

연구기획 2023-075호

모듈러주택 품질관리 체계 구축

지 은 이 남성훈, 손정락, 전명훈, 송상훈, 이동건, 이수규, 김진원, 노준오, 정권영

발 행 인 김홍배

발 행 처 한국토지주택공사 토지주택연구원

주 소 (34047) 대전 유성구 엑스포로 539번길 99

홈페이지 <http://lhri.lh.or.kr>

전화번호 042-866-8364

이 메 일 gabriel2000@lh.or.kr

이 출판물은 우리 공사의 업무상 필요에 의하여 연구·검토한 기초자료로써 공사나 정부의 공식적인 견해와
관계가 없습니다.

우리 공사의 승인 없이 연구내용의 일부 또는 전부를 다른 목적으로 이용할 수 없습니다.

연구기획 2023-075

모듈러주택 품질관리 체계 구축

A study on the establishment of a quality management system
for the modular housing

남성훈·손정락·전명훈·송상훈·이동건·이수규·김진원·노준오·정권영

참여연구진

연구책임

남성훈 LH 토지주택연구원 책임연구원

연구진

손정락 LH 토지주택연구원 연구위원

전명훈 LH 토지주택연구원 연구위원

송상훈 LH 토지주택연구원 연구위원

이동진 LH 토지주택연구원 수석연구원

이수규 LH 토지주택연구원 수석연구원

김진원 LH 토지주택연구원 연구원

노준오 공공주택기획처 차장

정권영 공공주택기획처 대리

연구심의위원

정찬우 한양대학교 교수

장활제 현대엔지니어링 책임매니저

강병직 공공주택기획처 부장

김균대 공공주택사업처 부장

박상현 세종특별본부 소장

■ 모듈러주택의 필요성 및 현황

국내 건설시장은 건설산업의 생산성 저하, 기능공 고령화 및 인력 부족, 기후위기에 따른 혹서혹한, 소음 먼지 등 환경민원, 주52시간, 레미콘 8.5제, 코로나19(COVID-19)확산 등 건설산업의 환경적 변화 요인에 직면하고 있음

건설산업이 당면한 위 문제점을 해결하기 위해서는 전통적인 현장을 중심으로 하는 현장생산에서 기계화시공, 건식시스템, 모듈화·부품화 단계를 거쳐 공장생산 건축(Off-site construction) 산업으로 생산체계 전환이 필요함

저층 중심에서 13층 이상 중고층형 모듈러주택 공급 상용화를 위해 중고층 모듈러 국가 R&D연구단의 실증단지로 경기도 용인시 행복주택(106가구)을 모듈러주택으로 완공함
최근 공사는 도서지역 및 도심지 등과 같은 소규모 건설공사에 모듈러 건축시범 적용(4층이하 중저층)등 적극적인 도입을 추진하고 있으며, 2021년도에 인천 신문 130호, 세종 6-3생활권 416호, 충남 부여 동남지구 150호 규모의 모듈러주택을 발주함

이와 같이 공사에서는 향후 모듈러주택의 물량확대를 고려하고 있으며, 이에 대비하여 모듈러주택의 품질 확보를 위한 품질체계 구축이 요구됨

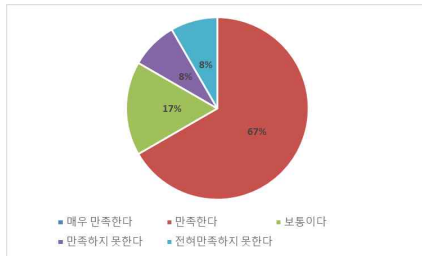
■ 모듈러주택의 하자 현황 및 만족도

부산용호, 천안두정, 인천백령 모듈러 주택을 대상으로 준공에서부터 2022년 9월까지의 하자데이터를 COTIS로부터 취득하여 분석 시행

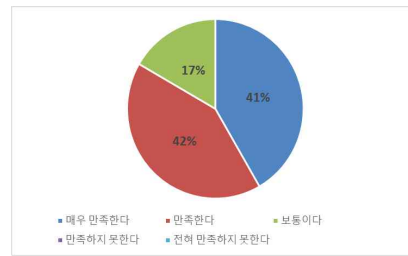
도배, 실링공사, UBR, 주방가구, PL창호의 하자 비율이 높게 나왔으며, 주요 하자의 원인은 작업자 미작업 및 외부요인 등임

구분	부산용호	천안두정	공공실버	공공주택	비율
타일공사	5.80 %	1.12 %	3.01 %	2.83 %	2.92 %
도배	18.12 %	5.62 %	29.79 %	23.96 %	26.87 %
장판	10.14 %	5.62 %	1.77 %	2.45 %	2.11 %
건축기타	10.87 %	8.99 %	6.21 %	14.34 %	10.27 %
실링공사	0.72 %	1.12 %	13.48 %	4.91 %	9.19 %
UBR	18.12 %	19.10 %	4.08 %	4.34 %	4.21 %
기계기타	2.17 %	8.99 %	4.08 %	2.64 %	3.36 %
현관문	3.62 %	8.99 %	2.48 %	3.96 %	3.22 %
주방가구	2.90 %	4.49 %	13.3 %	6.04 %	9.67 %
조명기구	5.80 %	5.62 %	0.53 %	2.45 %	1.49 %
PL창호	4.35 %	19.1 %	2.84 %	16.60 %	9.72 %
도장공사	0.72 %	-	5.50 %	1.51 %	3.50 %

천안두정, 인천백령 모듈러 주택에 거주하시는 분을 대상으로 설문지와 심층인터뷰를 시행하였으며, 모듈러주택에 대한 만족도는 보통이상으로 분석이 되나 층간소음과 외부로부터 들려오면 소음에 대한 부분에 대한 만족도는 낮은 것으로 분석됨



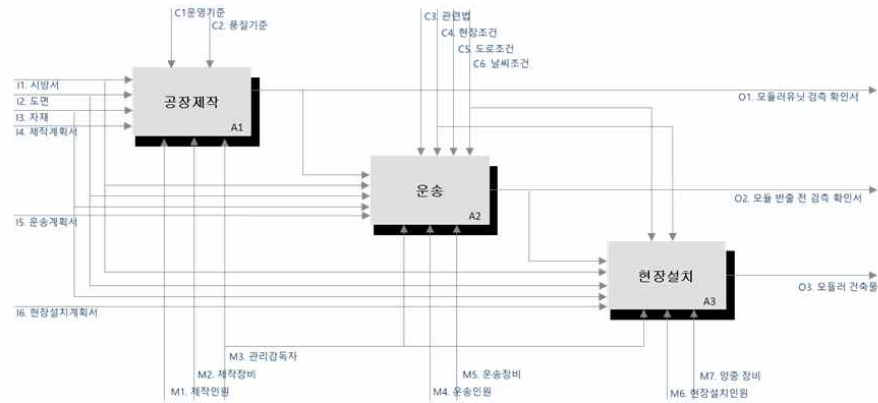
현 거주 모듈러주택에 대한 만족도



층간소음에 대한 만족도

■ 모듈러주택 프로세스 분석 및 품질관리 항목 개발

IDEF를 활용하여 모듈러주택 프로세스를 분석하였으며, 제작, 운송, 설치로 구분하였음
분류항에 따라 세부항목으로 구분하여 모듈러주택 프로세스에서 필요하거나 기존 프로세스 분석에서 누락된 공정을 분석



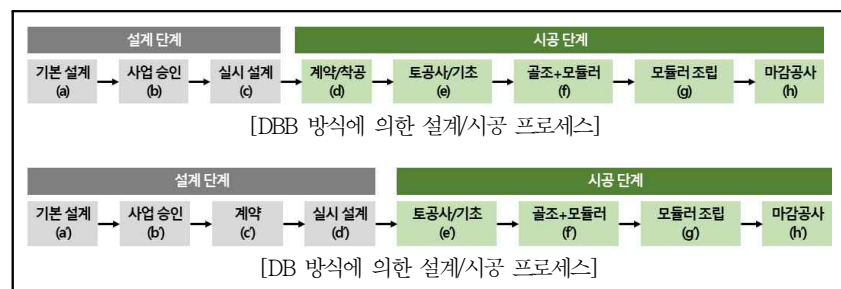
공장제작의 주요 단계는 총 5단계로 구분하였음, 구조체 조립, 벽체 설치, 천장&UBR설치, 바닥난방공사, 실내마감공사이며 각 단계마다 하위단계가 존재함

현장에서 발생하는 작업은 총 4개로 구분하였으며, 기초공사, 코어공사, 1층공사 반복층 공사로 구분하였으며, 1층공사와 반복층 공사를 구분한 이유는 1층공사의 경우 앵커볼트에 설치하는 작업으로 모듈러유닛 위에 모듈러 유닛을 올리는 작업과 다르기 때문

이 분석을 통하여 누락된 공정 및 품질관리의 기준이 될 수 있는 프로세스 기준안을 제시 분석한 공정에 따라 기준에 연구된 체크리스트와 시방서를 분석하고 누락된 사항을 추가하여 분석하였으며, 모듈러주택에서 발생한 하자와 연계하여 하자가 발생한 프로세스를 분석하여 품질문제를 예방할 수 있는 체크사항을 도출하였음

■ 모듈러주택 공정계획 수립 방향

모듈러주택 건설공사는 발주 방식인 DB방식과 DBB방식에 따라 공사기간을 산정하는 범위가 달라짐



[그림]일반적인 설계/시공 프로세스

모듈러주택 공사기간에 영향을 미치는 요인은 발주방식 이외에도 지하주차장의 유무, 코어부분의 적용기술(RC, 모듈러)에 따라 달라질 수 있으며, 모듈러주택 공사기간의 최적화하기 위해서는 모듈러제작사 설계에 참여하는 방안, 코어부분을 모듈러 공법을 적용하는 방안, 외부디자인을 단순화하는 방안을 적용해야 함

■ 모듈러주택 감리자 적용 방안

현행 모듈러주택에서 원도급업자와 모듈러 유닛 제작업자와의 계약관계는 물품계약 또는 시공계약으로 되어 있어, 감리자의 배치 형태는 모듈러유닛 납품 계약 방식 즉, 물품계약 인지 공사계약인지에 따라 달라져야 함

이는 계약형태에 따라 보증하는 목적물에 대한 차이에 의해서 발생하는 것임

물품계약의 경우 최종 제품에 대한 품질만 보증이 된다면 현장에 반입할 때 모듈러 유닛을 검사만 하면 되나 공사계약의 경우 당연히 최종 목적물이 모듈러유닛과 모듈러주택의 성능과 품질을 보증하기 위해 제작에서부터 설치까지의 각각의 공정에 대한 품질검토 작업이 필요함

품질확보가 가장 좋은 방법은 추가인력을 배치하여 전체 작업을 검토하는 것이 좋으나 이는 비용 증가의 원인 될 수 있기 때문에 주요시점을 체크하는 방안이 비용증가가 적을 것으로 판단됨

[표] 계약형태별 감리유형

구분	물품계약	공사계약	
		상주	비상주
보증대상	물품	프로세스	
검사시점	물품 납품시	전체 공정	주요 시점
공장내 감리	3rd Party or 기존 인력	추가인력	기존인력
비용	증가 없음	인건비증가	출장비증가

■ 모듈러주택의 품질관리 매뉴얼

본 매뉴얼은 기본적인 건설의 품질관리 체계를 반영하고 있으나, 모듈러주택의 품질 관리체계에서 프로세스별 체크해야하는 품질관리 방안과, 공장제작단계에서의 투입 감리의 형태 즉, 상주감리, 비상주감리, 감리가 없을 경우를 반영한 모듈러주택 공장제작과 현장설치 단계에서 프로세스별 체크리스트를 작성함

해당공정	필수 검사 항목 여부
A 모듈러주택	
A1 공장제작	
A1-5 실내마감	***
A1-5-1 문&창호 설치	***

준비서류	영향요소 / 장비	검측결과
시방서	레이저 레벨기	검측확인서(체크리스트)
도면		
성능인증서		

체크리스트		
NO	검사항목	검사기준(시방)
1. 문 설치		
1	방화문은 관리기준 및 성능의 기준에 적합한가?	성능인증서
2	미감 셔트의 상태는 깨끗하고 균열은 없는가?	육안
3	가구부 보강은 확인하였는가?	도면
4	부속철물은 다 설치 하였는가?	육안
2. 창호 설치		
1	창문의 재질, 규격, 치수 등은 확인하였는가?	규격증명서 및 도면
2	창호 설치 후 수직도와 수평도를 확인하였는가?	수직수평검사
3	미감셔트의 상태는 깨끗하고 균열은 없는가?	육안
4	가구부 보강은 확인하였는가?	도면
5	부속철물은 다 설치 하였는가?	육안
3. 놀랑공사		
1	실링재가공없이 밀실하게시공되었는가?	육안
2	실링재 부위가 함몰되거나 주름 등과 같은 하지는 없는가?	육안
주의사항		
A1-2-2 절단스티드에서 언급한 문틀&창틀 설치시 발생할 수 있는 하지와 연계된 공경으로 사공 후 수직 수평도 검사가 필수 적임 부속철물을 설치하지 않는 경미한 하지도 발생함		
관련 하자 내역		
단일 불량	창틀 물고임	실링 하자
기타 하자 : 방출열 하자 (구멍, 찍힘), 외부창문 단일 불량, 분할창 단일불량, 분할창 하자, 복도창호크랙, 감금장치 불량		

주제어

모듈러, 모듈러주택, 품질관리, 감리

차 례 Contents

제1장 서 론

- 1. 연구의 배경 및 목적 ————— 1
- 2. 연구의 범위 및 방법 ————— 2

제2장 모듈러주택 현황 및 하자 조사

- 1. 모듈러주택 하자조사 ————— 7
- 2. 거주자 설문지 및 심층 인터뷰 ————— 19
- 3. 주요 하자 항목 도출 ————— 25

제3장 모듈러주택 품질관리체계 구축

- 1. 모듈러주택 프로세스 검토 ————— 29
- 2. IDEF를 활용한 모듈러주택 프로세스 정립 ————— 34
- 3. IDEF 분석 자료를 기준으로 기존 품질관리 방안 통합 ————— 40
- 4. IDEF 분석에 따른 주요 체크항목 도출 ————— 43
- 5. 품질관리체계 구축(시점, 항목, 인력 등) ————— 49

제4장 모듈러주택의 공정계획 수립 방향

- 1. 선행연구 및 이론적 분석 ————— 53
- 2. 모듈러주택 사업추진 현황 ————— 56
- 3. 모듈러주택 공정계획 최적화 방안 ————— 59

제5장 모듈러주택 감리자 배치 및 업무기준

1. 현행 감리자 배치 및 업무 기준 분석	67
2. 모듈러주택 감리자 배치기준(안)	72
3. 모듈러주택 감리자 업무기준(안)	75

제6장 모듈러공사의 품질관리 항목 및 시험

1. 구조재료	77
2. 벽체 및 바닥 재료	80
3. 마감재료	83
3. 소결	83

제7장 모듈러주택 품질관리 메뉴얼

101

참고문헌

154

표차례 List of Tables

[표 2-1] 공공부문의 모듈러주택 공급현황	7
[표 2-2] 천안두정 하자분류 및 하자비율	8
[표 2-3] 인천용진 하자분류 및 하자비율	9
[표 2-4] 부산용호 하자분류 및 하자비율	10
[표 2-5] 도배공사 하자리스트	11
[표 2-6] 실링공사 하자리스트	12
[표 2-7] UBR 하자리스트	13
[표 2-8] 주방가구 하자리스트	14
[표 2-9] PL창호 하자리스트	14
[표 2-10] 2017~2020년 주요하자 내역	15
[표 2-11] 2021년 중대하자 내역	16
[표 2-12] 2021년 일반하자 내역	17
[표 2-13] 내부공간 POE 만족도	24
[표 2-14] 외부공간 POE 만족도	25
[표 2-15] 전반적인 POE 만족도	25
[표 2-16] 누수하자 기준	26
[표 3-1] 부산 용호지구 모듈러주택 건설공사의 사업 개요	31
[표 3-2] 서울 가양지구 모듈러주택 건설공사의 사업 개요	32
[표 3-3] 천안두정 모듈러주택의 건축 개요	33
[표 3-4] 체크리스트 목록	40
[표 3-5] 체크리스트 검사 항목 비교	42
[표 3-6] 도배공사관련 하자별 원인 및 해당 프로세스	43
[표 3-7] PL창호관련 하자별 원인 및 해당 프로세스	44
[표 3-8] 주방가구관련 하자별 원인 및 해당 프로세스	44
[표 3-9] 실링공사관련 하자별 원인 및 해당 프로세스	45

[표 3-10] UBR관련 하자별 원인 및 해당 프로세스	45
[표 3-11] 하자분석을 통한 연계 프로세스별 검사 시점 및 검사 항목	47
[표 3-12] 하자과 연계된 작업별 검사 체크리스트	48
[표 3-13] IDEF 분석 공정별 검사 시점 및 주요 검사 항목	49
[표 4-1] 모듈러주택 건설공사 사례별 공사 개요	58
[표 4-2] 모듈러주택의 사업유형별 적정 발주방식	60
[표 4-3] 모듈러주택 공사기간에 영향을 미치는 요인	62
[표 5-1] 투입인원수 산정기준	67
[표 5-2] 보정계수	69
[표 5-3] 공사난이도	69
[표 5-4] 감리자 업무 분류	70
[표 5-5] 프로젝트별 계약형태	72
[표 5-6] 계약형태별 감리유형	74
[표 5-7] 감리자배치기준(예)	74
[6-1] 콘크리트 품질 시험의 항목 및 기준	77
[6-2] 강재 품질 시험의 항목 및 기준	78
[6-3] 접합재료 품질 시험의 항목 및 기준	80
[6-4] 경량철골 품질 시험의 항목 및 기준	80
[6-5] 단열재 품질 시험의 항목 및 기준	81
[6-6] 석고보드 품질 시험의 항목 및 기준	81
[6-7] 데크플레이트 품질 시험의 항목 및 기준	82
[6-8] 내화피복 품질 시험의 항목 및 기준	83
[6-9] 모듈러주택 품질 시험의 항목 및 기준	83
[6-10] 모듈러주택 품질 시험의 항목 수정 전·후 비교표	93

그림차례 List of Figures

[그림 1-1] 연구흐름도	5
[그림 2-1] 현 거주 모듈러주택에 대한 만족도	19
[그림 2-2] 현 거주 모듈러주택에 대한 만족도 (이상치제거)	20
[그림 2-3] 단열에 대한 만족도	20
[그림 2-4] 환기에 대한 만족도	21
[그림 2-5] 층간소음에 대한 만족도	21
[그림 2-6] 세대간 소음에 대한 만족도	22
[그림 2-7] 베란다쪽의 외부 소음에 대한 만족도	22
[그림 2-8] 복도쪽의 외부 소음에 대한 만족도	23
[그림 3-1] IDEF 도식도	35
[그림 3-2] IDEF Level1	35
[그림 3-3] 공장제작부분 하위작업	36
[그림 3-4] 구조체부분 하위작업	36
[그림 3-5] 벽체부분 하위 작업	37
[그림 3-6] 천장&화장실 부분 하위 작업	38
[그림 3-7] 바닥공사부분 하위 작업	38
[그림 3-8] 마감공사부분 하위 작업	39
[그림 3-9] 현장공사부분 하위 작업	39
[그림 3-10] 모듈러유닛 설치공사부분 하위 작업	40
[그림 4-1] 모듈러주택 건설공사의 작업 프로세스	55
[그림 4-2] 일반적인 설계/시공 프로세스	61
[그림 5-1] 공장 제작부분 하위작업	76

제1장 서론

1. 연구의 배경 및 목적

1.1. 연구의 배경

- 국내 건설시장은 건설산업의 생산성 저하, 기능공 고령화 및 인력 부족, 기후위기에 따른 혹서혹한, 소음 먼지 등 환경민원, 주52시간, 레미콘 8.5제, 코로나19(COVID-19)확산 등 건설산업의 환경적 변화 요인에 직면하고 있음
- 건설산업이 당면한 위 문제점을 해결하기 위해서는 전통적인 현장을 중심으로 하는 현장생산에서 기계화시공, 건식시스템, 모듈화·부품화 단계를 거쳐 공장생산 건축(Off-site construction) 산업으로 생산체계 전환이 필요함
- 모듈러 건축 방식은 모듈러 유닛을 공장에서 제작하여 현장에서 조립 및 설치하는 Off-Site 기반의 건축 방식으로 공장에서 제작하여 현장 조립만 하면 되기 때문에 기존 공법 대비 공기단축이 가능하며, 현장 작업을 줄여 우리나라 건설현장이 직면한 문제를 완화할 수 있음
- 모듈러 건축은 초등학교, 기숙사, BOQ, 행복주택 등 소규모 건축물 위주로 적용되었으나, 평창동계올림픽의 레지던스 호텔 등 모듈러 시스템 적용 분야가 확장되고 있음
- 각종 재난 및 재해 이재민 피해 복구 지원을 위해 대안으로 모듈러 건축이 적극 검토 및 활용을 고려하는 등 모듈러 건축 적용 분야를 활발히 모색하고 있는 실정임
- 기획재정부의 2022년 경제정책방향에 따르면 단기 주택건설 물량 확대를 위해 신속한 주택건설이 가능한 모듈러주택에 대한 용적률 건폐율 등 건축규제 완화에 대한 언급을 하였으며, 국토계획법에서 정하는 범위 내에서 최대 15%까지 완화를 제시함
- 저층 중심에서 13층 이상 중고층형 모듈러주택 공급 상용화를 위해 중고층 모듈러 국가 R&D연구단의 실증단지로 경기도 용인시 행복주택(106가구)을 모듈러주택으로 완공함

- 최근 공사는 도서지역 및 도심지 등과 같은 소규모 건설공사에 모듈러 건축시범 적용(4층이하 중저층)등 적극적인 도입을 추진하고 있으며, 2021년도에 인천 신문 130호, 세종 6-3생활권 416호, 충남 부여 동남지구 150호 규모의 모듈러 주택을 발주함
- 이와 같이 공사에서는 향후 모듈러주택의 물량확대를 고려하고 있으며, 이에 대비하여 모듈러주택의 품질 확보를 위한 품질체계 구축이 요구됨

1.2. 연구의 목적

- 모듈러주택에 사용하는 모듈러 유닛이 약 80% 가까이 공장에서 제작되고 있으며, 모듈러주택이 성능 기준을 맞춘다고 해서 제작 당시 품질을 보증하지는 않음
- 제작된 모듈러 유닛의 품질을 보증하기 위해 모듈러 유닛을 분해할 수 없으므로 제작공정에서 단계별로 진행할 때 하자가 넘어오지 않도록 품질관리 방안 마련이 필요하나 현재 공장 제작 시 감리자도 없는 실정임
- 기존 연구에서는 품질 확보를 위해 주요 프로세스 단계별로 지침이나 체크리스트만 제안하고 있어 관리자(감리자), 장비(JIG, 밸런스빔 등), 자재 및 시공(프로세스)을 통합적으로 관리하는 시스템이 부재함
- 따라서, 본 연구의 목적은 다양한 제작업체 및 시공사를 활용하여 모듈러주택을 완성하더라도 동일한 수준의 품질을 확보할 수 있는 모듈러 유닛 제작 공장으로부터 설치 현장까지 프로세스를 포괄하는 품질관리체계를 구축하는 것임

2. 연구의 범위 및 방법

2.1. 연구의 범위

- 주요 연구 내용은 거주 후 평가, 품질관리 방안, 품질관리 기준으로 구분되어 있음
- 연구 분석 대상은 모듈러주택 설치방식 중 적층 방식을 기준으로 함

1) 거주 후 평가(POE) 분야

■ 모듈러주택 거주 후 평가(POE)

- 거주 후 평가 시행 전 모듈러 하자 분석

- 거주 후 평가 대상 선정 (LH 수행 모듈러주택 외 추가 선정)
- 거주 후 평가 시행 (POE 전문기관에 발주)

■ 모듈러주택 거주 후 평가(POE) 활용 방안 마련

- 모듈러주택 품질과 관련하여 제작/시공 피드백 방안 마련
- 모듈러주택 거주 후 평가를 기반으로 주요 품질 조사 항목 검토

2) 품질관리 방안 분야

■ 모듈러 제작공장 관리 방안

- 제조업(철골제조업체) 공장 관리 방안 조사
- 공장 관리(심사) 체크리스트

■ LH 모듈러주택 품질관리체계 구축 방안 제안

- LH 모듈러주택에 대한 하자 및 요인 분석
- 모듈러주택의 제작, 시공, 완공 때까지 발생하는 프로세스 검토
- 프로세스 단계별로 모듈러주택 품질과 관련한 기존 자료를 정리 및 통합
- 프로세스 단계별 품질관리 항목을 재검토하여 기존 품질관리 기준을 보완 및 추가해야 하는 구성항목 도출하여 품질관리체계(재료, 시공, 인력 등)를 구축

■ 공장생산과 현장시공을 종합적으로 고려한 공정계획(안) 보완방안 작성

- 모듈러 제작 시작 시점, 모듈러 유닛 설치 시점 등, 모듈러주택 공정계획 주요 시점 산정 방안 제안

■ 모듈러 사업관리자 배치기준 및 업무 프로세스 정립

- 기존 모듈러주택 사업관리자 배치 기준 분석
- 기존 모듈러주택 업무 프로세스 지침 분석
- 품질관리체계와 연계하여 사업관리자 배치 기준 및 업무 프로세스 정립

3) 다. 품질관리 기준 분야

■ 모듈러 구조체 품질관리 기준 검토 및 개선안 제안

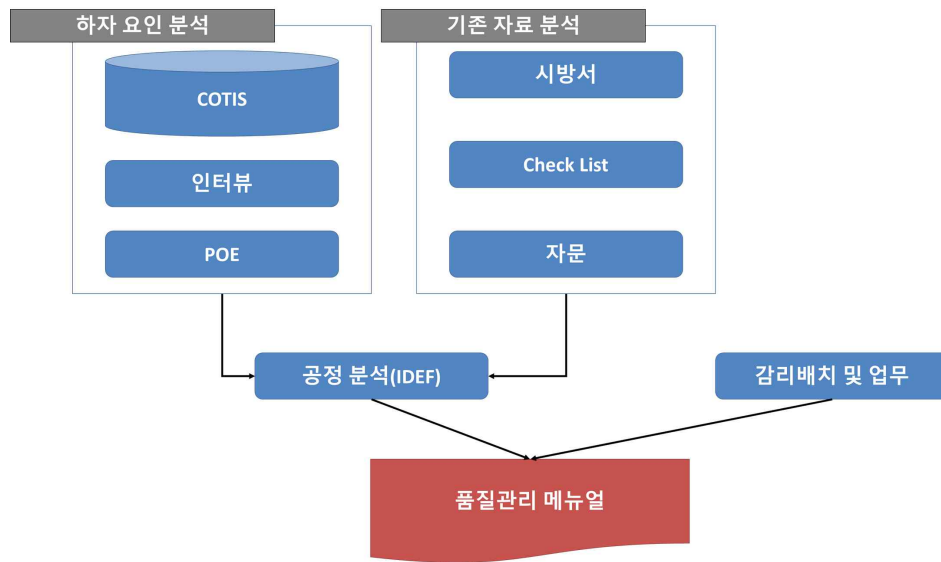
- 현재 업체별 품질관리 기준 차이점 분석
- 공장 모듈러제작 전/중/후 검사 체계 보완 방안 작성
- 현장 검수 및 설치 검사를 위한 현행 체계 보완 방안 작성

■ 모듈러 투입 자재 품질관리 기준 검토 및 개선안 제안

- 현재 업체별 품질관리 기준 차이점 분석
- 공장 모듈러제작 전/중/후 검사 체계 보완 방안 작성
- 현장 검수 및 설치 검사를 위한 현행 체계 보완 방안 작성
- 모듈러 유닛 제작에 투입되는 자재에 대한 기존 검수 방안의 적정성 평가

2.2. 연구의 방법

- 모듈러 품질향상을 위한 모듈러주택 품질관리체계를 구축하기 위해서는 일단 현재 하자발생 내역과 거주자를 대상으로 인터뷰를 시행하였으며, LH 모듈러전문 시방서를 바탕으로 기존 연구보고서 자료 및 수행한 프로젝트의 시방서를 분석함
- 이를 바탕으로 최근까지 수행한 모듈러주택의 공정을 바탕으로 기본 공정을 도출한 후 이를 IDEF를 통하여 분석을 시행함
- 하자내역을 바탕으로 원인 및 연계 프로세스를 도출하고, 도출한 연계 프로세스의 체크리스트를 신규 작성 또는 수정함
- 또한 감리자 배치와 관련하여 비상주 감리일 경우 공장품질관리를 위해서는 필수적으로 검측을 해야 하는 프로세스를 선정하여 감리, 프로세스 순서, 품질관리 기준, 품질관리 시점을 바탕으로 품질관리체계를 구축하고 품질관리 매뉴얼을 제작하고자 함



[그림 1-1] 연구흐름도

제2장 모듈러주택 현황 및 하자 조사

1. 모듈러주택 현황 및 하자 조사

1.1. 하자조사 대상

- 부산용호, 천안두정 및 백령도를 대상으로 하자조사를 시행하였으며, 관리사무소 또는 COTIS에 있는 자료를 분석
- 부산용호를 제외하고 천안두정 및 백령도는 거주자 설문조사를 통한 모듈러주택 성능 및 하자에 대하여 추가 조사를 시행

[표 2-1] 공공부문의 모듈러주택 공급현황

구분	LH 부산용호	LH 천안두정	LH 인천옹진
용도	다세대주택	공동주택	공동주택
준공	2017.07	2019.06	2020.07
규모	1개동 14호	1개동 40호	4개동 152호
층수	B1, 4F	B1, 6F	B1, 4F
공법	적층식	적층식+인필식	적층식

1) 천안두정

- 천안두정 모듈러주택에서 3년 동안 발생한 하자는 다음 표와 같음
- 천안두정 모듈러주택에서 발생한 하자를 기준으로 주요 하자발생 부위는 UBR과 PL창호이며, 각각 19.10%로 1위를 차지함
- UBR과 PL창호에 건축기타, 기계기타, 현관문, 조명기구, 도배, 장판순으로 높게 나왔으며, 기타항목으로 주방가구, 방수공사 등에서 낮은 비율로 집계됨

[표 2-2] 천안두정 하자분류 및 하자비율

분류	하자비율
타일공사	1.12%
도배	5.62%
장판	5.62%
건축기타	8.99%
실링공사	1.12%
UBR	19.10%
기계기타	8.99%
현관문	8.99%
주방가구	4.49%
수전류	1.12%
조명기구	5.62%
PL창호	19.10%
오배수	1.12%
도어록	1.12%
목창호	1.12%
방수공사	3.37%
발코니샤시	1.12%
수배전반	1.12%
스위치/콘센트	1.12%

2) 인천용진

- 인천용진 모듈러주택은 공공실버와 공공주택으로 구분되어 있으며, 이를 기준으로 하자 내역을 정리하면 다음과 같음
- 공공주택에서 발생한 하자를 기준으로 주요 하자발생 부위는 도배, PL창호와 건축기타이며, 각각 23.96%, 16.60%, 14.34%로 전체하자의 54.91%를 차지함
- 공공실버에서 발생한 하자를 기준으로 주요 하자발생 부위는 공공주택에서와 동일하게 도배, 실링공사와 주방가구이며, 각각 29.79%, 13.48%, 13.30%로 전체하자의 56.56%를 차지함
- 공공주택과 공공실버주택의 하자를 통합하면, 도배, 건축기타, PL창호, 주방가구, 실링공사가 가장 많은 하자를 차지하며, 전체하자의 65.73%를 차지

- 이 다음으로 수장공사, 신발장, UBR, 도장공사 순이며, 이는 3.5% ~ 4.52% 사이의 비중을 차지

[표 2-3] 인천용진 하자분류 및 하자비율

구분	하자비율		
	공공실버	공공주택	통합
타일공사	3.01%	2.83%	2.92%
도배	29.79%	23.96%	26.87%
장판	1.77%	2.45%	2.11%
건축기타	6.21%	14.34%	10.27%
실링공사	13.48%	4.91%	9.19%
UBR	4.08%	4.34%	4.21%
기계기타	4.08%	2.64%	3.36%
현관문	2.48%	3.96%	3.22%
주방가구	13.30%	6.04%	9.67%
수전류	0.00%	0.38%	0.19%
점검구	0.89%	0.75%	0.82%
조명기구	0.53%	2.45%	1.49%
PL창호	2.84%	16.60%	9.72%
도장공사	5.50%	1.51%	3.50%
신발장	5.32%	3.40%	4.36%
전기기타	0.18%	0.19%	0.18%
월패드	0.00%	0.38%	0.19%
렌지후드	0.89%	0.38%	0.63%
분전반	1.42%	0.00%	0.71%
통신기타	0.35%	0.57%	0.46%
도어록	0.00%	0.19%	0.09%
발코니사시	0.18%	0.00%	0.09%
스위치/콘센트	0.00%	0.19%	0.09%
수장공사	3.19%	5.85%	4.52%
시스템가구	0.18%	0.00%	0.09%
비디오폰	0.35%	0.19%	0.27%
욕실배기팬	0.00%	0.19%	0.09%
양변기	0.00%	0.38%	0.19%
유리	0.00%	0.19%	0.09%
온도조절기	0.00%	0.38%	0.19%
싱크	0.00%	0.19%	0.09%
위생도기	0.00%	0.19%	0.09%

3) 부산용호

- COTIS를 기준으로 부산용호 모듈러주택에서 발생 하자는 다음과 같음
- 부산용호 모듈러주택에서 발생한 주요 하자 부위는 도배 및 UBR을 대상으로, 동일하게 18.12%로 가장 높음
- 도배 및 UBR 이외에 건축기타(10.87%), 장판(10.14%), 타일공사(5.80%), 조명기구(5.80%), PL창호(4.35%) 순으로 높게 나왔으며, 기타항목으로 실링공사, 현관문 등에서 3.62% 이하로 집계됨

[표 2-4] 부산용호 하자분류 및 하자비율

분류	하자비율
타일공사	5.80%
도배	18.12%
장판	10.14%
건축기타	10.87%
실링공사	0.72%
UBR	18.12%
기계기타	2.17%
현관문	3.62%
주방가구	2.90%
수전류	2.90%
점검구	0.72%
조명기구	5.80%
목공사	0.72%
PL창호	4.35%
발코니난간	0.72%
도장공사	0.72%
신발장	0.72%
전기기타	2.17%
월패드	0.72%
비상콜	0.72%
렌지후드	0.72%
분전반	0.72%
통신기타	0.72%
오배수	1.45%
도어록	0.72%
CCTV	0.72%

분류	하자비율
공동출입구	0.72%
인터폰	0.72%
개별보일러	0.72%

1.2. 하자내용 분석 및 주요 하자도출

- 전체 하자건수를 기준으로 50건 이상 발생한 하자를 대상으로 분석을 시행하였으며, 이에 해당하는 작업은 도배(24.6%), 건축기타(10.1%), 실링공사(7.9%), UBR(6.7%), 주방가구(8.7%), PL창호(9.6%)을 대상으로 세부항목 분석을 시행함

1) 도배공사

- 하자 내용을 구분하면, 벽지 젖음, 벽지 찢김, 벽지오염, 벽지 불량 시공, 미시공, 곰팡이, 벽구멍으로 구분

[표 2-5] 도배공사 하자리스트

하자 내역 구분	프로젝트별 하자비율				통합 하자비율
	부산용호	천안두정	공공실버	공공주택	
벽지 젖음	12.5%	20.0%	-	0.8%	1.5%
벽지 찢김	41.7%	40.0%	16.7%	15.0%	18.2%
벽지 오염	29.2%	-	6.5%	7.9%	8.6%
벽지 시공 불량	16.7%	40.0%	64.9%	48.0%	54.3%
미시공	-	-	4.2%	1.6%	2.8%
곰팡이	-	-	7.7%	24.4%	13.6%
타공사국	-	-	-	2.4%	0.9%

- 하자 내역을 분석해보면 벽지 젖음, 곰팡이는 전체 하자건수의 15.1%에 해당하며 누수로 인하여 발생한 것으로 판단됨
- 벽지 찢김, 벽지 오염과 타공사국은 전체 하자건수의 27.7%에 해당하며 현장이나 공장에서 모듈러유닛 내부에서 작업 중 발생한 것으로 판단됨

- 벽지 불량 시공은 벽지 밀림, 벽지 들뜸, 벽지 움, 벽지 벌어짐, 벽지 주름짐, 도배지 미시공과 같이 다양한 내역이 포함되어 있으며, 54.3%로 가장 많은 비중을 차지함
- 벽지 불량 시공의 원인은 작업자의 작업 품질 문제와 감리자의 품질관리 미시행으로 수정 작업을 수행하지 않아 발생할 수 있으며, 특히 벽지 들뜸과 벽지 벌어짐 같은 경우 누수 또는 습기로 인하여 발생할 수 있는 하자로 판단됨
- 벽지 미시공은 2.8%의 비중을 차지하고 있으며, 발생 원인은 감리자의 품질관리 미시행으로 발생하였다고 할 수 있음

2) 실링공사

- 하자 내용을 구분해보면 실링재가 사용되는 위치를 대상으로 구분이 가능
- 외창(발코니 창호) 주위, 분합창 주위, 현관문틀 주위, 현관문틀 주위, 현관바닥 타일 부위, 벽&천장 모서리 부위, 현관바닥 타일 부위, 발코니 바닥 및 벽타일 부위, 보일러 주위, 보일러 선희통 부위, 기타(가스레인지대 주위, 세탁기 수전 주위, 장판 부위)로 구분할 수 있음

[표 2-6] 실링공사 하자리스트

하자 내역 구분	프로젝트별 하자비율				통합 하자비율
	부산용호	천안두정	공공실버	공공주택	
외창	-	-	1.98%	17.65%	5.8%
분합창	-	-	19.80%		14.6%
현관문틀	-	-	0.99%		0.7%
벽&천장	-	100%	4.95%	5.88%	5.8%
현관바닥 타일	-	-	16.83%	11.76%	15.3%
발코니바닥 및 벽타일 시공불량	100%	-	25.74%	35.29%	28.4%
보일러접면	-	-	2.97%	5.88%	3.7%
보일러 선희통실링 미시공 마감불량	-	-	24.75%	11.76%	21.1%
기타	-	-	1.98%	11.76%	4.4%

3) UBR

- 하자 내역을 분석해보면 UBR시스템에 설치한 기구에 따라 욕실천장, 욕실문, 세면대, 샤워기, 변기, 욕실장&거울, 욕실바닥&타일, 배수구, 환풍구로 구분 가능함
- 생활하자라기 보다는 부품 미설치 또는 설치 불량에 많은 비중을 차지함

[표 2-7] UBR 하자리스트

하자 내역 구분		프로젝트별 하자비율				통합 하자비율
		부산용호	천안두정	공공실버	공공주택	
욕실 천정	누수	4.17%	-	-	-	1.1%
	천장재 실링	-	5.88%	-	4.35%	2.3%
	점검구 설치 불량	4.17%	-	-	-	1.1%
욕실문	시트지 탈락	-	-	4.35%	4.35%	2.3%
	시건장치	-	-	-	8.70%	2.3%
	문틀&문 시공불량	-	11.76%	8.70%	8.70%	6.9%
세면대	오염, 녹 (선반오염)	16.67%	-	17.39%	8.70%	11.5%
	부품설치 불량 (뿔업, 수전)	4.17%	5.88%	26.09%	8.70%	11.5%
	설치 불량	-	5.88%	8.70%	4.35%	4.6%
샤워기	부품설치 불량 (수전, 헤드 등)	8.33%	-	4.35%	8.70%	5.7%
	샤워부스 실링	-	5.88%	-	-	1.1%
변기	오염	8.33%	-	13.04%	4.35%	6.9%
	설치 불량 (누수, 역류 등)	8.33%	5.88%	8.70%	8.70%	8.0%
욕실장 &거울	설치 불량	8.33%	-	8.70%	4.35%	5.7%
	오염	-	-	-	4.35%	1.1%
욕실 바닥 &타일	마감불량	8.33%	-	-	-	2.3%
	구배불량	12.50%	35.29%	-	8.70%	12.6%
	오염	8.33%	11.76%	-	4.35%	5.7%

하자 내역 구분		프로젝트별 하자비율				통합 하자비율
		부산용호	천안두정	공공실버	공공주택	
배수구	부품 미설치	4.17%	-	-	-	1.1%
환풍기	작동 불량	4.17%	11.76%	-	8.70%	5.7%

4) 주방가구

- 주요 모듈러 하자의 경우 싱크대 걸레받이 미시공과 주방가구 경미하자(스크래치, 오염 등)가 대부분을 구성하고 있음

[표 2-8] 주방가구 하자리스트

하자 내역 구분		프로젝트별 하자비율				통합 하자비율
		부산용호	천안두정	공공실버	공공주택	
싱크대 걸레받이 미시공 및 하자(미고정)		-	-	81.08%	-	52.63%
싱크대 걸레받이 하자		-	-	1.35%	3.13%	1.75%
주방가구 설치하자 (경첩, 들뜸, 부착등)		75%	-	5.41%	15.63%	10.53%
주방가구 자체 하자 (스크래치, 오염, 랩핑 등)		25%	100%	12.16%	81.25%	35.09%

5) PL창호

- PL창호가 사용되는 곳은 발코니 창호 분합창, 복도쪽 창호로 구분이 됨
- 주요 하자는 원인은 단순 찍힘이나 오염과 부품 누락이나 작동 불량이 높은 비중을 차지하나 창틀의 뒤틀림으로 인한 단합 불량과 물고임은 전체 하자의 48.41%로 높은 비중을 차지

[표 2-9] PL창호 하자리스트

하자 내역 구분		프로젝트별 하자비율				통합 하자비율
		부산용호	천안두정	공공실버	공공주택	
방충망 하자 (구멍, 찍힘 등)		60%	12.50%	75%	15.73%	24.60%
방충망 단합불량 (수직불량, 창틀하자)		-	6.25%	-	40.45%	29.37%
창틀 물고임		-	0.00%	-	11.24%	7.94%
외부창문 단합 불량 (수직불량)		-	6.25%	-	11.24%	8.73%

하자 내역 구분	프로젝트별 하자비율				통합 하자비율
	부산용호	천안두정	공공실버	공공주택	
분합창 단함불량 (수직불량)	-	0.00%	-	3.37%	2.38%
분합창하자 (오염, 부품누락 등)	20%	68.75%	18.75%	10.11%	19.05%
복도창호크랙	-	6.25%	-	-	0.79%
잠금장치 불량	20%	-	6.25%	7.87%	7.14%

1.3. 모듈러주택 하자 및 일반아파트 하자 비교

- 2017년 ~ 2021년까지의 5년동안 하자 분석 자료를 바탕으로 모듈러주택하자와 일반아파트 하자 하자내역을 비교하면 주요하자 발생 비율은 비슷함.
- 주택법 시행령 개정으로 2021년부터 하자분류체계 변경으로 2017년부터 2020년까지 주요하자 내역과 2021년 중대하자 및 일반하자 내역이 구분되며 다음과 같음

[표 2-10] 2017~2020년 주요하자 내역

공종		하자유형	하자비율
건축	철근콘크리트	■ 건축균열	0.3%
	타일공사	■ 건축 구배불량	29.5%
	방수공사	■ 전용부위 누수 ■ 공용부위 누수	
	창호공사	■ 창호불량	4.4%
	가구공사	■ 주방가구 파손 ■ 일반가구 파손	5.2%
	도배공사	■ 단열불량	20.0%
기계 전기	오배수공사	■ 발코니 배관 누수 ■ 화장실 배관 누수	25.8%
기계 전기	위생기구공사	■ 욕조 시공불량 ■ 위생기구 파손	13.3%
	소방공사	■ 스프링클러 누수	0.6%
토목	포장·오수·배수	■ 토목 구배불량	0.6%

공종		하자유형	하자비율
토목	옹벽공사	- 토목균열 - 토목구조물 침하	0.1%
조경	식재공사	수목고사	0.2%
	조경시설물공사	수경시설 누수	0.0%

[표 2-11] 2021년 중대하자 내역

하자 구분		하자비율
건 축	콘크리트 균열	0.9%
	콘크리트 철근노출	0.5%
	건축물누수	25.6%
	난간대 불량	2.6%
기 계	배관누수	23.2%
	배관류 동파	0.0%
	급수급탕 불량	0.5%
	위생기구 불량	3.3%
	난방설비 불량	1.0%
	기계소방설비 불량	1.3%
	배수 불량	1.3%
	가스설비 불량	2.7%
전 기	전기 누전	0.7%
	조명기구불량	31.1%
	승강기 불량	0.4%
	화재감지기 불량	2.2%
토 목	보도·차도 하자	0.9%
	옹벽 하자	1.9%

[표 2-12] 2021년 일반하자 내역

하자 구분		하자비율
건 축	미장공사	0.19%
	도장공사	7.45%
	방수공사	0.41%
	창호공사	19.57%
	단열공사	0.00%
	바닥공사	11.70%
	타일공사	6.85%
	도배공사	10.51%
	석 공 사	0.07%
	가구공사	10.47%
	잡 공 사	0.70%
	유리공사	2.02%
	목 공 사	0.04%
	실링공사	1.93%
	UBR	4.03%
	건축기타	7.46%
기 계	배관공사	1.18%
	위생설비	2.90%
	환기설비	1.93%
	난방설비	0.21%
	기계소방	0.30%
	오 배 수	0.61%
	가스설비	0.05%
	펌 프 류	0.03%

하자 구분		하자비율
기 계	수도꼭지	1.80%
	냉방설비	0.10%
	기계기타	1.13%
전 기	배선기구	1.34%
	조명기구	3.41%
	승 강 기	0.02%
	전기소방	0.04%
	전기기타	0.14%
통신	홈네트워크	0.72%
	CCTV	0.02%
	방송설비	0.06%
	TV공청설비	0.02%
	통신기타	0.37%
토 목	포장공사	0.09%
	포장공사(경계석)	0.00%
	부대공사	-
	우오수시설	0.00%
	토목기타	0.00%
조경	조경식재	0.01%
	조경시설물	0.07%
	조경기타	0.00%

- 창호공사, 바닥공사, 도배공사, 가구공사, UBR, 건축 기타 하자가 높은 비율로 나타나 모듈러 주택과 일반 아파트의 하자 발생 공정은 비슷한 것으로 분석됨.
- 하지만, 모듈러 주택의 경우 조립으로 인한 석고보드 결합부위, 창틀 연결부위, 각종 연결부위의 씰링부위에 대한 하자이고 이러한 연결부위의 부실로 인해 누수와 같은 주요하자가 발생함

2. 모듈러주택 거주자 설문지 조사 및 심층인터뷰

2.1. 설문조사 내용 및 결과

- 설문조사 내용은 거주하고 있는 모듈러주택의 주요 품질에 대한 조사와 모듈러주택에 대한 인식 조사를 수행
- 조사내용은 기본항목, 실내하차 및 품질관련 질문, 공용부위 하자 및 품질관련, 모듈러주택에 대한 인식 총 4개의 상위 항목으로 조사하였으며, 총 질의 사항은 32개로 구성되어 있음

1) 모듈러주택 만족도 조사

- 현 거주지 모듈러주택에 대한 품질 만족도에 대한 물음에 대한 답변은 만족한다(8), 보통이다(2), 만족하지 못한다(1), 전혀 만족하지 못한다(1)로 답변을 받았음
- “만족하지 못한다”와 “전혀 만족하지 못한다”로 답변을 한 인터뷰 당사자에게 이유를 물어보았을 때 이웃에 대한 불만족에 대한 의견을 제시하였으며, 거주하는 집에 대한 불만이 아님을 알 수 있었음.
- 그리고 ”보통이다”로 답답한 사례 중 한 건은 입주시에 발생한 LH행정에 대한 불만족으로 인한 것임을 알 수 있었음
- 따라서 “만족하지 못한다”와 “전혀 만족하지 못한다”에 대한 의견이 건물에 대한 것이 아니므로 이를 이상치로 제외하면 모듈러 건축물에 대한 만족도는 높은 것으로 판단할 수 있음



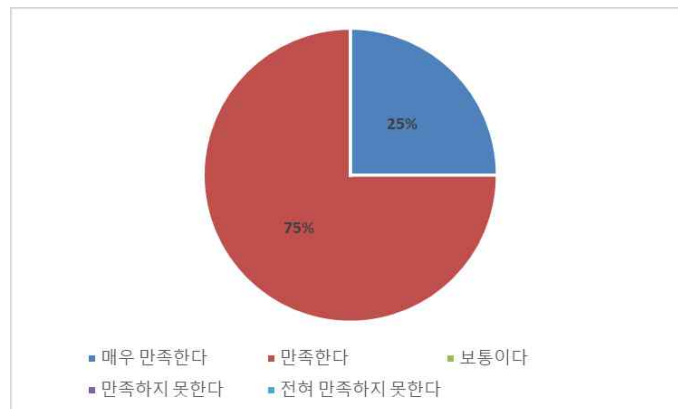
[그림 2-1] 현 거주 모듈러주택에 대한 만족도



[그림 2-2] 현 거주 모듈러주택에 대한 만족도 (이상치제거)

2) 모듈러주택 하자 및 품질 조사

- 모듈러주택 품질과 관련해서 기밀, 단열, 결로, 누수, 환기, 소음, 진동과 관련하여 7개 항목으로 질의를 하였음
- 기밀, 결로, 누수와 관련한 질문은 2점 척도(있다, 없다)로 진행하였으며, 다른 4개 항목은 만족도 조사와 같이 5점 척도(매우 만족한다, 만족한다, 보통이다, 만족하지 못한다, 전혀 만족하지 못한다)로 진행하였음
- 기밀성과 관련한 답변은 “외풍이 느껴지지 않는다(12)”, 결로발생 여부는 “없음(12)“, 누수 발생 여부는 “없음(12)”으로 답변되어 이와 관련한 모듈러품질에 이상이 없는 것으로 판단됨
- 단열에 대한 만족도는 매우 만족한다(3), 만족한다(9)로 만족도가 매우 높은 것으로 판단됨(그림2-3)



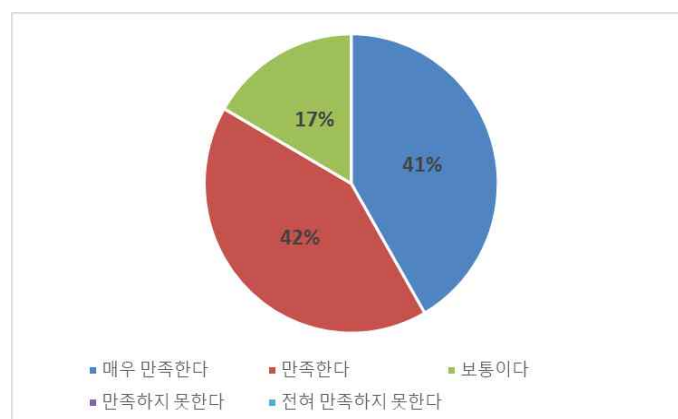
[그림 2-3] 단열에 대한 만족도

- 환기에 대한 만족도는 만족한다(5), 보통이다(4), 만족하지 못한다(3)로 만족도가 보통으로 판단됨(그림2-4)
- 환기에 대한 만족도가 낮게 나온 이유는 모듈러주택이 26Type인 경우 터널형식의 세로가 긴 원룸형태로 베란다 창문을 열어 둔다고 하더라도 공기가 순환하기 어렵기 때문임



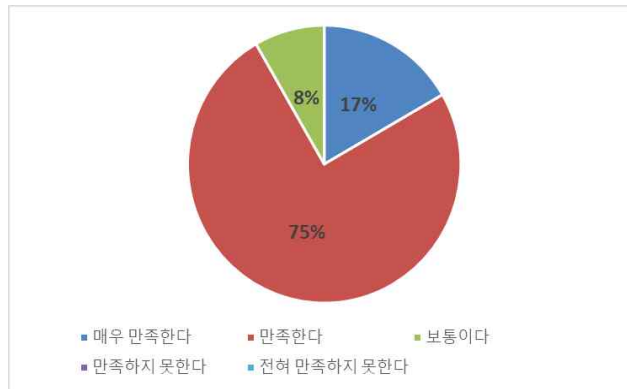
[그림 2-4] 환기에 대한 만족도

- 소음과 관련해서는 층간소음, 세대 간 소음, 베란다 소음, 복도 소음과 관련하여 조사를 시행함
- 층간소음에 대한 방음성능의 만족도는 매우 만족한다(2), 만족한다(9), 보통이다(1)로 층간소음에 대한 방음성능품질은 만족하는 것으로 판단됨



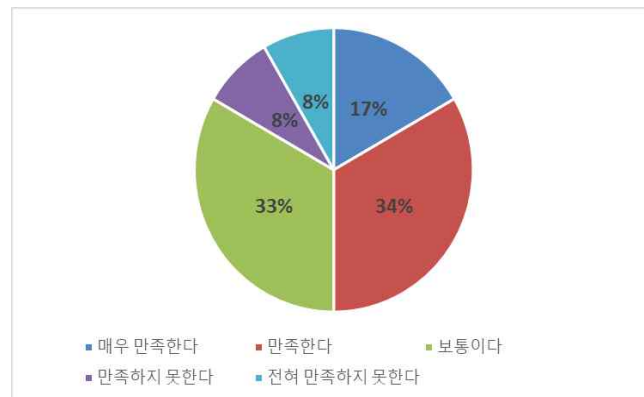
[그림 2-5] 층간소음에 대한 만족도

- 세대 간 소음에 대한 방음성능의 만족도는 매우 만족한다(5), 만족한다(5), 보통이다(2)로 세대 간 소음에 방음성능 품질은 만족하는 것으로 판단됨



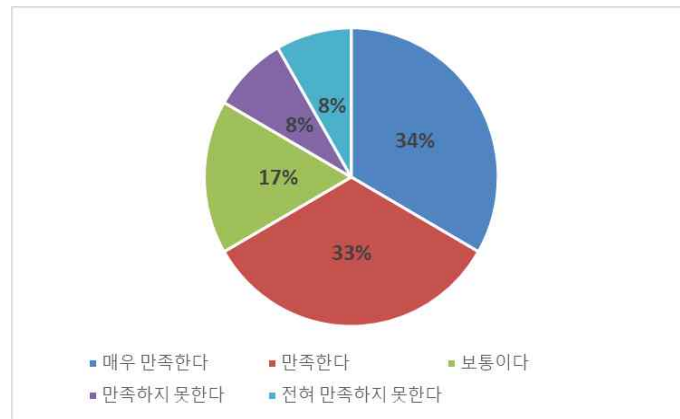
[그림 2-6] 세대 간 소음에 대한 만족도

- 베란다쪽의 외부소음에 대한 방음성능은 매우 만족한다(2), 만족한다(4), 보통이다(4), 만족하지 못한다(1), 전혀 만족하지 못한다(1)로 베란다쪽의 외부소음에 대한 방음성능품질에 대한 의견은 다양한 것으로 조사됨
- 보통이다, 만족하지 못한다, 전혀 만족하지 못한다로 답변한 인터뷰 대상자의 이유가 환기를 위해 베란다쪽 창문을 열어 두면 외부소음이 들리기 때문이라고 언급하였음
- 이는 실제적인 문을 닫았을 때의 방음 성능에 대한 것이 아니고 작은 평형으로 인한 환기시설 부족으로 인한 것으로 위 설문답변을 제외하면 베란다쪽 외부 소음에 대한 방음성능은 좋은 것으로 판단됨



[그림 2-7] 베란다쪽의 외부 소음에 대한 만족도

- 복도, 계단실에서 발생하는 소음에 대한 방음성능은 매우 만족한다(4), 만족한다(4), 보통이다(2), 만족하지 못한다(1), 전혀 만족하지 못한다(1)로 베란다쪽의 외부소음에 대한 방음성능품질에 대한 의견은 다양한 것으로 조사됨



[그림 2-8] 북도쪽의 외부 소음에 대한 만족도

2.2. 거주 후 평가(POE) 결과 분석

- 2022년 거주 후 평가(POE)는 천안두정 모듈러주택을 대상으로 하였으며, 설문 대상은 총 8명임

1) 모듈러주택 만족도 조사

- 모듈러주택의 만족도는 내부 공간 전반 만족도(B1), 내부 공간 색상 및 디자인 만족도(B2), 외부 공간(공용 시설 + 커뮤니티 시설) 전반 만족도(B5), 공용부 색상 및 디자인 만족도(B6), 공용 시설 전반 만족도(B7), 커뮤니티 시설 전반 만족도(B10) 조사를 하였으며, 이를 통합하는 질문으로 내·외부 거주 종합 만족도(B16)를 조사함
- 만족도 조사 항목 별 불만족 공간과 공간별 개선 필요 요소에 대한 조사를 수행함 (예) 내부 불만족 공간이 주방인 경우 면적이 좁다거나, 동선이 불편하다는 것과 같은 불편한 사항에 대한 설문
- 모듈러주택의 만족도의 주요 지표는 B1, B5, B16이며, 이 질의항목에 대한 의미를 생각해보면 B1은 내부 공간 전반 만족도로 면적, 구조, 색상, 인테리어, 품질, 하자 등과 같이 실내 생활공간의 개인적인 만족도라고 볼 수 있고, B5의 경우 외부공간인 주차장, 주동, 놀이터 등과 같은 공용시설과 커뮤니티 시설에 대한 만족도이며, B16은 B1과 B5를 통합한 만족도임
- 내부 공간 전반 만족도(B1)의 경우 불만족 25%, 보통 37.5%, 만족 37.5%로 조사되었으며, 내부 공간 색상 및 디자인 만족도(B2)는 불만족 12.5%, 보통,

37.5%, 만족, 25%, 매우 만족 25%로 대체적으로 만족하는 것으로 조사됨

- 내부 불만족 공간에 대한 응답은 주방 25.0%, 발코니 25.0%, 거실 18.8%, 욕실 18.8%, 현관 12.5% 로 조사되었으며, 불만족스러운 사항은 아래와 같음
 - 현관 : 면적이 좁고, 수납이 부족
 - 욕실 : 타일, 수전 디자인 마음에 들지 않음, 샤워 장소의 유리벽이 없음, 물이 고이고 청소하기 불편
 - 발코니 : 발코니 폭이 좁음, 타일의 디자인이 마음에 들지 않음, 세탁기 설치 위치가 불편함, 세탁물 건조가 어려움(공간이 부족)

[표 2-13] 내부공간 POE 만족도

구분	1 매우 불만족	2 불만족	3 보통	4 만족	5 매우 만족
B1		2(25.0%)	3(37.5%)	3(37.5%)	
B2	1(12.5%)		3(37.5%)	2(25.0%)	2(25.0%)

- 외부공간(공용시설 + 커뮤니티 시설) 전반 만족도(B5)의 경우 매우 불만족과 불만족이 25%, 보통이 50%, 만족과 매우만족이 25%이며, 해당 조사 대상건물의 경우 공용시설에 해당하는 주차장이 협소하고 조경은 미흡하며, 커뮤니티 시설은 경로당은 있으나 설문자 중 사용해 본 경험은 전혀 없으므로 이에 대한 평가가 낮을 수밖에 없음
- 공용부에 해당하는 주동출입구, 주차장, 조경, 승강기 홀 및 복도를 대상으로 한 설문 항목은 공용부 색상 및 디자인 만족도(B6)와 공용 시설 전반 만족도(B7)이며, B6의 경우 만족도가 타 설문 문항보다 만족도가 높음
- 커뮤니티 시설 전반 만족도(B10)의 경우 앞에서 말한 것과 같이 경로당은 있으나 면적이 좁고 시설관리가 되지 않고 있다고 답변을 했으며, 설문자 중 사용해 본 경험은 없는 것으로 볼 때, 설문자들이 필요로 하는 커뮤니티 시설은 없는 것으로 판단됨
- 따라서 커뮤니티 시설 전반 만족도(B10)는 매우불만족과 불만족이 62.5%, 보통이 37.5%로 다른 설문 문항보다 만족도가 더 낮은 것으로 분석됨

[표 2-14] 외부공간 POE 만족도

구분	1 매우 불만족	2 불만족	3 보통	4 만족	5 매우 만족
B5	1(12.5%)	1(12.5%)	4(50.0%)	1(12.5%)	1(12.5%)
B6			2(25.0%)	5(62.5%)	1(12.5%)
B7		1(12.5%)	4(50.0%)	1(12.5%)	2(25.0%)
B10	2(25.0%)	3(37.5%)	3(37.5%)		

- 위의 설문조사 내용을 바탕으로 최종 전반적인 모듈러주택의 만족도 조사 결과는 불만족 37.5%, 보통 37.5%, 만족 25.0%로 나타났으며, 불만족이 조금 더 높은 것으로 판단됨
- 하지만 이는 일반 공동주택의 외부공간(공용시설 + 커뮤니티 시설)과 비교해서 천안두정 모듈러주택의 외부공간을 비교했을 때, 천안두정 모듈러주택의 외부공간이 일반 공동주택의 외부공간보다 시설측면이나 면적측면에서 만족도가 낮을 수밖에 없는 없으므로 비교대상이 되질 못하기 때문에 모듈러주택의 만족도가 단순히 일반 공동주택보다 낮다라고 분석할 수 없음

[표 2-15] 전반적인 POE 만족도

구분	1 매우 불만족	2 불만족	3 보통	4 만족	5 매우 만족
B16		3(37.5%)	3(37.5%)	2(25.0%)	

3. 주요 하자 항목 도출

- 설문조사와 심층인터뷰를 통한 하자를 파악하기에는 무리가 있으며, COTIS를 통한 하자 분석에서 주요 하자 항목 도출이 가능함
- “공동주택 하자의 조사, 보수비용 산정 및 하자판정 기준” 제2조(정의)에 따르면 하자를 시공하자, 미시공하자, 변경시공하자로 구분함

제2조(정의)

"시공하자"란 건축물 또는 시설물을 해당 설계도서대로 시공하였으나, 내구성·내마모성 및 강도 등이 부족하여 품질을 제대로 갖추지 아니하였거나, 끝마무리를 제대로 하지 아니하여 안전상·기능상 또는 미관상 지장을 초래할 정도의 결함이 발생한 것을 말한다.

"미시공하자"란 「주택법」 제33조에 따른 설계도서 작성기준과 해당 설계도서에 따

른 시공기준에 따라 공동주택의 내력구조별 또는 시설공사별로 구분되는 어느 공종의 전부 또는 일부를 시공하지 아니하여 그 건축물 또는 시설물(제작·설치·시공하는 제품을 포함한다. 이하 같다)이 안전상·기능상 또는 미관상의 지장을 초래하는 것을 말한다.

"변경시공하자"란 건축물 또는 시설물이 다음 각 목의 어느 하나에 해당하여 그 건축물 또는 시설물의 안전상·기능상 또는 미관상 지장을 초래할 정도의 하자를 말한다.

가. 관계법규에 설치하도록 규정된 시설물 또는 설계도서에 명기된 시설물의 규격·성능 및 재질에 미달하는 경우

나. 설계도서에 명기된 시설물과 다른 저급자재로 시공된 경우

- COTIS에서 분석한 대부분의 하자는 시공하자 또는 미시공하자가 대부분을 차지하고 특히 웅진백령 같은 경우 실링공사에서 미시공하자가 발견되었으며, 이를 통한 누수가 발생함
- 공동주택 하자의 조사, 보수비용 산정 및 하자판정 기준”에 따르면 균열, 철근노출, 누수, 신축줄눈, 긴결재, 관통부마감, 덕트미장, 결로, 싱크대 마감, 욕실문턱 및 거울, 타일, 트렌치, 바닥 배수, 목재 창호, 창호, 조명 배선, 조명설비, 공기조화·냉방설비, 난방설비, 급·배수 위생설비, 통신·신호 등 설비, 감시제어설비, 조경수, 도배, 바닥재, 설재, 가구, 보온재, 가전기기, 승강기, 보·차도 지하주차장, 옹벽, 자연재해, 준용규정, 미시공 및 변경시공 조사 항목으로 구성되어 있음
- 누수하자를 판단해보자면 건축물 또는 시설물에서 발생하는 누수부위 방수공사, 비방수공사 및 창호공사로 구분되며, 모듈러주택에서 발생한 하자는 방수하자와 창호하자에 속함

[표 2-16] 누수하자 기준

구 분		하 자 내 용	하자종류
부 위	누수상태		
방수공사	상시	- 지붕, 최하층 바닥 및 지하층 외벽 등의 누수 - 욕실, 세탁실, 샤워실 및 수전이 설치된 발코니 등의 물을 사용하는 공간은 방수공사 부위의 하부 또는 이면 등에서 물이 새어나오는 진행성 누수	방수하자
	일시	- 방수공사 부위의 하부 또는 이면의 마감면에 물이 남아있거나 흔적이 있는 누수(진행성 누수는 상시)	

비방수공사	상시	- 배관(급수·온수·난방 등의 배관 또는 우수관·오수관 등)에서 발생한 누수	배관하자
	상시 (일시)	- 외벽 또는 바닥의 관통균열 또는 이와 유사한 균열부위로 새어 나오는 누수	균열하자
창호공사	상시	- 창호의 외부에 면한 부위에서 빗물 등이 내부로 스며드는 누수 - 문틀 주위의 실링(=코킹) 등의 처리가 불량하여 발생한 누수	창호하자
	일시	- 창호 내부면 주위에 물이 남아 있거나 흔적이 있는 경우	
비 고	사용상 또는 유지관리 부실로 발생한 누수는 하자에서 제외한다.		

- UBR하자 내역에서 판단되는 하자는 바닥배수 하자로 바닥배수 하자는 바닥 일정 부위에 물이 장시간 고이거나 역물매가 형성되어 배수가 원활하지 않은 경우에 시공하자로 판단하며, 하자조사 내역에서 구배불량에 해당되며 12.6%정도 발생함

제22조(창호 기능)

- ① 창호의 틀과 짝의 수직·수평 및 닫힘 상태가 불량하여 문(門)을 열고 닫는 것이 용이하지 않거나, 기밀성이 현저히 떨어지는 등 기능상 지장을 초래할 경우에는 시공하자로 본다.
- ② 거실, 침실 또는 발코니 등의 바닥에서부터 천장까지 트여 있는 부위에 설치한 미서기문 또는 미닫이문에 손잡이를 설치하지 아니하여 문을 열고 닫을 때에 기능상 지장을 초래하는 경우에는 시공하자로 본다. 다만, 문을 열고 닫을 때에 문제가 없는 경우에는 하자가 아닌 것으로 볼 수 있다.
- ③ 침실의 방 여닫이문의 하부에 문턱이 없는 경우에는 그 여닫이문의 하부와 바닥 간의 틈새가 과다하거나 그 틈새를 최소화할 수 있는 장치(모헤어, 고무재질 등)를 설치하지 아니한 경우에는 시공하자로 본다.
- ④ 수동식 또는 전자식 잠금장치가 미설치, 기능불량, 작동불량 등으로 안전상, 기능상 또는 미관상 지장을 초래할 경우에는 시공하자로 본다.

- 창호하자는 아래와 같은 4개의 경우에 하자라고 판단하고 있으며, PL창호 하자 내역에서 조사한 경우 전체가 포함되는 것으로 판단됨
- 공기조화·냉방설비 하자는 UBR 하자내역 중 환풍기 작동 불량에 이에 속함
- 급·배수 위생설비 불량은 다음과 결함이 있는 경우에 시공하자로 판단하며, UBR 하자내역 중 설치오류가 이에 해당됨
- 도배하자의 경우 시공상 결함 등이 원인이 되어 도배지 및 시트지에서 발생한 들뜸, 주름, 이음부 벌어짐 등으로 인해 미관상 지장을 초래하는 경우에는 시공하자로 판단하므로 조사한 하자내역 전체가 이에 해당한다고 판단됨
- 가구하자의 경우 시공사가 설치한 주방가구, 수납가구를 포함한 가구류 등의 깨짐, 들뜸, 수직·수평불량, 고정불량(탈락위험), 개폐불량, 이음매 처리불량 등이 시공상 결함을 원인으로 하여 안전상, 기능상 또는 미관상 지장을 초래하는 경우 이를 시공하자 판단한다고 되어 있으며, COTIS에서 조사한 주방가구 하자 내역 전체가 이에 해당됨
- COTIS 하자내역에서의 썬팅공사는 미시공이 많으며, 미시공으로 인한 주요 하자는 누수하자가 발생할 수 있으나 썬팅공사 미시공으로 인한 기능적으로 특별한 하자가 발생하였다고 할 수 없으므로 주요 하자에서 제외하는 것이 맞을 것으로 판단됨
- 따라서 주요 하자는 조사 하자가 차지하는 비중과 하자판정기준의 내용을 비추어보았을 때, 누수, 바닥하자, 창호하자, 급·배수 위생설비하자, 도배하자, 가구하자라고 판단됨

제3장 모듈러주택 품질관리체계 구축

1. 모듈러주택 프로세스 검토

1.1. 모듈러주택 공장 및 현장 프로세스

1) 제작 및 조립 단계의 선행연구

- 배병윤 외 3인(2012)은 국내 모듈러의 공장생산 프로세스를 개선하기 위해 컨베이어 시스템 방식을 적용한 모듈러 공장의 생산 프로세스 방안을 제안함
- 모듈조립 → 바닥파이프 용접 → 바닥판 깔기 → 스테드 세우기 → 지붕 경량 철골 → 전기 통신 소방 → 내부 석고 마감 → 외부 판넬 마감 → 포장 단계로 분석
- 김태운 외 5인(2013)은 DSM 방법론을 사용하여 작업 순서의 선·후행 관계 기반의 최적 프로세스를 제시하고, 이를 공장의 레이아웃에 적용하기 위한 프레임 워크를 제시함
- 철골조립 → 장변벽시공 → 지붕시공 → 단변벽시공 → 바닥파이프 용접 → 바닥판 깔기 → 스테드 세우기 → 지붕 경량 철골 → 전기 통신 소방 → 내부 석고 마감 → 외부 판넬 마감 → 포장 단계로 분석

2) 주요 제작업체별 공장 제작 공정

■ 유창의 모듈러 건축시스템

- 유창의 모듈러 공장제작 및 현장조립 프로세스는 다음과 같이 정리할 수 있음
 - 공장제작: 모듈 구조체/바닥슬라브 → 벽체 설치 → 전기공사 → 설비공사 → 내부 수장공사 → 단열 및 외장공사 → 포장 → 출하
 - 현장조립: 기초공사 ⇒ 앵커볼트 설치 ⇒ 모듈러 현장반입 ⇒ 모듈러 설치 ⇒ 모듈러 적층 ⇒ 조인트 시공 ⇒ 완공

■ 포스코 A&C의 모듈러 건축시스템

- 포스코 A&C의 모듈러 건축시스템의 모듈러 공장제작 및 현장조립 프로세스는 다음과 같이 정리 할 수 있음
 - 공장제작 : 철골프레임/바닥슬래브 설치 ⇒ 벽, 천장 패널설치 ⇒ 전기 및 통신 배선 ⇒ 내부 단열재 설치 ⇒ 설비배관, 온수난방 물탈 ⇒ 욕실공사 ⇒ 수장공사 ⇒ 가구 설치 ⇒ 운송포장 ⇒ 출하
 - 현장조립 : 터파기 ⇒ 기초공사 ⇒ 모듈 현장반입 ⇒ 모듈 설치 ⇒ 모듈 적층 ⇒ 조립 ⇒ 완공

■ 스타코의 모듈러 건축시스템

- 스타코의 모듈러 건축시스템은 금강공업, 유창, 포스코 A&C의 모듈러 유닛을 쌓는 적층공법과 달리 모듈러 유닛을 구조체 사이에 끼워 넣는 인필식 공법을 적용하고 있음.
- 인필식 공법을 다시 말하면 라멘구조처럼 기둥, 보 또는 슬라브로 구성된 구조체에 모듈러 유닛을 끼워 넣은 공법임
- 스타코의 모듈러 공장제작 및 현장조립 프로세스는 다음과 같이 정리 할 수 있음
 - 공장제작 : 판넬 생산 ⇒ 바닥 프레임 조립 ⇒ 벽체 및 천정 판넬 소조립 ⇒ 화장실 구조체 제작 ⇒ 세대벽체 판넬 조립 ⇒ 벽체 전기 및 설비 배관 ⇒ 천장 판넬 소조립 및 설치 ⇒ 전기 및 설비 배관 ⇒ 수압테스트 ⇒ 포장 및 출하
 - 현장조립 : 터파기 ⇒ 기초공사 ⇒ 골조공사 ⇒ 모듈 현장반입 ⇒ 모듈 고정 ⇒ 모듈 내부 마감 ⇒ 완공

3) 모듈러주택 프로젝트별 제작공정

■ 부산용호 모듈러주택

- 2017년 08월 부산광역시 용호동에 대학생, 사회초년생, 주거약자 등을 대상으로 도시형 생활주택을 도심지 소규모 건설 공사로 사업개요 [표3-1]과 같음

[표 3-1] 부산 용호지구 모듈러주택 건설공사의 사업 개요

구 분	건설개요	비 고
규모	·다세대 주택 14호(B1~4F)	행복주택(도시형 생활주택)
공급대상	·대학생, 사회초년생, 주거약자(1호)	-
구조	·RC조(지하) + 철골조(지상)	지상층 23개 모듈러 구성
설계방식	·건축, 토목, 기계, 전기, 분리 설계 (공중별 수의계약)	주택개발단, 주택시설처, 공공주택사업처, 주택원가관리처
발주방식	·100억 미만의 적격심사 대상공사 ·제한경쟁, 총액입찰, 적격심사	·설계금액 12억 원 ·공업화주택 인증기업 ·전기/통신/가스 공사 분담이행

- 모듈러주택의 대부분의 공정은 공장에서 진행되며, 세부 공정별 단위작업 내용은 다음과 같음

- 구조체 제작 : H형강 조립, 내화도장, 지붕슬래브, 세대 슬래브, 콘크리트 타설, 방수터 시공 등
- 바닥공사 : 바닥 완충재, 난방배관, 방바닥 미장, 욕실 바닥판, 발코니 방수, 바닥 타일 등
- 벽체공사 : 벽체 스테드, 창틀설치, 전기배관, 설비배관, 벽체 단열시공, 벽체 석고보드, 욕실 벽체 등
- 천정공사 : 천정 단열, 천정틀 설치, 천정 석고보드 설치 등

- 현장시공은 모듈러 조립, 공용부위 패널설치, 방수공사, 기타마감 등으로 구분할 수 있으며, 각 공사별 단위작업 내용은 다음과 같음

- 모듈러 조립 : RC 접합부 조립, 각층 바닥 및 슬래브 접합부 조립, 수평 및 수직 모듈별 볼트체결, 외벽 패널 마감 등
- 패널설치 : 복도 난간 및 천정 패널 설치, 계단실 벽 및 천정 패널 설치 등
- 방수공사 : 복도 바닥 및 방수터, 1층 하부, 평지붕 바닥 및 방수터, 흡출기 하부 등
- 기타마감 : 흡출기, 에어컨 실외기, 기계설비 관련 배관설치, 가스 배관설치, 공용부위 바닥 타일 등

■ SH 서울가양 모듈러주택

- SH는 지난 2017년 12월 서울특별시 가양동에 사회초년생을 대상으로 도시형 생활주택을 공급하였으며, R&D 연구과제 시범사업과 연계하여 진행함
- 서울 가양지구 모듈러주택 건설공사에 대한 사업 개요는 [표 3-2]와 같이 요약

할 수 있음

[표 3-2] 서울 가양지구 모듈러주택 건설공사의 사업 개요

구 분	101동	102동
규모	주차장(1층), 주동(6층)	주차장(1층), 주동(4층)
1인실(16m ²)	16세대	12세대
2인실(34m ²)	2세대	-
세대수(합계 : 30세대)	18세대	
unit(합계 : 32세대))	20개(3.3 X 8.9m)	12개(3.3 X 8.9m)
공용시설	주민지원센터, 주민공동시설	-
입주대상자	사회초년생	사회초년생
실구성	원룸형, 신혼부부형	원룸형

○ 서울 가양지구 모듈러의 공종별 공장제작 프로세스는 다음과 같이 정리할 수 있음

- 골조공사: 원자재 반입 및 플라즈마 절단 → 부재 절곡 → 전처리 → 도장 → 부재 반입 → 단품가공 → 기둥가공 → 소조립 → 대조립 → 본조립 → 방청 터치업 → 검수 → END 플레이트 → Z 플레이트 → 데크 플레이트 → 슬리브 매립 → 바닥 냉온수 배관 → 데크 위 배력근 설치 → 스테드볼트 설치 → 부착력 보강근 → 매립 철물 용접 → 거푸집 설치 → 콘크리트 타설 및 양생
- 건식내화공사: 각파이프 용접 → 단열재 충전 → 바탕석고보드 붙이기 → 마감석고보드 붙이기 → 코너비드 → 퍼터
- 건식벽체 및 창틀공사: 레벨잡기 및 먹줄 놓기 → 런너시공 → 벽체 스테드 설치 → 전기박스 등 설치 → 기밀방습지 시공 → 기밀테이프 보강 → 벽체 석고보드 붙이기 → 합판보강 → 글라스울 충전 → CRC보드 붙이기 → OSB붙이기 → 창틀설치 후 우레탄 폼 충전
- 바닥공사: 냉온수 배관 → 층간완충재 → 경질우레탄 보드 → 기포 콘크리트 타설 → 현관 귀틀설치 → 난방배관 → 와이어매쉬 깔기 → 몰탈타설
- 천정공사: 천정 틀 설치 → 냉온수 분배기 설치(욕실 천정) → 전기통신 배관 설치(거실 천정) → 환기덕트 설치(욕실/싱크대 천정) → 천정 석고보드 붙이기 → 천정 OSB 붙이기 및 기밀 테이프 시공
- 방수 및 타일 공사: 발코니 방수 → 우레탄 방수 보강 → 배수구 설치 → 발코니 타일공사 → 현관 타일공사 → 주방 타일공사
- UBR 공사: 욕실 오배수관 설치(기포타설전) → 기포 및 몰탈 타설 → 바닥 방수관 설치 → 벽패널 설치 → 문틀 설치 → 바닥타일 시공 → 천장 설치 → 위생기구 설치
- 가구/기타 마감공사: 가구설치 → 걸레받이 및 천정물당 → 도배/콘센트 → 방화문

설치 → 모듈 하부 경질우레탄 폼 시공 → 투습방수지 시공 → Fire Stop 시공 → 포장 → 상차

○ 서울 가양지구 모듈러의 공종별 현장조립 프로세스는 다음과 같이 정리할 수 있음

- 앵커설치 및 모듈 양중준비 : 앵커설치 → 1차 레벨조정 → 베이스 플레이트 설치 → 2차 레벨조정 → 무수축물탈 타설 → 하부 잭서포트 설치 → 크레인 반입 설치 → 모듈 반입 → 밸런스 빔 연결
- 모듈양중 및 설치공사 : 가이드 핀 + 방진패드 설치 → 모듈러 양중 및 설치 → 모듈러 가조립 → 모듈러 본조립 → 코어-모듈 연결부 용접 → 코어-모듈 연결부 보강 → 코어-모듈 연결부 충전 → 모듈간 틈 우레탄 충전 → 지붕패널 설치
- 세대 마감공사 : 모듈 볼트체결 부위 단열재 충전 → 모듈 연결부위 인케이스트먼트 마감 → 발코니 피난벽체 시공 → 발코니 천정틀, 석고마감 → 세대내 우수배관 및 가스 배관 → 벽체 복합단열재, 천정 석고보드 마감 → 발코니 도장
- 복도 마감공사 : PD실 위생배관 시공 → 복도 천정 전기인입 → 복도 알루미늄 커튼월 및 창호 → 복도천정 텍스 및 점검구 → 복도 도장
- 외부마감 및 준공 : 외장 바탕용접 → 외장 단열재 및 강판 시공 → 외장 백업재 및 실리콘 마감 → 옥상 TPO방수 및 흡출기 설치 → 안전난간 및 시스템 비계 해체 → 외부도장 → 부대토목 → 조경 → 준공

■ 천안두정 모듈러주택

○ 천안두정 사업지구는 모듈러주택 연계형 공공주택 건설공사로서 건축개요는 같이 요약 할 수 있음

[표 3-3] 천안두정 모듈러주택의 건축 개요

구분		내용	비고
주택유형		행복주택	도시형생활주택
대지현황	위치	충남 천안시 서북구 두정동 581번지	-
	면적	971.20㎡	-
	지역/지구	제2종 일반주거지역	-
	도로현황	북측 통과도로 8M	32.72M 접합
건축규모	건축면적	402.16㎡	-
	건폐율	41.41%	법정 60% 이하
	연면적	1514.55㎡	-
	용적율	155.95%	법정 250% 이하
	세대수	40세대	대학생, 사회초년생, 고령자

구분		내용	비고
건축규모	구조	모듈러공법	RC + 적층식 + 인필식
	층수	지상 6층	1층(주차장, 주민공동시설)
주차대수		지상 17대	
조경면적(비율)		105.25㎡ (10.84%)	천안시 건축조례 10% 이상

- 적층식 공법은 모듈간의 접합부위와 공용부위 설비배관 등의 마감작업을 제외한 세대 내부의 모든 공사가 공장에서 진행되며, 모듈러 유닛의 공장제작 프로세스는 골조조립, 방청/내화도장, 데크설치, 콘크리트타설, 내화석고보드, 벽/천장 경량 스테드, 전기/통신배선, 내부 단열재 설치, 방바닥 미장, 욕실공사, 수장공사, 가구설치 순으로 진행됨

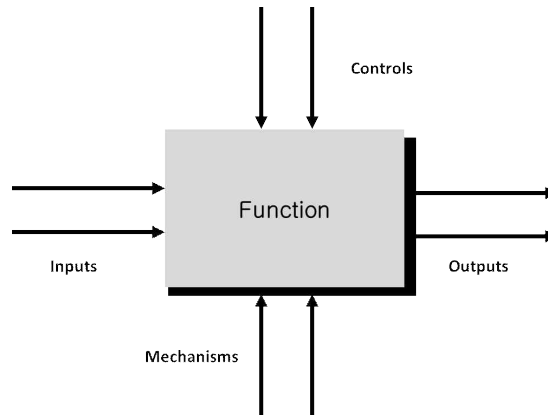
1.2. 모듈러주택 주요 프로세스

- 위의 3가지 프로젝트를 대상으로 주요 프로세스를 분석하고, 제작현장을 모니터링 해 본 결과 공정계획에 따라 순서대로 작업이 진행되고 있었으며, 작업환경에 따라 일부 작업은 동시에 작업하는 경우도 발생하였으나, 아래와 같은 주요공정을 따르고 있음
- 주요 공정은 모듈러구조체/바닥슬라브, 벽&천장설치, 배선/배관, 단열재 설치, 난방 배관, 욕실공사, 수장공사, 가구설치 순으로 구성되어 있음

2. IDEF를 활용한 모듈러 주택 프로세스 정립

2.1. IDEF

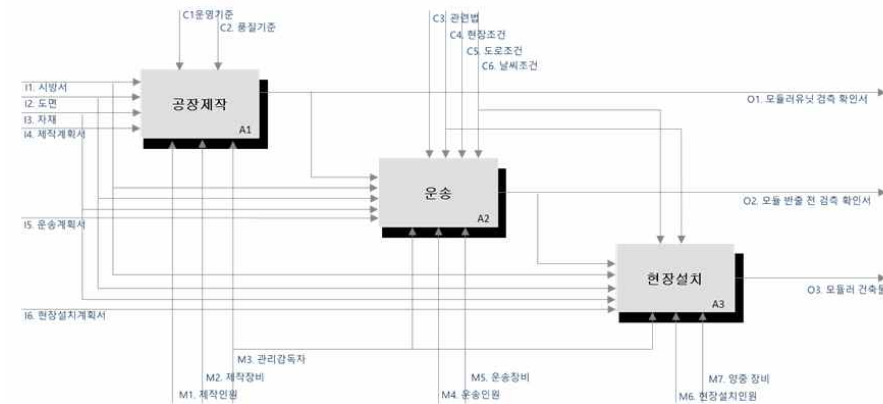
- IDEF (Integration DEFinition)기능 모델은 조직이나 기업에서 수행되어지고 있거나 수행되어야 할 기능, 또는 기능과 기능간의 관계를 그림과 문자로 표현해 놓은 것
- IDEF는 이러한 모델을 박스와 화살표로써 표현하며 각각의 박스를 계층적으로 분해 가능한 셀(Cell)로 가정
- IDEF 모델 다이어그램의 기본 구성은 박스형태로 표시되는 기능과 화살표로 표시되는 ICOM (Inputs, Controls, Outputs, Mechanisms)으로 구성



[그림 3-1] IDEF 도식도

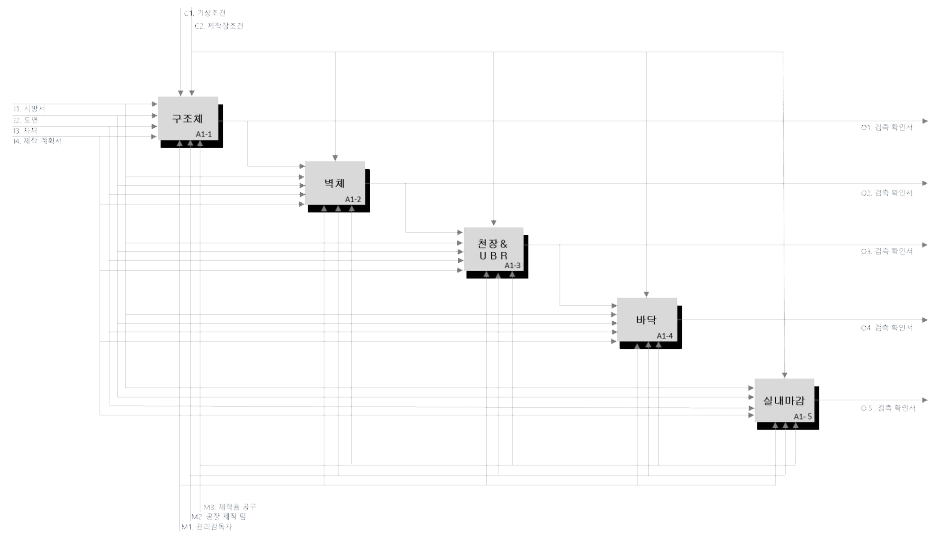
2.2. 모듈러 프로세스 IDEF적용

- 이를 IDEF모델링을 적용하면 아래의 그림과 같음
- 이들 중 모듈러주택의 주요 작업이 일어나는 공정은 공장제작과 현장설치에서 발생하며, 공장제작과 현장설치를 대상으로 하위단계의 IDEF를 적용하였음



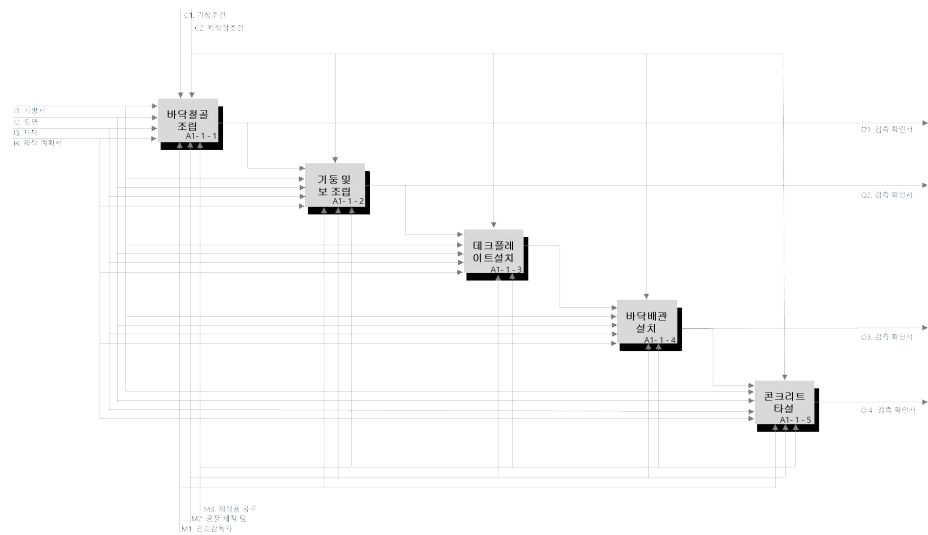
[그림 3-2] IDEF Level1

- 공장제작의 주요 단계는 총 5단계로 구분하였음, 구조체 조립, 벽체 설치, 천장 & UBR설치, 바닥난방공사, 실내마감공사임



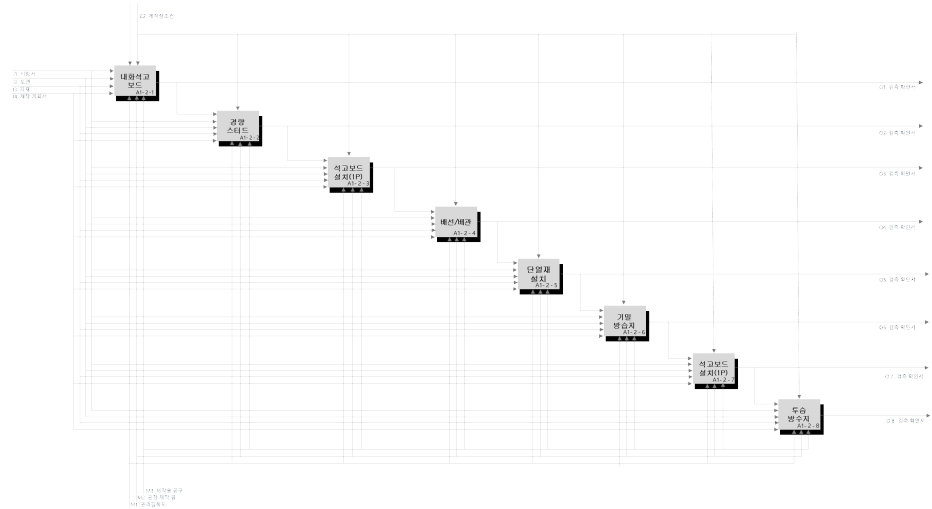
[그림 3-3] 공장제작부분 하위작업

- 구조체 조립공사는 총 5단계로 바닥철골조립, 기둥 및 본조립, 데크플레이트설치, 바닥배관설치, 콘크리트타설로 구분하였으며, 바닥철골조립과 기둥 및 본조립은 구조체 조립으로, 데크플레이트설치, 바닥배관설치 및 콘크리트타설공사는 바닥콘크리트 타설로 묶을 수 있으나, 구조체 조립 단계마다 수직수평검사를 수행하기 위해서 구분하였으며, 콘크리트 타설이 주요 검측시점 항목별로 구분하였음



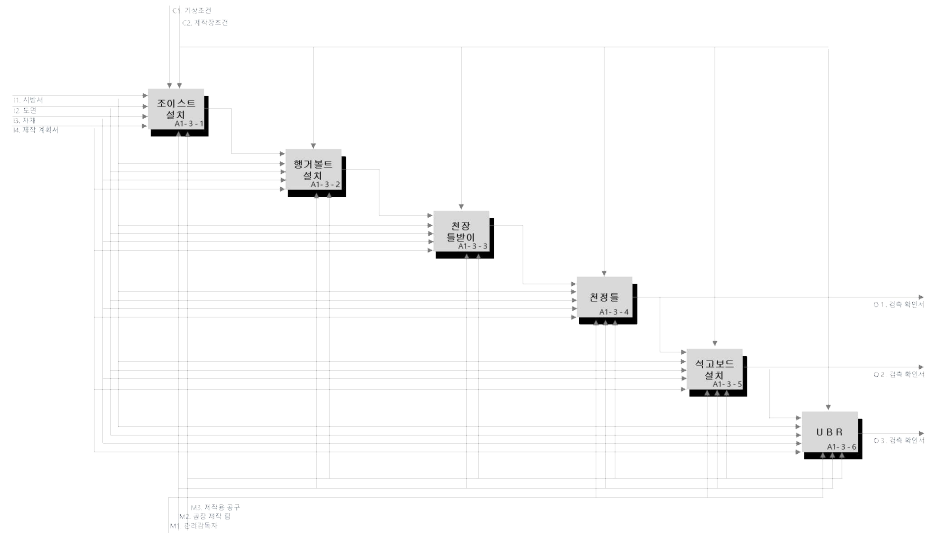
[그림 3-4] 구조체부분 하위작업

- 벽체 조립은 총 8개로 가장 많은 하위단계를 가지고 있음
- 내화 석고보드 설치를 시작으로 경량스터드, 석고보드설치, 배선/배관, 단열재 설치, 기밀방습지설치, 석고보드설치, 투습방수지 설치까지로 벽체를 구성하기 위한 작업을 포함시켰음
- 내화석고보드 설치에 인케이스먼트 프레임 시공과 방화석고보드 시공 두 가지 내용을 포함하고 있으며, 경량스터드의 경우 창문과 창틀 설치 작업까지 포함함



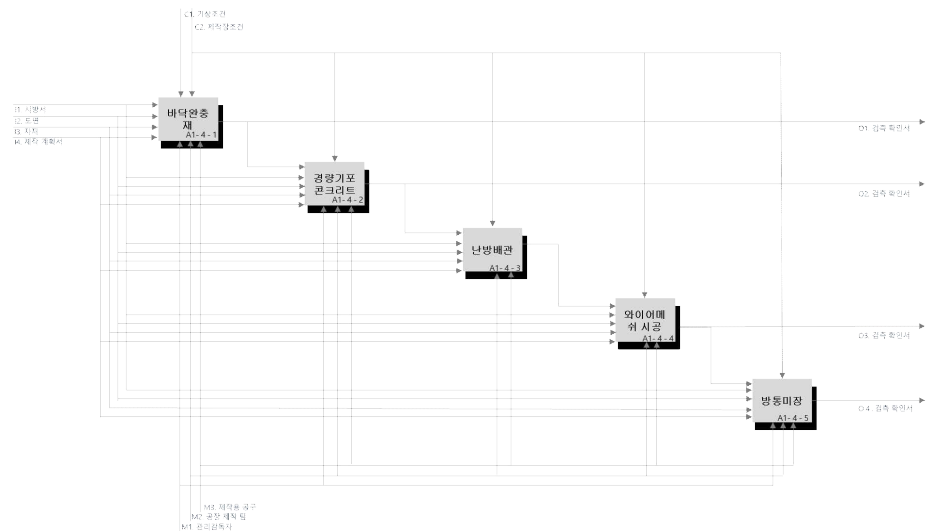
[그림 3-5] 벽체부분 하위 작업

- 천장공사는 총 6단계로 구성되어 있으며, 조이스트에서부터 천정 틀 설치까지 작업이 완료된 후 체크리스트를 통하여 작업을 수행하는 것으로 함
- 화장실공사에 해당하는 UBR 시스템 화장실은 하나로 표현하여 사용되는 자재에 대한 검수와 설치를 완성한 후 검측 내용이 포함되어 있음



[그림 3-6] 천장&화장실 부분 하위 작업

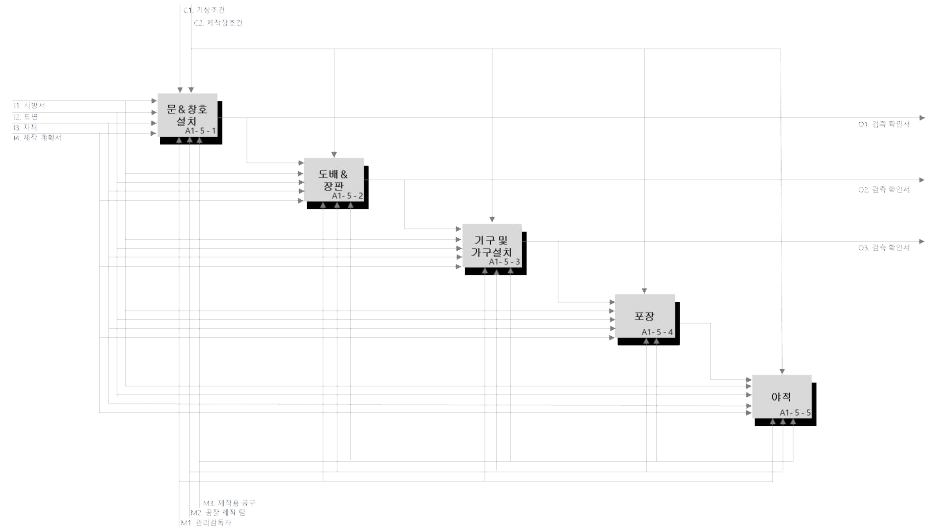
- 바닥난방공사는 총 5개의 단계로 구성되어 있으며, 바닥완충재, 경량 기포콘크리트 타설, 난방배관, 와이어메쉬 시공, 방통미장 순으로 되어 있음
- 난방배관과 와이메쉬는 별도로 체크하기에는 작업 내용이 작아서 두 개를 같이 묶어서 체크리스트를 작성하였음.



[그림 3-7] 바닥공사부분 하위 작업

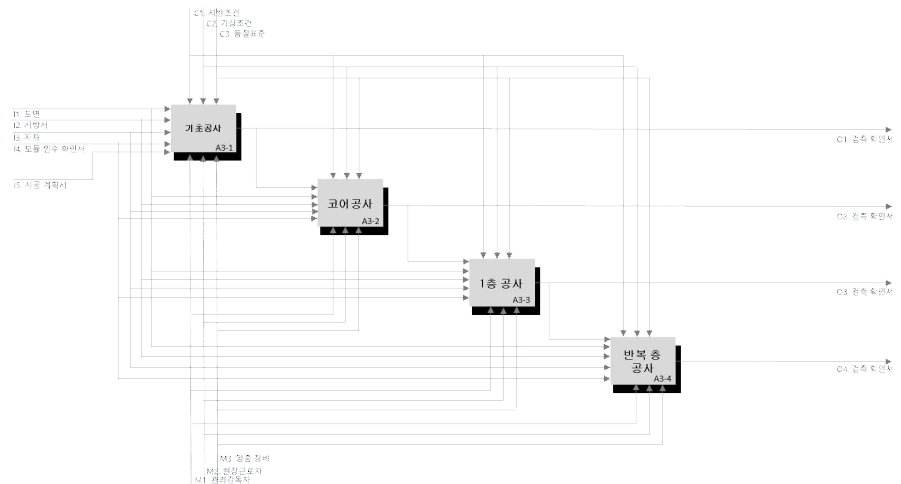
- 실내마감작업은 문&창호설치, 도배&장판공사, 가구 및 기구설치, 포장, 야적으로 구분하였으며, 누수를 제외한 대부분의 하자가 발생하는 작업으로 이는 작업 내용이 최종마감재를 사용하는 작업으로 육안으로 파악할 수 있기 때문인

것으로 판단됨



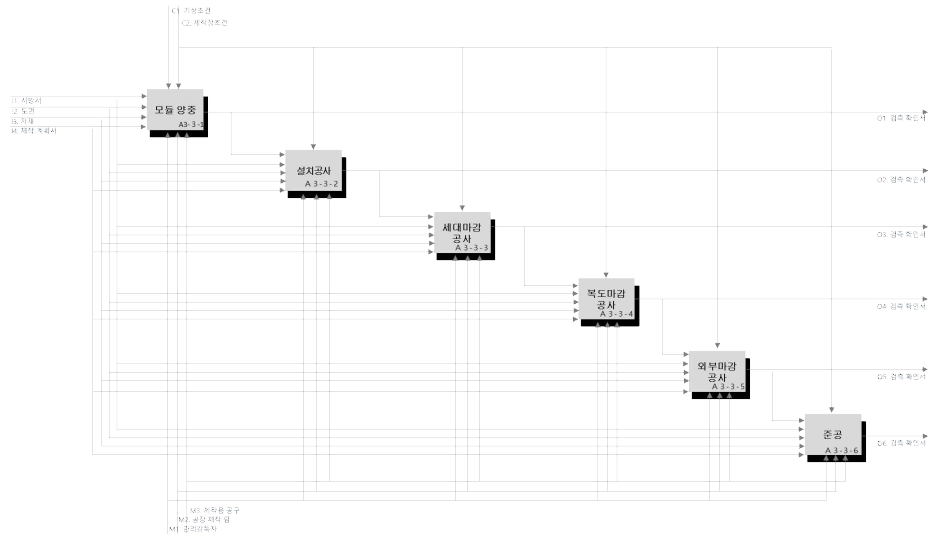
[그림 3-8] 마감공사부분 하위 작업

- 현장에서 발생하는 작업은 총 4개로 구분하였으며, 기초공사, 코어공사, 1층 공사, 반복 층 공사로 구분하였다. 1층 공사와 반복층 공사를 구분한 이유는 1층 공사의 경우 앵커볼트에 설치하는 작업으로 모듈러 유닛 위에 모듈러 유닛을 올리는 작업과 다르기 때문임



[그림 3-9] 현장공사부분 하위 작업

- 현장에서 발생하는 모듈러 유닛에 해당하는 작업은 설치를 제외하고 세대마감, 복도마감, 외부마감으로 구분함



[그림 3-10] 모듈러유닛 설치공사부분 하위 작업

3. IDEF 분석 자료를 기준으로 기존 품질관리 방안 통합

3.1. IDEF 단계별 체크리스트 검토

- 시방서 구분 중 기계설비, 포장 및 적재, 앵커설치, 유닛조립, 외장패널, 기타마감은 체크리스트가 별도로 존재하지 않음
- 공장제작에서 핵심공정만 시방서를 작성하다보니 일반적인 체크리스트 내용이 누락된 것으로 판단됨 (예 : 창호공사에 대한 체크리스트 누락)
- 포스코에서 수행한 웅진백령 모듈러 주택에서 적용한 특기시방서에서만 수장공사 (경량철골제작&설치, 외부합판 부착, 단열재 삽입, 내부 석고작업, 바닥판 부착, 내부칸막이공사), 전기공사(배선위치 타공, 전선관 삽입 등), 설비공사(배관설치, 바닥난방공사 등), 창호공사(창호 위치, 창틀설치, 유리창 설치 등), 인테리어공사 (주방 및 현관타일 시공, 몰딩 등), 외장공사(하지철물 설치, 외장재 부착 등)이 있음

[표 3-4] 체크리스트 목록

No	LHI 보고서	LH시방서
1	터파기 완료 및 버림콘크리트 타설 전	
2	모듈러 하부구조물 콘크리트 타설 전	
3	지상층 코어 구조물 콘크리트 타설 전	

No	LHI 보고서	LH시방서
4	모듈러 Shop Drawing 완료	
5	모듈러 생산 계획수립 완료	
6	모듈러 기동 및 보 접합 완료	철골반입검수 조립용 지그 세팅 완료 후 구조체 조립 완료 후
7	모듈러 바닥판 조립 및 콘크리트 타설 전	콘크리트 타설 준비 완료 후 콘크리트 타설 및 양생 과정
8	모듈러 주요 구조부 내화마감 완료	내화도장 시, 내화뿔칠 시 내화보드(인케이스먼트)
9	모듈러 내부 벽체공사 80% 완료	스터드/런너 설치, 문틀설치 단열재설치, 석고보드설치
10	모듈러 내부 천정공사 80% 완료	경량천정틀 시공 완료 후 천장 석고보드 시공 완료 후
11	모듈러 외부 벽체공사 80% 완료	
12	기포 콘크리트 타설 전	
13	방바닥 미장 완료	
14	방수 및 타일 공사 80% 완료	
15	수장공사 80% 완료	
16	가구 및 위생기구 설치 80% 완료	
17	잔손보기 및 청소 완료	
18	모듈러 야적 및 운송준비 완료	
19	모듈러 설치 준비 완료	
20	모듈러 최하층 설치 완료	
21	모듈러 기준층 및 최상층 설치 완료	
22	모듈러 지붕공사 완료	
23	내부 접합부 마감공사 완료	
24	외부 접합부 마감공사 완료	
25	기타 잔손보기 및 청소 완료	
26		모듈러 반입 점검
27		전기 및 정보 통신 배관공사 완료 후

- 체크리스트 검사 시점 및 공정 구분에 따라 검사항목에 차이가 있으나 최근에 승인 받은 LH시방서를 기준으로 IDEF에서 분석한 공정으로 구분하여 체크리스트 통합 작성

[표 3-5] 체크리스트 검사 항목 비교

No	LHI 보고서	LH시방서
	모듈러 내부 벽체공사 80% 완료	〈모듈러 벽체 및 천장〉 스터드/런너 설치, 문틀설치, 단열재설치, 석고보드설치
1	스터드 설치간격을 확인하였는가	스터드 간격을 확인하였는가
2	벽체 이음부위의 연속성 및 평활도를 확인하였는가	
3	창호 및 문틀의 규격은 확인하였는가	개구부위치 및 크기는 도면과 일치하는가
4	창호 및 문틀의 휨 변형 여부는 확인하였는가	문틀 설치 후 변형 수직, 수평에 대한 최종검사실시 확인 하였는가?
5	개구부의 보강은 확인하였는가	개구부 보강을 확인하였는가
6	배관 및 Box의 위치는 확인하였는가	
7	배관 및 Box 설치 부위의 보강은 확인하였는가	
8	단열재의 보관 상태는 확인하였는가	
9	단열재의 이음 부위의 시공 상태를 확인하였는가	단열재 시공 상태는 양호한가? 보양상태 확인하였는가
10	석고보드 이음 부위의 시공 상태를 확인하였는가	
11	석고보드의 수직 및 수평 상태를 확인하였는가	
12		마감 먹매김의 정밀도는 허용오차 이내인가
13		스터드/런너의 재질 및 규격, 치수 등은 확인하였는가
14		상,하 런너의 고정간격을 확인하였는가
15		개구부 보강 후 용접 부위에 대한 방청도장을 확인하였는가
16		문틀 사춤은 실시하였는가?
17		문틀 상, 하, 좌, 우 고정철물 시공 확인하였는가?
18		문틀 표면의 피막이 손상되지 않았는가?
19		문틀 설치 후 보양상태 확인하였는가?
20		단열재의 재질, 규격, 치수 등은 확인하였는가?
21		단열재 설치 전 바탕 청소상태는 양호한가 (요철 등의 제거)?
22		석고보드의 보관은 습기가 적고 통기가 잘 되는 곳에 하고 있는가?
23		석고보드의 상태는 양호한가?

No	LHI 보고서	LH시방서
	모듈러 내부 벽체공사 80% 완료	〈모듈러 벽체 및 천장〉 스터드/런너 설치, 문틀설치, 단열재설치, 석고보드설치
24		석고보드의 재질, 규격, 치수 등은 확인하였는가?
25		스크류의 시공간격은 적절한가?

4. IDEF 분석 프로세스에 따른 주요 체크항목 도출

4.1. IDEF 분석 프로세스와 하자의 연계성 검토

- 하자내역의 원인과 하자내역과 연계되는 프로세스를 작성
- 하자의 원인으로 작업자 품질 문제, 감리자 품질관리 미시행, 누수, 수직수평미 확인, 연계작업에 따른 하자 등으로 구분하였으며, 하자원인과 관계있는 프로세스를 나열함

■ 도배공사 하자와 연관 프로세스

[표 3-6] 도배공사관련 하자별 원인 및 해당 프로세스

하자내역	원인	해당 프로세스
벽지 젖음	누수	투습(기밀)방수지 설치 배관 이음작업 외부마감작업
벽지 찢김	연계작업	가구설치작업 도배공사
벽지 오염	연계작업	가구설치작업 도배공사
벽지 시공 불량	작업자 품질문제 감리자 품질관리 미시행	도배공사
미시공	감리자 품질관리 미시행	도배공사
곰팡이	누수	투습(기밀)방수지 설치 배관 이음작업 외부마감작업
타공자국	연계작업	가구설치작업 기계, 전기 배관 & 기구 설치

■ PL창호 하자와 연관 프로세스

[표 3-7] PL창호관련 하자별 원인 및 해당 프로세스

하자내역	원인	해당 프로세스
방충망 하자 (구멍, 찢힘 등)	작업 중 발생	창호설치공사
방충망 단힘불량 (수직불량, 창틀하자)	창틀 설치 시 수직 수평 미확인 양중 시 뒤틀림	창호설치공사 양중
창틀 물고임	창틀 설치 시 수직 수평 미확인 물 빠짐 구멍 없음 모듈러 유닛 수평 미확인	창틀설치공사 모듈러 설치
외부창문 단힘불량 (수직불량)	창틀 설치 시 수직 수평 미확인 운송 또는 설치시 뒤틀림	창틀설치공사 모듈러 설치
분합창 단힘불량 (수직불량)	창틀 설치 시 수직 수평 미확인 운송 또는 설치시 뒤틀림	창틀설치공사 양중
분합창하자 (오염, 부품누락 등)	제품하자 작업자 품질문제	창틀설치공사 창호설치공사
복도창호크랙	운송 또는 설치시 뒤틀림	창틀설치공사
잠금장치 불량	작업자 품질문제	창호 설치공사

■ 주방가구 하자와 연관 프로세스

[표 3-8] 주방가구관련 하자별 원인 및 해당 프로세스

하자내역	원인	해당 프로세스
싱크대 걸레받이 미시공 및 하자(미고정)	작업자 품질문제 감리자 품질관리 미시행	가구설치
싱크대 걸레받이 하자	작업자 품질문제	가구설치
주방가구 설치하자 (경첩, 들뜸, 부착등)	작업자 품질문제	가구설치

하자내역	원인	해당 프로세스
주방가구 마감불량	제품 하자	가구설치
주방가구 자체 하자(스크래치, 오염, 랩핑 등)	제품 하자	가구설치

■ 쉘링공사 하자와 연관 프로세스

[표 3-9] 쉘링공사관련 하자별 원인 및 해당 프로세스

하자내역	원인	해당 프로세스
외창	작업자 품질문제 감리자 품질관리 미시행	창틀설치공사
분합창	작업자 품질문제 감리자 품질관리 미시행	창틀설치공사
현관문틀	작업자 품질문제 감리자 품질관리 미시행	창틀설치공사
벽&천장	작업자 품질문제 감리자 품질관리 미시행	도배공사
현관바닥 타일	작업자 품질문제 감리자 품질관리 미시행	타일공사
발코니바닥 및 벽타일 시공불량	작업자 품질문제 감리자 품질관리 미시행	타일공사
보일러접면	미시공 감리자 품질관리 미시행	설비설치공사
보일러선홍통실링미 시공 마감불량	미시공 감리자 품질관리 미시행	설비설치공사

■ UBR 하자와 연관 프로세스

[표 3-10] UBR관련 하자별 원인 및 해당 프로세스

하자내역		원인	해당 프로세스
욕실 천정	누수	작업자 품질문제	화장실 설치공사
	천장재 실링	작업자 품질문제	화장실 설치공사
	점검구 설치 불량	작업자 품질문제	화장실 설치공사

하자내역		원인	해당 프로세스
욕실문	시트지 탈락	제품하자	화장실 설치공사
	잠금장치	작업자 품질문제	화장실 설치공사
	문틀&문 시공불량	작업자 품질문제	화장실 설치공사
세면대	오염, 녹 (선반오염)	제품하자	화장실 설치공사
	부품설치 불량 (팝업, 수전)	작업자 품질문제	화장실 설치공사
	설치 불량	작업자 품질문제	화장실 설치공사
샤워기	부품설치 불량 (수전, 헤드 등)	작업자 품질문제	화장실 설치공사
	샤워부스 실링	작업자 품질문제	화장실 설치공사
변기	오염	제품하자	화장실 설치공사
	설치 불량 (누수, 역류 등)	작업자 품질문제	화장실 설치공사
욕실장& 거울	설치 불량	작업자 품질문제	화장실 설치공사
	오염	제품하자	화장실 설치공사
욕실 바닥 &타일	마감불량	작업자 품질문제	화장실 설치공사
	구배불량	작업자 품질문제 감리자 품질관리 미시행	화장실 설치공사
	오염	제품하자	화장실 설치공사
배수구	부품 미설치	작업자 품질문제	화장실 설치공사
환풍기	작동 불량	제품하자	화장실 설치공사

4.2. 하자와 연계된 프로세스별 주요체크항목

- 하자를 통한 주요체크항목과 프로세스분석을 통한 누락된 주요체크항목 도출함

[표 3-11] 하자분석을 통한 연계 프로세스별 검사 시점 및 검사 항목

제작 단계	검사 시점	주요검사 항목
투습 방수지 및 기밀방습지 설치	투습 방수지 및 기밀방습지 설치 후	방습지(방수지) 고정 상태 방습지(방수지) 설치 부위 확인 방습지(방수지) 이음부위 상태 방습지(방수지) 훼손 여부
화장실(UBR) 설치	화장실 설치공사 완료 후	바닥 수평 상태 화장실바닥의 구배상태 연결배관 상태 화장실 기구 설치 상태
도배공사	도배공사 및 마루공사 완료후	바탕면 상태 풀칠 여부 확인 들뜸 여부 훼손 부위 확인
가구공사	가구공사 완료 후	가구 부착 상태 가구 기능 확인(개폐여부) 가구의 수직 수평도 가구 부착 후 틈새 확인 가구의 오염도 확인
창틀설치공사	창틀설치 완료 후	부재의 수직, 수평, 휨 상태 문틀 전, 후면 기울기 상태 마감면 감안 문틀 높이 및 두께 문틀 고정 상태 및 주변 사춤 상태
창호공사	창호공사 완료 후	문짝 휨 발생 문짝 기밀성 및 여닫음 상태 하드웨어 설치 상태 문짝의 보양 상태

4.3. 하자내역과 주요체크항목에 따른 체크리스트 도출

- 기존 체크리스트에 있는 것은 하자내역에 맞게 정리를 하고 신규추가가 필요한 사항은 하자가 발생하지 않게 관련 작업과 관련하여 체크리스트를 작성함

[표 3-12] 하자와 연계된 작업별 검사 체크리스트

하자와 연계된 작업	체크리스트	검사기준
투습(기밀)방수지 설치	방습지(방수지)의 겹침 간격은 적절한가?	육안
	방습지(방수지)의 고정 상태는 양호한가?	육안
	개구부 부분은 밀실하게 시공되었는가?	육안
	이음부의 테이핑 처리가 밀실하게 되었는가?	육안
	찍히거나 패인 부분은 없는가?	육안
난방배관 설치	자재의 재질, 규격, 치수 등은 확인하였는가	규격증명 서 및 도면
	누수발생 여부를 확인하였는가	누수 테스트
가구설치작업	기구 및 가구 설치 후 틈새가 있는지 확인하였는가?	육안
	기구의 수직, 수평도를 확인하였는가?	수직수평 검사
가구설치작업	가구 개구부의 개폐 상태를 확인하였는가?	육안
	가구 내부 기구 부착 상태를 확인하였는가?	두드림
도배공사	도배공사 전 전체벽면 및 천장 바닥면 상태는 양호한가	육안
	가장자리 풀질을 면밀히 하였는가?	육안
	모서리 부분의 도배지 들뜸 여부는 확인하였는가	육안
	작업 후 훼손된 부위는 없는가?	육안
기계, 전기 배관 & 기구 설치	전기(배선)기구가 적절하게 부착되었는가?	육안
	전기(배선)기구의 작동상태를 확인하였는가?	육안

하자와 연계된 작업	체크리스트	검사기준
창호설치공사	창문의 재질, 규격, 치수 등은 확인하였는가?	규격증명 서 및 도면
	창호 설치 후 수직도와 수평도를 확인하였는가?	수직수평 검사
	마감쉬트의 상태는 깨끗하고 굽힘은 없는가?	육안
	개구부 보강은 확인하였는가?	도면
	부속철물은 다 설치 하였는가?	육안
창틀설치공사	창틀 설치 후 변형 수직, 수평에 대한 최종검사 실시 확인하였는가?	육안
	사춤은 실시하였는가?	육안
	창틀 상, 하, 좌, 우 고정철물 시공 확인하였는가?	육안
	창틀 표면의 피막이 손상되지 않았는가?	육안
	창틀 설치 후 보양상태 확인하였는가?	육안

5. 품질관리체계 구축

- 위에서 정리한 공정(제작 및 현장), 검사 시점, 검사항목 정리하면 다음과 같음

[표 3-13] IDEF 분석 공정별 검사 시점 및 주요 검사 항목

공정	제작검사 시점	주요검사 항목
철골 구조체 조립	조립용 지그 세팅 완료 후	조립용 지그의 정밀도 작업장 정리상태 지그의 조임 상태
	바닥철골 조립 완료 후	조립 구조체의 치수 부재의 접합 각도 부재의 변형도
	기둥 및 보 조립 완료 후	개구부 위치 및 치수 개구부 보강 상태

공정	제작검사 시점	주요검사 항목
바닥 슬라브 공사	데크플레이트 설치	데크플레이트의 치수 및 상태 데크의 변형 및 처짐 배력근 철근 배근 엔드플레이트 등 기타 추가 부재의 변형 및 시공 상태
	바닥배관 설치	슬리브 위치 및 크기
	콘크리트 타설 과정	레미콘 배합보고서 및 송장 품질시험 실시 여부 콘크리트 마감면 평활도 및 바닥 정리 상태 콘크리트 보양 및 양생 계획
내화 공사	내화석고보드 (인케이스먼트)	방화 석고보드 규격 석고보드 시공 스크류 간격 석고보드 정밀시공 상태 코너비드 보강 상태 엣지채널 및 메탈 앵글 치수 및 설치위치
벽체 공사	경량 벽체를 시공 완료 후 (문틀&창호틀 설치 포함)	자재의 재질, 규격, 치수 러너 고정간격 스터드 설치 간격 개구부 위치 및 크기 개구부 보강 및 방청 도장 보수 상태
		부재의 수직, 수평, 휨 상태 문틀 전, 후면 기울기 상태 마감면 감안 문틀 높이 및 두께 문틀 고정 상태 및 주변 사춤 상태 씰링 마감 상태
	벽체 석고보드 시공 완료 후	석고보드 재질 및 규격 석고보드 시공 스크루 간격 나사못 머리의 깊이 석고보드 정밀 시공 상태 (엣갈림 시공) 이음매 처리

공정	제작검사 시점	주요검사 항목
	전기 배선/배관	고정 브라켓 상태 전선의 색상 및 종류 구별 회로별 구분 여부 박스 후면 결로 방지판 분전반 및 전기 박스의 높이 및 수평도
	설비 배관	자재의 재질, 규격, 치수 배관 가대의 설치 상태 배관 접합 상태 배관의 보양 작업 상태 누수 발생 여부 입상 배관 모듈러 하부 수평 및 이격 거리
벽체 공사	단열재 시공 완료 후	자재의 재질, 규격 단열재 고정핀 간격 단열재 정밀시공 상태 코너부, 전기 박스 주위 등의 보양 상태
	투습 방수지 및 기밀방수지 설치 후	방습지(방수지) 고정 상태 방습지(방수지) 설치 부위 확인 방습지(방수지) 이음부위 상태 방습지(방수지) 훼손 여부
경량 천장 공사	경량 천정틀 시공 완료 후	부재의 수평 상태 부재의 간격 등기구 및 점검구 보강
	천장 석고보드 시공 완료 후	석고보드 재질 및 규격 석고보드 시공 스크루 간격 석고보드 정밀 시공 상태 (엇갈림 시공) 이음매 처리 몰딩 위치 및 정밀 시공 상태
시스템 욕실 공사	욕실 본체 반입 검사	자재 규격, 치수, 재질 슬리브 및 설비 배관 상태 패널의 시공 상태 바닥 자재 구배 욕실 점검구 상태

공정	제작검사 시점	주요검사 항목
시스템 욕실 공사	욕실 본체 설치 완료 후	조립식 욕실 수평 확인 본체 고정 상태 배관의 상태 및 구배 오배수관 방음 및 보온 여부 화장실바닥의 구배 상태 화장실 기구 설치 상태
바닥 공사	완충재 설치 후	자재의 재질, 규격 바탕청소 상태 이음부위 또는 밀착부위 상태
	경량 기포콘크리트	사출 상태 콘크리트 수평도 및 바닥 정리 상태 콘크리트 보양 및 양생 계획
	난방배관	자재의 재질, 규격 배관의 고정상태 보양상태 수압시험 배관의 연결 상태
	와이어메쉬 시공	
	방통미장	자재의 재질, 규격 바탕면의 상태 보양상태
마감 공사	문&창호 설치공사	창문의 재질, 규격 창호의 수직 수평 상태 기밀성 및 여닫음 상태 하드웨어 설치상태 보양 상태 씰링 마감 상태
	벽 마감재 시공 완료 후	벽마감 재질 및 규격 벽 마감 정밀 시공 상태 이음 처리 상태 정밀 시공 상태
	바닥 마감재 시공 완료 후	바닥마감 재질 및 규격 바닥 마감 정밀 시공 상태 이음 처리 상태 정밀 시공 상태
	가구공사 설치 완료 후	가구 부착 상태 가구 기능 확인(개폐여부) 가구의 수직, 수평도 가구 설치 후 틈새 확인(씰링) 가구의 오염도 확인

제4장 모듈러주택의 공정계획 수립 방향

1. 선행연구 및 이론적 고찰

1.1. 모듈러주택 관련 연구수행 현황

- 내부적으로 2018년부터 모듈러주택에 대한 기본평면 및 표준모델 개발, 주거성능 검증, 발주제도 제안, 표준 공정 제안, 품질관리 방안 마련, 공사비 분석, 유지관리 방안, 모듈러 시장확대 방안 등 지속적인 연구를 수행하고 있음
 - 손정락 등(2019), 모듈러주택 공정관리 표준화기법 발굴에 관한 연구
 - 송상훈 등(2020), 모듈러주택 최적 발주방식 및 발주업무 지침 마련
 - 천영수 등(2020), LH형 모듈러주택의 모델개발 및 품질확보 방안 연구
 - 이지은 등(2020), 가족구성 변화를 고려한 가변형 모듈러 주택모델 연구
 - 전명훈 등(2022), 모듈러주택 수선 및 유지관리 매뉴얼 개발
 - 송상훈 등(2022), 모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립
 - 이지은 등(2022), 재난지원을 위한 모듈러주택 사업모델 연구
 - 김민준 등(2023), 모듈러주택 활성화를 위한 구조시스템 및 코어공법 개발
 - 이지은 등(2023), LH 모듈러주택 적용 확대를 위한 재정지원 방안 연구
- 연구 수행시점을 살펴보면, 모듈러주택에 대한 기술검증과 표준화가 정립되지 않은 상태에서 사업 수행을 위한 발주, 시공, 품질, 유지관리 등에 대한 지침이나 기준을 수립한 것으로 보임
- 실제 국내 모듈러주택은 영국이나 일본 등과 달리 시장 규모가 매우 작고, 공업화 주택 인증을 받은 업체가 많지 않아 기술력과 품질 측면에서도 많은 투자가 필요한 시점으로 해당 프로젝트에 참여하는 모듈러 제작사가 보유하고 있는 구조시스템이나 유닛 접합공법과 같은 기본 스펙이 서로 상이함
- 이에 따라 현행 모듈러주택 건설공사에 대한 실제 사업기간은 공사규모, 발주유형, 모듈러 제작사 역량, 모듈러 구조시스템 등 사업 영향요인에 따라 프로젝트별로 상이할 것으로 판단됨

1.2. 모듈러주택의 작업분류 및 기본공정

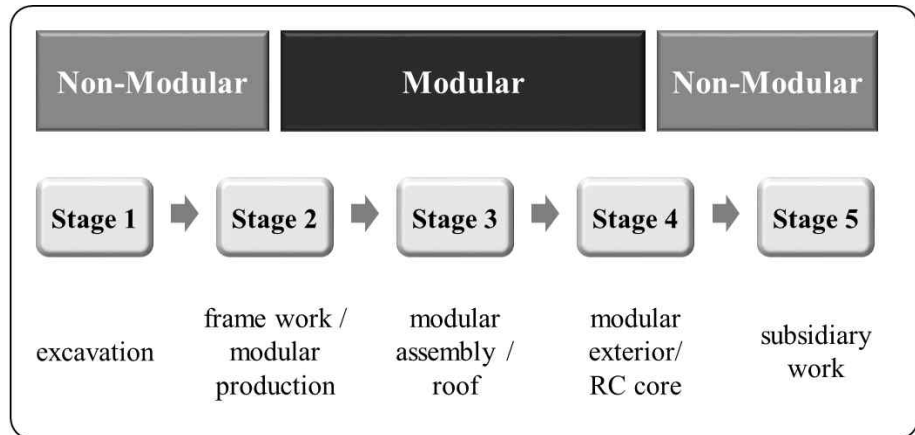
1) 모듈러주택의 작업분류

- 전용부위와 복도와 같은 일부 공용부위는 공장생산을 통해 현장으로 조립하므로 모듈러주택에 대한 작업분류체계는 크게 일반공사와 모듈러공사로 구분되며, 세부 작업분류체계는 프로젝트별 유형이나 공장생산 범위에 따라 상이할 수 있음¹⁾
 - 일반공사 : 공통가설, 터파기, 기초, 골조(지하층, 모듈러 하부 또는 코어), 공용부 마감(조적, 단열, 내장, 방수, 돌, 미장, 타일, 금속, 유리, 도장, EV, 수장, 창호, 잡철), 부대공사(기계, 전기/통신, 토목, 조경)
 - 모듈러공사 : 제작준비(도면검토, 샵드로잉, 자재수급), 공장제작(유닛 프레임 제작, 내화도장, 바닥판(테크플레이트, 철근배근, 콘크리트 타설 등), 벽체 하지/금속판넬, 창호/현관문, 단열재 및 석고보드, 경량 천정, 바닥 판넬히팅, 도배, 가구, 장판, 전등류, 화장실 도기류 등), 현장조립(작업준비(앵커볼트, 베이스 플레이트, 무수축 몰탈 등), 모듈러 적층, 지붕 트러스(트러스 설치, 지붕패널 설치, 방수시트 등)), 현장마감(전용 및 공용 부위 접합부 잔손보기)
- 건설공사의 작업분류체계는 현장의 여건이나 관리자의 역량, 적용 공법, 공사기간, 기능인력 운영방안 등에 따라 다양한 형태로 분류될 수 있으므로 표준화가 쉽지 않음
- 특히 모듈러주택은 현장과 공장에서 작업이 이원화되어 일반 시공사와 모듈러 제작사가 동시에 공사에 참여하고, 공장생산 범위가 프로젝트별로 상이할 수 있어 표준화된 작업분류체계를 정의하는 것이 거의 불가능함

2) 모듈러주택의 기본공정

- 모듈러주택의 공사단계별 프로세스는 해당 프로젝트의 성격에 따라 현장별로 일부 상이할 수 있으나, 일반적인 모듈러주택 건설공사에 대한 작업 프로세스는 [그림 5-1]과 같이 정의됨

1) 손정락 등(2019), 모듈러주택 공정관리 표준화기법 발굴에 관한 연구



* 출처 : 적층식 모듈러주택의 시공 프로세스 분석을 통한 품질관리 중점사항 제안(손정락 외 3인, 2019)

[그림 4-1] 모듈러주택 건설공사의 작업 프로세스

- 1단계는 공통가설이나 터파기와 같은 공사 초기단계에 수행하는 일반적인 작업들로서 지반의 상태나 모듈러 유닛의 중량, 지하주차장 유무 등에 따라 기초공법이 현장별로 상이할 수 있으나, 대다수의 작업내용은 일반 주택건설공사와 대동소이함
- 2단계는 비모듈러와 모듈러 공사가 동시에 진행되는 단계로 현장에서는 모듈러 유닛을 지지하는 지하층과 지상층 코어 부분의 골조공사가 진행되고, 공장에서는 전용 및 공용 부위에 대한 유닛 생산이 진행됨
 - 비모듈러 공사 1단계와 2단계 공사범위는 모듈러 유닛 생산시점에 직접적인 영향을 미침
 - 일반적으로 공사비 절감을 위해 지상층 코어 부분은 RC공법이 적용되나, 코어부분을 모듈러 유닛으로 계획하는 경우에는 유닛 생산단계가 크리티컬 패스(CP)에 해당할 수 있음
 - 이밖에 전체 사업기간이 짧거나, 지하주차장이 계획되지 않거나, 발주 형태에 따라 수급업체 계약 이후 모듈러 제작사가 선정될 경우에도 기본 공정프로세스는 변동될 수 있음
- 3단계는 공장에서 생산이 완료된 모듈러 유닛을 현장으로 운송하여 조립하는 단계로서 2개 동 이상으로 계획된 경우에는 복수의 양중장비를 활용하여 공사기간을 단축할 수 있으나, 공사비 증가로 인해 양중장비 1대를 사용하는 것이 일반적임
 - 16㎡ 유닛의 중량은 약 24톤 정도로 양중능력과 비용적인 측면에서 타워크레인을 사용하는 것은 거의 불가능한 실정임
 - 모듈러주택은 주로 단일건물이나 저층 규모로 공급됨에 따라 투입비용 대비 공기

단축 효과가 미비함에 따라 양중장비에 비용을 과투입하는 것이 쉽지 않음

- 4단계는 모듈러 유닛이 조립된 이후 모듈러 접합부 및 현장마감 작업과 RC 공용 부위에 대한 공중별 마감작업이 동시에 진행되는 단계로서 공중간의 작업 간섭이 가장 많이 발생할 수 있음
 - 모듈러 유닛 공장생산과 마감작업 범위에 따라 현장별로 공사기간이 상이할 수 있으며, 바닥 판넬히팅 현장적용 유무, 현장 마감공종 범위, 접합부 마감방법 등이 공사기간에 직접적인 영향을 미침
 - RC공법이 적용된 공용부위는 모듈러 현장조립이 종료된 시점과 동절기인 경우에 습식공사가 일부 제한되므로 공사기간 증가에 영향을 미칠 수 있음
- 5단계는 토목이나 조경, 옥외 기계/전기/통신 등 부대공사를 수행하는 시기로 모듈러주택은 일반 주택건설 공사보다 건축 공사기간이 짧으므로 건축 공사와 분리하여 운영됨

2. 모듈러주택 사업추진 현황

2.1. 모듈러주택 도입 배경

- 2000년도 초반 국내 건설공사에 모듈러 공법이 적용된 이후 2012년에 「주택건설 기준 등에 관한 규칙」이 개정되면서 공동주택에 공업화주택을 적용할 수 있는 제도적 기틀이 마련됨
- 2017년 부산 용호동 다세대 주택에 모듈러 공법이 적용된 이후, 공공을 중심으로 모듈러주택이 공동주택에 적용되기 시작하였으나, 아래와 같은 요인들에 의해 모듈러주택 시장 확대가 이루어지지 못하고 있음
 - RC공법 대비 공사비가 상대적으로 비싸고, 이와 관련하여 코어 부분은 주로 RC공법이 적용
 - 주택의 규모가 12층을 초과하는 경우 기둥이나 보와 같은 주요 구조부는 3시간 이상의 내화기준을 충족
 - 일반 주택 건설공사 대비 모듈러 공법에 대한 전문 설계사, 제조사, 건설업체 등이 상대적으로 부족
 - 모듈러 제조사별 모듈러 구조시스템이나 유닛 접합방법 등이 상이하므로 설계 단계에서 모듈러 공사의 설계도서가 완벽하게 완성되지 않아 공사 계약방식에 따라 일부 설계변경 발생 가능

- 발주 제도, 중소기업공사용자재구매제도, 전기통신 등 일부 공사의 분리발주 등과 같은 현재 건설산업의 각종 제도에 의한 제약
- 전 단계에 걸쳐 다수의 이해관계자가 사업에 참여함에 따라 모듈러 공사뿐만 아니라 비모듈러 공사에 대한 명확한 작업범위 및 책임소재 불분명
- 이에 따라 모듈러 공법의 가장 큰 이점이라 할 수 있는 공기단축 효과가 RC공법 대비 미미하고, 사업 규모나 발주방식, 지하구조물 유무, 모듈러 샵드로잉 및 제작기간 등에 따라 주공정선이 사업의 유형별로 달라질 수 있음

2.2. 모듈러주택 공급 현황

- 모듈러 공법이 주택 건설공사에 적용되기 시작한 초창기에는 소규모 저층 프로젝트를 중심으로 사업이 진행되었으나, 최근에는 13층뿐만 아니라 100세대 이상 규모의 건설공사에도 모듈러 공법이 적용되고 있음
- 부산 용호지구(LH)는 1개동 14호 규모로 도심지 소규모 건설공사에 적층식 모듈러 공법이 적용되었고, 자체 시범사업 형태로 추진됨에 따라 대다수 마감 작업이 현장에서 진행됨
- 서울 가양(SH 2개동 30호) 및 천안 두정(LH 1개동 40호) 지구는 사회초년생과 고령자에 적합한 새로운 임대주택 모델 제시를 위해 정부 R&D 형태로 진행된 프로젝트로서 적층식(서울 가양 30호, 천안 두정 20호)과 인필식(천안 두정 20호) 공법을 적용함
- 인천 용진지구(백령도)(LH)는 4개동 152호 규모로 군산에서 백령도까지 해로를 통해 모듈러 유닛을 운송하고, 현장에서 조립한 국내 최초 도서지역 프로젝트로서 대다수 작업이 공장에서 진행됨
- 용인 영덕지구(GH)는 13층 106호 규모로 국내 최초로 3시간 내화기준을 충족시키는 모듈러주택 프로젝트로서 방화석고보드를 사용한 인케이스먼트 공법이 적용됨
- 이처럼 모듈러주택은 공공을 중심으로 도심지 소규모 건설공사에 적용되기 시작하였고, LH는 인천 용진(백령도)에 152호 규모의 모듈러주택을 공급한 이후 공급량을 점차 늘리고 있는 추세임
 - 인천 신문지구(LH) 130호(2024.03 준공 예정)
 - 세종 6-3생활권 UR1, UR2 블록(LH) 416호(2024.10 준공 예정)

[표 4-1] 모듈러주택 건설공사 사례별 공사 개요

구분		부산 용호	서울 가양	천안 두정	인천 옹진(백령도)	용인 영덕	인천 신문	세종 UR1 UR,2
발주처		한국토지주택공사	서울주택도시공사	한국토지주택공사	한국토지주택공사	경기주택도시공사	한국토지주택공사	한국토지주택공사
용도		다세대주택	공동주택, 공용주차장	공동주택	공동주택 (공공실버, 마을 정비)	공동주택, 상업시설	공동주택	공동주택
규모		1개동 14호	2개동 30호	1개동 40호	1개동 72호 3개동 80호	1개동 106호	1개동 130호	2개동 200호 2개동 216호
층수		지하 1층, 지상 4층	지하 1층, 지상 6층	지하 1층, 지상 6층	지상4층, 지상4층	지하 1층, 지상 13층	지상 4층	지하 4층, 지상 7층
공급		20017.07	2017.11	2019.06	2021.04	2023.04(예정)	2024.03(예정)	2024.10(예정)
모 듈 러	발주	설계시공분리	설계시공일괄 (부분일괄)	설계시공분리	책임시공형 건설사업관리	설계시공일괄	책임시공형 건설사업관리	민간참여 공동주택 건설사업
	계약	공사계약	연구협약	연구협약	공사계약	연구협약	공사계약	공사계약
특이사항		LH TFT (설계추진)	R&D 연구과제 (적층)	R&D 연구과제 (적층+인필)	도서지역(해상운 송) 모듈러 코어	R&D 연구과제 (적층)	모듈러 코어	복층구조

3. 모듈러주택 공정계획 최적화 방안

3.1. 발주방식과 공사기간과의 관계

1) 모듈러주택의 적정 발주방식

- 일반적인 건설공사의 발주유형은 크게 설계/시공 분리방식(Design-Bid-Build, 이하 DBB라 한다)과 설계/시공 일괄방식(Design build, 이하 DB라 한다) 방식으로 구분됨
 - DBB 방식은 발주자가 프로젝트에 대한 상당수 책임을 가져가는 형태로서 설계가 확정된 이후 입찰과 시공 단계가 진행됨
 - DB 방식은 계약자가 프로젝트에 대한 상당수 책임을 가져가는 형태로서 입찰을 통해 선정된 계약자가 설계와 시공 업무를 모두 수행함
- 모듈러주택 건설공사는 해당 공법에 대한 경험이나 기술력 부족, 설계 및 시공 분야 전문건설회사 부족, 관련 법규 및 제도 미흡 등으로 인해 현 시점에서는 DBB 방식을 적용하는 것이 현실적으로 어려움
- 송상훈 등(2020)의 연구에 의하면, 모듈러주택 건설공사에 적합한 발주방식은 [표 5-2]와 같이 사업의 유형이나 사업방식, 규모 등의 특성을 종합적으로 반영하여 결정되어야 함
 - 민간참여 주택건설사업, 공공임대리츠, 주택개발리츠 등은 국가계약법, 판로지원법의 적용을 받지 않아 민간부문 사업에 준하여 제약 없이 수행 가능
 - 300억 이상 대형공사(모듈러 일부 포함)는 설계시공 일괄방식이나 시공책임형 CM 방식을 적용하는 것이 적정
 - 40억 이상 300억 미만의 소형공사도 300억 이상의 대형공사와 같이 설계시공 일괄 방식이나 시공책임형CM 방식을 적용하는 것이 적정
 - 40억 미만의 소형공사는 간이형 일괄방식이나 설계시공분리방식의 적격심사를 통해 낙찰자를 선정하는 것이 적정

[표 4-2] 모듈러주택의 사업유형별 적정 발주방식

사업 유형	사업방식 또는 규모	최적 발주방식	선결조건/특이사항
민간 공동 사업	민간참여 주택건설사업	최저가낙찰방식 (현행 방식대로 처리)	· 공모 조건에 포함시키는 방안 협의 · 제작업체를 미리 선정하여 설계에 제작업체 관여하도록
	리츠사업 (공공임대/주택개발)		
직접 건설 사업	300억 이상 대형공사 (부분 모듈러)	① 설계시공일괄방식 ② 시공책임형CM	· 현재 기술로 볼 때 모듈러만으로 대형공사를 구성하기 어려움 · 모듈러가 공사 일부로 포함 · 분담이행으로 참여 · 설계용역에도 모듈러 제작사 인원 참여
	40억 이상 300억 미만 소형공사 (부분 또는 전체 모듈러)	① 간이형 일괄방식 ② 시공책임형CM	· 전체 또는 일부 호수를 모듈러로 제공 · 간이형 일괄입찰 개발 · 일정규모 이상인 경우 모듈러 제작업체가 주업종일 때 전체 공사를 관리할 수 있는 역량이 있는지는 의문시됨
	40억 미만 소형공사 (전체 모듈러)	① 간이형 일괄방식 ② 설계시공분리(적격심사)	· 공급호수 모두 모듈러로 구성되어 지역 소규모 종합건설업체 외에는 참여가능한 업체가 없으므로 모듈러 제작업체를 주업종으로 설정 · 간이형 일괄입찰 개발 · 모듈러 제작업체는 40억 미만 규모 전체의 공사관리는 가능한 것으로 판단 · 분리발주 예외 필요

* 출처 : 모듈러주택 최적 발주방식 및 발주업무 지침 마련(송상훈 등, 2020)

○ 이와 같은 모듈러주택 건설공사에 적합한 발주방식들은 예정 공사기간을 산정함에 있어 아래 요인들을 반영할 필요가 있음

- DBB 방식에서 건설공사 주계약자가 선정된 이후 모듈러 제작사가 공사에 참여한다면, 모듈러 제작사 선정, 유닛 제작도면 작성, 모듈러 생산계획 등에 소요되는 기간을 추가로 검토하여 주공정선을 결정
- DB 방식(시공책임형 CM 포함)은 설계단계부터 모듈러 제작사의 공사 참여가 가능하므로 모듈러 생산일정에 기초하여 현장의 공사착수 일정을 결정
- 이밖에 모듈러 공법의 적용 범위 및 특성에 따라 프로젝트별 공사기간 검토

2) 모듈러주택의 공사기간 영향요인

○ 일반적인 건설공사는 [그림 4-2]와 같이 설계와 시공 단계로 구분되는데, 모듈러주택 건설공사는 발주 방식에 따라 공사기간을 산정하는 범위가 아래와 같이 달라

질 수 있음

- DBB 방식 : 설계가 완료된 이후 해당 공사에 대한 주계약자가 선정되므로 공사기간은 (d)부터 (h)까지 소요되는 기간을 검토
- DB 방식 : 사업승인 이후 해당 공사에 대한 주계약자가 선정되므로 공사기간은 (c)부터 (h)까지 소요되는 기간을 검토



[그림 4-2] 일반적인 설계/시공 프로세스

- DBB 방식은 시공 단계에 모듈러 제작도면 작성이나 자재발주가 진행되므로 해당 프로젝트의 설계특성에 따라 모듈러 공사 준비기간이 과다하게 발생할 수 있음
 - 모듈러 제작사 선정은 (d)와 (e) 단계에 진행하는 것이 일반적이나, 공기단축을 위해서는 공사 입찰 이전단계부터 검토할 필요가 있음
 - 샵드로잉 및 자재발주는 설계도서 검토 이후 (e) 단계에 진행되며, 보통 3개월 정도의 기간이 소요됨
 - 모듈러 유닛 생산은 공사 규모에 따라 6개월에서 8개월 정도 소요되며, 보통 지하 골조공사가 진행되는 (f) 단계에 진행되고, 목업 테스트를 통해 각종 점검을 실시하는 것이 품질관리에 효율적임
 - 모듈러 현장 조립은 모듈러 유닛을 지지하는 골조공사가 종료된 이후 (g) 단계에 실시하며, 코어 부분의 RC 공법 적용 유무에 따라 작업 착수시점이 달라질 수 있음
 - 지붕이나 모듈러 내외부 접합부, 기타 잔여 마감공사는 (h) 단계에 진행되며, 일반 RC 공사와 모듈러 공사의 마감작업은 동시 다발적으로 진행되는 경향이 있음
- DB 방식은 실시설계 단계부터 모듈러 제작사가 프로젝트에 참여할 수 있으므로 사업 초기단계부터 모듈러 공사를 준비할 수 있으므로 전체 사업기간을 단축시킬 수 있음

- 모듈러 제작사 선정은 (d') 단계에 진행되며, 모듈러 생산기간을 여유롭게 확보하기 위해서는 실시설계 단계에 제작사가 참여하는 것이 공사관리 관점에서 효율적임
- 샵드로잉 및 자재발주는 실시설계 단계에 이루어지며, 사업 초기부터 모듈러 제작사가 설계에 참여하므로 모듈러 유닛 생산에 투입되는 시점도 DBB 방식보다 빠름
- 모듈러 유닛 생산에 소요되는 기간은 DBB 방식과 대동소이하나, 전체 사업일정 상 목업 테스트뿐만 아니라 공장생산까지 충분한 기간을 확보할 수 있음
- 이후 모듈러 현장조립이나 각종 마감공사는 DBB 방식과 작업에 소요되는 기간이나 작업 착수 시점은 유사함
- 발주방식은 전체 사업기간 편성에 직접적인 영향을 미치며, 모듈러 제작도면 작성이나 자재발주 등과 같은 모듈러 공사 준비기간 확보를 위해서는 DB 방식이 DBB 방식보다 사업관리 관점에서 효율적인 것으로 보임
- 모듈러주택 건설공사에 대한 발주방식 이외에도 공사 규모나 설계적인 특성뿐만 아니라 해당 프로젝트에 적용되는 모듈러 구조시스템이나 접합방법 등도 공사 기간에 직접적인 영향을 미칠 수 있음
- [표 4-3]은 모듈러주택 건설공사의 공사기간에 직접적인 영향을 미치는 요인들로서 공사단계별 투입자원이나 작업일수에 따라 프로젝트별로 주공정선은 달라질 수 있음

[표 4-3] 모듈러주택 공사기간에 영향을 미치는 요인

구분		공사기간 영향요인	비고
발주 방식 (A)	① DBB 방식	· 모듈러 제작사 선정, 제작도면 샵드로잉 등	공기 증가
	② DB 방식	· 실시설계 단계 모듈러 제작사 참여	CP 영향
설계 특성 (B)	① 지하주차장이 없는 경우	· 비모듈러(터파기,기초) 부분 공사량 감소	CP 영향
	② 지하주차장이 있는 경우	· 모듈러 생산단계 여유기간 확보	CP 영향
	③ 코어부분 RC 적용	· 지상층 골조부분 철근콘크리트 공사량 증가	공기 증가
	④ 코어부분 모듈러 적용	· 모듈러 생산단계 여유기간 부족	CP 영향

- CASE 1(A① & B①) : 모듈러 제작에 필요한 준비기간이 상대적으로 부족하여 공사계약 체결 이후 모듈러 생산단계가 주공정선이 될 가능성이 높고, 현장에서 진행되는 터파기나 기초, 지하층 골조공사 등에 대한 여유시간 확보가 가능함
- CASE 2(A① & B②) : 일반적으로 지하주차장과 파일공사는 동시에 계획되므로 CASE 1보다 모듈러 생산단계에 대한 여유시간 확보가 가능하나, B④가 적용될

경우에는 모듈러 생산단계가 주공정선이 될 가능성이 높음

- CASE 3(A① & B③) : 공사비 절감을 위해 코어 부분에 RC 공법이 적용되는 경우로서 공기단축 효과가 다소 미미하나, 골조공사(지하+지상 코어) 종료시점까지 모듈러 샵드로잉 및 공장생산이 가능함
- CASE 4(A① & B④) : CASE 3보다 공사비가 상대적으로 증가하나, 현장에서 진행되는 비모듈러 공사기간 내에 모듈러 생산을 완료할 수 있으면 DBB 방식에서도 공사기간 단축이 가능함
- CASE 5(A② & B①) : 실시설계 단계부터 모듈러 제작사의 설계참여가 가능하여 모듈러 샵드로잉 및 자재발주가 가능하여 설계특성에 대한 영향 없이 공사기간 단축이 가능함
- CASE 6(A② & B②) : 지하주차장이 계획됨에 따라 비모듈러 공사량이 증가하나 CASE 5와 마찬가지로 공사기간 단축이 가능하며, 모듈러 공사에 대한 충분한 공사기간 확보가 가능함
- CASE 7(A② & B③) : DBB 방식에 비해 모듈러 공사 착수 시점이 빠르나, 현장에서 진행되는 철근콘크리트 작업종료 시점이 상대적으로 늦으므로 공기 단축 효과가 미미함
- CASE 8(A② & B④) : CASE 7과 달리 공기단축 효과가 가장 극대화 될 수 있는 조건으로 비모듈러와 모듈러 공사 모두 최적화된 공정계획을 수립할 수 있음
- 이처럼 프로젝트별 다양한 특성을 반영하여 공정계획을 수립할 필요가 있으며, 비용이나 품질, 안전 등과 같은 요인들도 종합적으로 검토해야 함

3.2. 모듈러주택의 공사기간 검토

1) 현행 기준

- LH가 공급한 모듈러주택은 정부 R&D 실증사업이나 시공책임형 CM 등에 의해 사업이 발주됨에 따라 일반 주택건설공사처럼 공사기간을 산정하는 명확한 기준이 정립되어 있지 않음
- 손정락 등(2019)은 「주택건설공사 공사기간 산정지침」을 일부 준용하여 모듈러주택 건설공사에 적합한 공사기간 산정기준(안)을 제안하였고, 천영수 등(2020)의 연구에서 모듈러주택 건설공사에 적용 가능한 비작업일 적용기준을 제안함

- 손정락 등(2019) : LH가 발주 시행하는 저층 모듈러주택 건설공사의 적정 공사기간 설정을 목적으로 공사단계별 공사기간(공사 준비기간, 하부 공사기간, 상부 공사기간, 모듈러 공사기간, 건축마감 공사기간, 기타 부대공사기간)을 제안함
- 천영수 등(2020) : 선행연구에서 모듈러주택 건설공사의 단계별 비작업일은 상기 지침의 비작업일 기준을 준용하도록 적용하였으나, 본 연구에서 모듈러주택 건설공사에 적합한 공사단계별(하부공사, 상부 골조공사, 모듈러 현장조립, 도서 지역 운송단계) 비작업일 기준을 제시함
- 선행연구에서 제안한 모듈러주택 건설공사에 대한 공사기간 산정기준은 모듈러 공법에 대한 표준화된 기술이 정립되지 않은 현 시점에 일반적인 프로젝트에 적용할 수 있는 공사단계별 실작업일과 비작업일 수를 산정할 수 있는 기준이라 할 수 있음
- 이에 내부적으로 상기 내용을 지침화하기 위해 실무부서에서 검토 중이며, 현재 진행 중인 모듈러주택 건설공사에 대한 실적데이터가 확보된 이후 최종 기준이 확정될 것으로 예상됨

2) 공사단계별 적정 공사기간

- 모듈러주택 건설공사에 적용하기 위한 공사기간 산정지침을 수립하기 위해서는 아래와 같은 사항에 대한 검토가 선행되어야 함
 - LH 주택건설공사에 적용되고 있는 내부기준 개정사항
 - 건설환경 변화에 따른 비작업일 검토(법정 근로시간_근로시간 개편안)
 - 모듈러 공법에 대한 기술이나 품질 수준(설계 및 제조 분야 역량)
 - 관련 제도나 법규로 인한 불가항력적인 사항
- 하지만 모듈러주택 건설시장이 활성화되지 않은 현 시점에서는 통상적으로 적용되는 모듈러 공법이나 기술에 대한 단계별 공사기간 산정만 가능하며, 비작업일에 영향을 주는 불가항력적인 요소들은 시공단계에서 케이스별로 집중관리가 필요할 것으로 보임
- 모듈러주택 건설공사에 적용할 수 있는 공사기간 산정기준 수립을 위해서는 선행연구에서 제시한 내용 중에서 아래 내용에 대한 재검토가 필요할 것으로 판단됨
 - 「공공 건설공사의 공사기간 산정기준」 제19조(세부시행기준)에 따라 공사기간 산정 시, 준비기간과 주공정선에 해당하는 공종별 공사기간(작업일수+비작업일수), 정리기간을 포함하여 산정하도록 명시

- 비모듈러 공사(공사준비기간, 건축공사 전 토목공사, 건축공사 등)에 대한 실작업 일수를 현재 주택건설공사에 적용 중인 4차 개정(2022.12.16)과 동일하게 적용할 것인지 검토
- 발주방식(DBB 또는 DB)에 따라 주공정선에 직접 영향을 미치는 “모듈러 생산준비” 기간을 추가로 부여할 것인지 검토
- 중층 또는 고층 모듈러주택 건설공사에 적용할 수 있는 모듈러 공사기간(1일 시공량 및 보정계수) 산정기준을 추가로 검토
- 기타 공사 규모나 적용 공법에 따라 공사기간을 조정할 수 있는 세부 기준(공사기간 연장이나 설계변경, 공사기간 단축 등)에 대한 검토

3.3. 모듈러주택 공사기간 최적화(안)

1) 모듈러 제작사 설계 참여

- DB 방식과 같이 모듈러 제작사가 설계단계부터 프로젝트에 참여하면 프리콘 기간을 효율적으로 활용할 수 있어 전체 사업기간을 단축시킬 수 있음
- 동일한 프로젝트를 수행한다고 가정했을 때 비모듈러 공사에 대한 기간은 동일할 수 있으나, 모듈러 공사에 포함되는 샵드로잉이나 자재발주가 사업 초기 단계에 가능해짐
- 공기뿐만 아니라 건설관리 관점에서도 설계변경 최소화 및 품질확보가 용이하고, 공장에서 생산이 완료된 모듈러 유닛을 적절한 시점에 현장으로 반입이 가능해짐

2) 코어부분 모듈러 공법 적용

- 코어에 모듈러 공법을 적용할 경우 현장에서 진행되는 철근콘크리트 공사 물량이 감소함에 따라 공사기간 단축이 가능하고, RC 코어와 모듈러 유닛 간의 이질 접합부 문제를 해결할 수 있음
- 단기적으로는 RC 공법 대비 공사비 증가가 우려되나, 장기적인 관점에서는 지속적인 모듈러주택 공급을 통해 원가 절감 및 기능공 부족 문제를 해결할 수 있을 것으로 판단됨
- 다만, 모듈러주택이 중·고층에 적용될 경우에는 구조적인 관점에서 안전성 및

양중방법에 대한 추가적인 검토가 필요할 것임

3) 외부 디자인의 단순화

- 모듈러주택은 공장에서 대다수의 작업이 진행되고, 현장에서는 일부 접합부에 대한 마감 작업만 진행하는 것이 공정이나 품질, 비용절감, 자원 활용 측면에서 이점이 있음
- 모듈러주택의 결로, 방수, 기밀 등과 같은 거주 성능은 최대한 확보하되, 외부 접합부에 대한 마감작업을 함에 있어서는 시공성을 확보할 수 있도록 디자인의 단순화가 필요함

4) 시사점

- 건설현장에 탈현장 공법(Off-Site Construction, 이하 OSC라 한다)이 점차 확대되고 있는 현 시점은 일반 RC 공법과 비교했을 때 모듈러주택은 수요자들에게 많은 관심을 받고 있지 않음
- 2017년부터 주택 건설공사에 모듈러 공법이 일부 적용되고 있으나, 아직까지 기술력이나 품질은 RC 공법보다 미흡하고, 공사비도 상대적으로 비싸기 때문에 모듈러주택 시장이 활성화되지 않는 것이 사실임
- 모듈러 공법은 공장과 현장에서 동시에 작업이 진행됨에 따라 전체 공사기간을 획기적으로 단축시킬 수 있으나, 국내 모듈러시장에서는 다양한 걸림돌로 인하여 장점을 극대화시키는 것이 다소 어려움
- 따라서 모듈러주택 건설공사에 대한 적정 공사기간을 산정하기 위해서는 RC 공법 처럼 모든 프로젝트에 일원화하여 적용할 수 있는 표준 평면과 기술이 개발되어야 하며, 전문 건설업체의 기술력 향상도 필요함
- 또한 모듈러주택 건설공사비가 상대적으로 비싼 현 시점에서는 무조건적인 공사기간 단축 보다는 비용과 일정을 고려하여 발주처, 시공사, 모듈러 제작사 등이 모두 상생할 수 있는 방향으로 사업계획을 수립할 필요가 있음

제5장 모듈러주택 감리자 배치 및 업무기준

1. 현행 감리자 배치기준 및 업무기준 분석

1.1. 관련 법규

- 소요 기술인 산정은 국토부에서 고시한 “건설엔지니어링 대가 등에 관한 기준” 건축분야 보통공종의 공사비 규모에 따라 산정하도록 되어있음
- 각 업무별 투입인원수는 제시된 분야별 투입인원수 산정기준을 활용하여 산정하며, 산정방법은 각 업무별로 기준인원수에 적용수량과 보정계수, 공사난이도를 곱하여 산정함

[표 5-1] 투입인원수 산정기준

업무분류체계			적용 수량	기준인원수 (인·일)	보정계수			난 이 도
단계	기본업무		단위	고급	a	b	c	
공통 업무	과업착수준비		식	7.0				
	건설사업관리 업무수행계획서 작성		식	20.5				
	건설사업관리 절차서 작성·운영		식	27.3				
	작업분류체계 및 사업번호체계 관리, 사업정보축적·관리		식	22.3				○
	사업정보관리시스템의 운영		운영일수	0.3				○
	클레임 사전분석		식	31.0		○		
	최종 건설사업관리 보고	1)시공전 단계	식	27.3				
		2)시공 이후 단계		54.6				
설계전 단계	건설기술용역업체 선정		식	43.7				
	사업타당성조사보고서의 적정성 검토		식	21.6				○
	기본계획보고서의 적정성 검토		식	21.3				○
	발주방식(사업수행방식) 결정 지원		식	31.0				
설계전 단계	관리기준공정계획수립		식	18.0	○	○		○
	총사업비 집행계획수립지원(종합예산계획서)		식	11.4				

업무분류체계		적용 수량 단위	기준인원수 (인·일)	보정계수			난 이 도
단계	기본업무			a	b	c	
기본 설계 단계	기본설계 설계자 선정업무 지원	식	17.1				
	기본설계 조정 및 연계성 검토	용역개월	8.4	○	○	○	○
	기본설계단계의 예산검증 및 조정업무	식	22.5				○
	기본설계의 경제성(VE) 검토	식	90.6				○
	기본설계용역성과검토	용역개월	8.8	○	○	○	○
	기본설계 용역 기성 및 준공검사관리	회	3.7				
	각종 인허가 및 관계기관협의 지원	식	6.8				
	설계자문회의 운영 및 관리	회	2.5				
실시 설계 단계	실시설계 설계자 선정업무 지원	식	13.9				
	실시설계 조정 및 연계성 검토	용역개월	18.4	○	○	○	○
	실시설계단계의 예산검증 및 조정업무	식	23.3				○
	실시설계의 경제성(VE) 검토	식	123.3				○
	실시설계용역성과검토	용역개월	18.9	○	○	○	○
	실시설계 용역 기성 및 준공검사관리	회	8.1				
	지급자재 조달 및 관리계획 수립	식	10.2				
	각종 인허가 및 관계기관협의 지원	식	8.3				
	설계자문회의 운영 및 관리	회	6.4				
구매 조달 단계	시공사 선정계획수립	식	16.9				
	입찰업무지원	식	37.7				
	계약업무지원	식	27.5				
시공 단계	지급자재조달지원	공사개월	0.6	○		○	
	공사착수	식	72.7				
	시공성과확인 및 적정성 검토	공사일수	2.9	○	○	○	○
	사용자재의 적정성 검토	공사개월	10.0	○	○		○
	품질시험 및 성과검토	공사개월	12.6	○			○
	시공계획검토	공사개월	8.8	○	○	○	○
	기술검토 및 교육	공사개월	10.1	○			○
	공정관리	공사개월	9.0	○	○		○
	안전관리	공사개월	7.9		○		○
	환경관리	공사개월	5.3		○		○
	설계변경 관리	공사개월	7.5			○	○
시공 단계	기성검사	회	6.6				
	준공검사	식	3.8				
	계약자간 시공인터페이스 조정	공사개월	2.8	○			
	하도급타당성검토	공사년수	23.0				○
	시공단계의 예산검증 및 지원	회	36.4				○
	일반행정업무	용역일수	1.6				○

업무분류체계		적용 수량 단위	기준인원수 (인·일)	보정계수			난 이 도
단계	기본업무			a	b	c	
시공후 단계	종합시운전계획의 검토 및 시운전 확인	식	13.6	○			
	시설물 유지관리지침서 검토	식	32.6				
	시설물유지관리 업체 선정	식	20.8				
	시설물의 인수·인계 계획 검토 및 관련업무 지원	식	27.2				

[표 5-2] 보정계수

분야	항목	보정계수 값
건축	a.건축용도	①단순공종 : 0.9 ②보통공종 : 1.0 ③복잡공종 : 1.1 (별표 1 제1호사목2)에 따라 공종 구분)
	b.공사성격	①신축 : 1.0 ②전면 리모델링(증축포함) : 1.1 ③순환 리모델링 : 1.2
	c.BIM적용여부	①미적용 : 1.0 ②적용 : 1.1

[표 5-3] 공사난이도

구분	난이도 산식
시공 단계 (총공사비 2,000억원 이하)	공사난이도=0.011*총공사비*(1-0.0025*총공사비)+건설사업관리기간보정계수 +(0.5*골조공사비 비중)+0.2(※ 골조공사비중 = 골조공사비/총공사비)
시공전 단계 (총공사비 2,000억원 이하)	공사난이도 = 0.015*총공사비*(1-0.001*총공사비)
총공사비 2,000억원 초과	공사난이도 = 총공사비 2,000억원 시 공사난이도+(총공사비-200)/250}
비고	공사비는 10억원 단위로 하며, 전기·통신·소방 공사비는 제외 건설사업관리기간보정계수 = {(평균건설사업관리기간-해당공사 건설사업관리기간)/평균건설사업관리기간}×0.1 ※건설사업관리기간 보정계수의 평균건설사업관리기간은 별표 2 제1호라목에서 직선보간법으로 도출

1.2. 현행 감리자 업무기준 분석

■ 관련법규

- 기존 감리자의 업무 범위는 LH 건설사업관리 및 공사감리 업무지침, LH건설관
리지침서, 건설공사 사업관리방식 검토기준 및 업무수행지침에서 언급하고 있음
- 지침에서 언급하고 있는 업무는 다음과 같으나, 모듈러주택의 경우 공장과
현장에서 동시에 발생하고 있는 업무가 있으므로 만약, 공장에 감리자를 파견한
다면 시공단계에서 발생하는 대부분의 업무는 동시에 이루어져야 함

- 특히, 시공성과확인 및 검측업무, 사용자재의 적정성 검토 같은 일은 공장에서도 아주 중요한 일이 될 수 있음

[표 5-4] 감리자 업무 분류

업무분류체계		
단계	기본업무	
공통 업무	과업착수준비	
	건설사업관리 업무수행계획서 작성·운영	
	건설사업관리 절차서 작성·운영	
	작업분류체계 및 사업번호체계 관리, 사업정보축적·관리	
	사업정보관리시스템의 운영	
	클레임 사전분석	
	최종 건설사업관리 보고	1)시공전 단계 2)시공 이후 단계
설계 전 단계	건설기술용역업체 선정	
	사업타당성조사보고서의 적정성 검토	
	기본계획보고서의 적정성 검토	
	발주방식 결정 지원	
	관리기준공정계획수립	
	총사업비 집행계획수립지원(종합예산계획서)	
기본설계 단계	기본설계 설계자 선정업무 지원	
	기본설계 조정 및 연계성 검토	
	기본설계단계의 예산검증 및 조정업무	
	기본설계의 경제성(VE) 검토	
	기본설계용역성과검토	
	기본설계 용역 기성 및 준공검사관리	
	각종 인허가 및 관계기관협의 지원	
	기본설계단계의 기술자문회의 운영 및 관리·지원	

업무분류체계	
단계	기본업무
실시설계 단계	실시설계 설계자 선정업무 지원
	실시설계 조정 및 연계성 검토
	실시설계단계의 예산검증 및 조정업무
	실시설계의 경제성(VE) 검토
	실시설계용역성과검토
	실시설계 용역 기성 및 준공검사관리
	지급자재 조달 및 관리계획 수립
	각종 인허가 및 관계기관협의 지원
	실시설계단계의 기술자문회의 운영 및 관리·지원
	시공사 선정계획수립
구매 조달 단계	입찰업무지원
	계약업무지원
	지급자재조달지원
시공 단계	공사착수
	시공성과확인 및 검측업무
	사용자재의 적정성 검토
	품질시험 및 성과검토
	시공계획검토
	기술검토 및 교육
	공정관리
	안전관리
	환경관리
	설계변경 관리
	기성검사
	준공검사
	계약자간 시공인터페이스 조정
	하도급적정성검토

업무분류체계	
단계	기본업무
시공 단계	시공단계의 예산검증 및 지원
	일반행정업무
시공후 단계	종합시운전계획의 검토 및 시운전 확인
	시설물 유지관리지침서 검토
	시설물유지관리 업체 선정
	시설물의 인수·인계 계획 검토 및 관련업무 지원

2. 모듈러주택 감리자 배치기준(안)

2.1. 현행 모듈러주택 계약 형태

- 현행 모듈러주택에서의 원도급업자와 모듈러 유닛 제작업자와의 계약관계는 물품계약 또는 시공계약으로 되어 있음
- 다음 표와 같이 모듈러주택시공업체가 모듈러유닛까지 제작한다면 공사계약으로 체결하고 서로 다른 업체라면 물품계약으로 하는 것이 일반적임

[표 5-5] 프로젝트별 계약형태

구분	부산용호	천안두정	서울가양	천안백령	용인영덕
수행체계	설계시공분리	설계시공분리	설계시공일괄	분리 (CM at Rick)	설계시공일괄
모듈러납품	공사	물품	물품	공사	물품
시공업체	STACO	일반업체	일반업체	Posco A&C	현대ENG
모듈러제작사	STACO	KumKang & Staco	Posco A&C	Posco A&C	Kumkang

2.2. 계약 형태에 따른 감리자 배치 형태(안)

- 감리자의 배치 형태는 모듈러유닛 납품 계약 방식 즉, 물품계약인지 공사계약인지에 따라 달라져야 함
- 이는 계약형태에 따라 보증하는 목적물에 대한 차이에 의해서 발생하는 것임
- 물품계약의 경우 물품에 대한 보증으로 성능만 만족하고 겉보기에 하자만 없다면 물품사용에 하자가 없다고 판단되기 때문임

- 예를 들어 모듈러 유닛을 조달청을 통해서 구입한다고 가정해보면, 조달청 기준으로 모듈러 유닛을 등록되어 있고 모듈러주택을 건설하기 위해 모듈러 유닛을 구입한다면 이는 단순 물품계약으로 현장에서 납품받고 검수하였을 때 하자가 없다면 인수를 하게 됨
- 단, 조달청에 등록할 때 모듈러 유닛에 대한 인증이 필요하게 됨. 인증을 받기 위해서는 추가적인 모듈러 유닛을 인증해줄 수 있는 별도의 기관이 필요할 수 있음
- 위에서 언급한 품질보증 방안 다시 말해, 현장에서 제작용체로부터 납품받은 모듈러 유닛을 체크해서 승인하는 방법은 현재 국내 실정에 맞지 않을 수 있기 때문에 최소한의 공장의 품질관리계획 및 방안과 모듈러 유닛 제작시 주요 체크 시점에 대한 검토가 필요
- 주요 체크시점은 “위에서 하자조사에서 도출한 주요 하자와 이를 바탕으로 검토한 작업단계를 통하여 도출한 것을 바탕으로” JIG 완성 후, 타설 전 & 후, 벽&천정 완성 후, 최종 마감 후로 설정하고 이를 제작계획 및 제작 공장의 실정에 맞게 검토하는 것을 기준으로 함
- 공사계약의 경우 당연히 최종 목적물인 모듈러유닛과 모듈러주택의 성능과 품질을 보증하기 위해 제작에서부터 설치까지의 각각의 공정에 대한 품질검토 작업이 필요함
- 모듈러주택의 특성이 공장과 현장으로 이분화되어 있어 현장과 모듈러제작공장에 대한 품질관리를 어떻게 수행할 것인지에 대한 검토가 필요
- 현장에서는 기존과 동일한 작업이 발생하게 되며, 현 법규 내에서 감리자에 배치는 크게 달라지지 않을 것임
- 하지만 모듈러유닛 제작공장에 대한 품질검사 방안에 대해 별도의 대책이 필요
- 따라서 모듈러 유닛 제작공장에서 발생하는 작업에 대한 검토방안 및 이를 실행할 인력이 필요하게 되며, 기존의 현장인력이 주요시점에 작업을 검토하느냐 아니면 추가 인력은 배치하여 전체 작업을 검토하느냐를 결정해야함
- 품질확보가 가장 좋은 방법은 추가인력을 배치하여 전체 작업을 검토하는 것이 좋으나 이는 비용 증가의 원인 될 수 있기 때문에 주요시점을 체크하는 방안이 비

용증가가 적을 것으로 판단됨

[표 5-6] 계약형태별 감리유형

구분	물품계약	공사계약	
		상주	비상주
보증대상	물품	프로세스	
검사시점	물품 납품시	전체 공정	주요 시점
공장내 감리	3rd Party or 기존 인력	추가인력	기존인력
비용	증가 없음	인건비증가	출장비증가

2.3. 계약 형태에 따른 감리자 배치 기준(안)

- 감리자 배치 기준의 요지는 감리자를 공장에 배치해서 모든 공정을 감독하느냐 아니면 기존 주택건설과 동일하게 운영을 하느냐의 차이임
- 기존 주택건설과 동일하게 운영한다고 가정하면 공장에서 현장으로 반입할 때 점검만하거나, 주요 체크시점에 공장을 방문하여 샘플을 대상으로 검사를 수행하면 됨
- 공사계약 중 상주 감리로 모듈러공장제작에 감리자를 배치한다고 한다면 공장제작 단계에서 수행하는 모든 작업에 대한 이해도가 높은 중급기술자 이상으로 배치하는 것이 타당하다고 판단이 됨
- 아래의 표는 용인영덕 모듈러주택에 배치한 감리자 구성인원 구성에 공장에서 감리를 수행할 기술자를 삽입한 것으로 공장제작 시작부터 마지막 모듈러 유닛을 생산하여 운송하기 전까지 배치
- 현장으로 모듈러 유닛이 운송이 되면 현장에 상주하고 있는 감리자들이 감리 업무를 수행하면 되므로 공장제작 기간에만 감리 인원이 증가할 것으로 예상됨
- 하지만 상주감리를 제외하고는 감리자 배치기준은 크게 변동이 없음

[표 5-7] 감리자배치기준(예)

구분	분야	등급	배치
상주	건축(책임)	고급기술자	현장
	건축1(안전)	중급기술자	현장
	건축2(공장)	중급기술자	공장
	건축3	초급기술자	현장

구분	분야	등급	배치
상주	건축4	초급기술자	현장
	건축5	초급기술자	현장
	기계1	초급기술자	현장
	토목1	초급기술자	현장
	조경1	초급기술자	현장
	전기1	중급기술자	현장
	통신1	중급기술자	현장
비상주	건축	특급기술자	현장
	기계	고급기술자	현장
	토목	고급기술자	현장
	조경	고급기술자	현장
	전기	고급기술자	현장
	통신	고급기술자	현장
일반공사감리	소방	중급기술자	현장

3. 모듈러주택 감리자 업무기준(안)

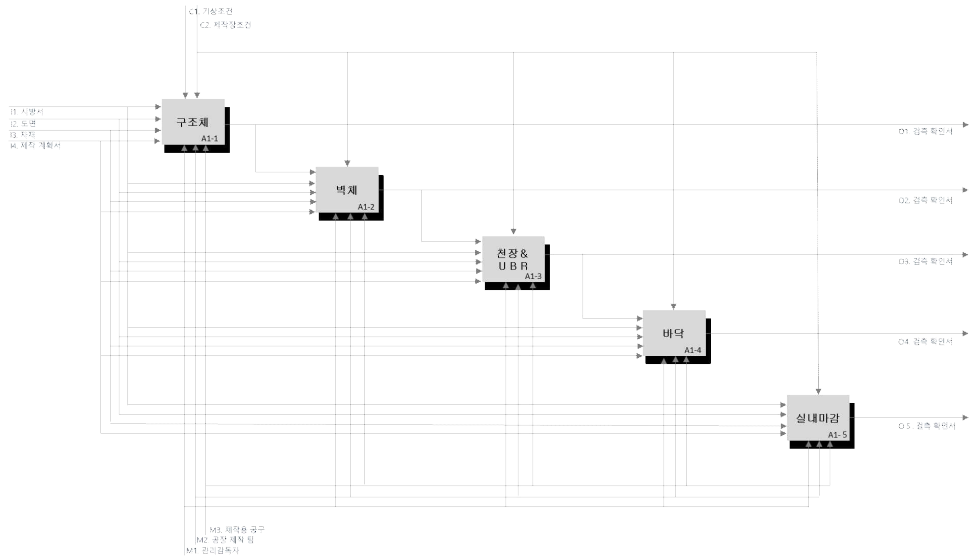
- 상주감리라고 가정한다면 감리자의 업무는 공장에서 발생하는 기존 감리자의 업무와 동일하며, 공장에서 감리업무를 하지 않는다면 기존 현장과 동일한 감리업무를 수행하면 되고, 상주감리를 제작공장에 배치한다고 하더라도 공장에서 발생하는 작업에 대해 감리 업무를 수행하면 됨
- 하지만 모듈러 공장제작 부분에서 감리자 배치기준(안)에서 비상주 감리로 수행한다고 하였을 때 비상주 감리자가 해야 할 일에 대한 감리업무
- 즉, 검측업무에서 무엇을 체크해야하는지를 감리자 업무기준으로 적용해야함. 따라서 아래와 같이 감리자 업무기준 적용이 필요함
- 특정 프로세스에 대한 검측을 수행한다는 것은 주요하자 발생 요인을 관리한다는 것으로 하자가 많이 발생하는 공정을 선택하면 됨

시공단계	시공성과확인 및 검측업무	상주감리	전체 프로세스
		비상주감리	특정 프로세스
	*특정 프로세스 : 구조체 조립공사 완료 시, 바닥판 콘크리트 타설 시, 경량스터드 설치시, 기밀방습지 및 투습 방수지 설치 시, 문&창호설치 시, 도배& 장판 공사 시, 가구 및 기구 설치시		

- 특정 프로세스라고 볼 수 있는 것이 구조체 조립공사 완료 시, 바닥판 콘크리트 타설 시, 경량스터드 설치시, 기밀방습지 및 투습 방수지 설치 시, 문&창호설치 시,

도배& 장판 공사 시, 가구 및 기구 설치시임

- 이를 조금 더 단순화 시킨다면 공장제작 하위단계 작업인 A1-1 ~ A1-5 중 바닥난방공사에 해당하는 A1-4 제외하고 구조체 완성시, 벽체 완성시, UBR 완성시, 실내기타 마감 완성시 검측을 한다면 주요하자는 사전에 방지할 수 있을 것으로 판단됨



[그림 5-1] 공장 제작부분 하위작업

제6장 모듈러 공사의 품질관리 항목 및 시험

1. 구조재료

1.1. 콘크리트

- 콘크리트는 건축물에서 구조재료로 사용되며, 모듈러 건축물에서 콘크리트가 사용되는 부위는 콘크리트 모듈러에서는 골조를 구성하는 보, 기둥, 벽체, 바닥 등에 사용되며, 목조 모듈러에서는 거의 사용되지 않는다. 국내에서 사용되는 모듈러 건축물은 대부분 철골조 모듈러이며 이 경우에는 바닥판에 사용됨
- 따라서 현재 국내 현황에서는 바닥에 사용되는 콘크리트를 중심으로 살펴보는 것이 타당
- 콘크리트 공사의 품질관리는 재료의 품질에서부터, 배합, 운반, 타설, 양생에 이르는 전 과정에서 행해지고 있으나, 모듈러 제작에서는 대부분 레디믹스트 콘크리트가 사용되고 있으므로 이를 대상으로 한 품질관리 활동이 필요
- 모듈러 제작과정에서 필요한 레디믹스트 콘크리트의 품질관리는 콘크리트의 받아들이기 시험, 타설, 양생의 과정으로 볼 수 있으나, 모듈러의 경우 바닥판에서만 사용되므로 받아들이기 시험을 통한 굳지 않은 콘크리트의 품질 평가와 경화된 콘크리트의 압축강도를 확인하는 품질 평가만으로 가능한 것으로 판단되며, 품질 시험의 항목 및 기준 등은 다음과 같음

[6-1] 콘크리트 품질 시험의 항목 및 기준

품명	시험방법	시험종목	시험빈도	비고
레미콘	KS F 2402	슬럼프	배합이 다를때마다 타설부위별 120㎡마다	
	KS F 2421 KS F 2449	공기량		
	온도계	온도		
	KS F 4009 부속서 A	염화물 함유량		
	한국콘크리트학회제규격 (KCI-RM101)	단위수량		
	KS F 2405	압축강도		

1.2. 강제

- 현재 국내에서 적용되고 있는 모듈러 건축물은 대부분 철골조 모듈러이다. 따라서 보, 기둥 등의 주요 구조부재인 강재의 품질관리가 중요한 항목임
- 철골조모듈러의 제작에는 일반구조용 각형 강관, 일반 구조용 압연 강재, 일반 구조용 경량 형강, 3558 일반구조용 용접 경량H형강, 용접구조용 압연 강재 등이 사용되고 있음
- 압연강재의 경우는 소재의 품질이 중요하며 이는 제조업체의 밀시트 등을 확인하는 방법으로 품질을 확인 할 수 있으며, 용접강재를 이용하여 제작하는 대형부재의 품질은 소재의 품질 이외에도 용접부의 품질 확보가 중요하며, 강재의 품질 확보를 위한 주요 시험 항목 및 빈도는 다음과 같음

[6-2] 강제 품질 시험의 항목 및 기준

품명	시험방법	시험종목	시험빈도	비고
일반 구조용 압연 강재 (KS D 3503)	KS D 3051 KS D 3052 KS D 3500 KS D 3502	모양, 치수, 무게, 겉모양	·제조회사별 ·제품규격별 50톤마다	
	KS D 3503	화학성분		
		항복점 또는 항복강도		
		인장강도		
		연신율		
일반구조용 경량 형강 (KS D 3530)	KS D 3530	겉모양, 치수, 무게	·제조회사별 ·제품규격별 50톤마다	
		화학성분		
		항복점		
		인장강도		
		연신		
일반구조용 용접 경량 H형강 (KS D 3558)	KS D 3558	겉모양, 치수	·제조회사별 ·제품규격별 50톤마다	
		화학성분		
		인장강도		
		항복점		
		연신율		
일반 구조용 탄소강관 (KS D 3566)	KS D 3566	겉모양, 치수, 무게	·제조회사별 ·제품규격별 100톤마다 또는 KS D 3566	
		화학성분		
		인장강도		
		항복점 또는 항복강도		
		연신율		
		굽힘성		
		평평성		
		용접부 인장강도		

품명	시험방법	시험종목	시험빈도	비고
일반구조용 각형강관 (KS D 3568)	KS D 3568	겉모양, 치수, 무게	·제조회사별 ·제품규격별 100톤마다 또는 KS D 3568	굽힘성 시험은 필요시
		화학적분		
		인장강도		
		항복점 또는 항복강도		
		연신율		
		굽힘성		
건축구조용 탄소 강관 (KS D 3632)	KS D 3632	겉모양, 치수, 무게	·제조회사별 ·제품규격별 100톤마다 또는 KS D 3632	
		화학적분		
		인장강도		
		항복점 또는 항복강도		
		연신율		
		굽힘성		
		평평성		
		용접부 인장강도		
건축구조용 압연강재 (KS D 3861)	KS D 3861	겉모양, 모양, 치수, 무게	·제조회사별 ·제품규격별 50톤마다	
		화학적분		
		탄소당량 또는 용접균열감수성		
		항복점 또는 내력		
		인장강도		
		항복비		
		연신율		
		샤르피 흡수에너지		
	KS D 0276	두께 방향 특성		
	KS D 0040	초음파 탐상		
강재 (용접부 반입검사)	KS B 0896	용접부 내부결함	검사로트마다 30개씩	
	육안검사	표면결함검사	전용접 부위	
	용접후 마무리 높이 및 기울기(금속제 공은자, 한계게이지, 콘벡스롤)	스터드용접부검사	주요부재 1개에 용접한 숫자중 작은쪽을 1개 검사로트로하여 검사로트마다 1개씩	

1.3. 접합재료(볼트 등)

- 모듈러 내부의 접합부는 주로 용접이 대부분이나, 모듈과 모듈 사이의 접합은 고
력볼트 또는 토크 전단형 고장력 볼트 등이 사용되며 주요 시험 항목 및 빈도는
다음과 같음

[6-3] 접합재료 품질 시험의 항목 및 기준

품명	시험방법	시험종목	시험빈도	비고
마찰접합용 고장력 볼트, 너트	KS B 1010	KS에 규정된 시험종목	제조회사별 제품규격별	
구조물용 토크-전단형 고장력 볼트, 너트, 평와셔	KS B 2819			

2. 벽체 및 바닥 재료

2.1. 벽체

- 모듈러 건축물의 벽체는 스틸하우스와 동일하다고 볼 수 있으며, 경량 철골을 심재로 하고 단열재를 삽입하고 석고보드 등으로 표층을 형성시키고 있음
- 따라서 심재가 되는 경량철골, 단열재, 표층 재료 등이 주요 품질 관리 대상임

1) 경량철골

- 벽체를 구성하는 러너, 스티드 및 천정을 지지하는 경량철골 천정틀은 아연도금 강판을 성형하여 제조되며 아연도금강판의 품질관리 항목은 다음과 같음

[6-4] 경량철골 품질 시험의 항목 및 기준

품명	시험방법	시험종목	시험빈도	비고
러너 스티드 경량철골천정틀	KS D 3854	겉모양, 치수, 무게, 화학적분, 항복점, 인장강도, 연신율, 도금의 부착량	제조회사별 제품규격별 50톤 마다	현장 : 치수, 무게 그외는 성적서

2) 단열재

- 모듈러건축물 벽체는 단열성 확보를 위하여 벽체의 내부에 단열재가 삽입되며, 여기에는 발포폴리스티렌 단열판, 인조광섬유 단열재 등이 사용됨
- 이러한 단열재의 품질 관리 항목 및 빈도는 다음과 같음

[6-5] 단열재 품질 시험의 항목 및 기준

품명	시험방법	시험종목	시험빈도	비고
발포 폴리스티렌단열판 (압출법, 비드법)	KS M 3808	치수, 밀도, 연소성	시공면적 1,000㎡ 마다 1,000매 마다 제조회사 및 규격별	1조 4매
판상단열재	KS L 9106	밀도	1,000㎡마다 1,000매마다	200×200mm
		치수		제품치수
		열저항		300×300mm 3매
인조광섬유단열재 (글라스울/ 미네랄울 보온판)	KS L 9102	밀도, 열간수축온도	1. 1,000㎡마다 2. 1,000매마다	밀도 : 1㎡ 열전도율 : 300×300mm 3매
	KS L 9016	열전도율		

3) 석고보드

- 모듈러 건축물 벽체의 표층을 구성하는 재료로는 보드류가 사용되고 있으며 국내에서는 대부분 석고보드가 활용되고 있음
- 석고보드는 사용되는 부위에서 요구되는 성능에 따라 일반석고보드, 방수석고보드(주방, 화장실 등), 내화석고보드(내화피복용) 등이 사용되고 있으며 품질관리를 위한 시험 항목 및 빈도는 다음과 같음

[6-6] 석고보드 품질 시험의 항목 및 기준

품명	시험방법	시험종목	시험빈도	비고
석고보드	KS F 3504	겉모양, 치수, 함수율, 휨파괴하중, 연소성능	제조회사별 제품규격별	
	KS F 2277-부속서B	단열성		
	KS M 1998 또는 실내공기질 공정시험기준	실내공기오염물질 방출량	필요시	
방수 석고보드	KS F 3504	겉모양, 치수, 함수율, 흡수성, 흡수시 내박리성, 휨파괴하중, 연소성능	제조회사별 제품규격별	
	KS F 2277-부속서B	단열성		

품명	시험방법	시험종목	시험빈도	비고
방수 석고보드	KS M 1998 또는 실내공기질 공정시험기준	실내공기오염물질 방출량	필요시	
방화 석고보드	KS F 3504	겉모양, 치수, 함수율, 휨파괴하중, 내화염성, 연소성능, 단위면적당 질량	제조회사별 제품규격별	
	KS F 2277-부속서B	단열성		
	KS M 1998 또는 실내공기질 공정시험기준	실내공기오염물질 방출량	필요시	

2.2. 데크플레이트

- 철골조 모듈러의 바닥판은 철근콘크리트로 구성되며, 시공의 편리성을 위하여 대부분 철근 트러스와 거푸집용 데크플레이트가 공장에서 선조립 되어 반입되는 철근트러스상판을 사용하고 있음
- 다음은 데크플레이트의 품질 시험 항목 및 빈도를 나타낸 것이며, 데크플레이트의 제작에 사용되는 소재의 성능은 품질검사 대행기관에서 1년 이내에 작성된 시험성적서로 갈음할 수 있음

[6-7] 데크플레이트 품질 시험의 항목 및 기준

품명	시험방법	시험종목	시험빈도	비고
반입검사	LHCS 14 31 70 05	크기, 배근상태, 용접상태	크기별 30매당 1회	
주철근 (이형봉강)	KS D 3504	항복점, 인장강도, 연신율, 굽힘성	제조회사별	인장시험편:3매 굽힘시험편:3매
주철근 (이형철선)	KS D 3552	항복점, 인장강도, 연신율, 굽힘성	제조회사별	인장시험편:3매 굽힘시험편:3매
래치재 (보통철선)	KS D 3552	인장강도	제조회사별	인장시험편:3매
레티스재 (보통철선)	KS D 3552	인장강도	제조회사별	인장시험편:3매

품명	시험방법	시험종목	시험빈도	비고
아연도금강판	KS D 3506	항복점, 인장강도, 연신율, 굽힘성	제조회사별	인장시험편:3매 굽힘시험편:3매

3. 마감재료

- 모듈러 주택의 마감재료는 일반적인 주택의 마감과 동일하다. 따라서 마감재료의 품질관리 항목이나 기법은 기존의 공동주택과 동일하게 볼 수 있음
- 다만 철골조 모듈러 주택의 경우 주요 구조부재의 내화성능 확보를 위하여 내화 피복이 사용되며 이러한 내화피복재의 품질 관리 항목 및 빈도는 다음과 같음

[6-8] 내화피복 품질 시험의 항목 및 기준

품명	시험방법	시험종목	시험빈도	비고
미장공법	KCS 41 31 50	미장두께(핀 활용)	5㎡당 1개소	모르타르
뿔칠공법		코어의 두께 및 비중	500㎡당 1회(1회에 5개소), 단 최소 2회	내화피복
붙임공법, 도장공법		재료반입시, 재료의 두께 및 비중	500㎡당 1회(1회에 3개소), 단 최소 2회	석고보드 내화도료

4. 소결

- 모듈러 주택의 품질 관리를 위한 품질시험 항목을 제시하고 시험방법 및 빈도를 도출하여 다음 표와 같이 제시함
- 지방서 현장품질시험 항목 전후 비교를 위해 위한 표를 첨부함

[6-9] 모듈러주택 품질 시험의 항목 및 기준

구분	품명	시험방법	시험종목	시험빈도	비고
콘크리트	레미콘	KS F 2402	슬럼프	배합이 다를때마다 타설부위별 120㎡마다	
		KS F 2421 KS F 2449	공기량		
		온도계	온도		
		KS F 4009 부속서 A	염화물 함유량		

구분	품명	시험방법	시험종목	시험빈도	비고
콘크리트	레미콘	한국콘크리트학회 제규격 (KCI-RM101)	단위수량	배합이 다를때마다 타설부위별 120㎡마다	
		KS F 2405	압축강도		
	경량기포 콘크리트	KS F 4039	플로우, 기포슬러리 일도, 침하깊이	견본시공시 1회 본시공시 : 1일 1회	각 3개
		KS F 2459	압축강도 (7일, 28일)		각 5개
			겉보기밀도		
		KS F 4039	열전도율	견본시공시 1회	각 3개
		KS L 2460	길이변화율	견본시공시 1회	각 3개
		LHCS 14 20 25	기포율	견본시공시 : 1회 본시공시 : 1일 2회	
	경량기포 콘크리트 기포제	LHCS 14 20 25 3.4,3.5	pH	견본시공시 : 1회 본시공시 : 1일 1회	
철근	철근	KS D 3504	(항복점, 인장강도, 연신율, 굽힘성, 무게허용차, 화학성분)	제조회사 및 제품규격별 50Ton마다 (KS제품은 제조회사 및 제품규격별)	인장시험편:3매 굽힘시험편:3매 무게시험편:3매
구조용 철골	강재 (용접부 반입검사)	KS B 0896	용접부 내부결함	검사로트마다 30개씩	
		육안검사	표면결함검사	전용접 부위	
		용접후 마무리 높이 및 기울기(금 속제 골은자, 한계게이지, 콘벙스롤)	스터드용접부검사	주요부재 1개에 용접한 숫자중 작은쪽을 1개 검사로트로하여 검사로트마다 1개씩	

구분	품명	시험방법	시험종목	시험빈도	비고
구조용 철골	일반 구조용 압연 강재 (KS D 3503)	KS D 3051 KS D 3052 KS D 3500 KS D 3502	모양, 치수, 무게, 겹모양	·제조회사별 ·제품규격별 50톤마다	
		KS D 3503	화학성분		
			항복점 또는 항복강도		
			인장강도		
			연신율		
			굽힘성		
	일반구조용 경량 형강 (KS D 3530)	KS D 3530	겉모양, 치수, 무게	·제조회사별 ·제품규격별 50톤마다	
			화학성분		
			항복점		
			인장강도		
			연신		
	일반구조용 용접 경량 H형강 (KS D 3558)	KS D 3558	겉모양, 치수	·제조회사별 ·제품규격별 50톤마다	
			화학성분		
			인장강도		
			항복점		
			연신율		
	일반 구조용 탄소강관 (KS D 3566)	KS D 3566	겉모양, 치수, 무게	·제조회사별 ·제품규격별 100톤마다 또는 KS D 3566	
			화학성분		
			인장강도		
			항복점 또는 항복강도		
			연신율		
			굽힘성		
			평평성		
			용접부 인장강도		
	일반구조용 각형강관 (KS D 3568)	KS D 3568	겉모양, 치수, 무게	·제조회사별 ·제품규격별 100톤마다 또는 KS D 3568	굽힘성 시험은 필요시
			화학성분		
			인장강도		
			항복점 또는 항복강도		
			연신율		
			굽힘성		

구분	품명	시험방법	시험종목	시험빈도	비고
구조용 철골	건축구조용 탄소 강관 (KS D 3632)	KS D 3632	겉모양, 치수, 무게	·제조회사별 ·제품규격별 100톤마다 또는 KS D 3632	
			화학성분		
			인장강도		
			항복점 또는 항복강도		
			연신율		
			굽힘성		
			평평성		
			용접부 인장강도		
	건축구조용 압연강재 (KS D 3861)	KS D 3861	겉모양, 모양, 치수, 무게	·제조회사별 ·제품규격별 50톤마다	
			화학성분		
			탄소당량 또는 용접균열감수성		
			항복점 또는 내력		
			인장강도		
			항복비		
			연신율		
			샤르피 흡수에너지		
		KS D 0276	두께 방향 특성		
		KS D 0040	초음파 탐상		
접합 재료	마찰접합용 고장력 볼트, 너트	KS B 1010	KS에 규정된 시험종목	제조회사별 제품규격별	
	구조물용 토크-전단형 고장력 볼트, 너트, 평와셔	KS B 2819			
내화피복	미장공법	KCS 41 31 50	미장두께(핀 활용)	5㎡당 1개소	
	뿔칠공법		코어의 두께 및 비중	500㎡당 1회(1회에 5개소), 단 최소 2회	
	붙임공법, 도장공법		재료반입시, 재료의 두께 및 비중	500㎡당 1회(1회에 3개소), 단 최소 2회	
건축구조용 표면처리 경량형강	러너 스터드 경량철골천정틀	KS D 3854	겉모양, 치수, 무게, 화학성분, 항복점, 인장강도, 연신율, 도금의 부착량	제조회사별 제품규격별 50톤 마다	현장 : 치수, 무게 그외는 성적서

구분	품명	시험방법	시험종목	시험빈도	비고
데크플레이트 (철근트러스 상판)	반입검사	LHCS 14 31 70 05	크기, 배근상태, 용접상태	크기별 30매당 1회	
	주철근 (이형봉강)	KS D 3504	항복점, 인장강도, 연신율, 굽힘성	제조회사별	인장시험편3매 굽힘시험편3매
	주철근 (이형철선)	KS D 3552	항복점, 인장강도, 연신율, 굽힘성	제조회사별	인장시험편3매 굽힘시험편3매
	래치재 (보통철선)	KS D 3552	인장강도	제조회사별	인장시험편3매
	레티스재 (보통철선)	KS D 3552	인장강도	제조회사별	인장시험편3매
	아연도금강판	KS D 3506	항복점, 인장강도, 연신율, 굽힘성	제조회사별	인장시험편3매 굽힘시험편3매
석고 보드류	석고보드	KS F 3504	겉모양, 치수, 함수율, 휨파괴하중, 연소성능	제조회사별 제품규격별	
		KS F 2277 - 부속서B	단열성		
		KS M 1998 또는 실내공기질 공정시험기준	실내공기오염물질 방출량	필요시	
	방수 석고보드	KS F 3504	겉모양, 치수, 함수율, 흡수성, 흡수시 내박리성, 휨파괴하중, 연소성능	제조회사별 제품규격별	
		KS F 2277-부속서B	단열성		

구분	품명	시험방법	시험종목	시험빈도	비고
석고 보드류	방수 석고보드	KS M 1998 또는 실내공기질 공정시험기준	실내공기오염물질 방출량	필요시	
	방화 석고보드	KS F 3504	겉모양, 치수, 흡수율, 휨파괴하중, 내화염성, 연소성능, 단위면적당 질량	제조회사별 제품규격별	
		KS F 2277-부속서B	단열성		
		KS M 1998 또는 실내공기질 공정시험기준	실내공기오염물질 방출량	필요시	
미장재	메탈라스	KS F 4552	질량, R(가로방향), S(세로방향)	제조회사별	1조 3매
	미장, 조적용 모래	KS F 2504	밀도 및 흡수율, 점토덩어리량, 0.08mm체 통과량, 체가름	골재원마다 1,000㎡마다	
	온돌마감 모르타르	LH	플로우, 압축강도(7일, 28일)	플로우 : 1일 2회 압축강도 : 1일 1회	
방수재	우레탄 도막방수재	KS F 3211	타르성분	제조회사별	
	개량아스팔트 방수시트	KS F 4917	KS에 규정된 시험종목	제조회사별 제품규격별	
	폴리우레탄시 트방수	LH	LHCS 41 40 05	제조회사별	1M
	고무아스팔트 에멀전 방수재	KS F 3211	KS에 규정된 시험종목	제조회사별	1조 2ℓ

구분	품명	시험방법	시험종목	시험빈도	비고
방수재	아스팔트방수용 프라이머	KS M 2270	KS에 규정된 시험종목	제조회사별 제품규격별	1조 1kg
	도막방수용 프라이머	LH	건조시간, 가열잔분	제조회사별 제품규격별	1조 1kg
	고무화수지 아스팔트	LH	LHCS 41 40 03	제조회사별 제품규격별	1ℓ
	내부용 실링재	LH	LHCS 41 40 12	제조회사별	1조 300ℓ
	건축용 실링재 (실리콘계)	KS F 4910	KS에 규정된 시험종목	제조회사별 제품규격별	
목재류	반자동림, 재료분리대, 걸레받이	KS F 3108	함수율	동당 1회	3매
	반자동림, 재료분리대, 걸레받이, 커튼박스(MD F제품)	KS F 3200	LHCS 41 33 01 10	동당 1회	3매
	커튼박스(목재)		함수율, 접착성	동당 1회	3매
	목재	KS F 3108	함수율	사용직전 1㎡마다	
	합판	KS F 3101	함수율	동당 1회	3매
창호재 및 유리	목재창호 및 틀재	KS F 3108	겉모양 및 치수, 휨강도, 함수율, 방부·방충처리	제품 500개당 또는 제조회사별, 제품규격별	
	합성수지제 창호 및 틀재	KS F 5602	LHCS 41 55 03	제조회사별 제품규격별	
	강제창호 문짝 및 문틀	KS F 2268-1 3109	LHCS 41 55 06 * 세대현관문은 기밀성(1등급), 단열 및 결로방지 성능, 침입방어 성능 반드시 확보	제조회사별 문짝종류별	1set
	대피공간 방화문	KS F 2268-1 2257-1	LHCS 41 55 06 절단분해 확인		2set
	알루미늄 창호 및 틀재	KS F 3109 3117 6759 외	치수, 중량	제조회사별 제품규격별	

구분	품명	시험방법	시험종목	시험빈도	비고
창호재 및 유리	문짝 및 문틀용 채움재 밀도시험	KS L 9102	밀도	공장 또는 사업장별	1㎡
	도어락	LH	절단분해 확인	공장 또는 사업장별	
	도어클로저 (방화용)	LH	절단분해 확인	공장 또는 사업장별	
타일 및 석재류	도기질 타일 자기질 및 석기질 타일	KS L 1001	겉모양, 치수, 흡수율, 내마모성(바닥타일), 내균열성(시유타일), 내동해성(외장타일), 미끄럼저항성시험(욕실 및 세탁실 바닥타일),	제조회사별 제품규격별 5,000상자 마다	1조 12매
	고강도 무유색소지타일	KS L 1001	겉모양, 치수, 흡수율, 내동해성(외장타일), 미끄럼저항성(계단실, 복도, E/V홀 바닥타일)	제조회사별	1조 12매
	천연석 타일	KS L 1001	겉모양, 치수, 흡수율	제품 5,000상자 마다	1조 10매
	타일형 천연대리석	KS L 1001	치수, 뒤틀림, 내약품성, 내균열성, 마모감량, 꺾임강도, 흡수율	제조회사별	제품크기별 3개
	화강석 판재	KSF 2530	비중 및 흡수율, 압축강도	1. 골재원마다 2. 재질의 변화시마다	100x100x20 0mm : 3개
		KSF 2375	미끄럼저항계수(BPN)		1조 3매
		ASTM C 880	휨인장강도		100(너비)x3 0~50(두께) x350mm(길 이) : 3개
단열재	발포 폴리스티렌단 열판 (압출법, 비드법)	KS M 3808	치수, 밀도, 연소성	시공면적 1,000㎡ 마다 1,000매 마다 제조회사 및 규격별	1조 4매

구분	품명	시험방법	시험종목		시험빈도	비고
단열재	판상단열재	KS L 9106	밀도		1,000㎡마다 1,000매마다	200×200mm
			치수			제품치수
			열저항			300×300mm 3매
	인조광섬유단열재 (글라스울/ 미네랄울 보온판)	KS L 9102	밀도, 열간수축온도		1. 1,000㎡마다 2. 1,000매마다	밀도 : 1㎡ 열전도율 : 300×300mm 3매
		KS L 9016	열전도율			
바닥 완충재	바닥 완충재	KS M ISO 845	밀도/규격/형상		·반입시마다	200mm x 200mm 5매
		KS F 2868	동탄성계수			200mm x 200mm 3매
			손실계수			
		KS M ISO 2896	흡수량		·제조회사별 2회(견본1회/본시공1회)	150mm x 150mm 3매
		KS M ISO 4898	가 열 후	치수안정성		100mm x 100mm 3매
				동탄성계수		200mm x 200mm 3매
				손실계수		
		KS F 2873	잔류변형량			300mm x 300mm 10매
		KS L 9016	열전도율 또는 열관류율			300mm x 300mm 3매
		인정내용에 따름	바닥충격음 차단구조 성능인정서의 세부인정내용에 규정된 시험종목			
	측면 완충재	KS F 2868	동탄성계수		·제조회사별 2회(견본1회/본시공1회)	
		KS M ISO 2896	흡수량			
		인정내용에 따름	바닥충격음 차단구조 성능인정서의 세부인정내용에 규정된 시험종목			

구분	품명	시험방법	시험종목	시험빈도	비고
가구류	수납가구		LHCS 41 57 01 00 가구공사에 따름	제조회사별	
	주방가구		LHCS 41 57 01 00 가구공사에 따름	제조회사별	
배관류	폴리부틸렌관 (PB관)	KS M ISO 1167	·내압시험 * 시험조건 - 시험온도 : 95℃ - 시험기간 : 165시간 - 정수(원주)응력 (MPa) : 6.2MPa	공구마다 1회	
	PVC 복층관 (규격1)	KS M 3404의 VG2이상	·수압시험 ·편평시험 ·침지시험 ·충격시험 ·축진내후성시험 ·내연성시험 ·납 정량시험	공구마다 1회 * 다만, 축진내후성 시험은 최근 1년 이내 공인기관성적서로 대체할 수 있다.	
	PVC 복층관 (규격2)	KS M 3404의 VG2이상	·수압시험 ·편평시험 ·침지시험 ·충격시험 ·내연성시험 ·납 정량시험	공구마다 1회	
	PVC 삼중관	KS M 3404의 VG2이상	·수압시험 ·편평시험 ·침지시험 ·충격시험 ·내연성시험 ·납 정량시험	공구마다 1회	

[6-10] 모듈러주택 품질 시험의 항목 수정 전·후 비교표

품명	기존			수정(안)			비고
	시험방법	시험종목	시험빈도	시험방법	시험종목	시험빈도	
레미콘	KS F 2402 2594 2421 2449 4009 2403 2408	압축강도, 슬럼프, 공기량, 압축강도, 휨강도, 염화물함유량	배합이 다를때마다 타설부위별 150㎡마다	KS F 2402	슬럼프	배합이 다를때마다 타설부위별 120㎡마다	표준시방서 개정내용 반영(단위수량 측정, 시험빈도 강화)
				KS F 2421 KS F 2449	공기량		
				온도계	온도		
				KS F 4009 부속서 A	염화물 함유량		
				한국콘크리트 학회 제규격 (KCI-RM101)	단위수량		
				KS F 2405	압축강도		
일반구조용 압연강재				KS D 3051 KS D 3052 KS D 3500 KS D 3502	모양, 치수, 무게, 겉모양	·제조회사별 ·제품규격별 50톤마다	모듈러 구조체 제작에 사용되는 강재 추가
				KS D 3503	화학적분		
					항복점 또는 항복강도		
					인장강도		
					연신율		
					굽힘성		

품명	기존			수정(안)			비고
	시험방법	시험종목	시험빈도	시험방법	시험종목	시험빈도	
일반구조용 경량 형강				KS D 3530	겉모양, 치수, 무게	·제조회사별 ·제품규격별 50톤마다	모듈러 구조체 제작에 사용되는 강재 추가
					화학성분		
					항복점		
					인장강도		
					연신		
일반구조용 용접 경량 H형강				KS D 3530	겉모양, 치수, 무게	·제조회사별 ·제품규격별 50톤마다	모듈러 구조체 제작에 사용되는 강재 추가
					화학성분		
					항복점		
					인장강도		
					연신		
일반 구조용 탄소강관				KS D 3566	겉모양, 치수, 무게	·제조회사별 ·제품규격별 100톤마다 또는 KS D 3566	모듈러 구조체 제작에 사용되는 강재 추가
					화학성분		
					인장강도		
					항복점 또는 항복강도		
					연신율		
					굽힘성		
					평평성		
					용접부 인장강도		

품명	기존			수정(안)			비고
	시험방법	시험종목	시험빈도	시험방법	시험종목	시험빈도	
일반구조용 각형강관				KS D 3568	겉모양, 치수, 무게	·제조회사별 ·제품규격별 100톤마다 또는 KS D 3568	모듈러 구조체 제작에 사용되는 강재 추가
					화학성분		
					인장강도		
					항복점 또는 항복강도		
					연신율		
					굽힘성		
건축구조용 탄소 강관				KS D 3632	겉모양, 치수, 무게	·제조회사별 ·제품규격별 100톤마다 또는 KS D 3632	모듈러 구조체 제작에 사용되는 강재 추가
					화학성분		
					인장강도		
					항복점 또는 항복강도		
					연신율		
					굽힘성		
					평평성		
					용접부 인장강도		
건축구조용 압연강재				KS D 3861	겉모양, 모양, 치수, 무게	·제조회사별 ·제품규격별 50톤마다	모듈러 구조체 제작에 사용되는 강재 추가
					화학성분		
					탄소당량 또는 용접균열감수성		
					항복점 또는 내력		
					인장강도		
					항복비		
					연신율		
					샤르피 흡수에너지		

품명	기존			수정(안)			비고
	시험방법	시험종목	시험빈도	시험방법	시험종목	시험빈도	
건축구조용 압연강재				KS D 0276 KS D 0040	두께 방향 특성 초음파 탐상	·제조회사별 ·제품규격별 50톤마다1	모듈러 구조체 제작에 사용되는 강재 추가
구조물용 토크-전단형 고장력 볼트, 너트, 평와셔				KS B 2819	KS에 규정된 시험종목	제조회사별 제품규격별	토크 전단형 볼트, 너트, 와셔 추가
러너 스터드 경량철골천정틀				KS D 3854	겉모양, 치수, 무게, 화학성분, 항복점, 인장강도, 연신율, 도금의 부착량	제조회사별 제품규격별 50톤 마다	
발포 폴리스티렌단열판 (압출법, 비드법)	KS M 3808	밀도, 연소성	시공면적 1,000㎡ 마다 1,000매 마다 제조회사 및 규격별	KS M 3808	치수, 밀도, 연소성	시공면적 1,000㎡ 마다 1,000매 마다 제조회사 및 규격별	측정 항목에 치수 추가
판상단열재	KS L 9106	밀도, 두께	1,000㎡마다	KS L 9106	치수, 밀도, 열저항	1,000㎡ 마다 1,000매 마다	측정항목에 열저항 추가, 두께→치수 수정
인조광섬유단열재 (글라스울/ 미네랄울 보온판)	KS L 9102	밀도, 열전도율, 열간수축온도	1. 1,000㎡마다 2. 1,000매마다	KS L 9102	밀도, 열간수축온도	1,000㎡마다 1,000매마다	KS에 맞추어 명칭변경(글라스울 보온판 →인조광섬유 단열재) 시험방법 추가
				KS L 9016	열전도율		

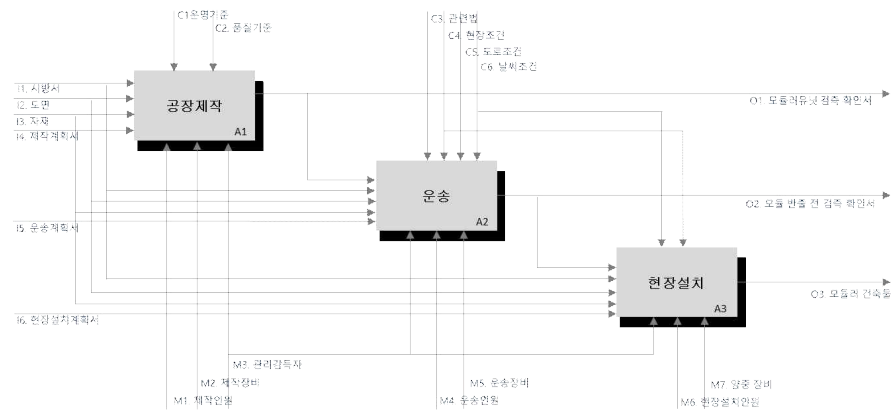
품명	기존			수정(안)			비고
	시험방법	시험종목	시험빈도	시험방법	시험종목	시험빈도	
석고보드				KS F 3504	겉모양, 치수, 함수율, 휨파괴하중, 연소성능	제조회사별 제품규격별	석고보드 추가
				KS F 2277-부속서B	단열성		
				KS M 1998 또는 실내공기질 공정시험기준	실내공기오염물 질 방출량	필요시	
방수 석고보드				KS F 3504	겉모양, 치수, 함수율, 흡수성, 흡수시 내박리성, 휨파괴하중, 연소성능	제조회사별 제품규격별	방수석고보드 추가
				KS F 2277-부속서B	단열성		
				KS M 1998 또는 실내공기질 공정시험기준	실내공기오염물 질 방출량	필요시	

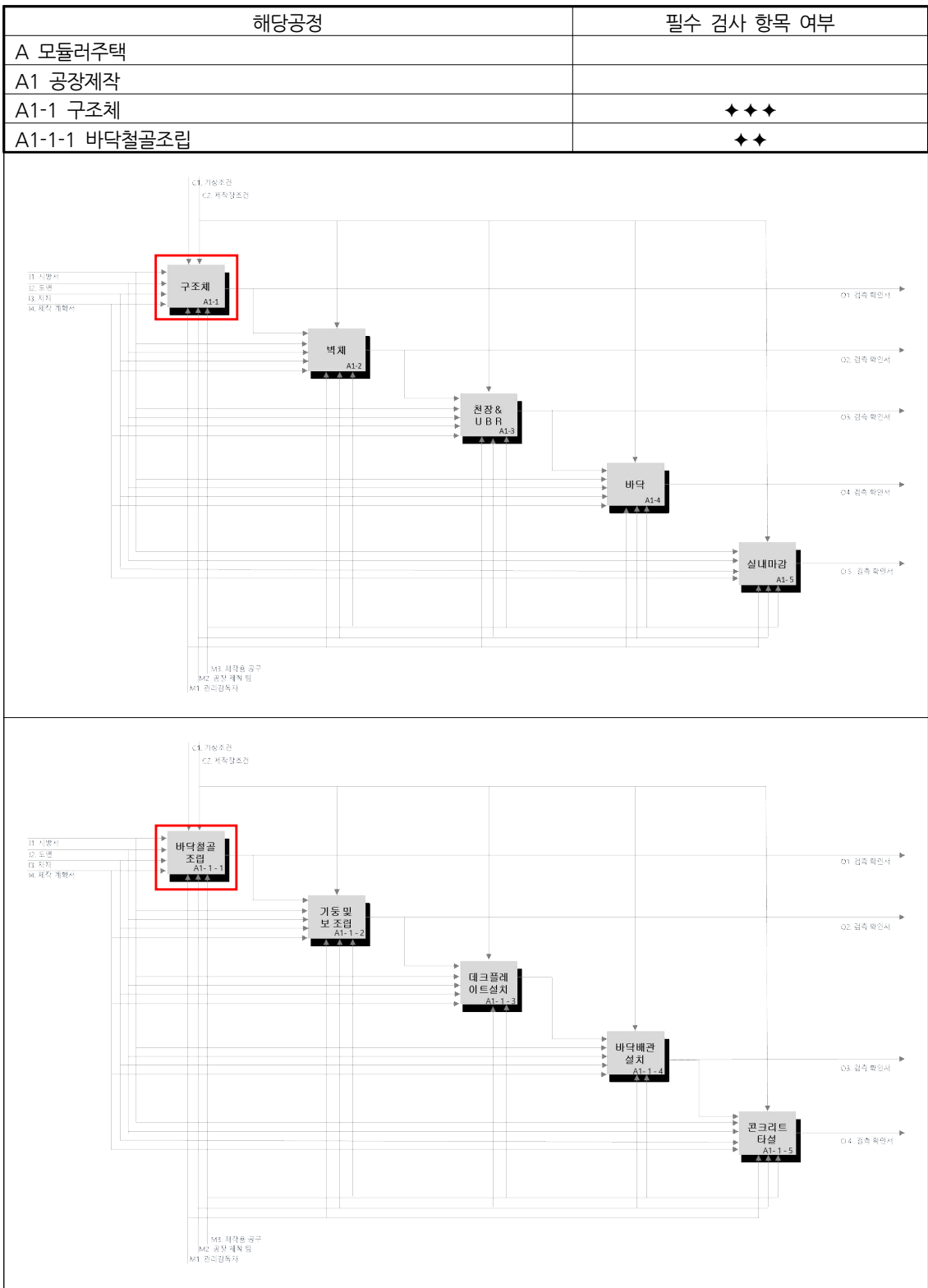
품명		기존			수정(안)			비고
		시험방법	시험종목	시험빈도	시험방법	시험종목	시험빈도	
방화 석고보드					KS F 3504	겉모양, 치수, 함수율, 휨파괴하중, 내화염성, 연소성능, 단위면적달 질량	제조회사별 제품규격별	방화석고보드 추가
					KS F 2277-부속서B	단열성		
					KS M 1998 또는 실내공기질 공정시험기준	실내공기오염물 질 방출량	필요시	
데크 플레이트	반입검사				LHCS 14 31 70 05	크기, 배근상태, 용접상태	크기별 30매당 1회	반입검사 항목 추가
	주철근 (이형봉강)	KS D 3504	항복점, 인장강도, 연신율, 굽힘성	제조회사별	KS D 3504	항복점, 인장강도, 연신율, 굽힘성	제조회사별	
	주철근 (이형철선)	KS D 3552	항복점, 인장강도, 연신율, 굽힘성	제조회사별	KS D 3552	항복점, 인장강도, 연신율, 굽힘성	제조회사별	
	래치재 (보통철선)	KS D 3552	인장강도	제조회사별	KS D 3552	인장강도	제조회사별	

품명		기존			수정(안)			비고
		시험방법	시험종목	시험빈도	시험방법	시험종목	시험빈도	
데크 플레이트	레티스재 (보통철선)	KS D 3552	인장강도	제조회사별	KS D 3552	인장강도	제조회사별	
	아연도금 강판	KS D 3506	항복점, 인장강도, 연신율, 굽힘성	제조회사별	KS D 3506	항복점, 인장강도, 연신율, 굽힘성	제조회사별	
내화피복	미장공법				KCS 41 31 50	미장두께(핀 활용)	5㎡당 1개소	내화피복 공법별 시험 추가
	뿔칠공법					코어의 두께 및 비중	500㎡당 1회(1회에 5개소), 단 최소 2회	
	불임공법, 도장공법					재료반입시, 재료의 두께 및 비중	500㎡당 1회(1회에 3개소), 단 최소 2회	

제7장 모듈러주택 품질관리 메뉴얼

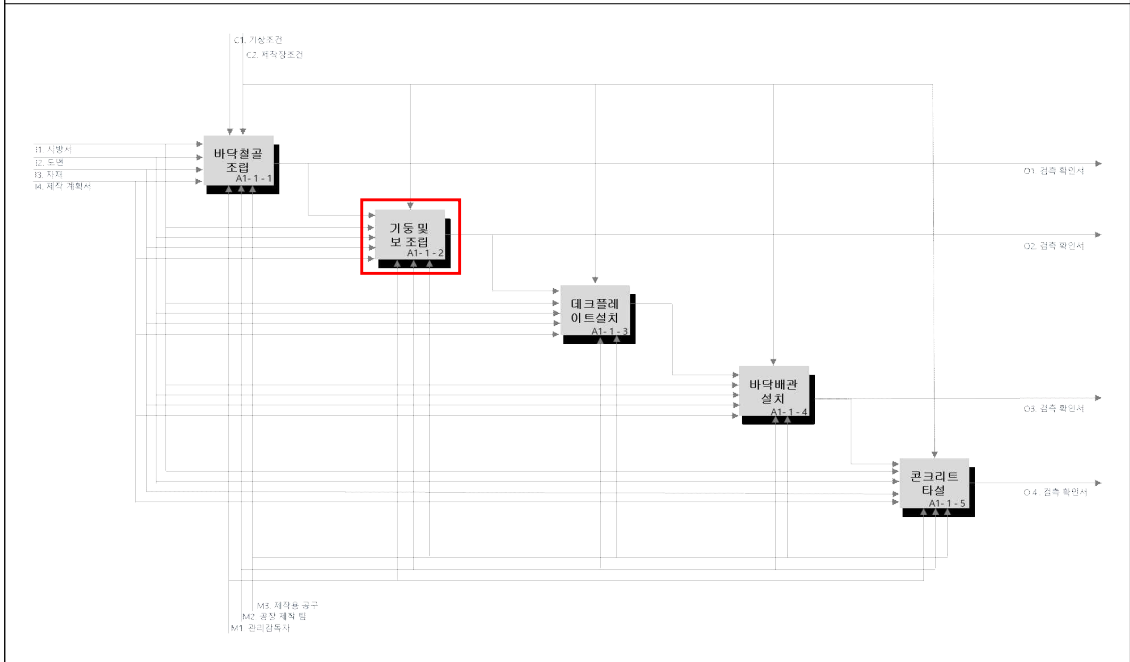
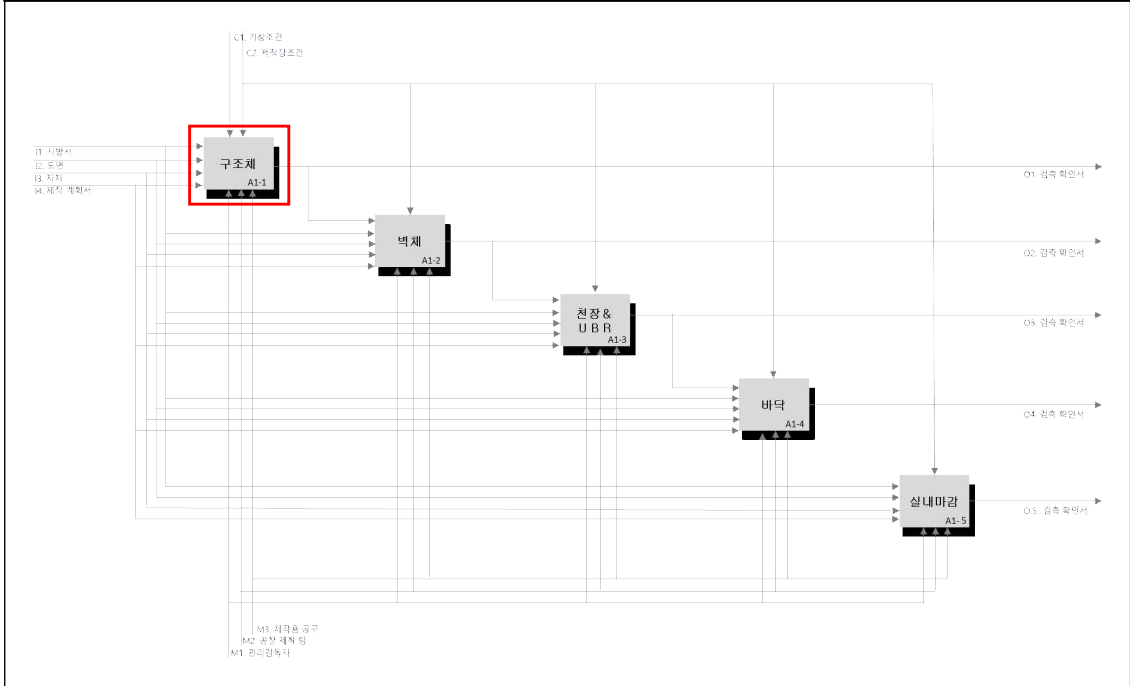
- 본 메뉴얼은 기본적인 건설의 품질관리 체계를 반영하고 있으나, 모듈러주택의 품질 관리체계에서 프로세스별 체크해야하는 품질관리 방안과 공장제작단계에서의 투입 감리의 형태 즉, 상주감리, 비상주감리, 감리가 없을 경우를 반영한 모듈러주택 공장제작과 현장설치 단계에서 프로세스별 체크리스트를 작성함
- 상주감리를 기본으로 프로세스별 체크리스트를 작성하였으며, 비상주감리가 필수적으로 확인해야하는 체크리스트 사항은 하자발생 건수와 하자발생 내역과 연계된 공정을 분석하여 선정하였으며, 이를 우선 검토사항으로 표현함
- IDEF를 통하여 모듈러 제작및 설치 공정의 작업을 정의하고 각 프로세스의 주요 항목에 부합하는 체크리스트를 재구성함
- IDEF에서 정의한 공정의 작업에서 주요 하자가 많이 발생한 작업은 감리사의 주요 업무로 지정하고 검사 시점으로 지정함





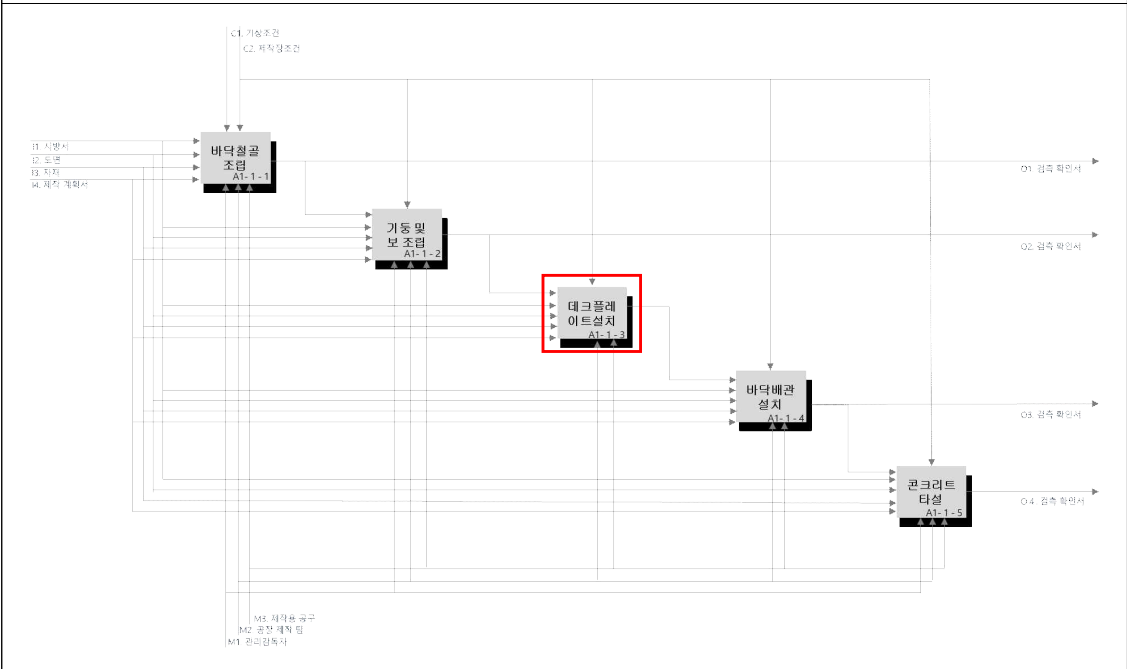
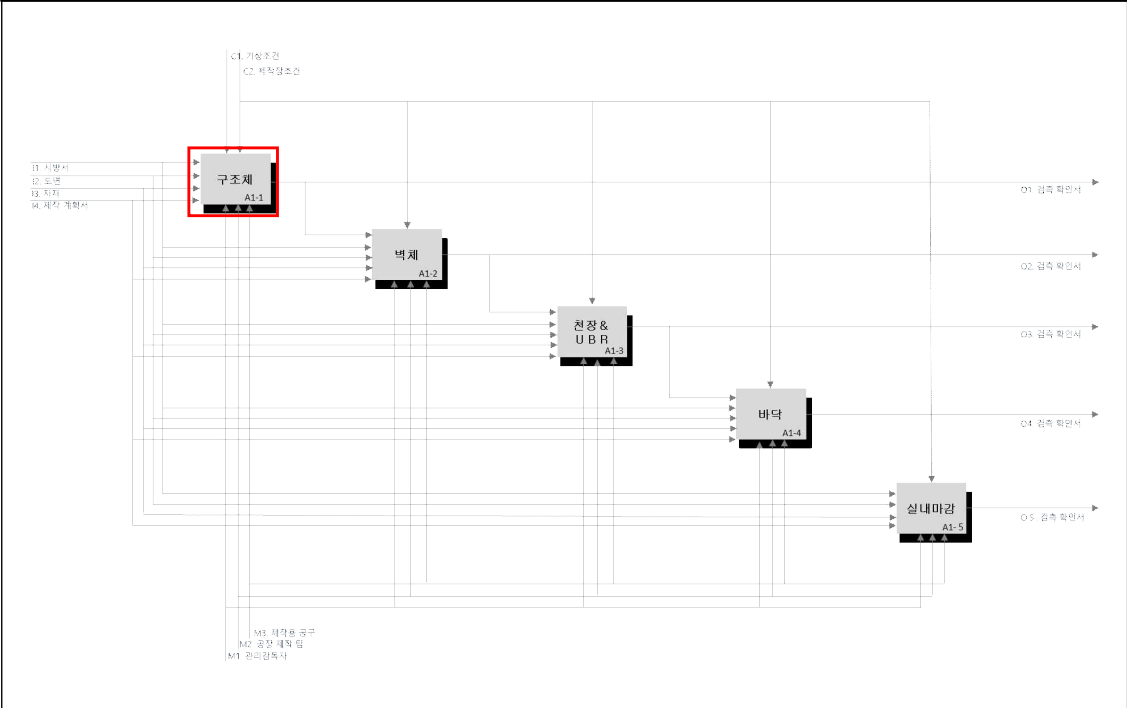
체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
지그 세팅		
1	제작 지그의 정밀도를 확인하였는가?	지그 정밀도 검사
2	지그 작업 전 작업장 정리는 완료하였는가?	육안
3	반복 사용에 따른 지그의 느슨해짐을 정기적으로 확인하였는가?	지그 정밀도 검사
2. 바닥철골 조립		
1	부재별 접합(용접, 볼트 등) 상태를 확인하였는가?	육안 또는 비파괴검사
2	부재의 방청 도장(내화도장)의 두께는 확인하였는가?	육안
3	바닥판 부재의 변형도는 확인하였는가?	육안
4	부재가 접합각도(90도)를 이루었는가?	수직-수평 검사
5	조립앵글의 레벨을 확인하였는가?	도면
6	용접에 의한 부재의 변형을 확인하였는가?	도면
7	볼트 홀의 수량과 위치는 확인하였는가?	도면
유의사항		
구조체 조립의 기본이 되는 바닥판으로 정확한 골조 제작을 위해서는 수직, 수평이 맞춰진 지그를 활용해야 하며, 수평 수직이 맞지 않을시 구조체에 조립되어지는 기타 부재들이 맞지 않는 등 하자발생의 원인이 될 수 있음		
하자 내역		
없음		

해당공정	필수 검사 항목 여부
A 모듈러주택	
A1 공장제작	
A1-1 구조체	◆ ◆ ◆
A1-1-2 기둥 및 보 조립	◆ ◆

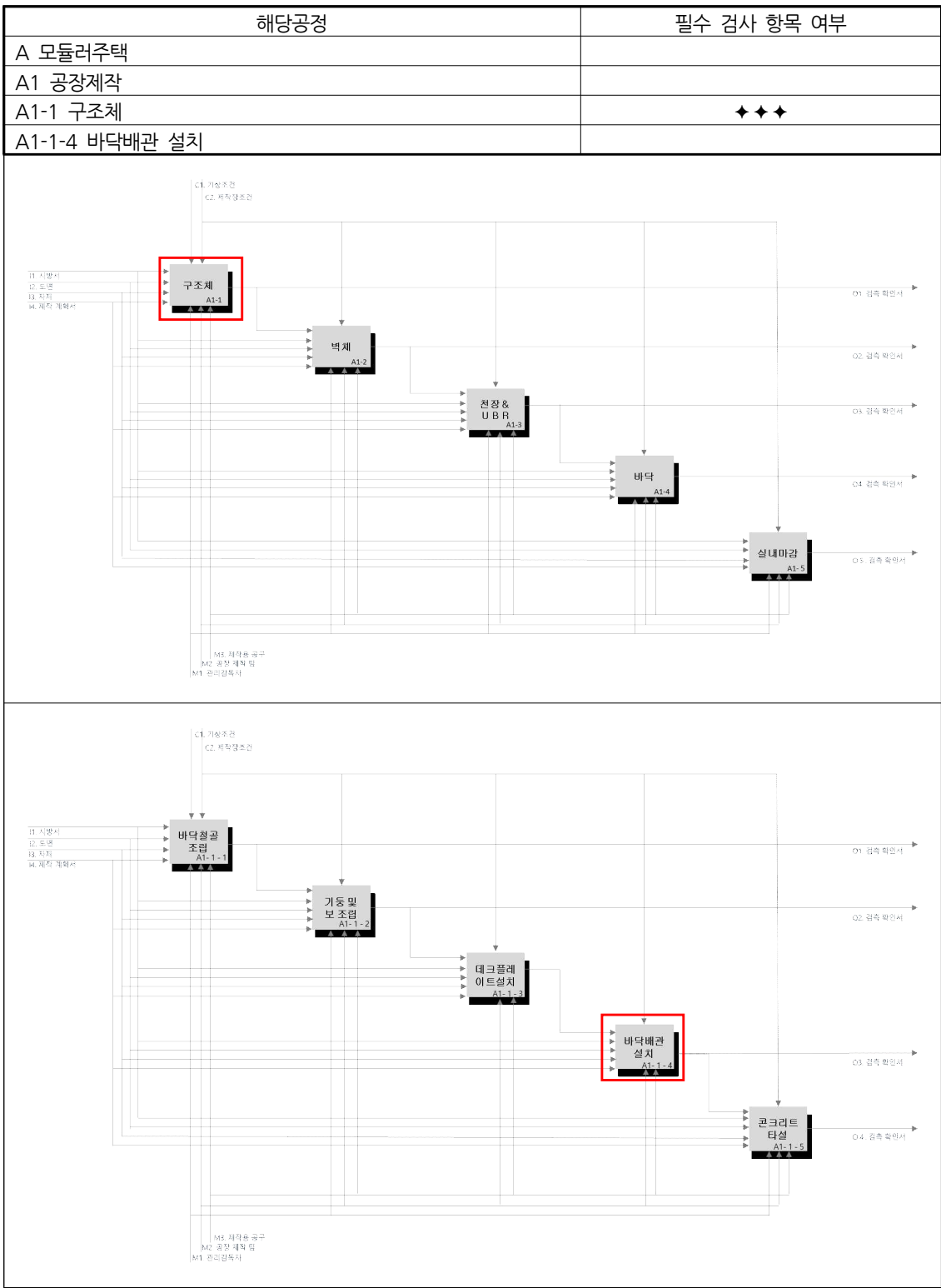


체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
지그 세팅		
1	제작 지그의 정밀도를 확인하였는가?	지그 정밀도 검사
2	지그 작업 전 작업장 정리는 완료하였는가?	육안
3	반복 사용에 따른 지그의 느슨해짐을 정기적으로 확인하였는가?	지그 정밀도 검사
2. 기둥 및 보 조립		
1	부재별 접합(용접, 볼트 등) 상태를 확인하였는가?	육안 또는 비파괴검사
2	부재의 방청 도장(내화도장)의 두께는 확인하였는가?	육안
3	구조체 부재의 변형도는 확인하였는가?	육안
4	부재가 접합각도(90도)를 이루었는가?	수직-수평 검사
5	보레이싱의 설치상태를 확인하였는가?	육안
6	용접에 의한 부재의 변형을 확인하였는가?	도면
7	볼트 홀의 수량과 위치는 확인하였는가?	도면
유의사항		
바닥판을 기본으로 기둥 및 보를 조립하여 구조체를 완성하는 작업으로 수직, 수평이 맞춰진 지그를 활용해야 제작해야 하며, 바닥판 제작과 같이 수평 수직이 맞지 않을 시 구조체에 조립되어지는 기타 부재들이 맞지 않는 등 다양한 하자들의 원인이 될 수 있음		
하자 내역		
없음		

해당공정	필수 검사 항목 여부
A 모듈러주택	
A1 공장제작	
A1-1 구조체	◆ ◆ ◆
A1-1-3 데크플레이트 설치	



체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. 데크플레이트 설치		
1	데크의 재질, 치수검사 등 부재상태를 확인하였는가?	밀시트
2	철근과 스터드 볼트의 간격은 확인하였는가?	도면
3	철근의 피복두께는 확인하였는가?	시방서
4	앤드 플레이트 등 거푸집 역할을 수행하는 부재의 변형도를 확인하였는가?	육안
5	데크의 변형/처짐을 확인하였는가?	육안
6	바닥보 변형을 확인하였는가?	육안
7	설치전 강재 보 표면 청소를 실시하여 수분 및 유분을 제거하였는가?	육안
유의사항		
없음		
하자 내역		
없음		



체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. 바닥배관(슬리브) 설치		
1	설비배관 슬리브의 위치 및 개구부 크기는 도면과 일치하는가?	도면
2	설비배관의 위치가 도면과 일치하는가?	도면
유의사항		
없음		
하자 내역		
없음		

해당공정	필수 검사 항목 여부
A 모듈러주택	
A1 공장제작	
A1-1 구조체	◆◆◆
A1-1-5 콘크리트 타설	◆

C1. 기성조건
C2. 제작설조건

11. 시공서
12. 도면
13. 치지
14. 제작 계획서

구조체
A1-1

벽체
A1-2

천장 & UBR
A1-3

바닥
A1-4

실내마감
A1-5

O1. 검측 확인서
O2. 검측 확인서
O3. 검측 확인서
O4. 검측 확인서
O5. 검측 확인서

M3. 제작용 도구
M2. 공장 제작 팀
M1. 관리감독자

C1. 기성조건
C2. 제작설조건

11. 시공서
12. 도면
13. 치지
14. 제작 계획서

바닥철골
조립
A1-1-1

기둥 및
보 조립
A1-1-2

데크플래
이트설치
A1-1-3

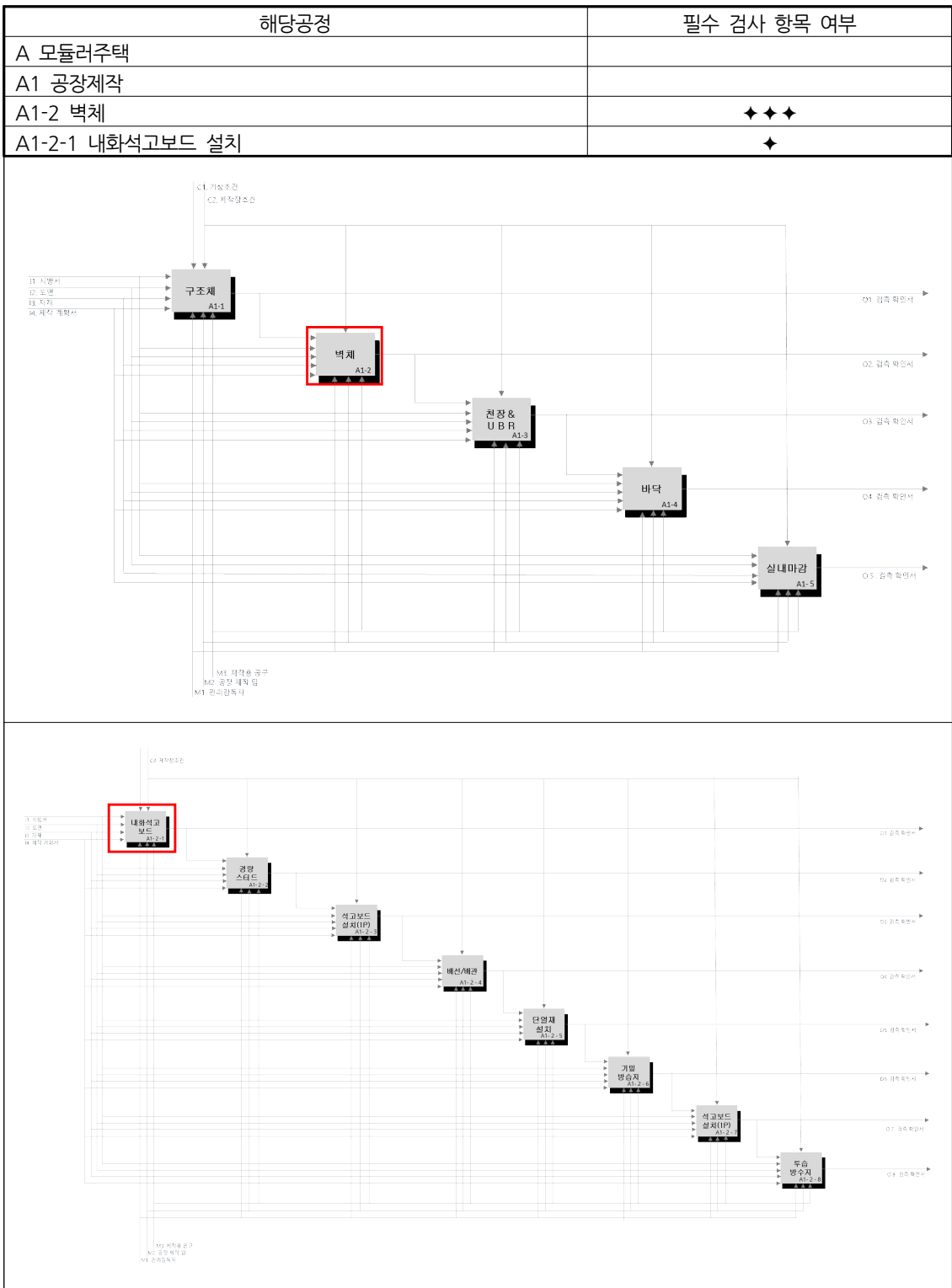
바닥배관
설치
A1-1-4

콘크리트
타설
A1-1-5

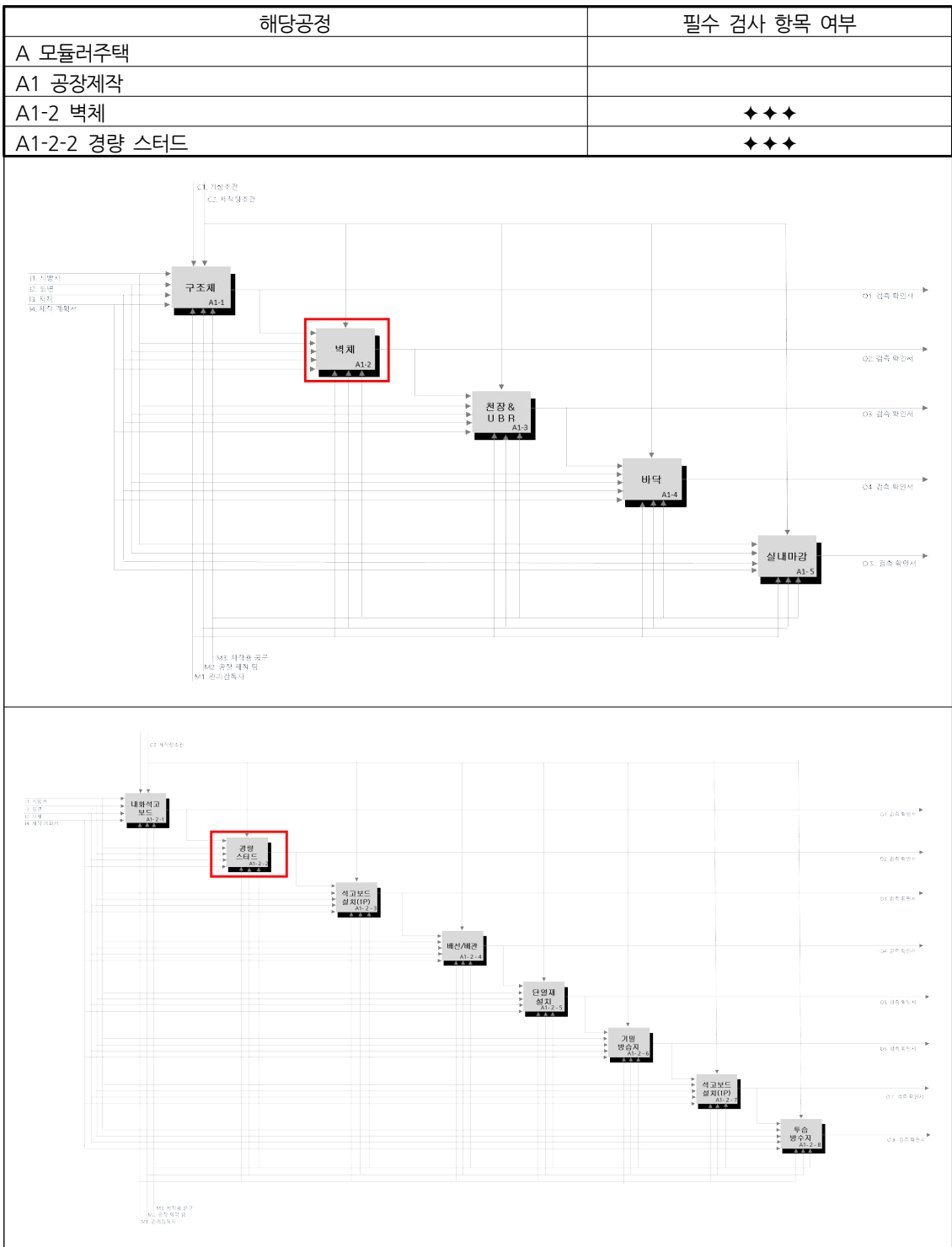
O1. 검측 확인서
O2. 검측 확인서
O3. 검측 확인서
O4. 검측 확인서

M3. 제작용 도구
M2. 공장 제작 팀
M1. 관리감독자

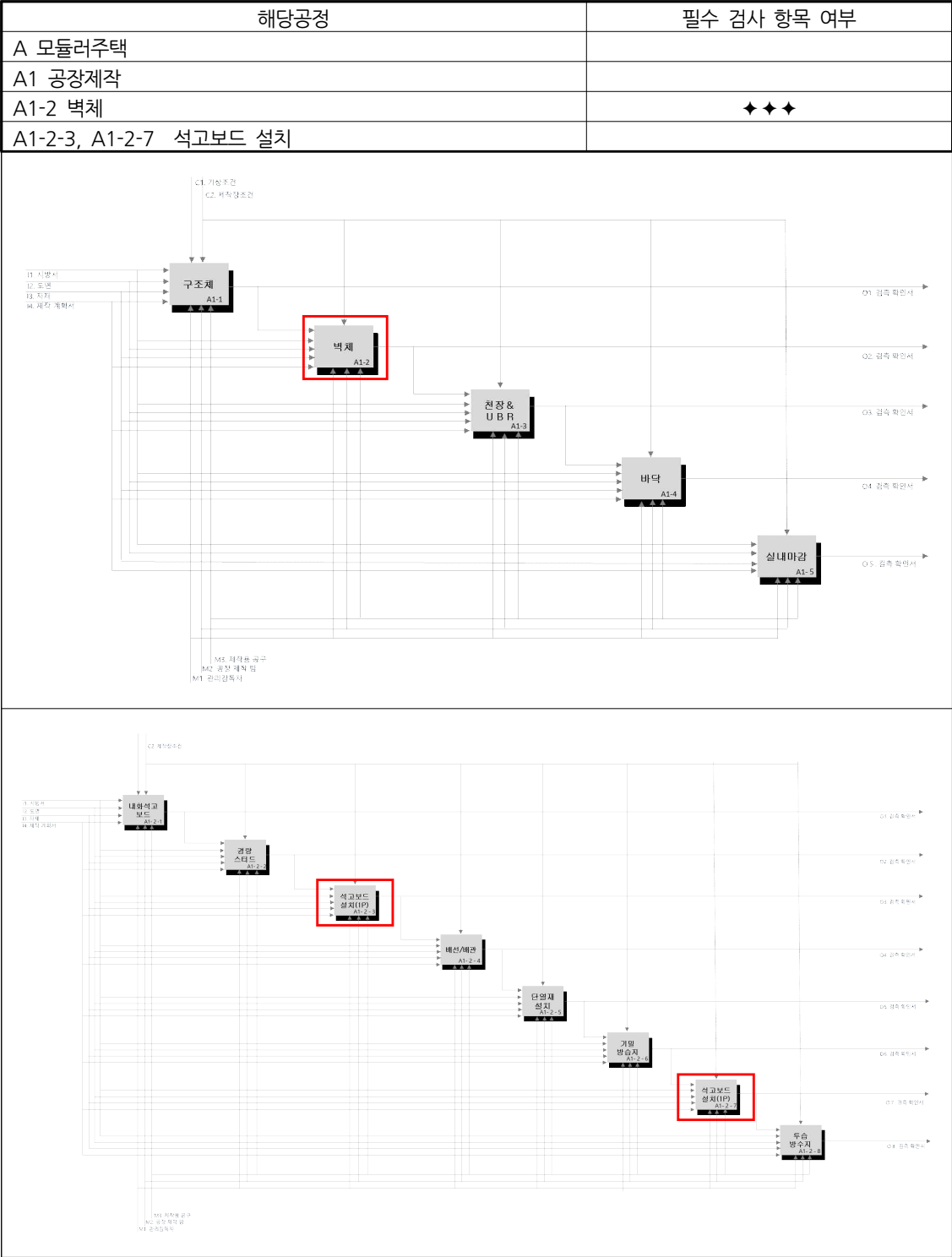
체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. 콘크리트 타설 전		
1	콘크리트의 규격을 확인하였는가?	시방서
2	콘크리트 타설 장비, 작업자, 방법 등은 확인하였는가?	시방서
3	기후조건에 의한 양생계획은 수립하였는가?	시방서
4	구조체 균열 부위에 대한 보수 계획은 수립하였는가?	시방서
2. 콘크리트 타설		
1	콘크리트 품질관리 시험을 하였는가?	품질시험계획서
	- 콘크리트 슬럼프 시험	KS F 2402
	- 콘크리트 압축강도 시험	KS F 2405
	- 콘크리트 공기량 시험	KS F 2409 KS F 2421
2	콘크리트 압축강도 시험을 위한 공시체 제작은 하였는가?	KS F 2403
3	콘크리트 압축강도 시험기록은 확인하였는가?	단기(7일) 압축강도 기준
4	한 구획내의 콘크리트는 타설이 완료될 때까지 연속해서 타설하였는가?	
5	타설 콘크리트의 수평도를 확인하였는가?	
유의사항		
없음		
하자 내역		
없음		



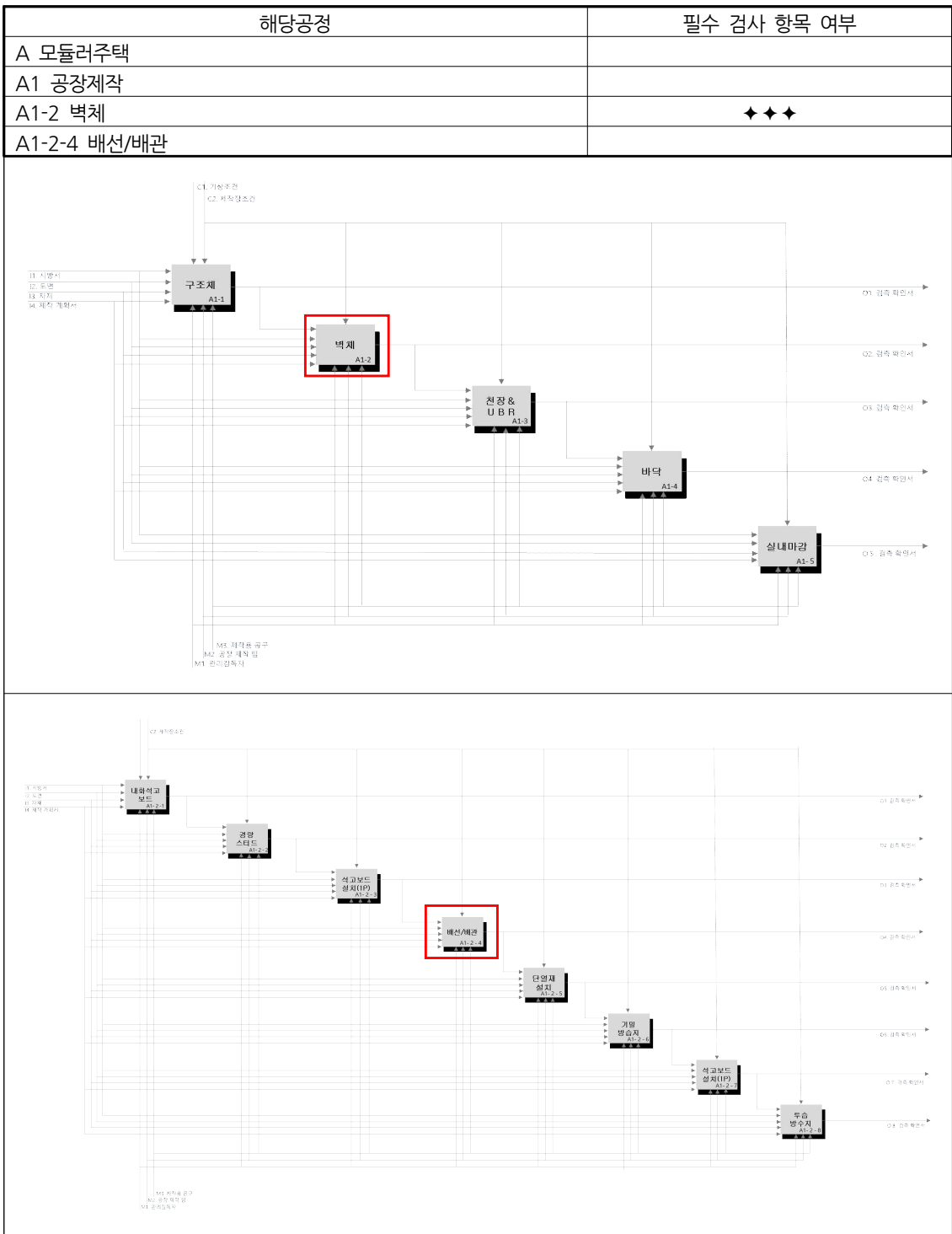
체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. 인케이스먼트 프레임 시공		
1	구조체의 방청도장 상태는 확인하였는가?	육안
2	에지채널 또는 각 파이프 사이의 간격은 확인하였는가?	600mm이내
3	각 파이프 또는 에지 채널을 이어 시공한 경우 이음부를 확인하였는가?	육안
4	에지 채널 고정 간격은 확인하였는가?	600mm이내
5	각 파이프 용접 상태는 확인하였는가?	육안
6	단열재의 시공 상태는 양호한가?	육안
2. 방화석고보드 시공		
1	설계도면 및 시방서에 규정된 내화재료 등 자재 규격이 적절한가	규격증명서 및 도면
2	방화석고보드 취부용 스크류의 간격은 적절한가?	바탕 : 600mm(±10mm) 마감 : 300mm(±10mm)
3	석고보드를 다중으로 겹쳐 시공시 바탕과 마감석고보드를 엇갈리게 하였는가?	육안
4	기둥 및 보에 취부된 석고보더의 모서리에 코너비드로 보강되어 있는가?	육안
5	석고보드 이음매와 코너비드에 조인트테이프 및 컴파운드 등을 사용하여 퍼티처리가 되어 있는가?	육안
6	컴파운드 퍼티면이 밀실하고 평활하게 퍼티되어 경화되어 있는가?	육안
7	볼트 체결 부위는 마스킹테이프로 적절히 처리하였는가?	육안
유의사항		
없음		
하자 내역		
없음		



체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. 스테드/러너 설치		
1	마감 먹매김의 정밀도는 허용오차 이내인가?	±2mm이내
2	자재의 재질 규격, 치수 등은 확인하였는가?	규격증명서 및 도면
3	상,하 러너의 고정간격을 확인하였는가?	600mm이내
4	스테드 간격을 확인하였는가?	450mm이내
5	개구부 보강을 확인하였는가?	육안
6	개구부 보강 후 용접 부위에 대한 방청도장을 확인하였는가?	육안
7	개구부 위치 및 크기는 도면과 일치하는가?	±2mm이내
2. 문틀 설치		
1	문틀 설치 후 변형 수직, 수평에 대한 최종검사 실시 확인하였는가?	육안
2	문틀사춤은 실시하였는가?	육안
3	문틀 상,하,좌, 우 고정철물 시공 확인하였는가?	육안
4	문틀 표면의 피막이 손상되지 않았는가?	육안
5	문틀 설치 후 보양상태 확인하였는가?	육안
유의사항		
스테드 러너 설치시 개구부 위치 및 크기를 도면을 통하여 확인이 필요하며, 문틀 설치 후 수직, 수평에 대한 검사가 필수임 주요하자는 아니나 문틀이 뒤틀려 문이 안닫히는 하자가 발생함		
관련 하자 내역		
방충망 단힘 불량 창틀 물고임 외부창문 단힘 불량 분합창 단힘 불량 복도창호 크랙		



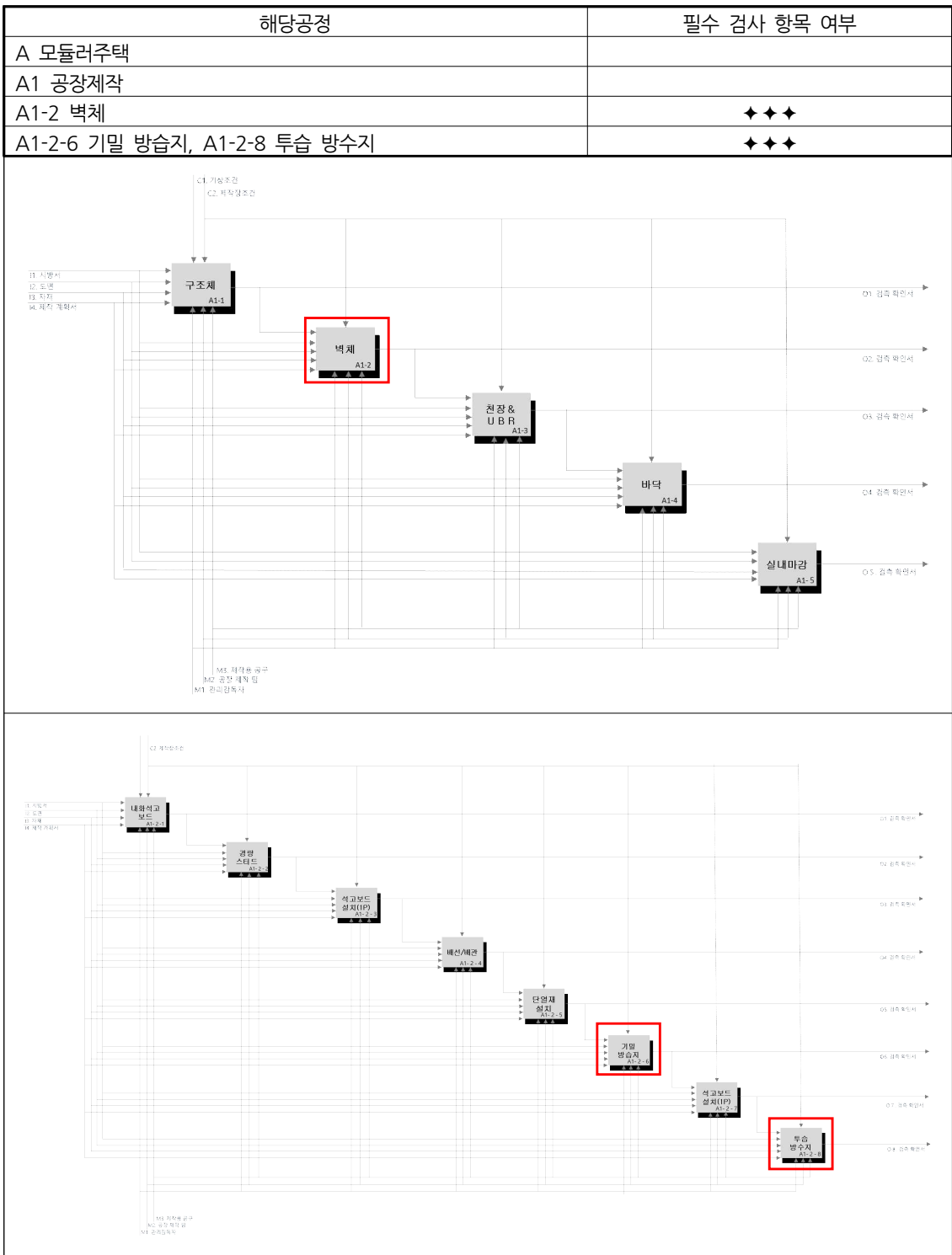
체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. 석고보드 설치		
1	자재의 보관은 습기가 적고 통기가 잘 되는 곳에 하고 있는가?	육안
2	자재의 상태는 양호한가?	육안
3	자재의 재질, 규격, 치수 등은 확인하였는가?	규격증명서 및 도면
4	스크류의 시공간격은 적절한가?	바탕 450mm이내 마감 225mm이내
5	나사못 머리의 깊이는 적절한가?	±1mm 이내
6	이음매 처리는 보강테이프나 컴파운드로 평활하게 처리되었는가?	육안
7	석고보드 2겹 시공시 마감석고보드를 엇갈리게 하였는가?	육안
8	커튼박서의 설치 위치를 고려하였는가?	도면
유의사항		
석고보드는 온장을 기준으로 사용해야 하며, 조각난 석고보드는 사용하지 않아야함 석고보드 조인트 이음매가 가로 조인트일 경우 평탄하게 설치해야함.		
관련 하자 내역		
없음		



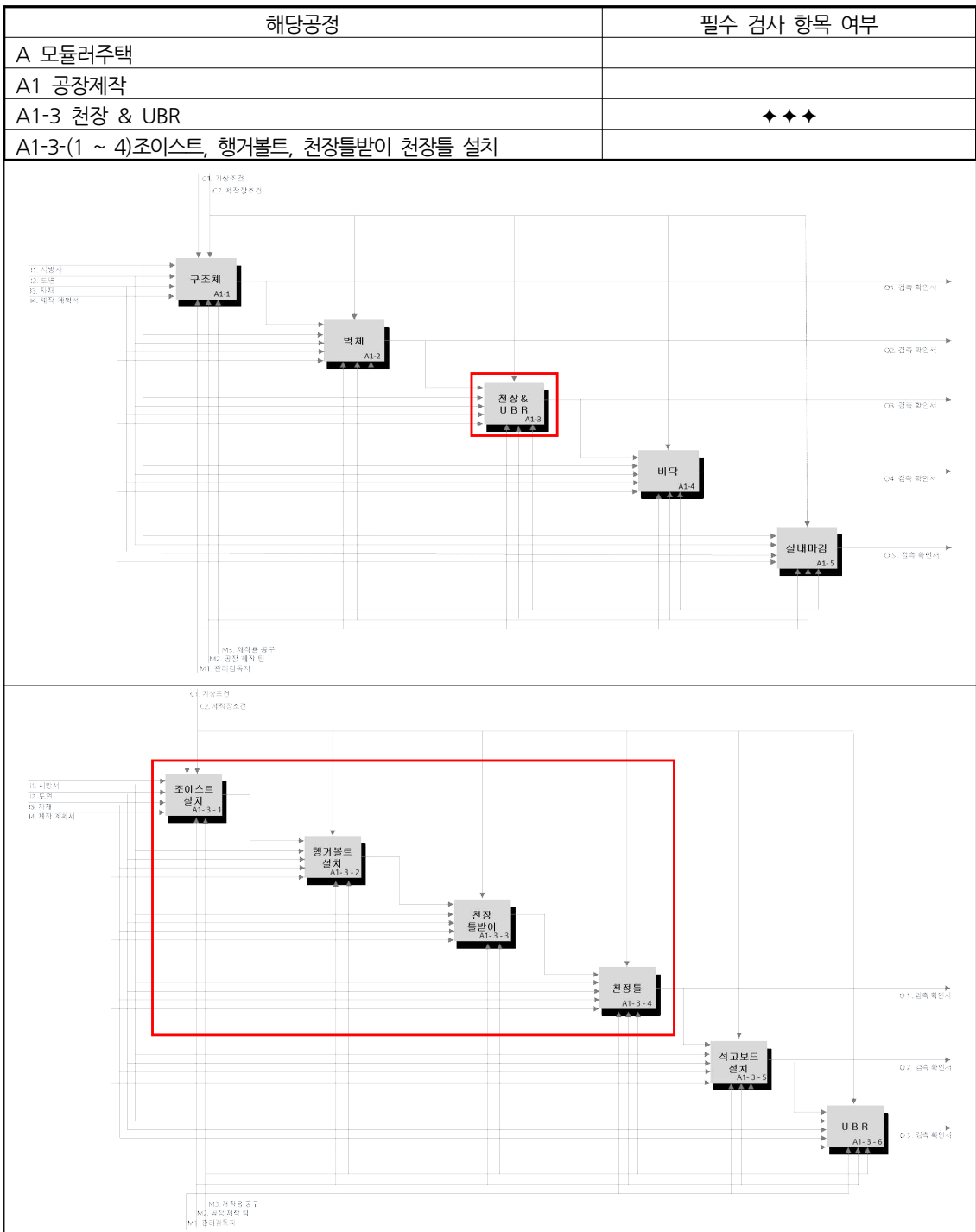
체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. 전기 배선/배관 공사		
1	고정브라켓의 상태는 양호한가?	흔들어봄
2	회로별 구분을 확인하였는가?	육안
3	전선의 종류는 구분하였는가?	전등 : 2.5mm 전열 : 4mm
4	박스 후면의 결로방지판을 확인하였는가?	육안
5	도면상에서 누락된 전선은 없는가?	도면
6	분전반 설치 시 고정은 견고한가?	흔들어봄
7	벽에 취부 되는 분전함의 설치 높이 및 수평도는 적절한가?	도면
2. 설비 배관 공사		
1	배관 가대의 설치 상태는 양호한가?	흔들어봄
2	PS바닥 슬리브 설치위치 및 구경은 적절한가?	$\pm 0.5\text{mm}(d < 50\text{mm})$ $\pm 0.1 * d(d > 50\text{mm})$
3	도면에서 누락된 배관은 없는가?	도면
4	배관의 보양작업을 확인하였는가?	육안
5	누수발생 여부를 확인하였는가?	누수테스트
6	입상 배관 설치 후 모듈러 하부 수평 및 이격거리 확보를 하였는가?	도면
유의사항		
벽체 공사는 순차적으로 작업이 진행이 되나, 각 작업의 작업시간의 차이로 인해 동시에 서로 다른 작업이 같은 유닛 안에서 발생할 수 있음 이러한 경우 우선순위에 맞지 않는 작업을 선행하게 되어 작업의 혼선 또는 간섭을 가져올 수 있음. 주요하자측면에서 모듈러주택에서 일부 누수가 발생하였으며, 이에 대한 원인은 불명확하나, 설비배관도 하나의 누수의 원인이 될 수 있으므로 누수테스트가 시행해야함		
관련 하자 내역		
누수		



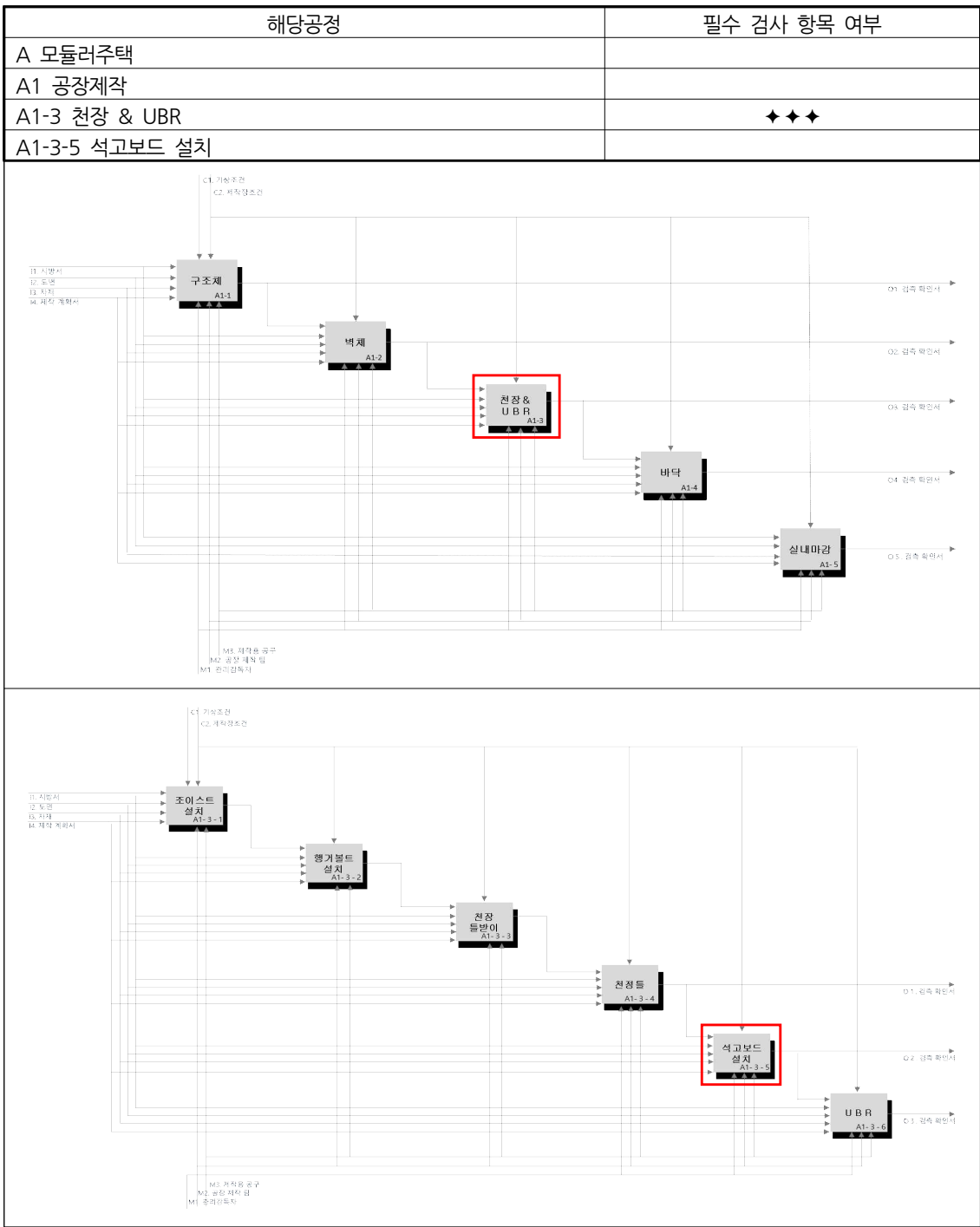
체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
단열재 설치		
1	자재의 재질, 규격, 치수 등은 확인하였는가?	규격증명서 및 도면
2	바탕 청소상태는 양호한가?	육안
3	단열재 시공 상태는 양호한가?	육안
4	보양상태 확인하였는가(코너부, 전기박스 주위 등)?	도면
유의사항		
배선/배관 설치 작업에서 언급했다시피 단열재 작업과의 작업 조율이 필요하며, 배선/배관작업이 선행될 경우 코너부, 배관, 전기박스 주위에 단열재를 미시공하는 작업자 실수가 발생할 수 있음 열교현상이 생기지 않도록 시공 상태 확인이 필요		
관련 하자 내역		
없음		



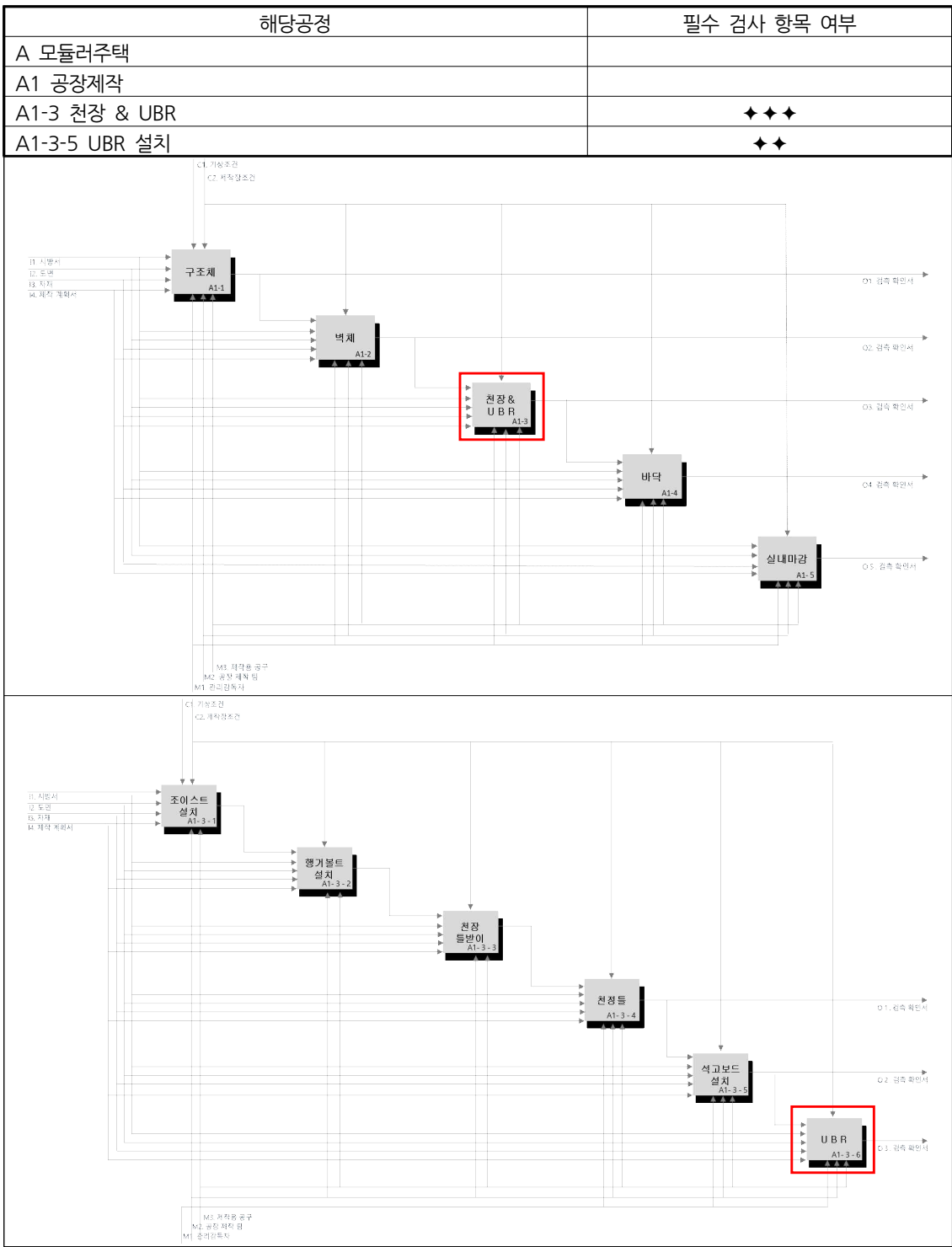
체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. 방습지 & 방수지 설치		
1	방습지(방수지)의 겹침 간격은 적절한가?	육안
2	방습지(방수지)의 고정 상태는 양호한가?	육안
3	개구부 부분은 밀실하게 시공되었는가?	육안
4	이음부의 테이핑 처리가 밀실하게 되었는가?	육안
5	찍히거나 패인 부분은 없는가?	육안
유의사항		
모듈러주택의 주요하자의 하나인 누수의 원인일 가능성이 있는 공사로 세대내에서 발생하는 누수의 경우 방수지가 제역할을 하지 못하므로 하자라고 판단할 수 있음 이음부, 개구부에 대한 시공확인가 제품자체 하자가 없는지 필히 점검이 필요함		
관련 하자 내역		
없음		



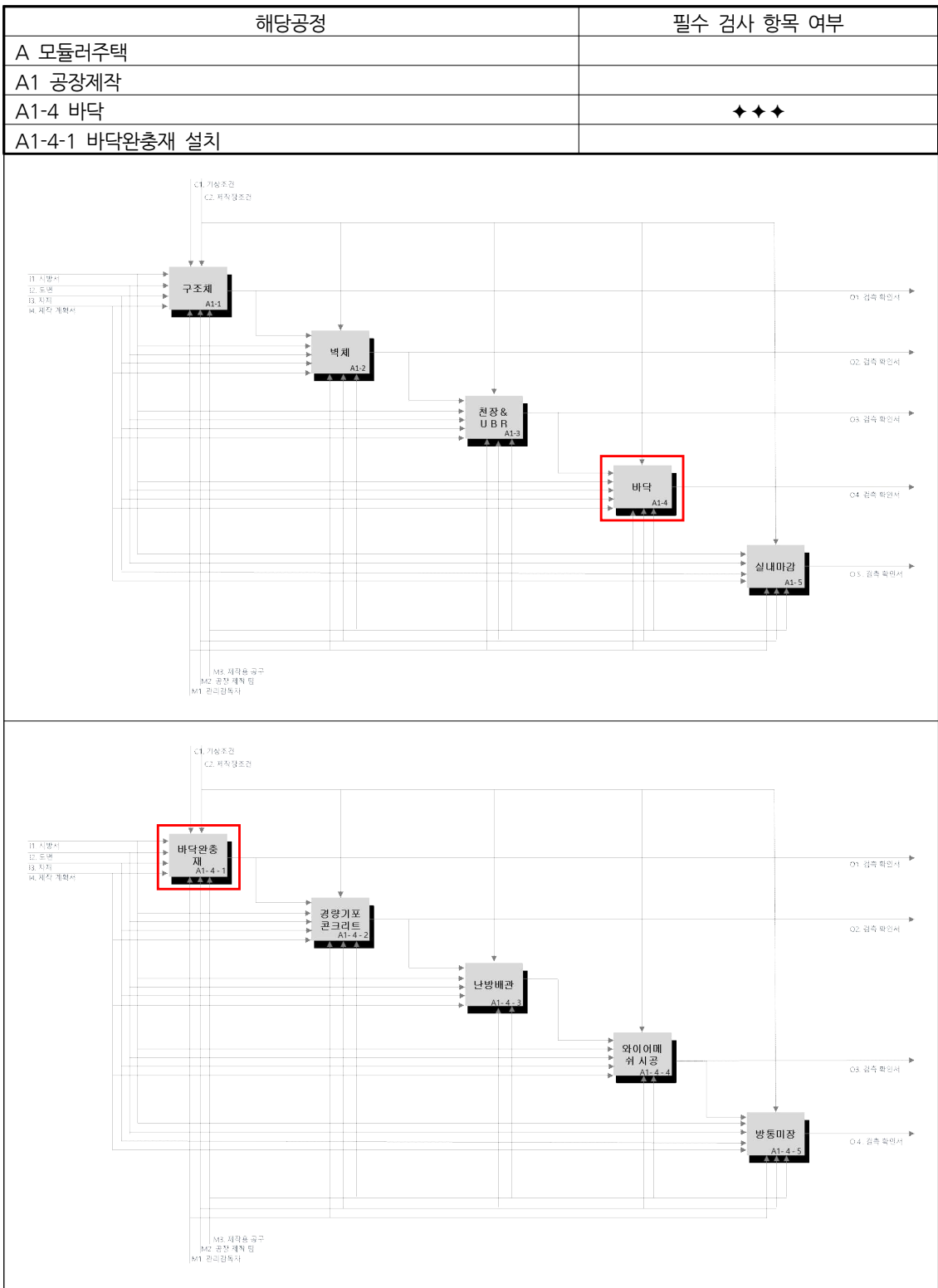
체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. 천장 설치		
1	천장틀의 중심선 및 마감높이는 확인하였는가?	도면 및 육안
2	부재의 수평상태는 양호한가?	수직 수평 검사
3	부재의 간격은 도면과 일치하는가?	도면
4	등기구 보강 등은 견고히 하였는가?	육안
5	커튼박스를 고려하였는가?	도면
6	설비 점검구의 위치 및 보강 적절한가?	도면 및 육안
7	행거볼트 간격은 양호한가?	육안
8	천정 나누기는 검토하였는가?	도면
9	등기구 보강은 적절한가?	육안
유의사항		
없음		
관련 하자 내역		
없음		



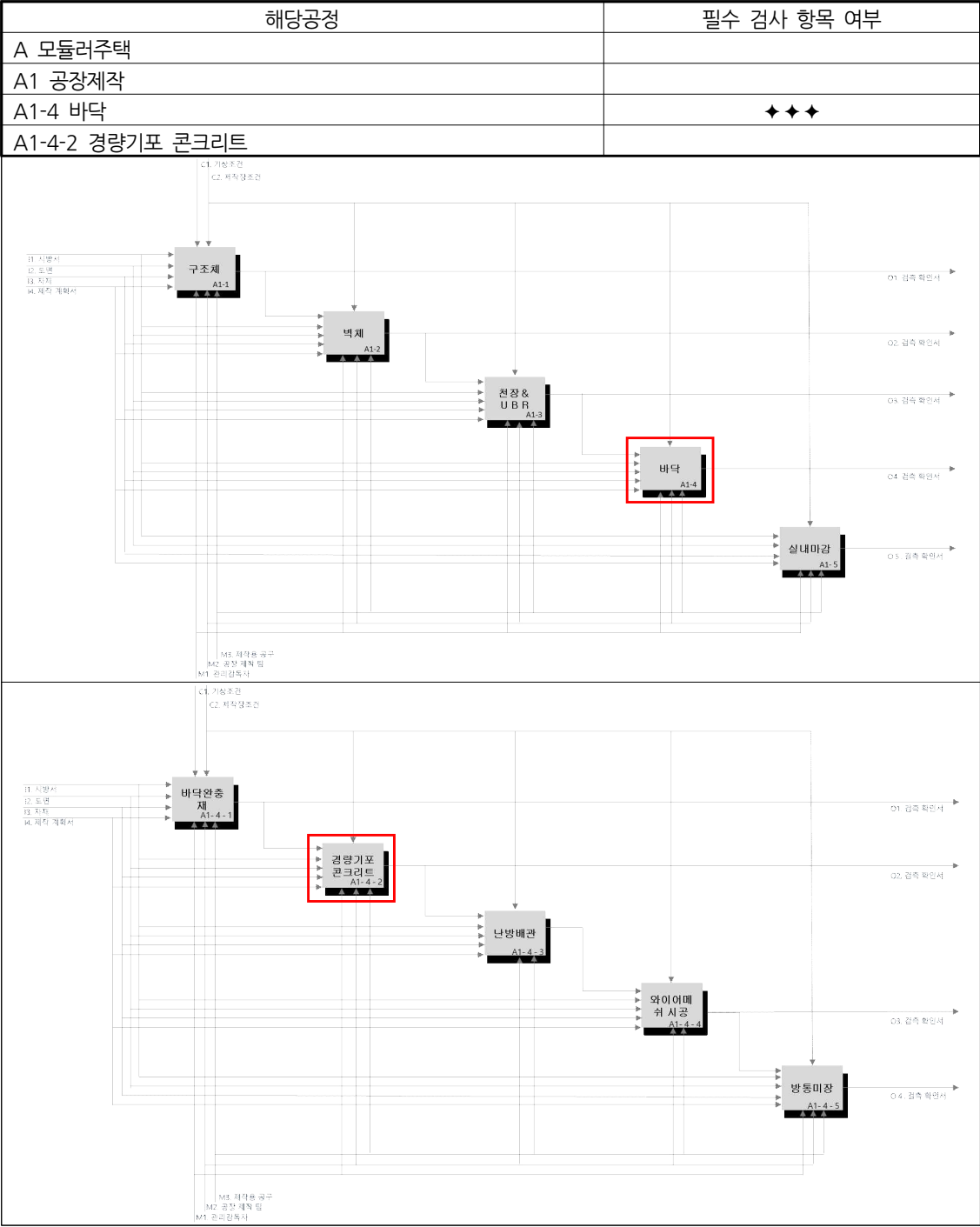
체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. 석고보드 설치		
1	자재의 재질, 규격, 치수 등은 확인하였는가?	규격증명서 및 도면
2	몰딩은 시공 상태와 위치를 확인하였는가?	도면
3	보드의 이음매와 코너의 처리는 양호한가?	육안
4	스크류의 고정상태는 양호하며, 머리와 보드면이 평활하게 되도록 시공하였는가?	육안
5	천장 부분의 스크류 간격은 도면과 일치하는가?	도면
6	천장 보드의 파손여부는 확인하였는가?	육안
유의사항		
없음		
관련 하자 내역		
없음		



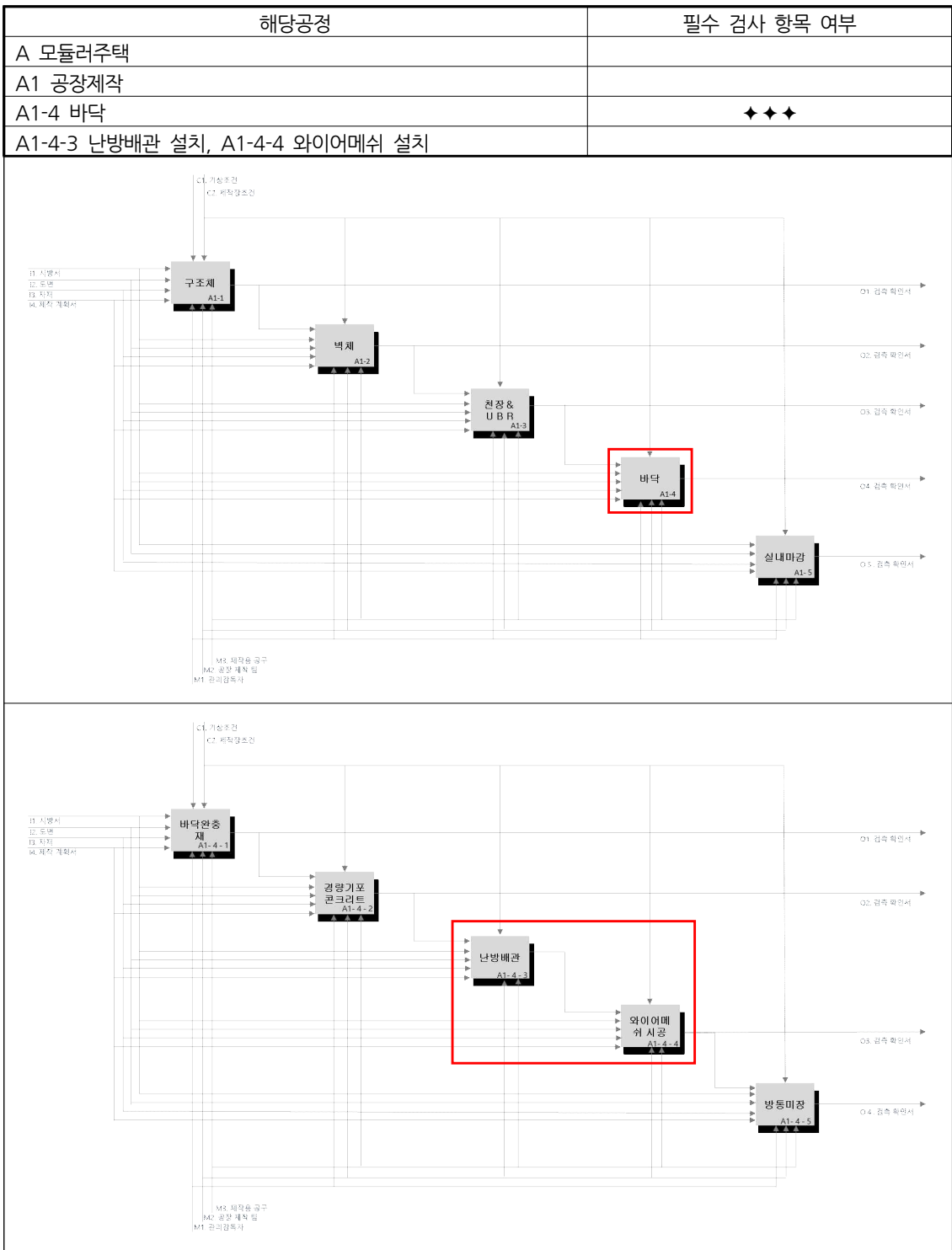
체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. UBR 자재 반입		
1	자재의 재질, 규격, 치수 등은 확인하였는가?	규격증명서 및 도면
2	시스템 욕실 바닥, 벽판 판넬 부재에 대한 결함여부를 확인하였는가?	육안
3	바닥 자재의 구배 상태는 확인하였는가?	육안
4	시스템 욕실 점검구의 상태를 확인하였는가?	육안
5	벽판 자재의 뒤틀림 상태를 확인하였는가?	육안
6	시스템 욕실 벽판 자재의 두께를 확인하였는가?	육안
7	시스템 욕실 제조사 특기 시방서 및 설치 안내서를 확인하였는가?	특기시방서 및 안내서
2. UBR 설치		
1	건축 기준선 및 욕조먹선을 확인하였는가?	도면
2	바닥조립 몰탈의 수평도를 확인하였는가?	수직수평 검사
3	시스템 욕실의 수평 유지를 확인하였는가?	수직수평 검사
4	시스템 욕실의 안착 여부를 확인하였는가?	육안
5	설비 입상관과 오배수 트랩의 배관의 상태를 확인하였는가?	육안
6	화장실 바닥의 구배상태를 확인하였는가?	
7	연결배관의 가대 상태를 확인하였는가?	흔들어봄
8	벽관 고정상태를 확인하였는가?	
유의사항		
화장실과 관련한 하자 비중이 높으므로 철저한 검사가 필요		
관련 하자 내역		
천장재 실링 불량 점검구 설치 불량 욕실문 시공 불량 세면대 부품 설치 불량 배수구 부품 미설치 바닥 마감 불량 바닥 구배 불량 변기 설치 불량 변기 역류 샤워기 부품 설치 불량		



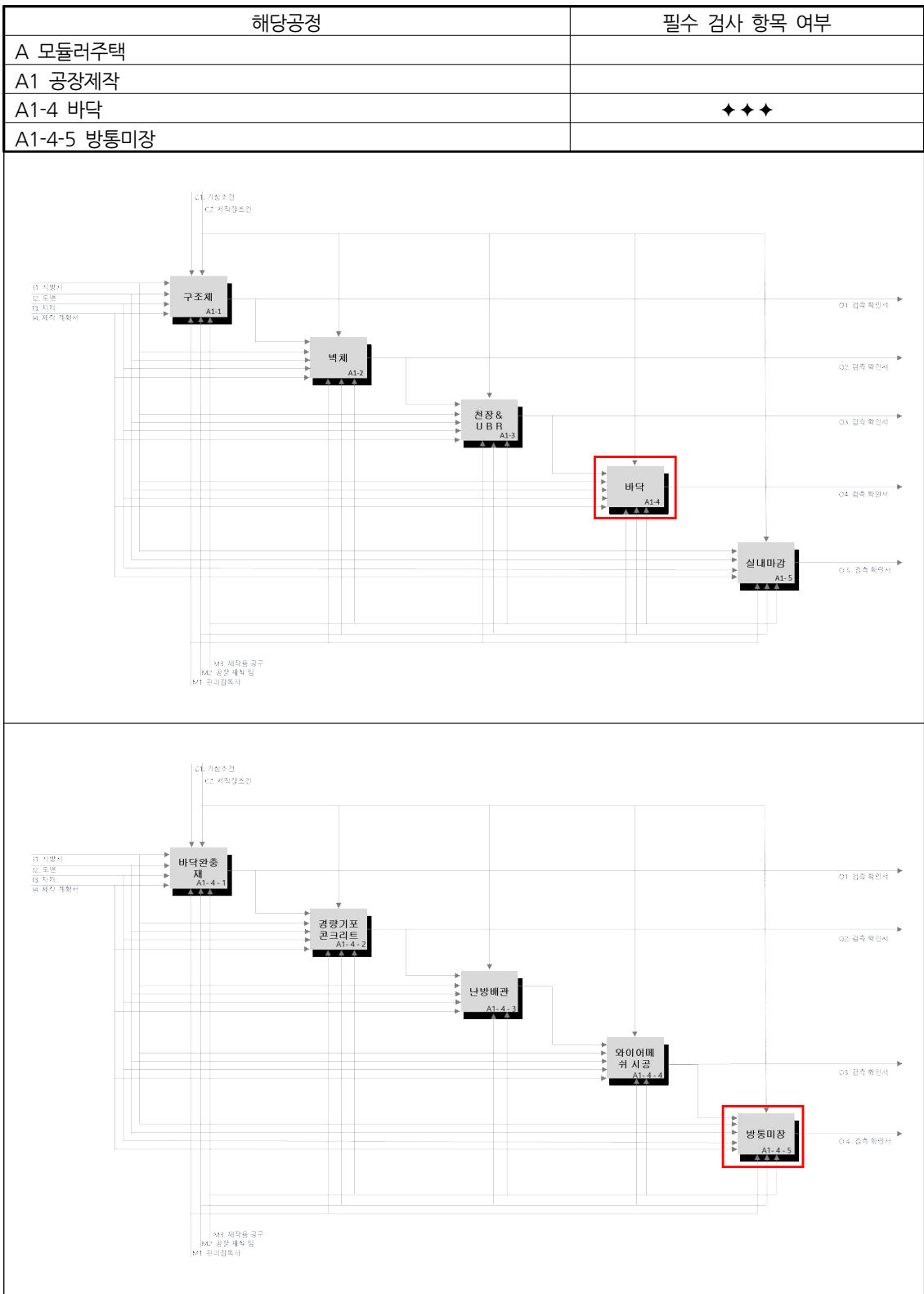
체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. 완충재 설치		
1	자재의 재질, 규격, 치수 등은 확인하였는가?	규격증명서 및 도면
2	바탕 청소상태는 양호한가?	육안
3	완충재 규격 및 이음부 접착 상태는 적정한가?	도면
4	바닥 완충재와 슬라브의 밀착 상태를 확인하였는가?	육안
5	측면 완충재의 설치 상태를 확인하였는가?	육안
6	폴리에틸렌 필름을 깔 경우 필름 이음 부위를 확인하였는가?	100mm이상 겹쳐이음
7	완충재의 교정 및 연결 부위를 확인하였는가?	900mm 간격으로 상부에 고정판을 설치
유의사항		
없음		
관련 하자 내역		
없음		



체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. 경량기포 콘크리트 타설		
1	바탕 청소는 깨끗하게 되었는가?	육안
2	육설 하부의 사출 상태는 확인하였는가?	육안
3	문틀 경량벽체 등 석고보드면 오염방지 조치는 하였는가?	시공계획서
4	타설 후 표면은 평탄하고 부드러운가?	육안
5	타설 후 보양 계획을 확인하였는가?	공사계획서
유의사항		
콘크리트 타설시 모듈러 유닛 외부로 빠져나가 경량기포 콘크리트 두께가 얇아지지 않도록 틈새가 없도록 하는 것이 중요함		
관련 하자 내역		
없음		



체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. 난방배관 설치		
1	자재는 승인자재를 사용하였는가?	규격증명서 및 도면
2	배관배열 및 분기상태는 적절한가?	도면
3	배관의 보온상태는 적정하며 사춤 및 고정 상태는 견고한가?	육안
4	배관 교차 부위의 보양상태는 적정한가?	육안
5	배관의 수압시험은 완료되었는가?	수압시험
6	배관 상부에서 방바닥까지 미장 두께는 적절하게 되어 있는가?	30~40mm
7	온수분배기와 배관의 연결상태는 양호한가?	기밀시험
유의사항		
없음		
관련 하자 내역		
없음		



체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. 방통미장 타설		
1	자재의 재질, 규격, 치수 등은 확인하였는가?	규격증명서 및 도면
2	바탕면은 평활하게 시공되었는가?	3m당 ±3mm
3	타설 후 보양상태는 확인하였는가?	육안
4	크랙방지를 위한 조치를 하였는가?	육안
5	두께는 설계도서와 일치하게 시공되었는가?	도면
6	타설 후 보양계획을 확인하였는가?	공사계획서
유의사항		
없음		
관련 하자 내역		
없음		

해당공정	필수 검사 항목 여부	
A 모듈러주택		
A1 공장제작		
A1-5 실내마감	◆ ◆ ◆	
A1-5-1 문&창호설치	◆ ◆ ◆	

준비서류	영향요소 / 장비	검측결과
시방서 도면 성능인증서	레이저 레벨기	검측확인서(체크리스트)

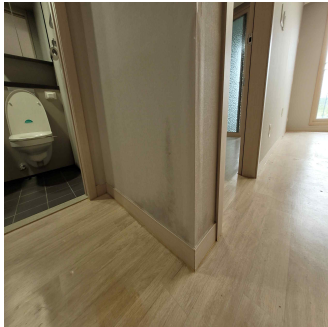
체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. 문 설치		
1	방화문은 관리기준 및 성능의 기준에 적합한가?	성능인증서
2	마감 쉬트의 상태는 깨끗하고 굽힘은 없는가?	육안
3	개구부 보강은 확인하였는가?	도면
4	부속철물은 다 설치 하였는가?	육안
2. 창호 설치		
1	창문의 재질, 규격, 치수 등은 확인하였는가?	규격증명서 및 도면
2	창호 설치 후 수직도와 수평도를 확인하였는가?	수직수평검사
3	마감쉬트의 상태는 깨끗하고 굽힘은 없는가?	육안
4	개구부 보강은 확인하였는가?	도면
5	부속철물은 다 설치 하였는가?	육안
3. 씰링공사		
1	실링재가끊김없이 밀실하게시공되었는가?	육안
2	실링재 부위가 함몰되거나 주름 등과 같은 하자는 없는가?	육안
유의사항		
A1-2-2 경량스터드에서 언급한 문틀&창틀 설치시 발생할 수 있는 하자과 연계된 공정으로 시공 후 수직 수평도 검사가 필수 적임 부속철물을 설치하지 않는 경미한 하자도 발생함		
관련 하자 내역		
		
단힘 불량	창틀 물고임	씰링 하자
기타 하자 : 방충망 하자 (구멍, 찢힘), 외부창문 단힘 불량, 분합창 단힘불량, 분합창 하자, 복도창호크랙, 잠금장치 불량		

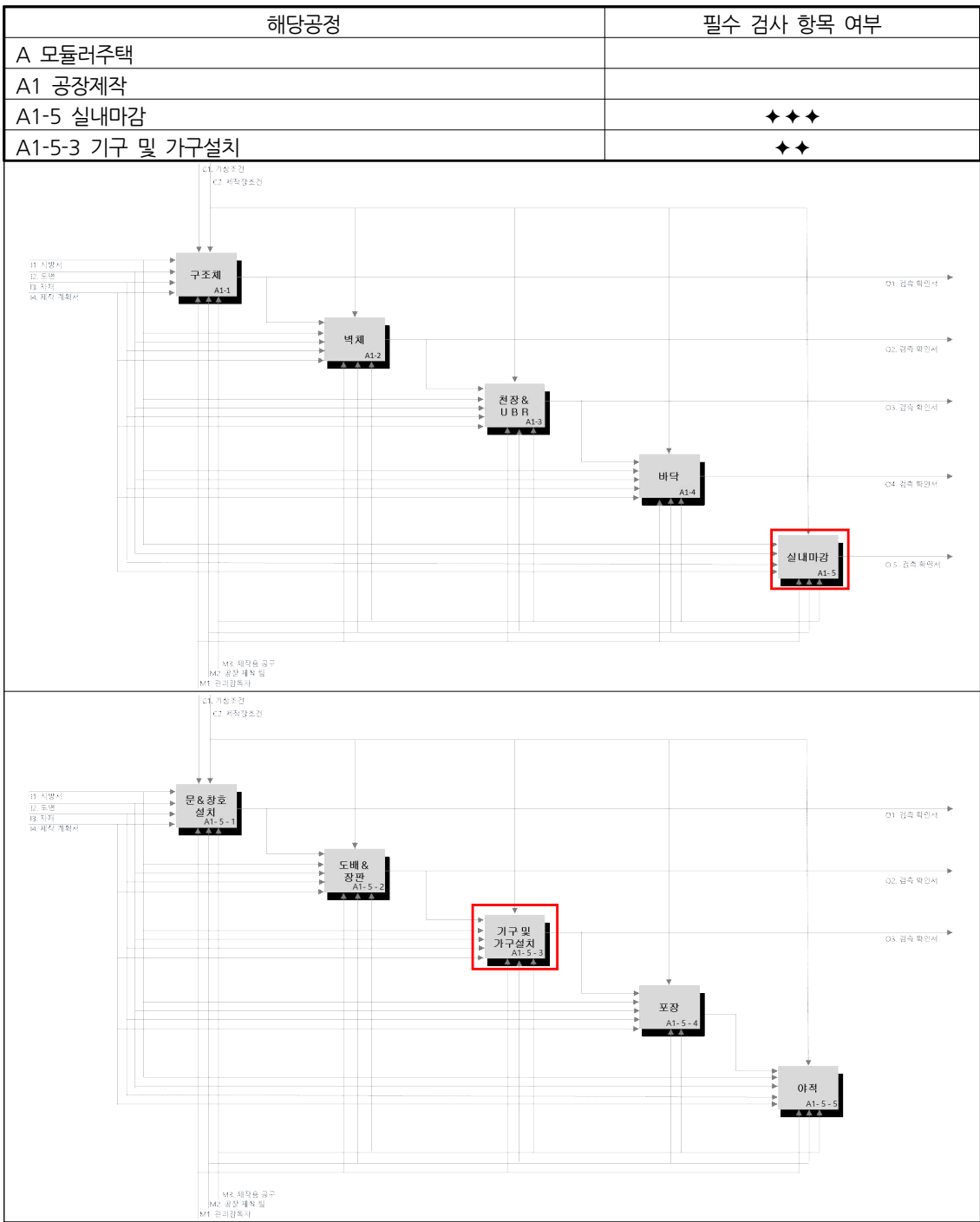
해당공정	필수 검사 항목 여부	
A 모듈러주택		
A1 공장제작		
A1-5 실내마감	◆ ◆ ◆	
A1-5-2 도배&장판	◆ ◆	

C1: 기상조건
 C2: 제작장조건
 M3: 제작용 공구
 MA2: 운반 계획 팀
 M1: 관리감독자

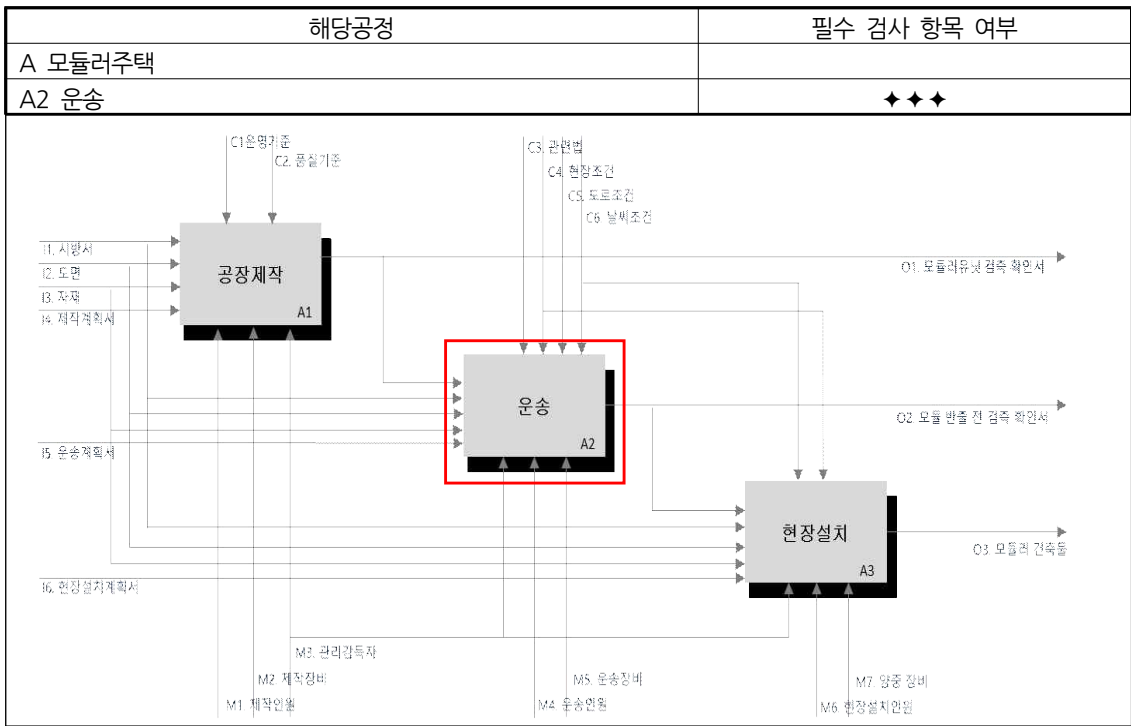
C1: 기상조건
 C2: 제작장조건
 M3: 제작용 공구
 MA2: 운반 계획 팀
 M1: 관리감독자

준비서류	영향요소 / 장비	검측결과
시방서 도면		검측확인서(체크리스트)

체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. 도배		
1	도배공사 전 전체벽면 및 천장 바탕면 상태는 양호한가	육안
2	가장자리 품질을 면밀히 하였는가?	육안
3	도배지의 색상 및 무늬의 맞춤 상태는 확인하였는가?	육안
4	모서리 부분의 도배지 들뜸 여부는 확인하였는가?	육안
5	작업 후 훼손된 부위는 없는가?	육안
2. 장판		
1	바탕면의 처리상태는 양호한가?	육안
2	건조상태는 적정한가?	육안
3	시공시 접착 상태를 확인하였는가?	육안
4	걸레받이 시공시 벽체와의 수평 밀착도를 확인하였는가?	수직수평검사
5	보양은 적절하게 수행되었는가?	육안
유의사항		
도배공사 관련한 하자가 높은 비중을 차지함 도배와 장판의 경우 최종 마감재로 육안으로 바로 확인되어 공사 후 훼손이나 오염되지 않도록 보양이 필요함		
관련 하자 내역		
		
공팡이		벽지 오염
기타 하자 : 벽지 찢김, 벽지 시공 불량, 미시공, 타공자국		

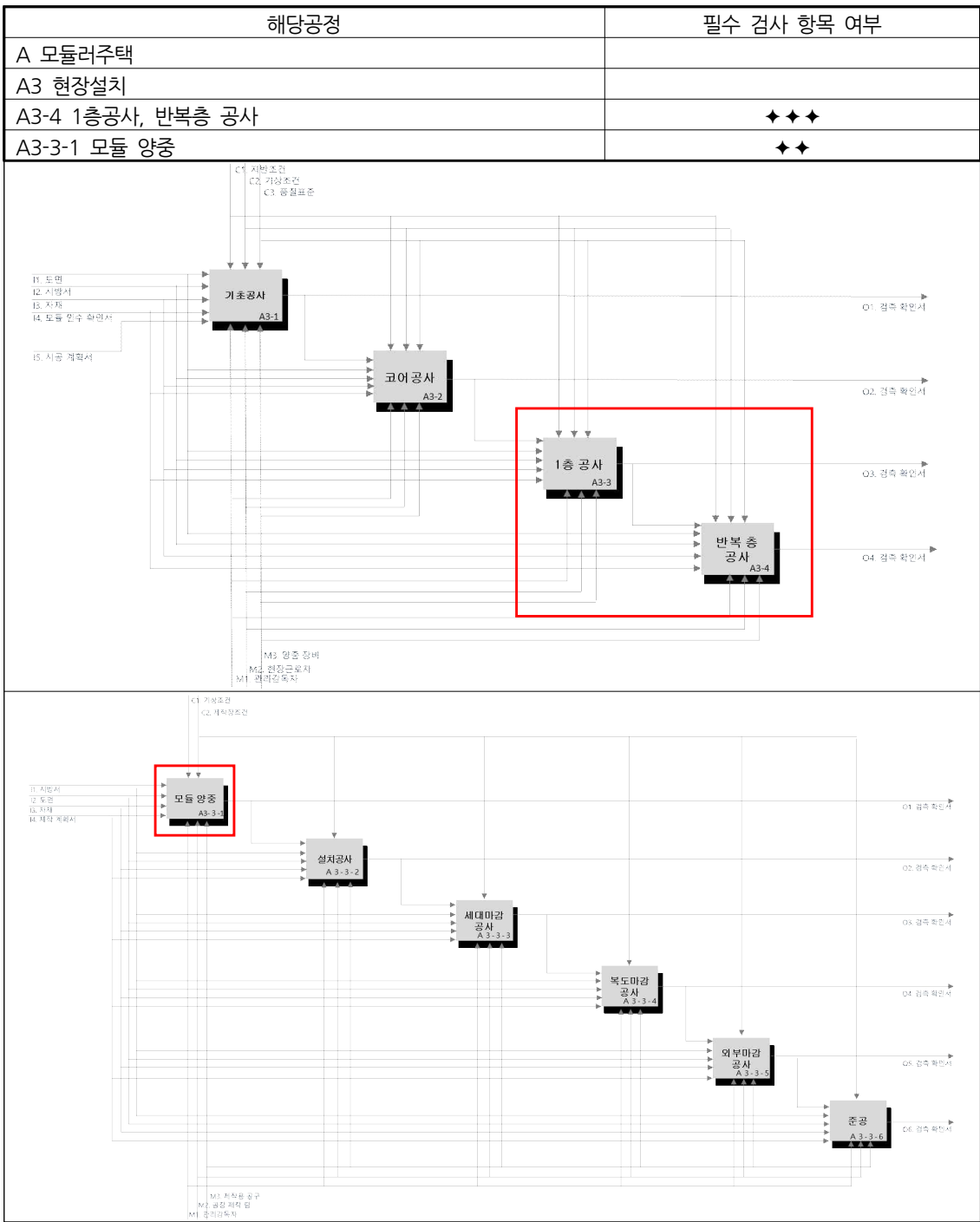


체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. 기구 및 가구설치		
1	가구, 싱크대에 배관 및 배선 연결이 적절하게 되어 있는가?	육안
2	기구 및 가구 설치 후 틈새가 있는지 확인하였는가?	육안
3	기구의 수직, 수평도를 확인하였는가?	수직수평검사
4	가구 개구부의 개폐 상태를 확인하였는가?	육안
5	가구 내부 기구 부착 상태를 확인하였는가?	두드림
6	전기(배선)기구가 적절하게 부착되었는가?	육안
7	전기(배선)기구의 작동상태를 확인하였는가?	육안
유의사항		
주방가구 하자도 비중이 높음 주방가구 제품 오염, 경첩같은 부속철물을 미설치 등 다양한 하자가 발생하므로 설치하고 나서 제대로 설치가 되었는지 확인이 필요함 가구나 기구 설치시 도배나 장판에 오염 또는 하자가 발생하지 않도록 해야 하며, 설치공사시 가구 자체에 작업으로 인한 오염이 발생하지 않도록 유의해야함		
관련 하자 내역		
싱크대 걸레받이 미시공 싱크대 걸레받이 미고정 싱크대 걸레받이 하자 주방가구 설치하자(경첩 미설치, 들뜸 등) 주방가구 마감불량 주방가구 제품 하자(스크래치, 오염, 랩핑 등)		

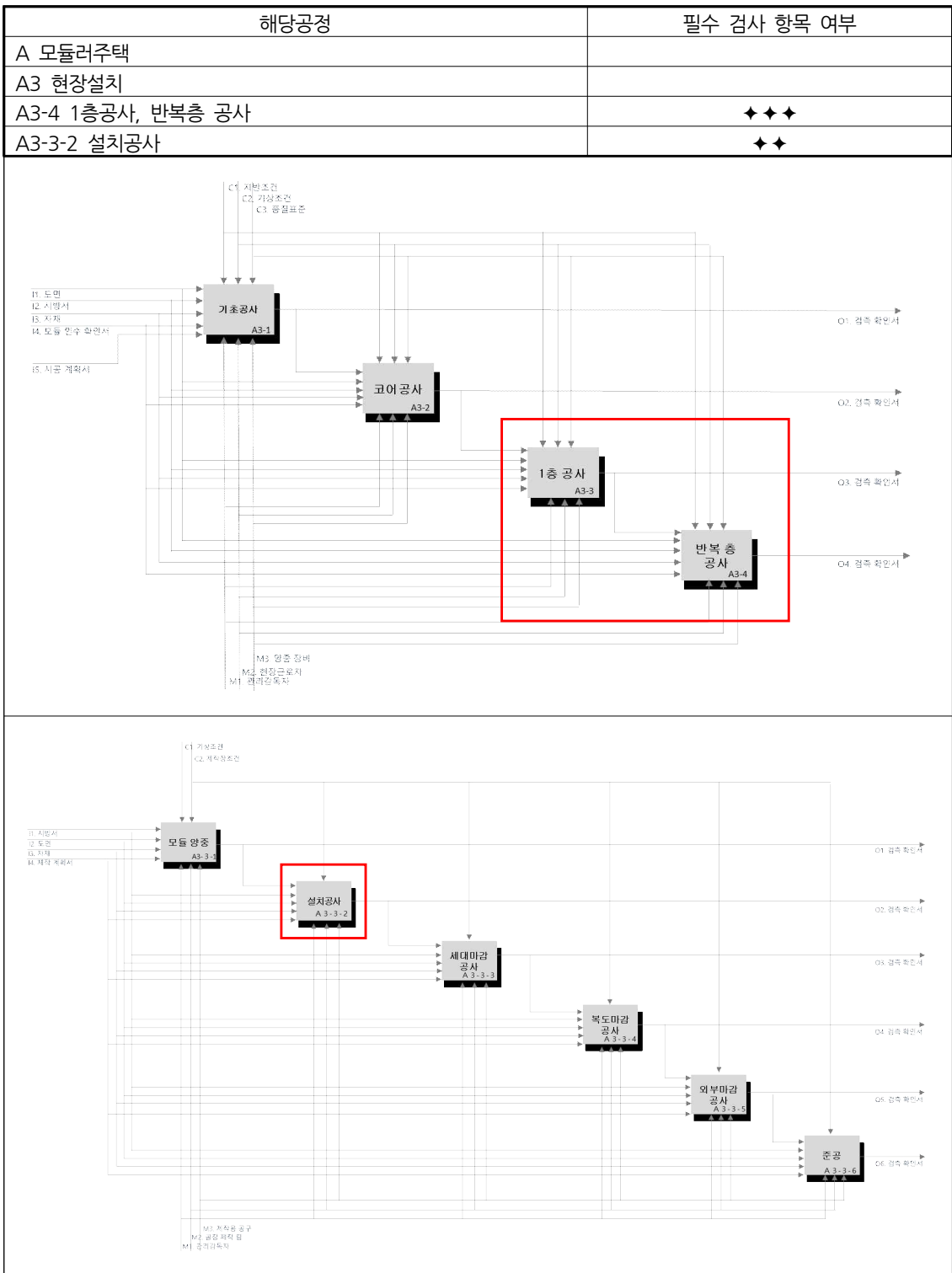


반입 체크리스트		
구분	점검사항	비고
외부	패널 설치 상태 확인	
	코너몰딩 및 후레싱 설치 상태	
	창호후레싱 설치 상태 (코킹 등)	
	유리 시공 상태 확인 (코킹 누락 등)	
	기밀 방수지 시공 상태 및 풀대	
	난간 설치 상태(부속 누락, 흔들림 등 확인)	
	에어컨 배관 마감	
복도	프로젝트 창 개폐 상태 확인	
	PD박스 설치 상태 / 시건 여부 확인	
	세대 현관문 주위 코킹 확인	
	세대 현관문 하드웨어 작동 확인 (개폐/시건)	
현관	타일 줄눈 탈락 여부 / 단 생김 여부 / 모서리 확인	
	마루귀틀 시공 상태(훼손여부, 흔들림 등)	
	마루귀틀 단높이 확인	
	신발장 설치상태 (고정, 문/서랍 개폐)	
주방	주방가구 문짝의 개폐 상태	
	주방가구 파손, 흠, 고정불량 여부	
	벽 타일 파손, 들뜸, 탈락 여부	
	싱크대 걸레받이 설치상태	
	가스렌지후드 및 수전 설치상태	
화장실	슬라이딩 도어 개폐 상태 (도어록 작동)	

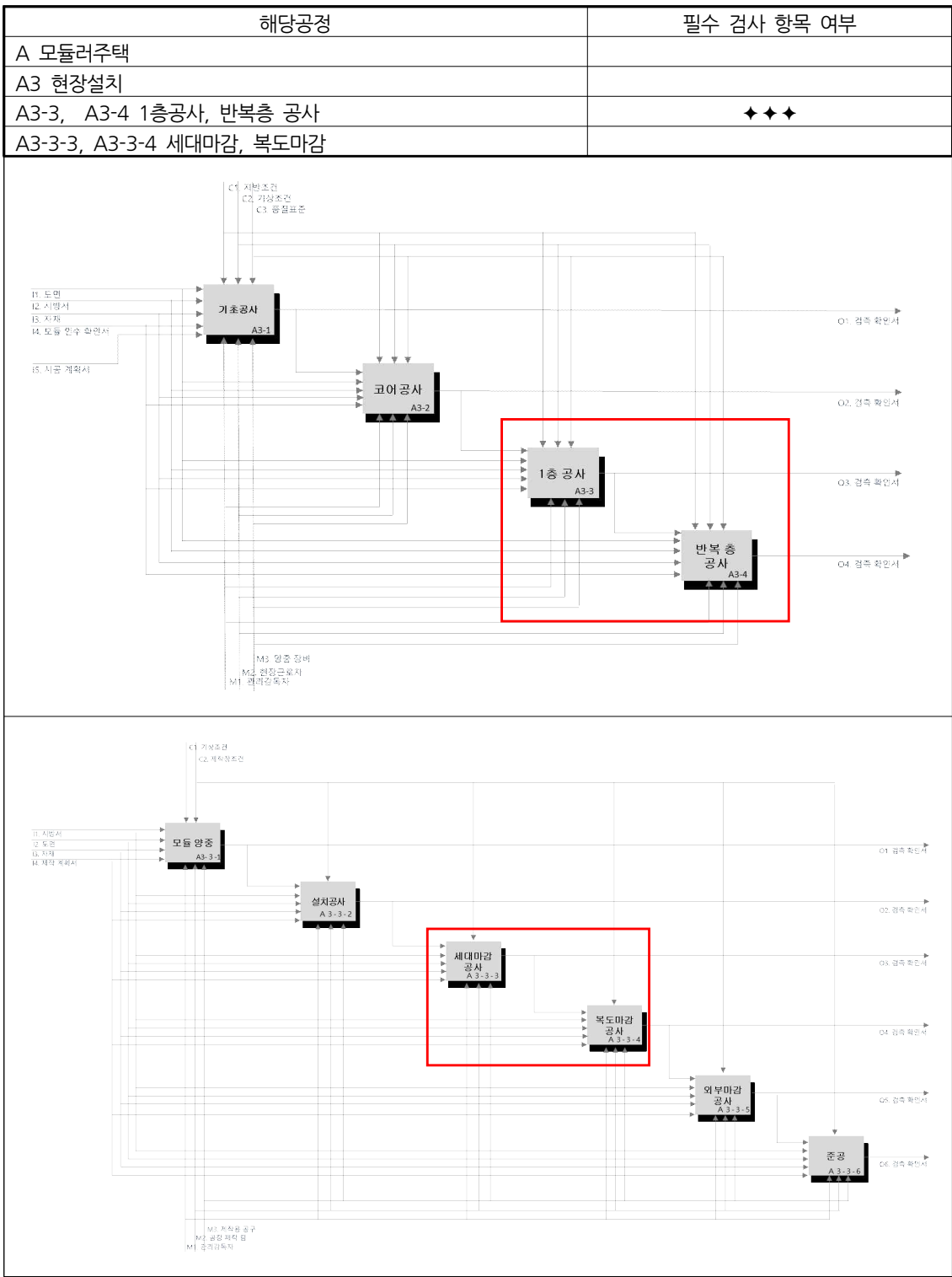
반입 체크리스트		
구분	점검사항	비고
	바닥타일 파손여부, 코킹 상태 확인	
	세면기 / 양변기 설치 상태	
	수건걸이/수전/거울/손잡이 설치 상태	
	천장 마감 상태 / 환기 환 설치 상태	
	젠다이 / 발받침 설치 상태 (코킹 처리)	
거실	도배 접착상태, 훼손, 오염여부	
	장판깔기 상태(오염, 흙, 요철 여부)	
	각 종 스위치 및 조명 부착 상태, 주변 도배지 찢김	
	걸레받이 / 천정몰딩 시공 상태	
	목 도어 설치 상태 (개폐/하드웨어)	
	불박이장 설치 상태	
	커튼박스 시공 및 마감 상태	
	에어컨 배관 마감	
	PVC창 개폐여부 (시건장치, 손잡이 설치)	
	PVC창 시공상태 (흔들림 여부 확인)	
발코니	벽체 도장 마감 상태	
	바닥타일 파손여부, 코킹 상태 확인	
	PVC 천정 마감 상태 (점검구 개폐)	
	보일러 및 수전 설치 상태	
전기	분전함 / 스위치 / 조명	
설비	수도계량기 / 각 종 수전 / 온수분배기	
유의사항		
공장제작시 제작단계별로 감리를 수행하였다고 하더라도 운송 중 파손이나 뒤틀림 등 다양한 하자가 발생할수 있으므로 반입 시 모듈러 유닛에 대한 점검이 필요		

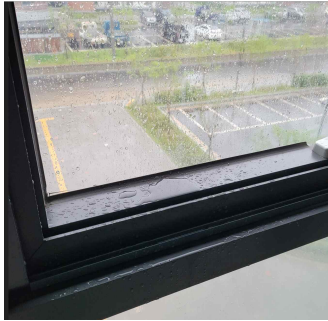


체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. 설치 준비 및 양중		
1	매립 앵커볼트의 위치 및 고정 상태를 확인하였는가?	
2	앵커볼트의 노출길이가 적정하게 확보되었는가?	
3	베이스플레이트의 레벨은 확인하였는가?	
4	모듈의 내외부 자재 탈락여부를 확인하였는가?	
5	모듈의 하중, 양중 높이 및 이동거리 등을 고려하여 크레인을 선정하였는가?	
6	모듈의 양중을 위한 밸런스 빔의 정밀도를 확인하였는가?	
7	모듈러 설치 순서를 확인하였는가?	
유의사항		
모듈러유닛을 양중하기 전에 확인해야 하는 것으로 앵커볼트에 정확하게 맞추기 위한 사전 조사가 필요함 1층 레벨이 맞지 않으며 전체적으로 모듈러주택의 수직도에 오차가 발생할수 있음		
관련 하자 내역		
모듈러 유닛 모서리 깨짐		



체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. 설치		
1	RC구조물과 모듈간의 접합상태를 확인하였는가?	육안
2	모듈의 가조립 후 모듈간의 수평 및 수직 정확도를 확인하였는가?	수직수평검사
3	수직 및 수평 접합부의 허용오차를 초과하지 않았는가?	오차측정
4	양중 및 설치 단계에서 부재의 탈락이나 파손이 발생하였는가?	육안
5	우천에 의한 피해방지 대책을 확인하였는가?	시공계획서
6	밸런스빔의 연속 사용에 따른 변형 유무를 확인하였는가?	육안
7	모듈 체결 상태를 확인하였는가?	육안
유의사항		
모듈러 유닛을 고정하는 단계로 모듈간의 수평 수직 정확도 확인을 통한 허용오차 관리가 중요함 모듈러 유닛을 연결하기 위한 방식이 업체마다 다를수 있으므로 접합방식에 대한 검토가 필요		
관련 하자 내역		
		
모서리 석고보드 파손		
기타하자 :		



체크리스트		
NO.	검사항목	검사기준(시방)
1. 세대마감 및 복도마감		
1	내부마감재의 색상 도장상태 뒤틀림 발생여부등을 확인하였는가?	육안
2	모듈간 내부 접합부의 평활도 및 수직 상태를 확인하였는가?	수직수평검사
3	공용부위(복도, 계단 등) 벽체 접합부의 마감상태를 확인하였는가?	육안
4	공용부위 바닥 마감상태를 확인하였는가?	육안
5	바닥과 현관문과의 간섭여부를 확인하였는가?	육안
6	각종 실내 마감재 및 액세서리의 품질상태를 확인하였는가?	육안
7	내부 씰링 작업을 하였는지 확인하였는가?	육안
유의사항		
설치 후 최종 모듈러 내부의 마감을 하는 공정으로 공장과 현장의 작업비율에 따라 검사항목은 유동적으로 늘어날 수 있음		
관련 하자 내역		
		
씰링 미시공		복도 창호 누수
기타하자 :		



체크리스트						
NO.	검사항목	검사기준(시방)				
1. 외부마감						
1	양중 및 설치 단계에서 부재의 파손 부위의 마감 상태를 확인하였는가?	육안				
2	외부 마감재의 색상 도장상태, 뒤틀림 발생여부 등을 확인하였는가?	육안				
3	창문틀 크기와 외장재의 긴밀성을 유지하였는가?	육안				
4	외장재 고정용 하지철물이 지정된 위치에 경량형강과 긴밀하게 결합하도록 설치되었는가?	육안				
5	외장재의 절곡구간의 접합부위 사이로 누수가 되지 않도록 긴밀하게 시공되었는가?	육안				
6	지붕 처마와 모서리구간의 물이 들어가지 않도록 긴밀하게 시공되었는가?	육안				
7	외부 줄눈 폭 및 코킹상태를 확인하였는가?	육안				
8	외부 창호의 수직 및 수평, 기울기, 뒤틀림 정도 등을 확인하였는가?	육안				
유의사항						
외부 마감에 대한 접합 상태확인은 꼭 필요하며, 이와 함께 외부 씰링 상태확인도 병행해야 함.						
관련 하자 내역						
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">  </td> <td style="width: 50%; text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">외부 씰링 갈라짐</td> <td style="text-align: center;">외부 씰링 일부 누락</td> </tr> </table>					외부 씰링 갈라짐	외부 씰링 일부 누락
						
외부 씰링 갈라짐	외부 씰링 일부 누락					
기타하자 :						

참고문헌 Reference

- 김태운 등(2013), DSM을 이용한 모듈러 유닛 공장제작 프로세스 최적화 방법론, 대한건축학회 논문집, 29(6), 113-122
- 손정락 등(2019), 모듈러주택 공정관리 표준화기법 발굴에 관한 연구, LH 토지주택연구원
- 배규웅 등(2019), 모듈러 건축 성능인정 제도 도입(안)에 관한 연구, 한국건설기술연구원
- 배병윤 등(2012), 모듈러 공장생산 프로세스 개선을 위한 컨베이어시스템 적용 방안, 한국건설관리 학회논문집, 13(5), 103-112
- 송상훈 등(2020), 모듈러주택 최적 발주방식 및 발주업무 지침 마련, LH 토지주택연구원
- 천영수 등(2020), LH형 모듈러주택의 모델개발 및 품질확보 방안 연구, LH 토지주택연구원
- 전명훈 등(2022), 모듈러주택 수선 및 유지관리 매뉴얼 개발, LH 토지주택연구원
- 송상훈 등(2022), 모듈러주택 공사비 특성 분석 및 내역체계 수립, LH 토지주택연구원
- 김민준 등(2023), 모듈러주택 활성화를 위한 구조시스템 및 코어공법 개발, LH 토지주택연구원
- 한국건설기술연구원(2021), 모듈러 실증단지 POE를 통한 성능경제성 향상 방안 연구
- LH토지주택공사, 모듈러 시방서