

모듈러주택 바닥충격음 저감 기술 및 제도 분석 연구

Analysis of Technical Elements and Regulations related to Floor
Impact Sound on Modular Housings

양홍석 남성훈
권석민 노준오
이동건 정선응
김민준



연구지원 2025-031호

모듈러주택 바닥충격음 저감 기술 및 제도 분석 연구

지은이	양홍석, 권석민, 이동건, 김민준, 남성훈, 노준오, 정선웅
발행인	정창무
발행처	한국토지주택공사 토지주택연구원
주 소	(34047) 대전 유성구 엑스포로 539번길 99
홈페이지	http://lhri.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 2025-031

모듈러주택 바닥충격음 저감 기술 및 제도 분석 연구

Analysis of Technical Elements and Regulations related to Floor Impact Sound on Modular
Housings

양홍석·관석민·이동건·김민준·남성훈·노준오·정선웅

참여연구진

연구책임

양홍석 LH 토지주택연구원 수석연구원

연구진

권석민 LH 토지주택연구원 수석연구원

이동건 LH 토지주택연구원 수석연구원

김민준 LH 토지주택연구원 수석연구원

남성훈 LH 토지주택연구원 책임연구원

노준오 LH 주거혁신처 차장

정선웅 LH 품질시험인증센터 과장

연구심의위원

전주영 LH 토지주택연구원 실장

김경우 한국건설기술연구원 선임연구위원

김길태 LH 토지주택연구원 단장

구본수 현대엔지니어링 책임

노태극 LH 주거혁신처 팀장

송상훈 LH 토지주택연구원 연구위원

엄인혁 한국건설기술연구원 팀장

이원학 한국건설생활환경시험연구원 책임연구원

■ 연구배경 및 목적

- 주택 품질 강화, 시공 안전성 제고, 공사기간 단축 등 다양한 장점이 부각되면서 모듈러주택 공급이 활발히 이루어지고 있음. 그러나 모듈러주택의 바닥충격을 차단성능에 대한 실태 파악은 여전히 미흡한 수준이며, 향후 성능 향상을 위한 기술개발 방향성 설정이 요구되고 있음
- 현행 바닥충격음 관련 제도는 철근콘크리트(RC) 구조의 공동주택을 중심으로 구성되어 있어, 구조 및 시공 방식이 상이한 모듈러 공동주택에 대해 제도적 적합성 확보에 한계가 있음. 이에 따라, 제도 개선 사항의 분석과 함께 실효성 있는 기술개발을 유도하기 위한 법령 개정(안)의 제안 필요
- 또한, 30세대 이상의 모듈러 공동주택에 대한 현장 준공 바닥충격음 성능검사가 의무화됨에 따라, 바닥충격음 차단성능 확보를 위한 기술 요인 및 설계 특성 분석 시급. 이에 본 연구는 모듈러구조에 적합한바닥충격음 차단 기술 요인을 분석하고, 중장기적인 관점에서 실효성 있는 기술개발을 지원할 수 있는 제도적 방안을 제시하고자 함

■ 모듈러주택 바닥충격음 차단성능 수준

- 현재까지 준공된 공동주택용 적층형 라멘구조 철골 모듈러의 바닥충격음 차단성능은 중량충격음의 경우 3~4등급, 경량충격음은 1~2등급 수준을 확보하고 있는 것으로 조사됨. 이는 현재 적용 중인 일반적인 바닥충격음 차단 기술(슬래브, 완충 바닥구조, 천장 등)을 통해 최저 성능 기준인 49 dB 이하를 충족하고 있음을 의미함
- 한편, 현재까지 준공된 라멘구조 모듈러 공동주택 현장에는 사전인정 바닥구조가 예외 적용되었으며, 향후에는 2등급 이상의 고성능 완충 바닥구조를 설계에 반영함으로써 성능 개선이 가능할 것으로 전망됨

- 실제 준공 세대에서 측정된 데이터를 분석한 결과, 동일한 구조를 적용하더라도 측정 세대의 위치나 평면 유형 등에 따라 중량충격음 차단 성능에 차이가 발생함이 확인됨
- 모듈러주택은 공장에서 제작되나, 현장 접합 조건 등 시공 변수에 따라 성능 편차가 발생할 수 있으므로, 향후 이를 규명하기 위한 체계적인 원인 분석 및 개선 연구가 필요함

■ 평면설계 특성

- LH 표준평면 8종과 실제 준공 단지의 26개 평면을 대상으로 바닥충격음 인정시험 조건에 따른 평면 분석을 실시한 결과, 대부분이 16~48 m² 규모의 소형 평형으로 모듈러 1~2개 조합으로 구성되어 있음이 확인됨
- 분석된 34개 모든 평면에서 거실 측정부의 바닥면적은 20 m² 미만으로 나타나, 현행 인정시험의 기준(20 m² 이상)을 만족하려면 별도의 시험용 평면 설계가 필요한 것으로 분석됨. 거실부 가로 길이는 2,895~3,600 mm, 세로 길이는 1,600~5,450 mm로 조사되었으며, 가로:세로 장단변비 분석 결과 대부분 평면이 1:1.5 이하 조건을 만족하였으나 일부 평면은 기준을 초과함
- 거실 바닥에서 반자 밑까지의 높이는 2.3~2.65 m로서 인정시험 기준을 충족하였으며, 바닥충격음 인정시험을 위한 반자높이 기준을 충족하는 것으로 분석됨

<모듈러주택 바닥충격음 차단구조 인정 시험조건 및 규모 기준 달성 여부에 대한 평면분석 결과>

구분	바닥충격음 차단구조 인정 시험조건 기준	모듈러 평면 분석결과	인정 시험조건 달성 여부
거실 바닥면적	20 m ² 미만과 20 m ² 이상 각각 1곳	5.4~16.6 m ²	X
장단변비	1:1.5 이하	0.47~1.81	△
반자높이	2.1 m 이상	2.3~2.65 m	○

■ 바닥구조 단면 특성

- 조사 대상 8개 준공 현장 중 7개는 라멘구조, 1개는 벽식구조로 구성되어 있으며, 주로 적층식 철골 모듈러 공법이 적용되고, 일부는 인필식 공법이 채택됨

- 슬래브는 철근콘크리트로 시공되었으며, 라멘구조 현장 중 일부는 최소 슬래브 두께 기준(150 mm)보다 두꺼운 180 mm를 적용하여 중량충격음 성능 확보를 도모하고 있었음. 완충형 바닥구조의 두께는 100~130 mm로 조사되었으며, 이는 철근콘크리트 공동주택의 일반 수준인 110 mm와 비교할 때 다소 두껍고, 바닥보 형강 구조나 슬래브 위치 조건의 영향으로 분석됨
- 천장 내부 공기층은 200~650 mm 수준으로, RC 공동주택(170 mm)보다 두껍고, 반자 마감은 내화성능을 고려해 석고보드 9.5T 두 장이 사용되는 등 중량충격음 차단에 유리한 구성을 보였음. 내부 단열재는 50~100 mm로 설치되어 있어 공진 제어에도 긍정적인 역할이 가능하나, 향후에는 보다 효과적인 흡음재 설계 적용이 필요함
- 적층식 기준으로 하부 모듈 천장면에서 상부 바닥마감까지 높이는 540~850 mm, 인필식은 900 mm로 조사되었으며, 이는 RC 공동주택의 490 mm 보다 높은 수치로 중량충격음 차단에 유리한 구조임. 모듈러주택의 층고는 2,950~3,200 mm로, RC 공동주택(2,800 mm) 대비 높아 설계 유연성이 크고 차단 성능 확보에 유리한 구조적 이점을 갖음
- 종합적으로 볼 때, 중량충격음 차단에 영향을 미치는 설계 요인을 기준으로 적층식 모듈러와 RC 벽식 공동주택을 비교한 결과, 모듈러주택이 구조적 유연성과 설계상의 장점을 다수 보유하고 있는 것으로 분석됨. 다만, 이러한 요소들의 성능 기여도를 실증적으로 규명하기 위해서는 실험 및 수치해석 기반의 정량적 분석이 후속 연구를 통해 수행되어야 할 것임

<모듈러 vs 철근콘크리트 공동주택 바닥충격음 영향요인 설계 특성 장단점 분석(+ : 유리, - : 불리, △ : 유사)>

모듈러(적층식)		중량충격음 영향요인	철근콘크리트 공동주택	
라멘	+	구조형식	-	벽식
150~180	-	슬래브 두께(mm)	+	210
100~130	△	완충형 바닥구조 두께(mm)	△	110
125~390	+	천장 내부 공기층(mm)	-	170
50~100	+	천장 내부 흡음재(mm)	-	0
19	+	천장 반사 석고보드(mm)	-	9.5
2,950~3,200	+	층고(mm)	-	2,800
2,300~2,650	+	반자높이(mm)	-	2,300
10~50	+	상하 층간 접합부(mm)	-	0

■ 업계 의견 설문조사

- 모듈러주택의 바닥충격음 차단 기술 현황 및 제도 개선사항 분석을 위해, 공동주택용 공업화주택 인정서를 취득한 모듈러 제조사 8개사와 건설사 1개사의 실무자 총 9인을 대상으로 설문조사 실시
- 모듈러주택의 골조 유형과 관련하여, 철골 모듈러를 주력으로 생산하고 있는 것으로 나타나, 현재 시장에서 철골 구조가 주요 제품으로 자리 잡고 있음을 확인할 수 있었음
- 구조 형식 측면에서는, 8개사 중 7개사가 라멘구조 방식을 채택하고 있으며, 벽식구조는 3개사가 생산 중인 것으로 조사됨. 특히, PC 모듈러를 생산하는 4개 업체 중 3개 업체는 벽식구조를, 1개 업체는 라멘구조를 적용하고 있는 것으로 나타남
- 바닥구조 설계 사양을 살펴보면, 라멘구조의 슬래브 두께는 대부분 150 mm로 설계되고 있으며, 벽식구조는 210 mm로 설계 중인 것으로 확인됨. 완충재 두께는 30~70 mm 범위에서, 천장 내부 공기층은 200~650 mm 범위에서 설계되고 있었음
- 사후확인제도에 대응하기 위한 기술적 방안으로는, 슬래브 두께 조정, 완충재 성능 개선, 구조 형식 변경, 천장 보강 및 흡음재 강화, 견본주택 중간 점검 등의 전략을 통해 바닥충격음 성능 향상을 도모하고 있는 것으로 조사됨

<사후확인제도 대응을 위한 모듈러주택 기술개발 방안 설문조사 주요 내용>

대응방안	주요내용
공장 내 실험용 모듈러 건립 및 시험 수행	제조사들은 바닥재 변경에 따른 바닥충격음 성능을 실험적으로 검토하기 위해, 공장 내 시험용 모듈러주택(Mock-up)을 건립하여 반복 시험을 수행하고자 계획함
슬래브 두께 상향 조정	바닥 슬래브의 두께를 기존보다 더 두껍게 설계하거나, 슬래브의 밀도를 높이는 방식으로 충격음 차단 성능을 확보하려는 방안이 제시됨
구조 형식 변화	벽식구조에서 라멘구조로의 전환 등 구조 형식 자체를 변화시켜 바닥 하중 분산 및 충격음 전달을 줄이려는 전략이 일부 기업에서 제안됨
고성능 완충재 적용	바닥 마감 하부에 충격음을 효과적으로 차단할 수 있는 고성능 완충재를 적용하고, 연질 및 경질 완충재를 교차 사용하는 방식으로 성능 개선을 도모하고자 계획 중
모듈 간 진동 절연 기술 도입	모듈 단위로 제작되는 주택 특성상 모듈 사이의 연결부에서 발생하는 진동을 절연하는 기술을 개발 및 적용하여 충격음 전달을 최소화하려는 노력이 확인됨
천장 보강 및 흡음재 강화	하부 모듈 천장에 적용되는 흡음재의 두께 및 재료 성능을 강화하여 위층의 중량충격음이 하층으로 전달되는 것을 저감하고자 계획 중
견본주택 중간 점검 강화	일부 제조사는 견본주택을 제작하여 설계된 바닥충격음 성능이 실제 구현되는지 사전 확인하고, 이를 기준으로 전체 공정을 동일하게 유지하려는 전략을 강조

- 설문 응답자의 약 66.7 %는 현행 바닥충격음 제도가 모듈러주택에 적용되는 데 있어 불편함을 느끼고 있다고 응답하였으며, 제도 개선의 필요성에 대해서는 88.9 %가 ‘그렇다’ 또는 ‘매우 그렇다’고 응답함. 이는 현행 제도가 철근콘크리트(RC) 구조 중심으로 설계되어 있어, 모듈러주택의 구조적 특수성과 시공 특성을 충분히 반영하지 못하고 있다는 업계 전반의 인식을 보여줌
- 응답자들은 모듈러주택과 관련한 사전인정, 사후확인, 공업화 인정 등 전 과정에서 제도적 개선이 필요하다는 데 공감하였으며, 특히 모듈러주택의 고유한 특성을 고려한 맞춤형 사전인정제도 도입의 필요성이 제기됨
- 모듈러주택에 적합한 사전인정 방식에 대한 업계 선호도 조사 결과, 가장 선호하는 방식은 ‘국가기관 주도의 표준시험실 구축’이었으며, 그 다음으로 ‘현장 시험 방식’과 ‘제조사 견본주택 구축’이 뒤를 이었음. 이는 견본주택을 자체 제작할 경우 소요되는 비용, 시간, 시공 난이도 등의 부담이 크다는 점이 영향을 미친 것으로 해석됨
- 응답 기업 8개사 중 77.8 %는 실제로 성능검증을 위해 견본주택을 제작한 경험이 있었으나, 이와 관련된 부담 수준에 대해서는 ‘매우 그렇다’가 44.4 %, ‘그렇다’가 44.4 %로 응답하여, 제조사 입장에서 견본주택 제작이 상당한 부담으로 작용하고 있음을 확인할 수 있었음

- 아울러, 성능검증을 위한 실험조건의 표준화 필요성에 대해서는, 약 90 %의 응답자가 현행 실험 조건이 업체마다 상이하다는 점을 문제로 인식하고 있었으며, 이에 따라 공정하고 일관된 성능검증을 위한 실험실 조건의 기준 수립이 시급한 과제로 지적됨

<모듈러주택 바닥충격음 제도 개선 문제점 및 개선사항 주요 설문 내용>

구분	주요내용
사전 인정	• 동일한 구조체와 바닥구조가 모듈러 방식으로 구현되었을 때에도 동일한 성능이 재현될 수 있는지에 대해 업계 내에서 의문이 제기됨 • 사전인정 시험에서 도출된 성능 등급이 실제 현장에서는 동일하게 재현되지 않을 수 있다는 우려 • 많은 제조사나 시공사는 별도의 견본주택을 제작하거나 자체 검증을 통해 성능을 확인해야 하는 부담을 안고 있는 실정 • 모듈러주택의 구조적 특성과 생산방식을 고려한 전용 사전인정제도가 별도로 마련될 필요가 있다는 의견 제시
사후 확인	• 준공 전 성능 기준 미달 판정 시 발생할 수 있는 보수보강의 어려움 및 방법론의 부족함 • 준공 전 성능검사를 면제하거나 완화할 수 있는 대체 제도 마련의 필요성을 제기 • 공업화인정을 받은 모듈러주택이 사후확인에서 성능 기준에 미달할 경우, 그에 따라 제공되던 설계감리 면제 등 제도적 인센티브가 취소되는 문제
공업화 인정	• 바닥충격음 차단 성능 시험을 위해 요구되는 견본주택 제작 시, 적용되는 시험조건이나 환경에 대한 통일된 기준 마련 필요 • 표준화된 시험조건의 정립 필요

■ 제도 개선사항 분석

① 제도 현황

- 모듈러주택은 공업화인정 여부에 따라 바닥충격음 차단구조 설계기준이 차별적으로 적용되고 있으며, 공업화인정 모듈러와 미인정 모듈러 간의 가장 큰 차이는 슬래브 최소 두께 의무 적용 여부와 라멘식 구조에 대한 성능 인정 방식에서 나타남
- 공업화인정 모듈러주택의 경우, 슬래브 최소 두께 기준이 적용되지 않아 구조의 경량화가 가능하지만, 일반(미인정) 모듈러주택에는 최소 두께 기준이 적용되어 설계상 경량화에 일정한 한계가 존재함
- 또한, 라멘구조를 적용한 공업화인정 모듈러주택은 사전인정 바닥구조의 적용이 의무화되어 있는 반면, 일반(미인정) 모듈러주택은 해당 구조의 선택적 적용이 가능하므로, 바닥구조 설계에 있어 상대적으로 높은 자유도를 확보할 수 있음

<현행 모듈러 공동주택 바닥충격음 차단용 바닥구조 설계 기준>

구분	공업화 인정 모듈러	일반(미인정) 모듈러
슬래브 최소 두께 기준	미적용 (벽식, 라멘 : 최소두께 기준 예외)	적용 (벽식 : 210 mm 이상, 라멘 : 150 mm 이상)
사전인정 바닥구조 적용 기준	의무 적용 (벽식, 라멘 등)	부분 의무 적용 (벽식 : 의무, 라멘 : 선택)

② 공업화인정 모듈러주택 관련 제도 개선사항

- 공업화인정 모듈러주택은 사전인정 바닥구조의 적용이 의무화되어 있으나, 벽식구조에 비해 라멘구조에 대한 사전인정 바닥구조의 확보 건수가 현저히 낮아, 실질적으로 라멘구조 모듈러주택에 채택 가능한 구조의 선택 폭이 매우 제한적인 상황
- 중장기적으로는 라멘구조에 적합한 사전인정 바닥구조 개발이 필요하나, 그 이전 단계에서는 미인정 바닥구조의 적용을 병행할 수 있는 방안 마련과 이에 따른 성능검증 절차의 제도화 필요
- 또한, 공업화인정 모듈러주택에 대해서는 슬래브 최소 두께 기준에 대한 예외 규정이 존재하지만, 최소 두께 미만의 바닥구조에 대해 적용 가능한 사전인정 절차가 마련되어 있지 않아, 이에 대한 별도의 성능검증 체계 도입 등의 대안이 요구됨
- 이를 위해, 건본주택 제작을 통한 미인정 바닥구조의 성능검증 절차 도입 등이 필요하며, 아울러 실험조건의 명확화 및 시험성적서 제출 기준의 구체화 등 제도적 기반 정비가 요구됨
- 특히, 라멘구조 모듈러주택의 고성능 바닥구조 개발을 활성화하기 위해, 상위 성능등급을 획득할 수 있는 최소 슬래브 두께를 기존 160 mm에서 150 mm로 하향 조정하는 방안도 검토할 필요가 있음
- 이와 함께, 슬래브 최소 두께 미만이거나 새로운 형상의 바닥구조에 대해서는 건본주택 제작을 통한 성능인정 방식의 도입 또한 적극 추진할 필요가 있음

<공업화인정 모듈러주택 바닥충격음 차단성능 제도 개선(안)>

구조 형식	슬래브 두께	성능검증 방법
라멘식 (①, ② 중 택일)	150 mm 이상 슬래브	① 라멘식 사전인정 등급(인정 바닥구조 적용 시) ② 견본주택 시험(미인정 바닥구조 적용 시)
벽식	210 mm 이상 슬래브	① 벽식 사전인정 등급
전체 형식 (①, ② 중 택일)	최소 두께 기준 미달, 새로운 형태 구조	① 모듈러 전용 표준시험실 사전인정 등급 ② 견본주택 시험

③ 일반(미인정) 모듈러주택 관련 제도 개선사항

- 공동주택용 모듈러에 대한 공업화주택 인정 신청이 증가하고 있음에도 불구하고, 실제로 준공된 모듈러 공동주택 단지 중 공업화주택으로 인정된 사례는 아직 없는 상황. 이는 모듈러주택의 실질적인 바닥충격음 저감 기술의 확산을 낮추는 주요 요인으로 작용하고 있음
- 이에 따라, 일반(미인정) 모듈러주택을 대상으로 한 제도 개선이 시급하며, 특히 새로운 재료나 형상의 슬래브를 적용한 바닥구조 개발을 촉진할 수 있는 제도적 여건 조성 필요
- 그러나 현행 바닥충격음 인정제도는 표준시험실 조건을 기반으로 하여, 실무 현장에서 이를 충족하기에는 다양한 제약이 존재함. 이에 대한 실질적인 대안으로는 견본주택 기반의 성능인정 방식을 도입하고, 프로젝트 단위 및 제품 단위의 인정 방식, 바닥면적 기준(예: 20 m² 미만 또는 이상)별 구분 등 인정 방법의 다양화가 요구됨

<일반(미인정) 모듈러주택 바닥충격음 차단성능 제도 개선(안)>

슬래브 조건	구조형식	슬래브 두께	성능검증 방법
철근콘크리트 슬래브	라멘식	150 mm 이상 (①, ② 중 택일)	① 4등급 인정(미인정 바닥구조 적용 시) ② 라멘식 사전인정 등급
	벽식	210 mm 이상	① 벽식 사전인정 등급
특수 형태 슬래브	라멘식	150 mm 이상	① 모듈러 표준시험실 사전인정 등급
	벽식 등	210 mm 이상	② 견본주택 시험

■ 향후 과제

- 본 연구는 모듈러주택의 바닥충격음 차단성능에 대한 현황 파악, 설계요인 분석, 제도 적합성 평가 등을 중심으로 한 기초연구로 수행됨. 그러나 향후에는 성능 향상과 현장 품질 편차 최소화를 위한 보다 심화된 연구가 요구됨
- 바닥충격음 성능 향상을 위해서는 모듈러 구조에 특화된 고성능 바닥구조의 개발과 함께, 하부 모듈러 주택 천장구조 내 흡음재의 최적 배치에 관한 실증적 검증이 필요할 것으로 판단됨
- 최근 모듈러 골조 유형의 다양화에 따라, 각 구조 유형별 주요 부위(바닥보, 슬래브, 천장보, 접합부, 가새 등)의 진동에너지 기여도 특성을 분석하고, 이를 토대로 중점 개선 대상 부위를 도출하는 실험 및 성능개선 연구도 추진 필요
- 또한, 사후확인제도 시행에 따라 실제 현장에서의 성능 편차 분석과 이를 저감하기 위한 품질관리 방안 마련을 위한 후속 연구도 병행되어야 할 것으로 판단됨

주제어

모듈러주택, 공업화인정, 바닥충격음, 바닥구조

차례 Contents

제1장 서론	1
1. 연구배경 및 목적	1
2. 주요 연구 내용	3
제2장 바닥충격음 관련 제도 분석	4
1. 국내	4
1.1. 바닥충격음 관련 법령 체계	4
1.2. 바닥충격음 인정 및 검사기준 제도	7
1.3. 공업화주택 인정제도	23
2. 국외	35
2.1. 영국	35
2.2. 일본	42
제3장 모듈러주택 바닥충격음 영향요인	45
1. 모듈러주택 개요	45
1.1. 모듈러주택 특징	45
1.2. 공법 유형 및 시공 프로세스	46
2. 구조설계 특성	48
2.1. 모듈러 건축물 유형별 기술 분류	48
2.2. 모듈러 건축물 접합부 유형	54
3. 평면설계 특성	57
3.1. LH 표준평면	57
3.2. LH 준공현장	60
3.3. 평면 특성 분석	72
4. 바닥구조 설계특성	75

4.1. LH 표준평면	75
4.2. LH 준공현장	77
4.3. 기타 현장	89
4.4. 바닥구조 상세 분석 결과 요약	91
5. 바닥충격음 차단성능 현황 및 시사점	95
5.1. 바닥충격음 차단성능 현황 조사	95
5.2. 시사점	98
제4장 기술 현황 및 제도 개선 관련 설문조사	98
1. 설문조사 개요	98
2. 기술 현황 설문조사 결과	99
2.1. 생산 제품의 설계 및 구조 특성	99
2.2. 사후확인제도 대응 방안	102
3. 現 제도 문제점 및 개선 방안 설문조사	103
3.1. 제도 인식 및 문제점 설문조사	103
3.2. 제도 개선 방안 타당성 설문조사	107
제5장 모듈러주택 바닥충격음 제도 개선사항	110
1. 現 제도 분석 및 개선사항 분석	110
1.1. 모듈러주택 대상 바닥충격음 제도	110
1.2. 바닥충격음 사전인정제도 분석	116
1.3. 제도 개선사항 요약	118
2. 모듈러 맞춤형 바닥충격음 제도 법령 개정(안) 제언	120
2.1. 주택건설기준 등에 관한 규정(대통령령)	120
2.2. 주택건설기준 등에 관한 규칙(국토교통부령)	122
2.3. 공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준(국토교통부 고시)	123
2.4. 공업화주택 인정업무 처리 지침(국토교통부 승인)	126
제6장 결론	127
참고문헌	129

표 차례 List of Tables

〈표 2-1〉 바닥충격음 관련법 제·개정 연혁	4
〈표 2-2〉 「주택법」 바닥충격음 항목 발췌	7
〈표 2-3〉 「주택건설기준 등에 관한 규정」 바닥구조 항목 발췌	9
〈표 2-4〉 「주택건설기준 등에 관한 규정」 [별표 6]	10
〈표 2-5〉 「주택건설기준 등에 관한 규칙」 바닥구조 항목 발췌	12
〈표 2-6〉 공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준	14
〈표 2-7〉 바닥충격음 사전 인정성능 등급 현황(전체 바닥구조, 2025년 3월 기준)	22
〈표 2-8〉 「주택법」 공업화주택 항목 발췌	24
〈표 2-9〉 「주택건설기준 등에 관한 규정」 공업화주택 항목 발췌	25
〈표 2-10〉 「주택건설기준 등에 관한 규칙」 공업화주택 항목 발췌	26
〈표 2-11〉 「주택건설기준 등에 관한 규칙」 [별표 6]	27
〈표 2-12〉 「공업화주택 인정업무 처리 지침」	31
〈표 2-13〉 「공업화주택 인정업무 처리 지침」, [별표 3], 공업화주택 평가방법 및 제출서류	33
〈표 2-14〉 공업화주택 인정 현황(‘25.1월 기준)	34
〈표 2-15〉 바닥충격음 관련 일본 주택성능표시기준(신축 공동주택)	44
〈표 3-1〉 모듈러주택의 특장점	45
〈표 3-2〉 모듈러 건축물의 유형별 분류	53
〈표 3-3〉 LH 모듈러주택 표준모델 유형	57
〈표 3-4〉 바닥충격음 차단구조 인정을 위한 측정조건에 따른 설계특성 분석(LH 표준평면)	57
〈표 3-5〉 LH 모듈러 표준 평면도(16, 22 타입)	58
〈표 3-6〉 LH 모듈러 표준 평면도(35, 48 타입)	59
〈표 3-7〉 바닥충격음 차단구조 인정을 위한 측정조건에 따른 설계특성 분석(LH 천안두정)	60
〈표 3-8〉 LH 천안두정 평면도	61
〈표 3-9〉 바닥충격음 차단구조 인정을 위한 측정조건에 따른 설계특성 분석(LH 강화신문)	62
〈표 3-10〉 LH 인천 강화신문 평면도	64

〈표 3-11〉 바닥충격음 차단구조 인정을 위한 측정조건에 따른 설계특성 분석(웅진백령 공공실버) ·	64
〈표 3-12〉 LH 웅진백령(공공실버) 평면도 ·····	65
〈표 3-13〉 바닥충격음 차단구조 인정을 위한 측정조건에 따른 설계특성 분석(웅진백령 마을정비) ·	65
〈표 3-14〉 LH 웅진백령(마을정비) 평면도 (26타입) ·····	66
〈표 3-15〉 LH 웅진백령(마을정비) 평면도 (33, 43 타입) ·····	67
〈표 3-16〉 바닥충격음 차단구조 인정을 위한 측정조건에 따른 설계특성 분석(세종 사랑의집) ·····	67
〈표 3-17〉 LH 세종 사랑의집 평면도 ·····	68
〈표 3-18〉 바닥충격음 차단구조 인정을 위한 측정조건에 따른 설계특성 분석(세종 UR 1, UR2) ···	69
〈표 3-19〉 LH 세종 UR1 평면도(21, 22, 30, 35 타입) ·····	70
〈표 3-20〉 LH 세종 UR1 평면도(37, 38 타입) ·····	71
〈표 3-21〉 LH 세종 UR1 평면도(44, 45 타입) ·····	71
〈표 3-22〉 LH 세종 UR2 평면도(24 타입) ·····	72
〈표 3-23〉 모듈러주택 평면에 대한 바닥충격음 차단구조 인정 시험조건 및 규모 기준 달성 여부 ·	75
〈표 3-24〉 LH 표준모델 바닥구조 및 단면 분석 ·····	76
〈표 3-25〉 LH 모듈러 표준모델 단면도 및 바닥구조 상세 ·····	77
〈표 3-26〉 LH 천안두정 바닥구조 및 단면 분석(적층식) ·····	78
〈표 3-27〉 LH 천안두정 현장 단면도 및 바닥구조 상세(적층식) ·····	79
〈표 3-28〉 LH 천안두정 바닥구조 및 단면 분석(인필식) ·····	80
〈표 3-29〉 LH 천안두정 현장 단면도 및 바닥구조 상세(인필식) ·····	81
〈표 3-30〉 LH 인천 강화신문 단지 바닥구조 및 단면 분석(적층식) ·····	82
〈표 3-31〉 LH 인천 강화신문 현장 단면도 및 바닥구조 상세 ·····	83
〈표 3-32〉 LH 웅진백령 바닥구조 및 단면 분석(적층식) ·····	84
〈표 3-33〉 LH 웅진백령 현장 단면도 및 바닥구조 상세(적층식) ·····	85
〈표 3-34〉 LH 세종 사랑의 집 바닥구조 및 단면 분석(적층식) ·····	86
〈표 3-35〉 LH 세종 사랑의 집 현장 단면도 및 바닥구조 상세 ·····	87
〈표 3-36〉 LH 세종 UR1, UR2 바닥구조 및 단면 분석 ·····	88
〈표 3-37〉 LH 세종 UR1, UR2 단면도 및 바닥구조 상세 ·····	89
〈표 3-38〉 공동주택용 모듈의 크기 및 부재(단위 : mm) ·····	92
〈표 3-39〉 모듈러주택 바닥구조 및 단면 분석(8개 현장) ·····	94
〈표 3-40〉 모듈러 VS 철근콘크리트 공동주택 바닥충격음 영향요인 설계특성 장단점 분석 ·····	96
〈표 3-41〉 모듈러주택 바닥충격음 측정결과 조사 ·····	

〈표 4-1〉 모듈러주택 기술 현황과 제도 개선사항 관련 설문조사 항목	99
〈표 4-2〉 공동주택용 모듈러 유형 관련 설문조사 결과	100
〈표 4-3〉 공동주택용 모듈러 구조 형식 관련 설문조사 결과	100
〈표 4-4〉 공동주택용 모듈러 바닥구조 구성층 설문조사 결과	101
〈표 4-5〉 공동주택용 모듈러 바닥구조 시공 공법 관련 설문조사 결과	102
〈표 4-6〉 사후확인제도 대응을 위한 모듈러주택 기술개발 방안 설문조사 주요 내용	103
〈표 4-7〉 모듈러주택 바닥충격음 제도 개선 필요성 설문조사 결과(단위 : %)	104
〈표 4-8〉 모듈러주택 전용 사전인정제도 마련의 필요성 설문조사 결과(단위 : %)	105
〈표 4-9〉 바닥충격음 사전인정제도 관련 문제점 인식 및 개선사항 설문조사 내용	105
〈표 4-10〉 바닥충격음 사후확인제도 관련 문제점 인식 및 개선사항 설문조사 내용	106
〈표 4-11〉 공업화주택 인정제도 바닥충격음 항목 관련 문제점 인식 및 개선사항 설문조사 내용	107
〈표 4-12〉 모듈러주택 전용 사전인정제도 마련의 필요성 설문조사 결과(단위 : %)	108
〈표 4-13〉 공업화주택 인정용 견본주택 제작 현황 설문조사 결과(단위 : %)	108
〈표 4-14〉 공업화주택 인정용 견본주택 제작 부담 및 기준 수립 필요성 설문조사 결과	109
〈표 5-1〉 현행 공업화 모듈러주택 바닥충격음 차단성능 제도 주요 내용	113
〈표 5-2〉 공업화인정 모듈러주택 바닥충격음 차단성능 제도 개선(안)	113
〈표 5-3〉 일반(공업화 미인정) 모듈러주택 바닥충격음 차단성능 현행 제도	115
〈표 5-4〉 일반(공업화 미인정) 모듈러주택 바닥충격음 차단성능 제도 개선(안)	115
〈표 5-5〉 공업화인정 및 바닥충격음 사전인정제도 개선 전·후 비교표	119
〈표 5-6〉 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조의2 바닥구조 법령 개정(안)	121
〈표 5-7〉 「주택건설기준 등에 관한 규칙」 별표6 개정(안)	122
〈표 5-8〉 「공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준」 제12조 개정(안)	124
〈표 5-9〉 「공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준」 제4조 성능인정기준 개정(안)	125
〈표 5-10〉 「공업화주택 인정업무 처리 지침(안)」 [별표 3] 개정(안)	126

그림 차례 List of Figures

[그림 2-1] 바닥충격음 관련 국내 법령 체계	5
[그림 2-2] 바닥충격음 제도 관련 운영기관 및 주요 기능	6
[그림 2-3] 공업화주택 인정 범위 및 기준	23
[그림 2-4] 영국 Robust Detail 홈페이지 첫 화면	38
[그림 2-5] Plot Registration 화면	38
[그림 2-6] 건축물 구조유형별 벽체, 바닥 설계 상세도	39
[그림 2-7] 현장 차음 실험 프로세스 및 피드백 절차	39
[그림 2-8] Robust Detail 신규 등록 절차	40
[그림 2-9] 영국 Robust detail 핸드북 바닥충격음 차단 바닥구조 상세도 예시	41
[그림 3-1] 모듈러 건축 구조 유형	46
[그림 3-2] 모듈러주택 생산 및 시공 프로세스	47
[그림 3-3] 모듈러주택 공장생산 프로세스	47
[그림 3-4] 모듈러주택 현장시공 프로세스	47
[그림 3-5] 프리패브 공법의 분류	48
[그림 3-6] 모듈러 건축물 부재 간 접합 유형	55
[그림 3-7] 모듈러 건축물 모듈 간 접합 유형	55
[그림 3-8] 모듈러 건축물 모듈 간 접합부 구성	55
[그림 3-9] 모듈러 건축물 시공 시 접합 위치에 따른 분류	56
[그림 3-10] 거실 측정부 가로, 세로 길이	73
[그림 3-11] 거실 측정부 바닥면적	73
[그림 3-12] 거실 측정부 가로:세로 장단변비	74
[그림 3-13] 모듈러주택 단면도	90
[그림 3-14] 모듈러주택 슬래브 위치 단면 개요도	93
[그림 3-15] 모듈러주택 천장 반자(석고보드 9.5T 2장) 설치 위치 단면 개요도	93
[그림 3-16] 모듈러주택 준공 현장 프로젝트 사진	97

제1장 서론

1. 연구배경 및 목적

- 최근 건설 산업 전반에서 생산성과 품질 향상을 위한 혁신적인 대안으로 OSC(Off-Site Construction) 공법의 도입이 활발히 이루어지고 있음. 특히 모듈 단위로 공장에서 제작하여 현장에서 조립하는 모듈러(Modular) 방식은 공정 기간 단축, 품질 관리 용이성, 시공 안전성 등의 장점을 바탕으로 그 적용 범위가 공동주택 분야까지 확대되고 있음
- LH(한국토지주택공사)는 2020년까지 4개 지구(총 222호)의 모듈러 공동주택을 준공한 데 이어, 현재 3개 지구(총 697호)를 추진 중에 있으며, 2025년까지 1,500호 수준으로 공급을 확대하는 계획을 수립하는 등 공공부문을 중심으로 모듈러주택의 공급이 본격화되고 있음
- 이와 함께, 모듈러 공동주택의 중고층화 설계가 시도되면서, 대규모 발주 및 고층화에 대응하기 위한 ▲차음 성능 향상, ▲양중 하중 저감, ▲내화성능 확보, ▲자재 경량화 등 다양한 기술의 고도화가 요구되고 있음
- 한편, 2022년 8월부터 시행된 ‘층간소음 사후확인제도’에서는 기존의 사전 설계기준(슬래브 두께, 사전인정 바닥구조 적용 등)과 병행하여 준공 전 현장 성능검사 결과가 성능 확보의 기준이 됨. 이에 따라 30세대 이상의 모듈러 공동주택에도 바닥충격음 차단성능 확보를 위한 기술적 대응이 필수적
- 특히, 모듈러 공동주택의 경우 ▲골조 유형(적층식, 인필식 등), ▲모듈 유닛 간 접합방식, ▲슬래브 형태 및 두께, ▲바닥 완충재 구성(습식, 반건식, 건식), ▲천장 구조 방식 등 자재적, 구조적 요인이 바닥충격음 성능에 영향을 미치기 때문에, 이러한 설계 특성과 기술 요소에 대한 체계적인 분석 필요
- 하지만 현재까지는 모듈러주택의 바닥충격음 성능에 대한 실태 파악이 부족하며, 골조 형식 및 생산방식 등 모듈러 특유의 구조적 특성을 반영한 기술개발 방향도 미비한 실정 또한, 공업화인정 모듈러와 일반(미인정) 모듈러 간에 적용되는 바닥충격음 구조 선정 절차 및 슬래브 최소두께 기준에 차이가 존재함에 따라, 업계에서는 혼선 및 제도 적용의 불일치 문제가 지속적으로 제기되고 있음

- 특히, 새로운 형태 및 재료가 적용된 도전적인 바닥구조나 구조방식을 채택한 모듈러 제품의 경우, 기존 제도 내에서 적절한 평가나 인정을 받기 어려운 한계도 존재
- 이에 본 연구는, 모듈러 공동주택의 바닥충격음 차단 성능 향상에 기여할 수 있는 구조적·자재적 기술 요인을 분석하고, 기존 제도의 운영상 문제점을 진단하며, 신기술 및 새로운 구조형식의 수용이 가능한 현실적인 성능인정 절차와 기준 마련 방안을 제시함으로써, 모듈러주택의 품질 확보 및 제도 기반 기술혁신을 목적으로 수행함

2. 주요 연구내용

- 본 연구는 모듈러 공동주택의 바닥충격음 성능 확보를 위한 기술적·제도적 기반을 마련하기 위해 다음과 같은 다섯 가지 핵심 과제를 중심으로 수행됨

1. 국내외 제도 및 기준 비교 분석

- 국내 바닥충격음 관련 제도 및 공업화주택 인정제도 조사
- 해외 사례 분석을 통해 제도 특징 분석

2. 모듈러주택 설계 요소와 차단성능 영향 요인 분석

- 구조 방식(적층식, 인필식 등), 모듈 유닛 구성, 슬래브 및 천장 구조 등 설계 요소 분류
- 각 설계 요소가 바닥충격음 성능에 미치는 영향 분석

3. 모듈러주택 바닥충격음 성능 실태조사

- 기존 측정 자료와 시험결과를 기반으로 성능 수준 진단
- 측정 데이터에 기반한 주요 시사점 도출

4. 업계 설문조사

- 모듈러 제조사 설계 기술 현황 조사
- 사후확인제 대응을 위한 제조사별 기술개발 사항 분석
- 바닥충격음 제도 문제점 분석 및 개선방향 의견 수렴

5. 제도 개선 방안 도출

- 공업화주택 인정제도 및 사전인정제도의 운영상 문제점 분석
- 슬래브 두께 기준, 견본주택 기반 시험 방식 등 제도적 수용성 제고 방안 제안
- 법령 개선(안) 제언

제2장 바닥충격음 관련 제도 분석

1. 국내

1.1. 바닥충격음 관련 법령 체계

- 우리나라의 바닥충격음 차단성능 관련 제도는 1991년 최초 도입된 이후, 사전인정제도 도입 등 주요 제도의 제·개정이 시행되었으나, 층간소음으로 인한 사회적 갈등이 지속됨에 따라, 2022년에는 공동주택 준공 전 바닥충격음 차단성능을 현장에서 실측 검사하는 사후확인제도가 추가 신설됨<표 2-1 참조>
- 사후확인제도는 기존에 운영되고 있던 제도(바닥충격음 사전인정제도, 공업화주택 인정제도, 녹색건축인증제도 등)과 병행하여 운영되며, 신축 공동주택의 품질 확보와 시공 견실화를 위한 제도적 장치로 작용하고 있음

<표 2-1> 바닥충격음 관련법 제·개정 연혁

제·개정년	관련 규정	주요 변경 내용
1991	주택건설기준 규정 제정	· 각 층간의 바닥충격음을 충분히 차단할 수 있는 구조로 시공
2003	주택건설기준 규정 개정	· 바닥충격음 차단 최소성능 기준(경량 58dB, 중량 50dB) 마련
2004	바닥충격음 관리기준 제정	· 바닥충격음 인정업무 시작(경량충격음 우선 시행) · 인정기관 지정 : 한국토지주택공사, 한국건설기술연구원 · 경량충격음 차단 표준바닥구조 5종 제시(슬래브 두께 180mm 이상)
2005	바닥충격음 관리기준 개정	· 중량충격음 포함 제도 시행 · 표준바닥구조 : 구조별로 5종 제시(슬래브 두께 210mm 이상) · 인정바닥구조 : 등급별 성능기준을 4개 등급으로 구분 적용
2013	주택건설기준 규정 개정	· 표준바닥구조와 인정바닥구조 통합(슬래브 210mm 이상 및 성능확보)
2013	바닥충격음 관리기준 개정	· 완충재 물성 기준 추가, 시험조건 변경 · 중량충격음 측정을 위한 임팩트볼 방식 도입
2015	바닥충격음 관리기준 개정	· 감사원 감사 지적 후 중량충격음 측정을 위한 특성2(임팩트볼) 삭제
2022	바닥충격음 관리기준 개정	· 바닥충격음 사후확인제도 시행 · 사후확인제도 운영기관 지정 : 국토안전관리원 · 중량 표준충격원 단일화 : 임팩트볼 사용(뱅머신 삭제) · 바닥충격음 차단성능 등급 강화 : 중량 49dB, 경량 49dB

- 한편, 2004년부터 운영된 사전인정제도는 실험실 시험을 통해 사전에 인정받은 바닥구조를 현장에 적용하는 경우, 별도의 실측 검사를 면제하는 제도로, 선분양 제도 하에서 고성능 바닥구조 개발을 촉진하고 분양가에 성능을 반영하기 위한 목적에서 도입됨. 이 제도는 특히 녹색건축인증제도 및 공동주택 성능 등급 표시제도와 연계되어 바닥충격음 차단성능을 자재적 관점에서 사전에 관리할 수 있는 체계를 형성함
- 공업화주택 인정제도는 1992년에 도입되었으며, PC(Precast Concrete)나 모듈리(Modular) 등 공장 제작 방식의 주택에 대해 성능인정 및 품질 향상을 유도하고자 하는 목적에서 운영됨. 이 제도는 바닥충격음뿐 아니라 세대간 경계벽 차음 성능까지 포함하여 음환경성능 전반에 대한 기준을 제시하고 있음
- 바닥충격음 차단 성능을 위한 법령 체계는 주로 설계, 시공, 준공, 관리의 각 단계별로 구분되며, 각 제도는 주택법, 건축법, 녹색건축물 조성 지원법 등에 기반하여 운영됨[그림 2-1 참조]
- 사전인정제도는 설계단계에서 바닥구조를 사전에 검토하여 도서에 반영하도록 하는 제도이며, 사후확인제도는 공동주택 사용승인 전, 현장에서 실제 시공된 구조의 바닥충격음 성능을 최종적으로 측정·확인하는 검사 절차에 해당함

법 률	시행령 (대통령령)	시행규칙 (국토부령)	고시	세칙
주택법	주택건설기준 등에 관한 규정	주택건설기준 등에 관한 규칙	공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준	공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 관리기준 세부운영 지침
			소음방지를 위한 층간 바닥충격음 차단구조 기준	
		공동주택 분양가격의 산정 등에 관한 규칙	주택품질 향상에 따른 가산비용 기준	공업화주택 인정업무 처리 지침
	주택법 시행령	주택법 시행규칙	주택건설공사 감리업무 세부기준	
녹색건축물 조성 지원법	녹색건축물 조성 지원법 시행령	녹색건축물 조성 지원법 시행규칙	녹색건축 인증 기준	녹색건축 인증기준 운영세칙

[그림 2-1] 바닥충격음 관련 국내 법령 체계

- 국토교통부는 바닥충격음 관련 제도의 총괄 관리기관 역할을 수행하며, 각 제도에 대한 운영기관과 인증기관을 별도 지정하여 운영하고 있음[그림 2-2 참조]
- 각 제도에서는 고성능 바닥구조 개발을 유도하기 위한 인센티브를 제공하고 있으며, 이는 취득세·재산세 감면, 용적률 완화 등의 혜택을 포함함. 이를 통해 바닥재의 성능 향상, 자재 품질관리, 시공관리 등 다양한 방면에서 품질 제고를 유도하고 있음
- 사전인정제도와 사후확인제도는 동일한 성능기준을 적용하며, 중량충격음과 경량충격음에 대해 각각 49 dB 이하의 차단성능을 의무적으로 확보해야 함

구분	사전인정제도	공업화주택 인정제도	녹색건축 인증제도	사후확인제도
관리기관	국토교통부 (주택건설공급과)	국토교통부 (주택건설공급과)	국토교통부 (녹색건축과)	국토교통부 (주택건설공급과)
운영기관	한국토지주택공사 한국건설기술연구원	한국건설기술연구원	한국건설기술연구원	국토안전관리원
인증기관	-	-	녹색건축 인증기관	바닥충격음 시험기관
평가대상	공동주택	공동주택 단독주택	주거용(일반, 공동) 비주거용	공동주택
주요기능	성능 등급 시험조건 및 규모 자재 물성 기준 공장 및 자재품질 기준	음환경 기준 생산 능력 관리 기준	가산점 기준	시험기준 성능등급
인센티브	-	설계, 감리 면제 주택도시기금 지원	취득세, 재산세, 용적률 완화	성능검사 우수시공자 선정

[그림 2-2] 바닥충격음 제도 관련 운영기관 및 주요 기능

1.2. 바닥충격음 인정 및 검사기준 제도

1) 주택법(법률)

- 「주택법」 제41조에서는 공동주택의 바닥충격음 등급 인정에 관한 사항을 규정하고 있음. 해당 조항에서는 슬래브 두께를 상향하여 바닥충격음을 저감하는 구조를 채택할 경우, 건축물의 최고높이 제한을 완화하는 등 인센티브 제공 규정을 포함하고 있으며, 이는 고성능 바닥구조의 자발적 도입을 유도하기 위한 제도적 장치로 이해됨<표 2-2 참조>
- 또한, 제41조제2항에서는 바닥충격음 성능확보의 실효성을 높이기 위한 다양한 실행조치를 명시하고 있음. 구체적으로는 바닥충격음 차단성능을 현장에서 직접 검사할 수 있는 성능검사기관을 지정할 수 있도록 하고 있으며, 만약 성능검사 결과가 기준에 미달할 경우에는 사업주체에게 보완 시공이나 손해배상 등의 시정조치를 권고할 수 있는 근거를 마련하고 있음. 이는 바닥충격음 차단성능의 실질적인 확보를 위한 사후 관리 체계를 구성하는 핵심 요소라 할 수 있음
- 아울러, 성능검사 결과가 우수한 시공자에 대해서는 이를 공개하고 홍보할 수 있는 제도적 기반도 함께 마련되어 있어, 시공 품질 제고 및 소비자 선택에 대한 투명성을 높이는 효과를 도모하고 있음
- 이처럼 「주택법」 제41조는 공동주택의 바닥충격음 저감 성능을 제고하기 위한 규범적 토대를 제공하고 있으며, 성능기준의 충족뿐 아니라 성능 미달 시의 보완 절차 및 우수 사례 확산 등을 통해 제도의 실효성을 확보하고 있음

<표 2-2> 「주택법」 바닥충격음 항목 발체 [시행 2024. 7. 17.] [법률 제20048호, 2024. 1. 16., 일부개정]

제41조(바닥충격음 성능등급 인정 등) ① 국토교통부장관은 제35조제1항제2호에 따른 주택건설기준 중 공동주택 바닥충격음 차단구조의 성능등급을 대통령령으로 정하는 기준에 따라 인정하는 기관(이하 “바닥충격음 성능등급 인정기관”이라 한다)을 지정할 수 있다.

② 바닥충격음 성능등급 인정기관은 성능등급을 인정받은 제품(이하 “인정제품”이라 한다)이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하면 그 인정을 취소할 수 있다. 다만, 제1호에 해당하는 경우에는 그 인정을 취소하여야 한다.

1. 거짓이나 그 밖의 부정한 방법으로 인정받은 경우
2. 인정받은 내용과 다르게 판매·시공한 경우
3. 인정제품이 국토교통부령으로 정한 품질관리기준을 준수하지 아니한 경우
4. 인정의 유효기간을 연장하기 위한 시험결과를 제출하지 아니한 경우

③ 제1항에 따른 바닥충격음 차단구조의 성능등급 인정의 유효기간 및 성능등급 인정에 드는 수수료 등 바닥충격음 차단구조의 성능등급 인정에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

④ 바닥충격음 성능등급 인정기관의 지정 요건 및 절차 등은 대통령령으로 정한다.

⑤ 국토교통부장관은 바닥충격음 성능등급 인정기관이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우 그 지정을 취소할 수 있다. 다만, 제1호에 해당하는 경우에는 그 지정을 취소하여야 한다.

1. 거짓이나 그 밖의 부정한 방법으로 바닥충격음 성능등급 인정기관으로 지정을 받은 경우
 2. 제1항에 따른 바닥충격음 차단구조의 성능등급의 인정기준을 위반하여 업무를 수행한 경우
 3. 제4항에 따른 바닥충격음 성능등급 인정기관의 지정 요건에 맞지 아니한 경우
 4. 정당한 사유 없이 2년 이상 계속하여 인정업무를 수행하지 아니한 경우
 - ⑥ 국토교통부장관은 바닥충격음 성능등급 인정기관에 대하여 성능등급의 인정현황 등 업무에 관한 자료를 제출하게 하거나 소속 공무원에게 관련 서류 등을 검사하게 할 수 있다.
 - ⑦ 제6항에 따라 검사를 하는 공무원은 그 권한을 나타내는 증표를 지니고 이를 관계인에게 내보여야 한다.
 - ⑧ 사업주체가 대통령령으로 정하는 두께 이상으로 바닥구조를 시공하는 경우 사업계획승인권자는 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제50조 및 제52조제1항제4호에 따라 지구단위계획으로 정한 건축물 높이의 최고한도의 100분의 115를 초과하지 아니하는 범위에서 조례로 정하는 기준에 따라 건축물 높이의 최고한도를 완화하여 적용할 수 있다. <신설 2024. 1. 16.>
- 제41조의2(바닥충격음 성능검사 등) ① 국토교통부장관은 바닥충격음 차단구조의 성능을 검사하기 위하여 성능검사의 기준(이하 이 조에서 “성능검사기준”이라 한다)을 마련하여야 한다.
- ② 국토교통부장관은 제5항에 따른 성능검사를 전문적으로 수행하기 위하여 성능을 검사하는 기관(이하 “바닥충격음 성능검사기관”이라 한다)을 대통령령으로 정하는 지정 요건 및 절차에 따라 지정할 수 있다.
 - ③ 바닥충격음 성능검사기관의 지정 취소, 자료 제출 및 서류 검사 등에 관하여는 제41조제5항부터 제7항까지를 준용한다. 이 경우 “바닥충격음 성능등급 인정기관”은 “바닥충격음 성능검사기관”으로, “인정업무”는 “바닥충격음 성능검사업무”로 본다.
 - ④ 국토교통부장관은 바닥충격음 성능검사기관의 업무를 수행하는 데에 필요한 비용을 지원할 수 있다.
 - ⑤ 사업주체는 제15조에 따른 사업계획승인을 받아 시행하는 주택건설사업의 경우 제49조에 따른 사용검사를 받기 전에 바닥충격음 성능검사기관으로부터 성능검사기준에 따라 바닥충격음 차단구조의 성능을 검사(이하 이 조에서 “성능검사”라 한다)받아 그 결과를 사용검사권자에게 제출하여야 한다.
 - ⑥ 사용검사권자는 제5항에 따른 성능검사 결과가 성능검사기준에 미달하는 경우 대통령령으로 정하는 바에 따라 사업주체에게 보완 시공, 손해배상 등의 조치를 권고할 수 있다.
 - ⑦ 제6항에 따라 조치를 권고받은 사업주체는 대통령령으로 정하는 기간 내에 권고사항에 대한 조치결과를 사용검사권자에게 제출하여야 한다.
 - ⑧ 사업주체는 제5항에 따라 사용검사권자에게 제출한 성능검사 결과 및 제7항에 따라 사용검사권자에게 제출한 조치결과를 대통령령으로 정하는 방법에 따라 입주예정자에게 알려야 한다. <신설 2024. 1. 16.>
 - ⑨ 국토교통부장관은 층간소음 저감 정책을 수립하기 위하여 필요하다고 판단하는 경우 사용검사권자에게 제5항에 따라 제출된 성능검사 결과 및 제7항에 따라 제출된 조치결과를 국토교통부장관에게 제출하도록 요청할 수 있다. 이 경우 자료 제출을 요청받은 사용검사권자는 정당한 사유가 없으면 이에 따라야 한다. <신설 2024. 1. 16.>
 - ⑩ 바닥충격음 성능검사기관은 제5항에 따른 성능검사 결과를 토대로 대통령령으로 정하는 기준과 절차에 따라 매년 우수 시공자를 선정하여 공개할 수 있다. <신설 2024. 1. 16.>
 - ⑪ 성능검사의 방법, 성능검사 결과의 제출, 성능검사에 드는 수수료 등 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. <개정 2024. 1. 16.>
- [본조신설 2022. 2. 3.]

2) 주택건설기준 등에 관한 규정(대통령령)

- 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조제2항은 공동주택의 바닥충격음 차단성능 확보를 위해 시방기준과 성능기준을 동시에 제시하고 있음. 시방기준으로는 구조형식별 콘크리트 슬래브 최소두께를 명시하고 있으며, 벽식구조 및 무량판구조의 경우 210 mm 이상, 라멘식 구조의 경우 150 mm 이상의 슬래브 두께 확보를 의무화하고 있음. 성능기준 측면에서는 중량 및 경량충격음을 각각 최소 49 dB 이하로 만족하도록 규정하고 있음<표 2-3 참조>
- 특히, 기술개발과 설계 유연성을 확보하기 위해 공업화주택과 목구조에 대해서는 예외조항을 마련하여, 새로운 공법 적용에 따른 규제 완화를 유도하고 있음. 또한 라멘구조를 적용한 철근콘크리트 공동주택의 경우, 별도의 인정시험 없이도 바닥구조를 자유롭게 설계할 수 있도록 성능기준에 따른 예외규정을 두고 있음
- 그러나 동일한 라멘구조임에도 불구하고, 공업화인정을 받은 라멘구조 공동주택에 대해서는 사전인정서를 취득한 바닥구조를 반드시 적용하도록 규정하고 있음
- 아울러, 공동주택의 일부 공간인 발코니와 현관 등에 대해서는 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 인정바닥구조의 적용이 제외됨. 이는 실내 거주 공간과의 기능적 차이를 반영한 예외적 조치라 할 수 있음
- 동 규정 [별표 6]에서는 ‘바닥충격음 차단성능 인정기관 및 바닥충격음 성능검사기관의 인력 및 장비 기준(제60조의2제2항 및 제60조의9제1항제2호 관련)’에 관하여 명시하고 있음

<표 2-3> 「주택건설기준 등에 관한 규정」 바닥구조 항목 발췌 [대통령령 제35222호, 2025. 1. 21., 일부개정]

제14조의2(바닥구조) 공동주택의 세대 내의 층간바닥(화장실의 바닥은 제외한다. 이하 이 조에서 같다)은 다음 각 호의 기준을 모두 충족해야 한다. <개정 2017. 1. 17., 2022. 8. 4. 2024. 7. 9.>

1. 콘크리트 슬래브 두께는 210밀리미터[라멘구조(보와 기둥을 통해서 내력이 전달되는 구조를 말한다. 이하 이 조에서 같다)의 공동주택은 150밀리미터] 이상으로 할 것. 다만, 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 주택의 층간바닥은 예외로 한다.

가. 법 제51조제1항에 따라 인정받은 공업화주택

나. 목구조(주요 구조부를 「목재의 지속가능한 이용에 관한 법률」에 따른 목재 또는 목재제품으로 구성하는 구조를 말한다) 공동주택

2. 각 층간 바닥은 바닥충격음 차단성능[바닥의 경량충격음(비교적 가볍고 딱딱한 충격에 의한 바닥충격음을 말한다) 및 중량충격음(무겁고 부드러운 충격에 의한 바닥충격음을 말한다)이 각각 49데시벨 이하인 성능을 말한다]을 갖춘 구조일 것. 다만, 다음 각 목의 층간바닥은 그렇지 않다.

가. 라멘구조의 공동주택(법 제51조제1항에 따라 인정받은 공업화주택은 제외한다)의 층간바닥

나. 가목의 공동주택 외의 공동주택 중 발코니, 현관 등 국토교통부령으로 정하는 부분의 층간바닥

[본조신설 2013. 5. 6.]

<표 2-4> 「주택건설기준 등에 관한 규정」[별표 6],
바닥충격음 차단성능 인정기관 및 바닥충격음 성능검사기관의 인력 및 장비 기준 [개정 2024. 7. 9.]

1. 인력 기준		
구분	자격 기준	인원수
가. 관리 책임자	1) 건축 또는 소음·진동 관련 분야의 박사 또는 기술사 2) 「고등교육법」 제2조에 따른 학교에서 건축 또는 소음·진동 관련 분야를 전공한 석사 이상의 학위를 취득한 후 관련 분야 실무 경력이 3년 이상인 자 3) 「고등교육법」 제2조에 따른 학교에서 건축 또는 소음·진동 관련 분야를 전공하고 학사 이상의 학위를 취득한 후 또는 법령에 따라 이와 같은 수준 이상의 학력을 갖춘 후 관련 분야 실무 경력이 5년 이상인 자 4) 「고등교육법」 제2조에 따른 학교에서 건축 또는 소음·진동 관련 분야를 전공하고 전문학사 이상의 학위를 취득한 후 또는 법령에 따라 이와 같은 수준 이상의 학력을 갖춘 후 관련 분야 실무 경력이 7년 이상인 자	1명 이상
나. 시험자 또는 검사자	1) 「고등교육법」 제2조에 따른 학교에서 건축 또는 소음·진동 관련 분야를 전공하고 학사학위를 취득한 후 또는 법령에 따라 이와 같은 수준의 학력을 갖춘 후 관련 분야 실무 경력이 1년 이상인 자 2) 「고등교육법」 제2조에 따른 학교에서 건축 또는 소음·진동 관련 분야를 전공하고 전문학사 이상의 학위를 취득한 후 또는 법령에 따라 이와 같은 수준 이상의 학력을 갖춘 후 관련 분야 실무 경력이 2년 이상인 자 3) 고등학교 이상의 졸업자 또는 「초·중등교육법」에 따라 이와 동등 이상의 학력이 있다고 인정된 후 관련 실무 경력이 3년 이상인 자	4명 이상
2. 장비 기준		
장비명	대수	
가. 표준 경량충격음 발생기(타핑머신) 및 표준 중량충격음 발생기(고무공)	각 1대 이상	
나. KS C-1502에서 정한 보통 소음계 또는 동등 이상의 성능을 가진 장비	5대 이상	
다. 주파수 분석기	1대 이상	
라. 음압레벨교정기(Calibrator)	1대 이상	
마. 삭제 <2022. 8. 4.>		
바. 인공소음 발생기, 스피커, 잔향시간 측정 장비	각 1대 이상	

3) 주택건설기준 등에 관한 규칙(국토교통부령)

- 「주택건설기준 등에 관한 규칙」은 「주택건설기준 등에 관한 규정」에서 위임된 내용을 구체적으로 시행하기 위한 하위 법령으로서, 주택의 설계·시공·성능 확보를 위한 세부 절차 및 기준을 규정하는 데 목적이 있음<표 2-5 참조>
- 이 중 바닥충격음과 관련된 규정은 주요하게 제3조의2와 제12조에서 확인할 수 있음
- 제3조의2는 바닥충격음 성능기준의 적용 예외가 가능한 공간의 범위를 명확히 규정하고 있으며, 이는 주거환경 내에서도 바닥충격음 차단이 상대적으로 중요도가 낮은 영역(예: 현관, 발코니 등)에 대한 합리적인 규제 완화를 목적으로 함
- 제12조에서는 바닥충격음 차단성능 관련 제도 운영을 위한 행정적 절차를 다루고 있음. 여기에는 ▲성능등급 인정기관의 지정 신청에 필요한 서류와 절차, ▲인정받은 제품의 품질관리 기준, ▲성능검사기관의 지정 신청 항목 등이 포함되며, 이는 제도의 공정성, 신뢰성, 체계적 운영을 확보하기 위한 기틀을 제공함

<표 2-5> 「주택건설기준 등에 관한 규칙」 바닥구조 항목 발췌
[시행 2023. 12. 11.] [국토교통부령 제1282호, 2023. 12. 11., 일부개정]

제3조의2(바닥충격음 성능기준 적용 제외) 영 제14조의2제2호나목에서 “발코니, 현관 등 국토교통부령으로 정하는 부분”이란 다음 각 호에 해당하는 부분을 말한다. <개정 2016. 8. 12., 2022. 8. 4.>

1. 발코니, 2. 현관, 3. 세탁실, 4. 대피공간, 5. 벽으로 구획된 창고
6. 제1호부터 제5호까지에 해당하는 부분 외에 「주택법」(이하 “법”이라 한다) 제15조에 따른 사업계획의 승인권자(이하 “사업계획승인권자”라 한다)가 층간소음으로 인한 피해가능성이 적어 바닥충격음 성능기준 적용이 불필요하다고 인정하는 공간

[본조신설 2013. 7. 15.]

제12조의3(바닥충격음 성능등급 인정기관 지정신청서) ① 삭제 <2013. 2. 22.>

- ② 영 제60조의2제1항에 따른 바닥충격음 성능등급 인정기관 지정신청서는 별지 제1호의2서식에 따른다. <개정 2013. 7. 15.>

[본조신설 2008. 9. 25.]

[제목개정 2013. 2. 22.]

[제12조의2에서 이동 <2014. 6. 30.>]

제12조의4(바닥충격음 성능등급 인정제품의 품질관리기준) 법 제41조제2항제3호에서 “국토교통부령으로 정한 품질관리기준”이란 법 제41조제1항에 따른 바닥충격음 성능등급 인정기관으로부터 바닥충격음 성능등급을 인정받은 제품(이하 “인정제품”이라 한다)과 관련한 다음 각 호에 해당하는 사항에 대한 품질관리를 위한 기준을 말한다. 이 경우 국토교통부장관은 그 품질관리기준에 관한 세부적인 사항을 정하여 고시할 수 있다. <개정 2016. 8. 12., 2022. 8. 4.>

1. 인정제품을 구성하는 원재료의 품질관리
2. 인정제품에 대한 제조공정의 품질관리
3. 인정제품의 제조·검사설비의 유지관리
4. 완성된 인정제품의 품질관리

[본조신설 2014. 12. 24.]

제12조의5(바닥충격음 성능검사기관 지정신청서) 영 제60조의8제2항 각 호 외의 부분 전단에서 “국토교통부령으로 정하는 신청서”란 별지 제1호의3서식의 바닥충격음 성능검사기관 지정신청서를 말한다.

[본조신설 2022. 8. 4.]

4) 공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준(국토교통부고시)

- 「공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준(국토교통부고시 제2023-494호)」은 공동주택의 바닥충격음 차단성능을 확보하고, 이를 제도적으로 검증하기 위한 인정기준, 측정방법, 성능검사 절차, 완충재 기준 등을 포괄적으로 규정하고 있으며, 주요 내용은 다음과 같음

① 성능인정 기준 및 절차

- 제4조에서는 바닥충격음 차단구조의 성능인정 기준을 규정하고 있음 특히 라멘구조의 경우에는 일반 철근콘크리트구조와 구분하여 “4등급(라멘구조)”로 표기되며, 슬래브 두께가 160 mm 이상일 경우에는 별도의 시험을 통해 상위 성능등급 인정이 가능하도록 명시하고 있음

② 시험조건 및 시험시설

- 제12조에서는 인정을 위한 시험조건 및 시험 규모에 대해 구체적으로 규정하고 있음
- 제12조제2항에서는 시험공간의 바닥면적, 장단변비, 측정대상 개소 수, 반자높이, 천장 구조 등 세부 설계조건을 명확히 하며, 이는 바닥충격음 표준시험실 구축 시 준수사항으로 작용함
- 제12조제3항은 새로운 구조형식이나 슬래브 형상에 대해 별도 시험시설을 구축할 수 있도록 정하고 있으며, 이 경우에도 제2항에서 정한 설계조건과 제3항제2호의 측정기준을 충족해야 함

③ 사후확인제도 및 성능검사 절차

- 제28조는 2022년 8월부터 도입된 사후확인제도의 성능검사 대상과 측정 세대 선정 방법을 규정함. 전체 세대 수의 2% 이상에 대해 전용면적 및 층수를 고려한 샘플링 방식으로 성능검사를 시행함

④ 완충재 성능 및 시공 기준

- 제37조는 완충재 시공의 품질확보를 위한 관련 기준을 명시하고 있으며, 이에는 콘크리트 바닥판 품질 및 시공방법, 단열기준, 감리 기준 등이 포함됨
- 제38조는 완충재의 물리적 성능요소에 대한 시험기준과 평가방법을 상세히 제시하고 있음. 평가 항목에는 밀도, 동탄성계수, 손실계수, 흡수량, 치수안정성, 잔류변형량 등이 포함됨

⑤ 부속서류 및 양식

- 고시의 별표에서는 등급별 기준, 인정절차, 성능검사 절차 등을 도표화하여 정리하고 있으며, 별지에서는 성능인정 및 검사 신청 시 필요한 각종 서류양식을 제공하고 있음

<표 2-6> 「공동주택 바닥충격을 차단구조 인정 및 검사기준」,
국토교통부고시 제2023-494호(2023.08.28일 일부개정)

제1장 총칙

제1조(목적) 이 기준은 「주택법」 제35조, 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조의2, 제60조의2 및 제60조의2부터 제60조의11까지에 따른 공동주택의 바닥충격음 차단성능 측정 및 평가방법, 바닥충격음 성능등급의 기준과 성능검사기준, 바닥충격음 성능등급 인정기관과 바닥충격음 성능검사기관의 지정 등을 정함을 목적으로 한다.

제2조(용어의 정의) 이 기준에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. "바닥충격음 차단구조"란 이 기준에 따라 실시된 바닥충격음 성능시험의 결과로부터 바닥충격음 성능등급 인정기관(이하 "인정기관"이라 한다)의 장이 차단구조의 성능을 확인하여 인정한 바닥구조를 말한다.
2. "인정기관"이란 공동주택 바닥충격음 차단구조의 성능인정을 위하여 신청된 바닥구조가 「주택건설기준 등에 관한 규정」(이하 "주택건설기준"이라 한다) 제14조의2제2호, 제60조의3에 따른 바닥충격음 차단성능기준에 적합하지 여부와 별표 1의 바닥충격음 차단성능의 등급기준에 의한 등급을 시험하여 인정하는 기관을 말한다.
3. "바닥충격음 성능검사기관"이란 바닥충격음 차단구조의 성능을 사용검사를 받기 전에 제30조제2항에 따른 성능검사기준에 적합하지 여부를 검사하는 기관(이하 "성능검사기관"이라 한다)을 말한다.
4. "경량충격음레벨"이란 KS F ISO 717-2에서 규정하고 있는 평가방법 중 "가중 표준화 바닥충격음레벨"을 말한다.
5. "중량충격음레벨"이란 KS F ISO 717-2에서 규정하고 있는 평가방법 중 "A-가중 최대 바닥충격음레벨"을 말한다.
6. "가중 바닥충격음레벨 감쇠량"이라 함은 KS F 2865에서 규정하고 있는 방법으로 측정한 바닥마감재 및 바닥 완충구조의 바닥충격음 감쇠량을 KS F 2863-1의 '6. 바닥충격음 감쇠량 평가방법'에 따라 평가한 값을 말한다.
7. "바닥마감재"란 온돌층 상부표면에 최종 마감되는 재료(발포비닐계 장판지·목재 마루 등)를 말한다.
8. "완충재"란 충격음을 흡수하기 위하여 바닥구조체 위에 설치하는 재료를 말한다.
9. "음원실"이란 경량 및 중량충격원을 바닥에 타격하여 충격음이 발생하는 공간을 말한다.
10. "수음실"이란 음원실에서 발생한 충격음을 마이크로폰을 이용하여 측정하는 음원실 바로 아래의 공간을 말한다.
11. "성능인정 신청자"란 바닥충격음 차단구조의 성능등급을 인정받기 위하여 신청하는 자를 말한다. 11의2. "성능검사 신청자"란 바닥충격음 차단구조의 성능검사를 받기 위하여 신청하는 자로 법 제41조의2에 따른 사업주체를 말한다.
12. "벽식구조"란 수직하중과 횡력을 전단벽이 부담하는 구조를 말한다.
13. "무량판구조"란 보가 없이 기둥과 슬래브만으로 중력하중을 저항하는 구조방식을 말한다.
14. "혼합구조"란 벽식구조에서 벽체의 일부분을 기둥으로 바꾸거나 부분적으로 보를 활용하는 구조를 말한다.
15. "라멘구조"란 이중골조방식과 모멘트골조방식으로 구분할 수 있으며, "이중골조방식"이란 횡력의 25퍼센트 이상을 부담하는 모멘트 연성골조가 전단벽이나 가새골조와 조합되어 있는 골조방식을 말하고, "모멘트골조방식"이란 보와 기둥으로 구성된 라멘골조가 수직하중과 횡력을 부담하는 방식을 말한다. 이 경우 라멘구조는 제6호의 "가중 바닥충격음레벨 감쇠량"이 13데시벨 이상인 바닥마감재나 제33조제1항 각 호의 성능을 만족하는 20밀리미터 이상의 완충재를 포함하여야 한다.
16. "공인시험기관"라 함은 「건설기술진흥법」 제26조에 따라 품질검사를 대행하는 건설엔지니어링사업자로 등록한 기관 또는 「국가표준기본법」 제23조에 따라 한국인정기구로부터 해당 시험항목에 대하여 공인시험기관으로 인정받은 기관을 말한다.

제3조(적용범위) 「주택법」(이하 "법"이라 한다) 제15조에 따라 주택건설사업계획승인신청 대상인 공동주택(주택과 주택외의 시설을 동일건축물로 건축하는 건축물 중 주택을 포함하되, 부대시설 및 복리시설을 제외한다. 다만, 부대시설 및 복리시설 직하층이 주택인 경우에는 포함한다)과 법 제66조제1항의 리모델링(추가로 증가하는 세대만 적용)에 대하여 적용한다.

제2장 바닥충격음 차단구조 성능등급 인정기준 및 절차

제4조(성능인정기준) ① 바닥충격음 차단성능의 등급별 성능기준은 별표 1에 의한다. 라멘구조의 경우에는 4등급(라멘구조)으로 표기하고, 제2항에 따른 성능인정을 받은 경우에는 그에 따른 등급을 표기한다.

- ② 이 기준에 따라 주택에 적용되는 바닥구조 중 벽식구조, 무량판구조, 혼합구조는 인정기관으로부터 성능확인을 위한 인정(이하 "성능인정"이라 한다)을 받아야 한다. 라멘구조는 슬래브 두께가 160밀리미터 이상인 경우에는 성능인정을 거쳐 별표 1에 따른 성능등급을 받을 수 있다.
- ③ 제2항에 따라 성능인정을 받은 바닥충격음 차단구조는 평형에 관계없이 동일 구조형식의 바닥구조에 적용할 수 있으며, 벽식구조로 성능인정을 받은 경우에는 무량판구조 및 혼합구조 형식에도 적용할 수 있다.
- ④ 바닥충격음 차단구조는 슬래브를 포함한 상부 구성체를 말하며, 바닥마감재는 제외한다. 다만, 성능인정 신청자가 바닥마감재를 포함하여 바닥충격음 차단구조를 신청한 경우에는 바닥마감재를 포함한다.
- ⑤ 성능인정을 받은 바닥충격음 차단구조 중 인정받은 당시의 바닥마감재와 다른 재료를 사용하고자 하는 경우에는 그 마감재가 성능인정을 받은 당시의 마감재 보다 가중바닥충격음레벨 감쇠량이 동등이상의 재료임을 공인시험기관으로부터 확인을 받아야 한다.

제5조(인정기관의 지정기준) 주택건설기준 제60조의2에 따라 인정기관으로 지정을 받고자 하는 자는 주택건설기준에서 정한 기준과 다음 각 호의 요건을 갖추어야 한다.

1. 법인으로서 바닥충격음 차단구조 성능등급 인정업무를 수행할 조직을 갖춘 것
2. 공정하고 신속하게 인정업무를 수행할 수 있는 체계를 갖춘 것
3. 설계·공사감리·건설·부동산업, 건축자재의 제조·공급업 및 유통업 등을 영위하는 업체에 해당하지 아니할 것. 다만, 국토교통부장관이 인정하는 경우에는 그러하지 아니하다.
4. 바닥충격음 차단구조 성능인정과 관련한 연구실적 및 유사업무 수행실적 등 인정업무를 수행할 능력을 갖추고 있을 것

제6조(인정기관의 지정 등) ① 국토교통부장관은 인정기관 신청을 받은 경우 주택건설기준 및 이 기준에 따라 적정성을 검토한 후 인정기관으로 지정하거나 신청서를 반려하여야 한다.

- ② 인정기관의 장은 기관의 명칭 및 주소 등이 변경된 때에는 변경된 날로부터 14일 이내에 이를 증명할 수 있는 서류를 첨부하여 국토교통부장관에게 신고하여야 한다.
- ③ 국토교통부장관이 제1항 및 제2항에 따라 인정기관을 지정하거나 인정기관의 명칭 또는 주소변경 신고를 받으면 인정기관의 명칭 및 주소를 관보에 게재하여야 한다.

제7조(인정기관의 업무범위) ① 인정기관의 장은 다음 각 호에서 정한 업무를 수행한다.

1. 신청서의 접수·등록·인정서 발급 등 성능인정을 위한 절차이행
2. 인정을 받고자 하는 바닥구조의 확인
3. 인정 또는 인정 취소를 위한 자문위원회의 구성 및 운영
4. 인정결과(인정취소 포함)의 관계기관 통보 및 공고
5. 인정을 한 구조의 취소 및 시공실적 등 관리
6. 인정업무에 대한 세부운영지침의 작성
7. 국토교통부장관에게 분기별 인정현황 보고
- ② 국토교통부장관은 소속공무원으로 하여금 제1항에서 정한 인정기관의 업무와 관계되는 서류 등을 검사하게 할 수 있다.

제8조(인정신청) ① 성능인정 신청자가 바닥충격음 차단구조에 대한 성능인정을 받으려면 별지 제1호서식의 "바닥충격음 차단구조 인정신청서"에 별표 2에서 정한 도서를 첨부하여 인정기관의 장에게 신청하여야 한다. 이 경우 성능인정 신청자는 신청구조의 주요구성 제품을 생산하는 시설을 갖추고 직접 생산할 수 있거나 다른 생산업체를 통한 품질관리를 할 수 있어야 한다. 또한 성능인정 신청자는 직접 생산하지 않는 구성제품에 대해서는 제20조제1항제1호부터 제3호까지에서 규정한 사항에 대한 품질관리가 가능하여야 한다.

- ② 인정기관이 자체 또는 공동 개발한 바닥충격음 차단구조에 대해서는 해당 인정기관에 성능인정을 신청할 수 없다.
- ③ 제21조제2항제2호 및 제4호에 따라 인정신청이 반려되거나 제24조에 따라 취소된 경우, 반려되거나 취소된 날부터 90일 이내에는 동일공장에서 생산된 제품(콘크리트 제품은 제외)으로 바닥충격음 차단구조의 인정신청을 할 수 없다.
- ④ 인정 및 취소된 바닥충격음 차단구조와 동일한 구조명으로 성능인정 신청을 할 수 없다.

제9조(인정절차 및 처리기간) ① 인정기관의 장은 제8조에 따라 신청된 바닥충격음 차단구조에 대해서는 별표 3의 인정절차에 따라 별표 4에서 정한 기간 내에 처리하여야 한다.

② 인정기관의 장은 바닥충격음 차단구조 인정업무를 수행함에 있어 재시험의 실시 등의 사유로 처리기간의 연장이 불가피한 때에는 1회에 한하여 15일 이내의 범위를 정하여 연장할 수 있으며, 이 경우 성능인정 신청자에게 그 사유를 통보하여야 한다. 다만, 시료의 제작 등 시험에 추가로 소요되는 기간은 동 기간에 포함하지 아니한다.

제10조(시료채취 및 인정대상구조 제작) ① 인정기관의 장은 제8조에 따라 신청된 구조의 바닥충격음 차단성능 시험에 필요한 시료 또는 시험편을 「산업표준화법」에 따른 한국산업표준이 정하는 바에 따라 채취하거나, 인정기관의 장이 정하는 기준에 따라 채취하고 인정신청 시 첨부된 도서 및 다음 각 호의 사항을 확인하여야 한다.

1. 원재료 품질규격 및 시료의 구성방법 등
2. 제조공정 및 제품의 품질규격 등
3. 구조의 상세도면과의 동일여부 등

② 인정기관의 장은 신청 당시에 제출한 구조 및 시공방법과 동일하게 시료를 제작하게 하고, 구성재료에 대한 시료를 채취하여 직접 시험하거나 공인시험기관을 통해 품질시험을 실시하여야 한다.

제11조(시료의 관리) 인정기관의 장은 신청된 바닥구조에 대한 시험체를 제작하기 전에 제작방법을 검토하여 시험체 제작 및 시험에 관한 일정과 제작과정을 기록하고 이를 유지·관리하여야 한다.

제12조(인정을 위한 시험조건 및 규모) ① 인정대상 바닥충격음 차단구조에 대한 바닥충격음 차단성능 시험은 공동주택 시공현장 또는 표준시험실에서 실시할 수 있다. 표준시험실의 형태 등 세부사항은 제25조의 세부운영지침에 따라 인정기관의 장이 정한다.

② 제1항에 따른 바닥충격음 차단성능은 다음 각 호의 조건을 갖춘 곳에서 실시하여야 한다.

1. 측정대상 음원실(音源室)과 수음실(受音室)의 바닥면적은 20제곱미터 미만과 20제곱미터 이상 각각 2곳으로 한다.
2. 측정대상공간의 장단변비는 1:1.5 이하의 범위로 한다.
3. 측정대상공간의 반자높이는 2.1미터 이상으로 한다.

4. 수음실 상부 천장은 슬래브 하단부터 150밀리미터 이상 200밀리미터 이내의 공기층을 두고 반자는 석고보드 9.5밀리미터를 설치하거나 공동주택 시공현장의 천장구성을 적용할 수 있다.

③ 제1항에 따른 바닥충격음 차단구조의 인정을 위한 성능시험은 바닥면적이나 평면형태가 다른 2개 세대를 대상으로 다음 각 호의 어느 하나에 따라 실시하여야 한다.

1. 현장에서 시험을 실시할 경우에는 2개동에서 각각 1개 세대 전체에 신청한 구조를 시공하고 시공된 시료를 대상으로 각 세대 1개 이상의 공간에서 시험을 실시하여야 한다. 다만, 대상 건축물이 1개동만 있는 경우 2개 세대 전체에 신청한 구조를 시공하여야 한다.

2. 표준시험실에서 실시할 경우에는 2개 세대 전체에 신청된 바닥충격음 차단구조를 시공하고 시공된 시료를 대상으로 각 세대 1개 이상의 공간에서 시험을 실시하여야 한다.

3. 제1호 및 제2호의 방법으로 성능인정이 불가능한 새로운 구조형식이나 슬래브 형상에 대해서는 제2항 및 제3항제2호에 적합한 시험실을 구축하여 성능인정을 할 수 있으며, 시험실 구축방법 등은 인정기관의 장과 협의하여야 한다.

④ 인정기관의 장은 제1항의 규정에 적합한 외부기관의 시험실을 인정평가에 활용할 수 있다.

⑤ 인정기관의 장은 제8조에 따라 신청된 바닥충격음 차단 성능시험을 기술표준원이 KS F ISO 16283-2의 시험항목에 대한 공인시험기관으로 인정한 시험기관(성능인정 신청자와 동일한 계열에 속한 시험기관은 제외한다)에 의뢰할 수 있다.

⑥ 제5항에 따라 시험을 의뢰받은 시험기관의 장은 시험을 위하여 운반된 시료 또는 시험편이 제10조에 따른 것임을 확인하고 제8조에 따른 성능인정 신청자로 하여금 신청 시 제출한 구조 및 시공방법과 동일하게 시험체를 제작하게 하여 신청자와 함께 시험체를 확인한 후 이 고시에서 정한 시험방법에 따라 시험을 실시하여야 한다. 이 경우 인정기관의 직원이 시험에 입회하여야 한다.

⑦ 제6항에 따라 시험을 실시하는 시험기관의 장은 시료확인 및 시험체를 제작하는 과정을 감독하여야 한다. 이 경우 신청내용과 상이하게 생산 또는 제작되거나 부정한 행위를 확인하는 즉시 인정기관의 장에게 보고하여야 하며, 시험체 제작 및 시험에 관한 일정과 제작과정을 기록하고 제작된 시험체를 유지·관리한 후에 품질시험 결과를 인정기관의 장에게 제출하여야 한다.

⑧ 시료채취 후에는 신청구조를 변경할 수 없다.

⑨ 성능인정 신청자는 시험체와 신청된 구조와의 동일여부 확인을 위해 바닥충격음 차단성능 측정 후 시험체를 해체하여야 하며, 이 경우 인정기관의 장은 마감모르타르의 두께 등 시험체와 인정신청 구조의 일치여부를 확인하여야 한다.

제13조(인정심사 및 자문위원회의 구성) ① 인정기관의 장은 제8조에 따라 신청된 바닥구조에 대해서는 다음 각 호의 사항을 심사한 후 인정 여부를 결정하여야 한다.

1. 신청 구조의 시험조건 및 결과의 적정성(현장과 동일조건인 시험여부 등)
2. 신청 구조의 품질관리상태 등
3. 신청구조의 구조설명서, 시방서, 재료의 품질규격 및 현장 품질관리의 적정성 등
- ② 인정기관의 장은 건축음향·건축재료 및 시공 등에 대한 관계 전문가, 시민단체, 공무원 등 15인 이상으로 구성된 자문위원회를 둘 수 있다.

제14조(인정의 통보 등) ① 인정기관의 장은 제8조에 따라 신청된 바닥충격을 차단구조의 성능을 인정할 경우에는 성능인정 신청자에게 별지 제2호서식의 바닥충격음 차단구조 성능인정서를 발급하여야 한다.

- ② 인정기관의 장은 성능이 인정된 바닥충격음 차단구조에 대한 성능인정서 및 인정내용(바닥구조의 구조방식, 단면상세도, 시공방법 등)을 국토교통부 또는 인정기관의 정보통신망을 이용하여 1회 이상 게재하는 방법으로 공고하여야 하며, 시·도지사 및 대한건축사협회·한국주택협회·대한주택건설협회 등 관련단체의 장에게 공고한 내용을 통보하여야 한다.
- ③ 인정기관의 장은 바닥충격음 차단구조의 성능을 인정한 경우에는 인정내용을 기록·관리하여야 한다.

제15조(인정의 표시) ① 제14조에 따라 바닥충격음 차단구조로 인정을 받은 자는 완충재나 주요 구성품의 각 제품 또는 그 포장에 바닥충격음 차단구조명 및 구성품을 나타내는 별표 5의 표시를 하여야 한다.

- ② 제1항에 따른 인정표시는 인정받지 않은 제품 또는 포장에 동일하거나 유사한 표시를 하여서는 아니 된다.

제16조(바닥충격음 차단구조의 인정 유효기간 및 유효기간의 연장) ① 바닥충격음 차단구조의 성능인정 유효기간은 제14조제2항에 따른 성능인정 공고일부터 5년으로 한다.

- ② 제14조에 따라 바닥충격음 차단구조의 성능을 인정받은 자(이하 "인정을 받은 자"라 한다)가 유효기간을 연장하려면 인정유효기간이 만료되기 전 6개월 이내에 인정받은 인정기관의 장에게 신청하여야 한다. 다만, 공장 이전 등의 경우에는 6개월 이전이라도 변동사항과 함께 유효기간 연장을 신청할 수 있다.
- ③ 인정기관의 장은 제2항에 따라 유효기간 연장 신청을 받은 경우 제19조제4항에 따라 실시한 공장품질관리 확인점검 시 확인한 시험결과가 인정받은 내용대로 성능이 유지되고 있다고 확인한 때에는 유효기간을 3년간 연장할 수 있다.
- ④ 제3항에 따라 공장품질상태를 확인한 결과 성능인정이 유지되지 아니하는 경우에는 인정기관의 장이 제14조에 따른 인정의 효력을 공장품질관리 확인점검을 통해 성능이 유지된다고 확인될 때까지 정지할 수 있다.
- ⑤ 제3항에 따라 유효기간이 연장되거나 제4항에 따라 인정의 효력이 정지된 경우에는 인정기관의 장이 그 사실을 제14조제2항과 같은 방법으로 공고 및 통보하여야 한다.

제17조(인정내용변경) 인정을 받은 자는 다음 각 호의 변경이 발생한 경우에는 변경내용을 상세히 작성한 도서를 첨부하여 인정기관의 장에게 인정변경 신청을 하고 확인을 받아야 한다. 다만, 인정변경신청은 변경사유가 발생한 날로부터 30일 이내에 하여야 하며, 인정 바닥구조의 변경 등 바닥충격음 차단성능에 영향을 미치는 사항은 변경할 수 없다.

1. 상호 또는 대표자의 변경
2. 공장의 이전 또는 주요시설의 변경
3. 바닥충격음 차단성능에 영향을 미치지 않는 경미한 세부인정 내용의 변경
4. 제19조에 따른 품질관리 상태 확인점검 결과 인정기관의 장이 인정내용 변경을 요청한 경우

제18조(인정 바닥구조의 시공실적 요구) ① 인정기관의 장은 제14조에 따라 인정받은 자에게 인정 바닥구조의 시공실적을 요구할 수 있으며, 요구받은 자는 요구된 실적을 즉시 제출하여야 한다.

- ② 인정을 받은 자는 인정 바닥구조의 시공실적을 매년 1월말까지 인정기관의 장에게 제출하여야 한다.

제19조(품질관리 상태 확인점검) ① 인정기관의 장은 제14조에 따라 인정받은 바닥충격음 차단구조의 품질관리 상태를 점검할 수 있다.

- ② 인정기관의 장은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우 공사현장에 대한 품질관리 상태를 점검하여야 한다. 이 경우 국토교통부장관은 인정기관의 장에게 소속공무원이 점검에 참여할 수 있도록 요청할 수 있다.

1. 바닥충격음 차단성능에 영향을 미칠 수 있는 재료의 품질변화가 우려되는 경우
2. 인정받은 내용과 동일한 구조로 시공되었는지 여부에 대한 확인이 필요한 경우
3. 국토교통부장관 또는 시·도지사로부터 점검요청이 있는 경우
- ③ 인정기관의 장은 제2항에 따라 공사현장을 점검한 경우에는 그 결과를 사업계획승인권자 및

감리자에게 통보하여야 한다.

- ④ 인정기관의 장은 매년 2회 이상 인정제품에 대한 공장품질관리 확인점검을 실시(공장품질관리 실시 전 1년 이내에 인정기관으로부터 공장품질관리상태 확인 결과 지적이 없는 경우에는 이를 면제할 수 있다) 하여야 한다. 다만, 현장시공실적이 없는 경우에는 공장품질관리 점검에서 제외하되 제외기간은 3년으로 한다.
- ⑤ 매년 실시하는 공장품질관리는 인정기관들이 합동으로 수행할 수 있다.
- ⑥ 인정기관의 장은 공장품질관리 확인점검 실시에 대한 세부절차 및 「주택건설기준 등에 관한 규칙」 제12조의4에 따른 바닥충격음 성능등급 인정제품의 품질관리기준에 대한 확인점검 항목 등을 정하여 제25조의 세부운영지침에 포함하여야 하며, 확인내용을 기록·유지하여야 한다.

제20조(바닥충격음 차단구조의 인정을 받은 자의 자체품질관리) ① 인정을 받은 자는 다음 각 호에 따라 바닥충격음 차단구조의 생산·제조를 위한 자체 품질관리를 실시하고, 그 결과를 기록·보존하여야 한다.

- 1. 구성재료·원재료 등의 검사
- 2. 제조공정에 있어서의 중간검사 및 공정관리
- 3. 제품검사 및 제조설비의 유지관리
- 4. 제품생산, 판매실적 및 제품을 판매한 시공현장 등에 대한 상세내역 등
- ② 인정을 받은 자는 시공자 및 감리자에게 인정받은 바닥충격음 차단구조의 내용과 현장시공방법 및 검사방법 등을 제출하여 적정한 시공과 현장품질관리가 이루어질 수 있도록 하여야 하며, 이를 기록·보존하여야 한다.
- ③ 인정기관의 장은 제1항 및 제2항의 기록·보존내용의 제출을 인정을 받은 자에게 요구할 수 있으며, 요구 받은 자는 이를 즉시 제출하여야 한다.

제21조(신청의 보완 또는 반려) ① 인정기관의 장은 다음 각 호의 어느 하나에 해당되는 경우에는 성능인정 신청자에게 보완을 요청하여야 한다.

- 1. 제8조에 따라 성능인정 신청자가 첨부하여야 할 도서의 내용이 미흡하거나, 사실과 상이한 문서를 제출한 경우
- 2. 제13조제1항에 따라 성능인정 신청자의 품질관리확인 결과 신청내용과 상이한 품질관리를 하고 있는 것을 확인한 경우
- ② 인정기관의 장은 다음 각 호에 해당되는 경우에는 신청을 반려하여야 하며, 이를 성능인정 신청자에게 통보하여야 한다.
- 1. 성능인정 신청자가 바닥충격음 차단구조의 인정신청을 반려 요청하는 경우
- 2. 성능인정 신청자가 제1항의 보완요청을 30일 이내에 이행하지 않은 경우
- 3. 제25조에 따른 수수료를 통보일로부터 30일 이내에 납부하지 않은 경우
- 4. 제12조의 시험결과 바닥충격음 차단성능이 확보되지 않은 경우
- 5. 제12조제9항에 따른 바닥구조 철거 상태 확인 결과 마감모르타르 두께 등이 인정신청내용과 다른 경우
- 6. 제10조제2항에 따른 시험결과 및 별표2 제1호에 따른 공동주택 바닥충격음 차단구조 설계도서 기재내용이 현재 유효한 인정제품의 인정신청 당시 시험결과 및 설계도서 기재내용과 동일한 경우
- ③ 제2항에도 불구하고 인정기관의 장은 제6호의 동일성 여부에 대한 판단이 어려운 경우 제13조에 따른 자문위원회에 심사를 요청할 수 있다.

제22조(개선요청) 인정기관의 장은 다음 각 호의 어느 하나에 해당되는 경우에는 제14조에 따라 인정을 받은 자에게 개선요청을 할 수 있으며, 개선요청을 받은 자는 30일 이내에 개선요청사항을 이행하고 그 사실을 인정기관의 장에게 보고하여야 한다.

- 1. 제17조에 따른 인정변경 등에 대한 확인신청을 하지 않은 경우
- 2. 제18조에 따른 바닥충격음 차단구조의 시공실적을 제출하지 않은 경우
- 3. 제19조에 따른 품질관리상태 확인결과, 품질개선이 필요하다고 인정되는 경우

제23조 삭제

제24조(인정의 취소) ① 인정기관의 장은 법 제41조제2항에 따라 인정을 취소한 경우에는 제14조제2항에 따른 공고 및 통보를 하여야 하며, 인정이 취소된 바닥충격음 차단구조는 취소된 날로부터 바닥충격음 차단구조로의 판매 및 시공을 할 수 없다.

② 삭제

제25조(세부운영지침) ① 인정기관의 장은 바닥충격음 차단구조의 인정업무와 관련한

처리기간·절차·기준·구비서류·수수료 등에 대한 세부운영지침을 작성하여야 한다.

- ② 제1항에 따른 세부운영지침을 작성하거나 변경하는 경우에는 국토교통부장관의 승인을 얻어야 한다.

제3장 바닥충격음 차단성능 측정 및 평가방법

제26조(측정방법) ① 바닥충격음 차단성능의 측정은 KS F ISO 16283-2에서 규정하고 있는 방법에 따라 실시하되, 경량충격음레벨 및 중량충격음레벨을 측정한다.

- ② 수음실에 설치하는 마이크로폰의 높이는 바닥으로부터 1.2미터로 하며, 측정대상공간의 중앙지점 1개소와 벽면 등으로부터 0.75미터(수음실의 바닥면적이 14제곱미터 미만인 경우에는 0.5미터) 떨어진 지점 4개소로 한다.

- ③ 제2항에 따른 마이크로폰 5개소에서 성능측정은 동시에 진행되어야 한다.

- ④ 음원실의 충격원 충격위치는 제2항에 다른 마이크로폰의 설치 위치와 동일해야 한다.

제27조(측정결과와 평가방법) ① 바닥충격음 측정결과는 KS F ISO 717-2에서 규정하고 있는 평가방법 중 경량충격음은 '가중 표준화 바닥충격음레벨'로 평가하고, 중량충격음은 'A-가중 최대 바닥충격음레벨'로 평가한다.

- ② 인정기관의 장은 제12조제3항에 따라 바닥면적이나 평면형태가 다른 2개 세대를 대상으로 한 성능인정 시험 결과 각각 성능이 다르게 평가된 경우에는 충격음레벨이 높게 평가된 측정결과로 평가하여야 한다.

- ③ 인정기관의 장은 바닥충격음 차단구조의 성능인정을 시험실에서 실시한 경우에는 현장에서 측정한 결과와 차이를 두어서 성능등급을 확인할 수 있다. 이 경우 인정기관의 장은 시험실에서 실시한 결과에 차이를 두어 성능등급을 확인하고자 할 경우에는 제25조의 세부운영지침에 포함하여야 한다.

- ④ 삭제

제28조(성능검사 대상 및 측정 세대의 선정방법 등) ① 이 기준에 따른 성능검사 대상은 벽식구조, 무량판구조, 혼합구조, 라멘구조 등 주택에 적용된 바닥구조를 말한다.

- ② 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제60조의9제5항에 따른 성능검사 대상 세대 수의 산정 비율은 다음 각 호에 따라 구분된 사업계획승인 단지의 유형별 세대수의 2퍼센트(세대수는 소수점 이하에서 올림)이며, 성능검사 대상 세대 선정은 제1호 및 제2호에 따라 분류된 유형별로 무작위 추출한다.

1. 전용면적 : 60제곱미터 이하, 60제곱미터 초과 85제곱미터 이하, 85제곱미터 초과

2. 층수 : 10층 이하, 10층 초과 30층 이하, 30층 초과

제29조(측정대상 공간 선정방법) 바닥충격음 차단성능의 확인이 필요한 단위세대 내 성능검사 대상공간은 거실로 한다. 단, 거실과 침실의 구분이 명확하지 않은 공동주택의 경우에는 가장 넓은 공간을 측정대상공간으로 한다.

제30조(측정결과와 평가) ① 측정결과는 산술평균값으로 하며 측정결과와 판단기준은 별표 1에 따른 바닥충격음 차단성능의 등급기준으로 한다.

- ② 제1항에도 불구하고 성능검사기준은 주택건설기준 제14조의2제1항제2호를 따른다.

제4장 바닥충격음 차단구조 성능검사 기준 및 절차

제31조(성능검사기관의 지정 등) 성능검사기관의 지정 신청 및 적정성 검토 등에 관하여는 제6조를 준용한다. 이 경우 '인정기관'을 '성능검사기관'으로 본다.

제32조(성능검사기관의 업무범위) ① 성능검사기관의 장은 다음 각 호에서 정한 업무를 수행한다.

1. 법 제41조의2제2항에 따른 성능검사를 위한 공인시험기관의 선정 및 관리·감독

2. 성능검사 신청서의 접수 및 결과통보 등 성능검사를 위한 절차 이행

3. 성능검사 대상 세대 선정 및 검사

4. 성능검사 결과 통보

5. 성능검사 결과의 데이터 관리 및 분석 등을 위한 정보망 운영

6. 성능검사업무에 대한 세부운영지침의 작성

7. 국토교통부장관에게 분기별 성능검사 현황 보고

- ② 국토교통부장관은 소속공무원으로 하여금 제1항에서 정한 성능검사기관의 업무와 관계되는 서류 등을 검사하게 할 수 있다.

제33조(성능검사 신청) ① 성능검사 신청자가 바닥충격음 성능검사를 받으려면 별지 제5호서식의 "바닥충격음 성능검사 신청서"에 별표 6에서 정한 도서를 첨부하여 성능검사기관의 장에게 신청하여야

한다.

② 성능검사기관의 장은 제1항에 따라 신청한 도서가 미흡한 경우 성능검사 신청자에게 보완을 요청하여야 한다.

③ 성능검사기관의 장은 성능검사 대상 세대에서 성능검사가 불가능하다고 판단되는 경우 성능검사 신청을 반려할 수 있다.

제34조(성능검사 절차 및 처리기간) 성능검사기관의 장은 신청된 바닥충격을 차단성능 검사에 대해서는 별표 7의 성능검사 절차에 따라 별표 8에서 정한 기간 내에 처리하여야 한다.

제35조(성능검사 결과의 통보 등) ① 성능검사기관의 장은 주택건설기준 제60조의9제3항에 따른 성능검사 결과를 통보할 경우에는 별지 제6호서식에 따른 "바닥충격음 성능검사 결과서"를 발급하여야 한다.

② 성능검사기관의 장은 성능검사 결과를 기록·관리하여야 한다.

제36조(성능검사 세부운영지침) ① 성능검사기관의 장은 성능검사 업무와 관련한 처리기간·절차·구비서류·수수료 등에 대한 세부운영지침을 작성하여야 한다.

② 제1항에 따른 세부운영지침을 작성하거나 변경하는 경우에는 국토교통부장관의 승인을 얻어야 한다.

제5장 완충재의 성능기준

제37조(품질 및 시공방법) ① 콘크리트 바닥판의 품질 및 시공방법은 건축공사표준시방서의 콘크리트공사 시방에 따른다.

② 완충재는 건축물의 에너지절약 설계기준 제2조에 따른 단열기준에 적합하여야 한다.

③ 바닥에 설치하는 완충재는 완충재 사이에 틈새가 발생하지 않도록 밀착시공하고, 접합부위는 접합테이프 등으로 마감하여야 하며, 벽에 설치하는 측면 완충재는 마감모터가 벽에 직접 닿지 아니하도록 하여야 한다.

④ 인정을 받은 자는 현장에 반입되는 완충재 등 바닥충격음을 줄이기 위해 사용한 주요 구성품에 대해서는 감리자 입회하에 샘플을 채취한 후 인정기관이나 공인시험기관에서 시험을 실시하고 그 결과를 시공전까지 감리자에게 제출하여야 하며, 감리자는 성능기준과 인정서에서 인정범위로 정한 기본 물성의 적합함을 확인한 후 시공하여야 한다.

⑤ 감리자는 별지 제4호서식에 따른 바닥구조 시공확인서를 바닥구조 시공 단계별로 사업주체에게 제출하여야 하며, 사업주체는 감리자가 제출한 바닥구조 시공확인서를 사용검사 신청 시 제출하여야 한다.

제38조(완충재 등의 성능평가기준 및 시험방법) ① 바닥충격음 차단구조에 사용하는 완충재는 다음 각 호의 시험방법을 따라야 한다.

1. 밀도는 KS M ISO 845에서 정하고 있는 시험방법에 따라 측정하여야 하며, 시험결과에는 완충재의 구성상태나 형상에 대한 설명이 포함되어야 한다.

2. 동탄성계수와 손실계수는 KS F 2868에서 정하고 있는 시험방법에 따라 측정하며, 하중판을 거치한 상태에서 48시간 이후에 측정한다.

3. 흡수량은 KS M ISO 4898에서 정하고 있는 시험방법을 따른다.

4. 가열 후 치수안정성은 KS M ISO 4898에서 정하고 있는 시험방법(70℃, 48시간 동안 KS F 2868에서 사용하는 하중판을 완충재 상부에 거치한 상태에서 가열)에 따라 측정한 값이 5퍼센트 이하이어야 한다.

5. KS M ISO 4898에서 정하고 있는 치수안정성 시험방법(70℃, 48시간 동안 KS F 2868에서 사용하는 하중판을 완충재 상부에 거치한 상태에서 가열)에 따라 가열하고 난 후 완충재의 동탄성계수는 가열하기 전 완충재의 동탄성계수보다 20퍼센트를 초과하여서는 아니 된다.

6. 잔류변형량은 KS F 2873에서 정하고 있는 시험방법에 따라 측정한 값이 시료초기 두께(dL)가 30밀리미터 미만은 2밀리미터 이하, 30밀리미터 이상은 3밀리미터 이하가 되어야 한다.

② 바닥충격음 차단구조로 사용하는 제1항의 완충재나 완충재 이외의 구성제품의 품질관리를 위해 필요한 성능에 대해서는 제25조의 세부운영지침에서 따로 정한다. 다만, 인정기관의 장이 이 기준에 적합하다고 인정한 경우에는 시험을 생략할 수 있다.

제6장 행정사항

제39조(규제의 재검토) 국토교통부장관은 이 고시에 대하여 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 2020년 1월 1일 기준으로 매 3년이 되는 시점(매 3년째의 12월 31일까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

부칙 <제2023-494호, 2023. 8. 28.>

제1조(시행일) 이 고시는 발령한 날부터 시행한다.

제2조(시공확인서 제출에 대한 적용례) 제37조제5항의 개정규정은 이 고시 시행 후 법 제16조제2항에 따른 착공신고를 하는 경우부터 적용한다.

별표 / 서식

[별표 1] 바닥충격음 차단성능의 등급기준(제4조관련)

[별표 2] 인정신청서 첨부도서(제8조 관련)

[별표 3] 바닥충격음 차단구조 인정절차(제9조 관련)

[별표 4] 바닥충격음 차단구조 인정업무 처리기간(제9조 관련)

[별표 5] 바닥충격음 차단구조 주요 구성품 표시 (제15조 관련)

[별표 6] 성능검사 신청 시 첨부도서(제33조 관련)

[별표 7] 바닥충격음 성능검사 절차(제34조 관련)

[별표 8] 바닥충격음 성능검사 처리기간(제34조 관련)

[별지 1] 바닥충격음 차단구조 (재)인정신청서

[별지 2] 바닥충격음 차단구조 성능인정서

[별지 3] 제품생산량, 판매량 및 시험성적서 제출 양식

[별지 4] 바닥구조 시공 확인서

[별지 5] 바닥충격음 성능검사 신청서

[별지 6] 바닥충격음 성능검사 결과서

- 2025년 3월 기준으로, 총 224개의 바닥충격음 차단용 인정 바닥구조가 유효한 것으로 조사됨. 조사 결과, 중량충격음 차단성능 1등급을 충족하는 구조는 전체의 약 5.8 %에 불과한 것으로 나타났으며, 이는 고성능 중량충격음 차단구조 개발의 기술적 어려움을 반영하는 수치임. 반면, 경량충격음 차단성능 1등급을 달성한 구조는 전체의 약 79.5 %에 달해, 경량충격음에 대한 고성능 구조 확보는 비교적 활발하게 이루어지고 있는 것으로 분석됨
- 한편, 중량 및 경량충격음 모두에서 1등급 성능을 동시에 만족하는 인정 바닥구조는 총 13개로 확인되었으며, 이 중 습식구조가 11개, 건식구조가 2개로 구성되어 있음
- 또한, 현재 유효한 인정구조의 대부분은 벽식구조용으로 취득된 것이며, 이는 현행 제도와 기술개발이 철근콘크리트 벽식 공동주택 중심으로 이루어져 있음을 반영함
- 따라서 라멘구조나 모듈러 등 다양한 구조형식에 대응할 수 있는 다양한 구조 유형의 인정 바닥구조 개발 확대가 필요하다는 정책적 시사점을 제공함

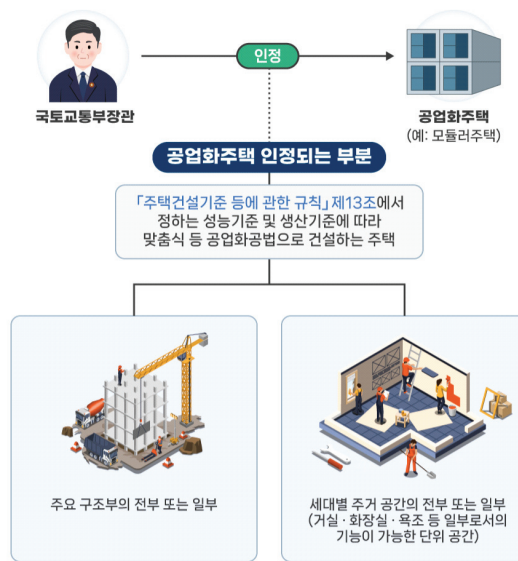
<표 2-7> 바닥충격음 사전 인정성능 등급 현황(전체 바닥구조, 2025년 3월 기준)

구 분		등급				합계
인정기관	유형	1급	2급	3급	4급	
한국토지주택공사	중량충격음	10개	21개	51개	55개	137개
	경량충격음	109개	18개	6개	4개	
한국건설기술연구원	중량충격음	3개	9개	44개	31개	87개
	경량충격음	69개	8개	10개	0개	
합계	중량충격음	13개	30개	95개	86개	224개
		5.8%	13.4%	42.4%	38.4%	
	경량충격음	178개	26개	16개	4개	
		79.5%	11.6%	7.1%	1.8%	

1.3. 공업화주택 인정제도

1) 주택법(법률)

- 공업화주택이란, 주요 구조부의 전부 또는 일부를 일정한 성능기준 및 생산기준에 따라 조립식 등 공업화공법으로 건설하는 주택을 의미함. 이러한 공업화주택의 보급과 품질관리를 위해 도입된 공업화주택 인정제도는 1992년 12월, 당시의 「주택건설촉진법」 제45조에 신설됨



* 본 콘텐츠는 2023년 6월 28일 기준이며, 어떠한 법적효력도 없음을 알려드립니다.

법제처

*이미지출처 : 법제처

[그림 2-3] 공업화주택 인정 범위 및 기준

- 이후 관련 법령 체계가 정비되면서, 2016년 1월에는 해당 조항이 현행 「주택법」 제51조부터 제53조로 이관·변경됨. 이에 따라 공업화주택에 관한 인정 기준과 절차, 인정 취소 요건 등 제도 운영에 필요한 규정들이 현행 법체계에 따라 구성됨
- 특히 「주택법」 제6절에서는 공업화주택의 인정 및 인정취소, 기술 발전 및 건설촉진을 위한 지원 사항 등을 종합적으로 규정함으로써, 공업화주택의 보급 확대 및 성능 확보를 제도적으로 뒷받침하고 있음. 이 제도는 모듈러주택, 프리캐스트 콘크리트(PC) 방식 등 공장제작 기반 주택 공법의 기술 진보를 반영하고 촉진하는 역할을 수행하고 있음

제6절 공업화주택의 인정 등

제51조(공업화주택의 인정 등) ① 국토교통부장관은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 부분을 국토교통부령으로 정하는 성능기준 및 생산기준에 따라 맞춤형 등 공업화공법으로 건설하는 주택을 공업화주택(이하 “공업화주택”이라 한다)으로 인정할 수 있다.

1. 주요 구조부의 전부 또는 일부
2. 세대별 주거 공간의 전부 또는 일부[거실(「건축법」 제2조제6호에 따른다)·화장실·욕조 등 일부로서의 기능이 가능한 단위 공간을 말한다]
- ② 국토교통부장관, 시·도지사 또는 시장·군수는 다음 각 호의 구분에 따라 주택을 건설하려는 자에 대하여 「건설산업기본법」 제9조제1항에도 불구하고 대통령령으로 정하는 바에 따라 해당 주택을 건설하게 할 수 있다.
 1. 국토교통부장관: 「건설기술 진흥법」 제14조에 따라 국토교통부장관이 고시한 새로운 건설기술을 적용하여 건설하는 공업화주택
 2. 시·도지사 또는 시장·군수: 공업화주택
- ③ 공업화주택의 인정에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제52조(공업화주택의 인정취소) 국토교통부장관은 제51조제1항에 따라 공업화주택을 인정받은 자가 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 공업화주택의 인정을 취소할 수 있다. 다만, 제1호에 해당하는 경우에는 그 인정을 취소하여야 한다.

1. 거짓이나 그 밖의 부정한 방법으로 인정을 받은 경우
2. 인정을 받은 기준보다 낮은 성능으로 공업화주택을 건설한 경우

제53조(공업화주택의 건설 촉진) ① 국토교통부장관, 시·도지사 또는 시장·군수는 사업주체가 건설할 주택을 공업화주택으로 건설하도록 사업주체에게 권고할 수 있다.

- ② 공업화주택의 건설 및 품질 향상과 관련하여 국토교통부령으로 정하는 기술능력을 갖추고 있는 자가 공업화주택을 건설하는 경우에는 제33조·제43조·제44조 및 「건축사법」 제4조를 적용하지 아니한다.

2) 주택건설기준 등에 관한 규정(대통령령)

- 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제61조의2에서는 공업화주택 인정을 받기 위해 필요한 제출서류 및 절차에 관한 사항을 규정하고 있음. 해당 조항에서는 신청자의 자격, 제출서류의 종류, 심사 절차 및 인정 기준 등에 대해 구체적으로 명시하고 있으며, 공업화주택의 성능과 품질을 제도적으로 확보하고자 하는 목적을 내포하고 있음
- 또한, 같은 규정의 제63조에서는 공업화주택 인정을 받은 후 일정 요건을 충족하지 못하는 경우에 대한 인정취소의 공고 절차와 방법을 규정하고 있음. 이는 공업화주택 인정의 사후 관리 체계를 강화하고, 인정 취득 이후에도 성능기준 및 품질기준을 지속적으로 유지를 유도하기 위한 조치로 해석됨

<표 2-9> 「주택건설기준 등에 관한 규정」 공업화주택 항목 발췌
[시행 2023. 1. 21.] [대통령령 제35222호, 2025. 1. 21., 일부개정]

제8장 공업화주택 <개정 1999. 9. 29.>

제61조의2(공업화주택의 인정등) ①법 제51조제1항에 따른 공업화주택의 인정을 받고자 하는 자는 국토교통부령이 정하는 공업화주택인정신청서에 다음 각호의 서류를 첨부하여 국토교통부장관에게 제출하여야 한다. <개정 1994. 12. 23., 1994. 12. 30., 2003. 11. 29., 2008. 2. 29., 2011. 12. 28., 2013. 3. 23., 2016. 8. 11.>

1. 설계 및 제품설명서
 2. 설계도면·제작도면 및 시방서
 3. 구조 및 성능에 관한 시험성적서 또는 구조안전확인서(건축구조 분야의 기술사가 구조안전성능 평가가 가능하다고 확인하여 작성한 것만 해당한다)
 4. 생산공정·건설공정·생산능력 및 품질관리계획을 기재한 서류
- ② 국토교통부장관은 제1항에 따라 공업화주택의 인정 신청을 받은 경우에는 그 신청을 받은 날부터 60일 이내에 인정 여부를 통보하여야 한다. 다만, 서류보완 등 부득이한 사유로 처리기간의 연장이 필요한 경우에는 10일 이내의 범위에서 한 번만 연장할 수 있다. <신설 2014. 10. 28.>
- ③ 토교통부장관은 법 제51조제1항에 따라 공업화주택을 인정하는 경우에는 국토교통부령으로 정하는 공업화주택인정서를 신청인에게 발급하고 이를 공고하여야 한다. <개정 1994. 12. 23., 1994. 12. 30., 2008. 2. 29., 2011. 12. 28., 2013. 3. 23., 2016. 8. 11.>
- ④ 3항의 규정에 의한 공업화주택인정서를 교부받은 자는 국토교통부령이 정하는 바에 따라 공업화주택의 생산 및 건설실적을 국토교통부장관에게 제출하여야 한다. <개정 1994. 12. 23., 1994. 12. 30., 2008. 2. 29., 2013. 3. 23.>
- ⑤ 공업화주택 인정의 유효기간은 제3항의 규정에 의한 공고일부터 5년으로 한다.
- ⑥ 법 제51조제2항에 따라 공업화주택 또는 국토교통부장관이 고시한 새로운 건설기술을 적용하여 건설하는 주택을 건설하는 자는 「건설산업기본법」 제40조의 규정에 따라 건설공사의 현장에 건설기술인을 배치하여야 한다. <개정 1994. 12. 23., 1994. 12. 30., 1999. 9. 29., 2003. 11. 29., 2005. 6. 30., 2008. 2. 29., 2013. 3. 23., 2016. 8. 11., 2018. 12. 11.>

[본조신설 1993. 2. 20.]

제62조 삭제 <1999. 9. 29.>

제62조의2 삭제 <1999. 9. 29.>

제63조(인정취소의 공고) 국토교통부장관은 법 제52조에 따라 공업화주택의 인정을 취소한 때에는 이를 관보에 공고하여야 한다. <개정 1993. 2. 20., 1994. 12. 23., 1994. 12. 30., 1999. 9. 29., 2008. 2. 29., 2009. 10. 19., 2013. 3. 23., 2016. 8. 11.>

3) 주택건설기준 등에 관한 규칙(국토교통부령)

- 「주택건설기준 등에 관한 규칙」 제13조, 제14조, 제15조에서는 공업화주택의 인정 및 관리에 필요한 세부 사항을 규정하고 있음. 구체적으로, 제13조에서는 공업화주택의 성능 및 생산기준을, 제14조에서는 건축사의 설계 및 감리를 받지 않고 공업화주택을 건설하는 경우의 조건을, 제15조에서는 공업화주택 인정신청서의 제출 및 심사에 관한 사항을 명시하고 있음<표 2-10 참조>
- 특히, 같은 규칙의 [별표 6]에서는 단독주택과 공동주택에 대한 공업화주택 성능기준과 생산기준을 별도로 구분하여 규정하고 있음. 성능기준은 주택 유형별로 상이한 항목을 요구하고 있으며, 공동주택의 경우 단독주택에 비해 내화 및 방화성능, 음환경성능 등의 항목이 추가로 포함되어 있음<표 2-11 참조>
- 단독주택의 성능기준은 구조안전성능(구조부분, 접합부), 환기성능 및 기밀성능, 열환경성능(단열성능, 결로방지성능), 내구성능(방청 및 방부)으로 구성됨
- 반면, 공동주택의 성능기준은 구조안전성능, 내화 및 방화성능(구조부 및 마감재), 환기성능, 열환경성능, 내구성능 외에도 음환경성능(바닥충격음 및 세대간 차음)이 추가로 제시되어 있음
- 한편, 생산기준은 공업화주택에 사용되는 조립식 부재의 종류에 따라 ▲콘크리트 조립식 부재, ▲경량기포 콘크리트 조립식 부재, ▲기타 조립식 부재로 구분되며, 각각의 제작 및 품질기준을 세부적으로 명기하고 있음. 이러한 생산기준은 공장 제작 기반의 일관된 품질 확보를 통해 현장 시공 품질을 제고하고, 전체 공정의 신뢰성을 강화하는 역할을 수행함

<표 2-10> 「주택건설기준 등에 관한 규칙」 공업화주택 항목 발췌
[시행 2023. 12. 11.] [국토교통부령 제1282호, 2023. 12. 11., 일부개정]

제13조(공업화주택의 성능 및 생산기준) 법 제51조제1항에 따른 공업화주택의 성능 및 생산기준은 별표 6과 같다. <개정 1999. 9. 29., 2003. 12. 15., 2016. 8. 12.>
제14조(건축사의 설계·감리를 받지 아니하는 공업화주택의 건설자) 법 제53조제2항에서 “국토교통부령이 정하는 기술능력을 갖추고 있는 자”라 함은 건축사법에 의한 건축사 1인이상과 국가기술자격법에 의한 건축구조기술사 또는 건축시공기술사 1인이상을 보유한 자를 말한다. <개정 1995. 2. 23., 2003. 12. 15., 2008. 3. 14., 2013. 3. 23., 2016. 8. 12.>
제15조(공업화주택인정신청서등) ①영 제61조의2에 따른 공업화주택인정신청서는 별지 제1호의4서식에 따른다. <개정 1999. 9. 29., 2008. 9. 25., 2022. 8. 4.>
② 영 제61조의2제3항의 규정에 의한 공업화주택 인정서는 별지 제2호서식에 의한다. <개정 1999. 9. 29.>
③ 제2항의 규정에 의한 공업화주택인정서를 분실 또는 훼손한 자로서 그의 재교부를 받고자 하는 자는 별지 제3호서식에 의한 재교부신청서를 국토교통부장관에게 제출하여야 한다. <개정 1995. 2. 23., 1999. 9. 29., 2008. 3. 14., 2013. 3. 23.>
④ 제2항의 규정에 의한 공업화주택인정서를 교부받은 자는 영 제61조의2제4항의 규정에 의하여 별지 제4호서식의 공업화주택의 생산 및 건설실적보고서를 매년 1월 15일까지 국토교통부장관에게 제출하여야 한다. <개정 1995. 2. 23., 1999. 9. 29., 2008. 3. 14., 2013. 3. 23.>

1. 성능기준

가. 단독주택(「건축법 시행령」 별표 1 제1호가목의 단독주택에 한정한다)

1) 구조안전성능

- 가) 구조부분: 「건축물의 구조기준 등에 관한 규칙」 제2조제1호에 따른 구조부재의 구조안전성능은 「건축물의 구조기준 등에 관한 규칙」 등 관련 건축물의 설계기준에 적합하여야 한다.
- 나) 접합부: 벽판·바닥판·지붕판 등 주요 구조부재 간의 수평·수직 접합부는 해당 구조설계 및 공사시방에 있어서 안전성이 확보되어야 한다.

2) 환기성능 및 기밀성능

- 가) 환기성능: 창문, 출입구 그 밖의 개구부(開口部)의 면적은 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 제17조에 따른 창문 등의 기준에 적합하고, 부엌·욕실 및 화장실은 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제44조에 따른 배기설비·환기설비 설치기준에 적합하여야 한다.
- 나) 기밀성능: 한국산업규격이 정하는 창호의 성능시험방법(KS L ISO 9972)에 의하여 측정하되, 압력차 50Pa를 기준으로 시간당 1.5회의 기밀성능을 유지하여야 한다.

3) 열환경성능

- 가) 단열성능: 주택 각 부위의 단열성능은 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」 제21조에 따른 열손실방지 기준에 적합하여야 한다.
- 나) 결로방지성능
 - (1) 결로방지의 성능시험방법(ISO 10211) 등 국제표준에 적합한 프로그램을 사용하여 실시한 건축물 결로방지성능 시뮬레이션에 의하여 측정하되, 접합부위의 표면온도와 실내·외 온도의 온도차이비율(TDR: Temperature Difference Ratio)이 0.20 이하이어야 한다.

$$TDR = \frac{T_i - T_m}{T_i - T_o}$$

TDR: 온도차이비율 T_m : 실내 최저 표면 온도[℃]
 T_o : 실외 온도[℃] T_i : 실내 온도[℃]

- (2) 외벽·최상층 반자·최하층 바닥 및 냉교부, 비난방실과 난방실 사이의 벽체, 접합부위 등에는 결로가 발생하지 않아야 한다.

4) 내구성능

가) 방청(녹 방지)·방부(부식 방지) 성능

구 분	성능기준
철근의 피복두께	철근콘크리트의 철근피복은 부위에 따라 충분한 두께를 확보할 것
철재 및 접합철물	내식성 재료 또는 도금, 도장, 그 밖에 유효한 방청처리를 할 것
목재부분	방부 및 방충처리를 할 것

나) 방수·배수성능

구분	성 능 기 준
지붕·차양	가. 지붕의 기울기 및 구조방법이 방수 및 배수에 지장이 없을 것 나. 지붕마감은 내구성 있는 자재를 사용하거나 도장할 것 다. 진동·충격·풍압 등에 의하여 떨어지거나 변형되지 않도록 하고, 누수되지 않을 것 라. 지붕면과 외벽의 접합부는 방수에 효과적인 물끊기 또는 물막이턱을 설치할 것 마. 낙수구·홍통 등은 강우량에 따라 적절한 크기로 설치할 것
외벽용 재료	가. 바탕재료 및 외장재료는 방수성 및 내구성이 좋고, 방수가 되도록 접합할 것 나. 직접 빗물이 닿는 창이나 문 그 밖의 개구부에는 방수에 필요한 조치를 할 것
물사용 옥내의 재료	가. 바닥벽 및 출입구는 내구성이 좋은 재료를 사용하고, 방수에 필요한 조치를 할 것 나. 바닥은 배수에 지장이 없도록 적절한 기울기를 두고, 배수관을 설치할 것 다. 급수 및 배수관과 난방배관은 누수를 방지할 수 있는 자재와 공법으로 설치할 것
그 밖의 부위	바탕면은 습기가 내장마감에 영향을 미치지 않는 공법으로 마감할 것

나. 공동주택(「건축법 시행령」 별표 1 제2호가목부터 다목까지의 공동주택을 말하며, 같은 표 제1호나목 및 다목의 단독주택을 포함한다)

1) 구조안전성능

가) 구조부분: 「건축물의 구조기준 등에 관한 규칙」 제2조제1호에 따른 구조부재의 구조안전성능은 「건축물의 구조기준 등에 관한 규칙」 등 관련 건축물의 설계기준에 적합하여야 한다.

나) 접합부: 벽판·바닥판·지붕판 등 주요 구조부재 간의 수평·수직 접합부는 해당 구조설계 및 공사시방에 있어서 안전성이 확보되어야 한다.

2) 내화 및 방화성능

가) 구조부분의 내화성능: 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 제3조에 따른 내화구조 기준에 적합하여야 한다.

나) 내부 마감재의 방화성능: 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 제5조부터 제7조까지의 규정에 따른 재료의 기준에 적합하여야 한다.

3) 삭제 <2015.12.10.>

4) 환기성능

창문, 출입구, 그 밖의 개구부의 면적은 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 제17조에 따른 창문 등의 기준에 적합하고, 부엌, 욕실 및 화장실은 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제44조에 따른 배기설비·환기설비 설치기준에 적합하여야 한다.

5) 열환경성능

가) 단열성능: 주택 각 부위의 단열성능은 「녹색건축물 조성 지원 등에 관한 법률 시행규칙」 제7조에 따라 국토교통부장관이 고시하는 열 손실방지 기준에 적합하여야 한다. 다만, 「주택법」 제15조제1항의 주택건설사업계획의 승인을 얻어 건설하는 경우에는 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제64조제3항에 따라 국토교통부장관이 고시하는 단열성능 기준에 적합하여야 한다.

나) 결로방지성능

(1) 결로방지성능은 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조의3에 따라 국토교통부장관이 고시하는 결로방지를 위한 설계기준에 적합하여야 한다.

(2) 외벽, 최상층 반자, 최하층 바닥 및 냉교부, 비난방실과 난방실 사이의 벽체, 접합부위 등에는 결로가 발생하지 않아야 한다.

6) 음환경성능

가) 세대간 경계벽의 소음차단성능: 세대간 경계벽의 구조는 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조제1항 및 제2항에 따른 경계벽의 구조 기준에 적합하여야 한다.

나) 바닥충격음의 차단성능: 상하층 간의 바닥의 경량충격음 및 중량충격음의 기준은 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조의2제2호에 따른 기준에 적합하여야 한다.

7) 삭제 <2015.12.10.>

2. 생산기준

가. 콘크리트 조립식 부재의 생산기준

콘크리트 조립식 부재에 의한 공업화주택 인정을 받으려는 자가 갖추어야 할 생산기준은 다음 표와 같다.

구분	생산기준
1) 생산 설비	가) 배합 및 성형 시설 (1) 배치 플랜트(batcher plant: 콘크리트 대량 제조 설비) 설비: 1식 (2) 몰드(주조) 테이블 및 거푸집: 1식 (3) 철근가공 설비: 1식 나) 양생 시설 증기양생(증기를 뿌리면서 굳히는 일) 설비: 1식 다) 운송 시설 이동크레인 및 그 밖의 운반 설비: 1식 라) 그 밖의 시설 (1) 용지: 1만제곱미터 이상으로 하되, 45일 생산물량을 야적할 수 있는 규모의 야적장이 있을 것 (2) 환경공해 방지를 위한 시설 (3) 산업재해 방지를 위한 시설
2) 품질 관리	가) 품질시험 시설 (1) 시험실: 30제곱미터 이상 (2) 압축강도 시험기(100톤 이상): 1대 이상 (3) 만능재료 시험기(100톤 이상): 1대 이상 (4) 골재의 염화물함유량 측정기기: 1대 이상 (5) 체가름 시험기: 1식 이상 (6) 실린더몰드(콘크리트의 압축 강도를 시험하기 위하여 일정 규격의 시험용 물체를 만드는 기구): 15조 이상 (7) 시험용 양생조(養生槽: 굳기 전 콘크리트 보호·관리 탱크): 1식 이상 (8) 그 밖에 품질관리에 필요한 시험·검사 설비 나) 품질관리지침 또는 검사·시험자료 관리지침 등 제품의 품질관리를 위한 관리운용체제와 운용요원을 갖출 것

나. 경량기포 콘크리트 조립식 부재의 생산기준

경량기포 콘크리트 조립식 부재에 의한 공업화주택 인정을 받으려는 자가 갖추어야 할 생산기준은 다음 표와 같다.

구분	생 산 기 준
1) 생산 설비	가) 제조 및 성형 시설 (1) 제조 및 성형 설비: 1식 (2) 절단 및 가공 설비: 1식 나) 양생 시설: 1식 다) 운송 시설: 이동크레인 및 그 밖의 운반 설비 1식 라) 그 밖의 시설 (1) 용지: 9천 제곱미터 이상 (2) 환경공해 방지를 위한 시설 (3) 산업재해 방지를 위한 시설
2) 품질 관리	가) 품질시험시설 (1) 시험실: 30제곱미터 이상 (2) 압축강도 시험기(30톤 이상): 1대 이상 (3) 휨강도 시험기(20톤 이상): 1대 이상 (4) 골재의 염화물함유량 측정기기: 1대 이상 (5) 함수량 측정기: 1대 이상 (6) 절건비중(골재가 완전 건조 상태일 때의 비중) 측정기기(항온건조기 포함): 1대 이상 (7) 그 밖의 품질관리에 필요한 시험·검사 설비 나) 품질관리지침 또는 검사·시험자료 관리지침 등 제품의 품질관리를 위한 관리운영체제와 운용요원을 갖출 것

다. 그 밖의 조립식 부재의 생산기준

그 밖의 조립식 부재에 의한 공업화주택 인정을 받으려는 자가 갖추어야 할 생산기준은 다음 표와 같다.

구분	생 산 기 준
1) 생산 설비	가) 제조 시설 - 제조 또는 가공 설비: 1식 나) 운송 시설: 이동크레인 또는 그 밖의 운반 설비 1식 다) 그 밖의 시설 (1) 용지: 5천 제곱미터 이상 (2) 환경공해 방지를 위한 시설(환경공해가 발생하는 경우에 한정한다) (3) 산업재해 방지를 위한 시설
2) 품질 관리	가) 품질시험 시설 (1) 시험실: 30제곱미터 이상 (2) 해당 조립식 부재의 품질관리에 필요한 시험·검사 설비: 1식 나) 품질관리지침 또는 검사·시험자료 관리지침 등 제품의 품질관리를 위한 관리운영체제와 운용요원을 갖출 것

4) 공업화주택 인정업무 처리 지침(국토교통부 승인)

- 「공업화주택 인정업무 처리 지침(안)」은 공업화공법을 활용한 주택의 성능과 품질을 제도적으로 확보하기 위해 마련된 문서로, 공업화주택 인정제도의 효율적 운영을 위한 행정절차 및 세부 규정을 명확히 규정하고 있음
- 해당 지침은 공업화주택 인정신청 시 필요한 신청 절차, 처리 기간, 인정 수수료, 인정의 유효기간뿐만 아니라, 인정평가 절차, 자문위원회 구성 방식, 인정기관 인력 편성 기준 등 제도에 운영에 필요한 핵심 사항들을 구체적으로 제시하고 있음<표 2-12 참조>
- 특히, 지침의 [별표 3]에서는 「공업화주택 평가방법 및 제출서류」 항목을 통해, 바닥충격음 성능기준을 충족하기 위한 조건과 함께 관련 제출서류 목록을 상세히 제시함으로써, 신청자의 준비 편의성과 제도의 일관성 확보에 기여하고 있음<표 2-13 참조>

<표 2-12> 「공업화주택 인정업무 처리 지침」 [(국토교통부 승인 2012.09.03.)]

제1조(목적) 이 지침은 행정권한의 위임 및 위탁에 관한 규정 제54조제1항에 따라 국토해양부 장관이 한국건설기술연구원의 장(이하 “원장”이라 한다)에 위탁한 공업화주택의 인정 및 취소에 관한 세부사항을 정함을 목적으로 한다.

제2조(신청절차 및 처리기간) ① 공업화주택의 인정을 받고자 신청하는 자(이하 “신청자”라 한다)는 「주택건설 기준 등에 관한 규정」(이하 “규정”이라 한다) 제61조의2 제1항 각호의 서류를 첨부하여 「주택건설 기준 등에 관한 규칙」(이하 “규칙”이라 한다) 별지 제1호의3서식에 따른 공업화주택 인정신청서를 원장에게 제출하여야 한다.

② 원장은 제1항의 규정에 의하여 공업화주택 인정신청을 받은 경우에는 별표 1의 인정절차에 따라 인정업무를 수행하며, 신청자가 인정 수수료를 납부한 날로부터 90일 이내에 처리하여야 한다.

③ 원장은 공업화주택 인정업무를 수행함에 있어 불가피한 사유로 처리기간의 연장이 필요할 때는 1회에 한하여 30일 이내의 범위를 정하여 연장할 수 있다. 이 경우 원장은 신청자에게 그 사유를 통보하여야 한다.

④ 신청자는 조립식부재를 생산하는 자를 원칙으로 하되, 신청자가 2인 이상인 경우 조립식부재를 생산하는 자가 대표자가 되어야 한다.

제3조(신청의 보완 또는 반려) ① 원장은 다음 각 호에 해당하는 경우 신청자에게 보완을 요청하여야 한다.

1. 제2조에 의한 인정신청서 및 첨부도서의 내용이 부실하거나, 사실과 상이한 경우
2. 제5조에 의한 평가결과 또는 자문위원회검토결과 보완사항이 발생하는 경우

② 원장은 다음 각 호에 해당되는 경우에는 신청을 반려하고, 반려사실을 신청자에게 통보하여야 한다.

1. 신청자가 공업화주택의 인정신청을 반려 요청하는 경우
2. 신청자가 특별한 사유 없이 제1항의 보완요청을 30일 이내에 이행하지 않는 경우
3. 제4조의 규정에 의한 수수료를 통보일로부터 30일 이내에 납부하지 않는 경우

제4조(인정 수수료 산정 및 통보) ① 신청자는 별표 2의 공업화주택 인정수수료를 원장에게 납부하여야 하며, 신청자가 수수료를 납부한 경우에 당해업무를 수행한다.

② 신청자가 납부한 수수료에 대하여 추가납부 또는 환불이 필요한 경우에는 수수료를 정산하며, 공업화주택의 인정업무가 종료되는 시점에 실시한다.

③ 원장은 제1항의 규정에 의한 수수료 외의 다음 각 호에 해당되는 경우에는 신청자에게 추가로 발생한 수수료를 납부하도록 요구할 수 있다.

1. 업무상 출장비

2. 자문위원회 자문비

제5조(인정평가 및 자문위원회 구성) ① 원장은 제2조의 규정에 의하여 신청된 공업화주택에 대하여 규칙 별표6 공업화 주택의 성능 및 생산기준 적합여부를 지침 별표3 평가방법 및 제출서류에 따라 평가하고, 그 평가결과를 제2항에 따른 자문위원회에 검토 요청한다.

② 제1항에 따른 평가결과를 검토하기 위하여 원장은 건축재료 또는 건축구조 및 관련전문가로 구성된 15인 이상의 자문위원을 두어야 하며, 이중 7인 이상으로 자문위원회를 구성한다.

③ 원장은 자문위원회의 검토결과를 반영하여 평가보고서를 작성한다.

④ 제9조에 따른 유효기간 연장시에는 자문위원회를 생략할 수 있다.

제6조(성능 및 생산기준 평가방법) 규칙 별표6 공업화주택의 성능 및 생산기준에 대한 평가방법 및 제출서류는 지침 별표3에 따른다.

제7조(평가보고서 제출) 원장은 제5조 제2항에 따른 평가보고서를 국토해양부장관에게 제출하여야 한다.

제8조(인정서의 교부 및 공고) ① 원장은 규정 제61조의2 제3항에 따른 공업화주택인정서의 발급 및 공고를 위하여 제7조에 따른 평가보고서 제출시 규칙 별지 제2호 서식에 의한 인정서(안)를 작성하여 국토해양부장관에게 제출하여야 한다.

② 동인정서를 분실 또는 훼손한 자가 그의 재교부를 받고자 하는 경우 규칙 별지 제3호에 의한 재교부신청서를 원장에게 제출하여야 하며, 원장은 규칙 별지 제2호 서식에 의한 인정서(안)를 작성하여 국토해양부장관에게 제출하여야 한다.

제9조(인정의 유효기간 및 유효기간의 연장) ① 공업화주택 인정의 유효기간은 인정 또는 연장 공고일로부터 5년으로 한다.

② 제8조의 규정에 따라 공업화주택의 인정을 받은 자가 공업화주택의 유효기간을 연장하고자 하는 경우에는 유효기간이 만료되기 90일 이내에 원장에게 연장신청을 하여야 하며, 지침 별표3 평가방법 및 제출서류 중 인정신청 당시와 상이한 사항에 대하여 관련 서류를 제출하여야 한다.

③ 원장은 공업화주택의 유효기간 연장신청 내용 중 인정신청 당시와 상이한 사항에 대하여 제5조 및 제8조의 규정에 따라 인정평가를 실시하고 평가보고서 및 인정서(안)를 국토해양부장관에게 제출하여야 한다.

제10조(인정 취소) 원장은 공업화주택을 인정받은 자가 주택법 제36조 각호의 어느 하나에 해당하는 행위를 한 것을 확인하는 경우 공업화주택 인정의 취소 및 공고를 국토해양부장관에게 요청하여야 한다.

제11조(시공실적의 제출) 제8조에 의하여 공업화주택을 인정받은 자는 규칙 별지 제4호서식의 공업화주택의 생산 및 건설실적보고서를 매년 1월 15일까지 원장에게 제출하여야하고, 원장은 동 보고서를 취합하여 국토해양부장관에게 제출하여야 한다.

제12조(인정을 받은 자 등의 자체품질관리) 제8조의 규정에 의하여 공업화주택의 인정을 받은 자는 공업화주택의 생산 제조 및 현장시공 등 자체 품질관리를 실시하고, 그 결과를 기록 보존하여야 한다.

제13조<삭제>

제14조(인력의 편성) 원장은 공업화주택의 인정업무 수행을 위하여 별표 4와 같은 인력을 편성하여 운영하여야 한다.

부 칙

제1조 (시행일) 이 지침은 국토해양부장관으로부터 승인을 받은 날로부터 시행한다.

제2조 (경과규정) 공업화주택인정신청 업무가 진행 중인 경우 변경된 지침을 적용한다.

[별표 1] 공업화주택 인정절차

[별표 2] 공업화주택 인정수수료

[별표 3] 공업화주택 평가방법 및 제출서류

[별표 4] 공업화주택 인정업무 인력편성기준

<표 2-13> 「공업화주택 인정업무 처리 지침」, 별표 3, 공업화주택 평가방법 및 제출서류, 음환경성능

1. 성능기준 평가방법 및 제출서류

동 평가방법 및 제출서류에 명시된 고시 및 한국산업표준 등이 개정되는 경우 최신본을 적용한다.

나. 공동주택

6) 음환경성능

가) 세대간 경계벽 소음차단성능 평가방법

규칙 별표6. 1. 나. 6) 세대간 경계벽 소음차단성능기준에 대하여

- 경계벽 구조가 「주택건설기준 등에 관한 규정」제14조 제1항 제1호부터 제3호까지인 경우 두께 등 확인
- 경계벽 구조가 「주택건설기준 등에 관한 규정」제14조 제1항 제4호인 경우 「벽체의 차음구조 인정 및 관리기준」에 따라 차음구조로 인정을 받은 벽체의 차음구조 인정서 확인

나) 세대간 경계벽 소음차단성능 제출서류

- 설계도면 : 세대간 경계벽의 구조 및 두께를 표기한 도면
- 인정구조인 경우 관련 규정에 따른 벽체의 차음구조 인정서

다) 바닥충격음의 차단성능 평가방법

규칙 별표6. 1. 나. 6) 바닥충격음의 차단성능기준에 대하여 표준바닥구조 여부 확인 또는 「공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준」에 따라 인정받은 인정서로 평가

라) 바닥충격음의 차단성능 제출서류

- 바닥구조 단면도(슬래브 두께와 온돌층의 구조를 확인할 수 있는 도면)
- 인정구조인 경우 관련 규정에 따른 바닥충격음 차단구조 인정서

5) 공업화주택 인정 현황

- 2025년 1월 기준, 공업화주택으로 인정받은 모델은 총 12개로 확인되었으며, 이 중 공동주택이 11개, 단독주택이 1개를 차지하고 있음
- 해당 공업화주택들은 주로 철골과 철근콘크리트를 골조로 채택하고 있으며, 구조형식으로는 라멘구조와 벽식구조가 포함되어 있음
- 2010년대에 스타코(2010년), 포스코A&C(2012년), 금강공업(2014년), 유창이앤씨(2015년) 등 손에 꼽을 정도였으나, 최근 들어 인정 기업 수가 급증함. 2020년 범양플로이를 시작으로 케이씨산업(2021년), 에스와이테크(2023년) 등이 뒤를 이었고, 2024년 한 해에만 엔알비(NRB), 플랜엠, 대승엔지니어링, 성지제강, 자이가이스트 5개 업체가 무더기로 인정을 취득함
- 기존 공업화주택 인증 사례들은 철골 또는 철근콘크리트 구조 위주였으며, 대표적인 모듈러 업체인 포스코A&C, 금강공업, 유창이앤씨, 엔알비, 플랜엠 등의 시스템은 모두 철골 모듈러 구조로 인증을 받음. 한편 스타코와 케이씨산업 두 곳만이 철근콘크리트(P.C.) 모듈 구조로 인증된 사례이며, 철골 위주의 모듈러에 비해 무거운 콘크리트 모듈 방식도 도입되었음을 보여줌
- 2024년에는 목조 모듈러 방식까지 등장하여, 공업화주택의 구조 스펙트럼이 라멘구조(철골/목재 골조)부터 벽식구조(콘크리트 벽체)까지 한층 다양해짐

<표 2-14> 공업화주택 인정 현황('25.1월 기준)

순번	업체명	공업화주택의 명칭	유효기간	주택용도	골조 유형
1	금강공업㈜	KMC Type-A	~2029	공동주택	철골
2	(주)유창이앤씨	U'Vista A-2 Single House	~2025	단독주택	철골
3	(주)범양플로이	범양 모듈러-FLOY	~2025	공동주택	철골
4	(주)유창이앤씨	U'Vista M-1 Multi-storey Housing	~2025	공동주택	철골
5	(주)KC산업	KCPM M-1 Multiplex Housing	~2026	공동주택	철근콘크리트
6	스타코(주)	CHS 공업화주택	~2027	공동주택	철근콘크리트
7	(주)에스와이테크	SY 공업화주택_PHS	~2028	공동주택	철골
8	(주)포스코에이앤씨 건축사사무소	INNOHIVE Single Unit Type 1	~2028	공동주택	철골
9	(주)엔알비	NRB 모듈러 공업화주택	~2029	공동주택	철골
10	(주)플랜엠	PLANM-H	~2029	공동주택	철골
11	(주)대승엔지니어링	대승 엔지니어링-오티움	~2029	공동주택	철골
12	(주)성지제강	Sungji steel standard modular	~2029	공동주택	철골

2. 국외

2.1. 영국

1) Robust Details 제도 개요 및 운영 방식

- 영국 건축규정 Approved Document Part E(주택 등 건물의 차음성능 요구사항)¹⁾에서는 주택 사이의 벽과 바닥이 일정 수준 이상의 소음 차단 성능을 갖추도록 규정하고 있음. 2003년 개정으로 신축 공동주택에 대한 완공 전 차음 성능시험(Pre-Completion Testing, PCT)이 의무화되었으며, 2004년부터는 이를 대체할 수 있는 ‘Robust Details’ 인증 제도가 도입됨
- 당초 준공 전 측정은 기존 주택의 개보수(Conversion)를 대상으로 2003년 7월부터 시행되었고, 이듬해인 2004년 7월부터는 신축 주택으로 적용 대상이 확대됨. 이에 따라, 신축 및 개보수 주택 모두에 대해 현장 성능 측정을 통해 바닥 및 벽체의 차음성능을 객관적으로 검증받도록 의무화됨
- 이와 같은 준공 전 측정 제도 도입과 병행하여, 2004년 7월부터는 비영리법인인 ‘House Builders Federation’ 주도로 Robust Standard Details(RSD)²⁾ 제도가 마련됨. 이는 현장 차음성능 기준을 충분히 만족할 수 있는 바닥 및 벽체의 구조 상세 설계도를 제시한 것으로, 해당 설계 상세를 승인된 절차에 따라 채택하고 등록할 경우, 준공 전 성능 측정을 면제받을 수 있도록 한 자율인증 방식에 해당함. 다시 말해, 설계단계에서 인증된 차음 상세를 사용하고 엄격한 시공관리 절차를 거치면 별도의 소음 차단 성능검사를 면제받을 수 있는 대안 경로임
- 한편, 현장 성능 실험은 UKAS(United Kingdom Accreditation Service)³⁾ 또는 이에 준하는 유럽 지역 공인기관(예: ANC, Association of Noise Consultants)⁴⁾에서 수행할 수 있으며, 측정 및 인증의 공정성과 기술적 신뢰성을 확보하고 있음
- 이러한 제도 운영을 통해 영국은 설계 기반의 품질 확보(Robust Detail 제도)와 현장 기반의 성능 검증(Pre-completion Testing)을 병행하는 방식으로 주택의 차음 품질을 향상시키고 있으며, 특히 Robust Detail 제도를 통한 산업 자율규제와 정부 규제의 균형 있는 운영체계를 구축하고 있다는 점에서 정책적으로도 시사점이 있음

1) Approved Document E – Resistance to the passage of sound (2003 edition with 2004, 2010, 2013 and 2015 amendments)

2) <https://www.robustdetails.com/> (2019.11월 접속)

3) [ukas.com](https://www.ukas.com/)(2025.1월 접속)

4) <https://www.association-of-noise-consultants.co.uk/> (2025.1월 접속)

2) Robust Details 차음성능 기준 및 인증 요건

- Robust Details 인증을 받기 위해서는 영국 건축규정 Part E의 최소 성능기준을 일정 수준 이상 초과해야됨. Part E에서는 신축 공동주택의 경우 △공기전달음(벽·바닥) 차음 성능은 $D_{nT,w} + C_{tr}$ 값 45 dB 이상, △경량충격음(바닥) 차단 성능은 $L'_{nT,w}$ 값 62 dB 이하를 충족하도록 규정하고 있음
- Robust Details 후보가 되는 새로운 벽체나 바닥 구성은 엄격한 시험을 통해 이 기준보다 평균 5 dB 우수한 성능이 입증되어야 최종 인증 상세로 승인될 수 있음. 구체적으로, 서로 다른 실제 건축현장에서 해당 상세를 적용하여 최소 30회 이상의 현장 소음차단 시험을 거친 후, 그 평균 성능이 기준 대비 +5 dB 이상의 여유를 가져야만 Robust Detail로 공식 등재됨
- 이러한 안전여유 마진 덕분에 Robust Details를 활용한 주택들의 실제 성능은 규정 최소치를 크게 상회하는 경향을 보임. 예를 들어 2004년 제도 시행 이후 2018년까지 Robust Details로 지어진 주택 약 50만 호의 성능 데이터를 분석한 결과, 98 % 이상에서 기준을 만족 또는 초과하였고 평균적으로 규정 대비 7 dB 향상된 차음 성능을 달성한 것으로 보고됨. 다시 말해, Robust Details 제도는 최소 성능기준을 간신히 충족하는 설계가 아니라 여유 있게 상회하도록 설계함으로써 현장의 시공 오차나 조건 편차에도 불구하고 일관된 성능 확보를 꾀하는 것임
- 만약 인증 후에도 현장 모니터링 과정에서 성능 저하 문제가 반복적으로 발견되는 상세는 인증 목록에서 퇴출시키는 등 지속적으로 차음성능 확보 체계를 관리하고 있음
- 제도 운영기관과 기술위원회는 건설업계로부터 신규 상세 제안을 받아 지속적으로 인증 상세를 업데이트하며, 2004년 초기 14개였던 인증 상세는 현재 수십 가지로 확대되어 다양한 구조 방식(중량 콘크리트 바닥, 경량 목조/스틸 모르타르 바닥, 이중 경량벽 등)을 포괄하고 있음

3) Robust Details 적용 절차 및 비용

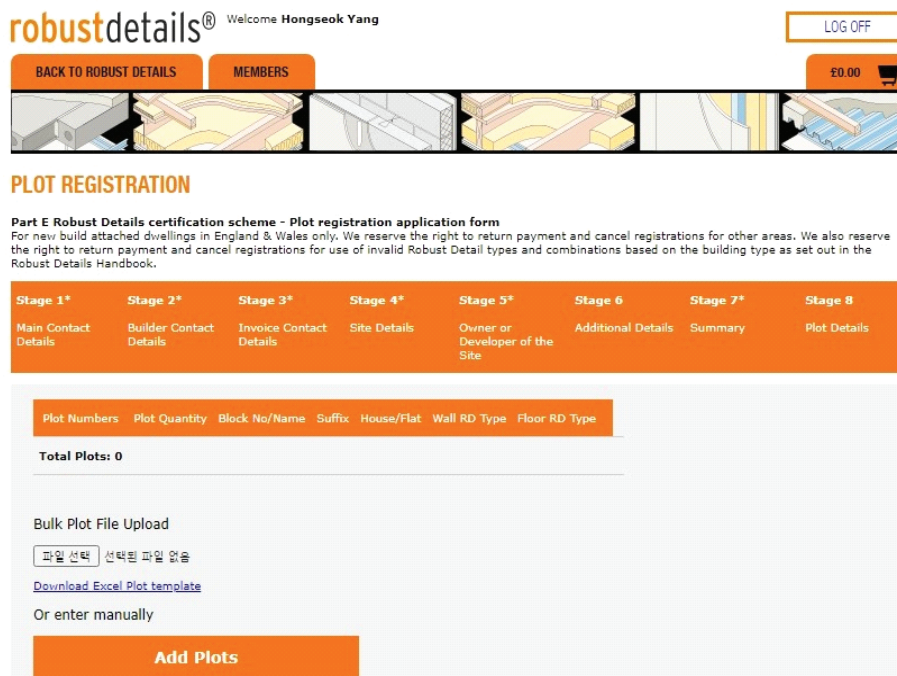
- 현장에서 Robust Detail 인증 상세를 적용하는 절차는 다음과 같음. 앞서 언급한 대로 시공사는 건축 계획 단계에서 적절한 인증 상세를 선정 후 온라인 등록을 통해 해당 세대(평면상 서로 다른 위치의 세대는 각각 등록)에 대한 고유번호를 부여받음. 이때 세대당 약 £45의 등록 수수료를 납부하게 되는데, 이는 한화 약 8만원 수준으로서 향후 현장 성능검사 비용을 대체하는 성격임
- Robust Details Ltd.는 등록 완료 시 상세 시방서와 시공 체크리스트를 제공하며, 시공사는 이를 현장 관리에 활용함. 건축 인·허가권자인 지방 건축당국(Building Control)에도 “몇 동 몇 호 세대에 어떤 Robust Detail을 적용할 예정”이라는 신고를 해야 하며, 이 통보가 이루어지면 해당

부위에 대해서는 공사 완료 시 별도의 음향 성능시험을 요구하지 않는 것이 원칙. 다만 현장감리 과정에서 건축당국은 필요 시 Robust Detail 체크리스트 이행 여부를 확인할 수 있고, Robust Details Ltd. 측에서도 전국 단위로 고용된 전문 검사원을 파견하여 불시 점검을 수행함

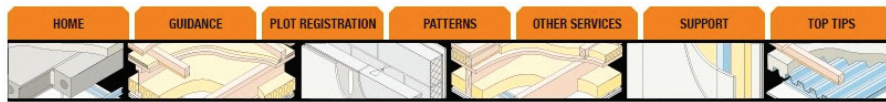
- Robust Details 품질관리팀은 이러한 현장 성능데이터를 수집하여 해당 상세가 지속적으로 규정 성능을 만족하는지 통계분석하며, 만약 성능 미달 사례가 발견될 경우 즉시 원인을 조사하고 시정조치를 취함. 이러한 피드백 절차 덕분에 Robust Detail 적용 현장의 음향 성능은 제도가 시작된 이래 매우 높은 수준으로 관리되고 있으며, 이는 건축당국의 공식 평가에서도 “예상 이상의 성과”를 거두고 있다고 인정받음
- 이처럼 실측된 데이터는 Robust Details 인증 상세의 신뢰도 검증 및 사후 관리를 위한 근거로 활용됨. 비용 및 인증기관 측면에서, Robust Details 제도는 앞서 언급한 등록 수수료로 운영 재원을 충당하는 산업 자체 재원 모델임. 정부는 건축법령에 Robust Details 제도를 공식 언급함으로써 법적 효력을 부여하고 있지만, 세부적인 인증과 관리는 민간 주도로 이루어짐. 이로써 정부는 성능 기준과 결과 감시에 집중하고, 업계는 설계 및 시공 솔루션 개발과 품질 확보를 책임지는 역할 분담이 형성되어 있음. Robust Details Ltd.는 정기적으로 성능 통계를 정부에 보고하며, 정부 자문위원회(BRAC)의 검토를 거쳐 제도 개선이 이루어짐
- 현재 영국 내 신축 공동주택 상당수가 Robust Details 경로를 이용하고 있으며, 건설사들은 현장 시험에 따르는 불확실성을 줄이고자 이 제도를 적극 활용하는 추세. 결과적으로 건설사는 하자 보수나 준공 지연 위험을 감소시켰고, 입주자는 보다 향상된 차음 성능의 주거환경을 얻는 경제·품질 상승효과가 나타남



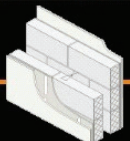
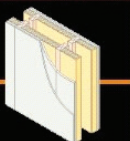
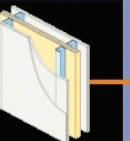
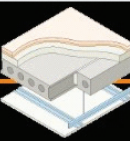
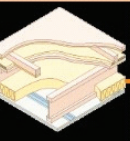
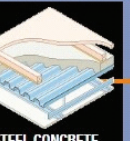
[그림 2-4] 영국 Robust Detail 홈페이지 첫 화면



[그림 2-5] Plot Registration 화면



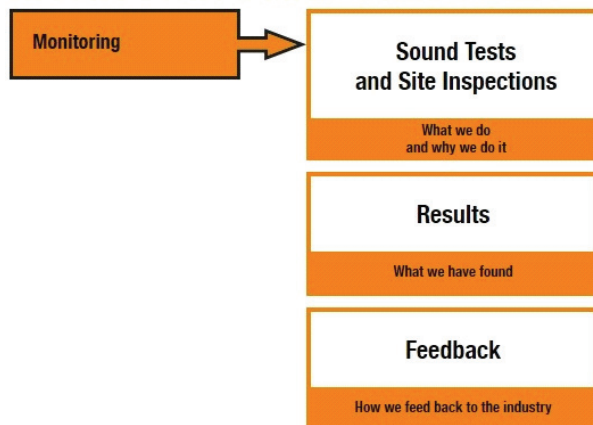
SELECTING YOUR ROBUST DETAIL

LOADBEARING MASONRY AND CONCRETE FLOORS	TIMBER FRAME WALLS AND FLOORS	REINFORCED CONCRETE AND STEEL FRAME	
 MASONRY WALLS	 TIMBER WALLS	 STEEL WALLS	Houses will only need to be registered for Separating Walls. The robustdetails® scheme does not apply to internal floors in houses.
 CONCRETE FLOORS	 TIMBER FLOORS	 STEEL CONCRETE COMPOSITE FLOORS	
CLICK HERE for Floor/Wall Combinations	CLICK HERE for Floor/Wall Combinations	CLICK HERE for Floor/Wall Combinations	SIGN IN / SIGN UP To download the online Handbook

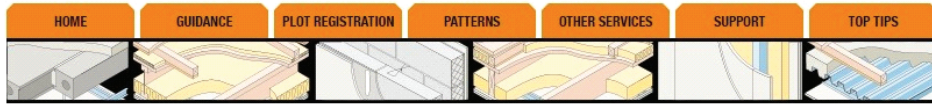
[그림 2-6] 건축물 구조유형별 벽체, 바닥 설계 상세도



MONITORING AND FEEDBACK

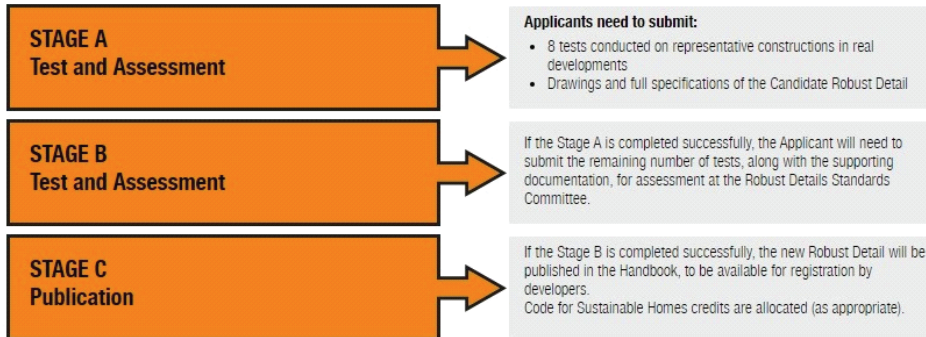


[그림 2-7] 현장 차음 실험 프로세스 및 피드백 절차

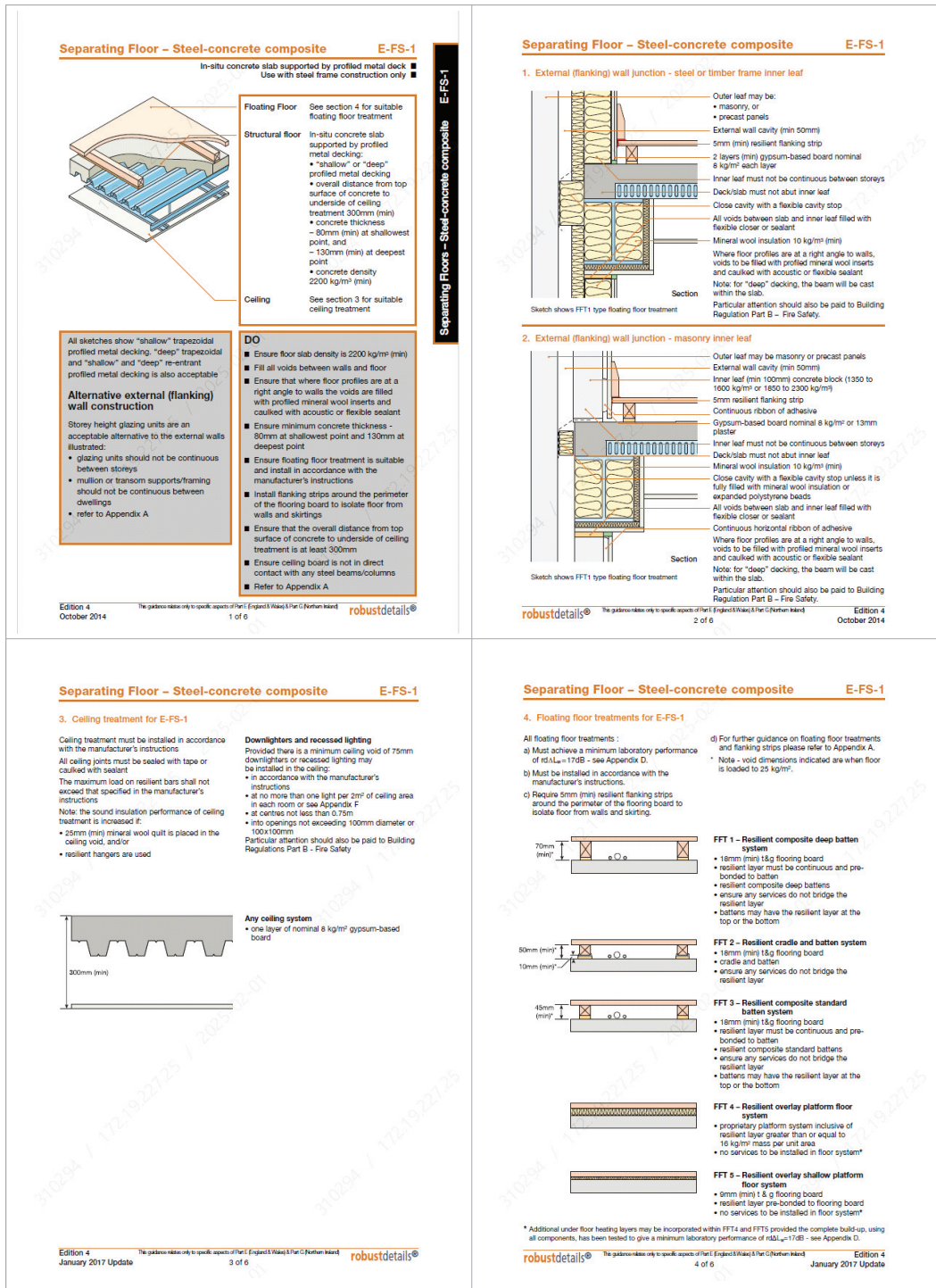


THE CANDIDATE ROBUST DETAILS PROCESS

We recommend that all Applicants discuss their proposals with Robust Details Limited before starting.
If the proposal is not for a complete new wall or floor, we can advise on the specific application requirements.



[그림 2-8] Robust Detail 신규 등록 절차



[그림 2-9] 영국 Robust detail 핸드북 바닥충격을 차단 바닥구조 상세도 예시

2.2. 일본

1) 제도 개요

- 일본의 주택성능표시제도는 2000년 4월 1일부터 시행된 「주택의 품질확보 촉진 등에 관한 법률(通称: 품확법)」에 근거하여 도입되었으며, 동년 10월부터 신축 주택을 대상으로 본격 운영이 시작됨. 이후 2002년 8월부터는 기존 주택으로 적용 대상을 확대하여 현재까지 운영되고 있음
- 본 제도는 소비자에게 객관적이고 공정한 성능 정보를 제공함으로써, 주택의 품질을 상호 비교하고 성능에 따라 선택할 수 있도록 유도하는 데 목적이 있음. 특히 주택의 품질을 수치화·등급화하여 표시함으로써 시장 내 정보의 비대칭성을 완화하고, 성능 중심의 주택공급을 촉진하는 제도로 평가됨

2) 평가 유형 및 절차

- 신축 주택의 경우 단독주택과 공동주택 모두를 평가 대상에 포함하고 있으며, 평가서의 종류는 설계성능평가서와 건설성능평가서 두 가지로 구분됨
- 설계성능평가서는 설계도서를 기준으로 평가하며, 착공 전에 발급됨. 반면, 건설성능평가서는 시공 및 완공 단계에서 현장 검사를 거쳐 발급됨
- 이때, 건설성능평가를 받기 위해서는 반드시 설계성능평가를 선행하여야 하며, 설계성능평가 없이 건설성능평가만을 받을 수는 없음. 이는 평가의 일관성과 검증성을 확보하기 위한 장치로 이해됨
- 한편, 기존 주택은 설계도서가 존재하지 않으므로 설계성능평가는 생략되며, 건설성능평가만을 통해 성능 등급을 평가받음

3) 평가 항목 및 방식

- 주택성능표시제도는 총 10개 분야 33개 항목에 대해 평가를 실시하며, 이 중 4개 분야 9개 항목은 필수 평가 항목으로 지정되어 있음. 나머지 항목은 선택항목으로, 공급자 또는 소비자의 요청에 따라 자율적으로 평가가 가능함
- 평가는 국가가 정한 공통기준에 따라 이루어지며, 공정성과 전문성 확보를 위해 등록된 제3의 평가기관이 수행함. 평가 결과는 성능등급(1~5 등급) 또는 수치로 표시되며, 소비자는 해당 정보를 통해 주택의 성능을 비교·판단할 수 있음
- 특히 일본의 제도는 단지 단위가 아닌 주동 또는 주호 단위로 성능을 표시할 수 있도록 하고 있어, 국내의 녹색건축인증제도 등과는 적용 범위에 차별성을 가짐

4) 음환경 성능 평가 항목

- 일본의 주택성능표시제도에서는 음환경 성능을 주택 품질의 핵심 요소 중 하나로 인식하고 있으며, 신축 주택을 대상으로 하는 평가 항목에 포함하고 있음 다만, 음환경 평가는 선택 항목에 해당하며, 주택 공급자 또는 소비자의 요청에 따라 평가 여부가 결정됨
- 음환경 성능 평가항목은 바닥충격음 성능 (중량·경량), 세대 간 경계벽 차음 성능, 외부 소음 차단 성능이 해당됨
- 바닥충격음 평가는 중량충격음 대책과 경량충격음 대책으로 구분하여 이루어짐<표 2-15 참조>
- 중량충격음 대책에 있어서는 시험을 통한 등급과 슬래브 두께에 따라 등급을 산정하는 방식이 채택되고 있음. 경량충격음의 경우, 시험을 통한 등급과 마감재의 저감량 수준 등급으로 평가가 진행됨

<표 2-15> 바닥충격음 관련 일본 주택성능표시기준(신축 공동주택)

구분	표시사항	적용범위	표시방법	설명사항	설명에 사용되는 내용			
음 환 경 에 관 한 성 능	중량충격음 대책	공동 주택 등	상부층 주택 및 하부층 주택 간의 경계바닥의 각각에 관하여, 다음의 방법에 의해 명시함. 1. 중량충격음 대책등급: 중량충격음 대책 등급이 가장 낮은 방의 경계바닥 및 가장 높은 방의 경계바닥에 대하여, 그 등급(1~5)을 명시함 2. 상층(등가)슬래브 두께(중량충격음: 이하의 상층슬래브두께의 수치가 가장 낮은 방의 경계바닥 및 가장 높은 방의 경계바닥에 대하여, 그 상층슬래브두께를 명시함 a. 27cm이상, b. 20cm이상, c. 15cm이상, d. 11cm이상, e. 그 외 기타	중량충격음 대책 등급	방의 상하층의 경계바닥의 중량충격음을 차단하기 위한 대책의 정도			
				등급 5	특히 우수한 중량충격음 차단성능(Li.r.H-50등급상당 이상)을 확보하기 위해 필요한 대책이 실시되어 있음			
				등급 4	우수한 중량충격음 차단성능(Li.r.H-55등급상당 이상)을 확보하기 위해 필요한 대책이 실시되어 있음			
				등급 3	기본적으로 중량충격음 차단성능 (Li.r.H-60등급상당 이상)을 확보하기 위해 필요한 대책이 실시되어 있음			
				등급 2	약간 낮은 중량충격음 차단성능 (Li.r.H-65등급상당 이상)을 확보하기 위해 필요한 대책이 실시되어 있음			
				등급 1	그 외 기타			
				상층슬래브 두께	방의 상하층의 경계바닥의 중량충격음의 차단 정도를 콘크리트 단판슬래브 두께로 환산한 경우의 두께			
				경량충격음 대책	공동 주택 등	상부층 주택 및 하부층 주택 간의 경계바닥의 각각에 관하여, 다음의 방법에 의해 명시함. 1. 경량충격음 대책등급: 경량충격음 대책 등급이 가장 낮은 방의 경계바닥 및 가장 높은 방의 경계바닥에 대하여, 그 등급(1~5)을 명시함 2. 경량충격음 저감량(바닥마감재 구조): 이하의 경량충격음 저감량의 수치가 가장 낮은 방의 경계바닥 및 가장 높은 방의 경계바닥에 대하여, 그 경량충격음 저감량을 명시함 a. 30dB이상, b. 25dB이상, c. 20dB이상, d. 15dB이상, e. 그 외 기타	경량충격음 대책 등급	방의 상하층의 경계바닥의 경량충격음을 차단하기 위한 대책의 정도
							등급 5	특히 우수한 중량충격음 차단성능(Li.r.L-45등급상당 이상)을 확보하기 위해 필요한 대책이 실시되어 있음
							등급 4	우수한 중량충격음 차단성능(Li.r.L-50등급상당 이상)을 확보하기 위해 필요한 대책이 실시되어 있음
	등급 3	기본적으로 중량충격음 차단성능(Li.r.L-55등급상당 이상)을 확보하기 위해 필요한 대책이 실시되어 있음						
					등급 2	약간 낮은 중량충격음 차단성능(Li.r.L-60등급상당 이상)을 확보하기 위해 필요한 대책이 실시되어 있음		
					등급 1	그 외 기타		
					경량충격음 저감량	방의 상하층의 경계바닥에 대한 경량충격음 저감의 정도		

제3장 모듈러주택 바닥충격음 영향요인

1. 모듈러주택 개요

1.1. 모듈러주택 특징

- 모듈러주택은 주요 구조부의 일부를 공장에서 사전 제작하고, 이를 현장에서 레고블록처럼 조립하여 건축물을 완성하는 방식의 주택을 말함. 이러한 방식은 전통적인 철근콘크리트(RC) 공법에 비해 시공 기간 단축, 품질의 균일성, 현장 공사 최소화 등의 장점이 있음
- 법적으로는 「주택건설기준 등에 관한 규칙」 제13조에 따라 공업화주택의 범주에 포함되며, 이는 주요 구조부의 전부 또는 일부(세대별 주거공간 포함)를 성능 및 생산기준에 따라 맞춤형으로 제작하는 주택을 의미함
- 기관마다 모듈러주택에 대한 정의는 다소 상이하나, 핵심적으로는 구조체 및 마감 일부를 공장에서 제작하고 현장에서 조립한다는 공통된 개념을 공유함
 - 국토교통부: 레고블록 형태의 유닛 구조체에 창호, 외벽체, 전기배선 및 배관, 욕실, 주방기구 등 70 % 이상의 부품을 공장에서 선 조립하는 주택
 - 서울주택도시공사(SH공사): 공장에서 제작된 모듈러 유닛을 현장으로 운반하여 조립하는 주택으로, 구조체 및 각종 설비 부품의 70 % 이상을 공장에서 선조립
- 모듈러주택은 공장 제작과 현장 공사를 병행하여 진행할 수 있는 병렬공정형 시공방식으로, 일반 RC공법에 비해 공사 기간을 약 50~60 % 단축할 수 있음. 또한 공장 제작에 따라 자재의 낭비가 줄어들고, 건설폐기물 발생량 감소 효과가 있음
- 공장 환경에서 균일한 품질관리가 가능하므로 품질 편차가 적고, 현장작업이 최소화되어 소음, 분진, 민원 등 부정적 영향도 줄일 수 있음

<표 3-1> 모듈러주택의 특징점

장점	주요 내용
신속성	- 공장제작과 현장작업 동시 수행을 통한 공사기간 단축 가능
경제성	- 공장 대량생산을 통한 원가절감 가능
친환경성	- 현장시공 간소화로 인한 건설폐기물 저감 가능
고품질	- 표준화된 공장제작으로 인한 우수한 품질의 모듈러주택 생산 가능

1.2. 공법 유형 및 시공 프로세스

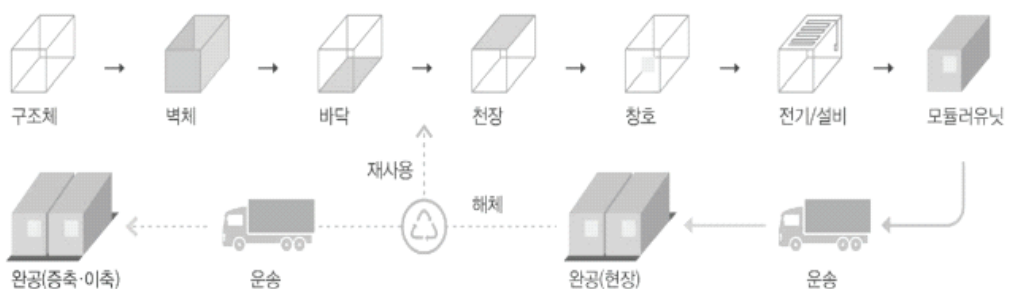
- 모듈러 공법은 ‘공장에서 단위유닛 형태의 모듈을 제작한 후 현장에서 조립하여 건축물을 완성하는 공법’으로 정의되며, 대표적으로 적층식과 인필(INFILL) 공법으로 구분됨
- 적층식 공법은 공장에서 철강재로 박스형태로 구조체를 제작하고 바닥 슬래브, 벽체, 천정, 전기배선 및 내·외부 마감을 제작한 후 현장으로 운송하여 레고블록을 맞추듯 조립하는 공법으로, 크게 보·기둥식과 내력벽식으로 구분할 수 있음
- 인필식 공법은 공장에서 건물 내부 유닛(실, 세대 단위)을 경량 철골로 제작하고, 현장에서는 주요 구조 골조(철골 또는 RC)를 구축하고 그 안에 내부 유닛 모듈을 삽입하는 공법임
- 모듈러주택은 모듈러 유닛의 공장제작과 제작된 유닛의 현장조립으로 건축물을 완성하는 주택으로 전체적인 프로세스는 다음의 그림과 같음



*이미지출처 : 국내 모듈러 공법 기술현황 및 공법(2019), KAIA insight

[그림 3-1] 모듈러 건축 구조 유형

- 모듈러주택의 대표적인 구조형식인 적층식 구조에 대한 시공 프로세스를 확인해 보면, 크게 공장제작 프로세스와 현장시공 프로세스로 구분할 수 있음
- 공장제작 프로세스를 세부적으로 확인해 보면, 철재 부재 가공, 골조 조립, 방청/내화도장, 데크설치 및 콘크리트타설, 내화 석고보드, 벽/천장 설치, 전기/통신 배선, 단열재 설치, 바닥 미장, 욕실공사, 수장공사, 가구설치, 운송/포장의 순으로 시공이 진행됨
- 현장시공 프로세스를 세부적으로 확인해 보면, 토공사 및 기초공사, 앵커볼트 매립, 모듈러 현장반입, 모듈러 설치, 지붕 설치, 외장 마감, 내부 마감(복도/발코니 마감, 입상배관/전기/가스 연결 등)의 순으로 프로세스가 진행됨



*이미지 출처 : 모듈러주택 공정관리 표준화기법 발굴에 관한 연구(2019), 토지주택연구원

[그림 3-2] 모듈러주택 생산 및 시공 프로세스



[그림 3-3] 모듈러주택 공장생산 프로세스



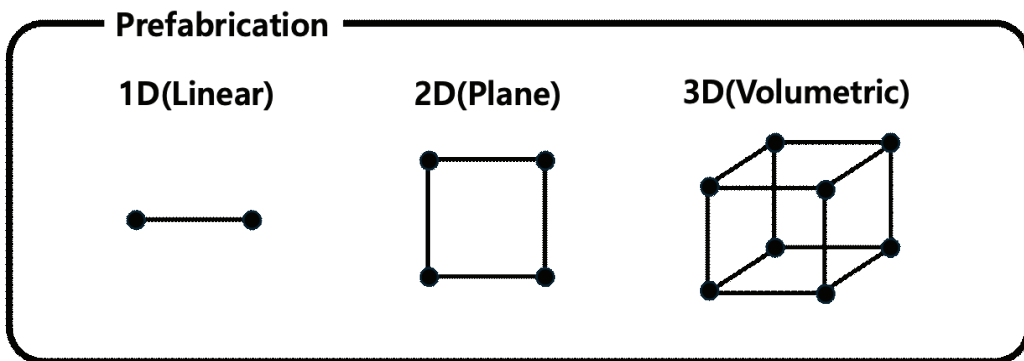
[그림 3-4] 모듈러주택 현장시공 프로세스

2. 구조설계 특성

2.1. 모듈러 건축물 유형별 기술 분류

1) 개요

- 모듈러 건축물은 공장에서 제작하여 현장에서 조립하는 프리패브(Prefabrication) 공법으로 분류됨. 국내에서는 이를 OSC(Off-site Construction) 공법으로 불리며, 공장에서 건축물의 구성요소를 제작하고, 현장에서 전체 또는 반완성 구성품을 조립하여 설치하는 방식임
- 프리패브 공법은 다음과 같이 제작방식에 따라 세 가지 유형으로 구분할 수 있음⁵⁾
 - 1차원 부재 단위 : 공장에서 제작된 보, 기둥 등의 부재를 현장에서 조립하는 방식으로, 조립식 경량철골이 이에 해당됨
 - 2차원 패널라이징(Panelized construction) : 벽체, 천장, 바닥 등을 패널 형태로 제작하여 조립하는 방식
 - 3차원 볼류메트릭(Volumetric) 모듈러 공법 : 박스 형태의 유닛을 공장에서 제작하여 현장에서 조립하는 방식
- 모듈러 건축물은 유닛을 구성하는 재료, 구조형식, 횡력 저항기구 등에 따라 기술적으로 구분할 수 있음



[그림 3-5] 프리패브 공법의 분류

5) 정담이 (2022), 모듈단위 포스트텐션 접합부를 갖는 모듈러 건축물의 내진성능 평가, 박사학위 논문, 아주대학교

2) 구성 재료에 따른 모듈러 건축물 분류

- 모듈러 건축물은 구성 재료에 따라 철골 모듈러, 프리캐스트 콘크리트(PC) 모듈러, 목조 모듈러로 구분할 수 있으며, 각 공법은 구조적 특성, 시공성, 내화성능, 환경영향 등 다양한 측면에서 상이한 특징점을 지님

① 철골 모듈러

- 철골 모듈러는 주요 구조부재인 보와 기둥을 철골 또는 경량 철골로 구성하며, 강재의 특성상 단면 대비 높은 강도를 확보할 수 있는 것이 큰 장점
- 철골 모듈러는 하중 전달 방식에 따라 크게 폐쇄형 모듈(Closed-sided module)과 개방형 모듈(Open-sided module)로 구분됨. 폐쇄형 모듈은 측면에 가새나 패널 등의 구조 부재를 배치하여 횡력 저항 성능을 확보하며, 개방형 모듈은 철골 모멘트 골조 방식으로 보, 기둥, 접합부를 통해 하중을 저항⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾
- 개방형 모듈에서는 각형 강관, C형강 등의 구조 부재가 사용되며, 인접 모듈과의 적층 시 이중 단면이 형성되는 특성이 있음. 시공성과 구조적 안정성을 확보하기 위해 보 플랜지 볼트 체결 또는 기둥 내부 삽입형 장치(Plug-in-device) 등의 접합 기술이 활용됨
- 또한 포스트텐서닝(Post-tensioning) 기법이나 자가 체결장치(Self-locking device)를 통해 모듈 간 결속력을 향상시킬 수 있음. 접합부는 보-보 연결(Beam-to-Beam), 기둥-기둥 연결(Column-to-Column) 방식으로 구분되며, 각기 다른 체결 기법이 적용됨¹²⁾¹³⁾

-
- 6) Hong, S.-G., Cho, B.-H., Chung, K.-S., and Moon, J.-H. (2011) Behavior of Framed Modular Building System with Double Skin Steel Panels, Journal of Constructional Steel Research, Elsevier, Vol.67, No.6, pp.936-946.
- 7) 김보성, 이상섭, 오근영, 신동현 (2024) 철골 모듈러 건축물의 모듈 간 접합부 유형에 따른 지진취약도, 한국강구조학회 논문집 36(5), pp. 289-300.
- 8) Zhai, S.-Y., Lyu, Y.-F., Cao, K., Li, G.-Q., Wang, W.-Y., and Chen, C. (2022) Experimental Study on Bolted-Cover Plate Corner Connections for Column-Supported Modular Steel Buildings, Journal of Constructional Steel Research, Elsevier, Vol.189, 107060.
- 9) Deng, E.-F., Zong, L., Ding, Y., Dai, X.-M., Lou, N., and Chen, Y. (2018) Monotonic and Cyclic Response of Bolted Connections with Welded Cover Plate for Modular Steel Construction, Engineering Structures, Elsevier, Vol.167, pp.407-419.
- 10) Chen, Z., Liu, J., Yu, Y., Zhou, C., and Yan, R. (2017) Experimental Study of an Innovative Modular Steel Building Connection, Journal of Constructional Steel Research, Elsevier, Vol.139, pp.69-82.
- 11) Oh, K., Kim, S.-H., Shin, K.-J., Yoon, B.-I., and Lee, K. (2020) Structural Performance Evaluation of Modular Connection Using Specially Fabricated Blocks, Journal of Korean Society of Steel Construction, KSSC, Vol.32, No.4, pp.257-267 (in Korean).

- 접합부의 구조적 성능은 강성과 강도 기준으로 평가되며, 강성 기준으로는 강접합(Rigid), 부분 강접합(Semi-Rigid), 핀 접합(Pinned)이, 강도 기준으로는 전강도 접합(Fully Strength), 부분 강도 접합(Partially Strength), 단순 접합(Simple)이 있음
- 철골 모듈러는 고강도, 내구성, 가공성 등에서 우수한 성능을 제공하지만, 콘크리트 기반 모듈러 대비 내화성능 확보를 위한 별도의 상세 설계가 필요하다는 점이 한계로 지적됨

② PC 모듈러

- PC(Precast Concrete) 모듈러는 공장에서 미리 제작된 콘크리트 부재를 현장에서 조립하는 방식으로, 철골이나 목조 모듈러 대비 뛰어난 구조적 안정성과 내화성능을 갖춘 공업화 건축기술. 주요 구조 부재인 바닥, 벽체, 지붕 등을 공장에서 타설·양생한 후 운반 및 조립함으로써 품질 편차를 줄이고 고정밀 구조체 확보 가능
- PC 모듈러의 가장 큰 강점은 고강도 구조 성능. 고강도 콘크리트를 활용해 압축강도를 확보하고, 정밀 접합을 통해 구조 일체성과 강성이 뛰어나 내진성과 진동 저감 성능 확보에 유리. 또한 우수한 내화성능으로 인해 별도의 내화 보강 없이도 장시간 구조 안전성을 유지할 수 있음
- 내구성 측면에서도 염해나 부식 저항성이 높고, 온습도 변화에 따른 성능 저하가 적어 유지관리 비용이 적은 장점이 있음. 공장 제작을 통한 균일한 표면 마감 품질 확보도 용이함
- 시공 기간 단축 면에서도 RC공법 대비 약 30~50 %의 공기 단축이 가능하며, 현장 작업이 감소함에 따라 건설폐기물, 소음, 분진 등의 환경영향 저감에도 기여함
- 다만 철골 모듈러에 비해 부재 중량이 크므로 양중 장비 확보 및 시공계획 수립에 있어 제약이 발생할 수 있음

③ 목조 모듈러

- 목조 모듈러는 목재를 주요 구조 재료로 사용하는 프리패브 방식의 건축 공법으로, 경량성, 단열성, 시공 편의성 등에서 강점을 보임. 저층 주택이나 소형 건축물에 적합하며, 최근 친환경 및 에너지 절약형 건축 수요 증가에 따라 국내외에서 활용이 확대되고 있음

-
- 12) Jung, D.-I., Cho, B.H., Lee, D.Y., Lee, J.S., and Jung, C.W. (2021) Experimental Evaluation on Seismic Performance of Exterior Connection in Modular Building System with Steel Strand, Journal of Korean Society of Steel Construction, KSSC, Vol.33, No.5, pp.315-326 (in Korean).
- 13) Jung, D.-I., Cho, B.H., Lee, J.S., Lee, D.Y., and Lee, K.W. (2022) Experimental Evaluation on Seismic Performance of Exterior Connection in Modular Building System with AJ Connector, Journal of Korean Society of Steel Construction, KSSC, Vol.34, No.1, pp.13-24 (in Korean).

- 목조 모듈러의 핵심 장점은 자중이 가볍고 구조 효율성이 높다는 점. 철근콘크리트나 철골에 비해 밀도가 낮아 구조물 전체 하중을 줄일 수 있고, 이에 따라 기초공사 부담이 낮아 비용과 공기를 절감할 수 있음
- 또한 목재는 열전도율이 낮고 기공 구조를 가져 내부 열 보존 성능이 뛰어나며, 쾌적한 실내 환경과 에너지 효율 향상에 기여함
- 시공 공정 또한 단순하며, 자동화 공정을 통해 공장 내 90~95 % 이상 제작이 가능하여 현장에서는 최소한의 조립만으로 시공이 완료됨. 이로 인해 공기 단축 효과와 환경 부담 저감 효과가 큼
- 목재는 재생 가능하고 탄소 흡수 능력이 뛰어난 자재로, 탄소중립 시대의 대표 건축 재료로 부각되고 있으며, 해체 후 재사용 가능성도 높음
- 하지만 상대적으로 내화성과 방재 성능, 구조 강성 측면에서 한계가 존재하며, 이를 극복하기 위해 방화 상세 설계, 접합부 보강, 구조 해석 기술 고도화가 병행되어야 됨

3) 구조형식에 따른 모듈러 건축물 분류

- 국내에서 일반적으로 사용되는 모듈러 건축공법은 볼류메트릭(Volumetric) 방식임. 이 방식은 공장에서 구조체, 단열재, 내장재 및 외장재가 모두 부착된 상태로 모듈을 제작한 후, 이를 현장으로 운송하여 조립하는 시스템임. 이러한 모듈러 건축물은 하중 지지 방식에 따라 프레임식 모듈, 내력벽식 모듈, 비구조 모듈로 분류할 수 있음

① 프레임식 모듈(Frame-Type Modular)

- 프레임식 모듈은 라멘구조와 유사한 구조형식으로, 보와 기둥을 통해 수직하중을 전달하는 구조 시스템을 갖음. 이 방식에서 벽체는 비내력벽으로 구성되며, 주된 하중은 기둥을 통해 지지됨. 이러한 구조는 해외에서 ‘코너 지지 모듈(Corner Support Module)’이라는 명칭으로도 알려져 있음
- 프레임식 모듈의 가장 큰 장점은 벽체의 구조적 제약이 적기 때문에 대공간 확보가 가능하며, 설계의 자유도가 높다는 점. 구조체는 보통 직육면체 형태의 3차원 볼류메트릭 유닛으로 구성되며, 공장에서 완전히 제작된 후 현장으로 이송되어 설치됨. 단, 국내 도로교통법상 운송 가능한 모듈의 크기는 폭 3.5 m, 높이 4.5 m, 길이 19 m로 제한되며, 이를 초과하는 경우에는 별도의 행정 심사를 거쳐야 한다는 제약이 있음

② 내력벽식 모듈(Load-Bearing Modular)

- 내력벽식 모듈은 주요 구조부재인 내력벽을 통해 수직하중을 전달하는 방식. 일반적으로 철재 스터드(Stud)나 파이프를 300~600 mm 간격으로 배치하여 네 면의 벽체를 구성하며, 벽체와 기둥이 함께 하중을 분산 지지함으로써 기둥 단면을 줄일 수 있는 구조적 이점을 제공함
- 이 방식은 2차원 패널라이징(Panelizing) 방식에 가까운 구조이며, 사전에 제작된 부재를 전개도 형태로 조립하는 방식으로 시공됨. 볼류메트릭 방식의 3D 유닛에 비해 현장 시공량은 다소 많지만, 설계 유연성이 높아 다양한 형태의 건축물에 대응할 수 있음

③ 비구조 모듈(Non-Structural Modular)

- 비구조 모듈은 자체적으로 하중을 지지하지 않고, 별도로 시공된 구조체가 하중을 분담하는 구조 형식. 대표적인 사례로는 ‘인필(In-Fill)’ 공법이 있으며, 이는 공장에서 규격화된 유닛 모듈을 제작한 후, 이를 현장에서 구축된 구조체 내부에 삽입하여 건축물을 완성하는 방식
- 이 방식에서 삽입되는 유닛 모듈은 건축물의 구조 안정성에 영향을 미치지 않으며, 자립형 구조를 갖춘 채로 기계, 전기, 배관 등과 같은 설비 기능을 모듈화하여 건물에 통합됨. 비구조 모듈은 공장 제작에 따른 품질 확보와 공사기간 단축의 장점을 가지며, 골조 시공이 별도로 이루어지기 때문에 프로젝트의 주요 공정(Critical Path)에 미치는 영향이 적고, 고층화 건축에 특히 유리한 공법으로 평가됨

4) 횡력 저항 기구에 따른 모듈러 건축물 분류

- 모듈러 건축물은 일반적인 철근콘크리트 건축물에 비해 구조 부재인 보와 기둥의 단면이 작으며, 이러한 구조적 특성으로 인해 횡력 저항 성능이 상대적으로 낮게 나타날 수 있음. 따라서 모듈러 건축물에서는 적절한 횡력 저항 시스템을 도입하여 내풍 및 내진성능을 확보하는 것이 중요함

① 자체 횡력 저항구조

- 모듈러 유닛 내부에 자체적인 횡력 저항 구조를 설치함으로써 구조 안정성을 확보할 수 있으며, 주요 적용 방식은 다음과 같음
 - 모멘트 저항 골조 : 보와 기둥을 강접합 또는 반강접합하여 구성하며, 휨강성과 휨강도가 횡력에 저항하는 주요 요소가 됨. 일반적으로 모듈 코너에 기둥이 배치되고, 바닥과 천장에 테두리 보를 연결하여 모듈을 구성함. 보의 경간이 큰 경우에는 중간 셋기둥이나 가새를 추가하여 보강함
 - 시트 강판 전단벽 : 얇은 강판을 모듈 네 모서리에 볼트로 접합하여 다이어프램 거동을 유도하고,

횡하중을 상하부 테두리 보로 전달. 보다 강한 구조가 요구되는 경우, 두꺼운 강판을 적용하거나 강판과 테두리보를 용접 접합하여 성능을 향상시킴

- 가새 시스템: 횡강성을 확보하기 위한 방식으로, 모듈 측벽에 적용됨. 인장만을 지지하는 스트랩 가새와 인장/압축 모두에 저항하는 각형 강관형 가새가 있으며, 각각 모듈 구조 및 마감재와의 간섭 여부에 따라 적용됨

② 외부 횡력 저항구조

- 모듈러 유닛만으로는 중고층 건물에 요구되는 횡력 저항을 만족시키기 어려운 경우가 많기 때문에, 다음과 같은 외부 구조 시스템이 보완적으로 도입됨
 - 메가 브레이스(Mega Brace) : 구조 전체 또는 코어 부근에 대형 가새를 설치하여 모듈러 유닛의 횡력 부담을 감소시키는 방식. 풍하중 및 지진하중이 큰 구조물에서 적용이 용이함
 - 철근콘크리트 또는 철골 코어: 구조물 중심부에 고강도 코어 시스템을 설치하여 횡하중을 집중 저항하도록 하는 방식. 일반적으로 계단실, 승강기실 등의 기능을 겸하며, 프리캐스트 콘크리트 또는 현장 타설 콘크리트로 구성됨

5) 소결

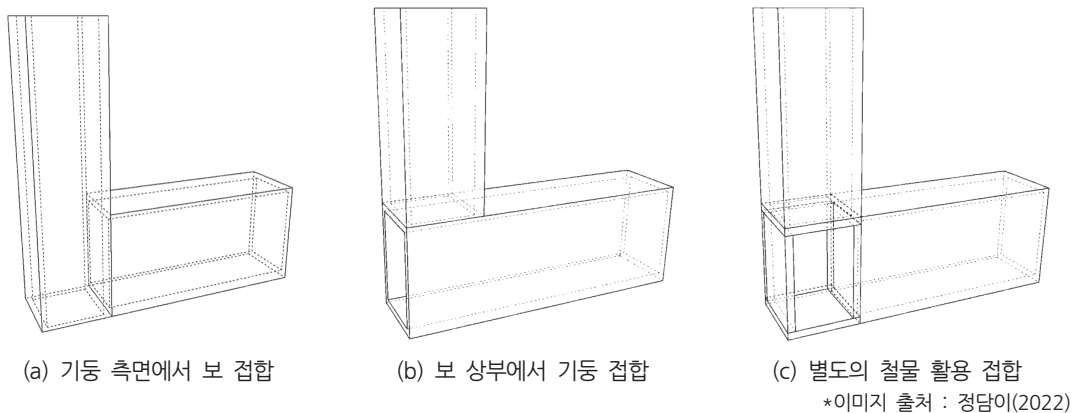
- 모듈러 건축물은 공장에서 사전 제작된 부재나 유닛을 현장에서 조립하는 프리패브(Prefabrication) 또는 OSC(Off-site Construction) 공법에 속하며, 제작 방식에 따라 1차원 부재형, 2차원 패널형, 3차원 볼류메트릭 모듈형으로 구분됨
- 이러한 모듈러 건축물은 구성 재료, 구조 형식, 횡력 저항 방식에 따라 기술적으로 분류되며 각 방식은 고유의 특성과 장단점을 가짐<표 3-2 참조>

<표 3-2> 모듈러 건축물의 유형별 분류

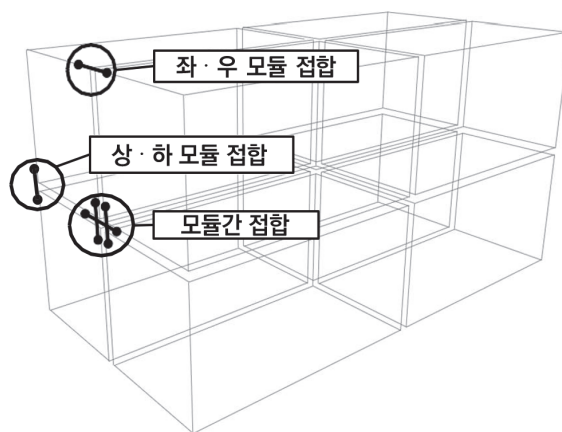
분류 기준	유형	주요특징
제작 방식	1D(부재 단위), 2D(패널라이징), 3D(볼류메트릭)	제작 방식에 따른 구분
구성 재료	철골, PC, 목조	재료별 시공성, 내화성, 경량성 등의 차이 존재
구조 형식	프레임식, 내력벽식, 비구조(인필식)	하중 지지방식 및 벽체의 구조적 역할에 따른 구분
횡력 저항 방식	자체 저항형(모멘트 골조, 전단벽, 가새), 외부 보강형(메가브레이스, 콘크리트코어)	횡하중 저항 방식에 따라 내부 또는 외부 시스템 적용

2.2. 모듈러 건축물 접합부 유형

- 모듈러 건축물은 시공 특성상 접합 상세가 구조시스템 구성에 있어 중요하며, 접합 단위, 유닛 모듈 간 접합 방향, 접합부의 위치, 접합 작업 위치, 접합 부재, 접합축의 방향에 따라 접합 상세는 분류될 수 있음
- 일반적인 철골 구조물에서의 접합부와 모듈러 건축물에서 부재 간 접합은 보와 기둥이 연결되는 방식에 따라 구분됨
- 기둥의 측면에서 보가 접합되는 상세는 가장 일반적으로 적용되는 부재 간 접합 상세이며, 보 상부에 기둥 접합을 하는 경우는 상부 및 하부 유닛 모듈이 접합된 후 상부의 수직하중이 보를 통해 하부 보 및 기둥으로 전달되므로 수직하중 저항에 적합하지 않을 수 있음
- 보와 기둥을 접합할 수 있는 별도의 철물을 활용하는 상세의 경우에는 해당 철물이 모듈 간 접합에도 활용될 수 있다는 장점이 있으나, 작업 공간 확보를 위해 전면부 또는 측면부가 개방되어 기둥 대비 수직하중에 대한 저항 단면이 감소할 수도 있음
- 모듈러 건축물에서 모듈 간 접합부는 수직하중과 수평하중의 전달에 있어 중요한 역할을 수행하며, [그림 3-6]에서는 모듈 간 접합부의 유형을 나타냄. 모듈 간 접합은 상·하 모듈 접합과 좌·우 모듈 접합으로 구분되며 상·하 모듈과 좌·우 모듈을 동시에 접합하는 것이 일반적임
- 모듈 간 접합부는 접합부 구성에 따라 [그림 3-7]에서와 같이 외부 접합부, 개방형 내부 접합부, 폐쇄형 내부 접합부의 3가지 유형으로 분류할 수 있음. 외부 접합부는 유닛 모듈을 적층할 때 외부에서 확인할 수 있는 최외곽 접합부를 의미함. 개방형 내부 접합부는 좌·우 모듈 2개와 상·하 모듈 2개의 총 4개 모듈이 적층할 때 형성되며, 모듈의 내부에 위치하지만 외부에서 접근이 가능한 유형. 폐쇄형 내부 접합부는 총 8개의 모듈이 적층 될 때 형성되는 경우로 모듈 내부에 위치하며, 외부에서 접근이 어려우므로 실내 또는 모듈의 상부에서만 시공 가능[그림 3-8 참조]
- 모듈러 건축물 모듈 간 접합부 구성 방식에 따라 시공 시 작업 위치가 달라지며 실외 접합, 실내 접합, 모듈 상부 접합으로 구분할 수 있음. 실외 접합은 외부 접합부, 개방형 내부 접합부와 같이 모듈의 외부에서 접근이 가능한 경우 수행되며, 모듈러 건축물의 높이가 높아지게 되면 작업자의 안전을 위해 가설 장치가 필요함[그림 3-9 참조]
- 모듈러 건축물은 현장조립 방식 및 시공 상세를 고려할 때 모멘트 접합 유형으로 접합부를 구성하는 것이 다수이며 접합 상세는 수평 부재인 보 부재를 활용하여 모듈 간 접합부를 형성하는 보 연결형 모듈 간 접합부와 수직부재인 기둥 부재를 활용하여 모듈 간 접합부를 형성하는 기둥 연결형 모듈 간 접합부로 구성됨

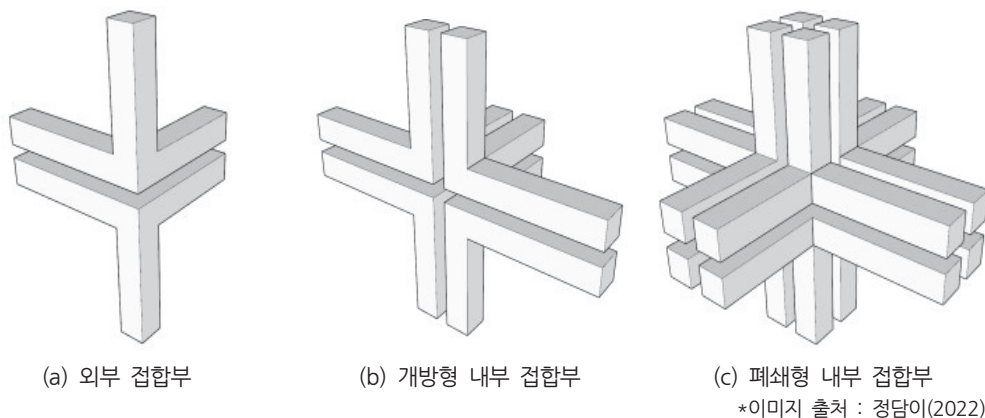


[그림 3-6] 모듈러 건축물 부재 간 결합 유형

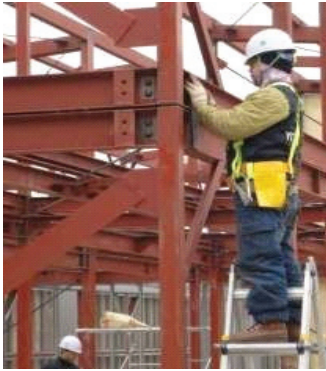


*이미지 출처 : 정담이(2022)

[그림 3-7] 모듈러 건축물 모듈 간 결합 유형



[그림 3-8] 모듈러 건축물 모듈 간 결합부 구성



(a) 실외 접합



(b) 실내 접합



(c) 모듈 상부 접합

*이미지 출처 : 정담이(2022)

[그림 3-9] 모듈러 건축물 시공 시 접합 위치에 따른 분류

3. 평면설계 특성

3.1. LH 표준평면

- LH에서는 2020년, 다양한 수요 계층과 주택 평형 등을 고려하여 4개 평면 타입의 모듈러주택에 대한 표준평면을 개발함¹⁴⁾
- 단위 유닛은 운송한계를 고려하여 폭 3.3 m, 길이 12 m로 계획하였으며, 1모듈(16, 22 타입) 설계와 2모듈(35, 48 타입) 설계로 구분하여 표준평면을 설계함
- 이러한 평면은 주거 성능 확보뿐 아니라, 바닥충격을 차단성능의 사전인정을 위한 설계조건(거실의 바닥면적 : 20 m² 미만과 20 m² 이상 각각 2곳, 장단변비 : 1:1.5)을 충족하는지 여부도 중요한 고려사항임
- <표 3-3>은 LH 표준평면에 대한 바닥충격음 차단구조 인정을 위한 측정조건에 따른 설계특성 분석결과를 보여줌
 - 거실부 측정 바닥면적 : 확장(10.2~15.2 m²)과 비확장(5.4~10.9 m²) 평면에서 모두 20 m² 미만의 조건에만 해당하여 표준시험실 조건 불충족
 - 장단변비 : 확장(1:0.88~1.63)과 비확장(1:0.47~1.17) 평면에서 대부분 1:1.5 이하의 기준을 충족

<표 3-3> LH 모듈러주택 표준모델 유형

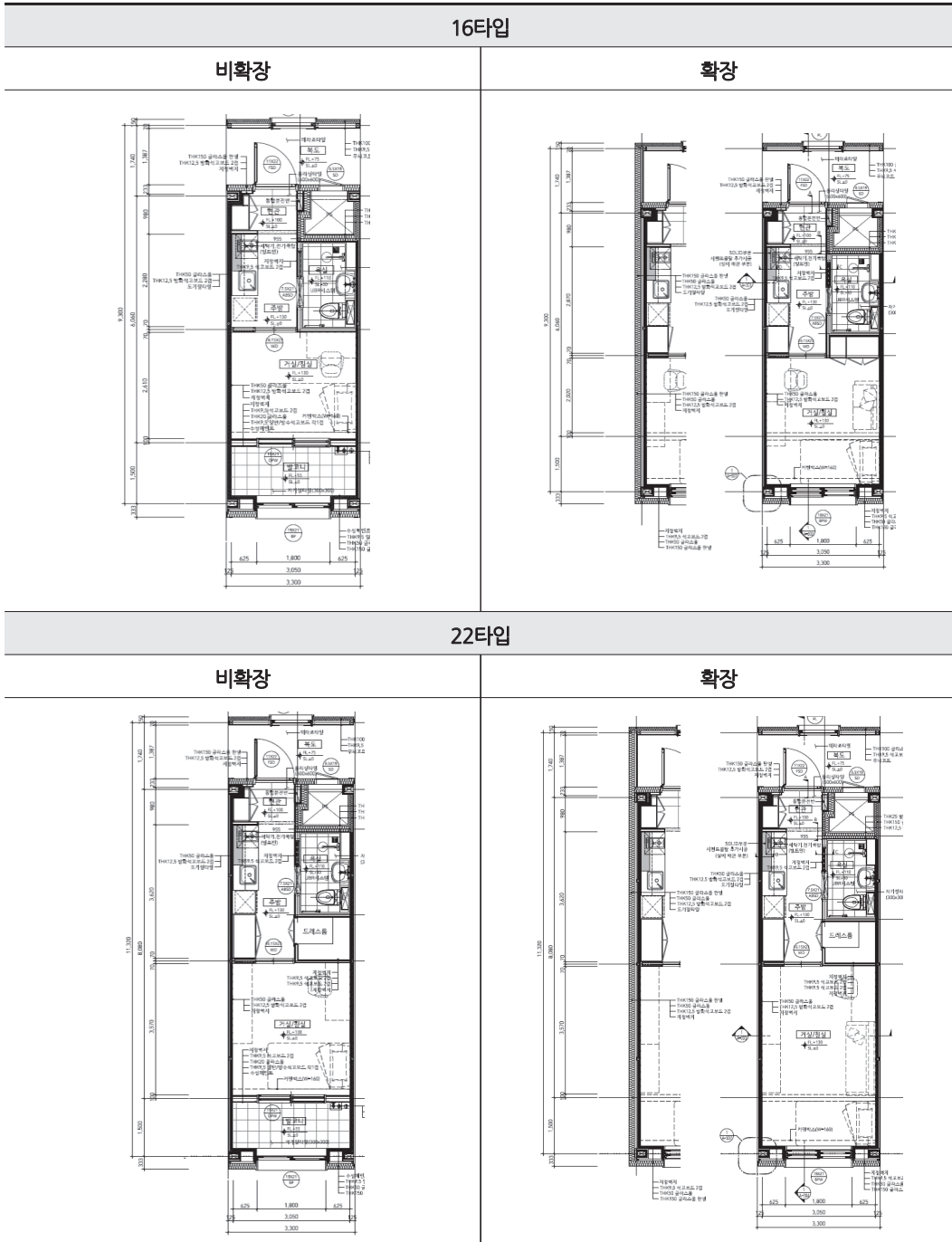
구분	베이(Bay)	침실수	욕실수	수요 계층	기본형	발코니 확장형
16형	1	1	1	대학생	○	○
22형	1	1	1	사회초년생, 신혼부부	○	○
35형	2	1	1	신혼부부 (수납강화)	○	○
48형	2	2	1	가족형	○	○

<표 3-4> 바닥충격음 차단구조 인정을 위한 측정조건에 따른 설계특성 분석(LH 표준평면)

구 분	16형		22형		35형		48형	
	확장	비확장	확장	비확장	확장	비확장	확장	비확장
가로(mm)	3,050	3,050	3,050	3,050	3,300	3,300	3,400	3,400
세로(mm)	3,420	2,610	4,970	3,570	3,800	2,400	3,000	1,600
높이(mm)	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300
바닥면적(m ²)	10.4	8.0	15.2	10.9	12.5	7.9	10.2	5.4
부피(m ³)	24.0	18.3	34.7	25.0	28.8	18.2	23.5	12.5
장단변비(가로:세로)	1:1.12	1:0.86	1:1.63	1:1.17	1:1.15	1:0.73	1:0.88	1:0.47

14) LH (2020) 모듈러주택 표준모델 설계용역

<표 3-5> LH 모듈러 표준 평면도(16, 22 타입)



<표 3-6> LH 모듈러 표준 평면도(35, 48 타입)



3.2. LH 준공 현장

1) 천안두정

- LH 천안두정 현장은 40호로 구성된 행복주택으로서 2019년 6월 준공되었으며, 적층식과 인필식이 코어를 중심으로 좌우로 결합된 방식으로 구조 설계됨
- 적층식 평면 1개 타입, 인필식 평면 3개 타입이 공급되었으며, <표 3-7>은 LH 천안두정 현장에 대한 바닥충격음 차단구조 인정을 위한 측정조건에 따른 설계특성 분석결과를 보여줌
 - 거실부 측정 바닥면적 : 약 8.7~9.0 m² 으로서 20 m² 미만의 조건에만 해당
 - 장단변비 : 1:0.97~1로서 인정 측정조건 충족

<표 3-7> 바닥충격음 차단구조 인정을 위한 측정조건에 따른 설계특성 분석(LH 천안두정)

구 분	적층식	인필식		
	16A타입	16B타입	26A타입	26B타입
	비확장	비확장	비확장	비확장
가로(mm)	3,000	3,000	3,000	3,000
세로(mm)	3,000	3,000	2,900	2,900
높이(mm)	2,650	2,300	2,300	2,300
바닥면적(m ²)	9.0	9.0	8.7	8.7
부피(m ³)	23.9	20.7	20.1	20.1
장단변비 (가로:세로)	1:1	1:1	1:0.97	1:0.97

<표 3-8> LH 천안두정 평면도

16A형(비확장/적층식)	16B형(비확장/인필식)
26A형(비확장/인필식)	26B형(비확장/인필식)

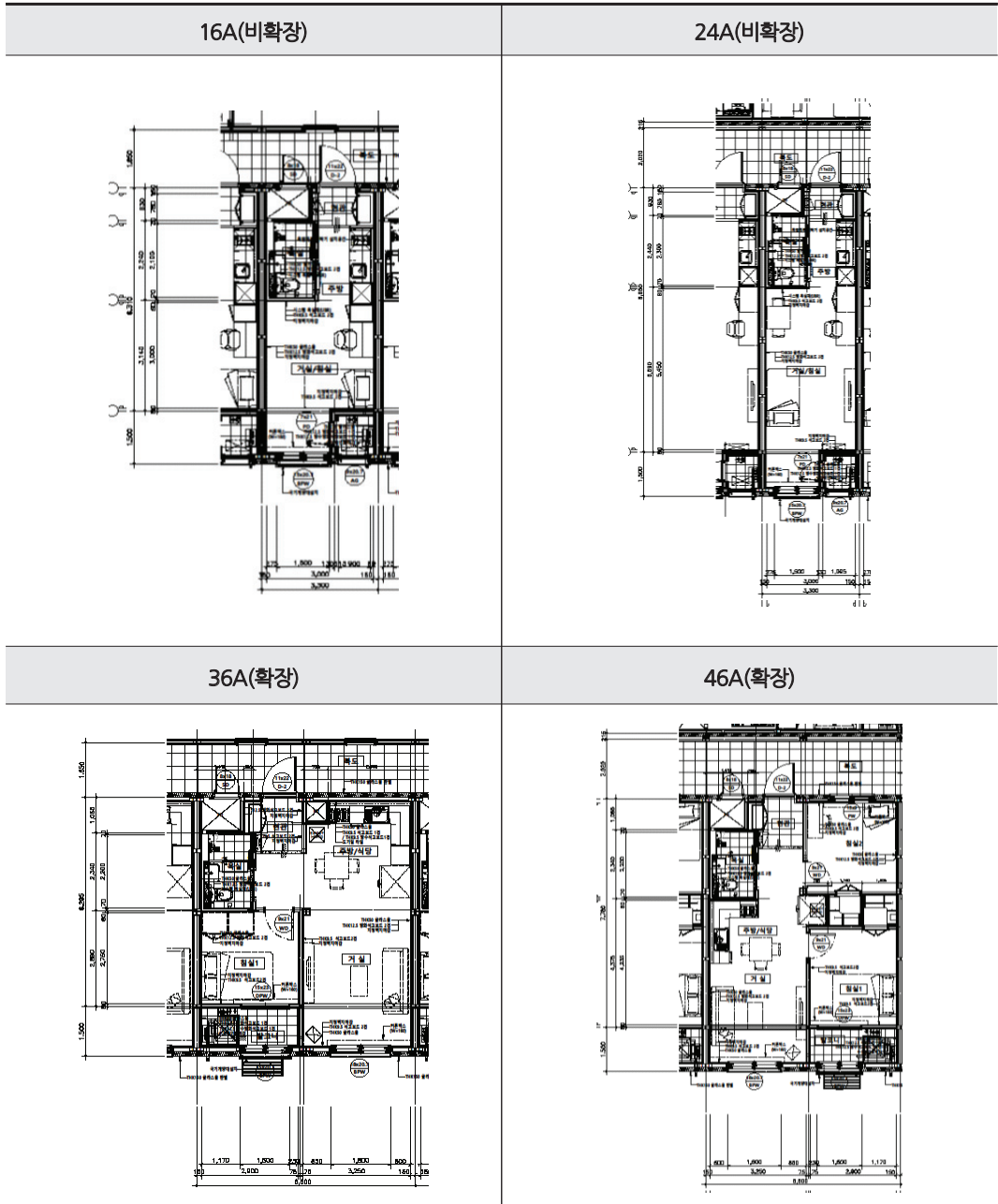
2) 인천 강화신문

- LH 인천 강화신문 현장은 3개동 총 130세대로 구성되었으며, 영구임대, 국민임대, 행복주택이 혼합된 공동주택으로서 2025년 2월에 준공됨
- 적층식 라멘구조 철골 모듈러로 건축되었으며, 5개 타입(16A, 24A, 24B, 36A, 46A)의 발코니 비확장과 확장 평면이 공급됨
 - 거실부 측정 바닥면적 : 약 6.8~16.4 m² 으로서 20 m² 미만의 조건에만 해당
 - 장단변비 : 1:0.65~1.81로서 24A 타입을 제외하고 바닥충격을 인정을 위한 측정조건을 충족하는 것으로 분석됨

<표 3-9> 바닥충격을 차단구조 인정을 위한 측정조건에 따른 설계특성 분석(LH 강화신문)

구 분	16A타입	24A, B타입	36A타입	46A타입
	비확장	비확장	확장	확장
가로(mm)	3,000	3,000	3,250	3,250
세로(mm)	3,000	5,450	2,750	2,100
높이(mm)	2,300	2,300	2,300	2,300
바닥면적(m ²)	9.0	16.4	8.1	6.8
부피(m ³)	23.9	37.6	18.7	15.7
장단변비 (가로:세로)	1:1	1:1.81	1:0.85	1:0.65

<표 3-10> LH 인천 강화신문 평면도



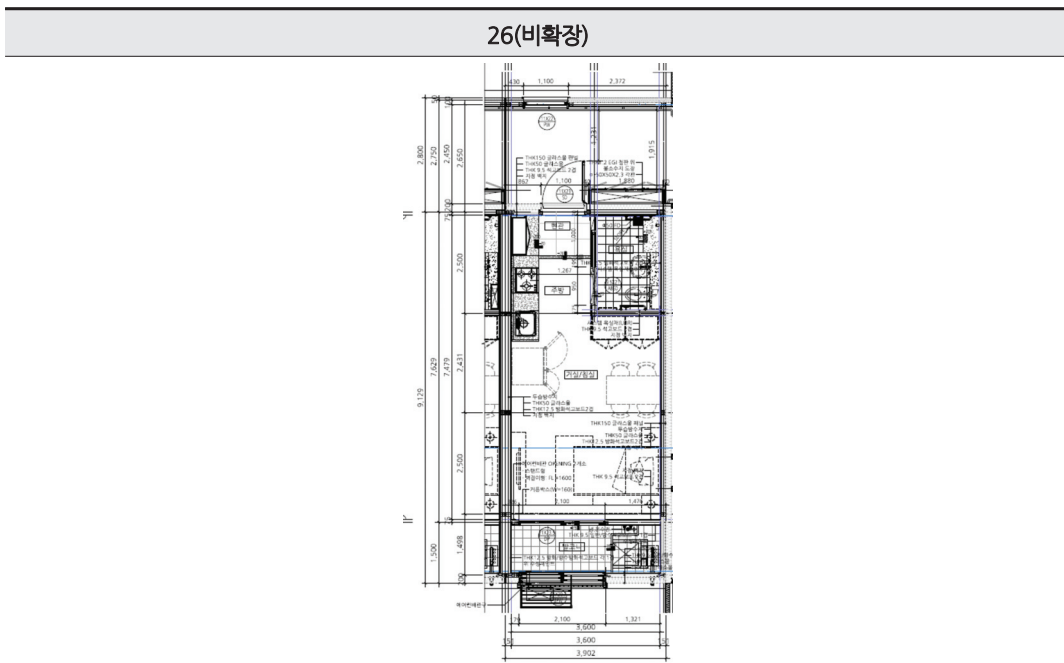
3) 웅진백령(공공실버)

- LH 웅진 백령 공공실버주택은 총 72호 규모로 공급되었으며, 2020년 7월 준공됨
- 거실부 측정 바닥면적 : 약 15.8 m² 으로서 20 m² 미만의 조건에만 해당
- 장단변비 : 1:1.28로서 바닥충격음 인정을 위한 측정조건을 충족하는 것으로 분석됨

<표 3-11> 바닥충격음 차단구조 인정을 위한 측정조건에 따른 설계특성 분석(웅진백령 공공실버)

구 분	26타입
	비확장
가로(mm)	3,600
세로(mm)	4,384
높이(mm)	2,300
바닥면적(m ²)	15.8
부피(m ³)	38.09
장단변비(가로:세로)	1:1.28

<표 3-12> LH 웅진백령(공공실버) 평면도



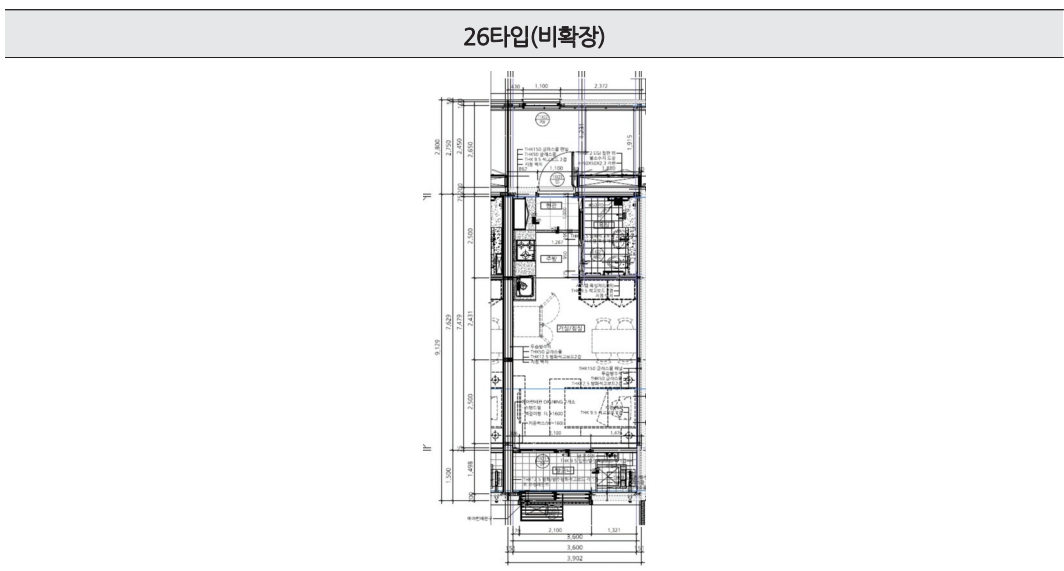
4) 웅진백령(마을정비)

- LH 웅진백령 마을정비형 주택은 총 80호 규모로 공급되었으며, 2020년 7월 준공됨
- 총 5개 타입의 평면(26A, 26B, 26C, 33, 43 타입)이 공급되었으며, 발코니 확장과 비확장 유형으로 계획됨
 - 거실부 측정 바닥면적 : 약 10.2~16.6 m² 으로서 20 m² 미만의 조건에만 해당
 - 장단변비 : 1:1.21~1.78로서 33타입(확장), 43타입(확장)에서 바닥충격을 인정을 위한 측정조건을 불충족하는 것으로 분석됨

<표 3-13> 바닥충격을 차단구조 인정을 위한 측정조건에 따른 설계특성 분석(웅진백령 마을정비)

구 분	26타입	33타입		43타입	
	비확장	확장	비확장	확장	비확장
가로(mm)	3,600	2,900	2,900	2,900	2,900
세로(mm)	4,600	5,150	3,500	4,900	3,622
높이(mm)	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300
바닥면적(m ²)	16.6	15.0	10.2	14.2	10.5
부피(m ³)	38.1	34.4	23.4	32.7	24.7
장단변비 (가로:세로)	1:1.28	1:1.78	1:1.21	1:1.69	1:1.25

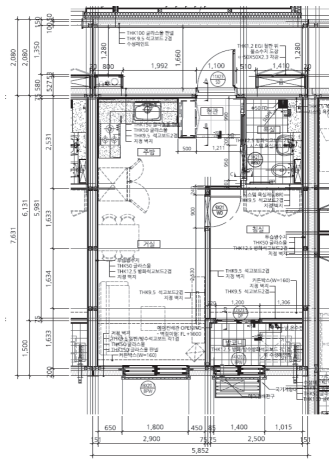
<표 3-14> LH 웅진백령(마을정비) 평면도 (26타입)



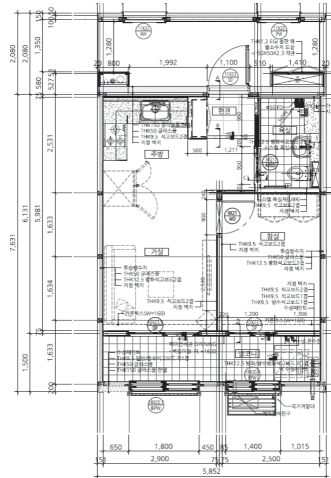
<표 3-15> LH 웅진백령(마을정비) 평면도 (33, 43 타입)

33타입

확장

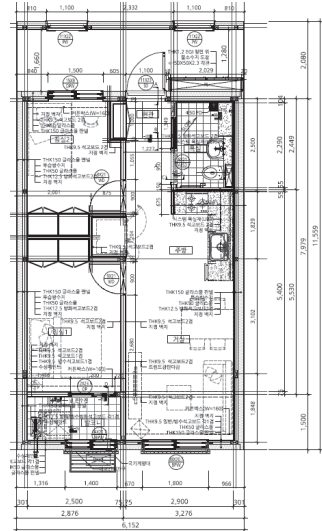


비확장

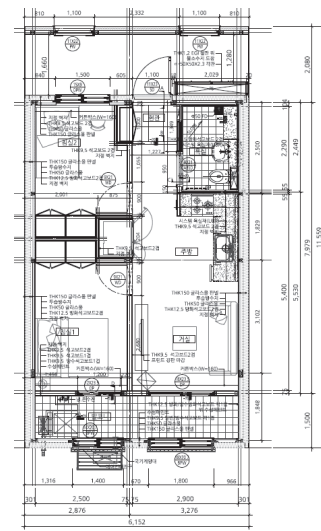


43타입

확장



비확장



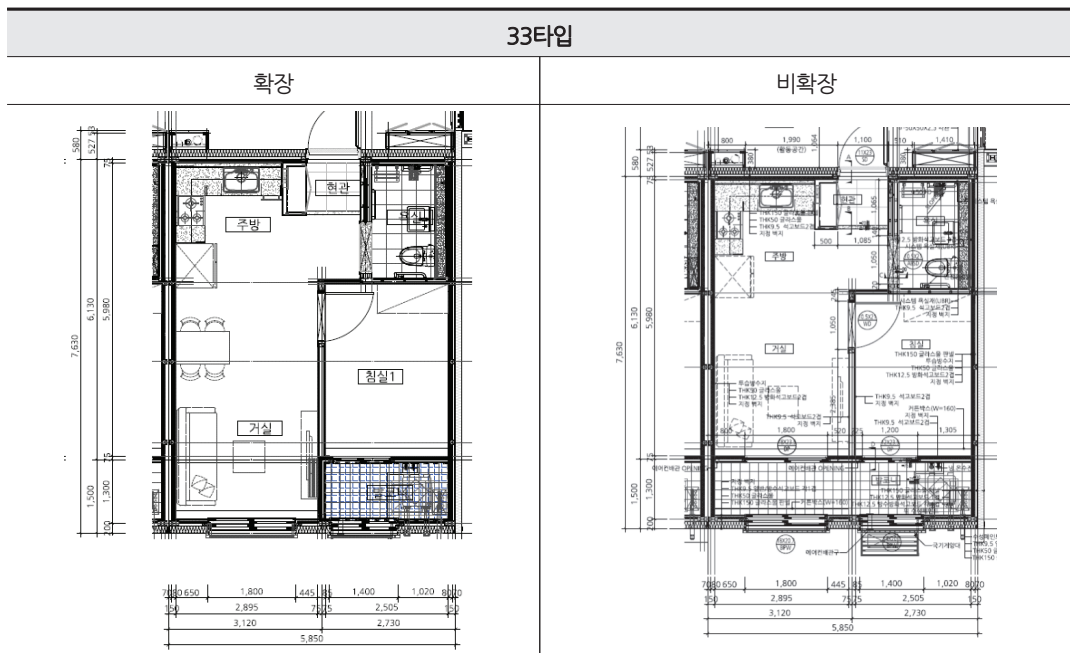
5) 세종 사랑의집

- LH 세종 사랑의집은 2020년 7월 준공된 현장으로서 2층 규모 총 26세대가 공급된 적층식 라멘구조 철골 모듈러주택으로 건축됨
- 공급 평면은 33타입으로서 확장형과 비확장으로 설계되었으며, 2개의 모듈이 결합된 형태를 가짐
 - 거실부 측정 바닥면적 : 약 10.5~14.5 m² 으로서 20 m² 미만의 조건에만 해당
 - 장단변비 : 1:1.25~1.73 으로서 33타입(확장) 평면에 대해 바닥충격을 인정을 위한 측정조건을 불충족하는 것으로 분석됨

<표 3-16> 바닥충격을 차단구조 인정을 위한 측정조건에 따른 설계특성 분석(세종 사랑의집)

구 분	33타입	
	확장	비확장
가로(mm)	2,895	2,895
세로(mm)	5,005	3,630
높이(mm)	2,300	2,300
바닥면적(m ²)	14.5	10.5
부피(m ³)	33.3	24.2
장단변비(가로:세로)	1:1.73	1:1.25

<표 3-17> LH 세종 사랑의집 평면도



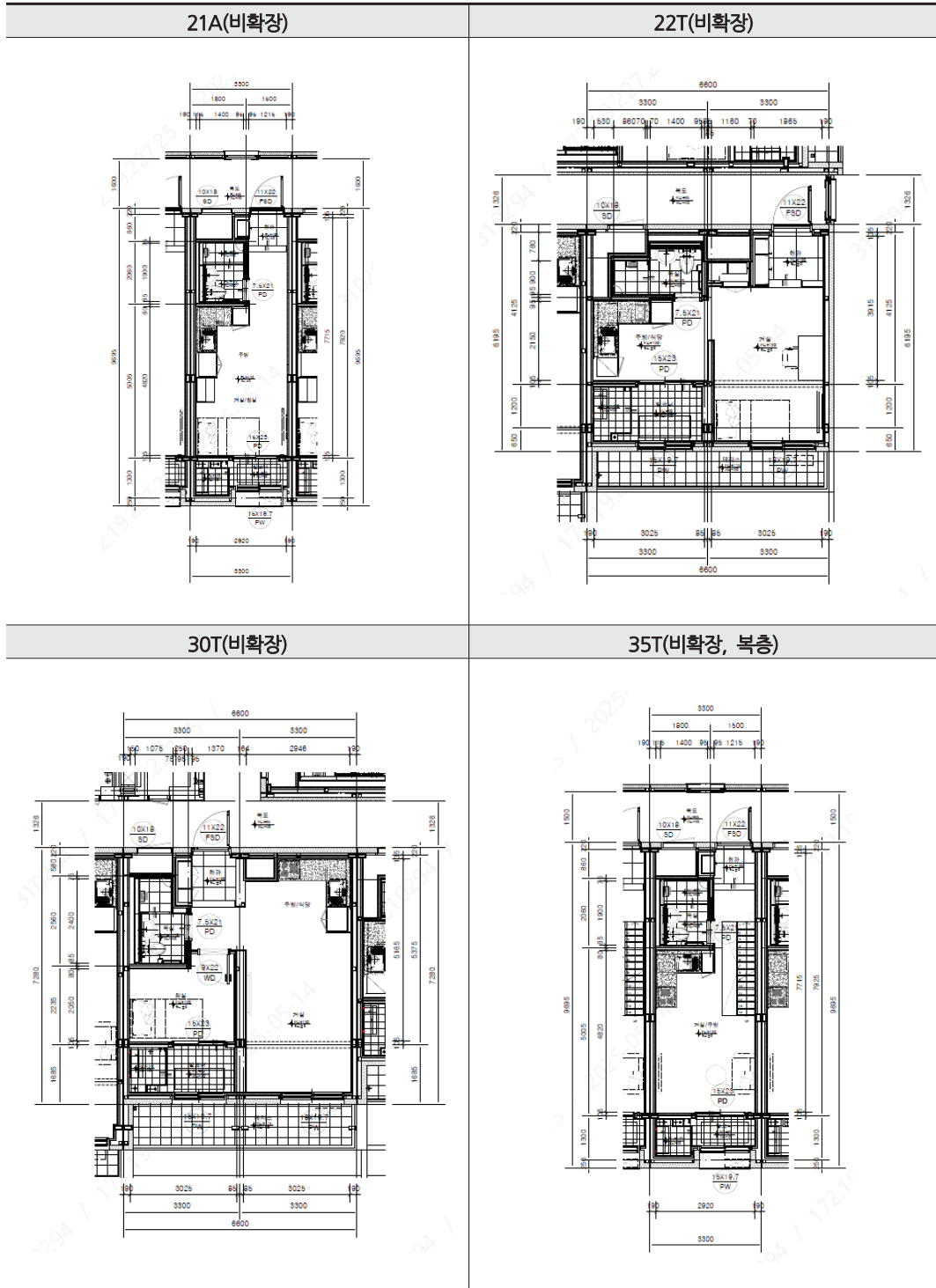
6) 세종 UR1, UR2

- LH 세종 UR 1, UR2는 지상 7층으로 지어지는 라멘구조 철골 모듈러 공동주택으로서 총 416세대(UR 1 : 200 세대, UR 2 : 216 세대) 규모로 공급되며, 2024년 12월 준공됨
- 공급 평면은 21, 22, 24, 30, 35, 37, 38, 44, 45 타입으로 다양하며 발코니 확장형과 비확장장형을 포함하여 복층형, 테라스형 등으로 평면이 구성됨
 - 거실부 측정 바닥면적 : 약 6.3~14.5 m² 으로서 모든 평면에서 20 m² 미만의 조건에만 해당하는 것으로 분석됨
 - 장단변비 : 1:0.74~1.63으로서 일부 평면에 대해 바닥충격을 인정을 위한 측정조건을 불충족하는 것으로 분석됨

<표 3-18> 바닥충격을 차단구조 인정을 위한 측정조건에 따른 설계특성 분석(세종 UR 1, UR2)

구 분	21타입	22타입	24A타입	30타입	35타입	37A1타입
	비확장	비확장	비확장	비확장	비확장(복층)	확장
가로(mm)	2,920	3,025	2,920	3,025	2,920	2,975
세로(mm)	2,160	4,250	3,440	4,046	2,900	4,112
높이(mm)	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300
바닥면적(m ²)	6.3	12.9	10.0	12.2	8.5	12.2
부피(m ³)	14.5	29.7	23.0	28.1	19.6	28.1
장단변비 (가로:세로)	0.74	1.40	1.18	1.34	0.99	1.38
구 분	37A2	37T	38T	44A	45A	
	확장	확장	확장	비확장	비확장	
가로(mm)	2,975	2,975	2,975	2,975	2,975	
세로(mm)	4,277	4,696	4,856	2,310	2,510	
높이(mm)	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300	
바닥면적(m ²)	12.7	14.0	14.5	6.9	7.5	
부피(m ³)	29.2	32.2	33.4	15.9	17.3	
장단변비 (가로:세로)	1.44	1.58	1.63	0.78	0.84	

<표 3-19> LH 세종 UR1 평면도(21, 22, 30, 35 타입)



<표 3-20> LH 세종 UR1 평면도(37, 38 타입)

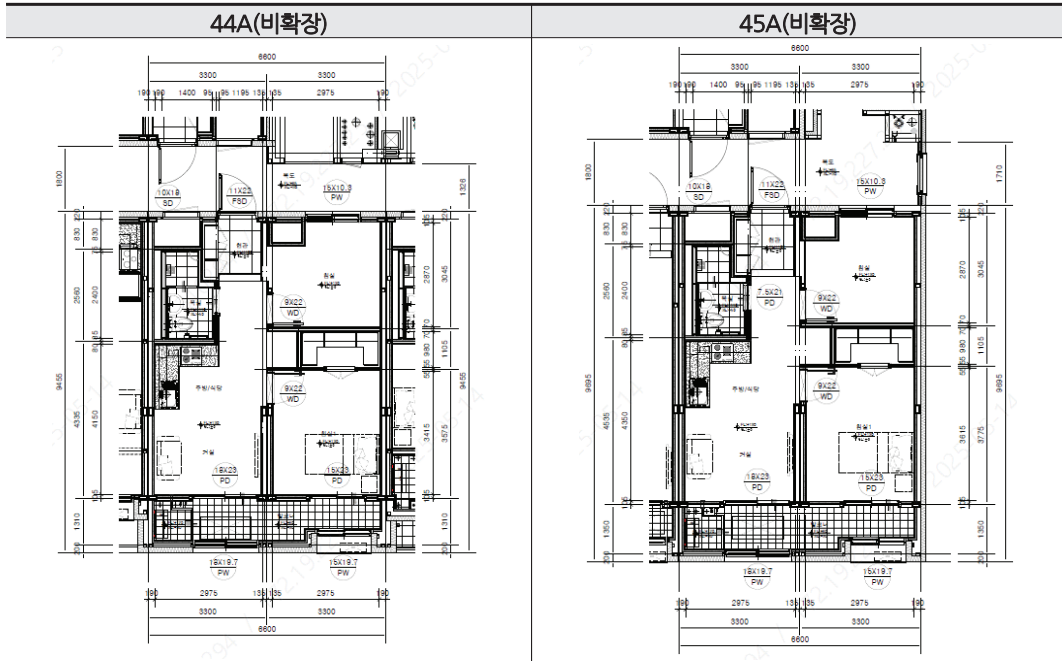
37A1(확장)

37A2(확장)

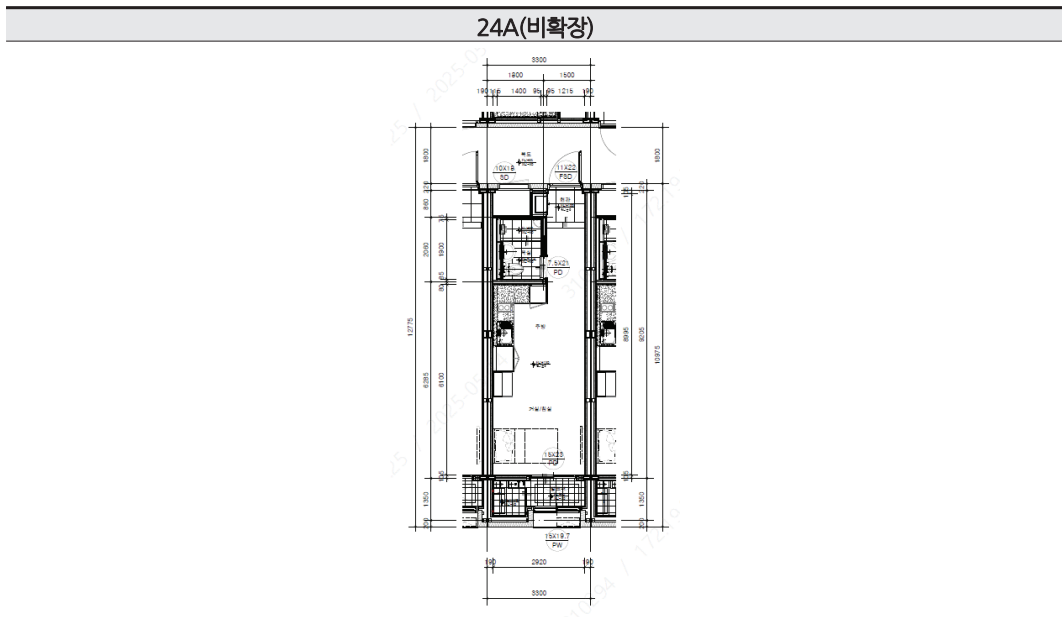
37T(확장)

38T(확장)

<표 3-21> LH 세종 UR1 평면도(44, 45 타입)



<표 3-22> LH 세종 UR2 평면도(24 타입)

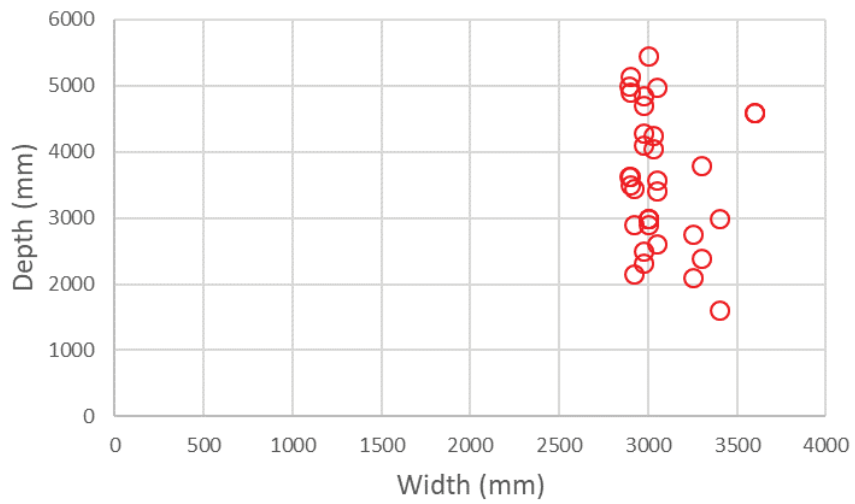


3.3. 평면 특성 분석

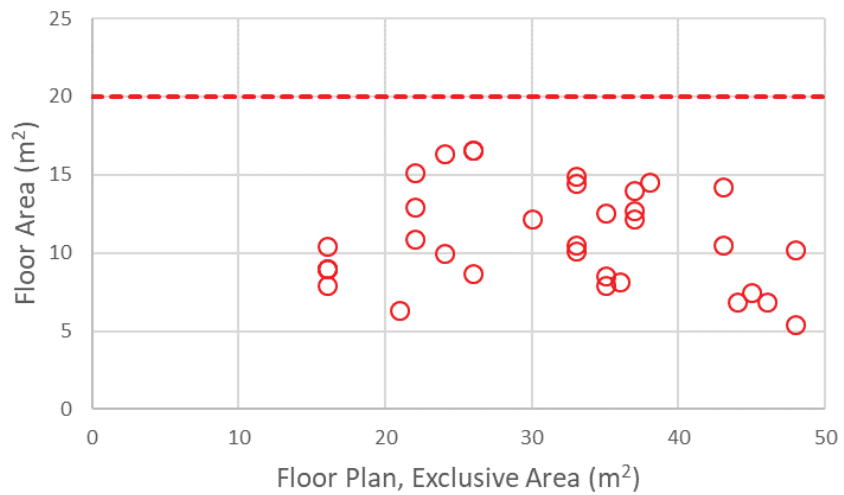
- 3.1장과 3.2장에서는 모듈러주택에 대한 LH 표준평면과 준공 단지를 대상으로 바닥충격음 차단성능 인정 시험조건에 대한 평면 분석을 수행함
 - LH 표준평면 : 8개 평면
 - LH 준공 단지 : 26개 평면(6개 단지)
- 분석 대상 평면의 전용면적은 16~48 m² 타입으로서, 모듈러 1개 또는 2개 조합으로 구성된 소형 평형 위주의 공급을 확인할 수 있음
- 바닥충격음 차단성능 인정시험 조건에 명기된 측정부 바닥면적 계산을 위해 조사한 거실부의 가로, 세로 길이는 아래와 같으며, 세로 길이에 대한 평면별 범위가 가로 길이에 비해 상대적으로 넓은 것을 알 수 있음[그림 3-10 참조]
 - 가로 길이 : 2,895~3,600 mm
 - 세로 길이 : 1,600~5,450 mm
- 조사된 가로, 세로 길이를 기준으로 거실 측정부 바닥면적을 계산하였으며, 분석 대상 34개 평면 모두에서 20 m² 미만의 조건에만 해당하는 것으로 조사됨[그림 3-11 참조]
 - 거실 측정부 바닥면적 : 5.4~16.6 m²
- 분석 대상 34개 평면에 대한 가로:세로 장단변비 조사결과, 대부분의 평면에서 바닥충격음 차단구조 인정시험 조건인 1:1.5 이하를 만족하였으며, 일부 평면에서 불만족한 것으로 조사됨[그림 3-12 참조]
 - 거실 측정부 가로:세로 장단변비 : 0.47~1.81
- 거실부 바닥면에서 천장 반자 밑까지의 반자높이는 2.3~2.65 m의 범위로 조사되어 바닥충격음 인정시험을 위한 반자높이 기준을 충족하는 것으로 분석됨
 - 반자높이 : 적층형 2.3 m, 인필형 2.65 m
- 위의 분석결과를 토대로, 국내 모듈러주택 평면에 대한 바닥충격음 차단구조 인정을 위한 시험조건 및 규모 기준 달성 여부를 요약하면 아래 표와 같음

<표 3-23> 모듈러주택 평면에 대한 바닥충격음 차단구조 인정 시험조건 및 규모 기준 달성 여부

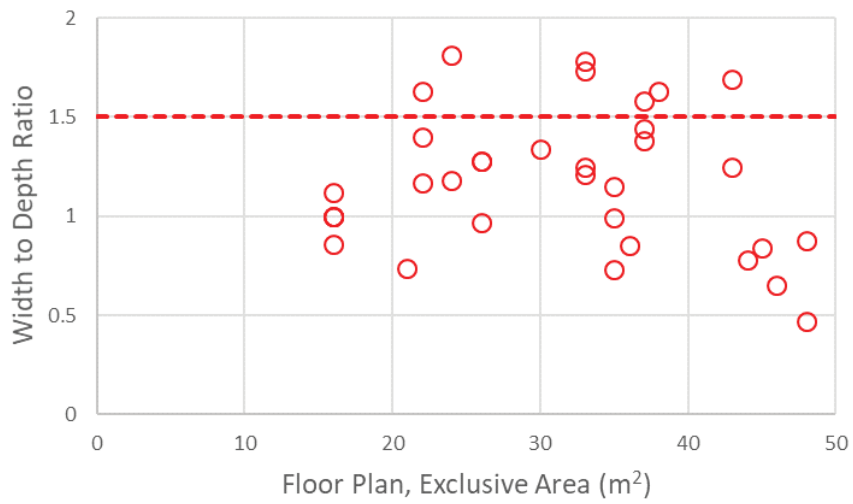
구분	거실 바닥면적	장단변비	반자높이
인정 시험조건	20 m ² 미만과 20 m ² 이상 각각 2곳	1:1.5 이하	2.1 m 이상
평면 분석결과	5.4~16.6 m ²	0.47~1.81	2.3~2.65 m
인정 시험조건 달성 여부	X	△	○



[그림 3-10] 거실 측정부 가로, 세로 길이



[그림 3-11] 거실 측정부 바닥면적



[그림 3-12] 거실 측정부 가로:세로 장단변비

4. 바닥구조 설계특성

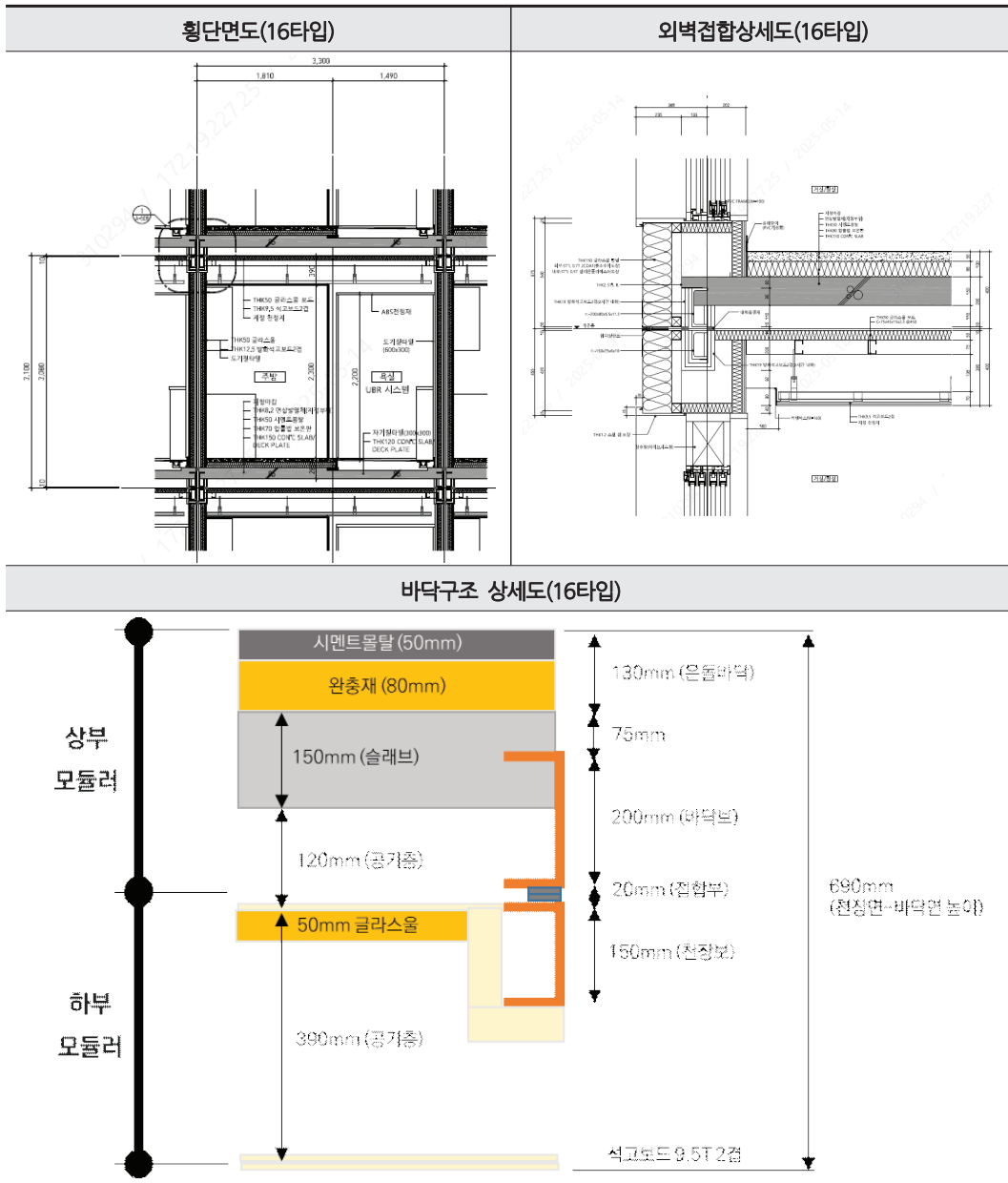
4.1. LH 표준평면

- LH 표준모델에 대한 바닥충격음 차단용 완충형 바닥구조의 두께는 130 mm이며, 라멘구조 모듈러에 대한 바닥충격음 차단용 바닥구조 적용 기준을 반영하여 설계함. 평면타입으로 구분하여 2종의 바닥 단면을 적용하도록 계획함
 - 16, 22타입 : 습식 공법으로 시공 후 바닥면에 면상 전기 발열체를 시공하도록 설계 반영
 - 35, 48타입 : 슬래브 평활도 확보를 위한 고름몰탈 30 mm 타설 후, 100 mm 건식온돌시스템 설계 반영
- 슬래브 두께는 라멘구조 최소두께 기준인 150 mm로 설정되었으며, 두께 증가가 필요한 경우에는 슬래브 하부 빈공간(120 mm) 방향으로 치수를 변경하도록 지침 수립
- 모듈러 천장 내부의 공기층은 390 mm로서 내부 천장 상단부에 50 mm 글라스울을 설치하고 있으며, 석고보드 9.5T 2장으로 마감하도록 설계됨
- 하부 바닥 H빔의 높이는 200 mm로 슬래브 두께보다 두꺼우며, 상부 천장 H빔의 높이는 150 mm로 하부 바닥 H빔보다 높이가 얇도록 설계됨
- <표 3-24>는 LH 모듈러 표준모델에 대한 단면도 및 바닥구조 상세를 보여줌

<표 3-24> LH 표준모델 바닥구조 및 단면 분석

구분		세부 규격(단위 : mm)	
구조형식		라멘구조(적층식)	
바닥구조	바닥난방시스템	35, 48타입	130 [고름몰탈(30), 건식온돌시스템(100)]
		16, 22타입	130 [압출법 보온판(80), 시멘트 몰탈(50)]
	슬래브 두께	150	
	슬래브 위치	보 상단(75mm) 위치	
	슬래브 하부 공간	120	
	하부 모듈 천장면- 상부 모듈 바닥마감재 높이	690	
천장	내부 공기층	390	
	반자 마감재	석고보드 9.5T 2겹	
모듈 단면 치수	층고	3,100	
	반자높이	2,300	
	상하부 연결 플레이트	20(10+10)	
부재 크기	보	바닥	C-200×80×6.5×11.5
		천장	C-150×75×6×10
	기둥		□-250×150×12

<표 3-25> LH 모듈러 표준모델 단면도 및 바닥구조 상세



4.2. LH 준공현장

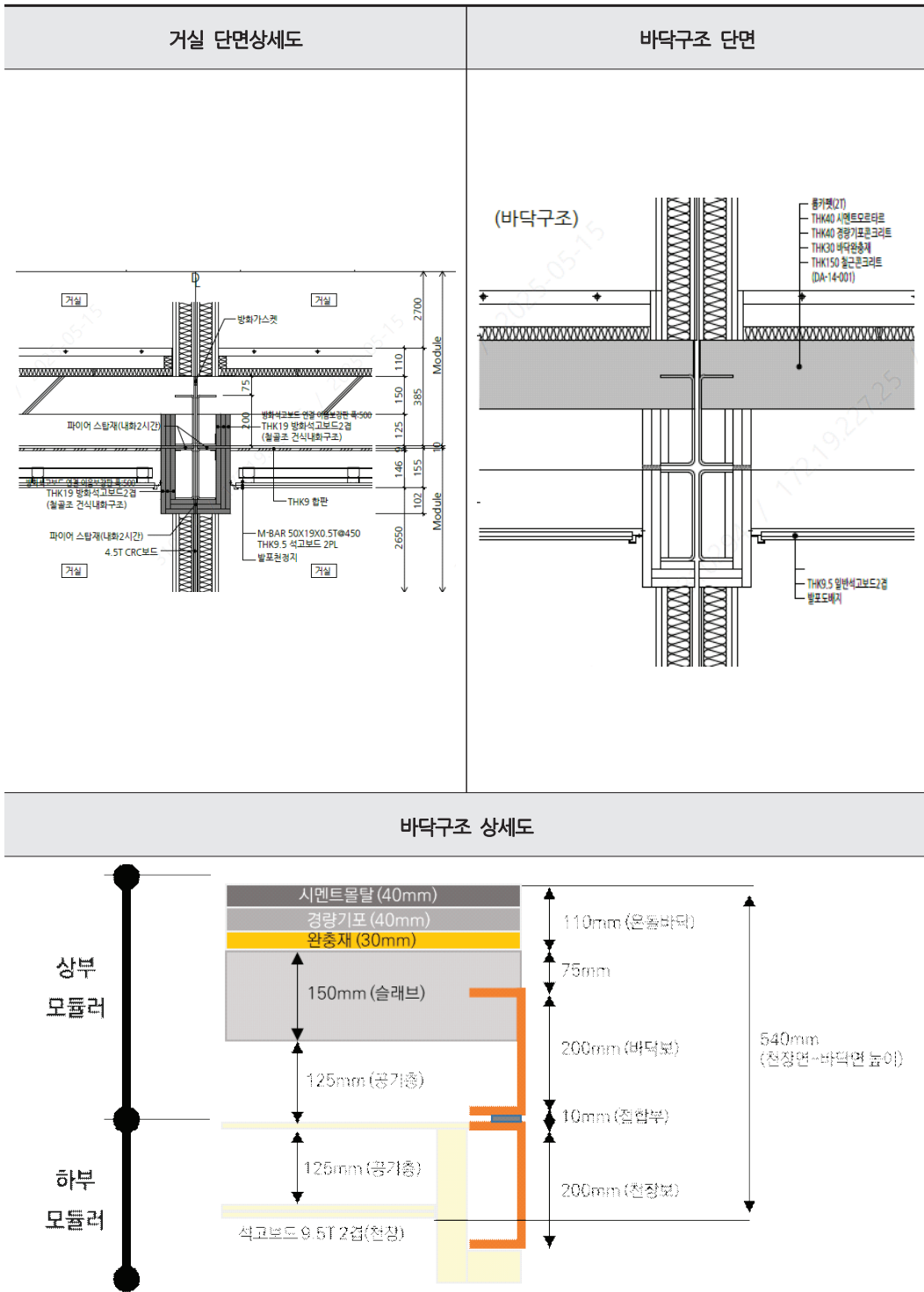
1) 천안두정

- LH 천안두정 현장은 적층식 철골 모듈러와 인필식 모듈러가 계단실 콘크리트 코어 좌우로 배치된 공동주택으로 설계됨
- 적층식 모듈러는 150 mm 철근콘크리트 슬래브 상단에 110 mm 바닥난방시스템이 시공되었으며, 슬래브 위치는 ㄷ형강 상단 75 mm에 위치
- 반자높이는 2,650 mm로 일반적인 반자높이로 설계되는 2,300 mm 보다 약 350 mm 높으며, 이는 천장면이 천장보 중간에 설치되기 때문임. 이에 따라 천장 내부 공기층은 125 mm로 상대적으로 낮은 것으로 분석됨
- 바닥보와 천장보 형강의 단면 상세는 높이 200 mm 로 동일하며, 기둥 각형은 125 mm 크기로 분석됨
- <표 3-26>은 적층식 모듈러의 단면 상세 분석 결과이며, <표 3-27>은 단면상세도와 바닥 단면 등 관련 도면을 보여줌

<표 3-26> LH 천안두정 바닥구조 및 단면 분석(적층식)

구분		세부 규격(단위 : mm)
구조형식		라멘구조(적층식)
바닥구조	바닥난방시스템	110 (완충재 30, 경량기포콘크리트 40, 시멘트몰탈 40)
	슬래브 두께	150
	슬래브 위치	보 상단(75mm) 위치
	슬래브 하부 공기층	125
	하부 모듈 천장면-상부 모듈 바닥마감재 높이	540
천장	내부 공기층	125
	반자 마감재	석고보드 9.5T 2겹
모듈 단면 치수	총고	3,200
	반자높이	2,650
	상하부 연결 플레이트	10
부재 크기	보	바닥 C-200×75×6
		천장 C-200×75×6
	기둥 □-125×125×9	

<표 3-27> LH 천안두정 현장 단면도 및 바닥구조 상세(적층식)

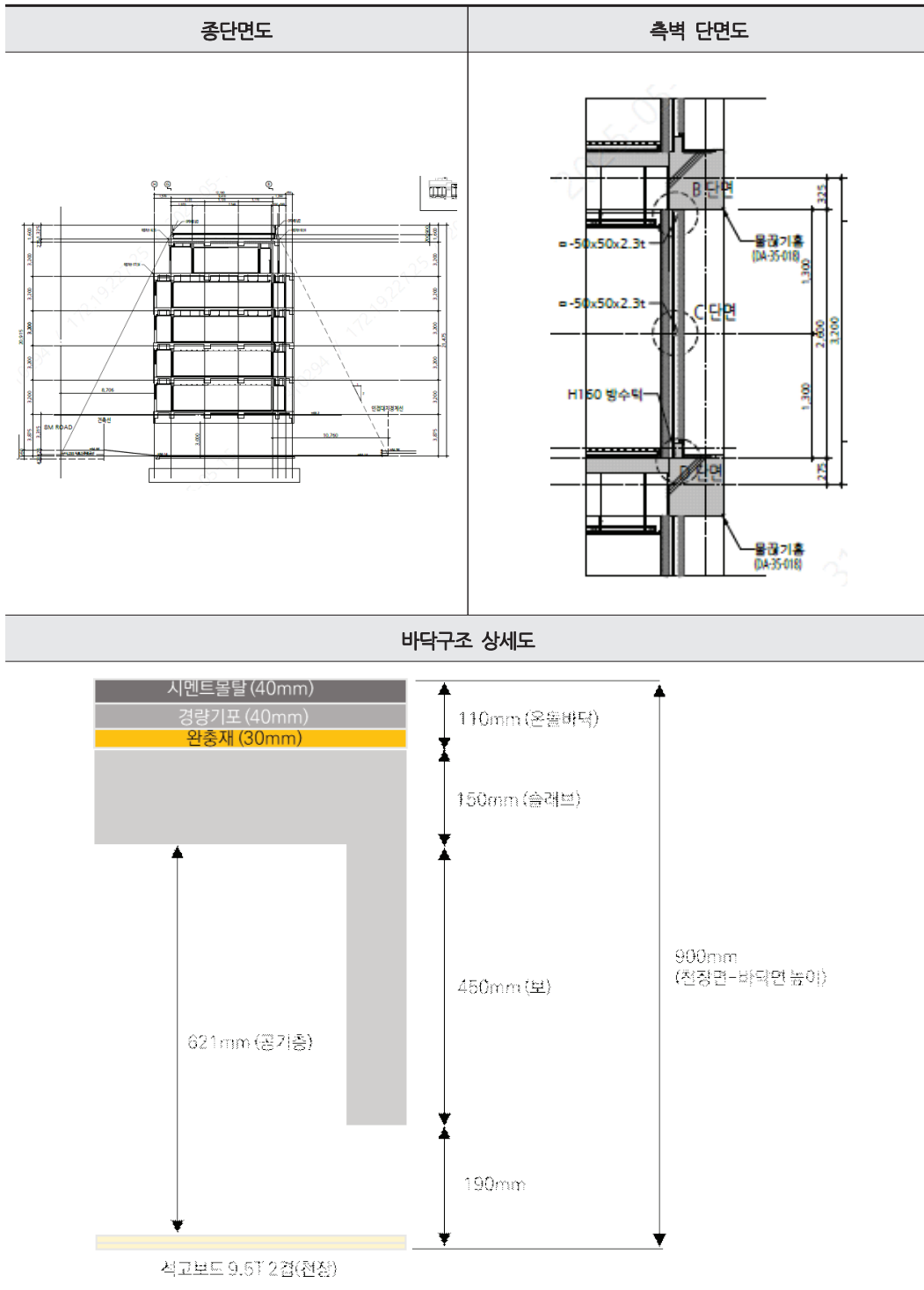


- 인필식 모듈러는 현장 타설로 시공된 라멘구조 골조 내부에 설치하는 공법으로서, 천안두정 현장의 슬래브는 라멘구조 최소두께 기준인 150 mm로 시공되었으며, 바닥난방시스템은 적층식과 동일한 구조를 적용함
- 반자높이는 2,300 mm로서 적층식보다 낮으며, 층고는 3,200 mm로 적층식과 동일한 것으로 분석됨
- 천장 내부 공기층은 약 621 mm로서 상대적으로 적층식 대비 높으며, 이는 철근콘크리트 보 두께 600 mm 로 인한 것으로 분석됨
- <표 3-28>은 인필식 라멘구조 모듈러에 대한 바닥구조 및 단면 분석결과이며, <표 3-29>는 단면도와 바닥 상세도를 보여줌

<표 3-28> LH 천안두정 바닥구조 및 단면 분석(인필식)

구분			세부 규격(단위 : mm)
구조형식			라멘구조(인필식)
바닥구조	바닥난방시스템		110 (완충재 30, 경량기포콘크리트 40, 시멘트몰탈 40)
	슬래브 두께		150
	슬래브 위치		-
	슬래브 하부 공기층		-
	하부 모듈 천장면- 상부 모듈 바닥마감재 높이		900
천장	내부 공기층		621
	반자 마감재		석고보드 9.5T 2겹
모듈 단면 치수	층고		3,200
	반자높이		2,300
	상하부 연결 플레이트		-
부재 크기	보	높이	600
	기둥		600×600

<표 3-29> LH 천안두정 현장 단면도 및 바닥구조 상세(인필식)



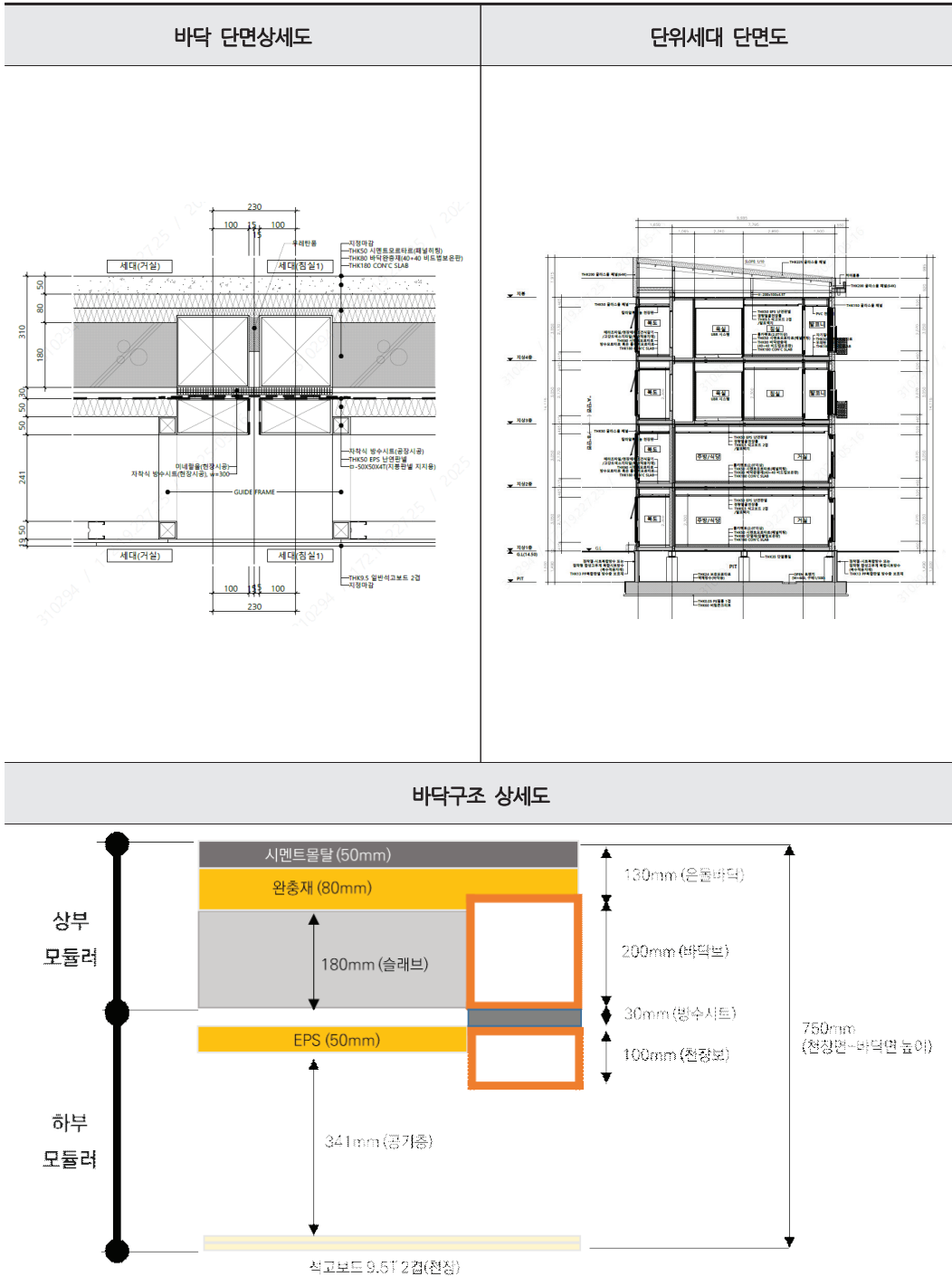
2) 인천 강화신문

- LH 인천 강화신문 단지는 라멘구조 철골 모듈러를 적층하여 시공하였으며, 철근콘크리트 슬래브 180 mm 위에 130 mm 완충형 바닥구조를 설치하여 바닥충격음 대책을 수립함
- 철근콘크리트 슬래브를 지지하는 바닥보는 200 mm 높이의 □ 강관으로 제작되었으며, 천장보는 100 mm 높이의 □ 강관으로 제작됨
- 상하부 모듈러 사이 빈공간은 30 mm이며, 하부층 모듈러의 천장 공기층은 391 mm를 갖는 것으로 조사됨
- 모듈간 층고는 3,050 mm이며, 세대 내 반자높이는 2,300 mm를 확보하도록 설계됨
- <표 3-31>은 LH 인천 강화신문 현장의 단위세대 단면도 및 바닥구조 상세를 보여줌

<표 3-30> LH 인천 강화신문 단지 바닥구조 및 단면 분석(적층식)

구분		세부 규격(단위 : mm)
구조형식		라멘구조(적층식 철골 모듈러)
바닥구조	바닥난방시스템	130 (완충재 80, 시멘트몰탈 50)
	슬래브 두께	180
	슬래브 위치	□강관 하단 위치
	슬래브 하부 공기층	30
	하부 모듈 천장면- 상부 모듈 바닥마감재 높이	750
천장	내부 공기층	391(EPS 50 mm 포함)
	반자 마감재	석고보드 9.5T 2겹
모듈 단면 치수	층고	3,050
	반자높이	2,300
	상하부 연결 접합부	30
부재 크기	보	바닥 □-200×200×4.5
		천장 □-200×100×4.5
	기둥 □-200×100×6	

<표 3-31> LH 인천 강화신문 현장 단면도 및 바닥구조 상세



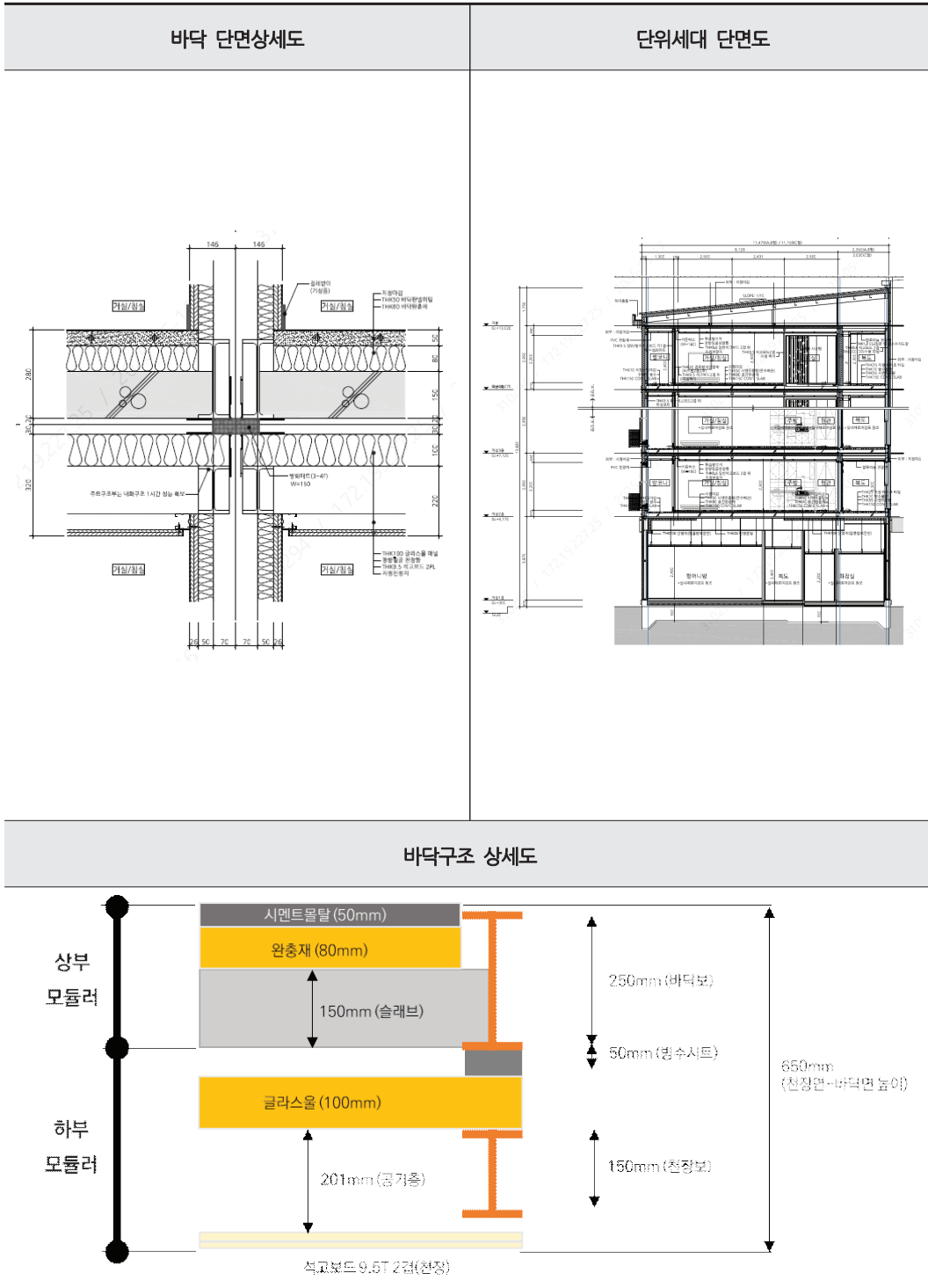
3) 용진백령

- LH 용진백령 현장은 라멘구조 철골 모듈러를 적층하여 시공하였으며, 철근콘크리트 슬래브 150 mm 위에 130 mm 완충형 바닥구조를 설치함
- 철근콘크리트 슬래브를 지지하는 바닥보는 250 mm 높이의 H 형강으로 제작되었으며, 천장보는 150 mm 높이의 H 형강으로 제작됨
- 상하부 모듈러 사이 빈공간은 50 mm이며, 하부층 모듈러의 천장 공기층은 301 mm를 갖는 것으로 조사됨
- 모듈간 층고는 2,950 mm이며, 세대 내 반자높이는 2,300 mm를 확보하도록 설계됨
- <표 3-33>은 LH 용진백령 현장의 단위세대 단면도 및 바닥구조 상세를 보여줌

<표 3-32> LH 용진백령 바닥구조 및 단면 분석(적층식)

구분			세부 규격(단위 : mm)
구조형식			라멘구조(적층식 철골 모듈러)
바닥구조	바닥난방시스템		130 (완충재 80, 시멘트몰탈 50)
	슬래브 두께		150
	슬래브 위치		H형강 하단 위치
	슬래브 하부 공간		50
	하부 모듈 천장면- 상부 모듈 바닥마감재 높이		650
천장	내부 공기층		301 (글라스울 100 mm 포함)
	반자 마감재		석고보드 9.5T 2겹
모듈 단면 치수	층고		2,950
	반자높이		2,300
	상하부 연결 접합부		50
부재 크기	보	바닥	H-250×100×9×9
		천장	H-150×100×6×9
	기둥		□-200×100×9

<표 3-33> LH 웅진백령 현장 단면도 및 바닥구조 상세(적층식)



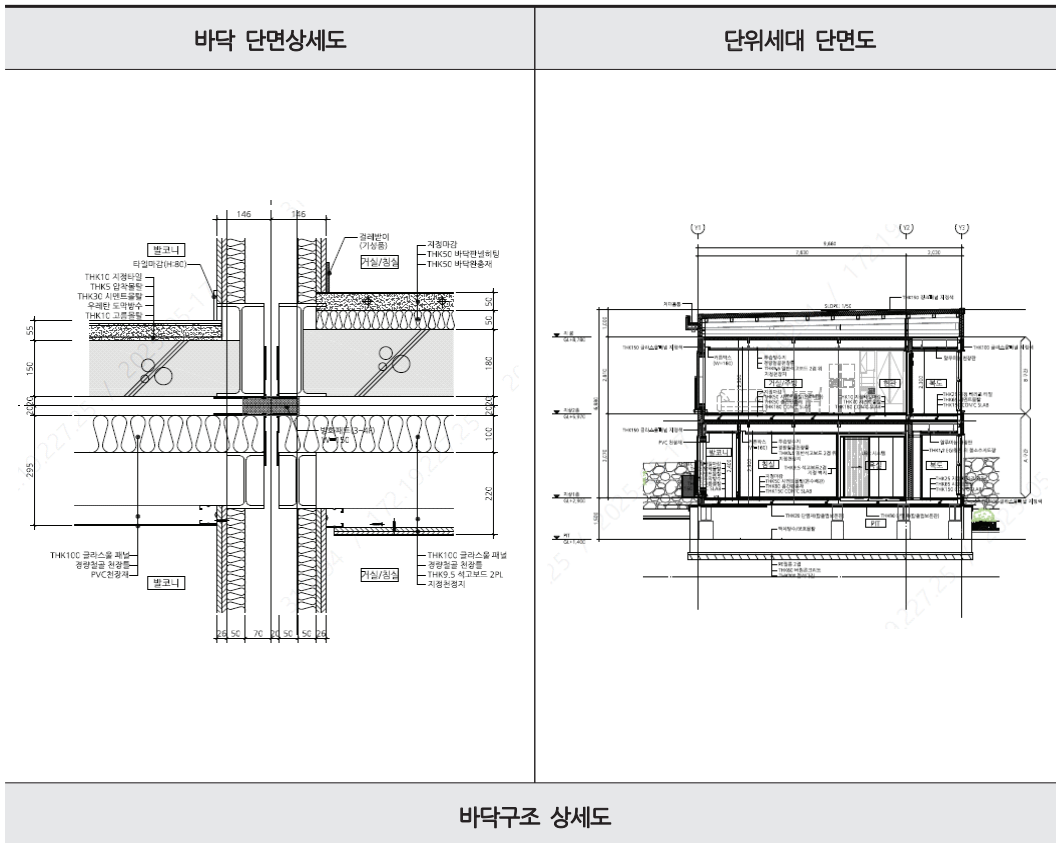
4) 세종 사랑의집

- LH 세종 사랑의집 현장은 라멘구조 철골 모듈러를 적층하여 시공하였으며, 철근콘크리트 슬래브 180 mm 위에 100 mm 완충형 바닥구조를 설치함
- 철근콘크리트 슬래브를 지지하는 바닥보는 250 mm 높이의 H 형강으로 제작되었으며, 천장보는 150 mm 높이의 H 형강으로 제작됨
- 상하부 모듈러 사이 빈공간은 40 mm이며, 하부층 모듈러의 천장 공기층은 글라스울 100 mm를 포함하여 301 mm를 갖는 것으로 조사됨
- 모듈간 층고는 3,070 mm이며, 세대 내 반자높이는 2,300 mm를 확보하도록 설계됨
- <표 3-35>는 LH 세종 사랑의집 현장의 단위세대 단면도 및 바닥구조 상세를 보여줌

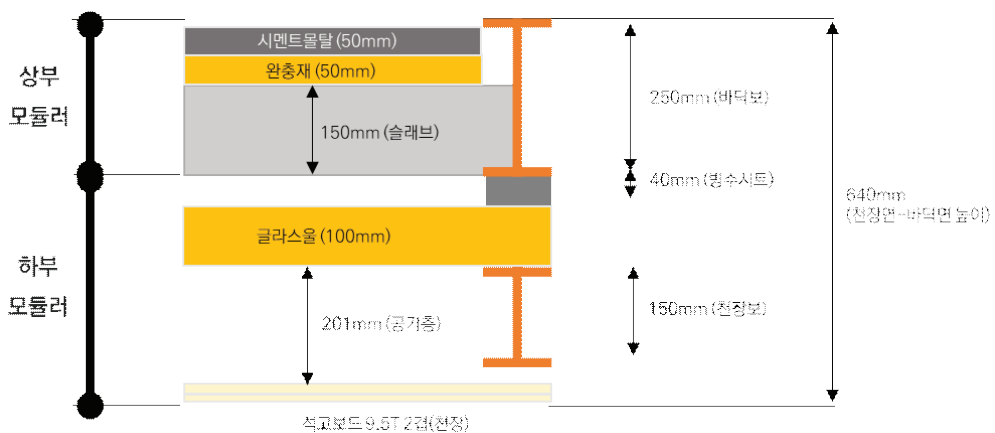
<표 3-34> LH 세종 사랑의 집 바닥구조 및 단면 분석(적층식)

구분		세부 규격(단위 : mm)
구조형식		라멘구조(적층식 철골 모듈러)
바닥구조	바닥난방시스템	100 (완충재 50, 시멘트몰탈 50)
	슬래브 두께	180
	슬래브 위치	H형강 하단 위치
	슬래브 하부 공간	40
	하부 모듈 천장면- 상부 모듈 바닥마감재 높이	640
천장	내부 공기층	301 (글라스울 100 mm 포함)
	반자 마감재	석고보드 9.5T 2겹
모듈 단면 치수	층고	3,070
	반자높이	2,300
	상하부 연결 접합부	40
부재 크기	보	바닥 H-250×100×9×9
		천장 H-150×100×6×9
	기둥 □-150×100×9	

<표 3-35> LH 세종 사랑의 집 현장 단면도 및 바닥구조 상세



바닥구조 상세도



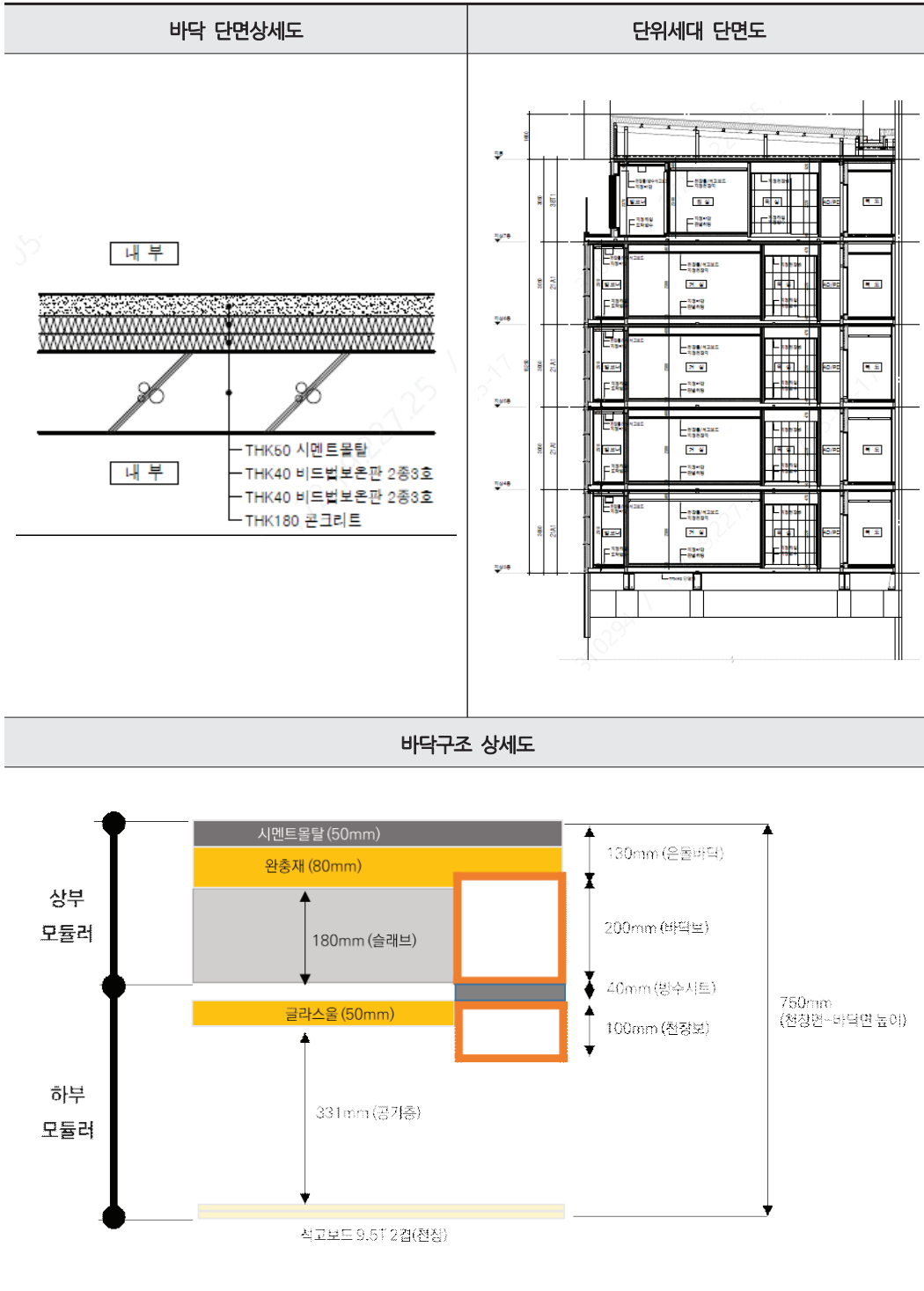
5) 세종 UR1, UR2

- LH 세종 UR1, UR2 현장은 라멘구조 철골 모듈러를 적용하여 시공하였으며, 철근콘크리트 슬래브 180 mm 위에 130 mm 완충형 바닥구조를 설치함
- 철근콘크리트 슬래브를 지지하는 바닥보는 200 mm 높이의 □ 강관으로 제작되었으며, 천장보는 150 mm 높이의 □ 강관으로 제작됨
- 상하부 모듈러 사이 빈공간은 40 mm이며, 하부층 모듈러의 천장 공기층은 글라스울 50 mm를 포함하여 381 mm를 갖는 것으로 조사됨
- 모듈간 층고는 3,050 mm이며, 세대 내 반자높이는 2,300 mm를 확보하도록 설계됨
- <표 3-37>은 LH 세종 UR1, UR2 현장의 단위세대 단면도 및 바닥구조 상세를 보여줌

<표 3-36> LH 세종 UR1, UR2 바닥구조 및 단면 분석

구분		세부 규격(단위 : mm)
구조형식		라멘구조(적층식 철골 모듈러)
바닥구조	바닥난방시스템	130 (완충재 80, 시멘트몰탈 50)
	슬래브 두께	180
	슬래브 위치	H형강 하단 위치
	슬래브 하부 공기층	40
	하부 모듈 천장면- 상부 모듈 바닥마감재 높이	750
천장	내부 공기층	381 (글라스울 50 mm 포함)
	반자 마감재	석고보드 9.5T 2겹
모듈 단면 치수	층고	3,050
	반자높이	2,300
	상하부 연결 접합부	40
부재 크기	보	바닥 □-200×100×4.5
		천장 □-150×100×4.5
	기둥 □-200×100×9	

<표 3-37> LH 세종 UR1, UR2 단면도 및 바닥구조 상세



4.3. 기타 현장

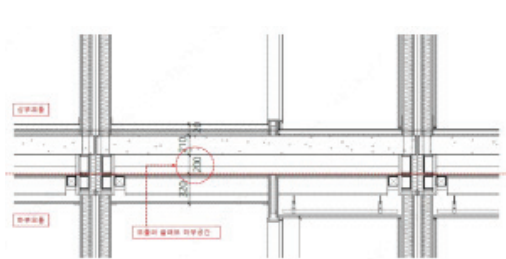
- 모듈러 공동주택은 공공기관을 중심으로 공급되고 있으며, LH 외에도 SH, GH에서 모듈러를 활용한 공동주택 준공 실적이 있는 것으로 조사됨
- SH 서울가양 현장은 벽식 모듈러로 건축되었으며, 바닥충격을 차단구조 기준에 부합하도록 철근콘크리트 슬래브 210 mm로 바닥구조가 설계됨
- GH 용인영덕과 SH 서울공릉은 라멘구조 모듈러로 시공됨에 따라, 라멘구조 최소 슬래브 두께인 150 mm로 설계됨
- 바닥보는 C형강과 H형강으로 제작되었으며, 바닥보의 크기가 천장보에 비해 동등 이상인 것으로 조사됨
- <표 3-38>은 공동주택용 모듈의 크기 및 부재 상세를 나타내며, [그림 3-13]은 해당 공동주택에 대한 바닥구조 단면을 보여줌¹⁵⁾

<표 3-38> 공동주택용 모듈의 크기 및 부재(단위 : mm)

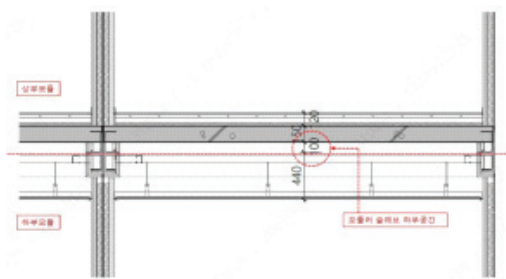
구분		공동주택 A (SH 서울가양)	공동주택 B (용인영덕 행복주택)	기숙사 C (SH 서울공릉)	
구조형식		벽식 (적층 철골)	라멘구조 (적층 철골)	라멘구조 (적층 철골)	
바닥 구조	바닥난방시스템	110 (완충재 30, 경량 40, 시멘트몰탈 40)	-	-	
	슬래브 두께	210	150	150	
	슬래브 위치	하부보 상단에 슬래브 위치	하부보 상단에 슬래브 위치	하부보 높이와 슬래브 높이 동일	
	슬래브 하부 공간	200	100	0	
	천장면-바닥마감재 높이(mm)	850	810	790	
모듈 단면 치수	총고	3,130	3,080	3,050	
	반자높이	2,300	-	-	
	상하부 모듈간격	30(20+10)	30(20+10)	40	
부재 크기	보	바닥	C-200×100×12×12	C-200×75×6	H-150×150×7×10
		천장	C-150×100×6×6	C-200×75×6	H-150×75×5×7
	기둥		C-330×130×12×12	□-125×125×9	H-150×150×7×10

*표 출처 : 모듈러 건축물 바닥진동 저감 강성 조절형 동조질량댐퍼(TMD) 개발(2023), 한국건설기술연구원 보고서 편집

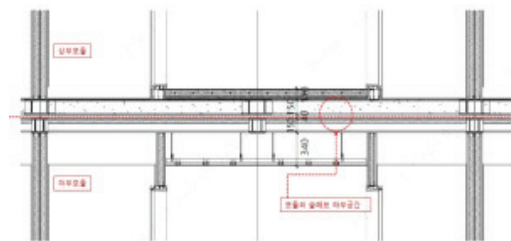
15) 이상섭 외 (2023) 모듈러 건축물 바닥진동 저감 강성 조절형 동조질량댐퍼(TMD) 개발, 한국건설기술연구원



(a) 공동주택 A



(b) 공동주택 B



(c) 공동주택 C

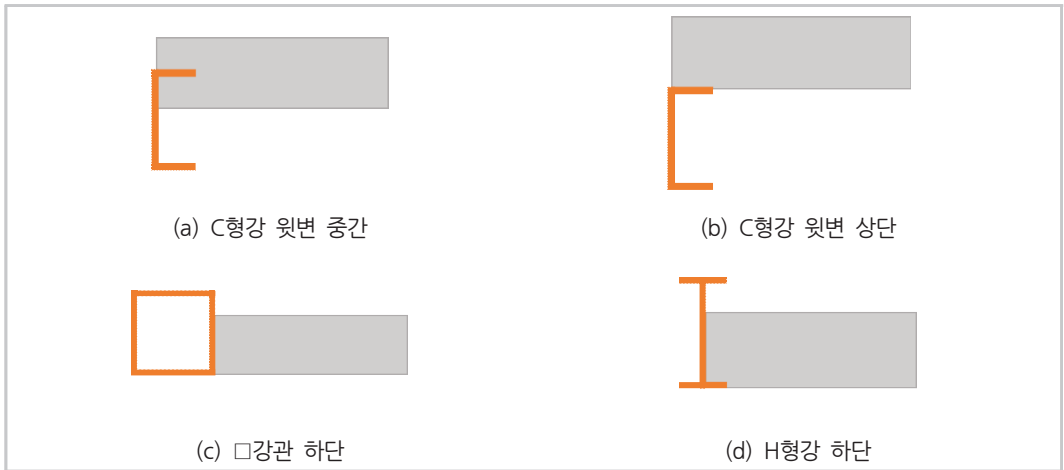
[그림 3-13] 모듈러주택 단면도

4.4. 바닥구조 상세 분석 결과 요약

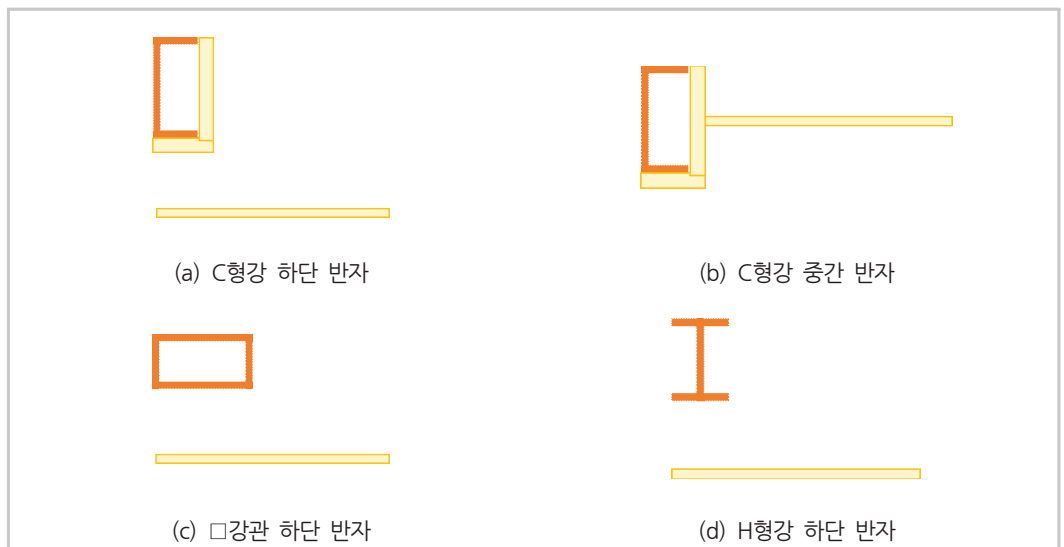
- 국내 8개 모듈러 공동주택 현장(LH공사 5개, SH공사 2개, GH공사 1개)을 대상으로 한 조사 결과, 대부분의 건물은 라멘구조 형식을 채택하고 있었으며, 벽식구조는 1개 현장에서만 확인됨. 골조 형식 면에서는 적층식 철골 모듈러 구조가 주를 이루었고, 인필식 공법은 1개 현장에서만 적용된 것으로 나타남
- 슬래브는 전 현장에서 철근콘크리트로 시공되었으며, 구조 형식에 따라 중량충격을 차단을 위한 최소 두께 기준을 고려하여 설계됨. 특히 라멘구조의 경우 일부 현장에서 180 mm 이상의 두께로 설계되어 충격을 저감 성능 확보를 위한 노력이 반영된 것으로 판단됨
- 완충형 바닥구조의 두께는 100~130 mm 범위로 설계되었으며, 이는 철근콘크리트 공동주택에서 일반적으로 적용되는 110 mm와 비교해 상대적으로 두께 편차가 큰 편. 이러한 차이는 모듈러 바닥보에 사용되는 형강의 형상과 슬래브 설치 위치에 기인하는 것으로 해석됨
- 바닥충격음 차단용 완충형 바닥구조의 두께는 100~130 mm로 설계되었으며, 철근콘크리트 공동주택에 일반적으로 적용되는 110 mm 두께와 비교하여 두께 변화폭이 상대적으로 큰 것으로 분석됨. 이는 모듈러주택 바닥보에 사용되는 형강의 형상과 슬래브 설치 위치 등으로 인한 것으로 판단됨
- 중량충격음 차단에 영향을 미치는 천장 구조 또한 중요한 고려사항으로 작용함. 모듈러 천장 내부는 일반 철근콘크리트 공동주택의 공기층 두께(약 170 mm)보다 더 두껍게 설계되는 경향이 있었고, 반자 마감은 내화 성능을 고려하여 9.5T 석고보드 2장이 적용됨. 또한 천장 내부에는 일반적으로 50~100 mm 두께의 단열재가 설치되어 공진 현상 제어와 중량충격음 저감에 긍정적으로 기여할 것으로 분석됨
- 하부 모듈 천장 석고보드면에서 상부 모듈 바닥마감재까지의 높이는 적층식의 경우 540~850 mm, 인필식의 경우 900 mm로 확인됨. 이는 벽식 철근콘크리트 공동주택에서 통상 490 mm로 설계되는 것보다 높아, 모듈러주택 구조가 중량충격음 차단 성능 저감을 위한 기술 적용 가능성 측면에서 유리한 구조적 특성을 지니고 있음을 시사함
- 층고는 모듈러주택이 2,950~3,200 mm로, 벽식 철근콘크리트 구조의 일반적인 층고인 2,800 mm에 비해 높은 편이며, 이는 설비 공간 확보 및 성능 향상에 유리한 여건을 제공함
- 모듈러 바닥보와 천장보에는 C, □, H형강 3종이 사용되었으며, 가동에도 C, □, H형강 3종이 사용됨. <표 3-39>는 8개 모듈러주택 현장에 대한 바닥구조 분석 결과를 보여주며, [그림 3-14]와 [그림 3-15]는 모듈러주택에 설계되는 슬래브 위치와 천장 반자 설치 단면 개요도를 나타냄

<표 3-39> 모듈러주택 바닥구조 및 단면 분석(8개 현장)

구분			세부 규격(단위 : mm)	
구조형식			라멘, 벽식	
골조			적층식, 인필식	
바닥구조	바닥난방시스템	충두께	100, 110, 130	
		완충재 두께	30, 50, 80	
		시멘트몰탈	40, 50	
		경량기포콘크리트	40	
	슬래브 두께		라멘식	150, 180
			벽식	210
	슬래브 위치		C형강 중간(75mm) 위치 C형강 상단 위치 □강관 하단 위치 H형강 하단 위치	
	슬래브 하부 공간		40, 50, 100, 120, 125, 200	
	하부 모듈 천장면- 상부 모듈 바닥마감재 높이		적층식	540, 640, 650, 690, 790, 810, 850
			인필식	900
천장	내부 공기층		적층식	125, 301, 381, 390
			인필식	621
	내부 흡음재		글라스울(50T, 100T), EPS(50T)	
		반사 마감재	석고보드 9.5T 2겹	
모듈 단면 치수	총고		2,950, 3,050, 3,070, 3,080, 3,100, 3,130, 3,200	
	반자높이		2,300, 2,650	
	모듈 상하 접합부		10, 20, 30, 40, 50	
부재 크기	보	바닥	C형강	C-200×80×6.5×11.5 C-200×75×6 C-200×100×12×12
			□강관	□-200×200×4.5 □-200×100×4.5
			H형강	H-250×100×9×9 H-150×150×7×10
		천장	C형강	C-150×75×6×10 C-200×75×6 C-150×100×6×6
			□강관	□-200×100×4.5 □-150×100×4.5
			H형강	H-150×100×6×9 H-150×75×5×7
	기둥		C형강	C-330×130×12×12
			□강관	□-125×125×9 □-150×100×9 □-200×100×6 □-200×100×9 □-250×150×12
			H형강	H-150×150×7×10



[그림 3-14] 모듈러주택 슬래브 위치 단면 개요도



[그림 3-15] 모듈러주택 천장 반자(석고보드 9.5T 2장) 설치 위치 단면 개요도

- 중량충격음 차단성능에 영향을 미치는 주요 설계 요소에 대해 적층식 모듈러 공동주택과 벽식 철근콘크리트 공동주택 간의 상대 비교 평가가 이루어졌으며, 그 결과는 <표 3-40>에 정리되어 있음
- 분석 결과, 적층형 모듈러주택 구조는 중량충격음 차단 성능 확보 측면에서 벽식 철근콘크리트 구조보다 우수한 설계적 강점을 다수 보유하고 있는 것으로 나타남

- 특히, 하부 모듈의 천장 내부에 형성되는 넓은 공기층은 공진 제어를 통해 충격음 에너지를 효과적으로 감쇠시키는 역할을 하며, 이는 중량충격음 저감에 있어 중요한 설계 요소로 평가됨. 또한, 흡음재 설치의 용이성도 모듈러주택 구조의 장점 중 하나로, 천장 내부에 50~100 mm 두께의 흡음재를 안정적으로 적용할 수 있어 소음 저감 효과를 극대화할 수 있을 것으로 예상됨
- 아울러, 석고보드 마감 두께 역시 중량충격음을 차단하는 데 기여하는 요소로 작용함. 모듈러주택 구조에서는 일반적으로 9.5T 석고보드 2장을 중첩 적용함으로써 구조적 내화성능과 함께 음향 성능 향상 효과도 동시에 기대할 수 있음
- 이러한 설계적 특성들은 모듈러 건축 방식이 중량충격음 차단 성능 측면에서 벽식 철근콘크리트 구조에 비해 경쟁력 있는 대안이 될 수 있음을 시사함

<표 3-40> 모듈러 vs 철근콘크리트 공동주택 바닥충격음 영향요인 설계특성 장단점 분석
(+ : 유리, - : 불리, △ : 유사)

모듈러(적층식)		중량충격음 영향요인	철근콘크리트 공동주택	
라멘	+	구조형식	-	벽식
150~180	-	슬래브 두께(mm)	+	210
100~130	△	완충형 바닥구조 두께(mm)	△	110
125~390	+	천장 내부 공기층(mm)	-	170
50~100	+	천장 내부 흡음재(mm)	-	0
19	+	천장 반자 석고보드(mm)	-	9.5
2,950~3,200	+	층고(mm)	-	2,800
2,300~2,650	+	반자높이(mm)	-	2,300
10~50	+	상하 층간 접합부(mm)	-	0

5. 바닥충격음 차단성능 현황 및 시사점

5.1. 바닥충격음 차단성능 현황 조사

- 현재까지 준공된 7개 모듈러 공동주택 현장을 대상으로 바닥충격음 차단성능 실험 결과가 분석됨. 이 중 6개 현장은 기존 시험성적서 및 연구보고서를 바탕으로, 1개 현장(LH 강화신문)은 신규 측정을 통해 데이터를 확보함
- 조사된 대부분의 현장은 적층식 라멘구조 철골 모듈러 방식이며, 이들에 대한 중량충격음 차단성능은 전반적으로 3~4등급 수준, 경량충격음은 1~2등급 수준인 것으로 확인됨
- LH 천안두정 현장에 대한 인필식 공법에서는 중량충격음 차단성능이 1~3 등급으로 평가받았으며, 3개 세대 측정결과와 성능 차이가 6 dB(40~46 dB)로 조사됨. 경량충격음 차단성능은 1등급으로 평가받았으나, 현장 편차가 8 dB(31~39 dB)까지 발생하는 것으로 조사됨. 적층형 모듈러에서도 세대 간 성능 차이가 중량충격음 4 dB, 경량충격음 1 dB로 조사됨. 이는 동일한 모듈러주택 평면에 대해 측정 세대 위치에 따라 성능 변화가 나타남을 시사함
- LH 강화신문 현장에서는 4개 평면 타입별로 각 1세대를 측정하였으며, 중량충격음은 44~48 dB, 경량충격음은 35~41 dB 수준으로 측정되었다. 이는 동일한 바닥구조가 적용되었음에도 평면 형태에 따라 성능 차이가 발생함을 시사함
- GH 용인영덕 현장에서 동일 평면(17타입)을 기준으로 5세대에서 측정한 현장 측정 결과는 중량충격음 43~48 dB, 경량충격음 31~40 dB 범위를 보임. 이는 실측 시 세대 위치에 따른 성능 편차 존재를 보여주는 사례임

<표 3-41> 모듈러주택 바닥충격음 측정결과 조사

현장명	건물유형	모듈러 타입	평형 (m2)	슬래브 (mm)	중량충격음		경량충격음		비고
					등급	측정값(dB)	등급	측정값(dB)	
LH 천안두정	공동주택 (40세대, 6층)	인필형	26	150	1~3급	40~46	1급	31~39	3세대 측정
		적층형	16		3~4급	46~50	1급	38~39	3세대 측정
LH 강화신문	공동주택 (130호, 4층)	적층형	16	180	3급	45	2급	41	
			24		3급	44	1급	36	
			36		4급	47	2급	41	
			46		4급	48	1급	35	
LH 세종 UR12	공동주택 (428호, 7층)	적층형	24	180	3급	43	1급	37	
			37		4급	46	1급	35	
			44		3급	42	1급	36	
광양 기가타운	기숙사 (200세대, 12층)	적층형	-	150	4급	48	1급	38	
철원 군간부 숙소	기숙사 (20개실, 2층)	적층형	-	180	2급	39	3급	37	
SH 가양 라이프	공동주택 (30세대, 6층)	적층형	16, 34	150	4급	50	1급	39	
GH 용인영덕	목업주택	적층형	17	150	3급	45~46	1급	33~36	2세대 측정
	공동주택 (106세대, 13층)	적층형	17	150	2~4급	43~48	1~2급	31~40	5세대 측정
			37		4급	48~49	1급	33~35	2세대 측정

* 시후확인제 이전 등급(중량_뱅머신 : 50dB, 경량_태핑머신 : 58dB 이하) : LH 천안두정, 광양 기가타운, SH 가양, GH 용인

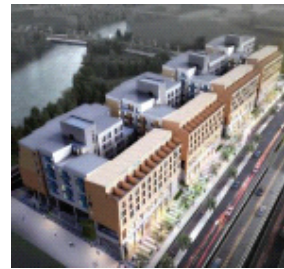
* 시후확인제 이후 등급(중량_임팩트볼, 경량_태핑머신 : 49dB 이하) : LH 강화신문, LH 세종 UR, 철원 군간부



(a) LH 천안두정



(b) LH 강화신문



(c) LH 세종UR1·2



(d) 광양 기가타운



(e) 철원 군간부 숙소



(f) GH 용인 영덕



(g) SH 기양라이품

[그림 3-16] 모듈러주택 준공 현장 프로젝트 사진

5.2. 시사점

- 현재까지 시공된 철골 라멘구조 모듈러 공동주택은 중량충격음 3~4등급, 경량충격음 1~2등급의 차단성능을 확보하고 있는 것으로 나타남. 일반적으로 사용되는 바닥충격음 차단기술(슬래브, 완충 바닥구조, 천장 마감 등) 수준으로 법정 성능기준(49 dB 이하)을 충족할 수 있을 것으로 판단됨
- 다만, 그동안 준공된 일부 현장은 사전인정 바닥구조 사용 예외 조항을 기반으로 시공되어 왔으며, 향후에는 고성능(2등급 이상) 완충 바닥구조를 설계 단계에서 적극 반영할 필요가 있음
- 또한 동일한 구조와 바닥구조를 적용했음에도 불구하고, 세대의 위치나 평면 유형에 따라 중량충격음 차단성능에 차이가 발생하는 것으로 분석됨. 이는 공장 생산 방식의 모듈러주택도 현장 시공 방식 및 품질관리의 중요성을 시사하며, 향후에는 이러한 성능 편차의 원인을 정밀히 규명하고 성능 균일성 확보를 위한 개선 연구가 필요할 것으로 판단됨

제4장 기술 현황 및 제도 개선 관련 설문조사

1. 설문조사 개요

- 공동주택용 공업화주택 인정서를 취득한 모듈러 제조사(8인) 및 건설사(1인)에 종사하는 실무자 9인을 대상으로 모듈러주택의 바닥충격음 차단 기술 현황과 현행 제도의 개선사항을 분석하기 위해 설문조사를 실시함
- 조사 항목은 크게 기술 현황 및 제도적 개선 필요성과 방향으로 구분되며, 기술적 측면에서는 모듈러주택 골조 유형, 구조 형식, 바닥구조 유형, 슬래브 두께 등에 대한 현황을 조사함. 더불어, 최근 강화된 사후확인제에 대응하기 위한 업계의 노력과 향후 대응 방향에 대해서는 주관식 응답을 통해 실무자의 구체적인 의견을 수렴함
- 제도적 측면에서는 현행 바닥충격음 관련 제도의 실효성과 적용 적정성을 평가하고, 모듈러주택의 특성을 고려한 맞춤형 사전인정제도 도입의 필요성에 대한 인식을 조사함. 또한, 공업화인정 심사 시 모듈러주택의 바닥충격음 차단성능 검증을 위한 견본주택 제작 방식에 대한 필요성, 그에 따른 업계 부담 수준 및 실효성에 대한 의견도 함께 수렴함
- 이번 설문조사는 실무자 관점에서 기술 적용 현황과 제도의 정합성을 진단하고, 향후 정책 및 기술 개선 방향 수립을 위한 기초자료로 활용될 수 있도록 구성되었으며, 주요 설문 항목은 다음과 같음

<표 4-1> 모듈러주택 기술 현황과 제도 개선사항 관련 설문조사 항목

구분	질의회향문	
기술 현황	1	귀사의 모듈러 공동주택 유형을 선택해 주세요.
	2	귀사의 모듈러 구조 형식을 선택해 주세요(복수선택 가능).
	3	귀사에서 적용 중인 사전인정 바닥구조의 유형을 선택해 주세요.
	4	모듈러주택에 적용하는 슬래브 두께는?
	5	사후확인제 시행에 따른 구체적인 기술 대응 방안을 기술해 주세요.
제도 관련	1	모듈러 공동주택 사업에 있어 현행 바닥충격음 제도로 인한 불편함이 있습니까?
	2	현행 모듈러 공동주택 관련 바닥충격음 제도 개선이 필요하다고 생각하십니까?
	3	모듈러 공동주택을 위한 별도의 사전인정 절차 마련이 필요한가요?
	4	모듈러 바닥충격음 차단성능 인정을 위한 표준시험실 구축(국가 인정기관)이 필요한가요?
	5	모듈러 공동주택에 대한 제조사 견본주택 인정시험 방법은 적합한가요?
	6	모듈러 공동주택에 대한 시공 현장 인정시험 방법은 적합한가요?
	7	공업화주택 바닥충격음 차단성능 성적서 발급을 위한 별도 견본주택을 제작하나요?
	8	공업화주택 인정용 바닥충격음 실험 견본주택 제작에 따른 부담(비용, 시간, 난이도 등)이 있으신가요?
	9	공업화주택 인정용 바닥충격음 실험 견본주택 조건에 대한 기준 수립이 필요한가요?

2. 기술 현황 설문조사 결과

2.1. 생산 제품의 설계 및 구조 특성

- 공동주택용으로 공업화인정을 취득한 국내 8개 업체를 대상으로 모듈러 유형을 분석한 결과, 철골 모듈러가 전체의 77.8%를 차지하여 시장에서 주력 제품으로 생산되고 있는 것으로 조사됨. PC 모듈러는 총 4개 업체에서 생산 중이며, 이 중 3개 업체는 철골 모듈러와 병행 생산하는 것으로 나타남. 한편, 설문조사 대상에는 목조 모듈러를 생산하는 업체는 포함되지 않았으며, 이는 목조 모듈러가 주로 단독주택 시장에 한정되어 생산되고 있기 때문으로 판단됨<표 4-2 참조>
- 구조 형식 측면에서는, 8개 업체 중 7개 업체가 라멘구조 방식으로 생산하고 있었으며, 벽식구조는 3개 업체에서 병행하여 적용하고 있음. 특히 PC 모듈러를 생산하는 4개 업체 중 3개 업체는 벽식구조, 나머지 1개 업체는 라멘식 구조를 채택하고 있는 것으로 조사됨<표 4-3 참조>

<표 4-2> 공동주택용 모듈러 유형 관련 설문조사 결과

구분		철골 모듈러	PC 모듈러	목조 모듈러
모듈러 제조사 (8개社)	A社	O	O	-
	B社	O	O	-
	C社	O	-	-
	D社	O	-	-
	E社	-	O	-
	F社	O	-	-
	G社	O	O	-
	H社	O	-	-
숫자		7	4	0
비율(%)		77.8	44.4	0.0

<표 4-3> 공동주택용 모듈러 구조 형식 관련 설문조사 결과

구분		라멘식	벽식	기타
모듈러 제조사 (8개社)	A社	O	-	-
	B社	O	O	-
	C社	O	-	-
	D社	O	-	-
	E社	-	O	-
	F社	O	-	-
	G社	O	O	-
	H社	O	-	-
숫자		7	3	0
비율(%)		77.8	33.3	0.0

- 모듈러주택의 바닥충격음 차단 성능 확보를 위한 슬래브 및 바닥구조 설계는 구조 형식에 따라 차별화된 기준을 따르고 있는 것으로 확인됨. 라멘식 구조의 경우, 대부분의 업체가 사전인정 기준에 따른 최소 두께인 150 mm의 콘크리트 슬래브를 적용하고 있으며, 일부 업체는 중량충격음 차단 성능 강화를 위해 180 mm 두께로 설계하고 있는 사례도 조사됨. 반면, 벽식구조를 적용한 모듈러주택에서는 210 mm 두께의 슬래브를 일관되게 적용하고 있어 구조 형식별 기준을 준수하고 있는 것으로 분석됨<표 4-4 참조>
- 슬래브 상부에 설치되는 완충형 바닥구조는 대부분의 업체에서 110 mm 두께로 구성되고 있으며, 완충재의 두께는 30~70 mm 범위에서 설계되고 있는 것으로 나타남. 이는 각 업체의 시공방식 및 제품 설계에 따라 일부 차이를 보이지만, 전반적으로는 일반 철근콘크리트 공동주택의 바닥구조와 유사한 수준으로 구성되어 있는 것으로 판단됨
- 한편, 천장 내부의 공기층은 바닥충격음 성능에 중요한 영향을 미치는 요소로서, 200~650 mm 범위로 확보되고 있음. 이와 함께 천장 마감재로 사용되는 석고보드의 두께는 9.5 mm에서 25 mm까지 다양한 두께가 적용되고 있으며, 특히 9.5T 2중 마감을 적용하는 사례도 확인되어 내화성능 및 중량충격음 저감 성능 확보를 위한 노력이 병행되고 있음을 보여줌
- 마지막으로, 바닥구조 시공 공법에 대한 조사 결과, 습식공법이 전체의 66.7 %로 가장 일반적으로 사용되고 있으며, 반건식(또는 반습식) 공법은 22.2 %로 제한적으로 적용되고 있는 것으로 나타남. 건식공법은 아직 적용된 사례가 없는 것으로 조사되었으며(0 %), 이는 국내 모듈러 바닥구조 기술이 습식 기반 중심으로 운영되고 있음을 시사함<표 4-5 참조>

<표 4-4> 공동주택용 모듈러 바닥구조 구성층 설문조사 결과

구분		콘크리트 슬래브		사전인정 바닥구조	완충재	천장내부 공기층	천장마감 석고보드
모듈러 제조사 (8개社)	A社	180	라멘	110	70	무응답	9.5
	B社	210	벽식	무응답	50	370	19
	C社	150	라멘	110	30	350	25
	D社	180	라멘	110	70	650	19
	E社	210	벽식	110	30	500	무응답
	F社	150	라멘	110	30	580	19
	G社	150	라멘	110	30	200	19
	H社	150	라멘	110	30	600	9.5

<표 4-5> 공동주택용 모듈러 바닥구조 시공 공법 관련 설문조사 결과

구분		습식	반건식	건식
모듈러 제조사 (8개社)	A社	-	o	-
	B社	o	-	-
	C社	o	-	-
	D社	-	o	-
	E社	o	-	-
	F社	o	-	-
	G社	o	-	-
	H社	o	-	-
숫자		6	2	0
비율(%)		66.7	22.2	0.0

2.2. 사후확인제도 대응 방안

- 모듈러주택에 적용되는 바닥충격음 차단성능 관리 제도가 강화됨에 따라, 모듈러 제조사 및 시공사는 이에 대응하기 위한 다양한 기술적 준비와 대응 전략을 마련하고 있음
- 본 조사는 국내 주요 모듈러 제조사 8개社와 시공사 1개社를 대상으로 사후확인제도에 대한 대응 방향을 설문한 결과를 바탕으로, 주요 대응 기술과 시사점을 도출함
- 설문조사 결과, 대부분의 모듈러주택 제조사는 바닥충격음 사후확인제도의 시행에 대해 기술적으로 충분히 대응하고자 하는 의지를 보이고 있었으며, 다양한 기술적·구조적 개선을 추진 중임
- 특히 슬래브 두께 조정, 완충재 개선, 구조 형식 변경, 천장 보강 및 흡음재 강화, 견본주택 중간 점검 등을 주요 대응 방안으로 제시함

<표 4-6> 사후확인제도 대응을 위한 모듈러주택 기술개발 방안 설문조사 주요 내용

대응 방안	주요 내용
공장 내 실험용 모듈러 건립 및 시험 수행	제조사들은 바닥재 변경에 따른 바닥충격음 성능을 실험적으로 검토하기 위해, 공장 내 시험용 모듈러주택(Mock-up)을 건립하여 반복 시험을 수행하고자 계획함
슬래브 두께 상향 조정	바닥 슬래브의 두께를 기존보다 더 두껍게 설계하거나, 슬래브의 밀도를 높이는 방식으로 충격음 차단 성능을 확보하려는 방안이 제시됨
구조 형식 변화	벽식구조에서 라멘구조로의 전환 등 구조 형식 자체를 변화시켜 바닥 하중 분산 및 충격음 전달을 줄이려는 전략이 일부 기업에서 제안됨
고성능 완충재 적용	바닥 마감 하부에 충격음을 효과적으로 차단할 수 있는 고성능 완충재를 적용하거나, 연질 및 경질 완충재를 교차 사용하는 방식으로 성능 개선을 도모하고자 계획 중
모듈 간 진동 절연 기술 도입	모듈 단위로 제작되는 주택 특성상 모듈 사이의 연결부에서 발생하는 진동을 절연하는 기술을 개발 및 적용하여 충격음 전달을 최소화하려는 노력이 확인됨
천장 보강 및 흡음재 강화	하부 모듈 천장에 적용되는 흡음재의 두께 및 재료 성능을 강화하여 위층의 중량충격음이 하층으로 전달되는 것을 저감하고자 계획 중
견본주택 중간 점검 강화	일부 제조사는 견본주택을 제작하여 설계된 바닥충격음 성능이 실제 구현되는지 사전 확인하고, 이를 기준으로 전체 공정을 동일하게 유지하려는 전략을 강조

3. 現 제도 문제점 및 개선 방안 설문조사

3.1. 제도 인식 및 문제점 설문조사

- 모듈러주택 관련 바닥충격음 제도에 대한 업계 인식 및 현장의 문제점을 파악하기 위해 실무자 대상 설문조사를 실시한 결과, 다음과 같은 주요 사항이 도출됨

1) 제도 개선 필요성 인식

- 설문 응답자 중 약 66.7 %가 현행 바닥충격음 제도가 모듈러주택에 적용하는 데 있어 불편함이 있다고 응답하였고, 제도 개선의 필요성에 대해서도 88.9 %가 '그렇다' 또는 '매우 그렇다'고 인식하고 있었음
- 이는 현행 제도가 모듈러의 특수성을 충분히 반영하지 못하고 있다는 업계의 공감대를 반영함

<표 4-7> 모듈러주택 바닥충격음 제도 개선 필요성 설문조사 결과(단위 : %)

구분	매우 그렇다	그렇다	보통이다	그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
모듈러 공동주택 사업에 있어 현행 바닥충격음 제도로 인한 불편함이 있습니까?	0.0	66.7	22.2	11.1	0.0
현행 모듈러 공동주택 관련 바닥충격음 제도 개선이 필요하다고 생각하십니까?	22.2	66.7	11.1	0.0	0.0

2) 사전인정제도 관련 문제

- 사전인정제도에 대해서는 모듈러주택 전용 제도의 필요성에 대한 공감대가 높았음. 전체 응답자 중 88.9 %가 '그렇다' 또는 '매우 그렇다'고 응답하였으며, 주관식 문항에서도 동일한 문제의식이 확인됨<표 4-8 참조>
- 기존 사전인정제도는 철근콘크리트(RC) 구조의 공동주택을 기준으로 마련된 제도이기 때문에, 모듈러주택에 동일한 바닥구조를 적용하더라도 시험 성능과 실제 시공 성능 간의 괴리가 발생할 수 있다는 우려가 제기됨. 특히, 모듈러는 공장 제작과 현장 조립이라는 공정 특성상 접합부 구조나 시공 정밀도 등에서 성능 편차가 생길 수 있으며, 이는 바닥충격음 성능의 차이를 발생시킬 수 있다는 의견이 있었음. 이로 인해 많은 업체는 견본주택을 통한 자체 시험을 병행하는 실정을 나타냄
- 이에 따라, 구조 방식이나 접합 형태에 따라 세분화된 기준을 적용할 수 있는 '모듈러주택 전용 사전인정제도'의 마련이 필요하다는 의견이 다수 도출됨

<표 4-8> 모듈러주택 전용 사전인정제도 마련의 필요성 설문조사 결과(단위 : %)

구분	매우 그렇다	그렇다	보통이다	그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
모듈러 공동주택을 위한 별도의 사전인정 절차 마련이 필요한가요?	33.3	55.6	0.0	11.1	0.0

<표 4-9> 바닥충격음 사전인정제도 관련 문제점 인식 및 개선사항 설문조사 내용

구분	제도의 문제점 및 개선사항 주요 내용
사전인정 제도	사전인정 제도만으로는 층간소음 해결에 한계가 있음. 시험 환경과 실제 시공 환경의 괴리, 시공 품질 문제, 개인 생활 방식 차이 등 복합적인 요인으로 인해, 사전인정 등급이 실제 층간소음 만족도를 보장하지 못하는 경우가 많음. 공업화주택은 공장에서 표준화된 고품질 제품을 대량 생산하여 건립되므로, 그 성능을 실증적으로 검증하려면 동일 시스템의 실험주택 건립이 반드시 선행되어야 함.
	사전인정의 테스트베드가 모듈러구조에 적용해도 적합한 것인지 의문이 있음. 또한 모듈러 방식은 기존의 구조설계와 동일하게 설계되지 않는 부분이 발생하므로 이를 구조기술사와 협의하여 다양한 시도/접근을 하는 경우가 있으나, 바닥충격음 같은 경우 설계상의 기준을 개선하기 위해서는 건설사/제작사의 접근과 협의가 현실적으로 어려운 부분이 있음.
	현재 바닥충격음 사전인정제도는 RC 중심의 기준을 따르고 있어, 모듈러주택 등 신기술 적용 주택에는 불합리한 부분이 많이 있음. 이를 해결하기 위해선 모듈러주택의 특성에 맞추어 실험실과 현장 간 병행 테스트를 도입 및 사전인정, 사후확인제 연계를 강화해야 할 것으로 보임.
	철근콘크리트용 사전인정 바닥구조 사용에 따른 모듈러 적용 시 성능 재검증 필요. 모듈러 전용 사전인정제도 부재의 문제. 모듈러 구조형식 및 모듈 접합방식 다양화에 따른 성능 차이 구분 필요.
	현재 모듈러공법의 바닥충격음 사전인정은 RC구조 바닥충격음 인정서로 갈음하고 있으나 모듈러 구조 특성에 맞게 표준 인증 기준을 마련하여 모듈러 바닥충격음 인정서가 필요함. 이는 모듈러 업체가 아닌 현재 RC구조 인정서 발행을 완충재 자재 업체에서 취득하는 것처럼 전문 자재 업체에서 진행해야 할 것임. 초기 모듈러 바닥충격음 인정서 발행을 위해서는 업체에서 부담되는 인정서 발행의 비용 및 절차 간소화를 위해 정부 및 기관의 지원 또는 인센티브 제공이 필요함.

3) 사후확인제도

- 사후확인제도와 관련해서는, 모듈러주택의 구조적 특성상 성능 미달 판정 시 보수보강이 매우 어렵고, 그 방법도 명확하지 않다는 문제가 제기됨
- 이에 따라 업계는 일정 요건을 충족한 경우 사후확인 검사를 면제하거나 완화하는 대체 제도 도입을 주장함
- 공장 제작 기반의 모듈러는 사전 품질관리 수준이 높음에도 불구하고, 일률적인 사후확인 기준으로 인해 사업 리스크가 증가하고 있으며, 이는 사업성 저하로 이어질 수 있다는 우려가 컸음
- 특히, 공업화인정을 받은 모듈러주택이 사후확인 결과 성능 기준을 충족하지 못할 경우, 설계감리 면제 등 인센티브가 철회되는 문제도 업계의 주요 우려 사항 중 하나였음

<표 4-10> 바닥충격음 사후확인제도 관련 문제점 인식 및 개선사항 설문조사 내용

구분	제도의 문제점 및 개선사항 주요 내용
사후확인 제도	건축물 완공 후 바닥충격음 성능을 개선하는 것은 매우 어렵고 비용이 많이 소요됨. 성능 미달 판정 시, 현실적인 보수 방안 부재 및 재시공의 어려움으로 인해 사업 주체의 부담이 가중. 공업화주택은 공장에서 표준화된 고품질 제품을 대량 생산하여 건립되므로, 동일 시스템의 실험주택을 건립하여 성능 검증을 하는 경우 사후확인제도는 불필요할 것으로 생각됨.
	공업화주택 인정 주택에 대한 보수보강 시 설계, 감리 면제 혜택 등 제외 여부 등에 대한 불명확성 등.
	모듈러주택은 단위세대가 공장에서 동시에 제작되므로, RC 공사 대비 사후확인제도 적용이 어려운 측면이 많음. 또한, 모듈러주택의 발주 방식이 검토 중인 만큼, 바닥충격음 등 관련 규정을 명확히 마련하여, 모듈러주택에 한해 사후확인제도가 아닌 사전인증제도로 진행하는 것이 적절하다고 생각됨.
	실 거주자의 거주 만족도를 위해서는 사후확인제도는 필요. 다만 공업화주택의 특성상 공장에서 제작되는 모듈러이므로 기존 공동주택 대비 측정 개수를 조절하는 것은 가능할 것으로 판단됨.
	준공 전 측정에서 성능 미달 시 보수보강의 어려움. 공업화주택 인정 주택에 대한 보수보강 시 설계, 감리 면제 혜택 등 제외 여부 등에 대한 불명확성. 모듈러구조에 대한 명확한 구조해석 및 성능측정 개소, 부위 등에 대한 기준 성립 필요.
	공업화인정 취득 및 샘플 모듈 (Mock-up) 모듈 제작 후 충격음 테스트 진행 시 바닥충격음 기준에 부합되어도 실제 본물량 제작 시, 감리 및 발주처 요청 등에 의하여 다시 테스트를 진행하는 등 기존 제출되었던 결과에 다시 결과를 확인하는 번거로움이 없었으면 함.
	바닥충격음 사후확인제도는 실사용자 입장에서 반드시 시행되어야하는 것은 사실이나 실제 제작후 측정값이 미달될 경우 보수하기가 쉽지 않고 비용 및 공기 초과 등의 문제가 발생됨. 조립 연결 구조인 모듈러 특성상 같은 모듈이어도 샘플주택 및 현장, 측정위치 마다 측정값이 상이하게 나오는 경우가 많아 이에 대한 데이터를 수집 및 분석하여 안전율을 적용한 바닥구조를 설계 표준화하는 것이 필요함.

4) 공업화주택 인정제도

- 공업화주택 인정제도와 관련해서는 인정 절차의 복잡성과 행정 처리의 장기화가 가장 큰 애로사항으로 지적됨
- 바닥충격음 평가 항목에 있어서는, 시험성적서 제출에 대한 명확한 기준이 없고, 심의 단계의 평가 기준 또한 불명확하여 인정 절차의 예측 가능성이 낮다는 문제가 확인됨
- 특히, 성능 검증을 위한 견본주택 제작 시 적용되는 시험환경이나 조건이 업체별로 상이하여, 결과의 일관성이나 신뢰성 확보가 어려운 상황이며, 시험환경에 대한 표준화가 시급한 과제로 제기됨

<표 4-11> 공업화주택 인정제도 바닥충격음 항목 관련 문제점 인식 및 개선사항 설문조사 내용

구분	제도의 문제점 및 개선사항 주요 내용
공업화 인정제도	인정신청 서류 준비, 심사 과정, 현장 실사 등 인증 획득 절차가 복잡하고, 상당 기간이 소요되어 사업 일정 지연 및 비용 증가를 초래. 또한 인증기관이 한정되어 있어 인증 신청이 많은 경우 인증에 소요되는 시간이 너무 길어짐
	인필식 구조에 대한 견본주택 제작시 현장과 동일환경 조성의 어려움 → 성능의 차이가 생길 수 있음.
	공업화주택 인정제도의 취지는 공감하나, 표준 공업화주택모델(설계기준)이 없는 상태에서 각각의 시험으로 성능을 평가하다보니 설계/성능 검증의 신뢰성이 우려됨. 하지만 양질의 모듈러공급을 위해서 제조시설, 품질관리, 일정수준의 성능기준은 반드시 필요한 부분이므로, 모듈러에 적합한 성능기준이 있으면 좀더 신뢰할 수 있는 제도가 될 수 있을것으로 사료됨.
	공업화주택 인정제도는 모듈러 업체 입찰 자격을 부여하는 정도의 역할. 실효성을 갖기 위해서는 품질문서의 연속성이 중요. 첫 인정시에는 품질문서의 기준을 잡는 기준 설정으로 한다면 갱신시에는 품질문서의 관리 등 연속성에 중점을 두어 관리될 필요가 있음
	바닥충격음 성적서 제출 여부에 대한 불확실한 기준. 공업화주택 객관적 기준 상세화 필요 및 심의위원회에 따른 평가기준 차이 문제. 견본주택이나 실험대형 주택 등 인정 회사별 동일 기준 부재.
	공업화주택 인정서를 취득하기 위한 비용 및 절차가 복잡하고 기간이 길어 취득의 어려움이 있음. 심의과정을 없애고 좀더 간소화하여 많은 업체들이 취득할수있게 장려하는 것이 모듈러 활성화에 도움이 될 것으로 생각함. 무분별하게 인정업체가 생기지 않게 변별력을 가지는 명확한 인정기준이 개정되어야 한다고 봄.
	공업화주택 인정제도에서 바닥충격음 성적서 제출 의무는 없지만, 심의위원 요청에 따라 추가 실험체 제작이 요구되는 경우가 많아 비용과 시간 부담이 과도하게 발생. 이에 따라, 바닥충격음에 대한 명확한 기준을 마련하여 추가적인 시험 없이 절차를 진행할 수 있도록 개선하는 것이 필요.
	공업화주택(공동주택) 인정 시 바닥충격음 차단성능에 대한 기준을 수립하는 것은 동의하나, 실제 공업화주택 인정 시 제출된 도면과 동일한 구조의 모듈러주택이 설계/제작/설치되는 경우는 없는 것으로 파악되어 공업화주택 인정 시 그 성능에 대한 성적서 요구보다는 기준을 두어 바닥 슬래브 두께 및 완충재의 기준을 설정하면 될것으로 판단됨. 다만 실 모듈러 설치 시 바닥성능 확인 필요

3.2. 제도 개선 방안 타당성 설문조사

1) 사전인정제도 개선 방안 선호도

- 모듈러주택에 적합한 사전인정 방식 도입에 대한 업계 선호도 조사 결과, 가장 선호되는 방식은 '국가기관에서 운영하는 표준시험실 구축(국가 인정기관)이 필요한가요', 그 다음으로는 '현장 시험 방식', '제조사 견본주택 구축' 순으로 나타남
- 이는 견본주택 제작에 따른 비용과 시간 부담이 크기 때문인 것으로 판단됨

<표 4-12> 모듈러주택 전용 사전인정제도 마련의 필요성 설문조사 결과(단위 : %)

구분	매우 그렇다	그렇다	보통이다	그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
모듈러 바닥충격을 차단성능 인정을 위한 표준시험실 구축(국가 인정기관)이 필요한가요?	33.3	44.4	11.1	11.1	0.0
모듈러 공동주택에 대한 제조사 견본주택 인정시험 방법은 적합한가요?	0.0	33.3	44.4	22.2	0.0
모듈러 공동주택에 대한 시공 현장 인정시험 방법은 적합한가요?	0.0	44.4	33.3	22.2	0.0

2) 공업화주택 인정제도

- 현행 공업화주택 인정제도에서는 사전인정 바닥구조 적용을 의무화하고 있으나, 모듈러주택에 대한 신뢰도 있는 성능 검증을 위해서는 신청 모델과 동일한 견본주택에서의 시험이 권장되어야 할 것으로 판단됨
- 이에 대한 타당성 조사를 위해 현재 공업화인정 단계에서 견본주택 제작 여부를 조사하였으며, 조사에 응한 8개社 중 77.8 %가 공업화인정 모듈러주택의 성능검증을 위한 견본주택을 제작한 것으로 확인됨

<표 4-13> 공업화주택 인정용 견본주택 제작 현황 설문조사 결과(단위 : %)

구분	제작함	안함
공업화주택 바닥충격음 차단성능 성적서 발급을 위한 별도 견본주택을 제작하나요?	77.8	22.2

- 공업화주택 인정을 위한 견본주택 제작에 대한 부담(비용, 시간, 난이도 등) 관련 조사에서는 ‘매우 그렇다’가 44.4 %, ‘그렇다’가 44.4 %로 응답되어 제조 업체에서 느끼는 부담이 큰 것으로 분석됨
- 현재, 성능검증을 위한 견본주택의 실험조건 등이 업체마다 불일치한 점 등으로 인해 실험실 조건에 대한 기준 수립이 필요하다는 응답이 약 90 %에 달하는 것으로 조사됨

<표 4-14> 공업화주택 인정용 견본주택 제작 부담 및 기준 수립 필요성 설문조사 결과(단위 : %)

구분	매우 그렇다	그렇다	보통이다	그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
공업화주택 인정용 바닥충격음 실험 견본주택 제작에 따른 부담(비용, 시간, 난이도 등)이 있으신가요?	44.4	44.4	11.1	0.0	0.0
공업화주택 인정용 바닥충격음 실험 견본주택 조건에 대한 기준(충수, 마감, 접합부 등) 수립이 필요한가요?	11.1	77.8	11.1	0.0	0.0

제5장 모듈러주택 바닥충격음 제도 개선사항

1. 現 제도 개선사항 분석

1.1. 모듈러주택 대상 바닥충격음 제도

1) 공업화인정 모듈러주택

① 제도 분석

- 모듈러주택은 공업화인정 모듈러와 일반(미인정) 모듈러로 구분되며, 이들 간에 바닥충격음 차단구조에 대한 설계기준이 차별적으로 적용되고 있음
- 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조의2제1호에 따르면, 공업화인정 모듈러주택에 대해 철근콘크리트 슬래브 최소 두께 기준(벽식/무량/혼합 : 210 mm 이상, 라멘 : 150 mm 이상)에 관한 예외 조항을 적용함으로써 경량 바닥구조 개발을 가능하게 함
- 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조의2제2호에서는 라멘구조 철근콘크리트 공동주택에 대해 슬래브 두께가 150 mm 인 경우, 바닥구조 유형에 무관하게 설계가 가능하도록 허용하고 있음. 그러나 라멘구조 공업화인정 모듈러주택에 대해서는 사전인정 바닥구조의 의무 설치를 규정하고 있어 기준 적용의 차이가 존재함

「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조의2

제14조의2(바닥구조) 공동주택의 세대 내의 층간바닥(화장실의 바닥은 제외한다. 이하 이 조에서 같다)은 다음 각 호의 기준을 모두 충족해야 한다. <개정 2017. 1. 17., 2022. 8. 4. 2024. 7. 9.>

1. 콘크리트 슬래브 두께는 210밀리미터[라멘구조(보와 기둥을 통해서 내력이 전달되는 구조를 말한다. 이하 이 조에서 같다)의 공동주택은 150밀리미터] 이상으로 할 것. 다만, 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 주택의 층간바닥은 예외로 한다.

가. 법 제51조제1항에 따라 인정받은 공업화주택

나. 목구조(주요 구조부를 「목재의 지속가능한 이용에 관한 법률」에 따른 목재 또는 목재제품으로 구성하는 구조를 말한다) 공동주택

2. 각 층간 바닥은 바닥충격음 차단성능[바닥의 경량충격음(비교적 가볍고 딱딱한 충격에 의한 바닥충격음을 말한다) 및 중량충격음(무겁고 부드러운 충격에 의한 바닥충격음을 말한다)이 각각 49데시벨 이하인 성능을 말한다]을 갖춘 구조일 것. 다만, 다음 각 목의 층간바닥은 그렇지 않다.

가. 라멘구조의 공동주택(법 제51조제1항에 따라 인정받은 공업화주택은 제외한다)의 층간바닥

나. 가목의 공동주택 외의 공동주택 중 발코니, 현관 등 국토교통부령으로 정하는 부분의 층간바닥

- 「주택건설기준 등에 관한 규칙」 별표6에서는 공업화주택에 대한 성능기준을 단독주택과 공동주택으로 구분하여 제시하고 있으며, 공동주택의 경우 음환경성능(세대간 차음, 바닥충격음) 기준을 충족할 것을 규정함. 이에 따라, 공업화인정 모듈러 공동주택에는 바닥충격음 차단용 사전인정 바닥구조를 설계도서에 필수적으로 반영해야 함

「주택건설기준 등에 관한 규칙」 별표6, 공업화주택의 성능 및 생산기준	
6) 음환경성능	가) 세대간 경계벽의 소음차단성능: 세대간 경계벽의 구조는 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조제1항 및 제2항에 따른 경계벽의 구조 기준에 적합하여야 한다. 나) <u>바닥충격음의 차단성능: 상하층 간의 바닥의 경랑충격음 및 중랑충격음의 기준은 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조의2제2호에 따른 기준에 적합하여야 한다.</u>

② 제도 개선사항

- 공업화인정 모듈러주택은 철근콘크리트 공동주택에서 인정받은 바닥구조를 선택하여 바닥충격음 차단 대책을 수립하고 있음
- 현재까지 공고된 사전인정 바닥구조는 2025년 3월 기준 총 224건에 이르며, 이들 대부분은 슬래브 두께 210mm 이상의 벽식구조 철근콘크리트 공동주택을 대상으로 인정된 구조임. 반면, 라멘구조용 사전인정 바닥구조는 극히 소수에 불과한 것으로 조사됨
- 이러한 현상은 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조의2제2호에 따라, 라멘구조 철근콘크리트 공동주택의 경우 슬래브 두께가 150 mm 이상이면 바닥구조의 유형에 관계없이 성능 4등급으로 인정되기 때문에, 별도로 라멘구조용 바닥구조에 대한 수요가 적었던 데에 기인한 것으로 분석됨
- 그러나 실제로 공업화인정 모듈러주택의 대부분은 라멘구조 형식을 따르고 있으며, 이로 인해 라멘구조용 사전인정 바닥구조가 충분하지 않은 상황에서는 벽식구조용 인정 바닥구조를 선택하여 적용하는 실정
- 문제는 벽식구조용 바닥구조는 슬래브 두께가 210 mm 이상일 것을 전제로 하고 있어, 라멘구조 모듈러주택의 슬래브 두께가 이보다 얇은 경우가 많은 현실과 맞지 않는다는 점으로 분석됨. 이에 따라, 견본주택이나 유사 사례 현장에서 측정한 시험성적서를 별도로 제출하는 방식으로 성능검증 확인 방식을 보완 중
- 향후 라멘구조용 사전인정 바닥구조의 수가 증가하게 되면, 공업화 라멘구조 모듈러주택에도 보다 적합한 바닥구조의 설계 반영이 가능할 것으로 기대됨

- 현재 「공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준」에 따르면 라멘구조용 바닥구조에 대해서는 슬래브 두께가 160 mm 이상인 경우에는 별도의 성능인정 절차를 통해 구조를 인정받을 수 있으나, 슬래브 두께가 160 mm 미만인 경우에는 성능인정 절차가 마련되어 있지 않아, 이에 대한 제도적 보완이 필요한 상황. 또한, 현행 160 mm 로 구분되는 별도 성능인정 절차 기준을 라멘구조 슬래브 최소 두께인 150 mm 로 통일화하여 라멘구조 사전인정 바닥구조 개발 촉진이 필요할 것으로 판단됨

「공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준」

제2장 바닥충격음 차단구조 성능등급 인정기준 및 절차

제4조(성능인정기준) ① 바닥충격음 차단성능의 등급별 성능기준은 별표 1에 의한다. 라멘구조의 경우에는 4등급(라멘구조)으로 표기하고, 제2항에 따른 성능인정을 받은 경우에는 그에 따른 등급을 표기한다.

② 이 기준에 따라 주택에 적용되는 바닥구조 중 벽식구조, 무량판구조, 혼합구조는 인정기관으로부터 성능확인을 위한 인정(이하 "성능인정"이라 한다)을 받아야 한다. 라멘구조는 슬래브 두께가 160밀리미터 이상인 경우에는 성능인정을 거쳐 별표 1에 따른 성능등급을 받을 수 있다.

- 한편, 슬래브 두께가 최소 두께 기준 미만인 경우, 현행 「공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준」에 따라 바닥면적 기준 2개소를 갖춘 모듈러 표준시험실에서 사전인정 시험절차를 이행해야 하는 규제가 발생함. 이는 공업화인정 모듈러주택에 대한 설계 및 생산 과정에서 현실적인 제약으로 작용할 수 있으며, 구조 개발 및 시험 비용 부담을 가중시키는 요인이 됨
- 또한, 공업화인정 모듈러주택의 경우 일반(미인정) 모듈러주택과 달리 사전인정 바닥구조의 설치가 의무화되어 있어, 바닥구조 설계의 자율성이 제한되고 있음. 이에 따라, 라멘구조 공업화주택에 대해서는 사전인정 바닥구조를 반드시 설치하지 않더라도 자율적으로 바닥구조를 설계할 수 있도록 제도를 개선할 필요가 있음
- 따라서, 슬래브 두께가 얇거나 사전인정 바닥구조를 설치하지 않는 공업화인정 모듈러주택에 대해서는 표준시험실 방식 외에 견본주택을 활용한 성능 검증 절차를 마련할 필요가 있음. 이는 실제 공장 제작 방식과 진동 전달 특성을 반영할 수 있는 현실적인 대안으로, 유연하고 실증 기반의 구조 성능 검증 체계로 기능할 수 있을 것으로 판단됨
- <표 5-1>은 현행 공업화 모듈러주택 제도에 대한 주요 내용을 분석한 표이며, <표 5-2>는 이러한 분석을 바탕으로 도출한 제도 개선(안)을 정리한 내용임

<표 5-1> 현행 공업화 모듈러주택 바닥충격음 차단성능 제도 주요 내용

구조 형식	슬래브 두께	성능검증 방법
라멘식	160 mm 이상 슬래브	① 라멘식 사전인정 등급
벽식	210 mm 이상 슬래브	① 벽식 사전인정 등급
전체 형식	최소 두께 기준 미달	① 모듈러 전용 표준시험실 사전인정 등급

<표 5-2> 공업화인정 모듈러주택 바닥충격음 차단성능 제도 개선(안)

구조 형식	슬래브 두께	성능검증 방법
라멘식 (①, ② 중 택일)	<u>150 mm 이상</u> 슬래브	① 라멘식 사전인정 등급(인정 바닥구조 적용 시) ② <u>견본주택 시험(미인정 바닥구조 적용 시)</u>
벽식	210 mm 이상 슬래브	① 벽식 사전인정 등급
전체 형식 (①, ② 중 택일)	최소 두께 기준 미달, 새로운 형태 구조	① 모듈러 전용 표준시험실 사전인정 등급 ② <u>견본주택 시험</u>

2) 일반(미인정) 모듈러

- 정부는 공업화주택 인정제도를 통해 모듈러주택의 활성화와 품질 향상을 유도하고자 인센티브를 제공하고 있음. 그러나 이러한 제도적 장치에도 불구하고, 현재까지 공업화주택으로 인정받아 실제 준공에 이른 모듈러 공동주택 프로젝트는 단 한 건도 없는 상황
- 이에 따라, 공업화인정 없이 일반 모듈러 방식으로 시공된 공동주택의 경우, 철근콘크리트구조 공동주택에 준하는 바닥충격음 차단 성능 기준과 바닥구조 선정 절차가 적용되고 있음
- 구체적으로는, 일반 모듈러주택의 구조 형식에 따라 철근콘크리트 공동주택과 동일한 최소 슬래브 두께 기준이 적용되며, 그 내용은 다음과 같음
 - 라멘형 모듈러주택 : 슬래브 두께 150 mm 이상 확보 필요
 - 벽식형 모듈러주택: 슬래브 두께 210 mm 이상 확보 필요
- 이처럼 모듈러주택에도 기존 철근콘크리트 기준이 일괄 적용되면서, 모듈러의 경량 구조 특성과 맞지 않는 기준 적용으로 인해 설계 유연성이 제한되는 문제가 발생하고 있음. 이를 해소하기 위해서는 공업화인정 모듈러주택을 실제 시공에 이르도록 유도할 수 있도록 제도의 실효성 확보가 우선되어야 할 것으로 판단됨
- 새로운 형태의 슬래브를 갖는 경우에는, 「공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준」에 따라 표준시험실을 통한 성능인정이 가능하나, 슬래브의 바닥면적, 평면 구성 조건 등이 표준 기준에 부합하지 않는 경우가 많아 적용에 어려움이 있음
- 따라서 이러한 제한을 해소하기 위해, 모듈러 등 특수한 주거 모델에 대해 바닥면적 조건 및 장단변비 등에 대한 예외 규정을 마련하고, 견본주택을 표준시험실로 허용하는 등의 인정 절차의 예외적 적용을 허용하는 제도 개선이 필요할 것으로 판단됨. 이를 통해 프로젝트 단위의 인정, 제품 단위의 인정, 바닥면적 단위의 인정 등 합리적이고 유연한 바닥충격음 차단구조 성능 검증 체계를 마련할 수 있을 것으로 기대됨
- <표 5-3>은 현행 일반 모듈러주택에 적용되는 바닥충격음 제도 요약을 정리한 자료이며, <표 5-4>는 견본주택 기반 성능 인정 절차 도입 등 제도 개선 방향을 제시함

<표 5-3> 일반(공업화 미인정) 모듈러주택 바닥충격음 차단성능 현행 제도

슬래브 조건	구조형식	슬래브 두께	성능검증 방법
일반 슬래브	라멘식	150 mm	① 4등급 인정(미인정 바닥구조 적용 시)
		160 mm 이상 (①, ② 중 택일)	① 4등급 인정(미인정 바닥구조 적용 시) ② 라멘식 사전인정 등급
	벽식	210 mm 이상	① 벽식 사전인정 등급
특수 형태 슬래브	라멘식	150 mm 이상	① 모듈러 전용 시험실 사전인정 등급
	벽식 등	210 mm 이상	

<표 5-4> 일반(공업화 미인정) 모듈러주택 바닥충격음 차단성능 제도 개선(안)

슬래브 조건	구조형식	슬래브 두께	성능검증 방법
철근콘크리트 슬래브	라멘식	<u>150 mm 이상</u> (①, ② 중 택일)	① 4등급 인정(미인정 바닥구조 적용 시) ② 라멘식 사전인정 등급
	벽식	210 mm 이상	① 벽식 사전인정 등급
특수 형태 슬래브	라멘식	150 mm 이상	① 모듈러 표준시험실 사전인정 등급 ② <u>견본주택 시험</u>
	벽식 등	210 mm 이상	

1.2. 바닥충격을 사전인정제도 분석

- 「공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준」 제12조제2항에서는 표준시험실의 설계조건을 명시하고 있으며, 이에 따라 모듈러 전용 표준시험실을 구축하려는 경우에도 다음과 같은 기준을 충족해야 함
 - 시험실 수 : 2세대 이상 구성
 - 바닥면적 : 20 m² 미만 및 20 m² 이상 각각의 실 확보
 - 장단변비 : 1:1.5 이하
 - 반자높이 : 2.1 m 이상
 - 천장 공기층 두께 : 슬래브 하단으로부터 150~200 mm
 - 반자 재질 : 9.5 mm 석고보드 또는 실제 공동주택 현장 시공과 동일한 천장 구성
- 그러나 최근에는 새로운 형태의 슬래브 구조나 신재료를 활용한 공동주택 개발 수요가 증가하고 있으며, 이러한 구조는 현행 사전인정 제도의 적용 범위를 벗어나는 경우가 있음
- 이에 대응하여 「공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준」 제12조제3항에서는 성능인정이 불가능한 새로운 구조에 대해 별도 시험시설 구축 방법과 절차를 마련할 수 있도록 하는 규정을 두고 있음

「공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준」, 국토교통부고시 제2023-494호

제12조(인정을 위한 시험조건 및 규모) ① 인정대상 바닥충격음 차단구조에 대한 바닥충격음 차단성능 시험은 공동주택 시공현장 또는 표준시험실에서 실시할 수 있다. 표준시험실의 형태 등 세부사항은 제25조의 세부운영지침에 따라 인정기관의 장이 정한다.

② 제1항에 따른 바닥충격음 차단성능은 다음 각 호의 조건을 갖춘 곳에서 실시하여야 한다.

1. 측정대상 음원실(音源室)과 수음실(受音室)의 바닥면적은 20제곱미터 미만과 20제곱미터 이상 각각 2곳으로 한다.

2. 측정대상공간의 장단변비는 1:1.5 이하의 범위로 한다.

3. 측정대상공간의 반자높이는 2.1미터 이상으로 한다.

4. 수음실 상부 천장은 슬래브 하단부터 150밀리미터 이상 200밀리미터 이내의 공기층을 두고 반자는 석고보드 9.5밀리미터를 설치하거나 공동주택 시공현장의 천장구성을 적용할 수 있다.

③ 제1항에 따른 바닥충격음 차단구조의 인정을 위한 성능시험은 바닥면적이나 평면형태가 다른 2개 세대를 대상으로 다음 각 호의 어느 하나에 따라 실시하여야 한다.

1. 현장에서 시험을 실시할 경우에는 2개동에서 각각 1개 세대 전체에 신청한 구조를 시공하고 시공된 시료를 대상으로 각 세대 1개 이상의 공간에서 시험을 실시하여야 한다. 다만, 대상 건축물이 1개동만 있는 경우 2개 세대 전체에 신청한 구조를 시공하여야 한다.

2. 표준시험실에서 실시할 경우에는 2개 세대 전체에 신청된 바닥충격음 차단구조를 시공하고 시공된 시료를 대상으로 각 세대 1개 이상의 공간에서 시험을 실시하여야 한다.

3. 제1항 및 제2항의 방법으로 성능인정이 불가능한 새로운 구조형식이나 슬래브 형상에 대해서는 제2항 및 제3항제2호에 적합한 시험실을 구축하여 성능인정을 할 수 있으며, 시험실 구축방법 등은 인정기관의 장과 협의하여야 한다.

- 모듈러주택의 바닥충격음 차단성능을 보다 정확하고 대표성 있게 평가하기 위해서는, 골조 재료, 구조 유형, 시공 방식, 접합 방식 등 다양한 변수에 따라 복수의 모듈러주택 전용 표준시험실 구축이 필요할 것으로 예상됨. 예를 들어, 다음과 같은 유형별 조합이 대표적으로 검토될 수 있음
 - 골조 재료 : 철골, 철근콘크리트 PC, 목조 등
 - 골조 유형 : 라멘식, 벽식 등
 - 시공 방식 : 적층형, 인필형 등
 - 접합 방법 : 보 연결형, 기둥 연결형 등
- 한편, 모듈러주택 전용 바닥충격음 차단성능 시험을 위한 표준시험실을 구축하는 경우에는 「공동주택바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준」 제12조 제3항에 명시된 설계조건 충족 필요. 그러나 해당 기준에서는 바닥면적, 장단변비, 반자높이 등 세부 요건을 일률적으로 규정하고 있어, 실제 공급될 모듈러주택과는 다른 평면 구성으로 시험실을 설계해야 하는 상황이 발생할 수 있음
- 또한, 최근에는 다양한 신재료와 새로운 슬래브 구조를 적용한 모듈러주택이 1개 평면의 단일 구성으로 공급되는 사례도 늘어 있음. 이 경우에도 기존의 2개 세대 이상 구성 및 면적 기준 등을 충족하기 어려운 현실적인 한계가 존재함
- 따라서, 바닥충격음 성능인정 제도가 실제 모듈러주택의 구조적 특성과 공급 형태를 반영할 수 있도록, 유연한 시험 기준 적용 및 예외 인정이 가능한 제도 개선이 필요함. 이는 모듈러 기술의 확산과 맞춤형 주택 설계 다양화를 지원하기 위한 핵심 기반이 될 수 있을 것으로 사료됨

1.3. 제도 개선사항 요약

1) 공업화인정 제도 개선사항

- 모듈러주택의 바닥충격음 차단성능 관리를 위해 현재 공업화주택 인정제도와 바닥충격음 사전인정제도가 연계되어 운영되고 있음
- 모듈러주택은 공업화인정 모듈러와 미인정 모듈러로 구분되며, 이들 간에는 슬래브 최소 두께 기준 적용 여부 및 라멘구조에 대한 성능인정 방식에서 기준 차이가 존재함
- 특히, 현재 라멘구조용 사전인정 바닥구조의 수가 매우 적어, 공업화인정 라멘구조 모듈러주택에서 바닥구조 선택에 어려움이 발생하고 있으며, 이는 업계의 불편사항으로 지적되고 있음
- 이에 따라, 라멘구조 공업화 모듈러주택에 대해서도 일반 모듈러와 동일하게 바닥구조를 자율 선택할 수 있도록 기준 개선이 필요함. 단, 사전인정 바닥구조가 아닌 구조를 사용하는 경우, 견본주택 제작을 통한 조건부 성능검증 절차를 병행 적용하는 방안 등을 도입할 필요가 있음

2) 바닥충격음 사전인정제도 개선사항

- 현재는 라멘구조 공동주택에 대해 슬래브 160 mm 이상부터 별도 성능인정 가능하나, 150 mm 슬래브에 대한 고성능 바닥구조 개발을 위한 표준시험실이 구축되면서 별도 성능인정 가능 슬래브 두께 기준을 150 mm로 하향 조정하는 방안 검토 필요
- 모듈러는 시공방식, 재료, 접합방식 등에 따라 새로운 구조로 제작되는 경우가 많으나, 현행 제도는 철근콘크리트 구조 기준에 기반한 표준시험실 조건(바닥면적, 장단변비 등)을 일률적으로 적용하고 있음. 이로 인해, 실제 공급되는 특정 평면 및 골조 방식에 대한 성능 검증이 불확실한 상태로 사업승인을 진행해야 하는 문제가 발생하고 있어, 실제 공급 평면 단위의 성능인정 허용 등 유연한 제도 운영 설정 방안이 필요함

3) 관련 제도 개선사항 종합 요약

- 아래 표는 모듈러주택에 대한 바닥충격음 차단 기술개발 및 성능평가의 실효성 확보를 위한 공업화인정 및 바닥충격음 사전인정제도 개선방안에 대한 종합 요약표를 보여줌

<표 5-5> 공업화인정 및 바닥충격음 사전인정제도 개선 전·후 비교표

구분	현행 제도(개선전)	개선방향(개선후)
1. 라멘구조 사전인정 바닥구조 적용 기준	- 라멘구조 공업화인정 모듈러에 대해 사전인정 바닥구조 의무 사용	- 일반(미인정) 모듈러주택과 동일하게 바닥구조 자율 선택 허용 - 단, 사전인정 바닥구조가 아닌 구조를 사용하는 경우, 견본주택 제작을 통한 별도 성능 검증
2. 라멘구조 고성능 등급 인정 슬래브 두께 기준	- 슬래브 160 mm 이상부터 고성능 등급 인정 가능	- 슬래브 150 mm 이상부터 고성능 등급 성능인정 허용 검토
3. 표준시험실 설계조건	- 획일화된 설계조건(2세대, 바닥면적, 장단변비 등) 적용	- 시험실 설계조건 완화 - 프로젝트 단위, 제품 단위 등 유연한 성능인정 방안 마련 필요

2. 모듈러주택 맞춤형 바닥충격음 제도 법령 개정(안) 제언

2.1. 주택건설기준 등에 관한 규정(대통령령)

- 현행 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조의2제2항에서는 라멘구조의 공동주택에 대해 바닥구조 유형과 무관하게 설계가 가능하도록 예외를 허용하고 있음. 이는 층간바닥의 성능 확보를 슬래브 두께 기준(150 mm 이상)으로 간주하고, 이에 따라 바닥충격음 차단구조에 대한 별도의 제한 없이 설계를 가능하게 한 제도적 유연성 조치임
- 그러나 동 조항은 "법 제51조제1항에 따라 인정받은 공업화주택은 제외한다"는 단서를 포함하고 있어, 같은 라멘구조를 채택한 경우에도 공업화인정 여부에 따라 제도 적용에 차이가 발생하는 상황. 즉, 동일한 구조 형식을 갖춘 라멘구조임에도 공업화인정 모듈러주택은 해당 예외를 적용받을 수 없고, 이에 따라 사전인정 바닥구조를 반드시 사용해야 하는 이중 규제에 직면
- 이를 해소하기 위해서는 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조의2항제2항가목에 대한 법령 개정이 선행적으로 추진되어야 하며, 아래와 같은 문구를 개정함으로써 공업화인정 여부와 관계없이 라멘구조 공동주택 전체에 동일한 예외규정을 적용할 수 있음<표 5-6 참조>
 - (현행) 가. 라멘구조의 공동주택(법 제51조제1항에 따라 인정받은 공업화주택은 제외한다)의 층간바닥
 - (개정안) 가. 라멘구조 공동주택의 층간바닥
- 이와 같이 단서 조항을 삭제하고 법문을 개정함으로써, 공업화인정 여부와 관계없이 라멘구조 공동주택 전체에 동일한 예외규정이 적용될 수 있음
- 이는 공업화인정 모듈러주택도 일반 라멘구조 공동주택과 동일하게 바닥충격음 차단구조에 대한 설계 유연성을 확보할 수 있도록 하여, 기술개발 및 설계 다양성 측면에서도 긍정적인 영향을 줄 것임
- 다만, 사전인정을 받지 않은 바닥구조를 적용하는 경우에는 성능확보에 대한 별도의 검증 절차가 필요하므로, 이를 보완하기 위해서는 공업화주택 인정 관련 성능기준의 세부사항 개정이 후속적으로 병행되어야 함
- 예를 들어, 견본주택을 통한 실증 시험이나 유사 조건 적용 기반의 성능 검증 절차 등을 도입함으로써, 제도의 신뢰성과 실용성을 함께 확보할 수 있을 것으로 판단됨

<표 5-6> '주택건설기준 등에 관한 규정' 제14조의2 바닥구조 법령 개정(안)
[대통령령 제34691호, 2024. 7. 9., 일부개정]

현행	개정(안)
제14조의2(바닥구조) 공동주택의 세대 내의 층간바닥(화장실의 바닥은 제외한다. 이하 이 조에서 같다)은 다음 각 호의 기준을 모두 충족해야 한다.	제14조의2(바닥구조) 좌동
1. 콘크리트 슬래브 두께는 210밀리미터[라멘구조(보와 기둥을 통해서 내력이 전달되는 구조를 말한다. 이하 이 조에서 같다)의 공동주택은 150밀리미터] 이상으로 할 것. 다만, 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 주택의 층간바닥은 예외로 한다. 가. 법 제51조제1항에 따라 인정받은 공업화주택 나. 목구조(주요 구조부를 「목재의 지속가능한 이용에 관한 법률」에 따른 목재 또는 목재제품으로 구성하는 구조를 말한다) 공동주택	1. 좌동 가. 좌동 나. 좌동
2. 각 층간 바닥은 바닥충격음 차단성능[바닥의 경량충격음(비교적 가볍고 딱딱한 충격에 의한 바닥충격음을 말한다) 및 중량충격음(무겁고 부드러운 충격에 의한 바닥충격음을 말한다)이 각각 49데시벨 이하인 성능을 말한다]을 갖춘 구조일 것. 다만, 다음 각 목의 층간바닥은 그렇지 않다. 가. 라멘구조의 공동주택(법 제51조제1항에 따라 인정받은 공업화주택은 제외한다)의 층간바닥 나. 가목의 공동주택 외의 공동주택 중 발코니, 현관 등 국토교통부령으로 정하는 부분의 층간바닥	2. 좌동 가. 라멘구조의 공동주택(법 제51조제1항에 따라 인정받은 공업화주택은 제외한다)의 층간바닥 나. 좌동

2.2. 주택건설기준 등에 관한 규칙(국토교통부령)

- 현행 「주택건설기준 등에 관한 규칙」 별표 6에서는 공업화인정 공동주택에 대한 성능기준을 규정하고 있으며, 이 중에는 음환경 성능에 관한 항목도 포함되어 있음. 구체적으로 바닥충격음 차단성능과 관련하여, “상하층 간의 바닥의 경량충격음 및 중량충격음의 기준은 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조의2제2호에 따른 기준에 적합하여야 한다”라고 명시됨
- 한편, 앞서 제안된 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조의2의 개정(안)에서는 라멘구조 공업화주택에 대해 사전인정 바닥구조를 반드시 설치하지 않도록 하는 설계기준 유연화 방안이 제시되었음
- 이러한 제도 개선이 시행될 경우, 기존처럼 사전인정 바닥구조가 없는 경우에도 사업승인이 가능해지는 반면, 일정한 성능 확보를 검증하는 방법에 대한 기제가 병행되어야 하는 상황이 발생함
- 따라서 이를 보완하기 위해서는, 공업화인정 모듈러주택에 대해 견본주택에서 바닥충격음 성능검사를 실시할 수 있도록 하는 별도 규정을 「주택건설기준 등에 관한 규칙」 별표 6에 명기할 필요가 있음. 이에 따라, 관련 제도 개정이 병행되어야 하며, 구체적인 법령 개정 방안은 <표 5-7>에 제시됨
- 이때, 견본주택을 통한 성능검증이 실효성 있게 운영되기 위해서는, 시험대상 견본주택의 물리적 조건 등 세부 적용 지침이 구체화되어야 하며, 이는 「공업화주택 인정업무 처리지침」에 관련 조항으로 명문화되어야 할 것임

<표 5-7> 「주택건설기준 등에 관한 규칙」 별표 6 개정(안)
[시행 2023. 12. 11.] [국토교통부령 제1282호, 2023. 12. 11., 일부개정]

현행	개정(안)
6) 음환경성능	
가) 세대간 경계벽의 소음차단성능: 세대간 경계벽의 구조는 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조제1항 및 제2항에 따른 경계벽의 구조 기준에 적합하여야 한다.	가) 좌동
나) 바닥충격음의 차단성능: 상하층 간의 바닥의 경량충격음 및 중량충격음의 기준은 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조의2제2호에 따른 기준에 적합하여야 한다.	나) 바닥충격음의 차단성능: 상하층 간의 바닥의 경량충격음 및 중량충격음의 기준은 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조의2제2호에 따른 기준에 적합하여야 한다. 단, 견본주택에서 별도 성능인정을 받을 수 있다.

2.3. 공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준(국토교통부 고시)

1) 새로운 구조형식이나 슬래브 형상에 대한 시험실 설계기준 유연화

- 현행 「공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준」 제12조(인정을 위한 시험조건 및 규모)에서는 바닥구조 성능 인정을 위한 표준시험실의 물리적 조건과 규모를 명시하고 있음. 이 기준에 따라 인정받은 바닥구조는 동일한 구조형식을 전제로 평면과 무관하게 범용적으로 사용할 수 있으며, 이는 모듈러주택에도 적용 가능한 것으로 해석됨
- 제12조3항3호에서는 새로운 구조형식이나 슬래브 형상을 적용한 주택에 대해 별도의 시험실을 구축할 수 있도록 규정하고 있으며, 이때에도 표준시험실 설계조건에 준하여 2개소 이상 구축할 것을 요구하고 있음. 이는 기존 철근콘크리트 공동주택의 공급 특성을 반영한 것으로, 일정 바닥면적 이상을 요구하는 조건이 포함되어 있음
- 그러나 최근 주택 시장에서는 소형 평면 중심의 모듈러주택이 늘어나고 있으며, 이들 주택은 표준시험실 조건을 그대로 적용하기에 부적합한 경우가 다수 발생하고 있음. 예를 들어, 공급 평면이 20 m² 미만이거나 장단변비 등이 맞지 않는 경우, 현행 규정상으로는 정식 성능인정 절차 자체가 어려워지는 문제가 있음
- 이러한 상황을 고려하면, 다양한 구조형태와 주택 유형에 유연하게 대응할 수 있는 제도적 장치 마련이 필요함. 특히 예측 불가능한 새로운 주택 구조나 시공방식이 등장할 경우, 현재의 획일적인 시험조건이 적용되면 제도와 현장의 괴리가 심화될 가능성이 있음
- 따라서 이를 개선하기 위해서는, 표준시험실 조건 및 인정서 적용 범위에 대해 인정기관의 장이 판단할 수 있는 해석 권한을 확대해야 하며, 현장의 다양한 실정에 맞춰 예외를 인정할 수 있도록 제도 운영의 유연성을 확보해야 함. 이를 통해 현재 구조형식에 따라 범용적으로 사용가능한 사전인정서를 특정 현장이나 평면에 한정해서 인정 범위를 제한하는 방식도 도입 가능
- 이를 위해, 현재 제12조제3항제3호에서 시험실 구축 조건을 “제2항 및 제3항 제2호에 적합하도록 하여야 한다”고 한 문구를 삭제하거나 조정함으로써, 현장 중심의 실효성 있는 시험실 조건 확보가 가능해질 것으로 판단됨
- 이러한 개선은 특히 모듈러주택과 같이 다양한 시공방식과 형식, 평면을 갖는 주택 유형에 대해 인정제도의 포용성과 실효성을 동시에 확보하는 효과가 있을 것으로 기대되며, 관련한 고시 개정안은 <표 5-8>에 제시함

<표 5-8> '공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준' 제12조 인정을 위한 시험조건 및 규모 개정(안)
[국토교통부고시 제2023-494호, 2023. 8. 28., 일부개정.]

현행	개정(안)
제12조(인정을 위한 시험조건 및 규모) ① 인정대상 바닥충격음 차단구조에 대한 바닥충격음 차단성능 시험은 공동주택 시공현장 또는 표준시험실에서 실시할 수 있다. 표준시험실의 형태 등 세부사항은 제25조의 세부운영지침에 따라 인정기관의 장이 정한다.	제12조 ① 좌동
② 제1항에 따른 바닥충격음 차단성능은 다음 각 호의 조건을 갖춘 곳에서 실시하여야 한다.	② 좌동
1. 측정대상 음원실(音源室)과 수음실(受音室)의 바닥면적은 20제곱미터 미만과 20제곱미터 이상 각각 2곳으로 한다.	1. 좌동
2. 측정대상공간의 장단변비는 1:1.5 이하의 범위로 한다.	2. 좌동
3. 측정대상공간의 반자높이는 2.1미터 이상으로 한다.	3. 좌동
4. 수음실 상부 천장은 슬래브 하단부터 150밀리미터 이상 200밀리미터 이내의 공기층을 두고 반자는 석고보드 9.5밀리미터를 설치하거나 공동주택 시공현장의 천장구성을 적용할 수 있다.	4. 좌동
③ 제1항에 따른 바닥충격음 차단구조의 인정을 위한 성능시험은 바닥면적이나 평면형태가 다른 2개 세대를 대상으로 다음 각 호의 어느 하나에 따라 실시하여야 한다.	③ 좌동
1. 현장에서 시험을 실시할 경우에는 2개동에서 각각 1개 세대 전체에 신청한 구조를 시공하고 시공된 시료를 대상으로 각 세대 1개 이상의 공간에서 시험을 실시하여야 한다. 다만, 대상 건축물이 1개동만 있는 경우 2개 세대 전체에 신청한 구조를 시공하여야 한다.	1. 좌동
2. 표준시험실에서 실시할 경우에는 2개 세대 전체에 신청된 바닥충격음 차단구조를 시공하고 시공된 시료를 대상으로 각 세대 1개 이상의 공간에서 시험을 실시하여야 한다.	2. 좌동
3. 제1호 및 제2호의 방법으로 성능인정이 불가능한 새로운 구조형식이나 슬래브 형상에 대해서는 제2항 및 제3항제2호에 적합한 시험실을 구축하여 성능인정을 할 수 있으며, 시험실 구축방법 등은 인정기관의 장과 협의하여야 한다.	3. 제1호 및 제2호의 방법으로 성능인정이 불가능한 새로운 구조형식이나 슬래브 형상에 대해서는 제2항 및 제3항제2호에 적합한 시험실을 구축하여 성능인정을 할 수 있으며, 시험실 구축방법 등은 인정기관의 장과 협의하여야 한다.
④ 인정기관의 장은 제1항의 규정에 적합한 외부기관의 시험실을 인정평가에 활용할 수 있다.	④ 좌동

2) 라멘구조 성능인정 슬래브 두께 현실화

- 현재는 라멘구조 공동주택에 대해 슬래브 160 mm 이상부터 별도 성능인정 가능하나, 150 mm 슬래브에 대한 고성능 바닥구조 개발 수요 증가 중
- 이에 발맞춰 슬래브 두께 150 mm의 라멘구조 표준시험실이 구축되는 등 대외여건을 반영하여 슬래브 두께 기준을 150 mm로 하향 조정하는 고시 개정(안)을 아래와 같이 제시함

<표 5-9> '공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준' 제4조 성능인정기준 개정(안)
[국토교통부고시 제2023-494호, 2023. 8. 28., 일부개정.]

현행	개정(안)
제4조(성능인정기준) ① 바닥충격음 차단성능의 등급별 성능기준은 별표 1에 의한다. 라멘구조의 경우에는 4등급(라멘구조)으로 표기하고, 제2항에 따른 성능인정을 받은 경우에는 그에 따른 등급을 표기한다. ② 이 기준에 따라 주택에 적용되는 바닥구조 중 벽식구조, 무량판구조, 혼합구조는 인정기관으로부터 성능확인을 위한 인정(이하 "성능인정"이라 한다)을 받아야 한다. 라멘구조는 슬래브 두께가 160밀리미터 이상인 경우에는 성능인정을 거쳐 별표 1에 따른 성능등급을 받을 수 있다.	제12조 ① 좌동 ② 이 기준에 따라 주택에 적용되는 바닥구조 중 벽식구조, 무량판구조, 혼합구조는 인정기관으로부터 성능확인을 위한 인정(이하 "성능인정"이라 한다)을 받아야 한다. 라멘구조는 슬래브 두께가 160150밀리미터 이상인 경우에는 성능인정을 거쳐 별표 1에 따른 성능등급을 받을 수 있다.

2.4. 공업화주택 인정업무 처리 지침(국토교통부 승인)

- 「공업화주택 인정업무 처리 지침(안)」 [별표 3]에서는 공업화주택의 성능 항목별 평가방법과 제출서류를 규정하고 있으며, 이 중 바닥충격음 차단성능에 대해서도 관련 내용을 포함함
- 지침에 따르면, 바닥충격음의 차단성능은 ‘표준바닥구조 여부 확인 또는 「공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준」에 따른 인정서 제출’을 통해 평가하도록 규정되어 있음
- 그러나 표준바닥구조는 다세대, 다가구 등 소규모 주택에 보편적으로 적용하기 위한 설계지침으로서, 공동주택용 공업화주택에 대한 적용하는 경우 성능 확보의 불확실성 등이 발생하여 평가방법 범위에서 제외되는 것이 타당할 것으로 판단됨
- 다만, 표준바닥구조 등 사전인정 바닥구조가 아닌 바닥구조를 설계에 적용하고자 하는 경우에는 견본주택 제작을 통한 성능인정을 가능케 하는 상위 규정 개정(안)을 제안함에 따라, 공업화주택 인정업무 처리지침에서도 견본주택 기반의 실증 성능검증 절차가 명확히 반영되어야 할 필요가 있음
- 아래 표는 「공업화주택 인정업무 처리 지침(안)」 [별표 3] 중 견본주택 성능검증 절차를 추가한 바닥충격음 차단성능 평가방법에 관한 문구 개정(안)을 보여줌

<표 5-10> 「공업화주택 인정업무 처리 지침(안)」 [별표 3] “공업화주택 평가방법 및 제출서류” 개정(안)
[시행 2012. 9. 3.] [국토교통부 승인]

현행	개정(안)
6) 음환경성능	
다) 바닥충격음의 차단성능 평가방법 규칙 별표6. 1. 나. 6) 바닥충격음의 차단성능 기준에 대하여	다) 바닥충격음의 차단성능 평가방법 규칙 별표6. 1. 나. 6) 바닥충격음의 차단성능 기준에 대하여
- 표준바닥구조 여부 확인 또는 「공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준」에 따라 인정받은 인정서로 평가	- 표준바닥구조 여부 확인 또는 「공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준」에 따라 인정받은 인정서로 평가
라) 바닥충격음의 차단성능 제출서류	라) 바닥충격음의 차단성능 제출서류
- 바닥구조 단면도(슬래브 두께와 온돌층의 구조를 확인할 수 있는 도면)	- 바닥구조 단면도(슬래브 두께와 온돌층의 구조를 확인할 수 있는 도면)
- 인정구조인 경우 관련 규정에 따른 바닥충격음 차단구조 인정서	- 인정구조인 경우 관련 규정에 따른 바닥충격음 차단구조 인정서
	- 미인정구조인 경우 견본주택 시험성적서

제6장 결론

- 본 연구는 최근 공급이 확대되고 있는 모듈러 공동주택의 바닥충격음 차단성능에 대한 실태를 체계적으로 파악하고, 구조적 특성과 시공 방식의 차이를 반영한 제도적·기술적 개선 방향을 제시하는 데 목적을 두고 수행되었음. 특히, 기존 바닥충격음 관련 제도가 철근콘크리트(RC) 구조 중심으로 설계되어 있어 모듈러주택의 적용성에 한계를 갖는다는 인식 아래, 성능 확보를 위한 기술 요인 분석과 정합성 있는 제도 마련 방안을 도출하고자 하였음
- 분석 결과, 현재까지 준공된 적층형 라멘구조 철골 모듈러의 바닥충격음 차단성능은 중량충격음 3~4등급, 경량충격음 1~2등급 수준으로 조사되었음. 이는 일반적으로 적용되고 있는 슬래브, 완충 바닥구조, 천장 등의 구성으로 최저 성능기준을 충족하고 있는 수준이나, 동일한 구조를 적용하더라도 평면 유형이나 층정 세대 위치에 따라 성능 편차가 발생함이 확인되었음. 또한, 공장 제작 방식임에도 불구하고 현장 접합 조건에 따른 시공 변수의 영향으로 성능이 달라질 수 있다는 점에서 향후 이에 대한 원인 분석과 개선 방안 마련이 필요한 상황
- LH 표준 및 준공 평면을 대상으로 한 분석에서는 대부분의 모듈러주택 평면이 20 m² 미만의 거실 면적을 보이고 있어, 바닥충격음 인정시험 조건을 만족하지 못하는 것으로 나타남. 반자높이, 가로·세로 장단변비 등 일부 항목은 시험 기준을 충족하였으나, 시험대상 평면 조건 자체가 부적합한 경우가 많아 시험조건 유연화가 요구됨. 또한 바닥구조 단면 측면에서는 슬래브, 완충재, 천장 공기층 및 흡음재 등에서 모듈러 구조가 RC 구조 대비 상대적으로 높은 성능 설계 여건을 갖추고 있음이 확인되었으며, 이는 설계적 유연성과 충고 확보 등의 이점에서 기인함
- 실무자 대상 설문조사 결과, 응답자의 약 67 %는 현행 제도가 모듈러주택에 적용되기에는 불편함이 있다고 인식하였고, 89 %는 제도 개선의 필요성에 공감하였음. 특히 라멘구조용 사전인정 바닥구조의 제한성과 견본주택 제작 부담, 실험조건의 비표준성 등이 주요한 불합리 요소로 지적됨. 또한, 성능검증을 위한 표준시험실 구축 및 제도 유연성 확대에 대한 수요도 매우 높은 것으로 나타남
- 제도 측면에서는 공업화인정 모듈러와 미인정 모듈러 간 설계기준 적용 방식의 차이가 구조 경량화 및 설계 자유도에 영향을 미치는 것으로 확인되었음. 공업화인정 주택은 슬래브 최소 두께 기준이 적용되지 않아 경량화에 유리하나, 사전인정 바닥구조 적용 의무 및 라멘구조 관련 구조 부족으로 설계 실효성이 낮은 실정. 이에 따라, 라멘구조용 고성능 사전인정 바닥구조 개발,

견본주택 기반 시험체계 도입 등의 개선이 요구됨

- 향후에는 모듈러 구조에 특화된 고성능 바닥+천장 복합구조의 실증 연구를 통해 기술 성능을 고도화할 필요가 있으며, 구조 유형별 진동 전달 특성 분석, 접합부 중심의 진동 에너지 유입 제어 등 중점 개선 부위에 대한 실험과 수치해석 기반 연구도 병행 필요
- 종합적으로 본 연구는 모듈러주택의 바닥충격음 저감 성능 향상을 위한 현장 기반의 실태 진단과 설계 분석, 제도 정합성 검토를 수행하였으며, 이는 향후 모듈러 공동주택의 음환경 품질 확보를 위한 기초자료로서 활용될 수 있을 것으로 기대됨

참고문헌 Reference

- 1) Approved Document E – Resistance to the passage of sound (2003 edition with 2004, 2010, 2013 and 2015 amendments)
- 2) <https://www.robustdetails.com/> (2019.11월 접속)
- 3) [ukas.com](https://www.ukas.com/)(2025.1월 접속)
- 4) <https://www.association-of-noise-consultants.co.uk/> (2025.1월 접속)
- 5) 정담이 (2022), 모듈단위 포스트텐션 접합부를 갖는 모듈러 건축물의 내진성능 평가, 박사학위 논문, 아주대학교
- 6) Hong, S.-G., Cho, B.-H., Chung, K.-S., and Moon, J.-H. (2011) Behavior of Framed Modular Building System with Double Skin Steel Panels, Journal of Constructional Steel Research, Elsevier, Vol.67, No.6, pp.936–946.
- 7) 김보성, 이상섭, 오근영, 신동현 (2024) 철골 모듈러 건축물의 모듈 간 접합부 유형에 따른 지진취약도, 한국강구조학회 논문집 36(5), pp. 289–300.
- 8) Zhai, S.-Y., Lyu, Y.-F., Cao, K., Li, G.-Q., Wang, W.-Y., and Chen, C. (2022) Experimental Study on Bolted-Cover Plate Corner Connections for Column-Supported Modular Steel Buildings, Journal of Constructional Steel Research, Elsevier, Vol.189, 107060.
- 9) Deng, E.-F., Zong, L., Ding, Y., Dai, X.-M., Lou, N., and Chen, Y. (2018) Monotonic and Cyclic Response of Bolted Connections with Welded Cover Plate for Modular Steel Construction, Engineering Structures, Elsevier, Vol.167, pp.407–419.
- 10) Chen, Z., Liu, J., Yu, Y., Zhou, C., and Yan, R. (2017) Experimental Study of an Innovative Modular Steel Building Connection, Journal of Constructional Steel Research, Elsevier, Vol.139, pp.69–82.
- 11) Oh, K., Kim, S.-H., Shin, K.-J., Yoon, B.-I., and Lee, K. (2020) Structural Performance Evaluation of Modular Connection Using Specially Fabricated Blocks, Journal of Korean Society of Steel Construction, KSSC, Vol.32, No.4, pp.257–267 (in Korean).

- 12) Jung, D.-I., Cho, B.H., Lee, D.Y., Lee, J.S., and Jung, C.W. (2021) Experimental Evaluation on Seismic Performance of Exterior Connection in Modular Building System with Steel Strand, Journal of Korean Society of Steel Construction, KSSC, Vol.33, No.5, pp.315-326 (in Korean).
- 13) Jung, D.-I., Cho, B.H., Lee, J.S., Lee, D.Y., and Lee, K.W. (2022) Experimental Evaluation on Seismic Performance of Exterior Connection in Modular Building System with AJ Connector, Journal of Korean Society of Steel Construction, KSSC, Vol.34, No.1, pp.13-24 (in Korean).
- 14) LH (2020) 모듈러주택 표준모델 설계용역
- 15) 이상섭 외 (2023) 모듈러 건축물 바닥진동 저감 강성 조절형 동조질량댐퍼(TMD) 개발, 한국건설기술연구원