

Vol. 5 No. 1 2026

KPCI

**Korean
Precast Concrete
Institute**



인천 검단 물류센터

한국PC기술협회 협회지

Vol. 5 No. 1 2026

발 행 일 2026년 1월 22일

발 행 인 이원호

발 행 처 (사)한국PC기술협회

편 집 인 김승훈, 임병호, 남영길
배백일, 이득행, 김희윤
강현구, 배상호, 정기혁
김진영, 석승욱

연 락 처 서울시 서초구 서운로 13
중앙로얄오피스텔 1110호
T) 02-537-3334
F) 02-587-3335
www.kpci.co.kr

Vol. 5 No. 1 2026

KPCI

**Korean
Precast Concrete
Institute**



인천 검단 물류센터

한국PC기술협회 협회지

CONTENTS

발간사

- 6 이 원 호 (사)한국PC기술협회 회장

PC와 OSC

- 8 건설혁신 동력, OSC의 역할과 미래
- 10 실무적 관점에서 공동주택 가치향상을 위한 OSC 기반 PC 구조 적용방안
- 18 OSC 프로젝트에서 DfMA적용
- 21 구조설계기준 관점에서의 OSC
- 27 PC구조 공동주택 구조설계 기술 개발
- 34 RC조 및 PC조 벽식 공동주택 외피의 단열성능 비교

PC와 기술

- 40 짓고싶은 집, 살고싶은 집 공동주택 PC공법
- 46 물류창고 램프PC 제작 Know How
- 51 현장타설이 필요없는 PC아치 공법
- 56 전단보강이 자유로운 수직생산 PC더블월 "LDW"
- 60 하이브리드 PC슬래브 공법 소개

PC의 과거와 현재 그리고 미래

- 66 우리나라의 20C PC 역사 이야기
※ 부록 : “한성 20년사”의 ‘第1篇 成果, 畫報 한성20年’
- 98 중동에서의 PC 공사 이야기

PC 기술기사

- 118 ACI 318 PC 기준 개정의 흐름과 ACI/PCI CODE-319의 등장
- 122 AI 시대 프리캐스트 콘크리트 공법에서 BIM 활용에 관한 고찰

협회 활동

- 130 한국PC기술협회 일본 건설현장과 PC제조공장 견학
- 144 한국PC기술협회 제1회 산행 단합대회
- 152 한국PC기술협회 활동 및 사진

발 간 사

- 혁신의 동력 OSC와 PC,

다시 비상하는 한국 건설의 미래를 담다 -

존경하는 (사)한국PC기술협회 회원 여러분, 그리고 PC산업 관계자 여러분께 깊은 인사의 말씀을 드립니다.

우리 협회는 2006년 12월 창간호를 시작으로, 제2호(2007년 12월), 제3호(2009년 7월), 제4호(2011년 7월)를 발간하며 국내 PC기술의 발전과 산업적 확산을 기록해 왔습니다. 지난 2006년 창간호를 시작으로 우리 기술의 자부심을 기록해 온 협회지가 2011년 제4호 이후, 15년이라는 긴 공백을 깨고 마침내 제5호를 세상에 내놓게 되었습니다. 이 긴 기다림은 단순한 멈춤이 아니라, 더 견고하고 스마트한 건설 미래를 준비하기 위한 인고의 시간이었습니다.

이번 제5호 협회지는 단순한 정기간행물이 아니라, 한국 PC산업이 다시 한번 도약을 준비하는 전환점에서의 기록이자 선언이라 할 수 있습니다. 급변하는 건설 환경 속에서 PC와 OSC(Off-Site Construction)는 더 이상 대안적 공법이 아닌, 건설산업 혁신의 핵심 동력으로 자리매김하고 있습니다.

이에 본 협회지는 첫 번째 특집으로 「PC와 OSC」를 다루며, “건설혁신 동력, OSC의 역할과 미래”라는 주제 아래 1) 공동주택 가치 향상을 위한 OSC 기반 PC 구조 적용방안, 2) OSC 프로젝트에서의 DfMA 적용, 3) 구조설계기준 관점에서의 OSC, 4) PC 구조 공동주택 구조설계 기술 개발, 5) RC조 및 PC조 벽식 공동주택 외피의 단열성능 비교 등 실무와 제도, 기술을 아우르는 심도 있는 논의를 담았습니다.

두 번째로는 「PC와 기술」이라는 큰 틀 아래, 우리 협회 회원사들의 신기술·신공법을 소개함으로써, 국내 PC기술의 현재 수준과 현장 적용 가능성을 생생하게 보여주고자 하였습니다. 1) 짓고 싶은 집, 살고 싶은 집, 공동주택 PC공법, 2) 물류창고 램프 PC 제작 노하우, 3) 현장타설이 필요 없는 PC 아치공법, 4) 전단보강이 자유로운 수직생산 PC 더블월(LDW), 5) 하이브리드 PC 슬래브 공법 등은 우리 산업의 기술적 저력과 미래 가능성을 잘 보여주는 사례라 할 것입니다.

세 번째로는 「PC의 과거와 현재 그리고 미래」를 통해, 우리나라 PC의 역사와 중동 건설현장에서의 PC 공사 경험을 되짚으며, 축적된 경험이 오늘의 기술로, 그리고 내일의 경쟁력으로 이어지고 있음을 조명하였습니다.

네 번째 「PC 기술기사」에서는 1) ACI 318 PC 기준 개정 흐름과 ACI/PCI CODE- 319의 등장, 2) AI 시대 PC공법에서의 BIM 활용에 대한 고찰을 통해, 국제 기준과 디지털 전환이라는 시대적 흐름 속에서 PC기술이 나아가야 할 방향을 제시하고자 하였습니다.

기술은 혼자 발전할 수 없습니다. 협회는 지난 2024년과 2025년, 1년에 2차례씩 현장 및 공장 견학을 비롯하여 일본 건설현장 방문, 산행 단합대회, 골프대회 등 다양한 활동을 통해 회원사 간의 유대를 다져왔습니다. 사무국이 정리한 활동 보고를 보며 우리가 함께 흘린 땀방울이 곧 협회 발전의 밑거름이었음을 나아가, 협회가 기술 공동체를 넘어 사람과 신뢰를 기반으로 한 산업 플랫폼으로 성장해 가고 있음을 다시금 확인합니다.

특히 이번 협회지 발간과 함께 개최되는 국제세미나 및 정기총회는 “Build Faster, Saferer, Smarter with Precast Concrete”라는 주제 아래, PC기술이 추구해야 할 속도, 안전, 지능화라는 세 가지 핵심 가치를 국내외 전문가들과 함께 공유하는 뜻깊은 자리가 될 것입니다.

오랜 공백을 깨고 발간된 이번 제5호가 회원 여러분의 기술적 갈증을 해소하고, 대한민국 건설 산업이 OSC 기반의 첨단 산업으로 도약하는 데 작은 마중물이 되기를 간절히 소망합니다. 본지 발간을 위해 귀중한 원고를 투고해 주신 집필진과 회원사 관계자 여러분, 그리고 묵묵히 지원해 주신 사무국 직원 여러분께 깊은 감사의 말씀을 전합니다.

새해의 시작과 함께 찾아온 이 협회지가 여러분의 현장과 책상 위에서 새로운 영감의 원천이 되며, 나아가 우리 PC산업의 현재를 기록하고, 미래를 여는 작은 이정표가 되기를 진심으로 기대합니다.

감사합니다.

2026년 1월 22일

(사)한국PC기술협회 회장 **이 원 호**

이준성

OSC 연구단장 이화여자대학교
건축도시시스템공학과 교수

국내 건설산업은 기술인력의 고령화와 만성적인 인력수급 불균형, 강화되는 품질·안전 요구, 주 52시간제와 레미콘 8·5제로 대표되는 노동환경 변화 등 복합적인 구조 전환의 국면에 놓여 있습니다. 여기에 팬데믹을 기점으로 비대면·비현장 중심의 산업 패러다임이 가속화되면서, 전통적인 현장 중심 생산방식에 의존해온 건설산업은 근본적인 혁신을 요구받고 있습니다.

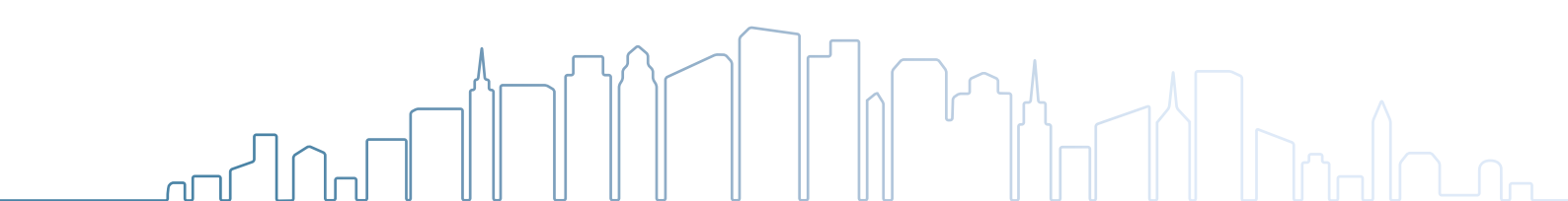
이러한 산업 환경 변화에 대응하기 위한 대안으로, 2020년 4월 출범한 'OSC(Off-Site Construction) 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술개발 연구단'은 공장 제작과 현장 조립을 결합한 새로운 건설생산 패러다임을 제시하며, 국내 건설산업의 구조적 전환 가능성을 실증 중심으로 검증해 왔습니다.

특히 본 연구단은 다양한 OSC 방식 중에서도 PC(Precast Concrete) 기반 공동주택 생산에 주목하여, 과거 기술적·제도적 한계로 인해 확산되지 못했던 PC 공법을 현대적 건설환경에 부합하는 생산시스템으로 재정립하는 데 연구의 초점을 두고 있습니다. 이를 위해 설계·엔지니어링, 공장 생산, 운송, 현장 시공, 품질관리로 이어지는 전 생애주기 관점에서의 기술 개발과 함께, 실제 프로젝트를 대상으로 한 실증 연구를 병행했다는 점이 본 연구단의 가장 큰 특징이라 할 수 있을 것입니다.

대표적으로 한국토지주택공사와 서울주택도시공사가 참여하는 실증사업을 통해, PC 공동주택의 설계·제작·시공·품질관리 전 과정에 대한 검증과 개선이 이루어지고 있으며, 이 과정에서 도출된 연구성과는 단순한 기술 제안에 그치지 않고 현장 적용이 가능한 기준과 매뉴얼, 관리체계로 구체화되고 있습니다.

또한 본 연구단에는 대형 건설사, PC 제조사, 설계·엔지니어링 기업, 학회 및 연구기관, 대학 등 국내 건설산업을 대표하는 21개 기관이 참여하여, 실질적인 산·학·연 협력 기반을 구축하고 있습니다. 이는 특정 기업이나 공법 중심의 기술 개발을 넘어, 산업 전반에 적용 가능한 공통 기준과 표준화된 생산·품질관리 체계를 마련하고자 하는 공동의 문체익식에 기반한 협력 구조라 할 수 있습니다.

이러한 점에서, 본 학회지를 발간하는 PC기술협회와 OSC 연구단의 협력은 매우 중요한 의미를 지닌다 할 것입니다.



PC기술협회가 축적해 온 현장 중심의 기술 전문성과 산업 네트워크는 연구단의 학술적·실증적 성과가 산업 표준과 실무 지침으로 확산되는 데 핵심적인 연결 고리가 될 것입니다. 마찬가지로 연구단의 연구성과는 PC 산업이 직면한 품질관리 고도화, 생산성 향상, 제도 개선 논의에 있어 과학적 근거와 중장기적 방향성을 제공할 수 있을 것입니다.

본 특집에서는 그간 OSC 연구단이 축적해 온 PC 공동주택 관련 핵심 연구성과 중 표OSC 활성화를 위해 설계·엔지니어링 단계에서 요구되는 표준평면 설계, 구조기준 정립, DfMA 등과 같은 기술적 성과를 소개함으로써, 국내 PC 및 OSC 산업의 현재 수준을 공유하고 향후 발전 방향을 함께 모색하고자 합니다. 더 나아가, PC기술협회와 OSC 연구단 간의 지속적이고 긴밀한 협력을 통해, PC 기반 OSC 기술이 국내 건설산업 혁신을 견인하는 핵심 축으로 자리매김하기를 기대합니다.

실무적 관점에서 공동주택 가치향상을 위한 OSC 기반 PC구조 적용방안 연구

A Study on the Application of OSC-based PC Structure to Improve the Value of Apartment Housing from a Practical Perspective

조태용

(주)디에이그룹엔지니어링
종합건축사사무소
디지털디자인랩 본부장

정미식

(주)디에이그룹엔지니어링
종합건축사사무소
디지털디자인랩 소장

1 개요

1.1 OSC 연구단 개요

OSC연구단은 주거 성능 확보에 유리한 PC를 주요 대상 소재로 하며, 시공 뿐 아니라 설계 및 생산 프로세스 전반에 걸쳐 기술적, 제도적 인프라 구축을 목표로 한다. 연구단 구성은 OSC기반 공동주택 생산체계 혁신을 도모하고자 25개 연구기관과 24개 참여기업 구성으로 2020년 시작되었다.

OSC연구단 세부 목표로는 첫째, 기존 현장 타설 철근 콘크리트 공법 대비 동등 수준 이상 주거 성능 확보에 있다. 둘째, 기존 현장 타설 콘크리트 공법 대비 작업인력 20% 감소 및 공사기간 10% 단축을 통한 생산 효율성 향상에 있다. 셋째, OSC기반 PC 공동주택 생산 시스템 확산을 위한 기술적 인프라 구축과 OSC기반 PC 공동주택 생산시스템 확산을 위한 정책적 인프라 구축을 목표로 한다.

OSC연구단은 3개 세부로 구성되어 있는데, 1세부는 OSC기반 PC구조 공동주택 핵심 설계와 엔지니어링 기술 개발과 실증을 목표로 하고 있다. 2세부는 OSC기반 공장생산·시공·품질 통합관리 플랫폼 및 핵심기술 개발을 목표로 하고 있으며, 3세부는 OSC기반 PC구조 공동주택 확산 인프라 구축을 목표로 하고 있다.

본 실증사업과 관련이 있는 1세부는 협동연구기관으로 LH가 있으며 (주)디에이그룹엔지니어링종합건축사사무소를 (이하 디에이건축) 포함한 7곳의 공동연구기관과 1곳의 위탁연구기관(이화여자대학교)으로 구성되어 있다.

1.2 OSC 기반 PC구조 공동주택 핵심 설계와 엔지니어링 기술 개발 현황

평택고덕 A-58BL 107동에 OSC기반 PC 공동주택 핵심 설계·엔지니어링 기술개발 및 실증을 담당하는 1세부는 한국형 PC구조 공동주택 생산시스템 구축 및 실증사업을 주관하는 LH와 프로젝트 맞춤형 성과 분석 시스템 개발을 담당하는 아주대학교로 구성되어 있다. 그리고 광운대학교, (주)아이스트, 디에이건축은 BIM기반 PC공동주택 표준모델 및 모델개발과 표준모델로 구성된 PC 공동주택 구조계획 기법을 제안하는 표준모델 개발 연구를 진행하고 있다. 이밖에 OSC기반 PC 공동주택 구조설계 및 지침 개발은 (사)한국콘크리트학회에서 진행하며, OSC기반 PC 공동주택 주거 성능 확보 및 생산성 개선 기술개발을 위해 (주)대우건설, 디엘이앤씨, (주)까뮤이앤씨, 이화여자대학교가 연구를 진행하고 있다.

특히, BIM기반 PC공동주택 표준모듈 개발과 구조계획 기법 제안 연구는 본 실증사업 적용을 위해 실무적 관점에서 연구를 진행 하였다. 연구 1차년도인 2020년에는 벽식 PC 공동주택 연구를 진행하여 PC 시범단지인 아산탕정 2-A15BL 아파트 건설공사 8공구에 7개층 36세대, 지하주차장으로 구성된 PC 구조를 적용하였다. 그리고 2021년부터 라멘조 PC 공동주택 적용을 연구하였는데 이를 통해 BIM기반 설계단계 활용 표준모델 체계화, 실증사업 표준 모델 적용 및 모니터링, PC구조 BIM라이브러리 구축을 진행하였다.



그림 1. OSC기반 PC공동주택 표준모델 연구

평택고덕A-58BL은 이같이 OSC연구단에서 2021년부터 진행된 BIM기반 설계단계 활용 표준모델 연구 성과를 검증하기 위해 기둥, 보, 슬라브, 커튼월벽체에 대한 PC 규격 기준 수립, 공동주택 주거성 확보를 위한 평면과 단면 계획을 비롯해 방화, 단열, 방수 등 상세 설계까지 연구 되었다.

2 OSC 기반 PC구조 실증사업

2.1 실증사업 개요

평택고덕 A58BL 아파트 14공구 건설공사는(이하 평택고덕 A58BL) 26㎡, 29㎡, 37㎡, 46㎡ 타입 1,295세대로 구성된 국민, 영구 주택 유형 사업지이다. LH는 PC구조 공동주택 적용을 위해 평택고덕 A58BL 아파트 14공구 건설공사를 실증사업을 위한 사업지로 선정하였고 사업지 중 [그림 2]와 같이 1개 동을 PC구조 계획을 진행하였다. 실증사업 지구 및 실증 사업동 개요는 [표 1]과 같으며 실증사업동은 12개동 중 107동으로 46㎡ 타입 82세대, 12층 규모이다.

사업명 및 위치		평택고덕A-58BL 아파트 14공구 건설공사 (경기도 평택시 고덕면 일원 고덕국제화지구 및 택지개발지구 내 A-58BL)
대지면적		35,582㎡
주택유형		국민, 영구
건설호수 (1,295세대)	26㎡	912
	29㎡	121
	37㎡	98
	46㎡	164
구조		RC구조(라멘)
최고층수		25

표 1. 실증사업지구 개요



그림 2. 실증사업지구 조감도

2.2 실증사업 방식 및 특기사항

평택고덕A-58BL은 현상공모를 거쳐 21년 12월 시공책임형 건설사업관리방식으로 진행되었다. 시공책임형 건설사업관리방식은 시공사가 실시설계 단계에 사업관리자로 참여하여 설계안 정합성을 확보하고 공법을 개선하여 공사비 절감 및 시공성 향상 효과를 입증하는 프로젝트 발주 유형이다.

LH는 OSC기반 PC구조 실증사업을 위해 평택고덕 A58BL 시공책임형 건설사업관리 입찰안내서 과업 수행 시 준수사항으로 “(평택고덕A-58BL) 국책연구과제(OSC기반 공동주택 생산시스템 혁신기술개발)의 PC공법 실증사업 지구로서 계약상대자는 연구 및 실증사업 추진에 적극 협조하여야 한다.”고 명기하였다.

또한 입찰안내서 “제4장 기술에 관한 사항 1. 일반 지침”, “2.3 VE제안 및 계획 검토 시 고려사항 (11) 라멘 PC공법 적용 시 고려사항”에 실증 사업동에 PC공사의 생산성과 품질향상이 기대되는 공법(PC표준모듈, 시스템 욕실 PC, 옥탑 PC, 단열, 결로, 방수 등 다양한 요소기술 활용)의 적극 도입, PC공법에 유리한 단위세대평면과 구조계획 등을 제안하도록 명기하여, OSC 연구단의 성과를 적극 반영할 수 있도록 노력하였다(LH, 2021)*.

* LH(한국토지주택공사)(2021), “시공책임형 건설사업관리 입찰안내서”

하지만 기존 OSC연구단 성과와 달리, 입찰 공모를 통해 적격자로 선정된 시공사는 공모안에서 [그림 3]과 같이 보, 기둥, 슬라브는 PC구조로 계획하고 벽체는 기존 습식공법으로 진행하는 병행 PC공법을 제안하여 당선 되었다.

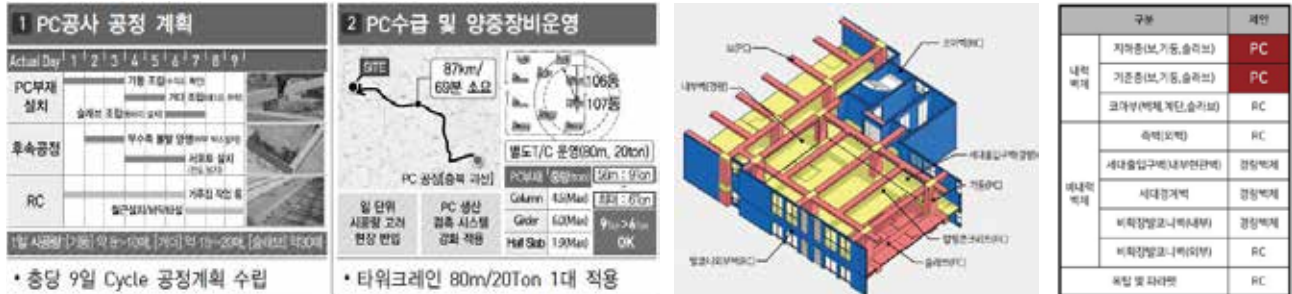


그림 3. 평택고덕A-58BL 시공책임형 건설사업관리로 제안된 병행 PC공법 (시공사 제안 사항)

2.3 실증사업 연구 목표

본 실증사업은 OSC기반 PC구조 공동주택 핵심 설계·엔지니어링 기술개발 및 실증의 일환이며, LH PC구조 적용을 통한 공동주택 생산성과 품질향상을 목표로 한다. 이를 위해 OSC PC구조 공동주택 공급활성화에 필요한 기술 기반 구축, 연구 개발된 기술 우수성과 OSC PC 공동주택 생산성 및 품질향상 효과 등 검증, OSC PC 공동주택 발주·설계·현장관리·유지관리 등에 필요한 기술기반 구축, 국내 PC 공동주택에 적합한 OSC PC공동주택 생산시스템 검증 및 제안을 세부 목표로 한다.

2.4 실증사업 주요 적용 부위 및 협의체 구성

평택고덕 A-58BL 107동 OSC 적용 분야와 PC공법 부위는 OSC 연구단에서 개발한 PC공법 생산성과 품질향상이 기대되는 기술 완성도, 사업 일정등을 고려하여 선정되었다. 세부 PC공법 부위는 [표 2]와 같이 구조 및 비구조 부재로 구분하여 적용하며, 현장사업여건 등을 고려하여 지상층에 적용 되었다.

또한 실증사업 성공적 수행을 위한 추진 방안으로 [표 3] 같이 LH, 시공사, OSC연구단, 외부전문가(자문위원) 등으로 구성된 연구 실무협의체를 설계부터 준공까지 운영한다. 연구 실무협의체는 2022년 1월부터 5월까지 OSC기반 연구 성과를 바탕으로 실증사업(107동) 적용을 위해 지속적인 회의를 진행 하였다.

연구 실무 협의체 회의를 통해 LH가 자체사업으로 수행한 OSC PC공동주택 시범사업(김포한강: 벽식, 20.12., 준공/아산탕정: 라멘, 22.07., 골조준공 예정) 결과 분석 및 설계 반영 사항 도출 하였다. 그리고 PC 표준모듈에 기초한 PC 평면계획, PC부재 생산·운반·양중에 필요한 PC부재 기준 수립 하였고, PC 공사 생산성과 품질향상 공법 등을 발굴 하였다. 또한, PC 공사 사업관리 방안 및 프로세스별 조사항목 작성과 함께 원활한 실증사업 수행을 위한 PC공사 관련 전반적인 내용에 대해 협의 하였다.

구 분		적용공법
구조 부재	기준층(보, 기둥, 슬라브)	PC
	코아부(벽체, 계단, 슬라브)	PC
비구조 부재	측벽(외벽 : 커튼월)	PC
	세대출입구벽(내부현관벽)	경량벽체
	세대경계벽	경량벽체(일부 PC)
	비확장발코니벽(내부벽체)	경량벽체
	비확장발코니벽(외부벽체)	PC
옥탑 및 파라펫		PC

표 2. 실증사업 시 반영할 OSC PC공법 적용부위

기 관	주요업무
LH	• 평택고덕지구 발주 및 사업관리 • OSC PC 공법 관련 분야별 기술지원
시공사	• OSC PC공동주택 실증사업 시공
디에이건축	• 표준모듈에 기초한 PC공동주택 설계
아이스트 (Eng.)	• PC공동주택 구조설계 수행 및 PC 샵 작성
PC사	• PC공동주택 PC부재 생산 및 시공 검토
자문위원	• 기존공법 적정성 검토 및 최적공법 제안 • 자문분야 - PC 건축계획, 구조, 사업관리, 결로, 누수 등

표 3. 실증사업 연구실무협의체 구성 및 주요 업무(안)

3 OSC 기반 PC구조 연구 상세

OSC연구단 연구 성과와 평택고덕 A-58BL 107동에 대한 시공사 제안 병행 PC공법을 바탕으로 실증사업 PC공법 상세 설계가 진행되었다. 성공적인 실증사업 수행을 위하여 LH, 시공사, 관련 기관 및 자문위원들은 PC부재 최대 모듈, PC커튼월 구조, 107동 단위세대 건축 및 구조계획, 결로방지, 단열, 층간방화등을 상세 검토하여 시공사에서 제안한 병행 PC공법을 OSC 연구 성과인 표준모델로 변경 검토 및 연구 검증을 통해 적용하였다.

3.1 표준모듈에 기초한 공동주택 계획(안) 수립

실증사업 시 적용한 PC공동주택 평면계획은 OSC 연구단 2차년도 연구성과를 반영하여 단위세대에 PC 벽체 모듈을 적용한 1세대-1모듈 시스템을 계획하였다. 1세대-1모듈로 구성된 PC구조 공동주택 건축 평면 및 단면계획에는 PC벽체 최대 길이와 높이, PC벽체 모듈과 커튼월 벽체 개구부 및 단면 상세, 결로방지, 단열, 층간방화 계획을 연구실무협의체가 검토하여 반영된 결과이다.

a. PC 벽체 모듈 기준 수립

실증사업 PC벽체는 코어를 구성하는 내력벽체 모듈과 외벽을 구성하는 커튼월 구조로 구성되어 있다. PC벽체 모듈은 PC부재 생산·운반과 관련된 법규와 생산설비를 감안하여 최대 벽체 길이 7.0M, 최대 높이 3.5M로 계획하였다. 또한, 벽체 개구부간 최소 간격 300mm가 필요함을 확인하였고 벽체 상부는 PC벽체 생산과 운반을 위해 최소 간격 450mm로 계획하였다. 실증사업을 고려한 PC벽체 최대 길이 및 높이, 개구부를 위한 최소 간격은 [그림 4]와 같다.

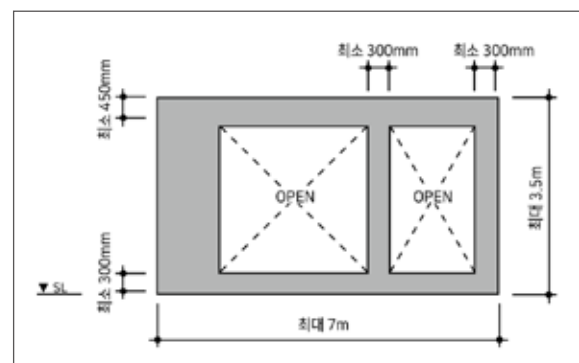


그림 4. 실증사업에 적용한 PC벽체 모듈

d. PC커튼월 열교 및 결로방지를 위한 단열계획 개선

국내 공동주택은 내단열 계획을 적용하고 있다. 하지만 내단열 계획은, 외벽 단열재가 외벽-슬래브 접합부위에서 불연속됨으로 열교현상으로 인한 결로 원인을 항상 내포하고 있다. LH에서는 공동주택 단위세대 단열 취약부위에 결로를 방지하고자 단열재가 불연속되거나 결로가 예상되는 부위에 결로 방지재를 추가 설치하여 대응하고 있다.

실증사업인 평택고덕 A-58BL 107동 외벽은 PC 커튼월 벽체로 구성되어 있다. 그리고 LH 공동주택 기준을 적용한 단열 취약부위에 결로 방지재를 추가 설치하였지만 [그림 11]와 같이 외벽-슬래브 접합부위가 불연속되어 있다. OSC기반 PC 공동주택 핵심설계·엔지니어링 기술개발 및 실증을 담당하는 1세부 위탁연구기관으로 참여한 이화여대에서는 [그림 9]와 같이 공동주택 외벽-슬래브 접합부 열교로 인한 동계 열손실 방지를 위해 실증사업 PC 커튼월 벽체 단면을 [그림 10]과 같이 개선하여 단열재가 연속되어야 함을 제안 하였다.

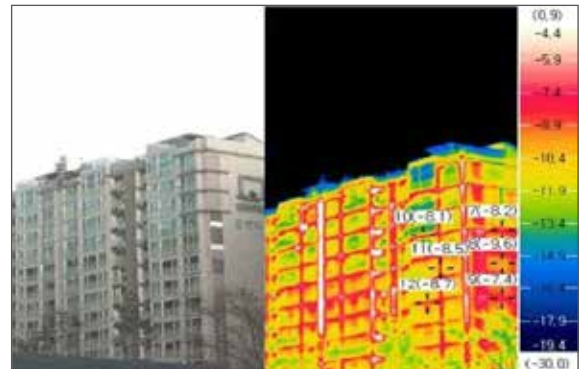


그림9. 외벽-슬래브 접합부 열교로 동계 열손실 수준

연속된 외벽 내 단열 계획을 위해 PC보와 커튼월 벽체 공간을 기존 30mm에서 80mm 이격하여 단열재를 설치 하였고, 코벨과 슬라브 사이에도 우레탄 폼을 충전하여 [그림 13]와 같이 연속된 단열 시스템을 적용하여 유효열관류율(열교 영향을 고려한 열관류율)이 약 9.2% 감소하였다.

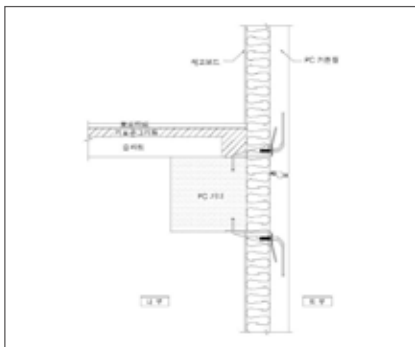


그림 10. 외벽 단열 연속 단면(제안)



그림11. PC 커튼월 단열 단면(기존)

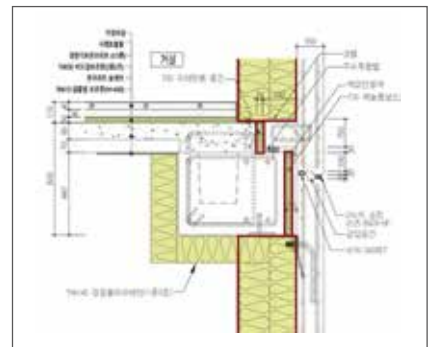


그림12. 커튼월 단열 단면(개선)

e. PC커튼월 적용에 따른 층간방화 계획

OSC 연구 실무협의체는 PC 커튼월 외벽 적용으로 기존 코벨 상단 레벨이 건축 마감 레벨보다 높은 문제를 PC보 형상제어를 통해 개선 하였다. 그리고 내 단열 계획으로 인한 단열이 불연속되는 문제는 PC 슬래브와 보를 PC 커튼월 벽체와 이격하고 단열재를 충전하여 개선 하였다. 이러한 과정에서 PC 바닥, 보, 기둥 외곽과 PC벽체는 80mm 이격 거리를 갖게 되었는데 이 때문에 PC기둥과 PC 커튼월 벽체 사이로 층간 방화 계획이 필요하게 되었다. 이를 개선하기 위해 [그림13]와 같이 PC기둥과 PC 커튼월 벽체 사이를 무수축 몰탈로 충전하여 개선 하였다.

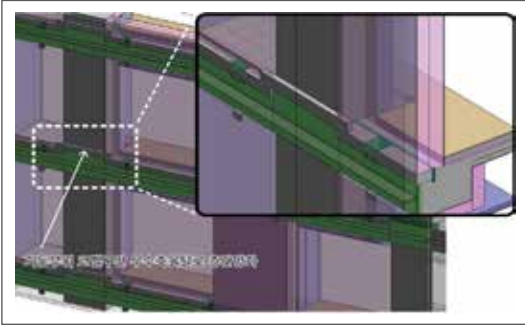


그림 13. PC커튼월 기둥외곽부위 층간방화

3.1. 표준모듈에 기초한 공동주택 계획(안) 수립

본 연구에서 다룬 실증사업 수행은 OSC 연구단 연구내용이 설계단계에서 긍정적으로 구현되었다는 점에서 의의가 있다. 이와 함께 실증사업을 통해 OSC 기반 PC구조 적용 시 잇따르는 현실적인 문제점들도 실무적 관점에서 도출 할 수 있었다. 도출된 사항들은 PC구조 특징 중 개선 필요 요인으로 고려되는 사항과 유사하며 다음과 같다.

PC구조는 탈현장공법으로 공장 생산 및 운반이 많은 비중을 차지한다. PC 부재를 생산하는 거푸집은 생산 시 단가가 높아 평면계획 시 단일화된 부재를 적용하는 것이 유리하며(Kim, 2004)*, 특히 운반은 부재 손상 위험과 직결되기 때문에 운송 기술 및 부재 보존 방안 등 제반사항에 대한 사전 검토가 충분히 이루어져야 한다. 이는 실증사업 연구 과정에서 나타났는데, 우선 PC 생산 업체들마다 다른 생산설비로 규격화된 PC 벽체 생산 최대 길이, 높이 확인이 어려웠다. 그리고 운반 측면에서는 벽체 높이 때문에 저상 차량을 활용함으로써 운반비용 증가로 나타나기도 했다.

본 연구에서는 OSC기반 공동주택 PC구조 적용을 위한 실증사업을 통해 도출한 문제점과 개선사항을 실무적 관점에서 다음과 같이 정리 하였다.

첫째, PC 제조사 생산 및 운반 기술현황이 건설공사에 미치는 영향이다. 이를 개선하기 위해서는 PC 제조 업체에 대한 전수조사 후 대다수 제조사에서 생산·운반이 가능한 적정 크기를 검토해 설계단계에 활용할 규격 가이드가 필요하다. 이를 통해 PC 부재에 대한 기준을 정립 하여야 한다. 해당 사항은 OSC 기반 공동주택 사업성에도 영향이 클 것으로 판단된다.

둘째, 정립된 PC 부재 기준에 따른 표준평면, 입면, 단면 개발이 필요하다. 이는 두가지 문제점을 개선하기 위함이다. 우선, 실증사업 설계단계에서는 기존 라멘구조 단위세대 평면을 PC구조로 변경하면서 발코니, 세탁실, 창호 크기 등 새롭게 검토되어야 할 상세한 사항과 단열, 층간방화 및 구조부재 검토가 발생하였다. 이는 건축설계가 단계적으로 진행되면서 발생하는 문제가 아닌 기존 라멘구조 단위세대 계획에 PC구조를 맞추면서 발생하는 문제이다. 그리고 설계도서 간 오류 혹은 변경사항이 발생할 경우, 사전 생산된 PC 부재는 폐기되면서 처리비용 및 재 생산 비용이 발생하는 문제점도 필연적으로 예상된다. 위와 같은 문제점 개선을 위해서는 PC구조 적용에 있어 최적화되고 표준화된 공동주택 단위세대 계획이 필요하며 이를 통해 불필요한 비용 및 부재 손실을 최소화할 수 있을 것이다.

셋째, 사업 참여자 명확한 역할 규정이 필요하다. 발주처, 설계사, 시공사, PC 제조사 업무 범위와 역할을 규정하여 설계단계와 시공단계 간 업무가 상호 영향이 적도록 하는 프로세스가 필요하다. 원활한 공사 진행을 위해 PC 제조사는 설계단계에 PC구조 전문가로 참여하여 생산·운반·설치 간 고려가 필요한 사항을 검토 할 수 있는 제도적 여건 마련이 필요하며 이를 통해 발생할 수 있는 문제점을 최소화하여야 한다.

위 사항에 대한 제도적·사업적 개선과 더불어 PC공법 기술적 개발과 효과 검증이 지속적으로 병행된다면, OSC기반 PC구조 안정적인 정착 및 향후 건설공사 경쟁력 확보, 건축 시설물 가치 향상 등 긍정적인 기대효과를 불러올 것으로 기대된다.

* 김상훈(2004), “아파트 지하주차장 PC화”, 쌍용건설 기술연구소, p.32-39

정 서 영

광운대학교 건축공학과
박사과정

유 정 호

광운대학교 건축공학과
교수

머리말

현장 노무 중심의 기존 건설생산방식은 기능 인력의 부족, 비효율적인 인력 운용, 품질 및 안전 문제 등과 같은 산업 환경 악화로 인해 생산성 부진의 문제를 겪어오고 있으며, 이에 건설 생산방식의 패러다임이 OSC(Off-Site Construction)로 전환되고 있다. OSC란 일반적인 현장 노무 중심의 생산방식에서 벗어나 공장 등의 장소에서 건물의 구성요소를 선 제작하고, 이를 현장으로 운반하여 조립 및 시공함으로써 최종 목적물을 생산하는 건축방식으로 정의되며, 조립식 건축, 공업화 건축, 모듈러 건축 등과 같은 유사 개념을 포괄하는 의미로 사용된다. 이와 같은 OSC 생산방식은 설계 변경에 대한 리스크가 기존 생산방식에 비해 크다는 특징을 가지고 있다. 이에 설계의 높은 완성도 확보 및 조기 확정은 OSC의 주요 성공요인으로 손꼽히고 있다(Gibb & Isack, 2001; Choi, 2014; Li et al., 2018; Wuni & Shen, 2019). 이에 건설업계에서는 OSC 설계의 완성도 확보 및 조기 확정을 위해 OSC 전 생산 프로세스(공장제작, 운반, 현장조립, 유지 보수)를 고려한 최적 설계 마련을 위해 DfMA (Design for Manufacturing & Assembly)에 주목하고 있으며, 싱가포르, 영국 등 해외 OSC 선도국에서는 OSC 프로젝트에의 DfMA 적용을 위한 가이드라인 및 기준 등을 제시하고 있다. 이에 본 고에서는 DfMA의 기본 개념을 살펴 보고 해외 OSC 선도국의 DfMA 관련 가이드라인 및 기준에 대해 소개하고자 한다.

DfMA의 기본 개념

DfMA(Design for Manufacturing & Assembly)는

제조 분야에서 설계 변경을 최소화하기 위해 개발된 개념으로 제품 설계에 Front-Loading 개념을 적용하여 설계 단계에서 설계 이후 후속 공정인 제작 및 조립 공정에 관한 정보를 포함시킴으로써 제품을 구성하고 있는 부품들의 제작 및 조립의 효율성을 높이기 위한 설계 접근방식을 뜻한다. 대표적인 DfMA 원칙을 몇 가지 살펴보면 다음과 같다.


- 표준화된 부품의 반복 사용
- 부품 수 최소화
- 부품의 취급 및 조립 방식의 단순화
- 재작업 방지를 위한 설계
- 파손이 쉬운 부품의 사용 최소화

이외에도 다양한 DfMA 원칙이 존재하며, 제조분야에서는 이와 같은 원칙을 설계 프로세스 전반에 반영함으로써 많은 기업들이 제품개발기간의 단축, 생산성 향상, 품질향상, 설계에 대한 신뢰성 향상, 폐자원 감소, 수익성 향상 등의 효과를 보았다.

현재 DfMA는 제조 및 조립을 위한 설계에서 보다 확장되어 품질을 위한 설계인 'Design for Quality', 안전을 위한 설계인 'Design for Safety', A/S를 고려한 설계인 'Design for Service', 환경 영향성을 고려한 설계인 'Design for Environment' 등으로 확장되어 모든 분야를 염두하는 설계를 뜻하는 'DFX (Design for Excellence)'라는 표현도 사용되고 있다.

해외 OSC 선도국의 DfMA 지침

해외 OSC 선도국에서는 OSC 프로젝트의 최적 설계를 위해 정부주도로 DfMA를 적용한 가이드라인 및 기준을 제공함으로써 OSC 프로젝트의 생산성 제고를 추



진 중에 있다. 대표적인 해외 DfMA 개발 현황을 살펴보면 다음과 같다.

1) 싱가포르

싱가포르는 정부주도로 건설 산업의 생산성 향상을 위해 OSC 및 DfMA 도입을 적극적으로 추진하는 대표적인 국가이다. 싱가포르 건설청(Building and Construction Authority, 이하 BCA)은 DfMA를 OSC를 촉진하고 건설 생산성을 향상시킬 수 있는 다양한 기술 및 방법론으로 정의하고 있으며, 건설 산업 혁신을 위해 수립한 '건설산업 구조전환계획(Construction Industry Transformation Map, 2017)'에서 DfMA를 건설 산업 혁신을 위한 핵심기술 중 하나로 선정하였다. BCA에서는 개별 부재 단위부터 완전한 조립품에 이르기까지 다음 6가지 분야에 걸쳐 DfMA 가이드라인을 제시하고 있으며, 현장조립의 간편화, 현장 생산성 향상, 투입 노동력 감소, 품질 및 안전성 향상에 핵심 목표를 두고 있다.

- Advanced Precast Concrete System (APCS)
- Mass Engineered Timber (MET)
- Prefabricated Prefinished Volumetric Construction (PPVC)
- Prefabricated Bathroom Units (PBU)
- Prefabricated Mechanical Electrical and Plumbing (MEP) System
- Structural Steel

이와 같은 BCA의 DfMA 가이드라인에서는 핵심 목표 달성을 위해 프로젝트 계획부터 설계, 생산, 운송, 설치, 품질 검사, 유지보수에 관한 사항과 관련 제도 등 전반적인 내용을 서술함으로써, 각 프로젝트 유형별 설계 및 생산 활동에서 고려해야 할 내용들을 제시하고 있는

것이 특징이다. 또한, BCA는 DfMA 가이드라인 이외에도 홈페이지를 통해 각 기술 관련 기업(공급사), 프로젝트 사례, 관련 교육 프로그램 등에 관한 정보를 제공함으로써 DfMA의 실무 적용을 위한 적극적인 노력을 진행 중에 있다.

2) 영국

영국 왕립 건축가협회(Royal Institute of British Architects, 이하 RIBA)에서는 2013년 'RIBA Plan of Work 2013 Design for Manufacture and Assembly'를 시작으로 건설산업에 DfMA를 적용할 경우 20~60%의 공기단축, 20~40%의 공사비 절감, 70%이상의 현장 노동력 감소, 품질향상, 안전성 확보, 건설 폐기물 감소 등의 효과가 있음을 언급하며 DfMA 적용의 필요성을 시사하였다.

이후 2016년 'DfMA Overlay to the RIBA Plan of Work'의 초판을 발행하고, 2021년 개정안을 발행함으로써 생산 프로세스 단계별 DfMA 적용 전략을 제시하였다. RIBA에서는 건설 생산 프로세스를 8단계(Strategic Definition, Preparation and Briefing, Concept Design, Spatial Coordination, Technical Design, Manufacturing and Construction, Handover, Use)로 구분하여, 각 단계별 DfMA 전략을 제시하였다.

또한, 해당 문서에서는 성공적인 프로젝트 관리를 위해 설계 단계에서 설계업체, 제조 및 공급업체, 시공업체 간의 초기 협업을 통해 제조 및 시공 과정에서의 프로젝트 리스크를 줄여야 한다고 시사하였으며, 성공적인 DfMA 프로세스를 위해 설계 시 고려해야 할 사항들을 다음과 같이 제시하고 있다.

- OSC 구성요소간의 연결성 고려
- 적절한 허용오차를 제시하여 제조 및 조립의 용이성 확보
- 표준화된 구성요소의 반복 사용
- OSC 구성요소의 기능 및 최적 접합방법을 고려한 모듈 구성의 최적화
- 유지보수 및 해체 과정에 발생하는 문제의 선반영

3) 미국

미국의 MBI(Modular Building Institute)는 2019년 ICC (International Code Council)와 협력하여 OSC의 계획, 설계, 제작, 조립에 관한 표준인 'ICC/MBI 1200-2021'를 제시하였다. 이 표준에서는 DfMA라는 용어를 직접적으로 사용하고 있지는 않지만, 설계자, 모듈 제조업체, 건설관리자, 시공사의 역할을 규정하고 있으며, 건축 및 구조 설계부터 모듈의 제조, 운반 및 보관, 현장 설치과정에서 관리가 요구되는 핵심 사항들을 서술함으로써 DfMA 기반 최적 설계 실현을 위한 지침으로 적용될 수 있다.

4) 중국

중국 주택도시농촌개발부(Ministry of Housing and Urban-Rural Development)는 2017년 'Standard for design of assembled housing'을 발표하였다. 이 설계 표준에서는 직접적으로 DfMA와 같은 용어를 사용하고 있지는 않지만, DfMA의 기본 원칙에 상응하는 표준화, 모듈화, 최소화, 규격화를 추구하며, 표준화된 설계부터 공장생산, 현장 조립 등 생산방식 전반의 요구사항을 만족하는 설계를 위해 고려해야 하는 사항들을 제시하고 있다.

맺음말

건설업계에서는 OSC 프로젝트의 전 생산 프로세스를 고려한 최적 설계 마련을 위한 도구로 DfMA에 주목하고 있다. 이에 싱가포르 등 해외 OSC 선도국에서는 본 고에서 살펴본 바와 같이 공공차원에서 OSC 프로젝트에의 DfMA 적용을 위한 가이드라인 및 기준 등을 제시함으로써 OSC 프로젝트에 DfMA를 적용하고자 하는 노력을 진행 중이다.

하지만, 국내의 경우 DfMA의 적용에 대한 필요성은 인식하고 있으나, 국내 OSC 프로젝트에 적합한 DfMA가 공식적으로 제시된 바 없으며 아직 산업 전반에 자리잡지 못한 실정이다. DfMA가 국내 OSC 산업에 안정적으로 자리매김하기 위해서는 OSC 프로젝트 참여자들로 하여금 DfMA 적용의 필요성을 인식시킴과 동시에 DfMA 기반 설계의 권장사항을 제공하기 위한 DfMA 지침 개발이 동반되어야 할 것이다.

본 연구진은 국내 OSC 프로젝트에 적합한 DfMA를 개발 중에 있으며, 설계안의 DfMA 충족도를 검토하고 최적의 설계안을 선정하기 위한 DfMA 평가모델을 개발 중에 있다.

참고문헌

1. Choi JO. (2014). Links between modularization critical success factors and project performance. Austin, TX, United States: The University of Texas at Austin.
2. "Design for Manufacturing and Assembly (DfMA)." Building and Construction Authority. accessed June 1, 2022, <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/productivity/design-for-manufacturing-and-assembly-dfma>.
3. Gibb AGF, Isack F. (2001). Client drivers for construction projects. Eng Const Arch Man. 8(1),46-58.
4. International Code Council, ICC/MBI 1200-2021 Standard for Off-site Construction: Planning, Design, Fabrication and Assembly; ICC; Washington, D.C, USA, 2021.
5. Li L, Li Z, Wu G & Li X. (2018). Critical success factors for project planning and control in prefabrication housing production: A China study. Sustainability (Switzerland). 10(3):836-817.
6. Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Standard for design of assembled housing ; China Construction Industry Press; China, 2017.
7. Royal Institute of British Architects. DfMA Overlay to the RIBA Plan of Work 2nd edition; RIBA: London, UK, 2021.
8. Royal Institute of British Architects. RIBA Plan of Work 2013: Designing for Manufacture and Assembly; RIBA: London, UK, 2013.
9. Wuni IY & Shen GQ. (2019). Critical success factors for modular integrated construction projects: a review. Build Res Inform. 1-22.

문 정 호

한남대 토목건축공학부
교수

이 범 식

LH토지주택연구원
공공주택연구실 연구위원

주거용 건축물에서 콘크리트를 주재료로 사용하는 현장시공 공법(on-site construction)은 점점 더 극복하기 어려운 한계를 경험하고 있기 때문에 대안으로서 OSC 공법(off-site-construction)에 대한 관심은 크게 증가하고 있다. OSC가 개념적으로는 선제작 후조립을 사용하는 공법들을 포괄적으로 포함하지만 구조적 관점에서는 PC(precast concrete) 구조에 적용되는 역학적 특성을 기반으로 한다. PC 공법은 부재와 부재가 접합부를 통하여 연결되는 방식이기 때문에 부재 자체만 본다면 CIP(현장타설) 공법과 거의 차이가 없고 오히려 부재의 품질이 더 좋아지는 장점이 있다. 그러나 접합부를 통하여 연결되는 특성으로 인하여 접합부의 구조적 성능은 매우 중요해진다.

OSC에서 부재는 전체 공정에 대한 검토 및 설계를 통해서 사전 제작되어야 하므로, DfMA(Design for Manufacture and Assembly)의 개념에서 보았을 때 설계(구조설계 포함)는 전체 공정에 영향을 미칠 수 있다. PC 구조에서 부재 형상, 접합방식, 조립방법 등은 매우 다양해질 수 있기 때문에 제품 생산방식부터 조립 및 유지관리 등 전체 프로세스에 설계가 큰 영향을 미칠 수 있다는 것이다. 더구나 접합방식은 구조체의 안전성과 사용성 등에 지대한 영향을 미치게 되므로 PC 구조의 특성과 한계 속에서 가이드해줄 수 있어야 한다는 점에서 설계기준은 중요한 역할을 하게 된다.

“이러한 구조형식이 가능한가?”, “경제성 있는 대안은?”, 혹은 “법규에 저촉되지는 않는가?” 등에 답해줄 수 있는 기준이나 가이드라인이 없다면 이는 기술 발전을 저해시키는 요인이 될 수 있다. 더구나 새로운 디자인, 공법 등을 시도하고자 한다면 설계기준 관점에서의

사전검토는 필수적 요소가 될 수 있다. 설계기준은 설계를 위한 규정의 의미도 있지만 사전 시뮬레이션이나 경제성 평가 등과 같은 분석을 위한 가이드라인 역할을 할 수 있기 때문이다. 이러한 설계기준의 필요성 및 역할의 관점에서 볼 때 현행 설계기준은 많은 면에서 부족하다. 우리나라의 경우를 예로 든다면 현재 PC 구조 설계를 위한 별도의 설계기준이 마련되어 있지는 않고, CIP 설계기준 내에서 개괄적으로 다루지고 있는 정도이다. 그러나 설계기준이 CIP를 기반으로 하고 있기 때문에 PC 구조만의 독특한 특성을 반영하지는 못하고 오히려 기술발전을 저해하는 역효과를 내기도 한다.

역사적 배경

우리나라의 설계기준은 국가건설기준센터(Korea Construction Standards Center)에서 통합관리하고 있으며, 구조설계기준은 KDS(Korean Design Standard)라는 명칭으로 분류되는 설계기준코드에 포함된다. 이 때 구조설계기준에서의 세부기준(예를 들면 내진설계기준)들은 대부분 도입부(1.2절)에서 해당 기준의 적용 범위를 명시하고 있다. PC 구조 역시 동일한 방식을 사용하고 있는데 건축 구조물(KDS 14 20 62 프리캐스트 콘크리트구조 설계기준)의 경우 1.2절에서 “프리캐스트 콘크리트 건물의 설계는 프리 캐스트 콘크리트 조립식 건축구조 설계기준에 따를 수 있다”라는 조항 외에는 다른 내용이 없다. 표현도 적용 범위 라고 보기에는 다소 거리감이 있으며, 여기서 “따를 수 있다”라고 인용하고 있는 설계기준은 1992년에 제정되고, 그 이후 개정이나 보완이 전혀 이뤄지지 않은 기준이다.

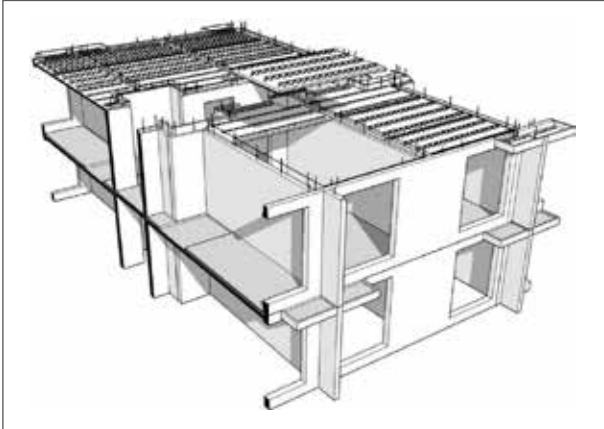


그림 1. 벽식구조의 개념도
(자료 출처: LH PC구조 공동주택 구조설계 및 시공 지침)

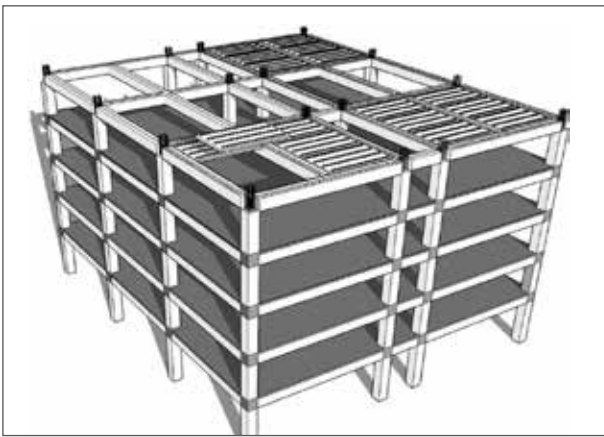


그림 2. 골조식 구조의 개념도
(자료 출처: LH PC구조 공동주택 구조설계 및 시공 지침)

1990년대 공동주택의 활황기에 제정된 기준(주로 벽식 구조)이지만 PC 공동주택에 대한 열기가 식은 후 우리나라 건설 시장에서 PC 공동주택은 전무한 시기를 맞게 되었다. 당연한 귀결로 PC 구조에 대한 연구 및 기준 제정 등도 함께 침체되고 말았다. 2010년도 무렵부터 공동주택의 지하주차장, 지식산업센터, 반도체 공장 등에 PC 구조 (주로 골조식 구조)가 부분적으로 도입되면서 근근히 명맥을 이어왔다. 최근 들어서 물류창고의 폭발적 증가로 인하여 PC 구조가 큰 인기를 끌고 있지만, 그 외의 구조물에 대해서는 크게 달라진 것이 없는 실정이다.

공동주택에 대한 CIP 공법은 크게 발전하여 시공성, 경제성 등의 측면에서 상당한 기술발전이 이뤄졌다. 따라서 PC 구조가 뒤늦게 공동주택에 진출하려다 보니 CIP 공법에 비하여 장점을 찾기 어려운 현실에 직면해 있기도 하다. 1990년대 이후 달라진 소비자들의 눈높이나 안전성 측면에서의 설계기술들을 따라잡으면서 시공성과 경제성이라는 여러 토끼를 한꺼번에 잡아야 하는 어려움에 직면하게 된다. 그럼에도 미래적 관점에서 보면 PC 구조를 더 이상 외면하기 어려운 것도 현실이다.

늦은감이 있지만 한국토지주택공사(LH)에서는 2018~2019의 기간 동안 연구를 통하여 자체 PC 구조설계지침을 제정하였고, 이를 기반으로 2개의 실제 프로젝트를 설계하기도 하였다. 벽식구조의 프로젝트는 김포한강 지구(20.12 준공), 골조식 프로젝트는 아산탕정 지구(22.07 PC 골조 완료)에 시범적으로 적용되었다.



그림 3. 김포한강 프로젝트 (벽식 구조)



그림 4. 아산탕정 프로젝트 (골조식 구조)

설계 철학

현행 기준에서 추구하는 PC 구조에서의 설계철학은 “일체성”과 “동등성”의 두 단어로 표현해 볼 수 있다. 일체성이란 단위 부재 혹은 부재의 일부들을 조립/완성했을 때 단일 구조체처럼 거동할 수 있어야 함을 의미한다. 즉 일체성은 연결부에서 불연속성이 발생하지 않아야 함을 의미한다. 예를 들어 여러 조각을 연결하여 하나의 바닥판 혹은 벽판을 구성하는 경우 하나의 부재(다이하프람이나 코아벽체)처럼 거동할 수 있어야 하며, 범위를 확대하여 1층 혹은 여러 층 사이에서도 연속성이 유지되어야 한다. 반면에 동등성은 개념적으로 일체성과 유사해 보이지만 성능의 관점에서 CIP 공법의 구조체와 동등해야 함을 의미한다. 따라서 PC 구조라 할지라도 CIP 대비 동등 이상의 구조 성능을 가져야 한다는 의미로 해석된다.

일체성 확보를 위한 설계기준

PC 구조에서 일체성 달성을 위해서 <KDS 14 20 62 프리캐스트 콘크리트구조 설계기준>에서 다루고 있으나, 주요 내용은 프리캐스트 콘크리트 벽판을 사용한 구조물에 대한 내용이다.

일체성 확보 요건(4.2.1절)으로 “일체성 확보를 위한 접합부는 콘크리트의 파괴에 앞서 강재의 항복이 먼저 이루어지도록 설계하여야 한다” 라고 규정하고 있으며, 접합부의 설계(4.2.3)로는 “접합부는 구조 일체성이 확보되도록 설계하여야 한다” 라고 규정하고 있다. 따라서 이 기준에 따르면 일체성이 확보되지 않은 접합부는 사용할 수 없으며, 그러한 접합부에서의 연결재는 강재를 사용하며 항복이 선행되어야 한다.

내진설계를 위해서는 <KDS 14 20 80 콘크리트 내진 설계기준>을 따라야 하며, “프리캐스트 및 ... 구조물은 일체식 구조물에서 요구되는 안전성 및 사용성에 관한 조건을 갖추고 있는 경우에 한하여 내진구조로 다룰 수 있다”로 규정하고 있다. 아울러 일체식과 다른 경우의

사용을 위해서는 “일체식 구조물과 다른 조립식 구조물의 경우 이 기준의 규정을 적용하여야 할 때는 적절한 물리적 증거와 해석에 따라 수정되어야 하며, 구조물에 따른 특별 내진설계는 해당 기준을 만족하여야 한다”와 같이 규정하여 사용 가능성을 열어 놓은 상태이다. 따라서 현재까지의 설계기준의 관점으로 본다면 접합부에서의 일체성은 필수이며 항복이 가능한 연결재를 사용하여야 한다고 요약해 볼 수 있다. 그러나 일체성에 대한 구체적 방법이나 이를 평가할 수 있는 공학적 방법 등은 아직 상당히 미흡하다고 할 수 있다.

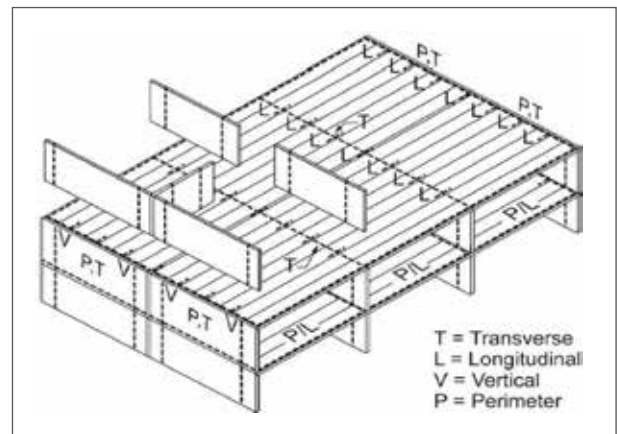


그림 5. 일체성 확보를 위한 배근

(자료 출처: ACI 318-19)

일체성 확보를 위한 설계기준

우리나라 기준에서는 동등성에 대한 명시적 표현은 나타나 있지는 않지만 우리와 설계철학을 공유하는 미국 기준(ACI 318-19)의 경우 “이 기준은 일체식 구조물처럼 거동(to behave like monolithic building structures) 하도록 설계되는 구조물에 대한 ...”으로 규정하고 있다. 여기서 동등성이란 모든 면에서 CIP 구조와 동등해야 한다는 의미보다는 동등성을 추구해야 한다는 의미로 해석해야 할 것이다. PCI 문헌에서는 “CIP에 대한 모방”의 의미로 “emulation”이라는 표현을 사용하고 있기도 하다.

PC 구조에서 연결부(혹은 접합부)의 거동을 단순히 일체성 만으로는 정의하기는 어렵기 때문에 일체성이 확보되더라도 요구성능이나 등급이 다를 수 있다. 더구나 CIP 구조에 대한 설계기준에서도 구조시스템 별로 요구성능이 다르다. 내진성능에 관한 것이기는 하지만 표1에서 볼 수 있는 것처럼 구조시스템은 특수, 중간, 보통으로 구분하여 각각 다르게 설계하도록 하고 있다. 특수는 경우 강진지역, 중간은 중진지역, 보통은 약진 지역 등과 같은 다른 등급의 성능을 요구한다. PC 구조 역시 유사한 개념으로 동등성을 달성하게 하고 있다. 미국 기준을 예로 동등 성을 좀 더 설명해 본다면 PC 중간 전단벽이 CIP(RC) 보통 전단벽을 동등하게 본 것으로 여겨진다. RC 보통 전단 벽의 반응수정계수 R이 4.0이지만 PC 중간 전단벽에서의 R이 4.0이며 PC 보통 전단벽은 3.0이다. 이는 PC 구조에 대해서는 보다 엄격한 동등성을 요구하고 있다고 볼 수 있다.

미국 기준(ACI)과는 다르게 우리나라 기준에서는 PC 구조에서 갖추어야 할 동등성이 별도로 명시되어 있지 않을 뿐더러 구조시스템에 대한 정의 역시 존재하지 않는다. 그렇다고 미국 기준을 있는 그대로 받아들이기도 어렵다. 예를 들어 내진설계범주 D에서 RC 보통 전단 벽의 높이 제한은 60m인 반면에 이와 동등한 것으로 보여지는 PC 중간 전단벽의 경우 12m로 매우 제한적이다.

성능기준의 필요성

PC 구조에서 부재의 형상 혹은 접합부 디테일 등은 매우 다양해질 수 있다. 또한 공장에서 제품을 생산하기 때문에 효율성의 면에서 많은 변수가 존재할 수 있다. 설계기준이 이들 모두를 포함할 수 없는 어려움이 발생한다. 그 결과 내진설계 기준 <KDS 14 20 80 콘크리트 내진 설계기준>에서는 “이 기준에서 요구하는 사항을 만족하지 못하는 철근 콘크리트 구조 형식의 경우, 실험이나 해석에 의해 이 기준에서 요구하는 사항

을 만족하거나 그 이상의 구조성능을 갖는 것이 증명된다면 이를 사용할 수 있다”로 규정하고 있다. 그러나 성능을 평가하는 방법이나 기준이 별도로 제시되어 있지는 않다. 성능 평가를 위한 가장 전형적인 방법으로 구조실험을 들 수 있겠지만 구조실험을 진행하는 방법에 대한 구체적 기준은 없다. 예를 들면 실험체 개수는 몇 개 이상, 실험체 스케일은 1/3 이상, 가력은 동일 사이클에서 3회 이상 등과 같은 구체적 방법이 필요하다.

지진력 저항 시스템	구조	내진성능	KDS					ASCE 7-16 (ACI)					PC 기준 -1992
			계수					계수					
			R	C _u	C _d	C	D	R	C _u	C _d	C	DRF	
내력벽 Bearing Wall	CIP	특수 전단벽	5	2.5	5			5	2.5	5		4B-30	3.0
		중간 전단벽											
		보통 전단벽	4	2.5	4		60	4	2.5	4		X	
	PC	특수 전단벽											
		중간 전단벽						4	2.5	4		12	
		보통 전단벽						3	2.5	3	X	X	
건물 골조 Building Frame	CIP	특수 전단벽	6	2.5	5			6	2.5	5		4B-30	4.0
		중간 전단벽											
		보통 전단벽	5	2.5	4.5		60	5	2.5	4.5		X	
	PC	특수 전단벽											
		중간 전단벽						5	2.5	4.5		12	
		보통 전단벽						4	2.5	4	X	X	
모멘트저항 골조 Moment-resisting Frame	CIP	특수 모멘트	8	3	5.5			8	3	5.5			4.5
		중간 모멘트	5	3	4.5			5	3	4.5		X	
		보통 모멘트	3	3	2.5	X		3	3	2.5	X	X	

표 1. 구조시스템별 내진설계 계수

우리나라 기준에서는 별도로 언급하거나 인용하는 문헌이 없지만 미국 기준에서는 기준의 내용에서 이러한 참고문헌 혹은 위원회 보고서 등을 인용하고 있다. ASCE 41은 기존 건물에 대한 성능을 IO(즉시 사용), LS(인명안전), CP(붕괴방지) 등으로 구분하고 대상 구조물이 보여야 하는 목표 성능을 표로 제시하고 있다.

ACI 374.2R과 ACI 374.3R은 각각 실험과 해석을 통하여 특수 구조물의 성능을 평가하는 방법을 제시하고 있다. 이와 함께 강진 지역에서의 모멘트저항 골조를 대상으로 실험을 통한 성능 검증을 위한 ACI 374.1, 비부착 긴장재를 이용하는 PC 벽체의 성능 실험을 위한 ACI ITG-5 등이 있다. 따라서 성능에 대한 요구조건은 부족하나마 어느 정도 존재하지만 평가를 위한 실험방법 및 분석방법은 특수 모멘트골조와 비부착 긴장재를 이용한 특수 전단벽으로 한정되어 있는 실정이다. 그러나 중간 골조 혹은 중간 전단벽 등 오히려 일반적으로 더 많이 사용될 수 있는 구조에 대한 기준은 아직 없다.

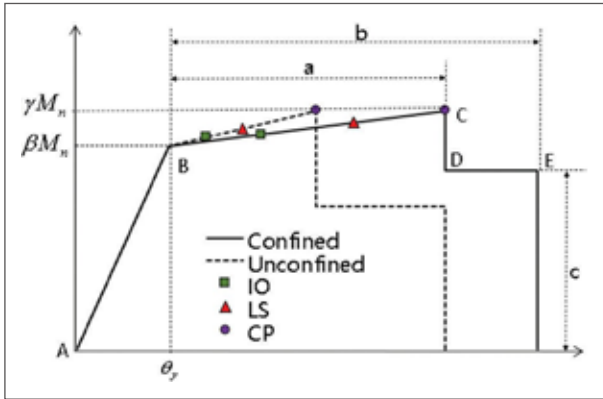


그림 6. 성능기반설계에서의 성능기준

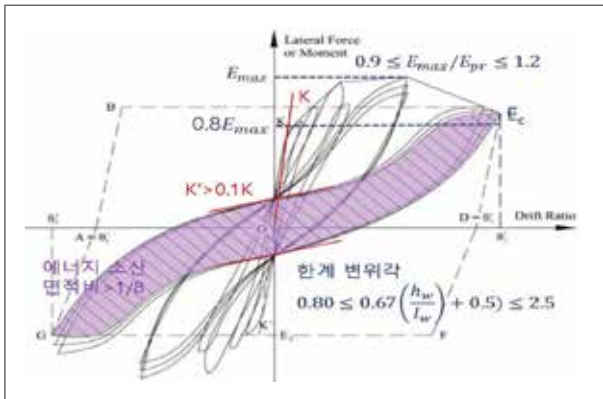


그림 7. 특수구조벽체 실험체의 요구성능

연구과제의 진행

OSC 연구과제(20.04~23.12)의 1세부에서는 콘크리트 학회의 이름으로 연구단에 참여하여 설계기준(안)을 제시하는 연구를 진행 중에 있다. 5개 대학과 3개의 실무 설계사 등으로 구성된 연구팀은 편의상 2개 팀(골조 구조, 벽식구조)으로 구분하여 실험 및 해석 연구를 수행 중에 있다. 총 4년에 걸친 연구기간 중 현재 3차년 연구가 진행 중이다. 연구 1차년에는 기존문헌 조사를 시작으로 2~3차년 실험 및 해석 연구를 위한 준비단계를 거쳤으며, 2021년도인 2차년 연구에서 1단계의 실험 및 해석 연구가 수행되었다.

1단계 실험에서는 현재 보편적으로 사용되는 구조시스템을 선택하여 성능 평가를 하였다. 이는 종합적 관점으로 PC 구조를 평가하기 위한 실험 연구에 해당한다.

2022년의 2단계 실험연구는 RC 구조와의 동등성 평가와 함께 성능평가를 위한 실험이 계획되고 있다. 아울러 이들 실험체에 대한 비선형 해석을 수행하여 실험과 해석적 연구를 병행하고자 하였다. 또한 기존 문헌의 데이터들을 수집하여 통계 분석도 진행중에 있다. 통계 분석의 결과는 실험결과와의 비교를 통해서 PC 구조시스템의 성능에 대한 평가 방법을 제시하는 것을 목적으로 하고 있다.

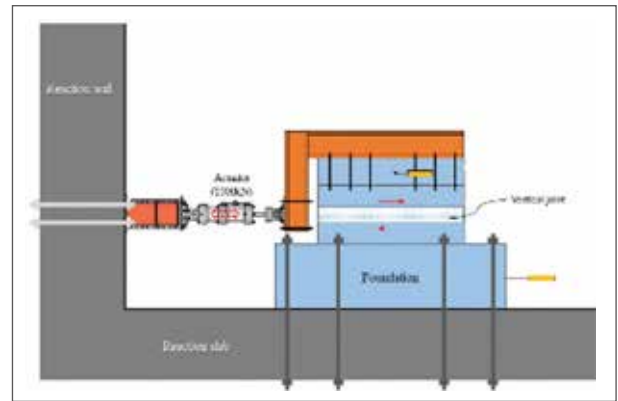


그림 8. 벽식구조 접합부에 대한 실험연구



그림 9. 골조식 구조 접합부에 대한 실험연구

기준(안)의 내용

구조설계기준(안)을 위한 연구에서 지향하는 주요 과제로 첫째는 PC 구조를 대상으로 보통, 중간, 특수 등과 같은 지진력 저항시스템의 구분을 위한 정의와 분류를 제시하고자 한다. 이 때 그러한 구조시스템이 갖추어야 할 구조성능 역시 제시되어야 할 것이다. 설계기

준은 보편적 구조물을 대상으로 해야하는 반면에 PC 구조는 독창성과 효율성을 달성하기 위하여 다양한 가능성을 가질 수 있다. 따라서 이러한 가능성을 수용할 수 있도록 하기 위해서는 성능평가 지표와 이를 검증할 수 있는 실험이나 해석적 방법에 대한 가이드라인을 제시할 필요도 있다. 이와 함께 PC 구조의 PC 접합부 연결재 요구 성능 및 평가법 역시 기준(안)을 통해서 정리될 필요가 있다. 이상과 같은 “안”이 만들어진다면 이 “안”을 기반으로 정식의 설계기준을 위한 논의의 마당이 마련되고 궁극적으로는 PC 만의 독자적 기준이 마련될 수 있을 것이다. 도입부에서 언급된 것처럼 이러한 기준이 갖춰진다면 PC 기술발전 및 PC 나아가서는 OSC의 활성화에 큰 역할을 해줄 수 있을 것으로 기대해 본다.

참고문헌

1. 프리캐스트 콘크리트 조립식건축 구조설계기준 및 해설, 건설부, 1992.
2. KDS 14 20 62 “프리캐스트 콘크리트구조 설계기준”, 국가건설기준센터.
3. KDS 14 20 80 “콘크리트 내진설계기준”, 국가건설기준센터.
4. 한국토지주택공사, “LH PC구조 공동주택 구조설계 및 시공 지침”, 한국콘크리트 학회, 2019.
5. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI 318-19)" American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019.
6. ASCE/SEI 7-16, "Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures", American Society of Civil Engineering, 2016.
7. ASCE/SEI 41-13, "Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings", American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, 2014.
8. ACI Committee 374.1, "Acceptance criteria for moment frames based on structural testing and commentary", ACI 374.1_05, American Concrete Institute, 2005.

9. ACI Committee 374.2, "Guide for Testing Reinforced Concrete Structural Elements under Slowly Applied Simulated Seismic Loads", ACI 374.2R-13, American Concrete Institute, 2013.
10. ACI Committee 374.3, "Guide to Nonlinear Modeling Parameters for Earthquake-Resistant Structures", ACI 374.3R-16 American Concrete Institute, 2016.

이 성 주아이스트그룹
기술연구원 / 선임연구원**이 상 주**아이스트그룹
기술연구원 / 연구위원**조 한 욱**아이스트그룹
기술연구원장**이 동 우**아이스트그룹
회장**1 연구목적 및 내용**

본 연구는 실증사업 프로젝트를 통하여 OSC 기반 PC구조 공동주택의 구조모듈 및 모델을 개발하는 연구로, 향후 PC구조 공동주택 구조설계 시 기초자료로 활용코자 하며 연구의 내용은 아래와 같다.

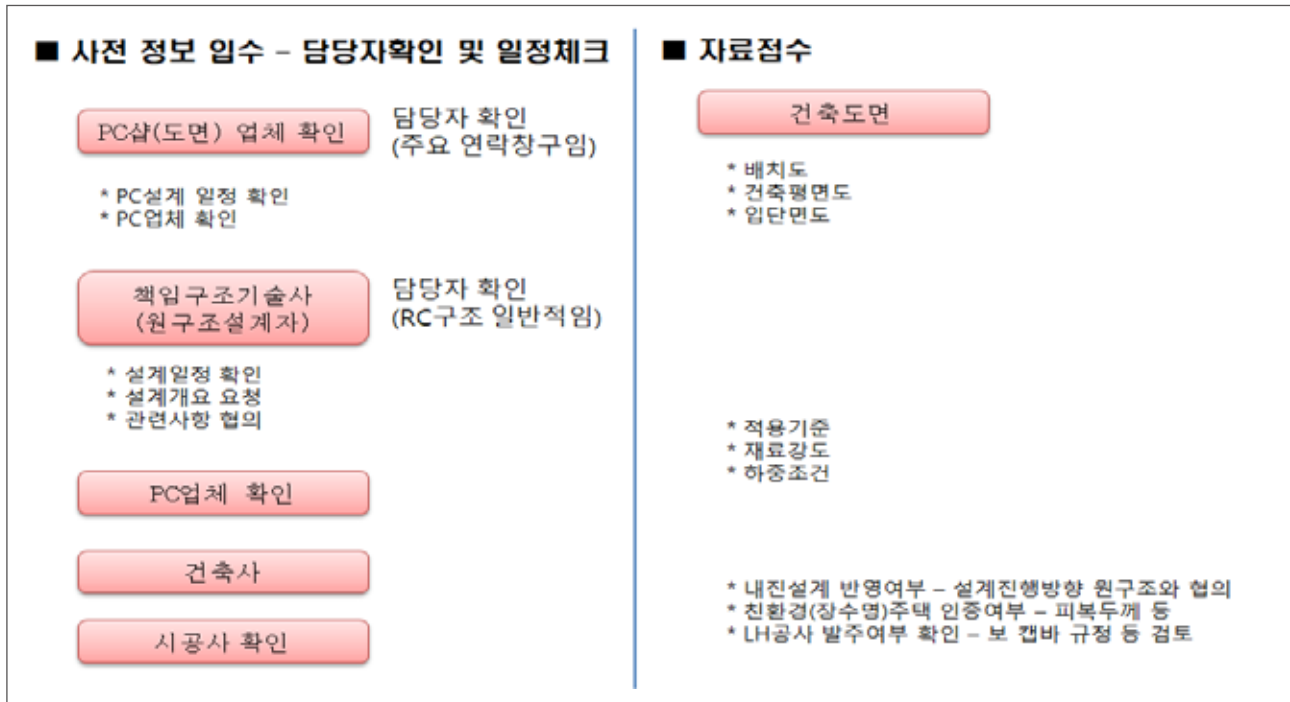
- 1) OSC 기반 PC구조 공동주택 최적 구조계획 및 구조모듈 개발
- 2) OSC 기반 PC구조 공동주택 최적 구조모델 개발
- 3) 실증사업 모니터링을 통한 PC구조 유형별 최적 구조계획 피드백 수행

2 구조설계 시 주안점**2.1 PC구조설계 프로세스**

- 1) 관련자료 접수 : 건축도면, 구조도면(원구조설계사) 등의 관련자료를 접수한다.
- 2) Shop 담당과 설계 협의 : PC제작 및 시공업체, PC Shop Drawing 업체가 정해진 경우, 건축 및 원구조 설계사와 아래 사항을 협의한다.
 - ① 프로젝트 진행 일정 확인(현장시공, 공장생산, 시공도면 작성 등)
 - ② 접합부 형태 확인(PC업체가 적용하고자 하는 시스템 확인 필요)
 - ③ 특기사항 확인(PC업체 요구조건 확인 필요)
 - ④ PC영역 확인(기초, 지하외벽 등 PC구조 적용이 난해한 부분 상호 협의)
- 3) PC구조물의 설계조건 명시
 - ① PC구조물의 지지조건, 부재의 단부조건 등을 정함
 - ② 지진력저항시스템 및 연성상세 적용 여부 확인
- 4) 현장사항 협의
 - ① T/C 위치 및 용량 파악
 - ② 서포트 적용 여부 확인(강선, 비강선)

2.2 PC설계 착수 전 체크사항

PC구조설계를 수행하기 전 관련 담당자 연락처 및 기초자료를 입수하여 아래사항을 체크하여야 한다.



2.3 PC부재 설계 시 주요 고려사항

PC부재 설계를 수행하기 전 다음의 사항을 체크하여 구조평면 및 입면계획을 확인하여야 한다.

1) 슬래브

- ① 슬래브 시스템 선정 : 서포팅 배제 가능한 시스템 선정
- ② 슬래브 단부지지조건 결정
- ③ 슬래브 두께 결정 : 공동주택 관련 규정(층간소음 등) 등의 제한값을 만족하도록 결정
- ④ 단부보강근 적용(길이방향) 및 연결보강근 적용(폭방향)
- ⑤ 화장실, 발코니 등으로 인한 세대 내 바닥레벨 단차 주의

2) 보

- ① 층고와 천장고를 고려하여 보 춤 결정
- ② 상·하부 주근의 직경 결정
- ③ 스트럽의 직경 결정
- ④ 연성상세 적용 시 단부 포켓 생성
- ⑤ 단부 연속조건 방안 검토(단부조건을 고려한 정착 및 스트럽의 상세 적용)

3) 기둥

- ① 규모에 따른 기둥단면 결정
- ② 천장고를 확보하기 위하여 기둥 브라켓 배제 검토

4) 벽체

- ① PC벽체 외 경량벽체 적용 여부 검토
- ② 벽체의 크기는 생산, 운반, 시공을 고려하여 결정
- ③ 수직, 수평철근의 겹침과 모서리부 파손을 방지하기 위해 U형 철근 배치 등을 고려하여 중간부 리브폭은 300mm 이상, 외측부 리브폭은 650mm 이상 확보
- ④ 현관, 창호 등 인반 층은 최소 300mm 이상 확보(슬래브 두께 제외된 조건)

2.4 접합부 설계 시 주요고려사항

PC구조는 현장에서 조립, 시공되므로 접합부에 대한 면밀한 검토 및 상세가 필요하다. 또한, 연성상세 적용 여부에 따라 다양한 설계가 도출될 수 있으므로 최적 접합부 상세 결정에 대한 충분한 협의가 필요하다.

- ① 슬래브, 보 겹침길이 결정
- ② 주각부 접합형태 선정 : 앵커프레임을 기초에 매입하여 고정지지로 계획하거나 케미컬 앵커를 후시공하여 핀지지로 계획
- ③ 상하부 기둥 및 벽체를 슬리브 이음으로 계획
- ④ 벽체 수직접합부는 일체화로 보기 어려우므로 분할하여 계획
- ⑤ 벽체 수평접합부의 수직이음철근개수 산정
- ⑥ 비구조요소의 PC 적용 검토 여부 및 접합부 디테일 검토

3 구조모듈 작성

PC구조물의 적용성을 향상시키기 위해 초기 계획 시 아래의 기본개념을 적용하여 진행한다.

- PC 모듈 : 공장제작 및 현장설치가 되는 부재의 최소 단위
예) PC (벽, 기둥, 바닥 등), MEP 모듈, PBU 모듈 등
- PC 표준모듈 : 평면 유형(기본유닛)을 기본으로, 최적의 모듈화 과정(분할 과정)을 거친 모듈
표준모듈의 조합 → 표준모델, 표준모델의 분할 → 표준모듈
제한된 유형의 표준모듈을 이용하여 다양한 표준모델 구현이 가능해야 한다.
- PC 표준모델 : 표준모듈의 조합에 의해 만들어지는 단위세대 모델(평면)

3.1 모듈

건축구조물의 최소단위 구조모듈은 부재와 단위구조로 고려할 수 있고, 부재는 수평재와 수직재(경사재포함), 선재와 면재 등으로 구분할 수 있다. 또한, 단위구조는 원천적으로 모듈의 1차적인 조합으로 생성될 수 있으나, 생산, 시공상 조합된 상태를 기본으로 한다.

3.2 모듈의 조합

구조모듈과 구조모듈의 조합은 접합부가 되며, 접합부 상세가 구조모델 생성의 핵심이라고 할 수 있다. 아래 그림은 구조모듈의 조합 예를 보여주고 있다.

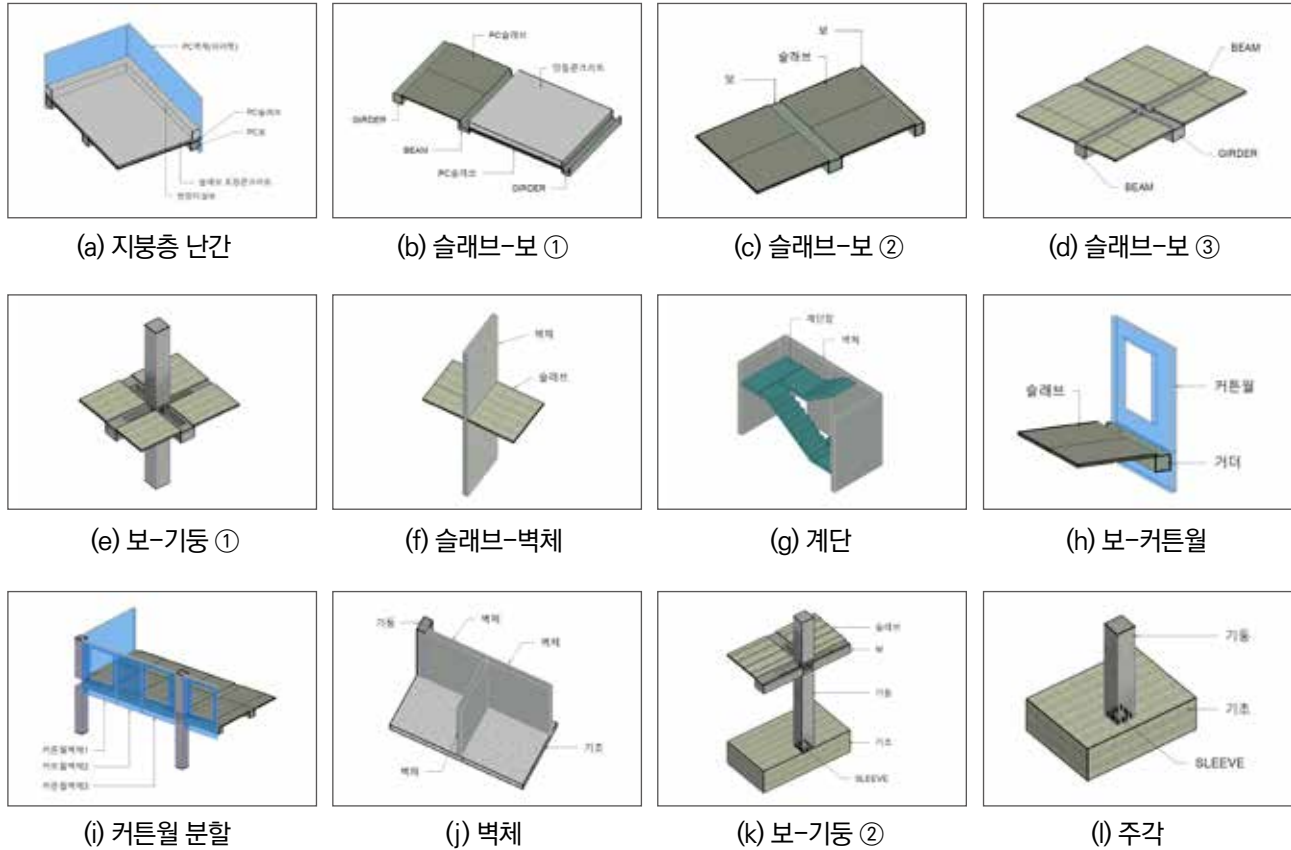


그림 1. 모듈조합의 예

4 위세대 표준평면 구조 검토

4.1 PC구조 계획상의 기본개념

1) 벽체 분할계획

- ① 구조적으로 필요한 벽체만 PC부재로 계획한다.
- ② PC 구조벽체의 개수를 최소화하여 계획한다.
- ③ 제작, 생산, 운반 및 현장설치를 고려한 필요단면 최소치수를 설정한다.

2) 슬래브 분할계획

- ① 슬래브 적정길이를 제시한다.
- ② 슬래브 타입 및 개수를 최소화하여 계획한다.
- ③ 단차부 등을 고려하여 타입을 제시한다.

4.2 21㎡, 26㎡ 표준평면 검토

LH에서 제공한 행복주택의 21㎡, 26㎡ 표준평면을 가지고 PC구조 공동주택에 적용 가능한지 구조 검토하였다. 21㎡, 26㎡ 평면은 실의 크기 차이만 있을 뿐, 배치는 유사하다. 해당평면에서 벽체 외측부 리브폭을 650mm 확보 하면 실외기실이 넓어짐에 따라 LH에서 정한 발코니 기준이 부적합하며, 세대피난벽 폭이 800mm 에서 500mm로 줄어드는 문제점이 발생한다. 따라서 이에 대한 대안방안으로 표준평면을 2호 1조합으로 구성하면 벽체 크기는 해결 이 되지만 세대피난벽 폭이 500mm로 가능한지는 건축과 협의가 필요하다.

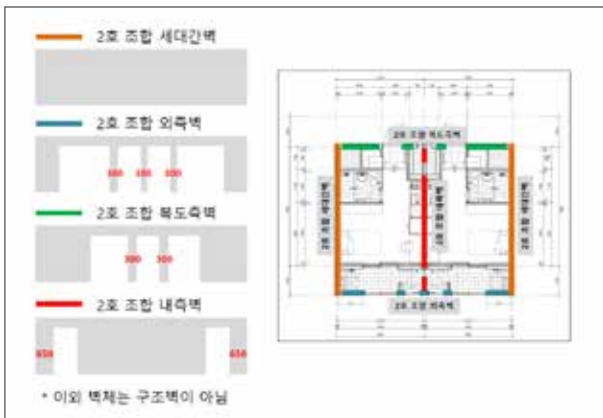


그림 2. 2호 조합한 평면에서 PC벽체 배치

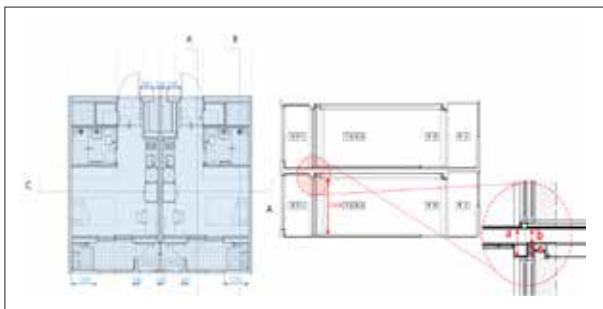


그림 3. 단위세대 부분단면도

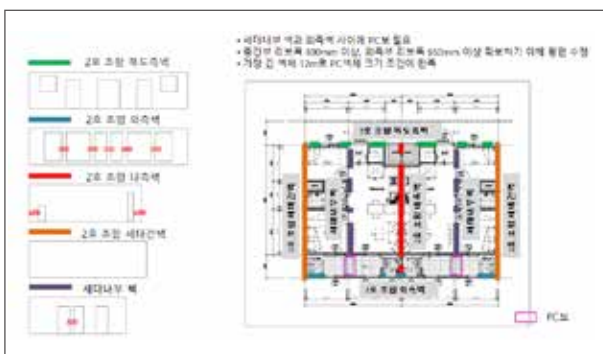


그림 4. 2호 조합한 평면에서 PC벽체 배치

LH 설계기준은 기준층에서 슬래브(b) 210mm, 현관 및 창호 최소 인방 춤(c) 180mm, 층고 2800mm로 정해져 있으나, 구조내력상 현관 및 창호 최소 인방춤(c)은 300mm 이상 필요하다. 이를 해결하기 위해서는 층고를 증가시키거나 최소 인방춤을 증가시키는 방법이 있다. 층고를 증가시키는 방법은 공사비가 증가하므로 기존 층고를 유지하고 현관 및 창호의 높이를 조정하여 해결하여야 한다.

4.3 36㎡ 표준평면 검토

LH에서 제공한 행복주택의 36㎡ 표준평면을 가지고 PC 구조 공동주택에 적용 가능한지 구조 검토하였다. 36㎡ 평면도 2호 1조합으로 구성이 가능하고, 슬래브 분할계획에 따라 세대 내 PC벽체 1개 타입을 추가되도록 계획하였다.

4.4 46㎡ 표준평면 검토

LH에서 제공한 행복주택의 46㎡ 표준평면을 가지고 PC 구조 공동주택에 적용 가능한지 구조 검토하였다. 46㎡ 평면도 2호 1조합으로 구성하는 경우 벽체의 길이가 12m를 초과하므로 1호 1조합으로 계획이 가능하다. 세대내부 벽과 외측벽 사이에 PC보의 계획이 필요하고, 외측부 리브 폭을 650mm 이상 확보하기 위해서 실외기실 평면계획의 수정이 필요하다.

또한 라멘조로 계획하는 경우에, 발코니쪽 PC기둥을 외측부에 두면 비상탈출구 공간이 협소해지므로 실내와 발코니를 구분하는 부분에 캔틸레버 PC보를 배치하고 외측부에 PC보 배치하도록 계획하고 있다.

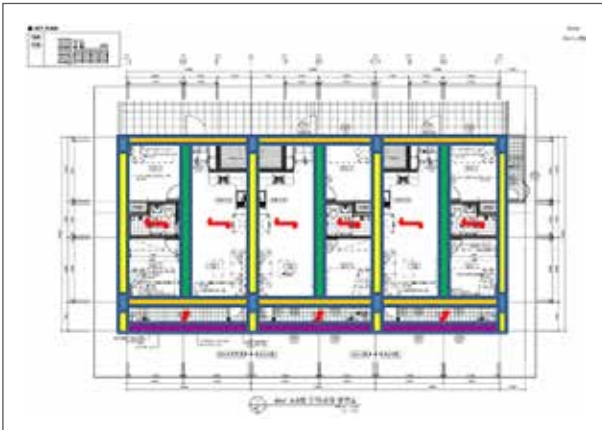


그림 6. 평면에서 PC기둥, PC보 배치

5 PC구조 BIM작성

5.1 PC구조 BIM작성 프로세스

- 1) 관련자료 접수 : 건축도면, 구조도면(RC 구조도면, PC 구조도면), SHOP 도면 등의 관련자료를 접수한다.
- 2) 1차 모델링 : 전체적인 건물 형상 모델링을 통하여 층별 평, 단면을 파생한다.
 - ① 구조도면 기반
 - ② 그리드
 - ③ 레벨(층별)
 - ④ 부재 패밀리 작성 : SIZE별 기본 형상 작성
 - ⑤ 기둥, 보, 슬래브, 벽체
- 3) 2차 상세 모델링 : 부재 패밀리 상세작업을 통하여 구조모듈을 재조합한다.
 - ① SHOP 도면 기반
 - ② 기둥 : 브라켓, 레벨단차(길이)
 - ③ 보 : 단부 포켓, GIRDER+BEAM 형상
 - ④ 슬래브 : 판+판 분절
 - ⑤ 벽체 : 분절, 단부 상세
 - ⑥ 기초 : 앵커
 - ⑦ 접합부 상세 : 연결철근 및 앵커
 - ⑧ 슬래브 토평 : 레벨 단차 반영
- 4) 3차 후작업 : 모듈간의 조합에서 문제점을 보완하고 자료작성을 완료한다.
 - ① 간섭체크 후 모델 수정
 - ② 시트 작업 ; 평, 단면, 상세도
 - ③ 물량산출
- 5) 성과물 납품
- 6) 공정 시뮬레이션

5.2 PC구조 BIM작성 예제(평택고덕 A-58BL 107동)

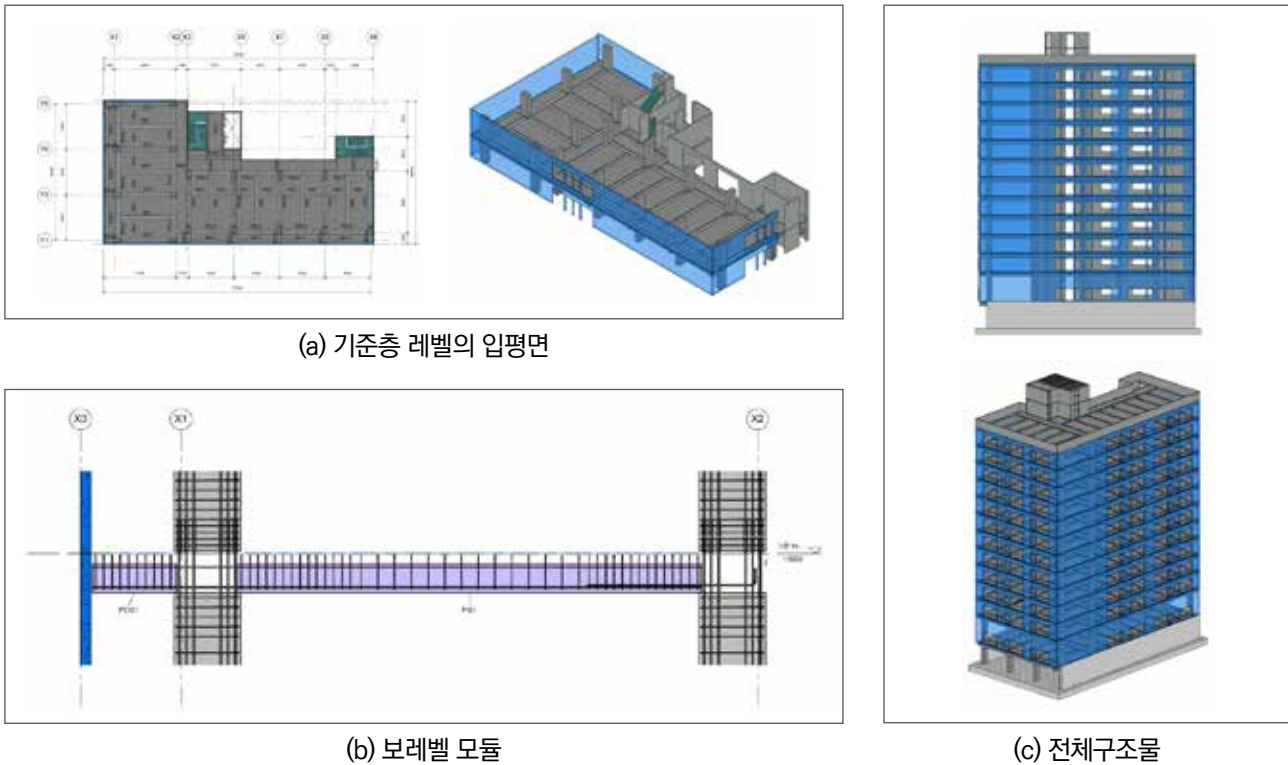


그림 7. PC구조 BIM

참고문헌

1. ACI 318-14, Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary(ACI 318-14), American Concrete Institute, 2014.
2. Design and Typical Details of Connections for Precast and Prestressed Concrete, Second Edition, MNL-123-88, Precast/Prestressed Concrete Institute, Chicago, IL, 1988.
3. PCI Design Handbook, 8th edition, Precast and Prestressed Concrete Institute.

이성주 아이스트그룹 선임연구원은 2017년 세명대학교에서 건축구조 전공으로 박사 학위를 취득했으며, 2018년부터 아이스트 기술연구원에 재직 중이다. PC 구조설계를 담당하고 있으며, OSC 공동주택 구조설계와 관련된 연구를 수행하고 있다.

E-mail : sjlee@i-st.kr

이상주 아이스트그룹 연구위원은 2004년 일본 Kyoto University에서 건축구조 전공으로 박사 학위를 취득했으며, 2010년부터 아이스트 기술연구원에 재직 중이다. PC 구조설계 실무책임자로 있으며, 개폐식 대공간, PC등과 관련하여 다양한 연구를 수행하고 있다.

E-mail : leesj@i-st.kr

조한욱 아이스트그룹 기술연구원장은 1992년 미국 University of California, Davis에서 구조 전공으로 박사 학위를 취득했으며, 2013년부터 아이스트에 재직 중이다. 국토교통부 R&D과제로 개폐식 대공간, 고감쇠 댐퍼, PC 공동주택 등 연구책임자로 다양한 연구를 수행하고 있다.

E-mail : hwcho@i-st.kr

이동우 아이스트그룹 회장은 2002년 성균관대학교에서 건축구조 전공으로 박사 학위를 취득했으며, 1998년 3월에 아이스트를 설립하였다. 종합적 지원이 가능한 통합구조설계 시스템을 도입해 안전성·시공성·경제성을 모두 만족하는 구조설계를 추구하고 있다.

E-mail : ist@i-st.kr

송승영

이화여대 건축도시시스템공학과
교수

주나영

이화여대 건축도시시스템공학과
석박사통합과정

머리말

벽, 바닥 등 주요 구조체에 PC(precast concrete)를 적용하는 OSC(off-site construction) 방식의 PC조 공동주택은 1970년대부터 90년대 중반까지 국내에서 계속 건설된 바 있다. 그러나 PC 생산기반 미흡, 시공 기술 부족 등으로 인해 PC조 공동주택 건설 사례는 이후 급감하였고, 주로 경기장, 공장 등에 PC가 적용되어 왔다. 그러나 국내 건설시장에서 공동주택이 차지하는 비중이 커지고, 52시간 근무제와 레미콘 8.5제 시행, 숙련기능공 부족 등 건설환경이 크게 변화함에 따라, 공업화, 생산성 향상 등 측면에서 PC조 공동주택 건설에 대한 요구가 다시 커지고 있다.

국내에서 다수를 차지하는 RC(reinforced concrete)조 벽식 공동주택에서 구조체는 현장에서 습식공법으로 시공되며, 일체형으로 구성된다. 반면 PC조에서 구조체는 공장에서 사전 제작 후 현장에서 상호 결속하여 조립하는 건식공법으로 시공되며, 경량화를 위해 바닥에 중공 슬라브(hollow-core slab)가 적용되기도 한다. 시공 후 RC조와 PC조 구조체는 외관상 큰 차이가 없다. 그러나 구성에 있어 차이가 있으므로, 열관류율과 단열공법이 같아도 외피의 실제 단열성능은 다를 수 있다. 이에 본 원고에서는 벽식 공동주택을 대상으로 기존 RC조와 구조체 간 결속 부자재가 추가 설치되고 중공 슬라브가 적용된 PC조 외피의 단열성능을 전열해석을 통해 비교한 연구 결과를 소개함으로써, RC조 대비 PC조 외피의 단열 성능 수준 파악에 도움을 주고자 하였다.

PC조 외피 구조체의 주요 특징

벽-벽 접합부

그림 1은 PC조의 벽-벽 접합부 평면도, 결속 부자재 모델(전열해석을 위한 3차원 모델로 일부 형상을 단순화한 것임) 및 강연선(tendon loop)을 나타낸 것이다. 벽과 벽은 접합부 중앙의 수직철근(dowel bar)을 각 벽에 일부가 미리 삽입된 강연선으로 감싸는 방식으로 결속된다. 강연선은 일정 간격으로 설치되며, 접합부 내 빈 공간은 모르타르로 채운다.

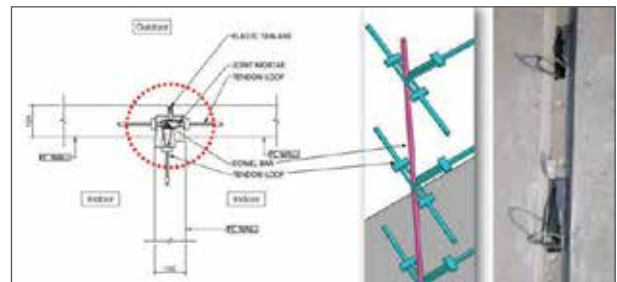


그림 1. PC조 벽-벽 접합부 평면도(좌), 결속 부자재 모델(중), 강연선(tendon loop, 우)

벽-바닥 접합부

그림 2는 PC조의 벽-바닥 접합부 단면도, 결속 부자재 모델 및 슬리브(sleeve)를 나타낸 것이다. 벽과 바닥은 접합부 중앙에서 상하 벽에 미리 삽입된 수직철근을 바닥에 일부가 미리 삽입된 띠철근(tying reinforcement)으로 감싸는 방식으로 결속된다. 수직철근은 일정 간격으로 설치되며, 접합부 내 빈 공간은 모르타르로 채운다. 상하 벽에 미리 삽입된 수직철근은 상벽 하단에 미리 삽입된 슬리브(sleeve) 내에서 체결된다. 수직철근 옆에는 상하로 2개의 수평철근(collector reinforcement)을 두어 보강하고, 플라스틱

조립판(plastic assembling plate)은 벽과 바닥 간 간격을 유지하는 역할을 한다. 그림 3은 PC조 공동주택의 세대 간 접합부를 대상으로 앞에서 다룬 벽-벽 접합부와 벽-바닥 접합부에서의 결속 부자재 모델을 나타낸 것이다.

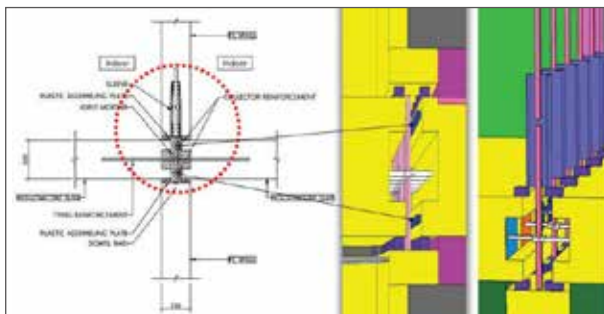


그림 2. PC조 벽-바닥 접합부 단면도(좌), 결속 부자재 모델(중), 슬라브(우)

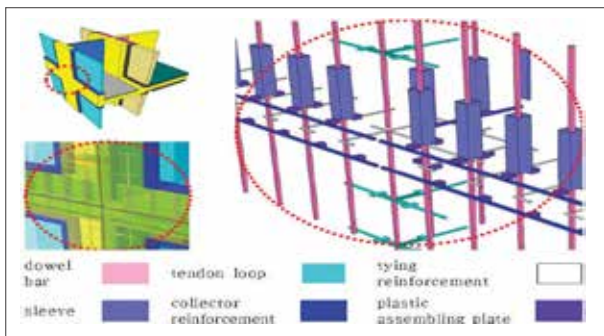


그림 3. PC조 벽-벽, 벽-바닥 접합부 결속 부자재 모델

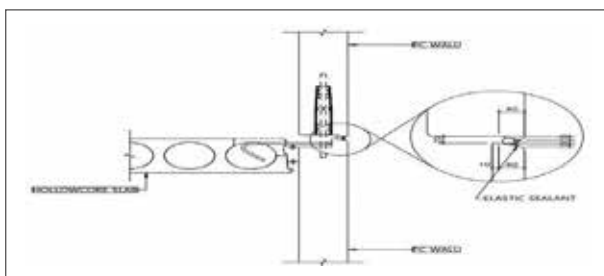


그림 4. 중공 슬라브 단면도

중공 슬라브

그림 4는 중공 슬라브 단면도를 나타낸 것이다. 중공 슬라브는 속이 비어 있어 경량이며, 공장 제작 및 운반, 설치 시 취급이 쉬운 장점이 있다. 단열 관점에서 중공 슬라브는 내부에 중공이 있으므로 일반 슬라브 대비 열저항이 큰 특징이 있다.

단열성능 비교 부위

최근 시공된 RC조 및 PC조 벽식 공동주택 도면을 검토하고, 평면 구성과 전용면적이 유사한 세대를 선정하였다. 단열성능 비교 부위는 외벽-내벽 접합부, 외벽-바닥 접합부 등과 같이 외벽의 내단열재가 끊겨 열교가 되는 주요 접합부로 선정하였고, RC조 세대에서 해당 위치는 그림 5와 같다. 이 부위에서 PC조는 RC조 대비 구조체 두께가 약간 다르고, 구조체 간 결속 부자재가 추가 설치되며, 중공 슬라브가 적용되는 차이가 있고, 이외에는 대동소이하다.

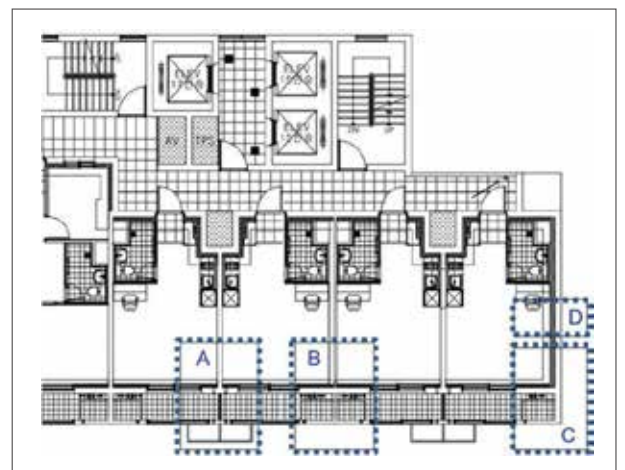


그림 5. 단열성능 비교 부위

전열해석

RC조와 PC조 모두 내단열 공법을 적용하고, 열관류율을 같게 설정하여 전열해석 모델을 작성하였다. 단열 성능 비교 부위의 3차원 모델링을 위한 절단면(cut-off plane) 위치는 ISO 10211 : 2017에 따라 설정하였고, 유효 열관류율 산출에 적용되는 외벽 면적이 RC조와 PC조에서 서로 같게 하였다. 천장 슬라브와 경계벽에 설치하는 결로방지재의 경우, 공동주택 결로방지를 위한 상세도 가이드라인을 참고하여 RC조와 PC조에 공통 적용하였다. RC조와 PC조에서 일부 요소들은 관련 기준에 따라 일부 형상을 단순화하였고, PC조의 중공 슬라브에서 중공은 환기되지 않는 것으로 가정, ISO 10077-2 : 2017에 따라 등가 열전도율을 구해 전열 해석에 적용하였다.

Physibel trisco 14.0w 프로그램을 이용, 3차원 정상 상태 전열해석을 실시하였으며, 경계조건은 표 1과 같다. 실내 외 온도, 표면 열전달저항은 공동주택 결로방지를 위한 설계기준, 건축물의 에너지절약설계기준, 비난방공간인 발코니 온도는 ISO 13789 : 2017에 따라 구하였다. 이상 과정을 거쳐 작성된 RC조 및 PC조 외피의 3차원 모델은 표 2, PC조에서 구조체 간 결속 부자재 모델은 표 3과 같다.

단열성능 지표

열교 부위를 포함하는 RC조 및 PC조 외피의 단열성능은 에너지 성능과 결로방지 성능으로 구분하여 평가하였다. 에너지 성능은 열교에 의한 영향이 고려되지 않는 열관류율 대신, 식 (1)에 의한 유효 열관류율로 평가하였다. 식 (1)에서 외벽 면적은 ISO 13789 : 2017의 치수 체계 중 overall internal dimension system에 따른 실내 측 기준 수직면 투영면적으로 구하였다. 결로방지 성능은 공동주택 결로방지를 위한 설계기준에 따라 식 (2)에 의한 온도차이비율로 평가하였다. 평가지점은 벽체 접합부 모서리에 해당하는 그림 6의 a, b 지점이며, 요구 온도차 이비율은 지역 II 기준으로 0.26 이하이다.

구분	온도 (°C)	구분	표면 열전달 저항 (m²K/W)
실내	25	실내	0.110
실외	-15	거실의 외벽	외기에 간접 면하는 경우 0.110
발코니	-7.8	실외	외기에 직접 면하는 경우 0.043
A,B부위	-7.8	충간바닥	실내 0.086
C부위	-9.0		

표 1. 전열해석 경계조건

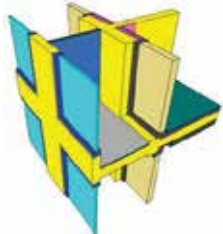

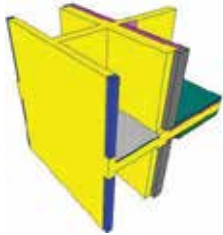
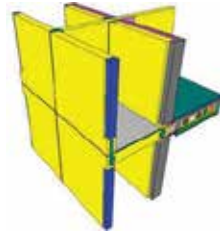




부위	RC조	PC조
A (세대간 접합부 A)		
B (세대간 접합부 B)		
C (축세대 코너부)		
D (축세대 축벽부)		

표 2. RC조 및 PC조 외피의 3차원 전열해석 모델

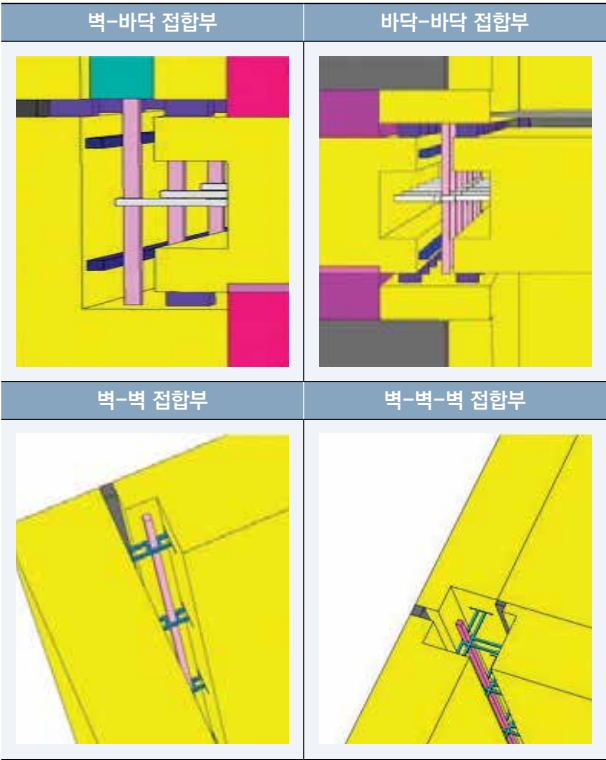


표 3. PC조 외피의 구조체 간 결속 부자재 모델

$$1) U_{eff} = \frac{q_{tot}}{A_i \times (T_i - T_o)}$$

여기에서,

U_{eff} : 유효 열관류율(W/m²K) q_{tot} : 실내 측 총 손실열량(W/m²K)
 A_i : 외벽 면적(m²) T_i : 실내온도(K)
 T_o : 실외온도(K)

$$2) TDR = \frac{T_i - T_{si}}{T_i - T_o}$$

여기에서,

TDR : 온도차이비율 T_i : 실내온도(°C)
 T_{si} : 실내표면온도(°C) T_o : 실외온도(°C)

그림 6. 결로방지 성능 평가지점

부위	구분 a), b), c), d)	RC조	PC조
A (세대간 접합부 A)	U	0.869	
	U _{eff}	1.178	1.138 (-3%)
	T _{si-a}	20.6	20.5 (-0.1℃)
	T _{si-b}	17.0	16.8 (-0.3℃)
	TDR _b	0.19	0.20 (+0.01)
B (세대간 접합부 B)	U	0.318	
	U _{eff}	0.600	0.594 (-1%)
	T _{si-a}	20.2	20.3 (+0.1℃)
	T _{si-b}	17.0	16.6 (-0.4℃)
	TDR _b	0.20	0.21 (+0.01)
C (축세대 코너부)	U	0.281	
	U _{eff}	0.474	0.483 (+2%)
	T _{si-a}	20.5	20.3 (-0.1℃)
	T _{si-b}	16.3	16.7 (+0.5℃)
	TDR _b	0.21	0.20 (-0.01)
D (축세대 축벽부)	U	0.166	
	U _{eff}	0.312	0.295 (-5%)
	T _{si-a}	22.9	22.8 (-0.1℃)
	T _{si-b}	20.1	20.8 (+0.7℃)
	TDR _b	0.12	0.10 (-0.02)

표 4. RC조 및 PC조 외피의 단열성능 비교

- a) U : 설계 열관류율(W/m²K)
- A, B부위 : 외기에 간접 면하는 거실 외벽, 창 의 면적가중평균 열관류율
- C부위 : 외기에 직접, 간접 면하는 거실 외벽의 면적가중평균 열관류율
- D부위 : 외기에 직접 면하는 거실 외벽의 열관류율
- b) U_{eff} : 유효 열관류율(W/m²K)
- c) T_{si-a}, b : 그림 6의 a, b 지점 표면온도(°C)
- d) TDR_b : 그림 6의 b 지점 온도차이비율

단열성능 비교 결과

에너지 성능

A~D 부위의 RC조 및 PC조 외피 설계 열관류율과 유효 열관류율은 표 4와 같다. A~D 부위 모두 RC조와 PC 조 외피의 설계 열관류율(열교에 의한 영향이 고려되지 않음)은 서로 같다. 실제에서와 같이 열교에 의한 영향을 반영한 유효 열관류율은, A, B, D 부위의 경우 PC조가 1~5% 더 낮고, C 부위의 경우 2% 더 높은 수준이며, RC조와 PC조 간에 큰 차이가 없게 나타났다. PC조의 경우 RC조와 달리 구조체 간에 열전도율이 비교적 높은 강재 결속 부자재가 추가 설치되나 모두

매립되며, 결속 부자재가 위치하는 구조체 간 접합부의 빈 공간은 콘크리트 보다 열전도율이 낮은 모르타르로 채우기 때문에 열손실 증가가 억제되어 나타난 결과로 판단된다. 따라서 RC조와 PC조의 에너지 성능은 대동소이하다고 할 수 있다.

한편 RC조와 PC조 외피 모두 유효 열관류율이 설계 열관류율보다 높게 나타나, 열교로 인한 열손실이 큼을 알 수 있다. 따라서 에너지 성능을 개선하기 위해서는 RC조와 PC조 모두 열교 방지가 필요하며, PC조의 경우 PC 커튼월 외벽 및 내단열을 적용하여 외벽 단열층이 상하 층 간에 연속되게 함으로써 개선이 가능할 것으로 판단된다.

단열성능 지표

A~D 부위의 RC조 및 PC조 외피 a, b 지점 표면온도와 b 지점 온도차이비율은 표 4와 같다. A~D 부위 모두 표면온도는 실내에 면한 a 지점보다 천장 상부 플레넘에 면한 b 지점이 더 낮으므로 온도차이비율은 b 지점에 대해서만 구하였다. 유효 열관류율은 외피의 전체적인 단열 성능을 나타내고, 온도차이비율은 외피에서 열적으로 취약한 특정 부분(접합부 모서리)의 국부적인 단열성능을 나타낸다고 할 수 있으며, 온도차이비율은 그 값이 작을수록 결로 위험이 작다.

A~D 부위 모두 RC조와 PC조는 요구 온도차이비율(지역 II, 0.26 이하)을 여유 있게 만족하는 것으로 나타났다. 온도차이비율은 A, B 부위의 경우 RC조가, C, D 부위의 경우 PC조가 더 작으나 그 차이는 0.01~0.02 수준이어서, RC조와 PC조 간에 큰 차이가 없게 나타났다. 따라서 RC조와 PC조의 결로방지 성능은 대동소이하다고 할 수 있다.

참고문헌

1. 주나영, 송승영, 기존 벽식 철근 콘크리트조 대비 프리캐스트 콘크리트조 공동주택 외피의 단열성능 비교분석, 대한건축학회논문집 37권 12호, 2021.12 (<https://doi.org/10.5659/JAIK.2021.37.12.265>)
2. 최보혜, 송승영, Insulation performance comparison of curtain wall systems with existing pipe frames and truss-shaped insulation frames, Energies 2021, 14(15), 4682 (<https://doi.org/10.3390/en14154682>)

필자소개

송승영 교수는 국토교통부 주거환경연구사업(주거복지 구현을 위한 생활밀착형 공동주택 성능 향상 기술개발, 2014.9~2021.2)의 연구단장을 역임하였으며, 제로에너지 친환경건축 분야의 다양한 연구를 수행하고 있다.

주나영 연구원은 이화여대 대학원에서 석박사통합과정 중이며, OSC 기반 공동 주택 에너지/결로방지 성능 최적화 외피 기술개발 등 OSC 및 친환경건축분야의 다양한 연구를 수행 중이다.



나 금 옥

동서피씨씨 부사장

1 검토 배경

프리캐스트 콘크리트 공법(PC공법)의 점진적 수요 증가와 OSC(Off-Site Construction) 및 모듈러 공법 연구 증가 등 시장성 변화에 따른 효율적인 PC공법 개발 필요성이 증가하였다. 기존 공법에서 도출된 PC부재 벽판 제작 및 운반 필요, 바닥구조 콜드브릿지 현상, 누수, 층간방화, 내화구조 만족, 공기 관리 등 여러 가지 문제점들이 있었고, 이를 해결하기 위한 공동주택 PC공법 개발 필요성으로 구조시스템 검토 진행.

1) 탈 현장 건설로의 전환(OSC)

- 건축도 상품화 (주문 → 배송 소비자 요구에 부응)

2) Module화

- PC의 최대 장점인 규격화, 일체화, 반복화 반영한 System 개발

3) 구조기술 개선

- 기본 원칙 고려한 기술적용 (지진력 저항시스템 및 부재 분할접합 방식)
 - 건물골조 적용 : 횡력 (코어벽체 : 고층구조물 코어의 배치에 주의), 중력하중 (기둥, 보, 바닥 입체구조)
 - 기둥 : 연성골조 (강성과 하중의 편심, 비틀림 고려)
 - 보 : 단순(핀)구조 (접합부 시공성 확보)
 - 슬래브 : 다이어프램 기능 강화 (일체성, 배근 등)
- 현재 Modular 기술은 간편한 분할 접합 추구: 일체성 고급화 부족
 - 과대한 변형 초래 (과거의 실패 답습 우려), 장기적 내구성 결여

3-1) 철골 프레임 Modular

- 내화, 진동, 누수 등 취약, 내구성 부족(100년 장수명 주택 구현 역행), 과대한 변형
- 비내력 구조물의 파손에 따른 2차 피해 우려

3-2) PC Modular

- Mock-up 단계 (모듈에 집착)

4) 제로 에너지 달성

- 단열 시공 기술과 재료 개발 기술의 점진적 향상

5) 고정 관념의 변화

- 벽식구조에 너무 익숙해져 있음 (외벽의 기능, Design 등)
- Box형 - 또 다른 닭장 양산 우려 (Box형 모듈의 집착)
- 발주자, 설계자(구조, 계획), 제작자, 시공자, 소비자의 의도와 선택의 불일치

2 구조적 특징

- 구조형식: 건물골조시스템
 - 접합부 연성상세 적용: 건식 및 습식 기계적 이음 복합 사용)
- 세대 내부: 기둥, 보 가구식 구조 (프리캐스트 콘크리트 합성구조)
- PC+RC 복합구조 : 바닥 상부(90~100mm) 현장타설 합성구조 (다이어프램 배근 배치), 전체 슬래브 두께 160mm 내외
- 계단실 코아: Box형 일체 제작 전단벽식 구조(수직 끼움체형 구조, 연결박스 구조는 필요시 PT적용), 60m이상(약 20층 이상) 초고층일 경우, 코아벽체 배치 및 단면 상세계획 필요(편심 축소 및 특수 전단벽 상세 적용)
- 벽식구조 공동주택이 아닌 PC라멘조 구조로서 가변성과 미래 주거 환경 변화에 대응가능

3 구조적 타당성 및 안전성

- 공동주택의 세대 내부 주요 구조부는 내진에 강하고, 충고를 최소화하는 기둥 보의 가구식 구조이며, 바닥 상부는 후차적 현장타설에 의해 합성되어지는 구조
- 공용구간인 계단실 및 엘리베이터 홀 등 코아 부분은 변화치수를 효과적으로 적용하여 제작 효율이 우수한 수평(수직) 분할 끼움체 방식의 횡력 저항 성능이 우수한 Box 일체형 벽식 구조 (연결 Box는 필요시 PT적용, 운반폭 3.5m 초과시 수직끼움체형 분할, 접합적용)
- 세대 내측 혹은 외측의 경계용 벽체는 비내력 구조체로서 내진동, 내구성이 우수한 수직재와 같이 바닥타설 전선설치 되는 구조
- 각각의 구조 개체는 인접 부재 혹은 자재 간에 유기적으로 결합되어 일체형으로 제작되거나 결합이 용이한 구조로 제작되어 시공안전성, 구조일체성이 강화되는 구조

- 슬래브와 벽체는 열차단기능 일체로 제작되는 구조
- 보, 기둥식 구조로 PC슬래브 하부 공간을 넓게 확보되어 설비 배관 설치 원활 및 배관 구배를 더 적용하여 배관 내 흐름을 더 원활하게 적용 가능

4 평면 및 입면 적용 방향

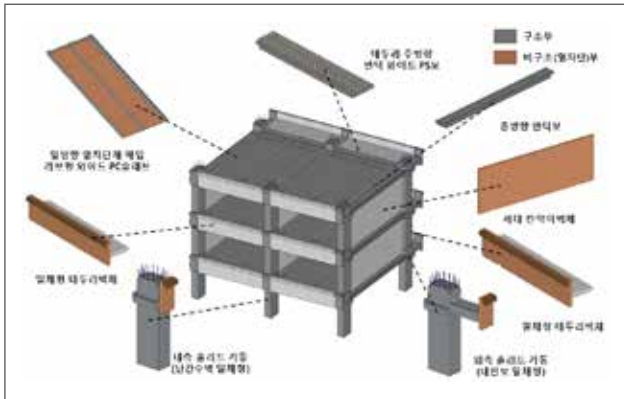


그림 1. 참고현장 골조 적용 개념도



그림 2. 참고현장 기준층 적용 개념도

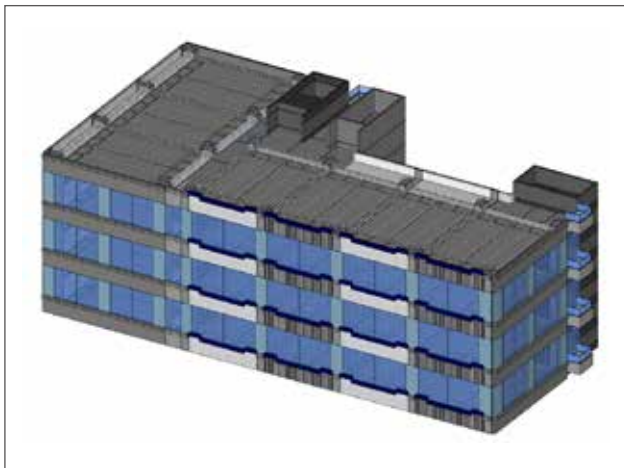


그림 3. 3개층 골조 적용 개념도



그림 4. 전체층 적용 개념도

5 경제성 확보 방안

- 프리캐스트 콘크리트(PC) 부재 적용으로 인하여 현장타설 콘크리트(RC)공법 대비 공사기간 대폭 단축 가능
- 부재 세장화로 층고절감 가능, 설비공간 확보로 하자관리 용이, 외벽부 단열재 및 내화재 공장 일체 생산으로 후속 공정 간소화
- 간접비(공기단축, 층고절감, 하자절감, 단열 및 내화마감 등) 항목 절감으로 인하여 공사비 절감 및 경제성 확보 예상

1) 공기 비교

공기비교														
부재명	구분	종별	종수	종수별 공기량										비고
				콘크리트	철근	단열	방수	기타	합계	콘크리트	철근	단열	방수	
A현장	기초 PC부재	PC	118	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	합계 118(단위)
	벽면 PC부재	PC	180	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	합계 180(단위)
B현장	기초 PC부재	PC	118	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	합계 118(단위)
	벽면 PC부재	PC	180	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	합계 180(단위)

부재 매수 대비 기존 참고현장과 비교 결과 - A현장 대비 약 50% 공기절감, B현장 대비 약 75% 공기절감 효과 예상

→ 비용절감

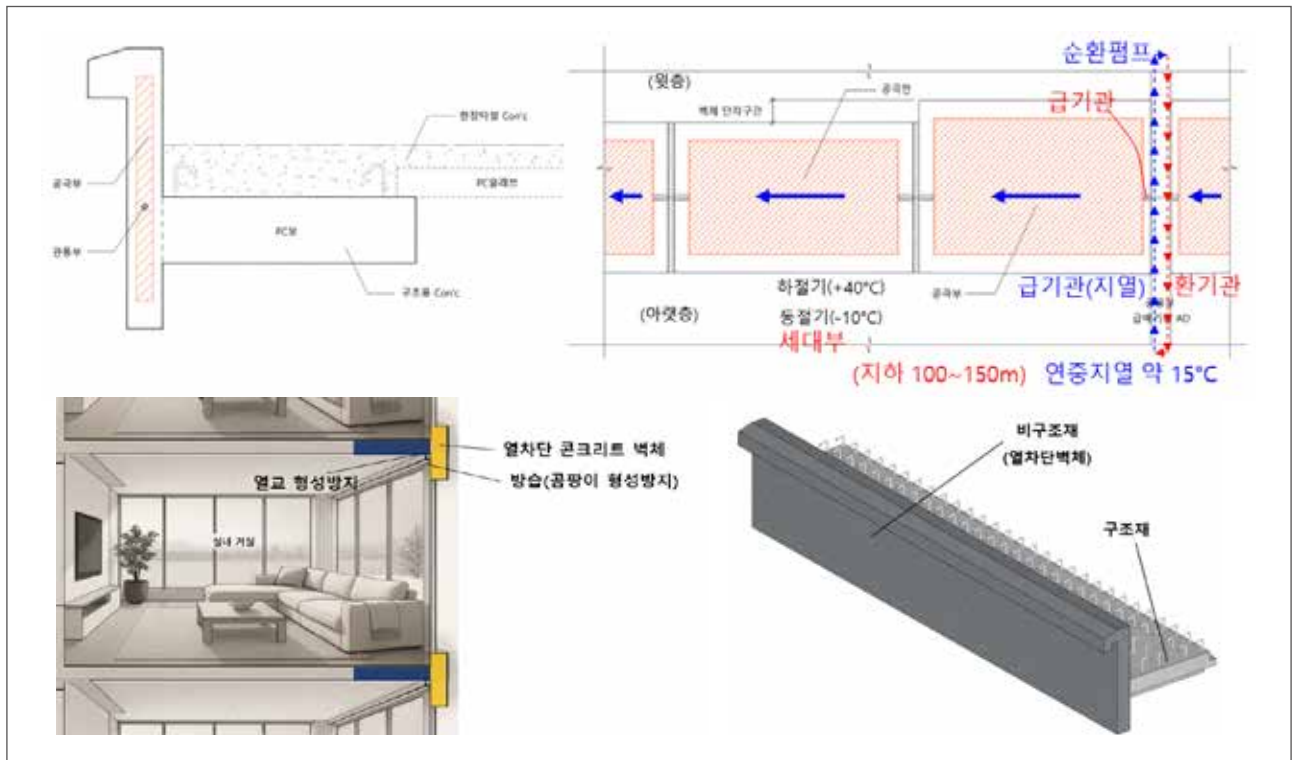
2) 원가 비교

부재명	기존 PC공법					제안 PC공법					비고
	매수(개)	매단(원)	단위(㎡)	단위(㎡)	공정액(원)	매수(개)	매단(원)	단위(㎡)	단위(㎡)	공정액(원)	
기둥	216	549	1.616	1,728,557	601,286,900	216	477	2.208	1,550,748	759,707,000	
보	805	789	1.562	1,711,227	1,350,158,000	805	619	2.430	1,522,782	1,271,523,000	
슬래브	1,262	141	0.279	1,793,710	585,965,000	276	477	1.728	1,405,148	470,256,000	
벽체/단	449	1,007	2.147	2,527,191	2,343,481,500	280	641	2.289	2,014,144	1,291,066,500	
합계	2,452	2,488		1,962,000	4,877,871,000	1,122	2,430		1,834,000	3,972,552,500	비 20% 감소

부재별 단가 대비 기존 참고현장과 비교 결과 - B현장 대비 약 20% 정도 원가 절감 효과 예상

→ 비용절감

3) 신재생 에너지 적용



• 공극부 급배기 PC부재(지열냉난방 순환원리) 적용

- 연중지열 이용하여 온도조절 설비 적용, 신재생에너지(지열냉난방, 태양광 전기)의무 비율에 따라(30세대 이상 공동주택, 연면적 1,000㎡ 이상 공공 건축물, 연면적 3,000㎡ 이상 일반 건축물)

6 현장 적용 가능성(시공성 및 유지관리)

- 각각의 분할 제작된 개체는 접합시 최대한 단순작업에 의해 체결되어 시공성이 강화되는 구조
- 세대 외벽은 난간 및 수벽으로 구성되고 내측 구조체와 일체로 제작하는 구조이며, 특성화된 의장적 요소가 제작시 반영되는 구조
- 실물 시험이 거의 필요없이 바로 현장 적용이 가능한 구조(기둥, 보 골조시스템)
- PC 라멘조(기둥, 보 골조) 시스템으로 충분한 설비공간 확보 가능하고 유지관리 및 보수 작업이 용이

7 도입 효과

공동주택 공법 개발 관련하여 구조적 안정성, 시공성, 하자방지 등은 기본적으로 만족하여야 하고 주요 도입효과로는 원가 절감, 공기 절감, 에너지활용 등과 관련된 효율적인 공법을 개발하는 것이 가장 중요

- OSC시장 확대에 따르는 공법, 현장타설 작업 최소화로 구조적 품질 향상, 기존 재래식 공법 대비 빠른 공기
- 기존 재래식 공법 및 PC공법 대비 빠른 공기 (부재수 감소)
- PC부재수 감소와 PC일체형 제작으로 인한 간접비 등 요소별 비용 감소로 원가 절감 가능
- 신재생 에너지(지열냉난방, 태양광) 설비 적용이 가능한 공법

이동길

동진피씨이 이사

1 서론

물류창고의 고층화로 화물차량의 이동을 위한 램프는 필수적인 요소이다. 램프를 축조하는 방법은 철근콘크리트구조(RC), 철골합성구조, PC구조 등 다양한 공법이 있다. 위의 3가지 공법 중 공기단축, 시공 시 안전성 확보, 환경측면에서 뛰어난 장점을 보이는 공법이 PC 공법인데 이러한 우수한 성능에도 불구하고, 제작 시 까다로운 부분이 있어 많은 PC제작사들이 창고부분을 선호하고, 램프PC 제작을 꺼려하는 경향이 있다. 이에 동진피씨이는 램프PC 전문 제작사로서 램프PC의 특징, 제작에 있어 유의 할 점, 제작프로세스, 가장 좋은 외벽 파라펫 라운드 시공사례등을 소개 하고자 한다.

2 본론

1. PC 램프의 특징(장점)

1) 높은 내구성과 고품질

PC는 제한된 실내공간에서 날씨나 작업속련도에 구애 받지 않고 생산되며, 엄격한 품질 관리가 가능하여 구조체의 높은 내구성과 고품질 확보가 가능하다.



2) 시공 시 안전성 확보, 친환경 공법

물류창고 램프의 층고는 10m이상으로 상당히 높아 일반 RC조로 작업 시 하부에 동바리 시공이 필수적이며, 작업에 각종 가설재 및 작업 인부도 많이 소요된다. PC공법은 하부에 동바리가 설치되지 않아 가설재가 감소되고, 공사 중에 발생하는 소음, 진동, 분진 등이 감소되어 친환경 적이다. 조립에 필요한 인력도 감소되어, RC대비 상대적으로 안전 Risk가 감소된다.



3) 공기 단축

PC공법의 특징인 빠른 건축 속도로, 완성된 하부 층 램프를 공사용 도로로 활용함으로써 창고동 공사에 필

요한 각종 자재운반 및 공사차량이 사용할 수 있어 공기단축에 유리하다.



- ③ 라운드구간 파라펫의 일정한 각도 유지를 위하여 라운드형 파라펫은 같은 몰드를 사용하여야 한다. 설계된 길이만큼 조절하여 생산하면 동일한 각도를 유지 할 수 있다.

2. PC 램프 제작 유의점

- ① 램프는 외기에 노출되어 있고 햇빛에 의한 그림자가 발생하므로, 몰드 제작 시 테이블 하부의 평활도가 중요하고, 특히 고재 몰드는 요철이 많으므로 지양 하도록 한다.



- ② 층마다 기둥 단면적이 상이할 경우 다수의 몰드 개조가 필요 하므로, 설계 시 기둥 단면적을 통일 하여 몰드개조가 최소화 되도록 한다.



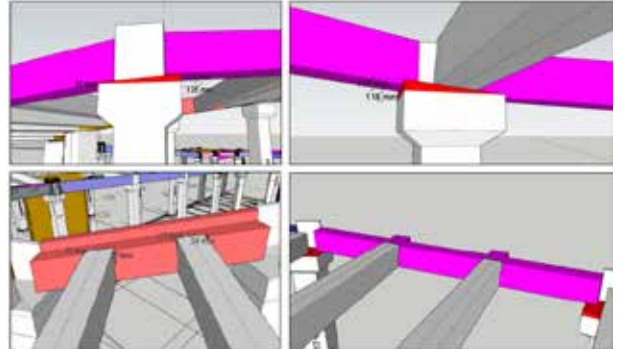
④ 라운드파라펫의 야적 및 운송방법

- 라운드형 파라펫은 수평 야적 시 중력에 의한 처짐이 발생하므로 현장 조립 시 부재 간 단차가 발생할 수 있다. 필히 세워서 야적하고 운송하여야 한다.



② 2단계 3D 모델링

- 몰드제작을 위한 3D모델링을 실시하여 부재 마구리 부위의 사선 예각을 계산하고, 기둥과 거더가 만나는 부위의 경사도를 산정하여 확인하여야 한다.



③ 3단계 몰드제작

- 입체화된 도면을 반영하여 몰드를 제작하여 오차를 방지한다.

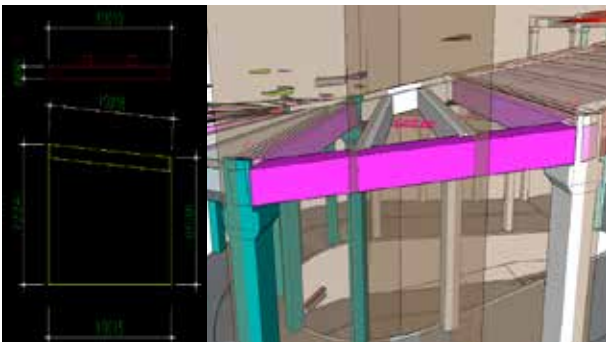


3. PC 램프 제작 Process



① 1단계 2D 도면검토

- 부재크기, 각종매입물 위치, 빔 접합부 등의 치수를 계산한다.



④ 4단계 철근가공 및 선조립

- 계산된 길이와 각도를 반영하여 철근을 가공하고, 몰드내 설치를 위하여 선조립 한다.



⑤ 5단계 선조립철근 몰드내 설치 및 타설

- 조립된 철근망을 몰드내에 안착시키고, 각종 하드웨어 등 매입물 설치 및 몰드 체결 후 콘크리트 타설한다.



⑥ 6단계 양생 후 탈형

- 스팀 양생 후 탈형 강도 확인하여 손상되지 않도록 주의하여 탈형한다.



⑦ 7단계 외관 실측 및 검사

- 제품 생산 후 Mock-up을 통하여 제작 정밀도를 확인한다.



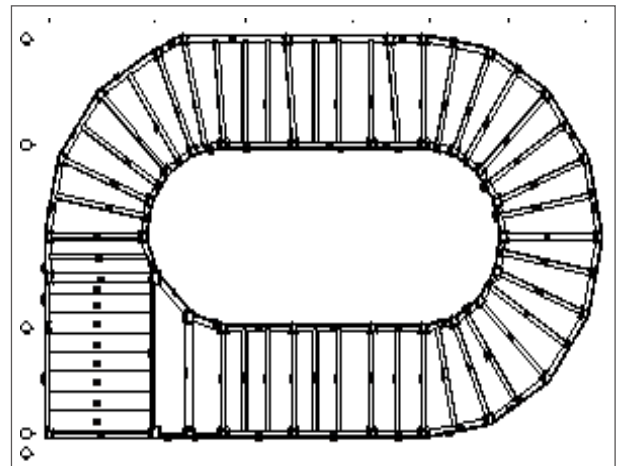
⑧ 8단계 현장 조립 후 점검

- 1개층 현장 조립 후 부재간 접합되는 부위의 오차 발생 여부를 확인한다.

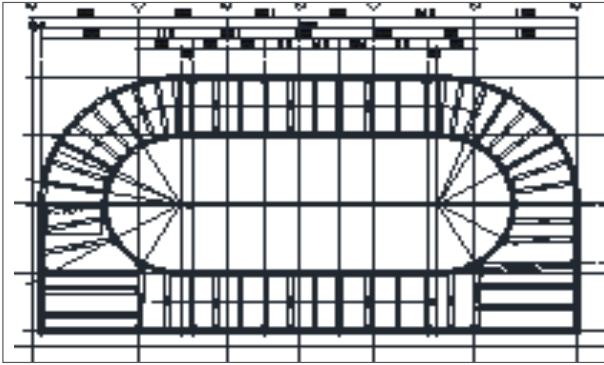


4. 램프 차량 회전구간 Type별 시공사례

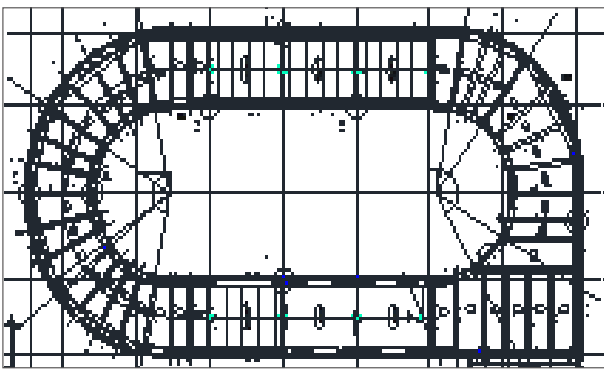
① 직선거더 + 직선파라펫 유형



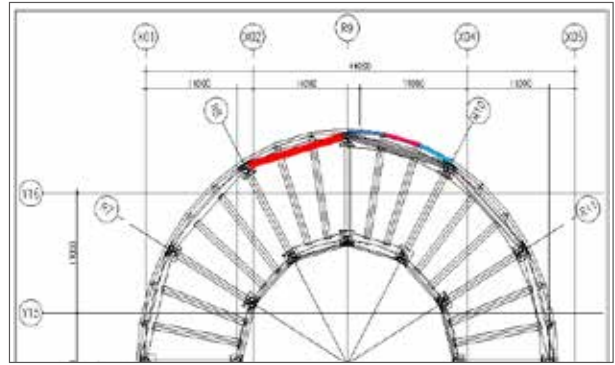
② 라운드거더 + 라운드파라펫 유형



③ 직선거더 + 라운드파라펫 유형



④ 직선거더 + 직선파라펫(세그먼트형) 유형



3 결론

램프PC 시공 시 장점이 많은 점에 비례하여 제작 난이도가 높은 것이 특징이다. PC는 선 생산이 필수이고 조립 시 맞지 않으면 전량 폐기해야 하는 단점이 있다. 이를 예방하기 위하여 사전에 철저한 도면 검토 및 3D 시뮬레이션을 통하여 제작 오차를 방지 하여야 한다.

또한 회전 구간의 라운드형 파라펫형식은 설계 시 지양하고 개선된 유형인 직선 세그먼트Type의 파라펫을 적용 하면 제작성 및 시공성의 완성을 높일 수 있다.

물류창고의 Box형태의 외관은 자칫 지역의 흉물스러운 존재로 인식될 수 있으나, 잘 시공된 라운드 램프의 조형성을 높여 준다면 주변과의 조화로움도 이를 수 있을것이라 생각된다.

박용선

한국콘크리트산업(주)
대표이사

김성진

한국콘크리트산업(주)
상무

박근우

한국콘크리트산업(주)
실장

박성태

한국콘크리트산업(주)
차장

1 서론

건설근로자들의 감소와 중대재해처벌법 강화 등 현행 공법인 RC(현장타설)공법은 여러 가지 문제점들이 대두되어 점차적으로 감소하고 있는 반면, 안전하고 신속하며 구조적으로 안정된 시공이 가능한 PC 공법은 각광을 받고있는 추세이다. 정부가 '스마트 건설 활성화 방안(S-Construction 2030)'을 발표하고 '제조업 기반의 탈현장 건설(OSC) 활성화' 추진하고 있는 가운데 국내 건축PC시장 규모는 2021년 1조 4천억원, 2022년 1조 7천억원, 2023년에는 2조원을 웃돌 것으로 예상된다. 국내 PC시장은 2012년 이후 매년 15% 이상 꾸준히 성장하고 있으며 토목PC시장을 포함하면 2023년 매출액은 3조원에 달할 것으로 예상된다. <그림 1>



그림 1. 국내 건축PC시장 규모

2 PC 공법의 개요

분할 제작된 PC Arch 부재를 T-Bolt를 이용하여 슬라이드 방식으로 결합시켜 크라운부(천단부) Joint 방식을 향상시킨 아치 공법으로, 변화되는 평면곡선에 따라 내·외측이 다른 곡선반경에 대응할 수 있는 공법이다. <그림 2>

고강도 콘크리트 ($f_{ck}=40\text{Mpa}$)를 적용한 균열제거기술로 내구성이 우수하다. 외력에 대해 아치형상의 구조물과 뒤통수 흙의 상호작용을 고려한 연성 설계법을 적용하며, 해당 공법으로 지하철도, 생태통로 등에 적용이 가능하다. <그림 3>

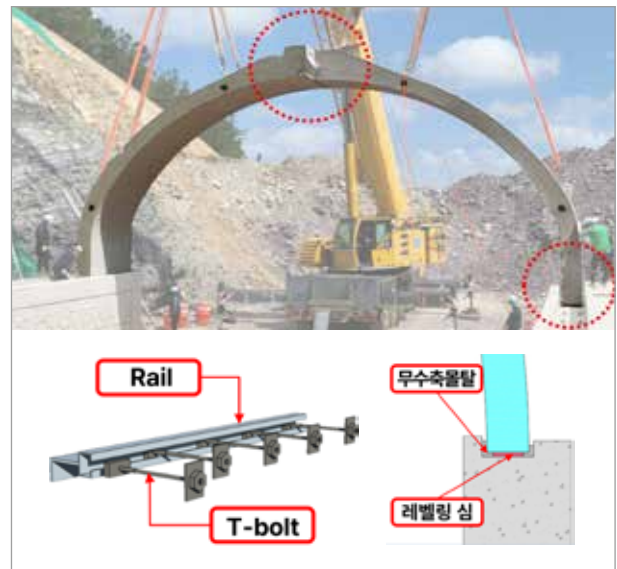


그림 2. 공법(자재) 개요도(이미지)



그림 3. 지하차도 적용 모델링



그림 4. PC 제작 및 설치



그림 5. 시공 시 모식도

3 PC Arch 공법의 특징

3.1 PC Arch 공법의 시공성

시공 시 T-BOLT 결합 방식으로 시공이 빨라 설치 경제성이 확보되며 크라운 힌지 결합으로 시공 중 변위 대응성 효과가 증대해 곡선부 적용에 유리하다. 현장 타설 공사가 없어 시공이 용이 하며 좌, 우 방향 PC부재 교차배치로 Interlocking 효과가 증대된다. <그림 4> 시공 단계별 지반 공학적 해석을 통해 단계별 구조안전성 확보가 가능하며 동바리 없이, 기계화시공으로 인력 투입이 최소화되어 시공 안전성이 확보된다. <그림 5>



3.2 PC Arch 공법의 구조적 안정성

구조물과 주변 뒤펀의 상호작용을 반영한 2D Frame 해석을 통해 구조물의 안전성을 확보하며, 시공 단계별 지반 공학적 해석과 응답변위법(내진 1등급, 기능/붕괴)에 따른 구조 안전성을 확보해 구조물의 내진 검토를 시행한다. <그림 6>

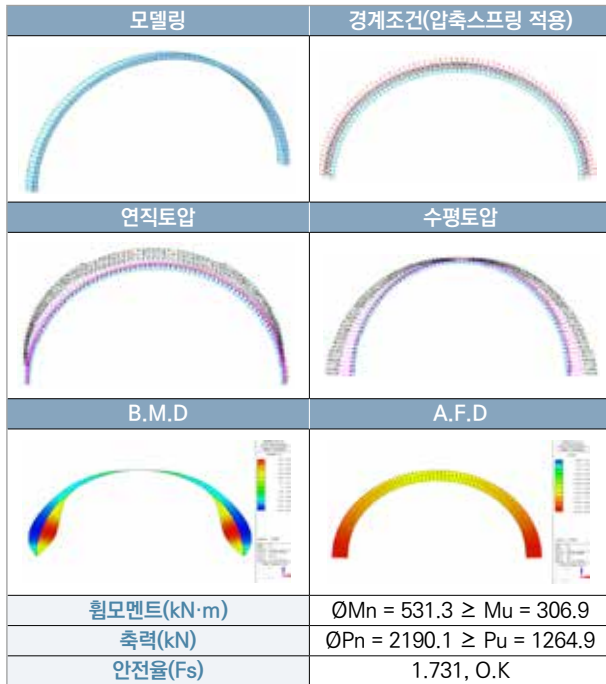


그림 6. 모델링 단면 검토

3.3 PC Arch 공법의 내진·내화·내습성

응답변위법을 적용하여 구조적 안전성을 확보하여 구조물의 내진성을 검토한다. <그림 7> 압축강도가 50Mpa 미만이므로, 폭열 현상의 우려가 없으며, “건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙” 제3조 5항 나목에서와 같이 두께 5cm 이상 콘크리트로 덮여 있으므로 국토교통부령으로 정하는 기준에 적합한 내화구조이다. 내화성 향상 (폭열 현상 방지)을 위해 유리 섬유 등을 첨가하여 PC 부재 생산이 가능하다. 고강도 프리캐스트콘크리트(PC) 구조물로 수밀성이 높아 내습성에 대한 저항성이 향상되며 결로 발생 시 PC Arch 하면에 결로 배수용 Trench를 설치하여, 결로 발생 시 원만한 경사의 Arch를 통해 배수가 가능하다. <그림 8>

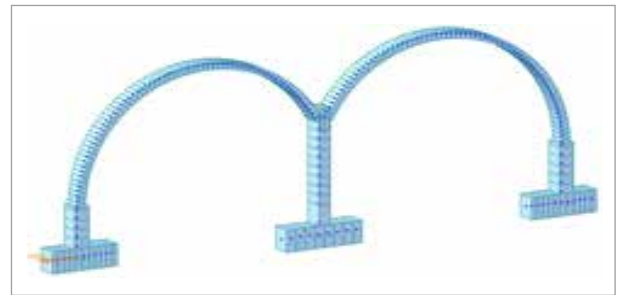
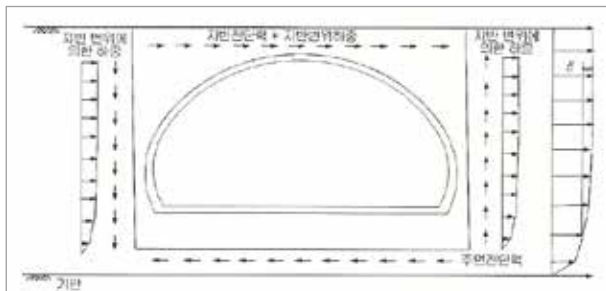


그림 7. 응답변위법 개념도

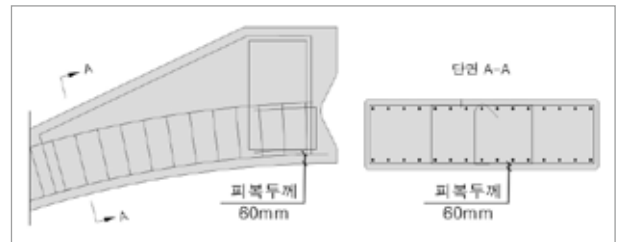


그림 8. 구조물 피복두께

3.4 PC Arch 공법의 유지관리성

천단부 Rail과 T-Bolt를 이용한 접합으로 다짐 및 성토 중 변위에 의한 균열 발생을 차단한다. 천단부 및 연결부의 방수공사 시공이 용이하며 종방향 이음부 방수에 의한 방수성능을 확보한다. (누수로 인한 하자발생 가능성 미비) <그림 9> 이음부는 백업제 및 우레탄폼+실런트 코킹으로 수밀성능을 극대화하고 2중방수 (부틸로프+자착식 방수시트)를 적용한다. PC부재에 국부적 손상이 발생한 경우, 힌지 접합의 편리성과 교차배열로 시공된 해당 PC부재만 보수, 보강이 가능하다. <그림 10>

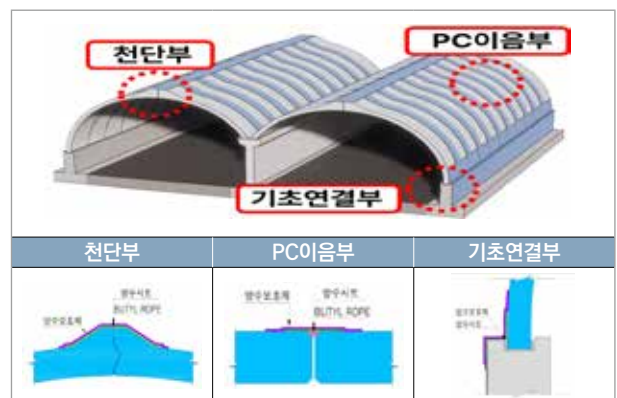


그림 9. 천단부 및 연결부 방수 상세



그림 10. 이음부 백업제 및 실런트 코킹

3.5 PC Arch 공법의 경관성

PC Arch의 유려한 곡선과 전통적인 기와지붕 형상의 Crown이 결합 되어 부드러운 곡선의 아치 형상과 주변 경관이 어우러져 자연 친화적이며, 동양적인 아름다움이 반영되었다. PC Arch를 좌, 우 교차 배열된 무지개 형상의 구조물로 견고함과 기능적인 요소 (Interlocking), 미적 디자인 요소를 반영한다. 자사 공장의 체계적인 생산관리로 만들어진 PC Arch 제품으로 부재 표면 마감이 매끄러워 터널 내부 미관이 우수하다. <그림 11>



그림 11. 크라운부 디자인 및 내부 미관

인접한 주변 경관 또는 지역적 특성과 조화를 고려하여 보강토 웅벽 또는 원통 철개형 등을 적용할 수 있다. 필요 시 보행자 보행 시설을 설치할 수 있다. <그림 12>



그림 12. 웅벽 모델링 사례

3.6 PC Arch 공법의 친환경성

공장 제작으로 현장에서 발생하는 탄소배출을 줄일 수 있으며 거푸집 및 건설폐기물 억제로 친환경을 제공한다. 공장에서 생산된 PC부재를 현장에서 조립함에 따라 소음 및 분진 발생 저감으로 민원 발생 및 건설 공해 최소화에 적합하다. 별도의 거푸집 및 동바리가 불필요하기 때문에 PC Arch 시공에 의한 폐기물 발생이 적다. <그림 13>

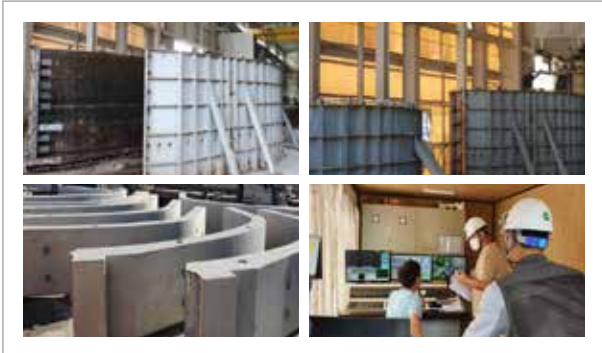


그림 13. 공장 PC 제작

4 PC Arch 공법의 안전성 확보 방안

운반 차량 승 하강 시 통로를 확보하여 (안전 사다리: 2인 1조) 운행속도 (10km/h 이하)를 점검하여 안전사고 위험성을 방지한다. 운반 차량에 PC 제품 고정 체인과 슬링벨트 상태를 점검해 부재별 규격을 고려한 받침목을 사용한다. 양중 시에도 작업지휘자 및 안전 인원 (전담 신호수, 전담 유도원 등)을 배치해 집중적으로 안전관리를 시행한다. <그림 14>



그림 14. PC Arch 현장 사진

5 맺음말

세계의 프리캐스트 콘크리트 시장 규모는 2021년 1,346억 8천만 달러, 2022년 1518억 4천만 달러로 증가하고 있고 2028년은 2346억 6천만 달러로 연평균 5.0% 이상 성장할 것으로 예상 하고 있다. PC Arch 공법은 그 적용성이 무궁무진하며 지하차도를 비롯해 여러 가지 구조물에 적용될 수 있다. 지속적인 개발과 노력을 통해 PC(Precast Concrete) 시장을 앞장서 갈 대표적인 PC공법으로 화두 되고 있다.

임 주 혁

원피씨엔지니어링 대표

공장생산된 PC더블월을 현장으로 운반하여 설치하고 그 내부에 콘크리트를 타설하여 벽체를 완성하는 PC더블월 공법은 PC의 장점인 빠른 공기적은 현장인력과 RC의 장점인 경제성과 벽체의 연속성을 동시에 구현하는 PC복합화 공법으로 큰 하중을 받는 높은 층고의 두꺼운 벽체에서 특히 큰 장점을 발휘한다.

이러한 장점으로 인하여 반도체 공장등을 중심으로 수요가 크게 늘어나고 있으며 이에 맞추어 다양한 PC더블월이 개발되고 있으나, 대부분 Half Slab 를 제작하는 방식으로는 벽체를 높여서 제작한 후 벽체를 서로 마주 보게 결합하는 방식으로 더블월을 제작하고 있다. 이러한 제작방법은 공정이 복잡하고 2번의 타설로 제작기간이 길고 표면의 레이턴스제거 및 조면처리 등 품질관리와 생산성 개선에 어려움이 있는 실정이다.

LDW(Laterally connected Double Wall)는 이러한 수평타설 제작에 따른 문제점을 근본적으로 해결하기 위해 [그림 1]과 같이 몰드 상부로 인발하는 방식으로 RC벽체와 동일하게 한번의 수직타설로 더블월을 제작하는 공법이다.

전단철근 간격에 맞춰 판재형태로 세로로 세워진 내부 몰드를 사용함으로써 RC와 동등하게 자유로운 전단철근의 배치가 가능하고, 이러한 내부몰드는 이동 가능하므로 내부몰드를 이동 배치하여 벽체의 폭과 두께를 변경 할 수 있고, 필요에 따라서는 설비용 덱트 등을 관통하게 하는 등의 자유로운 응용이 가능하다.

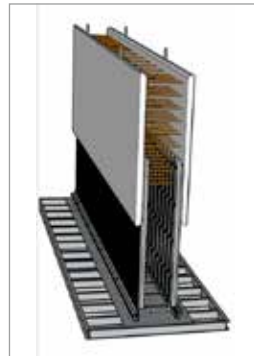


그림 1. 수직으로 LDW를 타설하는 모습

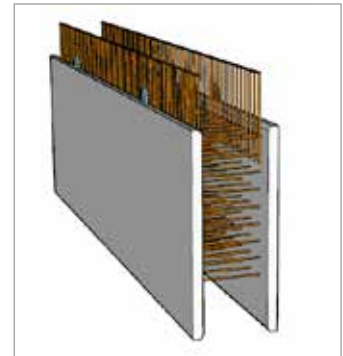


그림 2. 보강근이 조립된 LDW모습

LDW의 형상

아래 [그림 3]과 같이 LDW는 벽체 주근이 배근된 PC와 이를 연결하는 수평연결된 전단보강근만으로 이루어져 가장 경제적이다. 즉 PC 더블월을 제작하기 위해 추가적인 철근이나 철물의 보강없이 RC와 동일한 배근으로 PC 더블월을 구현함으로써 가장 가볍고 강하면서 경제적인 PC더블월을 제작할 수 있게 되었다.

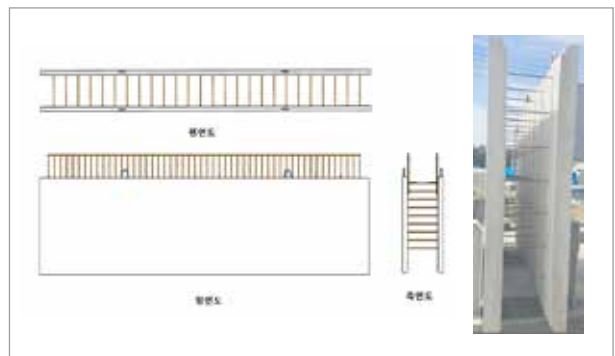


그림 3. LDW의 형상



LDW (단위: mm)	벽체 두께 (mm)	벽체 부속물 두께		원료분리(콘크리트)			
		외벽	중심부	내벽	직경	수직간격	수평간격
LDW-200*2400	200	60	100	60	D10	150,000	200,000,000
LDW-240*2400	240	70	100	70	D10	150,000	200,000,000
LDW-300*2400	300	70	160	70	D10, D13	150,000,000	200,000,000
LDW-400*2400	400	80	240	80	D10, D13	150,000,000	200,000,000
LDW-500*2400	500	100	300	100	D13	150,000,000	200,000,000
LDW-600*2400	600	120	360	120	D13, D16	150,000,000	200,000,000
LDW-800*2400	800	120	500	120	D13, D16	300,000	200,000,000
LDW-1000*2400	1,000	120	760	120	D13, D16	300,000	200,000,000
LDW-1200*2400	1,200	120	960	120	D13, D16	300,000	200,000,000

표 1. LDW 제품별 규격

LDW 제작순서

LDW의 제작순서는 다음과 같다.

1. 벽체 주근 및 전단연결재로 철근선을 조립하여 매부 몰드에 철근을 삽입한다.
2. 삽입된 철근에 부착물 설치하고 내부몰드에 상부 프레임을 설치하여 고정한다.
3. 외부몰드를 조립하고 콘크리트를 타설한 후 양생포를 덮고 양생한다.
4. 외부몰드 및 상부프레임을 제거하고 내부몰드와 분리 후 LDW를 상부로 탈형한다.
5. 보수 및 상부에 판-판 연결근 설치한다.
6. 야적 및 출하한다.

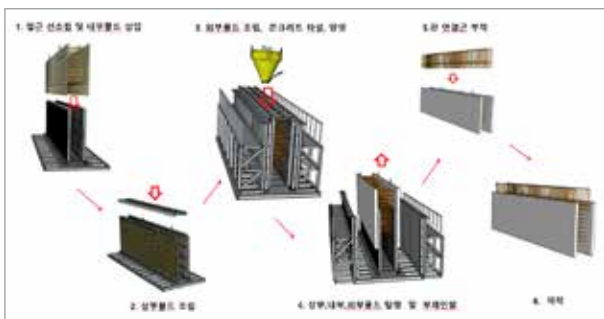


그림 4. LDW 제작순서

LDW 제작모습



사진 1. LDW 제작 모습

전단(연결)철근 관통부 상세

아래 [그림 5]는 전단(연결)철근이 내부 몰드를 관통하는 개념도와 그 부분의 몰드사진이다.

수직으로 배치된 내부몰드 사이로 전단철근이 지나가고 그 공간을 보조몰드가 닫히며 내부몰드 사이 공간을 폐합하도록 하였고 이러한 내부몰드와 보조몰드를 반복 배치하여 내부 몰드벽을 구성 하였다. 서로 분리된 내부몰드와 보조몰드는 공기압으로 압착하여 콘크리트

타설시 서로 분리된 내부몰드와 보조몰드사이로 콘크리트가 유입되지 못하도록 하였다.

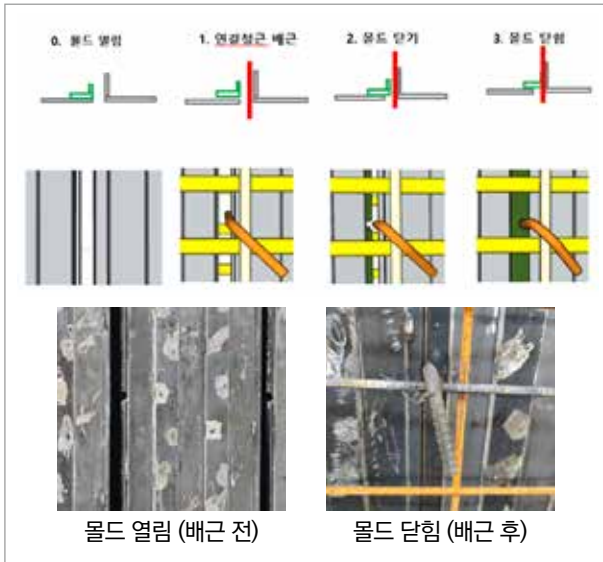


그림 5. 내부 몰드 개념도

야적 및 설치

LDW는 생산에서부터 야적 및 운반, 설치까지 전과정에서 벽체의 강축방향으로 세워져 있다. 그러므로 부재의 강성이 매우 강하여 이동 및 양중과 장기야적에도 처짐 등 변형의 우려가 없고 부재에 응력이 발생하지 않는 큰 장점이 있다.

이렇게 세워서 야적하므로 공간을 적게 차지하고 출하시 부재간 간섭이 없어 출하관리가 용이하며 빠르고 조립시에는 설치 속도가 빠른 장점이 있다.



사진 2. 야적 및 운반



사진 3. LDW 설치 모습

판-판 보강근

더불월 판-판 보강근은 별도로 선조립한 후 출하시 LDW에 설치하는 것으로 하였으며, 상황에 맞게 다양한 방법으로 판-판보강근을 제작하여 사용하고 있다.



사진 4. 다양한 형태의 판-판 보강근

내부 전단기 형성

아래 사진과 같이 더불월 내부면에는 6mm 두께의 shear key를 EURO CODE에 따라 설치하였고 전단철근(연결철근)의 최소 간격등은 KDS의 구조일체성 확보기준에 부합하도록 배치하였다.



사진 5. 전단기(shear key) 및 전단철근 배치모습

구조실험 및 실측

아래 [그림 6]과 같이 LDW의 구조적 성능을 확인하기 위하여 구조실험과 현장타설시의 타설압과 3D스캐닝을 통한 변형을 실측을 실시하여 구조적인 성능을 확인하였다.

실제 타설에서 9m/h의 타설압에 안전함을 확인하였다.

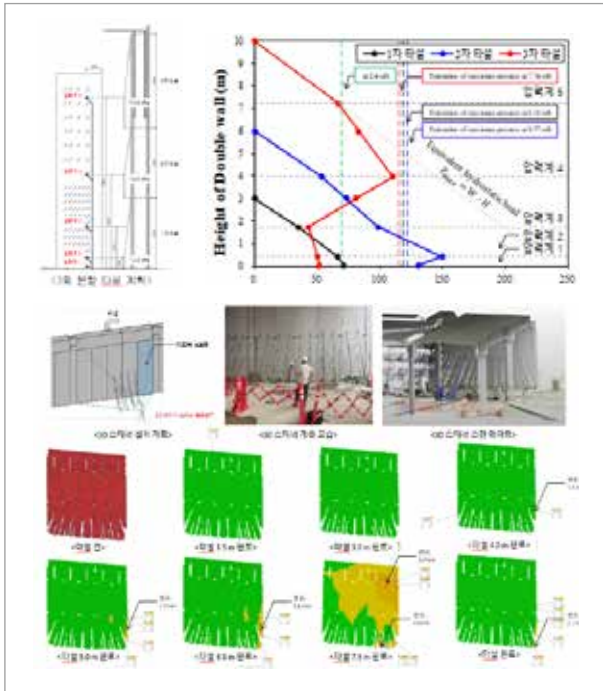


그림 6. 콘크리트 타설압 및 변형 실측

LDW 공법의 특징점

새로운 수직타설공법은 기존공법과 달리 부재치수가 정확하며 야적 및 설치시 처짐등 부재변형이 없으며 주근과 전단(연결)철근이 일체로 결속되에 콘크리트의 현장타설압에 대항내력이 매우 큰 장점이 있다.

또한 내부 몰드의 폭을 조절함으로써 다양한 간격의 전단철근을 필요한 만큼 배근할 수 있어 전단보강이 자유로운 특징을 가지고 있다.

구분	기존 더블월 (수평타설)	LDW (수직타설)
제작 방식	높여서 타설 레이턴스 열풍 두께불균일 우려	세워서 타설 레이턴스 열풍 두께일정
접합면 도형	타설후 조면 처리 불규칙하여 거칠기 불일치	몰드면 도형 자동형성 평상 일정한 파장력 크다
벽체간 연결	별도 제작 후 결합 결합오차로 치수불량 우려 해당길이 부족으로 배부름 우려 벽체두께가 두껍다	일체 해근 및 제작 치수정확 일체해근으로 배부름 없음 벽체두께가 얇다
제작 기간	두 벽체 순차제작 2일	두 벽체 동시제작 1일
야적 방식	높여서 보관 및 설치 처짐 및 균열발생 우려	세워서 보관 및 설치 처짐 및 균열 없음
기 타	몰드 가변성이 높고, 전단근, 연결근의 배치가 자유롭다. (방수관 부착에 용이하여 손상우려가 없다)	

적용 PROJECT

2개 현장에 대해 성공적으로 적용하였다.

1. 일죽 물류센터

- 적용 규모 : 높이 10.0m * 길이 147m 의 지하1층 외벽
- 벽체두께 : 800 mm, 600 mm
- PC패널두께 : 120 mm
- 벽체 높이 : 10.0m
- 부재 수 : 305 개
- LDW 물량 : 305 m³

2. 안성 물류센터

- 적용 규모 : 높이 10.0m * 길이 약 400m 의 A,B 2개동 지하 1.2층 지하외벽
- 벽체두께 : 1000, 800, 700 mm
- 벽체 높이 : 10.0m
- PC패널두께 : 120 mm
- 부재 수 : 877 개
- LDW 물량 : 2,710 m³

심 남 주

(주)하이브릭스이앤씨
대표이사

김 건 영

(주)하이브릭스이앤씨
대표이사

1 서론

일반적으로 슬래브를 시공하는 방법으로는 현장에서 거푸집을 설치하고 콘크리트를 타설하는 방법과, 공장에서 거푸집에 콘크리트를 타설하여 슬래브를 제작한 후 현장으로 운반하여 설치하는 방법인 프리캐스트 콘크리트 슬래브(이하 pc 슬래브)와 프리스트레스트 콘크리트 슬래브(이하 PSC 슬래브)공법이 있다.

현재 적용되는 PSC 구조 중 슬래브는 반복성이 큰 주요 부재로서 전체 공사 물량 및 공기 등에 미치는 영향이 지대할 뿐 아니라 경제적 파급 효과가 크다고 할 수 있다. 이러한 PSC 슬래브 상부에 현장에서 토핑 콘크리트를 타설하여 슬래브를 완성하게 되는데, 국내에서 사용하고 있는 더블티 슬래브, 멀티티 슬래브, 할로우코아 슬래브(이하 HCS), 중공형 슬래브(이하 RIB PLUS), 조인트리스 슬래브 등이 PSC 슬래브 위에 50mm ~ 200mm 토핑콘크리트를 타설하여 슬래브를 완성한다.

그런데 기존에 사용하는 더블티 슬래브의 경우, 시공 후 슬래브 판과 판의 측면 접합부가 노출되어 미관상 좋지 않고 또한 균열로 누수 및 얼룩이 발생하며 PC 보와의 접합면에서 PC 보 상면에서 나타나는 종방향 균열 발생 등의 하자들이 발생하고 있다. 더블티 슬래브를 개선한 멀티티 슬래브의 경우에는 불규칙한 리브 패턴으로 인한 미관상의 문제와 인접한 리브의 솟음량 차이나 불규칙한 이격 간격이 사용자 시각에 노출되는 등의 어려움이 있다.

이러한 불규칙한 리브 패턴을 개선하기 위하여 새로운 멀티티 슬래브가 개발되었다. 그러나 새로운 멀티

티 슬래브는 PSC 슬래브가 연결되는 부분에 상부 하중이 캔틸레버 형태로 상판에 작용하여 응력이 집중된다. 또한 공장에서 생산시 양생 후 탈형 과정에서 불균등 모멘트로 판 내부의 종방향 크랙과 판쪽 단부 크랙이 발생될 수 있고, 설치시 캠버로 인한 벌어짐과 들뜸 현상으로 코킹 등 후속 공정이 뒤따른다. 특히 설치시 캔틸레버부가 리브 위에 얹는 구조로 되어 있어서 시공 순서를 따라야 하고, 현장에서 설계 변경시 판 교체가 어려울수도 있다.

이러한 PSC 슬래브들은 물류 창고, 지하주차장 특히 하역장 차로 등 장스팬 공간 설계시 현재의 일반적 인 PSC 구조로는 보높이 상승, PC 부재 중량이 커 공장 생산의 어려움, 운반, 현장 설치등 시공성과 안전성에 커다란 문제가 발생되고, 이를 해결하기 위해 강합성 구조로 적용하고 있는데, 내화 피복, 경제성, 사용성 측면에서 단점이 되고 있다.

본 하이브리드 PC 슬래브 공법은 이러한 기존 PSC 슬래브의 문제점들을 개선하기 위하여 이웃하고 있는 PSC 슬래브의 두 개의 리브가 현장 토핑콘크리트에 의해 결합함으로써, 동일 축 상에서 단일 구조 부재로 거동함으로써 장스팬형 일방향 리브 PSC 슬래브(이하 HBS) 구조를 구현하고자 한다.

2 HBS PC 슬래브의 개요 및 구성

HBS는 중앙부의 번들 리브와 양 단부 싱글 리브로 구성된다. 양단부 리브는 슬래브 배열시 중앙부와 동일한 번들 리브 간격을 형성하기 위해 측면 요철부가 추가로 구성된다.

HBS의 배치 평면과 입체도, 단면 상세를 나타낸다. ([그림1] 참조). 단부 싱글 리브와 측면 요철로 인해 슬래브 배열시 균일한 번들 리브 단면이 발생하고, 단부 싱글 리브 접합면은 또 다른 리브로 인한 강성 증가로 균열 발생이 감소하고, 균열이 발생하여 누수 및 얼룩이 발생하더라도 시각적으로 차단 된다. 단부 싱글 리브의 연결을 통해 중앙부 커플 리브와 동일한 형태를 갖게되 균일한 리브의 반복으로 인한 시각적 효과를 얻을 수 있다.

또한 연결부의 전단기로 인하여 판과 판사이의 균열 저감을 가져올 수 있다. 리브 하부에 힙 철근을 배근하여 강성을 확보하고 수직 전단 철근을 배근하여 전단 성능을 확보하며, 하프 PC 상부로 연장된 전단 철근은 토핑콘크리트와의 연결로 접합부를 일체화 할 수 있다 ([그림2] 참조). 판과 판 사이에 U형 연결 철근은 두꺼운 토핑 콘크리트와 함께 연결부 균열을 방지 한다.

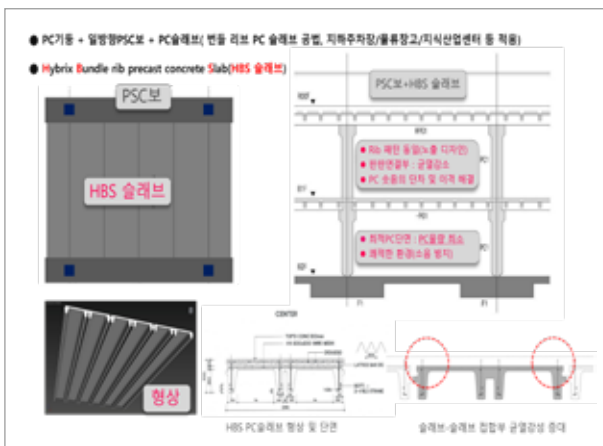


그림 1. HBS PC 슬래브의 개요 및 구성



(a) 철근 배근



(b) HBS Slab 제작



(c) PC 거더와 슬래브 접합

그림 2. HBS PC 슬래브의 철근 배근 및 경량체

3 공장 생산성과 현장 시공성

HBS 슬래브 상부에 경량체를 사용(HES 슬래브)하면 콘크리트 물량 조절이 가능하며 동시에 단열 효과와 공장 생산성 측면 에서 경제성을 확보할 수 있다. 기존 리브 슬래브와 HES의 단면을 비교하면, 기존 리브 슬래브의 경우 아파트 지하주차장 에서 지붕층과 지하층의 단면 형상이 서로 상이하여 2 종류의 몰드와 공간이 필요하지만, HES의 경우 지붕층과 지하층의 단면 형상이 동일 가능하며 현장에서 토핑을 시공하여 원하는 강성을 얻을 수 있다([그림3] 참조).

국내 건설의 경우 잦은 설계 변경으로 인하여 PC의 경우 초기 공정이 문제가 되는 경우가 많은데 단일 단면을 사용함으로써 초기 공정을 맞출 수 있고 공장 생산성이 우수하며 몰드 생산 비용 또한 절감할 수 있는 등 경제성이 우수하다. 지붕층의 경우 조인트 구간의 토핑 콘크리트 두께 증가로 복배근이 용이하고 이에 따라 균열 강성이 증가되는 장점이 있다.

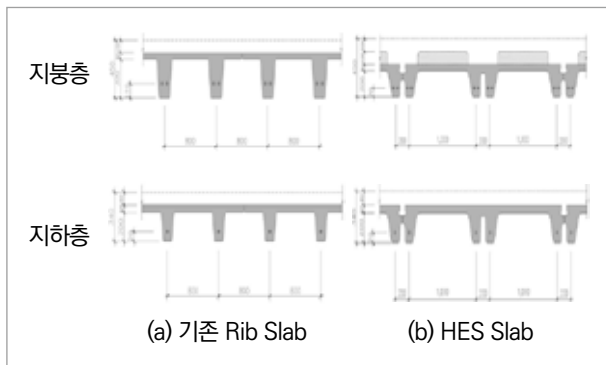


그림 3. 경량체를 사용할 경우(HES 슬래브)와 더블티 슬래브의 단면 비교

4 기존 PC슬래브와 HBS 비교

기존 지하주차장 PC 슬래브로 적용되는 더블티는 단부의 캔틸레버 조인트가 형성되며 캔틸레버의 역학적 특성상 재하 상황에 따라 반복되는 변형으로 인해 보와의 접합부 또는 슬래브 판과 판의 접합부에 종방향 균열이 발생하며 균열로 인해 누수가 발생할 수 있고 균열에 따른 누수로 인해 얼룩이 발생한다. 또한 하부에서는 종방향 균열이 시각적으로 노출되어 사용자에게 불편을 초래한다(그림 4 참조).

HBS는 단부 싱글 리브를 통해 휨 강성을 확보하여 균열 발생을 억제 할 수 있고 낮은 리브 높이로 인해 200mm의 토핑 콘크리트 두께를 확보하여 단부 연속 슬래브 설계가 가능하여 접합부 균열 발생을 억제 할 수 있고 선조립 경사 철근을 통해 HBS와 토핑 콘크리트가 일체화 되어 슬래브 판 사이의 접합부 균열이 감소 한다. 또한 측면 싱글 리브 사이 측면 요철에 의한 이격 공간 확보로 누수에 의한 얼룩과 조인트의 시각적 노출을 차단 할 수 있다.



그림 4. 더블티 슬래브의 균열과 누수

더블티 슬래브의 단점을 개선한 멀티티 슬래브의 경우 단부에 리브를 설치하여 휨 강성을 확보하고, 변형에 의한 균열을 제어할 수 있으나 프리스트레스 도입에 따른 솟음량 차이가 시각적으로 노출 되며, 이격부의 간격이 시공 숙련도와 현장 상황에 따라 불규칙하게 발생 할 수 밖에 없고 판 단부에 리브가 중복되어 시각적으로 불규칙한 리브 패턴이 나타난다.

HBS의 경우 단부 측면 요철을 통해 인접 판과의 일정한 거리를 확보하여 슬래브 판 사이의 단차와 이격 거리 차이를 일정 부분 시각적으로 상쇄하며, 중앙부 변들 리브와 외견상 동일한 형상을 나타내 규칙적 패턴이 노출되는 장점이 있다.

현재 널리 적용되고 있는 또다른 멀티티 슬래브는 PSC 슬래브가 연결되는 부분에 상부 하중이 캔틸레버 형태로 상판에 작용하여 응력이 집중 되어 이음부 균열이 발생할수 있고, 공장에서 생산시 양생 후 탈형 과정에서 불균등 모멘트로 판 내부의 종방향 크랙과 판쪽 단부 크랙이 발생과 설치시 캠버로 인한 벌어짐과 들뜸 현상으로 코킹 등 후속 공정이 뒤따를 수 있다.

특히 설치시 캔틸레버부가 리브 위에 얹는 구조로 되어 있어서 시공 순서를 따라야 하고, 현장에서 설계 변경시 판 교체가 불가능한 구조로 되는 어려움이 있다.

5 HBS 공법의 경제성 검토

기존 습식 공법(RC보+데크 플레이트)를 사용한 슬래브와 일방향 PC보+ HBS의 경제성을 비교 하였다. 설계 조건은 지하주차장 단위 모듈 7.4m×8.0m, 하중 조건은 적재하중 16.0kN/m²의 서비스 하중을 적용하였으며, 제작 원가 및 공사 원가는 실시공가이고 도급 순위가 50위 권의 중견 건설사 기준으로 간접비를 제외한 직접비로 산정 하였다. RC와 데크 플레이트 슬래브를 사용한 공법 보다 PSC 공법이 약 1.5% 저렴한 것으로 나타났다. PC 슬래브를 적용할 경우 시공의 편의성과 공기를 약30%를 절감 할 수 있으므로 실제 경제성은

더욱 높다고 할 수 있다. 또한, PC 공법 경우 동절기 공사나 대규모 공사일수록 효율성이 우수하며 하자 발생이 적어 유지 관리비가 절감 될 수 있는 장점이 있다.

6 HBS PC슬래브 구조성능 검증 실험

HBS2 실험체의 단면 사이즈는 현재 아파트 지하주차장 지붕층에서 사용하고 있는 고정 하중 8.73kN/m^2 적재 하중 16.0kN/m^2 의 서비스 하중을 받을 수 있는 슬래브로 계획하였다. 부재의 단위 길이는 7.5m, 단위 폭은 리브 분담 폭인 1,200mm, 슬래브 층은 250mm이며 2점 가력으로 정하중 실험을 하였다. HBS4-보 실험체의 폭은 6,400mm, 슬래브 단위 폭은 1,200mm, 슬래브 층은 250mm, 보층은 800mm이며 1점 가력으로 정하중 실험과 강연선, 트러스 철근, 철근을 병용 배근한 HBS와 보-HBS의 접합부 휨성능 평가를 수행하였다.

경량체가 없는 HBS의 시공시 중앙부 휨 성능 실험체를 HBS1, 완공후 HBS의 중앙부 휨 성능과 합성 거동을 평가하기 위한 실험체를 HBS2, 보-HBS 접합부에서 경량체가 슬래브의 전체에 설치한 후 완공 후 단부 휨 성능 평가를 위한 실험체를 HBS4, 경량체가 슬래브 단부에는 설치되지 않고 완공 후 단부 휨 성능 실험체를 HBS5로 구분하여 수행하였다(〈표1 참조〉).

Specimen		Width x Length	Loading method (Including the supporting end)
Flexural specimen	HBS1	1200×7500	4-Point
	HBS2	1200×7500	4-Point
	HBS4	6400×1200	3-Point
	HBS5	6400×1200	3-Point
Shear specimen	HBS3	1200×4000	4-Point
	HBS6	6400×1200	3-Point
	HBS7	6400×1200	3-Point

표 1. HBS 구조실험체 일람표

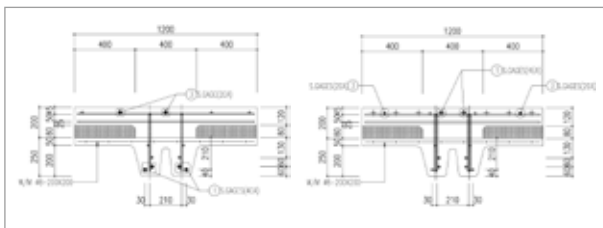


그림 5. HBS2, HBS4 실험체의 구성과 상세

휨 성능 평가 관련, 실험체 HBS1, HBS2, HBS4, HBS5에 대한 휨 실험을 실시한 결과, 하중비는 항복 하중과 최대하중의 비로 0.64~0.81에 분포하며 0에 근접할수록 초기 항복을 1에 근접할수록 항복 이후 내력의 여유가 부족함을 나타낸다. 모든 실험체는 적절한 항복비를 유지하는 것으로 나타났다. 연성율은 에너지 흡수능력을 나타내며 단순보형 실험체는 7.24와 7.79를 나타내 적절한 연성율을 나타냈으며 HBS4 실험체는 12.16의 매우 양호한 연성 능력으로 나타났다. HBS5 실험체는 5.35로 최소값을 나타냈으나 모든 실험체가 충분한 연성 능력을 갖는 것으로 판단된다. 최대내력 비교에서 HBS1 실험체는 1.68 나머지 실험체는 1.33~1.37을 나타내 충분한 여력을 갖고 있는 것으로 나타났다(〈표2, 4〉 참조).

전단성능 평가 관련, 실험체 HBS3, HBS6, HBS7에 대한 전단 성능 실험을 실시한 결과, 최대 내력 실험값과 이론값의 비가 HBS6 1.82 HBS7 2.07로 실험 결과에서 충분한 여력을 확보하고 있는 것으로 나타났다(〈표3, 5〉 참조).

결론적으로 목업 실험을 통하여 HBS PC슬래브 시스템은 이론값을 상회하는 구조 안전성 요건을 충족하였으며, 현장 적용시 각 PC 부재와의 접합부 등에 대한 실질적 검증을 확보할 수 있었다.

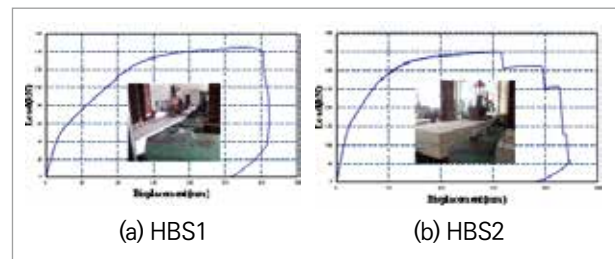


표 2. 휨성능 하중-변위 관계

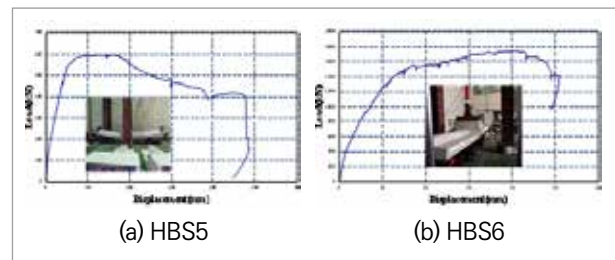


표 3. 전단성능 하중-변위 관계

	Yield load	Max load	Load ratio	Theoretical value		Experimental value		Experimental / Theoretical	
	P_y (kN)	P_{max} (kN)	$\frac{P_y}{P_{max}}$	M_c (kNm)	V_c (kN)	M_{max} (kNm)	V_{max} (kN)	$\frac{M_{max}}{M_c}$	$\frac{V_{max}}{V_c}$
HBS1	92.1	144.9	0.64	134.0	-	224.6	-	1.68	-
HBS2	247.8	351.9	0.70	396.9	-	545.4	-	1.37	-
HBS4	471.3	595.0	0.79	401.4	-	535.5	-	1.33	-
HBS5	483.5	597.5	0.81	401.4	-	537.8	-	1.34	-



표 4. 힘 성능평가 결과표

	Yield load	Max load	Load ratio	Theoretical value		Experimental value		Experimental / Theoretical	
	P_y (kN)	P_{max} (kN)	$\frac{P_y}{P_{max}}$	M_c (kNm)	V_c (kN)	M_{max} (kNm)	V_{max} (kN)	$\frac{M_{max}}{M_c}$	$\frac{V_{max}}{V_c}$
HBS3	-	524.5	-	-	68.6	-	-	-	-
HBS6	-	1,745.1	-	-	480.4	-	872.6	-	1.82
HBS7	-	1,684.6	-	-	406.9	-	842.3	-	2.07

표 5. 전단 성능평가 결과표

7 HBS 공법의 시장 및 개발 확대 (HIS, HES PC슬래브 공법)

HBS 슬래브는 구조 성능 실험 평가를 거쳐 현장 적용을 실시 하였다. 경량체 없이 상부 토핑콘크리트로 시공한 결과 우수한 미관과 PC의 장스팬화를 실현할 수 있었다. 적재하중 20.0kN/m², 스패 16.0m의 공장과 스패 25.2m의 체육관에 적용하여 그 가치를 평가할 수 있었다(그림 6 참조).



그림 6. HBS 적용 현황(오성 공장, 스패 16m / 예천체육관, 스패 25.2m)

HBS 슬래브 공법을 개선하여 리브의 헤드가 확장된 플랫 마감의 PC 슬래브를 개발(HIS 슬래브)하였다. 이 공법은 주로 초저온 물류 창고에 적용하는 공법으로, 기존 중공형 PC슬래브(R 슬래브)의 단점을 개선하여 공장 생산성과 경제성을 극대화한 것으로, 헤드부 확장을 통해 단면을 최적화한 공법이다(그림 7 참조). 리브 확장을 통하여 프리스트레스용 강연성을 효율적으로 배치(리브당 3열) 하므로써 구조 성능을 개선할 수 있다.

시공 및 사용시 EPS 내부에 물고임에 따른 누수를 방지하여 유지 관리가 용이하며, 화재시 EPS 내부 폭열로 인한 하부 강연선 탈락을 방지할 수 있으며 구조성능을 그대로 확보할 수 있다. 효율적인 생산 증대를 위해 EPS블럭을 세팅하고 바로 콘크리트 타설을할 수 있어 품질 및 공정 단축과 경제성을 확보할 수 있다.

또한 HBS 슬래브 공법을 개선하여 고하중의 장스팬이 가능한 복합리브형 장스팬 PC슬래브 공법을 추가로 개발(HES 슬래브) 하였다. 하프 PC 상부에 경량체를 사용하면 콘크리트 물량 조절이 가능하며 동시에 단열 효과를 얻을 수 있다. 생산 및 설치시 단면의 중량을 고려하여 20m 내외에 적용 가능하며, 단면의 PC와 RC 구간을 최적화하여 진동 및 균열을 제어할 수 있도록 개발하였다(그림 7참조).

단부의 연속 슬래브로 보와 슬래브 접합부로 인하여 균열이 감소되고, 선단키와 전단철근 스트립의 일체로 판판 접합부 균열도 감소하며, 조인트리스 공간으로 누수와 얼룩 등 유지보수 관리비를 최소화 하며 조인트리스 공간으로 PC 부재의 벌어짐도 해결할 수 있고 뽕칠 재도 생략할 수 있다.

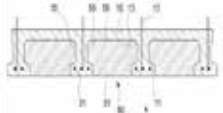

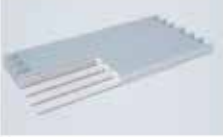
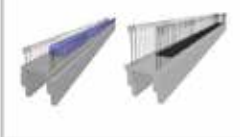

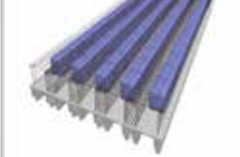
1-way PC Slab System	HIS 공법	HES 공법
	H - Insulated rib Slab 헤드확장 리브형 플랫폼 PC슬래브	H - Extended rib Slab 복합리브형 장스팬 PC슬래브
용도	기존RPS대체, 물류시설(저온)	장스팬, 고하중의 시설
적정스팬	6~12m	12m~22m
특징	<ul style="list-style-type: none"> • PC하부면 Flat 마감, 단열재시공유리 • 기존 RPS슬래브 단점 개선 • 헤드부 확장을 통한 단면 최적화 	<ul style="list-style-type: none"> • 단면의 PC와 RC구간 최적화 • PC부재 설치중량 최소화 (22m 10톤이하) • 진동 및 균열제어 우수
단면		
PC제품		
참조		

그림 7. 하이브리드(HIS, HES) PC슬래브 공법 개요

8 맺음말

기존에 사용되는 PSC 슬래브의 단점을 개선한 HBS 슬래브의 적용 가능성을 구조 성능 실험 평가와 기존 공법과의 비교를 통해 소개하였다. HBS 슬래브는 단부 싱글 리브를 통해 균열을 억제하고 연결된 싱글 리브는 번들 리브와 동일한 형상으로 규칙적 리브 패턴을 형성하여 미관이 개선되는 효과가 있으며 연결된 싱글 리브 간의 간격을 통해 조인트 간격이나 누수 열룩의 노출이 차단되는 시각적 효과를 가지고 있다.

HIS 슬래브는 헤드확장 리브 형태로서 리브와 플랫폼 슬래브의 형태 조합을 통한 경쟁력을 확보하였으며, 확장 리브의 강연선을 효율적으로 배치하여 구조성능을 개선하고 단열성능이 우수한 공법이다.

또한 HES 슬래브는 적용 위치에 상관없이 비교적 낮

은 층의 단일 단면을 사용하여 PC 중량을 최적화하여 운반비 및 설치비를 절감할 수 있고 거푸집 역할을 하는 경량체를 적용하여 자중을 줄이고, PC 번들 리브가 현장 타설 콘크리트에 의해 형성된 현장 리브와 결합하여 동일 축 상에 단일 부재로 거동하기 때문에 장스팬화 할 수 있다.

HBS 슬래브의 경제성 검토 결과 기존 RC보+데크슬래브 대비 98.5%의 비용이 소요되는 것으로 나타났고, 공기가 약30% 절약되는 것을 고려하면 경제성은 우수하다고 할 수 있으며 실험을 통해 이론값을 상회하는 구조 성능을 확보하였음을 확인 하였다. 이에 향후 물류창고, 지하주차장, 지식산업센터, 공장 등의 일반 및 장스팬 구조물에 시공성 경제성 구조적 측면에서 하이브리드 PC슬래브(HBS, HIS, HES 슬래브)의 적용 가능성은 충분하다고 판단 된다.

이 원 호

우리협회 회장
광운대학교 명예교수

1 프리캐스트 콘크리트(Precast Concrete, PC) 건축의 기원

PC공법은 역사적으로 제1차 세계대전(1914~1918) 이후 복구과정에서 주택건축의 부품화를 위해 유럽 여러 나라에서 시도된 공법이다. 1935년까지는 연구, 검토의 단계로서 산업활동 영역까지는 이르지 못하였으나, 이 기간의 연구가 오늘날의 유럽에서 PC공법이 발달하게 하였다.

이후 제2차 세계대전(1940~1945)의 종전과 더불어 주택건설 수요가 증대하면서 PC공법은 급속히 발전하게 된다. 이 시기에 건립된 유명한 기업으로는 Balency et. Schuhl(1945), Camus(1949), Coignet(1954) 등이 있다. 덴마크, 스웨덴, 노르웨이, 핀란드 등의 스칸디나비아 국가에서도 겨울이 긴 기후적 특성으로 인해 PC공법이 발전하게 된다. 이들 국가 중 덴마크, 스웨덴, 노르웨이 등에서는 부분 PC 공법으로 많은 고층아파트를 건립하였다.

구(旧) 소련의 PC공법은 유럽의 영향을 받아 1930년경부터 연구가 시작되어 1950년대에 이르러서는 대형 판넬공법을 적용하여 8~9층 아파트를 건립하였다. 이전의 사회주의 국가였을 당시 소련은 한랭공사, 공기단축, 노동력 향상, 경제성 및 주택의 대량보급의 필요성에 부응하기 위해 PC공법을 도입하게 되었다.

일본에서의 PC공법은 유럽에 비해 낙후되어 있으나, 전후 급속한 경제성장과 주택수요의 급상승으로 주택생산의 공업화가 급속도로 발달하게 되었다. 1955년 초에는 단독주택, 공동주택, 연립주택을 대상으로 하는 공업화주택 성능인정제도를 만들었으며, 1970년대에는 주거환경 개선과 양질의 주택을 적정한 가격에 공급하기 위한 Pilot House 경기제도를 추진하였으며, 최근에는 내진성능의 향상을 위해서 부분 PC공법을 도입하는 것이 일반적이다.

1.1 영국에서의 PC 시작

1930년대부터 콘크리트의 발전에 관하여 유럽의 여러 나라에서는 많은 시험을 하였다. 그 가운데에서도 여러 상황을 정확하게 분석하여 콘크리트의 발전 가능성을 가늠한 사람은 고드윈(George Godwin)이다. 「자연과 콘크리트 그리고 건축재료의 활용에 관하여」라는 논문을 발표한 고드윈은 콘크리트를 건설 분야에 이용하는 데에 많은 관심을 가지고 분할 시공과 프리캐스트 콘크리트의 관점을 이끌어 낸 중요한 인물로서 프리캐스트 콘크리트를 보급시키는 데에는 많은 동기를 마련한 사람으로 볼 수 있다.

이러한 당시의 환경에서 PC에 관한 많은 관심과 발전이 계속되었으며, PC주택의 첫 전개는 영국인 라셀레스(W.H. Lascelles)가 1875년에 PC주택 시스템에 대한 특허를 첫 번째 PC주택으로 생각할 수 있다. 이것은 초기 단계의 PC

주택이므로 전체 공사에서 PC 비율이 지금보다는 낮았으나 당시로서는 획기적인 내용으로 인정받았다. 그때의 생각으로도 숙련도가 낮은 노동력으로 콘크리트의 표면을 양호하게 나타내는 것이 목표 중의 하나였다.

또한 비용이 많이 드는 조적조에 대하여 경제적인 방법으로 PC를 이용하려는 노력이 상당한 관심으로 나타났으며, 특히 외벽, 치장쌓기의 조적조의 장중함과 아름다운 감각을 효과적으로 표현하는 방법으로서 PC를 외벽에 많이 활용하였다. 라셀레스의 특허 내용은 “건축 시공에 관한 효율 향상의 발명”으로 얻은 것으로서, 1875년 6월 11일 특허번호 No. 2151로 등록되었고, 소규모 주택에서 원가 절감에 많은 효과를 볼 수 있으며, 숙련도가 낮은 노동력으로 짧은 기간에 건설할 수 있는 방법으로 제시되었다.

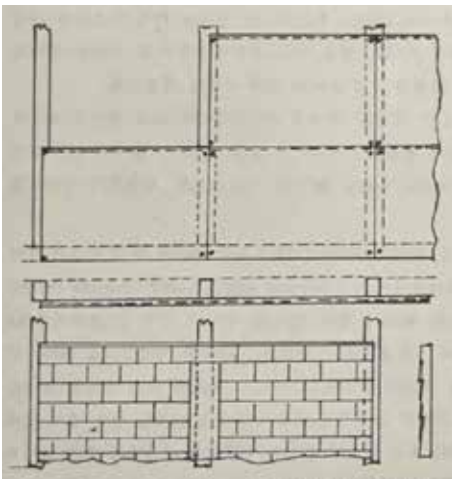


그림 1. 라셀레스가 특허 신청한 PC 주택 도면

1.2 프랑스에서의 PC 발전

프랑스는 일찍부터 콘크리트를 건축재료로서 이용한 국가 중의 하나이다. 그중에서도 대표적으로 꼽을 수 있는 사람이 철골구조에 건축을 결합한 건축가 오귀스트 페레(Auguste Perret, 1874~1955)로 콘크리트를 건축재료로 폭넓게 활용하는 데 결정적인 역할을 한 사람이다. 페레와 같은 사무실에서 활동한 르 코르뷔지에(Le Corbusier)도 콘크리트를 다양한 여러 작품에서 활용한 건축가이다. 페레는 구조기술자이면서 건축가이기 때문에 PC를 건축에 프랑스에서 제일 먼저 이용하였고, 프랑스 건축은 19세기 말에서 20세기 초에 걸쳐 근대 건축에 중요한 역할을 담당하였다.

페레는 PC를 콘크리트와 함께 유효하게 활용하였다. 외부 벽면을 통해서 더욱 그 영역을 나타냈는데 1922년에 Notre-Dame du Raincy에서는 페레 특유의 철도 구조로서 PC판과 스테인드글라스를 결합하여 활용한 것이 그 대표적인 예이기도 하다.

프랑스의 PC건축에서 또 한 가지 뚜렷한 것은 에네비크(François Hennebique)가 파리 근교의 Bourg-la-Reine 마을 주택에 사용한 PC패널의 활용을 들 수 있다. 그는 주택에서 철골에 외벽을 붙이는 방법이 아니고 보강된 PC판을 표면으로 사용하고, 일체화된 벽체를 고정거푸집(Permanent Shuttering)으로 사용하여 콘크리트를 부어 넣는 방식의 특징으로 되어 있다. 그 크기는 높이 360mm, 두께 40mm의 것으로 표면을 아름다운 골재로 마감한 것 같은 질감을 가지도록 하였다.

1.3 미국에서의 PC 발전

미국에서의 PC 건축은 우선 콘크리트 블록으로 시작한다. 1837년 미국의 뉴 브라이튼(New Brighton)의 워드(G.A. Ward)가 콘크리트 블록 주택을 세우는 것으로 시작하여 미국의 각 지역으로 퍼져나갔다. 1880년대에는 프리어(George A. Frear)가 인조석과 압축기를 특허 신청하여 인조석(Artificial Stone)이라는 이름으로 사용되기 시작하였다. 이 밖에도 블록에 관계되는 많은 특허가 나와서 미국의 각 지역에서 사용하기에 이르렀다. 1900년경에는 브루클린에서 5m×1.2m의 크기에 5cm 두께의 PC판을 만들어 지붕판으로 사용하였다. 이것이 PC의 본격적인 사용이라고 할 수 있다.

이 밖에도 1905년에는 버몬트에 있는 C.H. Hended Power 회사가 PC 슬래브판을 2.7m×1.4m의 크기에 6.5cm의 두께로 만들어 슈퍼마켓 건축에 사용하였다는 기록도 있다. 같은 해 펜실베이니아 리딩(Reading)에서 15m×30m 크기의 건물에 바닥과 지붕에 PC 슬래브로 만들어서 섬유 기계작업을 위한 4층 건물에 사용하였다는 기록이 있다.

PC의 선구적 역할에 큰 공헌을 한 것은 콘젤만(John E. Conzelman)이 1910년에서 1916년 사이에 많은 특허를 받았는데 그중 PC를 건설하는 유니트 시스템(Unit System)이 가장 대표적인 것으로 꼽을 수 있다.

이 시스템은 콘젤만이 미주리 세인트루이스에서 경영하던 건설회사(Unit Construction Co.)에서 단위 구조 콘크리트 공법(Unit Structural Concrete method)으로 기본 구조 여러 형태의 건물을 건설할 수 있는 공법으로 잘 알려져 있다. <그림 2>는 건물의 하나를 나타낸 것인데 기둥 및 바닥 슬래브 등은 PC로 제작하여 설치한 것으로 바닥 하중 230kg/m²로 설계되어 거의 모든 부재가 PC로 되어 있다. 이 건물은 최근까지 아무런 지장 없이 사용되고 있는 것으로 알려졌다.

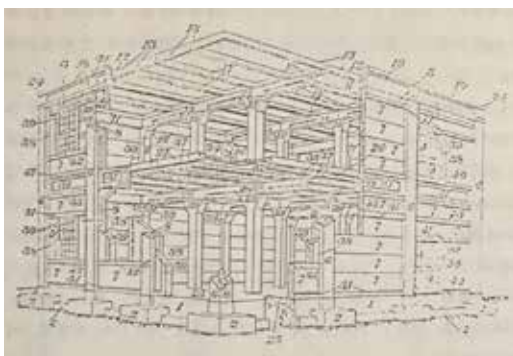


그림 2. 콘젤만이 특허로 신청한 PC 건축의 유니트 시스템
(Unit System of Precast Concrete Construction)

2 우리나라 PC의 역사 - 초창기 (1978년 이전)

1950년 한국전쟁 직전 남한의 주택은 3,248,000호였으며, 전쟁 중 약 1/5에 해당하는 596,000호가 파괴되어 주택의 공업화가 필요한 시점이었다. 빠른 주택건설을 위해 1955년 미국의 원조로 설립된 한미재단 A.F.K HOMKO 프로젝트를 중심으로 칼 랭스(Carl G. Lans)는 안양에 콘크리트 공장(나중에 우림콘크리트로 불하)을 구축하여, 1956년 3층 아파트 48호, 연립주택 54호로 이루어진 행촌동 1단계 시범주택사업이 진행되었다. 1962년에 들어서면서 대한주택공사에서는 주택의 대량생산을 위해 부재의 규격화 및

PC 주택에 관한 연구를 착수하기 시작한다. 1963년 수유동 PC 주택, 1964년 갈현동 130호 PC 주택, 1965년 우이동 6동 PC 주택을 시작으로 PC 공법은 도입되기 시작하였으나, 당시로서는 기술부족, 시공 기계화의 낙후, 공업화 기술의 연구부족 등으로 인해 큰 효과를 거두지 못하였다.

PC판 조립식 주택이 진정한 의미에서 도입된 효시는 1970년 대한주택공사가 일본 대성건설과 협력하여 (주)한성프리웨브를 설립한 이후라고 할 수 있다. 갈현동 PC 주택의 실패를 계기로 대한주택공사에서는 많은 연구를 수행한 후, 1971년에 (주)한성프리패브의 첫 작품인 PC 아파트를 경기도 광명 철산에 건설하게 된다. 철산의 PC 아파트는 초기 조립식 주택으로 자재의 규격화 및 표준화, 시공의 용이, 공기단축, 인력절감, 공사비절감 등 PC 공법의 장점을 충분히 증명해 주었고, 이를 계기로 PC판 조립식 주택시대를 개척해 나가게 되는 중요한 계기가 되었다.

2.1 1956년 행촌동 시범주택사업

3층 아파트 바닥과 2층 연립주택 바닥에 사용된 프리스트레스트 콘크리트 T형보는 우리나라에서 PC부재로 처음 사용된 것으로서 외국에서 수입하여 사용하다가 후에 국내에서 제작 사용하였다. 이 PC 구조방식은 보강 콘크리트 블록 내력벽에 지지된 바닥판 PC공법으로서 프리스트레스트를 도입한 역T형 단면의 보를 약 45cm 간격으로 배치한 후 콘크리트 돔블록(윗면이 곡면으로 된 유공 블록)을 PC보의 하부 Flange에 걸쳐 놓은 다음, 상부 콘크리트를 타설하였다. 당시 우리나라에서는 강재를 만들지 못하여 수입품으로 푸에르토리코 Pacadar사가 제작한 강재를 사용하여 시공하였지만, 공사비 상승으로 주택가격이 폭등하게 됨에 따라, 서민주택을 공급하려는 목적을 달성하지 못하게 되어 이후 한미재단 A.F.K HOMKP 프로젝트 사업은 더 이상 실시되지 않았다.

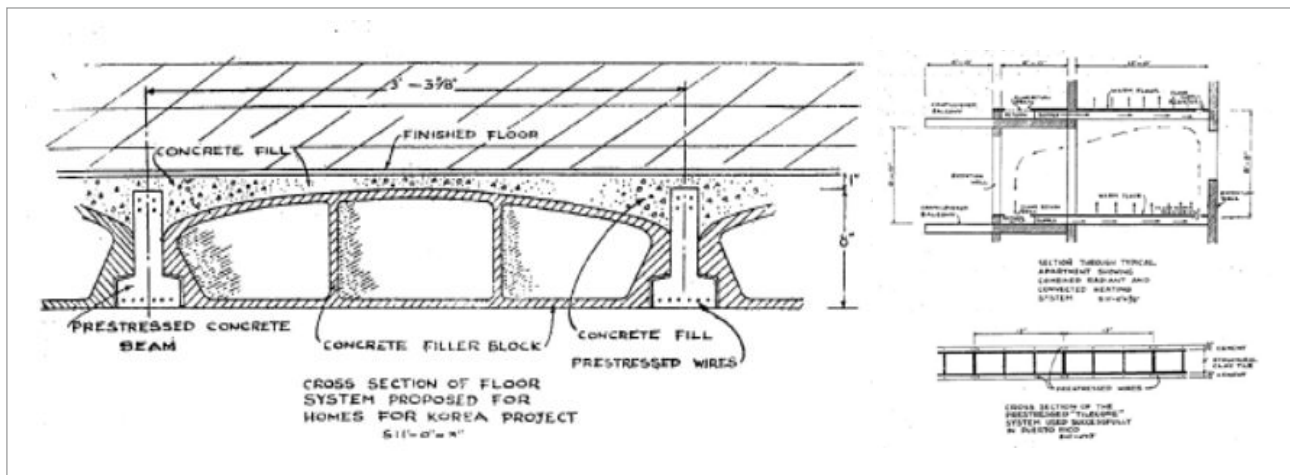


그림 3. 행촌동 시범주택사업에 사용된 바닥구조 시스템 (Carl Lans, 1956)

2.2 1962년 수유리 시험주택사업

1962년 대한주택공사에서는 국민주택의 대량 건설을 위하여 건축부재의 규격화와 조립식주택에 관한 연구결과로 6종류의 7개동 9세대 단독주택을 건설하였다. 시험주택의 종류는 <표 1>과 같으며 여러 형태의 구조가 채택되었다.

시험주택을 건설하고 주택연구소에서 여러 내용을 조사하였으며, 분석하고 평가회의를 거쳐, 내구연한이 길고 겨울철을 포함해서 짧은 시간에 많이 건설할 수 있는 콘크리트 제품의 조립식 자재를 이용하여 주택건설에 활용하는 것이 대량건설과 공비절감에 많은 효과를 거둘 수 있는 것으로 결론을 얻었다.

형별	기초	외벽	내벽	지붕	1층 바닥	2층 바닥
A형	아성 벽돌	아성 벽돌	아성 벽돌	골 슬레이트	화강석 온돌	
B형	콘크리트	이시도레식 돔	아성 벽돌 시멘트 벽돌	이시도레식 돔	아성 온돌 마루	아성 온돌 마루
C형	아성 벽돌	아성 벽돌	아성 벽돌	시멘트 기와	아성 온돌 마루	
D형	콘크리트	PC 조립판	PC 조립판 이동식 목조판	PC 조립판	온돌 마루	
E형, F형	RC 조립판	RC 조립판	RC 조립판	Y형 조립판	RC 조립판	
연립주택	콘크리트	흙 불럭	흙 불럭	PC 조립판	온돌 마루	온돌 마루

표 1. PC시험주택 구조개요, 1963~1965

2.3 1964년 갈현동 PC조립식 주택 130호

대한주택공사는 1964년 7월 14일 - 11월 25일 서울 갈현동에서 130호의 PC조립식 주택을 건설하였다. 설계는 대한주택공사의 건축부에서, 공사는 대한주택공사의 공사부에서, PC부재는 우림콘크리트에서 제작하였다.

갈현동 PC조립식 주택의 벽체구조는 두 개의 벽판을 포개어 중공판으로 하고 지붕은 ㄷ자 형태의 콘크리트판을 덮어 이음부분을 코킹컴파운드로 시공케 함으로써 수유리 시험주택에서 나타난 결로 및 누수를 방지하려고 하였으나, 일반주택보다 가격을 낮추기 위해 경비를 무리하게 절감하려다 보니 자재 자체에도 문제가 있었고, 경험이 없어 시공상의 미숙도 있었으며, 지붕에 보온자재를 사용하지 않았으므로 결로현상이 일어나 물이 스며들며 벽체에도 습기가 있었다. 최초의 조립식주택 시험건설은 많은 문제점을 남겼으며 그 결과 한국의 PC조립식 주택의 대량생산은 5년 후로 미루어 졌다.

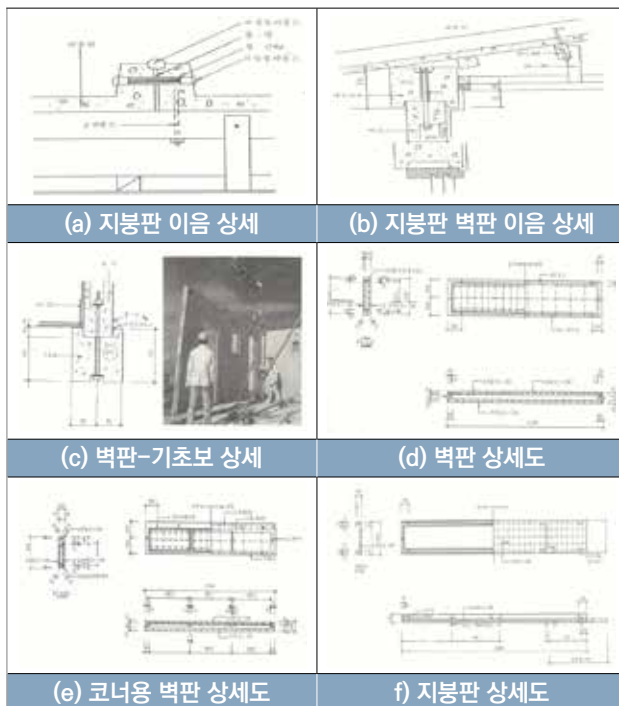


그림 4. 갈현동 PC주택의 부재 및 상세도(출처: 한성 10년사 p.30-32)



그림 5. 갈현동 PC 국민주택 건설과정(출처: 우규택, 2016 p.34)

갈현동 PC조립식 주택 건설 이후 우림콘크리트는 1965년 판문점의 자유의 집 공사에서 기둥과 벽 등을 안양공장에서 시험조립 한 후, 기둥과 벽 판넬은 1층에만 적용하였고, 2층에는 조적조로 시공하였으며, 1966년에는 조립식 구미역사를 대전 철도국의 발주로 시공하였다. (우규택, 2016 및 PC부재 산업계의 현황, 대한건축학회지, 1967.3)



그림 6. 우림콘크리트 신문광고 ; 매일경제, 1968.3.36, 3면(출처; 우규택, 2016, p.33)

성프리웨브(주)를 설립하였다. 회사명 한성(韓成)은 대한주택공사의 「韓」과 대성건설주식회사의 「成」을 딴 것이며, 51:49의 지분으로 설립되었다.

공장의 기공식은 회사설립 등기 이전인 1971년 4월 6일에 경기도 광주군 양생면 삼천리에서 거행되었으며, 착공 6개월만인 9월 20일에 준공을 하고, 10월 1일부터 공장을 정상 가동하여 영업을 개시하였다. 판교공장의 주요 시설은 다음과 같다.

시설 및 장비	규격	수량	시설 및 장비	규격	수량
부지		12,418평	보일러	10톤	1기
건물		432평	문형 크레인	제조용 6톤	4대
생산라인	21mX201m	2열		운반용 6톤	2대
파래트	3mX4-6mX9mm	82판	시험 설비		1식
형틀(철제)		81조	타워 크레인	8톤	3대
배처플랜트	40m³/시간	1식	트럭 크레인	16톤	1대

표 2. 판교공장의 주요 시설



그림 7. 판교 PC공장 부지 사진(출처; 한성 10년사 p.77)



그림 8. 판교 PC공장 기공식 및 준공식 사진(출처; 한성 10년사 p.77, 79)



그림 9. 한성프리웨브 PC공장 전경 사진(출처; 한성 10년사 p.4, 5)

2.5 1971년, 사원아파트 시험시공

PC공법에 의한 시험주택 건설은 판교공장 안에 사원아파트 용으로 16세대를 시험 조립하기로 하고, 8월 26일에 기초공사를 시작하고 조립공사를 시작하였다. 2개월에 걸친 공사 끝에 한국 최초로 기계화에 의한 16세대의 조립식 PC 아파트가 완공되었다. 사원용 조립식 PC아파트는 틸트-업(Tilt-up)공법을 적용하여 주택의 양산화 및 생산적인 측면에 유효한 방식임을 확인하는 건설이었다(우규택, 2016)

2.6 1971년, 철산 PC 광복아파트 300세대

한성프리웨브 영업개시 제1차 사업으로 경기도 시흥군 서면 철산리에 PC 중층 아파트 200세대 건설을 1971년 10월 18일 착공하여, 1972년 6월 20일에 국내 최초로 조립식공법으로 건설한 철산 PC아파트(광복아파트)의 1차분 200세대의 공사가 완료되어 입주를 하였으며, 추가 100세대의 공사는 10월 15일에 준공하였다.



그림 10. 철산 PC 광복아파트 전경(출처: 한성 10년사, p.83)

수력으로 건설한 것과 마찬가지로 평가하고 있다(우규택, 2016).

국내 최초의 PC아파트인 철산리 광복아파트는 본격적인 조립식 아파트 건설의 시초였으며, 한성프리웨브에서 생산된 PC판넬을 이용하여 200세대 분의 주택을 보급하였다. 일본 대성건설에서도 기술진이 국내 방문하여 공사 협조하였으며, 대한주택공사에서 감독을, 한성프리웨브에서 시공하였다. 대성건설에서 20명의 기술진을 파견하려 했으나, 대한주택공사에서 10명을 요구하였고, 파견기간도 1년에서 1개월로 줄었다. 그래서 거의 국내 기

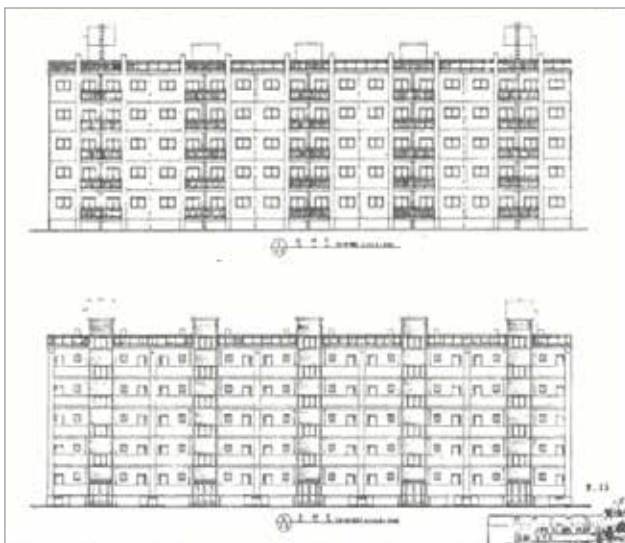


그림 11a. 철산 PC 광복아파트 동 전체 입면도

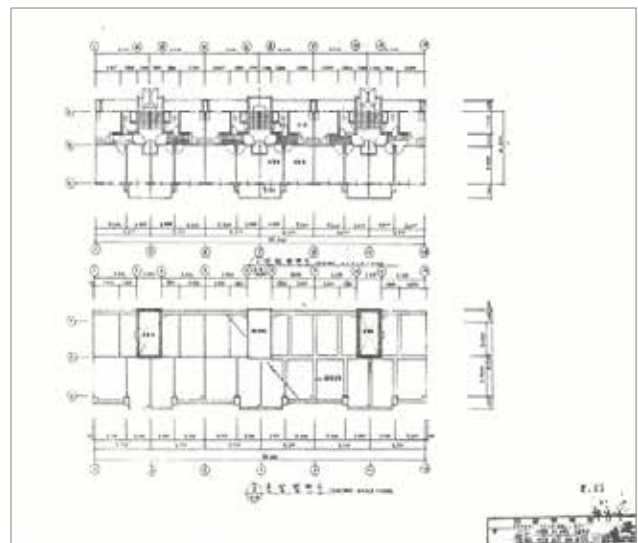


그림 11b. 철산 PC 광복아파트 동 전체 평면도

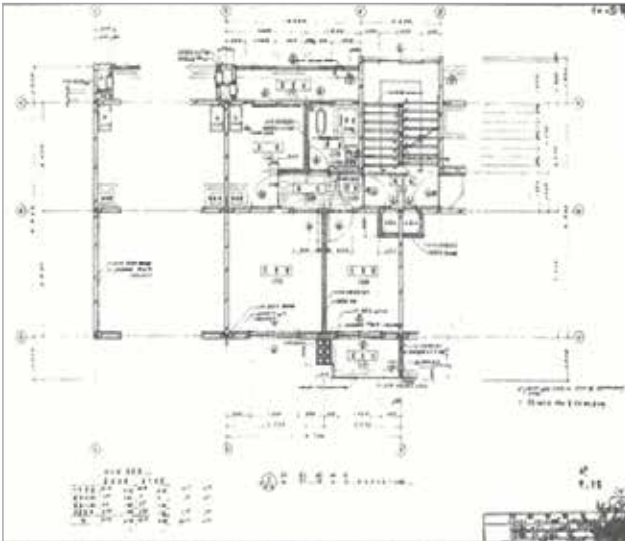


그림 11c. 철산 PC 광복아파트 단위 평면도

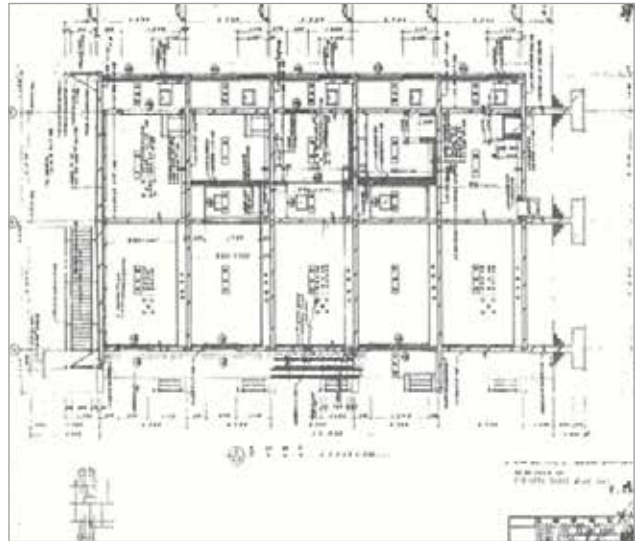


그림 11d. 철산 PC 광복아파트 주 단면도

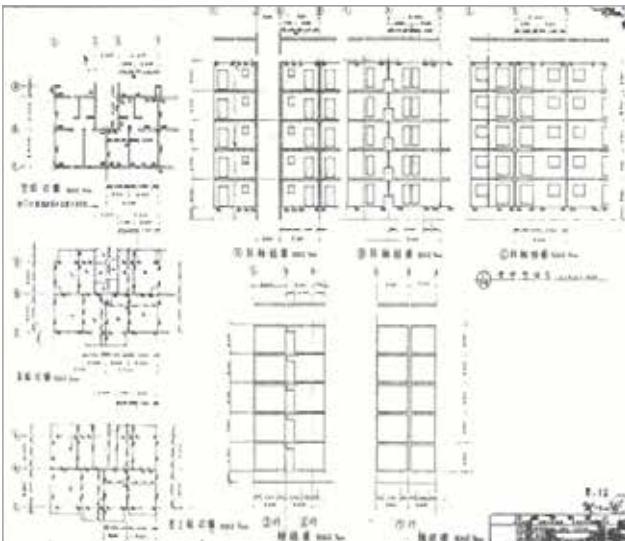


그림 11e. 철산 PC 광복아파트 벽판 전개도



그림 11f. 철산 PC 광복아파트 공사 전경(출처: 한성 10년사, p.33-35)

13평형 PC아파트 부재를 생산하여 주택산업 전문화시책을 성공적으로 수행함으로써 재래식 주택건설 방법을 탈피하고 공기의 단축, 인건비의 절약 및 품질향상과 자재의 규격화 등으로 주택건설 업계에 큰 기여를 하였으며, 기술의 우수성을 평가 받은 것으로 기록되고 있다.

사용된 평면은 13평형 평면 1(1972년부터 1974년까지 사용)과 같으며, PC 판넬은 외벽과 바닥에만 적용되었으며, 화장실과 부엌, 방1과 방2 사이의 벽, 다용도실과 굴뚝은 벽돌로 시공되었다. 13평형 평면 2는 1974년~1975년도에 사용된 평면으로 평면배치가 단순해지고 거실 중심 배치로 변화되어, 화장실 위치 변경 및 부엌 크기가 감소하였지만, PC 판넬은 종전과 동일한 위치에 적용되었으며, 전체적인 평면치수에 대한 변화는 없었다. 13평형 평면 3은 1975년~1976년도에 사용된 평면으로 다용도실에 창문이 설치되고 화장실의 크기가 증가하였다. 13평형 평면 4는 1976년

~1979년도에 사용된 평면으로 평면 2 및 평면 3과 배치형태는 같지만, 전면 화장실이 2중벽으로 적용되어 다용도실이 소폭 감소되었다(우규택, 2016).

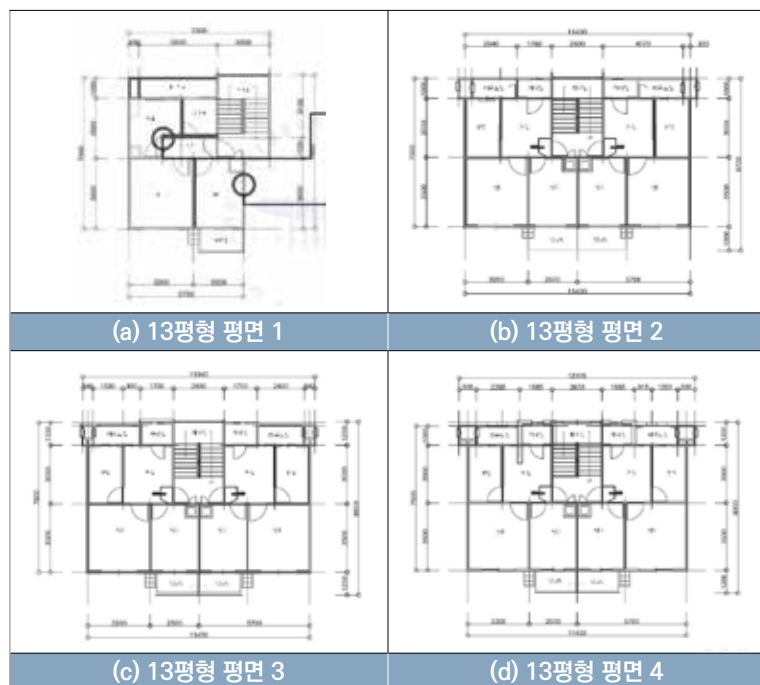


그림 12. 13평형 PC아파트의 평면 유형(우규택, 2016; p.63, 65, 67, 69)

2.7 1972년

철산아파트 100세대(건설공사 추가분), 임대아파트인 개봉아파트 200세대, 4개 지역의 군인아파트 270세대, 철산아파트 270세대(1973년도 건설분) 등 총 840세대를 생산하였다.



그림 13. 동비고동 군인아파트 전경(출처: 한성 10년사, p.401)

2.8 1973년

개봉동 임대아파트 450세대, 영동 임대아파트 1,050세대, 군인아파트 148세대, 철산아파트 270세대 등 총 1,918세대를 생산하였다.

공장의 생산능력을 1일 6호 생산에서 10호 생산으로 생산규모를 대폭 확장하였으며, 조립장비의 추가 도입으로 연간 생산 및 건설능력을 1,500세대에서 2,600세대로 능력을 배가시켰다. 그동안 일본에서 수입해서 사용하고 있던 PC아파트 조립용의 방수재를 생산하기 위한 준비작업을 시작하여, 소화석유아스팔트(주)와 기술도입 계약을 체결하였다. 방수재공장의 건설은 6월 15일부터 약 4개월에 걸쳐 준비작업 및 기계제작 설치공사를 하여 판교 PC판 생산공장 안에 준공하였다.

2.9 1974년

영동 임대아파트 1,540세대, 원호아파트 300세대, 미아 임대아파트 670세대, 송의 임대아파트 180세대 등 총 2,690세대를 생산하였다.

2.10 1975년

잠실 임대아파트 3,020세대(30세대짜리 27동, 40세대짜리 25동, 50세대짜리 17동, 60세대짜리 6동), 원호아파트 340세대, 인천 송의아파트 190세대 등 총 3,550세대를 생산하였다.

아파트 소부재인 PC계단판, PC계단참판, 온돌분구, 온돌커버 등을 별도로 제작하는 생산라인 설계를 시작하여 C라인을 설치하였는데, 이들 PC부재들은 전체 물량은 적으나 생산과정이 복잡하고 생산장소를 많이 차지하며, 중장비의 사용도 많아서 별도의 생산라인 설치가 불가피하였다. 이 C라인의 설치로 1일 13평형 PC부재의 생산량이 10호분에서 12호분으로 늘어났다.

2.11 1976년

잠실 임대아파트(2차) 1,490세대, 암사동 원호아파트 400세대, 부천 아파트 440세대, 주안 아파트 700세대, 안양 아파트 370세대, 수원 아파트 480세대, 원주 아파트 100세대, 총 3,980세대를 생산하였다.

증설 공장 공사 기간은 1975년 9월 19일부터 1976년 2월 20일까지 5개월이었으며, 13평형 아파트를 1일 10세대 생산하고 연간 2,600세대를 생산하게 되었다. 이로써 판교공장 전체의 PC부재 생산능력은 1일 22세대 연간 5,720세대로 신장되었다.

2.12 1977년

PC생산 5,320세대의 사업실적을 올림으로써 한성프리웨브 창설 이래 최고의 실적을 기록하였고, 수도권에만 집중적으로 건설하였던 것을 대전, 충주, 청주, 원주에 이르기까지 확산 공급함으로써 PC의 전국화를 도모하였다.

1977년 1월 28일 대한주택공사는 한성프리웨브(주)와 한국고압벽돌(주)의 합병 방침의 취지를 일본 대성건설(주)에 설명하고, 2월 10일에 대한주택공사에 한성프리웨브(주)의 주식을 양도하겠다는 대성건설(주)측의 서신을 받았다.

한성프리웨브(주)와 한국고압벽돌(주)의 합병 이유는 동종의 건설자재 생산업체의 개별운영에서 오는 이중 경비 지출을 억제하고 양사의 자본인력 기술시설을 통합 운영함으로써 생산성을 제고하고 양사의 기술 제품의 합동 개발로 제품의 다양화를 꾀하는 데에 있었다.

회사 합병 업무는 차질없이 진행되어 10월 10일에는 대성건설(주)가 소유하고 있는 한성프리웨브(주)의 주식을 전량 인수하였으며, 10월 20일에 합병일을 1977년 12월 31일로 하는 합병계약서에 서명함으로써 합병이 이루어졌다. 새로 탄생된 회사의 명칭은 주식회사「한성」으로 하였으며 한성은 한글로만 표기하도록 하였다.

회사는 1977년 12월 31일에 합병등기를 마침으로써 한성프리웨브(주)는 1971년 4월 15일 창사 이래 6년 반의 역사를 끝마쳤으며, 그동안 한성프리웨브(주)는 우리나라 공업화주택 건설의 선구자로서 그 임무를 다하였고 PC부재의 생산량 누계는 2만 세대를 돌파하였다.

1977년에 남양 간척지 시범사업으로 경량 PC 판넬 조립식 주택이 쌍용양회에서 최초로 경기도 평택시 포승읍 원정리 221번지 일대에 건설하였다. 12평, 15평, 18평 3가지로 구성된 총 84동의 농촌 시범주택은 지금 현재 부엌과 샤워실이 개량된 형태로 17동이 남아 있다(우규택, 2016).



그림 14. 남양 간척지 시범 PC주택(출처: 우규택, 2016, p.54)

3 우리나라 PC의 역사 - 수용기 (1978년-1985년)

1970년대 후반은 건설인력이 해외로 진출하여 국내 건설현장에 인력난이 가중되었던 시기이다. 이러한 상황에서 조립식 공법에 관심을 갖는 민간건설회사들이 해외공사 경험을 바탕으로 PC공법을 도입하거나 개발하기 시작하였다. 대표적인 업체인 (주)삼환까뮤는

1978년 프랑스 Camus社로부터 Camus공법을 도입하여 국내에 PC공법을 도입하였다. (주)한성프리웨브에서는 다양한 평형의 PC 아파트를 계속적으로 발주하여 전국적으로 확대 건립하였고, 이외에도 커튼월 및 기타부재에 대해서도 다양하게 PC를 적용하였다(건축구조 60년사, p.318).

3.1 1978년 주식회사「한성」시대

1978년 8월 26일은 1971년 4월 15일에 공업화주택의 건설을 위하여 회사가 창설된 후 PC주택 조립건설 2만 세대 달성을 기념하는 날이었다. 1971년 10월 1일 판교공장 내 사원아파트 건설현장에서 그 첫 번째 판이 조립된 이래만 7년이 소요되었다. 2만 세대의 마지막 PC판이 조립되는 온양현장에서 기념식이 거행되었다.

PC주택 조립건설 2만 세대가 갖는 의미는 첫째로 2만 세대가 무주택서민을 위한 국민주택이었으며, 둘째로는 2만 세대가 재래식 공법이 아닌 신공법인 PC공법에 의하여 전량 건설되었다는 점이다.

10월 14일에는 경기도청 청사 외벽 커튼월 공사를 수주하여 시공함으로써 지금까지 아파트용 부재만 생산·조립·시공하는 것에서 벗어나 광역사업권으로 진입하는 역사의 새로운 장을 열게 되었다.

전 용전동 분양아파트 210세대, 수원 화서동 임대아파트 300세대, 천안 신부동 임대아파트 200세대, 원주 명륜동 임대아파트 200세대, 온양 모종동 임대아파트 200세대, 청주 사직동 임대아파트 500세대, 안양 비산동 국민아파트 700세대, 수원 매탄동 국민아파트 640세대, 인천 간석동 임대아파트 700세대, 반월 군자동 임대아파트 290세대 등 총 3,940세대를 생산하였다.

3.2 1979년, 기초의 PC화 연구 및 PC 커튼월 공사

5월 21일에 서울 용산구 동빙고동에서 군인아파트의 기공식을 거행하였는데 그동안 13평 단일형만 건설하여 왔으나 동빙고동에 건설하는 아파트는 15평형 160세대, 18평형 30세대, 총 190세대로서 그동안 연구 추진해 오던 PC 평면 다양화 계획의 첫 시도였으며 중앙집중식 난방으로 시공하였다.

5월 29일에 한양대학교 이리형교수에 의해 기초의 PC화 강도실험이 건국대학교에서 실시되었다. 이 실험으로 PC 아파트의 기초부분도 PC화 할 수 있다는 것이 입증되었으며 PC화율 제고에 큰 진전을 이룩하였다.

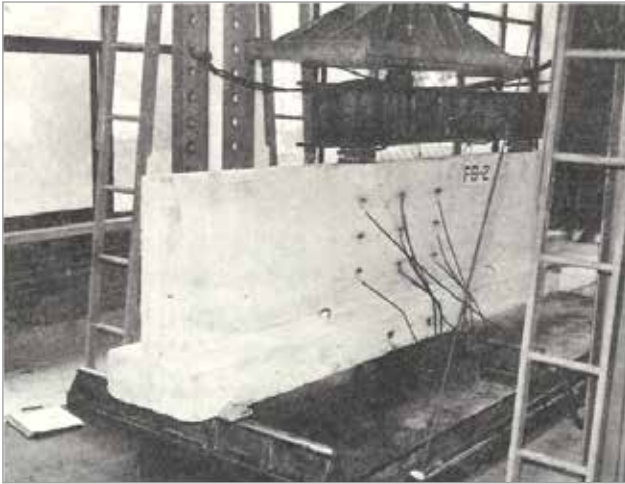


그림 15. 기초 PC 강도실험 (출처: 한성 10년사, p.152)

기초 PC화에 대한 연구의 최종보고회가 9월 13일 강남구 영동 유스호스텔에서 개최되었다. 한양대학교 이리형 교수는 기초 PC화에 대한 역학적인 문제점 및 전단실험의 결과등에 대해 발표를 하였으며, 이에 대한 시험시공은 11월 29일에 반월 군자 임대아파트 PC공사 현장에서 있었다. 지금까지의 아파트 건설에 있어서 기초부분은 현장에서 콘크리트 타설로 시공되어 왔으나 기초 PC화 연구의 성공으로 기초에서 구체공사까지 모두 PC화가 가능하게 되었다. 공기의 단축과 인력절감은 물론 주택의 품질향상을 기할 수 있는 획기적인 전기를 마련하였다.

서강대학교 실내체육관 커튼월(성지건설에서 시공), 삼환사옥의 커튼월 공사(지상 17층 건물에 1,232매의 커튼월 사용)를 수주하였다.

청주 사직동 분양아파트 380세대, 인천 간석동 분양아파트 300세대, 수원 매탄동 분양아파트 300세대, 대전 태평동 분양아파트 300세대, 천안 신부동 임대아파트 200세대, 원주 명륜동 임대아파트 150세대, 온양 모종동 임대아파트 170세대, 서울 동빙고동 군인아파트 190세대, 행정학교 군인아파트 150세대, 육사 군인아파트 48세대, 문산 분양아파트 300세대, 인천 구월동 임대아파트 700세대, 대전 가장동 임대아파트 500세대, 청주 사직동 임대아파트 400세대, 반월 군자동 임대아파트 700세대, 광주 운암동 임대아파트 320세대, 정읍 중사동 임대아파트 100세대, 이리 마동 임대아파트 200세대, 청주 사직동 분양아파트 160세대 등 총 5,358세대를 생산하였다.

3.3 1980년 PC 커튼월 공사

광주 운암 840세대, 이리 마동 210세대, 정읍 상리 130세대, 인천 구월 1,250세대, 반월 1,110세대, 청주 사직 440세대, 옥천 문정 220세대, 대구 황금 2,200세대, 충주 용산 300세대, 전주 인후 700세대 등 총 7,400세대를 생산하였다.

서울고속버스터미널 커튼월 공사를 수주하여 1981년 6월에 완공함으로써 커튼월 시공능력을 과시하였다.

3.4 1981년, (주)한성 창립 10주년의 해

경제성장에 따라 국민의 주택에 대한 선호도가 변하여 평면의 다양화가 요구됨에 따라 13평 단이형에서 탈피하여 10평, 15평, 18평 등의 평면형을 개발하였으며, 고층건물의 외벽용인 커튼월과 민간아파트의 PC설계 등 대외수주 활동이 전개되었다.

사보 한성을 계간 「P.C.(공업화)주택 사보 한성」으로 발전시켜 PC건축의 전문지로서 각계의 호평을 받았다. 440세대, 옥천 문정 220세대, 대구 황금 2,200세대, 충주 용산 300세대, 전주 인후 700세대 등 총 7,400세대를 생산하였다.



건설경기의 지속적인 하락속에서도 국민주택 건설이라는 본연의 임무를 충실히 이행하여 철산 1,620세대, 반월 군자 300세대, 부천 중동 1,470세대 등 총 3,390세대를 건설하였다.

그림 16. P.C.(공업화)주택 사보 한성(출처: 한성 10년사, p.401)

3.5 1982년, 한성 10년사 발간

1982년도의 PC 건설계획은 부천 중동 210세대, 원주 개운 300세대, 서울 고덕 1,230세대, 반월 군자 200세대, 송탄 200세대, 인천 가좌 600세대, 기타 1,200세대 총 3,940세대(13평형 1,920세대, 15평형 2,020세대)이었는데, 3,152세대(13평형 1,235세대, 15평형 1,917세대)를 생산하였다.

7월에 판교공장에서 생산하는 PC계단판 135매를 세경건설에 판매하여, PC제품의 시중판매의 계기를 마련하였다 (한성 20년사, p.198).

회사의 역사를 정리하여 그 전통과 실적을 담은 「한성 10년사」가 착수 1년 반만인 1982년 7월 20일 간행되었다.

3.6 1983년

PC부재의 생산계획은 4,500세대이었으나, 중형 아파트인 17평형의 신규 생산을 위한 몰드제작, 기존 평형의 설계 변경 등으로 당초 계획의 81%인 3,624세대(13평 700세대, 15평 1,694세대, 17평 1,230세대)를 생산하였다.

3.7 1984년

PC주택의 인허가 업무, 일반 건설공사 및 자체사업 시행을 위한 설계업무 등을 수행하기 위해서 1984년 7월 13일 (주)한국주택건축의 설립등기를 완료하였다.

세경건설에서 요청한 PC계단판 171매를 제작 판매하여, 5월 15일에 시공 6월 30일에 준공하였다.

8월에는 부산 중앙빌딩의 지상 1층에서 13층까지의 커튼월 398매를 8월 16일에 착공 8월 31일에 준공하였다. 또한 구조가 곡선을 이루어 시공이 어려워 단련 건설업체에서 수주를 포기한 서울 신촌의 크리스탈 쇼핑센터의 외벽 커튼월 공사를 경서건설로부터 수주하고 8월 29일에 착공하여 12월 20일에 완공하였다. 또한 12월 1일에는 청주 공군사관학교의 2,158매의 PC 커튼월 공사를 한보주택으로부터 수주하여 다음 해 2월 28일에 완공하였다.

PC부재의 생산은 4,000세대를 기획하였으나 대한주택공사의 택지매입 부진으로 인한 건설공사의 착공 지연 등으로 당초 계획의 73%인 2,929세대(13평 612세대, 15평 1,727세대, 17평 590세대)를 생산하였다.

3.8 1985년

PC부재의 생산은 3,000세대 계획에 아파트용 PC부재 2,901세대(13평 1,579세대, 15평 1,322세대), 통신용 맨홀 1,375조(4,492㎡), PC커튼월 1,330㎡, 기타 콘크리트 제품 293㎡ 등을 생산하여 계획 대비 107%를 달성하였는데, 이는 아파트 PC부재 이외에 한국전기통신공사의 통신용 맨홀 등의 수주에 따른 생산에 기인한 것이었다.

4 우리나라 PC의 역사 - 발전기 (1986년-1990년)

1980년대 초에는 주택경기가 침체되어 PC 공법은 활성화되지 못하고 1980년대 중반까지 PC 아파트의 생산능력은 매우 미흡하였다. 이에 반해 1980년대 후반기는 1970년대 후반기 건설 붐에 이어 유례없이 아파트 건설 붐이 일었던 시기였다. 그러나 중동으로 진출한 건설인력으로 인해 기능공이 일시적으로 부족했던 1970년대 후반과는 달리 1980년대 후반은 건설인력이 절대적으로 부족했던 시기였다. 따라서 1980년대 이후에는 주택생산기술이 극복해야 할 최대 과제는 인력난을 어떻게 극복해야 할 것인가 하는 것이었으므로 주택건설의 관심은 PC공법에 기울기 시작하였다.

1988년~1990년 사이의 무역수지 흑자에 따른 통화팽창으로 부동산 붐이 일어나게 되고 이에 따른 건설노임의 상승으로 PC 아파트에 대한 관심은 다시 고조되었다. 이 시기 (주)한양은 덴마크 LVI사로부터 대형 PC 패널공법을 도입하게 되었고, (주)삼한까무는 생산시설을 확충하였다. PC판 조립식 주택과는 별개의 PC System의 사례로서 (주)우림 콘크리트에서는 1978년에 서독에서 PC 중공(中空)판 (hollow core panel) 제조 기술을 도입하여 생산 보급하였으며, 그 외에도 더블 T판과 각종 PC 부재를 생산하였다. 그리고 PCI 설계기준과 규격을 적용한 system 빌딩 건설산업에 직접 참여하여 학교, 공장, 창고, 사무실 등 각종 건축물을 설계·시공하였다. 그러나 1980년을 전후한 시기

에 도입한 이러한 system 빌딩은 아직 우리 풍토에 적응하기에는 시기상조였지만, 향후 발전 가능성의 밑거름이 되었다(건축구조 60년사, p.319).

4.1 1986년, 자체 사업의 개척 – 원주시 우산동 임대주택사업

업무의 효율화 및 합리화를 기하고 인원의 소수 정예화로 경비를 최대한 절감하는 한편 자체 주택사업을 적극 추진하여 사업 수익을 극대화하기 위한 노력의 일환으로 강원도 원주시 우산지구에 토지개발공사의 택지를 부지로 하는 임대주택사업 계획을 다음과 같이 기획하였다.

- 위치 : 강원도 원주시 우산동
- 대지면적 : 약 6,000평
- 건설규모 : 아파트(13평-18평, 5층) 연탄 보일러식 300세대, 상가 1동
- 분양방법 : 아파트 – 5년 임대후 분양, 상가 – 건설 후 일반 분양

해당 지역에 임대주택을 건립할 경우, 입지 조건 및 주택 규모 등으로 보아 임대 수요는 있을 것으로 판단되나, 기건립 분양 중에 있는 주공 및 일반 민영 아파트의 건립실태를 감안할 때, 5년 후의 분양 전망이 불투명하고, 원주시가 임대 소요 가구 보다는 주거 이전성 가구가 더 많을 것으로 판단되어 5년의 임대 기간 중 관리상 상당한 문제점이 따를 것이며, 분양에 차질이 생김으로써 자금의 압박을 받을 것으로 예상된다는 의견으로 원주시 우산동 임대주택 사업은 불발로 끝나버렸다(한성 20년사, p.240-243).

4.2 1986년, PC고층화 연구에 박차

주택가격의 구성비 중에서 택지비의 비중이 10% 내외였던 것이 30%를 초과하는 단계에 이르렀을 뿐만 아니라 택지구입도 어렵게 되어 PC고층화에 대한 연구에 착수하였으며, 6월 30일에 공단에 제출한 “고층아파트 PC화연구 보고”의 내용은 다음과 같다(한성 20년사, p.246).

- 연구배경 : 건축물의 대형화 및 고층화 경향과 더불어 기존 5층 공법보다 우수한 고층 PC 아파트 개발이 필연적으로 요구됨
- 연구경위 : 85년 1월에 고층아파트 PC화 추진 검토, 4월에 LN사(덴마크) 등의 기술 도입 검토, 8월에 PC고층화 연구 계획 승인, 12월에 대한건축학회와 연구용역 계약을 체결했으며, 86년 1월에 고층아파트 개발에 따른 주공 고층아파트 건설사업 참여 요청 및 주공으로부터 PC고층아파트 설계 결과에 따라 배정한다는 회신, 5월에는 연구용역을 완료, 6월에 주공 회의실에서 연구결과 보고회를 개최
- 연구범위 : (1) 구조시스템 개발 및 구조 설계 (2) 공장시설 개선(안) 작성
- 연구기간 : 85년 12월 3일부터 86년 5월 31일까지(181일간)
- 연구내용 : (1) 대판패널 구조 시스템 개발 (2) 접속부 설정 및 실험 (3) 구조 설계 및 구조계산 실시 (4) 특記 指示方書(案) (5) 공장 시설 개선
- 건축개요 : (1) 건물 규모 : 지하 1층(RC) 지상 15층(PC) (2) 기본계획도 : 14평, 16평, 혼합형

- 추진계획 : 가. 건축 및 설비 실시설계 : 86.7~87.3(9개월)
 - 나. 현 공장의 생산시설을 부분적으로 개선 보완, 건축 실시설계와 병행 추진, 현재 문형 크레인의 권상능력, 기동형파 레트 제작
 - 다. 운반 장비 보완; 저상 PC판 전용 트레일러
조립 장비 보완; 정치식 또는 레일식 크레인

4.3 1986년, 청주 운천 임대아파트에 「한성」 마크

(주)한성이 창립 이래 처음으로 아파트 건설공사로서 안산시가 발주한 근로청소년회관 임대아파트, PC 13평형 100세대를 6월 23일 착공하여 12월 19일에 완공하였다(한성 20년사, p.247).

(주)한성의 자체 사업 제1호로서 건설 규모는 PC 아파트 290세대(17평 100세대, 18평 190세대)와 상가 322평이며, 공사금액 34억 2천만원이 투입된 이 공사는 87년 6월에 준공되었으며, 290세대의 아파트도 분양이 완료되었다. 어려운 여건 속에서 착공하여 성공함으로써 (주)한성이 앞으로 기술적으로 임대아파트를 건설할 수 있는 기반을 다진 것이다(한성 20년사, p.249).

PC부재 생산은 3,000세대의 PC부재를 생산 계획하였으나 주공사업의 발주지연 및 '86 신영주택의 몰드제작과 기존 평형의 설계변경 등으로 인하여 당초 계획의 85%인 2,386세대(9평 342세대, 13평 692세대, 15평 508세대, 18평 190세대, 9+12평 654세대), 통신공사 조립식 맨홀 779조(2,195㎡), 계단판 720매 등을 생산하였다(한성 20년사, p.250).

4.4 1987년

(주)한성은 '85년부터 꾸준히 PC고층화의 연구 개발에 힘써 왔으며, 8월에 그 결과를 대한주택공사에 종합 보고 및 검토를 요청하였는데 그 연구 내용은 아래와 같다.

- 개발 배경 : 건축물의 대형화 및 고층화 경향과 더불어 건축물이 다양화되어 가는 추세에 비추어, 수요자의 요구에 능동적으로 대처하기 위하여 기술적 질적 측면에서 기존 5층 공법보다 우수한 고층아파트 개발이 요구됨
- 개발 경위 : '85년 1월에서 4월까지 고층아파트 PC화를 위한 기술 검토, '85년 12월부터 '86년 5월까지 PC고층화 1차 구조 개발 용역, '86년 5월 PC접합부 공개 실험, '86년 6월 연구보고회 개최, '86년 6월부터 '87년 4월까지 PC고층화 실시 설계 추진, '87년 5월부터 6월까지 PC고층아파트 2차 구조 검토 연구
- 구조안정성 검토 : 구조적 안정성을 대한건축학회와 2차례에 걸쳐 연구 검토한 결과 건물 전체가 완벽한 일체형 구조(BOX SYSTEM)로서 응력의 局部的인 집중을 유효하게 분산시키고, 또한 건물 전체에 인장력 발생을 합리적으로 解消하여 구조적 안정성이 확보되도록 설계됨. 또한 접합부 설계 실험 결과와 부합되고, 작용 하중에 대하여 충분한 여유치가 확보되는 것으로 判明되었으므로 高度의 안정성 있는 구조로 개발됨. 현재 진행중에 있는 耐震구조 설계 지침 발표 시, 벽식 구조에 대한 再檢討가 요청되나, 현재 개발된 구조 시스템은 구조적 自體補強으로 해결될 것이 전망됨.

- **시설 개조 기간** : 고층아파트 事業認定時 PC공장 시설 일부의 改造기간은 약 7개월이 소요. 생산 개시는 개조 착수 약 3개월 이후부터 가능. 설계 조립 공사가 가능한 時點은 事業 확정 8개월 후부터임. 단 조립장비는 개조 기간 중에 확보(3개월 소요).

4.5 1987년, 高層아파트 구조별 공사비 比較

(주)한성의 4개 PC생산 라인 중 2개 라인을 고층 사업용으로 전환할 시, 既存 저층아파트 생산능력인 3,500세대를 고층과 저층 5:5 비율로 배정하여 소화할 수 있으며, PC고층화가 완결되는 시점까지는 고층물량의 단계적인 배정이 있을 경우에도 연간 사업량(저층 기준 3,500세대) 수준이 확보되면 사업성이 있을 것으로 판단됨.

현재 시공 중인 저층 아파트('86년 사업 3,038세대, '87년 사업 예정분 3,060세대)의 PC생산은 '88년 6월에 종료. 고층아파트 건설은 '88년 7월부터 고장시설 개조를 착수하여 '88년 10월에는 부분 생산이 가능할 것이나 본격적인 생산 및 건설은 '89년에 가능. 대한주택공사의 '88년도 하반기 사업에 반영해 줄 것을 건의함.

이에 대하여 대한주택공사는 9월 22일자 공문으로, (주)한성의 건의를 검토한 결과 구조 안전성은 확보되었으나, 설계 및 시공상 하자, 공사비면, 주택의 질 저하 등에 대한 보다 면밀한 검토와 보완이 요구되며, 건설 사업 물량 배정은 (주)한성의 중층 PC아파트 사업 물량(3,060호) 및 공장 개조 기간 등을 고려, '88하반기 이후에 임대아파트에 시범적으로 배정할 예정이라고 회신함(한성 20년사, p.256-257).

PC부재 생산은 주공과의 유기적인 업무 협조에 의한 사전 계획 생산으로 전년도 2,386세대 생산 실적에 비하여 71% 증가한 3,030세대를 생산하였다(한성 20년사, p.261).

4.6 1988년

PC부재 생산은 3,000세대의 PC부재를 생산 계획하였으나 주공사업의 사전 계획 생산 및 자체 사업 확대 등으로 목표 대비 11% 증가한 3,332세대를 생산하였다(한성 20년사, p.272).

4.7 1989년, PC고층화에의 노력 - 한성 PC공법

PC부재 생산은 3,000세대의 PC부재를 생산 계획하였으나 주공사업의 사전 계획 생산 및 자체 사업 확대 등으로 목표 대비 11% 증가한 3,332세대를 생산하였다(한성 20년사, p.272).

- **개발 내용** : 본 공법은 1·2차 연구용역을 통해 다음과 같은 내용을 중심으로 개발되었다. 대형 PC패널 구조시스템을 개발하고, PC구조에 대한 설계 기준을 제시하였으며, 이에 맞춘 공장 시설 개선안을 마련하였다.

- **구조적 특징** : 본 구조는 건물 전체가 하나의 밀폐형 박스 구조로 이루어져 있어, 응력이 특정 부위에 집중되지 않고 효과적으로 분산된다. 접합부에서 발생하는 응력은 실험 결과와 일치하였으며, 실제 작용 하중에 대해서도 충분한 내력이 확보됨이 확인되었다. 또한 PC판 부재는 격막 작용과 지지 작용을 통해 서로 일체화되어, 전체적으로 강하고 안정적인 구조체를 형성한다.
- **내진 설계** : 1986년 대한건축학회에서 실시한 접합부 실험 등을 통해, 본 공법은 고층 건축물에 적용 가능한 내진 공법으로서의 개발을 완료하였다.
- **성능 검증** : 본 공법은 KS F 2257(건축 구조 부분 내화 시험) 기준에 따라 내화 시험 및 충격 시험을 실시하였으며, 모든 시험을 충족하였다.

PC 고층아파트 건설은 (주)한성의 장기적인 성장과 발전을 위해 반드시 필요한 과제로 인식되었으며, 이에 따라 지속적으로 체계적인 연구와 검토가 이루어졌다(한성 20년사, p.278).

11월에 (주)한성의 숙원이었던 PC고층아파트의 건설이 포함된 2차 광주 임대아파트의 건설에 착공하였다. 광주직할시 광산구 하남지구의 대지 9,252평 위에 6개동으로 RC 20평형 262세대, 23평형 281세대, 32평형 115세대, PC 32평형 120세대, 총 778세대 및 상가 599평을 건설하였다.

PC부재 생산은 3,200세대의 PC부재를 생산 계획하였으나 주공사업의 사전 계획 생산 및 자체 사업 확대와 효율적인 공정관리로 목표 대비 24% 증가한 3,955세대를 생산하였다(한성 20년사, p.283).

4.8 1990년, 한성 5개년 발전계획

‘90년에서 ’94년까지의 ‘한성 5개년 발전계획’을 다음과 같이 수립하였다(한성 20년사, p.284).

- 1) PC 아파트의 고층화 실현 및 자체 기술의 수립
- 2) 자체 사업 비중의 증가
- 3) 제2 PC 공장의 건설
- 4) 관리 체계의 개선

4.9 1990년, 매일경제신문 특집 보도(제목: 3시간이면 집 한 채 완성)

조립식 공법 아파트의 벽체와 슬라브 등을 공장에서 생산해 현장에서 조립하는 조립식 공법이 붐을 이루고 있다. 조립식 공법은 PC로 통칭되는데 아파트 현장에서 벽돌을 쌓거나 거푸집을 만들어 콘크리트를 붓는 재래식 공법은 없이 바로 아파트를 쌓아올리기 때문에 인건비가 절감되고 공사기간이 단축되는 이점이 있다.

PC는 건축 공정을 공업화한 것으로 건축물에 필요한 부품인 벽, 바닥, 발코니, 복도, 계단 등을 미리 공장에서 생산하고 현장에서는 조립하기만 하면 건물이 완성되는 선진 공법이다. 역사적으로는 1차 대전 후 복구사업 과정에서 이론적으로 거론되고 2차 대전 후 프랑스에서 처음으로 활용되었다.

우리나라는 지난 55년 서울 종로구 창신동에서 한미재단 주택 건설부가 수입한 PC부재를 사용한 것이 처음이고, 62년 주공이 갈현동에 PC주택을 건설한 적이 있다. 본격적인 도입은 68년 일본과 합작으로 '한성 프리웹'이 설립 되면서부터이고, 현재 삼익주택, 삼환까뮤, 한양 등이 PC공법을 도입해 활용하고 있다.

한양은 87년 덴마크 LVI사의 APC공법을 도입, 도봉구 쌍문동, 안산 반월지구 등에 모두 4천여 가구의 착공 실적을 갖고 있다. 한양은 현재 사용하고 있는 APC공법의 결점을 보완하고 현존 골조 시스템과 혼합해서 평촌지구와 분당 신도시 건설에 적극적으로 활용할 방침이다. 한양의 APC공법은 설계에서부터 생산·조립·마감에 이르기까지 전 공정이 기계화·자동화되어 있다. APC공법은 곧 아파트를 찍어내는 공법이다.

APC공법은 최근의 인건비 상승에 따른 영향을 받지 않고 원가절감을 통해 값싼 아파트를 지을 수 있다는 강점을 지니고 있다. 또 APC공법은 재래식 공법보다 단열·방음·방습·방충·내구성이 뛰어나고 물이 새거나 문짝이 뒤틀리는 등의 결점이 거의 없다. 재래식 공법보다 상대적으로 기둥과 보가 차지하는 면적이 줄어들어 공간이 그만큼 늘어나며 공기 역시 단축된다. 지상 15층 아파트의 경우 재래식 공법은 15개월이 걸리는데 APC공법은 10개월 만에 완공할 수 있다.

삼익세라믹은 일본의 미자와혼과 기술 제휴로 지난 86년부터 첨단 건축소재인 뉴세라믹팔크를 생산하고 있다. 뉴세라믹팔크는 주원료인 규석과 석회분말에 여러 가지 혼합물을 섞어 고온·고압의 증기 양생과정을 통해 생산하는 패널이다. 뉴세라믹팔크를 사용한 세라믹주택은 날씨에 관계없이 전천후 공사가 가능하고 건축 부재의 90퍼센트 이상을 공장에서 생산할 수 있다. 캡슐형 용기로 부재를 이동시켜 현장에서 2시간 반이면 2층 단독주택을 완성시킬 수 있을 정도로 공기가 짧다(한성 20년사, p.289).

매일경제신문이 보도한 이와 같은 PC업계의 기운과 현황은 회사의 경영 방침에 자극과 동기를 부여하였으며, 이 시기에 대한주택공사가 처음으로 조립식 공법을 활용한 고층아파트 건설계획을 발표하였고, 회사는 이러한 분위기에 발맞추어 자체 사업으로서의 고층아파트 건설에 더욱 박차를 가하게 되었다.

대한주택공사는 신건축 기술의 개발과 건설인력 부족 현상에 대응하기 위해 인천시 갈산지구에 건설할 12~15층 규모의 영구임대주택 1,170가구를 조립식 공법으로 건설하기로 하였다. 이 아파트는 9월 착공을 목표로 하며, 설계와 시공을 일괄로 발주하는 방식이 도입된다. 대한주택공사는 매년 2천~3천 가구 규모의 저층아파트에 조립식 공법을 적용해 왔으나, 고층아파트에 적용하는 것은 이번이 처음이다. 조립식 공법으로 아파트를 건설할 경우 건설 기술 인력을 약 27% 정도 절감할 수 있고, 공사 기간도 1~2개월 정도 단축되는 것으로 알려졌다(한성 20년사, p.290).

4.10 1990년, 서울경제신문 3월 18일자 (주)한성 기사

주식회사 한성은 오는 12월 말까지 성남 분당 등 전국 5개 지구에서 2천여 가구의 아파트를 분양할 예정이다. 지난해까지 주로 주택공사의 수주 사업만 맡아왔던 주식회사 한성은 이달 중 인천시 북구 방축동에 17평형 80가구와 18

평형 120가구 등 모두 200가구의 임대아파트를 공급하는 것을 시작으로, 11월에는 성남 분당지구에 20평형 230가구를 분양하기로 했다.

(주)한성은 광주 2차를 비롯한 고층아파트 건립을 위해 타워 크레인을 도입하기로 했는데, 가격 면에서 유리한 중공산 장비를 선택하기로 하고, 6월 19일부터 28일까지 중국 쓰촨성 청두시 건축기계청에 파견하여 이를 구입·도입하여, 8월 10일 광주 현지에서 조립 완료하였다.

시대는 바야흐로 PC화 시대로 들어가는 흐름을 보였고, 신문은

〈건설업계, 경기 호황 타고 조립식 공법 도입 활발〉

〈PC 패널 수요 증가, 신규 증설 붐〉

이라는 제목으로 특집 기사로 보도하였고, 이 기사 속에서는 (주)한성이 언제나 PC의 선구자로 소개되었고, (주)한성이 PC공법으로 시공하는 현장 사진이 실리기도 하였다(한성 20년사, p.291).

5 맺는말

우리나라의 PC 역사를 초창기(1978년 이전), 수용기(1978~1985년), 발전기(1986~1990년), 활성화기(1991~1995년), 정체기(1996~2020년), 재활성화기(2021~2023년), 재도약기(2024년 이후)로 구분하여, 초창기, 수용기, 발전기인 1990년까지의 자료를 중심으로 PC 역사를 기술하고자 하였다. 1990년까지의 역사라고 하더라도 아직 미진한 것이 많다는 생각을 지울 수 없다. 우리나라의 PC 공사를 하였던 많은 건설회사 및 PC 회사에 그동안의 PC 역사에 관련된 자료 및 사진 등을 구하고자 하였으나 받은 자료는 거의 없었으며, 어렵사리 구한 “한성 10년사” 및 “한성 20년사” 그리고 “건축구조 60년사”를 기준으로 1956년 행촌동 시범주택 사업의 내용을 시작으로 하여 1990년 서울경제신문의 기사까지 정리하였다. 이번에 정리된 우리나라 PC 역사 이야기도 좀 더 광범위한 자료 조사를 하여 내용의 보완을 하여야 할 것으로 생각되며, 한성 20년사에 수록된 화보집을 부록에 수록하여 역사적인 자료로 보존하고자 한다.

참고문헌

- Carl G. Lans, 1956, “Housing as an Industry; 한 산업으로서의 주택문제,” 대한건축학회지, 1956.4, pp.41~47.
- 양해윤, “해외우수건축탐방 - KAMA(King Abdul-Aziz Military Academy),” 건축문화, 1983년 6월호, pp.31~40.
- 우규택, “1960~1970년대 조립식 주택의 도입과 변화과정에 관한 연구,” 서울시립대학교 대학원, 건축학석사학위논문, 2016.8, p.124.
- 이문섭, “공업화건축의 모듈설계 프로세스에 관한 연구 - 공업화주택을 중심으로 -,” 동국대학교 대학원 박사학위논문, p.120.
- 주식회사 한성, “주식회사 한성 10년사,” 삼화인쇄주식회사, 1982.7, p.475.
- 주식회사 한성, “주식회사 한성 20년사,” 삼성인쇄주식회사, 1991.2, p.625.
- 대한건축학회, “건축구조 60년사,” 기문당, 2006.4, p.586.
- 대한주택공사 주택연구소, “조립식 주택공법 조사연구,” 1986.12, p.117.
- 대한주택공사 주택연구소, “공동주택 생산기술의 변천에 관한 연구,” 1995.11, p.163.





第1篇 城 市



韓戰은 經濟開始 第1次 作業으로 巨額으로부터 龜山光園 아파트 200戸(13坪型)를 受託 받았다. 이에 따라 10월 18일 서울市の 南東에 新設한 京畿道 龜嶺郡 西面 龜山里에서 P.C. 中層아파트의 試驗建設에 作業했는데 工事現場에는 인근 주민들은 물론 別로 市 道市廳을 作은 建築專門家 들도 많이 來觀했다. 이때의 工法은 Tilt-up工法으로 現場에서 生産된 P.C. 部材를 現場에 搬入하여 組立하는 方法이었다. 이 공사는 市廳 試驗用으로 數層工場内に 16坪 試驗用 아파트를 建築한 経験이 있었기 때문에 아무런 問題도 없이 成功을 組立할 수가 있었다.



龜山 龜山의 韓戰아파트



시립 한 아파트	200
부	200

— 17 —

第1篇 城 市

1972

우리나라에서 처음으로 시도되는 大韓住宅公社의 韓戰아파트인 龜嶺아파트 200戸를 6월 29일에 着工하게 되었다. 이듬해 1월에 본궤획되어 4개 지역에서 大韓住宅아파트 270戸의 建築과 73년도 市廳의 建設分인 龜山 아파트 270戸의 建築을 兼行하는 總 總 840戸의 建築을 兼行하고 龜山 아파트를 兼行하였다. 이와 같이 工事 作業이 龜山 龜嶺과 龜山現場으로 分擔했기 때문에 韓戰은 업무편리를 위하여 오프바이를 兼行하였다.

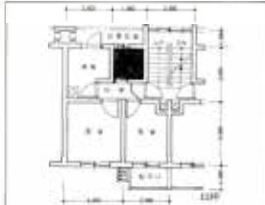
특히 工事分野에 있어서 71년도와 試驗케이스로 兼行시킨 龜嶺아파트 16戸의 建築과 龜山 光園아파트 200戸 建築이라는 巨額한 規模로 72년 下半에 800戸 建築이라는 能力을 兼行한 것은 韓戰의 實力을 兼行한 것으로 평가되었다.



龜山現場의 龜嶺아파트(龜嶺아파트)



단원한 韓戰 龜嶺아파트



— 18 —

龜嶺아파트



龜嶺아파트의 龜嶺아파트



龜嶺아파트의 入居者의 交通은 龜嶺아파트와 龜嶺아파트 1호선 龜嶺아파트의 交通이 兼行하게 되었다.



龜嶺아파트	100
龜嶺아파트	200
龜嶺아파트	100
龜嶺아파트	50
龜嶺아파트	48
龜嶺아파트	72
龜嶺아파트	279
龜嶺아파트	840/1,040

— 19 —

第1篇 成果

1973

이해에는 賃貸住宅制에 대한 인기가 날로 더하여 市는 8월에는 永東地區의 P.C. 아파트 1,050戸를 建設공사를 大規模住宅公社로부터 수주하였다. 이것은 市의 大規模住宅公社로서는 최초의 大規模受注 案件이었다. 市는 永東아파트 工事事務所를 설치하였고, 기술인이 永東現場에 파견되었다. 그 당시 永東地區는 서울 특별시가 永東 新市地區로 조성 건설하고 있던 중이었으므로 그야말로 해방판이었다. 여기에 加算日內에 많은 戸數의 아파트를 竣工해야 하는 관계로 市는 보통하고 있는 3階建과 5階建으로는 부족하므로 市中의 3階建을 賃賃 賃에 사용했다.



永東아파트, 착공



주거생활의 편의를 위한 찻마루를 붙여 넣음.



은관당시 주변환경과 아파트에서 내려다 본 영동 일대 아파트.



백석 군인아파트, 완공 당시의 모습

— 20 —

畫報 한성20年



지금의 영동아파트



永東 賃貸아파트의 신지조성 초기에는 諸般施設이 부족하여 舊한옥이나 古蹟은 半壊한 瓦礫으로 변했다.



개	종	일	대	450
영	동	일	대	1,050
용	인	일	대	100
백	석	군	인	48
누	계			1,648/2,688

— 21 —

第1篇 成果

1974



원정학교



북천사 군인 아파트



신도림 원호아파트 준공식



송파아파트

— 22 —

畫報 한성20年

이해에 들어서서 市는 永東부터 各지구로 軍人아파트의 건설 공사가 일제히 착공되었다. 당시 軍人아파트의 건설 工事期間은 매우 촉박하였으므로 賃賃 建設費를 들은 많은 세대에 普及하였으며 특히 서울 일원의 交通網으로 P.C. 稅 運搬을 앞둔 軍人아파트 諸般 諸般, 라는 것은 公家의 커다란 부담을 내걸고 있는 諸般을 두 市는 그 諸般을 앞장서는 諸般 같이 감도는 가운데 諸般을 諸般로 諸般하였는데 이 P.C. 運搬의 諸般에 대한 諸般이 諸般을 諸般을 시켜주었다. 당시의 諸般戸數는 2,894戸에 이르러 諸般에 의해 51%의 諸般을 나타내었다. 諸般의 諸般 諸般은 永東 賃貸아파트 1,540戸이며 諸般에서는 諸般의 34% 7천 5백만, 諸般 33% 3천 2백만, 諸般 1% 4천 3백만으로 諸般 諸般 諸般의 諸般 諸般을 보였다. 특히 永東 賃貸아파트 1,540戸는 諸般 諸般 8대 1이라는 諸般을 나타내어 賃貸住宅의 諸般을 諸般의 諸般을 보였다.

인민회기 살고 있는 입주자(송파아파트)



수	군	인	80
개	종	일	50
영	동	일	10
용	인	일	24
백	석	군	300
신	도	림	840
원	호	아	700
문	동	아	670
미	아	일	80
인	민	회	100
민	회	기	
누	계		2,894/5,582

— 23 —

부 록 1 篇 成 果

1975

중심地區는 서울特別市가 都心에 適當을 辨지하기 爲하여 江南地區 永東 洞까지를 延 續하는 東部 市廳에 副都心圈을 建設코자 308萬坪을 佔地로 開發하기 爲해 1971년에 開 工, 開工 하였다. 이 때 舍建는 서울市民의 관심과 기대속에 計劃된 6萬 都市 建設의 제1차 사업에 爲하여 投資이 4,020억 원 建設費로 提議 이 4,020억 원 仁川 開發 이 4,020억 원의 投資을 爲했다. 특히 舍建 建設費는 去年에 比하여 1.5배로 增加된 投資 가능하게 되었다. 즉 11월부에는 無住宅民의 無暇入居를 爲하여 建設費가 1.5배로 特 別고무로 爲했는데 投資費를 1.5배에 達한 시점에서 計劃에 定해 完工된 舍建으로 이 舍建 舍建을 爲고 舍建費는 去年에 比하여 1.5배로 增加되었다.



建設中의 舍建 風景



建設中의 舍建 風景



建設中의 舍建 風景

— 24 —

附錄 1 篇 成 果



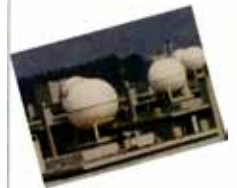
建設中의 舍建 風景



중심地區는 서울特別市가 都心에 適當을 辨지하기 爲하여 江南地區 永東 洞까지를 延 續하는 東部 市廳에 副都心圈을 建設코자 308萬坪을 佔地로 開發하기 爲해 1971년에 開 工, 開工 하였다. 이 때 舍建는 서울市民의 관심과 기대속에 計劃된 6萬 都市 建設의 제1차 사업에 爲하여 投資이 4,020억 원 建設費로 提議 이 4,020억 원 仁川 開發 이 4,020억 원의 投資을 爲했다. 특히 舍建 建設費는 去年에 比하여 1.5배로 增加된 投資 가능하게 되었다. 즉 11월부에는 無住宅民의 無暇入居를 爲하여 建設費가 1.5배로 特 別고무로 爲했는데 投資費를 1.5배에 達한 시점에서 計劃에 定해 完工된 舍建으로 이 舍建 舍建을 爲고 舍建費는 去年에 比하여 1.5배로 增加되었다.



— 25 —



인 천 중 의 일 대	190
신 대 양 평 호	340
중 설 일 대 1 공 구	340
중 설 일 대 2 공 구	430
중 설 일 대 3 공 구	710
중 설 일 대 4 공 구	800
중 설 일 대 5 공 구	740
총 계	3,550/9,132

부 록 1 篇 成 果

1976

중심地區는 서울特別市가 都心에 適當을 辨지하기 爲하여 江南地區 永東 洞까지를 延 續하는 東部 市廳에 副都心圈을 建設코자 308萬坪을 佔地로 開發하기 爲해 1971년에 開 工, 開工 하였다. 이 때 舍建는 서울市民의 관심과 기대속에 計劃된 6萬 都市 建設의 제1차 사업에 爲하여 投資이 4,020억 원 建設費로 提議 이 4,020억 원 仁川 開發 이 4,020억 원의 投資을 爲했다. 특히 舍建 建設費는 去年에 比하여 1.5배로 增加된 投資 가능하게 되었다. 즉 11월부에는 無住宅民의 無暇入居를 爲하여 建設費가 1.5배로 特 別고무로 爲했는데 投資費를 1.5배에 達한 시점에서 計劃에 定해 完工된 舍建으로 이 舍建 舍建을 爲고 舍建費는 去年에 比하여 1.5배로 增加되었다.



建設中의 舍建 風景



建設中의 舍建 風景



建設中의 舍建 風景

— 26 —

附錄 1 篇 成 果



建設中의 舍建 風景



建設中의 舍建 風景



중 설 분 일	490
중 설 일 대	1,000
부 천 원 일 대 (1차)	300
일 사 동 원 호	400
수 천 원 일 대	490
부 천 원 일 대 (2차)	140
인 양 비 산 동 일 대	370
인 천 주 인 (1차)	500
인 천 주 인 (2차)	200
원 주 일 산 동 일 대	100
총 계	3,980/13,112

— 27 —

第1篇 域—果

1977

[illegible]

77년도에 高圧 電氣 管 線 是 主 路 住 公 司 國 民 住 宅 開 發 公 司 爲 主 體 而 進 行 的 是 以 13, 16, 18 坪 型 5610² 建 設 分 3 區 6 棟 88 戶 3 棟 爲 主 體 而 進 行 的 。



충주 동산이씨파보



高压侧通过 2 台 1000kVA 变压器



— 28 —

第 1 章 緒 論

1978

韓成프리카브(株)와 韓國高圧機器(株)의 合併會社로 株式會社 韓成은 1978年 1월 1日 그 洋洋한 領土를 向하여 興하게 拔出했다.

7월 8일 26일이 이르러 드디어 종로 모음이라든 판국으로써 조합이 이리저리 건설 2만 가를 둘러싸고 천자에서 일찍된 다수가 합쳐하여 성대하게 자축행사를 가진다



한글서체



현재의 모퉁이까지 모습, 나무가 무거게 있다.

— 30 —

臺灣歷史20年



點A的浮游性



내집이런이 꿈을 실현한 내일선동이파르.住民들



남들이 일컫는 建設교토 1주인 아베씨 말입니다.



일반	주요	신설	국립	440
일반	주요	신설	국립	120
일반	주요	신설	국립	140
일반	주요	신설	국립	180
일반	주요	신설	국립	140
일반	주요	신설	국립	200
일반	주요	신설	국립	190
일반	주요	신설	국립	1,730
일반	주요	신설	국립	350
일반	주요	신설	국립	120
일반	주요	신설	국립	220
일반	주요	신설	국립	190
일반	주요	신설	국립	210
합계				8,480/735.54

1

- 29 -

第 1 章 緒 論

1978



P.C. 趙材鎭 이문 간성출신 廣州 府鎭에서 태어남



仁濟 29-0004088

[illegible]

1

1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 2680, 26

第1篇 三 篇

1979

지금까지 13개 부—일단 건설해 온 회사는 이 해 東水庫 군인아파트 건설에부터 13개, 18개 등을 건설하여 평면은 다양화했다.

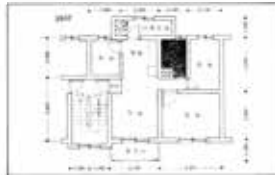
3월 21일자로 龍山區 東水庫區에서의 軍人아파트의 起工式을 행사하는 陸軍工兵營도 참석했다. 회사는 그간 13개 부—일단 건설하여 왔으나 東水庫에 건설하는 아파트는 13개형 160坪, 18개형 30坪을 합한 190坪로서, 당시 기술력이 그 동안 연구 추진해온 P.C. 平面多層化 계획의 첫 試驗으로에 수축물수식 단행이라는 데에 그 施工의 意義가 있었다.



美山 0500호 건설 현장



獨立式 柱梁式
建設 0500호
P.C. 部材의 使用
수축물 100%



標準 鳥居 0500호

— 32 —

圖面 단위 20%



美山과 0500호의 完成



12월 29일
후기 0500호
상대아파트 건설시
기초공사 부도화
시행시공



美山과 0500호의 完成
축하행사



美山아파트로 지은 美山을 美山 美山(美山) 美山

美山 美山 美山 美山	200
美山 美山 美山 美山	170
美山 美山 美山 美山	150
美山 美山 美山 美山	300
美山 美山 美山 美山	190
美山 美山 美山 美山	48
美山 美山 美山 美山	150
美山 美山 美山 美山	700
美山 美山 美山 美山	900
美山 美山 美山 美山	490
美山 美山 美山 美山	400
美山 美山 美山 美山	300
美山 美山 美山 美山	210
美山 美山 美山 美山	200
美山 美山 美山 美山	160
美山 美山 美山 美山	100
美山 美山 美山 美山	계 14,288/30,031

— 33 —

第1篇 三 篇

1980



三篇 美山 美山 美山 美山

2월 28일에 지난 79년 회사가 受注한 三篇企業(株) 本館建築物의 外觀 美山은 美山과 上層式이 있었다. 이 建築物은 地上 17층에 총 1,232개의 美山은 美山이 소 요되었다. 한편 그간 회사의 美山으로 추진해 온 防本 美山 美山에 대한 K.S표이 美山을 3월 31일에 美山과 있었다.

美山은 美山 美山

— 34 —

圖面 단위 20%



美山 美山 美山 美山



美山 美山 美山 美山



美山 美山 美山 美山

美山 美山 美山 美山	210
美山 美山 美山 美山	130
美山 美山 美山 美山	940
美山 美山 美山 美山	390
美山 美山 美山 美山	120
美山 美山 美山 美山	2,200
美山 美山 美山 美山	190
美山 美山 美山 美山	310
美山 美山 美山 美山	510
美山 美山 美山 美山	220
美山 美山 美山 美山	1,110
美山 美山 美山 美山	700
美山 美山 美山 美山	360
美山 美山 美山 美山	계 7,190/37,221

— 35 —

第1篇 成果

1981

기술개발 부문의 활동이 활발해짐에 따라 설계에서부터製作 施工에 이르는 과정을 밀접하게 연결시켜 순조롭게 施工過程에서 볼수 있는 문제점을 즉시로 해소시켰다. 이리하여 현실적이며 경제적인 開發體制를 확립해 나가기 시작했다. 또한 당시의 技術部가 각종 국내의 技術開發 기관과 직접 접촉하여 각종 研究資料를 수집 분석하여 實驗에 반영함으로써 새로운 工法開發과 더불어 國內獨立式 建築기술의 발전에 一翼을 날렸다고 할 수 있다.

外觀의 變遷



71~80의 變遷



76~80의 變遷

入口



71



76



80~00의 變遷

— 36 —

畫報 한성20年



P.C. 建築 技術 및 設備에 대한 기술개발이 1982년이 이루어지는 가운데 舊종은 住宅의 價格을 低廉화한다. 그리고 단지내 편의시설 설치에도 注意를 기울였다.



近隣生活施設을 통한 快適한 社會生活 (圖) 404 아파트



半月 君子 아파트



월	간	문	임	1,620
반	월	공	지	300
부	천	중	통	1,820
누	계			3,740/40,961

— 37 —

第1篇 成果

1982

P.C. 建築부문에 있어서는 수형이외의 部材인 鋼骨의 新과 發展을 위한 鋼骨 骨格과 基礎 骨格의 新과 發展을 하였다. 또한 회사는 이 세에 연원의 수를 縮減化를 가하였고 鋼骨의 骨格을 骨格을 骨格에 骨格적인 사업수진과 회사 운영의 發展에 노력하였다.



近隣 아파트 變遷



近隣 아파트 變遷



半月 君子 아파트 단지 조망

— 38 —

畫報 한성20年



近隣 아파트 變遷



半月 君子 아파트



近隣 아파트 變遷



부	천	중	통	210
월	간	문	임	300
반	월	공	지	200
개	개	개	개	280
수	수	수	수	458
하	하	하	하	690
단	단	단	단	430
지	지	지	지	779
단	단	단	단	390
지	지	지	지	640
누	계			4,860/45,821

— 39 —

第1篇 成果



龍川 202 아파트



광주 광산아파트 준공

1985년 한 해 동안
회사는 인원을 精銳
化 하고 기구를 개편
하여 독자 발전의 기
반을 마련했으며 自
體事業과 P.C. 高層
化의 主要로 회사
발전의 基盤을 마련
하였다.



龍川 202 아파트 건설현장

— 44 —

龍城 20年



仁川 仁壽아파트



龍川 202 아파트



龍川 202 아파트



세	전	고	일	290
인	천	안	수	800
총	수	교	현	390
인	성	공	신	390
오	신	공	리	460
부	계			2,330,732,641

— 45 —

第1篇 成果

1986

9월에 龍川市에 '龍城' 아파트를 준공
하였다. 회사는 本래의 1인 자회사에 제
1호로서 이 공사의 건설에 參與를 기
하였다. 아파트의 構造 上부에 처음으로 '한
성'의 마크가 그려졌을 때 그것을 본 임
직원들이 크게 기쁨을 느꼈다.



龍川 龍城 아파트



龍川 龍城 아파트



龍川 龍城 아파트

— 46 —

龍城 20年



龍川 龍城 아파트



龍川 龍城 아파트



龍川 龍城 아파트



인	신	근	로	정	소	년	300
정	부	일	전				290
상	계	2	단	목			830
정	책	비	현				810
수	원	무	현				500
인	정	죽	신				440
고	일	정	신				630
의	분	부	신				528
부	계						3,308,736,548

— 47 —

第1篇 城 市

1987

광주 馬山 앞대아파트 사업은 浦州공
회에서의 自治事業에 이은 두번째 사업
인 만큼 역사적인 의미를 극대화하기 위하여
浦州에서의 경험을 살려 平面의 개발, 난
방 장치의 개선에 주력하였다.



廣州 馬山 앞대 아파트 自治事業



浦州의 廣安 아파트 全貌

— 88 —

廣州 馬山 앞대



廣州 馬山 앞대 아파트



廣安의 廣安 아파트



廣安의 廣安 아파트



신	분	증	380
신	분	증	320
신	분	증	490
신	분	증	590
신	분	증	190
신	분	증	1970/58,530

— 89 —

第1篇 城 市

1988

5월에 光州市 光山區 河南 174 부락
에 제1차 舊村遷移 사업을 시작하였다.
이 아파트의 建築方式은 良好한 環境보장
으로 설계되었는데, 입주자들이 가스보일러
를 시스템을 요구하였으므로 설계변경 사
업을 하여 가스보일러로 시공하였다.



廣州 廣安구 河南 174



平昌工場 건설



光州 廣安구 아파트 建設現場

— 90 —

廣州 馬山 앞대



廣州 廣安구 아파트 건설



廣安의 廣安 아파트



廣安의 廣安 아파트



신	분	증	480
신	분	증	1,330
신	분	증	310
신	분	증	630
신	분	증	780
신	분	증	3,530/62,060

— 91 —

第1篇 成果

1989

5월에 仁川市 北區 防廳洞에 自體事業으로 계중 아파트 200戸의 建築을 시작하였다.
自體事業의 推進을 높이기 위하여 軍浦山本에 8천평의 土地를 확보하였고 該地에 約 6천평을 확보하였다.



계중아파트 건설 현장

自體事業 光州 海濱 公團아파트 조감도



고송동 T-179



— 52 —

繼發 한성20年



自體事業 仁川 鎭陽 鎭아파트 기초공사



仁川 鎭陽 鎭아파트 준공



仁川 鎭陽 鎭아파트 입주식 모습

구	단	미	중	490
한	산	군	자	1,190
기	흥	신	길	560
원	성	인	형	360
남	양	주	건	300
오	신	가	수	620
인	천	양	목	200
광	주	2	지	778
누	계			4,438/96,567

— 53 —

第1篇 成果

1990



九龍 分讓아파트 대지

自體事業



九龍아파트 분양현황



— 54 —

繼發 한성20年

1990年은 한성 20年의 最후의해로서 自體事業이 最盛하게 전개되었다.
수도권 지역 新郡市 개발정책에 應對한 反應은 尤도 分讓아파트의 仁川 鎭陽, 有力建設團體와 分讓競爭에서 劣勢을 보인 軍浦山本아파트 및 鎭陽아파트의 再개발인 사업 등을 鑒한 結果로 鎭陽 한성가옥에 對한 希望을 堅히 寄기게 된 背景으로 鎭陽의 再개발사업이 滿腔한 情懷였다.



山本아파트 모델하우스



自體事業



自體事業

구	단	미	중	440
한	산	군	자	588
기	흥	신	길	340
원	성	인	형	420
남	양	주	건	360
오	신	가	수	300
인	천	양	목	770
광	주	2	지	490
누	계			4,368/79,935

— 55 —

이 원 호

우리협회 회장
광운대학교 명예교수

우리나라 건설회사들이 1970~80년대에 중동에서 Precast Concrete 공법으로 공사한 공사기록을 정리하기 위하여 해당 건설회사에 문의하여 자료를 얻고자 하였지만, 대부분 자료 관리가 부실하여 개인이 소장하고 있던 자료와 기억을 중심으로 정리한다. 금강건설, 한일개발, 삼성건설, 대우건설, 현대건설이 중동에서 공사한 내용은 아래와 같으며, 각 공사 내용을 간략히 정리한다. 앞으로 좀 더 광범위한 조사를 하여 PC 역사 정리를 하여야 할 것이다.

- 금강건설 : 사우디아라비아 리야드대학교 학생기숙사, 1977.12
- 한일개발 : 사우디아라비아 Abdul-Aziz 왕립 육군사관학교, 1979.9
- 삼성건설 : 사우디아라비아 리야드 국방성 조사국 청사, 1981.2
- 대우건설 : 리비아 뱅가지 7,000세대 아파트, 1982
- 현대건설 : 사우디아라비아 압둘라 빈 압둘 아지즈 왕세제 왕궁 및 부속 시설, 1977.11
 사우디아라비아 알코바 공공주택, 1977
 사우디아라비아 알코바 주택 프로젝트 안의 고가수조, 1977
 이라크 바그다드의 5개소 다층 슈퍼마켓, 1980.3
 이라크 바그다드 하이파 거리 개발 공사 제2단계, 1981.5
 이라크 2,800세대 주택단지, 1981.12
 카타르 Umm Said 지역의 대규모 주택단지, 1970년대 후반
 U.A.E 루와이스 주택단지, 1979.4

1 사우디아라비아 리야드대학교 학생기숙사, 1977.12 (Riyadh University Student Dormitory, Saudi Arabia)

1977년 12월, 금강-B&B 컨소시엄이 리야드대학 당국과 3억7,000만 리얄(약 1억9백만 달러) 규모의 공사계약을 체결함으로써 금강의 중동 진출을 시작하는 첫 계약이 성사되었다.



리야드대학교(현재는 킹사우드 대학교) 학생기숙사 조감도

학생 5,500명을 수용할 규모의 5층 PC건물 34동과 이슬람 성전(聖殿)인 모스크 1동을 24개월에 완성하는 공사다. B&B와 별도로 약정한 금강의 공사금액은 2억 844만 3,000리얄(5,955만 7,000달러)이었고, 공사기간은 현장 인수 후 18개월로 정해졌다. 이 금액은 같은 규모의 국내 공사와 비교하면 약 5배가 되는 액수였다.

리야드지사 설치 후 처음 도착한 본진 인력이 이 현장으로 투입, 먼저 PC공장을 세우고 24시간 가동체제로 들어갔다. PC판 생산에 필요한 모래는 40톤 덤프트럭 5대가 왕복 100km가 넘는 거리를 하루 4~5회 왕복하며 수송했는데, 3개월에 걸쳐 나른 모래는 약 5만㎥나 된다.

리야드의 극단적인 사막기후는 한국인들에게는 매우 혹독했다. 봄철(4~5월)에 불어오는 사막바람은 앞을 분간하기 어려울 만큼 짙은 황사를 동반했고, 여름철(6~8월)에는 섭씨 50도를 오르내리는 폭염이 이어지는 환경이었다. 이런 환경 속에서, 한 쪽에서 PC판을 생산하는 동안 다른 쪽에서는 터파기와 기초공사를 진행하고 이를 완료하는 대로 PC판 조립에 들어갔다. 이를 완료하는 대로 PC판 조립을 시작하여 마감공사까지 발주처와 약속한 공기 내에 완료하였다.



건축공사에 사용될 PC패널을 생산하는 PC공장



지평선에 드러난 기숙사 건물의 모습



건물과 건물 사이는 로지아(Loggia)로 연결되어 있다

2 사우디아라비아 Abdul-Aziz 왕립 육군사관학교, 1979.9 (King Abdul-Aziz Military Academy(KAMA), Saudi Arabia)

거대한 프로젝트인 Abdul-Aziz 왕립 육군사관학교 (KAMA, King Abdul-Aziz Military Academy)에 발을 들여놓으면, 우선 눈 앞에 펼쳐지는 거대한 규모의 주택군과 섬세한 터치로 시공된 기술에 놀라움을 금할 수 없다. 이 모든 것이 우리, 한일개발주식회사의 손으로 빚어진 데 또한 경탄을 금할 수 없게 된다.

이 프로젝트는 사우디아라비아 국방항공성(Defense & Aviation)에서 발주한 1억3천만 달러 규모의 공사로 사관학교 내에 아파트, 빌라, 병원, 체육관, 강당, 식당 등 52개 동의 건물 및 부대시설이 포함되어 있으며, 1979년 9월에 착공하여 1986년 9월까지 7년간에 걸쳐서 공사가 수행되었다.

KAMA housing project는 새로운 군사도시의 주거군을 해결하기 위한 것으로 사관학교와 부대시설이 인접해 있다.

Riyadh에서 북쪽으로 약 100km 떨어진 내륙지방에 마련된 이곳은 정문에서 후문까지가 20km가 넘으며, 긴 대각선의 거리가 50km가 넘는 도시를 건설하기에 충분한 면적이다.

KAMA 프로젝트는 이들의 제일 목적인 군사시설에 있으며, 이 시설을 건설하기 위하여 이들이 가지고 있는 미래지향적인 모든 면에서 선진국의 경험, 기술 등을 총동원하여 사우디아라비아에게 훌륭한 건물과 환경을 조성해 주는 데 있다. 이곳의 전체 프로젝트 중, 하우징은 군인 가족이 살아야 할 주거군으로 약 1,000여 세대가 되며, 말단 사병에서 고급장교에 이르기까지 다양한 분포의 사람들이 한 동네에서 살게 되며, 사병 및 하사관 그룹, 장교 그룹, 영관급 그룹, VIP 그룹으로 나뉘어 계급도시의 형태를 이루고 있다.

이들 그룹 사이에 필요한 커뮤니티 시설: 슈퍼마켓, 병원, 학교, 여성 여가 센터, 모스크, 도살장, 은행, 버스정류장 등이 있어 이들이 생활하기에 조금도 불편하지 않은 아담한 소도시가 형성되었다.

1970년에 처음으로 근대화가 밀어닥친 사우디아라비아가 근대화된 시설들을 얼마나 잘 받아들일 수 있는 가는 마치 초가집에서 살던 우리들에게 어느날 갑자기 양옥집을 제공하는 거나 다름없다고 생각되나, 시대에 앞장서서 근대화를 도입하지 않을 수 없는 군사적인 부분은 늦게나마 근대화를 가르쳐 생활 환경 향상을 유도한 좋은 기회가 되었다. 단지 이들의 문화, 역사 등 수천년 동안 지켜내려 왔던, 또한 이들의 과거 도시와 주택 형성에 영향을 미쳤던 많은 요소들이 현대의 주거 형성에도 그대로 도입될 수 있다면 이들의 것을 파괴시키지 않고 보존하는 가장 훌륭한 방법이 아닐까 하는 아쉬움을 갖게 되나, 군사적인 특수성으로 미루어 볼 때 어떤 점은 덮고 지나가야 할 부분이 많음을 알게 된다.

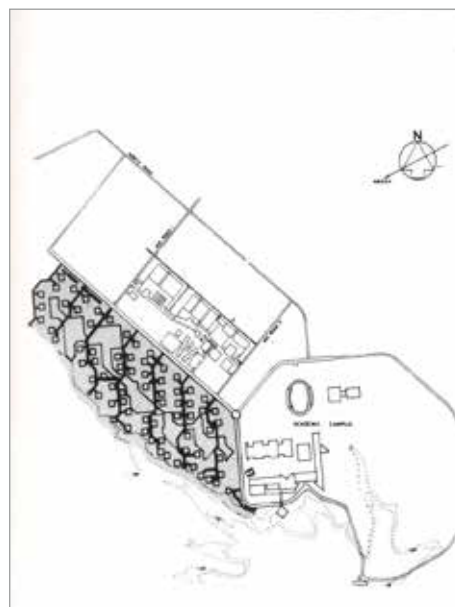
KAMA 프로젝트는 수십년 앞을 겨냥한 것으로 사우디아라비아 생활에 의한 동선과 생활습관을 분석하여 디자인하였으며, 종래의 100% 자연 설비 방식에서 기계적인 문명을 최대한 가미시켜 우리 주변에 산재해 있는 박제건물(?)이 아닌 살아 움직이는 인간과 같은 건물을 만드는데 노력한 점을 찾아 볼 수 있다.

경제원칙이란 어느 것에나 적용되듯이 KAMA 프로젝트에서도 얼마나 한정된 돈으로, 필요한 최대의 훌륭한 효과를 거두느냐가 목적으로 되어 있다. 이를 달성하기 위하여 대량생산의 장점을 살려 PC(Precast Concrete) 공법을 도입하여 여러 종류의 건물을 짓는데 필요한 공통 PC 부재의 숫자를 늘림으로써 PC 부재의 종류를 줄일 수 있는 방향으로 연구되었다.

기초 부분의 현장타설 콘크리트를 빼고는 벽체, 바닥판, 지붕 등을 모두 조립식 PC 시스템으로 하고 용접이나 볼트 접합을 사용하여 구조를 해결하고 있다. 이러한 100% 조립식 PC 시스템은 시간, 공사비 면에서 한국에서 현재 실시되는 대중건축과 비교할 때 큰 차이를 발견할 수 있다. 건축가들도 디자인 과정에서 시대적인 요소를 기본으로 삼지 않을 수 없음을 느끼게 된다.

- 주거군 분석에서 계급사회라는 점을 무시할 수 없으며, 약 10세대 미만으로 최소 커뮤니티를 구성, 출입문(entry gate)을 거쳐 분수와 꽃이 있는 공동 안마당 공간(court)을 거쳐 모두 자기 집으로 들어가게 되었으며, 출입문은 대형 아치 형태로 여러 패턴의 칼러 타일로 디자인되어 이 문을 통과하는 사람들끼리는 가장 가까운 이웃이라는 느낌을 갖게 해준다.
- 가장 먼저 느끼는 외부는 콘크리트의 선입관인 딱딱한 분위기를 sand blasting으로 부드럽게 변형시켰으며, 입구의 원색 처리와 window screen의 색감으로 콘크리트의 이질감을 해소하여 오히려 견고한 구조감과 부드러운 느낌을 안겨 주어 조화를 이루고 있다.
- 내부의 칸막이는 2가지로 구분되어 칸막이는 PC 부재 위 Z-채널의 상부에 메탈 라스와 20mm 석고 플라스터로 마감 처리되었으며, 그 외의 칸막이는 메탈 스테드 위 메탈 라스와 20mm 석고 플라스터로 처리하여 페인팅하였으며, 외벽 부분에는 50mm 두께의 단열재를, 방과 방 사이에는 차음재를 사용하여 단열과 방음효과를 얻고 있다.
- 지붕 방수는 PC 판넬 위에 덧침 콘크리트로 구배를 만들고 시트방수를 하였으며, 누수시험을 거쳐 50mm 폴리우레탄으로 단열 처리한 뒤 보도 블록을 깔아 지붕 사용에 편리하도록 하였으며, 지붕 파라펫을 2m 이상으로 하여 외부로부터의 시선을 막을 수 있도록 디자인되었다.

이러한 공간 마련에 최대한의 조형미를 살리려 노력했으며, 건축가와 시공자의 협조가 이 프로젝트에서는 잘 이루어진 흔적을 찾을 수 있다.



※ 이 글은 예전건축·건축사사무소의 양해운 대표께서 한일개발주식회사에서 근무하시면서 작성하여, 건축문화 1983년 6월호 pp.31~40에 게재한 내용을 발췌하였다.

3 사우디아라비아 리야드 국방성 조사국 청사, 1981.2 (Military Survey Department Project, Riyadh, Saudi Arabia)

삼성건설(현 삼성물산 건설부문)이 1980년대 초반 사우디아라비아에서 수행한 리야드 국방성 조사국(GID) 시설 공사는 당시 한국 건설사들이 중동에서 단순 토목을 넘어 고도의 기술력을 요하는 건축물로 영역을 확장하던 시기의 대표적인 프로젝트이다.

3.1 공사 개요 및 규모

- **공사명** : 사우디 국방성 조사국 청사 및 부대시설 공사
- **공사 기간** : 1981년 2월 ~ 1984년 2월 (약 36개월)
- **위치** : 사우디아라비아 리야드 (Riyadh)
- **공사비** : 약 1억 1,200만 달러
- **주요 시설** : 본청 건물; 지상 3층 / 지하 1층 규모의 사무동, 종교 시설; 모스크, 주거 시설; Quarter (숙소 및 거주 구역), 지원 시설; 정비고 및 기타 부속 건물

3.2 PC(Precast Concrete) 공법

사우디의 척박한 기후와 노동력 부족 문제를 해결하기 위해 공장에서 부재를 제작해 현장에서 조립하는 방식인 PC(Precast Concrete) 공법이 채택되었다. 현장 인근에 있는 PC 부재 제작장에서 약 300여 명의 숙련공이 배치되어 규격화된 부재를 생산하였다.

- **외벽 PC 패널** : 건물의 외관을 결정짓는 외벽을 고품질의 PC 패널로 제작하여 시공 효율을 높이고, 샌드블라스팅 처리를 하여 건물 외관 전체가 미려하게 보이도록 하였다.
- **구조 부재의 표준화** : 기둥, 보, 슬래브 등 주요 구조부를 규격화된 PC 부재로 생산하여 공기를 단축하였다.
- **현장 제작장 운영** : 리야드 현지 인근에 대규모 PC 제작장을 직접 설치·운영하여 운반비를 절감하고 정밀한 품질 관리를 수행하였다.
- **특수 마감** : 모스크 등 상징성이 있는 건물에는 이슬람 양식의 복잡한 문양을 PC 몰드에 반영하여 정교한 미관을 구현하였다.

3.3 공사 내용

- **본청 및 주요 사무 공간** : 벽체는 방음 및 단열 성능이 우수한 마감재를 사용했으며, 바닥은 유지관리가 용이한 테라조 (Terrazzo) 타일 또는 고강도 카펫 타일이 주로 사용되었다.
- **천장부** : 시스템 천장(System Ceiling) 공법을 도입하여 각종 배선과 공조 시설을 매립하였으며, 조명은 매입형 형광등 위주로 설계되었다.
- **특수 마감** : 리모스크(Mosque) 내부의 경우, 이슬람 전통 문양을 가미한 특수 석고 조각이나 타일 장식을 통해 종교적 상징성을 극대화하였다.
- **창호** : 중동의 강한 일사량을 차단하기 위해 특수 코팅된 복층 유리를 사용한 알루미늄 커튼월 시스템이 일부 적용되었다.

3.4 프로젝트의 의의

- **기술력 입증** : 단순한 도로, 주택 건설을 넘어 보안이 엄격한 국방 관련 특수 시설을 성공적으로 완공함으로써 삼성건설의 기술적 신뢰도를 높였다.
- **해외 PC 공법의 선구** : 한국 건설사가 해외 대형 건축물에 PC 공법을 본격적으로 적용하여 시공 관리 역량을 증명한 사례이다.
- **공기 단축** : PC 공법을 통해 현장 작업을 최소화함으로써, 사우디의 혹서기에도 불구하고 계획된 36개월의 공기를 엄수할 수 있었다.
- **안전 관리** : 당시로서는 선진적인 안전 관리 시스템을 도입하여 대규모 인력 투입에도 불구하고 중대 재해 발생을 억제하는 성과를 거두었다.



삼성건설이 사우디아라비아 리야드에서 공사한 국방성 조사국 청사 및 부대시설

4 리비아 벵가지 7,000세대 아파트, 1982 (7,000 Apartment Housing, Benghazi, Libya)

대우건설이 1980년대 초반 리비아 벵가지(Benghazi)에서 시공한 약 7,000세대 규모의 주택(PC 아파트) 공사는 대우건설의 해외사업 역사에서 매우 중요한 대형 주거사업 중 하나였다.

4.1 프로젝트 개요

- **사업명(공식 명칭)** : 리비아 벵가지 7,000세대 아파트 공사
- **발주처** : 리비아 정부(General Organization for Housing 등)
- **시행 기간** : 약 1982년~1986년 (대우건설 주요 참여 연도)
- **시공사** : 대우건설 (Daewoo Engineering & Construction)
- **공사 성격** : 대규모 주거단지(아파트) 건설(벵가지 지역의 도시 성장과 인구 증가 수요에 대응하는 대규모 주택 공급 사업이었음)
- **PC 아파트** : 각 유닛(Unit) 또는 구조체를 공장에서 제작(precast concrete)하여 현장에서 조립하는 방식을 적용

4.2 대우건설과 리비아 사업 연혁

대우건설은 리비아 진출 초기부터 다양한 분야의 인프라 프로젝트를 수행하며 활동 범위를 넓혔고, 이 주택단지 건설도 그 일환이었다:

- 1) 1978년; 대우건설의 리비아 진출 첫 프로젝트는 뱅가지 의과대학 신축 공사였다.
- 2) 1982~1986년; 리비아 뱅가지 7,000세대 아파트 건설
- 3) 그 외 트리폴리 병원, 도로/하수도/공장 등 다수 프로젝트 수행

4.3 PC(Precast Concrete) 및 Prefab 주택 기술

1980년대 리비아에서의 대규모 주택 공급 사업은 PC 구조(공장에서 미리 제작된 콘크리트 부재를 현장에서 조립하는 방식)가 적용되었으며, 당시 리비아 정부도 자체적으로 프리패브(Prefab) 공장과 주택 사업을 운영했었다. 초기 뱅가지 프리패브 공장은 1978년 설립되었으며, 프리캐스트 주택, 학교, 관리건물 등을 생산했으며, 이 공장은 대우건설이 1989년까지 하도급 또는 협력관계로 참여하였다. 이러한 기술은 리비아 정부가 도입한 프리패브 주택 전략의 일부로, 대규모 주택 난 문제에 대응하기 위한 공법이었다.

4.4 프로젝트의 역사적·문화적 의미

- 한국 건설기업의 해외 성공 사례 : 이 프로젝트는 한국 기업의 중동·아프리카 시장 진출 초기 성공 사례로 평가된다.
- 국내 건설기업의 기술력 인정 : 1980~90년대 초 리비아 정부와의 협력으로 한국 건설 기술이 리비아 사회 인프라에 기여하였다.



대우건설이 리비아 뱅가지에서 건설한 7,000세대 아파트 건설공사

5 사우디아라비아 압둘라 빈 압둘 아지즈 왕세제 왕궁 및 부속 시설, 1977.11 (Palace Complex for H.R.H Prince Abdulla Bin Abdul Aziz, Saudi Arabia)

현대건설이 1970년대 후반 사우디아라비아에서 수행한 “압둘라 빈 압둘 아지즈 왕세제 왕궁 및 부속시설 공사 (Palace Complex for H.R.H Prince Abdulla Bin Abdul Aziz)”는 당시 중동 건설 붐의 상징적인 건축 프로젝트 중 하나였다.

5.1 프로젝트 개요

이 프로젝트는 당시 사우디아라비아의 국가 수비대 사령관이었던 압둘라 빈 압둘 아지즈 왕세제(이후 사우디 제6대 국왕)를 위한 대규모 왕궁 복합단지 건설 사업이었다.

- **공사명** : Palace Complex for H.R.H Prince Abdulla Bin Abdul Aziz (압둘라 왕세제 왕궁 및 부속시설 공사)
- **위치** : 사우디아라비아 리야드(Riyadh) 및 주변 지역
- **발주처** : 사우디아라비아 왕실
- **공사 기간** : 1977년 11월 ~ 1980년 11월 (약 36개월)
- **공사 금액** : 약 7,411만 달러 (당시 환율 기준 한화 약 360억 원 규모)
※ 당시 현대건설의 주베일 항만공사(9억 5천만 달러)와 비교하면 규모는 작으나, 건축물의 완성도와 상징성 측면에서 매우 중요한 프로젝트였다.

5.2 주요 공사 내용 및 공법

왕궁 공사는 일반 인프라 공사와 달리 극도의 고급 마감과 보안 시설이 요구되었으며, 메인 왕궁(Main Palace)을 포함하여 게스트 하우스, 경호원 숙소, 운동 시설, 예배당(Mosque) 및 대규모 정원과 부속 시설이 포함되었다. 왕실 건축물의 특성상 주된 구조에는 현장 타설 방식과 정밀 마감을 주로 사용했으나, 부속 시설 및 대단지 기반 시설 구축 과정에서 일부 현대건설의 초기 PC 기술과 표준화된 공법이 반영되었다.

1) 메인 왕궁 : 현장 타설 및 정밀 시공

왕궁 본체와 같은 핵심 건축물은 디자인이 독특하고 복잡하며, 최고급 대리석 마감 등이 필요했기 때문에 규격화된 PC 공법보다는 현장 타설(Cast-in-place)과 숙련공에 의한 정밀 시공이 중심이 되었다.

2) 부속 시설 및 단지 조성 : PC 공법의 활용

왕궁 단지는 단순한 건물 하나가 아니라 경호원 숙소, 창고, 관리동, 긴 담장 등 수많은 부속 시설이 포함된 거대 복합 단지이며, 현대건설은 이 시기 사우디에서 대규모 주택 단지(리야드 12차 주택공사 등)를 건설하며 “현대 시스템 (Hyundai System)”이라 불리는 독자적인 대형 패널 PC 공법을 발전시키고 있었다.

왕궁 단지 내의 표준화된 부속 건물, 보안용 외곽 담장(Boundary Wall), 배수로 등 반복적인 구조물에 PC 공법을 적용하여 공기(工期)를 단축하였다. 당시 현대건설은 사우디 현지에 대규모 PC 플랜트를 운영하고 있었으며, 여기서 제작된 부재들을 현장으로 운반해 조립하는 방식을 사용하였다.

5.3 당시 현대건설 PC 공법의 특징

- **공기 단축** : 우디의 혹독한 기후(고온, 일교차) 속에서 현장 작업을 최소화하기 위해 공장에서 부재를 생산하였다.
- **표준화** : “현대 시스템”으로 불리는 대형 패널 시스템은 벽체와 슬래브를 미리 제작해 '레고'처럼 조립하는 방식으로, 당시 중동 건설 현장의 혁신이었다.
- **품질 관리** : 공장 생산을 통해 콘크리트의 양생 품질을 일정하게 유지할 수 있었다.

6 사우디아라비아 알코바 공공주택, 1977 (Public Housing Program Al-Khobar, Saudi Arabia)

현대건설이 사우디아라비아 알코바(Al-Khobar) 지역에서 수행한 Public Housing Program (공공주택 프로그램)은 1970년대 말에서 1980년대 초, 한국 건설업의 중동 붐을 상징하는 기념비적인 프로젝트이다. 이 프로젝트는 당시 단일 주택 단지로는 세계 최대 규모 중 하나였으며, 현대건설의 기술력을 세계적으로 인정받게 한 계기가 되었다.

6.1 프로젝트 개요 및 규모

- **공사명** : 사우디아라비아 알코바 공공주택 사업 (Al-Khobar Housing Project)
- **발주처** : 사우디아라비아 주택부 (Ministry of Housing and Public Works)
- **위치** : 사우디아라비아 동부 주, 알코바(Al-Khobar) 지역
- **규모** : 총 4,140세대의 대규모 주택 단지 (아파트 및 빌라 형태 포함) 및 관련 공공시설(학교, 모스크, 상가 등)
- **공사 기간** : 1977년 착공 ~ 1981년 준공 (약 42개월 소요 ; 당시 사우디 정부가 요구한 매우 촉박한 공기를 맞추기 위해 현대건설은 24시간 교대 근무와 혁신적인 공법을 도입)
- **공사비** : 약 3억 5,000만 달러 (당시 환율 및 물가 기준으로는 천문학적인 액수)

6.2 사용된 PC(Precast Concrete) 공법 및 도입 이유

이 프로젝트의 가장 큰 특징은 PC(Precast Concrete, 조립식 콘크리트) 공법을 전면 도입했다는 점이다. 건물의 벽체, 슬래브(바닥), 기둥 등 주요 구조물을 현장에서 타설하지 않고, 인근에 세운 전용 공장에서 미리 제작한 뒤 현장으로 운반하여 레고 블록처럼 조립하는 방식이다.

PC공법이 도입된 이유는 다음과 같다.

- **공기 단축** : 현장 타설 방식보다 훨씬 빠르게 건물을 올릴 수 있었다.
- **품질 균일화** : 공장 생산 방식을 통해 사막의 혹독한 기후 속에서도 고품질의 콘크리트 부재를 얻을 수 있었다.
- **인력 효율성** : 숙련된 기술자가 공장에서 반복 작업을 수행하므로 현장 투입 인력을 최적화할 수 있었다.
- **현대건설의 대응** : 현대건설은 이 프로젝트를 위해 현지에 대규모 PC 생산공장을 직접 건설하여 운영하였으며, 이는 이후 중동의 다른 주택 사업에도 큰 영향을 미쳤다.

6.3 프로젝트의 의의

- **해외 주택 시장 개척** : 토목(도로, 항만) 중심의 해외 수주에서 건축(대규모 주거단지) 분야로 영역을 확장한 사례이다.
- **신뢰 구축** : 사우디 정부로부터 기술력과 성실함을 인정받아, 이후 주베일 산업항 공사 등 대형 프로젝트를 연이어 수주하는 발판이 되었다.

준공 후 40년이 넘는 지금도 해당 단지는 알코바의 주요 주거지로 기능하고 있으며, 당시 한국 건설사들의 정교한 시공 품질을 증명하는 사례로 회자 되고 있다.



현대건설이 시공한 알코바(Al-Khobar) 공공주택 전경

7 알코바 주택 프로젝트 안의 고가수조, 1977 (Elevated Water Tower in Al-Khobar Public Housing Project, Saudi Arabia)

1970년대 후반 현대건설이 사우디아라비아 알코바(Al-Khobar) 지역에서 수행한 주택 프로젝트(Al-Khobar Public Housing Project)는 당시 사우디 주택부(Ministry of Housing and Public Works)가 발주한 초대형 국책 사업이었다. 이 단지 내에 세워진 고가수조(Water Tower)는 현대건설의 중동 진출 초기 기술력을 상징하는 구조물로, 당시로서는 매우 혁신적인 공법이 적용되었다.

7.1 건설시기

- **착공 및 준공** : 1977년~1979년경 (알코바 주택 프로젝트 1단계와 함께 추진)
- **배경** : 당시 현대건설은 주베일 산업항 건설과 더불어 사우디의 도시 기반 시설 확충 사업에 참여하고 있었다. 알코바 하우징 수조는 수천 세대의 대규모 아파트 단지에 안정적인 용수를 공급하기 위해 단지의 상징물처럼 중앙에 배치되었다.

7.2 사용 공법

당시 현대건설은 높이가 44m에 달하는 거대한 콘크리트 수조를 효율적으로 건설하기 위해 스웨덴 VBB사의 설계를 바탕으로 한 리프트 슬래브(인양) 공법을 사용하였다. 수백 톤에 달하는 깔대기 모양의 거대한 수조(Tank) 구조물을 높은 곳에서 거꾸집을 설치하는 위험과 비용을 줄이기 위하여 지상 바닥에서 미리 타설하여 제작한 후, 프리캐스트 패널 64개를 조립하였다.

중앙의 수직 기둥(Shaft)이 완성되면, 지상에서 만든 수조 뿔치를 100톤 유압 잭(Jack) 16개를 이용해 기둥 꼭대기까지 유압 인양(Hydraulic Lifting)하였다(프랑스 프레스네 방식).

수직 기둥(샤프트)은 거꾸집을 뜯지 않고 연속해서 위로 밀어 올리며 콘크리트를 타설하는 슬립 폼(Slip-form) 공법을 사용하여 이음새 없는 견고한 기둥을 만들었으며, 기초와 수직으로 포스트텐션을 하여 긴결하였다.

7.3 구조적 특징

- **디자인** : 상부는 넓고 하부는 좁은 역원추형(Inverted Cone)으로, 사우디의 뜨거운 태양 아래 물의 온도가 급격히 올라가는 것을 막기 위해 하단에 그늘이 생기도록 설계되었다.
- **내구성** : 해안가인 알코바의 염분 섞인 해풍에 견딜 수 있도록 특수 고강도 철근 콘크리트와 내염해성 도장이 적용되었다.
- **다목적성** : 단순히 물을 저장하는 기능을 넘어, 상부에 전망 공간을 두어 단지 내 랜드마크 역할을 하도록 설계되었다.



현대건설이 공사한 알코바 주택 프로젝트 안의 고가수조

8 이라크 바그다드의 5개소 다층 슈퍼마켓, 1980.3 (5 Multistorey Supermarkets, Bagdad, Iraq)

현대건설이 1980년 3월부터 1983년 2월까지 이라크 바그다드에서 수행한 5개소 다층 슈퍼마켓(5 Multistorey Supermarkets) 공사는 급박한 공기 내에 동일한 형태의 건물을 5개 지역에 동시에 건설해야 했기에, 현장 타설 콘크리트(RC)와 프리캐스트 콘크리트(PC) 공법을 효율적으로 결합하였다.

8.1 공사 규모

- **공사명** : 5 Multistorey Supermarkets
- **총 공사비** : 당시 미화 약 7,421만 달러 규모
- **시공 구역** : 바그다드 시내 주요 5개 지역(Al-Khulafa, Al-Saydiya, Al-Hurriya 등)에 동일한 형태의 슈퍼마켓을 동시에 건설
- **층수** : 지하 1층 ~ 지상 4층 규모, 지하 층은 대규모 저온 저장고, 창고 및 기계실, 지상 1~4층: 슈퍼마켓 매장, 사무실 및 고객 편의시설
- **특징** : 각 층은 대규모 인원을 수용할 수 있도록 기둥 간격이 넓은 오픈 플랜 구조로 설계되었다. 이 프로젝트는 동일한 설계를 5곳에 적용했기 때문에, 공장에서 외벽 PC 판넬을 대량 생산하여 현장에서 조립하는 방식을 통해 35개월이라는 짧은 공기 내에 5개 건물을 모두 완공할 수 있었다.

8.2 철근 콘크리트(RC) 공사: 골조의 기초와 코어

건물의 하중을 지지하는 주요 구조부에는 전통적인 RC 공법이 적용되었다.

- **기초 및 지하 구조** : 바그다드의 지반 특성을 고려하여 견고한 기초 판과 지하층 골조를 현장에서 타설하였다.
- **수직 하중 지지 코어** : 계단실, 엘리베이터 샤프트 등 건물의 수평 강성을 책임지는 핵심 코어 부분은 RC로 시공하여 구조적 안정성을 확보하였다.
- **복합 구조의 일체화** : PC 부재가 거치될 수 있도록 기둥과 보의 접합부에는 정밀한 철근 배근과 앵커 설치가 이루어졌다.

8.3 외벽 PC(Precast Concrete) 공사: 표준화와 속도

외벽에 PC 판넬을 도입하였으며, 5개소의 슈퍼마켓이 유사한 디자인을 가졌기에 표준화된 생산이 가능하였다.

주요 특징 및 시공 과정

- **공장 생산 방식** : 현장 인근 또는 별도의 제작장에서 철제 거푸집을 이용해 외벽 판넬을 대량 생산하였다. 이를 통해 고온의 이라크 기후에서도 일정한 품질(강도 및 마감)을 유지할 수 있었다.
- **문양 및 마감** : 외벽 PC 판넬 자체에 미적인 문양이나 텍스처를 포함하여 별도의 추가 외장 공사 없이도 수려한 외관을 완성하였다.
- **양중 및 설치** : 타워 크레인을 이용하여 제작된 판넬을 운반하고, RC 골조에 미리 매립된 연결 철물(Insert Plate/Bolt)을 통해 조립하였다.

PC 공법 채택의 이유

- **공기 단축** : 골조 공사와 외벽 제작을 동시에 진행하여 공기를 획기적으로 줄였다.
- **인력 효율화** : 숙련공이 부족한 현지 상황에서 공장 생산된 부재를 조립하는 방식은 인력 관리에 유리하였다.
- **단열 성능** : 중동의 뜨거운 열기를 차단하기 위해 PC 패널 내부에 단열재를 삽입한 샌드위치 판넬을 적용하였다.

8.4 RC와 PC의 결합 (Hybrid System)

현대건설은 이 프로젝트에서 “RC의 구조적 강인함”과 “PC의 시공 신속성”을 결합하였다.

구분	RC (현장타설)	PC (프리캐스트)
적용 범위	기초, 기둥, 슬래브 일부, 코어	외벽 패널, 계단, 일부 보
주요 역할	하중 지지 및 구조적 일체성 확보	외관 완성, 공기 단축, 품질 균일화
장점	현장 여건에 유연하게 대응	반복적인 디자인 시공에 최적화



현대건설이 시공한 슈퍼마켓 전경

9 이라크 바그다드 하이파 거리 개발 공사 제2단계, 1981.5 (Haifa Street Development, Phase 2, Bagdad, Iraq)

현대건설이 1980년대 초반 이라크 바그다드에서 수행한 하이파 거리 개발 사업(Haifa Street Development Project)은 당시 중동 건설 붐의 정점을 보여주는 상징적인 프로젝트 중 하나였다. 이 프로젝트는 바그다드 도심 현대화 계획의 일환으로 추진되었으며, 현대건설은 그 중 가장 핵심적인 구간인 제2단계(Phase 2)를 담당하였다.

9.1 프로젝트 개요

- **공사명** : 바그다드 하이파 거리 개발 공사 제2단계(Haifa Street Development, Phase 2)
- **위치** : 이라크 바그다드 중심가 (Al-Karkh 지구 하이파 거리)
- **공사 기간** : 1981년 5월 ~ 1983년 9월 (약 28개월)
- **발주처** : 이라크 바그다드 시청 (Amanat al-Assima)
- **설계** : 네덜란드의 아르키콘(Archicton) 컨설팅 그룹의 국제 현상설계

9.2 규모 및 구조적 특징

- **층수 및 동수** : 지상 6층~8층 규모이며, 상가(저층부)와 주거용 아파트(상층부)가 결합된 주상복합 형태의 건물 21개 동의 대규모 복합 주거 단지를 건설하였다.
- **구조 방식** : RC(철근 콘크리트) 현장 타설 방식과 PC(Pre-cast Concrete, 사전 제작 콘크리트) 공법을 병용하였다.

- **PC 공법** : 공기 단축과 품질 균일화를 위해 주요 구조물 및 외벽 패널 등에 PC 공법을 도입하였다. 건물의 외벽을 장식하는 복잡한 이슬람 전통 문양을 현장에서 직접 제작하기에는 매우 어려워서, 공장에서 정교하게 제작된 PC 외벽 패널을 현장으로 운반해 조립하는 방식을 선택하였다. 이 패널들은 고강도 콘크리트로 제작되어 바그다드의 뜨거운 열기와 모래바람에 견딜 수 있도록 설계되었다.
- **특수 마감재** : 외벽 마감에는 현지 기후에 강한 테라조(Terrazzo)나 대리석 느낌의 석재가 사용되어 고급스러운 질감을 표현하였다. 특히 태양광 반사를 고려하여 밝은 톤의 색상이 주로 채택되었다.

9.3 디자인과 건축적 의의

하이파 거리 재개발은 단순히 현대적인 건물을 짓는 것이 아니라, “이라크의 전통미와 현대적 기능의 조화” 목표로 하였다.

- **전통 문양의 현대적 해석** : 외벽 디자인에 이슬람 전통 문양인 '아라베스크' 패턴이나 격자무늬(Mashrabiya) 스타일을 도입하여 중동 특유의 미감을 살렸다. '마슈라비야(나무나 금속으로 만든 격자창)'를 현대적으로 재해석하여, 알루미늄 합금 재질의 격자 구조물을 설치하였다. 이는 직사광선을 차단하면서 통풍을 돕는 기능적 역할과 동시에 디자인적 완성도를 높였다.
- **기후 고려** : 이라크의 극심한 폭염을 견디기 위해 벽체 내부에 두꺼운 단열재를 사용하였으며, 뜨거운 태양광을 차단하면서도 통풍이 잘 되도록 베란다와 창호 설계를 특화하였다.

9.4 역사적 맥락과 의의

- **전시 상황의 극복** : 공사 기간(1981~1983)은 이라크-이란 전쟁이 한창이던 시기였다. 현대건설은 포격의 위험과 물자 수급의 어려움 속에서도 공기를 엄수하며 프로젝트를 완수해 이라크 정부로부터 깊은 신뢰를 얻었다.
- **도시 경관의 변화** : 이 사업을 통해 하이파 거리는 바그다드에서 가장 현대적이고 세련된 중심가로 탈바꿈했으며, 오늘날 까지도 바그다드의 주요 랜드마크 중 하나로 기억되고 있다.
- **해외 수주 경쟁력 강화** : 이 프로젝트의 성공은 현대건설이 단순 토목 중심에서 벗어나 고난도의 대규모 건축 프로젝트를 수행할 수 있는 역량을 세계적으로 인정받는 발판이 되었다.



현대건설이 이라크 바그다드에서 수행한 하이파 거리 개발 사업

10 이라크 2,800세대 주택단지, 1981.12 (2800 Housing Complex, Iraq)

바그다드 인근 지역에서 대규모 신도시 주거 단지를 조성하는 사업이었으며, 이라크 경제 발전과 주거 환경 개선을 목표로 추진되었다.

10.1 프로젝트 개요

- **공사명** : 이라크 2,800세대 주택 단지 건설 공사 (2800 Housing Complex)
- **공사 기간** : 1981년 12월 ~ 1985년 12월 (약 4년간)
- **발주처** : 이라크 공공사업부(Ministry of Housing and Construction) 등 정부 기관
- **위치** : 이라크 수도 바그다드(Baghdad) 인근 신도시 조성 지구
- **수주 금액** : 당시 기준으로 약 3억 3,000만 달러 내외로 추산(현재 가치로 환산 시 조 단위에 육박하는 대형 프로젝트)
- **인력 투입** : 한국인 숙련공과 현지 인력, 제3국 인력을 포함해 하루 평균 수천 명의 인력이 동원된 대규모 노동 집약적 사업

10.2 PC(Precast Concrete) 공법의 상세 내용

이 프로젝트의 성공 비결은 PC공법(조립식 콘크리트 공법)에 있었다. 2,800세대라는 방대한 물량을 4년이라는 짧은 기간(전쟁 상황 포함) 내에 완공하기 위한 필수적인 선택이었다.

PC공법의 핵심 프로세스

- **현장 공장 생산** : 바그다드 인근 현장에 대규모 PC 제작 공장을 직접 세웠으며, 벽체, 슬래브(바닥), 계단 등의 구조물을 규격화하여 공장에서 미리 생산하였다.
- **양생 및 품질 관리** : 야외 현장이 아닌 통제된 공장 환경에서 콘크리트를 양생하여서 일정한 품질 확보가 가능했다.
- **조립** : 생산된 부재를 현장으로 운반하여 대형 크레인으로 조립하였다.
- **접합부 처리** : 조립된 부재 사이의 연결 부위에 철근을 배근하고 콘크리트를 타설하여 일체화된 구조적 안정성을 확보하였다.

PC공법 채택의 이유와 장점

- **공기 단축** : 현장에서 거푸집을 짜고 콘크리트를 부어 양생하는 시간을 획기적으로 줄였다.
- **인건비 절감** : 단순 반복 작업이 많아 숙련되지 않은 노동자도 교육 후 투입이 가능하였다.
- **기후 대응** : 이라크의 섭씨 40℃를 넘나드는 혹서기에는 현장 타설 콘크리트의 균열 위험이 크지만, 공장 내 생산은 이를 방지할 수 있었다.

10.3 기술적 세부 사항 및 난관 극복

- **중량물 운송 기술** : 거대한 PC 패널을 운반하기 위해 특수 트레일러와 대형 타워 크레인 운용 기술이 집중적으로 투입되었다.
- **단열 및 방수** : 중동의 뜨거운 열기를 차단하기 위해 외벽 PC 패널 내부에 단열재를 삽입한 샌드위치 패널 구조를 적용하였다.
- **전쟁 리스크 관리** : 공사 기간이 이란-이라크 전쟁과 겹쳤기 때문에, 현대건설은 자체적인 병참 및 보급망을 구축하여 자재 수급 차질을 최소화하는 물류 관리 능력을 보여주었다.

구분	재래식 공법 (RC)	PC 공법 (당시 적용)
공사 기간	길음 (현장 타설 및 양생 대기)	매우 짧음 (공장 생산/현장 조립)
인력 구조	고도의 숙련공 필요	규격화된 작업으로 효율성 높음
품질 균일성	현장 여건에 따라 가변적	공장 생산으로 균일하고 우수함
기후 영향	기온에 민감 (혹서기 공사 어려움)	외부 기후 영향 최소화

이 프로젝트를 통해 현대건설은 단순한 '건설사'를 넘어 '대규모 도시 기획자'로서의 명성을 얻었으며, 이후 바그다드 메디컬 시티, 알무사이브 화력발전소, 최근의 카르발라 정유공장에 이르기까지 현대건설이 이라크 내 주요 국책 사업을 지속적으로 수주하는

결정적인 계기가 되었다. 현대건설은 이 공사를 통해 쌓은 신뢰를 바탕으로 최근 2025년에도 이라크에서 약 4조 원 규모의 초대형 해수 처리 플랜트 수주에 성공하는 등 여전히 이라크 경제 발전의 핵심 파트너로 활동하고 있다.



현대건설이 시공한 이라크 2,800세대 주택 단지 건설 공사

11 카타르 Umm Said 지역의 대규모 주택단지, 1970년대 후반 (Umm Said Township Development, Qatar)

1970년대 후반에서 1980년대 초반, 카타르의 Umm Said(현재의 Mesaieed) 지역에서 진행된 대규모 주택단지 건설 프로젝트는 당시 중동 건설 붐의 상징적인 사례 중 하나이다. 이 프로젝트는 특히 한국 건설사(주로 현대건설)가 주도하며 PC(Precast Concrete, 사전 제작 콘크리트) 공법을 본격적으로 도입해 세계적인 주목을 받았다.

11.1 프로젝트 개요 및 규모

이 공사는 카타르 정부가 석유화학 및 공업 단지인 Umm Said 지역의 근로자와 가족들을 수용하기 위해 추진한 배후 주거도시 건설 사업의 일환이었다.

- 총 세대수 : 약 1,400세대
- 주요 시설 : 2층 단독주택(Villas) 및 6층 아파트(Apartments)
- 시공사 : 현대건설 (Hyundai Engineering & Construction)
- 특이사항 : 당시 단일 주거 단지로는 중동 최대 규모 중 하나였으며, 모든 구조물에 PC 공법이 적용되었습니다.

11.2 사용된 PC(Precast Concrete) 공법

카타르의 뜨거운 기후와 짧은 공기, 숙련공 부족 문제를 해결하기 위해 공장 생산 방식인 PC 공법이 채택되었다.

- 현장 PC 공장 설립 : Umm Said 현장 인근에 대규모 PC 부재 생산공장을 직접 설립하여, 운반 비용을 절감하고 품질을 균일하게 관리하였다.
- 대형 패널 방식 : 벽체와 바닥 슬래브를 거대한 콘크리트판(Large Panel System)으로 미리 제작한 뒤, 현장에서 크레인으로 조립하였다.
- 건식 접합 (Dry Joint) : 부재와 부재 사이를 용접이나 볼트, 혹은 특수 모르타르로 연결하여 현장 타설을 최소화하였다.

11.3 공사 기간 및 효율성

이 프로젝트가 전설적으로 남은 이유는 압도적인 공기 단축 때문이었다.

- 전체 기간 : 약 1970년대 후반(1977년경) 착공하여 1980년대 초반에 완공되었다.
- 시공 속도 : 공장에서 부재를 찍어내는 동안, 현장에서는 기초공사를 동시에 진행하는 병행 시공이 가능한 PC 공법 덕분에 골조 공사 시간을 기존 현장 타설 방식 대비 30~50% 이상 단축하였다.
- 연중무휴 작업 : 낮 기온이 50도에 육박하는 카타르의 여름철에도 공장에서 제작된 부재를 야간이나 이른 아침에 조립함으로써 기상 조건의 제약을 극복하였다.

11.4 이 프로젝트의 의의

- **한국 건설 기술의 입증** : 사막 한가운데에 현대적 도시를 단기간에 찍어내듯 건설하는 모습은 당시 카타르 정부에 깊은 인상을 남겼다.
- **표준화와 규격화** : 층 주택과 6층 아파트의 설계를 규격화하여 대량 생산 시스템을 구축함으로써 원가를 획기적으로 낮췄다.
- **사후 관리** : 40년이 지난 지금까지도 해당 단지의 일부는 리모델링을 거쳐 사용될 정도로 PC 구조물의 내구성을 증명하고 있다.



현대건설이 시공한 카타르 Umm Said 지역의 대규모 주택단지

12 U.A.E. 루와이스 주택단지, 1979.4 (Ruwais Housing Complex, 1A, U.A.E.)

현대건설이 1979년 9월부터 1982년 2월(약 34개월)까지 U.A.E.(아랍에미리트)에서 수행한 루와이스 주택단지(Ruwais Housing Complex) 공사는 단순한 주거 시설 건설을 넘어, 사막 한복판에 거대한 자급자족형 신도시를 세운 기념비적인 프로젝트로서, 아부다비 국영석유공사(ADNOC)가 추진한 루와이스 산업단지 배후 주거지 조성 사업의 일환으로 진행되었다.

12.1 공사 개요 및 규모

- 공사 기간 : 1979년 4월 ~ 1982년 2월 (약 34개월)
- 공사비 : 당시 미화 약 1억 200만 달러 (당시 기준 매우 대규모 계약)
- 규모 : 총 548세대의 주택 및 부대시설
- 주거시설 : 빌라(Villa) 및 아파트 형태의 다세대 주택
- 부대시설 : 학교, 쇼핑센터, 클리닉, 식당, 클럽하우스, 스포츠 시설 및 기반시설(도로, 상하수도) 전체

12.2 사용 공법 : PC(Precast Concrete)와 RC(Reinforced Concrete)의 조화

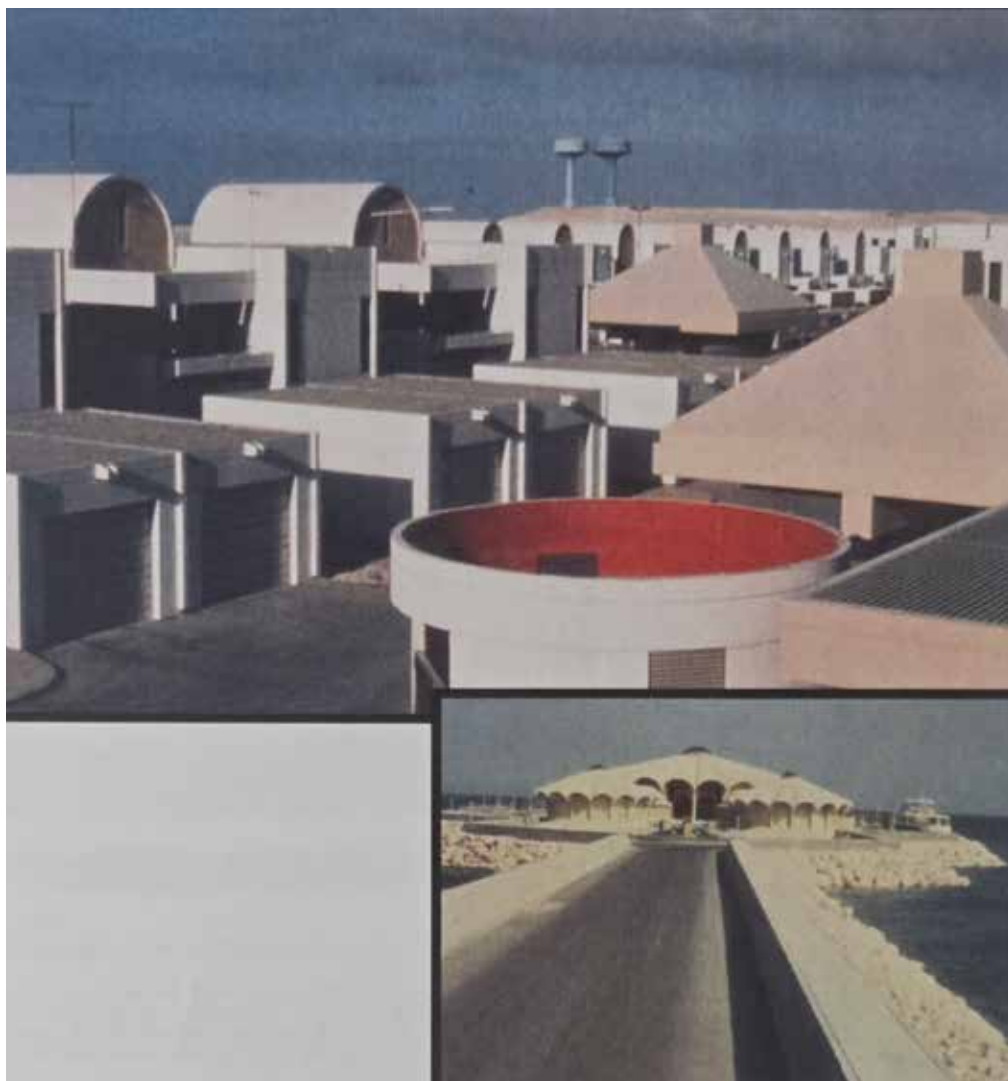
- PC 공법 : 548세대라는 방대한 물량을 짧은 기간에 소화하기 위해 현장에 PC 제작 공장을 직접 설립하였다. 벽체, 슬래브, 계단 등을 규격화하여 대량 생산한 뒤 현장에서 조립하는 방식을 택해 인건비를 절감하고 공기를 대폭 단축하였다.
- RC 공법 : 지반이 불안정한 부분의 기초공사나 하중이 집중되는 복잡한 구조부에는 현장 타설 콘크리트를 적용하여 구조적 안정성을 보완하였다.

12.3 주요 특징

- 사막의 신도시 건설 : 아무것도 없던 황무지에 전기, 용수, 하수 처리 시설까지 포함된 완전한 도시 생태계를 구축하였다.
- 척박한 환경 극복 : 낮 기온이 50℃를 넘나드는 극한의 기후 조건에서 콘크리트의 품질을 유지하기 위해 냉각수(Ice Water)를 사용하고 야간 타설을 실시하는 등 고난도 시공 관리가 이루어졌다.
- 플랜트 연계 사업 : 루와이스 정유공장 및 가스 플랜트에 근무하는 기술진들을 위한 고품격 주거단지였기에, 단순 주택을 넘어 현대적인 편의시설을 완벽히 갖춘 “올인원(All-in-one)” 단지로 설계되었다.

12.4 역사적 의의

이 공사는 현대건설이 중동에서 단순 토목/플랜트뿐만 아니라 대규모 건축 및 도시 개발 분야에서도 세계적인 경쟁력이 있음을 입증한 사례이다. 이때 축적된 PC 공법 노하우는 이후 국내외 대단지 아파트 건설의 밑거름이 되었다.



현대건설이 시공한 U.A.E. 루와이스 주택단지

※ 현대건설이 시공한 많은 건물의 사진은 당시 현대건설에서 근무하시면서 구조설계를 담당하셨던 현 신화엔지니어링의 조상규 대표님으로부터 받은 자료이며, 우리나라 PC역사의 정리에 큰 도움을 주셔서 큰 감사의 말씀을 드립니다.

ACI 318 PC 기준 개정의 흐름과 ACI/PCI CODE-319의 등장

강현구 서울대학교 건축학과 교수

프리캐스트 콘크리트(PC) 및 프리스트레스트 콘크리트(PSC)는 공장 제작이라는 특성상 설계 기준의 명확성과 일관성이 무엇보다 중요하다. 그러나 지난 10여 년간 ACI 기준의 개정 과정은 이러한 요구와 반드시 일치하지는 않았다. ACI 318-14부터 318-19로 이어지는 개정과, 최근 발간된 ACI/PCI CODE-319-25의 제정은 이러한 흐름을 잘 보여주는 사례라 할 수 있다.

ACI 318-14 ~ ACI 318-19: 사용자 편의와는 거리가 있었던 변화

2014년 ACI 318 기준은 구조설계 체계에 있어 중요한 전환점을 맞았다. 기존의 내력 중심 설계에서 부재 중심(Member-based) 설계 체계로 개편되면서, 독립적으로 존재하던 프리스트레스트 콘크리트(PSC) 장(章)은 삭제되었다. PSC 관련 규정은 코드 전반에 흩어져 배치되었으며, 이는 “구조설계의 합리성과 일관성 제고”라는 명분 아래 이루어졌다.

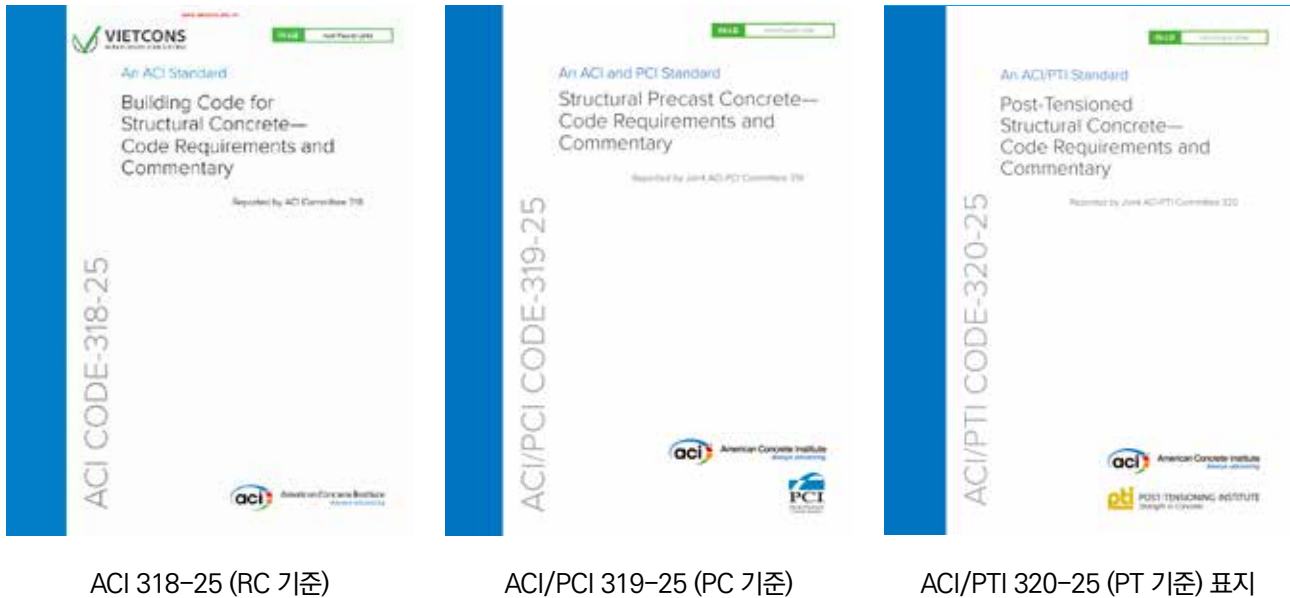
그러나 실제 사용자, 특히 PC 및 PSC 구조를 설계하는 실무자 입장에서 보면 이러한 변화는 오히려 기준의 접근성과 가독성을 저하시켰다는 평가가 지배적이다. PSC 관련 규정을 찾기 위해 여러 장을 오가야 하는 구조는 설계 효율을 떨어뜨렸고, ACI 318-19 역시 이러한 구조를 유지하였다. 반면, 국내 KDS 14 20 00 기준은 여전히 PSC 장을 독립적으로 유지하고 있어, 실무적 관점에서는 오히려 더 직관적인 체계를 제공하고 있다.

ACI/PCI CODE-319-25: PC 기준의 독립 선언

이러한 한계를 인식한 PCI(Precast/Prestressed Concrete Institute)는 PCI Design Handbook (2017)이 법적 구속력을 갖지 못한다는 구조적 문제를 해결하기 위해, 2018년부터 프리캐스트·프리스트레스트 콘크리트 부재에 대한 별도의 설계 기준 개발을 추진하였다. 목표는 명확했다. 향후 2027 IBC에 반영 가능한 “법적 효력을 갖는 PC 설계 기준”의 마련이다.

그 결과 2020년 ACI/PCI 319 개발을 위한 공동 위원회가 구성되었고, 2025년 마침내 ACI/PCI CODE-319-25가 발간되었다. 이는 2025년을 기점으로 PC 기준이 ACI 318과는 별도의 독립 기준으로 발간되기 시작했음을 의미하며, PC 구조 분야에서는 상당히 상징적인 변화라 할 수 있다. 동시에 PSC 중 포스트텐션 콘크리트(Post-Tensioned Concrete) 관련해서는 독립 기준으로서 ACI/PTI CODE-320-25가 발간되었다. 이와 같이 2025년부터 철근콘크리트(RC), 프리캐스트 콘크리트(PC), 포스트텐션 콘크리트(PT) 기준으로 분리되어 발간 및 개정되기 시작한다 (그림 1).

[그림 1]



특히 ACI/PCI 319에는 ACI 318에는 포함되지 않았으나, PCI Design Handbook에는 존재하던 실무적으로 중요한 규정들이 다수 반영되었다. PCI Design Standard Committee는 그중에서도 다음의 9개 항목에 대해 기준화가 필요하다고 판단하여 ACI/PCI CODE-319에 포함시켰다(Cleland and Gallandorm, 2025).

ACI/PCI CODE-319-25에 포함된 주요 9개 항목의 의미

첫째, 비틀림(Torsion) 규정이다. 기존 ACI 318은 Compact section에 대한 비틀림만을 다루었으나, ACI/PCI 319는 PCI Design Handbook의 두 가지 대안적 방법을 포함하였다. Zia and Hsu 방법(Zia and Hsu, 2004)은 프리스트레스의 기여를 고려할 수 있다는 장점이 있으며, 형상비 3 이상의 단면에서 적용 가능하다. Slender Spandrel Method는 형상비 4.5 이상의 세장 단면에 대한 현실적인 설계 대안을 제공한다.

둘째, 코벨(Corbels) 규정에서는 단순한 강도 검토를 넘어 코벨 형상을 설계에 직접 반영하도록 요구한다. 코벨의 유효깊이가 전단 경간의 4배 이하가 되도록 제한하며, 필요 시 ACI 318과 동일하게 스트럿-타이 방법의 적용도 허용한다.

셋째, Dapped Beam End는 지지부 깊이가 보 높이의 0.2배 또는 200mm를 초과하는 경우로 정의되며, 다양한 잠재 파괴 모드에 대한 명확한 보강 요구사항을 제시한다. 이는 기존 기준에서 상대적으로 모호했던 단부 상세 설계를 체계화한 부분이다.

넷째, Notched Beam End는 얇은 단차를 갖는 경우를 별도로 정의하고, 더블티 슬래브 등에서 자주 발생하는 상황을 고려해 Dapped end보다 오히려 더 상세한 설계 규정을 제시한다.

다섯째, Bearing Region에서는 지압으로 연결된 부재의 End region 거동을 다룬다. 특히 수평력이 동반될 경우 지압 강도의 감소를 고려하도록 하고, 전단마찰의 기여를 강도 산정에 포함시킨 점이 특징이다.

여섯째, 중간 등급 프리캐스트 콘크리트 구조벽체에 대해서는 ACI 318-19의 규정을 확장하여, 강결 연결뿐 아니라 연성 연결부가 시스템 거동에 미치는 영향을 반영하였다. 이는 분절된 벽체를 연결해 사용하는 PC 구조의 현실을 반영한 진일보한 접근이라 평가할 수 있다.

일곱째, 현장타설 Pour strip을 포함한 다이어프램 규정은 Untopped diaphragm을 대상으로 하며, 시험된 기계적 연결재를 활용한 전단 전달 메커니즘을 명확히 규정한다. 현(chord)이 전단 전달에 기여하도록 허용한 점 또한 실무적으로 의미가 크다.

여덟째, 전단마찰(Shear Friction) 규정에서는 기존의 경험적 마찰계수 대신 콘크리트 강도와 면적을 반영한 유효 전단마찰 계수를 도입하였다. 이는 보다 합리적이고 물리적인 접근이라 할 수 있으며, 합성 토핑 슬래브에 대한 요구사항도 함께 포함된다.

마지막으로 기존 구조물(Existing Structures)에 대한 규정은 PC 구조물의 안전성 평가에 초점을 맞춘다. 열화 평가나 정기 점검이 아닌, 구조적 안전성에 의문이 제기되는 상황을 대상으로 하며, PCI 공장 인증 매뉴얼에 따른 품질관리 기록이 중요한 판단 근거로 활용될 수 있음을 명시하고 있다.

맺음말

ACI/PCI CODE-319-25의 발간은 단순한 기준 추가를 넘어, PC 구조가 독립적인 설계 체계를 확보했다는 점에서 의미가 크다. ACI 318의 구조 개편이 사용자 편의 측면에서 아쉬움을 남겼다면, ACI/PCI CODE-319는 실무의 언어로 다시 기준을 재구성하려는 시도라 평가할 수 있다. 향후 국내 기준 및 실무 설계에서도 이러한 변화가 어떤 방식으로 수용되고 반영될지 주목할 필요가 있을 것이다.

참고문헌

1. American Concrete Institute. (2014). *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI 318-14)*. American Concrete Institute
2. American Concrete Institute. (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI 318-19)*. American Concrete Institute.
3. American Concrete Institute & Precast/Prestressed Concrete Institute. (2025). *ACI/PCI 319-25: Building Code Requirements for Structural Precast Concrete and Commentary*. American Concrete Institute & Precast/Prestressed Concrete Institute.
4. American Concrete Institute & Post-Tensioning Institute. (2025). *ACI/PTI 320-25: Post-Tensioned Structural Concrete — Code Requirements and Commentary*. American Concrete Institute & Post-Tensioning Institute.
5. Cleland, N., & Gallandorm, E. (2025). Introduction to *ACI/PCI 319-25 Building Code Requirements for Structural Precast Concrete—Code and Commentary*. *PCI Journal*, 70(2), 16–22.
6. Ministry of Land, Infrastructure and Transport (Korea). (2024). *KDS 14 20 00 Korea Design Standard — Design of Concrete Structures*. Korea Design Standards (Official Construction Design Standard for Concrete Structures). (in Korean)
7. Zia, P., & Hsu, T. T. C. (2004). Design for Torsion and Shear in Prestressed Concrete Flexural Members. *PCI Journal*, 49(3), 34–42.
8. Precast/Prestressed Concrete Institute. (2017). *PCI Design Handbook, 8th Edition*. Precast/Prestressed Concrete Institute. (Used as the baseline design handbook referenced in ACI/PCI 319 provisions)

AI 시대 프리캐스트 콘크리트 공법에서 BIM 활용에 관한 고찰

남영길 아키맥 부장

건설산업은 오랜 기간 동안 생산성 정체와 고질적인 구조적 문제를 안고 성장해 왔다. 제조업이나 IT 산업과 비교할 때, 건설산업은 자동화와 디지털 기술 도입이 상대적으로 더딘 산업으로 평가되어 왔으며, 이는 현장 중심의 노동 집약적 생산 방식과 프로젝트 단위의 일회성 조직 구조에서 기인한다. 이러한 특성으로 인해 건설 프로젝트는 공정 관리의 불확실성이 크고, 품질 편차와 안전사고 위험이 상존하는 구조를 유지해 왔다.

이와 같은 문제를 해결하기 위한 대안으로 BIM(Building Information Modeling)을 활용할 수 있다. BIM은 설계 단계에서의 시각화, 간섭 검토, 물량 산출 등의 측면에서 일정 부분 성과를 거두었다. 그러나 BIM의 활용은 여전히 설계 중심에 머무르는 경우가 많고, 제작·시공·유지관리 단계까지 유기적으로 연계되는 사례는 제한적이다.

최근 인공지능(AI) 기술의 발전은 건설산업의 디지털 전환에 새로운 가능성을 제시하고 있다. AI는 대규모 데이터를 기반으로 패턴을 학습하고, 예측 및 최적화된 의사결정을 수행할 수 있는 기술로, 기존의 규칙 기반 시스템이 갖고있는 한계를 극복할 수 있다. 특히 반복성과 표준화 가능성이 높은 공정에서 AI 적용 효과는 더욱 크게 나타날 수 있다.

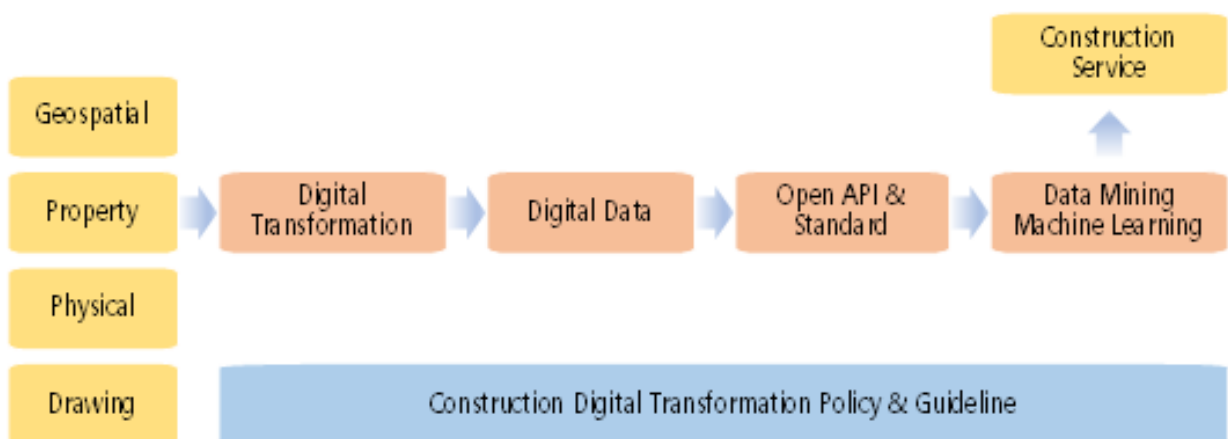


그림 1. 건설 산업의 디지털 트랜스포메이션 흐름도

프리캐스트 콘크리트(Precast Concrete, PC) 공법은 이러한 AI 기술 적용에 가장 적합한 건설 공법 중 하나다. PC 공법은 구조 부재를 공장에서 사전 제작한 후 현장에서 조립하는 방식으로, 반복 생산과 공정 표준화가 가능하며, 공정 간 경계가 비교적 명확하다. 이는 데이터 수집과 분석, 자동화된 의사결정 체계를 구축하기에 매우 유리한 조건을 제공한다.

본 고찰에서는 AI 시대를 맞아 PC 공법에서 BIM을 단순한 설계 지원 도구가 아닌, 설계·제작·운송·시공·유지관리를 통합하는 디지털 트윈 플랫폼으로 활용하는 방안을 전 생애주기 관점에서 심층적으로 논의하고자 한다.

1. PC 공법의 산업화 특성과 정보 중심 관리의 필요성

PC 공법은 현장 타설 공법과 달리 공장 제작을 기반으로 한다는 점에서 본질적으로 산업화 건설 방식에 해당한다. 공장에서 제작되는 PC 부재는 일정한 환경 조건 하에서 품질 관리가 가능하며, 철근 배근, 콘크리트 타설, 양생 등 주요 공정을 체계적으로 관리할 수 있다. 이는 품질의 균질성을 확보하고, 현장 작업의 불확실성을 감소시키는 데 기여한다.

그러나 PC 공법은 그 특성상 초기 설계 단계에서의 의사결정이 프로젝트 전반에 미치는 영향이 매우 크다. 부재 분할 계획, 접합부 상세, 제작 순서, 설치 시퀀스 등이 설계 단계에서 충분히 검토되지 않을 경우, 제작 단계에서의 재작업, 운송 제약, 현장 시공성 저하로 이어질 수 있다. 이러한 문제는 단순한 현장 관리의 문제가 아니라, 정보 관리 체계의 미흡에서 비롯된 구조적 문제라 할 수 있다.



a) 현장 타설 공법
(출처 : linkedin.com)



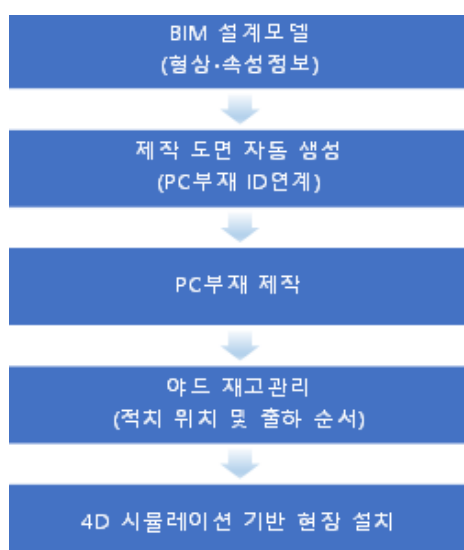
b) PC 공법
(출처 : nmbsplicesleeve.com(좌) steemit.com(우))



그림 2. 현장 타설 공법과 PC 공법 비교

특히 설계 단계에서 생성된 정보가 제작 및 시공 단계로 전달되는 과정에서 정보 손실이나 왜곡이 발생할 수 있다. 도면 기반의 정보 전달 방식은 해석의 차이를 발생시키며, 각 단계의 이해관계자가 동일한 정보를 공유하지 못하는 상황을 초래할 수 있다. 이는 PC 공법의 장점인 공기 단축과 품질 확보를 충분히 실현하지 못하게 만드는 요인으로 작용한다.

따라서 PC 공법에서는 형상 중심의 도면 관리가 아닌, 데이터 중심의 정보 관리 체계가 필수적이며, 이를 실현할 수 있는 핵심 기술이 바로 BIM이 될 수 있다.



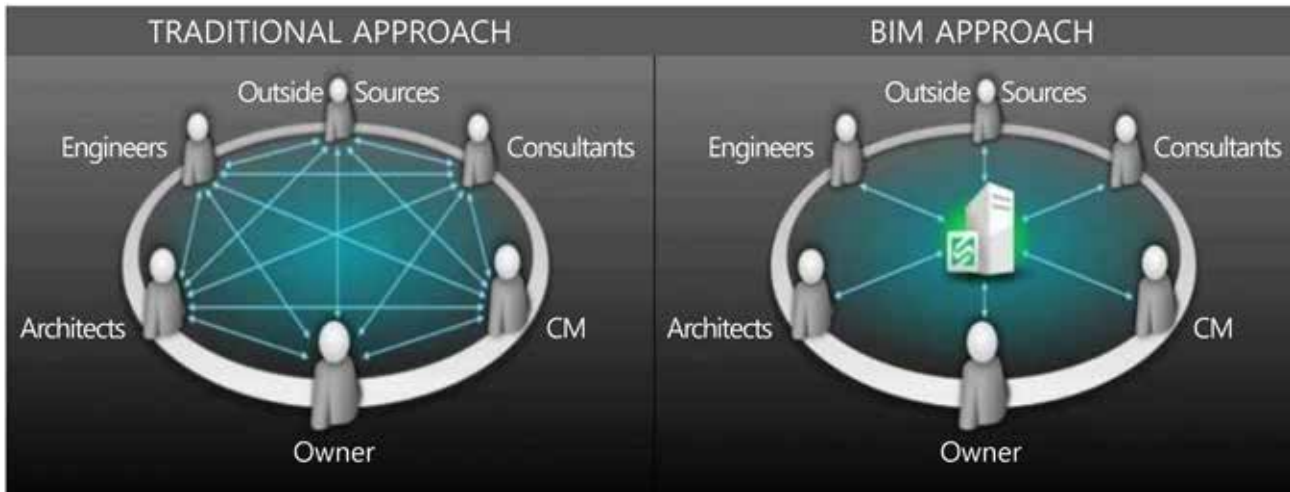
[그림 3] PC공법의 설계-제작-시공 연계 프로세스(BIM 활용)

2. BIM의 개념과 PC 공법에서의 적용 한계

BIM은 건축물의 물리적·기능적 정보를 3차원 모델로 구현하고, 이를 기반으로 다양한 정보를 통합 관리하는 기술이다. BIM 모델은 단순한 형상 정보뿐만 아니라 재료, 물량, 공정, 비용 등 다양한 속성 정보를 포함할 수 있으며, 이를 활용할 경우 설계와 시공 간의 정보 연계를 강화할 수 있다.

그러나 국내 PC 공법에서의 BIM 활용은 주로 설계 단계에 국한되는 경우가 많다. 많은 프로젝트에서 BIM은 3차원 모델링과 간섭 검토, 시각화 자료 제작을 위한 도구로 활용되며, 제작·시공 단계에서는 기존의 도면 중심 관리 방식이 유지된다.

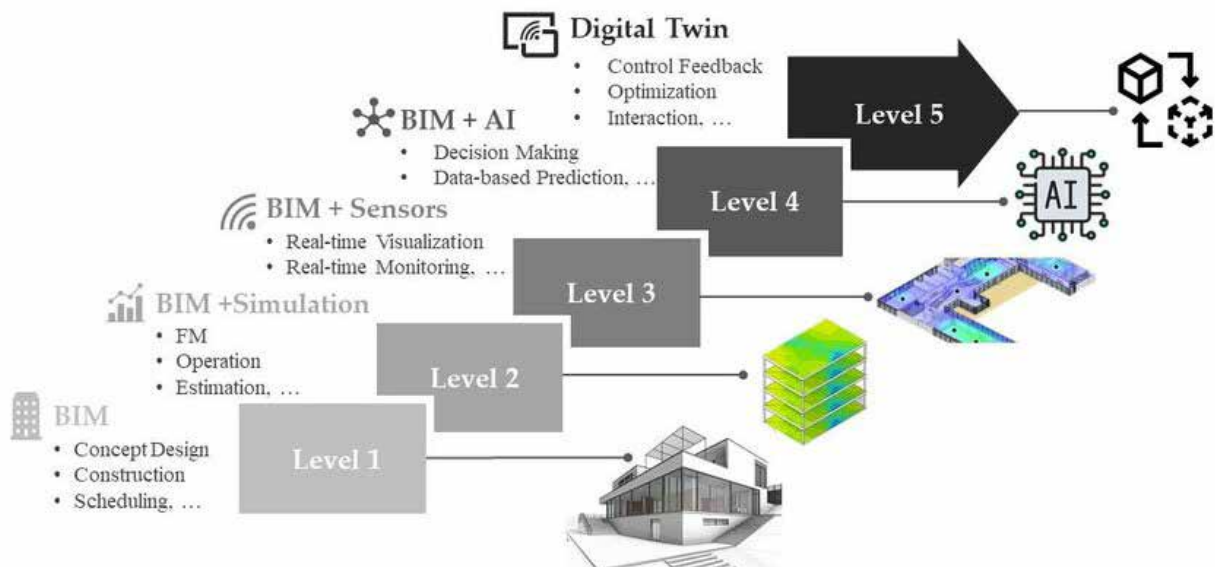
이러한 활용 방식은 BIM의 본래 목적을 충분히 실현하지 못하는 것으로, BIM 모델이 가지는 데이터 활용 가능성을 제한한다. 특히 PC 공법과 같이 부재 단위의 정보 관리가 중요한 경우, BIM 모델이 제작과 시공 단계까지 연속적으로 활용되지 못할 경우 그 효과는 크게 감소한다.



[그림 4] BIM DATA 활용에 따른 정보 흐름의 변화 (출처 : linkedin.com)

3. AI 기술 도입에 따른 BIM 역할의 근본적 변화

AI 기술의 도입은 BIM의 역할을 질적으로 변화시키고 있다. 기존 BIM이 설계자의 판단을 보조하는 도구였다면, AI와 결합된 BIM은 설계 및 시공 과정에서 능동적으로 대안을 생성하고 의사결정을 지원하는 시스템으로 기능할 수 있다.



[그림 5] BIM-Ai-Digital Twin 개념 관계 흐름도 (출처 : researchgate.net)

AI는 대규모 데이터를 학습하여 패턴을 인식하고, 과거 사례를 기반으로 미래 상황을 예측할 수 있다. 이러한 기능은 PC 공법과 매우 높은 적합성을 가진다. PC 공법은 반복 생산과 표준화된 공정을 기반으로 하므로, 데이터 축적과 학습이 용이하며, AI 적용 효과를 극대화할 수 있다.

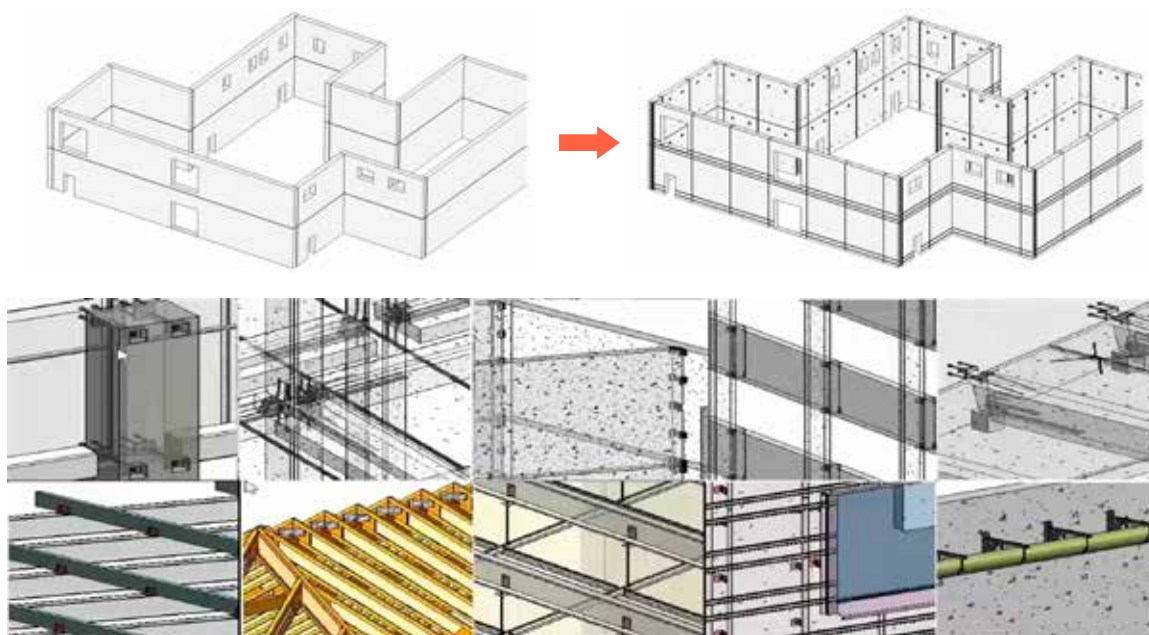
이러한 맥락에서 AI 시대의 BIM은 실제 프로젝트를 가상 공간에 구현한 디지털 트윈(Digital Twin)으로 확장된다. 디지털 트윈은 설계 단계에서 생성된 BIM 모델을 기반으로 제작, 시공, 유지관리 단계의 정보를 지속적으로 반영하며, AI는 이 데이터를 기반으로 예측과 최적화를 수행한다.

4. 설계 단계에서의 AI 기반 PC-BIM 활용 전략

PC 공법에서 설계 단계는 전체 프로젝트의 성패를 좌우하는 핵심 단계이다. 특히 PC 부재 분할 계획은 구조적 안정성 뿐만 아니라 제작성, 운송성, 시공성을 동시에 고려해야 하는 복합적인 의사결정 문제이다.

기존 설계 방식에서는 설계자의 경험과 과거 사례에 의존하여 부재 분할이 이루어지는 경우가 많았으며, 이는 프로젝트 조건이 달라질 경우 최적의 결과물을 보장하기 어렵다는 한계를 가진다. AI 기반 PC-BIM 설계에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 제약 조건을 데이터로 입력하고, AI가 이를 종합적으로 고려하여 다수의 설계 대안을 생성한다.

이를 통해 설계 단계에서부터 제작 및 시공 리스크를 사전에 제거할 수 있으며, 설계 변경으로 인한 시간과 비용 손실을 최소화할 수 있다.

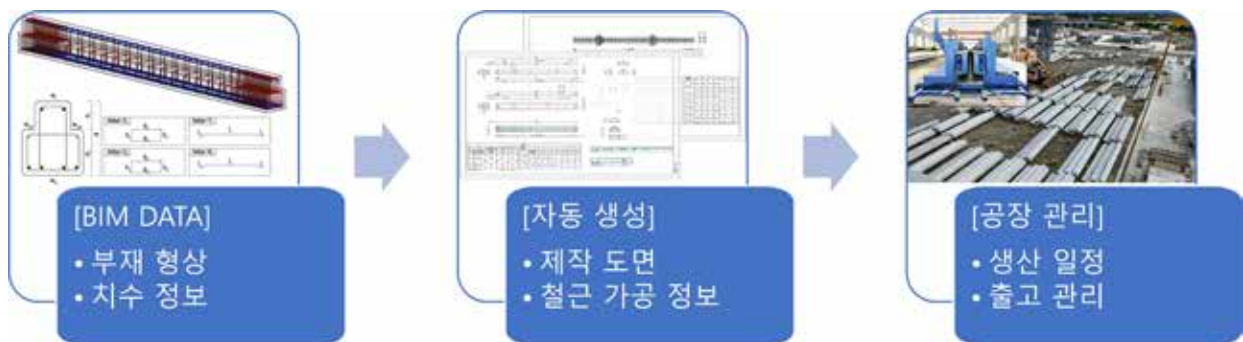


[그림 6] BIM 모델을 활용한 PC 부재 분할 및 접합부 3차원 검토 예시 (출처 : arkance.world/global)

5. 제작 단계에서의 BIM-AI 기반 스마트 생산 관리

제작 단계에서 BIM 모델은 단순한 참고 자료를 넘어 공장 생산을 직접적으로 지원하는 핵심 데이터로 활용될 수 있다. PC 부재의 철근 배근 정보, 매입철물 위치, 콘크리트 물량 등은 BIM 모델에 포함되어 있으며, 이를 활용할 경우 제작 도면 및 철근 가공 정보 등을 자동으로 생성할 수 있다.

AI는 과거 제작 데이터를 학습하여 제작 일정과 몰드 운영 계획을 최적화할 수 있다. 예를 들어 특정 부재 형상에 따른 제작 소요 시간, 불량 발생 이력, 양생 조건 등을 분석하여 생산 계획에 반영할 수 있다. 이는 생산성 향상과 품질 안정성 확보에 동시에 기여할 수 있다.



[그림 7] PC 부재 공장 제작 단계에서의 BIM 활용

6. 운송 단계에서의 PC 물류 최적화와 리스크 관리

PC 부재는 대형·중량 부재가 대부분이므로 운송 단계에서의 계획은 프로젝트 전반에 큰 영향을 미친다. BIM 모델에 포함된 부재 형상과 중량 정보를 활용할 경우, AI는 운송 적재 순서와 차량 배치 계획을 사전에 시뮬레이션할 수 있다.

이를 통해 운송 효율을 극대화하고, 현장 야적 공간을 합리적으로 활용할 수 있으며, 재양중과 같은 비효율적인 상황을 사전에 방지할 수 있다.

7. 시공 단계에서의 AI 기반 조립 시퀀스 및 안전 관리

시공 단계에서는 4D BIM과 AI를 결합하여 부재 조립 순서를 시간 축 상에서 검토할 수 있다. 이는 크레인 간섭, 작업자 동선 충돌, 위험 구간 발생 가능성 등을 사전에 예측하는 데 효과적이다.

또한 현장 스캔 데이터와 BIM 모델을 비교함으로써 설치 오차를 자동으로 검출할 수 있으며, 이는 품질 관리와 안전 관리 수준을 동시에 향상시킬 수 있다.



a) 크레인 작업반경 검토
(출처 : bentley.com(상)
diplan.daelim.co.kr(하))

b) 3D scan 및 BIM data에 의한
시공 품질검토
(출처 : autodesk.com(상)
thevoo.co.kr/(하))

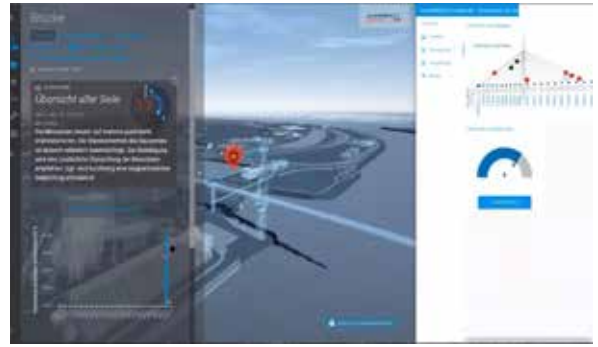
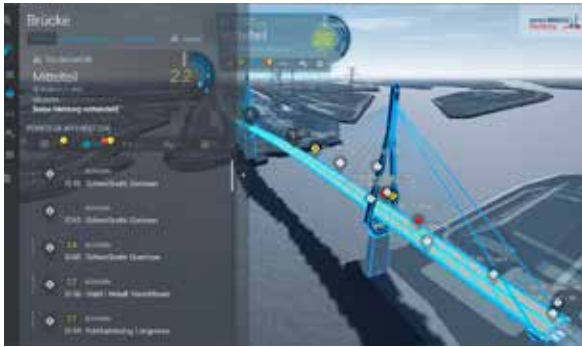
c) 시뮬레이션을 통한 장비 운용 및
시공 계획
(출처 : buildingsmart.or.kr)

[그림 8] 현장 시공단계의 BIM 활용 예시

8. 유지관리 단계에서의 디지털 트윈 확장 활용

PC 구조물은 부재 단위로 제작 및 시공 이력을 관리할 수 있다는 장점을 가진다. BIM 기반 디지털 트윈을 유지관리 단계까지 확장할 경우, 부재별 상태 정보와 점검 이력을 체계적으로 관리할 수 있다.

AI는 이러한 데이터를 기반으로 열화 가능성, 부재 처짐 등을 예측하고, 유지관리 우선순위를 제안함으로써 구조물의 생애주기 가치를 극대화할 수 있다.



[그림 9] 디지털 트윈을 활용한 구조물 유지관리 예시(출처: aecbytes.com)

9. 맺는말

AI 시대의 PC 공법에서 BIM은 설계 지원 도구를 넘어, 전 생애주기 의사결정을 통합하는 디지털 트윈 플랫폼으로 활용되어야 한다. BIM과 AI의 결합은 PC 공법의 산업적 경쟁력을 강화하는 핵심 요소가 될 수 있으며, 향후 건설산업의 지속 가능한 발전을 위한 중요한 전환점이 될 것이다.

참고문헌

1. 김성민, 박찬호, 이승훈(2018), 프리캐스트 콘크리트 구조의 설계 및 시공 사례 분석, 대한건축학회 논문집 구조계, 제34권 제6호, pp. 45-54.
2. 한국프리캐스트콘크리트공업협동조합(2021), 프리캐스트 콘크리트 공법 설계·시공 가이드라인, 한국프리캐스트콘크리트공업협동조합.
3. 조성훈, 김동현(2017), 국내 BIM 적용 현황과 확산을 위한 정책적 과제, 한국건설관리학회 논문집, 제18권 제2호, pp. 21-30.
4. 국토교통부(2020), 건설산업 BIM 적용 기본지침, 국토교통부.
5. 김재훈, 이정호, 박영민(2019), BIM 기반 프리캐스트 콘크리트 부재 설계 및 시공성 검토 방안, 한국콘크리트학회 논문집, 제31권 제4호, pp. 389-398.
6. Gartner (2023),
Top Strategic Technology Trends: Digital Twins and AI in Construction, Gartner Research.
7. Tao, F., Zhang, M., Liu, Y., & Nee, A. Y. C. (2019), "Digital Twin in Industry: State-of-the-Art", IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 15, No. 4, pp. 2405-2415..
8. Boje, C., Guerriero, A., Kubicki, S., & Rezgui, Y. (2020), "Towards a Semantic Construction Digital Twin", Automation in Construction, Vol. 114.
9. 박문서, 김예진, 정성훈(2021), AI 기반 스마트 건설 기술 동향 및 적용 전략, 한국건설기술연구원(KICT).
10. 강태욱(2021), 스마트 시설물 유지관리 지원을 위한 디지털 트랜스포메이션 기술 연구, 한국건설기술연구원(KICT).
11. 국토교통부·한국시설안전공단(2022), 시설물 유지관리 디지털 전환 로드맵, 국토교통부.



일본 건설현장과 PC제조공장 견학

임병호 전 한국오션플랫폼 이사

- 목 적 | 한일 PC협회 교류, PC주택현장 / 공장견학
- 일 시 | 2025. 10. 22(수) ~ 10. 24(금) : 2박 3일
- 참 석 | 이원호 회장, 이진섭, 권순영, 노희철, 김희수, 박용선, 임병호, 이재민, 황의민, 곽상권, 김민수 (존칭생략)

1. 서론

최근 국내 건설산업은 급격한 환경 변화와 함께 새로운 도전에 직면하고 있습니다. 건설 현장의 인력 부족 문제가 심화되고 있으며, 공사기간 단축과 품질 향상에 대한 요구는 날로 높아지고 있습니다. 이러한 상황에서 프리캐스트 콘크리트(PC) 공법은 건설산업의 생산성 향상과 품질 확보를 위한 핵심 솔루션으로 주목받고 있습니다.

일본은 1960년대부터 PC 공법을 적극적으로 도입하여 기술을 발전시켜 왔으며, 현재 세계적으로 가장 앞선 PC 기술력을 보유하고 있습니다. 특히 공동주택 분야에서 PC 공법의 적용 범위를 지속적으로 확대해 왔으며, 설계부터 시공, 품질관리에 이르기까지 체계적인 시스템을 구축하고 있습니다. 또한 일본프리패브협회와 같은 산업 단체를 중심으로 기술 표준화와 품질 향상을 위한 노력을 지속해 오고 있습니다.

이번 출장은 이러한 일본의 선진 PC 기술을 직접 확인하고 우리 협회의 기술 경쟁력 강화 방안을 모색하기 위해 2박 3일간의 짧은 일정으로 기획되었습니다. 주요 일정으로는 PC 공동주택 현장 견학을 통한 실제 시공 사례 분석, 일본프리패브협회와의 미팅을 통한 양국 간 기술교류 협력방안 논의, JPCI(Japan Precast Concrete Institute) 학술대회 참가를 통한 최신 기술 동향 파악 및 KPCI 소개, 그리고 주요 PC공장 견학을 통한 생산 시스템 벤치마킹 등이 포함되었습니다.

또한 이번 출장에서는 한일 양국의 건설경기 동향과 전망을 공유하고, 최근 건설산업의 주요 이슈들에 대해 심도 있는 논의를 진행함으로써 향후 우리 산업의 발전 방향을 모색하고자 하였습니다. 본 보고서에서는 이번 출장을 통해 습득한 선진기술과 시사점들을 정리하여, 우리 협회사들의 기술력 향상과 경쟁력 강화를 위한 구체적인 방안을 제시하고자 합니다.

일 정	장 소
1일차	PC공동주택 현장 견학 [타게나카 고탄다 2-3 현장]
2일차	일본프리패브협회
	JPCI만찬회 참석 및 KPCI 소개
3일차	주)建研 시가공장 견학



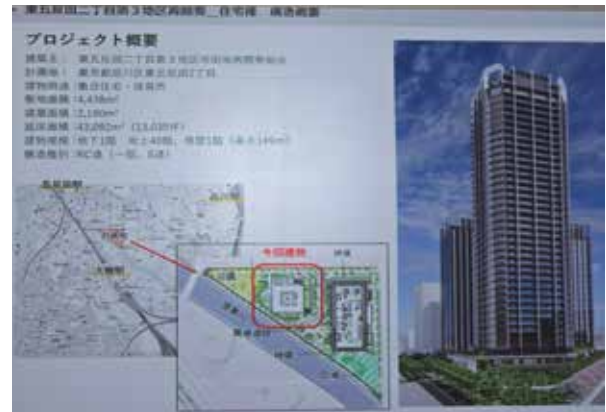
1일차 (10/22) : PC 현장견학 (타게나카 고탄다 2-3지구 재개발 현장)

2. 현장 개요

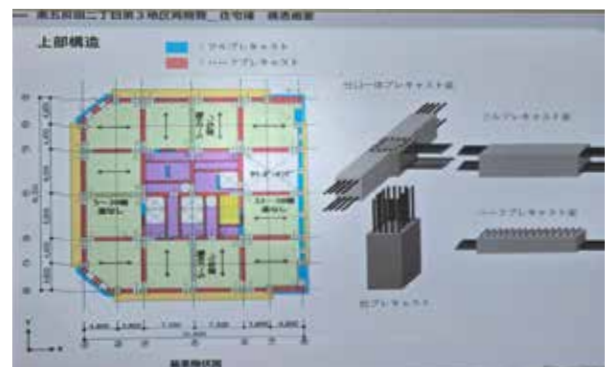
위 치	타게나카 도쿄 2-3 공동주택 현장
사업개요	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 연면적 : 43,092 m²(13,035평) ❖ 건물용도 : 공동주택 (389세대) ❖ 건물층수 : 지하1~지상40층, PH ❖ 구조형식 : 지하1~지상4층 RC 지상4~40 PC
PC설계	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 기둥 (단면 - 1220x1330~1000x840 강도 - 36 ~ 80 Mpa) ❖ 보 (단면 - 800x910~1140x700 강도 - 30~60 Mpa) ❖ 슬라브 (단면 - T 200 (스판크리트) 강도 - 30 Mpa)



현장 전경



현장 개요



구조평면 및 구조체 PC



크레인 설치 및 양중 범위

● 구조 설계 및 부재 특성

본 현장에 적용된 PC 부재는 고층 건축물의 하중 조건을 고려하여 고강도 콘크리트가 적용되었습니다. 기둥 부재의 경우 단면이 1220×1330mm에서 1000×840mm까지 다양하게 설계되었으며, 콘크리트 강도는 36MPa에서 최대 80MPa까지 적용되어 상층부로 갈수록 부재 단면을 최적화할 수 있도록 계획되었습니다. 보 부재는 800×910mm에서 1140×700mm의 단면을 가지며, 30MPa에서 60MPa의 강도가 적용되었습니다. 슬라브는 두께 200mm의 T형 스파콘크리트가 사용되었으며, 30MPa 강도의 콘크리트가 적용되었습니다.

특히 주목할 만한 점은 본 현장에 제진장치(Damper)가 적용되었다는 것입니다. 40층의 초고층 건물 특성상 풍하중과 지진에 대한 구조적 안정성 확보가 필수적이며, 이를 위해 제진장치를 주요 구조부에 설치하여 건물의 진동을 효과적으로 제어하고 있습니다.

● 시공 공정 및 효율

본 현장의 가장 큰 특징 중 하나는 층당 6일이라는 매우 빠른 공정입니다. 이는 코어 부분을 철근콘크리트로 시공하고 계단실을 PC로 시공하는 하이브리드 방식을 통해 달성되었습니다. 현장은 2개 공구로 분할하여 타워크레인 2기를 동시에 운영함으로써 작업 효율성을 극대화하였습니다.

PC 부재는 부재 종류별로 납품업체를 분리하여 안정적인 물량 공급체계를 구축하였으며, 통상적으로 6개월 전에 발주하여 계약을 진행하고, 현장 반입은 부재 제작 후 강도 발현을 위해 2주에서 4주 후에 이루어지도록 관리하고 있습니다. 이러한 선제적인 자재 관리는 공정 지연을 방지하고 안정적인 시공을 가능하게 하는 핵심 요소입니다.

● 건식접합 시스템

현장에서 가장 인상적이었던 기술은 건식접합 시스템의 적용이었습니다. 보와 기둥의 접합은 수평 슬리브 방식을 채택하여 현장 습식 작업을 최소화하였으며, 보와 보의 접합 역시 동일한 방식으로 시공되고 있습니다. 큰 보와 작은 보가 만나는 접합부, 그리고 제진장치와 보가 연결되는 접합부는 정밀하게 설계된 철물과 슬리브를 통해 구조적 일체성을 확보하고 있습니다.

기둥 하부에는 레벨 조정용 볼트와 철근 위치 고정용 뼈대가 설치되어 정밀한 부재 설치가 가능하도록 하였으며, 기둥 철근의 정확한 배근을 위해 템플레이트를 활용하고 있습니다. 제진장치 설치를 위한 양카홀은 코러케이트(corrugated tube)를 이용하여 PC 부재 제작 단계에서 미리 형성하여 현장 작업의 효율성을 높였습니다.

● 슬라브 시공 및 동바리 시스템

PC 슬라브 하부에는 안전과 품질 확보를 위해 서포트(동바리)를 설치하고 있으며, 특히 콘크리트 타설 전에 동바리를 전시공하여 공기를 단축하는 방식을 적용하고 있습니다. 이를 위한 전용 철물이 개발되어 사용되고 있으며, 이는 안전성과 시공성을 동시에 향상시키는 효과적인 방법으로 평가됩니다.

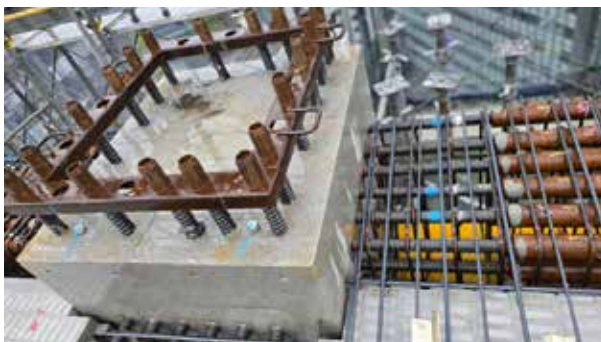
외부에는 노출 발코니가 PC로 제작되어 설치되었으며, PC 계단실은 공장에서 완제품으로 생산되어 현장에서는 양중 및 설치만 진행함으로써 현장 작업을 대폭 줄였습니다. 현장에서는 3D 공정 시뮬레이션을 활용하여 작업 순서와 타워크레인 양중 계획을 사전에 검토하고 최적화함으로써 시공 품질과 안전을 확보하고 있습니다.



시공중인 바닥(PC보+PC슬라브)



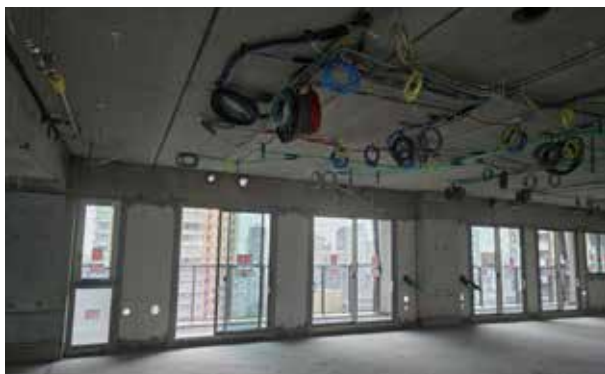
PC슬라브의 경사걸침



PC기둥-PC보 접합부



PC기둥-PC보 수평 슬리브연결



내부 천정(후시공 전기설비)



철골 댐퍼



PC보-PC보 접합구간(현장타설)



PC기둥-PC보 시공 전경



비내력코아PC벽 및 PC계단



바닥 마루 시공

• 질의응답

Q. 슬라브 시공 및 동바리 시스템

A. 고층 주택 공사 현장 특성상 현장근로자 수급, 공기, 품질 등을 고려해서 결정

Q. RC/PC를 비교해 PC의 장점은 ?

A. 공사 난이도 감안, 주요부재에 대한 품질확보, 공기, 인력 등 가격을 제외한 전부분에서 우수함

Q. PC 납품처 선택 기준 및 방식은 ?

A. 품질 인증된 공장중에 생산여력 등을 고려하여 입찰을 통해 선정,

A. 부재 TYPE 별 선정, 가격은 시장상황에 따라 상이

Q. PC 부재 현장 반입 리드타임은 ?

A. 통상 6개월 전 발주(계약), 현장반입은 2주~4주 후 강도 발현 후 반입

Q. RC/PC 공법에 대한 입주자의 평가나 RC공사비 수준으로 네고에 대한 요구는 없는지 ?

A. 전반적인 품질과 공기에 대한 만족도가 PC가 높으며 PC공사비 수준으로 제안하므로 그런 요구는 없다

Q. 이번 현장 규모를 연간 어느정도 수행하는가 ?

A. 전국적으로 대략 5~6개현장을 수행하며, 관리직원들은 PC현장을 선호한다. 여러이유에서...



현장소장과의 질의응답



기념 사진



3. 일본 프리패브 협회 사무국 방문



- 2025년 10월 23일, 도쿄 치요다구에 위치한 일본 프리패브 협회 사무국을 방문하여 양국 PC 산업 발전을 위한 협력 방안을 논의하였습니다.
- 협회에서는 먼저 일본 프리패브 협회의 조직 운영 체계와 회원사 구성에 대해 설명을 들었습니다. 일본 협회는 PC 제조사, 시공사, 설계사 등이 유기적으로 연계된 생태계를 구축하고 있으며, 기술 표준화, 품질 인증, 교육 훈련 등 산업 전반에 걸친 종합적인 지원 기능을 수행하고 있습니다. 특히 정부 및 관련 기관과의 긴밀한 협력을 통해 제도적 기반을 마련하고, 이를 바탕으로 PC 공법의 시장 확대를 지속적으로 추진해 온 점이 인상적이었습니다.
- 일본의 PC 시장 현황에 대한 논의에서는 공동주택, 상업시설, 공공시설 등 다양한 용도로 PC 공법 적용이 확대되고 있으며, 최근 10년간 꾸준한 성장세를 보이고 있다는 설명을 들었습니다. 이러한 시장 확대의 배경에는 협회 차원의 체계적인 홍보 활동과 함께, 발주처와 최종 수요자에게 PC 공법의 장점을 효과적으로 전달하기 위한 다양한 노력이 있었습니다. 특히 품질 향상, 공기 단축, 안전성 확보 등 정량적인 데이터를 기반으로 PC 공법의 우수성을 입증해 온 점이 시장 확대의 핵심 요인으로 작용했습니다.
- 기술 표준화 및 품질 관리 체계에 대해서도 심도 있는 논의가 이루어졌습니다. 일본은 PC 부재 생산부터 현장 시공까지 전 과정에 걸친 표준화 체계를 구축하고 있으며, 엄격한 품질 인증 제도를 통해 높은 수준의 품질을 유지하고 있습니다. 공장 인증, 부재 인증, 시공 인증 등 단계별 품질 관리 시스템과 함께, 설계 표준 및 시공 매뉴얼을 지속적으로 업데이트하여 최신 기술을 반영하고 있습니다. 또한 신기술 개발 시 표준화 프로세스를 체계적으로 진행하여 검증된 기술이 현장에 적용될 수 있도록 관리하고 있습니다.
- 인력 양성과 관련하여서는 설계자, 시공 관리자, 생산 기술자 등 직군별로 특화된 교육 프로그램을 운영하고 있으며, 자격증 제도를 통해 전문성을 인정하고 있다는 점을 확인했습니다. 특히 대학 및 연구기관과의 산학 협력을 통해 이론과 실무를 겸비한 인재를 양성하고, 신입 인력 유입을 위한 적극적인 홍보 활동도 병행하고 있습니다.
- 최근 기술 개발 동향에 대한 논의에서는 디지털화, 자동화, BIM 적용 등 스마트 건설 기술의 도입이 활발하게 진행되고 있으며, 탄소중립 실현을 위한 친환경 PC 기술 개발에도 주력하고 있다는 설명을 들었습니다. 내진 및 제진 설계 기술은 지속적으로 고도화되고 있으며, 초고층 및 장스팬 구조물 적용을 위한 기술 개발도 협회 차원의 공동 연구개발 프로젝트로 추진되고 있습니다.

- 법규 및 제도적 측면에서는 PC 공법 적용을 촉진하기 위한 다양한 법적 장치와 건축 인허가 과정의 간소화 제도가 마련되어 있으며, 공공 발주 시 PC 공법 적용이 권장되고 있다는 점을 확인했습니다. 이러한 제도적 지원은 민간 부문의 PC 공법 선택을 유도하는 중요한 역할을 하고 있습니다.
- 경제성 측면에서는 PC 공법이 RC 공법 대비 초기 공사비는 다소 높을 수 있으나, 공기 단축에 따른 간접비 절감, 품질 향상, 하자 감소 등을 종합적으로 고려하면 전체 생애주기 비용 측면에서 경쟁력이 있다는 점을 강조했습니다. 또한 부재 표준화와 공장 가동률 향상을 통한 지속적인 원가 절감 노력도 이루어지고 있습니다.



일본프리패브협회 집행부



일본프리패브협회 소개



일본프리패브협회에 질의와 답변



상호협력방안 논의



- 이번 협의에서는 한일 양국 협회 간 지속적인 기술 교류 협력 방안에 대해서도 구체적으로 논의하였습니다. 정기적인 공동 세미나 및 워크숍 개최, 기술 자료 및 연구 보고서 상호 공유, 회원사 간 현장 및 공장 견학 프로그램 운영, 젊은 기술자 교류 프로그램 등 다양한 협력 방안이 제시되었습니다. 양측은 이러한 교류를 통해 상호 발전을 도모하고, 나아가 국제 학술대회 공동 개최 등으로 협력 범위를 확대해 나가기로 의견을 모았습니다.
- 마지막으로 일본 PC 산업이 직면한 도전 과제에 대해서도 솔직한 의견 교환이 이루어졌습니다. 건설 인력 부족, 원자재 가격 상승, 건설 경기 변동 등은 양국이 공통적으로 겪고 있는 문제이며, 이에 대한 해결 방안을 함께 모색해 나가는 것이 필요하다는 데 공감대를 형성했습니다. 특히 모듈러 건축 등 신공법과의 차별화된 경쟁력 확보와 신규 적용 분야 개척을 위한 지속적인 노력이 필요하다는 점을 확인했습니다.
- 이번 협의를 통해 일본이 어떻게 PC 산업을 체계적으로 발전시켜 왔는지 이해할 수 있었으며, 협회의 역할이 단순한 이익 단체를 넘어 산업 생태계 전체를 육성하고 발전시키는 핵심 주체로 기능하고 있음을 확인할 수 있었습니다. 이는 국내 PC 산업 발전을 위한 중요한 벤치마킹 사례가 될 것으로 판단됩니다.



2일차 (10/23) : 일본프리패브협회 / JPCI학술대회

4. JPCI학술대회

- 2025년 10월 23일 오후, 후쿠이현 호텔 후지타에서 개최된 제34회 프리스트레스트 콘크리트 발전에 관한 심포지엄 및懇親會(간친회)에 참석하였습니다. 이번 행사는 일본 프리스트레스트 콘크리트 공학회(JPCI)가 주관하는 연례 학술행사로, 일본 전역의 PC 관련 학계, 산업계, 연구기관 전문가들이 한자리에 모여 최신 기술 동향과 연구 성과를 공유하는 자리였습니다.



JPCI 개최식



JPCI 집행부 기념사

- 심포지엄에서는 프리스트레스트 콘크리트 기술의 최신 연구 성과와 실무 적용 사례에 대한 다양한 발표가 이루어졌습니다. PSC 거더의 장스팬화 기술, 고강도 재료 적용 사례, 내구성 향상을 위한 신공법 등이 주요 주제로 다루어졌으며, 특히 노후 PC 구조물의 유지관리 및 성능 평가 기법에 대한 발표가 주목을 받았습니다. 또한 초고층 건축물에 적용된 프리스트레스 기술, 내진 및 제진 성능 향상 기법, 그리고 BIM 기반 생산-시공 통합 관리 시스템에 대한 발표는 향후 국내 PC 산업의 디지털 전환을 위한 중요한 참고 자료가 될 것으로 판단되었습니다.

- 이번 심포지엄에서는 KPCI 대표단으로서 한국 PC 산업의 현황과 기술 수준을 소개하는 시간도 가졌습니다. 국내 PC 산업의 성장 과정, 주요 적용 사례, 그리고 기술 개발 동향을 발표하며 일본 전문가들의 관심을 이끌어냈습니다. 질의응답 시간에는 양국의 PC 기술 적용 환경 차이, 설계 기준, 시공 품질 관리 방법 등에 대한 활발한 토론이 이루어졌으며, 특히 한국의 초고층 공동주택 분야 PC 적용 경험에 대해 많은 관심을 받았습니다.



한국PC기술협회(KPCI) 소개



KPCI와 JPCI의 협력 제안

- 저녁에 개최된 간담회에서는 일본 프리스트레스트 콘크리트 공학회 주요 임원진 및 학계, 산업계 인사들과 편안한 분위기에서 교류할 수 있었습니다. KPCI와 JPCI 간 정기적인 학술 교류 협력 방안에 대해 논의하였으며, 상호 학술대회 참석, 공동 연구 프로젝트 추진, 젊은 연구자 및 기술자 교류 프로그램 운영 등 구체적인 협력 방안에 대해 의견을 나누었습니다. 또한 초고강도 콘크리트 적용, 초장스팬 구조물 설계, 친환경 기술 개발 등 양국 공통의 기술적 과제에 대한 공동 대응 가능성에 대해서도 긍정적인 의견이 교환되었습니다.



KPCI와 JPCI의 협력 제안



교류의 시간

- 이번 JPCI 심포지엄 참석을 통해 일본 PC 학계와 산업계의 최신 연구 동향을 직접 확인하고 KPCI의 국제적 위상을 제고할 수 있었으며, 향후 지속적인 기술 교류의 기반을 마련할 수 있었습니다.



5. 주식회사 켄켄(建研)의 시가 공장을 방문

- 출장 마지막 날인 2025년 10월 24일, 시가현 고가시에 위치한 주식회사 켄켄(建研)의 시가 공장을 방문하여 PC 부재 제조 시설과 생산 공정을 견학하였습니다. 켄켄은 일본 PC 산업을 대표하는 전문 제조업체로, 높은 품질 관리 수준과 체계적인 생산 시스템으로 업계에서 인정받고 있는 기업입니다.



● 공장 개요 및 인증 현황

시가 공장은 시가현 고가시 미즈구치초에 위치하고 있으며, 제조설비 면적 36,649㎡, 야적장 면적 16,541㎡를 포함하여 총 53,190㎡의 부지를 보유하고 있습니다. 연간 생산능력은 약 20,000㎡이며, 벽식 부재, 라멘조 부재, 커튼월, 싱글T 슬래브 등 다양한 PC 제품을 생산하고 있습니다.

특히 주목할 만한 점은 공장이 보유하고 있는 각종 품질 인증입니다. 일본프리패브협회로부터 PC 부재 품질 인정공장으로서 N 등급 및 H 등급 인정을 받았으며, ISO 9001 품질경영시스템 인증을 획득하였습니다. 또한 JIS A5373(프리캐스트 프리스트레스드 콘크리트 제품 II) 인증을 보유하고 있어, 체계적인 품질 관리 시스템 하에서 생산이 이루어지고 있음을 확인할 수 있었습니다.

● 생산 시설 및 공정

공장 견학은 철근 가공 및 조립 구역부터 시작되었습니다. 철근 조립장에서는 정밀하게 가공된 철근들이 체계적으로 관리되고 있었으며, 숙련된 작업자들이 도면에 따라 정확하게 배근 작업을 수행하고 있었습니다. 철근 조립 작업은 전용 지그와 템플릿을 활용하여 높은 정밀도를 유지하고 있었으며, 특히 복잡한 형상의 기둥과 보 합성 부재의 경우에도 체계적인 공정 관리를 통해 품질을 확보하고 있었습니다.

자재 관리 측면에서는 철근, 인서트, 앵커 등 모든 자재가 종류별, 규격별로 명확하게 구분되어 보관되고 있었습니다. 각 자재에는 식별 표시가 부착되어 있어 작업자가 필요한 자재를 신속하고 정확하게 찾을 수 있도록 관리되고 있었으며, 이러한 체계적인 자재 관리는 생산 효율성 향상과 품질 오류 방지에 크게 기여하고 있는 것으로 판단되었습니다.

생산장에서는 다양한 형태의 PC 부재가 제작되고 있었습니다. 기둥과 보가 일체화된 합성 부재는 공장에서 미리 조립되어 생산됨으로써 현장 작업을 최소화하고 있었으며, 부재 하부에는 현장 접합을 위한 철근이 정확한 위치에 노출되어 있었습니다. 특히 기둥 상부와 보 상부의 배근 상태와 거면면(러프닝) 처리는 매우 정밀하게 시공되어 있어, 후속 콘크리트 타설 시 일체화가 확실하게 이루어질 수 있도록 준비되어 있었습니다.



공장 부지 전경

● 품질 관리 및 마감 처리

탈형 후에는 전수 검사를 통해 부재의 품질을 확인하고, 미세한 표면 결함이나 모서리 파손 부위에 대해서는 즉시 마감 보수 작업을 실시하고 있었습니다. 생산 마감 단계에서는 부재 표면의 평활도와 치수 정확도를 재차 확인하며, 특히 접합부가 되는 부위는 더욱 세밀하게 검사하고 있었습니다.

철근 보양 작업도 인상적이었습니다. 노출 철근의 나사산 부위는 캡이나 보호재로 철저히 보양하여 운송 및 보관 중 손상을 방지하고 있었으며, 인장 정착단 등 중요 부위는 별도로 표시하여 현장 시공 시 오류가 발생하지 않도록 관리하고 있었습니다. 또한 부재 인양을 위한 인양 벨트 위치가 명확히 표시되어 있어 안전한 양중 작업이 가능하도록 배려되어 있었습니다.

● 야적장 관리

공장 외부의 야적장은 넓은 면적에 걸쳐 체계적으로 구획되어 있었으며, 프로젝트별, 부재 종류별로 명확히 구분되어 보관되고 있었습니다. 각 부재에는 식별 번호가 부착되어 있어 출하 시 신속하게 해당 부재를 찾을 수 있도록 관리되고 있었습니다. 야적장의 바닥은 평탄하게 조성되어 있었으며, 적재 시 부재가 손상되지 않도록 받침목을 사용하고 있었습니다.

특히 경기장 관람석과 같은 대형 특수 부재도 안전하게 보관되고 있었으며, 장기간 야적되는 부재의 경우에도 품질 저하가 발생하지 않도록 주기적인 점검이 이루어지고 있다는 설명을 들었습니다.



PC보 제작(상부배근포함)



PC기둥 제작



부재 출하



콘크리트 타설



부속 자재 보관



철근 가공 공장



기동철근 조립



보철근 조립

● 안전 관리

공장 전역에는 안전 관련 표지판과 주의사항이 명확하게 게시되어 있었습니다. 크레인 작업 구역, 중장비 이동 경로, 위험 구역 등이 명확히 표시되어 있었으며, 작업자들은 안전 장구를 철저히 착용하고 있었습니다. 특히 인양 작업에 사용되는 로프와 슬링은 정기적으로 점검하여 안전사고를 예방하고 있었으며, 각 작업 구역에는 작업 시 주의사항이 일본어와 외국어로 병기되어 있어 외국인 근로자도 안전 수칙을 이해할 수 있도록 배려하고 있었습니다.

● 시사점

켄켄 시가 공장 견학을 통해 가장 인상 깊었던 점은 우수한 품질 관리 시스템과 철저한 정리정돈이었습니다. 공장 내 모든 작업 구역이 깨끗하게 정돈되어 있었으며, 자재와 공구들이 정해진 위치에 체계적으로 배치되어 있어 작업 효율성이 매우 높았습니다. 또한 각 공정마다 명확한 품질 기준이 설정되어 있고, 이를 준수하기 위한 체크리스트와 검사 시스템이 운영되고 있어 일관된 품질의 제품 생산이 가능한 것으로 판단되었습니다.

일본의 PC 제조 공장은 단순히 부재를 생산하는 것을 넘어, 설계 의도를 정확히 구현하고 현장 시공성을 최대한 고려한 제품을 공급하는 것을 목표로 하고 있었습니다. 이러한 생산 철학과 품질 관리 시스템은 국내 PC 제조업체들이 벤치마킹해야 할 중요한 요소이며, 특히 5S(정리, 정돈, 청소, 청결, 습관화) 활동을 통한 작업 환경 개선과 품질 향상 노력은 즉시 적용 가능한 개선 방안으로 평가됩니다.



배치플랜트



공장 방문 기념 사진

6. 맺음말

이번 일본 출장을 통해 PC 산업의 선진국인 일본의 기술 수준과 산업 생태계를 직접 확인하고, 국내 PC 산업 발전을 위한 많은 시사점을 얻을 수 있었습니다.

타케나카 건설의 고탄다 40층 초고층 PC 공동주택 현장에서는 총당 6일이라는 빠른 공정과 함께 체계적인 건식접합 시스템, 정밀한 부재 관리, 그리고 제진장치를 적용한 구조 설계 등 실무적인 시공 기술을 확인할 수 있었습니다. 특히 현장 관리자들이 PC 공법을 선호하고, 입주자들의 만족도가 높다는 점은 PC 공법이 단순히 공기 단축을 위한 선택이 아니라 종합적인 품질 향상의 솔루션임을 입증하는 사례였습니다.

일본 프리패브 협회와의 협의에서는 협회가 단순한 이익 단체를 넘어 산업 생태계 전체를 육성하고 발전시키는 핵심 주체로 기능하고 있음을 확인하였습니다. 기술 표준화, 품질 인증, 인력 양성, 제도 개선 등 다방면에서 협회가 주도적인 역할을 수행하며 PC 산업의 지속적인 성장 기반을 마련해 온 점은 국내 협회 운영에 중요한 참고가 될 것입니다.

JPCI 심포지엄 참석을 통해서는 일본 학계와 산업계의 최신 연구 동향을 파악하고, KPCI를 소개함으로써 국제적 위상을 제고할 수 있었습니다. 특히 양국 공동의 기술적 과제에 대한 공동 연구 가능성을 확인하고, 지속적인 학술 교류의 기반을 마련한 것은 이번 출장의 큰 성과입니다.

켄켄 시가 공장 견학에서는 우수한 품질 관리 시스템과 철저한 정리정돈, 그리고 체계적인 생산 관리를 통해 일관된 품질의 제품을 생산하는 과정을 직접 확인할 수 있었습니다. 각종 품질 인증과 함께 작업자 안전과 작업 환경 개선을 위한 노력은 국내 제조 공장들이 즉시 벤치마킹해야 할 부분입니다.

이번 출장을 통해 얻은 가장 중요한 교훈은 일본의 PC 산업이 오랜 시간에 걸쳐 기술 축적, 제도 정비, 품질 향상, 그리고 무엇보다 산학연관의 긴밀한 협력을 통해 현재의 수준에 도달했다는 점입니다. 국내 PC 산업 역시 단기간의 양적 성장을 넘어 질적 성장을 도모하기 위해서는 체계적인 기술 개발, 표준화 작업, 인력 양성, 그리고 제도 개선이 함께 이루어져야 할 것입니다. 특히 건설 현장의 인력 부족 문제가 심화되고 있는 국내 현실을 고려할 때, PC 공법은 선택이 아닌 필수입니다. 하지만 단순히 PC 공법을 적용하는 것을 넘어, 설계부터 제조, 시공, 유지관리까지 전 생애주기를 고려한 통합적인 접근이 필요합니다. 일본의 사례는 이러한 통합적 시스템 구축이 어떻게 이루어져야 하는지를 보여주는 좋은 모델입니다.

앞으로 KPCI를 중심으로 일본 프리패브 협회 및 JPCI와의 지속적인 교류를 통해 기술 정보를 공유하고, 공동 연구 프로젝트를 추진하며, 젊은 기술자들의 교류를 활성화해야 할 것입니다. 또한 이번 출장에서 확인한 선진 기술과 시스템을 국내 실정에 맞게 적용하기 위한 구체적인 실행 방안을 마련하고, 회원사들과 공유하여 산업 전체의 경쟁력 향상을 도모해야 할 것입니다.



한국PC기술협회 제1회 산행 단합대회

10개 회원사 임직원 36명 참석

회원사 단합을 위한 북한산 원효봉 등반 산행 행사 개최

신경수 연우피씨엔지니어링 전무

2006년 출범한 한국PC기술협회(전-한국복합화건축기술협회, 한국복합화PC기술협회)는 지난 20년간 회원들의 단합을 위한 구체적 활동을 하지 못하였다.

한국PC기술협회는 협회가 지향하는 “PC 공법의 보급 확대”, “PC 공법 기술 발전”, “업체 간의 협력 강화”등을 실현을 위해서는 협회 등록 회원사에 소속된 임직원들의 적극적인 참여가 무엇보다 중요하나 참여를 독려할 수 있는 계기가 없었다.

이에 2025년 새로운 집행부에 의해 “한국PC기술협회”로 협회 명칭을 변경하면서 협회 회원사의 단합을 통해 협회가 지향하는 목적을 달성하고자 협회 주관으로 2025년 11월 01일 “제 1 회 산행 단합대회”를 실시하였다.

이번 행사의 취지에 대해 협회 부회장 겸 기획 분과 위원장인 까뮤이앤씨의 권순영 전무는 한국PC협회 KPCI 회원방에 행사 취지에 대해 아래와 같이 강조하셨다.

“PC 엔지니어링사들도 앞으로 가입하셔서 PC 산업의 발전과 PC 사업 확대에 같이 힘을 합쳤으면 합니다. PC사와 엔지니어링사는 相生(상생)해야 동반 성장 할 수 있습니다. 한국 PC 기술 협회를 만든 것도 건설 패러다임은 중대 재해와 인력 부족. 기후 변화에 따른 공기 단축 대응 방안으로 OCS는 확대가 불가피하다고 판단되며, 이러한 변화에 맞게 PC 위상 정립과 사업 확대로 PC 발전에 목적이 있는 만큼 19번째 이후 회원사로 엔지니어 사들의 가입을 기대해 봅니다.

그동안 우리 협회 활동을 통해서 세미나, 공장방문, 현장 방문 등을 보면 회원사 젊은 무료 캐스터들의 참여와 관심이 높은 것만으로도 장래는 밝아 보입니다.

오늘도 PC서와 엔지니어링사가 본사에서 공장에서 현장에서 소통하며, 협조하며, 그리고 IMF 이후 급속히 회사를 만들고 지금까지 동고동락해왔고, 앞으로 PC 산업발전을 위해 함께 하지 않을 어떤 이유와 명분이 있는지 모르겠지만 대한민국 OCS 산업의 대표적 사업인 PC 산업의 발전을 위해 힘을 모았으면 하는 바람입니다. 더운 날씨 건강 잘 챙기시고 행복한 날 되시기를 바랍니다.



까뮤이앤씨 권순영 전무



행사진행 - 까뮤이앤씨 조정범 실장

위의 권순영 전무 행사 취지에도 밝혔듯이 PC 산업계는 회사 간의 경쟁보다 협력해야 동반 성장 할 수 있는 구조이다. 삼성전자/SK하이닉스와 같은 대규모 반도체 공장은 PC 구조로 건설되는 경우 단기간에 많은 물량의 자재를 생산하고, 야적 후 PC 공사가 시작되면 배송하여 조립 설치해야 하는 경우는 특정 소수 회사의 역량으로는 불가능하므로 다수의 PC 제조사들의 참여와 협력이 매우 중요하다.

이처럼 단기간에 물량이 많은 PC 부재가 필요로 하는 경우는 협력이 규모가 적은 프로젝트 경우 경쟁해야 한다. 협회 회원사 간의 협력과 경쟁이 필요하지만, 권순영 전무가 강조했듯이 건설 환경의 시대적 요구에 따라 PC 공법 활용 전망이 밝으며 PC 공법의 확산하여 시장이 확대되기 위해서는 협력이 더 중요하다.

이는 일찍이 2022~23년 코로나 사태로 인한 급격한 물류센터 건설이 급증하면서 PC 산업의 일시적 호황의 경험을 통해서 알 수 있다.

PC 공법의 세계적 확산과 PC 선진국에 비해 낮은 PC 공법 점유율을 가지고 있는 국내는 PC 활용 성장 잠재력이 높은 만큼 협회를 중심으로 한 회원사(PC 제조사와 설계사)들의 단합을 통한 PC 공법 확산에 대한 노력이 필요하다.

이번 행사는 이러한 측면에서 단순한 단합대회 이상의 특성이 있으며, 궁극적으로 PC 산업발전을 위해 힘을 모으는 계기로 삼고자 하는 것이 이번 행사의 중요한 취지라 할 수 있다.

이번 산행은 협회의 19개 회원사 중 “까뮤이앤씨, 동서피씨씨(동서PCC), 동진피씨이(동진PCE), 아이에스동서(IS 동서), 에스와이앤씨(SY이앤씨), 지피씨, 한국오션플랫폼, 삼표피앤씨, 연우PC엔지니어링, 아이스트피씨이앤지의 10개 회원사 임직원이 참여하였다.

당초 신청은 하였으나 사정상 참여치 못한 덕산GS, 한국콘크리트 산업, 삼일씨앤애스(삼일C&S), 태명실업, 대우에스티 등이 있어 이번 행사에 대해 협회 회원사 19개사 중 대다수가 관심을 가졌음을 알 수 있다.

이번 행사 신청은 회원사의 재직 임직원이 약 50여 명 하였고, 신청 후 사정상 미 참여한 회원을 제외하면 40명(협회 임직원 포함)이 행사에 참여하여 북한산의 단풍을 즐기면서 북한산 원호봉을 등반하였다.

행사 일정은 아래와 같이 진행되었다.

1부 동행 마당		
08:00 ~ 08:15	15분	▪ 집결 인원 체크 및 개인용품 지급
08:15 ~ 09:55	1시간 40분	▪ 북한산성 탐방지원센터 → 대서문 → 원호봉
09:55 ~ 10:25	30분	▪ 휴식 및 사진 촬영
10:25 ~ 12:00	1시간 35분	▪ 원호봉 → 대서문 → 북한산성 탐방 지원센터
2부 화합 마당		
행사 세부 일정	진행 시간	▪ 비고
중식 장소 입장	12:00	▪ 산행 종료 후 식사 장소 도착순 착석
인사말	12:00~12:10	▪ 협회장
중식	12:10~14:00	▪ 식사
폐회선언	14:10 ~	▪ 기획위원장

집결 장소는 고양 누리길 1코스 인증 스탬프 공터로 등산 출발지이며, 바로 옆에 점심 식사 장소(소풍)이 있었다.

행사 준비와 진행 까뮈이앤씨 직원분들 수고해주셨고, 집결지에 모이신 분들에게 김밥, 물, 기념 수건을 제공하였다.

등반은 애초 일정한 8:15분보다 늦은 8시 30분에 집합 장소에서 까뮤이앤씨 조정범 실장의 몸풀기 체조 후에 단체 사진 촬영을 하고 8시 50분에 시작하였다.

예정보다 늦게 출발하였으나 참여하신 분들의 적극적인 등산으로 원효봉 등산 후 하산해서 점심 장소에 도착은 대부분 12시 전에 완료하였다.

이번 행사를 위해서 까뮤이앤씨의 권순영 전무를 비롯한 직원분들이 많은 신경을 쓰셨는데 이는 준비한 행사 자료를 통해서도 확인할 수 있다.

일반적인 등반 모임이라면 문자나 카톡으로 "산행 장소(원효봉), 모임 장소, 시간"만 공지하면 되는데 아래와 같이 상세한 행사 자료를 만들어 카톡을 통해 배부하였는데 그간 이런저런 행사에 많이 참여했지만 이렇게 상세한 자료를 접한 것은 처음인 것 같다.

이런 상세한 행사 자료를 만든 것을 보면 처음으로 치러지는 행사라 신경을 많이 쓰셨고, 실지 행사는 무리 없이 진행되었다.





모처럼 화창한 날씨에 약간 쌀쌀한 기온은 등산하기에 매우 좋은 환경으로 참여한 분들은 기분 좋게 등산할 수 있었다.

출발지부터 목적지인 원효봉까지 1시간 20분 정도가 소요되었으며, 원효봉 정상에서 구경과 휴식을 하고, 다 함께 기념 사진을 촬영 후 하산하였다.

▶ 참여자 등산 모습





▶ 정상에서 기념사진 촬영

산행을 마치고 하산하여 12시경에 출발지 근처 식당에서 협회가 준비한 식사를 하면서 참여 회원사 참여자들의 소개가 있었다.

▶ 이원호 회장의 인사와 건배 제의





▶ 참여사 별 참가자 소개

이 자리에서 행사 전에 이진섭 삼표피앤씨 기술연구소장이 통솔로 협회 이원호 회장과 회원사 재직분들과 함께 일본 PC 산업계를 둘러본 소감을 들을 수 있었으며, 국내 PC 산업발전을 위해 젊은 PC 산업 인력을 대상으로 일본 PC 산업 견학 프로그램을 준비했으면 좋겠다는 의견을 이원호 회장, 이진섭 기술연구소장이 피력하였다.

이후 이원호 회장이 이번 행사 취지에 대한 설명과 참여한 분들에 대한 감사 인사를 하였으며, 내년 춘계 산행 계획 (2026년 4월 4일-예정)에 많은 참여 당부하셨다.

또한 이번 제1회 단합행사를 계기로 협회가 발전적인 노력으로 국내 PC 산업발전과 확산을 실현할 수 있도록 회원사의 적극적인 참여와 지원을 요청하였다.

국내에도 점차 OSC(Off-Site Construction) 건설 방식이 확산하고, OSC 방식의 대표적인 PC 공법의 확산이 필수적인 현실에서 그간 PC 산업의 발전으로 위해 한국PC기술협회의 역할이 중요한 시기에 회원사들의 단합을 끌어낼 수 있는 이번 단합대회는 상징적인 행사로 기록될 것이다.



회장단회의

- 일 시 | 2024년 7월 4일(목)
- 장 소 | 다래일식 (7개사)
- 안 건 | 협회발전에 대한 논의



PC 현장견학

- 일 시 | 2024년 7월 19일(금)
- 장 소 | 반포 1-3 지구 삼성건설 레미안현장
- 주 제 | ZTW 벽체 견학



회장단회의

- 일 시 | 2024년 9월 26일(목)
- 장 소 | 까뮤이앤씨 대회의실
- 안 건 | 협회발전에 대한 논의



세미나 개최

- 일 시 | 2024년 10월 22일(화)
- 장 소 | 동서피씨씨
- 서울 송파구 법원로 11길 11 현대지식산업센터 A동 7층 701호
- 주 제 | 일본 프리패브건축협회 소개 및 PC건축부회의 활동





PC 공장견학

- 일 시 | 2024년 11월 21일(목)
- 장 소 | (주)덕산지에스 진천공장 더블월 및 계단코아 목업 견학
- 충청북도 진천군 조평면 은암리 73-3 (조평로 1380)
- 내 용 | 공장에서 제조된 더블월 및 계단코아 목업견학



이사회 및 송년모임

- 일 시 | 2024년 12월 10일(화)
- 장 소 | 이마빌딩 6층 삼표 비즈니스센터
- 서울시 종로구 종로1길 42 수송동 이마빌딩 6층
- 송년모임 : 동성각 2층 (세문안로 9길 29-2)
- 주 제 | 2025년 협회 활동계획 논의 및 송년모임 개최





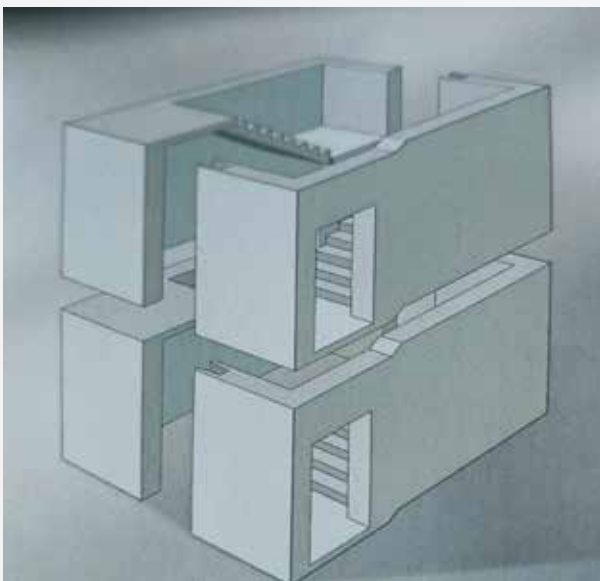
제1차 회장단회의

- 일 시 | 2025년 1월 8일(수)
- 장 소 | 까뮤이앤씨 본사 어펜덱스
- 안 건 | 1. 2025년 추진사업 확정 2. 협회 사무실 임대계약 3. 총회 (3월6일) 준비
4. 협회 예산 및 전반사항 5. 여직원 채용



PC 현장견학

- 일 시 | 2025년 1월 15일(수)
- 장 소 | 삼성건설 넥스트홈 Test-Bed
- 용인시 기흥구 중동 1025
- 내 용 | 공장에서 제조된 계단, 엘리베이터 샤프트, 전실을 “ㄷ” “ㅌ” “ㄱ” 자등 3D 레고 블럭 형태로 제작하여 쌓는 방식





제2차 회장단회의 및 현판식

- 일 시 | 2025년 2월 20일(목)
- 장 소 | 협회 회의실
- 안 건 | 1. 협회명칭 개정(안) 논의 2. 2025년 국제세미나 및 정기총회 준비 / 예산 논의
3. 협회이사 36명, 감사 2명, 위원장 10명 위촉



국제세미나 및 정기총회

통역 : 이진섭 삼표피앤씨 전무

- 일 시 | 2025년 3월 6일(목)
- 장 소 | 건설회관 2층 중회의실
- 주 제 | K건축, KPC 그리고 KPCI와 함께 하는 미래
- 발 표 | 협회소개 - PC기술협회 소개 (권순영 까뮤이앤씨 전무)
강연 1 - 일본 PC공동주택 관련 기술 및 연구개발현황 (니시야마 미네히로 일본 교토대학 교수)
강연 2 - 일본 초고층PC 공동주택 설계 및 시공 사례 (코무로 쓰토무 일본 대성건설 기술연구소 부장)
강연 3 - 국내 PC 공동주택 현황 및 시사점 (이범식 아이스트 기술연구원 원장)
강연 4 - PC 산업의 미래와 혁신방향 (이득행 충북대학교 교수)
강연 5 - OSC 기반 PC공동주택 활성화 방안 (이준성 이화여대 교수, OSC추진연구 단장)



제1차 이사회의

- 일 시 | 2025년 3월 6일(목)
- 장 소 | 가람국시 (강남구 언주로 135길 13)
- 안 건 | 1. 2024년 사업 및 결산보고 2. 2025년 사업계획 및 예산(안)심의 3. 협회발전에 대한 논의



PC건축 기술보급 및 확산을 위한 업무협약

- 일 시 | 2025년 4월 3일(목)
- 장 소 | 까뮤이엔씨 어팬덱스
- 안 건 | 대한경제와 한국피씨기술협회는 PC기술의 발전과 양질의 PC공동주택 확대보급을 위한 업무협약(MOU) 체결





제3차 회장단회의

- 일 시 | 2025년 4월 7일(월)
- 장 소 | 협회 사무실
- 안 건 | 1. 국제세미나 정리 2. 개정할 협회 이름 결정 3. 회원사 등급 4. 협회 축의금 및 부의금액수
5. 사무국 직원채용 6. 부위원장 선임 및 PC 논문상 협의 7. 협회차기일정 점검



PC 공장견학

- 일 시 | 2025년 4월 24일(목)
- 장 소 | GPC 음성공장방문
- 내 용 | 공장내부 및 PC공동주택 mock-up 참관행사





2025년 상반기 친선 골프대회 및 임시총회

- 일 시 | 2025년 5월 14일(수)
- 장 소 | 아시아나 C.C. 회의실
- 안 건 | 협회명칭 개정 등에 관한 논의
- 참 석 | 36명



PC 현장견학

- 일 시 | 2025년 6월 5일(목)
- 장 소 | 1. 평택 고덕산단2차 용수공급시설공사 (PC사 : 한국콘크리트산업)
2. 평택 어연 삼성전자로지텍 물류센터 신축공사 (PC사 : 케이이씨)





제4차 회장단회의

- 일 시 | 2025년 6월 23일(월)
- 장 소 | 까뮤이앤씨 본사 어팬덱스
- 안 건 | 1. 협회명칭 변경 요청공문 2. 회의비 지침 3. PC논문상 제도
4. 위원회구성 : 부위원장, 부회장 5. 2025년 하반기 일정 6. 홈페이지 구축
7. PC공장 소개서 모음집 8. 인센티브 : 공업화주택 인증제도, 저탄소인증 OSC 활성화
9. PC문제점 정리 10. 20C PC 역사 정리 11. 기타

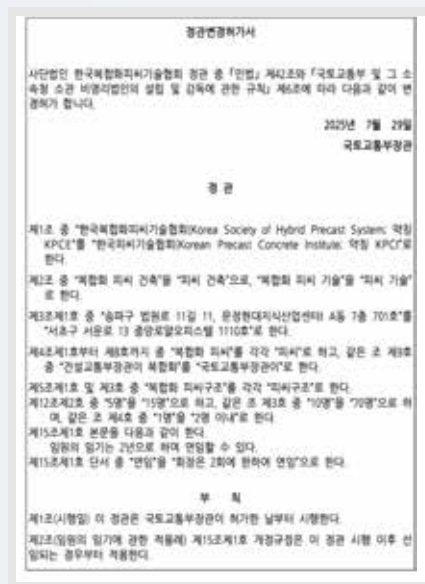


국토교통부에 협회 명칭 및 정관 개정

- 승인일자 | 2025년 7월 29일(화)
- 내 용 | (사)한국복합화피씨기술협회 → (사)한국피씨기술협회로 명칭개정
- 목 적 | PC산업 단체로서의 명확한 상호필요



협회 정관변경허가 국토교통부 공문



정관변경 허가서



제1차 데이터센터 PC화 및 면진화를 위한 표준모델 개발

- 일 시 | 2025년 7월 30일(수)
- 장 소 | 삼표P&C 회의실
- 내 용 | 1. 연구개요 설명 (한국PC기술협회 이원호 회장)
2. 데이터센터 구조시스템 사례분석 (건원엔지니어링 옥영무 전무)
3. 데이터센터 PC 공법 적용사례 (까뮤이엔씨 이창재 팀장)
4. 중간층 면진시스템 적용사례 (동일고무벨트 정인용 매니저)



제5차 회장단회의

- 일 시 | 2025년 8월 25일(월)
- 장 소 | 협회 사무실
- 안 건 | 1. 협회 업무보고 2. 뉴스 브리핑 모음집 발간 및 회원사현황 보고
3. 제4차 회장단회의 내용 점검 4. 2025년 하반기 일정 점검





제2차 데이터센터 PC화 및 면진화를 위한 표준모델 개발

- 일 시 | 2025년 9월 24일(수)
- 장 소 | 한국오션플랫폼 대회의실
- 내 용 | 1. 면진시스템과 프리캐스트콘크리트 (삼표P&C 이진섭 전무)
2. 건축물의 국내외 주요 면진구조 적용사례 및 전망 (유니슨 HKR)
3. 데이터센터 PC경제성 및 공사기간 (까뮤이엔씨 조정범 실장)
4. 하이브리드 면진+제진 시스템 (아이맥스트럭처)



데이터센터의 PC화 및 면진화 모델개발과 확산을 위한 업무협약

- 일 시 | 2025년 9월 24일(수)
- 장 소 | 한국오션플랫폼 대회의실
- 내 용 | 한국피씨기술협회와 면진제진협회와 대한경제는 AI·클라우드·빅데이터 산업확장에 따라 데이터센터 구축에 적합한 PC구조와 면진시스템의 표준모델을 개발, 보급·확산을 위한 업무협약(MOU) 체결





PC 공장견학

- 일 시 | 2025년 10월 14일(화)
- 장 소 | 아이에스동서 이천공장 견학
- 내 용 | PC mock-up 및 공장견학





2025년 하반기 친선 골프대회 및 임시이사회

- 일 시 | 2025년 10월 30일(목)
- 장 소 | 더크로스비G.C.
- 안 건 | 협회명칭 개정 등에 관한 논의
- 참 석 | 40명



등산모임

- 일 시 | 2025년 11월 1일(토)
- 장 소 | 북한산 원효봉
- 참 석 | 10개 회원사 임직원 36명





2025년 제6회 PC 산업 공동발전 포럼 후원

- 일 시 | 2025년 11월 21일(금) 09:30 ~ 16:30
- 장 소 | 건설회관 2층 중회의실
- 발 표 |
 1. PC라멘조 공동주택구조 및 외장시스템개발 (현대건설 문병욱 책임)
 2. 2경간 PC보통모멘트골조 시스템의 내진성능평가 (충북대학교 이득행 교수)
 3. SK HI-T PC BIM Solution “혁신여정” (SK에코플랜트 배상호 프로)
 4. 몰드전용용 및 생산품질 제고를 위한 PC부재 제작도 설계자동화 프로그램 (아주대학교 김진영 교수)
 5. PC구조실험 및 해석연구를 통한 공동발전 (서울대학교 강현구 교수)
 6. PC현장타설 콘크리트 경계면 전단설계 기준비교 (인천대학교 천성철교수)





제3차 데이터센터 PC화 및 면진화를 위한 표준모델 개발

- 일 시 | 2025년 11월 25일(화)
- 장 소 | 까뮤이엔씨 대회의실
- 내 용 | 1. 데이터센터 요구 역량 및 발전방향 모색 (한화솔루션 정기혁 파트장)
2. 데이터센터 PC 경제성 검토 <면진총을 중심으로> (까뮤이엔씨 조정범 실장)
3. 면진장치를 사용한 데이터센터의 국내현황 (한국PC기술협회 이원호 회장)



제6차 회장단회의

- 일 시 | 2025년 12월 19일(금) 17:30
- 장 소 | 반포갈비
- 안 건 | 1. 2026년도 사업일정 및 내용
1) 국제세미나 / 총회 / PC기술상 시상 2) 2026년 행사일정 3) PC아카이브구축
4) PC공장 인증원 5) 젊은 아카데미 6) 데이터센터 표준모델 개발
7) PC기술 교육 8) 뉴스 브리핑, 뉴스레터, 협회지 발간
2. 조직개편 3. 공지사향





2025 대한경제 건설대상 건설단체대상 수상

- 일 시 | 2025년 12월 17일(수)
- 장 소 | 건설회관 2층 대회의실
- 내 용 | 혁신적인 경영활동으로 건설산업발전과 기업의 사회적가치 제고에 크게 기여함.



제7차 회장단회의

- 일 시 | 2025년 12월 24일(수)
- 장 소 | 달개비 (조찬회의)
- 안 건 | 모듈러 건축 특별법 활성화 지원에 대한 특별법 논의





PC NEWS BRIEFING / NEWS LETTER 발간

- VOL 1, NO 48 | (발행일 : 2025. 12. 29)
- VOL 2, NO 02 | (발행일 : 2026. 01. 12)
- VOL 2, NO 11 | (발행일 : 2025. 12. 01)
- VOL 3, NO 01 | (발행일 : 2025. 01. 01)



제1회 PC 기술상

- 일 시 | 2026년 1월 22일(목)
- 장 소 | 건설회관 중회의실
- 목 적 | 우수한 PC기술 (논문과 설계)을 발굴, 시상함으로써 PC건축발전에 기여함.
- 결 과 | 2026년 1월 9일(금) Homepage에 발표 / 2026년 1월 22일(목) 시상함.

■ 제1회 Precast Concrete 기술상(논문/설계) 수상자



구 분		수상자	소속	비고
논문상	금상	김선훈	충북대학교	상장 및 상금 200만원
	은상	이혜지	경기대학교	상장 및 상금 100만원
	동상	안재연	서울대학교	상장 및 상금 50만원
	장려상	김윤정	경기대학교	상장
	장려상	조성원	한양대학교	상장

구 분		수상자	소속	비고
설계상	금상	채윤호	한양대학교	상장 및 상금 100만원
	동상	신희준	충북대학교	상장 및 상금 50만원
	장려상	최수빈	충북대학교	상장



KPCI 2025 일본 방문

- JPCI 학술대회 만찬 참가 및 KPCI 소개 인사 (10/23)
- 후쿠이비 피닉스센터



- PC 공장 견학 (10/24)
- 주식회사 켄켄 시가현 미즈구치 공장





건축사업 Architecture

주택사업 Housing

빠르고 바르게

짓
겟
습
니
다

P.C.사업 Precast Concrete

토목사업 Civil Engineering

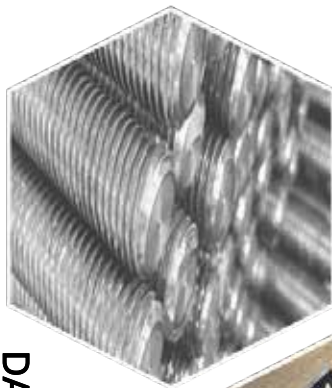
Perfect Connection, Engineered for your vision



(주)다성산업

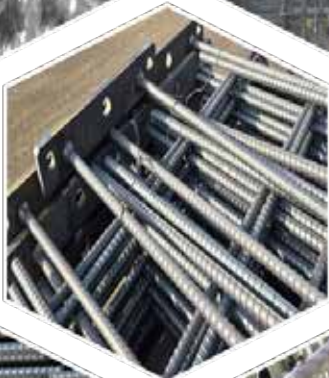
국내 PC산업 최고의 파트너가 되겠습니다.

맞춤형 제작 철물 , 현장의 신뢰를 잇는 가장 단단한 연결고리



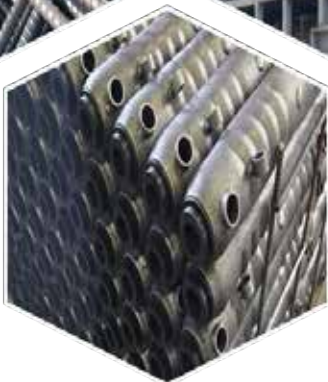
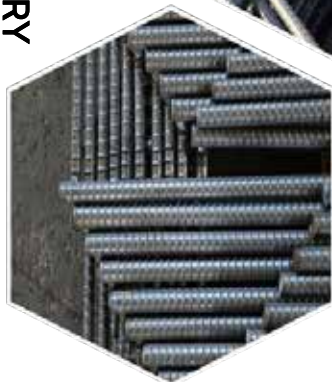
PC 철물

맞춤형
제작 철물



철근 나사 가공

절단부터
가공까지



Splice Sleeve

국내최초 1등급
강관형 슬리브

DASUNG INDUSTRY



(주)다성산업

충청북도 음성군 대소면 대금로 196번길 71 (음성공장)
T. 043-532-0441 F. 043-536-0442

Value Up Together

고객과 함께 최고의 가치를 추구하는 기업

대우에스티는 변화하는 건설시장과 산업환경 속에서 지속적인 혁신과 도전을 이어가고 있습니다.

연구개발과 기술투자에 집중하며, 첨단 PC 생산설비와 체계적인 품질관리 시스템을 통해 최고의 제품을 제공합니다.

‘최우선 안전’을 실천하여, 고객을 비롯한 모든 이해관계자들이 만족할 수 있도록 최선의 노력을 다할 것을 약속 드립니다.



PC 전문 첨단 생산시설



R&D 및 기술 개발



건축 구조물 PC



토목 구조물 PC

파주 운정 푸르지오 파크라인 - 라운드 벽체 PC

현장에서 구현하기 어려운 요소들을 PC화하여 공사 기간을 단축하고 시공 안전성 및 품질 향상

본사

서울특별시 중구 을지로 170
(을지트윈타워, 서관 6층)

Tel 02. 2288. 0959

Fax 02. 773. 8510

진천공장

충북 진천군 덕산읍 한삼로 289

Tel 043. 754. 7222

Fax 043. 536. 5076

DAEWOO ST

발행년도 2025

www.daewoost.com



쌓아 올리는 시대에서, 조립하는 시대로
We Assemble the World

기업목표와 핵심가치

VISION

“Green & Safety”

우리의 제품으로 완성된 모든 공간에서,
친환경과 안전성을 바탕으로 사람들의 삶에
자연스럽고 조화롭게 스며들어 늘 곁에 있는
당연한 존재가 되기를 지향합니다.

MISSION

“We Assemble the World”

지금까지의 건축이 벽돌 하나하나를 쌓아 올리는
'과정'이라면, 앞으로는 정교하게 계획된
부품들로 '조립'하는 건축이 표준이 되는 새로운
시대를 만드는 데 앞장서겠습니다.



기술혁신

끊임없는 도전과 창의적인 사고로
새로운 가치를 창출합니다.



안전

우리와 관계한 모든 사람들을 위한
타협할 수 없는 가치입니다.



친환경

현재를 살아가는 우리와
미래 세대를 위한 기본

사업 영역

연혁

건축 PC



사람이 머무는 공간을 더욱 안전하고 효율적으로,
건축은 단순히 구조물을 세우는 것이 아닌, '사람들의
살아가는 방식이 녹아 있는 공간'을 만드는 것 입니다.
우리는 표준화된 제품 생산기술을 통해 더 안전하고
빠른 건축, 그리고 새로운 공간을 조립해 갑니다.

토목 PC



자연을 이용하여 사람과 공간을 연결하는 기술,
우리는 토목을 이해하고 극복하여, 사람과 사람,
공간과 공간, 그리고 사람과 공간을 연결하는
기술'이라고 생각합니다. 우리는 늘 자연과 조화를
생각하며, 자연의 한계를 뛰어넘는 방법을 생각합니다.

2024

ISO 9001, 14001, 45001 획득
카본큐어 기술 도입

2018

신용보증기금 스타기업 선정

2012

상주함창공장 설립

2003

덕산콘크리트 설립

2020

보령공장 설립

2015

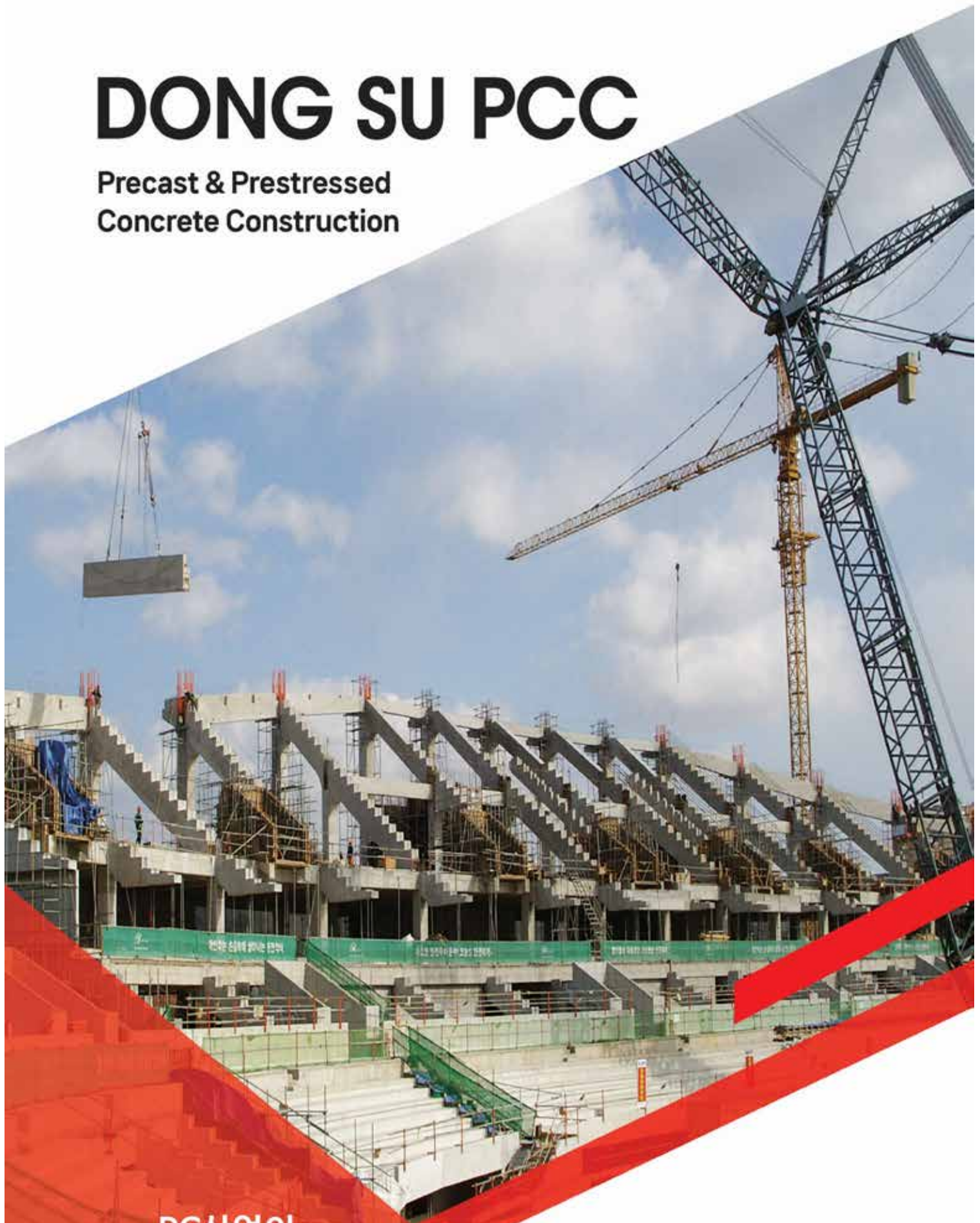
상주함창공장 증설
진천공장 설립

2007

상주현신공장 설립

DONG SU PCC

Precast & Prestressed
Concrete Construction



PC산업의
Global Standard가 되기 위해
최선을 다해 도전할 것입니다.



동서피씨씨주식회사



SINCE 1961

특수PC 전문기업 동진피씨이(주)



저탄소 고감쇠 고탄성 초고탄성PC





NO.1 Basic Construction Materials Company

기술적 안정성, 경제적 효율성, 미래지향성 3대 VISION을 가지고,
"고품질 제품 적기납품"을 사업 최우선 가치로 여기면서 PC업계의
새로운 강자로 도전하겠습니다.

「TOTAL ENGINEERING SERVICE」

www.esamil.com

(주) 삼일씨엔에스

SAMIL C&S CO., LTD.

PC 사업부문



새로움의 기초가 되다

건설기초소재 분야 선도기업 삼표



기획, 설계, 생산, 시공에 이르는
Precast Concrete Total Service

SAMPYO
P&C

SAMPYO
Industry

SAMPYO
Cement

SAMPYO
P&C

SAMPYO
Railway

SP NATURE

SP S&A



킨텍스 제3전시장 건립공사(구조설계)

Structure & Solution

기술개발을 통해 연구하고 발전하는 엔지니어링 그룹
한결같은 책임감으로 도전과 열정의 엔지니어링 그룹



김해 종합경기장 PC설계
< PC설계(BIM) >



죽전 데이터센터
< SRC 구조 / VE 설계 >



울산 삼남읍 농심 물류센터
< 구조 및 PC SHOP DWG >

사업영역

구조설계
엔지니어링 도면작성
성능기반설계
안전진단 및 공사
현장지원 및 감리
연구 및 공법

해외, 초고층, 대공간, 기술제안, VE(Value Engineering), PC설계, 모듈러설계
구조도면, PC SHOP Drawing, 3D BIM
내진·내풍·내화 성능기반설계
정밀안전진단, 정기안전점검, 종합건설(E&C), 리모델링, 보강공사
현장지원 엔지니어링, 구조감리
신기술·신공법 개발, 국책연구과제수행, 특화설계(CFD/충돌/폭발)

아이스트그룹 I'st Structural Engineering Group Co., Ltd.

서울시 송파구 법원로 11길 7, C동 1204호 외(문정동, 현대저시산업센터)
TEL 02-2036-1111 FAX 02-2036-1205 www.i-st.kr

STRUCTURE
SOLUTION | I'st
건축구조엔지니어링그룹
아 이 스톱

S 아이에스동서

ESG 경영으로 더 큰 내일을 봅니다

아이에스동서



프리캐스트 콘크리트 선도 기업 "아이에스동서"



PC 설계!!! 성공적인 PC(Precast Concrete) 프로젝트 시작

공장 생산하여 현장 조립하는 PC 공법 특성에 최적화 PC 설계로 귀하의 프로젝트에
“구조적 안전, 경제성, 신속 설계 서비스”를 제공합니다.

전문 PC 설계 중요성



공장 생산 후 현장 조립 PC 공법 특성상 설계 단계 품질은 제작과 시공에 큰 재앙이 됩니다.



연우PC엔지니어링은 국내 최초 건축PC설계 전문회사로 설계 단계부터 PC제조사 특성 고려한 최적의 PC 구조 공법 선정, 부재 규격화, 부재 제조와 설치 효율성 시뮬레이션을 통한 최적화 설계 서비스를 제공합니다.

최적화 설계 서비스

구조적 안전성과 경제성 확보

안전성과 경제성 확보 최적 공법적용
 부재 제작, 운송, 설치비 고려 설계

접합부 상세 설계

구조 안전성과 일체성 확보 누수 방지

생산 최적화 설계

몰드 최소화, 생산과 운반 고려 부재 분할

사전 시공 검토

안전사고 Zero 추구하고 시공 편의성 검토

우리는 구조적 안전성 기반 위에 경제성, 제작 효율성, 시공 편의성을
 최우선 고려한 PC 엔지니어링 서비스를 제공합니다.

건축PC설계전문회사 - (주)연우PC엔지니어링

02-3445-1554, www.yunwoopc.co.kr, cafe.naver.com/ywpisamo

SYE&C
SYCORE-PC

친환경 PRECAST 생산시공과
기술혁신의 일등기업이 되겠습니다.

내구성과 시공성이 뛰어난
최상의 PC(Precast Concrete) 제품을 통해
친환경 건설의 미래로 한발 앞서갑니다!

SY에스와이이앤씨는 혁신적인 제품과 신기술을
끊임없이 연구하고 개발하기 위해
모든 열정과 최선의 노력을 기울이며
더불어 고객과 상생하는 고객우선
기업이 되겠습니다.

본사 : 경기도 화성시 동탄첨단산업1로 51-9 709~711호
영동1,2,3공장 : 충북 영동군 용산면 영동산단로 75
여주1,2공장 : 경기도 여주시 북내면 외재로 170, 167-54

고객과 함께 최고의 가치를 실현하는 기업

ONE TOP
원탑 구조 엔지니어링

Technology for the Future

미래를 위한 기술, Precast Concrete 산업이 주도하는 미래
원탑구조엔지니어링이 함께 합니다.



지속성장하는 PC산업

원탑구조엔지니어링은 축적된 노하우와 지속적인 기술개발을 바탕으로
PC(Precast Concrete) 설계, 엔지니어링 분야를 선도하겠습니다

ONE TOP
원탑 구조 엔지니어링

서울특별시, 송파구 백제고분로 9길 10, 4층 401호 원탑구조엔지니어링

더 나은 삶에 대한 믿음 **HDC**

HDC 현대PCE

WebSite : <https://www.hdc-pce.com/>
Address : 경기도 여주시 점동면 장여로 849





GPC는

자동화 설비를 기반으로 고품질의
프리캐스트 콘크리트 제품을 생산합니다.

국내최초로 광물탄산화 기술을 도입해
탄소저감형 제품을 생산하고 있으며,
저탄소제품 인증을 통해 친환경성과 지속가능성을
입증하고 있습니다.

사람과 환경을 함께 생각하는 기업으로,
건설산업의 미래를 선도합니다.

물류센터



지하주차장



지하주차장



지하외벽



ISO 국제 표준 인증



**콘크리트
업계최초** | • 품질 환경 안전보건 3중
• 경영시스템 인증 취득

저탄소제품(환경성적표지) 인증



PC업계최초 | • 저탄소제품 인증(2단계) 취득
• 저탄소 4종 · 환경성적표지 1종

탄소저감제품(Carboncure)



국내최초 | • 광물탄산화 기술을 이용
탄소저감 제품 생산

Build a Better Tomorrow

AUTHENTICITY

CHALLENGE



SAFETY



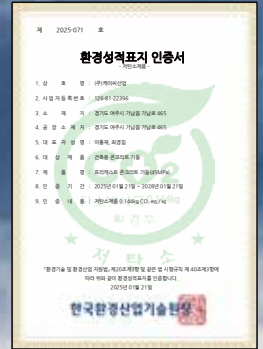
설계에서 시공까지 PC 원스톱 솔루션

대한민국 PC 건설분야를 열어가는 힘
KC산업이 앞장서겠습니다!

프리캐스트 콘크리트 선도기업

케이씨산업

Since 1995



토목PC

BOX·저류조·세그먼트·교량
수직구·방음벽기초 등



PC 모듈러

주택·펜션·상가·기숙사
호텔·군간부숙소



토목분야

인버트박스(TBM)·DSM
PSTM·NEWTR·탐다운



건축PC

몰류센터·지하주차장
쿨링타워·계단실



물류센터 PC공사의

KEY는

KEC가 제공 하겠습니다

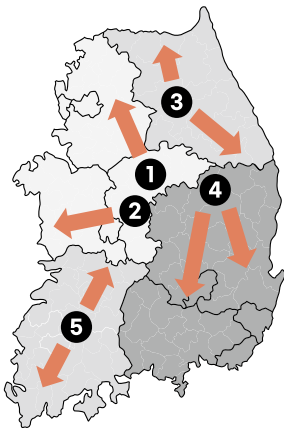
*PC : Precast Concrete

국내 PC회사 중 최다 공장 소유 (5개)

- ① 충북음성 ② 충북진천 ③ 강원영월
④ 경북문경 ⑤ 전남담양

대형 물류센터 단독 수행 가능
(1년 45만㎡ 생산 가능)

지역별 PC공장 운영
PC공급망 형성



물류센터 PC공사 실적
100건 이상 달성 (국내 최대)

다양한 실적 경험을 통한
TOTAL SOLUTION 제공
(설계-제작-시공-공기단축)



PC공장(문경공장)



PC현장(물류센터)



PC현장(APT 지하주차장)



PC현장 (APT 옥상조형물)

최고의 품질로 건설한국의 미래를 열어가는 대한민국 PC대표기업 (주)태명실업

[사업장]

- 서울(본사) : 서울시 강남구 역삼로 7길 21
- 이천공장 : 이천시 대월면 사동로29
- 천안공장 : 천안시 동남구 화북로 586-24
- 제천공장 : 제천시 내토로63길8

건 축 PC / PC 침 목 / PC 세 그 먼 트 / PC 저 류 조 / PC 암 거 / 옥 상 PC



SINCE 1983



주식회사 태명실업

Precast Concrete!!



www.kop.co.kr

“현장의 필수요소”입니다.



국내 최대 HCS
자동화 설비 27개 라인 보유!

- 연간 HCS생산량 : 144,000m³
- 연간 PC생산량 : 400,000m³

Hollow Core Slab

국내 PC공장 최대 규모!

아산공장 : 50,908평/168,293m²



음성공장 : 48,766평/161,212m²



대표 시공 실적

· 인천 원창동 물류창고 · 13만평
KCC건설, 포스코건설 외 다

· 고양 향동 지식산업센터 · 5.8만평
한화건설, 금호건설 외 다

· 삼성 평택 반도체
삼성엔지니어링, 삼성물산 외 다

· 아파트 구조물 (주차장, 옥상)
GS건설, 호반건설, 우미건설 외 다

· LH OSC 실증사업 (공동주택)
아산탕정, 김포한강, 평택고덕 지구

· 기타 구조물
대형경기장, 주택, 쿨링타워,
아파트 구조물(주동, 지하외벽) 등



물류창고



지식산업센터



반도체



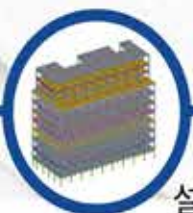
아파트 지하주차장



OSC 실증사업



쿨링 타워



설계

ONE STOP!



생산

TOTAL
SOLUTION



시공

사람과 사람을 연결하고
더 나은 내일의 환경 조성을 하며

사람을 위한
위대함을 짓습니다

w e b u i l d F u t u r e



정밀한 기술력으로 완성되는 OSC 공법
한국콘크리트산업이 건설의 미래를 앞당깁니다.

설계에서 생산, 시공까지
모든 문제를 해결해 드립니다

No.1 Precast & Concrete Total Solution KCIPC

WE BUILD
FUTURE

KCI 한국콘크리트산업(주)
Korea Concrete Industry Co., Ltd.



| 031.420.1590
| kcipc@naver.com

본사 | 경기도 안산시 동안구 발원로 126
(관동동 1802) 평촌소비지하차도 2800호
1공정 | 충북 괴산 2공정 | 경북 의성 3공정 | 경북 상주



회원사



(주)까뮤이앤씨



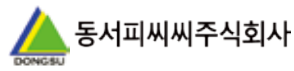
다성산업



(주)대우에스티



(주)덕산지에스



동서피씨씨(주)



동진피씨이(주)



(주)삼성엠케이



(주)삼일씨엔에스



삼표피앤씨(주)



(주)아이스트



아이에스동서(주)



(주)연우PC엔지니어링



HDC현대PCE(주)



원탑 구조 엔지니어링



(주)유강피씨



에스와이이앤씨(주)



(주)GPC



(주)진성



(주)케이씨산업



(주)케이이씨



(주)태명실업



한국오션플랫폼(주)



한국콘크리트산업(주)

