

바닥구조에 따른 바닥충격음 차단성능 현황

A Status of floor impact sound insulation by the floor structure

이성호*, 정갑철**, 정진언***, 양관섭****

S. H. Lee, G. C. Jeong, J. Y. Chung, G. S. Yang

Key Words : Floor Impact Sound (바닥충격음), Floor Structure (바닥구조), Nature Frequency (고유진동수), Moment Flame Structure (이중골조방식)

ABSTRACT

This study aims to evaluate factors of floor structure influencing to the floor impact sound. For this reasons, we measured the vibration of floor and the floor impact sound in moment flame structure. The main results from this study are that slab area and thickness are critical factors of the floor impact sound and aspect ratio slab is not verified in floor impact sound.

준바닥구조를 제시해야 하나 현행 벽식구조 습식 온돌 시스템에서는 중량충격음 차단성능의 한계로 표준바닥구조 도입이 어렵다. 또한 입주자에게 선택권을 부여하기 위해 도입하는 바닥충격음 차단성능 등급기준을 설정할 수 없을 것으로 판단된다.

따라서 벽식구조 이외의 철근콘크리트 라멘구조, 철골 라멘구조, 기타 혼합구조(기둥+플랫 슬래브 구조 등)으로 구분하여 일정 성능 수준(중량충격음의 최소기준)을 확보할 수 있도록 다양한 바닥구조의 검토를 통해 보다 완벽한 바닥충격음 해소방안 연구가 필요하게 되었다.

본 논문은 벽식구조 이외의 라멘구조에 대한 바닥의 진동특성 및 바닥충격음 성능평가를 통해 바닥충격음에 미치는 바닥구조의 요인에 대한 영향을 평가하고자 한다.

1. 서 론

공동주택의 바닥충격음 문제가 사회문제로 대두되면서 건설교통부에서는 바닥충격음 문제를 줄여주기 위한 방편으로 '주택건설기준 등에 관한 규정 제 14조 제 3항'의 규정(공동주택의 바닥은 각 층간의 바닥충격음을 충분히 차단할 수 있는 구조로 하여야 한다)을 구체적인 성능기준(중량충격음 : 50dB 이하, 경량충격음 : 58dB 이하)과 표준시방기준으로 구분하여 개정을 추진하였다.

그러나 건교부에서 시행중인 '공동주택 바닥충격음 완화를 위한 표준바닥구조의 설계·시공기술 및 활용방안 연구'에 대한 1차년도 연구결과 국내 공동주택의 구조형식인 벽식 구조의 습식 온돌시스템에서는 성능개선에 한계가 있는 것으로 조사되고 있어 현행 법적 기준(중량 50dB, 경량 58dB)의 규정내용에 따라 모든 방에서 만족하는 표

2. 바닥구조와 바닥충격음의 관계

바닥충격음 특히 중량바닥충격음에 영향을 미치는 바닥진동의 주요요인과 그 영향을 나타내면 표 1과 같다. 이 중에서 가장 큰 요인은 바닥 슬라브의 두께이다. 기본적으로 중량바닥충격음 차단성능은 슬라브 두께를 충분히 확보할 수 있으면 충분하다고 말할 수 있다. 그 외의 요인은 슬라브 두께의 영향에 관계된 부차적인 것으로 생각해도 관계없다. 그 중에서 특히 주의를 요하는 것은 바닥면적의 영향이다. 지금까지

* 대우건설기술연구소 선임연구원
E-mail : 9520123@dwconst.co.kr
Tel : (031)250-1217, Fax : (031)250-1131

** 대우건설기술연구소 책임연구원

*** 대우건설기술연구소 연구원

**** 한국건설기술연구원 수석연구원

의 바닥충격음에 관한 문헌 등에서 바닥면적이 커지면 바닥충격음 성능이 나빠진다고 알려져 있기 때문이다. 그것은 정적인 변형만을 고려한 것이고 동적인 이론에서는 바닥면적이 커지게 되면 바닥충격음 차단 성능은 좋아지게 된다.

2.1 슬라브 두께

바닥 구조체의 두께를 늘리는 것은 바닥의 면밀도와 강성을 동시에 높이게 되어 바닥충격음 저감효과가 크다. 중량충격음의 경우 확산진동의 가중과 중저음영역에서의 직하 방사음만을 고려하면 슬라브두께가 2배됨에 따라 약 12dB 정도의 저감효과가 발생한다. 또한 63Hz 주파수 영역을 슬라브의 고유진동수가 초과하는 특히 두꺼운 슬라브의 경우 그 공진의 영향도 고려되나 고유주파수가 높아지면 휨파의 전달속도가 빠르게 되어 주위의 흡수효과나 내부손실 등에 의한 감쇠율이 크게 되기 때문에 실제적으로는 그 영향은 나타나지 않는다.

2.2 슬라브 면적

바닥슬라브의 주파수에 따른 진동응답은 Fig. 1과 같다. Fig.에서 흑점이 1차 고유진동수에서의 진동응답 값을 나타내고 실선부분은 주파수가 높아질 때의 진동응답, 즉 상대임피던스레벨의 변화를 나타내고 있다. 고유진동수 보다 주파수가 높아지면 상대 임피던스레벨차는 Fig.과 같이 0에 가깝게 된다. 여기에서 판의 크기가 커질 때의 진동응답의 변화를 고려하면 1차 고유진동수는 판의 크기가 커질수록 낮아지지만 식 (1)에서

보는 바와 같이 고유진동수에서의 임피던스레벨차는 변화하지 않기 때문에 실선의 특성은 Fig.의 파선과 같이 저주파수 영역으로 이동한다. 이 경우 Fig.에 표시되어 있는 주파수에서의 임피던스레벨차의 변화를 보면 판의 크기가 커지면 그에 대응하는 응답치가 작아지는 것을 알 수 있다. 즉 판의 면적이 커질수록 어느 주파수에서의 진동응답치는 작아지게 되어 무한대 판의 진동응답치가 가깝게 된다. 면적이 커지게 되면 진동이 작아진다는 것을 이상하게 생각하는 것이 당연하나, 동적으로는 이 이론이 가능하다. 정적인 변형을 고려하면 판의 크기가 커지게 되면 변위는 커지게 되지만 이것은 동적인 현상과는 다르다. 이와 같이 정적인 현상과 동적인 현상을 혼동하지 않는 것이 중요하다.

한편 식 (1)에 의해 판의 두께가 커질 경우에도 고유진동수에서의 임피던스레벨차는 변화하지 않고 고유진동수는 높아지기 때문에 Fig.의 주파수 특성은 역으로 고주파수 측으로 그대로 이동하게 된다.

단 이 경우에는 판의 크기가 변화하는 경우와는 달리 무한대판의 구동점 임피던스레벨 자체가 변화하고 있는 것에 주의를 요한다.

$$\frac{v}{v_0} = \frac{16}{h_1 \pi^2} \cdot \frac{\alpha}{1 + \alpha^2} \quad (1)$$

- 여기서, v : 판의 진동속도
- v_0 : 무한대판 경우의 진동속도
- h_1 : 감쇠정수
- α : 판의 장단변비

Table 1 바닥충격음에 관계되는 바닥진동의 요인

요인	바닥충격음의 영향	그 외 유의점	
바닥슬라브관련	슬라브두께	바닥충격음에서 가장 큰 요인. 슬라브 두께가 커질수록 차단성능이 크다.	
	바닥면적	바닥면적이 커지면 차단성능이 좋아진다.	
	바닥형태	장변비가 관계되지만 큰 영향은 없다. 이론상은 정방향이 가장 불리.	
	주변고정도	불분명한 점이 많음. 고정도가 높으면 유리하다고 말할 수가 없음.	정적인 고려와 동적인 고려가 다름
	작은보	저음역에서 성능 개선, 고음역에서는 영향이 적음.	
	감쇠정수	2배가 되면 약 2dB 정도 개선	
마감재	카펫 등은 중량충격음에 거의 영향이 없음.	2중바닥은 성능악화 되는 경우도 있음	
천정	영향불분명, 기본적으로는 성능평가에 포함하지 않음.	주의를 요함 조건에 의해 성능악화되는 경우도 있음	
칸막이 벽	스프링으로써 바닥에 적용. 고유진동수는 변화, 바닥충격음의 영향은 경미.		

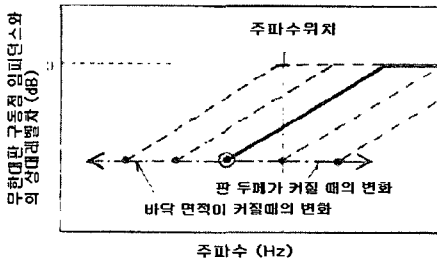
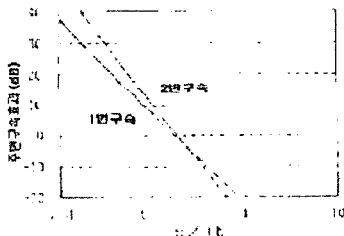


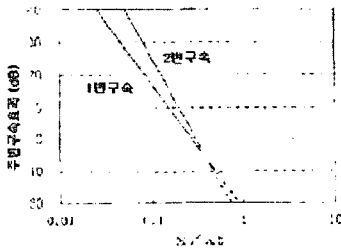
Fig. 1. 주파수에 따른 임피던스 상대레벨차

2.3 슬라브 구속조건

바닥충격 시 실제의 진동은 공진의 영향에 판의 단부구속의 영향을 부가해서 결정되어 진다. 단부구속은 단순지지 및 주변고정 등의 조건에 의해서 변하며 주파수의 휨파(Banding Wave)의 파장이 관계하는 것으로부터 가진점과 단부까지의 거리를 각 주파수의 휨파의 파장으로 나눈 값으로 정리하고 이중 공진의



(a) 단부구속



(b) 주변고정

Fig. 2. 단부구속 효과

영향을 빼면 Fig. 2와 같이 정리할 수 있다. 1주변구속 및 2주변구속에 대해서 단순지지와 주변고정을 비교하면 각각의 절편은 거의 같지만 기울기는 주변고정이 더 크다. 따라서 주변고정이 바닥충격음에 유리하다고 말할 수 있다.

3. 측정개요 및 방법

3.1 측정대상의 구조

라멘구조에 대한 바닥의 진동특성 및 바닥충격음 성능평가를 통해 바닥충격음에 미치는 바닥구조의 요인에 대한 영향을 평가하고자 라멘구조를 표 2와 같은 구조형식으로 나누고 각각의 구조형식에 해당되는 현장의 바닥충격음 및 바닥진동의 측정을 통해 바닥충격음에 미치는 바닥구조의 요인에 대한 영향을 평가하였다. 구조형식은 건물골조방식, 모멘트골조방식, 이중골조방식으로 크게 나눌 수 있으며, 각 구조에 대한 바닥의 요인으로는 경계조건인 기둥과 큰보로 이루어진 전체 바닥면적, 장단변비, 슬라브 두께, 작은 보가 있는 경우에 작은 보의 크기, 바닥 단면구성, 수음실의 바닥면적 등이 있다.

3.2 측정 방법

(1) 바닥충격음 측정

바닥충격음 측정은 KS F 2810-1,2에 따라 측정하였다. 가진은 벽체에서 50cm이상 떨어진 위치에서 가진하는 것을 원칙으로 하였으나 가진 위치에 보 등이 있을 경우에는 보에서 이격된 위치로 하였다. 측정 위치는 하부 수음실에 대해 가진점 위치의 직하위치에 대각선상의 5점을 선정하고 1.2m 높이에서 음압레벨을 측정하였다.

(2) 바닥진동 측정

바닥충격음에 대한 구조형식과 바닥구조의 요인의 영향 평가를 위해 진동가속도계를 이용하여 바닥판의 고유진동수를 측정하였다. 진동가속도계는 구조체의 진동을 최대한도로 감지하기 위하여 밀납을 이용하여

Table 2 라멘구조형식의 현황조사 예

현장	구조형식					기타	바닥구조					
	건물골조방식		이중골조방식				바닥면적 (m ²)	Span비 (장변 / 단변)	슬라브 두께 (mm)	작은 보 크기 (폭*높이)	바닥단면구성	수음실 바닥면적 (m ²)
	모멘트 골조방식	철근 콘크리트 전단벽	철근 콘크리트 전단벽+철근 콘크리트골조	철골	철근 콘크리트 전단벽+철골 골조							
A		철근 콘크리트 전단벽			○	105.8	2.1	135	400*200	슬라브+기포 50+미장 60	36.8	

구조체에 견고히 부착하였으며 가진원은 중량충격원을 이용하여 슬라브 중양을 가진 하였다.

4. 측정결과와 분석 및 고찰

4.1 바닥충격음 측정결과

바닥충격음 차단성능 및 영향요인을 평가하기 위하여 표 3에서 보는 바와 같이 각 구조별 현장을 선정하여 바닥충격음을 측정하였다. 그러나 각 구조별로 마감재의 종류가 다르기 때문에 본 논문에서는 중량충격음을 중심으로 분석을 하였다. 구조형식은 이중골조방식(철골골조, 콘크리트골조)과 벽, 기동혼합방식으로 나눌 수 있으며 바닥면적은 26~105.8m²의 분포를 보이고 있다. 또한 슬라브의 두께는 대부분 150mm 였으며 바닥의 장단변비는 1~3정도의 분포를 보이고 있다. Fig. 3은 각 구조형식별 중량바닥충격음의 측정결과를 나타내고 있으며 단일수치평가량(역A곡선)은 43~51dB로 대부분 중량충격음의 최소기준인 50dB를 만족하고 있다.

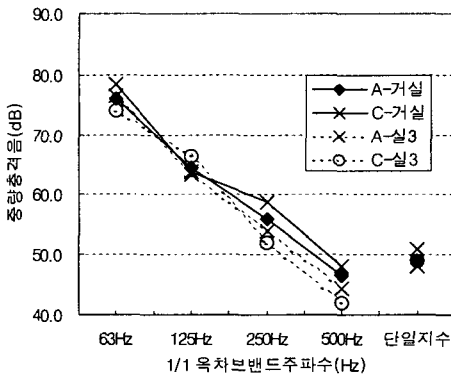
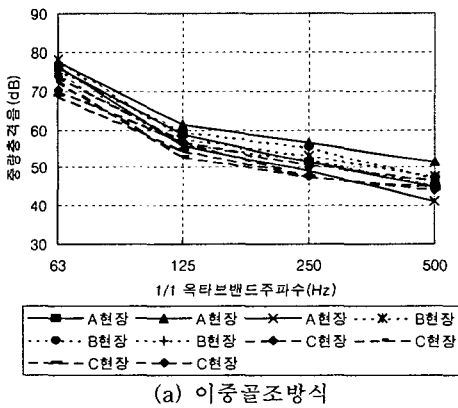


Fig. 3 구조별 중량충격음 차단성능

(1) 바닥면적과 바닥충격음의 관계

Fig. 4는 경계조건인 기동과 큰보로 이루어진 전체 바닥면적이 바닥충격음에 미치는 영향을 평가하기 위하여 슬라브 면적과 중량바닥충격음의 관계를 나타내었다. Fig.에서 보는 바와 같이 바닥면적이 클수록 바닥충격음의 차단성능은 좋아지는 경향을 보이고 있다. 이는 바닥면적이 클수록 바닥판의 강성이 작아지기 때문에 고유진동수가 낮아지게 되고, 63Hz 주파수 대역에서의 진동응답치는 작아지게 되어 무한대 판의 진동응답치에 가깝게 되기 때문인 것으로 판단된다.

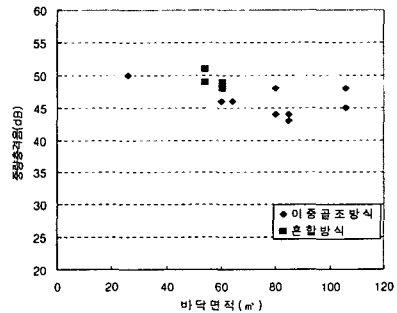


Fig. 4 바닥면적과 중량바닥충격음과의 관계

(2) 바닥형태(장단변비)와 바닥충격음의 관계

Fig. 5는 측정된 라멘구조의 중량 바닥충격음 단일 수치 평가량과 슬라브의 장단변비에 대해서 정리한 결과이다. 라멘구조에 대한 조사된 슬라브의 장단변비는 자연채광 등 평면계획 등의 이유로 극단적으로 크지는 않고 대략 2.5이하를 보이고 있다. Fig.에서 보는 바와 같이 슬라브의 장단변비와 바닥충격음 차단성능과의 관계는 명확히 보이지 않고 있다.

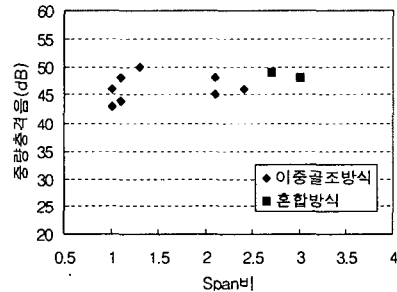


Fig. 5 장단변비와 중량바닥충격음과의 관계

4.2 바닥진동 측정결과

바닥충격음에 대한 구조형식과 바닥구조 요인의 영향 평가를 위해 바닥슬라브의 고유진동수를 측정하

Table 3 라멘구조형식 및 바닥슬라브 요인

현장	구조형식	바닥구조				바닥단면 구성
		바닥 면적 (㎡)	Span비 (장변 / 단변)	슬라브 두께 (mm)	완충재 유무	
A	철근콘크리트 전단벽 + 철골골조	105.8	2.1	135	×	슬라브+기포 50+미장 60
B	철근콘크리트 전단벽 + 철골골조	64.0	1.0	150	×	슬라브+기포 70+미장 40
		26.0	1.3	150	×	
		60.0	2.4	150	×	
C	철근콘크리트 전단벽 + 철근콘크리트골조	80.4	1.1	150	×	슬라브+기포 50+미장 60
		84.6	1.0	150	×	
D	벽 + 기둥 혼합방식	60.5	3.0	150	×	슬라브+기포 50+미장 60
		54.0	2.7	150	×	

었다. Fig. 6은 벽+기둥 혼합방식에서 기둥과 큰보로 이루어진 경계조건에 따른 고유진동수의 변화를 나타내고 있다. 경계조건으로 이루어진 바닥면적에 따라 거실에서의 1차 고유진동수는 13.8Hz이고 작은방에서의 1차 고유진동수는 27.5Hz이다.

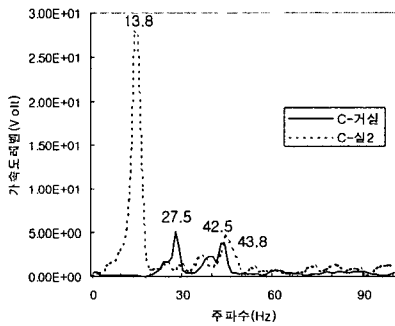


Fig. 6 경계조건에 따른 고유진동수의 변화

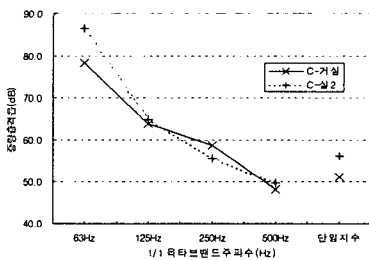


Fig. 7 중량바닥충격음 성능

따라서 Fig. 7에서 보듯이 1차 고유진동수가 63Hz 대역에는 영향을 미치지 않으나 영향을 미치는 2차 고유진동수에서의 임피던스레벨차에 의해 바닥충격음의 성능이 작은방에서 나빠지는 것으로 판단된다.

4. 결론

벽식구조 이외의 라멘구조에 대한 바닥의 진동특성

및 바닥충격음 성능평가를 통해 바닥충격음에 미치는 바닥구조의 요인에 대한 영향을 평가한 결과는 다음과 같다.

1) 라멘구조에서의 각 구조형식별 중량바닥충격음의 측정결과 단일수치평가량(역A곡선)은 43~51dB로 슬라브 두께가 135~150mm 임에도 불구하고 대부분 중량충격음의 최소기준인 50dB를 만족하고 있다.

2) 경계조건인 기둥과 큰보로 이루어진 전체 바닥면적이 클수록 바닥충격음의 차단성능은 좋아지는 경향을 보이고 있다.

3) 라멘구조의 중량 바닥충격음 단일수치 평가량과 슬라브의 장단변비에 대해서 정리한 결과 장단변비와 바닥충격음 차단성능과의 관계는 명확히 보이지 않는다. 그러나 외국의 경우 건물내에 구조적인 코아를 설계함으로써 주거부분의 보를 생략하는 구조형식이 제안되고 있고 이러한 공법에서는 장단변비를 6까지 확대할 수 있다. 이 경우 단변의 구속에 의해 고유진동수의 간격이 좁아지기 때문에 바닥충격음의 차단성능도 좋아진다. 따라서 이와 관련된 연구가 필요하다.

본 연구를 통해 바닥슬라브의 구조적인 요인 중 바닥슬라브의 면적, 두께가 바닥충격음에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났으며, 향후 슬라브의 다른 조건 즉 작은 보, 주변고정도 등의 영향에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고 문헌

- (1) 日本建築學會, 建物の遮音設計資料, 技報堂出版, 2001
- (2) 日本音響材料協會, 騒音振動對策 핸드북, 集文社, 1983
- (3) 橋本典久, 1999, “擴散度指數による板の振動應答の評価, 板振動の擴散度評價指標の構成とその利用に關する研究-その2”, 日本建築學會計劃係論文集, 第 523号, pp. 1-9.
- (4) 古賀貴士 등, 2000, “寸法比に着目した大型スラブにおける重量床衝撃音遮斷性能の豫測手法の檢討”, 日本建築學會計劃係論文集, 第 537号, pp. 13-19.
- (5) 이성호 등, 2003, “바닥충격음 예측법에 관한 연구”, 춘계학술발표회 논문집, 한국소음진동공학회, pp. 184~190.