

# Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술 개발

*2차 워크숍(2020.09.22)*

**[2세부]**

## [2세부, WG 2A] OSC 통합 관리 플랫폼 기술 개발

기관명: 이화여자대학교, 롯데건설, 연우PC엔지니어링, 로이테크원

연구책임자 : 손정욱 교수, 이재만 박사, 심동윤 이사, 이상권 상무

2020. 9.22



## Contents



- I. 연구 추진 현황
- II. 성과지표 달성 현황
- III. 1차년도 연구 진행 내용
- IV. 향후 일정 및 계획



# 1

## 연구 추진 현황

### 연구 추진 현황

--- 계획  
— 추진

핵심성과	주요 연구내용	월별 진행계획								진행율
		2020								
		5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
1	OSC 통합 플랫폼 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- OSC 통합 플랫폼 시스템 설계를 위한 관련 현황 및 참여자 수요 조사</li> <li>- OSC 통합 플랫폼 시스템 설계를 위한 요구사항 및 필요기술 도출</li> </ul>								60%
2	OSC 공급사슬 최적화를 위한 공장생산-물류-설치 동기화 관리 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장설치 진도 모니터링 기술 개발</li> <li>- 현장설치 공정관리 기술 개발</li> <li>- 공장생산-물류-현장설치 동기화 공장생산계획 기술 개발</li> </ul>								60%
1	OSC 통합 플랫폼 데이터 모델 및 부재 트래킹 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 부재 트래킹 업무 관련 현황 및 Needs 조사</li> <li>② OSC 기반 tracking 데이터 및 BIM 모델 연계 기술 개발</li> <li>③ 통합관리 플랫폼 내 tracking 기술 탑재</li> </ul>								90%
1	OSC 통합 플랫폼 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>① OSC기반 통합관리 프로세스 및 데이터 베이스 설계</li> <li>② 3D 기반 BIM 모델 플랫폼 소프트웨어 구현 및 데이터베이스 개발</li> <li>③ Open API 및 서버 구축</li> </ul>								100%
1	OSC 통합 물류관리 기술 및 플랫폼 연계 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>① OSC 업체/현장 자재 입고고 재고관리 기술 설계</li> <li>② 현장 자재 JIT기반 발주 자동화 기술 설계</li> <li>③ 현장 자재 위치관리 기술 설계</li> <li>④ OSC 공장 생산-물류-현장 설치 동기화 관리 기술 설계</li> </ul>								60%

# 2

## 성과지표 달성 현황

### 성과점검기준표 달성현황

핵심성과 (level1)	단위성과 (level2)	1차년도 성과점검기준			양적 성과목표 (연차실적계획서 상)	양적 성과계획 (실제 계획)	달성현황		
		질적 성과지표	목표치	검증방법					
1	OSC 통합 플랫폼 기술 개발	1-1	OSC 통합 플랫폼 시스템 설계를 위한 수요조사 및 요소기술 도출	수행결과보고서	1	보고서	국내논문 1건	국내논문 1건	
2	OSC 공급사슬 최적화를 위한 공장생산-물류-현장설치 동기화 관리 기술 개발	2-1	OSC 공급사슬 최적화를 위한 공장생산-물류-현장설치 동기화 관리 기술 요구사항 도출	요구사항 도출 여부	1	보고서	보고서 1건	보고서 1건	
4	OSC 설계 모델(BIM) 및 프로세스별 부재 데이터 연계 기술 개발	4-1	OSC 설계 모델(BIM) 및 프로세스별 부재 데이터 연계 기술 개발	소프트웨어 등록	1	등록증	S/W 등록 1건	S/W 등록 1건	완료 (20.8.15)
		4-2	OSC 설계 모델(BIM) 및 프로세스별 부재 tracking 기술 디지털 플랫폼 구현	언론 홍보	1	국내 언론 인터넷판 게재	성과홍보 1건	성과홍보 1건	완료
5	OSC 통합관리 플랫폼과 BIM 데이터 연계 기술 개발	5-1	BIM 데이터 연계기술이 적용된 OSC 통합관리 플랫폼 개발	소프트웨어 개발	1	보고서	보고서 1건	보고서 1건	
6	OSC 공장생산-물류-현장설치 통합물류 플랫폼 기술 개발	6-1	공장생산-물류-현장설치 통합물류 플랫폼 시스템 설계보고서	보고서 작성	1	보고서	보고서 1건	보고서 1건	

# 4

## 향후 일정 및 계획

구분			2020			2021		2022		2023	
			2Q	3Q	4Q	1H	2H	1H	2H	1H	2H
2-1	설계	생산도면(BIM) 및 부재수량표 일원화	완료								
2-2	시공	ZONE 및 크레인동선 설정 기능									
3-2	생산	생산 야적관리 및 부재 적시 생산 관리 시스템									
2-3		품질/검측 관리 기능 [+RFID]									
3-3		적치 전략/로케이션 관리 [+RFID]									
2-4	설치 계획	설치 계획									
3-4	출하/반입	출하/반입 요청서 자동작성									
2-5		이력 관리 (Tracking) 기술 [+RFID]									
3-5		배차/운송장 자동생성 관리 [+RFID]									
2-6	설치/기성	기성물량 자동산출 및 문서 자동화									
마감 공사		마감공사 OSC관리 플랫폼				수요조사	개발				
작업자 관리		비콘 센서를 활용한 작업자 관리 시스템				수요 조사	개발				
환경 구축		Open API 개발/배포									
		서버 구축									

## [2세부 WG-2B] OSC 공장 스마트 생산관리

기관명: 이화여자대학교, 인천대학교, GS건설, 아주대학교  
연구책임자: 이준성 교수, 김태완 교수, 김태준 책임연구원, 김진영 교수

2020. 09. 22



## Contents



- I. 연구 추진 현황
- II. 성과지표 달성 현황
- III. 연구 진행 내용



# 1

## 연구 추진 현황

### 연구 추진 현황

--- 계획  
— 추진

핵심성과	주요 연구내용	월별 진행계획										진행율
		2020										
		5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월			
3	PC부재 생산공장 안전관리 지침 및 스마트 안전관리 시스템 (이화여대)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PC부재생산공장에적용가능한스마트안전관리기술현황조사및 방향설정</li> <li>- PC부재생산공장안전관리지침및체크리스트요구사항분석</li> </ul>										60%
6	PC부재 설치최적화 지원 물류계획 시스템 (인천대)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PC부재 물류계획 프랙티스 조사</li> <li>- 물류계획 시 공장-운반-현장 관점의 고려요소 정의</li> </ul>										60%
7	PC생산공장 내 야적 최적화 기술 (GS건설)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PC공장에서 활용하고 있는 운반 및 야적 기술 현황 조사</li> <li>- PC공장에서 나타나고 있는 관리 상의 문제점 및 원인 분석</li> <li>- 국내외 선형 연구 사례 조사</li> <li>- 2차년도 최적화 주요 영향 인자 분석 준비</li> </ul>										65%
11	공장생산 PC 부재의 스마트 검측 및 품질관리 시스템 (아주대)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공장생산 PC 부재 품질관리 자료 수집 및 분석</li> <li>- 비전 기반 품질 검측 기술 개발</li> </ul>										40%

3

# 2

## 성과지표 달성 현황

### 성과점검기준표 달성현황

핵심성과 (level1)	단위성과 (level2)	1차년도 성과점검기준				양적 성과목표 (연차실적계획서 상)	양적 성과계획 (실제 계획)	달성현황	
		질적 성과지표	목표치	측정 방법	검증 방법				
3	PC부재 생산공장 안전관리 지침 및 스마트 안전관리 시스템 (이화여대)	3-1 PC 생산공장 스마트 안전관리 프레임워크 및 안전관리 요구사항	① 보고서 작성여부	1	보고서 작성 여부	보고서	국내학술대회논문게재 1건	국내학술대회논문게재 1건	진행중 (11월 예정)
6	PC부재 설치최적화 지원 물류계획시스템 (인천대)	6-1 물류계획 시 공장-운반-현장 관점의 고려요소 정의	① 수행결과보고서	1	보고서 작성 여부	보고서	보고서 1건	보고서 1건	준비중
7	PC공장내 야적 최적화 기술 개발 (GS건설)	7-1 사례조사 자료 정리 DB화	① DB	1	건수확인	보고서	DB 1건 (년차별 보고서)		
11	공장생산 PC 부재의 스마트 검측 및 품질관리시스템 (아주대)	11-1 부재 품질관리 자료 수집 및 분석	① 보고서	1	보고서 작성 여부	보고서			

4

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 3. PC부재 생산공장 안전관리 지침 및 스마트 안전관리 시스템 (이화여대)

##### □ PC 부재 생산공장 안전관리 지침 및 체크리스트 요구사항 분석 / 스마트 안전관리 기술현황 분석

PC 관련 표준시방서 및 지침	<ul style="list-style-type: none"> <li>서울특별시 전문시방서 프리캐스트 콘크리트</li> <li>프리캐스트 콘크리트구조 설계기준</li> <li>프리캐스트 콘크리트 건축구조물 조립 안전보건적업 지침</li> <li>프리캐스트 콘크리트 부재 제작 및 조립공사 표준시방서</li> </ul>
국외 PC 공장인증 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>미국 PCI (Precast/Prestressed Concrete Institute): Quality Control for Plants and Production of Structural/Architectural/Glass Fiber-Reinforced Precast Concrete Products</li> <li>미국 NPCA (National Precast Concrete Association): NPCA Quality Control Manual</li> <li>캐나다 CPC(Canadian Precast/Prestressed Concrete Institute)</li> </ul>
국외 PC 공장 안전관리 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>미국 PCI: PCI Safety and Loss Prevention Manual</li> <li>미국 NPCA: NPCA's Guide to Plant Safety</li> </ul>



PC 부재 생산공장 관련 기준 및 지침

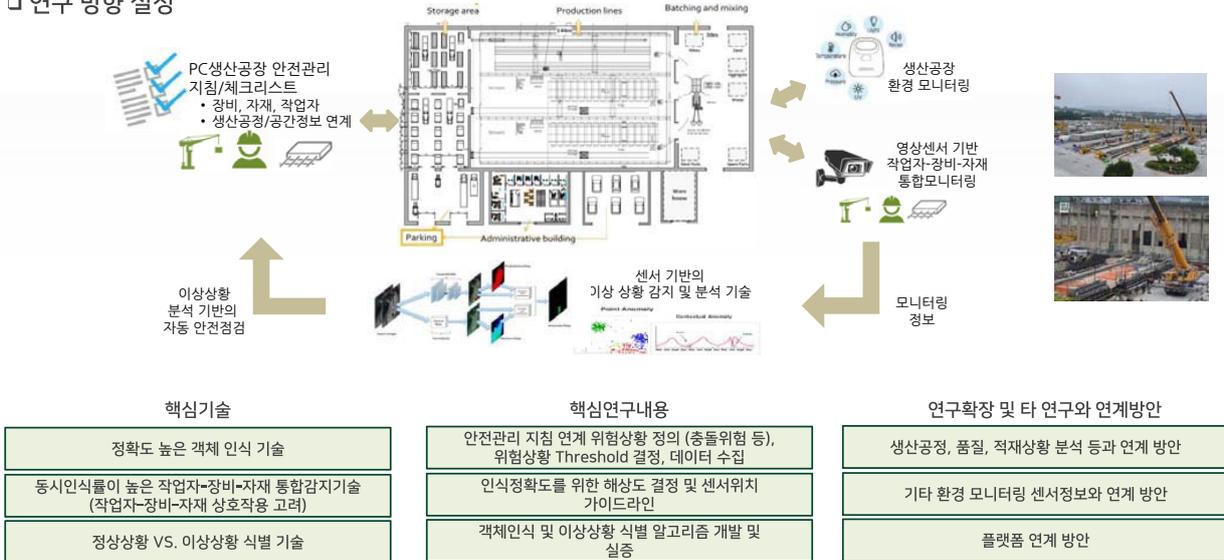
PC 생산공장 안전 관련 기준 및 지침



### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 3. PC부재 생산공장 안전관리 지침 및 스마트 안전관리 시스템 (이화여대)

##### □ 연구 방향 설정



### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 3. PC부재 생산공장 안전관리 지침 및 스마트 안전관리 시스템 (이화여대)

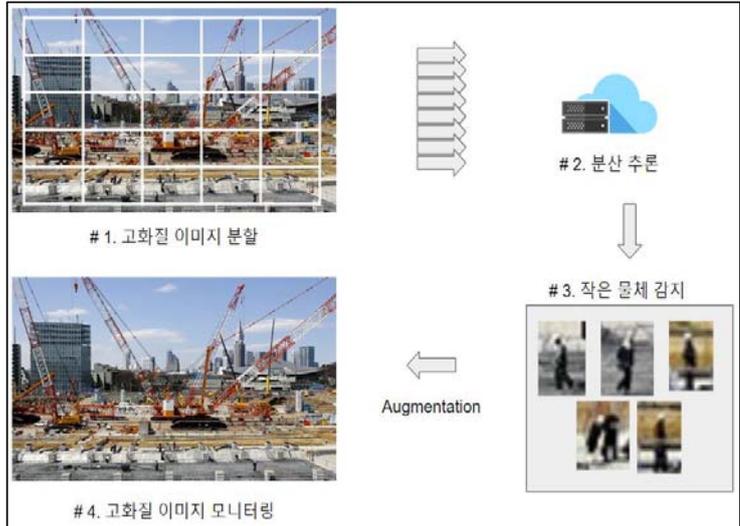
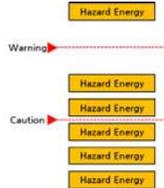
##### 영상센서기반 통합모니터링 개념 및 시스템 요구사항

###### [필요 요소기술]

- (1) 고해상도 영상을 활용할 수 있는 카메라렌즈  
(상용 카메라로 가능)
- (2) 영상을 분할할 수 있는 분할기
- (3) 분할한 영상을 빠르게 전송할 수 있는 전송기술
- (4) 전송된 영상을 분산으로 추론할 수 있는 추론기술
- (5) 감지된 작은물체정보를 기존 영상에 표시하는 증강기

###### [핵심연구: Scene Understanding]

- 단일객체의 상태  
(예: 동적객체 상태변화패턴, 정적객체 위치변화 등)
- 객체-객체의 관계  
(예: 객체간 거리, 장비충용 여부, 혼잡성 등)
- 다중객체 행태  
(예: 혼잡도 등)
- 상태와 행태의 패턴을 시퀀스데이터화 하여 지속적으로 축적되는 Hazard Energy 개념으로 접근



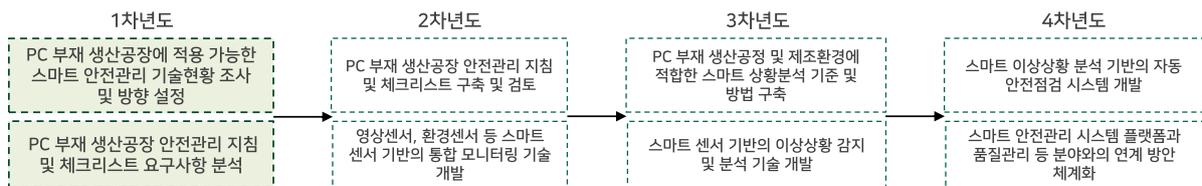
\* (주)두다지와 공동으로 출원 준비중인 특허기술 활용

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 3. PC부재 생산공장 안전관리 지침 및 스마트 안전관리 시스템 (이화여대)

##### 연구 상용화 가능성 및 향후 연구추진계획

- 영상 기반 위험상황 감지는 이미 널리 활용되고 있고, 관련 연구수행 경험으로 즉시 적용 가능한 분야임
- 대형장비와 물체, 작은 물체나 사람이 공존하고, CCTV를 모든 곳에 설치하기 어려운 야드(Yard)나 대규모 공장(Factory)에서 이상상황을 빠르게 감지할 수 있는 보안장비로 활용
- 현장이 크게 변하지 않는 공장(Factory)에 대한 적용성이 큼
- 다양한 안전관리 분야 중 핵심적인 1~2개 위험에 초점을 맞춰 현장 적용 가능하도록 개발, 공장 적용 가능한 시스템화
- 개발기술의 실제 공장 테스트가 중요함
- 타 연구기관 및 플랫폼과의 연계방안에 대한 연구를 집중적으로 추진할 예정



연구 진행 흐름도

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 6 PC부재 설치최적화 지원 물류계획시스템 (인천대)

##### □ 1차년도 진행사항 요약

##### 기초자료 조사

PC부재 물류 프랙티스 조사

Manufacture    Move    Assembly

기존 소프트웨어 테스트

관련 문헌 조사

##### 스마트 PC물류운송계획시스템 요구사항 개발

###### 설문조사 중 (현재 9건 회수)

1. Trailer 부재 적재 시, PC크기 및 중량 제한에 대한 정보를 제공하는 기능
2. Trailer가 현장으로 이동하기 전, 적재된 부재가 정확한 시간, 정확한 차량에 할당되었는지 관리자가 확인할 수 있는 기능



##### PC물류 운송계획시 고려사항에 대한 분석

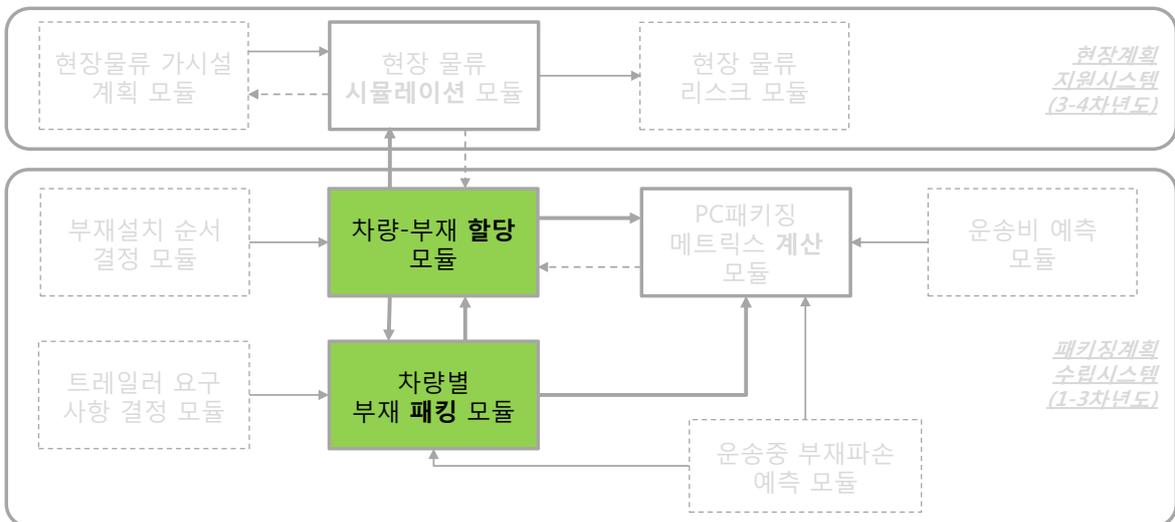
###### 설문조사 중 (현재 8건 회수)

1. PC 부재를 차량에 할당하는 계획을 수립할 때 고려하는 항목들의 중요도 및 반영도
2. PC 부재를 차량에 상차하는 계획을 수립할 때 고려하는 항목들의 중요도 및 반영도



### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 6 PC부재 설치최적화 지원 물류계획시스템 (인천대)



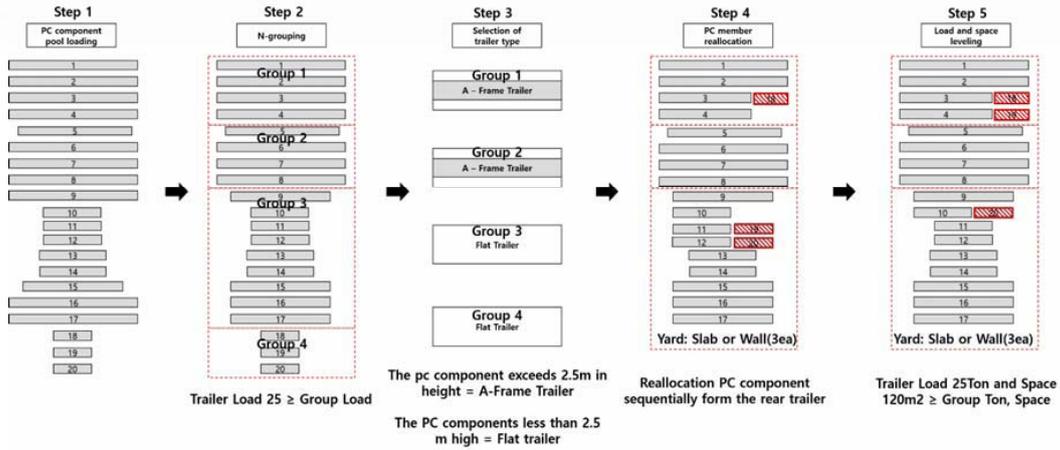
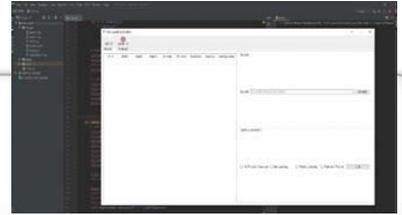
### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 6 PC부재 설치최적화 지원 물류계획시스템 (인천대)

□ 차량-부재 할당 모듈

Input: 부재[타입,무게,크기,설치순서,설치시간], 차량[타입,크기,용량], 야적장[용량]

Output: 날짜별 차량-부재 할당 계획 (출하지시서)



11

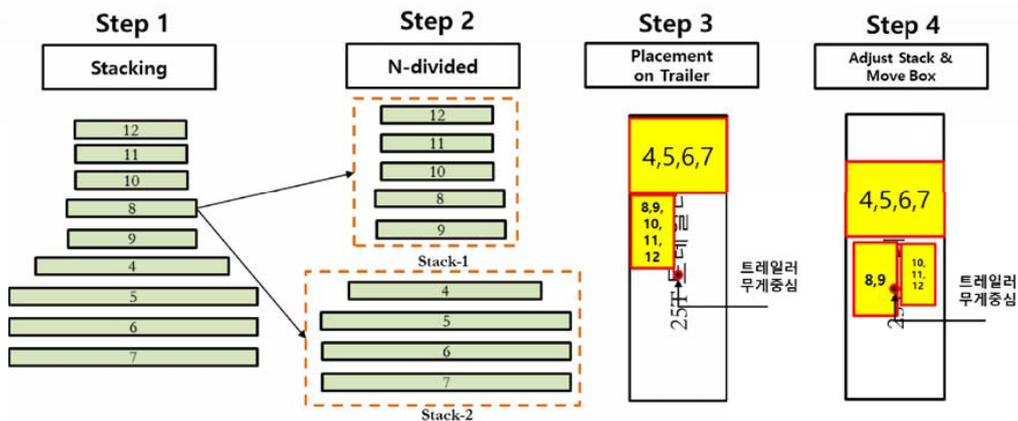
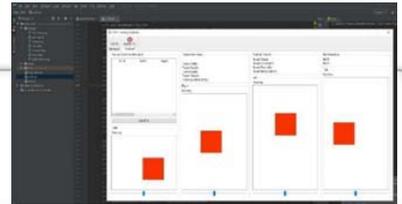
### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 6 PC부재 설치최적화 지원 물류계획시스템 (인천대)

□ 차량별 부재 패킹 모듈

Input: 부재[+가로세로비], 차량[+무게중심,허용stack높이], 받침목[크기]

Output: 차량별 부재 적재도면



12

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 6 PC부재 설치최적화 지원 물류계획시스템 (인천대)

□ 향후일정 및 계획

구분			2020			2021		2022		2023	
			2Q	3Q	4Q	1H	2H	1H	2H	1H	2H
1-1	PC부재 설치 최적화	PC부재 물류계획 프랙티스 조사			추가 설문조사 및 1차년도 성과를 준비						
		물류계획 시 공장-운반-현장 관점의 고려요소 정의			추가 설문조사 및 1차년도 성과를 준비						
2-1	부재 할당 Module1	Trailer의 최적 부재 할당				개발					
2-2	부재 패키징 Module2	부재 적재(Packing) Trailer의 최적 공간 활용				개발					

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 7. PC공장 내 야적 최적화 기술 개발 (GS건설)

□ 방문조사 PC공장(현황)

업체명	위치	준공년	부지면적 (1,000m <sup>2</sup> )	생산용량 (m <sup>3</sup> /Day)	공장구성	공장면적 (m <sup>2</sup> )	야외제작장	주요생산제품
동진PCE	음성	2012년	116	300	2개동 및 야외제작장	11,500	6,500	건축 일반PC, DMS
IS동서	이천	1984년	148	400	3개동 및 야외 제작장	17,800	5,200	건축 일반PC, RPS, 토목 침목/세그먼트
태명실업	천안	2014년	149	150 (토목 제외)	2개동 및 야외 제작장	7,300	11,500	건축 일반PC, 토목 침목/세그먼트, PC암거
덕산GS	진천	2015년	77	400	2개동 및 야외 제작장	7,800	5,000 (증설 예정)	HCS, MIRS, 건축 일반PC, DGS/MGS
K세웅건설	충주	2012년	127	200 (증설 예정)	2개동 및 야외제작장	15,900	3,000 (운영 중단)	HCS, 건축 일반PC(예정)
까뮤E&C	이천	1980년	50	200	1개동 및 야외 제작장	5,200	6,000	건축 일반PC, HPC, RPS, JRS
삼표P&C	상주	2018년	47	150	1개동 및 야외제작장	5,000	6,000	건축 일반PC, DW, JRS, SRS

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 7. PC공장 내 야적 최적화 개술 개발 (GS건설)

##### □ 공장 배치(Layout)



동진PCE(음성)



IS동서(이천)



태명실업(천안)



덕산GS(진천)



삼표P&C(상주)



까뮤E&C(이천)

K세웅건설(충주)



### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 7. PC공장 내 야적 최적화 개술 개발 (GS건설)

##### □ 조사 결과 요약

업체명	야적장규모 (m2)	야적관리 장비	관리시스템	상차 위치 관리
동진PCE	48,000(포장) (인근 별도 야적장 운영)	오버헤드크레인, 겐추리 크레인, 지게차(자재운반용), 레일대차, 타워크레인, 운반차량, 하이드로크레인	엑셀등 활용하고 ERP도 활용 (현장/영업 등 외부 자료 공유)	정하지 않음 (이동식 장비 활용)
IS동서	41,400 (일부 비포장)	겐추리 크레인, 레일대차 (중량물 이동시), 지게차 (필요시 하이드로크레인 임대)	엑셀등 활용 (시스템 도입 검토중)	주로 겐추리 크레인 끝지점 활용
태명실업	58,000(일부 포장)	겐추리 크레인, 크롤러 크레인, 지게차, 운반차량	엑셀등 활용 (PMIS 시스템 검토중)	정하지 않음 (크롤러로 상차)
덕산GS	53,000(비포장)	하이드로 크레인, 크롤러 크레인, 지게차, 운반차량 (레일대차 미사용)	엑셀등 활용	정하지 않음 (이동식 크레인)
K세웅건설	60,000(포장)	오버헤드크레인, 레일대차, 하이드로 크레인, 운반차량, 지게차 (이동식타워 미사용)	엑셀등 활용하고 ERP도 활용 (현장/영업 등 외부 자료 공유)	정하지 않음 (크레인, 지게차)
까뮤E&C	11,000(비포장) (상설임대 야적장 운영)	이동식 타워크레인, 하이드로 크레인, 운반차량, 지게차	엑셀등 활용	정하지 않음 (이동식 크레인)
삼표P&C	57,500(포장) (상설임대 야적장 운영)	타워크레인, 레일대차 (철근가공장) 하이드로 크레인, 운반차량, 지게차	엑셀등 활용하고 ERP도 활용 (현장/영업 등 외부 자료 공유)	정하지 않음

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 7. PC공장 내 야적 최적화 개술 개발 (GS건설)

##### □ 주요 이슈



제품 ID관리



생산 부재 야적장 이동



적재 위치 및 높이



캠버관리 등 품질관리



야적장 포장



상차 위치 및 순서



최적 장비의 조합

17

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 7. PC공장 내 야적 최적화 개술 개발 (GS건설)

##### □ 향후 일정 및 계획

- 2020.06 ~                    PC 공장 방문조사 계속  
                                      조사 결과 및 문제점 분석
- 2020.08                    정형화 된 자료 수집 양식 작성 및 자료 수  
                                      집 (설문, 인터뷰 등)
- 2020.09 ~                    공장 방문 추가 조사 (필요시)  
                                      PC공장 관리 지침 / Guide 조사
- 2020.10                    1차년도 보고서를 위한 결과 분석, 논문 작  
                                      성
- 2020.11                    1차년도 보고서 준비

18

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 11. PC공장 내 품질 검측 및 자동 reporting system

□ PC공장 내 품질관리의 필요성



하자에 대한 책임의 경계가 모호 → 공장 내 품질 검증의 필요성 증가

19

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 11. PC공장 내 품질 검측 및 자동 reporting system

□ 애플리케이션 설계 및 구현

##### 1. 서버를 이용한 부재정보 관리 및 공유

부재번호	생산일자	검사내역	수선내역	사진	보고서 정보
• 부재 일련번호	• 제조일 • 생산자 정보	• 검사 항목 • 검사 일자 • 검사자 정보 • 검사 결과	• 수선 항목 • 수선 일자 • 수선자 정보 • 처리내역	• 검사 증거사진	• 품질 증명서 (검사 보고서) or 폐기 보고서

##### 2. 자동 보고체계 확립

생성된 보고서가 서버에 등록되어 상위 Level의 직급자가 열람하여 확인

##### 3. 검사내역을 확인할 수 있는 품질 증명서 생성

서버 내 부재의 정보, 검사 내역 등의 정보들을 조합하여 **검사 보고서** 및 **품질 증명서**를 자동으로 생성

20



# 3 1차년도 주요 연구 추진사항

## 핵심성과 11. PC공장 내 품질 검측 및 자동 reporting system

□ 애플리케이션 설계 및 구현

### 검사항목

#### [PCI QC Manual]

##### 1.2.2 Documented Procedures

Control of documented procedures and data, relative to the effective functioning of the quality assurance program, shall cover as a minimum:

- Inspecting and verifying purchased materials for conformance with specification requirements. Vendors shall be required to submit proof of compliance for both materials and workmanship.
- Sampling methods and frequency of tests.
- Checking and approval of shop drawings.
- Inspecting and verifying the accuracy of dimensions.
- Inspecting and verifying adequacy and sealing of the form/mold to produce units in compliance with surface finish requirements.
- Procedures for and inspection of batching, mixing, placing, consolidating, curing, and finishing concrete.
- Procedures for and inspection of concrete repair, handling, storing, and loading of finished products.
- Inspecting the fabrication, placement, and securing of reinforcement and hardware, and quantity, location, and attachment of cast-in items, blockouts, and surface features.
- Inspection of tensioning operations to ensure conformance with specified procedures.
- Mixture design preparation and evaluation.
- Sampling and testing of materials and fresh concrete.
- Inspection of detensioning and stripping procedures.
- Inspection of finished products for conformance with the shop drawings, and other project requirements, such as approved samples.
- Repair procedures for noncompliant conditions.
- Preparing and maintaining complete quality control records.
- Maintenance and calibration requirements (items and frequency) of plant equipment that may affect product quality.

#### [PC공사 시공기술표준]

- 설계도서 검토 (D-120)
  - PC화 적용여부 검토
  - PC공법(PC,PRC) 검토
  - PC 적용부위 및 설계변경 검토
- PC 제작도면 작성 (D-90)
  - PC 제작도 작성(PC 구조계산)
  - 각 부재 별 제작도면 및 결합 Detail 도면작성
  - 각종 매입물(앵커, 전가-설비)위치 표기
  - 몰드 전용계획 수립
- 몰드 제작 및 조립 (D-60)
  - 몰드 청소(에어스트 누출방지 고무링형)
  - 박리제 도포
- 철근 배근 및 설치 (D-45)
  - 철근 선 조립 후 Stock Yard 보관
  - 몰드 내부 기 조립된 철근설치
  - 피복두께 유지
- 각종 매입물 설치
  - 안양고리, 앵커, 전가-설비 매입물 설치
- 타설전 검사
  - Check list에 의한 검사
- 콘크리트 타설
  - 노출부위(보, 녹근단, 스라브, 트러스거더)는 비닐보양 후 타설
  - 진동기 등에 의한 밀실함 충전
- 양생
  - 양생보 보양 후 중기양생 실시
  - 자동온도조절장치를 사용하여 양생
- 탈형
  - 탈형후 테스트 실시 후 탈형
  - 탈형 후 Stock Yard 보관
- 출하 (D-1)
  - 출하 전 최종검사 실시



# 3 1차년도 주요 연구 추진사항

## 핵심성과 11. PC공장 내 품질 검측 및 자동 reporting system

□ 애플리케이션 설계 및 구현

### 품질 자동 판별 (ex. 오차)

직접 | 설명

부재의 실측치수를 입력해주세요. (mm)

권한 등급 : Level 2

허용오차 (바닥판)

길이	5001	합격
폭	3002	합격
두께	298	합격
대각선	5115	불합

판정정보 등록

수선 요청

#### [허용오차 기준]

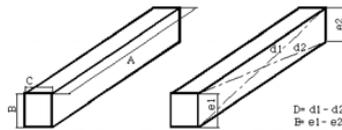
부재명	치수의 허용오차(mm)						비고
	길이 (A)	높이	폭 (C)	길이 (B)	두께 (E)	대각선 (D)	
바닥판	±7		±3		+5, -2	+10, -2	
보	±19		±6	±6			
기둥	±13		±6	±6			
벽판		±5	±3		+5, -2	+10, -2	비내력벽 두께±3mm
계단판	±13		±9				단높이 : ±4.5mm, 단너비 : ±6mm
개구부	±6		±6			±6	

부재정보 입력

기준값과 비교

[PC공사 시공기술표준 참고]

부재명	치수의 허용오차(mm)						비고
	길이 (A)	높이	폭 (C)	길이 (B)	두께 (E)	대각선 (D)	
바닥판	±7		±3		+5, -2	+10, -2	
보	±19		±6	±6			
기둥	±13		±6	±6			
벽판		±5	±3		+5, -2	+10, -2	비내력벽 두께±3mm
계단판	±13		±9				단높이 : ±4.5mm, 단너비 : ±6mm
개구부	±6		±6			±6	



실시간 판정

서버 내 저장

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 11. PC공장 내 품질 검측 및 자동 reporting system

□ 단기 목표

##### 단계별 목표

- 1차 : Precast Concrete의 공장 품질검사 항목 조사 및 정리
- 2차 : 검측 방법에 따른 결과자료 수집
- 3차 : 앱 기능 리스트 작성
- 4차 : 화면 flow chart 작성
- 5차 : 앱 구현 → **현재 진행 중**
- 6차 : 서버 구축(AWS)
- 7차 : 서버와 앱 연동 후 테스트
- 8차 : UI 구성
- 9차 : 애플리케이션 테스트 및 디버깅

27

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 11. PC공장 내 품질 검측 및 자동 reporting system

□ 최종 목표

##### 최종 목표

주요 연구목표 및 성공 가능성	
최종 목표	- 공장생산 PC 부재의 스마트 검측 및 품질관리 시스템 개발 및 실증
상세 연구목표	- 스마트 센싱 기반 부재품질 검측기술 개발 - 데이터 기반 부재 품질관리 시스템 개발 - 공장생산 PC 부재의 스마트 검측 및 품질관리 시스템 실증
성공 가능성	- 본 기술개발 및 실증의 기본단계인 "스마트 센싱 기반 부재품질 검측기술 개발" 관련 기초 기술은 상당부분 개발된 상태이며, OSC 공장생산 부재의 조건 및 환경 최적화 등이 필요한 실정임. 따라서, 기존 기술 및 연구와의 연계를 통하여 본 기술의 성공가능성이 매우 높은 것으로 판단됨
연차별 연구내용	
1차년도	- 공장생산 PC 부재 품질관리 자료 수집 및 분석 - 비전 기반 품질검측 기술 개발
2차년도	- 비전 기반 품질검측 기술 개발 및 데이터 수집 - 태블릿 기반 품질관리 리포팅 애플리케이션 개발
3차년도	- 검측 데이터 및 클라우드 기반 공장생산 부재품질 리포팅 시스템 개발 - 스마트 센싱 기반 부재품질 검측기술 실증
4차년도	- 공장생산 PC 부재 품질검측 및 종합관리 시스템 개발 - 데이터 기반 부재 품질관리 시스템 실증

28

## [2-1-3세부] OSC 기반 PC구조 공동주택 스마트 현장관리 기술

기관명: 성균관대학교

연구책임자 : 권순욱 교수

2020. 9.22



# Contents



- I. 연구 추진 현황
- II. 성과지표 달성 현황
- III. 1차년도 연구 진행 내용



# 1 연구 추진 현황

## 연구 추진 현황

--- 계획  
— 추진

핵심성과	주요 연구내용	월별 진행계획								진행율
		2020								
		5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
1	AI기술 기반 자동품질검측을 통한 PC부재 품질관리 기술 - 기존 PC부재 품질 체크리스트 데이터 수집 및 중요도 분석 - 품질 체크리스트 정보 기반 부재별 주요 검측 항목 도출 - 주요 검측 항목 기반 부재 품질 검측 Reporting 프로세스 정의									50%
2	OSC기반 PC부재 시공품질 관리와 공정현황 분석 및 현장 작업자를 위한 Remote Sensing 기반 스마트 안전관리 기술 - 스마트 센싱 기반 자동 부재 인식 아키텍처 설계 - 부재 설치 현황 관리 프로세스 정의 - 작업자 업무 기반 부재별 시공관리항목 도출 - PC부재 시공 현장 사고사례 데이터 수집 및 위험요소 분석 - 현장 작업자 별 위험요소 분류 및 위험요소 탐지 기준 정의									50%
8	스마트 센싱기반 시공품질관리기준 수립 - 국내외 PC공사 시공관리 기준의 조사 및 분류									70%
9	스마트 센싱 장비 운영 매뉴얼 작성 - 현장에 도입가능한 스마트 센싱 장비 조사 및 분류									70%
	- Pilot 현장 선정(시공 BIM 포함)									100%

# 2 성과지표 달성 현황

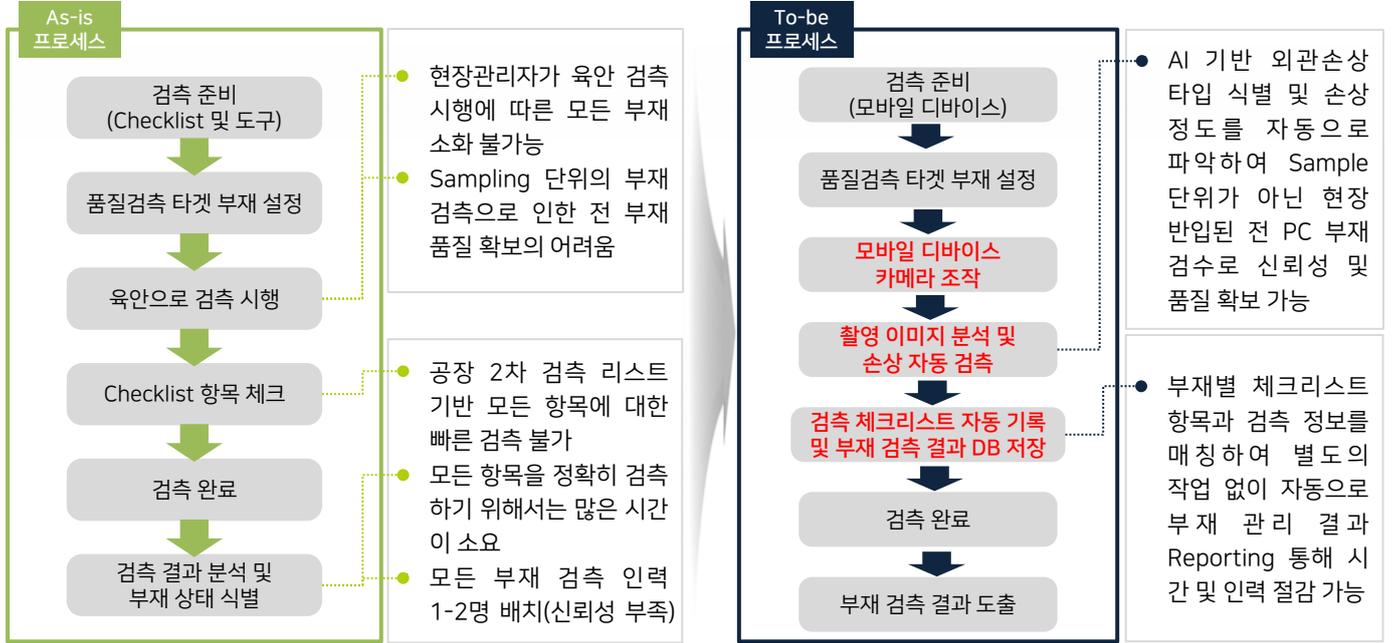
## 성과점검기준표 달성현황

핵심성과 (level1)	단위성과 (level2)	1차년도 성과점검기준			양적 성과목표 (연차실적계획서 상)	양적 성과계획 (실제 계획)	달성현황
		질적 성과지표	목표치	검증방법			
1	AI기술 기반 자동품질검측을 통한 PC부재 품질관리 기술 12-1 부재 품질 검측 Checklist 분석 및 Reporting 프로세스 정의	프로세스 정의서 작성	1	부재 체크리스트 Reporting 프로세스 정의서 작성	논문 1건	국외논문 1건	<ul style="list-style-type: none"> <li>프로세스 정의서 준비중</li> <li>논문 제출완료</li> </ul>
2	PC부재 시공품질 관리와 공정현황 분석 및 스마트 안전관리 기술 개발 13-1 부재별 시공관리항목 분석 및 PC부재 시공현장 위험요소 DB 구축	보고서 작성	1	Test 결과 보고서	보고서 1건	보고서 1건	준비중
8	스마트 센싱 기반 시공품질관리 기준 수립 8-1 국내외 PC공사 시공관리 기준의 조사 및 분류	조사 적정성	1	보고서	보고서 1건	보고서 1건	준비중
9	스마트 센싱 장비 운영 매뉴얼 작성 9-1 스마트 센싱 장비 조사 및 분류	조사 적정성	1	보고서	보고서 1건	보고서 1건	준비중

## 핵심성과 1. AI기술 기반 자동품질검측을 통한 PC부재 품질관리 기술 (진행중)

### □ Deep Learning을 이용한 부재 하자 Detection

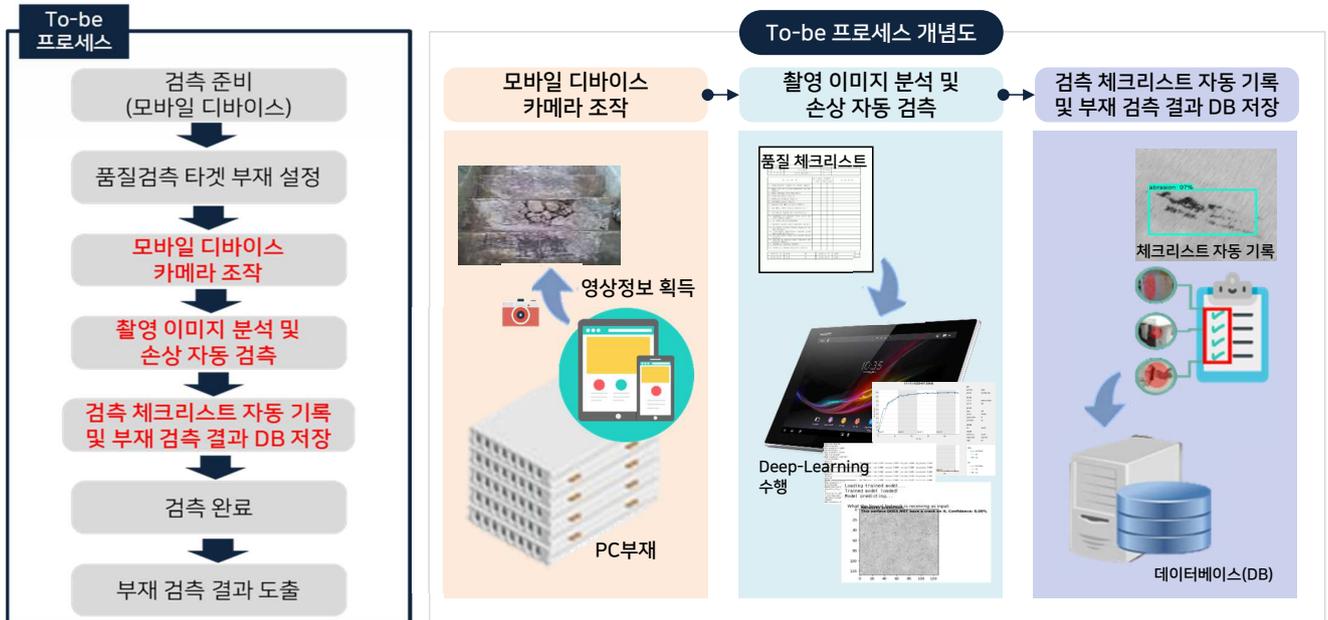
To-be: 부재 반입시 품질검측 및 Reporting 프로세스



## 핵심성과 1. AI기술 기반 자동품질검측을 통한 PC부재 품질관리 기술 (진행중)

### □ Deep Learning을 이용한 부재 하자 Detection

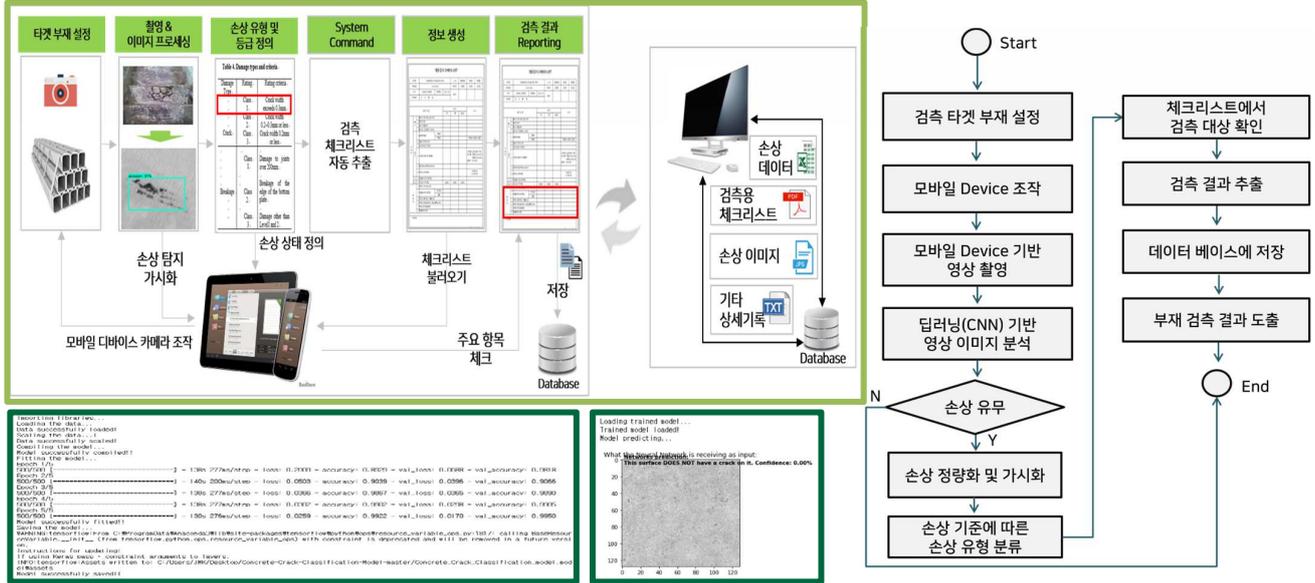
To-be: 부재 반입시 품질검측 및 Reporting 프로세스



## 핵심성과 1. AI기술 기반 자동품질검측을 통한 PC부재 품질관리 기술 (진행중)

### □ Deep Learning을 이용한 부재 하자 Detection

To-be: 부재 반입시 품질검측 및 Reporting 알고리즘



## 핵심성과 1. AI기술 기반 자동품질검측을 통한 PC부재 품질관리 기술 (진행중)

### □ PC 실무자 인터뷰 진행 - 질문 list

번호	질문내용
1	1-1 부재 반입 시 육안검사, Sampling 기준 및 방법 (Process 혹은 Flow Chart 같은 순서 형식)
	1-2 부재 반입 시 검측 시작부터 완료 및 검토까지 육안검사 및 Sampling 검사에 소요되는 시간
	1-3 부재 반입 시 육안 및 Sampling 검사에 투입되는 인원
2	2-1 현장에서 부재 검수 시 하자 판별 기준 (시공계획서 또는 표준시방서 상 기준으로 판단하는지/별도의 기준이 있는지)
	2-2 검사 후 부재 이상 또는 하자 발견 시 시공계획서 상에서는 내부회의를 거쳐 반품 또는 보수 후 사용한다고 되어 있는데, 실제로 이렇게 진행되는지/또는 다른 대처법이 있는지
3	3-1 현장에 PC 부재 반입 시 공장에서 사용되는 제품 검사 Checklist 이외에 품질 검측에 실제로 사용되는 Checklist 존재 여부
	3-2 전체 Checklist 항목들 중에서도 중요하게(집중적으로) 체크하는 검측 항목들
4	4-1 모바일 Device의 카메라를 이용해 자동으로 하자(균열, 파손 등) 검측이 가능하다면 현장에서 사용할 의향이 있는지
	4-2 모바일 Device를 통해 자동 검측 및 자동 체크리스트 기록/저장까지 가능하다면 현장에서 사용할 의향이 있는지

## 핵심성과 1. AI기술 기반 자동품질검측을 통한 PC부재 품질관리 기술 (진행중)

### □ PC공사 현장 방문

A건설사 공사현장 - 지하주차장 PC공사 현장



- 9.16 (수) A건설사 공사현장 방문 - 지하주차장 PC 공사 현장
- PC 현장 실무자 인터뷰 진행 및 현장 사진, 부재 사진 촬영 완료
- 부재 중심으로 촬영

## 핵심성과 2. OSC기반 PC부재 시공품질 관리와 공정현황 분석 및 현장 작업자를 위한 Remote Sensing 기반 스마트 안전관리 기술 (진행중)

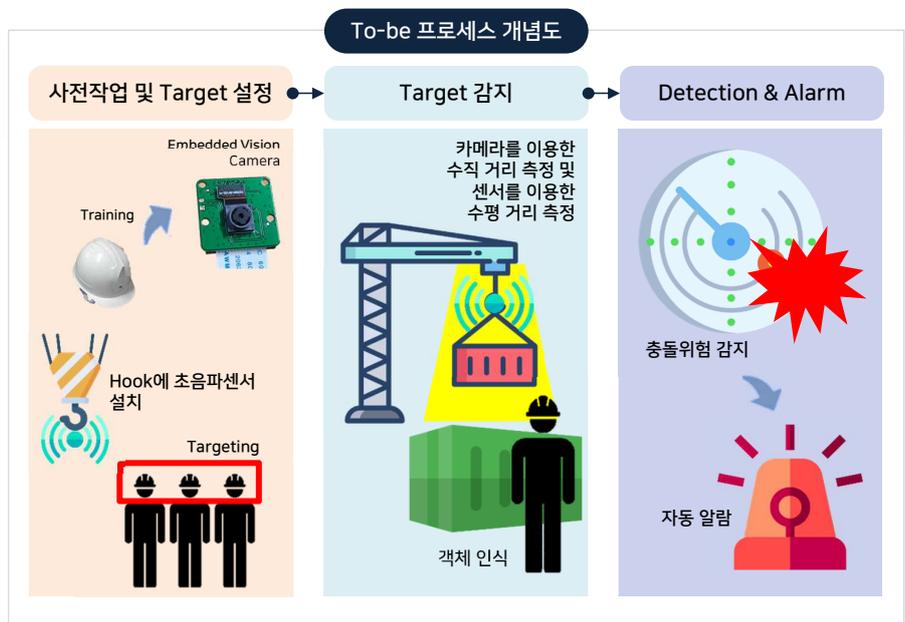
### □ PC 실무자 인터뷰 진행 - 질문 list

번호		질문내용
1	1-1	타워크레인을 이용한 부재 Lifting 작업 시 현행 안전관리 방법 (ex. 수신호 이용 등)
	1-2	타워크레인 작업 관련 충돌사고를 예방하기 위해 현재 시행하고 있는 규칙 또는 안전관리 방법
2	2-1	Lifting 작업 시 타워크레인 주변 위험구역 설정 기준 (ex. 작업반경 바깥으로 반경 n-m 까지 접근 금지 구역으로 설정 등)

핵심성과 2. OSC기반 PC부재 시공품질 관리와 공정현황 분석 및 현장 작업자를 위한 Remote Sensing 기반 스마트 안전관리 기술 (진행중)

□ Deep-learning 및 센서를 이용한 인양물 충돌 방지 시스템

To-be: 부재 반입 시 충돌 감지 및 경고 프로세스 제안

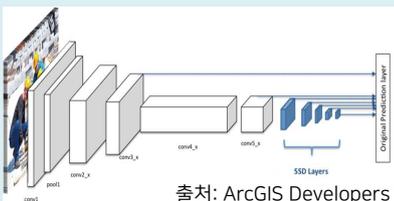


핵심성과 2. OSC기반 PC부재 시공품질 관리와 공정현황 분석 및 현장 작업자를 위한 Remote Sensing 기반 스마트 안전관리 기술 (진행중)

□ Deep-learning 및 센서를 이용한 인양물 충돌 방지 시스템

딥러닝 기반 객체 인식 구현

**Single Shot Detector (SSD)**



출처: ArcGIS Developers

- 상대적으로 정확도가 높고 속도가 빠름
- Fully Connected Layer 계층을 Convolution 연산으로 대체함으로써 성능과 속도 향상

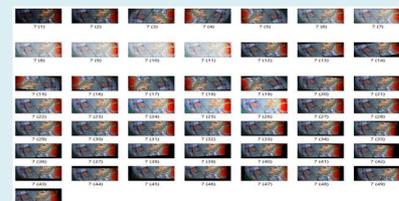
**Quantized Model**



출처: tensorflow.org

- Embedded 환경에서 객체 인식하기 위하여 사이즈와 속도 측면에서 유리한 TF Lite 사용
- TF Lite 변환 시 quantization을 통해 tensor를 작은 bitwidth로 저장하여 계산

**Data Augmentation**



- 원본 이미지에 인위적인 변화를 주는 것
- Overfitting을 막아주며 예측 범위를 다소 넓혀줄 수 있음

## 핵심성과 2. OSC기반 PC부재 시공품질 관리와 공정현황 분석 및 현장 작업자를 위한 Remote Sensing 기반 스마트 안전관리 기술 (진행중)

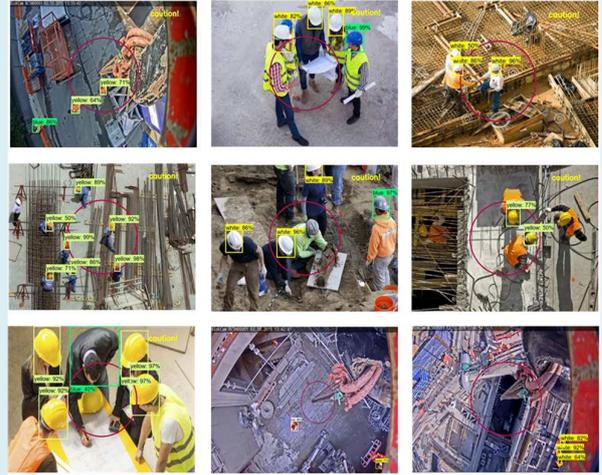
### □ Deep-learning 및 센서를 이용한 인양물 충돌 방지 시스템 딥러닝 기반 객체 인식 구현

학습 데이터 및 설정

Label	총 개수
blue	2681
red	4372
white	3974
yellow	4050
none	4440
small (면적 ≤ 32 × 32)	9674
medium (32 × 32 < 면적 ≤ 96 × 96)	7924
large (면적 > 96 × 96)	2019

- 현장 작업자 안전모 대상으로 객체 인식 적용
- 다양한 사이즈의 데이터로 학습
- 안전모를 색깔별로 구분하며 안전모 미착용 시 'none'로 표시하도록 설정
- 화면 가운데 원형의 충돌 가능 영역 설정

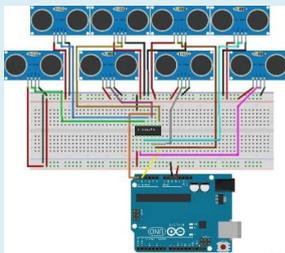
학습 결과 (사진)



## 핵심성과 2. OSC기반 PC부재 시공품질 관리와 공정현황 분석 및 현장 작업자를 위한 Remote Sensing 기반 스마트 안전관리 기술 (진행중)

### □ Deep-learning 및 센서를 이용한 인양물 충돌 방지 시스템 센서 기반 인양물 충돌 방지 시스템 개념도

전 방향 거리 측정



출처: Andrew Kramer's Research

- 8개의 HC-SR04 초음파 센서를 동시 작동시켜 ATtiny84를 통해 데이터를 한번에 받음
- 프로세싱 시간 감소 및 오류 발생 확률 감소

개선 방안

#### 회로 기판



출처: Octosonar

- Breadboard → Custom 회로 기판

- 공간 절약

#### 초음파 센서



출처: 나비엠알오

- C-SR04 → MB1200 XL- MaxSonar-EZ Series

- 정확도 및 안정성 향상

#### 임베디드 시스템



출처: NVIDIA Developer

- Arduino → Nvidia Jetson Nano

- 객체 인식과 연동

## [2-7세부, WG 2C] OSC 스마트 시공관리 기술 개발

- 스마트 센싱 기반 PC부재 정밀 시공품질관리 기술 개발

기관명: 현대엔지니어링  
연구책임자: 강창훈 소장

2020. 9.18



# Contents



- I. 연구 추진 현황
- II. 성과지표 달성 현황
- III. 1차년도 연구 진행 내용



### 연구 추진 현황

--- 계획  
— 추진

핵심성과	주요 연구내용	월별 진행계획								진행율
		2020								
		5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
8	스마트 센싱기반 시공품질관리기준 수립 - 국내외 PC공사 시공관리 기준의 조사 및 분류									70%
9	스마트 센싱 장비 운영 매뉴얼 작성 - 현장에 도입가능한 스마트 센싱 장비 조사 및 분류									70%
	- Pilot 현장 선정(시공 BIM 포함)									100%

### 성과점검기준표 달성현황

핵심성과 (level1)	단위성과 (level2)	1차년도 성과점검기준			양적 성과목표 (연차실적계획서 상)	양적 성과계획 (실제 계획)	달성현황
		질적 성과지표	목표치	검증방법			
8	스마트 센싱 기반 시공품질관리 기준 수립 8-1 국내외 PC공사 시공관리 기준의 조사 및 분류	조사 적정성	1	보고서	보고서 1건	보고서 1건	준비중
9	스마트 센싱 장비 운영 매뉴얼 작성 9-1 스마트 센싱 장비 조사 및 분류	조사 적정성	1	보고서	보고서 1건	보고서 1건	준비중

## 핵심성과 8-1. 국내외 PC공사 시공관리 기준의 조사 및 분류 (70% 완료)

### □ PC공사 시공관리기준 조사/분류

- 국내외 시공관리기준
- 현장에서의 PC 부재의 조립 시 허용오차(조립 정밀도)에 관한 기준의 현황 조사

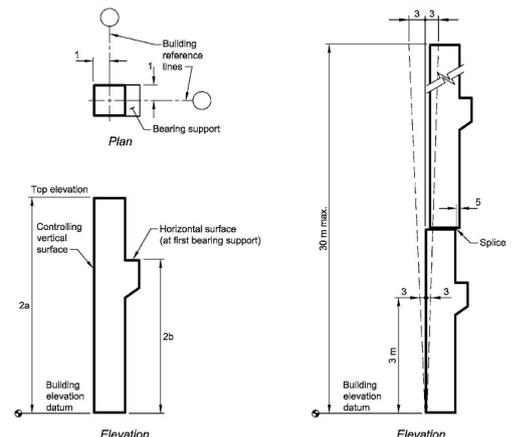
구분	기준명	기관/기업	기준일	비고
국내	표준시방서	프리캐스트 콘크리트 KCS 14 20 52 : 2016	국가건설기준센터 (한국건설기술연구원)	2016
		05065 프리캐스트 콘크리트 공사	국토해양부	2013
		07000 프리캐스트 철근 콘크리트 공사	대한건축학회	1999
	전문시방서	프리캐스트 콘크리트 SMCS 14 20 52 : 2018	서울특별시	2018
	시공 지침서	LH PC구조 공동주택 구조설계 및 시공 지침 작성 KCI-R-19-012	LH/한국콘크리트학회	2019
	시공계획서	시공업체 시공계획서	A업체	2020
HEC 시공지침서	PC공사 현장 시공관리 지침 HAI-T-PM-G-5-112	HEC	2015	
해외	해외기준	Specification for Tolerances for Precast Concrete ACI ITG-7M-09	ACI	2017
		Tolerances Manual for Precast and Prestressed Concrete Construction MNL-135-00	PCI	2008

## 핵심성과 8-1. 국내외 PC공사 시공관리 기준의 조사 및 분류 (70% 완료)

### □ PC공사 시공관리기준 조사/분류

- 조립 허용오차 분류 : 기동 부재의 비교

구분	HEC (2015)	시공업체 시방서	LH (2019)	표준시방서 (2013)	표준시방서 (1999)	ACI/PCI
a. 기준선에서의 평면상의 오차	±5	±8	±7	±5	±13	±13(구조적) ±9.5(의장적)
b. 상단의 지정된 입면으로 부터의 오차	±5	-	±7	±5	6 (높은 경우) -13 (낮은 경우)	6 (높은 경우) -13 (낮은 경우)
c. 내력 현지의 입면으로 부터의 오차	-	-	-	-	6 (높은 경우) -13 (낮은 경우)	6 (높은 경우) -13 (낮은 경우)
3. 입면상 연속선에 대한 최대 오차	20(간기 등)/10(짧은 기동)	-	±7	±5	25	25
3. 높이 3m 입면당 연속선에 대한 오차	±6	±5	-	-	6	6
5. 맞출면의 최대오차	-	-	-	-	6 13	6(의장적 노출 모서리) 13(시각적 중요하지 않은 곳)

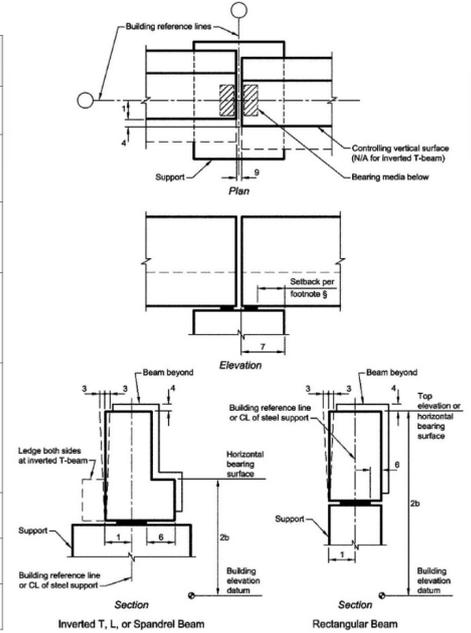


## 핵심성과 8-1. 국내외 PC공사 시공관리 기준의 조사 및 분류 (70% 완료)

### □ PC공사 시공관리기준 조사/분류

• 조립 허용오차 분류 : 보 부재의 비교

구분	HEC (2015)	시공업체 시방서	LH (2019)	표준시방서 (2013)	표준시방서 (1999)	ACI
1. 기준선으로부터의 평면상의 오차	±5	±10	±7	±5	±15	±25
2b. 부재 지지면의 지정된 입면으로부터의 오차	±5	±10	±7	±5	6(높은 경우) -13(낮은 경우)	6(높은 경우) -13(낮은 경우)
3. 입면상 연속선에 대한 오차	5(최대오차) 2(높이 @300mm)	-	-	-	3(높이 300mm 당) 13(최대)	10@1m 12(L-Beam) 20(L-Beam)
4. 맞출면의 최대 오차	-	-	-	-	6(의장적 노출 모서리) 13(시각적 중요하지 않은곳)	13(시각적 중요하지 않은곳)
9. 접합부의 폭	-	-	-	-	±6(의장적 노출 모서리) ±19(숨겨진 접합부) ±13(시각적 중요하지 않은곳)	±20(숨겨진 접합부) ±13(시각적 중요하지 않은곳)
7. 내력길이(스팬길이 방향)	-	-	-	-	±19	±20
6. 내력폭	-	-	-	-	±13	±13
큰보+작은보와의 Clearance	20	-	-	-	-	-

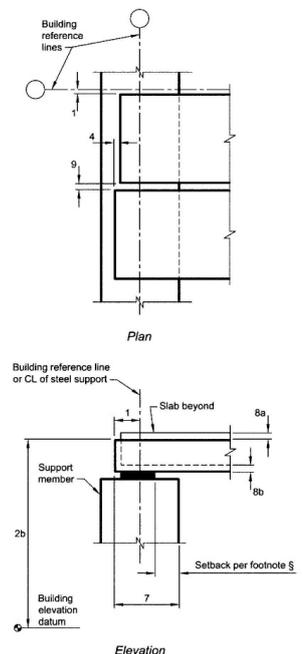


## 핵심성과 8-1. 국내외 PC공사 시공관리 기준의 조사 및 분류 (70% 완료)

### □ PC공사 시공관리기준 조사/분류

• 조립 허용오차 분류 : 바닥판 부재의 비교

구분	HEC (2015)	시공업체 시방서	LH (2019)	표준시방서 (2013)	표준시방서 (1999)	ACI
1. 기준선으로부터의 평면상의 오차	±5	±10	±7	±5	±15	±25
2b. 부재 끝에서 부재 상단의 지정된 입면으로부터의 오차	-	±10	±7	±5	±19(덧침) ±6(덧침 없는 바닥)	±20(덧침) ±6(덧침 없는 바닥)
4. 맞출면의 최대 오차	-	-	-	-	25	25
9. 접합부의 폭	0~3	-	-	-	±13(12m 이하) ±19(12.5~18m) ±25(18.5m 이상)	±13(12m 이하) ±20(12.5~18m) ±25(18.5m 이상)
8a. 조립된 부재 상단 상호간의 입면상의 오차	0~5	-	-	-	19(덧침) 6(덧침 없는 바닥)	20(덧침) 6(덧침 없는 바닥)
7. 내력길이(스팬길이 방향)	±10	-	-	-	±19	±20
5. 내력폭	-	-	-	-	±13	±20

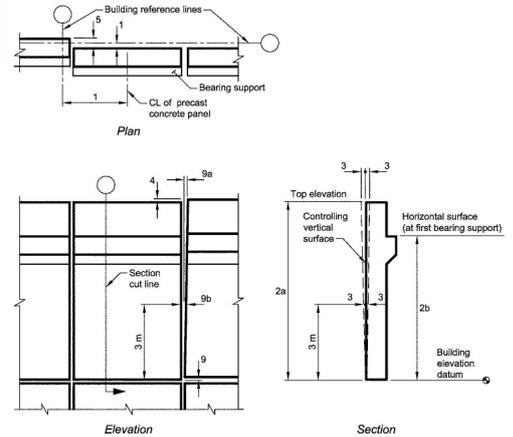


## 핵심성과 8-1. 국내외 PC공사 시공관리 기준의 조사 및 분류 (70% 완료)

### □ PC공사 시공관리기준 조사/분류

• 조립 허용오차 분류 : 벽판 부재의 비교

구분	HEC (2015)	시공업체 시방서	LH (2019)	표준시방서 (2013)	표준시방서 (1999)	ACI
1. 기준선으로부터의 평면상의 오차	-	-	±7	±5	±13	±13
2a. 부재 상단의 지정된 입면으로부터의 오차	-	-	±7	±5	±6(노출 독립패널) ±13(노출되지 않은 독립 패널)	6(높은 경우) -13(낮은 경우)
2b. 부재 지지면의 지정된 입면으로부터의 오차	-	-	±7	±5	6(높은 경우) -13(낮은 경우)	6(높은 경우) -13(낮은 경우)
3. 입면상 연직선에 대한 최대오차	-	-	-	-	25 6@3m	25 6@3m
9. 모서리 맞춤의 최대오차	-	-	-	-	6	±10
외부에 노출된 접합부의 폭	-	-	-	-	±6	-
9a. 최대 접합부 테이퍼	-	-	-	-	9 6@3m	13 10@3m
5. 맞춤면의 최대 오차	-	-	-	-	6	10(노출면) 20(노출되지 않은면)
조립후, 동일 설계의 인접 부재와의 사이의 구부러짐의 차이	-	-	-	-	6	13



## 핵심성과 9-1. 스마트 센싱 장비 조사 및 분류

### □ 기술 및 학술동향 조사

• 연구논문에서의 센싱 장비 활용사례 조사

연도	논문제목	저자	주요 내용	센싱장비의 활용 형태
2020	3D스캐닝을 이용한 건설공사 스마트 품질점검 방안에 관한 연구	이돈수, 김광희	3D 스캐닝 기술을 활용한 실제 프로젝트(3개 현장)의 골조와 마감의 품질 점검 실시	• 광대역 3D 스캐너 : 골조, 마감면 스캔
	건설 및 구조 모니터링을 위한 3D 스캐닝 및 정밀조사 과정	김태혁, 우은택, 정광량	As-Built-BIM 구축 과정을 세밀하게 정의하여 Scan-to-BIM 과정을 전자동화(Full-Automation)	• 광대역 3D 스캐너 : 골조 스캔
2019	3D Scanning Data Coordination and As-Built-BIM Construction Process Optimization	김태혁, 우은택, 정광량	BIM과 PCD(Point Cloud Data)를 조합하여 구조해석과 Scan-to-BIM을 개발 제안	• 광대역 3D 스캐너 : 골조 스캔
	건축물 3D 데이터 작성을 위한 스캐닝 장비교육과 활용의 교훈	강상준, 옥종호	드론과 레이저스캐너를 이용한 데이터 획득 및 영상정합의 특징과 한계 분석	• 광대역 3D 스캐너 : 건축물 외관 스캔 • 드론 3D 촬영 : 건축물 외관 촬영
	3D Scan-to-BIM 자동화를 통한 생산성 향상	김태혁, 우은택, 정광량	시공현황을 지속적으로 3D 스캐닝하여, As-Built BIM을 갱신 시공 오차와 변위 및 변형의 흐름을 관리	• 광대역 3D 스캐너 : 골조 스캔
	3D 스캐너를 활용한 3차원 형상정보 데이터 획득 시 문제점 개선방안	한경민, 손창백, 조병욱	국내 3D 스캐너를 활용한 역설계의 문제점 분석	• 광대역 3D 스캐너 : 건축물내 스캔
	이동식 로버 기반 스캔 자동화 계획에 대한 연구 (개방형BIM 기반의 기존건축물 유지관리 기반기술 개발)	강대욱	사람이 진입하기 어려운 영역에 스캐너가 장착된 로버를 활용해 이미지 스캔을 하는 방법을 제안	• 이동식 로버 스캐너 : 기계설비 스캔
	고정밀 측량장비(3D 레이저 스캐너, 3D 포토 스캐너, 드론)를 활용한 건축 시공단계의 엔지니어링 적용사례	김태혁, 우은택, 정광량	탑 다운(Top-Down)현장의 3D 스캐너 활용	• 광대역 3D 스캐너 : 골조 스캔
3D 스캐너를 활용한 철근 자동검측방식의 현장적용성 연구	임현수, 김태훈, 이명도, 김창원, 차민수	3D 스캐너를 활용하여 슬라브철근과 벽철근 스캔을 하여 기존 철근검측 방식보다 소요시간 단축에 대한 시험	• 핸드형 3D 스캐너 : 철근 스캔	
Point Cloud Data Coordination and Analysis for Sequential Deformation of Buildings	김태혁, 우은택, 정광량	포인트 클라우드 데이터를 구조분석에 적용	• 광대역 3D 스캐너 : 골조 스캔	

## 핵심성과 9-1. 스마트 센싱 장비 조사 및 분류

### □ 기술 및 학술동향 조사

• 연구논문에서의 센싱 장비 활용사례 조사

연도	논문제목	저자	주요 내용	센싱장비의 활용 형태
2018	기존건축물의 BIM 자동 구축을 위한 비디오 기반 3차원 점군 데이터 생성 방법	김창민, 양창윤, 박준영, 장항인	비디오그래메트리(Videogrammetry, 비디오측량) 비디오의 이미지 시퀀스기반 계산	• 360카메라 : 실내 촬영
	Potential Effectiveness of 3D Scanning Algorithms for Real-BIM - Pre-Scanning and Post-Scanning Automation Algorithms	김태혁, 우은택, 정광량	Scan-to-BIM을 통해 Real-BIM의 구축 및 개선사항에 관한 연구	• 광대역 3D 스캐너 : 골조 스캔
	액션 카메라 기반 사진측량을 이용한 3차원 공간모델 시공관리 활용도 검증	고진호, 진상윤	360 액션 카메라활용한 실내스캐닝 데이터 비교	• 360카메라 : 실내 촬영
	플랜트 시공 단계에서의 클라우드 컴퓨팅 기반 공간 빅데이터 분석 및 시각화를 통한 모바일 플랜트 정도 관리 시스템 개발	성현우, 최현철, 손효주, 김창환	대규모 플랜트 시설에서의 정도 관리를 위한 공간 빅데이터 분석과 활용 제안	• 광대역 3D 스캐너 : 실내스캔
	토공측량 자동화 기술의 적용 활성화를 위한 제도개선 방안	이두현, 박재우	무인항공기(UAV), 레이저스캐너(LS)를 활용한 토공측량 자동화 기술	• 광대역 3D 스캐너 : 토공량 측정 • 드론 : 토공량 측정
콘크리트 구조물의 자동화 균열탐지를 위한 라인 레이저 영상분석	김준희, 신윤수, 민경원	라인레이저를 이용한 자동 균열 검출 시스템 개발에 관한 연구	• 라인 레이저 스캐너 : 콘크리트 균열 측정	
2017	3D 스캐너를 활용한 콘크리트 유지보수 연구	이호재, 서은아, 이종석, 김도겸, 이장화	콘크리트 시험체의 수증양생(28일간)의 크기 및 형상 변화 측정 가능 여부 확인	• 핸디형 3D 스캐너 : 콘크리트 균열 측정
	플랜트 시설의 3차원 모델 구축을 위한 레이저 스캐닝 정보 및 영상 정보 융합 프레임워크 개발	손효주, 성현우, 최현철, 조혁만, 김창환	표면 점군 데이터를 수치사진측량법을 적용하여 추가 확보 및 정합하는 데이터 획득 프레임워크 제안	• 광대역 3D 스캐너 : 플랜트 설비 측정
	레이저 스캐닝 기술과 3차원 설계 모델을 이용한 플랜트 건설공사의 정도관리 자동화 프레임워크 개발	선효주, 성현우, 최현철, 조혁만, 김창환	개별 구성요소 검출 및 인식이 가능하도록 설치 관계 및 형상 유사도 기반의 객체 매칭 방법을 제안	• 광대역 3D 스캐너 : 플랜트 설비 측정
	노후 교량의 유지보수를 위한 역설계	박종협, 문영남	3차원의 역설계 모델링을 구축함으로써 유지보수 및 부분해체의 공법검토, 가상의 사전시공 검토	• 광대역 3D 스캐너 : 교량
	비정형 시공을 위한 골조 3D Scanning to BIM	김호중	골조 공사 이후 3D 스캐닝을 통해 현황을 정밀 측정하고 설계 간섭을 체크해 설계와 시공 간의 오차를 사전에 발견	• 광대역 3D 스캐너 : 비정형 마감, 골조
	3D 스캐닝 솔루션을 활용한 프리패브리케이션 시공 현황 인스펙션	서상덕, 박찬호	3D 스캐닝 솔루션을 활용하여 Prefab 부재의 제작오차 분석과 현장의 정밀시공 유도 및 시공 현황을 분석	• 광대역 3D 스캐너 : 골조 스캔

## 핵심성과 9-1. 스마트 센싱 장비 조사 및 분류

### □ 센싱 장비의 활용사례 조사

• 건설현장 센싱 장비 주요 이용 사례

장비	구분	주요 사례 내용	비고
광대역 3D 스캐너	시공성 분석	철골부재 시공성 분석	
		외장 마감재 시공성 분석	
		MEP 시설물 시공성 분석	
	구조 분석	가상 시공 검토	
		흙막이 구조 현황 분석	
		철골 구조 분석	
		H-Pile 시공 오차 검토	
	마감 평활도/수직도 분석	골조 평활도 분석	
		벽체 수직도 분석	
		물량 분석	토공량 산정
역설계	리모델링 공사		
	공정 현황	360 실내외 공사현황 촬영	
Virtual 3D 카메라	가상 모델하우스	360도 VR 사이버 모델하우스	
	이동식 3D 스캐너	실내외공간 연속촬영	실내 3D MAP 작성
핸디형 3D 스캐너	부재단위 분석	철근 배근 현황 촬영	

## 핵심성과 9-1. 스마트 센싱 장비 조사 및 분류

- 센싱 장비별 특성 및 적용방안 도출
  - PC부재 정밀 시공품질관리를 위한 장비별 특성 검토

구분	광대역 3D 스캐너	핸디형 3D 스캐너	이동식 3D 스캐너	3D Layout
센싱장비 이미지 (예시)				
주요 특징	300m까지의 광대역 정밀 스캔	소규모 부재들의 근거리 정밀 스캔	공간이동과 동시에 연속 스캔	대상부재들의 위치 측정 및 Layout
장 점	건축현장 실내의 공간 영역에 적합	휴대성 용이하여 좁은 공간에 사용	공간 연속 스캔으로 빠른 촬영 가능	실시간의 위치 측정 및 선정 가능
적용방안	PC부재의 조립 품질 검측에 적합	PC부재들의 크기에 비해 유효거리 부족	정밀한 검측결과 취득 어려움	PC부재의 위치 선정에 적합
적용성	◎			◎

## 핵심성과 9-1. 스마트 센싱 장비 조사 및 분류

- 센싱 장비별 특성 및 적용방안 도출
  - 광대역 3D 스캐너 제품 비교

구분	Leica RTC360	FARO FOCUS S 150	Trimble X7	Z+F 5010X
Image				
Working Range	130m	150m	80 m	187 m
Measurement Rate	2,000,000Pts	976,000Pts	500,000Pts	+/- 0.5°
Accuracy	+/- 1mm	+/- 1mm	+/- 2 mm	< 0.007°
Angular accuracy	18"	19"	20"	
Weight	6.3kg	6.2kg	5.8 kg	9.8 kg

\* 각 제조사별 제원자료 참고함.

## 핵심성과 9-1. 스마트 센싱 장비 조사 및 분류

### □ 센싱 장비별 특성 및 적용방안 도출

• 핸디형 3D 스캐너 제품 비교

구분	MANTIS VISION F6 SMART	Creaform HandySCAN 307	Leica BLK2GO	Trimble DPI-8X
Image				
Working range	0.5~4m	0.1~4 m	0.5~25 m	0.6~5m
Accuracy @ closest	500micron	Up to 0.040 mm	6-15 mm	0.8%(2~3.3)
Measurement rate	640,000 pts/sec	480,000 pts/s	420,000 pts/sec	43,000 pts/sec
Weight	1 Kg	0.85kg	0.775kg	1.36kg

\* 각 제조사별 제원자료 참고함.

## 핵심성과 9-1. 스마트 센싱 장비 조사 및 분류

### □ 센싱 장비별 특성 및 적용방안 도출

• 이동식 3D 스캐너 제품 비교

구분	NAVVIS M6	GreenValley International LiBackpack DGC50	Leica BLK2GO
Image			
Working range	30m	100m	0.5~25m
Measurement rate	43,200pts		420,000pts
Camera resolution	4592x3448 Pixel	4320x2160 Pixel	12 Mpixel
Number of Cameras	6	-	3
Number of Scanners	3	2	2
Scan Accuracy		1cm+1ppm	6~15mm
Weight	42kg	10.3kg	0.775kg
Operation Time	3.5Hours	2Hours	45min
Output	Point Cloud+Panorama Image	Point Cloud, Image	Point Cloud+Panorama Image

\* 각 제조사별 제원자료 참고함.

## 핵심성과 9-1. 스마트 센싱 장비 조사 및 분류

- 센싱 장비별 특성 및 적용방안 도출
  - 3D LAYOUT

구분	Leica iCR80	Trimble RTS655	Leica DISTO	FARO Tracer
Image				
Working Range (Non-Prism)	1.5~500m	1.5~150m	0.5~50m	1.8~15.2 m
Distance Accuracy (Prism/Non-Prism)	1mm+1.5ppm/2mm+2ppm	2mm/3mm@50m	2.5mm @ 50m	0.25mm @ 5 m
Weight	5kg	5.25kg	2.8kg	17.24kg
Operating time	8~10hours	5.5hours	8hours	(전원 연결 사용)

\* 각 제조사별 제원자료 참고함.

## Pilot 현장 선정

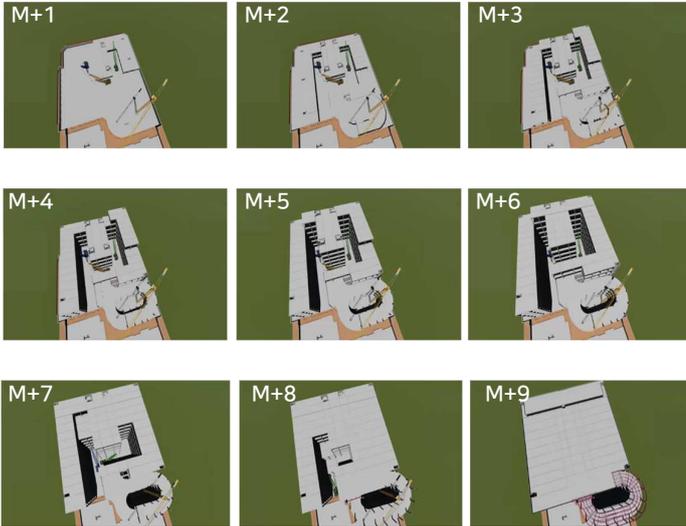
- PC공법의 물류센터 현장 Pilot 선정
  - 지상 10층 규모의 전체 PC구조
  - PC부재의 정밀 시공품질관리를 위한 사전 TEST



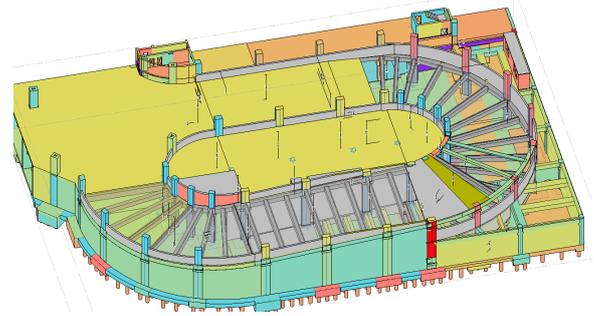
사업명	오산역 지산/물류 복합시설 신축공사										
대지위치	경기도 오산시 가수동 379번지 일원										
공사기간	물류센터 : 2020.04 ~ 2022.05 (25개월) 지식산업 : 2020.04 ~ 2023.03 (35개월)										
대지면적	60,787 m <sup>2</sup>										
연면적	357,637 m <sup>2</sup> (물류센터 : 152,268m <sup>2</sup> )										
규모	물류센터 : 지하1층 ~ 지상 10층 지식산업 : 지하2층 ~ 지상 29층 기숙사 : 지하2층 ~ 지상 17층										
구조	철근콘크리트조, PC조										
용도	지식산업시설(1,189실), 기숙사(301실), 의료시설(2실), 근린생활시설(123실), 물류센터										
주요 공정 (물류센터)	<table border="0"> <tr> <td>토목공사</td> <td>PC공사</td> <td>RC공사</td> <td>마감공사</td> <td>시운전</td> </tr> <tr> <td>5개월</td> <td>10개월</td> <td>2개월</td> <td>7개월</td> <td>2개월</td> </tr> </table>	토목공사	PC공사	RC공사	마감공사	시운전	5개월	10개월	2개월	7개월	2개월
토목공사	PC공사	RC공사	마감공사	시운전							
5개월	10개월	2개월	7개월	2개월							

## Pilot 현장\_BIM 모델 구축

- PC부재 시공 정밀도 향상을 위한 시공BIM 작성
  - BIM 작성시 PC부재의 Shop Dwg. 반영 ( LOD 350 )



BIM활용한 PC조립 공정관리



BIM모델을 활용한 검측

## Pilot 현장\_3D 스캐닝 및 계측

- PC부재 조립현황의 스캔
  - 기등 부재의 설치위치 및 수직도 체크
  - ※ PC 부재의 3D 포지셔닝을 위한 '로봇스테이션' 장비 구입

정합파일 (Scan) + 도면 (Dwg)	<p>3D SCAN Data      도면자료</p>	<b>분석 범위 설정</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 바닥에서 100mm 시점에서 양카 철근 위치 판독 (현장 상태를 고려한 최소 범위 위치로 선정)</li> </ul>
	<p>데이터 결합(Scan &amp; Dwg)</p>	<b>뷰박스 높이 설정</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 100mm 시점까지 뷰박스 높이 설정</li> </ul>
		<b>각 부재별 계측</b> <p>평면뷰 설정      결과 분석</p>

## [2세부, WG 2-9] OSC 기반 보-기동식 PC구조 도심지 소규모 주택사업 실증

기관명 : 서울주택도시공사  
연구책임자 : 김진성 수석연구원  
2020. 09. 22. (화)



이화여자대학교  
EWHA WOMANS UNIVERSITY

# Contents



- I 연구 추진 현황
- II 성과지표 달성 현황
- III 연구 진행 내용
- IV 향후 일정 및 계획



# 1 연구 추진 현황

## 연구 추진 현황

--- 계획  
— 추진

- 세부연구목표 : OSC기반 보-기동식 PC구조 도심지 소규모 주택사업 실증
- 핵심성과 : OSC기반 보-기동식 PC구조 소규모 주택 실증사업 모델

### 1차년- OSC기반 보-기동식 PC구조 공동주택 적용사업 기본방향 수립

2차년- 공동주택사업 특성별 OSC기반 보-기동식 PC구조 적용 실증계획 수립

3차년- OSC기반 도심지 소규모사업 실시절계 및 실증

4차년- OSC기반 도심지 소규모 실증사업 완료(평가) 및 사업모델 제시

핵심성과	주요 연구내용	월별 진행계획										진행율
		2020										
		5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월			
1 (1차년) OSC기반 보-기동식 PC구조 공동주택 적용사업 기본방향 수립	- OSC기반 PC구조 공동주택 요소기술 현황검토 - OSC기반 PC구조 공동주택 국내외 적용사례 분석 - OSC기반 보-기동식 PC구조 공동주택 사업여건 분석 및 적용 시사점 도출											40%

# 2 성과지표 달성 현황

## 성과점검기준표 달성현황

핵심성과 (level1)	단위성과 (level2)	1차년도 성과점검기준						양적 성과목표 (연차실적계획서 상)	양적 성과계획 (실제 계획)	달성현황
		질적 성과지표	목표치	측정 방법	검증 방법					
10 OSC기반 보-기동식 PC구조 소규모 주택 실증사업 모델	10-1 OSC기반 보-기동식 PC구조 공동주택 적용사업 기본방향 수립	① 수행결과 보고서	1	건축확인	보고서		보고서	보고서, 별책보고서 (기술현황 자료집)	진행중	

## 성과달성 논문

논문명	저자	학술지명 (Vol.)	국내외 구분	게재년월
1차년도 해당없음				

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

OSC기반 보-기동식 PC구조 도심지 소규모 주택사업 실증

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기동식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

##### OSC기반 보-기동식 PC구조 공동주택 적용사업 기본방향 수립

###### • OSC기반 PC구조 공동주택 요소기술 현황검토

- 기술현황검토 항목 : 도면, 설명서, 보고서, 기업자료, 논문, 현황 사례,
- 기술구분 : 자체기술(연구단 수행기관) / 외부기술(외부 기관, 개발특허 등) / 개발기술(기술개발이 필요한 부분)
- 1차년도 성과물 형태 : 기술현황 자료집 발간(비매출 도서형식 발간 목표, 자체기술과 외부기술 위주로 작성)
- 추진방법 : 관련 협회, 학회, OO사회 등 외부전문기관 협조 / 연구단 기관간 자료 협조 요청, 세미나 개최를 통해 필요성 분석
- 조사기준 : **현장 적용사례가 있는 기술들을 중심으로 조사**
- 조사파트 : 보-기동식PC구조 시스템 PC바닥구조 시스템 계단,옥탑 등 PC시설물 PC일체형 단열시스템 PC외피 시스템

###### • 국내외 적용 사례분석

- 국내사례 : LH공사 현장 및 제조사 공장 방문
- 국외사례 : 1차년도 해외출장 불가로 연구비 이월 변경(예정), 외국자료 및 전문가 활용하여 사례 조사 시행
- 사례분석 목적
  - 1) 실증단지 및 사업자 관점에서 사례분석(사업 추진 배경, 적용 PC기술 방식 유형 검토, 사업규모 및 평면 분석, 문제점 등)
  - 2) 기술적 관점에서 사례분석(접합방식, 공사기간, 생산방식 등)

###### • OSC기반 보-기동식 PC구조 공동주택 사업 여건 분석 및 적용 시사점 도출

- 서울시 공공주택 공급 사업방식 및 수요 분석 : 연차별 공급 목표 및 공급 물량 검토
- **OSC기반 PC구조 공동주택사업 특성에 적합한 업무 프로세스 및 발주방식 검토** → **용역진행중 (한미글로벌), 11월 결과예정**
- 공동주택 주요 개발가능 단위세대 규모 검토 : 수요에 입각한 공동주택 표준 평면 타입 검토 및 선택
- **실증사업 후보지 대상으로 기획설계를 통해 PC설계 시사점 분석** → **용역 진행중(설계사무소), 11월 결과 예정**

1차년도는 PC구조 기술개발 현황 파악과 실증단지 적용을 위한 사전검토, 기술교류

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

OSC기반 보-기동식 PC구조 도심지 소규모 주택사업 실증

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기동식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

##### SH공사 실증사업 추진 계획(안)

###### • 보-기동식 PC구조, 도심지 소규모 주택사업

- 보-기동식 구조로 '구조+설비+외피분리형' 장수명 주택이 구현 가능한 계획으로 추진
- 사업부지 확보 : 2차년도까지 부지 검토 후 최종 확정(연구단 필요시 사전 확정 가능)
- 부지 확보 방식
  - (1) 시,구유지 위탁사업 방식: 주차장, 유희청사 등 저이용부지 복합개발 사업
  - (2) 기존주택 매입사업 : SH공사가 기존주택을 매입 후 철거하여 신축하는 방식
  - (3) 빈집활용사업 : 필지단위의 최소단위 개발

###### • 실증사업 예상규모(일부 변경)

- 주택규모 : **전용면적 20~60㎡이하의 청년층(1~3인가구)를 위한 1bay~3bay 표준 평면**
- 부지규모 : 300㎡~1000㎡내외의 적정 부지
- 사업방식 : 행복주택, 국민임대주택 등 공공임대주택 사업

###### • 사업 일정

- 1차년도 : 요소기술 현황 검토, 국내외 적용 사례
- 2차년도 : 실증계획 수립, 요소기술 검토, 부지 확정
- 3차년도 : 기본계획 확정, 실시설계, 인허가, 착공
- 4차년도 : 구조제 제작 및 시공, 준공, 평가



- 위치 : 영등포구 신길동
- 지역/지구 : 제3종일반주거지역
- 대지면적 : 1,006.8㎡
- 규모검토 : 지하3층, 지상10층, 1개동
- 세대수 : 원룸(20㎡)기준 70세대 가능
- 특징 : 신설 지하철역 신림역 초근접부지
- 업무시설 복합화사업

실증목표 : 생산성 + 시공성 + 사업성

생산시스템      하자저감      표준모델  
장수명구현

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

OSC기반 보-기동식 PC구조 도심지 소규모 주택사업 실증

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기동식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

##### □ 평면 검토

• 서울주택도시공사 '청신호 주택 기본 평면' 을 활용



• 싱가포르 HUD 공공주택 표준화 평면 사례



현재 시범단지(영등포)를 대상으로 PC설계 이슈 도출을 위한 시뮬레이션 연구 진행 중

7

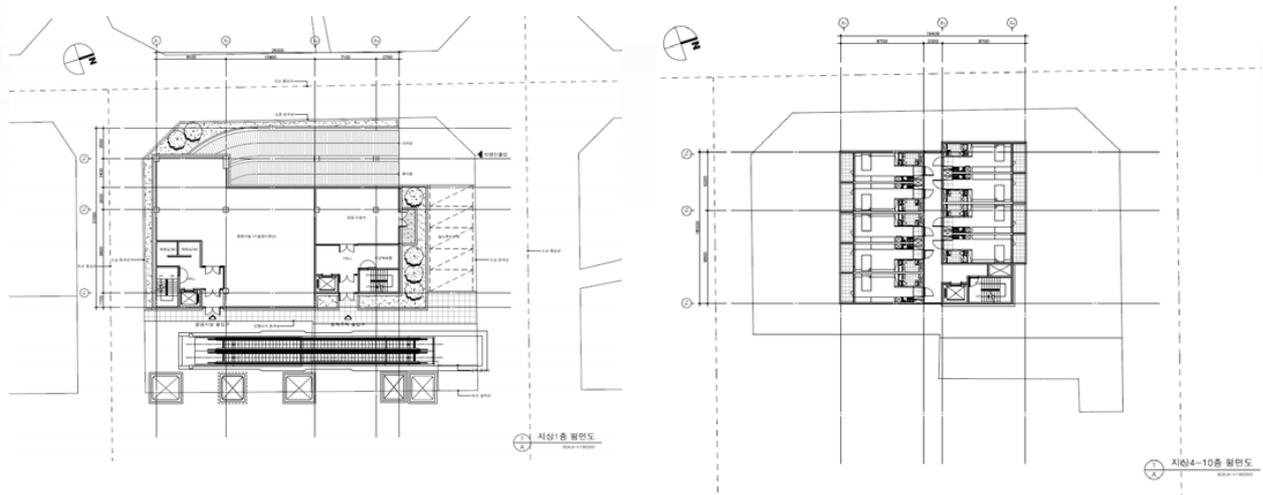
### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

OSC기반 보-기동식 PC구조 도심지 소규모 주택사업 실증

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기동식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

##### □ 사업부지 설계 사전검토

• 영등포부지 기존 RC설계 활용 : 최초 계획안은 one-room 평면이나 수요를 고려하여 2bay~3bay도 적용검토예정



기존 RC설계를 전환설계 중이며, 이 때 발생하는 이슈사항들을 도출, PC 기본계획안 작성 중

8

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기둥식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

##### □ PC 건축 주요 요소 기술 및 해외 적용 사례

###### • 해외 PC 건축 프로젝트의 주요 활용 원인

- 기술적 측면: PC 방식의 주요 장점(공기, 비용, 품질, 안전, 환경)을 프로젝트에 적용
- 산업적 측면: 건설 산업에서의 낮은 생산성 제고 및 기능공(Skilled Labor)의 부족 문제 해결

###### • PC 건축의 효율 제고를 위한 전략

- 건설 프로젝트 측면: PC의 장점을 극대화 하기 위한 발주제도 및 프로젝트 진행 방식 사용 (예: IPD, DB 등)
- 엔지니어링 기술 개발: DfMA(Design for Manufacturing and Assembly)의 개념을 활용하여 프로젝트 기획부터 PC 활용 고려
- 관련 기술의 적용성 확대: PC 건축물의 부재의 표준화를 통한 생산성 제고 뿐 아니라 프로젝트에 따른 주문생산 방식 적용
- PC 부재의 다양성 확대: 구조체 뿐 아니라 건축물의 구성요소(외장재, 지붕, MEP 등)를 사전제작 함으로써 OSC의 활용 범위를 확대

###### • 주요 PC 부재의 적용사례

- 주요 PC 부재는 전 범위를 PC로 하는 PC 프로젝트 뿐 아니라 일반 콘크리트 및 철골조 건축물에 적용이 가능하며, OSC 건축 프로젝트의 비율이 높은 유럽, 미국 등에서 주로 사용되고 있음
  - ✓ - PC 보, 기둥 및 접합 장치
  - ✓ - PC 슬라브 시스템
  - ✓ - PC 계단
  - ✓ - PC 지붕 시스템
  - ✓ - PC 외피 시스템
  - ✓ - PC 단열 시스템

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기둥식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

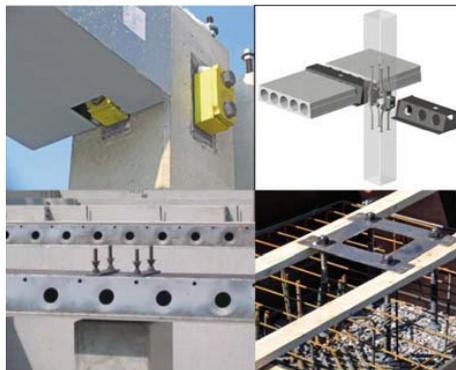
##### □ PC 건축 주요 요소 기술 및 해외 적용 사례

###### • PC 보 및 접합 장치 (Deltabeam slim floor structure)

- 주요 특징: PC 또는 현장타설 콘크리트 건축물에 적용가능/단열성능 4시간/주문제작 가능/경량화를 통한 장스팬 적용 가능
- 구조적 특징: 본 시스템의 접합 부재를 사용하여 PC이외의 건축 방식에 접합 가능
- 적용성: 맞춤형 거푸집(In-built formwork)을 활용하여 곡면 및 다양한 형태 제작 가능



[Deltabeam Structure]



[Deltabeam Structure의 접합 장치]



[장스팬 적용 사례]

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기둥식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

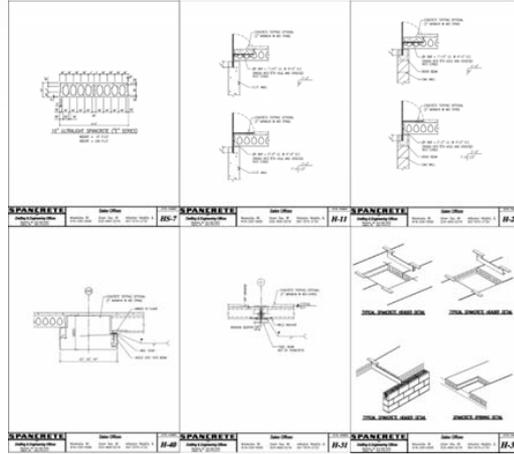
##### □ PC 건축 주요 요소 기술 및 해외 적용 사례

###### • PC 슬라브 시스템 (Spancrete Hollowcore)

- 주요 특징: 경량화를 통한 장스팬 건축물 적용 가능
- 구조적 특징: PC 슬라브 시스템 내의 중공부를 활용하여 구조적 성능 향상 및 경량화 가능
- 적용성: 시스템 내의 중공부를 MEP 배관을 위한 공간으로 활용이 가능하며 철골, PC, 콘크리트 및 콘크리트 벽돌 구조체에 적용 가능



[Spancrete Hollowcore]



[접합 상세 도면]

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기둥식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

##### □ PC 건축 주요 요소 기술 및 해외 적용 사례

###### • PC 계단 시스템 (FPMCCANNHOMES)

- 주요 특징: 계단과 계단참의 조합을 통한 다양한 규격의 계단 제공
- 적용성: 양중 및 설치를 위한 앵커 설치



[PC 계단의 조합 예시]

###### • PC 계단 시스템 (Topflight precast)

- 주요 특징: 주문제작 및 맞춤형 PC 계단을 제작함
- 적용성: 3D 프린팅을 계단 디자인 단계에서 활용



[주문제작 PC 계단 사례]



[PC 계단 적용 사례]



[3D 모델 및 적용사례]

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기동식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

##### □ PC 건축 주요 요소 기술 및 해외 적용 사례

###### • PC 지붕(Roof) 시스템 (Easi-Span Roof Panel)

- 주요 특징: 하중을 지지하기 위한 보 없이 최대 15m 까지 PC Roof의 적용이 가능/높은 내구성 보유
- 접합 방식: 건축물 최상단의 슬래브 또는 Knee Wall (지붕을 지지하기 위한 낮은 높이의 벽체)에 접합 가능
- 적용성: 주문제작을 통한 다양한 규격 제작 가능/라이선스 방식



[Easi-Span Roof Panel의 시공 사례]

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기동식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

##### □ PC 건축 주요 요소 기술 및 해외 적용 사례

###### • PC 외장패널 시스템 (SlenderWall Lightweight Wall Panel System)

- 주요 특징: 경량 외장 시스템/단열, 방습, 방수 기능/라이선스 제작 방식
- 접합 방식: 슬라브 끝단에 앵커 설치 후 본 시스템과 접합
- 적용성: 외장 패널에 창호 및 유리 포함 가능하여 실리콘 시공 품질 향상/패널 내부 배수로(Drain) 설치



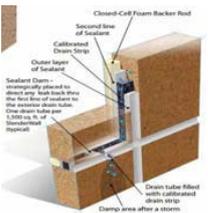
[외장 패널 시스템 접합예시]



[공장 설치 창호 예시]



[적용사례(Luxenbourg III Apartments, Quebec)]



[외장 패널 배수 시스템]



[적용가능 외장 디자인]



[적용사례(BioInnovation Center, NOLA)]

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기둥식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

##### □ PC 건축 주요 요소 기술 및 해외 적용 사례

###### • PC MEP 모듈 시스템

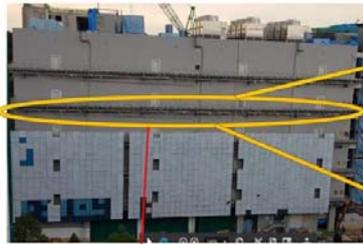
- 주요 특징: MEP 모듈 제작사는 컨설팅, 설계, 제작, 시공 통합 서비스 제공
- 접합 방식: 구조설계 도면 분석 후 MEP 모듈의 리프팅 및 고정지점 결정
- 적용성: PC 구조체 제작업체와의 협업을 통한 MEP 통합 구조 시스템 제공 가능



[MEP 모듈 설치 예시]



[MEP 포함 PC 구조체]



MEP services integrated with the working platform (catwalk)



Mounting points for façade

[건축물 외부 Prefab MEP 설치 사례]  
(Global Switch Singapore Woodlands Data Centre)

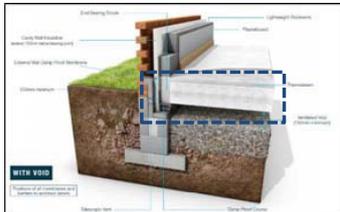
### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기둥식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

##### □ PC 건축 주요 요소 기술 및 해외 적용 사례

###### • PC 단열 시스템(단열 슬라브 시스템)

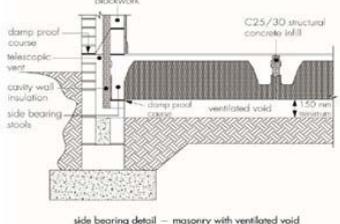
- 주요 특징: 단열재를 포함하여 PC 슬라브 시스템 제작/기밀성 및 품질 향상
- 적용성: 수요자의 요구 사항에 따라 단열 성능 및 규격 변경 가능



[단열 슬라브 시스템]



[단열 PC 바닥 시스템 생산 프로세스]



[접합 상세 예시]



[단열 PC 바닥 시스템 설치]

# 1차년도 주요 연구 추진사항

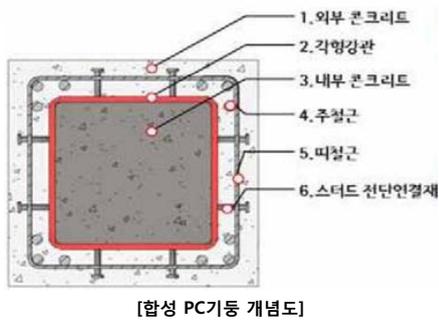
## 핵심성과 1. OSC 기반 보-기둥식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

- PC 건축 주요 요소 기술 국내 적용 1차 사례 조사 취합 결과 (2차 추가 조사 예정)
  - PC구조
  - 바닥구조
  - PC계단, 옥탑 등 제작시설물
  - PC일체형 접합 단열 시스템
  - 외장단열재 고정구
  - 단열시스템
- 자료 협조 기관
  - 까뮤이엔씨, 다스코, 동서PCC, 강남건영

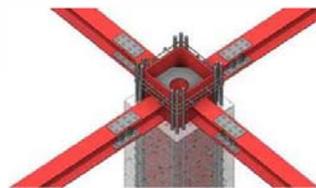
# 3 1차년도 주요 연구 추진사항

## 핵심성과 1. OSC 기반 보-기둥식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

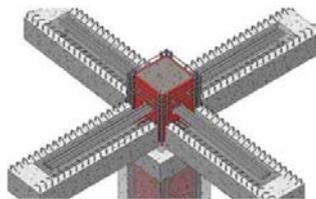
- PC 건축 주요 요소 기술 국내 적용 사례
  - PC 구조체 (기둥\_스터드 전단연결재를 설치한 각형강관 매입형 중공 프리캐스트 콘크리트 합성기둥 공법\_C사)
    - 주요 특징: 각형강관의 외부에 스테드 전단연결재를 설치하여 콘크리트가 일체화 될 수 있도록 공장제작 후 현장에서 중공부에 콘크리트 타설하여 완성하며, 기둥의 중량 감소 및 현장에서의 작업(기둥 설치를 위한 거푸집, 철근 배근 등) 감소 가능
    - 적용성: 구조재료의 종류에 상관없이(철골보, PC보 활용 가능) 접합부 시공이 가능하며, 중공 기둥이기 때문에 운송 및 양중 효율향상 [특허: 10-1178381, 10-1180575, 10-2084829, 건설신기술: 제 853호, 사용기술명: HPC(Hybrid Precast Concrete) 공법]



[합성 PC기둥 개념도]



[철골보 접합부]



[PC보 접합부]

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기둥식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

##### □ PC 건축 주요 요소 기술 국내 적용 사례

###### • PC 바닥구조 (바닥구조\_와플형상의 스템으로 보강한 물류창고용 프리캐스트 프리스트레스트 콘크리트 슬래브 공법(WAS 공법)\_C사)

- 주요 특징: 1) PC 슬래브 하부의 스템이 와플형상으로 배치된 공법으로, 장변방향 스템에는 프리스트레스트의 도입으로 슬래브 강성을 증가시키고 단변방향 스템에는 프리스트레스트를 미적용하여 프리스트레스트를 활용한 장변방향의 변형을 방지  
2) PC 슬래브 제작 시 설치된 양단부의 단변방향 갈고리 철근 배근으로 덧침 콘크리트 타설 시 타 구조체와 일체화 가능
- 적용성: 덧침 콘크리트 타설에 의해 습식으로 일체화되어 보 상부의 균열저감 및 마감하중과 활하중에 대한 연속화가 가능하여 물류창고 등 장스팬이 요구되는 건축물에 사용가능

[특허: 10-0760393, 10-1004221, 10-1039457, 건설신기술: 제 764호, 사용기술명: WAS(Waffle Shape Slab) 공법]



[Waffle shape Slab(WAS)]



[WAS 적용 예시]

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기둥식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

##### □ PC 건축 주요 요소 기술 국내 적용 사례

###### • PC 바닥구조 (바닥구조\_리브 플러스 슬래브+ 공법\_C사)

- 주요 특징: RPS+는 리브의 수를 줄이고 중공의 크기를 극대화하여 슬라브의 중량감소, 제작 시 중공부에 EPS 매입, 평면형 천장구조를 통하여 기존 RPS 보다 달대 등의 시공 효율성 향상, 및 불필요한 콘크리트 물량을 감소 가능
- 적용성: 기존 PC 슬래브와 동등한 구조, 내화성능 확보하여 기존 PC 슬라브 대체 가능

[특허: 10-1228642, 10-1285468, 10-1285487, 10-1987327, 사용기술명: RPS+(Rib Plus Slab+) 공법]



[Waffle shape Slab(WAS)]



[중공 형태에 따른 RPS+의 변형 예시]

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기둥식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

##### □ PC 건축 주요 요소 기술 국내 적용 사례

###### • PC 바닥구조 (바닥구조 SPANCRETE를 이용한 PC 복합화 공법\_K사)

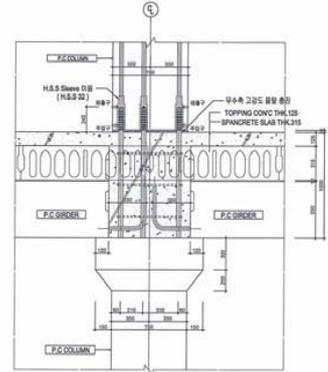
- 주요 특징: 미리 당겨진(Prestressed) PC 강선위에 자동성형기(Extruder)에 의하여 규격화된 PC 슬라브 생산 및 슬라브의 중공은 차음 및 보온성능을 향상시킴.
- 적용성: 프리스트레스 콘크리트 부재로서 장스팬의 건축물에 적용가능



[SPANCRETE의 설치과정]



[PC부재와 SPANCRETE의 복합화 예시]



[PC부재와 SPANCRETE의 접합상세]

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

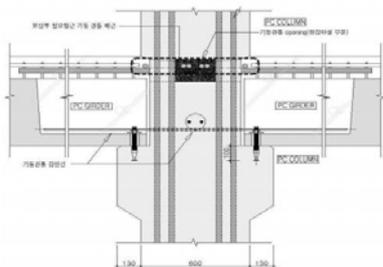
#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기둥식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

##### □ PC 건축 주요 요소 기술 국내 적용 사례

###### • PC 바닥구조 (바닥구조 비긴장 강연선을 이용한 지하주차장용 프리캐스트 콘크리트 보-기둥 비내진 접합부 일체형 공법\_D사)

- 주요 특징: 2~3층이 한절로 구성된 PC 기둥과 U자형의 단부형상을 갖는 Half PC보의 접합을 기둥 접합면 상부에는 개구부를 설치하여 철근을 배근하고, 하부의 관통홀에 비긴장 강연선을 배근하여 접합부의 일체성 및 시공성 증대
- 적용성: 기둥 내 단면손실을 최소화 하면서 보를 거치하기 위한 거치대를 형성하여 시공 시 안전성 확보가 가능하며, 2~3개 층의 기둥부를 한번에 시공하여 공기 및 간접비용 절감 가능

[건설신기술: 제 736호]



[기둥 중앙 단면도]



[기둥-보 접합부 시공 사례]



[다층 동시 시공 예시]

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

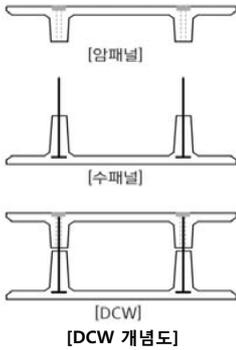
#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기둥식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

##### □ PC 건축 주요 요소 기술 국내 적용 사례

###### • PC 구조체 (PC 벽체\_이중합성벽체\_C사)

- 주요 특징: DCW는 2개의 더블티 형상의 PC패널이 마주보고 있는 단면으로 구성되며, 앵커볼트가 매입된 수패널과 앵커볼트가 관통되어 체결되는 암패널로 구분됨. DCW는 공장에서 생산 후 현장에서 중공부위에 콘크리트 타설을 통하여 구조체와 일체화 됨.
- 적용성: DCW는 구조물의 소요하중에 대해 두께 및 높이 등의 규격이 맞춤으로 설계되어 지며, 콘크리트 타설 측압 및 시공하중에 대해 구조 안전성을 확보할 수 있는 단면으로 상세가 구현됨
- 주요 적용 사례: 물류센터의 지하층 및 반도체 공장 폐수처리시설과 같은 층고 10m이상, 벽 두께 1m이상의 높은 토압과 수압을 지지하여야 하는 구조체에 사용

[특허: 10-1890860, 사용기술명: DCW(Double Composite Wall) 공법]



[DCW 시공 예시]

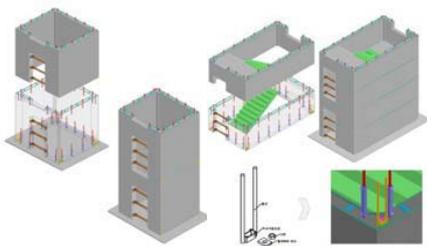
### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기둥식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

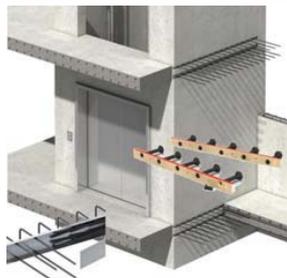
##### □ PC 건축 주요 요소 기술 국내 적용 사례

###### • PC 계단, 옥탑 등 제작시설물 (PC 코어\_박스형 프리캐스트 콘크리트 코어\_C사)

- 주요 특징: 건축물의 횡력저항 요소인 코어를 PC로 제작하여 시공성 향상 및 다양한 형태로 분절이 가능하여(수평, 수직 분절 및 1개층 1유닛(승강기실), 1개층 2유닛(계단실)) 제작 및 시공성 향상가능
  - 적용성: 접합 장치를 활용하여 PC 코어, 슬라브, 계단, 계단참 접합 가능
- [특허: 10-2050046, 10-2111337, 10-2105457, 10-2071825]



[분절 형태에 따른 PC코어의 분류]



[타 PC 부재와의 접합 개념도]



[접합 장치를 활용한 코어-계단참 접합]

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기동식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

##### □ PC 건축 주요 요소 기술 국내 적용 사례

###### • PC 계단, 옥탑 등 제작시설물 (PC 옥탑 구조물\_C사)

- 주요 특징: 반복적 작업으로 구성된 공동주택 공사에서 PC 옥탑 구조물을 적용할 경우 옥탑을 위한 가설 비계 및 거푸집 설치 등의 고소 작업의 감소가 가능하며, 공장제작을 통한 마감면의 품질 향상 가능 (옥탑구조물의 바닥판, 옥상의 마감을 위한 콘크리트 타설 필요)
- 적용성: 옥탑 구조물의 주요 기능인 기계실, 계단실 등에 적용이 가능하며, 미적 기능을 갖는 옥탑 치장시설물에도 적용가능



[PC 옥탑구조물 접합부 시공]



[PC 옥탑구조물 적용사례]



[PC 치장시설물 적용사례]

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기동식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

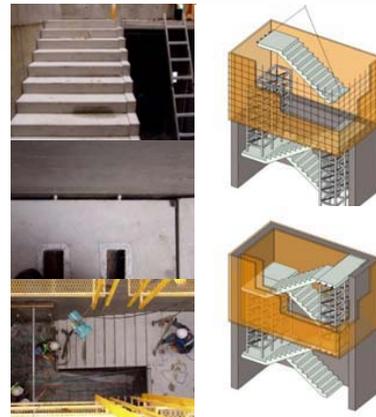
##### □ PC 건축 주요 요소 기술 국내 적용 사례

###### • PC 계단, 옥탑 등 제작시설물 (공동주택 옥탑 PC 공법\_D사)

- 주요 특징(PC 옥탑): 골조공사의 마무리 시점에 옥탑 부분의 공사가 진행되기 때문에 마지막 골조공사가 원만히 진행되지 못하여 옥탑공사 지연으로 인한 타워크레인 해체가 지연되는 것을 방지하기 위해 옥탑부분을 PC 공법 적용
- 주요 특징(PC 계단실): 계단실을 우선신공 하여 작업통로의 조기확보 가능 및 시스템 서포트 개발 및 활용을 통한 PC부재 작업하중 경감 가능
- 적용성: 옥탑의 경우 기존 RC 공법에서 표현할 수 없는 디자인을 공장제작을 통하여 적용가능하며 계단실의 경우 품질향상 가능



[PC 옥탑 시공 순서]



[PC 계단 시공 순서]

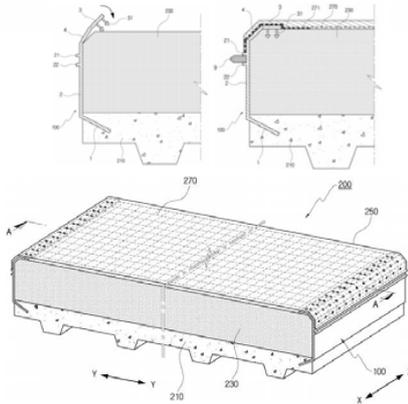
### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기동식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

##### □ PC 건축 주요 요소 기술 국내 적용 사례

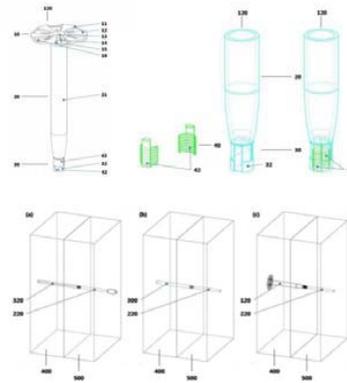
###### • PC 단열시스템 (외단열 PC 벽체, 외단열 프리캐스트 콘크리트 벽체의 측면 보호고정 장치, 및 이를 구비한 외단열 프리캐스트 콘크리트 벽체\_DS사)

- 주요 특징: 1) 외단열 기능의 프리캐스트 콘크리트 벽체에서 단열재의 측면을 손상 등으로부터 효율적으로 보호함과 동시에, 단열재와 콘크리트 패널 간을 견고하게 고정시켜 단열재와 벽체의 일체화를 향상시키는 기술  
2) 콘크리트 벽체와 단열재의 일체화를 향상시키기 위해 고정구를 개발하여 외단열 벽체에 적용
- 적용성: 기존 외단열 PC 벽체의 주요 단점인 파손, 탈락 감소 및 단열재와 PC 벽체사이를 외기와 차단하여 결로 등의 수분침투 방지 [특허: 10-1353307, 10-1342077, 10-1450690, 사용기술명: 고단열 복합PC 외벽시스템]



[외단열 PC 벽체의 개념도]

27



[PC 벽체와 단열재 고정을 위한 고정구]

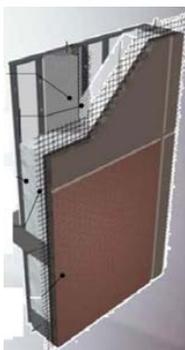
### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기동식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

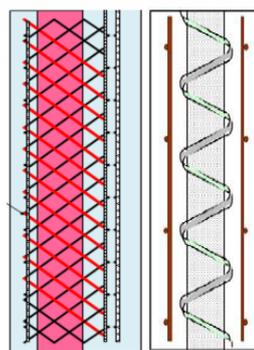
##### □ PC 건축 주요 요소 기술 국내 적용 사례

###### • PC 단열시스템 (중단열 PC 벽체, 중단열 커튼월 콘크리트 외벽시스템\_DS사)

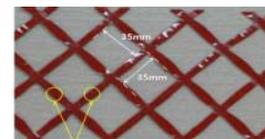
- 주요 특징: 1) 중단열 시스템을 활용하여 기존 단열시스템의 주요 단점(내단열의 열교 현상 및 외단열의 내구성 및 시공성)보완 가능  
2) 중단열 시스템의 전단연결재 개발을 통한 PC패널과 단열재의 부착 전단성능 향상 (그리드형: 해외 사례와 동일 성능 확보, 파형: 해외 사례의 2배 전단성능 확보)
- 적용성: 중단열 시스템을 적용 시 기존 알루미늄 커튼월 패널 보다 높은 수준의 에너지 효율 확보가능



[중단열 커튼월 시스템 개념도]



[전단연결재의 형상에 따른 패널의 분류]



[그리드형 FRP 전단연결재]



[파형 전단연결재]

[전단연결재의 종류]

28

### 3 1차년도 주요 연구 추진사항

#### 핵심성과 1. OSC 기반 보-기동식 PC구조 소규모 주택 실증사업 구축 및 모델 개발

##### □ PC 건축 주요 요소 기술 국내 적용 사례

###### • 국내/외 PC 건축 기술 비교

- 국내의 경우 PC 건축물을 구성하기 위한 구조체 부분(기둥, 보, 슬라브 등)에서는 기술 확보 및 프로젝트에 적용 중
- MEP, 외장 패널 등 PC 건축의 다양성 및 효율을 제고하기 위한 기술의 적용사례는 없음(본 기술수요 조사 사례 중)
- PC 등 OSC 프로젝트의 시장 점유율이 높은 국가의 경우 구조체 뿐 아니라 관련 기술(Prefabricated MEP 등)이 동시에 적용되고 있으며, 국내의 경우에도 시장점유율 증가 여부에 따라 관련기술의 발전이 예상됨.

	국내	국외
PC 구조(보, 기둥)	중공 PC 기둥,	PC 보, 기둥 및 유선형 Prefab 구조체
PC 바닥구조	WAS, Hollowcore(Spancrete), RPS+, Half PC Slab	Double Tee(SL), Hollowcore(S), Rib Slab(S)
PC 계단, 옥탑 등 제작시설물	계단, 계단참, 옥탑, 치장시설물	계단, 계단참, Prefab 유선형 계단
단열시스템	외단열, 중단열(커튼월 시스템)	내단열, 외단열, 중단열(외피 겸용), 바닥단열
외장패널	조사중	주문제작 외피 시스템
그외	1) 단열시스템 고정구 2) PC 벽체(DCW) 3) PC 코어	1) 접합장치: PC-PC 접합장치, PC-RC 접합장치, PC-Steel 접합장치 2) Prefab 거푸집 3) 장스팬 PC Roof 시스템 4) Prefab MEP 시스템(구조체 일체형) 5) Prefab Catwalk(점검로) 6) PC 코어 7) PC 발코니 8) PC 흙막이벽(기초공사)

[국내/외 PC 건축 주요 요소기술 비교]

### 4 향후 일정 및 계획

#### 향후 일정

- 2020. 10월 ~ 11월 기술 자료관련 간담회 및 회의진행
- 2020. 하반기 세미나 (코로나 관련 경과에 따라 추진)

#### 요청사항

- 주요 기술자료 연구단 요청  
(이대: 자료협조요청, 각 기관: 자료 협조, SH: 자료집 기획 및 제작)  
- 연구단 내부자료