

16TBIP-
C111855

테이블형
다단드롭
시스템을
이용한
층고가
높은
철근
콘크리트
구조물의
저소음
슬래브
거푸집
공법
개발

최
종
보
고
서

2018

국
토
교
통
부
국토교통과학기술진흥원

국 토 교 통 부 R&D Report

보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개()

국토교통기술사업화지원 사업 제2차 연도 최종 보고서

R&D / 16TBIP-C111855

테이블형 다단 드롭 시스템을 이용한 층고가 높은 철근콘크리트 구조물의 저소음 슬래브 거푸집 공법 개발 최종보고서

2018. 3. 23.

주관연구기관 / (주)선우씨앤에스
위탁연구기관 / (주)한양이엔씨
(주)유송엔지니어링

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원 귀하

‘테이블형 다단 드롭 시스템을 이용한 층고가 높은 철근콘크리트 구조물의 저소음 슬래브 거푸집 공법 개발’(연구개발 기간 : 2016. 4. 27 ~ 2018. 2. 26) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2018. 3. 23.

주관연구기관명 : (주)선우씨앤에스 (대표자) 백 동 주 (인)

위탁연구기관명 : (주)한양이엔씨 (대표자) 유 조 영 (인)

위탁연구기관명 : (주)유송엔지니어링 (대표자) 송 성 용 (인)

주관연구기관책임자: 박 찬 원

위탁연구기관책임자: 류 화 성

위탁연구기관책임자: 송 성 용

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	17TBIP-C111686-02	해당 단계 연구 기간	2017.02.27. ~2018.02.26	단계구분	2/2
연구사업명	중사업명	국토교통연구개발사업			
	세부사업명	국토교통기술사업화지원사업			
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	테이블형 다단 드롭 시스템을 이용한 층고가 높은 철근콘크리트 구조물의 저소음 슬래브 거푸집 공법 개발			
연구책임자	박 찬 원	해당단계 참여 연구원 수	총: 10 명 내부: 10 명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 221,000 천원 기업: 148,000 천원 정부 외: 천원 계: 369,000 천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 10 명 내부: 10 명 외부: 명	총 연구개발비	정부: 423,000 천원 기업: 283,000 천원 정부 외: 천원 계: 706,000 천원
연구기관명 및 소속 부서명	(주)선우씨앤에스			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명: (주)한양이앤씨, (주)유송엔지니어링			연구책임자: 류화성, 송성용	
● 사업화 근거 확보를 위한 지식재산권 획득 : 특허출원 5건, 특허등록 3건, 디자인등록 1건 ● 사업화 제품에 대한 공인기관으로부터의 성능 객관성 확보 : 공인시험성적서 10건 ● 개발기술의 제품 구현 가능성 판단 근거 : 시제품 5건 ● 사업화 제품의 시장성의 객관적 근거 : 현장적용 실적 15건 ● 현장적용에 따른 초도매출액 : 10억원 ● 기술의 진보성에 대한 학계로부터의 객관적 인정 : 학술발표논문 2건, 국내게재논문 1건 ● 사업화를 위한 제조 및 건설기업 기술사용협정 : 기술사용계약 11건 ● 기술보호 및 연구개발 성과의 활용 : 건설신기술지정신청 1건				보고서 면수 : 146	

〈 국문요약문 〉

연구의 목적 및 내용	1. 연구 목적 가. 시공성 측면 - 서포트 교체를 통한 3M이상 높은 층고에서도 가능한 테이블형 다단 드롭 시스템을 이용한 층고가 높은 철근콘크리트 구조물의 저소음 슬래브 거푸집 공법 개발 나. 안전성 측면 - 거푸집 해체시 작업자가 자유 낙하하는 데크패널, 작업대 등과 충돌하는 안전 사고 방지방안 도출 다. 경제성 측면 - 전용울 증대가 가능한 공법 개발[장선·멍에 빔을 이용하여 테이블화시켜 다단 드롭 써포트 이용한 구조], 모듈화된 단순조립식 공법과 단순시공이 가능한 공법 개발 2. 연구 내용 가. 평가 방법론 확립 - 성능 평가 항목, 설비 및 스펙 확정 - 역학적 물성과 성능 인과관계 파악 - 실용성 검증용 드롭 써포트 검토 나. 테이블형 다단 드롭 써포트 기술 확보 - 드롭 써포트 제조 기술확보, 안전한 해체의 최적화 기술확보 다. 보 시스템 검증 보완 - 보 시스템의 브라켓의 완성 (보에 타이틀 사용하지 않고 보 브라켓만으로 지지) - 보 시스템의 안전 난간의 완성 (안전성 검토) 라. 시제품 생산 및 검증 - 높은 층고 슬래브 거푸집 해체 가능한 써포트 생산 - 저소음 다단 드롭 써포트 생산 마. 구조성능평가 - 압축시험-2.8m, 3.2m, 멍에 장선 빔의 휨시험 바. 시생산 검증 - 슬래브 거푸집 해체시 현장 소음 측정 - 타설 중 현장 처짐 측정 - 시공 후 천장 평활도 측정 사. 현장적용 - 개발된 사업화 기술의 현장적용 실적 확보 - 저소음 슬래브 거푸집 공법의 시방서 및 유지관리 지침서, 설치 및 해체 요령서 (안) 작성 아. 테이블형 다단 드롭 시스템을 이용한 층고가 높은 철근콘크리트 구조물의 슬래브 거푸집 기술 확립 - 기술사용 계약 추진 자. 건설신기술지정 신청 - 철근콘크리트공사 분야 건설신기술지정 신청
------------------------	---

연구개발성과	성과 목표	달성 내용				
	특허출원 (2건)	- 개발기술에 대한 특허 출원 5건을 완료하여 연구성과 목표를 초과 달성하였음.				
	국내 학술발표논문 (2편)	- 학술발표 논문 2편을 한국콘크리트학회 학술대회에서 발표하여 연구성과 목표를 초과 달성하였음.				
	시제품 (1건)	- 개발기술에 대한 시제품 5건을 완료하여 연구성과 목표를 초과 달성하였음.				
	시험성적서 (5건)	- 개발기술에 대한 시험성적서 10건을 완료하여 연구성과 목표를 초과 달성하였음.				
	적용실적 (5건) 기술사용계약 (1건) 매출액 (5억)	- 개발기술의 사업화 실적으로 적용실적 15건, 기술사용계약 15건, 매출액 10억을 완료하여 연구성과 목표를 초과 달성하였음.				
	보고서 (2건)	- 개발기술의 성능에 대한 평가를 실시하여 보고서를 4건 달성하여 연구성과 목표를 초과 달성하였음.				
	신기술지정 신청 (1건)	- 개발기술의 최종성과를 활용하여 신기술지정 신청 1건을 달성하였음.				
	기타	- 구조검토서 3건, 국내논문 게재 1건, 특허등록 3건, 디자인 등록 1건을 추가 완료하여, 최종 연구성과 목표 외에 달성하였음.				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	1. 활용계획 아파트, 주상복합, 민원다발지역에 적용 확대와 초고층 건축, 오피스텔, 주거용 건물의 주차장 슬래브, 대단지 빌라형 아파트, 대형마트 또는 아울렛 매장 주차장 슬래브, 물류센터 또는 대형마트등 모든 슬래브 거푸집설치가 필요한 건축분야로 시장 확대 적용					
	2. 기술적 기대효과 기술적 측면에서의 활용성을 판단한다면, 본 과제를 통해 확보된 테이블형 다단 드롭 시스템을 이용한 층고가 높은 철근콘크리트 구조물의 저소음 슬래브 거푸집 공법 기술은 후속연구를 통해 보유 기술인 보 거푸집 시스템과 골조 공사 등과의 융합을 통해 명실 공히 기능 집약적 시공기술 개발을 매개할 수 있다는 것이다. 이는 건축공사 중 철근콘크리트공사의 완성 본으로서 경제성만 확보된다면 관련 시장을 와해시킴으로써 블루오션을 창출할 수 있는 무기가 될 수 있다.					
	3. 사회적 경제적 파급효과 구조물의 장수명화에 대한 정책은 전 세계적으로 꾸준히 추진되어 오고 있다. 우리나라에서도 이와 관련된 정책들이 꾸준히 있어왔으며 그 실효성 또한 높여오고 있다. 가장 최근에는 장수명 주택 건설/인증 기준이 제정되어 1,000가구 이상 대규모 아파트 건설 시에 반드시 적용되도록 하는 정책이 마련된 바 있다. 본 사업화 과제를 통해 저소음 슬래브 거푸집과 슬래브 보거푸집 시스템 기술은 이러한 장수명화 정책의 실효성을 극대화시킬 수 있는 최적의 해결책이 될 것으로 기대된다. 또한 전 세계적인 장수명화 이슈에 있어서 우리나라가 그 이슈 해결의 선도자 역할을 수행할 수 있게 됨으로써 국가 위상을 높일 수 있는 기회를 획득할 수 있을 것이다.					
핵심어 (5개 이내)	철근콘크리트 구조물	보슬래브 거푸집 공법	저소음	드롭시스템	층고	

< SUMMARY >

Purpose & Contents

Purpose

1. Side of Construction
 - Development of low-noise slab formwork method of high-strength reinforced concrete structure using table type multi-drop system
 - It is also possible to support over 3 m by supporting change.
(100mm down when primary disassembly, 1500mm or more when secondary disassembly)
2. Side of Safety
 - Derivation of accidents prevention method by falling of workbench.
 - Derivation of method for preventing collide accidents with the falling deck panel and the worker is in the formwork dismantlement.
3. Side of Economics
 - Necessity of method for the expansion of exclusive use space ratio (Structure using multi-drop support by tabularizing using joist line and yoke beam)
 - Necessity of modularized simple prefabricated construction method and development of a simple construction method
 - Reduction of form rental cost and minimization of waste materials

Contents

- Establishment of evaluation methodology
 - Decision of performance evaluation items, facilities and specifications
 - Design of screening technique
 - : Identify mechanical properties and performance causality
 - : Practicality review of drop support
- Secure of table-type multi-drop support technology
 - Secure of the drop support manufacturing technology
 - Optimization of safe disassembly
- Complement of beam system
 - Completion of bracket in the beam system
(Supported by beam bracket without using beam tie)
 - Completion of the safety rail in the beam system (safety review)
- Production and verification of prototype
 - Production of supports capable of dismantling on high-rise slabs
 - Production of low-noise multi-drop support
- Evaluation of structural performance
[Compression test – 2.8m, 3.2m, bending test of yoke girder beam]
- Verification of production
 - Measurement of site noise during dismantling of slab formwork
 - Field deflection measurement during placing concrete
 - Measurement of ceiling flatness after placing concrete
- Field application
 - Field application performance of developed commercialization technology
 - Specification and maintenance of low noise slab formwork method, Guideline of installation and demolition
- Establishment of slab formwork technology for high-height reinforced concrete structures using table-type multi-drop system
 - Push ahead with technology license contract
- Application of construction new-technology
 - Application of new-technology for reinforced concrete construction

Results	Performance goals		Achievements		
	Patent (2)		– Completion of 5 patent applications for development technology, exceeding research achievement goal.		
	Academic paper (2)		– Two academic papers were presented at the conferences of the Korea Concrete Institute and exceeded the research achievement goals.		
	Prototype (1)		– Completed 5 prototypes for development technology, exceeding research achievement goal.		
	Certified Test Report (5)		– Completion of 10 test reports on development technology, exceeding research achievement goal.		
	Field Application (5) Technical License Agreement (1) Sales (5 hundred million)		– Achieved 15 commercial applications, 15 technology use contracts, and 1 billion revenues in commercialization of development technology, exceeding research achievement goal.		
	Research Report (2)		– The performance of the developed technology was evaluated and 4 reports were achieved, exceeding the research achievement goal.		
	Application for Construction new-Technology Designation (1)		– Achieved 1 application for construction new-technology designation by utilizing final performance of development technology.		
	others		– Completed 3 structural review documents, 1 in domestic papers, 3 in patent registration, and 1 in design registration.		
Expected Contribution	1. Utilization plan Expansion application to apartments, residential complexes, civil complaints area, and construction areas where all slab formworks such as high-rise building, officetel, parking slab of residential building, large villa type apartment, large mart or outlet parking lot slab.				
	2. Technical expectation effect Based on the technical feasibility, the low noise slab formwork technique of the high-rise reinforced concrete structure using the table-type multi-drop system will be carried out through the follow- It is possible to mediate the development of functional intensive construction technology through convergence. This can be created a blue ocean by breaking down the related market if the economy is secured as the completion example of the reinforced concrete construction.				
	3. Social and Economic Impact The policy on the longevity of the structure has been steadily promoted all over the world. In Korea, related policies have been steadily increasing and its effectiveness has also been increasing. Most recently, a long-life housing construction certification standard has been enacted, and policies have been adopted to ensure that it is applied to the construction of large-scale apartments with more than 1,000 households. Through this project, low noise slab formwork and slab formwork system technology are expected to be the best solution to maximize the effectiveness of this longevity improvement policy. In addition, Korea will be able to play a leading role in solving the issue in the global issue of longevity.				
Keywords	Reinforced concrete structures	Slab formwork method	Reducing noise	Drop system	Floor height

< Contents >

Ch.1 Introduction of R&D project	13
Ch.2 Status of domestic and overseas technology development	21
Ch.3 Research content and achievements	27
Ch.4 Achievement of goal and contribution to related field	125
Ch.5 Plan to utilize R&D achievements	140
Ch.6 Information on overseas technology obtained in the period of research	148
Ch.7 Security rating of R&D achievement	148
Ch.8 Status of research facilities and equipment registered in the National Science and Technology Comprehensive Information System	148
Ch.9 Implementation of safety measures in laboratories based on R&D tasks	149
Ch.10 Representative research achievements of R&D project	151
Ch.11 Others	153
Ch.12 Reference	155

< Contents of Table >

<Table 1.1> Problems and Improvement of Current Formwork	16
<Table 1.2> Differentiation of Projects	17
<Table 1.3> Comparison of commercial technology and existing similar technology	19
<Table 1.4> Field of technology targeted for commercialization	20
<Table 1.5> Features of technology to be commercialized	20
<Table 2.1> Patents related to development technology	22
<Table 2.2> Holders of similar technologies in the same industry	22
<Table 2.3> Comparison of commercialized technology and investigated prior technologys	23
<Table 2.4> Comparison of commercialized technology and investigated prior technologys	24
<Table 2.5> Comparison of commercialized technology and investigated prior technologys	25
<Table 2.6> Comparison of commercialized technology and investigated prior technologys	26
<Table 3.1> Failure load and allowable load generated by bending test	75
<Table 3.2> Material property	76
<Table 3.3> Section properies	76
<Table 3.4> Failure load and allowable load generated by bending test	80
<Table 3.5> Material property	80
<Table 3.6> Section properies	80
<Table 3.7> Failure load and Yielding load generated by bending test	83
<Table 3.8> Material property	84
<Table 3.9> Failure load and displacement of beam bracket	86
<Table 3.10> Noise generated during dismantling of table-type multi-stage drop system	92
<Table 3.11> Human response to noise differences	93
<Table 3.12> Noise generated during dismantling of multi-stage drop system	97
<Table 3.13> Noise generated when dismantling existing formwork system	97
<Table 4.1> Improvement of performance and effectiveness compared with existing technology	129
<Table 4.2> Differentiation between application technology and existing technology (Installation) 132	
<Table 4.3> Differentiation between application technology and existing technology (Dismantling) 132	
<Table 4.4> Noise generated during dismantling of multi-stage drop system	134
<Table 4.5> Noise generated when dismantling existing formwork system	134
<Table 4.6> Comparison of construction period by formwork process	134
<Table 4.7> Reason for exclusion of comparison with this application technology in existing technologies 137	
<Table 4.8> Breakdown cost of Construction New Technology No. 583 (AFB Construction Method) 138	
<Table 4.9> Breakdown cost of Construction New Technology No. 621 (BD Construction Method) 138	
<Table 4.10> The multi-drop beam (slab) system of this technology (floor height 4.2m or less)	139
<Table 4.11> Breakdown cost comparison of each construction method	139
<Table 5.1> Application field of technology subject to commercialization	140
<Table 5.2> Improvement plan and goal of existing technology of commercialization model	142
<Table 5.3> Patents related to development technology	144
<Table 5.4> Holders of similar technologies in the same industry	144
<Table 5.5> Application field of technology subject to commercialization	145
<Table 5.6> Yearly Sales Plan of Safe and Low Noise Forms of Higher Slabs	146
<Table 5.7> Roadmap for expanding sales by stage of commercialization	147

< Contents of Figure >

<Figure 1.1> Final goal of commercialization technology	13
<Figure 1.2> Background and necessity of technical development of commercialization technology	15
<Figure 1.3> The necessity of additional research and development	15
<Figure 1.4> Comparison of commercial technology and existing similar technology	19
<Figure 3.1> Bending failure test of drop-type pedestal beam	75
<Figure 3.2> Specification of pedestal beam	76
<Figure 3.3> The flexural failure load - Displacement curve of the drop-type pedestal beam	78
<Figure 3.4> Bending failure test of drop-type timber beam	79
<Figure 3.5> Setup of bending failure test	79
<Figure 3.6> Bending failure test of timber beam	83
<Figure 3.7> Installation diagram of Aluminum Side Beam	84
<Figure 3.8> Test result graph (#1) of aluminum Side Beam(yoke)	84
<Figure 3.9> Test result graph (#2) of aluminum Side Beam(yoke)	84
<Figure 3.10> Bending test of bracket	85
<Figure 3.11> Load - displacement curve of specimen	85
<Figure 3.12> Bending failure test of beam bracket	86
<Figure 3.13> Bracket installation drawing	87
<Figure 3.14> Bracket #1 test result graph	87
<Figure 3.15> Bracket #2 test result graph	87
<Figure 3.16> Compressive load test of supporting post	88
<Figure 3.17> Compressive load test results of supporting post (L=3810mm)	90
<Figure 3.18> Dismantling work	91
<Figure 3.19> Noise measurement results during pin removal	92
<Figure 3.20> Noise measurement result during panel drop operation	92
<Figure 3.21> 1/3 octave noise analysis of development technology	94
<Figure 3.22> Plane of measurement site	96
<Figure 3.23> Dismantling work	97
<Figure 3.24> Experiment of deflection during casting	104
<Figure 3.25> Deflection results according to loading and working load during casting	105
<Figure 3.26> The test of deflection according to the loading load and working load during casting	107
<Figure 3.27> Displacement result graph	111
<Figure 3.28> Panel support method	113
<Figure 3.29> Measurement site	113
<Figure 3.30> Ceiling flatness	113
<Figure 4.1> Percentage of accidental deaths by industry	130
<Figure 4.2> Percentage of accidental deaths by work type	130
<Figure 4.3> Illustration comparison of Installation process [height : 4200H]	135
<Figure 4.4> Illustration comparison of Dismantling process [height : 4200H]	136
<Figure 5.1> Final goal of commercialization technology	142

< 목 차 >

제1장 연구개발과제의 개요	13
제2장 국내외 기술 개발 현황	21
제3장 연구 수행 내용 및 성과	27
제4장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	125
제5장 연구개발성과의 활용 계획	140
제6장 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	148
제7장 연구개발성과의 보안등급	148
제8장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황	148
제9장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	149
제10장 연구개발과제의 대표적 연구 실적	151
제11장 기타 사항	153
제12장 참고 문헌	155

〈 표 목 차 〉

<표 1.1> 현행 거푸집공사의 문제점 및 개선방향	16
<표 1.2> 사업화 과제에의 차별점	17
<표 1.3> 사업화 대상기술과 기존 유사기술의 비교	19
<표 1.4> 사업화 대상기술의 분야	20
<표 1.5> 사업화 대상기술의 특징점	20
<표 2.1> 개발기술관련 특허	22
<표 2.2> 동종업계 유사신기술 보유자 등	22
<표 2.3> 사업화 대상기술과 조사된 선행기술의 비교	23
<표 2.4> 사업화 대상기술과 조사된 선행기술의 비교	24
<표 2.5> 사업화 대상기술과 조사된 선행기술의 비교	25
<표 2.6> 사업화 대상기술과 조사된 선행기술의 비교	26
<표 3.1> 휨 실험에 의하여 발생한 파괴하중 및 허용하중	75
<표 3.2> Material property	76
<표 3.3> Section properties	76
<표 3.4> 휨 실험에 의하여 발생한 파괴하중 및 허용하중	80
<표 3.5> Material property	80
<표 3.6> Section properties	80
<표 3.7> 휨 실험에 의하여 발생한 휨 파괴하중 및 항복하중	83
<표 3.8> Material property	84
<표 3.9> 보 브라켓의 파괴 하중 및 변위	86
<표 3.10> 본 개발대상기술 테이블형 다단 드롭 시스템 해체시 발생한 소음도	92
<표 3.11> 소음의 차이에 따른 사람의 반응	93
<표 3.12> 본 신청기술 다단 드롭 보 시스템 해체시 발생한 소음도	97
<표 3.13> 기존 재래식 거푸집 시스템 해체시 발생한 소음도	97
<표 4.1> 기존기술과 비교하여 성능 및 효과를 개량한 정도	129
<표 4.2> 신청기술과 기존 대안기술의 차별성(설치)	132
<표 4.3> 신청기술과 기존 대안기술과의 차별성(해체)	132
<표 4.4> 본 신청기술 다단 드롭 보-슬래브 시스템 해체시 발생한 소음도	134
<표 4.5> 기존 재래식 거푸집 시스템 해체시 발생한 소음도	134
<표 4.6> 거푸집 공정별 공기 비교	134
<표 4.7> 기존 대안 기술에서 본 신청기술과 비교가 제외된 사유	137
<표 4.8> 건설신기술 제583호 (AFB공법) 일위대가 벽식	138
<표 4.9> 건설신기술 제621호 (BD공법) 일위대가 벽식	138
<표 4.10> 본 신청기술의 다단드롭 보(슬래브)거푸집 공법(층고4.2m이하), 10㎡당	139
<표 4.11> 각 공법별 일위대가 비교	139
<표 5.1> 사업화 대상 기술의 현장적용 분야	140
<표 5.2> 사업화 모형의 기존기술 개선 방안 및 목표	142
<표 5.3> 개발기술관련 특허	144
<표 5.4> 동종업계 유사신기술 보유자	144
<표 5.5> 사업화 대상 기술의 현장적용 분야	145
<표 5.6> 층고 높은 슬래브의 안전한 저소음 거푸집의 연도별 매출계획	146
<표 5.7> 사업화 단계별 판매 확대 로드맵	147

〈 그림 목 차 〉

<그림 1.1> 사업화 기술의 최종목표	13
<그림 1.2> 사업화 기술의 기술개발 배경 및 필요성	14
<그림 1.3> 사업화 대상의 추가 연구개발의 필요성	15
<그림 1.4> 사업화 대상기술과 기존 유사기술의 비교	19
<그림 3.1> drop형 받침대 빔의 휨 파괴실험 전경	75
<그림 3.2> 받침대 빔 제원	76
<그림 3.3> drop형 받침대 빔의 휨 파괴 하중-변위 곡선	78
<그림 3.4> drop형 보팀버 빔의 휨 파괴실험 전경	79
<그림 3.5> drop형 보팀버 빔의 휨 파괴실험체 셋팅도	79
<그림 3.6> 보 팀버의 휨 파괴실험 전경	83
<그림 3.7> Aliminum Side Beam(멍에재) 설치도	84
<그림 3.8> Aliminum Side Beam(멍에재) #1 시험결과 그래프	84
<그림 3.9> Aliminum Side Beam(멍에재) #2 시험결과 그래프	84
<그림 3.10> 브라켓 휨 실험 전경	85
<그림 3.11> 시험체 단부 하중 변위 곡선	85
<그림 3.12> 보 브라켓의 파괴실험 전경	86
<그림 3.13> 브라켓 설치도	87
<그림 3.14> 브라켓 #1 시험결과 그래프	87
<그림 3.15> 브라켓 #2 시험결과 그래프	87
<그림 3.16> 동바리 압축하중 실험 전경	88
<그림 3.17> 동바리 압축하중 실험결과(L=3810mm)	90
<그림 3.18> 해체작업 상황	91
<그림 3.19> 핀 제거작업시 소음측정 결과	92
<그림 3.20> 판넬 낙하 작업시 소음측정 결과	92
<그림 3.21> 개발대상기술 시스템 해체과정 1/3 옥타브 소음분석	94
<그림 3.22> 계측현장 평 7면	96
<그림 3.23> 해체작업 상황	97
<그림 3.24> 타설 중 처짐 실험	104
<그림 3.25> 타설 중 타설하중 및 작업하중에 따른 처짐결과	105
<그림 3.26> 타설 중 타설하중 및 작업하중에 따른 처짐 실험 현황	107
<그림 3.27> 변위 결과 그래프	111
<그림 3.28> 패널지지 방식	113
<그림 3.29> 계측현장	113
<그림 3.30> 천정평활도	113
<그림 4.1> 업종별 재해 사망자 비율	130
<그림 4.2> 공종별 재해 사망자 비율	131
<그림 4.3> 설치공정 비교 도해 [참고 : 4200H일 경우]	135
<그림 4.4> 해체공정 비교 도해 [참고 : 4200H일 경우]	136
<그림 5.1> 사업화 기술의 최종목표	142

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

가. 시공성 측면

- 본 연구는 테이블형 다단 드롭 시스템을 이용한 층고가 높은 철근콘크리트 구조물의 저소음 슬래브 거푸집 공법 개발
- 서포트 교체를 통한 3 m 이상 높은 층고에서도 가능한 공법 개발 (1차해체시 100mm 다운, 2차해체시 1500mm이상)

나. 안전성 측면

- 해체 작업시 작업대의 전도 등에 의한 안전사고 방지 방안 도출
- 거푸집 해체시 작업자가 자유 낙하하는 데크패널과 충돌하는 안전사고 방지방안 도출

다. 경제성 측면

- 전용을 증대 방안 필요[장선·명에 빔을 이용하여 테이블화시켜 다단 드롭 서포트 이용한 구조]
- 모듈화된 단순조립식 공법과 단순시공이 가능한 공법 개발의 필요
- 거푸집 임대비용 절감 및 폐자재 처리 최소화



<그림 1.1> 사업화 기술의 최종목표

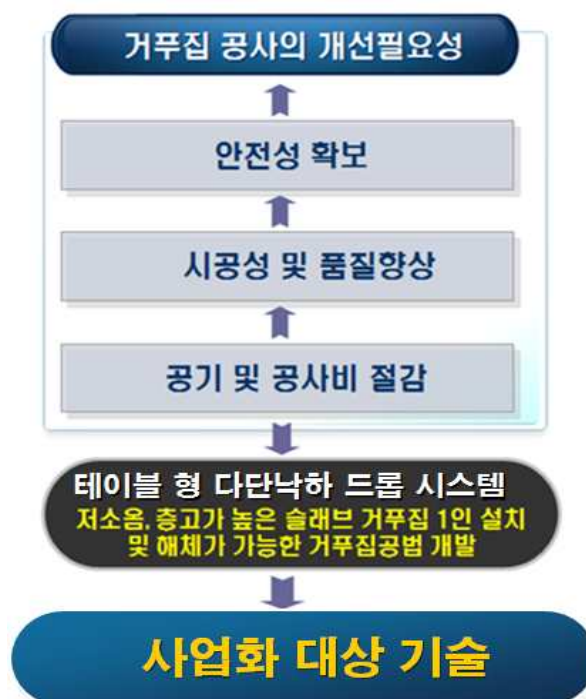
2. 연구개발의 필요성

본 사업화 대상기술의 과제의 벽식구조의 테이블형 다단드롭 시스템은 2015년도 상반기에 한국토지주택공사 적용 신기술로 인정받아 초기 사업화를 진행하고 있으나, 최근 드롭형 거푸집 공법이 개발되어 기존 기술대비 20dB 정도의 소음 저감 효과 및 동바리 수 감소로 인한 동선확보 효과를 가지고 있다고 하나, 거푸집 탈형 시 콘크리트 면과 거푸집 간 박리가 1차

동바리 하강만으로 이루어지지 않으며, 3m 층고에서 1차 하강(약 150mm)과 2차 하강(약 550mm)을 하였을 경우 슬래브 거푸집의 위치는 약 2300mm로 거푸집 1개의 무게를 고려할 경우 작업자 작업대를 설치하지 않고 작업하는데 어려움이 따르는 실정이며, 슬래브 거푸집 탈형 시 슬래브 코너재가 1단 드롭 시 같이 탈형되어 슬래브 패널이 한번에 무너져 내리는 문제가 있어 슬래브 코너재에 동바리를 받치고 있어야 하는 문제점이 있기에 안전사고에 매우 취약한 실정임. 이러한 알루미늄의 재질을 특징으로 하는 거푸집 시스템공법들은 거푸집 해체작업 시 발생하는 소음을 직접적인 방법으로 저감하는 것이 아닌 간접적으로 소음을 저감하기 위한 방음벽 시스템들이 있으나 작업공간 확보 부족과 낮은 소음 저감효과 등의 문제점을 도출하고 있음. 즉, 기존 기술은 전문설계기술 및 체계적인 연구개발 방법론의 부재로 인해 기술적, 경제적 타당성이 종합적으로 고려된 시스템공법은 개발되지 못하고 있는 실정임.

현재 공동주택 공사에 많이 사용되는 Al-Form은 기존의 합판을 대체하여 높은 전용횟수 및 시공성 등을 이유로 많은 현장에서 사용되고 있음. 그러나 알루미늄이라는 재질 상의 특징으로 소음이 크게 발생하는 문제와 슬래브 거푸집 해체 시 안전성의 문제가 제기되고 있어 개선 방법에 의한 소음발생 저감 및 안전성 향상이 필요하다. 최근 수년간 공사장 소음민원은 우리나라에서 발생하는 전체 소음민원 중 가장 큰 비율을 차지하고 있으며, 도심지의 공동주택 공사의 경우 특히 슬래브 거푸집 해체 시 발생하는 소음이 주요 민원사례로 나타나고 있음. 특히 최근에는 소음민원의 관한 규제가 강화되고 있고 민원제기에 어려움을 겪는 사례가 증가하고 있음.

또한, 거푸집 공사에 있어서 소음뿐만 아니라 기본적으로 공사 기간 단축 및 간편한 시공방법으로 인건비를 절감하고, 저소음 및 층고가 높은 슬래브 시공이 가능하고 현장 작업여건을 개선하여 안전성 및 시공성을 증진시키는 경제적인 거푸집 공법의 개발이 절실히 요구되고 있음.^{1,2,3)}



<그림 1.2> 사업화 기술의 기술개발 배경 및 필요성

구분	주요내용
기술적 측면	▪ 기존 AI-Form 공법에 경우 해체시 소음 발생 - 도심지 공사시 소음 발생 저감 방안 ▪ 기존 공법의 해체시 자유낙하로 인한 타설면의 충격으로 품질 개선 - 슬래브 패널을 최소의 충격으로 해체할 수 있는 방안 필요 ▪ 기존 AI-Form 공법에 경우 해체시 품의 낙하로 인한 데크 패널의 손실 - 거푸집 전용롤 증대를 위한 방안 필요 ▪ 자유 낙하시 패널의 충격으로 패널면의 뒤틀림 발생으로 품질저하 - 타설면의 고품질 확보를 위한 방안 필요 ▪ 기존 AI-Form 공법에 해체시 안정성 확보 미흡 - 거푸집 해체시 드롭형 으로 인한 전도 위험 예방 - 데크 패널 낙하시 작업자의 안전사고 위험방지 필요 ▪ 기존 재래식 공법에 다양한 부재와 다량의 자재로 인한 작업 공간 협소 - 모듈화된 부재사용으로 자재물량을 최소화하여 작업 공간 확보 필요 ▪ 공기 단축을 위한 거푸집 조립 및 해체 방법 개선 - 작업자의 숙련도에 상관없이 최소인원으로 작업 가능한 시스템 개발 필요 ▪ 기존 재래식 공법에 경우 형틀숙련공의 인력수급 필요 - 모듈화된 조립식 공법으로 작업의 생력화(합리화) ▪ 기존의 층고가 높은(3m이상) RC조 거푸집 공사의 경우 재래식 거푸집 공법사용로 안전성 미확보 ▪ 사업화 대상기술 → 테이블형 다단 드롭 시스템사용으로 저소음 안정성 확보. ▪ 높은층고 기준(3000mm이상), 적용가능한 최대 층고(3000mm ~ 4200mm)
경제적 측면	▪ 거푸집 손상방지를 통한 자재비 절감 요구 - 전용롤 증대 방안 필요[테이블방식의 drop형 빔 구조] ▪ 기존 AL-Form 및 재래식 공법에 경우 슬래브 패널의 자유낙하로 인한 산업재해 발생 - 해체시 안정성 확보를 통한 산업재해 예방의 필요 ▪ 모듈화된 데크 패널 사용을 통한 자재 임대료 절감 요구 - 데크 패널의 활용 방안 필요 - 인력의 기능도 및 생산성 저하에 대한 개선 방안 요구 - 단순시공이 가능한 공법 개발의 필요 ▪ 투입 인력 절감을 통한 인건비 절감의 요구 - 1~2인 설치 가능 방안 필요 ▪ 작업의 생력화를 통한 인건비 절감의 요구 - 모듈화된 단순조립식 공법 방안 필요

<그림 1.3> 사업화 대상의 추가 연구개발의 필요성(기존 슬래브 거푸집 공법의 개선점)

<표 1.1> 현행 거푸집공사의 문제점 및 개선방향

현행 거푸집 공사의 문제점	개발 및 개선 방향
인력관리 ■ 건설인력의 부족과 임금상승 및 숙련공의 노령화에 따른 인건비 투입비율의 증가	⇒ ■ 인력투입량을 줄이며, 비숙련공의 투입이 용이한 거푸집 공법의 개발
시공관리 ■ 금속 거푸집의 경우 슬리브 설치가 어려우며, 작업시 소음발생 등으로 인한 민원 발생. ■ 재래식 공법의 경우 작업공간이 협소하여 자재야적과 작업시 활동의 어려움 발생.	⇒ ■ 부작물의 설치 및 소음발생을 줄일 수 있는 공법의 개발 ■ 현장 작업 공간 및 자재 야적공간의 확보가 용이한 공법의 개발 ■ 테이블형 다단 드롭 시스템을 이용한 층고가 높은 철근콘크리트 구조물의 저소음 슬래브 거푸집 공법.
품질관리 ■ 타설시 배부름과 단면결손이 자주발생 ■ 소음 등으로 인한 민원의 발생.	⇒ ■ 콘크리트표준시방서와 건축공사표준시방서의 요구조건을 만족하며 단면결손 및 배부름을 방지할 수 있는 공법의 개발 ■ 저소음으로 인한 민원발생 감소로 인한 슬래브 거푸집 공법.
안전관리 ■ 슬래브 천정에서 탈형시 무리한 힘으로 한 번에 자유낙하를 함으로 낙하물 사고 발생과 해체 부산물로 인한 작업자의 안전 사고위험이 높음. ■ 기존의 층고가 높은(3m이상) RC조 거푸집 공사의 경우 재래식거푸집 공법 사용로 안전성 미확보	⇒ ■ 슬래브 천정에서 패널 탈형시 한 번에 자유낙하하지 않는 공법의 개발 및 슬래브 거푸집 해체시 작업자의 눈높이에서 이루어질 수 있는 공법의 개발 ■ 테이블형 다단 드롭 시스템사용으로 저소음 안정성 확보. (서포트 교체를 통한 3m이상 높은 층고에서도 가능. 1차해체시 100mm 다운, 2차해체시 1500mm이상)
유지관리 ■ 해체시 자유 낙하로 인한 자재손실 정리 정돈 재생비용 발생이 많고, 슬래브 패널의 경우 프레임의 파손, 뒤틀림 발생 우려 높음.	⇒ ■ 해체가 용이하여, 해체시간의 단축 및 거푸집의 파손 및 변형을 방지하여 폐기물 발생량을 최소화하는 친환경공법의 개발 필요.
기술관리 ■ 주로 해외기술의 수입 또는 공개된 기술의 사용이 사용됨.	⇒ ■ 기술의 개량 및 개발을 통해 거푸집 공법의 국산화 필요.

<표 1.2> 사업화 과제의 차별점

현재 슬래브 거푸집 공법의 문제점	테이블형 다단드롭이 가능한 저소음 슬래브 거푸집 공법의 사업화
다단드롭 동바리 ▪ 다단드롭 동바리는 중량이 무겁다. - 걸대 외경이 과다하게 크다. - 속대 돌기(핀)의 생성이 어려워 재질이 원형 PIPE로 무겁다. ▪ 금속으로 맞다있는 면이 많아 부딪치는 소음이 크다.	▪ 다단드롭 동바리의 경량화 - 걸대의 외경 규격을 구조적 안전성을 감안하여 최소화 - 속대 철로 되어 있는 소재를 알루미늄으로 경량화 ▪ 금속끼리 맞다 있는 면에 패드를 부착하여 금속의 부딪치는 소음을 최소화
테이블화된 보 시스템 ▪ 보 거푸집 시스템만으로 다단드롭이 불가능함. - 통판 해체시 장비가 필요함 - 통판 해체하여 공간이 협소하여 장비로 이동이 어려워 낱장분리 정리후 이송 - 낱장 해체시 자유낙하로 인한 과다 소음발생 ▪ 보 브라켓은 이단 구조로 손쉽게 설치. 해체가 가능하나 안전 난간대설치가 어려움	▪ 테이블형 다단드롭이 가능한 보 거푸집 시스템 - 장비가 필요 없이 이송이 가능한 해체 틀에 다단 드롭용 동바리가 설치된 이송이 가능한 해체 틀 개발 - 널리 사용되는 규격화된 패널을 간단한 핀 조립만으로 설치. 해체가 가능한 팀버 개발 ▪ 간단히 설치. 해체가 가능하고 안전 난간대를 설치할 수 있는 보 브라켓 개발
테이블화된 슬래브 시스템 ▪ 장선. 멍에로 테이블화된 시스템으로 벽식구조에 최적화 되어 있음. ▪ 벽식구조에 최적화 되었어 스라브 코너가 없는 장선을 걸기 힘들어 스라브패널을 설치하기가 어려움 ▪ 현장 단위의 비규격 패널사용으로 W 원가 상승	▪ 라멘 구조에서도 최적화된 테이블형 다단 드롭이 가능한 시스템 개발 ▪ 코너재가 필요 없이 벽체에 브라켓을 설치하여 널리 사용되는 규격화된 패널을 사용할 수 있는 공법 개발 ▪ 현장단위의 비규격 패널을 사용하지 않고 벽체 및 보 주변의 일부의 자투리 각재, 합판만을 사용하여 보다 해체가 용이한 저소음 공법개발

3. 연구개발 범위

가. 자료수집

국내에서 건설되고 있는 공동주택의 경우 대부분이 경제성 등의 요인에 따라 철근 콘크리트 벽식 구조로 건설되고 있음. 최근 인건비 상승, 건설인력의 고령화, 건설시장의 개방, 열악한 작업환경 등을 비롯한 사회, 경제적인 건설여건의 변화는 건설업 수익률 저하와 불안정성을 심화시키고 있음. 또한, 건설폐기물 발생 및 건설현장에서 소음발생에 따른 환경오염에 대한 문제 및 안전사고 역시 중요한 사회문제로 제기되고 있으며 아파트 건설공사에 있어서 합리적인 공기단축 등을 통한 원가 절감과 친환경적인 공법의 개발은 건설업의 수익개선 및 사회적 문제해결을 위해 반드시 필요함. 벽식 구조 아파트에 있어서 골조공사는 주 공정으로써 전체 공기와 구조체의 품질을 좌우하게 되며, 이중 거푸집공사는 골조 공사비의 30~40%, 전체공사비의 10%를 차지하는 중요한 공정임. 이러한 거푸집 시공기술의 실용성과 적용성을 높이기 위한 실증적 자료를 확보함.

나. 모델정립

시공현장 외 중요한 의견반영자인 설계자의 입장 및 애로 사항을 인터뷰하여 새로운 자재의 선정과 채택과정에 어려움을 극복하기 위한 키워드를 발굴하여 확인하고 현장적용까지 원스톱 적용체계를 수립하여 개발완료시 기술의 조속한 선정과 확대를 위한 모델링을 정립함.

다. 시작품제작

제품기술을 바탕으로 자체 시작품 또는 일부 외주가공을 통한 시작품을 제작하여 샘플링 시장 반응 조사를 실시 및 현장결과를 수렴함.

라. 사업화 목표

시공성 측면에서 저소음 해체공법의 한계성과 층고높은 건축물에 최적화된 대체 거푸집공법의 부재와 거푸집 해체시 재질에 대한 소음발생, 자유낙하에 의한 과도한 파손발생 전용을 저하 발생, 안전성 측면에서 해체 작업시 안정성 미확보 및 자유낙하로 인한 산업재해 발생, 경제성 측면에서 공사기간 단축 및 임대비용절감과 폐자재 처리에 대한 기존기술의 한계성을 극복하고 저소음, 재사용 횟수증가, 서포트 교체를 통한 3m이상 높은 층고에서도 사용가능(1차해체시 100mm 다운, 2차해체시 1500mm이상)하고 모듈화된 단순조립식 공법과 단순시공이 가능한 공법을 개발하여 시장적용 될 수 있는 실용화 기술개발을 이룩함.

마. 사양

다단 드롭형 다운 서포트 + 다운서포트 삼각 지지대와 멍에 + 장선 으로 구성된 테이블방식의 층고가 높은 철근콘크리트 구조물의 슬래브 거푸집공법 기술을 통하여 규격별 시작품 제조 계획임.



(a) 슬라브 코너(SL)



(b) 브라켓



(c) 장선



(d) 명에팔



(e) 명에, 장선(빔)



(f) 명에, 장선
속대 (연결대)



(g) 다운 서포트



(h) 다운 서포트
삼각 지지대

<그림 1.4> 사업화 대상기술의 구성 재료

바. 성능

<표 1.3> 사업화 대상기술과 기존 유사기술의 비교

구분	항목	사업화 대상기술	기존 재래식 공법
특징	시공 품질	슬래브 패널을 장선 빔이 직접 받치고 있기에 슬래브 평활도 및 처짐이 없고 자유낙하로 인한 패널손상이 없기에 품질이 향상됨.	평활도와 처짐 방지를 위해 부재수가 많아지고, 자유낙하로 인한 패널손상과 규격외 패널의 사용이 많아 전용성이 떨어짐.
	시공성	일체식(벽체+슬래브)	분리형(벽체+슬래브)
	구성	슬래브 [패널+테이블형 장선·명에빔+다운서포트]	슬래브, 각재 [코팅합판+장선·명에+일반서포트]
	데크 패널	600×1200mm	910×1820mm
		원형핀 체결	못에 의한 긴결
		빔간격 : 1500mm 이하	빔간격 : 1200mm 이하
	해체	1차 해체시 → 100mm 다운 2차 해체시 → 1500mm이상 테이블형 다단 드롭	1차 해체 - 자유낙하
	안전성	안전 눈 높이까지 하강 후 판넬 해체고소 작업시 더욱 유리함.	불안전 해체시 명에,장선,합판이 튀어키는 현상으로 파손과 정리가 어려움
	환경성 소음	저소음	데크 패널의 자유낙하로 인한 과도한 소음 발생
장단점	설치 및 해체	1~2인 설치 및 해체	3~4인 설치 및 해체
	평활도	최상	부분 휨 발생 (보완작업공정발생)
	구조	안전 (데크패널 하부에 보있음)	불안전(데크 패널이 연결핀에 의존)

사. 용도

다단 드롭 서포트 시스템과 층고가 높은 슬래브거푸집 설치 및 해체와 명에·장선 테이블형 시스템을 이용한 철근콘크리트 구조물의 저소음 슬래브 거푸집 공법으로 건설 기술 관리법 제2조에 해당되며 건설신기술 분류표 상에 있어서 철근콘크리트에 속하고 공종은 거푸집공사 용도이다.

<표 1.4> 사업화 대상기술의 분야

대분야	중분야	소분야	세분야
B 건축	05 철근콘크리트	03 거푸집	철근콘크리트 구조물의 거푸집공사

아. 기능

<표 1.5> 사업화 대상기술의 특징점

품목	장점	비고
층고 높은 건축물에 최적화	▪ 층고가 높은 철근콘크리트 구조물의 슬래브, 보거푸집 공사 [복층오피스텔,기숙사, 호텔, 도시형생활주택, FED공사 등]	시공성 향상
	▪ 고소작업-서포트 교체를 통한 3m이상 높은 층고에서도 가능	
	▪ 눈 높이까지 하강 후 판넬 해체- 고소작업시 더욱 유리함	
콘크리트구조물 충격방지	▪ 해체시 폼 받아 내리기로 인한 충격방지	구조물 품질향상
	▪ 폼이 떨어지지 않아 바닥균열 발생 최소화	
	▪ 해체시 충격을 주지 않아 공기단축가능	
공사중 소음방지 [완벽한 저소음 해체공법의 실현]	▪ 폼이 바닥으로 떨어지지 않아 소음방지	현장민원 발생감소
	▪ 현장주변민원 발생 최소화	
	▪ 폼이 하부로 떨어지지 않아 분진발생 최소화	
경제성 향상	▪ 데크 패널을 드롭 시킴으로 데크 패널 손상을 줄일 수 있음	시공비 절감
	▪ 모듈화 된 데크 패널 시용으로 임대비용 절감효과	
	▪ 거푸집 조립 및 탈형 작업의 간편화를 통한 공기단축 및 인건비 절감	
안전성 향상	▪ 설치시 장선 빔을 이용하여 슬래브 패널을 받치고 있어 안정된 설치가 가능함.	안전성 향상
	▪ 모듈화 된 장선·멍에, 다단 드롭형 써포트 시용으로 일반 동바리 절감효과로 비용 및 안전성 향상효과	
	▪ 다단 드롭형 써포트를 이용하여 슬래브 패널이 작업자의 눈 높이까지 하강하여 안전한 해체가 가능함.	

제2장. 국내외 기술 개발 현황

1. 유사 기술과의 경쟁상태 및 유사 기술의 출현 가능성

현재 국내에서는 사업화 대상기술 이외에 전술한 바와 같이 공동주택 도심지 공사 등에 소음 민원 발생 등을 우려하여 소음저감 공법을 적극 도입하고 있는 실정임. 소음저감기술을 갖춘 공법으로는 페리사의 Sky deck 공법을 들 수 있고, (주)대림건설 등의 AFB공법과 조선판넬의 BD공법 등이 있음.

이 공법은 동바리 상부 600mm정도 하강이 가능한 드롭헤드를 갖추고 있으며 이를 통하여 데크 패널을 1차 하강시킨 후 패널을 제거하는 작업을 수행하고 있음. 이 작업과정에는 작업자들이 작업대에 올라가 해체 작업을 수행하여야 하는 번거로움이 있고, 슬래브 코너재를 앙카작업 또는 동바리로 바치지 않으면 슬래브 전체가 무너지는 현상이 발생하여 시공성 및 안전성이 크게 떨어지는 문제점을 가짐. 또한 국내의 벽식 및 라멘구조의 공동주택의 경우 벽체 또는 보 인근에 규격 패널이 맞지 않는 문제가 발생하며 이 부분에 이형 패널 적용으로 슬래브 단차가 생기는 것으로 파악됨. AFB공법은 안전성은 우월하지만 2차 하강까지의 공정 시간이 오래 걸리고 기존에 사용해오던 동바리등을 사용하지 못함.

또한, BD공법은 일부 안전성은 있으나 1차 하강까지의 공정 시간이 오래 걸리고, 슬래브 코너재에 동바리를 받치고 있어야 하며, 판넬의 겹침현상 및 멩에재의 흔들림으로 작업이 매우 위험하며 층고가 높은 구조물에는 사용하지 못함.

국내의 거푸집 제조업체들 중 일부에서 Sky deck 공법과 유사한 1차 하강 시스템을 도입하는 등의 소음 저감 공법을 개발하고 있으나 Sky deck 공법의 대형화되어 무게가 무거워 작업성이 떨어지는 단점을 극복하지 못하는 문제점을 가지고 있음.

국내외 시장성에서도 알 수 있듯이 도심지 공사의 빈번한 발생 및 주변 거주자들의 환경에 대한 관심 등으로 본 신청 기술에 대한 활용이 더욱 증가할 것으로 예상되며 현장에서의 적용성이 중요시되는 건설 산업의 특성상 유사 기술의 개발이 활발히 진행될 것으로 예측되는 현 상황에 국내 건설현장에서의 시장 선점 등을 위한 노력이 중요할 것으로 판단됨.

2. 관련 분야의 국내외 연구동향 및 학술적 성과

가. 국가연구개발사업 유사연구 검토

본 과제와 관련하여 국토교통부 소관 연구개발사업 및 타 부처 연구개발사업으로 기 수행되었거나 수행 중인 유사과제와의 중복 여부과제 없음. (전문기관 홈페이지 및 www.ntis.go.kr 등 참조)

나. 사업화과제의 차별화 방안

해당사항 없음.

3. 국내외 관련 기술 특허 동향 ^{4,5,6)}

사업화 대상기술에 대한 유사 특허는 주관연구기관이 보유한 3건의 특허가 있으며 유사 신기술로서는 <표 2.2>와 같이 (주)대림산업, (주)거혁건설, (주)거혁산업 등에서 2009년 신기술 583호로 지정받은 [2단계 낙하가 가능한 Drop형 Beam을 활용한 공동주택 슬래브 및 계단 Aluminum Panel Form 공법]과 조선판넬(주)에서 2011년에 인증 받은 신기술 621호 [스팬조절기능이 있는 1단 드롭 형 멩에를 이용한 슬래브 거푸집 공법] 등이 있으며, 특허 침해 소송 등의 분쟁은 전혀 없음.

<표 2.1> 개발기술관련 특허

순번	특허명	등록번호	등록일	특허권자
1	보 거푸집용 지지장치	10-1413725	2014.06.24	(주)선우씨앤에스
2	보 거푸집용 팀버 연결장치	10-1413726	2015.06.24	(주)선우씨앤에스

<표 2.2> 동종업계 유사신기술 보유자 등

구분	기관명	내용
유사신기술	대림산업(주), (주)거혁건설, (주)거혁산업	건설신기술 583호
	조선판넬(주), 오경근	건설신기술 621호
특허 침해 소송 등 분쟁	없음	

상기 기술 중 신기술 583호는 일명 AFB 시스템으로 명칭 되어지며 AFB drop형 멩에 빔을 사용하기 위해서 AFB 동바리를 같이 사용해야 하며 알루미늄 폼을 사용함. 또한 drop형 멩에 빔을 하강시키기 위해서는 시스템 동바리의 높이조절(Down) 작업이 선 시공 되어야 하며 2차 낙하를 위해서는 다시 시스템 동바리를 또다시 높이조절을 해야 하는(Down) 반면에 본 신청 기술은 알루미늄 폼 보다 값싼 유로폼을 병행사용 할 수 있으며 기존의 계속해서 사용되어져 왔던 동바리를 아무런 조치 없이 사용할 수 있어 자재비 가 절감 되며 해체 시에는 동바리를 먼저 해체 후 드롭을 시키는 시스템으로 슬래브 거푸집의 설치 및 해체작업을 공정을 줄일 수 있으며 공정순서에서 많은 차별성을 가지므로 공기를 단축시킬 수 있음.

또한, 신기술 621호는 해체시 데크 지지바는 L형 링크에 낙하방지용 서포트를 받치지 않을 시 위험함으로 지지용 서포트가 많은 양의 필요하는 기술로 드롭시 편제거와 동시에 400mm 급강하에 멩에에서 패널이 이탈하는 현상이 발생 안전에 위험이 상시 노출되어 있는 반면에 본 신청 기술은 타워크레인 등 특별한 장비를 사용하지 않으며 알루미늄 거푸집 및 유로폼 지지시스템을 사용하여 높은 전용성과 다단 드롭 서포트를 이용한 테이블형 다단 드롭 시스템은 기존의 621호에는 해당되지 않는 고유의 기술임.

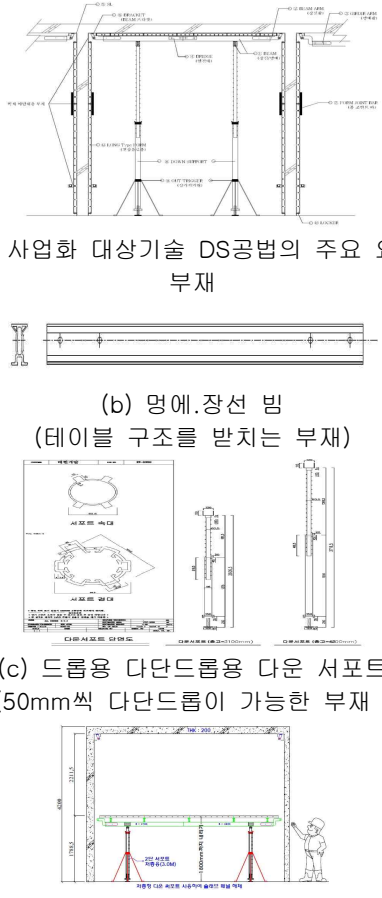
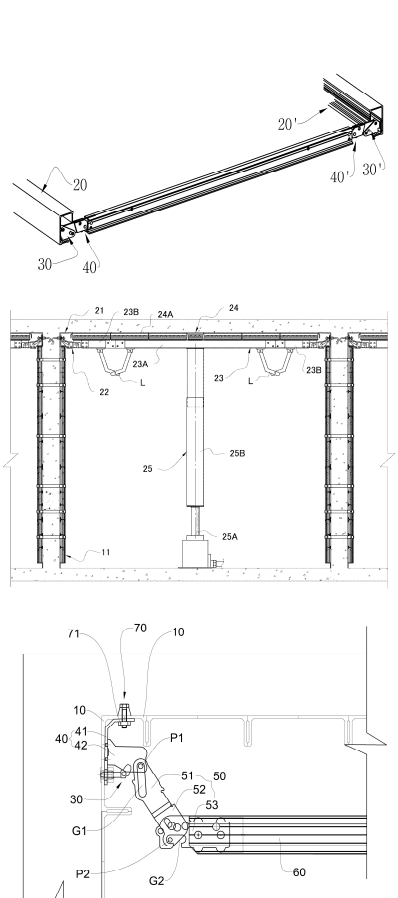
그리고, 사업화 대상기술은 현재 공동주택에 현장에 널리 사용되는 알루미늄 폼과, 알루미늄 폼보다 더 저렴한 유로폼을 병행 사용하여 전용성을 높였으며 테이블형 다단 드롭 시스템은 장선.멩에 빔을 적용하여 1인 설치작업 및 1인 해체 작업이 가능한 점에서 공법 구현상의 차별성을 가지고 있음.

거푸집 시스템에 관한 여러 우수한 선행기술들이 있지만, 다단 드롭 서포트를 이용한 테이블형 다단 드롭 시스템 개발하여 시공하여 시공성을 향상시키고 해체 과정에 안전성 및 소음 저감효과, 그리고 시공비의 절감의 장점을 가진 점에서 타 기술에서는 전혀 가지고 있지 않은 기술로 큰 차별성을 가진다고 할 수 있다.

<표 2.3> 사업화 대상기술과 조사된 선행기술의 비교

기존기술명		2단계 낙하가 가능한 Drop형 Beam을 활용한 공동주택 슬래브 및 계단Aluminum Panel Form 공법(AFB 시스템), 건설신기술 583호
개발자		대림산업(주), (주)거혁건설, (주)거혁산업
기술내용		Aluminum Panel Form과 Drop형 Beam을 활용한 슬래브 거푸집 공법으로 슬래브 폼을 시스템화하여 해체시 소음저감, 공기단축 및 안전성 증대효과를 얻을 수 있다. 용도 측면에서도 알루미늄 폼을 사용하는 바닥 슬래브, 계단실 시공시 층고에 크게 구매 받지 않고 쉽게 해체가 가능한 특징이 있다.
공법 소개	특징 및 기능	①drop형 멍에 빔의 적용으로 공동주택 층고에 대하여 작업자의 손높이에서 작업자가 손쉽게 슬래브 거푸집 해체가 가능하여 소음저감, 안전성 및 작업성이 향상됨. ②보-기둥 형식의 시스템 거푸집 ③슬래브 해체시 소음발생을 크게 줄여 기존의 지속적인 소음 발생으로 인한 도심시 민원감소
사업화 대상기술의 차별성		사업화 대상기술의 구조적 원리는 다음과 같다. 일반적으로 거푸집은 타설 전에는 사전 작업에 따른 작업하중을 타설 후 콘크리트 경화 전까지는 슬래브 거푸집의 경우 콘크리트 자중과 작업하중을 지지한다. 사업화 대상기술은 테이블형 다단 드롭 시스템을 이용한 층고가 높은 철근 콘크리트 구조물의 슬래브 거푸집 공법으로 층고가 높은 슬래브 거푸집의 설치 및 해체에 적용되며, 안전사고 예방 및 소음을 줄일 수 있으며 거푸집의 전용율을 극대화 할 수 있으며, 멍에·장선을 이용한 테이블 방식으로 1~2인 설치 및 해체 가능하며 다단 드롭형 서포트를 활용한 저소음 슬래브 거푸집 공법으로 슬래브 폼을 시스템화하여 탈형시 소음저감, 공기단축 및 안전성 증대효과를 얻을 수 있다.사업화 대상기술은 다단 드롭형 서포트와 멍에,장선으로 구성된 테이블방식으로 이루어진 층고가 높은 철근 콘크리트 구조물에 가설재의 파손, 소음 및 안전한 1~2인 설치 및 해체가 가능한 높은 층고에 더욱 안전한 슬래브 거푸집 공법이다.

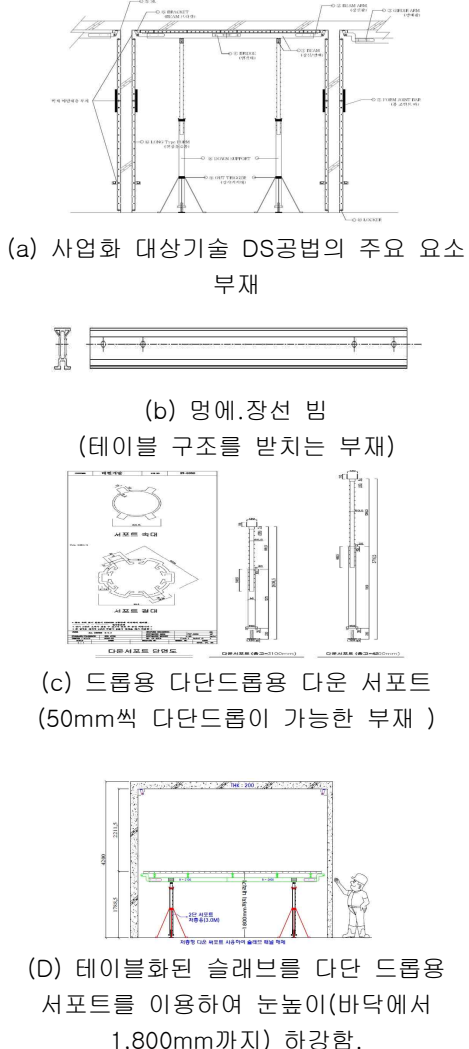
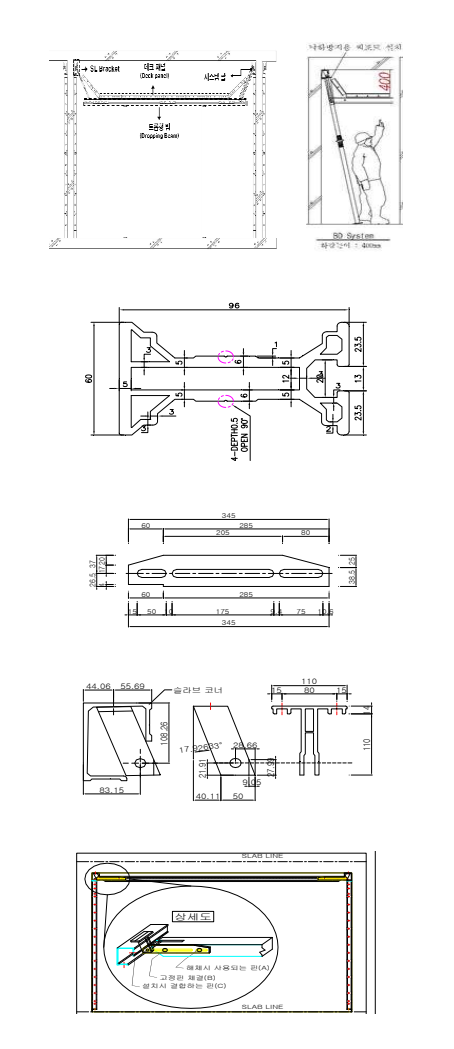
<표 2.4> 사업화 대상기술과 조사된 선행기술의 비교

기존기술명	2단계 낙하가 가능한 Drop형 Beam을 활용한 공동주택 슬래브 및 계단Aluminum Panel Form 공법(AFB 시스템), 건설신기술 583호	
개발자	대림산업(주), (주)거혁건설, (주)거혁산업	
기술내용	벽체거푸집연결바(20) 내주면에 결합되는 지지플레이트(30)와; 중앙부에 가이드 공을 갖는 제1,2판넬로 이루어진 링크부재(40)와; 상기 제2판넬에 고정되는 거푸집지지바(50)를 포함하여 구성된 해체가 용이한 슬라브 거푸집 지지바	
기술 도면	사업화 기술  (a) 사업화 대상기술 DS공법의 주요 요소 부재 (b) 명에.장선 빔 (테이블 구조를 받치는 부재) (c) 드롭용 다단드롭용 다운 서포트 (50mm씩 다단드롭이 가능한 부재) (D) 테이블화된 슬래브를 다단 드롭용 서포트를 이용하여 눈높이(바닥에서 1,800mm까지) 하강함.	건설신기술 583호 
사업화 대상기술의 차별성	사업화 대상기술은 슬래브를 테이블화 하여, 다단 드롭 다운 서포트를 이용하여 50mm씩 다단 드롭함에 차별성이 있으며, 급강하(자유낙하)를 방지함으로 가설재의 파손 및 소음을 줄이고 자재 전용율을 극대화하며 작업자의 눈높이까지 하강하기에 크게 차별화됨. ▶ 명에.장선에 일자로 된 장공이 필요없기에 본원의 시스템과 상이함 ▶ 상기 데크 지지바는 L형 링크에 의해 굴곡 가능하게 결합되는 구조이나 본원의 테이블화된 형태와 상이함 ▶ 해체시 데크 지지바는 L형 링크에 낙하방지용 양카를 고정하나 본원은 테이블을 지지하는 다단 드롭형 서포트를 사용하기에 양카 작업이 상이함 ▶ 인용문헌은 드롭이 천정에서 650mm하강하나 본원의 바닥에서 1800mm까지 하강과는 해석자체가 차별화됨 ▶ L형 링크의 구조와 해체의 숙련도가 필요함의 본원의 다단 드롭 서포트의 회전판을 이용한 단순 작업과는 차별화됨. ▶ 인용문헌은 명에로만 이루어졌으나 본원은 장선.명에로 이루어진 테이블구조이기 에 상이함	

<표 2.5> 사업화 대상기술과 조사된 선행기술의 비교

기존기술명		스팬조절기능이 있는 1단 드롭형 멩에를 이용한 슬래브 거푸집 공법(BD공법), 건설신기술 621호
개발자 (개발년도)		조선판넬(주), 오경근
기술내용		슬래브 거푸집의 급강하를 방지하기 위한 슬래브 거푸집의 지지구조에 관한 공법으로 슬래브 거푸집의 조립 및 해체에 적용되며, 멩에 빔 연결 플레이트가 고정되어 있는 SL재와 스펀 조절형 기능을 갖는 슬래브 거푸집의 슬라이드 레일(장공 타공이 되어 있는 멩에제와 브라켓의 연결 플레이트)로 drop형 멩에 빔을 직접 연결하여 1단 낙하시키는 1인 설치 및 해체 저소음 슬래브 거푸집공법
공법 소개	원리	슬라이드 레일로 구성되어 1단 낙하가 가능한 drop형 멩에 빔을 직접 연결하여 급강하를 방지함으로써 안전사고 예방 및 소음을 줄일 수 있으며 거푸집의 전용율을 높일 수 있고 기존 동바리 활용한 1인 설치 및 해체 저소음 슬래브 거푸집 신공법
	특징 및 기능	①알루미늄 판넬 폼 또는 유로 폼을 drop형 멩에 빔을 활용한 거푸집 공법으로 슬래브 폼을 시스템화하여 해체시 공기단축 효과를 얻을 수 있다. ②용도의 측면에서도 알루미늄 폼과 유로폼을 사용하는 바닥 슬래브 시공시 층고에 크게 구애를 받지 않고 쉽게 해체가 가능한 특징
사업화 대상기술의 차별성		본 사업화 기술은 일반적으로 거푸집은 타설 전에는 사전 작업에 따른 작업하중을 타설 후 콘크리트 경화 전까지는 슬래브 거푸집의 경우 콘크리트 자중과 작업하중을 지지한다. 사업화 대상기술은 테이블형 다단 드롭 시스템을 이용한 층고가 높은 철근콘크리트 구조물의 슬래브 거푸집 공법으로 층고가 높은 슬래브 거푸집의 설치 및 해체에 적용되며, 안전사고 예방 및 소음을 줄일 수 있으며 거푸집의 전용율을 극대화 할 수 있으며, 멩에·장선을 이용한 테이블 방식으로 1~2인 설치 및 해체 가능하며 다단 드롭형 서포트를 활용한 저소음 슬래브 거푸집 공법으로 슬래브 폼을 시스템화하여 탈형시 소음저감, 공기단축 및 안전성 증대효과를 얻을 수 있다.사업화 대상기술은 다단 드롭형 서포트와 멩에·장선으로 구성된 테이블방식으로 이루어진 층고가 높은 철근 콘크리트 구조물에 가설재의 파손, 소음 및 안전한 1~2인 설치 및 해체가 가능한 높은 층고에 더욱 안전한 슬래브 거푸집 공법이다.

<표 2.6> 사업화 대상기술과 조사된 선행기술의 비교

기존기술명	스팬조절기능이 있는 1단 드롭형 멩에를 이용한 슬래브 거푸집 공법(BD공법), 건설신기술 621호	
개발자 (개발년도)	조선판넬(주), 오경근	
기술내용	슬라이드 레일로 구성되어 1단 낙하가 가능한 drop형 멩에 빔을 직접 연결하여 급강하를 방지함으로써 안전사고 예방 및 소음을 줄일 수 있으며 거푸집의 전용율을 높일 수 있고 기존 동바리 활용한 1인 설치 및 해체 저소음 슬래브 거푸집 공법	
기술 도면	본 신청 기술	건설신기술 583호
	 (a) 사업화 대상기술 DS공법의 주요 요소 부재 (b) 멩에.장선 빔 (테이블 구조를 받치는 부재) (c) 드롭용 다단드롭용 다운 서포트 (50mm씩 다단드롭이 가능한 부재) (D) 테이블화된 슬래브를 다단 드롭용 서포트를 이용하여 눈높이(바닥에서 1,800mm까지) 하강함.	
사업화 대상기술의 차별성	사업화 대상기술은 슬래브를 테이블화 하여, 다단 드롭 다운 서포트를 이용하여 50mm씩 다단 드롭함으로 급강하(자유낙하)를 방지함으로 가설재의 파손 및 소음을 줄이고 자재 전용율을 극대화하며 작업자의 눈높이까지 하강하는데 크게 차별화 됨. ▶ 멩에장선에 일자로 된 장공이 필요없기에 본원의 시스템과 상이함 ▶ 해체시 데크 지지바는 L형 링크에 낙하방지용 서포트를 받치지 않을시 위험함으로 지지용 서포트가 많은 양의 필요하나 본원이 불필요하기에 상이함 ▶ 인용문헌은 드롭이 천정에서 400mm하강함으로 상이함 ▶ 드롭시 핀제거와 동시에 400mm급강하에 멩에에서 패널이 이탈하는 현상이 발생하나 본원은 다단 드롭용 다운 서포트를 이용 50mm 하강씩 함에 본원의 시스템과는 상이함	

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

1. 구조부재의 구조계산 및 검토 평가 ^{7,8,9)}

가. 보(600×600) 및 동바리, 슬래브 가설재의 구조검토

가) 구조 검토 개요

a)공사명 : 반포한양아파트 주택재건축정비사업 신축공사

b)검토사항 : 보 유로폼 600×1200(mm) 및 동바리 검토

c)구조 재료 및 설계 기준 강도

-알루미늄 : $F_y = 40,000 \text{ PSI}$ (ASTM 6061-T6)

-강 재 : $F_y = 235 \text{ Mpa}$

d)구조 설계 기준 및 참고

-적용기준 : 강구조계산기준 및 해설

가설재표준시방서

The Specification for Aluminum Structures

대한건축학회

국토교통부(가설재협회)

The Aluminum Association

나) 설계 하중 계산

a)바닥하중계산

보폭

600mm

슬래브스팬

7200mm(일열지지)

고정하중	두께(mm)	LOAD
데크슬래브 (RDS)	175	420
보 (G)	600	1440
거푸집 폼 (A)		40
작업하중 (1)		250
작업하중 (2)		350
sub total 1 (G+A)		1480
sub total 2 (S+A)		460
①beam load, $W_b =$	350 + 1480=	1830
②slab load, $W_s =$	460 + 250=	710

kg/m²

kg/m²

kg/m²

kg/m²

다) 유로폼 검토

다-1. Plywood

a)Playwood Capacity(12T)

Member	E(kg/cm ²)	I (cm ⁴)	Z (cm ³)	fb(kg/cm ²)
Plywood	70000	0.144	0.24	168

b)Load

$$W_1 = \text{design load} \times 1\text{cm} = 0.183\text{kg/cm}$$

c)Joist Space

$$\delta = \frac{5 \times W_1 \times L_1^4}{384 \times E \times I} \leq 0.3\text{cm} \quad , \quad L_1^4 = \frac{\delta \times 384 \times E \times I}{5 \times W_1} = 1269089\text{cm}^4 \quad , \quad L_2 = \sqrt[4]{1269089} = 33.56\text{cm}$$

d)Bending Moment

(L1=27cm로 한다)순간격

$$M = \frac{W_1 \times L_1^2}{8} \leq fb \times Z \quad , \quad M = 16.68\text{kg.cm} \leq 40.32\text{kg.cm}$$

e)Deflection

$$\delta = \frac{5 \times W_1 \times L_1^4}{384 \times E \times I} \leq 0.3\text{cm} \quad , \quad \delta = 0.13\text{cm} \leq 0.3\text{cm}$$

TRY USE JOIST SPACING @ 27cm(net)

다-2. Joist

a) Inner Joist

Space = 0.3m

Load = 549kg/m

Length = 0.6m

b) Material Capacity(SS490)

Fu	Fb	Fs shear	E elastic m.
kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
3188	1930	1114	2.10E+06

c) Section Capacity

Size	PL-50×30×3.2	unit:	cm
A	I	Z	
2.31	6.39	3.80	

d) Results of Structural Analysis

M(kg.cm)	P(kg)	V(kg)	KL(cm)
2470	-	164.70	60

$$M_s = \frac{W \times I^2}{8} = \frac{549 \times 0.6^2}{8} = 24.7 \text{ kg.m}$$

$$V_s = \frac{W \times I}{2} = \frac{549 \times 0.6^2}{2} = 164.70 \text{ kgf}$$

e) Bending Stress

$$Z = 3.8$$

$$f_{b,c} = \frac{M}{z_c} = \frac{2470.0}{3.8} = 650.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_{b,c}}{F_{b,t}} = \frac{650.00}{1930.00} = 0.337$$

O.K

f) Shear Stress

$$f_s = \frac{V}{A_s} = \frac{164.7}{2.7} = 71.30 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_s}{F_s} = \frac{71.30}{1114.00} = 0.064$$

O.K

g) Combined Stress

$$f_s = \left(\frac{f_b}{F_b}\right)^2 + \left(\frac{f_s}{F_s}\right)^2 =$$

$$0.114 + 0.004 = 0.118 < 1$$

O.K

h) Deflection

$$\delta_{\text{단순지지}} = \frac{5 \times w \times L_n^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 5.49 \times 60^4}{384 \times 2100000 \times 6.39}$$

$$= 0.07 < \delta_{\text{allow}} = 0.30 \text{ cm}$$

O.K

다-3. Outer Frame

a) outer frame

space = 0.3m

load = 549kg/m

span = 0.60m

b)Material Capacity(SS540)

Fu	Fb	Fs	E
kg/cm ²	kg/cm ²	shear kg/cm ²	elastic m. kg/cm ²
3482	2710	1565	2.10E+06

c)section capacity

Size	PL-63.5×4			unit: cm
	A	I	Z	
	2.54	11.85	3.63	

d)Results of Structural Analysis

M(kg.cm)	P(kg)	V(kg)	KL(cm)
2471	-	164.70	60

$$M_s = \frac{1 \times w \times L^2}{8} = \frac{197.64}{8} = 24.7kg.m$$

$$V_s = \frac{1 \times w \times L}{2} = \frac{329.4}{2} = 164.7kg$$

e)Bending Stress

beam의 인장부분 단면계수 = 3.63

$$f_{b,c} = \frac{M}{z_c} = \frac{2470.5}{3.63} = 680.58kg/cm^2$$

$$\frac{f_{b,t}}{F_{b,t}} = \frac{680.58}{1930.00} = 0.353$$

O.K

f)Shear stress

$$f_s = \frac{V}{A_s} = \frac{164.7}{2.5} = 64.84kg/cm^2$$

$$\frac{f_s}{F_s} = \frac{64.84}{1114.00} = 0.058$$

O.K

g)Combined Stress

$$f_s = \left(\frac{f_b}{F_b}\right)^2 = \left(\frac{f_s}{F_s}\right)^2 =$$

$$0.125 + 0.003 = 0.128 < 1.00$$

O.K

h)Deflection

$$\delta_{단부} = \frac{5 \times w \times L_n^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 5.49 \times 60^4}{384 \times 2100000 \times 11.85}$$

$$= 0.04 < \delta_{allow} = 0.60cm$$

O.K

다-4. 웨지 핀

웨지핀 : SS400

허용강도(FY) = 1600.00 kg/cm²

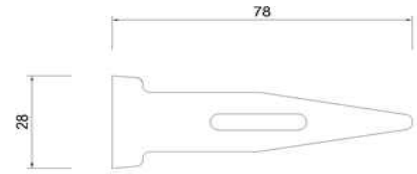
전단강도(va) = 923.76 kg/cm²

두께(t) = 0.40 cm

단면적(A) = 0.52 cm²

웨지핀 1개의 전단내력(V) = 480.36 kg

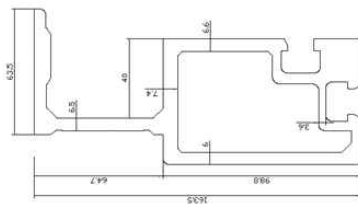
웨지핀 부담하중(P) = Ws × 핀부담면적 = 1830 × 0.3 × 0.6 = 329kg < V 0.K



라) Aliminum Side Beam

라-1. side beam bending & shear

a)Section Shape



material property

aluminum 6061-T6

THK : 0.010~4.0 in. , unit : ksi

modulus of elasticity	tension		comp.	shear	
	F _{tu}	F _{ty}	F _{cy}	F _{su}	F _{sy}
10100	42	35	35	27	20

Section properties

A(cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	Z _{x,top} (cm ⁴)	Z _{x,bot} (cm ⁴)	i _x (cm)	I _y (cm)	E(kg/cm ²)
31.66	150.30	-	16.7	20.45	2.18	-	7.03E+05

b)부담하중

space = 240 cm

슬리브 스패น/2

load = 17.04 kg/cm

for safe load

c) Member stress check

Span = 60cm

$$M_s = \frac{w \times I^2}{8} = \frac{17.04 \times 60^2}{8} = 7668 \text{ kg.cm} , \quad V_s = \frac{w \times I}{2} = \frac{17.04 \times 60}{2} = 511 \text{ kgf}$$

캔티Span = 30cm

$$M_s = \frac{w \times I^2}{2} = \frac{8 \times 30^2}{2} = 3600 \text{ kg.cm} , \quad V_s = \frac{w \times I}{1} = \frac{8 \times 30}{1} = 240 \text{ kgf}$$

㉠ allowable compression stress check(axial stress에 대해 검토) - Not Application

㉢ allowable bending tension stress

beam의 인장부분 단면계수 = 20.45

$$f_{b,t} = \frac{M}{z_t} = \frac{7668.0}{20.5} = 374.96 \text{ kg/cm}^2 , \quad F_{b,t} = 21 \text{ ksi} = 1477 \text{ kg/cm}^2 , \quad \frac{f_{b,t}}{F_{b,t}} = \frac{374.96}{1476.51} = 0.254 \quad \text{O.K}$$

㉢ Allowable compressive Stress for elements of beams

beam의 압축부분 단면계수 = 16.7

$$f_{b,t} = \frac{M}{z_t} = \frac{7668.0}{16.7} = 459 \text{ kg/cm}^2 , \quad \text{Web } \frac{b}{t} = \frac{55.0}{6.30} = 8.73 , \quad s_1 = 6.8 , \quad s_2 = 10$$

allowable stress

$$F_b = 19.2 \text{ ksi} = 1350 \text{ kg/cm}^2$$

therefore,

$$\frac{f_b}{F_b} = \frac{459.16}{1349.95} = 0.34 \quad \text{O.K}$$

㉔ shear stress check

$$s_1 = 36, s_2 = 65$$

allowable shear stress

$$\frac{h}{t} = \frac{168}{6.5} = 25.85, F_s = 12ksi = 844kg/cm^2, f_s = \frac{V}{A_s} = \frac{511.2}{31.7} = 16.15kg/cm^2, \frac{f_s}{F_s} = \frac{16.15}{843.72} = 0.019 \quad O.K$$

㉕ combined compression, bending and shear

$$\left(\frac{f_b}{F_b}\right)^2 + \left(\frac{f_s}{F_s}\right)^2 = \left(\frac{459.16}{1350}\right)^2 + \left(\frac{16.15}{843.72}\right)^2 = 0.12 \quad O.K$$

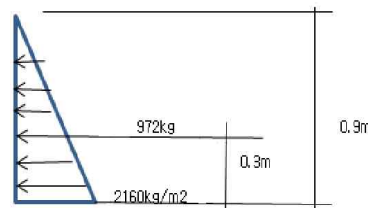
㉖ Deflection check

$$\delta_{\text{단순지지}} = \frac{5 \times w \times L_n^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 17.04 \times 60^4}{384 \times 703066 \times 150.3} \\ = 0.03 < \delta_{\text{allow}} = 0.60cm$$

라-2. side beam torsion

a)Section Shape

A(cm ²)	t (cm)
5.58	0.40



b)부담하중(1cm 당)

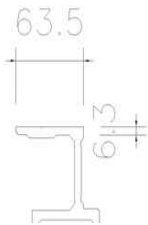
$$\text{load}(T) = 86.4kg.cm \quad \text{torsion}$$

c)Member stress check

$$\tau = \frac{T}{t \times A} = \frac{86.4}{0.4 \times 5.58} = 39kg.cm, F_s = 12ksi = 844kg/cm^2, f_3 = \frac{\tau}{F_3} = \frac{38.71}{843.72} = 0.046 \quad O.K$$

라-3. side beam plate

a)Section Shape



Section properties

A(cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	Z _{x,top} (cm ⁴)	Z _{x,bot} (cm ⁴)	i _x (cm)	I _y (cm)	E(kg/cm ²)
4.00	0.13	-	0.42	0.42	0.18	-	7.03E+05

b)부담하중

$$\text{load} = 17.04kg/cm \quad 1cm \text{ 당 for safe load}$$

c)Member stress check

$$\text{Span} = 6.35cm$$

$$M_s = \frac{w \times L^2}{2} = \frac{17.04 \times 6.35^2}{2} = 344kg.cm, V_s = \frac{w \times L}{1} = \frac{17.04 \times 6.35}{1} = 108kgf$$

㉗ allowable bending tension stress

beam의 인장부분 단면계수 = 0.42

$$f_{b,t} = \frac{M}{z_t} = \frac{343.5}{0.42} = 817.97kg/cm^2, F_{b,t} = 21ksi = 1477kg/cm^2, \frac{f_{b,t}}{F_{b,t}} = \frac{817.97}{1476.51} = 0.554 \quad O.K$$

㉘ shear stress check

$$s_1 = 36, s_2 = 65$$

allowable shear stress

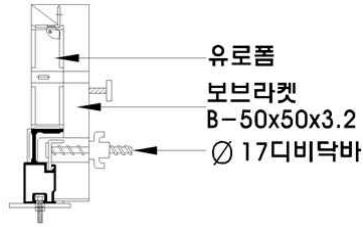
$$F_s = 12ksi = 844kg/cm^2, f_s = \frac{V}{A_s} = \frac{108.2}{4.0} = 27.05kg/cm^2, \frac{f_s}{F_s} = \frac{27.05}{843.72} = 0.032 \quad O.K$$

㉙ combined compression, bending and shear

$$\left(\frac{f_b}{F_b}\right)^2 + \left(\frac{f_s}{F_s}\right)^2 = \left(\frac{817.97}{1477}\right)^2 + \left(\frac{27.05}{843.72}\right)^2 = 0.31 \quad N.G$$

마) 보 브라켓

a) Section Shape



Material property SS400

Section properties

A(cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	Z _{x,top} (cm ³)	Z _{x,bot} (cm ³)	i _x (cm)	i _y (cm)	E
5.73	20.40	20.40	8.16	8.16	-	-	2.10E+06

b) 부담하중

Space(s) = 1.2 m

보 높이 (H) = 0.6 m

L=W×H×s = 1728 kg/m for safe load

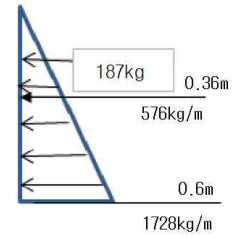
플랫타이가 측압하중을 90% 부담하고 브라켓이 10% 부담으로 가정함

c) 브라켓 Member stress check

Span = 0.24cm

$$M_s = 187 \times 0.24 + 0.5 \times 576 \times 0.24^2 + 1152 \times 0.44^2 / 6 = 7253 \text{ kg.cm}$$

$$V_s = 187 + 576 \times 0.24 + 1152 \times 0.24 / 2 = 463 \text{ kgf}$$



㉠ allowable bending tension stress

beam의 인장부분 단면계수 = 8.16

$$f_{b,t} = \frac{M}{z_t} = \frac{7252.8}{8.16} = 888.82 \text{ kg/cm}^2, F_{b,t} = 1600 \text{ kg/cm}^2, \frac{f_{b,t}}{F_{b,t}} = \frac{888.82}{1600.00} = 0.556 \quad \text{O.K}$$

㉢ allowable shear stress

$$F_s = 924 \text{ kg/cm}^2, f_s = \frac{V}{A_s} = \frac{463.5}{5.7} = 80.89 \text{ kg/cm}^2, \frac{f_s}{F_s} = \frac{80.89}{924.00} = 0.088 \quad \text{O.K}$$

d) 디비닥 볼트 Member stress check

볼트 간격(s) = 1.2 m

작용하중(w) = L×s = 2073.6 kg

M16, 단면적(A) = 2.01 cm²

작용응력(σ) = W/A 1031.64 kg/cm²

디비닥볼트 φ 16 mm

항복강도(F_y) = 4000 kg/cm² > σ

안전율 = F_y/σ = 3.9 0.K

바) 멩에재 검토(기둥과 보 거푸집이 만나는 부위)

a) 사용부재의 단면 성능

부재	E(kg/cm ²)	I(cm ⁴)	Z(cm ³)	fb(kg/cm ²)	fv(kg/cm ²)
멍에	70000	376	91	105	7.8

b) 멩에가 받는 하중

멍에 간격 = 50cm

$$W = \text{설계하중} \times \text{멍에간격} = 9.15 \text{ kg/cm}$$

c) 서포트의 간격 결정

$$\delta = \frac{5 \times W \times L^4}{384 \times E \times I} \leq 0.3 \text{ cm}, L^4 = \frac{\delta \times 384 \times E \times I}{5 \times W} = 66274623 \text{ cm}^4, L = \sqrt[4]{66274623} = 90.2 \text{ cm}$$

d) 멩에의 휨 모멘트 검토

(L = 60cm로 한다)

$$M = \frac{W \times L^2}{8} \leq fb \times Z, M = 4118 \text{ kg.cm} \leq 9555 \text{ kg.cm}$$

e) 멩에의 전단 검토

$$V = \frac{1.414 \times W \times L}{2} \leq fv \times A, A = 70.56, V = 388 \text{ kg.cm} \leq 550 \text{ kg.cm}$$

f) 멩에의 처짐 검토

$$\delta = \frac{5 \times W \times L^4}{384 \times E \times I} \leq 0.3 \text{ cm}, \delta = 0.06 \text{ cm} \leq 0.3 \text{ cm}$$

∴ 서포트 간격 : 60cm (2열지지)

사) 동바리 검토

층고 = 3600mm

1)강관받침기둥 좌굴길이

$$L = \text{총고} - (\text{보두께} + \text{유로폼} + \text{사이드빔높이})$$

$$= 3600 - 763.5 = 2836.5 = 2.837\text{m}$$

2) 허용좌굴하중(Pa)

SUPPORT(STK490)

 φ
$$48.6 \times 2.3t$$
$$F_y = 3188 \text{ kg/cm}^2$$
$$L = 283.65 \text{ cm}$$

L1 = 170 cm

$$A = 3.48 \text{ cm}^2$$
$$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$
$$I = 8.99 \text{ cm}^4$$
$$r = 1.64$$
 $\lambda p =$ 120
$$\lambda = L1/r = 172.96$$
$$\lambda > \lambda_p \quad \text{이므로,}$$

$$f_c = 0.277 \times F_y / (\lambda / \lambda_p)^2 = 425.15 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_a = f_c \times A = 1479.3 \text{ kg}$$

3)보를 지지하는 동바리 (2열) 연직하중

$$\text{동바리간격} = 60.0\text{cm} \quad , \quad P_g = \text{보하중} \times \text{동바리간격} \times \text{보폭/본수} = 1830 \times 0.6 \times 0.6/3 = 329\text{kg/本}$$

4)데크슬래브를 지지하는 동바리 연직하중

$$Pg = \text{데크슬래브하중} \times \text{슬래브순스팬} / 4 \times \text{동바리간격} = 710 \times 2.4 \times 0.6 = 1022 \text{kg/本}$$

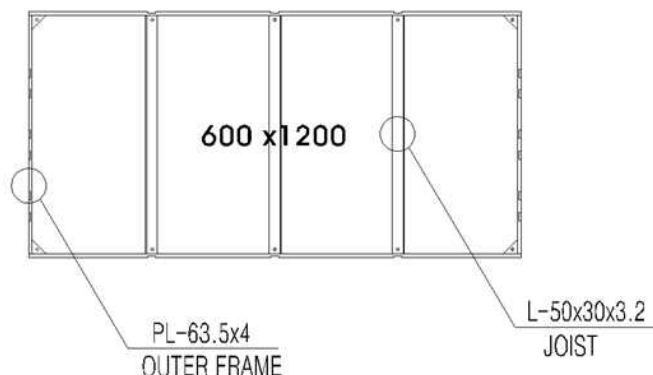
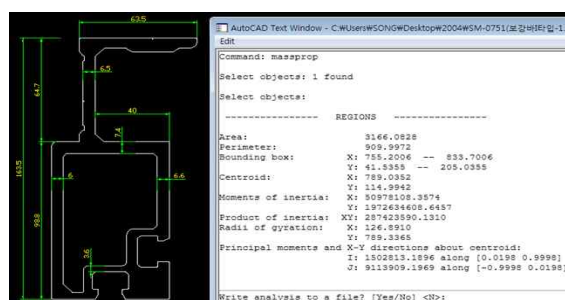
5) 동바리허용하중 및 작용하중비교

$$P_a = 1479.3 \text{ kg} \quad , \quad P = P_g + P_s = 1351.8 \text{ kg} > P_a \quad , \quad S.F. = P/P_a = 1.09 \quad \text{O.K.}$$

아)검토결과

사 용 부 재	규 격	간 격(mm)
EURO-FORM	600×1200	-
SIDE BEAM	-	@600
보 브라켓	-	@1200
보 및 슬래브 지지 동바리	2열 - $\varnothing 48.6 \times 2.3T$	@600

자) 단면성능



나. 보(1000×900) 및 동바리 가설재 구조 검토

가) 구조 개요

a)공사명 : 반포한양아파트 주택재건축정비사업 신축공사

b)검토사항 : 보 유로폼 500×1200(mm) 및 동바리 검토

c)구조 재료 및 설계 기준 강도

-알루미늄 : $F_y = 40,000 \text{ PSI}$ (ASTM 6061-T6)

-강 재 : $F_y = 235 \text{ Mpa}$

d)구조 설계 기준 및 참고

-적용기준 : 강구조계산기준 및 해설

가설재표준시방서

The Specification for Aluminum Structures

대한건축학회

국토교통부(가설재협회)

The Aluminum Association

나) 설계 하중 계산

a)바닥하중계산

고정하중	보폭	1000mm 두께 (mm)	LOAD	슬래브스팬	7200mm(일열지지)
데크슬래브 (RDS)		275	660		
보(G)		900	2160		
거푸집 폼(A)			40		
작업하중(1)			250		
작업하중(2)			350		
sub total 1 (G+A)			2200	kg/m ²	
sub total 2 (S+A)			700	kg/m ²	
①beam load, $W_b =$	350 + 2200=		2550	kg/m ²	
②slab load, $W_s =$	700 + 250=		950	kg/m ²	

다) 유로폼 검토

다-1. Plywood

a)Playwood Capacity(12T)

Member	E(kg/cm ²)	I (cm ⁴)	Z(cm ³)	fb(kg/cm ²)
Plywood	70000	0.144	0.24	168

b)Load

$$W_1 = \text{design load} \times 1\text{cm} = 0.2555\text{kg/cm}$$

c)Joist Space

$$\delta = \frac{5 \times W_1 \times L_1^4}{384 \times E \times I} \leq 0.3\text{cm}$$

$$L_1^4 = \frac{\delta \times 384 \times E \times I}{5 \times W_1} = 910757.6\text{cm}$$

$$L_2 = \sqrt[4]{910757.6} = 30.89\text{cm}$$

d)Bending Moment

(L1=27cm로 한다)순간력

$$M = \frac{W_1 \times L_1^2}{8} \leq fb \times Z$$

$$M = 23.24\text{kg.cm} \leq 40.32\text{kg.cm}$$

e)Deflection

$$\delta = \frac{5 \times W_1 \times L_1^4}{384 \times E \times I} \leq 0.3\text{cm}$$

$$\delta = 0.18\text{cm} \leq 0.3\text{cm}$$

TRY USE JOIST SPACING @ 27cm(net)

다-2. Joist

a) Inner Joist

Space = 0.3m

Load = 765kg/m

Length = 0.5m

b) Material Capacity(SS490)

Fu	Fb	Fs	E
		shear	elastic m.
kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
3188	1930	1114	2.10E+06

c) Section Capacity

Size	PL-50×30×3.2		unit: cm
	A	I	Z
	2.31	6.39	3.80

d) Results of Structural Analysis

M(kg.cm)	P(kg)	V(kg)	KL(cm)
2390	-	191.25	50

$$M_s = \frac{W \times I^2}{8} = \frac{765 \times 0.5^2}{8} = 23.9 \text{ kg.m}$$

$$V_s = \frac{W \times I}{2} = \frac{765 \times 0.5^2}{2} = 191.25 \text{ kgf}$$

e) Bending Stress

$$Z = 3.8$$

$$f_{bc} = \frac{M}{z_c} = \frac{2390.0}{3.8} = 628.95 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_{bc}}{F_{b,t}} = \frac{628.95}{1930.00} = 0.326$$

O.K

f) Shear Stress

$$f_s = \frac{V}{A_s} = \frac{191.3}{2.3} = 92.79 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_s}{F_s} = \frac{92.79}{1114.00} = 0.074$$

O.K

g) Combined Stress

$$f_s = \left(\frac{f_b}{F_b}\right)^2 + \left(\frac{f_s}{F_s}\right)^2 =$$

$$0.106 + 0.005 = 0.111 < 1$$

O.K

h) Deflection

$$\delta_{\text{단순지지}} = \frac{5 \times w \times L_n^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 7.65 \times 50^4}{384 \times 2100000 \times 6.39}$$

$$= 0.05 < \delta_{\text{allow}} = 0.30 \text{ cm}$$

O.K

다-3. Outer Frame

a) outer frame

space = 0.25m

load = 638kg/m

span = 0.60m

b)Material Capacity(SS540)

Fu	Fb	Fs shear	E elastic m.
kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
3482	2710	1565	2.10E+06

c)section capacity

Size	PL-63.5×4	unit: cm	
	A	I	Z
	2.54	11.85	3.63

d)Results of Structural Analysis

M(kg.cm)	P(kg)	V(kg)	KL(cm)
2869	-	191.25	60

$$M_s = \frac{1 \times w \times L^2}{8} = \frac{229.5}{8} = 28.7kg.m$$

$$V_s = \frac{1 \times w \times L}{2} = \frac{382.5}{2} = 191.3kg$$

e)Bending Stress

beam의 인장부분 단면계수 = 3.63

$$f_{b,c} = \frac{M}{z_c} = \frac{2868.8}{3.63} = 790.29kg/cm^2$$

$$\frac{f_{b,t}}{F_{b,t}} = \frac{790.29}{1930.00} = 0.409$$

O.K

f)Shear stress

$$f_s = \frac{V}{A_s} = \frac{191.3}{2.5} = 75.30kg/cm^2$$

$$\frac{f_s}{F_s} = \frac{75.30}{1114.00} = 0.068$$

O.K

g)Combined Stress

$$f_s = \left(\frac{f_b}{F_b}\right)^2 + \left(\frac{f_s}{F_s}\right)^2 =$$

$$0.167 + 0.005 = 0.172 < 1.00$$

O.K

h)Deflection

$$\delta_{단부} = \frac{5 \times w \times L_n^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 6.375 \times 60^4}{384 \times 2100000 \times 11.85}$$

$$= 0.04 < \delta_{allow} = 0.60cm$$

O.K

다-4. 웨지 핀

웨지핀 : SS400

허용강도(FY) =

1600.00 kg/cm²

전단강도(va) =

923.76 kg/cm²

두께(t) =

0.40 cm

단면적(A) =

0.52 cm²

웨지핀 1개의 전단내력(V) =

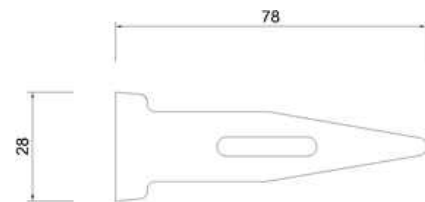
480.36 kg

웨지핀 부담하중(P) =

Ws×핀부담면적= 2550×0.3×0.6=

459kg < V

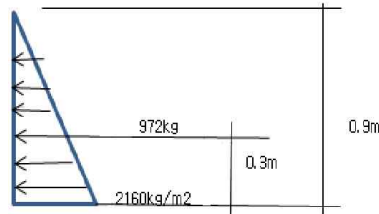
O.K



라-2. side beam torsion

a)Section Shape

A (cm ²)	t (cm)
5.58	0.40



b)부담하중(1cm 당)

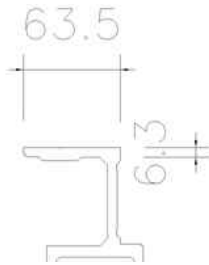
$$\text{load}(T) = 291.6\text{kg.cm} \quad \text{torsion}$$

c)Member stress check

$$\tau = \frac{T}{t \times A} = \frac{291.6}{0.4 \times 5.58} = 131\text{kg.cm} \quad , \quad F_s = 12\text{ksi} = 844\text{kg/cm}^2 \quad , \quad f_3 = \frac{\tau}{F_s} = \frac{130.65}{843.72} = 0.155 \quad \text{O.K}$$

라-3. side beam plate

a)Section Shape



Section properties

A (cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	Z _{x, top} (cm ⁴)	Z _{x, bot} (cm ⁴)	i _x (cm)	I _y (cm)	E (kg/cm ²)
4.00	0.13	-	0.42	0.42	0.18	-	7.03E+05

b)분담하중

$$\text{load} = 34.2\text{kg/cm} \quad 1\text{cm 당 for safe load}$$

c)Member stress check

$$\text{Span} = 6.35\text{cm}$$

$$M_s = \frac{w \times I^2}{2} = \frac{34.2 \times 6.35^2}{2} = 690\text{kg.cm} \quad , \quad V_s = \frac{w \times I}{1} = \frac{34.2 \times 6.35}{1} = 217\text{kgf}$$

㉠ allowable bending tension stress

$$\text{beam의 인장부분 단면계수} = 0.42$$

$$f_{b,t} = \frac{M}{z_t} = \frac{689.5}{0.42} = 1641.70\text{kg/cm}^2 \quad , \quad F_{b,t} = 21\text{ksi} = 1477\text{kg/cm}^2$$

$$\frac{f_{b,t}}{F_{b,t}} = \frac{1641.70}{1476.51} = 1.112 \quad \text{N.G}$$

㉢ shear stress check

$$s_1 = 36 \quad , \quad s_2 = 65$$

allowable shear stress

$$F_s = 12\text{ksi} = 844\text{kg/cm}^2 \quad , \quad f_s = \frac{V}{A_s} = \frac{217.2}{4.0} = 54.29\text{kg/cm}^2$$

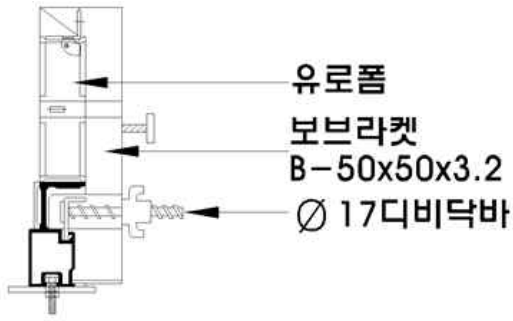
$$\frac{f_s}{F_s} = \frac{54.29}{843.72} = 0.064 \quad \text{O.K}$$

㉣ combined compression, bending and shear

$$\left(\frac{f_b}{F_b}\right)^2 + \left(\frac{f_s}{F_s}\right)^2 = \left(\frac{1641.70}{1477}\right)^2 + \left(\frac{54.29}{843.72}\right)^2 = 1.24 \quad \text{N.G}$$

마) 보 브라켓

a) Section Shape



Material property SS400

Section properties

A(cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	Z _{x,top} (cm ⁴)	Z _{x,bot} (cm ⁴)	i _x (cm)	i _y (cm)	E(kg/cm ²)
5.73	20.40	20.40	8.16	8.16	-	-	2.10E+06

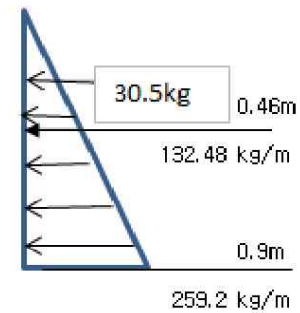
b) 부담하중

Space(s) = 1.2 m
 보 높이 (H) = 0.9 m
 L=W×H×s = 2592 kg/m for safe load
 플랫타이간격(18× 3T) = 1.2 m

플랫타이가 측압하중을 90% 부담하고 브라켓이 10% 부담으로 가정함

c) 플랫타이검토

F_y = 2400 kg/cm²
 A = 0.54 cm²
 타이내력(Pa) = 1296.0 kg/ea
 차이부담하중 = 0.9×2592×0.9/2 = 105.0kgPa 0.K



d) 브라켓 Member stress check

Span = 0.44cm

$$M_s = 30.5 \times 0.44 + 0.5 \times 132.5 \times 0.44^2 + 126.7 \times 0.44^2 / 6 = 3033 \text{ kg.cm}$$

$$V_s = 30.5 + 132.5 \times 0.44 + 126.7 \times 0.44 / 2 = 145 \text{ kgf}$$

㉠allowable bending tension stress

beam의 인장부분 단면계수 = 8.16

$$f_{b,t} = \frac{M}{z_t} = \frac{3033.3}{8.16} = 371.73 \text{ kg/cm}^2, \quad F_{b,t} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_{b,t}}{F_{b,t}} = \frac{371.73}{1600.00} = 0.232 \quad \text{O.K}$$

㉢allowable shear stress

$$F_s = 924 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_s = \frac{V}{A_s} = \frac{144.5}{5.7} = 25.23 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_s}{F_s} = \frac{25.23}{924.00} = 0.027 \quad \text{O.K}$$

d) 디비닥 볼트 Member stress check

볼트 간격(s) = 1.2 m
 작용하중(w) = L×s = 3110.4 kg
 M16, 단면적(A) = 2.01 cm²
 작용응력(σ) = W/A = 1547.46 kg/cm²
 디비닥볼트 φ = 16 mm
 항복강도(F_y) = 4000 kg/cm² > σ
 안전율 = F_y/σ = 2.6 0.K

바) 멩에재 검토(기둥과 보 거푸집이 만나는 부위)

a) 사용부재의 단면 성능

부 재	E(kg/cm ²)	I(cm ⁴)	Z(cm ³)	f _b (kg/cm ²)	f _v (kg/cm ²)
멍 에	70000	376	91	105	7.8

b) 멩에가 받는 하중

멍에간격 = 50cm

$$W = \text{설계하중} \times \text{멍에간격} = 12.75 \text{ kg/cm}$$

c) 서포트의 간격 결정

$$\delta = \frac{5 \times W \times L^4}{384 \times E \times I} \leq 0.3 \text{ cm}, \quad L^4 = \frac{\delta \times 384 \times E \times I}{5 \times W} = 47561788.2 \text{ cm}^4, \quad L = \sqrt[4]{47561788.2} = 83 \text{ cm}$$

d) 멩에의 휨 모멘트 검토

(L = 50cm로 한다)

$$M = \frac{W \times L^2}{8} \leq f_b \times Z, \quad M = 3984 \text{ kg.cm} \leq 9555 \text{ kg.cm}$$

e) 멩에의 전단 검토

$$V = \frac{1.414 \times W \times L}{2} \leq f_v \times A, \quad A = 70.56, \quad V = 451 \text{ kg.cm} \leq 550 \text{ kg.cm}$$

f) 멩에의 처짐 검토

$$\delta = \frac{5 \times W \times L^4}{384 \times E \times I} \leq 0.3 \text{ cm}, \quad \delta = 0.04 \text{ cm} \leq 0.3 \text{ cm}$$

∴ 서포트 간격 : 50cm (3열지지)

사) 동바리 검토

총고 = 3600mm

1) 강관받침기둥 좌굴길이

L = 총고 - (보두께 + 유로폼 + 사이드빔 높이)

$$= 3600 - 1063.5 = 2536.5 = 2.537 \text{ m}$$

2) 허용좌굴하중(Pa)

SUPPORT(STK490)

φ 48.6 × 2.3t

$$F_y = 3188 \text{ kg/cm}^2$$

L = 253.65 cm

L1 = 170 cm

가로대 및 세로대 설치

A = 3.48 cm²

E = 2100000 kg/cm²

I = 8.99 cm⁴

r = 1.64

λ_p = 120

λ = L1/r = 103.66

λ > λ_p 이므로,

$$f_c = ((1 - 0.4 \times (\lambda \times \lambda_p)^2) / ((3/2) + (2/3) \times (\lambda \times \lambda_p)^2)) \times F_y =$$

$$1120 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_a = f_c \times A =$$

$$3896.4 \text{ kg}$$

3) 보를 지지하는 동바리 (3열) 연직하중

동바리간격 = 60.0cm

$$P_g = \text{보하중} \times \text{동바리간격} \times \text{보폭/본수}$$

$$= 2550 \times 0.6 \times 1/3 = 765 \text{ kg/本}$$

4) 데크슬래브를 지지하는 동바리 연직하중

$$P_g = \text{데크슬래브하중} \times \text{슬래브 스패ن/4} \times \text{동바리간격}$$

$$= 950 \times 1.8 \times 0.6 = 1026 \text{ kg/本}$$

5) 동바리 허용하중 및 작용하중비교

$$P_a = 3896.4 \text{ kg}$$

$$P = P_g + P_s = 1791.0 \text{ kg} > P_a$$

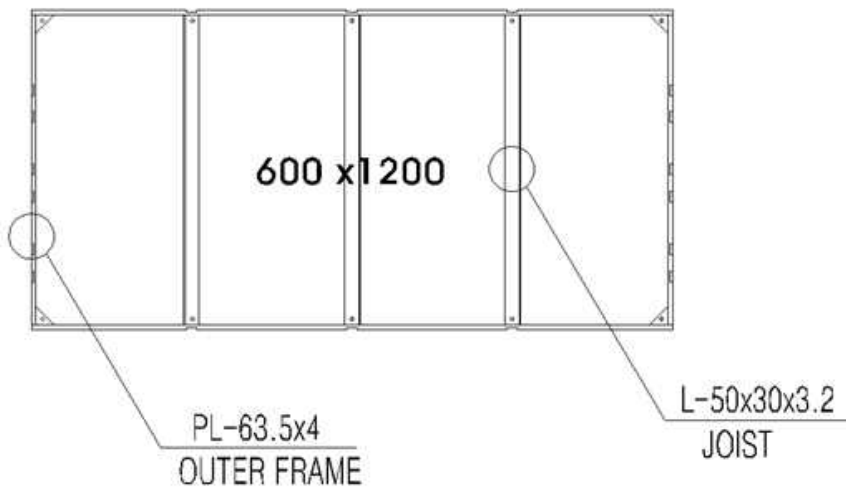
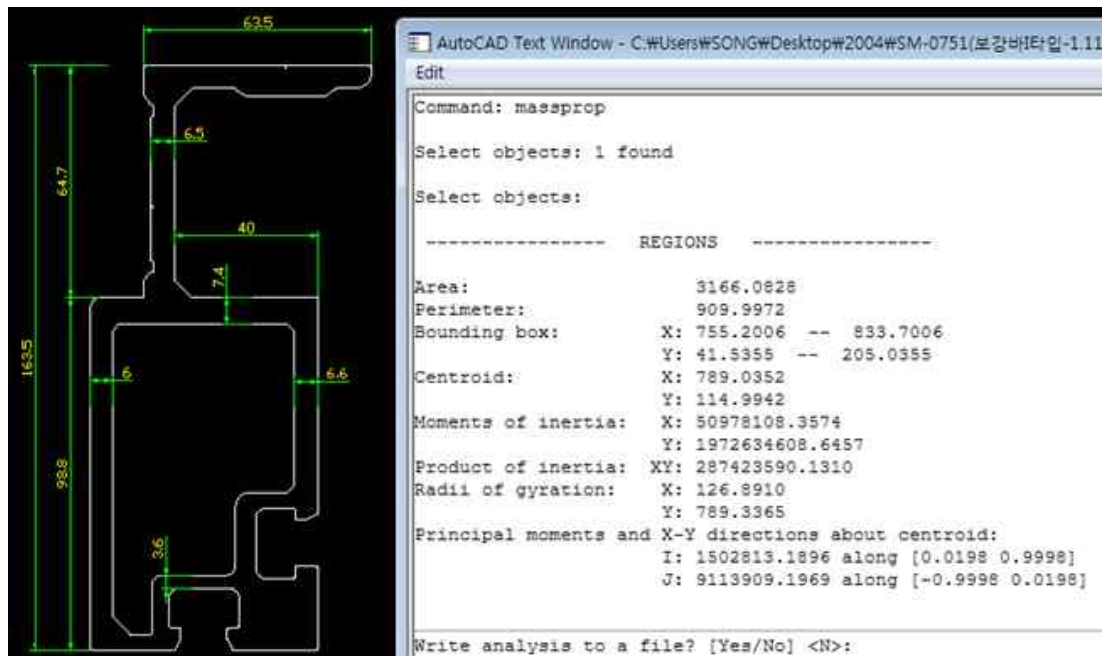
$$S.F = P/P_a = 2.18$$

O.K

아)검토결과

사 용 부 재	규 격	간 격(mm)
EURO-FORM	500×1200	-
SIDE BEAM	-	@1000
보 브라켓	-	@1200
플랫타이	18 × 3T	@1200
보 및 슬래브 지지 동바리	3열 $\varphi 48.6 \times 2.3T$ - 보강대설치	@600

자) 단면성능



다. K-Table 슬래브 가설재 구조 검토

가) 구조 개요

a)공사명 : 반포한양아파트 주택재건축정비사업 신축공사

b)검토사항 : K-Table 유로폼 600×1200(mm) 및 동바리 검토

c)구조 재료 및 설계 기준 강도

-알루미늄 : $F_y = 40,000 \text{ PSI}$ (ASTM 6061-T6)

-강 재 : $F_y = 235 \text{ Mpa}$

d)구조 설계 기준 및 참고

-적용기준 : 강구조계산기준 및 해설
가설재표준시방서

대한건축학회

국토교통부(가설재협회)

나) 설계 하중 계산

a)바닥하중계산

고정하중	두께(mm)	LOAD
슬래브(S)	150	360
거푸집 폼(A)	4	40
sub total		400 kg/m^2
적재하중		250 kg/m^2

b)Design Load

for safe load, $W_3 = 400 + 250 = 650 \text{ kg/m}^2$

다) 유로폼 검토

다-1. Plywood

a)Playwood Capacity(12T)

Member	E(kg/cm ²)	I (cm ⁴)	Z(cm ³)	fb(kg/cm ²)
Plywood	70000	0.144	0.24	168

b)Load

$$W_1 = \text{design load} \times 1\text{cm} = 0.065 \text{ kg/cm}$$

c)Joist Space

$$\delta = \frac{5 \times W_1 \times L_1^4}{384 \times E \times I} \leq 0.3 \text{ cm}$$

$$L_1^4 = \frac{\delta \times 384 \times E \times I}{5 \times W_1} = 3572972 \text{ cm}$$

$$L_2 = \sqrt[4]{3572972.3} = 43.48 \text{ cm}$$

d)Bending Moment

(L1=27cm로 한다)순간력

$$M = \frac{W_1 \times L_1^2}{8} \leq fb \times Z$$

$$M = 5.92 \text{ kg.cm} \leq 40.32 \text{ kg.cm}$$

e)Deflection

$$\delta = \frac{5 \times W_1 \times L_1^4}{384 \times E \times I} \leq 0.3 \text{ cm}$$

$$\delta = 0.04 \text{ cm} \leq 0.3 \text{ cm}$$

TRY USE JOIST SPACING @ 27cm(net)

다-2. Joist

a) Inner Joist

Space = 0.3m

Load = 195kg/m

Length = 0.6m

b) Material Capacity(SS490)

Fu	Fb	Fs	E
		shear	elastic m.
kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
3188	1930	1114	2.10E+06

c) Section Capacity

Size	PL-50×30×3.2		unit: cm
	A	I	Z
	2.31	6.39	3.80

d) Results of Structural Analysis

M(kg.cm)	P(kg)	V(kg)	KL(cm)
880	-	58.50	60

$$M_s = \frac{W \times L^2}{8} = \frac{195 \times 0.6^2}{8} = 8.8 \text{ kg.m}$$

$$V_s = \frac{W \times L}{2} = \frac{159 \times 0.6}{2} = 58.50 \text{ kgf}$$

e) Bending Stress

$$Z = 3.8$$

$$f_{bc} = \frac{M}{z_c} = \frac{880.0}{3.8} = 231.58 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_{bc}}{F_{b,t}} = \frac{231.58}{1930.00} = 0.12 \quad \text{O.K}$$

f) Shear Stress

$$f_s = \frac{V}{A_s} = \frac{58.5}{2.3} = 25.32 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_s}{F_s} = \frac{25.32}{1114.00} = 0.023 \quad \text{O.K}$$

g) Combined Stress

$$f_s = \left(\frac{f_b}{F_b}\right)^2 + \left(\frac{f_s}{F_s}\right)^2 =$$

$$0.014 + 0.001 = 0.115 < 1 \quad \text{O.K}$$

h) Deflection

$$\delta_{\text{단순지지}} = \frac{5 \times w \times L_n^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 5.49 \times 60^4}{384 \times 2100000 \times 6.39}$$

$$= 0.07 < \delta_{\text{allow}} = 0.30 \text{ cm} \quad \text{O.K}$$

다-3. Outer Frame

a) outer frame

space = 0.3m

load = 195kg/m

span = 1.2m

b)Material Capacity(SS540)

Fu	Fb	Fs shear	E elastic m.
kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
3482	2710	1565	2.10E+06

c)section capacity

Size	PL-63.5×4	unit:	cm
A	I	Z	
2.54	11.85	3.63	

d)Results of Structural Analysis

M(kg.cm)	P(kg)	V(kg)	KL(cm)
3510	-	117.00	120

$$M_s = \frac{1 \times w \times L^2}{8} = \frac{280.8}{8} = 35.1kg.m$$

$$V_s = \frac{1 \times w \times L}{2} = \frac{234}{2} = 117.0kg$$

e)Bending Stress

beam의 인장부분 단면계수 = 3.63

$$f_{b,c} = \frac{M}{z_c} = \frac{3510.0}{3.63} = 966.9kg/cm^2$$

$$\frac{f_{b,t}}{F_{b,t}} = \frac{966.9}{1930.00} = 0.501$$

O.K

f)Shear stress

$$f_s = \frac{V}{A_s} = \frac{117.0}{2.5} = 46.06kg/cm^2$$

$$\frac{f_s}{F_s} = \frac{46.06}{1114.00} = 0.041$$

O.K

g)Combined Stress

$$f_s = \left(\frac{f_b}{F_b}\right)^2 + \left(\frac{f_s}{F_s}\right)^2 =$$

$$0.125 + 0.002 = 0.253 < 1.00$$

O.K

h)Deflection

$$\delta_{단부} = \frac{5 \times w \times L_n^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 1.95 \times 120^4}{384 \times 2100000 \times 11.85}$$

$$= 0.21 < \delta_{allow} = 0.60cm$$

O.K

라) 장선재 검토

a) 사용부재의 단면 성능 (B-50×50×2.3)

부재	E(kg/cm ²)	A(cm ²)	I(cm ⁴)	Z(cm ³)	f _b (kg/cm ²)	f _v (kg/cm ²)
명세	2100000	4.25	15.9	6.34	1600	923

b) 장선재가 받는 하중

장선간격 = 90cm

$$W = \text{설계하중} \times \text{장선간격} = 5.85 \text{ kg/cm}$$

c) 서포트의 간격 결정

$$\delta = \frac{5 \times W \times L^4}{384 \times E \times I} \leq 0.3 \text{ cm}, \quad L^4 = \frac{\delta \times 384 \times E \times I}{5 \times W} = 131505230.8 \text{ cm}^4$$

$$L = \sqrt[4]{131505230.8} = 107.1 \text{ cm}$$

d) 장선의 휨 모멘트 검토

(L = 90cm로 한다)

$$M = \frac{W \times L^2}{8} \leq f_b \times Z, \quad M = 5923 \text{ kg.cm} \leq 10144 \text{ kg.cm}$$

e) 장선의 전단 검토

$$V = \frac{1.414 \times W \times L}{2} \leq f_v \times A, \quad V = 372 \text{ kg.cm} \leq 3923 \text{ kg.cm}$$

f) 장선의 처짐 검토

$$\delta = \frac{5 \times W \times L^4}{384 \times E \times I} \leq 0.3 \text{ cm}, \quad \delta = 0.15 \text{ cm} \leq 0.3 \text{ cm}$$

∴ 서포트 간격 : 90cm

마) 동바리 검토

층고 = 3600mm

1) POST당 미치는 최대연직하중

$$P = (\text{슬래브하중} \times \text{장선간격} \times \text{동바리간격}) \\ = 650 \times 0.9 \times 0.9 = 527 \text{ kg/本}$$

2) 강관받침기둥 좌굴길이

$$L = \text{층고} - (\text{슬래브두께} + \text{유로폼} + \text{장선높이}) \\ = 3600 - 263.5 = 3336.5 = 3.337 \text{ m}$$

3) 허용좌굴하중(Pa)

SUPPORT(STK490)

φ 48.6 × 2.3t

$$F_y = 3188 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = 333.65 \text{ cm}$$

$$A = 3.48 \text{ cm}^2$$

$$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 8.99 \text{ cm}^4$$

$$r = 1.64$$

$$\lambda_p = 120$$

$$\lambda = \frac{L}{r} = 203.45$$

$$\lambda > \lambda_p \quad \text{이므로,}$$

$$f_c = 12\pi^2 E / 23\lambda^2 = 261 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_a = f_c \times A = 909.2 \text{ kg/本}$$

$$P = 526.5 < P_a = 909.2 \text{ kg/本}$$

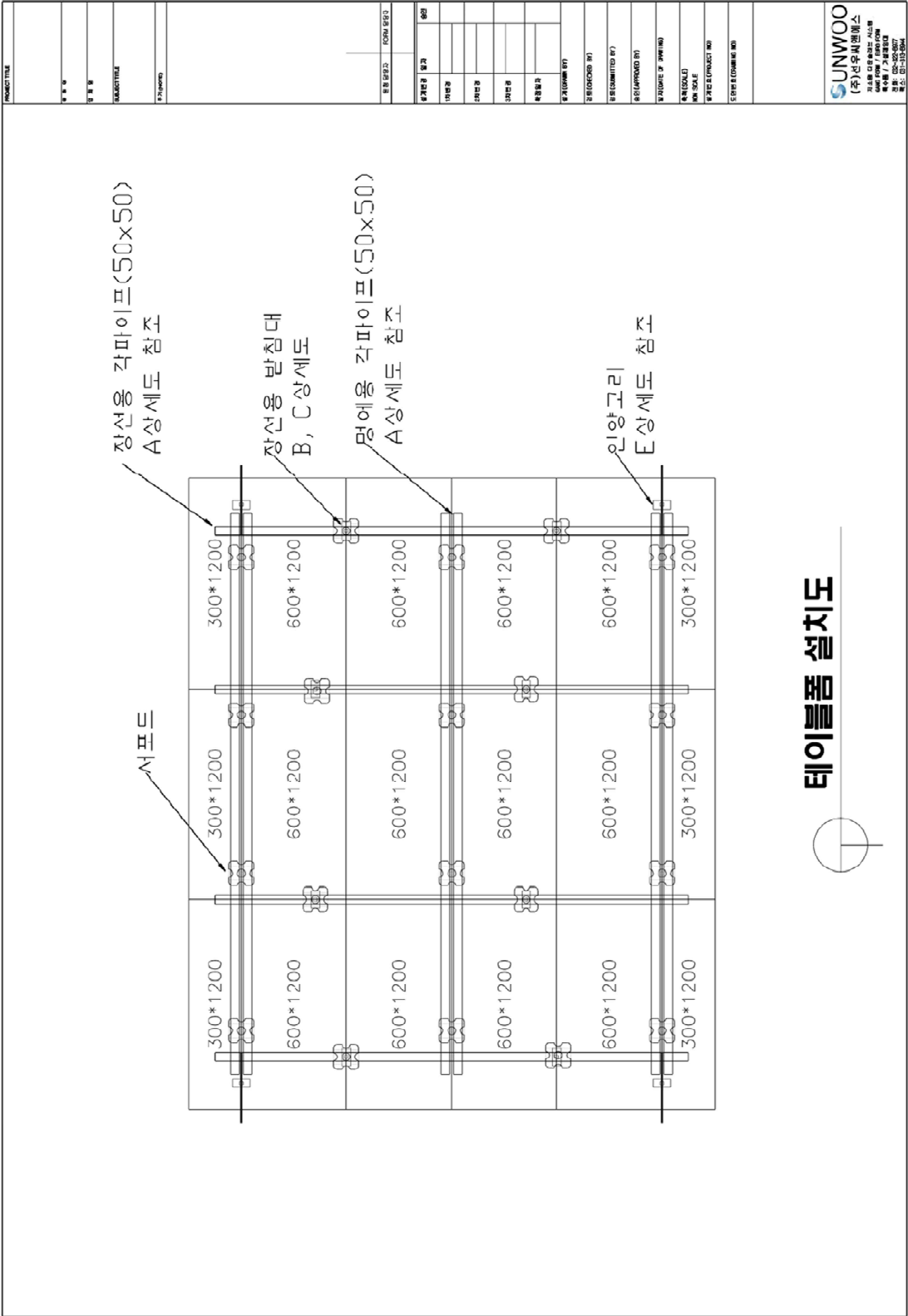
$$S.F = 1.73$$

아) 검토결과

사 용 부 재	규 격	간 격(mm)
EURO-FORM	600×1200	-
장 선 재	B-50×50×2.3	@600
동바리	φ-48.6×2.3T	@900×900

라. 보·슬래브 테이블폼 유로폼·장선·명에 및 동바리 구조검토

- 테이블 폼 설치도면



테이블폼 설치도

- 슬래브 두께 210mm에서 유로폼(600x1200), 장선재 및 멩에재를 1.2m 간격으로 설치할 경우

1. 구조 개요

a) 공사명 : 화성 동탄2지구

b) 검토사항 : 유로폼 600 X 1200(mm) 및 동바리 검토

c) 구조 재료 및 설계 기준 강도

구분	재질	치수	단면계수	단면2차모멘트	허용휨응력
유로폼 면판보강재	SS490	L - 50 x 30 x 3.2	3.8 cm ³	6.398 cm ⁴	193 MPa
유로폼 측판보강재	SS540	63.5 x 4 (프로파일)	3.63 cm ³	11.85 cm ⁴	271 MPa

d) 구조 설계 기준 및 참고

- 적용규준 : 건축물의 구조 기준 등에 관한 규칙
 허용응력설계법에 의한 강구조설계기준
 가설공사표준시방서 (2016, 건설교통부)

2. 설계 하중 계산

a) 바닥 하중 계산

고정하중	두께(mm)	LOAD
슬래브(S)	210	504
거푸집 폼(A)		40
작업하중		250
total		794 kg/m ²
design load, W _b =		794 kg/m ²

3. 유로폼 검토

3-1. Plywood

a) Plywood Capacity (12T)

Member	E (kg/cm ²)	I (cm ⁴)	Z (cm ³)	fb (kg/cm ²)
Plywood	110000	0.09	0.13	168

b) Load

$$W_1 = \text{design load} \times 1\text{cm} = 0.0794 \text{ kg/cm}$$

c) Joist Space

$$\delta = \frac{5 \times W_1 \times L_1^4}{384 \times E \times I} \leq 0.3 \text{ cm}$$

$$L_1^4 = \frac{\delta \times 384 \times E \times I}{5 \times W_1} = 2872745.6 \text{ cm}$$

$$L_1 = \sqrt[4]{2872746} = 41.17 \text{ cm}$$

d) Bending Moment (L₁= 27 cm로 한다) 순간력

$$M = \frac{W_1 \times L_1^2}{8} \leq f_b \times Z$$

$$M = 7.24 \text{ kg.cm} \leq 21.84 \text{ kg.cm}$$

e) Deflection

$$\delta = \frac{5 \times W_1 \times L_1^4}{384 \times E \times I} \leq 0.3 \text{ cm}$$

$$\delta = 0.06 \text{ cm} \leq 0.3 \text{ cm}$$

TRY USE JOIST SPACING @ 27 cm (net)

3-2. 면판보강재

a) 적용하중

Space = 0.3 m
Load = 238 kg/m
Length = 0.6 m

b) Material Capacity (SS490)

F _u	F _b	F _s	E
		shear	elastic m.
kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
3250	1930	1114	2.10E+06

c) Section Capacity

Size L-50x30x3.2			unit : cm
A	I	Z	
2.31	6.39	3.80	

d) Results of Structural Analysis

M(kg.cm)	P(kg)	V(kg)	KL(cm)
1070	-	71.46	60

$$M_s = \frac{W \times l^2}{8} = \frac{238.2 \times 0.6^2}{8} = 10.7 \text{ kg.m}$$

$$V_s = \frac{W \times l}{2} = \frac{238.2 \times 0.6}{2} = 71.46 \text{ kgf}$$

e) Bending Stress

$$f_{b,c} = \frac{M}{z_c} = \frac{1070.0}{3.8} = 281.6 \text{ kg/cm}^2$$

Z = 3.8

$$\frac{f_{b,t}}{F_{b,t}} = \frac{281.6}{1930.0} = 0.146 \quad \text{O.K}$$

f) Shear Stress

$$f_s = \frac{V}{A_s} = \frac{71.5}{2.3} = 30.94 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_s}{F_s} = \frac{30.94}{1114.00} = 0.028 \quad \text{O.K}$$

g) Combined Stress

$$f_s = \left(\frac{f_b}{F_b} \right)^2 + \left(\frac{f_s}{F_s} \right)^2 = 0.021 + 0.001 = 0.022 < 1 \quad \text{O.K}$$

h) Deflection

$$\delta_{\text{단순지지}} = \frac{5 \times w \times L_n^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 2.382 \times 60^4}{384 \times 2100000 \times 6.39} = 0.03 < \delta_{\text{allow}} = 0.30\text{cm} \quad \text{O.K}$$

3-3. 측판보강재

a) 적용하중

$$\begin{aligned} \text{space} &= 0.3 \text{ m} \\ \text{load} &= 238 \text{ kg/m} \\ \text{span} &= 1.20 \text{ m} \end{aligned}$$

b) Material Capacity (SS540)

F_u	F_b	F_s	E
		shear	elastic m:
kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
3482	2710	1565	2.10E+06

c) section capacity

Size PL-63.5x4			unit : cm
A	I	Z	
2.54	11.85	3.63	

d) Results of Structural Analysis

M(kg.cm)	P(kg)	V(kg)	KL(cm)
4288	-	142.92	120

$$M_s = \frac{1 \times w \times L^2}{8} = \frac{343.008}{8} = 42.9 \text{ kg.m}$$

$$V_s = \frac{1 \times w \times L}{2} = \frac{285.84}{2} = 142.9 \text{ kg}$$

e) Bending Stress

beam의 인장부분 단면계수 = 3.63

$$f_{b,c} = \frac{M}{z_c} = \frac{4287.6}{3.63} = 1181.16 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_{b,t}}{F_{b,t}} = \frac{1181.2}{1930.0} = 0.612 \quad \text{O.K.}$$

f) Shear stress

$$f_s = \frac{V}{A_s} = \frac{142.9}{2.54} = 56.27 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_s}{F_s} = \frac{56.27}{1114.0} = 0.051 \quad \text{O.K.}$$

g) Combined Stress

$$f_s = \left(\frac{f_b}{F_b} \right)^2 + \left(\frac{f_s}{F_s} \right)^2 = 0.375 + 0.003 = 0.378 < 1.00 \quad \text{O.K.}$$

h) Deflection

$$\delta_{\text{타중}} = \frac{5 \times w \times L_n^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 2.382 \times 120^4}{384 \times 2100000 \times 11.85} = 0.26 < \delta_{\text{allow}} = 0.60 \text{ cm} \quad \text{O.K.}$$

4. 멩에재

a) 적용하중

space = 1.2 m

load = 953 kg/m

support = 0.90 m

b) Material Capacity

F_b	F_s shear	E elastic m.
kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
1600	924	2.10E+06

c) section capacity

Size 2B - 50x50x2.3 unit : cm

A	I	Z
8.5	31.8	12.68

d) Results of Structural Analysis

M(kg.cm)	P(kg)	V(kg)	KL(cm)
9647	-	428.76	90

$$M_s = \frac{1 \times w \times L^2}{8} = \frac{771.77}{8} = 96.5 \text{ kg.m}$$

$$V_s = \frac{1 \times w \times L}{2} = \frac{857.52}{2} = 428.8 \text{ kg}$$

e) Bending Stress

beam의 인장부분 단면계수 = 12.68

$$f_{b,c} = \frac{M}{z_c} = \frac{9647.1}{12.68} = 760.8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_{b,t}}{F_{b,t}} = \frac{760.81}{1600.00} = 0.476 \quad \text{O.K.}$$

f) Shear stress

$$f_s = \frac{V}{Q \times A_s} = \frac{428.8}{12.8} = 33.63 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_s}{F_s} = \frac{33.63}{924.00} = 0.036 \quad \text{O.K.}$$

g) Combined Stress

$$f_s = \left(\frac{f_b}{F_b} \right)^2 + \left(\frac{f_s}{F_s} \right)^2 =$$

$$0.227 + 0.001 = 0.228 < 1.00 \quad \text{O.K.}$$

h) Deflection

$$\delta_{\text{단부}} = \frac{5 \times w \times L_n^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 9.528 \times 90^4}{384 \times \times 31.8}$$

$$= 0.12 < \delta_{\text{allow}} = 0.60\text{cm} \quad \text{O.K}$$

5. 동바리 검토

총고 = 3400 mm

1) POST당 미치는 최대연직하중

$$P = (\text{슬래브하중} \times \text{멍에간격} \times \text{동바리간격})$$

$$= 794 \times 1.2 \times 0.9 = 858 \text{ Kg/本}$$

2) 강관받침기둥 좌굴길이

$$L = \text{총고} - (\text{슬래브두께} + \text{유로폼} + \text{멍에재})$$

$$= 3400 - 281.9 = 3118.1 = 3.118\text{m}$$

3) 허용좌굴하중(Pa)

SUPPORT (STK490) $\phi 48.6 \times 2.3\text{t}$ $F_y = 3250 \text{ kg/cm}^2$

$L = 311.81 \text{ cm}$

$A = 3.48 \text{ cm}^2$

$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$

$I = 8.99 \text{ cm}^4$

$r = 1.64$

$\lambda_p = 120$

$\lambda = L/r = 190.13$

$\lambda < \lambda_p$ 이므로,

$$f_c = (12 \pi^2 E) / (23 \lambda^2) = 299.1 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_a = f_c \times A = 1041.0 \text{ Kg/本}$$

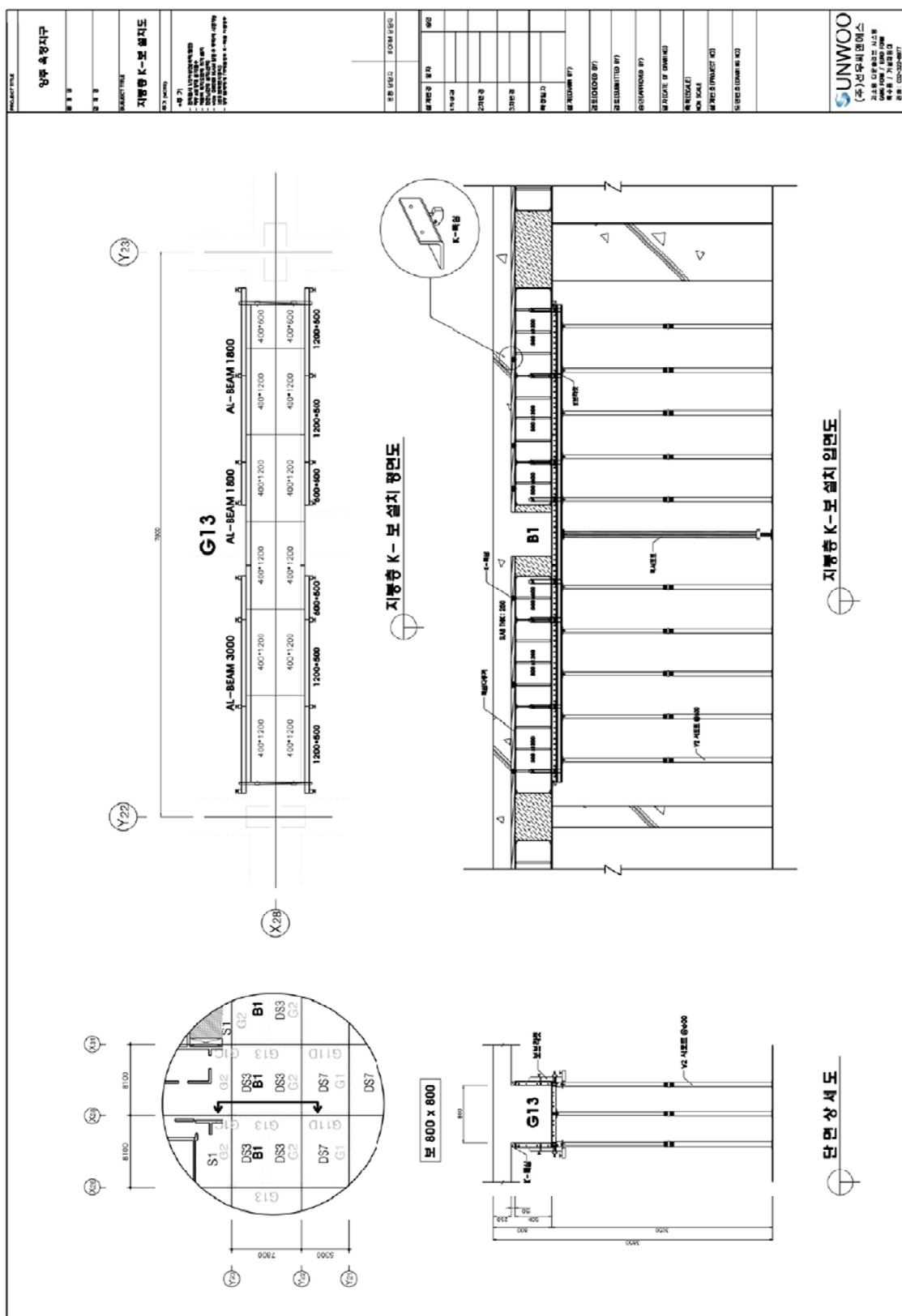
$$P = 857.5 < P_a = 1041.0 \text{ Kg/本}$$

$$S.F = 1.21$$

6. 검토결과

사 용 부 재	규 격	간 격(mm)
EURO-FORM	600x1200	-
멍 에 재	2B - 50 x 50 x 2.3	@1200
동 바 리	$\phi 48.6 \times 2.3\text{T}$	@900

- 보 테이블 폼 설치도면



- 데크슬래브 하중을 지지하는 보(800x800mm)에서 유로폼(400x1200), 보 팀버를 설치할 경우

1. 구조 개요

a) 공사명 : 00 신축공사

b) 검토사항 : 보 유로폼 400 X 1200(mm) 및 동바리 검토

c) 구조 재료 및 설계 기준 강도

- 알루미늄 : $F_y = 40,000$ PSI (ASTM 6061-T6)

- 강재 : $F_y = 235$ Mpa

d) 구조 설계 기준 및 참고

- 적용기준 강구조계산기준 및 해설

가설재 표준시방서

The Specification for Aluminum Structures

대한건축학회

국토교통부(가설재 협회)

The Aluminum Associatic

2. 설계 하중 계산

a) 바닥 하중 계산 보폭 800 mm 슬래브스팬 3200 mm

고정하중	두께(mm)	LOAD
데크슬래브 (S)	250	600
보(G)	800	1920
거푸집 폼(A)		40
작업하중 (1)		250
작업하중 (2)		350
sub total 1 (G+A)		1960 kg/m ²
sub total 2 (S+A)		640 kg/m ²

① beam load, $W_b = 350 + 1960 = 2310$ kg/m²

② slab load, $W_s = 640 + 250 = 890$ kg/m²

3. 유로폼 검토

3-1. Plywood

a) Plywood Capacity (12T)

Member	E (kg/cm ²)	I (cm ⁴)	Z (cm ³)	fb (kg/cm ²)
Plywood	110000	0.09	0.13	168

b) Load

$W_1 =$ design load x 1cm = 0.231 kg/cm

c) Joist Space

$$\delta = \frac{5 \times W_1 \times L_1^4}{384 \times E \times I} \leq 0.3 \text{ cm}$$

$$L_1^4 = \frac{\delta \times 384 \times E \times I}{5 \times W_1} = 987429 \text{ cm}$$

$$L_1 = \sqrt[4]{987428.6} = 31.52 \text{ cm}$$

d) Bending Moment (L₁ = 27 cm로 한다 순간력

$$M = \frac{W_1 \times L_1^2}{8} \leq f_b \times Z$$

M = 21.05 kg.cm ≤ 21.84 kg.cm

e) Deflection

$$\delta = \frac{5 \times W_1 \times L_1^4}{384 \times E \times I} \leq 0.3 \text{ cm}$$

δ = 0.16 cm ≤ 0.3 cm

TRY USE JOIST SPACING @ 27 cm (net)

3-2. 면판보강재

a) 면판보강재 Space = 0.3 m

Load = 693 kg/m

Length = 0.6 m

b) Material Capacity (SS490)

F _u	F _b	F _s	E
		shear	elastic m.
kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
3188	1930	1114	2.10E+06

c) Section Capacity

Size L-50x30x3.2 unit : cm

A	I	Z
2.31	6.39	3.80

d) Results of Structural Analysis

M(kg.cm)	P(kg)	V(kg)	KL(cm)
3120	-	207.90	60

$$M_s = \frac{W \times l^2}{8} = \frac{693 \times 0.6^2}{8} = 31.2 \text{ kg.m}$$

$$V_s = \frac{W \times l}{2} = \frac{693 \times 0.6}{2} = 207.90 \text{ kgf}$$

e) Bending Stress

Z = 3.8

$$f_{b,c} = \frac{M}{Z_c} = \frac{3120.0}{3.8} = 821.05 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_{b,t}}{F_{b,t}} = \frac{821.05}{1930.00} = 0.425 \quad \text{O.K.}$$

f) Shear Stress

$$f_s = \frac{V}{A_s} = \frac{207.9}{2.3} = 90.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_s}{F_s} = \frac{90.00}{1114.00} = 0.081 \quad \text{O.K.}$$

g) Combined Stress

$$f_s = \left(\frac{f_b}{F_b} \right)^2 + \left(\frac{f_s}{F_s} \right)^2 = 0.181 + 0.007 = 0.188 < 1 \quad \text{O.K.}$$

h) Deflection

$$\delta_{\text{타원곡선}} = \frac{5 \times w \times L_n^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 6.93 \times 60^4}{384 \times 2100000 \times 6.39} = 0.09 < \delta_{\text{allow}} = 0.30 \text{ cm} \quad \text{O.K.}$$

3-3 축판보강재

a) 축판보강재

$$\begin{aligned} \text{space} &= 0.4 \text{ m} \\ \text{load} &= 924 \text{ kg/m} \\ \text{span} &= 0.80 \text{ m} \end{aligned}$$

b) Material Capacity (88540)

F_u	F_b	F_s	E
		shear	elastic m.
kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
3482	2710	1585	2.10E+08

c) section capacity

Size PL-63.5x4			unit : cm
A	I	Z	
2.54	11.85	3.63	

d) Results of Structural Analysis

M(kg.cm)	P(kg)	V(kg)	KL(cm)
665	-	369.60	80

$$M_s = \frac{1 \times w \times L^2}{8} = \frac{5322.24}{8} = 665.3 \text{ kg.m}$$

$$V_s = \frac{1 \times w \times L}{2} = \frac{739.2}{2} = 369.6 \text{ kg}$$

e) Bending Stress

beam의 인장부분 단면계수 = 3.63

$$f_{b,c} = \frac{M}{z_c} = \frac{665.3}{3.63} = 183.27 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_{b,c}}{F_{b,c}} = \frac{183.27}{1930.00} = 0.095 \quad \text{O.K.}$$

f) Shear stress

$$f_s = \frac{V}{A_s} = \frac{369.6}{2.6} = 146.51 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_s}{F_s} = \frac{146.51}{1114.00} = 0.131 \quad \text{O.K.}$$

g) Combined Stress

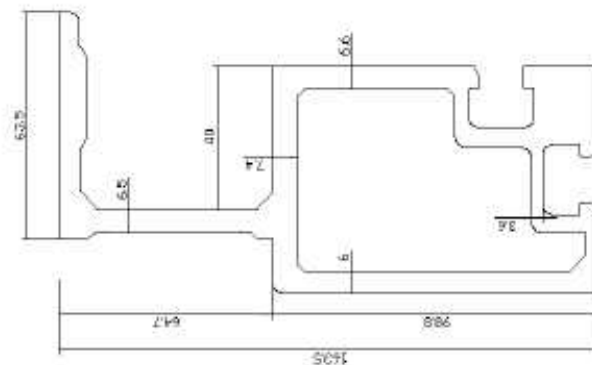
$$f_c = \left(\frac{f_b}{F_b} \right)^2 + \left(\frac{f_s}{F_s} \right)^2 = 0.009 + 0.017 = 0.026 < 1.00 \quad \text{O.K.}$$

h) Deflection

$$\delta_{stat} = \frac{5 \times w \times L_n^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 9.24 \times 80^4}{384 \times 2100000 \times 11.86} = 0.20 < \delta_{allow} = 0.60 \text{ cm} \quad \text{O.K.}$$

4. 보 팀버

a) Section Shape



material property

aluminum 6061-T6

THK : .010~4.0 ii unit:ksi

modulus of elasticity	tension		comp.	shear	
	F_{tu}	F_{ty}	F_{cy}	F_{su}	F_{sy}
10100	42	35	35	27	20

Section properties

A(cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	Z _{x,top} (cm ⁴)	Z _{x,bot} (cm ⁴)	i _x (cm)	i _y (cm)	E(kg/cm ²)
31.66	150.30	—	16.7	20.45	2.18	—	7.03E+05

b) 분담하중

space= 160 cm 슬래브 스패น/2
load = 14.24 kg/cm for safe load

c) Member stress check

Span= 80 cm

$$M_s = \frac{w \times l^2}{8} = \frac{14.24 \times 80^2}{8} = 11392 \text{ kg.cm}$$

$$V_s = \frac{w \times l}{2} = \frac{14.24 \times 80}{2} = 570 \text{ kgf}$$

㉔ allowable compression stress check (axial stress에 대해) — Not Application

㉕ allowable bending tension stress

beam의 인장부분 단면계수 = 20.45

$$f_{b,t} = \frac{M}{z_t} = \frac{11392.0}{20.5} = 557.07 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{b,t} = 21 \text{ ksi} = 1477 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_{b,t}}{F_{b,t}} = \frac{557.07}{1476.51} = 0.377 \quad \text{O.K}$$

㉖ Allowable compressive Stress for elements of beams

beam의 압축부분 단면계수 = 16.7

$$f_{b,t} = \frac{M}{z_t} = \frac{11392.0}{16.7} = 682 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Web} \quad \frac{b}{t} = \frac{55.0}{6.30} = 8.73$$

$$s_1 = 6.8$$

$$s_2 = 10$$

allowable stress

$$F_b = 19.2 \text{ ksi} = 1350 \text{ kg/cm}^2$$

therefore,

$$\frac{f_b}{F_b} = \frac{682.16}{1349.95} = 0.51 \quad \text{O.K}$$

㉔ shear stress check

$$s_1 = 36$$

$$s_2 = 65$$

allowable shear stress

$$\frac{h}{t} = \frac{168}{6.5} = 25.85$$

$$F_s = 12 \text{ ksi} = 844 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_s = \frac{V}{A_s} = \frac{569.6}{31.7} = 17.99 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_s}{F_s} = \frac{17.99}{843.72} = 0.021 \quad \text{O.K}$$

㉕ combined compression, bending and shear

$$\left(\frac{f_b}{F_b} \right)^2 + \left(\frac{f_s}{F_s} \right)^2 =$$

$$\left(\frac{682.16}{1350} \right)^2 + \left(\frac{17.99}{843.72} \right)^2 = 0.26 \quad \text{O.K}$$

㉖ Deflection check

$$\delta_{\text{단순지지}} = \frac{5 \times w \times L_n^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 14.24 \times 80^4}{384 \times 703066 \times 150.3}$$

$$= 0.07\text{cm} < \delta_{\text{allow}} = 0.60\text{cm} \quad \text{O.K}$$

5. 동바리 검토

$$\text{총고} = 4500 \text{ mm}$$

1) POST당 미치는 최대연직하중

$$P = (\text{보하중} \times \text{동바리간격} \times \text{보폭} / \text{본 수}) + (\text{슬래브하중} \times \text{슬래브 순스팬} / 2 \times \text{동바리간격})$$

$$= 2310 \times 0.8 \times 0.8 / 3 + 890 \times 1.6 \times 0.8 = 1632 \text{ Kg/本}$$

2) 강관받침기둥 좌굴길이

$$L = \text{총고} - (\text{보두께} + \text{유로폼} + \text{사이드빔높이})$$

$$= 4500 - 963.5 = 3536.5 = 3.537\text{m}$$

$$1.8\text{m 높이에 수평대 (가로대, 세로대 설치)} = 1.80\text{m}$$

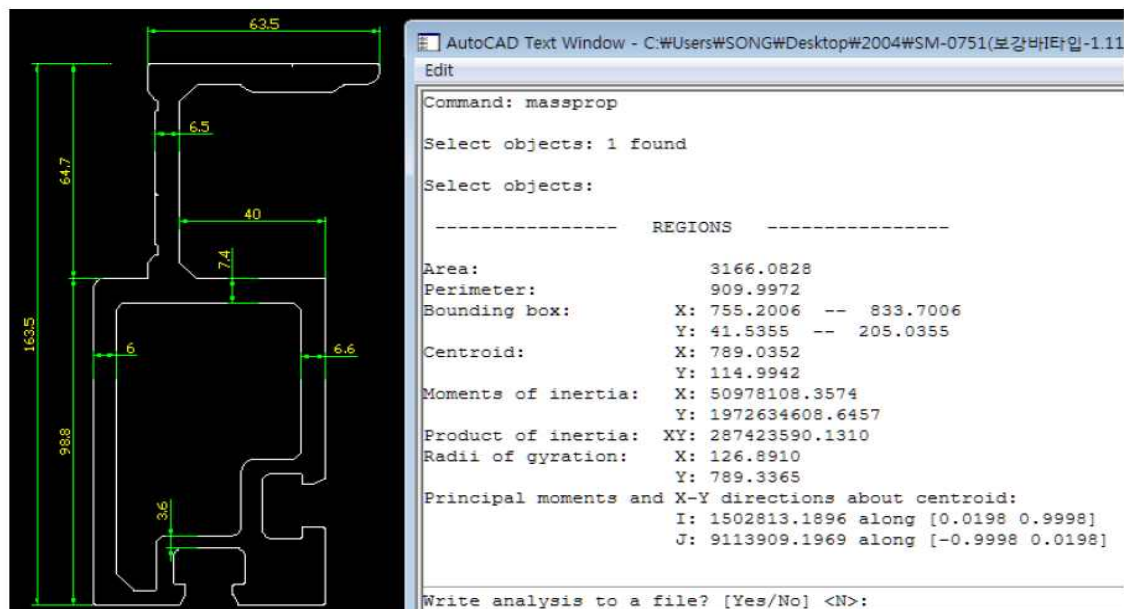
3) 허용좌굴하중(Pa)

SUPPORT (STK490)	ϕ	48.6 x 2.3t	$F_y =$	3188	kg/cm ²
L =	180 cm				
A =	3.48 cm ²				
E =	2100000 kg/cm ²				
I =	8.99 cm ⁴				
r =	1.64				
$\lambda_p =$	120				
λ	=	$L/r =$	109.76		
λ	<	λ_p	이므로,		
$f_c = (1 - 0.4(\lambda/\lambda_p)^2) F_y / (1.5 + 2(\lambda/\lambda_p)^{2/3}) =$		1030.9	kg/cm ²		
$P_a = f_c * A =$	3587.4	Kg/本			
P	=	1632.0	<	P_a	= 3587.4 Kg/本
S.F	=	2.20			

5. 검토결과

사 용 부 재	규 격	간 격(mm)
EURO-FORM	400x1200	-
SIDE BEAM	-	@800
동 바 리	3열 - $\phi 48.6 \times 2.3T$ (가로대, 세로대 설치)	@800

6. 단면성능



바. 보 필러서포트(잭서포트) 구조검토

1. 일반사항

- 1) 00 신축현장에서 보 필러 서포트를 중앙에 1열 설치하는 것에 대해 보의 안전성을 검토하였음.
- 2) 구조 안전성 검토는 보 800mm x 900mm(600x900, 500x600, 400x600)에 대하여 하였음.
- 3) 양생 중 콘크리트 재료값은 콘크리트 표준시방서(2009)을 적용하였고, 거푸집 탈형에 대한 기준은 가설공사 표준시방서(2016)을 적용하였음. 「동바리(필러서포트) 재설치시 재하가 있을 경우 적절한 동바리를 재설치하여야 하며, 고층 건물의 경우 최소 2개층에 걸쳐 동바리(필러서포트)를 재설치하여야 한다.」
- 4) 보 안전성 검토는 콘크리트구조설계기준(KBC2016)을 적용함.
- 5) 보의 콘크리트 균열 발생 유무에 대하여 검토를 함.
- 6) 보측면의 슬래브 하중은 보가 부담하는 것으로 가정하여 보가 자중 및 시공하중에 저항하는 것으로 검토를 함.

2. 검토조건

- 1) 콘크리트 재료값 (설계기준 강도 $f_{ck} = 24\text{MPa}$)

탈형시 가설공사 시방서에 의해 콘크리트 압축강도 $f_{cu} = 14\text{MPa}$ (타설후 3일 해체) 가정하였음.

$$\text{콘크리트 추정인장강도 } f_{sp} = c \times \sqrt{f_{cu}} \quad (c = 0.45)$$

$$f_{sp} = c \times \sqrt{f_{cu}} = 0.45 \times \sqrt{14} = 1.68 \text{ MPa}$$

$$\text{콘크리트 유효탄성계수 } E_e = \psi(t) \times 4.7 \times 10^3 \times \sqrt{f_{cu}(t)} \quad (\psi(4) = 0.865)$$

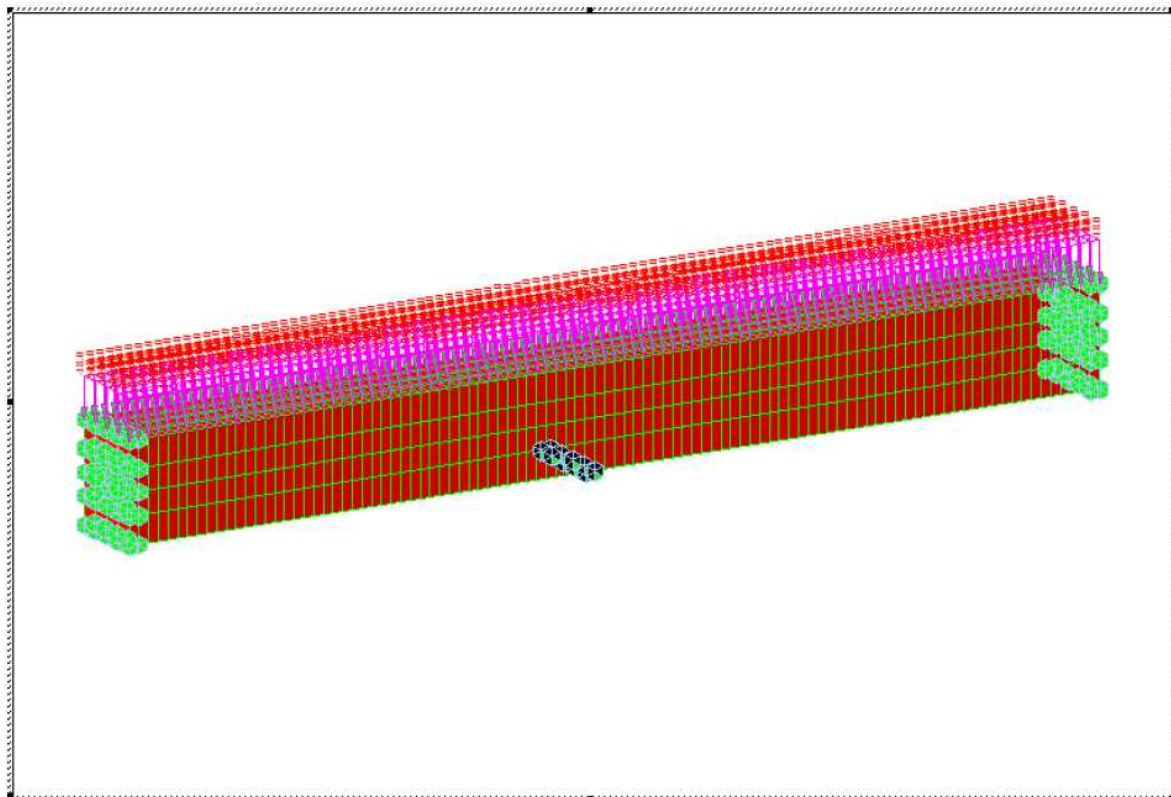
$$E_e = 0.865 \times 4.7 \times 10^3 \times \sqrt{14} = 15211.7 \text{ MPa}$$

- 2) 적용하중

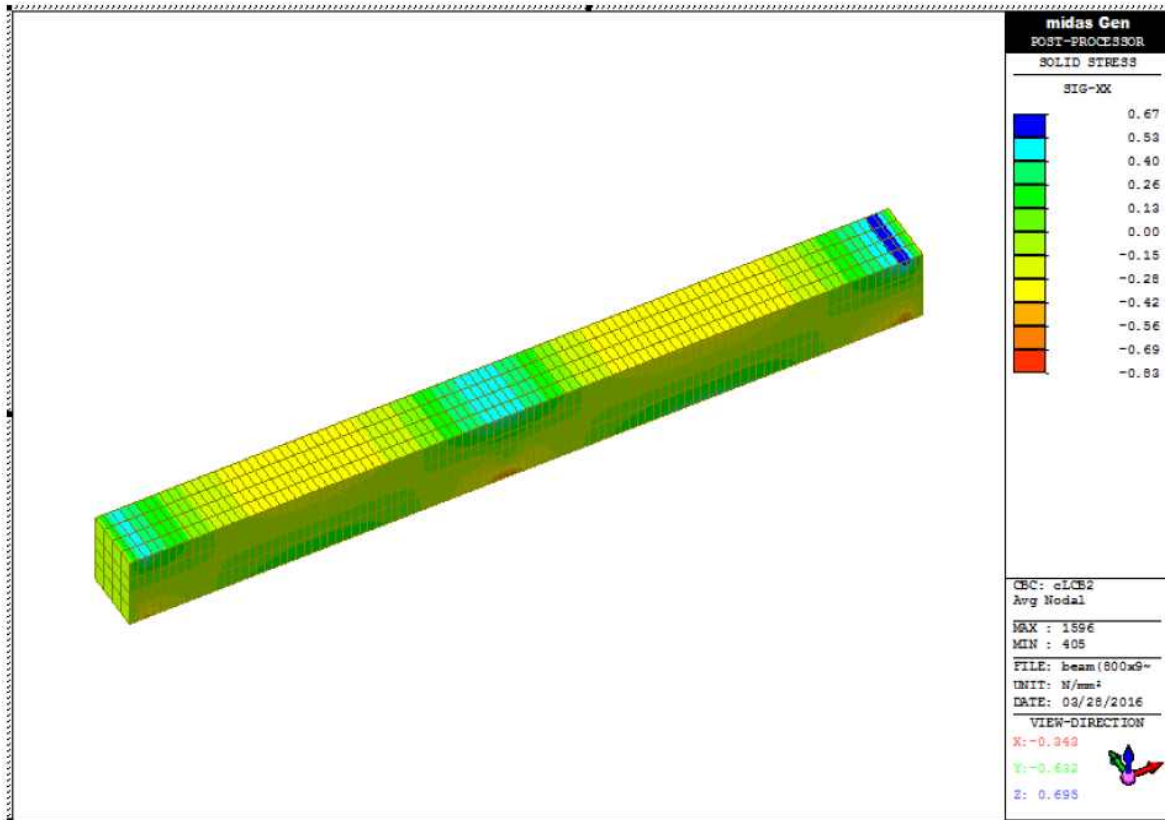
종류	두께 (mm)	하중 (kN/m ²)
보	900	21.60
거푸집		0.40
고정하중 (D.L)	-	22.00
작업하중 (L.L)	-	3.50
소계 (D.L+L.L)	-	25.50

종류	두께 (mm)	하중 (kN/m ²)
슬래브	250	6.00
거푸집		0.40
고정하중 (D.L)	-	6.40
작업하중 (L.L)	-	2.50
소계 (D.L+L.L)	-	8.90

3. 보 800mm x 900mm 일때 해석결과



<보 모델링도>



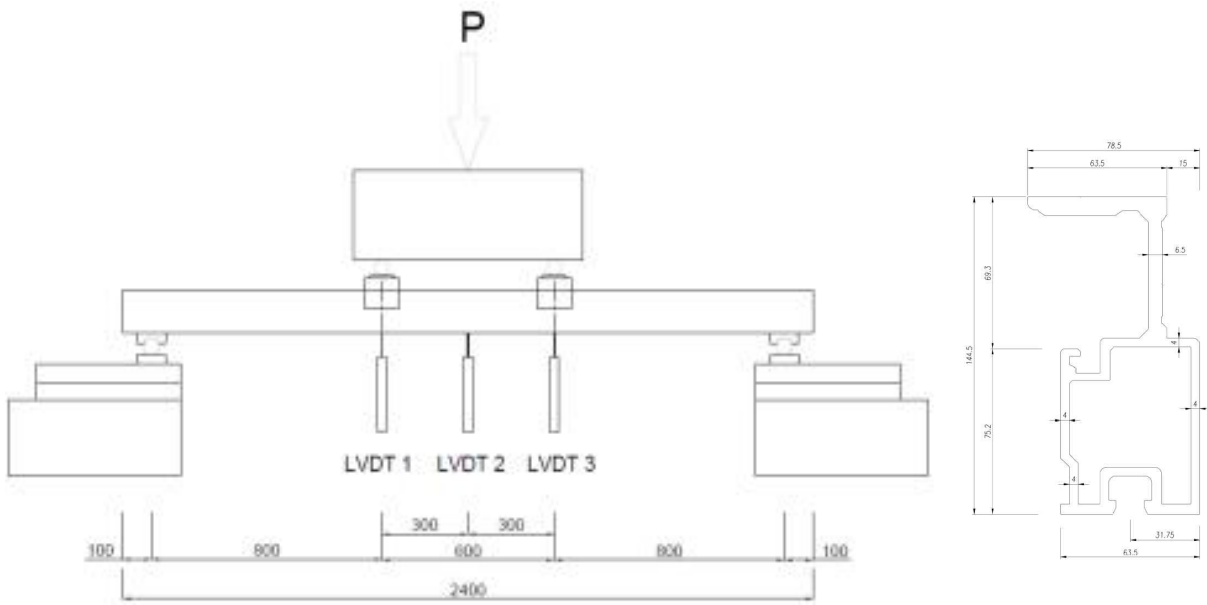
<보 응력도, 최대인장응력 0.67MPa>

4. 결론

- 1) 보 800mm x 900mm에 대하여 필러 씨포트를 보 중간에 1열 지지한다면 작용 인장응력이 0.67MPa이고, 보의 내응력이 1.68MPa로서 작용인장응력보다 크므로 콘크리트에 균열이 발생하지 않을 것으로 판단되며 시공하중에 대해 안전한 것으로 검토되었다.
- 2) 보의 콘크리트 압축강도가 설계기준 강도에 도달한 경우, 실내에 적재되는 하중이 설계시 적재하중 이내에서 채하될 경우 필러 씨포트를 제거할 수 있다.
- 3) 실내의 적재하중 또는 장비하중으로 인해 설계시 적재하중을 초과할 경우 잭서포트 존치가 필요하다.

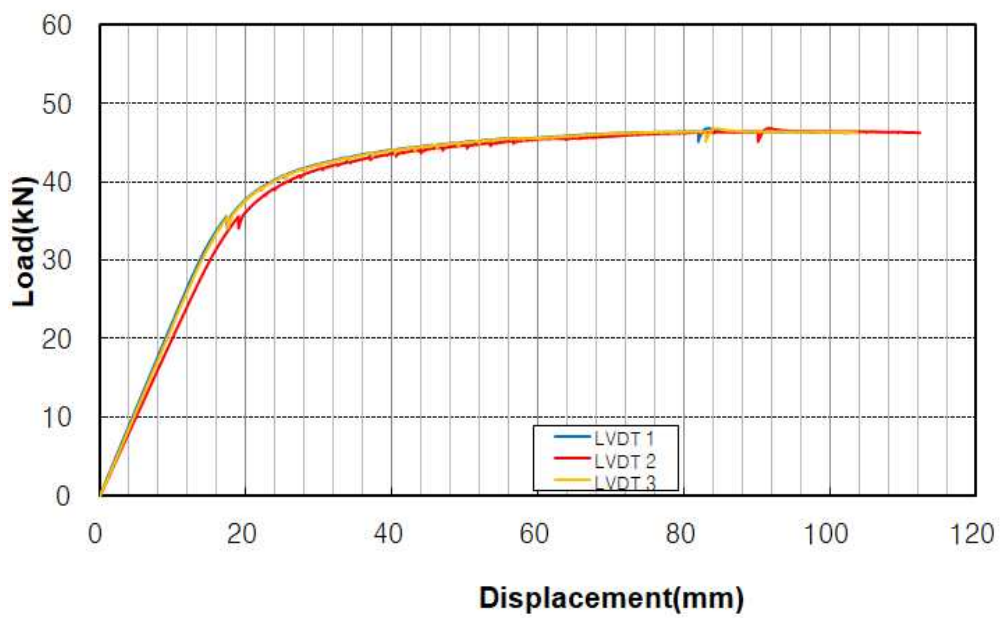
사. 보 팀버 FEM 해석

(1) 보 팀버 시험체 설치도



<보팀버 설치도 및 단면도>

(2) 시험체에 대한 하중 변위 곡선



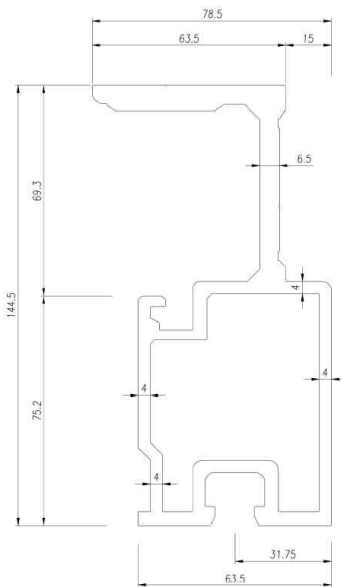
<하중 변위 곡선>

(3) 보 팀버 구조해석

(가) 알루미늄 재원

- 재질 6061-6T
- 극한강도 $F_u = 260\text{MPa}$
- 항복강도 $F_y = 240\text{MPa}$
- 탄성계수 $E = 70300\text{MPa}$

(나) 시험체 국부좌굴 강도



- 시험체의 판 폭두께비

$$\lambda = \frac{b}{t_f} = \frac{63.5}{6.3} = 10.08$$

- Aluminum Structures (A Guide to Their Specifications and Design, p244)

Allowable Compressive Stress for Elements of Beams
(Flat Plate Elements Supported Along One Edge
e.g. Flange of an I-beam Bent about Its Major Axis)

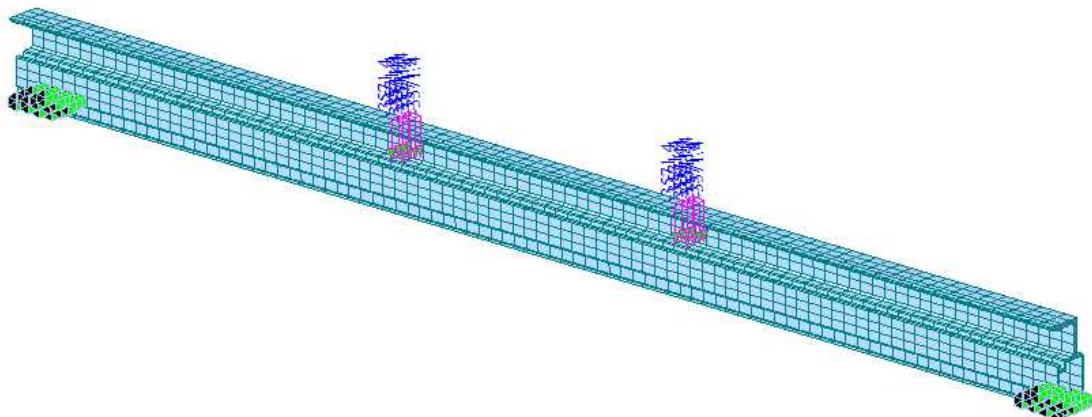
- ① $b/t_f < S_1$ $F_c = 21\text{ksi}$
- ② $S_1 < b/t_f < S_2$ $F_c = 27.3 - 0.93(b/t_f)\text{ksi}$
- ③ $S_2 < b/t_f$ $F_c = 182/(b/t_f)\text{ksi}$

- 판 폭두께비 조건에 의해 정해진 허용 국부좌굴 강도

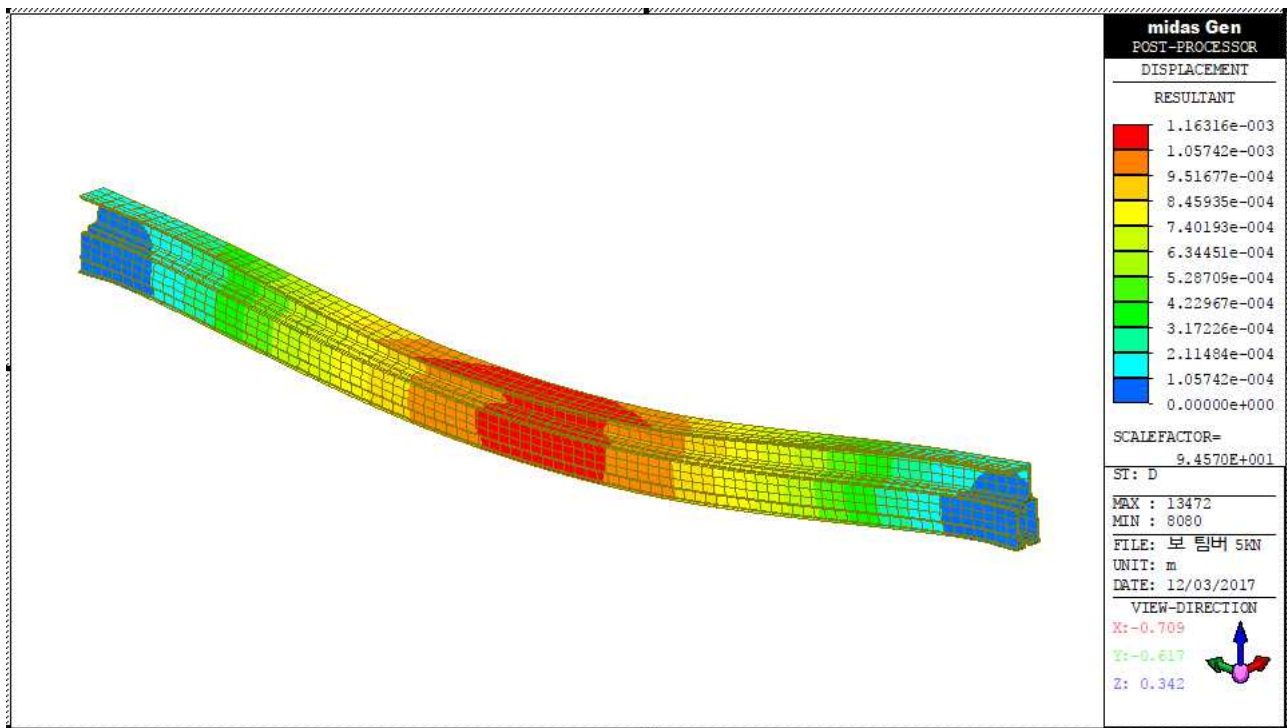
$$F_c = 182/10.08 = 16.85\text{ksi} = 168.5\text{MPa}$$

(다) FEM해석

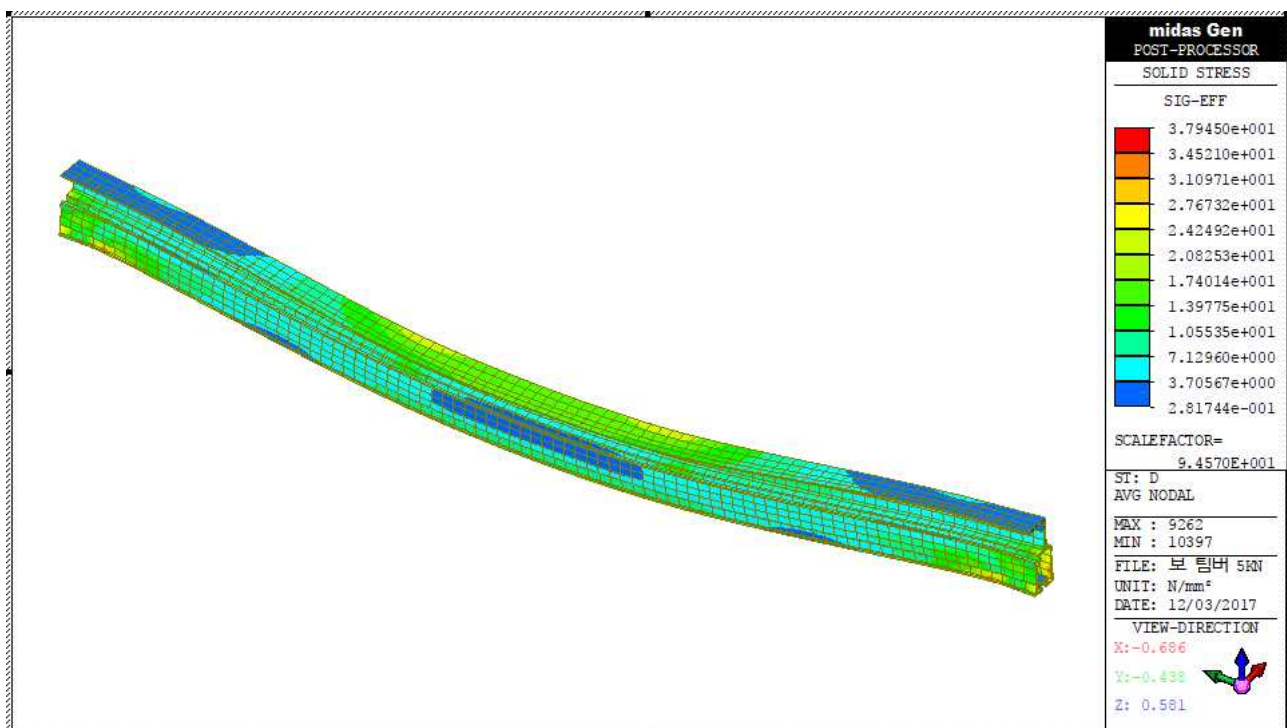
- 5kN 가력시



<모델링도>

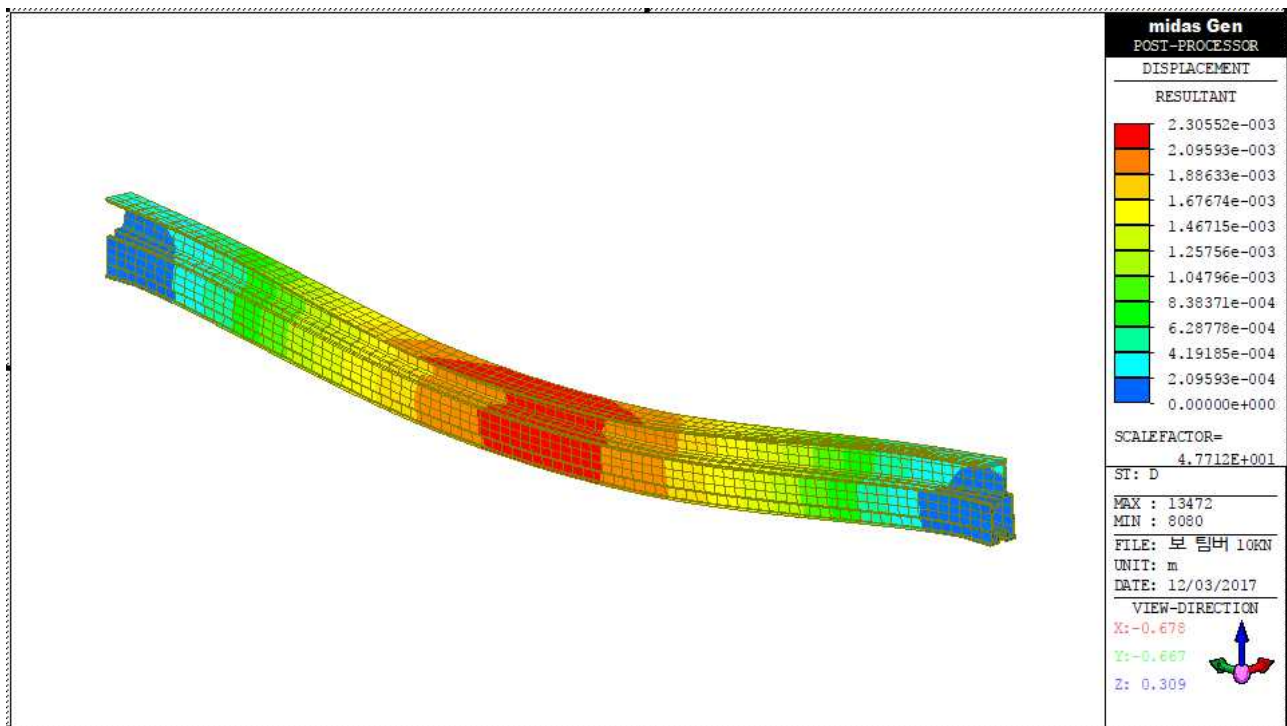


<처짐도>

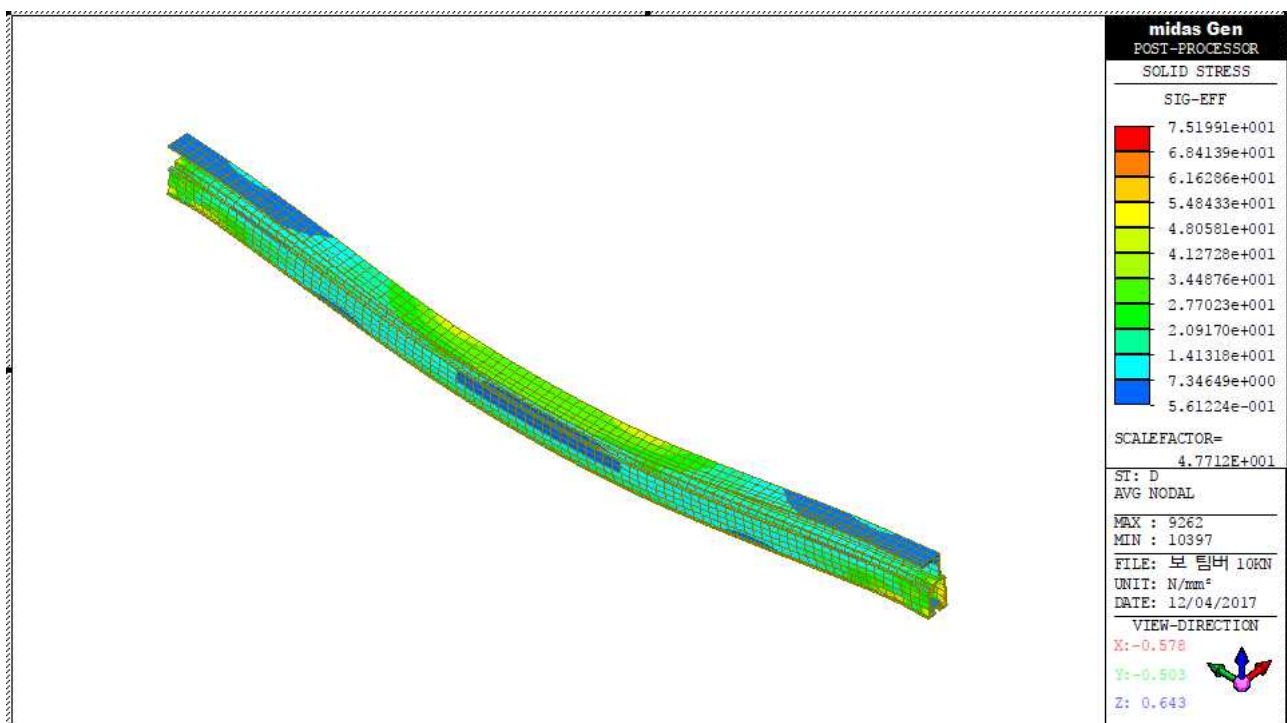


<유효응력도>

- 10kN 가력시

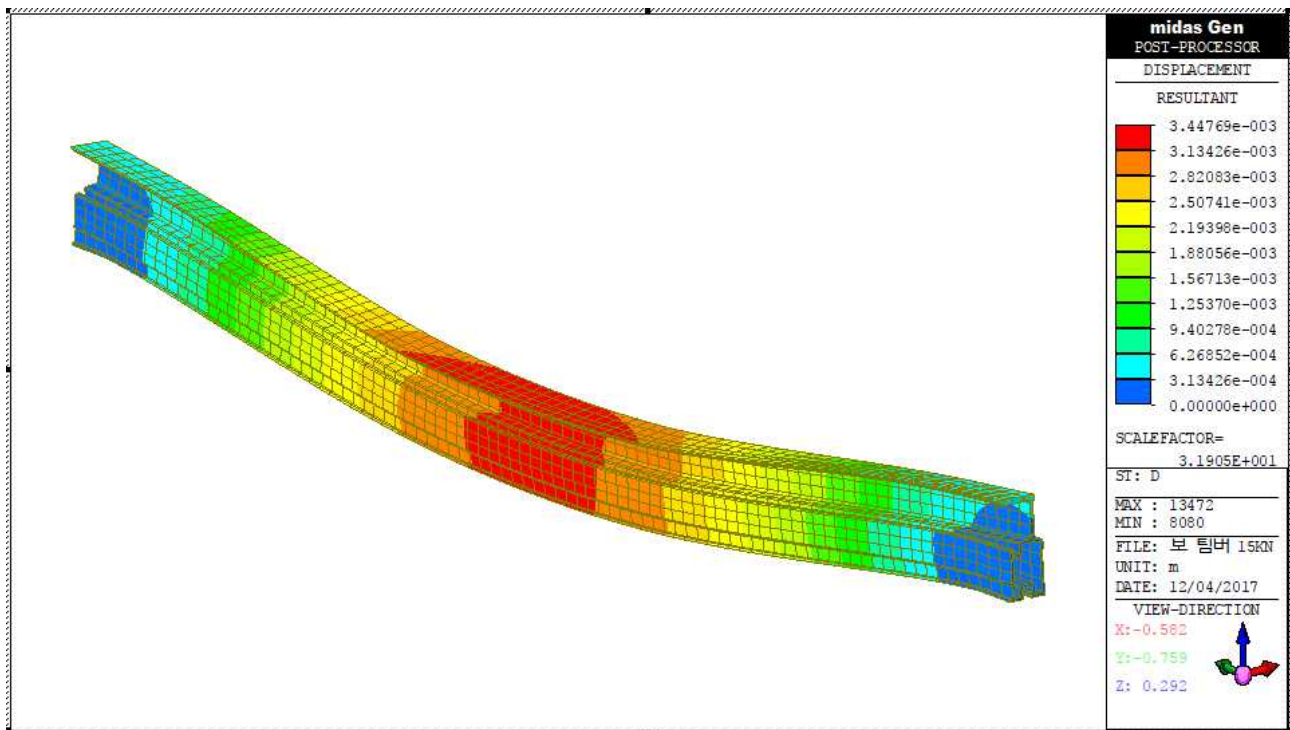


<처짐도>

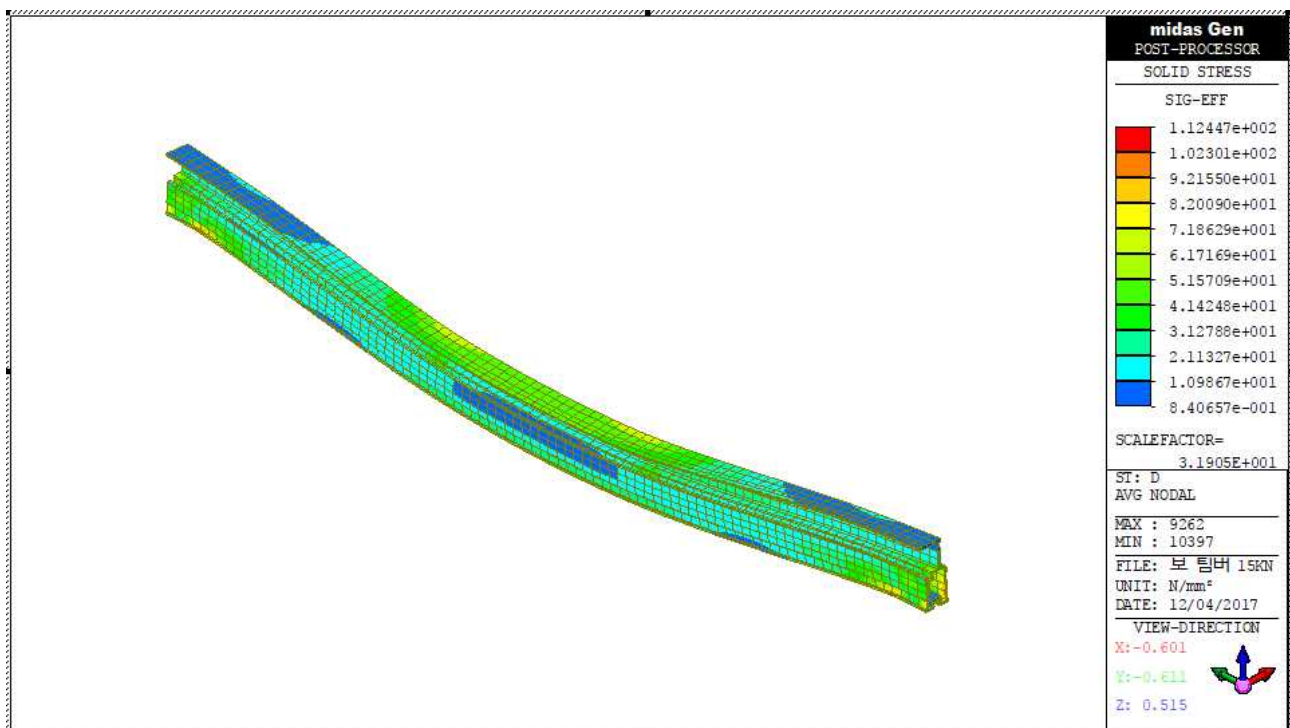


<유효응력도>

- 15kN 가력시

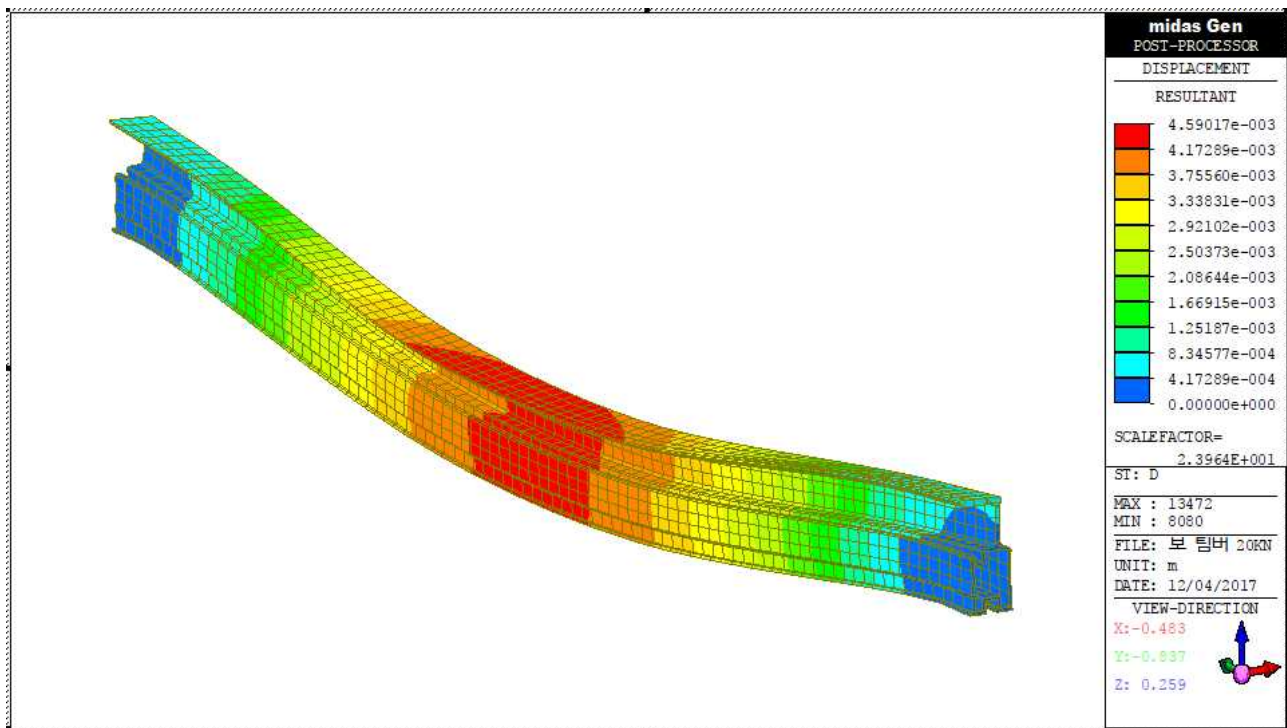


<처짐도>

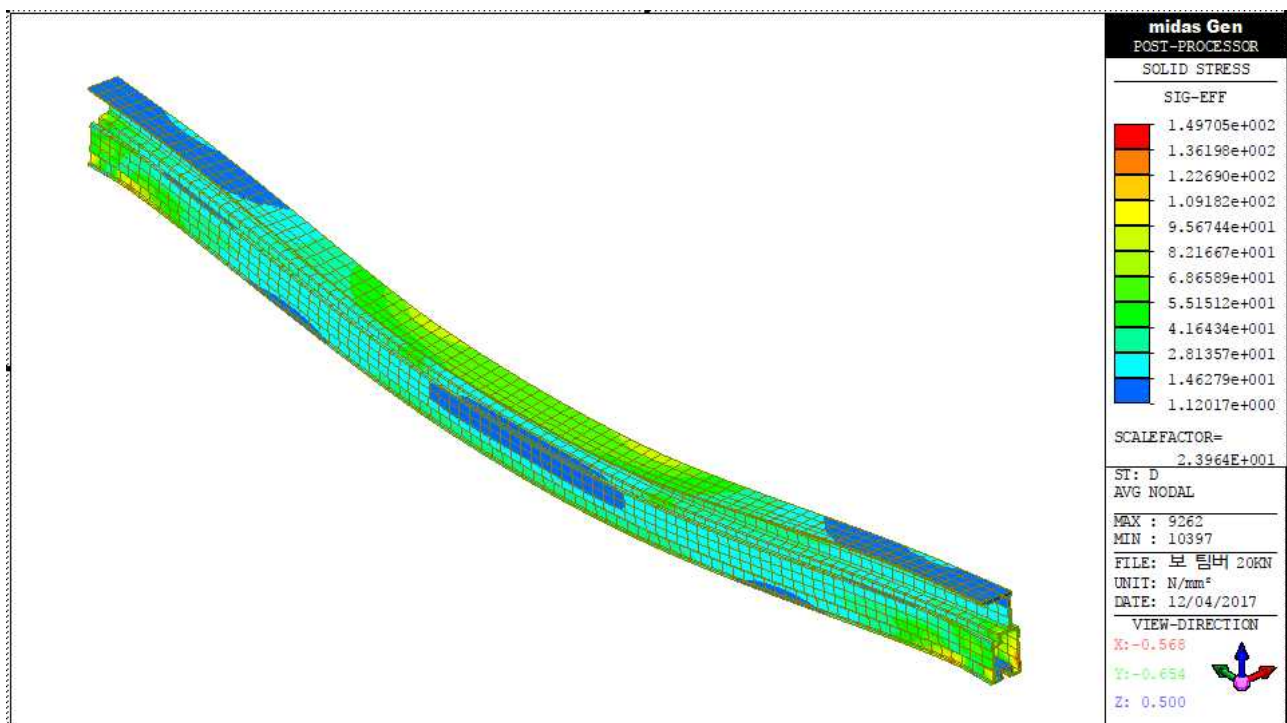


<유효응력도>

- 20kN 가력시

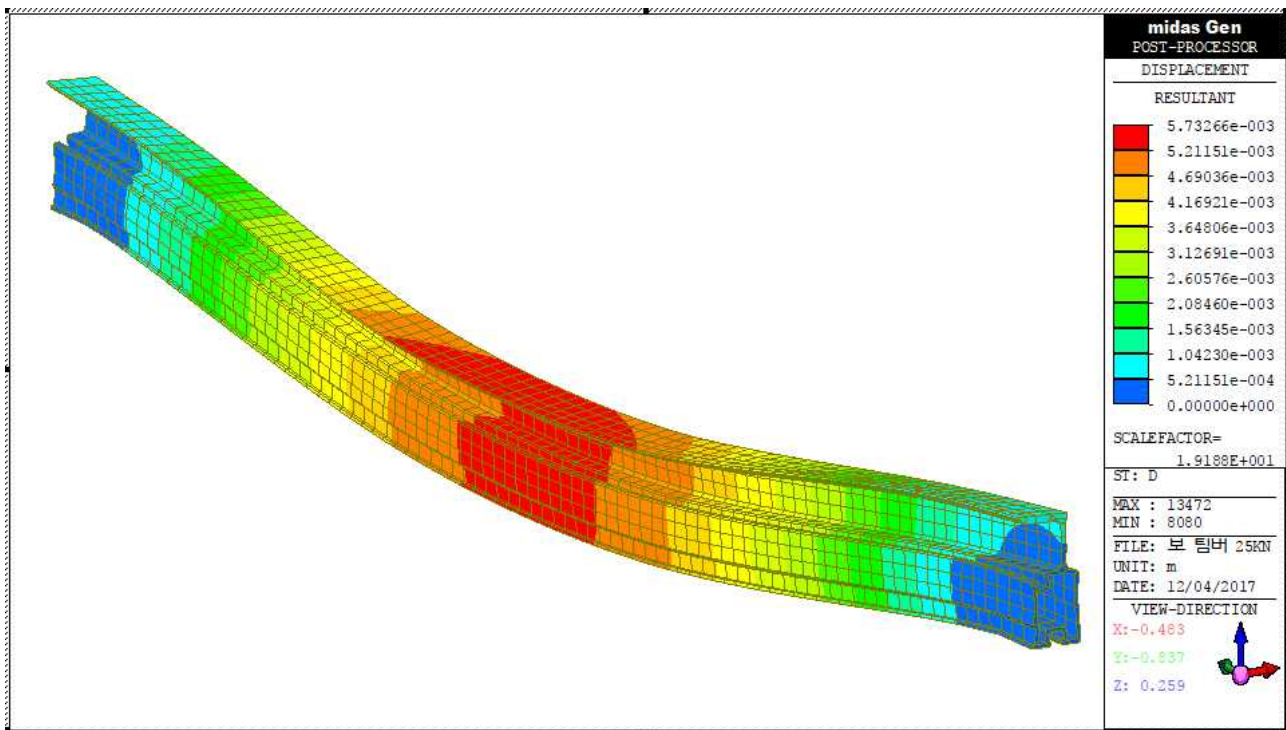


<처짐도>

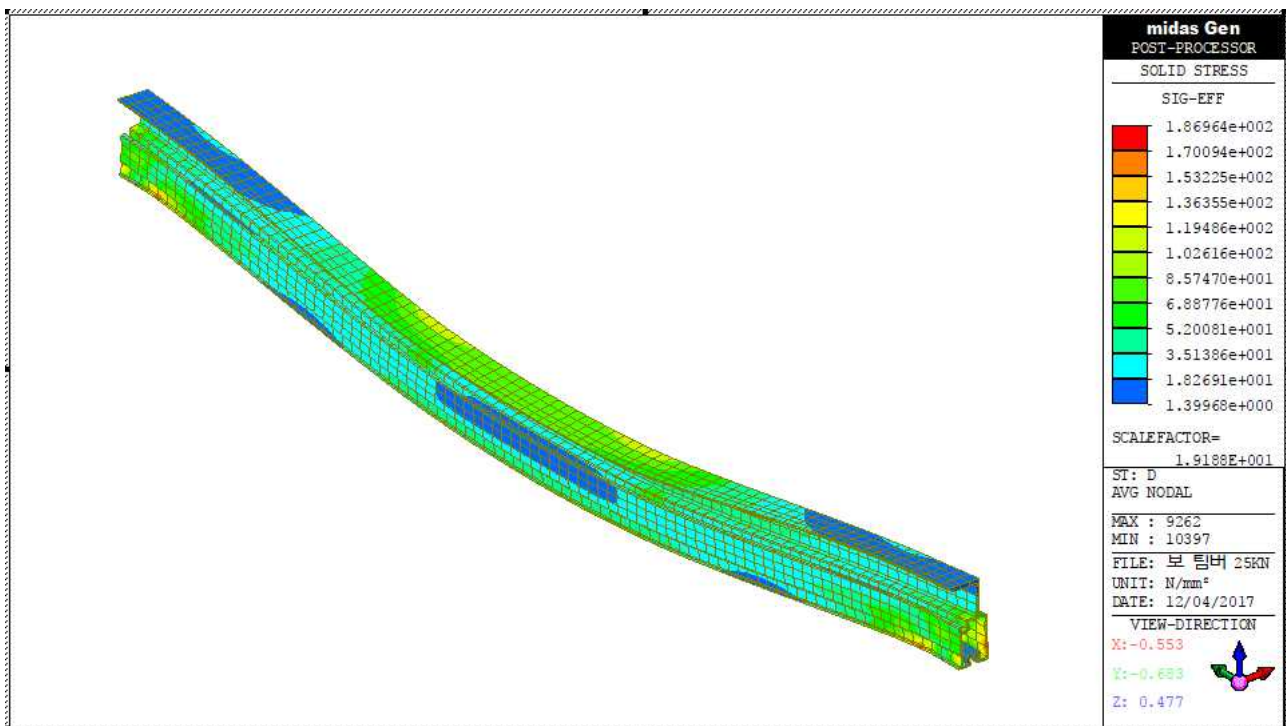


<유효응력도>

- 25kN 가력시

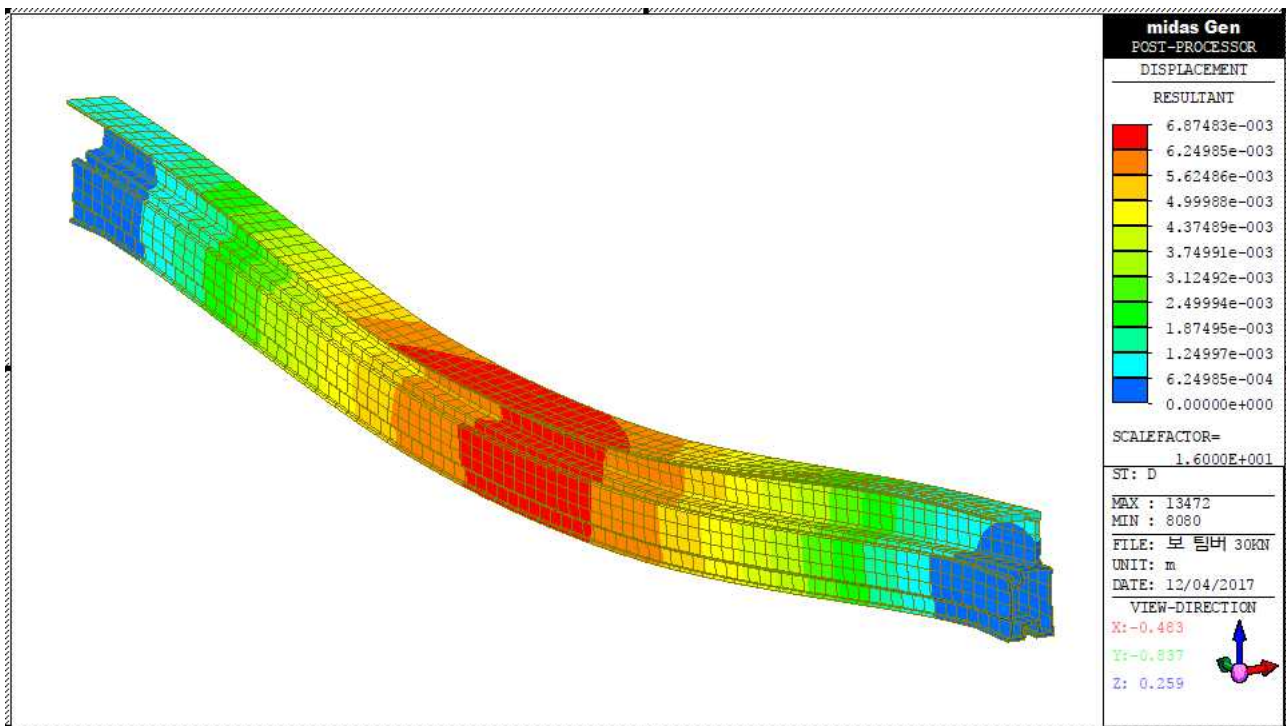


<처짐도>

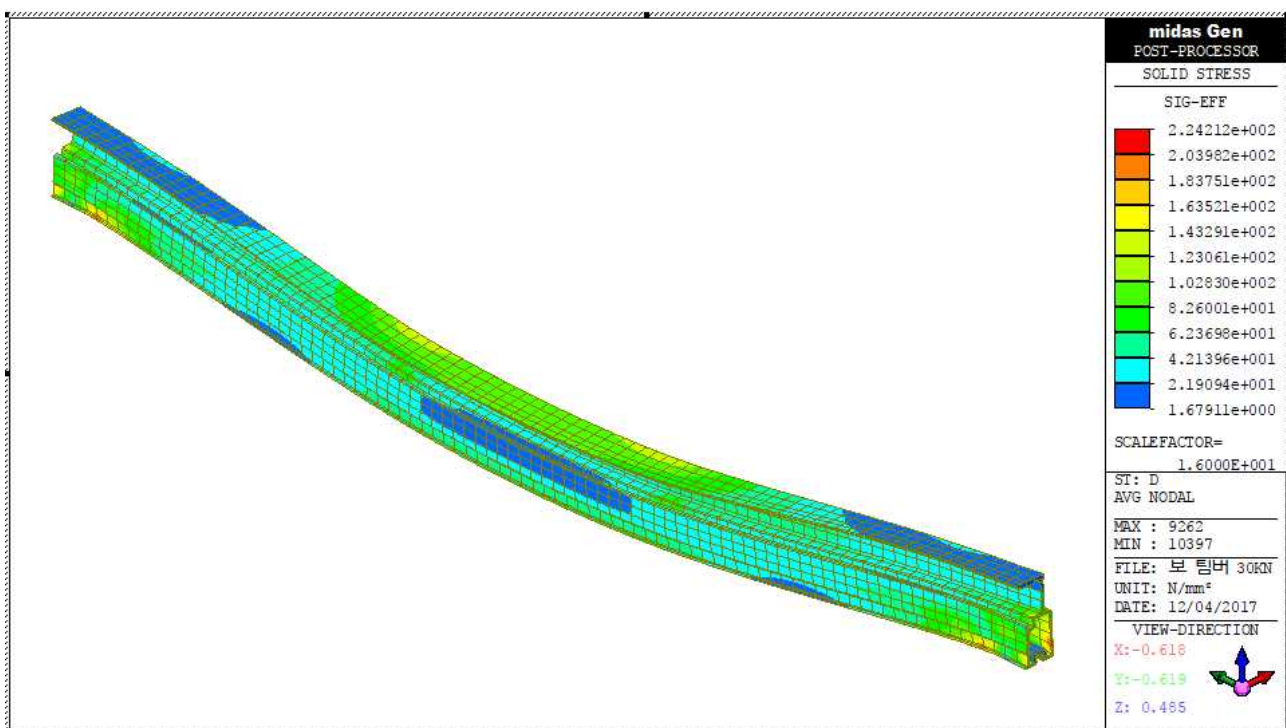


<유효응력도>

- 30kN 가력시

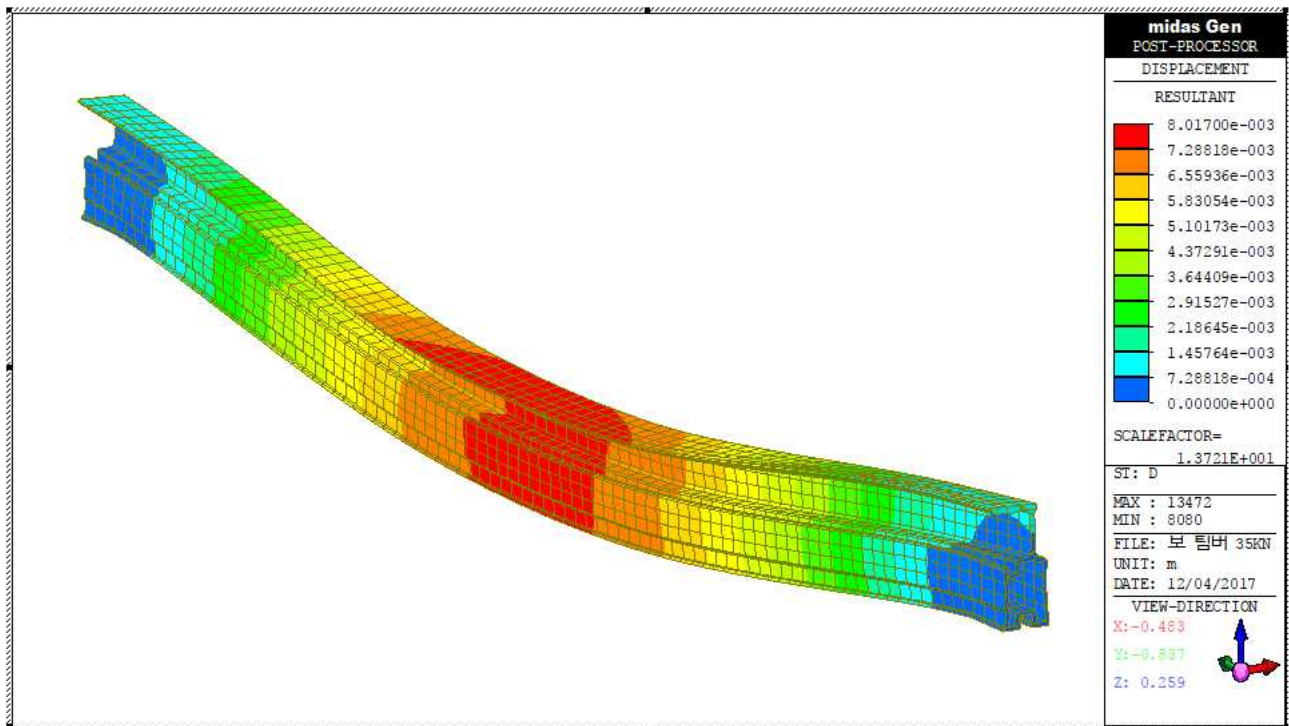


<처짐도>

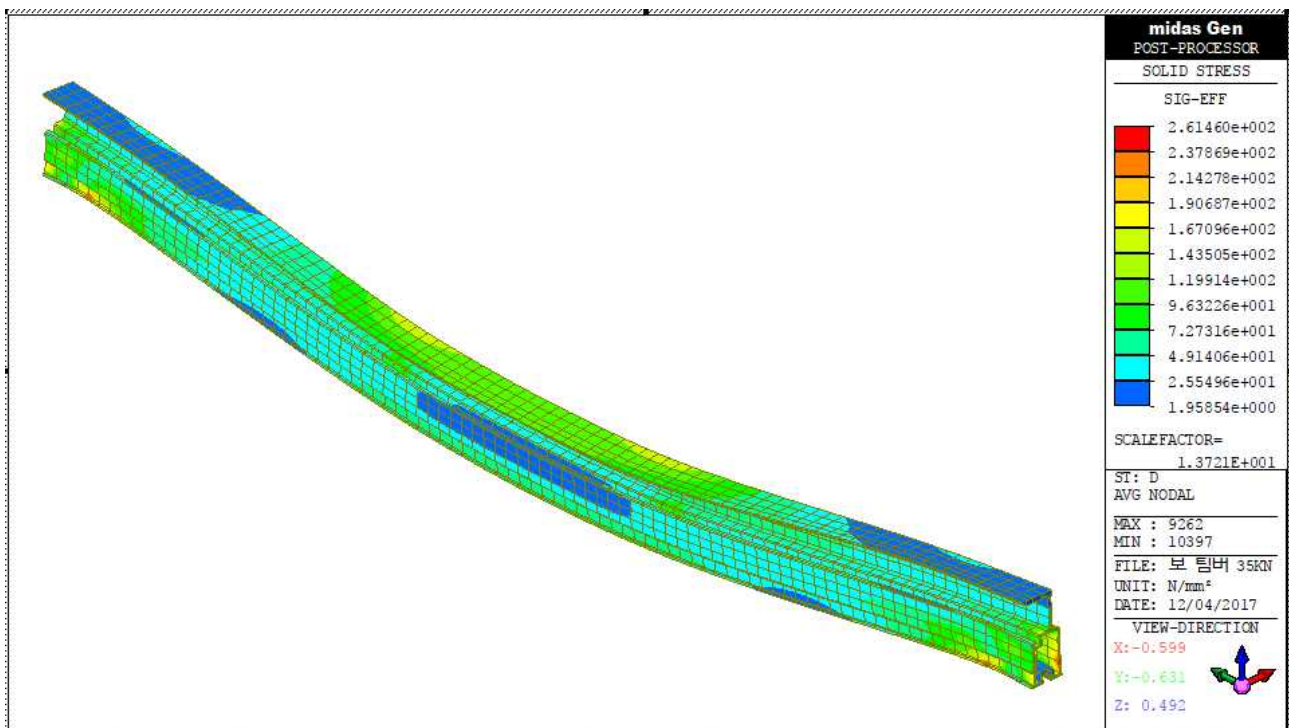


<유효응력도>

- 35kN 가력시

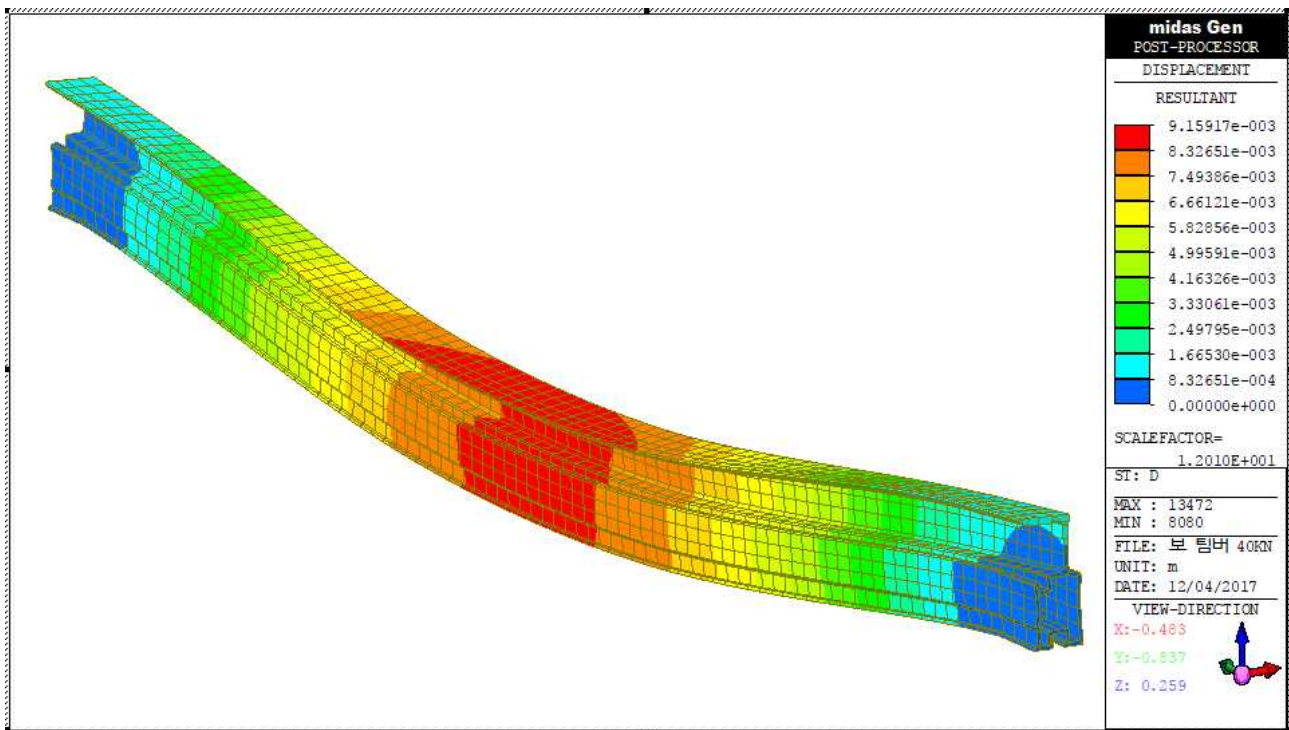


<처짐도>

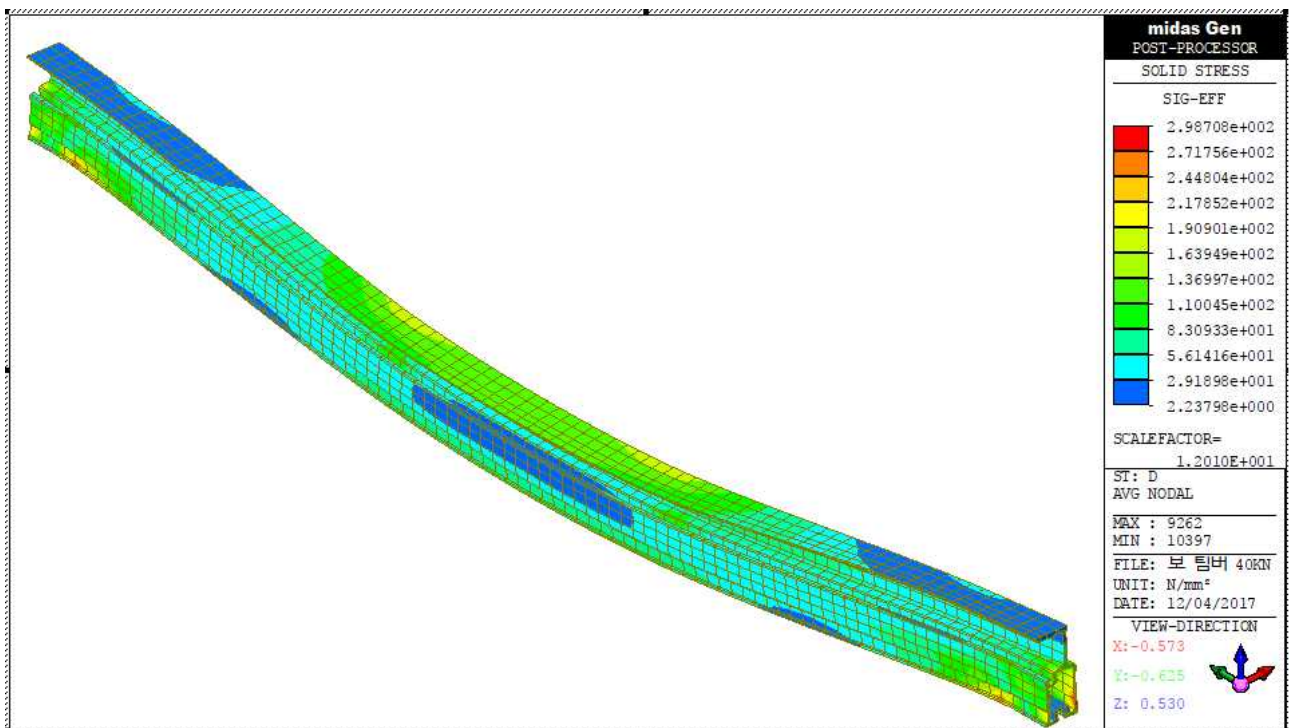


<유효응력도>

- 40kN 가력시



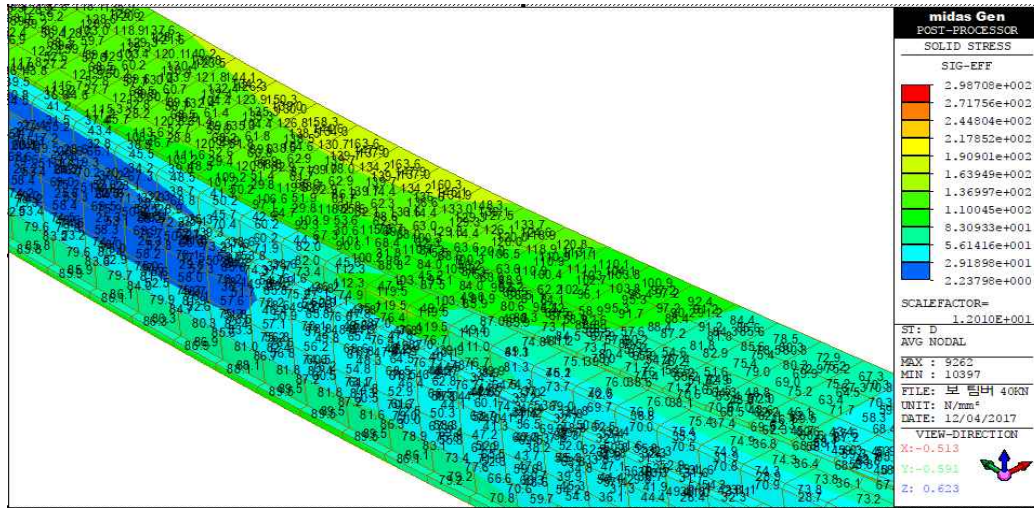
<처짐도>



<유효응력도>

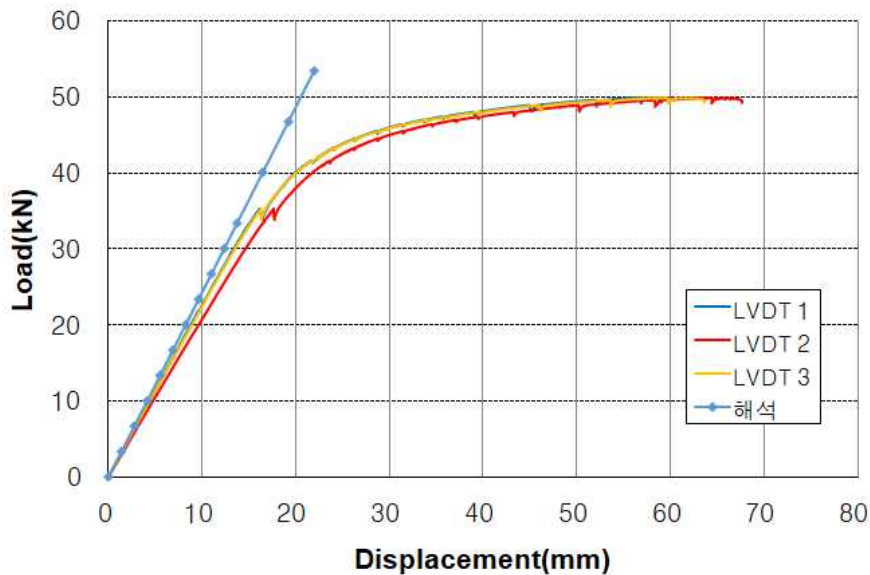
- 판 폭두께비 조건에 의해 정해진 허용 국부좌굴 강도

$F_c = 182/10.08 = 16.85\text{ksi} = 168.5\text{MPa}$ 에 의해, 가력하중이 40kN 일 때 가력점에서
의 작용응력이 163.6MPa이므로 가력하중을 40kN으로 제한함.



<가력하중 40kN일 때 가력점의 작용응력>

(라) 실험치와 해석치 비교



(마) 결론

- ① Aliminum Side Beam(명예재) 형상에서 압축부분 플랜지의 국부좌굴로 인하여 최대내력을 40kN으로 제한함.
- ② FEM 해석 프로그램이 국부좌굴을 고려되지 않으므로 압축부분 플랜지의 작용응력이 168.5MPa 일 때 허용응력이 되도록 해야 함.
- ③ 따라서 Aliminum Side Beam(명예재) 사용시 알루미늄 재료의 항복강도가 240MPa 이나, 휨에 국부좌굴로 인하여 허용강도는 168.5MPa로 해야 함.

2. 구조부재의 시험평가 ^{10~15)}

가. 테이블형 다단 드롭형 받침대 빔 휨 파괴 시험

(1) 시험개요

본 개발 대상기술의 테이블형 다단 드롭 시스템을 이루는 주요소인 테이블형 받침대의 하중 저항성능을 파악하기 위하여 슬래브 거푸집과 장선·멍에 빔에 대한 실험을 수행하였다.(부록, 시험성적서 참조) 실험조건은 지간 2,200mm에서 2점가력이 되도록 수직하중을 가력하였다. 실험체 설치상황은 <그림 3.1>과 같으며, 액추에이터를 이용하여 부재에 하중을 가력하였으며, 부재에 작용하는 하중은 데이터로거를 설치하여 계측하였다.

실험결과 하중의 증가에 따라 받침대 빔의 처짐이 발생하였으며, 최대하중발현 후 받침대 빔 중앙부 부재의 큰 변형에 의하여 최종 파괴되었다.



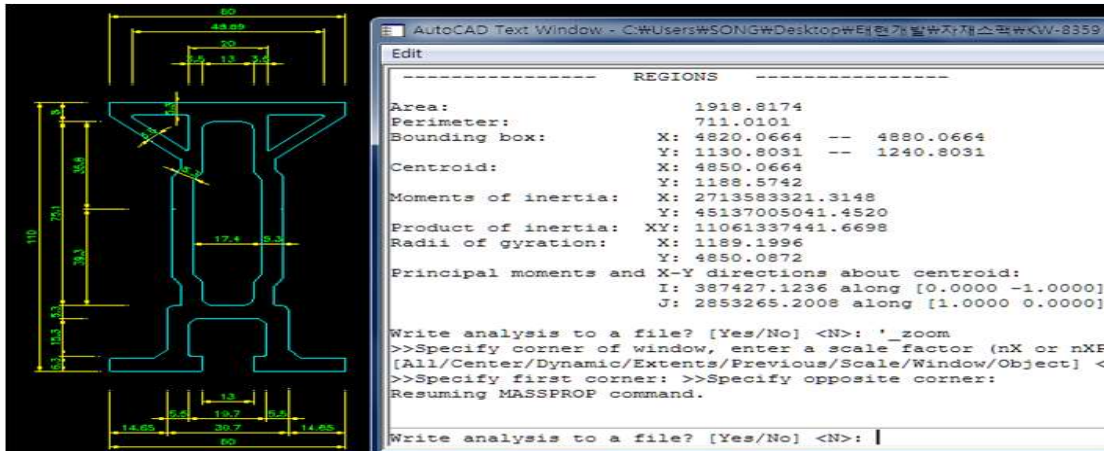
<그림 3.1> drop형 받침대 빔의 휨 파괴실험 전경

(2) 테이블형 다단 드롭형 받침대 빔 실험결과

각 실험편에 대한 실험결과를 <표 3.1>에 나타내었다. 실험결과 평균은 최대 및 최소 값을 뺀 나머지 값의 평균으로 파괴하중은 40.69kN이고, P-S곡선법에 의해 얻어진 허용하중의 평균값은 19.09 kN이다.

<표 3.1> 휨 실험에 의하여 발생한 파괴하중 및 허용하중
(단위:kN)

시료번호	1	2	평균
파괴하중	41.93	39.45	40.69
허용하중	19.67	18.50	19.09



<그림 3.2> 받침대 빔 제원

<표 3.2> Material property

Aluminum 6061-T6

thk : 0.010~4.0in. unit : ksi

modulus of elasticity	tension		comp.	shear	
	Ftu	Fty	Fcy	Fsu	Fsy
10100	38	35	35	24	20

<표 3.3> Section properties

A(cm ²)	Ix(cm ⁴)	Iy(cm ⁴)	Zx,top(cm ³)	Zx,bot(cm ³)	ix(cm)	iy(cm)	E(kg/cm ²)
19.18	285.32	38.74	54.55	49.45	3.86	1.42	7.03E+05

▶ 슬래브 두께 210mm 일 때 바닥하중

고정하중	두께(mm)	LOAD
슬래브	210	504
알폼	4	40
sub total		544 kg/m ²
작업하중		250 kg/m ²

▶ 설계 하중 계산

for safe load, $W_s = 544 + 250 = 794 \text{ kg/m}^2$

▶ 분담하중 계산

분담폭 120 cm

설계하중 9.528 kg/cm for safe load

▶ Member stress check

지점거리 = 165 cm

$$M_s = \frac{w \times l^2}{8} = \frac{9.528 \times 165^2}{8} = 32425 kg.cm$$

$$V_s = \frac{w \times l}{2} = \frac{9.528 \times 165}{2} = 786 kgf$$

→ allowable bending tension stress (인장부분 단면계수 = 49.45)

$$f_{b.t} = \frac{M}{z_t} = \frac{32425}{49.5} = 655.05 kg/cm^2$$

- allowable stress

$$F_{b.t} = 21 ksi = 1476.51 kg/cm^2$$

- therefore, $\frac{f_{b.t}}{F_{b.t}} = \frac{655.05}{1476.51} = 0.444 \rightarrow O.K$

→ Allowable compressive Stress (압축부분 단면계수 = 54.55)

$$f_{b.t} = \frac{M}{z_t} = \frac{32425}{54.6} = 593.86 kg/cm^2$$

$$web \quad \frac{b}{t} = \frac{7.8}{0.53} = 14.7 \quad (S1 = 22, \quad S2 = 33)$$

- allowable stress

$$F_b = 21 ksi = 1476.51 kg/cm^2$$

- therefore,

$$\frac{f_b}{F_b} = \frac{593.86}{1476.51} = 0.402 \rightarrow O.K$$

► shear stress check

$$\frac{h}{t} = \frac{7.8}{1.06} = 7.36 \quad (S1 = 36, \quad S2 = 65)$$

→ allowable shear stress

$$F_3 = 12 ksi = 843.72 kg/cm^2$$

$$f_3 = \frac{V}{A_3} = \frac{786}{19.2} = 40.94 kg/cm^2$$

- therefore,

$$\frac{f_3}{F_3} = \frac{40.94}{843.72} = 0.049 \rightarrow O.K$$

► combined compression, bending and shear

$$\left(\frac{f_b}{F_b}\right)^2 + \left(\frac{f_3}{F_3}\right)^2 =$$

$$\left(\frac{655.05}{1476.51}\right)^2 + \left(\frac{40.94}{843.72}\right)^2 = 0.20 \rightarrow O.K$$

► Deflection check

$$\begin{aligned}\delta_{\text{단순지지}} &= \frac{5 \times w \times L_n^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 9.528 \times 165^4}{384 \times 703066 \times 285.32} \\ &= 0.46\text{cm} < \delta_{\text{allow}} = 0.60\text{cm} \quad \rightarrow \quad O.K \\ L_{n \text{ allow}} &= 176.49\text{cm}\end{aligned}$$

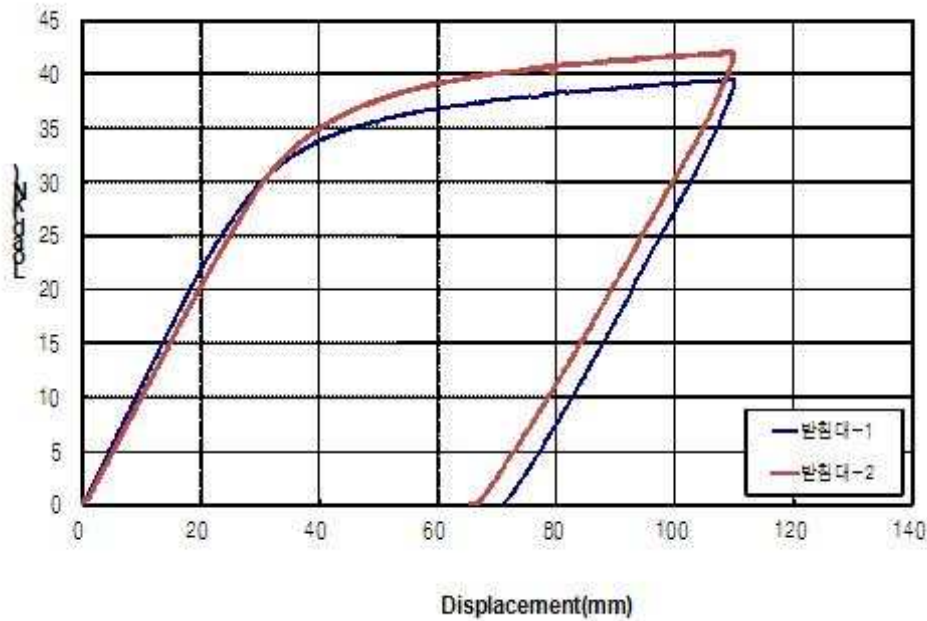


그림 <3.3> drop형 받침대 빔의 휨 파괴 하중-변위 곡선

a) 재료값에 의한 허용하중 검토

$$\text{알루미늄 허용휨강도}(f_b) = 1476.51\text{kg/cm}^2$$

$$\text{받침대 단면계수}(Z) = 49.45\text{cm}^3$$

$$P_a = \frac{2 \times f_b \times Z}{L} = \frac{2 \times 1476.51 \times 49.45}{80} = 1825.3\text{kg}$$

b) 실험에 의한 허용휨모멘트 검토

$$\text{명예재 허용하중}(P_a) = 19.09\text{kN} = 1909\text{kg}$$

c) 실험에 의한 사용성 검토

$$\text{받침대 허용처짐} = \text{Min}(6\text{mm}, 2200/270) = 6\text{mm}$$

$$\text{받침대 } 6\text{mm} \text{ 처짐시 작용하중}(P_s) = 6.55\text{kN} = 655\text{kg}$$

㉔ 받침대를 슬래브 타설용 가설재로 사용하기에 충분한 내력을 가지고 있음.

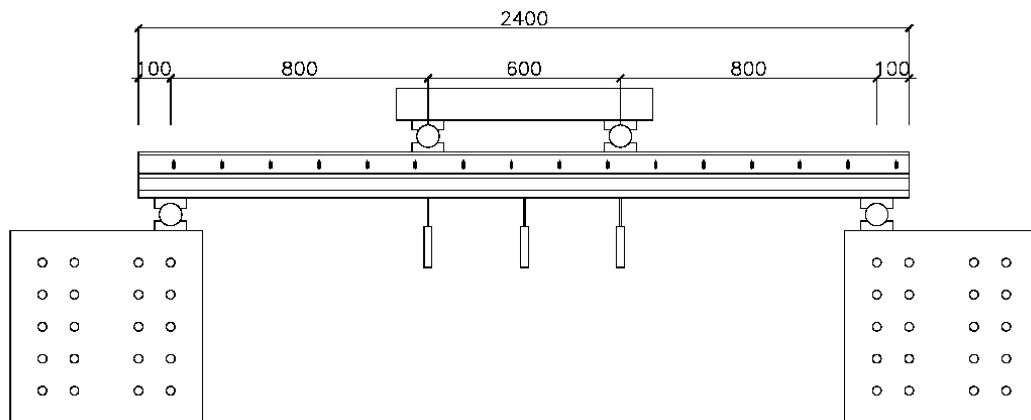
㉕ 받침대의 허용스팬을 결정하는 주요인자는 사용성을 결정하는 처짐이며, 슬래브 두께 210mm에서 기준을 충족하는 허용스팬은 176cm 였으며 충분한 내력을 확보하고 있음.

㉖ 받침대의 내력검토에서 얻은 허용하중은 1825kg이며, 실험을 통해 얻은 허용하중은 1909kg로서 4.6%의 차이가 있어 잘 일치하고 있다고 판단됨.

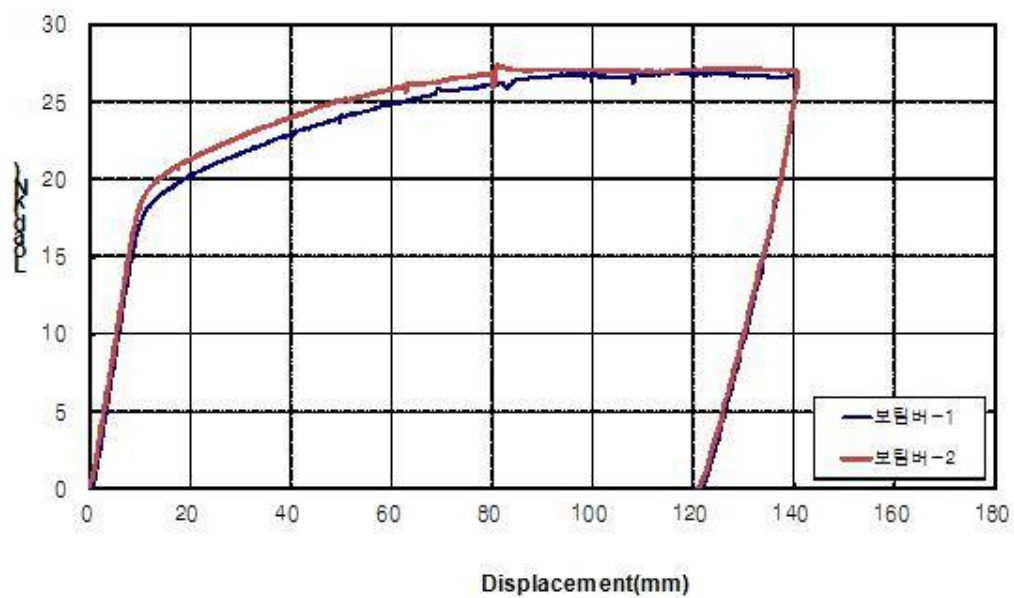
나. 보팀버 휨파괴 시험 (1차)



<그림 3.4> drop형 보팀버 빔의 휨 파괴실험 전경



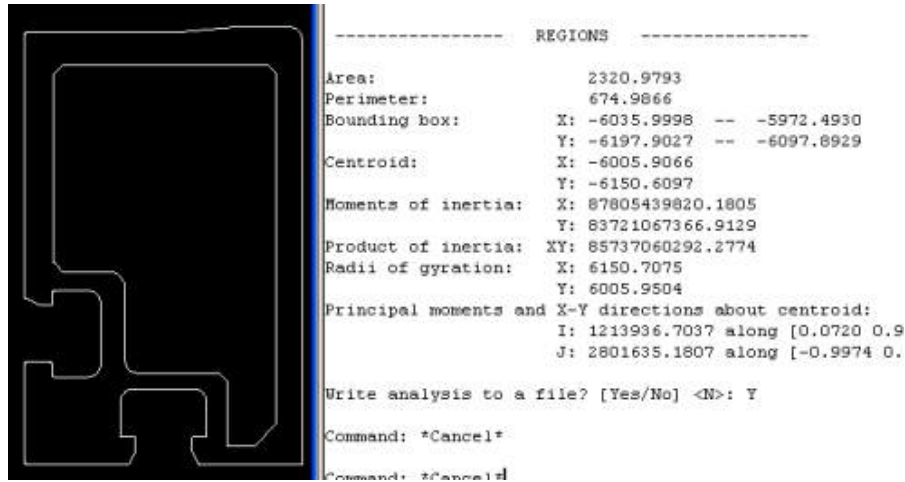
<그림 3.5> drop형 보팀버 빔의 휨 파괴실험체 셋팅도



<표 3.4> 휨 실험에 의하여 발생한 파괴하중 및 허용하중

(단위:kN)

시료번호	1	2	평균
파괴하중	28.28	27.07	27.68
허용하중	13.26	12.70	12.98



<표 3.5> Material property

Aluminum 6061-T6

thk : 0.010~4.0in. unit : ksi

modulus of elasticity	tension		comp.	shear	
	Ftu	Fty	Fcy	Fsu	Fsy
10100	38	35	35	24	20

<표 3.6> Section properties

A(cm ²)	Ix(cm ⁴)	Iy(cm ⁴)	Zx,top(cm ³)	Zx,bot(cm ³)	ix(cm)	iy(cm)	E(kg/cm ²)
23.21	121.39	-	25.66	37.12	2.29	-	7.03E+05

▶ 보 크기 500 x 700mm 일 때 바닥하중

고정하중	두께(mm)	LOAD
보	700	1680
거푸집 품	4	40
sub total		1720 kg/m ²
작업하중		350 kg/m ²

▶ 설계 하중 계산

for safe load, $W_s = 1720 + 350 = 2070 \text{ kg/m}^2$

▶ 분담하중 계산

분담폭 25 cm

설계하중 5.175 kg/cm for safe load

► Member stress check

지점거리 = 80 cm

$$M_s = \frac{w \times l^2}{8} = \frac{5.175 \times 80^2}{8} = 4140 \text{ kg.cm}$$

$$V_s = \frac{w \times l}{2} = \frac{5.175 \times 80}{2} = 207 \text{ kgf}$$

→ allowable bending tension stress (인장부분 단면계수 = 37.12)

$$f_{b.t} = \frac{M}{z_t} = \frac{4140}{37.12} = 111.53 \text{ kg/cm}^2$$

- allowable stress

$$F_{b.t} = 21 \text{ ksi} = 1476.51 \text{ kg/cm}^2$$

- therefore, $\frac{f_{b.t}}{F_{b.t}} = \frac{111.53}{1476.51} = 0.076 \rightarrow O.K$

→ Allowable compressive Stress (압축부분 단면계수 = 25.66)

$$f_{b.t} = \frac{M}{z_t} = \frac{4140}{25.66} = 161.34 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{web } \frac{b}{t} = \frac{55.0}{6.30} = 8.37 \quad (S1 = 6.8, \quad S2 = 10)$$

- allowable stress

$$F_b = 19 \text{ ksi} = 1349.95 \text{ kg/cm}^2$$

- therefore,

$$\frac{f_b}{F_b} = \frac{161.34}{1349.95} = 0.12 \rightarrow O.K$$

► shear stress check

$$\frac{h}{t} = \frac{168}{6.5} = 25.85 \quad (S1 = 36, \quad S2 = 65)$$

→ allowable shear stress

$$F_3 = 12 \text{ ksi} = 843.72 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_s = \frac{V}{A_s} = \frac{207}{23.2} = 8.92 \text{ kg/cm}^2$$

- therefore,

$$\frac{f_s}{F_s} = \frac{8.92}{843.72} = 0.011 \quad \rightarrow \quad O.K$$

► combined compression, bending and shear

$$\begin{aligned} \left(\frac{f_b}{F_b}\right)^2 + \left(\frac{f_s}{F_s}\right)^2 &= \\ \left(\frac{161.34}{1349.95}\right)^2 + \left(\frac{8.92}{843.72}\right)^2 &= 0.01 \quad \rightarrow \quad O.K \end{aligned}$$

► Deflection check

$$\begin{aligned} \delta_{\text{단순지지}} &= \frac{5 \times w \times L_n^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 5.175 \times 80^4}{384 \times 703066 \times 121.39} \\ &= 0.03cm < \delta_{allow} = 0.60cm \quad \rightarrow \quad O.K \\ L_{n \text{ allow}} &= 166.03cm \end{aligned}$$

가) 재료값에 의한 허용하중 검토

$$\begin{aligned} \text{알루미늄 허용휨강도}(f_b) &= 1476.51kg/cm^2 \\ \text{보팀버 단면계수}(Z) &= 16.70cm^3 \\ P_a &= \frac{2 \times f_b \times Z}{80} = \frac{2 \times 1476.51 \times 37.12}{80} = 1370.2kg \end{aligned}$$

나) 실험에 의한 허용휨모멘트 검토

$$\text{보팀버 허용하중}(P_a) = 12.98kN = 1298kg$$

다) 실험에 의한 사용성 검토

$$\begin{aligned} \text{보팀버 허용처짐} &= \text{Min}(6mm, 2200/270) = 6mm \\ \text{보팀버 } 6mm \text{ 처짐시 작용하중}(P_s) &= 3.51kN = 351kg \end{aligned}$$

- 보팀버를 보 타설용 가설재로 사용하기에 충분한 내력을 가지고 있음.
- 보팀버의 허용스팬을 결정하는 주요인자는 사용성을 결정하는 처짐이며, 보 두께 700mm에서 기준을 충족하는 허용스팬은 166cm 였으며 충분한 내력을 확보하고 있음.
- 보팀버의 내력검토에서 얻은 허용하중은 1370kg이며, 실험을 통해 얻은 허용하중은 1298kg로서 5.5%의 차이가 있어 가력을 고려하여 가정한 단면계수가 잘 일치하였음.

다. 보·팀버 휨 파괴 시험 (2차)

본 신청기술의 이송이 가능한 다단드롭 보·슬래브 시스템을 이루는 주요소인 Aliminum Side Beam(명예재)의 하중 저항성능을 파악하기 위하여 대우건설기술연구원 구조실험동(주식회사 페트라텍 실험진행)에서 Aliminum Side Beam(명예재)에 대한 실험을 수행하였다.(부록, 시험성적서 참조) 실험조건은 구조설계상의 최대지간과 유사한 1,650mm가 유지되도록 하였으며 Aliminum Side Beam(명예재) 시험체의 변형량은 하부에 설치된 3곳의 변위계로 측정하였으며, 측정위치는 시험체 하면의 중심과 중심에서 양쪽으로 300mm 위치에 설치하였다. 지간거리를 3등분하여 2점가력이 되도록 수직하중을 가력하였다. 실험체 설치상황은 <그림 3.6>와 같으며, Actuator를 이용하여 부재에 하중을 가력하였으며, 부재에 작용하는 LVDT에서 측정된 변위값을 기준으로 작성하였다.

실험결과 하중의 증가에 따라 보·팀버의 처짐이 발생하였으며, 최대하중발현 후 Aliminum Side Beam(명예재) 중앙부 부재의 파단에 의하여 최종 파괴되었다.



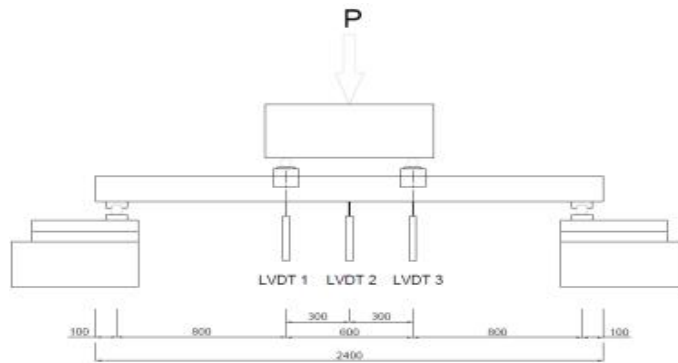
<그림 3.6> 보·팀버의 휨 파괴실험 전경

각 실험편에 대한 실험결과를 <표 3.7>에 나타내었다. 실험결과 평균은 최대 및 최소값을 뺀 나머지 값의 평균으로 파괴하중은 48.38kN이었다.

<표 3.7> 휨 실험에 의하여 발생한 휨 파괴하중 및 항복하중

(단위:kN)

시 험 항 목	시 험 결 과		비 고
	최대하중(kN)	최대하중시 변위(mm)	
Aliminum Side Beam(명예재) #1	46.91	91.61	
Aliminum Side Beam(명예재) #2	49.86	64.36	변위 67mm에서 면외방향으로 좌굴이 발생하여 시험종료
평균	48.38		



<그림 3.7> Aliminum Side Beam(멍에재) 설치도

<표 3.8> Material property

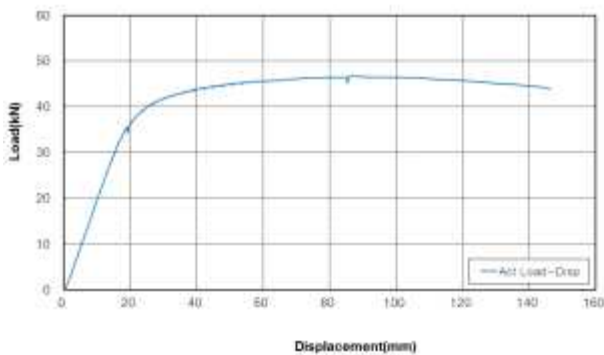
aluminum 6061-T6

THK : 0.010~4.0 in. unit:ksi

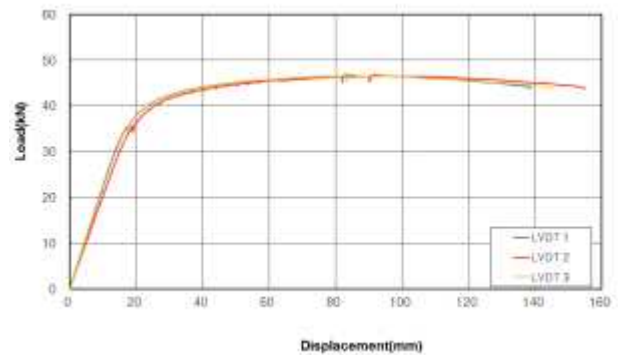
modulus of elasticity	tension		comp.	shear	
	Ftu	Fty	Fcy	Fsu	Fsy
10100	38	35	35	24	20

Section properties

$A(\text{cm}^2)$	$I_x(\text{cm}^4)$	$I_y(\text{cm}^4)$	$Z_{x,\text{top}}(\text{cm}^4)$	$Z_{x,\text{bot}}(\text{cm}^4)$	$i_x(\text{cm})$	$i_y(\text{cm})$	$E(\text{kg/cm}^2)$
19.18	285.32	38.74	54.55	49.45	3.86	1.42	7.03E+05

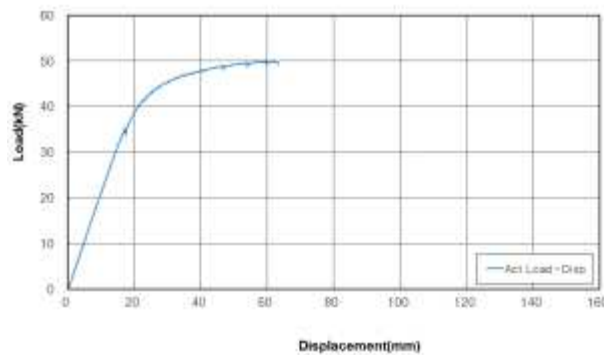


(a) 하중-변위 그래프(Actuator)

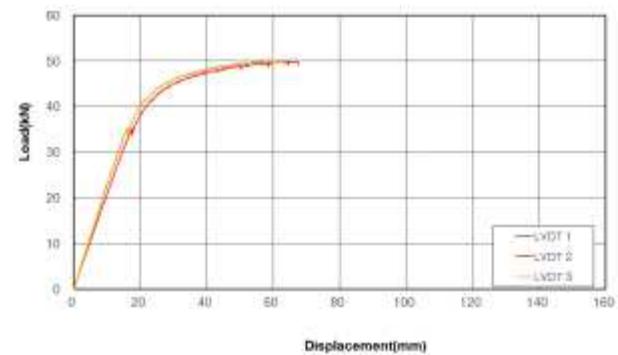


(b) 하중-변위 그래프(변위계)

<그림 3.8> Aliminum Side Beam(멍에재) #1 시험결과 그래프



(a) 하중-변위 그래프(Actuator)



(b) 하중-변위 그래프(변위계)

<그림 3.9> Aliminum Side Beam(멍에재) #2 시험결과 그래프

라. 브라켓 휨시험 (1차)

(1) 실험개요

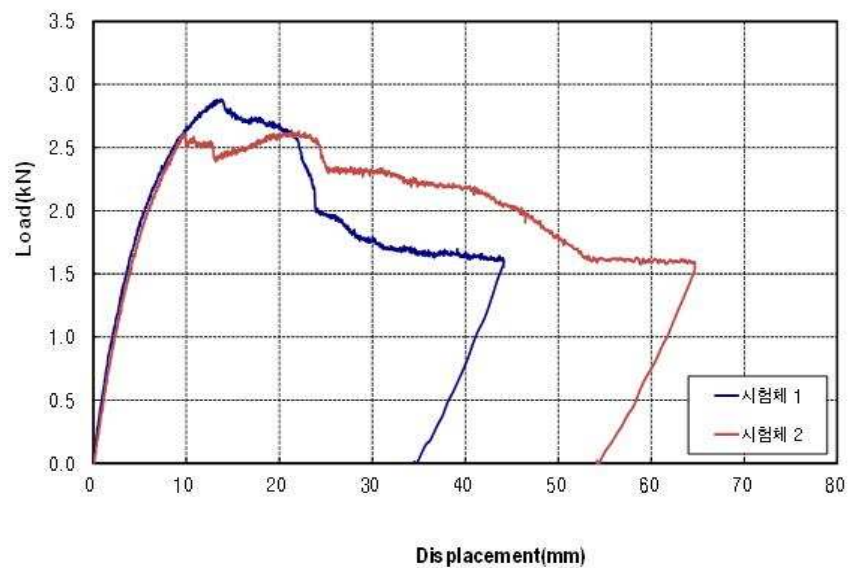
본 시험은 개발 대상 기술의 구성요소로 사용되는 알루미늄 브라켓의 최대 휨하중 저항성능을 평가하기 위하여 의뢰자가 제시한 시험방법에 따라 수행되었으며, KS F 8006 과 KS D 3530을 준용하였다. 하중 가력지점은 시험체 단부에서 100 mm 이격지점이며, 변위계는 시험체 단부에서 30 mm 이격지점에 설치하였다.



<그림 3.10> 브라켓 휨 실험 전경

(2) 실험 결과

구 분	시험체 1	시험체 2	평 균
최대하중 (kN)	2.8	2.6	2.7
최대하중시 변위(mm)	13.7	22.0	17.8



<그림 3.11> 시험체 단부 하중 변위 곡선

마. 브라켓 휨시험 (2차)

본 신청기술의 이송이 가능한 다단드롭 시스템을 이루는 주요소인 보 브라켓의 구조 저항성능을 파악하기 위하여 대우건설기술연구원 구조실험동(주식회사 페트라텍 실험진행)에서 보 브라켓에 대한 실험을 수행하였다.(부록, 시험성적서 참조) 보 브라켓 시험체의 변형량은 하부에 설치된 2곳의 변위계로 측정하였으며, 측정위치는 시험체 하면의 중심과 중심에서 양쪽으로 300mm 위치에 설치하였다. 실험체 설치상황은 <그림 3.12>와 같으며, Actuator를 이용하여 부재에 하중을 가력하였으며, 부재에 작용하는 LVDT에서 측정된 변위값을 기준으로 작성하였다.

실험결과 하중의 증가에 따라 보 브라켓의 변위가 발생하였으며, 최대하중발현 후 보 브라켓의 중앙부 부재의 파단에 의하여 최종 파괴되었다.



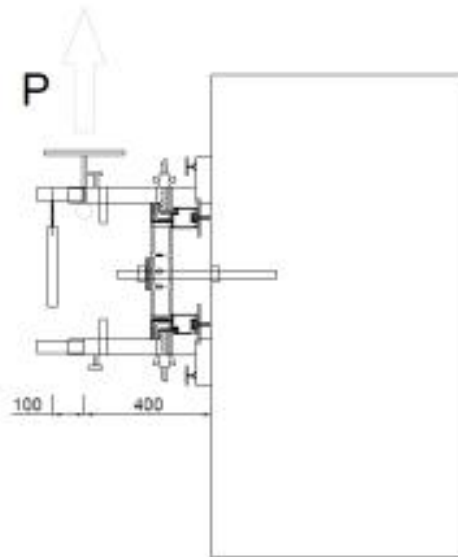
<그림 3.12> 보 브라켓의 파괴실험 전경

각 실험편에 대한 실험결과를 <표 3.9>에 나타내었다. 실험결과의 평균은 최대 및 최소값을 뺀 나머지 값의 평균으로 파괴하중은 4.14kN이었다.

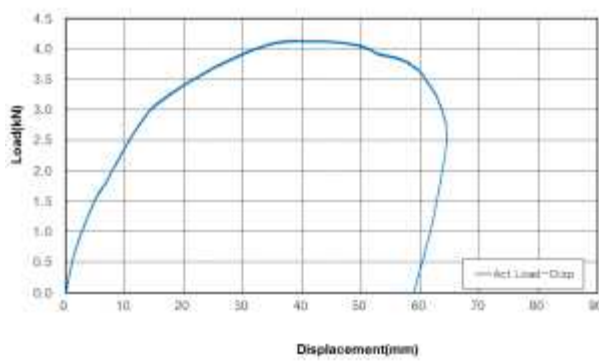
<표 3.9> 보 브라켓의 파괴하중 및 변위

(단위:kN)

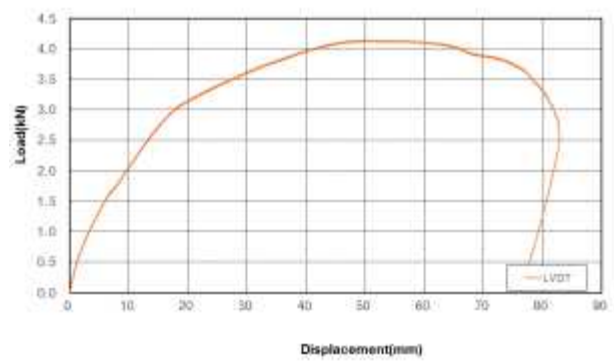
시 험 항 목	시 험 결 과		비 고
	최대하중(kN)	최대하중시 변위(mm)	
보 브라켓 #1	4.14	50.42	
보 브라켓 #2	4.14	47.42	
평균	4.14		



<그림 3.13> 브라켓 설치도

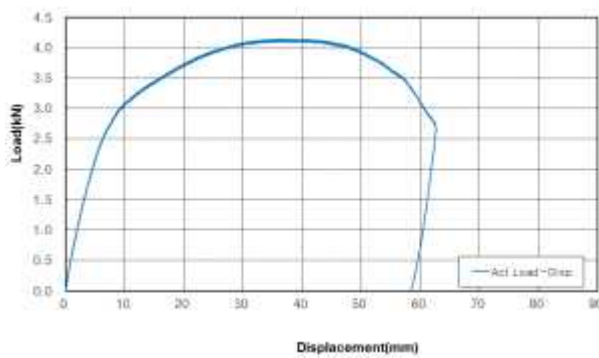


(a) 하중-변위 그래프(Actuator)

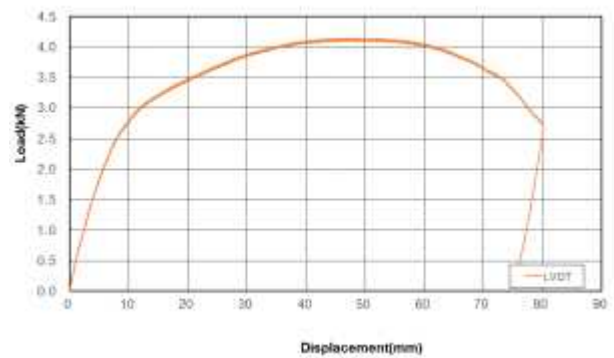


(b) 하중-변위 그래프(변위계)

<그림 3.14> 브라켓 #1 시험결과 그래프



(a) 하중-변위 그래프(Actuator)



(b) 하중-변위 그래프(변위계)

<그림 3.15> 브라켓 #2 시험결과 그래프

바. 동바리 압축하중 시험

가) 실험개요

본 시험은 개발 대상 기술의 구성요소로 사용되는 알루미늄 파이프 서포트를 실험길이 (3810mm)로 하여 시험기에 설치하고 받이판 및 바닥판의 중심을 시험기 상하 가압판의 중심에 일치시키고 평누름에 의한 압축하중 재하 실험을 실시하였다.



<그림 3.16> 동바리 압축하중 실험 전경

▶ 적용기준

알루미늄 기둥가설재 검토

- 알루미늄 : $f_y = 40000$ PSI (ASTM 6061-T6)

▶ 구조설계 기준 및 참고

- 적용규준 : The Specification for Aluminum Structures(The Aluminum Association), 가설재표준시방서(국토교통부 2006), Guide to Formwork for Concrete(ACI 347-04)

나) 설계 하중 계산

▶ 바닥 하중 계산

고정하중	두께(mm)	LOAD
슬래브	150	360
알폼	4	40
sub total		400 kg/m ²
작업하중		250 kg/m ²

▶ 설계 하중 계산

for safe load, $W_s = 400 + 250 = 650$ kg/m²

다) 기둥가설재 검토

aluminum 6061-T6

thk. : 0.010~4.0 in. unit:ksi

modulus of elasticity	tension		comp.	shear	
	Ftu	Fty	Fcy	Fsu	Fsy
10100	38	35	35	24	20

▶ 기둥 속대 제원

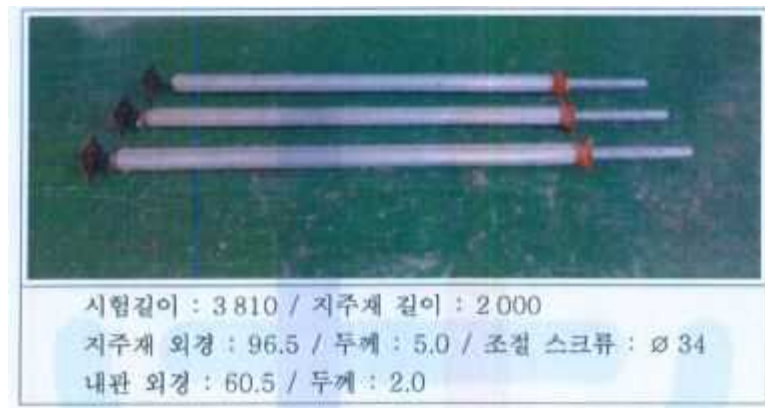
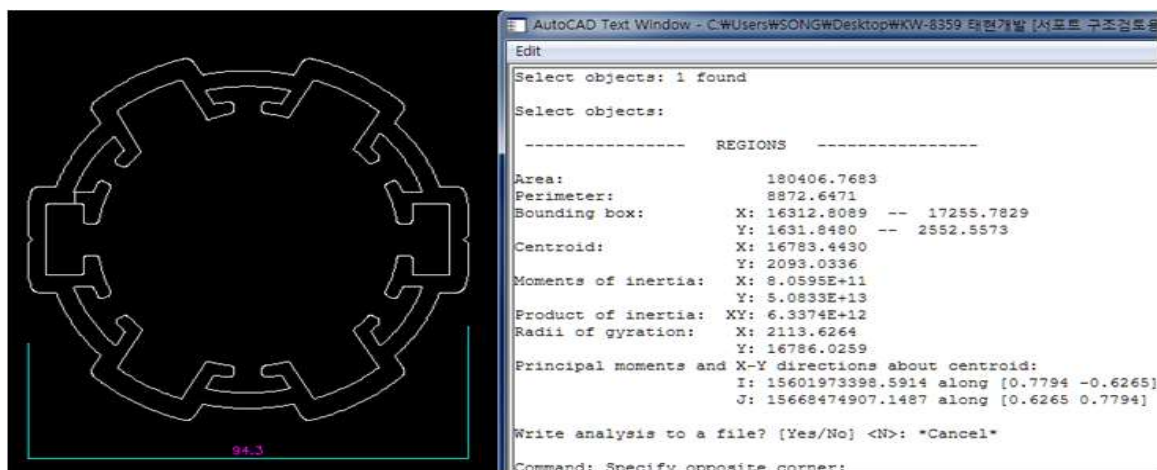
Section properties $\phi 60.5 \times 2.3T$

$A(\text{cm}^2)$	$I_x(\text{cm}^4)$	$Z_{x,\text{top}}(\text{cm}^3)$	$i_x(\text{cm})$	$E(\text{kg/cm}^2)$
4.20	17.80	5.89	2.06	7.03E+05

▶ 기둥 겉대 제원

Section properties

$A(\text{cm}^2)$	$I_x(\text{cm}^4)$	$I_y(\text{cm}^4)$	$Z_{x,\text{top}}(\text{cm}^4)$	$Z_{x,\text{bot}}(\text{cm}^4)$	$i_x(\text{cm})$	$i_y(\text{cm})$	$E(\text{kg/cm}^2)$
1804.06	1566848	1560197	339880	325072	29.47	29.41	7.03E+05



▶ 동바리 전체길이 = 3.81 m (조철 스크류 11cm)

겉대 단면적 $A1 = 1804.06\text{cm}^2$, 겉대의 축강성 $K1 = A1/L1 = 9.02$
길이 $L1 = 200.0\text{cm}$

속대 단면적 $A2 = 4.20\text{cm}^2$ 속대의 축강성 $K2 = A2/L2 = 0.025$
길이 $L2 = 170.0\text{cm}$

속대 단면이차모멘트 = 17.80cm^4 , 겉대와속대의 강성비 $K = (K1/K2) = 361$

속대에 비해 겉대의 강성이 훨씬 크므로 속대에 의해 내력이 결정 됨.

동바리 속대높이 $KL = 170.0\text{cm}$

속대의 단면이차반경 $r = 2.06\text{cm}$

$KL/r = 82.52$, $S1 = 9.5$, $S2 = 66 < KL/r$ 이므로

$$F_c = 51000 / (KL/r)^2 = 7.489\text{ kips} \\ = 51.63\text{ MPa}$$

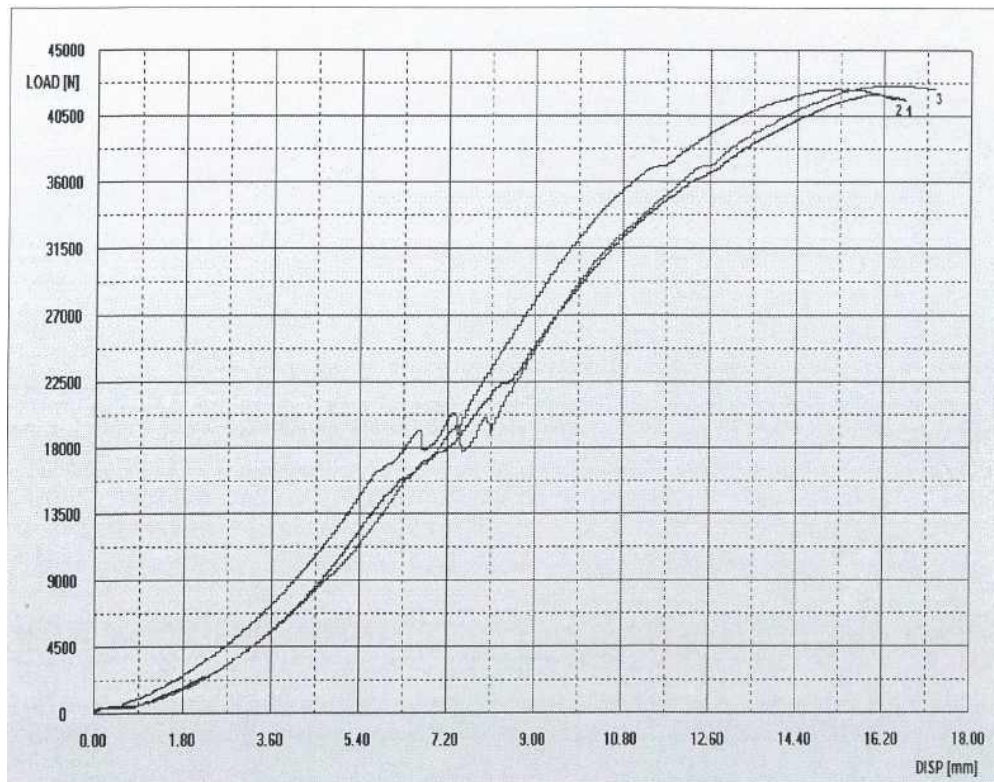
▶ 허용하중(F_a) = 21.68 kN ($F_c \times A$)

최대하중(F_{cr}) = $F_a \times \nu = 35.77\text{ kN}$ $\nu = 1.65$

▶ 작용하중(P) = 설계하중 $\times$ 동바리간격 = $14.04\text{ kN} < F_a$ O.K
(동바리 간격(A) = $1.20 \times 1.80 = 2.16\text{ m}^2$)

▶ 안전율(S.F= F_a/P) = 1.54

라) 검토결과



<그림 3.17> 동바리 압축하중 실험결과(L=3810mm)

* 동바리 최대 압축하중

(단위:kN)

시료번호	1	2	3	평균
3810mm	41.94	42.34	42.60	42.29

a) 동바리(3810mm) 실험결과 최대내력이 42.29 kN 이었음.

b) 내력검토 결과 최대내력이 35.77 kN 였으며, 실험결과 값의 18.22% 차이를 나타 내었음.

c) 슬래브 두께 150mm 에서 동바리는 $1.2\text{m} \times 1.8\text{m}$ 로 설치할 경우 구조적인 안전성을 확보하고 있음.

3. 현장 시험 평가

가. 해체소음 현장계측 실험(1차)

가) 실험개요

본 개발 대상기술은 소음저감 성능을 파악하기 위하여 설계 현장에서 테이블 폼 거푸집을 해체 하는 동안과 발생하는 소음을 측정하는 현장계측 실험을 실시하였다. 소음 계측 대상 시스템은 테이블형 다단 드롭 시스템이다. 대상 현장은 신반포자이 건설현장에서 시공 중인 공동주택 현장으로서 서울 서초구에 위치하고 있다.

나) 소음계측 결과

▶ 개발대상기술 테이블형 다단 드롭 시스템의 해체 상황은 <그림 3.18>에 나타내었다. 제안기술의 작업자들이 해체 시스템을 이용하여 하강 후 직접 데크 패널을 내리는 과정으로 작업이 수행되었으며 핀 제거를 위하여 망치 등으로 타격하는 경우와 작업자들이 거푸집 등을 정리하는 과정에서 던지는 등의 작업형태로 인하여 소음이 발생하는 것으로 나타났다.



(1) 핀제거



(2) 판넬낙하



(3) 판넬내림



(4) 해체-소음측정

<그림 3.18> 해체작업 상황

<표 3.10> 본 개발대상기술 테이블형 다단 드롭 시스템 해체시 발생한 소음도

(단위: dB(A))

항목	거푸집 시스템				평균
	핀 제거 작업		핀 낙하 작업		
	NO. 1	NO. 2	NO. 3	NO. 4	
소음도분포	84.0 ~ 86.6	84.4~91.4	78.8 ~ 83.7	74.0 ~ 84.0	80.3 ~ 86.4
최대소음도 (Lmax)	86.6	91.4	83.7	84.0	86.4

▶ 제안 기술인 개발대상기술 테이블형 다단 드롭 시스템은 소음분포도 평균이 80.3~86.4 dB로 나타났으며 최대 소음도(Lmax) 평균은 86.4dB로 계측 되었다.

다) 소음계측 결과 분석

▶ 두 시스템의 해체 과정 동안 발생한 소음의 시간이력은 <그림 3.19, 20>에 나타내었다. 계측은 마이크로폰으로부터 입력받은 데이터를 PDA analyzer에 저장된 것으로 두 시스템의 계측결과를 살펴보면 제안 시스템의 계측결과는 최대 음압(Pa기준)이 기존 채래식 시스템에 비하여 2~3배 정도 낮게 나타내었다.



<그림 3.19> 핀 제거작업시 소음측정 결과



<그림 3.20> 판넬 낙하 작업시 소음측정 결과

<표 3.11> 소음의 차이에 따른 사람의 반응

소음도 차(dB)	사람의 반응
1	인지가능
3	분명히 인지가능
6	상당한 차이가 느껴짐
10	두 배 차이가 남

▶ 계측된 자료의 음압레벨(SPL)에 대하여 1/3 옥타브 분석을 수행한 결과 제안 신기술 및 기존 알 폼 모두 등가소음(Leq) 및 최대소음도(Lmax)의 차이가 큰 것으로 나타났다. 이는 개발대상기술 시스템의 충격성 소음이 주 발생원인임을 의미한다.

▶ 계측된 개발대상기술 시스템 해체 소음 계측 자료의 음압레벨(SPL)에 대하여 1/3 옥타브 분석을 수행한 결과에서 보는 바와 같이 제안 기술의 경우는 315Hz 부근에서 비교적 탁월한 주파수 재역이 존재하는 것으로 평가되었다. 최대소음도(Lmax)의 경우는 3150Hz 부근의 대역에서도 일부 큰 소음이 존재하는 것으로 나타났다.

▶ 본 현장계측의 경우에 등가 소음도 측면에서는 3배 이상의 소음차이가 발생하는 것으로 판단할 수 있으며 최대 소음도 에서도 2배 이상의 소음의 차가 나타남을 확인하였다. 두 시스템이 발생시키는 주파수별 특성은 각각 <그림 3.21>에 나타내었다.

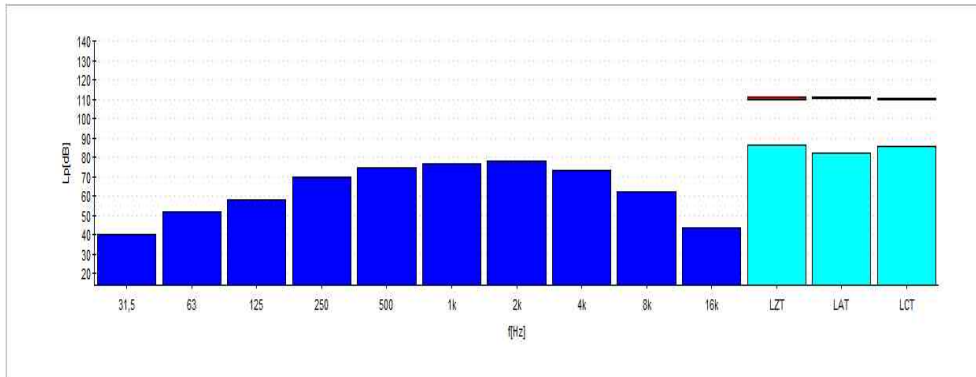
라) 민원 측 예상소음도 평가(소음의 거리감쇠식)

소음원으로부터 25m 떨어진 거리에서의 평균소음도는 개발대상 기술 시스템이 71.4dB로 평균 소음도가 나타났다.

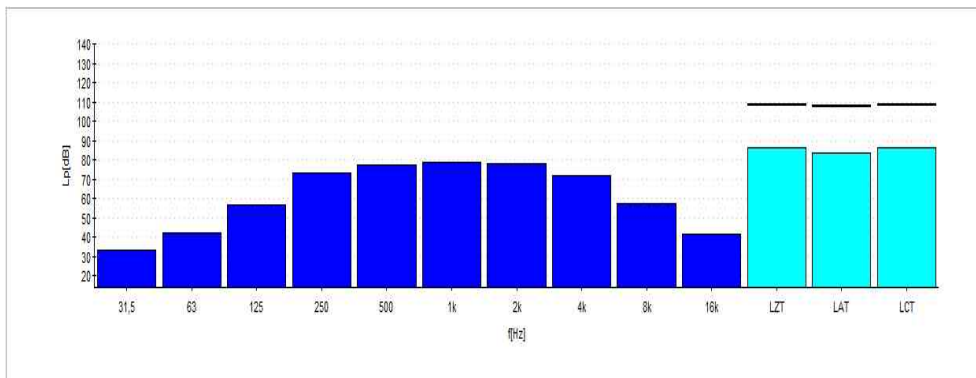
소음원으로부터 **25m 떨어진 거리**에서의
평균소음도는 **71.4dB(A)** 임.



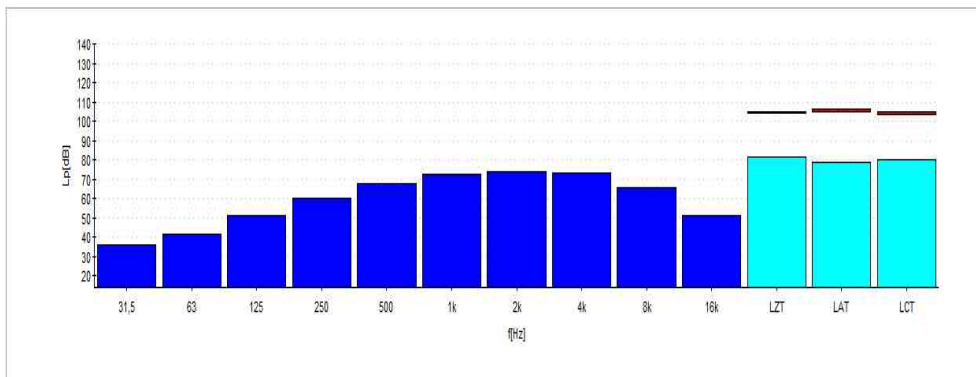
(1)개발대상 기술 시스템 :소음원의 25m 떨어진 거리에서의 평균 소음도는 **71.4dB(A)**.



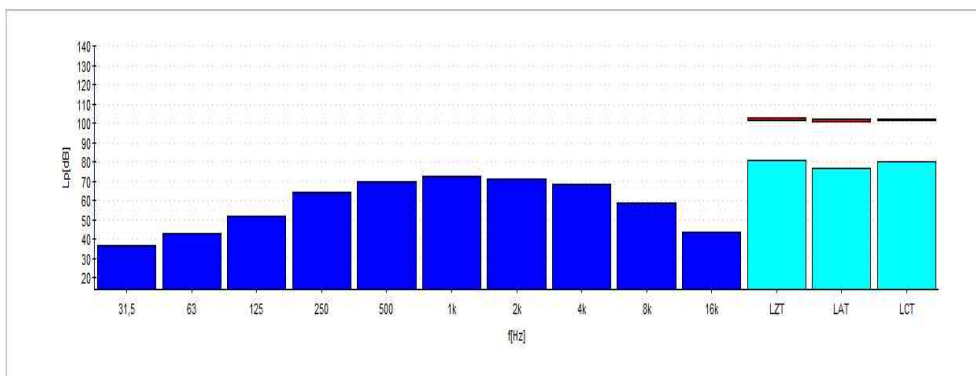
<1> 개발대상기술 시스템 해체과정 계측사례-1



<2> 개발대상기술 시스템 해체과정 계측사례-2



<3> 개발대상기술 시스템 해체과정 계측사례-3



<4> 개발대상기술 시스템 해체과정 계측사례-4

<그림 3.21> 개발대상기술 시스템 해체과정 1/3 옥타브 소음분석

▶ 50m 떨어진 지점에서의 소음도 :

$$SPL_1 - SPL_2 = 20\log\left(\frac{r_1}{r_2}\right)$$

음원로부터 r_1 (m) 떨어진 지점의 소음도 : SPL_1

음원로부터 r_2 ($r_2 > r_1$) 떨어진 지점의 소음도 : SPL_2

예) 50m 떨어진 지점에서의 소음도 계산 결과

$$SPL_1 - SPL_2 = 20\log\left(\frac{r_1}{r_2}\right)$$

$$71.4 - SPL_2 = 20\log\left(\frac{20}{50}\right)$$

$$SPL_2 = 71.4 + 20\log\left(\frac{20}{50}\right) = 63.4 \text{ dB(A)}$$

구분	이격거리 (m)					
	30	40	50	100	150	200
소음도 (dB(A))	67.9	65.4	63.4	57.4	53.9	51.4

나. 해체소음 현장계측 실험(2차)

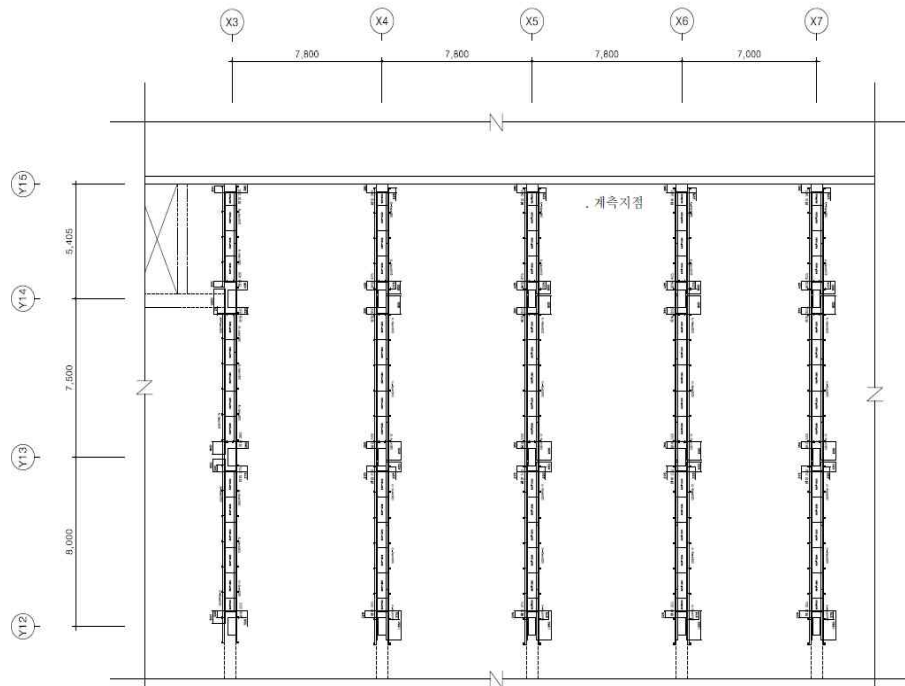
① 실험개요

본 신청기술은 소음저감 성능을 파악하기 위하여 설계 현장에서 보·슬래브 거푸집을 탈형하는 동안과 발생하는 소음을 측정하는 현장계측 실험을 실시하였다. 소음 계측 대상 시스템은 본 신청기술인 다단 드롭 시스템의 보·슬래브 거푸집공법과 기존 기술인 재래식 거푸집공법 시스템이다. 대상 현장은 대림산업에서 시공 중인 공동주택 현장으로서 하남지식센터현장을 대상으로 하였다.

대상 현장은 <그림 3.22>과 같은 형태의 평면을 가진 실내에서 소음을 계측하였으며 계측위치는 (●)로 표시된 위치이며 해체 작업은 빗금 친 구간에서 이루어졌다.

계측 개요 및 계측위치는 다음과 같다.

- 계측현장 : 하남미사 하남지식센터 대림산업 건설현장
- 계측부위 : 지상 2층 슬래브, 지상 4층 보 슬래브
- 계측기간 : 2017년 07월 06일



<그림 3.22> 계측현장 평 7면

② 소음계측 결과

▶ 기존 재래식거푸집시스템의 해체 및 본 신청기술 다단 드롭 시스템의 해체 상황은 <그림 3.23>에 나타내었다. 제안기술의 작업자들이 해체 시스템을 이용하여 하강 후 직접 데크 패널을 내리는 과정으로 작업이 수행되었으며 핀 제거를 위하여 망치 등으로 타격하는 경우와 작업자들이 거푸집 등을 정리하는 과정에서 던지는 등의 작업형태로 인하여 소음이 발생하는 것으로 나타났다. 기존 재래식 시스템의 경우는 본 신청기술 드롭형빔 시스템의 작업과정 에 나타난 소음원인 뿐만 아니라 데크 패널을 바닥에 자유낙하 시키는 형태로 이미 바닥에 떨어진 데크 패널과 충돌하여 발생하는 소음이 가장 크게 발생하였다.



기존 기술 측정 사진



본 신청기술 측정사진
<그림 3.23> 해체작업 상황

<표 3.12> 본 신청기술 다단 드롭 보 시스템 해체시 발생한 소음도
(단위:dB(A))

항목	본 신청기술 거푸집 시스템		평균
	핀 제거 작업	핀 낙하 작업	
소음도분포	78.6 ~ 90.5	72.7 ~ 86.0	75.6 ~ 88.3
최대소음도 (Lmax)	90.5	86.0	88.25

<표 3.13> 기존 재래식 거푸집 시스템 해체시 발생한 소음도
(단위:dB(A))

항목	기존 재래식 거푸집 시스템		평균
	핀 제거 작업	핀 낙하 작업	
소음도분포	84.9 ~ 103.2	88 ~ 114.4	86.2 ~ 108.8
최대소음도 (Lmax)	103.2	114.5	108.8

▶ 제안 기술인 본 신청기술 테이블형 다단 드롭 시스템은 소음분포도 평균이 75.6~88.3 dB로 나타났으며 최대 소음도(Lmax) 평균은 88.25dB로 예측 되었다. 기존 재래식 시스템 해체시 발생한 전체 소음분포도는 86.2~108.8dB 나타났으며 최대소음도(Lmax)는 108.8 dB로 나타났다.

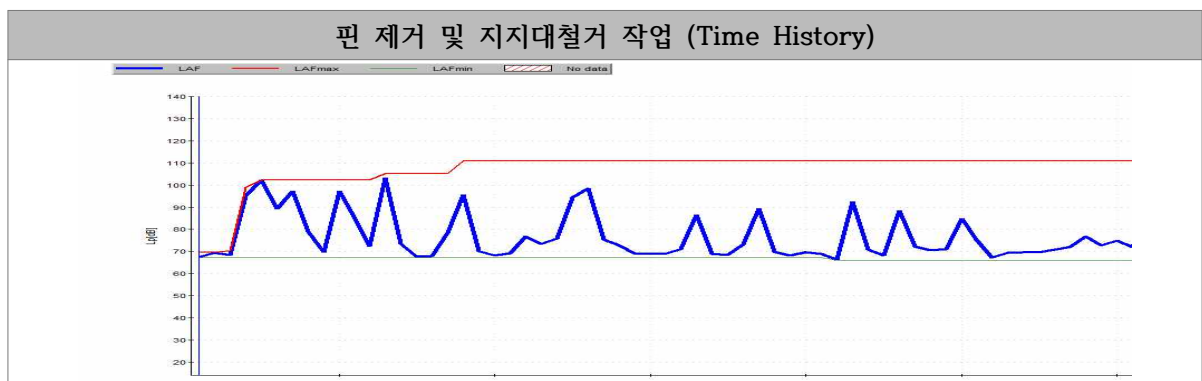
③ 소음계측 결과 분석

▶ 두 시스템의 해체 과정 동안 발생한 소음의 시간이력은 다음과 같이 항목별로 나타내었다. 계측은 마이크로폰으로부터 입력받은 데이터를 PDA analyzer에 저장된 것으로 두 시스템의 계측결과를 살펴보면 제안 시스템의 계측결과는 최대 음압(Pa기준)이 기존 재래식 시스템에 비하여 2~3배 정도 낮게 나타내었다.

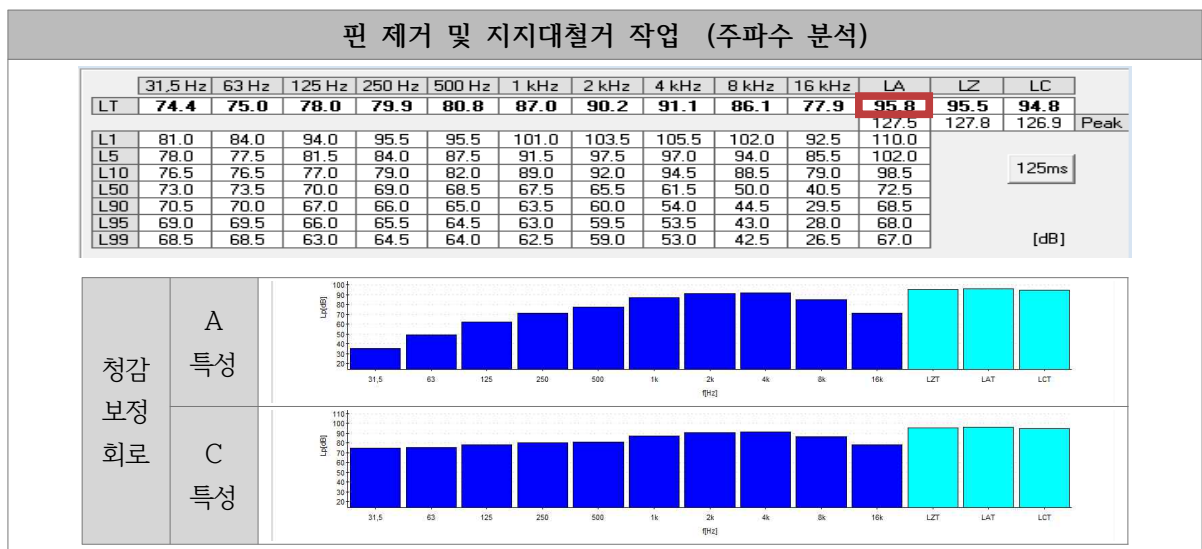
가. 기존 재래식 시스템

1. 핀 제거 작업

(1) Time History

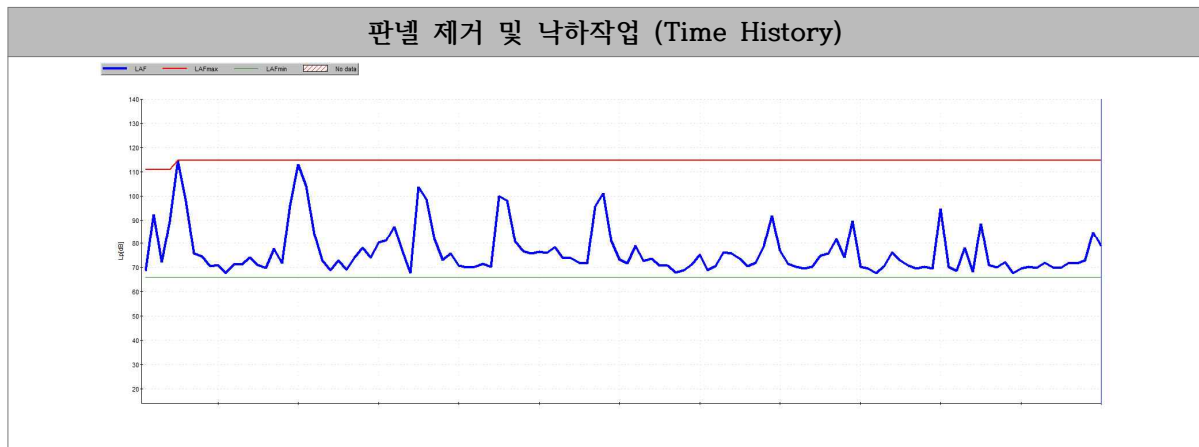


(2) 주파수 분석



2. 판넬 제거 및 낙하작업

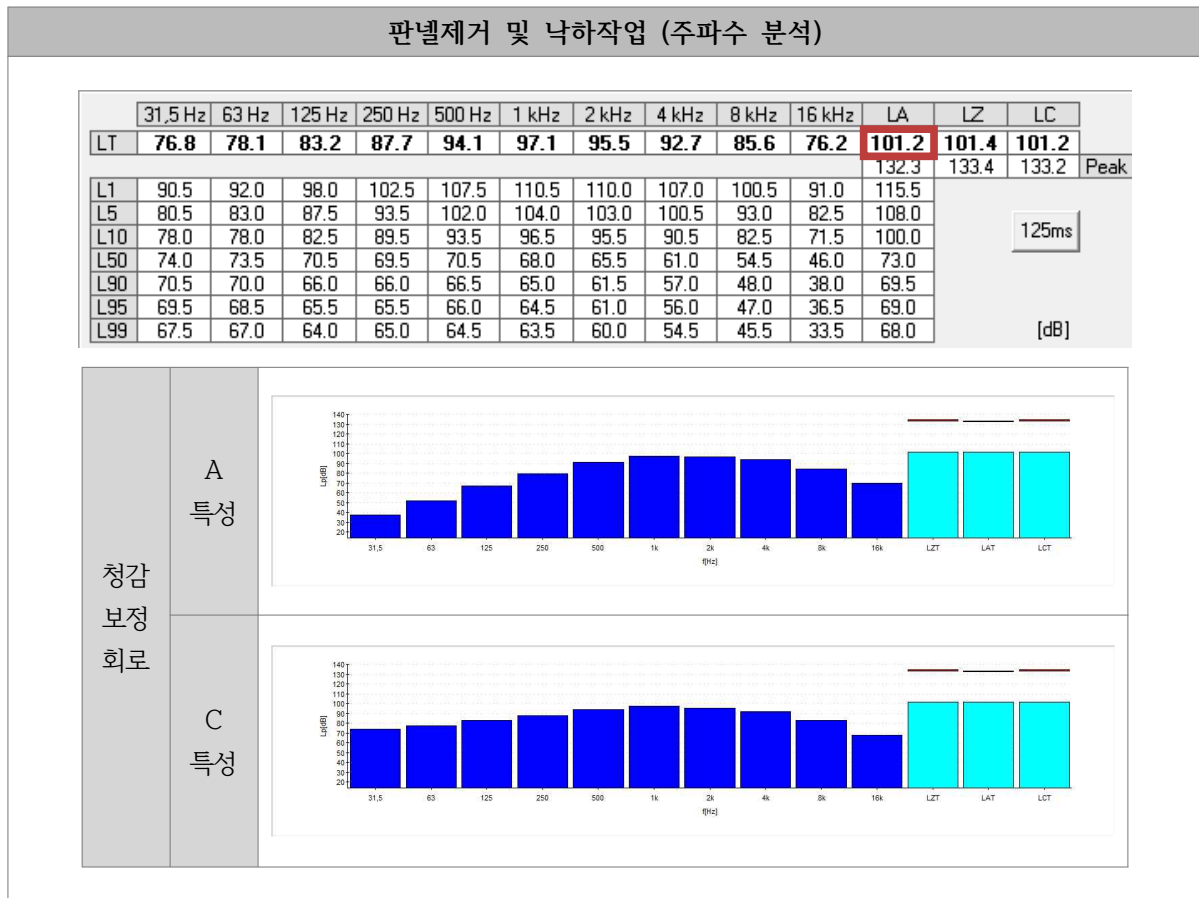
(1) Time History



(2)

주파수

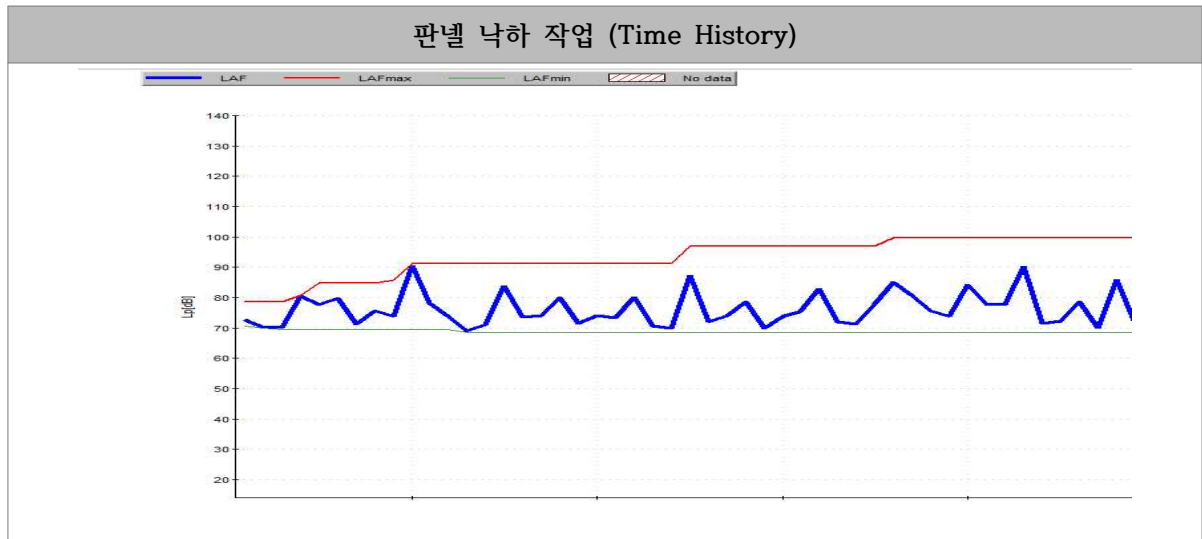
분석



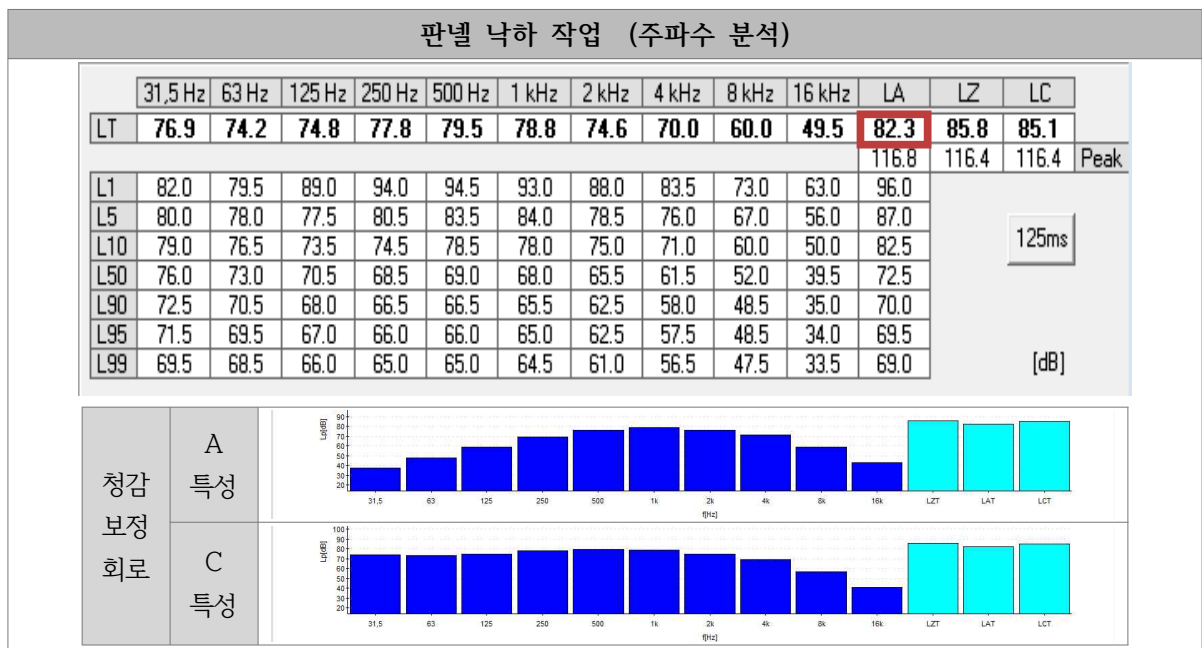
나. 다단드롭 보·슬래브 시스템 공법

1. 판넬 낙하 작업

(1) Time History

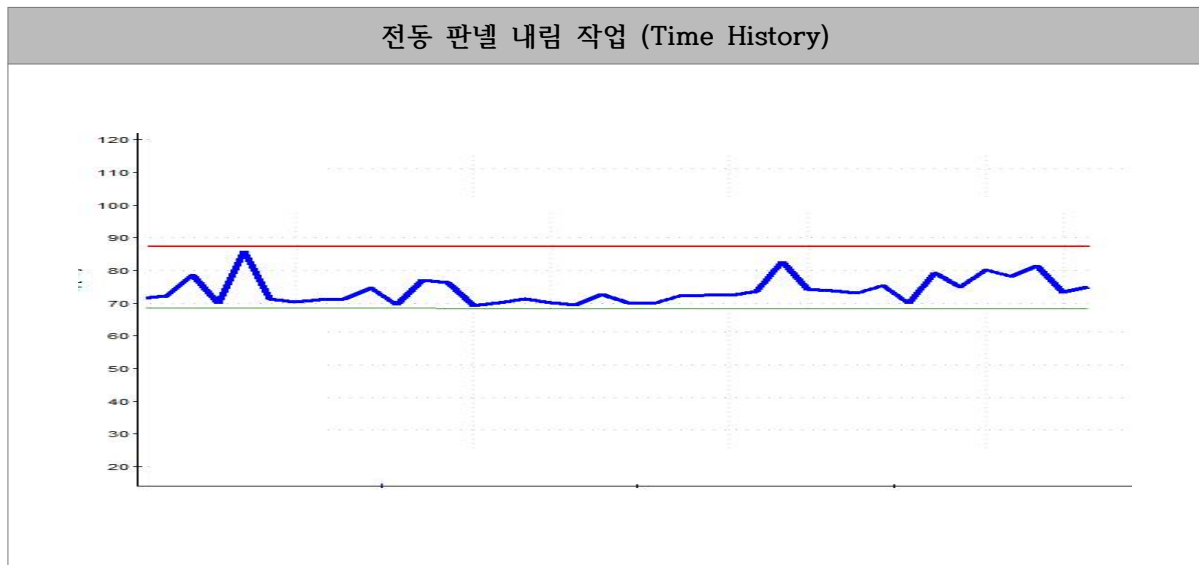


(2) 주파수 분석

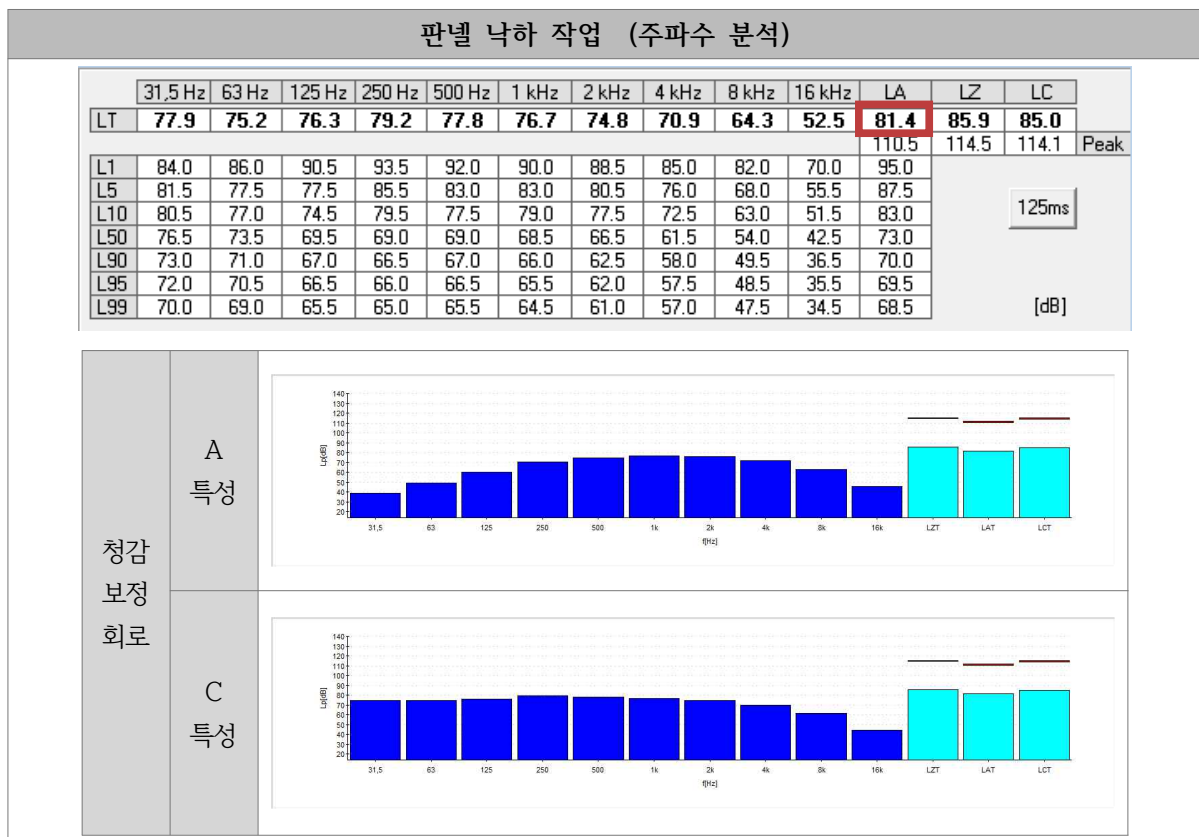


2. 전동 판넬 내림 작업

(1) Time History

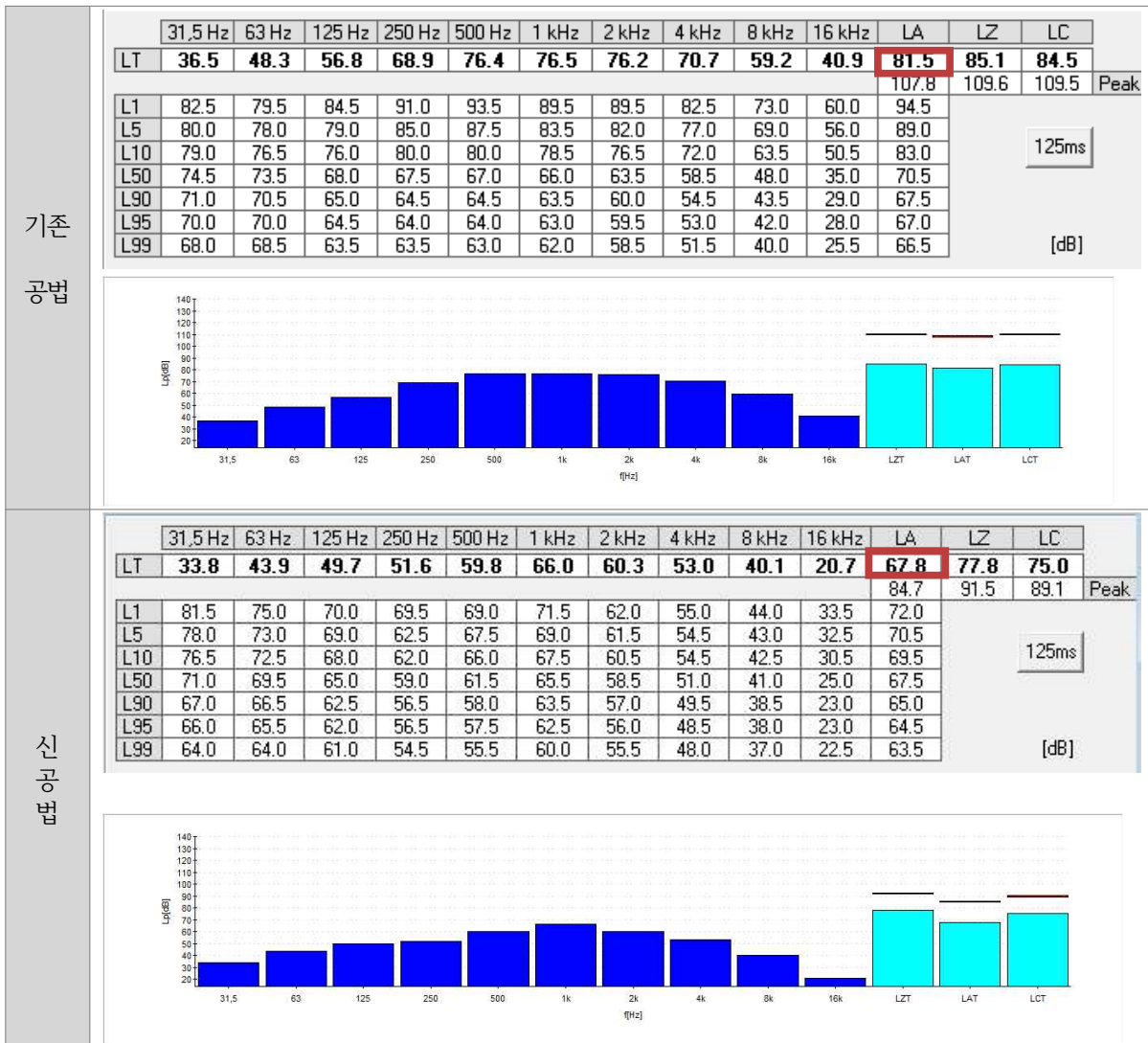


(2) 주파수 분석

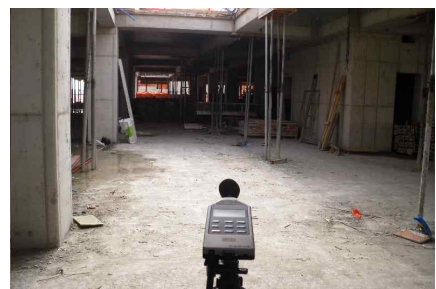


다. 민원측 예상 소음도 평가

기존공법 및 신공법의 거리별 측정은 같은 층 동일한 이격거리에서 측정함.



소음원으로부터 5m 떨어진 거리에서의 기존공법은 81.5dB(A), 신공법의 경우 67.8dB(A)임.



$$SPL_1 - SPL_2 = 20\log\left(\frac{r_1}{r_2}\right)$$

음원으로부터 r_1 (m) 떨어진지점의 소음도 : SPL_1

음원으로부터 r_2 ($r_2 > r_1$) 떨어진지점의 소음도 : SPL_2

예) 10m 떨어진 지점에서의 소음도 계산 결과

$$SPL_1 - SPL_2 = 20\log\left(\frac{r_1}{r_2}\right)$$

$$65.2 - SPL_2 = 20\log\left(\frac{5}{10}\right)$$

$$SPL_2 = 65.2 + 20\log\left(\frac{5}{10}\right) = 59.2 \text{ dB(A)}$$

구분	이격거리 (m), 소음도(dB(A))					
	5	10	15	20	25	30
기존공법	81.5	75.5	72.0	69.5	67.5	65.9
신 공 법	67.8	61.8	58.3	55.8	53.8	52.2

생활소음규제기준중 공사장 소음기준(주간, 주거지역)인 65dB(A)이하를 만족하는 범위를 산정한 결과, 기존 공법의 경우 약 32m이격 되어야 하며, 테이블형 다단드롭 시스템의 경우 민원인측으로부터 약 7m 이격되어야 함.

다. 타설 중 슬래브 처짐 시험 (1차)

가) 실험개요

테이블 폼 보와 슬래브 거푸집의 타설 중 콘크리트의 타설하중 및 작업하중에 대한 검증 실험을 하기 위하여 다음 <그림 3.24>과 같이 슬래브 거푸집 하단 멍에 부분에 LVDT(변위계)를 설치하여 타설 중에 슬래브와 Mock-up TEST의 처짐에 대하여 실험을 실시하였다. 측정 대상은 본 공법이 적용된 신반포자이 건설현장 및 경기도 화성시 팔탄면에 위치한 (주)페트라텍의 대형실험동에 위치한 Mock-up TEST 현장을 대상으로 하였으며, 측정 위치는 스패น이 가장 긴 부분을 선택하여 동바리로 지지한 멍에(빔)에 LVDT(변위계) 두어 2곳 이상 측정하여 평균값으로 타설 하중 및 작업하중에 대한 테이블 폼 보와 슬래브 거푸집의 타설 중 처짐 저항성을 평가하였다.



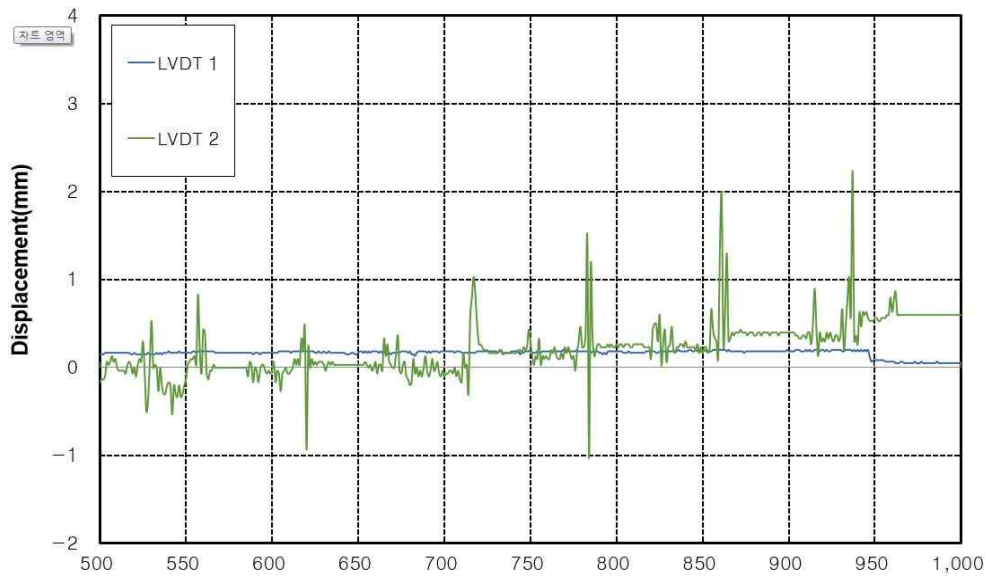
<그림 3.24> 타설 중 처짐 실험

나) 실험결과 및 분석

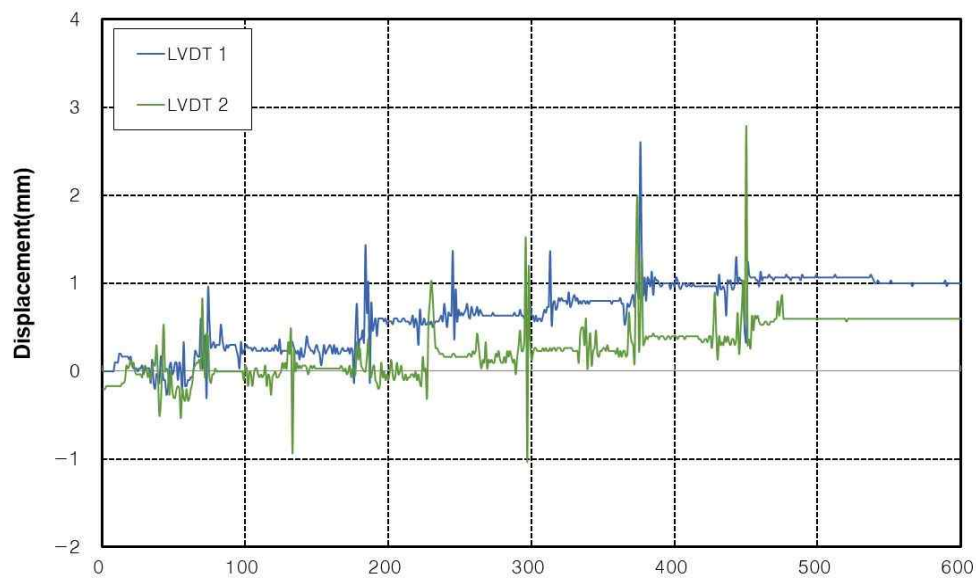
테이블 폼 보와 슬래브 거푸집 공법에 대하여 콘크리트 타설 중 타설 하중 및 작업하중에 대한 처짐 저항성 평가를 실시한 결과 다음 <그림 3.25>과 같은 결론을 얻었다.

<그림 3.25>에서 알 수 있듯이 테이블 폼 보와 슬래브 거푸집의 모두 건축공사 표준시방서의 거푸집 공사에서 타설 중 처짐 작게 나타났고, 테이블 폼의 신반포건설 현장의 타설 중 처짐은 약 2.0~2.7mm로 나타났으며, Mock-up TEST 처짐 측정은 약 0.2mm~1.2mm로 나타나 테이블 폼 보와 슬래브 공법이 처짐에 대한 저항성이 큰 것을 알 수 있었

다. 이것은 슬래브 거푸집에 대한 평가인 천정 평활도에 결과와 유사한 실험결과로 테이블 폼 보와 슬래브 공법이 처짐 저항성에 있어서 우수하다고 판단된다.



(a) 본 공법의 처짐 평가



(b) 타설 중 처짐 실험- 신반포자이 건설현장 처짐 측정 결과

<그림 3.25> 타설 중 타설하중 및 작업하중에 따른 처짐결과

라. 타설 중 슬래브 처짐 시험 (2차)

1. 시험장소 :

a) Mock-up TEST처짐[테이블폼]:경기도 화성시 팔탄면 시청로 677번길 1

(주)페트라텍 대형실험동에서 측정

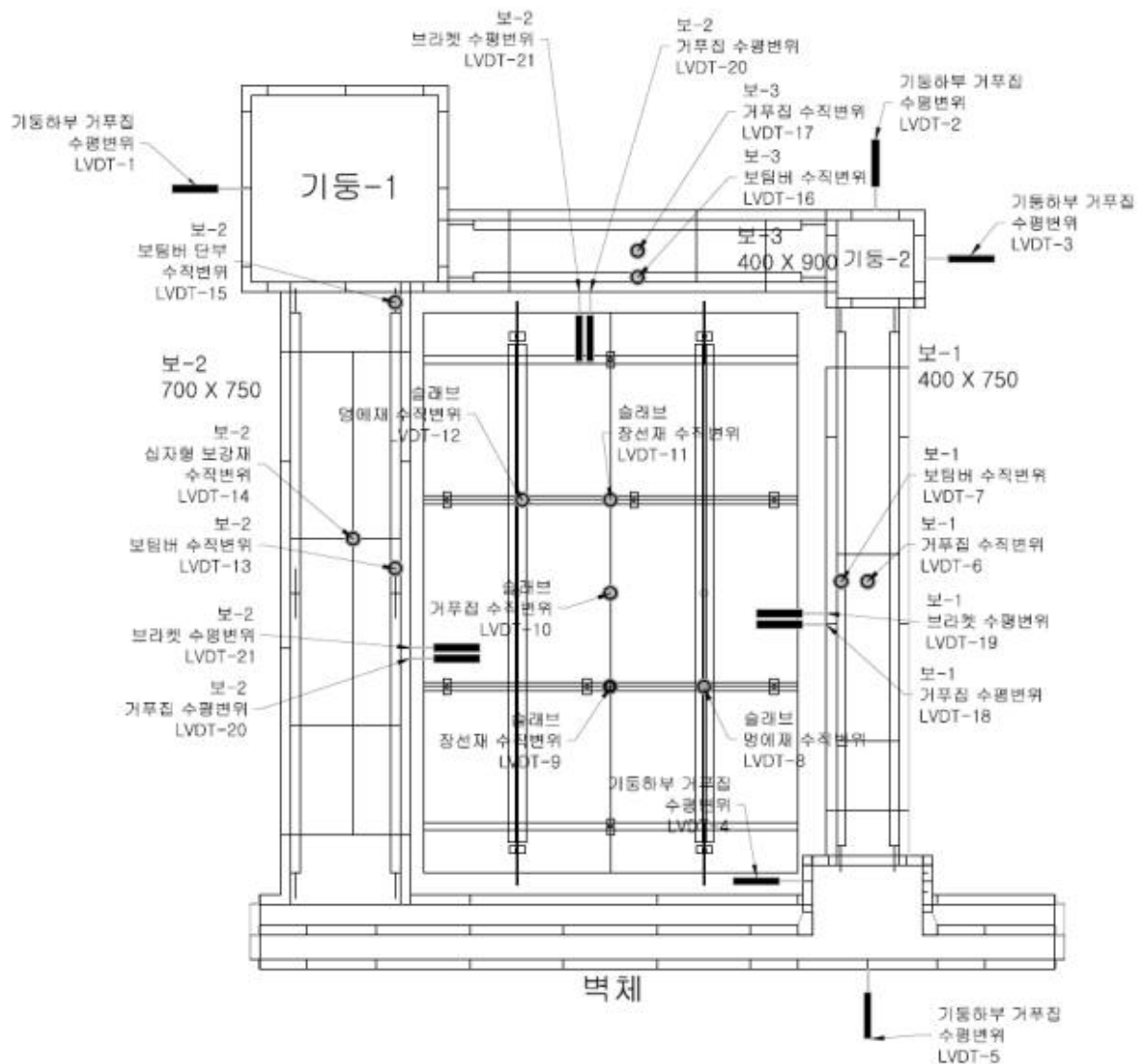
2. 시험개요

- 본 시험은 개발된 테이블폼의 처짐 성능을 평가하기 위하여 수행한다.

3. 시험방법

- 본 시험의 의뢰자가 제시한 시험방법에 따라 수행되었으며, 설치된 테이블 폼에 변위계 50mm를 중앙부 및 단부 부에 설치한 후 TDS-303 데이터로거를 사용하여 처짐을 측정하였다.

2. 계측기 설치도





[그림. 13] LVDT-1 설치현황



[그림. 14] LVDT-2~3 설치현황



[그림. 15] LVDT-4 설치현황



[그림. 16] LVDT-5 설치현황



[그림. 17] LVDT-6~7 설치현황



[그림. 18] LVDT-13~14 설치현황

<그림 3.26> 타설 중 타설하중 및 작업하중에 따른 처짐 실험 현황



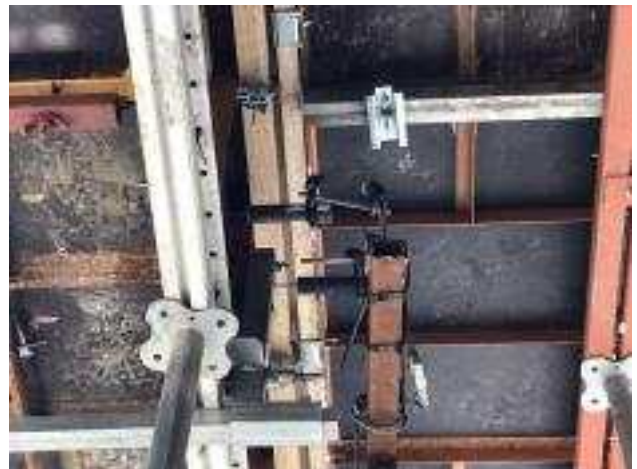
[그림. 19] LVDT-16~17 설치현황



[그림. 20] LVDT-8~12 설치현황



[그림. 21] LVDT-15 설치현황



[그림. 22] LVDT-18~19 설치현황



[그림. 23] LVDT-20~21 설치현황



[그림. 24] LVDT-22~23 설치현황

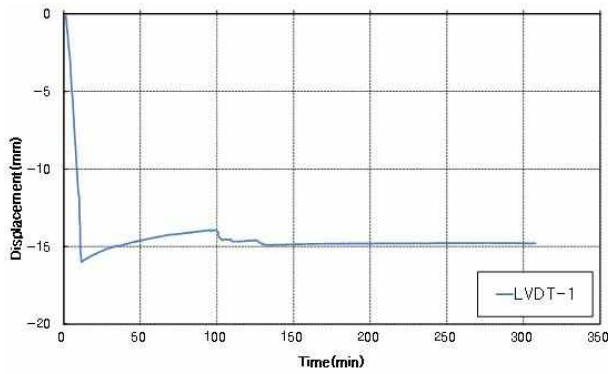
<그림 3.26> 타설 중 타설하중 및 작업하중에 따른 처짐 실험 현황



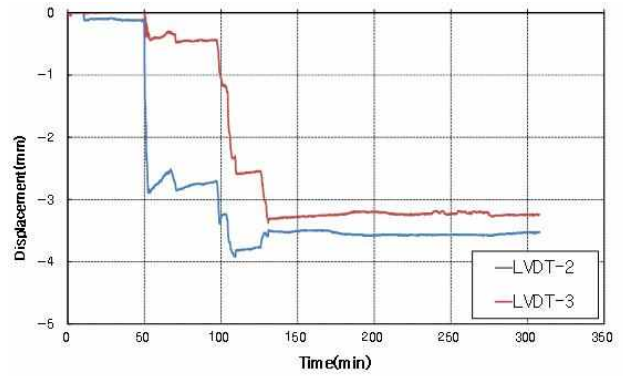
TEST RESULT

시 험 항 목		시 험 결 과	비 고
		최대변위(mm)	
기둥-1 수평변위	LVDT-1	16.00	거푸집 하부에서 950 mm 상부 측정
기둥-2 수평변위 #1	LVDT-2	3.92	거푸집 하부에서 950 mm 상부 측정
기둥-2 수평변위 #2	LVDT-3	3.37	거푸집 하부에서 950 mm 상부 측정
벽체 수평변위 #1	LVDT-4	3.21	거푸집 하부에서 950 mm 상부 측정
벽체 수평변위 #2	LVDT-5	13.06	거푸집 하부에서 950 mm 상부 측정
보-1 거푸집 수직변위	LVDT-6	2.21	
보-1 보 팀버 수직변위	LVDT-7	0.50	
슬래브 멍에 수직변위 #1	LVDT-8	5.82	

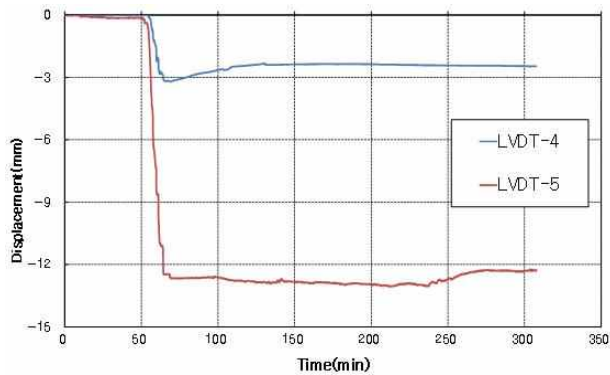
시 험 항 목		시 험 결 과	비 고
		최대변위(mm)	
슬래브 멍에 수직변위 #2	LVDT-12	7.01	
슬래브 장선 수직변위 #1	LVDT-9	7.30	
슬래브 장선 수직변위 #2	LVDT-11	8.88	
슬래브 거푸집 수직변위	LVDT-10	8.66	
보-2 보 팀버 수직변위	LVDT-13	0.78	
보-2 십자형보강재 수직변위	LVDT-14	4.97	
보-2 보 팀버 단부 수직변위	LVDT-15	5.12	
보-3 보 팀버 수직변위	LVDT-16	0.93	
보-3 거푸집 수직변위	LVDT-17	3.42	
보-1 거푸집 수평변위	LVDT-18	6.28	
보-1 브라켓 수평변위	LVDT-19	3.70	변위계 이탈로 인한 측정 불가
보-2 거푸집 수평변위	LVDT-20	0.39	변위계 이탈로 인한 측정 불가
보-2 브라켓 수평변위	LVDT-21	8.60	
보-3 거푸집 수평변위	LVDT-22	2.53	
보-3 브라켓 수평변위	LVDT-23	6.23	



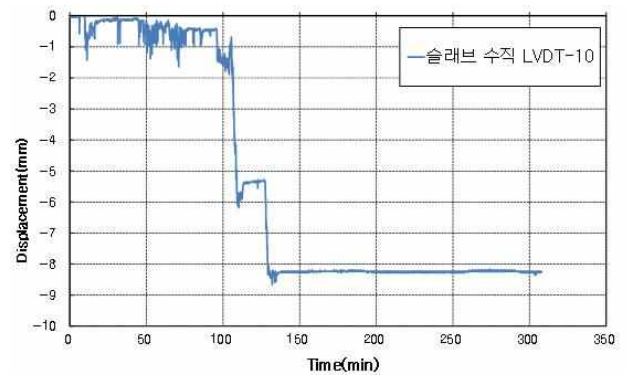
[그림. 1] 기둥-1 수평변위 결과 그래프



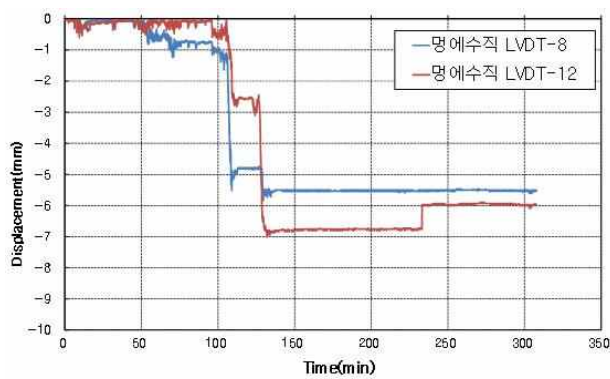
[그림. 2] 기둥-2 수평변위 결과 그래프



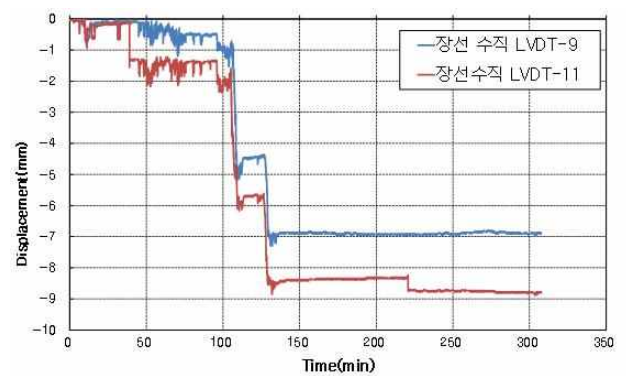
[그림. 3] 벽체 수평변위 결과 그래프



[그림. 4] 슬래브 거푸집 수직변위 결과 그래프

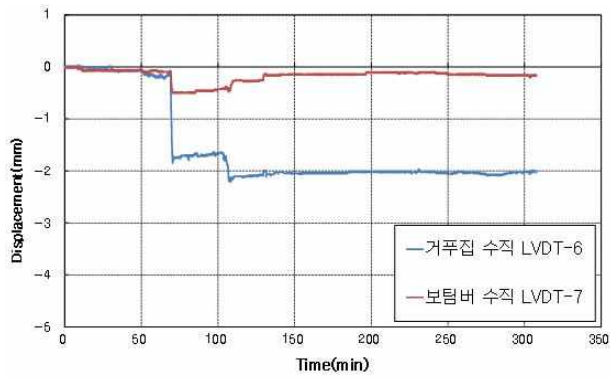


[그림. 5] 멩에 수직변위 결과 그래프

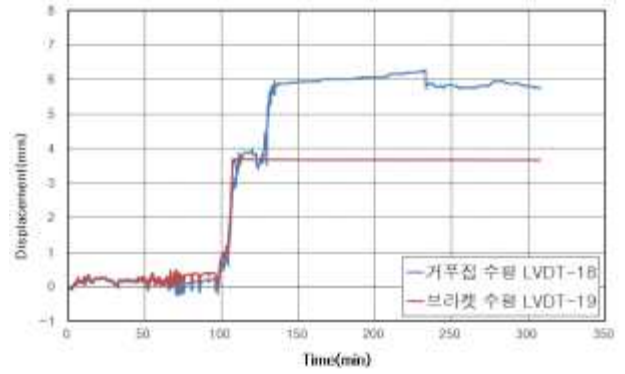


[그림. 6] 장선 수직변위 결과 그래프

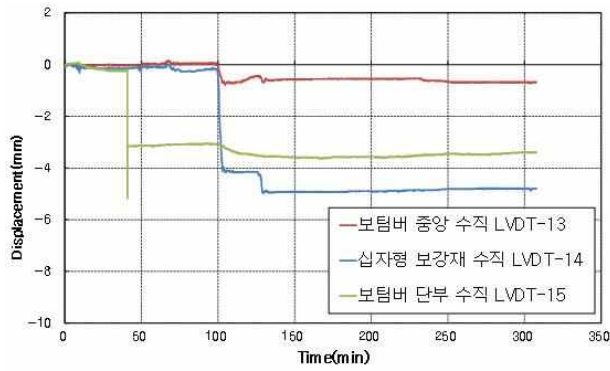
<그림 3.27> 변위 결과 그래프



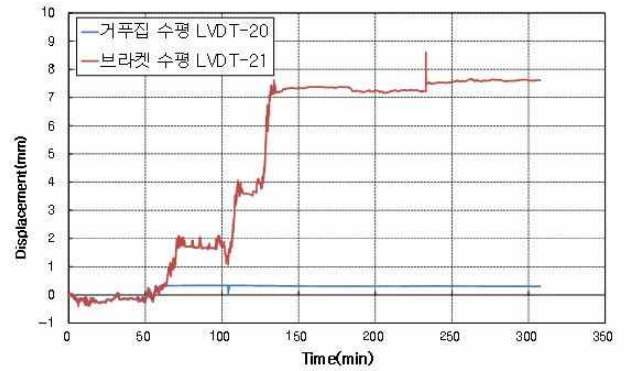
[그림. 7] 보-1 수직변위 결과그래프



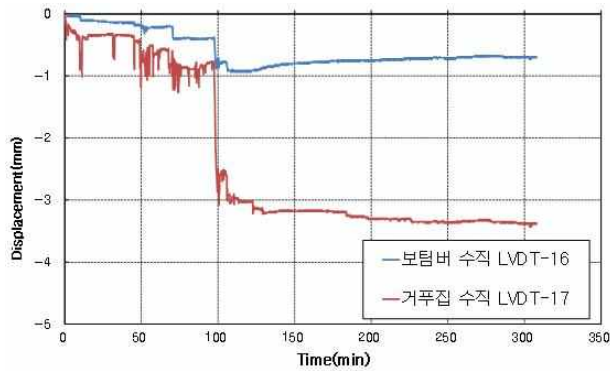
[그림. 8] 보-1 수평변위 결과그래프



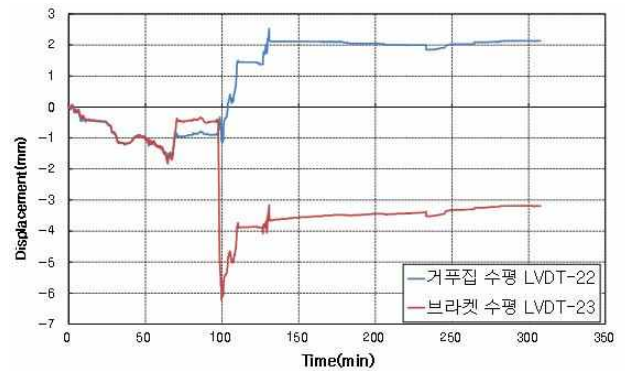
[그림. 9] 보-2 수직변위 결과그래프



[그림. 10] 보-2 수평변위 결과그래프



[그림. 11] 보-3 수직변위 결과그래프



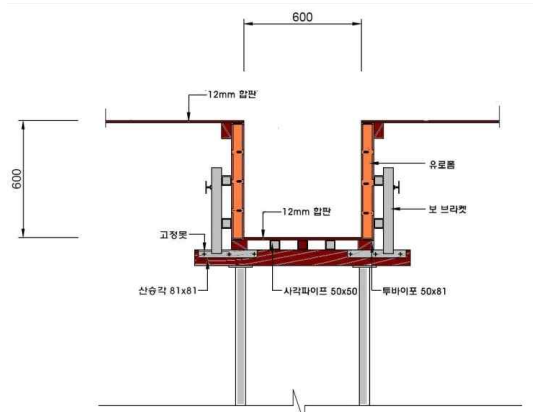
[그림. 12] 보-3 수평변위 결과그래프

<그림 3.27> 변위 결과 그래프

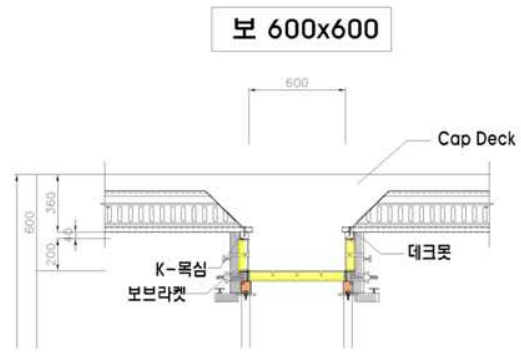
마. 천정 평활도 계측 실험

가) 실험개요

▶ 개발 대상 기술인 테이블 폼의 보 및 슬래브의 시공품질을 파악하기 위하여 현장에서 거푸집을 해체 후 천정면 평활도를 계측하였다. 기존 재래식 시스템 공법과 본 기술의 품질차이는 패널을 지지하는 Aliminum Side Beam(명에재)의 구성차이에 의하여 발생한다.



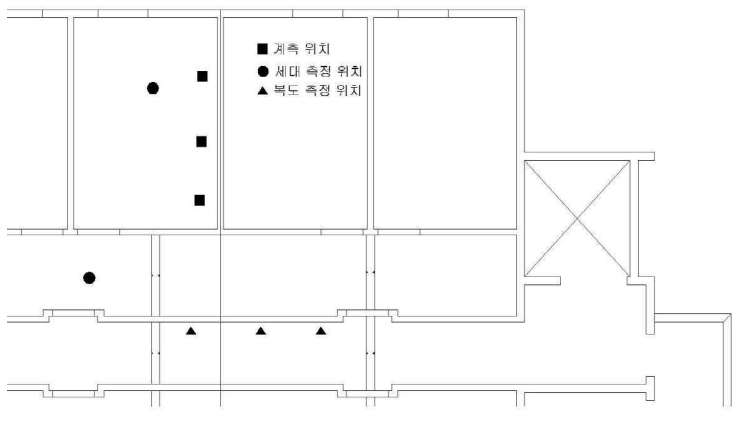
(a) 기존 재래식 시스템의 상세도



(b) 본 신청기술의 상세도

<그림 3.28> 패널 지지 방식

▶ 계측부위 : 지상3층 슬래브



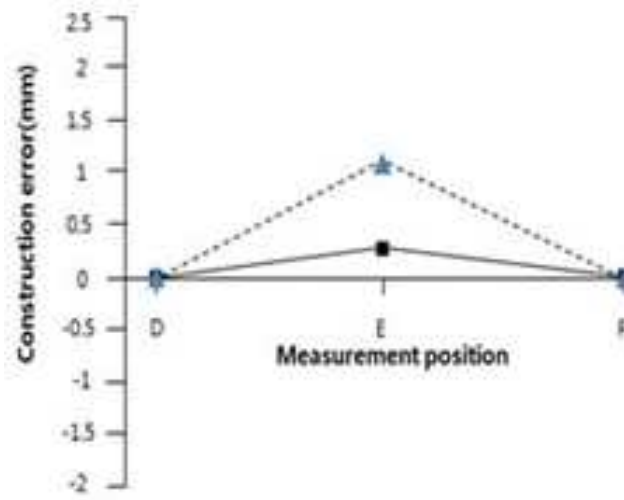
<그림 3.29> 계측현장



<그림 3.30> 천정평활도
레벨측정

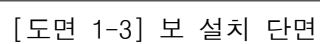
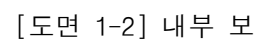
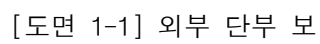
나) 계측결과

▶ 침실구간 부위를 측정하였으며 측정부위에 대해서는 총 6개 위치를 측정하였으며 이를 통하여 개발 대상 기술인 테이블 폼의 슬래브 평활도를 비교하였다. 레벨 측정 결과 테이블 폼의 경우 평활도는 약 1.0mm로 나타나 슬래브의 시공오차는 없는 것으로 나타났다.

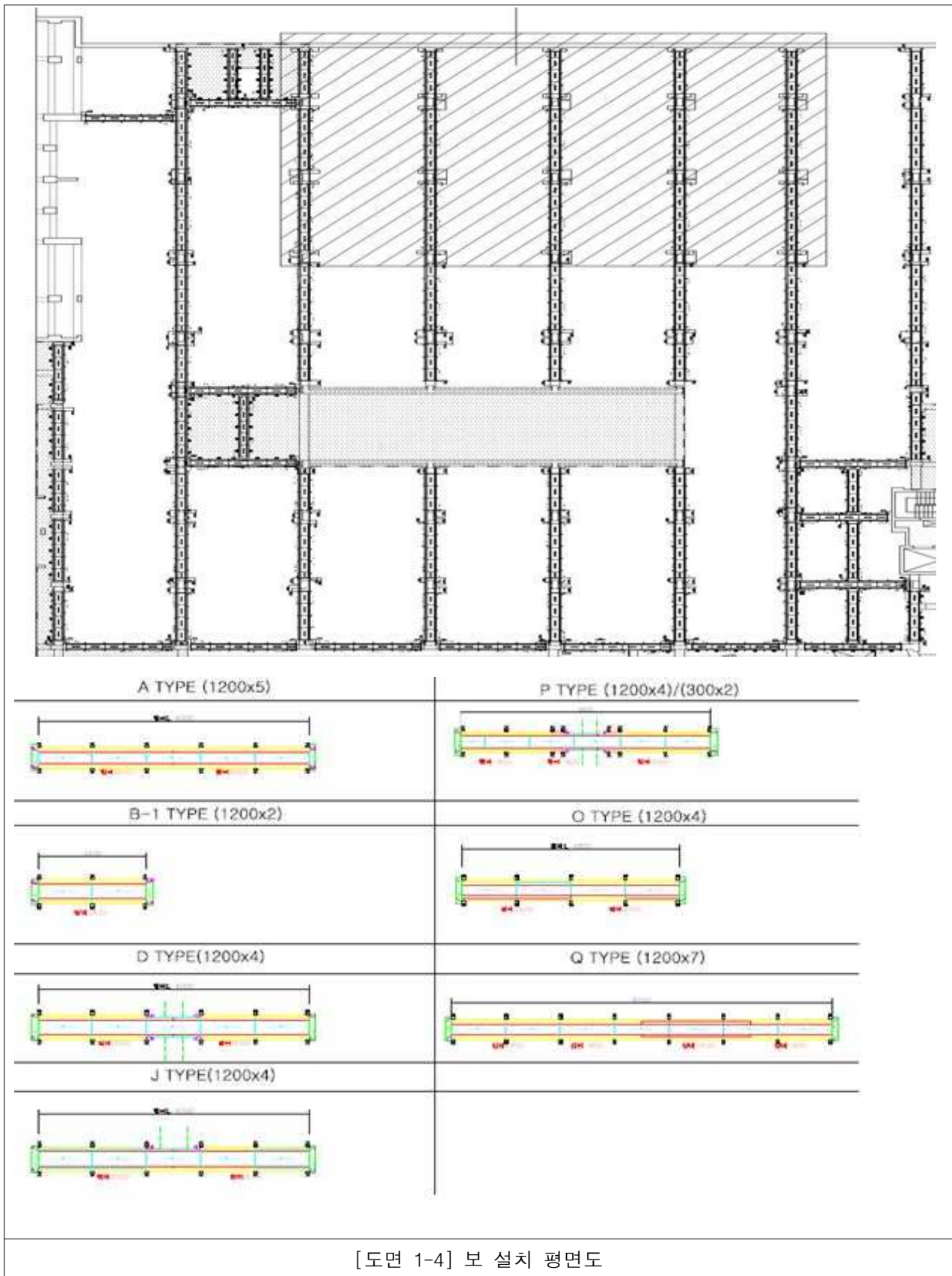


* 천정평활도(침실구간)

(1) 테이블 보 거꾸집 시스템
(가) 테이블 보 거꾸집 시스템의 도해



(나) 테이블 보 거푸집 시스템의 설치 배치 평면도



(다) 테이블 보 거푸집 시스템의 현장의 시공 사진 및 시공순서도 - 1



[시공순서 사진 1-1]
보 바닥(슬래브)와 팀버연결 연결



[시공순서 사진 1-2]
보 옆판(측면)과 팀버연결 설치



[시공순서 사진 1-3]
보 브라켓 설치



[시공순서 사진 1-4]
보 G보, B보 바닥(슬래브) 마감

(라) 테이블 보 거푸집 시스템의 현장 시공 사진 - 2



[시공순서 사진 1-5]
테이블 보 제작 완료



[시공순서 사진 1-6]
테이블 보 설치



[시공순서 사진 1-7]
테이블 보 설치 완료



[시공순서 사진 1-8]
테이블 보 설치 완료 후 전경



[시공순서 사진 1-9]
테이블 보 타설, 해체 후 모습

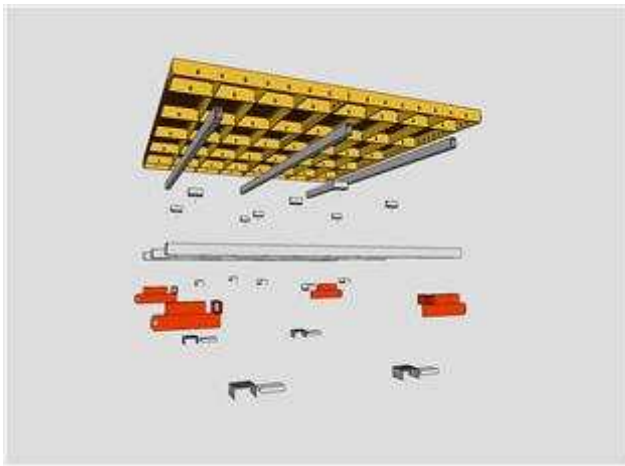
(마) 테이블 보 거푸집 시스템의 현장 시공 사진 - 3



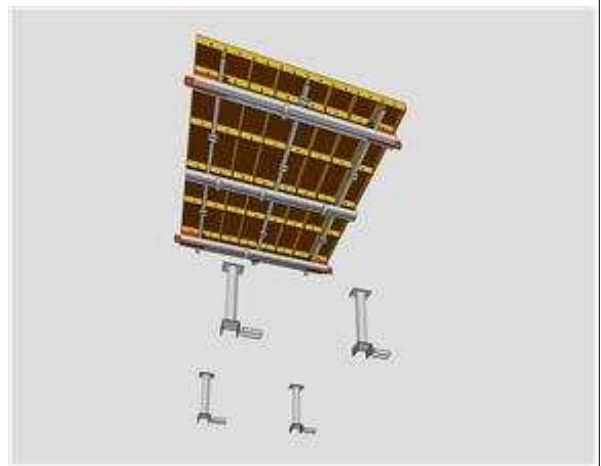
[사진 1-10] 테이블 보

(2) 테이블 슬래브 거푸집 시스템

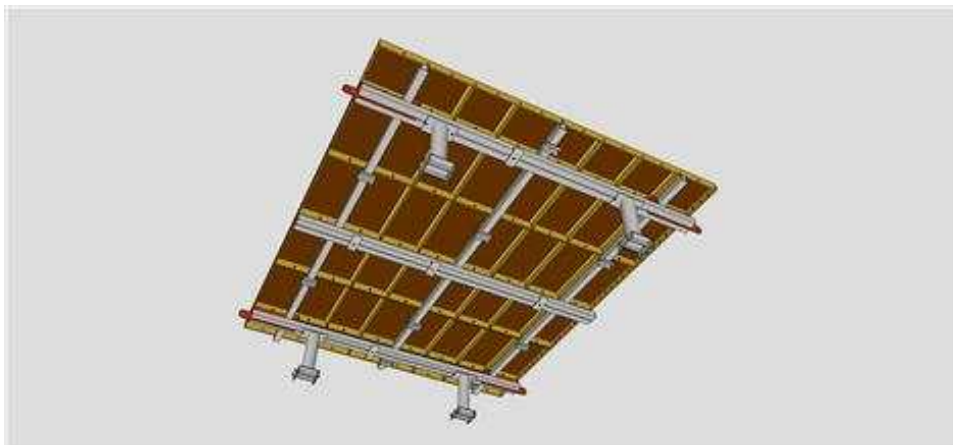
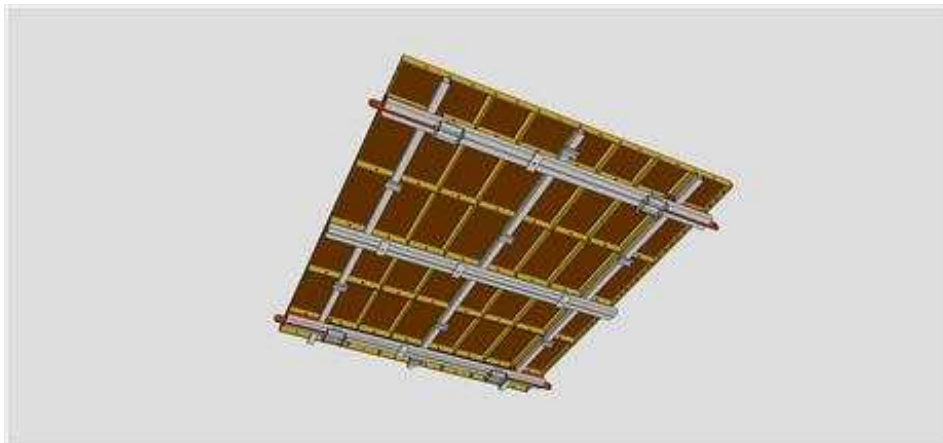
(가) 테이블 슬래브 거푸집 시스템의 도해



[사진 2-1]테이블 부품

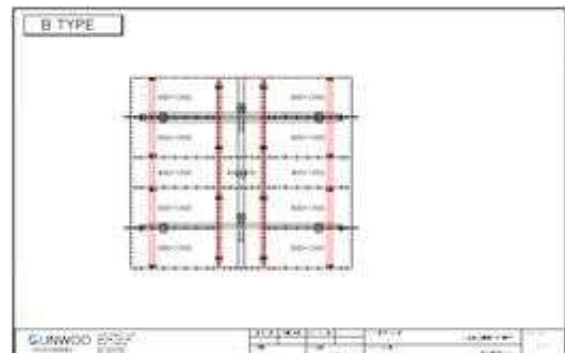
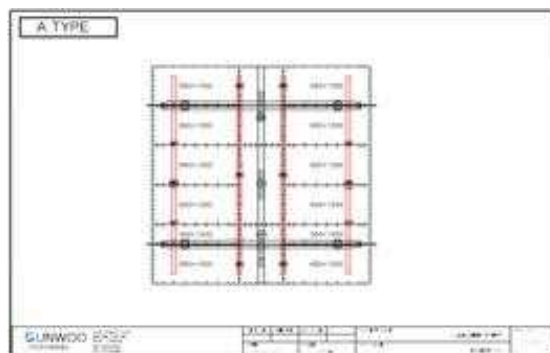
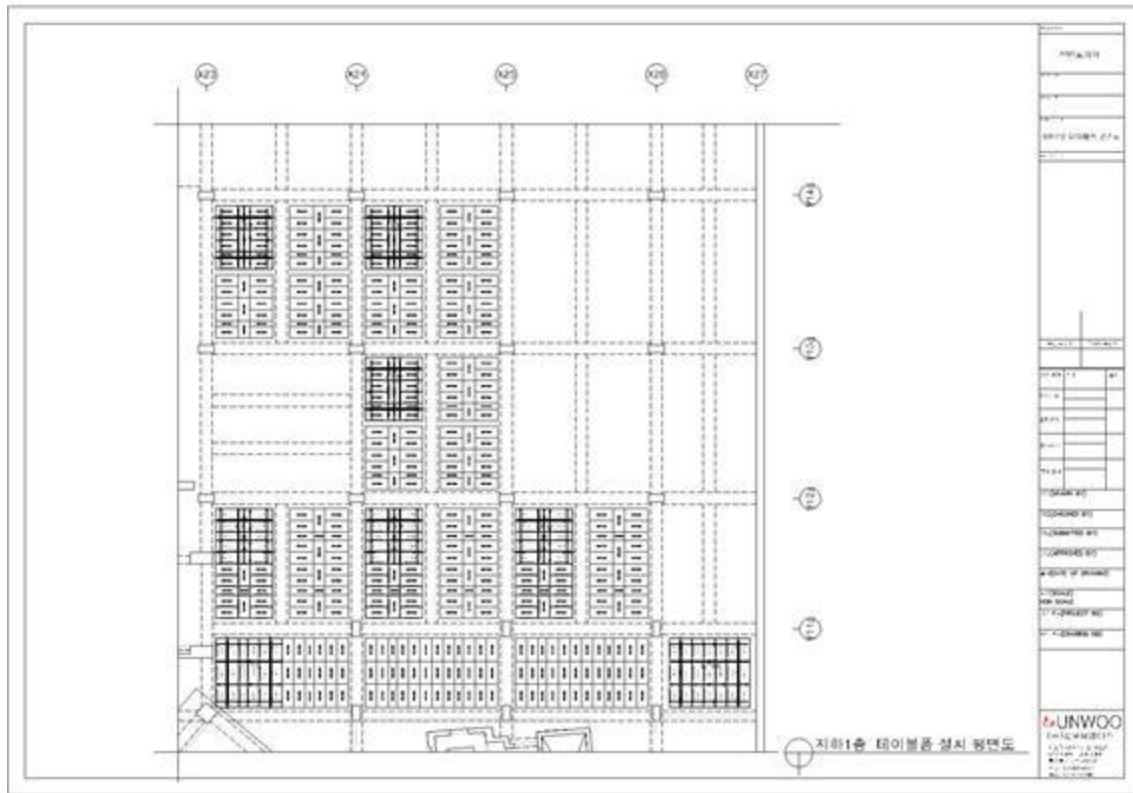


[사진 2-2] 테이블 슬래브 높은 층고용
(연결용 보조 써포트 부착)



[사진 2-3] 테이블 슬래브 시스템

(나) 테이블 슬래브 거푸집 시스템의 설치 배치 평면도



[도면 2-1] 테이블 슬래브 시스템 설치 평면도

(다) 테이블 슬래브 거푸집 시스템의 현장 시공 사진 - 1



[사진 2-4] 테이블 슬래브 시스템 설치



[사진 2-5] 테이블 슬래브 시스템 설치 전경

(라) 테이블 슬래브 거푸집 시스템의 현장 시공 사진 - 2



[사진 2-6] 테이블 슬래브 시스템 해체



[사진 2-7] 테이블 슬래브 시스템 대림 하남 미사 센터 비즈 샘플 시공

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

가. 연구개발성과 및 평가 방법

- 테이블형 다단 드롭 시스템 개발을 위해 각 구성자재를 개발하고 성능을 확인하였으며, 시스템의 안전성을 구조검토를 통하여 확인하였음.
- 최종 성과 목표인, 특허출원 2건, 학술발표논문 2건, 시제품 1건, 성적서 5건, 적용실적 5건, 매출액 5억, 보고서 2건, 신기술지정신청 1건의 성과를 모두 달성하였음.
- 최종 연구 성과목표를 달성하기 위하여 성실히 연구를 수행하였으며, 당초 계획한 연구 목표에 추가달성하여 총 연구 성과로 특허출원 5건, 특허등록 3건, 학술발표논문 2건, 국내논문 1건, 시제품 2건, 시험성적서 10건, 구조검토서 3건, 보고서 4건, 사업화 증빙 15건, 신기술지정신청 1건 등 추가적인 연구를 수행하였음.
- 최종 성과점검기준표

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		최종 성과점검기준					해당 기관	양적 성과목표	
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법			
총괄	A	테이블형 다단드롭 시스템 개발	A-1	다단 드롭 시스템에서 포기개발	①	구조 검토 확인	25N이상	FEM 해석	구조설계	유송엔지니어링	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 1건 시제품: 1건 SW: 1건 성적서: 2건	
			A-2	써포트, 드롭형 명예빔,	①	압축 강도	28M 3.2M	25N이상	가설공사표 준시방서	공인 시험 성적서		선우씨앤에스 한양이엔씨
					②	휨강도	20kN이상	건설신기술 621호				
			A-3	특허 출원	①	제품 개발 항목	1건	출원 번호	출 원서			
			A-4	시제품	②	1건	1건	시제품건수	도면 제품			
	B	층고가 높은 철근콘크리트 구조물의 저소음 슬래브 거푸집 공법 개발	B-1	실용성 확보	①	현장소음측정	65dB이하	생활소음 기준	공인 시험 성적서	선우씨앤에스 한양이엔씨 유송엔지니어링	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 1건 시제품: 1건 SW: 1건 성적서: 3건 매출액: 1건 보고서: 2건 신기술: 1건	
					②	현장 처짐측정	3mm 이내	건설신기술 621호 기준				
					③	천장 평활도측정	1mm 이내	건설신기술 621호 기준				
			B-2	특허 출원	①	1건	1건	시제품건수	출 원서			
			B-3	경제성	①	매출액	5억	-	판매 확인서	선우씨앤에스 한양이엔씨 유송엔지니어링		
			B-4	현장적용	①	적용실적	5건	적용 건수	보고서			
					②	기술사용계약	1건	적용 건수	보고서			
			B-5	건설 신기술	①	건설신기술 지정신청	1건	1건	신청서			
계											특허: 출원 2건 등록 1건 논문: 2건 시제품: 1건 성적서: 5건 매출액: 1건 보고서: 2건 신기술: 1건	

나. 해당 연도 정량적 연구성과 목표 및 달성도

구분		목표	달성도(%)	비고
국내 논문 게재	SCI			
	비SCI	0		1건
	계	0		1건
특허 출원	국내	2건	100	5건
	국외			
	계	2건	100	5건
특허 등록	국내	0		3건
	국외			
	계	0		3건
기타	시제품	1건	100	2건
	성과 홍보			
	일자리 창출			
	구조검토	0		3건
	시험성적서	5건	100	10건
	국내외학술발표논문	1건	100	2건
	보고서	2건		4건
	사업화증빙(매출실적)	5건 (5억)		15건
	신기술지정신청	1건	100	1건

다. 성과 목표에 대한 자체 평가

성과 목표	자체 평가
특허출원 (2건)	- 개발기술에 대한 특허 출원 5건을 완료하여 연구성과 목표를 초과 달성하였음.
국내학술발표논문 (2편)	- 학술발표 논문 2편을 한국콘크리트학회 학술대회에서 발표하여 연구성과 목표를 초과 달성하였음.
시제품 (1건)	- 개발기술에 대한 시제품 2건을 완료하여 연구성과 목표를 초과 달성하였음.
시험성적서 (5건)	- 개발기술에 대한 시험성적서 10건을 완료하여 연구성과 목표를 초과 달성하였음.
적용실적 (5건) 기술사용계약 (1건) 매출액 (5억)	- 개발기술의 사업화 실적으로 적용실적 15건, 기술사용계약 15건, 매출액 10억을 완료하여 연구성과 목표를 초과 달성하였음.
보고서 (2건)	- 개발기술의 성능에 대한 평가를 실시하여 보고서를 4건 달성하여 연구성과 목표를 초과 달성하였음.
신기술지정 신청 (1건)	- 개발기술의 최종성과를 활용하여 신기술지정 신청 1건을 달성하였음.
기타	- 구조검토서 3건, 국내논문 게재 1건, 특허등록 3건, 디자인 등록 1건을 추가 완료하여, 최종 연구성과 목표 외에 달성하였음.

라. 연구개발성과

(1) 국내외 논문 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI 여부 (SCI/비SCI)	게재일
1	테이블형 다단 드롭 시스템을 이용한 저소음 보-슬래브 거푸집의 구성부재 성능 및 현장적용에 관한 실험적 연구	한국건축시공학회	류화성	Vol.17, No.4	대한민국	한국건축시공학회	비SCI	2017.8

(2) 국내 및 국제학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	한국콘크리트학회 2016 가을학술대회논문집	류화성	2016.11.04	강원도 속초시 델피노리조트 설악	무타이 시공이 가능한 다단 드롭 시스템 거푸집의 해체 소음평가
2	한국콘크리트학회 2016 가을학술대회논문집	류화성	2016.11.04	강원도 속초시 델피노리조트 설악	무타이 시공이 가능한 다단 드롭 시스템 거푸집의 부재성능평가

(3) 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록		
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호
1	건축물 축조를 위한 거푸집의 서포트	대한민국	(주)선우씨앤에스 (주)한양이엔씨	2016.05.31	10-2016-0067073	(주)선우씨앤에스 (주)한양이엔씨	2017.05.10	10-1736044
2	건축물의 보 성형을 위한 보 거푸집 받침방법	대한민국	(주)선우씨앤에스 (주)한양이엔씨	2016.05.31	10-2016-0067074	(주)선우씨앤에스 (주)한양이엔씨	2017.07.13	10-1759710
3	동바리가 일체로 형성되는 단위 테이블폼과 이의 제작방법	대한민국	(주)선우씨앤에스 (주)한양이엔씨	2016.12.12	10-2016-0168326	(주)선우씨앤에스 (주)한양이엔씨	2017.06.01	10-1744790
4	건축물 상층바닥 축조를 위한 거푸집의 받침목 브래킷	대한민국	(주)선우씨앤에스 (주)한양이엔씨	2017.03.31	10-2017-0041384	-	-	-
5	건축물의 구조부재 성형을 위한 가변형 보충 거푸집	대한민국	(주)선우씨앤에스 (주)한양이엔씨	2017.04.14	10-2017-0048370	-	-	-
6	거푸집 설치를 위한 받침목 브래킷	대한민국	(주)선우씨앤에스 (주)한양이엔씨	2017.03.16	30-2017-0012360	(주)선우씨앤에스 (주)한양이엔씨	2017.09.14	30-0923837

(4) 사업화 현황

(단위: 명, 년)

번호	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화 내용	업체명	매출액		매출 발생 연도
						국내	국외	
1	임대	건축자재	경기 김포시	테이블 보 슬래브 거푸집 시스템 임대	성천종합건설㈜	50,846,000		2016년
2	임대	건축자재	서울 서초구	테이블 보 슬래브 거푸집 시스템 임대	㈜에코건설이엔지	34,272,000		2016년
3	임대	건축자재	인천 남동구	테이블 보 슬래브 거푸집 시스템 임대	우문건설㈜	24,640,000		2016년
4	임대	건축자재	경기 김포시	테이블 보 슬래브 거푸집 시스템 임대	㈜태일씨앤티	120,000,000		2016년
5	임대	건축자재	경기 오산시	테이블 보 슬래브 거푸집 시스템 임대	㈜에코건설이엔지	10,800,000		2016년
6	임대	건축자재	경기 하남시	테이블 보 슬래브 거푸집 시스템 임대	㈜우인건설	45,000,000		2017년
7	임대	건축자재	전남 여수시	테이블 보 슬래브 거푸집 시스템 임대	열방건설㈜	40,000,000		2017년
8	임대	건축자재	경기 수원시	테이블 보 슬래브 거푸집 시스템 임대	㈜에코건설이엔지	3,650,000		2017년
9	임대	건축자재	서울 강남구	테이블 보 슬래브 거푸집 시스템 임대	㈜보원건설	214,000,000		2017년
10	임대	건축자재	경기 이천시	테이블 보 슬래브 거푸집 시스템 임대	우석건설㈜	22,000,000		2017년
11	임대	건축자재	서울 강서구	테이블 보 슬래브 거푸집 시스템 임대	씨제이건설㈜	301,781,600		2017년
12	판매	건축자재	태국	테이블 보 슬래브 거푸집 시스템 판매	EOM ENGINEERING THAILAND CO.LTD		57,556,591	2017년
13	판매	건축자재	태국	테이블 보 슬래브 거푸집 시스템 판매	EOM ENGINEERING THAILAND CO.LTD		102,422,391	2017년
14	판매	건축자재	태국	테이블 보 슬래브 거푸집 시스템 판매	EOM ENGINEERING THAILAND CO.LTD		13,209,899	2017년
15	판매	건축자재	태국	테이블 보 슬래브 거푸집 시스템 판매	M2B CONSTRUCTION CO. LTD		22,037,526	2017년

(5) 신기술지정신청

번호	신기술명칭	기술개발자	신기술범위	신청일
1	다단 드롭 시스템을 이용한 충고가 높은 철근콘크리트 구조물의 저소음 보·슬래브 거푸집 공법 (약칭 :SW공법)	(주)선우 이앤에스	다단 드롭이 가능한 서포트로 구성된 해체틀을 이용하여 충고가 높은 철근콘크리트 구조물의 보·슬래브 거푸집 설치 및 해체 시공에 사용되는 소음 저감형 보·슬래브 거푸집 공법	2018. 02.22

2. 관련 분야 기여도

가. 기존기술 대비 성능 및 효과 개량

기존 기술은 보·슬래브 시공시 합판과 각재 등을 원재료로 하며 이들 원재료를 이용하여 보·슬래브를 시공 후 자유낙하로 해체하는 시공방식 원리인데 반하여 본 기술에서는 이송이 가능한 다단드롭 해체틀, Aliminum Side Beam (멍에재)으로 구성된 테이블 방식으로 이루어진 층고가 높은 철근 콘크리트 구조물에 가설재의 파손, 소음 및 안전한 1~2인 설치 및 해체, 인양이 가능한 높은 층고에 더욱 안전한 성능 개량을 확보하였다는 점이 특징이 있다. 아래에 기존기술과 비교한 개량성능을 요약하여 나타낸다.

<표 4.1> 기존기술과 비교하여 성능 및 효과를 개량한 정도

개량 성능	개량 기술 원리	기존기술 재래식공법	건설신기술 583호	건설신기술 621호	본 기술(SW공법)
보·슬래브 거푸집 설치 및 해체	이송이 가능한 다단드롭 해체틀, Aliminum Side Beam (멍에재)	3~4인 설치이상	1~2인 설치	1~2인 설치	1~2인 설치 및 해체 가능
평활도	Aliminum Side Beam (멍에재)	힘 발생 (보완작업 공정 발생)	AL 멩에를 이용한 2단드롭	AL 멩에를 이용한 1단드롭	Aliminum Side Beam (멍에재)로 쉽게 평활도 작업
수직도	Aliminum Side Beam (멍에재)에 부착하는 보 브라켓으로 보·슬래브를 연결	힘 발생 (보완작업 공정 발생)	최상	최상	최상
구조	테크패널(AL폼, 합판)	불안전 (합판과 불규칙한 각재사용)	안전	안전	안전 (데크 패널 하부에 Aliminum Side Beam (멍에재)으로 보강하고 있음)
소음발생	이송이 가능한 다단드롭 해체틀	슬래브 천정에서 탈형시 무리한 힘으로 한번에 자유 낙하함으로 인한 큰 소음	안정되지 못한구조 2단하강 하여 소음발생	1단드롭시 핀제거와 동시에 급하강하 여 큰소음 발생	100MM 1차탈형 후 다단 드롭으로 급강하를 방지하여 소음발생을 최소화함. (해체를 하부에 소음저감용 패드 부착 및 50MM다단 하강 14dB차이)
패널손상 (전용울)	이송이 가능한 다단드롭 해체틀, Aliminum Side Beam (멍에재)	슬래브 천정에서 탈형시 무리한 힘으로 한번에 자유 낙하함으로 인한 자재파손 증가	V형태의 해체로 패널 검침현상 발생 낙하의 의한손상	V형태의 해체로 패널 검침현상 발생 낙하의 의한손상	이송이 가능한 다단드롭 해체틀을 이용하여 50MM 다단 하강하여 자유 낙하를 방지함으로 패널의 손상이 없이 40회이상 전용이 가능하여 원가절감요인임.
작업성	모듈화된 슬라브 패널과 Aliminum Side Beam (멍에재)	단순, 불안, 중량이 무거워 취급곤란	1~2인 해체	1~2인 해체	신속하고 단순함 (1~2인해체, 정리가능)
안전성	이송이 가능한 다단드롭 해체틀, Aliminum Side Beam (멍에재)	불안 슬래브자재 전체가 바닥 으로 자유낙하하기에 재해발생이 아주 높음	보조 양카 없이 안전사고 에 노출	V형태의 해체로 해체시 패널낙하 의 위험	매우 안전 테이블화된 보·슬라브 패널 탈형 후 이송이 가능한 다단드롭 해체틀을 이용하여 패널을 자재인양구까지 이송하여 인양 하기에 무재해시공이 가능함)
공기단축	필러 패널, 필러존치 써포트	멍에 장선재의 불규칙한 배열로 인해 써포트 및 합판 선 해체가 불가능	공정추가 정리작업 반드시 필요	공정추가 정리작업 반드시 필요	설치도에 따라 규칙적인 배열된 장선, 멩에, 슬래브패널을 선 해체함으로 공기단축이 가능함

나. 안전성 및 시공성능 향상

본 기술의 첫 번째 독창성은 기존기술에서 적용하고 있는 철근콘크리트 거푸집공사에서 슬라이딩방식 또는 1단 드롭다운방식으로 슬래브 코너재의 자유낙하를 방지하기위해 양카링 또는 서포트로 슬래브 코너재의 낙하의 위험성을 방지하기위해 별도 작업이 필요하며 제한된 높이(150mm~450mm)까지 낙하 후 작업대를 이용하여 자재해체, 인양하는 방식(통상 작업자들은 시간적 제약, 노무비 증가, 불안정한 작업등을 들며 자유낙하에 의한 해체작업을 선호하고 있는 실정임)을 문제점을 해결하기 위하여 본 기술은 Aliminum Side Beam(명예재)을 테이블화된 구조의 이송이 가능한 다단드롭 해체를 방식 채택으로 높이 제한이 없이 하강하여 안전하게 낙하시켜 작업대 없이 자재를 해체, 정리, 인양하는 보·슬래브 거푸집 시스템 공법을 적용하여 시공성능 및 안전성을 향상시켰다는 점이다.

I) 안전성

현재 산업재해 통계조사로 건설업이 48.0 %를 차지하며, 그중 거푸집 설치·해체시 재해 발생율이 매우 높음을 알 수 있다. 또한 거푸집 설치, 해체 작업 중 발생하는 안전사고의 비중은 매우 높고, 보·슬래브 거푸집의 자유낙하로 인한 안전사고는 사망에 이르는 매우 위험한 작업이라 할 수 있다.



<그림 4.1> 업종별 재해 사망자 비율



<그림 4.2> 공종별 재해 사망자 비율

본 기술에 도입된 침단 기술은 보·슬래브 해체시 소음 및 안전사고를 저감 시키는 Aliminum Side Beam(명예재)을 이용하여 보·슬래브 패널를 테이블화하여 이송이 가능한 다단드롭 해체틀을 이용한 거푸집 공법으로 슬래브 해체시 발생하는 소음을 저감하고, 안정된 안전한 해체가 가능하다고 할 수 있다. 또한 높은 층고에 구애를 받지 않고 쉽고 안전하게 하강 하기에 자유낙하로 인한 재해률을 크게 줄일뿐 아니라 작업대 없이 자재를 해체·정리 인양하는 방식의 침단 기술 원리를 적용한 신공법이다.

II) 시공성능 향상

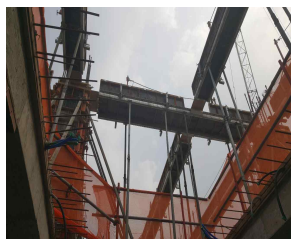
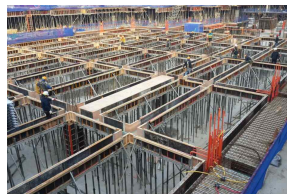
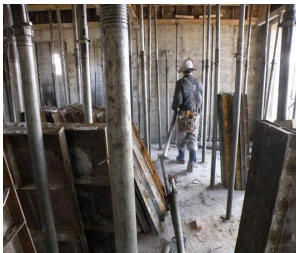
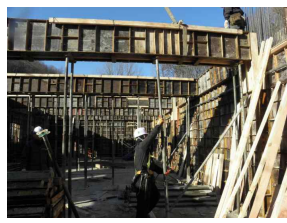
1) 설치순서 및 기존 기술 설치 비교

<표 4.2> 신청기술과 기존 대안기술의 차별성(설치)

종류 \ 설치순서	1. AL SIDE TIMBER 배치, 바닥패널 조립	2. 보 옆판(패널)을 AL SIDE TIMBER 설치 및 브라켓 설치	3. 타워 크레인 또는 지게차, 이동이 가능한 전동식 해체틀로 설치	4. 완료	
본 기술 (SW공법) 1회 제작					
재래식 공법 (해체 후 설치공정을 매층 반복)	1. 보·슬래브 바닥 패널 제작	2. 보 옆판(패널) 부착 보 바닥(슬래브)와 직각으로 연결	3. 보 브라켓 설치	4.타워 크레인 또는 지게차로 보·슬래브 거푸집 설치	5.완료
					

2) 해체순서 및 기존 기술 해체 비교

<표 4.3> 신청기술과 기존 대안기술과의 차별성(해체)

종류 \ 설치순서	1. 써포트 제거 (존치 써포트 제외)	2. 이송이 가능한 해체틀 설치	3. 팀버목 제거	4 다단 드롭 하강	5 자재인양구 이송	6. 인양, 재 설치	7. 완료	
본 기술 (SW공법) 탈형, 인양 (1회 제작으로 인양 재 설치함)								
재래식 공법 해체, 제작 (설치공정을 매층 반복)	1. 수직,수평 보강 파이프 해체	2. 보·슬래브 패널 해체	3. 보·슬래브 패널 정리	4. 보·슬래브 바닥 패널 제작	5.보 옆판(패널) 부착 보 바닥(슬래브)와 직각으로 연결	6. 보 브라켓 설치	7. 타워 크레인 또는 지게차로 보·슬래브 거푸집 설치	8 완료
								

다. 품질 향상

기존기술의 보·슬래브 패널 해체시 자유낙하에 의한 충격과 패널의 변형이 발생할 수 밖에 없었던 문제점과 층수가 높아질수록 변형의 크기는 확대되고 이로 인해 패널 설치시 작업능률이 저하되며, 할석, 미장등 2차작업으로 인한 비용 발생이 불가피하고, 콘크리트의 고품질 확보에 어려움이 있었으나, 본 기술은 Aliminum Side Beam(명예재)을 테이블화된 구조의 이송이 가능한 다단드롭 해체틀 방식 채택으로 높이 제한이 없이 하강하는 구조로 해체 없이 보·슬래브 패널 전체를 동시에 탈형함으로써 불안정한 상태에서 발생하는 자유낙하의 위험성을 배제하고 안전성을 확보할 수 있으며, 특히 고층건물 및 층고가 높은 구조물 적용시 품질의 향상성을 유지하는데 매우 우수한 공법이다.

기존 합판(재리식)공법은 합판을 사용하며 명예와 장선을 통해 지지하며 600×1,200mm의 합판을 사용하여 합판의 사용에 따라 제작 및 수정이 용이하나 시공의 정밀도가 저하 및 보·슬래브 명예 작업시 고소작업으로 인한 안전사고 위험하다. 또한 drop형 명예 빔을 하강시키기 위해서는 시스템 동바리의 높이조절(Down) 작업이 선 시공 되어야 하며 2차 낙하를 위해서는 다시 시스템 동바리를 또다시 높이조절(Down)을 해야 하는 단점이 있기 때문에 효율성이 떨어지는 문제가 있다.

기존 재래식 시스템은 해체과정에서 합판을 바닥에 떨어뜨림으로서 합판의 손상 등의 우려가 있으며 알폼의 경우 명예의 길이가 동바리 간격으로 End Beam(EB), Middle Beam(MB), 및 Prop. Head로 분리되어 있어 작업자의 동바리 높이조절 능력에 따라 시공 품질이 좌우되며 부재수가 많아짐으로서 작업의 효율성이 떨어지는 문제가 있다. 또한, 가장 보편적으로 사용되는 공법으로 원형강관 파이프를 동바리로 사용하고 있으나 갈고리의 항복으로 인하여 보강대가 이탈되는 문제점 내포하고 있다.

기존 재래식 시스템은 슬래브 해체과정에서 바닥에 낙하시키는 작업에 의한 손상으로 전용하는 층의 수가 늘어남에 따라 고층부 부위에서는 품질저하 및 조립작업의 어려움과 바닥판의 초기 처짐 발생이 나타난다. 또한, 패널의 사용을 합판으로 사용하기 때문에 콘크리트 표면의 품질관리에 어려움이 있고 폐기물 발생량이 많은 문제점을 가지고 있으며 동시에 숙련공의 투입과 다수의 인력 투입이 요구된다.

본 기술은 기존동바리를 모두 사용할 수 있으며, 또한 Aliminum Side Beam(명예재)을 테이블형 이송이 가능한 다단드롭 해체틀을 사용함으로 보·슬래브 시공품질이 좋고 전용률을 높일 수 있으며 보·슬래브패널을 Aliminum Side Beam(명예재)이 전체적으로 받치고 있는 구조이기 때문에 품질향상이 가능하다.

라. 소음 저감

특히, 본 기술은 층고높은 건축물에 최적화된 공법으로 기존기술의 층고(3.3M~4.2M)높은 집합주거 건축물로 거푸집 공사시 발생하는 자재파손, 노무단가 상승, 안전사고율 증가, 소음 민원발생 문제점을 해결하였다.

해체 소음 현장계측으로 인한 공법 품질비교에서 제안 기술인 본 기술 테이블형 다단 드롭 시스템은 소음분포도 평균이 75.6~88.3 dB로 나타났으며 최대 소음도(Lmax) 평균은 88.25 dB로 계측 되었다. 기존 재래식 시스템 해체시 발생한 전체 소음분포도는 86.2~108.8dB 나타났으며 최대소음도(Lmax)는 108.8 dB로나타나 본 기술이 기존재래식 시스템공법 기술보다 소음정도차이가 큰 것으로 나타났다. 본 신청기술의 최대소음도가 우수한 것을 확인하였다.

<표 4.4> 본 신청기술 다단 드롭 보·슬래브 시스템 해체시 발생한 소음도 (단위:dB(A))

항목	본 신청기술 거푸집 시스템		평균	이격거리 별 소음도(dB(A)) 품질기준 [공사장 기준]
	핀 제거 작업	핀 낙하 작업		
소음도분포	78.6 ~ 90.5	72.7 ~ 86.0	75.6 ~ 88.3 이격거리 20 경우 55.8dB(A)	65 dB(A)이하 이격거리 20M경우
최대소음도 (Lmax)	90.5	86.0	88.25 5.6 ~ 88.3 이격거리 20 경우 55.8dB(A)	

<표 4.5> 기존 재래식 거푸집 시스템 해체시 발생한 소음도 (단위:dB(A))

항목	기존 재래식 거푸집 시스템		평균	이격거리 별 소음도(dB(A)) 품질기준 [공사장 기준]
	핀 제거 작업	핀 낙하 작업		
소음도분포	84.9 ~ 103.2	88 ~ 114.4	86.2 ~ 108.8	65 dB(A)이하 이격거리 20M경우
최대소음도 (Lmax)	103.2	114.5	108.8	

마. 공사기간 단축

본 기술은 설치공정 속에서는 Aliminum Side Beam(명예재)와 이송이 가능한 다단드롭 해체틀이 시스템화를 통해 재래식 공법에 비해 설치과정을 단순화하였으며, 기존 재래식 공법 등의 거푸집과 비교할 때 보바닥(슬래브)과 보옆판(측면)를 연결하여 주는 Aliminum Side Beam(명예재)를 사용함으로 테이블방식으로 고정이가능하여 1~2인 설치가 가능하며, 해체시 보·슬래브 패널을 테이블 형태로 이송이 가능한 다단드롭 해체틀을 이용하여 보·슬래브 거푸집을 50mm씩 다단 드롭할 수 있어 별도의 정리 작업 없이 1~2인 해체·정리, 인양이 가능한 공정으로 전체의 공정을 감소시켜 총 5.0일의 공사기간으로 공기의 단축을 도모하였으며, 기존 기술과 비교하여 설치 및 해체의 최대 12일의 공사기간을 단축하여 경제성 향상의 효과를 기대 할 수 있다고 판단된다.

<표 4.6> 거푸집 공정별 공기 비교

구분	본 신청기술	기존 재래식 시스템공법
설치공정	3.0일	6.0일
해체공정	2.0일	13.0일
재제작공정	0일	4.0일
총 공정	5.0일	17.0일

거푸집 공정별 공기 비교 [설치공정]

구분	공정	본 신청기술 (SW공법)	소요시간 (인원-공수)	구분	공정	기존 재래식 거푸집 공법	소요시간 (인원-공수)
설 치 공 정	1	AL-SIDE BEAM 조립	1.5일 (8공수)	설 치	1	보 바닥(슬래브)합판 배개목 절단	2일 (6공수)
	2	보 측면 패널 조립			2	보 바닥(슬래브)합판 배개목 제작	
	3	보 브라켓설치			3	보 측면 패널 절단	2일 (6공수)
	4	보바닥 연결합판 시공			4	보 측면 패널 제작	
	5	양중 및 설치	1.5일 (12공수)	공 정	5	보 브라켓설치	2일 (16공수)
	6	완료			6	양중 및 설치	
합계	합계	3.0일	20공수		7	완료	
	합계	6.0일	28공수				

<그림 4.3> 설치공정 비교 도해 [층고 : 4200H일 경우]

거푸집 공정별 공기 비교 [해체공정]

구분	공정	본 신청기술 (SW공법)	→소요시간 (인원-공수)	구분	공정	기존 재래식 거푸집 공법	→소요시간 (인원-공수)
해 체 공 정	1	팀버 목(각재)해체	0.5일 (6공수)	해 체 공 정	1	슬래브합판 자육낙하 해체	1.5일 (14공수)
	2	이송이 가능한 해틀 설치 100MM 탈형			2	멍에, 장선용 파이브각재 합판 정리	
	3	50mm 다단 드롭 하강			3	합판, 각재 못 빼기 및 폐합판, 폐각재 분류작업	0.5일 (4공수)
	4	인양구 이송	1.5일 (12공수)		4	설치공정 반복	4.0일 (12공수)
	5	인양, 설치 재조립 없이 통판 설치 [완료]			5	양중 및 설치	5.0일 (22공수)
	합계	2.0일	18공수		합계	11.0일	52공수
전체	합계	5.0일	38공수	전체	합계	17.0일	80공수

<그림 4.4> 해체공정 비교 도해 [층고 : 4200H일 경우]

바. 유지관리비용 절감

유지관리 측면에서는 기본 패널의 사용이 증가할수록 이형패널이 감소할수록 제작업체의 유지관리 비용은 감소하게 된다. 본 기술의 보·슬래브 시스템은 정형화된 패널과 Aliminum Side Beam(명예재)이용한 테이블형태의 이송이 가능한 다단드롭 해체틀 시스템 사용으로 파손으로 인한 폐기물 및 써포트량 감소됨으로, 이는 전용되지 않는 자재로 인한 재래식은 현저하게 작업성 및 경제성이 떨어지는 반면 본 기술이 전용율의 상승에 따른 자재비 절감효과를 반영할 수 있어 경제성 측면에서 상대적으로 우수하다고 판단된다.

아. 기존기술 대비 경제성비교

경제성 비교에서 <표 4.6>의 기존 대안 기술에서 본 기술과 비교가 제외된 사유로 기존 기술은 벽식 구조인 아파트에 focus를 맞춘 기술이고 또한, 층고 높은 건축물에는 드롭이 천장에서 400MM~650MM 까지만 드롭이 가능하여 사실상 자유낙하의 해체 공법로 재래식과 동일한 조건으로 자재 납품을 기피하기에 경제, 시공, 품질, 안전한 측면에서 비교가 어려운 부분이 있기에 비교대상을 재래식으로만 기술하였다.

<표 4.7> 기존 대안 기술에서 본 신청기술과 비교가 제외된 사유

비교제외목록	비교 제외된 사유	비고
건설신기술 제621호(BD공법)	슬라이드 레일로 구성된 1단 낙하방식으로 벽식 구조인 아파트에 focus를 맞춘 기술이라 할 수 있다. 이에 라멘조 및 지하주차장등의 일반 건축물 특히 층고 높은 건축인 본 과제의 보 거푸집과는 경제적 비교에 많은 차이가 있다고 할 수 있다. 슬래브(천정)에서 1단 드롭방식으로 450MM 밖에 하강이 이루어지 질 않아 <u>층고 높은 건축물 (3m이상)은 재래식 방식인 자유낙하로 해체공정이 이루어져 품질, 시공, 안전등이 재래식과 차이가 없으며 중량물 자유낙하로 인한 안전사고에도 매우 취약하다.</u>	
건설신기술 제583호(AFB공법)	Aluminum Panel form을 1차 낙하 시키기위한 턴바 브라켓, 2차 낙하시키기 위한 높낮이 조절기구(시스템 동바리)로 구성되어 벽식 구조인 아파트에 focus를 맞춘 기술이라 할 수 있다. 이에 라멘조 및 지하주차장등의 일반 건축물 특히 층고 높은 건축인 본 과제의 보 거푸집과는 경제적 비교에 많은 차이가 있다고 할 수 있다. 슬래브(천정)에서 2단 드롭방식으로 650MM 밖에 하강이 이루어지 질 않아 <u>층고 높은 건축물 (3m이상)은 재래식 방식인 자유낙하로 해체가 이루어져 품질, 시공, 안전등이 재래식과 차이가 없으며 중량 물 자유낙하로 인한 안전사고에도 매우 취약하다.</u>	

<표 4.8> 건설신기술 제583호 (AFB공법) 일위대가 벽식

단위 : 원

공 종 명 / 품명	규 격	단위	수량	재 료 비		노 무 비		소 계	비고
				단가	금액	단가	금액		
건설신기술 583호	바닥	10m ²							
DECK PANEL (ALFORM)	600×1200mm	매	0.230	106,500	24,495			24,495	단가-4
TURN BAR BRACKET (슬라브)	140×12T	개	0.210	20,717	4,350			4,350	단가-10
BEAM RAIL	520×10T	개	0.190	22,631	4,299			4,299	단가-19
S Y S T E M BEAM	L	M	0.380	34,044	12,936			12,936	단가-18
S Y S T E M SUPPORT BRACKET	Ø37×40	개	0.210	3,120	655			655	단가-11
S Y S T E M PANEL BRACKET	50×56	개	0.200	2,028	405			405	단가-12
S Y S T E M SUPPORT	3800L	개	0.210	92,984	19,526			19,526	단가-13
웨이지핀	45×3T	개	0.690	61	42			42	단가-23
원형핀	Ø16	개	0.690	132	91			91	단가-40
박리제	수용성	L	0.130	1,250	162			162	단가-35
노무비	형틀목공	인	0.580			152,831	88,641	88,641	공사-1
	보통인부	인	0.340			89,566	30,452	30,452	공사-2
※ 2013 건설신기술 품셈 "철근콘크리트부분 3-5-3 거푸집 (p250)" 준용									
소 계					66,961		119,093	186,054	

<표 4.9> 건설신기술 제621호 (BD공법) 일위대가 벽식

단위 : 원

공 종 명 / 품명	규 격	단위	수량	재 료 비		노 무 비		소 계	비고
				단가	금액	단가	금액		
건설신기술 621호	바닥	10m ²							
DECK PANEL (ALFORM)	600×1200mm	매	0.233	106,500	24,814			24,814	단가-4
BRACKET (슬라브)	100×125×8t	개	0.370	3,800	1,406			1,406	단가-9
팔	320×10t	개	0.180	4,000	720			720	단가-38
명에빔	96×60	M	0.480	21,000	10,080			10,080	단가-39
SUPPORT	3800L	개	0.300	19,500	5,850			5,850	단가-14
웨이지핀	45×3t	개	0.370	61	22			22	단가-23
원형핀	Ø16	개	0.370	132	48			48	단가-40
박리제	수용성	L	0.125	1,250	156			156	단가-35
노무비	형틀목공	인	0.454			152,831	69,385	69,385	공사-1
	보통인부	인	0.340			89,566	30,452	30,452	공사-2
※ 2015 건설신기술 품셈 "철근콘크리트부분 3-5-3 거푸집 (p256)" 준용									
소 계					43,096		99,837	142,933	

<표 4.10> 본 신청기술의 다단드롭 보(슬래브)거푸집 공법(층고4.2m이하), 10㎡당

단위 : 원

공 / 종 품 명	규 격	단위	수량	재 료 비		노 무 비		소 계		비 고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	
[제1호]	다단드롭보거푸집 공법 (층고4.2m이하) - 10㎡당									건품 6-3-2, 2-5-1 준용
패널(유로폼)	600×1200mm	0.894	매	25,500	22,797				22,797	
BEAM TIMBER(AL)	63.5×144.5mm	0.037	M	25,200	932				932	
BEAM BRACKET	50×50×310mm	0.052	개	12,500	650				650	
L형목심	40×40×70mm	0.412	개	850	350				350	
합판	12mm	1.298	㎡	10,022	13,008				13,008	
웨이지핀(WEDGE PIN)		19.05 5	개	41	781				781	
강관동바리	V4(4.2m이하)	0.130	본	20,500	2,665				2,665	
소모자재	주자재비의 5%	0.050	식	41,183	2,059				2,059	
형틀목공		0.769	인			179,290	137,874		137,874	
보통인부		0.384	인			106,846	41,028		41,028	
계					43,242		178,902		222,144	

<표 4.10> 각 공법별 일위대가 비교

단위 : 원

구 분(10㎡당)	재료비	노무비	합계
본 신기술	43,242	178,902	222,144
건설신기술 583호	66,961	119,093	186,054
건설신기술 621호	43,096	99,837	142,933

제5장. 연구개발성과의 활용계획

1. 연구개발성과의 활용방안

본 과제는 사업화를 목표로 하고 있으므로 최종 기술 개발 대상인 테이블형 다단 드롭 시스템을 이용한 층고가 높은 철근콘크리트 구조물의 저소음 슬래브 거푸집 공법 개발하고 일차적 활용방안은 현장 적용에 있음. 본 사업화 대상 기술의 구체적인 현장적용 분야는 아래 표에 나타냄.

<표 5.1> 사업화 대상 기술의 현장적용 분야

건설사	대형 건설사 별 현장 적용처 및 활용분야	
	과제 수행 기간 내	과제 완료 후 확대 적용 분야
대형 건설사	아파트, 주상복합, 민원다발지역에 적용 확대	초고층 건축, 오피스텔, 주거용 건물의 주차장 슬래브, 대단지 빌라형 아파트
중견 건설사	대형마트 또는 아울렛 매장 주차장 슬래브	물류센터 또는 대형마트등 모든 슬래브 거푸집설치가 필요한 건축분야로 시장 확대 적용

기술적 측면에서의 활용성을 판단한다면, 본 과제를 통해 확보된 테이블형 다단 드롭 시스템을 이용한 층고가 높은 철근콘크리트 구조물의 저소음 슬래브 거푸집 공법 기술은 후속연구를 통해 보유 기술인 골조 공사 등과의 융합을 통해 명실 공히 기능 집약적 시공기술 개발을 매개할 수 있다는 것. 이는 건축공사 중 철근콘크리트공사의 완성 본으로서 경제성만 확보된다면 관련 시장을 와해시킴으로써 블루오션을 창출할 수 있는 무기가 될 수 있음.

2. 기대효과

가. 기술적 측면

- (1) 테이블방식 슬래브 거푸집공법으로 층고가 높은 철근콘크리트 구조물의 공사중 소음을 저감
- (2) 작업자가 안전하고 손쉽게 슬래브 데크 패널을 탈형 하는 것이 가능
- (3) 작업자의 눈높이까지 하강하도록 하여 기존 공법의 해체·정리 과정에서 슬래브 데크 패널을 콘크리트 슬래브 바닥에 떨어뜨리는 문제를 해결
- (4) 충격방지, 시공성 향상 및 안전성을 높였으며 데크 판넬의 망실을 극소화
- (5) 낮은 층고에도 저층형 다운 써포트를 이용하여 기존방식보다 안전성과 시공성을 향상

나. 경제적 · 산업적 측면

- (1) 테이블방식 슬래브 거푸집공법으로 우수한 효율성으로 인해 공사기간의 절감이 가능하며, 이에 따라 공사비 절감이 가능함.
- (2) 현재 산업재해 통계조사에 따라 건설업에서 거푸집 설치·해체시 재해 발생율이 매우 높음을 알 수 있음. 테이블형 다단드롭 시스템 개발을 통해 거푸집 설치, 해체 작업중 발생하는 안전사고를 방지할 수 있음.
- (3) 안전사고 발생에 따른 부가비용의 절감이 가능.

다. 사회적 측면

- (1) 도심지 공사가 많은 공동주택의 경우 거푸집 설치 및 해체로 인한 지속적인 소음이 주요 민원 사례로 나타나고 있음. 층고가 높은 철근콘크리트 구조물의 저소음 슬래브 거푸집 기술을 통하여 거푸집 설치 및 해체 작업시 발생하는 소음에 대한 작업자 및 주민들이 피해 방지, 민원에 따른 생산성 저하로 인한 공기지연을 방지함.
- (2) 철근콘크리트 공사중 콘크리트의 형상 유지 및 양생을 위한 거푸집의 설치 및 해체 작업은 모든 건축공사에 공통적으로 요구되는 필수 단위작업임에 따라, 안전사고의 저감, 고효율 시스템 거푸집의 개발을 통해 우수한 품질의 철근콘크리트 구조물 공사가 가능하여 저소음 슬래브 거푸집 기술은 구조물의 장수명화 정책의 실효성을 극대화시킬 수 있는 최적의 해결책임.

3. 사업화 모형 수립

가. 사업화 모형 수립(BM) 배경

구분	주요내용
기술적 측면	■ 기존 AI-Form 공법에 경우 해체시 소음 발생 - 도심지 공사시 소음 발생 저감 방안 ■ 기존 공법의 해체시 자유낙하로 인한 타설면의 충격으로 품질 개선 - 슬래브 패널을 최소의 충격으로 해체할 수 있는 방안 필요 ■ 기존 AI-Form 공법에 경우 해체시 폼의 낙하로 인한 데크 패널의 손실 - 거푸집 전용롤 증대를 위한 방안 필요 ■ 자유 낙하시 패널의 충격으로 패널면의 뒤틀림 발생으로 품질저하 - 타설면의 고품질 확보를 위한 방안 필요 ■ 기존 AI-Form 공법에 해체시 안정성 확보 미흡 - 거푸집 해체시 드롭형 으로 인한 전도 위험 예방 - 데크 패널 낙하시 작업자의 안전사고 위험방지 필요 ■ 기존 재래식 공법에 다양한 부재와 다량의 자재로 인한 작업 공간 협소 - 모듈화된 부재사용으로 자재물량을 최소화하여 작업 공간 확보 필요 ■ 공기 단축을 위한 거푸집 조립 및 해체 방법 개선 - 작업자의 숙련도에 상관없이 최소인원으로 작업 가능한 시스템 개발 필요 ■ 기존 재래식 공법에 경우 형틀숙련공의 인력수급 필요 - 모듈화된 조립식 공법으로 작업의 생력화(합리화) ■ 기존의 층고가 높은(3m이상) RC조 거푸집 공사의 경우 재래식 거푸집 공법 사용로 안전성 미확보 ■ 사업화 대상기술 → 테이블형 다단 드롭 시스템사용으로 저소음 안정성 확보. ■ 높은층고 기준(3000mm이상), 적용가능한 최대 층고(3000mm~4200mm)
경제적 측면	■ 거푸집 손상방지를 통한 자재비 절감 요구 - 전용롤 증대 방안 필요[테이블방식의 drop형 빔 구조] ■ 기존 AL-Form 및 재래식 공법에 경우 슬래브 패널의 자유낙하로 인한 산업 재해 발생 - 해체시 안정성 확보를 통한 산업재해 예방의 필요 ■ 모듈화된 데크 패널 사용을 통한 자재 임대료 절감 요구 - 데크 패널의 활용 방안 필요 - 인력의 기능도 및 생산성 저하에 대한 개선 방안 요구 - 단순시공이 가능한 공법 개발의 필요 ■ 투입 인력 절감을 통한 인건비 절감의 요구 - 1~2인 설치 가능 방안 필요 ■ 작업의 생력화를 통한 인건비 절감의 요구 - 모듈화된 단순조립식 공법 방안 필요

나. 사업화 모형의 목표 및 핵심 경쟁 요인

(1) 사업화 모형의 목표

<표 5.2> 사업화 모형의 기존기술 개선 방안 및 목표

개선 항목	기존기술의개선점	기존 기술 개선 대안 설정
시공성 측면	▪저소음 해체공법의 한계성과 층고높은 건축물에 최적화된 대체 거푸집공법 필요성 대두	▪테이블형 다단 드롭 시스템을 이용한 층고가 높은 철근콘크리트 구조물의 저소음 슬래브 거푸집 공법 개발
	▪기존 거푸집 해체시 재질에 의한 소음 발생	▪해체방법 개선을 통한 소음 저감 방안 도출
	▪비티설치 통한 해체와 자유낙하에 의한 과도한 파손발생	▪서포트 교체를 통한 3M이상 높은 층고에서도 가능 1차해체시 100mm 다운, 2차해체시 1500mm이상
	▪해체 작업시 데크 패널의 자유낙하로 인한 손상 및 전용을 저하	▪해체방법 개선을 통한 데크 패널 손상방지 방안 도출
	▪기존 재래식 공법에 다양한 부재와 다량의 자재로 인한 작업공간 협소	▪해체방법 개선을 통한 데크 패널 손상방지 방안 도출 ▪모듈화된 부재사용으로 자재물량을 최소화하여 작업 공간 확보 도출
안전성 측면	▪해체 작업시 안전성 확보 미흡	▪해체 작업시 작업대의 전도 등에 의한 안전사고 방지 방안 도출 ▪거푸집 해체시 작업자가 자유 낙하하는 데크 패널과 충돌하는 안전사고 방지방안 도출
	▪기존 AL-Form 및 재래식 공법에 경우 자유낙하로 인한 산업재해 발생	▪해체 작업시 안정성 확보를 통한 산업재해 예방의 필요 ▪눈높이까지 슬래브 패널이 하강한 후 패널 해체로 안전
경제성 측면	▪공기단축 및 인건비 절감 요구	▪작업자의 숙련도가 낮아도 손쉽게 작업이 가능한 거푸집 조립 및 해체 시스템 개발 ▪전용을 증대 방안 필요[장선·멍에 빔을 이용하여 테이블화시켜 다단 드롭 써포트 이용한 구조] ▪최소 인원으로도 작업이 가능한 시스템으로 인건비 절감 ▪모듈화된 단순조립식 공법과 단순시공이 가능한 공법 개발의 필요
	▪거푸집 임대비용 절감 및 폐자재 처리 최소화 요구	▪모듈화된 데크 패널 사용을 통한 임대관리비 절감방안 도출
	▪투입 인력 절감을 통한 인건비 절감의 요구	▪1~2인 설치 가능 방안 필요



<그림 5.1> 사업화 기술의 최종목표

(2) 핵심 경쟁 요인

현재 슬래브 거푸집 공법의 문제점	테이블형 다단드롭이 가능한 저소음 슬래브 거푸집 공법의 사업화
다단드롭 동바리 ▪ 다단드롭 동바리는 중량이 무겁다. - 걸대 외경이 과다하게 크다. - 속대 돌기(핀)의 생성이 어려워 재질이 원형 PIPE로 무겁다. ▪ 금속으로 맞다있는 면이 많아 부딪치는 소음이 크다.	▪ 다단드롭 동바리의 경량화 - 걸대의 외경 규격을 구조적 안전성을 감안하여 최소화 - 속대 철로 되어 있는 소재를 알루미늄으로 경량화 ▪ 금속끼리 맞다 있는 면에 패드를 부착하여 금속의 부딪치는 소음을 최소화
테이블화된 보 시스템 ▪ 보 거푸집 시스템만으로 다단드롭이 불가능함. - 통판 해체시 장비가 필요함 - 통판 해체하여 공간이 협소하여 장비로 이동이 어려워 낱장분리 정리후 이송 - 낱장 해체시 자유낙하로 인한 과다 소음발생 ▪ 보 브래킷은 이단 구조로 손쉽게 설치. 해체가 가능하나 안전 난간대설치가 어려움	▪ 테이블형 다단드롭이 가능한 보 거푸집 시스템 - 장비가 필요 없이 이송이 가능한 해체 틀에 다단 드롭용 동바리가 설치된 이송이 가능한 해체 틀 개발 - 널리 사용되는 규격화된 패널을 간단한 핀 조립만으로 설치. 해체가 가능한 틸버 개발 ▪ 간단히 설치. 해체가 가능하고 안전 난간대를 설치할 수 있는 보 브래킷 개발
테이블화된 슬라브 시스템 ▪ 장선. 멍에로 테이블화된 시스템으로 벽식구조에 최적화 되어 있음. ▪ 벽식구조에 최적화 되었어 슬라브 코너가 없는 장선을 걸기 힘들어 슬라브패널을 설치하기가 어려움 ▪ 현장 단위의 비규격 패널사용으로 W 원가 상승	▪ 라멘 구조에서도 최적화된 테이블형 다단 드롭이 가능한 시스템 개발 ▪ 코너재가 필요 없이 벽체에 브래킷을 설치하여 널리 사용되는 규격화된 패널을 사용할 수 있는 공법 개발 ▪ 현장단위의 비규격 패널을 사용하지 않고 벽체 및 보 주변의 일부의 자투리 각재, 합판만을 사용하여 보다 해체가 용이한 저소음 공법개발

다. 목표 시장 구조

(1) 경쟁 기업 현황

사업화 대상기술에 대한 유사 특허는 주관연구기관이 보유한 3건의 특허가 있으며 유사 신기술로서는 (주)대림산업, (주)거혁건설, (주)거혁산업 등에서 2009년 신기술 583호로 지정받은 [2단계 낙하가 가능한 Drop형 Beam을 활용한 공동주택 슬래브 및 계단 Aluminum Panel Form 공법]과 조선판넬(주)에서 2011년에 인증 받은 신기술 621호 [스팬조절기능이 있는 1단 드롭 형 멍에를 이용한 슬래브 거푸집 공법] 등이 있음.

<표 5.3> 개발기술관련 특허

순번	특허명	등록번호	등록일	특허권자
1	보 거푸집용 지지장치	10-1413725	2014.06.24	(주)선우씨앤에스
2	보 거푸집용 팀버 연결장치	10-1413726	2015.06.24	(주)선우씨앤에스

<표 5.4> 동종업계 유사신기술 보유자

구분	기관명	내용
유사신기술	대림산업(주), (주)거혁건설, (주)거혁산업	건설신기술 583호
	조선판넬(주), 오경근	건설신기술 621호
특허 침해 소송 등 분쟁	없음	

상기 기술 중 신기술 583호는 일명 AFB 시스템으로 명칭 되었으며 AFB drop형 명에 빔을 사용하기 위해서 AFB 동바리를 같이 사용해야 하며 알루미늄 폼을 사용함. 또한 drop형 명에 빔을 하강시키기 위해서는 시스템 동바리의 높이조절(Down) 작업이 선 시공 되어야 하며 2차 낙하를 위해서는 다시 시스템 동바리를 또다시 높이조절을 해야 하는(Down) 반면에 본 신청 기술은 알루미늄 폼 보다 값싼 유로폼을 병행사용 할 수 있으며 기존의 계속해서 사용 되어져 왔던 동바리를 아무런 조치 없이 사용할 수 있어 자재비가 절감되며 해체 시에는 동바리를 먼저 해체 후 드롭을 시키는 시스템으로 슬래브 거푸집의 설치 및 해체작업을 공정을 줄일 수 있으며 공정순서에서 많은 차별성을 가지므로 공기를 단축시킬 수 있음.

또한, 신기술 621호는 해체시 데크 지지바는 L형 링크에 낙하방지용 서포트를 받치지 않을시 위험함으로 지지용 서포트가 많은 양의 필요하는 기술로 드롭시 핀제거와 동시에 400mm급강하에 명에서 패널이 이탈하는 현상이 발생 안전에 위험이 상시 노출되어 있는 반면에 본 신청 기술은 타워크레인 등 특별한 장비를 사용하지 않으며 알루미늄 거푸집 및 유로폼 지지시스템을 사용하여 높은 전용성과 다단 드롭 서포트를 이용한 테이블형 다단 드롭 시스템은 기존의 621호에는 해당되지 않는 고유의 기술임.

사업화 대상기술은 현재 공동주택에 현장에 널리 사용되는 알루미늄 폼과, 알루미늄 폼보다 더 저렴한 유로폼을 병행 사용하여 전용성을 높였으며 테이블형 다단 드롭 시스템은 장선.명에 빔을 적용하여 1인 설치작업 및 1인 해체 작업이 가능한 점에서 공법 구현상의 차별성을 가지고 있음.

거푸집 시스템에 관한 여러 우수한 선행기술들이 있지만 다단 드롭 서포트를 이용한 테이블형 다단 드롭 시스템 개발하여 시공하여 시공성을 향상시키고 해체 과정에 안전성 및 소음저감효과, 그리고 시공비의 절감의 장점을 가진 점에서 타 기술에서는 전혀 가지고 있지 않은 기술로 큰 차별성을 가진다고 할 수 있음.

(2) 시장 진입 장벽

국내 건설시장은 저성장 시대 진입으로 최근 5년 동안 연평균 성장률이 -4% 수준으로 침체가 지속되고 있는 추세임. 그러나 주거 환경의 욕구증가와 기존 저소음 공법의 한계성으로 소음 민원 극대화 되고 있는 실정임. 거푸집 시장은 2013년에 3,400억원, 2014년 5,000억원 수준으로 시장규모를 가지고 있으며, 특히 거푸집 시장의 특징은 소음, 안전성, 시공성이 높은 공법의 요구는 강하나 현재 시장의 요구에 부응하는 공법이 없다는 점인데 이를 감안하면 본 사업화 공법과 같이 시장 지향적인 보급형 공법이 출시될 경우 빠른 속도로 잠재수요가 실수요로 전환될 수 있으므로 사업화 전망이 밝다고 할 수 있음.

해외 건설시장은 국내 상황과는 라멘 구조로 이루어져 있고, 현재 수출되고 있는 공법들은 안전성 및 시공성에서 낙후된 공법으로 단지 시공성, 단가만으로 수출하고 있는 실정임. 해외 시장에서 가격과 성능 면뿐 아니라 소음 저감형 작업자의 안전을 고려한 글로벌 경쟁력을 지닌 본 공법이 출시될 경우 시장으로부터 호의적인 반응을 기대할 수 있어 본격적인 판매 확대를 추진하고자 함.

라. 수익 확보 전략

(1) 주요 고객군

본 과제는 사업화를 목표로 하고 있으므로 최종 기술 개발 대상인 테이블형 다단 드롭 시스템을 이용한 층고가 높은 철근콘크리트 구조물의 저소음 슬래브 거푸집 공법 개발하고 일차적 활용방안은 현장 적용에 있음.

<표 5.5> 사업화 대상 기술의 현장적용 분야

건설사	대형 건설사 별 현장 적용처 및 활용분야	
	과제 수행 기간 내	과제 완료 후 확대 적용 분야
대형 건설사	아파트, 주상복합, 민원다발지역에 적용 확대	초고층 건축, 오피스텔, 주거용 건물의 주차장 슬래브, 대단지 빌라형 아파트
중견 건설사	대형마트 또는 아울렛 매장 주차장 슬래브	물류센터 또는 대형마트등 모든 슬래브 거푸집 설치가 필요한 건축분야로 시장 확대 적용

기술적 측면에서의 활용성을 판단한다면, 본 과제를 통해 확보된 테이블형 다단 드롭 시스템을 이용한 층고가 높은 철근콘크리트 구조물의 저소음 슬래브 거푸집 공법 기술은 후속연구를 통해 보유 기술인 골조 공사 등과의 융합을 통해 명실 공히 기능 집약적 시공기술 개발을 매개할 수 있음. 이는 건축공사 중 철근콘크리트공사의 완성 본으로서 경제성만 확보된다면 관련 시장을 와해시킴으로써 블루오션을 창출할 수 있는 무기가 될 수 있음.

근래 많은 안전사고 인식 변화로 인하여 작업시 안전을 최우선시 하고 있으며 국토교통부는 건설안전정보시스템(www.cosmis.or.kr)을 통해 최근 발생하는 건설안전사고 사례를 지속적으로 분석하여 건설관계자에게 제공하고 있음. 이에 본 사업화 대상기술은 쉽고 간단하다고 할 수 있는 자유낙하를 통한 해체 방식에서 벗어나, 벽식과 라멘 구조의 모든 건축물에서 기존 드롭방식의 문제점을 모두 해결하였고, 보다 안전하고 시공성이 향상된 다단드롭동바리를 이용한 테이블화된 공법이라고 할 수 있음. 또한, 보의 설치 후 슬래브를 설치하는 현재의 시공방법으로 발생하는 보에 안전 난간대를 설치하여야 하나 보 브라켓을 개량하여 안전 난간대를 설치할 수 있어 안전관리 비용의 절감 효과가 있음.

(2) 사업화 모형(BM)을 통한 수익 창출 방안

2020년 총매출 74억원으로 국내 44억원 및 해외 30억원을 목표로, 먼저 2016년은 과제 수행 2차년도에 해당하며 현장 적용 실적과 함께 8.7억원 수준의 초도매출을 일으키고자 함.

2017년은 사업화 과제 완료 후 첫 사업년도에 해당하며 본 과제 참여 건설사와의 긴밀한 협력을 통해 본 개발 제품에 대한 설계 반영을 토대로 내수 위주의 판매에 집중함으로써 임대를 확대해 나갈 계획임.

2018년에는 국내 1위의 강력한 영업망을 활용하여 내수 판매를 지속적으로 확대해 나아감과 동시에 이로 인해 제고된 브랜드 인지도를 활용하여 해외시장 침투를 추진함에 있어 본 과제 참여 건설사의 해외 수주를 근간으로 한 해외 프로젝트에 참여함으로써 해외 매출을 일으키고자 함.

2019년에는 이와 같은 해외 시장 침투 기반 확보와 병행하여 현재 10여개국에 수출이 이루어지고 있는 주력 제품인 알폼의 수출 통로를 활용하여 본 제품의 수출을 확대해 나갈 계획이며, 이로써 내수 및 세계시장에서의 본격적인 임대, 해외 판매 확대를 위한 기반을 마련하고자 함.

2019년 본격적인 해외시장 진출에 앞서 건설신기술지정을 받아 국내시장의 평정하여 내수의 안정화하고, 이를 기반으로 해외 지식재산권보호를 위한 PCT출원과 특허청에서 발간된 IP-Business 계약서 가이드북등을 적극 활용하여 해외 파트너와 불공정 계약이 없도록 미연에 방지해 기술보호 및 수출역량을 강화하고자함.

<표 5.6> 층고 높은 슬래브의 안전한 저소음 거푸집의 연도별 매출계획 (단위 : 백만원)

연 도 별		2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
층고 높은 슬래브의 안전한 저소음 거푸집	국내	870	1,300	1,950	2,930	4,400
	해외	-	-	1,000	1,500	3,000
합계		868	1,300	2,950	4,430	7,400

상기의 본 사업화 과제를 통한 테이블형 다단 드롭 시스템을 이용한 저소음 슬래브 거푸집 공법의 판매 계획을 달성하기 위한 전략을 사업화 단계별로 수립할 수 있음. 즉, 시장 침투 단계인 1단계, 판매확대 기반 구축 단계인 2단계 그리고 글로벌 브랜드 위상 확보 단계인 3단계로 나눌 수 있는데, 이러한 사업화 단계별로 판매 확대를 위한 로드맵을 <표 4.8>에 정리함.

<표 5.7> 사업화 단계별 판매 확대 로드맵 (단위 : 백만원)

구분		2016년	2017년	2018년	2019년	2020년~
사업화 단계		[1단계] 시장 침투		[2단계] 판매 확대 기반구축		[3단계] 글로벌 브랜드 위상 확보
중점 시장		국내		국내 > 해외		국내 < 해외
판매 전략	내수	• 참여 건설사 협업 통한 현장 적용 실적 확대 • 판로 확장을 위한 건설사 공동 신기술 인증 추진		• 국내 1위 강력한 영업망통한 적극적 홍보 및 판매 확대 • 고객만족 지향 기술 지원을 통한 차별적 이미지 제고		• 안전한 테이블형 거푸집 해체를 통한 공기 단축과 시공성 향상으로 대표 브랜드로 포지셔닝 • 해외법인 통한 주변국 지속 홍보 및 판매 확대 • 해외 고객 정기 기술 지원 통한 차별적 이미지 강화 • 제품 차별화 라인업 구축
	수출	• 해외시장 침투 및 판매 확대 전략 구축		• 건설사 해외 프로젝트 통한 해외 시장 침투 • KOTRA통한 해외마케팅 및 10여개국의 알폼 수출 통로 활용 판매 확대 추진		
판매 지역	국내	870	1,300	1,950	2,930	4,400
	중동	-	-	300	500	800
	아시아			700	1,000	1,700
합계		868	1,300	2,950	4,430	7,400

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

○ 해당사항 없음

제7장. 연구개발성과의 보안등급

보안등급 분류	보안	일반
		○
결정 사유	본 연구개발사업은 [국토교통부소관 연구개발사업 운영규정] 제7장 연구개발사업의 보완 및 정보관리, 제47조의 4 (보완등급 분류기준)에 명시된 보안등급 분류에 따라 일반과제로 구분됨.	

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

1. 연구실 안전조치 이행 내용

가. 주관기관 : (주)선우씨앤에스

(1) 현장 인력 안전 관련 전문성 제고

- 관리감독자의 안전교육(대한산업안전협회 온라인교육) 실시함.
- 소방감독자의 소방교육(한국소방안전협회 온라인교육) 실시함.

(2) 주기적 점검 실시

구 분	점 검 분 야	중점 점검 사항	비 고
자 체	○ 담당자별 점검	○ 유틸리티 장비 ○ 분석 장비	일일
	○ 안전관리팀 합동	○ 고압가스 사용 및 관리상태	매월, 안전점검의 날 관련
	○ 야간 및 휴일	○ 시설운영상태 ○ 24시간 가동장비 운영상태	일일
	○ 비상대응 훈련	○ 안전시설 시험동작 및 대피훈련	년 2회
외부전문 기관	○ 안전검사 ○ 정기 및 자율검사 ○ 수시검사	○ 호이스트, 압력용기 안전검사 ○ 고압가스저장시설 안전관리상태 ○ 위험물육내저장소 안전관리상태	2년1회 년 5회 년 2회

(3) 관련수칙

수 칙 명	주 요 내 용	비 고
○ 안전보건관리요령 ○ 전기관리 수칙 ○ 고압가스 취급 수칙 ○ 환경 관리 수칙	- 안전관리 총괄, 고압가스, 전기, 안전관리 세부사항 - 전기시설물 취급 및 구매설치 - 전기시설물 설치 등에 관한 규제 - 보관 및 운반, 사용 및 조작 - 누설 및 경보, 작업 - 안전관리자 임무, 조치 및 의무 - 취급, 통제구역, 비상재해 - 오염물질 배출 및 방지 준수사항 - 장비도입 및 폐기시 준수사항	

나 위탁기관 : (주)한양이엔씨 및 (주)유송엔지니어링

(1) 연구실 안전점검 정기적 실시

- 연구실의 기능 및 안전을 유지 관리하기 위하여 안전점검지침에 따라 연구실에 관한 안전점검을 정기적으로 실시함.

(2) 참여 연구원의 안전관련 교육훈련 시행

- 산업안전보건법 제31조 (안전보건교육) 및 연구실 안전환경조성에 관한 법률 제 18조에 의거, 전 직원에 대한 안전보건교육을 매달 실시함. 교육 방법은 모든 직원에 대한 자체교육(2시간)을 실시하고, 안전보건교육 일지를 작성하여 관리함.

(3) 연구 내용 및 결과물 안전 확보

- 정기적으로 인원 및 시설 보안 항목, 문서보안 항목 그리고 정보보안 항목의 보안점검을 실시하여 연구 내용 및 결과물의 안전을 확보하고 있음. 참여 연구원들을 대상으로 연구 결과의 안전한 관리를 위한 안전교육 실시함.

(4) 연구실 안전 확보 계획

- 참여 연구원들이 안전관련 각종 법규, 규정 및 지침을 준수하도록 하며, 요구되는 안전교육 및 훈련 실시함.
- 실험에 관련된 위험 정보를 숙지하고 적절한 개인 보호 장비 착용 실험실에 노출된 위험을 안전관리책임자에게 보고함.
- 연구실의 잠재되어 있는 위험성 발견 및 위험물질과 각종 실험장비 등 사용에 따른 안전수칙이 잘 이행될 수 있도록 지도점검 및 교육을 실시함.

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	논문 게재지/ 특허 등록 국가	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
	논문	테이블형 다단 드롭 시스템을 이용한 저소음 보-슬래브 거푸집의 구성부재 성능 및 현장적용에 관한 실험적 연구	(주)선우 씨앤에 스	한국건축 시공학회지	2017.08	○	
	논문	무타이 시공이 가능한 다단 드롭 시스템 거푸집의 해체 소음평가	(주)선우 씨앤에 스	한국콘크리 트학회 2016 가을학술대 회논문집	2016.11	○	
	논문	무타이 시공이 가능한 다단 드롭 시스템 거푸집의 부재성능평가	(주)선우 씨앤에 스	한국콘크리 트학회 2016 가을학술대 회논문집	2016.11	○	
	특허	건축물 축조를 위한 거푸집의 서포트	(주)선우 씨앤에 스	대한민국	2017.05		
	특허	건축물의 보 성형을 위한 보 거푸집 받침방법	(주)선우 씨앤에 스	대한민국	2017.07		
	특허	동바리가 일체로 형성되는 단위 테이블품과 이의 제작방법	(주)선우 씨앤에 스	대한민국	2017.06		
	디자인 등록	거푸집 설치를 위한 받침목 브래킷	(주)선우 씨앤에 스	대한민국	2017.9		

제11장. 기타 사항

○ 해당사항 없음

제12장. 참고 문헌

1. Go SS, Oh JH, A study on the risk assessment of formwork. Journal of the Korea Society of Safety. 2002 Sep;17(3):96-101.
2. Kim JH. Study on developing the aluminum-plastic form to reduce the noise of the aluminum form work [master's thesis]. [Seoul (Korea)]: Korea University; 2017. p. 17-21.
3. Lee SC, Jeon JY. Assesment of annoyance cause by different types of construction noises. Transactions of the Korea Society for Noise and Vibration Engineering. 2013 Dec;23(12):1111-6.
4. Yang YS, An appropriate use plan by structural system of conventional and system forms[master's thesis]. [Seoul (Korea)]: Chung-Ang University; 2007. p. 14-26.
5. Oh KG. Slab formwork method using single-drop type yoke with span adjustment(Korea Construction Transport New-Technology)[Internet]. Anyang(Korea): Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement; 2016 Mar [cited 2017 June 20]. Available from: <http://ct.kaia.re.kr/ntecsite/>.
6. Jung WJ, Song SY, Ryu HS, Song DY. Drop-table-type multi-stage noise reduction of reinforced concrete floor height more than 4.2m using a system-type slab formwork. Magazine of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection. 2016 Dec;20(4):49-51.
7. Kang JS, Lee SJ, Song JW, Won YH, Choi SM. Experimental study on pre-cambered unshored deck for 7.5m span structures. Journal of the Korean Society for Advanced Composite Structures. 2016 Jun;7(2):7-15.
8. Shin YS, Choi HB, Lee UK, Ann SH, Kang KI. A study on selection of slab form work system for high - rise building construction. Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction. 2006 Feb;22(2):147-54.
9. Song H, Park HG, Go SS. A study on the analysis of accident cause of form work using FTA(Fault Tree Analysis) system. Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction. 2006 Jun;22(6):119-27.
10. Kim GH, Kang KI. A study on development and application of the unit table form for concrete structural frame work of high-rise buildings. Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction. 2003 Aug;19(8):181-88.
11. Kang KI. System form and hoisting technology in high-rise buildings. Magazine of the Korea Concrete Institute. 2016 Jan;28(1):10-11.
12. Shin SH, Ryu HS, Kim DM, Sim SJ, Jeong WJ. Experimental study on the noise evaluation for removal of the table type multi-drop system. Proceedings of the Korea Concrete Institute; 2016 Nov 2-4; Gangwon, Korea. Seoul (Korea):Korea Concrete Institute; 2016. p. 583-4.
13. Ryu HS, Shin SH, Kim DM, Sim SJ, Jeong WJ. Experimental study on the characteristics of materials for development of the table type multi-drop system. Proceedings of the Korea Concrete Institute. 2016 Nov 2-4; Gangwon, Korea. Seoul (Korea):Korea Concrete Institute; 2016. p. 585-6.
14. Kang SH, Hong SG. Structural behavior of ultra high performance fiber reinforced concrete-reinforced concrete composite slab subjected to bending. Proceedings of the Korea Concrete Institute. 2013 May 14-16; Yeosu, Korea. Seoul (Korea):Korea Concrete Institute; 2013. p. 497-8.
15. Kim BS, Park JM, Oh BH, Kim OK, Choi BJ. Improvement of safety certification system by aluminum form on construction temporary equipment. Proceedings of the Architectural Institute of Korea. 2011 Oct 29; Gyeongsan, Korea. Seoul (Korea):Architectural Institute of Korea; 2011. p. 271-2.

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업화지원사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.