마감: 5.92분 합계: 7.31분
소 계		46,338 + 28,947 + 2,315 = 77,650 원/m2 (51% 증가)			(90% 감소)

* K.B. Anand, "Laboratory-Based Productivity Study on Alternative Masonry Systems", JCEM, 2003.

기존의 조적벽체 구성방법은 골조공사와 병행되어 조적공사가 수행되고 골조공사가 마무리되고 대게 1개월 후 조적공사가 마무리되는 것이 일반적이다. 조적공사가 끝나고 미장공사, 천장공사, 바닥부분 시공이 크리티컬 패스로 연속적으로 수행되어 약 20개월의 공사기간이 소요된다. 하지만 조립식 건식벽체를 시공할 경우 골조공사와 건식벽체 공사의 마무리시간을 일치시킬 수 있어 기존 비내력 벽체 구성 절대공기를 1개월 단축시킬 수 있다. 따

라서 미장공사를 비롯한 후속공정을 1개월 앞당겨 수행가능하다. 뿐만 아니고 기존 조적벽은 벽체를 먼저 시공한 후 바닥 기포 콘트리트, 바닥미장을 시공하여야 하지만 건식벽체로 시공할 경우 바닥 기포 콘크리트와 바닥미장을 선시공하고 비내력 벽체를 구성할 수 있으므로 바닥 기포 콘크리트와 바닥미장을 골조공사와 중첩하여 시공이 가능하다. 따라서 바닥 마감에 소요되는 시간 1.7개월을 단축시킬 수 있다. 15층 규모의 노후 공동주택의 리모델링 시 전체 20개월이 소요된다고 가정하면 마감공사기간에서만 2.7개월(13.5%) 공기단축효과가 발생한다.

조립식 건식벽체는 기존 조적벽 시공방식에 비해 탁월한 공기단축효과가 있는 것으로 분석되었으나 시공에 소요되는 재료비가 비싸다는 단점을 조립식 건식벽체의 대량생산으로 재료비를 절감, 기능공의 시공 숙련도가 높아짐에 따라 노무비를 절감 등을 통하여 보완한다면 건식벽체의 적용은 적합한 방식이라 판단된다.

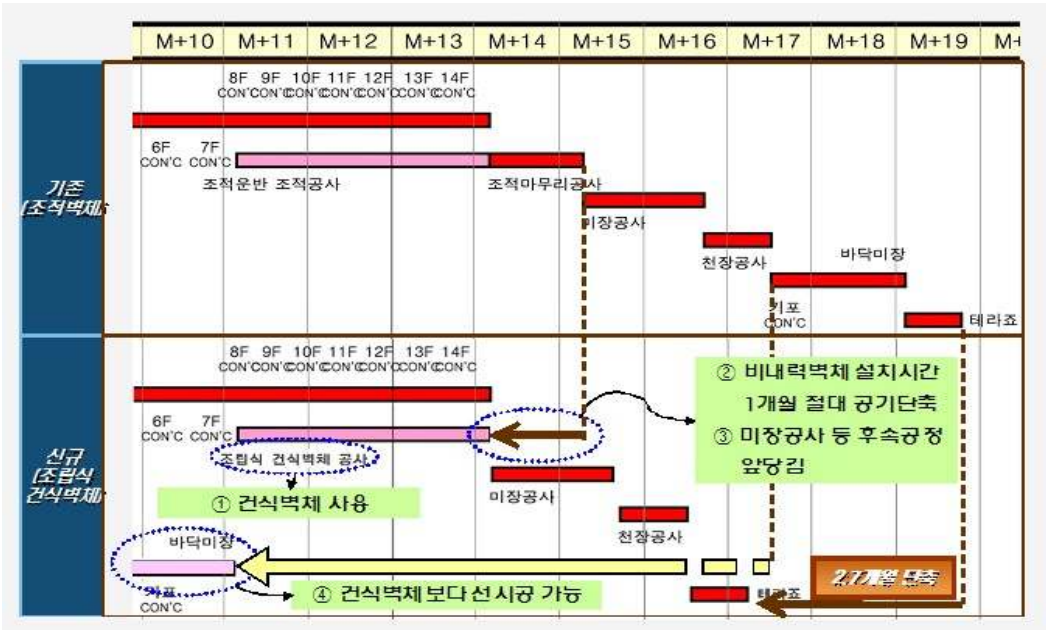


그림 3-164. 벽체구성방식 별 공사기간 시뮬레이션(15층 노후 공동주택 리모델링)

5. 성능/경제성 확보기술

가. 요소기술의 성능평가 기술

(1) 리모델링 요소기술의 성능 및 적용성 평가

(가) 요소기술의 성능 및 적용성 평가의 의의

본 연구단의 목적은 [노후 공동주택의 구조 및 설비성능 개선기술개발]로서, 노후화된 공동주택의 구조 및 설비성능을 개선하는 기술을 개발하여, 그것들의 성능을 개선하는 것이다. 리모델링 요소기술 개발은 다른 말로 하면, 각 공간의 기능달성에 필요한 건축물 구성요소에 성능(Performance)을 발현시키기 위한 시방의 개발이라고 할 수 있다. 따라서 개발 결과물(Out Put=기술) 이 발현하는 공학적 고유성능과 그 기술의 생애주기 동안에 성능을 유지하기 위해 소요되는 경상적 비용을 파악하는 것은 기술의 채용여부를 판단하기 위한 기본정보이다. 요소기술에 대한 고유성능 및 적용성능의 평가 목적은 기술의 공학적, 경제적 측면을 체계적으로 명시화 하여, 관련주체가 의사결정의 자료로 활용할 수 있도록 위함이다. 근거자료가 명확해야 리모델링 프로젝트에서 주체간의 합의형성 및 설계단계의 의사결정이 객관적으로 이루어 질 수 있기 때문이다.

당 연구단의 기본목표는 건축물의 구조성능을 좌우하는 건축법제2조 제7항에 정의된 [주요구조부]의 성능개선기술과 건축물의 설비성능을 좌우하는 건축법제2조 제4항에 정의된 [건축설비]의 성능개선기술의 개발로 구분할 수 있다. 기술의 선택 및 적용측면에서 보면, 리모델링의 개략적 방향(목적)과 방안(기능)이 결정되면 동일 또는 유사성능을 발현하는 구체적 기술후보군 중 가장 적절한 대안을 선택하여 조합하는 설계단계로 이행된다. 즉 리모델링 관계 법령/법규, 리모델링의 목적, 기존 공동주택의 조건, 이해관계자들의

요구 등을 반영할 수 있는 복수의 후보기술 및 계획안 중 성능실현의 가능성이 높으면서, 경제적으로도 효과적인 기술을 선택하게 된다. 그러나 리모델링 요소기술에 대한 관계 법규/법령은 선진국에 비해 뒤쳐진 실정이며, 체계적인 평가 및 그 결과를 참조할 수 있는 지식기반이 양적으로 부족하고 그 표현의 체계 및 일관성도 부족한 것이 현실이다. 이에 리모델링 요소기술의 평가에 대한 중요성 및 지원체계 필요성을 인식하여 요소기술의 특징을 [개요], [고유성능] 및 [적용성능]이라는 범주로 구분하였다. 또한 리모델링 요소기술을 선정하기 위한 평가 체계 구축과 요소기술 평가 체계를 활용한 평가 방법 기준을 본 연구단내의 각 분야별 요소기술 개발팀에 의하여 개발된 기술과 비교 가능한 기존의 유사한 기술들에 시험 기입, 그 적절성을 평가하여 항목과 표현 방식, 평가의 기준, 도면 및 그림 등의 표현을 보완하였다. 리모델링 요소기술의 성능 및 적용성 평가 형식체계의 검토 및 재정리 하였으며, 또한 개발된 성능평가 수법의 적용성 검증을 위해 평가결과를 지식 기반화 하여, 기술적 및 사회경제적 측면에서 발주자, 설계자, 공사실시자, 연구 개발자 등 건축 관련 주체들이 범용적, 항시적으로 참고할 수 있는 사회적 자산이 되도록 한다.

(나) 리모델링 요소기술의 성능 및 적용성 평가 연구의 목적 및 효과

① 기술에 대한 유용성(실용성)을 종합적으로 검증하는 수단이 된다.

② 구체적이고 다양한 요소기술에 대한 성능 및 적용성 평가의 결과와 그것들을 체계적으로 저장한 지식기반은, 리모델링 계획에 대한 합의형성 및 설계단계의 의사결정을 지원하는 객관성 있는 자료가 될 것이다.

③ 각 기술들의 특장점을 체계적으로 정리표현 하기 때문에, 신기술의 활용도를 높일 수 있다.

④ 리모델링 설계시의 자료집이 될 뿐만 아니라, 설계 또는 시공

단계의 VE등에도 활용하여 경제적 효과를 높일 수 있다. 즉, 하나의 정의된 목적-목적을 구성하는 기능의 집단-각 기능을 구성하는 성능의 집단-개별성능의 표현이 조직적으로 표현되어, 리모델링 설계 시에 체크리스트로도 활용이 가능하다.

⑤ 발주자, 설계자, 시공자 등 건축 관련 주체들이 범용적, 항시적으로 활용할 수 있는 사회적 자산이 됨은 물론이다.

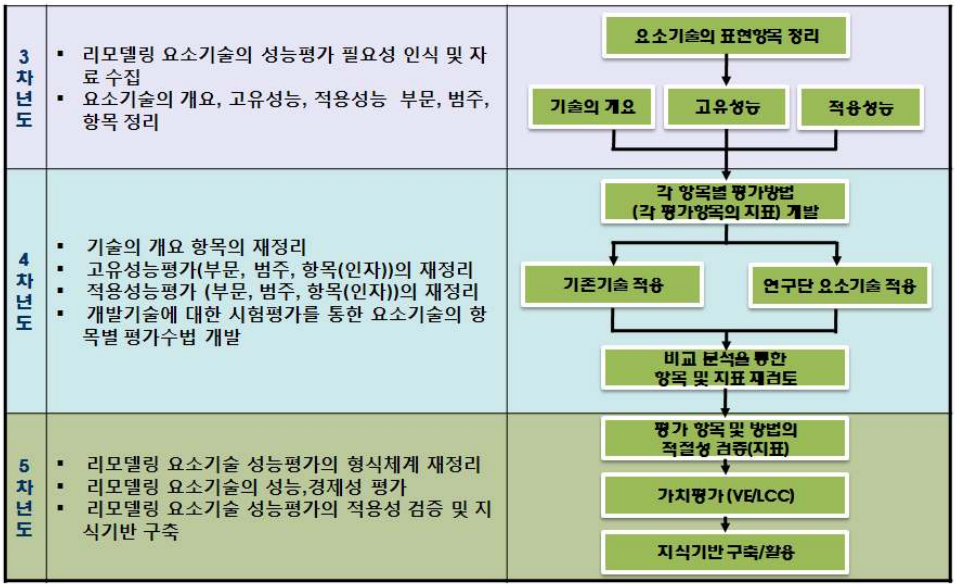


그림 3-165. 리모델링 요소기술의 성능평가 및 지식기반 구축의 Process

R&D 프로젝트의 보고서, 특허 출원 정보, 물가정보지 등을 활용하여 위 그림 1 과 같은 순으로 리모델링 요소기술의 성능평가 항목과 방법을 개발하였다. 항목별 평가 방법(각 평가항목의 지표) 개발은 4차년도에서 각각의 고유성능과 적용성능의 항목별 지표를 1차 주관적, 상대적인 평가인 O/X 또는 5점 척도 등의 방법과 2차 객관적 평가, 절대적인 평가로 각 항목에 맞는 평가 방법을 해당 기술의 연구자가 제시하도록 하는 방법에서 5차년도에는 범주와 항목의 성능 평가 및 비교를 명확히 하기 위하여 등급화 가능한 일부 항목들은 세부 등급기준과 그에 따른 등급을 설정, 점수화하여 정량적으로 이용자가 평가지표를 판단할 수 있도록 변경, 재정리하였다. 그리고 VE평가를 통해 그 경제성을 살펴보았으며, 이를 근간으로

요소기술의 성능평가 결과물들을 지식기반 구축에 활용할 수 있다.

(다) 리모델링 요소기술의 개요, 고유성능, 적용성 평가 항목 제시

① 요소기술의 개요

기술의 개요는 기술의 목적, 적용분야, 적용방법과 주된 효과를 중심으로 적용 기술의 개요를 파악하기 위한 것이다.

표 3-88. 요소기술의 개요

항 목					
1. 기술 명					
2. 개발자					
3. 개발년도					
4. 특허번호					
5. 실물 또는 대표적 적용 예의 사진 또는 도면					
6. 기술 분야 및 적용 부위					O / X(복수선택가능)
건축	구조	건물전체 또는 복수 부위에 걸친 삽입재, 버팀재			
		벽식 구조의 벽			
		기둥보 구조의 기둥			
		기둥보 구조의 보(벽)			
		지붕, 옥상 슬라브, 테라스			
		각층 바닥			
		기초			
		계단			
		기존 구조체 외부에 순수 구조목적의 부가체 증설			
	건축	비내력벽	외벽	벽, 파라펫	
				창	
				발코니(난간)	
				차양,캐노피	
			칸막이 벽	벽	
				문	
		마감	바닥		
			벽		
			천정		
			외벽, 발코니		
			지붕, 옥상, 테라스		
			그 외 마감		
설비	운송기계설비(EL)				
	환기 및 통풍설비				
	냉난방 설비 및 배관				
	전기설비 및 배선				
	통신설비 및 배선				
	가스설비 및 배관				
	급수 설비 및 배관				
	우수, 배수설비 및 배관				
	위생기구				
	안전(피뢰,방화,방범)방범				

표 3-89. 요소기술의 개요

항 목			
증축	전후 증축		
	좌우 증축		
	옥상 증축		
	지하 증측		
주차장	옥내	기계	
		자주	
	옥외	지상(기계/자주)	
		지표	
		지하(기계/자주)	
조경	옥외 지상		
	옥상		
	외벽		
	기타		
토목	차도, 인도		
	정화조, 옥외 급배수, 하수 및 우수, 오수처리조 등 매설물		
철거	부분철거		
	철거		
7. 주된 효과 및 특징(이 기술을 통하여 해결되는 기존 건축물의 결정적인 문제점 또는 특장점			
8. 자료출처			

② 요소기술의 고유성능

요소기술의 고유성능은 국내·외 건축물 성능평가 제도의 분석을 통해 내구성, 거주성, 노약재배려성 등의 9개의 성능 부문으로 분류하였고, 또한 분류된 성능 부문 중 내구성 및 안전성에 대한 5개의 범주, 거주성 및 위생성에 대한 6개의 범주, 에너지 절약성에대한 2개 범주, 노약자 배려성, 유지관리성, 방범성, 친화경성, 심미성에 대한 범주를 도출하였으며, 이에 따른 세부항목들을 제시하였다.

또한 고유성능은 기술의 성질에 대한 것으로 성질을 판단하는 세부항목별 지표를 정성적 또는 정량적으로 판단하는 평가 방법에 대한 분석과 정량적인 평가 방법에 대한 평가 지표를 설정하였다.

고유성능은 기술적 우위성을 다양한 측면에서 기술하는 것이 목적이며, 절대적/상대적 평가가 필요하다. 고유성능에는 에너지 절

감성능, 친환경 및 인체에 대한 무해성 등 정량적 성능과 안전성, 심미성 등 정성적 성능이 포함된다. 모든 항목을 기입하는 것이 아니라 요소기술의 해당 항목을 선정하여 성능치를 기입하는 것이다.

표 3-90. 요소기술의 고유성능

부 문	범 주	항 목
내구성 및 안전성	구조재료와 관련된 내구성	초기성능 유지/보수
		구조적 수명 연장
	설계와 관련된 구조 안전성	내진성능 향상
		휨이나 변형 성능 향상
		전도 및 파괴 방지 성능 향상
		내충격 성능 향상
		국부압축하중 성능 향상
		내적하중 성능 향상
		내분포압성 향상
	화재시의 안전성	화재감지 및 경보성능 향상
		배연 및 피난성능 향상
		내화 및 불연성능 향상
	자연재해에 대한 안전성	자연재해 안전성 (태풍, 벼락, 호우)향상
	일상사용 안전성	미끄럼, 전도, 추락 등 방지
거주성 및 위생성	공간의 기능성	면적 확장
		천정고 확보
	보행, 촉감	충격흡수, 소음방지
	광시환경 성능	조망의 확보
		자연 채광의 확보
		인공조명의 개선
		시각적 피로 방지 및 가시성(시인성) 확보
	음환경 성능	흡음 성능 향상
		경량충격음 차단 성능 향상
		중량충격음 차단 성능 향상
		화장실 소음 차단 성능 향상
		경계 소음 차단 성능 향상
		자체 소음 발생 저감
	온열환경 성능	단열성능 향상
		축열성능 향상
		결로방지성능 향상
	공기환경 성능	인체에 유해한 실내공기오염물질 방출저감
		환기 및 통풍 성능향상
노약자 배려성	약자배려 성능	시각 장애자 배려
		청각 장애자 배려
		지체부자유자, 노약자(어린이, 노인, 임산부) 배려
유지 관리성	유지관리 및 변경용이성	내 오염성 강화

		공간구획(평면) 가변성
		설비 가변성
		보전, 수선 용이성
		교체, 수리 용이성(부분의 호환성)
방범성	방범	침입방지 성능
		감시기능 강화
친 환경성	친환경 성능	해체 시 폐기물 분리수거, 재생, 재활용 가능성
		폐재 처리 시 공기오염 방지
		폐재 처리 시 토양오염 방지
		폐재 처리 시 수질오염 방지
에너지 절약성	건축 에너지 절약성능	자연 에너지 활용
		단열성 향상
		기밀성 향상
	설비성능 향상	설비의 성능 및 기능향상
		설비의 효율 향상 (운용 에너지 및 물소비량 절감)
		설비의 수명 연장
심미성	미관적 성능	옥내 공용부 심미성 향상
		옥내 전용부 심미성 향상
		외벽 심미성 향상
		옥상 심미성 향상
		옥외 심미성 향상
해당 고유성능에 대하여 절대적 상대적 성질 기술		

③ 요소기술의 적용성능

요소기술의 적용성능은 기술의 사용에 있어서 발생되는 성능으로 비용, 시간, 일정 등 시공성에 관련된 성능으로 건설 신기술 매뉴얼 등을 분석하여 도출하였다. 고유성능의 지표 설정은 비용, 시간, 일정 등의 단위에 대한 지표설정은 필연적인 관계에 있는 항목로 구성되어 있으며 타 기술과 비교를 통한 결과로 제시되는 것으로 도출되었다.

적용성능에는 비용(경제성) 등 정량적 성능과 다른 기술과의 조합 용이성 등 정성적 성능이 포함된다. 모든 항목을 기입하는 것이 아니라 요소기술의 해당항목의 성능치를 기입한다.

표 3-91. 요소기술의 적용성능

성능부문	범주 및 항목	적용성능 지표
적용방법	철거	
	철거 후 다른 사양으로 재시공	
	철거 없이 추가 설치	
	동일사양의 신품으로 교체	
	기존부재를 그냥 두고 그 위에 덧붙임	
	건물 내 배치 변경	
	건물 전체의 형상 및 규모 변경	
	주호 또는 개별 용도실 내 배치변경	
비용	경제 수명	년
	초기 비용(공사 단위당 비용=적산기준 적용)	원/단위
	평균 연간 유지관리 비용	원/단위
	철거 및 폐기 지출	원/단위
	재활용 수입	원/단위
	총 수명 비용	원/단위
시공성 (제조-가공성)	설계기간	일
	제조개시에서 현장납입까지의 기간	일
	공사 단위 당 기간(또는 모델타입 1동당)	일/단위
	공사 단위 당 소요 기능자(또는 모델타입 1동당)	명/단위
	공사 단위 당 소요 가설(또는 모델타입 1동당)	열거/단위
	품질 안정성(신뢰성)	
	기존부위 및 주변부위와의 긴결 및 착탈 용이성 (접합기술)	
	양생의 난이도	
	현장에서의 가공성 및 미조정 가능성	
	호환성	
작업 안전성	시공 작업의 안전성	
	유지관리 작업의 안전성	
에너지 절감성능	생산단계의 에너지 소비	
	생산단계의 물 소비	
친 환경성	생산단계 유해 휘발성물질 배출	
	생산단계 분진	
	생산단계 소음	
그 외	의사결정(주민합의)의 용이성 높이, 건폐율, 용적률에 대한 영향 등 시장 독점성 각종 규제와의 관계 경쟁환경 그 외 기술적 장애	---자유 기술---

(라) 리모델링 요소기술 성능평가의 적용성 검토

① 리모델링 요소기술 성능평가 및 활용 체계

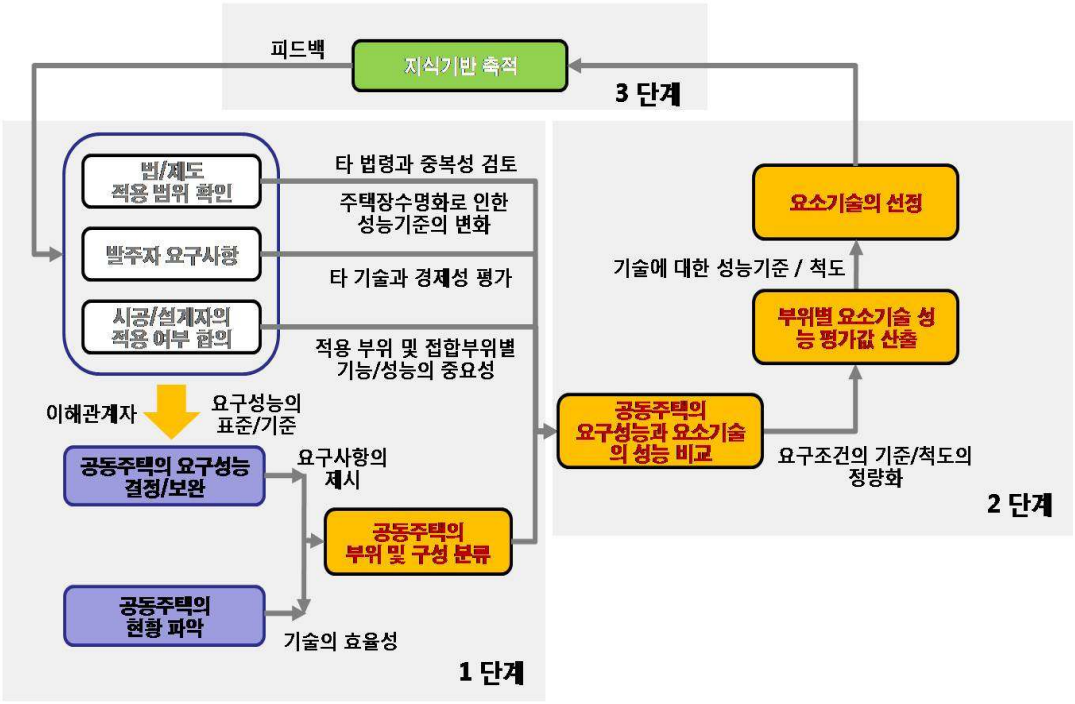


그림 3-166. 리모델링 요소기술 선정 및 활용 프로세스

리모델링 요소기술에 대한 성능항목을 선정하기 위해서는 법/제도, 발주자의 요구조건, 시공자 및 설계자에 의한 시공성 고려가 필수적이다.

리모델링 요소기술을 선정하기까지는 그림 3-166에서와 같이 3단계로 기존 공동주택에 대한 진단 및 평가와 공동주택의 성능을 요구 수준까지 향상시킬 기술을 선정하게 된다. 기술을 선정하는 데에는 첫 번째, 법/제도에 대한 적용가능 범위를 확인하는 것이 가장 우선시 되어야 하며, 발주자의 요구사항을 충분히 만족할 수 있는 기술을 결정하는 것이다. 선별된 기술 중 시공자 및 설계자 등의 전문가에 의한 합의를 통해 적용부위 및 접합부위별 기능/성능 등의 중요성을 검토하게 된다.

두 번째, 이 후 요구조건의 기준 및 척도 등을 통해 공동주택의

요구성능과 요소기술의 비교 평가를 하여 요구성능을 만족할 수 있는 기술을 선정하는 단계로 진행되고 요소기술의 성능평가가 이루어지면, 최종적으로 지식기반으로 축적되어 발주자, 설계자, 시공자 등 리모델링 관련 주체들이 범용적, 항시적으로 활용할 수 있도록 피드백 되어 활용하게 된다. 일반적으로 신축프로젝트에서는 수많은 기술이 조합된 전체 안이 일체적으로 평가되므로 부분적인 기술이 독립적으로 평가될 기회는 흔하지 않다. 그리고, 하나의 개성적인 기술은 그마다 다른 접점과 간접효과가 있기 때문에 특징이 다른 기술을 1:1로 비교할 수 있는 경우도 드물다. 그러나 공동주택의 리모델링과 같이 기존건물의 상황과 기존거주자의 요구가 구체적인 전제조건으로 존재하는 경우에는 각 기술에 대해서도 구체적이고 개별적인 방법으로 검토되어야 논리적으로 합당하다고 생각한다.

각 기술의 초기비용 및 생애주기 비용은, 시시각각 변화하는 상장가격, 이미 지나간 과거의 사실인 실적공사비의 산술적 통계 등에 입각해서 기술할 의도는 없으며, 개발년도를 기준으로 성능평가의 일환으로 기술의 최종 수요자(이용자)의 입장에서 참고가액을 기술한다. 이는 리모델링 설계의 초기단계는 비용에 대해서 개략적으로 파악해도 큰 차질이 없으며, 협상이나 입찰 등 현실성을 확보할 기회가 남아있기 때문이다.

② 리모델링 공동주택 요소기술의 평가체계 적용

노후 공동주택에 적용되는 기술의 경우 다른 부위의 개·보수를 통한 접합 기술을 사용하는 것이 대부분이다. 기존건물의 상황과 기존 거주자의 요구조건이 구체적인 전제조건으로 존재하는 경우 각 기술에 대해서 아래 표 3-92와 같이 지표를 통한 구체적이고 개별적인 방법으로 평가가 이루어진다면 이용자, 시공자 등 이해관계자들의 의사결정을 지원하는 데에 큰 역할을 할 것이다.

요소기술의 평가는 다음과 같은 평가 방법을 통해 활용하게 된다.

㉮ 요소기술의 개요

다음 표는 설비성능 개선 기술에 대한 것으로 제시한 개요체계 중 해당 기술이 어느 부위에 어떻게 적용되는지 적용한 예이다.

표 3-92. 설비성능 개선기술의 개요

구분	항목					설비 성능 개선 기술		
	부문		범주			기술A	기술B	기술C
기술의 개요	기술분야 및 적용부위	건축	건축	비내력벽	벽	기존 샤프트 철거 및 배관 구성 후 재시공	기존 샤프트 철거 및 배관 구성 후 재시공	기존 샤프트 철거 및 배관 구성 후 재시공
				설비	환기 및 통풍 설비	건식 AD 설치 고려	건식 AD 설치시 샤프트 확장 필요	건식 AD 설치시 샤프트 확장 필요
					급수 설비 및 배관	노출배관 가능 (층상피트 부분)	바닥 및 욕실 벽 매립형	바닥 및 욕실 벽 매립형
					우수, 배수 설비 및 배관, 정화조	당해 층 배관 (노출)	하층세대 천장 경유 배관	당해층 배관 (매립)
					위생 기구	벽 배수형 위생기구	바닥 배수형 위생기구	벽 및 바닥배수형 위생기구 혼재
		철거 후 다른 사양으로 재시공				샤프트 철거 및 확장 필요	-	샤프트 철거 및 재시공 필요
		동일 사양의 신품으로 교체				-	샤프트 철거 및 재시공 필요	-
	주된 효과 및 특징 (이 기술을 통하여 해결되는 기존 건축물의 결정적인 문제점 및 특장점)					점검용이, 위생소음 저감 유지관리 용이	점검난해, 위생소음 발생 유지관리 용이하지 않음	점검 보통, 위생소음 저감 유지관리 보통

㉰ 요소기술의 고유성능

다음 표는 설비성능 개선 기술의 고유성능을 O/X 또는 정성적·정량적으로 평가한 예이다.

표 3-93. 설비성능 개선기술의 고유성능

구분	항목			설비 성능 개선 기술		
	부문	범주	평가항목	기술A	기술B	기술C
기술의 개요	거주성 및 위생성	공간의 기능성	천정고 확보	2400 확보	2300 확보	2400
		음환경 성능	흡음 성능 향상	×	○	○
		공기환경 성능	인체에 유해한 실내공기 오염물질 방출저감(3등급)	3등급	1등급	2등급
	유지관리성	유지관리 및 변경 용이성	내오염성 강화	○	○	×
			설비 가변성	실의 통합에 무관하게 가변적	실의 통합에 무관하게 가변적	실의 통합에 비교적 가변적
			보전, 수리용이성 (4등급)	4등급	4등급	2등급
			교체, 수리 용이성 (부분의 호환성)	모든 구성재의 부품화로 인한 교체/수리 용이	부품화로 인한 교체/수리 용이	부품화로 인한 교체/수리가 비교적 용이
	친환경성	친환경 성능	해체시 폐기물 분리수거 재생, 재활용 가능성	○	○	○
			폐재 처리시 공기오염 방지	○	○	○
			폐재 처리시 토양오염 방지	○	○	○
			폐재 처리시 수질오염 방지	○	○	○
	에너지 절약성	건축 에너지 절약성능	자연 에너지 활용	×	×	×
			단열성 향상	×	○	○
			기밀성 향상	○	○	○
		설비성능 향상	설비의 성능 및 기능 향상	3등급	3등급	2등급
			설비의 효율 향상 (운용 에너지 및 물 소비량 절감)	3등급	2등급	2등급
			설비의 수명 연장	15년	20년	15년

㉰ 요소기술의 적용성능

다음 그림 5는 설비성능 개선 기술의 고유성능을 O/X 또는 정성적 · 정량적으로 평가한 예이다.

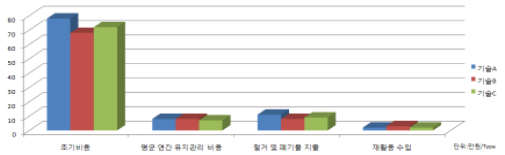
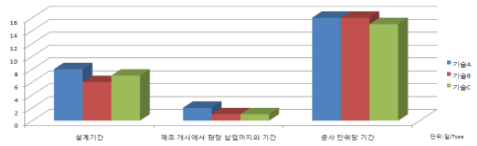
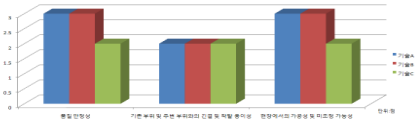
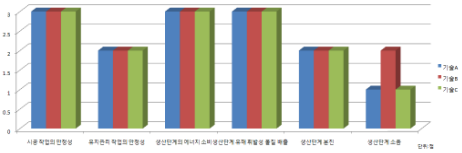
표 3-94. 설비성능 개선기술의 적용성능

구분	항목		설비 성능 개선 기술		
	부문	적용성능 범주 및 항목	기술A	기술B	기술C
기술의 개요	적용방법	철거 후 다른 사양으로 재시공	×	○	○
		동일 사양의 신품으로 교체	○	×	×
	비용	경제수명	15년	20년	20년
		초기비용 (공사 단위당 비용=적산기준 적용)	78만원/1Type	68만원/1Type	72만원/1Type
		평균 연간 유지관리 비용	8만원/1Type	8만원/1Type	7만원/1Type
		철거 및 폐기물 지출	11만원/1Type	8만원/1Type	9만원/1Type
		재활용 수입	2만원/1Type	3만원/1Type	2만원/1Type
		총 경제수명 비용	12만원/년	14만원/년	12만원/년
	시공성 (제조-가공성)	설계기간	8일	6일	7일
		제조 개시에서 현장 납입까지의 기간	2일	1일	1일
		공사 단위당 기간 (1타입)	16일/1Type	16일/1Type	15일/1Type
		품질 안정성	3	3	2
		기존 부위 및 주변 부위와의 긴결 및 착탈 용이성	2	2	2
		현장에서의 가공성 및 미조정 가능성	3	3	2
	작업안정성	시공 작업의 안정성	3	3	3
		유지관리 작업의 안정성	2	2	2
	에너지 절감성능	생산단계의 에너지 소비	3	3	3
	친환경성	생산단계 유해 휘발성 물질 배출	3	3	3
		생산단계 분진	2	2	2
		생산단계 소음	1	2	1

위의 요소기술의 개요, 고유성능, 적용성능을 개발자나 기술 소유자, 전문가 등에 의해 정성적 · 정량적인 방법을 이용하여 평가 결과를 종합한 후 다음 표와 같은 형태로 체계화 하여 발주자나 설계자, 시공자들이 사용할 수 있는 지식기반으로 활용이 가능하다.

표 3-95. 종합 평가 결과의 예

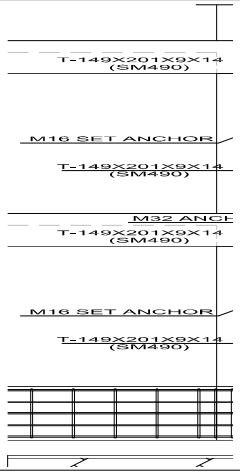
구분	항목		설비 성능 개선 기술		
	부문	범주	기술A	기술B	기술C
기술의 개요	비내력벽	벽			
	설비	환기 및 통풍 설비			
		급수 설비 및 배관			
		우수, 배수/배관, 정화조			
		위생 기구			
고유성능	거주성 및 위생성	천정고 확보	2400 확보	2300 확보	2400
		흡음 성능 향상	×	○	○
		인체에 유해한 실내공기 오염물질 방출저감	3등급	1등급	2등급
	유지관리성	내오염성 강화	○	○	×
		설비 가변성	실의 통합에 무관하게 가변적	실의 통합에 무관하게 가변적	실의 통합에 비교적 가변적
		보전, 수리용이성	4등급	4등급	2등급
		교체, 수리 용이성	부품화로 인한 교체/수리 용이	부품화로 인한 교체/수리 용이	부품화로 인한 교체 /수리가 비교적 용이
	친환경성	해체시 폐기물 분리수거 재생, 재활용 가능성	○	○	○
		폐재 처리시 공기오염 방지	○	○	○
		폐재 처리시 토양오염 방지	○	○	○
		폐재 처리시 수질오염 방지	○	○	○
	에너지 절약성	자연 에너지 활용	×	×	×
		단열성 향상	×	○	○
		기밀성 향상	○	○	○
		설비의 성능 및 기능 향상	3등급	3등급	2등급
		설비의 효율 향상	3등급	2등급	2등급
		설비의 수명 연장	15년	20년	15년
	등급에 따른 고유성능 평가 (Diagram))				

구분	항목		설비 성능 개선 기술		
	부문	범주	기술A	기술B	기술C
적용성능	적용방법	철거 후 다른 사양으로 재시공	×	○	○
		동일 사양의 신품으로 교체	○	×	×
	비용	경제수명	15년	20년	20년
		초기비용 (공사 단위당 비용=적산기준적용)			
		평균 연간 유지관리 비용			
		철거 및 폐기물 지출			
		재활용 수입			
		총 경제수명 비용	12만원/년	14만원/년	12만원/년
	시공성 (제조-가공성)	설계기간			
		제조 개시에서 현장 납입까지의 기간			
		공사 단위당 기간			
		품질 안정성			
		기존 부위 및 주변 부위와의 긴결 및 착탈 용이성			
		현장에서의 가공성 및 미조정 가능성			
	작업안정성	시공 작업의 안정성			
		유지관리 작업의 안정성			
	에너지절감성능	생산단계의 에너지 소비			
	친환경성	생산단계 유해 휘발성 물질 배출			
		생산단계 분진			
		생산단계 소음			
검토결과	경제성 측면에서는 기술B를 사용할 경우 초기 공사 비용이 절감되나 유지관리 비용 면에서는 타 기술보다 기술C가 우수함을 확인 할 수 있다. 또한, 기술A, B 시공성에 있어서 품질 안정성과 작업의 안전성 등을 확보 할 수 있는 장점이 있다.				

(마) 리모델링 연구단 개발기술과 기존기술의 성능 및 적용성평가 결과

① 구조성능 개선기술 – 강판복합구조

표 3-87. 강판복합구조 성능평가

<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="2" rowspan="2">항 목</th><th colspan="2">구조 성능 개선 기술
(강판복합구조)</th></tr>
<tr><th>연구단 개발 기술
(건식 강판복합 구조)</th><th>기존 기술 A
(습식 철근콘크리트 벽체)</th></tr>
<tr><td rowspan="3">개요</td><td rowspan="2">구조</td><td rowspan="2">벽식 구조의 벽</td><td> 
</td><td>  </td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td>기술의
적용 방법</td><td>철거 후 다른
사양으로 재시공</td><td colspan="2">기존 비구조벽 철거 후 시공</td></tr>
<tr><td rowspan="7">고유
성능</td><td>부문</td><td>범주/평가 항목</td><td colspan="2" rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>내구성
및
안전성</td><td>내구성
내진/면진 성능
화재시 안전성</td></tr>
<tr><td>거주성</td><td>음 환경 성능
온열 환경 성능
공기 환경 성능</td></tr>
<tr><td>노약자
배려성</td><td>장애자, 노약자 배려</td></tr>
<tr><td>유지
관리성</td><td>유지 관리성</td></tr>
<tr><td>친환경성</td><td>친환경성</td><td colspan="2" rowspan="2">① 구조재료와 관련된 내구성 ② 내진/면진 성능
③ 화재시의 안전성 ④ 음 환경 성능
⑤ 온열 환경 성능 ⑥ 공기 환경 성능
⑦ 약자배려 성능 ⑧ 유지관리 및 변경 용이성
⑨ 친환경 성능 ⑩ 설비 성능 향상</td></tr>
<tr><td>에너지</td><td>설비성능 향상</td></tr>
<tr><td rowspan="3">적용
성능</td><td>경제성</td><td>초기공사 비용
유지관리 비용</td><td colspan="2" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>시공성</td><td>공사기간
품질 안전성
작업의 안전성</td></tr>
<tr><td>친
환경성</td><td>생산단계 유해물질 배출
소음발생 및 분진 발생
CO_2 발생량 비교
저탄소 기술</td><td>① 품질 안전성
③ 생산단계 유해 휘발성 물질 배출
⑤ CO_2 발생량 비교</td><td>② 작업의 안전성
④ 소음 및 분진 발생
⑥ 저탄소 기술</td></tr>
<tr><td>검토
결과</td><td colspan="4">– 고유 성능
연구단 개발기술은 기존의 습식철근콘크리트 벽체에 비해 내구성, 화재시 안전성 음환경 성능 등은 다소 떨어질 수 있으나, 내진/면진 성능과 설비 성능 향상에 월등함을 확인할 수 있다.

– 적용 성능
경제성에 있어서 연구단 개발 기술은 기존 기술에 비해 초기비용은 다소 상승하나 유지곤리 비용 면에서 월등함을 확인 할 수 있으며, 다이어그램에서도 확인할 수 있듯이 시공성 친환경성 등 많은 부분에서 월등한 성능임을 확인 할 수 있다.</td></tr>
</table>

② 구조성능 개선기술 - 동조질량감쇠기

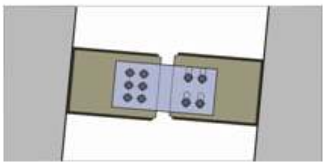
표 3-97. 동조질량감쇠기 성능평가

<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="2" rowspan="2">항 목</th><th colspan="2">구조 성능 개선 기술
(동조질량감쇠기)</th></tr>
<tr><th>연구단 개발 기술
(증축형 동조질량감쇠기)</th><th>기존 기술 A
(수동형 동조질량감쇠기)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">개요</td><td rowspan="2">구조</td><td>기둥보 구조의
거동</td><td rowspan="2">  </td><td rowspan="2">  </td></tr>
<tr><td>기존 구조체 외부에
순수 구조 목적의
부가체 증설</td></tr>
<tr><td rowspan="8">고유
성능</td><td>부문</td><td>범주/평가 항목</td><td rowspan="5"></td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>내구성
및
안전성</td><td>내구성
내진/면진 성능
화재시 안전성</td></tr>
<tr><td>거주성</td><td>음 환경 성능
온열 환경 성능
공기 환경 성능</td></tr>
<tr><td>노약자
배려성</td><td>장애자, 노약자 배려</td></tr>
<tr><td>유지
관리성</td><td>유지 관리성</td></tr>
<tr><td>친환경성</td><td>친환경성</td><td colspan="2" rowspan="2">① 구조재료와 관련된 내구성 ② 내진/면진 성능
③ 화재시의 안전성 ④ 음 환경 성능
⑤ 온열 환경 성능 ⑥ 공기 환경 성능
⑦ 약자배려 성능 ⑧ 유지관리 및 변경 용이성
⑨ 친환경 성능 ⑩ 설비 성능 향상</td></tr>
<tr><td>에너지</td><td>설비성능 향상</td></tr>
<tr><td rowspan="3">적용
성능</td><td>경제성</td><td>초기공사 비용
유지관리 비용</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>시공성</td><td>공사기간
품질 안전성
작업의 안전성</td></tr>
<tr><td>친
환경성</td><td>생산단계 유해물질
배출
소음발생 및 분진
발생
CO_2 발생량 비교
저탄소 기술</td><td colspan="2">① 품질 안전성 ② 작업의 안전성
③ 생산단계 유해 휘발성 물질 배출 ④ 소음 및 분진 발생
⑤ CO_2 발생량 비교 ⑥ 저탄소 기술</td></tr>
<tr><td>검토
결과</td><td colspan="4">- 고유 성능
고유성능 면에서 연구단 개발 기술은 기존의 수동형 동조질량감쇠기와 유사한 성능을 발현하나, 연구단 개발 기술은 기존의 수동형 동조질량감쇠기보다 내구성 및 유지관리성이 뛰어난 것을 확인 할 수 있다.

- 적용 성능
대체적으로 연구단 개발기술과 기존 기술이 비슷한 성능을 보이고 있으나, 작업 안전성이나 품질안정성에서 연구단 개발기술이 우수한 것으로 분석되었다.</td></tr>
</table>

③ 구조성능 개선기술 – 마찰감쇠기

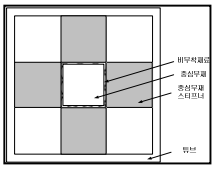
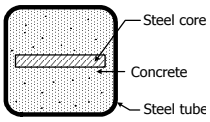
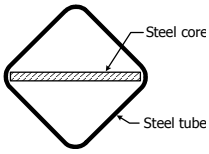
표 3-98. 마찰감쇠기 성능평가

<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="2" rowspan="2">항 목</th><th colspan="2">구조 성능 개선 기술
(마찰 감쇠기)</th></tr>
<tr><th>연구단 개발 기술
(벽체 휨거동을 이용한
마찰감쇠기)</th><th>기존 기술 A
(가새형 마찰감쇠기)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">개요</td><td rowspan="2">구조</td><td rowspan="2">건물 전체 또는 복수 부위에 걸친 삽입재, 버팀재</td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>프레임 구조에서 가새를 이용하여 설치</td><td>인접한 전단벽의 인방보를 대신하여 설치</td></tr>
<tr><td rowspan="8">고유성능</td><td>부문</td><td>범주/평가 항목</td><td rowspan="5"></td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>내구성
및
안전성</td><td>내구성
내진/면진 성능
화재시 안전성</td></tr>
<tr><td>거주성</td><td>음 환경 성능
온열 환경 성능
공기 환경 성능</td></tr>
<tr><td>노약자
배려성</td><td>장애자, 노약자 배려</td></tr>
<tr><td>유지
관리성</td><td>유지 관리성</td></tr>
<tr><td>친환경성</td><td>친환경성</td><td rowspan="2">① 구조재료와 관련된 내구성
③ 화재시의 안전성
⑤ 온열 환경 성능
⑦ 약자배려 성능
⑨ 친환경 성능</td><td rowspan="2">② 내진/면진 성능
④ 음 환경 성능
⑥ 공기 환경 성능
⑧ 유지관리 및 변경 용이성
⑩ 설비 성능 향상</td></tr>
<tr><td>에너지</td><td>설비성능 향상</td></tr>
<tr><td rowspan="3">적용성능</td><td>경제성</td><td>초기공사 비용
유지관리 비용</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>시공성</td><td>공사기간
품질 안전성
작업의 안전성</td></tr>
<tr><td>친
환경성</td><td>생산단계 유해물질 배출
소음발생 및 분진 발생
CO_2 발생량 비교
저탄소 기술</td><td>① 품질 안전성
③ 생산단계 유해 휘발성 물질 배출
⑤ CO_2 발생량 비교</td><td>② 작업의 안전성
④ 소음 및 분진 발생
⑥ 저탄소 기술</td></tr>
<tr><td>검토결과</td><td colspan="4">– 고유 성능
연구단 개발기술은 기존의 가새형 마찰감쇠기 보다 내구성 및 유지 관리성이 뛰어난 것을 확인할 수 있다.

– 적용 성능
대체적으로 연구단 개발기술과 기존의 가새형 마찰감쇠기가 비슷한 성능을 보이고 있으나, 공사기간 면에서 연구단 개발기술이 우수한 것으로 분석되었다.</td></tr>
</table>

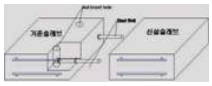
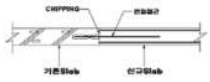
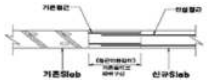
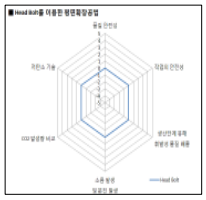
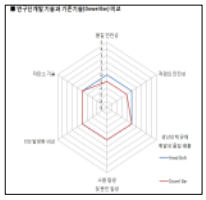
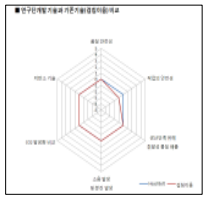
④ 구조성능 개선기술 - 비좌굴가새

표 3-99. 비좌굴가새 성능평가

구분	항목		구조 성능 개선 기술 (비좌굴 가새)		
			연구단 개발 기술 (격봉으로 충전된 비좌굴 가새)	기존 기술A (콘크리트 충전형)	기존 기술B (철골 조립형)
개요	구조	건물 전체 또는 복수 부위에 걸친 삽입재, 버팀재			
	기술의 적용 방법	철거 후 다른 사양으로 재시공	칸막이벽체 철거 후 요소 설치		
고유성능	**부문**	**범주/평가 항목**			
	내구성 및 안전성	내구성 내진/면진 성능 화재시 안전성			
	거주성	음 환경 성능 온열 환경 성능 공기 환경 성능			
	노약자 배려성	장애자, 노약자 배려			
	유지 관리성	유지 관리성			
	친환경성	친환경성	① 구조재료와 관련된 내구성 ③ 화재시의 안전성 ⑤ 온열 환경 성능 ⑦ 약자배려 성능 ⑨ 친환경 성능	② 내진/면진 성능 ④ 음 환경 성능 ⑥ 공기 환경 성능 ⑧ 유지관리 및 변경 용이성 ⑩ 설비 성능 향상	
	에너지	설비성능 향상			
적용성능	경제성	초기공사 비용 유지관리 비용			
	시공성	공사기간 품질 안전성 작업의 안전성			
	친환경성	생산단계 유해물질 배출 소음발생 및 분진 발생 CO_2 발생량 비교 저탄소 기술	① 품질 안전성 ③ 생산단계 유해 휘발성 물질 배출 ⑤ CO_2 발생량 비교	② 작업의 안전성 ④ 소음 및 분진 발생 ⑥ 저탄소 기술	
검토결과	- 고유 성능 연구단 개발기술과 기존 기술들은 칸막이 벽체를 철거 후 설치하는 같은 방법의 기술로 고유성능면에서 대체적으로 비슷한 결과를 보이나 기존의 콘크리트 충전형보다 친환경성에 있어서 우수함을 볼 수 있다. - 적용 성능 타 기술에 비해 연구단 기술은 초기비용은 약간 상승하나 유지관리 비용면에서 월등함을 볼 수 있다. 또한 기존 기술의 양생기간을 고려하면 공사기간 또한 단축시킬 수 있으며, 소음발생/분진발생 또한 줄일 수 있다. CO_2 발생량 또한 줄일 수 있어서 친환경성이 우수하다.				

⑤ 구조성능 개선기술 - 수평증축공법

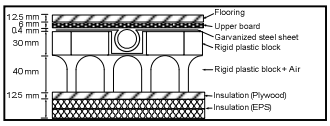
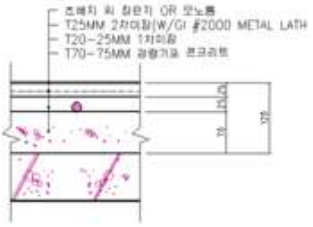
표 3-100. 수평증축공법 성능평가

<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="2" rowspan="2">항 목</th><th colspan="3">구조 성능 개선 기술
(수평증축 공법)</th></tr>
<tr><th>연구단 개발 기술
(Head Bolt를
이용한 평면확장
공법)</th><th>기존 기술A
(DoweK 기존 방식)</th><th>기존 기술B
(겹침이음
기존방식)</th></tr>
<tr><td rowspan="6">개요</td><td rowspan="2">구조</td><td>각층 바닥</td><td rowspan="3">  </td><td rowspan="3">  </td><td rowspan="3">  </td></tr>
<tr><td>기준 구조체 외부에
순수 구조체 목적의
부가체 증설</td></tr>
<tr><td rowspan="2">공간
증축</td><td>전후 증축</td></tr>
<tr><td>좌우 증축</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">기술의
적용
방법</td><td>철거 후 다른
사양으로 재시공</td><td>-</td><td>-</td><td>철근 이음길이만큼
기존 슬래브 부분
철거</td></tr>
<tr><td>철거없이 추가 설치</td><td>접합면의 거친면
처리 후 전단 연결재
설치</td><td>Bolt Hole 천공 후
접합면의 거친면
처리 Head bolt 설치</td><td>기존 슬래브일부
파쇄 후 전단 연결재
설치</td></tr>
<tr><td>건물전체의
형상/규모 변경</td><td colspan="3">슬래브 확장을 통한 평면 형상의 변화</td></tr>
<tr><td rowspan="6">고유성능</td><td>부문</td><td>범주/평가 항목</td><td rowspan="5">  </td><td rowspan="5">  </td><td rowspan="5">  </td></tr>
<tr><td>내구성
및
안전성</td><td>내구성
내진/면진 성능
화재시 안전성</td></tr>
<tr><td>거주성</td><td>음 환경 성능
온열 환경 성능
공기 환경 성능</td></tr>
<tr><td>노약자
배려성</td><td>장애자, 노약자
배려</td></tr>
<tr><td>유지
관리성</td><td>유지 관리성</td></tr>
<tr><td>친환경성</td><td>친환경성</td><td colspan="3">① 구조재료와 관련된 내구성 ② 내진/면진 성능
③ 화재시의 안전성 ④ 음 환경 성능
⑤ 온열 환경 성능 ⑥ 공기 환경 성능
⑦ 약자배려 성능 ⑧ 유지관리 및 변경 용이성
⑨ 친환경 성능 ⑩ 설비 성능 향상</td></tr>
<tr><td>에너지</td><td>설비성능
향상</td></tr>
<tr><td rowspan="3">적용성능</td><td>경제성</td><td>초기공사 비용
유지관리 비용</td><td rowspan="3">  </td><td rowspan="3">  </td><td rowspan="3">  </td></tr>
<tr><td>시공성</td><td>공사기간
품질 안전성
작업의 안전성</td></tr>
<tr><td>친환경성</td><td>생산단계 유해물질
배출
소음발생 및 분진
발생
CO_2 발생량 비교
저탄소 기술</td><td colspan="3">① 품질 안전성 ② 작업의 안전성
③ 생산단계 유해 휘발성 물질 배출 ④ 소음 및 분진 발생
⑤ CO_2 발생량 비교 ⑥ 저탄소 기술</td></tr>
<tr><td>검토결과</td><td colspan="5">- 고유 성능
거주성, 유지관리성 등은 기존 기술과 유사한 성능을 보였으나, 내구성 및 내진/면진 성능 부분에서 기존 기술에 비해 연구단 개발 기술한 Head Bolt를 이용한 평면확장 공법이 우수한 것으로 분석되었다.

- 적용 성능
내구연한 및 철거/폐기 비용, 친환경 등의 성능은 기존 기술과 유사한 성능으로 분석되었으나, 유지관리 비용, 품질안정성, 작업의 안정성 등은 기존 기술보다 월등한 것으로 분석되었다.</td></tr>
</table>

⑥ 설비성능 개선기술 - 건식온돌패널

표 3-101. 건식온돌패널 성능평가

<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="3" rowspan="2">항 목</th><th colspan="2">설비 성능 개선 기술
(건식온돌패널)</th></tr>
<tr><th>연구단 개발 기술
(건식온돌패널)</th><th>기존 기술 A
(습식온돌패널)</th></tr>
<tr><td rowspan="4">개요</td><td>구조</td><td colspan="2">건축바닥</td><td rowspan="3"> 
</td><td rowspan="3">  </td></tr>
<tr><td rowspan="2">애춤
(비구조
In-Fill)</td><td>마감</td><td>바닥</td></tr>
<tr><td>설비</td><td>냉난방
설비 및
배관,
냉각탑</td></tr>
<tr><td rowspan="9">고유성능</td><td>부문</td><td colspan="2">범주/평가 항목</td><td rowspan="5"></td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>내구성
및
안전성</td><td colspan="2">내구성
내진/면진 성능
화재시 안전성</td></tr>
<tr><td>거주성</td><td colspan="2">음 환경 성능
온열 환경 성능
공기 환경 성능</td></tr>
<tr><td>노약자
배려성</td><td colspan="2">장애자, 노약자 배려</td></tr>
<tr><td>유지
관리성</td><td colspan="2">유지 관리성</td></tr>
<tr><td>친환경성</td><td colspan="2">친환경성</td><td colspan="2">① 구조재료와 관련된 내구성 ② 내진/면진 성능
③ 화재시의 안전성 ④ 음 환경 성능
⑤ 온열 환경 성능 ⑥ 공기 환경 성능
⑦ 약자배려 성능 ⑧ 유지관리 및 변경 용이성
⑨ 친환경 성능 ⑩ 설비 성능 향상</td></tr>
<tr><td>에너지</td><td colspan="2">설비성능 향상</td></tr>
<tr><td rowspan="3">적용성능</td><td>경제성</td><td colspan="2">초기공사 비용
유지관리 비용</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>시공성</td><td colspan="2">공사기간
품질 안전성
작업의 안전성</td></tr>
<tr><td>친환경성</td><td colspan="2">생산단계 유해물질 배출
소음발생 및 분진 발생
CO_2 발생량 비교
저탄소 기술</td><td colspan="2">① 품질 안전성 ② 작업의 안전성
③ 생산단계 유해 휘발성 물질 배출 ④ 소음 및 분진 발생
⑤ CO_2 발생량 비교 ⑥ 저탄소 기술</td></tr>
<tr><td>검토결과</td><td colspan="5">- 고유 성능
기존 기술에 비해 연구단 개발 기술은 설비 성능 및 친환경 성능, 유지관리성이 뛰어난 것으로 분석 되었으며, 기존 기술은 천장고의 법규를 만족시키기 어려운 기술이나 이에 반해 연구단 개발 기술은 천정고 법규를 충분히 만족하는 기술로 분석되었다.

- 적용 성능
경제성이나 시공성 면에서는 연구단 기술과 기존의 습식온돌패널의 분석내용이 유사하나, 저탄소 기술과 CO_2 발생량을 고려해본 결과 연구단 기술은 친환경성에 있어서 우수한 것으로 분석되었다.</td></tr>
</table>

⑦ 설비성능 개선기술 - 위생배관

표 3-102. 위생배관 성능평가

<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="2" rowspan="2">항 목</th><th colspan="3">설비 성능 개선 기술
(위생배관)</th></tr>
<tr><th>연구단 개발 기술
(층상피트 +
상상배관)</th><th>기존 기술A
(하층세대 경유
배관 기존방식)</th><th>기존 기술B
(매립형 상상배관)</th></tr>
<tr><td rowspan="6">개요</td><td>비내력
/메움</td><td>벽</td><td rowspan="5">  </td><td rowspan="5">  </td><td rowspan="5">  </td></tr>
<tr><td rowspan="4">설비</td><td>환기/통풍설비</td></tr>
<tr><td>급수설비/배관</td></tr>
<tr><td>우수,배수/배관
정화조</td></tr>
<tr><td>위생기구</td></tr>
<tr><td rowspan="8">고유성능</td><td>부문</td><td>범주/평가 항목</td><td colspan="3" rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>내구성
및
안전성</td><td>내구성
내진/면진 성능
화재시 안전성</td></tr>
<tr><td>거주성</td><td>음 환경 성능
온열 환경 성능
공기 환경 성능</td></tr>
<tr><td>노약자
배려성</td><td>장애자, 노약자
배려</td></tr>
<tr><td>유지
관리성</td><td>유지 관리성</td></tr>
<tr><td>친
환경성</td><td>친
환경성</td><td colspan="3" rowspan="2">① 구조재료와 관련된 내구성 ② 내진/면진 성능
③ 화재시의 안전성 ④ 음 환경 성능
⑤ 온열 환경 성능 ⑥ 공기 환경 성능
⑦ 약자배려 성능 ⑧ 유지관리 및 변경 용이성
⑨ 친환경 성능 ⑩ 설비 성능 향상</td></tr>
<tr><td>에너지</td><td>설비성능
향상</td></tr>
<tr><td rowspan="3">적용성능</td><td>경제성</td><td>초기공사 비용
유지관리 비용</td><td colspan="3" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>시공성</td><td>공사기간
품질 안전성
작업의 안전성</td></tr>
<tr><td>친
환경성</td><td>생산단계 유해물질
배출
소음발생 및 분진
발생
CO_2 발생량 비교
저탄소 기술</td><td colspan="3">① 품질 안전성 ② 작업의 안전성
③ 생산단계 유해 휘발성 물질 배출 ④ 소음 및 분진 발생
⑤ CO_2 발생량 비교 ⑥ 저탄소 기술</td></tr>
<tr><td>검토결과</td><td colspan="5">- 고유 성능
연구단 개발기술 및 기존 기술들은 모두 기존의 샤프트를 철거하거나 배관 구성 후 재시공하는 문제점이 있다. 기존 기술은 매립형으로 타 세대에 소음에 대한 문제를 야기하나, 연구단 기술은 건식 AD를 당해층에 설치함으로써 세대간 분쟁을 최소화하며, 점검을 용이하게 하고 위생소음저감의 효과와 유지관리의 용이성을 확보할 수 있는 장점이 있다.

- 적용 성능
경제성 측면에서는 하층세대 경유 배관 방식을 사용할 경우 초기 공사비용이 절감되나 유지관리 비용면에서는 타 기존 기술보다 연구단 개발 기술이 우수함을 확인 할 수 있다. 또한 시공성에 있어서 품질 안전성과 작업의 안전성 등을 확보할 수 있는 장점이 있다.</td></tr>
</table>

⑧ 설비성능 개선기술 -최적환기전략

표 3-103. 최적환기전략 성능평가

<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="2" rowspan="2">항 목</th><th colspan="3">설비 성능 개선 기술
(최적환기전략)</th></tr>
<tr><th>연구단 개발 기술
(하이브리드)</th><th>기존 기술A
(자연환기)</th><th>기존 기술B
(전열교환기)</th></tr>
<tr><td rowspan="4">개요</td><td rowspan="2">비내력
/메움</td><td>벽, 파라펫</td><td rowspan="4">  </td><td rowspan="4">  </td><td rowspan="4">  </td></tr>
<tr><td>창</td></tr>
<tr><td colspan="2">외벽</td></tr>
<tr><td>설비</td><td>위생기구</td></tr>
<tr><td rowspan="8">고유성능</td><td>부문</td><td>범주/평가 항목</td><td rowspan="6"></td><td rowspan="6"></td><td rowspan="6"></td></tr>
<tr><td>내구성
및
안전성</td><td>내구성
내진/면진 성능
화재시 안전성</td></tr>
<tr><td>거주성</td><td>음 환경 성능
온열 환경 성능
공기 환경 성능</td></tr>
<tr><td>노약자
배려성</td><td>장애자, 노약자
배려</td></tr>
<tr><td>유지
관리성</td><td>유지 관리성</td></tr>
<tr><td>친
환경성</td><td>친
환경성</td><td colspan="3" rowspan="2">① 구조재료와 관련된 내구성 ② 내진/면진 성능
③ 화재시의 안전성 ④ 음 환경 성능
⑤ 온열 환경 성능 ⑥ 공기 환경 성능
⑦ 악자배려 성능 ⑧ 유지관리 및 변경 용이성
⑨ 친환경 성능 ⑩ 설비 성능 향상</td></tr>
<tr><td>에너지</td><td>설비성능
향상</td></tr>
<tr><td rowspan="3">적용성능</td><td>경제성</td><td>초기공사 비용
유지관리 비용</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>시공성</td><td>공사기간
품질 안전성
작업의 안전성</td></tr>
<tr><td>친
환경성</td><td>생산단계 유해물질
배출
소음발생 및 분진
발생
CO_2 발생량 비교
저탄소 기술</td><td colspan="3">① 품질 안전성 ② 작업의 안전성
③ 생산단계 유해 휘발성 물질 배출 ④ 소음 및 분진 발생
⑤ CO_2 발생량 비교 ⑥ 저탄소 기술</td></tr>
<tr><td>검토결과</td><td colspan="5">- 고유 성능
연구단 개발 기술은 기존 기술과 내구서d 및 안전성 부분에서는 비슷한 성능을 보이고 있으나, 거주성에 있어서 음 환경, 온열 환경, 공기 환경 성능에서 월등한 것을 확인할 수 있다. 또한 유지관리 비용면에서도 기존 기술보다 효율이 좋은 것으로 분석되었다.

- 적용 성능
연구단 개발기술이 초기 비용면에서는 다소 증가를 보이고 있으나, 유지관리 비용면에서는 타 기술보다 효율성이 좋은 것으로 분석되었으며, 친 환경성면에서는 자연환기와 많은 차이를 보이고 있으나 작업의 안정성이 뛰어나며 유해물질 배출면에서는 비슷한 것으로 분석되었다.</td></tr>
</table>

⑨ 개발기술의 적용 결과

표 3-104. 개발기술의 적용 결과

연구단 개발 기술		적용 결과
구조 성능 개선 기술	동조질량 감쇠기	· 연구단 개발기술은 기존의 수동형 동조질량감쇠기보다 내구성 및 유지관리성이 뛰어난 것을 확인. · 작업안전성이나 품질안정성에서 연구단 개발기술이 우수한 것으로 분석됨.
	마찰 감쇠기	· 연구단 개발기술은 기존의 가새형 마찰감쇠기 보다 내구성 및 유지관리성이 뛰어난 것을 확인. · 공사기간면에서 기존기술보다 연구단 개발기술이 우수한 것으로 분석됨
	비좌굴 가새	· 연구단 개발기술은 기존의 콘크리트 충전형보다 친환경성에 있어서 우수함을 볼 수 있다. · 타 기술에 비해 연구단 기술은 초기비용은 약간 상승하나 유지관리 비용면에서 월등함을 볼 수 있다. · 기존 기술의 양생기간을 고려하면 공사기간 또한 단축시킬 수 있으며, 소음발생/분진발생 또한 줄일수 있으며, Co2 발생량 또한 줄일 수 있어서 친환경성이 우수함.
	강판복합 구조	· 연구단 개발기술은 기존의 습식철근콘크리트 벽체에 비해 내구성, 화재시 안정성 음환경성능 등은 다소 떨어질 수 있으나, 내진/면진 성능에 과설비성능 향상에 월등함. · 경제성에 있어서 연구단 개발 기술은 기존 기술에 비해 초기비용은 다소 상승하나 유지관리 비용면에서 월등함 · 다이어그램에서도 확인할 수 있듯이 시공성 친환경성 등 많은 부분에서 월등한 성능임을 확인할 수 있다.
	수평증축 공법	· 내구성 및 내진/면진 성능부분에서 기존 기술에 비해 연구단 개발 기술인 Head Bolt를 이용한 평면확장 공법이 우수한 것으로 분석됨. · 유지관리 비용, 품질 안정성, 작업의 안정성 등을 기존 기술보다 월등한 것으로 분석됨

연구단 개발 기술		적용 결과
설비 성능 개선 기술	건식온돌 패널	· 기존 기술에 비해 연구단 개발 기술은 설비성능 및 친환경성능, 유지관리성이 뛰어남 · 기존기술은 천장고의 법규를 만족시키기 어려운 기술이나 이해 반해 연구단 개발 기술은 천정고 법규를 충분히 만족하는 기술로 분석됨. · 경제성이나 시공성면에서 저탄소 기술과 Co2 발생량을 고려해본 결과 연구단 기술은 친환경성에 있어서 우수한 것으로 분석됨.
	위생배관	· 연구단 개발기술 및 기존기술들은 모두 기존의 샤프트를 철거 하거나 배관 구성 후 재시공하는 문제점이 있다. · 연구단 기술은 건식 AD를 당해층에 설치함으로써 세대간 분쟁을 최소화하며, 점검을 용이하게 하고 위생소음저감의 효과와 유지관리의 용이성을 확보할 수 있는 장점이 있다. · 하층세대 경유 배관 방식을 사용할 경우 초기 공사비용이 절감되나 유지관리 비용 면에서는 연구단 개발 기술이 우수함을 확인 할 수 있다. · 시공성에 있어서 품질안전성과 작업의 안전성 등을 확보할 수 있는 장점이 있다.
	최적환기 전략	· 연구단 기술은 거주성에 있어서 음환경, 온열환경, 공기 환경 성능에서 월등한 것을 확인할 수 있다. 또한, 유지관리 비용면에서도 효율이 좋은 것으로 분석됨. · 초기 비용은 기존기술보다 높으나 유지관리 비용면에서는 타 기술보다 효율성이 좋은것으로 분석됨. · 친환경성면에서는 자연환기와 많은 차이를 보이고 있으나 작업의 안정성이 뛰어남.

(바) 리모델링 공동주택 요소기술 평가결과의 지식기반 구축(프로토타입 개발)

① 개발방향

리모델링 공동주택 요소기술 평가결과의 지식기반 구축을 위한 프로토 타입은 기술의 평가 용이성, 평가 결과의 활용성, 최종 사

용자를 위한 편의성 등 3가지 측면을 중점사안으로 개발되었다. 시스템의 기능은 입력, 조회, 평가로 나뉘어지며 흐름은 다음과 같다.

- 사용자는 기술의 일반적인 사항인 기술 명, 개발자, 개발년도, 기술 분야 및 적용 부위 등 기술의 일반 개요를 입력한다.
- 기술이 내포하는 고유성능, 적용성능을 입력한다. 성능의 평가 및 입력방법은 등급선택(정량적), 직접입력(정성적), 해당사항의 선택의 방법으로 구분된다.

입력된 기술의 개요는 데이터베이스화되어 축적된다.

- 사용자는 필요한 기술의 분야 및 적용 부위에 따라 조회를 할 수 있으며, 조회된 각 기술의 성능 범주 및 항목을 비교, 평가하여 적합한 기술을 선정할 수 있다.

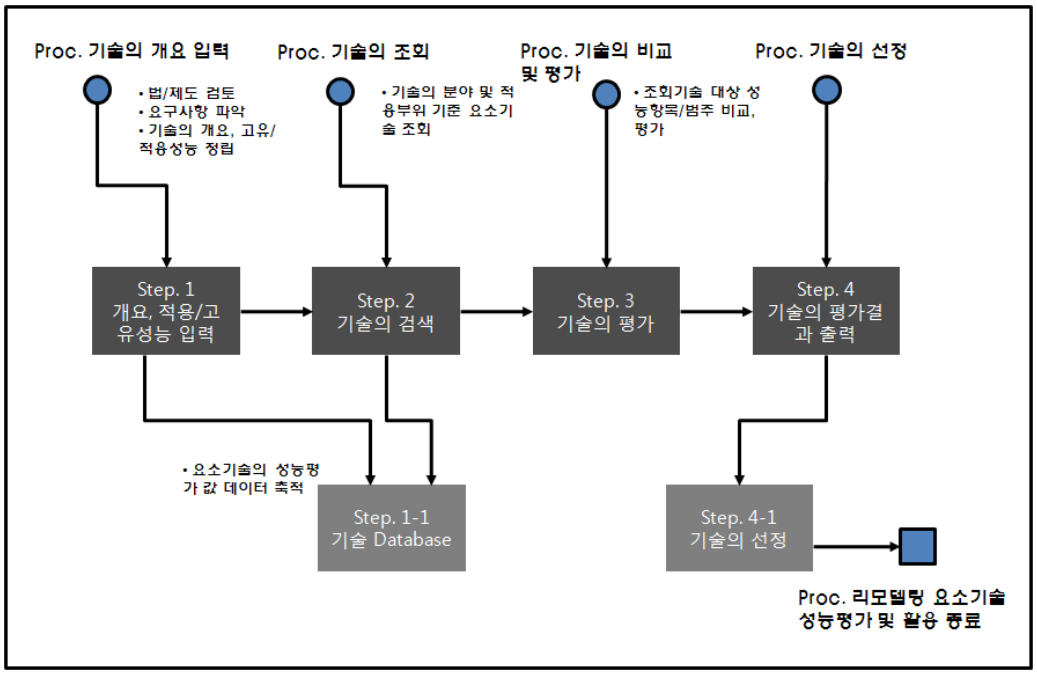


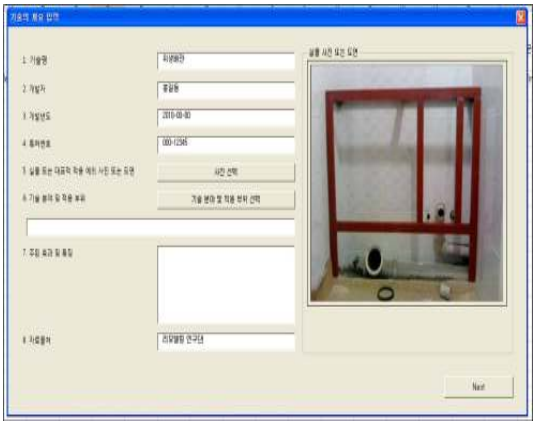
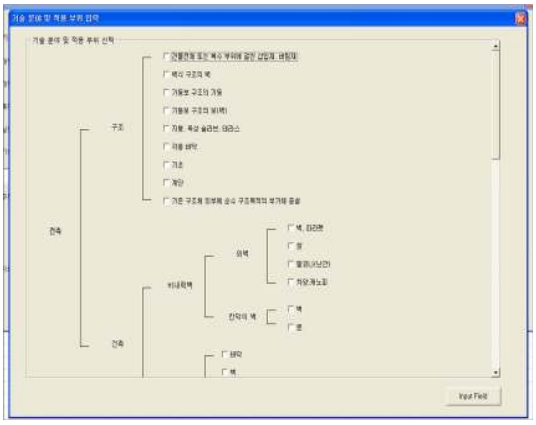
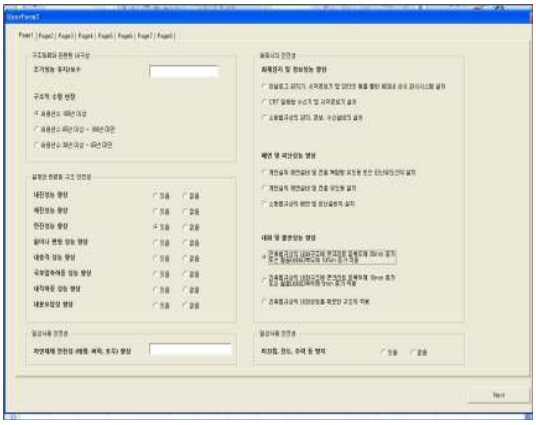
그림 3-167. 리모델링 공동주택 요소기술 평가결과의 지식기반 구축 흐름도

② 기술의 개요 입력 부분

사용자는 요소기술에 대한 성능항목을 선정하기 위한 1차 작업

으로 기술의 특성에 따라 개요, 고유성능, 적용성능을 선택하여 입력한다. 아래 표 3-105는 기술의 개요 입력 화면을 보여준다.

표 3-105. 리모델링 요소기술 성능평가 개요 입력 화면

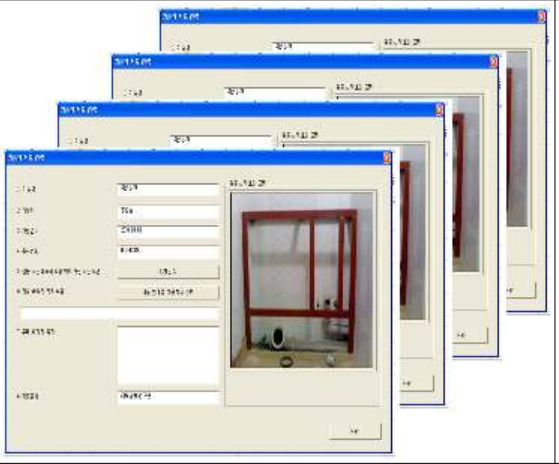
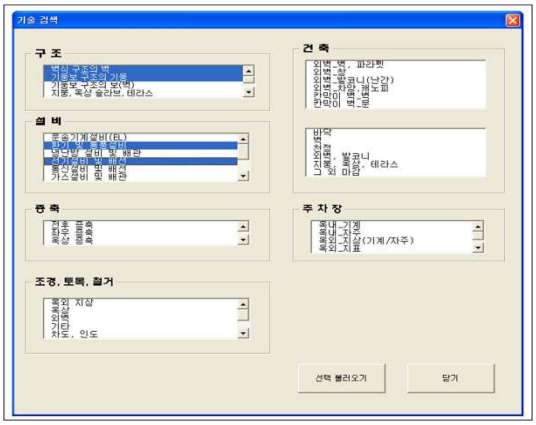
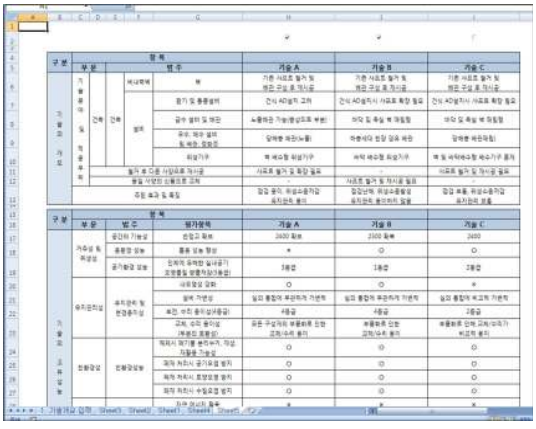
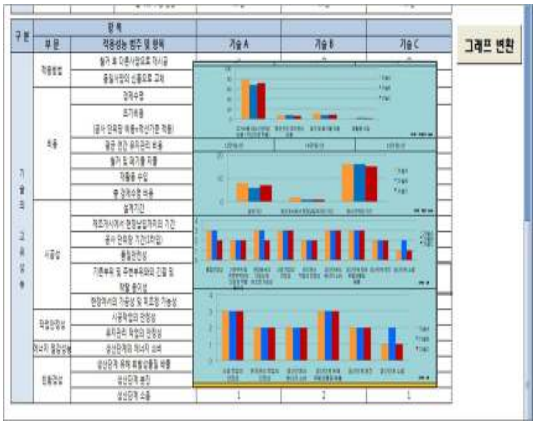
시작 창_입력, 검색	기술의 개요 입력 UI
	
기술의 개요_적용부위 입력 UI	**기술의 적용/고유성능 입력 UI**
	

③ 기술의 검색, 평가활용 부분

사용자는 요소기술 필요기술을 선정하기 위해 위의 입력과정을 통해 축적된 각 기술의 Database 내에서 기술의 분야 및 적용부위를 선택하여 기술을 검색한다. 사용자는 검색된 결과를 확인하고 필요기술을 선택할 수 있으며, 고유/적용성능의 항목 및 범주에 따라 성능항목을 비교 및 평가한다. 최종적으로 선정된 기술

의 개요, 고유성능, 적용성능을 표시하는 결과물을 출력하게 된다.

표 3-106. 리모델링 요소기술 성능평가 결과를 이용한 기술 선정 방법 프로토 타입

기술의 Data 축적	기술의 검색 UI
	
기술의 검색 결과 UI	**검색 결과의 비교 및 평가 UI**
	

(사) 연구 결과

본 연구는 리모델링에 대한 관심이 높아지고 있는 시점에서 국내·외 주택성능관련 항목과 요구사항에 대한 분석을 통해 리모델링 요소기술의 개요, 고유성능, 적용성 성능항목과 세부항목을 선정하였다.

리모델링 공동주택의 성능평가 체계에 적용되는 요구사항을 분석

하기 위하여 미국, 영국, 일본 등 해외의 국가 및 기관들이 제시하는 요구사항과 항목선정 기준 등 각각의 기관이나 연구자들이 제시하는 성능항목의 영향요소들 중 동일한 의미를 가지면서도 표현이 다른 언어들 중의 키워드를 찾아서 분석하였다.

사회적 리모델링의 수요가 증가함에 따라 리모델링에 대한 요소기술에 대한 관심도 높아지고 있다. 개발 및 실용화가 빠르게 진행되는 기술의 경우 수요자 측에서는 성능에 입각한 평가/선정(설계)이, 공급자측에서는 목표로 하는 성능을 명확히 한 제품 개발이 진행되고 있다. 그러나, 지원체계의 미비, 국내 주택 관련 성능인증 제도간 중복 등으로 각 기술을 내용에 대해서 체계적으로 제시할 필요성이 있다.

선정된 성능항목을 통해 리모델링 요소기술의 성능항목에 대한 지표를 설정하였으며, 활용 방안을 제시하고. 그 결과는 다음과 같다.

① 국내의 성능 관련 제도는 이미 시행되고 있는 친환경 건축물 인증제도 등의 타 인증제도와 상당부분 중복성을 띄고 있으므로 각 제도간의 성능 평가 항목 기준에 대한 혼란을 방지하기 위한 노력이 필요하다.

② 국내/외 요구성능, 제도 등을 바탕으로 개요, 고유성능과 적용성능 항목을 도출하였다.

고유성능으로는 내구성 및 안전성, 거주성 및 위생성 등 8개 부문과 15개의 범주 33개의 세부 성능 항목으로 분류하였고, 적용성능으로는 적용방법, 시공성 등 5개 부문과 14개의 성능 범주 항목을 제시하였다.

③ 고유성능 및 적용성능에 대한 정성적, 정량적인 평가 방법을 제안하였으며, 정량적 평가 방법으로는 국내 관련 기준을 고려하여 평가 항목별 지표를 제시하였다. 그 결과 발주자, 설계자, 시공자 등 이해관계자들의 의사결정 지원에 효과적인 것으로 확인되었다. 국내/외 평가 지표에 대한 기준이 다양하여 추구 연구에서는 지표

표준화에 대한 연구가 지속적으로 필요하다.

④ 리모델링 요소기술의 성능평가 결과를 이용한 기술 선정 방법을 프로세스로 제시하였고, 성능의 분석에 대하여 정량적, 정성적인 활용 방법을 제시하였으나, 기술을 선정/평가 하는 데에는 요구사항에 적합한 검토가 중요하기 때문에 1:1 비교보다는 여러기술을 평가해야 하며, 산업적 측면에서 기술의 유통 활성화를 위한 DB확보가 필요하다.

나. 요소기술의 경제성 평가 기술

(1) 리모델링 요소기술 적용을 위한 VE/LCC 분석

(가) VE/LCC 분석방향

요소기술의 성능향상과 비용을 고려하여 가치적인 측면에서 유리한 설계안을 선정

(나) 분석절차

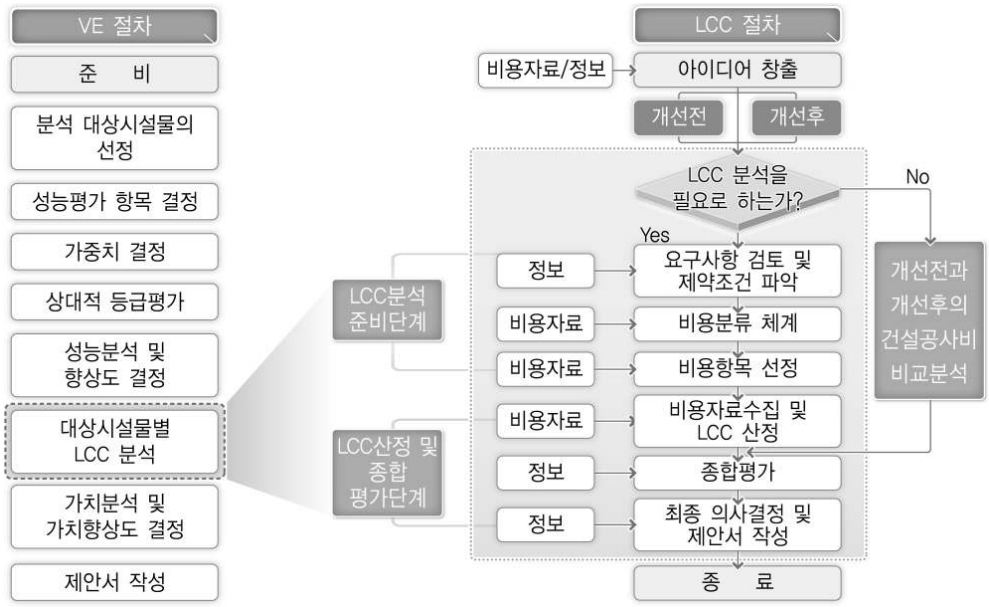


그림 3-168. VE/LCC 분석절차

(다) 분석 대상 요소기술 선정

표 3-107. 분석대상 연구단 요소기술

연구단 요소기술		개발기술	비교안
구조성능개선	동조질량감쇠기	증축형 동조질량 감쇠기	수동형 동조질량 감쇠기
	마찰감쇠기	벽체 휨거동이용	가사형 마찰감쇄기
	비좌굴가새	각봉충전 비좌굴가새	콘크리트 충전형
	강판복합구조	건식 강판복합 구조	습식 철근콘크리트 벽체
설비성능개선	건식온돌	건식온돌패널	습식온돌패널
	위생배관	층상피트+상상배관	하층세대경유 배관
	환기시스템	하이브리드	전열교환기

(라) 성능평가 항목 선정

표 3-108. 성능평가 항목

부 문	범 주	항 목
내구성 및 안전성	구조재료와 관련된 내구성	초기성능 유지/보수, 구조적 수명 연장
	설계와 관련된 구조 안전성	내진성능 향상, 휨이나 변형 성능 향상, 전도 및 파괴 방지 성능 향상, 내충격 성능 향상, 부압축하중 성능 향상, 내적하중 성능 향상, 내분포압성 향상
	화재시의 안전성	화재감지 및 경보성능 향상, 배연 및 피난성능 향상, 내화 및 불연성능 향상
	자연재해에 대한 안전성	자연재해 안전성 (태풍, 벼락, 호우)향상
	일상사용 안전성	미끄럼, 전도, 추락 등 방지
거주성 및 위생성	공간의기능성	면적 확장, 천정고 확보
	보행, 촉감	충격흡수, 소음방지
	광시환경 성능	조망의 확보, 자연 채광의 확보, 인공조명의 개선, 시각적 피로 방지 및 가시성(시인성) 확보
	음환경 성능	흡음 성능 향상, 경량/중량충격음 차단 성능 향상, 화장실 소음 차단 성능 향상, 경계 소음 차단 성능 향상, 자체 소음 발생 저감

	온열환경 성능	단열성능 향상, 축열성능 향상, 결로방지성능 향상
	공기환경 성능	인체에 유해한 실내공기오염물질 방출저감, 환기 및 통풍 성능향상
노약자 배려성	약자배려 성능	시각 장애자 배려, 청각 장애자 배려, 지체부자유자, 노약자(어린이, 노인, 임산부) 배려
유지 관리성	유지관리 및 변경용이성	내 오염성 강화, 공간구획(평면) 가변성, 설비 가변성, 보전, 수선 용이성, 교체 수리 용이성
방범성	방범	침입방지 성능, 감시기능 강화
친 환경성	친환경 성능	해체 시 폐기물 분리수거, 재생, 재활용 가능성, 폐재 처리 시 공기오염 방지, 토양오염 방지, 수질오염 방지
에너지 절약성	건축 에너지 절약성능	자연 에너지 활용, 단열성 향상, 기밀성 향상
	설비성능 향상	설비의 성능 및 기능향상, 설비의 효율 향상 (운용에너지 및 물소비량 절감), 설비의 수명 연장
	에너지 절감성능	생산단계의 에너지 소비, 생산단계의 물소비
심미성	미관적 성능	옥내 공용부, 전용부 심미성 향상, 외벽, 옥상, 옥외 심미성 향상
시공성	제조가공성	품질 안정성(신뢰성), 기존부위 및 주변부위와의 긴결 및 착탈 용이성, 양생의 난이도, 현장에서의 가공성 및 미조정 가능성, 호환성

(마) 가중치 결정

가중치 산정 방법 - 평가기준 매트릭스법이나 AHP기법을 적용

① 대안별 각 평가항목의 가중치를 결정하기 위해서 평가기준매트릭스를 사용하여 결정함

② 설계자, 관련전문가, VE팀에 의해서 평가

③ 평가항목들이 서로 쌍으로 비교 평가되어 가중치를 가지게 됨

④ 각 평가항목이 만나는 박스 내에서 두 개의 항목을 쌍으로 비교하여 중요항목을 기록

⑤ 중요성이 높은 평가항목을 기록하고 비슷하게 평가되었을 때 A/B 식으로 기록됨

⑥ 중요성이 높다고 기록된 항목은 1점, 비슷하게 평가 기록된 것은 0.5점을 가짐(Caltrans 「Value Analysis Report Guide, 1999」의 추천방법)

⑦ 평가기준 매트릭스의 모든 항목을 평가항목별로 점수를 취합하여 가중치를 산정함

⑧ 합산된 가중치를 보정하여 최종 확정 가중치를 결정함

(바) 등급 평가

① 항목별로 상대적인 등급평가를 실시함

② 평가등급 결정은 정량적인 기준을 제시하되, 정성적인 판단으로 결정해야 할 경우 아래의 기준을 적용함.

③ 평가등급은 각 비교안별로 평가항목에 대해서 상대적인 등급을 부여

표 3-109. 평가 등급의 근거

등급	평가근거
10	기술적으로 가능함 / 대단히 큰 편익 예상됨 / 중요비용과 중요기능 개선
9	기술적으로 가능함 / 프로젝트 개선 예상됨 / 약간의 비용과 다른 기능적인 개선
8	기술적으로 가능함 / 작은 비용과 다른 기능적인 개선
7	약간의 프로젝트 편익 예상됨 / 설계기준에 제안할 필요 있음
6	대안 접근 / 가능한 설계 제안
5	비용 축소 / 기능적인 요구에서 약간의 손실
4	편익추구에 의심스러움
3	추구하기에는 미지수가 너무 많음
2	중요한 단점
1	프로그램 요구사항과 맞지 않음

(2) VE/LCC 분석 결과

(가) 동조질량 감쇠기

분석방향	•동조질량 감쇠기 VE/LCC 분석에 있어서 성능 평가항목은 내구성, 내진성, 유지관리성, 친환경성, 적용성, 시공성 6가지 항목이 선정되었으며 시공성과 내진성의 중요도가 상대적으로 높게 평가됨

비교안

수동형 동조질량 감쇠기



F:82.3 C:3.33 V:24.7



선정안

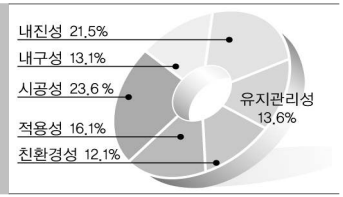
증축형 동조질량 감쇠기



F:88.1 C:1.00 V:88.1



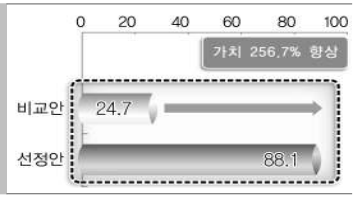
항목별 가중치



LCC 분석



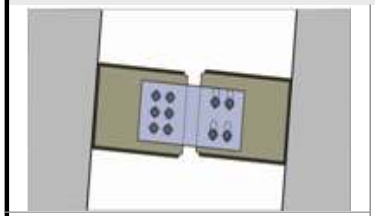
가치 향상도



분석결과	•비교안 대비 성능 7.1% 향상, 비용 70.0% 절감 및 가치 256.7% 향상함 ➜ 가치혁신형

(나) 마찰감쇠기

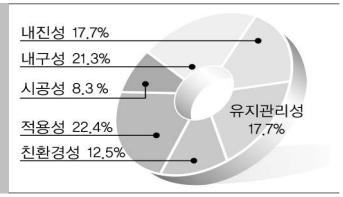
분석방향	•마찰감쇠기 VE/LCC 분석에 있어서 성능 평가항목은 내구성, 내진성, 유지관리성, 친환경성, 적용성, 시공성 6가지 항목이 선정되었으며 내구성과 적용성의 중요도가 상대적으로 높게 평가됨

비교안	선정안
가새형 마찰감쇠기	벽체휨거동을 이용
	
F:72.8 C:2.96 V:24.6	F:79.9 C:1.00 V:79.9





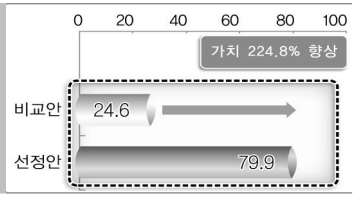
항목별 가중치



LCC 분석



가치 향상도



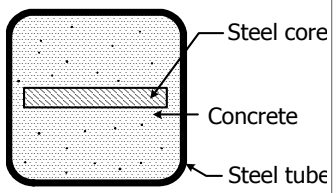
분석결과	•비교안 대비 성능 9.7% 향상, 비용 66.2% 절감 및 가치 224.8% 향상함 ➜ 가치혁신형

(다) 비좌굴가새

분석방향	•비좌굴가새 VE/LCC 분석에 있어서 성능 평가항목은 내구성, 내진성, 유지관리성, 친환경성, 적용성, 시공성 6가지 항목이 선정되었으며 시공성과 적용성의 중요도가 상대적으로 높게 평가됨

비교안

콘크리트 충전형

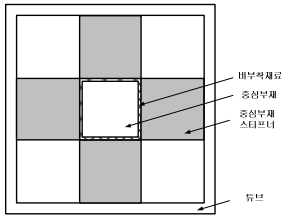




F:83.3 C:2.50 V:33.3

선정안

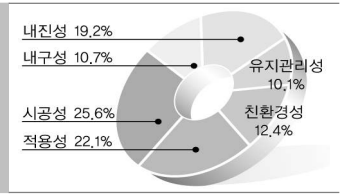
각봉충전 비좌굴가새





F:92.0 C:1.00 V:92.0

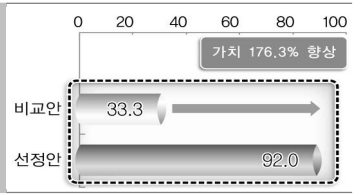
항목별 가중치



LCC 분석



가치 향상도



분석결과	•비교안 대비 성능 10.5% 향상, 비용 60.0% 절감 및 가치 176.3% 향상함 ➜ 가치혁신형

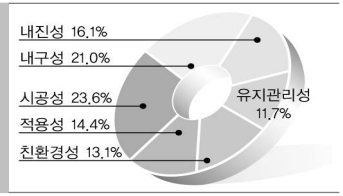
(라) 강판복합구조

분석방향

•강판복합구조 VE/LCC 분석에 있어서 성능 평가항목은 내구성, 내진성, 유지관리성, 친환경성, 적용성, 시공성 6가지 항목이 선정되었으며 내구성과 시공성의 중요도가 상대적으로 높게 평가됨

비교안	선정안
습식 철근콘크리트 벽체	건식 강판복합 구조
	
	
F:74.8 C:1.33 V:56.4	F:77.1 C:1.00 V:77.1

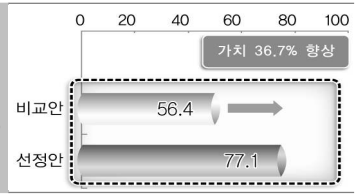
항목별 가중치



LCC 분석



가치 향상도



분석결과

•비교안 대비 성능 3.0% 향상, 비용 24.7% 절감 및 가치 36.7% 향상함 ➜ 가치혁신형

(마) 건식온돌패널

분석방향

•건식온돌 VE/LCC 분석에 있어서 성능 평가항목은 거주성, 유지관리성, 친환경성, 단열성, 시공성, 기능성 6가지 항목이 선정되었으며 시공성과 기능성의 중요도가 상대적으로 높게 평가됨

비교안

습식온돌패널

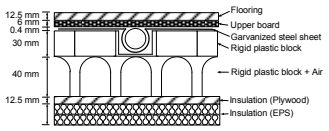




F:77.8 C:1.00 V:77.8

선정안

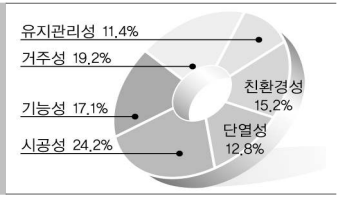
건식온돌패널





F:91.8 C:1.16 V:79.1

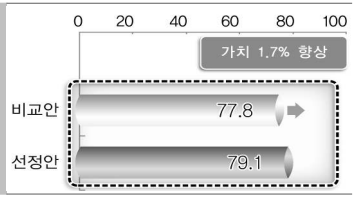
항목별 가중치



LCC 분석



가치 향상도



분석결과

•비교안 대비 성능 18.0% 향상, 가치 1.7% 향상함 ➜ 성능강조형

(바) 위생배관

분석방향

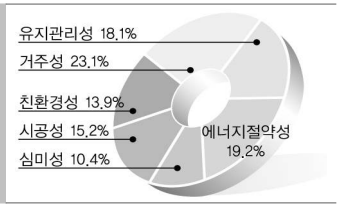
•위생배관 VE/LCC 분석에 있어서 성능 평가항목은 거주성, 유지관리성, 에너지절약성, 심미성, 시공성, 친환경성 6가지 항목이 선정되었으며 거주성과 유지관리성의 중요도가 상대적으로 높게 평가됨

비교안	선정안
하층세대배관	층상피트+상상배관
	
F:68.4 C:1.00 V:68.4	F:91.7 C:1.28 V:71.8

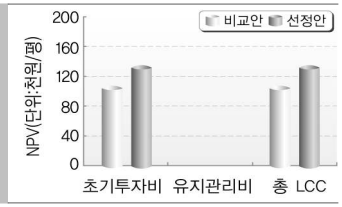




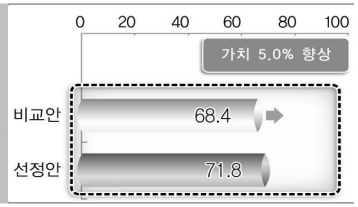
항목별 가중치



LCC 분석



가치 향상도



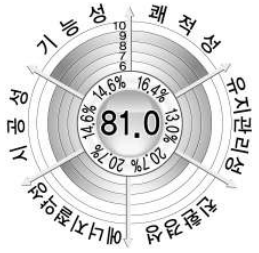
분석결과

•비교안 대비 성능 34.2% 향상, 가치 5.0% 향상함 ➜ 성능강조형

(사) 환기시스템

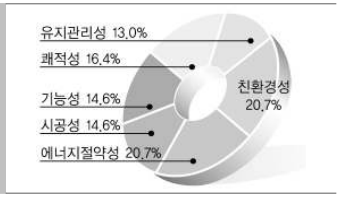
분석방향	•환기시스템 VE/LCC 분석에 있어서 성능 평가항목은 쾌적성, 유지관리성, 친환경성, 에너지절약성, 시공성, 기능성 6가지 항목이 선정되었으며 에너지절약성과 쾌적성의 중요도가 상대적으로 높게 평가됨

비교안	선정안
전열교환기	하이브리드
	
F:81.0 C:6.22 V:13.0	F:93.4 C:1.00 V:93.4

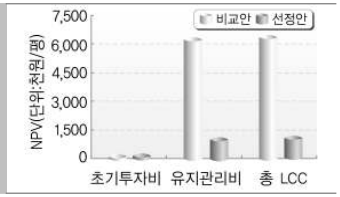




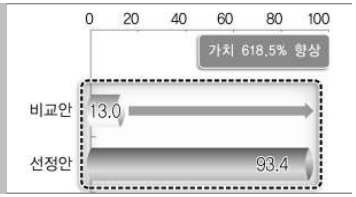
항목별 가중치



LCC 분석



가치 향상도



분석결과	•비교안 대비 성능 15.2% 향상, 비용 83.9% 절감 및 가치 618.5% 향상됨 ➜ 가치혁신형

(3) 종합분석결과

종합 분석결과	• 연구단의 개발기술은 성능측면에서 15.5%향상, LCC측면에서 69.9%절감, 비교안 대비 95.0%의 가치가 향상되어 최적의 설계로 평가되었다.

(가) 구조성능 개발기술

구조성능 개발기술 분야의 4개 항목에 대하여 검토한 결과 성능측면에서는 평균 7.5%향상, 비용측면에서는 평균 55.2% 절감, 가치측면에서는 평균 173.6%의 향상율을 나타내어 최적의 설계로 평가되었다.

표 3-110. 구조성능 개발기술의 분석결과

항목		성능		비용		가치	
		점수	향상도(%)	비용(천원)	증감율(%)	점수	향상도(%)
동조질량감쇠기	선정안	88.1	7.1▲	300,000	70.0▽	88.1	256.7▲
	비교안	82.3	-	1,000,000	-	24.7	-
마찰감쇠기	선정안	89.9	9.7▲	1,360	66.2▽	79.9	224.8▲
	비교안	72.8	-	4,026	-	24.6	-
비좌굴가새	선정안	92.0	10.5▲	1,000	60.0▽	92.0	176.3▲
	비교안	83.3	-	2,500	-	33.3	-
강판복합구조	선정안	77.1	3.0▲	1,680	24.7▽	77.1	36.7▲
	비교안	74.8	-	2,230	-	56.4	-

(나) 설비성능 개발기술

설비성능 개발기술분야의 3개항목에 대하여 검토한 결과 성능측면에서 평균 18.2% 향상, 비용측면에서 다소 상승하는 항목도 있으나, 가치적인측면에서 평균 208.4%의 가치향상율을 보여 최적의 설계로 평가되었다.

표 3-111. 설비성능 개발기술의 분석 결과

항목		성능		비용		가치	
		점수	향상도(%)	비용(천원)	증감율(%)	점수	향상도(%)
건식온돌	선정안	91.8	18.0▲	491	16.0▲	79.1	1.7▲
	비교안	77.8	-	423	-	77.8	-
위생배관	선정안	91.7	34.2▲	133	27.8▲	71.8	5.0▲
	비교안	68.4	-	104	-	68.4	-
환기시스템	선정안	93.4	15.2▲	1,014	83.9▽	93.4	618.5▲
	비교안	81.0	-	6,312	-	13.0	-

요소기술의 경제성 평가결과 새로운 리모델링을 지향하는 비교 대안기술과 비교해서는 경제성이 있으나 리모델링 기존 기술과 비교해 비용 증가는 피하기 어렵다고 판단된다.

다. 리모델링 사업성 평가

(가) 사업성 평가의 방법 및 기준

① 가격의 기준

공사비 산정에 기준이 되는 단위면적의 개념은 '계약면적'을 의미하며, 일반적으로 사용하는 '공급면적(전용면적+공용면적)'에서 지하주차장 등의 기타공용면적을 더한 것이 계약면적이다.

리모델링 공사비 산정과정에서 공사비를 표현하는 가격의 기준은 설계예정가격으로 정한다. 예정가격의 정의와 특징은 다음과 같다. '국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행령 제2조 제2호'에서 예정 가격이란, 계약담당공무원이 국가가 당사자가 되는 계약을 체결할 때에 낙찰자 또는 계약자의 결정 기준으로 삼기위하여 입찰 또는 계약 체결 시에 미리 작성, 비치하여 두는

가격을 의미 한다.

표 3-112. 공사 예정가격 적용기준 분류

가격	종류	비율 (%)
예정가격		100
계약가격	입찰가, 투찰가, 계약가	87~92

기존 사례들을 살펴보면 낙찰에 의해 이루어져 계약가격의 경우 예정가격에 대비하여, 약 87~92% 수준에 형성됨을 알 수 있다. 이에 공사비 예측에 사용되는 실적 공사비나 사례데이터들이 어느 수준에 가격이 형성되었는지 확인하고 그에 따른 보정이 필요하다. 리모델링 공사비 산정과정에서 설계도서의 수준과 단계별 비용 예측 정보 등 확보 가능한 정보들을 통해 다음과 같은 기준으로 공사비를 산정한다. (① 표준품셈 ② 실적공사비 ③ 거래실례가격)

② 견적 조건의 분석

- 기본사항
  - ▸ 작업의 기준시점 - 2009년 하반기
  - ▸ 공사비 산출 - 설계예정가격
  - ▸ 지하주차장(+데크주차장) 신설
  - ▸ 모델하우스 및 샘플하우스 공사비 제외
  - ▸ 금융관련비용 일체 제외

- 철거공사
  - ▸ 실적공사비에 의한 산정
    - ■ 철거시 140,000 원 / 3.3㎡

- 건축분야

- 품셈과 실적단가를 조합
- 층고, 슬래브 두께
  - 기존부위 : 리모델링을 수행하기위한 기존아파트 치수가 적용
- 토목, 조경분야의 경우 비용은 동일한 것으로 산정
- 마감수준 - 성남 판교 지구에 최근(2009년 하반기) 신축기준

- 구조분야
  - 건식온돌패널을 적용한 상태에서의 구조검토를 진행하였음
  - 견적조건
    - 건식온돌패널 적용, 내력벽 보강, 내력벽 신설, 슬래브 신설
  - 당 현장은 1986년 설계되었으며 내진설계를 전혀 고려하진 않았음
    - 벽체보강, 30%증축을 고려하여 현재기준으로 보강

  - 지정공사 기준
    - 서울의 15~20년된 벽식 노후 아파트 / 2개동 200세대
    - 기초 : 안전지반 (주동경계-마이크로 파일 보강)
    - 주차장 지정공사 : 마이크로파일 + PHC 말뚝
    - 주차장 골조공사 : 지하주차장 + 데크주차장
    - 구조체 공사비 산정의 경우 접합부, 슬래브 모두 고려하였음

- 설비분야
  - 은평 뉴타운 지구의 설비수준을 기준으로 하는 단위면적당 설비 금액의 실적공사비 제시

③ 공사비 분류체계

리모델링 공사비 산정과정에서 아래 표 3-113와 같은 공사비 분류체계를 활용한다. 특징으로는 구조 및 설비의 요소기술 적용에 따른 공사비 변동 확인이 가능하며, 각 부분별 공사비를 쉽게 파악함으로서 비용관리 등 조건변화에 대응이 용이하다.

표 3-113. 공사비 분류체계

구분	대분류	중분류	소분류
공통비			
철거		내부(건물)	내부마감철거
			전체골조및마감철거
			설비철거
		외부	외벽및지붕철거
			기타 (재건축 전체철거)
		1층철거	
주동	전용부	건축	칸막이(조적)
			마감
			창호
		구조	내력벽보강
			내진보강
			골조 신설
		설비	장비설치공사
			난방배관공사
			급수급탕배관공사
			오배수배관공사
			위생기구설치공사
			환기설비공사
			가스배관공사
			스프링클러배관공사
			전기,통신

구분	대분류	중분류	소분류
주동	공용부	건축	칸막이(조적)
			마감
			창호
		구조	내력벽보강
			내진보강
			골조 신설
		설비	난방배관공사
			급수급탕배관공사
			오배수배관공사
			AD덕트 설치공사
			옥내가대설치공사
			기계실배관공사
			가스배관공사
			소화배관공사
			스프링클러배관공사
			전기,통신
주차장		토공사	흙막이
			토공사
			지정공사
		건축	방수공사
			마감공사
		구조	구조(골조)공사
		설비	기계,환기
			전기,통신,소방
기타		엘리베이터	
		부대토목	
		조경	식재
			시설물
			운동시설
간접비 外			

④ 공사비 산정 과정

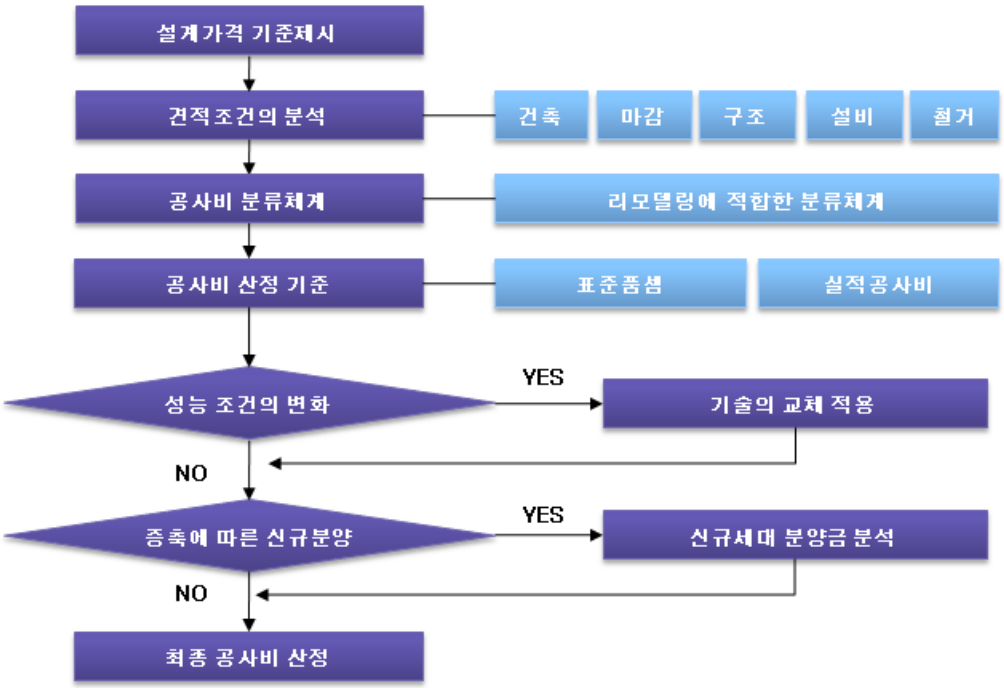


그림 3-169. 공사비 산정 과정

위 그림 3-169은 공사비 산정과정을 표현한 것이다. 공사비 산정에 있어 예정가격으로 가격의 기준을 제시하였으며, 리모델링의 수준을 고려한 건축, 마감, 구조, 설비 등의 견적조건을 확인하고 표준품셈, 실적공사비, 실사례 또는 전문가의 의견을 조합하여 공사비를 산정하였다. 성능 조건의 변화에 따른 요소기술적용 공사내역을 추가하게 되며, 단위면적당 비용과 1세대 주민부담금을 산정 한다.

(나) 사업성 평가의 예시

재건축, 리모델링 재현 신축, 일반 리모델링, 요소기술을 적용한 리모델링 4가지의 비용을 산정하고 비교해보도록 한다.

- 재건축 : 전체 철거 후 신축

- 리모델링 재현 신축 : 리모델링 대안 도면으로 전체 철거 후 신축
- 일반 리모델링 : 기존 골조유지, 내부수선, 설비교체, 구조보강 등의 리모델링
- 요소기술적용 리모델링 : 연구단의 구조 또는 설비 요소기술을 도입한 리모델링

리모델링 비용과 비교를 위한 재건축 단지의 개요 정보를 나타낼 필요가 있다. 재건축 단지는 기존 대상 단지에 현행 법규를 적용하여 계획하였으며 지역 조건의 특성상 재건축시 기존 196세대에서 158세대로 줄어들게 된다. 기존세대의 이주 및 보상이 고려되야 하며, 본 연구에서는 전체 재건축 공사에 따른 공사비를 세대수로 분담하여 1세대당 주민분담금으로 활용하도록 한다.

표 3-114. Test Bed 단지 재건축 개요

		기존건물	재건축 개요
대지정보	지역지구	제3종 일반주거지역, 비행안전제3구역, 대공방어협조구역, 과밀억제권역, 학교환경위생정화구역	
	도로현황	동측 6m, 서측 10m(전면), 남측 10m, 북측 4m	
사업면적	대지면적	7,909㎡	7,164㎡
	사업부지면적	7,909㎡	7,909㎡
	기부채납면적	-	745㎡
연면적	지상	17,915.09	15,843.19㎡
	지하	1,629.04	6,908.20㎡
	합계	19,690.49	22,751.39㎡
용적률		226.52%	219.75 (법정 250%)
주차대수		81대	205대
규모		지상 12층	지하2층, 지상 13층
세대수		196세대	158세대

상한용적률=허용용적률+기준용적률×1.3×(공공시설제공면적/공공시설제공후 대지면적)
= 210%+12%)+210%×1.3×(734.0/7,164.0) = 250%
완화항목 적용사항 : 인동간격 0.8H/기부채납에 의한 높이 완화기준 적용(도로사선)
: 1.5D×(1+제공면적/당초면적) = 1.64D
지구단위계획 및 개발 행위허가대상

표 3-115. 사업성 평가결과의 예시

(단위 : 원)

	재건축	리모델링 재현 신축	리모델링	요소기술적용 리모델링
단위면적(3.3㎡)당 공사비	3,692,607	3,444,663	3,187,395	3,239,902
단지 전체 총공사비	25,413,061,784	34,939,804,309	32,330,283,116	32,862,877,446
세대보상/분양수익	14,753,120,000	0	0	0
총 사업비	40,166,181,784	34,939,804,309	32,330,283,116	32,862,877,446
세대수(기존196세대)	158세대	196세대	196세대	196세대
단위면적(3.3㎡)당 분담금	5,836,287	3,444,663	3,187,395	3,239,902
1세대 주민분담금	254,216,340	178,264,309	164,950,424	167,667,742
재건축 대비 차이	0	75,952,031	89,265,916	86,548,598
비율	100%	70.1%	64.9%	66.0%

앞서 제시한 리모델링 사업성 평가체계에 의해 위의 표와 같이 평가결과를 제시할 수 있다. 단위면적(3.3m2)당 공사비, 총공사비, 세대당 분담금 등의 항목을 재건축, 리모델링 재현 신축, 기존기술 적용 리모델링, 요소기술 적용 리모델링과 같이 다양한 사업형태에 따라 비교가능한 결과를 제시하고자 한다.

라. BIM을 활용한 리모델링 사업성 평가 기술

(1) 개발 기술의 정의

본 연구단이 개발한 리모델링 공사비 및 공기 산출 시스템은 국내 노후 공동주택 리모델링 프로젝트의 계획단계에서 3D 모델과 이와 연결된 데이터베이스를 통해 개략적인 공사비 및 공기를 산출할 수 있는 시스템이다. 이러한 시스템은 리모델링 사업주에게 상대적인 대안들에 대한 비교 및 분석 수단을 제공할 수 있다.

(2) 기존 기술과의 차별성

본 연구 개발 기술의 기존 기술과의 차별성은 비용관리 부분과 공정관리 부분으로 나누어 생각해 볼 수 있는데 우선 비용관리 측면을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 산출된 결과값의 정확성이 높아진다. 기존 기술은 2D 도면을 기반으로 물량을 산출하여 수작업량이 많고 오류가 발생활 확률이 높지만 개발 기술을 활용하면 정확한 파라미터 값 입력으로 모델의 완성도를 높이면 비교적 실제와 오차가 적은 결과값을 얻을 수 있다.

둘째, 비용정보의 객관성과 투명성이 높아진다. 기존 기술은 누가 수행하느냐에 따라 같은 프로젝트에서도 다른 결과 값이 도출될 수 있다. 이에 반해 개발 기술은 그 결과가 작업자의 능력에 크게 좌우되지 않으며 산출근거를 더욱 투명하고 손쉽게 확인할 수 있다.

셋째, 중복작업 및 반복작업을 최소화할 수 있다. 도면해석부터 프로세스를 다시 반복하는 기존 기술과 달리 부분적인 모델링 및 파라미터 수정을 통해 견적 결과를 얻을 수 있기 때문에 업무의 효율성이 높아지고 작업시간이 단축된다.

공정관리 측면에서 본 기존 기술에 대한 개발 기술의 차별성은 다음과 같다.

첫째, 공사기간을 합리적으로 산정할 수 있다. 공사기간을 산출할 때 현업에서는 자료에 근거하기 보다는 전문가의 경험, 혹은 감에 의존하는 경향이 있는데 개발 기술을 활용하면 생산성 데이터의 축적을 통해 신뢰도 높은 공사기간을 산정할 수 있으며 합리적인 공정계획을 세우는 것이 가능하다.

둘째, 3D모델/비용/공정이 서로 연계되어 있어 공정진척 상황을 파악하기 용이하고 일정관리와 기성관리 등을 통합하는 것이 가능하다. 또한 시공 전 가상 시뮬레이션을 통해 공정 간 간섭을 체크하고 각 공종별 커뮤니케이션의 수단으로 활용할 수 있어 업무의 효율을 높일 수 있다.

(3) BIM 시스템 개발 및 기능

(가) 연구방법론

본 연구의 수행은 그림 3-170과 같은 프로세스와 같은 순서로 진행되었다. 먼저 국내 일반적인 공동주택의 리모델링 공사에서 활용이 가능한 WBS와 리모델링 표준 Activity List를 도출하였다. 그리고 리모델링 공사의 비용 산출을 위하여 CBS를 개발하였고 여기에 표준품셈 및 일위대가를 활용하여 원가 정보를 입력하여 데이터베이스를 구축하였다. 모델과 WBS, CBS의 링크를 통하여 공정 및 비용의 산출이 가능한 환경을 구축하였으며 Case Study를 수행하여 리모델링 공사의 공사비 및 공사기간을 산출하여 봄으로써 리모델링 프로젝트에 개발 기술의 적용성을 검증해 보았다.

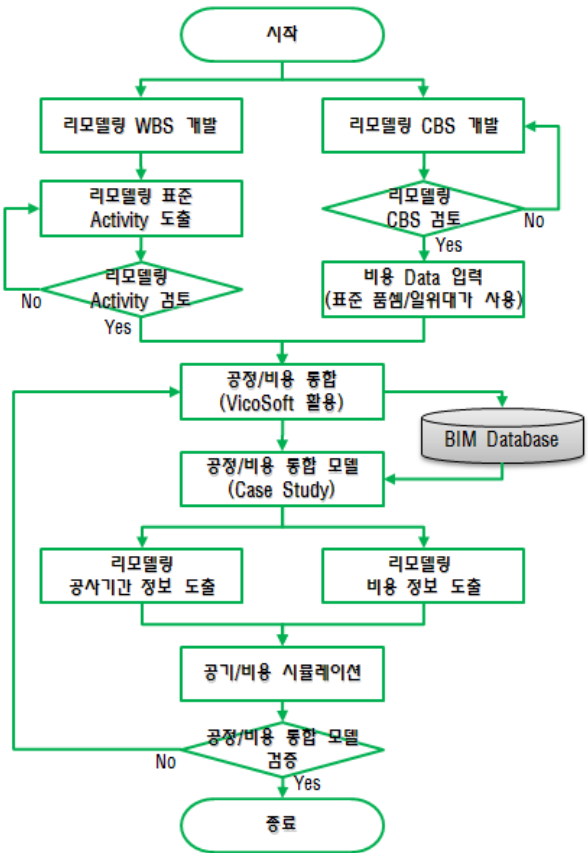
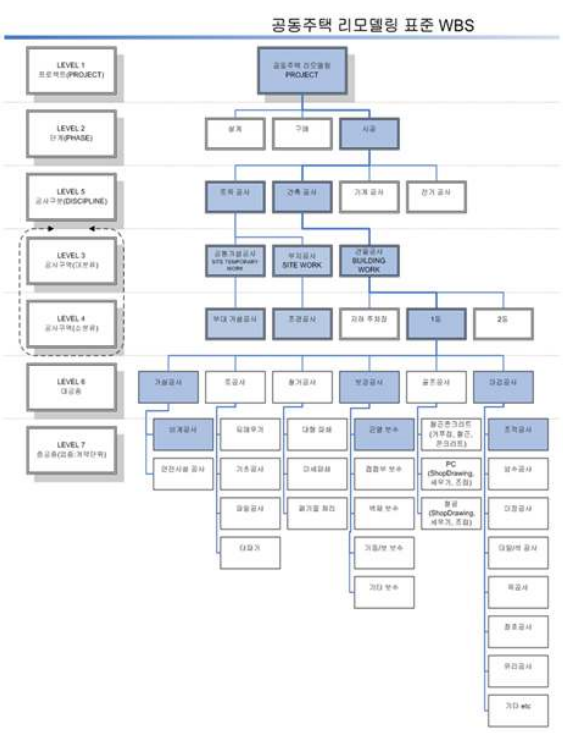


그림 3-170. 연구개발 프로세스

(나) 시스템 개발 내용

① 공동주택 리모델링 표준 WBS 및 표준 Activity 도출

리모델링 공사는 신축 공사와는 달리 철거와 보수보강 등의 추가적인 공사가 수행된다. 따라서 신축공사에서 사용하는 WBS를 적용하여 공사관리를 하기에는 어려움이 있다. 이에 본 연구에서는 리모델링 공사 경험이 있는 실무진의 자문을 통하여 다음 그림 3-171과 같이 공동주택 리모델링 공사를 위한 표준 WBS와 총 174개의 공동주택 리모델링 표준 Activity를 도출하였다.



리모델링 Activity

Activity ID	Activity Name	OD	WBS
AR11110	비계설치		AR.B1.01.01
AR11120	분진방지막 설치		AR.B1.01.01
AR11210	안전시설 설치		AR.B1.01.02
AR12110	아파트 터파기 공사		AR.B1.02.01
AR12210	아파트 파일공사		AR.B1.02.02
AR12310	아파트 기초공사		AR.B1.02.03
AR12410	아파트 부지정리		AR.B1.02.04
AR13110	철거 계획 수립		AR.B1.03.01
AR13120	철거 장비 준비		AR.B1.03.01
AR13210	지하층 장비 철거		AR.B1.03.02
AR13215	1층 장비 철거		AR.B1.03.02
AR13220	2층 장비 철거		AR.B1.03.02
AR13225	3층 장비 철거		AR.B1.03.02
AR13230	4층 장비 철거		AR.B1.03.02
AR13235	5층 장비 철거		AR.B1.03.02
AR13240	6층 장비 철거		AR.B1.03.02
AR13245	7층 장비 철거		AR.B1.03.02
AR13250	8층 장비 철거		AR.B1.03.02
AR13255	9층 장비 철거		AR.B1.03.02
AR13260	10층 장비 철거		AR.B1.03.02
AR13265	11층 장비 철거		AR.B1.03.02
AR13270	12층 장비 철거		AR.B1.03.02
AR13275	13층 장비 철거		AR.B1.03.02
AR13280	14층 장비 철거		AR.B1.03.02
AR13285	15층 장비 철거		AR.B1.03.02
AR13290	옥상층 장비 철거		AR.B1.03.02
AR13310	지하층 인력 철거		AR.B1.03.03
AR16635	1-5층 벽 초배 및 정배		AR.B1.06.06
AR16640	6-10층 바닥재 시공		AR.B1.06.06
AR16645	11-15층 바닥재 시공		AR.B1.06.06
AR16650	1-5층 바닥재 시공		AR.B1.06.06
AR16710	6-10층 가구조립 및 부착		AR.B1.06.07
AR16715	11-15층 가구조립 및 부착		AR.B1.06.07
AR16720	1-5층 가구조립 및 부착		AR.B1.06.07
AR16810	6-10층 내부 도장		AR.B1.06.08
AR16815	11-15층 내부 도장		AR.B1.06.08
AR16820	1-5층 내부 도장		AR.B1.06.08
AR16825	외부 도장 및 그래픽		AR.B1.06.08
AR16910	옥상층 지붕 바탕 정리		AR.B1.06.09
AR16915	옥상층 금속기와 및 싱글 잇기		AR.B1.06.09
AR16920	준공청소 및 입주점검		AR.B1.06.09

그림 3-171. 공동주택 리모델링 표준 WBS 및 표준 Activity List

② 공동주택 리모델링 표준 CBS 및 비용 Database 구축

비용 체계는 BIM 적용을 위하여 기존 소프트웨어의 비용 관리 체계를 활용하여 정리하였다. 비용관리 체계는 Recipe, Method,

Resource로 구분하여 작성을 하였다. Recipe는 3D 모델과 비용 정보를 연결하기 위한 연결자의 역할을 수행하고, Method는 각 공사의 공사 내용을 의미하고 Resource는 Method의 공사를 수행하기 위하여 필요한 자원을 의미한다. 그 내용은 다음의 그림 3-172와 같다.

그림 3-172. 리모델링 CBS의 체계

그림 3-173. 리모델링 표준 공사비 Database

이렇게 구성된 CBS 체계를 기본 골격으로 하여 3D 모델과의

링크를 통한 공사비 산출이 가능하도록 비용 정보 입력을 통해 데이터베이스로 구축하였다. 이 데이터베이스는 국내 여건상 적용하기 어려운 소프트웨어 기본제공 데이터베이스와 달리 표준품셈 및 일위대가를 활용하여 국내 프로젝트의 비용분류체계를 따라 작성되었으며 공동주택 리모델링 공사에서 표준으로 활용할 수 있도록 리모델링 관련 내용이 포함된 것이 그 특징이다.

③ 3D 모델과 공정/비용 정보 연결를 위한 Location Factor 개발

본 연구에서는 기존의 Recipe 체계에 오브젝트의 위치 및 공간정보를 분류할 수 있는 개념을 도입하기 위하여 Location Factor를 개발하였다. 건축물의 구조체(벽, 슬라브 등)는 공간(Space)과 공간(Space)를 구분하는 역할을 하고, 각 공간별로 수행되는 공사의 종류가 다르지만 기존 Recipe 체계만으로는 이러한 구분이 불가능하기 때문이다. 벽체의 Location Factor의 구성은 다음의 표 3-116과 같다.

표 3-116. 벽체의 Location Factor

	외부 (E)	내부 (I)	발코니 (B)	공용 부위 (C)	덕트 부위 (D)	욕실 (T)
외부(E)	E+E	E+I	E+B	E+C	E+D	E+T
내부(I)		I+I	I+B	I+C	I+D	I+T
발코니(B)			B+B	B+C	B+D	B+T
공용부위(C)				C+C	C+D	C+T
덕트부위(D)					D+D	D+T
욕실(T)						T+T

Location Factor의 개념이 도입된 리모델링 표준 데이터베이스의 구성 체계는 다음 그림 3-174와 같다. 이와 같이 3D 모델과 공정/비용 정보의 연결을 통하여 리모델링 프로젝트의 공사비와 공사기간을 산출할 수 있는 환경이 구축되었다.

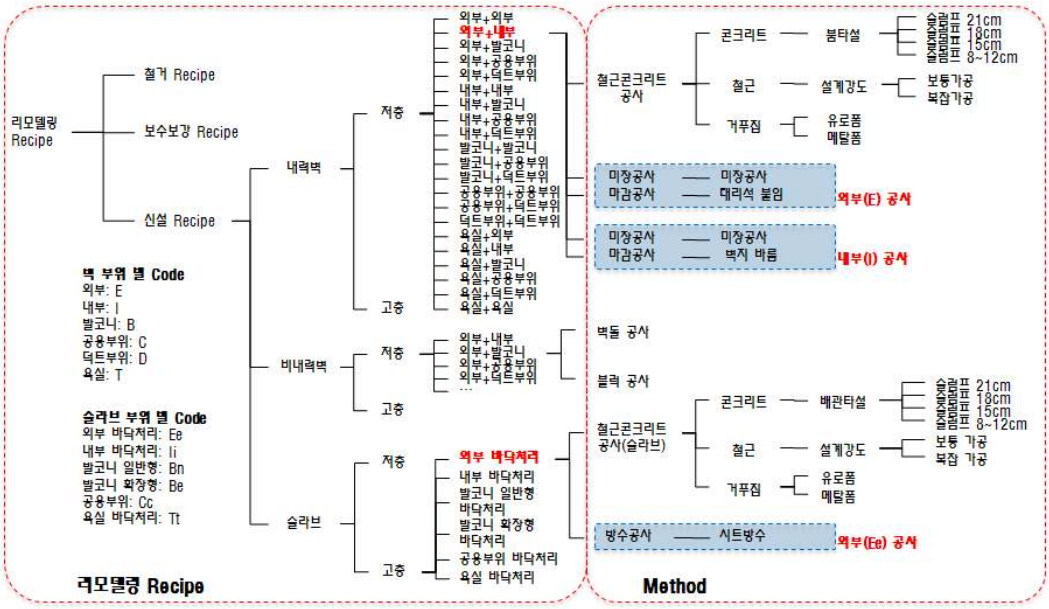


그림 3-174. 리모델링 표준 데이터베이스 체계

(다) 시스템 개발 결과

개발 기술의 적용성 및 효과를 분석하기 위하여 앞서 제시한 3D 모델링 방법을 이용해 그림 3-175와 같이 리모델링 대상 단지의 2D 도면을 3D 모델로 전환한 뒤 이를 리모델링 표준 데이터베이스와 링크시켜 공사비 및 공사기간을 산출하였다.

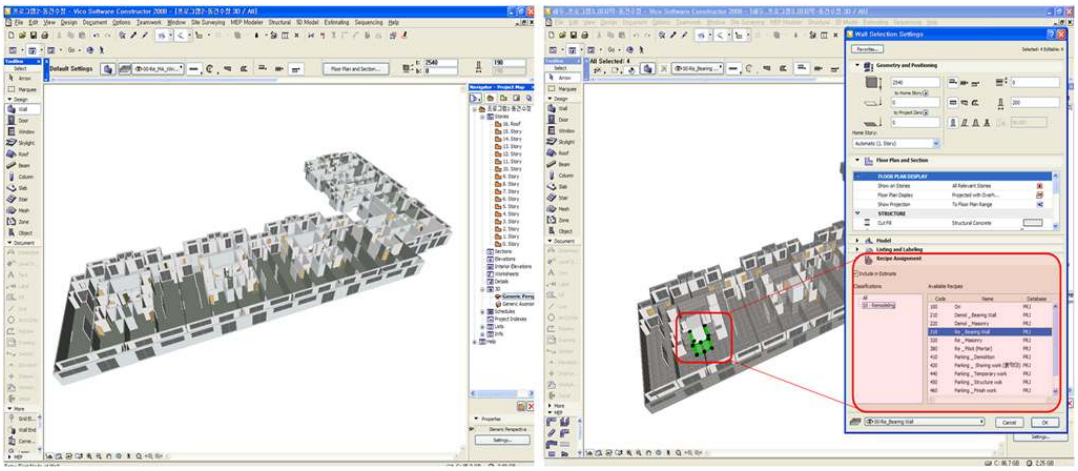


그림 3-175. 3D 모델링 및 리모델링 표준 Database 링크

그리고 나서 3D 모델과 공정/비용 정보가 제대로 링크되었는지

확인하기 위하여 5D 시뮬레이션을 실행해 보았다. 그 결과 그림 3-176과 같이 3D 모델과 WBS 및 Activity가 연동되어 시간의 흐름에 따라 공종별로 공사가 진행되는 모습을 확인할 수 있었으며 Activity별 Duration과 전체 공사기간이 산출되었다. 그리고 WBS와 CBS의 연계를 통하여 공사기간 동안의 Earned Value 그래프를 확인할 수 있었다.

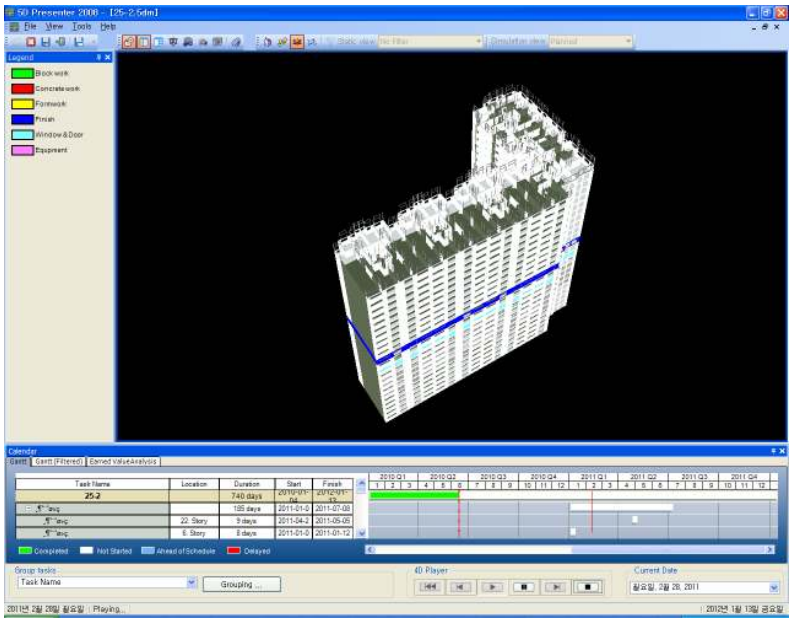


그림 3-176. 5D Simulation 수행

본 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다. 1) 신뢰성 있는 원가정보의 표준DB 구축을 통해 견적의 정확성 및 신속성이 향상되었으며 2) 기존의 2D 도면을 통한 중복되고 비효율적인 견적 프로세스가 개선되었다. 그리고 3) 기존의 전문가별 도면해석 및 산출방식 차이에 따른 견적 오류를 개선할 수 있는 체계를 구축하였다.

또한 공정-비용 통합 시스템의 구축을 통하여 1) WBS, 부위요소와 CBS의 연계에 따라 원가의 체계적인 관리를 수행할 수 있도록 하였고 2) 3D 모델링에 공종별, 부위별 코드화된 원가 정보를 속성 파라미터로 입력하였기 때문에 공정 및 원가 정보를 건물 구성 요소와 대응시켜 시각적으로 식별하는 것이 가능하게 되었다.

또한 3) 설계변경에 따른 공종 및 수량 변화에 신속한 대응을 가능하게 한 환경이 구축되었다.

(라) BIM 시스템 활용 효과

기존 견적 방식의 물량 산출은 2D 도면을 바탕으로 물량을 산출하는 방식이고, BIM 시스템 활용 방식의 물량 산출은 3D 모델링과 리모델링 표준 데이터베이스를 활용하여 물량을 산출하는 방식이다.

각각의 방식에 따라 소요된 견적 시간은 다음 표 3-117과 같은데 이렇게 견적에 소요되는 시간의 차이가 발생하는 원인은 기존 견적방식에 의한 물량 산출의 경우 견적 담당자가 많은 양의 2D 도면을 입체적으로 해석하는 데 오랜 시간이 걸리고 각 요소별 물량산출을 수작업으로 수행하기 때문에 이미 그 체계가 구축되어 있는 환경에 3D 모델링과 데이터베이스 링크 작업만을 수행하는 연구제안 방식에 비해 작업의 효율성이 떨어진 데에서 기인하는 분석된다. BIM 시스템에 의한 공사비 산출과 매뉴얼 방식에 의한 공사비 산출에 소요되는 각각의 작업시간을 비교해 본 결과 약 8일과 14일로 나타나 BIM 시스템의 활용이 더 효율적임을 알 수 있다. (표 3-117)

표 3-117. 공사비 산출 작업 시간 비교

	매뉴얼 방식에 의한 공사비 산출	BIM 시스템을 활용한 공사비 산출 방식
3D 모델링 작업 시간	N/A	약 5일
공사비 산출 작업 시간	약 14일	약 3일
총 작업 시간	약 14일 (약 2주일)	약 8일 (약 1주일)

더욱이 설계분야에서 BIM의 활용이 활성화 되어 3D 모델링 작업시간을 생략할 수 있다면 소요작업시간은 각각 3일과 14일이 되어 BIM의 활용이 더욱 효율적임을 알 수 있다. 따라서 공사비 산출의 결과 비용 차이가 적으며, 작업시간은 거의 절반만 소요되기 때문에 BIM 시스템을 활용한 공사비 산출 방식의 경우, 리모델링 공사 초기에 발주자 의사결정을 위한 초기 개략 공사비를 산출에 큰 도움을 줄 것으로 예상된다.

6. 소결

이상과 같이 요소기술의 개발과 개발기술을 실험동 설치, 연구소의 실험실 및 시뮬레이션을 통해 적용해 본 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 주거환경 개선 기술

(1) 리모델링 평면확장 유형 도출

- 서울시에 위치한 노후공동주택 전수조사를 통해 평면유형 도출 및 유형에 따른 다양한 평면확장 전략 개발
- 한국적 상황(주택공급 부족, 단기간의 대량생산 등)에 기인한 20년 이상 고착화 된 평면유형을 최근의 트렌드 반영
- 구체적이며 체계적인 리모델링 평면확장 가이드라인 설정

(2) 최적의 평면확장 프로세스(안) 개발

- 리모델링 대상 단지에 거주하는 주민들의 needs 분석(설문조사, 공청회 등) 및 대응 방안을 반영한 평면확장 프로세스(안) 도출
- 도출한 평면확장 프로세스(안)을 다양한 시뮬레이션 적용을 통하여 최적의 프로세스 개발

(3) 주차장 확장 설계유형 및 최적의 시공방법 선정 프로세스 도출

- 문헌고찰과 공동주택 단지의 특성을 분석하여 주차장 확장 설계유형 및 설계유형 도출 프로세스 개발, 주차장 확장 공사에 적합한 시공법의 유형화 및 시공법 선정 프로세스 개발

(4) 리모델링의 정착 및 확산에 저해되는 관련 법규 및 제도 개선(안) 제안

(5) 주거환경 개선기술 가이드라인 제시

- 평면유형 도출, 주차장 설계유형 도출, 접합부 및 주차장 확장 시공법

에 대한 일반 · 프로그램별 가이드라인 제시

나. 구조성능 개선 기술

철거량/보강량/공기를 최소화하여 친환경성과 경제성을 확보함과 동시에 목표내진성능을 달성할 수 있는 공법을 개발한 내용을 요약하면 다음과 같다.

(1) 정밀 내진성능평가 프로세스 구축을 통한 보강량 및 보강위치 최소화

- 실계측 자료를 이용하여 구조물의 진동 특성을 평가함으로써 경제적인 내진보강 설계 수행 및 보강전후 성능의 비교평가를 가능하게 함.
- 벽식구조 지진취약도함수 개발을 통한 정밀 내진성능평가

(2) 철거량 및 보강량 최소화를 위한 기존 구조체 및 증축 구조체를 활용한 신 내진보강공법 제안

- 수직증축층을 활용하는 증축형 동조질량감쇠기 개발
- 기존 및 신설 병렬 전단벽을 활용하는 인방설치형 마찰감쇠기 개발
- 기존 세대간벽 및 조적벽체를 활용하는 다양한 보강공법제안

(3) 건식공법을 활용한 공기단축

- 습식 전단벽체를 대체할 수 있는 무게절감형 강판전단벽 및 비좌굴가새 개발

(4) 구조성능 개선을 위한 가이드라인 제시

다. 설비성능 개선 기술

(1) 바닥난방 성능개선 모델 개발

- 건식온돌패널의 prototype 개발
- 건식온돌패널의 열성능 criteria 및 설계프로세스 개발
- Mock-up Test를 통한 건식온돌패널 요소기술의 평가
- 건식온돌패널을 포함한 난방설비 성능 개선 모델 개발

(2) 위생배관 성능개선을 위한 가이드라인 제시

- 당해층 배관시스템 적용을 위한 검토사항 도출

(3) 최적화 기법과 수학적 모델의 결합을 통한 환기 시스템 최적 설계 제시

- 다기준 목적함수(초기투자비, 운영비, 불만족도, CO2농도)의 해결방안 제안.
- 유전자 알고리즘+파레토+시뮬레이션 툴을 결합한 다기준 최적설계 기술을 개발.

(4) 불확실성 분석을 통한 환기 시스템의 최적 제어전략 제시

- 결정론적 접근 (Deterministic approach)가 아닌, 확률적 접근 (Stochastic approach)을 이용한 제어전략 간 (외기공급량 결정기준, 급기구 설치위치, CO2센서위치) 성능평가방법 제안.

(5) 소리환경 개선 기술

- 소리환경에 대한 거주자 요구 및 불만 요인 분석
- 소리환경 현황 분석
- 리모델링 목표 수준의 설정
- 평가 요소별 소리환경 개선기술 개발
- 요소기술의 현장 적용 평가 및 타당성 검증

라. 친환경 확보 기술

리모델링 공사에서 친환경 성능을 크게 거주자 측면과 산업적 측면으로 구분하여 연구를 수행하였다. 먼저 거주자 측면은 공동주택 실내 공기환경 개선에 관한 연구이며, 산업적 측면에서는 리모델링 공사에서의 대부분의 폐기물이 발생하는 단계인 철거공사 단계에서의 폐기물 재활용에 관한 연구를 수행하였다. 친환경 확보기술에 대한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 친환경 실내마감재료 평가 및 선정 방법론 제시

- 거주자 요구사항을 반영한 최적의 실내 마감재료 선정방법 제시

(2) 친환경 철거공사 수행방법 및 프로세스 제시

- 친환경 철거공사 사전계획요소 및 유의사항 제시
- 친환경 철거공사 프로세스 모델 제시
- 리모델링 철거공사 성능평가 방법 및 결과 제시

(3) 친환경 철거공사 가이드라인 제시

- 공사 참여자 측면에서 친환경 철거공사 유의사항 제시

마. 성능/경제성 평가 기술

① 개발 요소기술의 성능 평가 체계 개발

- 요소기술별 성능 평가 항목을 선정, 평가항목의 상대적 중요도 도출을 통한 성능, 비용 및 가치향상도 도출

② 요소기술의 적용 시 경제성 평가 체계 개발 및 경제성 평가 프로세스 도출

- 리모델링 공사비 도출시 이용 가능한 공종체계를 연구수행체계로 변환을 통한 공종 분류체계 도출
- Test bed에 대한 일반적으로 수행하는 리모델링 공사비, 요소기술을 적용한 리모델링 공사비, 리모델링 재현 신축시의 공사비, 재건축 공사비를 도출을 통한 비교분석을 가능하게 함.

③ BIM을 활용한 사업성 평가 체계 개발

- BIM을 활용한 공사비와 공기산출 체계 개발, 이를 이용하여 사업초기에 사업수행자의 사업수행에 대한 의사결정을 지원할 수 있도록 함.

제 3절 Test Bed

1. 개요

연구단의 Test-Bed 사업은 출범 초기 당초에는 적정한 사업과 단지를 선정해 연구단이 개발한 요소기술들을 대상으로 종합적인 적용과 성과분석을 목표로 계획되고 진행되었다. 이에 따라 사업성 보다는 열악한 노후 주거환경을 개선하고자 하는 공공성에 주안점이 있는 공공부문은 LH공사의 임대주택을 대상으로 노후주거 환경, 주차문제, 옥외공간 등의 개선과 무장애시설 등의 기술들을 대상으로 적용 가능한 단지와 주호를 Test-Bed 로 선정해 개발기술들을 실제로 적용해 보고 그 성과를 분석하였다. 그러나 민간부문의 경우에는 개발된 기술을 종합적으로 적용해 볼 대상 단지와 사업을 연구단의 연구수행 기간과 일정에 맞추어 선정하는 것은 민간사업의 예산과 일정, 재산권을 소유한 입주자의 선호도, 재건축과 비교한 리모델링 사업성의 변화 등 수 많은 불확실성으로 인해 거의 불가능한 것으로 판단되었다. 따라서 민간부문의 Test-Bed 사업은 여러 차례 대상 사업의 변경을 거쳐 리모델링 사업을 희망하는 서울의 둔촌동 단지를 대상으로 개발기술에 대한 시공 단계의 실제 적용을 가상하고 개발기술을 리모델링 설계에 적용해 보고 그 효과를 가상적으로 분석하는 것으로 진행하였다.

2. 민간부문

가. 서울 둔촌동

연구단에서 선정한 Test Bed 단지는 서울 둔촌동에 위치하고 있다. 이 단지는 지역지구의 특성으로 인해 재건축 추진시 기존의 196세대의 세대수 유지가 어렵고 오히려 158세대로 줄어 재건축의 추진이 어려운 상태이며 이에 따라 입주민들이 리모델링을 추진하고자 한다. 다음은 대상단지에 개요와 특징들에 대한 내용이다.

표 3-118. 리모델링 Test Bed 단지 개요

단지조건	리모델링 전(기존건물)
세대	196세대
동수	2개동
층수	12층
세대전용면적	14,050.2 ㎡
공용부면적	3,484.6 ㎡
연면적	19,690.49 ㎡
(지상연면적)	17,915.09 ㎡
(지하연면적)	1,629.04 ㎡
용적률	226.52%
주차대수	81대 (지상)
공용부	복도식

- 단지 배치도 및 평면



그림 3-177. 단지배치도



그림 3-178. 102동 평면

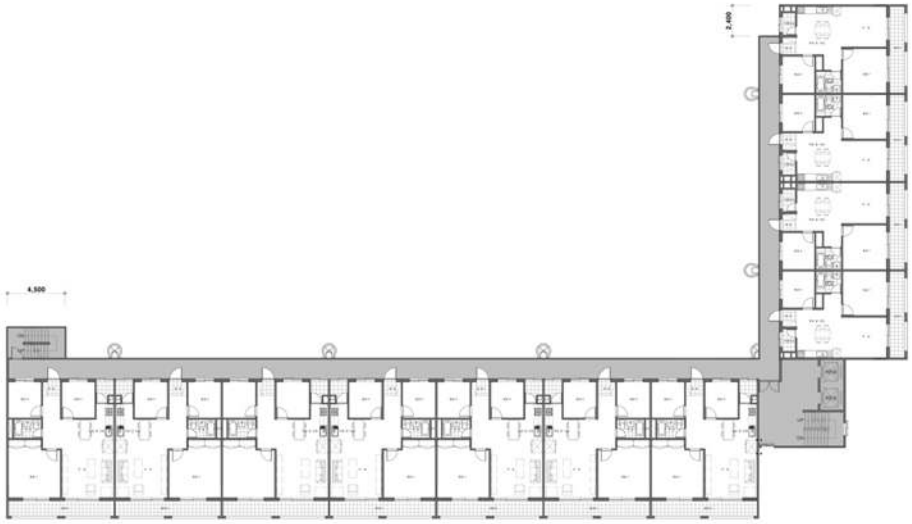


그림 3-179. 101동 평면

- 리모델링 특징

표 3-119. 리모델링 전,후 특징

단지조건	리모델링 전	리모델링 후
세대	196세대	196세대
동수	2개동	2개동
층수	12층	13층 (1층 필로티)
주동	복도식	계단식
주호 면적증가	-	수평증축, 전용면적 30%증가
수직증축	-	상부 1개층 증축
주차장	지상	지하 1층 신설, 데크 주차장 신설
도면 구성안		

- 리모델링 개요

표 3-120. 리모델링 개요

프로그램 분류	세대수	세대 전용면적	공용부 면적	연면적		용적률	주차대수	
				지상 연면적	지하 연면적		지상 or 데크 주차장	지하 주차장
리모델링 전 (기존)	196 세대	14,050.2m²	3,484.6m²	19,690.49m²		226.52%	81대 (지상)	
				17,915.09m²	1,629.04m²			
리모델링 후	196 세대	기존대비 30%증가 18,195.4m²	기존대비 53%증가 5,363.66m²	33,531.29m²		304.47%	183대	
				24,464.11m²	9,036.22m²		76대 (데크)	107대

이러한 개요를 가지고 있는 Test-Bed 단지에 연구단의 기술을 적용하고 결과를 분석한 내용을 다음과 같이 기술별로 정리할 수 있다.

(1) 주거환경 개선 기술

(가) 평면확장 설계기술

민간부문 시범사업은 현대종합설계가 주관, 서울 둔촌동 현대 아파트를 시범단지로 선정하고 연구단, 현대종합설계, 둔촌2차현대아파트리모델링주택조합, (주)피엠지플랜이 2008년 12월 MOU 계약을 체결함으로써 본격 착수하였다. 4차년도에 본 계획 연구팀에서는 기본계획안의 확정을 위하여 MOU 계약 체결 이전 현대종합설계에서 작성한 1차 건축 기본계획안에 관한 설문조사를 실시하였다. 단위세대, 주차장, 단지 외부공간, 공사비용 지불의사 정도에 대한 만족도와 요구도를 조사하고 설문분석 결과를 바탕으로 개선안을 제시한 다음 실무진에서 수정 검토함으로써 기본계획안을 확정하였다. 확정된 기본계획안을 바탕으로 각 세부에서 개발한 요소기술의 적용성을 검토함으로써 5차년도에는 시범사업을 위한 최종계획안을 도출, 2009년 5월 건축심의를 통과하였다.

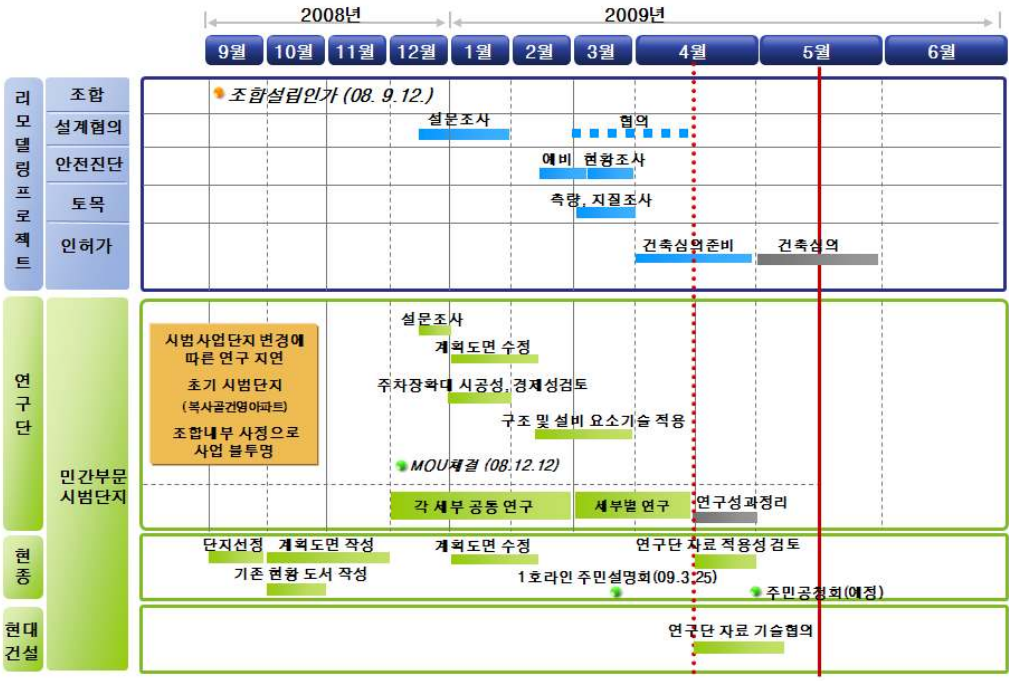


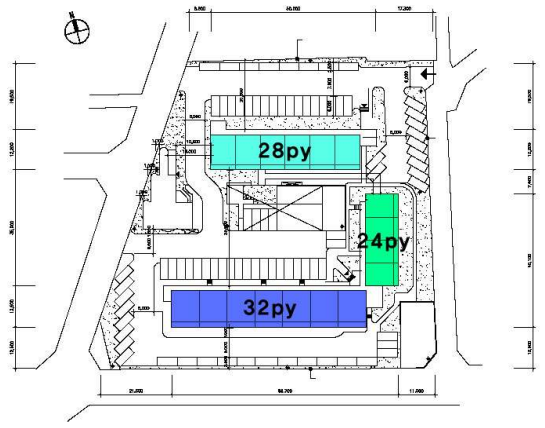
그림 3-180. 민간부문 시범사업 추진일정

민간부분 시범사업 최종계획안이 도출되기까지의 개발기술 적용 과정을 본 절에서는 정리하였다.

① 단지현황 및 특성

대상단지인 서울 둔촌동 현대 아파트는 건축 법규상 도시지역과 제3종 일반주거지역에 입지해 있으며, 데크주차장 신설 및 1개층 증축 리모델링 예정이다. 전체 규모는 리모델링 후 연면적 약 10,000평 정도이며 196세대로 구성되어 있다. 주동은 32평형, 24평형으로 구성된 ㄱ자동과 28평형으로 구성된 -자동의 두 개동으로 구성되어 있다. 기존 주차대수는 81세대로 세대 당 0.4대정도 주차공간을 확보하고 있다.

표 3-121. 시범사업단지 서울 둔촌동 현대아파트 단지현황



대지위치	서울시 둔촌동 70-5 둔촌2차 현대아파트
대지면적	7,909.00m² (2,392.47평)
단지규모	2개동 196세대 지상10층, 지상12층 / 지하 1층
평형 구성	24평, 28평, 32평
구조형식	철근콘크리트 벽식 라멘구조
주차대수	81대 (세대 당 0.41대)

② 단위세대 평형별 최종 계획안(심의 통과안) 도출 과정

㉮ 24평형

표 3-122. 리모델링 요구사항

Q3-1. 현재 가족 수 : 평균 3.27 → 재입주 후 예상 : 평균 3.63

Q3-2. 희망 침실 수 : 평균 3.00

Q3-3. 안방 제외 침실 구성

: 큰방 + 작은방 (53.3%) > 같은 크기 방 2개 (46.7%)

Q3-4. 세대 내 가장 불만족 실

: 거실 = 주방/식당 (26.7%) > 침실 = 기타 (13.3%)

Q3-5. 확장된 면적의 활용

: 단위공간 크기 확대 (53.3%) > 침실 수 증가 (33.3%)

Q3-6. 최우선 확장 희망 공간

: 거실 (53.3%) > 작은방 (26.7%)

Q3-7. 추가 희망 부속공간

: 부부욕실 (33.3%) > 다용도실 (26.7%) > 드레스룸 (20.0%)

Q3-8. 남향배치 희망 실 : 거실 (43.3%) > 안방 (40.0%)

Q3-9. DK 배치방식 만족도 (5점 척도)

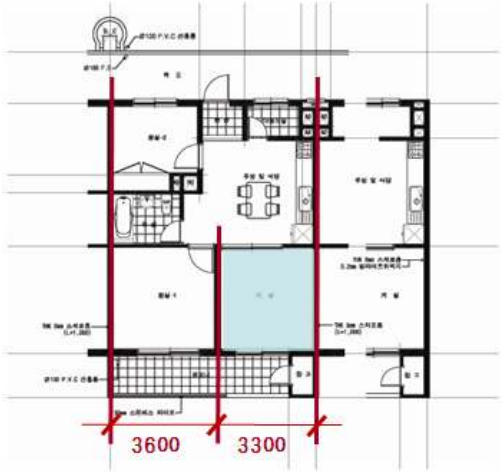
: 후면배치 (3.33) > 중앙배치 (2.83) > 전면배치 (2.60)

Q3-10. 주방 자연환기 필요성

: 필수 (73.3%) > 중립 (26.7%)

Q3-11. 계단실 자연채광 필요성

: 중립 (46.7%) > 필수 (33.3%) > 불필요 (20.0%)



Q. 불만족 공간

항목 / 순위	1	2
1. 면적	거실 = 작은방 (40.0%)	
2. 공간구성/형태	주방/식당 (33.3%)	거실 (13.3%)
3. 일조/채광	거실 (40.0%)	안방 (20.0%)
4. 조망/개방감	거실 (46.7%)	
5. 환기/통풍	주방/식당 (40.0%)	욕실 (20.0%)
6. 소음/진동	안방 (26.7%)	작은방 (20.0%)
7. 냉난방/단열	거실 (20.0%)	작은방 (13.3%)
8. 가구/수납공간	거실 (20.0%)	

그림 3-181. 24평형 불만족 공간 설문조사

24평형 단위세대 원도면을 살펴보면 3600, 3300 두 가지 베이 중 좁은 3300 쪽에 거실이 배치되어 있음을 알 수 있다. 이와 관련, 불만족 공간과 관련한 설문에서 거실이 면적, 개방감 등 측면에서 특히 높은 불만족도를 보이는 것으로 나타났다. 한편 주방/식당은 공간구성/형태, 환기/통풍 등의 주거기능면에서 불만족도가 높게 나타났다. 이와 관련하여 주방 자연환기 필요성 여부에 대한 설문에서도 자연환기가 필수적이라는 의견이 73.3%로 높은 비율을 차지하였다. 희망 침실수는 3개, 남향배치 희망실은 거실-안방 순이며, DK 배치 방식은 주방/식당이 외기에 면하는 후면배치방식에 관한 만족도가 3.33으로 가장 높았다.

ⓐ 수정 계획안 24B



(a) 1차 계획안 24B　　(b) 설문반영 수정계획안 24B　　(c) 최종계획안 24B

그림 3-182. 수정 계획안 24B

왼쪽 도면이 현종설계에서 기 작성, 주민에게 배포한 1차 리모델링 기본계획안으로서 거실 면적 및 조망/개방감 등에 관한 요구는 이미 어느 정도 실현되어 있음을 알 수 있다. 수정계획안에서는 24B평형은 인덱스 맵을 참조하면 101동 측벽에 위치한 세대이므로 측면 방향으로 확장하고 대신 옆 세대와 공유하는 코어를 이 단위세대 후면 쪽으로만 배치하는 편심코어 배치를 제안하였다. 이를 통해 옆 세대에 해당하는 다음 수정계획안 24A평형은 좁은 단위세대 폭 전·후면을 모두 채광면적으로 활용가능하게 된다. 본 평면에서도 측면 베이를 확장함으로써 침실 면적 개선 및 DK 후면배치 실현, 동선 개선, 세대 간 내력벽 철거 량 감소 등이 실현가능하게 된다.

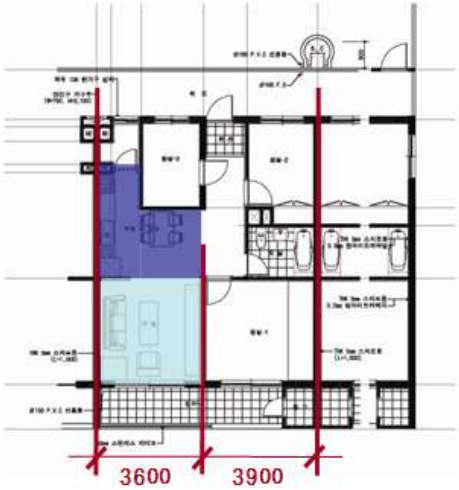
그러나 최종 계획안에서는 1차 리모델링 기본계획안과 비슷하게 발코니를 추가하는 정도의 소극적인 측면확장으로 변경하였다. 실제 리모델링 시 주민 설문을 최대한 반영한 수정계획안 같은 경우, 측세대에게만 유리한 계획안으로 세대 간의 형평성에 맞지 않아 주동 중앙에 위치하는 주민들의 동의를 얻기가 어려워 현실적으로 실현되기가 어렵기 때문이다. 또한, 현행법규기준에서

24B평형과 28B평형은 측면확장 시 인동간격에 서로영향을 주는 단위세대로, 확장범위 검토 결과 두 단위세대 모두 측면 1베이 확장은 어렵다. 또한, 현행법규기준 늘어난 공용계단실 설비 면적을 맞추기 위해 계단실 면적이 이전 계획안들에 비해 크게 계획하였다.

㉯ 28평형

표 3-123. 리모델링 요구사항

Q3-1. 현재 가족 수 : 평균 3.70 → 재입주 후 예상 : 평균 4.50
Q3-2. 희망 침실 수 : 평균 3.30
Q3-3. 안방 제외 침실 구성
: 같은 크기 방 2개 (60.0%) > 큰방 + 작은방 (40.0%)
Q3-4. 세대 내 가장 불만족 실
: 주방/식당 (50.0%) > 침실 (40.0%)
Q3-5. 확장된 면적의 활용
: 단위공간 크기 확대 (70.0%)
Q3-6. 최우선 확장 희망 공간
: 거실 (50.0%) > 주방/식당 (30.0%) > 작은방 (20.0%)
Q3-7. 추가 희망 부속공간
: 부부욕실 (40.0%) > 보조주방 (30.0%) > 다용도실 (20.0%)
Q3-8. 남향배치 희망 실 : 거실 (45.0% > 안방 (35.0%)
Q3-9. DK 배치방식 만족도 (5점 척도)
: 후면배치 (3.71) > 전면배치 (3.00) > 중앙배치 (2.67)
Q3-10. 주방 자연환기 필요성
: 필수 (60.0%) > 중립 (40.0%)
Q3-11. 계단실 자연채광 필요성
: 중립 (50.0%) > 필수 (30.0%) > 불필요 (20.0%)



Q. 불만족 공간

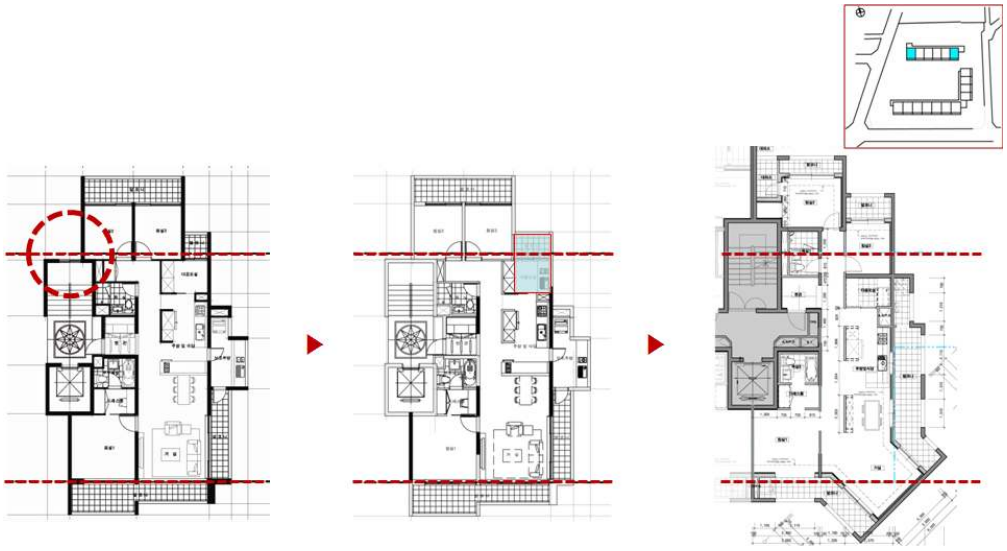
항목 / 순위	1	2
1. 면적	작은방 (30.0%)	거실 = 주방/식당 (20.0%)
2. 공간구성/형태	주방/식당 (30.0%)	
3. 일조/채광	거실 (40.0%)	
4. 조망/개방감	거실 (20.0%)	
5. 환기/통풍	주방/식당 (30.0%)	
6. 소음/진동	안방 (20.0%)	
7. 냉난방/단열	발코니 (20.0%)	
8. 가구/수납공간	현관 (20.0%)	

그림 3-183. 28평형 불만족 공간 설문조사

28평형 단위세대 원도면에서 3900, 3600 두 가지 베이 중 좁은 3600쪽에 거실이 배치되어 있으므로 면적, 개방감 관련항목에서 거실이 역시 높은 불만족도를 보였다. 한편 주방/식당은 공간구성/형태, 환기/통풍 등의 주거기능 측면에서 불만족도가 높았으며, 주방 자연환기 필요성 여부 또한 필수가 60.0%로 높은 비율을 차지하였다. 희망 침실 수는 3개, DK 배치방식은 자연환기가 가능한 후면 배치 방식 요구도가 가장 높았다. 한편 코어 배치와 관련한 공용 계단실의 자연채광 필요성 여부는 상관없다는 중립 의견이 50.0%로 가장 높게 나타났다.

ⓐ 수정 계획안 28B

28B평형은 주동 측면세대로서 측벽 방향으로 개구부가 제안된 것 외에 수정계획안에서는 앞 28A평형의 1차 기본계획안 및 수정안의 내용과 동일하다. 최종계획안에서는 24B평형과의 간섭 때문에 동남쪽으로 거실을 확장하여 시선을 차폐하고, 북동, 남서쪽 방향으로 거실의 채광창을 확보하였다. 또한, 현행법규기준 늘어난 공용계단실 설비 면적을 맞추기 위해 계단실에 전실을 추가하였다.



(a) 1차 계획안 28B　　(b) 설문반영 수정계획안 28B　　(c) 최종계획안 28B

그림 3-184. 수정계획안 28B

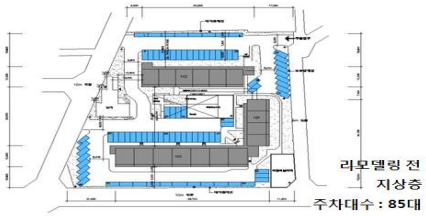
(나) 주차장 확장 설계/시공 기술

① 단지현황 및 특성

민간시범사업단지로 선정된 대상단지는 서울 강동구 둔촌동 70-5 번지에 소재하고 있는 '둔촌동 현대아파트'로 1988년에 준공되었고 12층 1개 동과 12층과 10층인 1개동으로 구성되었다. 세대수는 196세대이고 경사유형은 평지유형이다. 인동간격은 35m이고 단지에 10m, 6m의 두 개 도로가 인접하고 있어 단지접근용이성은 '보통'이며 배치유형은 '一+절곡형'이다. 구조는 철근콘크리트 벽식구조로 되어있으며 대지면적은 7,909.00m^2(2,392.47평)이고 지역지구는 도시지역, 3종 일반주거지역이다. 현재, 지상층에 85대의 주차구획이 되어있어 주차대수는 세대당 0.43대로 주차장 문제가 심각한 것으로 나타났다.

둔촌동 현대 아파트의 평면유형은 판상형이고 인동간격은 35m로 지하수평확대 또는 지하수직확대가 모두 적용 가능하나 벽식구조인 대상단지는 건물하부로 지하수직확대를 실시할 경우 구조적 어려움이 발생할 것으로 조사되었고 지하수직확대를 제외한 나머지 주차장확대방식은 모두 적용 가능한 것으로 검토되었다. 또한 경사유형은 평지로서 주차장 확대에 따른 제약조건이 적었다.





준공년도	1988년
구 조	철근콘크리트조 (벽식구조)
대지위치	서울시 강동구 둔촌동 70-5
대지면적	7,909.00m² (2,392.47평)
지역지구	도시지역, 3종 일반주거지역
도로 현황	10M, 6M 도로인접
단지규모	지하 1층 / 지상 10, 12층
경사유형	평지
인동간격	35m
단지접근용이성	보통
배치유형	—+절곡형
세대 수	24평형 40세대 28평형 72세대 → 총196세대 32평형 84세대
연면적	19,684.97m²
건폐율	22.99%
용적률	227.55%
주차대수	85대 (세대당 0.43대)

그림 3-185. 민간시범사업단지 단지특성 분석

② 주차장확대방식 선정

민간시범사업단지에 대한 단지특성분석 결과를 토대로 적용 가능한 주차장확대 유형을 분석하였다. 민간시범사업단지에 적용 가능한 주차장확대 유형은 3차년도에 조사된 주차장확대 방식 중 지하수평확대와 데크확대이다. 아래 표 3-124는 지하수평확대와 데크확대 방식에 대한 특징을 나타낸다.

표 3-124. 지하수평확대와 데크확대 방식의 특징

위치	확대방식	특 징
지하	지하수평확대	· 기존구조에 미치는 영향이 최소화 됨 · 중 · 저층 아파트는 공지면적 작아 제한적임 · 지하매설물(난방, 가스, 전기 등)은 지하주차장 설치에 제약이 따름 · 공사비의 증가로 주민 모두의 동의가 필요 함 · 기초부분의 구조검토가 선행되어야 함
지상	데크확대	· 시공이 간편함 · 저층부의 조망권 확보가 어려움 · 데크상부의 조경계획을 위한 복토가 이루어져야 함 · 데크에 의한 면적이 건폐율에 산입되지 않아 불법 용도변경이 우려됨 · 공사비 절감 및 차량 진출입이 편리함 · 1층세대의 철거로 인한 수직증축이 이루어져야 함

민간시범사업단지에 적합한 주차장확대 방식을 선정하기 위해 적용 가능한 4가지 주차장확대 유형을 분석한 결과는 다음 그림 3-186과 같다.

주차장확대 내용		주차장확대 유형			
		데크+지하1층확대	지하1,2층확대	지상+데크확대	지상확대
계획 주차대수	지하	120대	101대 / 104대		
	지상	97대		지상 143대 데크 62대	153대
	합계	217대	205대	205대	153대
세대당 주차대수		최대 1.11대/세대	최대 1.04대/세대	최대 1.04대/세대	최대 0.78대/세대
공사비(대당)		약 1,800만원	약 2,500만원	약 800만원	약 1,000만원
		선정안			

그림 3-186. 적용 가능한 주차장확대 유형 분석

'데크+지하1층확대' 방식은 지하층에 120대, 지상층에 97대로 총 217대의 주차계획을 하여 세대당 1.11대의 주차대수를 확보하였다. 흙막이 공법은 'H-Pile+토류판 공법'을 적용하였으며 총 공사

비는 대당 약 1,800만원으로 나타났다. ‘지하1,2층확대’ 방식은 지하1층에 101대, 지하2층에 104대로 총 205대의 주차계획을 하여 세대당 1.04대의 주차대수를 확보하였다. 흙막이 공법으로 ‘CIP 공법’을 적용하면 약 2,500만원의 공사비가 산출되었다. ‘지상+데크확대’ 방식은 지상층에 143대, 데크층에 62대로 총 205대의 주차계획을 하여 세대당 1.04대의 주차대수를 확보하였다. ‘지상+데크확대’ 방식은 공사비가 약 800만원으로 산출되었다. ‘지상확대’ 방식은 지상1층에 153대를 계획하여 세대당 0.78대의 주차대수를 확보하였다. ‘지상확대’ 방식은 약 1,000만원의 공사비가 소요되는 것으로 나타났다.

‘지하1,2층확대’ 방식은 적정 주차대수를 확보할 수 있지만 높은 공사비로 인해 민간시범사업단지의 주차장확대 방식으로 선정되지 않았다. ‘지상+데크확대’ 방식은 다른 확대방식보다 경제적이지만 조경면적이 확보되지 않았다. ‘리모델링 인허가시 조경면적 확보는 완화대상에 포함되지 않는다’는 건축법에 따라야 함으로 현행 건축법에 따라 ‘지상+데크확대’ 방식은 민간시범사업단지의 주차장확대 방식으로 선정되지 않았다. ‘지상확대’ 방식은 경제적인 주차장확대 유형이지만 세대당 소요 주차대수가 확보되지 않아 민간시범사업단지의 주차장확대 방식으로 선정되지 않았다. 세대당 주차대수, 공사비, 조경않았을 고려한 결과 ‘데크+지하1층확대’ 방식이 선정되었다. ‘데크+지하1층확대’ 방식의 경우, 지상1층을 최상층으로 올리고 지상1층 이지을 녹지공간으로 계획한다. 지상 1층을 모델링 전용으로 계획 할 경우 1층 세대의 철거로 인해 아파트 최상층에 1개층을 증축하는 방안을 당 한다. 이러한 계획은 실제로는 지상 1층이 지상 전용 주차장으로 변경되고 지상 2층이 지상 1층이 되는 개념이다. 아래 그림 3-187은 선정된 ‘데크+지하1층확대’ 방식의 단면도(개념도)이다.

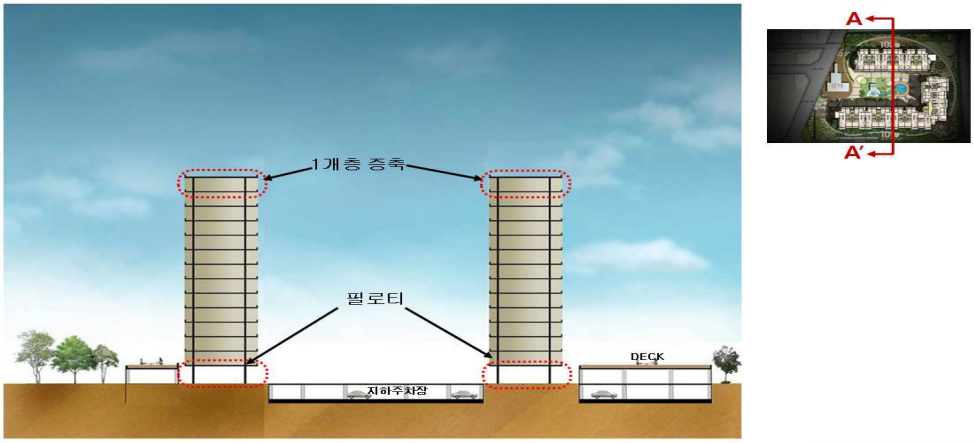


그림 3-187. '데크+지하1층확대' 방식의 단면도(개념도)

③ 선정안에 대한 상세대안 검토

본 연구는 민간시범사업단지에 적용 가능한 지하수평확대와 데크확대 방식을 기반으로 최종적인 주차장확대 설계를 지원하기 위하여 계획한 '데크+지하1층확대' 방식의 평면계획을 검토하였다. 3가지 대안은 주로 단지출입방식이 다르고, 주차대수와 공사비 측면에서 차이가 발생하였다. 3가지 대안을 세대당 주차대수, 공사비, 계획적인 측면에서 비교·분석하여 경제성을 갖춘 최종안을 선정하였다.

ⓐ 대안 1 분석

'데크+지하1층확대' 방식의 대안 1은 차량 소통과 출입에 따른 안전성 확보를 위하여 지상주차장의 차량출입구와 지하주차장 출입구, 보행자의 출입구를 분리하여 계획하였다. 지하주차장 진입로는 차량이 진출입 하는 대기 공간을 고려하여 충분한 회전반경을 확보하였다. 이 방식은 보행자와 차량동선을 분리시킴으로써 안전성 확보가 가능하다. 지하1층에 120대, 데크층에 97대의 주차계획을 하여 총 217대의 주차대수의 확보로 세대당 1.11대의 주차면수를 확보하였다. '데크+지하1층확대' 방식은 데크확대가 포함되어 거주중 공사가 불가능하다. 따라서 전면이주 후 공정 개발과 공사비를 분석하였다. 다음 그림 3-188은 대안 1의 데크층과

지하1층의 주차장 배치도이다.

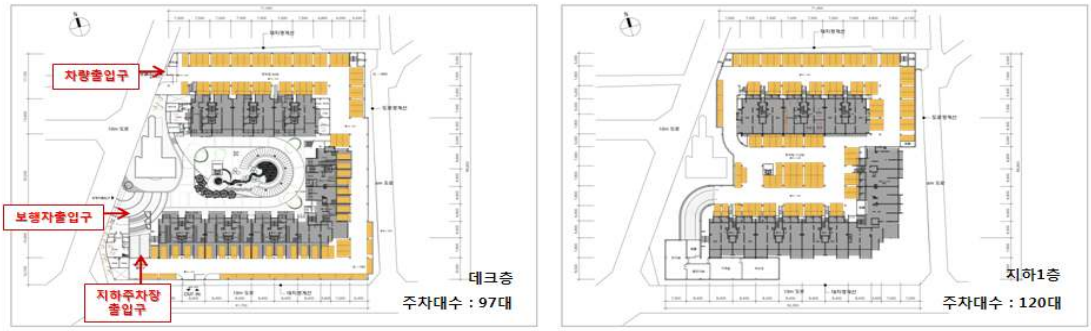


그림 3-188. 대안 1 주차장 배치도

전면이주 후 공정은 철거 및 토공사, 흙막이공사, 가설공사, 구조체공사, 마감공사, 설비공사, 조경공사 순서로 공사가 이뤄진다. 총 공사기간은 약 5.7개월이 소요된다. 총 공사비는 3,987,822천원이고 주차 1면당 공사비는 18,377천원이다.

ⓑ 대안 2 분석

'데크+지하1층확대' 방식의 대안 2는 대안 1과 마찬가지로 차량소통과 출입에 따른 안전성 확보를 위하여 보행자와 차량동선을 분리하여 계획하였지만 지하주차장의 출입구와 지상주차장 출입구가 분리되지 않았다. 또한 대안 1과는 달리 단지내 차량출입구와 지하주차장 출입구가 인접하여 지하주차장의 진입이 편리 할 수도 있지만 지상 차량출입구와 지하주차장 출입구의 거리가 가까워 문제가 발생 할 가능성이 높다. 또한 지하주차장을 순환형으로 계획하는 것은 차량 통로면적의 불필요한 확보로 인해 주차공간의 손실이 발생하였다. 기계, 전기실을 지하주차장 중앙으로 배치하여 그 면적을 활용할 수 없다는 점에서 대안 1보다 주차계획 가능 공간이 부족한 것으로 나타났다. 지하1층에 108대와 데크층에 94대를 계획하여 총 202대의 주차대수의 확보로 세대당 1.03대의 주차면수를 확보하였다. 아래 그림 3-189는 대안 2의 데크층과 지하1층 주차장 배치도이다.

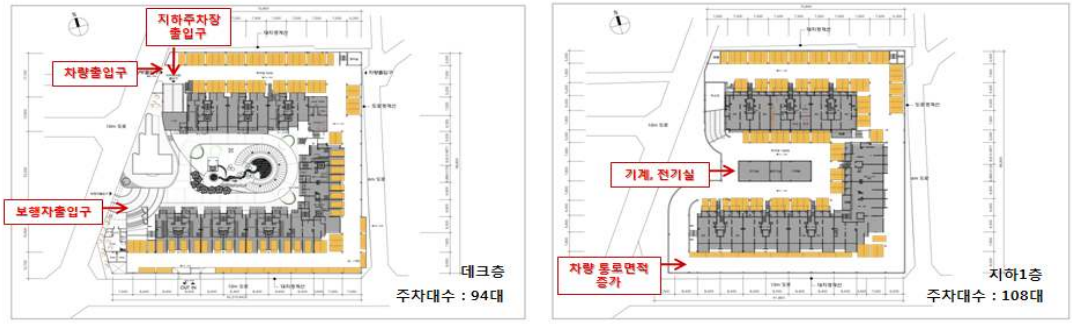


그림 3-189. 대안 2 주차장 배치도

전면이주 후 공정은 철거 및 토공사, 흙막이공사, 가설공사, 구조체공사, 마감공사, 설비공사, 조경공사 순서로 공사가 이뤄진다. 총 공사기간은 약 5.7개월이 소요된다. 총 공사비는 4,492,282천원이고 주차 1면당 공사비는 22,239천원이다.

ⓒ 대안 3 분석

'데크+지하1층확대' 방식의 대안 3 역시 대안 1, 2와 마찬가지로 차량 소통과 출입에 따른 안전성 확보를 위하여 보행자와 차량 동선을 분리하여 계획하였다. 보행자의 출입구는 모두 주출입구로 계획하였으나 지하주차장 출입구는 부출입구 쪽으로 계획하였다. 지하주차장의 출입구가 부출입구 쪽으로 계획됨에 따라 지하주차장 진출입로의 램프 회전반경이 부족한 문제가 발생하였다. 또한 지하주차장을 순환형으로 계획하기 위해 불필요한 차량 통로면적이 넓어짐으로 주차공간의 손실이 발생하였다. 기계, 전기실이 대안 2와 마찬가지로 지하주차장 중앙에 배치됨으로 인해 그 공간을 활용할 수 없다는 점에서 대안 1보다 주차계획 가능 공간이 부족한 것으로 나타났다. 지하1층에 104대와 데크층에 92대를 계획하여 총 196대의 주차대수의 확보로 세대당 1대의 주차면수를 확보하였다. 아래 그림 3-190은 대안 3의 데크층과 지하1층 주차장 배치도이다.

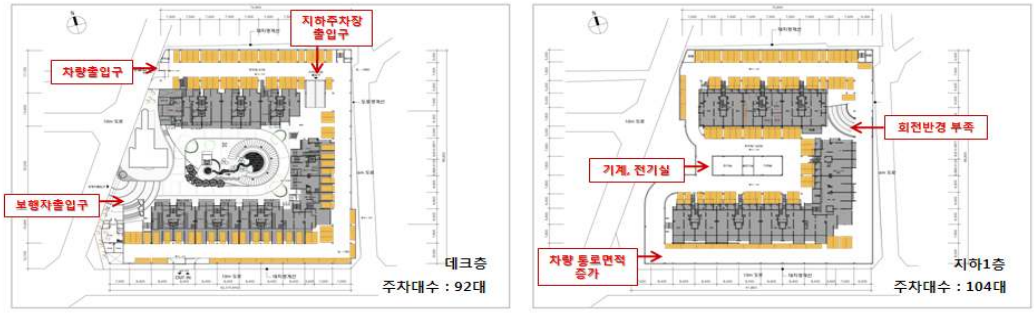


그림 3-190. 대안 3 주차장 배치도

전면이주 후 공정은 철거 및 토공사, 흙막이공사, 가설공사, 구조체공사, 마감공사, 설비공사, 조경공사 순서로 공사가 이뤄진다. 총 공사기간은 약 5.7개월이 소요된다. 총 공사비는 4,520,541천원이고 주차 1면당 공사비는 23,063,988천원이다.

ⓓ 최종안 선정

민간시범사업단지에 적용 가능한 주차장확대방식 선정을 위하여 '데크+지하1층확대', '지하1, 2층확대', '지상+데크확대', '지상확대' 등 4가지의 유형에 대한 계획안을 비교·분석하여 '데크+지하1층확대' 방식을 최종안으로 결정하였다. '데크+지하1층확대' 방식은 3가지 대안을 만들어 검토·분석하였다.

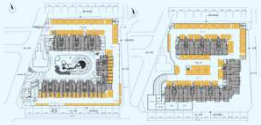
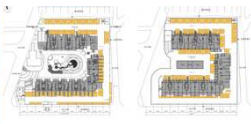
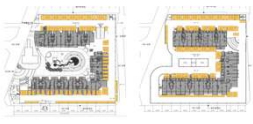
구분	대안 1	대안 2	대안 3
대안	[지하수평] [데크] 	[지하수평] [데크] 	[지하수평] [데크] 
주차장 확대 유형	데크 + 지하1층확대	데크 + 지하1층확대	데크 + 지하1층확대
세대당 주차대수	1.11대	1.03대	1.00 대
흙막이 공법	H-Pile + 토류벽 공법	H-Pile + 토류벽 공법	H-Pile + 토류벽 공법
공 사 비(대당)	약 18,377,063원	약 22,239,024원	약 23,063,988원
공사기간	최종안선정	약 5.7개월	

그림 3-191. '데크+지하1층확대' 방식 대안 비교·분석

흙막이 공법은 3가지 대안 모두 'H-Pile+토류판 공법'이 가장 적합한 것으로 나타났으며 공사기간 또한 약 5.7개월로 비슷하였다. 3가지 대안은 보행자 및 차량의 단지출입방식에 따라 주차대수와 공사비 측면에서 차이가 발생하였는데 대안 1은 지하1층에 120대, 데크층에 97대로 총 217대의 주차계획을 하여 세대당 1.11대의 주차대수를 확보하였으며 세대당 공사비는 18,377천원이다. 대안 2는 지하1층에 108대, 데크층에 94대로 총 202대의 주차계획을 하여 세대당 1.03대의 주차대수를 확보하였으며 세대당 공사비는 22,239천원이다. 대안 3은 지하1층에 104대, 데크층에 92대로 총 196대의 주차계획을 하여 세대당 1대의 주차대수를 확보하였으며 세대당 공사비는 23,063천원이다. 3가지의 대안을 세대당 주차대수, 공사비 측면에서 비교·분석한 결과 가장 경제성 있는 대안 1이 민간시범사업단지의 주차장확대 방식인 '데크+지하1층 확대' 방식의 최종안으로 선정되었다.

(다) 주거기능 개선 기술

주거기능 개선을 위해 개발한 기술을 '노후 공동주택 리모델링 연구단'의 민간시범사업으로 리모델링 계획을 수립한 둔촌 현대아파트의 평면에 적용하였다. 프로그램 3-2의 32평형을 대상으로 본 연구에서 제시한 리모델링의 계획요소를 적용하는 시뮬레이션을 수행하여 실용화 방안을 제시하였다.

① 기본옵션 (basic option)

기본옵션(basic option)은 거주자의 주요 요구사항(두 가지 부문 이상)을 충족하는 계획요소들의 조합으로, 그 계획요소들은 다음과 같다.

표 3-125. 기본옵션의 계획요소

공간부위	계획요소
현관(E)	①E-01 툇마루 ②E-03 들어열개문
욕실(B)	①B-01 욕실 반자 및 일부벽체 히노끼(편백나무) 마감
침실(R)	①R-10 친환경자재 마감
거실 및 복도(L)	①L-02 친환경자재 마감
발코니(V)	①V-01 화단 ②V-03 루버 · 블라인드

이상에서 제시한 기본옵션을 구성하는 계획요소들을 평면도에 표기하면 아래의 그림 3-192와 같다.



그림 3-192. 둔촌 현대아파트 32평형 프로그램 3-2에 적용한 기본옵션 예시-1

② 확대옵션 (full option)

확대옵션(full option)은 거주자의 주요 요구사항(한 가지 부문 이상)을 전반적으로 충족하는 계획요소들의 조합으로, 그 계획요소들은 다음 표 3-126과 같다.

표 3-126. 확대옵션의 계획요소

공간 부위	계획요소
현관(E)	①E-04 보조의자(툇마루 대체) ②E-05 안전손잡이 ③E-06 현관 턱 및 단차 ④E-07 휠체어 수납공간 ⑤E-08 현관 및 현관문의 최소 폭 ⑥E-09 문손잡이
욕실(B)	①B-02 샤워의자 ②B-03 안전손잡이 ③B-04 욕실문 및 샤워실문 ④B-05 수전 ⑤B-06 바닥 마감재 ⑥B-07 욕실 단차 ⑦B-08 세면대 하부공간 ⑧B-09 문손잡이
주방 및 식당(DK)	①DK-01 주방작업대 형태와 높이 조절 ②DK-02 주방 수납장 높이와 형태 ③DK-03 통로 폭 및 여유공간 ④DK-04 문턱 및 단차
침실(R)	①R-01 침실 최소 폭 ②R-02 문손잡이 ③R-03 인터폰 · 보일러 조절기 위치 ④R-04 콘센트 높이 ⑤R-05 붙박이장의 형태와 수납공간 높이 ⑥R-06 바닥 마감재료 ⑦R-07 문턱 제거 ⑧R-08 침대높이와 주변 공간 확보 ⑨R-09 사랑방 ⑩R-11 창턱하부 수납공간
거실 및 복도(L)	①L-01 통로 폭 및 여유공간 ②L-03 바닥 마감재료 ③L-04 안전손잡이
발코니(V)	①V-02 애완견 공간 ②V-04 바닥 마감재 ③V-05 인접실과의 단차 ④V-06 안전손잡이

이상에서 제시한 확대옵션을 구성하는 계획요소들을 평면도에 표기하면 아래의 그림 3-193과 같다.

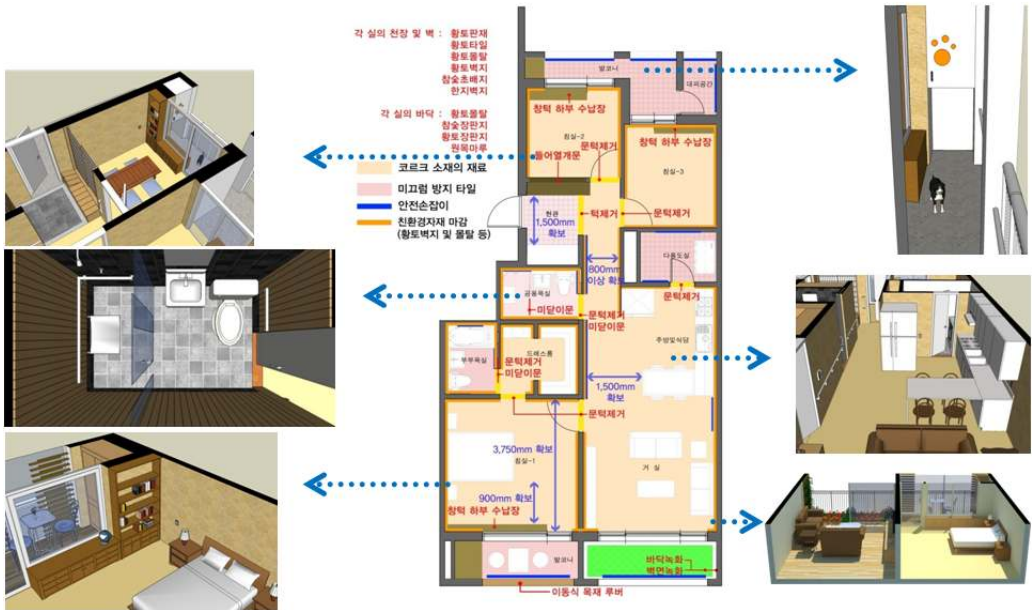


그림 3-193. 둔촌 현대아파트 32평형 프로그램 3-2에 적용한 확대옵션 예시-1

(2) 설비성능 개선 기술

(가) 바닥난방 건식화 기술

① 건축물 부위별 단열성능의 개선(일반사항)

ⓐ 적절한 재료층 조합

벽체 등 구조체의 재료를 구성할 때 열관류율이 다음 기준을 만족하도록 설계한다. 주로 단열재의 물성이 가장 중요한 요소임으로 그 선택에 신중을 기하여야 한다.

[별표 2] <개정 2008.7.10>

표 3-127. 지역별 건축물부위의 열관류율표(제21조관련)

(단위 : W/㎡ · K, 괄호안은 단위 : Kcal/㎡ · h · ℃)

건축물의 부위 \ 지역			중부지역1)	남부지역2)	제주도
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우		0.47 이하 (0.40) 이하	0.58 이하 (0.50) 이하	0.76 이하 (0.65) 이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.64 이하 (0.55) 이하	0.81 이하 (0.70) 이하	1.10 이하 (0.95) 이하
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		0.29 이하 (0.25) 이하	0.35 이하 (0.30) 이하	0.41 이하 (0.35) 이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.41 이하 (0.35) 이하	0.52 이하 (0.45) 이하	0.58 이하 (0.50) 이하
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.35 이하 (0.30) 이하	0.41 이하 (0.35) 이하	0.47 이하 (0.40) 이하
		바닥난방이 아닌 경우	0.41 이하 (0.35) 이하	0.47 이하 (0.40) 이하	0.52 이하 (0.45) 이하
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.52 이하 (0.45) 이하	0.58 이하 (0.50) 이하	0.64 이하 (0.55) 이하
		바닥난방이 아닌 경우	0.58 이하 (0.50) 이하	0.64 이하 (0.55) 이하	0.76 이하 (0.65) 이하
공동주택의 측벽			0.35 이하 (0.30) 이하	0.47 이하 (0.40) 이하	0.58 이하 (0.50) 이하
공동주택의 층간바닥	바닥난방인 경우		0.81 이하 (0.70) 이하	0.81 이하 (0.70) 이하	0.81 이하 (0.70) 이하
	그 밖의 경우		1.16 이하 (1.0) 이하	1.16 이하 (1.0) 이하	1.16 이하 (1.0) 이하
창 및 문	외기에 직접 면하는 경우	공동주택	3.00 이하 (2.58) 이하	3.30 이하 (2.84) 이하	4.20 이하 (3.61) 이하
		공동주택 외	3.40 이하 (2.92) 이하	3.80 이하 (3.18) 이하	4.40 이하 (3.78) 이하
	외기에 간접 면하는 경우	공동주택	4.30 이하 (3.70) 이하	4.70 이하 (4.04) 이하	6.00 이하 (5.16) 이하
		공동주택 외	4.60 이하 (3.96) 이하	5.30 이하 (4.56) 이하	6.30 이하 (5.42) 이하

1) 중부지역:서울특별시, 인천광역시, 경기도, 강원도(강릉시, 동해시, 속초시, 삼척시, 고성군, 양양군 제외), 충청북도(영동군 제외), 충청남도(천안시), 경상북도(청송군)
2) 남부지역:부산광역시, 대구광역시, 광주광역시, 대전광역시, 울산광역시, 강원도(강릉시, 동해시, 속초시, 삼척시, 고성군, 양양군), 충청북도(영동군), 충청남도(천안시 제외), 전라북도, 전라남도, 경상북도(청송군 제외), 경상남도

ⓑ 외단열 적용

위의 열관류율 기준을 만족하는 재료층의 구성이라도 단열재의 위치를 어떻게 배치할 것이냐에 따라 열교 부위의 단열 성능이 달라진다. 기존 연구[2]에 따르면 외단열 적용시 내단열의 경우에 비해 선형 열관류율을 63.7%~93.7%까지 낮출 수 있는 것으로 보고되었다. 선형 열관류율(Linear thermal transmittance)이란 열교 부위의 단열성능 평가 지표로서, 열교가 아닌 일반 구조체에서의 단열성능 지표로 사용되는 열관류율과 유사한 지표이다. 리모델링 시 같은 재료의 구성이라면 단열재를 바깥쪽에 위치시키는 외단열 공법을 사용할 것을 권장한다.

ⓒ 창호의 단열성능 개선

창호의 단열성능은 유리창의 물성과 구성, 프레임의 물성과 thermal breaker의 유무에 의해 결정된다. 유리의 열전도율은 매우 크므로 유리 사이의 적절한 중공층이 형성된 유리창을 사용하는 것이 좋으며, 열전도율이 작은 재료로 제작되고, thermal breaker가 반드시 포함된 프레임을 사용하는 것이 좋다.

창호의 효율 강화를 위하여서 고기밀성 단열 창호에 대한 인증제도가 실시되고 있으므로 이러한 인증을 받은 제품을 사용하는 것을 추천한다.

② 기밀 성능의 개선(일반사항)

창호 자체의 기밀 성능은 고효율 기자재로 인증받은 제품을 적용함으로써 개선시킬 수 있다.

창호와 벽체의 접합부를 비롯한 각종 구조체의 접합부는 시공방법에 의하여 결정되는 요소이므로 법규에서 제시하고 있는 바와 같이 코킹과 가스켓을 사용하여 충분히 그 틈새를 막을 수 있도록 한다.

2) 저에너지 친환경 공동주택 기술개발 2009년 연차실적 보고서

③ 단열재 보호를 위한 투습 및 결로 방지 성능의 개선(일반사항)

건축물의 에너지절약설계기준에서 제시하고 있는 시공방법을 준수하고 자체적으로 결로방지 기능 갖는 단열재를 사용하는 방법도 있다.

표 3-128. 건축물의 에너지절약설계기준

건축물의 에너지절약설계기준 (일부개정 2008.11.18 국토해양부고시 제 2008-652호)
제4조(건축부문의 의무사항)
3. 기밀 및 결로방지 등을 위한 조치
가. 벽체 내표면 및 내부에서의 결로를 방지하고 단열재의 성능 저하를 방지하기 위하여 규칙 제21조의 규정에 의하여 단열조치를 하여야 하는 부위(창호 및 공동주택 층간 바닥 제외)에는 방습층을 단열재의 실내측에 설치하여야 한다.
나. 방습층 및 단열재가 이어지는 부위 및 단부는 이음 및 단부를 통한 투습을 방지할 수 있도록 다음과 같이 조치하여야 한다.
1) 단열재의 이음부는 최대한 밀착하여 시공하거나, 2장을 엇갈리게 시공하여 이음부를 통한 단열성능 저하가 최소화될 수 있도록 조치할 것
2) 방습층으로 알루미늄박 또는 플라스틱계 필름 등을 사용할 경우의 이음부는 100㎜ 이상 중첩하고 내습성 테이프, 접착제 등으로 기밀하게 마감할 것
3) 단열부위가 만나는 모서리 부위는 방습층 및 단열재가 이어짐이 없이 시공하거나 이어질 경우 이음부를 통한 단열성능 저하가 최소화되도록 하며, 알루미늄박 또는 플라스틱계 필름 등을 사용할 경우의 모서리 이음부는 150㎜이상 중첩되게 시공하고 내습성 테이프, 접착제 등으로 기밀하게 마감할 것
4) 방습층의 단부는 단부를 통한 투습이 발생하지 않도록 내습성 테이프, 접착제 등으로 기밀하게 마감할 것

④ 열원시스템 성능의 개선(일반사항)

ⓐ 열원시스템의 적정 용량

열원시스템의 성능을 향상시키기 위해서는 계산된 난방부하보다 약간 크면서도 부하율이 높게 운전될 수 있는 적정 용량의 열원시스템을 선정하는 것이 좋다.

난방기간에 걸친 대부분의 난방부하가 열원 용량의 70% 이상이 될 수 있도록 기기를 선정하는 것을 권장한다.(이 부분은 확인단계, 추후 삭제 및 수정 가능성 유)

리모델링되는 건물은 대개 외기와 면한 구조체의 재료 구성이 기존과는 다르게 변경되므로 바뀐 재료 구성에 따라 난방 부하 계산을 다시 실시해야 한다. 난방 부하를 계산할 때는 건축물의 에너지절약설계기준의 '각 지역별로 위험율 2.5%(냉방기 및 난방기를 분리한 온도출현분포를 사용할 경우) 또는 1%(연간 총시간에 대한 온도출현 분포를 사용할 경우)로 하거나 [별표6]에서 정한 외기온·습도를 사용한다.'는 내용에 따라 외기온도 조건을 설정하도록 한다.

ⓑ 세대별 열원 시스템 사용

지역 난방 열원 인프라가 구축되어 있지 않으므로 세대별로 열원 시스템을 세대별 난방 부하에 맞는 고효율의 열원 기기를 선택하도록 한다. 세대 내에 열원 시스템을 설치할 공간이 필요로 하게 되는데 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙(일부개정 2009.12.31 국토해양부령 제205호) 제13조를 준수하여 공간을 설계할 수 있도록 한다.

⑤ 분배시스템 성능의 개선(일반사항)

평면 확장을 하지 않고 기존의 실 구성이나 형태를 그대로 유지하는 경우이므로 기존의 회로 구성을 그대로 활용할 수 있을 것이다. 리모델링 전에 비하여 실로의 유량을 설계유량과 더욱 유사하게 하기 위하여 다이나믹 밸런싱 밸브를 적용하도록 한다.

⑥ 제어시스템 성능의 개선(일반사항)

실별로 난방 편차를 줄이고, 사용하는 실에 대하여서만 난방을 제공하여 에너지를 절약할 수 있는 실별 제어를 적용하도록 한다.

⑦ 습식온수온돌을 적용한 패널시스템 성능의 개선(기존기술 사항)

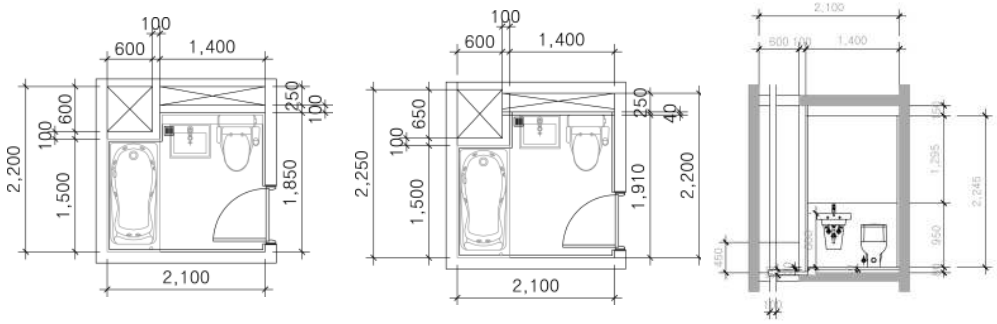
30% 평면 확장과 1개층 증축을 수반하는 리모델링 프로그램이므

로 중량 충격음과 관련된 법규를 반드시 준수하여야 한다. 현재까지 개발 된 기술로는 건식온수온돌 패널을 적용하여서는 중량충격음 법규 기준을 만족할 수 없으므로 이 경우에는 습식 온돌 패널 시스템을 사용하는 것이 안전한 선택이다. 슬래브를 210mm까지 증가 시키거나, 만약 슬래브 두께를 증가 시킬 수 없는 경우라면 기존 슬래브를 그대로 사용하고 그 위에 고탄성 바닥완충재를 적용한 습식 바닥 시스템을 적용할 수도 있을 것이다. 물론 이 경우 현재까지는 중량 충격음 관련 법규를 완전히 지키고 있지는 못하지만 표준 충격원이 임팩트볼로 개선되면 추후 충분히 법적 기준을 만족시킬 수 있을 것이다.

습식 온돌 패널의 열성능과 관련하여서는 기존 신축 시의 설계 방법과 시공 방법을 활용하여 리모델링에 적용하더라도 원하는 성능을 충분히 확보할 수 있다.

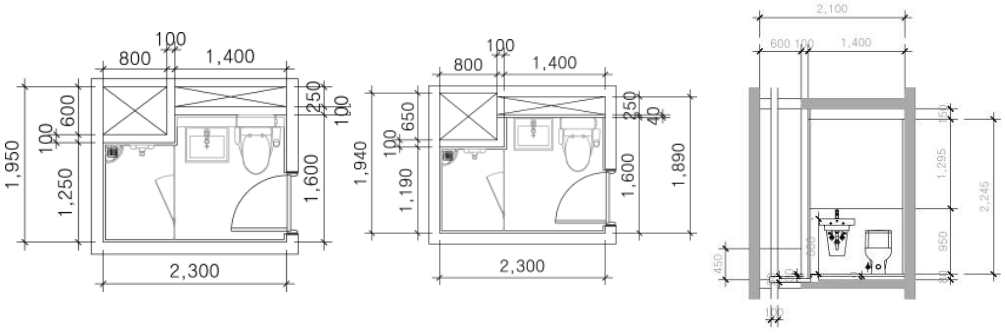
(나) 당해층 배관 기술

다음 그림 3-194의 경우, 리모델링 위생배관 계획을 위한 욕실 표준 계획과 평·단면을 제시 하고 있으며, 당해층 배관 방식을 적용할 경우, 욕실 확장 및 이동, 신설, 거실과 욕실, 욕실과 샤프트의 위치 관계, 샤프트 레이아웃, 점검구, 배수구등을 면밀하게 검토해야 한다



(a) 외부 점검형 평면 (b) 내부 점검형 평면 (c) 단면

그림 3-194. 표준 리모델링 계획 평면 및 단면 1



(a) 외부 점검형 평면 (b) 내부 점검형 평면 (c) 단면

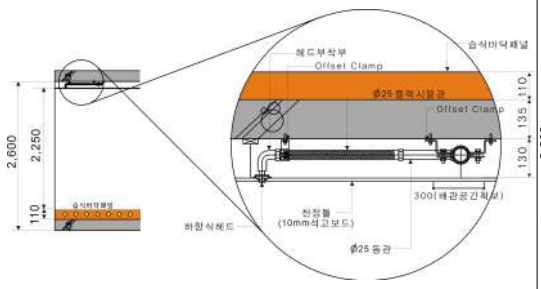
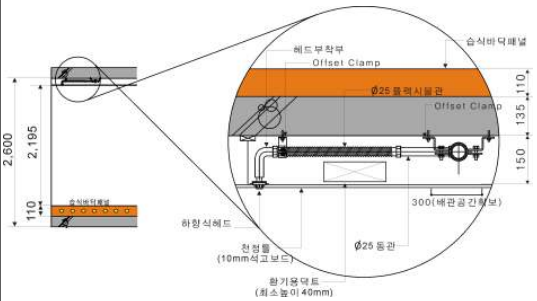
그림 3-195. 표준 리모델링 계획 평면 및 단면 2

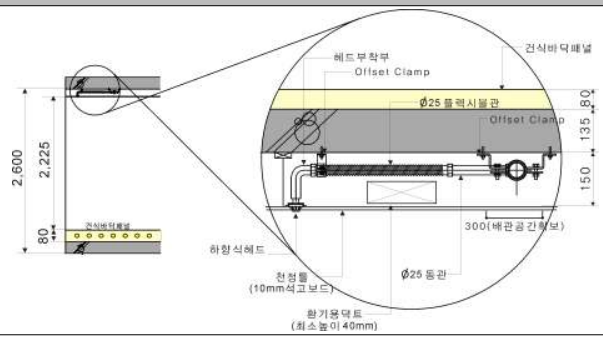
[천장고 검토]

민간부분 대상 건물은 11층 이상으로 리모델링시 평면 확장을 계획하고 있으므로 현행 법규상으로 전층 스프링클러 설치 및 실내 공기질과 관련하여 환기시스템을 의무적으로 설치하여야 한다.

한편 본 대상 건물의 층고는 2,600mm, 천장고는 2,300mm로 계획되어 있었으나 스프링클러와 환기시스템 설치에 따라 기존의 2,300mm 천장고 확보는 불가능한 것으로 판단된다. 특히, 스프링클러와 덕트형 환기시스템을 설치하는 경우에는 천장고 2,200mm 확보도 불가능할 것으로 판단되어 현행 주택법의 거실 높이에 대한 기준에 위배되게 되므로 환기시스템을 무덕트형 시스템으로 계획하거나 기존 온돌 구조체를 습식이 아닌 건식 온돌 패널로 계획하여야 할 것으로 검토되었다.

표 3-129. 천장고 검토

스프링클러 설치시 단면검토(습식)	스프링클러+환기용 덕트 설치시 단면검토(습식)
	

스프링클러+환기용 덕트 설치시 단면검토(건식)


(다) 최적환기전략

① 실내 공기질 개선 방안의 선정

환기 시스템은 실내 공기질을 확보하는 방법 중에 하나로 시스템 선정의 유/무 및 그 시스템의 적합성을 결정해야 된다. 실내 공기질의 개선방안으로는 (1) 오염발생원 제거, (2) 오염물질의 확산을 막는 방법, (3) 오염물질 제거 (정화), (4) 오염물질의 희석 및 배출, 그리고 (5) 건물 및 구성요소들의 지속적인 관리로 구분하였다. 위 5가지 방법 중 프로그램 2와 같은 일반 공동주택은 오염물질의 유형, 발생장소, 이동특성을 파악하기 어렵기 때문에 (4) 오염물질의 희석 및 배출을 사용하는 것이 가장 바람직하다. 따라서, 프로그램 2의 실내 공기질를 확보할 수 있는 가장 바람직한 대안은 환기 (자연환기, 기계환기)를 통해 유입된 신선한 외

기를 이용하여 실내공기의 오염물질 농도를 낮추거나 실내의 오염물질을 외부로 배출하는 방법이다.

② 환기 시스템의 선정

환기 시스템의 선정을 위해서는 운영방식 (자연환기 방식, 전열/현열 교환 방식, 하이브리드 방식), 외기 공급량 결정 방식 (CAV 방식, DCV-CO2 방식, DCV-RFID 방식)에 따른 적절한 평가가 다음과 같이 이루어 져야 한다.

- 1단계 (운영방식의 결정): 운영방식은 자연환기 방식, 기계환기 (전열/현열 교환) 방식, 하이브리드 방식으로 구분할 수 있다. 프로그램 2의 경우에는 재실공간의 실내공기질 확보 및 설치 공간의 확보 문제를 고려했을 경우 하이브리드 방식이 가장 적합하다.
- 2단계 (덕트의 사용 유/무 결정): 프로그램 2는 리모델링 대상 건물로서 층고문제는 가장 중요한 고려사항 중에 하나이다. 본 프로그램 2의 법규적 제한 조건 (건축법: 2.3m, 주택법 2.2m) 을 만족하기 위해서는 무덕트 방식이 적용되어야 한다.
- 3단계 (평면적 검토): 평면적 검토는 평면 형태, 배치, 외부공간과의 인접성에 의해 하이브리드 방식의 구성요소들의 세부적인 위치 및 최대 수량, 시스템의 적합성이 결정되어야 한다.
- 4단계 (필요 환기량 선정, 최적의 설치위치 및 수량 산정): 대상공간의 필요 환기량의 산정은 법규적 제한조건인 환기 횟수 0.7회/h 이상을 만족해야 된다. 이때, 환기량 산정방법은 1) 대수방정식에 의해 계산방법, 2) 시뮬레이션 툴을 이용하는 방법, 3) 유전자 알고리즘과 파레토를 이용한 최적설계 방법으로 구분 된다. 이때, 유전자 알고리즘과 파레토를 이용한 최적설계 방법은 다양한 평가기준 (초기투자비, 에너지 비용, 불만족도 (PD), CO2농도)을 고려한 최적의 위치를 결정할 수 있는 방법으로 1) 대수방정식에 의해 계산방법, 2) 시뮬레이션

툴을 이용하는 방법보다 그 효율성 및 적합성이 뛰어나다.

③ 선정된 환기 시스템의 도출 방법 및 결과

프로그램 2에서는 유전자 알고리즘과 파레토를 이용한 최적설계 방법을 적용하고자 하였으며, 이를 위해서는 성능지시자의 선정, 설계변수 및 목적함수의 선정, 유전자 알고리즘(GA: Genetic Algorithm)과 파레토 최적(Pareto Optimality)의 적용, 그리고 다기준 최적해의 도출 순으로 진행되어야 한다. 그 결과, 프로그램 2의 최적설계는 급기구는 침실2, 배기팬은 욕실2에 180CMH가 설치된 설계안을 선정하였다. 선정된 이유는 다른 최적해에 비해 실내공기질은 떨어지지만, 충분히 실내공기질을 만족하는 설계안이며, 초기투자 및 운영비가 저렴하기 때문이다. 또한 재실자의 이동을 고려하면 침실2가 침실3에 비해 재실자의 이동이 많으므로 급기구가 침실2에 설치되는 것이 바람직하다.

④ 외기 공급량 결정 기준의 선정

외기 공급량 결정 기준은 상시환기 방식, CO2 제어환기 방식(DCV-CO2: CO2-sensor based Demand-Controlled Ventilation), RFID 제어환기 방식으로 구분된다. 이때, 프로그램 2와 같은 공동주택은 학교나 일반 사무소 건물과 달리, 불확실한 재실자를 고려해야 되기 때문에 RFID 제어환기 방식은 가장 불리하다. 그리고 불확실성 분석을 이용하여 CAV방식과 DCV-CO2방식에 대한 제어전략 (표 xx)을 비교해 보면, 초기투자비 면에서 CAV 방식이 DCV-CO2 방식보다 유리함을 알 수 있었다. 에너지 비용 측면에서는 DCV-CO2 방식이 유리하며, 투자회수 기간도 길지 않은 것으로 판단된다. CAV 방식은 지속적으로 충분한 외기를 공급하기 때문에 불만족도, CO2 농도 측면에서 유리하며, DCV-CO2 방식은 에너지비용 측면에서 유리함을 알 수 있었다. 그러나 DCV-CO2 방식도 프로그램 2에 대해서 불만족도, CO2농도를 충분히 만족하였다 (그림 3-196~199 참조).

표 3-130. 4가지 환기전략

외기공급량 결정기준	CO2 센서위치	환기전략
CAV	N/A	(1) CAV, 센서(무)
DCV-CO2	거실	(2) DCV-CO2, 센서(유-거실)
	거실+침실1	(3) DCV-CO2, 센서(유-거실+침실1)
	거실+침실1+침실2+침실3	(4) DCV-CO2, 센서(유-각실)

* 무: 설치안됨, 유: 설치됨

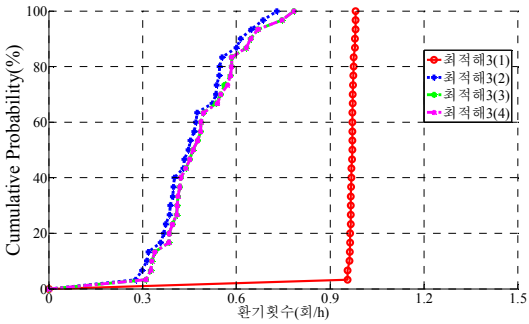


그림 3-196. 환기횟수 분석결과

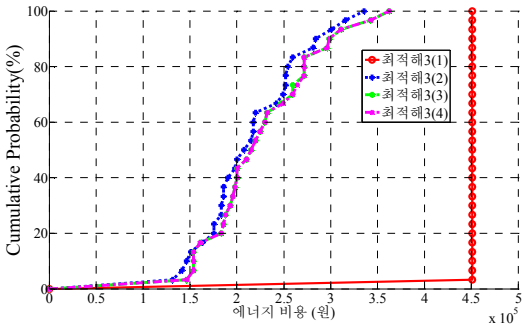


그림 3-197. 에너지 비용 분석결과

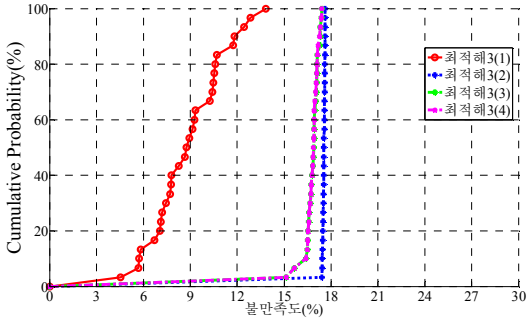


그림 3-198. 불만족도 분석결과

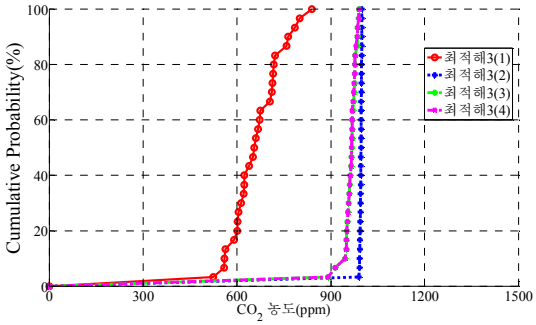


그림 3-199. CO2농도 분서결과

⑤ 환기 시스템의 설치도면 작성

노후 공동주택의 건축적 공간 계획 검토에서 “건축적 관점에서의 환기 시스템 최적설계”를 하였으며, 이를 바탕으로 대상건물의 적합한 설치도면 작성은 중요한 단계로 환기시스템 설치작업 및 의사결정자(DM)들과의 효율적인 의사소통을 수행하는데 필요하다.

(라) 음향성능 기술

① 경·중량 바닥충격음 차단성능의 확보

경량 바닥충격음 차단성능은 뜬바닥구조(Floating Floor)로 시공할 경우 신축아파트의 표준 성능 수준이나 법규상의 최소성능기준(58데시벨)을 만족할 수 있는 성능을 얻을 수 있다. 대부분의 리모델링에서 구조 슬래브의 두께를 증가시킬 수 없으므로, 중량바닥충격음 차단성능을 극대화하기 위해서라도 뜬바닥 구조의 시공은 필수적이다. 중량 바닥충격음 차단성능을 확보하기 위해서는 높은 동탄성계수의 바닥완충재를 사용한 뜬바닥 구조의 습식 바닥완충구조를 적용하였다. 혹은, 아직은 없으나 중량바닥충격음 표준충격원의 변경(뱅머신->임팩트볼)에 의해 주택건설기준 등에 관한 규정(대통령령 20383호) 제13조제4항 및 공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 관리기준(건설교통부고시 제2006-435호)에 의해 인정된 “표준바닥구조” 혹은 “인정바닥구조”가 개발된다면 이를 적용하는 것도 가능하다.

② 급배수 설비소음 저감성능의 확보

급배수 설비소음 저감은 저소음형 설비의 사용과 소음 차단형 관로의 사용, 그리고 설비기기나 관로의 절연(구조체) 등에 의해 가능하다. ⓐ세대별 급수압력의 조절(2,5kgf/㎠ 이하) ⓑ구조체 배관 지지부의 절연 시공 ⓒ저소음형 배수관 사용(이중관, 주철관) ⓓ오·배수관의 당해층 배관방식 등을 적용하였다. 또한 설비소음이 인접세대로 전달될 수 있는 공기전달 통로를 제공하는 욕실 환기덕트를 충분히 감음형으로 설계하였다.

③ 세대간 소음전달 차단성능의 확보

공동주택 세대간 소음전달 차단성능을 확보하기 위해서는 세대간 경계벽을 통해 직접 투과되는 소음과 함께 출입구나 창호 등을

통한 측로전달소음(Flanking Transmission Noise)을 고려하여야 한다. 직접 투과음에 대해서는 법규(주택성능 기준등에 관한 규정 제14조①의 1항)에서 시방기준으로 최소 15cm 이상의 철근콘크리트구조벽을 달성하도록 하고 있다. 또한 이 법규 14조 ①의 4항과 벽체의 차음구조 인정 및 관리기준(국토해양부 고시 제2008-428호)에서는 건물 경량화를 위한 건식벽체 등의 최소 성능기준을 Rw+C 48 이상으로 제한하고 있다. 프로그램 2는 15cm 이상의 철근콘크리트 벽으로 구성되어 있으며, 이를 변경하지 않음으로써 세대간 경계벽의 공기전달음 차단성능을 만족하고 있다.. 다만, 리모델링 완료 후 거주자에 의해 발코니가 거실이나 안방으로 확장될 경우 발코니 방화피난벽의 얇은 구조를 통해 측로전달소음이 발생할 가능성은 남아 있다는 점을 알아둘 필요가 있다.

④ 외부교통소음 차단성능의 확보

외부교통소음의 조건은 리모델링의 Program에 따라 변하는 조건이 아니며, 리모델링 대상 노후공동주택의 입지와 부지 주변의 상황에 따라 크게 달라진다. 따라서 대상 노후공동주택의 현황측정을 통하여 현재의 상황을 먼저 파악하여야 한다. 법규에서 정하고 있는 소음측정기준(공동주택의 소음측정기준, 건설교통부 고시 제2007-573호)으로 측정한 결과 값에서, 1층과 5층에서의 외부소음레벨 산술평균이 65데시벨을 넘지 않도록 방음벽 등을 설치하였다. 또한 6층 이상에서 측정한 외부소음레벨이 65데시벨을 넘을 경우를 가정하여 차음형 발코니창호 도입을 통해 실내에서의 소음레벨이 45데시벨 미만이 되도록 하였다.

(마) BIM을 활용한 리모델링 사업성 평가 기술 적용내용

① 리모델링 평면의 3D 모델링

연구개발한 리모델링 WBS와 리모델링 CBS를 Test-Bed단지에 적용을 위하여 리모델링 대안에 대한 3D 모델링을 수행하였다. 리모델링 WBS와 CBS에 의하여 리모델링 Activity의 공사 일수와 리모델링 공사비를 산출하기 위해서는 각 공정에 대한 물량산출이 필요하다. 이를 위하여 시범 단지의 리모델링 평면의 3D 모델링을 수행하였다. 3D 모델링을 통하여 각 부분의 물량 산출이 가능하여 이를 바탕으로 공사기간과 공사비를 산정하였다.

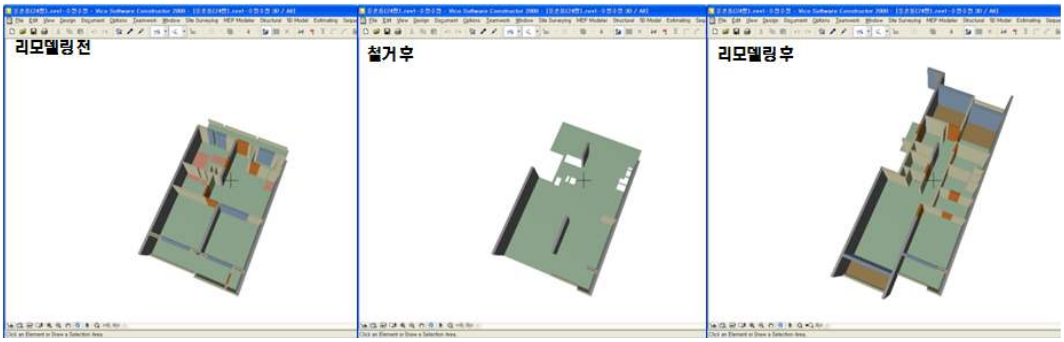


그림 3-200. 민간 시범 사업 리모델링 대안의 3D 모델링

시범단지의 3D 모델링을 통하여 철거 물량과 신설 골조 공사의 물량을 파악할 수 있었다. 물량 산출은 철거물량과 신설 물량으로 구분하여 산출하였고, 철거는 내력벽 철거와 비내력벽 철거, 슬라브 철거로 구분하였으며 신설 골조는 내력벽, 비내력벽, 슬라브로 구분하여 물량을 산출하였다.

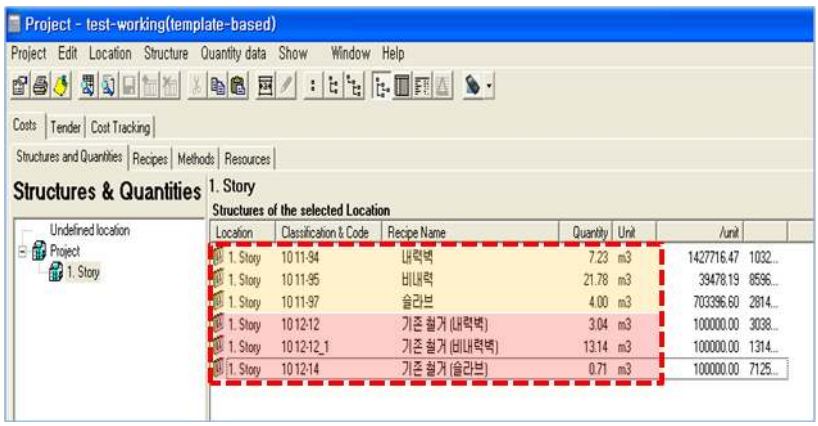


그림 3-201. 민간 시범 사업 리모델링 대안의 물량 산출

(나) Test-Bed단지의 공정계획 작성

리모델링 표준 WBS DB를 통하여 Test-Bed에 적합한 리모델링 WBS를 제시하고 이를 바탕으로 리모델링 공정표를 작성하였다. 민간 시범사업의 WBS에서 주요 관리 사항은 철거 공사와 철근 콘크리트 공사의 항목으로 설정되었으며 이에 따른 세부 WBS 코드와 항목들을 도출하였다.

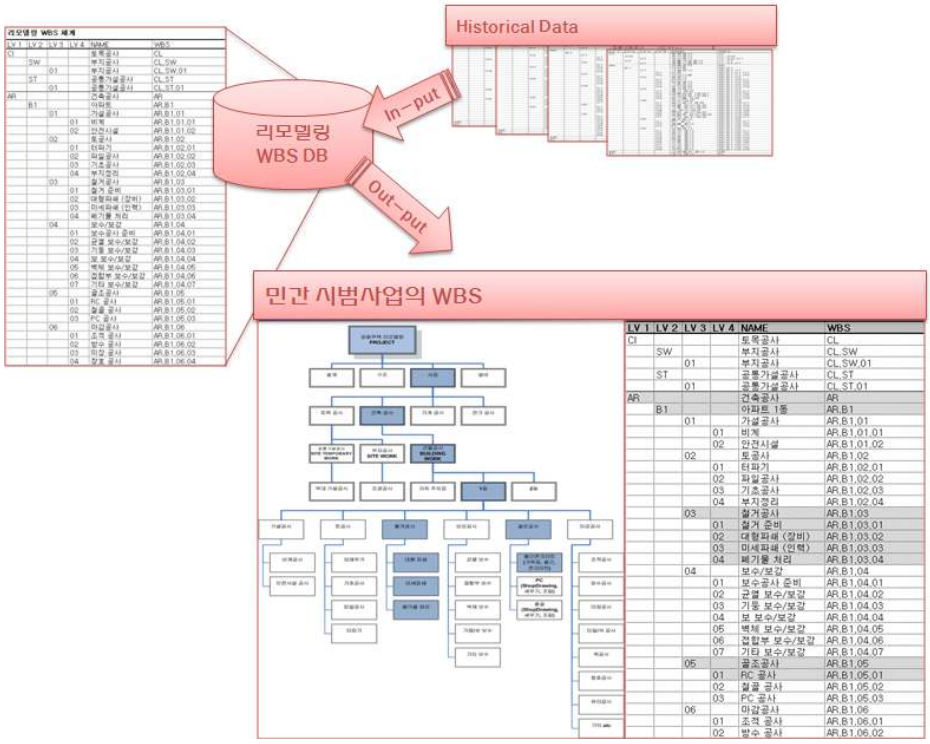


그림 3-202. 민간 시범 사업의 WBS 도출

Test-Bed에 적용할 리모델링 WBS를 바탕으로 리모델링 공사의 Activity를 도출하였다. 도출된 Activity는 비 내력벽 철거, 내력벽 철거, 슬라브 철거, 내력벽 신설, 슬라브 신설, 비 내력벽 신설이다. 도출된 Activity를 Test-Bed 리모델링 평면의 3D 모델링을 바탕으로 산출한 물량을 바탕으로 각 Activity의 공사기간을 산정하였다. 공정표는 발주자가 일반적인 네트워크 공정표를 이해하기가 힘들기 때문에 공사 상황을 손쉽게 이해할 수 있는 Bar Chart와 Line of

Balance(LOB) 공정표로 작성을 하였다. LOB 공정표는 좌측에 층수를 표시하고 Activity를 선(Line)으로 표시하여 특정 Activity가 해당 일에 어떤 층의 공사를 수행하는지 손쉽게 파악할 수 있는 장점이 있다.

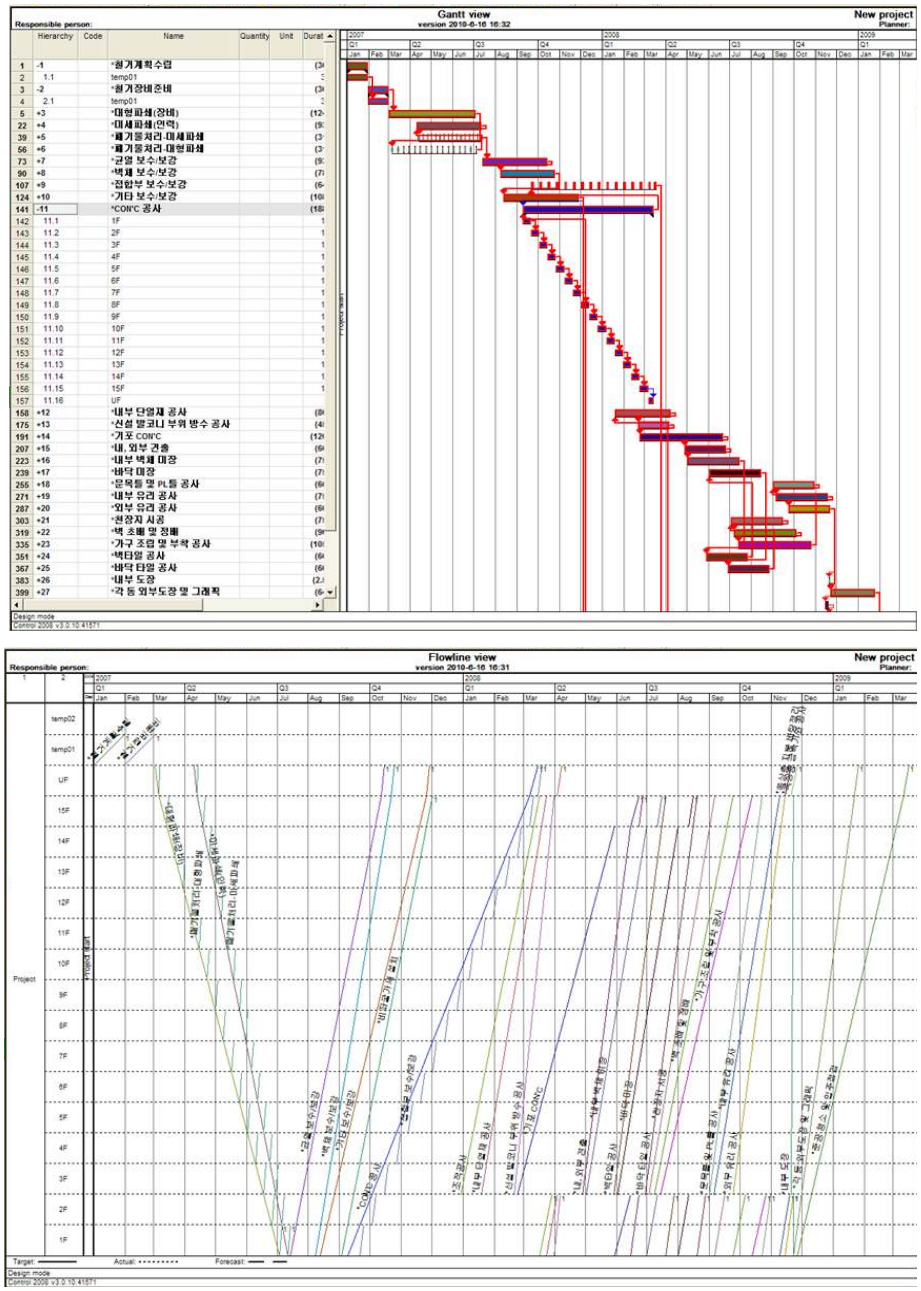


그림 3-203. 민간 시범 사업의 공정표

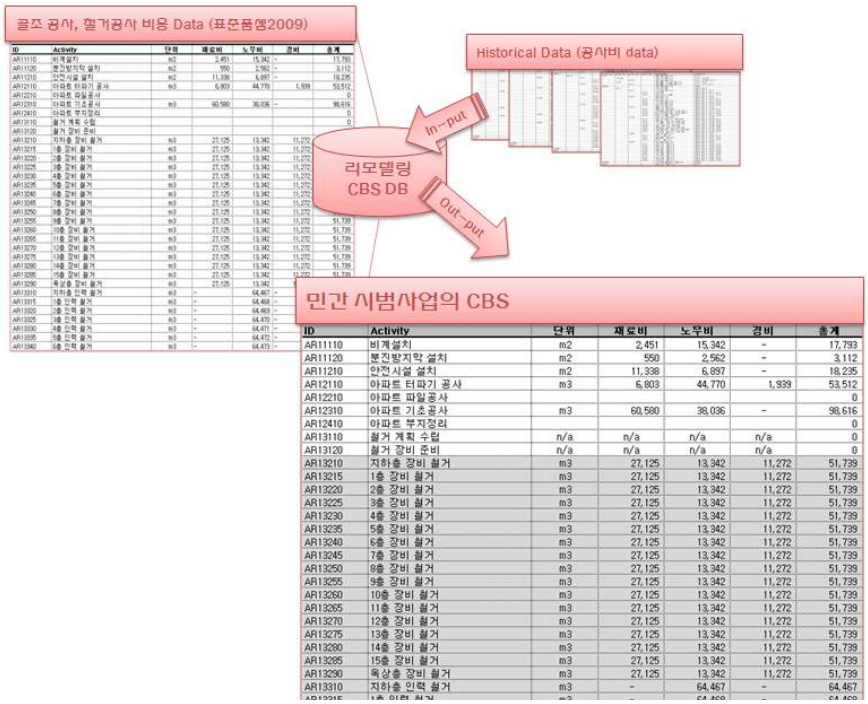
작성된 Test-Bed의 공정은 철거 공사와 신설 골조 공사의 공사

기간이 약 46주가 소요되는 것으로 나타났다.

(다) Test-Bed 단지의 비용계획 작성

Test-Bed 단지의 비용계획을 작성하기 위하여 리모델링 표준 CBS DB를 통하여 Test-Bed에 적합한 리모델링 CBS를 제시하고 이를 바탕으로 리모델링 비용계획을 작성하였다.

리모델링 공사 CBS의 주요 관리 사항은 철거 공사와 철근 콘크리트 공사의 항목으로 설정하였으며 이에 따른 세부 CBS 코드와 항목들을 선정하였다.



ID	Activity	단위	재료비	노무비	경비	총계
AR11110	비계설치	m2	2,451	15,342	-	17,793
AR11120	분진방지막 설치	m2	550	2,562	-	3,112
AR11210	안전시설 설치	m2	11,338	6,897	-	18,235
AR12110	아파트 터파기 공사	m3	6,803	44,770	1,939	53,512
AR12210	아파트 파일공사					0
AR12310	아파트 기초공사	m3	60,580	38,036	-	98,616
AR12410	아파트 부지정리					0
AR13110	철거 계획 수립	n/a	n/a	n/a	n/a	0
AR13120	철거 장비 준비	n/a	n/a	n/a	n/a	0
AR13210	지하층 장비 철거	m3	27,125	13,342	11,272	51,739
AR13215	1층 장비 철거	m3	27,125	13,342	11,272	51,739
AR13220	2층 장비 철거	m3	27,125	13,342	11,272	51,739
AR13225	3층 장비 철거	m3	27,125	13,342	11,272	51,739
AR13230	4층 장비 철거	m3	27,125	13,342	11,272	51,739
AR13235	5층 장비 철거	m3	27,125	13,342	11,272	51,739
AR13240	6층 장비 철거	m3	27,125	13,342	11,272	51,739
AR13245	7층 장비 철거	m3	27,125	13,342	11,272	51,739
AR13250	8층 장비 철거	m3	27,125	13,342	11,272	51,739
AR13255	9층 장비 철거	m3	27,125	13,342	11,272	51,739
AR13260	10층 장비 철거	m3	27,125	13,342	11,272	51,739
AR13265	11층 장비 철거	m3	27,125	13,342	11,272	51,739
AR13270	12층 장비 철거	m3	27,125	13,342	11,272	51,739
AR13275	13층 장비 철거	m3	27,125	13,342	11,272	51,739
AR13280	14층 장비 철거	m3	27,125	13,342	11,272	51,739
AR13285	15층 장비 철거	m3	27,125	13,342	11,272	51,739
AR13290	옥상층 장비 철거	m3	27,125	13,342	11,272	51,739
AR13310	지하층 인력 철거	m3	-	64,467	-	64,467

그림 3-204. 민간 시범 사업의 CBS 도출

선정된 리모델링 CBS와 Test-Bed 평면의 3D 모델링을 통하여 도출된 물량을 바탕으로 철거 공정과 신설 골조 공정의 공사비를 도출하였다.

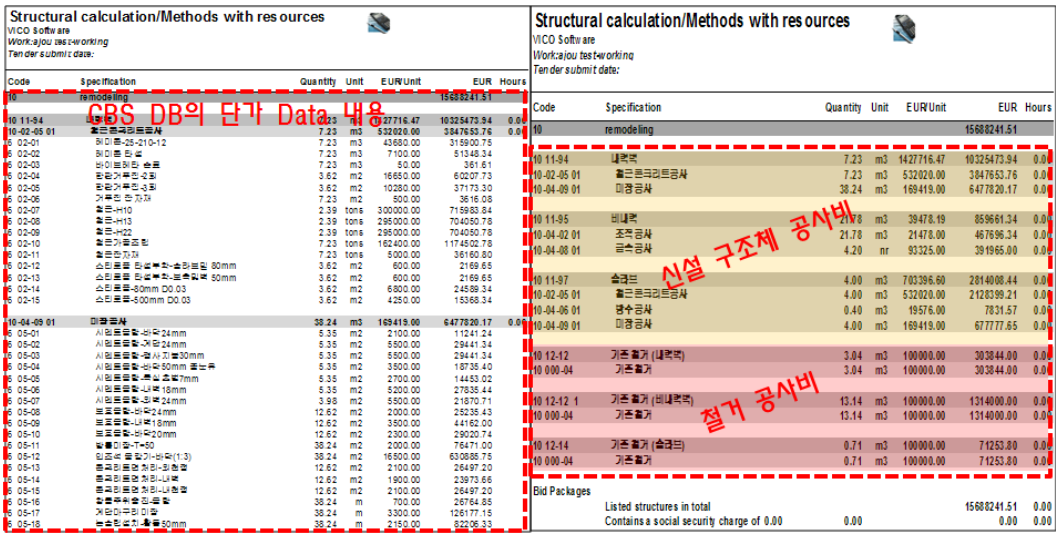


그림 3-205. Test Bed의 철거 및 신설 구조체 공사비 도출

나. 민간 Test Bed 결과 분석

Test Bed 단지는 재건축의 사업성이 현저히 떨어져 리모델링을 추진 중이며 이로 인해 Test Bed 로 선정되었으며 연구단 개발기술의 적용결과를 분석해 보면 다음과 같다.

표 3-131. Test Bed 적용 결과의 분석 (Program II 대상)

	재건축	리모델링 재현 신축	리모델링 (기존)	리모델링 (연구단)
연면적(M2)	22,751.39	33,531.29	33,531.29	33,531.29
용적율(%)	219.75	304.47	304.47	304.47
세대수	158	196	196	196
주차대수	205	183	183	183
단지 전체 총공사비(원)	25,413,061,784	34,939,804,309	32,330,283,116	32,696,123,738
단위면적(3.3㎡)당 공사비(원)	3,692,607	3,444,663	3,187,395	3,223,462
재건축 대비 비율(%)	100.0	93.3	86.3	87.3
세대수 증가에 의한 분양 수입	0	0	0	0
기존 세대당 부담금	160,842,163	178,264,309	164,950,424	166,816,958
재건축 대비 비율(%)	100.0	110.8	102.6	103.7

(1) 연구단 개발 기술의 적용 효과

Test Bed 분석결과를 보면 리모델링(연구단)은 리모델링(기존)에 비해 공사비와 세대당 부담금 측면에서 미세하게나마 높은 것으로 나타나 리모델링(기존)에 비해 아직은 경제성을 확보했다고 주장할 수는 없다.

그러나 리모델링(연구단)에 적용된 연구단의 개발기술은 적용기술의 평가에서 나타난 바와 같이 성능 면에서 현재 적용이 고려 중인 비교기술들에 비해서는 우수하며 VE 분석에서 나타난 바와 같이 가격 대비 성능의 가치 측면에서 가치가 높은 것으로 나타나 향후 계속적인 기술 개발과 보급 확산에 의해 경제성을 확보하기 위한 지속적인 연구가 필요하다고 판단된다.

(2) 재건축 대비 리모델링 활성화 측면

재건축과 리모델링(기존)의 단위면적당 공사비를 비교해 보면 리모델링(기존)이 13.7 % 정도 저렴한 것으로 나타났다. 또 기존 세대당 부담금을 비교해 보면 리모델링(기존)은 재건축에 비해 102.6% 로 나타나 거의 같거나 오히려 증가하는 것으로 분석되었다. 이 같은 분석 결과를 근거로 재건축의 대안으로 리모델링의 활성화를 기대하기는 어려울 것으로 보인다. 다만 선정된 Test-Bed 재건축 추진시 단지의 지역지구의 특성으로 인해 세대수가 기존의 196세대에서 158세대로 오히려 감소하므로 재건축이 원천적으로 불가능한 단지라는 점이 Test Bed 분석 과정에 고려되어야 할 것이다.

(3) Test Bed 결과에 근거한 리모델링의 활성화

결국 단기적으로 볼 때 기술 개발에 의한 리모델링의 사업성 개선은 사실상 기대하기 어려운 것으로 보인다. 그러나 리모델링이 가지는 친환경적인 잠재력과 노후공동 주택의 증가에 따른 리모델링에 대한 사회적인 필요성을 고려할 때 리모델링 시장을 유지하기 위해서는 리모델링 규제를 완화해 리모델링 시장 유지시킬 수 있는 단기적인 제도개선과 리모델링의 성능 및 경제성 확보를 위한 중장기적인 기술개발을 병행하는 것이 필수적이라고 판단된다.

이에 따라 본 연구단은 오랜 논의 끝에 단기적으로 추진되어야 할 제도개선(안)을 제시하였으며 그 내용은 기존 리모델링 구조체에서는 적용이 거의 불가능한 기술적인 규제의 완화와 사업성 개선에 가장 확실하고 직접적인 변수인 세대수 증가를 최소한 허용하는 제안을 포함하였다.

이와 같은 제도개선이 전제된다면 리모델링을 추진하는 대상 단지는 사업 추진상 여러 가지 선택 Option 을 가질 수 있게 될 것이다. 따라서 본 연구단은 이 경우 생각할 수 있는 리모델링 대안들을 Program 과 가이드라인으로 개발해 리모델링 단지들로 하여금 리모델링 옵션들을 선택할 수 있도록 하고 사업 추진절차상에서 개발기술들을 적용하기 위한 매뉴얼로 활용할 수 있도록 하였다.

(4) BIM 시스템의 검증 및 활용

공사비를 산출한 결과 매뉴얼 방식의 공사비 산출 결과와 BIM 시스템을 활용한 공사비 산출 결과는 크게 다르지 않으나 일부 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

표 3-132. 리모델링 프로그램 2 공사비 산출 (3.3m^2 당, 단위: 원)

	공통비*	철거	건축	구조	설비	주차장**	기타**	간접비*	공사비
매뉴얼 방식 공사비 산출	150,000	82,200	1,050,634	314,540	725,862	524,737	105,489	270,000	3,223,462
BIM 시스템 공사비 산출	150,000	77,947	1,020,447	323,085	729,409	524,737	105,489	270,000	3,201,114
BIM/매뉴얼 비율 (%)	100.0	94.8	97.1	102.7	100.5	100.0	100.0	100.0	99.3

프로그램 2의 매뉴얼 공사비 산출 방식과 BIM 시스템을 활용한 공사비 산출방식의 비용 차이는 1) BIM 시스템상의 한계에 의한 물량 산출 내용의 차이, 2) 매뉴얼 공사비 산출 방식과 BIM 시스템 공사비 산출 방식에서 활용한 단위 물량 당 단가의 차이, 3) 기존 도면의 상세 수준 부족에 의한 마감, 단열, 방수 그리고 각종 수장재 등에 대한 가정 조건의 차이 등으로 인하여 발생하는 것을 확인할 수 있었다. BIM 시스템의 한계에 의한 물량 차이는 BIM 모델링의 표현 한계에 의해 발생하는 것으로 예를 들어 BIM 시스템 방식은 철근 모델링 같이 벽체 내부에 포함되는 공사의 부분과 세대내 아트홀과 같이 매우 디테일하게 표현해야 하는 부분의 모델링을 수행할 수 없어 단위 물량 당 비율로 금액을 산정하였기 때문에 매뉴얼 방식과 BIM 시스템 방식의 비용 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

공사비 산출에 활용된 단위 물량 당 단가의 차이는 매뉴얼 방식에 의한 공사비 산출의 경우에 경험이 많은 견적 사무소에서 기 수행된 프로젝트의 공사비 자료와 품셈 그리고 실적공사비를 활용하여 공사비의 단가를 결정하는 반면 본 연구에서의 BIM 시스템을 활용한 공사비 산출 방식의 경우는 표준 품셈과 물가정보를 활용하여 공사비 단가를 결정하였기 때문에 각 방식에서 사용한 단위 물량 당 단가가 일부 차이가 있어 공사비의 차이가 발생하였음을 확인할 수 있었다.

그리고 기존 도면의 상세수준 부족에 의한 경우에는 공사비 산출에 활용된 도면의 상세 수준이 개념설계와 상세설계의 중간 단계의 도면이었기에 마감 및 단열, 방수 그리고 수장재 및 가구 등에 대한 내용이 없어 일부 항목에 대한 가정 조건을 통하여 공사비 산출을 수행하였다. 이에 매뉴얼 방식의 공사비 산출의 경우에는 기 수행되었던 프로젝트의 정보를 통하여 마감, 방수, 단열, 각종 수장재의 내용을 가정하고 공사비를 산출하였지만 BIM 시스템의 경우 모델링을 통해 산출된 물량을 기준으로 하여 공사비를 산출하기 때문에 마감, 방수, 단열, 각종 수장재에 대한 정보를 단위 물량 당 비율로 공사비를 산정하였기 때문에 비용 차이가 발생하였음을 확인할 수 있었다. 그러나 산출된 비용의 차이는 극히 미미하여 리모델링 사업성을 상대적으로 비교하는데 있어서는 무리가 없는 것으로 보인다. 따라서, 리모델링 사업성 분석시 활용가능하다고 판단된다. 앞서 시스템 사용 시 공사비 산출 시간이 기존 2D 도면에 의한 매뉴얼 방식 보다 절반의 단축효과가 있어, 본 연구를 통하여 개발한 BIM 시스템 공사비 산출 방식을 활용하면 리모델링 사업주에게 의사결정의 참고자료로 활용할 수 있는 개략 공사비 산출에 큰 도움을 줄 것으로 예상한다.

(5) 소결

본 연구단이 수행한 민간부문 Test Bed 는 개발 기술이 실제 리모델링 시공에 까지 적용되지 못했다는 점에서 당초 연구단 출범시 계획했던 개념의 Test Bed 와는 근본적인 한계를 가진다. (그러나 민간부문의 경우 연구단의 일정과 맞추어 시공까지의 Test Bed 를 수행하는 것은 사실상 불가능하다.) 제한적이나마 Test Bed 적용 결과 개발기술을 활용한 근본적인 리모델링 사업성 개선은 사실상 아직은 어려운 것으로 판단됨. 그럼에도 연구단 개발기술은 비교안과 비교해 비용 대비 성능의 VE 지수가 높은 것으로 나타나 지속적인 연구개발에 의해 의미있는 기술의 실현이 가능할 것으로 예상한다. 그러나 단기적으로는 리모델링이 기술 자체에 의해 재건축과 경쟁력을 가지기에는 한계가

있다고 판단해 이러한 상황을 개선하고 리모델링 시장이 유지되기 위해서는 사업성 개선을 위한 제도개선의 필요성이 절실하다고 할 수 있다. 특히 사업성 개선은 세대당 부담금을 저감할 수 있는 세대수 증가가 가장 직접적인 수단이므로 이를 어느 정도 허용할 수 있는 방향의 제도개선이 단기적으로 필요하다고 할 수 있다.

아울러 이러한 제도개선이 가능하다는 전제 하에 대상 단지와 입주민들이 선택할 수 있는 다양한 리모델링 프로그램이 개발될 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 제도개선의 주요 내용과 다양한 리모델링 프로그램을 개발하여 제시했으며 그 내용은 다음의 두 개 절에 제시된 바와 같다.

제 4 절 제도개선안 제시

리모델링 요소기술을 개발하고, 실험동의 설치, 실험실 내의 성능 시험, 시뮬레이션 등의 다양한 방법을 이용하여 개발기술의 성능의 향상 정도를 분석해 보았다. 이러한 과정에서 요소기술의 성능의 향상 정도의 중요성보다 더 선행되어야 할 것이 리모델링 관련 제도 규정의 개선과 완화라고 할 수 있다. 리모델링은 분양을 전제로 하는 신축 및 재건축과 달리 주민이 자발적으로 주거환경과 성능을 개선하는 활동이다. 현재 이러한 개선활동은 세부적 규정에 대한 명시적인 제시 없이, "기존 내력벽의 일부철거 및 보강" 이라는 해석에 따라 정도를 달리 할 수 있는 규정 하에 수행되고 있다. 그런데 이러한 조건하에서 수행되고 있는 리모델링의 다양한 성능개선 행위는 신축과 동일한 수준의 성능을 요구하고 있는 실정이다. 개발 기술이 신축과 동일한 수준의 이상의 성능을 확보했다 할지라도, 이를 적용할 구조물이 15년 이상 경과된 과거법을 적용하여 건축되었기 때문에 적용에 대한 어려움이나 적용불가의 상황에 있음을 알 수 있다. 또, 적용은 되었다고 할지라도 성능개선 효과와 더불어 자산가치의 증대를 기대하는 리모델링 수요자들에게는 현행 리모델링 사업성의 유무를 결정하게 되는 주요 제도 규정이 걸림돌이 되고 있다 할 수 있다.

본 연구단에서는 요소기술 개발하고, 적용하는 과정에서 현행 리모델링의 활성화에 걸림돌로 작용하고 있는 제도 규정을 개발 기술의 적용 시 문제가 되는 제도규정 2건과 리모델링 활성화를 위해 사업성 검토 시 문제가 되는 제도규정 12건을 제안하고, 제안한 제도 규정의 문제점, 개선의 방향, 제안한 근거, 개선되었을 경우의 효과 등으로 최종 정리하였다. (부록 00참조) 다음은 개발기술의 적용기술 시 문제가 되는 제도 규정과 사업성을 검토하는 데 문제가 되는 제도 규정의 일부를 요약한 것이다.

1. 기술적인 측면의 제도개선

80년대 중반이후 준공된 고층, 고밀 아파트는 대부분 재건축 추진이 거의 불가능하거나 사업성이 크게 떨어지는 측면에서 잠재적 리모델링 수요라고 할 수 있다. 리모델링은 분양을 전제로 하는 신축 및 재건축과 달리 주민이

자발적으로 주거환경과 성능을 개선하는 활동이다. 현재 이러한 개선활동은 세부적 규정에 대한 명시적인 제시 없이, “기존 내력벽의 일부철거 및 보강”이라는 해석에 따라 정도를 달리 할 수 있는 규정 하에 수행되고 있다. 그런데 이러한 조건하에서 수행되고 있는 리모델링의 다양한 성능개선 행위는 신축과 동일한 수준의 성능을 요구하고 있는 실정이다.

본 연구단에서는 잠재적 리모델링 수요를 해결할 수 있도록 리모델링 활성화라는 대전제 하에 현행 적용기술과 성능 측면에서 대별되는 요소기술을 개발하였다. 개발된 요소기술은 성능의 향상에도 불구하고, 현행 제도 규정의 융통성 없는 제약으로 인해 리모델링에 적용되어 잠재적 리모델링 수요를 해결하기는 한계가 있다. 다음 표 00은 연구단의 요소개발 기술의 한 분야인 공동주택 소음저감 기술 분야에서 연구수행 과정 중에 개선의 필요성을 통감한 현행 **「바닥충격음 차단성능 규정」**의 불합리성에 대한 내용과 이에 대한 근거, 그리고 개선의 방향에 대한 내용을 요약한 것이다. **즉, “바닥충격음 차단성능의 법적 최소성능 기준은 중량 50dB, 경량 58dB”** 로 규정되어 있다. 또한, **“거실 및 침실의 반자높이(반자를 설치하는 경우에 한한다)는 2.2미터이상으로 하고 층높이는 2.4미터이상으로 하되, 각각 10센티미터를 단위로 한 것을 기준척도로 할 것”**으로 규정이 규정되어있다. 그런데 리모델링의 대상인 노후 아파트의 대부분이 135mm의 바닥슬래브를 포함한 2,600mm의 층고를 갖고 있으며, 소방관련 법규에 의해 적어도 150mm의 스프링클러 설치를 위한 천장 높이가 필요하다. 따라서 “바닥완충층(차음재)+단열층(단열재)+바닥지지층(기포콘크리트 등)+온돌층(파이프배관 및 모르터)+바닥마감층(마감재)”의 복합 바닥구조가 설치

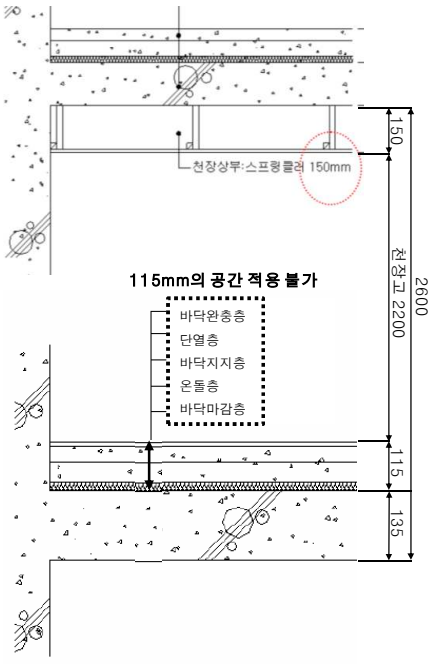


그림 3-206. 바닥충격음 차단성능 규정의 불합리성

될 수 있는 공간은 최대 115mm에 불과하다. 이런 정도의 높이로는 위의 복합 구성 자체가 어려울 수도 있으며, 실제 두께 180mm의 바닥슬래브에서조차 이 정도로는 중량바닥충격음 차단성능의 법규 제한값(50dB)을 만족하기 쉽지 않은 실정이다. **이러한 경우 115mm 보다는 약간 두껍지만 50dB의 법적 규제값을 만족시킬 수 있다고 판단될 때에는 천장고에 관한 법규 혹은 스프링클러 설치에 관한 법규를 완화하거나 적어도 리모델링의 경우에 해당하는 경과 규정을 둠으로써 이 기술을 활용하여야 한다.**(그림 3-206 참조)

「외부소음 및 외부소음에 대한 실내소음의 최소성능 규제」는 "공동주택은 1층~5층의 경우 실외소음도 65dB(A)미만, 6층 이상은 실내소음도 45dB(A)미만"의 소음 환경을 달성하여야 한다. 대부분 공동주택의 외부소음이 65dB(A)를 초과하는 현실을 반영하여, 6층 이상에서는 실내소음도 45dB(A)미만을 만족하면 외부소음레벨을 문제 삼지 않는다는 내용이 추가되어 2008년 1월 1일부터 시행되었다. 이 규정에 의하면 최근 주거 외부공간의 중요성 부각 및 친환경 설계기법에 의한 1층 외부공간의 거주공간화 현상에 따라, 1층 레벨에서의 외부소음 레벨 규제는 정온한 외부 거주 환경 조성을 위해 그 필요성이 인정된다. 따라서 1층과 2층 이상의 세대에 대해서 차별적 규정을 두는 것에는 타당성이 있다. 그러나 **2층부터 5층까지의 세대는 6층 이상의 세대와 같이 실내 중심의 거주행태가 이루어진다. 해당 층의 외부공간으로 나갈 수 없다. 그럼에도 불구하고 1층과 같이 외부소음레벨로 소음환경을 평가하는 것은 대부분의 노후공동주택의 외부소음레벨은 65dB(A)이상인 점을 감안한다면 리모델링의 수행이 현실적으로 불가능하다는 것을 의미한다.** 따라서 2층이상은 세대 안에 설치된 모든 창호(窓戶)를 닫은 상태에서 거실에서 측정한 소음도(이하 "실내소음도"라 한다)가 45데시벨 이하이면 성능이 만족됨을 인정해야 한다.

이상과 같은 제도 규정은 15년 이상 경과된 노후공동 주택의 건축당시의 특성을 감안하여 현행 제도 규정에서 정하는 신축수준의 성능의 향상과는 다른 차별화 된 규정의 완화 정책이 필요하다. 이러한 제도 규정의 완화정책은

주거환경의 개선을 희망하는 잠재적 리모델링 수요자들을 보다 적극적으로 개선활동을 시도할 수 있도록 하는 원동력이 될 것이다.

2. 리모델링 활성화 측면의 제도개선

주민들의 리모델링에 대한 다양한 욕구를 충족시키기 위해서는 현행 건축규제를 보다 완화하는 한편, 증축범위에 대해서도 신축적인 접근이 요구된다. 원활한 리모델링을 유도하기 위한 제도로서 [건축법]은 리모델링 시 건축기준의 적용을 완화시킬 수 있는 근거를 두고 있고, [주택법]에서는 주거전용면적의 30%까지를 증축할 수 있도록 허용하고 있다. 그리고 이러한 건축기준의 완화와 증축 범위 허용은 사업을 수행하는 지역 관할 관청의 권한으로 위임되어 있다. 그러나 제도규정의 불명확으로 인해 다양한 해석이 유발될 수 있는 이러한 제도규정은 지역 관할 관청이 리모델링 수행에 대한 소극적인 태도를 취하는 원인으로 작용하고 있다.

본 연구단에서 개발한 분야별 요소기술을 Test bed에 통합 적용한 후, 이에 대한 적용성 평가를 통해 요소기술의 성능의 우수함을 평가하고자 하였다. 삶의 질 개선을 주 목표로 하는 공공부문은 서울 가양동에 샘플하우스를 설치하고, 이에 적용한 요소기술의 평가를 분석하였다. 그러나 삶의 질과 함께 자산가치의 증대를 목표로 하는 민간부문은 연구 수행 초기에 계획되었던 시범 적용지의 리모델링 무산으로 인해 요소기술의 적용에 많은 어려움을 겪었으며, 리모델링을 수행하고자 준비하고 있는 단지 1곳과 어렵게 MOU를 체결하고 개발 요소기술의 적용에 대한 시뮬레이션 통해 결과를 분석하였다. 이러한 과정을 통해 노후공동주택의 성능 개선을 고려하고 있는 수요자들의 리모델링에 대한 선호도를 파악할 수 있었다. 즉, 연구수행 초기의 성능개선을 위한 수단으로서 리모델링에 대한 선호도는 연구수행 초기에 비해 5년이 지난 현시점에서는 급격한 하락세를 보이고 있다. 이는 단기간 내에 리모델링의 활성화를 모색하기 위해서는 성능개선의 효과를 증대시킬 수 있는 기술보다는 사업수행의 여부를 결정할 수 있는 제도 규정의 선행이 시급함을 증명하는 것이라 할 수 있다.

연구수행 동안 제안한 리모델링 활성화의 주요 기반으로 작용할 수 있는 현행 제도 규정 중 반드시 개선되어야만 하는 내용을 부록 00으로 정리하였다. 그리고 그중 일부의 내용을 요약하면 다음과 같다. **「주택법 시행령」 제4조의 2 (증축범위)**의 내용을 살펴보면 현행 법규상 증축리모델링이라 함은 "각 세대의 주거전용면적의 3/10 이내에서 증축 가능"으로 그 범위를 제한하고 있는데, 주민 및 건설사가 증축리모델링을 시행할 때, 최대의 수익을 위하여 거의 각 세대의 주거전용면적의 3/10에 가까이 수평증축을 하고 있다. 이때, 기존 노후공동주택이 세대별 병렬결합을 주로 하고 있어, 주거전용면적의 3/10을 세대 전후면으로 확장하게 됨으로써, 평면이 앞뒤로 길어지는 형태가 되어 거주성 측면에서 신축보다 현저히 떨어지게 되는 평면으로 계획되기 쉽다. 따라서, 각 세대의 주거전용면적 3/10 이내에서 증축이 가능하되, 거주성 측면에서 보다 나은 평면이 되기 위해서 수평증축은 주거전용면적의 1/10정도로 하고, 나머지 면적은 일반 분양 수직증축을 통하여 세대수를 늘려 수익을 창출할 수 있도록 하는 방향이 검토되어야 한다. 또한, **「주택건설기준 등에 관한 규정」** 제27조제1항 에서는 "①주택단지에는 주택의 전용면적의 합계를 기준으로 하여 다음 표에서 정하는 면적당 대수의 비율로 산정한 주차대수(소숫점이하의 끝수는 이를 1대로 본다)이상의 주차장을 설치하되, 세대당 주차대수가 1대(세대당 전용면적이 60제곱미터 이하인 경우에는 0.7대)이상이 되도록 하여야 한다"는 규정은 리모델링 사업 고유의 특수성을 고려하여 단지의 현황에 따라 차등 적용하는 방안이 제시되지 않아 주차대수 확보를 위한 과도한 공사비와 공사기간의 증가로 리모델링 활성화의 걸림돌이 되고 있다. 이러한 제도 규정 역시, 리모델링의 특수성을 감안하여 좀 더 융통성 있게 적용될 수 있어야 할 것이다.

공동주택 리모델링은 재건축과 마찬가지로 주민의 집단적 의사결정을 통하여 추진하는 사업임과 동시에 기존 건물의 골조를 유지하면서 개선하는 활동이기 때문에 다양한 건추규제의 완화와 제도적 지원이 요구된다. 지금까지 도입된 리모델링 관련 제도규정은 어느 정도 리모델링 추진을 위한 기본적인 제도의 틀을 갖추었다고 할 수 있다. 그러나 원활한 사업 추진을 유도하고, 주민의 다양하고 실질적인 욕구를 충족시키는 데는 리모델링에 적용되는 기술의 개발보다는 늘어나는 잠재적 리모델링 수요자의 실질적인 욕구를 해결

할 수 있는 제도 규정의 완화 적용이 선행되어야 한다. 이러한 제도 규정의 완화를 통해 단기간 내에 리모델링의 활성화를 모색하고, 다양한 리모델링의 수행 결과의 분석을 통해 최적의 리모델링의 프로그램을 제시할 수 있다면 향후 누진적으로 늘어가는 노후공동주택을 친환경 녹색성장 코드에 부합하는 최적의 성능개선 대안이 될 수 있을 것이다.

제 5 절 리모델링 프로그램 개발

1. 개요

본 연구단은 리모델링 요소기술을 개발하고 실용화 가능성을 높이기 위하여 기술의 적용 및 Test-bed를 수행하고 결과를 분석하였다. 기술 개발 결과 기존 리모델링 기술의 수준을 한단계 향상시킨 것으로 판단된다. 그리고 리모델링 요소기술의 개발효과를 분석한 결과 지속적인 기술개발을 수행한다면 리모델링 사업을 활성화시키는데 크게 기여할 것으로 기대되지만, 단기간에 리모델링 사업을 활성화 시키는 것은 다소 무리가 있는 것으로 판단된다. 하지만 리모델링 관련제도를 정비하고 일부 제한규정을 완화한다면, 단기간에 리모델링 사업의 활성화에 크게 기여할 것으로 예상된다. 따라서 리모델링 기술개발 및 관련 제도의 정비를 통해 얻을 수 있는 기대효과를 정량적으로 분석할 수 있는 모델이 필요하다. 본 연구의 결과를 효과적으로 분석할 수 있는 모델을 리모델링 프로그램이라 하고 공공부문과 민간부문으로 나누어 제시하고자 한다. 왜냐하면 공공 주택의 리모델링의 목적과 민간부문의 리모델링 목적이 서로 다르기 때문이다. 본 연구단에서 제안하는 리모델링 프로그램은 연구개발결과 및 제도개선안을 효과적으로 분석할 수 있는 도구로 활용될 수 있을 뿐만 아니라 거주자 및 리모델링 사업참여자들이 사업수행 시 참고로 할 수 있는 자료로도 활용될 수 있을 것이다.

2. 민간부문 프로그램

가. 프로그램의 개요

(1) 리모델링 프로그램별 특징

표 3-133. 리모델링 프로그램별 특징

단지조건	리모델링 전	리모델링 후				
		Program Ⅰ	Program Ⅱ	Program Ⅲ-1	Program Ⅲ-2	Program Ⅳ
세대	196세대	196세대	196세대	230세대	230세대	230세대
동수	2개동	2개동	2개동	2개동	2개동	2개동
층수	12층	12층	13층 (1층 필로티)	15층 (1층 필로티)	15층 (1층 필로티)	15층 (1층 필로티)
주동	복도식	복도식	계단식	계단식	계단식	계단식
주호 면적증가	-	내부수선	수평증축 전용면적 30%증가	전용면적 10%증가	전용면적 10%증가	수평증축 전용면적 30%증가
수직증축	-	-	상부 1개층 증축	상부 3개층 증축	상부 3개층 증축	상부 3개층 증축
주차장	지상	지하 1층 신설	지하 1층 신설, 데크 신설	지하 1층 신설, 데크 신설	지하 1층 신설, 데크 신설	지하 1층 신설, 데크 신설

(2) 리모델링 프로그램별 개요

표 3-134. 리모델링 프로그램별 개요

프로그램 분류	세대수	세대 전용면적	공용부 면적	연면적		용적률	주차대수	
				지상 연면적	지하 연면적		지상 or 데크 주차장	지하 주차장
리모델링 전 (기존)	196세대	14,050.2m²	3,484.6m²	19,690.49m²		226.52%	81대 (지상)	
				17,915.09m²	1,629.04m²			
Program Ⅰ	196세대	기존대비 9%감소 12,816.9m²	기존대비 17%증가 4,186.6m²	21,738.94m²		218.95%	183대	
				17,317.48m²	4,421.46m²		72대 (지상)	111대
Program Ⅱ	196세대	기존대비 30%증가 18,195.4m²	기존대비 53%증가 5,363.66m²	33,531.29m²		304.47%	183대	
				24,464.11m²	9,036.22m²		76대 (데크)	107대
Program Ⅲ-1	230세대	기존대비 24.7%증가 17,525.54m²	기존대비 52%증가 5,287.93m²	31,605.89m²		295.03%	183대	
				23,499.67m²	8,106.22m²		72대 (데크)	111대
Program Ⅲ-2	230세대	기존대비 23.5%증가 17,354.07m²	기존대비 37%증가 4,784.49m²	31,281.04m²		286.51%	183대	
				22,824.76m²	8,456.28m²		76대 (데크)	107대
Program Ⅳ	230세대	기존대비 52%증가 21,329.86m²	기존대비 80%증가 6,287.4m²	37,558.53m²		355.39%	183대	
				28,522.31m²	9,036.22m²		76대 (데크)	107대

간략히 기술하면 Program I의 경우 노후화된 공동주택의 설비교체와 실내 인테리어를 개선하는 방식이며, Program II의 경우 가장 일반적으로 행해지는 평면 확장형 리모델링이다.

Program III-1, 과 Program III-2의 경우 기존 건축물에 리모델링을 통한 전용면적의 30%증가를 수직증축분에 활용하여 세대수를 증가시킨 방안이다. 차이점으로는 Program III-1의 경우 계산실 설치를 내부코어 방식으로 진행하였으며, Program III-2의 경우 외부코어 방식이다.

마지막으로 Program IV는 평면확장형 리모델링에 수직증축분을 더하여 수평, 수직증축을 동시에 진행한 경우이며, Program III-1, III-2, IV의 경우 세대수 증가로 인해 일반분양세대가 발생한다.

(3) 리모델링 프로그램 대안별 도면 구성안

다음은 리모델링 프로그램별 특성을 반영한 공간의 배치와 확장 평면을 나타낸다.

표 3-135. 리모델링 프로그램별 도면 구성안

<table>
<tr><th></th><th colspan="4">Program I</th><th colspan="4">Program II</th><th></th></tr>
<tr><td>공간
구성</td><td colspan="4">  </td><td colspan="4">  </td><td></td></tr>
<tr><td>층수</td><td colspan="4">12층</td><td colspan="4">13층</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">특성</td><td>주동</td><td>주호</td><td>주차장</td><td>신축
여부</td><td>주동</td><td>주호</td><td>주차장</td><td>신축
여부</td><td></td></tr>
<tr><td>복도식</td><td>평면
수선</td><td>지하
주차장</td><td>-</td><td>계단식
(실내)</td><td>평면
증축
(30%)</td><td>데크 +
지하</td><td>1개층
증축</td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th></th><th colspan="4">Program III-1</th><th colspan="4">Program III-2</th><th colspan="4">Program IV</th></tr>
<tr><td>공간
구성</td><td colspan="4">  </td><td colspan="4">  </td><td colspan="4">  </td></tr>
<tr><td>층수</td><td colspan="4">15층</td><td colspan="4">15층</td><td colspan="4">15층</td></tr>
<tr><td rowspan="2">특성</td><td>주동</td><td>주호</td><td>주차장</td><td>신축
여부</td><td>주동</td><td>주호</td><td>주차장</td><td>신축
여부</td><td>주동</td><td>주호</td><td>주차장</td><td>신축
여부</td></tr>
<tr><td>계단식
(실내)</td><td>평면
증축
(10%)</td><td>데크 +
지하</td><td>3개층
증축</td><td>계단식
(실외)</td><td>평면
증축
(10%)</td><td>데크 +
지하</td><td>3개층
증축</td><td>계단식
(실내)</td><td>평면
증축
(30%)</td><td>데크 +
지하</td><td>3개층
증축</td></tr>
</table>

나. 프로그램별 기술적용 내용

(1) 프로그램 1

(가) 평면확장 설계 기술

현행 법규에서 제한하는 전용면적 30%확장은 전면 2베이 소규모 복도식 아파트의 경우, 대부분 단위세대 동 조합이 병렬결합 구조인 국내 노후공동주택의 특성 상, 앞, 뒤로만 확장이 가능하여 신축 평면에 비해 채광 및 통풍 등 거주환경에 불리한 평면이 계획되기 십다. 따라서 무리한 확장보다는 내부 비내력 벽체 변경 및 수선으로 노후한 주택의 거주환경을 개선하는 것이 프로그램 1의 내용으로, 프로그램 1에서는 평면확장이 이루어지지 않고, 세대 내부개선 측면에서 평면 Layout의 변경을 위한 지침을 제시한다. 평면 Layout의 변경을 위한 지침은 현행 건축법규, 대상 공동주택의 기존 구조체, 대상 공동주택의 전용면적 규모에 해당하는 공동주택의 일반적 평면 구성 및 면적 체계 등에 근거하여 이루어진다.

세대 내부개선을 위한 평면 Layout의 변경은 평면확장을 하지 않고, 세대 내부 이형공간이나 규모를 비내력벽체 변경으로 개선해 주고, 부적절하다고 판단되는 개실의 위치를 변경해 줌으로써 많은 공사비용을 들이지 않고 주거 내부환경을 개선해 주는 방식으로 이루어지며, 이를 가이드라인으로 제시하였다.

제시한 가이드라인(평면 Layout 변경의 세부계획 단계)은 일반적으로 다음과 같은 절차에 의해 진행된다.

첫째, 기존 구조체를 검토하여 구조체의 철거 없이 용이하게 변경 가능한 비내력벽과 내력벽의 위치를 파악한다. 둘째, 기존 노후 공동주택의 전용면적 기준 침실 폭, 면적 및 세장비 통계를 기준으로 계획 평면의 침실 규모를 검토한 후 개선한다. 셋째, 설비공간으로 인한 이형개실 및 각 개실의 규모 및 비례를 검토하여 이형공간을 개선한다. 넷째, 실외기를 실내에 배치하도록 하는 현행법규에 따라 적절한 다용도실 및 발코니 면적을 확보해 준다. 다섯째, 외기에 면해야 하는 개실을 우선순위로 적절치 못한 개실의 위치를 변경해준다. 여섯째, 거실과 주방/식당의 분리된 벽 등 실 개방 및 폐쇄를 원하는 곳에 비내력벽체를 철거 및 추가해준다. 일곱째, 세대간벽을 가변형으로 처리하면 대피공간을 삭제해도 된다는 현행법규 기준에 따라 대피공간 삭제를 검토한다.

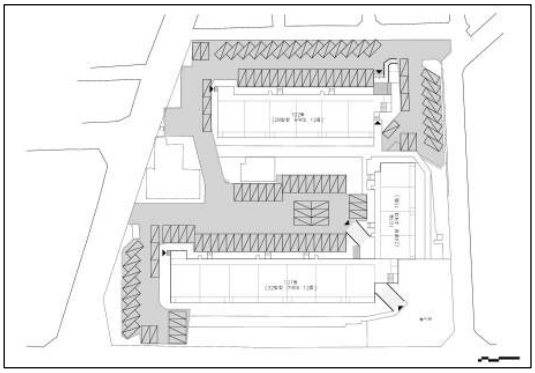
(나) 주차장 확장 설계/시공 기술

주차장확대 계획방식 선정 시 검토항목을 고려하여 적용가능 대안을 분석해 본 결과, 프로그램 1에 적합한 주차장확대 계획유형으로는 지하수평확대 계획유형, 주동진입방식으로는 간접진입방식이 도출되었다.

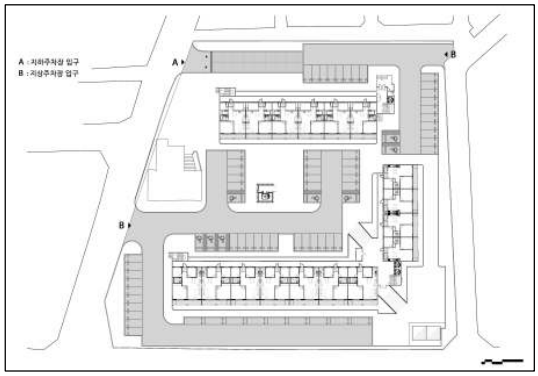
이에 따라 프로그램 1에는 기존 81대로 조성되어 있던 지상주차장을 일부 변경하여 활용하고 지하주차장을 확대 계획하는 방식이 적용되어, 지상 72대, 지하 111대 총 183대의 주차대수를 만족시킬 수 있도록 계획되었다.

지하주차장이 확대됨에 따라 기존의 지상주차대수를 줄이고 쾌적

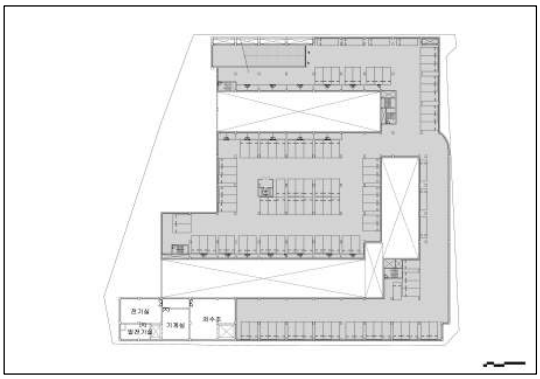
한 옥외 공간을 조성할 수 있었다.



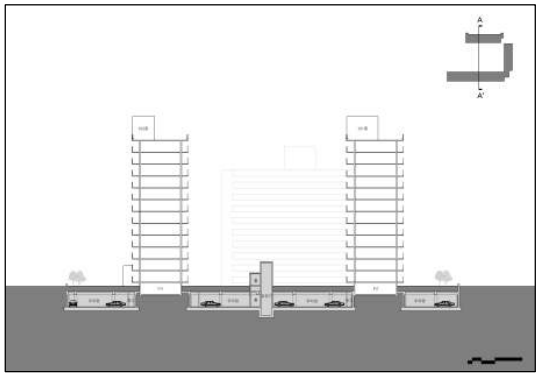
리모델링 전 주차장 평면



프로그램 1 지상주차장 평면



프로그램 1 지하주차장 평면



프로그램 1 주차장 단면

그림 3-207. 프로그램 1 주차장 도면

표 3-136. 프로그램 1 주차장 개요

분류	주차대수			지하 연면적
	지상	지하	총 주차대수	
리모델링 전	81대	0대	81대	없음
Program 1	72대	111대	183대	4,436.835m²

프로그램 1에 적용된 시공기술로는 흙파기 공사, 흙막이 공사, 소음·분진 저감계획기술이 있다. 흙파기 공사의 경우, 거주 중에 주차장을 확대할 수 있는 프로그램 1의 경우 고려사항은 다음과 같다.

첫째, 노후공동주택의 경우 인동간격이 넓지 않기 때문에 굴착장비가 가능한 작아야 한다. 둘째, 기존 공동주택 건축물의 기초에 영향을 주지 않고 지하공사를 할 수 있도록 근접시공 기술이 요구된다. 셋째, 굴착, 사수, 흙막이 공사 등에 필요한 장비의 이동 및

자재 적재 등에 필요한 작업공간을 확보하면서도 원활하게 공사할 수 있는 기술이 요구된다.

주차장확대 공사에 적용 가능한 흙막이 공법은 3단계의 과정을 통하여 선정될 수 있다.

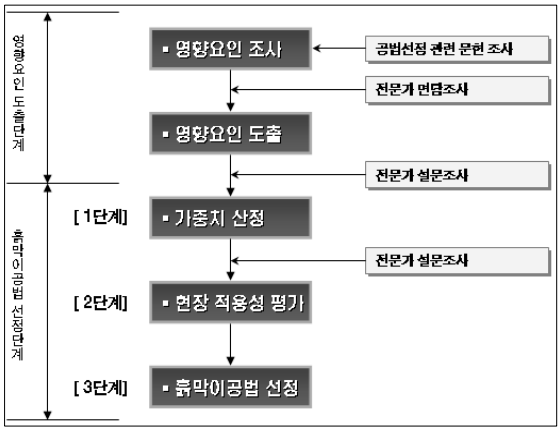


그림 3-208. 흙막이공법 선정 시스템

첫 번째 단계는 공법 선정에 영향을 미치는 요인의 가중치를 산정하고, 그 다음 각 흙막이공법에 대한 현장 적용성을 평가한다. 마지막 단계로는 거주 중 현장 적용성 평가 값에 가중치를 곱하여 평가점수의 합계가 가장 높은 공법을 선정한다.

표 3-137. 흙막이공법의 적용성 검토

검토항목 / 공법	시공성								환경성	경제성		거주중 적용성		
	지반조건					굴착심도	근접시공	벽체강성	소음·진동 비산먼지	공기	공사비	거주자 안전	작업공간	장비규모
	퇴적(뻘)층	모래자갈층	암반층	매립층	높은 지하수위									
H-Pile	×	×	○	○	×	×	○	△	×	○	○	×	○	○
강제널말뚝	△	×	×	×	×	△	○	△	×	○	○	△	○	○
S.C.W	×	△	△	×	△	○	○	○	△	△	△	×	△	△
C.I.P	○	△	△	×	△	○	○	○	△	×	×	○	△	△
슬러리월	○	○	○	△	○	○	○	○	○	×	×	○	×	×

○:양호,△:보통,×:불리

일반적으로 거주 중 공사에서 흙막이 적용성이 우수한 공법으로는 CIP공법, SCW공법 및 슬러리월 공법으로 나타났고, CIP공법과 슬러리월 공법은 거주 중 공사 시 주변지반의 침하가 작지만, 작업공간이 협소할 경우 적용성이 떨어진다. 역타 방식을 적용할 경우에는 지상층 슬래브를 작업공간으로 활용할 수 있기 때문에 그러한 문제들을 일부 해소할 수 있다.

소음·분진 저감계획기술인 소음·분진 방지막은 주차장만 확장하는 프로그램 1에 적용 가능한 기술로써, 주민편의를 향상시키고 공사비가 절감되는 거주 중 공사를 가능하게 한다. 소음·분진방지막은 PIPE골조에 천막을 씌운 것으로 높이와 너비 조절이 용이하여 다양한 단지에 적용이 가능하다. 주차장만 공사하는 리모델링의 경우 공사부위에 방지막을 설치하면 소음·분진으로 인한 거주민의 피해를 최소화할 수 있어 거주중 공사가 가능하다. 그림 3-209는 거주중 공사시 주차장 공사부위에 소음·분진 방지막을 설치한 모습이다.

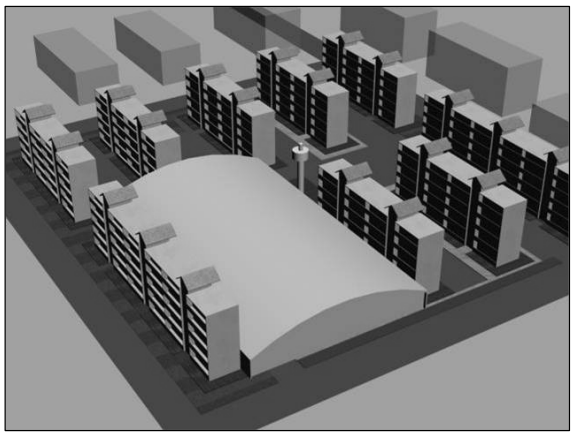


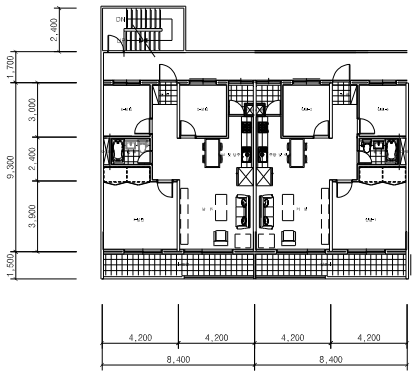
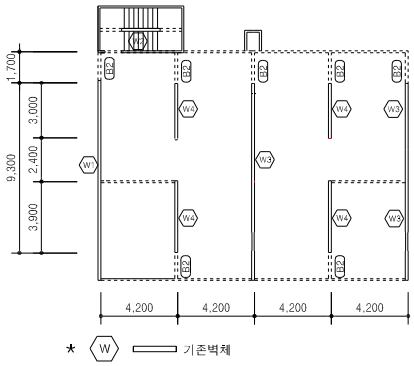
그림 3-209. 소음·분진 방지막 개념도

(다) 주거성능 개선 기술

적용가능한 계획요소는 보조의자, 안전손잡이, 현관 턱 및 단차 해소, 휠체어 사용을 고려한 현관 및 현관문의 최소폭, 문 손잡이 등으로 이들을 현관에 적용할 수 있다. 욕실 반자 및 일부 벽체 히노끼 마감, 안전손잡이, 욕실문, 수전, 바닥 마감재, 문턱 및 단차 해소, 세면대 하부공간, 문 손잡이 등을 욕실에 적용할 수 있다. 주방 수납장 높이와 형태, 인접실과의 문턱 및 단차 해소 등을 주방 및 식당에 적용할 수 있다. 실의 최소폭, 문 손잡이, 인터폰 및 보일러 조절기 위치, 콘센트 높이, 붙박이장의 형태와 수납공간 높이, 실의 바닥 마감재료, 실의 문턱 제거, 침대 높이와 주변 공간 확보, 친환경 자재 마감, 창턱 하부 수납공간 등을 침실 1에 적용할 수 있다. 휠체어 사용을 고려한 통로폭 및 여유공간, 친환경 자재 마감, 바닥 마감재료, 안전손잡이, 벽 모서리 및 돌출부 마감 등을 거실 및 복도에 적용할 수 있다. 화단 및 애완견 공간의 정서적 활동공간, 루버 및 블라인드, 바닥 마감재, 인접실과의 단차, 안전손잡이 등을 발코니에 적용할 수 있다.

(라) 구조검토 결과

표 3-138. 101동 구조검토 결과

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">건축평면</th><th colspan="2">구조평면</th></tr>
<tr><td>단위
세대
평면</td><td colspan="2"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>층수</td><td colspan="2">13층</td><td colspan="2">13층</td></tr>
<tr><td rowspan="2">리모
델링
특성</td><td>주동</td><td>주호</td><td>주차장</td><td>신축여부</td></tr>
<tr><td>복도식</td><td>평면수선</td><td>지하주차장</td><td>-</td></tr>
<tr><td>구조
검토
의견</td><td colspan="4">평면확장에 의한 면적증가 및 수직증축, 구조변경사항이 없으므로 구조검토 대상에 당되지 않으며, 건식온돌패널의 적용으로 중력하중이 감소하여 구조적으로 유리함.</td></tr>
<tr><td>적용
요소
기술</td><td colspan="4">바닥충격음 성능기준을
만족시키기 위한 바닥구조의 변화
[리모델링 건물에서 천장고 축소]

온돌패널(습식⇒ 건식)
실내공간 가변성, 리모델링성,
구조물의 장수명화, 시공책임소재,
공기단축, 품질관리

건식온돌패널을 활용한
온돌구조체 두께 축소로 천장고 확보

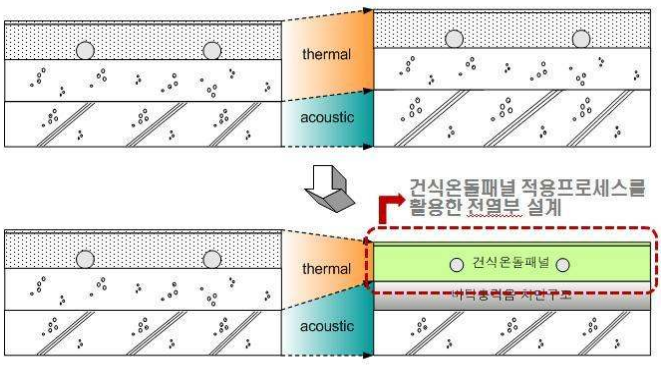
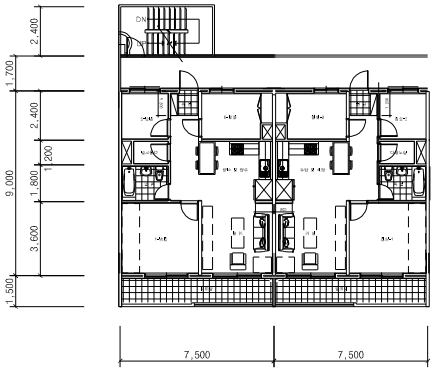
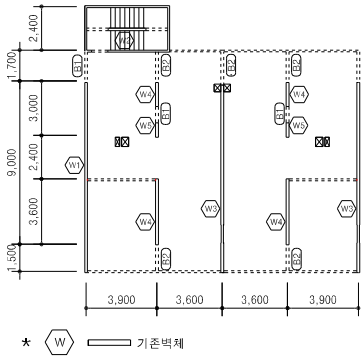
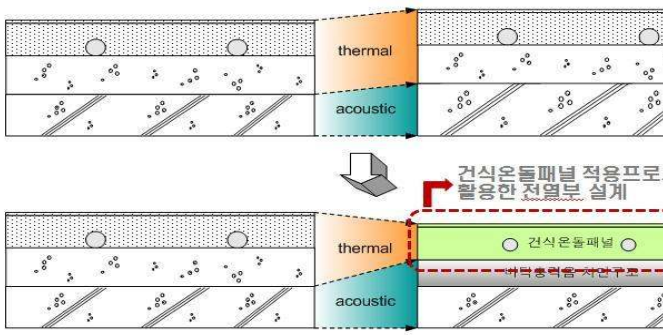
 
</td></tr>
</table>

표 3-139. 102동 구조검토결과

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">건축평면</th><th colspan="2">구조평면</th></tr>
<tr><td>단위세대 평면</td><td colspan="2"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>층수</td><td colspan="2">13층</td><td colspan="2">13층</td></tr>
<tr><td rowspan="2">리모델링 특성</td><td>주동</td><td>주호</td><td>주차장</td><td>신축여부</td></tr>
<tr><td>복도식</td><td>평면수선</td><td>지하주차장</td><td>-</td></tr>
<tr><td>안전성 검토</td><td colspan="4">평면확장에 의한 면적증가 및 수직증축, 구조변경사항이 없으므로 구조검토 대상에 해당되지 않으며, 건식온돌패널의 적용으로 중력하중이 감소하여 구조적으로 유리함.</td></tr>
<tr><td>적용요소기술</td><td colspan="4">바닥충격음 성능기준을
만족시키기 위한 바닥구조의 변화
[리모델링 건물에서 천장고 축소]

온돌패널(습식⇒ 건식)
실내공간 가변성, 리모델링성,
구조물의 장수명화, 시공책임소재,
공기단축, 품질관리

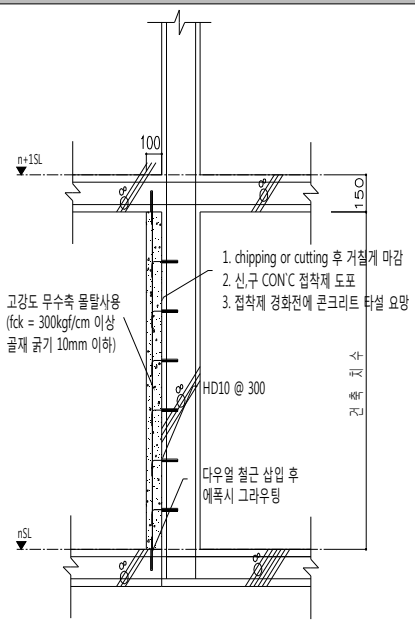
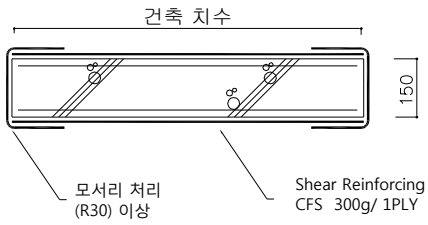
건식온돌패널을 활용한
온돌구조체 두께 축소로 천장고 확보
 
</td></tr>
</table>

(마) 구조 보강공사

구조 보강공사의 방법은 다음의 기존벽체 보강공사와 내진보강공사 2가지 방법을 적용할 수 있다.

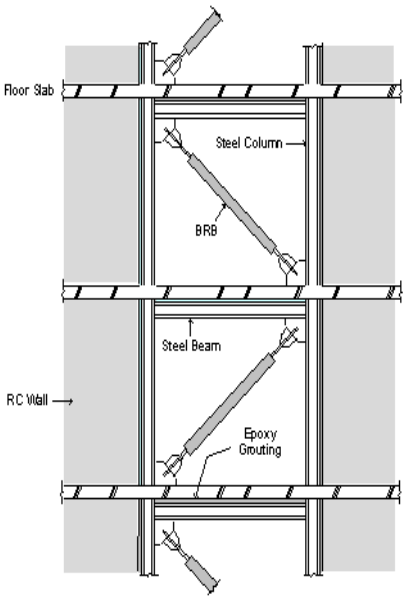
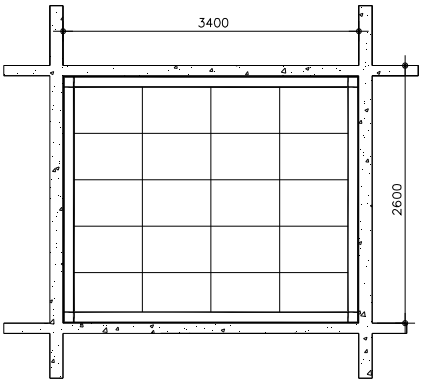
① 기존벽체 보강공사

표 3-140. 기존벽체 보강공사

구분	상세	공법 개요
1.단면증타		①단면적이 부족한 벽체보강에 적용 ②실면적 감소로 분양면적에 영향을 줌 ③벽체 중량 증가
2.탄소섬유 보강		①철근량이 부족한 벽체, 개구부 신설 주변 보강에 적용 ②면적감소 및 벽체중량 증가에 영향 없음

② 내진 보강공사

표 3-141. 내진 보강공사

구분	상세	공법 개요
1.비좌굴 가새		①자중 감소/연성증가를 고려한 내진 보강 시스템 ②주변 FRAME 부재 H - 150×150×7×10 ③접합부 2-M16 @300 케미칼 A/B
2.강판벽		①자중 감소/연성증가를 고려한 내진 보강 시스템 ②강판벽: PL-6.0 ③주변 FRAME 부재 H - 150×150×7×10 ④접합부 2-M16 @300 케미칼 A/B

구조보강 검토결과 프로그램 1의 경우 별도의 구조보강이 필요없

는 것으로 판단된다.

(2) 프로그램 2

(가) 평면확장 설계 기술

프로그램 2는 현행 리모델링 법규에 따라 전용면적 30% 이내 확장과 보안 및 프라이버시 등의 문제로 인기가 없는 1층을 필로티 처리하고, 상부에 1층을 증축하는 방식이다. 프로그램 2는 전용면적의 30% 확장이 가능하게 해주는 이점이 있지만, 리모델링 시 전면 2베이 소규모 복도식 아파트의 경우, 대부분 단위세대 동 조합이 병렬결합 구조인 국내 노후공동주택의 특성 상, 앞, 뒤로만 확장 가능하여 신축 평면에 비해 채광 및 통풍 등 거주환경에 불리한 평면이 계획되기 쉬운 단점 또한 존재해, 평면계획에 있어서 많은 주의를 요하는 프로그램이다.

프로그램 2에 해당되는, 평면확장에 수반되는 평면 Layout의 변경은 현행 건축법규, 리모델링의 경제성 및 시공성, 대상 공동주택의 기존 구조체, 사용자의 리모델링 요구, 대상 공동주택의 전용면적 규모에 해당하는 공동주택의 일반적 평면 구성 및 면적 체계 등에 근거하여 이루어지며, 이를 가이드라인으로 제시하였다.

제시한 가이드라인(평면 Layout 변경의 세부계획 단계)은 일반적으로 다음과 같은 절차에 의해 진행된다.

첫째, 현행 건축법규 및 주동 건물 내에서의 단위세대 위치에 따라 가능한 평면확장 범위를 검토한다. 둘째, 기존 구조체를 검토하여 구조체의 철거 없이 용이하게 변경 가능한 비내력벽과 내력벽의 위치를 파악한다. 셋째, 사용자의 리모델링 요구, 경제성 및 시공성, 단위세대 채광 폭 등의 계획기준에 근거하여 코어형식 및 위치를 결정한다. 코어형식 및 위치와 관련한 사용자 요구분석 항목은 코어형식 선호도, 계단실 자연채광 여부, 단위세대와 지하주차장 간의 직접 연결 여부 등이다. 넷째, 평면확장 시 단위세대 내의 증가면적 배분은 기존 구조체와 한정된 증가면적이라는 제약조건 내에서 이

루어지므로 사용자 요구, 실 규모의 일반적 통계 등에 근거하여 증가면적 배분의 우선순위를 결정한다. 다섯째, 전용면적 기준 분양성, 사용자 가족구성 및 활용계획, 채광 폭 및 향 등에 근거하여 침실 수 및 배치를 결정한다. 여섯째, LDK 맞통풍 여부, 분리/대면형 배치 여부, 주방/식당 남향 여부 등에 관한 사용자 요구에 근거하여 LDK 형식을 결정한다.

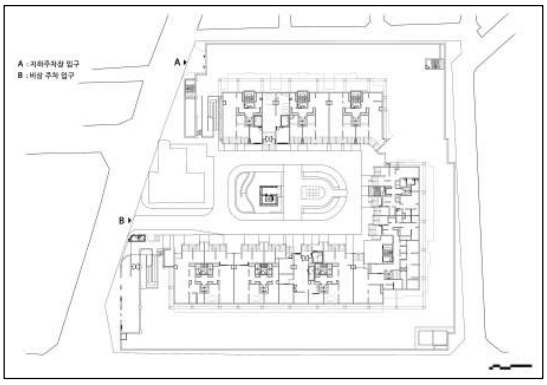
(나) 주차장 확장 설계/시공 기술

주차장확대 계획방식 선정 시 검토항목을 고려하여 적용가능 대안을 분석해 본 결과, 프로그램 2에 적합한 주차장확대 계획유형으로는 지하수평확대유형과 데크확대유형, 주동진입방식으로는 간접진입방식이 도출되었다.

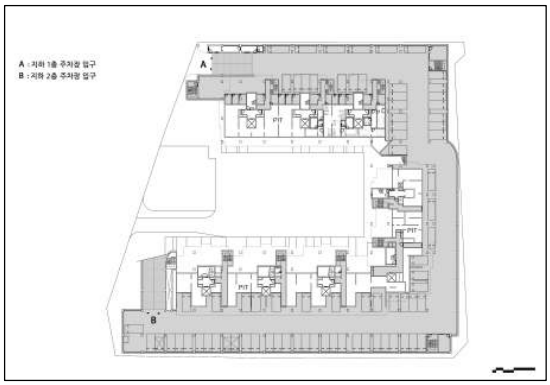
이에 따라, 프로그램 2에 적합한 설계 대안으로는 데크+지하1층 확대방식, 지하 1, 2층 확대방식, 지상+데크 확대방식의 세 가지가 가능한 것으로 파악되었으며, 세 가지 대안을 주차장확대 가이드라인 내용을 토대로 검토하며 비교 평가하였다.

그 결과, 프로그램 2에 적용할 주차장확대방식으로는 데크+지하1층 확대방식을 선정하기로 하였다. 데크+지하1층 확대방식은 지상 1층을 주차장으로 계획하고 상부에 데크를 덮어 조경공간으로 활용하는 데크방식과 주동과 주동사이 또는 주동 주변의 공지에 지하 1개층을 주차장으로 계획하는 지하수평확대방식을 혼합한 방식이다.

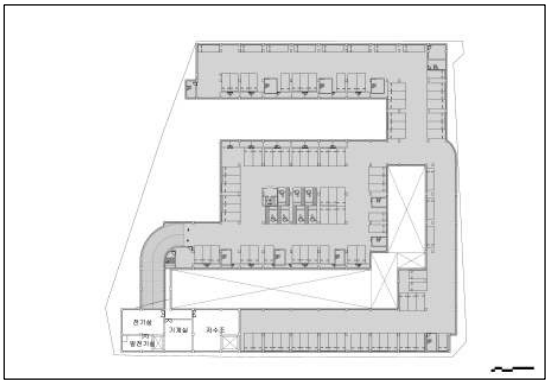
프로그램 2는 기존 지상 81대로 조성되어 있었던 주차장을 데크 76대, 지하 107대로 리모델링 한다. 단지 중앙부 및 데크 상부에 충분한 녹화공간 및 외부시설을 계획하여 쾌적한 옥외공간을 조성할 수 있었고, 세대 당 0.93대로 세대 당 거의 1대 수준의 주차대수를 충족시킬 수 있었다. 또한, 단지 내 중앙부에 셔틀 엘리베이터를 설치하여 거주자들의 편리한 동선을 고려하였다. 주동으로의 진입방식으로는 기존 주동코어 근처에 계단을 계획함으로써 지하 간접방식을 적용하였다.



프로그램 2 지상 주차진입부(데크상부) 평면



프로그램 2 데크주차장 평면



프로그램 2 지하주차장 평면



프로그램 2 주차장 단면

그림 3-210. 프로그램 2 주차장 도면

표 3-142. 프로그램 2 주차장 개요

분류	주차대수			지하 연면적
	지상	지하	총 주차대수	
리모델링 전	81대	0대	81대	없음
Program 2	76대(데크)	107대	183대	9,036.220m²

프로그램 2에 적용된 시공기술로는 흙막이 공사, 엘리베이터 확장기술이 있다.

주차장확대 공사에 적용 가능한 흙막이 공법은 3단계의 과정을 통하여 선정될 수 있다.

첫 번째 단계는 공법선정에 영향을 미치는 요인의 가중치를 산정하고, 그 다음 각 흙막이공법에 대한 현장 적용성을 평가한다. 마지막 단계로는 거주 중 현장 적용성 평가 값에 가중치를 곱하여 평가점수의 합계가 가장 높은 공법을 선정한다.

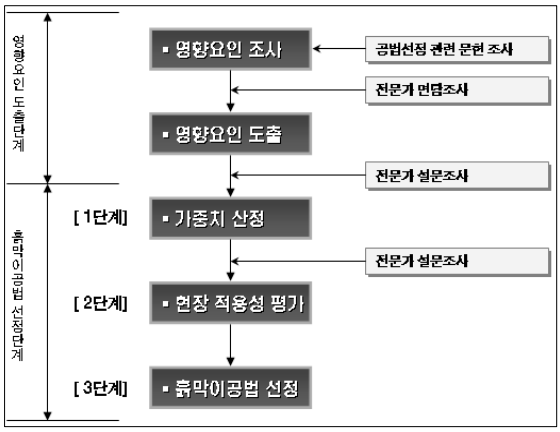


그림 3-211. 흙막이공법 선정 시스템

일반적으로 거주 중 공사에서 흙막이 적용성이 우수한 공법으로는 CIP공법, SCW공법 및 슬러리월 공법으로 나타났고, CIP공법과 슬러리월 공법은 거주 중 공사 시 주변지반의 침하가 작지만, 작업공간이 협소할 경우 적용성이 떨어진다. 역타 방식을 적용할 경우에는 지상층 슬래브를 작업공간으로 활용할 수 있기 때문에 그러한 문제들을 일부 해소할 수 있다

.

표 3-143. 흙막이공법의 적용성 검토

검토항목 / 공법	시공성								환경성	경제성		거주중 적용성		
	지반조건					굴착심도	근접시공	벽체강성	소음·진동 비산먼지	공기	공사비	거주자 안전	작업공간	장비규모
	퇴적(뻘)층	모래자갈층	암반층	매립층	높은 지하수위									
H-Pile	×	×	○	○	×	×	○	△	×	○	○	×	○	○
강제널말뚝	△	×	×	×	×	△	○	△	×	○	○	△	○	○
S.C.W	×	△	△	×	△	○	○	○	△	△	△	×	△	△
C.I.P	○	△	△	×	△	○	○	○	△	×	×	○	△	△
슬러리월	○	○	○	△	○	○	○	○	○	×	×	○	×	×

○:양호,△:보통,×:불리

엘리베이터 확장기술은 1층까지 운행되던 엘리베이터를 지하층까지 연장 운행하는 것이다. 엘리베이터 확장은 기존 기초푸팅을 절단한다. 이 때 주동의 하중을 지지하기 위해 기초를 보강해야 한다. 기존에 엘리베이터 확장공사에서는 Micro Pile을 이용하여 기초를 보강하였다. 하지만 Micro Pile은 공사 시 소음 진동이 발생하고 협소한 공간이나 층고가 낮은 건물에는 적용하기가 어렵다. 이런 Micro Pile의 문제점을 개선하기 위한 공법으로는 PR공법이 있다.

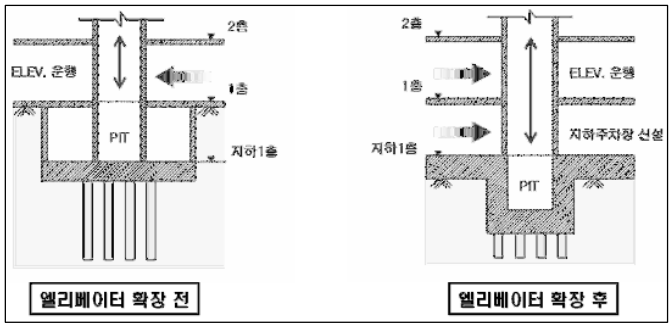
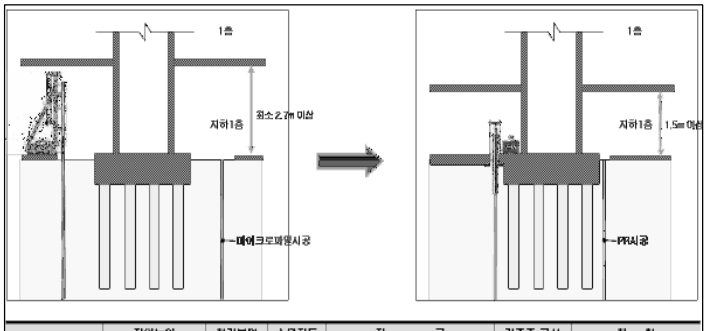


그림 3-212. 엘리베이터 확장 개념도

연약지반에서 엘리베이터 확장 공사를 할 경우, 지반이 침하될 수 있다. 이 경우에는 반드시 지반보강 공사가 선행되어야 한다. 엘리베이터 확장을 위해서는 지반보강에 관한 연구도 필요하다. 엘리베이터 확장을 위한 지반보강 공법은 L.W공법, S.G.R공법, ET&G공법, M.I.S공법, M.S.G공법, GPCON공법, D-ROG공법 등이 있다.

PR 공법을 적용한 엘리베이터 확장기술은 경제적인 측면과 시공적인 측면에서 Micro Pile 공법보다 더 유리하다. Micro Pile 공법은 층고 2.7m이상 확보되어야 현장조건에 장비투입이 가능하고 PR 공법은 층고가 1.5m 이상만 되어도 시공이 가능하기 엘리베이터 확장을 위한 기초보강공법은 PR공법이 더 우수한 것으로 판단된다. 다음 그림에서 Micro Pile 공법과 PR 공법을 비교하였다.



	작업높이	철거부위	소음진동	피 글	거주중 공사	침 하
Micro Pile 공법	2.7m이상이 필요	큼	보통	시멘트밀크 혼전시 피글 없음	불가능	없음
PR 공법	1.5m이상이 필요	작음	작음	없음	가능	장기침하 우려(연구 중)

그림 3-213. Micro Pile 공법과 PR 공법의 비교

일반적인 다물량 산정으로 가정할 때 Micro Pile 공법 공사비는 13만원/m 이고, PR공법 공사비는 15만원/m 이다. 하지만 같은 대지조건에서 PR 공법은 Micro Pile 공법의 근입깊이의 1/2정도에서 지지력 확보가 가능하기 때문에 Micro Pile 공법보다 경제적이다. 예를 들어 풍화암이 G.L에서 20m 깊이에 있을 때 Micro Pile 공법은 20m를 근입해야하고 PR 공법은 10m만 근입하여도 지지력이 확보된다. 엘리베이터 1개소

확장시 4본의 파일이 소요된다. 경제적인 측면에서 PR 공법은 Micro Pile 공법보다 약 40%정도의 비용 절감효과가 있다.

(다) 주거성능 개선 기술

적용가능한 계획요소는 보조의자, 안전손잡이, 현관 턱 및 단차 해소, 휠체어 사용을 고려한 현관 및 현관문의 최소폭, 문 손잡이 등으로 현관에 적용할 수 있다. 욕실 반자 및 일부 벽체 히노끼 마감, 샤워의자, 안전손잡이, 욕실문 및 샤워실 문, 수전, 바닥 마감재, 문턱 및 단차 해소, 세면대 하부공간, 문 손잡이 등을 욕실에 적용할 수 있다. 작업대 형태와 높이조절, 주방 수납장 높이와 형태, 휠체어 사용을 고려한 통로폭 및 여유공간, 인접실과의 문턱 및 단차 해소 등을 주방 및 식당에 적용할 수 있다. 실의 최소폭, 문 손잡이, 인터폰 및 보일러 조절기 위치, 콘센트 높이, 붙박이장의 형태와 수납공간 높이, 실의 바닥 마감재료, 실의 문턱 제거, 침대 높이와 주변 공간 확보, 친환경 자재 마감, 창턱 하부 수납공간 등을 침실 1에 적용할 수 있다. 휠체어 사용을 고려한 통로폭 및 여유공간, 친환경 자재 마감, 바닥 마감재료, 안전손잡이, 벽 모서리 및 돌출부 마감 등을 거실 및 복도에 적용할 수 있다. 화단 및 애완견 공간의 정서적 활동 공간, 루버 및 블라인드, 바닥 마감재, 인접실과의 단차, 안전손잡이 등을 발코니에 적용할 수 있다.

(라) 구조검토 결과

표 3-144. 101동 구조검토결과

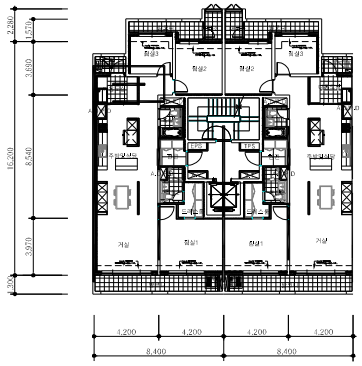
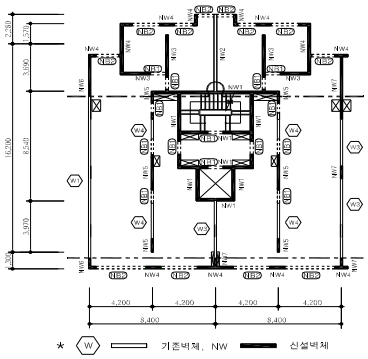
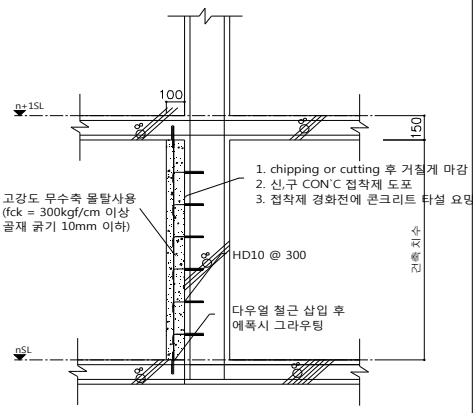
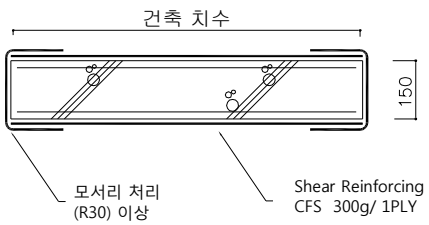
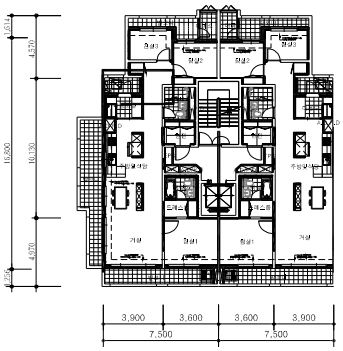
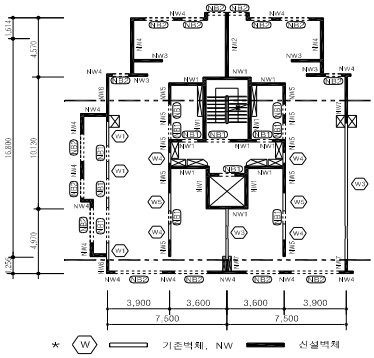
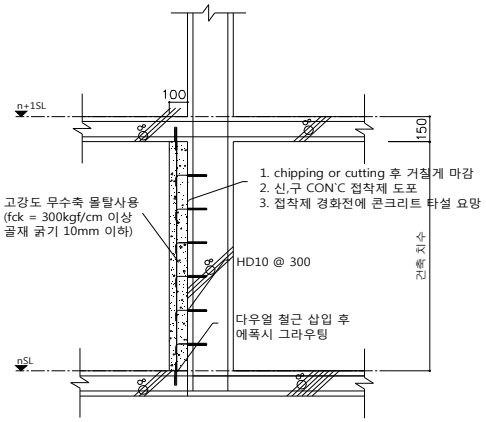
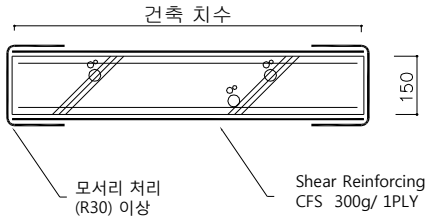
<table>
<tr><th></th><th colspan="3">건축평면</th><th colspan="4">구조평면</th></tr>
<tr><td>단위
세대
평면</td><td colspan="3">  </td><td colspan="4">  </td></tr>
<tr><td>층수</td><td colspan="3">13층</td><td colspan="4">13층</td></tr>
<tr><td>리모
델링
특성</td><td colspan="2">주동</td><td>주호</td><td colspan="2">주차장</td><td colspan="2">신축여부</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">계단식
(실내)</td><td>평면증축
(30%)</td><td colspan="2">데크 + 지하</td><td colspan="2">1개층
증축</td></tr>
<tr><td>안전성
검토</td><td colspan="7">벽체 보강 검토</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="7">①층간변위 검토 : 1.43mm < 0.015h = 39mm</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="7">②전체변위 검토 : 17.44mm < H/500 = 78.2mm</td></tr>
<tr><td rowspan="6">벽체
내력
검토
결과</td><td rowspan="2"></td><td colspan="2">W1(측벽)</td><td colspan="2">W3(세대간벽)</td><td colspan="2">W4(내벽)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ratio</td><td colspan="2">Ratio</td><td colspan="2">Ratio</td></tr>
<tr><td>10~13F</td><td>0.0~0.1</td><td>O.K</td><td>0.8~0.9</td><td>O.K</td><td>0.0~0.2</td><td>O.K</td></tr>
<tr><td>7~9F</td><td>0.1~0.2</td><td>O.K</td><td>1.0~1.2</td><td>N.G</td><td>0.5~1.2</td><td>N.G</td></tr>
<tr><td>4~6F</td><td>0.2~0.3</td><td>O.K</td><td>1.3~1.6</td><td>N.G</td><td>1.7~3.0</td><td>N.G</td></tr>
<tr><td>1~3F</td><td>0.4</td><td>O.K</td><td>0.6~2.9</td><td>N.G</td><td>2.3~3.1</td><td>N.G</td></tr>
<tr><td>검토
결과
요약</td><td colspan="7">증축에 의한 벽체량 증가로 내진안전성에 문제없으나, 내력이 부족한 일부 벽체는 보강이 필요함.<W3, W4></td></tr>
<tr><td>적용
요소
기술</td><td colspan="3">① 단면증타 <W3>
  </td><td colspan="4">② 탄소섬유보강 <W4>
  </td></tr>
</table>

표 3-145. 102동 구조검토결과

<table>
<tr><th></th><th colspan="5">건축평면</th><th colspan="4">구조평면</th></tr>
<tr><td>단위
세대
평면</td><td colspan="5">  </td><td colspan="4">  </td></tr>
<tr><td>층수</td><td colspan="5">13층</td><td colspan="4">13층</td></tr>
<tr><td>리모
델링
특성</td><td colspan="3">주동</td><td colspan="2">주호</td><td colspan="2">주차장</td><td colspan="2">신축여부</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">계단식
(실내)</td><td colspan="2">평면증축
(30%)</td><td colspan="2">데크 + 지하</td><td colspan="2">1개층
증축</td></tr>
<tr><td>안전성
검토</td><td colspan="9">벽체 보강 검토</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="9">①층간변위 검토 : 1.79mm < 0.015h = 39mm</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="9">②전체변위 검토 : 24.80mm < H/500 = 78.2mm</td></tr>
<tr><td rowspan="6">벽체
내력
검토
결과</td><td></td><td colspan="2">W1(측벽)</td><td colspan="2">W3(세대간벽)</td><td colspan="2">W4(내벽)</td><td colspan="2">W5(화장실벽)</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Ratio</td><td colspan="2">Ratio</td><td colspan="2">Ratio</td><td colspan="2">Ratio</td></tr>
<tr><td>10~13F</td><td>0.3~0.5</td><td>O.K</td><td>0.1</td><td>O.K</td><td>1.5~1.9</td><td>N.G</td><td>0.2~0.3</td><td>O.K</td></tr>
<tr><td>7~9F</td><td>0.2</td><td>O.K</td><td>0.2~0.3</td><td>O.K</td><td>0.9~1.3</td><td>N.G</td><td>0.4~0.7</td><td>O.K</td></tr>
<tr><td>4~6F</td><td>0.2~0.4</td><td>O.K</td><td>0.6~1.5</td><td>N.G</td><td>1.7~2.8</td><td>N.G</td><td>0.9~1.2</td><td>N.G</td></tr>
<tr><td>1~3F</td><td>1.2~4.0</td><td>N.G</td><td>1.8~3.4</td><td>N.G</td><td>2.2~4.3</td><td>N.G</td><td>1.5~2.0</td><td>N.G</td></tr>
<tr><td>검토
결과
요약</td><td colspan="9">증축에 의한 벽체량 증가로 내진안전성에 문제없으나, 내력이 부족한 일부 벽체는 보강이 필요함. <W1, W3, W4, W5></td></tr>
<tr><td>적용
요소
기술</td><td colspan="5">① 단면증타 <W3, W4>
 
</td><td colspan="4">② 탄소섬유보강 <W1, W5>
 
</td></tr>
</table>

(마) 구조 보강공사

표 3-146. 프로그램 2 구조 보강 공사비

동구분	공종	공법	단가(원)	수량(㎡)	금액(원)	비고
101동	벽체보강	단면 증타	243,000	46.8	11,372,400	
		탄소섬유 보강	85,000	91.52	7,779,200	
102동	벽체보강	단면 증타	243,000	104.0	25,272,000	
		탄소섬유 보강	85,000	860.86	73,173,100	
총 금액					117,596,700 원	

(3) 프로그램 3-1

(가) 평면확장 설계 기술

현행 법규에서 제한하는 전용면적 30%확장(프로그램 2)은 전면 2베이 소규모 복도식 아파트의 경우, 대부분 단위세대 동 조합이 병렬결합 구조인 국내 노후공동주택의 특성 상, 앞, 뒤로만 확장 가능하여 신축 평면에 비해 채광 및 통풍 등 거주환경에 불리한 평면이 계획되기 싶다. 이러한 점을 보완하기 위해서는 평면확장을 작게 하는 것이 좋기 때문에 평면확장이 없이 내부만 개선하는 유지·보수 차원의 리모델링 계획방법(프로그램 1)이 있으나, 국내 민간 아파트의 경우 주택이 자산, 투자 가치로서의 개념이 강하기 때문에 수익성 측면에서 불만을 가지게 될 여지가 많다. 이러한 불만을 갖게 되는 시행자들을 위하여, 전체 증축가능 면적 30% 중에서 평면 증축은 10%정도에 한하여 평면에 무리가 없이 계획하고, 나머지 면적은 일반 분양 수직증축(2개층 증축)을 통하여 세대수를 늘려, 수익을 창출할 수 있도록 법규를 변경하여 시행하도록 하는 것이 프로그램 3의 내용이다.

이러한 내용에 따라서 계획가가 프로그램 3을 선택했을 때, 다른 프로그램과 다르게 프로그램 3은 코어위치에 따라서 2가지로 분류되어 한 번 더 선택을 해야 한다. 전용면적의 30%를 확장하는 프

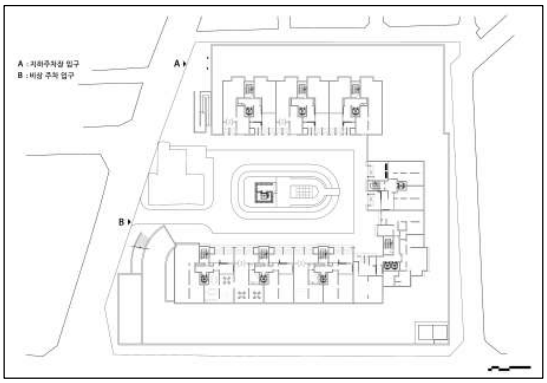
로그램 2, 4와 다르게 프로그램 3은 10%로 비교적 작은 면적을 확장하게 되므로, 전면 폭이 작은 2베이 평면이라 하더라도 세장비가 크게 늘어나지 않기 때문에 코어 중앙배치가 아닌 후면배치가 가능해지기 때문이다. 따라서 프로그램 3은 프로그램 2, 4와 같이 깊어지는 세장비로 전, 후면 채광 폭 확보를 위해 코어를 중앙(실내)으로 배치하는 프로그램 3-1, 코어를 후면(실외)으로 배치하여 공사기간과 비용을 줄일 수 있는 프로그램 3-2로 나누어진다.

한편, 프로그램 3은 일반분양 수직증축을 불허하는 현행 법규를 위반하는 프로그램으로써 제4절에서와 같은 제도개선안을 수반한다. 프로그램 3-1에 해당하는 가이드라인은, 평면확장 범위가 전용면적의 30%인 프로그램 2와 비교했을 때, 10%로 평면확장 범위가 더 작은 차이점이 있으나, 기본적으로 평면확장 리모델링 계획 시 계획기준으로 삼아야 할 부분은 같기 때문에 가이드라인(평면 Layout 변경의 세부계획 단계)은 프로그램 2와 같다.

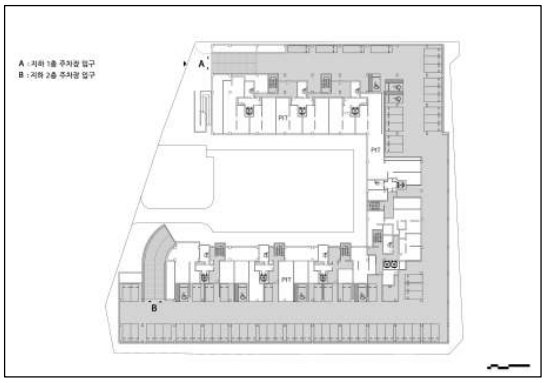
(나) 주차장 확장 설계/시공 기술

프로그램 3-1은 프로그램 2 (Test bed)와 동일한 주차장확대 계획유형인 데크+지하1층확대방식과 시공기술이 적용되었으며, 차별성이 있다면 프로그램 2와의 다른 주동평면확장에 의한 약간의 주차장 계획도면상 지하연면적의 차이이다.

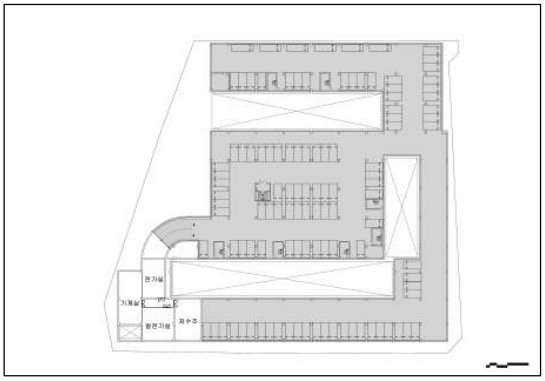
프로그램 3-1에서 또한 데크 72대, 지하1층 111대로 총 183대로 계획되었으나, 주동평면의 3개층 증축에 의해 세대가 늘어나 세대당 0.8대의 주차공간으로 만족하고 있다. 주동 코어의 위치가 프로그램 2와 다르기 때문에 이로 인한 주차장 평면의 차이가 약간 있다.



프로그램 3-1 지상 주차진입부(데크상부) 평면



프로그램 3-1 데크주차장 평면



프로그램 3-1 지하주차장 평면



프로그램 3-1 주차장 단면

그림 3-214. 프로그램 3-1 주차장 도면

표 3-147. 프로그램 3-1 주차장 개요

분류	주차대수			지하 연면적
	지상	지하	총 주차대수	
리모델링 전	81대	0대	81대	없음
Program Ⅲ-1	72대(데크)	111대	183대	8,105.220m²

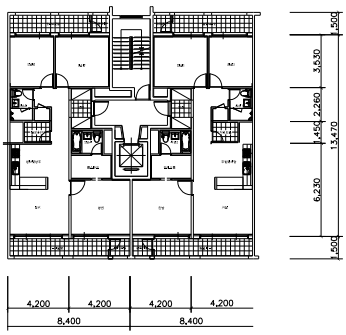
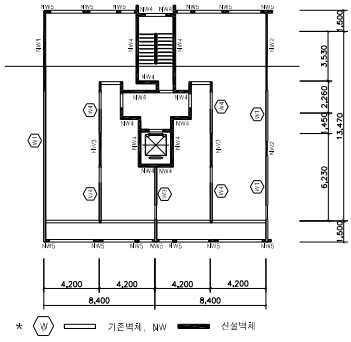
(다) 주거성능 개선 기술

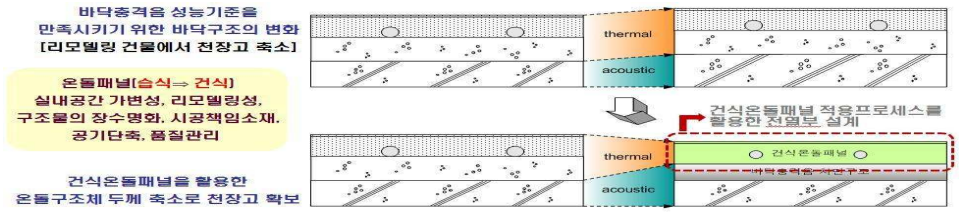
적용가능한 계획요소는 툇마루, 들어열개문, 보조의자, 안전손잡이, 현관 턱 및 단차 해소, 휠체어 수납공간, 휠체어 사용을 고려한 현관 및 현관문의 최소폭, 문 손잡이 등으로 현관에 적용할 수 있다. 욕실 반자 및 일부 벽체 히노끼 마감, 샤워의자, 안전손잡이, 욕실문 및 샤워실 문, 수전, 바닥 마감재, 문턱 및 단차 해소, 세면대 하부공간, 문 손잡이 등을 욕실에 적용할 수 있다. 작업대 형태와

높이조절, 주방 수납장 높이와 형태, 휠체어 사용을 고려한 통로폭 및 여유공간, 인접실과의 문턱 및 단차 해소 등을 주방 및 식당에 적용할 수 있다. 실의 최소폭, 문 손잡이, 인터폰 및 보일러 조절기 위치, 콘센트 높이, 붙박이장의 형태와 수납공간 높이, 실의 바닥 마감재료, 실의 문턱 제거, 침대 높이와 주변 공간 확보, 사랑방, 친환경 자재 마감, 창턱 하부 수납공간 등을 안방에 적용할 수 있다. 휠체어 사용을 고려한 통로폭 및 여유공간, 친환경 자재 마감, 바닥 마감재료, 안전손잡이, 벽 모서리 및 돌출부 마감 등을 거실 및 복도에 적용할 수 있다. 화단 및 애완견 공간의 정서적 활동 공간, 루버 및 블라인드, 바닥 마감재, 인접실과의 단차, 안전손잡이 등을 발코니에 적용할 수 있다.

(라) 구조검토 결과

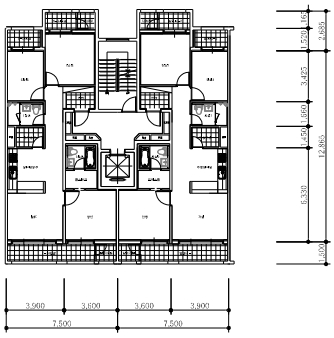
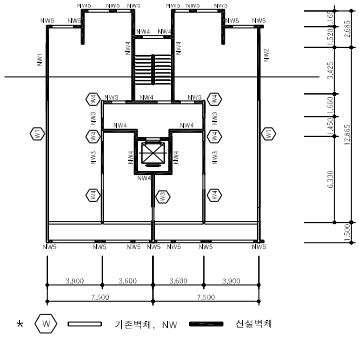
표 3-148. 101동 구조검토결과

	건축평면		구조평면	
단위 세대 평면				
층수	15층		15층	
리모델링 특성	주동	주호	주차장	신축여부
	계단식 (실내)	평면증축 (10%)	데크 + 지하	3개층 증축
안전성 검토	벽체 보강 검토			
	①층간변위 검토(0.015h)=39mm > 2.22mm			
	②전체변위 검토(H/500)=83.2mm > 17.43mm			

		W1(측벽)		W3(세대간벽)		W4(내벽)	
벽체 내력 검토 결과		Ratio		Ratio		Ratio	
	13~15F	0.02~0.06	O.K	0.05~0.06	O.K	0.05~0.14	O.K
	10~12F	0.08~0.12	O.K	0.07~0.10	O.K	0.19~0.28	O.K
	7~9F	0.14~0.18	O.K	0.12~0.16	O.K	0.33~0.42	O.K
	4~6F	0.2~0.24	O.K	0.18~0.22	O.K	0.46~0.55	O.K
	1~3F	0.26~0.3	O.K	0.24~0.28	O.K	0.58~0.65	O.K
검토 결과 요약	내진성능에 문제없고 벽체 내력이 충분하므로 구조보강이 필요 없음.						
적용 요소 기술							

(마) 구조 보강공사

표 3-149. 102동 구조검토결과

	건축평면		구조평면	
단위 세대 평면				
층수	15층		15층	
리모델링 특성	주동	주호	주차장	신축여부
	계단식 (실내)	평면증축 (10%)	데크 + 지하	3개층 증축

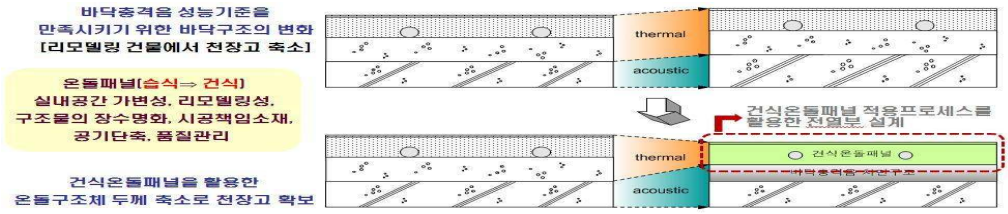
<table>
<tr><td rowspan="3">안전성 검토</td><td colspan="7">벽체 보강 검토</td></tr>
<tr><td colspan="7">①층간변위 검토(0.015h)=39mm > 5.29mm</td></tr>
<tr><td colspan="7">②전체변위 검토(H/500)=83.2mm > 20.92mm</td></tr>
<tr><td rowspan="7">벽체 내력 검토 결과</td><td rowspan="2"></td><td colspan="2">W1(측벽)</td><td colspan="2">W3(세대간벽)</td><td colspan="2">W4(내벽)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ratio</td><td colspan="2">Ratio</td><td colspan="2">Ratio</td></tr>
<tr><td>13~15F</td><td>0.02~0.06</td><td>O.K</td><td>0.03~0.08</td><td>O.K</td><td>0.07~0.08</td><td>O.K</td></tr>
<tr><td>10~12F</td><td>0.08~0.11</td><td>O.K</td><td>0.11~0.18</td><td>O.K</td><td>0.1~0.15</td><td>O.K</td></tr>
<tr><td>7~9F</td><td>0.13~0.17</td><td>O.K</td><td>0.19~0.27</td><td>O.K</td><td>0.18~0.23</td><td>O.K</td></tr>
<tr><td>4~6F</td><td>0.19~0.22</td><td>O.K</td><td>0.27~0.36</td><td>O.K</td><td>0.26~0.32</td><td>O.K</td></tr>
<tr><td>1~3F</td><td>0.24~0.28</td><td>O.K</td><td>0.34~0.45</td><td>O.K</td><td>0.34~0.41</td><td>O.K</td></tr>
<tr><td>검토 결과 요약</td><td colspan="7">내진성능에 문제없고 벽체 내력이 충분하므로 구조보강이 필요 없음.</td></tr>
<tr><td>적용 요소 기술</td><td colspan="7"> 
</td></tr>
</table>

표 3-150. 프로그램 3-1 구조 보강 공사비

동구분	공종	공법	단가(원)	수량(㎡)	금액(원)	비고
101동	벽체보강	단면 증타	243,000	-	-	
		탄소섬유 보강	85,000	-	-	
102동	벽체보강	단면 증타	243,000	-	-	
		탄소섬유 보강	85,000	-	-	
총 금액					-	

(3) 프로그램 3-2

(가) 평면확장 설계 기술

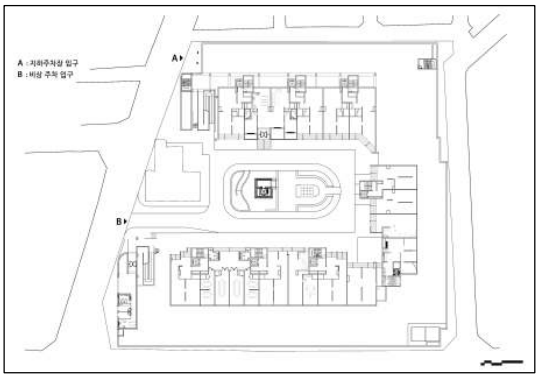
프로그램 3-2는 프로그램 3-1에서 설명하였듯이, 단위평면확장에

서 전용면적의 10%확장은 프로그램 3-1과 같으나, 코어의 위치가 3-1은 중앙(실내), 3-2는 후면(실외)에 배치된다는 점이 차이점이다. 따라서 프로그램 3-2는 프로그램 3-1에 비해 경제성 및 시공성이 더 좋은 프로그램이라고 할 수 있으나, 후면 채광면적을 코어로 가리게 되기 때문에 채광면적 확보에 있어서는 프로그램 3-1이 더 좋다고 할 수 있다. 프로그램 3-2에 해당하는 가이드라인 역시 같은 이유로 프로그램 2의 가이드라인(평면 Layout 변경의 세부계획 단계)과 같다.

(나) 주차장 확장 설계/시공 기술

프로그램 3-2은 프로그램 2 (Test bed)와 동일한 주차장확대 계획유형인 데크+지하1층확대방식과 시공기술이 적용되었으며, 차별성이 있다면 프로그램 2와의 다른 주동평면확장에 의한 약간의 주차장 계획도면상의 지하연면적 차이이다.

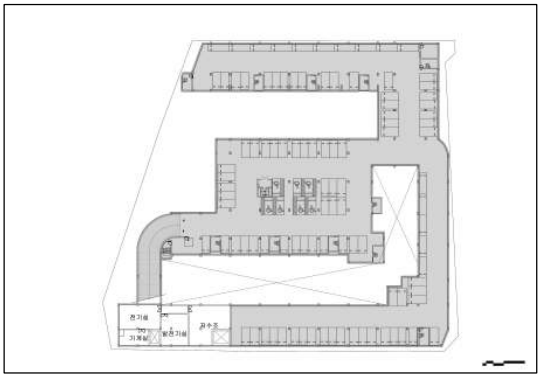
프로그램 3-2에서는 데크 76대, 지하1층 107대로 총 183대로 계획되었으나, 주동평면의 3개층 증축에 의해 세대가 늘어나 세대 당 0.8대의 주차공간으로 만족하고 있다. 주동 코어의 위치가 프로그램 2와 다르기 때문에 이로 인한 주차장 평면의 차이가 약간 있다.



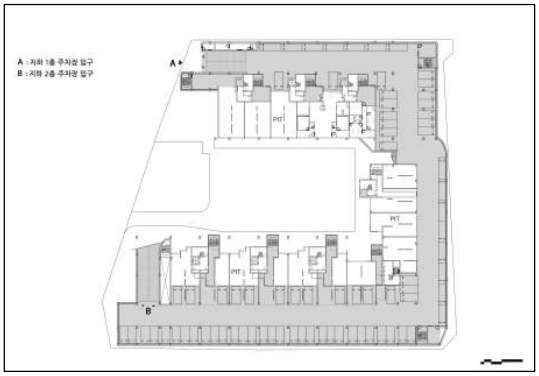
프로그램 3-2 지상 주차진입부(데크상부)평면



프로그램 3-2 주차장 단면



프로그램 3-2 지하주차장 평면



프로그램 3-2 데크주차장 평면

그림 3-215. 프로그램 3-2 주차장 도면

표 3-151. 프로그램 3-2 주차장 개요

분류	주차대수			지하 연면적
	지상	지하	총 주차대수	
리모델링 전	81대	0대	81대	없음
Program Ⅲ-2	76대(데크)	107대	183대	8,456.28m²

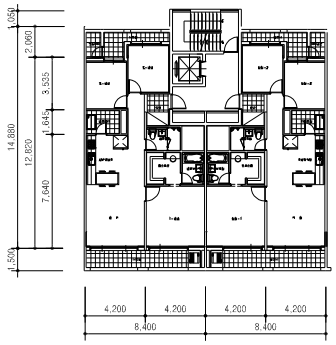
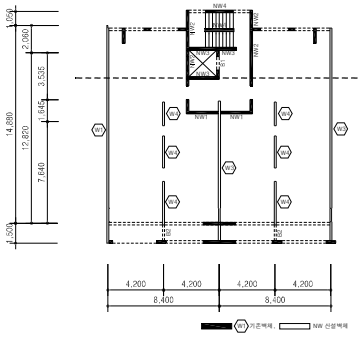
(다) 주거성능 개선 기술

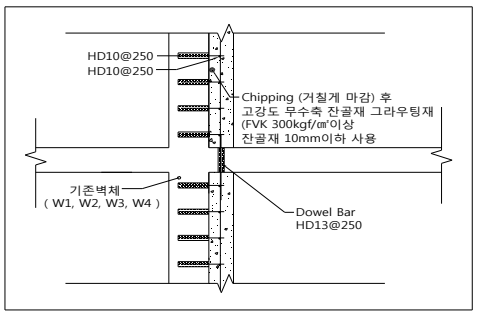
적용가능한 계획요소는 툇마루, 들어열개문, 보조의자, 안전손잡이, 현관 턱 및 단차 해소, 휠체어 수납공간, 휠체어 사용을 고려한 현관 및 현관문의 최소폭, 문 손잡이 등으로 현관에 적용할 수 있다. 욕실 반자 및 일부 벽체 히노끼 마감, 샤워의자, 안전손잡이, 욕실문 및 샤워실 문, 수전, 바닥 마감재, 문턱 및 단차 해소, 세면대

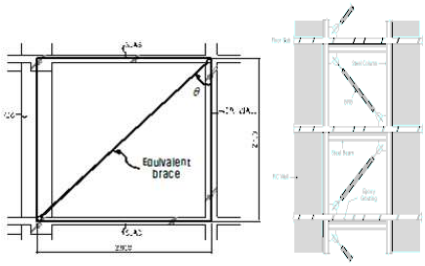
하부공간, 문 손잡이 등을 욕실에 적용할 수 있다. 작업대 형태와 높이조절, 주방 수납장 높이와 형태, 휠체어 사용을 고려한 통로폭 및 여유공간, 인접실과의 문턱 및 단차 해소 등을 주방 및 식당에 적용할 수 있다. 실의 최소폭, 문 손잡이, 인터폰 및 보일러 조절기 위치, 콘센트 높이, 붙박이장의 형태와 수납공간 높이, 실의 바닥 마감재료, 실의 문턱 제거, 침대 높이와 주변 공간 확보, 사랑방, 친환경 자재 마감, 창턱 하부 수납공간 등을 침실 1에 적용할 수 있다. 휠체어 사용을 고려한 통로폭 및 여유공간, 친환경 자재 마감, 바닥 마감재료, 안전손잡이, 벽 모서리 및 돌출부 마감 등을 거실 및 복도에 적용할 수 있다. 화단 및 애완견 공간의 정서적 활동 공간, 루버 및 블라인드, 바닥 마감재, 인접실과의 단차, 안전손잡이 등을 발코니에 적용할 수 있다.

(라) 구조검토 결과

표 3-152. 101동 구조검토결과

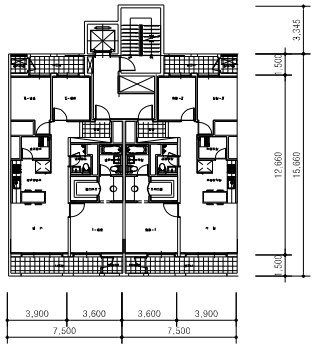
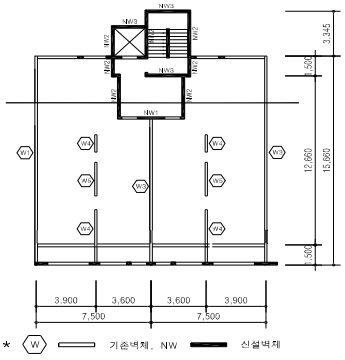
<table>
<tr><th></th><th colspan="2">건축평면</th><th colspan="2">구조평면</th></tr>
<tr><td>단위
세대
평면</td><td colspan="2">  </td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td>층수</td><td colspan="2">15층</td><td colspan="2">15층</td></tr>
<tr><td rowspan="2">리모
델링
특성</td><td>주동</td><td>주호</td><td>주차장</td><td>신축여부</td></tr>
<tr><td>계단식(실내)</td><td>평면증축(10%)</td><td>데크 + 지하</td><td>2개층 증축</td></tr>
<tr><td rowspan="3">안전성
검토</td><td colspan="4">벽체 보강 검토</td></tr>
<tr><td colspan="4">①층간변위 검토(0.015h)=39mm >1.5mm</td></tr>
<tr><td colspan="4">②전체변위 검토(H/500)=78mm > 25.1mm</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="5">벽체
내력
검토
결과</td><td></td><td colspan="2">W1(측벽)</td><td colspan="2">W3(세대간벽)</td><td colspan="2">W4(내벽)</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Ratio</td><td colspan="2">Ratio</td><td colspan="2">Ratio</td></tr>
<tr><td>10~12F</td><td>0.1</td><td>OK</td><td>0.2~0.1</td><td>OK</td><td>0.3~0.2</td><td>OK</td></tr>
<tr><td>7~9F</td><td>0.6~0.3</td><td>OK</td><td>0.8~0.3</td><td>OK</td><td>0.4~0.3</td><td>OK</td></tr>
<tr><td>4~6F</td><td>1.6~0.9</td><td>NG</td><td>1.3~1.0</td><td>NG</td><td>0.6~0.5</td><td>OK</td></tr>
<tr><td>1~3F</td><td>2.6~2.0</td><td>NG</td><td>1.3~1.2</td><td>NG</td><td>0.7~0.6</td><td>OK</td></tr>
<tr><td>검토
결과
요약</td><td colspan="7">증축에 의한 벽체량 증가로 내진안전성에 문제없으나, 내력이 부족한 일부 벽체는 보강이 필요함. <W1, W3></td></tr>
<tr><td>적용
요소
기술</td><td colspan="3">①벽체보강
 

단면증타 공법 적용상세</td><td colspan="4">②내진보강
 

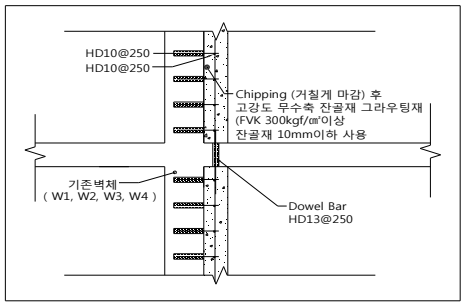
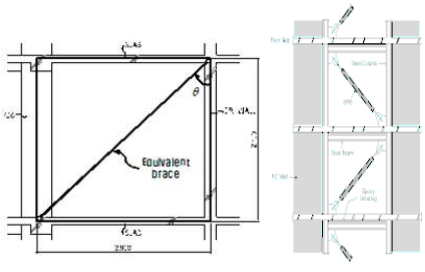
H-150×150×7×10
요소기술 적용
(건식온도패널, 강판전단벽, 비좌굴가새)</td></tr>
</table>

표 3-153. 102동 구조검토결과

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">건축평면</th><th colspan="2">구조평면</th></tr>
<tr><td>단위
세대
평면</td><td colspan="2">  </td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td>층수</td><td colspan="2">15층</td><td colspan="2">15층</td></tr>
<tr><td>리모
델링
특성</td><td>주동</td><td>주호</td><td>주차장</td><td>신축여부</td></tr>
<tr><td></td><td>계단식
(실내)</td><td>평면증축
(30%)</td><td>데크 + 지하</td><td>2개층
증축</td></tr>
<tr><td>안전성
검토</td><td colspan="4">벽체 보강 검토</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">①층간변위 검토(0.015h)=39mm > 2.6mm</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">②전체변위 검토(H/500)=78mm > 33.7mm</td></tr>
</table>

벽체 내력 검토 결과		W1(측벽)		W3(세대간벽)		W4(내벽)	
		Ratio		Ratio		Ratio	
	10~12F	0.1	OK	0.1	OK	0.3~0.2	OK
	7~9F	0.3~0.2	OK	0.2	OK	0.4~0.3	OK
	4~6F	0.9~0.5	OK	0.3	OK	0.5~0.4	OK
	1~3F	1.4~1.1	NG	0.7~0.4	OK	0.6~0.5	OK

검토결과 요약	증축에 의한 벽체량 증가로 내진안전성에 문제없으나, 내력이 부족한 일부 벽체는 보강이 필요함. <W1>

적용 요소기술	①벽체보강	②내진보강
	 단면증타 공법 적용상세	 H-150×150×7×10 요소기술 적용 (건식온도패널, 강판전단벽, 비좌굴가새)

(마) 구조 보강공사

표 3-154. 프로그램 3-2 구조 보강 공사비

동구분	공종	공법	단가(원)	수량(㎡)	금액(원)	비고
101동	벽체보강	단면 증타	243,000	314.0	76,302,000	
		탄소섬유 보강	85,000	-	-	
	내진보강	비좌굴 가새	1,123,400	11EA×12F	148,288,800	
		강판벽	-	-	-	
102동	벽체보강	단면 증타	243,000	140.4	34,117,200	
		탄소섬유 보강	85,000	-	-	
	내진보강	비좌굴 가새	1,123,400	6EA×12F	80,884,800	
		강판벽	-	-	-	
총 금액					339,592,800 원	

(4) 프로그램 4

(가) 평면확장 설계 기술

프로그램 4는 평면 Layout 계획 측면에서 현행 리모델링 법규에 따라 전용면적 30% 이내까지 확장하는 프로그램 2와 동일하다. 그러나 프로그램 2는 전용면적의 30% 확장이 가능하게 해주는 이점이 있지만, 리모델링 시 전면 2베이 소규모 복도식 아파트의 경우, 대부분 단위세대 동 조합이 병렬결합 구조인 국내 노후공동주택의 특성 상, 앞, 뒤로만 확장 가능하여 신축 평면에 비해 채광 및 통풍 등 거주환경에 불리한 평면이 계획되기 쉬운 단점이 존재한다. 이러한 단점 때문에 리모델링을 주저하는 거주자들에게 전용면적 30% 이내 평면확장과 동시에, 일반 분양이 가능한 상부 수직 증축이 가능하게 하여, 이익을 극대화 해주는 것이 프로그램 4의 내용이다. 즉, 프로그램 4는 프로그램 2와 3이 결합된 프로그램으로, 전용면적 30% 이내의 수평 평면증축과 1층을 필로티화하고, 상부 3

개층을 같은 면적으로 증축할 수 있도록 하는 내용이다.

이와 같은 내용의 프로그램 4는 리모델링을 시행함으로써 가시적으로 보이는 면적이 최대로 확장되는 프로그램으로, 주택이 자산, 투자 가치로서의 개념이 강한 국내 민간 아파트의 통념 상 수익창출 측면에서 가장 부합되는 프로그램이라고 할 수 있다. 그러나 수평, 수직으로 많은 면적이 늘어남에 있어, 기존의 인동간격이 좁아지고, 평면이 길어지는 단점들이 발생하여 거주성 측면에서 신축보다 양호한 평면 및 주동계획을 얻기 힘든 단점이 있다.

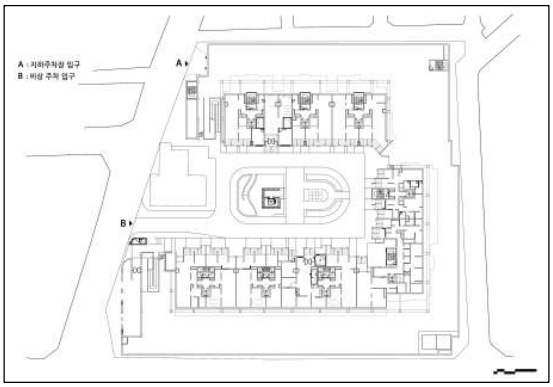
또한, 프로그램 4는 프로그램 3과 같이 일반분양 수직증축을 불허하는 현행 법규를 위반하는 프로그램으로써 제4절에서와 같은 제도개선안을 수반한다.

프로그램 4에 해당하는 가이드라인은 단위평면확장계획에 한해서는 프로그램 2와 동일하기 때문에 가이드라인 역시 프로그램 2에서 제시한 내용과 같다.

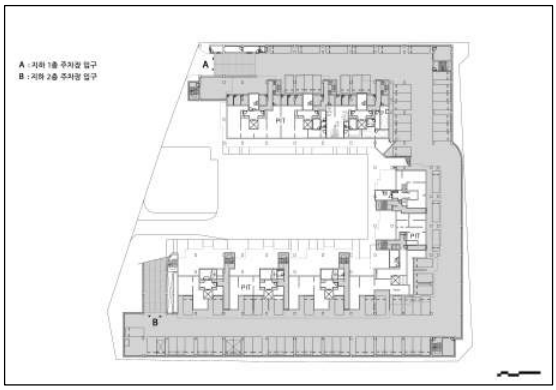
(나) 주차장 확장 설계/시공 기술

프로그램 4은 프로그램 2 (Test bed)와 동일한 주차장확대 계획유형인 데크+지하1층확대방식과 시공기술이 적용되었으며, 차별성이 있다면 프로그램 2와의 다른 주동평면확장에 의한 약간의 주차장 계획도면상의 지하연면적 차이이다.

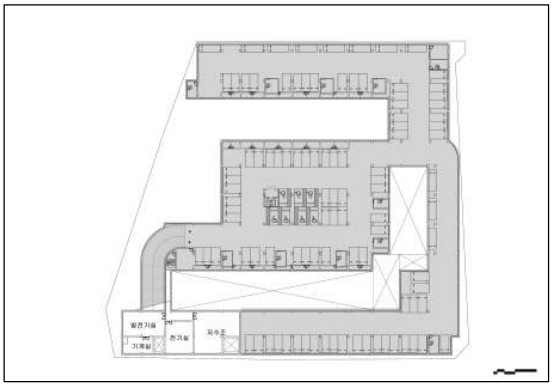
프로그램 4에서 또한 데크 76대, 지하1층 107대로 총 183대로 계획되었으나, 주동평면의 3개층 증축에 의해 세대가 늘어나 세대 당 0.8대의 주차공간으로 만족하고 있다. 주동 코어의 위치가 프로그램 2와 다르기 때문에 이로 인한 주차장 평면의 차이가 약간 있다.



프로그램 4 지상 주차진입부(데크상부) 평면



프로그램 4 데크주차장 평면



프로그램 4 지하주차장 평면



프로그램 4 주차장 단면

그림 3-216. 프로그램 4 주차장 도면

표 3-155. 프로그램 4 주차장 개요

분류	주차대수			지하 연면적
	지상	지하	총 주차대수	
리모델링 전	81대	0대	81대	없음
Program Ⅳ	76대(데크)	107대	183대	9,036.220m²

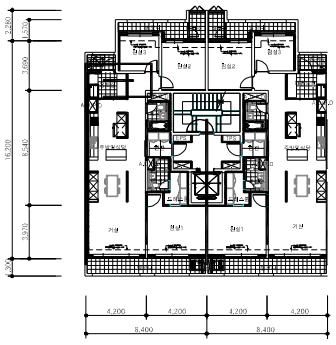
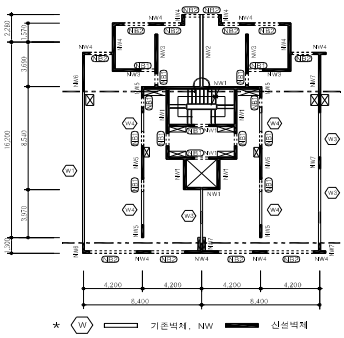
(다) 주거성능 개선 기술

적용가능한 계획요소는 보조의자, 안전손잡이, 현관 턱 및 단차 해소, 휠체어 사용을 고려한 현관 및 현관문의 최소폭, 문 손잡이 등으로 현관에 적용할 수 있다. 욕실 반자 및 일부 벽체 히노끼 마감, 샤워의자, 안전손잡이, 욕실문 및 샤워실 문, 수전, 바닥 마감재, 문턱 및 단차 해소, 세면대 하부공간, 문 손잡이 등을 욕실에 적용

할 수 있다. 작업대 형태와 높이조절, 주방 수납장 높이와 형태, 휠체어 사용을 고려한 통로폭 및 여유공간, 인접실과의 문턱 및 단차 해소 등을 주방 및 식당에 적용할 수 있다. 실의 최소폭, 문 손잡이, 인터폰 및 보일러 조절기 위치, 콘센트 높이, 붙박이장의 형태와 수납공간 높이, 실의 바닥 마감재료, 실의 문턱 제거, 침대 높이와 주변 공간 확보, 친환경 자재 마감, 창턱 하부 수납공간 등을 침실 1에 적용할 수 있다. 휠체어 사용을 고려한 통로폭 및 여유공간, 친환경 자재 마감, 바닥 마감재료, 안전손잡이, 벽 모서리 및 돌출부 마감 등을 거실 및 복도에 적용할 수 있다. 화단 및 애완견 공간의 정서적 활동 공간, 루버 및 블라인드, 바닥 마감재, 인접실과의 단차, 안전손잡이 등을 발코니에 적용할 수 있다.

(라) 구조검토 결과

표 3-156. 101동 구조검토결과

	건축평면		구조평면	
단위 세대 평면				
층수	15층		15층	
리모델링 특성	주동	주호	주차장	신축여부
	계단식 (실내)	평면증축 (30%)	데크 + 지하	3개층 증축
안전성 검토	벽체 보강 검토			
	①층간변위 검토 : 1.70mm < 0.015h = 39mm			
	②전체변위 검토 : 24.01mm < H/500 = 88mm			

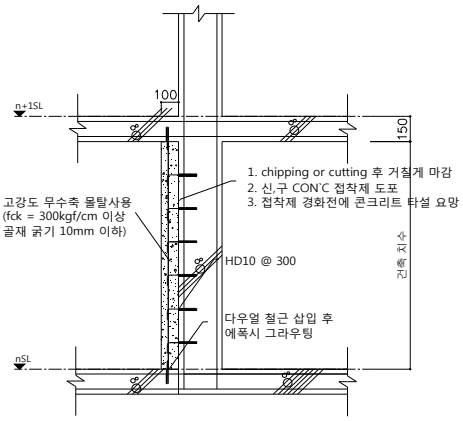
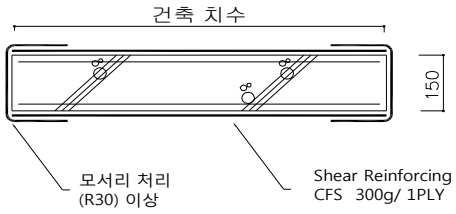
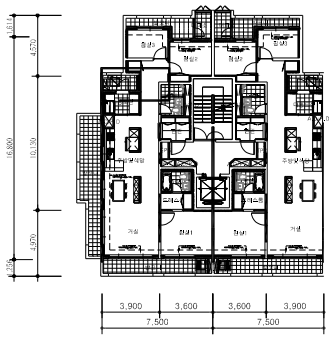
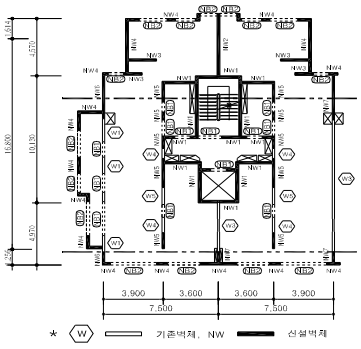
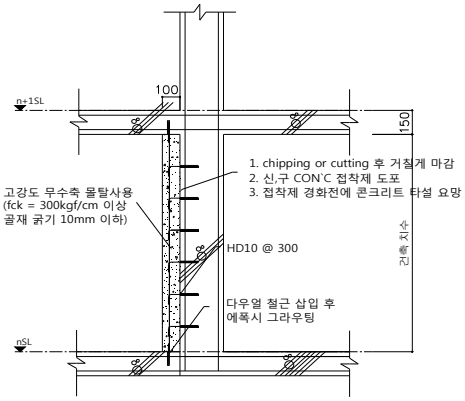
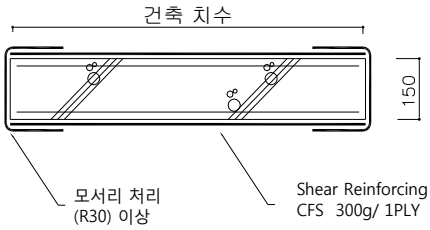
		W1(측벽)		W3(세대간벽)		W4(내벽)	
벽체 내력 검토 결과		Ratio		Ratio		Ratio	
	10~15F	0.0~0.2	O.K	0.7~0.9	O.K	0.0~0.4	O.K
	7~9F	0.2~0.3	O.K	1.0~1.3	N.G	0.8~1.7	N.G
	4~6F	0.3~0.4	O.K	1.4~1.7	N.G	2.2~3.0	N.G
	1~3F	0.4~0.5	O.K	0.7~3.3	N.G	2.6~3.6	N.G
검토 결과 요약	증축에 의한 벽체량 증가로 내진안전성에 문제없으나, 내력이 부족한 일부 벽체는 보강이 필요함. <W3, W4>						
적용 요소 기술	① 단면증타 <W3>  		② 탄소섬유보강 <W4>  			

표 3-157. 102동 구조검토결과

	건축평면		구조평면	
단위 세대 평면				
층수	15층		15층	
리모델링 특성	주동	주호	주차장	신축여부
	계단식 (실내)	평면증축 (30%)	데크 + 지하	3개층 증축

<table>
<tr><td rowspan="3">안전성
검토</td><td colspan="9">벽체 보강 검토</td></tr>
<tr><td colspan="9">①층간변위 검토 : 2.09mm < 0.015h = 39mm</td></tr>
<tr><td colspan="9">②전체변위 검토 : 38.62mm < H/500 = 88mm</td></tr>
<tr><td rowspan="6">벽체
내력
검토
결과</td><td></td><td colspan="2">W1(측벽)</td><td colspan="2">W3(세대간벽)</td><td colspan="2">W4(내벽)</td><td colspan="2">W5(화장실벽)</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Ratio</td><td colspan="2">Ratio</td><td colspan="2">Ratio</td><td colspan="2">Ratio</td></tr>
<tr><td>10~15F</td><td>0.2~0.7</td><td>O.K</td><td>0.1~0.3</td><td>O.K</td><td>1.3~2.3</td><td>N.G</td><td>0.2~0.5</td><td>O.K</td></tr>
<tr><td>7~9F</td><td>0.2~0.3</td><td>O.K</td><td>0.3~0.6</td><td>O.K</td><td>1.1~2.0</td><td>N.G</td><td>0.6~1.0</td><td>N.G</td></tr>
<tr><td>4~6F</td><td>0.3~0.5</td><td>O.K</td><td>1.0~2.0</td><td>N.G</td><td>2.6~3.8</td><td>N.G</td><td>1.2~1.7</td><td>N.G</td></tr>
<tr><td>1~3F</td><td>1.7~5.1</td><td>N.G</td><td>2.3~4.8</td><td>N.G</td><td>2.8~5.5</td><td>N.G</td><td>1.9~2.6</td><td>N.G</td></tr>
<tr><td>검토
결과
요약</td><td colspan="9">증축에 의한 벽체량 증가로 내진안전성에 문제없으나, 내력이 부족한 일부 벽체는 보강이 필요함. <W1, W3, W4, W5></td></tr>
<tr><td>적용
요소
기술</td><td colspan="5">① 단면증타 <W1, W3>
 
</td><td colspan="4">② 탄소섬유보강 <W4, W5>
 
</td></tr>
</table>

(마) 구조 보강공사

표 3-158. 프로그램 4 구조 보강 공사비

동구분	공종	공법	단가(원)	수량(㎡)	금액(원)	비고
101동	벽체보강	단면 증타	243,000	163.8	39,803,400	
		탄소섬유 보강	85,000	320.32	27,227,200	
102동	벽체보강	단면 증타	243,000	124.8	30,326,400	
		탄소섬유 보강	85,000	860.86	73,173,100	
총 금액					170,530,100 원	

(5) 프로그램 적용기술의 요약

(가) 평면확장 설계 기술

표 3-159. 프로그램별 평면 Layout 도출

구분	프로그램 1	프로그램 2	프로그램 3-1	프로그램 3-2	프로그램 4
개요	평면확장 없음 평면 Layout 변경	전용면적 30% 평면확장 평면 Layout 변경	전용면적 10% 평면확장 평면 Layout 변경	전용면적 10% 평면확장 평면 Layout 변경	전용면적 30% 평면확장 평면 Layout 변경
평면 Layout 변경 세부 계획 단계 (가이드 라인)	1: 변경가능 벽체 검토 2: 침실규모 확장 검토 3: 이형공간 검토 4: 다용도실 및 발코니 면적 확보 5: 개실 위치 변경 6: 비내력벽 삭제 검토 7: 대피공간 삭제 검토	1: 확장범위 검토 2: 변경가능 벽체 검토 3: 코어형식 및 위치결정 4: 증가면적 배분 결정 5: 침실 수 및 배치 결정 6: LDK 형식 결정	1: 확장범위 검토 2: 변경가능 벽체 검토 3: 코어형식 및 위치결정 4: 증가면적 배분 결정 5: 침실 수 및 배치 결정 6: LDK 형식 결정	1: 확장범위 검토 2: 변경가능 벽체 검토 3: 코어형식 및 위치결정 4: 증가면적 배분 결정 5: 침실 수 및 배치 결정 6: LDK 형식 결정	1: 확장범위 검토 2: 변경가능 벽체 검토 3: 코어형식 및 위치결정 4: 증가면적 배분 결정 5: 침실 수 및 배치 결정 6: LDK 형식 결정
평면 Layout 도출 (주동 중앙 세대)	24평 	24평 	24평 	24평 	24평 
	28평 	28평 	28평 	28평 	28평 

구분	프로그램 1	프로그램 2	프로그램 3-1	프로그램 3-2	프로그램 4
평면 Layout 도출 (주동 중앙 세대)	32평 	32평 	32평 	32평 	32평 

(나) 주차장 확장 설계/시공 기술

표 3-160. 프로그램별 주차창 형태 도출

구분	프로그램 1	프로그램 2	프로그램 3-1	프로그램 3-2	프로그램 4
개요	·지상주차장 ·지하1층주차장 ·간접진입방식	·데크주차장 ·지하1층주차장 ·간접진입방식	·데크주차장 ·지하1층주차장 ·간접진입방식	·데크주차장 ·지하1층주차장 ·간접진입방식	·데크주차장 ·지하1층주차장 ·간접진입방식

(다) 주거성능 개선 기술

표 3-161. 프로그램별 적용 주거성능 개선 기술

공간 (실)	개발한 계획 · 설계 요소	프로그램 1	프로그램 2	프로그램 3-1	프로그램 3-2	프로그램 4
현관	툇마루			●	●	
	화단(텃밭)					
	들어열개문			●	●	
	보조 의자	●	●	●	●	●
	안전 손잡이	●	●	●	●	●
	현관 턱 및 단차	●	●	●	●	●
	휠체어 수납공간			●	●	
	현관 및 현관문의 최소폭	●	●	●	●	●
	문 손잡이	●	●	●	●	●
욕실	욕실 반자 및 일부 벽체 히노끼(편백나무) 마감	●	●	●	●	●
	샤워 의자		●	●	●	●
	안전 손잡이	●	●	●	●	●
	욕실문 및 샤워실문	▲	●	●	●	●
	수전	●	●	●	●	●
	바닥 마감재	●	●	●	●	●
	문턱 및 단차	●	●	●	●	●
	세면대 하부공간	●	●	●	●	●
	문 손잡이	●	●	●	●	●
주방 및 식당	작업대 형태와 높이조절		●	●	●	●
	주방 수납장 높이와 형태	●	●	●	●	●
	통로 폭 및 여유공간		●	●	●	●
	문턱 및 단차	●	●	●	●	●

공간 (실)	개발한 계획 · 설계 요소	프로그램 1	프로그램 2	프로그램 3-1	프로그램 3-2	프로그램 4
침실	최소폭	●	●	●	●	●
	문 손잡이	●	●	●	●	●
	인터폰, 보일러조절기 위치	●	●	●	●	●
	콘센트 높이	●	●	●	●	●
	붙박이장의 형태와 수납 공간 높이	●	●	●	●	●
	바닥 마감재료	●	●	●	●	●
	문턱 제거	●	●	●	●	●
	침대 높이와 주변 공간 확보	●	●	●	●	●
	사랑방			●	●	
	친환경 자재마감	●	●	●	●	●
	창턱 하부 수납공간	●	●	●	●	●
거실 및 복도	통로 폭 및 여유공간	●	●	●	●	●
	친환경 자재마감	●	●	●	●	●
	바닥 마감재료	●	●	●	●	●
	안전손잡이	●	●	●	●	●
	맞통풍 가능한 창호 설계					
	벽 모서리 및 돌출부 마감	●	●	●	●	●
발코니	화단	●	●	●	●	●
	애완견 공간	●	●	●	●	●
	루버 · 블라인드	●	●	●	●	●
	바닥 마감재	●	●	●	●	●
	인접실과의 단차	●	●	●	●	●
	안전손잡이	●	●	●	●	●

(라) 설비성능 개선 기술

표 3-162. 프로그램별 적용 설비성능 개선 기술

구분		프로그램 I	프로그램 II	프로그램 III-1	프로그램 III-2	프로그램 IV
열환경 조성 관련		1. 건축물 부위별 단열성능 개선 1) 적절한 재료층 조함 2) 외단열 적용 3) 창호의 단열성능 개선 2. 기밀 성능의 개선 3. 단열재 보호를 위한 투습 및 결로 방지 성능의 개선	1. 건축물 부위별 단열성능 개선 1) 적절한 재료층 조함 2) 외단열 적용 3) 창호의 단열성능 개선 2. 기밀 성능의 개선 3. 단열재 보호를 위한 투습 및 결로 방지 성능의 개선	1. 건축물 부위별 단열성능 개선 1) 적절한 재료층 조함 2) 외단열 적용 3) 창호의 단열성능 개선 2. 기밀 성능의 개선 3. 단열재 보호를 위한 투습 및 결로 방지 성능의 개선	1. 건축물 부위별 단열성능 개선 1) 적절한 재료층 조함 2) 외단열 적용 3) 창호의 단열성능 개선 2. 기밀 성능의 개선 3. 단열재 보호를 위한 투습 및 결로 방지 성능의 개선	1. 건축물 부위별 단열성능 개선 1) 적절한 재료층 조함 2) 외단열 적용 3) 창호의 단열성능 개선 2. 기밀 성능의 개선 3. 단열재 보호를 위한 투습 및 결로 방지 성능의 개선
난방 설비 설계 관련	열원 시스템	1. 열원시스템의 적정 용량 2. 세대별 열원 시스템 사용	1. 열원시스템의 적정 용량 2. 세대별 열원 시스템 사용	1. 열원시스템의 적정 용량 2. 세대별 열원 시스템 사용	1. 열원시스템의 적정 용량 2. 세대별 열원 시스템 사용	1. 열원시스템의 적정 용량 2. 세대별 열원 시스템 사용
	분배 시스템	1. 기존 회로 구성 활용 2. 다이나믹 밸런싱 밸브 적용	1. 온수 회로 증설 검토 2. 다이나믹 밸런싱 밸브 적용	1. 온수 회로 증설 검토 2. 다이나믹 밸런싱 밸브 적용	1. 온수 회로 증설 검토 2. 다이나믹 밸런싱 밸브 적용	1. 온수 회로 증설 검토 2. 다이나믹 밸런싱 밸브 적용
	제어 시스템	실별제어 적용	실별제어 적용	실별제어 적용	실별제어 적용	실별제어 적용

구분		프로그램 I	프로그램 II	프로그램 III-1	프로그램 III-2	프로그램 IV
난방 설비 설계 관련	패널 시스템	건식온수온돌을 적용한 성능개선 1) 건식온돌패널의 종류에 따른 건식온돌패널 적용 프로세스의 선택 2) 리모델링 대상 건물의 정보입력 3) 건식온돌패널의 정보입력 4) 천장고 확보가능 여부, 패널의 방열성능, 층간 열관류율, 바닥표면온도 분포 확인	습식온수온돌을 적용한 성능개선	습식온수온돌을 적용한 성능개선	습식온수온돌을 적용한 성능개선	습식온수온돌을 적용한 성능개선
위생 배관 시스템		1. 세대별 급수압 조절 ((2,5kgf/㎠ 이하) 2. 저소음형 배수관 적용 (일반사항) 3. 구조체 배관 지지부 절연시공 4. 당해층 배관방식 적용 5. 층상피트 적용 (샤프트형, 샤프트+층상프트형, 특수형)	1. 세대별 급수압 조절 ((2,5kgf/㎠ 이하) 2. 저소음형 배수관 적용 (일반사항) 3. 구조체 배관 지지부 절연시공 4. 당해층 배관방식 적용 5. 층상피트 적용 (샤프트형, 샤프트+층상프트형, 특수형)	1. 세대별 급수압 조절 ((2,5kgf/㎠ 이하) 2. 저소음형 배수관 적용 (일반사항) 3. 구조체 배관 지지부 절연시공 4. 당해층 배관방식 적용 5. 층상피트 적용 (샤프트형, 샤프트+층상프트형, 특수형)	1. 세대별 급수압 조절 ((2,5kgf/㎠ 이하) 2. 저소음형 배수관 적용 (일반사항) 3. 구조체 배관 지지부 절연시공 4. 당해층 배관방식 적용 5. 층상피트 적용 (샤프트형, 샤프트+층상프트형, 특수형)	1. 세대별 급수압 조절 ((2,5kgf/㎠ 이하) 2. 저소음형 배수관 적용 (일반사항) 3. 구조체 배관 지지부 절연시공 4. 당해층 배관방식 적용 5. 층상피트 적용 (샤프트형, 샤프트+층상프트형, 특수형)

구분	프로그램 I	프로그램 II	프로그램 III-1	프로그램 III-2	프로그램 IV
최적 환기전략	1. 운영방식의 결정: 하이브리드 방식 결정 (실내공기질 확보 및 설치 공간의 고려) 2. 층고의 문제로 인한 무덕트 방식으로 결정 3. 최적설계: 급기구는 침실3, 배기팬은 거실에 120CMH가 설치된 설계안으로 적용 4. 제어전략: CO2 제어환기 방식으로 결정	1. 운영방식의 결정: 하이브리드 방식 결정 (실내공기질 확보 및 설치 공간의 고려) 2. 층고의 문제로 인한 무덕트 방식으로 결정 3. 최적설계: 급기구는 침실2, 배기팬은 욕실2에 180CMH가 설치된 설계안으로 적용 4. 제어전략: CO2 제어환기 방식으로 결정	1. 운영방식의 결정: 하이브리드 방식 결정 (실내공기질 확보 및 설치 공간의 고려) 2. 층고의 문제로 인한 무덕트 방식으로 결정 3. 최적설계: 급기구는 침실2, 배기팬은 욕실2에 180CMH가 설치된 설계안으로 적용 4. 제어전략: CO2 제어환기 방식으로 결정	1. 운영방식의 결정: 하이브리드 방식 결정 (실내공기질 확보 및 설치 공간의 고려) 2. 층고의 문제로 인한 무덕트 방식으로 결정 3. 최적설계: 급기구는 침실2, 배기팬은 욕실2에 180CMH가 설치된 설계안으로 적용 4. 제어전략: CO2 제어환기 방식으로 결정	1 운영방식의 결정: 하이브리드 방식 결정 (실내공기질 확보 및 설치 공간의 고려) 2 층고의 문제로 인한 무덕트 방식으로 결정 3 최적설계: 급기구는 침실3, 배기팬은 거실에 120CMH가 설치된 설계안으로 적용 4 제어전략: CO2 제어환기 방식으로 결정
공동주택 소음 저감 기술	1. 저비용, 짧은 공사기간, 저하중 공법 위주 2. 건식바닥패널, 편복도 탄성 바닥마감재 3.급수압조절/배관지지부/주철관/층상배관	1. 평면 확장에 따른 성능 개선 위주 2. 고탄성 바닥완충재의 습식바닥시스템 3. 급수압조절/배관지지부/주철관/층상배관 4, 평면 확장 부위의 건식 벽체시스템 적용	1. 수직 증축에 따른 성능 개선 위주 2. 고탄성 완충재의 습식바닥시스템 3. 수직 증축부는 인정바닥 구조 적용 4. 급수압조절/배관지지부/주철관/층상배관	1. 수직 증축에 따른 성능 개선 위주 2. 고탄성 완충재의 습식바닥시스템 3. 수직 증축부는 인정바닥 구조 적용 4. 급수압조절/배관지지부/주철관/층상배관 5. 출입구 측로전달소음 차단기술 적용	1. Program 2의 평면 확장 및 Program 3의 수직 증축에 따른 성능 개선 방안 적용 2. 출입구 측로전달소음 차단기술 적용

(마) 친환경 확보기술

표 3-163. 프로그램별 적용 친환경 확보기술

구분	프로그램 I	프로그램 II	프로그램 III-1	프로그램 III-2	프로그램 IV
철거 단계	1: 가구류 및 보일러 철거 2: 창호 및 잡철물 철거 3: 천장 마감재 철거 4: 벽 마감재 철거 5: 바닥 마감재 철거 6: 조적벽 철거	1: 가구류 및 보일러 철거 2: 창호 및 잡철물 철거 3: 천장 마감재 철거 4: 벽 마감재 철거 5: 바닥 마감재 철거 6: 조적벽 철거 7. 코어 신설을 위한 구조체 철거 8: 내력벽 철거	1: 가구류 및 보일러 철거 2: 창호 및 잡철물 철거 3: 천장 마감재 철거 4: 벽 마감재 철거 5: 바닥 마감재 철거 6: 조적벽 철거 7. 코어 신설을 위한 구조체 철거 8: 내력벽 철거	1: 가구류 및 보일러 철거 2: 창호 및 잡철물 철거 3: 천장 마감재 철거 4: 벽 마감재 철거 5: 바닥 마감재 철거 6: 조적벽 철거 7: 내력벽 철거	1: 가구류 및 보일러 철거 2: 창호 및 잡철물 철거 3: 천장 마감재 철거 4: 벽 마감재 철거 5: 바닥 마감재 철거 6: 조적벽 철거 7. 코어 신설을 위한 구조체 철거 8: 내력벽 철거
철거장비	007 백호우, 015 백호우 월쏘, 월커터, 덤프트럭	007 백호우, 015 백호우 월쏘, 월커터, 다이아몬드쏘, 크레인, 덤프트럭	007 백호우, 015 백호우 월쏘, 월커터, 다이아몬드쏘, 크레인, 덤프트럭	007 백호우, 015 백호우 월쏘, 월커터, 다이아몬드쏘, 크레인, 덤프트럭	007 백호우, 015 백호우 월쏘, 월커터, 다이아몬드쏘, 크레인, 덤프트럭
장비이동 경로 확보	복도와 발코니 지장물 선철거 장비 진입을 위한 조적벽 철거 후 재시공	조적벽 철거를 통한 장비이동경로 확보	조적벽 철거를 통한 장비이동경로 확보	조적벽 철거를 통한 장비이동경로 확보	조적벽 철거를 통한 장비이동경로 확보
작업안정성 확보	지정폐기물 포함여부 사전조사	지정폐기물 포함여부 사전조사 중량 구조물 낙하방지를 위한 가설시설물 설치 내력벽 순서 준수(최상층→최하층, 외곽부→중앙부)	지정폐기물 포함여부 사전조사 중량 구조물 낙하방지를 위한 가설시설물 설치 내력벽 순서 준수(최상층→최하층, 외곽부→중앙부)	지정폐기물 포함여부 사전조사 중량 구조물 낙하방지를 위한 가설시설물 설치 내력벽 순서 준수(최상층→최하층, 외곽부→중앙부)	지정폐기물 포함여부 사전조사 중량 구조물 낙하방지를 위한 가설시설물 설치 내력벽 순서 준수(최상층→최하층, 외곽부→중앙부)

구분	프로그램 I	프로그램 II	프로그램 III-1	프로그램 III-2	프로그램 IV
내력벽, 슬라브 철거	해당사항 없음	매입된 철근으로 인한 구조체 손상방지(절단형 장비 사용) 기존 구조체와 신설 구조체와의 접합을 고려한 철근 노출	매입된 철근으로 인한 구조체 손상방지(절단형 장비 사용) 기존 구조체와 신설 구조체와의 접합을 고려한 철근 노출	매입된 철근으로 인한 구조체 손상방지(절단형 장비 사용) 기존 구조체와 신설 구조체와의 접합을 고려한 철근 노출	매입된 철근으로 인한 구조체 손상방지(절단형 장비 사용) 기존 구조체와 신설 구조체와의 접합을 고려한 철근 노출
코너 내부 신설을 위한 사전철거	해당사항 없음	 최상층부터 코어가 신설되는 부위를 'ㄷ'자 형태로 Cutting	 최상층부터 코어가 신설되는 부위를 'ㄷ'자 형태로 Cutting	해당사항 없음	 최상층부터 코어가 신설되는 부위를 'ㄷ'자 형태로 Cutting

(6) 프로그램 별 기술성능 분석

연구단에서는 기존의 복도식 노후공동주택을 리모델링하는 경우에, ① 계단식으로의 변경여부, ② 신설되는 계단 및 엘리베이터 공용부의 위치, ③ 평면증축면적, ④수직증축층수에 따라 모두 5가지의 리모델링 프로그램을 제안하였다. 각각의 프로그램은 공정별로 기존의 리모델링 기술 및 연구단 제안기술을 사용하여 구현될 수 있다. 모든 프로그램에 공통적으로 적용될 수 있는 연구단 제안기술은 친환경철거기술, 환기 및 배관 기술, 주차장확대 기술이며, 프로그램의 성격 및 현행 제도의 개선여부에 따라 적용될 수 있는 연구단 제안기술은 내진보강, 평면확장, 건식경량바닥, 수직증축 기술이다. 프로그램에 따른 그리고 적용 연구단 기술에 따른 경제성 및 성능분석 결과는 다음과 같다.

(가) Program Ⅰ

기존의 복도식 평면형태에 대한 변경없이, 단순히 노후된 설비를 교체하고 지하주차장을 신설하는 프로그램으로, 구조체 변경을 하지 않기 때문에 현행 법규상 신축구조물에 대한 내진기준을 만족시킬 필요가 없어 내진보강기술은 적용되지 않는다.

연구단 제안기술 중 건식경량바닥/하이브리드환기/층상위생배관/친환경철거 기술이 적용된다. 초기투자비용은 기존기술을 적용하는 경우보다 설비교체와 철거에 있어 약 20%정도 증가하나, 유지관리성 및 친환경성에 있어 기존기술대비 약 30%이상의 성능향상효과를 기대할 수 있다. 특히, 일반적으로 20년마다 교체되어야 하는 설비의 유지관리성을 고려할 때 건식바닥 및 층상위생배관 시스템은 성능이 우수하다 할 수 있다.

(나) Program Ⅱ

기존의 복도식 평면형태를 계단식으로 변경하면서, 30% 평면증축, 1층 필로티화 및 1개층 수직증축, 설비 교체, 지하 및 데크 주차

장을 신설하는 프로그램으로, 내진기준, 소방법, 층고 등 현행 기준을 모두 만족시키는 범위에서 적용된다.

연구단 제안기술 중 평면확장/하이브리드환기/층상위생배관/친환경철거 기술이 적용된다. 일반적인 사용자의 리모델링 요구분석에 따라 신설되는 계단실 및 엘리베이터 코어가 평면내부에 존재하기 때문에 기존 구조체에 대한 철거량이 크게 늘어나며, 기초공사가 평면내부에서 수행되고 내진보강을 위한 신설 구조체량이 많아, 프로그램 I과 비교할 때 철거/기초공사/내부구조체 신설 공정비용이 크게 증가한다. 평면의 중심에 내부구조체로 습식철근콘크리트 전단벽체를 신설하고 이 전단벽체가 대부분의 지진하중을 부담하도록 설계된다면, 연구단에서 제안된 내진보강기술은 별도로 적용될 필요가 없으나, 일부 추가적인 하중 부담이 요구되는 경우에는 경량건식 강판복합체 및 각봉충전 비좌굴가새, 기존구조체를 활용한 마찰감쇠기 등을 적용할 수 있다. 프로그램 I과 같이 초기투자비용은 기존기술을 적용하는 경우보다 설비교체와 철거에 있어 약 20%정도 증가하나, 유지관리성 및 친환경성에 있어 기존기술대비 20% 정도의 성능향상을 기대할 수 있어(현행 법규상 건식경량바닥이 적용되지 못하여 프로그램 I 대비 성능향상효과가 감소됨), 비용대비 성능의 기대효과는 기존공법을 적용한 경우와 제안기술을 적용한 경우가 유사하다 할 수 있다.

단, 연구단 제안기술 중 현행 법규상 스프링클러 설치에 따른 층고제한조건, 중량충격음에 따른 소음제한조건 때문에 적용되지 못하는 건식경량바닥 기술을 적용한다면 기존의 습식바닥공법과 비교할 때 무게를 약 30% 정도 감소시킬 수 있어 지진하중이 크게 줄어들어, 별도의 내진보강기술을 적용하지 않고도 기초 및 구조체 보강량을 감소시킬 수 있으며, 이에 따라 공기단축 및 추가적인 성능향상 효과를 기대할 수 있다.

(다) Program III

기존의 복도식 평면형태를 계단식으로 변경하면서, 10% 평면증축, 1층 필로티화 및 3개층 수직증축, 설비 교체, 지하 및 데크 주차장을 신설하는 프로그램으로, 리모델링 활성화를 위한 관련 제도개선을 전제로 적용된다. 프로그램 II(30% 평면확장 및 1개층 수직증축)와 비교할 때, 10%만 평면을 확장하는 대신에 3개 층을 수직증축하여, 용적율은 현행법규에서 허용하는 프로그램 II와 동일한 수준을 유지하면서, 추가적인 세대분양을 하여 세대당 분담비용을 감소시킴으로써 리모델링을 활성화하고자하는 목적으로 제안되는 프로그램이다. 10%만 평면을 확장하기 때문에 지하 및 주차장 계획에 있어 타 프로그램 대비 유연성을 확보할 수 있다. 신설되는 엘리베이터 및 계단실의 평면상 위치에 따라 다음과 같은 2가지 형태로 적용될 수 있다.

① Program III-1 (계단실 내부신설형)

연구단 제안기술 중 평면확장/건식경량바닥/하이브리드환기/층상위생배관/친환경철거 기술이 적용된다. 프로그램 II와 같이 평면내부에 계단실 및 엘리베이터 코어를 신설하기 때문에 기존 구조체에 대한 철거량이 크게 늘어나고 기초 및 구조체 신설 공정이 전체 공사에 있어 비용과 공기에 큰 영향을 주는 주요공정이 된다. 또한, 3개층이 추가되므로 1개층을 증축하는 프로그램 II보다 중력하중 및 지진하중이 크게 증가하는데 연구단에서 제안한 건식경량바닥 공법을 적용한다면 중력하중과 지진하중을 경감시켜, 기초와 구조체 신설공정에 있어 습식바닥공법을 사용하여 1개층을 증축하는 경우와 유사한 수준으로 비용과 공기를 절감할 수 있다. 초기투자비용은 기존기술을 적용하는 경우보다 설비교체와 철거에 있어 약 20%정도 증가하나, 유지관리성 및 친환경성에 있어 기존기술대비 약 30%이상의 성능향상효과를 기대할 수 있다.

② Program III-2 (계단실 외부신설형)

기존 구조체에 대한 철거량을 최소화하고 이를 최대한 활용함으

로써, 최소한의 비용으로 가능한 빠른 시간 내에 구조 및 설비 성능을 개선하고자하는 리모델링 공사의 본 목적에 부합하기 위해 제안된 프로그램이다. 엘리베이터 및 계단실을 외부에 신설하고 가능한 대부분의 구조보강공사를 구조체 외부에서 수행하는 것으로, 프로그램 II 및 III-1과 비교할 때 철거 및 구조체신설비용을 크게 감소시킬 수 있다.

프로그램 II 및 III-1의 평면형태는 수요자 요구분석으로부터 도출되었으나, 구조적인 관점에서 평가한다면 리모델링이 아닌 재건축 수준의 프로그램으로, 내진보강 기술의 경우 기존 구조체 철거를 최소화한다는 전제하에 개발된 연구단 제안기술의 대부분을 적용할 필요가 없다. 프로그램 III-2에 적용되는 기존기술과 연구단기술은 타 프로그램에서 적용된 차이점인 평면확장/건식경량바닥/하이브리드환기/층상위생배관/친환경철거 기술 외에 다음 항목에 있어 큰 차이점을 가진다.

㉮ 외부코아 - 기존기술은 외부코아를 내부코아와 같이 RC전단벽체로 연결하며, 이 경우 구조적으로는 큰 편심을 유발하여 이를 감소시키기 위한 코아 반대편의 보강량을 크게 증가시킨다. 연구단 기술은 건식 엘리베이터 및 계단실 모듈을 부착하는 것으로 외부코아와 기존구조체는 단순힌지로 연결되고 횡저항구조체로서 역할을 수행하지 않는다.

㉯ 수직증축 - 외부코아를 별도로 함으로써 수직증축층을 강접합하지 않고 기존 구조제와 분리하여 시공하는 것이 가능해진다. 이 경우 기존기술은 증축되는 3개층이 모두 추가적으로 지진하중을 크게 증가시키는 반면 연구단 제안기술은 증축층을 동조질량감쇠기로 활용함으로써 내부보강량을 크게 감소시킬 수 있다.

Program III-1과 비교할 때 철거량은 60%이상, 기초 및 내부구조체신설량은 약 30%이상 감소시킬 수 있으며, 이에 따라 비용은 약 10%, 공기는 약 30% 이상 절감할 수 있다. 단, 계단실이 외부

에 부가됨에 따라 주동사이의 지하에 신설되는 주차장의 평면계획에 있어 유동성이 감소될 수 있다.

연구단 제안기술인 평면확장/증축형동조질량감쇠기/건식복합 강판벽(혹은 비좌굴가새)/건식경량바닥/하이브리드환기/층상위생배관/친환경철거 기술을 적용할 경우, 기존기술대비 철거비용은 약 20%증가, 구조보강비용은 약 30%감소, 설비교체비용은 20% 증가하나 전체적으로 건식으로 시공하고 구조체 보강공정 및 보강량을 최소화함으로써 공기를 최대 20% 이상 감소시킬 수 있다.

(라) Program IV

프로그램 II의 평면에 수직으로 3개층을 증축하는 것으로 기존의 복도식 평면형태를 계단식으로 변경하면서, 30% 평면증축, 1층 필로티화 및 3개층 수직증축, 설비 교체, 지하 및 데크 주차장을 신설하는 프로그램으로, 리모델링 활성화를 위한 관련 제도개선을 전제로 적용된다.

연구단 제안기술 중 평면확장/건식경량바닥/하이브리드환기/층상위생배관/친환경철거 기술이 적용된다. 프로그램 II, III-1과 같이 평면내부에 계단실 및 엘리베이터 코어를 신설하기 때문에 기존 구조체에 대한 철거량이 크게 늘어나고 기초 및 구조체 신설 공정이 전체 공사에 있어 비용과 공기에 큰 영향을 주는 주요공정이 된다. 또한, 3개층이 추가되므로 1개층을 증축하는 프로그램 II보다 중력하중 및 지진하중이 크게 증가하는데 연구단에서 제안한 건식경량바닥 공법을 적용한다면 중력하중과 지진하중을 경감시켜, 기초와 구조체 신설공정에 있어 습식바닥공법을 사용하여 1개층을 증축하는 경우와 유사한 수준으로 비용과 공기를 절감할 수 있다. 초기투자비용은 기존기술을 적용하는 경우보다 설비교체와 철거에 있어 약 20%정도 증가하나, 유지관리성 및 친환경성에 있어 기존기술대비 약 30%이상의 성능향상효과를 기대할 수 있다.

(7) 프로그램 별 CO2 발생량 분석

(가) CO_2 배출량 산정 기준

공종별 분류체계 및 자재내역을 기준으로 표 2에서 제시한 각 자재별 금액기준(백만원 기준)의 원단위를 곱하여 산출된 CO_2 배출량을 나타내었다.

표 3-164. CO2 emission by component for a conventional bearing wall type apartment

Architectural components	unit	CO2 emission original unit (Kg-CO2/m2)	Proportion of total emissions (%)
High-strength reinforcing steels	ton	2512.7	31.86
Ready-mix concrete	m3	130.2	19.64
Gypsum board	m2	43.0	6.49
PHC pile	m2	35.1	5.29
Cement	m2	33.3	5.03
Gang form	m2	22.2	3.35
Tile	m2	16.7	2.53
PP glass door	m2	14.4	2.17
Glass	m2	13.0	1.96
Panel	m2	11.3	1.70
Autoclaved lightweight concrete	m2	7.8	1.18
Concrete products	m2	7.7	1.16
Foothold	m2	7.2	1.09
Steel section	m2	6.1	0.92
WD + WD	m2	6.1	0.92
Room carpet	m2	5.9	0.90
Powder-coated railing	m2	5.3	0.80
White cement	m2	4.7	0.71
Entrance door1	m2	4.4	0.66
Balcony cage	m2	4.1	0.61
Total for key materials	m2	589.7	89
Total for all materials	m2	662.7	100

: 적용

Won-Kee, Hong, et al., Anew apartment construction technology with effective CO2 emission reduction capabilities. Energy (2009) www.elsevier.com/locate/energy

각 Program 리모델링 물량을 기준 유형으로 하여 재건축과 리모델링 재현 신축의 2가지 유형에 대해 재료별 물량에 따른 CO_2 발생량을 비교 분석하도록 한다.

(나) Program별 골조 물량 산출

① Program Ⅰ

표 3-165. Program Ⅰ의 물량

No	재료	단위	Program Ⅰ 물량		
			리모델링 (기준)	재건축	리모델링 재현 신축
1	concrete	m3	0	10,024	7,568
2	form	m2	0	69,136	55,948
3	철근	ton	0	1,281	852

② Program Ⅱ

표 3-166. Program Ⅱ의 물량 및 증감률

No	재료	단위	Program Ⅱ 물량		
			리모델링 (기준)	재건축	리모델링 재현 신축
1	concrete	m3	4,801	10,024	15,441
		%	0.0	108.8	221.6
2	form	m2	45,172	69,136	115,783
		%	0.0	53.1	156.3
3	철근	ton	688	1,281	1,951
		%	0.0	86.2	183.6

③ Program Ⅲ-1

표 3-167. Program Ⅲ-1의 물량 및 증감률

No	재료	단위	Program Ⅲ-1 물량		
			리모델링 (기준)	재건축	리모델링 재현 신축
1	concrete	m3	2,905	10,024	14,126
		%	0.0	245.1	386.3
2	form	m2	26,821	69,136	106,783
		%	0.0	157.8	298.1
3	철근	ton	417	1,281	1,798
		%	0.0	207.2	331.2

④ Program Ⅲ-2

표 3-168. Program Ⅲ-2의 물량 및 증감률

No	재료	단위	Program Ⅲ-2 물량		
			리모델링 (기준)	재건축	리모델링 재현 신축
1	concrete	m3	3,213	10,024	13,152
		%	0.0	212.0	309.3
2	form	m2	29,717	69,136	97,672
		%	0.0	132.6	228.7
3	철근	ton	473	1,281	1,632
		%	0.0	170.8	245.0

⑤ Program Ⅳ

표 3-169. Program Ⅳ의 물량 및 증감률

No	재료	단위	ProgramⅣ-2 물량		
			리모델링 (기준)	재건축	리모델링 재현 신축
1	concrete	m3	5,433	10,024	17,849
		%	0.0	84.5	228.5
2	form	m2	51,304	69,136	133,817
		%	0.0	34.8	160.8
3	철근	ton	779	1,281	2,256
		%	0.0	64.4	189.6

Program Ⅰ의 리모델링은 골조의 확장이 없기 때문에 재료에 대한 Concrete, Form, 철근의 물량의 변화는 없고, 리모델링 재현 신축은 주요 부재를 제외하기 때문에 물량의 변화가 재건축의 물량보다 적다. Program Ⅱ의 리모델링은 평면이 확장된 30%만큼의 증가된 재료에 대한 Concrete, Form, 철근의 물량의 변화가 있다. Program Ⅱ부터는 리모델링 재현 신축이 재건축의 세대수 제한으로 물량이 많아짐을 알 수 있다. ProgramⅢ-1의 리모델링은 3개층의 수직 증축만큼의 증가된 재료에 대한 Concrete, Form, 철근의 물량의 변화가 다소 있다. 리모델링 재현신축이 재건축의 재건축의 세대수 제한과 계단실의 위치에 따라 물량이 다소 많아짐을 알 수 있다. ProgramⅢ-2의 리모델링은 3개층의 수직 증축만큼의 증가된 재료에 대한 Concrete, Form, 철근의 물량의 변화가 있지만, 특히 ProgramⅢ-1과는 계단실의 위치에 따른 변화에 물량의 변화가 있다는 것을 알 수 있다. ProgramⅣ의 리모델링은 3개층의 수직 증축과 평면확장 30%만큼의 증가된 재료에 대한 Concrete, Form, 철근의 증가로 가장 큰 물량의 상용됨을 알 수 있었다. 또한 리모델링

재현 신축의 경우도 Program 중 가장 큰 물량을 차지하는 것을 알 수 있었다.

(다) Program별 CO_2 배출량 산출

① Program Ⅰ

표 3-170. Program Ⅰ의 CO_2 배출량

No	재료	단위	Program Ⅰ CO2		
			리모델링 (기준)	재건축	리모델링 재현 신축
1	concrete	Kg-CO_2	0	1,681,025	1,269,154
2	form	Kg-CO_2	0	1,534,819	1,242,046
3	철근	Kg-CO_2	0	3,218,769	2,140,820
총 CO2 발생량		Kg-CO_2	0	6,434,613	4,652,020

그림 3-217. Program Ⅰ 3가지 유형의 재료별 CO2 변화량

② Program Ⅱ

표 3-171. Program Ⅱ의 CO2 배출량

No	재료	단위	ProgramⅡ CO2		
			리모델링 (기준)	재건축	리모델링 재현 신축
1	concrete	Kg-CO_2	805,128	1,681,025	2,589,456
2	form	Kg-CO_2	1,002,818	1,534,819	2,570,383
3	철근	Kg-CO_2	1,728,738	3,218,769	4,902,278
총 CO2 발생량		Kg-CO_2	3,536,684	6,434,613	10,062,116

그림 3-218. Program Ⅱ 3가지 유형의 재료별 CO2 변화량

③ Program Ⅲ-1

표 3-172. Program Ⅲ-1의 CO_2 배출량

No	재료	단위	ProgramⅢ-1 CO2		
			리모델링 (기준)	재건축	리모델링 재현 신축
1	concrete	Kg-CO_2	487,169	1,681,025	2,368,930
2	form	Kg-CO_2	595,426	1,534,819	2,370,583
3	철근	Kg-CO_2	1,047,796	3,218,769	4,517,835
총 CO2 발생량		Kg-CO_2	2,130,391	6,434,613	9,257,347

그림 3-219. Program Ⅲ-1 3가지 유형의 재료별 CO2 변화량

④ Program Ⅲ-2

표 3-173. Program Ⅲ-2의 CO_2 배출량

No	재료	단위	ProgramⅢ-2 CO2		
			리모델링 (기준)	재건축	리모델링 재현 신축
1	concrete	Kg-CO_2	538,820	1,681,025	2,205,590
2	form	Kg-CO_2	659,717	1,534,819	2,168,318
3	철근	Kg-CO_2	1,188,507	3,218,769	4,100,726
총 CO2 발생량		Kg-CO_2	2,387,045	6,434,613	8,474,635

그림 3-220. Program Ⅲ-2 3가지 유형의 재료별 CO_2 변화량

⑤ Program Ⅳ

표 3-174. Program Ⅳ의 CO_2 배출량

No	재료	단위	ProgramⅣ CO2		
			리모델링 (기준)	재건축	리모델링 재현 신축
1	concrete	Kg-CO_2	911,114	1,681,025	2,993,277
2	form	Kg-CO_2	1,138,949	1,534,819	2,970,737
3	철근	Kg-CO_2	1,957,393	3,218,769	5,668,651
총 CO2 발생량		Kg-CO_2	4,007,456	6,434,613	11,632,666

그림 3-221. Program Ⅳ 3가지 유형의 재료별 CO2 변화량

Program Ⅰ의 리모델링은 골조의 확장이 없기 때문에 재료에 대한 Concrete, Form, 철근의 CO_2 배출량은 없다. 하지만 재건축과 리모델링 재현 신축을 비교하면 재건축은 6,434,613(Kg-CO_2)의 CO_2 량을 발생하며, 리모델링 재현 신축을 실시할 경우 재건축 보다 1,782,593(Kg-CO_2)적은 4,652,020(Kg-CO_2)의 CO_2가 발생하는 것을 알 수 있다. ProgramⅡ의 리모델링은 평면이 확장된 30%만큼의 증가된 재료에 대한 Concrete, Form, 철근의 CO_2 배출량을 나타내며 3,536,684(Kg-CO_2)으로 가장 적다. 리모델링 재현 신축의 경우 6,525,432(Kg-CO_2)로써 가장 많은 CO_2량 배출한다. ProgramⅢ-1의 리모델링은 3개층의 수직 증축만큼의 증가된 재료에 대한 Concrete,

Form, 철근의 CO_2 배출량을 나타내며 2,130,391(Kg-CO_2)으로 가장 적다. 또한 리모델링 재현 신축의 경우 9,257,347(Kg-CO_2)로써 가장 많은 CO_2량 배출한다. ProgramⅢ-2의 리모델링은 3개층의 수직 증축만큼의 증가된 재료에 대한 Concrete, Form, 철근의 CO_2 배출량을 나타내며 2,387,045(Kg-CO_2)으로 가장 적다. 또한 리모델링 재현 신축의 경우 8,474,635(Kg-CO_2)로써 가장 많은 CO_2량 배출한다. ProgramⅣ의 리모델링은 3개층의 수직 증축과 평면확장 만큼의 증가된 재료에 대한 Concrete, Form, 철근의 CO_2 배출량을 나타내며 4,007,456(Kg-CO_2)으로 가장 적다. 또한 리모델링 재현 신축의 경우 11,632,666(Kg-CO_2)로써 가장 많은 CO_2량 배출한다.

(라) Program Ⅰ ~ Ⅳ의 CO2 변화량 분석

그림 3-222. Program별 CO2 변화량

재건축의 경우 법규에 명시된 규정에 따라 계획되므로 하나의 물량으로 나타나므로 모든 Program 별 물량 및 CO_2 배출량이 같다. 리모델링과 리모델링 재현 신축의 경우 CO_2 배출량의 측면서 가장 적게 나온 것은 ProgramⅠ이었다. 또한 가장 많은 CO_2 배출량이 나온 유형은 ProgramⅣ인 것을 알 수 있었다. 두 번째로 가장

높은 CO_2 배출량을 나타낸 유형은 ProgramⅡ였고, 다음으로 ProgramⅢ-1, ProgramⅢ-2의 순서임을 알 수 있다.

재건축과 리모델링의 골조신설 물량에 의한 CO_2 발생량 차이를 비교해보기 위해 Program Ⅱ 1세대를 기준으로 정리하여 보았다.

표 3-175. 재건축과 리모델링의 발생량 (프로그램 Ⅱ 1세대)

	발생량	재건축	리모델링
콘크리트	167.7 kg-CO_2/㎥	10,639 kg-CO_2	4,108 kg-CO_2
거푸집	22.2 kg-CO_2/㎡	9,714 kg-CO_2	5,116 kg-CO_2
철근	2512.7 kg-CO_2/ton	20,372 kg-CO_2	8,820 kg-CO_2
합계		40,725 kg-CO_2	18,044 kg-CO_2

그림 3-223. 재건축과 리모델링의 발생량 차이(프로그램 Ⅱ)

표 3-175와 그림 3-223을 살펴볼 때 재건축과 리모델링 프로그램 II의 CO_2 발생량을 비교하면 재건축은 1세대당 40,725 kg-CO_2, 리

모델링은 18,044 kg-CO_2 로 재건축 대비 22,681 kg-CO_2 약 55.7% 의 CO_2 배출 절감효과를 얻을 수 있다.

(8) 프로그램 별 사업성 분석

(가) 가격의 기준

공사비 산정에 기준이 되는 단위면적의 개념은 '계약면적'을 의미하며, 일반적으로 사용하는 '공급면적(전용면적+공용면적)'에서 지하주차장 등의 기타공용면적을 더한 것이 계약면적이다.

리모델링 공사비 산정과정에서 공사비를 표현하는 가격의 기준은 설계예정가격으로 정한다. 예정가격의 정의와 특징은 다음과 같다.

'국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행령 제2조 제2호'에서 예정 가격이란, 계약담당공무원이 국가가 당사자가 되는 계약을 체결할 때에 낙찰자 또는 계약자의 결정 기준으로 삼기위하여 입찰 또는 계약 체결 시에 미리 작성, 비치하여 두는 가격을 의미 한다.

표 3-176. 공사 예정가격 적용기준 분류

가격	종류	비율 (%)
예정가격		100
계약가격	입찰가, 투찰가, 계약가	87~92

기존 사례들을 살펴보면 낙찰에 의해 이루어져 계약가격의 경우 예정가격에 대비하여, 약 87~92% 수준에 형성됨을 알 수 있다. 이에 공사비 예측에 사용되는 실적 공사비나 사례데이터들이 어느 수준에 가격이 형성되었는지 확인하고 그에 따른 보정이 필요하다.

리모델링 공사비 산정과정에서 설계도서의 수준과 단계별 비용예측 정보 등 확보 가능한 정보들을 통해 다음과 같은 기준으로 공사비를 산정한다.

① 표준품셈 ② 실적공사비 ③ 거래실례가격

(나) 견적 조건의 분석

① 기본사항

- 작업의 기준시점 - 2009년 하반기
- 공사비 산출 - 설계예정가격
- 지하주차장(+데크주차장) 신설
- 재건축을 고려한 신축 가정
- 모델하우스 및 샘플하우스 공사비 제외
- 금융관련비용 일체 제외

② 철거공사

- 실적공사비에 의한 산정
  - 프로그램 I : 철거시 100,000 원 / 3.3㎡
  - 프로그램 II : 철거시 140,000 원 / 3.3㎡
  - 프로그램 III-1 : 철거시 120,000 원 / 3.3㎡
  - 프로그램 III-2 : 철거시 110,000 원 / 3.3㎡
  - 프로그램 IV : 철거시 140,000 원 / 3.3㎡

③ 건축분야

- 품셈과 실적단가를 조합
- 프로그램별 [신축], [리모델링] 으로 산정
- 층고, 슬래브 두께
  - 기존부위 : 리모델링을 수행하기위한 기존아파트 치수가 적용
  - 신축부위 : 상부증축(신축) 3개층의 경우 현재 기준의 층고, 슬래브 두께 적용
- 토목, 조경분야의 경우 비용은 동일한 것으로 산정

▸ 마감수준 - 성남 판교 지구에 최근(2009년 하반기) 신축기준

④ 구조분야

▸ 건식온돌패널을 적용한 상태에서의 구조검토를 진행하였음
▸ 견적조건
  ■ 건식온돌패널 적용
  ■ 내력벽 보강 (프로그램 II, 프로그램 III-2, 프로그램 IV)
  ■ 내진보강 - 요소기술 적용 (프로그램 III-2)
  ■ 내력벽 신설
  ■ 슬래브 신설
▸ 당 현장은 1986년 설계되었으며 내진설계를 고려하지 않았음
  ■ 프로그램 I : 문제없음
  ■ 프로그램 II : 벽체보강, 30%증축을 고려하여 현재 기준으로 보강
  ■ 프로그램 III-1 : 문제없음 (내부코어)
  ■ 프로그램 III-2 : 벽체보강, 내진보강
  ■ 프로그램 IV : 벽체보강
▸ 지정공사 기준
  ■ 서울의 15~20년된 벽식 노후 아파트 / 2개동 200세대
  ■ 기초 : 안전지반 (주동경계 - 마이크로 파일 보강)
  ■ 주차장 지정공사 : 마이크로파일 + PHC 말뚝
    골조공사 : 프로그램 I - 지하1층
    프로그램 II, III-1, III-2, IV
    - 지하주차장+데크주차장
  ■ 구조체 공사비 산정의 경우 접합부, 슬래브 모두 고려하였음

⑤ 설비분야

▸ 은평 뉴타운 지구의 설비수준을 기준으로 하는 단위면적당 설비 금액의 실적공사비 제시

▸ 층고차에 의한 설비금액의 차이는 거의 없음

⑥ 기타

▸ 민간분양 수익금에서 약 20% 제외하고 기존세대 수익금으로 활용

■ 창호교체, 환기시스템 교체 (냉방효과 증대, 신재생에너지 고려)

■ 입주민 전체의 에너지 절감 효과 기대, LCC, 친환경 고려

■ 에너지 절감을 위한 항목

(다) 신규세대 분양금 산정

5가지 리모델링 프로그램 대안 중 프로그램 III-1, 프로그램 III-2, 프로그램 IV의 경우 수직증축을 통해 기존 196세대에서 230세대로 세대수 증가를 보이고 있다. 추가 34세대의 경우 일반분양을 통해 수익이 발생할 것으로 예상되며, 이에 해당 단지 주변 시세 분석을 통해 분양금을 산정하였다.

리모델링 대상단지인 [서울특별시 강동구 둔촌동]을 대상으로 2009년 하반기 아파트 거래가격을 조사하였으며, 해당단지 주변 아파트 시세를 보면 대표평면인 92㎡ 평면의 경우 1㎡ 당 422만원의 시세를 형성하고 있으며 약 3억 8824만원의 신규분양금으로 예상할 수 있다. 115㎡ 평면의 경우 1㎡ 당 453만원의 시세를 형성하고 있으며 예상 신규분양금은 약 5억 2095만원이다. 앞서 조건에 공사비를 제외한 분양 수익금 중, 20%는 단지 전체 혹은 세대별로 친환경 및 에너지절감을 위한 Item에 활용하는 것을 가정하였다.

이 경우, 92㎡ 평면의 경우 수익에 20%를 제외한 “3억 8,824만원 - 7,765만원 = 3억 1,059만원”, 115㎡ 평면의 경우 "5억 2095만원 -

1억 419만원 = 4억 1,676만원“을 기존세대에 수익금으로 활용하는 금액으로 산정한다.

(라) 재건축 단지 정보

프로그램별 리모델링 비용과 비교를 위한 재건축 단지의 개요 정보를 나타낸다. 재건축 단지는 기존 대상 단지에 현행 법규를 적용하여 계획하였으며 지역 조건의 특성상 재건축시 기존 196세대에서 158세대로 줄어들게 된다. 기존세대의 이주 및 보상이 고려되야 하나, 본 연구에서는 재건축에 따른 1세대당 주민 분담금 비교를 위해 전체 재건축 공사에 따른 공사비를 세대수로 분담하여 이를 활용하도록 한다.

표 3-177. Test Bed 단지 재건축 개요

		기존건물	재건축 개요
대지정보	지역지구	제3종 일반주거지역, 비행안전제3구역, 대공방어협조구역, 과밀억제권역, 학교환경위생정화구역	
	도로현황	동측 6m, 서측 10m(전면), 남측 10m, 북측 4m	
사업면적	대지면적	7,909㎡	7,164㎡
	사업부지면적	7,909㎡	7,909㎡
	기부채납면적	-	745㎡
연면적	지상	17,999.61㎡	15,843.19㎡
	지하	1,688.36㎡	6,908.20㎡
	합계	19,684.97㎡	22,751.39㎡
용적률		227.55%	219.75% (법정 250%)
주차대수		81대	205대
규모		지상 12층	지하2층, 지상 13층
세대수		196세대	158세대

상한용적률 = 허용용적률+기준용적률×1.3×(공공시설제공면적/공공시설제공후 대지면적)
= 210%+12%)+210%×1.3×(734.0/7,164.0) = 250%

완화항목 적용사항 : 인동간격 0.8H/기부채납에 의한 높이 완화기준 적용(도로사선)
: 1.5D×(1+제공면적/당초면적) = 1.64D

지구단위계획 및 개발 행위허가대상

① 리모델링 프로그램 I

㉮ 프로그램 I 대안의 공사비 산정

표 3-178. 프로그램 I의 공사비 및 주민분담금

(단위 : 원)

		재건축 수행시		리모델링 (기존)	리모델링 (연구단)
단위면적(3.3㎡)당 공사비		3,692,607	1	0.626	0.635
총공사비		25,413,061,784	1	0.598	0.607
세대보상		14,753,120,000	1	-	-
분양수익		-	-	-	-
소요공사비 (총공사비-세대보상+분양수익)		40,166,181,784	1	0.378	0.384
세대수(기존196세대)		158세대	158세대	196세대	196세대
1세대 주민분담금	금액	254,216,340	1	0.305	0.310
	비율	100%	100%	30.5%	31.0%

프로그램 I 의 특징은 구조체의 변화가 없는 노후 공동주택의 설비교체와 실내인테리어 교체 방식이다.

재건축을 기준으로 살펴보면 리모델링 재현 신축의 경우 57,8%(약 1억4,696만원), 일반 리모델링의 경우 69,5%(약 1억7,666만원), 요소기술적용 리모델링의 경우 69%(약 1억7,552만원)씩 감소하였다.

리모델링의 경우 재건축 대비 거의 절반가까이 분담금이 감소하는 이유는 신설되는 골조 없이 기존 골조를 그대로 유지하기 때문이다. 평면의 변경이나 확장에 따른 추가 소요비용이 없기 때문에 약 7,000만원대의 비용으로 공동주택의 생활환경을 개선시킬 수 있다.

② 리모델링 프로그램 II

㉮ 프로그램 II 의 공사비 산정

표 3-179. 프로그램 II의 공사비 및 주민분담금

(단위 : 원)

		재건축	리모델링 재현 신축	리모델링 (기존)	리모델링 (연구단)
단위면적(3.3㎡)당 공사비		3,692,607	3,444,663	3,187,395	3,223,462
총공사비		25,413,061,784	34,939,804,309	32,330,283,116	32,862,877,446
세대보상		14,753,120,000	-	-	-
분양수익		-	-	-	-
소요공사비 (총공사비-세대보상+분양수익)		40,166,181,784	34,939,804,309	32,330,283,116	32,862,877,446
세대수(기존196세대)		158세대	196세대	196세대	196세대
1세대 주민분담금	금액	254,216,340	178,264,309	164,950,424	167,667,742
	비율	100%	70.1%	64.9%	66.0%

*리모델링 재현 신축: 리모델링을 수행하였을 경우, 변경되는 단위평면, 동, 단지 등의 변화를 그대로 신축으로 재현한 것을 의미함.

프로그램 II의 경우 우리나라에서 가장 일반적으로 실시되는 리모델링 방식이다. 사업비 분석을 통한 결과의 비교를 살펴보면 다음과 같은 특징을 나타내고 있다.

요소기술적용 리모델링의 경우 일반 리모델링에서 구조 또는 설비분야의 요소기술을 도입함으로써, 성능향상을 도모하나 비용이 약간 증가하는 것으로 나타난다. 재건축을 기준으로 살펴보면 리모델링 재현 신축의 경우 29.9(약7,595만원), 리모델링(기존)의 경우 35.1%(약8,927만원), 리모델링(연구단)의 경우 34%(약 8,655만원)씩 감소하였다.

Test Bed 대상 단지의 경우 재건축 관련 법규조건에 만족시키는 최대한의 세대수 확보 안이 기존 196세대에서 158세대로 세대수가 줄어드는 상황이 발생한다. 따라서 줄어드는 38세대에 대한 보상 금액이 리모델링 사업비에 추가 된다. 이 과정에서 재건축 공사비 이외에 추가 분담금이 발생하여 현실적으로 실행하기 어려운 대안으로 여겨진다.

리모델링 대안의 선택시 1세대 주민부담금은 약 1억 6000만원대 정도로 예상된다.

③ 리모델링 프로그램 III-1

㉮ 프로그램 III-1 의 공사비 산정

표 3-180. 프로그램 III-1의 공사비 및 주민분담금

(단위 : 원)

		재건축	리모델링 재현 신축	리모델링 (기존)	리모델링 (연구단)
단위면적(3.3㎡)당 공사비		3,692,607	3,502,784	3,255,754	3,305,950
총공사비		25,413,061,784	33,489,200,355	31,127,411,074	31,607,328,440
세대보상		14,753,120,000	-	-	-
분양수익		-	10,560,060,000	10,560,060,000	10,560,060,000
소요공사비 (총공사비-세대보상+분양수익)		40,166,181,784	22,929,140,355	20,567,351,074	21,047,268,440
세대수(기존196세대)		158세대	196세대	230세대	230세대
1세대 주민분담금	금액	254,216,340	116,985,410	104,935,465	107,384,023
	비율	100%	46.0%	41.3%	42.2%

***리모델링 재현 신축: 리모델링을 수행하였을 경우, 변경되는 단위평면, 동, 단지 등의 변화를 그대로 신축으로 재현한 것을 의미함.**

프로그램 III-1의 대안은 리모델링시 내부평면을 개선하고, 공용부를 복도식에서 계단식으로 바꾸게 되며 이에 따른 주동 내부의 코어가 신설된다. 내부코어 신설에 따른 시공의 난이 증가와 공기 및 공사비용 증가가 예상된다.

프로그램 III-1의 가장 큰 특징은 리모델링시 기존 건물에 수직증축을 시행하여 추가 세대에 대한 일반 분양이 가능하다는 것이다. 이 분양수익금에 대한 이익을 기존 입주민들에게 환원함으로써 주민부담금을 경감시킬 수 있다.

재건축을 기준으로 살펴보면 리모델링 재현 신축의 경우 54%(약1

억3,723만원), 리모델링(기존)의 경우 58.7%(약 1억4,928만원), 리모델링(연구단)의 경우 57.8%(약 1억4,683원)씩 감소하였다.
또한 수직증축에 따른 수익금으로 인하여 리모델링 분담금이 1억 3,534만원에서 1억 494만원으로 22.4% 감소하는 효과를 확인 할 수 있다.

④ 리모델링 프로그램 III-2

㉮ 프로그램 III-2 의 공사비 산정

표 3-181. 프로그램 III-2의 공사비 및 주민분담금

(단위 : 원)

		재건축	리모델링 재현 신축	리모델링 (기존)	리모델링 (연구단)
단위면적(3.3㎡)당 공사비		3,692,607	3,400,323	3,147,447	3,196,391
총공사비		25,413,061,784	32,175,463,477	29,782,631,403	30,245,759,630
세대보상		14,753,120,000	-	-	-
분양수익		-	10,560,060,000	10,560,060,000	10,560,060,000
총 사업비		40,166,181,784	21,615,403,477	19,222,571,403	19,685,699,630
세대수(기존196세대)		158세대	230세대	230세대	230세대
소요공사비 (총공사비-세대보상+분양수익)		5,836,287	2,680,591	2,524,403	2,441,282
1세대 주민분담금	금액	254,216,340	110,282,671	98,074,344	100,437,243
	비율	100%	43.4%	38.6%	39.5%

***리모델링 재현 신축: 리모델링을 수행하였을 경우, 변경되는 단위평면, 동, 단지 등의 변화를 그대로 신축으로 재현한 것을 의미함.**

프로그램 III-2의 대안은 리모델링시 내부평면을 개선하고, 공용부를 복도식에서 계단식으로 바꾸게 되며 이에 따른 주동 외부의 코어가 신설된다. 외부코어 신설시 건식 계단식 모듈을 활용함에 따라 공기가 단축되고, 공사비를 절감시킬 수 있다. 하지만 외부코어 설치로 인하여 별도의 내진보강이 필요하다.

프로그램 III-2의 특징으로 리모델링시 기존 건물에 수직증축을 시행하여 추가 세대에 대한 일반 분양이 가능하다는 것이다. 이 분양수익금에 대한 이익을 기존 입주민들에게 환원함으로써 주민 부담금을 경감시킬 수 있다.

재건축을 기준으로 살펴보면 리모델링 재현 신축의 경우 56.6% (약 1억4,393만원), 일반 리모델링의 경우 61.4%(약 1억 5,614만원), 요소기술적용 리모델링의 경우 60.5%(약 1억5,378만원)씩 감소하였다.

또한 수직증축에 따른 수익금으로 인하여 리모델링 분담금이 1억 2,949만원에서 9,807만원으로 24.3% 감소하는 효과를 확인 할 수 있다.

⑤ 리모델링 프로그램 IV

㉮ 프로그램 IV 대안의 공사비 산정

표 3-182. 프로그램 IV의 공사비 및 주민분담금

(단위 : 원)

		재건축	리모델링 재현 신축	리모델링	요소기술적용 리모델링
단위면적(3.3㎡)당 공사비		3,692,607	3,317,434	3,147,447	3,145,021
총공사비		25,413,061,784	37,690,713,986	35,155,287,044	35,731,851,979
세대보상		14,753,120,000	-	-	-
분양수익		-	14,169,840,000	14,169,840,000	14,169,840,000
소요공사비 (총공사비-세대보상+분양수익)		40,166,181,784	23.520.873.986	20,985,447,044	21,562,011,979
세대수(기존196세대)		158세대	230세대	230세대	230세대
1세대 주민분담금	금액	254,216,340	120,004,459	107,068,607	110,010,265
	비율	100%	47.2%	42.1%	43.3%

***리모델링 재현 신축: 리모델링을 수행하였을 경우, 변경되는 단위평면, 동, 단지 등의 변화를 그대로 신축으로 재현한 것을 의미함.**

프로그램 IV은 리모델링의 평면확장과 수직증축이 동시해 진행되는 대안이다. 구조적 안전성의 확보를 통한 수직증축을 수행하고 추가 세대수 증가로 인한 일반분양세대의 수익을 주민분담금 절감에 활용할 수 있도록 한다.

리모델링시 평면의 확장으로 인해 입주민들의 전용면적이 늘어나고 사업비의 절감을 통해 주민분담금을 절감시킬수 있는 대안이다.

재건축을 기준으로 살펴보면 리모델링 재현 신축의 경우 52.8(약 1억3,421만원), 일반 리모델링의 경우 57.9%(약 1억4,715만원), 요소기술적용 리모델링의 경우 56.7%(약 1억4,421만원)씩 감소하였다.

또한 수직증축에 따른 수익금으로 인하여 리모델링 분담금이 1억 5,285만원에서 1억 707만원으로 감소하는 효과를 확인 할 수 있다.

(9) BIM 시스템의 효용성 검증

BIM 시스템을 활용한 공사비 산출 방식을 통하여 노후 공동주택 리모델링 공사의 사업성을 평가해 보고 기존의 매뉴얼 방식의 공사비 산출 방식과 BIM 시스템을 활용한 공사비 산출 방식의 공사비 차이를 분석해 보았다.

메뉴얼 방식이란, 기존 2D 도면에 기초한 인력에 의한 공사비 산출 방식을 뜻한다. 그리고 BIM 시스템을 활용한 리모델링 비용 산출 방식은 리모델링 평면을 기초로 3D 모델링에 리모델링 BIM 데이터베이스를 링크하여 리모델링 프로젝트의 개략 공사비를 산출하는 방식을 뜻한다.

BIM 시스템을 활용하여 리모델링 프로그램 별 비용을 산출한 결과 다음 표 3-183과 같이 공사비가 산출되었다.

표 3-183. 리모델링 프로그램별 비용 산출 결과 (BIM 시스템에 의한 산출) (3.3m2 당, 단위: 원)

	공통비	철거	건축	구조	설비	주차장	기타	간접비	공사비
프로그램 Ⅰ	150,000	62,440	1,262,560	4,171	603,971	476,117	N/A-	250,000	2,809,260
프로그램 Ⅱ	150,000	77,947	1,020,447	323,085	729,409	524,737	105,489	270,000	3,201,114
프로그램 Ⅲ-1	150,000	70,611	1,067,794	278,667	729,409	570,757	162,330	270,000	3,299,566
프로그램 Ⅲ-2	150,000	63,483	1,045,739	244,276	729,409	530,795	164,016	270,000	3,197,718
프로그램 Ⅳ	150,000	66,812	1,073,405	337,174	729,409	467,160	136,603	270,000	3,230,563

다음의 표 3-184~188은 BIM 시스템에 의해 살출된 공사비와 매뉴얼 방식으로 산출된 공사비의 차이를 프로그램 별로 나타낸 표이다.

표 3-184. 리모델링 프로그램 Ⅰ (3.3m^2 당, 단위: 원)

	공통비*	철거	건축	구조	설비	주차장**	기타**	간접비*	공사비
매뉴얼 방식 공사비 산출	0.064	0.039	0.338	N/A	0.246	0.205	N/A	0.107	1
BIM 시스템 공사비 산출	0.053	0.022	0.449	0.001	0.215	0.169	N/A-	0.089	1
BIM/매뉴얼 비율 (%)	100	68.9	160.3	N/A	105.3	100	N/A	100	120.7

표 3-185. 리모델링 프로그램 Ⅱ (3.3m^2 당, 단위: 원)

	공통비*	철거	건축	구조	설비	주차장**	기타**	간접비*	공사비
매뉴얼 방식 공사비 산출	0.047	0.026	0.326	0.098	0.225	0.163	0.033	0.084	1
BIM 시스템 공사비 산출	0.047	0.024	0.319	0.101	0.228	0.164	0.033	0.084	1
BIM/매뉴얼 비율 (%)	100.0	94.8	97.1	102.7	100.5	100.0	100.0	100.0	99.3

표 3-186. 리모델링 프로그램 Ⅲ-1 (3.3m^2 당, 단위: 원)

	공통비*	철거	건축	구조	설비	주차장**	기타**	간접비*	공사비
매뉴얼 방식 공사비 산출	0.046	0.023	0.323	0.082	0.222	0.173	0.049	0.082	1
BIM 시스템 공사비 산출	0.045	0.021	0.324	0.084	0.221	0.173	0.049	0.082	1
BIM/매뉴얼 비율 (%)	100.0	94.5	100.5	103.2	99.8	100.0	100.0	100.0	100.3

표 3-187. 리모델링 프로그램 Ⅲ-2 (3.3m^2 당, 단위: 원)

	공통비*	철거	건축	구조	설비	주차장**	기타**	간접비*	공사비
매뉴얼 방식 공사비 산출	0.047	0.022	0.322	0.076	0.230	0.167	0.052	0.085	1
BIM 시스템 공사비 산출	0.047	0.020	0.327	0.076	0.228	0.166	0.051	0.084	1
BIM/매뉴얼 비율 (%)	100.0	91.7	102.1	100.7	99.7	100.0	100.0	100.0	100.5

표 3-188. 리모델링 프로그램 Ⅳ (3.3m^2 당, 단위: 원)

	공통비*	철거	건축	구조	설비	주차장**	기타**	간접비*	공사비
매뉴얼 방식 공사비 산출	0.048	0.023	0.314	0.104	0.232	0.149	0.044	0.086	1
BIM 시스템 공사비 산출	0.046	0.021	0.332	0.104	0.226	0.145	0.042	0.084	1
BIM/매뉴얼 비율 (%)	100.0	91.0	109.2	104.0	100.5	100.0	100.0	100.0	103.2

* 공통비, 간접비의 경우, BIM 모델로 표현이 안 되기 때문에 매뉴얼 방식의 비용 사용
** 주자창, 기타공사비의 경우 리모델링 도면의 부재료 매뉴얼 방식의 비용 사용

리모델링 프로그램 별 공사비를 산출한 결과 매뉴얼 방식의 공사비 산출 결과와 BIM 시스템을 활용한 공사비 산출 결과는 크게 다르지 않으나 일부 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

각 프로그램 별로 매뉴얼 공사비 산출 방식과 BIM 시스템을 활용한 공사비 산출방식의 비용 차이는 1) BIM 시스템상의 한계에 의한 물량 산출 내용의 차이, 2) 매뉴얼 공사비 산출 방식과 BIM 시스템 공사비 산출 방식에서 활용한 단위 물량 당 단가의 차이, 3) 기존 도면의 상세 수준 부족에 의한 마감, 단열, 방수 그리고 각종 수장재 등에 대한 가정 조건의 차이 등으로 인하여 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

BIM 시스템의 한계에 의한 물량 차이는 BIM 모델링의 표현 한계에 의해 발생하는 것으로 예를 들어 BIM 시스템 방식은 철근 모델링 같이 벽체 내부에 포함되는 공사의 부분과 세대내 아트홀과 같이 매우 디테일하게 표현해야 하는 부분의 모델링을 수행할 수 없어 단위 물량 당 비율로 금액을 산정하였기 때문에 매뉴얼 방식과 BIM 시스템 방식의 비용 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 공사비 산출에 활용된 단위 물량 당 단가의 차이는 매뉴얼 방식

에 의한 공사비 산출의 경우에 경험이 많은 견적 사무소에서 기 수행된 프로젝트의 공사비 자료와 품셈 그리고 실적공사비를 활용하여 공사비의 단가를 결정하는 반면 본 연구에서의 BIM 시스템을 활용한 공사비 산출 방식의 경우는 표준 품셈과 물가정보를 활용하여 공사비 단가를 결정하였기 때문에 각 방식에서 사용한 단위 물량 당 단가가 일부 차이가 있어 공사비의 차이가 발생하였음을 확인할 수 있었다.

그리고 기존 도면의 상세수준 부족에 의한 경우에는 공사비 산출에 활용된 도면의 상세 수준이 개념설계와 상세설계의 중간 단계의 도면이었기에 마감 및 단열, 방수 그리고 수장재 및 가구 등에 대한 내용이 없어 일부 항목에 대한 가정 조건을 통하여 공사비 산출을 수행하였다. 이에 매뉴얼 방식의 공사비 산출의 경우에는 기 수행되었던 프로젝트의 정보를 통하여 마감, 방수, 단열, 각종 수장재의 내용을 가정하고 공사비를 산출하였지만 BIM 시스템의 경우 모델링을 통해 산출된 물량을 기준으로 하여 공사비를 산출하기 때문에 마감, 방수, 단열, 각종 수장재에 대한 정보를 단위 물량 당 비율로 공사비를 산정하였기 때문에 비용 차이가 발생하였음을 확인할 수 있었다. 이러한 오차는 설계도서가 완벽하게 갖추어지지 않은 문제, 수작업으로 견적을 하는 방식의 경우 견적의 경제성을 고려하여 미미한 부분은 생략/통합 하지만 BIM 방식의 경우 3D 모델링을 통해 세세한 부분까지 정확하게 물량을 산출하므로 발생한 차이이다. 따라서 BIM 시스템을 활용한 공사비 산출 방식은 그 효용성이 검증되었으며, 향후 리모델링 공사 초기단계에 공사비 산출방식으로 적용가능하다.

(10) 분석결과의 해석 및 소결

연구단에서는 기존의 복도식 노후공동주택을 리모델링하는 경우에, 1) 계단식으로의 변경여부, 2) 신설되는 계단 및 엘리베이터 공용부의 위치, 3)평면증축면적, 4)수직증축층수에 따라 모두 5가지의 리모델링 프로그램을 제안하였다. 각각의 프로그램은 공정별로 기존의 리모델링 기

술 및 연구단 제안기술을 사용하여 구현될 수 있다. 모든 프로그램에 공통적으로 적용될 수 있는 연구단 제안기술은 친환경철거기술, 환기 및 배관 기술, 주차장확대 기술이며, 프로그램의 성격 및 현행 제도의 개선여부에 따라 적용될 수 있는 연구단 제안기술은 내진보강, 평면확장, 건식경량바닥, 수직증축 기술이다. 프로그램에 따른 그리고 적용 연구단 기술에 따른 경제성 및 성능분석 결과는 다음과 같다.

(가) 프로그램 Ⅰ

기존의 복도식 평면형태에 대한 변경없이, 단순히 노후된 설비를 교체하고 지하주차장을 신설하는 프로그램으로, 구조체 변경을 하지 않기 때문에 현행 법규상 신축구조물에 대한 내진기준을 만족시킬 필요가 없어 내진보강기술은 적용되지 않는다.

연구단 제안기술 중 건식경량바닥/하이브리드환기/층상위생배관/친환경철거 기술이 적용된다. 초기투자비용은 기존기술을 적용하는 경우보다 설비교체와 철거에 있어 약 20%정도 증가하나, 유지관리성 및 친환경성에 있어 기존기술대비 약 30%이상의 성능향상효과를 기대할 수 있다. 특히, 일반적으로 20년마다 교체되어야 하는 설비의 유지관리성을 고려할 때 건식바닥 및 층상위생배관 시스템은 성능이 우수하다 할 수 있다.

(나) 프로그램 Ⅱ

기존의 복도식 평면형태를 계단식으로 변경하면서, 30% 평면증축, 1층 필로티화 및 1개층 수직증축, 설비 교체, 지하 및 데크 주차장을 신설하는 프로그램으로, 내진기준, 소방법, 층고 등 현행 기준을 모두 만족시키는 범위에서 적용된다.

연구단 제안기술 중 평면확장/하이브리드환기/층상위생배관/친환경철거 기술이 적용된다. 일반적인 사용자의 리모델링 요구분석에 따라 신설되는 계단실 및 엘리베이터 코어가 평면내부에 존재하기 때문에 기존 구조체에 대한 철거량이 크게 늘어나며, 기초공사가 평면내부에서 수행되고 내진보강을 위한 신설 구조체량이 많아, 프로

그램 I 과 비교할 때 철거/기초공사/내부구조체 신설 공정비용이 크게 증가한다. 평면의 중심에 내부구조체로 습식철근콘크리트 전단벽체를 신설하고 이 전단벽체가 대부분의 지진하중을 부담하도록 설계된다면, 연구단에서 제안된 내진보강기술은 별도로 적용될 필요가 없으나, 일부 추가적인 하중 부담이 요구되는 경우에는 경량건식 강판복합체 및 각봉충전 비좌굴가새, 기존구조체를 활용한 마찰감쇠기 등을 적용할 수 있다. 프로그램 I 과 같이 초기투자비용은 기존기술을 적용하는 경우보다 설비교체와 철거에 있어 약 20%정도 증가하나, 유지관리성 및 친환경성에 있어 기존기술대비 20% 정도의 성능향상을 기대할 수 있어(현행 법규상 건식경량바닥이 적용되지 못하여 프로그램 I 대비 성능향상효과가 감소됨), 비용대비 성능의 기대효과는 기존공법을 적용한 경우와 제안기술을 적용한 경우가 유사하다 할 수 있다.

단, 연구단 제안기술 중 현행 법규상 스프링클러 설치에 따른 층고제한조건, 중량충격음에 따른 소음제한조건 때문에 적용되지 못하는 건식경량바닥 기술을 적용한다면 기존의 습식바닥공법과 비교할 때 무게를 약 30% 정도 감소시킬 수 있어 지진하중이 크게 줄어들어, 별도의 내진보강기술을 적용하지 않고도 기초 및 구조체 보강량을 감소시킬 수 있으며, 이에 따라 공기단축 및 추가적인 성능향상 효과를 기대할 수 있다.

(다) 프로그램 III

기존의 복도식 평면형태를 계단식으로 변경하면서, 10% 평면증축, 1층 필로티화 및 3개층 수직증축, 설비 교체, 지하 및 데크 주차장을 신설하는 프로그램으로, 리모델링 활성화를 위한 관련 제도개선을 전제로 적용된다. 프로그램 2(30% 평면확장 및 1개층 수직증축)와 비교할 때, 10%만 평면을 확장하는 대신에 3개 층을 수직증축하여, 용적율은 현행법규에서 허용하는 프로그램 2와 동일한 수준을 유지하면서, 추가적인 세대분양을 하여 세대당 분담비용을 감소시킴으로써 리모델링을 활성화하고자하는 목적으로 제안되는 프로

그램이다. 10%만 평면을 확장하기 때문에 지하 및 주차장 계획에 있어 타 프로그램 대비 유연성을 확보할 수 있다. 신설되는 엘리베이터 및 계단실의 평면상 위치에 따라 다음과 같은 2가지 형태로 적용될 수 있다.

(라) 프로그램 III-1 (계단실 내부신설형)

연구단 제안기술 중 평면확장/건식경량바닥/하이브리드환기/층상위생배관/친환경철거 기술이 적용된다. 프로그램 II 와 같이 평면내부에 계단실 및 엘리베이터 코어를 신설하기 때문에 기존 구조체에 대한 철거량이 크게 늘어나고 기초 및 구조체 신설 공정이 전체 공사에 있어 비용과 공기에 큰 영향을 주는 주요공정이 된다. 또한, 3개층이 추가되므로 1개층을 증축하는 프로그램 II보다 중력하중 및 지진하중이 크게 증가하는데 연구단에서 제안한 건식경량바닥 공법을 적용한다면 중력하중과 지진하중을 경감시켜, 기초와 구조체 신설공정에 있어 습식바닥공법을 사용하여 1개층을 증축하는 경우와 유사한 수준으로 비용과 공기를 절감할 수 있다. 초기투자비용은 기존기술을 적용하는 경우보다 설비교체와 철거에 있어 약 20%정도 증가하나, 유지관리성 및 친환경성에 있어 기존기술대비 약 30%이상의 성능향상효과를 기대할 수 있다.

(마) 프로그램 III-2 (계단실 외부신설형)

기존 구조체에 대한 철거량을 최소화하고 이를 최대한 활용함으로써, 최소한의 비용으로 가능한 빠른 시간 내에 구조 및 설비 성능을 개선하고자하는 리모델링 공사의 본 목적에 부합하기 위해 제안된 프로그램이다. 엘리베이터 및 계단실을 외부에 신설하고 가능한 대부분의 구조보강공사를 구조체 외부에서 수행하는 것으로, 프로그램 II 및 III-1과 비교할 때 철거 및 구조체신설비용을 크게 감소시킬 수 있다.

프로그램 II 및 III-1의 평면형태는 수요자 요구분석으로부터 도출되었으나, 구조적인 관점에서 평가한다면 리모델링이 아닌 재건축수

준의 프로그램으로, 내진보강 기술의 경우 기존 구조체 철거를 최소화한다는 전제하에 개발된 연구단 제안기술의 대부분을 적용할 필요가 없다. 프로그램 III-2에 적용되는 기존기술과 연구단기술은 타 프로그램에서 적용된 차이점인 평면확장/건식경량바닥/하이브리드환기/층상위생배관/친환경철거 기술 외에 다음 항목에 있어 큰 차이점을 가진다.

① 외부코아 - 기존기술은 외부코아를 내부코아와 같이 RC전단벽체로 연결하며, 이 경우 구조적으로는 큰 편심을 유발하여 이를 감소시키기 위한 코아 반대편의 보강량을 크게 증가시킨다. 연구단 기술은 건식 엘리베이터 및 계단실 모듈을 부착하는 것으로 외부코아와 기존구조체는 단순힌지로 연결되고 횡저항구조체로서 역할을 수행하지 않는다.

② 수직증축 - 외부코아를 별도로 함으로써 수직증축층을 강접합하자 않고 기존 구조제와 분리하여 시공하는 것이 가능해진다. 이 경우 기존기술은 증축되는 3개층이 모두 추가적으로 지진하중을 크게 증가시키는 반면 연구단 제안기술은 증축층을 동조질량감쇠기로 활용함으로써 내부보강량을 크게 감소시킬 수 있다.

프로그램 III-1과 비교할 때 철거량은 60%이상, 기초 및 내부구조체신설량은 약 30%이상 감소시킬 수 있으며, 이에 따라 비용은 약 10%, 공기는 약 30% 이상 절감할 수 있다. 단, 계단실이 외부에 부가됨에 따라 주동사이의 지하에 신설되는 주차장의 평면계획에 있어 유동성이 감소될 수 있다.

연구단 제안기술인 평면확장/증축형동조질량감쇠기/건식복합 강판벽(혹은 비좌굴가새)/건식경량바닥/하이브리드환기/층상위생배관/친환경철거 기술을 적용할 경우, 기존기술대비 철거비용은 약 20%증가, 구조보강비용은 약 30%감소, 설비교체비용은 20% 증가하나 전체적으로 건식으로 시공하고 구조체 보강공정 및 보강량을 최소화함으로써 공기를 최대 20% 이상 감소시킬 수 있다.

(바) 프로그램 IV

프로그램 II의 평면에 수직으로 3개층을 증축하는 것으로 기존의

복도식 평면형태를 계단식으로 변경하면서, 30% 평면증축, 1층 필로티화 및 3개층 수직증축, 설비 교체, 지하 및 데크 주차장을 신설하는 프로그램으로, 리모델링 활성화를 위한 관련 제도개선을 전제로 적용된다.

연구단 제안기술 중 평면확장/건식경량바닥/하이브리드환기/층상위생배관/친환경철거 기술이 적용된다. 프로그램 II, III-1과 같이 평면내부에 계단실 및 엘리베이터 코어를 신설하기 때문에 기존 구조체에 대한 철거량이 크게 늘어나고 기초 및 구조체 신설 공정이 전체 공사에 있어 비용과 공기에 큰 영향을 주는 주요공정이 된다. 또한, 3개층이 추가되므로 1개층을 증축하는 프로그램 II보다 중력하중 및 지진하중이 크게 증가하는데 연구단에서 제안한 건식경량바닥 공법을 적용한다면 중력하중과 지진하중을 경감시켜, 기초와 구조체 신설공정에 있어 습식바닥공법을 사용하여 1개층을 증축하는 경우와 유사한 수준으로 비용과 공기를 절감할 수 있다. 초기투자비용은 기존기술을 적용하는 경우보다 설비교체와 철거에 있어 약 20%정도 증가하나, 유지관리성 및 친환경성에 있어 기존기술대비 약 30%이상의 성능향상효과를 기대할 수 있다.

(사) 소결

리모델링(기존)과 비교한 리모델링(연구단)의 효과를 분석하면 연구단 기술이 성능은 개선되지만 근소하나마 비용의 증가는 아직도 피할 수 없었다. 다만 비용대비 성능의 VE 지수는 의미있는 수준으로 개선된 것으로 분석되었다. 따라서 기술개발 및 경제성 확보 관련 노력은 지속적으로 수행할 필요가 있다. 재건축과 비교한 리모델링 활성화 측면에서 결과를 분석하면 단위면적당 공사비는 재건축과 비교해 저렴하지만 크게 개선되었다고 하기 어려운 측면이 있다. 따라서 리모델링 시장이 유지되기 위해 최소한의 제도개선이 필요하다고 판단되며 이러한 측면에서 세대수 증가를 허용하는 제도개선이 가장 직접적인 효과가 있을 것으로 보인다.

3. 프로그램 III-0의 제안 및 검토결과

5차년도에 연구단이 다양한 리모델링 프로그램을 개발하는 도중, 연구단의 프로그램 개발과 유사한 리모델링 제도개선(안)이 국회의 의원입법으로 제시되었다. 이는 현행 리모델링 제도가 허용하는 증축 허용 범위 안에서 세대 수 증가를 허용함으로써 리모델링의 사업성을 어느 정도 제고시키자는 것이다. 즉, 현행 리모델링 제도가 최상층 1개 층의 수직 증축 허용시 피로티화하는 지상층(1층) 부분을 이용해 세대 수 증가를 허용하는 안으로서 연구단은 이 부분도 본 과제의 프로그램의 하나로 검토해 볼 가치가 있다고 판단하였다. 이에 따라 연구단은 이를 '프로그램 III-0' 로 지칭해 연구단의 리모델링 프로그램에 추가로 반영하고자 하였다.

가. 프로그램 III-0의 소개

프로그램 III-0은 리모델링의 평면확장과 수직증축이 동시해 진행되는 대안이다. 현행 리모델링 법에서 허용하는 1개층 증축의 조건인 1층을 피로티로 활용하는 규정을 완화하여 1층을 피로티가 아닌 일반세대로 유지한 상태에서 상부에 1개층 증축을 수행하고 추가 세대수 증가로 인한 일반분양세대의 수익을 주민분담금 절감에 활용할 수 있도록 하는 방식이다.

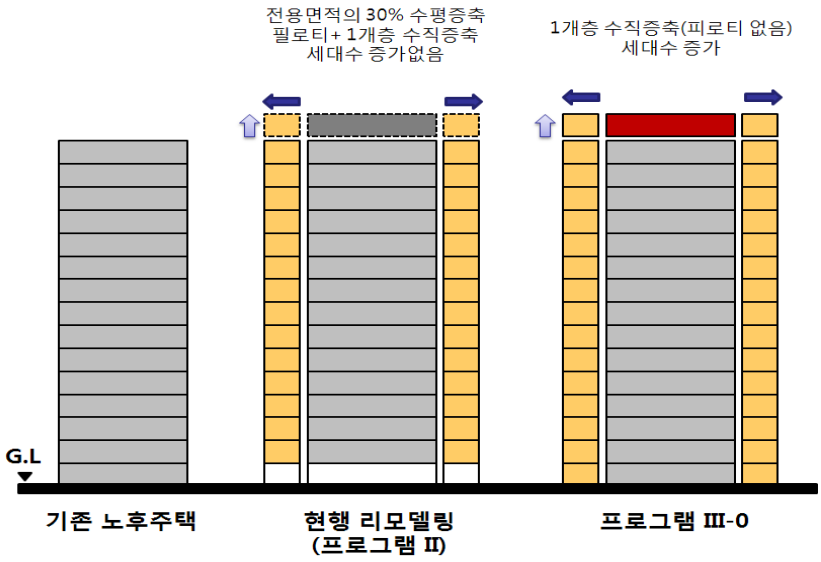


그림 3-229. 리모델링 프로그램 III-0

나. 프로그램 III-0의 분석결과

재건축을 기준으로 살펴보면 리모델링 재현 신축의 경우 42.2%(약 1억 725만원), 일반 리모델링의 경우 47.3%(약 1억2,030만원), 요소기술적용 리모델링의 경우 46.2%(약 1억1,747만원)씩 감소하였다.

또한 수직증축에 따른 수익금으로 인하여 리모델링 분담금이 1억 5,649만원에서 1억 3391만원으로 14.4% 감소하는 효과를 확인 할 수 있다.

(1) 프로그램 III-0 대안의 공사비 산정

표 3-189. 프로그램 III-0의 공사비 및 주민분담금

(단위 : 원)

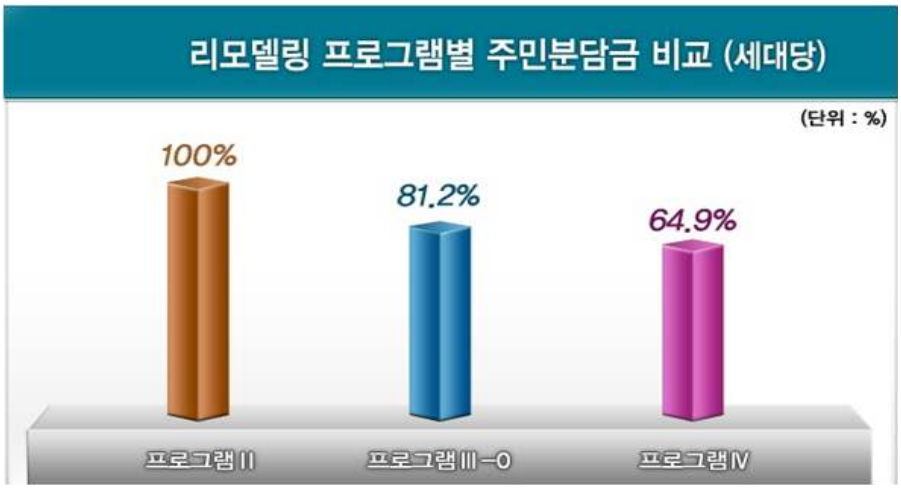
		재건축		리모델링 재현 신축	리모델링 (기존)	리모델링 (연구단)
단위면적(3.3㎡)당 공사비		3,692,607	1	0.904	0.840	0.854
총공사비		25,413,061,784	1	1.412	1.312	1.333
세대보상		14,753,120,000	1	-	-	-
분양수익		-	-	1	1	1
소요공사비 (총공사비-세대보상+분양수익)		40,166,181,784	1	0.717	0.653	0.667
세대수(기존196세대)		158세대	158세대	213세대	213세대	213세대
1세대 주민분담금	금액	254,216,340	1	0.578	0.527	0.538
	비율	100%	100%	57.80%	52.70%	53.80%

(2) 리모델링 단위면적(3.3㎡)당 공사비 비교

표 3-190. 리모델링 단위면적(3.3㎡)당 공사비

(단위 : 원/3.3㎡)

	프로그램 II	프로그램 III-0	프로그램 IV
공통비	150,000	150,000	150,000
철거	82,200	77,556	73,400
주동	2,054,968	2,008,391	1,997,111
주차장	524,737	495,091	467,159
기타	105,490	99,530	136,603
간접비	270,000	270,000	270,000
합계	3,187,395	3,100,569	3,094,273



가장 일반적인 리모델링 확장 유형인 평면확장 리모델링(프로그램 2)과 평면확장과 수직증축을 동시에 진행한 리모델링(프로그램 4)를 비교해 보면, 신규 세대분양 수익금으로 인해 기존 입주민의 1세대당 주민 부담금이 1억 6,495만원에서 1억 707만원으로 35.1% 감소되는 모습을 확인 할 수 있다. 주민분담금의 저하로 인하여 공동주택의 리모델링 사업 추진가능성을 높이는데 효과가 있을 것으로 보인다.

앞서 제시한 프로그램 중 프로그램 III-0과 같이 평면 확장을 진행한 프로그램 II 와 프로그램 IV를 비교하였다. 일반적인 평면확장을 진행한 리모델링에 비해 1세대당 주민분담금이 1억 6,495만원에서 1억 3,390만원으로 18.8%(3,105만원) 감소한다. 리모델링 추진시 프로그램 4 보다 주민부담금 절감효과가 작으나, 현행 법률 개정안으로 제시되는 프로그램 III-0의 리모델링 대안으로 검토시 사업비 절감에 효과가 있는 것으로 분석되었다.

BIM을 활용하여 산출한 공사비 또한 매뉴얼 방식으로 산출한 공사비와 거의 동일한 결과를 보이는 것으로 나타났다.

표 3-191. 리모델링 프로그램 III-0 공사비 산출

프로그램	대분류	중분류	소분류	내용	단위	평당 공사비(원)
리모델링 프로그램 3-0	공통비	-	-	공통비	식	150,000.00
		합계				150,000.00
	철거	내부 철거	구조체	내력(콘크리트) 철거 량	m3	18,240.79
				비내력 벽(조적) 철거 면적	m2	20,712.95
			마감	벽부위 철거 면적	m2	15,076.56
				바닥부위 철거 면적	m2	17,921.02
		합계				71,951.32
	구조	신설	구조체	콘크리트 타설 물량 (철근 가격 포함)	m3	147,674.02
				거푸집 물량	m2	150,558.73
		합계				298,232.74
	주거세대 (평면 Layout)	건축	칸막이벽	조적 면적	m2	26,545.07
			마감	마감 면적	m2	662,063.27
			창호	창/문 갯수	개수	27,999.44
			인테리어	세대내 인테리어	세대수	304,793.22
		합계				1,021,400.99
	설비설치	설비	장비	면적당 장비비	m2	60,346.70
			난방 (공조)	면적당 세대 난방 공사비	m2	79,338.02
				면적당 환기 덕트 공사비	m2	36,677.85
			위생배관	면적당 위생기구 공사비	m2	25,496.69
				면적당 급수,급탕 배관 공사비	m2	30,685.51
				면적당 오배수 배관공사비	m2	11,418.56
		층상피트	층상피트	층상피트 설치	m2	104,581.94
			점검구	설비 점검구 설치	m2	32,626.02
		소방	-	스프링클러 배관공사	m2	4,060.71
		가스	-	면적당 가스배관 공사비	m2	28,664.19
		전기/통신		면적당 전기,통신 공사비	m2	315,512.34
		합계				729,408.53
	주차장	주차장	-	주차장 공사비	식	495,091.00
		합계				495,091.00
	E/V공사	E/V	-	E/V 설치 대수	대	29,766.00
		합계				29,766.00
	토목	부대토목	-	부대토목	식	46,509.00
		합계				46,509.00
	조경	조경	-	조경공사	식	23,255.00
		합계				23,255.00
	간접경비	-	-	간접경비	식	270,000.00
		합계				270,000.00
	평당 리모델링 공사비 합계					3,135,614.58

제 6 절 결 론

1. 요소기술의 개발 및 적용 성과

본 과제에서 수행된 리모델링 요소기술의 개발과 그 개발 기술을 실험동 설치, 민간 연구소의 실험시설과 시뮬레이션을 활용해 적용해 본 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 주거환경 개선 기술

(1) 리모델링 평면확장 유형 도출

- 서울시에 위치한 노후공동주택 전수조사를 통해 평면유형 도출 및 유형에 따른 다양한 평면확장 전략 개발
- 한국적 상황(주택공급 부족, 단기간의 대량생산 등)에 기인한 20년 이상 고착화 된 평면 유형에 최근의 주거 트렌드 반영
- 구체적이며 체계적인 리모델링 평면확장 가이드라인 설정

(2) 최적의 평면확장 프로세스(안) 개발

- 리모델링 대상 단지에 거주하는 주민들의 needs 분석(설문조사, 공청회 등) 및 대응 방안을 반영한 평면확장 프로세스(안) 도출
- 도출한 평면확장 프로세스(안)을 다양한 시뮬레이션 적용을 통하여 최적의 프로세스 개발

(3) 주차장 확장 설계유형 및 최적의 시공방법 선정 프로세스 도출

- 문헌고찰과 공동주택 단지의 특성을 분석하여 주차장 확장 설계유형 및 설계유형 도출 프로세스 개발, 주차장 확장 공사에 적합한 시공법의 유형화 및 시공법 선정 프로세스 개발

(4) 리모델링의 정착 및 확산에 저해되는 관련 법규 및 제도 개선(안) 제안

(5) 주거환경 개선기술 가이드라인 제시

- 평면유형 도출, 주차장 설계유형 도출, 접합부 및 주차장 확장 시공법에 대한 일반 · 프로그램별 가이드라인 제시

나. 구조성능 개선 기술

(1) 정밀 내진성능평가 프로세스 구축을 통한 보강량 및 보강위치 최소화

- 실계측 자료를 이용하여 구조물의 진동 특성을 평가함으로써 경제적인 내진보강 설계 수행 및 보강전후 성능의 비교평가를 가능하게 함.
- 벽식구조 지진취약도함수 개발을 통한 정밀 내진성능평가

(2) 철거량 및 보강량 최소화를 위한 기존 구조체 및 증축 구조체를 활용한 신 내진보강공법 제안

- 수직증축층을 활용하는 증축형 동조질량감쇠기 개발
- 기존 및 신설 병렬 전단벽을 활용하는 인방설치형 마찰감쇠기 개발
- 기존 세대간벽 및 조적벽체를 활용하는 다양한 보강공법제안

(3) 건식공법을 활용한 공기단축

- 습식 전단벽체를 대체할 수 있는 무게절감형 강판전단벽 및 비좌굴가새 개발

(4) 구조성능 개선을 위한 가이드라인 제시

다. 설비성능 개선 기술

(1) 바닥난방 성능개선 모델 개발

- 건식온돌패널의 prototype 개발
- 건식온돌패널의 열성능 criteria 및 설계프로세스 개발
- Mock-up Test를 통한 건식온돌패널 요소기술의 평가
- 건식온돌패널을 포함한 난방설비 성능 개선 모델 개발

(2) 위생배관 성능개선을 위한 가이드라인 제시

- 당해층 배관시스템 적용을 위한 검토사항 도출

(3) 최적화 기법과 수학적 모델의 결합을 통한 환기 시스템 최적 설계 제시

- 다기준 목적함수(초기투자비, 운영비, 불만족도, CO2농도)의 해결방안 제안.
- 유전자 알고리즘+파레토+시뮬레이션 툴을 결합한 다기준 최적설계 기술을 개발.

(4) 불확실성 분석을 통한 환기 시스템의 최적 제어전략 제시

- 결정론적 접근 (Deterministic approach)가 아닌, 확률적 접근 (Stochastic approach)을 이용한 제어전략 간 (외기공급량 결정기준, 급기구 설치위치, CO2센서위치) 성능평가방법 제안.

(5) 소리환경 개선 기술

- 소리환경에 대한 거주자 요구 및 불만 요인 분석
- 소리환경 현황 분석
- 리모델링 목표 수준의 설정
- 평가 요소별 소리환경 개선기술 개발
- 요소기술의 현장 적용 평가 및 타당성 검증

라. 친환경 확보 기술

(1) 친환경 실내마감재료 평가 및 선정 방법론 제시

- 거주자 요구사항을 반영한 최적의 실내 마감재료 선정방법 제시

(2) 친환경 철거공사 수행방법 및 프로세스 제시

- 친환경 철거공사 사전계획요소 및 유의사항 제시
- 친환경 철거공사 프로세스 모델 제시
- 리모델링 철거공사 성능평가 방법 및 결과 제시

(3) 친환경 철거공사 가이드라인 제시

- 공사 참여자 측면에서 친환경 철거공사 유의사항 제시

마. 성능/경제성 평가 기술

(1) 개발 요소기술의 성능 평가 체계 개발

- 요소기술별 성능 평가 항목을 선정, 평가항목의 상대적 중요도 도출을 통한 성능, 비용 및 가치향상도 도출

(2) 요소기술의 적용 시 경제성 평가 체계 개발 및 경제성 평가 프로세스 도출

- 리모델링 공사비 도출시 이용 가능한 공종체계를 연구수행체계로 변환을 통한 공종 분류체계 도출
- Test bed에 대한 일반적으로 수행하는 리모델링 공사비, 요소기술을 적용한 리모델링 공사비, 리모델링 재현 신축시의 공사비, 재건축 공사비를 도출을 통한 비교분석을 가능하게 함.

(3) BIM을 활용한 사업성 평가 체계 및 시스템 개발

- BIM을 활용한 공사비와 공기산출 체계 및 시스템 개발하고, 이를 이용하여 사업초기에 사업수행자의 사업수행에 대한 의사결정을 지원할 수 있도록 함.

2. Test-bed 적용과 Test-bed 적용 기술의 선정

국내 공동주택의 리모델링의 목적을 소유 형태 별로 살펴 볼 때, 공공 임대주택은 공공복리의 증진 차원에서 거주환경을 개선하는 것이 주 목적이라면, 민간 공동주택의 경우에는 거주환경 개선 뿐만 아니라 자산가치 측면의 사업성 향상이 또 하나의 중요한 목적이 된다. 이에 따라 연구단은 공공과 민간의 리모델링 목적에 부합되도록 연구단 개발기술을 분리해 적용할 필요가 있다고 판단하여 개발기술의 Test-bed 적용은 공공부문과 민간부문으로 분리하여 추진하였다.

본 과제에서 Test-bed 의 당초 의미는 노후 공동주택의 리모델링 사업을 대상으로 그 설계와 시공의 과정에 본 연구단의 개발기술들을 종합적으로 적

용해 보고 그 결과를 분석하여 개발 기술의 성능과 경제성을 평가함으로써 연구단 개발 기술의 실무 적용 및 확산 가능성을 검토하는 것이다. 그러나 실제 입주 중인 공동주택을 Test-bed 의 대상으로 선정해 입주자를 이주시키고, 연구단 개발기술을 설계와 시공과정에 통합적으로 적용한다는 것은 사유재산에 해당하는 민간 아파트의 경우 극히 어려운 일이며, 공공 임대아파트에서 조차 매우 제한적인 범위에서만 가능하였다. 특히, 이와 같은 Test-bed 적용을 연구단의 연구개발 일정에 맞추어 진행한다는 것은 사실상 불가능하다고 판단되었다. 이에 따라 민간 아파트의 경우 Test-bed 는 선정된 단지를 대상으로 설계에 국한하여 연구단 개발기술을 적용한 후 그 성과를 시뮬레이션에 의해 평가하고자 하였다. 그러나 공공 임대아파트의 경우에는 LH공사가 관리하는 몇 개의 단지를 선정해 입주민의 이주가 필요 없는 옥외공간 리모델링과 제한적인 범위에서 입주민을 이주시킨 후 연구단 개발기술을 세대 내부 리모델링의 설계와 시공에까지 적용하였다.

이 과정에서 연구단에서 개발한 모든 기술을 Test-bed 에 적용할 수는 없었으며, 그 이유는 Test-bed 대상 단지의 특성에 기인하였다. 예를 들어 민간의 경우 연구단에서 선정한 Test-bed는 이미 구조검토 결과 내진 성능을 만족하고 있어 연구단에서 개발한 내진보강기술을 적용할 필요가 없었다.

3. Test-bed 적용 결론

제한적인 범위에서 수행된 Test Bed 적용 결과를 분석해 보면 본 과제에서 개발된 기술을 활용해 노후공동주택 리모델링 사업의 사업성을 근본적으로 개선한다는 것은 사실상 아직 어려운 것으로 판단되었다. 그럼에도 연구단 개발기술들은 기존 기술과 비교해 '비용 대비 성능'의 '가치(VE)지수'가 높은 것으로 나타나 지속적인 연구개발이 지속된다면 사업성 측면에서 의미 있는 기술의 실현이 가능할 것으로 예상된다.

그러나 단기적으로는 리모델링 사업이 개발 기술의 적용에 의해 재건축 대비 경쟁력을 가지기에는 한계가 있다고 판단되며, 이러한 상황을 개선하고 리모델링 시장이 유지되기 위해서는 리모델링 사업의 사업성 개선을 위한 제도 개선의 필요성을 검토해 볼 수 있을 것이다. 특히 리모델링 사업의 사업성 개선은 세대당 부담금을 저감할 수 있는 세대수 증가가 가장 직접적인 수단이

므로 이를 어느 정도 허용할 수 있는 방향의 제도개선도 단기적 차원에서 검토해 볼 수 있을 것이다.

만약 이러한 제도개선이 이루어진다면 리모델링 단지와 입주민들이 선택할 수 있는 리모델링 사업 내용 상의 변수들에 대해 훨씬 다양한 대안의 제시가 가능해진다. 즉, 재건축, 기존 제도 하에서 가능한 리모델링, 증축 범위 내에서의 세대수 증가 등 다양한 대안들에 대해 입주민들의 선택이 가능하다는 것이다.

이러한 취지에서 본 과제에서는 리모델링 사업추진과 관련된 제도개선이 가능하다는 전제 하에 필요한 제도개선의 주요 내용을 제시하였으며, 다양한 리모델링 사업의 대안을 프로그램의 형태로 개발하여 제시함으로써 입주민들로 하여금 자신들의 단지에 가장 적합한 프로그램을 선택하여 리모델링 사업을 추진하는데 활용할 수 있도록 하였다.

제 7 절 공공 Test Bed 및 가이드라인 제안

표 3-192. 공공 Test Bed 및 가이드라인 제안

기본 방향	세부 방향	적용 공간	아이템
주거 성능확보	성능향상 수선/신설	단지	보행자 우선의 단지내 가로환경
			단지내 구획 재정비를 통한 주차공간 확충
			유휴지를 활용한 지상주차시설 신설
			노후된 운동 및 놀이공간의 정비 및 시설교체
			활용도가 낮은 운동 및 놀이공간 기능 전환
			부족한 자전거 보관소 확충
			전동휠체어 보관소 신설
			쓰레기 분리수거함 재활용품 보관소의 정비
			단지정보를 한눈에 알 수 있는 사인물 정비
			노후화된 부대복리시설 정비
			부대시설정비
		주동	주동의 필로티 미활용 공간 활용
			공용공간에 물품보관함 설치
		주호	세대출입시 안전을 위한 보조장치 설치
			세대간 소음저감 확보
			욕실의 안전성 확보
			욕실편의시설 설치
			노후되고 수납용량이 작은 기존 수납가구 교체
			수납효율성을 높이는 시스템 가구 설치
			노후설비의 교체
			전기통신 제어장치 위치 조절
			비상시 응급설비시스템 구축
	Green & Image	단지	주변환경과 어우러진 단지 진입부 정비
			단지특성에 맞는 수목 및 조경수 조성으로 단지 경관 향상
		주동	주변환경을 고려한 주동색채 계획
			단조로운 입면 디자인 개선
			무미건조한 주동 출입구의 Identity 부여
	커뮤니티 강화	단지	입주자 참여를 위한 커뮤니티 공간
			휴게 및 조형성이 가미된 스트리트 퍼니처 배치
	복지 및 Social Mix	단지	유휴상가시설의 준주거시설로 개조
			이노베이션 프로그램 적용을 위한 공간 정비 및 신설
			협소한 주거면적 해소를 위한 주거별동 신설
	에너지	단지	에너지 절약기술 적용
		주호	에너지효율을 개선한 단열성능 확보
	방범 안전	단지	범죄예방을 위한 환경설계
		주동	통합경비시스템 구축을 통한 안전망 강화
무장애 공간 실현	Barrier Free	단지	안전한 통행이 가능한 무장애 출입구 구현
			목적지까지 안전하게 이동이 가능한 보행망 구축
		주동	무장애 진입 경사로 정비 및 확보
			안전한 보행을 위한 복도시설 정비
			안전한 이동을 위한 계단의 정비
			저층형 아파트의 승강기 신설
			휠체어 사용자도 사용이 편리한 승강기 시설정비
		주호	무장애 현관 구현
			세대내 단차제거 및 실입구 유효공간 확보
			무장애 욕실 확보
			무장애 주방가구 및 유효공간 확장
주거 면적확장	주거면적확장	주호	발코니 및 복도 실내화를 통한 주거면적 확장
			발코니 확장 등 증축을 통한 주거면적 확보
			세대통합

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 주거환경 개선 기술

1. 연구개발 목표 달성도

가. 1차년도

표 4-1 주거환경 개선기술 1차년도 연구개발 목표 달성도

목 표	달성도 (%)	내 용
노후 공동주택 현황 및 리모델링 사례 분석	100	-문헌자료 분석과 기존 연구에 대한 정리 및 현황 파악 -국내 공동주택 리모델링의 기술 동향 분석 -노후 공동주택 현황 분석 -노후 공동주택 리모델링 관련 법령 검토 -국내·외 공동주택 리모델링 사례 조사
노후 공동주택의 리모델링 계획의 유형 도출	100	-리모델링 사례 및 계획(안)의 분석을 통한 계획 요소 추출 -리모델링 계획요소에 대한 공간위계별 리모델링 계회 유형 분석 -구조형식/코어형식/평형규모에 따른 계획 유형 분석 -노후 공동주택 리모델링 계획 유형 도출
국내외 공동주택 주차장확대 기존기술 분석	100	-기존 공동주택의 주차장확대 문헌 및 논문 분석 -국외 지하 및 기초공사 기술 조사
건축물 주차장확대 사례 조사	100	-국내 노후공동주택 주차장확대 리모델링 적용사례 조사 -공동주택 기초와 지하주차장의 연계유형, 주거 공간과 지 --하주차장의 연결부위 조사 및 대안 검토
노후 공동주택의 리모델링 요구 분석 및 수요 예측 전망	100	-리모델링 요구 분석을 위한 설문조사 실시 -인구사회학적/주거학적/공간위계별 리모델링 요구 분석 -노후 공동주택 리모델링 수요 예측 및 전망

나. 2차년도

표 4-2 주거환경 개선기술 2차년도 연구개발 목표 달성도

목 표	달성도 (%)	내 용
평면확장 계획요소별 범위 및 한계 도출	100	-평면확장 유형별 계획안 개발 -시범사업단지 적용 계획안 개발
사용자 요구분석을 통한 계획요소별 평가기법 개발	100	-리모델링 완료단지 거주자 설문조사
사례분석을 통한 주차장확대 설계유형 도출	100	-주차장확대 계획유형 6가지 도출 및 각 설계유형의 적용사례 분석 -각 주차장확대 계획유형별 장단점 및 특성 분석 -주차장확대 계획유형별 적용가능한 주동진입방식 연구
주차장확대 계획 시 계획적 검토 요인 분석	100	-단지의 특성관련 검토항목 -주민요구사항 검토항목 -법적제한 내용 검토
주거기능개선을 위한 계획요소 개발	100	-장애인 · 고령자 등 사회적 약자를 배려한 Barrier Free Design 계획요소 개발

다. 3차년도

표 4-3 주거환경 개선기술 3차년도 연구개발 목표 달성도

목 표	달성도 (%)	내 용
평면확장 방식의 유형화 및 장애요소 규명	100	-기존 평면유형 및 평면확장 방식의 유형화 -계획안 작성 및 완료사례 분석을 통한 평면확장 유형별 장애요소 도출
리모델링 사업 진행단지를 대상으로 평면확장 계획	100	-기획 및 계획단계의 리모델링 사업단지의 평면확장 계획안 및 개선안 작성
평면확장 계획안에 대한 주민공청회 및 설문조사	100	-기획 및 계획단계의 리모델링 사업단지의 주민대상 리모델링 요구 및 선호도 조사 -주민 공청회를 통한 계획안 만족도 조사
평가요소별 평가기법 및 통합기준 수립	100	-계획과정의 시뮬레이션을 통한 평면확장 계획의 쟁점사항 및 계획요소 도출 -평면확장 리모델링 계획의 평가요소 및 평가기준 수립
주차장 확장 방식의 계획요소 추출 및 유형화	100	-노후 공동주택에서 가능한 주차장 확대 방식 유형 분류 및 개발대안 조합

목 표	달성도 (%)	내 용
주차장 확장 시공의 실용화를 위한 가이드라인 개발	100	-실제 리모델링 사업단지 시뮬레이션을 통한 주차장 확장 계획안 -주민 공청회를 통한 만족도 분석을 통한 계획의 실용화검토 및 평가 요소 추출 -추출된 평가 요소를 바탕으로 주차장 확장 가이드라인 프로세스 정립
주민공청회 및 설문조사 실시	100	-주차장확대 설계 시 주민요구사항을 반영하기 위한 설문조사 및 주민공청회 실시
공동주택에 관한 사회문화적 의식 및 요구의 동향 파악	100	-주거공간 디자인의 세계적 트렌드 분석 -아파트에 대한 사회문화적 의식 파악 -문헌연구 및 설문조사를 통한 노후 아파트의 리모델링에 대한 문화적 요구 파악
문화적 요구를 충족하는 계획·설계 요소 개발	100	-문화적 요구의 유형화 -한옥 요소를 통한 문화적 요구의 충족 가능성 탐색 -아파트에 도입할 수 있는 한옥 요소의 개발
한옥 요소를 노후 아파트 리모델링에 반영하는 기법 개발	100	-아파트 디자인에 한옥 요소를 적용하는 기법 개발 -노후 아파트 리모델링에 한옥 요소를 적용하는 기법 개발

라. 4차년도

표 4-4 주거환경 개선기술 4차년도 연구개발 목표 달성도

목 표	달성도 (%)	내 용
시범단지 선정 및 평면확장의 시범적용안 작성	100	-시범단지 거주민 리모델링 요구 및 선호도 조사 -설문결과를 반영한 평면확장 계획안 작성
시범적용을 위한 평면확장 매뉴얼 및 지침 작성	100	-기존 평면확장 사례분석을 통한 평면확장 기법유형 분류 및 기법 적용지침 작성
시범적용을 통한 평면확장 계획의 가이드라인 설정	100	-기존 노후공동주택 재고 평면유형 규모 및 치수정보 분석에 근거한 가이드라인 작성
시범사업단지 선정 및 주차장확대 설계기술 적용을 통한 실용화 및 적용성 연구	100	-시범사업대상 단지 선정 - 둔촌동 현대2차아파트 -시범사업단지를 대상으로 한 주차장확대 설계방식의 적용계획 수립 -실용화 적용과정의 문제점 및 해결방안 자료화 -실용화를 위한 기초 지침 작성 -시범사업단지에의 주차장확대 설계기술 적용 및 계획

목 표	달성도 (%)	내 용
공동주택 리모델링에 관한 친환경 요구 분석	100	-친환경 요구에 대한 사회문화적 동향 파악 -문헌연구를 통한 공동주택 리모델링에 대한 친환경 요구 파악
친환경 요구의 구성요소 도출	100	-공동주택 친환경 리모델링의 정의와 개념 정립 -친환경 인증제도 고찰
친환경 요구를 반영하는 계획 · 설계 요소 개발	100	-친환경 리모델링의 계획요소 도출 -친환경 리모델링 계획요소의 유형화
친환경 요구를 반영하는 계획 · 설계 요소의 적용 방안 개발 및 시뮬레이션, 평가, 보완	100	-친환경 요소의 유형별 적용 사례 작성 -친환경 요소를 도입한 설계안 작성 및 시뮬레이션

마. 5차년도

표 4-5 주거환경 개선기술 5차년도 연구개발 목표 달성도

목 표	달성도 (%)	내 용
시범사업의 성과분석을 통한 평면확장 표준모델의 검증 및 보완	100	-사용자 요구를 반영하여 시범사업 계획안의 수정 · 보완을 통해 최종 계획안(심의 통과안) 도출
노후공동주택 평면유형/평면확장기법/ 사용자 요구분석 요소 구조화	100	-전수조사를 통한 노후공동주택 평면유형 사례의 DB화 및 대표 평면유형의 도출 -평면확장 사례분석을 통한 평면확장 기법의 유형분류 및 적용지침 작성 -사용자 설문조사 결과분석을 통해 사용자 요구에 대한 분석 · 정리
평면확장 표준모델의 확대 적용을 위한 실용화 방안	100	-일반적으로 상용 가능한 평면확장 계획기준 및 지침을 개발하여 실용화
평면확장 계획 및 평가를 위한 기준 및 지침 작성	100	-노후공동주택 평면확장 계획의 프로세스 및 계획 기준 · 지침의 작성 -평면확장 계획의 평가를 위한 기준으로써 사용자 요구분석을 통한 선호도 제시
시범사업에의 주차장확대 설계기술 적용연구 내용의 보완	100	-주차장확대 설계기술 종합적 검토 및 보완 -시범사업 중 주차장확대 설계 시 고려되어야 할 계획적요소 체크 및 보완

목 표	달성도 (%)	내 용
주차장확대 설계기술 가이드라인 개발	100	-설계단계와 시공단계에서 적용 가능한 주차장확대 가이드라인 개발 및 수정보완
주차장확대 설계기술 가이드라인시범적용	100	-민간시범 사업단지에 대한 시범적용
주차장확대 설계설명서 개발	100	-5가지 프로그램에 해당되는 설계설명서 및 시공 시 고려사항 수정보완
사회적·문화적·환경적 요구를 반영하는 계획·설계 요소의 조합방식 및 적용 연구	100	-공동주택 리모델링에 대한 거주자요구를 사회적·문화적·환경적 요구의 측면에서 분석 -세 측면의 요구에서 고령층 친화성, 전통 디자인, 건강성 및 환경조절을 핵심 키워드로 도출 -핵심 요구를 반영하는 리모델링 계획요소를 도출하고 계획요소별 지침을 제시 계획요소를 공간부위 별로 조합
사회적·문화적·환경적 요구를 반영하는 계획·설계 요소의 실용화 방안 제시	100	-계획요소를 조합하여 기본옵션과 확대옵션의 두 가지 옵션으로 그루핑하여 제시 -옵션은 여건에 따라 선택적으로 적용할 수 있도록 실용화 방안으로 제시 -민간시범사업으로 리모델링 계획을 수립한 둔촌 현대아파트의 평면형 중 프로그램 3-2의 32평형에 적용하는 시뮬레이션을 함으로써 현실적인 적용성 검토

2. 관련분야에의 기여도

노후 공동주택의 리모델링 계획방안에 대한 유형별 표준모델을 제시하여 복잡하고 난해한 공동주택의 리모델링 계획과정을 간소화함으로써 리모델링 활성화에 기여할 것으로 판단된다. 사용자 요구 및 선호도 분석 기술은 건설업뿐만 아니라, 소비자의 요구를 중시하는 제조업 및 서비스 분야의 요소기술로 활용 가능하다. 계획 평가모델 및 절차모델의 경우 복잡한 관계와 절차를 가진 타 산업분야의 모델로 적용됨으로써 산업 전반의 발전에 기여할 수 있다.

거주중 주차장 확대 가능한 기술 개발은 주택 경기 활성화 및 기존 공동주

택에 있어 주차장 분양이라는 새로운 시장 개척이 가능할 것으로 판단된다.

다양한 리모델링 계획·설계 요소를 제시함으로써 사회적·문화적·경제적 요구에 대응하는 설계기법의 확대에 기여 가능하다. 또한 리모델링의 사회경제적 타당성에 대한 인식을 제고하고 리모델링 시장이 정착·확대하는 데 기여할 것으로 판단된다.

이상의 관련산업분야에의 기여를 통해 장기적으로는 국내 기존 노후 공동주택의 리모델링 시장 활성화를 통한 건설 경기 회복이 가능하고, 기술력 강화를 통해 기존 노후 공동주택의 재건축을 지양하고 리모델링을 유도함으로써 사회적 비용 절감 효과가 있을 것으로 예측된다.

제 2 절 구조성능 개선기술

1. 연구개발 목표 달성도

가. 1차년도

표 4-6 구조성능 개선기술 1차년도 연구개발 목표 달성도

목 표	달성도 (%)	내 용
동적 특성평가 및 실험법 분석	100	- 아파트 25동에 대한 상시진동계측 데이터 분석 - 상시진동계측과 인력가진법의 진동실험법 비교 - 하프파워법, RD법, 대수감소법의 동적 특성 평가법 비교
구조 보강시스템과 제진시스템의 효과 검증을 위한 진동실험 사례분석	100	- 구조보강의 해외사례 - 제진시스템의 해외사례
공사중 주차장 확대시 진동에 대한 사용성 평가 및 개선 사례분석	100	- 건설공사 진동관련 평가법의 비교 - 진동 저감 방법

목 표	달성도 (%)	내 용
동조질량감쇠기 과련 문헌/사례조사를 통한 기존 기술수준과 한계를 분석하고 필요 요소기술 도출	100	- 동조질량감쇠기 관련 선행연구 분석 및 설계변수 검토 - 준능동 동조질량감쇠기 선행연구 검토 및 분석 - 지진하중 저감을 위한 동조질량감쇠기 연구/개발 미흡 - 지진하중을 고려한 동조질량감쇠기 최적 설계변수 도출 - 노후공동주택의 거동특성을 고려한 준능동 동조질량감쇠기 설계 알고리즘 도출
진동저감능력 증가를 위한 기존 제진시스템 조사 및 분석	100	- 마찰감쇠기 보강사례 분석 및 선행 연구 검토
진동저감능력 증가를 위한 기존 제진시스템 기술수준의 한계성 분석	100	- 노후 공동주택에 적용성/시공성 도출위한 연구필요
기존 노후 공동주택의 리모델링 보강방법 사례조사	100	- 가새를 이용한 방법이 타 보강방법에 비하여 공기, 구조물의 자중을 감소시킬 수 있어서 내진보강용으로 우수
기존 RC골조의 보강방법별 성능평가	100	- 가새를 이용하여 기존 RC골조를 보강한 결과 구조물의 강도가 증가 - 비좌굴가새를 이용하여 보강할 경우 구조물의 연성능력이 증가
기존자료 분석	100	- 노후 공동주택 리모델링 사례 분석 - 기존 구조보강방법 및 상세 분석
강판보강 구조시스템 개발	100	- 프로토타입 건물 선정 - 강판벽 배치방법 연구 - 성능요구량 산정 및 크기 산정 - 시공순서 연구
강판보강시스템 상세 개발	100	- 강판 / 골조 접합방법 개발 - 연성증가를 위한 강판벽 보강방법
자중감소 및 연성증가를 위한 보강기법 현황 조사 및 분석	100	- 노후 공동주택의 리모델링 사례조사 - 리모델링 관련 국,내외 문헌 검토 - 구조성능과 구조보강방식의 요소기술 파악 - 보강방법 및 목표 수립

목 표	달성도 (%)	내 용
노후 공동주택 전단벽의 변형 능력 평가	100	- 철근콘크리트 벽식 공동주택의 구조 개념 정립 - 국부적으로 절단된 전단벽의 구조성능 규명 - 노후된 공동주택의 보유성능 및 보강수준 결정
Passive기법에 의한 보강 효과에 대한 기초연구 (CFS, 강판)	100	- 탄소섬유쉬트, 강판에 의한 보강 실험 - 보강공법의 적정성 및 실험결과에 의한 신뢰성 수립 - 국부적으로 절단된 전단벽의 최적의 보강 기법 수립
기존 연구문헌 및 시공사례 조사 및 분석	100	- 기존 연구문헌 및 시공사례 유형별 분류 및 장단점파악
접합부 디테일 개발	100	- 평면확장 슬래브 접합부 유형별 디테일 개발
요소기술 통합성능 평가	100	- 3차원 벽식구조물 Pushover 해석 기술 확보 - 요소기술의 성능평가 원천기술력 확보

나. 2차년도

표 4-7 구조성능 개선기술 2차년도 연구개발 목표 달성도

목 표	달성도 (%)	내 용
인력가진 실험법 실용화	100	- 적정 인력가진위치와 적정피치 확보 - 해석시 적정 band pass filter로서 고유진동수의 1.3배 전후 확보
상시진동 실험법 실용화	100	- reverse arrange test 기법을 통한 stationary 기법 확보
진동특성 해석법의 검증	100	- Hilbert transform과 대수감소법을 통한 local averaging RD법 - 기존의 하프파워법보다 편차가 적은 Maximum likelihood method 확보
동조질량감쇠기 관련기술 이론정립 및 체계화 (준능동 동조질량감쇠기 설계 알고리즘 수립 및 등가감쇠비 도출)	100	- 준능동 동조질량감쇠기 설계알고리즘 수립 - 상용 구조해석프로그램(MIDAS)을 사용한 동조질량 감쇠기 설계기법 수립 - 설계변수에 따른 등가감쇠비 도출

목 표	달성도 (%)	내 용
동조질량감쇠기 관련 연구 범위 설정 및 필요기술 도출 (MIDAS를 사용한 설계 기법 수립)	100	- MIDAS를 사용한 동조질량감쇠기가 설치된 모델 구조물의 시간이력 해석 - 구조물의 비탄성 거동에 따른 수동 및 준능동 동조질량 감쇠기의 응답저감성능 비교 - 레일의 운동마찰력을 고려한 동조질량감쇠기의 최적설계기법 수립
진동저감능력 증가를 위한 마찰감쇠기 개발	100	- 실험을 통한 마찰감쇠기의 허용성능 검증 - 수치해석 모델을 이용한 마찰감쇠기 설계 절차 성립
리모델링에 적합한 새로운 비좌굴가새부재의 개발	100	- 리모델링에 적합한 다양한 형태의 새로운 비좌굴가새 부재를 개발하고 성능실험을 통하여 내진 안전성 검증
강판벽 실험	100	- 실험체 강도 예측 - 강판벽 시스템 실험 - 강판벽 시스템 시공 가능성 검토 - 실험결과 분석
강판벽 시스템 설계방법 개발	100	- 강판벽 시스템 설계방법 개발 - 강판벽 및 부재 설계방법 개발
표준모델의 보강상세 제시	100	- 보강 위치에 따른 보강 상세 제시
습식보강공법에 따른 거동평가	100	- 습식(MDF, ECC)보강공법으로 보강된 개구부가 있는 전단벽의 거동평가
연결부재에 따른 전단벽의 거동평가	100	- 연결부재(슬래브, 커플링 보)에 따른 개구부가 있는 전단벽의 거동평가
대상건물의 해석적 연구수행	100	- 대상건물에 대한 MIDAS를 이용한 해석적 연구
해석결과에 따른 적정 보강방법 제시	100	- 해석 결과에 따른 보강량을 산정하고 적정보강방법 연구
접합 상세의 시공 성능 검토 및 보완	100	- 접합 개발안의 실제 시공성에 있어서 적정성 - 접합 개발안의 시공에 있어서 장단점 분석
실험적 연구를 통한 접합 상세 구조성능 검토	100	- 슬래브 접합부 개발안의 실험을 통한 구조적 휨 내력 평가 - 실험적 연구를 통한 장단점 분석 및 보완점 도출
접합기술 개발 보완	100	- 실험적 연구를 통해 도출된 보완점에 대한 추가 실험 및 접합부 개발

목 표	달성도 (%)	내 용
요소기술 통합해석 모델링 기법 개발	100	- 동적질량감쇠기의 적용성 검토 - 마찰감쇠기 적용성 검토 - 강판전단벽 적용성 검토
각종 요소기술의 접목을 통한 성능평가방안 확보	100	- 동적질량감쇠기의 적용성 검토 - 마찰감쇠기 적용성 검토 - 강판전단벽 적용성 검토
벽식 구조시스템의 위험도 지수 분석	100	- 벽식구조시스템의 위험도 분석 모델 작성 - 벽식구조시스템의 형태와 높이에 따른 위험도지수 작성

다. 3차년도

표 4-8 구조성능 개선기술 3차년도 연구개발 목표 달성도

목 표	달성도 (%)	내 용
리모델링 시범사업 대상건물의 선정	100	- 시범대상건물의 설계/시공사와 계측허가 섭외 - 시범대상건물 도면 분석 및 진동계측 계획 수립 - 시범대상건물의 장/단변의 고유치 해석만 실시
시범사업 프로토 타입 진동특성평가	100	- 시범대상건물 3개동에 대해 상시진동계측을 실시 2개동은 인력가진도 실시 - 건물의 중앙과 단부에서 동시계측을 실시하여, 장변, 단변 비틀림의 동적특성을 해석
리모델링(비아파트 건물) 전후 보강효과	100	- 리모델링 보강 전, 보강 후 진동특성 검토 - 하프파워법으로 동적특성 평가
요소기술 통합구조해석 모델링 기법	100	- 상용프로그램이용, - 모델링방안작성 - 예제작성
시범사업 표준모델 보강전후 설계	100	- 표준모델 해석완료 - 표준모델 설계완료 - 표준모델의 상세설계
성능평가 지침서 작성	100	- 성능평가 흐름도 작성 - 성능평가 지침서 작성

목 표	달성도 (%)	내 용
준능동 동조질량감쇠기 개발 및 성능실험	100	- 준능동 TMD 알고리즘 개발 - 준능동 TMD 강성-점성 변환 접합부 개발 - 준능동 TMD 성능실험 - 증축층을 활용한 동조질량감쇠기 설계
진동저감능력 증가를 위한 제진시스템 개발	100	- 전단벽식 구조물의 비선형모델 구축: 마찰감쇠기가 설치된 전단벽식 구조물의 비선형 시간이력 해석 - 표준모델에 대한 마찰감쇠기 상세 개발 및 경제성 평가
비좌굴가새의 개발	100	- 각봉과 각형강관으로 구성된 비좌굴가새
1축실험을 통한 성능검증	100	- 충전재의 종류, 충전재의 보강방법, 외부 튜브의 두께에 따른 힘- 변위관계 - 누적연성도를 통한 요소의 연성능력검증
강판벽 시스템 구조성능 분석	100	- 강판벽 실험결과 분석·기둥강도 및 개구부의 영향 - 트러스패널 실험결과 분석·트러스패널 실험체의 변형능력
접합상세 시공성능 검토	100	- 실험결과 분석을 통한 접합상세 개선안 도출
합성강판벽 해석 프로그램 개발	100	- 합성강판벽 시스템 해석 프로그램 개발
경제성 평가	100	- 강판벽 시스템의 경제성 평가
연결 부재의 거동 규명	100	- 연결부재의 형태에 따라 벽체의 변위 구속 능력이 달라짐
개구부 형태에 따른 효과 규명	100	- 개구부 형태가 응력 집중 현상을 해소하는 형상이 될수록 벽체의 내력은 증가함
연결부재를 고려한 보강 벽체의 거동 규명과 보강 상세 제안	100	- 연결부재와 보강체와의 상호 영향 평가 및 보강체의 거동 및 성능 평가 - 보강 상세와 시공 방법 제안

라. 4차년도

표 4-9 구조성능 개선기술 4차년도 연구개발 목표 달성도

목 표	달성도 (%)	내 용
진동대 Mock-up 실험을 통한 동적 특성 평가법 및 동조질량 감쇠기 검토	100	- 진동대 Mock-up 실험용 RC 축소 실험체 설계 및 해석 - 증축층을 활용한 동조질량감쇠기 설계 및 접합 상세 제시 - 요소기술 보강 전•후의 동적 특성 측정 및 분석 - Mock-up 실험 수행결과 분석 - 리모델링 시 적용가능한 Detail 제시
반력벽 Mock-up 실험을 통한 가새형 감쇠장치, 강판복합구조 기술 검토	100	- 대상 건축물 선정 및 기본조사 - 대상 건축물에 대한 구조해석 및 보강방안 수립 - Mock-up 대상 건축물에 요소기술을 적용한 설계 - 현장실물실험 수행 - 실험결과 분석
수평증축접합부의 실물대 실험을 통한 구조성능평가	100	- 개발된 접합공법에 대한 구조성능 평가 - 전단성능 실험 및 실험결과 분석 - 리모델링 시 적용 가능한 Detail 제시

마. 5차년도

표 4-10 구조성능 개선기술 5차년도 연구개발 목표 달성도

목 표	달성도 (%)	내 용
구조물의 동적특성 평가	100	- Mock-up 실험 후 적용기술의 분석 - 적용기술의 타당성 및 신뢰성분석 - 적용기술에 대한 활성화방안 제시 - 적용기술에 대한 표준모델 제안•동적특성 평가 및 분석법에 대한 사용자 매뉴얼 작성
요소기술 통합 성능평가	100	- 현장 실물 Mock-up 실험 및 결과 분석 - 개발된 요소기술에 대한 통합성능평가 - 리모델링 유형별 보강방안 가이드라인 제시

목 표	달성도 (%)	내 용
증축형 동조질량감쇠기	100	- 진동대 Mock-up 실험 - 진동대 Mock-up 실험결과 분석 - 실험결과에 따른 증축형동조질량감쇠기 설계 및 상세 보완 - 설계 및 시공 지침서 작성
인방보형 마찰감쇠기	100	- 전단벽식 구조물의 비선형모델 조사 - 마찰감쇠기가 설치된 전단벽식 구조물의 비선형 시간이력해석 - 구조설계 실무자를 위한 설계 지침서 작성 - 마찰감쇠기 설치 상세를 고려한 시공지침서 작성
비좌굴가새	100	- 설계 지침서 작성 - 시공지침서 작성
강판전단벽 시스템	100	- 광주 실물 실험 - Mock up 구조실험 결과 분석 - Mock up 적용결과 보완 - 사용자 매뉴얼 작성
단변방향 벽체 및 조적벽체 보강	100	- 유형별 시공방안 제안 - 보강기술별 설계방안 제시 - 벽체보강 종합 설계안 수립
수평증축접합부의 구조성능개선	100	- 접합부 기술별 설계방안 제시 - 증축접합부 설계 수립 및 사용자 매뉴얼 작성

2. 관련분야에의 기여도

기술적인 측면에서는 노후 공동주택의 통합 성능평가 기법을 활용하여 리모델링 시점을 정확히 판단하고 해당 주택의 필요한 리모델링 공사의 접근방법을 제시할 수 있어 리모델링 효율을 증가시킬 수 있을 것이다. 기존의 공동주택의 리모델링 시 여러 건축분야가 유기적으로 연계하여 개발된 리모델링 공법 및 요소기술을 적용함으로써 노후화된 건축물의 안정성, 편의성, 효율성 등의 측면에서 성능개선효과를 극대화할 수 있다. 또한 리모델링 표준

모델의 개발을 통하여 아직 개발이 미흡한 리모델링 시장에서 선두적인 역할을 할 것으로 기대된다.

(1) 구조물해체시의 구조보강법의 정립
(2) 구조물의 해체시와 보강이후의 구조거동 예측
(3) 구조물의 보강시의 성능평가
(4) 노후화된 콘크리트 구조물의 성능 예측을 통해 효율적인 유지관리가 가능
(5) 향후 각종 콘크리트 구조물의 보수·보강의 기초 자료로 활용
(6) 합성 접합부의 활용
(7) 철골건물 적용에 국한되어 있던 기존 방법의 복합적 활용성 제고
(8) 강화된 내진설계에 적합한 보강기법 확보
(9) 신개념의 보강기구이므로 타 분야의 보강에도 적극적 활용.
(10) 고급보강기술의 사용으로 인한 리모델링된 노후화 공동주택의 이미지 제고
(11) 설비시스템 설치를 위한 체계적인 구조보강기법 확보

경제 산업적 측면은 노후 건축물의 통합 성능평가 기법을 통하여 리모델링 공사뿐만 아니라 신축건물의 성능평가에도 활용할 수 있으며 새로이 개발될 리모델링 요소기술은 비용, 공기, 사용자 편의성, 친환경성 등을 만족시켜 리모델링 공사의 경제성 및 효율성을 향상시킬 것으로 기대된다. 또한 리모델링 요소기술 및 시공지침 및 디테일을 바탕으로 한 리모델링 표준모델과 리모델링 활성화 방안을 제시함으로써 현재 미약하게 시행되고 있는 공동주택의 리모델링을 크게 활성화 시킬 것으로 예상되어 자원의 낭비를 줄이고 건설폐기물 발생을 줄여 국가적으로 막대한 경제적 이익과 함께 환경적인 측면의 효과가 기대된다. 그리고 리모델링 요소기술 개발을 통하여 유관산업의 활성화 효과도 커 국가산업 성장 또한 기대된다.

(1) 접합부의 주재료인 강재의 수급의 활성화
(2) 리모델링, 리노베이션 사업의 활성화
(3) 철근콘크리트 구조물의 사용수명을 연장할 수 있어 큰 경제적 효과 기대

(4) 리모델링 시 재건축에 비해 상대적으로 짧은 공기로 인한 큰 경제적 효과 기대

(5) 기존의 습식 방법이 아닌 건식 공법으로 공기단축 가능

(6) 자중을 감소시켜 추가적인 기초보강에 따른 비용추가 최소화

전략적인 측면에서는 공동주택 뿐 아니라, 기타 모든 건축물로 확대되어 활용될 가능성이 매우 높으며 그렇게 될 경우 건설과 관련된 시공성 향상 기술을 높일 수 있는 유관 산업의 발전에도 기여할 수 있다. 또한 리모델링 요소기술은 리모델링 시장뿐만 아니라 건설자재, 설비를 비롯한 제조업에 미치는 영향이 커 향후 리모델링 시장이 확대되고 활성화될 경우 이들 산업에 큰 생산수요를 발생시켜 산업적 기대효과가 매우 크다. 게다가 연구종료 후 국내의 시장 뿐 아니라 국외의 건설시장에도 진출이 가능하며 이로 인한 수출증대와 향후 외국기업의 국내 시장 진출 시 리모델링 분야에서 국제적 기술우위를 통해 경쟁력 확보 및 해외로의 자본 유출을 방지할 수 있다.

(1) 해외 선진기술의 습득 및 기술배양으로 국내 적합한 기술 변형 및 수출기대

(2) 리모델링관련 분야 전문인력 양성 및 교육

제 3 절 설비성능 개선 기술

1. 연구개발목표 달성도

가. 1차년도

표 4-11 설비성능 개선기술 1차년도 연구개발 목표 달성도

구 분		목 표	달성도 (%)	내 용
3세부과제	3-1	문헌 및 사례조사를 통한 현황 분석과 분야별 필요 요소기술 도출	100%	■ 기존 연구 문헌 및 관련 법규 검토 ■ 국내외 공동주택 리모델링 사례 및 최근 분양주택 현황 분석 ■ 설문 및 인터뷰를 통한 노후 공동주택 현황 파악 및 리모델링 요구 모델 도출 ■ 노후 공동주택 리모델링 시 연구가 필요한 필요 요소 기술 도출
	3-2	노후 공동주택의 공기환경 성능지시자의 개발	100%	■ 국내외 환기량 관련 문헌 조사 ■ 환기 관련 국내법규 조사 ■ 공동주택 환기 실태 조사 ■ 공동주택 침기 및 환기 시뮬레이션 수행 ■ 환기성능에 영향을 미치는 인자 조사 ■ 성능지시자의 개발 및 제안
	3-3	홈오토메이션 및 보안 시스템 현황파악/분석 및 요소기술 개발 방향 설정	100%	■ 홈오토메이션 시스템 기기 · 장비 조사/분석 ■ 홈오토메이션의 프로토콜 및 신호체계 정리 및 수립 ■ 홈오토메이션 수요자 선호도 조사/분석 ■ 홈오토메이션 기반의 실내환경 통합조절시스템 개념정립
	3-4	노후공동주택 음향성능 평가도구 개발 (당초 목표)	100%	■ 관련 법규와 설문, 측정 결과 등의 분석을 통하여 다섯 가지 척도의 노후 공동주택 음향성능 평가도구 개발
		바닥충격음 차단성능의 매커니즘 연구 (추가 목표)	100%	■ 노후 공동주택(벽식구조)이 특히 중량 바닥충격음 차단성능에 취약성이 있어 현재의 기술로는 법규상의 설계기준 및 성능기준을 만족할 수 없음. 따라서 이를 해결할 수 있는 건식패널시스템의 개발이 필요하며, 2~3차년도의 본격 개발과정을 위해 선행연구를 수행

나. 2차년도

2차년도 연구개발 중 홈오토메이션 및 보안 시스템의 연구과제의 경우 홈오토메이션 적용은 특성상 구조적/공간적인 영향을 적게 받기 때문에 리모델링과 신축건물의 차별성이 덜한 이유와 기존 시설 노후화에 따른 대체기술과 새로운 시스템을 도입할 때 고려해야 할 사항 등을 집중하여 연구하는 것이 리모델링에 합당하다고 판단되어, 설비/난방 성능 향상에 대한 기술 개발이 필요하도고 판단되어 연구기간 중 “리모델링을 고려한 건식온돌 패널의 요소기술 개발”로 주제가 변경되었다.

변경된 주제를 포함하여 2차년도 노후 공동주택의 환경/설비 성능 개선을 위한 리모델링 요소 기술의 연구목표 및 평가 착안점, 달성도는 다음과 같다

표 4-12 설비성능 개선기술 2차년도 연구개발 목표 달성도

구 분		목 표	달성도 (%)	내 용
3 세부과제	3-1	도출된 분야별 요소기술의 분석 및 개발	100%	■ 국내 공동주택 세대내 설비요소별 제품 현황 분석 ■ 공동주택 대표 평면 유형별 건축 및 설비 현황 검토 ■ 리모델링 및 유지보수 저해 요인 분석 ■ 위생배관 수용을 위한 샤프트 계획(안) 수립 ■ 리모델링 유형별 샤프트 및 단면 계획(안) 도출 ■ 평면확장시 실내환경 및 에너지소비에 영향을 미치는 벽체 단열조건 검토
	3-2	노후공동주택의 최적 환기시스템 개발	100%	■ 환기시스템 사례조사 및 검토 ■ 환기 시뮬레이션을 통한 설계변수 검토 ■ 설계변수 및 목적함수에 대한 최적화 알고리즘 선정 ■ 환기 시뮬레이션 툴과 최적화 알고리즘의 결합방안 검토 ■ 지역별, 평형별 최적 환기시스템 출

	3-3	리모델링을 고려한 건식온돌패널의 요소기술 개발	100%	■ 건식온돌패널의 현황 파악 및 적용 사례조사 ■ 건식온돌패널 개발시 고려해야할 주요 성능 검토 ■ 리모델링을 고려한 건식온돌패널의 최적패널 구성안 도출 ■ 리모델링을 고려한 건식온돌패널의 열성능향상
	3-4	노후공동주택 음향성능 현황 측정 및 분석	100%	■ 1차년도의 음향성능 평가도구 툴에 의해 중량바닥충격음, 경량바닥충격음, 경계벽 차음성능, 급배수설비소음, 외부소음 등의 다섯가지 평가항목에 관하여 음향성능 현황을 측정하고 분석함. ■ 예비측정과 연구단 시범적용 예정지구의 하나인 제주대학교 교수아파트를 대상으로 측정하였으며, 잔여 연구기간중 다른 시범적용지역인 서귀포 동홍지구에 대하여 측정할 수 있도록 노력중임.
		리모델링시 개선 목표 설정	100%	■ 제주대학교 교수아파트를 중심으로 다섯가지 평가항목을 측정하여 개선 목표를 설정하였음. 설정의 근거는 건축관련 법규와 제도, KS의 규정 및 제정 시안 등임

다. 3차년도

표 4-13 설비성능 개선기술 3차년도 연구개발 목표 달성도

구 분		목 표	달성도 (%)	내 용
3세부과제	3-1	노후 공동주택의 설비성능 개성을 위한 위생배관 시스템 개발	100%	■ 욕실 평면 유형을 3가지 분류하고 대안별 위생배관시스템 평면 및 단면 계획안 도출 ■ 동 단위 위생배관 시스템 계통 계획안 도출 ■ 개발된 위생배관시스템의 안정성 검토를 위해 급수압력 및 수충격 시뮬레이션 수행 ■ 샤프트+층상피트형 단위세대 욕실 평면 유형에 대하여 뜬바닥 구조의 개발된 위생배관 시스템 개념을 도입하여 목업 테스트 수행
	3-2	리모델링을 고려한 건식온돌패널의 설계 및 시제품 제작	100%	■ 건식온돌패널의 설계 및 최적패널 구성안 수정/보완을 통한 시제품 제작 ■ 건식온돌패널 시제품에 대한 시범적용 및 성능 분석 ■ 건식온돌패널 시제품의 시범적용 적용 전략 수립
	3-3	노후 공동주택의 환기시스템 최적 환기전략 수립	100%	■ 환기시스템 제어 전략에 대한 사례조사 및 검토 ■ 환기전략에 따른 수학적 모델링 ■ 문헌조사, 설문조사, 실험을 통해서 13개의 불확실 파라미터 선정 ■ 4가지 평가기준에 따른 최적 환기전략 수립 ■ 지역별, 평형별 최적 환기전략 수립
	3-4	음향성능 평가 요소별 개선방안 개발	100%	■ 경/중량바닥충격음 차단성능 개선안 개발 ■ 급배수설비소음 개선안 개발 ■ 세대간경계벽 공기전달음 차단성능 개선안 ■ 외부소음 및 내부소음 환경 개선안 개발

라. 4차년도

표 4-14 설비성능 개선기술 4차년도 연구개발 목표 달성도

구 분		목 표	달성도 (%)	내 용
3 세 부 과 제	3-1	노후 공동주택의 설비성능 개성을 위한 위생배관 시스템 개발	100%	■ 개발된 위생배관시스템의 시험시공 후 적용성 검토를 통해 개발된 요소 기술 보완 ■ 시범적용 단지에 보완된 위생배관시스템 설계 적용 ■ 개발된 위생배관 시스템의 민간 시범적용 적용을 위한 설계 검토
	3-2	리모델링을 고려한 건식온돌패널의 설계 및 시제품 제작	100%	■ 건식온돌패널의 시범적용 적용성 평가 ■ 시범적용 적용시 건식온돌패널의 모니터링 및 기술원 ■ 노후 공동주택의 리모델링을 고려한 건식온돌패널 적용 프로세스 정립
	3-3	시작품 제작 및 시범적용을 통한 환기시스템 성능 및 적용성 분석	100%	■ 개발된 환기시스템의 시범적용 적용을 통한 성능평가 ■ 환기시스템 적용성, 신뢰성, 실용성, 경제성 분석
	3-4	음향성능 평가 요소별 개선방안 개발	100%	■ 음향성능에 대한 평가 지표를 통한 법규변경 ■ 시범적용 단지에 음향성능 개선 모델을 적용하여 적용성 평가 개발

마. 5차년도

표 4-15 설비성능 개선기술 5차년도 연구개발 목표 달성도

구 분		목 표	달성도 (%)	내 용
3세부과제	3-1	노후 공동주택의 설비 성능개선을 위한 위생배관 시스템 개발	100%	▪ 개발된 위생배관 시스템의 시범적용 성과 분석 ▪ 노후 공동주택을 위한 위생배관 시스템 표준 모델 제시 ▪ 시범적용단지 적용 후 개발된 위생배관 시스템의 현장 적용 가이드 및 지침 작성
	3-2	노후 공동주택의 리모델링을 고려한 건식온돌패널의 표준 모델 및 설계/시공 지침	100%	▪ 건식온돌패널의 시범적용 성과 분석 ▪ 노후공동주택의 리모델링을 위한 건식온돌패널의 표준 모델 제시 ▪ 건식온돌패널의 설계/시공 지침 제시
	3-3	환기 리모델링 시스템 표준 모델 제시	100%	▪ 한국형 최적 환기시스템의 현실성 및 효율성 분석 ▪ 환기 시스템의 실용화 사업화
	3-4	음향성능 평가 요소별 개선방안 개발	100%	▪ 음향성능개선 모델의 수정 및 보완, 매뉴얼 제작

2. 관련분야의 기여도

본 연구의 기술적 측면에 기여도는 건식온돌패널 기술의 경우 리모델링되는 공동주택에 건식온돌패널이 사용되기 위한 검토를 건식온돌패널 적용 프로세스를 활용하여 단 시간 내에 편리하게 할 수 있으므로 건식온돌패널을 활용한 리모델링이 활성화가 가능하다는 것이다. 위생배관 시스템 개발의 경우, 현재 국내 공동주택에서 리모델링시 적용할 수 있는 위생배관 시스템의 한 유형으로 활용할 수 있으며, 기존 위생배관 시스템의 유지보수 및 리모델링 대응성을 상당부분 개선시킬 수 있는 기술로 리모델링에서 적극적으로 활용할 수 있을 것이다. 리모델링 환기시스템 기술의 경우 환기 시스템의 최적 설계 및 제어 알고리즘은 첨단 요소 기술을 환기 산업분야에 제공하였고, 다양한 평가기준 (초기투자비, 운영비, 불만족도(PD), CO2농도)에 대한 성능평가를 실시함으로써, 의사결정자 (DM)들 에게 객관적이고 투명한 정보를 제공해 줄 수 있다. 또한 환경/설비 전반에 대한 리모델링 가이드라인을 제시함으로써 노후 공동주택의 리모델링을 통한 환경/설비 성능 향상을 기대할 수 있다.

경제· 산업적 측면의 기여도는 노후 공동주택의 설비성능개선을 위한 리모델링 기술을 개발하고 실제 시범적용을 통해 적용함으로써 실무에 활용할 수 있는 기술 기반을 마련이 가능하다는 것이다. 또한 현재 다공정의 열악한 시공수준의 습식온돌패널에 대하여, 열성능/음성능 향상을 꾀할 수 있는 건식온돌패널의 개발을 통해 온돌난방시스템 관련 시장의 통합화 및 시스템화 가속화할 수 있다. 리모델링 환기시스템 시스템을 통하여 다양한 환기전략에 대해 시범적용단지에 적용하여 비교·분석함으로써 국·내외 환기산업에 큰 시장을 제공이 가능하다. 뿐만아니라 시스템의 적용성, 신뢰성, 실용성, 경제성 분석을 함으로써 환기시스템의 수요증가 및 초기투자비용 절감 효과를 줄 수 있다. 음향성능 평가도구 및 개선 분야의 기술력 강화를 통해 기존 노후 공동주택의 재건축을 지양하고 리모델링을 유도함으로써 사회적 비용 절감 효과를 줄 수 있다.

제 4 절 친환경 확보 기술

1. 연구개발목표 달성도

가. 1차년도

표 4-16 친환경 확보기술 1차년도 연구개발 목표의 달성도

구분	목 표	달성도(%)	내 용
친환경 소재를 활용한 리모델링 시공 및 관리기술 개발	리모델링 시 친환경 소재의 적용 현황 및 적용기준 파악	100	▪ 현재 공동주택 리모델링 시 친환경 상품인증원에 등록된 친환경 제품을 적용 ▪ 친환경 제품의 주요 평가기준은 실내 및 대기오염저감, 유해물질저감, 자원 및 에너지 저감, 자원재활용, 폐기물 감소 등임. ▪ 리모델링 공사에서 친환경 소재의 반영 시 거주자의 의견수렴이 체계적으로 이루어지지 못함.
	공동주택 건설에서의 친환경 소재 변천과정 정리	100	▪ 신도시의 건설 등 대규모 공동주택이 건설된 시점을 기준으로 실내 마감재료 변천과정을 4단계로 구분 ▪ 공동주택 실내 마감재료에 친환경 소재의 적용과정을 분석
	친환경 소재에 대한 거주자 요구사항 파악	100	▪ 실내 마감재료의 친환경 성능 정리 ▪ 친환경 상품인증기준 검토 ▪ 공동주택 마감재료의 친환경 성능에 대한 거주자 요구사항 설문조사 수행
	친환경 소재 적용 시 경제성 확보방안 제시	100	▪ 친환경 소재에 대한 거주자 요구사항의 우선순위에 따른 실내 마감재료의 선정을 통한 경제성 확보방안제시
	현장공해 발생에 관한 현황조사 및 문제점 파악	100	▪ 리모델링 수행 경험이 있는 시공사의 현장소장급 실무자 면담 수행 ▪ 현장공해의 대처방안의 문제점과 애로사항을 도출
	현장공해 저감 대책의 제안	100	▪ 체계적이고 친환경적인 현장관리 방안 제안

나. 2차년도

표 4-17 친환경 확보기술 2차년도 연구개발 목표의 달성도

구분	목 표	달성도 (%)	내 용
친환경 소재를 이용한 리모델링 시공기술 개발	친환경 소재의 경제성 분석 방법 제시	100%	▪ 각종 경제성 분석 방법 검토 ▪ LCA(Life Cycle Assessment)기법 검토 ▪ 리모델링 시공단계 뿐만 아니라 전체 리모델링 프로세스 고려할 수 있는 경제성 분석 방법 제시
	친환경 소재 적용시 구체적이고 정량적인 경제성 확보방안 제시	100%	▪ 친환경 소재에 대한 거주자 요구의 명확한 정의, 논리적 정리 ▪ 거주자 요구를 만족시키는 다양한 대안의 제시 ▪ 친환경 소재에 대한 거주자 요구사항의 우선순위를 고려한 경제성 분석 및 경제성 확보방안 제시
	리모델링 공사의 철거 작업의 합리화를 통한 체계적이고 친환경적인 현장관리 방안 개발	100%	▪ 리모델링 시공프로세스 상에서 발생하는 철거작업 파악 ▪ 철거작업의 발생원인 및 전체공사에 미치는 영향 파악 ▪ 철거작업의 통합 가능성 검토 ▪ 체계적이고 친환경적인 현장관리 방안 제시

다. 3차년도

표 4-18 친환경 확보기술 3차년도 연구개발 목표의 달성도

구분	목 표	달성도 (%)	내 용
친환경 소재를 이용한 리모델링 시공기술 개발	선정된 마감재료의 리모델링 비용개선효과 검증	100%	▪ 친환경 소재의 경제성 분석 ▪ 최적의 친환경 마감재료 제시
	노후 공동주택 리모델링 공사의 철거공정계획 (공사프로세스)제시	100%	▪ 리모델링 철거공사 계획 작성 ▪ 철거공사계획 Framework 개발 ▪ 친환경 철거공사 프로세스 모델 개발

라. 4차년도

표 4-19 친환경 확보기술 4차년도 연구개발 목표의 달성도

구분		목 표	달성도 (%)
친환경소재를 이용한 리모델링 시공기술 개발	시범사업을 대상으로 한 마감제시 및 경제성/시공성 분석	100	▪ 광주 친환경 철거 공사의 경제성 분석 ▪ 광주 친환경 철거 공사의 시공성 분석
	시범사업 철거프로세스 제시 및 경제성/친환경성 분석	100	▪ 광주 친환경 철거 프로세스 제시 ▪ 광주 친환경 철거 공사의 경제성 분석 ▪ 광주 친환경 철거 공사의 시공성 분석
	성과분석 체계 수립	100	▪ 친환경 철거 공사의 비용 및 성과 분석 체계 수립
	모니터링 및 성과측정	100	▪ 친환경 철거 공사의 모니터링 ▪ 친환경 철거 공사의 성과 분석

마. 5차년도

표 4-20 친환경 확보기술 5차년도 연구개발 목표의 달성도

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
친환경소재를 이용한 리모델링 시공기술 개발	친환경 리모델링 시공기술의 개념 정립 및 개발 가능한 기술 파악	100	▪ 실내 마감재료의 친환경 성능 정리 ▪ 공동주택 마감재료의 친환경 성능에 대한 거주자 요구사항 설문조사 ▪ 공동주택 부위별 거주자가 요구하는 마감재료 제시 ▪ 현장공해의 종류, 발생패턴 파악 ▪ 현장에서 수행하고 있는 대처방안 조사 ▪ 체계적이고 친환경적인 현장관리 방안 제안
	친환경 소재 및 부품 활용방안 개발	100	▪ 친환경 소재의 경제성 분석 방법 제시 ▪ 친환경 소재 적용시 구체적이고 정량적인 경제성 확보방안 제시
	친환경 리모델링 시공기술 개발	100	▪ 리모델링 공사의 철거 작업의 합리화를 통한 체계적이고 친환경적인 현장관리 방안 개발
	시범사업에 적합한 실내 마감재료 제시 마감수준 및 친환경 소재의 등급에 따른 실내 마감재료 경제성 평가	100	▪ 선정된 마감재료의 리모델링 비용개선효과 검증 ▪ - 친환경 소재의 경제성 분석 ▪ - 최적의 친환경 마감재료 제시
	노후 공동주택 리모델링 공사의 철거공정계획 작성	100	▪ 노후 공동주택 리모델링 공사의 철거공정계획(공사프로세스)제시 ▪ - 리모델링 철거공사 계획 작성 ▪ - 철거공정계획 Framework 개발
	공공, 민간시범사업 기술지원 및 성과분석	100	▪ 광주 목업 대상건물에 친환경 철거공사 프로세스 적용 및 평가 ▪ 친환경 철거공사 성과분석 체계 개발 ▪ 친환경 철거공사 경제성/시공성 분석
	친환경 리모델링 철거 공사 프로세스 보완 및 표준공정 개발 친환경 리모델링 철거공사 매뉴얼 작성	100	▪ 철거공사 시 유의사항 수정/보완 ▪ 친환경 철거공사 매뉴얼 작성

2. 관련 분야에의 기여도

친환경 리모델링 시공기술의 관련분야 기여도는 첫째로 친환경 리모델링 공사 유도가 가능하다는 것이다. 리모델링 공사단계 중에서 대부분의 폐기물이 발생하는 단계는 철거공사 단계이다. 기존의 리모델링 철거는 선철거 후 분리방식으로 공사를 수행하고 있으며 이로 인하여 다량의 혼합폐기물을 장외로 반출한 후 폐기물 중간처리 업체에서 재분류하고 있다. 이에 따라 폐기물의 재활용율의 저하, 재활용 부품의 품질저하, 후 분리 작업에 비용의 발생 등의 문제점이 발생한다. 본 연구를 통하여 개발한 친환경 리모델링 철거공사 프로세스는 현장에서 폐기물의 선별분리기 가능한 기술으로 철거공사에 있어 친환경적인 개념을 도입하여 향후 리모델링 철거공사 수행방식을 변화시킬 수 있을 것으로 기대한다. 둘째는 친환경 소재 선정/평가 기준 활용하여 합리적이고 체계적인 마감재료 적용이 가능하다는 것이다. 노후 공동주택 리모델링 공사에 적용되는 실내 마감재료는 사업자에 의해 일괄적으로 선정된다. 마감재료 선정과정에 거주자의 의견을 수렴하는 과정을 포함시켜야 하며, 거주자로 하여금 의사결정을 할 수 있는 기본적인 자료를 제안할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 실내 마감재료의 평가항목, 평가기준, 평가결과의 프레젠테이션 방식을 제안하여 거주자가 실내 마감재료를 선정할 수 있는 방을 제안하였다. 이를 활용하여 실내 마감재료의 선정 및 적용시 거주자의 만족를 높일 수 있을 것으로 기대한다.

제 5 절 성능/경제성 평가기술

1. 연구개발목표 달성도

가. 1차년도

표 4-21 성능/경제성 평가기술 1차년도 연구개발목표 달성도

연구목표		달성도 (%)	내용
경제성과 시공성을 고려한 리모델링 성능개선 기술의 평가기법 개발	리모델링의 경제성에 제 측면 파악	100	리모델링 프로젝트의 경제성과 소요기술의 경제성(시공성) 파악
	리모델링 소요기술의 경제성에 관한 입장	100	리모델링 소요기술의 경제성 및 시공성의 일반성과 특수성 파악

나. 2차년도

표 4-22 성능/경제성 평가기술 1차년도 연구개발목표 달성도

연구목표		달성도 (%)	내용
경제성과 시공성을 고려한 리모델링 성능개선 기술의 평가기법 개발	기존 공동주택의 리모델링 용이성 평가기법 개발	100	▪ 기존 건축물의 용적율, 형상적(Ex: 층고), 구법적(Ex: 벽식)특성 등을 요구 수용의 가능성, 즉 리모델링 설계의 자유도 차원에서 객관적, 체계적으로 평가하여 리모델링 설계에 적용(거시적 판단 - 주동 중심의 평가) ▪ 목적 및 목표 달성의 경제적 가능성 을 가늠하기 위하여 철거, 해체, 이동의 용이성을 평가(미시적 판단-세대중심의 평가)

	공개된 리모델링 소요기술의 경제성 (시공성)평가 수법 확립	100	▪ 기 진행된 사례의 리모델링 비용구조 및 소용비용 분석과 자문 회의 결과를 통한 분석 리모델링 경제성 확보를 위하여 개발이 필요한 소요기술 파악 ▪ 현재 사용되어지고 있는 기술과 연구단에서 개발 중인 리모델링 소요기술의 경제성을 분석 하여 기술 개발의 목표 설정 ▪ 대상 기술의 평당 공사비를 계산하여 전체 공사비의 비중을 파악하고 기 개발 중인 리모델링 소요기술과 비교 분석

다. 3차년도

표 4-23 성능/경제성 평가기술 3차년도 연구개발목표 달성도

구분	목 표	달성도 (%)	내 용
리모델링 성능평가 및 경제성 평가	기존 공동주택 리모델링 전·후의 성능평가 체계확립	100	▪ 향후 예상되는 상당수 건설물량의 리모델링 증가 등을 고려, 신축 시 설계 성능평가 뿐 아니라 기존주택의 성능평가→리모델링 설계 성능평가→리모델링 시공현황평가→리모델링 준공평가 프로세스를 개발 ▪ 내구성 및 안전성, 전유공간 거주성 및 위생성, 노약자 배려성, 유지 관리성, 외피 및 외부공간 친환경성, 방범성 부분별 범주 및 세부항목을 도출
	리모델링 요소기술의 성능 및 적용성 평가와 그 결과의 지식기반 구축	100	▪ 기술분야, 적용대상, 적용부위, 적용목적, 적용방법, 주된 효과 및 특징 분야의 세부항목을 도출 ▪ 성능부문, 성능범주, 성능항목, 성능세목의 평가항목(안) 도출 ▪ 비용의 경제성, 시공성, 작업 안정성, 생산단계 에너지 절감성능, 생산단계 친환경성의 평가 항목(안)을 도출
	기존 공동주택 개선 방안의 경제성(투자타당성)상대적 평가	100	▪ 평가의 전제조건 및 대안 설정 ▪ 현실적으로 노후화된 기존 건물이 있는 경우 「리모델링」 ▪ 「재건축」 「유지보수」 등의 투자 타당성을 비교
BIM기반 공정/공사비 시뮬레이션 모델 개발	부위별 시공기술 구체화	100	▪ 발코니 확장기술 구체화 ▪ E/V 확장기술 구체화 ▪ 계단실 확장기술 구체화 ▪ 기타 확장기술 구체화
	표준 평면확장 시공 프로세스 모델 개발	100	▪ 표준 공정 모델 개발 ▪ 표준 비용 모델 개발
	최적 공정/비용 통합 프로세스 모델 개발	100	▪ 공정/비용 Trade-off 방안 수립 ▪ 최적 공정/비용 모델 개발
	평면확장 시공 Guideline 개발 방향 수립	100	▪ 평면확장 시공 Guideline 개발방향 수립

라. 4차년도

표 4-24 성능/경제성 평가기술 4차년도 연구개발목표 달성도

구분	목 표	달성도 (%)	내 용
리모델링 성능평가 및 경제성 평가	리모델링 요소기술의 성능 및 적용성 평가와 결과의 지식기반 구축(5차년 까지 연속)	100	▪ 연구단 요소기술의 성능 평가 ▪ 적용결과 지식기반 구축을 위한 DB작업
	기존 공동주택 리모델링 전·후의 성능평가 수법 개발	100	▪ 기존 공동주택의 성능평가 방안 도출 ▪ 리모델링 후 공동주택 성능평가 방안 도출 ▪ 리모델링 전/후 성능평가 방안 도출
	리모델링 요소기술의 LCC분석 및 LCC에 근거한 리모델링 요소기술의 경제적 조합 방법 개발	100	▪ 연구단 요소기술의 LCC 분석 틀 작성 ▪ 연구단 요소기술의 LCC 분석을 통한 경제성 검토
BIM기반 공정/공사비 시뮬레이션 모델 개발	시범사업 적용을 위한 평면확장 3D 모델링	100	▪ 민간시범단지 적용을위한 3D 모델링 수행
	최적화 공정/비용 시뮬레이션 적용	100	▪ 공정/비용 Data의 민간시범단지 적용 ▪ 민간시범단지의 비용, 시간 Data 도출
	5D CAD 자동화 프로그램 개발	90	▪ 공정/비용 자동 산정 프로그램의 Outline도출 ▪ 자동화 프로그램의 interface 개발
	표준 공정/비용 DB 활용한 공정/비용 자동산출	100	▪ 공정/비용 Data의 민간시범단지 적용 ▪ 민간시범단지의 비용, 시간 Data 도출
	최적 공정모델 개발 적용성 검토	100	▪ 민간시범단지의 철거 및 골조 공사의 공사비 도출 ▪ 민간시범단지의 철거 및 골조 공사의 공사기간 도출

마. 5차년도

표 4-25 성능/경제성 평가기술 4차년도 연구개발목표 달성도

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
리모델링 성능평가 및 경제성 평가	리모델링 요소기술의 성능 및 적용성 평가와 결과의 지식기반 구축	100	▪ 요소기술 성능 및 적용성평가를 위한 지표 및 등급 설정 ▪ 지식기반 구축을 위한 프로토타입 개발
	리모델링 요소기술의 LCC분석 및 LCC에 근거한 리모델링 요소기술의 경제적 조합 방법 개발	100	▪ 연구단 요소기술의 LCC 분석 틀 작성 ▪ 연구단 요소기술의 LCC 분석을 통한 경제성 검토 ▪ 연구단 요소기술의 경제적 조합방법 제시
	리모델링 Project Management 현황분석 및 개선안 제안	100	▪ 현행 리모델링 관련 제도 분석 ▪ 공동주택 리모델링의 프로세스 분석 ▪ 제도 및 프로세스 개선안 제안
BIM기반 공정/공사비 시뮬레이션 모델 개발	리모델링 평면확장 DSS 시스템 구체화	100	▪ 리모델링 Scope Breakdown Structure 제시 ▪ BIM 기반 의사결정 지원시스템의 Framework 제시 ▪ BIM 기반 의사결정 지원시스템 체계 구성 ▪ 의사결정 지원시스템 적용성 분석을 위한 Case Study 수행
	리모델링 Time/Cost 정보 데이터 DB 구축	100	▪ 건축물의 실별(室別) 공간을 분류하여 3D 모델의 오브젝트(Object) 및 DB 체계에 적용하기 위한 Location Factor 개발 ▪ Location Factor가 포함된 리모델링 BIM 표준 데이터베이스 체계 구축 ▪ 리모델링 BIM 표준 데이터베이스 구축
	리모델링 BIM 기반 통합 모델링 Guideline 제시	100	▪ 리모델링 BIM 표준 데이터베이스 활용을 위한 3D 모델링 가이드라인 제시 - 기존부위, 철거부위, 신설부위 작성방법 제시 ▪ - Layer Name 설정 방안 제시 ▪ - Location Factor 도입을 위한 모델링 ▪ 방안 제시
	리모델링 표준 공사관리(CM) 매뉴얼 작성	100	▪ 리모델링 공사 관리에 BIM을 활용하기 위한 가이드라인 제시 - 리모델링 공사에 BIM 적용을 위한 Framework 제시 - 리모델링 공사 BIM 적용 프로세스 제시

2. 관련분야에의 기여도

리모델링 성능 및 경제성 평가 연구에서는 비용과 시간에 관한 발주자의 요구 분석과 관련하여 발주자의 경제적 요구에 부응하는 프로젝트 관리 및 리모델링 설계에 기여할 것이다. 기존건축물의 리모델링 용이성 평가 연구를 통해 기존건물의 리모델링 전에 리모델링의 용이성이 판단되고 리모델링 시 및 신축 시에 리모델링이 용이한 설계를 하는데 기여할 것이다. 공동주택 리모델링 전후의 성능평가 연구를 통해 객관적 성능평가로 리모델링의 확실성을 담보하고 중고주택 유통시에 객관적 자료로서 활용될 것이다. 리모델링 요소기술의 성능평가와 지식기반 구축에서는 기술의 성능평가 체계 확립과 기술의 선정에 도움을 줄 것이다. 기존공동주택의 개선방안의 경제성 평가 연구에서는 투기가 아닌 투자의 수익모델을 이용하여 소유자의 의사결정에 기여한다. LCC분석에 근거한 리모델링 요소기술의 경제적 조합 방법개발 연구를 통해 이론적인 발전뿐만 아니라 실무 적용을 통하여 LCC 삭감에 기여할 것으로 기대되며, 리모델링 프로젝트 매니지먼트의 현황분석 및 개선안 제안을 통해 제도 및 프로세스 개선에 기여할 것으로 사료된다.

리모델링 공사의 BIM 도입을 통한 리모델링 공사 비용/공사기간 산출 시스템 개발에 따른 관련 분야에의 기여도는 다음과 같다. 첫째, 리모델링 공사비 및 공사기간 산출의 정확성과 신뢰성을 제고할 수 있다. 3D 모델과 리모델링 BIM 표준 DB를 이용하면 프로젝트 초기 단계에 견적을 수행할 때 객관적이고 합리적인 과정을 통해 비교적 정확하고 신뢰도 높은 물량과 비용, 공사기간을 산출할 수 있을 것으로 판단된다. 기존의 매뉴얼 방식이 2D 도면의 해석에 있어 개인별로 편차를 보이고 물량 산출 방법이 상이하기 때문에 같은 프로젝트에서라도 결과가 다르게 나타날 수 있는 데 반해 개발 기술은 DB에 입력되어 있는 WBS/CBS 및 원가 데이터와 3D 모델링, 그리고 시스템 상의 계산 체계를 기초로 작업이 수행되므로 객관성과 신뢰도 측면에서 개선 효과를 보일 것으로 판단된다. 둘째, 공사비 및 공사기간 산출 작업의 효율성이 증진될 것이다. 프로젝트가 기획단계부터 시공단계로 진행되면서 견적작업과 공정표의 최신화 작업이 빈번하게 수행되게 된다. 이러한 상황에

서 업무프로세스의 비효율성으로 인해 중복작업 및 반복작업이 다수 발생하게 되며 이로 인해 시간과 자원이 낭비되고 있다. 본 연구 결과에서 나타난 것과 같이 BIM에 기반한 리모델링 공사 비용/공사기간 산출 시스템을 활용하면 반복업무를 최소화할 수 있어 업무의 효율성이 높아지고 작업 소요시간이 단축되는 효과를 얻을 수 있을 것이다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

노후 공동주택 성능개선에 관한 국가적인 기술력을 확보하고 리모델링 사업의 활성화에 기여하기 위해서는 연구결과의 전략적인 활용이 중요하다. 따라서 본 연구결과, 개발된 리모델링 기술의 실용화 방안과 사업 활성화를 위한 전략적인 접근방향을 다음 그림과 같이 제안할 수 있다.

연구개발의 결과를 요약하면, 우선 리모델링에 대한 요구를 충족시키기 위해 거주환경 개선기술, 구조성능 개선기술, 설비성능 개선기술, 친환경 성능확보기술, 성능/경제성 평가기술의 5개 분야로 연구개발을 실시하고 기술적용 및 Test Bed의 결과를 평가하여 개발된 리모델링 요소기술을 가치혁신형 기술, 성능강조형 기술로 재분류 하였다. 가치혁신형 기술은 기존 기술대비 성능, 경제성이 대폭 개선된 기술이며, 성능강조형 기술은 경제성 개선효과는 크지 않으나 성능측면에서 수준이 향상된 기술을 의미한다. 또한 그 동안의 기술개발에도 불구하고 현재의 불합리한 리모델링 제도로 인하여 적용이 힘든 기술을 따로 분류하였다. 또한 리모델링 요소기술을 개발하고 시범사업을 수행하면서 도출한 연구결과를 정리하여 실제 리모델링 사업의 용이한 의사결정을 지원할 수 있는 리모델링 프로그램과 프로그램 별 가이드라인을 제시하여 리모델링 사업에 활용할 수 있도록 하였다.

그리고 기술 개발과정에서 나타난 불합리한 리모델링 관련 제도와 리모델링 사업의 활성화를 위한 제도개선안과 근거자료를 정리하였고 이는 제도를 정비하는 관련기관에서 활용 가능하다. 일반적인 제도개선 절차 중에 연구단의 연구자료를 활용하고 공청회를 비롯한 개선안의 의견수렴 과정에 참여하여 기술적인 부분에 대한 자문과 전문의견 제시를 통하여 관련 제도 정비에 활용할 수 있다. 뿐만 아니라 리모델링 사업의 참여자인 리모델링 조합, 설계자, 시공자 사이에 연구단이 참여하여 연구결과를 활용하는 모델을 다음과 같이 제시할 수 있다. 우선, 리모델링 조합에 본 연구결과인 리모델링 프로그램, 사업성 평가 시스템을 통하여 리모델링 옵션 별 사업성 변화를 빠른 시간내에 제공하고, 리모델링 사업의 최적화된 방향을 선정할 수 있도록 컨설팅이 가능하다.

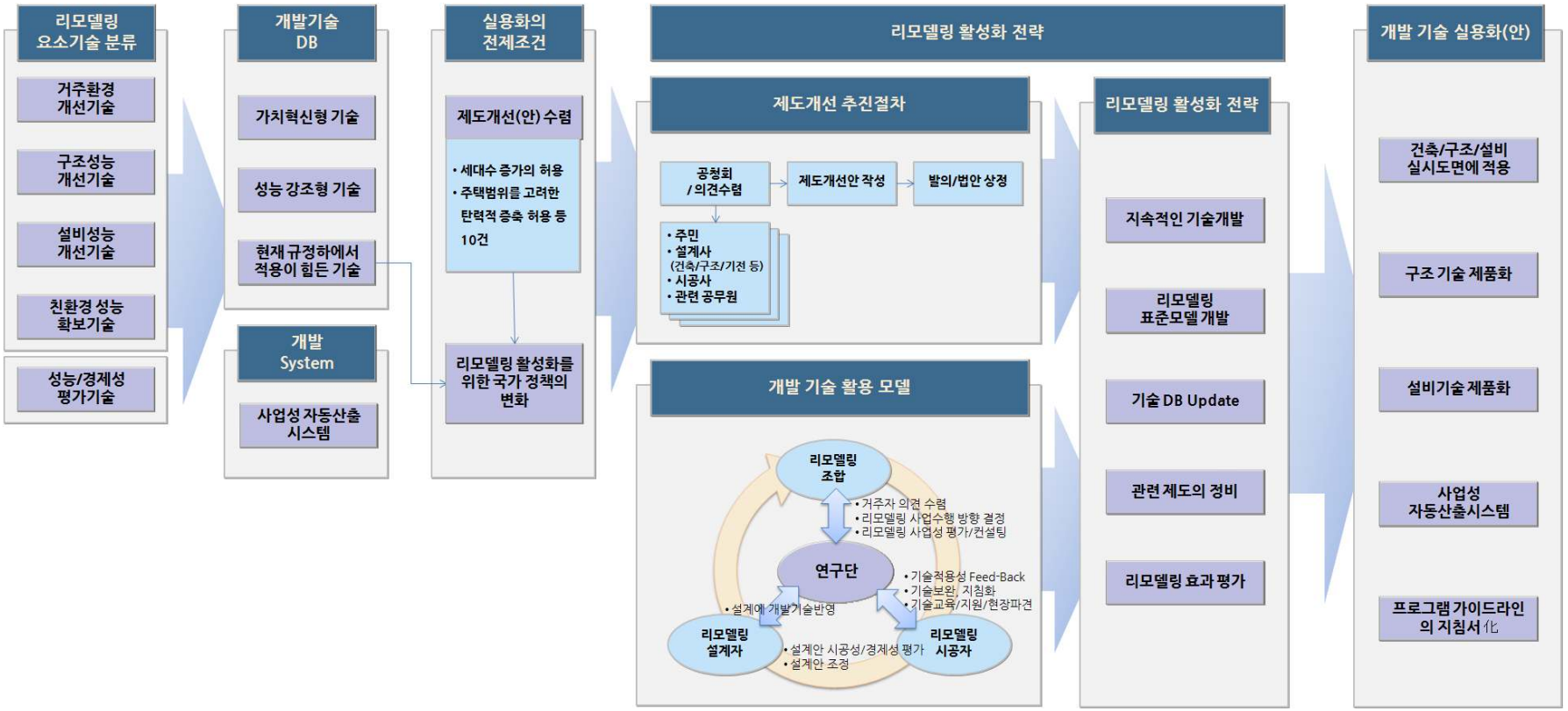


그림 5-1. 연구개발결과의 활용전략

또한 리모델링 설계자에게 거주민의 리모델링 사업에 대한 의견수렴부터 설계안을 작성하는 일련의 과정, 표준화된 평면유형, 개발 기술의 디테일 등을 제공하여 거주자의 만족도가 높은 설계안을 제안할 수 있도록 지원할 수 있다. 그리고 리모델링 시공자에게 개발 기술의 가이드라인, 지침을 제공하고 필요시 기술교육/지원/현장파견의 업무를 수행할 수 있다. 본 연구단이 실제 리모델링 사업에 참여하게 된다면 이러한 기술활용 모델을 바탕으로 유기적인 사업수행을 지원할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 개발기술이 적용된 설계안을 시공사와 조율하여 성능개선 및 사업성 측면에서 최적화된 기술을 전략적으로 적용하고 기술을 업그레이드 할 수 있을 것이다.

본 연구결과의 실용화의 전제조건은 리모델링 시장이 활성화에 있다. 따라서 리모델링 활성화를 위한 전략을 다음과 같이 제시할 수 있다.

리모델링 활성화 전략은 리모델링 관련 제도를 시급히 정비하여 리모델링 사업을 활성화 하는 단기적인 접근과 리모델링 사업의 사업성을 개선시키고 국가적인 산업발전 방향에 맞는 지속적인 연구개발과 기술 DB의 업데이트, 그리고 본 연구과정에서 개발한 리모델링 프로그램과 가이드라인과 같은 표준모델을 통하여 실제 리모델링을 실시한 사례가 나타나고 사업 수행결과를 분석하고 홍보하는 중장기적인 접근을 병행하여야 한다.

제 1 절 주거환경 개선 기술

1. 노후 공동주택 평면유형 DB 웹사이트 게재

본 연구에서 리모델링 표준모델 개발작업의 근거자료로서 구축한 노후 공동주택 평면유형 DB 현황은 다음 표와 같다. 본 DB 구축 작업에 의해 총 996개 단위평면에 대해 유형분류 작업을 실시한 결과 각 단위평면에 고유 분류코드가 부여되었으며, 각 분류코드에 해당하는 평면유형은 총 201개로 압축되었다. 이러한 작업은 국내 공동주택 단위평면이 유사 전용면적 규모에서 대체적으로 유사한 레이아웃을 가지며, 우세한 소수 평면형이 존재하므로 특히 유효하다. 이와 같은 관점은 본 리모델링 표준모델 개발연구의 근거가 되며, 기존의 사례연구에 그치던 리모델링 계획기법 관련연구와 달리 유형분류 기준에 의한 체계적 기법개발을 가능하게 한다. 본 DB는 리모델링연구센터(가칭) 웹사이트에 게재할 예정이며, 관련 후속연구 등의 근거자료로 활용 가능하다. 지속적으로 누적되는 노후 공동주택 재고유형에 대해서는 차후 지속적 업데이트가 요구된다.

이에 대한 구체적인 후속 연구 방안으로는 본 연구단 각 세부 별 책임자들의 동의하에 리모델링 연구센터(가칭) 설립 방안을 모색하고, 노후 공동주택 평면유형 DB에서 나아가 본 연구단 세부별 요소기술들을 디지털화 해 웹사이트에 소개하여 리모델링에 대한 일반에 홍보, 보급 활성화에 이바지 할 계획이다. 덧붙여 노후 공동주택 평면유형 DB 자료에 대해서는 후속 연구지원이 가능하다면 웹사이트 게재에 그치지 않고, 시간의 흐름에 맞추어 리모델링이 요구되는 15년 이상의 서울시 아파트 재고에 대해서 지속적으로 업데이트 해 나간다면 본 연구가 종료된 후에도 연구자료로써 활용될 수 있을 것이다

표 5-1 노후 공동주택 DB 구축(서울, 2006년 기준 20년 이상 경과)

구□ 분	조 사 내 용
단지 차원	▪ 연도별 공동주택의 분포현황 ▪ 지역별 노후 공동주택의 분포현황 ▪ 노후 공동주택의 층수 ▪ 노후 공동주택의 난방방식 ▪ 노후 공동주택의 주차대수 현황 등
단위세대 차원	▪ 지역별 노후공동주택의 분포현황(세대수 기준) ▪ 연도별 공동주택의 건설현황 ▪ 코어형태별 세대현황 ▪ 침실 개수별 세대현황 ▪ 욕실 개수별 세대현황 등

표 5-2 평면자료 현황 및 분류기준

자료수집범위	1986년 이전 건축 서울지역 아파트/288개 단지/총 189,229호
평면수집량	996개 평면, 201개 유형
분류기준 1	코어형태 : C 편복도형 /□ S 계단실형 / T 타워형
분류기준 2	침실개수 : 1~7개
분류기준 3	거실형태 : L 거실독립형 / K 주방통합형
분류기준 4	욕실개수 : 1~3개
분류기준 5	전면베이수 : 1~5개
분류기준 6	후면베이수 : 1~7개
분류코드	코어형태_침실n/거실형태/욕실n_전면베이n_후면베이n_ID

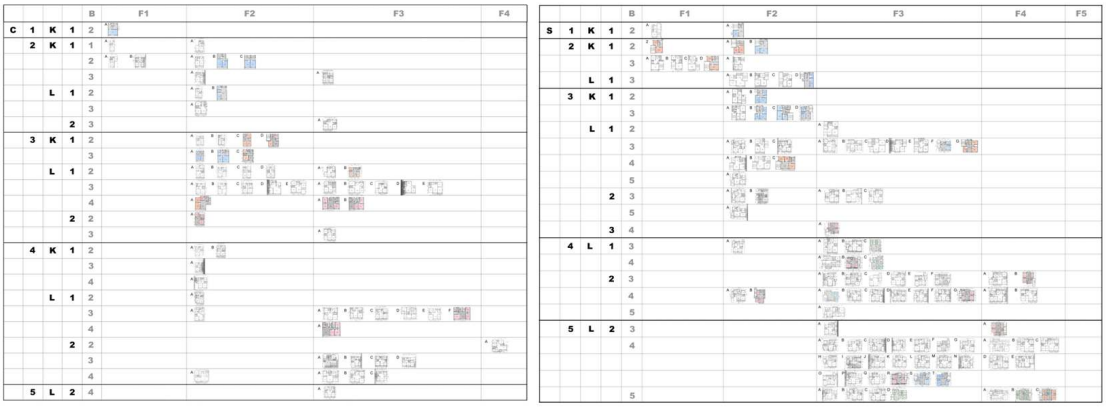


그림 5-2 평면자료분류

표 5-3 평면자료 분류

NO	NID	AREA	UNIT	R_AREA	R_AREA(㎡)	CORE	BR	LDK	BATH	F_BAY	F_BAL	R_BAY	R_BAL	N_TYPE
1	AA01_32_A	32	168	25.59	84.60	S	3	L	1	2	1	3	3	S_3L1_2-3_C
2	AA01_45_A	45	192	37.28	123.24	S	4	L	2	3	2	4	2	S_4L2_3-4_D
3	AA02_30_A	30	30	25.62	84.69	S	3	L	1	2	1	3	2	S_3L1_2-3_C
4	AA02_48_A	48	60	41.94	138.64	S	4	L	2	3	3	4	2	S_4L2_3-4_D
5	AA03_47_A	47	150	40.37	133.45	S	4	L	2	3	2	4	2	S_4L2_3-4_D
6	AA05_32_A	32	108	25.65	84.79	S	3	L	1	2	2	3	1	S_3L1_2-3_C
7	AA05_48_A	48	180	39.87	131.80	S	4	L	2	3	2	4	2	S_4L2_3-4_D
8	AA05_49_A	49	18	40.83	134.98	S	4	L	2	3	2	4	2	S_4L2_3-4_D
9	AA06_32_A	32	54	25.65	84.79	S	3	L	1	2	2	3	1	S_3L1_2-3_C
10	AA06_48_A	48	36	39.87	131.80	S	4	L	2	3	2	4	2	S_4L2_3-4_D
11	AB01_31_A	31	196	23.42	77.42	C	3	L	1	2	2	3	1	C_3L1_2-3_B
12	AB02_33_A	33	380	25.69	84.93	S	3	L	1	2	2	3	2	S_3L1_2-3_C
13	AC01_32_A	32	140	25.62	84.69	S	3	L	1	2	2	3	1	S_3L1_2-3_C
14	AC01_48_A	48	60	40.09	132.53	S	4	L	2	3	3	4	2	S_4L2_3-4_D
15	AC02_46_A	46	560	38.72	128.00	S	4	L	2	3	3	4	2	S_4L2_3-4_D
16	AC03_41_A	41	336	34.86	115.24	S	4	L	2	3	3	4	2	S_4L2_3-4_D
17	AC03_44_A	44	448	38.72	128.00	S	4	L	2	3	3	4	2	S_4L2_3-4_D
18	AC05_31_A	31	120	25.57	84.53	S	3	L	1	2	2	3	2	S_3L1_2-3_C
19	AC05_45_A	45	180	38.64	127.74	S	4	L	2	3	2	4	2	S_4L2_3-4_D
20	AC06_31_A	31	270	25.56	84.50	S	3	L	1	2	2	3	2	S_3L1_2-3_C
21	AC07_31_A	31	140	25.56	84.50	S	3	L	1	2	2	3	2	S_3L1_2-3_C
22	AC07_43_A	43	224	36.53	120.76	S	4	L	2	3	3	4	2	S_4L2_3-4_D
23	AC08_31_A	31	224	25.62	84.69	S	3	L	1	2	2	3	2	S_3L1_2-3_C
24	AC08_41_A	41	252	34.96	115.57	S	4	L	2	3	3	4	2	S_4L2_3-4_D
25	AC10_31_A	31	2674	23.23	76.79	C	3	L	1	2	2	3	1	C_3L1_2-3_B
26	AD01_46_A	46	144	38.25	126.45	S	4	L	2	3	2	4	2	S_4L2_3-4_D
27	AD02_28_A	28	90	21.44	70.88	S	3	L	1	2	2	3	2	S_3L1_2-3_C

2. 일반인이 활용 가능한 리모델링 지침서 발간

본 연구의 성과물인 평면확장 계획기준 및 지침은 기존 평면유형에 따른 평면확장방안을 제시함으로써 리모델링 계획안 작성 및 사업추진 과정에 효율성을 기하고, 계획 실무에 바로 적용 가능하기 위한 목적을 가진다. 이를 위하여 지침 작성 시 사용된 근거자료는 다음과 같다. 첫째, 기존 노후 공동주택 평면유형 분류 및 물리적 규모 분석작업, 둘째, 완공 또는 계획 중인 국내 평면확장 사례분석, 그리고 셋째, 일반인 및 리모델링 사업이 완료 또는 계획 중인 공동주택 단지 주민을 대상으로 한 정량적 사용자 요구분석 작업과 그에 기반한 평면확장 계획 시뮬레이션 작업이다. 이와 같이 본 지침에서는 실수요자의 요구와 구체적 사례분석에 기반한 통합적 계획기준 및 절차모델을 제시함으로써, 그간 전적으로 설계자의 판단에 의해 작성되었던 계획안 작성 및 의사결정과정에 반영 가능한 보다 객관적인 물리적 기준, 체계적 사례 등의 근거자료를 제공하고, 일반적 또는 특수한 상황에서 나타나는 사용자 요구사항을 체계적으로 수렴, 분석하여 제공하였다. 따라서 계획 전문가 및 실무자를 대상으로 개발된 본 평면확장 지침은 리모델링에 관한 지식이 전무한 일반인들에게 또한 충분히 효율적인 지침을 제공할 것으로 판단된다.

즉 주민의사가 반영된 보다 합리적이고 체계적인 의사결정과정에 대한 절차 모델을 제공하고, 차후 리모델링 계획안에 주민들의 요구 및 선호를 보다 효과적으로 반영하여 리모델링 결과에 대한 거주자 만족도를 높이는 데 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 차후 본 평면확장 지침을 일반인 관점에서 활용 가능한 리모델링 지침서로 개정, 발간 시 활용효과가 클 것으로 판단된다.

3. 주차장확장 설계기법 및 시공기술 개발

본 연구의 최종 목적은 단지유형별 확대방식을 분석한 후 각 단지에 적합한 주차장확대방식을 선정하여 입주비율에 따른 주차장확대 공정을 개발하고, 노후화된 공동주택의 주차장확대를 위한 설계 및 시공기술을 개발하는 것이다. 이러한 기술 개발로 기존 공동주택 단지의 주차장이 부족한 경우나 노후 사무실 건축물 등의 리모델링 과정에서 소요되는 주차공간 확장에 적극 활용될 것으로 예상된다.

또한 주차장 확장 시공기술은 지하 주차장의 유형에 가장 적합한 기초 보강기술을 동시에 개발하여 관련 산업에 이전할 수 있을 것으로 생각된다. 리모델링 주차장 공사에서 시범사업에 적용된 기술들(기초보강기술, 소음 · 분진 방지기술 등)을 활용할 것으로 판단된다. 주차장확대 공사 모니터링을 위한 체크리스트 개발은 리모델링 공사의 시공성, 경제성, 환경성을 높여줄 것이다.

4.. 사회적 · 문화적 · 환경적 요구를 반영한 공간부위 별 리모델링 계획요소와 지침

사회적 · 문화적 · 환경적 요구를 반영하여 제시한 리모델링 계획요소는 사용자가 현관, 욕실, 주방 및 식당, 침실, 거실 및 복도, 발코니 등 공간부위별로 선택적으로 적용할 수 있어 거주자의 다양한 요구를 충족시킬 수 있을 것이다. 별로 도출한 계획요소들을 실제의 리모델링에 적용할 수 있도록 각 계획요소의 지침을 제시함으로써 본 연구의 결과는 공동주택 리모델링에 있어 실무적인 지침서로 활용 될 수 있다.

5. 리모델링 계획요소를 조합해 실용화가 용이한 옵션으로 제시

거주자 요구를 반영한 리모델링 계획요소의 실용화 방안을 위해 공간부위별 계획요소들을 조합하여 기본옵션과 확대옵션 등 두 가지의 옵션으로 그루핑하여 제시하였다.

‘옵션B_ 기본옵션(basic option)’은 앞서 제시한 고령층 친화성, 전통 디자인, 건강성 · 환경조절의 세 부문 중 두 가지 이상에 해당하는 것 곧, 거주자의 주요 요구사항을 충족하는 계획요소들의 조합이다. 그리고 ‘옵션F_ 확대옵션(full option)’은 세 부문 중 한 가지 특성에 해당하는 계획요소들의 조합으로, 거주자의 다양한 요구사항을 전반적으로 충족시키는 계획요소들의 조합이다.

제시한 두 가지 옵션은 여건에 따라 선택적으로 적용할 수 있도록 하였다. 그리고 실제 프로젝트에 옵션 별로 적용함으로써 실용화 방안을 예시하였다.

제 2 절 구조성능 개선기술

1. 구조성능개선 기술

본 연구에서는 철거량/보강량/공기를 최소화하여 친환경성과 경제성을 확보함과 동시에 목표내진성능을 달성할 수 있는 공법을 개발하기 위하여

1) 정밀 내진성능평가 프로세스 구축을 통한 보강량 및 보강위치 최소화

- 실계측 자료를 이용하여 구조물의 진동 특성을 평가함으로써 경제적인 내진보강 설계 수행 및 보강전후 성능의 비교평가를 가능하게 함.
- 벽식구조 지진취약도함수 개발을 통한 정밀 내진성능평가

2) 철거량 및 보강량 최소화를 위한 기존 구조체 및 증축 구조체를 활용한 신 내진보강공법 제안

- 수직증축층을 활용하는 증축형 동조질량감쇠기 개발
- 기존 및 신설 병렬 전단벽을 활용하는 인방설치형 마찰감쇠기 개발
- 기존 세대간벽 및 조적벽체를 활용하는 다양한 보강공법제안

3) 건식공법을 활용한 공기단축

- 습식 전단벽체를 대체할 수 있는 무게절감형 강판전단벽 및 비좌굴가새 개발

이러한 요소기술들은 기존 구조체를 대부분 철거하고 평면 내부에 전단벽을 신설하고 있는 습식 구조리모델링 공법을 대체할 수 있을 것으로 판단된다. 이를 위해 실무자들을 위한 요소기술 설계 및 시공 매뉴얼과 함께 기업화를 추진한다.

2. 구조 리모델링을 위한 사용자 매뉴얼 개발

공동주택의 리모델링 시, 구조성능을 개선하기 위한 요소기술의 설계 및 시공을 위해 '구조성능개선기술 설계 및 시공 매뉴얼'을 제시한다. 본 매뉴얼에서는 능력스펙트럼 법을 노후공동주택의 내진성능 평가기법과 가진실험 및 해

석기법과 같은 동특성 평가기법을 제시하여 기존 구조물에 대한 정확한 성능 평가와 함께 경제적인 공법을 선정할 수 있도록 하며, 기존 구조체에 대한 철거량 및 보강량을 최소화 시킬수 있는 증축형 동조질량감쇠기, 인방설치형 마찰감쇠기와 기존 세대간벽 및 조적벽체를 활용한 다양한 보강방안에 대한 설계 및 시공절차를 제시하고, 습식 공법인 전단벽 신설공법을 대체할 수 있는 건식 공법인 강판전단벽 및 비좌굴가새 등의 설계 및 시공절차를 제시한다.

또한 평면확장을 위한 접합부 상세에 대한 설계 및 시공 절차를 통해 현 공동주택의 리모델링에 대한 요구에서 대다수를 차지하는 평면의 확장에 대한 요구를 만족시키고 구조적 안정성을 확보시킨다.

마지막으로 지하 주차장 신설 및 기존 구조체의 철거에 따른 기존 구조물의 안정성 검토 방안을 수록하여 실제 적용성을 높이고자 한다.

3. 기술이전 및 기술지도

본 세부과제의 참여기업은 표와 같은 협력방안을 통해 연구기간 중, 긴밀한 협력관계를 유지해 왔다. 향후 최종 개발된 요소기술에 대한 기술이전 및 기술지도 등을 통해 리모델링 보강 설계기술 보급과 함께, 실제 리모델링 계획 및 설계단계에서 요구되는 요소기술에 대한 보급을 수행할 계획이다.

표 5-4 기업화 추진방안

번호	기업명	과제에 대한 기업 관심영역	협력방안							
			장비 활용	교육 연계	기술 상담	정보 제공	기술 지도	기술 이전	공동 연구	창업 지원
1	(주)두산산업개발	시범적용 및 실용화	V				V	V		
2	(주)플러스구조기술사사무소	점탄성감쇠기 및 비좌굴가새 성능평가		V	V		V	V		
3	(주)창 · 민우구조컨설탄트	동조질량감쇠기 성능평가			V		V	V		
4	(주)기술사사무소 형상구조안전컨설턴트	평면확장에 관한 리모델링 및 안전유지 보수, 보강		V	V	V		V		
5	(주)아키프로넷	시범적용 및 실용화	V				V	V		V
6	(주)상원구조기술사사무소	동적특성 평가기술					V	V	V	
7	(주)동양구조	내진보강							V	

제 3 절 설비성능 개선 기술

1. 환경/설비 개선 리모델링시 활용가능한 가이드라인 개발

공동주택의 리모델링 시 환경/설비 전반에 대한 리모델링 가이드라인을 제시함으로써 환경/설비 성능 개선을 위한 가이드라인으로 활용이 가능하다. 기존 습식온돌패널을 사용하여서는 최소 천장고를 확보할 수 없는 공동주택 리모델링의 경우 건식온돌패널 적용이 타당한지 판단할 수 있는 적용프로세스로써 활용이 가능하다.

2. 실내 공기환경 최적 설계 및 제어 알고리즘 개발

노후 공동주택의 리모델링 환기 시스템은 최적 설계 및 제어 알고리즘을 제시해 줌으로써 시스템의 에너지 성능, 공기질 성능, 쾌적 성능 등을 확보할 수 있을 것이다. 현재, 국내/외적으로 환기에 대한 수학적 모델링과 최적화 기법을 결합한 환기 성능 최적 설계, 불확실성 분석을 이용한 확률적 접근방식의 제어 전략 분석에 대한 연구는 미미하며, 이 연구결과는 기술적, 경제적, 산업적 측면에 크게 이바지 할 것이다. 특히 본 연구 결과는 실내 조건과 외기 조건을 고려하여 온라인 스마트 제어가 가능하도록 설계되도록 구현하는데 크게 이바지 할 것이다. 그리고 온라인 스마트 제어기법의 기반 구축은 건물 시스템 정보가 타 설비환경 시스템과 공유하여 건물 전반의 스마트 환경 조절 시스템으로 향하는 디딤돌이 될 것이다. 또한 최적 알고리즘에 대한 국제적 기술 우위 확보로 인해 국내 산업의 기술적 우위를 점할 수 있을 것이다. 그리고, 개발된 요소기술을 실제 적용할 수 있도록 환기 시스템 전문 회사, 건설사 등과 요소기술 세미나를 실시 할 것이다.

제 4 절 친환경 확보 기술

1. 실내 마감재료의 합리적인 선정방법 제시

친환경 소재를 이용한 리모델링 시공기술 개발의 성과는 노후 공동주택 리모델링 시 거주자의 경제적인 의사를 반영한 친환경 소재의 적용 수준을 결정하고, 경제적인 측면에서 가장 효율적인 대안을 마련하여 친환경 소재 적용의 의사결정을 지원할 수 있다.

2. 친환경 철거공사 프로세스 제시

리모델링 철거작업 개선에 관한 연구성과는 리모델링 공사시 현장공해가 집중적으로 발생하는 철거작업기간을 단축시키고 집중화 시켜 공해 발생 시간을 줄여 현장에서 일어날 수 있는 민원을 줄일 수 있다. 민원의 감소를 통하여 공사기간이 지연되는 것을 방지하여 경제성과 친환경성을 확보할 수 있다.

제 5 절 성능/경제성 평가기술

1. 리모델링 요소기술의 성능 및 경제성 평가와 지식기반의 구축

리모델링 요소기술의 성능 및 적용성 평가연구는 도출된 리모델링 요소기술의 성능 및 적용성 평가항목을 통해 요소기술의 성능과 적용성에 대해서 체계적으로 평가가 이루어지면 각 기술의 유용성(실용성)이 종합적으로 검증될 것이며, 또한 그것들이 일목요연하게 정리표현 되기 때문에. 기술의 활용도도 높아질 수 있다. 또한 평가 결과 및 지식기반은 리모델링 설계뿐만 아니라 VE등에도 활용 가능할 것이다.

2. 기존 공동주택 리모델링 전·후의 성능평가 수법 개발

기존 공동주택 리모델링 전·후의 성능평가 수법 개발에 관한 연구는 각 단계별 평가대상 성능의 부문, 범주, 항목(인자)의 도출하였다. 리모델링 여부 판단, 설계안의 적정성 판단 등 리모델링 프로세스의 중요한 노드에서 주민 간의 합의를 객관적이며 신속하게 유도할 수 있다. 평가의 객관성을 확보하기 위하여 책임 있는 제3자를 선발하는 제도적 기반 및 평가 결과를 사회적으로 공유할 수 있는 체계적인 정비를 통하여 리모델링 공동주택성능평가에 활용이 가능할 것이다.

3. 리모델링 요소기술의 LCC분석 및 LCC에 근거한 경제적 조합방법 개발

리모델링 요소기술의 LCC분석 및 LCC에 근거한 리모델링 요소기술의 경제적 조합방법개발에 관한 연구는 요소기술의 LCC 측면에서의 특성을 파악하고 리모델링 요소기술에 대한 다른 대안들과 비교를 통한 경제적 효용을 파악 할 수 있게 하여 리모델링 수법 중 가장 우수한 방안을 선정할 수 있도록 하는데 목적이 있다. 리모델링 요소기술의 초기비용, 유지보수비용 등을 비교하여 거주자가 최선의 방안을 선택할 수 있도록 한다. 당연히 경우에 따라서 결정되는 요소기술의 조합은 다를 수 있으며 주거환경 개선을 위한 최

선의 방안은 아닐 수 있으나 거주자의 전략적 의사결정에 생산적 근거를 통한 경제성 설계에 활용할 수 있을 것이다.

4. 리모델링 공사의 비용/공사기간 자동산출 기반 구축

본 연구 결과를 통해 개발된 BIM 기반 리모델링 공사 비용/공사기간 산출 시스템은 상용 프로그램인 Vico Software 사의 Constructor, Estimator, Control 등을 사용하는 데 있어 기본 Database로서 활용할 수 있을 것이며 연구에서 제시한 모델링 가이드라인의 교육을 통해 이를 더 효율화할 수 있을 것이다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제 1 절 주거환경 개선 기술

1. 평면확장 설계기술

현재 국내 리모델링은 골조만 남기고 거의 대부분을 교체하는 신축적인 접근방법을 벗어나지 못하고 있으므로 향후 기존 건물의 여건을 최대한 활용하는 계획기법의 수립이 필요하다. 즉 개실 부가, 확장공법의 개발이 요구되는데, 국내 공동주택의 일반 특성인 벽식구조는 리모델링시 구조 변경이 매우 제한적이며, 전통 난방시설인 온돌 구조로 인하여 설비배관의 교체가 어렵다는 한계가 있다. 또한 수직통합, 수평통합을 통한 세대통합 기술은 발코니 연결, 복도 연결, 경계벽 제거 등의 방법에 의해 가능하나 벽식 철근콘크리트구조의 경우 구조체 보강이 필요하므로 국내에서는 현실적으로 어렵다. 한편 일본의 도시기반정비공단에서는 세대간 경계벽을 터서 2호를 1호로 개조하는 공법, 바닥슬래브 개조 공법, 발코니 칸막이를 헐어내는 발코니 연속공법 등의 다양한 세대 변경공법을 개발하고 있으므로 국내에서 참고할만한 사례를 제공한다. 다음은 1966년에 준공된 일본 무라야마 도영아파트(都営村山団地) 사례로, PC 확장 구조체를 이용하여 평면확장 리모델링을 실시한 사례이다. 평면확장을 통해 기존 18평 규모 단위세대를 26평 규모로 확장하였으며, 전면의 확장부에는 방 1개, 세탁실, 욕실이 포함되었다. 확장 부분과 기존 RC조는 익스팬션 조인트로 접합하였다.



그림 6-1 주거동 전면



그림 6-2 주거동 측면



그림 6-3 확장 부분과 접합부 상세

다음은 (주)이치우라하우징&플래닝 및 수도대학동경 4-Met Center가 개발한 엘리베이터 증축시스템의 mock-up 시공 사례로, HC(Hung Corridor) 시스템과 계단 일체형 엘리베이터 증축시스템의 두 가지 엘리베이터 증축공법을 각각 적용하고 있다. HC 시스템은 저층 계단실형 아파트에 적용 가능한 엘리베이터 증축시스템으로, 기존 계단실에 엘리베이터를 설치하지 않고 옥상에 지지대(보)를 설치하여 복도 구조체와 엘리베이터를 달아매는 형식이다. PC 공법으로 거의 하루 만에 시공이 가능하다. 계단 일체형 엘리베이터 증축시스템은 1960년대 건설된 저층 계단실형 집합주택에 엘리베이터를 설치할 경우 반층을 오르내려야 하므로 완전한 베리어프리화가 미달성되어 이를 해결하기 위하여 고안되었다. 즉 완전한 배리어프리화와 엘리베이터의 소형화 실현을 목표로, 새 엘리베이터 구조체 둘레를 새 계단부가 둘러싸는 형태로 구성하여 완전한 베리어프리화를 가능하게 하고, 상부에서 지지하는 트러스 구조로 외부에 지지를 위한 기둥 설치가 불필요해 엘리베이터의 소형화 및 투명한 외피가 실현 가능하다.



그림 6-4 HC 시스템



그림 6-5 계단 일체형 엘리베이터 시스템



그림 6-6 계단 일체형 엘리베이터 시스템

2. 주차장확장 설계/시공 기술

일본의 전체 주택은 총 5,000만호정도이며, 약 40%정도가 공동주택으로 그 비율이 점점 증가하고 있다. 1965년 이전 아파트는 재건축, 1965~1973년 사이의 아파트는 리모델링을 채택하고 있는 실정이다.

일본은 주차에 대한 규정이 전혀 없으며, 일반적인 맨션의 경우 세대수의 50%정도의 주차대수를 확보하고 있다. 일본은 전철이나 버스 등의 대중교통 네트워크가 잘 되어 있어 자가용 이용률이 떨어지며, 맨션의 경우 임대비와 별도로 주차비용을 거주자가 부담해야 한다. 그리고 자가용 소유자들도 공동주택의 단지 내 주차장만을 고집하지 않고 주변 유료주차장에 장기주차 등을 하고 있다.

일본의 주차장 확대 사례는 다음과 같다.

1) 조경공간을 제거하여 주차장을 확장

2) 별동으로 자주식 주차장건물을 신축하여 확장

3) 기계식 주차를 이용한 주차공간 확대

4) 아파트 주변의 유료주차장을 이용하여 주차문제 해결

5) 일본의 경우 지하주차장 확대방법은 지진과 경제성이 떨어지기 때문에 고려하지 않음



그림 6-7 기계식 주차장

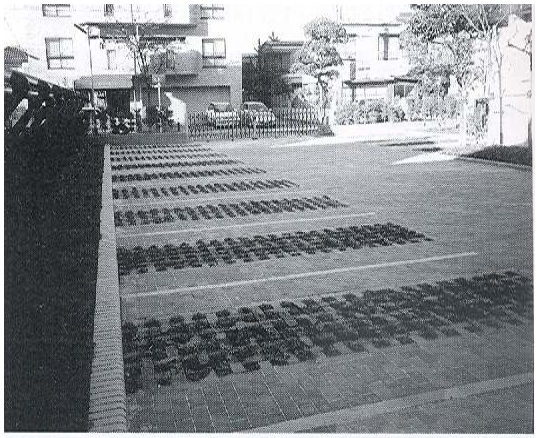


그림 6-8 기존 녹지공간을 이용한 주차장 확대

3. 주거기능 개선 기술

가. 국내외 무장애설계 지침

(1) 현관

그림 6-9 (자료; 이호성 외, 무장애 주택설계에 관한 국내외 국가표준의 비교 연구, 한국의료복지시설학회, 한국의료복지시설학회지가표준6권 1호, 2010)

국가별			미국	캐나다	독일	스위스	영국	호주	일본	중국	한국
국가표준			ADA-ABAAG	CSA-B651-04	DIN 18040-2 외	Norm SN 521 500	APPROVE DOCUMENT M '외	AS 4299 -1995	長壽社會對應住宅設計マニュアル 외	GB/T 50340 -2003 외	KS P 1509
제정/개정일			2004.07.23	2004.08.	2009.06.16	1993	2004.05.01	1995.07.05	1995.10.1.	2003. 5. 28.	2006.8.22
단위공간	항목	설계요소									
현관	활동공간 및 출입문	외부동작 공간	현관 전면 직경 1520 이상	pull side 1500×1500	여닫이 1500×1500 미닫이 1900×1200	문90°개방 후 전면, 측면 여유 공간 600이상 확보 (1400×1400)	1500×1500	직경 1550		회전공간180° 일때1400× 1700, 360°일 때2100×2100	폭1500 이상
		내부동작 공간	깊이1220 이상	push side 1200×1200	1500×1200	1400×1400	1500×1800	1350×1310 이상		현관 폭 1500이상	1500×1500
		출입문 유효폭	815	810이상	900 이상(R) 최소 800	800이상	775이상	850이상	기준750이상, 800권장	1000	850이상
		측면유효 공간	455이상	pull 600, push 300	500이상	200~600	300~450	460이상	300이상	500이상	450~600
		손잡이높이	865~1120	800~1200	850	1000이하,	800~1150	900~1100	800~1000	800~850	850~1000
		레버손잡이	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
		내측보조손잡이 설치	◎	◎	내측수평손잡이높이850	내측보조손잡이높이750		수평바 높이 900~1000		◎	
		도어클로저	90°에서 12°까지5초	90°에서 12°까지3초			◎	속도조절 가능한 제품	◎	◎	◎
	단차	방풍턱	13이하	13이하	20이하	25이하	15이하	25이하	20이하	20이하	15이하
		방풍턱 경사면 처리	턱 6.4mm 이상은1/2이하 경사처리	적용	적용	적용	적용	적용	적용	적용	적용
		경사턱두께	6.4이하	5이하			5이하		5이하		
		굽틀 단차							110 이하		30이하
	안전손잡이	설치 높이	865~965	860±60	850	900~1000	900~1000	865~1000	750	800~850	750~850
		손잡이 직경	원형32~51, 비 원형은 직경51,둘레길이100~120	30~40	직경30~45	직경 40의 원형	40~45의 원형이나 타원형	원형30~40또는 직경 30~50, 270° 이상 원형	28~40	35~45	직경 32~38의 원형 또는 타원형
		벽에서의 간격	38	35~45	30~45	50	60~75	50~60	30~50	40~50	50

◎ 치수 기준 없이 설치만 규정한 경우(이하 동일)

(2) 침실

그림 6-10 (자료; 이호성 외, 무장애 주택설계에 관한 국내외 국가표준의 비교 연구, 한국의료복지시설학회, 한국의료복지시설학회지, 16권 1호, 2010)

국가별			미국	캐나다	독일	스위스	영국	호주	일본	중국	한국
항목, 설계요소 \ 국가표준			ADA-ABAAG	CSA-B651-04	DIN 18040-2 외	Norm SN 521 500	APPROVE DOCUMENT M '외	AS 4299 -1995	長壽社會對應住宅設計マニュアル 외	GB/T 50340 -2003 외	KS P 1509
침실	넓이 및 활동 공간	넓이(㎡)			1인실:12㎡ 2인실:18㎡	한면3000이상, 최소12㎡,14㎡ 권장		퀸사이즈 침대+옷장+동선 폭 확보	12㎡이상, 부득이한 경우 10㎡	1인용: 10㎡ 2인용: 12㎡ 한면2500이상	
		휠체어 동작공간	1525×1525		휠체어사용 1500×1500	1400~1600의 동선공간	휠체어사용 1500×1500	2070×1540		직경1500 확보	가구 제외한 직경1500이상
		지팡이 동작공간			지팡이사용 900×900	700 또는 900폭 확보		1000폭 확보			
		침대사이 간격	760이상		850		700	1000이상, 1200권장			
	문과 창문	출입문 유효폭	815	810	900이상(R) 지팡이사용자 800이상	800이상	775이상	820이상	750이상	800	850
		창턱높이		750 이하	600이하			600이하		800이하	450이하
침실	가구 및 수납 공간	이동·접근 공간	가구전면 최소동선 폭 1015	옷장 전면 750×1200확보	문 부착가구 전면1500,문 없는 가구전면 1200확보	침대는 2면 접근가능, 1400~1600, 가구전면 1000이상	침대둘레 두곳에 1200×1200확보, 옷장,수납장 전면1000이상	캐비닛, 선반 등 가구전면 800×1300이상 확보	벽에 놓이는 가구 배치는 동선확보를 고려할 것	가구는 휠체어의 통행,정지, 회전가능토록 배치	가구에 대한 접근 기준 따로 없음, 침대는2면이상 접근가능
		수납높이 상한	380~1220	400~1200	선반최대 높이 1400	1400이하		230~1350, 선반 깊이 300기준	1500이하	수납장높이 1200 이하 깊이400이하	높이 600~1200 이내
		벽장,수납장	옷걸이, 선반높이 1015~1220사이	행거높이 1200~1400	높이 1400 폭1200, 깊이 650			옷장도어는 미닫이로 전면거울부착	비닥단치제거 선반높이 1500이하	옷걸이높이1400이하, 깊이 600이하	
	전기 설비	스위치 높이	1220이하	스위치 1200, 모든 전기및 조작장치는 400~1200범위,	850	모든 전기설비, 스위치는 900~1400, 1000권장, 100이내돌출	1200이하, 콘센트,전화, TV단자는 450~1200	900~1100 이내 1000 권장	900~1200, 취침머리맡에 3로스위치 설치,무선스위치 등	1100	1000
		콘센트 높이	380~1220	400	850	900~1400, 1000 권장	콘센트, 전화기, TV, 450	600이상 1000권장		600~800	400 내외
		벽모서리와의 이격거리			500 이상	400이상	문틀과 모서리에서 350이상 이격	500 이상			500 이상
		비상호출높이	◎	800~1400	850~1050	900~1400	800~1000	700~1200		400~600	침대 위나 탁자근처
		비상 경보기	◎	시청각경보기 설치	시청각경보기 설치	시각, 청각 경보기 설치	시각, 청각 경보기 설치	시각, 청각 경보기 설치	권장함	긴급경보 비상벨설치	시각, 청각 경보기 설치

(3) 거실

그림 6-11 (자료; 이호성 외, 무장애 주택설계에 관한 국내외 국가표준의 비교 연구, 한국의료복지시설학회, 한국의료복지시설학회지, 16권 1호, 2010)

국가별			미국	캐나다	독일	스위스	영국	호주	일본	중국	한국
항목, 설계요소 \ 국가표준			ADA-ABAAG	CSA-B651-04	DIN 18040-2 외	Norm SN 521 500	APPROVE DOCUMENT M '외	AS 4299 -1995	長壽社會對應住宅設計マニュアル 외	GB/T 50340 -2003 외	KS P 1509
거실	동작공간 및 면적	동작공간	1525×1525		최소규모1인용20㎡,2~4인용 22㎡, 5인용 24㎡, 6인이상26㎡			직경 2250 여유공간 확보		직경 1500 이상, 한 벽면이 3000 이상	가구를 제외한 직경 1500 확보
	가구 전면 동선	동선 폭	1015	750×1200	1500		가구 전면 1000이상	최소동선 폭 1000 확보	통행폭 750 이상 확보	1200이상 동선 확보	수납장 전면 1200 확보
	전기설비	인터폰	◎	1200이하	◎	900~1400	1200이하	◎	1250		
		스위치높이	1220이하	1200이하	850~1050	900~1400	1200이하	900~1100	900~1200	1100	1000~1200
		콘센트높이	1220이하	400 기준	850~1050	900~1400	450 기준, 450~1200	600이상	400이상	600~800	500~850
	발코니	여유공간			1500×1500, 4.5㎡이상	1400×1700, 2000 권장				폭 1500이상	폭 1500이상
		단차			없음	25			180이하	150이하	250이하, 제거

나. 국외의 친환경 인증제도

국외의 여러 나라에서는 각기 친환경 건축 인증제도를 시행하여 왔다. 한편, 최근 국제적인 그린빌딩협회(GBC; Green Building Council)가 조직되어 각국의 특성을 반영하면서 세계적인 공통의 평가지표를 만들기 위해 GB-Tool을 개발하였다. 각 국에서 시행되고 있는 친환경 건축 인증제도와 기본적인 평가항목을 요약하면 아래의 표와 같다.

표 6-1 국외 친환경 건축 인증제도와 기본 평가항목

(자료; 김자경, 국내 초고층 주거의 친환경적 실내 공간 계획 및 개성방안 연구, 한국실내디자인학회논문집 17권 3호 68호, 2008. 6)

명칭	BREEAM	EcoHomes 2005	LEED	BEPAC	CASBEE	GBTool
국가	영국		미국	캐나다	일본	19개국
개발기관	BRE, ECD	BRE, ECD	USGBC 내의 LEED Committee	British Columbia 대학	JSBC(산학관 연합구성기관)	GBC
년도	1990	1990	1995	1994	2001	2000
분류항목	· 지구환경에 대한 영향 –이산화탄소 배출 –오존층 파괴 · 지역환경과 자원이용 –재료의 재활용 –수자원 절약 –대지의 생태학적 가치 · 실내환경 –환기, 실내 오염, 조명, 안전	· 에너지 · 교통 · 오염 · 재료 · 수자원 · 토지이용과 생태학적 가치 · 건강과 복지	· 지속가능한 대지 · 수자원의 효율성 · 에너지와 대기 · 재료 및 자원 · 실내환경의 질 · 혁신적 설계와 계획과정	· 오존층 보호 · 에너지 소비의 환경영향 · 실내환경의 질 · 자원절약 · 대지 및 교통문제	· 건축물의 환경품질 및 성능 –실내환경, 설비시스템 · 건축물의 환경부하 저감성 –에너지, 자원과 재료	· 자원소비 · 환경부하 · 실내환경 · 장기 내구성 연계관리 · 단지 및 근린환경 적합성

(1) 미국의 친환경 인증제도[1)]

(LEED; Leadership in Energy and Environmental Design)

표 6-2 미국의 LEED의 항목과 내용

항목	세부내용	배점
지속가능한 대지의 계획	▪ 부지선정	1
	▪ 도시재개발	1
	▪ 황무지 재개발	1
	▪ 대체 교통	4
	▪ 부지 장애 저감	2
	▪ 호우 관리	2
	▪ 열섬 방지대책	2
	▪ 빛으로 인한 오염의 저감	1
수자원 절약	▪ 물의 효율적 사용에 의한 조경	2
	▪ 혁신적인 폐수처리 기술	1
	▪ 물 사용 저감	2
에너지 효율의 향상	▪ 에너지 성능의 최적화	10
	▪ 재생에너지	3
	▪ 추가적 빌딩 커미셔닝	1
	▪ HCPCs, and halons 사용 불가	1
	▪ 측정 및 검증	1
	▪ 친환경적 발전	1
재료와 자원의 절약	▪ 건물 재사용	3
	▪ 건축폐기물 관리	2
	▪ 자원 재사용	2
	▪ 재활용 자재 사용	2
	▪ 지역 생산 재료	2
	▪ 급속 재생가능 자료	1
	▪ 공인된 목재	1
실내 환경의 질향상	▪ CO2 감시 시스템	1
	▪ 환기효과 증대	1
	▪ 시공중 IAQ(Indoor Air Quality)	2
	▪ 관리 계획	4
	▪ 저 VOCs 발산 재료 사용	1
	▪ 실내 화학재 및 오염원 제어	2
	▪ 시스템의 제어가능 여부	2
	▪ 열적 쾌적성능	2
	▪ 자연광 이용과 조망	1
혁신 및 설계과정	▪ 혁신적인 기술	+4
	▪ LEED 인증 설계자 참여	+1

1) 고성석 외, 사례분석을 통한 공동주택의 친환경성능 개선방안에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 23권 9호, 2007. 9

LEED는 현재까지 입증된 환경평가기술을 토대로 건물 전체의 관점에서 환경성능을 평가하고 건축시장을 활성화시키기 위해 시행하고 있는 환경성능 평가제도이다. 이 제도는 신축 및 기존의 사무소, 호텔 등의 상업용건물, 교육용건물, 그리고 고층주택을 평가하기 위해 마련된 자기 인증시스템으로, '지속가능한 대지의 계획, 수자원 절약, 에너지 효율의 향상, 재료와 자원의 절약, 실내 환경의 질 향상, 혁신 및 설계 과정' 등 6개의 대항목과 35개의 세부항목으로 구성되며 중요도에 따라 배점이 달라진다.

(2) 영국의 친환경 인증제도[2)]

(EcoHomes, BREEAM; Building Research Establishment Environmental Assessment Method)

영국은 건축물의 친환경 인증을 위해 EcoHomes, BREEAM의 지표를 이용한다. BREEAM은 건물의 환경성능평가에 있어서 지구환경 및 자원의 이용, 주변환경과의 친화도, 실내환경의 질 등 거시적 관점에서부터 단계적으로 건물 내부의 환경성능까지 평가요소를 다룬다. 이는 건물의 종합적인 환경영향을 평가한다는 측면에서 최초의 완성된 형태의 환경성능 평가시스템이다. 또한, 적용되는 건축물에 따라 다른 평가프로그램으로 평가를 실시하는데, 신축 및 기존 사무소건물, 상점, 공장과 주택 등의 건물을 그 대상으로 한다. 캐나다, 오스트레일리아, 홍콩, 뉴질랜드, 남아프리카공화국 등에서는 BREEAM을 해당 지역의 특성에 적합하도록 변형해 시행 중이다.

EcoHomes은 주택의 친환경성능을 평가하기 위한 제도로, BREEAM을 근거로 개발한 친환경평가도구이다.

2) 고성석 외, 사례분석을 통한 공동주택의 친환경성능 개선방안에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 23권 9호, 2007. 9

(3) 일본의 친환경 인증제도[3)]

(CASBEE; Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency)

일본 건설성에서 개발한 평가기법으로, 평가항목은 지구환경의 보전, 주변환경과의 친화성, 거주환경의 건강·쾌적성 등 3개의 항목으로 구성되며 그 아래에 10개의 소항목이 있다.

표 6-3 일본 CASBEE의 평가항목

분류	세부항목
지구환경의 보전	· 에너지 소비 절감과 유효 이용 · 자연 미이용 에너지의 유효 이용 · 자원의 유효 이용 · 폐기물의 절감
주변환경과의 친화성	· 생태적 풍부함과 순환성에 대한 배려 · 건물 내외의 연관성에 대한 배려 · 지역사회의 교류에 대한 배려
거주환경의 건강·쾌적성	· 자연의 향유에 대한 배려 · 안전하고 건강·쾌적한 실내환경 · 풍부한 집주성에 대한 배려

(4) 국외 친환경 건축 인증제도의 실내환경 세부 평가항목[4)]

위에서 검토한 국외의 친환경 건축 인증제도들 중에서 본 연구의 대상인 공동주택 실내환경의 친환경성을 평가하는 데 적합한 인증제도의 항목들을 살펴보기로 한다. 평가대상에 고층건물을 포함하는 미국의 LEED, 국제적 컨소시엄으로 만들어진 GBTool, 이를 기반으로 한 일본의 CASBEE를 중심으로 국외 친환경 건축 인증제도의 실내환경 세부 평가항목을 정리하면 다음의 표와 같다.

3) 류지연, 환경친화적 리모델링을 위한 계획에 관한 연구, 서울대학교 석사논문, 2003. 2
4) 김자경, 국내 초고층 주거의 친환경적 실내 공간 계획 및 개성방안 연구, 한국실내디자인학회논문집 17권 3호 68호, 2008. 6

표 6-4 LEED · GBTool · CASBEE의 실내환경 항목

항목	LEED-NC V.2.1	GBTool	CASBEE
공기	▪ 최소한의 IAQ 기준 충족 ▪ 흡연공간의 제어 ▪ CO2 모니터링 ▪ 환기의 효율성 ▪ 공사 시 IAQ 관리계획 ▪ 유해물질 저방출 자재 ▪ 실내화학 오염물질의 제어	▪ 오염원 관리의 타당성 ▪ 환기에 의한 외기 도입 타당성	▪ 오염원 관리 ▪ 환기 ▪ 운영계획 (CO2 모니터링 등)
온도 (온열)	▪ ASHRAE 5-1992의 충족 ▪ 온열환경의 항시 측정제어	▪ 온열환경 유지 대책의 타당성	▪ 실온제어 ▪ 습도제어 ▪ 공조방식
시각(빛)	▪ 자연채광과 경관 ▪ (자연채광 75%, 시야확보 90%)	▪ 자연광 이용 타당성 ▪ 거주공간 내 직사광선 유입의 타당성 ▪ 거실로부터 옥외로의 시선 확보 대책 타당성 ▪ 옥외시선의 각 실 프라이버시 확보 대책 타당성	▪ 주광 ▪ 눈부심 대책 ▪ 조도 ▪ 조명 제어
음(소음)		▪ 외부소음 차음 대책 타당성 ▪ 주거간 소음원 전달 방지 대책의 타당성	▪ 소음 ▪ 차음 ▪ 흡음
실내 공용 공간		▪ 발코니 녹화	
유니버셜디자인		▪ 노약자, 장애인 배려 및 비상시 안전대책 타당성	
시스템 제어	▪ 구역별 제어 시스템	▪ 건강, 위생에 도움이 되는 자재, 설비의 채용	▪ 실온제어 ▪ 습도제어
성능 유지 관리		▪ 이상 조건에서의 성능유지대책 타당성	
변경 적응성 (구조)		▪ 거주자요구 변화에 따른 주거 배치구조 변경의 적응성 ▪ 정보통신 및 첨단 생활설비 채용의 타당성	

제 2 절 구조성능개선 개선 기술

1. 증축층을 활용한 동조질량감쇠기

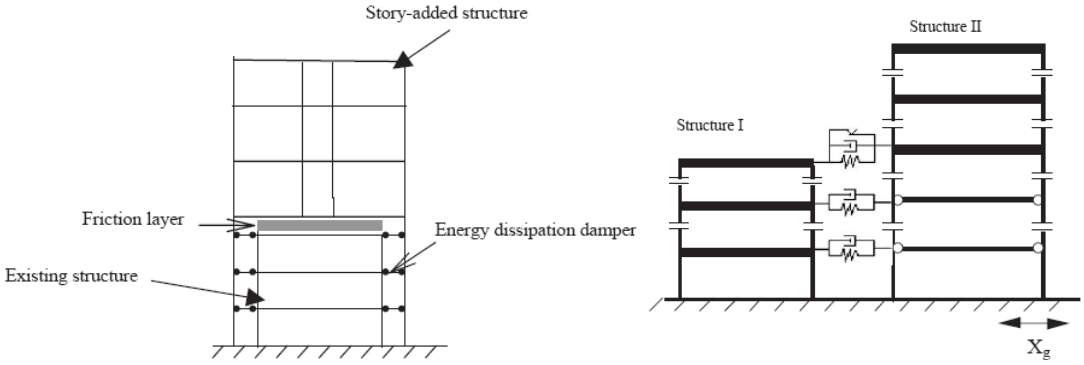


그림 6-12 수직증축을 통한 미끄럼-마찰력 면(sliding- friction layer) 보강기법

Hong-Nan Li, Yong-Wei Yin and Su-Yan Wang (2003)에 의한 수직증축 구조물을 이용한 내진성능보강기법은, 별도의 기둥을 새로이 설치한 후 이 기둥을 이용하여 수직증축구조물을 지지함으로써 두 개의 신 · 구 구조체가 독립된 구조체로 거동하는 기술이다. 구 구조체의 최상부면과 신 구조체의 최하부면 즉 두 구조체가 수직으로 접합하는 부분에는 마찰층을 설치하고, 수직증축을 위해 설치된 별도의 기둥과 구 구조체의 슬래브에 수평으로 에너지소산형 감쇠장치를 설치한다. 그리고 두 구조체의 개별적인 거동에 따른 경계면에서 발생한 변위 차에 의해 마찰층과 감쇠장치에 에너지소산이 발생하고, 이를 이용하여 신 · 구 구조체의 내진응답을 줄이는 것이 특징이다.

2. 비좌굴가새

일본의 Yoshino 등은 철판을 철근콘크리트 패널로 감싸고 두 재료가 부착되지 않도록 비부착 재료를 두 요소 사이에 삽입한 BRB를 개발하고 반복하중 실험을 수행하여 성능을 검증하였다. 캐나다의 Tramblay 등은 콘크리트 충전형과 튜브로 보강한 좌굴방지가새에 대하여 실험을 실시하고 우수한 연성능력을 보임을 확인하였다. 미국의 Black 등은 다양한 하중 상태에서 UNBONDED BRACETM의 내진성능을 검증하였다. Merritt 등은 CoreBraceTM(5)의 실험적 검증을 수행하였다. Watanabe 등은 구속된 항복

부재(중심코어)의 항복강도(P_y)에 대한 외부 강관의 탄성 좌굴강도(P_e)의 비에 따라 5개의 BRB의 실험적 연구를 통하여 $P_e/P_y \geqq 1.5$를 만족할 때 BRB는 매우 안정적인 이력거동을 보임을 보인다고 발표하였다. Horie 등은 외부를 FRP로 감싸고 그 사이를 강섬유-콘크리트로 충진한 BRB를 제안하고 여러 단면크기에 따른 이력거동을 파악하였다. 실험결과 FRP로 전체 길이를 보강할 경우 내부 철근비에 관계없이 안정적인 이력거동을 보인 것으로 나타났다. 대만의 Tsai 등은 접합부의 단면을 줄이고 현장에서 조립을 용이하게 하기 위하여 double-tube형태의 BRB를 제안하였으며, 내부 비부착 재료(비닐계, 실리콘, 고무시트, 그리스 등)의 특성에 따른 영향에 대하여 연구하였다.

3. 단변방향 전단벽 및 조적벽체 보강

벽체와 같은 강성이 큰 부재가 주변부재와 상호작용할 경우 두 부재 사이의 접합면에서 문제가 발생할 가능성이 크다. 노후화되어 그 부착력의 상실이 예상되는 벽체와 내부에 개구부가 설치될 경우, 그리고 조적벽체와 같이 인접 부재와의 접합이 완벽하게 이루어지지 않은 경우 보강재의 능력 발현을 위하여 별도의 접합 상세가 요구된다. 이에 대한 연구가 “reinforced Concrete Partition Walls Retrofitted with Carbon Fiber Reinforced Polymer"에서 진행되었다. 연구 결과 비접합 상세에 의해 발생하는 rocking 파괴의 형태가 완화되었으며 일체 타설된 벽체와 같은 거동을 보였다. 이 연구에서 제시된 상세는 본 연구의 4차년도에서 제안한 상세와 유사한 것으로 본 연구에서 제안한 상세도 그 성능을 충분히 보일 것으로 판단된다.

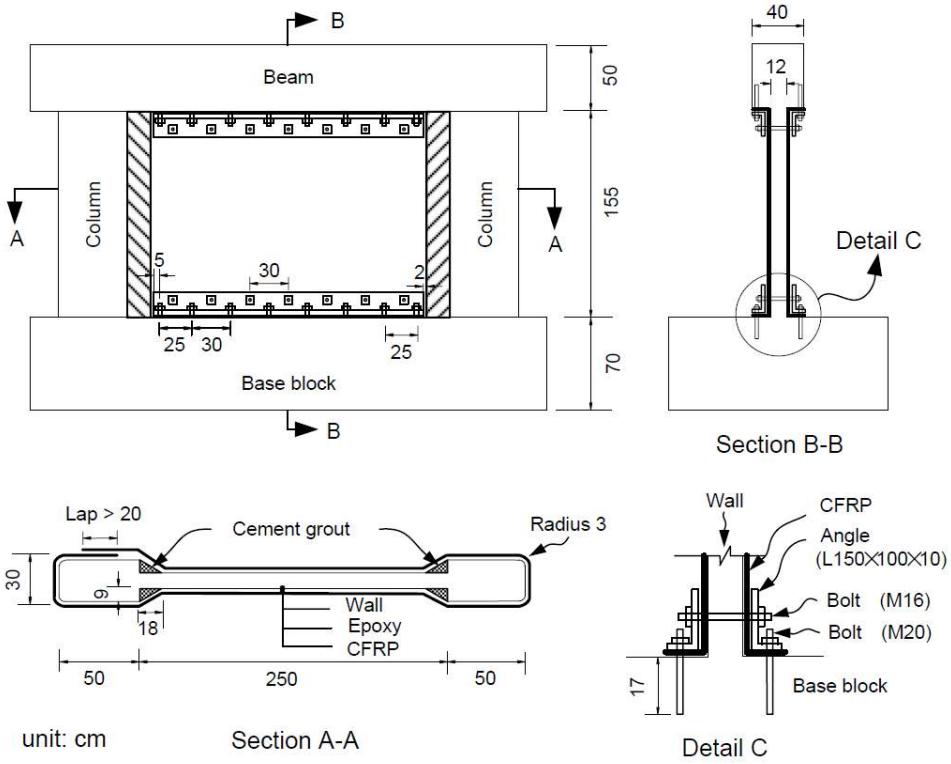
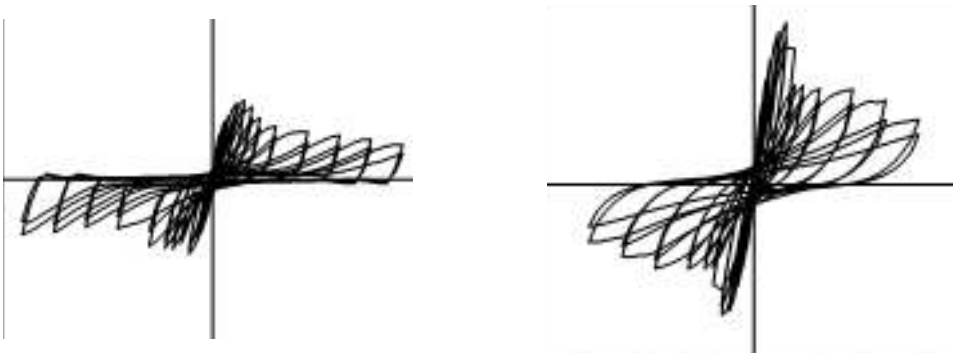


그림 6-13 벽체와 인접부재의 일체화를 위한 접합 상세



a) 앵커링 되지 않은 시험체 b) 앵커링 된 시험체

그림 6-14 파괴 양상



a) 앵커링 되지 않은 시험체 b) 앵커링 된 시험체

그림 6-15 하중-변위 관계

4. 증축접합부의 구조성능 개선

A. Si Larbi등은 콘크리트와 철골부재의 전단연결부를 에폭시를 이용하여 접합하는 방안에 대한 연구를 수행하였다. 특히 에폭시의 두께에 따른 미끄러짐 효과 및 미끄러짐에 의한 전단내력을 분석하였으며, 이결과를 기존의 접합방법인 스터드에 의한 접합방법과 비교 분석하여 이질적인 두부재의 전단접합방안에 의한 연구결과를 발표하였다.

R. B Fleischman등은 프리캐스트 콘크리트에서 슬래브부분이 공장에서 소규모로 제작되어 현장에서 접합할 경우, 다이어프램 거동을 하도록 접합하는 방안에 관한 연구를 수행하였다. 이 연구를 통하여 슬래브와 슬래브의 접합부분이 지진에 대한 거동을 실험을 통하여 분석하였으며, 이를 바탕으로 전단연결재 및 전단연결방안을 제안하였다.

제 3 절 설비성능 개선 기술

노후 공동주택의 리모델링 환기 시스템 개발을 위해 저명한 국외 저널 및 학술대회 정보를 수집하였으며, 제어기술 분야에서 뛰어난 조지아 공대의 Augenbore 교수님과의 e-mail를 통한 정보교환을 수행함으로써 첨단 제어 및 환기 설비에 대한 시뮬레이션 지식을 확보 할 수 있었다.

제 4 절 친환경 확보 기술

홍콩에서는 건설 폐기물의 현장분리를 위하여 선택적으로 철거공사를 실시하는 방법을 활용하고 있었다. 폐기물의 종류를 기준으로 철거 부위를 결정하고 철거작업의 순서를 결정하여 현장에서 분리된 폐기물을 장외로 반출하고 있었다. 홍콩의 Civil Engineering and Development Department의 폐기물 현장분리를 위한 가이드라인을 확보하여 본 연구에 참고자료로 활용하였다.



〈철근 분리철거〉



〈조적 폐기물 분리철거〉



〈부서진 콘크리트 분리배출〉

그림 6-16 홍콩의 건설 폐기물의 현장분리

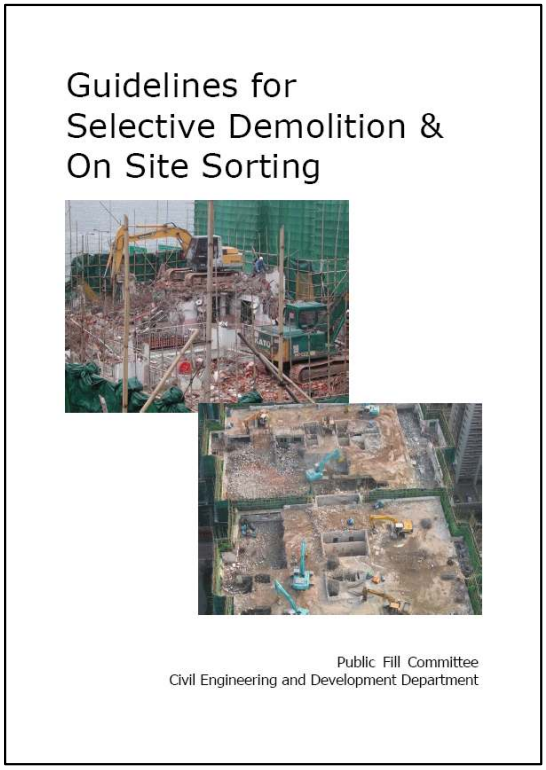


그림 6-17 〈폐기물 현장분리를 위한 가이드라인〉

제 5 절 성능/경제성 평가 기술

마에다 건설공업은 건설회사중에서도 신기술/ 신분야에 도전하는 혁신적인 기업이다. Total Process Management(종합공정관리)의 발상에 기초하여 3차원 CAD를 도입, 현재는 건축, 구조, 설비 각 분야에서 협업이 이뤄지고 있는 상태에서 업무를 통한 운용 검증이 진행되고 있다. 이 가운데에서 건축 CAD(ArchiCAD)는 건축설계를 중심으로 활용되고 있으나, 이용자 및 대상 물건의 확대에 따라 점점 그 활용 범위도 확대되고 있다.

마에다 건설공업에서는 2001년부터 본격적으로 3차원 CAD화가 시작되어 Working Group에서 시험용으로 활용되게 되었다. 시험용으로 개시되던 초기에는 CG는 별도의 소프트에, 설계는 3차원 범용의 CAD 형태였으나, 효율성이나 운영적인 측면을 고려하여 2003년부터 건축전용 3차원 CAD로 ArchiCAD를 도입했다. 제조분야에서 이미 추진된 종합공정관리(Total Process Management)의 발상을 응용하고, 건축/구조/설비를 3차원 화함으로써 시공까지의 일련의 업무를 종합적(Total)으로 효율화하여 비용절감이라는 당시에는 나름대로의 선진적인 시도를 보여주었다. 3차원 설계 CAD를 실무적으로 운영하면서, 효율화 및 비용절감 등의 효과를 얻기 위해 설계자 자신이 3차원 CAD를 사용하여 그 이전과 같은 노력을 들여서 3차원 설계를 할 필요성이 생긴 것이다. 스탭짂의 조작(운영)숙련에 따라 점진적으로 설계업무 효율성도 높아졌고, 현재는 빠듯한 일정 속에서도 3차원 설계 건이 늘어나고 있는 추세다.

현재는 구조와 건축 부문의 협업은 자사(마에다)가 개발한 <Yapi>를 사용하여 구조 전용 3차원 CAD인 TEKLA STRUCTURE로 제작된 구조모델과의 연계 제휴로 실현시켜 나가고 있다. 건축설계와 구조/설비를 연계 제휴시켜 완성해가는 3차원 설계는 CG 작업과는 근본적으로 달라, 골격(골조)과 내용물을 갖춘 3차원 모델을 만들어 가는 것 즉, 부분적으로 건물을 가상 시공하는 것과도 같은 셈인 격이다. 당연히 오류가 발생되면 일목요연하게 알 수 있다. 설계도면의 정합성(=무모순성)은 당연히 점점 더 높아져가고 있고, 시공 상 문제점도

조기에 파악할 수 있으며 신속하게 대처할 수 있다. 또한 ArchiCAD9에 내장된 Lightworks 엔진을 이용함으로써 CG팀에 의뢰하지 않고도 설계자 데스크탑PC로도 직접 가능하기 때문에 보다 시의적절한 프레젠테이션을 할 수 있을 정도로 그 위력을 발휘하고 있다. 또한 앞으로는 ArchiCAD가 없는 환경에서도 Viewer(=Zermatt으로 짐작됨)로서 강력한 커뮤니케이션 수단으로서도 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

기본 설계단계에서는 부지조건이 정리된 후 모형감각으로 모델링을 하게 된다. 이 때 목적물(Object)의 상세한 Property 설정까지는 별로 신경을 쓰지 않는 상태에서 주로 형상 결정에 주력하게 된다. 항상 3D창(Window)으로 확인하면서 이뤄지기 때문에 입체적으로 크게 문제가 되지 않는 모델을 고려(Study)할 수 있다. 전체적인 Proportion(비율)을 확인한 후에 구조 담당자와 협의하여 기둥(주)과 골조(량)를 배치해 나갔다. 여기서는 가정적 인 단면의 단순한 모형재 일부를 배치하고, 그런 후 구조전용 3차원 CAD인 TEKLA STRUCTURE로 작성된 정확한 형상으로 대체한다.

다음 단계에서는 칸막이 벽체를 입력을 한다. 이 단계에서도 디테일한 Property설정에는 별로 대수롭지 않게 여기고 설계검토에 주력한다. 계단, 창호 등의 목적물(Object)을 입력해가면서 건물 골격이 형성된 단계에서 존 (Zone)을 입력한다. 존(Zone)이란 <실-공간>의 개념을 목적물화(Object화)한 것으로 실명(공간)이나 천정고, 면적 등의 정보를 파악한다. Zone은 벽 등에서 구획된 공간(Area)을 단번에 클릭함으로써(One Click)입력할 수 있다. 이 Zone Tool은 단순히 평면을 색깔 구분할 뿐 아니라 나중 작업과정에서 이 Zone을 기초로 마감재를 작성해갔다.

도면 작성은 3차원 모델에서부터 자동 생성된다. 원하는 부분을 지정하고 임의 부분의 도려낸다. 입면, 단면 그 리고 전개도 등도 동일한 작업으로 도려내어 갈무리 할 수 있다. 특히 각도에 따라 작성해야 하는 복잡한 설계 등의 경우에는 상당히 유리하다. 기본설계가 확정된 단계에서 설비담당에게 정보를 제공한다. 또한 과거에는 입면도 등에 컬러링 효과를 주었으나 ArchiCAD를 사용하고부터 렌더링(rendering)을 할 수 있기 때문에 이 작업은 전혀 불필요하게 되었다.

실시설계에서는 기본 설계에서 작성한 3차원 모델에 속성을 부여해갔다. 기본 설계에서는 형상의 확정을 우선시하여 속성은 의식하지 않지만, 이 단계에서 기능, 사양을 주시하면서 각 부재 속성을 지정해갔다. 가령, 내화, 차음 성능이나 지점간 거리에 따른 재료 두께 등을 미리 준비된 목록 중에서 선택하여 설정해 갔다. 이 때 설비담당자/구조 담당자와 협의를 하여 덕트 경로나 부재의 결합상태나 마감 마무리 등을 검토한 구조 상세 모델을 Yapi로 다시 한 번 작업을 한다.

건축 내장 입력은 기본설계에서 입력한 존(Zone)을 이용하고 자사에서 개발한 <Siva>를 사용하여 입력해갔다. <Siva>는 배치된 존(Zone)에 대해 천정/마루재/덮개목/돌림마감재를 자동 생성하는 명령(command)이다. 설계가 변경된 경우에는 존(Zone)을 재설정한다. 이 공정을 거쳐 전개도, 창호표 등을 작성하여 도면 작성을 마무리 해갔다.

정합성(=무모순성)을 확보하기 위해서 과거에는 건축설계, 구조, 설비의 치수 작업을 이중으로 하였으나, 구조 도면, 설비도면은 기호로 표기하는 등 불완전하게 작업되었다. 건축설계(인테리어)와 구조와의 연계 제휴(협업)에 관해서는 <Yapi>를 사용하는 것으로 정합성은 충분히 확보할 수 있으나, 설비에 관해서는 우선 건네받은 건축설계 데이터를 기초로 하여 설비CAD를 사용하여 도면을 작성해 나가며, 이 데이터를 BE-Bridge변환을 하여 3차원 데이터로서 작업한다. 또한 고속 3D Viewer(=zermatt으로 짐작됨)를 이용하여 모델 속을 자유롭게 Walk through 기능으로써 직접 확인이 가능하기 때문에 부정합(모순)을 체크하여 해결할 수 있다.

비용을 보다 정확히 파악하기 위해 예전에는 레퍼런스 오브젝트 등의 과거 실적에 근거하여 비용을 추정했으나, 3차원 CAD를 통해 얻어지는 수량에 따라 한층 더 정밀하게 비용 파악을 할 수 있게 되었다. 다만, 그에 따른 Property의 입력이 필요해지기 때문에 수고로움(작업)을 고려하여 효과를 낼 수 있는 항목에 넣는다. 운용구조부재, 특히 철골 수량에 대해서는 비교적 간단하게 모델을 작성, 수량 산출이 가능하기 때문에 실시설계 중의 비용 파악이나 시공방법을 포함한 비용 시뮬레이션으로 3차원 모델을 활용한다. 이러한 실적을 바탕으로, 단계적이지만 설계 전체의 3차원 화를 추진해갈 계획이다. 특히 설계부문의 신입 직원에 대해서는 ArchiCAD를 포함한 3차원CAD를 적극

적으로 지도해갈 계획이다.

또한, 3차원 CAD를 처음 접하는 설계자에게도 ArchiCAD에 대해서는 생각 이상으로 사용하기 쉽다는 의견들이었다. 실제 과거의 2차원 범용CAD는 Command(명령어)입력이지만, ArchiCAD는 모형을 만드는 것 같은 느낌으로 모델을 만들어가는 직관적인 인터페이스이기 때문에 기억하기 쉽다는 평가였다. 초보 사용자에게 있어 ArchiCAD로 3차원 설계하는 것으로 건축 구조를 매우 쉽게 이해할 수 있어 교육효과도 기대할 수 있다.

향후 과제로서 효율화나 비용절감의 장점을 살리기 위해서 설계자 자신이 3차원 CAD에 관해 이해하고 2차원 설계에 필요한 노력과 비교했을 때 그 노력 이하로 3차원 설계를 해낼 수 있어야 하겠다. 이미 발주자와 협의 시 ArchiCAD를 도입하여 활용하고 있으며 이는 지금까지는 없었던 새로운 협의 형태이다. 발주자의 눈앞에서 입체적인 공간을 느끼며 협의함으로써 이제는 도면과 말뿐인 협의는 통하지 않을 만큼 커뮤니케이션 수단으로서 힘을 발휘하게 되었다.

앞으로 일반적인 도면을 작업하는 2D작업자는 점점 줄어들고, 3차원 CAD는 이에 더해 한층 더 기능을 보강하면 설계 수단으로서 뿐 아니라 교육기능까지 갖춘 지식 안내자 (Knowledge Navigator)가 되어 설계자를 둘러싼 환경은 변화해갈 것으로 본다.

제 7 장 참고문헌

1. 강명구 (2009), “BIM기반 원가, 내역, 공정, 진도 통합관리 체계”, 석사학위논문, 성균관대학교 대학원 건설환경시스템공학 전공
2. 강순주, “고층아파트 리모델링에 대한 거주자의 의식 및 요구”, 대한건축학회논문집 계획계, 제18권 제19호, 2002. 9, pp.131-138
3. 강재식,조동우(1997),공동주택온돌난방구조체의구성요소별열성능평가및개선연구, 대한건축학회학술발표대회논문집제17권제1호,pp.343~346,
4. 강현정 외 3인, "지하구조물의 공법선정을 위한 요인분석", 한국건축시공학회, 2007
5. 강현철, 이명식 (2007), “BIM 사례분석에 의한 건설 업무 통합모델 개발에 관한 연구”, 대한건축학회 학술 발표대회 논문집 제27권 제1호, 통권 제51집 pp. 61-64
6. 건물 리모델링 매뉴얼(번역서), 건설산업연구원, 2000
7. 건설교통부, 건축물 리모델링 활성화를 위한 제도개선 토론회, 2001
8. 건설교통부, 리모델링을 고려한 건축물 설계기준 및 해설서, 2001
9. 건설교통부. 『건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제 21조 (건축물의 열손실 방지)』
10. 건설신기술매뉴얼, 건설교통부, 2007.3
11. 건설정보 분류체계 표준화 연구, 건설기술연구원, 1995.12
12. 建築(특집: 건축과 리모델링), 대한건축학회, 2005.9
13. 建築(특집: 리모델링 건축의 재조명), 대한건축학회, 2007.12
14. 건축구조물의 리모델링 기술, 특허청, 2004.12
15. 건축물 리모델링 사업수행 프로세스 정립연구, 단국대학교 건축도시기술연구소, 2002.8
16. 건축물리모델링기술, (사)한국 콘크리트 학회, 2005.12
17. 공동주택 리모델링 정책의 평가와 시장전망 및 향후 제도 개선방안, (사) 한국리모델링 협회, 2006.1
18. 공동주택 리모델링(계획환경시공), (사)한국 콘크리트 학회 등, 2006.12
19. 공동주택부위별 성능기준 작성연구, 대한주택공사 주택연구소, 1998.6
20. 공동주택성능등급 표시제도에 관한 연구, 건설교통부, 2005.8
21. 구교진, 박성호, 박성철, 송종관 (2008), “오브젝트-파라미터기반 건축마감공사비 개산견적 모델”, 한국건설관리학회 논문집, 제 9권 제6호, pp.175-184
22. 국토해양부고시 2009-1191호, 주택성능등급 인정 및 관리기준
23. 기상청, http://www.kma.go.kr, 통계자료- 2007년 서귀포 자료 활용 10-2월간 평균풍속

24. 김광만, 이인혁, 건축시공 이야기, 바로건설기술, 2007
25. 김긍환, 건기원 건축연구부 2003년 연구과제의 개관, 한국건설기술연구원, 2003
26. 김기임,「설계사례를 통한 BIM 설계방식의 이해」, 한국설비기술협회지 v.27 n.01 pp. 95~106, 2010
27. 김기호, “적응적 재사용을 통한 노후 아파트의 거주조건의 개선”, 국토계획, 제25권, 제2호
28. 김기홍 (2006), “건축 적산 및 견적 정보화의 발전 현황과 전망”, 건축, 제50권 제10호, pp.46-48
29. 김남식, 유럽 리모델링 사례조사 출장보고서, 대한주택공사, 2003
30. 김남효 외, 성격 유형에 따른 주거평가 및 리모델링 선호특성에 관한 연구(Ⅰ), 한국실내디자인학회논문집 14권 3호, 2005. 6
31. 김남효, “주택 욕실의 리모델링 선호요인 및 실태에 관한 연구”, 한국실내디자인학회논문집, pp. 249-256, 2001
32. 김도년, “아파트 단지의 재생과 리모델링 정책을 중심으로 본 프랑스의 도시재생에 관한 연구”, 국토계획, 제36권 제2호, 2001, pp.19-31
33. 김도년, 서울시 여건에 적합한 공동주택 리모델링 적용 방안 연구, 서울시정개발연구원, 2001
34. 김무한, 공동주택감리이야기, 공간예술사, 2006
35. 김미경 외, 현대 공동주거 계획에 나타난 한국 전통성 표현에 관한 연구, 한국실내디자인학회논문집 13권 4호, 2004
36. 김미라, 공동주택단지 환경친화적 리모델링에 관한 연구, 2001
37. 김미라, 공동주택단지의 환경친화적 리모델링에 관한 연구, 이화여자대학교 대학원 석사논문, 2001
38. 김미영, “공동주택 리모델링 계획기법과 거주자 선호도에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 계획계, 제19권 제11호, 2003. 11, pp.71-78
39. 김미영, 공동주택 리모델링 계획기법과 거주자 선호도에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 2003. 11
40. 김민규, 공동주택의 발코니 확장에 다른 평면변화에 대한 연구, 대한건축학회논문집, 25권 7호, 2009. 7
41. 김보민, 전형준, 장세준, 윤석헌, 백준홍 (2008), “BIM을 활용한 시공물량산출 효용성 증대방안에 대한 연구”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제28권 제1호, pp. 705-708
42. 김상길, 김현희, 조영준, 박근준,「공동주택 리모델링의 최적 공법」, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집 pp. 203~207, 2007
43. 김상식, 최광호, 이정윤, 윤미선(2004), “화학정착식 철근의 전단 내력에 대한 검증”, 대한건축학회추계학술발표대회 논문집, v.24 n. 2, 대한건축학회, pp

155-158
44. 김상식, 최광호, 이정윤, 최익준(2004), “삽입철근을 사용한 강접합 철근콘크리트 슬래브의 구조 성능에 대한 실험 검증”, 한국콘크리트학회 학술발표대회논문집 v.16 n.2, 한국콘크리트학회, pp 465-468
45. 김석경 외, 맞벌이 가족의 주생활 특성 및 주요구에 관한 요구, 대한건축학회 논문집 21권 10호, 2005. 10
46. 김선숙, “공동주택의 거주성능 평가모델 개발에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 계획계, 제20권 제9호, 2004. 9
47. 김성식, 주택리모델링시장 전망과 대응방향, LG경제연구원, 2002. 4
48. 김성아 (2009), “BIM 기반 견적 작업 생산성 향상을 위한 마감 모델링 자동화 시스템 개발에 관한 연구 : 공동주택 마감 물량 산출을 중심으로”, 석사학위논문, 성균관대학교 대학원 건설환경시스템공학 전공
49. 김성아, 윤수원, 진상윤, 김태용 (2009), “BIM 기반 공동주택 마감 물량 산출 생산성 향상을 위한 마감 모델링 자동화 시스템 개발”, 대한건축학회논문집 구조계, 제25권 제9호, pp. 133-143
50. 김성훈, “노후 공동주택 단위주호의 리모델링에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 계획계, 제21권 제2호, 2001. 10, pp.119-122
51. 김수암(2004), “리모델링을 용이하게 하는 기술”, 한국퍼실리티메니지먼트학회 월례회 강연집, 한국퍼실리티메니지먼트학회, pp 1- 61
52. 김수암, “국내 공동주택 리모델링의 특성과 거주자를 고려한 리모델링의 방향”, 대한건축학회저널, pp. 41-50, 2005
53. 김수암, “리모델링을 용이하게 하는 기술”, 한국퍼실리먼트매니지먼트학회 월례발표회, 2004.1
54. 김수암, 건축물의 리모델링 활성화를 위한 추진전략 및 정책개발연구, 건설교통부, 2001
55. 김수암, 성능향상을 위한 리모델링 수법 및 구법 시스템, 한국건설기술연구원
56. 김수함, “설비의 리모델링을 고려한 건축물 설계”, 설비저널 제30권 제9호, pp. 17-26, 2001
57. 김영돈, (2004), 고층 주거용 건물의 적정 배기 시스템 계획에 관한 연구, 서울대학교 박사학위논문
58. 김영진, 박철수 (2008), 몬테카를로 방법을 이용한 공동주택 환기 전략의 불확실성 분석, 대한건축학회논문집 제24권 제8호, pp.311-320
59. 김영호, 정도영, 「협업체계 구축을 통한 시공단계 BIM 적용 사례연구」, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집 pp. 814~821, 2009
60. 김영환, “영국 도심부 재생계획의 특징”, 한국도시설계학회 학술발표논문집, 2003
61. 김용성, “우리나라 공동주택 리모델링 활성화를 위한 제도 개선 방안”, 한국건

설관리학회논문집, 제2권 제1호, 2001.3
62. 김우영, 김옥규, 최윤기, 이현수 (2002), “공통자(Common Denominator)와 공통분류(Common Category)에 의한 비용/일정 통합모델 개발, 대한건축학회논문집 구조계, 제18권 제8호, pp.99-106
63. 김원 외, 친환경 건축설계 가이드북 , 발언, 2009
64. 김인기, 김호일, 윤소희,「노후공동주택 리모델링의 주차장 확대유형과 적용에 관한 연구」, 대한건축학회논문집, 제23권 제6호 pp. 71～78, 2007
65. 김재건, 아파트 리모델링의 유형과 공법, 현대건설, 2004. 6
66. 김재건, 일본지역 리모델링 사례 견학조사 보고, 현대건설 기술개발원, 2004
67. 김지민, 지속가능한 한옥 개발 및 보급을 위한 수요자 의식 조사 연구, 대한건축학회논문집 23권 2호, 2007. 2
68. 김진희, “오픈 하우징 시스템을 적용한 소규모 아파트먼트 디자인에 관한 연구”, 한국실내디자인학회논문집 제14권 1호 통권48호, pp. 73-80, 2005
69. 김천학, “주거용 건물의 리모델링 요구 분석”, 대한건축학회논문집 계획계, 제19권 제3호, 2003. 3, pp.123-130
70. 김태희, “공동주택 유지관리 시스템 설계를 위한 요구사항분석”, 대한건축학회논문집 계획계, 제19권 제7호, 2003. 7, pp.163-170
71. 김항아 외, 젠더 개념을 통해 본 잡지에 게재된 주거공간의 특성과 변화, 대한건축학회논문집 21권 6호, 2005. 6
72. 김현주 외, 거주자 의식조사를 통한 아파트 개별 실내리모델링 특성의 환경경제학적 접근, 대한건축학회 논문집 25권 5호, 2009. 5
73. 김희경, 소비자 참여 디자인 시스템을 통한 아파트평면 선호도 조사 방법론 연구, 서울대학교 대학원 석사논문, 2005
74. 나경재, 진경환, 이동건, 차희성 (2008), “국내 건설 사업 BIM 적용을 위한 개념적 프로세스 모델 개발”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집
75. 나선영, “공동주택의 환경친화적 리모델링 계획 방법에 관한 연구”, 한국태양에너지학회 논문집, 제23권 제2호, 2003
76. 남상철 외9,「(주)현대종합설계건축사사무소 BIM도입을 위한 연구보고서」, 2010
77. 노영창, "거주중 공동주택 지하주차장확대를 위한 흙막이공법 선정에 관한 연구", 인천시립대 석사학위논문, 2007
78. 노인가구주택개조매뉴얼,건설교통부,2007.8
79. 노후 공동주택의 구조 및 설비성능개선 기술개발 1차년도 연차실적보고서, 2006
80. 노후 공동주택의 구조 및 설비성능개선 기술개발 2차년도 연차실적보고서, 2007
81. 노후 공동주택의 구조 및 설비성능개선 기술개발 3차년도 연차실적보고서,

2008
82. 노후 공동주택의 구조 및 설비성능개선 기술개발 4차년도 연차실적보고서, 2009
83. 대한 주택 공사. 『주택 건설 전문 시방서』.대한 주택 공사, 2006.
84. 대한설비공학회. 『공기조화』. 설비공학편람, 제 2 권. 대한설비공학회, 2001.
85. 대한주택공사, 공동주택 리모델링 방안 연구, 2000
86. 류지현, 환경친화적 리모델링을 위한 계획에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사논문, 2003
87. 리모델링에 대비한 벽식 공동주택의 기준설정 연구, 대한주택공사 주택연구소, 2001.6
88. 마츠무라 슈이치, 건축재생 리모델링 프로세스, 기문당, 2009
89. 민안식, 공동주택 리모델링 공사사례 보고서, 대림기술정보, 2004
90. 민안식, 방중석, 정봉오, 강기성(2004), “공동주택 리모델링 공사사례 보고서/마포용강 시범아파트 및 압구정 아크로빌”, 대림기술정보 봄호, 대림산업기술연구소, pp 112-129
91. 박미숙, 노인주거공간을 위한 실내디자인에 관한 연구, 경성대 디자인학과 석사논문, 2003
92. 박수훈, 김언용, 이은영 (2007), “국내 BIM 초기 도입 현황과 BIM의 환경분석 응용”, 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집, 통권13호
93. 박용석, 아파트 리모델링 시장의 성장전망과 활성화를 위한 과제, 한국건설산업연구원
94. 박용하, 재건축과의 비교를 통한 고층아파트 리모델링 방안 경제적 타당성 검토 연구, 서울대학교 환경대학원 석사논문, 2001
95. 박우열, 김재엽, "Support Vector Machine을 이용한 흙막이공법 선정모델에 관한 연구", 한국건설관리학회, 제7권 제2호, 2006
96. 박재용, “아파트 내부전용공간 리모델링을 위한 주거성 및 실태분석”, 대한건축학회 학술발표논문집, 제22권 제1호, 2004. 4, pp.158-165
97. 박정욱, 김상철, 이상수, 송하영,「사례 분석을 통한 국내 BIM 적용 문제점 및 대안 도출에 관한 연구」, 한국건축시공학회 논문지 제9권 4호 pp. 93~102. 2009
98. 박준봉, 국내 리모델링의 사례, 현대리모델링(주)
99. 박찬길, “리모델링 설계단계에서 부위구성요소의 상관관계를 고려한 대안선정방법”, 대한건설관리학회논문집, 2004. 2, 제5권 제1호, pp.53-61
100. 박찬돈. “아파트단지의 주차수요 분석과 예측에 관한 연구” 경북대학교 박사 학위논문, 2005
101. 박철수 (2006), 규범적 건물성능평가방법, 대한건축학회논문집 제 22권 11호, pp.337-344

102. 봉인식, “아파트단지 건설을 통해서 본 한국과 프랑스 주택정책 비교 연구”, 국토계획, 제38권 제 6호, 2003. 11
103. 삼성물산(주) 건설부문, 알기쉬운 주택기술이야기, 기문당, 2008
104. 삼우종합건축사사무소,건축물의장수명화와리모델링에대응한설계방안연구,2002.4
105. 석호태, “일본 주택리폼산업의 시장구조분석에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 계획계, 제18권 제9호, 2002. 9, pp.85-94
106. 설성수 외, 기업 및 기술의 가치요인 분석, 한남대학교 출판부, 2003.8
107. 성능중심의 건설기준 표준화 연구단 성과 발표집(도로포장중심), 성능중심의 건설기준 표준화 연구단
108. 송낙현 "공동주택 지하주차장 리모델링 공사시 주동진입방법 선정에 관한 연구", 인천시립대 석사학위논문, 2008
109. 송민정, 정유선, 윤정숙, “공동주택 리모델링 추진과정에 대한 사례조사 및 거주자 의식조사”, 대한건축학회논문집 계획계 22권 3호(통권209호), pp. 33-44, 2006
110. 수선개조가 용이한 주택설계기법 연구, 대한주택공사, 1998.12
111. 시설물리모델링의 이해와 실제, (사)한국 콘크리트 학회, 2005.5
112. 신미수, 이규남, 류성룡, 여명석, 김광우, 학술발표논문 바닥난방패널의 설계인자에 따른 바닥표면온도와 방열량에 관한 연구, 한국친환경건축설비학회 춘계학술발표대회 논문집, pp.51-54
113. 신성우외,친환경건축물성능평가와설계기술,친환경건축연구센터,2007.4
114. 안병욱,손장열(1992),온수온돌난방시스템의설계방법정립에관한연구,대한건축학회논문집8권3호통권41호,pp.117~124
115. 안승준, 이현수, 박문서, 김우영 (2009), “공정 원가 통합 관리를 위한 BIM기반 객체지향형 공정 모델링”, 대한건축학회논문집 제 25권 제12호, pp.165-174
116. 안정근, 김기수, "주거단지에서의 효율적 주차방식연구", 대한주택공사 주택연구소, 2000
117. 양승우, 성순택.「공동주택 리모델링 시 주차 공간 확보기준에 따른 영향 연구」, 한국도시설계학회지 제9권 제3호 pp. 105～120, 2008
118. 여명석. "조립식 온돌 시스템의 열성능 향상에 관한 연구". 서울대 대학원 석사학위 논문, 1993.
119. 여운용, “건축물 리모델링 프로젝트 사례적용에 의한 시공관리 개선방안”, 한국건설관리학회논문집, 제5권 제4호, 2004. 8, pp.122-129
120. 오상훈 외, Hi! Remodeling, 구미서관, 2006.6
121. 오세욱, 성백준, 김영석, 김정렬 (2001), “3차원 CAD의 부위정보를 활용한 견적 자동화시스템 구축에 관한 연구 : 공동주택을 중심으로”, 대한건축학회논문집 계획계, 제17권 제6호, pp.103-112

122. 오인욱 외, 거주자들의 참여 디자인 방법에 관한 연구, 한국실내디자인학회 논문집 39권, 2003. 8
123. 유재득, 노후아파트단지의 재건축 개발유형에 관한 연구-주거단지의 적응적 재사용을 중심으로, 서울대학교 대학원 석사논문, 1995
124. 유형고정자산 내용년수표, 한국감정원, 1999.1,
125. 윤여완, “사용자 요구분석을 통한 리모델링방법 선정에 관한 연구 - 공동주택을 중심으로”, 한국건축시공학회논문집, 제4권 제2호, 2004. 6, pp.119-128
126. 윤영선, “리모델링 산업 및 제도의 동향과 전망”, 한국건설산업연구원, 2001. 12
127. 윤영선, “리모델링 시장의 동향과 대응과제”, 한국건설산업연구원, 2002. 9
128. 윤영선, 아파트 리모델링-기술 및 발주 트렌드의 진화, 건설저널, 2008. 6
129. 윤용진, "방배동 궁전아파트 리모델링 공사", 건설기술/쌍용, 제42권, 2007
130. 윤정숙, “미국 공동주택 단지의 리모델링 특성에 대한 조사 연구”, 대한건축학회논문집 계획계, 제21권 제9호, 2005. 9, pp.87-94
131. 윤정숙, 민경애, 최윤정. "온돌난방공간에 있어서 온수공급조건에 따른 거주자의 주관적 반응과 온열쾌적범위". 대한건축학회논문집, 제10권 제10호, 1994,10. pp.167～173.
132. 윤종석 편역,건축물 수선조치 판정방법, 예문사, 2007
133. 윤혁경, 건축법, 조례 해설, 기문당, 2004
134. 윤혁경, 공동주택 관련법령 해설, 기문당, 2004
135. 이강 (2006), “건축물 수명주기 관리를 위한 핵심기술들”, 한국건설관리학회 2006년도 정기학술발표대회 논문집, pp.145-149
136. 이도헌, 전명훈, 최진만. 『공동주택의 건식온돌시스템 성능 기준(안) 작성 연구』. 대한주택공사 주택도시연구원, 2002.2.
137. 이명식, “공동주택 리모델링 설계기술의 개발”, 건축(대한건축학회지, 제49권 제9호, 2005. 9
138. 이민철, 장규남, 옥종호 (2009), “ 공공건축물 공사비 산정 특성을 반영한 BIM 속성정보모델링 구축에 관한 기초적 연구”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집(2009-11), pp.772-778
139. 이상우외9인.『건축환경계획론』.태림문화사.1993.
140. 이상헌, 민병직, 김인기, 남상철, 강성덕, 전한종, 「BIM 기반 공동주택 리모델링 설계 프로세스에 관한 연구」, 한국 CAD/CAM학회 학술발표회 논문집, 2010
141. 이상혁, 곽청, 이경준, 신태홍, 진상윤, 김예상 (2009), “국내외 BIM 기반 프로젝트 사례분석을 통한 BIM 적용 전략 도출”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 구조계, 제29권 제1호, pp.677-680
142. 이성경, 한옥의 특성에 대한 일반인의 인식 연구, 한남대학교 건축공학과 석

사논문, 2010. 2
143. 이애란, 친환경 건축설계 가이드북, 발언, 2009
144. 이원식, 건축 리모델링, 기문당, 2002
145. 이원식, 건축리모델링, 기문당, 2004
146. 이윤규 (1997), 空氣流動 解析에 의한 共同住宅 換氣性能 豫測모델에 關한 硏究, 연세대학교 박사학위논문
147. 이은희 외, 공동주택의 성능개선 요구 및 실태에 관한 연구, 대한건축학회논문집 19권 9호, 2003. 9
148. 이은희, “공동주택의 성능개선 요구 및 실태에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 계획계, 제19권 제9호, 2003. 9, p.41-48
149. 이재철 (2004), “4D 모델의 활용성 향상을 위한 3D 모델 정보 기반 공정 자동생성 및 물량산출 모듈 개발”, 대한건축학회 논문집 구조계, 제20권 제2호, pp.15-22
150. 이종기 외 4인, 건축품질관리, 기문당, 2007
151. 이지순, 거주자 요구를 반영한 공동주택의 리모델링 시행 프로세스 연구, 연세대학교 대학원 석사논문, 2001
152. 이진영. "공동주택 온돌난방 공간에서의 예측제어에 관한 연구". 서울대학교 대학원 건축학과 석사 학위 논문, 1999.
153. 이찬식, 건축시공학, 한솔아카데미, 2004
154. 이찬희, 오세규, “리모델링을 고려한 가변형 아파트 주호공간 계획기법에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 계획계 20권 8호(통권191호), pp. 75-82,2004
155. 이창석 외, 리모델링 컨설팅 이론과 실무, 형설출판사, 2004.8
156. 이호성 외, 무장애 주택설계에 관한 국내외 국가표준의 비교 연구, 한국의료복지시설학회, 한국의료복지시설학회지, 16권 1호, 2010
157. 이훈, “아파트의 내용성 향상을 위한 가변형 수용”, 대한건축학회논문집 계획계 19권 8호(통권178호), pp.13-23, 2003
158. 임석호, “리모델링을 위한 공동주택 조립기준면의 영역성 및 위계성 설계방안에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 계획계, 제19권 제7호, 2003. 7, p.51-60
159. 임석호, “철골조 유닛하우스의 오픈시스템을 위한 설계기준 설정연구”, 대한건축학회논문집 계획계, 제20권 제6호, 2004. 6, p.135-144
160. 임석호, “한국형 공업화 주택의 오픈시스템을 위한 모듈정합 설계기준설정 연구”, 대한건축학회논문집 계획계, 제20권 제12호, 2004. 12, p.61-70
161. 임석호, 이성욱, “장수명 공동주택을 위한 성능지표 설정 및 평가에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 계획계 21권 12호(통권206호), pp. 37-46, 2005
162. 장동찬, 건축제법규 해설, 기문당, 2004
163. 장미선 외, 전통주택의 특성에 대한 아파트 거주자의 선호분석, 한국실내디자인학회 논문집 16권 1호, 2007

164. 장수명 건축물 설계 시스템개발, 한국건설기술연구원, 2003.12
165. 장수명 공동주택 기술 국제세미나, 한국건설기술연구원, 2006.5
166. 장한두, “노후아파트 리모델링의 입주후평가에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 계획계, 제21권 제1호, 2005. 1, p.105-116
167. 전승호, 윤석헌, 백준홍 (2007), “BIM의 건설 사업 관리 시스템 적용을 위한 상관관계 분석에 관한 연구, 대한건축학회 학술 발표대회 논문집 제27권 제1호, 통권 제51집, pp.757-760
168. 전재열, 건물의 총 생애비용(LCC)분석 및 유지관리 실무적용 사례, 건설기술교육원
169. 정동환, “건축물의 리모델링 가치분석을 위한 평가방법”, 한국건축시공학회 논문집, 제2권 제4호, 2002.12, pp.123-129
170. 정용식, “군인아파트 리모델링에 있어서 항목별 우선순위 결정에 관한 연구”, 한국건설관리학회 학술발표논문집, 2005. 9
171. 정인훈, 「건축계획단계에서 BIM 적용방안에 대한 연구」, 국회도서관 690-9-332, 2009
172. 정재욱, “아파트 단위 평면의 가변형 공간 구성 시스템에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 계획계, 제18권 제9호, 2002. 9, p.43-50
173. 정지영, 부산·경남지역의 신도시 아파트 주거 선호도에 관한 연구, 대한건축학회논문집 23권 12호, 2007.12
174. 정현재, 한옥양식의 현대적 공간접근 계획에 관한 연구, 국민대 석사논문, 2003
175. 정혜진, 김기호, “공간변화에 따른 공동주택 리모델링 유형과 특성에 과한 연구”, 대한건축학회논문집 계획계 21권 12호(통권206호), pp. 155-164, 2005
176. 정훈, 이규남, 류성룡, 여명석, 김광우. "바닥 복사난방 시스템의 표준화에 관한 연구". 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제26권 제1호, 2006. pp.613~616.
177. 제해성 (2009), “속성데이터 입력되어야 BIM 이용한 통합 설계 가능하다.”, Building Information Modeling, 공간사, p.33
178. 조동우, 강재식. "바닥난방시스템의 최적설계과정". 대한건축학회논문집 계획계 15권 7호 통권 129호, 1999. pp.137~144.
179. 조동우."공동주택바닥난방시스템의최적구조-컴퓨터시뮬레이션에의한축열및방열특성분석을중심으로-".대한건축학회논문집계획계15권5호통권127호.pp.135~144.
180. 조미란 외, 공동주택단지 리모델링 방안 연구, 대한주택공사 주택연구소, 2000
181. 조빈 (2006), “3D CAD 기반 견적 프로세스에 대한 적용성 분석”, 석사학위논문, 성균관대학교 대학원 건설환경시스템공학 전공

182. 조성실 외, 아파트단지 거주자의 실내디자인스타일 인식 연구, 대한건축학회 논문집 23권 3호, 2007. 3
183. 조성희 외, 노후 아파트 거주자의 개보수 현황 및 리모델링 요구에 관한 연구, 한국생태환경건축학회 춘계학술발표대회 논문집, 9권 1호, 2009
184. 주성일, 전한종 (2009), “4D 시뮬레이션에 활용 가능한 BIM 기반 물량산출 방법에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 계획계, 제29권 제1호, pp.335-338
185. 주택저널, 2010.1
186. 차재윤, 정성원, “공동주택 동단위 리모델링 사례분석을 통한 거주자 의식 조사 연구”, 대한건축학회 학술발표논문집 제24권 제2호, pp. 155-158, 2004
187. 천진희, 노인의 삶의 질 향상을 위한 주거환경 디자인, 집문당, 2008
188. 최명석,「국내 BIM 도입 활성화를 위한 전략적 접근 방안에 관한 기초 연구」, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집 pp. 598～604, 2009
189. 최산호, 리모델링기술 실무, 기문당, 2010
190. 최정민,국민주택규모의공동주택리모델링평면개발을위한거주자성향분석,한국실내디자인학회논문집15권6호,2006.12
191. 최정민. "온수온돌 바닥복사 난방시스템의 외기보상제어 방안에 관한 연구". 서울대학교 대학원 석사학위 논문, 2007.
192. 최철호, 박영진, 한성훈, 진상윤 (2006), “레서피(Recipe) 기반의 견적방법을 이용한 5D CAD 시스템”, 한국건설관리학회 2006년도 정기학술발표대회 논문집, pp.154-160
193. 최철호, 윤상희, 황경미, 진상윤, 윤수원, 「성균관대학교 학술정보관 사례에서 본 비정형 건축물의 BIM 적용현황과 발전방향」, 대한건축학회 학술저널 pp. 66～68, 2008
194. 친환경건축물인증기준,국토해양부,2008.5
195. 통상산업부. 『에너지 절약형 온돌난방시스템 개발에 관한 중간보고서(1차년도)』. 통상산업부, 1996.
196. 하석철, 리모델링 법률실무, 법률서원, 2004
197. 한국표준협회(2002),한국산업규격KSG3703조립식온수온돌판
198. 한성훈 (2007), “BIM(Building Information Modeling) 기반의 설계 · 견적 · 공정 통합정보관리체계 및 운영방안 연구”, 석사학위논문, 성균관대학교 대학원 건설환경시스템공학 전공
199. 한일 주택 리모델링 기술과 현황, 한국 퍼실리티매니지먼트학회 리노베이션 분과위원회 등, 2006.11
200. 한주연, 차희성, 이동건 (2009), “BIM 적용을 통한 노후공동주택 리모델링 공사 표준화 방안”, 한국건설관리학회 논문집, 제10권 제3호
201. 한주연, 차희성, 이동건,「BIM 적용을 통한 노후공동주택 리모델링 공사 표

준화 방안」, 한국건설관리학회논문집, 제10권 제3호 pp. 53~61, 2009
202. 한지희 외, 중장년층의 주거요구 분석, 한국주거학회 춘계학술발표대회 논문집, 2010
203. 현대건설, 동부이촌동 현대아파트 리모델링 자료, 2004
204. 현대엘리베이터, 오토파킹 시스템, 1999
205. 황경진, "노후 공동주택 주차장 확대방식 선정 의사결정모델 개발", 인천시립대 박사학위논문, 2007
206. 황영삼 (2004), “IFC 모델을 통한 도면으로부터의 물량산출 자동화 연구”, 대한건축학회논문집 계획계, 제20권 제12호, pp.89-97
207. 황인주, 조정식, “Plus50 공동주택 배관계통 표준모델에 관한 기초연구”, 대한설비공학회 2003동계학술발표대회 논문집, pp. 369-374, 2003
208. 황종현, 노후 공동주택의 구조안전성 평가방안에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계, 17권 9호, 2001.9
209. 휠체어사용자의 주거환경디자인 지침에 관한 연구, 산업자원부, 2002. 7
210. (사)한국리모델링협회 저, 리모델링 사업관리 총설, 기문당, 2007.9
211. ASHRAE (2001), ASHRAE Handbook Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
212. ASHRAE (2005), ASHRAE Handbook Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc
213. ASHRAE. 『ASHRAE system Handbook-Chap.6 Panel Heating and Cooling』. ASHRAE, 2004.
214. Aviad Shapira(2005), "AHP-Based Equipment selection Model for Construction Project", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 131 No. 12, pp. 1263~1273
215. Bassett, M. (1990), Infiltration and leakage paths in single family houses - a multizone infiltration case study. AIVC Technical Note 27, Air Infiltration and Ventilation Centre.
216. Better Living. 『優良住宅部品評価基準 暖冷房システム（床暖房ユニット）』. 2007.
217. Birol I. Kilkis, Muhammed Eltez, Suat S. Sager. “A Simplified Model For The Design of Radiant In-slab Heating Panels”. ASHRAE Transactions:Research. pp. 210~216.
218. Bohle.J, Klan.H(2000), Design of Panel Heating and Cooling System, ASHRAE Transaction.
219. C.-W. Feng, et al.(2009), "Using the MD CAD model to develop the time?.cost integrated schedule for construction projects", Automation in Construction, doi:10.1016/j.autcon.2009.12.009

220. CEN, 『prEN15377 Heating system in buildings』. 2005
221. CEN. 『EN 12524 Building materials and products-Hygrothemal properties-Tabulated design values』. CEN, 2000.
222. CEN. 『EN 1264 Heating system in buildings』. CEN, 1997
223. Chua. D, Gordinot. M(2006), "Use of a WBS Matrix to Interface Management in Project", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 131 No. 1, pp. 67～79
224. David E., Mats S. (1996), Building Ventilation Theory and Measurement, Wiley, pp. 263-267
225. David R. Dibner저(하재명 역), 건축 증개축디자인, 태림출판사, 1995.12
226. de Wit, S. and Augenbroe, G. (2002), Analysis of uncertainty in building design evaluations and its implications. Energy and Buildings Vol.34, pp.951-958
227. Deb, K., Pratap, A., Agrawal, S. and Meyarivan, T. (2000), A fast elitist non-dominated sorting genetic algorithm for multi-objective optimization: NSGA-Ⅱ, Technical Report No. 200001, Kanpur : Indian Institute of Technology Kanpur, India
228. Emmerich, S.J. and Nabinger, S.J. (2000), Measurement and Simulation of the IAQ Impact of Particle Air Cleaner in a Single-Zone Building. NISTIR 6461. Gaithersburg, Md.: National Institute of Standards and Technology.
229. Fanger, P.O. (1988), A comfort equation for indoor air quality and ventilation. Proceedings of Healthy Buildings'88, Stockholm, Vol.1, pp.39-51
230. Frank P. Incropera, David P. DeWitt. 『Fundamentals of Heat and Mass Transfer』. 5th ed. Willey, 2002.
231. Furbringer, J.M., Roulet, C.A. and Borchiellini, R. (eds.). (1996), Evaluation of COMIS. Swiss Federal Institute of Technology, Institute of Building Technology.
232. Haghighat, F. and Megri, A.C. (1996), A Comprehensive Validation of Two Airflow Models - COMIS and CONTAM, Indoor Air 6:278-288.
233. High-end Living Trend, 인터패션플래닝, 2008
234. Jorge A. Vanegas 외 2, Sustainable Technologies for the building construction industry
235. Keller, S. Social class in physical planning, International Social Journal, Vol.18, No.4, 1966
236. Koontz, M.D., Rector, H.E. and Nagda, N.L.(1992), Consumer Products

Exposure Guidelines: Evaluation of Indoor Air Quality Models. GEOMET Report IE-1980, GEOMET Technologies, Inc.
237. KS (2003), KS F 2292-88: 창호 기밀성 시험 방법
238. Lansari, A., Streicher, J.J., Huber, A.H., Crescenti, G.H.,Zweidinger, R., Duncan, J.W., Weisel, C.P. and Burton, R.M.(1996),Dispersion of Automotive Alternative Fuel Vapors within a Residence and its Attached Garage, Indoor Air 6:118-126.
239. M. S. Shin, K. N. Rhee, S. R. Ryu, H. T. Seok, M. S. Yeo, and K. W. Kim, A STUDY ON THE DESIGN CONSIDERATIONS OF A PREFABRICATED FLOOR HEATING PANEL REGARDING FOR REMODELING OF AN AGED APARTMENT, Proceeding of the 6th International Conference on IAQVEC, Oct. 28-31, 2007, Japan.
240. Michael A. Lacasse, Materials and technology for sustainable construction, Building Research and Information, 1999.
241. Moon, H.J. (2005), Assessing mold risks in buildings under uncertainty. Ph.D. thesis, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA. USA
242. NEN 2916 (1999), NEN 2916: Energy performance of non-residential buildings - Determination method. Dutch Normalization Institute (NEN), The Netherlands Standardization Institute, available on-line at http://www.enper.org/index.htm?/pub/codes/codes.htm (Accessed Mar. 2004)
243. Nick Raynsford, The UK's approach to sustainable development in construction, Building Research and Information, 1999.
244. Nordtest(2001), Nordtest Method NT VVS 127
245. Peter Weitzmann. "A floor heating module using an S-function approach for the toolbox". Danmark Tekniske Universitet, 2003.
246. Richard C. Hill 외 1, Sustainable construction : principles and a framework for attainment, Construction Management and Economics, 1997.
247. Saltelli, A., Tarantola, S., Campolongo, F., and Ratto, M. (2004), Sensitivity Analysis in Practice, Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England
248. Sheryl Staub-French, Martin Fischer, John Kunz, Boyd Paulson (2003), "An Ontology for Relating Features with Activities to Calculate Costs", J. Comput. Civ. Eng., v.17 n.4, pp.243-254
249. Staub-French, Sheryl and Fischer, Martin(2001). "Industrial Case Study of Electronic Design, Cost, and Schedule Integration." CIFE Technical Report 122, Stanford University, Stanford, CA.

250. Stein, B., Reynolds, J., Grondzik, W. and Kwok,A. (2006), Mechnical and electrical equipment for buildings, John Wiley & Sons, Inc.
251. Walton, G. N. and Dols, W. S. (2005), CONTAMW 2.4 User Guide and Program Documentation. NISTIR 7251, Gaithersburg, MD, National Institute of Standards and Technology.
252. Walton, G.N. (1989), AIRNET - A Computer Program for Building Network Modeling. NISTIR 89-4072, NIST.
253. Wouters, P., Heijmans, N., and Loncour, X.(2004), Outline for a general framework for the assessment of innovative ventilation systems, RESHYVENT report.
254. Wright, J. A. and Loosemore, H. A. and Farmani, R (2002), Optimization of building thermal design and control by multi-criterion genetic algorithm, Energy and Buildings, vol.34, pp.959-972
255. Wyss, G.D. and Jorgensen, K.H. (1998), A User's Guide to LHS: Sndia's Latin Hypercube Sampling Software, Albuquerque, NM, Sandia National Laboratories
256. 建築・都市計画のための調査分析方法, 日本建築学会, 2003.10
257. 集合住宅のリノベーション, 日本建築学会, 2004.3
258. ストック型社会の建築計画, 日本建築学会, 2000.9
259. 深尾精一, 団地賦活事例集（フランス・日本）, 首都大学東京21世紀CEOプログラム, 2007.11
260. 岡部明子, サステイナブルシティ, 学芸出版社、2003.9
261. 澤田誠二, サステイナブル社会の建築（オープンビルディング）, 日刊建設通信新聞あ, 1998.2
262. Stephen Kendall著(村上訳), サステイナブル集合住宅（オープンビルディングに向けて）, 技報堂出版
263. High Performance Building Guideline, City of New York Department of Design and Construction, 1999.4
264. 2007年度ストックマネジメント白書, 東京都市建設行政協議会, 2008.4
265. Wolfgang F.E. Preiser, Assessing Building Performance, ELSEVUER, 2005
266. 五十嵐太郎, リノベーションの現場, 彰国社, 2005.12
267. 建築物改修の考え方・同解説, 日本建築学会, 2003.10
268. 耐震改修事例50, 日経アーキテクチュア, 日経PB社, 2007.9
269. 耐震改修の技術, 建築耐震設計者連合, 2006.5
270. Richard D.Rush, The Building Sysyems Integration Handbook, AIA, 1986
271. マンション維持修繕技術ハンドブック, 高層住宅管理業協会, 2007.11

272. 性能規定化時代の防災・安全計画, 日本建築学会, 2001.3
273. 松村秀一、建築再生の進め方, 市ヶ谷出版社, 2007.10
274. 公共建築改修工事の積算マニュアル, 大成出版社, 2006.2
275. 日本: 保全・耐久性向上技術の経済性評価手法, (財)国土開発技術研究センター, 1986.6
276. 石塚義高, 建築のライフサイクルマネジメント, 井上書院, 1996.6
277. 建築物のライフサイクルコスト, (財) 建築保全センター, 2005.9
278. 小松隆郎幸夫, 建築物の寿命推計に関する研究, 日本建築学会, 2008.9
279. 建築物の耐久計画に関する考え方, 日本建築学会, 2002
280. ライフサイクルメンテナンス, 高田祥三, 2006.4
281. 巽和夫, 進化する建築保全 (LCCからFMまで), 学芸出版社, 2002.5
282. ビル管理におけるわかり易いライフサイクルコスト, (社) 日本ファシリティマネジメント推進協会, 2000.6
283. 加藤源, 都市再生と都市デザイン, 学芸出版社, 2002.5
284. マンションの大規模修繕, (財)住宅総合研究財団, 学芸出版社, 2004.2
285. 改修によるマンションの再生手法に関するマニュアル, 国土交通省, 2004.6
286. 海外における集合住宅の管理体系に関する調査研究報告書, 東京大学大学院松村研究室, 1997.6
287. 志立正弘, 集合住宅における再生手法決定システムに関する研究 (欧米と日本の公的賃貸住宅の比較を通じて) 1999年度修士論文, 東京大学大学院
288. ISO-9699, ISO-6240, ISO-15686, ISO-12006

[부록 1] 제도개선(案) 제안내용

법/제도 명칭		바닥충격음 차단성능에 관한 규정
주요 내용 (현행)		▪ 주택건설기준등에관한규정[일부개정 2006.1.6 대통령령 제19263호] 및 공동주택바닥충격음차단구조인정및관리기준(건설교통부고시제2005-189호)에 의해 바닥충격음 차단성능의 법적 최소성능 기준(중량 50dB, 경량 58dB)이 규정되어있음 ▪ 주택건설기준등에관한규칙[일부개정 2003.12.15 건설교통부령 382호] 제3조제4항에 "거실 및 침실의 반자높이(반자를 설치하는 경우에 한한다)는 2.2미터이상으로 하고 층높이는 2.4미터이상으로 하되, 각각 10센티미터를 단위로 한 것을 기준척도로 할 것"으로 규정됨 ▪ 주택건설기준등에관한규정 제41조에 근거한 소방시설설치유지및안전관리에관한법률시행령[일부개정 2006.5.29 대통령령 제19488호] 제15조 별표4에 따르면 스프링클러의 설치 의무가, "층수가 11층 이상인 특정소방대상물의 경우에는 전층. 다만, 주택법령에 의하여 기존의 아파트를 리모델링하는 경우로서 건축물의 연면적 층고가 변경되지 아니하는 경우에는 당해 아파트의 사용검사 당시의 소방시설 적용기준을 적용한다." 라고 규정되어 있음
개선(제정) 법/제도 의 문제점 & 근거	문제점	현실에 대해 말한다면 리모델링과 같이 두께 150mm 미만의 얇은 슬래브에 적용 가능한 **1)"표준바닥구조"가 없으며,** 법규에 의한 **2)"인정바닥구조"를 개발하고자 하는 시도도 현재까지는 없다.** 대부분의 건설사에서는 150mm 미만의 얇은 바닥슬래브에서 중량충격음 차단성능의 법적 규제값인 50dB를 만족하는 일이 불가능하다고 판단하고 있는 형편이다. 한편 "인정기관" 조차도 이러한 측면에서는 건설사와 의견이 다르지 않아, 150mm 미만의 얇은 슬래브에서 중량충격음의 차단성능이 인정의 범위(50dB)에 들어올 수 있다는 생각을 하지 않음으로써 150mm 이하의 슬래브 두께에 대한 표준실험실을 구비하고 있지 않다. 즉, 얇은 바닥슬래브의 인정차음구조를, 설혹 개발한다고 할지라도, 이를 **3)"인정"할 수 있는 표준실험실 조차 없어서** 개발자로서는 이를 어떻게 인정받아야 할지 난감한 실정이다. 게다가 이 인정바닥구조를 위한 슬래브 상부 온돌구조는 115mm 이하의 얇은 것이어야만 한다. 리모델링의 대상인 노후 아파트의 대부분이 135mm의 바닥슬래브를 포함한 2,600mm의 층고를 갖고 있다. 리모델링은 건축법상 "대수선"의 범위에 들어가므로 현행의 법규에 따른 건축허가를 받아야 하며, 현행의 관련 법규에 따르면 반자 높이가 적어도 2,200mm 이상이어야 한다. 또한 대부분의 리모델링이 연면적의 증가를 수반하는 점을 고려하면, 소방관련 법규에 의해 적어도 150mm의 스프링클러 설치를 위한 천장 높이가 필요하다. 따라서 "바닥완충층(차음재)+단열층(단열재)+바닥지지층(기포콘크리트 등)+온돌층(파이프배관 및 모르터)+바닥마감층(마감재)"의 복합 바닥구조가 설치될 수 있는 공간은 최대 115mm에 불과하다. 이런 정도의 높이로는 위의 복합 구성 자체가 어려울 수도 있으며, 실제 두께 180mm의 바닥슬래브에서조차 이 정도로는 중량바닥충격음 차단성능의 법규 제한값(50dB)을 만족하기 쉽지 않은 실정이다.
	근거	▪ 주택건설등기준등에관한규정[일부개정 2006.1.6 대통령령 제19263호] 제14조 ▪ 공동주택바닥충격음차단구조인정및관리기준(건설교통부고시제2005-189호) ▪ 주택건설기준등에관한규칙[일부개정 2003.12.15 건설교통부령 382호] 제3조제4항 ▪ 소방시설설치유지및안전관리에관한법률시행령[일부개정 2006.5.29 대통령령 제19488호] 제15조별표4
구분		제정( ), 개선(○)
개선(제정) 법/제도 (안)		1) 115mm 보다는 약간 두껍지만 50dB의 법적 규제값을 만족시킬 수 있다고 판단될 때에는 천장고에 관한 법규 혹은 스프링클러 설치에 관한 법규를 완화하거나 적어도 리모델링의 경우에 해당하는 경과 규정을 둠으로써 이 기술을 활용하여야 한다. 2) 150mm 이내의 얇은 슬래브(120mm, 135mm 등) 조건에서는 현행의 중량충격음 차단성능에 관한 법규(50dB)를 만족하기 어렵다는 결론에 도달할 경우, 중량충격음 차단성능의 법적 평가 방법을 개선하던지 기존아파트의 리모델링에 한해서 경과 규정을 두는 방식을 고려하여야 한다.
개선(제정)의 기대효과		▪ 현황과 법규 사이의 괴리 극복 ▪ 사회적 갈등의 요인 제거 ▪ 리모델링 저해 요인의 제거

법/제도 명칭		외부소음 및 외부소음에 대한 실내소음의 최소성능 규제
주요 내용 (현행)		▪ 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제9조에 따르면 개정 전의 본문은 공동주택의 건설지점의 소음도가 65dB(A)이상인 경우 방음시설을 설치하여 65dB(A)미만이 되어야 한다. 대부분 공동주택의 외부소음이 65dB(A)를 초과하는 현실을 반영하여, 6층 이상에서는 실내소음도 45dB(A)미만을 만족하면 외부소음레벨을 문제 삼지 않는다는 내용이 추가되어 2008년 1월 1일부터 시행되었다. ▪ 즉 신축이건 리모델링이건 간에 공동주택은 1층~5층의 경우 실외소음도 65dB(A)미만, 6층 이상은 실내소음도 45dB(A)미만의 소음 환경을 달성하여야 한다. ▪ 또한 1층~5층의 외부소음도의 측정방법에 있어서 1층과 5층의 측정값을 산술평균한 값으로 평가하도록 규정되어 있다. 「공동주택 소음측정기준」[1]이 1986년 10월 15일 제정된 이후 2007년 12월 12일 개정 전까지 사용했던 측정방법을 현 소음측정기준으로 그대로 적용하고 있는 상황이다.
개선(제정) 법/제도의 문제점 & 근거	문제점	▪ 1층과 2층 이상의 세대에 대해서 차별적 규정을 두는 것에는 타당성이 있다. 최근 주거 외부공간의 중요성 부각 및 친환경 설계기법에 의한 1층 외부공간의 거주공간화 현상에 따라, 1층 레벨에서의 외부소음 레벨 규제는 정온한 외부 거주 환경 조성을 위해 그 필요성이 인정된다. ▪ 그러나 2층부터 5층까지의 세대는 6층 이상의 세대와 같이 실내 중심의 거주행태가 이루어진다. 해당 층의 외부공간으로 나갈 수 없다. 그럼에도 불구하고 1층과 같이 외부소음레벨로 소음환경을 평가하는 것은 불합리하다. 또한 6층 이상의 세대의 소음 평가 방법과 차별화할 이유도 없다. ▪ 이는 1986년 10월 15일 주로 5층 정도의 아파트를 대상으로 제정된 「공동주택 소음측정기준」의 취지가 2007년 12월 12일 시행된 20년만의 개정 때에도 별다른 여과장치 없이 남겨졌기 때문이다. 그러나 대부분의 아파트가 6층 이상인 현 시점에서 5층 이하와 6층 이상 세대의 외부소음 평가가 차별적으로 이루어지는 것은 현실적으로 불합리하다. ▪ 또한 「공동주택 소음측정기준」에 의하면 5층 이하 세대의 외부소음도를 평가하는 방법으로 1층과 5층의 외부에서 측정한 외부소음도의 산술평균을 사용하고 있다. 그러나 이 방법은 65dB 보다 높은 5층의 외부소음레벨을 방음벽 등의 설치에 의해 65dB 보다 현저히 낮은 1층의 외부소음레벨에 의해 상계하여 결국 1층~5층의 산술평균을 65dB 이하로 유지하는 '합리화'의 수단으로 종종 사용된다. ▪ 4층이나 5층 등 1층~5층 범위에서 상대적으로 상층부에 거주하는 거주자들은 65dB 이상의 외부소음 환경 및 제대로 설치되지 않은(법규로 강제되어있지 않기 때문) 차음 창호 때문에 45dB 이상의 실내소음 환경에 놓이는 상황이 발생하게 되는 것이다.[2]
	근거	▪ 주택건설기준 등에 관한 규정[일부개정 2006.1.6 대통령령 제19263호] 제9조 ▪ 공동주택 소음측정기준[개정 2007. 12. 12)
구분		제정( ), 개선(◯)
개선(제정) 법/제도 (안)		1) 주택건설기준등에관한규정 제9조 (소음등으로부터의 보호) ①공동주택을 건설하는 지점의 소음도(이하 "실외소음도"라 한다)가 65데시벨 이상인 경우에는 방음벽·수림대 등의 방음시설을 설치하여 해당 공동주택의 건설지점의 소음도가 65데시벨 미만이 되도록 하여야 한다. 다만, 공동주택이 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제36조에 따른 도시지역(주택단지 면적이 30만제곱미터 미만인 경우로 한정한다) 또는 「소음·진동규제법」 제26조에 따라 지정된 지역에 건축되는 경우로서 다음 각 호의 기준을 모두 충족하는 경우에는 그 공동주택의 6층 이상인 부분에 대하여 본문을 적용하지 **아니하며, 상기 지역에서 리모델링되는 경우로서 다음 각 호의 기준을 모두 충족하는 경우에는 2층 이상의 부분에 대하여 본문을 적용하지 아니한다.** 1. 세대 안에 설치된 모든 창호(窓戶)를 닫은 상태에서 거실에서 측정한 소음도(이하 "실내소음도"라 한다)가 45데시벨 이하일 것 2. 공동주택의 세대 안에 「건축법 시행령」 제87조제2항에 따라 정하는 기준에 적합한 환기설비를 갖출 것 ②제1항에 따른 실외소음도와 실내소음도의 소음측정기준은 건설교통부장관이 환경부장관과 협의하여 고시한다. 2) 공동주택소음측정기준 **2층 이상의 전 층에 대하여 전 층, 혹은 전체 층에 대해 균등히 분포하는 최상/최하층을 포함한 몇 개의 층에 대하여 측정하되 모든 측정 지점에서 45데시벨 이하이어야 한다.**
개선(제정) 의 기대효과		현황과 법규 사이의 괴리 극복 사회적 갈등의 요인 제거 리모델링 저해 요인의 제거

법/제도 명칭		「건축법 시행령」 제6조 제2항 제2호 (적용의 완화)
주요 내용 (현행)		2. 제1항 제5호의 경우 **(사용승인을 득한 후, 20년이 경과되어 리모델링이 필요한 경우)** 가. 제1호 각목의 기준에 적합할 것 나. 증축은 기능향상 등을 고려하여 건설교통부령이 정하는 규모 및 범위 이내에서 할 것 다. 삭제 <2006.5.8> 라. 공동주택의 리모델링은 세대수를 증가시키거나 복리시설을 분양하기 위한 것이 아닐 것
개선(제정) 법/제도의 문제점 & 근거	문제점	사업여건 및 지역현황에 대한 고려 없이 세대수 증가를 원천적으로 봉쇄함으로써 링 생적 리모델링 사업추진이 불가능한 경우가 발생하므로, 재건축과 경쟁적 관계가 성립할 수 있는 수준에서 세대수 증가를 허용하는 방안이 검토되어야 한다.
	근거	
구분		제정( ), 개선(○)
개선(제정) 법/제도 (안)		2. 제1항 제5호의 경우 가. 제1호 각목의 기준에 적합할 것 나. 증축은 기능향상 등을 고려하여 건설교통부령이 정하는 규모 및 범위 이내에서 할 것 다. 삭제 <2006.5.8> 라. 공동주택의 리모델링은 복리시설을 분양하기 위한 것이 아닐 것
개선(제정)의 기대효과		리모델링과 재건축 사업의 경쟁적 관계를 수립함으로써 노후 주거지의 재생방안에 대한 다변화를 꾀함과 동시에 시장 수요를 반영한 추가 주택공급이 가능하다.

1) 국토해양부, 공동주택 소음측정기준, 국토해양부고시 제2007-573호, 개정 2007.12.12
2) 김연아, 오양기, 황혜주, 도로변 아파트의 외부소음규정에 관한 연구, 한국음향학회 학술발표대회 논문집, 제27권 제2(s)호, 2008

법/제도 명칭		「주택법 시행령」 제4조의 2 (증축범위)
주요 내용 (현행)		법 제2조제13호에서 "대통령령이 정하는 범위 내에서 증축을 하는 행위"라 함은 법 제29조에 따른 사용검사일 또는 「건축법」 제18조에 따른 사용승인일부터 15년[15년 이상 20년 미만의 연수중 특별시·광역시 또는 도(이하 "시·도"라 한다)의 조례가 정하는 경우 그 연수]이 경과된 공동주택을 각 세대의 주거전용면적(「건축법」 제29조에 따른 건축물대장중 집합건축물대장의 전유부분의 면적을 말한다)의 10분의 3 이내에서 증축을 하는 행위를 말한다. <개정 2007.3.16>
개선(제정) 법/제도의 문제점 & 근거	문제점	현행 법규상 증축리모델링이라 함은 “각 세대의 주거전용면적의 3/10 이내에서 증축 가능”으로 그 범위를 제한하고 있는데, 주민 및 건설사가 증축리모델링을 시행할 때, 최대의 수익을 위하여 거의 각 세대의 주거전용면적의 3/10에 가까이 수평증축을 하고 있다. 이때, 기존 노후공동주택이 세대별 병렬결합을 주로 하고 있어, 주거전용면적의 3/10을 세대 전후면으로 확장하게 됨으로써, 평면이 앞뒤로 길어지는 형태가 되어 거주성 측면에서 신축보다 현저히 떨어지게 되는 평면으로 계획되기 쉽다. 따라서, 각 세대의 주거전용면적 3/10 이내에서 증축이 가능하되, 거주성 측면에서 보다 나은 평면이 되기 위해서 수평증축은 주거전용면적의 1/10정도로 하고, 나머지 면적은 일반 분양 수직증축을 통하여 세대수를 늘려 수익을 창출할 수 있도록 하는 방향이 검토되어야 한다.
	근거	
구분		제정( ), 개선(◯)
개선(제정) 법/제도 (안)		법 제2조제13호에서 "대통령령이 정하는 범위 내에서 증축을 하는 행위"라 함은 법 제29조에 따른 사용검사일 또는 「건축법」 제18조에 따른 사용승인일부터 15년[15년 이상 20년 미만의 연수중 특별시·광역시 또는 도(이하 "시·도"라 한다)의 조례가 정하는 경우 그 연수]이 경과된 공동주택을 각 세대의 주거전용면적(「건축법」 제29조에 따른 건축물대장중 집합건축물대장의 전유부분의 면적을 말한다)의 10분의 3 이내에서 증축을 하되, 각 세대의 수평증축을 포함하여, 일반분양 수직증축 또한 가능한 행위를 말한다.(일반분양 수직증축을 통해 늘어난 용적율의 합과 기존세대의 늘어난 용적율의 합이 전체 세대의 주거전용면적의 10분의 3이내가 되도록 한다.)
개선(제정)의 기대효과		

법/제도 명칭		「주택법 시행령」 제47조 제1항 (행위허가 등의 기준 등) 및 별표 3
주요 내용 (현행)		제7호. 리모델링 (공동주택) [별표3] 공동주택을 동 또는 주택단지 단위로 전체 소유자의 동의를 얻은 경우로서 다음 각 목의 사항을 충족하는 때 가. 별도의 동의 증축 등에 의하여 세대를 증가시키거나 복리시설을 분양하기 위한 것이 아닐 것. 다만, 세대의 일부 또는 전부를 부대시설 및 복리시설 등으로 이용하기 위하여 피로티 구조로 전용하면서 최상층 상부에 증축하는 경우에는 그러하지 아니하다. 나. 내력벽의 철거에 의하여 세대를 합치는 행위가 아닐 것
개선(제정) 법/제도의 문제점 & 근거	문제점	기술적 사항을 법적으로 강제함으로서 자유로운 리모델링 평면계획 및 기술개발에 저해요소로 작용하고 있다. “세대통합”은 평면확장 계획기법 중 하나로, 세대 수 감소로 실현 가능성은 한정되어 있으나, 시행되었을 때 리모델링 평면확장 시 깊어지는 세장비 문제를 해결할 수 있고, 기존의 낙후된 소형평형의 아파트를 실수요가 많은 30평형대 아파트로 전환할 수 있다. 따라서 특히, 10평형대 후반의 소유권 분쟁이 적은, 노후 공공임대주택의 평면확장 리모델링 시 적용하면 좋은 계획기법이다.
	근거	
구분		제정( ), 개선(◯)
개선(제정) 법/제도 (안)		제7호. 리모델링 (공동주택) [별표3] 공동주택을 동 또는 주택단지 단위로 전체 소유자의 동의를 얻은 경우로서 다음 각 목의 사항을 충족하는 때 가. 별도의 동의 증축 등에 의하여 세대를 증가시키거나 복리시설을 분양하기 위한 것이 아닐 것. 다만, 세대의 일부 또는 전부를 부대시설 및 복리시설 등으로 이용하기 위하여 피로티 구조로 전용하면서 최상층 상부에 증축하는 경우에는 그러하지 아니하다. 나. 삭제
개선(제정)의 기대효과		기존의 낙후된 소형평형의 아파트를 실수요가 많은 30평형대 3LDK 아파트로 전환함으로써, 시장수요에 보다 탄력적인 주택공급이 가능해지며, 보다 합리적이고 다양한 리모델링 계획안이 가능해진다.

법/제도 명칭		「 주택법 시행령 」 제4조의 2 (증축범위)
주요 내용 (현행)		법 제2조제13호에서 "대통령령이 정하는 범위 내에서 증축을 하는 행위"라 함은 법 제29조에 따른 사용검사일 또는 「건축법」 제18조에 따른 사용승인일부터 15년[15년 이상 20년 미만의 연수중 특별시 · 광역시 또는 도(이하 "시 · 도"라 한다)의 조례가 정하는 경우 그 연수]이 경과된 공동주택을 각 세대의 주거전용면적(「건축법」 제29조에 따른 건축물대장중 집합건축물대장의 전유부분의 면적을 말한다)의 10분의 3 이내에서 증축을 하는 행위를 말한다. <개정 2007.3.16>
개선(제정) 법/제도의 문제점 & 근거	문제점	증축가능범위를 주택규모와 무관하게 일률적으로 적용함으로서 실제 공간협소에 어려움을 겪고 있는 소형평형의 공간 확장에 대한 리모델링 요구를 충분히 수용하지 못하여, 결과적으로 리모델링 사업추진을 망설이는 요인으로 작용하고 있다.
	근거	
구분		제정( ), 개선(○)
개선(제정) 법/제도 (안)		법 제2조제13호에서 "대통령령이 정하는 범위 내에서 증축을 하는 행위"라 함은 법 제29조에 따른 사용검사일 또는 「건축법」 제18조에 따른 사용승인일부터 15년[15년 이상 20년 미만의 연수중 특별시 · 광역시 또는 도(이하 "시 · 도"라 한다)의 조례가 정하는 경우 그 연수]이 경과된 공동주택을 각 세대의 주거전용면적(「건축법」 제29조에 따른 건축물대장중 집합건축물대장의 전유부분의 면적을 말한다)의 10분의 3 이내 또는 25.5㎡ 이내에서 증축을 하는 행위를 말한다.
개선(제정)의 기대효과		노후 공동주택 대상물량의 대다수를 차지하고 있는 국민주택규모 이하(85㎡)의 소형 평형의 증축범위를 보다 확대함으로써, 재건축 사업에 대한 상대적 경쟁력 확보에 도움이 될 것이다.

법/제도 명칭		「친환경건축물 인증기준」 중 공동주택 부문 9.4.1 세대 내 일조 확보율 (국토해양부고시 제2008-178호, 환경부 고시 제2008-78호)
주요 내용 (현행)		세대 내 일조 확보율의 평가방법은 '건물 전체 세대수에 대한 동지일 기준으로 09:00~15:00 사이 6시간 동안 최소 2시간의 연속일조를 받는 세대율(%)을 평가'하기로 되어 있음
개선(제정) 법/제도의 문제점 & 근거	문제점	공동주택 공용공간인 계단실에 외기에 면한 창이 없을 경우, 채광 및 통풍이 이루어지지 않아 건물의 내부 환경이 열악함
	근거	
구분		제정( ), 개선(○)
개선(제정) 법/제도 (안)		평가방법에서 공용공간인 계단실의 조도 기준에 대한 내용을 추가로 제시하는 것이 필요함
개선(제정)의 기대효과		공용공간인 계단실의 자연 채광·환기의 기준을 제시함으로써 쾌적한 환경을 조성할 수 있고 에너지 절감효과를 얻을 수 있음

법/제도 명칭		「친환경건축물 인증기준」 중 공동주택 부문 9.5.1 노약자, 장애자 배려의 타당성 (국토해양부고시 제2008-178호, 환경부 고시 제2008-78호)
주요 내용 (현행)		평가기준 중 산출기준의 내용은 '노약자/장애자 배려 기법 예시' - 공용복도 유효 폭 확보 - 연속난간 - 단차 해소 - 엘리베이터 유효 폭 확보 - 문의 유효 폭 확보 - 공용계단참 여유 확보 - 낮은 욕조높이
개선(제정) 법/제도의 문제점 & 근거	문제점	'노약자/장애자 배려 기법 예시'의 항목이 불충분함
	근거	
구분		제정( ), 개선(◯)
개선(제정) 법/제도 (안)		평가기준 중 산출기준에서 '노약자/장애자 배려 기법 예시' 에 다음 항목을 추가함 - 개구부 형식 : 미닫이 및 밖여닫이 - 바닥재료 : 미끄럼방지 바닥재료 - 실내 안전손잡이 설치 - 실별 조도기준
개선(제정)의 기대효과		노약자 및 장애자의 거주 편의와 안전성을 제고함

법/제도 명칭		「건축법 시행규칙」 제2조의4(적용의 완화)
주요 내용 (현행)		1. 증축의 규모는 다음 각 목의 기준에 따라야 한다. 가. 연면적의 증가는 건축위원회의 심의에서 정한 범위 이내일 것. 이 경우 공동주택이 아닌 건축물의 경우에는 기존건축물의 연면적 합계의 10분의 1 이내로 정하여야 한다. 나. 건축물의 층수를 증가시키지 아니할 것. **다만, 지상층의 일부를 주차장으로 전용하여 감소하는 바닥면적만큼 최상층 상부에 증축하는 경우에는 그러하지 아니하다.**
개선(제정) 법/제도 의 문제점 & 근거	문제점	주민의 접근성이 좋은 주동하부 지상층에 주민 공동시설이 위치하지 못하므로 공간이용의 효율성이 저하되고, 단지차원의 합리적인 시설배치 및 동선계획에 장애요소가 되고 있다.
	근거	
구분		제정( ), 개선(○)
개선(제정) 법/제도 (안)		1. 증축의 규모는 다음 각 목의 기준에 따라야 한다. 가. 연면적의 증가는 건축위원회의 심의에서 정한 범위 이내일 것. 이 경우 공동주택이 아닌 건축물의 경우에는 기존건축물의 연면적 합계의 10분의 1 이내로 정하여야 한다. 나. 건축물의 층수를 증가시키지 아니할 것. **다만, 지상층의 일부를 주차장 또는 부대시설 및 복리시설 등으로 전용하여 감소하는 바닥면적만큼 최상층 상부에 증축하는 경우에는 그러하지 아니하다.**
개선(제정)의 기대효과		리모델링을 통한 보다 합리적인 주민 공동시설의 재배치 및 동선계획이 가능해진다.

<table>
<tr><td>법/제도 명칭</td><td colspan="2">주차장법 시행령 부칙 제5조의 완화</td></tr>
<tr><td>주요내용
(현행)</td><td colspan="2">제5조 (기존 시설물의 용도변경등에 대한 특례) 이 영 시행당시의 기존 시설물 또는 부칙 제3조 및 부칙 제4조의 규정에 해당하는 시설물이 용도변경되거나 증축되는 경우에는 별표 1 비고 제4호의 규정에 불구하고 용도변경되거나 증축된 부분에 한하여 별표 1의 규정을 적용한다. 다만, 부설주차장의 설치기준이 같거나 낮은 시설물로의 용도변경은 종전의 규정에 의하여 설치된 부설주차장의 규모를 변경하지 아니하는 한 별표 1의 규정에 불구하고 이를 행할 수 있다.<개정 1992.6.30>

[별표1] 5.다가구주택, 공동주택(기숙사는 제외한다), 업무시설 중 오피스텔-주택건설기준 등에 관한 규정」 제27조제1항에 따라 산정된 주차대수. 이 경우 다가구주택 및 오피스텔의 전용면적은 공동주택의 전용면적 산정방법을 따른다.

「주택건설기준 등에 관한 규정」 제27조제1항 ①주택단지에는 주택의 전용면적의 합계를 기준으로 하여 다음 표에서 정하는 면적당 대수의 비율로 산정한 주차대수(소숫점이하의 끝수는 이를 1대로 본다)이상의 주차장을 설치하되, 세대당 주차대수가 1대(세대당 전용면적이 60제곱미터 이하인 경우에는 0.7대)이상이 되도록 하여야 한다. <개정 1993.2.20, 1994.12.30, 1996.6.8>

<table>
<tr><td>주택의 규모별</td><td colspan="4">주차장 설치기준 (대/㎡)</td></tr>
<tr><td>전용면적 (㎡)</td><td>특별시</td><td>광역시 및 수도권내의 시지역</td><td>시지역 및 수도권내의 군지역</td><td>기타지역</td></tr>
<tr><td>85이하</td><td>1/75</td><td>1/85</td><td>1/95</td><td>1/110</td></tr>
<tr><td>85초과</td><td>1/65</td><td>1/70</td><td>1/75</td><td>1/85</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>상기 법규의 개선(제정)이 필요한 프로그램</td><td colspan="2">▪ 프로그램 1
▪ 프로그램 2
▪ 프로그램 3-1
▪ 프로그램 4</td></tr>
<tr><td rowspan="2">개선(제정) 법/제도의 문제점 & 근거</td><td>문제점</td><td>리모델링 사업 고유의 특수성을 고려하여 단지의 현황에 따라 차등 적용하는 방안이 제시되지 않아 주차대수 확보를 위한 과도한 공사비와 공사기간의 증가로 리모델링 활성화의 걸림돌이 되고 있음.</td></tr>
<tr><td>근거</td><td>
<table>
<tr><td colspan="7">서울특별시 기준(1991년 1월 이전 사업승인기준, 전용면적 85㎡ 기준)</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">전용면적</td><td colspan="3">주차대수</td></tr>
<tr><td></td><td>리모델링전</td><td>리모델링후</td><td>증감</td><td>리모델링전</td><td>리모델링후</td><td>총계</td></tr>
<tr><td></td><td>85</td><td>110.5</td><td>25.5</td><td>0.60</td><td>0.39</td><td>0.99</td></tr>
</table>
<table>
<tr><td colspan="7">서울특별시 기준(1991년 1월 이후 사업승인기준, 전용면적 85㎡ 기준)</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">전용면적(㎡)</td><td colspan="3">주차대수</td></tr>
<tr><td></td><td>리모델링전</td><td>리모델링후</td><td>증감</td><td>리모델링전</td><td>리모델링후</td><td>총계</td></tr>
<tr><td></td><td>85</td><td>110.5</td><td>25.5</td><td>0.85</td><td>0.39</td><td>1.24</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>구분</td><td colspan="2">제정( ), 개선(◯)</td></tr>
<tr><td>개선(제정) 법/제도 (안)</td><td colspan="2">[별표1]「주택건설기준 등에 관한 규정」 제27조제1항에 따라 산정된 주차대수. 이 경우 다가구주택 및 오피스텔의 전용면적은 공동주택의 전용면적 산정방법을 따른다. 다만, 리모델링의 경우 완화한다.</td></tr>
<tr><td>개선(제정)의 기대효과</td><td colspan="2">무리한 공사비 증가 방지로 리모델링 활성화 기대</td></tr>
</table>

법/제도 명칭		국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령 제51조제3항(개발행위허가)
주요 내용 (현행)		제51조 (개발행위허가의 대상) 법 제56조제1항에 따라 개발행위허가를 받아야 하는 행위는 다음 각 호와 같다. <개정 2005.9.8, 2006.3.23> **3. 토지의 형질변경 : 절토·성토·정지·포장 등의 방법으로 토지의 형상을 변경하는 행위와 공유수면의 매립(경작을 위한 토지의 형질변경을 제외한다)**
개선(제정) 법/제도의 문제점 & 근거	문제점	현재 주차장 확장 계획시 데크방식을 적용하거나, 지하주차장 형성 중 지반형태의 변경 시 과다한 인허가 절차 필요
	근거	
구분		제정( ), 개선(○)
개선(제정) 법/제도 (안)		제51조 (개발행위허가의 대상) 법 제56조제1항에 따라 개발행위허가를 받아야 하는 행위는 다음 각 호와 같다. <개정 2005.9.8, 2006.3.23> **3. 토지의 형질변경 : 절토·성토·정지·포장 등의 방법으로 토지의 형상을 변경하는 행위(리모델링 행위허가는 제외한다) 공유수면의 매립(경작을 위한 토지의 형질변경을 제외한다.)**
개선(제정)의 기대효과		행정 절차의 간소화

법/제도 명칭		국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령 제61조(도시계획시설부지에서의 개발행위) 의 완화
주요 내용 (현행)		제61조(도시계획시설부지에서의 개발행위) 법 제64조 제1항 단서에서 “대통령령으로 정하는 경우”란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우를 말한다. [국토의 계획 및 이용에 관한 법률] 제64조 (도시계획시설부지에서의 개발행위) ①특별시장 · 광역시장 · 시장 또는 군수는 도시계획시설의 설치장소로 결정된 지상 · 수상 · 공중 · 수중 또는 지하에 대하여는 당해 도시계획시설이 아닌 건축물의 건축이나 공작물의 설치를 허가하여서는 아니된다. 다만, 대통령령이 정하는 경우에는 그러하지 아니하다. 1. 지상 · 수상 · 공중 · 수중 또는 지하에 일정한 공간적 범위를 정하여 도시계획시설이 결정되어 있고, 그 도시계획시설의 설치 · 이용 및 장래의 확장 가능성에 지장이 없는 범위 안에서 도시계획시설이 아닌 건축물 또는 공작물을 당해 도시계획시설인 건축물 또는 공작물의 상부 또는 하부에 설치하는 경우 2. 도시계획시설과 도시계획시설이 아닌 시설을 같은 건축물안에 설치한 경우(법률 제6243호 도시계획법개정법률에 의하여 개정되기 전에 설치한 경우를 말한다)로서 법 제88조의 규정에 의한 실시계획인가를 받아 다음 각목의 어느 하나에 해당하는 경우 가. 건폐율이 증가하지 아니하는 범위 안에서 당해 건축물을 증축 또는 대수선하여 도시계획시설이 아닌 시설을 설치하는 경우 나. 도시계획시설의 설치 · 이용 및 장래의 확장 가능성에 지장이 없는 범위 안에서 도시계획시설을 도시계획시설이 아닌 시설로 변경하는 경우 3. 「도로법」 등 도시계획시설의 설치 및 관리에 관하여 규정하고 있는 다른 법률에 의하여 점용허가를 받아 건축물 또는 공작물을 설치하는 경우
개선(제정) 법/제도의 문제점 & 근거	문제점	단지의 중심부 혹은 접근성이 좋은 단지내 공공공지에 하부 지하주차장을 계획하지 못하므로 지하공간이용의 효율성이 저하되고, 단지차원의 합리적인 주차장배치 및 동선계획에 장애요소가 되고 있다.
	근거	
구분		제정( ), 개선(◯)
개선(제정) 법/제도 (안)		<추가> 4. 단지내 도시계획시설(공공공지)로 공동주택에서 리모델링 사업으로 지하공간을 활용하였을 경우 심의사항으로 명확히 공시하여 완화하도록 함
개선(제정)의 기대효과		공사비 절감과 주차면수 확보 및 합리적인 주차장 배치, 동선계획이 가능해진다.

법/제도 명칭		지구단위계획 구역내 리모델링 처리 기준 법 제정
주요 내용 (현행)		국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 리모델링에 관한 언급이 없음
개선(제정) 법/제도 의 문제점 & 근거	문제점	건축법상 완화조항이 있으나, 지구단위계획구역 등에서는 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 내용으로 용적율 및 건폐율 등을 한정하고 있어 계획 및 절차상 혼란을 야기할 수 있다. 명확한 법제상의 정리가 없는 것이 리모델링 활성화의 걸림돌이 되고 있다.
	근거	
구분		제정(◯), 개선( )
개선(제정) 법/제도 (안)		국토의 계획 및 이용에 관한 법률과 건축법의 완화 범위와 상반 되는 경우 건축법으로 이관하거나, 건축법과 동일하게 적용의 완화 형태의 과정을 거쳐 지구단위계획 및 그 밖의 제한사항에 대하여 대처할 수 있도록 한다.
개선(제정)의 기대효과		공사비 절감과 주차면수 확보 및 합리적인 주차장 배치, 동선계획이 가능해진다.

법/제도 명칭		「주택법 시행령」 제37조(주택조합의 설립인가 등) 1항1호 안 개선
주요 내용 (현행)		나. 리모델링주택조합의 경우 (1) 가목 (1) 내지 (5)의 서류 (2) 다음의 결의를 증명하는 서류. 이 경우 결의서에는 제47조제4항제1호 각 목의 사항을 기재하여야 한다. 가) 주택단지 전체를 리모델링하고자 하는 경우에는 주택단지 전체 및 각 동의 구분소유자(「집합건물의 소유 및 관리에 관한 법률」 제2조제2호의 규정에 의한 구분소유자를 말한다. 이하 같다)와 의결권(「집합건물의 소유 및 관리에 관한 법률」 제37조의 규정에 의한 의결권을 말한다. 이하 같다)의 각 3분의 2 이상의 결의 나) 동을 리모델링하고자 하는 경우에는 그 동의 구분소유자 및 의결권의 각 3분의 2 이상의 결의
개선(제정) 법/제도의 문제점 & 근거	문제점	리모델링 조합설립 시 상가 및 임대아파트에 대한 조합원의 명확한 규정이 없어 리모델링 저해요인이 되고 있어, 현실적인 조합원에 대한 재규명이 필요
	근거	
구분		제정( ), 개선(◯)
개선(제정) 법/제도 (안)		**다) 임대아파트의 경우 대부분 공기업이 구분소유자로 되어 있으므로, 1인으로 간주하여 협의를 통하여, 리모델링이 가능하도록 명확한 동의자 산정이 필요 추가**
개선(제정)의 기대효과		공사비 절감과 주차면수 확보 및 합리적인 주차장 배치, 동선계획이 가능해진다.

법/제도 명칭		바닥충격음 차단성능에 관한 규정
주요 내용 (현행)		▪ 주택건설기준등에관한규정[일부개정 2006.1.6 대통령령 제19263호] 및 공동주택바닥충격음차단구조인정및관리기준(건설교통부고시제2005-189호)에 의해 바닥충격음 차단성능의 법적 최소성능 기준(중량 50dB, 경량 58dB)이 규정되어있음 ▪ 주택건설기준등에관한규칙[일부개정 2003.12.15 건설교통부령 382호] 제3조제4항에 "거실 및 침실의 반자높이(반자를 설치하는 경우에 한한다)는 2.2미터이상으로 하고 층높이는 2.4미터이상으로 하되, 각각 10센티미터를 단위로 한 것을 기준척도로 할 것"으로 규정됨 ▪ 주택건설기준등에관한규정 제41조에 근거한 소방시설설치유지및안전관리에관한법률시행령[일부개정 2006.5.29 대통령령 제19488호] 제15조 별표4에 따르면 스프링클러의 설치 의무가, "층수가 11층 이상인 특정소방대상물의 경우에는 전층. 다만, 주택법령에 의하여 기존의 아파트를 리모델링하는 경우로서 건축물의 연면적 층고가 변경되지 아니하는 경우에는 당해 아파트의 사용검사 당시의 소방시설 적용기준을 적용한다."라고 규정되어 있음
개선(제정) 법/제도의 문제점 & 근거	문제점	현실에 대해 말한다면 리모델링과 같이 두께 150mm 미만의 얇은 슬래브에 적용 가능한 **1)"표준바닥구조"가 없으며,** 법규에 의한 **2)"인정바닥구조"를 개발하고자 하는 시도도 현재까지는 없다.** 대부분의 건설사에서는 150mm 미만의 얇은 바닥슬래브에서 중량충격음 차단성능의 법적 규제값인 50dB를 만족하는 일이 불가능하다고 판단하고 있는 형편이다. 한편 "인정기관" 조차도 이러한 측면에서는 건설사와 의견이 다르지 않아, 150mm 미만의 얇은 슬래브에서 중량충격음의 차단성능이 인정의 범위(50dB)에 들어올 수 있다는 생각을 하지 않음으로써 150mm 이하의 슬래브 두께에 대한 표준실험실을 구비하고 있지 않다. 즉, 얇은 바닥슬래브의 인정차음구조를, 설혹 개발한다고 할지라도, 이를 **3)"인정"할 수 있는 표준실험실 조차 없어서** 개발자로서는 이를 어떻게 인정받아야 할지 난감한 실정이다. 게다가 이 인정바닥구조를 위한 슬래브 상부 온돌구조는 115mm 이하의 얇은 것이어야만 한다. 리모델링의 대상인 노후 아파트의 대부분이 135mm의 바닥슬래브를 포함한 2,600mm의 층고를 갖고 있다. 리모델링은 건축법상 "대수선"의 범위에 들어가므로 현행의 법규에 따른 건축허가를 받아야 하며, 현행의 관련 법규에 따르면 반자 높이가 적어도 2,200mm 이상이어야 한다. 또한 대부분의 리모델링이 연면적의 증가를 수반하는 점을 고려하면, 소방관련 법규에 의해 적어도 150mm의 스프링클러 설치를 위한 천장 높이가 필요하다. 따라서 "바닥완충층(차음재)+단열층(단열재)+바닥지지층(기포콘크리트 등)+온돌층(파이프배관 및 모르터)+바닥마감층(마감재)"의 복합 바닥구조가 설치될 수 있는 공간은 최대 115mm에 불과하다. 이런 정도의 높이로는 위의 복합 구성 자체가 어려울 수도 있으며, 실제 두께 180mm의 바닥슬래브에서조차 이 정도로는 중량바닥충격음 차단성능의 법규 제한값(50dB)을 만족하기 쉽지 않은 실정이다.
	근거	▪ 주택건설등기준등에관한규정[일부개정 2006.1.6 대통령령 제19263호] 제14조 ▪ 공동주택바닥충격음차단구조인정및관리기준(건설교통부고시제2005-189호) ▪ 주택건설기준등에관한규칙[일부개정 2003.12.15 건설교통부령 382호] 제3조제4항 ▪ 소방시설설치유지및안전관리에관한법률시행령[일부개정 2006.5.29 대통령령 제19488호] 제15조별표4
구분		제정( ), 개선(◯)
개선(제정) 법/제도 (안)		1) 115mm 보다는 약간 두껍지만 50dB의 법적 규제값을 만족시킬 수 있다고 판단될 때에는 천장고에 관한 법규 혹은 스프링클러 설치에 관한 법규를 완화하거나 적어도 리모델링의 경우에 해당하는 경과 규정을 둠으로써 이 기술을 활용하여야 한다. 2) 150mm 이내의 얇은 슬래브(120mm, 135mm 등) 조건에서는 현행의 중량충격음 차단성능에 관한 법규(50dB)를 만족하기 어렵다는 결론에 도달할 경우, 중량충격음 차단성능의 법적 평가 방법을 개선하던지 기존아파트의 리모델링에 한해서 경과 규정을 두는 방식을 고려하여야 한다.
개선(제정)의 기대효과		▪ 현황과 법규 사이의 괴리 극복 ▪ 사회적 갈등의 요인 제거 ▪ 리모델링 저해 요인의 제거

법/제도 명칭		외부소음 및 외부소음에 대한 실내소음의 최소성능 규제
주요 내용 (현행)		▪ 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제9조에 따르면 개정 전의 본문은 공동주택의 건설지점의 소음도가 65dB(A)이상인 경우 방음시설을 설치하여 65dB(A)미만이 되어야 한다. 대부분 공동주택의 외부소음이 65dB(A)를 초과하는 현실을 반영하여, 6층 이상에서는 실내소음도 45dB(A)미만을 만족하면 외부소음레벨을 문제 삼지 않는다는 내용이 추가되어 2008년 1월 1일부터 시행되었다. ▪ 즉 신축이건 리모델링이건 간에 공동주택은 1층~5층의 경우 실외소음도 65dB(A)미만, 6층 이상은 실내소음도 45dB(A)미만의 소음 환경을 달성하여야 한다. ▪ 또한 1층~5층의 외부소음도의 측정방법에 있어서 1층과 5층의 측정값을 산술평균한 값으로 평가하도록 규정되어 있다. 「공동주택 소음측정기준」[3]이 1986년 10월 15일 제정된 이후 2007년 12월 12일 개정 전까지 사용했던 측정방법을 현 소음측정기준으로 그대로 적용하고 있는 상황이다.
개선(제정) 법/제도 의 문제점 & 근거	문제점	▪ 1층과 2층 이상의 세대에 대해서 차별적 규정을 두는 것에는 타당성이 있다. 최근 주거 외부공간의 중요성 부각 및 친환경 설계기법에 의한 1층 외부공간의 거주공간화 현상에 따라, 1층 레벨에서의 외부소음 레벨 규제는 정온한 외부 거주 환경 조성을 위해 그 필요성이 인정된다. ▪ 그러나 2층부터 5층까지의 세대는 6층 이상의 세대와 같이 실내 중심의 거주행태가 이루어진다. 해당 층의 외부공간으로 나갈 수 없다. 그럼에도 불구하고 1층과 같이 외부소음레벨로 소음환경을 평가하는 것은 불합리하다. 또한 6층 이상의 세대의 소음 평가 방법과 차별화할 이유도 없다. ▪ 이는 1986년 10월 15일 주로 5층 정도의 아파트를 대상으로 제정된 「공동주택 소음측정기준」의 취지가 2007년 12월 12일 시행된 20년만의 개정 때에도 별다른 여과장치 없이 남겨졌기 때문이다. 그러나 대부분의 아파트가 6층 이상인 현 시점에서 5층 이하와 6층 이상 세대의 외부소음 평가가 차별적으로 이루어지는 것은 현실적으로 불합리하다. ▪ 또한 「공동주택 소음측정기준」에 의하면 5층 이하 세대의 외부소음도를 평가하는 방법으로 1층과 5층의 외부에서 측정한 외부소음도의 산술평균을 사용하고 있다. 그러나 이 방법은 65dB 보다 높은 5층의 외부소음레벨을 방음벽 등의 설치에 의해 65dB 보다 현저히 낮은 1층의 외부소음레벨에 의해 상계하여 결국 1층~5층의 산술평균을 65dB 이하로 유지하는 '합리화'의 수단으로 종종 사용된다. ▪ 4층이나 5층 등 1층~5층 범위에서 상대적으로 상층부에 거주하는 거주자들은 65dB 이상의 외부소음 환경 및 제대로 설치되지 않은(법규로 강제되어있지 않기 때문) 차음 창호 때문에 45dB 이상의 실내소음 환경에 놓이는 상황이 발생하게 되는 것이다.[4]
	근거	▪ 주택건설기준 등에 관한 규정[일부개정 2006.1.6 대통령령 제19263호] 제9조 ▪ 공동주택 소음측정기준[개정 2007. 12. 12)
구분		제정( ), 개선(○)
개선(제정) 법/제도 (안)		1) 주택건설기준등에관한규정 제9조 (소음등으로부터의 보호) ①공동주택을 건설하는 지점의 소음도(이하 "실외소음도"라 한다)가 65데시벨 이상인 경우에는 방음벽·수림대 등의 방음시설을 설치하여 해당 공동주택의 건설지점의 소음도가 65데시벨 미만이 되도록 하여야 한다. 다만, 공동주택이 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제36조에 따른 도시지역(주택단지 면적이 30만제곱미터 미만인 경우로 한정한다) 또는 「소음·진동규제법」 제26조에 따라 지정된 지역에 건축되는 경우로서 다음 각 호의 기준을 모두 충족하는 경우에는 그 공동주택의 6층 이상인 부분에 대하여 본문을 적용하지 **아니하며, 상기 지역에서 리모델링되는 경우로서 다음 각 호의 기준을 모두 충족하는 경우에는 2층 이상의 부분에 대하여 본문을 적용하지 아니한다.** 1. 세대 안에 설치된 모든 창호(窓戶)를 닫은 상태에서 거실에서 측정한 소음도(이하 "실내소음도"라 한다)가 45데시벨 이하일 것 2. 공동주택의 세대 안에 「건축법 시행령」 제87조제2항에 따라 정하는 기준에 적합한 환기설비를 갖출 것 ②제1항에 따른 실외소음도와 실내소음도의 소음측정기준은 건설교통부장관이 환경부장관과 협의하여 고시한다. 2) 공동주택소음측정기준 **2층 이상의 전 층에 대하여 전 층, 혹은 전체 층에 대해 균등히 분포하는 최상/최하층을 포함한 몇 개의 층에 대하여 측정하되 모든 측정 지점에서 45데시벨 이하이어야 한다.**
개선(제정)의 기대효과		현황과 법규 사이의 괴리 극복 사회적 갈등의 요인 제거 리모델링 저해 요인의 제거

3) 국토해양부, 공동주택 소음측정기준, 국토해양부고시 제2007-573호, 개정 2007.12.12

4) 김연아, 오양기, 황혜주, 도로변 아파트의 외부소음규정에 관한 연구, 한국음향학회 학술발표대회 논문집, 제27권 제2(s)호, 2008

[부록 2] BIM Database Table

Resource Classification

Code	Parent code	Name	Resource type
1		Labour	1
101	1	노무	1
102	1	(Blank)	
2		Materials	2
201	2	가 - 꺼	2
202	2	나 - 니	2
203	2	다 - 띠	2
204	2	라 - 리	2
205	2	마 - 미	2
206	2	바 - 빼	2
207	2	사 - 씨	2
208	2	아 - 어	2
209	2	자 - 쩌	2
210	2	차 - 처	2
211	2	카 - 키	2
212	2	타 - 티	2
213	2	파 - 피	2
214	2	하 - 허	2
215	2	(Blank)	2
3		Subcontract	3
301	3	가 - 꺼	3
302	3	나 - 니	3
303	3	다 - 띠	3
304	3	라 - 리	3
305	3	마 - 미	3
306	3	바 - 빼	3
307	3	사 - 씨	3
308	3	아 - 어	3
309	3	자 - 쩌	3
310	3	차 - 처	3
311	3	카 - 키	3
312	3	타 - 티	3
313	3	파 - 피	3
314	3	하 - 허	3
315	3	(Blank)	3
4		Plant	4
401	4	Plant	4
402	4	(Blank)	4
5		Other	5
501	5	경비	5
502	5	엄시비	5
503	5	(Blank)	5

BIM Database_Resources Data Table



PANOSHINNASTO_ID	PANOS_IDN	PANOSTUNNUS	HANKINTARYHMATUNNUS	PANOSLAJI	SELITE	YKSIKKO	BRUTTOHINTA	NETTOHINTA	PERUSTAJA	VOIMASSA
xyz300003	xyz310001	L0001	101	1	건설기계운전기사	인	77,953	77,953	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310002	L0002	101	1	건설기계운전조수	인	52,731	52,731	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310003	L0003	101	1	건설기계조장	인	79,304	79,304	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310004	L0004	101	1	견출공	인	88,634	88,634	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310005	L0005	101	1	계령공	인	84,343	84,343	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310006	L0006	101	1	계장공	인	92,401	92,401	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310007	L0007	101	1	고급기술자	인	164,387	164,387	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310008	L0008	101	1	고급선원	인	86,732	86,732	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310009	L0009	101	1	고압케이블전공	인	122,430	122,430	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310010	L0010	101	1	광케이블기사	인	131,027	131,027	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310011	L0011	101	1	궤도공	인	78,100	78,100	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310012	L0012	101	1	기계공	인	67,754	67,754	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310013	L0013	101	1	기계기사2급	인	119,414	119,414	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310014	L0014	101	1	기계기술공	인	97,468	97,468	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310015	L0015	101	1	기계설치공	인	76,814	76,814	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310016	L0016	101	1	기계운전공	인	63,226	63,226	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310017	L0017	101	1	기관차조수	인	52,731	52,731	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310018	L0018	101	1	기술사	인	252,897	252,897	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310019	L0019	101	1	기와공	인	85,466	85,466	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310020	L0020	101	1	내선전공	인	81,450	81,450	ajou	25-Dec-09

xyz300003	xyz310021	L0021	101	1	내장공	인	88,373	88,373	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310022	L0022	101	1	노즐공조수	인	70,264	70,264	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310023	L0023	101	1	닥트공	인	77,604	77,604	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310024	L0024	101	1	도배공	인	77,499	77,499	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310025	L0025	101	1	도장공	인	84,343	84,343	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310026	L0026	101	1	도편수	인	140,258	140,258	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310027	L0027	101	1	동발공	인	71,485	71,485	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310028	L0028	101	1	동발목공	인	71,485	71,485	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310029	L0029	101	1	드잡이공	인	120,031	120,031	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310030	L0030	101	1	리벳공	인	94,733	94,733	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310031	L0031	101	1	모래분사공	인	84,343	84,343	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310032	L0032	101	1	목도공	인	77,443	77,443	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310033	L0033	101	1	목조각공	인	110,408	110,408	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310034	L0034	101	1	미장공	인	86,731	86,731	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310035	L0035	101	1	방수공	인	71,223	71,223	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310036	L0036	101	1	배관공	인	76,528	76,528	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310037	L0037	101	1	배전전공	인	172,551	172,551	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310038	L0038	101	1	배전활선전공	인	265,023	265,023	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310039	L0039	101	1	벽돌제작공	인	85,266	85,266	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310040	L0040	101	1	변전전공	인	118,328	118,328	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310041	L0041	101	1	보링공	인	77,400	77,400	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310042	L0042	101	1	보링공(지질조사)	인	77,400	77,400	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310043	L0043	101	1	보온공	인	80,092	80,092	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310044	L0044	101	1	보일러공	인	75,456	75,456	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310045	L0045	101	1	보통선원	인	63,645	63,645	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310046	L0046	101	1	보통인부	인	55,252	55,252	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310047	L0047	101	1	분무공	인	70,264	70,264	ajou	25-Dec-09

xyz300003	xyz310048	L0048	101	1	블록제작공	인	85,266	85,266	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310049	L0049	101	1	비계공	인	98,529	98,529	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310050	L0050	101	1	샤시공	인	83,138	83,138	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310051	L0051	101	1	석공	인	96,009	96,009	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310052	L0052	101	1	선부	인	49,483	49,483	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310053	L0053	101	1	설치공	인	70,264	70,264	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310054	L0054	101	1	송전전공	인	260,549	260,549	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310055	L0055	101	1	송전활선전공	인	294,624	294,624	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310056	L0056	101	1	슬레이트공	인	10,801	10,801	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310057	L0057	101	1	시공측량기사	인	69,577	69,577	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310058	L0058	101	1	시험및조정	인	70,264	70,264	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310059	L0059	101	1	시험사2급	인	54,770	54,770	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310060	L0060	101	1	양생공	인	55,252	55,252	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310061	L0061	101	1	연마공	인	76,365	76,365	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310062	L0062	101	1	온돌공	인	86,731	86,731	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310063	L0063	101	1	용접공	인	89,422	89,422	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310064	L0064	101	1	용접공(철도)	인	84,916	84,916	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310065	L0065	101	1	위생공	인	73,159	73,159	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310066	L0066	101	1	윈치운전공	인	67,754	67,754	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310067	L0067	101	1	유리공	인	83,433	83,433	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310068	L0068	101	1	작업반장	인	75,504	75,504	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310069	L0069	101	1	저압케이블전공	인	98,042	98,042	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310070	L0070	101	1	전기공	인	91,837	91,837	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310071	L0071	101	1	전기공사기사1급	인	91,837	91,837	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310072	L0072	101	1	전기공사기사2급	인	81,786	81,786	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310073	L0073	101	1	절단공	인	79,276	79,276	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310074	L0074	101	1	제도사	인	67,017	67,017	ajou	25-Dec-09

xyz300003	xyz310075	L0075	101	1	제작공	인	85,266	85,266	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310076	L0076	101	1	제철축로공	인	153,293	153,293	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310077	L0077	101	1	조경공	인	71,972	71,972	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310078	L0078	101	1	조력공	인	63,868	63,868	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310079	L0079	101	1	조적공	인	83,710	83,710	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310080	L0080	101	1	준설선기관사	인	70,024	70,024	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310081	L0081	101	1	준설선기관장	인	83,881	83,881	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310082	L0082	101	1	준설선선장	인	100,617	100,617	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310083	L0083	101	1	준설선운전사	인	73,252	73,252	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310084	L0084	101	1	준설선전기사	인	69,814	69,814	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310085	L0085	101	1	줄눈공	인	77,168	77,168	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310086	L0086	101	1	중급기능사	인	97,468	97,468	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310087	L0087	101	1	중급기술자	인	139,232	139,232	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310088	L0088	101	1	중기운전기사	인	77,953	77,953	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310089	L0089	101	1	중기운전사	인	63,226	63,226	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310090	L0090	101	1	착암공	인	67,072	67,072	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310091	L0091	101	1	철골공	인	94,733	94,733	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310092	L0092	101	1	철공	인	93,552	93,552	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310093	L0093	101	1	철근공	인	97,389	97,389	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310094	L0094	101	1	철판공	인	90,303	90,303	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310095	L0095	101	1	초급기능사(건설및기타)	인	73,229	73,229	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310096	L0096	101	1	초급기술자	인	98,848	98,848	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310097	L0097	101	1	측지기사1급	인	76,875	76,875	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310098	L0098	101	1	측지기사2급	인	57,327	57,327	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310099	L0099	101	1	치장벽돌공	인	84,240	84,240	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310100	L0100	101	1	코킹공	인	81,049	81,049	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310101	L0101	101	1	콘크리트공	인	89,575	89,575	ajou	25-Dec-09

xyz300003	xyz310102	L0102	101	1	타일공	인	97,355	97,355	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310103	L0103	101	1	탁본공	인	55,252	55,252	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310104	L0104	101	1	통신기사1급	인	112,911	112,911	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310105	L0105	101	1	통신기사2급	인	106,556	106,556	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310106	L0106	101	1	통신내선공	인	84,899	84,899	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310107	L0107	101	1	통신설비공	인	93,996	93,996	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310108	L0108	101	1	통신외선공	인	121,389	121,389	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310109	L0109	101	1	통신케이블공	인	123,196	123,196	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310110	L0110	101	1	특급기술자	인	196,337	196,337	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310111	L0111	101	1	특별고압케이블전공	인	146,779	146,779	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310112	L0112	101	1	특별인부	인	70,264	70,264	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310113	L0113	101	1	특수비계공	인	98,891	98,891	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310114	L0114	101	1	특수화공	인	141,964	141,964	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310115	L0115	101	1	판금공	인	88,373	88,373	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310116	L0116	101	1	포설공	인	75,216	75,216	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310117	L0117	101	1	포장공	인	84,916	84,916	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310118	L0118	101	1	플랜트기계설치공	인	90,260	90,260	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310119	L0119	101	1	플랜트배관공	인	99,842	99,842	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310120	L0120	101	1	플랜트용접공	인	99,121	99,121	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310121	L0121	101	1	플랜트전공	인	83,741	83,741	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310122	L0122	101	1	플랜트제관공	인	86,524	86,524	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310123	L0123	101	1	한식목공	인	116,318	116,318	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310124	L0124	101	1	한식목공조공	인	81,448	81,448	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310125	L0125	101	1	한식미장공	인	97,815	97,815	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310126	L0126	101	1	한식와공	인	166,102	166,102	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310127	L0127	101	1	한식와공조공	인	114,844	114,844	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310128	L0128	101	1	할석공	인	92,153	92,153	ajou	25-Dec-09

xyz300003	xyz310129	L0129	101	1	함석공	인	80,533	80,533	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310130	L0130	101	1	현도사	인	78,942	78,942	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310131	L0131	101	1	화공	인	101,032	101,032	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310132	L0132	101	1	화약취급공	인	73,968	73,968	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310133	L0133	101	1	BeltConveyor설치공	인	33,530	33,530	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310134	L0134	101	1	H/W설치기사	인	111,540	111,540	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310135	L0135	101	1	S/W시험기사	인	133,148	133,148	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310136	L0136	101	1	T.B.M운전원	인	77,953	77,953	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310137	L0137	101	1	(Blank)	(Blank)	(Blank)	(Blank)	(Blank)	(Blank)
xyz300003	xyz310138	M0001	201	2	각재 - 1.5 * 4.5 * 360 cm	m3	25000.00	25000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310139	M0002	201	2	각재 - 4.5 * 4.5 * 360cm	m3	150000.00	150000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310140	M0003	201	2	각재 - 9 * 9 360 cm	m3	300000.00	300000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310141	M0004	201	2	강관 - 48.6 * 2.4mm * 6m	m	2430.00	2430.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310142	M0005	201	2	강관서포트 - H2966 - 4220mm	개	14600.00	14600.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310143	M0006	201	2	결속선 - 0.9mm	Kg	850.00	850.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310144	M0007	201	2	경유 - 저유황 0.1%	Litre	1104.00	1104.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310145	M0008	201	2	기구손료(유로폼 바닥) - 노무비의 3%	식	534.09	534.09	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310146	M0009	201	2	기구손료(유로폼 벽) - 노무비의 3%	식	737.54	737.54	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310147	M0010	202	2	내부코너판넬 - (200+200) * 1200mm	매	15000.00	15000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310148	M0011	202	2	내수합판 - 12mm * 3' * 6'	m2	6481.00	6481.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310149	M0012	202	2	너트	개	16.68	16.68	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310150	M0013	202	2	널 - T 18 * 3' * 6'	m2	359281.00	359281.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310151	M0014	203	2	드롭헤드 - 75 * 150 mm	개	6700.00	6700.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310152	M0015	204	2	레미콘	m3	0.00	0.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310153	M0016	205	2	모래-kg 당	Kg	9.40	9.40	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310154	M0017	205	2	모래-m3 당	m3	13000.00	13000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310155	M0018	206	2	박리제 - (SIKA FORM OIL)	L	750.00	750.00	ajou	25-Dec-09

xyz300003	xyz310156	M0019	206	2	보 - 100 * 1,650mm	매	16300.00	16300.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310157	M0020	206	2	보통합판 - 3.0mm * 3' * 6'	m2	3700.00	3700.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310158	M0021	206	2	볼트 - M 16 * 30	개	185.00	185.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310159	M0022	207	2	스라브코너판넬 - 220 * 1500mm	매	14850.00	14850.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310160	M0023	207	2	스틸판넬 - 600 * 1200mm	m2	20740.00	20740.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310161	M0024	207	2	시멘트	Kg	79.20	79.20	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310162	M0025	207	2	시멘트벽돌 - 190*90*57mm	1000매	45.00	45.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310163	M0026	208	2	웨이지핀 - 18 * 32 * 90 mm	개	40.00	40.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310164	M0027	209	2	자갈	Kg	10.00	10.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310165	M0028	209	2	잡재료(유로폼 바닥) - 재료비의 5%	식	890.15	890.15	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310166	M0029	209	2	잡재료(유로폼 벽) - 재료비의 5%	식	1229.23	1229.23	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310167	M0030	209	2	중유 - 고유황 4%	L	512.00	512.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310168	M0031	210	2	철근	t	488000.00	488000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310169	M0032	210	2	철못 - N75	Kg	692.00	692.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310170	M0033	210	2	철선 - #8	Kg	590.00	590.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310171	M0034	211	2	펌프차 - 80m3/hr 급(재료비)	Hour	26231.00	26231.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310172	M0035	211	2	크램프 - LARGE	개	1000.00	1000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310173	M0036	213	2	판넬 - 600*1200mm	매	18600.00	18600.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310174	M0037	213	2	판재 - 1.8 * 24 * 360 cm	m3	300000.00	300000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310175	M0038	213	2	프레트타이 - 4 * 18 * 250mm	개	90.00	90.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310176	M0039	214	2	훅크 - LARGE	개	540.00	540.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310177	M0040	215	2	(Blank)	(Blank)	(Blank)	(Blank)	(Blank)	(Blank)
xyz300003	xyz310178	S0001	301	3	강관동바리	m2	1200.00	1200.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310179	S0002	301	3	강화유리	m2	21600.00	21600.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310180	S0003	301	3	거푸집 잡자재	m2	500.00	500.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310181	S0004	301	3	걸레받이설치	m	1200.00	1200.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310182	S0005	301	3	경량철골천정틀	m2	6500.00	6500.00	ajou	25-Dec-09

xyz300003	xyz310183	S0006	301	3	계단마구리미장	m	3300.00	3300.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310184	S0007	301	3	규준틀	m2	200.00	200.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310185	S0008	301	3	기포레미탈	tons	61700.00	61700.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310186	S0009	301	3	기포콘크리트 타설	tons	12500.00	12500.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310187	S0010	302	3	낙서방지용페인트	m2	1600.00	1600.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310188	S0011	302	3	난간대(STL)	EA	57825.00	57825.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310189	S0012	302	3	내부비계설치	m2	700.00	700.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310190	S0013	302	3	내부용수성페인트	m2	1100.00	1100.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310191	S0014	302	3	논슬립설치	m	2150.00	2150.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310192	S0015	303	3	도배지 붙이기	m2	1400.00	1400.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310193	S0016	303	3	도아스톱	EA	800.00	800.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310194	S0017	303	3	도아체크	EA	15000.00	15000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310195	S0018	303	3	동판후라싱/지붕처마	m	18000.00	18000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310196	S0019	304	3	레미콘	m3	43680.00	43680.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310197	S0020	304	3	레미콘 타설	m3	7100.00	7100.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310198	S0021	304	3	루프드레인설치	EA	11900.00	11900.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310199	S0022	305	3	마루귀틀설치	m	6500.00	6500.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310200	S0023	305	3	먹메김	m2	200.00	200.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310201	S0024	305	3	모래	m3	13000.00	13000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310202	S0025	305	3	몰딩설치(AL)	m	1500.00	1500.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310203	S0026	305	3	무늬유리	m2	5900.00	5900.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310204	S0027	305	3	문공사	EA	155000.00	155000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310205	S0028	306	3	바이브레타 손료	m3	50.00	50.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310206	S0029	306	3	방통레미탈	tons	38200.00	38200.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310207	S0030	306	3	방통미장	m2	2000.00	2000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310208	S0031	306	3	백단관 수리비	평	300.00	300.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310209	S0032	306	3	백시멘트	포	7600.00	7600.00	ajou	25-Dec-09

xyz300003	xyz310210	S0033	306	3	보호몰탈	m2	2600.00	2600.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310211	S0034	306	3	복층유리	m2	14200.00	14200.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310212	S0035	306	3	비계다리	m2	148500.00	148500.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310213	S0036	307	3	석고보드	m2	1500.00	1500.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310214	S0037	307	3	석재타일	m2	13000.00	13000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310215	S0038	307	3	석재타일붙이기	m2	7500.00	7500.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310216	S0039	307	3	선홈통(SST)	m	25000.00	25000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310217	S0040	307	3	세라민페인트	m2	3000.00	3000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310218	S0041	307	3	세면대	EA	75000.00	75000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310219	S0042	307	3	스티로폴	m2	6800.00	6800.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310220	S0043	307	3	스티로폴 타설부착	m2	600.00	600.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310221	S0044	307	3	시멘트	포	2850.00	2850.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310222	S0045	307	3	시멘트몰탈	m2	4771.43	4771.43	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310223	S0046	307	3	시멘트벽돌	매	43.00	43.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310224	S0047	307	3	시멘트벽돌소운반	매	10.00	10.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310225	S0048	307	3	시멘트벽돌쌓기	매	75.00	75.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310226	S0049	307	3	신발장	조	300000.00	300000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310227	S0050	307	3	쌍줄비계	m2	2750.00	2750.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310228	S0051	308	3	아스칼텍스	m2	3200.00	3200.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310229	S0052	308	3	아스팔트싱글설치	m2	7000.00	7000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310230	S0053	308	3	액체방수	m2	3000.00	3000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310231	S0054	308	3	외벽단열마감	m2	31000.00	31000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310232	S0055	308	3	외부용수성페인트	m2	1150.00	1150.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310233	S0056	308	3	인방제작설치	m	7000.00	7000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310234	S0057	308	3	인조마블씰	EA	16000.00	16000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310235	S0058	308	3	인조석 물갈기	m2	16500.00	16500.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310236	S0059	309	3	작업발판설치/해체	m2	2750.00	2750.00	ajou	25-Dec-09

xyz300003	xyz310237	S0060	309	3	장식홈통	EA	30000.00	30000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310238	S0061	309	3	조합페인트	m2	2300.00	2300.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310239	S0062	309	3	주방가구	조	350000.00	350000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310240	S0063	309	3	창문공사	EA	145546.43	145546.43	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310241	S0064	310	3	창틀주위충진	m	700.00	700.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310242	S0065	310	3	철근	tons	300000.00	300000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310243	S0066	310	3	철근가공조립	tons	162400.00	162400.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310244	S0067	310	3	철근잡자재	tons	5000.00	5000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310245	S0068	311	3	커텐박스설치	m	12000.00	12000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310246	S0069	311	3	코킹	m	800.00	800.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310247	S0070	311	3	콘크리트면처리	m2	2033.33	2033.33	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310248	S0071	311	3	콘크리트보양	m2	50.00	50.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310249	S0072	312	3	타일	m2	6500.00	6500.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310250	S0073	312	3	타일 및 석체면 보양	m2	150.00	150.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310251	S0074	312	3	타일붙이기	m2	7150.00	7150.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310252	S0075	312	3	타일시멘트	포	4000.00	4000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310253	S0076	312	3	투명유리	m2	11233.33	11233.33	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310254	S0077	314	3	합판거푸집	m2	16650.00	16650.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310255	S0078	314	3	핸드레일(STL)	m	38000.00	38000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310256	S0079	314	3	화강석창대석	m	18000.00	18000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310257	S0080	314	3	황동줄눈대 설치	m	330.00	330.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310258	S0081	314	3	후로아힌지	EA	40000.00	40000.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310259	S0082	315	3	(Blank)	(Blank)	(Blank)	(Blank)	(Blank)	(Blank)
xyz300003	xyz310260	T0001	501	5	펌프차 - 80m3/hr 급(경비)	Hour	96846.00	96846.00	ajou	25-Dec-09
xyz300003	xyz310261	T0002	503	5	(Blank)	(Blank)	(Blank)	(Blank)	(Blank)	(Blank)

[부록 3] 요소기술의 고유성능 평가 항목 지표 설정

앞서 도출된 고유성능의 항목의 평가 방법은 근거 자료의 유무에 따라 크게 정성적인 평가 방법과 정량적인 평가 방법, 선택에 따른 방법으로 구분할 수 있다.

(1) 내구성 및 안전성 관련기술의 항목과 지표

요소기술에 대한 내구성 및 안전성은 4개 범주와 10개의 세부 항목으로 구분되며, 평가 방법은 다음과 같다.

범 주	항 목	평가 방법		
		유/무	정량적	정성적
1-1 구조재료와 관련된 내구성	1-1-1 초기성능 유지/보수		●	●
	1-1-2 구조적 수명 연장		●	
1-2 설계와 관련된 구조 안전성	1-2-1 내진성능 향상	●		●
	1-2-2 제진성능 향상	●		●
	1-2-3 면진성능 향상	●		●
	1-2-4 휨이나 변형 성능 향상	●	●	
	1-2-5 내충격 성능 향상	●	●	
	1-2-6 국부압축하중 성능 향상	●	●	
	1-2-7 내적하중 성능 향상	●	●	
	1-2-8 내분포압성 향상	●	●	
1-3 화재시의 안전성	1-3-1 화재감지 및 경보성능 향상		●	
	1-3-2 배연 및 피난성능 향상		●	
	1-3-3 내화 및 불연성능 향상		●	
1-4 자연재해에 대한 안전성	1-4-1 자연재해 안전성 (태풍, 벼락, 호우)향상			●
1-5 일상사용 안전성	1-5-1 미끄럼, 전도, 추락 등 방지		●	

1-1 구조재료와 관련된 내구성

1-1-1 초기성능 유지/보수

요소기술에 대한 성능은 신재료 및 신공법 등 그 성능이 향상되는 것이 당연하다. 따라서 요소기술 적용을 고려하여 초기성능의 어느 수준까지 유지할 수 있는가의 문제는 기존의 기술과 비교·검토하여 정량적 정성적으로 평가해야 한다.

1-1-2 구조적 수명 연장(주택성능등급표시제도 참조하여 보완)

등급	등급기준	점수
1급	내용년수 100년 이상	3
2급	내용년수 65년 이상 ~ 100년 미만	2
3급	내용년수 30년 이상 ~ 65년 미만	1

1-2 설계와 관련된 구조 안전성

88년 이후 법률상 6층이상, 연면적 1만㎡ 이상인 건축물은 내진설계를 하도록 정해저 있기 때문에 리히터규모 5.5이상을 견디는 구조 안전성을 필수적으로 가져야 하며, 설계와 관련된 구조의 안전성 중 해당기술이 내진성능을 향상시키는 기술인지 기타 내충격 성능 등을 향상 시키는 것인지는 해당 부위에 체크하는 형식으로 평가 되어야 한다.

1-3 화재시의 안전성

1-3-1 화재감지 및 경보성능 향상(주택성능등급표시제도 참조)

등급	등급기준	점수
1급	아날로그 감지기, 시각경보기 및 인터넷 등을 통한 세대내 상시 감시시스템 설치	3
2급	CRT 일체형 수신기 및 시각경보기 설치	2
3급	소방법규상의 감지, 경보, 수신설비의 설치 (차동식 감지기, 정온식 감지기, 연기식 감지기, 경종, 싸이렌, P형 또는 R형 수신기 등의 감지 및 경보설비의 설치 등)	1

1-3-2 배연 및 피난성능 향상(주택성능등급표시제도 참조)

등급	등급기준	점수
1급	계단실의 제연설비 및 전층 복합형 유도등 또는 피난유도선의 설치	3
2급	계단실의 제연설비 및 전층 유도등 설치	2
3급	소방법규상의 배연 및 피난설비의 설치 (자연/기계식 배연설비, 유도표지, 피난구 유도등, 통로유도등 등)	1

1-3-3 내화 및 불연성능 향상(주택성능등급표시제도 참조)

등급	등급기준	점수
1급	건축법규상의 내화구조에 콘크리트 피복두께 20mm 증가 또는 철골내화피복두께 10mm 증가 적용	3
2급	건축법규상의 내화구조에 콘크리트 피복두께 10mm 증가 또는 철골내화피복두께 5mm 증가 적용	2
3급	건축법규상의 내화성능을 확보한 구조의 적용	1

1-4 자연재해에 대한 안전성

1-4-1 자연재해 안전성 (태풍, 벼락, 호우)향상

자연재해에 관한 안전성은 신재료 등 그 성능이 향상될 수 있는 여지가 다분하다. 따라서 요소기술 적용을 고려하여 타 기술과 비교·검토하여 정성적으로 평가해야 한다.

1-5 일상사용 안전성

1-5-1 미끄럼, 전도, 추락 등 방지

공동주택의 바닥과, 벽체를 대상으로 건연식 접착력을 기준으로 정하여 권장하고 있으며 다음과 같이 평가 한다.

기술 적용 부위		성능 기준(평가 범위)
욕실, 복도, 계단실	타일마감	4kgf/cm2 이상 , 권장값 : 6kgf/cm2 이상
거실, 침실, 주방 내벽	벽지마감	1.6kg/cm2 이상
욕실 내벽	타일마감	4.0kg/cm2 이상(권장값 : 6.0kg/cm2 이상)

또한 KS M 3802(JIS A 5705) 에서는 공동주택 바닥의 방활성(미끄럼)의 성능기준을 바닥재의 표면상태는 실내바닥인 경우 물기가 묻은 상태를, 실외바닥인 경우 흙탕물이 묻은 상태에서 측정한 값을 기준으로 하여 다음과 같이 정하여 평가 하고 있으며 성능기준 범위에 적합한지를 평가한다.

바닥의 용도	사용조건/적용조건	성능기준(허용범위)
거실/침실/주방	양말/실내용 슬리퍼 보행	CRS : 0.35 ~0.9
	맨발 보행	CRS.B : 0.6 이상
욕실	맨발 보행	CRS.B : 0.6 이상
복도/계단실	구두/운동화/슬리퍼보행	CRS : 0.4 ~0.9

(2) 거주성 및 위생성 관련기술의 항목과 지표

요소기술에 대한 거주성 및 위생성은 6개 범주 14개의 세부 항목으로 구분되며 평가 방법은 다음과 같다.

범 주	항 목	평가 방법		
		유/무	정량적	정성적
2-1 공간의 기능성	2-1-1 면적 확장 및 확보		●	
	2-1-2 천정고 확보		●	
2-2 보행, 촉감	2-2-1 충격흡수, 소음방지		●	
2-3 광시환경 성능	2-3-1 조망의 확보		●	
	2-3-2 자연 채광의 확보		●	
	2-3-3 인공조명의 개선	●		
2-4 음환경 성능	2-4-1 흡음 성능 향상		●	
	2-4-2 경량충격음 차단 성능 향상		●	
	2-4-3 중량충격음 차단 성능 향상		●	
	2-4-4 화장실 소음 차단 성능 향상		●	
	2-4-5 경계 소음 차단 성능 향상		●	
	2-4-6 자체 소음 발생 저감		●	
2-5 온열환경 성능	2-5-1 단열 성능 향상		●	
	2-5-2 보온 성능 향상		●	
	2-5-3 결로방지 성능 향상	●		
2-6 공기환경 성능	2-6-1 인체에 유해한 실내공기오염물질 방출저감		●	
	2-6-2 환기 및 통풍 성능향상		●	

2-1 공간의 기능성 관련기술

2-1-1 면적 확장 기술

해당기술을 사용함으로써 면적이 어느 정도 확보가능한지 또한 면적을 얼마나 확장 가능한지 정량적으로 평가한다.

2-1-2 천정고 확보 기술

주택건설기준 등에 관한 규칙 제3조 4항에 적합한지 판단 - 거실 및 침실의 반자높이(반자를 설치하는 경우만 해당한다)를 2. 2미터이상으로 하고, 층높이를 2.4미터이상 유지 확보 가능한 기술인지를 평가한다.

2-2 보행, 촉감 확보 기술

2-2-1 충격흡수, 소음방지 기술

공동주택 바닥의 내충격성 기준은 KS F 2221(건축용 보드류의 충격시험방법)과 JIS 8(내충격시험)으로 복도, 계단실, 욕실, 다용도실을 대상으로 다음과 같이 유사한 방법으로 다음과 같이 평가한다.

사용조건/적용조건	성능기준(허용범위)	
마감재/멤블렌 방수층	내충격 50kgf·cm 이상	1kg 철구를 50cm 높이에서 낙하시 균열·패임 등이 발생하지 않을 것

2-3 광시환경 성능

2-3-1 조망의 확보 기술

국내에 조망에 관한 법령이나 규칙은 정해져 있지 않으나 분쟁이나 판례사례

를 통해 객관적으로 인정된 사례가 많아 기술 적용시 고려해야할 사항으로 충분하다. 본 연구에서는 완전히 가려지는 정도를 조망률 0%로, 완전히 보이는 정도를 조망률 100%로 구분하여 정량적으로 평가 한다.

2-3-2 자연 채광의 확보(일조)(주택성능등급표시제도 참조)

등급	등급기준	점 수
1등급	채광률 1.0 이상	4
2등급	채광률 0.8 이상 ~ 1.0 미만	3
3등급	채광률 0.6 이상 ~ 0.8 미만	2
4등급	채광률 0.6 미만	1

◦ 채광율 = Σ(방위별 개구비 × 방위별 가중치 × 유효개구율)

◦ 유효개구율 = 단순개구율 + 0.12 - (10 / 세대평균전용면적)

◦ 방위별 개구비 = 각 방위별 채광창 면적 / 전체 채광창 면적

◦ 단순개구율 = 전체 채광창 면적 / 전체 전용면적

<방위별 가중치>

- 남향의 경우 = 대향동 인동거리(H)+방위별 인동거리(H)
- 남서향 및 남동향의 경우= 대향동 인동거리(H)+방위별 인동거리(H)×0.81
- 동향 및 서향의 경우 = 대향동 인동거리(H)+방위별 인동거리(H)×0.66
- 북동향 및 북서향의 경우= 대향동 인동거리(H)+방위별 인동거리(H)×0.53
- 북향의 경우 = 대향동 인동거리(H)+방위별 인동거리(H)×0.46

2-3-3 인공조명의 개선

한국산업규격 조도기준(KSA 3011)을 근거로 하여 공동주택에 관계된 등급별 성능평가를 한다.

등급	등급기준(lx)		점수
전반	1	60미만	3
	2	60이상 ~ 100미만	2
	3	100이상 ~ 150미만	1
세탁	1	150미만	3
	2	150이상 ~ 200미만	2
	3	200이상 ~ 300미만	1
공작	1	300미만	3
	2	300이상 ~ 400미만	2
	3	400이상 ~ 600미만	1
바느질, 수예, 재봉	1	600미만	3
	2	600이상 ~ 1000미만	2
	3	1000이상 ~ 1500미만	1

2-4 음환경성능

2-4-1 흡음성능 향상

흡음성능을 향상 시키는 기술인지를 O/X 로 선택

2-4-2 경량충격음 차단 성능 향상

국내의 경우 경량충격음은 건설교통부 고시 제 2005-189호 제26조에서 정하고 있는 표준바닥구조 이외의 구조는 성능인정서를 이용하여 성능등급별 기준 중 어떤 등급에 해당되는지를 평가하며, 표준 바닥구조의 경우에는 4등급으로 분류하여 평가 하고 있으며, KS F 2810(건축물 현재 위치에 있어서의 바닥충격음 측정방법)에 의하여 측정하여 평가하는 방법이 있다. 본 연구에서의 그 등급의 범위는 건설교통부 고시 제 2005-189호 제26조에 따른 성능인정서를 참조하였으며, 그 등급의 범위는 다음과 같다.

등급	등급기준	점 수
1등급	$L'_{n,AW} \leq 43$	4
2등급	$43 < L'_{n,AW} \leq 48$	3
3등급	$48 < L'_{n,AW} \leq 53$	2
4등급	$53 < L'_{n,AW} \leq 58$, 표준바닥구조	1

* $L'_{n,AW}$: 역 A 특성 가중 규준화 바닥충격음레벨

2-4-3 중량충격음 차단 성능 향상

표준바닥구조는 4등급으로 평가하고 표준바닥구조이외의 바닥주조에 대해서는 주택건설기준등에관한규정 제14조의 규정에 의하여 건설교통부장관이 고시한 “공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준”에서 정하는 방법에 따라 인정기관으로부터 발급받격음인정서를 이용하여 평가한다. 중량충격음 차단성능에 대한 등급은주택 바닥충과 마찬가지로 KS F 2810(건축물 현재 위치에 있어서의 바닥충격음 측정방법)에 등급별로 명시되어 있으나, 본 연구에서는 주택건설기준등에관한규정 제14조의 규정에 의한 평가지표를 참조하여 제시하였다.

등급	등급기준	점 수
1등급	$L'_{n,AW} \leq 40$	4
2등급	$40 < L'_{n,AW} \leq 43$	3
3등급	$43 < L'_{n,AW} \leq 47$	2
4등급	$47 < L'_{n,AW} \leq 50$, 표준바닥구조	1

* $L'_{n,AW}$: 역 A 특성 가중 규준화 바닥충격음레벨

2-4-4 화장실 소음 차단 성능 향상

소음 저감공법의 채택수 및 가중치를 고려하여 평가하며 다음과 같은 평가 지표를 활용한다.

등급	등급기준	점 수
1등급	9점이상	4
2등급	7점 이상 8점이하	3
3등급	5점 이상 6점 이하	2
4등급	4점이하	1

점수	등급기준
4점	오·배수관의 당해층 배관방식 채택
3점	세대별 급수압이 2.5㎏/㎠이하이거나 세대별 감압밸브를 사용하여 급수압을 2.5㎏/㎠이하로 유지
2점	절수형 변기[주1)] 채용
2점	저소음형 배수관[주2)] 사용
2점	배기용 AD(Air Duct)를 통한 상하층간 소음전달 방지대책[주3)]의 수립여부
1점	배관 지지부와 벽, 바닥의 관통부위에 완충재 등을 사용하여 절연시공

주1) 절수형 변기란 로우탱크를 부착하여 사용하는 변기의 경우 사용수량이 6L 이하, 세척밸브를 부착하여 사용하는 변기의 경우 대소변 미구분용 변기의 사용수량이 6L 이하, 대소변 구별형의 경우 대변용 9L이하, 소변용 5L 이하인 것을 말한다.

주2) 저소음형 배수관이란 KS D 4307에서 정하고 있는 배수용 주철관이나 동일한 측정조건에서 실시한 일반용 경질염화 비닐관(KS M 3404의 VG2)과의 소음레벨 차가 5dB(A) 이상인 배수관을 말한다.

주3) 배기용 AD(Air Duct)를 통한 상하층간 소음전달 방지대책이란 독립 급배기관의 설치, 복수 AD설치를 통해 인접 상하층간의 배기구가 직접 통하지 않게 배치한 경우, 소음차단형 배기구 등을 설치한 경우를 말한다.

2-4-5 경계 소음 차단 성능 향상(주택성능등급표시제도 참조)

경계벽의 구조가 철근콘크리트조, 무근콘크리트조(콘크리트 블록조. 벽돌조, 석조 등 포함), 조립식 콘크리트판의 경우에는 그 두께로서 평가하고, 주택건설기준등에관한규정 제14조제1항제1호 내지 제3호에서 규정하고 있는 구조 이외인 경우에는 동 법 제14조제1항제4호 및 건설교통부 고시 제1999-393호(벽체의 차음구조 인정 및 관리기준)에 따라 차음구조로 인정을 받은 벽체로서 인정용 시험성적서를 바탕으로 KS F 2862(건물 및 건물부재의 공기전달음 차단성능 평가방법)에 의해 산출한 '단일수치평가량+스펙트럼조정항'의 값이 어떤 등급에 해당되는지를 평가한다.

차음성능에 의한 평가 (단위:db)

등급	등급기준	점수
1급	58 ≤ Rw+C	3
2급	53 ≤ Rw+C < 58	2
3급	48 ≤ Rw+C < 53	1

또한 KS F 2809(건축물의 현재위치에 있어서의 음압레벨차의 측정방법)에 의하여 공기전달음에 대한 벽체의 급별 차음성능 기준을 활용하여 평가한다.

- 외벽

등급	음압레벨차(단위:db)			등급
	주파수 125Hz	주파수 500Hz	주파수 2,000Hz	
1급	20이상	35이상	45이상	3
2급	20~15이상	35~30이상	45~30이상	2
3급	15~10이상	30~25이상	30~25이상	1

- 세대간 경계벽

등급	음압레벨차(단위:db)			등급
	주파수 125Hz	주파수 500Hz	주파수 2,000Hz	
1급	40이상	55이상	65이상	3
2급	40~35이상	55~50이상	65~60이상	2
3급	35~30이상	50~45이상	60~555이상	1

2-5 온열환경 성능

2-5-1 단열성능 향상

단열성능은 KS F 2278(창 및 문의 단열성능시험방법), KS F 2288(주택용 설비유닛의 보온·단열시험방법) 및 KS F 2299(건축물 부재의 정상상태에서의 단열성능시험방법)에 의한 주택 각 부위의 단열성능은 건축물의 설비 기준 등에 관한 규칙 제 21조의 규정에 의한 기준에 적합하여야 하며, 급별 단열성능의 기준은 다음과 같다.

- 외벽 및 최하층 바닥

등급	등급기준(열관류율 단위 : Kcal/m^2·h·℃)	점수
1급	0.45 이하	3
2급	0.45 ~ 0.50 이하	2
3급	0.50 ~ 0.65 이하	1

- 최상층 반자 및 지붕

등급	등급기준(열관류율 단위 : Kcal/m^2·h·℃)	점수
1급	0.30 이하	3
2급	0.30 ~ 0.35 이하	2
3급	0.35 ~ 0.45 이하	1

- 측벽

등급	등급기준(열관류율 단위 : Kcal/m^2·h·℃)	점수
1급	0.35 이하	3
2급	0.35 ~ 0.40 이하	2
3급	0.40 ~ 0.60 이하	1

- 외기에 면하는 창

등급	등급기준(열관류율 단위 : Kcal/m^2·h·℃)	점수
1급	2.50 이하	3
2급	2.50 ~ 2.90 이하	2
3급	2.90 ~ 4.10 이하	1

2-5-2 보온성능 향상

보온 성능은 건물을 구성하고 있는 부위에 대한 보온성능에 대한 것으로써 기준은 열관류율을 통한 기준을 사용한다.

등급	등급기준(열관류율 단위 : Kcal/m^2·h·℃)	점수
1급	1.80 이하	3
2급	1.80 ~ 2.20 이하	2
3급	2.20 ~ 2.60 이하	1

2-5-3 결로방지 성능 향상

결로방지에 대한 범위 규정은 없으나, 외벽, 최상층반자, 최하층바닥 및 냉교부, 비난방실과 난방실 사이의 벽체, 접합부위 등에는 이슬이 맺히지 아니하여야 한다.

2-6 공기환경 성능

2-6-1 인체에 유해한 실내공기오염물질 방출저감(주택성능등급표시제도 참조)

등급	등급기준	점수
1급	11점이상(최종마감재점수+접팍제점수+기타내장재점수)	3
2급	8점이상~11점미만(최종마감재점수+접착제점수+기타내장재점수)	2
3급	5점이상~8점미만(최종마감재점수+접착제점수+기타내장재점수)	1

최종마감재 중 포름알데히드 및 휘발성유기화합물 저방출자재의 벽체 적용 : 2점

최종마감재 중 포름알데히드 및 휘발성유기화합물 저방출자재의 천장 적용 : 1점

최종마감재 중 포름알데히드 및 휘발성유기화합물 저방출자재의 바닥 적용 : 2점

접착제 중 포름알데히드 및 휘발성유기화합물 저방출자재의 벽체 적용 : 1점

접착제 중 포름알데히드 및 휘발성유기화합물 저방출자재의 천장 적용 : 1점

접착제 중 포름알데히드 및 휘발성유기화합물 저방출자재의 바닥 적용 : 2점

최종마감재 이외의 기타내장재 중 포름알데히드 및 위발성유기화합물 저방출자재의 벽체(외벽체외) 적용 : 1점

최종마감재 이외의 기타내장재 중 포름알데히드 및 위발성유기화합물 저방출자재의 천장 적용 : 1점

최종마감재 이외의 기타내장재 중 포름알데히드 및 위발성유기화합물 저방출자재의 바닥 적용 : 1점

2-6-2 환기 및 통풍성능 향상(주택성능등급표시제도 참조)

등급	등급기준	점수
1급	3급 + 고성능 외기청정필터 및 열교환기	3
2급	3급 + 고성능 외기청정필터 또는 열교환기	2
3급	단위세대에서 시간당 0.7회 이상의 환기횟수 확보가 가능한 환기설비	1

(3) 노약자 배려성

요소기술에 대한 노약자 배려성은 1개 범주 3개의 세부 항목으로 구분되며, 평가방법은 다음과 같다.

범 주	항 목	평가 방법		
		유/무	정량적	정성적
3-1 약자배려 성능	3-1-1 시각 장애자 배려	●		
	3-1-2 청각 장애자 배려	●		
	3-1-3 지체부자유자, 노약자(어린이, 노인, 임산부) 배려	●		

3-1-1 시각 장애자 배려

시각 장애자를 배려한 기술인지 아닌지를 체크하는 방식으로 평가

3-1-2 청각 장애자 배려

청각 장애자를 배려한 기술인지 아닌지를 체크하는 방식으로 평가

3-1-3 지체부자유자, 노약자(어린이, 노인, 임산부) 배려

㉠ 전용부분

등급	등급기준	점수
1급	각 평가대상 별 2개 항목 이상 만족	3
2급	각 평가대상 별 1개 항목 만족	2
3급	각 평가항목별 현행 법령의 적용	1

-평가 대상 및 항목

출입구(세대문, 주호내문)

·출입구의 유효폭 0.9m이상(일반 욕실 제외)

·출입구의 전후면 유효거리 1.5m 이상 확보(일반욕실제외)

단차

·일상생활공간내 단차가 없는 구조(5mm 이하 단차 포함)

·발코니, 현관 오름턱, 욕실 출입구의 단차는 60mm

·문턱높이는 10mm이하

특정욕실

·단변치수 1.5m이상(욕조폭 치수 제외)

·비상콜 버튼 설치

특정 침실

·침대 측면에 1.5m 이상의 활동 공간 확보

·10m^2 이상의 면적 확보

유니버설 디자인 부품

·조작이 용이한 문의 손잡이 설치

·부엌, 수납공간 등에 유니버설 디자인 부품을 2개 이상 설치

㉡ 공용부분

등급	등급기준	점수
1급	각 평가대상 별 2개 항목 이상 만족	3
2급	각 평가대상 별 1개 항목 만족	2
3급	각 평가항목별 현행 법령의 적용	1

-평가 대상 및 항목

건축주출입문

·유효목 0.9m 이상

·전후면 유효거리 1.5m 이상 확보

·건축물 출입구 - 현관 내외는 동일한 레벨

주출입구 경사로

·경사로 유효폭 1.5m 이상

·경사로 기울기 1/18 이하

공용계단(엘리베이터가 설치된 경우는 공용계단 폭 1.2m 적용가능)

·계단 및 참의 유효폭 1.5m 이상

공용복도(계단실 아파트의 경우 평가항목 제외)

·유효폭 1.5m 이상

승강기

·전면에 1.5×1.5m 여유공간 확보

·출입구 유효폭 0.9m 이상

·유효면적은 1.5*1.5m 이상

(4) 유지·관리성

요소기술에 대한 유지·관리성은 1개 범주 5개의 세부 항목으로 구분되며, 평가방법은 다음과 같다.

범 주	항 목	평가 방법		
		유/무	정량적	정성적
4-1 유지관리 및 변경용이성	4-1-1 내 오염성 강화	●		
	4-1-2 공간구획(평면) 가변성		●	
	4-1-3 설비 가변성			●
	4-1-4 보전, 수선 용이성			●
	4-1-5 교체, 수리 용이성(부분의 호환성)			●

4-1-1 내 오염성 강화

내오염성은 외관을 가급적 원래의 상태대로 장기간 유지하기 위한 성능이다. 이에 대한 인증 제도나 평가 지표는 그동안 전무한 상태로 요소기술에 대한 내오염성은 정성적으로 평가한다.

4-1-2 공간구획(평면) 가변성

내력벽 및 기둥의 길이비율을 다음과 같이 계산함으로써 평가에 대한 등급을 설정한다.

내력벽 및 기둥의 길이비율(%)

= 세대내부 내력벽 및 기둥길이/세대내부 전체벽 및 기둥길이 × 100

등급	등급기준	점수
1급	세대내부 내력벽 및 기둥의 길이비율 10%미만	4
2급	세대내부 내력벽 및 기둥의 길이비율 10%이상 ~ 40%미만	3
3급	세대내부 내력벽 및 기둥의 길이비율 40%이상 ~ 70%미만	2
4급	세대내부 내력벽 및 기둥의 길이비율 70%이상	1

내력벽 및 기둥의 길이라 함은 세대 전용면적 내의 내력벽 및 기둥의 장변의 길이를 말함

4-1-3 설비 가변성

안정성을 유지하면서 형태나 조직을 변경시킬 수 있는 고유성능으로 내부공간의 구성을 변화시킴으로써 어느정도 적응이 가능하는지 정성적으로 평가

4-1-4 보전, 수선 용이성

보전, 수리 용이성은 전용부분과 공용부분으로 나누어서 평가한다.

등급	등급기준	점수
1급	평가항목 4개 채택	4
2급	평가항목 3개 채택	3
3급	평가항목 2개 채택	2
4급	평가항목 1개 채택	1

▶개보수 및 점검의 용이성 계획

-전용배관의 설계

·전용설비 공간과 공용배관과의 독립성 확보

-개보수 및 점검의 용이성

·개보수 및 점검이 용이한 배관 및 배선 계획

▶세대 수평 및 수직 통합 분리계획

-통합 및 분리 대응 계획

·통합분리를 고려한 가스배관, 급수 및 전기설비 계획

·공간 가변에 대응한 배관 및 배선설치 계획

4-1-5 교체, 수리 용이성(부분의 호환성)

교체, 수리에 대한 용이성을 정성적으로 평가

(5) 방범성

요소기술에 대한 방범성은 1개 범주 2개의 세부 항목으로 구분되며, 평가 방법은 다음과 같이 유/무에 따른 정성적인 평가를 한다.

범 주	항 목	평가 방법		
		유/무	정량적	정성적
5-1 방범	5-1-1 침입방지 성능	●		●
	5-1-2 감시기능 강화	●		●

(6) 친환경성

요소기술에 대한 친환경성은 1개 범주 4개의 세부 항목으로 구분되며, 평가 방법은 다음과 같이 유/무에 따른 정성적인 평가를 한다.

범 주	항 목	평가 방법		
		유/무	정량적	정성적
6-1 친환경 성능	6-1-1 해체 시 폐기물 분리수거, 재생, 재활용 가능성	●		●
	6-1-2 폐재 처리 시 공기오염 방지	●		●
	6-1-3 폐재 처리 시 토양오염 방지	●		●
	6-1-4 폐재 처리 시 수질오염 방지	●		●

(7) 에너지 절약성

요소기술에 대한 에너지 절약성은 2개 범주 6개의 세부 항목으로 구분되며, 평가 방법은 다음과 같다.

범 주	항 목	평가 방법		
		유/무	정량적	정성적
7-1 건축 에너지 절약성능	7-1-1 자연 에너지 활용	●		●
	7-1-2 기밀성의 향상		●	
7-2 설비성능 향상	7-2-1 설비의 성능 및 기능향상		●	
	7-2-2 설비의 효율 향상 (운용 에너지 및 물소비량 절감)		●	
	7-2-3 설비의 수명 연장		●	

7-1 건축 에너지 절약성능

7-1-1 자연 에너지 활용

자연 에너지 활용의 정도는 기준을 정하기 어려우므로 평가방법으로 경우에 따른 정성적인 평가 방법을 한다.

7-1-3 기밀성의 향상

KS F 2292에 의한 기밀성 등급에 의한 통기량을 측정하여 평가한다.

7-2 설비성능 향상

7-2-1 설비의 성능 및 기능향상

설비 성능 향상에 관한 평가 기준은 절대적인 것은 없으며 타 기술과 상대적인 비교 방법으로 정량적으로 평가한다.

7-2-2 설비의 효율 향상(운용 에너지 및 물소비량 절감)

설비 효율 향상에 관한 평가 기준은 절대적인 것은 없으며 운용 에너지 및 물소비량 절감률을 타 기술과 상대적인 비교 방법으로 평가한다.

7-2-3 설비의 수명 연장

수명 연장은 년 단위의 측면에서 내구연한이 몇 년인지를 정량적으로 제시한다.

(8) 심미성

요소기술에 대한 심미성은 1개 범주 5개의 세부 항목으로 구분되며, 평가 방법은 다음과 같이 유/무에 따른 정성적인 평가를 한다.

범 주	항 목	평가 방법		
		유/무	정량적	정성적
8-1 미관적 성능	8-1-1 옥내 공용부 심미성 향상	●		●
	8-1-2 옥내 전용부 심미성 향상	●		●
	8-1-3 외벽 심미성 향상	●		●
	8-1-4 옥상 심미성 향상	●		●
	8-1-5 옥외 심미성 향상	●		●

표 . 요소기술의 고유성능 안

부 문	범 주	항 목	
내구성 및 안전성	구조재료와 관련된 내구성	초기성능 유지/보수	
		구조적 수명 연장	
	설계와 관련된 구조 안전성	내진	내진성능 향상
			제진성능 향상
			면진성능 향상
		휨이나 변형 성능 향상	
		전도 및 파괴 방지 성능 향상	
		내충격 성능 향상	
		국부압축하중 성능 향상	
		내적하중 성능 향상	
		내분포압성 향상	
	화재시의 안전성	화재감지 및 경보성능 향상	
		배연 및 피난성능 향상	
		내화 및 불연성능 향상	
	자연재해에 대한 안전성	자연재해 안전성 (태풍, 벼락, 호우)향상	
	일상사용 안전성	미끄럼, 전도, 추락 등 방지	
거주성 및 위생성	공간의 기능성	면적 확장	
	보행, 촉감	천정고 확보	
	광시환경 성능	충격흡수, 소음방지	
		조망의 확보	
		자연 채광의 확보	
		인공조명의 개선	
		시각적 피로 방지 및 가시성(시인성) 확보	
	음환경 성능	흡음 성능 향상	
		경량충격음 차단 성능 향상	
		중량충격음 차단 성능 향상	
		화장실 소음 차단 성능 향상	
		경계 소음 차단 성능 향상	
		자체 소음 발생 저감	
	온열환경 성능	단열성능 향상	
		축열성능 향상	
		결로방지성능 향상	
	공기환경 성능	인체에 유해한 실내공기오염물질 방출저감	
		환기 및 통풍 성능향상	
노약자 배려성	약자배려 성능	시각 장애자 배려	
		청각 장애자 배려	
		지체부자유자, 노약자(어린이, 노인, 임산부) 배려	
유지 관리성	유지관리 및 변경용이성	내 오염성 강화	
		공간구획(평면) 가변성	
		설비 가변성	
		보전, 수선 용이성	
		교체, 수리 용이성(부분의 호환성)	
방범성	방범	침입방지 성능	
		감시기능 강화	
친 환경성	친환경 성능	해체 시 폐기물 분리수거, 재생, 재활용 가능성	
		폐재 처리 시 공기오염 방지	
		폐재 처리 시 토양오염 방지	
		폐재 처리 시 수질오염 방지	
에너지 절약성	건축 에너지 절약성능	자연 에너지 활용	
		단열성 향상	
		기밀성 향상	
	설비성능 향상	설비의 성능 및 기능향상	
		설비의 효율 향상 (운용 에너지 및 물소비량 절감)	
		설비의 수명 연장	
심미성	미관적 성능	옥내 공용부 심미성 향상	
		옥내 전용부 심미성 향상	
		외벽 심미성 향상	
		옥상 심미성 향상	
		옥외 심미성 향상	
해당 고유성능에 대하여 절대적 상대적 성질 기술			

첨부 2. 요소기술의 적용성능 항목 및 지표 분석

(1) 적용방법

요소기술은 적용방법에 따라 다음과 같은 성능 범주 항목들로 구분할 수 있다.

① 철거
② 철거 후 다른 사양으로 재시공
③ 철거 없이 추가 설치
④ 동일사양의 신품으로 교체
⑤ 기존부재를 그냥 두고 그 위에 덧붙임
⑥ 건물 내 배치 변경
⑦ 건물 전체의 형상 및 규모 변경
⑧ 주호 또는 개별 용도실 내 배치변경

(2) 비용

요소기술에 대한 비용은 다음과 같은 성능 범주 항목들로 구분할 수 있다.

① 경제 수명
② 초기 비용(공사 단위당 비용=적산기준 적용)
③ 평균 연간 유지관리 비용
④ 평균 연간 유지관리 비용
⑤ 철거 및 폐기 지출
⑥ 재활용 수입
⑦ 총 수명 비용

(3) 시공성

요소기술에 대한 시공성은 다음과 같은 성능 범주 항목들로 구분할 수 있으며 ①~⑤까지의 항목은 단위로 평가가 가능한 항목들로 구성이 되어 있다.

또한 시공성은 시공자의 입장에서 판단되는 항목들로 타 기술과 비교를 통한 방법으로 평가 한다.

① 설계기간
② 제조개시에서 현장납입까지의 기간
③ 공사 단위 당 기간(또는 모델타입 1동당)
④ 공사 단위 당 소요 기능자(또는 모델타입 1동당)
⑤ 공사 단위 당 소요 가설(또는 모델타입 1동당)

⑥ 품질 안정성(신뢰성)

등급	평가기준	점수
1등급	공장생산이며, 현장생산일 경우 품질이 떨어질 우려가 없는 경우	3
2등급	현장 생산이며 품질관리가 어렵지 않은 경우	2
3등급	현장에서 세밀한 품질 관리를 하지 않으면 품질 저하 우려	1

⑦ 기존부위 및 주변부위와의 긴결 및 착탈 용이성 (접합기술)

등급	평가기준	점수
1등급	간단한 공사로 가능	3
2등급	기존 부위와의 비교적 간결한 공사로 가능	2
3등급	기존부위와의 연결 및 해체를 하기위한 공사가 어려움	1

⑧ 양생의 난이도

등급	평가기준	점수
1등급	양생에 가설/시간/ 소요가 적음	3
2등급	양생을 하기 위한 간단한 가설/시간/인력 등의 소요	2
3등급	양생을 하기 위한 많은 가설/시간/인력 등이 많이 소요	1

⑨ 현장에서의 가공성 및 미조정 가능성

등급	평가기준	점수
1등급	현장에서 가공이 용이	3
2등급	간단한 현장 사용 장비로 가능	2
3등급	현장에서 가공이 어려움	1

⑩ 호환성

등급	평가기준	점수
1등급	타 부품으로 대체 가능	3
2등급	부위별 타 부품으로 대체가 가능	2
3등급	타 부품으로 대체 불가능	1

(4) 작업 안전성

요소기술에 대한 작업안정성은 다음과 같은 성능 범주 항목들로 구분할 수 있다.

① 시공 작업의 안전성

등급	평가기준	점수
1등급	기본적인 안전장비의 필요	3
2등급	기본적인 안전장비 및 안전가설의 필요	2
3등급	철저한 안전장비 및 안전 가설의 필요성	1

② 유지관리 작업의 안전

등급	평가기준	점수
1등급	유지관리에 대한 작업이 용이	3
2등급	착탈이 용이한 부재의 사용	2
3등급	유지관리에 대한 작업이 어려움, 해체의 필요	1

(5) 에너지 절감성능

요소기술에 대한 에너지 절감성능은 다음과 같은 성능 범주 항목들로 구분할 수 있다.

① 생산단계의 에너지 소비

등급	평가기준	점수
1등급	생산 단계의 전기, 연료 등의 소비가 적음	3
2등급	생산 단계의 전기, 연료 등의 소비가 다소 있음	2
3등급	생산 단계의 전기, 연료 등의 소비가 많음	1

② 생산단계의 물 소비

등급	평가기준	점수
1등급	생산 단계의 물 소비가 적음	3
2등급	생산 단계의 물 소비가 다소 있음	2
3등급	생산 단계의 물 소비가 많음	1

(6) 친환경성

요소기술에 대한 에너지 절감성능은 다음과 같은 성능 범주 항목들로 구분할 수 있다.

① 생산단계 유해 휘발성물질 배출

등급	평가기준	점수
1등급	생산 단계의 유해 휘발성물질 배출이 미미함	3
2등급	생산 단계의 유해 휘발성물질 배출이 다소 있음	2
3등급	생산 단계의 유해 휘발성물질 배출로 마스크 착용	1

② 생산단계 분진

등급	평가기준	점수
1등급	생산 단계의 분진 발생이 미미함	3
2등급	생산 단계의 분진 발생이 다소 있음	2
3등급	생산 단계의 분진 발생으로 마스크 착용	1

② 생산단계 소음

등급	평가기준	점수
1등급	생산 단계의 소음 발생이 미미함	3
2등급	생산 단계의 소음 발생이 다소 있음	2
3등급	생산 단계의 소음 발생으로 장비 착용	1

(7) 기타

① 의사결정(주민합의)의 용이성

② 높이, 건폐율, 용적률에 대한 영향 등

③ 시장 독점성

④ 각종 규제와의 관계

⑤ 경쟁환경

⑥ 그 외 기술적 장애

표 . 요소기술의 적용성능 안

성능부문	범주 및 항목	적용성능 지표
적용방법	철거	
	철거 후 다른 사양으로 재시공	
	철거 없이 추가 설치	
	동일사양의 신품으로 교체	
	기존부재를 그냥 두고 그 위에 덧붙임	
	건물 내 배치 변경	
	건물 전체의 형상 및 규모 변경	
	주호 또는 개별 용도실 내 배치변경	
비용	경제 수명	년
	초기 비용(공사 단위당 비용=적산기준 적용)	원/단위
	평균 연간 유지관리 비용	원/단위
	철거 및 폐기 지출	원/단위
	재활용 수입	원/단위
	총 수명 비용	원/단위
시공성 (제조-가공성)	설계기간	일
	제조개시에서 현장납입까지의 기간	일
	공사 단위 당 기간(또는 모델타입 1동당)	일/단위
	공사 단위 당 소요 기능자(또는 모델타입 1동당)	명/단위
	공사 단위 당 소요 가설(또는 모델타입 1동당)	열거/단위
	품질 안정성(신뢰성)	1 2 3
	기존부위 및 주변부위와의 긴결 및 착탈 용이성 (접합기술)	1 2 3
	양생의 난이도	1 2 3
	현장에서의 가공성 및 미조정 가능성	1 2 3
	호환성	1 2 3
작업 안전성	시공 작업의 안전성	1 2 3
	유지관리 작업의 안전성	1 2 3
에너지 절감성능	생산단계의 에너지 소비	1 2 3
	생산단계의 물 소비	1 2 3
친 환경성	생산단계 유해 휘발성물질 배출	1 2 3
	생산단계 분진	1 2 3
	생산단계 소음	1 2 3
그 외	의사결정(주민합의)의 용이성 높이, 건폐율, 용적률에 대한 영향 등 시장 독점성 각종 규제와의 관계 경쟁환경 그 외 기술적 장애	---자유 기술---

[별첨]

노후공동주택 구조 및 설비성능 개선 기술 개발

- 자체평가서 -

[자체평가 프로그램]

1. 일시 : 2010년 5월18일

2. 장소 : 서울교육문화회관 신관

3. 평가위원

- 외부평가위원(6인)
  :박광재(한국재활복지대학 교수), 김상식((전)인하대), 김진근(한국과학기술원), 정하선(콘크리트학회 부설연구소장), 한대수(토문엔지니어링건축사사무소), 조균형(수원대), 박찬식(중앙대)
- 내부평가위원
  :신동우 단장, 정란 부단장, 1세부 책임자 1인, 통합3세부-계획분야 연구책임자 1인, 통합3세부-설비분야 연구책임자 1인

4. 프로그램

10:00~12:00 책임자 회의
12:00~13:30 연구책임자 및 평가위원 중식
(교육문화회관 일식당 : 일출)
13:30~13:40 외부평가위원 소개
13:40~14:00 1세부 발표(20분)
14:00~14:20 1세부 발표 관련 질의응답(20분)
14:20~14:40 민간시범사업관련 설명(프로그램, 가이드라인, 발표자:연구단장)(20분)
14:40~15:00 통합3세부-계획 발표(20분)
15:00~15:20 통합3세부-계획 발표 관련 질의응답(20분)
15:20~15:40 휴식
15:40~16:00 통합3세부-설비 발표(20분)
16:00~16:20 통합3세부-설비 발표 관련 질의응답(20분)
16:20~16:50 2세부-구조 발표(30분)
16:50~17:10 2세부-구조 발표 관련 질의응답(20분)
17:10~17:30 통합3세부-시공 발표(20분)
17:30~17:50 통합3세부-시공 발표 관련 질의응답(20분)
17:50~18:10 연구성과 총괄 발표(발표자:연구단장, 20분)
18:30 석식

1세부 자체평가서

1. 과제 현황

연구단명	노후공동주택 구조 및 설비성능 개선 기술 개발			
세부과제	과 제 명	노후 영구 임대주택의 리모델링 가이드라인 개발 및 시험시공		
	연구기관	LH 공사	연구책임자	윤영호
당해 지원 연구비 (천원)	정 부		민 간	계
	107,000천원		121,740천원	228,740천원

2. 평가일 :2010. 5. 18

3. 평가자(외부평가자)

본인은 평가대상 연구과제 및 연구책임자와 직접적 이해관계가 없으며, 본 과제를 객관적이고 공정하게 평가하고 연구책임자와 상의 없이 연구내용을 사용 · 공개하지 않으며, 평가과정 중 인지한 사실과 평가결과에 대하여 외부에 비밀을 유지할 것을 확약합니다.

소 속	직 위	성 명	확약 (서명, 인)
한국재활복지대학	교수	박광재	
(전)인하대학교	교수	김상식	
한국과학기술원	교수	김진근	
콘크리트학회 부설연구소	소장	정하선	
토문엔지니어링 건축사 사무소	대표	한대수	
수원대학교	교수	조균형	
중앙대학교	교수	박찬식	

4. 평가 결과

*** 평가결과는 연구단에서 평가위원들께서 평가하신 점수에 양적평가점수를 합산하여 종합 평가점수를 부여할 예정이므로 평가위원께서는 아래 항목은 기입하지 마시기 바랍니다.**

평 가 결 과					점 수
1. 연구개발 목표 달성도(25점) + 연구내용평가(20점)					43.2
2. 양적평가(30점)					25
3. 차년도 연구계획 평가(25점)					-
종합 평가 점수 (100점 만점)	연구개발 목표 달성도(25점) + 연구내용평가(20점) + 양적평가(30점) +차년도 연구계획평가(25점)				93.2
평가 등급	S(아주우수)	A(우수)	B(보통)	C(미흡)	D(불량)
	90점이상	80~90점미만	70~80점미만	60~70점미만	60점미만

5. 평가 내용

5-1. 연차실적평가

평 가 항 목		가중치	평가척도					득점	근거
			수	우	미	양	가		
			5	4	3	2	1		
◈연구개발 목표달성도(25점)									
① 당초 계획 대비 연구목표의 달성도		2						10	
② 최종목표 대비 연구개발성과의 기여도		2						9	
③ 연구목표 달성에 필요한 핵심기술 확보의 적시성과 우수성		1						5	
◈연구개발 성과 및 파급효과(50점)									
연구 내용 평가 (20점)	④ 연구개발 성과의 유용성과 활용성 (기술적 응용잠재력, 사업화 용가능성 등)	2						9	
	⑤ 연구개발성과의	2						10	

	파급효과 (공공 및 산업분야 파급효과)								
	⑥ 연구개발의 부수적 효과 (관련분야 연구개발 인프라 구축, 사업추진에 따라 얻게 된 부가적 효과 등)	1						5	
양적 평가 (30점)	**⑦ 연구개발성과 (특허, 국내외 논문발표, 참여기업 연구비, 연구단 기여도 등)**	6							
소 계	**평가점수 (75점 만점)**	15	**연구단에서 소계 합산 예정**						

5. 평가의견 종합 정리

평 가 의 견
- 방향설정 및 분석이 매우 우수함.
- 서민 주거환경개선의 획기적 전환의 계기를 마련했음.
- 상품화를 위한 지침서 및 사업절차서 개발 필요/ 재원확보를 위한 법제화도 필요함.
- 타세부 과제에서 개발한 요소기술 중 일부 기술만 적용하여 검토한 점이 아쉬움.

2 세부 자체평가서

1. 과제 현황

연구단명	노후공동주택 구조 및 설비성능 개선 기술 개발			
세부과제	과 제 명	동특성기반 노후공동주택의 강도/연성/감쇠 증진 기술 개발		
	연구기관	단국대학교 산학협력단	연구책임자	정 란
당해 지원 연구비 (천원)	정 부		민 간	계
	441,000천원		164,000천원	605,000천원

2. 평가일 :2010. 5. 18

3. 평가자(외부평가자)

본인은 평가대상 연구과제 및 연구책임자와 직접적 이해관계가 없으며, 본 과제를 객관적이고 공정하게 평가하고 연구책임자와 상의 없이 연구내용을 사용 · 공개하지 않으며, 평가과정 중 인지한 사실과 평가결과에 대하여 외부에 비밀을 유지할 것을 확약합니다.

소 속	직 위	성 명	확약 (서명, 인)
한국재활복지대학	교수	박광재	
(전)인하대학교	교수	김상식	
한국과학기술원	교수	김진근	
콘크리트학회 부설연구소	소장	정하선	
토문엔지니어링 건축사 사무소	대표	한대수	
수원대학교	교수	조균형	
중앙대학교	교수	박찬식	

4. 평가 결과

*** 평가결과는 연구단에서 평가위원들께서 평가하신 점수에 양적평가점수를 합산하여 종합 평가점**

수를 부여할 예정이므로 평가위원께서는 아래 항목은 기입하지 마시기 바랍니다.

평 가 결 과					점 수
1. 연구개발 목표 달성도(25점) + 연구내용평가(20점)					35
2. 양적평가(30점)					28
3. 차년도 연구계획 평가(25점)					-
종합 평가 점수 (100점 만점)	연구개발 목표 달성도(25점) + 연구내용평가(20점) + 양적평가(30점) +차년도 연구계획평가(25점)				88
평가 등급	S(아주우수)	A(우수)	B(보통)	C(미흡)	D(불량)
	90점이상	80~90점미만	70~80점미만	60~70점미만	60점미만

5. 평가 내용

5-1. 연차실적평가

평 가 항 목		가중치	평가척도					득점	근거
			수	우	미	양	가		
			5	4	3	2	1		
◈연구개발 목표달성도(25점)									
① 당초 계획 대비 연구목표의 달성도		2						8	
② 최종목표 대비 연구개발성과의 기여도		2						7	
③ 연구목표 달성에 필요한 핵심기술 확보의 적시성과 우수성		1						4	
◈연구개발 성과 및 파급효과(50점)									
연구 내용 평가 (20점)	④ 연구개발 성과의 유용성과 활용성 (기술적 응용잠재력, 사업화 용가능성 등)	2						8	
	⑤ 연구개발성과의 파급효과	2						8	

	(공공 및 산업분야 파급효과)								
	⑥ 연구개발의 부수적 효과 (관련분야 연구개발 인프라 구축, 사업추진에 따라 얻게 된 부가적 효과 등)	1						4	
양적 평가 (30점)	**⑦ 연구개발성과 (특허, 국내외 논문발표, 참여기업 연구비, 연구단 기여도 등)**	6							
소 계	**평가점수 (75점 만점)**	15	**연구단에서 소계 합산 예정**						

5. 평가의견 종합 정리

평 가 의 견
- 제시된 연구성과를 타세부과제의 기술과 연계하여 적용성을 검토하지 못한점이 아쉬움. - 구조적 가정을 통한 해석 및 실험이 이루어졌으나, 실질적 적용에 있어 안전 확보의 수준에 대한 검증이 요구됨. - 다양한 구조형식의 옵션에 따라 세부적용 요소기술들이 잘 제시되었음. - 이론적 접근에 의한 제안이 많고, 이들에 대한 시공성이 제대로 설명되지 못한 아쉬움이 있음.

통합 3세부(평면확장) 자체평가서

1. 과제 현황

연구단명	노후공동주택 구조 및 설비성능 개선 기술 개발			
세부과제	과 제 명			
	연구기관	아주대학교 산학협력단	연구책임자	신 동 우
당해 지원 연구비 (천원)	정 부		민 간	계
	671,000천원		308,500천원	979,500천원

2. 평가일 :2010. 5. 18

3. 평가자(외부평가자)

본인은 평가대상 연구과제 및 연구책임자와 직접적 이해관계가 없으며, 본 과제를 객관적이고 공정하게 평가하고 연구책임자와 상의 없이 연구내용을 사용 · 공개하지 않으며, 평가과정 중 인지한 사실과 평가결과에 대하여 외부에 비밀을 유지할 것을 확약합니다.

소 속	직 위	성 명	확약 (서명, 인)
한국재활복지대학	교수	박광재	
(전)인하대학교	교수	김상식	
한국과학기술원	교수	김진근	
콘크리트학회 부설연구소	소장	정하선	
토문엔지니어링 건축사 사무소	대표	한대수	
수원대학교	교수	조균형	
중앙대학교	교수	박찬식	

4. 평가 결과

*** 평가결과는 연구단에서 평가위원들께서 평가하신 점수에 양적평가점수를 합산하여 종합 평가점수를 부여할 예정이므로 평가위원께서는 아래 항목은 기입하지 마시기 바랍니다.**

평 가 결 과					점 수
1. 연구개발 목표 달성도(25점) + 연구내용평가(20점)					44.2
2. 양적평가(30점)					27
3. 차년도 연구계획 평가(25점)					
종합 평가 점수 (100점 만점)	연구개발 목표 달성도(25점) + 연구내용평가(20점) + 양적평가(30점) +차년도 연구계획평가(25점)				96.2
평가 등급	S(아주우수)	A(우수)	B(보통)	C(미흡)	D(불량)
	90점이상	80~90점미만	70~80점미만	60~70점미만	60점미만

5. 평가 내용

5-1. 연차실적평가

평 가 항 목		가중치	평가척도					득점	근거
			수	우	미	양	가		
			5	4	3	2	1		
◈연구개발 목표달성도(25점)									
① 당초 계획 대비 연구목표의 달성도		2						10	
② 최종목표 대비 연구개발성과의 기여도		2						10	
③ 연구목표 달성에 필요한 핵심기술 확보의 적시성과 우수성		1						5	
◈연구개발 성과 및 파급효과(50점)									
연구 내용 평가 (20점)	④ 연구개발 성과의 유용성과 활용성 (기술적 응용잠재력, 사업화 용가능성 등)	2						10	
	⑤ 연구개발성과의	2						10	

	파급효과 (공공 및 산업분야 파급효과)								
	⑥ 연구개발의 부수적 효과 (관련분야 연구개발 인프라 구축, 사업추진에 따라 얻게 된 부가적 효과 등)	1						4	
양적 평가 (30점)	**⑦ 연구개발성과 (특허, 국내외 논문발표, 참여기업 연구비, 연구단 기여도 등)**	6							
소 계	**평가점수 (75점 만점)**	15	**연구단에서 소계 합산 예정**						

5. 평가의견 종합 정리

평 가 의 견
-연구의 방향 설정이 매우 실용적으로 설정되었으며, 연구조사 및 분석 방법 또한, 이러한 실용적인 틀 안에서 수행된 점은 매우 훌륭함. - 리모델링 수행시에 발생될 수 있는 다양한 요구조건들을 시무적인 차원에서 구체화 하여 연구의 결과를 도출한 점이 매우 훌륭함. - 설문조사결과를 분석하여 계획 가이드 라인으로 제시한 점은 실제 리모델링 업무 수행시, 참고할 수 있는 지침서를 제공한 역할을 했다고 할 수 있음. - 후속과제에 대한 제언 : 벽식구조의 필로티화 및 지하수직 증축에 따른 구조 및 시공분야와의 연계 방안에 대한 연구를 수해의 타 연구 세부과제와의 연계 적용방안에 대한 구체적 연구가 수행된다면, 본 연구단에서 수행했던 연구의 결과가 더욱 좋은 결실을 맺을 수 있을 것으로 사료됨.

통합 3세부(설비) 자체평가서

1. 과제 현황

연구단명	노후공동주택 구조 및 설비성능 개선 기술 개발			
세부과제	과 제 명			
	연구기관	아주대학교 산학협력단	연구책임자	신 동 우
당해 지원 연구비 (천원)	정 부		민 간	계
	671,000천원		308,500천원	979,500천원

2. 평가일 :2010. 5. 18

3. 평가자(외부평가자)

본인은 평가대상 연구과제 및 연구책임자와 직접적 이해관계가 없으며, 본 과제를 객관적이고 공정하게 평가하고 연구책임자와 상의 없이 연구내용을 사용 · 공개하지 않으며, 평가과정 중 인지한 사실과 평가결과에 대하여 외부에 비밀을 유지할 것을 확약합니다.

소 속	직 위	성 명	확약 (서명, 인)
한국재활복지대학	교수	박광재	
(전)인하대학교	교수	김상식	
한국과학기술원	교수	김진근	
콘크리트학회 부설연구소	소장	정하선	
토문엔지니어링 건축사 사무소	대표	한대수	
수원대학교	교수	조균형	
중앙대학교	교수	박찬식	

4. 평가 결과

*** 평가결과는 연구단에서 평가위원들께서 평가하신 점수에 양적평가점수를 합산하여 종합 평가점수를 부여할 예정이므로 평가위원께서는 아래 항목은 기입하지 마시기 바랍니다.**

평 가 결 과					점 수
1. 연구개발 목표 달성도(25점) + 연구내용평가(20점)					39.6
2. 양적평가(30점)					25
3. 차년도 연구계획 평가(25점)					
종합 평가 점수 (100점 만점)	연구개발 목표 달성도(25점) + 연구내용평가(20점) + 양적평가(30점) +차년도 연구계획평가(25점)				90
평가 등급	S(아주우수)	A(우수)	B(보통)	C(미흡)	D(불량)
	90점이상	80~90점미만	70~80점미만	60~70점미만	60점미만

5. 평가 내용

5-1. 연차실적평가

평 가 항 목		가중치	평가척도					득점	근거
			수	우	미	양	가		
			5	4	3	2	1		
◈연구개발 목표달성도(25점)									
① 당초 계획 대비 연구목표의 달성도		2						9	
② 최종목표 대비 연구개발성과의 기여도		2						9	
③ 연구목표 달성에 필요한 핵심기술 확보의 적시성과 우수성		1						4	
◈연구개발 성과 및 파급효과(50점)									
연구 내용 평가 (20점)	④ 연구개발 성과의 유용성과 활용성 (기술적 응용잠재력, 사업화 용가능성 등)	2						9	
	⑤ 연구개발성과의	2						9	

	파급효과 (공공 및 산업분야 파급효과)								
	⑥ 연구개발의 부수적 효과 (관련분야 연구개발 인프라 구축, 사업추진에 따라 얻게 된 부가적 효과 등)	1						4	
양적 평가 (30점)	**⑦ 연구개발성과 (특허, 국내외 논문발표, 참여기업 연구비, 연구단 기여도 등)**	6							
소 계	**평가점수 (75점 만점)**	15	**연구단에서 소계 합산 예정**						

5. 평가의견 종합 정리

평 가 의 견
- 민간 공동주택 리모델링 설비분야의 현실적인 제약요건을 고려한 법규개선, 설계지침 마련 등의 연구성과는 매우 우수함. - 리모델링 수행시, 필수적이라 할 수 있는 설비분야의 요소기술들이 실무적 적용성을 충분히 고려하여 수행된 연구라 할 수 있음. - 프로그램별로 적용된 요소기술의 적용지침이나 체계는 대체적으로 잘 되어 있으나, 실질적인 적용을 위한 구체성은 다소 부족한 측면이 있음. - 건식온돌 패널 : 건식온돌 패널은 20여년 전 부터 등장하여 실제 시공된 실적도 있으나 파이프 이음부위가 많아 하자가 자주 발생하여 활성화되지 못하고 있음. 과거의 건식온돌패널의 문제점이 어떻게 개선되었는지 제시할 필요성이 있음.

통합 3세부(시공) 자체평가서

1. 과제 현황

연구단명	노후공동주택 구조 및 설비성능 개선 기술 개발			
세부과제	과 제 명			
	연구기관	아주대학교 산학협력단	연구책임자	신 동 우
당해 지원 연구비 (천원)	정 부		민 간	계
	671,000천원		308,500천원	979,500천원

2. 평가일 :2010. 5. 18

3. 평가자(외부평가자)

본인은 평가대상 연구과제 및 연구책임자와 직접적 이해관계가 없으며, 본 과제를 객관적이고 공정하게 평가하고 연구책임자와 상의 없이 연구내용을 사용 · 공개하지 않으며, 평가과정 중 인지한 사실과 평가결과에 대하여 외부에 비밀을 유지할 것을 확약합니다.

소 속	직 위	성 명	확약 (서명, 인)
한국재활복지대학	교수	박광재	
(전)인하대학교	교수	김상식	
한국과학기술원	교수	김진근	
콘크리트학회 부설연구소	소장	정하선	
토문엔지니어링 건축사 사무소	대표	한대수	
수원대학교	교수	조균형	
중앙대학교	교수	박찬식	

4. 평가 결과

*** 평가결과는 연구단에서 평가위원들께서 평가하신 점수에 양적평가점수를 합산하여 종합 평가점**

수를 부여할 예정이므로 평가위원께서는 아래 항목은 기입하지 마시기 바랍니다.

평 가 결 과					점 수
1. 연구개발 목표 달성도(25점) + 연구내용평가(20점)					43.2
2. 양적평가(30점)					27
3. 차년도 연구계획 평가(25점)					-
종합 평가 점수 (100점 만점)	연구개발 목표 달성도(25점) + 연구내용평가(20점) + 양적평가(30점) +차년도 연구계획평가(25점)				95.2
평가 등급	S(아주우수)	A(우수)	B(보통)	C(미흡)	D(불량)
	90점이상	80~90점미만	70~80점미만	60~70점미만	60점미만

5. 평가 내용

5-1. 연차실적평가

평 가 항 목		가중치	평가척도					득점	근거
			수	우	미	양	가		
			5	4	3	2	1		
◈연구개발 목표달성도(25점)									
① 당초 계획 대비 연구목표의 달성도		2						9	
② 최종목표 대비 연구개발성과의 기여도		2						10	
③ 연구목표 달성에 필요한 핵심기술 확보의 적시성과 우수성		1						5	
◈연구개발 성과 및 파급효과(50점)									
연구 내용 평가 (20점)	④ 연구개발 성과의 유용성과 활용성 (기술적 응용잠재력, 사업화 용가능성 등)	2						10	
	⑤ 연구개발성과의 파급효과	2						9	

	(공공 및 산업분야 파급효과)								
	⑥ 연구개발의 부수적 효과 (관련분야 연구개발 인프라 구축, 사업추진에 따라 얻게 된 부가적 효과 등)	1						5	
양적 평가 (30점)	**⑦ 연구개발성과 (특허, 국내외 논문발표, 참여기업 연구비, 연구단 기여도 등)**	6							
소 계	**평가점수 (75점 만점)**	15	**연구단에서 소계 합산 예정**						

5. 평가의견 종합 정리

평 가 의 견
- 평면변경(계획부문)과 구조변경(구조분야)에 따른 최적 공법선정을 위한 절차 마련등, 타 분야 세부요소기술들의 적용을 위한 체계를 잘 마련하였음. - 사업성/경제성 평가방법은 '실제프로젝트의 상황'에 따라 크게 다를 수 있다. (상황정보의 정형화보다는 유연한 반영이 가능하도록 하는 것이 요구된다) 따라서 적용한 요소기술들을 통합한 VE나 LCC 측면의 평가가 필요함. - 연구성과가 실무적 적용성을 충분히 고려하였음을 알 수 있음. - 연구주제어인 “시공성 평가”에 대한 연구는 제대로 수행되지 못한 아쉬움이 있음.

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 첨단도시연구개발사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 첨단도시연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.