

해외출장
보고서

제조·조립을 위한 설계(DfMA)기반 건축
활성화 방안 연구

홍콩, 싱가포르 DfMA 기반 건축 관계자 인터뷰 및 현장 답사

2023.07.09 - 07.16
홍콩, 싱가포르

김은희 연구위원, 김상호 선임연구위원

목 차

I. 출장개요 및 세부일정

1. 출장개요
2. 출장목적
3. 출장 주요내용
4. 출장 세부일정

II. 세부 수행내용

1. 홍콩 DfMA 관계자 인터뷰 및 현장 답사
 - ① 홍콩 건축사 ArchSD
 - ② 건설엔지니어사 VHSoft Technologies
 - ③ West Kowloon Government Offices 답사
 - ④ 홍콩시립대학교(김정인 교수)
 - ⑤ 건설산업회 CIC
 - ⑥ 건설회사 Hong Kong Housing Society
2. 싱가포르 DfMA 관계자 인터뷰 및 현장 답사
 - ① 싱가포르 건설청 BCA
 - ② 건축설계사무소 MKPL
 - ③ 제조조립 건설사 Moderna Homes
 - ④ SMU Connexion 답사

III. 출장에 따른 시사점

I. 출장개요 및 세부일정

1. 출장개요

- 일시 : 2023. 7. 9 ~ 7. 16 (6박 8일)
- 출장지역 : 홍콩, 싱가포르

2. 출장목적

- 홍콩, 싱가포르의 제조·조립을 위한 설계(DfMA) 기반 관련 제도 및 산업현황 파악
 - 제조·조립을 위한 설계(DfMA) 기반 건축 관련 제도 운영 현황
 - 제조·조립을 위한 설계(DfMA) 기반 건축의 산업적 효과 및 사회적 인식 파악
 - 제조·조립을 위한 설계(DfMA) 기반 건축물 수준 파악(사례 답사)

3. 출장 주요내용

- 홍콩 DfMA 관계 기관·업체 방문 인터뷰 및 현장 답사
 - 건축사 ArchSD 방문 인터뷰
 - 건설엔지니어사 VHSOFT Technologies 인터뷰
 - West Kowloon Government Offices 답사
 - 홍콩시립대학교(김정인 교수) 인터뷰
 - 건설산업회 CIC 방문 인터뷰
 - 건설회사 Hong Kong Housing Society 방문 인터뷰 및 건설현장 답사
- 싱가포르 DfMA 관계 기관·업체 방문 인터뷰 및 현장 답사
 - 싱가포르 건설청 BCA 인터뷰
 - 건축설계사무소 MKPL 인터뷰
 - 제조조립 건설사 Moderna Homes 인터뷰
 - SMU Connexion 답사

4. 출장 세부일정

일 자	현지시간	출발지	도착지	일 정
7/9(일)	04:00-06:40	세종	인천	- 공항이동
	08:10-11:00	인천	홍콩	- 출국
	12:00-13:30	홍콩		- 숙소 이동
	14:00-18:00	홍콩		- 회의 준비
7/10(월)	11:00-13:30	홍콩		- ArchSD 방문 인터뷰
	14:30-15:30	홍콩		- 건설엔지니어사 VHSoft Technologies 인터뷰
	16:30-18:00	홍콩		- West Kowloon Government Offices 답사
7/11(화)	11:00-13:30	홍콩		- City University of Hong Kong 김정인 교수 인터뷰
	14:30-16:00	홍콩		- 건설산업회 CIC 방문 인터뷰
	17:00-18:30	홍콩		- 건설회사 Hong Kong Housing Society 방문 인 터뷰 및 건설현장 답사
7/12(수)	11:05-15:10	홍콩	싱가포 르	- 홍콩국제공항 → 싱가포르 창이공항
	15:10-17:00	싱가포르		- 숙소이동
7/13(목)	11:00-13:30	싱가포르		- 싱가포르 건설청 BCA 방문 인터뷰
	15:00-17:00	싱가포르		- 건축설계사 MKPL 방문 인터뷰
7/14(금)	11:00-13:30	싱가포르		- 자료조사, 인터뷰 준비
	15:00-17:00	싱가포르		- 제조조립 건설사 Moderna Homes 방문 인터뷰
7/15(토)	10:00-14:00	싱가포르		- SMU Connexion 현장답사
	14:00-16:00	싱가포르		- 자료 정리, 마무리, 공항 이동
	22:35	싱가포 르	인천	- 싱가포르 창이공항 → 인천공항
7/16(일)	06:00	인천		- 귀국
	06:00-09:00	인천	세종	- 세종 이동, 복귀

II. 세부 수행내용

① 홍콩 건축서 ArchSD 방문 인터뷰

1) 회의 개요

- 일시: 7월 10일(화) 11:00
- 장소: 5/F, Low Block, Queensway Government Offices 66 Queensway
- 목적: DfMA 추진 기준 및 각종 사례 실무 내용 청취
- 참석자: 14인
 - 기관담당자: WAI Mei-wah Joanna, Ben Kwong Chin Pang, Lim Mee Mee 외 8인
 - AURI: 김은희 연구위원, 김상호 선임연구위원, 변희재 통역보조원

2) 홍콩 건축서(建築署), ArchSD(Architectural Services Department) 소개

- 1990년에 설립된 ArchSD는 건축부문 정부기관으로서, 정부 보조금을 받는 건축사업을 감독하고 계획 및 설계, 조달, 유지보수 등 전문적이고 기술적인 컨설팅 제공 및 각종 자료의 개발과 생산, 배포
- 지속가능하고 혁신적인 건축공법 추진을 위해 신규 프로젝트의 MiC/DfMA 설계 방식 채택을 늘리고 있으며(20년도 75%, 21년도 80%를 목표) 20년도에는 목표치의 92%, 21년도는 100%를 달성함
- ArchSD의 DfMA 기반 건축사업 사례
 - Married Quarters for the Fire Services Department at Pak Shing Kok in Tseung Kwan O'(2018-2021)
 - Tsing Yi Vehicle Examination Centre(Tsing Yi VEC)(2018- 2020)
 - Star Gazing Facilities at Sai Wan(2018-2019)
 - West Kowloon Government Offices (WKGGO)(2016-2018)

3) 인터뷰 주요내용¹⁾

□ 홍콩 MiC의 개념 및 효과

1) ArchSD인터뷰 내용 및 기관에서 제공한 자료 등을 토대로 작성

- 모듈식 통합 건설(Modular Integrated Construction, MiC)은 자립형 모듈(마감재, 고정 장치, 부속품 등 포함)을 공장에서 제작한 다음 조립을 위해 현장으로 운반하는 기술을 사용하는 건축 방법



[그림 1] ArchSD 방문 인터뷰<연구진 촬영>

- 실제 사업추진을 통해 확인된 장점으로는 현장 안전성 향상, 품질 관리 기능 제고, 건설 기간 단축, 건설 폐기물 감소, 현장 노동 수요 감소, 이웃에 대한 소란 및 방해 감소 등을 들 수 있음. 아직까지 공사비용 측면의 감소효과는 없음
- 이러한 효과는 단순히 품질 및 지속 가능 건축에 기여하는 것이 아닌, 환경을 개선할 뿐만 아니라 건설 산업이 안고 있는 인력부족 및 품질문제 등의 해결에도 도움
- MiC를 장려하기 위해 건축부(Buildings Department, BD)는 업계가 건축 조례(Building Ordinance, BO)에 따른 관련 표준 및 요구 사항을 충족할 수 있도록 간소화된 조치와 지침을 마련

□ MiC를 위한 고려 사항

- 조립식 건물 구성 요소를 사용하는 것과 마찬가지로 초기 설계 단계에서 MiC 공급업체를 참여시켜 기존 현장식 건설방식과 차별적인 사항을 미리 검토해야 함

- 모듈의 표준화 및 구축 가능 범위, 특정 현장 조건을 고려한 납품 방식, 감독 요구 사항 등을 사전에 검토하여 반영함

□ MiC 시스템 또는 프로토타입의 사전 승인

- BD는 특정 성능에 대해 개별 MiC 시스템/구성요소 또는 프로토타입의 사전승인 방식을 도입함.(승인여부는 45일 이내에 결정)
 - 다만, 사전승인이 건축허가, 승인의 전제조건은 아님

□ 모듈식 통합 건설을 위한 설계 요구 사항

- 화재 안전
 - MiC 구성 요소의 화재 예방 또는 성능이 해결되어야 함. 필요한 경우 건물 화재 안전을 위한 실전 강령 2011에 명시된 화재 공학 평가를 통해 증명되어야 함
- 접합 및 간격
 - 모듈식 건축은 일반적으로 누수가 발생하기 쉬운 배수관 및 건물 외피를 포함하여 더 많은 조인트와 틈새가 발생하므로 이에 대한 기술이 요구됨
- 구조 설계
 - 콘크리트의 구조기능, 프리캐스트 콘크리트 건축에 대한 세부기준 및 철골구조기능, 설계 및 시공 관련 건축기준은 MiC에도 적용되며 다음의 설계 요건을 충족해야 함
 - 안정성: MiC 구조는 바람과 측면 하중에 저항력을 가져야 함. 모듈식 장치를 조립하고 설치하는 동안 일시적인 안정성 및 이후 모든 시공 단계에서 적절한 지원이 필요
 - 견고성과 무결성: MiC 구조 시스템은 견고하고 불균형적인 붕괴를 견딜 수 있도록 설계되어야 함. 현장의 모든 요소가 수직 및 수평으로 얹여있으므로 한개 유닛의 붕괴에 따른 사고가 전체에 영향을 주지 않도록 설계되어야 함
 - MiC의 제조, 리프팅, 운송, 조립 및 설치를 포함한 임시 건설 단계에서 구조하중이 다를 수 있으며 개별 MiC 요소에 더 높은 응력이 발생할 수 있음. 이에 각 건설 단계에서 모듈러에 일시적으로 부과되는 하중을 고려하여 모든 단계에서 모듈러 유닛의 안정성과 무결성이 보장되어야 함
 - 움직임을 위한 디자인: MiC 시스템은 건설과정 및 사용 중 발생하는 활하중 및 다양한 변형 등을 수용하도록 설계함
- 유지관리 조항
 - 구조 연결부, 배수관, 건물 서비스 및 조인트의 검사 및 수리/교체를 용이하도록 점검위치, 피트 등도 초기 설계 단계에서 고려되어야 함

□ MiC 품질 보증 제도의 품질 관리 및 감독

- MiC는 ISO 9001 또는 이와 동등한 품질 보증 인증을 받은 공장에서 제작되며 계획 승인 시 BO의 조건²⁾으로 부과됨
- 계획 승인 시 건축(관리) 규정(B(A)R) 10조에 따라 MiC 공급업체의 품질 보증 제도 (Quality Assurance Services, QAS) 사본을 제출 (공장에서 생산 시작 최소 14일 전)
- 프로젝트 승인자(Authorized Person, AP) 및 등록구조기술사(Registered Structural Engineer, RSE)는 제출된 계획이 BO의 조항 및 승인된 생산품질 보장 관련 서면 확인서를 제공
- QAS는 다음 항목으로 구성
 - (a) 재료의 품질관리 시험
 - (b) 품질 관리 테스트를 위한 실험실 장비 교정
 - (c) 조립식 공장 장비의 효율성과 작동
 - (d) 생산과정
 - (e) 시험 절차 및 요건
 - (f) 사내 직원 및 독립 당사자의 검사 빈도 및 범위

□ 자격을 갖춘 감독³⁾

- 계획 승인은 다음 조건에 따라 부과함
 - (a) BO 섹션 17(1)⁴⁾의 항목 6에 따라 AP, RSE 및 등록 계약자(Registration Committee, RC)가 제작, 조립, 설치 및 작업에 대해 적절한 감독을 해야 함
 - (b) B(A)R 규정10에 따라 조립식 공장에서 생산 작업을 시작하기 최소 14일 전에 MiC 감독 계획³을 제출해야 함
- AP와 RSE는 내화 구조물(예: 내화 도어 및 내화 파이프 칼라), 배수 작업, 구조물 등에 관한 모듈식 유닛 생산 작업을 감독하기 위해 각자의 품질 관리 감독팀(QCST)을 배정하고 요구 사항을 준수해야 함
- AP, RSE, RC가 각각 배정한 감독자의 이름과 자격을 검사 일지 기록하며 감독자는 모듈형 장치의 생산, 검사, 감사 및 테스트에 대한 세부 사항을 일지에 기록해야 함
- 일지는 조립식 공장에, 사본은 건축 현장 사무실에 보관해야 하며 필요한 경우 검사를 위해 BD 직원에게 제출

2) 섹션 17(1)의 항목 6

3) MiC 감독 계획에는 5항에 따라 AP, RSE 및 RC가 지정한 감독 담당자의 이름, 자격, 신원, 검사 빈도, 임명 확인 및 연락처 정보가 포함

4) QAS가 MiC 시스템에 대한 사전 승인 메커니즘에 따라 승인된 것을 기반으로 하는 경우 MiC 공급업체는 서면 확인서를 제출해야함. 해당 QAS의 일부 항목이 수정된 경우 수정된 내용만 제출함

□ 품질 검사

- RC의 AP, RSE 및 AS는 조립식 공장을 직접 방문하여 모듈러 유닛의 첫 번째 생산을 검사해야 하며 이후 최소 1회씩 조립식 공장에 대한 품질 감사 점검 수행
- 품질 감사 점검은 분기별 간격으로 공장에서 직접 점검하며, 월간 품질 감사 점검은 첫 번째 방문과 분기별 품질 감사 점검 사이(예: 2개월, 3개월, 5개월, 6개월 등)에 실시함
- AP, RSE 및 AS가 각각 정당하게 승인한 조립식 공장의 AP, RSE 및 AS 품질 감사 보고서 사본을 지정하는 계획을 승인할 때 B(A)R 규정 10이 요구됨.
- 기록 목적의 품질 감사 점검⁵⁾이 완료된 후 14일 이내에 BD에 제출해야 하며 이러한 품질 감사 보고서에는 각 QCST 및 QCCT의 적격 감독도 포함되어야 함
- * 공장을 처음 방문하는 목적은 QAS 및 품질 보증/품질 관리 절차가 제대로 이행되고 생산 라인이 제대로 작동하는지를 확인하기 위함
- AP, RSE 및/또는 AS가 화상전화를 사용하여 실시하는 품질 감사 점검은 다음 요구 사항을 준수해야 함
 - (a) AP, RSE 및 AS에 의한 검사는 조립식 공장의 해당 흐름에 따라 QCST 및 QCCT의 지원을 받아 수행
 - (a) 화상전화를 통한 감독 수준은 조립식 공장에서 개인적으로 수행되는 감독 수준보다 낮아서는 안 되며 또한 촬영된 비디오에서 다루는 모든 감독 항목은 AP, RSE 및 AS의 감사 보고서에 동시에 기록되어야 하며 DVD-ROM 디스크와 함께 BD에 제출
 - (b) AP, RSE 및 AS는 재기록이 불가능한 비디오 DVD-ROM 디스크와 함께 품질 감사 보고서를 BD에 제출

□ 건물 현장으로 배송된 MiC 요소에 대한 AP/RSE 현장 품질 감사 확인의 최소 요구 사항

- 품질 감사 점검을 위한 샘플링 비율은 건축 현장에 배송되는 각 유형의 모듈러 유닛에 대해 최소 1% 이상을 확보해야 함
- 모듈 샘플에 대한 품질 감사 점검은 다음 항목을 포함

5) 첫 번째 방문과 이후의 각 품질 감사 점검이 포함됩니다.

[표 1] 모듈러 품질 검사 항목

항목	범위
AP	
배치와 인테리어	<ul style="list-style-type: none"> 층 높이, 돌출부, 발코니, 유틸리티 플랫폼, A/C 플랫폼, 보호 장벽, 내부 영역, 출구 경로 등을 포함한 중요한 치수 확인 일반 레이아웃과의 적합성을 확인
창문 및 굴뚝 구멍 설치	<ul style="list-style-type: none"> PNAP APP-116에 따라 흡이나 폐기물이 포함된 방의 유리창 및 개방 가능한 최소 면적과 수밀성을 점검 연통 구멍의 위치와 크기를 확인 변경/면제에 따른 필수 조항을 확인
배리어 프리 접근	<ul style="list-style-type: none"> 욕실, 화장실, 경사로, 복도, 로비, 문, 난간, 간판, 촉각 안내 경로 등의 설비 및 중요 치수를 확인
배수	<ul style="list-style-type: none"> 위생용품 제공 여부를 확인 재질, 치수, 워터 씰 트랩, 벤트 또는 사이펀 방지 파이프 및 기타 필요한 구성 요소를 포함한 배수 작업을 확인
내화구조	<ul style="list-style-type: none"> 자재 점검, 구조 요소의 방화, 방화벽 구축, 방화문 FRR, 연기 밀봉 장치, 자동 폐쇄 장치, 파이프 칼라 등 독점 제품 설치를 점검
마감재 및 부속품	<ul style="list-style-type: none"> 불투수 건축물에 대한 물 고임 시험/분무 시험 보고서를 포함하여 지붕, 샤워실 등 적절한 방수 상태를 확인 필요한 기계적 환기 및 인공조명 제공 여부 연기 감지기, 개방형 주방용 스프링클러 헤드 등 필수 소방 설비 제공 여부를 확인
기타	<ul style="list-style-type: none"> AP가 프로젝트에 필수적이라고 간주하는 기타 항목
RSE	
철근	<ul style="list-style-type: none"> 철근의 크기, 패턴 및 레이아웃을 확인하기 위해 각각 100mm x 300mm 면적의 세 위치에서 콘크리트 표면을 개방 콘크리트 커버, overmeter를 사용하여 6개 위치에서 철근 철근까지 콘크리트 피복측정. 각 위치는 450mm x 450mm 영역에서 6개의 판독값 확보 재료 테스트 보고서
콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> 3개 위치에서 비파괴 테스트#(예: 리바운드 해머 테스트)를 통한 콘크리트 강도 재료 테스트 보고서
구조용 강철	<ul style="list-style-type: none"> 적절한 경우 육안검사, 자분 입자 검사/염료 침투 검사 및 초음파 검사를 통한 용접 조인트의 비파괴 검사2 * 강철의 구조적 사용을 위한 실전 강령 2011의 섹션 14.3.6에 지정된 요구 사항을 참조 조립식 공장에서 QCST가 무작위로 선택한 모듈형 장치 제작에 사용되는 동일한 주조품의 동일한 두께의 각 섹션 또는 플레이트의 40톤마다 하나

	<p>의 시편에 대한 인장 강도 테스트*</p> <p>* BS EN 10002-1:2001 또는 BS EN ISO 6892-1:2009에 지정된 요구 사항을 참조</p> <ul style="list-style-type: none"> • 재료 테스트 보고서 <p>* 테스트 결과는 모듈형 장치가 건축 현장에 인도된 후 60일 이내에 BD에 제출</p>
완성 된 제품	<ul style="list-style-type: none"> • 콘크리트 표면 및 결함 • 강철 표면/부식 방지 • 크기, 치수 및 제작 공차 • 스타터 철근 • 전단 커넥터
검사기록	<ul style="list-style-type: none"> • QCST의 RSE가 배정한 감독 인력의 일지
기타	<ul style="list-style-type: none"> • RSE가 프로젝트에 필수적이라고 간주하는 기타 항목

〈출처:ArchSD제공자료〉

□ MiC 사전승인 신청 체크리스트

- 체크리스트는 AP와 RSE에게 신청서와 함께 제공되는 계획 및 지원 문서에 포함되어야 하는 필수 정보를 포함
- 체크리스트는 항목을 선택하여 완료
- BD는 MiC 시스템을 처리하면서 얻은 경험과 다양한 MiC 시스템에 대한 건축 업계의 피드백, 관련 분야의 기술 개발을 고려하여 체크리스트를 정기적으로 검토해야 함
 - 계획 시 반드시 제공해야 할 필수정보
 - △ 계획서에 첨부된 증빙서류에 기재할 필수정보

[표 2] MIC사전승인체크리스트

항목	범위
일반사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해당 규정 준수에 관한 일반 사항 / 실전 강령 / 디자인 매뉴얼 / 지침 ○ 전체 치수가 1:100 이상인 일반 건축 계획(모든 층, 섹션 및 모든 입면의 계획) ○ 모든 구조 요소, 모듈식 유닛, 구조 연결 및 이동 조인트 위치의 레이아웃과 치수를 보여주는 1:100 이상의 규모의 구조 계획 ○ 건물의 높이 및 용도 ○ 시스템의 모든 모듈의 사용 목적 ○ 필수 및 제공 위생 조항을 나타내는 표 ○ 표준 세부 사항(해당되는 경우), 가스 연통 구멍, 발코니, A/C 플랫폼, 커튼/창 벽, 비구조 외벽 시스템/클래딩, 선근 슬래브, 물 공급이 가능한 방의 불투수 구조, 보호 장벽, 돌출부, 수직 녹화, 파이프 덕트 등 ○ 모듈 인터페이스 간 칸막이 또는 내벽의 틈새를 밀봉하는 방법을 나타내는 표준 세부 사항

화재안전	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탈출 수단, 내화 구조, 소방 및 구조를 위한 접근 수단 측면에서 건물 화재 안전을 위한 실전 강령(FS Code) 준수를 설명하는 상세도면 (a) 요구되는 수용 인원 및 제공되는 인원수. 출구 문 및 출구 경로의 너비; (b) 출구경로의 직접거리 및 이동거리 (c) 건축 요소의 내화 등급(FRR)이 있는 벽, 바닥, 기둥, 보 및 계단의 건축 및 재료 표; (d) 다양한 점유, 용도, 구획 및 해당되는 경우 특수 위험 구역을 분리하는 방화벽의 FRR; (e) 해당되는 경우 보호된 출구 경로를 위한 내화 구조물; (f) 수직 샤프트 및 필수 계단에 대한 화재 예방; (g) 단열재/방수 재료를 포함한 클래딩/외벽/커튼월에 대한 불연성 요건; (h) 내부 벽, 천장, 바닥 및 장식 마감재의 라이닝/덮개에 대한 제한된 가연성 요구 사항; (i) 덕트 및 숨겨진 위치의 방음 및 단열에 대한 불연성 요구 사항; 그리고 (j) 해당하는 경우, 소방관용 리프트와 소방 및 구조 계단(FRS) 제공(소방관용 리프트와 중요한 위치의 FRS에서 실제 통로 측정값으로 표시). <p>△ FS 코드 준수를 입증하는 문서 증거. 예:</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) 사용된 내화 재료, 팽창성 페인트, 문 및 벽 시스템에 대한 화재 테스트 보고서 (b) 제한된 가연성 및 불연성 물질에 대한 시험성적서 나. 그리고 (c) 해당되는 경우, 화재 안전 엔지니어가 시스템의 화재 안전 검토를 실시
조명 및 환기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 규정된 창 제공이 필요한 모든 객실의 면적 계산 ○ 유약 및 개방 가능한 샷시 영역을 포함하여 제안된 규정 창에 대한 면적 계산 ○ 흡이나 폐기물이 있는 방에 자연 채광 및 환기 제공
배수	<ul style="list-style-type: none"> ○ 건축(위생 설비, 배관, 배수 작업 및 화장실 표준) 규정 준수를 설명하는 상세 도면. 예>> (a) 트랩, 내부 치수, 굽힘, 청소용 입구, 토양 및 폐기물 파이프 재료, 수직 스택에 대한 연결 세부 사항을 포함하여 토양 및 폐기물 설비에 대한 적절한 배출 설계;

〈출처: ArchSD제공자료〉

② 건설엔지니어링 회사 VHSoft Technologies 인터뷰 및 West Kowloon Government Offices 답사

1) 회의 개요

- 일시: 7월 10일(화) 14:30~18:00
- 장소: 5/F, Low Block, Queensway Government Offices 66 Queensway
(이동) → West Kowloon Government Offices
- 목적: DfMA 구현을 위한 기술 주안점 파악 및 사례 답사
- 참석자: 7인
 - 기관담당자: Koeman Chan외 3인
 - AURI: 김은희 연구위원, 김상호 선임연구위원, 변희재 통역보조원



[그림 2] VHSoft Technologies 인터뷰 및 West Kowloon Government Offices 답사 <출처: 연구진촬영>

2) VHsoft Technologies Company Ltd 소개

- VHsoft Technologies Company Ltd는 토털 IT 솔루션 및 서비스 업체로서 건설 관련 회사의 효율성과 효율성을 향상시키기 위해 최신 기술로 솔루션을 개발
- 홍콩, 중국 및 싱가포르에 지사를 두고 활동하며 Trimble Navigation 및 자체 연구 개발 팀과의 체계적인 파트너십을 통해 클라이언트의 엔터프라이즈 효율성을 크게 향상시킬 수 있는 솔루션 설계 및 시공 지원



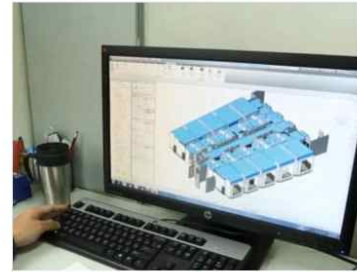
CONSULTANTS

Products for Consultants: Project Management Software Trimble Prolog overview: Trimble Prolog is the most complete and configurable Construction Project Management...



PROJECT OWNERS

Products for Project Owners: Project Management Software Trimble Prolog overview: Trimble Prolog is the most complete and configurable Construction Project...



CONTRACTORS

Products for Contractors: Project Management Software Trimble Prolog overview: Trimble Prolog is the most complete and configurable Construction Project Management...

〈출처: <https://www.vhsoft.com/>〉



ENGINEERS

Products for Project Owners: Project Management Software Trimble Prolog overview: Trimble Prolog is the most complete and configurable Construction Project...



PROPERTY OWNERS

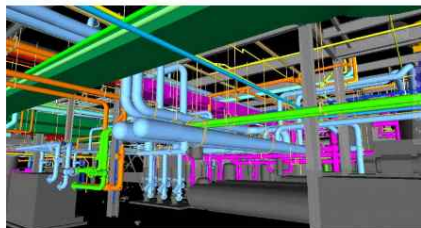
Products for Property Owners and Employers: VHSmart Mobile Field Management These days, work increasingly follows us around whether we're near...



PROPERTY MANAGER

Products for Property Manager and Owner: VHSmart Mobile Field Management These days, work increasingly follows us around whether we're near...

4D & 5D BIM Management



4D and 5D BIM are essentially pairing up 3D models with optimized schedules and cost estimation. This will decrease the possibilities of unplanned scenarios such as off-budget purchases. With software today, fellow collaborators and contractors can alter specific parts of the project in real-time. Changes made in project files will be updated immediately in the cloud.

Vico Office:

Vico Office delivers an integrated BIM workflow for construction projects. Vico Office extends the basic 3D model with constructability analysis and coordination, quantity takeoff, 4D location-based scheduling and production control, 5D estimating, and layout. [Click here for more information.](#)



[그림 3] VHsoft Technologies Company Ltd 회사소개

〈출처: <https://www.vhsoft.com/>〉

3) 인터뷰 주요내용

- 홍콩 MIC구현에 있어 설비장치의 설계 및 제작 조립 기술 개발과 시공에 관한 업무 수행
- 최근 수행한 대표 사례로 West Kowloon Government Offices의 옥탑 냉각타워가 있으며 해당 프로트에서 BIM 뿐 아니라 다양한 디지털 솔루션을 활용한 디자인 및 시공으로 재료의 낭비 및 시공오차를 최소화함으로써 성능을 담보하고 공사기간을 단축
- West Kowloon Government Offices냉각타워는 기계설비 분야 DfMA인 MEP를 적용. 실질적인 공사비용은 기존 방식보다 증가하였으나 완벽한 시공 및 공사기간 단축을 달성하였고 더불어 젊은 전문 기술인들이 선호할 수 있는 직업으로서 인정받는 인식전환의 계기가 됨
- West Kowloon Government Offices 뿐만 아니라 대부분의 제조, 조립 방식 건축공사의 설계과정에서 중요한 사항은, 사업 관계자의 참여를 컨트롤 하고 비용 및 공기를 결정하는 BIM등 스마트기술을 활용한 전문적인 프로세스관리라 할 수 있음. 관련하여 VHsoft Technologies Company는 다양한 건설 프로젝트 관리 솔루션과 소프트웨어를 개발하여 서비스를 제공
 - VHBuild는 건설 프로젝트 관리에 특화된 VH시공 온라인 시스템이라 할 수 있으며 강력한 보안을 토대로 인프라, 서비스에 대한 고급 솔루션을 제공

□ West Kowloon Government Offices 냉각타워 시공사례

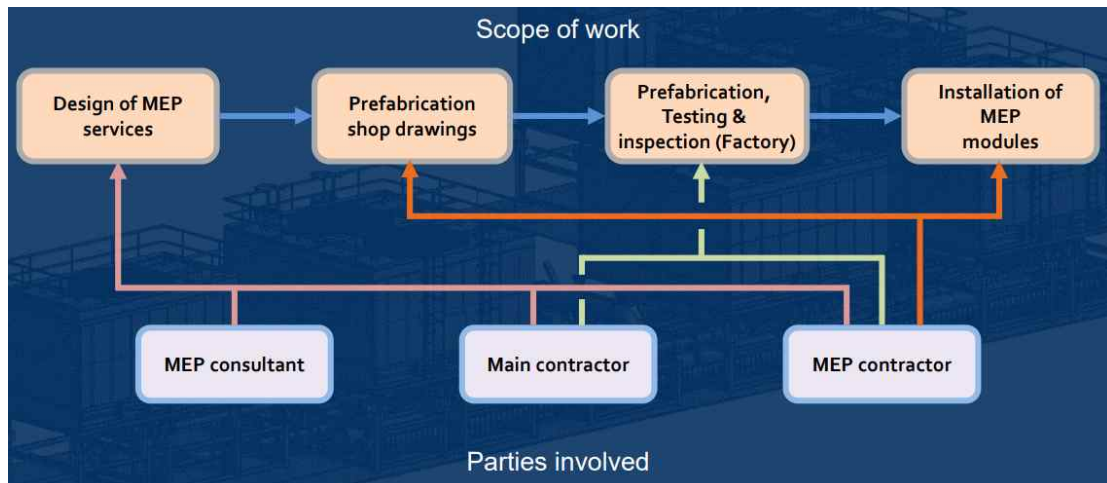


규모: 17층, 2개동(연면적: 115,000 m2)

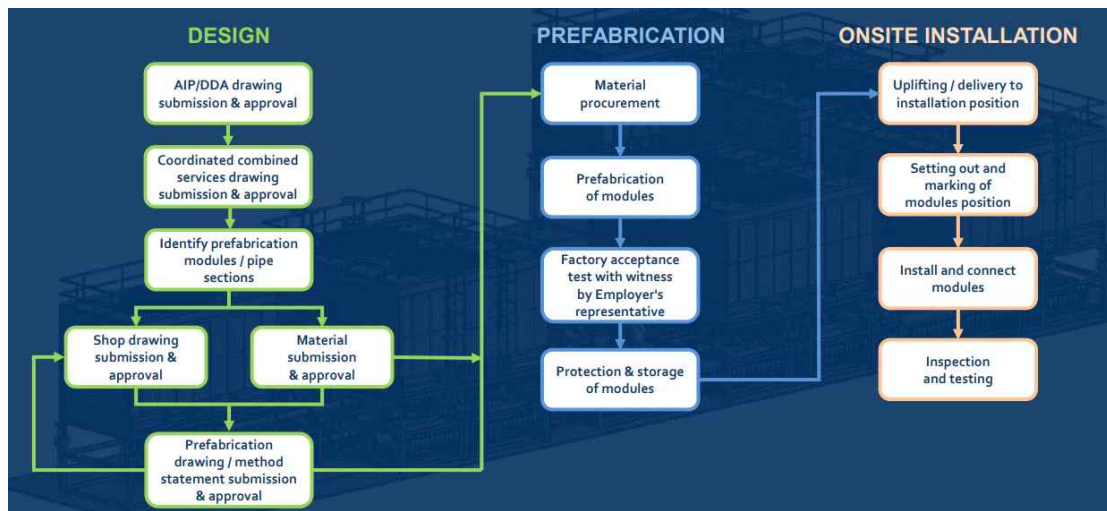
시공: FSE Engineering Group Limited

설계: Andrew Lee King Fun & Associates Architects Limited (ALKF)

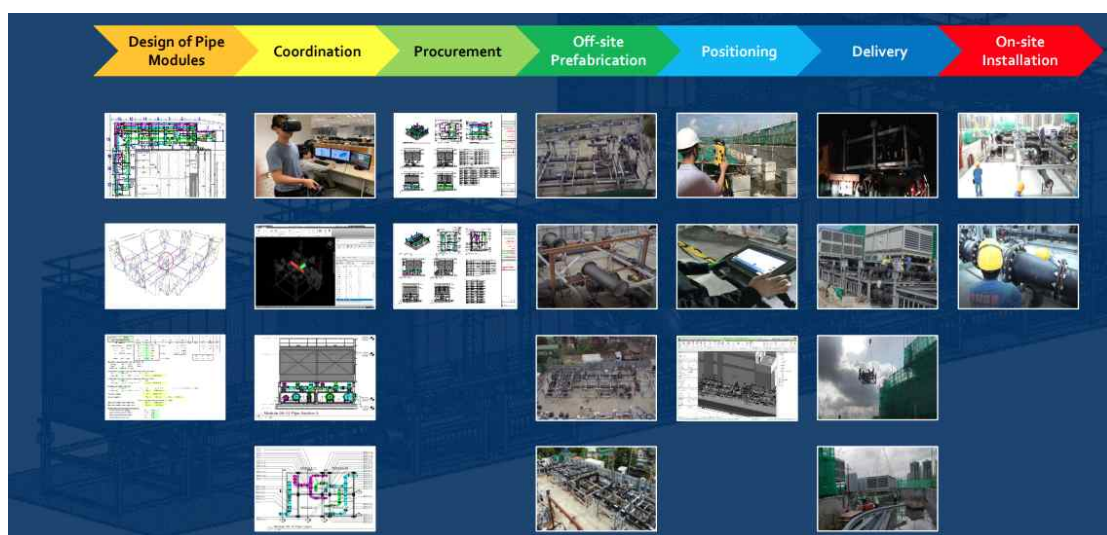
- 현장 안전을 강화하기 위해 BIM을 채택
 - 지하층의 굴착 및 수평 지원(ELS) 작업 플랫폼과 같은 임시 구조물을 만들고 최적화
 - 보다 안전하고 바람직한 트럭 경로와 시공 순서를 쉽게 선택할 수 있도록 BIM을 통해 시공 순서를 실시간으로 시각화
 - 현장 계획을 개선하기 위해, BIM은 난간이 있는 안전한 보행자 도로와 편리한 차량 접근을 위해 현장 공간의 사용을 최적화
 - 물류 문제를 식별하고 해결하기 위해 4D 스케줄링 및 시퀀싱을 채택하여
 - 교통 사항 및 주변의 잠재적 위험 요소를 사전에 검토
 - DfMA를 채택함으로써 주요 구성 요소를 외부에 조립하여 현장 설치에 필요한 비용을 절감
 - 옥상 냉각타워 MEP DfMA적용
- 수상: DESIGN AND BUILD WINNER 2015 (ARCH.SD, HKSAR), HK-BEAM PLUS - PLATINUM Completion Year 2018



[그림 4] VHsoft Technologies Company Ltd 업무범위별 참여자 구성 <출처:https://www.vhsoft.com/>



[그림 5] MEP DfMA 추진계획 <출처:https://www.vhsoft.com/>



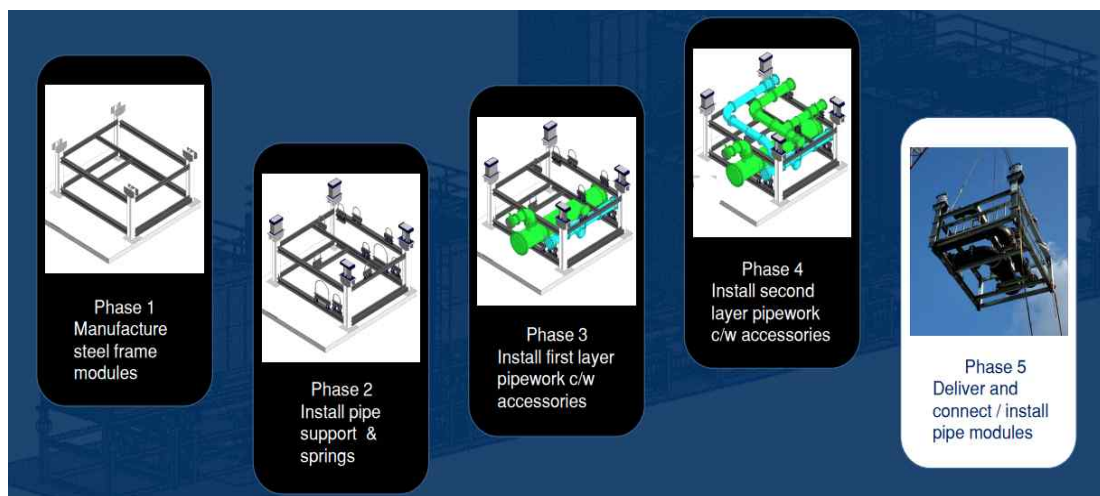
[그림 6] MEP 설치를 위한 업무흐름 <출처:https://www.vhsoft.com/>

Vertical Transportation

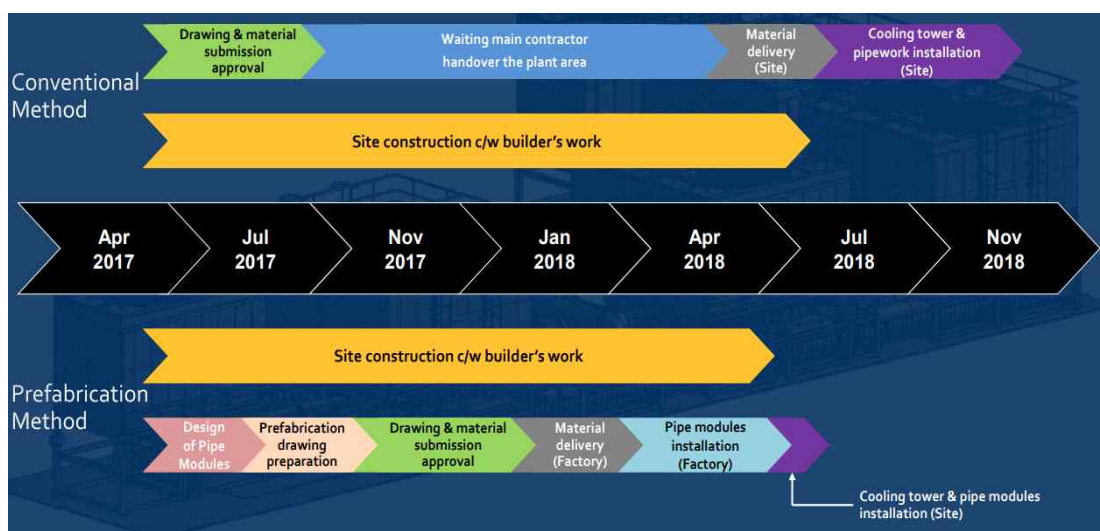
Tower crane capacity:
5 tons at a radius 40m



[그림 7] 설치과정 시뮬레이션<출처:https://www.vhsoft.com/>



[그림 8] 모듈러 제작 및 설치 프로세스<출처:https://www.vhsoft.com/>



[그림 9] 기존 현장조립방식과 MEP DfMA 방식의 차이 비교<출처:https://www.vhsoft.com/>

③ 홍콩시립대학교, 김정인 교수 인터뷰

1) 회의 개요

- 일시: 7월 11일(화) 11:00~13:30
- 장소: Festival Walk Shopping Center Lounge
- 목적: 홍콩 MIC 관련 제도 현황 및 효과 자문
- 참석자: 3인
 - 면담자: 김정인 홍콩시립대학교 교수
 - AURI: 김은희 연구위원, 김상호 선임연구위원

2) 김정인 교수 소개

- 김정인 교수는 한국에서 토목 설계회사에서 근무 후 미국 스탠포드 대학교 토목환경공학과에서 토목관련 프로젝트에 VDC(Virtual Design and Construction) 구현을 주제로 석사 및 박사학위를 마치고 현재 홍콩시립대학교 건축토목공학과에서 조교수로 근무 중
- 주 연구 분야는 ‘스마트시티와 건설’, ‘인프라 시스템의 가상 설계 및 시공(VDC)’, ‘빌딩 정보 모델링(BIM)’, ‘지속 가능한 인프라 설계, 건설 및 운영’, ‘데이터 기반 인프라 자산 관리’
- 최근 연구로는 ‘자동화된 구성 요소 - 프리캐스트 콘크리트 프로젝트를 위한 차량 할당 계획’, ‘설계 단계에서 BIM 기반 VR 애플리케이션을 위한 평가 프레임워크’, ‘건축 설계 검토 및 협업을 위한 BIM 기반 MUVR 트레드밀 시스템 개발’ 등이 있음

※ 홍콩시립대학교(City University of Hong Kong, 줄여서 CityU)는 홍콩의 주요 대학 중 하나로, 1984년에 설립, 홍콩의 Kowloon 지역에 위치하며 공학, 비즈니스, 예술, 사회과학 등 다양한 학문 분야에서 학사, 석사, 박사 프로그램을 제공함. 연구 중심 대학으로서 공학과 비즈니스 분야 두드러짐.

※ 특히 건설분야는 홍콩 GDP의 약 4%를 차지하고 관련한 경제활동에 미치는 영향이 커, Department of Architecture and Civil Engineering의 다양한 프로그램 운영을 통한 건축가, 토목 공학자, 건물 서비스 엔지니어 및 감정사와 같은 전문가에 대한 수요 충족을 위한 인력을 양성



香港城市大學
City University of Hong Kong
專業 創新 服務全球
Professional-Creative
For The World

www.cityu.edu.hk

Jung In Kim

Ph.D., P.E.

Assistant Professor
Department of Architecture
and Civil Engineering

Tat Chee Avenue, Kowloon, Hong Kong
Tel.: (852) 3442 4695
M.P.: (852) 9082 9772
Fax: (852) 3442 0427
E-mail: jungikim@cityu.edu.hk





[그림 10]싱가포르대학 건축 및 토목학과 홈페이지 <출처: 싱가포르대학 홈페이지>

3) 인터뷰 주요내용

- DfMA 방식으로 시공하는 사업 비중, 공공과 민간의 상황
 - 홍콩에서는 정부 정책으로 인해 모듈러 통합 건설(MiC)이 대중화되고 있음. 예를 들어, 건축물의 총 건축 연면적이 300㎡ 이상인 경우 공공 공사에 MiC를 의무적으로 채택하도록 하고 함(DevB Technical Circular 2/2020)
 - 홍콩에서는 공공분야 주택, 학생 호스텔, 노인 주택, 병원, 학교 등의 프로젝트에서 MiC를 일반적으로 채택하고 있으며, 이에 비해 민간 프로젝트에서는 MiC를 사용하는 것이 그다지 대중적이지 않으나 연면적 10%인센티브 제공을 통해 MiC 확대를 도모
 - 민간분야 MiC 프로젝트는 아직까지 주거 개발사업에 한정되는 경향
- DfMA 방식의 설계와 시공을 통해 지어진 건물에 대한 사회적 인식
 - 홍콩의 일반 대중들은 MiC를 잘 모르고 있는 것으로 예상되나, 팬데믹 이후 MiC가 방역 목적으로 신속한 시공이 가능한 공법으로 인식하고 있음
 - 홍콩 정부가 중산층 지역(카이탁)에 경공공주택(LPH)을 건설하기 위해 MiC를 채택하는 상황. LPH의 목적은 주택이 필요한 사람들을 위해 빠른 건설에 부응하는 것이지만 중산층 지역 거주자들은 이에 동의하기보다 우려의 목소리가 큼. 또한 공공주택에 MiC를 채택하는 것이 전통적인 공법 대비 비용측면에서 저렴하지 않음
- 초기 설계단계에 제조업체 참여 여부 및 방법
 - MiC 프로젝트에 Design and Build 방법이 일반적임. 따라서, 메인 건설 계약자는 초기 단계에서 모듈 제조업체와 협력하기에 유리함
- 상호 역할 관계 및 협업방식
 - 홍콩에서는 대부분의 제조업체가 중국 본토에 위치함. 일부 대형 건설업체(예: Yau Lee,

China State 등)는 중국에 자체 제조업체를 둠

- 대체로 종합건설업체가 상호 협업이 유리한 전문업체를 선정하여 업무를 추진하므로 주계약자를 중심으로 분업의 협업에는 문제가 없을 것으로 해석됨

• MiC 적용의 효과

- MiC의 장점은 시간 절약, 높은 품질, 더 나은 현장 안전, 향상된 환경 지속 가능성 등으로 설명할 수 있고 일반적인 DfMA 효과로 인식가능
- 홍콩에서 MiC의 특징은 현장 노동력 감소에 따른 인력부족 문제에 대응할 수 있다는 점을 들 수 있음. 그러나 아직까지 비용 측면의 절감효과는 설명되지 않음. 다만 공기를 감소함에 따른 대출이자 감소, 분양 및 임대사업 선추진 등의 효과 등은 비용효과와 연계하여 설명할 수 있음

• DfMA 건축의 설계-운반-시공과정에서의 가장 큰 문제점과 애로사항 및 해결방법

- 홍콩에서 MiC를 사용하는 가장 큰 문제는 사이트 및 도로 제한이라 할 수 있음. 홍콩 도심은 혼잡하고 대부분의 도로가 좁으며 또한 사이트에서 모듈을 임시로 저장할 수 있는 공간도 부족함. 따라서 적시에 모듈을 전달할 수도 없으며 구릉 지대는 MiC 적용이 어려움

• MiC 시공 관련 인증제도 운영 여부 및 방법

- 민간부문 MiC 활성화를 위해, 홍콩 정부는 MiC 시스템에 대한 **사전승인제도**를 도입
- 사전승인제도는 MiC 시스템의 설계 및 재료가 건축조례 최소기준을 충족하는지 여부를 판단하고 업체가 해당지역 사업에서의 사용을 유도함
- 이를 위해서는 정부의 승인된 MiC 시스템 목록을 운영하며 여건에 따라 이를 선택할 수 없는 경우, 새로운 MiC 시스템승인을 요구해야 하며 시간이 더 소요됨

• DfMA의 실질적인 효과를 위해 BIM 적용 현황

- BIM은 MiC 프로젝트의 필수 도구이며, 홍콩에서는 BIM을 사용하지 않고는 어떠한 MiC 프로젝트도 수행할 수 없음
- 이외에도 레이저 스캐닝, VR/AR, 로보틱스, GIS, IoT, UAV 등과 같은 다른 신흥 기술이 MiC 프로젝트에서 사용되고 있음

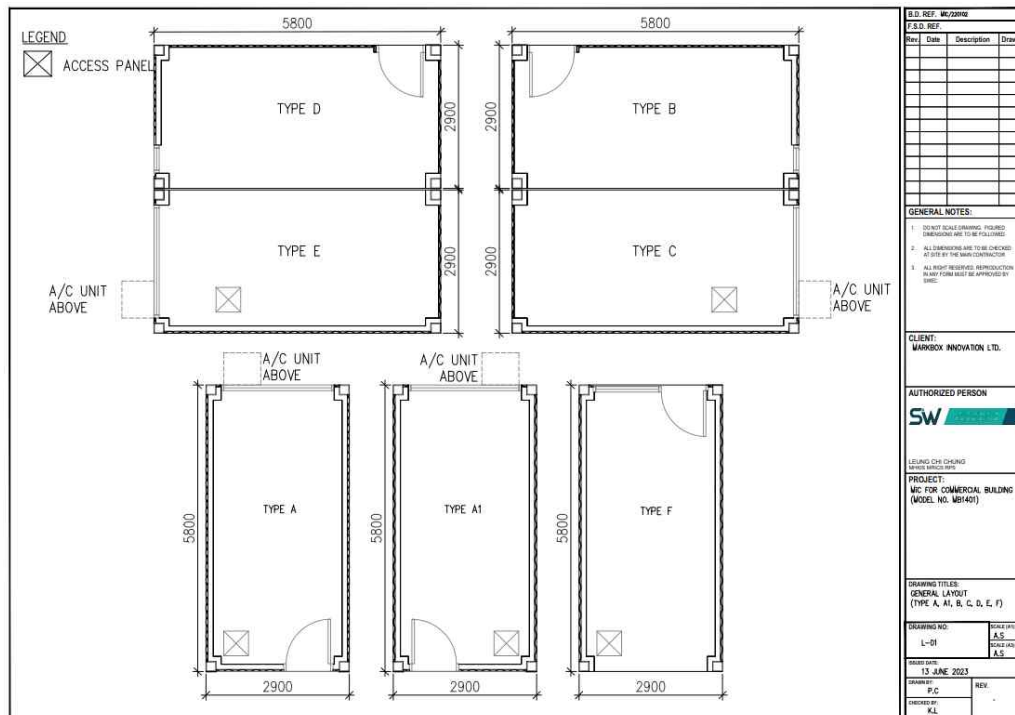
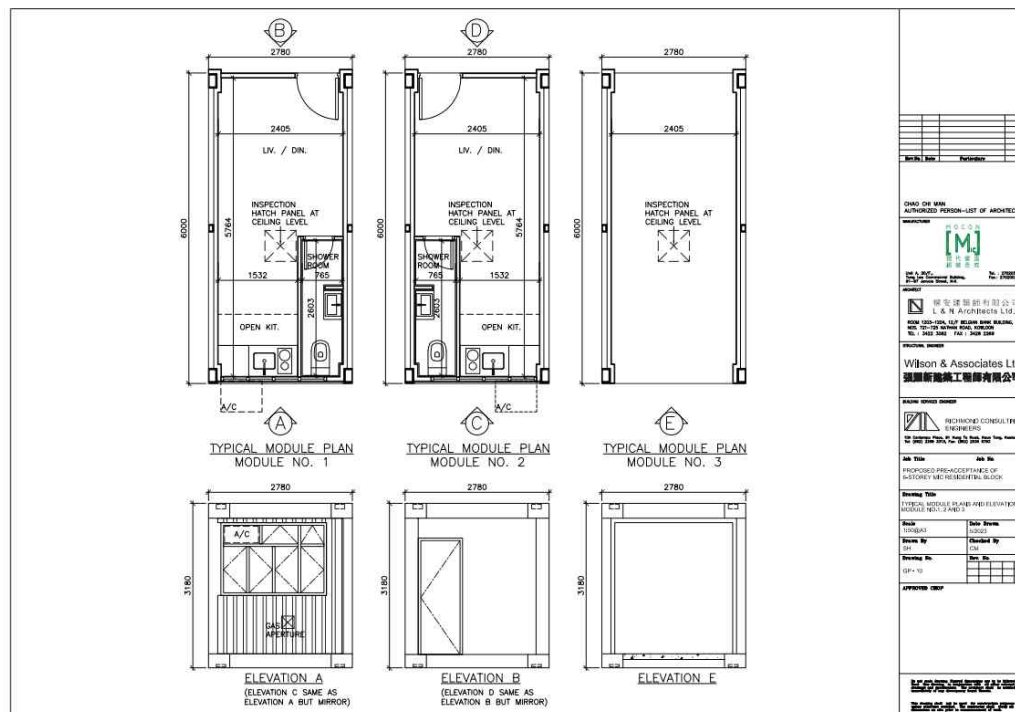


그림 19 상업용 건축을 위한 승인된 MIC



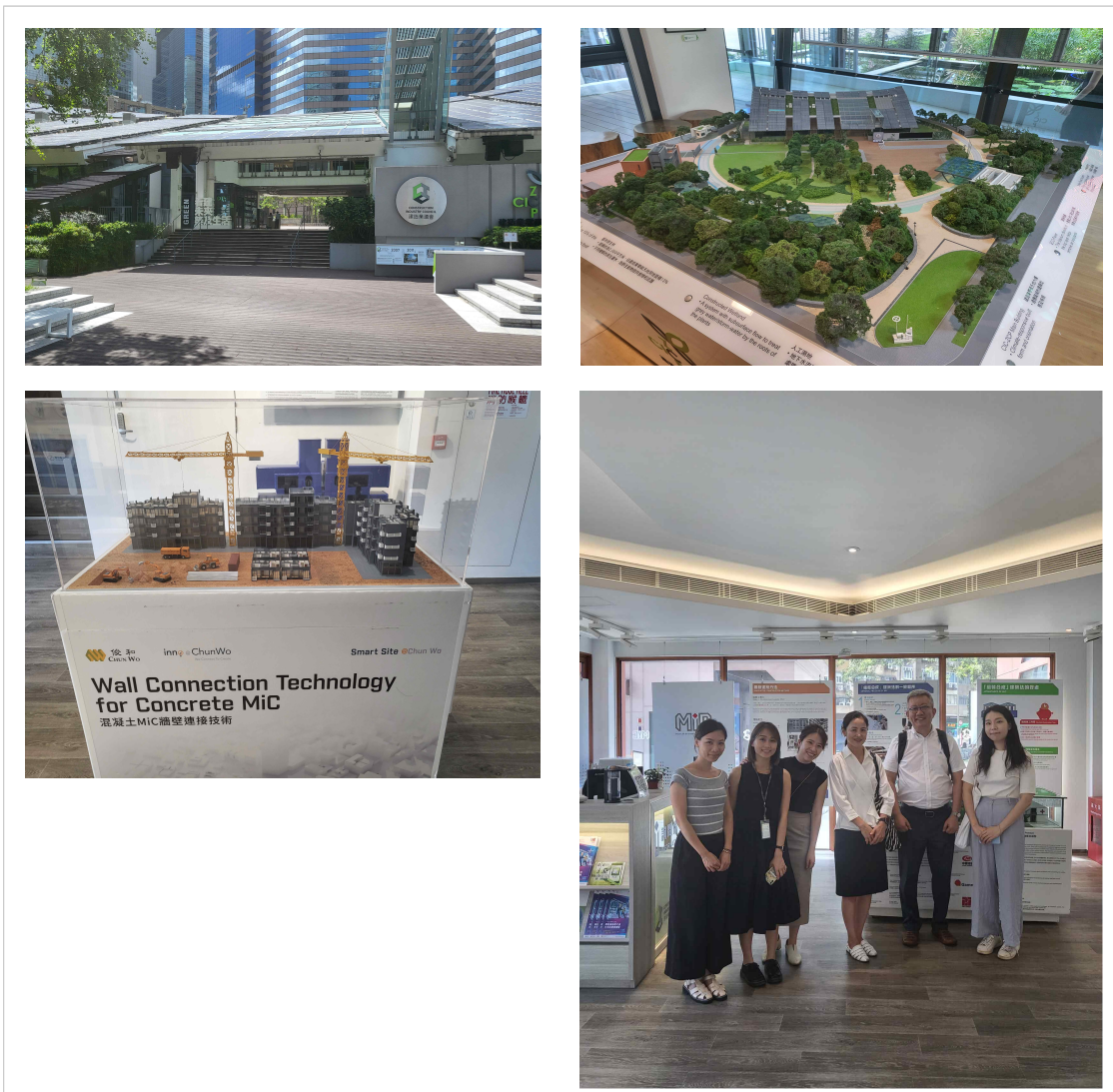
[그림 11] 주거용 건축을 위한 승인된 MIC

〈출처: <https://www.bd.gov.hk/en/resources/codes-and-references/modular-integrated-construction/index.html>〉

4 건설산업회 CIC 관계자 인터뷰

1) 회의 개요

- 일시: 7월 11일(화) 14:30~16:00
- 장소: 38/F COS Centre, 56 Tsun Yip Street, Kwun Tong, Kowloon, Hong Kong
- 목적: 홍콩 MIC 관련 CIC의 역할 및 산업지원 활동 자문
- 참석자: 6인
 - 기관담당자: Vivian Choi, Zoe LAM, Alison Fung
 - AURI: 김은희 연구위원, 김상호 선임연구위원, 변희재 통역보조원



[그림 12] 홍콩 CIC 건물입구, 홍보관, 인터뷰참가자 <출처: 연구진 촬영>

2) CIC(Construction Industry Council), MIC 리소스 센터 소개

- 건설산업협의회(CIC)는 홍콩의 건설산업협의회 조례에 따라 2007년 설립된 법정기구로서 CIC는 건설 프로젝트의 품질과 안전성을 높이고 산업의 전반적인 경쟁력을 향상시키기 위해 정부, 업계 이해관계자 및 전문 기관과 긴밀히 협력을 하고 있음
- CIC는 정부정책을 시장에서 적용하기 위한 중간 기능을 수행. 해당 정책의 전달, 교육, 기술개발 등 공공과 민간의 연결기능에 초점을 둠
- 정부 기관, 개발사, 건설사, 학계 및 무역협회와의 협력을 통해 DfMA Alliance를 조직하여 DfMA 관련 포럼 및 세미나 개최, Focus Hubs 조직 등을 통해 DfMA의 적용 및 확산을 위한 활동을 추진한 바 있으며 홍콩의 MiC(Modular Integrated Construction) 프로젝트의 법적 요건 검토를 위한 다양한 가이드 제공
- 홍콩의 7개의 정부기관 (Buildings Department, Fire Services Department, Water Supplies Department, Electrical and Mechanical Services Department, Transport Department, Environmental Protection Department, Customs and Excise Department)의 법적 규제에 대한 정보를 제공
- DfMA 채택을 위한 생태계를 공동으로 조성함으로써 건설생산성 향상을 목표로 연관 산업 전반의 참여를 증진하기 위한 포럼 및 세미나 개최, 목표 달성을 위한 공급망의 능력 및 전문가 영입과 함께 개선을 향한 의지를 가진 고객들을 연결하는 포커스 허브 구성, 구성원이 내부적으로 또는 프로젝트 전반에 걸쳐 향상된 기능을 원하는 고객 또는 공급망 파트너와 직접 연결할 수 있도록 지원

3) 인터뷰 주요내용

□ 홍콩에서 MiC 적용현황

- 현재 공공영역에서는 의무적으로 MIC를 적용해야 하지만 민간시장은 의무가 아니며, MIC를 적용한 사례는 단 한 건에 불과함(현재 건설중임). 그러나 민간시장에서의 관심이 증가하는 추세
- 민간에서 이를 적용하기는 쉽지 않은데, 그 이유로는 1. 가격이 높음. 2. 홍콩이 영국에서 중국으로 통치권이 이양됨에 따라 중국에 관한 규정 등을 잘 모를 경우 과다한 세금 등을 지불해야하는 문제, 3. 조립방식 등에 대한 기술적 전문성 부족(교육 문제) 등을 들고 있으며, 이러한 관점에서 문제 해결을 위한 CIC의 역할을 강조
- 홍콩 국토 면적의 한계가 있으므로 대부분의 제조 공장은 중국에 위치함

□ MiC 활성화를 위한 정부의 전략

- 민간의 MIC 적용 확대를 위해 정부에서 제공하는 유인책은 용적율 10%제공이 있음. 또한 입찰과정에서 실적을 요구하는 본 실적은 타 사 대비 유리한 입지를 확보할 수 있음
- MDP 부분의 경우 과거에는 UK Standard를 사용하였으나 CIC를 중심으로 홍콩 여건에 맞는 기준을 마련 중
- 대량생산을 위해 모듈러의 유형을 단순화함. 다만 시장 확대를 위해서는 소비자의 기호를 고려한 커스터마이징이 필요
- 별도의 법률에 근거한 인증제도는 없으며 기술자를 현장으로 파견하여 사전에 검사하는 사전승인제도를 운영

□ MiC에 대한 인식

- 인식 측면에서는, MIC의 재료가 미치는 영향이 큰 것으로 판단됨. 홍콩에서도 일부 사람들은 이의 성능 및 품질, 디자인 수준 등에 대한 우려가 많으나 현재는 콘크리트와의 하이브리드 제작방식을 통해 이에 대한 인식은 많이 개선되고 있음

□ 주요 고려사항

- MIC 모듈의 무게로 인해(무거움) 이동과정 및 조립과정의 안전성 확보에 관한 사항은 주의하여 다루어야 함

□ 발주과정 등

- 건축주(개발업자)는 건설사, 건축가와 계약을 체결하며, 제조업체는 건설사와 계약을 체결함. 메인 건설사가 입찰할 때 정부에서 제공하는 업체 리스트중 한 곳을 선택하거나 자신들만의 특별한 전략을 제시하여 별도 업체를 참여시킬 수 있음
- DfMA alliance는 현재 운영하고 있지 않음

5 Hong Kong Housing Society 방문 인터뷰 및 건설현장 답사

1) 회의 개요

- 일시: 7월 11일(화) 17:00~18:30
- 장소: 38/F COS Centre, 56 Tsun Yip Street, Kwun Tong, Kowloon, Hong Kong
- 목적: 홍콩 MIC 관련 CIC의 역할 및 산업지원 활동 자문
- 참석자: 9인
 - 기관담당자: Ng Wui Chun Alex, Lee King Yee Katherine 외 4인
 - AURI: 김은희 연구위원, 김상호 선임연구위원, 변희재 통역보조원



[그림 13] Hong Kong Housing Society 방문 인터뷰 <출처: 연구진 촬영>

2) Hong Kong Housing Society 소개

- 홍콩 주택 협회(Hong Kong Housing Society, HKHS)는 홍콩의 비영리 주택 조직 중 하나로, 중저소득 이하의 홍콩 주민들에게 주택을 제공을 목적으로 운영
- 협회는 1948년에 설립되었고 이후 홍콩의 주택 문제를 해결을 위한 다양한 프로그램과 계획을 실행 중

3) 주요내용

□ 기관의 주요 역할

- (비영리 조직)HKHS는 홍콩에서의 주택 공급을 개선하기 위한 비영리 조직으로서, 고가의 부동산 시장에서 중간소득층이나 소득이 낮은 홍콩 주민들을 위한 주택을 제공하는 것을 목표로 함
- (다양한 프로그램)주택 협회는 자체 시공 및 관리뿐만 아니라, 중년층과 고령층을 위한 주택 프로그램을 운영
 - Rental Housing: 대부분의 소득이 낮은 홍콩 주민들을 위해 임대 주택을 제공
 - Elderly Housing: 고령자들을 위한 특별 주택 프로그램으로, 특별한 요구와 필요를 충족시키기 위해 설계된 주택을 제공
 - Sandwich Class Housing Scheme: 중간소득층을 위한 주택 프로그램으로, 고가의 홍콩 주택 시장에서 적절한 주택을 얻을 수 있도록 지원
 - Urban Renewal Projects: 노후화된 도시 지역을 현대화하고 재개발하는 프로젝트로, 새로운 주택 및 상업 시설 재개발
 - Rural Public Housing: 시골 지역에서의 주택 공급을 개선하기 위한 프로그램으로, 도시 지역 외의 주민들에게 주택 제공
 - Home Ownership Scheme: 홍콩 주민들의 주거취득을 지원하는 프로그램으로, 일정 소득 이하의 주민들에게 저렴한 가격으로 주택을 판매함
- ※ 소득 한도와 주택의 판매 가격은 시간이 지남에 따라 변경될 수 있고, 다양한 요인들(예: 물가 상승률, 주택 시장 상황, 정부 정책 등)에 따라 조정됨. 일반적으로 시장거래 가격의 60%의 선에서 판매
- 주택 협회는 홍콩정부와 함께 정책적 공급전략에 상응하는 전략을 추진. 지속 가능한 건축 방법과 새로운 건축 기술을 도입하여 홍콩의 주택 공급 문제에 혁신적인 해결책을 제공하기 위해 노력

Family Size	Income Limit (per month) ⁽¹⁾	Net Asset Limit ⁽²⁾	Household Size	Income Limit (per month) ⁽¹⁾	Net Asset Limit
1-person	\$12,940	\$278,000	2-person	\$23,460	\$752,000
2-person	\$19,550	\$376,000	3-person	\$29,290	\$980,000
3-person	\$24,410	\$490,000	4-person	\$37,140	\$1,146,000
4-person	\$30,950	\$573,000	5-person	\$44,620	\$1,272,000
5-person	\$37,180	\$636,000	6-person	\$51,280	\$1,376,000
6-person	\$42,730	\$688,000	7-person	\$57,000	\$1,470,000
7-person	\$47,500	\$735,000	8-person	\$63,760	\$1,538,000
8-person	\$53,130	\$769,000	9-person	\$70,360	\$1,702,000
9-person	\$58,630	\$851,000	10-person or above	\$76,790	\$1,834,000
10-person or above	\$63,990	\$917,000			

[그림 14] Income and Asset Limits

[그림 15] Income and Net Asset Limits for Non-Related Elderly Households

〈출처: <https://www.housingauthority.gov.hk/en/flat-application/income-and-asset-limits/index.html>〉

□ MiC 적용 주택사례 _ Hung Shui Kiu / Ha Tsuen 신개발 지구 Phase 1A

Client • Hong Kong Housing Society	Main Contractor • Yau Lee Construction Company Limited	MiC Supplier • Yau Lee Wah Concrete Precast Products Company Limited	Architect • Ronald Lu and Partners (Hong Kong) Limited
Structural Engineer • SYW & Associates Limited	Building Services Engineer • J. Roger Preston Limited	Quantity Surveyor • Rider Levett Bucknall Limited	Traffic Engineer • OZZO Technology (HK) Limited

- HKHS의 첫 번째 MiC 방식의 프로젝트로서 25층의 판매용 주택
 - 28층 중 25개 층이 주택이며 완공 시 300개 주택이 공급될 예정
- 3단계로 개발 중이며 1단계 사업에서 MiC 방식을 적용
- 정부의 건설 기술 채택에 대한 대응으로서 2018년 MiC를 도입하였고 현장에서의 건설 시간과 낭비 감축, 환경 효율성을 향상시키고 프로젝트 품질과 현장 안전성을 개선한 것으로 평가함
- 2024년 완공 예정인 이 프로젝트는 건설 산업 위원회에서 주최한 MiC 성과 시상식에서 두 개의 상(MiC 챔피언, Outstanding MiC Project) 을 수상



Hung Shui Kiu / Ha Tsuen New Development Area의 모듈러 양중

〈그림출처: <https://mic.cic.hk/en/ProjectsInHongKong/15>〉



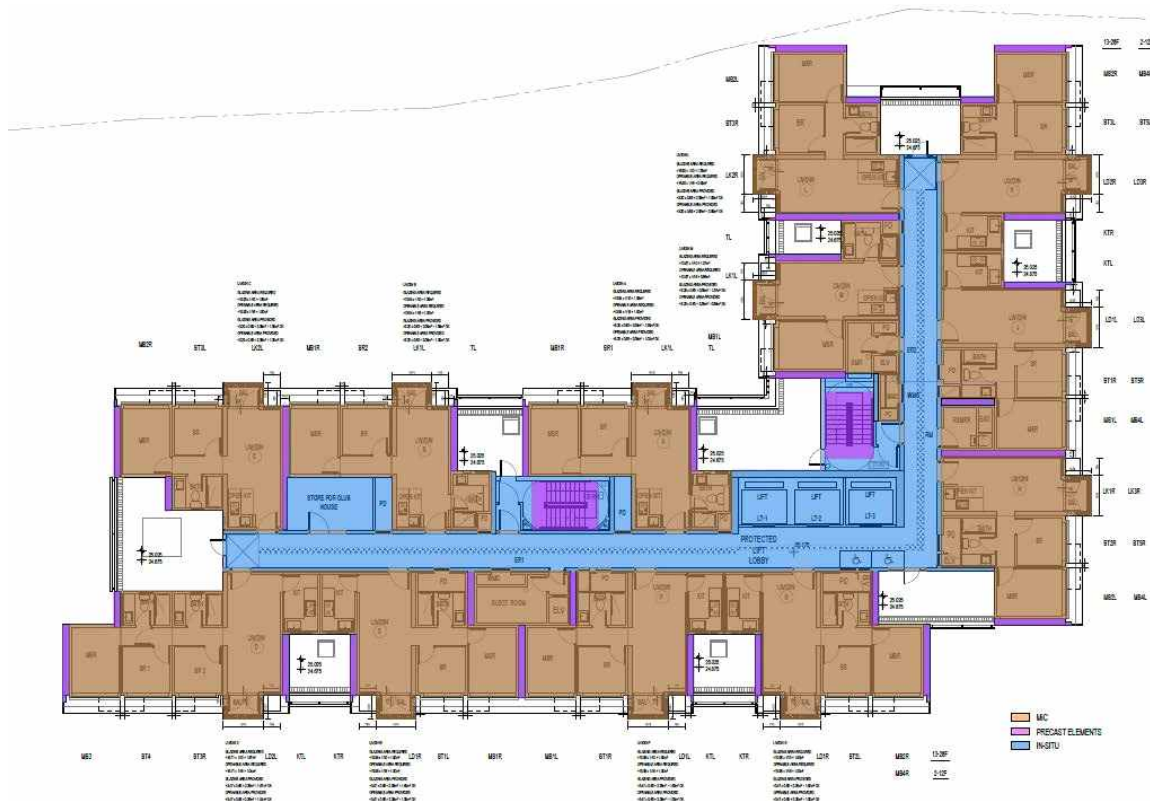
준공된 이후의 모습
- 약 1,200개의 모듈을 사용하여 300세대를 공급할 예정



HKHS 프로젝트팀은 본 사업을 통해 CIC로부터 MiC챔피언 상을 수상

[그림 16] Hung Shui Kiu / Ha Tsuen 신개발 지구 조감도 및 수상사진

<출처 : <https://mic.cic.hk/en/ProjectsInHongKong/15>>



[그림 17] 모듈러를 활용한 기준층 평면도(공용부와 슬라브만 현장시공)

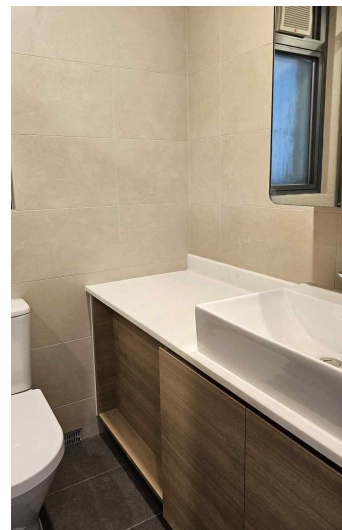
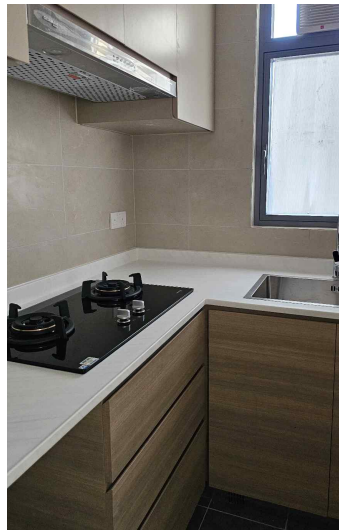
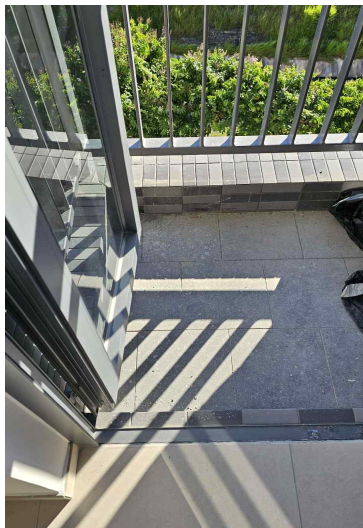
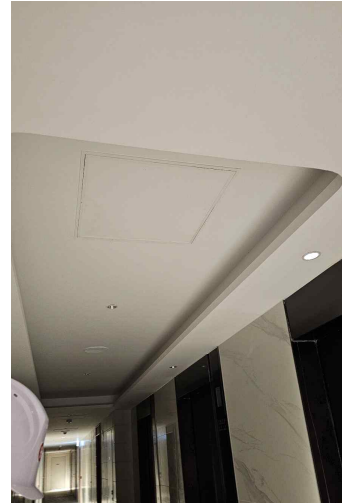
<출처 : <https://mic.cic.hk/en/ProjectsInHongKong/15>>



Module Type	Module System	Width (mm)	Length (mm)	Length (mm) Including Corridor & AC Platform	Height (mm)	Weight (tons)	Number of Modules
Type 1/ 1.1/ 1.2/ 1.3	Concrete	2,400	3,410	3,410	3,000	9.8	150
Type 1.2R/ 1.3R/ 1.4R/ 1.5R	Concrete	2,400	3,410	3,410	3,000	9.8	150
Type 2/ 2R/ 2.1/ 2.2	Concrete	2,400	4,860	4,860	3,000	15.57	125
Type 2B-P1/ 2B-P2/ 2B-P3/ 2B-P4	Concrete	2,400	5,920	5,920	3,000	18.33	125
Type 3/ 3.1/ 3.2/ 3.4	Concrete	2,750	6,800	6,800	3,000	21.7	100
Type 3b1/ 3b2/ 3.3	Concrete	2,750	6,800	6,800	3,000	21.7	75
Type 3a3/ 3b2R	Concrete	2,750	6,800	6,800	3,000	21.7	75
Type 3a1/ 3a2	Concrete	2,750	6,800	6,800	3,000	21.7	50
Type 4/ 4.1	Concrete	1,730	2,930	2,930	3,000	7.2	75
Type 4R/ 4.1R	Concrete	1,730	2,930	2,930	3,000	7.2	75
Type 5/ 5.1	Concrete	2,390	3,290	3,290	3,000	11.68	50
Type 6	Concrete	1,890	2,730	2,730	3,000	7.33	75
Type 7	Concrete	4,470	2,480	2,480	3,000	14.33	25
Type 8	Concrete	2,070	2,480	2,480	3,000	7.28	25
Type 9	Concrete	2,470	2,490	2,490	3,000	10.24	25
Type 10	Concrete	960	2,260	2,260	3,000	2.8	25
Total							1,225

[그림 18] 프로젝트 개요

〈출처: <https://mic.cic.hk/en/ProjectsInHongKong/15>〉



[그림 19] 건설 중인 주택외부 및 내부
〈사진출처: 연구진 촬영〉

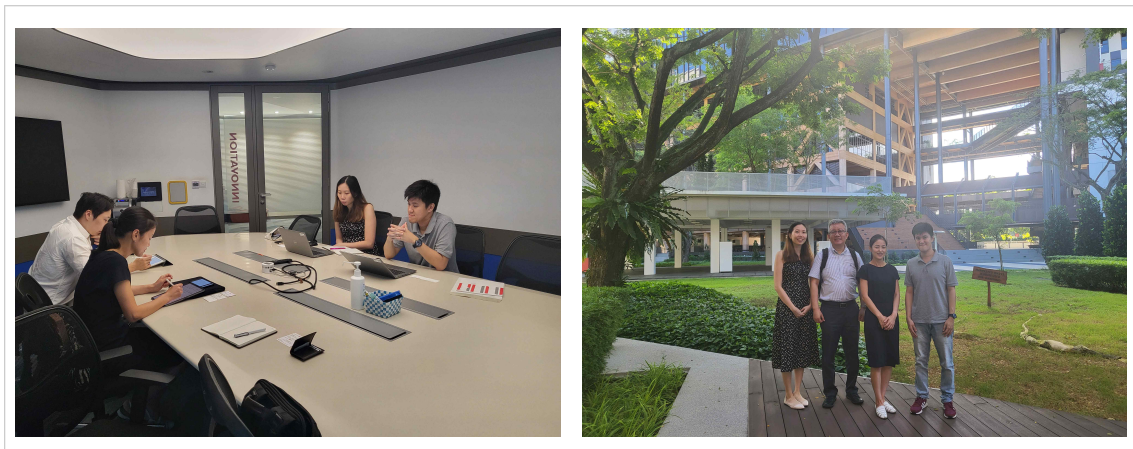
◆ 관계자 설명 ◆

- 주택 모듈유닛은 공장에서 내부 마감까지 완료된 상태로 현장으로 운송됨
- 단위 유닛의 크기에 따라 1~2개의 모듈러를 조합하여 완성되며 모든 부위(마감포함)는 완성된 모듈로 공장에서 제작
- 발코니 모듈은 모든 세대에 별도 추가 조립하여 시공
- 공사현장에는 모듈러 적치를 하지 않으며 운송과 동시에 시공됨
- 운송과정 중 파손 방지를 위해 포장기술도 필요

6] 싱가포르 건설청 BCA 방문 인터뷰⁶⁾

1) 회의 개요

- 일시: 7월 13일(목) 11:00~13:00
- 장소: 52 Jurong Gateway Road #11-01, Singapore 608550
- 목적: 싱가포르 모듈러 건축 성능인정 제도 주요내용, 공공부문 DfMA 적용 확대를 위한 IDD(Integrated Digital Delivery) 프로세스 자문
- 참석자: 5인
 - 기관담당자: Christopher Chien, Lim Mee Mee
 - AURI: 김은희 연구위원, 김상호 선임연구위원, 남상규 통역보조원



[그림 20] BCA 방문 인터뷰 <출처: 연구진 촬영>

2) 싱가포르 건설청, BCA(Building and Construction Authority) 소개

- 싱가포르 건설청(BCA, Building and Construction Authority)은 싱가포르의 건설 및 부동산 산업 규제 및 진흥을 전담하는 주요 정부 기관
- 건설 산업의 전반적인 발전과 질의 향상을 위해 다양한 프로그램과 정책을 개발하고 실행하며, 안전하고 지속 가능한 환경을 위한 건물 규정과 기준을 마련
- BCA '건설산업 혁신 계획(Construction Industry Transformation Map: CITM, 2017)'에서 건설산업 혁신을 위한 3가지 핵심영역으로 DfMA, IDD(Integrated Digital Delivery), Green Building을 선정

6) 기관 관계자 면담 및 웹사이트 자료를 참고하여 작성

<https://www1.bca.gov.sg/buildsg/productivity/design-for-manufacturing-and-assembly-dfma/prefabricated-prefinished-volumetric-construction-ppv>

[표 3] '건설산업 혁신 계획(CITM, 2017)'의 3가지 핵심영역

구분	단계별 DfMA 전략
1. Design for Manufacture and Assembly (DfMA)	Off-site construction ranging from: <ul style="list-style-type: none"> - Precast column & beams - Prefabricated Bathroom Units - PPVC (Modular Integrated Construction in HK) - MEP modules
2. Integrated Digital Delivery (IDD)	Enabled by BIM and other latest digital, IoT, sensing technology, AI etc.
3. Green Building	Green Building Masterplan to encourage sustainable design, improve existing buildings and encourage occupant to change energy consumption behavior

<출처 : Wider Adoption of DfMA in MEP Works (1) – Ir WONG Chi Kwong (Vice President, Building Engineering (MEP), AECOM HK), DfMA MiMEP Tradeshow 2021.3.2.>

3) 주요내용

- BCA는 DfMA를 구성하는 각각의 기술에 대한 가이드를 제공함
- DfMA의 핵심 목표로 간편한 현장 조립, 현장의 생산성 향상, 노동력 투입 감소, 품질 및 안전성 향상을 설정하고, 각 기술에 대해 계획부터 설계, 생산, 운송, 설치, 품질 검사, 유지보수에 관한 사항과 관련 제도 등 전반적인 내용을 포함

[표 4] 싱가포르 BCA DfMA 가이드라인과 주요내용

구분	주요내용
Advanced Precast Concrete System (APCS)	PC(Precast Concrete)의 구성요소 . 3S 원칙(Standardisation, Simplicity, Single)에 따르는 PC 설계, 제작, 운반, 조립에 대한 가이드
Mass Engineered Timber (MET)	목재 건축자재와 관련한 가이드
Prefabricated Prefinished Volumetric Construction (PPVC)	독립형 3차원 모듈을 제작하기 위한 가이드 공장에서 제작된 모듈을 현장으로 운반하고 설치하기 위한 시공 방법에 대한 가이드
Prefabricated Bathroom Units (PBU)	사전 조립식 욕실 유닛의 생산 및 설치와 관련한 가이드
Prefabricated Mechanical Electrical and Plumbing (MEP) System	조립식 기계/전기/배관 시스템의 생산 및 조립을 위한 가이드
Structural Steel	철골부재 접합부 설계와 관련한 가이드

<출처 : 정서영, 'OSC 프로젝트의 최적 설계안 선정을 위한 DfMA 평가모델', 광운대학교 박사학위논문, 2021, P.32>

□ BCA의 주요 역할과 책임

- 건물 규제 및 라이선스: 건물 및 건설 작업에 대한 기준, 건물의 안전성과 지속 가능성을 보장하기 위한 기준과 지침을 마련하여 제공
- 산업 발전: BCA는 건설 산업의 경쟁력을 향상시키고 혁신을 촉진하기 위한 다양한 프로그램과 이니셔티브를 실행
- 지속 가능한 건설: BCA는 싱가포르의 건물과 인프라가 환경 친화적이고 지속 가능하게 설계되고 건설되도록 권장하며, 관련 기준과 지침을 제공
- 교육 및 연수: BCA는 건설 전문가를 위한 교육 및 연수 프로그램을 제공하여 건설 산업의 전문성과 역량을 향상
- 연구 및 발전: 건설 기술과 방법론의 혁신과 개발을 지원하기 위해 연구 프로그램과 파트너십 촉진

□ BCA의 PPVC 도입 목적

- 일반적인 DfMA의 도입목적과 유사함. 현장 인력부족 및 기술력, 환경 문제 등이 주요 배경으로 작용
 - 생산성 향상: PPVC는 프로젝트의 복잡성에 따라 인력 및 시간 절약 측면에서 생산성을 최대 40%까지 향상가능
 - 건설 환경 개선: 설치 활동과 인력의 대부분을 외부로 이동시킴으로써 먼지와 소음 공해를 최소화하고 현장 안전을 향상
 - 향상된 품질 관리: 통제된 공장 제조를 통해 성능이 확보된 제품 생산 유리

□ PPVC의 주안점

- 초기 계약자의 참여
 - 개발자/프로젝트 관리자는 설계 단계에 주 계약자뿐 만 아니라 PPVC 공급업체 또는 제조업체로부터 의견을 수렴해야 함. 이는 프로젝트를 위한 효과적인 기술 솔루션을 개발에 유용함. 예를 들어, 모듈을 양중 시 무게가 주요 검토사항이므로 재료 선택과 모듈의 크기 및 개수를 설계에 반영할 수 있음
- 현장/프로젝트 관리
 - 프로젝트 주변 도로 상태는 PPVC 모듈 배송의 무게와 크기를 수용할 수 있어야 함. 특히 현장에 대한 접근 및 현장 내 접근은 적재된 트레일러를 수용할 수 있어야 함.
 - 대량의 대형 PPVC 모듈을 현장에 보관하는 것은 실용적이지 않으며 JIT(Just in Time) 설치를 통해 불필요한 이중 처리를 방지함

- 현장에 배치된 크레인 PPVC 모듈의 무게를 감당할 수 있어야 하며 모듈 설치를 위해 모든 블록에 도달할 수 있도록 위치를 적절하게 계획해야 함
- 유지 관리, 교체 및 개조
 - 개발자/건축시공자는 프로젝트 완료 시 사용자(건축주)에게 PPVC 사용설명서를 제공해야 함

□ 준수해야 할 규정

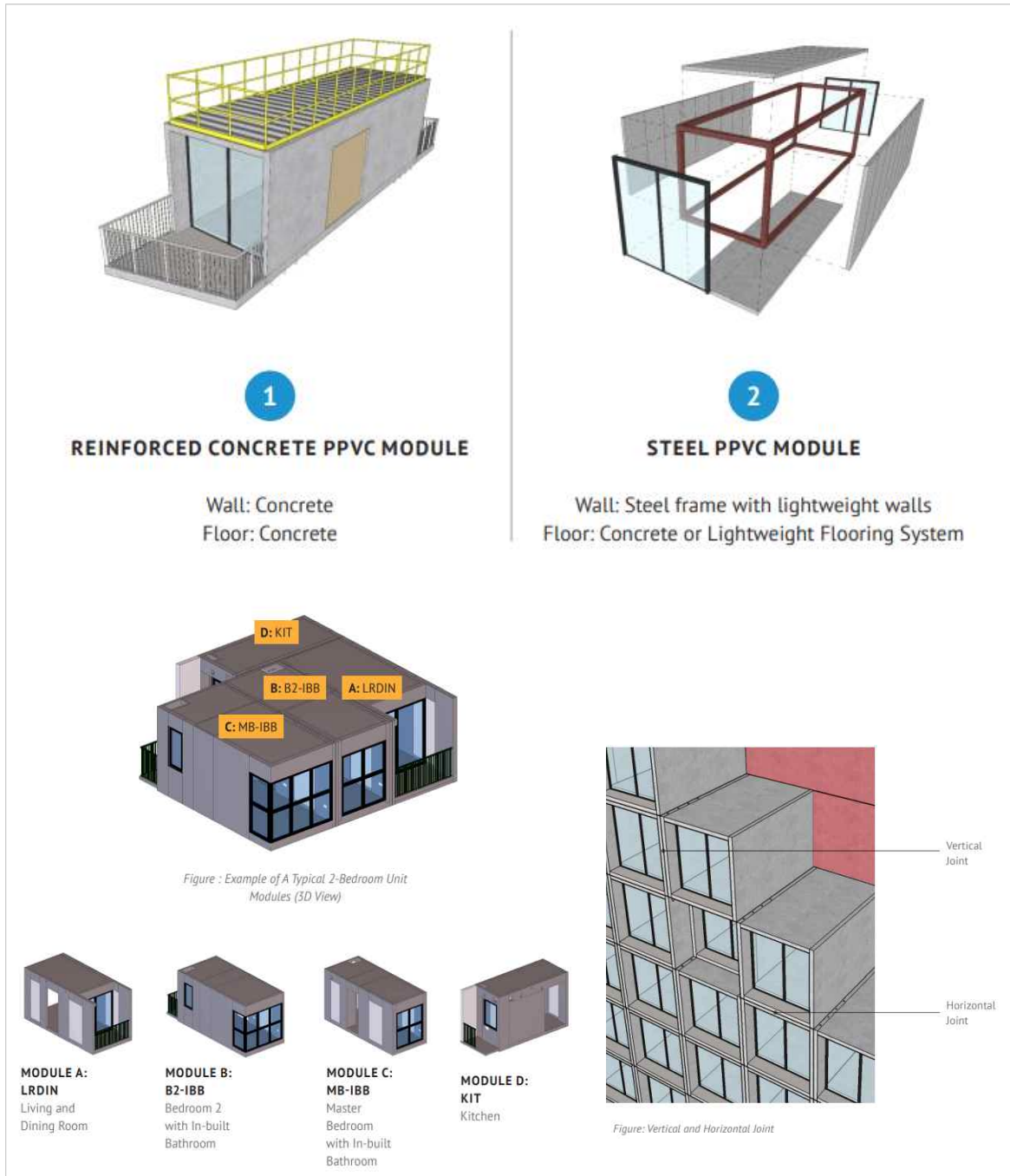
- 각 기관의 요구사항
 - PPVC 시스템의 설계, 구축 및 설치는 BCA, 육상 교통청(LTA), 인력부(MOM), 국립 환경청(NEA), PUB, 국립 수자원청, 싱가포르 민방위군(SCDF), 도시 재개발청(URA), 주택 개발 위원회(HDB) 및 JTC Corporation의 규정을 준수해야 함
- PPVC 프레임워크
 - PPVC 시스템의 신뢰성과 내구성을 보장하기 위해 BCA는 건물 규제 기관과 업계 전문가로 구성된 PPVC 프레임워크를 설정하여 디자인과 재료를 평가함
 - 필수 개발 현장에서 사용할 PPVC 시스템을 공급하려는 PPVC 공급업체 및 제조업체는 승인을 신청해야 함
- PPVC 요구사항이 있는 현장
 - 2014년 11월 1일부터 선택된 주거용 비토지 정부 토지 판매(GLS) 현장에는 PPVC 사용이 필요함. 이러한 현장과 필수 PPVC 요구 사항에 대한 자세한 내용은 건물 관리(건축 가능성 및 생산성) 규정과 일반적인 건축가능 코드에서 확인 가능

□ PPVC의 현황과 전망

- 컨설턴트 및 건축업자에 대한 수요 증가
 - PPVC를 사용하는 프로젝트가 증가함에 따라 PPVC 전문 컨설턴트 및 시공회사에 대한 수요도 증가하는 추세
 - 싱가포르에서는 전체 주요구조부의 65%이상을 PPVC로 시공하도록 유도함(그동안 정부에서 추진한 사업사례 분석 등을 통해, PPVC비중이 65%이상일 경우 비용효과가 가장 큰 것으로 조사되었으며 싱가포르 정부는 그 비중을 더 늘릴 수 있도록 유도)에 따라 향후 발전 가능성은 확대
- 비용 프리미엄
 - 기존 철근콘크리트 방식 대비 콘크리트 PPVC의 비용 프리미엄은 8% 미만으로 추정
 - 공급업체의 증가와 리드수요 증가로 원가 프리미엄은 더욱 줄어들 것으로 예상되나 감소된 보험료, 조기 배송, 운송 횟수 감소, 작업장 안전 등 PPVC의 다른 이점으로 이를 상쇄할 수 있어 추후 기술개발에 따른 시장 확대 전망

• PPVC 재료 및 모듈의 다양화

- 콘크리트 PPVC뿐 아니라 콘크리트와 스틸 하이브리드, 스틸 PPVC 등으로 디자인 및 시공 선택의 가능성 확대
- 또한 모듈의 크기, 타입, 마감재료 등도 다양해져 디자인 자유도를 높임
- 특히 홍콩 MiC 대비 싱가포르 PPVC는 별도의 스라브 층간 골조를 만들 필요가 없어 시공성 측면에서 진일보한 것으로 평가할 수 있음



[그림 21] PPVC의 모듈구성 <출처 : BCA, Design for Manufacturing and Assembly(DfMA), pp.14~23>

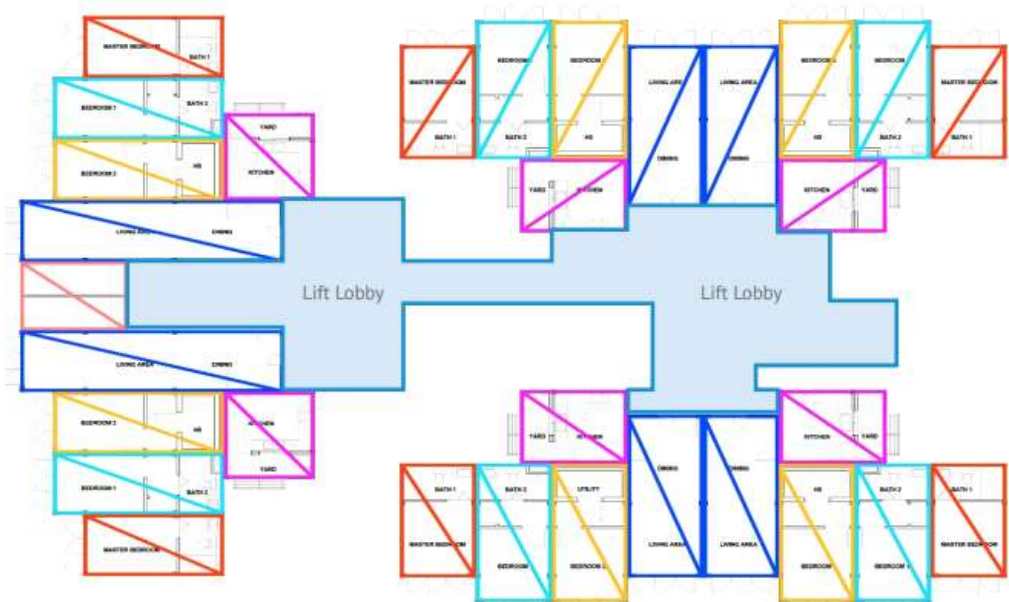


Figure: Example of PPVC modularisation during planning stage (Residential Block Plan)

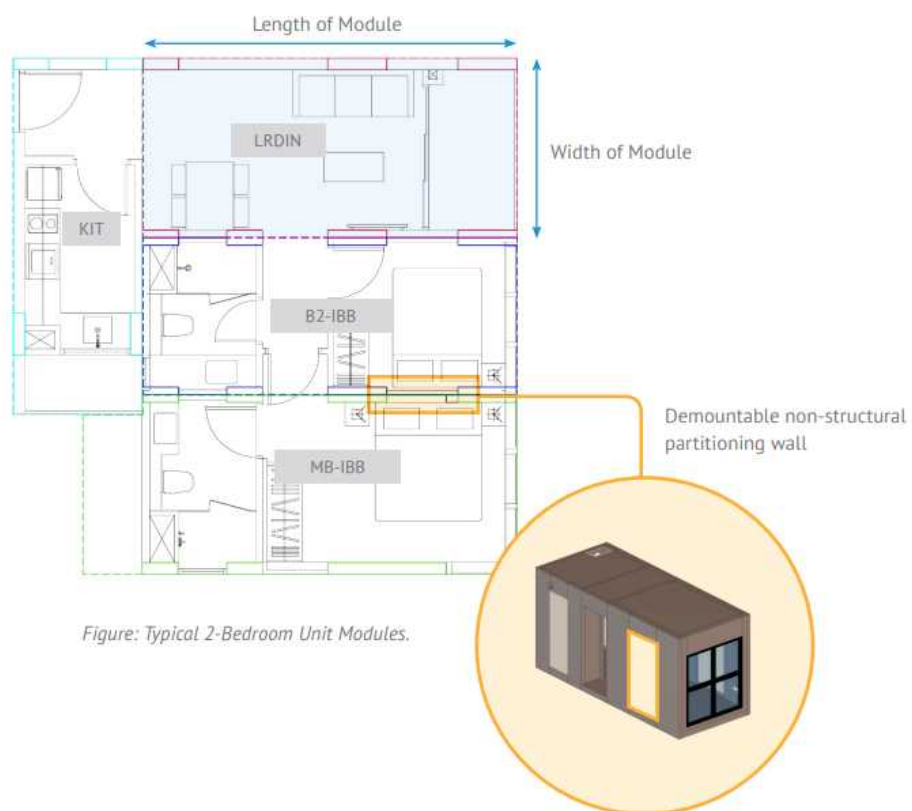
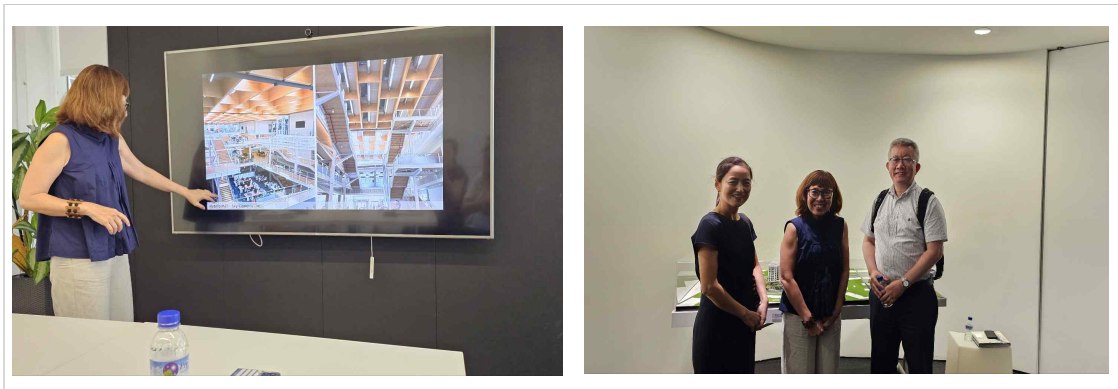


Figure: Typical 2-Bedroom Unit Modules.

7 설계사무소 MKPL 방문 인터뷰

1) 회의 개요

- 일시: 7월 13일(목) 15:00~17:00
- 장소: 150 Cecil Street #12-00 Singapore 069543
- 목적: 싱가포르 DfMA 건축설계 여건 및 주안점 조사
- 참석자: 5인
 - 기관담당자: Frances Koh (Ms), Phan Pit Le(Mrs)
 - AURI: 김은희 연구위원, 김상호 선임연구위원, 남상규 통역보조원



[그림 23] MKPL방문 인터뷰<출처: 연구진 촬영>

2) MKPL Architects Pte Ltd 소개

- MKPL Architects는 1995년에 싱가포르에 설립되어 현재까지 RIBA International Awards for Architectural Excellence와 SIA(Singapore Institute of Architects) Architecture Design Award를 포함하여 70개 이상의 국내외 상을 수상한 건축 설계사무소
- MKPL Architects는 일반주택, 공공주택, 기관, 도시설계 및 마스터플랜, 복합시설 등 다양한 범주의 계획 수행
- DfMA를 적용하여 2019년에 준공한 'SMU Connexion'으로 'The 20th SIA Architectural Design Awards 2020 - Design Award', 'BCA Design and Engineering Safety Excellence Award 2020 - Category: Institutional & Industrial'을 수상함

Mission statement

MKPL Architects Pte Ltd was formed in March 1995 with the aim of combining master planning, architecture, landscape, interior and furniture design to produce a total design product. The firm's design philosophy focuses on creating, clear architectural forms and spaces that are comfortable and livable, viewing the vernacular and regional culture as a rich resource that can suggest appropriate solutions and references. Advances in technology and construction are also embraced as opening exciting possibilities in ways of living and interacting with the environment.

The underlying conviction is that Architecture is important to our everyday lives. It influences the way we live, work and play. On a broader perspective, it reflects and even inspires new perception and appreciation of our physical environment.

We endeavor to bring to every design brief a fresh perspective – through extensive discussions with clients to fully understand their need; through brainstorming to synthesize the needs into an architecturally strong solution. Every design is site and program specific. The architecture is always seeking an underlying distillation of the complex to achieve the simple and will be evidenced by the distinct components and the unifying wholeness.



[그림 24] MKPL의 디자인 방향<출처: MKPL 제공자료>

3) 인터뷰 주요내용

- 싱가포르 DfMA인 PPVC 등에 관한 설계단계 주안점으로는 BCA에서 제공하는 건설로드맵 (BCA's Construction Productivity Roadmap)을 참고할 것
 - 제1차: 2010 to 2020, 제2차: 2015~
 - 노동력 의존률 감축, 생산적인 스마트 기술 사용, DfMA 활용 증가를 주요 내용으로 함
- BCA의 생산성 요구점수를 제시함으로써 건축 허가를 위한 사전검토 자료로 활용
 - 건축물 용도별로 시공성을 평가할 수 있는 설계 점수를 획득해야 함



[그림 25] BCA's Construction Productivity Roadmap (2차) 표지 <출처: MKPL 제공자료>

- BCA는 민간건물의 PPVC 적용 확대를 유도하기 위해 연면적 25,000제곱미터를 초과하는 상업건물과 산업시설, 청사, 교육시설의 설계점수를 약 15% 이상 증가시킴

Year	From 28 December 2020	
CATEGORY OF BUILDING WORK/ DEVELOPMENT	MINIMUM BUILDABLE DESIGN SCORE	
	5,000 m ² ≤ GFA < 25,000 m ²	GFA ≥ 25,000 m ²
Public Residential (non-landed)	68	80
Private Residential (non-landed)	68	80
Commercial	60	63
Industrial	65	68
Institutional, School & Others	60	63
MRT Station	60	60
Basement	42	42
A&A Works	42	42

Year	From 30 April 2022	
CATEGORY OF BUILDING WORK/ DEVELOPMENT	MINIMUM BUILDABLE DESIGN SCORE	
	5,000 m ² ≤ GFA < 25,000 m ²	GFA ≥ 25,000 m ²
Public Residential (non-landed)	68	80
Private Residential (non-landed)	68	80
Commercial	60	70
Industrial	65	70
Institutional, School & Others	60	66
MRT Station	60	60
Basement	42	42
A&A Works	42	42

Reference: <https://www1.bca.gov.sg/download-application-forms/buildability-score>

[그림 26] BCA의 생산성 요구점수(BCA's Productivity Score Requirements) <출처: MKPL 제공자료>

- 또한 싱가포르 정부는 BEITM(Built Environment Industry Transformation Map)의 핵심 과제 중 하나로 IDD(Integrated Digital Delivery,IDD)를 추진하며 이를 통해 최신 건축, 엔지니어링, 건설 및 사용에 대해 고도의 숙련된 인력을 양성하여 건설혁신을 꾀하고 있음
- 그동안 구현된 빌딩 정보 모델링(BIM)과 가상 설계 및 시공(VDC)을 기반으로 IDD를 구축



[그림 27] IDD의 구축 방법

<출처: : <https://www1.bca.gov.sg/buildsq/digitalisation/integrated-digital-delivery-idd>>

□ PPVC를 적용한 설계 사례7)

- Integrated Development at Sengkang Central



[그림 28] PPVC모듈을 적용한 건물 외관 (출처: MKPL 제공자료)



[그림 29] PPVC모듈 (출처: MKPL 제공자료)

- 코어부를 제외한 건물의 모든 유닛은 모듈러(PPVC)를 적용
- 설계 시 중요한 고려사항은 제조와 관련된 환경여건, 모듈러 사양, 높이제한(최대 3.2미터), 양중(모듈러보다 더 무거운 크레인 필요), 접합방식, 조립과정에서의 파손 등임

7) 설계자 Phan Pit Le(Mrs)의 설명자료 및 웹사이트
<https://www.latestprojectlaunch.com/sengkanggrandresidence.html> 자료를 활용

- Project Information

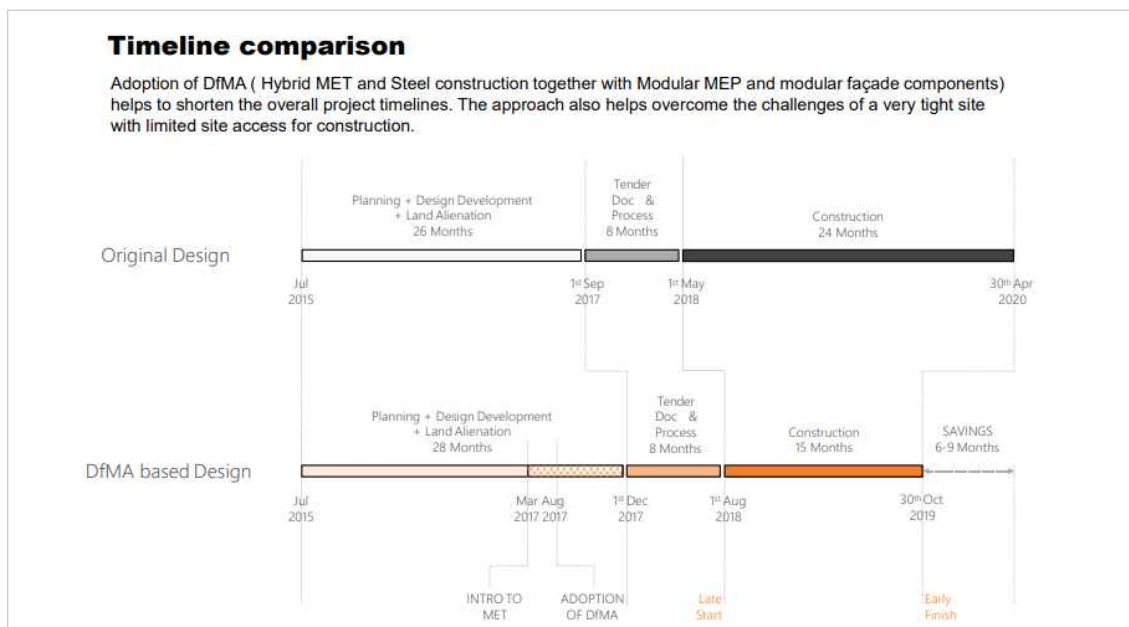
Project Name	Sengkang Grand Residences
Developer	Siena Residential Development Pte.Ltd and Siena Trustee Pte.Ltd (As Trustee-manager of Siena Commercial Trust)
Address	72,74,76,78,80,82,84,86,88 Compassvale Bow
District	19
Tenure:	99 years commencing from 13 November 2018
Expected Vacant Possession:	30 November 2023
Land Area:	37,254.9 sqm (401,012 sq ft)
Retail Area Estimate:	10,000 sqm (excluding 1,000 sqm childcare centre)
Community Club Area Estimate	6,000 sqm (3 levels)
Bus Interchange Area Estimate	3,315 sqm (including 215 sqm for shops/F&B)
Hawker Centre Area Estimate	3,300 sqm
No. of residential units	680 units (9 blocks)
No. Carpark Lots:	549 Residential Carpark Lots (including 5 accessible lots) 205 Retail Carpark Lots (including 3 accessible lots and 1 family lot)

- **SMU Connection**

- SMU Connection은 싱가포르 경영대학(Singapore Management University)내 기존 회계학과 법학부 사이에 위치하며, 전체 SMU 도시 캠퍼스의 연결 기능 뿐 아니라 아니라 Bras Basah Road에서 Fort Canning 및 Armenian Street으로 이어지는 지상 및 지하 공간을 구축함으로써 시설이용의 편의성을 향상시키고 더불어 Fort Canning Park의 무성한 녹지를 대중에게 개방하여 활용성을 높임.
- MET와 MEP 방식의 DfMA를 적용함으로써 시공여건 대응 및 품질확보, 공사기간을 약 30% 감축함



[그림 30] Timber Structure, MET을 적용한 건물 외관 <출처: MKPL 제공자료>

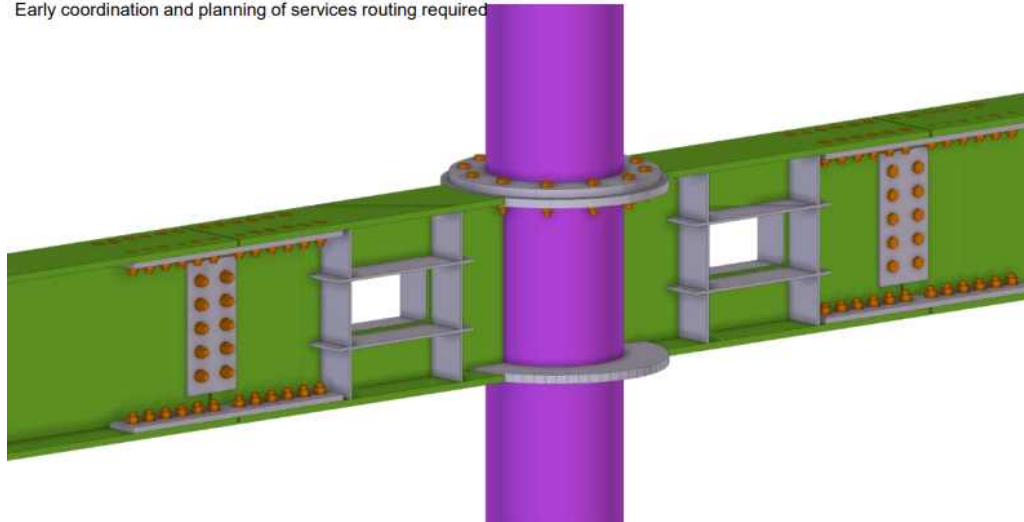


[그림 31] SMU Connection 공법 변경에 따른 공사기간 비교 <출처: MKPL 제공자료>

- DfMA적용으로 디자인 초기단계에 설비시설 계획을 반영한 구조부재 설계 및 제작, 시공이 가능하였으며 목재패널 및 MEP 슬라브 사용에 따른 화재안전을 고려한 디테일 설계도 계획 초기에 반영됨
- IDD를 적용함으로써 시설 조성과정의 디자인, 제조, 시공 컨트롤과 사용 중 사설유지에 관한 통합적 관리가 가능

Consideration for services routing

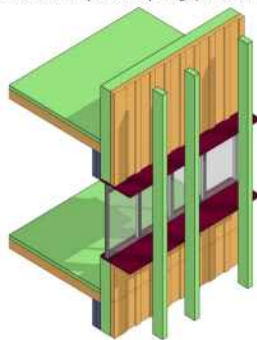
Early coordination and planning of services routing required



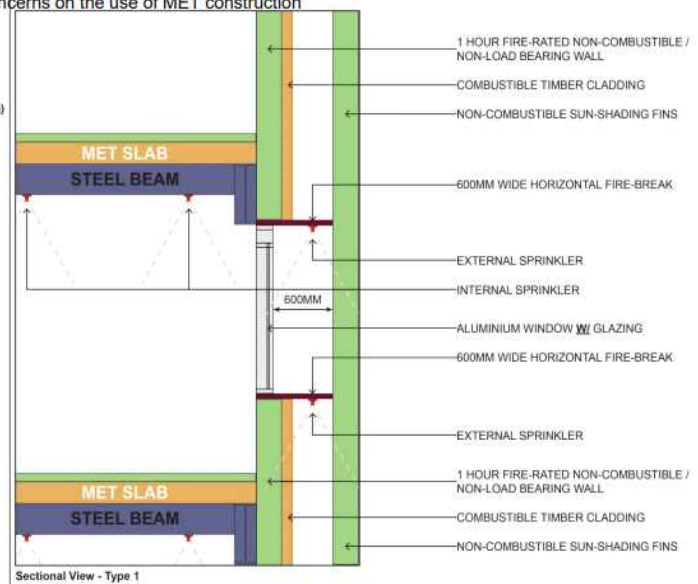
Fire Safety Considerations

Project required extensive consultations with the Fire Safety and Shelter Department (FSSD) and special details developed to address fire safety concerns on the use of MET construction

Type 1 - Facade with unprotected openings (windows w/ glazing)



Axonometric View - Type 1



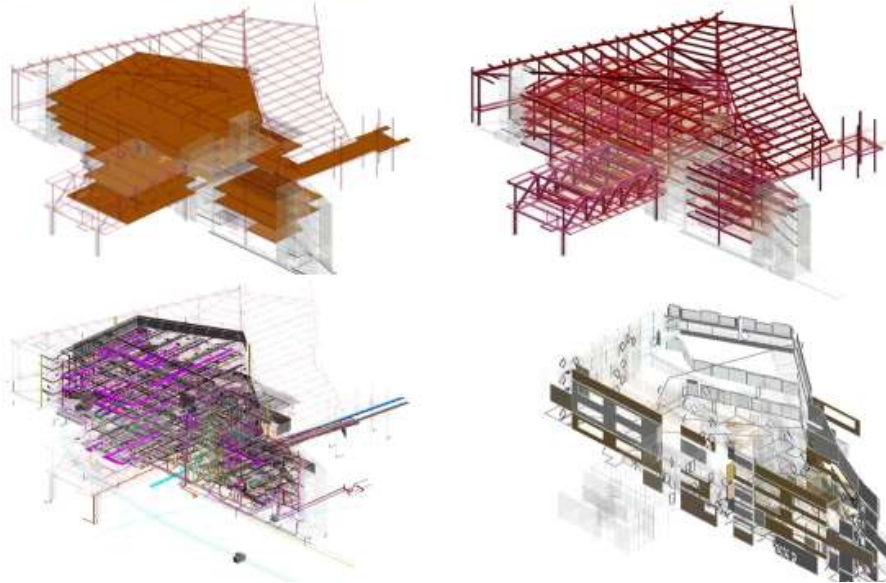
Sectional View - Type 1

[그림 32] SMU Connection 상세도 <출처: MKPL 제공자료>

Integrated Digital Delivery (IDD)

The project adopted IDD with digital management for the following:

- Design
- Manufacturing and Fabrication
- Construction
- Asset delivery and management



Construction of Spiral Staircase in MET



[그림 33] SMU Connection IDD시뮬레이션 및 Timber공법 적용 사진(출처: MKPL 제공자료)

Construction of Spiral Staircase in MET



[그림 34] SMU Connection 시공후 내부 모습 <출처: MKPL 제공자료>

- **Project Information**

- Developer : Singapore Management University
- ESD/ESCO/Green Consultant : Web Earth Pte Ltd/-/-
- Architect: MKPL Architects Pte Ltd
- Structural Engineer:Meinhardt (Singapore) Pte Ltd
- M & E Engineer:Meinhardt (Singapore) Pte Ltd
- Landscape Consultant:Salad Dressing
- Quantity Surveyor:Rider Levett Bucknall LLP
- Main Contractor:Lian Ho Lee Construction Pte Ltd

◆ SMU Connexion 현장답사

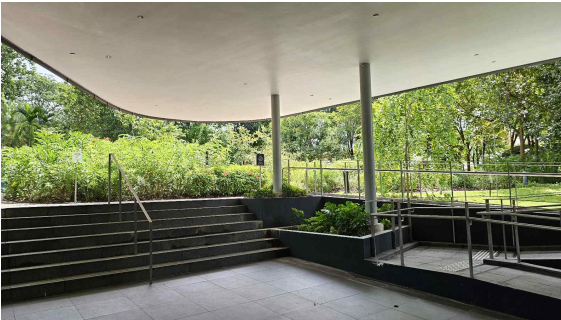
- 일시: 7월 15일(토) 10:00
- 장소: 40 Stamford Rd, 싱가포르 178908



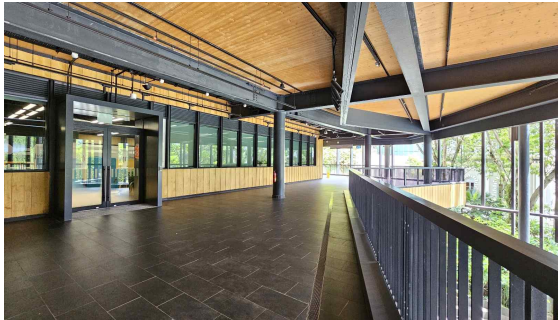
대학내부



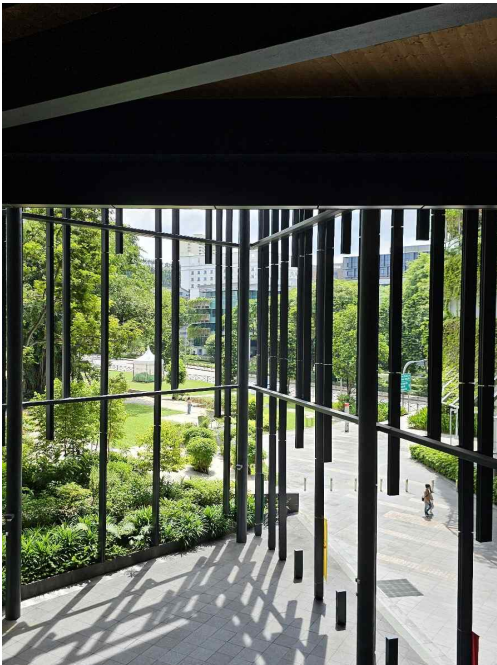
공원쪽 진입부



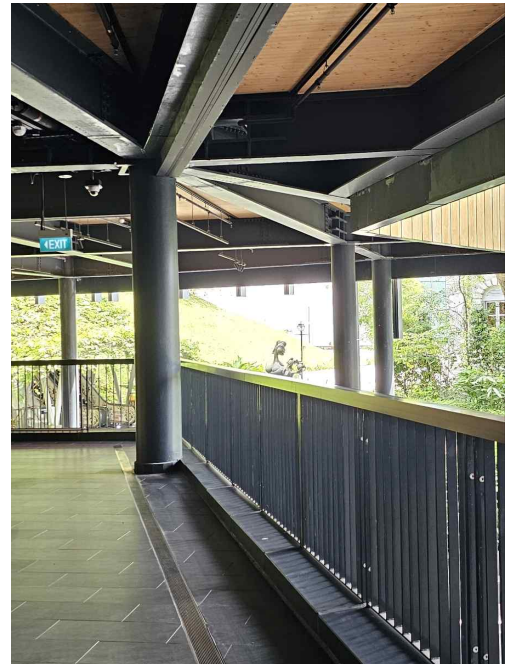
대학내부 진입홀



건물내부(Timber + MEP)



건물내부

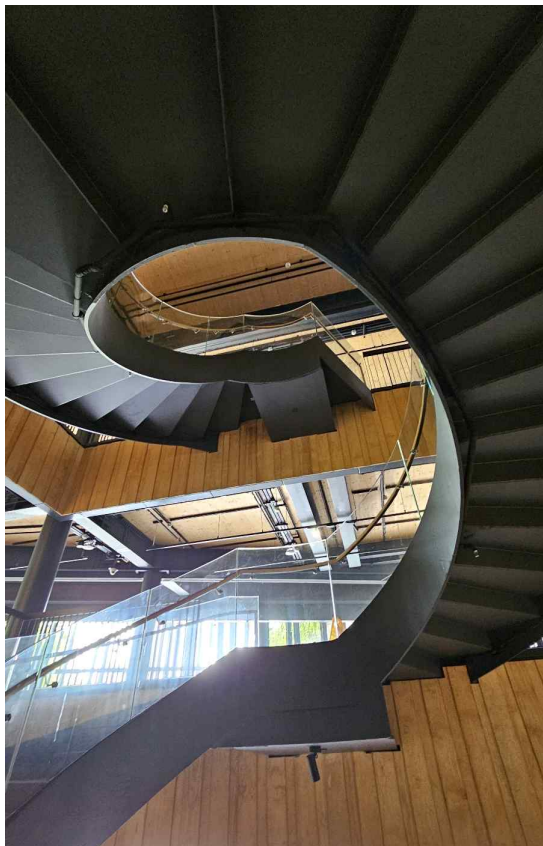


건물내부(Timber + MEP)

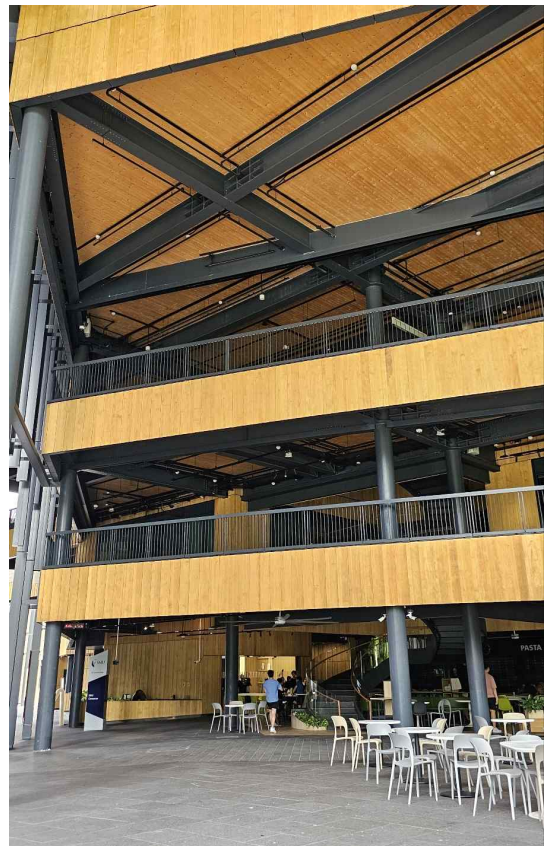
[그림 35] SMU Connection 현장사진 <출처: 연구진 촬영>



건물내부(Timber + MEP)



건물내부 계단(Timber + MEP)



건물필로티 부분(Timber + MEP)

[그림 36] SMU Connection 현장사진 <출처: 연구진 촬영>

8] 제조조립 전문건설사 Moderna Homes 방문, 인터뷰

1) 회의 개요

- 일시: 7월 14일(금) 15:00~17:00
- 장소: 50 Changi South Street1 BBR Building
- 목적: 싱가포르 모듈러 건축 시공방식 등 자문
- 참석자: 7인
 - 기관담당자: Dawn Neo Pei San, John Mo, Darwin David Cunanan, Sophia Chng
 - AURI: 김은희 연구위원, 김상호 선임연구위원, 통역보조: 남상규



[그림 37] Moderna Homes 방문 인터뷰 <출처: 연구진촬영>

2) Moderna Homes 소개

- Moderna Homes Pte Ltd는 조립식 욕실 유닛(PBU)을 포함한 PPVC(Prefabricated Pre-finished Volumetric Modular Construction) 제조 및 시공전문업체
- 첫 번째 프로젝트로는 2014년 7월 난양기술대학교(NTU) 기숙사의 1,582개 호스텔 객실로, 1억 9,600만 달러 규모의 PPVC를 적용한 싱가포르 최초의 공공 부문 고층 개발 프로젝트
- Western Water Catchment의 NTU 기숙사, Wisteria Mall 및 The Wisteria(아파트)는 또 다른 프로젝트로, PPVC 기술 및 PBU 채택을 장려하는 싱가포르 정부의 토지 판매 프로그램에 따른 최초의 주거 개발 사업에 해당함
- 최근에 프로젝트로 싱가포르 내무부의 Upper Aljunied Road에 있는 직원 숙소 6개 블록, 기관 4개 블록 및 보조 건물을 위한 1,900개의 PPVC 모듈식 주택 건설이 있음

3) 인터뷰 주요내용

- PPVC 기술은 싱가포르 건축 및 건설 분야의 생산성을 높이는 핵심 스마트 기술로 인정받고 있음
- 싱가포르 정부로부터 건물 혁신 패널(Building Innovation Panel)을 공공건축물에 사용가능한 PPVC 설계 시스템으로 승인됨으로써 싱가포르 건설시장 해당 분야 전문시공업체로서의 선도적 위치를 확보함
- 싱가포르에서 PPVC의 도입 및 확대는 인력문제 해결을 위해 필수불가결한 해법이라 할 수 있음. 상대적으로 단순노동자(외국인) 인건비는 자국 인건비의 60%로 낮으나 기술력 부족 및 관리의 어려움으로 노동력보다 기술중심의 건설공법을 선호하는 방향으로 전환
- 한편 싱가포르는 부동산 임대료가 세계적으로 가장 높아, 사업개발자 입장에서는 가급적 신속한 시공으로 빠른 임대수익을 발생시킬 수 있는 방법을 요구하고 있으며 PPVC 수요가 증가하는 주요 원인이기도 함
- 싱가포르 내 PPVC 모듈의 제작 및 건설 총량이 있으며 최근 10개 사업에서 5,769개의 모듈을 생산하고 시공함
- 제품생산공장은 작업이 가능한 넓은 부지가 필요하며 대체로 싱가포르 주변 국가, 특히 말레이시아에 위치. 따라서 운송과정의 규제 또한 사업에서 주요하게 다루어야 할 사항으로, 1. 제시간에 운송, 2. 현장적재 관리, 3. 크레인 사용 최적화, 4. 호이스트 및 PPVC의 이동 최소화
- 제조공장에서의 모듈생산은 도면상의 평면배치를 기준으로 '선시공'의 개념으로 제작되며 모듈단위로 해체하여 현장으로 운송됨

TRACK RECORDS

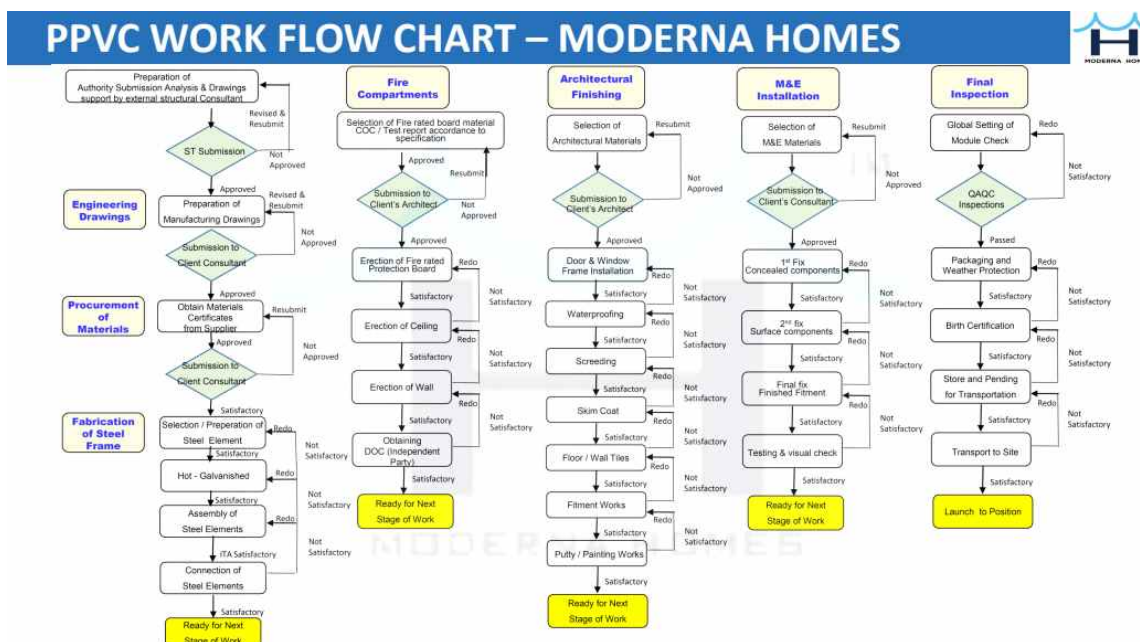
PROJECTS	NO. OF MODULES	CATEGORY
Nanyang North Hill Student Hostel	1213	Student Hostel
Nanyang Crescent Student Hostel	784	Student Hostel
Wisteria Condominium	756	Residential
Apartment Blocks for Camp	1900	Residential
Paya Lebar Quarters Food Kiosks	5	Kiosks
MSF Community Facility At Pasir Ris Street 21	252	Homes For The Aged
MOHH Nursing Homes At Tampines Ave 2	437	Nursing Homes
Tampines North Primary School	132	School
Lok Sin Tong Social Housing At Sung Wang Toi (HK)	108	Residential
Connect @ Changi Hall 9	182	Single & Family Suite



[그림 38] Moderna Homes의 시공실적 <출처: Moderna Homes 제공>

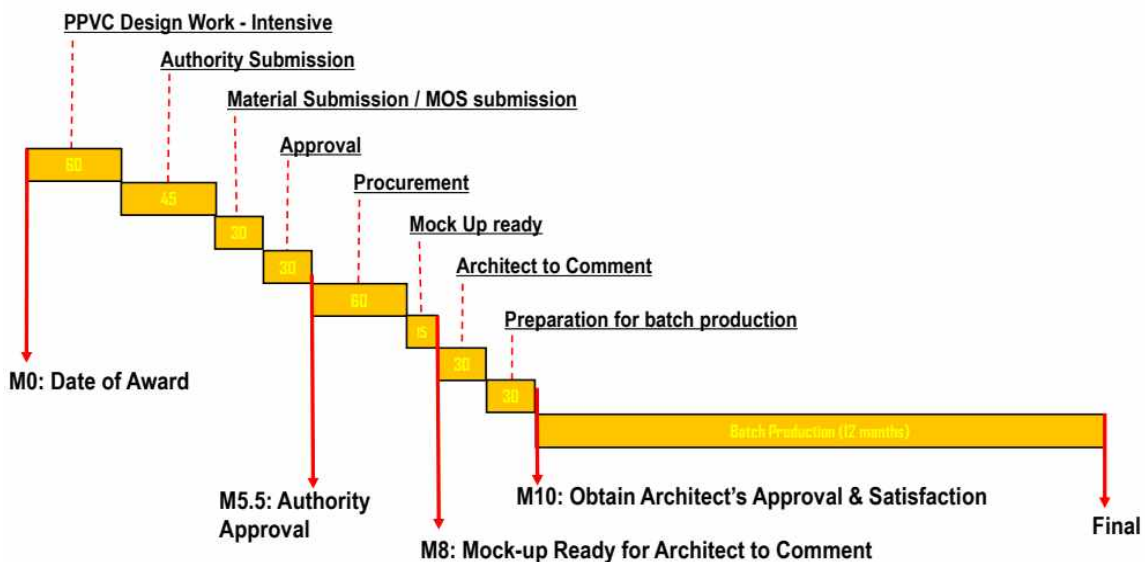


[그림 39] Moderna Homes의 말레이시아공장 모듈러 제작모습 <출처: Moderna Homes 제공>



[그림 40] Moderna Homes의 PPVC작업 프로세스 <출처: Moderna Homes 제공>

- 일반적으로 작업 시작부터 종료까지, 약 10개월의 설계기간과 12개월의 시공기간이 소요됨
 - 설계단계에서는 BIM 사용을 통한 재료와 제작 드로잉과 부재간 간섭 검토가 이루어지며 그 과정에서 제조업체, 디자이너, 검사자 등의 검토 후 건축주의 승인을 받음. 또한 각종 품질검사 문서, 시공회사(사용자) 매뉴얼을 작성하여 건축주에게 제출
- 시공은 공사현장에 타워크레인 설치위치를 고려하여 한 개층 당 5일 주기로 계획하여 시행
- 이러한 PPVC의 활용 확대를 위해 정부는 민간기업에 용적률 10%인센티브를 제공하고 있으며 임대료가 높은 싱가포르에서 호응이 높고, 향후 시장 확대 가능성도 긍정적으로 판단



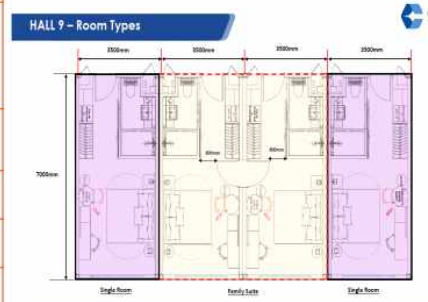
[그림 41] PPVC제작 및 시공 과정 (출처: Moderna Homes 제공)



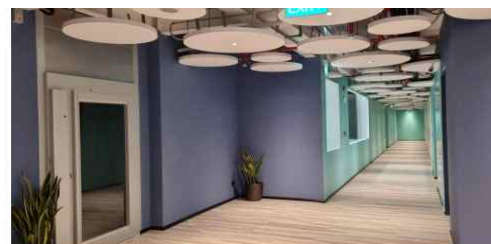
[그림 42] 재료에 관한 각종 확인문서 (출처: Moderna Homes 제공)

□ 시공사례

PROJECT PROFILE	
PROJECT NAME	CONNECT @ CHANGI HALL 9
SCOPE OF WORKS	DESIGN, PROCUREMENT, FABRICATION, DELIVERY, INSTALLATION & FINAL SITE ZIP UP
MAIN CONTRACTOR	SUNRAY WOODCRAFT CONSTRUCTION PTE LTD
NO. OF MODULES	182
NO. OF MODULAR FLOOR	1 ST – 2 ND STOREY
STATUS	COMPLETED
CARCASS & DECORATION FIT OUT FACTORY	MALAYSIA



Module Typ size
3.5(w) x 7.0 (L) x 3.4(H)



[그림 43] Moderna Homes의 사업사례1<출처: Moderna Homes 제공>

PROJECT PROFILE	
PROJECT NAME	TRANSITIONAL HOUSING AT SUNG WONG TOI, LOK SIN TONG
SCOPE OF WORKS	DESIGN, PROCUREMENT, FABRICATION & DELIVERY
MAIN CONTRACTOR	TAK SING ENGINEERING (HONGKONG) LTD
NO. OF MODULES	108
NO. OF MODULAR FLOOR	GROUND – 3 RD STOREY
STATUS	COMPLETED
CARCASS & DECORATION FIT OUT FACTORY	MALAYSIA

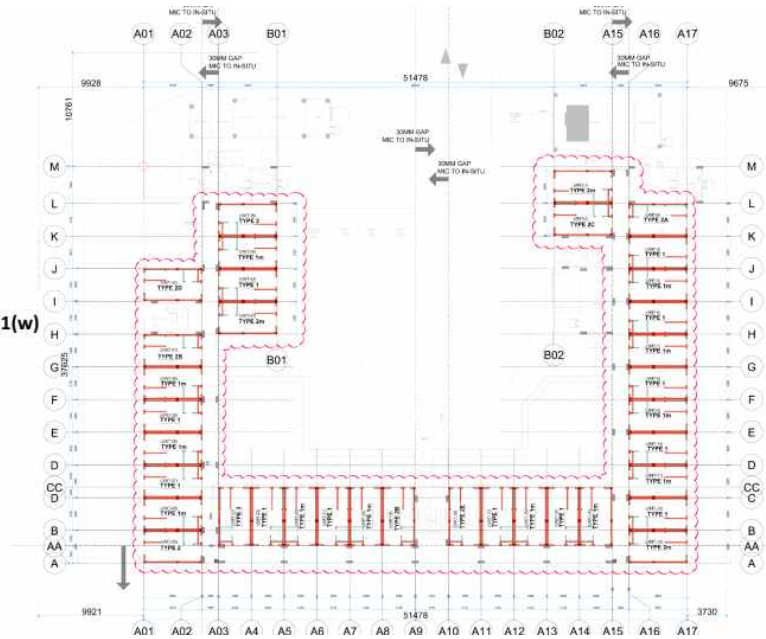


SINGLE UNIT MODULE



SINGLE UNIT MODULE (MIRROR)

Module Typ size = 3.1(w)
x5.6(L) x 3.038(H)



[그림 44] Moderna Homes의 사업사례2<출처: Moderna Homes 제공>

Ⅲ. 출장에 따른 연구 시사점

□ DfMA, 건설산업 당면과제 해결을 위한 필수불가결한 수단

- 홍콩과 싱가포르 정부 관계자 인터뷰에 따르면 공통적으로 각국의 DfMA 도입, 확산의 첫 번째 목적을 건설시장 인력부족 문제 해결로 설명함. 특히 자국의 전문인력이 저가의 외국노동자로 대체되거나 청년층의 건설현장 기피현상에 대한 대응 수단으로 DfMA의 적극적인 활용을 도모
- 우리나라 또한 노동인력의 감소와 외국인 노동자 비중 증가에 따른 산업구조 변화를 직면하고 있으며 특히 타 산업 대비 두드러지는 건설현장 안전사고 문제 대응을 위한 방법론으로서 DfMA의 적극적인 활용 전략을 모색할 필요

□ 설계자, 시공업체, 모듈제작업체의 협업과 역할 비중 증가

- 홍콩 MIC, 싱가포르 PPVC는 정부주도로 추진됨으로써 대다수 공공발주사업에 적용되며 각각의 사업특성에 부합하는 발주방식을 채택하여 운영함
 - 발주자는 대표 건설사와 계약을 체결하고 대표건설사는 제조업체와 별도의 계약을 체결함.
- 설계자는 발주자와 독립적인 계약을 체결함으로써 계획 초기단계 디자인 컨셉과 기본설계를 제공하지만, 기본설계 이후 시공사 컨소시엄을 통해 실시설계가 이루어짐. 이때 최초 설계자는 계약체결 방식에 따라 실시설계에 참여할 수 있음
 - 소규모 건축물의 경우 Design Build 방식의, 설계자 또는 시공자가 설계 및 시공을 모두 추진할 수 있으며 사업의 규모나 성격에 따라 설계자나 시공자가 주도권을 갖도록 계약을 체결할 수 있음
- 설계와 시공 분리 발주가 보편적인 국내 공공발주사업의 경우 최근 스마트건설기술 적용 시 턴키발주가 가능하도록 기준(「대형공사 등의 입찰방법 심의기준」)을 개정함으로써 DfMA 방식의 건설사업추진 환경이 마련됨⁸⁾
- 추후 보다 구체적인 사업추진체계 및 각종 입찰조건, 평가방식 등 DfMA 기반 건축사업 특성에 부합하는 발주제도 구체화 방안 모색 필요

□ 제조공장 등 DfMA 기반 건축을 위한 인프라 구축 필요

- 홍콩과 싱가포르의 DfMA 기반 건축공사 시행에 있어 제조공장의 입지와 운송방법, 현장에서 작업조건을 주안점으로 간주함
 - 홍콩은 건설사가 직접 인근 중국 지역도시에 제조공장을 운영하거나 별도의 제조공장과 계약

8) 국토교통부 보도자료(2019.2.25.), '스마트건설기술을 적용한 일반공사도 턴키 발주 가능'

을 체결하여 MIC 모듈을 생산하고 운반함

- 싱가포르 또한 국토 및 인구자원이 풍부한 말레이시아에 공장이 위치하며 대부분의 PPVC 모듈이 해당 지역으로부터 운송됨
- 따라서 제조공장에서부터 자국 건설현장까지 이동 과정의 각종 도로·교통 규제 및 요건 등을 사전에 점검하고 설계에 반영하며(모듈의 크기 등) 운송 시간 단축 및 운송과정 중 파손 방지를 위한 철저한 보호 조치도 요구됨
- 또한 도심지내 건설사업의 경우 공사현장 내부에 모듈시스템을 적재하는 것은 상당히 어려운 상황으로 가급적 운송과 조립이 동시에 순차적으로 이루어 질 수 있도록 시공계획을 수립해야 함
- 아직까지 DfMA 기반 건축공사 사례가 미미한 국내여건에서, 제조공장의 설치 및 제품 운송에 관한 구체적인 현황진단과 대안 모색이 요구됨
 - 공장의 입지와 건설조건, 공장시설 기준 및 확보기술, 공장의 유지와 관리 방안 관련 제도적·산업적 기준을 마련해야 함
 - 또한 제품운송에 관한 관계 규정 및 제약조건, 대응방안도 함께 모색할 필요
- 제도적으로는 1992년 이후 「주택법」을 통해 공업화주택 인증제도를 운영하고 있으나 2023년 기준, 인정 업체수 7개, 주택수는 8개에 불과한 실정으로 국내 여건을 고려한 단계별 활성화 전략을 마련할 필요

□ BIM의 필수 도입

- 홍콩, 싱가포르는 MIC와 PPVC 구현을 위한 기본사항으로 BIM 사용을 강조함. 업계에서는 건축설계사무소 뿐 아니라 시공회사 및 제조업체 등 모든 사업관계업체가 BIM을 능숙하게 사용할 수 있는 자체 전문인력팀을 운영
- 정부에서도 BIM 활용 가이드라인을 제작, 배포함으로써 사업추진 과정의 이해를 돕고 기술자 양성을 지원
 - 홍콩은 ArchSD와 CIC를 주축으로 BIM을 포함한 건설업체의 MIC 기술 교육을 추진, 확대하고 있으며, 싱가포르 BCA는 다양한 종류(구조, 설비, 건축, 마감)의 가이드라인을 개발, 제공하고 있음
- 우리나라 국토교통부와 그 산하 주요 건축, 건설산업 발주기관(한국토지주택공사, 한국수자원공사, 한국도로공사 등)에서도 BIM관련 로드맵을 수립하고 가이드라인 등을 제공하고 있으나 건축물보다 토목분야에 관한 비중이 높고 무엇보다 설계단계에서의 협업을 고려한 세부 내용은 미흡한 상황
- 공업화주택 인증제도의 평가항목에도 BIM등 스마트기술에 관한 사항은 부재함
- 또한 건축설계사무소의 경우 3만개가 넘는 사업체의 약 5%만이 BIM을 활용⁹⁾하는 등 국

내 건축시장의 DfMA 적용 환경이 미흡한 상황

- 따라서 DfMA의 국내시장 정착 및 확산을 위한 전제조건으로서 스마트기술이 망라된 BIM의 적극적인 활용을 위해 인적, 물적 지원정책 및 제도적 보완장치가 필요함

□ 제품 검사, 품질보증에 관한 절차 도입

- 홍콩 ArchSD, 싱가포르 BCA의 설명에 따르면, MIC나 PPVC의 적용이 법제도적인 의무 규정은 아니나 공공발주사업 모델로 이를 활용함으로써 다양한 지침과 매뉴얼, 가이드라인 등을 적극적으로 운영
- 양 국가 모두 제품 제작에 앞서 사전승인제도를 운영함으로써 공공기관 관계자(전문감독원)가 사전에 공장을 방문, 성능을 확인하고 동시에 제조업체의 자발적 관리를 유도함. 사전승인 시에는 제품의 품질(재료, 시험실, 공장장비, 생산과정, 시험절차, 검사방법 등)에 관한 서류를 제출받아 보증하도록 함
- 우리나라 공업화주택의 인정신청자는 관련서류를 국토교통부에 제출하도록 규정하고 있으나 지자체 단위의 건축사업을 정부가 관리한다는 측면에서, 건축시장 변화 및 요구에 대응에 한계. 홍콩, 싱가포르 정부의 관리절차를 참고할 때 중간 점검을 위한 승인기관 설치, 운영방식 등의 보완적 제도 도입 검토 필요

□ 공공의 선도적 기술개발 및 시장 확대, 양질의 일자리 창출을 위한 선제적 지원

- 홍콩과 싱가포르의 DfMA 기반 건축 활성화 전략의 핵심은 건설산업에서 노동력 부족, 안전문제, 환경문제에 대한 국가차원의 책임과 역할이 강조된다는 점이고 그 선택적 대응 방안으로서 DfMA 기반 건축의 도입과 활성화를 도모함
- DfMA의 산업적 확대 및 활성화 방안으로는 크게 두 가지 방향성을 갖는 것으로 정리할 수 있음
- 첫째, 공공발주사업을 DfMA 건설방식으로 추진함으로써 선제적 실험과 데이터를 축적해 나가고 있다는 점과 둘째, 향후 민간시장으로 확대할 제도적 기반 구축 및 초기단계 인식 전환을 위한 정책적 지원에 초점을 두고 있다는 점을 들 수 있음
- 특히 모듈러에 대한 부정적 인식을 해소하고 한계를 극복하기 위해 디자인 수준 향상(각종 수상전 제도 운영)에 가치를 부여하며 스마트기술 결합으로 품질에 대한 신뢰도 및 양질의 일자리 창출에 기여함

9) 건축공간연구원(2022), 2021년 건축서비스산업 실태조사