

# 공동주택에서 중공 슬래브 바닥의 차음 특성에 관한 연구

## A Study on the Characteristics of Sound Insulation at the Circular Voided Concrete Floor in the Multi-Housing

손 철 수\*  
Son, Cheol-Soo

### Abstract

The purpose of the present research is to investigate the characteristics of sound insulation at the circular voided concrete slab in the multi-housing.

In order to do this research, the method for field measurement of floor impact sound level was used following the Korea Standard F2810-1996. For the multi-housing, three kinds of circular voided concrete slabs are used to measure the characteristics of sound insulation.

The results are as follows;

1. The main factor affecting the characteristics of sound insulation at the circular voided concrete slab in the multi-housing is sound-absorbing materials in the circular tube.
2. The main factor to effect the difference of sound pressure level is circular tube in the concrete slab.
3. The forms of circular tubes effect the characteristics of sound insulation at the circular tube.
4. Sound Pressure Level resulting from the piping direction of circular tubes is little different to octave band level.

More study will be needed about the depth and distance of sound insulation materials, and the components of sound insulation materials for the multi-housing.

### I. 서 론

오늘날 급속히 진전되고 있는 산업화 및 정보화의 과정에서 필연적으로 발생되는 인구의 도시 집중화 현상은 문화나 인종에 관계 없이 여러 가지 문제점들을 발생시키고 있는 실정이다. 이러한 상황에서 주거 문제의 해결 방안으로 제시된 공동주택의 필요성이 절실히 요구되어 수용한 바 많은 문제점들이 야기되고 있다. 이러한 공동주택의 많은 문제점중 음환경에 대한 문제점도 중요한 요인으로 작용하고 있는 실정이다. 이와 같은 음환경에 대한 요구는 특정한 구조물에 국한

되지 않고, 모든 분야의 구조물로 확대·심화되어 가고 있는 추세이다. 특히 단위주거에 비교하여 철근콘크리트 재료를 사용한 공동주택의 바닥 충격음에 대한 문제점 해결의 필요성이 절실한 실정이다. 따라서, 공동주택에서의 바닥 충격음에 대한 문제점을 해결·보완하기 위한 하나의 방안으로 중공관의 차음재료의 개발이 제시될 수 있다. 아울러 공동주택에서의 바닥 충격음에 대한 문제점을 효율적으로 해결할 수 있는 중공 슬래브를 제작할 때 반드시 필요한 중공관을 규격화하고 효율성 및 경제성을 확보하는 기술 개발이 제시될 수 있다.

본 연구에서는 공동주택에서의 바닥 충격음에 대한 문제점을 해결·보완하기 위한 하나의 방안인 중공관 사용시 이에 대한 차음 성능에 관한

본 연구는 중소기업청(RRC)의 지원에 의하여 수행되었음.  
\* 정희원, 계명대학교 건축공학과 조교수, Ph. D

기술과 더불어 바닥 충격음 환경에 합리적으로 대응할 수 있도록 하는 중공 슬래브 바닥의 중공관에 대한 자료를 제시하고자 한다.

## II. 이론적 배경

### 1. 연구의 배경 및 목적

교량 바닥판 등에 중공 슬래브가 사용된 이후, 세계적으로 건축물에 중공 슬래브가 사용되기 시작한 것은 1960년대 부터이다. 한국에서도 최근에는 설비적인 측면에서의 이용가능성의 장점과 넓은 공간에 대한 필요성의 증대로 인하여 현장 타설 중공 슬래브 형식이 사용되고 있는 실정이다. 그러나 공동주택에서의 중공 슬래브의 바닥의 차음 특성에 관한 연구는 미비한 실정이다.

이러한 상황에서 본 연구에서는 공동주택을 위한 효율적인 차음 특성을 가진 중공 슬래브를 생산하기 위하여 여러 가지 형상의 중공관을 사용한 실험체를 제작하여 중공 슬래브 바닥의 차음 특성을 비교 분석하고자 한다. 이는 공동주택을 위한 구조적 안정성, 경제성 그리고 환경적인 측면이 고려된 다양한 형상 및 규격 등에 대한 데 이터 베이스의 일부분인 공동주택의 중공 슬래브 바닥에 관한 자료로 활용될 것이다.

### 2. 연구의 내용 및 방법

공동주택을 위한 철근콘크리트 중공 슬래브 바닥은 중공부와 중공관 내의 차음재료의 존재로 인한 불연속적인 단면을 고려할 때 차음특성을 이론적으로나 실험적으로 명확히 분석한다는 것은 어려운 일이다. 이에 본 연구에서는 16개의 실험체를 제작하여 각 실험체에 관한 차음특성을 실험하였다. 각 실험체의 형상과 배근 상세도는 그림2~그림17에 나타나 있으며 그림에서 점선은 설치된 중공관을 나타내고 있다.

또한 VSB1-2 실험체와 VSB1-3 실험체의 차이점은 VSB1-2 실험체에서는 자동온도 조절장치를

위한 PVC관이 실험체 내의 각 중공관에서 합쳐져 하나의 통로로 실험체 외부로 나오도록 제작하였고 VSB1-3 실험체에서는 자동온도 조절장치를 위한 PVC관이 실험체 내의 각 중공관에서 독립적으로 분리되어 실험체 외부로 나오도록 제작한 것이다. VSB2-2 실험체와 VSB2-3 실험체, VS1-2 실험체와 VS1-3 실험체 그리고 VSC1-2 실험체와 VSC1-3 실험체들의 차이점도 실험체 내의 각 중공관에서 합쳐져 하나의 통로로 실험체 외부로 나오도록 제작한 것과 자동온도 조절장치를 위한 PVC관이 실험체 내의 각 중공관에서 독립적으로 분리되어 실험체 외부로 나오도록 제작한 것이다. VSC2-1 실험체와 VSC3-1 실험체의 차이점은 사용된 철근에 있다. 즉 VSC2-1 실험체에는 고정단 주근으로 8-D19, 자유단 주근으로 4-D19, 부근으로 D10 @200, 늑근으로 D18 @100이 사용된데 비하여 VSC3-1 실험체에는 주근으로 4-D19, 부근으로 D10 @200 그리고 늑근으로 D10 @100이 사용되었다.

그리고 중공 슬래브 바닥의 차음성능을 위한 실험을 수행하는데 있어 한국산업규격(KS)에 따른 건축물의 현장 바닥 충격음 측정방법에 준하여 중공관의 차음 특성을 실험하고 실험의 결과치를 비교·분석하고자 한다.

## III. 실험체의 구조, 제작 및 실험방법

### 1. 구조

실험체는 중공관의 소정영역에 자동온도조절장치를 장착하고 차음을 목적으로 하는 차음재를 장치한다. 중공관의 양단부에 개구부의 외경을 몸체보다 점점 작게 구성하여 양단부가 테이퍼지는 형상으로 만들어 콘크리트의 응력변화와 전단 하중의 집중을 방지하고 공동주택의 슬래브 공사시 중공관의 외주면으로 타설된 콘크리트의 양생 중 또는 양생후 중공관의 단부와 타설콘크리트의 접점에서 발생되는 응력에 의한 슬래브층의 균열을 개선하기 위한 것이다.

중공관이 밀폐된 슬래브는 중공관 내의 공간온도 조절이 되지 않고, 공기의 유동이 제한을 받아서 온도의 변화 및 콘크리트 타설시의 발열로 인하여 중공관이 팽창·수축하는 이상변형을 일으킨다. 이로 인하여 슬래브 및 구조물에 균열 등의 결함, 수명단축, 파손 등을 일으키는 문제점을 미연에 방지하는 실험체를 만들려고 하였다.

실험체는 중공관의 소정 영역에 자동온도조절 장치를 장착하므로써 중공관내의 온도가 평온으로 유지되어 중공관 및 슬래브의 상태를 정상으로 할 수 있는 중공슬래브를 제공하여 각종 문제점을 미리 방지하고 시공 정밀도를 높이고 시공한 후에 구조물의 안정성을 높으며 차음재를 중공관 안에 장착한 것과 장착하지 않는 것을 비교·분석하여 자료화하는 데 쓰인다.

## 2. 제작 방법

실험체를 제작하는 순서는 다음과 같다.

① 중공관의 외피는 용융아연도금의 띠강을 나선형으로 감아 연결부에 네 겹으로 중첩보강하여 제작되어야 하고, 중공관의 과형강도는 직하중 100kg/M이상의 강도를 지니며 콘크리트 타설 및 작업하중으로 인한 자중과 외부압력에 대한 강도를 지니게 한다.

② 중공관의 양단부에서는 출입형(단부 보강용) 뚜껑을 부착한다.

③ 긴 스판에 활용될 중공관의 경우에는 안전한 작업을 위하여 연결구를 사용하여 이음·제작 한다.

④ 중공관의 내부에는 차음재가 소정의 간격으로 배치되어야 하고 차음재의 간격은 중공관 규격표에 준하여 따른다.

⑤ 중공관의 양단부에는 자동온도조절장치를 설치하여야 한다.

⑥ 중공슬래브의 시공은 중공관을 묻고 주근의 방향으로 정확한 I형보를 만드는 것이다.

## 3. 실험 방법

공동주택을 위한 본 연구의 실험은 한국산업규격(KS)에 따른 건축물의 현장 바닥 충격음 측정 방법(F2810)으로 바닥 충격음에 대한 차음·흡음 및 진동에 대한 성능을 비교·분석하고자 바닥 충격음과 음원부와 수음부의 음압 레벨을 측정하는 실험을 하려고 한다.

이 실험에는 중량 충격음 발생기와 경량 충격음 발생기로 측정하는 두 방법 중에 공동주택에서 어린아이에 의한 충격음을 고려할 때 중량 충격음 발생기를 선택하는 것이 타당하다고 사료되나 중공 슬래브 실험체가 200mm 이상되는 두꺼운 슬래브로서 저음역에 대하여는 문제가 크게 되두되지 않는 것으로 사료되어 경량 충격음 발생기를 선택하였다. 그러나 중공 슬래브 성능의 종합 평가를 목적으로 할 경우, KS에 따른 측정이라면 양자 모두의 실험방법을 사용하여 평가하는 것이 타당하다고 생각된다. 경량 충격음 발생기로 측정하는 방법은 경량 충격음 발생기를 중심선상에 일정한 간격으로 벌려 놓은 5개의 해머로 갖추어 놓고, 양 끝의 해머중심 간격은 40cm로 한다. 각 해머의 유효 무게는  $500 \pm 12.5\text{g}$ 으로 한다. 각각의 해머는 차례차례 수직으로 낙하시키되, 바닥면에 충돌할 때의 속도는 해머의 충격면이 바닥 위  $4 \pm 0.1\text{cm}$  높이에서 자유 낙하할 때와 같은 값이어야 한다. 해머는 지름 3cm의 원통형으로 된 강철제로 하고 해머 머리가 바닥에 닿는 충격면은 곡률 반지름 50cm의 돋음 구면으로 한다. 각 해머에 의하여 연속적으로 일어나는 충격 시간간격은  $100 \pm 5\text{ms}$ 로 하고, 각 해머는 한번의 낙하로 한번만 바닥을 때려서는 안 된다. 바닥 위에 설치하였을 때 자리붙임성이 좋고, 또 한 해머가 작동하는 동안에 회전하거나 이동하여서는 안 된다. 측정을 할 때 충격음 레벨에 영향을 끼칠 기계소음이나 진동을 일으켜서는 안 된다.

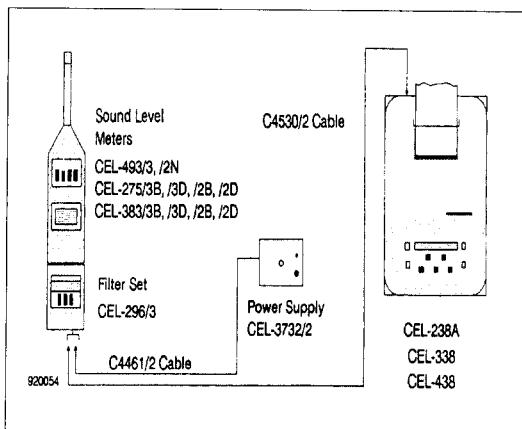


그림 1. 측정장치의 구성도

수음부의 실험장치는 소음 측정계와 옥타브 분석기로 이루어진다. 측정 조건은 원칙적으로 통상 사용될 수 있는 상태의 실내 또는 건물 안에서 행하기로 한다. 측정 주파수의 대역범위는 65 Hz, 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz에 대하여 실시하였다.

실험은 소음·진동이 발생할 우려가 적은 새벽 시간에 실험을 하였으며 오차가 발생할 수 있는 동일한 조건하에서 각각의 중공 슬래브에 대해 실험하였다.

#### IV. 실험체모델과 산출방법

##### 1. 실험체의 시리즈별 중공관의 형상·일람표

시리즈별 중공 슬래브 실험체의 일람표, 그리고 중공 슬래브 실험체의 입면 및 평면은 다음에 나타나 있다.

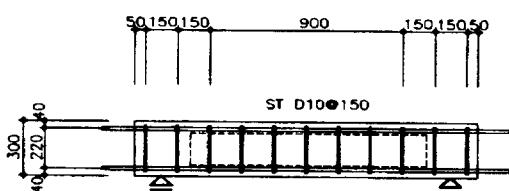


그림 2. VSB1시리즈 입면

표 1. 시리즈별 중공슬래브 실험체의 일람표

실험체 명칭	중공 관 지름 (mm)	크기 (길이 × 폭) (mm)	중공관의 모양	흡음 재 유무	비고
VSB1-1	175	1600 × 600	직경이 일정한 원통 모양의 중공관	×	
				○	
				○	
VSB2-1	175	1600 × 600	단부에서 변단면 모양의 중공관	×	
				○	
				○	
VS 1-1	75	1800 × 525	종방향으로 직경이 일정한 중공관을 배관	×	
				×	
				×	
VS 2-1	75	1800 × 525	횡방향으로 직경이 중공관을 배관	×	
				×	
VS 3-1	75	1800 × 525	중공관이 없음	×	
				×	
VSC1-1	150	1500 × 500	직경이 일정한 원통 모양의 중공관	×	
				○	
				○	
VSC2-1	150	1500 × 500	고정단부쪽으로 직경이 선형적으로 작아지는 중공관	×	
VSC3-1	150	1500 × 500	고정단부쪽으로 직경이 선형적으로 작아지는 중공관	×	

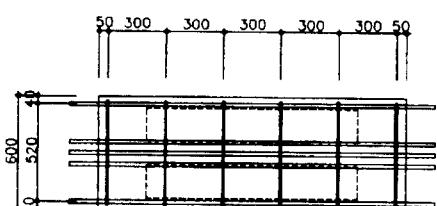


그림 3. VSB1 시리즈 평면

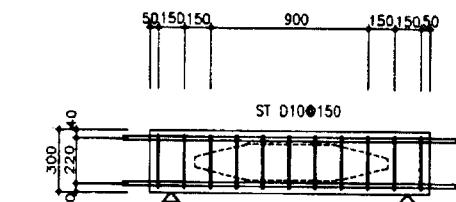


그림 4. VSB2 시리즈 입면

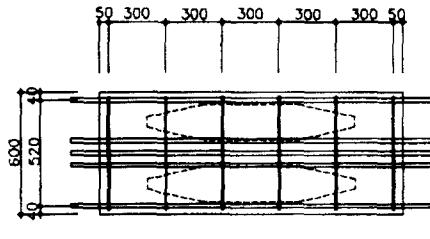


그림 5. VSB2 시리즈 평면

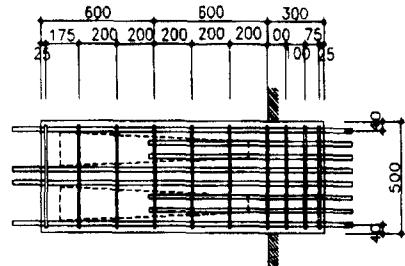


그림 9. VSC2 시리즈 평면

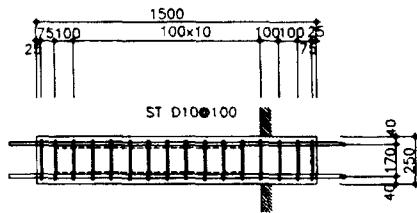


그림 6. VSC1 시리즈 입면

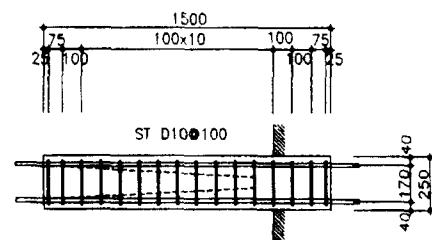


그림 10. VSC3 시리즈 입면

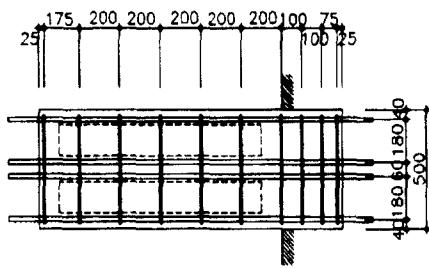


그림 7. VSC1 시리즈 평면

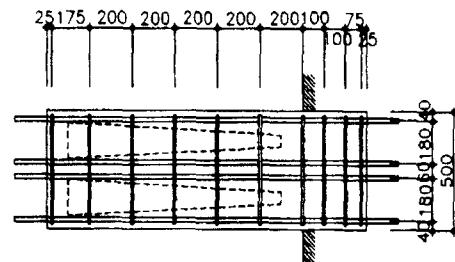


그림 11. VSC3 시리즈 평면

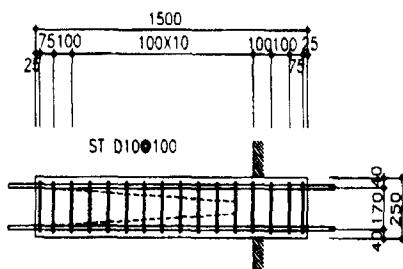


그림 8. VSC2 시리즈 입면

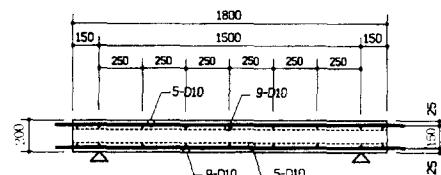


그림 12. VS1 시리즈 입면

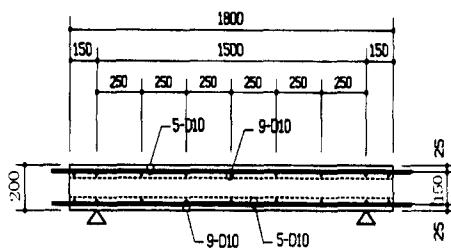


그림 13. VS1 시리즈 평면

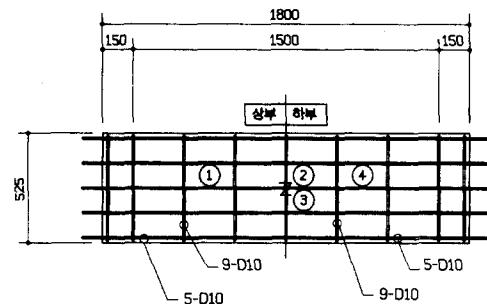


그림 17. VS3 시리즈 평면

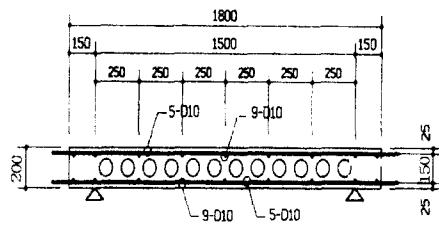


그림 14. VS2 시리즈 입면

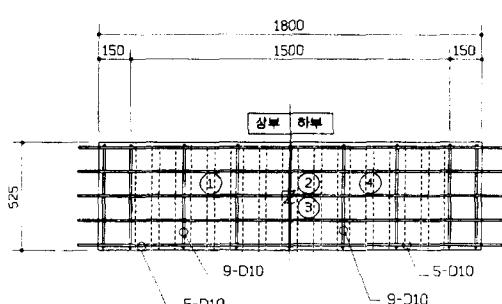


그림 15. VS2 시리즈 평면

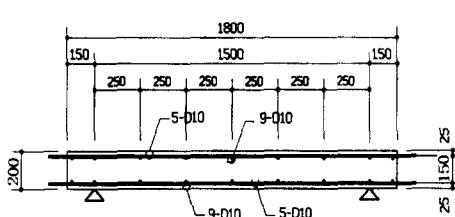


그림 16. VS3 시리즈 입면

## 2. 충격음 레벨의 산출 방법

본 실험에서 수음실의 충격음 레벨은 다음에 의하여 산출된다.

- ① 실험체모델 구조의 충격음 차단 성능을 나타내는 수음실의 충격음 레벨  $L$ 은 측정 주파수마다 식 (1)에 따라 산출한다.

$$L = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m L_j \quad (dB) \quad \dots \dots \dots (1)$$

여기에서,  $L_j$  : 음원 위치  $j$ 에 대한 각 측정점의 충격음 레벨의 평균값(dB),  $m$  :  $L_j$ 를 산출할 수 있었던 음원 위치의 수

다만, 경량 바닥 충격음 발생기로 인한 바닥 충격음 레벨은  $L_t$ 로 나타낸다.

- ② 각 음원 위치의 충격음 레벨의 평균값  $L_j$ 는, 실내의 각 측정점에서의 측정값의 최대와 최소의 차가 5dB 이내인 경우는 식 (2)에 따라 산출한다.

$$L_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i \quad (dB) \quad \dots \dots \dots (2)$$

여기에서  $L_i$  : 측정점  $i$ 에서의 충격음 레벨 (dB),  $n$  : 측정점의 수

- ③ 실내의 각 측정점에서의 측정값의 최대와 최소의 차가 5dB을 넘고 10dB 미만일 때에는 식 (3)에 따라  $L_j$ 를 산출한다.

$$L_j = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{-\frac{L_i}{10}} \right) (dB) \dots\dots\dots (3)$$

또한, 측정값의 최대와 최소의 차가 10dB이상인 경우는 그 주파수에 대한  $L_j$ 를 산출하지 않는다.

단, 하나의 음원 위치에 대하여 각 수음점 사이의 레벨차가 10dB을 넘을 때에는 그 평균값을 산출할 수 없다. 수음실이 큰 사무실과 같은 경우는 각 주파수 모두 그 차가 10dB을 넘을 것으로 생각되므로, 이 측정법의 적용되는 범위 밖의 것이라 하겠다.

측정 결과 가운데 어떤 주파수의 레벨차가 커서 평균값을 알아 낼 수 없을 때에는 그 주파수에 대하여는 수음실의 충격음 레벨을 밝혀 낼 수는 없으나, 각 측정점의 측정 결과는 사실 그대로 보고서에 기록하여 둘 필요가 있다. 또한 각 음원 위치마다의 평균값 사이의 차는 비록 10dB을 넘더라도 거주자가 생활 감각으로 그 평균화된 것을 느낀다고 생각하여 식 (1)에 따라 밝혀낸다.

④ 바닥 충격음 레벨의 평균값 계산 결과는 정수 자리까지 구한다.

## V. 결과 분석 및 논의

### 1. VSB 1시리즈의 실험결과치 비교·분석

직경이 일정한 원통형 중공관을 사용한 VSB 1 시리즈의 중공슬래브 크기는  $1600 \times 600\text{mm}$ 이고 중공관의 직경은  $175\text{mm}$ 이다. 그러나 VSB 1-1의 중공관 내부는 텅빈 공간으로 형성되어 있고 VSB 1-2와 VSB 1-3의 중공관 내부는 일정한 두께를 가진 차음재를 일정한 간격으로 배치한 것이다.

표2에서 보면 실험체의 음원과 수음의 음압레벨 차이값으로써 주파수  $63\text{Hz}$ 에서는 차음재가 없는 VSB 1-1실험체에서의 원음은  $57.0\text{dB}$ 이고 음압감소율은 8.8%인 반면, 차음재를 설치한 VSB 1-2 실험체에서의 원음은  $53.6\text{dB}$ 이고 음압감소율은

표 2. 원음과 수음의 음압 레벨 및 차이(원음, 수음, 차이)  
단위: dB

범위	시험체명	
	VSB 1-1	VSB 1-2
63Hz	57.0, 52.0, 5.0	53.6, 44.5, 9.1
250Hz	76.1, 70.0, 6.1	62.1, 49.1, 13.0

17.0%이다. 그러므로 VSB 1-2 실험체가 차음효과에 있어 약 8.2%가 우월한 것을 나타났다.

표 3. 원음과 수음의 음압 레벨 및 차이(원음, 수음, 차이)  
단위: dB

범위	시험체명	
	VSB 1-1	VSB 1-3
1000Hz	86.0, 80.1, 5.9	78.8, 52.5, 26.3
4000Hz	73.1, 70.0, 3.1	74.4, 52.4, 22.0

표3의 결과치와 같이 주파수  $1000\text{Hz}$ 에서는 차음재를 설치하지 않은 VSB 1-1실험체에서의 원음은  $86.0\text{dB}$ 이고 음압 감소율은 6.9%인 반면, 차음재를 설치한 VSB 1-3실험체에서의 원음은  $78.8\text{dB}$ 이고 음압 감소율은 33.4%이다. 그러므로 VSB 1-3실험체의 차음재가 차음효과에 있어 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

아래의 그림18은 VSB시리즈의 실험 결과치로 음원부와 수음부의 음압레벨차이를 각 주파수 대역마다 표시한 그래프이다.

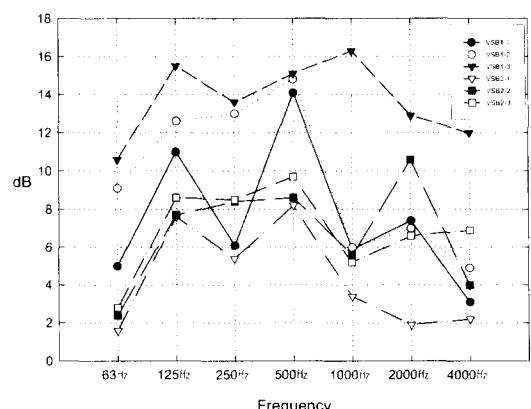


그림 18. VSB시리즈의 음압레벨차이

## 2. VSB 2시리즈의 실험결과치 비교·분석

VSB 1시리즈와는 달리 VSB 2시리즈의 중공슬래브는 단부에서의 변단면 중공관을 사용하고 크기나 직경은 동일하다. VSB 2-1의 중공관 내부는 비어 있고 VSB 2-2와 VSB 2-3의 중공관 내부는 VSB시리즈와 동일하게 차음재를 설치하였다.

표 4. 원음과 수음의 음압 레벨 및 차이(원음, 수음, 차이)  
단위:dB

시험체명 범위	VSB 2-1	VSB 2-2	VSB 2-3
2000Hz	85.8, 83.9, 1.9	82.3, 71.7, 10.6	84.9, 78.3, 6.6
4000Hz	81.4, 79.2, 2.2	76.8, 72.8, 4.0	81.6, 74.7, 6.9

표4의 결과치는 실험체의 음압레벨 차이값으로써 주파수 2000Hz, 4000Hz에서는 차음재를 설치하지 않은 경우인 VSB 2-1의 원음은 각각 85.8, 81.4dB이고 음압 감소율은 각각 2.2, 2.7%인 반면, 차음재를 설치한 경우인 VSB 2-2의 원음은 각각 82.3, 76.8dB이고 음압 감소율은 각각 12.9, 5.2%이고 VSB 2-3의 원음은 각각 84.9, 81.6dB이고 음압 감소율은 각각 7.8, 8.5%이다. 이에 차음재를 사용하는 VSB 2-2와 VSB 2-3가 VSB 2-1보다 차음효과가 우월한 것으로 결과치가 나타났다. 이와 같이 변단면 중공관을 설치하되, 내부에 차음재를 설치한 경우가 설치하지 않은 경우보다 차음에 있어서 효과가 있는 것으로 사료된다.

## 3. VS 시리즈의 실험결과치 비교·분석

아래의 그림19는 VS시리즈의 실험 결과치로 음원부와 수음부의 음압레벨차이를 각 주파수 대역마다 표시한 그래프이다.

중공관의 배관방향이 종방향인 VS 1과 횡방향인 VS 2와 중공관이 배관되지 않은 VS 3의 실험체 크기는  $1800 \times 525 \text{mm}^3$ 이고 중공관의 직경은 75mm이다. VS 시리즈는 중공관의 직경이 일정하고 양단부가 외부로 통해져 있으며, 실험체 종류는 단지 중공관의 유무와 중공관의 배치 방향으로 구분된다.

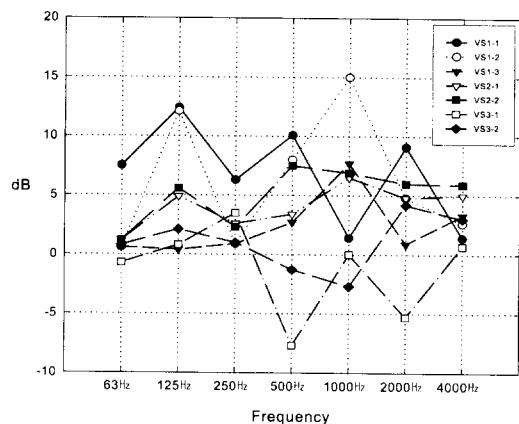


그림 19. VS시리즈의 음압레벨차이

표 5. VS시리즈의 음압차이 실험평균치, 단위:dB

시험체명 범위	VS1시리즈의 평균치	VS2시리즈의 평균치	VS3시리즈의 평균치
500Hz	8.9	5.5	-4.5
1000Hz	8.1	3.7	-1.4
2000Hz	4.9	5.4	-0.6

표5를 보면 주파수 500Hz에서는 종방향인 VS 1일 때의 평균 원음은 80.9dB이고, 평균 음압 감소율은 11.0%이며, 횡방향인 VS 2일 경우에는 평균 원음이 78.4dB이고 평균 음압 감소율은 7.0%이다. 그러나 중공관이 없는 VS 3의 평균 원음은 78.0dB이고 평균 음압은 82.5dB이므로 음원부보다 수음부에서의 음압레벨이 5.8%가 증가됨을 알 수 있다. 위의 결과로 보면 중공관의 유무에 따라 중공관의 차음 효과가 매우 큼을 알 수 있다. 그리고 중공관 배치방향의 변화로 음압레벨의 차가 생기는 것으로 볼 때 중공관의 위치나 방향도 차음 효과에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

## 4. VSC 1시리즈의 실험결과치 비교·분석

직경이 일정한 원통형 중공관을 사용한 VSC 1 시리즈의 중공슬래브 크기는  $1500 \times 500 \text{mm}^3$ 이고 중공관의 지름은 150mm이다. 그러나 VSC 1-1의 중공관 내부는 비어 있고 VSC 1-2와 VSC 1-3의 중공관 내부가 일정한 두께를 가진 차음재를 일정

한 간격으로 설치한 것이며, 단지 두 시험체의 차이는 중공관에서 나오는 PVC관의 유형별로 나누어져 있다.

표 6. 원음과 수음의 음압 레벨 및 차이(원음, 수음, 차이) 단위: dB

범위	시험체명	
	VSC 1-1	VSC 1-2
1000 Hz	81.3, 76.0, 5.3	81.4, 70.7, 10.7
4000 Hz	82.7, 76.5, 6.2	81.1, 71.6, 9.5

표6의 결과치와 같이 주파수 1000Hz에서는 중공관의 내부에 차음재를 설치하지 않은 VSC 1-1의 원음은 81.3dB이고 음압 감소율은 6.5%인 반면, 중공관의 내부에 차음재를 설치한 VSC 1-2의 원음은 81.4dB이고 음압 감소율은 13.1%이다. 그러므로, VSB 1시리즈와 VSC 1시리즈를 비교하여 볼 때 실험체의 크기와는 상관없이 차음재의 유무가 차음 효과에 미치는 것으로 결과치가 나타났다.

표 7. 원음과 수음의 음압 레벨 및 차이(원음, 수음, 차이) 단위: dB

범위	시험체명	
	VSC 1-2	VSC 1-3
1000 Hz	81.4, 70.7, 10.7	81.6, 75.2, 6.4
4000 Hz	81.1, 71.6, 9.5	83.1, 76.6, 6.5

표7에 따르면 주파수 4000Hz에서는 실험체의 내부에서 PVC관이 합쳐져 나오는 VSC 1-2의 원음은 81.1dB이고 음압 감소율은 13.2%인 반면, 실험체의 내부에서 PVC관이 분리되어 나오는 VSC 1-3시험체의 원음은 83.1dB이고 음압 감소율은 7.7%이다. 그러므로 PVC관이 외부로 돌출된 관의 수가 다름에도 차음효과가 있는 것으로 결과치가 나타났다.

아래의 그림20은 VSC시리즈의 실험 결과치로 음원부와 수음부의 음압레벨차이를 각 주파수 대역마다 표시한 그래프이다.

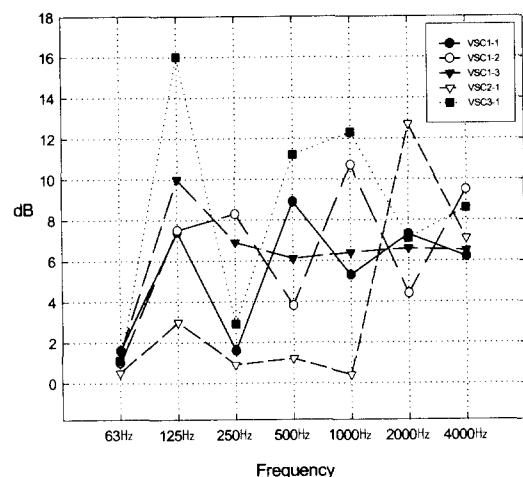


그림 20. VSC시리즈의 음압레벨차이

## 5. VSC 2시리즈의 실험결과비교·분석

고정단부쪽으로 직경이 선형적으로 작아지는 중공관을 사용한 VSC 2와 VSC 3의 실험체 크기는  $1500 \times 500\text{mm}$ 이고 중공관의 직경은  $150 \times 50\text{mm}$ 로 선형변화를 한다. 그러나 VSC 1의 중공관의 형상은 원통형으로 되어 있다. VSC 2와 VSC 3에서는 중공관의 형상이 선형적으로 변화하며 둘의 차이는 단지 철근 배근량이다.

표 8. 원음과 수음의 음압 레벨 및 차이(원음, 수음, 차이) 단위: dB

범위	시험체명		
	VSC 1-1	VSC 2-1	VSC 3-1
4000 Hz	82.7, 76.5, 6.2	82.1, 75.0, 7.1	73.4, 64.8, 8.6

표8와 같이 주파수 4000Hz에서는 VSC 1의 원음은 82.7dB이고 음압 감소율은 7.5%인 반면, VSC 2와 VSC 3의 원음은 각각 82.1, 73.4dB이고 음압 감소율은 각각 8.7, 11.7%이다. 이와 같이 중공관을 설치하되, 내부에 철근의 배근 간격 차이가 있는 VSC 2와 VSC 3의 경우에 3%의 차이가 있는 것으로 결과치가 나오므로 차음에 있어 철근 배근량이 적은 VSC 3가 효과가 있는 것으로 사료된다.

## VI. 요약 및 결론

공동주택에서의 바닥 충격음에 대한 문제점을 해결·보완하기 위한 하나의 방안인 중공관을 생산할 때 차음 성능을 보유하는 기술과 바닥 충격음 환경에 합리적으로 대응할 수 있도록 하는 중공 슬래브 바닥의 중공관에 대한 자료를 제시하기 위한 본 실험은 한국 산업 규격(KS)에 따른 건축물의 현장바닥 충격음 측정방법 (F2810)에 준하여 실험을 행하고자 하였다.

소음·진동이 발생할 우려가 적은 새벽 시간에 실험을 하였으며 오차가 발생할 수 있는 동일한 조건하에서 각각의 중공관 시리즈별로 실험을 하여 비교·분석을 한 결과, 중공 슬래브의 흡음 및 차음 효과를 표9에서 나타내고 있다.

**표 9. 각 중공관 시리즈별 결과치**

시험체 명칭	발생한 원음 (dB)	충격음 감소율 (%)	중공관의 모양	흡음재 유무 (○·×
VSB 1-1	57.0	8.8	직경이 일정한 원통모양의 중공관	×
	-2	53.6		○
	-3	78.8		○
VSB 2-1	85.8	2.2	단부에서 변단면 모양의 중공관	×
	-2	82.3		○
	-3	81.6		○
VS 1-1	80.9	11.0	종방향으로 직경이 일정한 중공관을 배관	×
	-2 (평균)	(평균)		×
	-3			×
VS 2-1	78.4	7.0	횡방향으로 직경이 을 배관	×
	-2 (평균)	(평균)		×
VS 3-1	78.0	-5.8	중공관이 없음	×
	-2 (평균)	(평균)		×
VSC 1-1	82.7	7.5	직경이 일정한 원통형의 중공관	×
	-2 (평균)	(평균)		×
	-3			×
VSC 2-1	82.1	8.7	직경이 점차 주는 원뿔형 의 중공관	×
VSC 3-1	73.4	11.7	직경이 점차 주는 원뿔형 의 중공관	×

위의 표9에 보여진 바와 같이 VSB시리즈에서는 차음재가 없는 것보다 있는 것이 음의 차단에 있어서 우수한 성능이 있는 것으로 결과치가 나타났다. 그리고 VSB 1시리즈와 VSB 2시리즈는 중공관의 형상이 다른 것으로서, 직경이 일정한

원통형 중공관인 VSB 1시리즈와 단부에서 변단면의 모양을 가진 중공관인 VSB 2시리즈를 비교해 볼 때에도 차음에 있어 미묘한 차이가 나타났고 중공관의 형상이 원통형인 경우가 약간은 우수한 성능이 있는 것으로 결과치가 나타났다.

중공관 내부에 차음재를 설치하지 않은 VS시리즈에서는 중공관의 유무에 따라 차음에 많은 음압레벨차이를 실험 결과치에서 나타내 주고 있다. 종방향으로 중공관을 배관한 VS 1시리즈는 횡방향으로 중공관을 배관한 VS 2시리즈보다 미묘한 차이의 결과치를 나타내 주고 있으며 중공관이 전혀 배관되지 않은 VS 3시리즈보다는 앞에서 말하고 있는 두 가지인 VS 1시리즈와 VS 2시리즈의 결과치가 월등한 차음 효과가 나타나는 것으로 판명된다.

앞에서 언급한 VSB시리즈와 VSC시리즈를 비교하여 볼 때 시험체의 크기와는 상관없이 차음재의 사용 유무가 차음효과에 미치는 것으로 결과치가 나타났다.

VSC 2시리즈와 VSC 3시리즈에서는 철근 배근량이 차이가 있다. 이와 같이 중공관을 설치하되, 내부에 철근 배근량의 차이가 있는 VSC 2시리즈와 VSC 3시리즈의 경우에 음압레벨차이가 있는 것으로 결과치가 나오므로 차음에 있어서 철근 배근량이 적은 VSC 3시리즈가 효과가 있는 것으로 사료된다.

위의 결과로 공동주택에서의 바닥 충격음에 대한 문제점의 해결은 바닥의 중공관 유무와 더불어 차음재의 유무에도 관계가 있는 것으로 나타나고 있다. 또한 본 실험에 사용되었던 차음재의 종류는 스치로폼과 부직포로 구성되어 있으나 공동주택에서의 바닥 충격음에 대한 문제 해결을 극대화 할 수 있는 차음재의 구성에 대한 연구도 절실히 필요하다고 사료된다.

앞으로 공동주택에서의 바닥 충격음에 대한 문제점을 해결·보완하기 위해 연구되어져야 할 부분은 중공관의 형상, 재료적인 성능, 중공관의 배

치 간격과 중공관 내에 설치되는 차음재의 두께 및 차음재 구성의 재료적 성능 등에 더 많은 연구가 있어야 될 것으로 판단되어지므로 보다 광범위한 평가와 그에 따른 적절한 연구가 뒤따라 수행되어져야 할 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

1. 최현식, 김성은, 손철수(1998). 중공슬래브용 중공관의 개발, 산학연 지역컨소시엄 최종보고서, 계명대학교 산업기술연구소, pp.5~51.
2. 한국표준협회(1996), 한국산업규격 “건축물의 현장바닥 충격음 측정방법” F2810.
3. Benjamin Stein, John S. Reynolds, William J. McGuinness(1986), MECHANICAL AND ELECTRICAL EQUIPMENT FOR BUILDINGS, 7th Edition, Canada:John Wiley & Sons.
3. Eugene Hecht(1996), PHYSICS-Calculus, Canada: Brooks /Cole Publishing Company.