

OSC기반 공동주택 생산시스템 혁신기술개발 연구단

2020년도 워크숍

❖ 일시 : 2020년 7월 17일 (금)

❖ 장소 : 경기도 양평군 강하면 강남로 316 현대블룸비스타

❖ 참여 연구기관

1세부	한국토지주택공사, 아주대학교, (주)희림종합건축사사무소, 광운대학교, 한국콘크리트학회, (주)아이스트, (주)대우건설, 대림산업 주식회사, (주)까뮤이앤씨
2세부	이화여자대학교, 롯데건설(주), (주)연우피씨엔지니어링, 주식회사 로이테크윈, 인천대학교, 지에스건설(주), 현대엔지니어링(주), 서울주택도시공사, 아주대학교, 성균관대학교
3세부	한국건설기술연구원, (주)까뮤이앤씨, 주식회사 현인피씨엠
참여기관	주식회사 맥스비아이엠, 페이코코리아 주식회사, 한성피씨건설 주식회사, (주)에센디엔텍, (주)시드소프트, (주)무영씨엠건축사사무소, (주)이오스, (주)에스엠구조컨설턴트, (주)이에스연구소, 주식회사 주신산업, 동서 피. 씨. 씨 주식회사, 주식회사 월드피씨, (주)연우건축구조기술사사무소, (주)이안디자인 건축사사무소, (주)씨앤씨, 주식회사 센코어테크, 삼표피앤씨 주식회사, 주식회사 두아건축, (주)씨더블유에스엔지니어링, (주)지이에스, 주식회사 에스아이판, 한울 주식회사

❖ 주관 : 이화여자대학교 산학협력단

❖ 협동 : 한국토지주택공사, 한국건설기술연구원

❖ 후원 : 국토교통과학기술진흥원

2세부

- ❖ [WG 2A] OSC통합관리 플랫폼 기술 개발
- ❖ [WG 2B] OSC 공장 스마트 생산관리
- ❖ [WG 2C] OSC기반 PC구조 공동주택 스마트 현장관리 기술 개발
- ❖ [WG 2D] OSC기반 보-기동식 PC구조 도심지 소규모 주택사업 실증



[2세부, WG 2A] OSC 통합 관리 플랫폼 기술 개발

기관명: 이화여자대학교, 롯데건설, 연우PC엔지니어링, 로이테크원

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

2020. 7.17



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	- OSC 통합 플랫폼 시스템 설계를 위한 관련 현황 및 참여자 수요 조사 - OSC 통합 플랫폼 시스템 설계를 위한 요구사항 및 필요기술 도출								40%
2	OSC 공급사슬 최적화를 위한 공장생산-물류-설치 동기화 관리 기술 개발	- 현장설치 진도 모니터링 기술 개발 - 현장설치 공정관리 기술 개발 - 공장생산-물류-현장설치 동기화 공장생산계획 기술 개발								40%
1	OSC 통합 플랫폼 데이터 모델 및 부재 트래킹 기술 개발	① 부재 트래킹 업무 관련 현황 및 Needs 조사 ② OSC 기반 tracking 데이터 및 BIM 모델 연계 기술 개발 ③ 통합관리 플랫폼 내 tracking 기술 탑재								80%
1	OSC 통합 플랫폼 기술 개발	① OSC기반 통합관리 프로세스 및 데이터 베이스 설계 ② 3D 기반 BIM 모델 플랫폼 소프트웨어 구현 및 데이터베이스 개발 ③ Open API 및 서버 구축								100%
1	OSC 통합 물류관리 기술 및 플랫폼 연계 기술 개발	① OSC 업체/현장 자재 입고와 재고관리 기술 설계 ② 현장 자재 JIT기반 발주 자동화 기술 설계 ③ 현장 자재 위치관리 기술 설계 ④ OSC 공장 생산-물류-현장 설치 동기화 관리 기술 설계								30%

3

2

성과지표 달성 현황

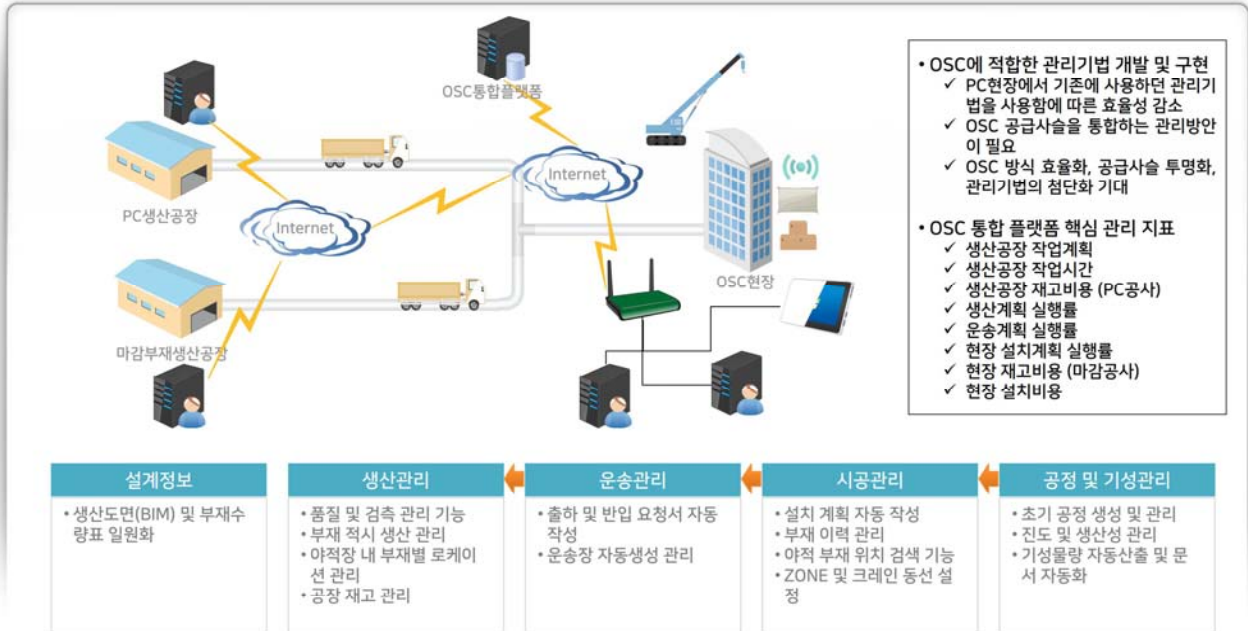
성과점검기준표 달성현황

핵심성과 (level1)	단위성과 (level2)	1차년도 성과점검기준			양적 성과목표 (연차실적계획서 상)	양적 성과계획 (실제 계획)	달성현황		
		질적 성과지표	목표치	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	
		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	
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

3 1차년도 주요 연구 추진사항

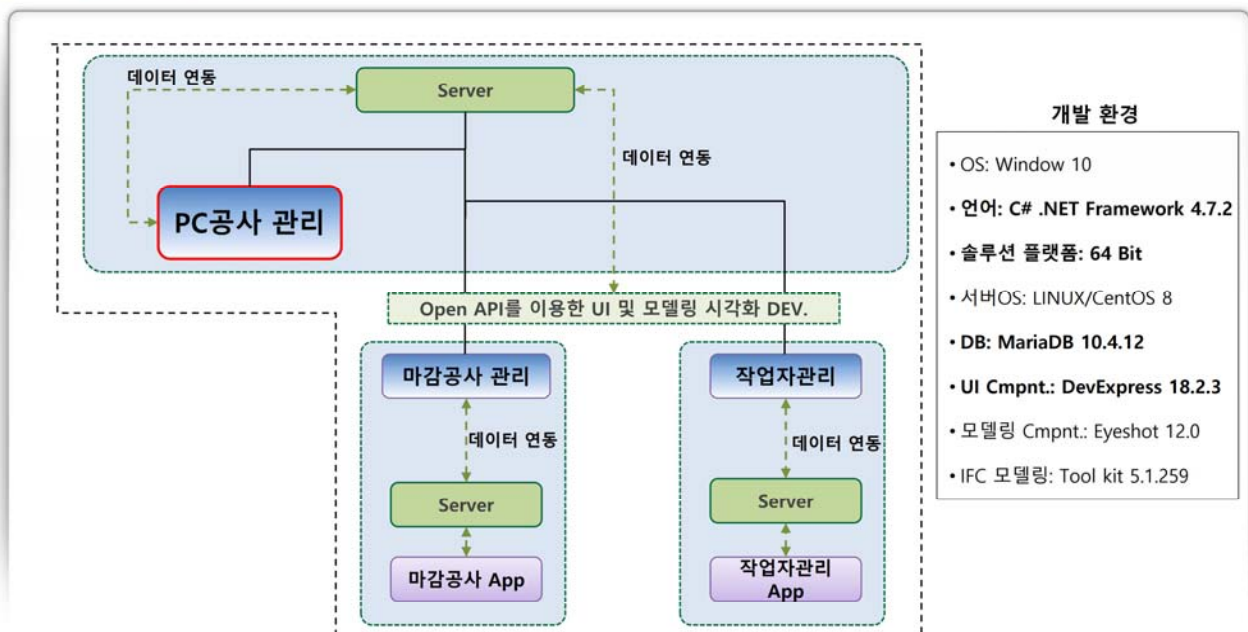
OSC 통합 플랫폼 개념도



5

3 1차년도 주요 연구 추진사항

OSC 통합 플랫폼 시스템 구성도



6

[2세부 WG-2B] OSC 공장 스마트 생산관리

기관명: 이화여자대학교, 인천대학교, GS건설, 아주대학교

발표자: 김태완 교수

2020. 07. 17.



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

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)	- PC부재생산공장에적용가능한스마트안전관리기술현황조사및 방향설정 - PC부재생산공장안전관리지침및체크리스트요구사항분석	---	---	---	---	---	---	---	---	20%
6	PC부재 설치최적화 지원 물류계획 시스템 (인천대)	- PC부재 물류계획 프랙티스 조사 - 물류계획 시 공장-운반-현장 관점의 고려요소 정의	---	---	---	---	---	---	---	---	20%
7	PC생산공장 내 야적 최적화 기술 (GS건설)	- PC공장에서 활용하고 있는 운반 및 야적 기술 현황 조사 - PC공장에서 나타나고 있는 관리 상의 문제점 및 원인 분석 - 국내외 선형 연구 사례 조사 - 2차년도 최적화 주요 영향 인자 분석 준비	---	---	---	---	---	---	---	---	25%
11	공장생산 PC 부재의 스마트 검측 및 품질관리 시스템 (아주대)	- 공장생산 PC 부재 품질관리 자료 수집 및 분석 - 비전 기반 품질 검측 기술 개발	---	---	---	---	---	---	---	---	20%

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	3-1 PC부재 생산공장 안전관리 지침 및 스마트 안전관리 시스템 (이화여대)	① 보고서 작성여부	1	보고서 작성 여부	보고서	국내학술대회논문게재 1건	국내학술대회논문게재 1건	X
6	6-1 PC부재 설치최적화 지원 물류계획시스템 (인천대)	① 수행결과보고서	1	보고서 작성 여부	보고서			
7	7-1 PC공장내 야적 최적화 기술 개발 (GS건설)	① 사례조사 자료 정리 DB화	1	건수확인	보고서	DB 1건 (년차별 보고서)		
11	11-1 공장생산 PC 부재의 스마트 검측 및 품질관리시스템 (아주대)	① 보고서	1	보고서 작성 여부	보고서			

4

3 1차년도 주요 연구 추진사항

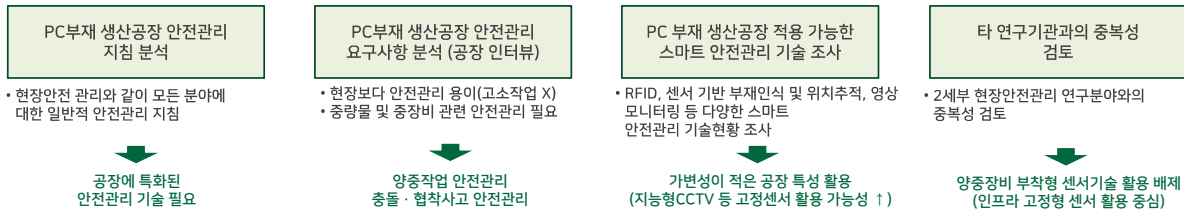
핵심성과 3. PC부재 생산공장 안전관리 지침 및 스마트 안전관리 시스템 (이화여대)

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

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



PC 생산공장 안전 관련 기준 및 지침

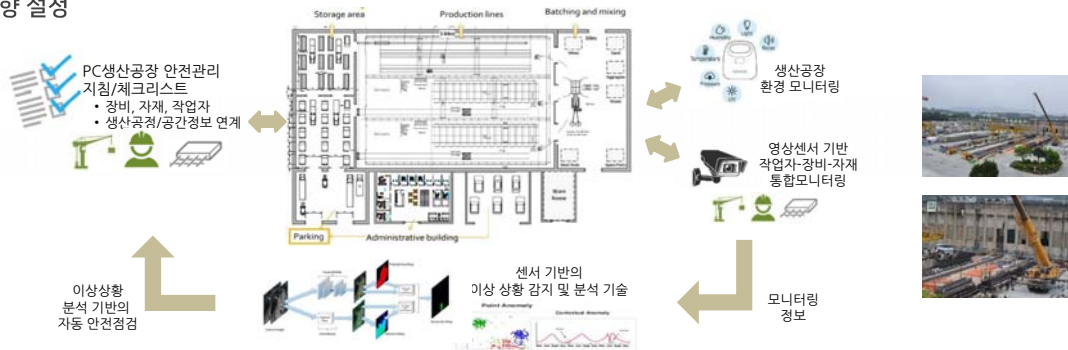


5

3 1차년도 주요 연구 추진사항

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

□ 연구 방향 설정



핵심기술	핵심연구내용	연구확장 및 타 연구와 연계방안
정확도 높은 객체 인식 기술	안전관리 지침 연계 위험상황 정의 (충돌위험 등), 위험상황 Threshold 결정, 데이터 수집	생산공정, 품질, 적재상황 분석 등과 연계 방안
동시인식률이 높은 작업자-장비-자재 통합감지기술 (작업자-장비-자재 상호작용 고려)	인식정확도를 위한 해상도 결정 및 센서위치 가이드라인	기타 환경 모니터링 센서정보와 연계 방안
정상상황 VS. 이상상황 식별 기술	객체인식 및 이상상황 식별 알고리즘 개발 및 실증	플랫폼 연계 방안

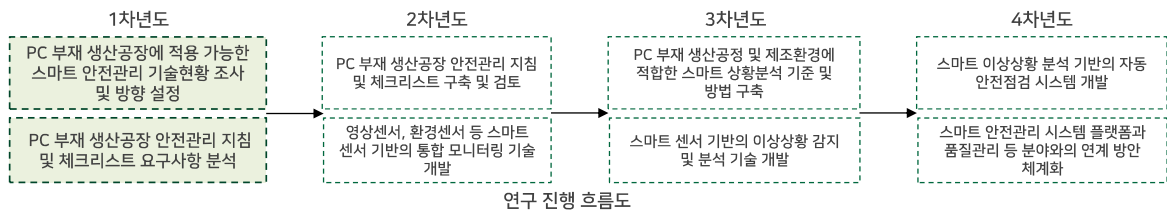
6

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
- 공장의 경우 가변성이 현장보다 적어 해당 기술 활용가능성이 매우 높다고 판단됨
- 다양한 안전관리 분야 중 핵심적인 1-2개 위험에 초점을 맞춰 현장 적용 가능하도록 개발, 공장 적용 가능한 시스템화
- 타 연구기관 및 플랫폼과의 연계방안에 대한 연구를 집중적으로 추진할 예정



3 1차년도 주요 연구 추진사항

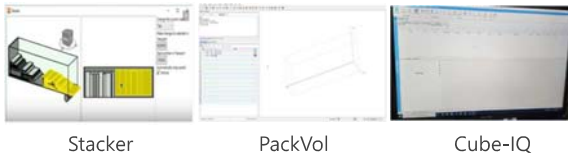
핵심성과 6. PC부재 설치최적화 지원 물류계획시스템 (인천대)

□ 진행사항 요약

PC부재 물류 프랙티스 조사



기존 소프트웨어 테스트



관련 문헌 조사

문헌명	저자	연도	주요 내용	참고
...
...
...

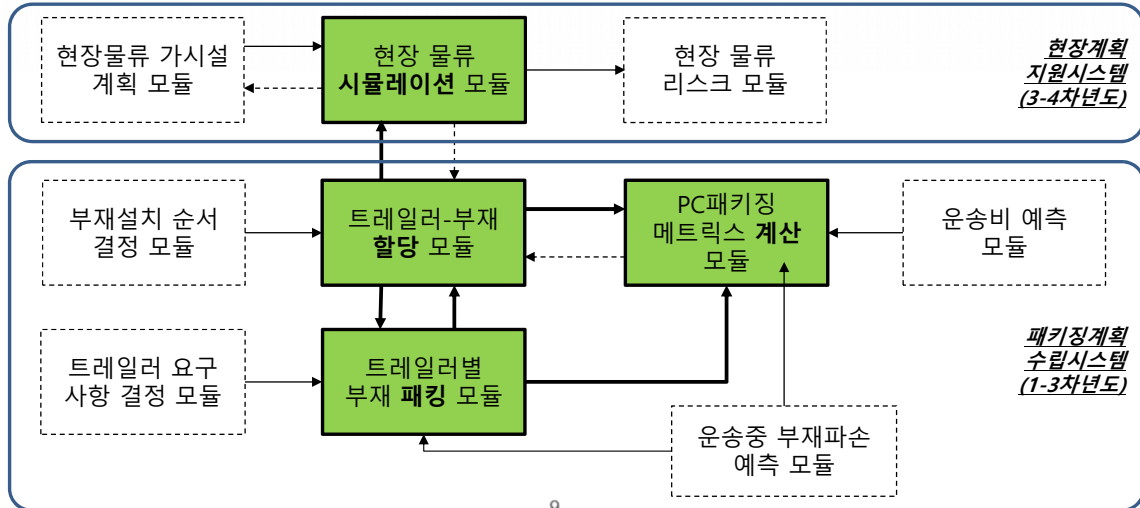
1차년도 과업의 성공적 추진

- 스마트 PC물류운송계획시스템 요구사항 개발 [논문]
- PC물류 운송계획시 고려사항에 대한 분석 [논문]
- 1차년도 수행결과 보고서: 스마트 PC물류계획 비전 제시 [보고서]

3 1차년도 주요 연구 추진사항

핵심성과 6. PC부재 설치최적화 지원 물류계획시스템 (인천대)

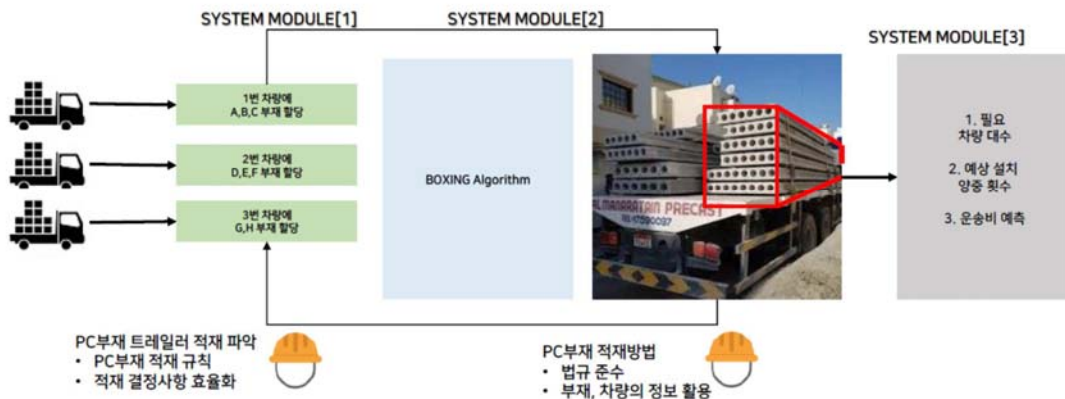
- 부재 설치순서, 현장 적재공간, 부재 파손, 운송비를 모두 고려한 패키징계획을 작성, 현장 물류 시뮬레이션으로 적정성을 확인하는 시스템
- 패키징계획의 빠른 수립·공유, 패키징 고려요소의 포괄적·명시적 반영



3 1차년도 주요 연구 추진사항

핵심성과 6. PC부재 설치최적화 지원 물류계획시스템 (인천대)

- 패키징 계획 수립 시스템 모듈 (1-3차년도)



3 1차년도 주요 연구 추진사항

핵심성과 7. PC공장 내 야적 최적화 기술 개발 (GS건설)

□ 방문조사 PC공장(현황) (1차 조사 요시 추가 조사 협조 필요)

업체명	공장위치	주소	부지면적 (1,000㎡)	생산용량 (㎡/Day)	주요생산제품
한성PC건설	아산공장	충청남도 아산시 영인면 역리 60-3번지	168	400	HCS, Column/Girder, RPS, MTS,
	음성공장	충북 음성군 감곡면 가곡로 335	161	300	Rooftop artwork
K세웅건설	충주공장	충북 충주시 충주산단1로 68	127	200	HCS, 건축 일반PC(예정 150㎡/Day)
덕산GS	진천공장	충청북도 진천군 초평면 은암리 73-3	115	400	HCS, MIR, 건축 일반PC
삼표P&C	청주공장	충청북도 청원군 남이면 상발리 213-1	149	300	토목 건축 일반PC, D-Wall
	상주공장	경상북도 상주시 화서면 영남제일로 4278-11	47	140	건축 일반PC
가유E&C	이천공장	경기도 이천시 대월면 경충대로 1937번길 57	50	200	건축 일반PC
	천안공장	충남 천안시 동남구 풍세면 용두4길 110	71	200	HPC, JRS, LCB, RPS+OPS
IS동서	이천공장	경기 이천시 부발읍 중부대로 1763번길 12	148	400	건축 일반PC, 토목 침목/세그먼트
	천안공장	충청남도 천안시 동남구 청당산업길 39	45	100	PC침목, 세그먼트, 일반PC
태명실업	이천공장	경기 이천시 대월면 사동로 29	64	200	Column/Girder,
	천안공장	충남 천안시 동남구 동면 화북로 586-24	124	150	건축 일반PC, 토목 침목/세그먼트
동서PCC	괴산공장	충북 괴산군 청안면 질마로불당재길 33-2	119	320	Column/Girder, DMS, DHS
동진PCE	음성공장	충북 음성군 감곡면 가곡로 572-60	106	300	Column/Girder, DMS
인터컨스텍	괴산공장	충북 괴산군 괴산을 대제산단1길 39-16	75	200	토목용 beam, segment 등
강남건설㈜	여주공장	경기도 여주시 도예로 268	80	200	Spancrete, Column/Girder
우림콘크리트	충주공장	충북 충주시 주덕읍 상전2길 17-20	75	240	Coulm/Girder, DTS, Remicon
HDC현대PCE	여주공장	경기 여주시 장여로 849	89	150	
KC산업	여주공장	경기도 여주시 가남읍 기남로 465	115	360	

11

3 1차년도 주요 연구 추진사항

핵심성과 7. PC공장 내 야적 최적화 기술 개발 (GS건설)

□ 조사 항목

구분	세부 조사내용	비고	구분	세부 조사 내용	비고
공장 개요	<ul style="list-style-type: none"> 회사 및 공장 개요 야적장 layout 운영시스템 		ID관리	<ul style="list-style-type: none"> 부재별 ID관리 방법 입출고 관리 방법 라벨 등 활용 현황 	
생산 관리	<ul style="list-style-type: none"> 계획/관리 프로그램 Date 내용 및 입력 담당자 		야적장 관리 활동	<ul style="list-style-type: none"> 관리 항목 및 관리방법 현상태 및 부재 속성 현장 확인 방법 캠버 등 품질관리 불량품/보수품 관리 야적장에서 안전관리 내용 	
운영 인력/장비	<ul style="list-style-type: none"> 이동 및 야적 관련 장비 현황 및 용도 운영 인력 (직영/위탁관리) 		출하/납품	<ul style="list-style-type: none"> 출하 전 확인 사항, 제품 확인 방법 납품시 송장 관리 방법 납품시 상차 시간 관리, 배차 계획 	
야적 계획	<ul style="list-style-type: none"> 필요 야적장 배정 및 공간분할 야적 계획시 고려 항목 평균 야적 기간 				

12

3 1차년도 주요 연구 추진사항

핵심성과 7. PC공장 내 야적 최적화 기술 개발 (GS건설)

□ 추후 연구 진행

- 문제점 분석 및 개선점 도출 (선행연구 자료조사 포함)
- PC공장 관리 지침 및 Guide 조사 (1세부의 표준화 자료 참조)
- 운반 및 야적 관리 S/W 조사 (2-1 플랫폼 과제 참조 및 PC공장 Working Group 협업)

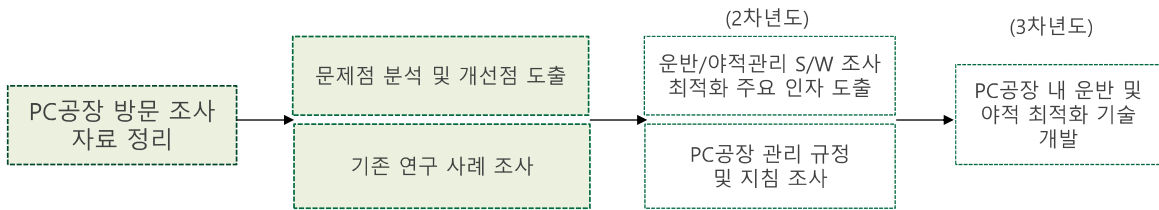
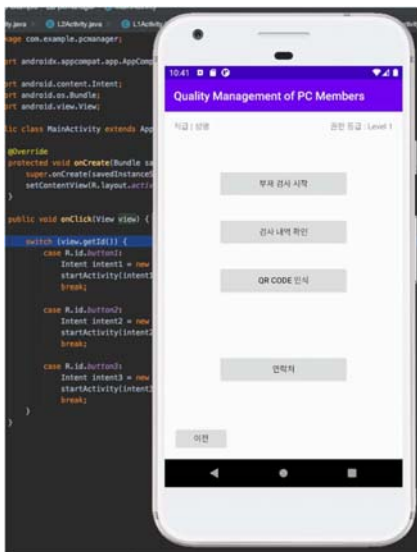


그림1. 연구 진행 흐름도

3 1차년도 주요 연구 추진사항

핵심성과 11. PC공장 내 품질 검측 및 자동 reporting system (아주대)

□ PC공장 내 품질관리 및 reporting system



지원 기능 리스트

1. 검사정보입력에 의한 부재 품질 자동 판별
2. 하자 등급에 대응하는 조치방안 제안
3. Data Base를 활용한 부재정보 관리 및 공유
4. 검사 항목에 따른 최종 보고서 자동생성 후 report
5. 부재정보 검색을 통한 품질 증명서 확인

3 1차년도 주요 연구 추진사항

핵심성과 11. PC공장 내 품질 검측 및 자동 reporting system (아주대)

□ 애플리케이션 설계 및 구현

1. 서버를 이용한 부재정보 관리 및 공유

부재번호	생산일자	검사내역	수선내역	사진	보고서 정보
<ul style="list-style-type: none"> 부재 일련번호 	<ul style="list-style-type: none"> 제조일 생산자 정보 	<ul style="list-style-type: none"> 검사 항목 검사 일자 검사자 정보 검사 결과 	<ul style="list-style-type: none"> 수선 항목 수선 일자 수선자 정보 처리내역 	<ul style="list-style-type: none"> 검사 증거사진 	<ul style="list-style-type: none"> 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

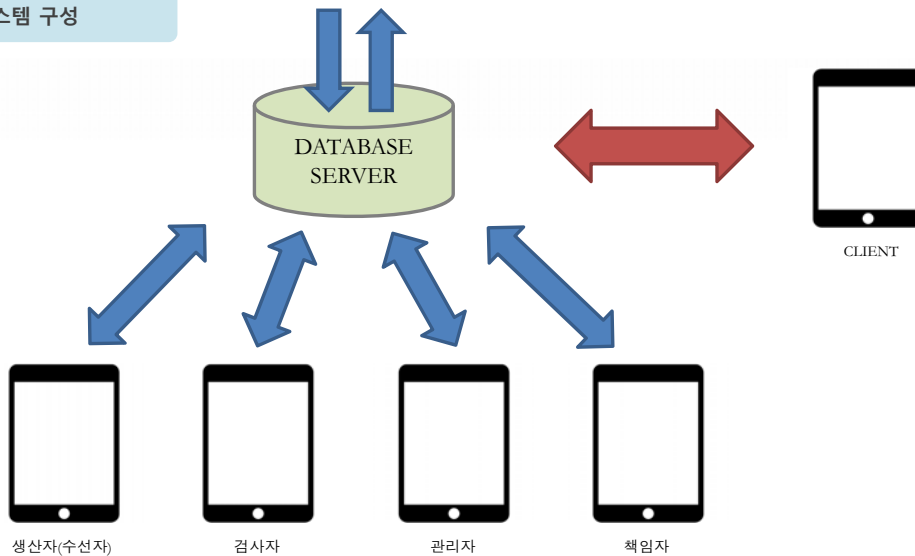
서버 내 부재의 정보, 검사 내역 등의 정보들을 조합하여 **검사 보고서** 및 **품질 증명서**를 자동으로 생성

3 1차년도 주요 연구 추진사항

핵심성과 11. PC공장 내 품질 검측 및 자동 reporting system (아주대)

□ 애플리케이션 설계 및 구현

시스템 구성



3 1차년도 주요 연구 추진사항

핵심성과 11. PC공장 내 품질 검측 및 자동 reporting system (아주대)

□ 애플리케이션 설계 및 구현

품질 자동 판별 (ex. 오차)

직급 | 성명
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]

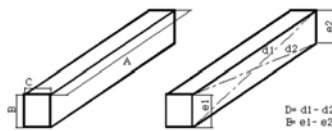
부재명	치수의 허용오차(mm)					비고
	길이 (A)	높이 (C)	폭 (B)	두께 (E)	대각선 (D)	
바닥판	±7	±3		+5, -2	+10, -2	
보	±19	±6	±6			
기둥	±13	±6	±6			
벽판		±5	±3	+5, -2	+10, -2	바닥판의 두께: ±3mm
계단판	±13	±9				단높이 : ±4.5mm, 단너비 : ±6mm
개구부	±6	±6			±6	

부재정보 입력

기준값과 비교

[PC공사 시공기술표준 참고]

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



실시간 판정

서버 내 저장

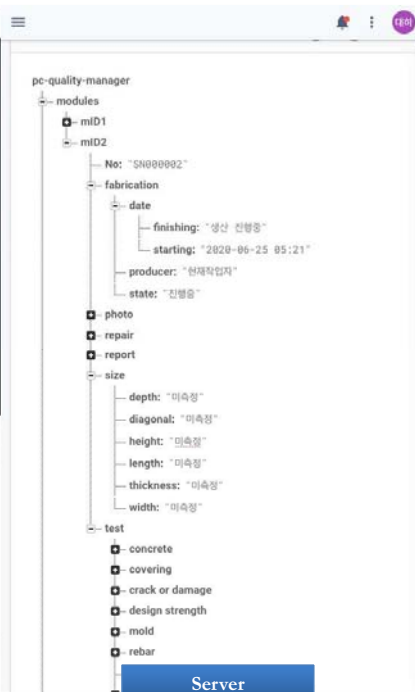
17

3 1차년도 주요 연구 추진사항

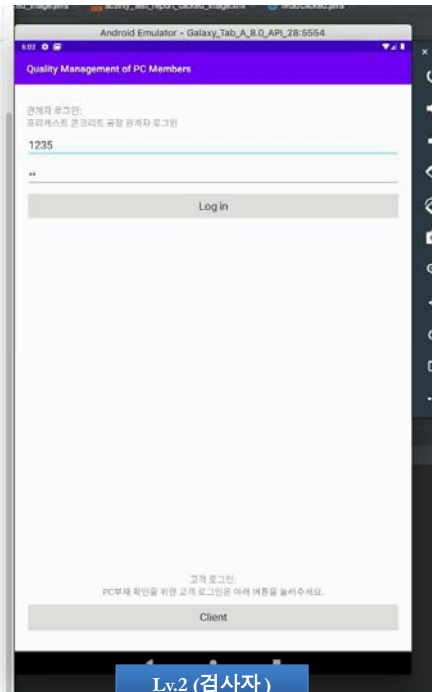
핵심성과 11. PC공장 내 품질 검측 및 자동 reporting system (아주대)



Lv.1 (생산/수선자)



Server



Lv.2 (검사자)

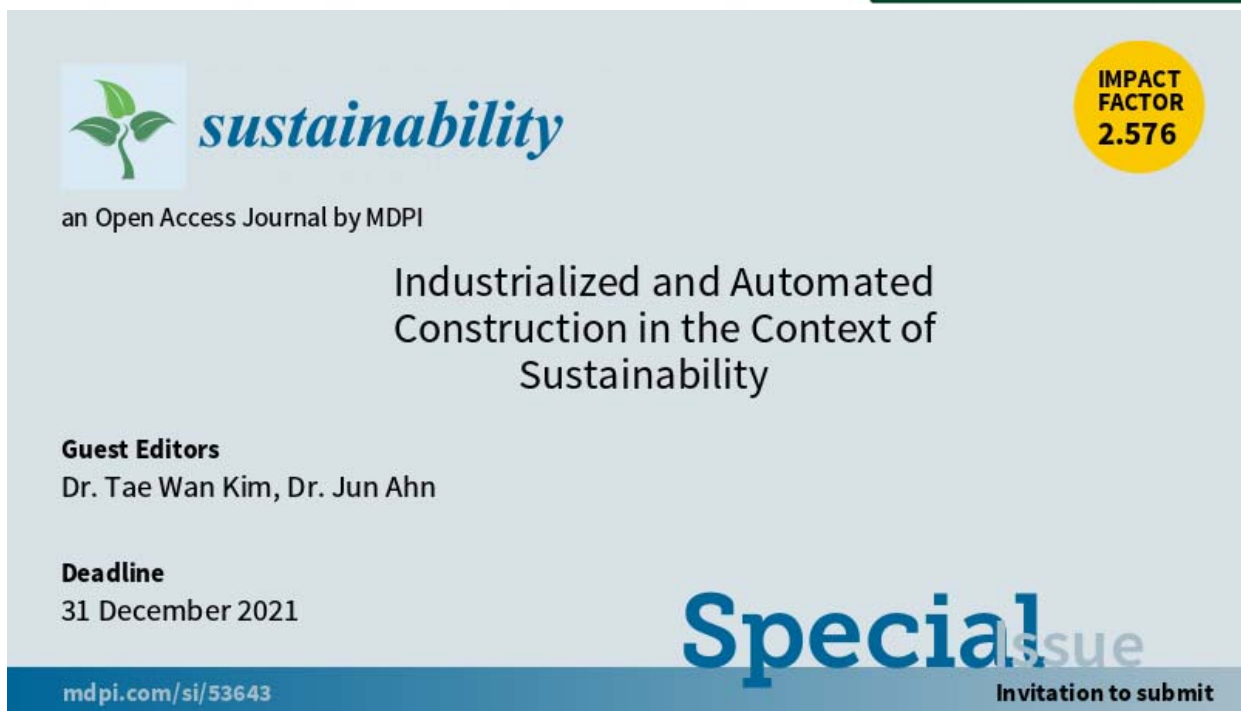
4 향후 일정 및 계획

향후 일정


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

21

* [홍보자료] Special Issue



The image shows a promotional banner for a Special Issue in the journal 'Sustainability'. The banner features the journal's logo (a green leaf) and the title 'sustainability' in blue. Below the logo, it says 'an Open Access Journal by MDPI'. In the top right corner, there is a yellow circular badge with the text 'IMPACT FACTOR 2.576'. The main title of the Special Issue is 'Industrialized and Automated Construction in the Context of Sustainability'. Below the title, it lists the 'Guest Editors' as 'Dr. Tae Wan Kim, Dr. Jun Ahn' and the 'Deadline' as '31 December 2021'. At the bottom left, the URL 'mdpi.com/si/53643' is provided. At the bottom right, the text 'Special Issue' is written in large blue letters, with 'Invitation to submit' written below it.

 **sustainability**
an Open Access Journal by MDPI

IMPACT FACTOR 2.576

Industrialized and Automated Construction in the Context of Sustainability

Guest Editors
Dr. Tae Wan Kim, Dr. Jun Ahn

Deadline
31 December 2021

Special Issue
Invitation to submit

mdpi.com/si/53643

22

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

기관명: 성균관대학교

연구책임자 : 권순욱 교수

2020. 07.

Contents



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



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	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	30%
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	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	30%

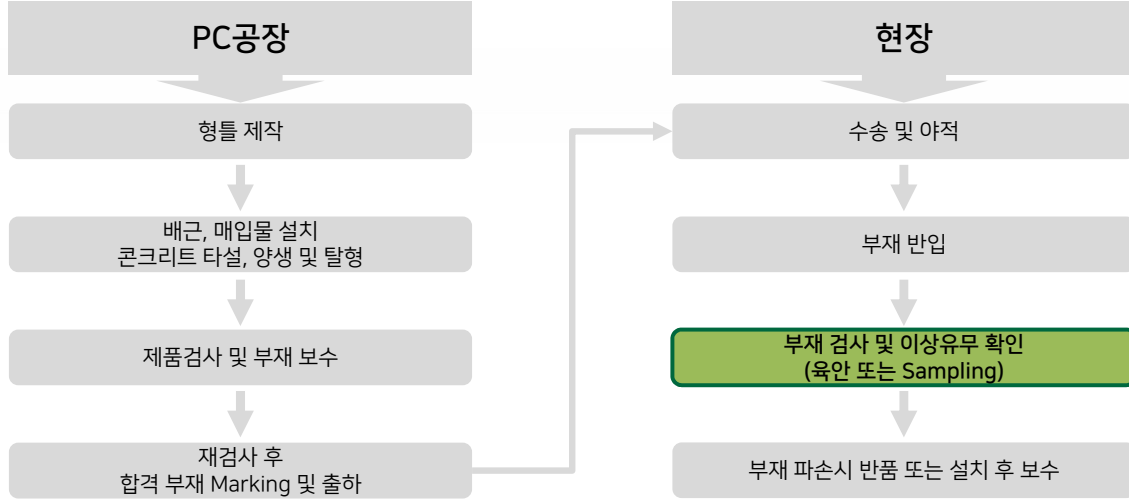
성과점검기준표 달성현황

핵심성과 (level1)	단위성과 (level2)	1차년도 성과점검기준				양적 성과목표 (연차실적계획서 상)	양적 성과계획 (실제 계획)	달성현황			
		질적 성과지표	목표치	측정 방법	검증 방법						
1	AI기술 기반 자동품질 검측을 통한 PC부재 품질관리 기술	1-1	부재 품질 검측 Checklist 분석 및 Reporting 프로세스 정의	①	프로세스 정의서	1	건수확인	보고서	국내학술대회논문게재 1건	국외학술대회논문게재 1건 보고서	
2	OSC기반 PC부재 시공품질 관리와 공정현황 분석 및 현장 작업자를 위한 Remote Sensing 기반 스마트 안전관리 기술	2-1	부재별 시공관리항목 분석 및 PC부재 시공 현장 위험요소 DB 구축	①	보고서 DB	1	건수확인	보고서	보고서	보고서	

핵심성과 1. 시기술 기반 자동품질검측을 통한 PC부재 품질관리 기술

□ PC부재 현장 품질관리 기준 조사 및 분석

As-is: 국내 PC공사 부재 반입시 품질검측 FLOW



- 현장 반입시 부재번호 및 출하 검사 스티커 검수 및 이상 유무(크랙, 파손 등) 육안 또는 Sampling 통해 확인
- 부재 파손 시 현장 담당과 협의 후 반품 또는 설치 후 보수 처리안 검토

핵심성과 1. 시기술 기반 자동품질검측을 통한 PC부재 품질관리 기술

□ PC현장 검측항목 조사 및 분석

As-is: PC현장 부재 반입시 검사 항목

항목	시험방법	판정기준
균열	육안 또는 실측	공사 시방서에 따름
파손	육안	유해한 파손이 없을 것
변형	육안	유해한 파손이 없을 것
철물 및 기타 부품 상태	육안	철물 및 기타 부품의 종류, 수량이 부재 제작도와 일치하고, 정확한 위치에 설치되어 있을 것
노출면 상태	육안	평탄하고 허니컴, 자국, 기포 등에 의한 결함, 철근 피복 부족의 징후 등이 없으며 외관이 정상일 것

- 표준시방서에 따르면 부재 반입시에는 공사시방서에 따라 균열, 파손, 변형, 철물 및 기타 부품의 상태를 점검함
- 일반적으로 부재 반입시에는 검사항목에 대해 육안으로 검사가 이루어지고 있음

핵심성과 1. 시기술 기반 자동품질검측을 통한 PC부재 품질관리 기술

□ PC부재 현장 품질관리 기준 조사 및 분석

균열 및 파손 판정 기준

균열		파손	
구분	판정기준	구분	판정기준
1급 파손	구조상 유해 - 균열 폭 0.3mm 초과	1급 파손	구조상 유해 - Hook 부위 파손 - Hardware 매입부 파손 - Joint 부위 200mm 이상 파손
2급 파손	방청/방수상 유해 - 균열폭 0.2~0.3mm 이하	2급 파손	방수상 유해 - 바닥판 모서리의 파손 등 (판판 접합부)
3급 파손	1, 2급 에 포함되지 않은 균열	3급 파손	1, 2급 이외의 파손

- 균열 및 파손 부재는 기준에 따라 1급/2급/3급 파손으로 구분함
- 판정에 따라 현장 담당과 협의 후 공장으로 반송 또는 현장에서 보수 검토

7

핵심성과 1. 시기술 기반 자동품질검측을 통한 PC부재 품질관리 기술

□ PC부재 현장 품질관리 기준 조사 및 분석

주요 하자 유형 도출



- 출하 전 최종적으로 부재의 치수, 미장 마감 상태, 균열 및 파손 상태, 기포 및 오염상태 등을 검사하여 출하 적합 판정을 내림
- 수송 및 야적과정에서 부재의 품질이 저하되어 균열 또는 파손이 발생할 수 있음
- 현장 반입시에 부재 출하 시 시행한 미장마감 / 균열 및 파손 / 기포 및 오염 / 비틀림 및 휨 상태 등에 대한 확인이 필요함

8

핵심성과 1. 시기술 기반 자동품질검측을 통한 PC부재 품질관리 기술

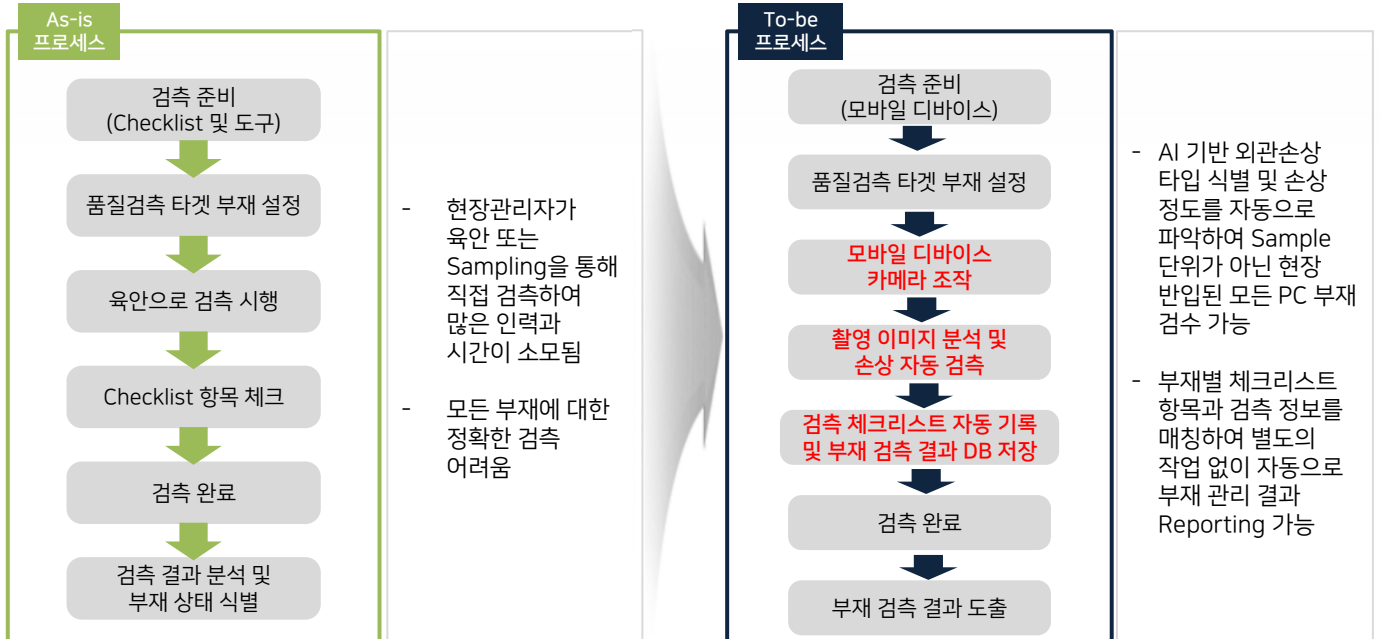
□ Literature Review

저자 및 연도	요약	주요 연구 내용	본 연구와의 관련성 및 차별성
정서영 외 4 (2019)	단순 측정 장비를 이용한 육안 점검으로 이루어지는 균열 조사 작업의 한계를 극복하기 위해 YOLOv2와 다양한 영상 처리 기법을 이용한 실시간 균열 탐지	- 콘크리트 균열영상 4000장, 비균열 영상 1000장을 이용하여 데이터셋 제작 - 원본 컬러 영상을 gray scale로 변환하여 영상 단순화 및 윤곽선 검출 연산 결과 보다 빠르게 획득 가능 - 영상 내 레퍼런스의 실측 정보 활용하여 균열의 최대 폭 및 길이 추출	• 영상을 활용한 데이터셋 제작 • 이미지 gray scale 변환 • 실측정보와 연계한 균열크기 추출
김병현, 조수진 (2018)	인터넷 데이터에 기반한 딥러닝을 이용하여 콘크리트의 손상을 실시간으로 탐지하는 기법 개발 및 손상과 유사한 특징을 갖는 물체를 손상과 다른 분류로 학습시켜 손상 탐지 정확도 향상	- Web Scraping기법을 이용하여 균열 관련 사진 수집 및 인공신경망 학습 - AlexNet을 전이학습시켜 인공신경망 제작 - 탐지 대상의 이미지의 가로 세로 분할 개수를 바꾸는 동시에 일정 각도로 회전시키며 균열 탐지 정확도 저하 최소화	• Web Scraping기법으로 데이터 수집 • AlexNet 응용 • 이미지 변형을 통한 균열탐지 정확도 향상
이예인 외 2 (2018)	Web Scraping 기법과 빅데이터 기반 딥러닝을 이용하여 콘크리트 박락을 신속하게 탐지하는 기술 개발	- 이미지 반전, 회전, 밝기 값 조절, 블러링 등 이미지 변형을 통해 현장 상황 재현 및 이미지 수 증가로 성능 향상	• 이미지 변형을 통한 현장 상황 재현 및 데이터 증가
Min-Koo Kim 외 3 (2015)	BIM 및 3D 레이저 스캐닝 기술을 사용하여 프리캐스트 콘크리트 요소의 치수 및 표면 품질 평가를 위한 체계적이고 실질적인 접근법 제시	- BIM 모델과 연계하여 PC부재의 Laser 스캔 데이터를 이용해 레퍼런스 모델과 비교하여 표면 품질 평가 수행	• Laser 스캔 데이터와 BIM 모델 연계한 표면 품질 평가
Billie F.S. 외 2 (2012)	컴퓨터 비전 기반 토목 구조물 검측 및 모니터링 기술 적용	- FCNs(Fully convolutional neural networks)를 활용하여 이미지 취득-오브젝트 탐지-grouping-손상 탐지 과정을 통해 Vision 기반의 자동 크랙 탐지 기술 개발	• FCNs 활용

핵심성과 1. 시기술 기반 자동품질검측을 통한 PC부재 품질관리 기술

□ Deep Learning을 이용한 부재 하자 Detection

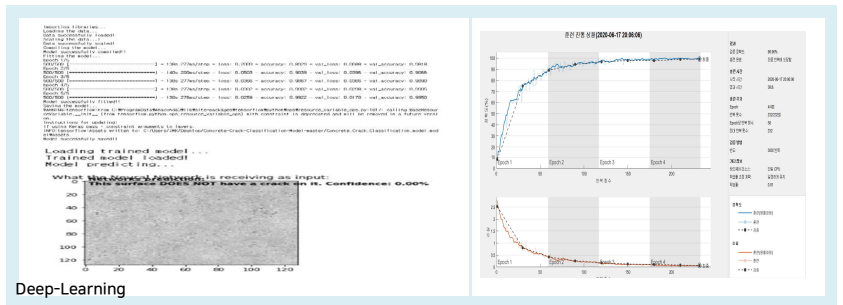
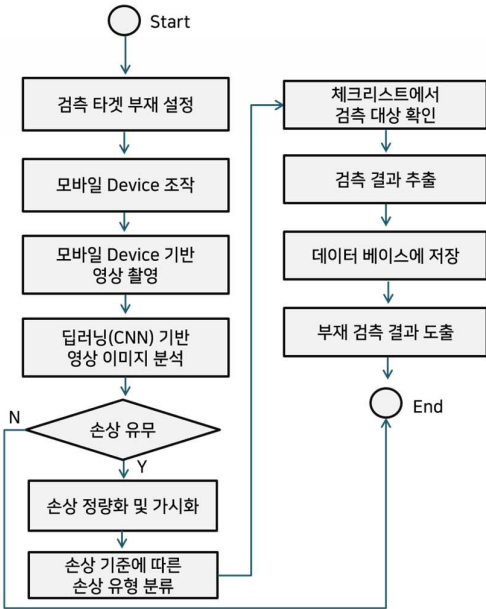
To-be: 부재 반입시 품질검측 및 Reporting 프로세스



핵심성과 1. 시기술 기반 자동품질검측을 통한 PC부재 품질관리 기술

□ Deep Learning을 이용한 부재 하자 Detection

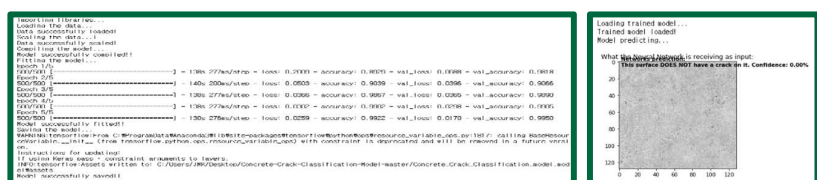
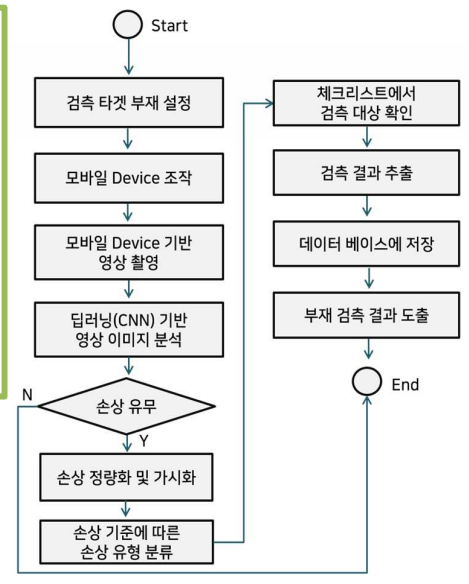
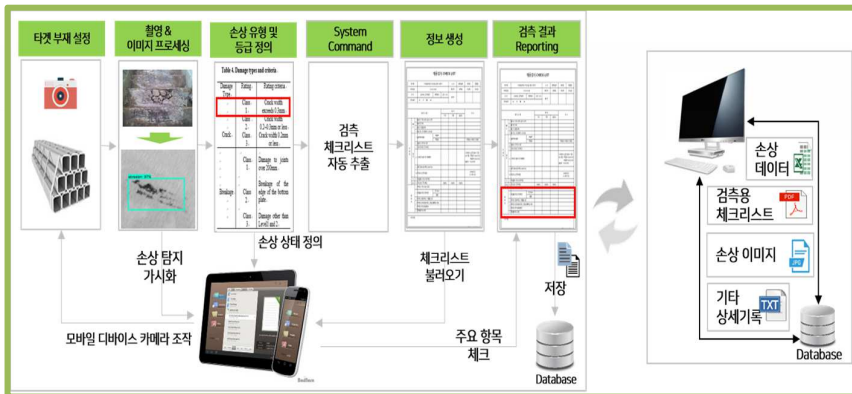
To-be: 부재 반입시 품질검측 및 Reporting 프로세스



핵심성과 1. 시기술 기반 자동품질검측을 통한 PC부재 품질관리 기술

□ Deep Learning을 이용한 부재 하자 Detection

To-be: 부재 반입시 품질검측 및 Reporting 알고리즘



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

□ Literature Review

연도	저자	요약	주요 연구 내용
2019	정길수 외 4	모듈러 관련 사고 데이터를 수집하고, 사고 설명을 토대로 사고 유형 및 작업 분류를 실시하여 모듈러 건축의 안전사고 원인 분석의 중요성을 확인한 후 저감방안을 제시	<ul style="list-style-type: none"> - Root Cause Analysis를 적용하여 원인 인자를 선정하여 근본원인을 확인함 - 현장 작업단계 별로 사고 유형을 분류 및 분석하였고, 시공단계에서 주요 사고 원인으로 불안정한 작업공간 및 플랫폼, 안전장비 부재, 작업공간의 부적절한 배치 등을 도출해냄
2018	Jieun Baek, Yosoan Choi	보행자, 장비 및 지하 터널 내부의 위험한 위치에 설치된 블루투스 비콘으로 부터 신호를 수신 할 수 있는 블루투스 비콘 기반 지하 근접 경보시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 지하 터널 내부에서 발생하는 충돌 사고를 방지하기 위해 작업자의 안전모, 차량 후면 및 잠재적 위험 장소에 블루투스 비콘을 설치하고, 위험구역을 지정하여 스마트폰을 통해 1차 / 2차 경고 제공
2016	Jeewoong Park 외 4	건설 안전 모니터링 프로세스를 지원하기 위한 블루투스 기반 위치 탐지 기술 및 BIM 기반 위험 식별 및 클라우드 기반 통신플랫폼 구축	<ul style="list-style-type: none"> - BLE 기반 위치 탐지 기술과 BIM 기반 위험 식별 및 클라우드 기반 통신 플랫폼을 통합하여 잠재적 위험 구역을 정의하고 실시간 작업자 위치를 확보하여 안전 모니터링 결과를 클라우드를 통해 즉시 전달
	Yihai Fang 외 2	센서를 이용하여 크레인의 이동 및 Boom의 움직임을 파악하고 Laser Scanning으로 현장 환경을 스캔하여 인양 위치를 UI에 표시	<ul style="list-style-type: none"> - 실시간 크레인 motion 모니터링, 능동 위험 분석 및 3D 시각화를 통해 이동식 크레인 안전 지원 시스템 개발 - LMI, 카메라 시스템, 실시간 위치 시스템, 모션 측정을 이용하여 실시간으로 크레인 리프팅 작업 안전을 지원
2012	Ghang Lee 외 6	타워크레인 운전자의 시선 사각에서 인양시 인양물을 보호하고, 센서, 카메라, 레이저를 이용해 타워크레인의 움직임 정보를 얻어 BIM과 연동	<ul style="list-style-type: none"> - 러핑크레인에 비디오 카메라와 레이저 센서 등을 설치하여 타워크레인 운전자의 사각을 최소화 - 센서에서 수집된 정보는 네비게이션 서버를 통해 BIM모델과 연동되어 가시화
	Gu Lichen 외 2	Boom에 초음파 센서를 설치하여 인양물의 위치를 측정	<ul style="list-style-type: none"> - 타워크레인의 Boom에 모니터링 포인트를 지정하고 초음파 센서를 설치하여 칼만 필터 이론, 선형 최소 분산 최적 융합 방법을 이용해 타워크레인 과 장애물 사이의 거리를 측정

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

□ 시공현장 위험요소 조사 및 분석

타워크레인 작업시 재해유형 및 원인 분석

재해 유형	원인
전도	<ul style="list-style-type: none"> - 안전장치 고장으로 인한 과하중 - Guide Rope 파손 및 기초 강도 부족
Boom 절손	<ul style="list-style-type: none"> - 타워크레인 상호간 충돌 - 장애물(작업자, 부재 등)과의 충돌 - 기복 Wire 절단
낙하	<ul style="list-style-type: none"> - 권상 및 승강용 Wire Rope 절단 - Rope 끝 손잡이 및 Joint 부 Pin 빠짐 - 양중 작업 중 작업원 위치 이동 부적합 - 강풍 등 악천후 - 작업구간 구획 미설정으로 인한 작업 중 차량 및 타직종 근로자 통행
충돌	<ul style="list-style-type: none"> - 장비 반입 중 근로자와의 충돌 - 작업장내 근로자 출입 중 장비에 충돌 - 권과방지 장치 등 안전장치 불량 - 양중 작업 중 흔들림 - 운전자 조작 미숙 - 작업구간 구획 미설정으로 인한 작업 중 차량 및 타직종 근로자 통행
협착	<ul style="list-style-type: none"> - 작업장내 근로자 출입 중 장비에 협착 - 크레인 작업시 조정원 사각지대 신호 미숙

| 향후 일정

- 2020.07. 테스트베드 현장 방문

[2-7세부] 스마트 센싱 기반 PC부재 정밀 시공품질관리 기술 개발

기관명: 현대엔지니어링
연구책임자: 강창훈 소장

2020. 07.17



Contents



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



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	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	30%
9	스마트 센싱 장비 운영 매뉴얼 작성 - 현장에 도입가능한 스마트 센싱 장비 조사 및 분류	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	30%
	- 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	측정 방법	검증 방법			
8	스마트 센싱 기반 시공품질관리 기준 수립 8-1 국내외 PC공사 시공관리 기준의 조사 및 분류	① 조사 적정성	1	국내외 기준범위	보고서	보고서	<ul style="list-style-type: none"> 국내외 관리기준 조사 및 분석 시공관리 기준 한계점 도출 센싱장비 활용한 시공관리 범위 도출 	
9	스마트 센싱 장비 운영 매뉴얼 작성 9-1 스마트 센싱 장비 조사 및 분류	① 조사 적정성	1	유형, 용도별 분류	보고서	보고서	<ul style="list-style-type: none"> 기술 및 학술동향 조사 센싱 장비의 활용사례 센싱 장비별 특성 및 적용방안 도출 	

핵심성과 8. 스마트 센싱 기반 시공품질관리기준 수립

□ PC공사 시공관리기준 조사/분류

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

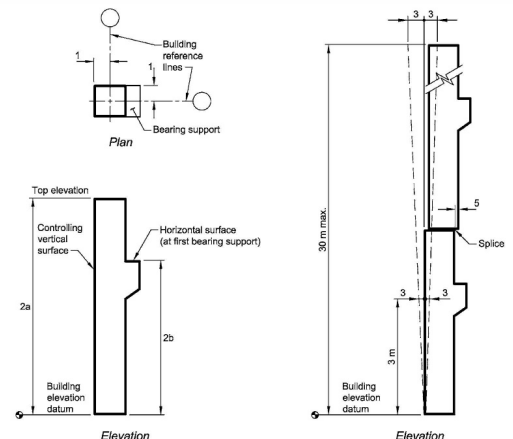
구분	기준명	기관/기업	기준일	비고
국내	표준시방서	프리캐스트 콘크리트 KCS 14 20 52 : 2016	국가건설기준센터 (한국건설기술연구원)	2016
		05065 프리캐스트 콘크리트 공사	국토해양부	2013
		07000 프리캐스트 철근 콘크리트 공사	대한건축학회	1999
	전문시방서	프리캐스트 콘크리트 SMCS 14 20 52 : 2018	서울특별시	2018
	시공 지침서	LH PC구조 공동주택 구조설계 및 시공 지침 작성 KCI-R-19-012	LH/한국콘크리트학회	2019
	시공계획서	시공업체 시공계획서	A업체	2020
HEC 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. 스마트 센싱 기반 시공품질관리기준 수립

□ 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(긴기 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)

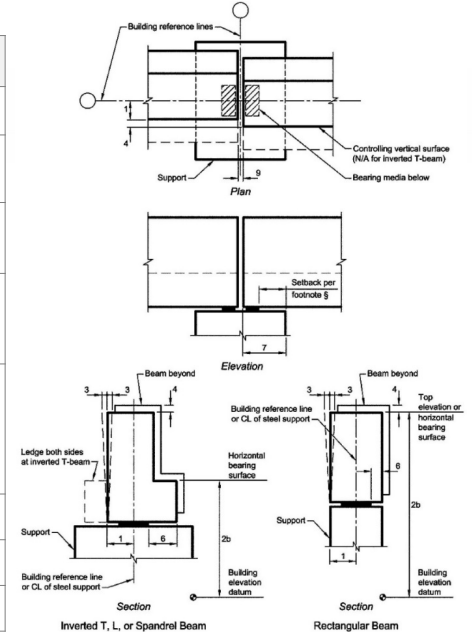


핵심성과 8. 스마트 센싱 기반 시공품질관리기준 수립

□ 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(-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	-	-	-	-	-

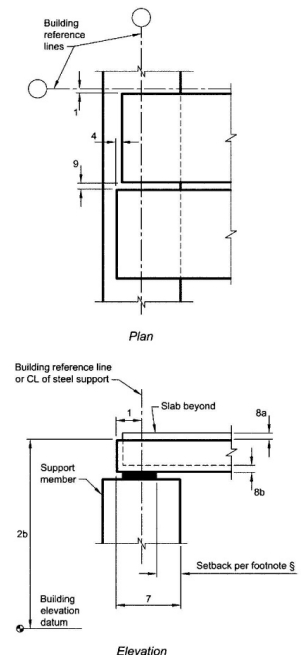


핵심성과 8. 스마트 센싱 기반 시공품질관리기준 수립

□ 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

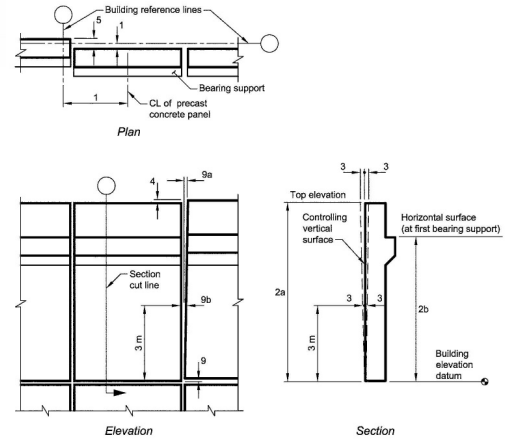


핵심성과 8. 스마트 센싱 기반 시공품질관리기준 수립

□ 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. 스마트 센싱 장비 운영 매뉴얼 작성

□ 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, 옥중호	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)	강태욱	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. 스마트 센싱 장비 운영 매뉴얼 작성

□ 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, 우운택, 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, 신운수, 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. 스마트 센싱 장비 운영 매뉴얼 작성

□ 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. 스마트 센싱 장비 운영 매뉴얼 작성

- 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. 스마트 센싱 장비 운영 매뉴얼 작성

- 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	500,000ts	+/- 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. 스마트 센싱 장비 운영 매뉴얼 작성

- 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. 스마트 센싱 장비 운영 매뉴얼 작성

- 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. 스마트 센싱 장비 운영 매뉴얼 작성

- 센싱 장비별 특성 및 적용방안 도출
 - 3D LAYOUT

구분	Leica iCR70	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.

향후 일정

- HEC 자체 Pilot 현장의 센싱 장비 운영 및 검측결과 분석 : '20.7~'20.12
 - PC 조립 시공 시 센싱 장비를 활용한 검측

[2세부 WG 2D] OSC기반 보-기동식 PC구조 도심지 소규모 주택사업 실증

기관명 : 서울주택도시공사

연구책임자 : 김진성 책임연구원

2020. 07. 17. (금)



Contents



- 연구 □ 진 □ □
- 성 □ □ □ □ 성 □ □
- 연구 진 □ □ □
- □ □ □ □ □ □ □



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 실시설계 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											20%

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	건수확인	보고서	보고서	보고서, 별책보고서 (기술현황 자료집)	진행중

성과달성 논문

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

3 1차년도 주요 연구 추진사항

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

□ 평면 검토

• 서울주택도시공사 '청신호 주택 기본 평면' 을 활용 => 1세부에서 검토

• 싱가포르 HUD 공공주택 표준화 평면 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

• 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

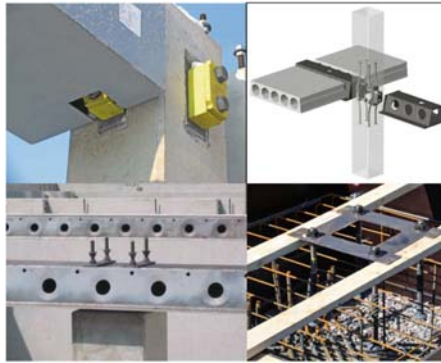
□ PC 건축 주요 요소 기술 및 해외 적용 사례

• 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

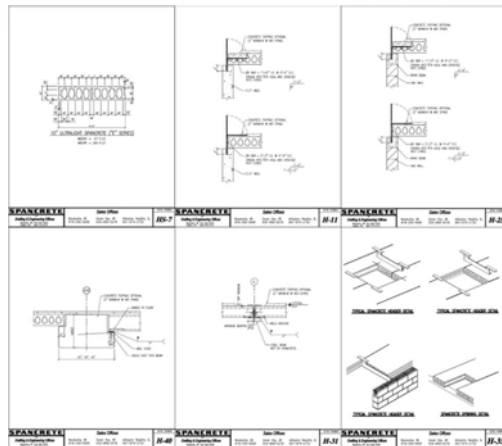
□ PC 건축 주요 요소 기술 및 해외 적용 사례

• 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-기둥식 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

OSC기반 보-기둥식 PC구조 도심지 소규모 주택사업 실증

핵심성과 1. OSC 기반 보-기둥식 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



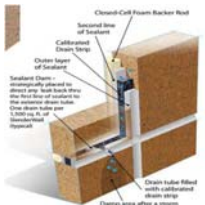
[외장 패널 시스템 접합예시]



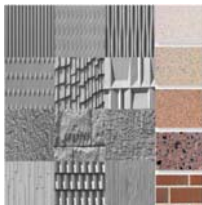
[공장 설치 창호 예시]



[적용사례(Luxembourg III Apartments, Quebec)]



[외장 패널 발수 시스템]



[적용가능 외장 디자인]



[적용사례(BioInnovation Center, NOLA)]

3 1차년도 주요 연구 추진사항

OSC기반 보-기둥식 PC구조 도심지 소규모 주택사업 실증

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

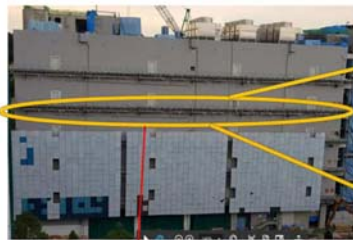
- 주요 특징: MEP 모듈 제작사는 컨설팅, 설계, 제작, 시공 통합 서비스 제공
- 접합 방식: 구조설계 도면 분석 후 MEP 모듈의 리프팅 및 고정지점 결정
- 적용성: PC 구조체 제작업체와의 협업을 통한 MEP 통합 구조 시스템 제공 가능



[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)

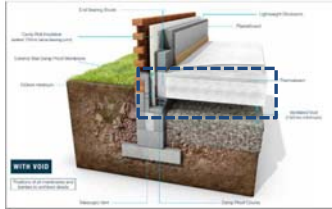
3 1차년도 주요 연구 추진사항

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)

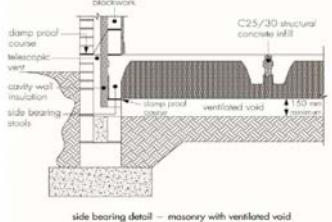
- 주요 특징: 단열재를 포함하여 PC 슬라브 시스템 제작/기밀성 및 품질 향상
- 적용성: 수요자의 요구 사항에 따라 단열 성능 및 규격 변경 가능



[단열 슬라브 시스템]



[단열 PC 바닥 시스템 생산 프로세스]



[접합 상세 예시]



[단열 PC 바닥 시스템 설치]

4 향후 일정 및 계획

향후 일정

- 2020. 9월 ~ 10월 **국내외 기술검토 간담회(세미나) 추진**
 -주관 : SH공사 + 연구단
 -진행 : 사전조사 외부기술자료 중 각 파트별 주요 기술 발제(업체), 연구단 전문가 토론

요청사항

- 현장 답사, PC제작사 공장 방문시 참여 협조
- 기술자료집 사전 기술 조사를 연구단과 공동 추진 : 공문발송 협조 (이대: 자료협조요청, 각 기관: 자료 협조, SH: 자료집 기획 및 제작)
 - 연구단+LH+SH 명의의 공문 발송
 - 건설사, 협회 등