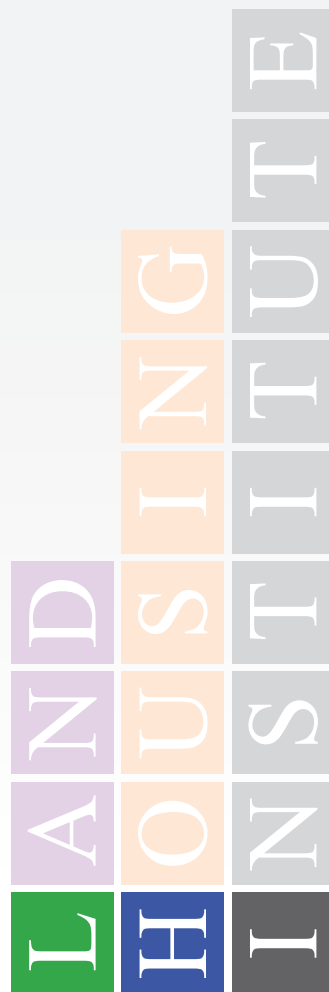


LH 모듈러주택 적용 확대를 위한 재정지원 방안 연구

이지은 / 유동주 / 노준오 / 정권영



LH 모듈러주택 적용 확대를 위한 재정지원 방안 연구

연구기획 2023-14호

LH 모듈러주택 적용 확대를 위한 재정지원 방안 연구

지은이 (LH) 이지은 · 유동주
(실무) 노준오 · 정권영

발행인 토지주택연구원장

발행처 한국토지주택공사 토지주택연구원

인 쇄

주소 (우)34047 대전광역시 유성구 엑스포로 539번길 99

전화/전송 042) 866-8587 / 866-8592

전자우편 jee@lh.or.kr

홈페이지 <http://lhi.lh.or.kr>

- 이 출판물은 LH의 업무상 필요에 의하여 연구·검토한 기초자료로써 LH와 정부의 공식적인 견해와 관계가 없습니다.
- 우리 공사(LH)의 승인 없이 연구내용의 일부 또는 전부를 다른 목적으로 이용할 수 없습니다.

연구기획 2023-014

LH 모듈러주택 적용 확대를 위한 재정지원 방안 연구
A Study of Financial Support Measures for the
Expansion of Modular Housing Construction

참여연구진

연구총괄

이지은 LH 토지주택연구원 수석연구원

연구진(가나다순)

노준오 LH 공공주택기획처 주택사업개발부 차장

유동주 LH 토지주택연구원 연구원

정권영 LH 공공주택기획처 주택사업개발부 대리

연구심의위원(가나다순)

강동렬 행림건축 사장

김군태 LH공공주택사업처 공공주택개발부 부장

류국무 (주) 짓다 대표

강병직 LH공공주택기획처 주택사업계획부 부장

김병문 LH민간협력사업단 민간사업기획부 부장

이상화 (주) 유창 전무

천영수 LH토지주택연구원 공공주택연구실장

연구자문위원(가나다순)

강창훈 현대엔지니어링 스마트컨스트럭션실 실장

김경수 현대엔지니어링 현장소장

김승현 포스코 A&C 팀장

김진성 SH도시연구원 수석연구원

박상현 국립재난안전연구원 팀장

송정훈 LH 인천지역본부 차장

이상현 LH 대전충남지역본부 부장대우

이호영 텐일레븐 대표

조성태 삼우종합건축사사무소 마스터

고은일 극동건설 소장

김선후 텐일레븐 미래사업부 기획실장

김양범 현대엔지니어링 책임메니저

박근석 한국주거복지연구원 원장

박종현 경민대학교 교수

윤영호 한국주거학회 원장

이의영 에이플러스씨엠 건축사사무소 사장

장활제 현대엔지니어링 책임메니저

주재영 LH 강원지역본부 부장



연구 요약

□ 연구 배경 및 목적

- ESG 경영 및 탄소중립 정책에 부합하는 공업화 주택 공급 확대가 필요하고, 건설 인력의 고령화 심화, 고환율·자재값 급등, 인건비 상승, 낮은 디지털화 및 생산성 하락 등의 건설 환경 변화에 따른 문제를 해결하는 제도 개선이 필요
- 이러한 문제를 해결하는 방안으로 LH는 모듈러주택 사업을 추진하고 있지만 모듈러공법 적용 시 습식 공법 대비 공사비가 약 128%, 사업비가 약 123%정도로 높은 건설원가로 사업성이 열악하므로 이에 대한 개선안 모색이 필요함.
- LH 미래건축주택사업 활성화를 위한 인프라 구축과 OSC기반 공동주택 확산 계획에 대응
- 윤석열 정부 110대 국정과제(2022.5)에서 제시한 ‘주택공급 확대, 시장기능 회복을 통한 주거안정 실현’을 위한 주택공급 로드맵에 포함된 장수명 주택 및 ‘국토교통 산업의 미래전략산업화’를 위한 스마트 건설기술(BIM, OSC 등) 확산으로 산업의 고부가가치화를 위한 연구 필요
- 이에 본 연구는 모듈러주택의 적용 확대를 위한 사업성 제고 및 재정지원 방안을 마련하기 위해 수행함.

□ 모듈러주택 추진현황 및 적용모델 제시

- LH는 자체건설, 국토부 실증 위탁 사업 등 총 7개 지구 918호 추진, 소규모 주택사업 12층 이하, 14~416호 공동주택에 모듈러공법 적용
 - (사업완료) 2020년까지 저층 위주 모듈러주택 4개 지구, 222호 준공
 - (사업진행) 중저층(3~7층 이하) 공동주택 3개 지구 696호 추진 중
- SH공사는 성북동 연극인 공동주택 12호, 가양 행복주택 라이플 30호, 가리봉 공공주택 246호 등, GH공사는 성남 하대원 행복주택 14호, 용인영덕 행복주택 106호 등 용인영덕 주택 13층(내화 3시간)을 제외한 모든 사업은 12층 이하(내화 2시간) 규모로 사업 추진

- 시공 사례를 보면 착공과 준공된 시기에 따라 공법이나 추진 방식에 차이가 있음.
 - 외벽 마감을 완성하는 방식은 점차 공장에서 제작하고 현장 공사를 최소화하는 방식으로 변화. 이러한 변화는 고층화를 위해서 중요하며 품질을 향상시키기 위해서는 모듈 제작 오차 뿐 아니라 코어 및 모듈 간 접합 시 오차가 적어야 함. 이러한 오차-품질-하자 관리를 위해 건설 전 과정 디지털화가 필수적임.
 - 실외기실의 설치 방식 및 위치가 달라졌으며, 실외기실을 각 세대에 두지 않고 한 꺼번에 층별로 세대와 분리하여 설치하여 발코니 확장이 가능해짐.
- 준공 사례 모듈러주택의 중요한 장점은 20~30%의 공기 단축. 시공된 사례의 모듈러 공법 활용 배경은 민원 최소화를 위한 공기 단축 및 소음 진동 분산 환경-폐기물 감소였음. 품질 향상 및 공기 단축을 위해 시공법 개선 및 평면 변경도 수반됨.
- 상당부분 현장에서 공장으로 작업 공간이 변경되어 현장 근로자의 안전사고 발생률이 감소하고 기후 영향이 적은 노동 환경으로 개선됨. 이러한 건설 방식 전환이 주택 품질로 연결되도록 기술 고도화 및 실용화 전략이 필요. 예를 들면, 층간 소음 성능도 공장 제작을 할 경우 품질 관리가 용이하고 충격음 성능에 영향을 미치는 바닥 평활도를 고르게 하여 성능에 대한 균일성과 신뢰도를 제고할 수 있음.
- LH 직접 건설 임대 사업의 경우 점차 규모를 확대하는 것이 사업성 제고 측면에서 유리함. 자동화된 시스템을 갖추지 않고, 고정 인력을 활용하지 않으며 작업이 발생할 때 공장에서 수작업을 하는 시스템에서는 동시에 여러 세대를 제작하여 분산배치 하거나 한 곳이 집중 설치할 수 있도록 사업을 기획해야 함.
 - LH 건설형 임대주택의 경우 대지면적 1,000㎡이상의 규모 5층 이상의 아파트에 모듈러 공법 활용 가능. 세종 UR1,2에서 7층, 416세대 사업을 진행 중이며, 사업 예정인 의왕 초평 A4 BL의 경우에도 381세대 12층 규모임. 이러한 규모의 사업을 안정화하여 품질을 향상하며 공사비를 낮추는 게 사업성 제고에 효과적임.
 - 매입임대주택을 포함한 저층 소규모 모듈러주택 사업의 경우 2km, 20분 내 거리인 여러 개 부지에 모듈러주택 사업을 동시에 발주하여 진행. 예를 들면 50~70호 주택사업 4개를 동시에 발주하여 약 250호의 주택을 동시에 제작할 수 있도록 발주. 세종 사랑의 집짓기와 같이 16세대의 소규모 사업인 경우 다른 사업과 동일한 평면으로 제작하여 재차 활용하면 공사비를 대폭 낮출 수 있음.

□ 모듈러주택의 공사비 분석

- LH 모듈러주택의 준공 사례가 5건 미만이고, 규모나 사업추진 방식·여건이 달라서 공사비 기준을 정립하기 어려움. 이에 모듈러주택으로 전환 설계 하여 공사비를 비교한 선행 연구 및 모듈러주택 공사비 검토 자료를 분석하여 공사비가 높아질 수 있는 요인을 확인함.
- 모듈러주택의 공사비는 기존 습식 RC대비 20%이상 증액. 주된 원인은 모듈러주택의 골조 공사비가 벽식 RC구조 공사 대비 약2배 증액, 층고는 2.8m에서 3.1m로 상향 등임.
- 기존 습식 RC공법에 비해 모듈러 공법은 구조체의 친환경적 특징이 있고 이 부분을 정부 재정지원 시 고려할 필요가 있음.
 - 첫째, 모듈러주택은 라멘구조이며, ‘장수명주택’의 요건, 즉 내부 벽체는 수요에 따라 공간 변형을 할 수 있고, 노후화된 설비나 자재는 교체 및 수리 용이하도록 건축함. 건축물의 수명을 고려하면 구조체의 수명만큼 건물을 사용할 수 있으며 기존 RC벽식 구조 대비 2배 이상 연장될 수 있음.
 - 둘째, 철골조 모듈러주택은 구조 재사용 및 이동이 가능함. 건물 철거시 주변에 미치는 피해가 적고 폐기물 배출도 저감됨. 이러한 과정에서 건축물의 전 생애주기 탄소 배출량 분석 결과 철근 콘크리트 건물에 비해 16.1~20.4% 저감됨.
- 모듈러주택 공사 시 간소화될 수 있는 감리 및 설계 업무 대가는 공사비에 요율을 적용하므로 같이 증가하는 모순 발생. 이에 모듈러주택에 대해서는 BIM과 같은 디지털화된 자료로 공사비를 산출하는 차별화된 방법이 필요함. 현재 국토부에서 ‘스마트 건설기술 공사비 산정기준’을 마련하고 있음.
 - 감리비 및 설계비는 공장제작 자동화 비율에 따라 달라지기 때문에 기존의 건축 공사는 직접비에 일정 요율을 적용하는 방법은 맞지 않음.
 - 감리 및 설계, 전기 통신 분리 발주 등 현장에서 공장으로 작업공간이 이원화가 되는 업무에 대해 업무 범위 및 하자 책임에 대해 재 정의하고, 대가기준을 개정할 필요가 있음.

□ 모듈러주택 적용 확대를 위한 사업성 제고 방안

- 국토부 및 기재부의 재정지원에 전적으로 의존하여 사업을 지속적으로 추진하는데 한계, 이에 사업성을 제고할 수 있는 다양한 방안 모색이 필요함.
- [단기] 모듈러주택은 건축·구조 등의 자재비로 건설원가 상승은 고정값이므로 감리비 등 노무비 및 부분 도급비 부분에 대한 지급 기준 개선 필요
 - 일반적인 RC공동주택 공사에서 감리비의 비율은 총공사비의 20~30%가 소요, 모듈러주택은 공기가 단축되고 공장제작 부분이 상당하므로 이를 반영하여 책임감리비 요율 기준을 적용하여 약 6~11% 적용. 2022년 5월 기재부가 제시한 책임감리비 요율은 100억원 규모의 경우 10.73%, 500억원 규모의 경우 5.52% 정도이므로 모듈러주택 사업인 경우 이러한 기준 정도로 감리비를 낮춰야함.
- [중·장기] 생산시스템의 자동화·모듈화를 적극 추진하여 제작 및 시공에 투입되는 노무비를 대폭 낮추고, 디지털 설계기술 예를 들면 자동설계 및 도면생성 등을 활용하여 설계 업무를 간소화함.
 - 생산자동화로 모듈러주택 노무비 25%수준으로 감액 시 현 RC공사비와 유사함.
 - 일본은 적극적으로 자동화를 추구하고 있고, 국내도 2023~2027년을 위한 제7차 건설기술진흥기본계획에 생산 자동화를 추진과제로 포함하고 있음.
- 모듈러주택은 스마트 건설을 확대하는 국가정책 및 제7차 건설기술진흥기본계획의 추진과제 ‘BIM 도입으로 건설 전 과정 디지털화’, ‘생산시스템의 자동화 및 모듈화’, ‘스마트 건설기술 활성화를 위한 생태계 구축’과 직접적인 관련이 있으며, ‘기술 중심의 발주제도 개선·운영’, ‘업체가 능력을 발휘할 수 있는 환경조성’과 간접적으로 관련이 있으므로, 국가정책의 추진과 함께 시너지 효과를 얻을 수 있음.

□ [부록] 신속한 공급 및 대량 생산방식을 활용한 매입형 모듈러주택 사업 도입

- 매입임대와 건설임대의 차이는 다음과 같음. 첫째, 매입임대 주택의 경우 LH공사 내 사업에 적용하는 책임감리, 전기통신 분리발주, 지급자재 사용 기준에서 제외할 수 있고, 둘째 후보지 선정, 사업승인, 설계 등 사업기간을 단축할 수 있으며, 셋째, LH재무 건전성 확보 측면에서 유리할 수 있음. 단, 모듈러주택의 회사 간 편차가

- 적고 분양주택으로 확대될 만큼 소비자의 호응을 얻을 경우 활성화될 수 있음.
- 먼저, 반지하 주택을 매입 후 신축 및 노후계획도시 순환형 임대주택 등 매입임대주택에 모듈러주택을 활용하여 임대주택으로 공급하는 방안에 대해 고려.
 - 2022년 8월 16일 국토부는 ‘국민 주거안정 실현방안’에서 재해 취약주택 해소 대책으로 신축 매입약정주택의 물량을 4배 증가시킴. 2023년부터 2027년까지의 물량을 15만호로 기존의 약 4배를 증가시킴.
 - 반지하 주택은 대부분 20년 이상 경과. 반지하 주택이 활발히 보급된 시기와 특징을 보면, 1985~1990년에는 반지하가 포함된 2층 주택, 1990~2000년은 4층에 반지하가 포함된 다세대 주택, 또는 3층에 반지하와 옥탑이 있는 다가구 주택.
 - 1기 신도시 등 노후 주택의 증가로 재건축이 필요하지만 이주 대책이 문제임. 노후 주택, 근린생활시설을 매입하여 철거 후 신속하게 주택을 공급하는데 모듈러주택 활용이 효율적. 반지하 주택 매입 후 공공임대주택 시행 시 집주인에 대한 경제적 인센티브와 임차인 대상 주거이전 대책이 필요함. 현재 매입임대주택이 부족하여 수도권외의 경우 입주까지 대기 시간이 5년 가까이 소요됨.
 - 반지하 주택 철거 후 반지하가 없는 신축주택 건설 시 모듈러 공법을 적용하면 공사기간을 30%단축할 수 있으며 품질균질성 면에서는 유리. 그리고 현장 작업이 최소화 되어 민원을 줄일 수 있음. 그러나 공사비 RC대비 30% 상승, 평면 폭이 3.3m로 제한되는 단점이 있음.
 - 재난 후 이재민에게 공급하는 주택의 경우에도 신속한 공급이 될 경우 장점이 있음. 최근 재해의 경향을 보면 6년 사이 3번의 큰 재난이 있었음. 큰 재난이 있을 경우 100세대 이상의 긴급지원주택이 필요하며, 주택복구를 신속하게 하는 방안도 수반되어야 함. 포항 지진의 경우 총 839가구의 주거지원이 필요했으며, 7가구는 발생 후 6년 동안 현재도 임시조립주택에 거주, 63가구는 임시거처에서 생활 중임. 이러한 대규모 재난이 2019년 강원산불, 2022년 울진 산불이 있었으며 임시조립주택의 수요만 200세대 이상이었음.
 - 재난 발생 시 이재민에게 소규모 공동주택을 공급하여 임시 조립주택보다 장기 거주하도록 지원할 경우, 건설형 임대주택과 매입형 임대주택을 비교하여 고려할 수 있음. 지금까지 이재민의 수요를 보면 거주지 이동을 선호하지 않아 대규모 단지가

유용하지 않은 것을 확인할 수 있음. 소규모 공동주택 공사로 가정하여 비교하면, 매입임대 모듈러주택이 유리하며, RC공법 소규모 공동주택 사업은 건설원가가 큰 폭으로 상승하기 때문임. 준공된 4건의 모듈러주택 규모를 기준으로 공동주택 공사비 분석 자료를 활용, 통합공공임대 2022년 지원 기준인 884만 7000원 대비 평균 142%정도임. 모듈러주택의 경우 RC만큼 증액되지 않으므로 소형주택의 사업성을 개선할 수 있음.

- 귀농·귀촌 주택과 같은 지역활성화 및 주거복지를 위한 테마 임대주택에 활용 가능함. 최근 10년간 귀농·귀촌 인구가 급격하게 증가하고 있으며, 농촌에 공급될 수 있는 주택은 매입임대, 통합공공임대주택, 고령자 복지주택, 마을정비형 공공주택, 농축산부 귀농·귀촌 지원주택 등이 있음. 이러한 주택의 경우에 모듈러주택을 활용하면 철거 등이 용이하여 자연훼손이 적고 신속하게 공급할 수 있는 장점이 있음.
 - 강원 고성군 햇살마루 공공임대주택의 경우, 15세대 중 13세대는 산불피해가구에 공급되었음. 사업의 성격은 노인전용 매입약정형 공공임대주택이었음. 이외에도 사회초년생의 귀농·귀촌 주택도 있음.
- 테마 임대주택은 민간이 테마가 있는 매입임대를 기획, 설계, 건설, 운영까지 할 수 있음. 금융지원은 사업비 최대 90%까지 저리 대출을 할 수 있으며, 임대료는 시세 50% 이하로 제한하여 시세 30%는 LH에 납부, 나머지는 임대자에게 납부하며, 근생 등 테마에 부합하는 수익사업 운영도 제한적으로 허용함. 이러한 조건으로 민간 건설사 등이 LH와 협업하여 모듈러주택을 활용한 매입임대주택 사업을 할 수 있음.
- 이와 같은 소규모 임대주택사업의 모듈러주택을 활용한 건축 모델은 내화 2시간 이내의 규모가 적합함. 내화 1시간과 2시간 모델로 구분하여 볼 수 있음. 4층 이하의 내화 1시간 모델은 50세대 미만의 사업이고, 내화 2시간 모델은 12층 이하의 300세대 이상의 중규모 부지에 건설하는 사업이 될 수 있음.

주제어 모듈러주택, 공사비, 사업성, 대량생산시스템, 사업모델

차 례

제1장 서 론	1
1. 연구의 배경 및 목적	3
1.1 연구배경	3
1.2 연구목적	4
2. 연구의 내용 및 범위	4
2.1 연구내용	4
2.2 연구범위	4
3. 선행연구 분석 및 차별성	5
3.1 모듈러주택 품질 개선 및 활성화를 위한 방안 선행 연구	5
3.2 선행연구와의 차별성	7
제2장 모듈러주택 사업 추진 현황	9
1. 모듈러주택 사업추진 현황	11
1.1 공급호수 및 추진실적	11
1.2 준공 사례	15
2. SH 및 GH 모듈러주택 사업 추진 사례	33
2.1 GH 성남 하대원 행복주택	33
2.2 GH 용인영덕 중고층 모듈러주택	37
2.3 SH 가양 라이프	44
3. 모듈러주택의 장·단점	49
3.1 모듈러주택의 특징	49
3.2 모듈러주택의 장·단점	50
3.3 모듈러주택의 활용	53
4. 소 결	56

제3장 모듈러주택 공사비 분석	59
1. 전환설계를 통한 습식 공사비와 모듈러 공사비 비교	61
2. 공사비 검토 사례	67
3. 모듈러주택의 실제 공사비 사례	72
4. 모듈러주택 공사비 증액 비율	80
5. 소 결	82
 제4장 모듈러주택 적용 확대를 위한 사업성 제고 방안	 87
1. 법제도 개선 방안	89
1.1 감리비 절감 방안	89
1.2 공업화주택 인정제도 개선	91
1.3 건축기준 인센티브	95
2. 모듈러주택 대량 생산에 의한 비용 절감 방안	99
2.1 LH 건설형과 매입임대 모듈러주택 비교	104
2.2 신기술 활용 비용 절감 방안	106
3. 공기 단축에 따른 간접 효과	116
4. 소 결	118
 제5장 결 론	 121
1. 연구의 결론	123
2. 연구의 한계 및 향후 과제	127
 참고문헌	 129
 부 록 : 매입형 모듈러주택 도입방안	 137



표 차례

[표 1-1] 모듈러주택 활성화 및 품질 개선 관련 선행 연구	6
[표 2-1] 준공된 모듈러주택 사업 개요	11
[표 2-2] 사업 추진 중 모듈러주택 사업 개요	12
[표 2-3] 일반주택과 모듈러주택 추진과정 비교	14
[표 2-4] 부산 용호 행복주택 개요	15
[표 2-5] 부산 용호 행복주택 공사비 검토 자료(2015년 기준)	16
[표 2-6] 부산 용호 행복주택 적층 공법 설치 공정 사진	17
[표 2-7] 부산 용호 행복주택 구조도	18
[표 2-8] 부산 용호 행복주택 구조체 조립 과정	18
[표 2-9] 부산 용호 행복주택 내화도장 및 바닥공사 과정	19
[표 2-10] 부산 용호 행복주택 스테드벽체/욕실/창호 공사	19
[표 2-11] 부산 용호 행복주택 난간대/벽체단열/석고보드 공사	20
[표 2-12] 부산 용호 행복주택 방바닥 미장/방수 공사	20
[표 2-13] 부산 용호 행복주택 천장/외부 래핑 공사	21
[표 2-14] 부산 용호 행복주택 현장공사	21
[표 2-15] 부산 용호 행복주택 현장공사	22
[표 2-16] 세종형 사랑의 집짓기 건축 개요	23
[표 2-17] 세종 사랑의 집짓기 평면도	24
[표 2-18] 세종 사랑의 집짓기 내부 사진	25
[표 2-19] 세종 사랑의 집짓기 단면도	27
[표 2-20] 세종형 사랑의 집짓기 공장제작과 현장공사 구분	29
[표 2-21] 성남 하대원 행복주택 건축 개요	33
[표 2-22] 성남 하대원 행복주택 공용 및 전용공간	36

[표 2-23] 용인영덕 중고층 모듈러주택 건축 개요	37
[표 2-24] 일조 사선제한 검토 및 주동 형태 계획	38
[표 2-25] 구조 개념도	38
[표 2-26] 접합 조립 상세	39
[표 2-27] 정밀제작 및 시공계획	40
[표 2-28] 내화 3시간 확보 계획	40
[표 2-29] 17㎡타입과 37㎡타입 평면	42
[표 2-30] 시공 현장 사진(2022년 11월 ~ 2023년 1월 현황)	43
[표 2-32] SH 가양 라이플 건축개요	44
[표 2-31] 가양 라이플 배치도 및 모듈러 유닛 적층계획	45
[표 2-33] 가양 라이플 평면 계획	45
[표 2-34] 가양 라이플 기초부분과 모듈러 연결 부위 시공사진	48
[표 2-35] 호주 멜버른의 리틀히어로 공동주택 프로젝트 내·외부 사진 ..	54
[표 3-1] 철원 동송지구 RC와 모듈러주택 사업비 비교	61
[표 3-2] 행복주택 평균평형 사업비 비교	61
[표 3-3] 행복주택 평균평형 사업비 비교	62
[표 3-4] 아파트동 상부 전체 공사비 비교	66
[표 3-5] 일반주택과 모듈러주택 평형별 건축공사 및 전체 공사비 비교 ..	66
[표 3-6] 소규모 주택사업 습식 RC 공법과 모듈러주택 공사비 비교 ..	68
[표 3-7] 100세대 주택사업 모듈러주택 예정 공사비 산출	70
[표 3-8] 일반주택 감리비 사례 및 모듈러주택 감리비 설정(안)	71
[표 3-9] 준공 사례 G모듈러주택 계획 공사비와 실제 공사비 차이	72
[표 3-10] 전환설계와 준공 사례 G 모듈러주택 실제 공사비 비교	73
[표 3-11] 준공 사례 G 모듈러주택 전체 공사비 구성	74
[표 3-12] 준공 사례 G 모듈러주택 건축 공사비 구성	75
[표 3-13] H모듈러주택 원가계산서	76
[표 3-14] 모듈러공사 및 전기통신 분리발주 공사비 비교	78

[표 3-15] 준공 사례 I 모듈러주택 전체 공사비 구성	79
[표 3-16] 모듈러공사 및 전기통신 분리발주 공사비 내역	79
[표 3-17] 습식공법과 모듈러주택 단위 공사비 비교 및 차이 분석	80
[표 3-18] 기존 건축공사와 모듈러 건축공사의 자원투입 및 공사비산정 차이 ..	85
[표 4-1] 전면 책임감리비 요율	89
[표 4-2] 공업화주택 인정 업체의 인정모델 특징 비교	92
[표 4-3] 구조에 따른 층고와 천장고 비교	96
[표 4-4] 제로에너지 건축물의 건축기준 완화비율	96
[표 4-5] 녹색건축인증(G-SEED) 건축물의 건축기준 완화비율	97
[표 4-6] 이케아 주택 설계 개념 및 사례	101
[표 4-7] 조건 설정에 따른 모듈러주택 건설공사 참여자별 효과	102
[표 4-8] 모듈러 건축의 기대효과	102
[표 4-9] 건설형 모듈러와 매입임대 모듈러 사업조건 비교	104
[표 4-10] 소규모 공사의 RC추정 공사비 비교	105
[표 4-11] 모듈러주택 공사원가 사례 및 조건 설정 비교	107
[표 4-12] 공장과 현장의 신기술 활용 방법	108
[표 4-13] LH 세종 UR1과 UR2 모듈러주택 BIM설계 활용 시공성 검토 ..	110
[표 4-14] BIM을 활용한 내외장재 자재 모듈계획	111
[표 4-15] BIM을 활용한 설비 시스템 연결계획	112
[표 4-16] 싱가포르 BCA DiMA 가이드라인과 주요 내용	114
[표 4-17] 일본의 주택 생산 자동화 현황	115
[표 4-18] 공사기간 3개월 단축에 따른 비용 절감효과	117

그림 차례

[그림 2-1] LH모듈러주택 추진 현황	12
[그림 2-2] 모듈러 MA 및 MP 업무 수행 체계	13
[그림 2-3] LH 일반주택과 모듈러주택사업 추진과정 비교	14
[그림 2-4] 부산 용호 행복주택 준공 사진	16
[그림 2-5] 세종형 사랑의 집짓기 외장재	26
[그림 2-6] 세종 사랑의 집짓기 사업의 전체 공사계획	28
[그림 2-7] 세종형 사랑의 집짓기 모듈 공장제작 프로세스	31
[그림 2-8] 세종형 사랑의 집짓기 모듈러 양중 및 설치 현장사진	31
[그림 2-9] 세종형 사랑의 집짓기 모듈러 양중 및 설치 과정	32
[그림 2-10] 세종형 사랑의 집짓기 준공 사진	32
[그림 2-11] 성남 하대원 행복주택 설치 및 전경사진	34
[그림 2-12] 세대 배치도 (출처 : 경기도시공사 모집공고문)	35
[그림 2-13] 성남 하대원 세대 평면도	35
[그림 2-14] 성남 하대원 행복주택 주동배치도	36
[그림 2-15] 전체 건물의 구조 개념도	41
[그림 2-16] 층별 평면도	42
[그림 2-17] 가양 라이플 공장제작과정	47
[그림 2-18] LH의 모듈러주택 추진 방향 및 장점	50
[그림 2-19] 제 7차 건설기술진흥기본계획(2023~2027년) 기본 계획	55
[그림 2-20] 모듈러주택 적용 모델 및 준공 사례	56
[그림 3-1] 일반주택과 모듈러주택 공사비 비교	63
[그림 3-2] 모듈러 공법의 건축물 해체 및 신축과정	64
[그림 3-3] 공사비 비교(아파트동 지상층)	66

[그림 4-1] 국토부 보도자료(2022.12.29)의 모듈러주택 개념도	98
[그림 4-2] 싱가포르의 BIM활용 개념도	110
[그림 4-3] 용인영덕 행복주택 BIM활용 제작 오차관리	112

LAND HON INST G T E

제1장 서론

1. 연구의 배경 및 목적

1.1 연구배경

- ESG 경영 및 탄소중립 정책에 부합하는 공업화 주택 공급 확대가 필요하고, 건설 인력의 고령화 심화, 고환율·자재값 급등, 인건비 상승, 낮은 디지털화 및 생산성 하락 등의 건설 환경 변화에 부합하는 제도 개선이 필요.
- 이러한 문제를 해결하는 방안으로 LH는 모듈러주택 사업을 추진하고 있지만, 모듈러공법 적용시 습식 공법 대비 공사비가 약 128%, 사업비 약 123%수준¹⁾으로 높은 건설원가로 인한 사업착수 어려움이 있으므로 이에 대한 개선안 모색 필요
- LH 미래건축·주택사업 활성화를 위한 인프라 구축과 OSC기반 공동주택 확산계획에 대응 필요
 - ‘윤석열 정부 110대 국정과제(2022.05)’에서 제시한‘주택공급 확대, 시장기능 회복을 통한 주거안정 실현’을 위한 주택공급 로드맵에 포함된 장수명 주택 및 ‘국토교통산업의 미래 전략산업화’를 위한 스마트 건설 기술(BIM, OSC 등)확산으로 산업의 고부가가치화를 위한 연구 필요
 - ‘LH OSC기반 공동주택건설 로드맵(2020)’, ‘스마트 건설기술 모듈러주택 활성화 추진 방안 수립(2022)’에서 수립한 Pre-fab, 모듈러주택 등 스마트 건설 기술 구현의 모듈러주택 확대 목표를 2023년까지 달성하기 위한 연구 필요
 - 국토부에서 발표한 스마트 건설관리 로드맵 “스마트설계”, “공정관리 및 현장관리 고도화”, 제2차 장기주거 종합계획(13~22) “미래형주택”, LH중기(‘20~‘24) 경영목표 전략과제(3.4 도시주택 정보화 및 미래역량 강화, 2.2. 창의적 도시재생 사업추진)과 연계

1) 송상훈 외, 모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립(2022, LH토지주택연구원)

1.2 연구목적

- 모듈러주택의 적용 확대를 위한 사업성 제고 및 재정지원 방안 마련

2. 연구의 내용 및 범위

2.1 연구내용

1) LH 직접건설형 및 민간건설 매입약정형 중저층 공동주택 현황조사

- LH 중저층 공동주택 모듈러공법 적용사례 조사
- 타기관 모듈러주택 준공사례 조사

2) LH 직접건설형 호당 건설단가 기준 마련

- LH 직접건설형 모듈러주택 호당 건설단가 산정
- 기존 공법과 모듈러주택의 공사비 차이 분석

3) 모듈러주택 적용 확대를 위한 재정지원 방안

- 모듈러주택 건설시 적정 보조금 지급 방안
- 모듈러주택 적용 확대를 위한 사업성 제고 방안

2.2 연구범위

- 연구대상은 LH 직접 건설형 모듈러주택 사업을 수행하기 위한 재정지원 및 재정지원 효과가 있는 사업성 제고 방안

3. 선행연구 분석 및 차별성

3.1 모듈러주택 품질 개선 및 활성화를 위한 방안 선행 연구

- 모듈러주택 관련 연구는 1992년 공업화주택이 도입된 이후 지속되고 있으며, 최근 시범 사업이 준공되고 사업이 다양한 유형으로 확대되고 있어 활발히 진행됨. 주로 모듈러주택 발주제도, 공업화주택 인정제도, 모듈러주택 활성화, 모듈러주택 품질개선 및 생산기술 등의 연구가 있음. 모듈러주택 발주제도 개선 관련 연구는 2015년 이후 주로 수행했으며, 제안 방식은 ‘확장형 일괄계약제도’ 및 ‘설계시공 일괄 발주방식’으로 유사한 부분이 있음. 즉 모듈러제작자, 시공자 설계자 및 발주자가 기획설계 단계부터 협업하여 진행 과정 중 건축 품질 훼손을 최소화하는 방향으로 제안함. 이러한 제안은 주로 대규모 사업과 관련된 발주제도 임.
- 1992년 공업화 주택 도입 이후 기존 RC습식 공법과 비교하여 열악한 품질 및 부정적 인식 확대가 활성화를 저해함. 이러한 문제 해결을 위해 연구보고서, 설계 및 시공 지침, 도서 발간으로 경험과 개선방안을 공유해 왔으며, 현재 상당 부분 품질이 개선되었음. 모듈러주택 활성화에 대한 연구는 주로 도심 내 중저층 공동주택 모델을 대상으로 수행함. 모듈러주택의 수요 및 공급 활성화를 위해 자금운용, 발주방식, 교육, 제도개선 등 다양한 측면의 방안이 제시됨.
- 공업화 제도 인정제도에 대해서는 인정제도 지정 운영기관인 ‘한국건설기술연구원’의 연구가 활발함. 공통적으로 공업화주택 인정 제도에 대해서는 인정 건축물 범위 확대, 인허가 절차 간소화 등 현재 제도 개선이 필요하며, 설계·감리 간소화에 대해서는 건설 재해에 대한 대비가 필요함을 주장함.

[표 1-1] 모듈러주택 활성화 및 품질 개선 관련 선행 연구

분류	제목	발행·수행기관	내 용
모듈러 주택 활성화	조립식 주택 적용 민간임대주택 활성화를 위한 리스 모델	주택도시연구 논문집 (2018)	조립식 주택의 리스를 자동차리스와 유사하게 해석하여 사업방식을 제안하고 3가지 방식의 사업모델에 대해 시뮬레이션, 제안한 파이낸싱 모델은 조립식 주거를 이용한 임대주택 사업 활성화와 도심형 중저층 민간임대주택 사업 활성화에 활용 가능
	OSC를 적용한 도심지 소규모 공공주택 공급 활성화를 위한 사업모델	대한건축학회 논문집 (2021)	소규모 프로젝트 일괄발주로 대형건설사의 사업참여와 중소건설사의 협업방안을 제안, 이를 도심지 소규모 공공주택 공급 활성화를 위해 활용하는 방안 제안
	노후 주거지 재생을 위한 모듈러 지원주택 계획 연구 -광명 3동 광이로 일대를 중심으로-	대한건축학회 논문집 (2019)	감소하는 청년인구와 증가하는 노인 인구가 밀집된 노후주거지에 공급 가능한 주택을 제시하며 모듈러 공법 활용을 제안
모듈러 주택 품질 개선	모듈러 주거시설의 단위유닛 제작품질 확보를 위한 공장제작도서 개선 연구	한국주거학회 논문집 (2016)	모듈러 프로젝트의 샵드로잉 활용현황 조사로 제작도서 개선에 따라 방지할 수 있는 시공 하자의 비율 및 하자가 많은 부분 제시, 공장 제작도서 작성 방안에 대해 세가지 체계와 검측리스트를 고려한 도면작성 제안
	LH형 모듈러주택의 모델 개발 및 품질확보 방안연구	LH (2020)	모듈러 공법을 활용한 중고층 아파트를 대상으로 모듈러 구조시스템, 표준공정, 주택성능 향상 방안, 활성화를 위한 법제도 개선방안 제시
	국방·군사 시설기준 조립식 건축물의 설계·시공지침	국방부 (2012)	조립식 건축물 시설사업에 대한 기본계획 업무와 설계, 시공 업무 수행에 필요한 지침을 제공, 모듈러 건축, 경량철골 및 단열패널 등에 대한 공장제작과 현장설치 공사에 적용
	모듈러 건축의 이해	한국철강협회 (2021)	모듈러 건축 관련 다양한 주제(구조, 설계, 생산, 품질관리, 시공, 성능, 경제성, BIM, 건축모델, 발주제도 등)에 대해 경험과 개선방안을 제시
인정 제도	공업화주택의 규제에 관한 연구	행정법이론 실무학회 (2010)	주거권의 효과적·효율적 보장을 위한 방법으로 공업화 주택활용을 제안하며, 국내 공업화주택 인정제도에서 성능 및 생산기준의 개선과 설계·감리 간소화에 대해서는 위험에 대한 대비가 필요함을 주장
	공업화주택 인정제도 활성화를 위한 국외제도 분석	한국생태환경 건축학회 (2019)	실효성이 가장 큰 개선요인으로 인허가절차 간소화, 인정주택의 규모·형태 변화, 주택 외 용도로 확대 등을 제시, 캐나다와 일본의 인허가절차 간소화 방법에 대해 제시
	공업화주택 인정제도 개선 방향 설정에 관한 연구	한국산학기술 학회 (2021)	공업화주택 인정제도를 분석하여 활성화를 위한 제도 개선방향 도출, 인정 범위 준주택으로 확대하는 방안, 공업화 주택의 성능 및 생산기준 개정 건축기준 완화 및 금융지원 제안

3.2 선행연구와의 차별성

- 선행연구를 검토한 결과, 모듈러주택 관련 연구는 모듈러주택의 발주제도, 공업화주택 인정제도, 모듈러주택 활성화, 모듈러주택 품질개선 및 생산기술 측면에 집중되어 있음. 모듈러주택의 활성화를 위한 사업모델에 대한 연구는 주로 도심 내 중정층 공동주택 모델을 대상으로 수행함.
- 본 연구에서는 모듈러주택의 공사원가 및 사업성에 대한 부분을 집중적으로 분석하고 사업성을 개선하는 방안을 제시한 것에 차별성이 있음. 준공된 주택의 사업성 및 공사비 내역을 비교 분석하여 공사비를 감액할 수 있는 부분을 제안함.

제 2 장

모듈러주택 사업 추진 현황

L	A	N	D						
H	O	U	S	I	N	G			
I	N	S	T	I	T	U	T	E	

제2장 모듈러주택 사업 추진 현황

1. 모듈러주택 사업추진 현황

1.1 공급호수 및 추진실적

1) 공급호수

- LH는 2022년까지 자체건설, 국토부 실증, 위탁사업 등 총 7개 지구 1,299호 모듈러주택 공급을 추진 중임. 주로 12층 이하 및 14~416호 소규모 주택 사업에 모듈러 공법을 적용 했음.
- 2020년까지 [표 2-1]과 같이 저층 즉, 6층 이하의 모듈러주택 4개 지구에 222호를 준공함.

[표 2-1] 준공된 모듈러주택 사업 개요

구분	부산용호	천안두정	웅진 백령	세종 사랑의 집짓기
세대수 (층수)	행복 14호(4층)	행복 40호(6층)	영구·국민 152호(4층)	영구 16호(2층)
사업기간	2016년 12월 ~2017년 8월	2018년 5월 ~2019년 6월	2019년 8월 ~2020년 7월	2019년 12월 ~2020년 7월
특기사항	LH 소단위 행복주택	국토부 실증단지	마을정비형(80호)+ 실버주택(72호)	세종시 위탁사업
시공법	적층식	적층식 + 인필식	적층식	적층식
현황사진				

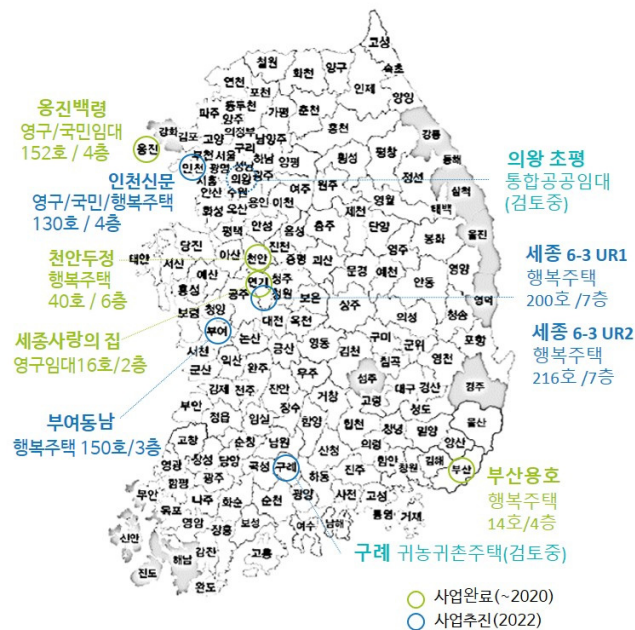
자료: LH내부 자료

- 중저층 규모인 3~7층 이하로 3개 지구에 [표 2-2]와 같이 696호를 추가로 추진 중임. 그리고 추가로 [그림 2-1]과 같이 의왕 초평 A4BL 381호 통합 공공임대 주택에 국내 최초 모듈러주택 현상설계 공모를 추진함.

[표 2-2] 사업 추진 중 모듈러주택 사업 개요

구분	인천 신문 (국민·영구·행복)	세종 6-3 UR1·UR2		부여동남 (행복)
		UR1(행복)	UR2(행복)	
세대수 (층수)	130호(4층)	행복 200호(7층)	행복 216호(7층)	행복 150호(3층)
사업진행	사업자선정('20.12) 사업 승인('21.6) 착공('22.12)	사업자 선정('20.12) 사업승인신청 완료('21.11) 착공('22.9)		사업자선정('21.11) 사업 승인 준비중
발주방식	시공 책임형 사업관리	민간참여 공공주택 공모방식		민간참여 공모방식
사업자 선정	지에스건설(주)	계룡건설 컨소시엄		DL이앤씨
현황사진				

[자료] LH내부 자료



[그림 2-1] LH모듈러주택 추진 현황



- 현재 국내 최대 규모인 세종 UR1 및 UR2 사업으로 총 416호 모듈러주택이 추진 중이며, 2022년 9월 착공식 이후 언론보도를 통해 탄소배출 감축, 약 30%의 공기단축 등 효과를 홍보하였음. 모듈러주택의 제작 및 준공은 2024년으로 예정되어 있으며, 처음으로 시범적인 관리체계를 수립하고 운영 중임. 이 프로젝트에는 MP(Master project manager)만 운영중이며, MA(Master Architect)는 의왕 초평 A4BL에 시범 적용할 예정임.
- LH에서는 2022년 품질 향상을 위해 외부 전문가를 영입하여 설계 단계에서는 MA, 프리콘(Pre-Con)단계부터는 MP를 운영함. 모듈러 MA가 설계 공모지침 및 평가 가이드라인을 수립, 설계 VE를 수행하며, MP는 설계 및 시공계획 사전검토, 협업체계 구축, 현장 모니터링 및 기술지원, 탄소배출 저감효과 및 ESG 적용 방안을 제시함. MA와 MP의 구체적인 역할은 다음 [그림 2-2]와 같음.



[그림 2-2] 모듈러 MA 및 MP 업무 수행 체계

[출처] LH 실무부서 자료

2) 추진방식

- 모듈러주택 사업은 공법상의 차이가 있으므로 시공 과정상 차이가 발생하여 일반주택 사업과 다른 방식으로 발주하는 것이 합리적임. 모듈러주택에 적합한 발주방식은 간접비를 줄이고 간접효과 즉, 적기공급, 기술발전, 탄소저감 등을 극대화 할 수 있는 방안 모색이 필요함.

○ 이에 LH는 2023년 3월 의왕초평 A4BL을 시공책임형 CM(Construction Management, 사업관리)으로 발주하고, 10월에 설계시공 일괄입찰로 발주할 프로젝트를 기획 중임. 시공책임 CM방식의 특징은 다음과 같으며 이러한 방식이 모듈러주택에 더 적합함.

- 첫째, 설계 단계에서 건설사 및 전문 시공사가 조기 참여하여 BIM을 활용한 설계로 완성도를 높일 수 있음. 둘째, 발주처는 건설사와 공사비 상한을 설정하여 계약함. 셋째, 사후 정산과정에서 공사비 내역이 발주처에 공개되어 사업관리의 투명성이 강화됨.

○ LH에서 추진하는 일반주택 사업과 모듈러주택 사업 추진 방식을 비교하면 다음 [표 2-3]과 같음.

[표 2-3] 일반주택과 모듈러주택 추진과정 비교

구분	일반주택	모듈러주택	비고
건설방식	현장 직접 건설	공장생산, 현장조립(적층식)	
구조방식	철근 콘크리트 구조 : 벽식, 라멘식 구조	철골 라멘 구조 : 기둥-보용접, 강연선(인장재)접합 등	탄소배출 감소 건설원가 증가
건설업체수	종합 건설업 14,060개*	공업화 인증업체 4개사 **	참여업체 소수***
시공사 선정방식	종합심사낙찰제 적격 심사 등	민간참여 공공주택 사업 시공책임형 사업관리(CMR)	설계·시공사 협력형
설계수행	선설계 후시공 (독립적 업무 수행)	설계(Pre-con)시 시공사및 모듈러제작사기술설계 반영	참여설계사 소수
사업 프로세스	[중심제] 계획/기본설계→ 실시설계	[CM-R] 계획설계→ 기본/실시설계	공기단축

[Note] * 2021년 건설업체 시공능력 평가 발표

** 국토부 공업화 주택 인증 공고

*** 종합건설업대비 0.03%)



[그림 2-3] LH 일반주택과 모듈러주택사업 추진과정 비교

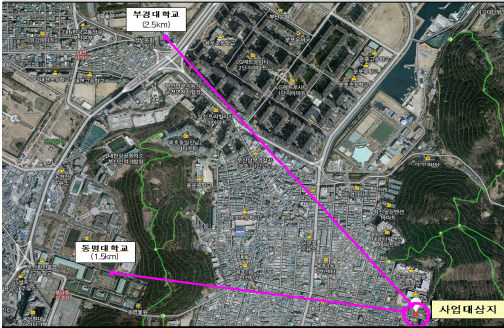
- 2022년 11월 23일 산·학·연·관²⁾ 모듈러주택 정책 협의체 계약체결을 통하여 모듈러 활성화를 위한 제도개선 및 정책 이행력 확보를 도모함. LH와 철강협회가 협의체를 공동운영하고 반기별 정책 협의체를 개최함. 이를 통해 모듈러주택 용적률·건폐율·높이제한 완화, 공사비 산정, 품질관리 및 공업화주택 인정제도 개선 등에 대한 합의를 도출할 예정임.

1.2 준공 사례

1) 부산 용호 행복주택

(1) 건축 개요

[표 2-4] 부산 용호 행복주택 개요

위 치	부산시 남구 용호동 376-9 번지(2종 주거지역)
공사기간	2016년 12월 ~2017년 8월
사업면적	293㎡ (89평)
매입임대호수	4호(7년이상 장기 공가)
건설호수	행복주택 12호/4층(1층 데크식 주차장, 2~4층 주택)
주차대수	6대(0.5/호)
건폐율/용적률	60% / 130%
위치도 모듈러주택 시공 전 사업지 전경  	

2) 협약 기관 : 국토부, LH, 건설기술연구원, 건축학회, 철강협회, 모듈러포럼



[그림 2-4] 부산 용호 행복주택 준공 사진

- 부산 용호지구는 LH 소유로 대지면적 293㎡에 15세대가 있는 LH노후 매입 임대주택 토지였음. 위치는 동명대 1.5km, 부경대 2.5km 내에 입지하여 청년들에게 유리한 조건이었음. 이 외에도 주민센터가 0.5km, 종합사회복지관이 0.7km, 부산성모병원이 1.1km 내에 위치하여 공공시설과의 접근성이 좋음. 그러나 대지가 유치원 및 중학교 인근에 위치하여 소음, 분진 등 민원우려가 있었으며 이에 모듈러주택으로 검토함.
- 2015년 사업 검토 당시 LH내부 사업성 분석 결과 NPV -43%가 가능 기준이었으며, -41.42%로 기준을 충족하여 사업을 시행함.

[표 2-5] 부산 용호 행복주택 공사비 검토 자료(2015년 기준)

구 분	세부내역	금액
투자(A)	용지비	309,000천원 (2,660천원/평)
	조성비	32,151천원 (277천원/평)
	건물공사비	686,950천원 (5,911천원/평)
	간접비·판관비	48,526천원 (418천원/평)
	소계	1,076,627천원(9,369천원/평)
회수(B)	임대현금흐름	129,888천원
준공NPV		-454,626
NPV지수		-41.42%

[Note] 용지비는 LH 자산이나 현 감정가격을 반영.
 기금인출인하(2%→1%)시 NPV : -33.9% (7.5%개선)

(2) 시공과정

- 모듈러주택의 공법은 적층식으로 시공하여 제작된 모듈을 쌓아서 시공함.
2017년 8월 준공하였으며, 각 단계의 사진은 [표 2-6]과 같음.

[표 2-6] 부산 용호 행복주택 적층 공법 설치 공정 사진



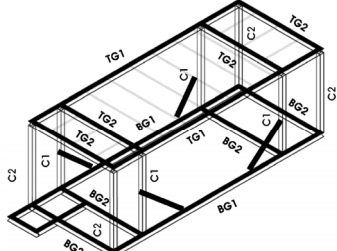
[출처] 스타코 엠씨 홍보자료

- 구조체를 구성하는 구성재의 크기 및 재질은 다음 [표 2-7]과 같음. 구조체의 크기는 폭이 3.3m, 길이는 8.4m이며 데크 플레이트 바닥 두께는 150mm이었음.
- 모듈러주택은 모듈과 모듈사이 수직적으로 공기층이 발생하여 층간소음에 유리한 것으로 국토부 보도자료(2017.1.9)³⁾에 제시되어 있음. 최근 층간소음 관련 기준 및 관리가 강화되어 모듈러주택의 2중바닥구조가 유리할 수 있으나 효과를 검증하여 제시하고 거주자가 이에 대해 체감하고 모듈러

3) [출처] 국토부 보도자료(2017.1.9), “도시첨단물류단지에 ‘주택+공장’복합건축 허용” : 공업화주택은 바닥구조기준 중 성능기준인 경량충격음 58데시벨, 중량 충격음 50데시벨 이하만 만족하면 건설
 - 동일한 소음 성능을 보이는 모듈의 무게가 4.5t(슬래브 80mm)에서 7.8t(슬래브 150mm)로 73%증가하고, 타워크레인 비용이 약 33%상승함.
 - 한국건설기술연구원의 연구개발 결과에 따르면, 공업화주택은 천장의 공기층이 확보되어 층간소음이 줄어드는 효과가 있음 : 400mm이상 천장 공기층이 존재할 경우 중량 충격음이 최대 4dB이 저감됨.

주택을 선호하는 것이 필요함. 층간소음기준 강화로 바닥 두께가 두꺼워져서 모듈러주택의 경우 자중이 증가하여 기존 공법과 차별화된 저감 방안 마련도 필요함.

[표 2-7] 부산 옹호 행복주택 구조도

	부재명	부재 사이즈	재질
	BG1, BG2, TG1, TG2, C1, C2	H-150×150×7t×10t	SM 490
	Wall Brace	C-100×50×6T	SM 490
	Deck Slab	THK=150mm	fck=24MPa

[출처] 스타코 엠씨 홍보자료, www.slaco.co.kr

- 구조체 조립은 [표 2-8]과 같이 골조를 먼저 조립한 후 데크 플레이트 바닥을 적용하여 바닥판을 고정 시킨 후 콘크리트를 타설함. 이후 준공된 주택도 대체로 동일하게 시공함. 즉, 공장에서 생산해도 거푸집은 없지만 콘크리트를 타설하는 반건식화된 공법을 활용하여 시공함.

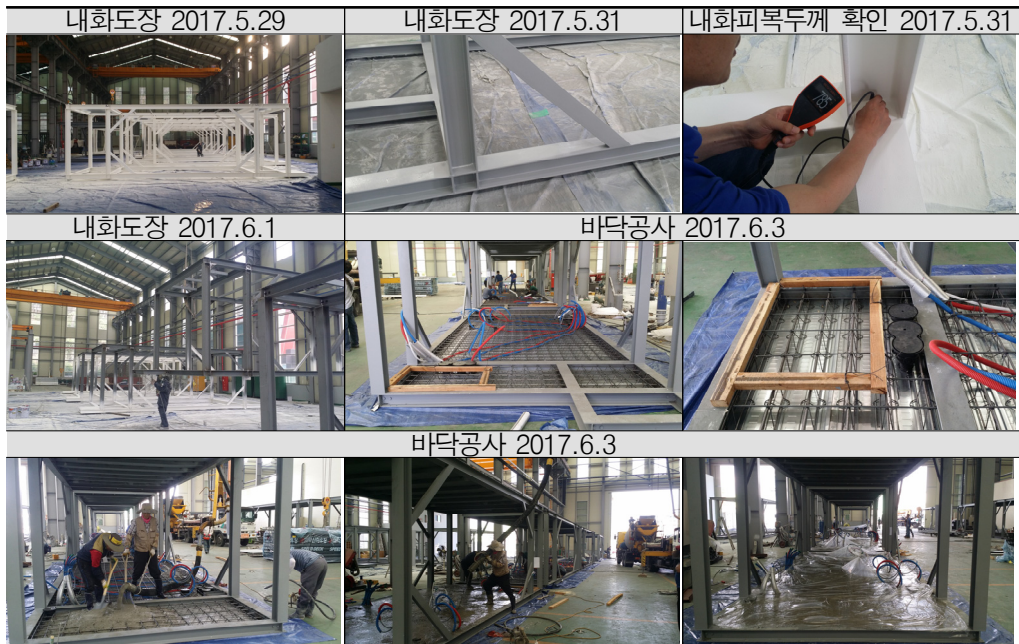
[표 2-8] 부산 옹호 행복주택 구조체 조립 과정



[사진 제공] LH실무부서 사진

- 골조 제작이 완료된 후 [표 2-9]와 같이 바닥 냉온수 배관을 설치한 후 데크 플레이트 위에 배력근, 스티드볼트 등을 설치함. 방수턱 등을 설치한 후 콘크리트를 타설하고 양생함. 바닥난방도 건식공법이 다양하게 소개되어 있지만, 가격 등의 문제로 습식 공법을 활용함.

[표 2-9] 부산 용호 행복주택 내화도장 및 바닥공사 과정



[사진 제공] 내실무부서 사진

[표 2-10] 부산 용호 행복주택 스테드벽체/욕실/창호 공사



[사진 제공] 내실무부서 사진

- [표 2-10]과 같이 건식벽 설치 전 바닥 레벨잡기를 하여 면을 평평하게 하고 러너를 시공함. 벽체 스티드를 설치하고 전기 박스, 창호 등을 설치함. 동시에 화장실 부분의 방수를 보강하고 배수구를 설치함.
- [표 2-11]과 같이 건식 벽체 부분에 벽체 단열재, OSB합판 등을 설치함. 창틀 설치 후 우레탄 폼으로 재료가 분리되는 부분의 단열을 보강함.

[표 2-11] 부산 용호 행복주택 난간대/벽체단열/석고보드 공사



[사진 제공] LH실무부서 사진

- [표 2-12]와 같이 기포 콘크리트 타설 후 난방 배관을 설치함. 배관 설치 후 몰탈을 타설함. 화장실 부분은 난방 배관 없이 겔형 우레탄 방수를 도포하고, 발코니 부분은 시트형 복합 방수를 부착함.

[표 2-12] 부산 용호 행복주택 방바닥 미장/방수 공사



[사진 제공] LH실무부서 사진

- [표 2-13]과 같이 천장 공사는 전기·통신 배관 및 환기 덕트 등이 설치됨. 천장 공사 부분의 배관 정리가 이후 모듈러주택 사례에서 보다 정리되는 경향이 있음. 투습 방습지 등으로 외부를 마감한 후 이동을 위한 포장을 함.

[표 2-13] 부산 용호 행복주택 천장/외부 래핑 공사



[사진 제공] 내실무부서 사진

- 현장공사는 모듈을 적층하고 외장재 마무리 공사를 하는 것으로 진행됨. [표 2-14]와 같이 부산 용호 행복주택 대지 2면에 도로가 접하고 있으며 한 개층 정도의 급경사가 있음. 측면 도로로 진입하여 후면에 크레인을 세우고 모듈을 적층함. 건물의 규모가 작아서 크레인은 이동없이 한 곳에 고정하고 14세대를 적층함.

[표 2-14] 부산 용호 행복주택 현장공사



[사진 제공] 내실무부서 사진

- [표 2-15]와 같이 모듈러 현장 설치 완료 후 외부 마감재 시공을 위한 강관 쌍줄 비계를 설치함. 모듈러 건축물은 공장에서 외부 마감을 완료해서 운반할 경우 비계 설치를 하지 않을 수 있음. ‘세종 사랑의 집짓기’의 경우 공장에서 외부 마감을 완료하여 현장에서 비계를 설치하지 않음.
- 가양 라이프의 경우에도 일정을 맞추는 것이 어려워 현장에서 외장 마감하며 공장과 현장의 공사일정을 조율하는 방법으로 활용함. 모듈러주택의 경우 기술이 발전하며 이런 작업시간의 오차를 줄이게 될 것이며, 외장 재까지 공장에서 물리적 오차도 거의 없이 제작하여 현장에서 적층하여 완성할 수 있으며, 이런 경우 품질 및 공사비 면에서 지금보다 개선됨.

[표 2-15] 부산 용호 행복주택 현장공사



[사진 제공] LH실무부서 사진

- 비계 설치 비용은 300만원 이하로 큰 비용이 지출되는 것은 아니지만, 공기는 비계 설치 및 철거 기간 만큼 길어지며 작업자의 사고 위험도 높아짐.
- 모듈러주택 설치 후 수직·수평 오차가 커질 경우 간격이 제각각인 틈이 외부로 보이기 때문에 현장에서 마감할 경우 이런 부분을 줄여 마감 상태를 우수하게 만들 수 있음. 공장에서 외장재 시공을 완성할 경우 모듈러주택 제작 과정 중 발생하는 오차가 거의 없도록 해야 외부로 보이는 줄눈이 계획한 대로 구현되기 때문에 제작의 정확성을 높여야 마감의 우수성이 확보됨.

2) 세종 사랑의 집짓기

(1) 사업 개요

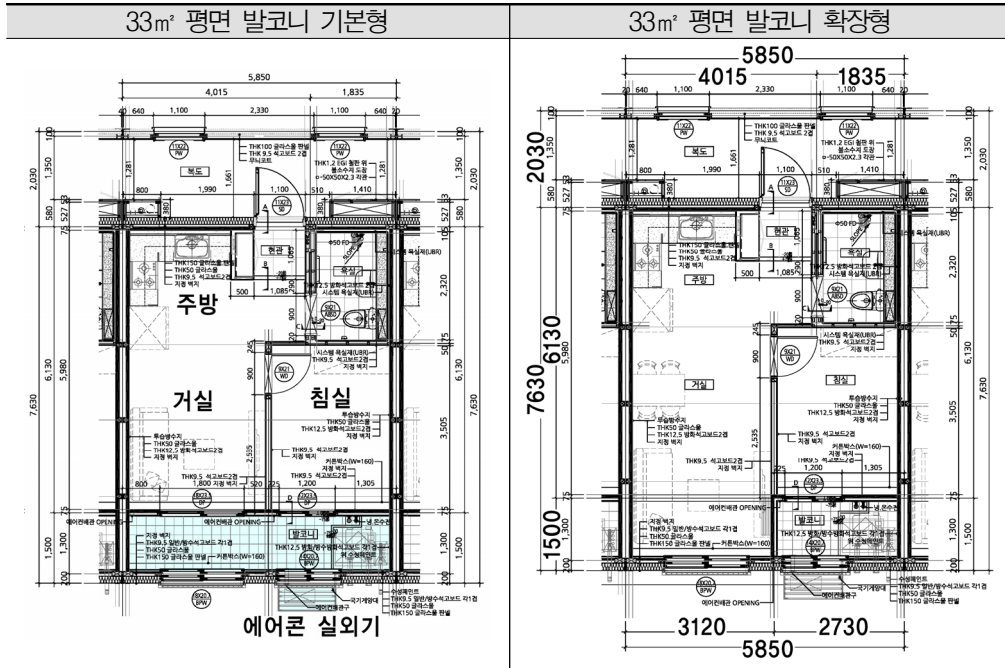
- 세종형 사랑의 집짓기 사업은 2017년 복권기금 지원 사업에 선정된 후, LH와 세종시가 주거취약계층을 위한 맞춤형 주거지원 기반 마련의 일환으로 2018년 3월 9일 업무협약을 체결하여 추진되었음. 주거취약계층에게 신속하게 고품질의 공공임대주택을 공급하기 위해 적층식 모듈러 공법을 활용함.
- 2020년 3월부터 3개월 간 모듈제작 후, 9월 14일에 준공하여 고령자, 장애인 등 16세대가 입주하였음. 주거약자 맞춤형 공공임대주택 공급을 위해 다가구 주택형, 2층 이하규모로 계획하였고, 영구임대주택 입주대상자 중 고령자·장애인 등 주거약자의 주거안정에 중점을 두었음.

[표 2-16] 세종형 사랑의 집짓기 건축 개요

구 분		내 용	
사 업 명		세종형 사랑의집짓기 1공구	
공급유형		영구임대	
공사기간		2020.03~2020.09.14 (모듈제작: 2020.03~2020.06)	
발주자		한국토지주택공사	
시공자		(주)극동건설 / (주)포스코A&C	
설계자		(주)건축사사무소 밍	
대지 현황	대지위치	세종특별자치시 전의면 읍내리 189-3, 189-20번지	
	지역지구	제1종 일반주거지역, 도시지역	
	대지면적	1,346.00m ² (407평)	
건축 현황	용 도	단독주택(다가구)	
	건축면적	507.31m ² (153.46평)	건폐율 37.69%
	연면적	863.83m ² (261평) - 세대면적: 573.8m ² 공용면적: 290.0m ²	용적률 64.18%
	조경면적	297.90m ² (90.11평)	조경비율 22.13%
	건축규모	지상 2층, 2개동	세대수 101동 33m ² 10세대 (주거약자 1세대 포함) 102동 33m ² 6세대
	구조	철골조(모듈러구조)	난방 개별난방
	주차대수	총 5대(지상1층)	

(2) 기본 모듈 및 평면 구성

[표 2-17] 세종 사랑의 집짓기 평면도



○ LH 모듈러 단위세대 표준모델 중 1~2인 가구에 적합한 33m²⁴⁾ 타입을 적용, 기본 모듈 규격은 운송과 관련 법규 제한을 검토하여 9.7m×5.9m로 설계 하였으며, 실의 구성은 주방 겸 거실, 침실, 욕실로 계획함. 폭 5.9m는 이동을 위한 제한 기준에 맞지 않은 문제가 있었으나 제작 단가를 맞추기 위해 제작사와 계약된 조건이 이전 사업인 ‘용진백령’주택사업에 적용한 동일 모델을 제작하는 것이었으므로 이를 감안하여 추진함.

○ 출입구에서 가장 가까운 세대는 주거약자 세대형 33m² 타입 한 세대를 배치하고, 나머지 일반 세대인 33m² 타입은 101동에 9세대, 102동에 6세대를 배치하여 총 16세대를 공급함. 주거약자세대형의 경우, [표 2-18]과 같이 일반 세대와는 달리 현관에 스마트 번호키를 설치하였으며, 단위세대 내 현관 출입구와 욕실에 거주자를 배려한 안전 핸드레일과 욕실의지를 설치했음.

4) 세대당 전용면적 33m², 공용면적 18m², 공급면적 51m²

[표 2-18] 세종 사랑의 집짓기 내부 사진



(3) 외장재 구성

- 외장재를 공장에서 제작 완료 후 현장으로 이동하여 설치함. 현장에서는 별도의 외장공사를 하지 않고 모듈간 사이만 코킹으로 메워 완성함.
- 부산 용호 행복주택과 이러한 과정상 차이가 있음. 대신 사랑의 집짓기는 경사가 있는 지붕 장식 마감을 현장에서 설치하여 모듈을 적층한 후 지붕 공사를 위한 기간이 추가됨. 사랑의 집짓기는 2층의 적층 주택이고 인근에 경사 지붕을 갖는 저층 주택이 밀집해 있어 주변과의 조화를 위해 경사지붕으로 계획함.
- 지붕 디자인을 본 보고서에서 설명하는 성남 하대원 행복주택, 가양 라이팜, 용인 영덕 중고층 모듈러주택 등과 같이 평지붕으로 시공하고 공장에서 외부

마감까지 제작해야 모듈러주택의 공기 단축 및 사고 위험성 저감 장점을 극대화할 수 있음. 위에서 소개하는 성남 하대원 주택의 경우 이러한 방법으로 시공함.

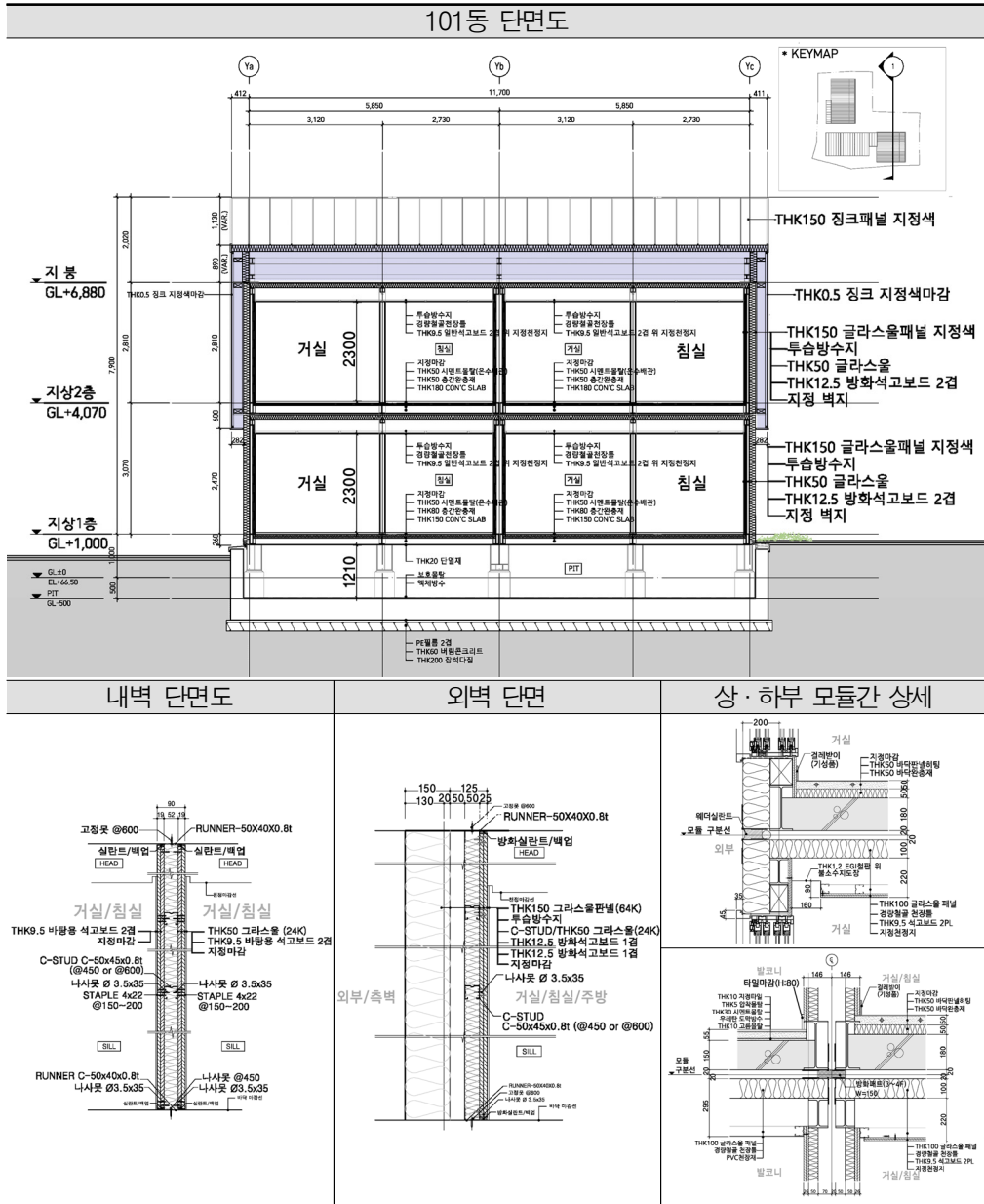
- 모듈러주택인 경우 입면 계획시 이러한 조건을 고려하여 입면 계획을 완성해야 함. 경사지붕을 활용하는 경우에는 외벽의 일부를 감싸는 방법이 아닌 일반 모듈과 동일하게 적층하여 완성할 수 있는 방법으로 계획되는 것이 공사비를 절감하고 공기를 단축시킬 수 있음.



[그림 2-5] 세종형 사랑의 집짓기 외장재

[출처] LH내부 자료

[표 2-19] 세종 사랑의 집짓기 단면도



(4) 모듈 제작 및 현장시공 과정

○ 세종 사랑의 집짓기 사업은 3개월 간 모듈러 유닛을 제작하고, 공기단축을

위해 현장에서는 기초 및 골조공사를 진행하는 방식으로 수행되었음. 상층부 공사가 기초·골조 공사와 동시에 진행되는 방식이므로 불가능한 진행 방식임. 모듈러 유닛 제작 완료 후 현장으로 운송하여 모듈러 유닛 설치 및 기타 현장 마감, 부대공사를 진행하는 형태로 진행되었음.

- 해당 사업은 2020년 3월 20일에 모듈러 유닛 제작 착수, 4월 1일에 현장 기초공사 착수, 6월 20일에 모듈러 현장 설치 완료한 후 1개월 내 현장 마감, 지붕공사, 조경공사 등 기타 잔여공사를 완료할 예정이었으나, 9월 14일에 준공하여 약 60일 정도 계획 대비 지연되었음. 이유는 공사 지연 일정 60일이 우기와 겹쳐 있었으며, 60일 중 75%인 45일이 현장공사 비 작업일이었음. 이러한 공사 지연이 없을 경우 사랑의 집짓기 프로젝트 공사기간은 유닛 골조공사부터 현장 마감까지 약 4개월, 즉 120일로 계산할 수 있음. 현장 공사 중 기상 영향으로 공기를 변경해야 하는 문제를 모듈러주택의 경우 크게 줄일 수 있으며, 이러한 효과로 공기가 크게 단축될 수 있음. 현장 공사 중에는 기상 영향으로 공기가 지연될 수 있는 요인이 많고 모듈러주택의 경우 이를 크게 줄일 수 있으므로 전체 공기가 크게 단축될 수 있음. 세종 사랑의 집짓기 프로젝트 내에서는 30일로 계획된 현장 마감 공사가 60일이 지연되어 90일로 늘어남. 전체 공기가 120일 인 것을 고려하면 매우 큰 비율임.



[그림 2-6] 세종 사랑의 집짓기 사업의 전체 공사계획

[출처] LH내부 자료

- 모듈러 제작사인 포스코 A&C 모듈러 제작공장은 군산 국가산업단지 내에 위치했으며, 주요 자재 수급, 인력충원, 운송을 위한 현장접근성 측면에서 유리한 조건이었음. 즉, 공장에서 현장까지 약 120km로 약 1시간 40분 소요 되는 거리에 위치함. 특히 산업위기지역 선박생산 유희공장 중 적정 시설을

확보하여 지역 일자리 창출과 지역 경제 활성화에 기여함과 동시에 대형 모듈 제작에 최적화된 조선 제작 설비를 활용하여 제작의 효율성을 향상시킴.

- 세종형 사랑의 집짓기 사업의 경우, 계단과 지붕공사를 제외하고 골조공사부터 유닛 마감재 제작, 공용 복도, 가구설치까지 공장에서 유닛형태로 제작하여 공장 제작율을 90%까지 향상시킴으로써 현장 시공부분을 최소화하였음
- [표 2-20]과 같이 모듈러 공장 제작분과 현장공사 구분에 있어, 공장에서는 단위세대 및 복도까지 일체화하여 구체공사, 내외장마감, 각종 단위세대 내 스위치 및 콘트롤러, 위생기구, 기계설비 등을 포함하여 유닛 모듈러를 제작·공급하였으며, 현장에서는 공장제작분 외 기초/가설공사, 구체공사, 내외장마감, 설비 및 단위세대와 공용부 설비 연결 공사로 구분하였음.

[표 2-20] 세종형 사랑의 집짓기 공장제작과 현장공사 구분

구 분		공장제작	현장공사
구체공사		· 철골 : 단위세대, 단위세대 앞 복도	· 철골 : 지하PIT, 로비, 계단실, 주출입구, 캐노피, 지붕 · 기초, 지하PIT, 주각부
실내 조성 바탕 마감	바닥	단위세대 내부	지하PIT, 로비, 계단실, 단위세대 앞 복도
	벽	단위세대 내부	지하PIT, 로비, 계단실, 단위세대 앞 복도
	천장	단위세대 내부	로비, 계단실, 단위세대 앞 복도
미장			지하PIT 벽 외부
방수		· 단위세대 방수 (단위세대 외벽, 화장실, 발코니) · 단위세대 앞 복도 방수(복도외부)	공용부 외기접하는 부분 (지하PIT, 지붕 계단실)
창호유리		단위세대 현관문, 창호 / 복도창문(징크패널부분 제외)	주출입구 자동문, PIT점검문, EPS점검문, 계단실 창호, 복도 창문(징크패널 부분)
기계		단위세대 배관 제작 및 설치 배관 및 커버의 각종 마감 도색 각종 스위치 및 콘트롤러 설치 위생기구 설치 기계설비 설치	각종 공용부 기계, 배관, 배선 전체 / 메인-단위세대 인입부 기계, 배관, 배선 연결
전기통신		조명, 통신 설치 (2차: 분전함-해당기기 등)	공용부 배선일체 (1차: 메인-분전함, 단위세대와 결선) / 공용부 조명, 통신

구 분	공장제작	현장공사
소방	타공, 도색 등 마감(필요시)	각종 배관, 기구 설치
기타		계단실 난간
현장공사 및 공장제작 구분도 (표기 외 부분은 현장공사)		

- 공장에서 제작이 완료된 유닛 모듈은 [그림 2-9]에서 볼 수 있듯이 1일차에 102동 4개, 2일차에 101동과 102동 각각 2개, 3일차에 101동 4개, 4일차에 101동 4개까지 총 16개의 모듈을 4일 동안 현장 반입과 설치 완료함.
- 모듈 양중과정에서는 500톤 크레인을 사용하였으며, 양중 과정에서 유닛 모듈을 밸런스 빔에 고정시켜 모듈에 가해지는 응력을 최소화하고 변형 및 파손 위험에 대해 대비함.
- 부산 용호 행복주택과 사업기간 상 3년의 차이가 있지만 제작과정은 유사함. 부산 용호 주택의 경우 가구를 현장에서 부착하고, 세종 사랑의 집짓기는 공장에서 제작하여 부착 후 이동함. 외장재를 설치하는 방법도 사랑의 집짓기는 공장에서 마감한 후 현장에서 비계를 설치하지 않고 완성함. 그 외 자재 및 접합 기술 등은 달라졌으며 디테일 부분이 많이 보완됨.

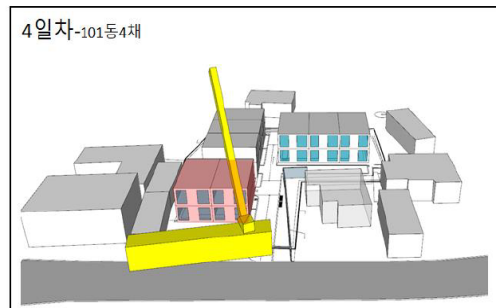
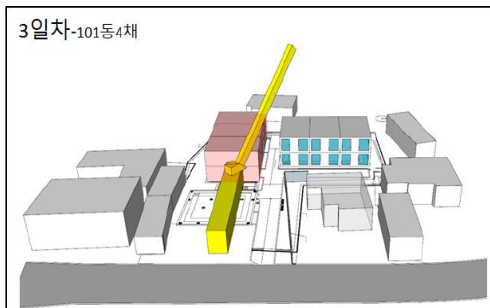
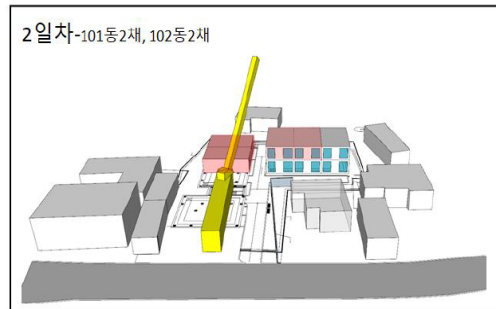
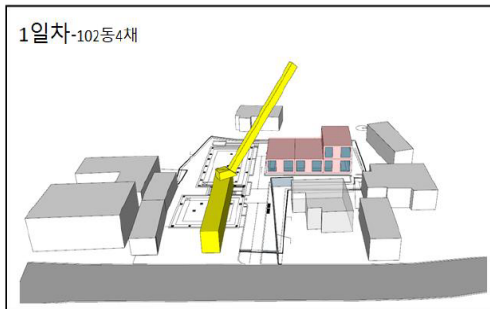


[그림 2-7] 세종형 사랑의 집짓기 모듈 공장제작 프로세스 [출처] 포스코 A&C제공



[그림 2-8] 세종형 사랑의 집짓기 모듈러 양중 및 설치 현장사진

[출처] LH내부 자료



[그림 2-9] 세종형 사랑의 집짓기 모듈러 양중 및 설치 과정

[출처] LH내부 자료



[그림 2-10] 세종형 사랑의 집짓기 준공 사진

[출처] LH내부 자료

2. SH 및 GH 모듈러주택 사업 추진 사례

2.1 GH 성남 하대원 행복주택

1) 사업 개요

- 경기도시공사에서 민간참여 공공주택사업으로 발주한 성남 하대원 행복주택 프로젝트는 대학생, 청년, 고령자계층 등의 주거안정을 위하여 공급한 임대주택으로, 모집 경쟁률 67대 1에 이를 정도로 큰 관심 속에 2019년 7월 전 세대 입주 완료하였음.
- 1인 가구의 급증으로 소규모 임대주택의 인기가 높아지고 있지만, 부지 선정이나 공사 중 지역 주민과의 갈등 등이 공사 진행을 어렵게 함. 이 사업은 좁은 도심지에서 공사 기간을 획기적으로 단축하고, 소음과 각종 민원을 최소화한 모듈러 공법 적용사례 중 하나임.
- 공사현장이 구도심 내에 위치한 소규모 필지여서 지역주민의 피해를 최소화하기 위해 기본 골조와 전기 배선, 온돌, 창호, 현관문, 욕실 등 70~80%까지 공장제작하여 현장에서 크레인으로 적층하는 적층식 모듈러 공법을 적용하여, 6주 만에 현장공사를 완료함.
- 공사기간은 세종 사랑의 집짓기와 유사하게 6개월 정도였으며, 규모도 총 14세대로 유사함. 세대 면적은 18㎡의 소형주택이며 4층을 적층한 구조이므로 대지면적도 ‘세종 사랑의 집짓기’의 30% 미만임.

[표 2-21] 성남 하대원 행복주택 건축 개요

구 분		내 용		
설계기간/시공기간		2018년 1월 ~ 2019년 2월/ 2019년 1월 ~ 7월		
대지 현황	대지위치	경기도 성남시 중원구 하대원동 121-5		
	대지면적	379.9㎡		
건축 현황	건축면적	227.38㎡	건폐율	59.85%
	연면적	453.88㎡	용적률	119.47%
	건축규모	지상 3층, 높이 9.75m	세대수	14세대(세대당 18㎡)
	내부마감	석고보드 위 수성페인트, 벽지	외부마감	세라믹 패널, 분체도장 강판, PC 패널



[사진제공] ㈜ 유창

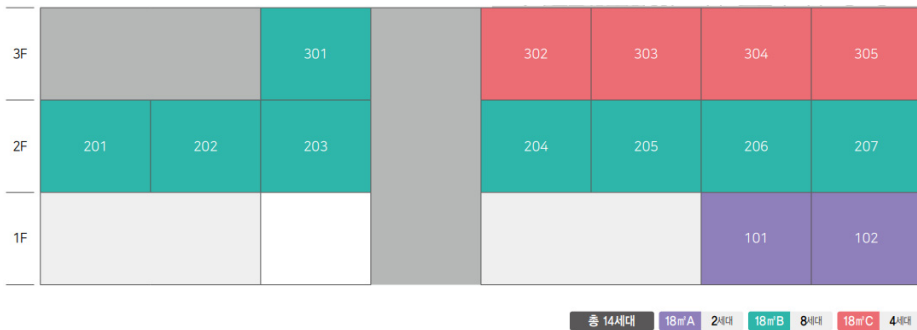
[그림 2-11] 성남 하대원 행복주택 설치 및 전경사진

2) 기본 모듈 및 평면 구성

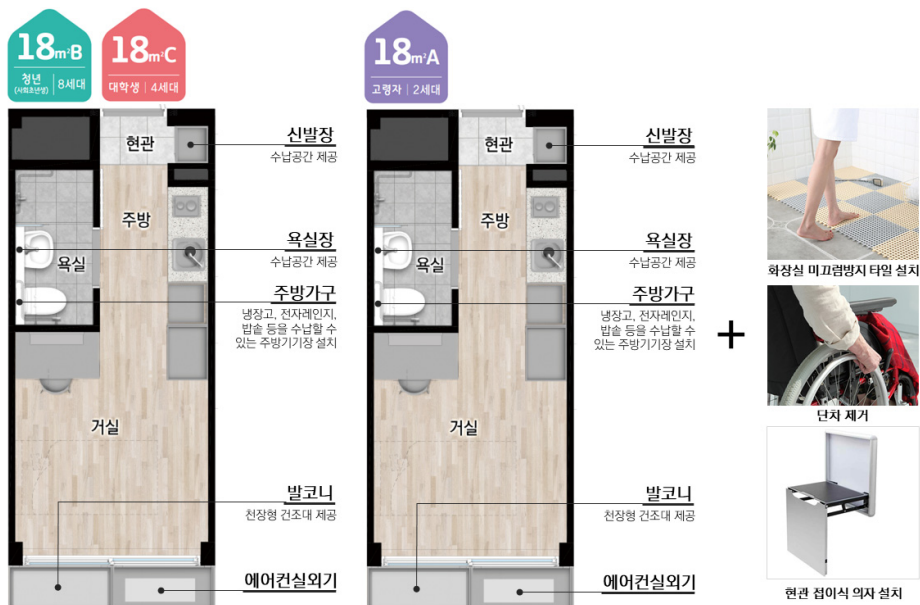
- 세대별 전용면적 18m²으로 제작된 표준 모듈은 입주계층별로 A타입인 고령자 2세대, B타입인 청년(사회초년생) 8세대, C타입인 대학생 4세대로 구성됨.
- 진입부에 해당하는 1층 계단실 옆에는 세탁기와 건조기, 손님맞이 공간 등 커뮤니티 공간이 접근이 용이하도록 배치되어 있고, 주거약자인 고령자 세대 2개 유닛이 배치됨. 2층은 사회초년생을 위한 1인 주거 7개의 유닛이 집중적으로 배치되어 있고, 복도를 통해 각 세대로 용이하게 접근이 가능하도록 구성됨. 3층은 사회초년생 1세대, 대학생 4세대의 총 5개의 유닛이 배치되어 있으며, 옥상에는 BIPV 패널로 차양을 설치한 쉼터와 텃밭이 있음.
- 각 세대의 보일러는 강제 배기식으로 하여 배기는 옥상으로 하고 급기는 복도의 실내기로 유입하여 사용하도록 하였으며, 유닛별 보일러를 복도 쪽에 배

치하여 좁은 공간의 효율성을 높임

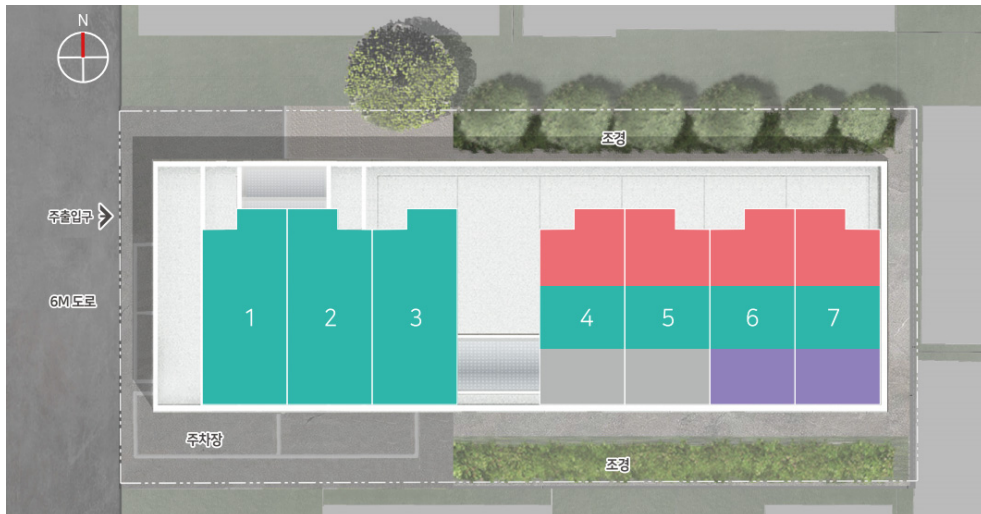
- 용인 영덕 중고층 모듈러주택의 경우 실외기를 한 곳에 집중 설치하여 세대와 분리함. 이와 같은 방식으로 계획하여 운반의 제약으로 넓히기 어려운 실내 사용 면적을 조금이나마 넓힐 수 있음. 모듈러주택의 경우 세대 내부 면적을 넓히기 위한 설비 설치 방식의 변화가 필요하며, 실외기 실을 외부에 두는 것이 좋은 대안이 될 수 있음.



[그림 2-12] 세대 배치도 (출처 : 경기도시공사 모집공고문)



[그림 2-13] 성남 하대원 세대 평면도
(출처 : 경기도시공사 모집공고문 및 KICT(2020) 참고)



[그림 2-14] 성남 하대원 행복주택 주동배치도 (출처 : 경기도시공사 모집공고문)

[표 2-22] 성남 하대원 행복주택 공용 및 전용공간

1층 커뮤니티공간		옥상정원
		
세대내부		복도
		

[출처] 2020.07.21 현장답사 사진과 월간 SPACE 게재 사진 참조

2.2 GH 용인영덕 중고층 모듈러주택

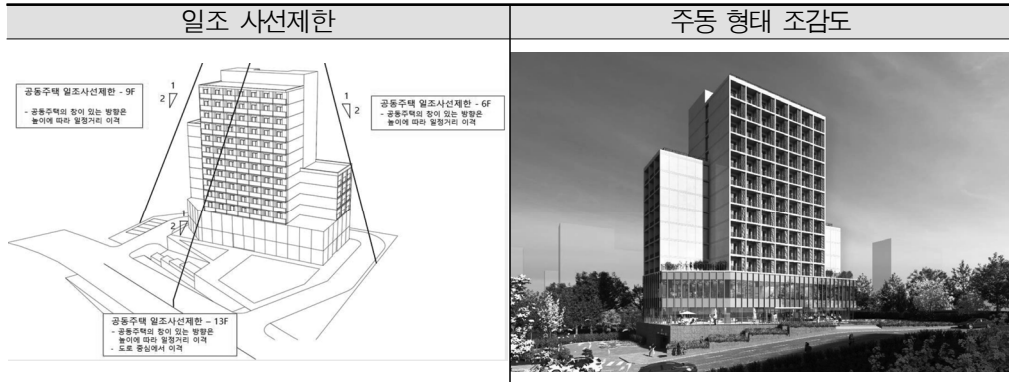
1) 사업 개요

- 경기주택도시공사에서 발주한 용인 영덕에 위치한 13층 모듈러주택은 청년 임대 주택임. 13층으로 내화 3시간을 충족해야 하므로 13층 이상의 모든 층수와 동일한 내화기준을 적용 받음. 내부 인테리어 및 장식품·소품 등의 선택을 위해 청년의 선호를 적극 반영하여 디자인을 완성함.
- 평면의 특징은 실외기실을 층별로 모아 집적 설치하여 실내 면적을 그만큼 확보할 수 있고 전면에 실외기실이 없어 발코니 전면 확장도 가능함. 부산 용호 행복주택, 성남 하대원 행복주택 등이 한 모듈로 한 세대를 계획한 사례이며 이런 시공 사례의 경우 전면에 발코니가 있었음.
- 그 외의 평면 계획은 이전에 시공된 모듈러주택 사례와 매우 유사함. 소형 주택은 전체 면적이 매우 협소하여 평면 구조의 변경이 제한적임. 그러므로 이러한 규모의 주택은 표준화하여 대량 생산하는 게 보다 용이하고 공사비도 낮출 수 있음.

[표 2-23] 용인영덕 중고층 모듈러주택 건축 개요

구 분		내 용		
발 주 처		경기주택도시공사(GH)		
시 공		(주)금강공업(10%) 현대 엔지니어링(90%)		
설계/감리		(주)건축사무소 밍 / (주)유태엔지니어링, (주)대명기술단		
시공기간		'22.01.23~23.04.20		
사업비		총 211억 (GH공사 : 35억, 민간사업자 : 176억)		
대지 현황	대지위치	경기도 용인시 기흥구 영덕동 550-1		
	대지면적	3,018㎡ (913평)		
건축 현황	건축면적	859.73㎡	건폐율	28.49% (법정50%이하)
	연면적	6,967㎡	용적률	166.33% (법정240%이하)
	건축규모	지하1층~지상 13층 1개동	세대수	106세대(주차 55대) 전용17㎡ 102호, 전용37㎡ 4호

[표 2-24] 일조 사선제한 검토 및 주동 형태 계획



2) 구조 계획

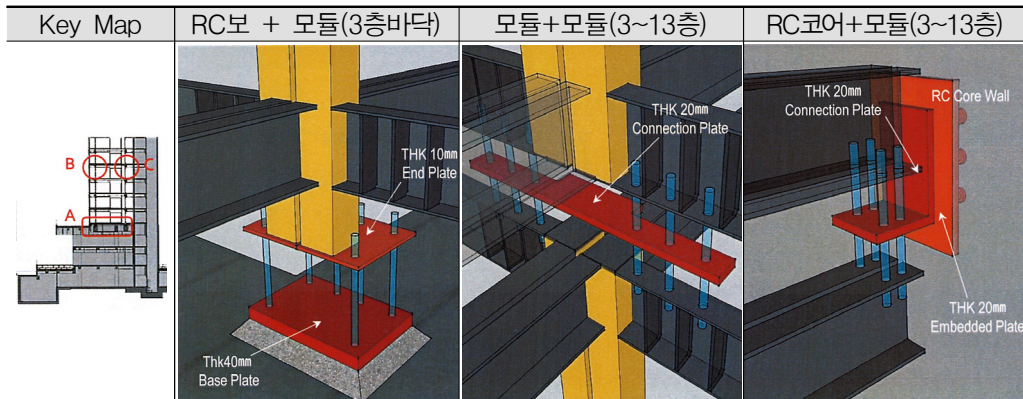
- 1~2층은 주민 편의시설이 들어가고 3층부터는 모듈이 적층되는 방식임. 전체적으로 철근 콘크리트 구조로 거대한 ‘L’자 모양의 지하 1~2층과 코어를 만듦. 코어에 승강기와 각 가구로 이어지는 전력망, 통신망, 스프링클러를 설치함.
- 현장 공사분은 RC공용부(지하 1층 ~ 지상 2층), RC코어, 모듈 간 접합, 복도 및 공용부 마감이며, 공장 제작분은 단위세대 모듈 제작 부분임. 이러한 방법으로 약 7개월의 공기단축이 가능했음.

[표 2-25] 구조 개념도



- 유닛 모듈의 접합 방법은 10mm 또는 20mm 연결 플레이트를 두고 볼트 조립하는 방법임. 각각의 모듈마다 12개의 앵커볼트가 코어와 주변 주택 모듈들과 연결됨으로써 각각이 따로 움직이는 것을 방지함. 앵커볼트의 직경은 20mm이고, 그 볼트가 들어가는 구멍은 22mm임.

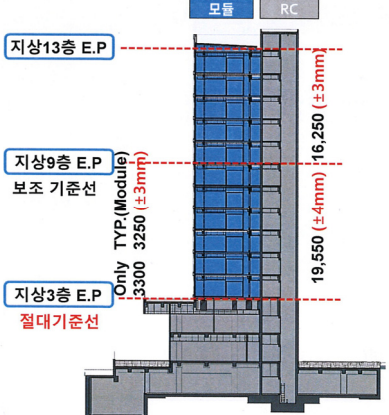
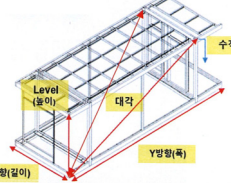
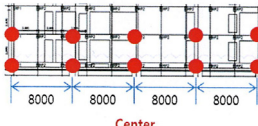
[표 2-26] 접합 조립 상세



[출처] 용인영덕 모듈러주택 상품 품평회 자료, 2022. 7

- 사전 시뮬레이션을 통해 오차가 있을 때는 미리 확공을 하여 계획적으로 문제를 해결함. 시뮬레이션은 3D스캐너와 추가의 측정 장비를 이용하여 확인 지점(check point)를 검측함. 3D도면과 다른 별도의 장비에 맞는 프로그램으로 수직도의 편차를 분석하고 설치 모듈을 연계 관리함. 이러한 분석은 현장에서 유닛 모듈을 적층할 경우 외에도 모듈을 제작하여 용접 등을 한 후에 발생하기도 하므로 제작부터 코어와의 접합까지 발생하는 오차 관리를 함.
- 유닛 모듈 골조 제작 허용 오차는 직선 $\pm 2\text{mm}$, 대각 $\pm 3\text{mm}$ 에서 평활도 3m당 2.5mm로 설정함. 이러한 오차를 줄이는 것은 고층 모듈러주택에서 저층 모듈러주택보다 더 중요함. 왜냐하면 오차가 적어야 적층 후 모듈간 틈이 작아져 마감 품질을 개선할 수 있고, 하자 발생도 줄일 수 있음. 오차가 클 경우 비계를 설치하여 별도의 현장 공사로 외장재를 추가로 부착하는 것이 필요함. 고층화 될수록 이러한 작업이 더 위험하고 어려움.

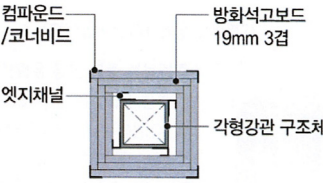
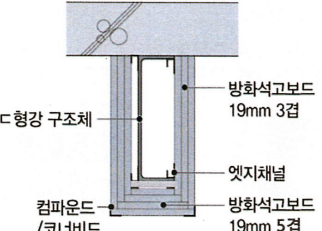
[표 2-27] 정밀제작 및 시공계획

모듈 + RC접합부 허용 오차설정	모듈 공장제작 오차 설정	
		모듈골조 제작허용오차 ①직선 : $\pm 2\text{mm}$ ②대각 : $\pm 3\text{mm}$ ③평활도 3m당 2.5mm
	코어 시공 허용 오차 [층별 Gang Form 설치 시 계측 진행 (각 층별 10Point 계측)]  코어 시공허용 오차 ①Z방향(경사도): $\pm 20\text{mm}$ ②Y방향(높이): $\pm 10\text{mm}$ ③X방향(폭): $\pm 10\text{mm}$	

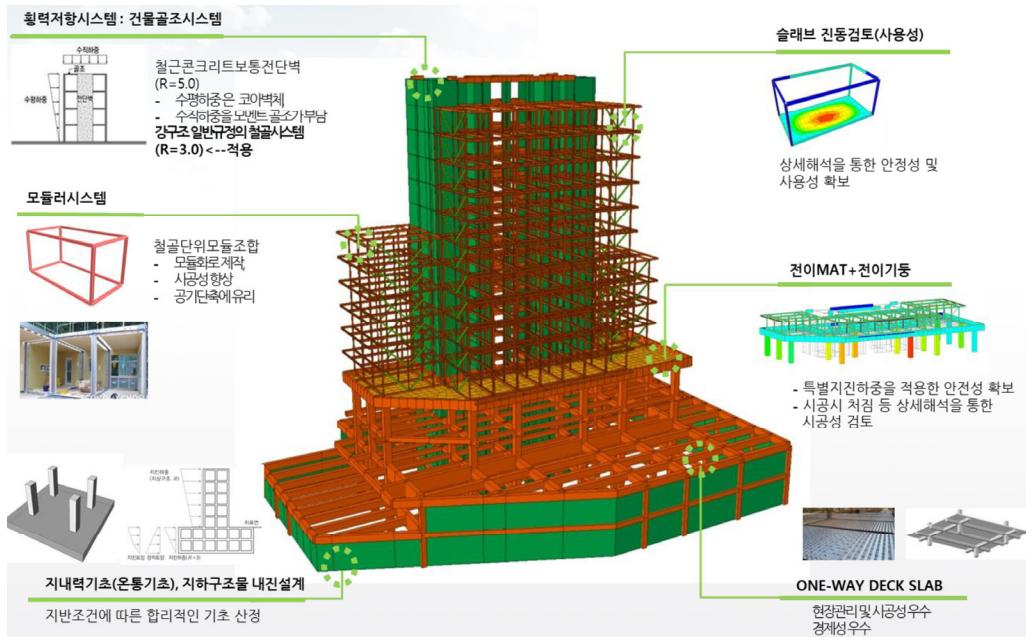
[출처] 용인영덕 모듈러주택 상품 품평회 자료, 2022. 7

- 이러한 시뮬레이션 방법을 활용하기 위해서는 건물 전 과정의 디지털화가 수반되어야 함. 도면이 BIM으로 작성되어 있어야 하고 현장과 BIM도면이 동일한지 검증하는 과정으로 오차 관리를 함.
- 내화 3시간 확보를 위해 방화석고보드가 기둥 3겹, 보하부 4겹으로 적용되어 실내 면적이 다소 감소함. 방화석고보드 3겹 설치에 대한 하자 발생 가능성, 설치 방법 등을 검토함. 방화석고보드를 사용한 인케이스먼트 공법 내화인정 구조를 적용함. 내화 성능을 제대로 발현하기 위해서는 방화 석고보드를 순서에 맞춰서 정확한 방법으로 설치해야 함.

[표 2-28] 내화 3시간 확보 계획

기둥 3시간 내화 인정구조	보 3시간 내화 인정구조	간막이벽 2시간 내화 인정구조
 컴파운드/코너비드 방화석고보드 19mm 3겹 엠티채널 각형강관 구조체	 방화석고보드 19mm 3겹 엠티채널 방화석고보드 19mm 5겹 컴파운드/코너비드 C형강 구조체	 C-STUD 50×45×0.8T @450 조인트 컴파운드 방화석고보드 19mm 2겹

[출처] 용인영덕 모듈러주택 상품 품평회 자료, 2022. 7



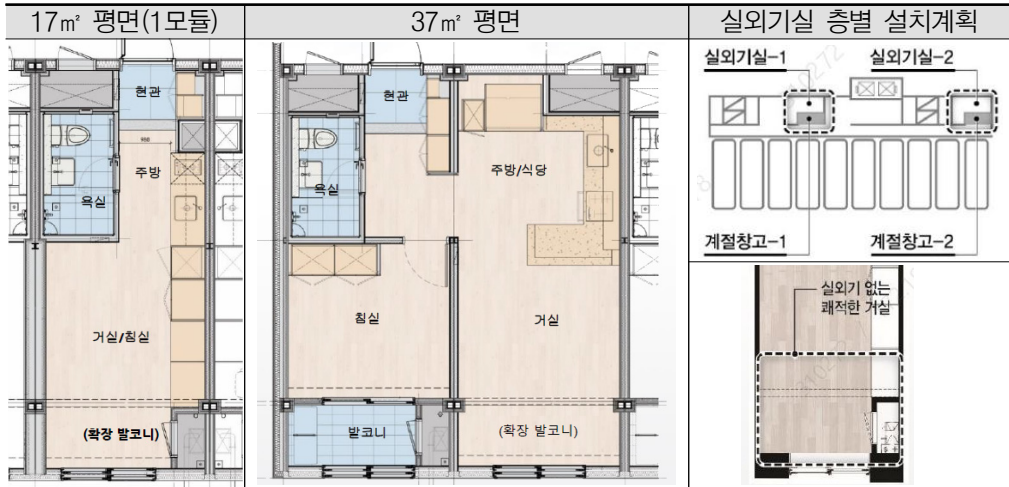
[그림 2-15] 전체 건물의 구조 개념도

[출처] 배규웅(2022.11.23), 용인영덕 경기행복주택 실증사업 추진현황 발표자료

3) 평면 계획

- 평면은 두 가지 타입으로 계획하여 배치함. 한 모듈을 활용하는 17㎡, 두 모듈을 활용하는 37㎡ 두 가지로 제작하였으며, 각각의 특징은 다음과 같음. 17㎡평면은 청년, 주거약자, 고령자 1인 가구 주택으로 계획함. 실외기실을 세대 외부로 분리 배치하여 세대 내 소음을 저감하고, 공간을 확보함. 발코니 확장으로 실면적이 증가하였으며, 추가로 계절 창고를 분산 배치하여 생활 편의성을 증진함. 37㎡는 신혼부부 거주를 전제하여 계획함. 독립적인 침실이 1개인 평면으로 침실에는 발코니가 있고, 거실 부분에는 발코니를 확장함. 층별 배치도는 다음 [표 2-29]와 같음.

[표 2-29] 17㎡타입과 37㎡타입 평면



[그림 출처] 배규웅, “국내 13층 모듈러 공동주택 성과와 과제”, 스마트 건설의 날 2022(2022.11.23) 발표자료

↑ 지상 4~11층 평면도



↑ 지상 12~13층 평면도



[그림 2-16] 층별 평면도

4) 공사 추진 현황

- 제작된 모듈은 2022년 11월 현장으로 운반하여 적층 시작함. 중량은 대략 25톤(t) 정도로 무진동 저상 트레일러의 중량이 15톤(t)정도 되므로 총 40톤 이내로 맞추기 위해 모듈러 유닛의 경량화를 위해 노력함. 특히 층간소음 성능을 우수하게 하기 위해서는 바닥 두께를 두껍게 하는 게 대안이 되지만, 모듈러주택의 경우에는 중량의 문제로 콘크리트 슬래브를 150mm로 두고

다른 대안을 모색함. 최종적으로 바닥충격음을 약 45.5dB로 3등급을 획득함.

- 2022년 12월 31일 13층 적층 완료함. 총 2개월 간 접합부 등의 처리를 하며 140개의 모듈을 적층함. 준공은 4월말 예정이며 약 3개월 간 현장 마무리 공사가 진행됨.
- 양중장비는 440톤 하이드로 크레인을 사용했으며 붐이 최대 68m까지 가능했음. 건물의 높이는 약 56m였으므로 붐의 여유는 충분했음.
- 경계벽 차음성능은 2중으로 벽을 설치하고 사이에 공기층이 생기는 모듈러주택이 RC구조보다 확보하기 용이함. 이와 유사하게 수직적으로도 바닥과 천장 사이 공기층이 생기고 2중으로 면을 설치하는 방식이므로 4dB정도 층간소음을 낮출 수 있는 가능성이 제시되었음. 이러한 2중 구조가 자재 활용이나 공간 확보 측면에서 불리할 수 있으나 소음 저감에 강점을 갖고 차별화 될 수 있도록 설치하고 검증하여 주택의 성능 및 품질을 제고하는데 활용해야 함.

[표 2-30] 시공 현장 사진(2022년 11월 ~ 2023년 1월 현황)

접합부 처리	모듈 적층 후 외벽	복도부분 시공
		
유닛 모듈 연결 부분	2022년 11월 30일 현황	2023년 1월 초 현황
		

2.3 SH 가양 라이플

1) 사업 개요

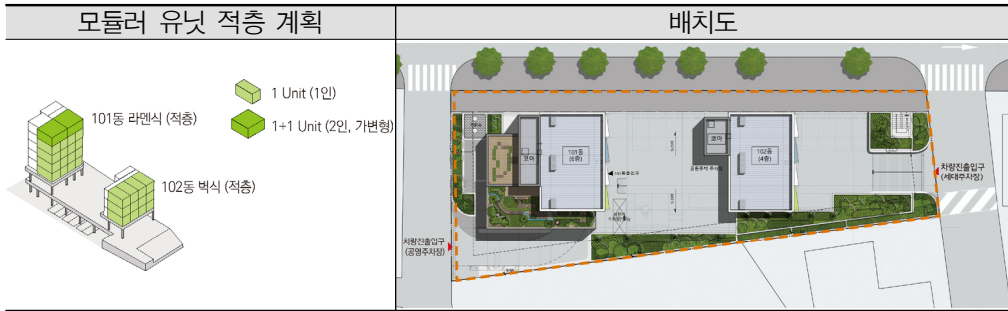
- 30세대가 2개 동으로 나뉘져 4층, 6층으로 시공됨. 건축적 특징은 [표 2-31]과 같이 두 동의 구조를 다르게 적용하여 시공하였음. 101동의 최상층 세대는 면적을 크게 하여 두 개 모듈로 한 세대를 계획하였으며, 가변형 구조로 계획함.
- 사업 추진 여건은 기존에 사용하던 지상 공영주차장을 지하로 옮겨 조성하고 지상에 행복주택을 건설하는 것이었음. 월세로 주거비 지출이 부담스러운 사회 초년생들을 위한 주택을 제공하고, 공영주차장을 이용자들도 기존과 같이 주차장을 활용할 수 있도록 기획함. 그러나 관리 주체가 다른 문제, 즉 지하 공영 주차장은 설계와 시공관리 책임이 SH공사였지만, 주차장 완공 후 서울시에 귀속되고 서울시 공단에서 운영하기 때문에 업무 협조가 있어야 진행될 수 있었음.
- 기존 주차장인 부지를 활용하여 새로운 지하 공영주차장이 개설되기 전까지 사용할 수 있는 임시 공영주차장이 필요했음. 최대한 기존 주차장 부지에서 가까우면서 임시 주차장 조성에 투입되는 비용을 줄일 수 있도록 SH공사가 보유하고 있는 마곡지구 내 미개발 부지 중 한 곳을 선정하여 이를 임시 주차장으로 활용했음.

[표 2-32] SH 가양 라이프 건축개요

구 분		내 용			
발 주 처		서울주택도시공사(SH)			
시 공		(주)신우건설산업(하부 공사), 포스코 A&C(모듈러주택)			
시공기간		2016.11.11(착공) ~ 2017.11.10(준공)			
대지 현황	대지위치	서울시 강서구 가양동 1457-1(강서로 515)			
	대지면적	1,436㎡			
건축 현황	건축면적	371.65㎡	건폐율	25.88% (법정60%이하)	
	연면적	2,068.12㎡	용적률	75.96% (법정230%이하)	
	건축규모	2개동(101동 6층, 102동 4층)	세대수	30세대 (101동 18세대, 102동 12세대)	
	주차대수	총 53대(공영 39대, 세대 14대)	용도	공영주차장 지하 1층, 근린생활시설 1층, 공동주택 2~6층	

- 모든 세대가 1개 또는 2개 모듈로 시공되도록 계획함. 2개 모듈로 구성된 세대를 확장하여 34㎡로 사용할 수 있도록 계획함. 발코니는 확장하지 않고 발코니에 세탁기 및 보일러를 설치하여 다용도실을 겸하도록 시공함.

[표 2-31] 가양 라이프 품 배치도 및 모듈러 유닛 적층계획



[표 2-33] 가양 라이프 품 평면 계획



2) 공사 진행 과정

- 2016년 연구단 실증 사업으로 진행되었으며, 다음과 같은 단계로 사업이 추진됨.
 - 먼저, 사업을 위한 부지확보를 위해 공공임대주택을 건설할 수 있는 부지 이면서 공공임대주택 입주자 선정기준에 부합하는 조건을 충족시킬 수 있는 장소를 선정함. 가양동의 지하철 역 양천향교 역 인근 공영주차장으로 사용되고 있는 부지를 선정하여 사업을 진행. 공영주차장 부지이므로 도로 접근성이 양호하나, 보행과 차량 통행량이 많은 곳이라 빠른 공기로 건축할

수 있는 모듈러 건축의 장점 활용이 필요했음.

- 소규모 공사이기 때문에 SH공사 규정상 공사감독 분류 기준에 의거 SH공사 공사부 감독들이 자체 감독을 수행할 수 있는 규모에 속했음. 그러나 복합 공정과 시공시간의 조율 등 공사 진행을 관리하는 책임 관리기관이 필요한 것으로 판단. 이에 SH공사는 ‘감독 권한 대행’등 건설 사업관리 용역을 추가로 발주하여 책임 감리를 시행함. 총 공사비에 대한 책임감리 비용이 상당했지만, 발주처인 SH는 ‘안정적이고 원활한 공사 진행과 안전을 위해’높은 감리비를 지출하는 것으로 결정함. 이에 감리 회사를 별도의 용역기관으로 선정하여 진행함.
- 모듈러 공사와 하부 시공부분을 분리하여 두 개 기관에서 수행하면서 공사비 지급 주체가 달라져 기성금 지급 방법이 달라졌음. 두 시공사 모두 책임 감리 업체의 관리를 받고 모듈러 시공사와 하부 시공사 모두 책임감리를 통해 기성금 지급 요청서를 보냄. 업무 영역 구분은 SH공사에서 모듈러 제작 및 시공과 하부 시공 전체에 대한 총괄 관리를 맡음.
- 모듈러 세대의 공장제작 및 현장 설치는 포스코 A&C에서 담당함. 콘크리트 필로티 공사에서 모듈러 현장 설치에 필요한 앵커볼트 매립 및 설치작업은 모듈러 제작사인 포스코 A&C에서 수행하고, 그 외 기초공사, 지하 공영주차장 공사, 지상 입주자 주차장 공사, 콘크리트 코어 공사, 모듈러 설치를 위한 콘크리트 필로티 공사, 부대시설공사 및 조경공사는 하부 시공사가 담당함. 모듈러 공사 및 하부시공 공사 전체 사업 진행사항에 대한 검토 및 관리는 책임감리 회사가 담당함. 가양 라이폼 공장 제작 과정은 세종 사랑의 집짓기와 동일한 제작사에서 진행하여 [그림 2-19]과 같이 차이가 없음.
- 공장제작 완료 시점과 현장 기초공사 완료 시점에 대한 공사일정 조율이 매우 중요한 문제였음. 공장 제작 완료시점이 설치 현장 일정보다 빠르면 완성된 모듈은 공장 내부에서 대기하거나 공장부지 내·외부에 마련된 야적장에 적치해야 했음. 이러한 상황 때문에 공장 제작이 완료된 모듈은 골조 자중에 의한 뒤틀림과 모듈 하단 부분의 볼트 접합 부위 손상을 방지하기

위한 별도의 거치대가 필요하며 추가 작업과 비용이 발생할 수 있었음. 반대로 현장작업이 먼저 종료된 경우 공장 제작 모듈이 현장 설치되기 전까지 사전에 투입된 현장 작업자를 안정적으로 확보하기 위해 대기 시간 동안 비용을 지불해야 하는 문제가 발생함. 이러한 일정관리 어려움으로 외장 마감은 현장에서 작업함.



[그림 2-17] 가양 라이프 공장제작과정

[출처] SH공사·SH도시연구원(2019)

- 기초 공사 부분의 상부 구조물은 현장에서 철근을 조립 후 콘크리트를 타설함. 이 구조물 위로 모듈러가 하나씩 쌓이며 모듈러 적층 무게로 인한 구조물 손상이 발생하지 않도록 하는 게 중요했음. 상부 구조물의 윗면에는 최하층 모듈러의 하단부와 볼트로 결합할 수 있도록 앵커볼트를 설치했음. 앵커볼트 설치하는 모듈러 제작사에서 수직과 수평을 맞추어 직접 실시하며 이 작업은 상부 구조물의 철근 조립 및 설치가 끝난 후 실시됨. 앵커볼트 설치 위치는 각 동별 필로티에서 가양 라이프 가장 최하층 세대가 맞닿는 부분 중 콘크리트 구조물의 트랜스퍼 거더 쪽이었음. 도면상으로는 충분히 설치할 수 있지만 실제 현장에서는 촘촘하게 얹혀 있는 철근 배열 사이에 앵커볼트를 매립할 수 있는 여유 공간이 부족하여 앵커볼트 설치에 어려움이 많았음. 이에 사전에 BIM도면으로 시공성을 확인하는 것이 필요함. 앵커볼트 설치 후 하부 구조물 전체에 콘크리트 타설 및 양생 작업을 했으며, 용인 영덕 사업의 경우 앵커볼트 설치 및 제작된 공간 모듈과 맞추는 방법에 3D스캐너를 활용한 검측 기술을 활용하여 오차를 확인하며 시공하였음.

[표 2-34] 가양 라이프 기초부분과 모듈러 연결 부위 시공사진



[출처] SH공사·SH도시연구원(2019), 도시 속 새로운 집, 모듈러 새로운 주택의 미래로 실현되다

- 단지의 입주자 선정은 「공공주택건설 등에 관한 특별법」 제 40조의 2 1항에 따른 “공공부지 행복주택” 및 「주택공급에 관한 규칙」 제 32조의 5 (공공시설 부지 등에서의 공공주택 입주자 선정 등에 관한 특례)에 따름.

이 법령에 따라 공공부지 행복주택은 일반형의 경우 대학생·사회초년생·신혼부부(이상 80%), 주거급여수급자 10%, 고령자 10%로 구분하여 공급하며, 사업단지형의 경우 산업단지 근로자 80%, 대학생·사회초년생·신혼부부(이상 10%), 고령자 10%를 원칙으로 하되 세부 비율은 사업시행자가 지역특성을 고려하여 조율할 수 있도록 함. 가양 라이프의 경우 공공임대주택의 지역 편중 유무 검토, 사업 부지 주변 환경 검토, 지역 주민 의견 수렴 등 다양한 검토 및 토의를 거쳐 사회 초년생만 입주 대상으로 선정함.

- 입주자 모집 공고에 모듈러 공법으로 지어지는 점을 고지함. 이 안내 사항은 모듈러 공법으로 인해 발생할 수 있는 생활 편의 문제 수준을 최대치로 예상하였을 때 발생할 수 있는 사항을 기재하였음. 그럼에도 불구하고 입주자 모집공고 마감 후 최종 평균 경쟁률은 65.4 대 1이었음. 방이 두 개인 경우 309.5대 1의 경쟁률을 보임.

3. 모듈러주택의 장·단점

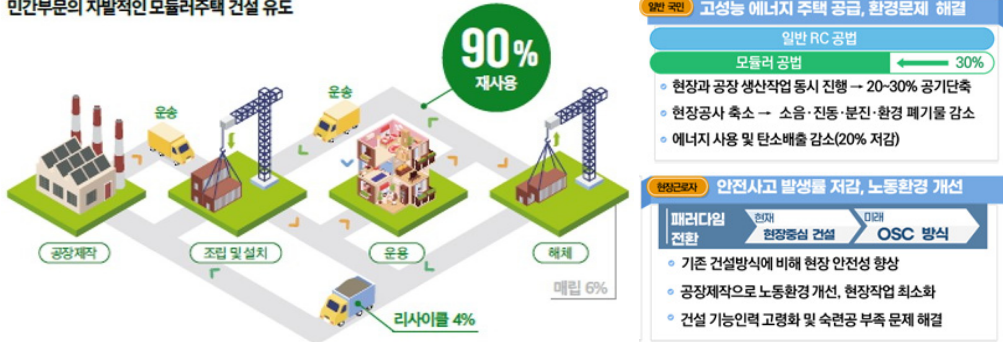
3.1 모듈러주택의 특징

- 모듈러주택이란 모듈러 건축 시스템을 이용해 완성한 주택을 의미함. 모듈러 건축은 공업화 건축의 일종으로 직육면체 형태의 공간을 유닛 단위로 공장에서 내부 설비시설 등 여러 구성요소를 포함하여 제작하고 현장으로 이송하여 유닛들을 조합하여 건축물을 완성하는 공법(김지현·박일민, 2013⁵⁾)이며, 주로 철골조를 적층하는 방식으로 시공함.
- 모듈러주택 활성화의 배경은 저출산 및 고령화 등 가구 변화 요인에 따라 소형주택에 대한 수요가 증가하고 있음. 한편, 건축현장 인력의 고령화 등에 따른 노동력 수급 제약으로 인해 현장시공 품질저하 문제의 대안으로 주택을 공장에서 제작하여 공급하는 공업화 주택 도입 필요성이 논의되기 시작⁶⁾

5) 김지현·박일민(2013), 주거시설로서 모듈러건축 활용화 방안.

6) 김형수 외(2012), 공업화주택인정제도를 통한 모듈러주택의 개선방향 및 활성화 방안 연구, 한국주거학회 2012 추계학술발표대회 논문집 제24권 2호

민간부문의 자발적인 모듈러주택 건설 유도



[그림 2-18] LH의 모듈러주택 추진 방향 및 장점

[출처] 2022 LH Green Report

- 모듈러건축의 특성으로는 공기단축, 품질의 안전성, 경량화, 내진특성, 이동의 용이성, 수직·수평의 평면 조합 방식, 친환경성, 건설공사의 안전성, 유지관리의 편리성 등이 있음⁷⁾
- 대부분의 공정을 현장에서 진행하는 RC 방식과 달리 모듈러 방식은 공장생산을 기반으로 함. 사전생산, 공장-현장의 동시적 공정을 통해 공기 단축이 용이하며 이는 금융비용을 낮추는 효과도 있음. 공장에서 부품을 생산하고 조립하기 때문에 하자율이 낮고 품질 시공이 가능함. 이 외에도 건설폐기물을 최소화할 수 있고 모듈단위 또는 건축 구성재단위 교체가 가능하여 건축물 내구연한도 상대적으로 길다는 장점이 있음(임석호 외, 2007; 이석준 외, 2018: 103⁸⁾).

3.2 모듈러주택의 장·단점

1) 모듈러주택의 장점

(1) 적시·적소 공급 제고

- 모듈러주택은 공기가 짧고, 자재별로 이동시켜 현장에서 조립할 수도 있음.

7) 김지현·박일민(2013), 주거시설로서 모듈러건축 활용화 방안.

8) 이석준 외(2018), 조립식 주택 적용 민간임대주택 활성화를 위한 리스 모델, 주택도시연구, 8(3), PP. 101-115.

공간 이용의 밀집도가 높고 신축 개발부지를 확보하기 어려운 기성시가지내에서 대규모 재개발 등 규모가 큰 개발사업을 시행하는 데는 어려움이 크고, 안전, 치안 등의 문제로 시급한 개선이 필요한 노후 주거지역의 경우 모듈러 방식의 소규모 개발사업을 통한 주거환경의 개선은 적절한 대안이 될 수 있음. 그리고 공사 기간의 단축은 임대사업자에게 더 많은 수익을 가져다 줄 수 있음(김형수 외, 2012: 305⁹⁾)

- 금융비용을 낮추는 효과도 있음(이석준 외, 2018: 103; 김형수 외, 2012: 305).

(2) 주택 품질 향상

- 조립식 주택을 활용하면 상대적으로 저렴한 양질의 표준화된 주거를 밀도 있게 공급할 수 있음. 또한 건축 구성재의 교체가 가능하여 내구연한이 경과한 이후 재건축에 대한 부담이 적은 점도 조립식 주택이 제공하는 장점임(이석준 외, 2018: 104).

(3) 가변성 및 장수명화

- 1~2인 가구 증가 등 인구·사회 구조 변화에 대응하여 도시형 생활주택과 유사한 규모의 소규모 주택수요가 증가함. 직주근접의 소형주택 수요 증가 추세에 맞춰 1, 2인 가구를 위한 임대주택 공급에 모듈러 공법 적용 논의된 선행 연구들이 다수 있음. (대한건설정책연구원, 2011; 이석준 외, 2018: 103) 이러한 변화에 유연하게 대응할 수 있는 시공법이 적용 되어야 함. 이에 모듈러주택은 기본적으로 라멘구조로 구성되어 있고 철골조이므로 매우 적합한 시공법임. 모듈러 공법으로 지어진 주택의 골조는 해체 및 재사용이 가능하며 구조를 두고 리모델링하여 장수명 주택으로 활용할 수 있음.
- 모듈러주택의 설치 장소 변경 용이성 즉, 이동 가능성을 활용하여 노후주거지 정비 과정에서 발생하는 원주민의 임시거주지 조성을 위한 조립식 주택 수

9) 김형수 외(2012), 공업화주택인정제도를 통한 모듈러주택의 개선방향 및 활성화 방안 연구, 한국주거학회 2012 추계학술발표대회 논문집 제24권 2호

요(김주진 외, 2017), 국가적 재난·재해의 발생이 빈번해짐에 따라 긴급구호 용도의 조립주택 수요(이지은 외, 2022)에 대응할 수도 있음.

2) 모듈러주택의 단점

- 모듈러주택의 단점은 높은 공사비. 기존 RC 공법에 비해 시장에서 우위를 차지하지 못해 대량생산 시스템이 확보되지 못함. 즉, 규모 경제 실현이 이루어지지 못해 상대적으로 공사비가 높음. 주거의 질적 측면은 모듈러 공법이 직접적으로 해결할 수 없음. 그러나 장기적으로 규모의 경제가 시장에서 달성될 수 있음을 전제하면, 전체 공사비, 간접비, 유지·관리비 등의 비용감소를 기대할 수 있음.
- 가양동 모듈러 행복주택 실증단지 구축백서(2019)¹⁰⁾에 의하면, 설계 표준화는 ‘모듈을 구성하는 구조체에 건축물 사용 목적에 따라 내·외장재 변경을 통해 시공되는 대지에 맞도록 계획되는 것’으로 설명함. 제작단계에서 공장에서 설계표준화를 활용하여 균일한 품질의 모듈을 대량 생산하여 원가 절감 및 공사기간 단축을 하도록 체계가 만들어져야 하지만, 건축의 경우 발주처의 요구에 따라 맞춤 생산되는 상황이라 생산자의 표준화 등이 반영되지 않고, 생산자도 대량생산을 위한 모듈러 시스템을 마련하지 않음.
- 기존 모듈러주택 사례의 공사비는 현장에서 시공하는 공법과 비교하여 상대적으로 높음. 그리고 정확한 공사비 예측을 할 수 있는 시스템 부재로 신뢰성 있게 총 공사비를 산정한 자료가 적어서 발주처와 소비자들은 모듈러 건축을 발주 또는 구입할 때 비용 관련 어려움이 있음. 본 연구에서도 준공된 사례가 적고 공사비 간 편차 및 진행 과정상의 여건 차이가 커서 예측 가능한 공사 원가 및 적절 지원 비용을 제시하기 어려움.

10) SH서울주택도시공사·SH도시연구원, 「도시 속 새로운 집, 모듈러 새로운 주택의 미래로 실현되다」, 2019.04, p.31

3.3 모듈러주택의 활용

- 현재 모듈러 건축은 소형 공간으로 구성된 건축물에 적합한 효과적인 건축 시스템임(김정학·조봉호, 2014). 특히, 사회적으로 1,2인 가구가 증가하면서 직주근접의 소형주택 수요가 증가하는 추세에 따라, 모듈러주택에 대한 1~2인 가구를 위한 임대주택 적용성이 활발히 논의되고 있음(대한건설정책연구원, 2011)(이석준 외, 2018: 103). 이 외에도 노후주거지 정비 과정에서 발생하는 원주민의 임시거주지 조성을 위한 조립식 주택 공급 필요성(김주진 외, 2017¹¹⁾), 국가적 재난·재해의 발생이 빈번해짐에 따라 긴급구호용도의 조립주택 공급 필요성도 증대되고 있음(이지은 외, 2022¹²⁾).
- 이 외에도 해외에서는 대지 여건 때문에 모듈러주택을 택하여 기존 공법으로는 건축물을 지을 수 없는 대지에 시공을 한 사례도 있음. 예를 들면 [표 2-35]와 같은 호주 멜버른(Melbourne)의 ‘리틀 히어로(Little hero)’사업의 경우 현장 아래 수변전 설비가 위치하여 작은 흔들림에도 가동에 영향을 받기 때문에 지하로는 팔 수 없으며 건축물의 무게도 제약이 있었고, 소음 기준치도 준수해야 했음. 이러한 문제를 해결한 방법이 모듈러공법이었으며 거의 전 공정을 공장에서 완성하고, 건축물의 완성도를 위해 오차 관리에 매우 집중하여 공장 제작함. 현장으로 운반 전에 배선, 배관, 가구배치까지 완료하여 표준 컨테이너와 동일한 크기의 모듈 내부에 설치될 수 있도록 정확하게 계획함. 결과적으로 기존 공법에 비해 6개월 이상의 공기도 단축시켰으며, 기초 완성 후 8층 건물, 즉 75개 컨테이너 크기의 모듈로 63세대 완성까지 4주가 소요되었으며 비용은 기존 공법과 유사했음¹³⁾. 국내에서도 용인영덕 경기행복주택 등에서 이와 같은 방식으로 제작 및 공사를 진행하고 있으므로 추후 이러한 방향으로 점차 품질이 향상되며 공사비는 낮아질 수 있음. 그리고 도시의 상황이 점점 복잡해져 모듈러공법이 해결책이 될 수 있음.

11) 김주진 외(2017), 국비지원사업 연계형 주거환경개선사업 추진 방안 연구, LH토지주택연구원

12) 이지은 외(2022), 재난지원을 위한 모듈러주택 사업모델 연구, LH토지주택연구원.

13) 김용우·한미글로벌(2021), 건설의 게임체인저 OSC, e-대한경제, pp. 93~94

[사진 출처] www.bdcnetwork.com

[표 2-35] 호주 멜버른의 리틀히어로 공동주택 프로젝트 내·외부 사진



[이미지 출처] ocbrieto.com/little-hero-steel-container-apartments-melbourne-australia/

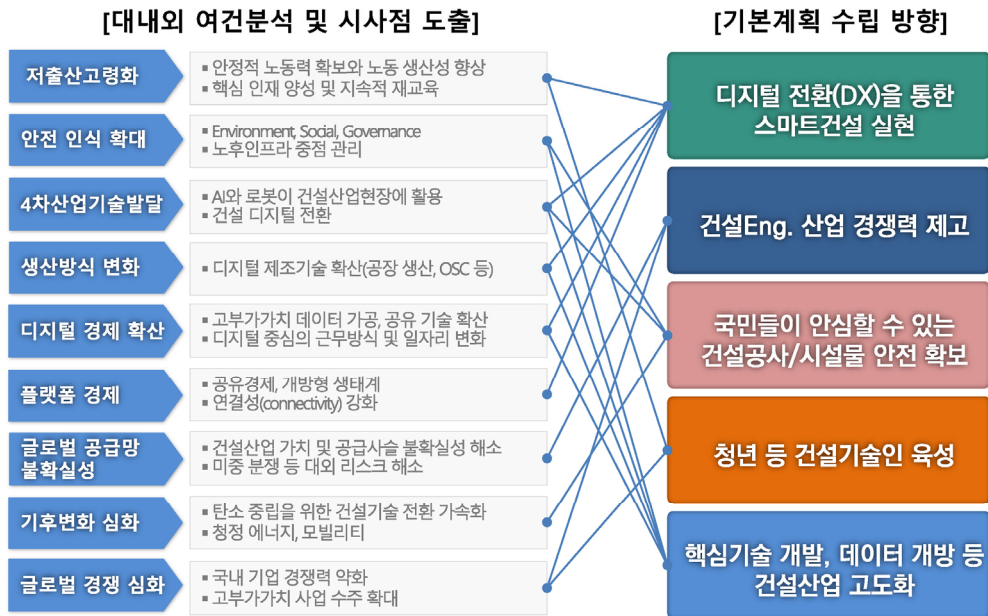
- 공공임대주택 정책에 연관된 공무원 및 전문가들을 대상으로 한 연구 결과 모듈러주택을 활용한 공공임대주택 공급 가능성은 긍정적(이미연·이영민, 01714)이었으며 선행 연구에서 제시된 의견은 다음과 같음.
 - 모듈러주택은 대량 구매를 통해 단가를 낮출 수 있고, 조립 및 해체, 이동이 용이하여 공공임대주택으로 활용에 적합
 - 모듈러공법 활용 공공임대주택 공급의 적정입지와 공급대상으로는 기성시가지 내 유헴부지 등, 대상으로는 주거취약계층, 청년 및 1~2인 가구 등이 적합
 - 한편, 공공임대주택에 적합하지 않은 이유로는 현재의 기술 수준, 입주민의 비선호 등이 지적되고 있음. 즉, 아직까지 시장에서 충분한 공급이 이루어지지 않아 주택성능에 대한 신뢰성이 부족하므로 수요자 선호도를 반영한

14) 이미연·이영민(2017), 모듈러 공공임대주택 공급방안에 관한 연구: 공급자 관점을 중심으로, 2017 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집, 제37권 제1호, pp. 111-112. 공공임대주택 관련 담당 공무원 및 공공개발 사업 시행자, 지방 연구원 200명을 대상으로 실시한 설문조사 결과에 근거하고 있음

선도적 공급 사례를 축적시키는 것이 매우 중요한 과업임.

○ 국토부는‘건설기술진흥기본계획’을 통해 건설자동화, 스마트 유지관리, 공장형 시공기술개발, 모듈러 조립 및 시공 자동화 기술개발 등에 대한 지원방안을 모색 중이며(송상훈 외, 2020¹⁵⁾), 제 7차 건설기술진흥기본계획(2023~2027년)’을 발표함¹⁶⁾.

- ‘제 7차 건설기술진흥기본계획(2023~2027년)’에서는 ‘건설 산업의 디지털 전환 정책’을 비전으로 수립하고, 생산성(Productivity), 안전(Safety), 경쟁력·품질(Competence)을 세부적인 목표로 수립함. 이에 대한 건축 모델의 대안을 제시하기에 모듈러주택은 매우 적합함. 이유는 중점추진 과제 ① BIM도입으로 건설 전 과정 디지털화 ② 생산시스템의 자동화/모듈화 ③ 스마트 건설기술 활성화를 위한 생태계 구축과 모두 밀접한 관련이 있어서 이러한 세 가지 목표가 융합되어 디지털 전환을 통한 스마트 건설 실현이 가능함을 제시할 수 있음.



[그림 2-19] 제 7차 건설기술진흥기본계획(2023~2027년) 기본 계획

15) 송상훈 외(2020), 모듈러주택 최적 발주방식 및 발주업무 지침 마련

16) 국토교통부 보도자료, 2022.11.7, ‘제 7차 건설기술진흥기본계획(‘23~’27)공청회 개최’

4. 소 결

- LH는 자체건설, 국토부 실증·위탁 사업 등 총 7개 지구 918호 추진, 소규모 주택사업 12층 이하, 14~416호 공동주택에 모듈러공법 적용
 - (사업완료) 2020년까지 저층 위주 모듈러주택 4개 지구, 222호 준공
 - (사업진행) 중저층(3~7층 이하) 공동주택 3개 지구 696호 추진 중
- SH공사는 성북동 연극인 공동주택 12호, 가양 행복주택 라이폼 30호, 가리봉 공공주택 246호 등, GH공사는 성남 하대원 행복주택 14호, 용인영덕 행복주택 106호 등 용인영덕 주택 13층(내화 3시간)을 제외한 모든 사업은 12층 이하(내화 2시간) 규모로 사업을 추진함.



[그림 2-20] 모듈러주택 적용 모델 및 준공 사례

- 시공 사례를 보면 사례별로 공사 방법이나 계획에 차이가 있음. 착공과 준공된 시기에 따라 점차 개선된 방법이 제시됨. 처음에 시공된 부산 용호 행복주택의 경우 외장재 마감을 현장 시공하여 쌍줄 비계 설치가 필요했으며 이로 인해 공기가 늘어나고 비용도 증가함. 이후 SH공사 가양 라이폼이 시공되었으며 가양 라이폼의 경우에도 외벽 마감을 현장에서 했으며, 현장 공사기간과 제작기간을 정확히 맞춰야 하는 문제를 우려한 선택이었음.
- 이후 시공한 성남 하대원 행복주택의 경우 모듈러 단면 마감은 공장에서 제작하고 장변 쪽은 현장에서 마감함. 깊은 요철이 있는 부분은 장식적인 마

감이며, 이러한 입면 장식 부분은 현장 공사를 함. 이러한 외장재 마감 방식은 후에 시공된 세종 사랑의 집짓기에서도 발생함. ‘세종 사랑의 집짓기’ 경우 공장에서 외장재를 부착하여 운반했으며 현장에서는 별도의 외벽 마감 공사 없이 적층으로 완성함. 그러나 지붕의 디자인이 외벽의 일부를 감싸는 방식이라 지붕 공사 부분은 현장에서 시행함.

- 외벽 마감을 완성하는 방식은 점차 공장에서 제작하고 현장 공사를 최소화하는 방식으로 변화함. 이러한 변화는 고층화를 위해서는 매우 중요한 기술임. 외벽 마감을 공장에서 완성하여 현장 작업을 최소화하기 위해서는 모듈과 모듈사이 오차가 매우 적어야 마감 상태가 우수해짐. 오차를 줄이기 위해서는 구조의 뒤틀림부터 확인하며 제작부터 현장 결합·설치까지 오차를 줄이는 노력과 다양한 기술이 수반 되어야 함. 기본적으로 설계는 3차원 BIM설계로 진행하여 설계와 시공상의 오차를 정교하게 확인할 수 있어야 함. 용인 영덕 중고층 모듈러주택 시공과정에서 이러한 방식이 시도됨.
- 준공된 사례에서 나타난 모듈러주택의 중요한 장점은 20~30%의 공기 단축임. 시공된 사례의 모듈러공법 활용 배경은 민원 최소화를 위한 공기 단축이 필요했으며 이러한 결과로 소음·진동·분진·환경 폐기물을 감소시킬 수 있었음. 품질을 향상시키며 공기 단축을 하기 위해서는 앞의 사례에서 설명한 외장재 마감 방식의 변화 외에도 기술의 발전을 활용한 시공성 개선이 필요함.
- 시공 사례에서 나타난 다른 변화는 소형 주택이라 평면 변경의 제약이 있음에도 불구하고 설비 시스템 설치 방법의 개선으로 평면이 개선되었음. 평면의 개선은 운반제약으로 인한 공간 제약을 극복하며 사용 면적을 조금이라도 늘리기 위한 방향으로 개선되었음. 에어컨 실외기실의 설치 방법에 따라 채광창이 있는 부분의 계획에 차이가 생김. 실외기실을 각 세대에 두지 않고 한꺼번에 층별로 세대와 분리하여 설치하면 발코니 확장이 가능해짐. 이러한 방법이 현재 시공 중인 ‘용인 영덕 중고층 모듈러주택’에서 시도됨. 그 이전의 프로젝트는 모두 전면에 발코니가 있고 실외기를 두는 방식이었음. 세종 사랑의 집짓기 경우 실외기를 외벽에 매다는 방법으로 설치하고 발코니 확장 평면으로 시공함.

- 이 외에도 현장 중심에서 공장 중심으로 작업 공간이 변경되어 현장 근로자의 안전사고 발생률이 감소하고 기후 영향이 적은 노동환경으로 개선됨. 점차 건설 인력이 고령화되면 이러한 특징은 점차 장점이 확대되고 작업 효율도 개선될 수 있음.
- 추후에는 이러한 시공법의 차이가 주택 품질로 나타날 수 있도록 지속적인 개선의 노력이 필요함. 특히 2017년 1월 9일 국토부 보도자료¹⁷⁾에서 제시된 바와 같이 모듈러주택은 천장의 공기층이 확보되어 400mm이상 천장 공기층이 존재할 경우 중량 충격음이 최대 4dB이 저감될 수 있으므로 이에 대한 기술 고도화 및 실용화 전략이 필요함. 그리고 공장 제작을 할 경우 품질 관리가 용이하여 바닥 충격음 성능에 영향을 미치는 바닥 평활도를 일정하게 확보하여 차음 성능에 대한 신뢰도도 높일 수 있음.
- 사업성을 제고하기 위해 모듈러주택 사업의 공법상의 차이를 고려하여 일반 주택 사업과 발주 방식도 차별화해야 함. 현재 시공책임형 CM 및 설계시공 일괄입찰(Turn-Key) 등을 대안으로 고려하며 시도하고 있음.

17) 국토해양부 보도자료, “도시 첨단 물류단지에 ‘주택+공장’ 복합 건축 허용 : 화장실 소음 줄이고 장수명 주택 인센티브 늘려 주거 환경 개선”, 2017. 1. 9

제 3 장

모듈러주택 공사비 분석

[illegible]

제3장 모듈러주택 공사비 분석

1. 전환설계를 통한 습식 공사비와 모듈러 공사비 비교

- 모듈러주택 공사비 선행 연구결과¹⁸⁾ 건물 공사비가 습식 RC 공사 대비 23% 높아 사업추진이 어려운 문제점을 개선할 필요가 있음. 23%가 증액된 비용의 근거는 설계비, 감리비 등 부분 도급 비용을 포함한 총 공사비이며 공기단축 등을 반영, RC공법과 모듈러주택의 건설 사업비에 대해 샘플지구를 전환 설계하여 비교한 결과임. 공기단축 28%, 설계비 증가 25%, 감리비 감소 15% 등을 반영하여 계산하였으며 RC공법으로 준공된 철원 동송 행복주택 사업을 모듈러 공법으로 전환설계 한 결과는 다음 [표 3-1]과 같음.

[표 3-1] 철원 동송지구 RC와 모듈러주택 사업비 비교 (단위 : 백만원)

구분	RC		모듈러		건설공사비 차이	NPV지수 차이
	건물공사비	NPV지수	건물공사비	NPV지수		
샘플지구(철원동송)	11,754	+45.57%	14,444	+59.08%	+23%	+14%

*공기단축(28%), 설계비 증가(25%), 감리비 감소(15%) 등 반영 건물공사비 약 123% 증가
 **NPV(Net Present Value, 순현재가치) : 최초 투자시기부터 사업이 끝나는 시기까지의 연도별 순편익의 흐름을 각각 현재 가치로 환산한 것. 일반적으로 NPV>0이면 사업은 채택 가능한 것으로 판단하나 LH에서 사용하는 NPV지수의 의미는 0보다 큰 것으로 사업성을 판단하지 않음.

- 행복주택의 평균 평형을 17.2평으로 가정, 전용면적 36㎡²으로 가정하면 다음 [표 3-2]와 같이 사업비의 증액을 계산할 수 있음.

[표 3-2] 행복주택 평균평형 사업비 비교 (단위 : 백만원)

구분	'21년 LH사업비 (천원/3.3㎡)	건물공사비 비율(택지비 제외)	평형 (3.3㎡)	호당 RC공사비	증액비율	호당 모듈러주택 공사비
금액산정	11,969	69%	17.2	1.42억	+23%	1.75억

* 사업비 증가분은 지구여건, 규모 등에 따라 변동 가능

18) 송상훈 외(2022), 모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립, LH토지주택연구원

- 동일한 샘플지구, 즉 철원동송 행복주택 100호 지구의 RC공사비와 모듈러주택 직접 공사비만 비교한 결과를 보면 모듈러공법 적용시 공사비가 약 28% 증가하며 [표 3-3]와 같음.

[표 3-3] 행복주택 평균평형 사업비 비교 (단위 : 백만원)

구분	RC(A)		모듈러(B)		공사비 차이(B-A)	
	단위공사비	비율	단위공사비	비율	단위공사비	비율
샘플지구 (철원동송)	8,621	100%	11,011	128%	+2,390	+28%

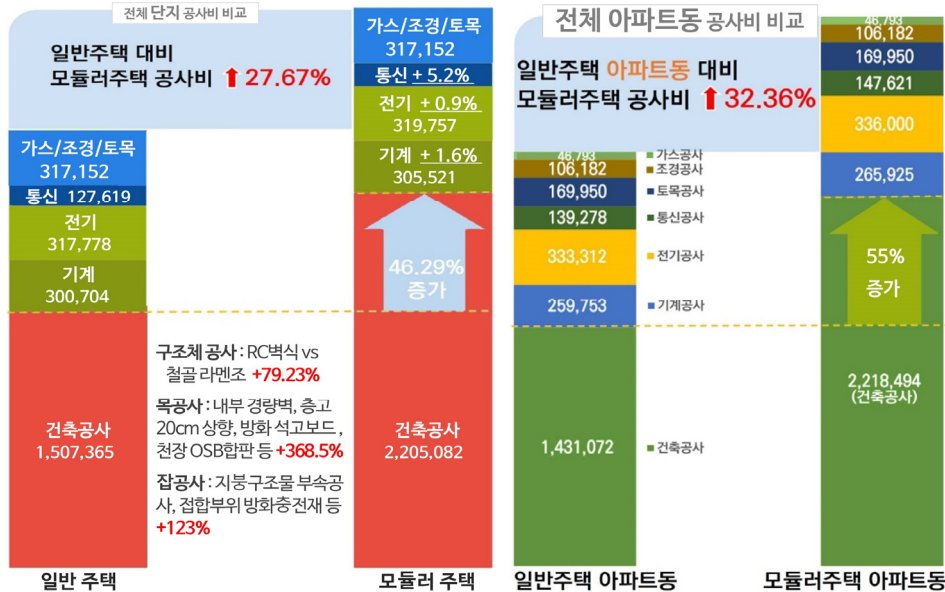
* LH 모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립 연구(2022): 모듈러 공사비 RC대비 약 128% 수준('21.9 단가기준)

1) 전체 단지 공사비 비교

- 선행연구 ‘모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립¹⁹⁾’에서 제시한 공사비의 상세한 내역을 보면 모듈러주택으로 시공 시 대부분의 증액은 건축 공사비에서 발생함. 모듈러주택 건설시 697,717원/㎡만큼 증액되며, 평당 약 230만원 정도 증액됨. 건축 공사 중에서도 구조체 공사에서 RC 대비 79.23%가 증액되며, 목공사에서 내부 경량벽, 층고 20cm상향에 따른 방화 석고보드, 천장 OSB합판 등 약 368.5%의 증액이 발생함. 그리고 잡공사 예를 들면 지붕구조물 부속공사, 접합부위 방화 충전재 등에서 123%의 증액이 발생함.
- 전체 단지 기준 모듈러 부분이 차지하는 비율은 71.04%임. 공통 가설공사 비용에서 모듈러 양종과 관련된 크레인 항목의 비용은 모듈러 부위로 할당하고, 나머지 금액은 아파트 모듈러, 비모듈러 부위의 경비로 배분한 결과임.
- 결과적으로 모듈러주택 건설시 평당 즉 3.3㎡에 239만원이 증액됨. 현재 46㎡가 LH에서 가장 많은 공급이 이뤄지는 세대 유형이므로 이를 기준으로 모듈러주택으로 시공할 경우 발생하는 공사비 차이를 계산해 볼 수

19) 송상훈 외(2022), 모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립, LH토지주택연구원

있음. 전용면적이 46m², 전용과 공용을 포함한 면적이 57m², 즉 17.2평의 주택인 경우 공사비가 호당 4,111만원 증액됨.



[출처] 송상훈 외(2022), 모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립, LHRI

[그림 3-1] 일반주택과 모듈러주택 공사비 비교(단지 전체 및 아파트동)

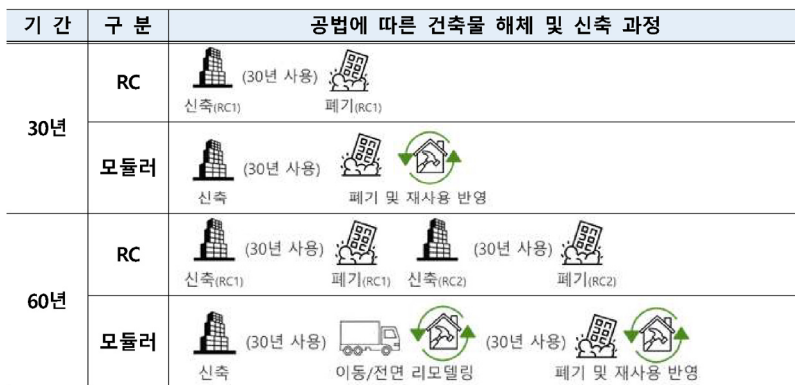
- 모듈러주택의 경우 LH에서 직접 건설하는 건설형 또는 본 보고서 부록에서 설명한 LH가 매입을 하는 매입형 모두 공사비가 증액됨. 그러므로 정부에서 탄소배출량 감축, 건설안전, 건설 기술 발전 및 생산성 향상에 대해 고려하면 정부재정지원 확대가 필요함.
- 건축물의 전 생애주기 즉, 원자재 생산, 건축시공, 폐기과정, 건축물의 운영단계에서 배출하는 탄소배출량 분석 결과 RC공법 대비 탄소 배출 16.1~20.4%이 저감됨²⁰⁾.
- 연간 2만호 모듈러주택 건설시, RC는 연간 약 180만톤, 모듈러는 약 130만톤을 배출하여 약 50만톤 탄소배출량을 저감할 수 있음.²¹⁾

20) [출처] LH내부 보고자료 "모듈러주택 탄소저감 분석 연구결과"

21) [출처] LH내부 보고자료 "모듈러주택 탄소저감 분석 연구결과"

2) 전체 아파트 동 공사비 비교

- 아파트 한 동의 공사비 전체를 비교하면 일반주택 아파트 동 대비 모듈러 주택 공사비는 32.36%정도 증액됨. 대부분은 건축공사에서 증액이 발생하며, 모듈러주택의 건축 공사비가 55% 높음. 전체 단지 공사비에 비해 산출의 규모와 금액이 작아지므로 고정적인 구조체 비용의 증액 비율이 높아짐. 즉, 건설비 787,422원/㎡ 증액되고, 평당 260만원과 같음.
- 일반주택의 경우 골조 공사비가 27~38%인데 모듈러주택 공사비에서 구조체가 차지하는 비중은 50%가량임. 그리고 건축 공사비에서 공사비 증액의 주요 원인은 골조 공사비 증가임. 구조체가 차지하는 비중이 50% 정도임. 일반 공사 구조부분은 364,624원/㎡이며 모듈러주택의 구조 공사는 하부는 RC공사, 상층부는 철골이며, RC공사는 211,429원/㎡, 철골 부분은 505,089원/㎡임. 두 가지를 합친 총 공사비는 716,518원/㎡이므로 습식 일반주택의 공사비에 비해 2배 가량 소요됨²²⁾.
- 일반 습식 RC 벽식 구조인 경우 구조에 활용된 자재를 발파(發破) 등의 방법으로 어렵게 철거하여 폐기물로 처리해야 함. 이러한 과정에서 발생하는 비용도 상당함. 그러나 모듈러주택의 경우 [그림 3-2]와 같이 철거 작업이 비교적 간단하고 구조 부분의 철골은 매각 또는 재활용이 가능함.



[그림 3-2] 모듈러 공법의 건축물 해체 및 신축과정

[출처] LH내부 보고자료 “모듈러주택 탄소저감 분석 연구결과”

22) $716,518 \div 364,624 \times 100 = 196.5\%$

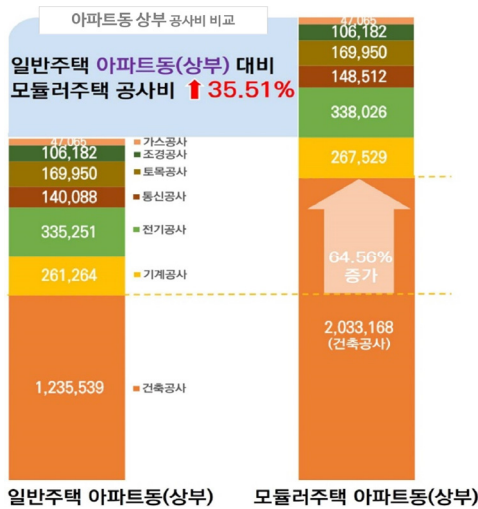
- 모듈러건축인 경우 초기 비용은 높지만 건물 사용 후 또는 변경시 발생하는 작업 및 비용은 차이가 있음. 후에 발생하는 비용이 초기 비용에 더해진 것으로 고려하는 인식의 전환이 필요함.
- 일반 공사비와 모듈러주택의 전체 공사비 비율을 비교해 보면 이러한 재료비의 영향으로 재료비의 비율이 일반 공사비 보다 높음. 일반 공사비는 재료비 : 노무비 : 경비 = 53.2% : 44.8% : 2%, 모듈러주택의 경우 재료비 : 노무비 : 경비 = 60.5% : 36.4% : 3.1%임. 이 중 노무비 및 경비를 점차 줄여야 모듈러주택의 총 공사비를 낮출 수 있음.
- 송상훈 외(2022)²³⁾에 따르면 누적 생산량이 증가할수록 학습효과 때문에 노무비가 감소하고 100개인 경우 1개 대비 약 3.1% 공사비 절감²⁴⁾이 가능한 것으로 제시함. 50개는 2.62%, 10개는 1.6%로 정비례 관계를 갖고 공사비가 감소하는 것은 아님. 일반주택인 경우 공급량에 따른 공사비 절감이 거의 없지만, 모듈러주택인 경우 반복 생산되는 제품과 같이 여러 효과로 공사비가 감소하는 것을 기대할 수 있음.

3) 아파트 상부 공사비 비교

- 아파트 동 상부 공사비만 비교하면 [그림 3-3] 및 [표 3-4]와 같이 모듈러주택의 공사비는 35.51%로 더 크게 차이가 발생함. 건축 공사비도 일반주택에 비해 64.65% 증액됨. 비용으로 계산하면 모듈러주택 건설시 797,629원/㎡, 평당 약 263만원 증액됨. 다른 항목은 일반 공사와 거의 차이가 없으므로 건축 공사비에 따른 차이를 줄여야 공사비를 비슷한 수준으로 맞출 수 있음.

23) 송상훈 외(2022). 모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립. LHRI

24) 1개의 단위 생산비가 483,630원일 경우 100개는 408,754로 제시함. 100개인 경우 1개의 84.5%



[표 3-4] 아파트동 상부 전체 공사비 비교

구분	RC(A) 공사비(원/㎡)	모듈러(B) 공사비(원/㎡)	증감율 (B/A)%
건축공사	1,235,539	2,033,168	64.56
기계공사	261,264	267,529	2.4
전기공사	335,251	338,026	0.83
통신공사	140,088	148,512	6.01
토목공사	169,950	169,950	—
조경공사	106,182	106,182	—
가스공사	47,065	47,065	—
계	2,295,339	3,110,431	35.51
연면적	5036.81㎡	4857.9㎡	공급면적

[출처] 송상훈 외(2022), LHRI, p.75

[그림 3-3] 공사비 비교(아파트동 지상층)

- [표 3-5]와 같이 평면 유형별 단위 공사비 차이가 있으며, 기계, 전기 통신은 차이가 적으나 건축 공사에서 크게 발생함. 16㎡형 모듈러주택의 경우 721,179원/㎡, 26㎡형 모듈러주택의 경우 654,041원/㎡, 36㎡형 모듈러주택의 경우 735,196원/㎡, 46㎡형 모듈러주택의 경우 601,372원/㎡ 증액됨.
- 평형이 커질수록 일반주택과 모듈러주택의 차이가 커지는 것을 알 수 있음. 소형 평형 및 소규모 공동주택의 일반주택 단위 면적당 공사비가 높은 편이며, 모듈러주택의 경우 습식 공법과 공사비 차이가 상대적으로 적으므로 모듈러공법을 활용하여 일반주택의 열악한 사업성을 개선하는데 활용하는 것을 우선 고려해 볼 수 있음.

[표 3-5] 일반주택과 모듈러주택 평형별 건축 공사 및 전체 공사비 비교

구분 (천원/㎡)	건축공사			전체공사		
	일반주택	모듈러주택	증가율	일반주택	모듈러주택	증가율
16㎡형	1,205	1,926	59.8%	1,715	2,442	42.4%
26㎡형	1,115	1,769	58.7%	1,516	2,143	41.3%
36㎡형	895	1,630	82.1%	1,202	1,920	59.7%
46㎡형	850	1,452	70.7%	1,119	1,705	52.4%

2. 공사비 검토 사례

1) A, B, C, D 소규모 공동주택 단지 공사비 비교

- LH에서 RC공법으로 사업시행을 예정하고 있는 4개의 대상지를 모듈러주택으로 전환하여 공사비를 비교한 결과 다음 [표 3-6]과 같음. 단, 전제는 4개의 대상지를 모듈러주택으로 동시에 진행하고, 한 회사가 수행하여 공장에서 대량생산 할 수 있도록 지원하는 시스템을 적용하여 공사비를 검토하고 비교함.
- [표 3-6]과 같이 모듈러 제작 및 감리를 동시에 진행하는 것으로 가정하고 공사비를 검토한 결과 4개를 합쳐 진행하며 하나의 공사처럼 전체 공사비에 책임감리비 요율을 적용할 경우 크게 감액할 수 있음. 그러나 감독할 대상이 공장 1개, 현장 4개 총 5곳으로 분산되어 업무에는 어려움이 있으나 대가는 더 낮아지는 것으로 계산한 결과임.
 - 모듈러공사 총 공사비는 67,901백만원 즉 약 679억이고 재료비 및 노무비만 계산된 결과이므로 일반 관리비, 경비, 부가가치세 등이 10% 증액되는 것을 감안하여 [표 4-1] 기준에서 700억원 규모의 복잡한 공종으로 요율을 적용하면 5.35%임. 이러한 결과로 총 공사비를 약 746.9억으로 예측하여 이에 대한 감리비를 5.35%적용하면 39.96억으로 계산됨. 이러한 결과는 기존 습식공사 4개 감리비 10,858백만원 즉 약 109억원에 비해 약 36.8%정도로 낮아지고, 모듈러공사로 가정하여 계산한 감리비 8,607백만원에 비해서도 약46.4%로 절반 이하로 큰 폭 감소함.
- 모듈러공사와 습식 공사비는 총 공사비 차이가 26,086백만원 즉 261억 정도이며 모듈러 공사의 공사비가 높음. 감리비에서 68.62억 정도 감액이 되면 모듈러공사와 습식 공사의 공사비 차이는 기존에 비해 약 26%정도 감소함. 그러나 이러한 차이는 감리자 등 관계자 및 관련 회사가 수용해야 실현됨.

[표 3-6] 소규모 주택사업 습식 RC 공법과 모듈러주택 공사비 비교

항 목		내 용				
건축 개요	사업 예정지	A	B	C	D	합계
	대지면적	4,824㎡	4,668㎡	4,730㎡	4,668㎡	18,890㎡
	건축면적 (추정)	903.5㎡	979.8㎡	946㎡	934㎡	3,763.3㎡ (추정)
	전체 연면적	3,412㎡	5,496㎡	2,620㎡	4,302㎡	15,830㎡
	세대수	67호 (26형 32EA, 36형 35EA)	64호 (26형 :52EA, 36형 12EA)	55호 (26형 :22EA, 36형 33EA)	70호 (26형 :30EA, 36형 40EA)	256호 (26형:136EA ,36형 120EA)
	규모	3개동 5층	2개동8층	2개동 4층	2개동 6, 8층	9개동 (4~8층)
	건폐율	19%	21%	20%	20%	20%
	용적률	70.7%	118%	55%	92%	84%
모듈 러공 사비 (단 위: 백만 원)	A. 아파트 모듈러 공사	9,644	8,722	7,899	10,430	36,695 (366억9,500만원)
	A㎡당 공사비 (단위:천원)	2,601	2,692	2,722	2,843	평균 2,722
	B. 현장공사 (RC)	5,809	7,315	4,153	5,482	22,759
	A+B공사비 합계(건설사 추정치)	15,453	16,037	12,052	15,912	59,454 (약 595억)
	C조경,토목, 파일공사 (LH)	2,716	1,754	2,031	1,947	8,448
	A+B+C 총 공사비 (습식 공사비 대비 비율)	18,169 (1.48)	17,791 (1.30)	14,082 (1.75)	17,859 (1.48)	67,901 (1.47)
	A+B+C ㎡당 공사비 (단위:천원)	5,325	3,237	5,375	4,151	평균 4,522
	습식 총 공사비**	12,301	13,673	8,045	12,034	46,053 (약 461억)
습식 공사 (단 위: 백만 원)	습식 ㎡ 당 공사비 (단위:천원)	3,605	2,488	3,071	2,797	평균 2,990
	D. 아파트 공사비	11,097	12,248	7,356	11,114	41,815

감리 비 비교	E. 토목·조경· 파일공사	2,715	1,754	2,030	1,946	8,445
	D-E 아파트 주동 공사	8,382	10,494	5,326	9,168	33,370
	모듈러공사 감리비**	2,181	2,204	2,034	2,188	8,607
	습식공사 감리비*** (전체 공사비 대비 비율)	2,985 (24.3%)	2,981 (21.8%)	2,341 (29.1%)	2,551 (21.2%)	10,858 (23.6%)

[Note] * 도급 및 지급자재 포함

** 공기 10개월의 감리비

*** 공기 18개월의 감리비

2) E, F 100세대 모듈러주택 감리비 조정 후 총 공사비 비교

- 2021년 100세대 규모의 모듈러주택 공사비 검토 결과 다음 [표 3-7]과 같음. 100세대 모듈러주택 단지 공사비를 약 1,250만원/평(3.3㎡), 즉 으로 추정할 수 있으며, 공사비는 건설원가 및 기타 비용을 포함한 금액임. 검토시 감리비가 기존 일반적인 공사인 경우 약 20%인데 모듈러공법으로 공사하며 약 10%로 낮추는 것을 검토함. 책임감리비 비율은 2022년 5월 10일 기재부 발표 결과 100억원 규모 공사의 경우 8.52%에서 10.7%로 인상, 500억원 규모 비율은 4.94%에서 5.52%로 증액하는 것을 검토함. 이러한 기준을 참조하여 10.2%로 가정함. 그러나 실제 지급하는 감리비용은 [표 3-6]과 같이 20%이상인 경우가 많음.
- 선행 연구²⁵⁾ 100세대 모듈러주택 사업비 검토 결과에 의하면 지급자재를 비롯한 직접공사비, 부가세, 간접비를 포함한 ㎡당 공사비가 3,281,806 원으로 평당 공사비를 계산하면 약 1,085만원임. E,F검토 결과가 비교적 적은 차이를 갖는 것으로 도출됨. 그러나 이러한 세 가지의 사례로 지원 기준을 설정하는 것은 부적절함.

25) 송상훈 외(2022), 모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립, LHRI

[표 3-7] 100세대 주택사업 모듈러주택 예정 공사비 산출

	지구	E 단지	F 단지	사업비비율
건축 개요	전체 규모	8~12층 3개동	4~8층 3개동	
	대지면적	6,676㎡	8,313㎡	
	건축면적	969㎡	1,134㎡	
	연면적	5,777㎡	5,966㎡	
	건폐율	14.5%	13.6%	
	용적률	82%	67.6%	
	주차대수	74대	69대	
	세대수	100세대(16형 : 12호, 26형 : 24호, 36형 : 38호, 46형 : 26호)	100세대(16형 : 8호, 26형 : 42호, 36형 : 28호, 46형 : 22호)	
공사 비 (단위 :백만 원)	건축 기계 토목	13,738	14,134	66.5%
	전기 통신	2,237	2,302	10.8%
	조경	751	772	3.6%
	설계 변경	167	172	0.8%
	물가 연동	836	860	4.0%
	감리비 (공사기간 490일)	2,100	2,100	10.2%
	설계비	823	847	4.0%
	합계	20,652	21,188	100.0%
	평당 공사비	1,256만원/평	1,245만원/ 평	평균1,250만원
	㎡당 공사비	358만원/㎡	355만원/㎡	평균 356만원

3) 검토 사례 감리비 및 설계비 비교

- [표 3-6]에서 비교 분석한 일반적인 RC공사의 A,B,C,D 단지 공사비와 위에서 검토한 모듈러주택의 감리비 및 설계비를 비교하면 다음 [표 3-8]과 같음. 감리비가 차지하는 비용이 약 20~30% 정도임. 모듈러주택의 경우 대부분의 공정이 공장에서 제작되므로 감리비의 비율을 낮추는 것이 합리적임. 단 공기를 기존 공기 대비 줄여서 검토하여 490일, 약 16.3개월로 추정하였음. 설계비는 공사기간에 따라 크게 달라지지 않는 비용이므로 차이를 두기 어려움. 단 동일한 설계안을 여러 현장에서 반

복 적용할 경우 기존의 설계안을 활용하는 부분에 대해서는 설계비를 감액할 수 있으나 이를 적용하여 공사비를 낮춘 사례는 없음. [표 3-8] 검토 사례에 E, F의 설계비 비율은 일반주택에 비해 높으며, 검토시 LH 일반주택 설계비에 비해 높은 비율인 약 4%로 적용함.

- 모듈러주택 E,F사례의 경우 감리비는 낮춰 적용하였으나 설계비는 다소 높게 설정하여 검토함. 이는 BIM설계 등이 고려된 비용이며 모듈러주택 관련 설계 방식이 정착되어 표준화 되기 까지는 자료를 생성해야 하는 시기이므로 설계비가 낮아지기는 어려움. 다만 추후 감리비 및 설계비가 낮아질 수 있다면 기존 습식 공사비와의 차이가 감소할 여지가 있음. 이러한 과도기에 모듈러주택이 활성화되고 관련 건설 기술이 발전될 수 있도록 정부의 투자가 필요함.

[표 3-8] 일반주택 감리비 사례 및 모듈러주택 감리비 설정(안) (단위: 백만원)

구분	일반주택(RC 벽식 구조)*				모듈러주택**	
	A	B	C	D	E	F
공사비	12,301	13,673	8,045	12,034	21,188	20,652
감리비	2,985	2,981	2,341	2,551	2,100****	2,100****
감리비/공사비 비율***	24.3%	21.8%	29%	21.2%	9.9%	10.2%
설계비	332	382	176	268	823	847
설계비/공사비 비율	2.7%	2.2%	2.2%	2.2%	3.9%	4.1%
m ² 당 공사비 (단위:천원)	3,605	2,488	3,071	2,797	3,575	3,551

* 일반적인 RC 벽식 구조, 공기 18개월로 감리비 계산

** 모듈러주택 (철골 라멘조), 490일로 감리비 계산

*** 모듈러주택의 경우 공기 10% 단축 가정

**** 책임감리비 효율기준 200억 공사 기준 8.14% 이상(기준: 2023년도 예산안 편성 세부지침 개정내용_전면 책임감리비 효율) 적용

3. 모듈러주택의 실제 공사비 사례

1) 16세대 2층 G 모듈러주택

- LH에서 건설형 임대주택으로 준공한 모듈러주택의 공사비 사례 G사례를 보면 다음 [표 3-9]와 같음. G사례 프로젝트의 건축 규모는 2층, 16세대의 공동주택임. 각 세대의 면적은 전용면적 36㎡이며 한 개 모듈로 한 세대를 시공하였음. 지하층 공사가 없으며, 2개동으로 구성되어 있음.

[표 3-9] 준공 사례 G 모듈러주택 계획 공사비와 실제 공사비 차이 (단위: 천원)

구 분	계획 공사비	실제 공사비	비율	증 감
건 축	1,253,148	1,376,821	78%	123,673
기 계	172,785	165,058	10%	-7,727
토 목	124,197	122,350	7%	-1,847
조 경	61,556	91,104	5%	29,548
합 계	1,611,686	1,755,333	100%	143,647

- G사례는 공공임대주택으로써 주거약자가 원래 살던 마을을 떠나지 않고 편안한 주거복지를 누리며 살 수 있는 마을 공동체형 주택 사업임. 면적 30㎡ 규모의 방과 주방 겸 거실, 욕실 등이 갖춰진 1층 단독주택 형태로 16호가 건설되었음.
- 공장에서의 제작 과정은 일반적인 모듈러 제작방식과 동일하게 진행되었음. 먼저 철골프레임 및 바닥 슬래브를 설치하고, 벽과 천장 패널을 장착함. 다음으로 전기 및 통신 배선을 구축하고 내부단열재를 설치함. 설비배관 및 온수난방을 몰탈한 후 욕실과 수장 공사 작업을 진행함. 마지막으로 외장재를 공장에서 완성하고 가구를 설치한 후 포장되어 현장으로 운송을 시작함.
- 지하층 공사가 없으므로 토목 공사의 비율이 상대적으로 낮고, 건축공사가 차지하는 비율이 대부분임. [표 3-10]과 같이 모듈러주택으로 전환설계²⁶⁾한 결과로 확인한 공사와 비율이 유사함. 전환설계의 사례에서 나타

26) 송상훈 등(2022), “모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립”, LH토지주택연구원

난 공사비 중 전기 통신을 제외한 건축공사가 차지하는 비율은 67.2%였음. 전기 공사는 10.2%, 통신공사는 4.5%로 전기·통신공사가 차지하는 비율은 전체의 15%가량 됨. 그러나 G프로젝트에서 전기 통신공사는 [표 3-10]과 같이 약 108,240천원으로 6.16%임. 전기·통신 공사비의 비율에서 차이가 크게 발생했음.

- 단지 규모 및 대지 면적·여건에 따라 토목 및 조경 공사 작업량에 차이가 있고, 기계공사 및 전기 통신공사도 규모에 영향을 받아 달라질 수 있음.
- 단위 공사비는 두 사례의 금액에 다소 차이가 있음. 전환 설계한 결과가 약 153%정도 높음. 두 사례는 여러 면에서 매우 큰 차이가 있음. 건물 규모가 16세대와 100세대로 6배 정도 차이가 있고, 층수도 2층과 7층으로 매우 다름. 그리고 공사를 추진하는 방식에도 많은 차이가 있었음.
- 이와 같이 모듈러주택 공사비는 추진 방법, 규모, 추진 시기 등 여러 요인에 의해 달라질 수 있음.

[표 3-10] 전환설계(선행연구)와 준공 사례 G 모듈러주택 실제 공사비 비교

구 분	전환 설계*		실제 공사비	
	단위공사비(㎡/원)	비율(%)	단위공사비(㎡/원)	비율(%)
건 축	2,218,494	67.4	1,548,297	72.3
전 기	336,000	10.2	86,984	4.1
통 신	147,621	4.5	45,122	2.1
기계·가스	346,541	11	201,452	10
토 목	169,950	5	149,328	7
조 경	106,182	3	111,192	5
합 계	3,281,806	100	2,142,374	100

[주] * 송상훈 등(2022), “모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립”에서 제시한 모듈러주택 전환설계 공사비 활용

[표 3-11] 준공 사례 G 모듈러주택 전체 공사비 구성 (단위 : 천원)

구분		구성비	변경전	변경후	증감
1. 재료비			543,128	618,501	75,372
2. 노무비	직접노무비		564,550	649,358	84,808
	간접노무비	직,노×9.91%	55,947	64,351	8,404
	소 계		620,497	713,709	93,212
3. 경비	직접경비		144,971	152,003	7,032
	기타경비	(재+노)×4.25%	49,452	56,614	7,163
	산재보험료	노무비×3.75%	23,268	26,717	3,449
	안전관리비기초액		5,349	5,349	0
	산업안전보건관리비	(재+직,노)×1.86%	35,846	38,826	2,979
	퇴직공제 부금비	노무비×2.3%	12,982	465	-12,517
	고용보험료	직접노무비×0.87%	5,037	5,847	810
	국민건강보험료	직접노무비×3.23%	18,231	2,077	-16,154
	국민연금보험료	직접노무비×4.50%	25,402	2,104	-23,298
	노인장기요양보험료	국민건강보험료×8.51%	1,548	213	-1,335
	환경보전비	(재+직,노+직,경)×0.3%	3,730	0	-3,730
	하도급지급수수료	(재+직,노+직,경)×0.081%	1,012	0	-1,012
	건설기계대여대금지급보증서	(재+직,노+직,경)×0.07%	921	230	-691
	소 계		327,749	290,445	-37,305
일반관리비		(재+노+경)×3.1977%	67,109	73,017	5,908
부가가치세 10 %		재료비×10%	53,202	59,661	6,459
총계			1,611,686	1,755,333	143,647

- 모듈러주택 공사는 전용부위가 차지하는 비중이 높아 모듈러 부분이 차지하는 공사비가 50% 이상이며, 모듈러 부분의 공사비가 전체 공사비에 큰 영향을 미침. 모듈러 부분과 비모듈러 부분을 구분하여 발주할 경우 비모듈러 부분을 담당하는 건설사가 전체 금액의 50%미만을 수행하게 됨.
- 선행 연구²⁷⁾에서 제시한 건축 공사 중 모듈러 부분의 공사비는 71.04%이었으며, 기계공사 중 모듈러 공사는 45.98%, 전기 공사는 24.36%, 정보 통신은 28.93%으로 전체 단지 수준 설계 금액 중 모듈러공사 부분은 55.5%이었음. 이때 전체 공장 제작률은 83.25%로 가정함.
- [표 3-12]에서도 모듈러 공사가 차지하는 비중이 52.2%로 50%이상을 차지함.

[표 3-12] 준공 사례 G 모듈러주택 건축 공사비 구성 (단위: 백만원)

	재료비	직접노무비	직접경비	합계	비율(%)	
공통가설공사	0	0	15	15	1.4	
현장 설치 공사	150	238	21	409	36.7	
모듈러 공사	253	168	13	434	38.9	모듈러 부분합계 52.2
모듈러 현장 이송비 및 설치비	18	33	61	112	10.0	
품질 시험비	0	0	2	2	0.2	
추가 공사	22	6	6	34	3.1	
전기 통신 공사	33	74	2	108	9.7	
합계	476	519	119	1,114	100%	

2) 14세대 4층 H모듈러주택

- H모듈러주택은 각 세대 전용면적 16㎡인 소형주택 14세대로 시공함. 2017년 준공했으며 공사기간은 9개월이 소요되었음. 유닛 모듈을 적층하여 완성하는 적층식 모듈러 공법으로 시공함. 대지는 경사가 있었으며 필로티를 활용하여 주차장을 설치함.

27) 송상훈 등(2022), “모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립”, LHRI

- 간접노무비는 공사 기간의 구간별로 다른 비율이 적용되는데, 공사 기간을 단축하면 간접노무비 비율도 감소할 수 있음. 그리고 착공 시점에 따른 차이도 있음. 이러한 영향으로 G모듈러주택과 간접노무비의 차이가 있음. 직접노무비를 줄일 경우 이에 대해 요율을 적용하여 지급하는 비용들이 모두 낮아짐.

[표 3-13] H모듈러주택 원가계산서 (단위 : 천원)

비목			건축	기계	토목	조경	전기	정보통신	합 계	구성비
순공사원가	재료비	직접 재료비 [소계]	265,482	55,572	68,348	6,584	32,580	12,563	441,130	
	노무비	직접노무비	183,004	39,903	48,181	3,391	18,770	12,188	305,437	
		간접노무비	14,457	3,152	3,806	268	1,483	963	24,130	직접노무비 ×7.9%
		[소계]	197,461	43,055	51,988	3,659	20,253	13,150	329,567	
	경비	기계경비	26,602	791	32,139	440	430	281	60,682	
		산재보험료	7,504	1,636	1,976	139	770	500	12,523	노무비×3.8%
		고용보험료	1,718	375	452	32	176	114	2,867	노무비×0.87%
		건강보험료	3,499	773	578	71	375	242	5,538	직접노무비 ×1.8%
		노인장기 요양보험료	228	50	37	4	24	15	358	건강보험료 ×6.5%
		연금보험료	5,126	1,133	847	105	549	355	8,115	직접노무비 ×2.7%
		퇴직공제 부금비	4,735	1,047	782	96	—	—	6,660	직접노무비 ×2.2%
		안전관리비	15,077	7,476	1,808	277	1,767	—	26,405	(재료비+직 노)×3.5%
		환경보존비	2,375	481	743	52	259	125	4,036	(직재+직노 +기계경비) ×0.5%
		기타 경비	27,777	5,918	7,220	615	3,170	1,543	46,242	(재료비+노 무비)×6%
		[소 계]	94,641	19,679	46,582	1,831	7,519	3,175	173,427	
	순공사비 계		557,584	118,306	166,918	12,074	60,353	28,889	944,123	
	일반 관리비		34,684	6,687	5,901	883	3,597	1,748	53,501	계×6%
	공급가액		592,268	124,994	172,819	12,957	63,950	30,637	997,625	
	부가가치세		59,227	12,499	17,282	1,296	6,395	3,064	99,762	
	[총 공사비]		651,495	137,493	190,101	14,253	70,345	33,700	1,097,387	
	비율		59.37	12.53	17.32	1.30	6.41	3.07	100%	

- 전기·통신·소방을 분리 발주하여 시공함. 전체 공사 중 건축공사, 토목공사 등 전기·통신·소방을 제외한 공사비가 949,955천원으로 총 공사비의 90.1%이었으며, 전기·통신·소방의 공사비는 104,045천원으로 전체 9.9%이었음. 각각 다른 회사와 계약하여 대금을 지급함.
- 선행연구에서 전환설계로 제시한 전기·통신 공사비의 비율 14.7%보다 낮음. 실제 전기·통신 공사가 발주 방식 만으로 공사비가 증액되는 요인이 있을 경우 이를 줄이도록 법·지침 또는 발주방식 개선이 필요함.
 - 전기 통신 분리발주를 하는 경우 현장과 모듈러 공장의 거리에 따라 전기·통신업체 출장 등 비용 상승이 발생할 수 있고 업무도 기존 공법보다 번거롭게 진행됨. 이에 업무를 편리하게 처리할 수 있도록 업무 범위의 조정이 필요하고, 이에 따라 하자 책임에 대한 부분도 조정될 필요가 있음.
 - 현재 「전기공사업법」 제 11조 (전기공사 및 시공책임형 전기공사관리 의 분리발주)에 의거 다른 업종과 분리발주 하도록 함. 「전기공사업법 시행령」 제 8조(분리발주의 예외)를 지정하고 있으나 모듈러공사는 이에 해당되지 않음.
 - 「전기공사업법 시행령」 제 8조(분리발주의 예외)에서 ‘1.공사의 성질상 분리하여 발주할 수 없는 경우’ 또는 ‘2.긴급한 조치가 필요한 공사로서 기술 관리상 분리하여 발주할 수 없는 경우’가 있음. 모듈러 제작 공장에서 자동화된 제조기기를 사용하고, 모듈러주택에 해당되는 전기·통신공사가 공장에서 마무리되어 현장에서 연결만 할 경우 전기·통신공사를 분리발주 하는 것은 모듈러제작 업체의 생산성 저하 뿐 아니라 전기·통신업체의 작업도 기존보다 작업 장소 이동이 많아져 번거로움.
 - 이러한 불편함을 개선하기 위한 제도 개선이 필요함. 모듈러주택의 공장 제작이 하나의 제품처럼 완결된 형태가 되면 현재 빌트인(built-in) 되어 있는 가전제품 또는 가구와 같이 제작사가 하자 및 AS에 대해 책임을 지고 공간에 맞게 설치하는 것까지 작업의 범위로 포함해야 함. 이와 같은 방식이 되려면 가전 또는 가구를 전문업체가 생산하듯 관련 전문

성을 제작회사가 보유하고 있어야 함. 즉 기존 건축회사가 업무 범위만 확장하여 전기·통신 공사까지 수행하는 것은 제한적임²⁸⁾.

- 현재는 작업의 형태가 기존 건설업의 관행과 혼재 되어 있으므로 기술의 발전에 맞게 순차적인 개선이 필요함.

[표 3-14] 모듈러공사 및 전기통신 분리발주 공사비 내역 (단위 : 천원)

수급인	품명	A. 도급금액 (재료비,노무비,경비 직접비)	B. 모듈러공사금액 (재료비,노무비,경비 직접비)**		C. 간접비	총 공사금액 (A+C)
건축/ 제작 회사	1. 건축 공사	499,287	350,033	70.1%*		499,287
	2. 토목 공사	84,946	—			
	3. 조경공사	12,715	—			
	4. 기계설비공사	95,301	58,953	61.9%*		
	5. 도시가스공사	965	—			
	[총 계]	693,213	408,986	59%*	256,742	949,955
전기 설비 회사	6. 전기공사	51,100	24,185	47.3%*		
	7. 소방시설공사	680	659	96.9%*		
	6·7전기·소방[소계]	51,780	24,844	48%*	18,565	70,345
	8. 정보통신공사	25,032	9,866	39.4%*	8,668	33,700
	[총 계]	76,812	34,710	45.2%*	27,233	104,045

[주] * 도급금액 내에서 차지하는 비율

** 모듈러공사 금액은 A. 도급금액 내에서 모듈러공사 부분만 구분하여 표기

3) 152세대 4층 I모듈러주택

- 공사비 사례는 계약 당시 금액이므로 실제 집행된 공사비와 차이가 클 수 있음. 실제 투입된 공사비에는 시행착오 및 주변 민원 등으로 생기는 비용이 포함되지만 공사비 명목상 드러나지 않고 공사 참여 회사의 손실이 될 수 있음. 즉 계획 공사비는 공사시 투입되는 자재와 노무비 위주로 계산되므로 과정상의 경비는 정확히 드러나지 않음. 그리고 자재 등의 물가 상승도 반영되지 않았으며, 최근 이 부분의 변동도 컸음.

28) 「전기공사업법」 제 3조(전기공사의 제한 등) 및 「정보통신공사업법」 제 3조(공사의 제한)

- [표 3-17]은 전기 통신 분리 발주에 대한 공사비를 구분하여 제시함. 제시된 금액은 2022년 11월에 검토한 비슷한 세대의 타 공사에 비해 전기 및 통신공사 비용이 다소 낮게 책정됨. 이러한 결과로 선행 연구²⁹⁾ 전환설계 공사비와 비율차이가 크게 나타남. 다른 사례의 경우에도 대략 10~20%를 차지하는 것으로 나타나며, 전기공사만 10%를 차지하는 경우가 많음.

[표 3-15] 준공 사례 I 모듈러주택 전체 공사비 구성

구분	건축/기계/토목/조경		전기·통신/ 소방	
	공사비(단위:천원)	비율(%)	공사비(단위:천원)	비율(%)
1. 재료비	6,588,419	37.3	259,040	24.1
2. 노무비	6,232,672	35.3	498,535	46.4
3. 경비	2,560,716	14.5	158,162	14.7
4. 일반관리비 및 이윤	1,328,680	7.5	85,287	7.9
5. 부가가치세	658,837	3.7	29,361	2.7
6. 물가 변동 등 기타	227,506	1.3	44,414	4.1
총계	17,653,941	100.0	1,074,799	100.0

[표 3-16] 모듈러공사 및 전기통신 분리발주 공사비 비교

품명	I 사례 공사비			선행연구 전환설계 공사비	
	공사비 (단위:천원)	m ² 당 공사비 (단위:천원/m ²)	비율(%)	m ² 당 공사비 (단위:천원/m ²)	비율(%)
건축 공사	13,623,968	1,673.1	80.8	2,205	67.2
토목 공사	924,877	113.6	5.5	170	5.2
조경공사	219,731	27.0	1.3	106	3.2
기계설비공사 (+가스공사)	1,013,722	124.5	6.0	347	10.5
전기·통신· 소방공사	1,074,799	132.0	6.4	454	13.8
소계	16,857,097	2,070.1	100.0	3,282	100

29) 송상훈 등(2022), “모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립”, LHRI

4. 모듈러주택 공사비 증액 비율

- LH 모듈러주택의 준공 사례가 5건 미만이고, 규모나 사업추진 방식·여건이 달라서 공사비를 비교하여 기준을 정립하기 어려움. 외장재의 공장 완성 또는 현장 설치 등 공사 방법도 프로젝트 별로 차이가 있고 자재도 다르고, 발주나 사업 추진 방식에도 차이가 있었으므로 본 연구에서 제시하는 공사비는 각각의 사례로 참조하는 것이 타당함. 이에 모듈러주택으로 전환 설계 하여 공사비를 산출한 선행 연구 및 모듈러주택 공사비 검토 자료를 분석하여 공사비가 높아질 수 있는 요인을 확인함.
- 모듈러주택의 공사비는 기존 습식 RC대비 20%이상 증액. 주된 원인은 모듈러주택의 골조 공사비가 기존 벽식 RC구조 공사 대비 2배 가량 증액 되고, 층고는 2.8m에서 3.1m로 상향, 이에 따른 건축 공사비 및 건축자재비의 증액 등임. 반면 모듈러주택 공사 시 간소화되는 감리비 및 설계비는 공사비에 효율을 적용하므로 같이 증가하는 모순이 발생함.

[표 3-17] 습식공법과 모듈러주택 단위 공사비 비교 및 차이 분석(단위: 천원/㎡)

구분		선행 연구*	습식공사 vs 모듈러주택 검토사례				준공 사례		
			A	B	C	D	G	H	I
RC 주택	아파트공사(건축/기계·전기설비)	2,253	2,708	2,272	2,399	2,411	-	-	-
	토목·조경·기타공사	317	877	380	914	512			
	소계(A)	2,571	3,585	2,652	3,314	2,922			
모듈러주택	아파트공사(건축/기계·전기설비)	2,965	1,877**	1,584**	1,871**	1,441**	1,084**	1,576	1,929
			3,116***	1,888***	3,558***	2,743***	798***		
	토목·조경·기타공사	317	878	380	915	512	261	361	141
	소계(B)	3,282	5,870	3,852	6,344	4,696	2,142****	1,937	2070
공사비 증액비율 (B/A)		1.28	1.64	1.45	1.91	1.61	-	-	-

* 선행연구: 송상훈 외(2022), 모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립, LHRI

** 현장 RC공사비

*** 모듈러주택 제작 및 공사비

**** 평당 공사비 : 7,081천원

(비교 : LH 통합공공임대주택 평당 건설원가 2022년 기준 8,847천원)

- 이에 부분 도급비를 줄일 수 있는 감리 기준, 공업화인정제도 개선 등이 필요하고 모듈러주택 지원 단가기준 변경이 필요
 - 2022년 국토부 예산 심의 결과 기금 22% 추가 용자로 협의 완료, 모듈러주택 건설시 증액 비율이 23%이상으로 예측되므로 추후 공사비를 줄이는 노력을 하여 좀더 줄일 수 있는 여지를 고려하면 정부의 재정 지원 비율은 타당함. 그러나 용자는 저리로 대출을 해주는 방식이므로 LH는 여전히 사업비 손실이 발생함.
 - 행복주택(평균 평형 17.2평, 전용 36㎡ 수준) 1천 호를 모듈러주택으로 건설시 RC공법 대비 호당 33백만원 , 총 330억원 사업비 추가 필요. 모듈러주택 관련 제반 기술이 안정적으로 정착 될 때까지 용자보다는 출자비용을 증액하여 추가되는 사업비를 지원하는 것이 필요함.
- 준공 사례 G프로젝트의 경우 모듈러제작 부분의 원가가 낮은 이유는 타 프로젝트와 동일한 모델을 제작하는 조건으로 사업을 시행하며 원가를 낮춤. 그리고 건축물의 규모가 작아 지하층 공사가 없고, 공장에서 외장재 공사를 마무리하고 현장에서는 비계 설치 없이 적층하며 완성하여 공사방법이 비교적 단순함.
- 일반적인 공동주택 공사의 경우 단지규모가 작아질수록 호당 또는 단위 면적당 공사비는 높아짐. 즉, 30호 미만의 주택과 500호 이상의 주택 공사비 차이는 1.5배 이상임. 이러한 차이는 습식 공사의 경우 재료비 이외의 비용 상승으로 발생하므로 줄이기 어려움. 그러나 모듈러주택인 경우 500호를 동시에 제작하여 여러 곳으로 분산 설치 할 수 있으므로 상승 폭을 줄일 수 있음.
- 모듈러주택의 대규모 세대를 분산하여 설치하는 범위가 좁아질수록 공사 감독을 하는 인력을 줄일 수 있으므로 효율적으로 진행하여 비용을 줄일 수 있을 것으로 판단함. 그러나 현행 제도로는 불가능함.

5. 소 결

- 선행연구 송상훈 외(2022)“모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립”는 습식 RC공사로 계획된 건물을 모듈러주택으로 전환 설계한 후 소요되는 공사비를 산출하여 비교함. 이 연구에서 제시하는 결과는 공사비 비교 범위에 따라 공사비 증액 비율에 차이가 있으나 모두 건축공사에 의한 비율 차이가 주된 원인임. 즉, 모듈러 공사 시 구조 방식과 재료가 철근 콘크리트 벽식 구조에서 철골 라멘구조로 변경됨. 이러한 이유로 건축 공사에서 구조 공사비의 비율이 달라지고, 전체 공사비에 영향을 미침. 즉, 범위가 좁아질수록 공사비 증액 비율이 높아지며 단지 전체 공사비를 비교한 경우 모듈러주택 공사비는 약 28% 증가하고, 아파트 상부만 비교할 경우 약 36%가 증가함. 구조 공사비의 차이는 습식 일반 주택의 공사비에 비해 약 2배가량 소요됨.
- 공사비가 다른 두 가지 구조 방식을 비교해 보면 구조체가 갖고 있는 친환경적 특징이 다름.
 - 첫째, 라멘 구조이므로 ‘장수명주택’의 요건, 즉 내부 벽체는 수요에 따라 공간 변형을 할 수 있고, 노후화된 설비나 자재는 교체 및 수리 용이하도록 건축함. 건축물의 수명을 고려하면 구조체의 수명만큼 건물을 사용할 수 있으며 기존 RC 벽식 구조 대비 2배 이상 연장될 수 있음. 오래 쓰는 만큼 초기에 공사비가 지출되는데, 현재 이 부분에 대해 정부가 임대주택 건설을 위한 재정지원 시 고려할 필요가 있음.
 - 둘째, 철골조는 구조 재사용을 고려할 수 있음. 철근 콘크리트조인 경우 이축이 불가하므로 재사용 가능성이 없음. 본 연구에서 연구 대상으로 선정한 철골조 모듈러주택은 이동 및 구조 재사용이 가능함. 처음부터 계획에 반영될 경우 더 수월한 방법으로 이동 및 해체가 가능하지만, 그렇지 않은 경우에도 철근 콘크리트조 건물의 철거보다 주변에 미치는 피해가 적고 폐기물 배출도 저감됨. 이러한 과정에서 건축물의 전 생애

주기 탄소 배출량 분석 결과 철근 콘크리트 건물에 비해 16.1~20.4%저감됨.

- 이와 같이 모듈러주택으로 공법이 변경되어 발생하는 공사비 증액은 자재에 의한 비용이므로 감액하기 어려움. 이에 모듈러주택은 인정을 받은 주택인 경우 설계와 감리에 비용을 지출하지 않아도 되도록 하는 법적 근거³⁰⁾가 있으므로 이를 고려하여 감리비를 낮추는 방안을 적용하여 공사비를 비교해 봄. A~F까지 6개 단지에 대해 공사비를 검토하였음.
- A~D단지는 근거리에 위치한 소규모 공동주택 단지를 가정하여 한 회사가 제작하고 감리하는 것을 전제로 기존 습식 공법의 공사비와 비교함. 이러한 방식은 RC공법과 달리 모듈러주택은 공장에서 생산하고 4곳으로 이동하여 조립 및 설치하면 되는 공정상의 차이를 활용함. 그리고 감리 업무도 공장에 있는 모든 제작품을 다 검수할 필요 없이 표본을 추출하여 검사하면 업무가 간소화 될 수 있는 측면을 고려하였음.
- 외장재의 마감 방식 및 가구 설치 방식에 따라 공장 제작물에 차이가 있지만 주동 상부 부분은 80%이상 공장에서 완성되므로 기존의 공법과는 감리 업무에 큰 차이가 있음.
- A~D단지는 모두 100세대 미만의 공사로 총 256호를 기획함. 주로 중소도시의 공동주택에 적용해 볼 수 있으며, 내화 1시간을 적용받는 4층 이하의 모듈러주택으로 동일한 유닛 모델을 다필지로 분산하여 대지에 맞는 배치계획으로 적층하여 시공하는 것을 기획함. 먼저, 같은 요율을 적용하여 각 단지별로 기존 공법으로 18개월인 것을 단축하여 10개월로 적용한 비용으로 감리비를 계산함. 그리고 전체 공사 규모에 기재부에서

30) 「주택건설기준 등에 관한 규칙」 제 14조(건축사의 설계·감리를 받지 아니하는 공업화주택의 건설자)에 의거하여 건축사의 설계 건축사1인과 건축구조기술사 또는 건축시공기술사 1인 이상을 보유하고, 건설시 「건설산업기본법」 제 40조에 따라 현장에 건설기술자를 배치하면 공업화주택을 시공할 수 있도록 허용함. 주택법 제 53조(공업화주택의 건설 촉진)에 의거, “공업화주택의 건설 및 품질 향상과 관련하여 국토교통부령으로 정하는 기술 능력을 갖추고 있는 자가 공업화주택을 건설하는 경우에는 제 33조(주택의 설계 및 시공), 제 43조(주택의 감리자 지정), 제 44조(감리자의 업무) 및 「건축사법」 제 4조(설계 또는 공사감리)를 적용하지 아니함.

지정한 “책임 감리비 요율”을 적용하여 계산한 결과를 비교함. 기존 감리비에 비해 46.4%로 비용이 낮아짐. 이와 같은 감리비를 시행하기 위해서는 기존 감리자 및 관련 회사가 수용할 수 있는 업무 범위 및 하자 책임 등이 분명하게 마련되어야 함.

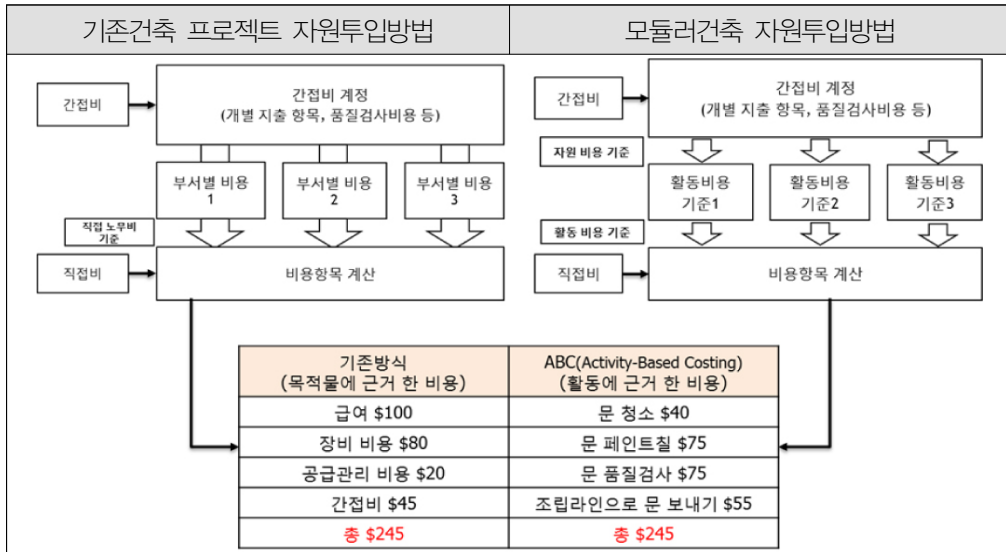
- 전환 설계한 선행 연구³¹⁾와 동일한 규모인 100세대로 E 및 F단지는 ‘책임 감리비 요율’인 10.2%를 적용하여 m²당 공사비를 산출함. 이러한 결과 평당 1,250만원 m²당 356만원으로 도출함. LH 임대주택 공사원가 기준인 884.7만원에 비해 약 141% 높음. 선행 연구“모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립”에서 전환 설계한 결과는 평당 1,085만원이었으며, 이에 비해서도 약 115% 높음.
- 모듈러주택의 공사비는 아직 추진 사례가 적고 공법들도 부분적으로 차이가 있으며, 건축자재 비용의 변화도 심한 시기이므로 각각의 사례에서 제시하는 공사비를 기준으로 정하기 어려움. 이에 감액할 수 있는 부분을 고려하여 감액의 정도를 파악하는데 활용함.
- 실제 공사비는 사례에 따라 계획 공사비와 실제 공사비의 차이가 10% 미만으로 적은 경우도 있지만, 공사 과정 중 매우 큰 차이가 생기는 사례도 있음. 현재 시행착오가 필요한 단계이므로 예상치 못한 공사비 증액의 문제가 발생함.
- 실제 사례에서 전기·통신·소방을 분리 발주하여 이 세 가지 공종으로 지불되는 비용을 살펴봄. H와 I프로젝트 사례는 세대수 규모 차이가 10배 이상 있으며, 두 공사를 비교함. 계산 결과 H프로젝트는 전체 공사비 중 9.48%, I프로젝트는 전체 공사비 중 6.4%가 전기·통신·소방을 담당한 회사에 지불됨. 선행연구³²⁾에서 제시한 금액인 13.8%는 I프로젝트보다 2배 이상 높음. 선행연구에서 분석한 대상은 H프로젝트보다 I프로젝트와 세대수 차이가 적음.

31) 송상훈 외(2022)“모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립”, LHRI

32) 송상훈 외(2022)“모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립”, LHRI

- 공장 시스템, 책임 및 업무범위에 대한 기준, 발주 방식 등이 모듈러주택 공사에 맞게 안착되면 일관성 있는 기준이 제시될 수 있을 것임. 그러나 현재는 다양한 방식으로 시도되고 있는 단계이므로 기준을 정하기 어렵고, 기준을 정해도 프로젝트 사정상 큰 오차가 발생하여 실효성이 약함.
- 한국건설관리학회(2008)³³⁾에서는 일반적으로 건설사업 시작 전에 공사비를 예측하는 방법을 4가지 제시함. 1) 단위기준 방법 2) 통계적 방법 3) 인공지능을 이용한 방법 4) 수량변화 분석방법임. 이러한 방법은 공통적으로 선행 사례로 축적된 건축 공사비 데이터가 많은 경우 추정 가능한 방법임³⁴⁾.
- 모듈러주택의 경우 선행 데이터가 부족하여 일반적인 공사비 예측 방법을 적용하기 어려움. 그리고 기존 공사와 공사방법이나 생산구조 면에서 차이가 있으므로 이를 반영한 공사비 예측 방안이 마련되어야 함.

[표 3-18] 기존 건축공사와 모듈러 건축공사의 자원투입 및 공사비산정 차이



[인용] SH서울주택도시공사 · SH도시연구원, 도시 속 새로운 집, 모듈러 새로운 주택의 미래로 실현되다, 2019.04, p.34

33) 지세현 외 3인(2008), “건설공사 공사비 예측 및 관리기술 발전방향_호주사례를 중심으로”, 한국건설관리학회논문집, p.172

34) SH서울주택도시공사·SH도시연구원, 도시 속 새로운 집, 모듈러 새로운 주택의 미래로 실현되다, 2019. 04 p.31

- 한국건설관리학회(2015)³⁵⁾에서는 모듈러 건축물의 공장제작 단계에서 발생하는 원가 항목 중 간접비의 경우 공장제작 자동화 비율에 따라 달라지기 때문에 기존의 건축 공사에서 사용하는 직접비에 일정 요율을 적용하여 계산하는 방법으로는 맞지 않는 것을 제시함.
- 이러한 시스템 전환을 위해 건축 자재의 성능 및 구조 안전 등 기술적으로 해결해야 할 문제도 많은 상황임. 내화, 층간소음, 세대 간 경계벽 차음, 단열, 결로 방지 등의 성능에 대해서는 공업화 주택의 품질향상을 위한 기술개발이 필요함. 그리고 공업화 주택인정, 장수명 주택 인증, 녹색 건축물 인증, 제로에너지 건축물 인증 등의 제도에 대한 개선도 수반되어야 함³⁶⁾. 이러한 문제를 해결하며 건설업의 생산·시공 시스템을 전환하기 위해서는 장기간의 연구개발 및 실행이 필요함.

35) 이정훈 외 4인(2015), “활동기준원가계산법에 의한 모듈러 건축물 공장제작단계 간접비 산정방안”, 한국건설관리학회논문집, Vol.16 No.4, p.139

36) 천영수 외(2020), “LH형 모듈러주택의 모델개발 및 품질확보 방안 연구”, 토지주택연구원, p.193~224

LANDS & INSTITUTIONS

제4장 모듈러주택 적용 확대를 위한 사업성 제고 방안

1. 법제도 개선 방안

1.1 감리비 절감 방안

- 모듈러주택은 건축·구조 등의 자재비로 건설원가 상승은 고정값이므로 단기적으로는 감리비 및 작·간접노무비 부분에 대한 지급 기준 개선 필요
 - 일반적인 RC공동주택 공사에서 감리비의 비율은 총공사비의 20~30%가 소요, 모듈러주택은 공기가 단축되고 공장제작 부분이 상당하므로 이를 반영하여 [표 4-1]과 같은 책임감리비 요율 기준을 적용하여 약 6~11% 적용하는 것을 제안함.
- 책임감리비요율 기준을 보면 100억원 규모 10.73%, 500억원 규모 5.52%정도임. 2023년의 상세한 기준은 다음 [표 4-1]과 같음.

[표 4-1] 전면 책임감리비 요율

공사비 (억 원)	개 산 요 율 (%)		
	단순한 공종	보통의 공종	복잡한 공종
100	9.66	10.73	11.80
200	7.34	8.14	8.97
300	6.24	6.92	7.62
400	5.48	6.09	6.70
500	4.96	5.52	6.07
700	4.38	4.87	5.35
1,000	3.93	4.36	4.79
1,500	3.44	3.82	4.21

[출처] 2023년도 예산안 편성 세부지침 개정내용, 22.5.1 이후 신규 발주하는 사업부터 적용

- LH에서는 일반주택사업과 모듈러주택사업은 구분 없이 책임감리 적용함. 모듈러주택 사업의 경우 공사비가 상승하므로 감리비도 함께 상승함. 기존 습식 RC공법 공동주택의 사례 J프로젝트의 경우 임대(행복)주택 90호 총 공사비 166억 중 감리비가 30억으로 18%정도 차지, K프로젝트 임대주택 80호 공사를 위한 공사비 135억 중 감리비가 27억 소요되어 20%를 차지함. [표 4-1]과 같은 감리비 산정 기준이 있지만 실제로는 이보다 더 많은 비용이 소요됨. 그리고 3장에서 제시한 A,B,C,D단지의 습식 공법 적용 공사비 검토 자료에서도 감리비의 비율이 20% 이상임.
- 앞에서 설명한 바와 같이 모듈러주택의 경우 재료비의 비중과 비용이 높으므로 공사비를 기존 습식 RC공사 수준으로 낮추고자 한다면 설계비 및 감리비와 같은 부분 도급 부분을 줄여서 사업성을 개선해야 함. 책임 감리의 효율을 낮추는 방법 외에도 5층 이하 50호 이하인 경우 시공감리를 적용하는 기준을 새롭게 마련할 수 있음.
 - 예를 들면 2km내 다필지 소규모 주택사업을 한번에 발주할 경우 여러 개 프로젝트의 감리 기관을 1개로 선정하여 운용할 수 있음. 이러한 방안으로 기존의 감리비를 낮추면 전체 사업비를 낮출 수 있으므로 사업성도 개선될 수 있음. 이러한 가정으로 3장에서 A,B,C,D프로젝트와 습식 공법의 공사비를 비교하였음.
- 그러나 이러한 제도를 도입하기 위해서는 제작 된 주택의 품질이 좋은 것이 전제 되어야 함. 그리고 제작 품질이 불량률이 낮은 공장에서 자동화로 생산되는 제품과 같이 균일해야 함. 모듈러 제작 품질이 열악하고 품질 편차가 클 경우 감리를 완화하면 완성된 주택 품질이 매우 저하될 우려가 있음.
- 「주택법 제53조_공업화주택의 건설 촉진」 제2항에는 “공업화주택의 건설 및 품질 향상과 관련하여 국토교통부령으로 정하는 기술능력을 갖추고 있는 자가 공업화주택을 건설하는 경우에는 제33조, 제43조(주택의 감리자 지정 중), 제44조(감리자의 업무 등³⁷⁾) 및 건축사법 제 4조를 적용하지 아니

37) 제 44조 감리자의 업무 등 : ①(생략) 다음 각 호의 업무를 수행하여야 한다.

한다.”는 규정이 있음. 즉, 공업화주택 도입 시 공업화주택 특성 상 설계 및 감리에 대해 완화할 수 있음을 인정하고 있음. 「주택법」 제 44조 감리자의 업무에 대한 내용을 보면 공업화주택과 맞지 않는 업무가 혼재되어 있음을 알 수 있으며, 이러한 이유로 감리 완화규정을 두는 것은 타당함.

- 그러나 이를 활용하여 감리 또는 설계를 완화한 사례가 없어 유명무실한 제도로 운영되고 있음. 그러나 사업성을 제고하기 위해 이를 활용하는 방안을 모색할 필요가 있음.

○ 이러한 공업화주택의 완화 조항을 활용하기 위해서는 공업화주택을 인정해주는 제도 개선도 수반되어야 함. 현재 완화 조항을 활용한 사례가 없는 이유 중 하나는 공업화 주택의 인정방식이 주택 일부를 변경할 경우 재인정을 받아야 하므로 건설업의 특성상 인정된 모델을 경미한 변경 없이 시공하기 어렵기 때문임.

1.2 공업화주택 인정제도 개선

○ 2015년 12월 「주택법」을 개정하여 공업화 주택의 규제완화를 위해 인정기준을 개선함. 자세한 내용은 다음과 같음.

- 첫째, 주요 구조부와 관계없이 주택의 공간을 구성하는 유닛(단위부품)을 인정대상으로 포함하여, 주요 구조부 또는 공간구성 유닛, 예를 들면 거실, 안방, 주방 등을 공장에서 생산하여 건설하는 주택을 인정대상에 추가하였음.
- 둘째, 현장 여건에 따라 인정받은 유닛을 조합하여 다양한 형태의 주택건설이 가능하도록 개선하였음. 예를 들면, 30㎡로 인정받은 유닛 2개를 활용하여 60㎡의 1개 세대를 구성하는 것이 가능해졌음.

-
1. 시공자가 설계도서에 맞게 시공하는지 여부의 확인
 2. 시공자가 사용하는 건축자재가 관계 법령에 따른 기준에 맞는 건축자재인지 여부의 확인
 3. 주택건설공사에 대하여 「건설기술 진흥법」 제 55조에 따른 품질시험을 하였는지 여부의 확인
 4. 시공자가 사용하는 마감자재 및 제품이 제54조 제 3항에 따라 사업주체가 시장·군수·구청장에게 제출한 마감자재 목록표 및 영상물 등과 동일한지 여부의 확인
 5. 그 밖에 주택건설공사의 시공감리에 관한 사항으로서 대통령령으로 정하는 사항

- 셋째, 인정받은 자재·부품의 생산이 중단될 경우, 동일 성능을 가진 다른 제품으로 대체가 가능토록 요건을 완화하였음. 단, 인정을 받은 기준보다 낮은 성능으로 공업화주택을 건설한 경우에 한하여 대체할 수 있도록 하였음. 그리고 성능기준을 현실화하고, 안전성 확보 대상에 주택의 공간을 구성하는 유닛 및 접합부를 추가로 규정하여 인정대상을 확대하였음.

○ 2015년 이후 ‘공업화주택 인정’을 받은 공업화주택 모델 중 3개 업체 사례의 상세 내용은 다음 [표 4-2]와 같음. 포스코A&C와 금강공업은 개별실로 일정을 받았으며 유창의 경우 개별실과 유사한 원룸을 인정받음. [표 4-2]는 2020년 8월 5일 기준의 자료이므로 포스코 A&C의 경우 유효 기간이 경과 후 변경 사항은 반영하지 않음.

[표 4-2] 공업화주택 인정 업체의 인정모델 특징 비교

상호 명칭	포스코 A&C	금강공업	유창플러스
공업화주택명칭	Muto Frame Module Type-1	KMC Type-A	U' Vista A-2 Single House(단독 주택)
주요 구성 재료	철골, 콘크리트, 메탈스터드, 석고보드	철골, 콘크리트, 메탈스터드, 석고보드, 판넬	철골, 콘크리트, 메탈스터드, 석고보드, 판넬
사용 부위	골조, 바닥판, 천정, 벽체	구조체, 바닥판, 천정, 벽체	구조체, 바닥판, 천정, 벽체
유효 기간	2018.2.12~2023.2.11	2019.8.01~2024.7.31	2020.1.13~2025.1.12
주택 용도	공동주택(건축법시행령 별표1 제2호의 '공동주택')	공동주택(건축법시행령 별표1 제2호의 '공동주택')	단독주택(건축법시행령 별표1 제1호 가목의 '단독주택')
주택 규모	미표시	지상 6층	지상 1층
구조형식	철골 라멘조	철골 라멘조	철골 구조
적용지역	적용가능한 지역 지정	-	국내 전지역
생산기준에 따른 구분			기타 조립식 부재
공장제작율 (유닛기준)	100%	70~80%	80%
현장시공율 (유닛기준)	0%	20~30%	20%
공장제작범위	구조체, 내부마감, 외장마감	구조체, 전기설비	구조체, 전기설비
현장시공범위	기초, 조립, 접합부 마감	기초, 조립, 외장마감, 접합부 마감	기초, 조립, 외장마감, 접합부 마감
인정범위	천장과 벽을 포함한 개별실	천장과 벽을 포함한 개별실	기초와 천장·벽을 포함한 원룸
종합면허	토목건축공사업	건축공사업	건축공사업

전문면허	금속 구조물 창호 공사업, 지붕판금건축물 조립 공사업 등		
사업분야	건축설계 및 주택건설	강관, 폼 등 제조업	건축자재(내장패널) 제작 및 시공
주의사항	가. 인정범위는 천장과 벽을 포함한 개별실(개별 유니트)로 한정하며, 다양한 형태 및 구조로 건설되는 경우 구조체의 접합부, 설계, 화재, 소음 및 내진에 대한 대책은 건축시 인허가권자와 신청규모에 따라 별도의 검토를 해야 함. 나. 공업화주택 건설시 에너지절감을 위한 냉난방설비, 전기배관 및 발코니 확장 등에 대한 건축사 등 전문가 검토를 거쳐 건설해야 함.	가. 인정범위는 건축법시행령 별표1 제 1호 가목의 '단독주택'에 한정하고 금강공업에서 제시한 설계도서 KMC Type-A 중 KMC Type-A-1(습식 바닥판)에 한하여 적용 가능함. 나. 공업화주택(단독주택) 건설시 에너지절감을 위한 냉난방설비, 전기배관 및 발코니 확장 등에 대한 건축사 등 전문가 검토를 거쳐 건설해야 함.	가. 인정범위는 건축법시행령 별표1 제 1호 가목의 '단독주택'에 한정하고 유창플러스에서 제시한 설계도서 U' Vista A-1 Single House에 한하여 적용 가능함. 나. 공업화주택(단독주택) 건설시 에너지절감을 위한 냉난방설비, 전기배관 및 발코니 확장 등에 대한 건축사 등 전문가 검토를 거쳐 건설해야 함.
비고	공동주택 평가기준으로 인정절차 시행(한국건설기술연구원 인정담당자 확인, 2012년 신청시 구조성능 기준 4층, 30Bay 120세대 제안)	단독주택 평가기준으로 인정절차 시행	단독주택 평가기준으로 인정절차 시행

- 「주택건설기준 등에 관한 규칙」 제 14조 (건축사의 설계·감리를 받지 아니하는 공업화주택의 건설자)에 의거하여 건축사의 설계 건축사 1인과 건축구조기술사 또는 건축시공기술사 1인 이상을 보유하고, 건설시 「건설산업기본법」 제40조에 따라 현장에 건설기술자를 배치하면 공업화 주택을 시공할 수 있도록 허용하고 있음. 즉, 공업화주택 인정을 받은 모듈러주택의 경우 주택의 설계 및 감리 규정을 적용하지 않으므로 설계·감리비용을 절감 가능하며, 인정받은 자는 건설업자가 아니어도 건설 가능함.³⁸⁾
- 이러한 제도에도 불구하고 공업화주택 인정시 효과, 즉 공업화주택의 건설 및 품질 향상과 관련하여 국토교통부령으로 정하는 기술 능력을 갖추고 있는 자가 공업화주택을 건설하는 경우에는 제 33조, 제 43조, 제 44조 및 「건축사법」 제 4조를 적용하지 아니하는 규정을 활용하여 준공한 사례가 없음. 이에 공업화주택 인정제도 개선이 필요함.

38) 「주택법」 제33조(주택의 설계 및 시공), 제43조(주택의 감리자 지정) 및 제44조(감리자의 업무), 「건축사법」 제4조(설계 또는 공사감리), 「건설산업기본법」 제9조

- 인정받은 기준에 비해 건축적 기준이 완화되어 있는 건축물인 경우 별도의 인정없이 시공 가능하도록 허용을 해주는 절차를 도입하는 것이 필요함. 캐나다 CSA(Canadian Standards Association)의 경우 가장 가혹한 조건을 취득할 경우 하향된 성능은 별도의 절차 없이 인정해 줌. 구조부에 이러한 인정 방법을 적용할 경우, 5층으로 건설 가능 층수 인정을 취득한 경우 5층 이하의 시공은 가능하도록 할 수 있음. 다만, 모듈의 크기가 확대될 경우 구조 및 내화 안전성이 달라질 수 있으므로 모듈의 크기 또는 장단변 스패의 길이를 축소하는 범위에서 인정하는 것을 고려해야 함. 단열 조건인 경우에도 가장 가혹한 조건인 북부 지방을 기준으로 인정을 득한 경우 남부 지방에 대해서는 별도의 인정을 득하지 않고 시공 가능하도록 인정해 줄 수 있음.
- 현재 변형을 인정하는 기준이 없으므로 설계를 변경하여 형태 및 재료를 바꾸거나 시공방법을 변경할 경우 다시 인정을 받아야 하고 과다한 비용과 시간이 발생함. 이를 개정하여 인정 범위를 설정하고 그 범위 내 변경은 보완 서류 제출 등 간소화 된 방법으로 활용을 허용해 주는 융통성이 필요함.
- 인정을 받은 계획안에 대해서는 주택의 유닛 또는 관련 자재의 한 모듈을 하나의 물품으로 등록하여 여러 업체에서도 생산 및 구매할 수 있도록 지원하는 시스템이 필요함. 조달청에 물품으로 등록될 경우 나라장터를 통해 조달청과 등록을 원하는 업체 간의 협의를 통해 가격을 결정하고, 구매자는 등록물품을 선정하여 구매할 수 있도록 할 수 있음. 다만, 물품 등록을 위해서는 「다수 공급자 계약 업무처리규정」 제4조에 따라 인정을 받은 3개 이상의 업체가 필요함³⁹⁾. 현재는 인정을 받은 업체수가 매우 적은 문제가 있

39) 제4조(신규 수요물자의 다수공급자계약 추진) ① 다수공급자계약은 다음 각 호에 해당하는 물품 및 용역을 그 대상으로 한다.

1. 규격(모델)이 확정되고 상용화된 물품 및 용역
 2. 단가계약(제3자단가계약 포함)이 가능한 물품 및 용역
 3. 기타 조달청장이 필요하다고 판단하는 물품 및 용역 등
- ② 계약담당과장은 제1항의 대상 수요물자 중 다음 각 호에 모두 해당되는 경우에는 구매업무심의회를 거쳐 다수공급자계약을 추진하여야 한다.
1. 해당 수요물자를 제조 또는 공급하고, 연간 거래실적이 3천만원 이상인 업체가 3개사 이상일 것
 2. 업계 공통의 상용 규격 및 시험기준이 있을 것

- 음. 그리고 등록물품에 대한 정보를 공개하고 실적 등의 정보를 관리할 수도 있음. 이런 시스템이 잘 정착되면 재난 등으로 갑자기 수요가 발생할 경우 신속하고 편리하게 대응 가능함. 재난 대응을 위해 건축을 비축하지 않고 이러한 시스템을 잘 정착시키는 것도 준비하는 방법이 될 수 있음.
- 일본의 경우 형식적합 인정제도를 운영하는 지정 인정기관은 8개의 기관⁴⁰⁾이며 홈페이지를 통해 인정리스트와 재료를 공개하고 있음. 3D프린터의 경우에도 3D 시스템즈 등의 특허가 만료된 이후 랩랩(Reprap)프로젝트를 통해 프린터 설계도를 오픈소스로 공개하여 프린터의 제작을 저렴하게 대중적으로 할 수 있었고, 이후 메이커스(Makers) 운동 등으로 많은 사람들이 제작에 참여하고 기술을 발전시킬 수 있었음.
 - 모듈러 건축의 활성화를 위해서는 정보를 공개하고 공유하며 여러 회사에서 동일한 과정을 반복하지 않도록 하는 시스템이 필요함.
 - 이런 정보의 공개는 관련 전문가를 양성하고 경쟁력 있는 제작업체를 늘려 국제적인 경쟁력과 위상을 갖는데 중요한 역할을 할 수 있음.

1.3 건축기준 인센티브

- 모듈러주택의 경우 습식 RC벽식 구조에 비해 10~35cm의 높은 층고를 필요로 하므로 일조 확보를 위한 높이 제한 및 최고 높이 제한을 완화하는 인센티브가 필요함. [표 4-3]과 같이 6개의 모듈러주택 프로젝트와 습식 RC공법으로 설계한 공동주택의 층고를 비교하면 모듈러주택이 4~13%정도로 층고가 상향됨. 이에 따라 본 연구에서는 10층 당 1층 차이를 고려 10~15%까지 심의 및 협의를 통해 허용하는 것을 제안함.

③ 계약담당과장은 제2항의 각 요건을 만족하지 못하더라도 다수공급자계약추진이 필요하다고 판단되는 경우에는 구매업무심의회를 거쳐 신규 다수공급자계약을 추진할 수 있다.

40) 일본의 형식적합 주택 인정기관(8개) : 일본건축센터, 건재시험센터, 베타리빙, 일본건축종합시험소, 일본건축설비·승강센터, 일본주택·목재기술센터, 일본 막구조협회, (주)일본 ERI

[표 4-3] 구조에 따른 층고와 천장고 비교

기준층 층고계획	습식RC 벽식구조	모듈러-건식 강재 라멘구조					
사업명	세종6-3M 1행복주택	LH표준 설계도(案)	세종 사랑의 집짓기	인천신문 행복주택	세종UR1 · 2(案)	성남 하대원 행복주택	수원 도시형 생활 주택
① 층고(mm)	2800	3100	3070	3050	2950	2900	3150
② 천장고(mm)	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300
①-② 층간높이 (mm)	500	800	770	750	650	600	850
RC벽식 대비 비율	1	1.11	1.10	1.09	1.05	1.04	1.13

- 습식라멘구조로 건축 가능한 장수명 주택의 경우에도 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제 65조의 2에 의거하여 우수 등급 이상의 장수명 주택 인증을 받는 경우 건폐율 및 용적률을 조례로 15%까지 완화함. 단 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에서 정한 최대치는 초과할 수 없음.
- 건축물에너지효율등급 인증과 관련 하여 건축기준 완화 비율이 체계적으로 지정되어 있음. 건축물에너지효율등급은 10개 등급으로 구성되어 있으며, 1+++, 1++, 1+, 1~7등급임. 각 등급은 연간 단위 면적당 1차 에너지 소요량(kWh/m²·년)에 따라 구분함. 제로에너지 건축물은 1++등급 이상인 건축물에 해당되며, 녹색건축인증은 주로 그 이하의 등급인 건축물에 해당됨.
- 제로에너지 건축물의 경우에도 「녹색건축물 조성 지원법」 제 15조에 의거하여 건축물의 용적률 및 높이 등에 대해 인증 등급에 따라 완화비율을 정할 수 있으며, 11~15%를 적용함. 에너지 자립률에 따라 1~5등급을 결정하고 있으며, 각 등급에 따른 건축기준 즉 용적률 및 높이기준 완화 비율과 에너지 자립률은 다음 [표 4-4]과 같음.

[표 4-4] 제로에너지 건축물의 건축기준 완화비율

인증 등급	에너지 자립률	건축기준 완화비율
ZEB1	에너지 자립률 100%이상	15%
ZEB2	에너지 자립률 80%이상~100%미만	14%
ZEB3	에너지 자립률 60%이상~80%미만	13%
ZEB4	에너지 자립률 40%이상~60%미만	12%
ZEB5	에너지 자립률 20%이상~40%미만	11%

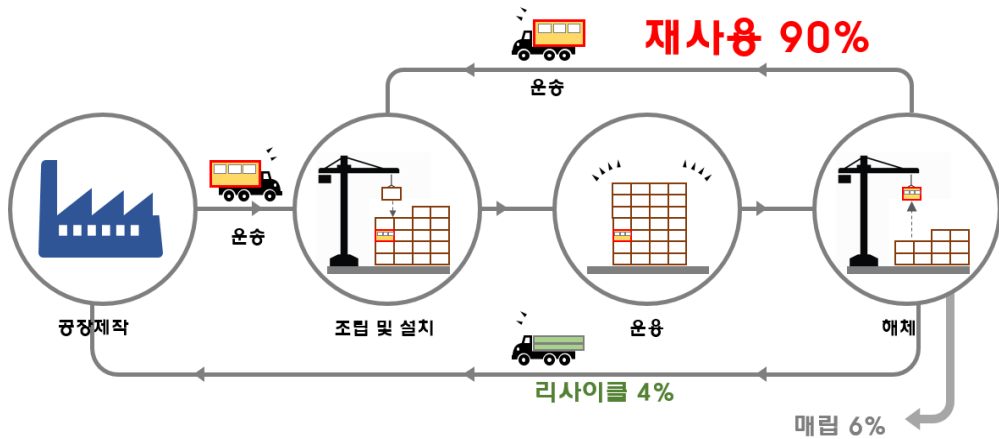
- 녹색 건축인증(G-SEED)의 경우 최우수(그린1)과 우수(그린2)에 건축기준 즉 용적률 및 높이기준 완화를 적용하며, 건축물에너지효율등급에 따라 차등 적용함.

[표 4-5] 녹색건축인증(G-SEED) 건축물의 건축기준 완화비율

건축기준완화		건축물 에너지 효율등급 인증	
		1+등급	1등급
녹색건축인증	최우수(그린1)	9%	6%
	우수(그린2)	6%	3%

- 첨단 기술을 활용하는 건축물에 부여하는 인센티브로는 지능형 건축물 인증(IBS, Intelligent Building System)이 있음. 이는 용도와 규모, 기능에 적합한 정보통신기술을 도입하여 친환경적으로 지속가능한 거주공간을 제공하는 건축물로 정의되어 있으며, 5개의 등급으로 구분함. 최고 등급인 1등급을 획득할 경우 15% 용적률, 높이제한, 조정면적 완화, 2등급은 12%, 3등급은 9%, 4등급은 6%를 완화받을 수 있음.
- 모듈러주택의 경우 90% 이상 재활용 가능한 철골 구조 활용을 통해 기존 건설 방식 대비 탄소배출량 44% 감소로 지속가능한 건설 구현함⁴¹⁾. 현재 국내 폐기물 발생량 중 건설폐기물이 차지하는 비중은 46%인 것을 고려하여 친환경 효과와 관련된 인증 즉, 제로에너지 건축물 인증, 녹색건축 인증, 장수명 주택 인증과 유사한 수준으로 인센티브를 적용받을 수 있는 것을 제안함. 이에 최대 15%정도 건축기준 즉 용적률 및 높이제한을 완화 받을 수 있는 법제도 개선을 제안함.

41) [참조] 국토교통부 보도자료(2022.12.29), “이원재 제1차관, “모듈러주택 활성화 위해 다양한 지원 펼칠 것”- 29일 모듈러주택 실증현장 찾아 모듈러주택 활성화 정부의 의지 보여 -”



[그림 4-1] 국토부 보도자료(2022.12.29)의 모듈러주택 개념도

- 건축을 활성화 하기위해 지정하는 인센티브의 경우에는 20%까지 완화하는 경우도 있음. 예를 들면 국토교통부에서 2022년 10월 27일 발표한 바에 의하면 ‘신축 매입약정 임대주택’을 건설할 경우에는 용적률을 법적 상한의 1.2배까지 완화하여 적용할 수 있도록 하여 기존 주택지에 더 많은 임대주택이 공급될 수 있도록 개선함. 임대 의무기간이 8년 이상인 민간-공공임대주택을 건설할 경우에 주로 용적률 완화 규정이 적용되어 왔으며, 임대 의무기간이 5년 이상인 신축 매입 약정 임대주택을 포함하여 완화 적용함. 이러한 이유는 모든 공공임대주택이 임대 의무기간과 관계없이 용적률을 1.2배까지 완화하도록 개정하여 반지하 주택 등을 매입하여 철거하고 공공임대주택으로 신축하는 등의 매입약정사업을 활성화 시키기 위한 것으로 제시함.
- 모듈러주택으로 이러한 사업을 할 경우 지역에 따라 차이가 있지만, 임대주택으로 최대 20%, 친환경 관련 효과를 극대화하여 15%를 각각 적용하여 최대 35%까지 용적률을 완화 받을 수 있도록 제안함. 이러한 완화 기준을 적용 받아도 일조 환경 관련 기준을 준수하도록 해야 하며, 일반적으로 소규모 필지에 시공하는 매입 약정 사업의 경우 일조 환경 관련 법으로 주택의 규모가 결정될 가능성이 높음.
- 용적률 산정 방법은 연면적에서 대지 면적을 나눈 비율이므로 연면적의 산

정 방법이 용적률에 영향을 미침. 연면적 산정시 제외되는 부분이 지하층과 건축물의 경사지붕 아래에 설치하는 대피 공간의 면적임. 이를 활용하여 습식 공법의 주택인 경우 최상층에 ‘다락’과 같은 공간을 설치하여 연면적에서 제외되는 공간을 추가 설치할 수 있음. 그리고 이와 유사하게 중층 즉 메자닌(mezzanine)의 바닥면적 산정 기준이 모호하여 바닥 면적에 산입하지 않고 공간을 추가 설치하는 사례도 있음. 이와 같이 습식 공법에서는 공간감을 다양하게 만들면서 바닥면적을 확장할 수 있는 계획의 방식이 있지만 모듈러주택의 경우 경사지붕 아래 다락이나 중층 구조는 수직 모듈 한 개를 더 필요로 하므로 1개층 바닥면적을 추가하는 방식과 동일하고 모듈러주택에 적용하기엔 불합리함. 고층 아파트와 같은 공동 주택 시공 시 일반 습식 공법에서도 드물게 나타나는 방식이지만 모듈러주택이 소형 저층 주택에 적용되기 용이한 점과 활성화의 파급 효과를 고려하면 이러한 불리한 상황도 인센티브 부여에 고려되어야 함.

- 반지하주택도 지하층 부분의 바닥면적을 용적률 산입에서 제외하면서 급격히 양산되었음. 이러한 건축 기준의 변화는 건축의 유형 및 형태를 활성화시키는 영향력이 있음. 그래서 중장기적으로 미칠 영향까지 고려하여 결정해야 함.
- 모듈러주택의 경우 중장기적으로 건설 노동환경 및 생산성을 개선하고 탄소 배출을 저감할 수 있는 가능성이 있으므로 인센티브로 좋은 방향으로 활성화 하면 기대효과를 얻을 수 있을 것임.

2. 모듈러주택 대량 생산에 의한 비용 절감 방안

- 상자형 모듈러주택은 운반 트럭으로 크기에 제약을 받고, 공장설비가 발전할수록 생산 공장의 제작 및 조립 라인에 제약을 받을 수 있음. 본 연구에서 다루는 모듈러주택이 상자형의 공간 단위로 제작하는 방식이므로 이에 한정하여 대량 생산에 의한 비용 절감 방안을 기술함. 이러한 경우 동일한

크기의 모듈이 얼마나 반복적으로 많이 사용되는지가 사업의 경제성에 크게 영향을 미칠 수 있음. 그러므로 대량 생산 체계를 만든 경우 모듈 사이에 변화를 주기 보다는 다른 방법으로 디자인의 다양성을 만들어야 함. 예를 들면 모듈 디자인의 가짓수를 3가지로 고정하고 내부 실 및 가구 배치의 가짓수를 3가지 외장재를 마감하는 설계안을 3가지로 적용하면 27가지의 계획안이 생성됨. 이러한 방식이 제조업에서 가전제품이나 자동차를 양산하는 방식임. 가구를 디자인하는 방식으로 주택을 계획한 이케아(Ikea)의 사례도 있음.

- 이케아는 DIY모델을 가구에서 주택으로 또는 도시 전체로 확장하는 것을 제안함. 이케아의 연례 디자인 행사 'Democratic Design Days'에서 이케아 연구소인 'Space 10'과 'EFFEKK Architects'의 협업으로 어번 빌리지 프로젝트(The urban village project)를 제시함. 1~2인과 그 이상의 가구원이 거주할 수 있도록 모듈러 디자인을 활용하여 디자인의 대안을 확장함. 이케아의 가구 조립 방식을 활용하여 '조립식 플랫 팩 키트(flat-packed kits)'와 같이 주택도 향후 재사용 및 재활용을 위해 분해되도록 설계함. 그리고 이산화탄소(CO₂)를 줄이는 방법으로 교차적층목재(cross-laminated timber)를 활용함. 이를 도시로 확대하기 위해 공동토지신탁(community land trusts)과 협동주택 시스템(cooperative housing system)을 활용해 적은 자본으로 주택을 구매하여 건설할 수 있도록 사업관련 주체의 진입 장벽이 낮은 시스템도 구상함. 대도시로 집중하는 인구문제 해결을 위해 저렴한 주택을 건설할 수 있는 방안으로 모듈러주택을 제안함. 이 외에도 이케아에서는 이와 같은 방식으로 건축하는 것을 골자로 건축가와 협업하며 각국에서 다른 디자인으로 주택 프로젝트를 시도함.

[표 4-6] 이케아 주택 설계 개념 및 사례



[이미지 출처] archdaily.com/918417/ikea-explores-future-urban-living-for-the-many, "IKEA explores future urban living for the many", 2019. 6. 4.

- 이와 같은 방식으로 대안을 확장하는 설계를 할 경우 DfMA(Design for Manufacturing and Assembling)설계가 적용되어야 함. DfMA는 제조업에서 쓰는 설계 방식으로 DfM(Design for Manufacture) 즉, 앞에서 설명한 건축요소 및 부품 모듈의 간소화가 수반되어야 하고, DfA(Design for Assembly)는 조립 효율성을 높여 시간과 비용 절감을 위한 계획이 우선시되어야 함.

- 이러한 방식으로 대량 생산 체계를 만들 경우 모듈러주택의 노무비가 낮아질 수 있음. 재료비 즉, 건설 자재비의 경우 모듈러주택에 사용되는 철재 등이 콘크리트의 단가보다 비싸기 때문에 이를 비슷하게 맞추는 것은 불가능함. 그러나 공장 생산되는 제조업 시스템의 대량생산체계의 장점을 활용하면 모듈러주택의 노무비를 낮춰 공사비를 낮출 수 있음. 이러한 효과는 [표 4-7]와 같이 주로 제작사에게 직접적으로 발생할 것으로 예상되지만, 공사비가 낮아질 수 있으므로 사업성이 제고되는 효과가 있음.

[표 4-7] 조건 설정에 따른 모듈러주택 건설공사 참여자별 효과

	발주자	시공자	제작사
공장 제작률 상향 조정	변동없음	변동없음	이익발생
공기단축에 의한 간접공사비 절감	소폭변동	이익발생	이익발생
대량생산의 재료비 절감	변동없음	변동없음	이익발생
대량생산의 노무자 저감(학습효과)	변동없음	변동없음	이익발생

[참조] 송상훈 외(2022), 모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계수립, LHRI

- 스마트 모듈러 포럼(2020)에서 모듈러주택 관련하여 다양한 활성화 이유를 [표 4-8]와 같이 제시하고 국가에서 발주 물량을 늘리는 목표도 갖고 있었음⁴²⁾.

[표 4-8] 모듈러 건축의 기대효과

구 분	효과	상세 내용
경제성	공사비 절감	· 광양생활관(트윈빌딩)의 RC와 모듈러 공사비 지수는 각각 100,106(RC대비 6%높음), 800세대 이상을 가정하면 모듈러 공법 적용시 공사비 감축 100, 98

42) 경기주택도시공사(GH) 13층 높이 모듈러주택 '용인 영덕 경기행복주택'발주, 서울주택도시공사(SH) 서울 중랑구 '산내4 컴팩트시티' 착공 예정, 변창흠 장관 2020년 12월 국회 인사청문 요청안 "장관으로 취임하게 된다면 모듈러주택이 활성화 될 수 있도록 한국토지주택공사(LH), 서울주택도시공사(SH) 등 공공기관의 발주 물량을 지속적으로 확대하겠다." [인용] 조선비즈 2021.1.7 기사 "석달 만에 한 채 똑딱 ... '신속 공급' 정책에 탄력받는 '모듈러주택'

구 분	효과	상세 내용
친환경	탄소배출량 감소	· 철근 콘크리트 구조에 비해 모듈러 구조가 약 30% 이산화탄소 배출량 저감
신속성	공사기간 단축	· 3기 신도시 및 경기도형 행복주택에 모듈러를 적용할 경우 임대주택 공급 속도에 우위, 광양생활관 프로젝트를 대상으로 공사기간 비교시 약 46%단축
안전성	사고 감소	· 현장 안전사고 감소, 건축물 하자 감소
성장성	노동력문제해결	· 해외시장 진출, 스마트홈 플랫폼화 · 모듈러 공법이 RC공법에 비해 노무비가 약 19% 낮아 노동 생산성 증대

[참조] 스마트 모듈러 포럼 2020(2020.11.5) 자료집

- [표 4-8]과 같이 800세대 이상의 발주를 시도하여 공사비를 낮춘 사례는 현재 없으며, 노무비를 19%이상 낮춰 본 사례도 없었음. 이러한 예측을 검증하기 위한 프로젝트를 시도하여 실제 낮추려는 시도가 필요하며, 제작사가 대량생산을 하여 사업성을 제고할 수 있도록 지원하는 시스템 마련이 필요함.
- 본 연구에서는 두 가지 방식을 제안함. 첫째, 민간이 제작한 주택을 제품처럼 사서 활용하는 주택, 즉 매입임대주택임. 이러한 경우 LH의 요구에 맞춰 건설할 수 없고, 민간의 일정에 맞춰 미리 제작해둔 주택을 제품처럼 구매하여 활용하는 방식으로 사업을 해야 함. 현재 모듈러건축으로 재난지원 임시조립주택, 학교 리모델링을 위한 학교 모듈러를 이러한 방식과 유사하게 운영 중임. 2.1절 LH 건설형과 매입임대 모듈러주택 비교에서 이를 비교하여 설명함. 그리고 상세한 설명은 본 보고서 '부록'에 기술함. 둘째, 일부 또는 상당 부분 자동화 생산을 전제하여 '인건비'를 큰 폭으로 낮추고 재고를 효율적으로 관리하는 시스템을 활용하는 것을 제안함. 2.2절 신기술 활용 비용절감 방안에서 구체적으로 기술함.

2.1 LH 건설형과 매입임대 모듈러주택 비교

- 6층 이하 소규모 모듈러주택에 대한 사업기간 및 공사비를 비교하면 다음 [표 4-9]과 같음.

[표 4-9] 건설형 모듈러와 매입임대 모듈러 사업조건 비교

구 분	건설형 모듈러	매입임대 모듈러	비 고
사업 기간	3~4년 (착공까지 사전절차 2~3년 소요)	1~2년	후보지, 보상, 현상설계, 인허가로 건설형 사업기간 증가
건물 공사비	12~14백만원/평 (임대주택 평당건설원가 885만원의 1.5배)	8~9백만원/평 (설계, 감리비 제외, 건설원가)	설계비, 책임감리, 낙찰률상승, 지급자재 등으로 건설형 사업비 상승

- 매입임대주택의 경우 일반적인 공동주택에 적용하는 LH의 사업추진 시스템과 달리 추진할 수 있으며, 대표적인 차이가 다음과 같은 세 가지 기준임. 첫째, 전기·정보 통신 공사 분리 발주를 하지 않을 수 있음. 둘째, 모듈러주택 제작 시 중소기업제품 직접 구매 적용을 하지 않을 수 있음. 셋째, 설계 및 감리비 책정에 대해 LH 내부 기준을 적용하지 않을 수 있음.
- 지급 자재 사용시 설계 변경이 어려움. 규격 변경을 하는 경우 새로 발주를 해야 하는 문제가 있음. 그리고 중소기업이므로 자재 변경시 발생하는 손해가 기업 리스크가 됨. 그리고 조달청 시스템으로 자재가 선정되어 조달청과의 관계도 있어 자재 변경 등의 변경 대응이 어려움. 즉, 민간업체가 제작하여 LH에 가이드라인 준수 여부에 대한 점검만 받는 경우 건축물의 품질 및 디자인 개선을 하며 설계 변경을 하기 쉽고, 전기·정보통신 공사를 포함하여 협업 얼라이언스(aliance)를 구성하여 제작 시스템을 갖출 수 있음.
- 소규모 공동주택의 경우 RC 습식공법으로 시행하면 평당 공사비가 증액됨. 그러나 모듈러주택의 경우 대량 생산된 것을 각각의 소규모 사이트에 이동하여 설치하는 방식이므로 RC공사만큼 증액 비율이 크지 않을 수 있음. 현재 모듈러주택으로 이를 입증할 만큼 시행 사례가 없어 비교하기는 어려우

나, 소규모 RC공사의 경우 한 현장에서 진행되는 물량이 작기 때문에 단가가 높아지는 경향이 있음. 모듈러주택인 ‘세종 사랑의 집짓기’공사비가 [표 4-10]와 같이 동일한 규모로 추정한 RC주택 평당 공사비에 비해 매우 낮음. 실제 평당 공사비가 약 710만원⁴³⁾ 정도였으므로 추정 공사비의 51% 정도 수준이었음.

[표 4-10] 소규모 공사의 RC추정 공사비 비교

구 분	부산용호	천안두정	웅진백령	세종사랑의집
세대수 (층수)	행복 14호(4층)	행복 40호(6층)	영구·국민 152호(4층)	영구 16호(2층)
사업기간	‘16.12~’ 17.08	‘18.05~’ 19.06	‘19.08~’ 20.07	‘19.12~’ 20.07
특기사항 (시공법)	소단위행복 (적층식)	국토부실증단지 (적층식+인필식)	마을정비형(80호) +실버주택(72호) (적층식)	세종시 위탁사업 (적층식)
규모로 추정한 RC 총 공사비 (LH건설)	1400만원/평	1270만원/평	970만원/평	1400만원/평

- 앞에서 기술한 모듈러주택의 공사비 분석 내용을 보면 차이가 있지만, 전환 설계한 모듈러주택 사례의 경우 평당 1100만원이었으므로, 규모가 작아질 경우 RC공사와의 차이가 적어질 수 있음. 모듈러주택의 경우 자재비는 높지만, 어떤 경우든 RC공사보다 높게 공사원가가 결정되는 것은 아님.
- 현재 모듈러주택 공사는 자재 및 공법 등이 프로젝트 마다 매번 개선된 방법이 시도되고 있으며 기준이 될 만한 방식을 정할 수 없고, 이에 따라 공사비 기준도 정하기 어려움.
- 세종 사랑의 집짓기 경우 공사비를 절감한 여러 가지 예외적인 방식이 적용되었음. 첫째, 세종 사랑의 집짓기는 제작사가 이전에 시공한 웅진 백령 모듈러주택과 동일한 모델로 제작하여 재료비 외 노무비, 설계비 등 인건비를 줄일 수 있었음. 그러한 이유로 해상으로 운반하는 모듈과 동일한 폭으로

43) LH 내부 자료를 통해 산정

제작 하였으며, 도로교통법에는 맞지 않는 폭으로 제작하고 운반하였음. 둘째, 세대 전용 면적이 33m²으로 두 모듈 접합이 필요했지만 한 모듈로 제작하여 도로 운반기준을 초과하는 폭의 모듈을 벌금 등을 납부하며 운반함. 이러한 방식을 일반적인 방식으로 택하기는 어려우며 이를 제외한 모듈 준공 사례는 도로교통법을 준수하여 제작됨. 폭이 맞지 않을 경우 틀게이트 통과 등 운반이 불가한 상황이 생길 수 있음. 셋째, 외벽 마감공사를 공장에서 완료하여 별도의 비계 공사가 없었음. 이에 모듈간 사이를 현장에서 코킹으로 메우고 완성함. 이러한 방식은 모듈 제작 및 접합시 계획과 실물의 오차가 클 경우 줄눈의 폭으로 반영되므로 마감 품질이 열악해 질 수 있음.

2.2 신기술 활용 비용 절감 방안

- ‘제7차 건설기술진흥 기본계획(2023~2027)’에서 강조하는 추진과제 3가지가 모듈러주택의 비용절감에 기여할 수 있는 부분임. 3가지는 다음과 같음.
 - ① BIM도입으로 건설 전 과정 디지털화 ② 생산시스템의 자동화/모듈화 ③ 스마트 건설기술 활성화를 위한 생태계 구축
- 중·장기적으로는 생산시스템의 자동화·모듈화를 적극 추진하여 제작 및 시공에 투입되는 노무비를 대폭 낮추고, 디지털 설계기술 즉, 자동설계 및 도면생성을 활용하여 설계 업무를 간소화 할 수 있음.
 - 모듈러주택의 지속적 생산자동화로 [표 4-11]과 같이 노무비가 현재의 25% 수준으로 낮아질 경우 현 RC공사비와 유사해 질 수 있음.

[표 4-11] 모듈러주택 공사원가(2021.5) 사례 및 조건 설정 비교 (단위: 천원)

구분	재료비	노무비		경비	계
		직접노무비	간접노무비****		
모듈러주택공사비(A)*	10,652,978	5,701,647	478,938	3,597,661	20,431,224
RC주택 공사비(B)**	6,473,613***	5,701,647	478,938	3,093,745	15,747,943
생산자동화모듈러주택 공사비(C)****	10,652,978	1,425,412	119,735	2,710,579	14,908,703
A : B : C 비율*****	1.65:1:1.65	1:1: 0.25	1:1: 0.25	1.16:1:0.88	1.3: 1:0.9

*모듈러주택으로 전환설계하여 제시한 송상훈 외(2022) 연구결과 활용

** 재료비를 변경하여 계산 _ 모듈러주택 : RC = 1.6456: 1 비율 적용, 간접비는 동일하게 계산

*** 모듈러주택 재료비 ÷ 1.6456

**** 모듈러주택 제작 및 공사비, 노무비 A 또는 B의 25% 적용

***** 직접노무비 × 8.4%

***** RC공사비 B를 기준으로 비율 계산, 소수점 둘째 자리까지 표현

- 이와 같이 현장 중심에서 공장 중심으로 바뀔 경우 프로젝트에 투입되는 비용 및 시간의 불확실성을 제거하는 장점도 있음. 자동화 뿐 아니라 BIM에서 발전될 수 있는 AI(인공지능), 디지털 트윈(Digital Twin), 생성(Generative) 디자인 등 다양한 형태 생성 자동화 즉 설계 자동화도 가능해짐.
- 모듈러건축은 건축구성재가 부품화된 건식공법이므로 설계, 제작, 시공, 유지관리 과정에서 전통적인 방식보다 BIM등의 디지털 기술을 사용하기 용이, 작업 효율성을 높이는데도 유리함.
 - 모듈러주택 전용의 라이브러리를 활용하여 유닛 내에 있는 다양한 객체 정보가 하나로 통합된 체계를 갖춘 복합 라이브러리를 만들어 생산 및 재고 관리에 활용함.
 - 중국 완커(Vanke) 회사에서 PC고층 아파트에 활용하는 BIM설계 방식은 공간 레이아웃 라이브러리에서 먼저 공간 레이아웃 즉, 화장실, 거실 등 개별실을 선택하여 조합하고 개별 실의 모듈에서 다시 외벽, 내벽 패널 모듈, 공기조화시스템 모듈 등으로 분해하여 각각의 BIM라이브러리에서 선택하여 조합하는 방식으로 설계를 완성함⁴⁴⁾. 앞에서 소개한 이케아의 설계방식과 유사함.

44) 김용우, 한미글로벌(2021), 건설의 게임체인저 OSC, e-대한경제

- 이와 같이 BIM을 사용하여 작성된 디지털 모델은 바로 정밀 제작 라인에 전달하여 제작할 수 있음. PC모듈러 건축을 시공하는 패널을 생산하는 ‘상하이 어반 건설 그룹’에서는 BIM을 이용하여 설계, 제작, 운송 및 현장 설치에 이르는 설계 및 시공 전 과정에 디지털 모델을 사용함.
- 디지털 기술 연계·수준 및 적용범위에 따라 생산성 15% 향상, 공기 및 공사비 30% 절감, 신규 일자리 창출 등의 효과를 기대할 수 있음.
- 실제 사례를 보면 디지털 전환(Digital Transformation) 도입에 따른 영업이익률 3~5% 증가(Mckinsey, 2019), 영국에서는 생산성 15% 증가예상, 미국에서는 설계변경 22~89% 감소 재작업 비용 9% 감소, 중국에서는 시공비용 30% 감소 및 조달시간 25% 감소를 제시함⁴⁵⁾.
- 국내 두산 베어스파크 사례의 경우 공기 49일 감소로 예산 21억을 절감함⁴⁶⁾.

[표 4-12] 공장과 현장의 신기술 활용 방법

유닛 및 현장 설계	공장		현장		
	제작	운송	토공사 외	모듈현장반입	양중 및 설치
DigitalMockup	디지털 목업 활용	RFID시스템	디지털 목업 활용	RFID시스템	시공 오차 관리
3D 제작 및 시공상세	QR코드		QR코드		BIM기반 3D측량
제작 및 시공계획 수립/검토	3D스캐너 제작 오차 관리		드론 측량		
물량/원가 산출 설계 자동화 디자인 검토 3D프린터 모형제작	원가 및 공종관리 (+ 부품도 조립도 작성 중량 계산)		원가 및 공종관리		

- 제작을 위한 공장의 시스템이 고도화 될수록 품질 향상을 기대할 수 있음.

ISO 9000⁴⁷⁾ 및 14000⁴⁸⁾ 기준 공장 품질제어 인증을 통한 체계적인 품질

45) 국토교통부(2021.6), “BIM기반 건설산업 디지털 전환 로드맵”

46) 국토교통부(2021.6), “BIM기반 건설산업 디지털 전환 로드맵”

47) ISO9000 : 국제표준화기구가 마련한 제품의 품질 체계 기준으로 단순히 제품의 품질 규격 합격 여부 만을 확인하는 일반 품질 인증과는 달리 해당 제품이나 서비스 설계에서부터 생산시설, 사전검사 등 전반에 걸쳐 규격 준수 여부를 확인해 인증하는 제도 [출처] term. naver. com, 네이버 지식경제용어사전

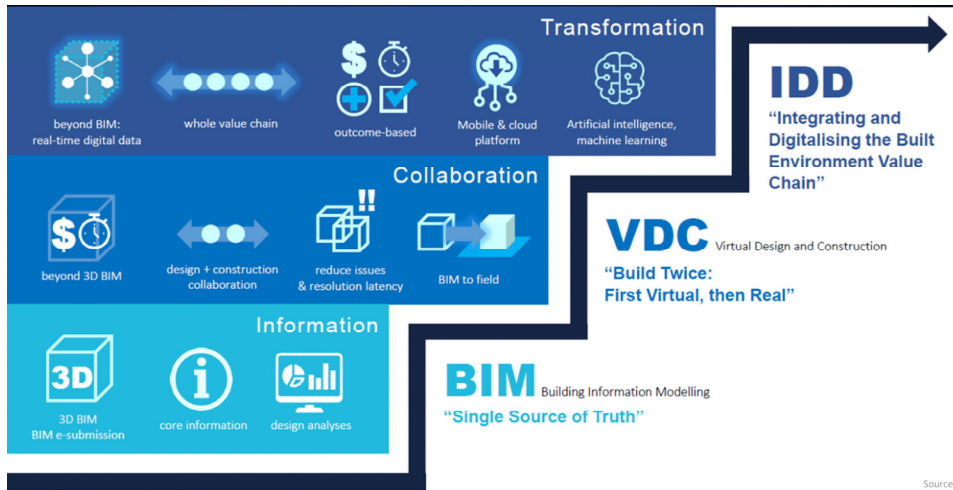
48) ISO14000 국제환경규격 : 환경 경영체제에 관한 국제 표준화 규격의 통칭. 기업 활동 전반에 걸친 환경 경영체제를 평가하여 객관적으로 인증. 기업이 단순히 해당 환경 법규나 국제 기준을 준수했는지 평가할

관리, 고품질의 균일한 품질 확보가 가능함. 그리고 혹서기 및 혹한기 공사 등 계절·기상에 따른 품질 저하 관련 리스크를 최소화 할 수 있음.

1) BIM도입으로 건설 전 과정 디지털화

- 이러한 제작 및 시공 기술의 활용을 위한 선행적인 작업은 앞의 사례에서 설명한 바와 같이 BIM을 활용하여 체계를 갖출 수 있음. BIM 개념은 프로젝트 전 과정의 정보를 디지털화하여 모든 정보의 통합 저장소를 유지하는 것임. 즉, 프로젝트 전 과정에서 나타나는 전체 데이터의 저장, 통합, 확인 및 시각화를 용이하게 함.
- 프로젝트를 100% 모듈화 하는 것은 불가능함. 그러나 할 수 있는 영역을 최대한으로 계획할 수 있으며 정부주도로 추진하고 있는 사례가 싱가포르임.
- 싱가포르는 PC(Precast Concrete)로 OSC(Off-Site Construction)건축을 하는 것이 활성화되어 있고 정부가 건축물 골조를 PC로 하는 것을 의무사항 또는 권장사항으로 주도하고 있음. 이에 중장기적인 계획을 갖고 BIM을 활용한 DfMA(Design for Manufacture and Assembly)설계 그리고 그 이후의 확장에 대해 [그림 4-2]과 같은 로드맵을 수립함. DfMA설계에 대해서는 ‘생산시스템의 자동화 및 모듈화’로 설명함.

뿐만 아니라 경영 활동 전 단계에 걸쳐 환경 방침, 추진 계획, 실행 및 시정 조치, 경영자 검토, 지속적 개선 등의 포괄적인 환경 경영도 실시하고 있는지 평가 [출처] term. naver. com, 네이버 지식경제용어사전



[그림 4-2] 싱가포르의 BIM활용 개념도

[출처] 황본강 발표자료, 스마트 모듈러포럼, 2022.9.5 : BCA(Building and Construction Authority) 2021 자료 인용

- 현재 국내에서 BIM설계를 활용하는 방식은 다음과 같음.
- 첫째, 기본 설계부터 BIM을 활용하여 모듈러 요소기술 구현, 설계-제작-설치-시공-유지관리 단계별 적용을 통한 공정간 간섭을 최소화하고 설계 정합성 및 주택 품질을 향상함.
- 모듈을 시각화하여 설계 정합성을 검토하고 대안 검토를 통해 최적의 디자인을 구현함. 프로젝트 참여자들에게 의사결정 과정을 지원하고 실시간으로 변경된 결과를 공유하여 업무 효율성을 향상시킬 수 있음.

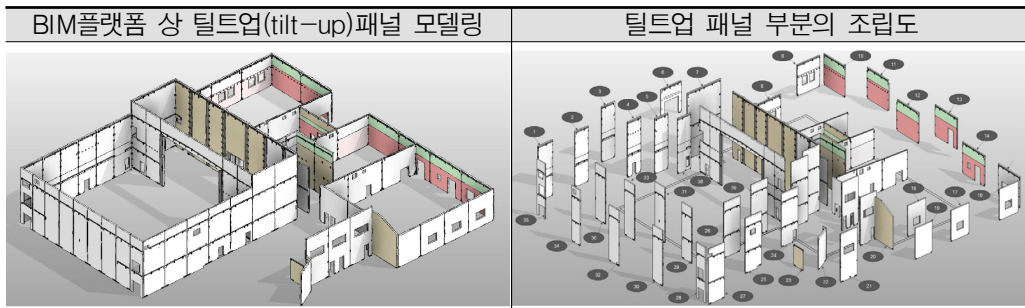
[표 4-13] LH 세종 UR1과 UR2 모듈러주택 BIM설계 활용 시공성 검토

36㎡평면 난방 및 전기통신 접합부		21㎡ 실외기실 법규검토	
난방배관 연결부위	전기통신 배관 연결부위	난방배관 연결부위	전기통신 배관 연결부위

[출처] LH 세종 UR1 및 UR2 모듈러주택 진행현황 검토 회의자료(2022.11.11/2023.2.3)

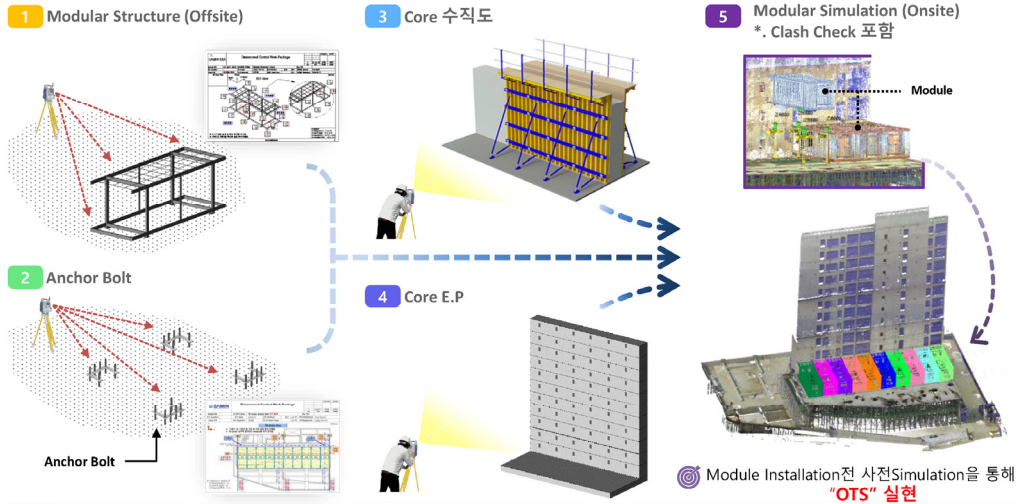
- 둘째, BIM모델을 통해 모듈러 제조, 설치 및 시공에 필요한 평면도, 입면도 등 도면 및 물량 산출, 목업(Mock-up)모듈러주택과 BIM모델을 비교하여 실시간으로 수정된 BIM모델을 통해 제작도를 산출함.
- 이와 같은 시스템으로 설계하는 사례가 앞에서 설명한 바와 같이 가구회사 이케아를 들 수 있음. 이러한 전략으로 좋은 품질의 가구를 낮은 가격에 공급함. 부품수가 제품의 수에 비해 상대적으로 적어 부품 교환 등 AS에도 장점이 있음. 이러한 전략 즉, DfMA설계로 명명되는 디자인 전략을 모듈러 주택에 활용하여 제작부터 관리까지 전체적인 비용을 낮출 수 있음.
- 모듈러 건축 설계는 기존의 방식과 같은 프로세스가 아닌 제품 설계와 같은 건축 설계를 하고 최대한 BIM으로 작성된 모듈 유닛을 반복 사용하는 것을 추구 하는 것이 사업성을 제고하는데 유리함.

[표 4-14] BIM을 활용한 내외장재 자재 모듈계획



[출처]autodesk.com/autodesk-university/article/Integrated-BIM-workflows-Modular-Prefabricated-Construction-Concept-Fabricate-2020 "Integrated BIM Workflows in Modular Prefabricated Construction: Concept to Fabricate"

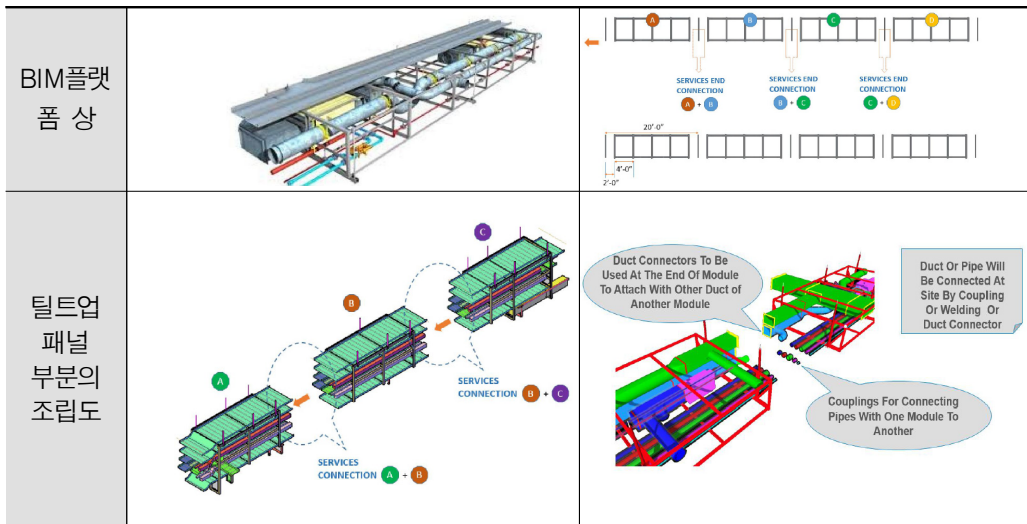
- 이러한 시스템을 구축해야 자재 공급을 안정적으로 할 수 있고 반복 생산도 용이하며 본 연구에서 제시하기 어려운 정확한 가격 산정과 공정관리도 가능해짐. 그리고 결과적으로는 동일하게 활용되는 요소에 대한 연구 개발 및 품질 향상에 집중할 수 있으므로 품질 개선 속도도 빨라질 수 있음.
- 셋째, 실제 모듈러 형상을 스캔하고, BIM모델 클라우드 포인트를 생성하여 모듈러 제작치수 정확도를 측정함. 오차관리를 통해서 접합부의 하자를 예방하고 주택 품질을 확보함.



[그림 4-3] 용인영덕 행복주택 BIM활용 제작 오차관리

[출처]SAMIN 홍보자료 www.saminis.com

[표 4-15] BIM을 활용한 설비 시스템 연결계획



[출처] autodesk.com/autodesk-university/article/Integrated-BIM-workflows-Modular-Prefabricated-Construction-Concept-Fabricate-2020 "Integrated BIM Workflows in Modular Prefabricated Construction: Concept to Fabricate"

- [표 4-15]와 같이 BIM을 통해 모듈러제작, 설치 및 시공에 필요한 3D도면 활용 및 물량 산출을 진행하여 프로젝트 시공성 향상, 모듈러 현장 설치 전

시공 시뮬레이션(Digital Twin)을 통해서 작업 안전관리 및 장비운영계획 등을 검토함.

- 모듈러 제작의 계획대비 실행을 비교하여 지연되지 않도록 공정을 관리함. 공정간 작업 간섭을 조정하고, 제작 일정 및 작업 속도를 관리, 자재 소요 물량 계산 및 주문 등을 연계함. 요소가 복잡해 질수록 변경에 대응하여 정확하게 모든 과정이 원활히 수행되도록 하기 위해서는 BIM을 사용하는 것이 매우 효율적임.
- 제작 시뮬레이션을 통해 공사지연 요인을 사전에 예측하여 추가 투입 비용 및 대안을 검토 하는데도 활용함. 그리고 디지털 프리콘을 통해 하자 예측 부위에 대한 해결책도 마련함.
- 이러한 일련의 과정에 활용되는 모든 요소 기술은 현재 지속적으로 개선 중이며, 미래에 더 발전되고 완성된 기술이 구축될 시 자동화된 공장에서 고품질의 주택을 제품으로 생산하는 것을 기대할 수 있음. 방향이 어느정도 정해져 있는 상황이므로 구현되는 시기는 시장 활성화 및 투자·지원 여부에 따라 예상보다 앞당겨질 수 있음. 이에 주택 품질을 향상하여 경쟁력 있는 모듈러주택이 시공되어 소비자 인식이 전환되고 시장이 안정화될 수 있도록 정부의 지원이 매우 중요한 시점임.

2) 생산시스템의 자동화 및 모듈화

- 생산시스템의 자동화 및 모듈화는 점차 공장 생산 시스템과 연계하여 고도화될 수 있음. 설계자는 MC(Modular Coordination) 표준을 사용하여 모듈러 구조 간격에 맞춰 건축물을 구성하는 각 객체의 크기를 조정하고 위치를 지정할 수 있음. BIM작성 도구와 MC규칙을 통합하여 설계 프로세스를 일부 자동화함. 그리고 생산성을 높이기 위해 기존 제조업의 방식을 도입하면 건축에 DfMA설계를 활용할 수 있음.
- 싱가포르의 BCA(Building and Construction Authority)는 DfMA를 구성하는 각각의 방식에 대한 상세한 가이드라인을 제시함.

[표 4-16] 싱가포르 BCA DfMA 가이드라인과 주요 내용

구분	주요 내용
Advanced Precast Concrete System(APCS)	PC(Precast Concrete)의 구성요소 3S원칙(Standardisation, Simplicity, Single)에 따르는 PC설계, 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(2021) “OSC 프로젝트의 최적 설계안 선정을 위한 DfMA 평가모델”, 광운대학교 박사학위논문, p. 32

- 영국과 미국 등에서도 설계 방식의 전환을 시도하며 OSC건축과 함께 DfMA 설계 가이드라인을 수립함⁴⁹⁾. 홍콩 및 중국도 모듈러 디자인 방식 및 DfMA 설계에 대해 프로젝트를 시행하며 시행착오를 통해 점차 기술을 발전시키고 있음. DfMA설계는 앞에서 언급한 바와 같이 제조업의 방식이므로 생산시스템이 전환되고 좀더 많은 부분 자동화 되어야 효과를 발휘하며 활성화될 수 있을 것으로 판단함. 국내 모듈러주택 생산과 설계 방식은 DfMA설계보다는 기존 설계 방식을 OSC공법에 맞게 전환하고 있는 중이고, 이러한 과정에서 BIM도면 활용이 활성화되고 있음.
- 생산 시스템의 자동화 방식으로 PBS(Product Breakdown Structure)방법이 있음. 상자형 및 패널로 조립하는 모듈러주택 모두 모듈을 이루고 있는 부품들을 유닛(Unite)-어셈블리(Assembly)-서브 어셈블리(Sub-Assembly)-컴포넌트(Component) 등으로 수직 체계화할 경우 매우 효율적인 모듈러 설계를 진행할 수 있음. 이에 모듈 방식으로 설계·제작·시공자 등은 자신만의 PBS를 갖추고 새로운 건축물에 최대한 자신의 PBS를 사용하여 모듈 설계를

49) [출처] 정서영(2021) “OSC 프로젝트의 최적 설계안 선정을 위한 DfMA 평가모델”, 광운대학교 박사학위논문, p. 32

진행하는 것이 공정이나 비용면에서 유리함⁵⁰⁾.

- 이러한 모듈화 설계는 BIM과 같은 3D 디지털 설계 도구의 사용이 필수적임. 정의된 매개변수 및 조합의 규칙 내에서 작동하는 구성 요소를 사용하면 설계 프로세스를 자동화 할 수 있음. 이와 같이 자동화된 설계는 기존 설계 방법보다 환경 및 법규 분석을 정량화하고 신속하게 하여 가능한 대안을 다양하게 생성할 수 있음. 이렇게 도출된 계획안은 에너지 사용량, 보행자 이동, 기류 및 환기 등의 조건도 빠르게 시뮬레이션 하여 완공된 후의 결과를 예측할 수 있도록 지원함.
- 이에 대한 정책 및 기술을 참조할 수 있는 국가가 일본이 될 수 있음. 일본은 2015년부터 생산성 향상을 위해 측량, 설계부터 시공, 유지관리까지 전 과정을 ICT기술과 자동화 장비를 활용하는 ‘I-Construction’ 정책을 추진함.
 - 일본의 인구·사회적 특징상 자연 재해가 빈번하고 고령화 심화가 이미 오래 전부터 중요한 사회적 문제로 인식되어 있어서 이에 대한 개선의 노력을 지속적으로 해 오고 있음. [표 4-17]과 같이 세키스이 하임(Sekisui-heim), 다이와 주택(Daiwa house), 도요타에서 제작하는 카수가이 주택(Kasugai housing) 등 자동화된 장비로 주택을 생산하는 것으로 제시되어 있음.

[표 4-17] 일본의 주택 생산 자동화 현황



[출처] * 세키스이 하임 주택 : housinginnovation.co/factory/sekisui-heim

** 다이와주택 : careers.daiwahousemodular.eu/

*** 카수가이 주택 : [gettyimages.co.jp/Toyota Motors Corporations Kasugai Housing works](https://gettyimages.co.jp/Toyota%20Motors%20Corporations%20Kasugai%20Housing%20works)

- 2021년 9월에 수립한 제5차 기술기본계획에서는 DX(디지털 전환) 등 첨단 기술의 가치 창출, 기술 중심의 해외 진출 방안 등을 제시함.

50) 용우, 한미글로벌(2021), 건설의 게임체인저 OSC, e-대한경제, p. 128~130

- 건설기술 가치창출을 위하여 오픈 데이터화, 통합 지식의 활용 등과 함께 I-construction을 위한 실용화 연구지원, 기술기준 제정 등으로 현장 생산성 20% 향상과 신 시장 형성을 목표로 추진 중임.

3. 공기 단축에 따른 간접 효과

- 공기단축으로 이익이 크게 발생하는 경우는 높은 분양가를 받을 수 있는 서울 도심 내 분양가가 높은 지역의 고층·대규모 단지 공사인 경우 건축주가 건축물의 조기 준공으로 임대 수익과 그에 상응하는 부수적 경제적 효과 획득 가능함.
- 비주거 시설의 대형 공장 프로젝트 사례를 보면 공기 지연에 따른 지체 상금이 30억원⁵¹⁾인 경우도 있었음. 지체 상금의 규모는 해당 공장이 완공되어 제품을 생산할 때 하루에 벌어들일 수 있는 수익을 역으로 환산하여 계산한 금액임. 이와 같이 공사 기간을 맞춰 시공하여 발생하는 수익도 있음.
- 공사기간은 지하 기초 및 골조 공사에서 단축하는 것이 가장 효과적임. 골조가 완성된 후 마감공사는 일반적으로 여러 공종이 동시에 진행될 수 있으므로 계획 공사 기간 내 완공 하는게 용이함. 그리고 습식 공법에도 마감공사는 이미 모듈화 되어 있는 건식 공법을 활용하지만 공사비 및 공사기간의 불확실성이 큰 습식 공법으로 골조 공사를 할 경우 타설과 양생을 해야 하는 과정, 거푸집, 가설재, 동바리 설치 등의 현장 공사가 기후 등 외부 환경의 영향을 받기 때문에 공기 지연의 가능성이 높음.
- 이러한 이유로 물류센터, 반도체 공장, 지하 주차장 공사 등은 이미 PC공법을 많이 적용함. 3개월의 공기 단축으로 얻을 수 있는 효과를 보면 다음과 같음.
 - 경기도 서남부 연면적 2400평 물류센터 공사, 일반적으로 18개월 소요되는

51) 이천 소재의 대형 공장 프로젝트, [출처] “최신 구조체 공법 적용을 통한 공기 단축”, 2020. 8.14, KLN물류신문

경우와 공기를 단축하여 15개월로 완공할 경우의 금융비용과 공사비 임대료를 보면 다음 [표 4-18]와 같음.

- 총 공사비를 1200억 원으로 가정하여 대출금과 이자를 계산한 결과에서 총 금융비용이 9억, 즉 대출금 이자가 9억 정도 절감되는 효과가 있음.

[표 4-18] 공사기간 3개월 단축에 따른 비용 절감효과(예시)*

총	구분	임대면적	월 임대료 단가	월임대료
지하 2개층	저온센터	6000평	60,000원/평	360백만원
지상 4개층	상온센터	18000평	25,000원/평	450백만원
월 임대료	-			810백만원
a. 3개월 단축으로 인한 임대료 증가액			할증 20%	1,944백만원
대출금액		공사기간		총금융비용
120,000백만원		18개월		5,700백만원
120,000백만원		15개월		4,800백만원
b. 3개월 단축으로 인한 금융비용 절감액				900백만원
[a+b] 3개월 단축으로 인한 금융비용 절감액				2,844백만원
		공사 연면적	평단가	총 공사비
골조 공사 비용		24,000평	1백만원/평	24,000백만원
c. 3개월 단축으로 인한 골조공사비용 증가액			5%상승 가정	1,200백만원
[a+b-c] 3개월 단축으로 인한 총 추가 이익				1,644백만원

[자료 출처] “최신 구조체 공법 적용을 통한 공기 단축”, 2020. 8.14, KLN물류신문

- 주택의 경우에는 공기 단축으로 장기임대주택의 입주 시기를 앞당겨 임대보증금과 월임대료를 조기에 수령할 수 있음.
- 공사비가 급격하게 상승하는 상황에서 모듈러 공법을 적용하는 사업의 경우 일반주택 대비 하도급 공사의 조기 발주가 가능해 해당 기간 동안 인플레이션 회피 효과가 있음
- 현재 간접효과에 대해서는 충분히 공론화되어 있지만, 소비자 즉, 거주자는 간접효과에 대해 추가 비용을 지불할 의사가 없는 경우가 대부분임. 이에 높은 공사비의 손실은 발주처와 건축주의 몫이므로 모듈러주택이 소비자 및 건축주에게 높은 가치를 갖도록 새로운 사업 방안 모색이 필요함.

4. 소 결

- 3장에서 분석한 바와 같이 모듈러주택은 현재 사업성이 열악함. 습식 위주로 되어 있는 법제도, 공사 진행 방식이 모듈러 건축의 사업성을 불리하게 만들기도 함. 이에 사업성을 제고할 수 있는 방향설정과 후속적인 제도 개선이 필요함.
- 현재 모듈러주택과 일반주택 시공 방식을 비교할 경우 공사비를 절감할 수 있는 세 가지 방안을 제안함.
 - 첫째, 모듈러주택과 일반주택은 시공방식이 현장 중심에서 제조-기계 중심으로 변경되고 있으므로 공사 현장에서 진행 상황을 감독하는 감리비가 다르게 책정되어야 함. 현재 감리 업무가 현장과 공장에서 진행되어야 하는 문제로 이동비 등에 대한 비용 증액도 거론됨. 그러나 역할과 책임에 대한 부분을 재규정하며 비용 기준도 재정립해야 함. 자동화 비율이 높아질수록 감리 업무는 감소할 것이며 현재 기계가 하는 방식과 같이 반복 작업 되는 부분이 공장에서 시행되고 있으므로 이 부분도 전체가 아닌 일부 표본 모듈에 대해서만 감독을 하여 업무량을 줄일 수 있음. 여러 현장에 적용 되더라도 동일한 모듈에 대해서는 한 번에 처리할 수 있는 업무를 설정하여 반복을 피하면 그만큼 업무량과 업무 시간이 감소하여 감리 비용을 줄일 수 있음. 결론적으로 본 연구에서는 정부에서 제시하는 ‘2023년도 예산안 편성 세부 지침’에서 정하는 책임 감리비 요율 이하로 감리 비용을 지불하는 것을 제안함. 이를 위해 감리의 업무 범위 및 하자 책임에 대해 조정하는 것이 선행되어야 함.
 - 둘째, 공업화주택 인정제도를 개선하여 인정을 받은 주택모델을 기반으로 기존 주택과 차별화된 시스템을 정착시킴. 공업화주택으로 인정 받은 모델을 시공할 경우 설계자와 감리자를 두지 않아도 시공할 수 있도록 규정함. 그러나 이를 활용한 사례가 없음. 이러한 제도를 범용적으로 활용 가능하도록 제도를 개선하되 설계와 감리 역할을 축소하는 만큼 비용을 낮추는 기준

마련이 필요함. 그리고 인정을 받는 절차도 모델 또는 공장 설비 등이 변경 되는 경우 변경 부분에 대해서만 재인정 받고 비용과 기간도 조정하는 방안 마련이 필요함. 추가로 인정을 받은 모델의 자재를 변경하는 경우 동일 성능일 경우 생산 회사를 구분하지 않고 인정할 수 있는 융통성 있는 제도 정착이 필요함.

- 셋째, 건축 기준 완화로 사업성을 지원할 수 있음. 모듈러주택인 경우 선행 준공 사례를 비교하면 습식 RC벽식 구조에 비해 10~35cm의 층고를 더 높게 확보해야 같은 천장고를 확보할 수 있으므로 최고 높이 제한 및 용적률을 완화하는 인센티브가 필요함. 일조 확보를 위한 높이 제한은 주변 건물의 일조 환경에 영향을 미쳐 완화에 제약이 있으므로 건폐율 및 용적률을 완화하여 공법 차이로 감소할 수 있는 바닥 면적을 확보할 수 있도록 보완하는 것이 효과적임. 라멘 구조로 유사한 건축 형태를 갖는 장수명주택과 탄소 배출량을 저감하는 효과가 있는 제로 에너지 건축물의 경우에도 건축물의 용적률 및 높이를 인증 등급에 따라 11~15%를 완화함. 첨단 기술을 활용하는 지능형 건축물 인증(IBS)의 경우에도 5개의 등급으로 구분하여 최고 15%까지 용적률, 높이제한, 조정 면적을 완화함. 모듈러주택의 경우에도 이에 준하는 15%정도 완화를 검토할 수 있으며, 형태상의 제약이 있으므로 용적률, 높이제한, 건폐율을 함께 완화하여 가능한 범위를 넓혀 규격화된 모듈배치의 융통성을 확보해 주는 것을 제안함.

- 이러한 제도 개선 방안 외에도 모듈러 건축 제작 시스템을 전환하여 사업성을 제고하는 방안을 제안함. 모듈러주택을 대상 생산하여 비용을 절감할 수 있도록 시스템이 변화해야 하며 이러한 목표를 실천할 수 있는 실천 전략은 2023~2027년을 위한 ‘제 7차 건설기술진흥계획’에 잘 제시되어 있음. 이에 따라 BIM도입으로 전 과정 디지털화와 생산시스템의 자동화 및 모듈화가 선행해야 할 실천 과제임.

- 기존 공법에서도 BIM설계는 유용하게 활용되고 있지만, 모듈러주택의 경우 제작 오차 관리를 위해 사용되는 점이 차별적임. 이러한 제작 오차는 접합

의 문제 뿐 아니라 외장재 마감의 방식 및 완성도를 결정하며 공기, 품질, 공사비 모두에 영향을 미침. 제작 오차를 줄일수록 접합 부분도 블록을 조립하듯 정확하게 조합될 수 있고, 이러한 결과는 공장에서 마감재까지 제작하여 현장 공사 시 비계 없이 적층만으로 완성할 수 있게 함. 그리고 오차 없이 적층된 형태는 입면 디자인으로 표현되며 하자를 줄여 품질을 향상시킴.

- 본 연구에서는 모듈러주택과 기존 일반적인 공법으로 시공하는 과정에서 발생하는 차이와 공사비에 영향을 미치는 요인을 도출하여 절감할 수 있는 방안을 제안함. 그리고 중장기적으로 모듈러 건축이 활성화 될 경우 기대할 수 있는 효과와 관련하여 비용을 절감할 수 있는 부분을 제시함.
- 모듈러주택의 경우 골조의 자재비용이 전체 공사비의 높은 비율을 차지하고, 이 부분에서 습식공사와 차이가 크게 발생하여 전체 공사비가 20~30%정도 높아짐. 이러한 자재 비용은 줄이기 어려움. 그러므로 사업 진행 방식을 최대한 모듈러주택을 활용하는데 효율적인 방식으로 추진해야 하고, 이를 통해 비용을 줄이도록 전략을 수립해야 함.
- [단기] 모듈러주택은 건축·구조 등의 자재비로 건설원가 상승은 고정값이므로 감리비 등 작·간접노무비 부분에 대한 지급 기준 개선 필요
 - 일반적인 RC공동주택 공사에서 감리비의 비율은 총공사비의 20~30%가 소요, 모듈러주택은 공기가 단축되고 공장제작 부분이 상당하므로 이를 반영하여 책임감리비 요율 기준*을 적용하여 약 6~11% 적용
- [중·장기] 생산시스템의 자동화·모듈화를 적극 추진하여 제작 및 시공에 투입되는 노무비를 대폭 낮추고, 디지털 설계기술 즉 자동설계 및 도면생성 등을 활용하여 설계 업무를 간소화함.
 - 모듈러주택의 지속적 생산자동화로 노무비가 25% 수준으로 낮아질 경우 현 RC공사비와 유사해 질 수 있음.

제 5 장 결 론

LAND
HAUS
INSTITUT E

제5장 결 론

1. 연구의 결론

□ 모듈러주택 추진현황 및 적용모델 제시

- LH는 자체건설, 국토부 실증·위탁 사업 등 총 7개 지구 918호 추진, 소규모 주택사업 12층 이하, 14~416호 공동주택에 모듈러공법 적용
 - (사업완료) 2020년까지 저층 위주 모듈러주택 4개 지구, 222호 준공
 - (사업진행) 중저층(3~7층 이하) 공동주택 3개 지구 696호 추진 중
- SH공사는 성북동 연극인 공동주택 12호, 가양 행복주택 라이플 30호, 가리봉 공공주택 246호 등, GH공사는 성남 하대원 행복주택 14호, 용인영덕 행복주택 106호 등 용인영덕 주택 13층(내화 3시간)을 제외한 모든 사업은 12층 이하(내화 2시간) 규모로 사업 추진
- 시공 사례를 보면 착공과 준공된 시기에 따라 공법이나 추진 방식에 차이가 있음.
 - 외벽 마감을 완성하는 방식은 점차 공장에서 제작하고 현장 공사를 최소화하는 방식으로 변화함. 이러한 변화는 고층화를 위해서는 매우 중요하며 품질을 향상시키기 위해서는 모듈 제작 오차 뿐 아니라 코어 및 모듈 간 접합 시 오차가 적어야 함. 이러한 오차 및 품질·하자 관리를 위해 건설 과정 상당 부분의 디지털화가 필수적임.
 - 실외기실의 설치 방식 및 위치가 달라졌으며, 실외기실을 각 세대에 두지 않고 한꺼번에 층별로 세대와 분리하여 설치하여 발코니 확장이 가능해짐. 이와 같은 이동제약을 설비 시스템 변경으로 해결하는 등의 평면 개선도 필요함.
- 준공된 사례에서 나타난 모듈러주택의 중요한 장점은 20~30%의 공기 단축임. 시공된 사례의 모듈러공법 활용 배경은 민원 최소화를 위한 공기 단축 및 소음·진동

분진·환경·폐기물 감소였음. 품질 향상 및 공기 단축을 위해서 시공법 개선 및 평면 변경도 수반되었음.

- 상당부분 현장에서 공장으로 작업 공간이 변경되어 현장 근로자의 안전사고 발생률이 감소하고 기후 영향이 적은 노동 환경으로 개선됨. 이러한 건설업의 방식 전환이 주택 품질로 연결되도록 기술 고도화 및 실용화 전략이 필요함. 예를 들면, 층간 소음 성능도 공장 제작을 할 경우 품질 관리가 용이하고 충격음 성능에 영향을 미치는 바닥 평활도를 고르게 하여 성능에 대한 균일성과 신뢰도를 제고할 수 있음.
- LH 직접 건설 임대 사업의 경우 점차 규모를 확대하는 것이 사업성 제고 측면에서 유리함. 자동화된 시스템을 갖추지 않고, 고정인력을 활용하지 않고 작업이 발생하는 경우 수작업을 하는 공장 시스템에서는 동시에 여러 세대를 제작하여 분산배치하거나 한 곳이 집중 설치할 수 있도록 사업을 기획해야 함.
 - LH 건설형 임대주택의 경우 대지면적 1,000㎡이상의 규모 5층 이상의 아파트에 모듈러 공법 활용할 수 있음. 현재 세종 UR1,2에서 이와 같이 7층, 416세대 사업을 진행 중이며, 사업 준비 중인 의왕 초평 A4 BL의 경우에도 381세대 12층 규모임. 이와 유사한 규모의 사업을 안정화하여 품질을 향상하고 공사비를 낮추는 게 사업성 제고에 효과적임.
 - 매입임대주택을 포함한 저층 소규모 모듈러주택 사업의 경우 2km, 20분 내 거리인 여러 개 부지에 모듈러주택 사업을 동시에 발주하여 진행. 예를 들면 50~70호 주택사업 4개를 동시에 발주하여 약 250호의 주택을 동시에 제작할 수 있도록 발주. 세종 사랑의 집짓기와 같이 16세대의 소규모 사업인 경우 다른 사업과 동일한 평면으로 제작하여 여러 군데 활용하면 공사비를 대폭 낮출 수 있음. 실제 웅진 백령 행복주택과 동일한 유닛 모델을 재차 제작하여 공사비를 크게 낮출 수 있었음.

□ 모듈러주택의 공사비 분석

- LH 모듈러주택의 준공 사례가 5건 미만이고, 규모나 사업추진 방식·여건이 달라서 공사비를 비교하여 기준을 정립하기 어려움. 이에 모듈러주택으로 전환 설계 하여 공사비를 산출한 선행 연구 및 모듈러주택 공사비 검토 자료를 분석하여 공사비가 높아질 수 있는 요인을 확인함.
- 모듈러주택의 공사비는 기존 습식 RC대비 20%이상 증액. 주된 원인은 모듈러주택의 골조 공사비가 기존 벽식 RC구조 공사 대비 2배 가량 증액 되고, 층고는 2.8m에서 3.1m로 상향, 이에 따른 건축 공사비 및 건축 자재비의 증액 등임.
- 공사비가 다른 기존 습식 RC공법과 모듈러 공법을 비교하면 구조체의 친환경적 특징이 다름. 정부에서 임대주택 건설을 위한 재정 지원 시 이 부분을 고려할 필요가 있음.
 - 첫째, 모듈러주택은 라멘구조이며, '장수명주택'의 요건, 즉 내부 벽체는 수요에 따라 공간 변형을 할 수 있고, 노후화된 설비나 자재는 교체 및 수리 용이하도록 건축함. 건축물의 수명을 고려하면 구조체의 수명만큼 건물을 사용할 수 있으며 기존 RC벽식 구조 대비 2배 이상 연장될 수 있음.
 - 둘째, 철골조 모듈러주택은 구조 재사용 및 이동이 가능함. 건물 철거시 주변에 미치는 피해가 적고 폐기물 배출도 저감됨. 이러한 과정에서 건축물의 전 생애 주기 탄소 배출량 분석 결과 철근 콘크리트 건물에 비해 16.1~20.4% 저감됨.
- 모듈러주택 공사 시 간소화될 수 있는 감리 및 설계 업무에 대한 대가는 공사비에 효율을 적용하므로 같이 증가하는 모순 발생. 이에 모듈러주택에 대해서는 BIM과 같은 디지털화된 자료로 공사비를 산출하는 차별화된 방법이 필요함. 현재 국토부에서 '스마트 건설기술 공사비 산정기준'을 마련하고 있음.
 - 감리비 및 설계비는 공장제작 자동화 비율에 따라 달라지기 때문에 기존의 건축공사는 직접비에 일정 효율을 적용하는 방법은 맞지 않음.
 - 감리 및 설계, 전기 통신 분리 발주 등 현장에서 공장으로 작업공간이 이원화가 되는 업무에 대해 업무 범위 및 하자 책임에 대해 재 정의하고, 대가 기준을 개정할 필요가 있음.

□ 모듈러주택 사업성 제고 방안

- 정부의 재정지원은 국토부 및 기재부의 결정에 달려있으므로, 이에 전적으로 의존하여 사업을 지속적으로 추진하는데 한계, 이에 사업성을 제고할 수 있는 다양한 방안 모색이 필요
- [단기] 모듈러주택은 건축·구조 등의 자재비로 건설원가 상승은 고정값이므로 감리비 등 노무비 및 부분 도급비 부분에 대한 지급 기준 개선 필요
 - 일반적인 RC공동주택 공사에서 감리비의 비율은 총공사비의 20~30%가 소요, 모듈러주택은 공기가 단축되고 공장제작 부분이 상당하므로 이를 반영하여 책임감리비 요율 기준을 적용하여 약 6~11% 적용. 2022년 5월 기재부가 제시한 책임 감리비 요율은 100억원 규모의 경우 10.73%, 500억원 규모의 경우 5.52% 정도이므로 모듈러주택 사업인 경우 이러한 기준 정도로 감리비를 낮춰야함.
- [중·장기] 생산시스템의 자동화·모듈화를 적극 추진하여 제작 및 시공에 투입되는 노무비를 대폭 낮추고, 디지털 설계기술 즉 자동설계 및 도면생성 등을 활용하여 설계 업무 간소화
 - 모듈러주택의 지속적 생산자동화로 노무비가 25% 수준으로 낮아질 경우 현 RC공사비와 유사해 질 수 있음.
 - 일본에서는 적극적으로 자동화를 추구하고 있고, 국내 2023~2027년을 위한 제7차 건설기술진흥기본계획에서도 생산 자동화를 추진과제로 포함하고 있음.
- 모듈러주택은 스마트 건설을 확대하는 국가정책 및 제7차 건설기술진흥기본계획의 추진과제 ‘BIM 도입으로 건설 전 과정 디지털화’, ‘생산시스템의 자동화 및 모듈화’, ‘스마트 건설기술 활성화를 위한 생태계 구축’과 직접적인 관련이 있으며, ‘기술 중심의 발주제도 개선·운영’, ‘업체가 능력을 발휘할 수 있는 환경조성’과 간접적으로 관련이 있으므로, 국가정책의 추진과 함께 시너지 효과를 얻을 수 있음.

□ 기대효과 및 활용방안

- 이에 본 연구는 공업화주택의 합리적인 제도개선을 통해 모듈러주택 확산의 선도적 역할을 수행하며 건설 활성화 기반 마련할 수 있음.
- LH의 모듈러주택의 지속적인 발주 확대 및 관련 사업 사업성 개선에 기여할 수 있음.
- 모듈러주택 공사비 증액 부담에 대한 정부 재정지원 확대 건의 및 법령 개정에 활용할 수 있음

2. 연구의 한계 및 향후 과제

- LH 실행 공사비 자료를 보고서 및 발제로 공개하는데 제약이 있어 공론화할 수 있는 연구내용이 제한적임. 현재 LH내 모듈러주택 준공 사례가 4개 프로젝트이고, 준공 시점도 차이가 커서 공사비 차이도 큼. 그리고 프로젝트의 규모, 여건, 발주방식, 추진방식 등 모두 시범사업처럼 다른 특징을 지니고 있어 기준을 정립하기 어려움.
- 모듈러주택의 원가가 급변하고, 범용적인 기준을 정하기에는 분석 가능한 국내외 사례 데이터가 적음. 공사비 자료는 건설사에서 비공개 자료로 관리하고 있어서 LH내부 프로젝트가 아닌 경우 자료를 활용하고 보고서를 통해 공유하는 것은 불가능함.
- 추후 반지하주택 및 노후계획도시 정비, 재난지원을 위한 주택, 네옴시티와 같은 해외 모듈러 주택사업 등 다양한 사업모델에 정부정책을 연계하여 활성화하는 방안 제안 필요
- 공사비 증액 부담에 대한 정부 재정지원 확대 건의 및 법령 개정을 위해 공사사례를 누적하여 지속적으로 구체적인 분석 및 논거를 수립하는 과정필요
- BIM, 자동화 설계, 스마트 건설 등 신기술 개발 지원, 탄소 배출량 감축, 건설 안전 등 측정하기 어려운 간접 효과를 지속적으로 확대하기 위해 정부의 적극적인 지원 정책을 수립할 수 있도록 시너지 효과를 만드는 로드맵 수립과 같은 체계적인 실행 방안에 대한 연구 필요

참 고 문 헌

LAND
HOUSING
INSTITUTE

&

참고문헌

- 「건설산업기본법」 제9조(건설업 등록 등), 제 40조(건설기술인의 배치) 등
「건축사법」 제 4조(설계 또는 공사감리) 등
「전기공사사업법」 제 3조(전기공사의 제한 등) 등
「정보통신공사사업법」 제 3조(공사의 제한) 등
「주택건설기준 등에 관한 규칙」 제 14조(건축사의 설계·감리를 받지 아니하는 공
업화주택의 건설자), 별표6(공업화주택의 성능 및 생산기준) 등
「주택법」 제 53조(공업화주택의 건설 촉진) 제 33조(주택의 설계 및 시공), 제
43조(주택의 감리자 지정), 제 44조(감리자의 업무) 등
국토교통부(2012), 「공업화주택 인정업무 처리지침(안)」
국토교통부(2021), 「2021 주택업무편람」
김동건(2012), 「비용편익 분석」, 박영사
김미경 (2016), “사용자의 거주성을 고려한 이재민 임시주거시설 현황 분석과 계획
적 시사점”. 한국실내디자인학회 논문집 25(6), p.23~31
김영태(2005), 「다가구주택 매입임대 시범사업의 의의와 과제」, 참여연대
김용우·한미글로벌(2021), 「건설의 게임체인저 OSC」, e-대한경제, p. 93~94
김주진 외(2017), 「국비지원사업 연계형 주거환경개선사업 추진 방안 연구」,
LH토지주택연구원
김지현·박일민(2013), “주거시설로서 모듈러건축 활용화 방안”, 한국주거학회논문집, 24(3)
김진성 외(2019), 「모듈러주택을 활용한 매입임대 공급방안」, SH도시연구원
김형수 외(2012), “공업화주택인정제도를 통한 모듈러주택의 개선방향 및 활성화
방안 연구”, 한국주거학회 2012 추계학술발표대회 논문집 24(2)
박근석(2016), “매입·전세임대 주택의 성과와 방향”, 국토, 통권 제422호, p. 33-37
박기범(2022), 「동네에 답이 있다」, 집

- 배규웅, “국내 13층 모듈러 공동주택 성과와 과제”, 스마트 건설의 날 2022
(2022.11.23) 발표자료
- SH서울주택도시공사·SH도시연구원, 「도시 속 새로운 집, 모듈러 새로운 주택의
미래로 실현되다」, 2019.04, p.31
- 송상훈 외(2020), 「모듈러주택 최적 발주방식 및 발주업무 지침 마련」, LH토지
주택연구원
- 송상훈 외(2022), 「모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립」, LH토지주택연구원
- 이미연·이영민(2017), “모듈러 공공임대주택 공급방안에 관한 연구: 공급자 관점을
중심으로”, 2017 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집, 37(1), p. 111-112.
- 이석준 외(2018), “조립식 주택 적용 민간임대주택 활성화를 위한 리스 모델”, 주
택도시연구, 8(3), p. 101-115.
- 이정훈 외 4인(2015), “활동기준원가계산법에 의한 모듈러 건축물 공장제작단계
간접비 산정방안”, 한국건설관리학회논문집, 16(4), p.139
- 이지은 등(2021), 「가족구성 변화를 고려한 가변형 모듈러주택모델 연구」, LH
토지주택연구원
- 이지은 외(2022), 「재난지원을 위한 모듈러주택 사업모델 연구」, LH토지주택연구원
- 재정경제부·건설교통부·기획예산처·대통령자문 빈부격차·차별시정위원회(2005),
「임대주택정책 개편방안: 공급체계 개선 및 사회통합 방안을 중심으로」
- 정서영(2021) “OSC 프로젝트의 최적 설계안 선정을 위한 DfMA 평가모델”, 광운
대학교 박사학위논문, p. 32
- 조승연 외(2018), 「LH 매입임대사업 효율성 제고를 위한 공급 및 운영관리 개선방안」,
LH토지주택연구원
- 조승연 외(2021), 「소규모 분산형 공공임대주택 관리 및 운영체계 개선방안 연구」,
LH 토지주택연구원
- 지세현 외 3인(2008), “건설공사 공사비 예측 및 관리기술 발전방향_호주사례를
중심으로”, 한국건설관리학회논문집, p.172
- 진미운 외(2020), 「공공임대주택 입주자 패널 조사 기획 연구」, LH토지주택연구원

천영수 외(2020), 「LH형 모듈러주택의 모델개발 및 품질확보 방안 연구」, LH
토지주택연구원, p.193~224

천현숙(2005), “다가구매입임대주택정책의 개선방향”, 국토정책 Brief, 84호

한국건설기술연구원(2020), 「똑똑하고 빠르게, 지속가능한 모듈러건축」, 모듈러건축
연구센터, 건설경제

현대엔지니어링, 「용인영덕 모듈러주택 상품 품평회 자료」

한국철강협회(2021), 「모듈러건축의 이해」, 구미서관

한국토지주택공사, 「2022 LH Green Report」

LH 세종 UR1 및 UR2 모듈러주택 진행현황 검토 회의자료 (2022.11.11/2023.2.3)

황본강(2022.9.5) “BCA(Building and Construction Authority) 2021”,
스마트 모듈러포럼,

Edward M. Gramlich, Benefit-Cost Analysis of Government
Programs(prentice-Hall Inc.198(1) p.101~106

□ 인터넷사이트

국가기록원 포털 www.archives.go.kr/

국가통계포털, “임대주택 재고현황”, www.kosis.kr

국토해양부 보도자료(2017.1.9), “도시 첨단 물류단지에 ‘주택+공장’ 복합 건축 허용 :
화장실 소음 줄이고 장수명 주택 인센티브 늘려 주거 환경 개선”

국토교통부 업무자료(2021.6), “BIM기반 건설산업 디지털 전환 로드맵”

국토교통부 보도자료(2022.11.7), “제 7차 건설기술진흥기본계획(’23~’27)공청회 개최”

국토교통부 보도자료(2022.12.29), “이원재 제1차관, “모듈러주택 활성화 위해 다양한
지원 펼칠 것- 29일 모듈러주택 실증현장 찾아 모듈러주택 활성화 정부의 의지 보여 -”

국토교통부 보도자료(2023.2.7), “노후계획도시 정비 및 지원에 관한 특별법 주요내용
발표”

땅집GO 보도자료(2021.12.16.), ““벽을 딱풀로 붙인건가!!!” 기막힌 LH 임대주택 상황”,
realty.chosun.com

네이버 지식경제용어사전, “ISO9000”, “ISO14000”, term. naver. com

e대한경제(2023.2.8), “관련업계, 공업화주택→모듈러주택으로 전환…‘산·학·연·관’ 정책협의체도 출범”, www.dnews.co.kr

대한민국 정책 브리핑(2007. 4. 13), “실록 부동산정책 40년: ‘돈 걱정 말고 공급하시오’”, korea.kr/special/PolicyFocusView.do

머니투데이 보도자료(2020.10.6.), “[단독] 임대주택 입주까지 12년 대기... 2.2만 명 1년 넘게 기다려”, mt.co.kr

비즈조선(2021.1.7), “석달 만에 한 채 똑딱 ... ‘신속 공급’ 정책에 탄력받는 ‘모듈러주택’”, [http:// biz.chosun.com/policy](http://biz.chosun.com/policy)

비즈조선(2021.7.29), “전국 주택 열 채 중 두 채는 ‘30년 이상’ 신축 아파트는 20% 줄었다”, [http:// biz.chosun.com/policy/policy-sub/2021/07/29/](http://biz.chosun.com/policy/policy-sub/2021/07/29/)

SAMIN 홍보자료 www.saminis.com

서울주택도시공사 홈페이지 modular.i-sh.co.kr

스타코 엠씨 홍보자료, [www. staco.co.kr](http://www.staco.co.kr)

아이뉴스 보도자료(2022.10.5), “싼 게 비지떡’ LH 매입임대주택... ‘주택 품질관리 미흡·낮은 매입 단가 탓’”, www.inews24.com

(주) 유창, www.yoochang.com

주택 www.jootek.com

KLN물류신문(2020.8.14) “최신 구조체 공법 적용을 통한 공기 단축”, www.klnews.co.kr

파이널셀 뉴스 보도자료(2022.3.9.), “속도 내다 품질 놓친 매입임대... ‘서울 25% 20년 넘은 집’”, www.fnnews.com

포스코 A&C, www.poscoanc.com

휴먼씨앤디 hmc007.co.kr/index.php

archdaily.com/918417/ikea-explores-future-urban-living-for-the-many, “IKEA explores future urban living for the many”, 2019. 6. 4.

autodesk.com/autodesk-university/article/Integrated-BIM-workflows-

Modular-Prefabricated-Construction-Concept-Fabricate-2020

“Integrated BIM Workflows in Modular Prefabricated

Construction: Concept to Fabricate”

www.bdcnetwork.com

CABN포털 <http://www./cabn.life/>

다이와주택, careers.daiwahousemodular.eu/

dezeen.com, “MIR project”

gettyimages.co.jp“Toyota Motors Corporations Kasugai Housing

works

ocbristo.com/little-hero-steel-container-apartments-melbourne-australia/

[부 록] 매입형 모듈러주택 도입방안

LAND
HOUSE
INSTITUTE

&

매입형 모듈러주택 도입방안

1. 매입임대주택 개요

1.1 매입임대사업의 배경

- 매입임대사업은 2004년 주택공사 및 지방공사 등이 사업주체가 되어 서울에서 총 503호의 다가구 주택을 매입하여 임대하는 시범사업을 기점으로 2022년 현재까지 시행 중⁵²⁾
- 매입임대사업은 취약계층의 주거비 부담 가능성(affordability) 제고, 대단위 임대단지 조성에 따른 사회적 낙인효과 완화, 입지 측면에서의 공급-수요의 괴리 해소를 지향하고 있음(김영태, 2005; 천현숙, 2005)
 - 매입임대사업 소요재원의 부담비율은 재정(45%), 주택도시기금(40%), 지자체(10%), 입주자(5%)⁵³⁾로 국민임대의 20%보다 낮은 수준
 - LH가 운영하는 매입임대주택의 경우 관리비⁵⁴⁾ 중 일반관리비의 87.5%를 LH가 부담하고 있어 주거비 부담 완화 효과(조승연 외, 2021)
 - 대규모 임대단지의 입지에 따른 저소득층의 집적은 필연적임. 이에 따라 해당 지역이 낙후지역으로 인식되거나 사회적 배제 등의 부정적 영향이 지적되어 왔음. 반면, 매입임대주택은 소규모 분산형 입지로 저소득층의 집적화, 낙인효과 등을 방지할 수 있음(박근석, 2016)

52) 최초의 매입임대사업은 서울시가 2002년부터 2년간 시행한 다세대·다가구 매입임대사업임. 서울시는 800억원을 투입해 1,251호(175채)를 매입했으나 대부분의 주택이 낡고 임대료도 비싸 성공적으로 사업을 추진하지 못했음. 참여정부는 2003년 5월 주거복지 로드맵을 통해 매입임대사업을 정부 정책으로 반영하였음(대한민국 정책브리핑, 2007. 4. 13 보도자료, '실록 부동산정책 40년, "돈 걱정 말고 공급하십시오"')

53) 공급유형 중 신혼부부Ⅱ(입주자 부담 20%)를 제외한 나머지 유형에서 입주자 부담은 0~5%까지임(국토교통부, 2021 주택업무편람, p. 264)

54) 매입임대주택의 관리비는 일반관리비(관리업체 위탁수수료로 인건비, 경비 등의 경상비와 이윤 및 부가가치세를 합산한 금액), 청소비, 시설유지비, 공동사용료, 인건비(상주인력 배치시 인건비)로 구성되며, 일반관리비를 제외한 나머지 항목은 입주자 100% 부담임.

- 주로 도심지역에서 경제활동을 영위하는 저소득층의 경우 교외지역에 공급되는 건설형 임대단지 입주보다는 도심 지역 내 입주 선호. 주거수요와의 불일치에 따른 미임대 주택 증가 등 사회적 비용 낭비 요인 해소 필요⁵⁵⁾
- 매입임대주택은 「공공주택 특별법」 및 「기존 주택 등 매입임대주택 업무처리지침」에 의거, 공공주택사업자가 직접 건설하지 않고 매매 등으로 취득하여 공급하는 임대주택으로 단독주택·다중주택·다가구주택 등 국민주택 규모(85㎡ 이하)의 기존 주택을 매입하여 최저소득계층에게 공급하는 주택(조승연 외, 2018)

[표 1] 공공 매입임대주택의 유형

구분	기존주택 매입임대	청년·신혼부부 매입임대리츠	도시정비 매입임대	부도주택 미분양매입	신축다세대
임대기간	20년	10년	10년	10년/30년	10년(장기전세)
공급조건	시세의 30% 수준	시세의 90% 수전	공공임대	60㎡ 이하: 국민임대 60㎡ 초과: 10년공임	시중전세가의 80%
주택유형	다가구·다세대 원룸 등	아파트	아파트	아파트	다세대 연립
공급규모	85㎡ 이하	60㎡이하	85㎡ 이하	85㎡ 이하	60㎡이하
공급대상	최저소득계층	청년·신혼부부	무주택서민	무주택서민	무주택서민

자료: 조승연 외(2018), p. 15

1.2 매입임대사업 현황

- 2020년 기준 매입임대주택은 총 178,351호로 이 중 139,107호를 LH가 매입하여 공급하고 있으며 나머지 39,244호는 지자체와 지방공사 등이 매입·공급⁵⁶⁾
- 2016년까지는 연 평균 8.2천호, 2017년 이후부터는 연 평균 2.1만호 매입

55) 2004년 9월 입주를 시작한 화성 태안8단지의 경우 전체건설호수 836호의 16.6%인 139호가 미임대. 반면, 도심지 내 영구임대주택은 61,730명의 입주희망자가 최장 11년 정도 대기중인 것으로 조사된 바 있음(재정경제부 외, 2005)

56) 국가통계포털-임대주택 재고현황(kosis.kr)

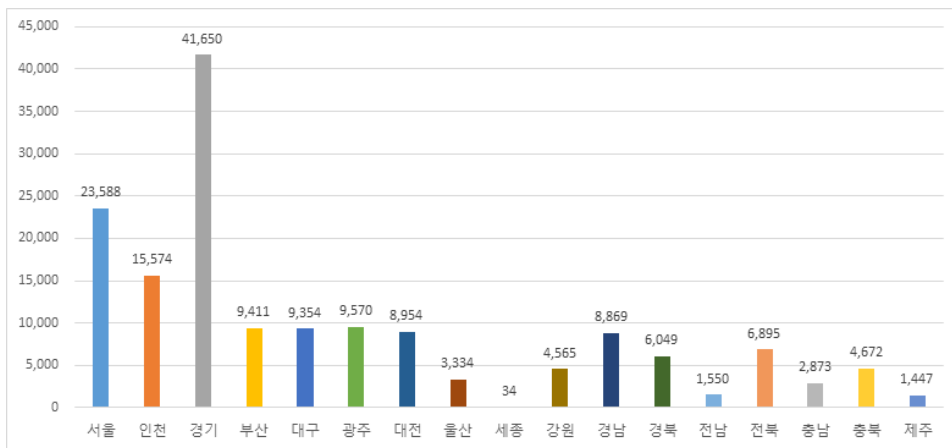
[표 2] 연차별 매입임대주택 사업계획 및 실적

단위: 호

구분	계	~`10	~`15	`16	`17	`18	`19	`20
계획	185,800	39,000	48,000	9,000	15,500	19,000	29,000	27,300
실적	178,652	39,601	42,757	9,656	11,459	17,744	29,302	28,133

자료: 국토교통부(2021), 주택업무편람, p. 263 일부 편집

- 2022년 기준 LH가 공급하는 매입임대주택은 총 158,389호로 수도권 지역이 80,812호(51.0%), 비수도권 77,577호(49.0%)



자료: LH 내부자료(`22.8.31 기준)

[그림 1] 지역별 매입임대주택 현황(2022)

- 주택유형별로 살펴보면 다가구 주택의 비율이 72.3%로 가장 높으며 수도권 지역을 중심으로 매입주택 유형이 다양화(조승연 외, 2018)
 - 도시형 생활주택, 다세대 주택 등 매입주택 유형이 다양화되고 있으나 전국적으로는 다가구주택의 비율(89%)이 가장 높음
 - 비수도권 지역의 경우 다가구주택 비율은 89%이며 다세대주택, 도시형생활주택의 비율은 4~5% 수준임. 반면, 수도권은 다가구주택 비율이 55%, 다세대주택의 비율이 43.2%로 차이가 현저함
- 임대보증금 및 임대료는 시중 임대료 감정가 50% 이내에서 공공주택사업자가 결정. 임대기간은 최초 2년, 2년 단위로 9회 재계약이 가능(최장 20년)
 - 대부분 시중 전세가의 30%로 공급하되, 신혼부부 매입임대주택 II의 경우 시

- 중 임대료에 대한 감정평가 금액의 80%, 공공전세 주택은 90% 이내 공급
- 청년 및 공공전세의 경우 2년 단위 2회 재계약 가능(최장 6년 거주)하며, 고령자는 재계약 횟수 제한 없음
- 2017년 말 기준 매입임대주택의 전국 평균 보증금은 약 480만 원, 임대료는 약 13만 원 수준에서 형성되어 있음
- 지역별로 평균 면적, 보증금, 임대료 등에 편차가 있으나 대체적으로 유사 면적의 민간임대주택에 비해 저렴

[표 3] 지역별 매입임대주택 보증금 및 임대료(2017년 말 기준)

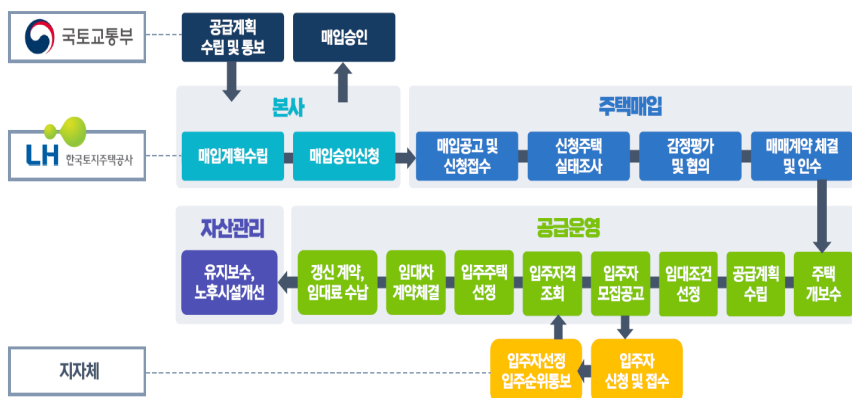
단위: m², 원

지역	전용면적	보증금	보증금/m ²	임대료	임대료/m ²
전국	45.67	4,876,701	106,781	130,641	2,861
수도권	45.24	4,733,007	104,620	150,811	3,334
서울	44.82	4,730,506	105,545	209,336	4,671
경기	44.37	4,634,549	104,452	126,342	2,847
인천	48.06	4,980,468	103,630	119,700	2,491
비수도권	46.07	5,017,670	108,914	110,843	2,406
부산	46.24	5,197,992	112,413	90,417	1,955
대구	44.22	4,759,430	107,631	136,701	3,091
광주	51.22	5,417,657	105,772	124,339	2,428
대전	39.04	4,566,539	116,971	112,625	2,885
울산	47.09	5,019,118	106,586	120,316	2,555
세종	23.73	3,007,586	126,742	67,188	2,831
강원	48.35	5,375,658	111,182	88,127	1,823
충북	51.32	5,450,632	106,209	96,216	1,875
충남	35.86	4,500,007	125,488	107,457	2,997
전북	45.78	4,811,185	105,094	88,162	1,926
전남	45.31	4,984,609	110,011	95,192	2,101
경북	41.83	4,392,656	105,012	107,063	2,559
경남	51.78	5,455,318	105,356	123,039	2,376
제주	45.06	5,289,782	117,394	96,688	2,146

자료: 조승연 외(2018), LH 매입임대사업 효율성 제고를 위한 공급 및 운영관리 개선방안, p. 25

1.3 매입임대주택의 공급 및 운영

- 매입임대주택의 공급 및 운영 프로세스는 공급계획-매입계획-주택매입-공급운영-자산관리로 구분할 수 있음
 - (공급계획) 국토부에서 기초생활 수급자 등 입주수요 및 매입여건 등을 고려하여 사업대상지역을 확정하고 지자체 등과 협의를 통해 매년 사업시행 자별·지역별 물량을 배정하여 공급계획 수립
 - (매입계획) 국토부의 공급계획 수립내용을 받아 LH, 등 공공주택사업자가 지역 여건을 반영하여 주택 매입계획을 수립, 국토부에 매입승인 요청
 - (주택매입) 공공주택사업자가 일간지 및 웹사이트 등을 통해 주택매입 사항을 공고 후 소유자 등으로부터 신청접수를 받음. 실태조사를 통해 매입대상을 확정함. 매입대상이 결정되면 감정평가 및 협의를 통해 매입가격을 확정 후 매매계약을 체결
 - (공급운영) 주택 개·보수, 임대조건 등 확정 후 지자체와 협력하여 입주자 모집공고 및 입주자격 조회 등 입주자 선정 및 계약체결 절차 이행
 - (자산관리) 공공주택사업자는 임대료 및 공과금 부과, 계약관리 및 수선유지 등의 유지관리 업무를 수행함. 필요시, 해당 업무는 민간 위탁 가능



[자료] 국토교통부·한국토지주택공사, 매입임대 길라잡이 그림 일부 편집

[그림 2] 매입임대주택 사업 프로세스

1.4 매입임대사업 제도의 변화

- 매입임대사업은 2004년 시범사업 시행 이후부터 현재까지 지원 대상, 공급 방식 측면에서 변화를 거쳐 발전하고 있음
- (지원 대상) 긴급주거지원 대상자와 저소득 대학생까지 입주계층이 확대되었으며, 계속해서 주거복지 사각지대에 있는 자활노숙자, 노인, 장애인 등 사회 취약계층까지 대상계층이 확대되고 있음(조승연 외, 2018)
- (공급 방식) 2019년에는 민간사업자가 건축하는 주택에 대해 매입약정을 체결해 매입임대주택을 공급하는 민간 신축 매입약정 방식이 도입되었으며, 2022년에는 민간의 아이디어와 운영 역량을 활용할 수 있는 테마형 매입임대주택사업을 시범사업으로 추진
 - (민간 신축 매입약정) 민간에서 건축하는 주택을 사전 매입약정을 체결하고, 준공 후 LH가 매입하여 임대주택으로 공급하는 방식의 사업으로 `21년 기준 전국에 걸쳐 총 36,515호 매입 추진⁵⁷⁾



[자료] 국토교통부·한국토지주택공사, 사례로 알아보는 민간 매입약정 사업

[그림 3] 민간 신축 매입약정 프로세스

- (테마형 매입임대) 민간 신축 매입약정 방식을 활용해 테마가 있는 임대주택을 공급하려는 취지에서 도입. 공모를 통해 선정한 민간사업자⁵⁸⁾와 매입약정을 체결하고, 건설을 완료하면 LH가 이를 매입

57) 공공전세 7,500호, 일반 9,199호, 신혼(다자녀) 13,340호, 청년 6,476호

58) 사업시행자 조건

[표 4] 테마형 매입임대주택 사업 유형 및 주요 내용

구분	사업방식		사업시행자 자격요건
민간 제안	기획 운영	(사업방식) 민간사업자가 자유롭게 테마를 제안하여 기획, 설계, 시공하면 LH가 매입 후 민간사업자가 테마에 따른 입주자 선발 및 차별화된 주거 서비스 제공 등 임대 운영관리 수행 (운영테마) 돌봄, 육아, 교육, 일자리, 창업지원, 장애인 자립지원 등 사업시행자가 자유롭게 운영 테마 제안 (주택규모) 25호 이상~150호 미만, 주거전용면적 30㎡~85㎡ 이하	1. 「기존주택 등 매입임대주택 업무처리지침」 제38조 제6항에 해당하는 아래 대상자로서 법인정관에 주택의 임대운영을 사업목적으로 정하고 있거나 주택(기숙사) 임대 운영 실적이 있는 자 2. 「국토교통형 예비사회적기업 지정제도 및 사회적기업 인증 추천제도 운영지침」에 따른 국토교통형 예비 사회적기업(도시재생분야)으로 법인 정관에 주택의 임대운영을 사업목적으로 정하고 있는 자 3. 셰어하우스 등 공유주택을 공급하거나 운영한 실적이 있는 「민간임대주택에 관한 특별법」 제7조에 따른 주택임대관리업을 등록한 법인 4. 「중소기업기본법」 제2조에 따른 중소기업으로써 부동산업으로 등록된 업체로 주택의 임대운영 실적이 있는 자 5. 「소비자생활협동조합법」 제21조에 따른 대학생협 협동조합으로 주택의 임대운영을 사업 목적으로 정하고 있거나 주택(기숙사) 임대운영 실적이 있는 자 6. 사업시행자는 건축 매입유통방식의 주택 매도실적이 있는 자(시행자)와 컨소시엄을 구성할 수 있으며, 주택을 임대운영관리할 상기 자격에 해당하는 자가 대표법인이 되어야 함
	위탁 운영	(사업방식) 민간사업자는 LH가 매입한 주택을 활용하여 자유롭게 테마를 제안하고 테마에 따른 입주자 선발 및 차별화된 주거서비스 제공 등 주택 임대 운영·관리 수행 (운영테마) 돌봄, 육아, 교육, 일자리, 창업지원, 장애인 자립지원 등 사업시행자가 자유롭게 운영 테마 제안 (주택규모)	1. 「민법」 제32조에 따라 허가를 받은 영리법인 2. 「공익법인설립법」 제2조에 따른 공익법인 3. 「협동조합기본법」 제2조 제1호에 따른 협동조합 및 제3호에 따른 사회적 협동조합 4. 「사회적기업육성법」 제2조 제1호에 따른 사회적기업 5. 「고등교육법」 제2조 제1호~7호(제5호 제외)에 따른 대학
특정 테마	기획 운영	(사업방식) 민간사업자는 공사가 제시하는 테마와 건축기준에 맞춰 임대주택을 기획·설계·시공하여 준공 후 LH가 매입 (운영테마) 예술인 지원주택, 청년 창업지원주택, 장애인 자립지원주택 (주택규모) 운영테마별 상이 : (예술인) 30호 이상·50호 미만, 주거전용면적 30㎡ 이상 : (청년 창업) 50호 내외, 주거전용면적 33㎡ 이상 : (장애인) 20호 이상·40호 미만, 주거전용면적 36㎡ 이상	
	위탁 운영	(사업방식) 최근 매입한 공사의 건축 주택에 특화 프로그램을 제공 중인 중앙부처 등이 사전에 기획된 테마에 따른 주거서비스 제공 및 임대운영	
임대조건		(입주대상) 월평균 소득 100% 이내이며 행복주택 자산기준을 충족하는 자(민간사업자가 기획-운영까지 담당하는 경우 테마에 맞는 입주자를 자체 선정순위에 따라 직접 선발 가능) (임대조건) 사업자는 시세의 30%의 임대조건으로 공급받아 입주자에게 시세 50% 이하로 공급 *. 세부 대상 및 조건은 사업 유형별 상이	

자료: 국토교통부·한국토지주택공사, 2022 테마형 임대주택 공모사업 안내

2. 매입임대사업의 문제점

- 2022년 기준 LH가 관리하는 매입임대주택 총 158,389호 중 14.4%인 22,843호의 주택이 6개월 이상 공실 상태임.⁵⁹⁾ 이는 조승연 외(2018)의 연구에서 조사된 바 있는 10,768호의 2배를 상회함. LH가 공급·관리하는 전체 임대주택(건설형 임대 포함)의 공실률 평균 6.5% 대비 2배 이상
- 이와 같이 공실률이 높게 나타나는 현상은 매입임대주택이 공급 대상이 되는 계층의 호응을 얻지 못하고 있다는 것 또는 공급 측면에서의 문제로서 공급 과잉 또는 공급 관리의 문제 즉, 하향식 매입물량 산정 방식, 입주 수요 발생 시점과 입주 가능 시점과의 불일치 등의 가능성을 함축하고 있음.
- 본 연구에서는 공급 과잉 및 임대주택 공급 관리의 문제보다는 모듈러 공법 도입으로 개선될 수 있는 주택의 품질과 적시·적소 공급 측면에서의 매입임대주택의 문제점을 검토

2.1 주택 품질

- 매입임대주택은 건설임대주택이나 민간임대주택 대비 저렴한 임대료를 형성하고 있어 주거취약계층의 경제적 부담 완화, 주거 안정에 기여
- 반면, 건설임대주택에 비해 소규모 분산 입지 형태로 이루어짐에 따라 상대적으로 미흡한 주거서비스⁶⁰⁾, 영세 시공 여건에 따른 주택 품질 문제 제기
 - LH의 건설임대주택(행복주택 등)은 관리사무소가 828개(1개 사무소 당 700가구)인 반면, 매입임대주택은 29개(1개 사무소당 5,000가구)⁶¹⁾
 - 매입/전세임대 거주자 중 시설 및 주변여건으로 인해 공공임대주택에 만족

59) LH 내부자료(2022. 8. 31 기준)

60) 매입임대주택은 순회관리방식으로 상주관리인이 없는 구조로 화재 등 발생시 안전에 취약하고, 주민 공용 시설에 있어서도 관리상의 어려움이 있어 입주자 서비스 수준이 낮음. 그 간 매입임대는 관리사무소가 별도로 존재하지 않아 입주자의 주거서비스 접근성이 낮고, 소규모 건설임대는 상주인력이 적어 물리적 관리 외의 서비스 제공 여력이 낮았음(조승연 외, 2021: 76-77).

61) 파이널셀 뉴스 보도자료(2022.3.9.), “속도 내다 품질 놓친 매입임대... ‘서울 25% 20년 넘은 집’”(매입임대 기피, 돌파구 찾는다)

하지 못하는 응답자의 비율은 80.6%로 타 공공임대주택 유형에 비해 월등히 높은 것으로 나타남(진미운 외, 2020: 53)

[표 5] 공공임대주택 거주자의 공공임대주택 만족/불만족 이유(2019)

단위: %

구분		영구 임대	국민 임대	행복 주택	장기 전세	매입/ 전세임대
공공 임대 만족 이유	저렴한 임대료	53.6	46.6	65.7	50.0	70.9
	자주 이사를 하지 않아도 되므로 (계약반기로 인한 불안이 적어서)	39.5	42.5	25.2	39.0	21.7
	시설이나 주변여건이 좋아서	5.6	8.7	7.0	6.7	1.2
	가구상황에 적합한 주택규모 (가구원수 증가 또는 감소 등)	1.4	2.2	2.1	4.3	6.1
	계	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
공공 임대 불만족 이유	임대료가 비싸서	11.8	53.6	32.8	69.6	19.4
	공공임대주택단지에 대한 인식이 좋지 않아서	19.7	19.6	24.6	0.0	0.0
	시설이나 주변여건이 좋지 않아서	43.5	12.8	0.0	30.4	80.6
	가구상황에 적합한 주택규모 (가구원수 증가 또는 감소 등)	20.1	13.7	0.0	0.0	0.0
	기타	4.9	0.3	42.5	0.0	0.0
계(다중응답 분석 결과)		300.0	300.0	300.0	300.0	300.0

자료: 국토교통부·국토연구원, 2019년도 주거실태조사 원자료 분석 결과; 진미운 외(2020), p. 53 재인용

- 시공업체의 공사 관리 역량 미흡, 저가 재료 사용 등에 따른 하자 문제, 체계적 관리 미흡에 따른 거주자 불편 안전·미관 취약 문제 제기
- 2022년 국정감사를 통해 밝혀진 바에 따르면, 2019~2021년 3년간 LH가 관리하는 매입임대주택에서 발생한 하자·유지 보수 건수는 40만 3천897건 임. 부문별로는 건축 17만7천66건, 기계 14만4천830건, 전기 5만3천706건, 통신 2만2천128건, 토목 6천167건 순⁶²⁾



[자료] 사진 1/2/3은 현장방문 촬영, 사진 4는 땅집GO 보도자료(2021.12.16.)재인용

[그림 4] 매입임대주택 품질 및 하자 문제

62) 아이뉴스 보도자료(2022.10.5., '싼 게 비지떡' LH 매입임대주택..."주택 품질관리 미흡·낮은 매입 단가 탓")

2.2 적시·적소 공급 한계

- 현행 매입임대주택 사업은 입주대기 기간 및 입주수요 대비 공급 가능 주택의 부족 등 수요자가 필요로 하는 시기와 장소에 주택을 공급하는데 한계가 있음
- 2022년 기준 LH 공급 매입임대주택 입주대기자(예비자) 수는 35,282명⁶³⁾
 - 대기자 수 평균은 248명이며, 가장 많은 지역은 안산시 5,698명, 광양·나주·속초·웅진·울주·음성·의령 7개 시군구 지역은 대기자 수가 0명, 수도권 및 지방의 주요 도시를 중심으로 대기자 수가 집중되어 있으며 시도 지역은 상대적으로 낮은 수준, 안산, 수원 등 수도권 주요 도시의 매입임대주택 재고 물량 확보 필요

[표 6] 매입임대주택 대비 입주대기자 수 상위 5개 지역

구분	안산시	수원시	서울 종로구	안양시	성남시
입주대기자 수	5,698	4,979	1,493	1,241	410
매입임대주택 재고(호)	2,437	775	428	240	66

자료: LH 내부자료(2022.8.31. 기준)

- 2020년 6월 기준 매입임대주택 입주까지 소요되는 평균 대기기간은 3.1개월임. 지역별로는 제주가 10.2개월, 세종이 0.9개월이며, 가장 대기기간이 긴 경우는 경기 거주자로 54개월(4.5년) 소요⁶⁴⁾
- 주택 품질, 수요에 대한 낮은 탄력성의 문제는 근원적으로 재원의 문제로 볼 수 있음. 매입임대주택 지원을 위한 정부의 호당 지원단가는 1억 2천만 원에서 1억 6천만 원 수준으로 형성되어 있음. 이는 매입임대주택 입주수요가 높은 수도권에서는 양질의 주택을 구입하기 어려운 수준
- 호당 지원단가 현실화, 합리적 수요 추정과 효율적 공급 체계 마련 등 제도적 기반 마련도 필요하지만, 양호한 주택 성능 및 품질 확보, 수요에 대응해 가급적 단기간에 주택을 공급할 수 있는 방안을 모색하는 것 역시 필요

63) LH 내부자료(2022.8.31. 기준)

64) 머니투데이 보도자료(2020.10.6.), [단독]임대주택 입주까지 12년 대기... 2.2만명 1년 넘게 기다려

3. 모듈러주택의 매입임대주택 활용 방안

- 시공능력평가 5등급 이하의 영세한 건설업체 시공으로 부도, 노임체불 등 발생 우려 및 품질확보에 어려움이 있음. 모듈러주택의 경우 표준화 및 모듈화된 공업화 생산으로 균일한 주택 품질을 유지할 수 있음.
- 소규모 주택인 경우 현장·품질 관리를 위한 충분한 감독 인력 확보가 곤란함. 모듈러주택은 공장 품질관리로 효율적 인력 운용을 할 수 있으며 공사기간을 단축할 수 있음. 현장 콘크리트 타설 및 거푸집 조립 등이 대폭 축소되어 소음·진동·분진 등 환경 민원이 저감됨. 공기는 기존 습식 공사 대비 약 30~50% 단축할 수 있으며, 현장 작업 최소화로 건설공사 안전성이 우수하고, 표준화 및 모듈화에 따른 공장 생산으로 균일한 주택 품질을 유지할 수 있음.
- 이러한 장점을 활용할 수 있는 주택사업은 다음과 같음.
 - 먼저 사업부지의 특성을 고려하면 ① 노후 매입임대 및 붕괴 우려 연립·다세대주택 등의 재건축 ② 도심 내 국유지 등 저층·소규모 지구 ③ 자재비 및 인건비 증가로 사업성이 열악한 도서지역에 적용할 수 있음. 예를 들면, 제주도, 백령도와 같은 섬 지역이 있음.
 - 이동 및 재활용성을 고려하면 ① 도시재생사업, 1기 신도시 등의 노후계획 도시 정비 등으로 임시거주가 요구되는 순환형 주택 ② 장기 방치된 미매각 부지에 건설하여 단기 임대 후 해체·이전시 ③ 튀르키예 등 자연 재해를 입은 이재민 또는 우크라이나 전쟁 등과 같은 사회 재난을 입은 난민에게 국내·외 지원
- 매입임대주택사업의 비효율적인 공급과정과 주택이 품질 개선을 위해 모듈러주택 도입이 필요함. 매입임대주택사업의 매입 건축물은 2004년 이후 지속적으로 증가하고 있으나 공실도 많은 상황임. 매입임대주택 사업의 품질 편차가 크고 공급, 관리 등을 진행하는 방식이 많은 인력을 필요로 함. 이러한 문제를 해결하기 위해 공장에서 제작되어 예측 가능한 제품처럼 공급하는 모듈러주택을 활용할 수 있으며, 선분양 방식의 아파트처럼 모델하우스 및 카탈로그로 분양 업무를 진행할 수 있는 방식의 전환을 모색할 수 있음.

- 1인 가구 및 좋은 위치의 소형주택 수요가 증가하므로 대규모 단지의 아파트 건설이 아닌 다른 방식의 임대주택이 필요한 시점임. 대안적인 방식이 매입 임대주택 사업이며, 모듈러주택의 경우 민간 기업의 표준화된 방식을 최대한 존중하여 공사비를 절감할 수 있으며, 장기적으로 규모의 경제를 도모할 수 있음.
- 매입 약정주택의 경우 정부 지원 보조금이 LH의 건설형 임대주택과 다름. 매입 약정주택의 경우 호당 지원 금액 기준이 정해져 있으므로 소형주택에 적용하는 것이 원가 대비 높은 지원금을 받을 수 있고, 청년 매입임대주택 전용면적이 최소 19㎡임. 모듈러주택의 경우 일반적인 습식 RC공법에 비해 철골 자재비로 공사비가 높을 수 있으며 선행 연구⁶⁵⁾의 모듈러주택 공사비를 기준으로 LH의 임대주택 건설원가와 비교하여 공사비 차이를 계산하면 모듈러주택 시공 시 호당 최소 1,376만원이 증액됨. 그러나 이 비용은 공사별로 편차가 커서 기준으로 고려하기에는 부적합함.
- 모듈러 공법은 매입임대주택 사업에 활용할 경우 표준화에 따른 주택품질 향상, 주택 공급기간 단축, 모듈러주택 사업 활성화 및 매입임대주택 규모의 확대, 매입 및 공급 업무 간소화, 공기단축에 따른 금융비용 절감을 기대할 수 있음.

4. 매입임대주택의 제도 개선(안)

- 현재 SH의 기준에는 매입대상 주택에 모듈러주택이 포함되어 있으나 LH의 기준에는 모듈러주택이 불포함되어 있음. 모듈러주택을 매입할 수 있도록 주택유형에 모듈러주택을 포함하는 것이 필요

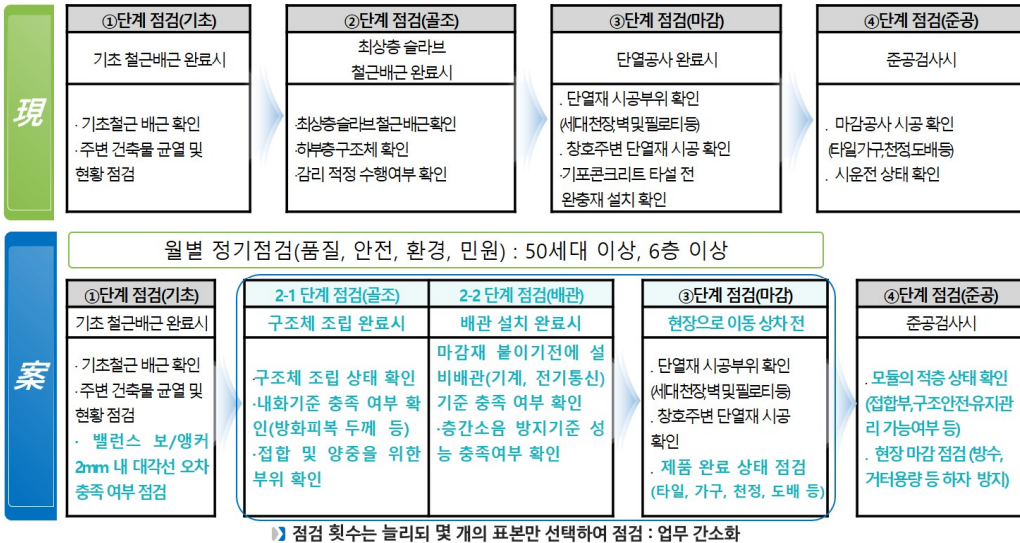
65) 송상훈 외(2022), 모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립, LHRI

[표 7] 매입대상 주택에 모듈러주택 포함(안)

유형	주택유형	평면 구성	면적기준	필수 설치
원룸	도시형 생활주택, 모듈러주택	1룸 이상	전용 26㎡ 이상	이동식 옷장
청년	다세대, 다가구, 연립, 아파트, 도시형 생활주택, 주거용 오피스텔, 모듈러주택	1룸 이상	전용 26㎡ 이상	빌트인 가전·가구
일반		거실 외 1룸 이상	전용 29㎡ 이상	—
신혼 I	다세대, 다가구, 연립, 아파트, 주거용 오피스텔, 모듈러주택	거실 외 2룸 이상	전용 36㎡ 이상	수납공간
공공전세	다세대, 연립, 아파트, 주거용 오피스텔, 모듈러주택	거실 외 3룸 이상	전용 60㎡ 이상	

4.1 품질 점검단계 개선(안)

- 모듈러주택의 경우 품질 점검 방식이 기존의 습식 방법과 크게 달라져야 함.
- 모듈러주택은 주택 부분의 골조에서 마감까지 공장에서 제작됨. 그러므로 2~3단계의 점검 방식 변화가 필요함. 현재는 체크리스트를 제공하고, 설계검토, 품질검사 및 기성검사시 각 단계(시점)별 해당항목 검사



[그림 5] 매입임대주택 품질점검 개선(안)

- 점검 일정에 대해서는 원활한 대금지급 및 점검일정을 고려하여 약정체결 후 1~5단계 품질점검별(기초공사골조공사마감공사사용검사입주대비 최종점검) 점검 가능일을 7일전까지 공사업체로 통지하고 일정을 협의하여야 함.
- 모듈러주택의 경우 1단계는 동일하게 현장에서 진행하며, 기초와 밸런스 빔을 설치하여 대각선 오차가 2mm이내인 것을 확인할 수 있는 준비가 완료된 시점에서 시행할 수 있음. 2단계는 공장에서 구조체 조립 및 내화기준에 의한 방화 피복 후 내화기준 준수 여부를 확인하며, 공장에서 점검을 시행할 수 있음. 그리고 2.5단계 즉 기존 점검단계의 2와 3단계 사이 한 단계를 추가 하여 공장에서 골조를 완성한 이후 배관을 설치하고 마감 전에 배관이 완료된 후 관련 기준을 확인하는 점검을 시행할 수 있음. 3단계는 공장에서 마감공사를 완료한 후 현장으로 실어 보내기 전에 시행할 수 있음. 이 단계가 현장에서의 마감공사 단계를 대체함. 4단계는 현장에서 시행하며, 공장에서 제작된 모듈을 쌓는 공사가 완료된 후 전체공사가 완료되는 준공 검사로 시행함. 습식 RC공법에 비해 공장에서의 단계가 한 단계 정도 추가될 수 있음.

[표 8] 매입임대주택 품질점검 절차에 따른 점검 내용

구 분		1단계	2단계	3단계	4단계	5단계
공사단계		기초공사	골조공사	마감공사	준 공	잔금지급
점검내용		철근배근 완료시	최상층 슬라브철근 배근완료시	방수 · 단열공사 및 난방배관 공사 완료시 마감공사 필요시	사용승인 (검사) 완료 후 1주일 내외	4단계 지적사항 확인
중점 점검 분야		건축물배치의 적정성 및 설계도서 이행확인	설계도서 이행 및 골조품질 상태확인	방수 · 단열 공사 등 설계도서 이행확인	마감품질상태 및 사용승인이행확인 (시운전, 각종 준공필증, 전기, 가스, 통신, 정화조, E/V등)	
점검주체	품질 점검팀	○	○	○	○	○
	주거복지 지사 주거자산 관리부	—	—	—	○	○

- SH공사는 현재 모듈러주택을 매입약정주택 가능 주택으로 도입한 상황이며, [표 9]와 같은 점검 단계로 점검을 진행함. 모듈러주택의 경우 규모를 정하고 않았으나 중·대규모의 점검과정으로 점검을 하는 것이 적합함. 이유는 SH 공사가 사업을 하는 서울시의 경우 5층 이하 주택을 지을 수 있는 곳은 주변 도로의 상황이 모듈러주택의 이동 및 양중 장비를 설치하는데 어려운 경우가 대부분임. 그러므로 사업의 가능성이 낮고 대부분 중·대규모로 규정하는 50 세대 이상 또는 6층 이상 주택인 경우 모듈러주택을 활용하여 시공할 수 있음.

[표 9] SH공사 매입임대주택 품질점검 절차



4.2 설계·시공 가이드라인 개선(안)

1) 설계 및 시공 기준 체크리스트

- LH공사 및 SH공사 모두 전문가를 심의위원으로 갖춘 매입심의위원회를 두고 기준이 모호하거나 현장 여건에 따라 조정이 필요한 부분에 대해 심의하여 허용함. 매입 심의위원회는 ① 입지여건, 유형별 건축 계획 적정성 ② 설계·품질 기준 및 디자인가이드라인 준수 여부 ③ 매입 불가 주택 기준 해당 여부 등을 심의함.
- 다음 [표 10]은 LH의 설계·시공 기준이며, 기준에 포함되지 않은 항목은 관련 법령 및 LH의 판단에 따라 시공함. 기준 중 “주요 마감재의 품질확보를 위하여 LH에서 요청시 ‘견본세대’를 설치하여야 하며, 주요 마감재는 LH와 협의하여 선정 완료 후 마감공사를 진행한다.”는 사항은 습식공사에서는 거의 활용되고 있지 않으나 모듈러주택의 경우에는 매우 중요하고 유용한 기준임. 모듈러주택인 경우 프리콘(Pre-con) 작업, 즉 목업이 건축의 품질을 향상시키고, 하자를 줄이고, 발주처에게 점검을 받고 협의하는데 매우 유용한 과정임. 예를 들어 50세대 이상의 대규모 공사인 경우 한 세대만 먼저 제작하여 점검을 받을 수 있으며, 공장 점검 시 한 개 모듈만 표본으로 점검을 하여 점검 시간을 줄이고 업무량을 간소화 할 수 있음. 그리고 필요시 목업한 세대를 모델하우스와 같이 활용하여 사용자들에게 완공 전에 볼 수 있도록 개방할 수 있음. 이러한 방식을 점차 시도하여 매입임대주택의 공급 절차를 개선할 수 있음. 이전의 기준과 거의 차이가 없으므로 공법으로 달라지는 부분을 허가받을 수 있는 심의 및 협의와 같은 절차가 이용하기 쉽도록 마련되는 것이 필요함.

[표 10] 매입임대주택 설계·시공 기준 개선(안)

설계 · 시공 기준		검사 단계
공	세대별 전용면적은 85㎡ 미만으로 설계한다.(원룸형의 경우 50㎡ 이내) 단, 관련 법령에 따른 가구구성별 면적기준을 만족하여야 한다.	계획

설계 · 시공 기준				검사 단계
통사항	다자녀 유형의 경우 집중 공급지역에 한해 우선 매입 대상으로 함.[첨부7. ④]			계획
	이삿짐 및 소방차량 진입이 가능하도록 도로폭(4m 이상)을 확보한다.			계획
	범죄예방 건축기준 고시에 따라 설계시 건축물의 범죄예방 설계 가이드라인을 반영토록 한다.			계획
	평면계획시 침대, 가구 등 미설치가구를 점선으로 표현하며 전기, 기계설비 시공위치 및 가구레이아웃을 고려하여 계획한다.			계획
	50세대 이상 주택과 수요자 맞춤형 주택은 1층 등의 공간을 활용하여 커뮤니티 공간(최소 50㎡)을 계획하여야 한다. - 시설에서 : 문화공간 및 회의실, 창업공간, 공방 등 - 설치비품 : 책상, 의자, 책꽂이, 냉난방시설 등 - 설치불가 : 분실위험이 있는 고가의 가전가구 * 벽부형 배기팬 설치 및 가스, 전기, 수도 인입 고려			계획
	관계법령을 준수하고 모든 자재는 KS표시제품을 사용해야한다. 다만, KS제품이 없는 품목은 단체표준 또는 KS규격과 동등이상 제품을 사용한다.			상시
	주요 마감재의 품질확보를 위하여 LH에서 요청시 '견본세대'를 설치하여야 하며, 주요 마감재는 LH와 협의하여 선정 완료 후 마감공사를 진행한다.			상시
	주거약자용 주택은 주거약자용 및 장애인 편의시설 설치기준(④)을 반영하여 설계한다. (공용공간은 주거약자 전용주택에 한하여 설계 반영) * 주거약자용 전용주택(전층 고령자·주거약자)는 승강기 설계 반영(4-2)			②
	구조안전 및 내진설계 확인서(건축구조기술사 확인)를 제출해야 한다.			②
	설치 규격 및 설치기준에 맞는 빌트인 생활용품(3-2)을 반영한다.			③
	하자보수 이행증권을 발급받아 공사에 소유권 이전시 제출해야 한다.			④
	출입문 근처(실외) 무인택배보관함(비밀번호 방식의 기성품)을 설치한다.			④
	가구수	10호 미만	10호~20호 미만	
무인택배보관함 (보관함 수)	4~6칸	6~10칸	1인 가구수의 50%~100%	
* 전체 가구수, 1인실 비율에 따라 선택적 적용				
CCTV용 모니터는 1층 실내(현관문 인근)에 벽걸이형으로 건축바닥면으로부터 모니터 하단까지 2,000mm 이상 높이에 설치한다.			④	
CCTV 녹화저장장치에 개인정보보호용 S/W가 설치되어야 한다.			④	
인접 대지경계선으로부터 직선거리 2미터 이내에 이웃 주택의 내부가 보이는 창문 등을 설치하는 경우 차면시설을 설치하여야 한다.			④	
건축	콘크리트 강도 $F_{ck}=24\text{MPa}$, 철근항복강도 $f_y=400\text{MPa}$ 이상으로 한다. * 모듈러주택의 경우 '공업화주택 인정'을 받은 구조를 사용함.			①
	건물 기초 설계는 동결심도(최소 900mm 이상)를 고려하여 계획한다.			①
	2m 이상 단차가 있을 경우 옹벽을 설치하고, 옹벽과 건축물은 당해 옹벽높이 만큼 이격해야 한다. (다만, 옹벽기초가 건축물 기초보다 높을 경우는 3m 이상 이격한다.)			①
	지반조사(보령시험* 등) 보고서를 제출하고 기초설계에 반영해야 한다. * 시추공 간격은 30m 내외로 한다.			①
	거실 및 침실의 반자높이는 2,200mm 이상으로 계획한다.			②
	계단 및 복도의 유효폭은 1,200mm 이상 확보되도록 계획한다.			②
	주침실은 2.7X2.7m 이상으로 하고 일반침실은 가구배치를 고려하여 최소폭을 2.4m이상으로 계획해야한다.			②

설계 · 시공 기준	검사 단계
내벽(간막이벽)두께는 100mm(단배근적용) 이상, 외벽두께는 200mm(복배근적용) 이상으로 한다.(단, 내벽이 내력벽인 경우 150mm(복배근 적용) 이상) * 모듈러주택의 경우 '공업화주택 인정' 을 받은 구조를 사용함.	②
세대현관문은 틀을 포함하여 너비 1,100mm 및 높이 2,200mm 이상,유효폭 900mm 이상으로 계획한다.(현관문 개방시 실 유효폭)	②
세대현관문은 계단과 이격거리 600mm 이상 계획하고, 피난 방향으로 90 ° 이상 완전 개방시 인접세대 현관문 및 엘리베이터와 간섭이 없도록 계획한다.	②
발코니(보일러실 등)의 최소 유효폭은 1,000mm 이상 계획한다.	②
발코니 출입문 폭은 900mm 이상 계획하며, 문짝이 부착된 상태에서 집기류 반입이 가능하도록 유효폭은 710mm이상으로 계획한다.	②
1층에 세대가 있는 경우 바닥높이는 GL+150mm 이상으로 계획한다.	②
승강기 계획시 세대 거실 또는 방과 인접하지 않도록 하며, 인접 세대의 소음 및 진동 방지대책을 계획한다.	②
사위공간은 세면공간 분리하고 충분한 면적이 확보되도록 계획한다. 단, 청년형의 경우 감독과 협의하여 세면공간과 사위공간을 중첩 가능	③
단열재 및 창호 등은 건축물의 에너지절약 설계기준에 의거 지역별, 건축물부위별 열관류율에 적합하게 설계한다.	③
비난방공간(복도, 발코니 등)에 면하는 옹벽·천정슬래브 및 최상층 내단열로 인해 발생하는 열교현상 부위 벽체에는 결로방지재를 시공한다. *모듈러주택 공법에 맞는 단열계획을 제시하여 심의를 받는다.	③
필로티 주차장 천정(보측면·하부)에는 단열재 및 배관 보온재(단열재 및 마감재 준불연 이상 사용)를 시공해야 한다.	③
건물 전체가 내단열인 경우 발코니 벽체 및 천정에 단열재를 계획한다. - 벽체 : 비드법2종2호(1,2구역 30T, 3구역 20T) + 4.5T CRC 보드 - 천정 : 15T 압출법1호(콘크리트 매립시공) + 9.5T 일반석고보드	③
누수방지를 위해 창문틀 주위에는 사춤(밀틀 : 방수몰탈, 기타 : 우레탄폼) 시공 후 실링재로 마감한다.	③
지붕층 및 지하주차장 방수는 마감자재 적용기준에 따라 계획·시공한다.	③
방바닥 시공시 “충간소음 방지 기준” 을 준수하여 계획·시공한다.[붙임1] * 모듈러주택의 경우 경량 4등급, 중량 4등급 이상으로 성능 만족	③
화재확산방지를 위해 아래 기준을 적용해야 한다. - 필로티 천정 마감 : 준불연 성능이 있는 금속재질 천정판 - 전층 외벽 마감재 : 석재 또는 조적 권장(단, 타일·파벽돌 제외) - 외벽 및 필로티 천정 단열 : 외벽마감재 무관하게 준불연 이상 단열재 (제조사별·규격별 시험성적서 반드시 확인)	③ ④
물을 사용하는 공간(욕실, 발코니)는 단차이(마감면 기준)을 60mm 이상 확보해야 한다.	④
현관 바닥 높이는 거실바닥 마감면에서 40mm 이상 확보한다. 단, 주거약자용(고령자) 주택의 경우 (4-1)에 따라 계획한다.	④
모든 안전난간대는 바닥으로부터 높이 1,200mm 이상을 확보해야 한다.	④
실외기는 공용공간(필로티층, 테라스, 옥상 등) 또는 세대내 실외기실에 설치한다. (옥상설치시 완충패드 적용, 골조일체형 H=100mm)	④
공동주택의 경우 「주택건설기준 등에 관한 규정」 에 따라 세대내 실외기 공간을 설치하여야 한다.	④
욕실문 개폐시 양변기와 간섭되지 않도록 설계한다.	④

설계 · 시공 기준		검사 단계
기 계	주방기구 설계시 싱크대-조리대-가열대 순으로 계획한다.(방향 무관)	④
	중복도에는 환기창을 설치하고 외기에 면한 모든 창은 방충망을 설치한다. (1층 및 복도에 면한 창의 경우 방범용 방충망 설치)	④
	지하주차장 램프 진출입구간에는 무소음 트랜치로 시공한다.	④
	지하주차장 진출입 등 차량 통행시 회전 등으로 확인이 어려운 부분은 반사경을 설치하도록 한다.	④
	주방기구 상부장 고정용 시공목은 합판(18x45mm)으로 견고하게 시공해야 한다.	④
	욕상 드레인에는 낙엽 등이 쌓여 막히지 않도록 블록형 걸음망구조로 한다.	④
	차량 통행 인접부위 기둥, 벽체 등 코너 부위에는 보호대를 설치한다.	④
	신발장의 내부 깊이는 350mm 이상, 옷장은 600mm 이상으로 계획한다.	④
	평지붕 비노출 마감시 누름콘크리트에 신축줄눈(3000mm 이하) 및 코킹을 시공한다. *모듈러주택은 공법에 맞게 변경 적용 가능	④
	외부벽돌쌓기 시공시 전용 긴결철물을 사용해야 한다.	④
	오·배수/급수관은 세대 내 PD 및 AD공간에 설치(점검구 포함)하며, PD/AD 공간은 각층마다 가능한 동일한 위치에 배치되도록 계획한다.	②
	세대 내 급수/급탕배관은 분배기 및 이중관 배관(PB+CD)방식을 적용하며, 분배기로부터 각 수전구꼭지는 1:1 배관으로 설치한다. (배관 연결부속 매립금지, 욕실 점프 배관방식 적용시 서브 분배기함 별도 설치)	②
	난방배관(코일피치 200mm 적용)은 각 실별로 Zonning(회오리방식)하고, 난방분배기는 싱크대 하부에 설치한다.	③
	욕외 매립되는 급수관의 매설깊이는 동결심도 이상으로 하며 부식방지 조치를 하여야 한다.	③
	보일러실 온수(난방)분배기를 실구획별(방1, 방2, 거실등)로 명패를 부착하고, 보일러 하부배관은 보온 10mm 이상+매직테이프로 계획하고, 동파가 우려되는 지역(중부이북)에는 열선을 설치한다.	④
	급수계랑기는 세대별로 각층 복도 외벽에 계랑기 및 계랑기함을 설치하며 계랑기함 내부 동파방지용 보온재를 설치한다.	④
	가스계랑기는 세대를 방문하지 않고 외부에서 검침 가능한 구조로 계획한다.(직독식 또는 원격식)	④
	세대 내 개별 보일러의 경우 콘덴싱 가스온수 보일러(배관커버 설치 포함)로 설치하고 응축수 처리를 위한 바닥 배수구를 계획하여야 한다. * 일산화탄소(CO) 감지기 설치를 위한 전기콘센트 1구 추가 필요	④
	동파방지를 위하여 외기에 면한 벽에는 수전 설치를 금지하고 모든 수전 하부에는 전기콘센트를 설치하지 않도록 한다.	④
	필로티층 천정 오·배수관은 원활한 배수가 가능하도록 구매시공하고 꺾임부위에는 소제구를 설치하여야 한다.	④
	외부 우수관의 재질은 STS, 동합금 혹은 동등 이상으로 하고, 집수정 또는 트랜치와 직접 연결되도록 계획한다. 우수관의 곡관부는 원활한 배수를 위해 급격하게 꺾지 않도록 한다.	④
	욕상 우수가 하층부 발코니로 방류되지 않도록 1층 우수트랜치로 직결되는 배관을 설치해야한다.	④
	필로티 상부에 화재 확산방지를 위해 분말자동 소화장치를 설치한다. - 설치부위 : 출입문, 재할용 분리수거장 상부	④
	모든 욕실은 결로방지 및 환기를 위한 환기휀(천정용)을 계획한다.	④
	환기는 설계 여건에 따라 당해층 배기(외벽에 면한 경우) 또는 옥상배기로 한다. - AD 설치시 옥상층에 무동력 흡출기 설치	④
	세탁수전(온·냉수) 및 손빨래수전(냉수)은 별도 분리하여 각각 설치한다. 단, 공간협소시 손빨래수전과 세탁수전은 2구형으로 겸용 가능	④

설계 · 시공 기준		검사 단계
전기통신	세대 부하용량은 아래와 같이 계획하여야 한다. - 전용면적 60㎡ 이하 : 3kW 이상 - 전용면적 60㎡ 초과 : 60㎡ 초과하는 10㎡마다 500VA 가산	계획
	연면적 500㎡ 이상일 경우, 건축물의 에너지절약 설계 기준에 의한 대기전력 자동차단콘센트 30% 이상 적용한다.	계획
	전기(통신) 인입선로는 지중으로 인입 및 맨홀(핸드홀)을 사용한다.	④
	조명기구는 「고효율 에너지기자재 인증서」를 획득한 LED로 설치한다.	④
	전기계량기함은 집합형(세대별, 공용별 분리)으로 설치하고 벽체 매입시 시건장치를 설치한다.	④
	통신세대 통합단자함 내부에는 2구형 콘센트를 설치한다.(인터넷 장비 전원공급용)	④
	에어컨 콘센트는 별도 전용회로로 구성하고, 거실(스탠드형) 및 안방(벽걸이형)에 1개소씩 콘센트를 설치한다.	④
	소방시설법, 화재안전기준을 준수하여 단독경보형 감지기를 설치한다.	④
	LED패널이 3개 이상인 조명기구는 속음제어가 가능하도록 2회로로 구성한다.	④
	인입맨홀부터 구내용 정보통신장치가 설치된 공간까지 외부통신사업자용 예비배관(배 36C*6)을 추가한다.	④

- 전용 공간의 마감자재 적용기준을 준수하며 지역별 판매 전략에 따라 마감재 기준을 달리 적용할 수 있음. 모듈러주택의 경우에도 습식에 적합한 마감재 인 경우 변경할 수 있도록 심의 또는 협의를 통해 허용하는 것이 필요함. 이유는 제작사마다 모듈러주택 제작에 편리한 재료가 특화되어 있는 경우가 많으므로 재료 사용에 대한 융통성이 필요함.

[표 11] 매입임대주택 마감자재 기준

항목			마감자재 기준
건 축	현관	세대현관문	분체도장(열관류율 1.5W/㎡·K 이하, 지역별·부위별 TDR값 준수)
		도어록	레버일체형 디지털 도어록
		바닥	자기질타일
		마루귀틀	인조대리석(BMC급)
		신발장	문짝 : HPL급 몸체 : LPL급
	침실 및 거실	벽	실크 벽지 / 외기접한벽 : 단열재+석고보드(12.5mm) 룸카펫(6.0T 이상)
		바닥	* 룸카펫·걸레받이 설치부위 코킹 시공 필요
		천정	석고보드(9.5mm) 위 발포벽지
		걸레받이	MDF 또는 PVC 위 목재무늬 래핑 / H=80mm이상 (확장부분) 외부 : PVC 이중창(실내측 목재무늬 래핑)
		외부 창호 (부속물 포함)	(내단열-비확장부분) 외부 : PVC 단창(실내측 목재무늬 래핑) 내부 : PVC 이중창(실내측 목재무늬 래핑) (외단열-비확장부분) 외부 : PVC 이중창(실내측 목재무늬 래핑)

항목			마감자재 기준
			내부 : PVC 단창(실내측 목재무늬 래핑)
			방충망(1층의 경우 방법용 방충망), * 실내 단창의 경우 블라인드 설치
			일반손잡이 적용
		창부속물	방충망(1층 및 복도에 면한 창외의 경우 방법용 방충망)
		문, 문틀	합성수지(ABS, 목재무늬), 도어록 간섭부위 스토퍼설치
		가구류	문짝 : HPL급 몸체 : LPL급
	주방	벽	도기질타일 / 외기접합벽 : 단열재+석고보드(12.5mm)
		바닥	루카펫(6.0T 이상)
		천정	석고보드(9.5mm) 위 발포벽지
		주방 가구	문짝 : HPL급 몸체 : LPL급
			인조대리석(BMC급)
			슬림형(KS C 9304 인증제품)/ 전동댐퍼, 방화댐퍼 설치 * 당해층 배기시 전동/방화댐퍼 설치 제외
			(청년, 고령자)전기쿡탑 2구형 설치(과열 방지장치 포함) (신혼, 다자녀)전기쿡탑 3구형 설치(과열 방지장치 포함)
	욕실	벽	도기질타일(액체방수한계선H=1200) * 콘크리트벽체 제외 및 벽·바닥 접합부 우레탄 도막방수 시공
		바닥	액체방수 위 자기질 시유타일
		천정	PVC, SMC, ABS (무달대 공법, 점검구 포함)
		문, 문틀	합성수지(ABS, 목재무늬), 밀틀은 인조대리석(BMC급)
	발코니	벽	탄성도료
		바닥	방수몰탈 + 자기질타일
		천정	탄성도료
		걸레받이	수동 빨래건조대(천정설치형) 걸레받이 페인트
	실외기 실	창호	개폐가능한 시스템루버 설치(가로폭 900mm 이상) 루버 하부턱 높이 130mm 이하
기 계	배관 등	세대난방배관	PB+CD 이중배관(보일러~난방분배기), PB관(난방코일) * 당해 세대내 배관은 타 세대내 관통 및 통합지양
		세대급수급탕관	PB+CD 이중배관
		오배수배관	PVC(VG1, VG2)
	욕실	양변기	절수형 대형 양변기(KS-C1210C)
		세면기	대형 세면기(비누대 일체형, KS-L610)
		수전류	원터치형(샤워수전용 슬라이딩바 설치 포함)
		수납장	고급형(수납장+거울) 재질:ABS,알루미늄급
		악세사리류	수건걸이, 휴지걸이, 코너선반 2개
		욕실헨	고정압 정풍량헨
	소방	소방기구	보일러 상부 자동식 확산소화기 및 세대 수동식 소화기 설치
전 기 통 신 소 방	조명	전등	아크릴/합성수지(LED)
	전열 설비	욕실, 다용도실	방적형 커버 2구형
		거실	4구형 콘센트 설치
	통신	통신용 수구 (침실 및 거실)	음성&데이터(2구형)+TV(1구형)
	소방	화재감지기	단독경보형 감지기(배터리 : 리튬전지, 교환주기 : 10년) 설치

2) 단열재 시험기준 및 층간소음 방지 성능기준

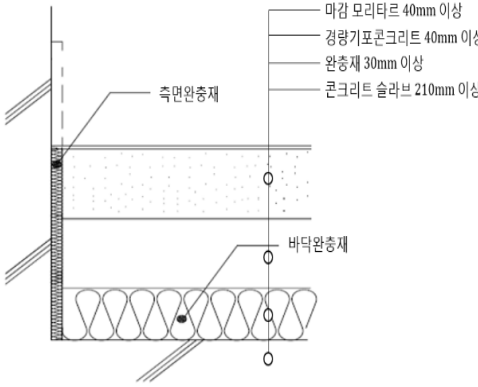
(1) 주택바닥구조(주택법에 따른 공동주택)

○ 적용 기준은 「주택법」 제35조, 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조의2, 제60조의2, 제60조의3에 따른 공동주택은 공동주택 바닥충격을 차단구조인정 및 관리기준[국토교통부 고시 제2019-179호]에 따라 인정을 받아야 하며 기타 세부사항은 LH 전문시방서 42311(온돌마감), 42320(바닥 및 측면완충재)에 따름

○ 방바닥구조(벽식) 및 완충재 성능 기준(LH 전문시방서 42320)

- 바닥구조는 LH의 설계기준에는 벽식구조 기준을 제시하고 있으나 SH의 기준은 30세대 미만인 경우 LH와 동일하고, 30세대 이상인 경우 경량 4등급, 중량 4등급 이상으로 성능을 규정함. 모듈러주택의 경우 라멘구조이므로 표준바닥구조가 벽식구조와 다르고, 자재 구성도 건식공법을 활용하여 달라질 수 있으므로 성능으로 기준을 제시해야 함.

[표 14] LH매입임대주택 바닥구조 기준

바닥 구조(벽식구조)		완충재 성능기준			
	바 닥 완 충 재	두 개		30mm이상	
		충 격 성 능	동탄성계수	40MN/m ² 이하	
			손실계수	0.1~0.3	
			흡수량	4%이하	
		내 구 성	가	치수안정성	±5%이하
			열	동탄성계수	±20%이내
				손실계수	0.1~0.3
				잔류변형량	
			단열설계		층간바닥 열관류율 값 0.81W/m ² · k 이하로 적용

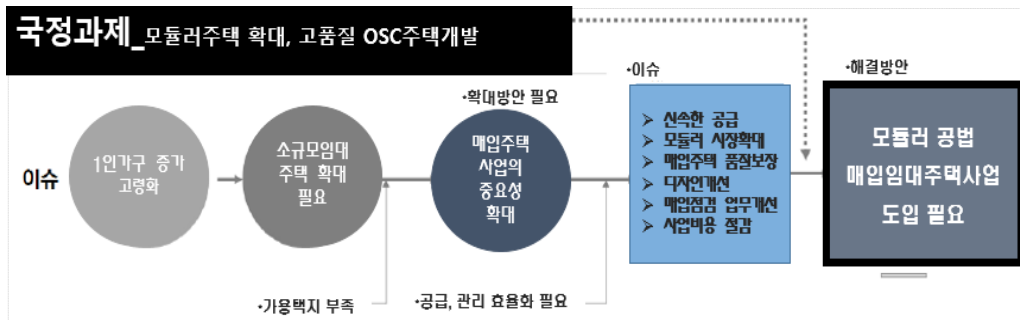
* 완충재는 건축물의 에너지절약 설계기준 제2조에 따른 단열기준에 적합해야하고 상기 성능 동등 이상의 제품

* 벽에 설치하는 측면 완충재는 바닥 마감모르타르가 벽에 직접 닿지 않도록 시공한다.

5. 모듈러주택 활용 매입임대주택 사업모델 기획(안)

5.1 노후 주택 및 반지하주택 철거 후 소규모 공동주택 신축

- 2015년 이후 민간 반지하 주택은 침수, 방범 등에 취약하여 매입 임대주택에서 제외됨. 금년 수도권 집중폭우를 계기로 국토부는 2022년 8월 16일 ‘국민주거안정 실현방안’에서 재해취약주택 해소대책으로 반지하 주택 매입 후 공공임대 활용을 제시함.
- 민간 반지하 주택을 집중 매입하여 공공임대로 활용하기 위해서는 반지하주택 특성에 맞는 매입 방식 및 활용 방안을 모색할 필요가 있음.
- 사업 모델은 상습침수지역 반지하 거주자의 침수피해 방지 및 지상층으로 거주지 이전을 위한 모듈러 매입임대주택 모델을 검토할 수 있음.



[그림 6] 모듈러공법 매입임대주택 필요성

[출처] LH실무부서 자료

- ‘2020년 인구주택총조사’에 따르면 2020년 11월 기준 30년 이상의 노후·불량 공동주택 재고가 전국적으로 약 359만 4천호, 서울시에만 15만 6천호 정도임⁶⁶⁾.
- 재난 발생 위험이 높거나 예방을 위해 지속적인 관리가 필요한 특정관리대 상시설에 해당하는 재난위험 공동주택 단지가 전국에 124곳 있음. 동수 기준으로는 475개 동(2015년 기준)임. 2015년 기준 서울시에 있는 재난 위험 공동주택 단지는 D등급 26곳(90%), E등급 3곳(10%)으로 평균 노후도가 40

66) [출처] 비즈조선, “전국 주택 열 채 중 두 채는 ‘30년 이상’ 신축 아파트는 20% 줄었다”, 2021.7.29., [http:// biz.chosun.com/policy/policy-sub/2021/07/29/](http://biz.chosun.com/policy/policy-sub/2021/07/29/)

년에 달하며, 재난위험시설물로 지정된 이후에도 평균 10년 이상 방치되고 있는 것으로 나타남.

[표 15] 2015년 노후 주택 현황

구분	주택의 종류	계	30년~40년 미만	40~50년 미만	50년 이상
전국	전체주택	16,367,006	1,440,791	501,512	726,923
	아파트	9,806,062	467,054	30,448	2,046
	연립주택	485,349	138,229	4,532	232
서울	전체주택	2,793,244	247,923	97,735	27,758
	아파트	1,636,896	143,266	20,083	204
	연립주택	117,235	28,020	1,230	198

[출처] 박기범(2022), 동네에 답이있다. 집

1) 반지하 주택의 현황

(1) 대부분 수도권에 위치한 노후 주택

- 현재 반지하가구는 총 32.7만 세대이며, 수도권(96%)에 집중됨. 2020년 통계청 인구총조사에 따르면 전국 32.7만, 수도권 31.4만(96%), 서울 20만(61%) 정도임.
- 대부분의 반지하주택은 80~90년대 지어진 노후 주택이며, 2022년 국토부 ‘건축행정시스템’에 의하면 1990년대(49%) > 1980년대(31%) > 2000년대(13%)임
- 이에 수도권 및 1기 신도시 인근 ① 반지하 주택 ②노후 주택 철거 후 신축 매입약정 체결을 유도할 필요가 있음. 본 연구에서는 노후 주택 철거 후 신축매입약정주택 건설시 모듈러주택을 활용하는 것을 제안함.

(2) 주로 저소득·1인가구가 임차하여 거주

- 반지하 주택은 지상층 주택 대비 면적이 넓고 임대료가 저렴함. 주로 저소득(75.1%), 1·2인 가구(81%)가 임차(75.3%)하여 거주함.
 - 2020년 국토부 ‘주거실태조사’에 따르면
 - ① (소득계층) 소득하위계층(1~4분위) 75.1% > 소득중위계층(5~8분위) 22.1%

② (가구원수) 1인가구 57% > 2인가구 24% > 3인가구 11.4% > 4인가구 4.7% 등

③ (점유형태) 월세 53.2% > 전세 22.1% > 자가 19% > 무상 5.7%임.

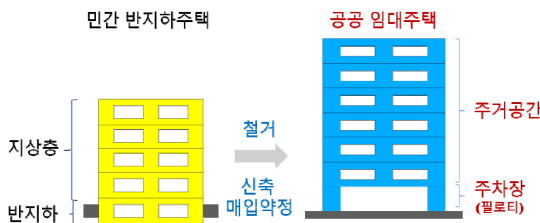
- 활성화를 위해서는 ①집주인에 대한 경제적 인센티브와 ②임차인 대상 주거 이전대책이 필요함.

2) 반지하주택 철거 후 신축방식

(1) 사업 개요

- 반지하 주택을 매입하여 철거한 후 공공임대주택으로 신축할 경우 [그림 7]과 같이 동일 대지에 변경된 건물이 신축될 수 있음. 즉 민간 건설사가 집주인 으로부터 매입한 반지하 주택을 철거하고, 반지하가 없는 신축 주택으로 건설하는 매입약정을 체결함.

- 매입 방식은 동 단위로 매입하며, 다가구, 다세대, 연립 등이 가능함.
- 사업 절차는 신청 후 심의를 통해 설계도서 보완 등을 함. 그리고 감정평가로 가격을 확정하며 약정까지 통상 5~6개월이 소요됨. 절차는 [그림 8]과 같음.



[그림 7] 반지하 신축 매입약정 개념도



[그림 8] 반지하주택 신축 매입약정 절차

- 이러한 주택에 모듈러 공법을 활용할 경우 다음 [표 16]과 같은 장·단점이 있음. 기존의 일반적인 공법인 RC공법에 비해 공사 기간은 30% 단축되고, 공사비는 전환 설계한 선행 연구결과⁶⁷⁾를 참조하면 약 30%가량 상승할 수 있음. 평면의 폭이 3.3m로 제한되어 소형 평형에 유리하며 대부분의 공정을 제품처럼 공장 생산하므로 품질이 대체로 균질하고 공사 중 주변에 미치는 피해가 적어 민원 발생이 적은 점이 유리함.

67) 송상훈 외(2022), 모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립, LH토지주택연구원

[표 16] RC공법과 모듈러공법 특징 비교

구 분	R C 공법	모듈러 공법
공사기간	불 리	RC대비 30%단축
공사비	유 리	RC대비 30%상승
평 면	유 리	불 리 : 평면폭(3.3m)제한
품질균질성	균일성 확보 어려움	유 리 (70%이상공장생산)
민 원	불 리	유 리 (현장작업최소화)

(2) 집주인(건설사) · 임차인 지원방안

- 추가로 사업성 강화를 위해 주차장·용적률 특례, 세제 감면, 사업비 저리대출 보증 등 집주인과 건설사의 참여 유도를 위한 인센티브를 제공함. 상세한 기준은 [표 17]와 같음.

[표 17] 반지하 신축매입약정 특례

항 목	주요 내용	시행 시점
주차장 특례	세대당 1.3대 → 0.3대 (1~2인용 주택 신축 시)	'20.3월~
양도세 감면	집주인(개인,법인) → 민간 건설사 토지 양도시	'21.4월~
취득세 감면	민간 건설사 토지 · 신규주택 취득시	'22.1월~
용적률 특례	조례상 용적률의 1.2배	'23.1월~
특약 보증	신축매입약정 체결 건설사 대상 사업비 최대 90% 저리 대출	'23.1월~

- 이외에도 집주인과 임차인에게 추가로 각각 지원을 함. 집주인 생계지원은
 - ① 집주인 희망 시, 신축된 매입임대 주택의 최대 3세대 즉, 집주인 주거용(1세대), 임차용(2세대)까지 집주인이 보유할 수 있도록 허용함. 이를 통해 임대수익으로 생계를 영위하는 집주인 참여를 유도함.
 - ② 공사기간 동안 집주인이 무주택자인 경우 인근 매입임대 이주를 지원함.
- 임차인 주거지원은 반지하 임차인이 무주택자인 경우 소득 및 자산요건 미 적용하여 인근 매입임대로 이주하여 시키고, 이사비용 등 주거이전비용을 지원함.

3) 노후계획도시 리모델링을 위한 이주단지 조성

- 1기 신도시 등의 노후계획都市는 조성 후 20년 이상이 경과하여 리모델링이 필요함. 이에 이주대책을 위해 ‘이주대책사업시행자’를 지정하여 이주단지 조성
과 순환형 주택 공급을 추진하도록 국토부에서 2023년 2월 7일 발표함⁶⁸⁾.
- 이와 같이 노후계획도시 및 도시재생사업이 필요한 노후 주택단지가 증가
하여 재건축이 필요하지만 이주대책이 문제임. 기존 노후 주택, 근린생활시
설을 매입하여 철거 후 신속하게 주택을 공급하는데 모듈러주택을 활용할
수 있음. 즉, 노후 주택을 리모델링 하기 위해 기존의 노후 주택을 철거하여
활용하고, 이러한 순환형 이주시스템을 만드는데 신속하게 공급할 수 있는
모듈러주택을 적극 활용할 수 있음. 그리고 항구적인 건축물이 임시 주택으로
구축되기 어려운 경우 리스 방식의 사업을 도입하여 포스코A&C의 ‘위드포
스코레지던스’와 같이 이동 가능한 모듈러주택으로 기획하여 신사업모델을
고려해 볼 수 있음. 이러한 경우 설계단계부터 철거 및 해체 비용을 최소화
할 수 있는 공법을 활용하여 회수된 구조용 각판·강판을 신규 모듈러 제작
시 활용하여 경제성을 확보해야 함.
- 해외에서도 이와 유사하게 신도시 조성 시 근로자 숙소로 활용할 모듈러주
택을 기획하고 있음. 네옴시티의 프로젝트 규모가 매우 크다보니 이 프로젝
트를 위한 근로자들을 위한 배후도시가 필요한 상황임. 이 배후도시 조성을
위해 선택된 공법이 모듈러주택임. 3~4층짜리 300~400모듈을 활용하는 공
동주택들이 다수 시공될 예정임⁶⁹⁾.

5.2 재난재해 이재민 지원주택 등 임시거주용 순환형 모듈러주택

- 2017년 포항 지진이 발생한지 5년이 지났지만, 긴급주거지원을 받은 이재민

68) 국토부(2023. 2. 7) 보도자료, “질서있고 체계적인 광역 정비를 위한 「노후 계획도시 정비 및 지원에 관
한 특별법」 주요 내용 발표

69) e대한경제(2023.2.8), “관련업체, 공업화주택→모듈러주택으로 전환…‘산·학·연·관’ 정책협의체도 출범”,
www.dnews.co.kr

839가구 중 63가구는 현재 임시거처에서 거주중임. 긴급주거지원이 제공된 6~24개월 동안 정부는 이재민들의 주거지원을 위한 대책을 마련해야 했지만, 포항 지진의 경우 5년이 지난 2022년 12월에야 공공임대주택 건설의 사업 계획이 승인될 예정이며 2024년 6월 입주자를 모집하고, 2025년에 준공될 예정임. 이와 같이 공공임대주택을 공급하는데 10년에 가까운 시간이 소요 되는 문제도 있고, 이재민들이 주거지 이동보다는 살던 장소에서 사는 것을 선호하여 요구를 충족하지 못하는 문제도 있음. 재난·재해로 피해입은 이재민에게 가장 필요한 주거지원은 적시에 제공되는 입주 가능한 주택임.

- 재난·재해 피해 주민들에게 적시에 임대주택을 공급하기 위해 모듈러주택을 공급할 경우 기존 RC공법보다 공사 기간이 약 20~30% 단축되어 더 신속한 주택공급이 가능함. 현재 이러한 신속한 시스템을 활용하기 위해서 행정안전부에서는 ‘임시 주거용 조립주택 운영지침’으로 설계안을 제공하고 이에 맞춰 지은 주택은 인허가를 간소화하고 동일한 제품을 제작하여 조달청에 등록하여 판매함. 이와 유사하게 매입약정 공고 시 ‘LH 모듈러 가이드 평면’을 제공하여 균일한 품질을 확보하고, 점검 절차 등을 간소화하여 공기를 단축할 수 있음.
- 모듈러주택은 3장에서 분석한 바와 같이 건축자재의 단가가 높기 때문에 사업성을 제고하는 전략이 수반되어야 함. 이를 위해 한 번에 대량 발주하여 대량 생산 후 여러 개의 대지에 분산 설치할 수 있도록 하는 방안 도입이 필요함.
- 예를 들면 2022년 3월에 발생한 울진 산불의 경우 216동의 주택이 이재민을 위해 제공됨. 4곳으로 분산되어 설치되었으며, 이재민들이 기존의 주거지에서 근거리에 거주하려는 요구가 반영된 결과임. 여러 회사에서 소량으로 제작되는 이전 방식과 반대로 공동주택 사업인 경우 여러 장소로 분산되더라도 200세대 이상의 물량을 한 회사에서 제작하여 사업 효율성을 높일 수 있는 방식을 활용하는 것이 공사원가를 낮출 수 있음.

1) 핑크 프로젝트(MIR Project)

- 허리케인 카트리나로 뉴 올리언스의 많은 주택이 파손됨. 이에 미국은 친환경 주택을 대규모로 건설하는 ‘메이크 잇 라이트(Make It Right)’ 프로젝트를 추진하였으며 주택 150채를 지어 공급하는 사업을 추진함. 주택이 친환경적이며 경제성과 지속가능성을 갖추고 복제 가능하게 하여 파손된 ‘로워 나인스 워드(Lower 9th Ward)’가 앞으로 뉴올리언스 지역의 재건 모델이 되게 하는 비전을 갖고 추진함. 이 프로젝트가 핑크 프로젝트로 명명됨.
- 핑크 프로젝트의 건축 개념은 ‘칠교 놀이’, 즉 삼각형 5개, 정사각형 1개, 장방형 1개로 다양한 형태로 재조합하는 방식으로 디자인을 완성함. 아래 기반을 만들어 홍수 등의 침수에 대비하고, 정화조 등의 설비를 설치하는 공간을 확보하여 절토를 하는 토목 공사를 줄일 수 있음. 이러한 디자인 방식으로 다양한 건축가들이 제시한 아이디어는 다음 [그림 9]와 같음.
- 건축계획 대안은 총 13가지 였으며 영화배우 브레드 피트와 건축가 아디아예(Adjaye Architects), 모포시스(Morphosis), MVRDV, 시게루 반(Shigeru Ban Architects)가 주도함. 각 계획안은 기본적인 지침은 공유하고 각각의 방식으로 디자인 함.



[그림 9] MIR 프로젝트 설계(안)

[출처] www.dezeen.com, "Make It Right housing project", 2008.1.23

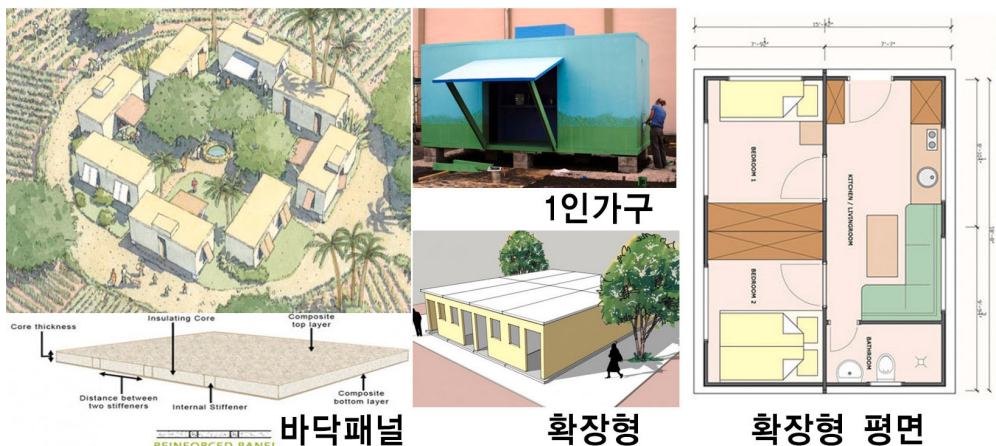
2) 아이티 지진 임시주택

- 2010년 1월 12일 발생한 강진으로 아이티의 수도 포르토 프랭스는 이후 4년 이상 복구 작업을 지속함. 900만 인구 중 15%가량이 임시 대피소에서 거주했으며 주택 10만 5000채 전체 붕괴, 20만 8천 가구 일부 파손, 학교 1300 곳과 병원 50여 곳이 무너져서 사용을 못하게 됨. 2011년 11월 5일부터 12일까지 단 1주일 동안 지미 카터 미국 전 대통령의 지원으로 피해지역에 100여채의 집을 짓는 행사를 개최함. 이를 계기로 집짓기가 지속됨.
- 아이티는 콘크리트 가격이 고가라 모래를 많이 섞고 거푸집으로 사용되는 목재도 구하기 어려움. 그리고 국민의 대다수가 매우 낮은 소득을 갖고 있

어서 스스로 견고한 건물을 짓기 어려운 상황이었음.

- 잔해복구사업으로 주택 잔해물을 잘게 부쇄 공사 자재로 재활용함. 대형 굴착기를 사용해 뼈대만 남은 주택을 철거 하면서 나오는 잔해물을 재가공해 건축자재로 재활용함. 무너진 주택에서 수거된 잔해물은 곧바로 분쇄기에 투입하여 일정한 크기의 자갈과 모래로 만들어 재사용하고 이 재료를 이용하여 주택 기초공사나 도로를 포장하는데 사용했음. 2010년 10월부터 2011년 1월까지 3개월간 재활용된 잔해물은 모두 3000여톤임. 사업에 참여한 주민들에게 5달러의 일당을 제공하여 일석이조 효과를 만들어냄. 철근과 시멘트 등 건축 자재가 절대 부족한 실정에서 재활용 사업은 폐허가 된 아이티에 여러 문제를 동시에 해결하는 선순환 시스템이 됨.

- 마이애미 건축가인 안드레스 두아니(Andres Duany)는 임시 구조를 설계함. 건축 자재 회사인 이노비다(Innovida)와 두아니(Duany)가 협력하여 포르토프랭스(Port-au-Prince) 주변에 연간 10,000개의 주택을 지을 수 있도록 계획함. 주택은 컨테이너 박스를 이용하거나 복합패널을 이용한 조립식 구조로 2층 침대와 오픈 플랜을 적용하여 최대 8명이 거주할 수 있도록 계획함. 2~3일 만에 지을 수 있는 간단한 구조로 설계하였지만, 내진과 풍속 155mph에 견딜 수 있도록 지음.



[그림 10] 안드레스 두아니 설계(안)

- 빠르게 공급하며 배치계획 없이 분산 배치된 일반적인 긴급 임시 주택과는 달리 영구적인 주택이 아니어도 단지를 구성하고 마을과 같은 디자인으로 계획함. 이러한 계획은 정신적으로 안정감을 주고 사람들과의 소통을 촉진하여 다른 사람들과 함께하는 삶으로 재해에 대한 트라우마를 완화할 수 있도록 중요한 역할을 할 수 있음.
- 이러한 방식의 계획은 현재 전쟁이 진행 중인 우크라이나 및 튀르키예 지역의 주택 복구를 위해서도 참고 할 수 있는 선례가 될 수 있음. 현재 우크라이나에도 전쟁으로 많은 주택이 파괴되고, 많은 이재민이 발생했음. 그리고 2023년 2월 6일 새벽 4시경 튀르키예에서도 규모 7.8의 지진이 발생하여 대규모의 건물 파괴와 이재민이 발생함. 이러한 경우 임시 거주시설이 우설 필요하고, 항구적인 주택 복구가 신속히 이뤄지는 것도 수반되어야 함. 이때 공기를 단축하고 이동 가능한 것이 장점인 모듈러주택을 활용하여 기존의 현장중심 건설 방식보다 더 발전된 방식으로 대응할 수 있음.
 - 튀르키예는 2월 6일 지진 발생 후 2주 동안 여진 등 지진이 연이어 발생하여 최소 사망자가 4만 7000여명, 난민 인원은 최소 249만명, 건물 붕괴는 최소 6,600채로 집계함. 현재 피해를 입은 사람과 피해 규모가 확대되고 있음.⁷⁰⁾
 - 현재 국내에는 2022년 3월 26일 울진산불 이후 이재민의 수가 급격히 발생한 사례는 없지만 전 세계에 지원을 해야 할 필요성이 증가하고 있음. 이에 이동형 모듈러주택으로 거주 공간을 지원할 수 있음. 우크라이나 부총리 겸 임시점령지역 재통합장관 이리나 베레슈크는 2022년 7월 4일 한국일보를 통해 “모듈러주택으로 마을을 지어야 한다. 관련 기술을 보유한 한국이 도움을 줬으면 한다”고 지원을 요청한 바 있음⁷¹⁾.

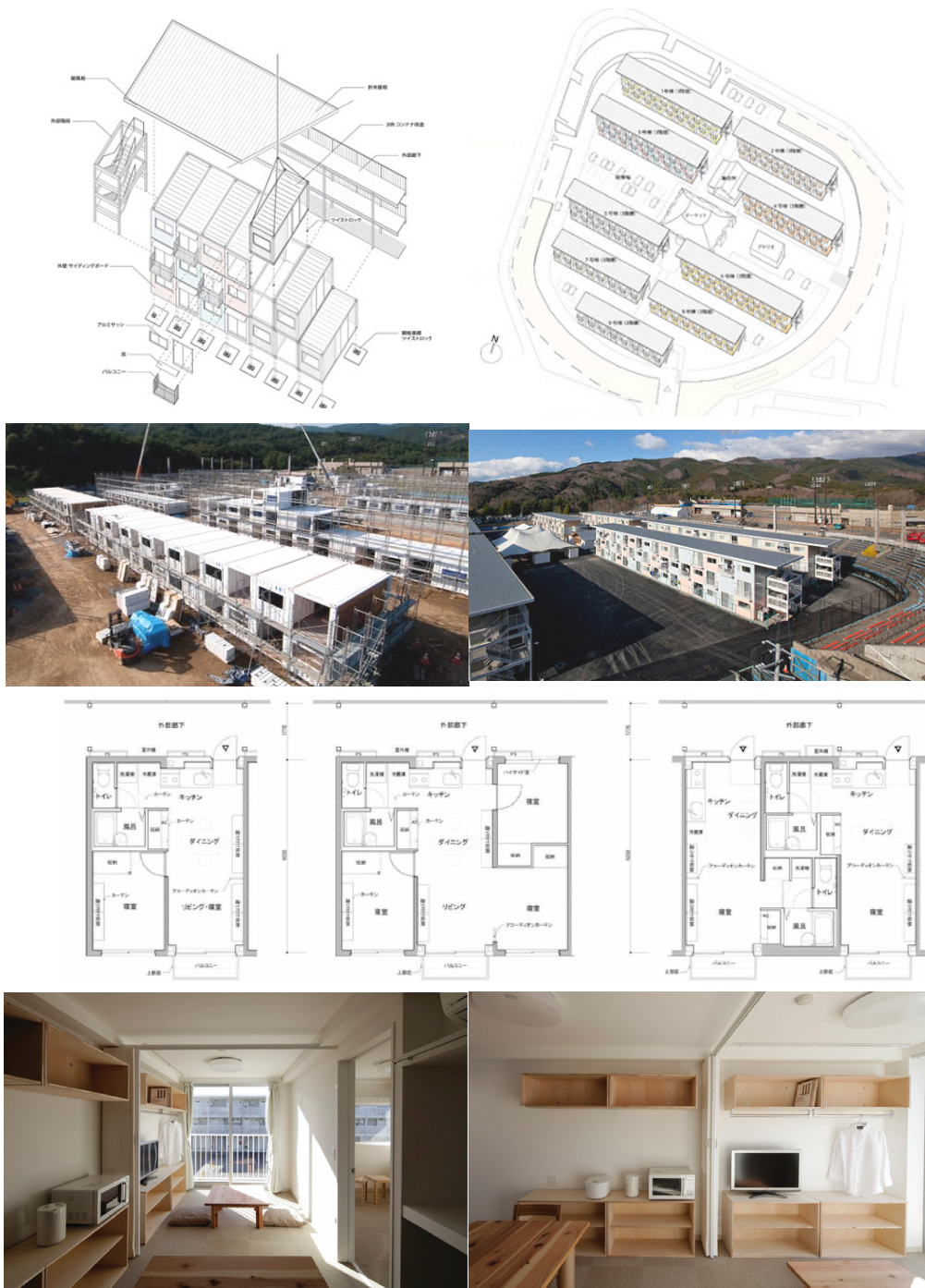
3) 일본 다층 가설주택

- 일본과 같이 사전에 비축되어 있는 경우 재난·재해지역에 적기에 주택공급이 가능하고 재해취약가구의 신속하고 체계적인 주거환경 개선도 도모할 수 있음.

70) [출처] www. reuters.com, 2022.2.21 검색

71) [출처] 한국일보, 2022. 7. 4 기사 “[단독] 우크라 부총리 ‘테러국 러시아와 협상은 없다. 한국 도와달라’”

- 건축가 시게루 반은 2011년 동일본 대지진이 일어난 후 일본 처음으로 2~3층 가설주택을 건설함. 동일본 대지진으로 가장 큰 피해를 입은 미야기현 오나가와 정은 산으로 둘러싸여 있어 가설 주택 건설에 적절한 평지가 부족함. 이에 기존의 단층형 가설주택에서 충분한 호수를 공급하지 못하는 단점을 보완코자 오나가와정이 독자적으로 발주하여 마을 내 야구장에 가설주택을 건설함.
- 건물은 총 189채의 다층형 가설주택으로 해상 수송용 컨테이너 20ft를 바둑판 무늬로 쌓아 2~3층 구조로 내진성이 높은 건물로 시공함. 그리고 단열성, 차음성, 내화 성능도 갖추도록 계획함. 이러한 이유로 가설주택으로 사용한 후에 이축하여 항구적인 아파트 동으로 재구축 가능함.
- [그림 11]과 같이 현재 일반적인 모듈러주택의 크기인 3m×9m와 유사한 폭 8ft (2.438m)×높이 8.6ft(2.62m)×길이 20ft(6.096m)이며, 2개 모듈을 접합하여 1개 세대로 구성함. 한 개 컨테이너 즉 한 모듈에는 작은 방과 욕실 등 소규모 공간을 넣고 컨테이너와 컨테이너 사이 오픈 공간에 통유리를 넣어 개방적인 LDK를 만들. 3모듈을 합친 모델 즉 3모듈을 두 세대가 사용하는 모델도 계획함.
- 건물의 동 간격은 11m를 이격하여 프라이버시를 존중하고 주차장 및 커뮤니티 시설 예를 들면 집회소와 소형 마켓을 배치함.



[그림 11] 오나가와 컨테이너 임시 주거지(189호) 도면 및 내·외부 사진

[자료제공] 경민대학교 박종현 교수

5.3. 지역 활성화 및 주거복지를 위한 테마 임대주택

1) 귀농·귀촌 모듈러주택

- 현재 [표 18]와 같이 농촌인구의 변화가 급격히 진행되고 있으며, 귀농귀촌 인구의 유입이 급격히 증가하여 주택공급이 필요함.

[표 18] 농촌 인구 변화 추이

구분	2010	2018
전국인구 비중	18% (876만명)	18.8% (971만명)
읍면부 인구 증가	0	읍부 +78.4만명 면부 +17.3만명
사회적 경제 관련 조직 수 (협동조합, 마을기업, 사회적기업)	170여개	2016년 기준 3500개

- 마을 정비형 사업에 모듈러주택을 활용하여 읍면지역 주택부족문제 보완 및 지역의 건설정기를 활성화 함. 고령자 주택을 포함하여 테마임대주택으로 사업을 제안할 수도 있음. 이러한 경우 매입약정방식의 임대주택으로 추진함.
- 농촌공급 임대주택은 매입임대, 통합공공임대주택, 고령자 복지주택, 마을정비형 공공주택, 농축산부 귀농귀촌 지원주택 등이 있음.
 - 마을정비형 공공주택은 150호 내외의 통합공공임대주택 건설로 공급함. 지자체에서 건설사업비의 10%를 부담하고 지방도시 및 읍면 단위지역에 공급함.
 - 고령자 복지주택은 1~2층은 복지관, 3층 이상은 주택으로 구성함. 2016년 11개 단지 1,346호를 공급, 2017년 10개 단지 1,080호 공급, 2021년 21개 단지 2,426호 공급하여 매년 증가하고 있음. 그리고 LH 고령자 복지주택은 헬스케어 스마트 홈 시설을 갖추는 주택의 수도 점차 확대하고 있음. 재정은 복지관 건설 등을 지원하여 정부 50%, 지자체 및 사업시행자 LH가 50%를 부담함.
- 이와 같은 LH의 2019년 사업 예시는 [표 20]과 같은 ‘보성 운곡’과 ‘상주 공검’이 있으며, 모두 18호 단독주택으로 공급함. 이 외에도 [표 21]과 같이 산불피해가구에 공급한 노인전용 매입약정형 공공임대주택도 있었음. ‘강원 고성 군 햇살마루 공공임대주택’이며 15세대 중 13세대는 산불피해가구가 입주함.

[표 20] LH농촌형 공공주택 사업 예시

구분	보성운곡(2019.1.18)	상주공검(2019.1.29)
사업비	총사업비 35.5억원 지자체 부담 : 14.8억(41.6%)	총사업비 34.7억 지자체 부담 10.1억원(29.21%)
임대방안	LH : 단독주택 임대 · 관리 지자체 : 경작지 임대 · 관리	LH : 단독주택 임대 · 관리 지자체 : 경작지 임대 · 관리
시설계획	단독주택 18호 36㎡ 5호 , 59㎡ 13호	단독주택 18호 36㎡ 5호 , 59㎡ 13호
조감도		

[표 21] 강원 고성군 햇살마루 공공임대주택



[사진출처] www.jootek.com

2) LH테마임대주택 모듈러주택 활용

- 수요 변화에 따라 소규모 수요자 맞춤형 공공임대주택의 필요성이 증가함. SH공사에서는 ‘수요자 맞춤형 공공임대주택’이라는 용어로 사업을 하고, LH 공사에서는 ‘테마임대주택’에 이러한 내용을 적용하고 있음. 소규모 수요자 맞춤형 공공임대주택은 연령층, 가구구성원, 직업 유형의 다양화에 따라 발생하는 각양각색의 주거수요에 맞도록 부지 입지와 건물 설계를 맞춘 것을

말함. 1인가구 중심의 가구구조 변화, 여성·노인·학생·창업가 등 수요자 특성에 대응하기 위해 공동체 공간, 창업공간, 의료서비스, 생활편의시설 등을 주거공간과 함께 제공하는 새로운 유형의 맞춤형 공공임대주택이 부상함.

- LH 테마임대주택의 정의는 ①민간 사업자(사경주체 등)를 대상으로 한 ②신축매입약정 방식의 ③운영 테마가 있는 매입임대주택임. 민간이 테마가 있는 매입임대를 기획·설계에서 건설 및 운영까지 담당하고, 공공(LH)은 소유권자로서 사업 전 과정을 지원 및 감독함. 매입 절차는 전문가 심의를 거쳐 민간사업자와 LH 간 사전 매입약정을 맺고, 민간이 건설을 완료하면 LH가 매입하며 감정가는 일반적으로 호당 1.3~1.5억원을 지원함.

● 민간제안형(민간이 자유롭게 테마 제안)

기획운영방식

민간이 자유롭게 테마를 정해 매입약정방식으로 건설하여 민간이 입주자에게 특화서비스 제공

공화공모

위탁운영방식

최근 매입한 공사의 신축 주택에 대해 민간이 자유롭게 운영테마를 정해 임대운영

공화공모

● 특정테마형(특화 프로그램을 제공 중인 중앙부처, 대학 등과 테마를 사전에 기획하여 공사가 제안)

기획운영방식

사전 기획된 테마에 맞춰 민간사업자가 맞춤주택을 건설하면 공사가 매입 후 중앙부처 등에서 임대운영

공화공모

위탁운영방식

최근 매입한 공사의 신축 주택에 특화 프로그램을 제공 중인 중앙부처 등이 사전에 기획된 테마에 따른 주거서비스 제공 및 임대운영

[그림 12] LH 테마임대주택 구분

- 테마가 될 수 있는 유형은 다양하며, 일자리·창업, 육아·돌봄, 귀농귀촌, 장애인·고령자 등 민간 사업자가 자유롭게 ‘운영 테마’를 선택하여 제시함.
- 사업을 위한 금융 지원은 사업비 최대 90%까지 저리대출이 가능하며 주택도시보증공사(HUG)에서 도심주택특약보증을 확대함.
- 입주조건은 기본적으로 현행 매입임대 입주기준과 동일함. 다만, 민간사업자가 기획에서 운영까지 담당하는 만큼, 테마에 맞는 입주자를 일정 비율 직접 선발할 수 있도록 허용함.
- 임대료는 시세 50%이하로 제한하여 시세 30%는 LH에 납부하고, 근생을 활용한 테마에 부합하는 수익사업 운영도 사전 심사를 통해 제한적으로 허용함.

예를 들면, “청년+예술창업 테마”인 경우 미술품 판매를 위한 근린생활시설 운영이 가능함.

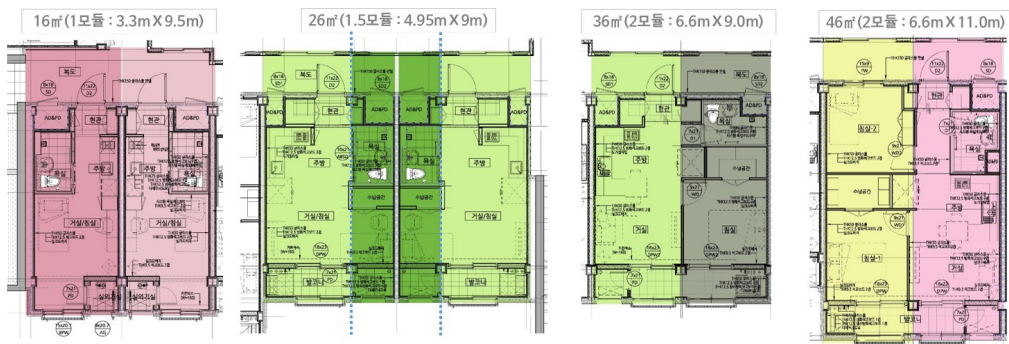
[표 21] 입주자 유형별 테마 예시

청년 + 예술창업 (서울 영등포, 아츠스테이)	신혼부부 + 공동 육아(서울 중랑, 도란도란공동육아방)	사회초년생 +귀농 귀촌(경남 함양, 아이토피아)	장애인 + 자립 지원 (서울 은평, 다다름하우스)
			

6. 모듈러주택 활용 매입임대주택 건축 모델 기획(안)

1) LH 모듈러 가이드 평면을 활용한 소규모 임대주택 (안)

- [그림 13]과 같은 LH모듈러 가이드 제공으로 매입형 주택의 품질을 균일하게 시공할 수 있고, 평면 표준화로 공급기간을 단축할 수 있음. 소규모 주택 사업에도 아파트와 같이 준공 전에 카탈로그 및 모델하우스를 활용하여 입주자를 선정하는 방식으로 전환할 수 있음.



[그림 13] LH모듈러 가이드 평면

- 매입임대주택이 될 수 있는 소규모 임대주택을 계획하여 공사비를 예측함.
이를 위해 매입임대주택의 소형 평형, 즉 전용면적 16㎡, 24㎡세대를 대상으로 계획안을 작성함. 이러한 주택은 1인 가구 주택으로 적합한 규모임.

[표 22] 소규모 임대주택(안) 건축개요

구분	내용
세대수	20세대
전체 면적	890.24 ㎡ (269.7평), 1개층 바닥면적 207.47㎡
세대 전용면적	세대 전용면적(16A X 3세대) 1개층 50.67 ㎡(16.89 ㎡ X 3) 세대 전용면적(24A X 2세대) 1개층 49.66 ㎡(24.83 ㎡ X 2)



[그림 14] 소규모 임대주택(안) 조감도

[표 23] 소규모 임대주택(안) 공사비 검토 (단위: 백만원)

구분	전체(20세대, 269평)	세대당	평당
모듈러공사비	1,479(14억 7900만)	74	5
현장공사비	897(8억 9600만)	45	3
총 공사비	2,375	119(1억1900만)	8,819 천원 (8백 82만)*

* 통합공공임대주택 건설원가 기준 : 8,847천원(2022년)

[제외] ① 인입공사비(전기, 통신, 가스, 오배수, 정화조 등) 및 분담금 제외 ② 사업승인조건 제외
③ 설계, 감리 제외 ④ 옥외공사 제외 ⑤ 지장주 이설 제외 ⑥ LAN1차측 백본장비 제외
⑦ 특수/경관조명제외



[그림 15] 소규모 임대주택 기준 평면(안)

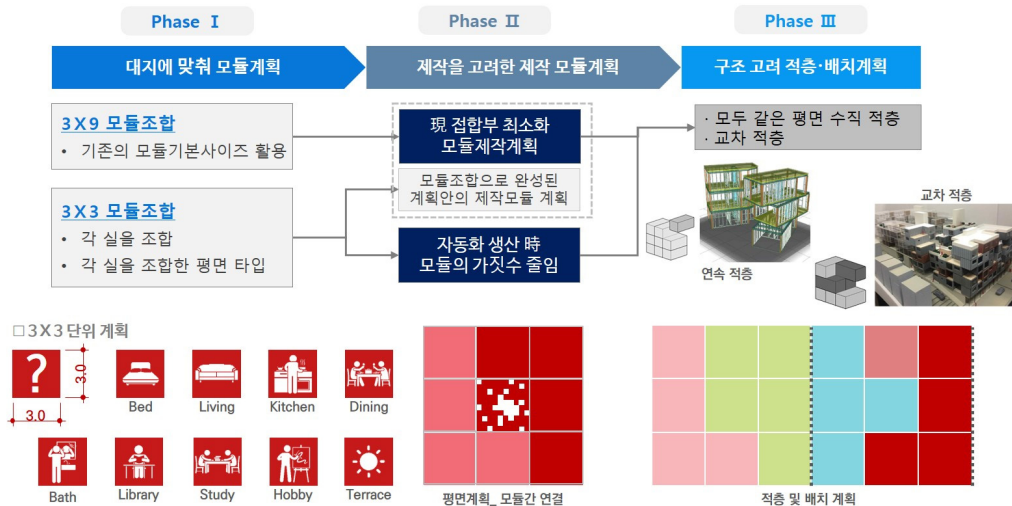
- 2022년 통합공공임대 건설원가 기준은 평당 884만 7천원임. 검토한 주택의 공사비는 이와 유사한 881만 9천원임. 기존 RC 벽식 구조를 기준으로 한 공사비와 유사하게 나타났으나, 지하공사가 없고, 제외 항목에 있는 사항들이 제외되어 있어 모두 포함된 건설원가와 직접 비교하여 공사비가 유사한 것으로 간주하기 어려움. 즉, 모듈러주택의 경우 [표 23] 제외 항목들의 금액이 매우 낮아야 기존 공사비 체계와 맞출 수 있음.

2) DfMA설계방식 활용 가능 모듈러주택 계획 방안

- 3m×3m 공간 모듈을 활용하여 대지 여건에 맞춰 계획할 수 있는 융통성을 확대함. 이러한 모듈러주택의 성격을 구분하여 반복 적용 될 수 있는 방안을 기획함. 이를 본 연구에서 제시하는 DfMA설계방법으로 설명함. 즉, 기계설비 배관이 많고 주택의 기본적인 기능을 포함하는 화장실 및 주방을 서비스 영역으로 구분하고 그 외의 생활공간을 융통성 있는 영역으로 구분하여 다양한 계획안을 생성함. 이러한 방식은 선행연구 ‘가족구성 변화를 고려한 가변형

모듈러주택모델 연구⁷²⁾ 및 이지은(2021)⁷³⁾에서 제시함.

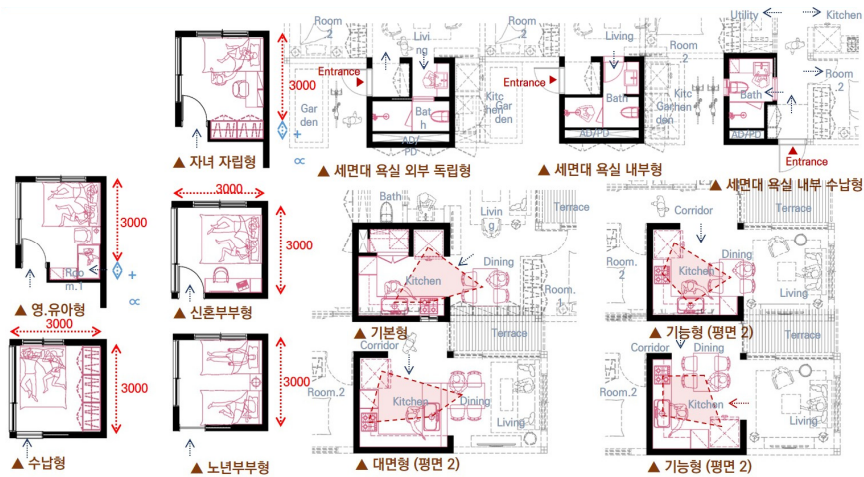
- 계획된 평면 및 배치계획으로 수작업을 하는 제작 방식에서는 가급적 이동횟수 및 접합부가 적도록, 자동화된 시스템에서는 가급적 구조 모듈의 가짓수가 적도록 제작 모듈 계획을 하고 구조를 고려하여 적층하는 방식을 결정함.
- [그림 17]과 같이 3m×3m 공간 내 가구 등을 배치하여 공간 제작 모듈의 대안을 디자인 모듈로 구축, AI설계 방법으로 규칙을 설정하여 자동화 인접배치로 다양한 평면 대안 생성 설계 기술 활용이 가능함.
- [그림 18]과 같이 3m×3m 공간으로 조합된 평면 유형을 조합하여 층별 평면 완성. 완성된 평면으로 구조 성능 및 운송을 고려하여 주동 계획을 완성함.
- [그림 19]와 같이 평면 계획에 의해 만들어지는 유기적이고 역동적인 입면 디자인이 모듈러주택에 부합하는 디자인 개념이 될 수 있음. 적층 형태를 활용하거나 외관 디자인 완성도를 높이기 위해 입면 마감은 현장에서 시공할 수 있음. 그러나 시공 효율성을 비교하면 공장에서 완성하여 현장에서 적층하는 방식이 별도의 비계공사 비용 및 기간이 불필요하므로 이러한 방식으로 시공하는 것을 전제하여 입면 디자인 개념을 제안함.



[그림 16] 융통성을 확대한 모듈러주택 계획 방안

72) [출처] 이지은 외(2020), “가족구성 변화를 고려한 가변형 모듈러주택모델 연구”, LHRI

73) [출처] 이지은(2021), 생산시스템을 고려한 모듈러주택의 가변형 평면계획 연구, LHI Journal



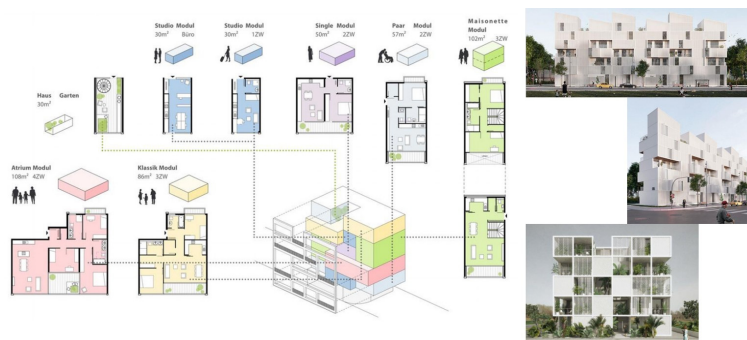
[그림 17] 3m×3m 평면 모듈계획 사례

[출처] 이지은 외(2020), 가족구성 변화를 고려한 가변형 모듈러주택모델 연구, LHRI



[그림 18] 3m×3m 공간 조합 평면 예시

[출처] LH내부 자료 및 이지은 외(2020)



[그림 19] 생성된 평면에 따른 모듈러주택 입면디자인 개념

- LH 추후 발주 모듈러주택 사업 추진에도 돌출 발코니를 활용하여 입면 디자인을 하도록 계획 가이드라인에 제시함. 즉, 발코니를 교차 배치하여 다채로운 입면을 만드는 것으로 계획방법을 설정함.
- 이러한 모듈화 전략을 활용한 계획 및 생산 방식은 기술 및 소비자의 라이프스타일의 변화가 빠른 시기에 매우 효율적인 시스템이 될 수 있음. 일부의 모듈을 재사용하여 계획하고, 다른 평면들과 공유하며 일의 범위를 효율적으로 관리하여 혁신의 속도를 높일 수도 있음. 이러한 변화가 장수명주택의 디자인에도 활용될 수 있음. 즉 장수명주택에서 수리용이성 및 교체용이성이 좋은 주택을 만들 수 있음⁷⁴⁾.
- 이재민에게 제공하는 주택의 경우 일반 주택보다 더 높은 속도를 필요로 함. 이러한 경우 거주자 특성 즉 사용인원, 연령대 등을 반영하지 않고 모두 같은 모델을 공급하고 있지만, 복구 주택으로 바로 사용하거나 거주자의 불편을 덜기 위해서는 이러한 디자인 전략을 활용하여 모델을 개발할 필요가 있음. 즉 고정부 모듈과 변동부 모듈을 설정하여 제품을 다양화 할 수 있고, 고정부 모듈 또는 변동부 모듈만 개선하며 모델을 고도화 할 수 있음.
- 고정부 모듈은 선행연구⁷⁵⁾에서 제시했듯 화장실과 주방이 될 수 있는데 이러한 부분은 기성 제품과 같이 작업을 분리하여 좀더 전문적인 업체가 생산하도록 하여 작업의 효율을 높일 수도 있음.
- DfMA설계에서 반복될 수 있는 부분은 잘 구분 설정하고 설계하여 다양성이 풍부하면서도 생산 효율성은 높은 것이 매우 중요한데, 이러한 공간의 성격, 생산되는 자재의 크기 등 구분의 방법이 디자인의 혁신임.
 - 제품 아키텍처에서 모듈을 구분하는 관점은 세 가지 관점으로 설명할 수 있음. 첫째, 설계 관점은 모듈을 설계해서 개발하는 단위로 묶였는지 검토함. 둘째, 운영 관점이며, 모듈단위로 제품을 기획할 수 있어야 하고 생산하고 두매하는 단위로 모델을 정의함. 셋째, 관리 관점이며, 다양성을 줄이기 위해 표준화

74) [출처] 이지은 외(2021), 장수명주택 인증을 고려한 OSC공법 주택의 가변형 평면계획 연구, LHI Journal
 75) 이지은 외(2020), 가족구성 변화를 고려한 가변형 모듈러주택모델 연구, LHI

하고 공용화하기 위한 적절한 단위여야 하고 충분히 효과를 얻을 수 있는지 검토함⁷⁶⁾.

- 이러한 모듈화가 필요한 이유는 첫째 제품을 만드는 방식을 개조하여 원가를 절감함. 둘째, 복잡해지는 제품의 변화에 대응하기 위한 목적, 즉 하나의 기업이 제품의 모든 것을 책임지는 시기를 벗어나 여러 기업이 각각 자신들의 특화된 역량을 발휘하여 하나의 제품을 만드는 시점에 도래했을 때 이를 효과적으로 컨트롤 할 수 있도록 제품을 모듈화함. 자동차의 경우 자동차 회사가 갖지 못하는 기술 영역을 전문 기업에 위탁하고 있으며, 이때 자동차 회사가 조정자 역할을 할 수 있도록 모듈화 함.

(1) 포항시 이재민을 위한 모듈러주택 계획(안) -1

- 포항시 이재민을 위해 임시주택이 아닌 복구주택을 신속하게 건설하는 방안으로 모듈러주택 활용을 제안하며, 부지에 따라 모듈러주택 자동설계 프로그램을 활용하여 계획안을 생성하는 방안을 제안함.
- 계획안은 모듈러주택을 적층하여 생성된 주동이므로 모듈에 맞게 제작된 주택을 적층하여 완성하면 계획시간을 단축할 수 있음.



[그림 20] 디지털 트윈을 활용한 자동 설계 대안 생성

- 포항시의 매입임대주택 대상지에 인공지능 설계프로그램을 활용하여 계획안을 도출함. AI 규모검토 및 설계안을 생성하며, 이를 선택하여 BIM파일 자동생

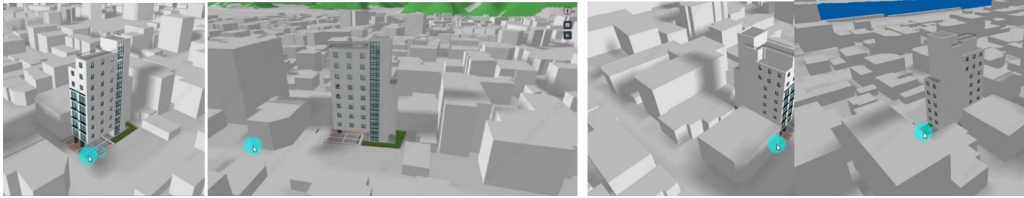
76) [출처] 김진희, 모듈러아키텍처, 2022.4, 한언 p. 331

성 프로그램을 활용하면 시공 도면도 자동으로 완성할 수 있음. 이를 활용하여 건물시공을 하면 설계를 기존 방식과 달리 매우 짧게 완성할 수 있음.

지역지구	최고층	9	지하층	0	평균층수	9.00											
규모	최고높이	26.45m	동 수	1	기준층수	2.80m											
용도	일반상업지역																
면적	구역면적	244.30m ²	(73.90평)	100.00%													
	제외면적	0.00m ²	(0.00평)	0.00%													
	실사용대지면적	244.30m ²	(73.90평)	100.00%													
	구분	계획		비율	비고												
	다세대주택	지 상	236.25m ²	(71.47평)	31.40%	전체층 비율											
		지 하	0.00m ²	(0.00평)													
	근린생활시설	지 상	492.75m ²	(149.06평)	65.49%												
		지 하	0.00m ²	(0.00평)													
	주차장	지 상	23.40m ²	(7.08평)	3.11%												
		지 하	0.00m ²	(0.00평)													
연면적	합계	지 상	752.40m ²	(227.60평)	100.00%												
		지 하	0.00m ²	(0.00평)													
용적률산정용연면적	합계	지 상	752.40m ²	(227.60평)	100.00%												
		지 하	0.00m ²	(0.00평)													
용적률	합계	752.40m ²	설정용적률														
		307.98%	1300.00%														
건축면적	합계	101.07m ²	설정건폐율														
		41.37%	80.00%														
세대수	5 세대																
계획주차대수	6 대																
							법정 6.0대										
							중별 면적표										
							구분	다세대주택	근린생활시설	주차장	합계						
							지상/지하	전용	공용	전용	공용						
							지상	~1층				23.40m ²					
							지상	~2층		75.15m ²	23.40m ²						
							지상	~3층		75.15m ²	23.40m ²						
							지상	~4층		75.15m ²	23.40m ²						
							지상	~5층		75.15m ²	23.40m ²						
							지상	~6층		75.15m ²	23.40m ²						
							지상	~7층	59.76m ²	27.63m ²							
							지상	~8층	59.76m ²	27.63m ²							
							지상	~9층	33.84m ²	27.63m ²							
							A동 분량 면적표										
							공용면적										
							호	전용면적	실사용면적	코어/복도	주차장	합계	공급면적	계약면적			
							근생1	56.70m ²	56.70m ²	23.93m ²	0.00m ²	23.93m ²	80.63m ²	80.63m ²			
							근생2	319.05m ²	319.05m ²	134.64m ²	0.00m ²	134.64m ²	453.69m ²	453.69m ²			
							701	25.92m ²	25.92m ²	10.94m ²	0.00m ²	10.94m ²	36.86m ²	36.86m ²			
							702	33.84m ²	33.84m ²	14.28m ²	0.00m ²	14.28m ²	48.12m ²	48.12m ²			
							801	25.92m ²	25.92m ²	10.94m ²	0.00m ²	10.94m ²	36.86m ²	36.86m ²			
							802	33.84m ²	33.84m ²	14.28m ²	0.00m ²	14.28m ²	48.12m ²	48.12m ²			
							901	33.84m ²	33.84m ²	14.28m ²	0.00m ²	14.28m ²	48.12m ²	48.12m ²			
							합계	529.11m ²	529.11m ²	223.29m ²	0.00m ²	223.29m ²	752.40m ²	752.40m ²			
							합계	153.36m ²	82.89m ²	375.75m ²	117.00m ²	23.40m ²		752.40m ²			

[그림 21] 디지털 트윈을 활용한 자동 규모검토 및 건축개요 엑셀파일 생성(안)

대지위치 지역지구	경상북도 포항시 남구 대정동 981-8 외 2필지						한필		단일 2필지							
규모	최고층 최고높이	5 16.25m	지하층 동 수	3 1	평균층수	3.89										
면적	구역면적	665.40㎡	(201.28평)		100.00%											
	제외면적	0.00㎡	(0.00평)		0.00%											
	실사용대지면적	665.40㎡	(201.28평)		100.00%											
	구분	계획		비율		비고										
연면적	아파트	지 상	1,035.45㎡	(313.22평)		전체층 수										
	지 하	1,596.00㎡	(482.79평)		100.00%											
	소 계	2,631.45㎡	(796.01평)													
	합계	지 상	1,035.45㎡	(313.22평)												
용적률산정용연면적	지 하	1,596.00㎡	(482.79평)		100.00%	설정용적률										
	소 계	2,631.45㎡	(796.01평)													
	용적률	155.61%		250.00%												
	건축면적	222.06㎡		설정건폐율												
건폐율	33.37%		60.00%													
세대수	35세대															
주차대수	42 대						세대당 1.2									
평형	구분	세대수	세대비	전용면적	복합공용	주거공용면적	소계	공급면적	기타공용면적	부대복리시설	지하주차장	소계	계약면적	서비스면적	전용률	비고
9평	21	35세대	100.00%	21.120㎡ (6.39평)	0.000㎡ (0.00평)	8.464㎡ (2.56평)	29.584㎡ (8.95평)	0.000㎡ (0.00평)	45.600㎡ (13.79평)	45.600㎡ (13.79평)	75.184㎡ (22.74평)	4.950㎡ (1.50평)	71.39%			
				739.200㎡	0.000㎡	296.250㎡	296.250㎡	1,035.450㎡	0.000㎡	1,596.000㎡	1,596.000㎡	2,631.450㎡	173.250㎡			
계	35세대	100.00%		223.608㎡	0.000㎡	89.616㎡	89.616㎡	313.224㎡	0.000㎡	482.790㎡	482.790㎡	796.014㎡	52.408㎡			



[그림 23] Build-it 프로그램 사용 조감도 생성(안)

(2) 포항시 이재민을 위한 모듈러주택 계획(안) -2

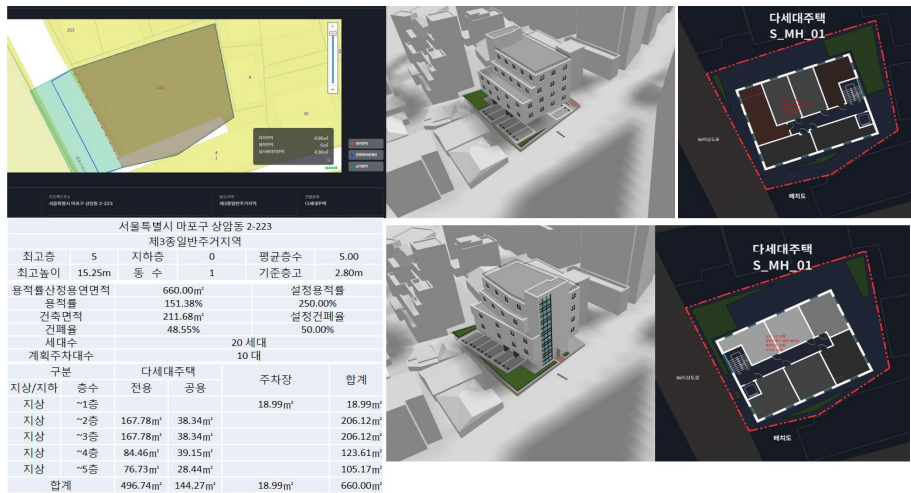
- 제 2종 일반주거 지역 내 소규모 부지에 모듈러주택 설계를 위해 두 가지로 검토함. 각각의 대지에 두 동을 계획 그리고, 두 대지를 합필하여 한 동으로 계획함. 모듈러주택의 경우 정해진 모듈을 사용하여 배치하므로 적정 규모 이상의 대지가 필요함. 이러한 제약으로 용적률 완화와 함께 건폐율 완화도 필요함. 즉 완화가 면적 또는 부피를 늘리는 개념보다는 제작의 효율성을 높이기 위한 융통성을 주는 것으로 활용되어야 함.
- 법적 기준을 충족하는 규모 검토 외에도 일저 분석, 경관 분석 등을 자동으로 검토함. 모듈러주택 적용시 자동 설계 프로그램을 활용하여 신속, 정확하게 적층하고 배치대안을 검토함.



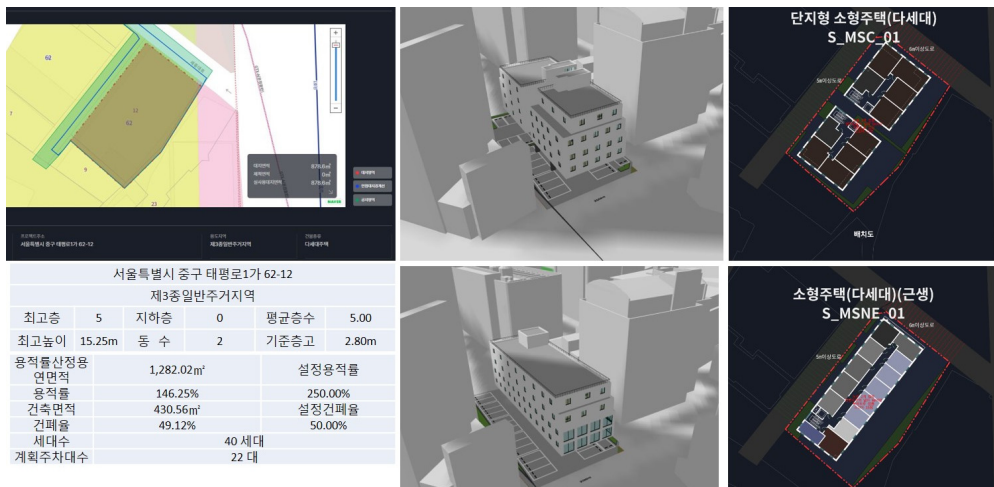
[그림 24] 자동 일조 검토(안)

(3) 서울시 도심 내 소규모 필지에 공급하는 임대주택 계획(안)

- 도심에 가용 용지가 적고, 노후화된 주택이 많으므로 이를 철거 후 신축하는 방안에 대해 검토함. 서울시 도심 내에는 대규모 임대주택을 공급할 수 있는 부지는 없으나 수요는 점차 증가함. 이에 서울시 종로구 인근지역 다세대 주택 가능 대상지에 자동 계획(안)을 생성하여 확인함. 소규모 필지, 이형의 대지, 일조권 등 규모에 한계가 있었으며, 대지의 지가가 높은 경우 사업성 확보가 어려움



[그림 25] 서울시 마포구 상암동 소형주택 계획(안)



[그림 26] 서울시 중구 태평로1가 소형주택 계획(안)

7. 소 결

- 매입임대와 건설임대는 공사비 면에서 차이가 있음. 매입약정 방식의 경우 LH공사 내 사업에 적용하는 책임감리, 전기통신 분리 발주, 지급자재 사용 기준을 따르지 않을 수 있음. 이 외에도 공사 내 여건 상 다음과 같은 차이가 있음. ① 후보지 선정, 사업승인, 설계 등 사업기간이 증가하여 적기 공급이 어려우며, ② 공사비 상승 및 강화된 사업심의 기준으로 사업 착수가 지연 될 수 있어 재무 건전성 확보 측면에서 소규모 주택사업은 매입약정 방식이 유리함.
- 모듈러주택의 공기 단축 및 공장제작 장점을 활용한 소규모 공동주택 사업 모델로 매입형 임대주택 중 하나인 ‘테마임대주택’을 제안함. 테마임대주택의 ‘테마’로 반지하신축, 이재민 지원 주택, 고령화 복지주택, 귀농·귀촌을 위한 매입임대주택 등을 고려할 수 있음.
- 지방마다 각각 지역 특색에 맞춘 임대주택 공급이 보완되어야 함. 포항과 같이 자연재해 및 사회재난이 발생했던 곳은 이재민을 위한 복구 주택 공급 또는 임시주택을 빠르게 할 수 있는 매입임대주택이 필요함. 고령자들이 살기 좋은 지역은 서울 해심당과 같은 고령자 복지 주택, 귀농·귀촌 인구가 증가 하는 지역은 귀농귀촌 정책과 함께 빠른 주택 공급을 추진하여 지역의 경제를 활성화 하며 모듈러 매입임대주택을 활용할 수 있음.
- 미래의 주택 트렌드 관련하여 다양성, 공동체, 골목 경제, 슬세권 등이 있으며, 이러한 방향은 기존 대규모 단지형 아파트 단지와는 관련이 적고, 동네의 소규모 공동주택이 달라지는 것을 전제한 단어들임. 도시환경을 개선하고 다양성을 만들어 활력을 불어넣고자 하는 공간 트렌드를 수용하는 주택 모델을 기획하고 활성화 해야 함.

□ 모듈러주택 활용을 위한 매입임대주택의 기준 개선(안)

- 매입임대주택에 모듈러 공법을 적용하기 위해서는 점검 평가 단계 및 설계·시공 가이드라인 개선이 필요함. 품질 점검 평가 단계는 제작이 자동화되기 전까지는 공장과 현장의 점검이 구분되므로 점검 횟수가 늘어나며 설계·시공 가이드라인의 내용 중 습식 공법을 건식공법으로 전환하여 점검함.
- 설계·시공 가이드라인은 바닥구조 구성 방식을 성능기준으로 허용하고, 건식 공법이 적용 가능하도록 자재 기준을 개선하는 것이 필요함. “주요 마감재의 품질 확보를 위하여 LH에서 요청시 견본세대를 설치하여야 하며 주요 마감재는 LH와 협의하여 선정 완료 후 마감공사를 진행한다.”는 기존 기준을 활용하여 모듈러주택 시공시 습식 공법과 달라지는 시공법을 협의하여 적용할 수 있음. 그리고 견본세대를 설치하여 품질에 대한 검증을 하고 이를 모델 하우스로도 활용할 수 있음.
- 모듈러주택인 경우 공장과 현장 시공이 동시에 진행되고 품질 확보를 위해서는 민간 제작업체와 기준을 합리적으로 협의·조정하는 단계도 필요함. 이에 따라 초기에는 SH공사에서 중·대규모 즉 6층 이상의 주택에 적용하는 방식과 같이 상시 점검을 하는 품질점검 방식을 적용하여 모듈러 공법의 활용을 정착시키는 과정이 필요함.
- 모듈러 공법 적용시 공사비 증액은 설계·감리 간소화, 표준모델 확산 등 제도 및 공급방식 개선으로 최대한 줄이며, 단계적 사업전략을 세워야 함. 단계별 사업화 전략은 다음과 같이 세 단계로 제안함.
- 첫 단계는 시범사업이 가능하도록 매입임대주택 공고에 ‘모듈러주택’의 유형도 포함하고 모듈러 공법과 맞지 않는 기준은 심의위원회 등과 같이 융통성 있는 검증으로 허용하는 제도 기반을 구축함. 본 연구에서는 이 단계의 사업준비를 고려하여 설계·시공 가이드라인 개선(안), 품질점검단계 개선(안), 기성 지급방식 개선(안)을 제안함.
- 시범사업을 통해 민간에서 모듈러 공법에 적용되는 기술을 보며 안정화 될 때까지 순차적으로 기준 및 제도를 정비하고 사업에 대응하는 과정이 필요함.

- 두 번째 단계는 소규모 필지 합필 또는 단일 필지 중규모 모듈러 매입임대 주택 모델을 고려하여 기준을 개정함. 이와 유사한 추진 사례로 세종 6-3UR1, UR2 블록이 있으며 500세대 미만의 블록형 공동주택 사업 즉 도시형 생활주택에 모듈러 공법이 활용될 수 있도록 커뮤니티 시설 및 생활 SOC시설 등 공공시설을 확대할 수 있는 매입호당단가 기준 등을 개정함. 여러 필지로 나뉜 분산형 사업도 포함하여 지원할 수 있도록 기준을 개정함. 즉 일정 반경 내 여러 개 부지에 사업을 시행할 수 있도록 하여 주차장, 커뮤니티 시설 등을 상대적으로 유리한 한 부지에 집중적으로 설치할 수 있도록 허용하는 것을 고려함. 이러한 방식은 도시재생사업의 방식과도 유사함.

□ 신속한 공급 및 대량 생산방식을 활용한 매입형 모듈러주택 도입방안

- 먼저, 반지하 주택을 매입 후 재건축하여 임대주택으로 공급하는 방안에 대해 고려함. 2022년 8월 16일 국토부는 ‘국민 주거안정 실현방안’에서 재해 취약주택 해소대책으로 신축 매입약정주택의 물량을 4배 증가시킴. 2017년에서 2022년까지 3.9만호 공급했지만, 2023년부터 2027년까지의 물량을 15만호로 약 4배를 증가시킴. 이후 국토부는 2022년 9월 26일 ‘반지하주택 매입 후 공공임대 활용방안 수립·시행’으로 구체적인 활성화 대책을 발표함. 그리고 2023년 2월 국토부는 반지하주택 신축에 대해 금지하였으며, 공공이 매입하여 신축 즉 재건축 후 임대주택으로 공급하는 것을 권함.
- 반지하 주택은 대부분 20년 이상 경과했음. 반지하 주택이 활발히 보급된 시기와 특징을 보면, 1985~1990년에는 반지하가 포함된 2층 주택, 1990~2000년은 4층에 반지하가 포함된 다세대 주택, 또는 3층에 반지하와 옥탑이 있는 다가구 주택임. 이러한 주택이 사라진 계기는 건축법의 변경으로 반지하 부분에 재실 공간이 있을 경우 1개의 층으로 인정했기 때문임. 이후 반지하 대신 필로티가 대세를 이룸.
- 올해 서울의 반지하 주택 침수 피해로 주거공간의 안전문제가 부각됨. 현재 이러한 재해취약주택은 노후화된 정도가 30년 이상인 주택의 구조 안전 문제

등을 고려할 수 있으며, 2020년 11월 기준 30년 이상의 노후·불량 공동주택 재고가 전국적으로 약 359만 4천호, 서울시에만 15만 6천호 정도임. 이러한 주택의 대부분은 안전등급 D와 E등급이며 리모델링 또는 철거 후 신축이 필요함.

- 이와같이 노후 임대주택의 증가로 재건축이 필요하지만 이주 대책이 문제임. 노후 기존 주택, 대지 근린생활시설을 매입하여 철거 후 신속하게 신축하는데 모듈러주택을 활용할 수 있음. 반지하를 포함하고 있는 주택의 64%가 다가구 주택이며, 전국 약 33만 가구, 서울만 약 20만 가구가 있음. 이러한 반지하 주택 매입 후 공공임대주택 시행 시 집주인에 대한 경제적 인센티브와 임차인 대상 주거이전 대책이 필요함. 현재 이러한 주택 철거 후 지어질 수 있는 매입임대주택이 부족하여 수도권외의 경우 입주까지 대기기간이 5년 가까이 소요됨.
- 반지하 주택을 철거하고 신축하는 경우 사업성 강화를 위한 다양한 특례를 제공하고 있으며, 주차장 특례, 양도세 감면, 취득세 감면, 용적률 특례, 특약 보증 등이 있음. 이주 대책을 포함하여 지원하고 있으며, 집주인과 임차인에게 주변 매입임대주택을 지원함. 집주인에게는 신축된 매입임대주택의 최대 3세대까지 집주인이 보유할 수 있도록 허용하며, 임차인에게는 주거이전 비용을 지원함.
- 반지하 주택 철거 후 반지하가 없는 신축주택으로 건설할 때 모듈러공법 적용시 RC와 비교하여 장점이 있음. 모듈러 공법 적용시 공사기간을 30%단축할 수 있으며 품질 균질화 면에서는 유리함. 그리고 현장 작업이 최소화되어 민원을 줄일 수 있음. 그러나 공사비 RC대비 30% 상승, 평면 폭이 3.3m로 제한되는 단점이 있음.
- 재난 후 이재민에게 공급하는 주택의 경우에도 신속한 공급이 될 경우 장점이 있음. 최근 재해의 경향을 보면 6년 사이 3번의 큰 재난 즉, 2017년 포항지진, 2019년 강원산불, 2022년 울진산불이 있었음. 큰 재난이 있을 경우 100세대 이상의 긴급지원주택이 필요함. 포항 지진의 경우 총 839가구의 주거

지원이 필요했음. 이중 117가구가 임시 조립주택을 지원 받았으며, 110가구는 복귀하고 7가구는 발생 후 6년동안 현재도 임시조립주택에 거주중임. 이외에도 63가구는 임시거처에서 생활 중임. 이러한 대규모 재난이 2019년 강원산불, 2022년 울진 산불이 있었으며 임시조립주택의 수요만 200세대 이상이었음. 이에 포항시 김정재 의원의 제의와 같이 신속하게 공급할 수 있는 모듈러주택을 활용하여 지원주택을 마련할 필요가 있음.

- 2017년 지진이 발생한 포항 흥해 공공임대주택의 경우, 2018년 11월 특별재생지역으로 지정된 이후 2024년 6월 입주자를 모집하고, 2025년 준공될 예정으로 재해 발생 후 10년 가까운 시간이 소요됨. 신축되는 주택의 규모는 지상 8층, 전용면적 29, 37, 46㎡ 타입의 200세대 임대주택임. 이러한 주택은 모듈러공법을 적용하기에 적합한 규모이며, 모듈러공법 활용시 공기를 단축할 수 있음.
- 일본의 경우 2011년 동일본 대지진 시 컨테이너를 이용한 189세대 3층 구조의 임시주거단지를 14주 만에 조성하여 이재민에게 제공함. 이동형 모듈러주택을 활용할 경우 비축 또는 이축할 수 있으므로 양질의 주택을 빠른 시간에 공급할 수 있으며, 여러 번의 재활용으로 비용을 절감할 수 있음.
- 재난 발생 시 이재민에게 소규모 공동주택을 공급하여 임시 조립주택보다 장기 거주하도록 지원할 경우, 건설형 임대주택과 매입형 임대주택을 비교하여 고려할 수 있음. 지금까지 이재민의 수요를 보면 거주지 이동을 선호하지 않아 대규모 단지가 유용하지 않은 것을 확인할 수 있음. 소규모 공동주택 공사로 가정하여 비교하면, 매입임대 모듈러주택이 유리함. 이유는 LH의 기존 사업의 경우 소규모 공동주택 사업은 건설원가가 큰 폭으로 상승함. 준공된 4건의 모듈러주택의 규모를 기준으로 공동주택 공사비 분석 자료를 활용하여 계산한 결과 통합공공임대 2022년 지원 기준인 884만 7000원 대비 평균 142%정도임. 모듈러 공사비로 증액되는 비율과 유사한 수준이므로 모듈러주택의 경우 RC만큼 증액되지 않는다면 모듈러주택을 활용하면 사업성을 개선할 수 있음.

- 귀농·귀촌 주택의 경우 활용할 수 있음. 최근 10년간 귀농귀촌 인구가 급격하게 증가하고 있음. 농촌에 공급될 수 있는 주택은 매입임대, 통합공공임대주택, 고령자 복지주택, 마을정비형 공공주택, 농축산부 귀농귀촌 지원주택 등이 있음. 이러한 주택의 경우에도 모듈러주택을 활용할 경우 철거 등이 용이하여 자연훼손이 적고 신속하게 공급할 수 있는 장점이 있음.
- 강원 고성군 햇살마루 공공임대주택의 경우, 15세대 중 13세대는 산불피해 가구에 공급되었음. 사업의 성격은 노인전용 매입약정형 공공임대주택이었음.
- 이와 같은 귀농귀촌주택은 국토부에서 활성화 하고자 하는 테마형 매입임대주택과도 관련이 있음. 테마의 사례로 사회초년생의 귀농 귀촌 주택이 제시되어 있음. 테마 임대주택은 민간이 테마가 있는 매입임대를 기획, 설계, 건설, 운영까지 담당함. 금융지원은 사업비 최대 90%까지 저리 대출을 할 수 있으며, 임대료는 시세 50%이하로 제한하여 시세 30%는 LH에 납부, 나머지는 임대자에게 납부함. 근생 등 테마에 부합하는 수익사업 운영도 제한적으로 허용함.
- 이와 같은 소규모 임대주택사업의 모듈러주택을 활용한 건축 모델은 내화 2시간 이내의 규모가 적합함. 내화 1시간과 2시간 모델로 구분하여 볼 수 있음. 4층 이하의 내화 1시간 모델은 50세대 미만의 사업이고, 내화 2시간 모델은 12층 이하의 300세대 이상의 중규모 부지에 건설하는 사업이 될 수 있음. 국민 주거안정 실현방안에 의하면, 도시의 신속한 주택공급을 위해 법을 개정함. 단일 공동주택 단지에서만 가능한 소규모 재건축을 연접 복수단지에도 허용함. 그리고 도시형 생활주택 규모를 기존 300세대에서 500세대 까지 가능하도록 늘렸음. 방이 2개인 투룸 비중도 현재 1/3에서 1/2까지 가능하도록 상향했음.

□ 모듈러주택 활용 소규모 임대주택사업 계획 모델

- LH모듈러 가이드 제공으로 민간건설 주택의 품질 균일화, 평면 표준화, 공급 기간 단축 실현 가능함. 소규모 주택사업에도 아파트와 같이 준공 전 카탈로그, 모델하우스를 활용한 입주자 선정 추진이 가능함.
- LH의 표준 평면을 활용하여 모듈러주택의 공사비를 도출하기 위해 건축모델

을 계획함. 한 층에 5세대 총 20세대로 4개층을 계획할 경우 모듈러 가이드 제공으로 민간건설 주택의 품질 균일화, 평면 표준화, 공급기간 단축 실현 가능함. 소규모 주택사업에도 아파트와 같이 준공 전 카탈로그, 모델하우스를 활용한 입주자 선정 추진이 가능함. 모듈러 공사비는 세대당 약 1억 1900만 원 정도 소요되며, 평당 8,82만원정도 소요되는 것으로 도출됨. 이 중 모듈러 공사비는 세대당 73,929천원(62.2%), 현장 공사비는 44,826천원(37.8%) 정도임. 선행 연구에서도 모듈러주택의 공사비 비율이 재료비 60.5%, 노무비 36.4%, 경비 3.1%임.

- 이러한 표준 평면을 사용하여 사업을 할 수 있는 경우 가장 경제적인 모델을 만들 수 있음. 그러나 소규모 공동주택인 경우 필지의 형태나 크기가 정형화된 형태를 맞출 수 없는 경우가 많음. 그리고 LH표준평면은 기존 평면의 전환설계 형태이며 대량생산시스템을 고려하고 있지 않음. 그래서 본 연구에서는 3m×3m의 공간모듈을 활용하여 대지 여건에 맞춰 융통성을 확대하는 계획을 제안함. 이러한 계획은 고효율의 대량생산시스템을 갖추는 민간 기업에서 시도해 볼 수 있는 것으로 판단함. 계획된 평면 및 배치계획으로 제작 모듈 계획을 하고 구조를 고려하여 적층하는 방식을 결정함.
- 평면계획은 3m×3m 공간 내 가구 등을 배치하여 공간 제작 모듈의 대안을 디자인 모듈러 구축하여, 자동화 설계 방식을 활용할 수 있는 가능성이 있음. AI설계 방법으로 규칙을 설정하여 자동화 인접배치로 다양한 평면 대안을 생성하는 방식도 현재 발전중임. 예를 들면 GAN(Generative Adversarial Networks)과 같이 평면 레이아웃을 자동 생성하는 방식이 있으며, 레이아웃 특성을 스스로 파악하여 군집화 하는 성질을 활용하는 방식임.
- 3m×3m 모듈 공간으로 조합된 평면 유형을 조합하여 층별 평면을 완성함. 완성된 평면으로 구조 성능 및 운송을 고려하여 주동계획을 완성함. 이러한 방식의 결과물은 평면계획에 의해 만들어지는 유기적이고, 역동적인 입면디자인을 자연스럽게 만들 수 있음. 적층 형태를 그대로 활용할 경우 공장에서 마감한 것을 활용할 수 있고, 외관 디자인의 완성도를 높이기 위해서는 입면 마감은 현장에서 추가 작업을 할 수도 있음.

- 포항시의 매입임대주택 대상지를 선정하여 인공지능 설계 프로그램을 활용하여 계획안을 도출함. ‘텐일레븐’에서 개발한 ‘빌드잇(build-it)’을 활용하였으며, 이 프로그램을 활용하면 대지의 주소 입력으로 설계 대안까지 자동으로 만들어 낼 수 있음. LH 디지털트윈에 탑재하여 LH에서 활용 중임. 이와 같이 도출된 설계 안은 오토캐드 프로그램에서 활용할 수 있는 캐드의 선(line) 형태로 파일이 생성됨. 이렇게 생성된 파일로 BIM프로그램으로 전환하면 BIM 프로그램에서는 자주 활용되는 모델에 한해 바닥, 벽체 등을 재료까지 구성하여 자동으로 생성해 줌. 이렇게 자동 생성된 파일은 3D형태로 구현되며, BIM모델에서 상세 디테일을 완성해 주는 기능을 활용하여 모델의 완성도를 높일 수 있음. 이러한 모델은 견적 및 물량 산출에 활용할 수 있으며 제작도면으로 활용 가능함. 이러한 방식이 확장되고 정교해지면 BIM을 활용한 건설 전 과정 디지털화가 고도화 될 것으로 판단함.
- 배관 등을 포함하며 설계오류를 검토하여 도면을 수정하여 완성하면 제작과 시공을 위한 BIM모델링이 완성됨. 이렇게 완성된 모델링으로 공정관리 및 유지관리에 활용할 수 있음. 이러한 과정은 습식 공법보다 건식 공법에 적용하기 용이하며, 실제와 도면간의 차이도 줄일 수 있음. 습식공법과 건식공법의 차이는 점토로 만든 집과 레고 블럭을 제어 및 처리하는 차이와 유사함.
 - 레고블럭과 같이 물리적인 각각의 조각이 맞춰지는 시스템이 건축과 다른 것은 건축은 각각의 모듈에 기능을 담아야 함. 레고블럭을 제어 및 처리하는 것과 유사한 점은 레고 한 블록이 갖는 공통의 치수와 성질로 여러 제품에 적용할 수 있도록 하는 활동으로 설명할 수 있음. 이러한 특징이 건식공법에 부합하므로 이런 공용화 전략을 세우는 것이 필요함.

□ 단계별 사업추진 방안

- LH가 직접 건설하는 건설 임대 사업의 경우, 세종 UR1, UR2블럭, 의왕 초평과 같은 프로젝트를 기획하여 발주를 확대할 수 있음. 모듈러 MP제도를 활용하여 품질을 향상시키고, 효율적인 업무방식을 정착하여 공사비를 안정화 할 수 있을

것으로 판단함. 건설형 임대주택 사업은 추후에도 점차 규모를 키워가는 것이 사업성 제고 측면에서 유리함. 대지 면적 1000㎡이상의 규모, 5층 이상의 아파트에 모듈러 공법을 활용할 수 있음. 현재 추진되고 있는 사업의 규모도 300세대 이상이 많음. 이러한 사업을 지속적으로 확대하여 층간소음 등 품질은 향상시키며 공사비를 안정화하는 것이 확대를 위한 좋은 전략임.

- 공사비를 줄이기 위해서는 학습효과를 활용하여 간접비를 줄이는 전략이 필요함. 가양 라이프의 사례와 같이 2개동 30세대의 공사는 매입형 임대주택에 활용하는 것이 사업비 측면에서는 유리함.
- 매입임대와 건설임대의 차이는 다음과 같음. 첫째, 매입임대 주택의 경우 LH 공사 내 사업에 적용하는 책임감리, 전기통신 분리발주, 지급자재 사용 기준에서 제외할 수 있고, 둘째 후보지 선정, 사업승인, 설계 등 사업기간을 단축할 수 있으며, 셋째, LH재무 건전성 확보 측면에서 유리할 수 있음.
- 소규모 다필지 사업인 경우 일정 반경 내, 2km, 20분 내 거리인 경우 여러 개 부지에 모듈러주택사업을 동시에 발주하여 진행할 수 있음. 이러한 사업은 도로 이용률이 적은 지방에서 사업을 하는 것이 수월함. 예를 들면, 50~70호 사이 주택 4개를 한꺼번에 발주하면 총 256호의 주택이 됨. 각 동의 층수는 4~8층으로 하고, 모듈러주택으로 진행할 경우 습식 공사비에 비해 앞의 사례와 유사하게 47%정도 높게 나타남. 그러나 감리, 설계 등의 부분 도급 비용을 포함하여 고려하면 10%미만의 차이가 나타남. 모듈러주택의 경우 감리, 설계를 줄일 수 있는 규정이 있음에도 불구하고 활용되고 있지 않음. 정해진 제도를 활용하여 간접비를 최대한 줄이는 방안을 모색하면 사업성을 제고할 수 있음. 매입임대 주택의 경우 이러한 노무비 및 부분 도급 부분에 대해서는 융통성이 있음.
- 모듈러주택 제조사 및 건설사의 자체 시행 주택을 매입하여 임대, 우수한 민간 사업자 참여 유도를 위해 일정 규모 이상의 사업발주 및 사업성 개선을 지원할 수 있음. 여러 소규모 필지를 합필하여 가로주택정비사업과 같은 규모의 주택 사업, 즉 7~12층, 300세대 정도의 공사에 활용할 수 있음.