

강재프레임 모듈러주택의 바닥충격음 성능평가

Performance Evaluation of the Floor Impact Sound Insulation in Steel Framed Modular House

천영수¹ · 방종대² · 김갑득³ · 유송이⁴

Young-Soo Chun¹, Jong-Dae Bang², Gap-Deug Kim³ and Song-Lee Yoo⁴

(Received February 25, 2014 / Revised March 31, 2014 / Accepted April 8, 2014)

요 약

이 논문에서는 최근 관심을 모으고 있는 강재프레임 모듈러주택의 건식 바닥시스템을 대상으로 바닥충격음 차단성능을 확보하기 위하여 시도된 다양한 바닥구조의 실험결과에 대하여 제시하고 있다. 실험결과, 단위모듈 건식온돌 바닥구조는 원층구조로서 액체물을 사용한 바닥구조 D31(D32)를 사용하는 조건에서 경량충격음의 경우 주택건설기준 등에 관한 규정에서 정하고 있는 바닥충격음 차단성능의 1등급 수준의 확보가 가능하고, 중량충격음의 경우는 바닥충격음 차단성능의 최저등급이기는 하나 기본적인 성능의 확보가 가능한 것으로 평가되었다.

주제어 : 건식바닥시스템, 경량충격음, 중량충격음, 강재프레임 주택형 모듈러

ABSTRACT

This paper presents various attempts to secure the floor impact sound insulation performance on the dry floor system of steel framed modular house that lately attracted domestic attention. Test results show that in the condition of using dry floor system of D31(D32), the light-weight impact noise performance records the top level in the floor impact sound insulation performance grading system. the heavy-weight floor impact noise performance meets the minimum sound level limit in the floor impact sound insulation performance grading system that enacted regulation on housing construction standards.

Key words: Dry Floor System, Light-Weight Impact Sound Source, Heavy-Weight Impact Sound Source, Steel Framed House Modular

1. 서 론

최근 국내 건설업은 국내외 경기침체로 수주량 및 수익률이 감소하여 많은 어려움을 겪고 있으며, 국내 건설환경은 노동집약적 건설기술의 한계 봉착, 인구사회 구조 변화, 주거복지에 대한 새로운 갈망, 국제 기후변화 협약, 건축물에 대한 사용자의 요구 증대 등으로 새로운 건설생산방식을 모색해야 할 처지에 놓여 있다. 특히 기술적인 측면에서 기존의 노동집약적 현장중심의 습식공법으로 이러한 문제들을 해결하기에는 한계가 있기 때문에 기술집약적이고 사용자 요구에 대응 가능한 한 건식공법 중심의 공장생산 방식으로의 전환을 요

구하고 있다.

이러한 건설환경 변화에 효과적으로 대응할 수 있는 건축 생산방식으로 완성도가 높은 박스형 철골조 모듈을 공장에서 생산하고, 현장에서는 공장생산 모듈을 조합·적층시켜 건물을 구축함으로써 최소한의 공정으로 단기간에 건물을 완성하는 유닛 모듈러공법이 주목받고 있다.

유닛 모듈러공법은 독일, 영국, 일본 등에서 이미 기반기술이 개발된 건축시스템으로서 학교를 비롯하여 기숙사, 오피스 빌딩, 군시설, 주택 등 다양한 유형의 건축물에 폭 넓게 적용되고 있다. 최근 국내에서도 유닛 모듈러공법을 개발하여 학교, 군막사 등에 적용하고 있으나 주거용 건물에 적용하기

1) 한국토지주택공사 토지주택연구원 수석연구원(주저자: cysoo@lh.or.kr)
 2) 한국토지주택공사 토지주택연구원 연구위원(교신저자: jdbang@lh.or.kr)
 3) 포항산업과학연구원 수석연구원
 4) 한국토지주택공사 품질시험센터 과장

에는 여러 가지의 기술적 한계와 조립식 주택이라는 사회적 통념을 극복하지 못하고 있는 실정이다. 국내에서 개발된 유닛 모듈러공법의 기술발전과 주거용 건물에 보편적으로 적용하기 위해서는 유닛 모듈러공법이 갖고 있는 거주 성능에 대한 검증을 통하여 일반인들이 갖고 있는 조립식 주택에 대한 거부반응을 해소하는 것이 선결요건이라 할 수 있다.

모듈러주택에 대한 연구는 국외의 경우 영국, 일본 등을 중심으로 1992년 이전부터 현재까지 지속적으로 연구를 진행하여 오고 있으나, 국내의 경우는 2003년을 기점으로 연구가 시작되어 점차 증가하는 추세로 2010년 이후 많은 관심을 얻고 있다. 하지만 국내의 연구는 주로 모듈러주택의 설계·구조 분야를 중심으로 진행 되어 왔으며, 2000년대에 들어서 CM 및 제작에 관한 연구에 관심이 모아지고 있는 실정이다(한국건설기술연구원 등, 2007). 하지만 거주성능 중 최근 이슈화되고 있는 바닥충격음 문제의 경우 아파트를 중심으로 한 일반 공동주택의 바닥구조 개선을 위한 연구(정영 등, 2005; 김일호와 이규동, 2009; 황재승 등, 2009; 연준오 등, 2013)는 매우 많은 실적들이 보고되어 있는 반면, 모듈러주택에 적용되는 바닥구조와 이의 바닥충격음에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 특히 중량충격음 문제는 국외에서는 거의 이슈화되어 있지 않고 국내의 경우에도 실험이나 기타 연구결과가 보고된 것이 거의 없다.

이 논문에서는 최근 RIST가 개발하고 LHI에서 검토한 강재프레임 모듈러주택의 바닥충격음 성능을 평가하기 위하여 목업(mock-up)을 대상으로 실시된 실험결과를 제시하고 있다. 주택의 거주성능 중 바닥충격음 문제는 최근 사회적 이슈로 대두되면서 공동주택에서 요구되는 가장 민감한 환경요인으로 인식되고 있다. 모듈러주택의 경우 공업화된 생산방식을 기본으로 하고 있어 바닥구조의 경우에도 건식 또는 반건식 바닥구조를 채택하고 있다. 건식 또는 반건식 바닥구조는 일반적으로 습식 바닥구조보다 바닥충격음 성능확보에 어려

운 것으로 인식되고 있어 바닥충격음 문제는 모듈러 구조에서 더욱 중요한 해결과제이며, 이 논문에서는 이를 해결하기 위하여 시도된 다양한 방법들이 함께 제시될 것이다.

2. 연구대상 목업(mock-up)

그림 1은 바닥충격음 차단성능의 검토를 위하여 건립된 목업(mock-up)의 구성을 도시한 것이다. 목업은 층당 2세대 3개층 규모로 되어 있으며, 단위모듈은 3,175mm×7,190mm의 크기를 갖는다.

1층과 2층은 단위모듈에 적용된 바닥구조 실험을 위하여 각 모듈이 독립세대로서 구분되었으며, 3층은 2개의 모듈이 통합되어 하나의 세대를 구성하는 경우를 가정하여 2개의 모듈을 합하여 하나의 바닥구조를 형성하도록 구성하였다. 또한 1층과 2층 바닥구조의 경우 바닥슬래브의 두께는 100mm를 기준으로 하였으며, 3층 바닥슬래브의 두께는 120mm를 기준으로 검토하였다. 1차 실험은 단위모듈 실험으로 2층과 3층 좌우세대 칸막이벽을 설치한 상태에서 천장을 설치하지 않고 동일한 조건으로 실험하였으며, 1차 실험이 완료된 후 각 층의 바닥슬래브는 150mm (바닥슬래브 내에 30mm의 액체물 삽입) 두께로 수정되었다.

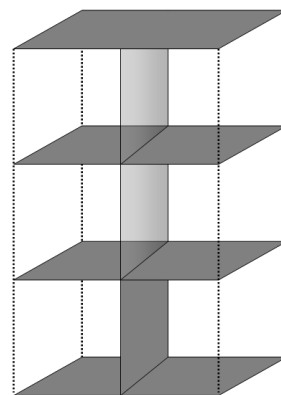
2차 통합세대 실험 시에는 2층과 3층의 칸막이벽을 해체하여 통합세대를 구성한 상태에서 실험하였다.

3. 바닥충격음 차단성능 검토

단위모듈에 적용된 바닥구조를 대상으로 바닥슬래브의 두께와 다양한 완충층의 적용에 따른 효과를 검토하기 위하여 표 1에 나타낸 바와 같이 단계별로 차단성능을 검토하였다. 단위모듈은 원룸형태의 주거를 가정한 것으로 실험은 그림 2에 나타낸 바와 같이 가장 큰 거주공간을 형성하는 거실부를



(a) 목업전경



(b) 목업 층별 구성도

그림 1. 목업의 전체 구성도

표 1. 단위모듈에 대한 바닥충격을 차단성능 실험일람표

실험명	바닥구조시스템
S1	맨슬라브 [Con'c 100]
D11	건식온돌(1) [Con'c 100 + E-Glass 25 + OSB 11 + 건식온돌 + PVC우드타일]
D12 ¹⁾	건식온돌(1) *접합부 고무패드 적용, 모듈 재조립후 측정
D13	건식온돌(2) [Con'c 100 + E-Glass 25(우레탄패드@600) + OSB 11 + ALC블럭 60 + 건식온돌 + PVC우드타일]
D14	건식온돌(3) [Con'c 100 + 액체물 20 + 시멘트몰탈 40 + 건식온돌 + PVC우드타일]
S2	맨슬라브 [Con'c 120]
D21	건식온돌(4) [Con'c 120 + E-Glass 25(우레탄패드@600) + OSB 11 + ALC블럭 60 + 건식온돌 + PVC우드타일]
D22	건식온돌(5) [Con'c 150(Con'c 150 + 액체물 30 + Con'c 50) + 온돌패널 + PVC우드타일]
D23	건식온돌(6) [Con'c 150(Con'c 150 + 액체물 30 + Con'c 50) + 공기층 45 + 시멘트PC패널 45 + 건식온돌패널 24 + PVC우드타일]

*주) S#: 맨슬라브, D1#: 100mm 맨슬라브 + 완충구조 series, D2#: 120mm 맨슬라브 + 완충구조 series

1. 모듈간 접합부에 고무패드를 적용하여 상부모듈로부터 하부모듈로 전달되는 충격음의 저감을 위한 구조

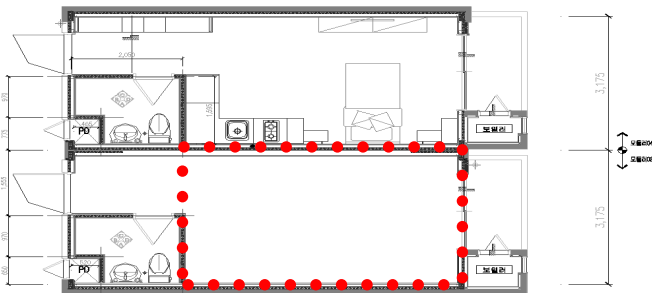


그림 2. 단위모듈 실험공간(□ : 음원실 및 수음실)

대상으로 하였다.

바닥충격음 차단성능의 측정항목은 경량충격음과 중량충격음이며, 목업(mock-up)에 의한 현장실험을 기준으로 평가하였다. 측정은 KS F 2810-1(2001)과 KS F 2810-2(2001)에 의한 현장측정방법에 따라 실험을 실시하였으며, KS F 2863-1(2002)과 KS F 2863-2(2007)에 의한 바닥충격음 차단성능 평가방법에 의거 평가하고, 그 성능을 「주택건설기준 등에 관한 규정」에서 정하고 있는 바닥충격음의 등급별 기준¹⁾과 비

1) 근거법: 주택건설기준등에관한규정제14조3항(대통령령, 2004.4.22)

③ 공동주택의 바닥은 다음 각 호의 어느 하나의 구조로 하여야 한다.<개정 2005.6.30, 2008.2.29, 2013.3.23>

1. 각 층간 바닥충격음이 경량충격음(비교적 가볍고 딱딱한 충격에 의한 바닥충격음을 말한다)은 58데시벨 이하, 중량충격음(무겁고 부드러운 충격에 의한 바닥충격음을 말한다)은 50데시벨 이하의 구조가 되도록 할 것. 이 경우 바닥충격음의 측정은 국토교통부장관이 정하여 고시하는 방법에 의하며, 그 구

교하여 검토하였다.

3.1 바닥슬라브 두께의 차이에 따른 성능 검토

강재프레임 모듈러주택의 바닥시스템에서는 기본적으로 2가지 종류(100mm와 120mm)의 바닥슬라브를 기본구조로 채택하였다. 이는 모듈러시스템의 특성상 이동과 설치를 위한

조에 관하여 국토교통부장관이 지정하는 기관으로부터 성능 확인을 받아야 한다.

2. 국토교통부장관이 정하여 고시하는 표준바닥구조가 되도록 할 것.

※ 입법예고

제14조의2(바닥구조) 공동주택의 세대 내의 층간 바닥(화장실의 바닥은 제외한다)은 다음 각 호의 기준을 모두 충족하여야 한다.

1. 콘크리트 슬라브 두께는 210밀리미터[라멘구조(보와 기둥을 통해서 내력이 전달되는 구조를 말한다. 이하 이 조에서 같다)의 공동주택은 150밀리미터] 이상으로 할 것

2. 각 층간 바닥충격음이 경량충격음(비교적 가볍고 딱딱한 충격에 의한 바닥충격음을 말한다)은 58데시벨 이하, 중량충격음(무겁고 부드러운 충격에 의한 바닥충격음을 말한다)은 50데시벨 이하의 구조가 되도록 할 것. 다만, 라멘구조의 공동주택과 그 외의 공동주택 중 발코니, 현관 등 국토교통부령으로 정하는 부분의 바닥은 그러하지 아니하다.

[본조신설 2013.5.6] [시행일:2014.5.7] 제14조의2

※ 현행 인정바닥구조 등급별 기준

주택성능등급	1등급	2등급	3등급	4등급
중량충격음	40dB 이하	40dB-43dB 이하	43dB-47dB 이하	47dB-50dB 이하
경량충격음	43dB 이하	43dB-48dB 이하	48dB-53dB 이하	53dB-58dB 이하

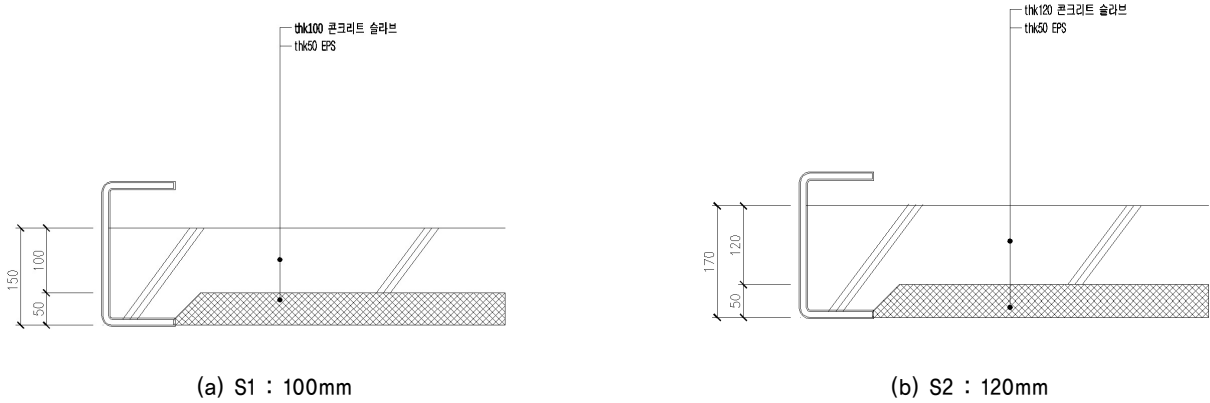


그림 3. 맨바닥구조의 개념도

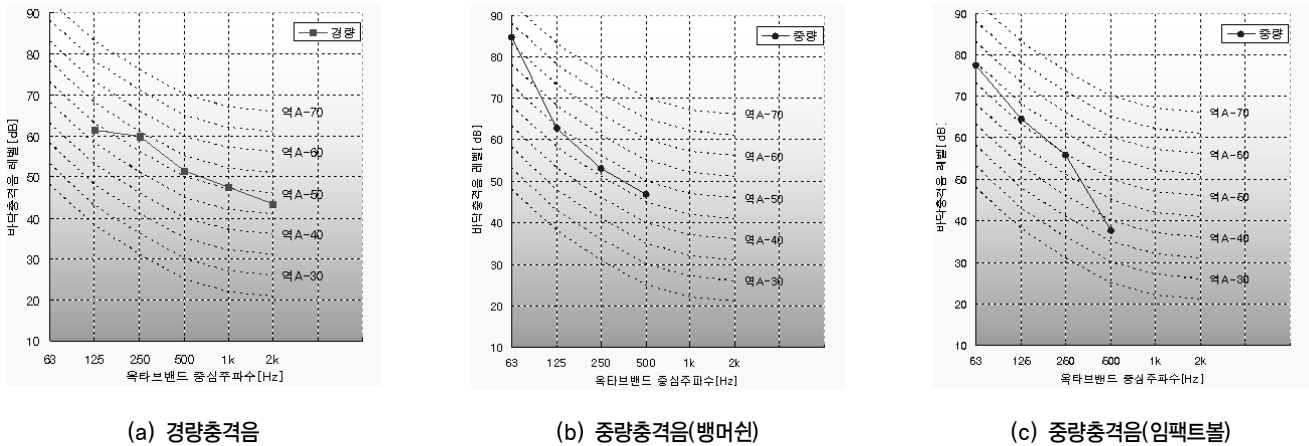


그림 4. 바닥충격음 차단성능 측정결과그래프(S1)

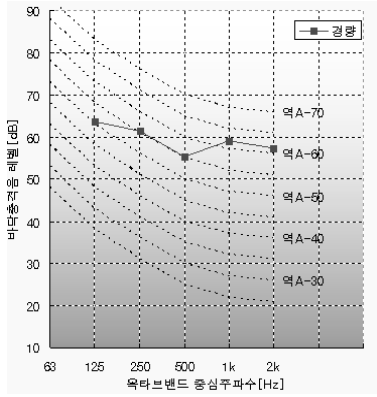
양중작업이 필수적으로 요구되므로 가능한 한 단위모듈의 중량을 가볍게 하는 것이 유리하며, 바닥구조의 무게가 전체 모듈의 중량을 크게 좌우하므로 구조적으로 요구되는 최소두께를 바닥슬래브 두께로서 채택한 것이다. 그림 3은 강제프레임 모듈러주택에서 채택하고 있는 맨바닥구조의 개념도를 나타낸 것이다.

바닥구조 S1에 대한 바닥충격음 차단성능 측정결과는 그림 4와 같으며, 바닥구조 S2에 대한 바닥충격음 차단성능 측정결과는 5와 같다. 경량충격음의 경우, S1과 S2가 각각 49dB(3등급), 57dB(4등급)을 나타내어 「주택건설기준 등에 관한 규정」에서 정하고 있는 바닥충격음 차단성능의 최저등급 이상의 성능을 보유하고 있는 것으로 나타났다.

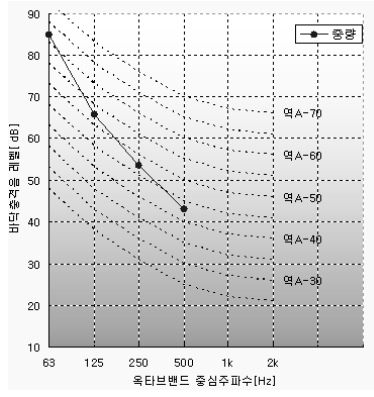
하지만 바닥슬래브 두께의 증가에 따라 차단성능도 향상되는 것으로 보고되고 있는 일반적인 원칙에 근거하여 S2가 S1보다 우수한 성능을 나타낼 것으로 예상하였던 것과는 달리 S2가 S1보다 낮은 성능을 보유하고 있는 것으로 나타난 점은 매우 주목되는 점이다. 물론 이는 시공품질 상의 차이도 있겠지만 두 측정결과의 차이로 볼 때 시공품질만의 결과로 간주하기에는 너무 차이가 크다고 사료되며, 그 원인은 목업

의 구성으로부터 찾을 수 있을 것으로 생각된다. 두 바닥구조의 충격음 측정 시 S1은 2층 좌측 단위모듈을 가진실로 하고 1층 좌측 단위모듈을 수음실로 하여 측정을 수행한 반면, S2는 3층 우측 단위모듈을 가진실로 하고 2층 우측 단위모듈을 수음실로 하여 측정을 수행하였다(그림 1 참조). 이 경우 2층 좌우 모듈을 구분하는 경계벽은 3층 통합세대 측정을 위하여 완전 마감상태로 구성되지 않았으며, 해체가 용이하도록 임시벽체를 설치하였다. 따라서 S1에 대한 측정은 어느 정도 경계벽에 의하여 차단된 가진공간과 완전한 수음실의 조건이 갖추어진 상태에서 실험이 수행된 반면, S2에 대한 실험은 상대적으로 개방된 가진공간과 불완전한 수음실 조건에서 측정이 수행되었다고 볼 수 있다. 이로 인해 3층 모듈에서 가진된 충격음이 모듈과 모듈 사이 경계벽 부분의 미완성된 마감을 통하여 직접적으로 전달되어 상대적으로 낮은 성능등급을 나타내게 된 원인이 되었을 것으로 추정된다.

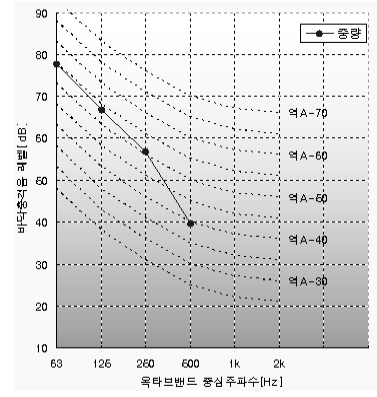
중량충격음은 뱅머신을 사용한 경우 두 슬래브 모두 54dB(등급외)를 나타내었으며, 임팩트볼을 사용한 경우 S1과 S2가 각각 50dB와 51dB(등급외)를 나타내어 「주택건설기준 등에 관한 규정」에서 정하고 있는 바닥충격음 차단성능의 최저기



(a) 경량충격음

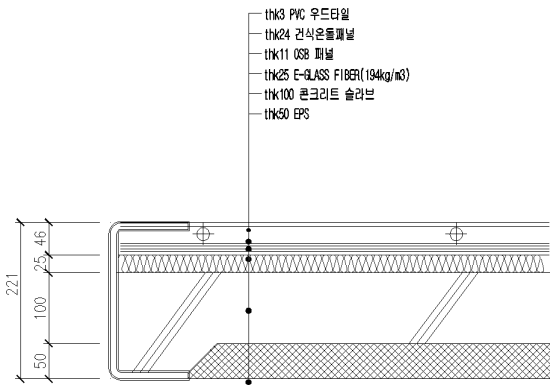


(b) 중량충격음(뽕머신)

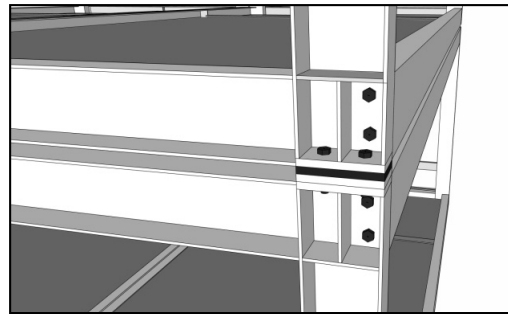


(c) 중량충격음(임팩트볼)

그림 5. 바닥충격음 차단성능 측정결과그래프(S2)



(a) 기본구조(D11)의 개념도



(b) 상하 모듈간 접합부 상세(D12)

그림 6. D11과 D12의 바닥구조 개념도

준에 미달되는 것으로 분석되었다. 이 경우, 두 종류의 슬래브는 바닥두께의 차이와 측정조건의 차이가 있었음에도 불구하고 차단성능의 차이는 크게 나타나지 않았다.

3.2 기본구조(D11)와 1차 개선구조(D12)에 대한 바닥충격음 차단성능 검토

맨바닥구조가 바닥충격음, 특히 중량충격음의 최저기준을 만족하지 못함에 따라 이를 개선하기 위하여 그림 6(a)와 같이 완충재를 포함하는 기본 개선(안)을 제시하였다. 이 바닥구조에서는 S1 슬래브를 기준으로 완충재로 E-Glass fiber를 사용하고, 건식온돌을 채용하여 강재프레임 모듈러주택 바닥 시스템의 기본 바닥구조로 채택하였다.

D11에 대한 바닥충격음 차단성능 측정결과, 경량충격음은 역A값 43dB(1등급)로 맨바닥구조 대비 약 6dB 차단성능이 향상되었는데 이는 E-Glass fiber에 의한 흡음력이 작용하여 250Hz~2kHz 대역에서 성능이 향상된 것에 기인한다고 볼 수 있다. 반면 중량충격음은 뽕머신을 사용한 경우 역A값 56dB(등급외), 임팩트볼을 사용한 경우 역A값 52dB(등급외)

로 맨바닥구조에 비하여 오히려 2dB 성능이 저하되었는데 이는 건식온돌의 채용으로 바닥구조 울림현상이 증가되어 중량충격음이 증폭된 것으로 판단되며, 하부 모듈로 전달되는 충격음의 경로를 차단하기 위한 새로운 조치가 필요한 것으로 판단된다.

D11에 대한 바닥충격음 차단성능 측정결과를 토대로 전문가 자문을 실시한 결과, 완충구조의 개선보다는 충격음의 전달경로를 차단하는 방안이 더 효과적인 것으로 제시되었다. 따라서 1차 개선구조(D12)에서는 이를 채택하여 D11과 동일한 바닥구조를 사용하는 조건에서 상하 모듈간 접합부에 충격력의 전달을 저감시키기 위한 방진고무를 설치하여 측정을 실시하였다(그림 6(b)).

바닥구조 D12에 대한 바닥충격음 차단성능 측정결과(그림 7), 경량충격음은 역A값 42dB(1등급)로 D11 대비 약 1dB 차단성능이 향상되었으며, 중량충격음은 뽕머신의 경우 역A값 56dB(등급외), 임팩트볼을 사용한 경우 역A값 53dB(등급외)로 동일하거나 오히려 1dB 저하된 성능을 나타내었다. 측정상의 오차를 감안한다면 두 바닥구조 사이에 차단성능의 차

이는 거의 없는 것으로 판단된다. 이는 상하 모듈간 접합부에 방진고무를 설치함으로써 충격력의 저감을 꾀하였으나 그림 6(b)에서 보듯이 실제적으로는 접합부를 형성하는 기둥부재 간 방진만 수행되었을 뿐 상하 기둥을 연결하는 볼트부재의 방진은 이루어지지 않아 볼트가 충격음의 연결통로(sound bridge)로서의 역할을 담당하였을 것으로 판단된다. 따라서 모듈 접합부를 형성하는 보-기둥부재 뿐 아니라 접합부를 구성하기 위하여 체결에 사용되는 볼트도 완전하게 방진구조를 채택하지 않는 한 이러한 개선방안은 실효성을 얻기 어려운 것으로 판단된다.

3.3 2차 개선구조(D13과 D21)에 대한 바닥충격음 차단성능 검토

2차 개선구조(D13)의 특징은 기본구조의 완충층을 보완하여 E-Glass의 설치와 동시에 우레탄패드를 600mm 간격으로 설치하였으며, 중량바닥충격음이 바닥판의 구조적인 진동과 연계되어 발생하는 것이라 판단하고 ALC블럭을 사용하여 바닥판의 질량증가를 도모한 것이다.

2차 개선구조(D13)에 대한 바닥충격음 저항성능 측정결과를 정리하여 그림 8에 나타내었다. 경량충격음은 역A값 38dB(1등급)로 D11 대비 약 5dB 차단성능이 향상되었으며, 중량충격음은 뱅머신의 경우 역A값 57dB(등급외), 임팩트볼을 사용한 경우 역A값 51dB(등급외)로 2dB 성능이 향상되었으나 여전히 「주택건설기준 등에 관한 규정」에서 정하고 있는 바닥충격음 차단성능의 최저기준에는 미달되는 것으로 나타났다.

그림 9는 바닥슬래브의 두께 120mm에 2차 개선구조(D21)를 적용한 경우에 대한 바닥충격음 저항성능 측정결과를 나타낸 것이다. 측정결과, 경량충격음은 역A값 36dB(1등급)로 D11 대비 약 7dB 차단성능이 향상되었으며, 중량충격음은 뱅머신의 경우 역A값 55dB(등급외), 임팩트볼을 사용한 경우 역A값 49dB(등급외)로 뱅머신을 사용한 경우 1dB, 임팩트볼을 사용한 경우 4dB 성능이 향상되었으나 여전히 「주택건설기준 등에 관한 규정」에서 정하고 있는 바닥충격음 차단성능의 최저기준에는 미달되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 슬래브 두께의 증가에도 불구하고 63Hz 대역에서의 충격음 증폭현상이 크게 작용하고 있기 때문이며, 현재 적용된 완충구

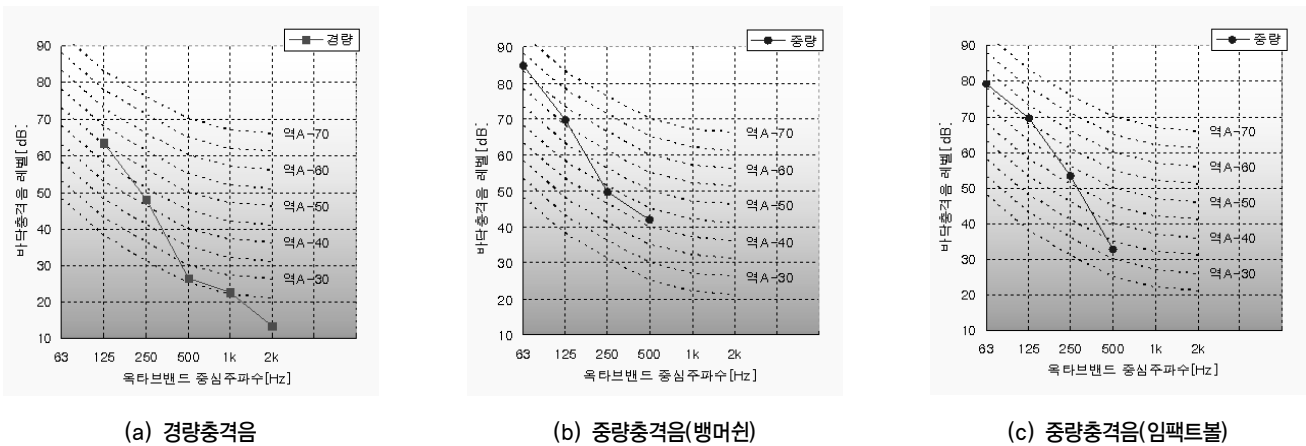


그림 7. 바닥충격음 차단성능 측정결과그래프(D12)

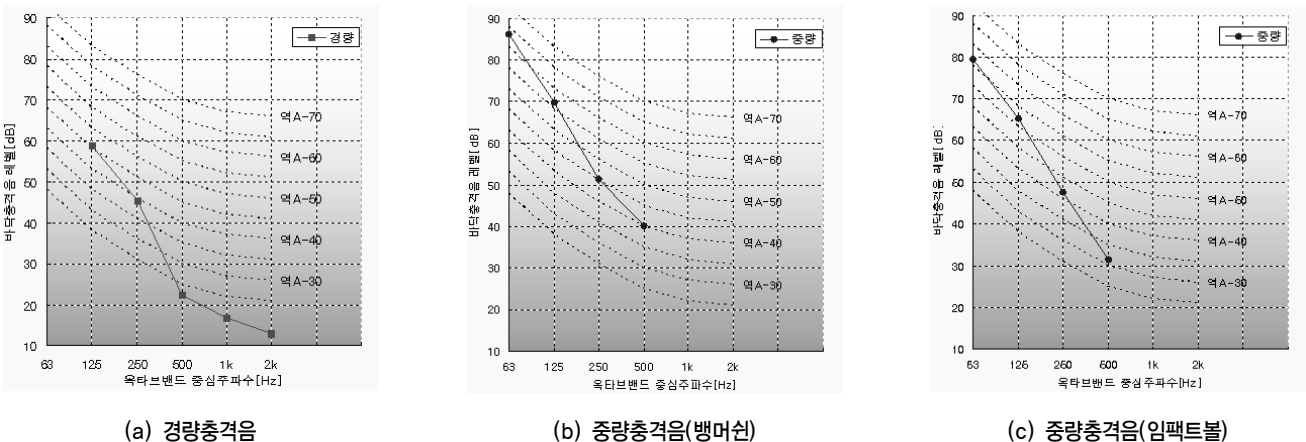


그림 8. 바닥충격음 차단성능 측정결과그래프(D13)

조로는 이를 완화시키기 어렵다는 사실을 말해준다. 따라서 이에 대한 추가적인 보완이 필요한 것으로 사료된다.

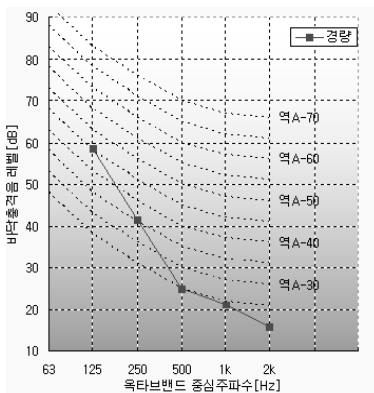
3.4 3차 개선구조(D14)에 대한 바닥충격음 차단성능 검토

2차 개선안(D13)에 대한 바닥충격음 차단성능 측정결과로부터 경량충격음은 1등급을 확보할 수 있으나 중량충격음에 대한 개선, 특히 63Hz대역에서의 충격음 저감이 필요한 것으로 분석되었다. 3차 개선안에서는 최근 액체물을 사용한 완충구조가 중량충격음에 대한 완충효과가 우수한 것으로 보고된 바 있음에 착안하여 낮은 진동수대역에서의 충격음 저항성능을 개선할 목적으로 검토되었다. 3차 개선구조(D14)에 대한 바닥충격음 저항성능 측정결과를 정리하여 그림 10에 나타내었다. 경량충격음은 역A값 39dB(1등급)로 D13 대비 약 1dB 차단성능이 저하되었으나 여전히 1등급 수준을 확보하는데 무리가 없는 것으로 나타났다. 반면 중량충격음은 뱅머신의 경우 역A값 52dB(등급외), 임팩트볼을 사용한 경우 역A값 46dB(4등급)로 5dB 성능이 향상되었는데 이는 그림 10 으로부터 알 수 있는 바와 같이 액체물의 적용으로 63Hz~

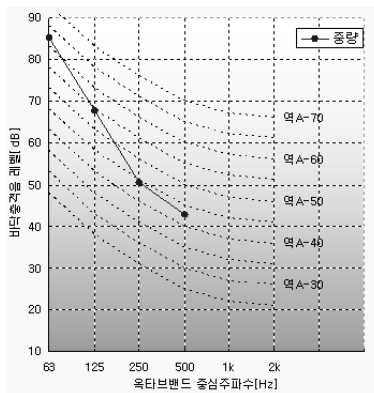
125Hz 대역에서의 충격음 흡음능력이 크게 개선되었기 때문이다. 이러한 바닥충격음 차단성능은 현재의 기준(뱅머신)으로는 여전히 「주택건설기준 등에 관한 규정」에서 정하고 있는 바닥충격음 차단성능의 최저기준에 미달되는 성능을 지니고 있는 것으로 나타나고 있지만 최근 새롭게 도입을 시도 중인 바닥충격음 차단성능 측정방법(임팩트볼)을 고려해 볼 때 비록 최저등급이기는 하나 기본적인 성능의 확보가 가능할 것으로 예상된다.

3.5 4차 개선구조(D31과 D32)에 대한 바닥충격음 차단성능 검토

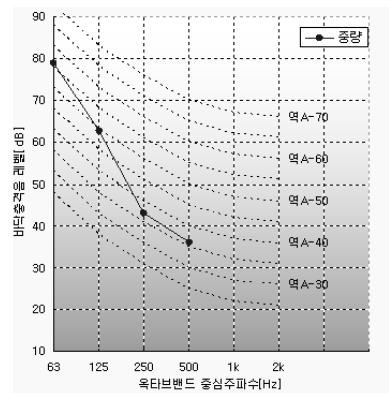
4차 개선구조는 2012년 10월 입법예고 된 「주택건설기준 등에 관한 규정」 중 바닥구조에 대한 요구기준에 근거하여 최소 바닥슬래브 두께를 150mm(라멘구조 가정)로 하고, 3차 개선구조(D14)로부터 기본적인 성능확보의 가능성을 확인한 구조를 개선하여 63Hz~125Hz 대역의 중량충격음 저감능력을 향상시키기 위한 새로운 대안이 모색되었다. 그림 11에 나타난 4차 개선안의 특징은 바닥슬래브의 두께를 150mm로



(a) 경량충격음

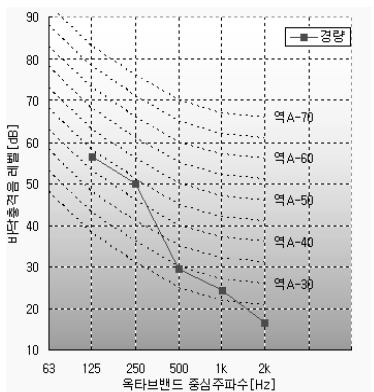


(b) 중량충격음(뱅머신)

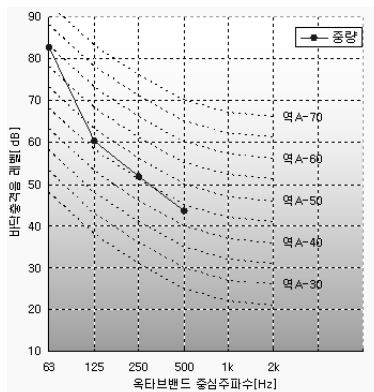


(c) 중량충격음(임팩트볼)

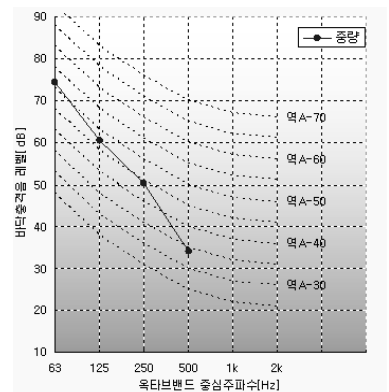
그림 9. 바닥충격음 차단성능 측정결과그래프(D21)



(a) 경량충격음



(b) 중량충격음(뱅머신)



(c) 중량충격음(임팩트볼)

그림 10. 바닥충격음 차단성능 측정결과그래프(D14)

증가시키면서 3차 측정 시 긍정적인 효과를 나타낸 액체물을 슬래브 내에 매립하여 중량충격음의 개선을 꾀하였다는 점과 완충구조로서 공기층을 추가로 신설하였다는 점이다.

4차 개선구조에 대한 바닥충격음 차단성능 측정결과를 정리하여 그림 12에 나타내었다. 경량충격음은 역A값 35dB ~

38dB(1등급)로 이전구조에서 가장 우수한 성능을 보인 D22 대비로는 성능수준이 저하되었으나 개선 전 완충구조인 D14 대비로는 약 1dB~4dB 차단성능이 향상되어 여전히 1등급 수준을 확보하는데 무리가 없는 것으로 나타났다.

반면 중량충격음은 뱅머선의 경우 역A값 50dB(4등급), 임

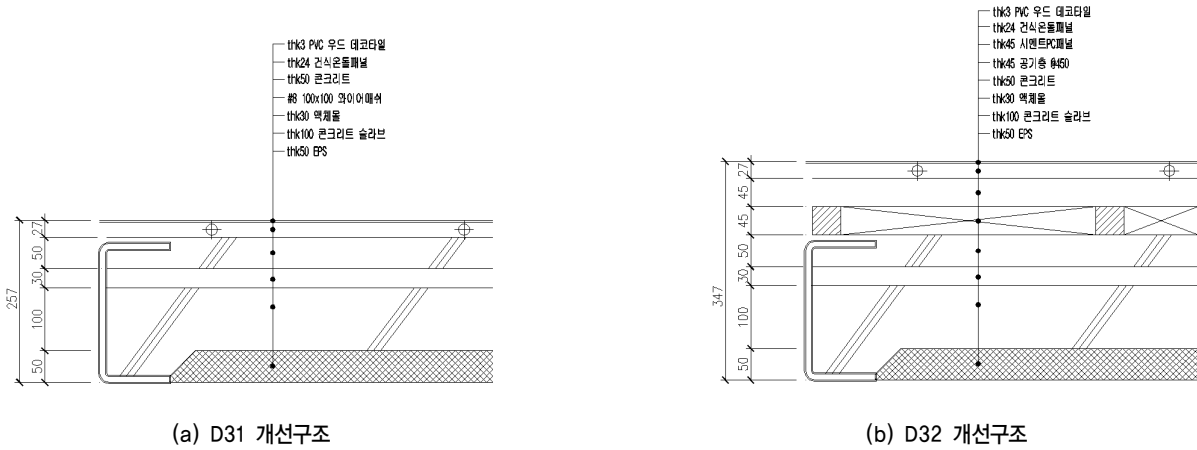
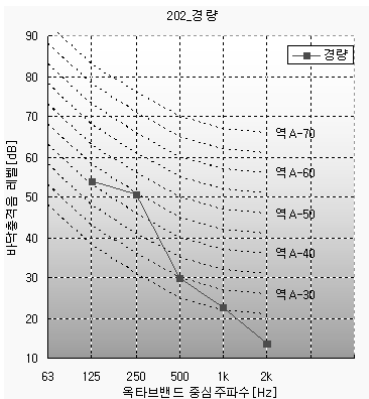
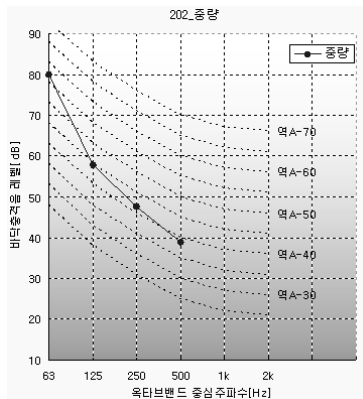


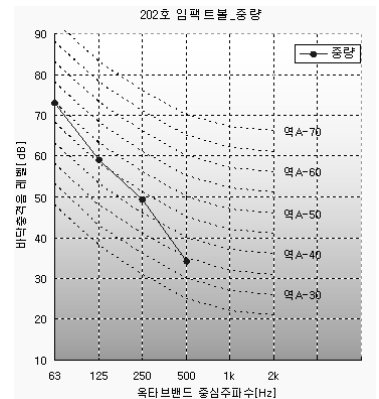
그림 11. 4차 개선구조(D31/D32)의 개념도



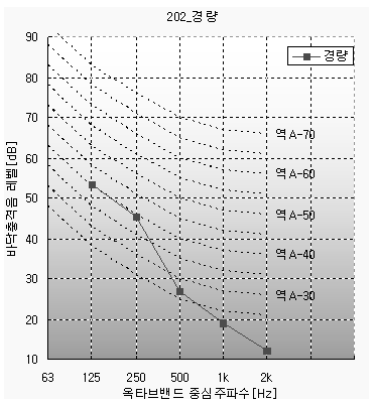
(a) 경량충격음(D31)



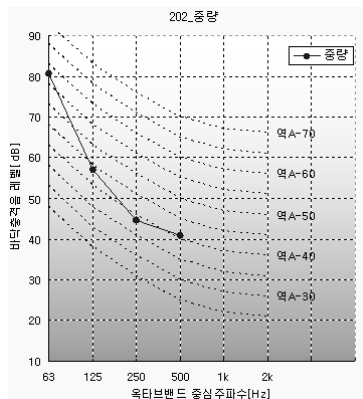
(b) 중량충격음(뱅머선, D31)



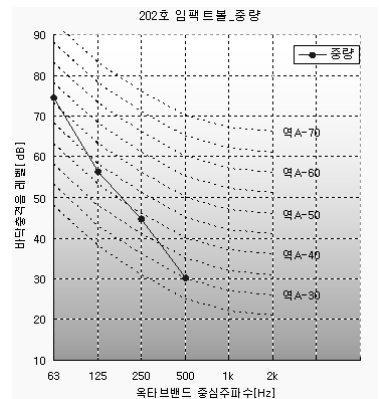
(c) 중량충격음(임팩트볼, D31)



(d) 경량충격음(D32)



(e) 중량충격음(뱅머선, D32)



(f) 중량충격음(임팩트볼, D32)

그림 12. 바닥충격음 차단성능 측정결과그래프(D31/D32)

팩트볼을 사용한 경우 역A값 44dB(4등급)로 D14구조 대비 약 2dB 성능이 향상되었는데 이는 바닥슬래브의 두께 증가에 따른 효과인 것으로 사료된다.

다만 D32구조의 경우 D31구조와 비교하여 공기층과 시멘트PC패널을 사용하여 추가적인 완충구조를 도입하였음에도 불구하고 기대되었던 중량충격음의 향상은 없었으며, 오히려 경량충격음이 3dB 향상된 결과를 나타내어 공기층 구조가 중량충격음 향상에 도움이 되지 않는 것으로 평가되었다. 하지만 이러한 바닥충격음 차단성능은 현재의 기준(맹버선)에 비추어서도 「주택건설기준 등에 관한 규정」에서 정하고 있는 바닥충격음 차단성능의 최저등급이기는 하나 기본적인 성능의 확보가 가능할 것으로 예상된다.

4. 결론

이 논문에서는 모듈러주택의 기본 바닥구조를 기준으로 일부 개선구조와 함께 강재프레임 모듈러주택의 바닥시스템에 대한 바닥충격음 차단성능을 검토하였다. 검토결과 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 단위모듈 건식온돌 바닥구조에서 바닥구조의 올림현상 증가에 따른 중량충격음의 증폭현상을 차단하기 위하여 모듈간 접합부에 방진재를 채택하는 경우, 하부 모듈로 전달되는 충격음의 경로를 방진재 등을 사용하여 차단하는 것이 가능하나 모듈 접합부를 형성하는 보-기둥 부재 뿐 아니라 접합부를 구성하기 위하여 체결에 사용되는 볼트도 완전하게 방진구조를 채택하지 않는 한 이러한 개선은 실효성을 얻기 어려운 것으로 나타났다.
2. 다양한 건식온돌 바닥구조를 검토한 결과, 완충구조로서 액체물을 사용한 바닥구조 D31(D32)의 경우 경량충격음은 「주택건설기준 등에 관한 규정」에서 정하고 있는 바닥충격음 차단성능의 1등급 수준의 확보가 가능하고, 중량충격음은 바닥충격음 차단성능의 최저등급이기는 하나 기본적인 성능의 확보가 가능한 것으로 평가되었다.
3. E-Glass나 우레탄패드 등의 완충재와 질량증가를 위한 ALC블럭 등으로 구성된 바닥구조를 사용한 경우(D11,

D12, D13, D14, D21)에는 경량충격음의 경우 1등급내지 2등급 수준의 성능확보가 가능하지만 중량충격음은 최저등급의 성능확보가 어려운 것으로 평가되었다. 또한 완충구조로서 공기층의 형성은 중량충격음 향상에 도움이 되지 않는 것으로 평가되었다.

감사의 글

이 논문은 한국토지주택공사(LH)의 연구비 지원에 의해 수행된 ‘강재프레임 주택형 모듈러의 성능 및 시공성평가’ 연구결과의 일부입니다.

참고문헌

1. 김일호, 이규동(2009), “무량판구조 공동주택의 중량충격음 특성 연구”, 「한국소음진동공학회 2009년 춘계학술대회논문집」, 161~162.
2. 산업자원부 기술표준원(2002), 「건물 및 건물 부재의 바닥충격음 차단성능 평가방법-제1부 : 표준 경량충격원에 대한 차단성능(KS F 2863-1)」.
3. 산업자원부 기술표준원(2007), 「건물 및 건물 부재의 바닥충격음 차단성능 평가방법-제1부 : 표준 중량충격원에 대한 차단성능(KS F 2863-2)」.
4. 연준오, 김경우, 최현중, 양관섭, 김경호(2013), “건식이중바닥구조의 중량충격음에 대한 실험적 평가”, 「한국소음진동공학회지」, 23(1): 34-40.
5. 정영, 유승엽, 김민배, 전진용(2005), “공동주택의 중량충격음 저감을 위한 제진재의 활용”, 「한국소음진동공학회 2005년 춘계학술대회논문집」, 96~99.
6. 한국건설기술연구원, 우송대학교, 이에스연구소, 시스템건축(2007), 「자원순환형 철골조 유닛모듈라 주택개발 연구(2004 건설핵심기술연구개발사업 최종보고서)」, 국토교통부.
7. 한국표준협회(2001), 「바닥충격음 차단성능 현장측정방법-제1부 : 표준 경량충격원에 의한 방법(KS F 2810-1)」.
8. 한국표준협회(2001), 「바닥충격음 차단성능 현장측정방법-제2부 : 표준 중량충격원에 의한 방법(KS F 2810-2)」.
9. 황재승, 문대호, 박홍근, 홍성걸, 홍건호(2009), “공동주택 모델링을 통한 중량충격음 예측에 관한 연구”, 「한국소음진동공학회지」, 19(2): 162~168.