

바닥슬래브 하부 구조의 개선을 통한차음특성 변화에 관한 실험적 연구 (흡·차음재를 중심으로)

○김 준 엽*, 기 노 갑*, 정 일 호**, 정 환 욱***, 송 민 정****, 김 선 우*****

An Experimental Study on the Sound Insulation Performance Characteristics due to the Variation of Ceiling Structures (Focused on the Sound-absorbing and Insulation materials)

Jun-Yup Kim, No-Gap Ki, Il-Ho Jung, Hwan-Wook Jung, Min-Jung Song, Sun-Woo Kim

Abstract

The aim of this study is to suggest a fundamental data to improve the sound insulation performance of floor. To achieve the aim of this study, 8 types of sound-absorbing and sound insulation materials were installed under the slab, and the floor systems were compared to the general floor system which was composed of slab, timber frame, gypsum board and wallpaper.

1. 서 론

우리나라의 대표적인 주거형태라고 할 수 있는 공동주택은 구조적으로 각 세대가 벽과 바닥을 공유하고 있기 때문에, 필연적으로 여기에 수반되는 여러 가지 문제가 나타나게 된다. 세대간 소음과 진동이 그 대표적인 문제라고 할 수 있다.

공동주택 거주민의 주거환경에 대한 불만족 비율을 조사해 보면 소음에 대한 불만족 비율이 수위를 차지하고 있고, 이 중에서도 바닥충격음 계통의 소음이 거주 주민의 불만족 비율에 있어서 가장 높은 지적율을 나타내고 있다. 본 연구에서는 바닥충격음의 차단에 관계되는 요인인 바닥 마감재, 완충층(슬래브 포함), 천장구조의 3가지 영향요

소 중에서 우리나라 공동주택에서 일반적으로 많이 시공되고 있는 목 구조 천장에 흡·차음재를 적용하여 적용 구조에 따른 바닥충격음 차음특성을 고찰하여 천장구조를 이용한 바닥충격음 저감에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 측정대상재료 선정을 위한 예비 실험

다종의 흡음재와 차음재 등을 모두 잔향실험실 실험에 적용하는 것은 많은 문제가 있을 것이므로 간략한 축소실험실 실험을 통해 실험대상구조를 선정하였다. 이는 기존 연구에서 밝혀 진바와 같이 축소 실험실에서의 음압 레벨의 측정을 통한 예측이 잔향실험실에서의 측정 결과와 높은 상관성을 갖는다는 것에 착안하였다. 따라서 국내 시판 중인 흡·차음재를 중심으로 보다 많은 종류의 재료 실험을 다음과 같이 실시하였다. 1차 실험은 각각의 재료를 상판(테라조)과 10cm 떨어진 상태에서 석고보드를 설치하고 그 위에 각각의 재료를 바꿔가면서 실시하였는데, 실험재료는 일반적인 차음재 및 단열재로 사용되는 발포폴리스티렌폼 및 아이소핑크를 각각의 밀도에 대해서 두께를 달리하여 35

* 정회원, 전남대 석사과정

** 정회원, 전남대 석사수료

*** 정회원, 전남대 박사수료

**** 정회원, 전남대 공업기술연구소, 공학박사

***** 정회원, 전남대 건축학과 교수, 공학박사

본 연구는 1999년도 건교부 건설기술연구개발 사업 연구결과의 일부임

가지를 선정하였고, 흡음재에 대해서는 Glass Wool 4가지와 제조사가 다른 11가지 재료를 선정하였다. 선정된 재료에 대한 축소실험실 측정 음압레벨을 비교한 결과 밀도 및 두께에 따른 차이가 다른 것과 유사하거나 없는 구조에 대해서는 반복을 피하기 위해서 대표성을 갖는 것을 선정 한 후 나머지 재료에 대해서는 잔향실 실험 대상에서 제외하는 방법으로 실험을 진행하였다.

2차 실험은 여기서 선정된 재료(19개)를 다시 잔향실험실 실험 천장 깊이인 맨바닥 부착, 4cm, 14cm 이격 후 실험을 실시하여 음압레벨을 분석한 결과 두께 및 밀도에 따른 차이가 뚜렷하지 않거나 다른 재료와 유사한 재료는 역시 대표성을 갖는 재료를 선정 한 후 나머지 재료에 대해서는 잔향실험실 실험대상재료에서 제외했다.

또한 Glass Wool과 같은 재료는 흡음 성능은 뛰어나지만 그 시공성 및 인체의 유해성으로 인하여 유사한 음압레벨을 나타내면서 시공성과 인체에 해가 없는 다른 재료를 대신 선정하였다.

3. 측정방법

3.1 실험대상구조

축소실험실 실험을 바탕으로 밀도 및 두께에 따라 차음성능에 차이가 보이는 재료를 중심으로 Table 1 과 같은 잔향실험실 실험 재료를 선정하였다.

Table 1 Details of objective materials

구분	구조내역	비고
0	콘크리트 나슬래브(150mm)	기준체시
1	발포폴리스티렌폼 15kg/m ³ 20T	맨바닥 부착
2	흡음재 20T(A Type)	
3	흡음재 40T(A Type)	
4	흡음재 20T(B Type)	
5	흡음재 40T(B Type)	
6	목재반자틀+9mm석고보드	4cm 이격
7	목재반자틀+12mm석고보드	
8	목재반자틀+15mm석고보드	
9	발포폴리스티렌폼 15kg/m ³ 20T +목재반자틀+9mm석고보드	4cm, 14cm 이격
10	흡음재 20T(A)+목재반자틀+9mm석고보드	
11	흡음재 40T(A)+목재반자틀+9mm석고보드	
12	흡음재 20T(B)+목재반자틀+9mm석고보드	
13	흡음재 40T(B)+목재반자틀+9mm석고보드+	

3.2 측정기기

경량충격원 및 중량충격원에 대한 바닥충격음 실험은 ISO140/VI-1995(건축물의 실험실에 있어서 바닥충격음 측정방법)에 준하여 실시하였으며 측정

및 분석에 사용된 기기는 다음과 같다.

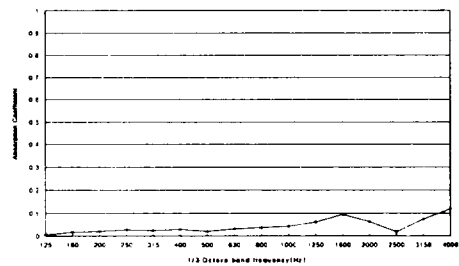
1. Microphones and Preamplifiers (Rion)
2. 2ch 1/3 Octave Band Real-Time Analyzer(SA-30)
3. Tapping Machine(B&K Type 3204)
4. Bang Machine(T TYPE FI-02, Rion)

목재 반자틀의 설치는 현장시공에 준하여 바닥 슬래브와 4cm, 14cm 이격 한 후 설치하였으며, 각각의 재료들은 틈새를 통한 음의 전달을 막기 위해 밀실하게 하였고 석고보드마감은 현장 시공 상태를 고려하여 사방을 코킹재로 밀봉하여 틈에 의한 음의 누출을 막았다.

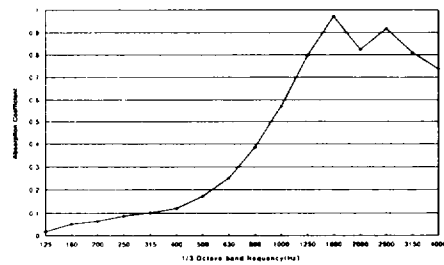
4. 결과 및 분석

4.1 선정재료의 흡음률

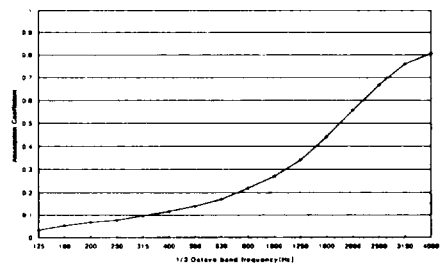
그림1은 선정된 각각의 재료 20mm에 대해서 관내법으로 측정된 흡음률이다.



(a) Absorption coefficient of foaming polystyrene foam



(b) Porous absorbing material(A Type)



(c) Porous absorbing material(B Type)

Fig.1 Absorption coefficient of used materials

a. 발포폴리스티렌폼

그림에서 볼 수 있는 것처럼 발포폴리스티렌폼은 일반적으로 단열 및 차음재로 쓰이는 재료인 만큼 흡음 성능은 거의 없었다.

b. 다공성 흡음재

실험에 사용된 다공성 흡음재의 흡음성능은 두 재료 모두 중고주파수대역에서 우수한 흡음률을 나타내고 있었다.

4.2 선정 재료의 두께변화에 따른 차음 특성 변화

그림 2는 슬래브 하부에 발포폴리스티렌폼, 흡음재 A, B를 직접 부착한 후의 차음특성 변화를 나타낸 것이다.

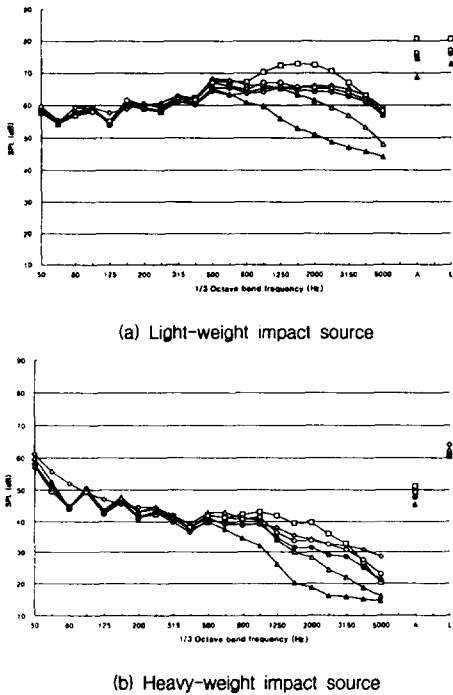


Fig. 2 Sound Pressure Level for direct attachment

그림2에서 보면 부착시의 각 재료간 차음특성은 맨바닥에 비해 저음역 부분에서는 개선량이 거의 없었고 중음역 이후부터 차음성능이 향상됨을 보이고 있으나 발포폴리스티렌폼의 경우에는 오히려 나빠지는 것을 확인할 수 있었다. 또한 같은 재료의 두께에 의한 변화에 있어서도 두께가 두꺼워질수록 중간주파수대역 이후부터는 차음성능이 향상됨을 알 수 있다. 이는 A와 B의 경우가 다공질 흡음재로서 앞에서 살펴보았듯이 중고음역에서 흡음

성능이 이 실험에서 그대로 나타난다고 할 수 있다. 그러나 발포폴리스티렌폼의 경우는 원래 흡음력이 거의 없는 재료이므로 도리어 반사파 성분이 많아져 이와 같은 현상이 나타난 것으로 사료된다.

그림3은 바닥슬래브에 목재를 대고 그 위에 석고보드 마감을 한 상태인 천장깊이 4cm 구조에서 각각의 재료를 적용한 후 측정된 차음특성을 나타내고 있다.

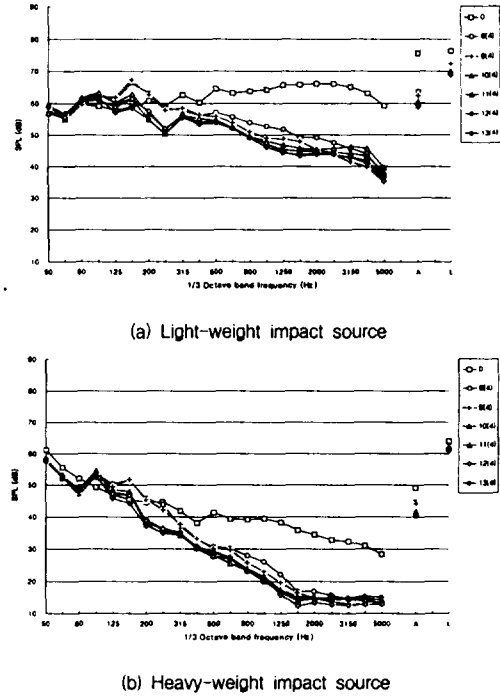
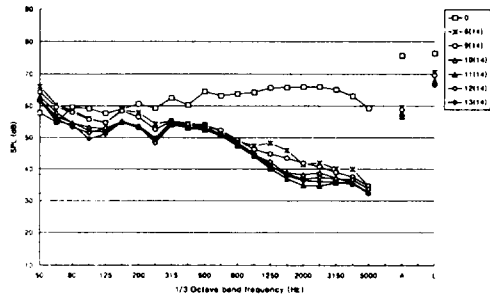


Fig.3 Sound Pressure Level for 4cm Separation

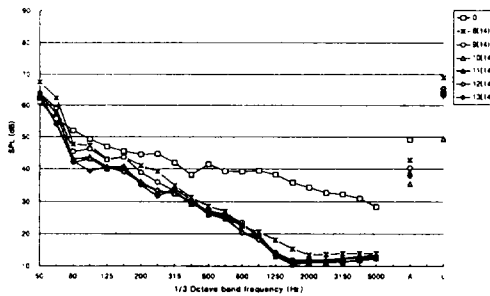
위의 그림2와는 달리 그림3은 천장깊이 4cm 구조에서 중고음역대에 걸쳐서 차음성능이 향상됨을 알 수 있었다. 그러나 경량 및 중량충격음에 있어서 두께의 변화에 따른 차음성능의 차이가 1dB(A) 미만으로 경미했다. 맨 바닥에 붙인 경우와 석고보드를 붙인 후에 흡음재를 거치 시킨 경우를 비교하면, 개선의 정도가 구조에 따라 큰 차이가 없는 데 이는 석고보드에서 차음을 분담하는 정도가 대부분이고 수음실 표면의 상태가 석고보드로 일정하기 때문에 거의 비슷한 결과를 보인 것으로 사료된다.

그림4는 바닥슬래브에 목재를 대고 그 위에 석고보드 마감을 한 상태인 천장깊이 14cm 구조에서 각각의 재료를 적용한 후 측정된 차음특성으로, 중고음역대에 걸쳐 차음성능이 향상됨을 알 수 있다. 이 경우에도 천장 깊이가 4cm인 경우와 비슷한

결과를 나타내고 있음을 알 수 있다.

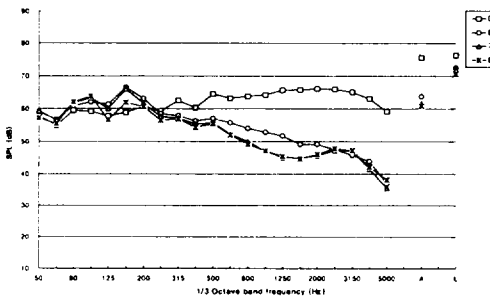


(a) Light-weight impact source

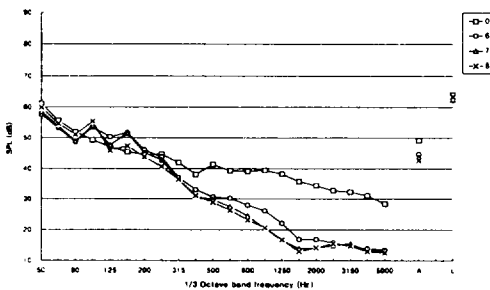


(b) Heavy-weight impact source

Fig.4 Sound Pressure Level for 14cm Separation



(a) Light-weight impact source



(b) Heavy-weight impact source

Fig.5 Sound Pressure Level for Gypsum board

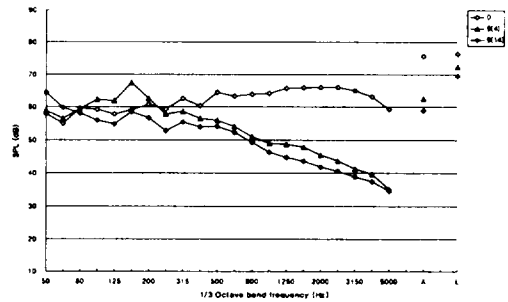
그림5는 9mm, 12mm, 15mm 석고보드를 천장

깊이 4cm 구조에서 목재 위 마감 후 교체 설치한 다음 측정된 석고보드 두께변화에 따른 차음특성 그래프이다.

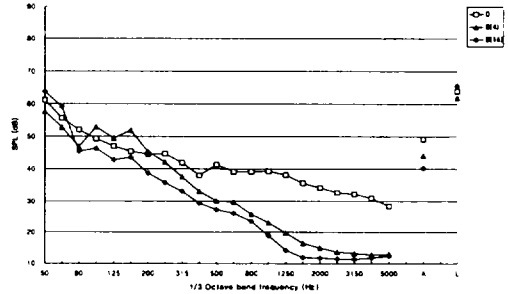
석고보드 역시 맨바닥구조에 비해서 중고음역대에서 차음성능이 향상됨을 알 수 있었다. 또한 두께변화에 대한 차음특성 변화를 살펴보면 9mm와 12mm, 15mm 모두 유사한 차음특성을 나타내고 있으며, 각각의 차음성능의 차이가 각각 1dB(A)정도로 미약했다.

4.3 천장 깊이 변화에 따른 차음 성능 변화

그림6은 천장 깊이 변화에 따른 발포폴리스티렌 폼 20T의 차음특성을 나타내고 있다.



(a) Light-weight impact source



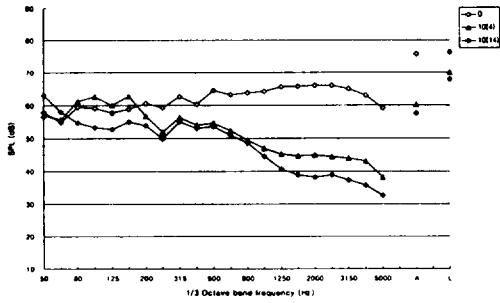
(b) Heavy-weight impact source

Fig.6 Sound Pressure Level for Foaming polystyrene foam 20T

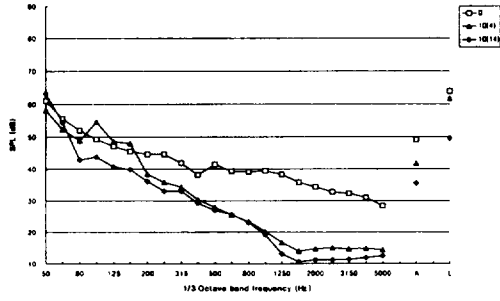
석고보드에 발포폴리스티렌폼을 이용한 구조에서는 천장 깊이가 깊어질수록 전반적으로 차음성능이 향상됨을 알 수 있다. 이는 천정구조 내부의 공기층 효과 등에 의한 흡음력 상승이 주요한 원인으로 사료된다.

그림7은 A의 두께가 다른 2개의 흡음재에 대한 천장 깊이변화에 따른 차음특성을 나타낸다.

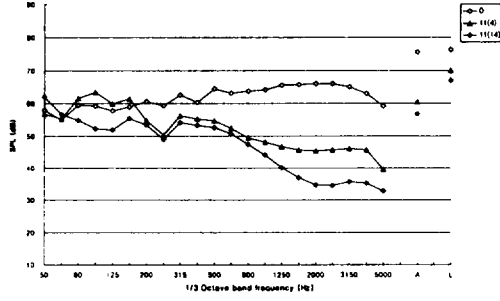
이 때도 앞서의 경우와 거의 비슷한 양상을 보이고 있음을 알 수 있다.



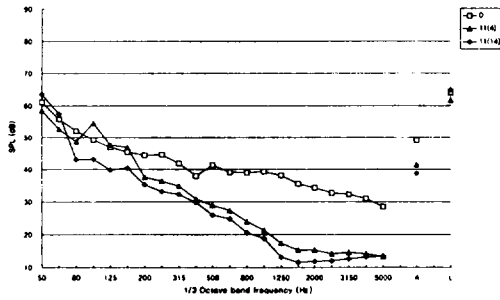
(a) Light-weight impact source(20T)



(b) Heavy-weight impact source(20T)



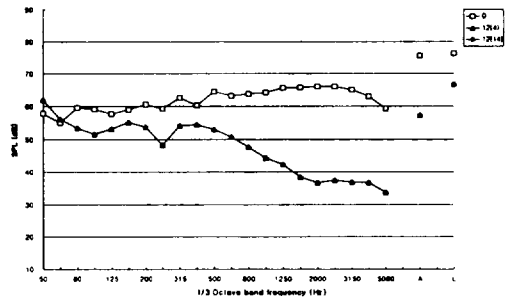
(a) Light-weight impact source(40T)



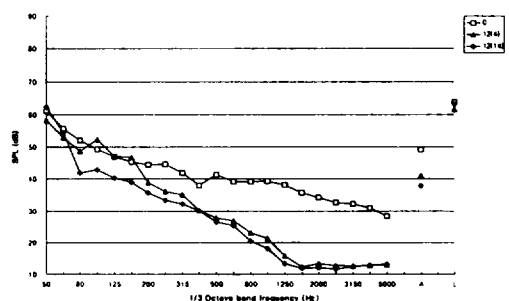
(b) Heavy-weight impact source(40T)

Fig.7 Sound Pressure Level for porous absorbing materials(A Type)

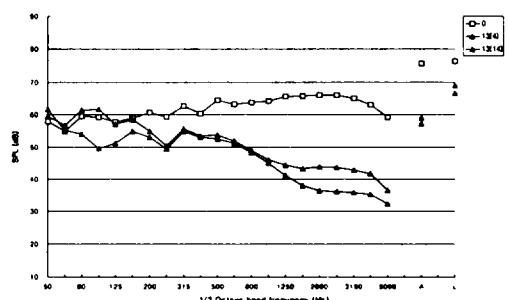
그림8은 B의 두께가 다른 2개의 흡음재에 대한 천장 깊이변화에 따른 차음특성 그래프이다.



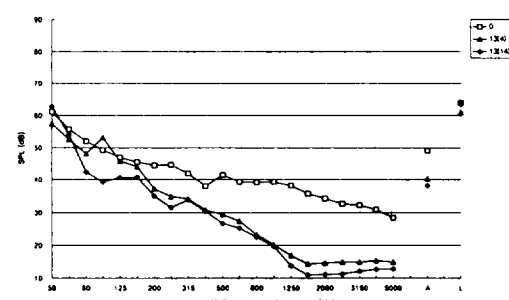
(a) Light-weight impact source(20T)



(b) Heavy-weight impact source(20T)



(a) Light-weight impact source(40T)

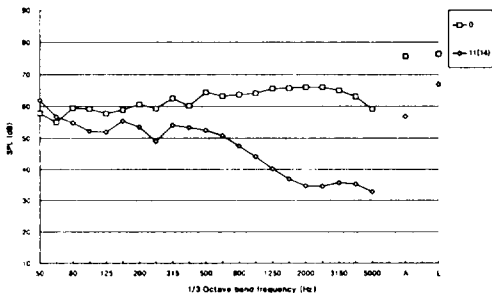


(b) Heavy-weight impact source(40T)

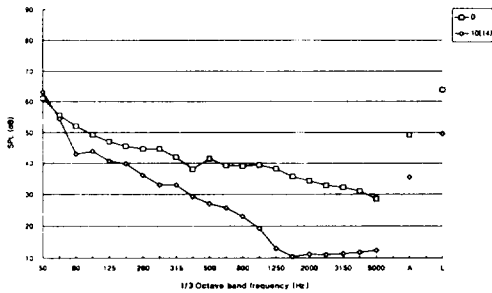
Fig.8 Sound Pressure Level for porous absorbing materials(B Type)

다음 그림 9는 실험 대상 재료 중에서 경량충격원 및 중량충격원에서 가장 좋은 차음성능을 나타

내는 재료에 대한 차음특성을 나타내고 있다.



(a) Light-weight impact source



(b) Heavy-weight impact source

Fig.9 The best materials in sound insulation performance

그림에서 볼 수 있듯이 천장 깊이가 크고 흡·차음재가 설치된 10번과 11번 구조에서 차음성능이 우수함을 알 수 있는데, 이것은 천장구조 내부의 공기층 효과 등에 의한 흡음력 상승이 원인인 것으로 사료된다.

또한 흡음재의 두께가 두껍다고 해서 차음성능이 뚜렷하게 향상되지 않았는데, 이는 천장 구조 내부에서 석고보드가 차음에서 차지하는 정도가 크므로 흡음재 두께 차이에 대한 차음성능에 차이가 미미하게 나타난 것으로 사료된다.

5. 결 론

구조 변화에 따른 차음 특성 변화에 관한 연구를 통해 도출된 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 슬래브 하부에 발포폴리스티렌폼 및 흡음재 A, B를 직접 부착하였을 때 저음역에서는 개선량이 거의 없었고, 중고음역으로 갈수록 차음성능이 향상됨을 보이고 있는데, 이는 각각의 재료가 나타내는 흡음특성이 직접 부착한 경우에 바로 차음특성

으로 나타난 것으로 사료된다.

2. 각각의 흡·차음재를 석고보드 부착 후 천장깊이 4cm, 14cm에 적용하여 두께에 따른 차음특성을 파악한 결과 중고음역에서 차음성능의 향상이 있었다. 그러나 각 재료간 두께변화에 따른 차음성능에는 큰 차이가 없었는데, 이것은 석고보드에서 차음을 분담하는 정도가 대부분이고 수습실 표면의 상태가 석고보드로 일정하기 때문에 거의 비슷한 결과를 보이는 것으로 사료된다.

3. 천장깊이 4cm에서 9mm, 12mm, 15mm 석고보드 두께변화에 따른 차음특성은 3구조 모두 맨바다구조에 비해 중고음역에서 차음성능이 향상됨을 볼 수 있었으나, 두께변화에 따른 차음성능의 차이는 미미했다.

4. 천장깊이 변화에 따른 차음특성의 변화는 천장깊이가 클수록 차음성능이 향상되었는데, 이는 천장구조 내부의 공기층 효과 등에 의해 흡음력이 상승한 것으로 사료된다.

전체적으로 볼 때 천장깊이 및 흡·차음재의 두께 변화에 따른 차음성능이 저음역에서는 개선은 보이지 않았다. 따라서 차후에는 저음역에서 개선 효과가 있는 흡·차음재 및 공법의 개발이 필요하다고 하겠다.

참고 문헌

1. 김선우, 「공동주택 바닥충격음 차음성능 평가에 관한 연구」, 서울대학교 박사학위논문, 1989. 8.
2. 김선우, 송민정, 「축소실험실을 이용한 바닥충격음 차음성능예측에 관한 실험적 연구」, 대한건축학회 논문집 15권 7호, 1999.7
3. 本建築學會, 「建物の遮音設計資料」, 技報堂出版, 1988. 7
4. 日本音響材料協會, 「遮音材料」, 技報堂, 1976. 7
5. L. Cremer, M. Heckl, 「Structure-Borne Sound」, Springer-Verlag, 1973.