

〈논 문〉

임피던스법을 이용한 보이드 슬라브의 개선방안에 관한 연구

The Study of Improvement of the Void Slab Applying the Impedance Method

오재응* · 김영식**

Jae-Eung Oh and Young-Sik Kim

(2000년 10월 31일 접수 : 2001년 2월 16일 심사완료)

Key Words : Improvements Void Slab(개량형 보이드), Sound Radiation(방사소음), Radiation Efficiency(방사효율)

ABSTRACT

In apartment buildings, floor-impact sound has been regarded as the major source that causes complaints from residents. It is mainly due to the use of light-weight structures and the lack of researches in terms of floor-impact sound. The purposes of this study are analyzing the characteristics of vibration response and sound radiation of 12type void slabs in the improvements void slab by impedance method and finding the fittest improvements void slab on the 12type void slab. The main results of this study are summarized as below: (1) In the 1/3 octave band level of sound radiation, 1/3 octave band levels, measured from four-divided improvement void slab(No.8) and eight-divided improvement void slab(No.12), are 10~25 dB lower than that of standard void slab(No.1) in the 1250 Hz. Especially, eight-divided improvement void slab(No.12) is the best void slab in terms of radiation efficiency of sound level. (2) In the correlation relation of acceleration and sound radiation, standard void slab(No.1), four-divided improvement void slab(No.8), SK standard four-hole void slab(No.10), and eight-divided improvement void slab(No.12) are positive correlation relation.

| 기호설명 | |
|-------|-------------------|
| A | : 가속도 |
| B | : 바닥슬라브의 굽힘강성 |
| f | : 주파수 |
| F | : 힘 |
| h | : 바닥슬라브의 등가두께 |
| Lz | : 임피던스 |
| m | : 바닥슬라브의 면밀도 |
| SPL | : 방사음 레벨 |
| VF | : 충격력 (Voltage) |
| VY | : 응답 속도 (Voltage) |
| x | : 진동가속도 레벨 |

| | |
|-------------|-----------------|
| Zb | : 바닥슬라브의 기본임피던스 |
| ρ | : 바닥슬라브의 등가밀도 |
| λb | : 굽힘 파장 |
| η | : 손실 계수 |

1. 서 론

도시의 인구 집중으로 야기된 주택문제의 해결과 토지이용 효율화의 측면에서 공동주택이 건설되어 왔고, 또한 고층화·고밀화되어 가고 있다. 공조자의 원가 절감과 구조계획의 합리화로 벽과 바닥 두께가 얇아지고 경량화됨으로써 고체전달음(structure-borne sound)이 심각한 문제로 대두되고 있다.^(1~3) 특히, 실내에서 발생하는 소음 중 바닥을 통하여 인접세대에 전달되는 소음이 큰 문제로 대두됨으로써 바닥충격음 저감을 위한 많은 연구가 진행되고 있다.^(4,5) 이미 일본에서는 30여년 전부터 보이드 슬라브의 효율적인 설계 및 시공으로 공사원가를 절감하고 있으며,

*정회원, 한양대학교 기계공학부

E-mail : jeoh@ihanyang.ac.kr

Tel : (02) 2295-7424, Fax : (02) 2299-3153

**한양대학교 대학원 자동차공학과

현재까지도 활발히 연구중이다.⁽⁸⁻⁹⁾ 보이드 슬라브는 국내의 공동주택에서 전통적으로 사용되고 있는 온돌구조⁽¹⁾가 아니라 일본에서 일반적으로 사용되고 있는 형태로 슬라브 사이에 중공층을 만들어 상대적으로 경비를 절감하고 보이드의 형태를 변경하여 성능을 개선시키는 슬라브를 말한다. 아직 국내에서는 보이드 슬라브에 관한 연구가 활발히 진행되고 있지는 못하며, 비용절감 측면에서 곧 이 공법에 의한 연구가 추진되어야 할 것으로 생각된다. 이번 연구는 향후에 국내에서 추진될 개량형 보이드 슬라브에 대한 사전 연구로서 모형실험을 실시하였다.

본 연구에서는 보이드 슬라브의 다양한 형태를 통한 고체음(structure-borne sound)의 전달특성과 방사효율을 조사하여 최적의 개량형 보이드 슬라브를 선정하고자 한다.

본 연구의 3단계로 나누어 수행되었다. 먼저 1단계 연구는 표준형 보이드 슬라브의 이론적 연구로서 기본 임피던스 이론식을 통한 기본 임피던스 및 각 가진점별 임피던스 보정량의 산정을 통해 표준형 보이드 슬라브의 일반적인 특성을 분석하였으며, 파장비 및 유효방사면적의 검토를 통해 보이드 슬라브 표면에서의 음향방사특성을 분석하였다. 2단계 연구는 12타입의 보이드 슬라브의 전달특성을 평가하기 위한 실험적 연구로서 임피던스 법을 이용하여 각 타입별 진동응답과 음향방사특성을 평가하였다. 또한, 3단계 연구는 통계적 연구로서 타입별 가속도 레벨 및 바닥충격음 레벨을 조사하여, 가속도와 바닥충격음사이의 실험식을 통계적 방법으로 산출하여 진동과 방사음과의 상관관계를 규명하였다.

2. 이 론

2.1 바닥충격음의 이론

(1) 임피던스법에 의한 바닥충격음⁽⁴⁻⁷⁾

바닥 충격음이란 물건의 낙하, 보행, 의자이동 등에 의해 바닥에 충격이 전달된 후 진동이 발생하여 인접실에 방사되는 소음이다. 이 음은 충격진동이 콘크리트 슬라브 및 벽체 등을 통해 전달되는 고체전달음^(4,5)으로, 공기음을 잘 차단하는 콘크리트 구조체도 쉽게 투과되어 인접세대에 전달된다.^(4,5)

임피던스법은 대상 슬라브를 무한장판으로 가정하여 산정한 포인트 임피던스(point impedance)를 기본량으로 슬라브 주변구속에 의한 임피던스 상승량을 보정하여 바닥의 평균적인 임피던스 특성을 구하고, 여기에 슬라브의 최대응답 진폭에 대한 등가폭에 의해 유효방사면적과 실내 흡수율 등에 대한 보정항을 계산하여 최종적으로 수음실의 바닥충격음 레벨을 예측하는 방법이다.⁽¹⁻³⁾

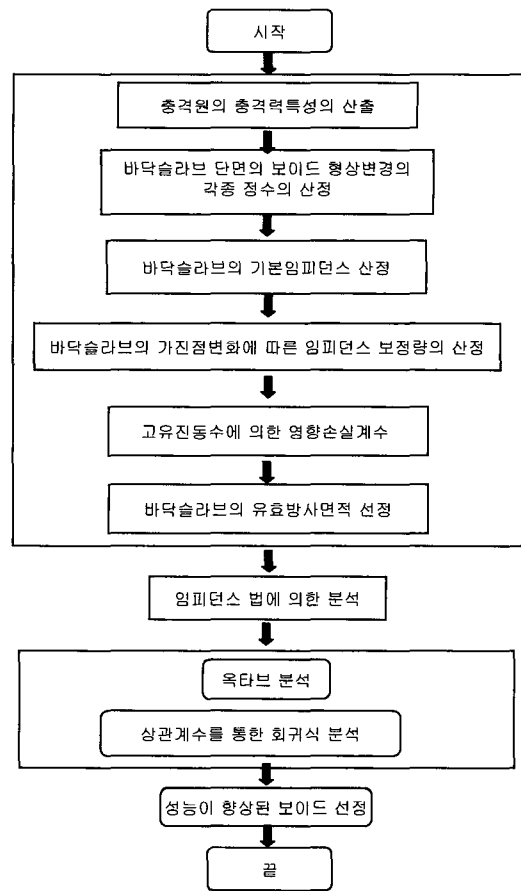


Fig. 1 전체 연구 흐름도

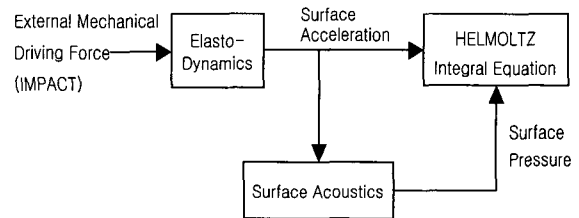


Fig. 2 일반적인 elastodynamic-acoustic의 블록 선도

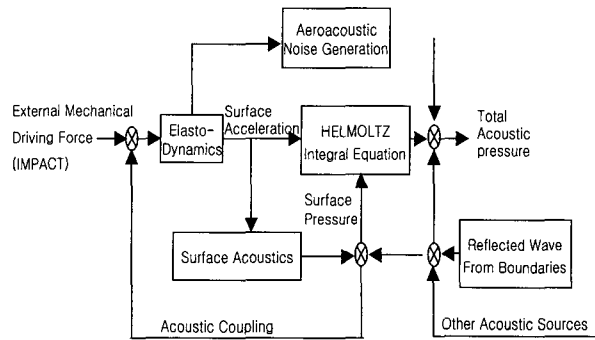


Fig. 3 간략화한 elastodynamic-acoustic의 블록 선도

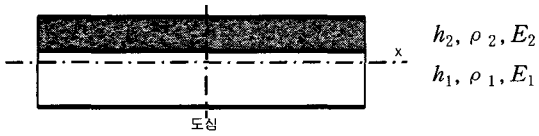


Fig. 4 이질복합 보이드 슬라브

Fig. 2와 3은 진동과 음과의 상관관계를 블록 선도로 나타낸 그림이다. 일반적으로 물체의 표면에 충격이 전달되면, 표면에 진동이 발생하면서 음으로의 방사가 생긴다. 이와같이 구조물에 작용하는 힘-변위 관계에 의한 구조물의 진동과 그에 따른 구조물 주변매질의 운동에 의해 야기되는 음을 구조음(structure-borne sound)이라 하며, 충격시 직접적으로 구조물의 진동 즉 표면의 속도변화에 의해 충격음 자체가 바로 공기음(air-borne sound)으로 전환되는 경우도 볼 수 있다. 위의 블록선도는 위에서 언급한 공기음과 구조음사이의 관계를 보여준 것이다

본 연구의 대상인 바닥슬라브의 이론적 임피던스의 계산식들은 아래에서 보여준다.^(8,9) 먼저 계산대상과 바닥슬라브의 구동점 임피던스를 산정하는데 필요한 바닥판 단면의 굽힘강성을 계산하기 위해서 덮개 플레이트와 보이드 슬라브의 이질복합 바닥 단면에 대해서는 다음의 방법에 의해 등가 Young 계수 E , 등가두께 h , 등가밀도 ρ 를 산출한다.

Fig. 4의 윗면은 덮개 플레이트이고 아랫면은 일반적인 보이드 슬라브로써 2개의 서로 다른 재질이 복합적으로 이루어진 것을 보여준다.

$$\rho = \rho_1 \frac{h_1}{(h_1 + h_2)} + \rho_2 \frac{h_2}{(h_1 + h_2)} \quad (1)$$

$$E = \frac{(E_1 I_1 + E_2 I_2)}{I_x} \quad (2)$$

$$h = h_1 + h_2 \frac{\rho_2}{\rho_1} \quad (3)$$

I_x : 바닥단면 전체의 단면 2차 모멘트

위의 식 (1), (2), (3)을 통해 재료의 물성치를 구한 다음, 아래의 임피던스 식에 대입한다.

$$Z_b = 8\sqrt{Bm} \approx 2.31 \rho^{\frac{1}{2}} E^{\frac{1}{2}} h^2 \quad (4)$$

$$L_z = 20 \log_{10} Z_b \quad (5)$$

B : 바닥슬라브의 굽힘강성

m : 바닥슬라브의 면밀도

ρ : 바닥슬라브의 등가밀도

h : 바닥슬라브의 등가두께

일반적인 기본 임피던스의 이론값은 위의 식 (1), (2), (3), (4), (5)를 이용하여 구해진다.⁽⁸⁾

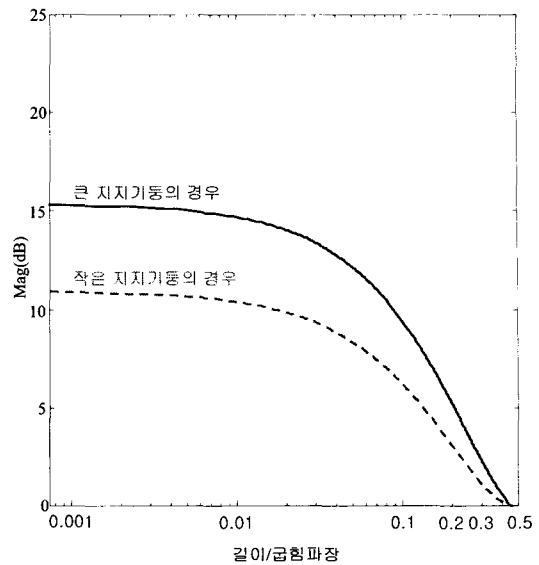


Fig. 5 바닥슬라브의 충격주파수에 대한 임피던스 보정량

그러나, 위의 임피던스 이론값은 전체의 기준임피던스 값이므로 어느 한점에서의 정확한 임피던스 값을 예측할 수는 없다.

위의 이론식을 이용하여 구한 이번 실험의 이론적인 임피던스 레벨은 124.663 dB이며 표준형 보이드의 상면의 8개 측정점에서의 임피던스의 overall 레벨은 138.155 dB이다. 보이드 상면에서의 실험을 통한 임피던스 레벨과 이론식을 통한 기본 임피던스 레벨의 차는 약 14 dB 정도로 실험값이 큼을 알 수 있다. 그러나, 주파수별 변화값에 대한 임피던스 레벨이 아니다. 임피던스의 이론값과 실험값이 차이가 나는 근본적인 이유는 물성치의 차이가 가장 큰 요인인 것으로 사료된다.

식 (5)는 보이드 슬라브의 기본 임피던스 이론값이지만, 일반적으로 바닥슬라브상의 가진점이 슬라브 주변부의 근처일 때 주변의 기둥과 벽에 구속영향을 받으므로 슬라브의 임피던스레벨은 상승한다. 이 상승량은 충격원의 충격 시간과 곡파속도 및 슬라브 단부부터의 거리등과 같은 주변의 구속정도에 따라 달라진다. Fig. 5는 표준형 보이드인 (No.1)의 가진점 위치에 따른 임피던스 상승량을 보여주는 그림이다. 위의 그림은 아래의 이론식 (6), (7), (8)을 통해 구할 수 있다. 충격원의 충격주파수에 대한 곡률과의 파장 λ_b 는 다음과 같이 표현된다.⁽⁸⁾

$$\lambda_b = (\pi c_l \frac{h}{\sqrt{3}f})^{\frac{1}{2}} = (\pi \times 3362 \times \frac{h}{\sqrt{3} \times 25})^{\frac{1}{2}} = 6.25 \text{ m} \quad (6)$$

h : Equivalent thickness of slabs(등가두께)

f : Impact frequency(충격 주파수)

기본 임피던스에 대한 임피던스 상승량을 큰 지지기둥의 경우와 작은 지지기둥의 경우로 나누어 회귀식을 구해본 결과, 다음의 식으로 표현된다.

큰 지지기둥의 경우

$$\Delta L_z = 15.37 - 68.86 \frac{x}{\lambda_b} + 98.65 \left(\frac{x}{\lambda_b}\right)^2 - 45.36 \left(\frac{x}{\lambda_b}\right)^3 \quad (7)$$

작은 지지기둥의 경우

$$\Delta L_z = 10.93 - 55.86 \frac{x}{\lambda_b} + 92.57 \left(\frac{x}{\lambda_b}\right)^2 - 49.72 \left(\frac{x}{\lambda_b}\right)^3 \quad (8)$$

일반적으로 대상점이 슬라브의 대각선 방향인 경우 양방향 단부로부터 구속의 영향을 동시에 받으므로, 이 경우에는 대상점에 있어서의 충격임피던스 상승량의 산정방법은 Fig. 6에서 볼 수 있듯이 식 (9)로 계산하는 것이 일반적이다.⁽⁸⁾

$$\Delta L_z = \Delta L_{z_1} + \Delta L_{z_2} \quad (9)$$

따라서, 슬라브상의 어느 한점에서의 기준 임피던스 레벨은 그 점에서의 임피던스 상승량을 더해서 표현한다. 또한, 앞에서 언급한 각 슬라브의 가진력과 가진점 근처의 진동응답으로 손실계수(loss factor)를 계산할 수 있다. 일반적으로 손실계수는 어떤 계(system)에 1주기 동안 저장할 수 있는 최대 변형 에너지에 대하여 동일한 주기동안 소실되는 에너지의 비로써 정의한다. 즉,

$$\eta = \frac{\text{주기당 소실에너지}}{\text{주기당 최대변형에너지}} \quad (10)$$

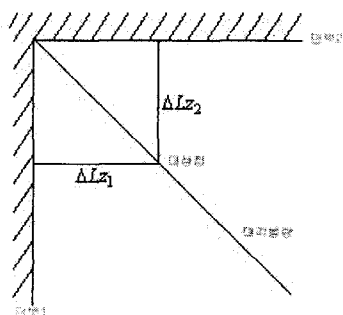


Fig. 6 슬라브 대각방향의 임피던스 상승량의 산출

또한, 복소 탄성계수의 실수부와 허수부의 비를 손실계수로 표현하여 구조감쇠를 나타낼 수 있으며 이는 조화해석에서 가능한 표현이다. 이 경우 손실계수는 감쇠율(damping ratio)의 2배가 된다

$$\eta = 2\xi \quad (11)$$

$$\eta = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n \frac{1}{\pi} \log_e \left(\frac{x_i}{x_{i+1}} \right) \right] \quad (12)$$

위의 식 (11), 식 (12)에 의해 손실계수를 구한다면, 손실계수를 이용하여 잔향시간을 계산할 수 있다. 잔향시간은 식 (13)에 의해 표현된다.^(1~4)

$$T_{60} = \frac{2.2}{f \cdot \eta} \quad (13)$$

식 (13)의 잔향시간을 알면, 슬라브 주변의 단위 길이당의 진동흡수율 α_b 역시 구할 수 있다.^(1,2)

$$\alpha_b = \frac{13.8 \cdot \pi \cdot S}{C_b \cdot l \cdot T_{60}} \quad (14)$$

그리고, 중심주파수별로 바닥슬라브의 유효방사면적을 알아봄으로써 주파수와 유효방사의 면적과의 관계를 살펴볼 수 있다. 큰 기둥, 작은 기둥 또는 기둥+벽으로 지지한 바닥 슬라브는 주변 부위의구속성이 크고 바닥 슬라브의 진동진폭이 단부에 있어서 감쇠되어 가기 때문에 등가진폭을 갖는 범위를 고려하여 슬라브 주변으로 대상주파수의 굽힘파의 파장 λ_b 의 1/4부분을 제외한 범위를 유효방사면적으로 취급한다.⁽⁸⁾

Table 1 보이드 슬라브의 중심주파수별 유효방사면적

| 주파수 | 315 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 | 4000 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\lambda_b/4$ | 2.557 | 2.03 | 1.808 | 1.604 | 1.435 | 1.284 | 1.134 | 1.015 | 0.907 | 0.808 | 0.717 |
| 유효폭 | 장변 | 24.88 | 25.94 | 26.38 | 26.79 | 27.13 | 27.43 | 27.73 | 27.97 | 28.18 | 28.38 |
| | 단변 | 0.486 | 1.541 | 1.984 | 2.391 | 2.730 | 3.032 | 3.331 | 3.570 | 3.784 | 3.983 |
| 유효방사면적 | 12.09 | 39.97 | 52.34 | 64.05 | 74.06 | 83.20 | 92.37 | 99.86 | 106.6 | 113.0 | 118.9 |

Table 2 바닥 슬라브의 중심주파수별 유효방사면적

| 주파수 | 315 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 | 4000 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\lambda_b/4$ | 2.602 | 2.065 | 1.840 | 1.633 | 1.460 | 1.306 | 1.154 | 1.032 | 0.924 | 0.823 | 0.730 |
| 유효폭 | 장변 | 24.79 | 25.86 | 26.32 | 26.73 | 27.07 | 27.38 | 27.69 | 27.93 | 28.15 | 28.35 |
| | 단변 | 0.395 | 1.469 | 1.920 | 2.334 | 2.68 | 2.987 | 3.290 | 3.534 | 3.752 | 3.954 |
| 유효방사면적 | 9.802 | 37.99 | 50.53 | 62.40 | 72.54 | 81.81 | 91.12 | 98.73 | 105.6 | 112.1 | 118.1 |

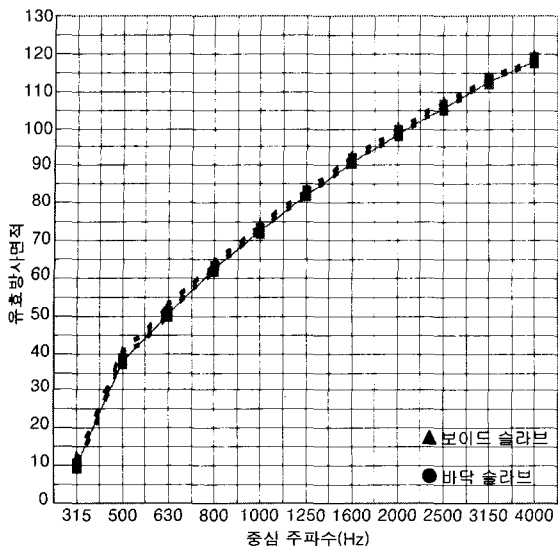


Fig. 7 중심주파수별 유효방사면적

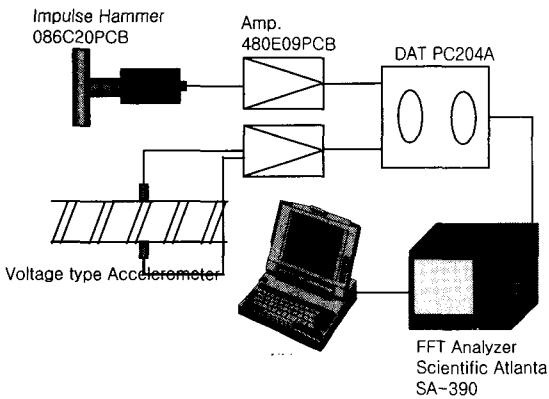


Fig. 8 실험장치 구성도

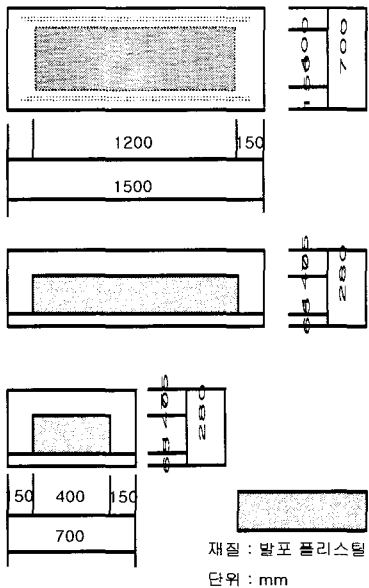


Fig. 9 표준 보이드(No.1) S=1:20

위의 Table 1은 표준형 보이드 슬라브인 No.1의 유효방사면적을 1/3옥타브의 중심주파수별로 각각 나타낸 표이며, Table 2는 비교를 위하여 바닥 슬라브의 중공부가 없다고 가정한 슬라브의 유효 방사면적을 나타낸 것이다. 표에서 알 수 있듯이 곱힘과장인 λ_b 는 주파수가 증가할수록 감소함을 확인할 수 있으며, 이에 따른 유효방사면적은 곱힘과장이 감소할수록 증가한다는 사실을 표로써 알 수 있다. 또한, 중공부가 있는 바닥 슬라브보다 중공부가 없는 바닥 슬라브의 유효방사면적이 미소하나마 더 작다는 것을 표로써 확인할 수 있었다. 특히, 고주파 영역보다는 저주파에서 더 큰 차이를 보여준다는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 300 Hz 미만의 저주파에서는 유효방사면적이 발생하지 않았다. Fig. 7은 315 Hz이상의 중심주파수 영역에서 중심주파수별 유효방사면적을 표를 토대로 나타낸 그림이다.

2.2 측정내용 및 방법

(1) 측정장치 및 내용

먼저 중공부 바닥슬라브에 8개의 측정점을 설정한 후, 임펄스 해머(impulse hammer)에 의해 일정규격의 경량충격을 태핑 머신으로 발생시켜 중공부 바닥슬라브의 상면과 하면에 설치된 가속도계로 슬라브 표면의 가속도를 측정한다. 주파수 대역은 1~5000 Hz로 설정하고, 임피던스를 구한다. 가진원으로 임펄스 해머 (steel tip), (B&K

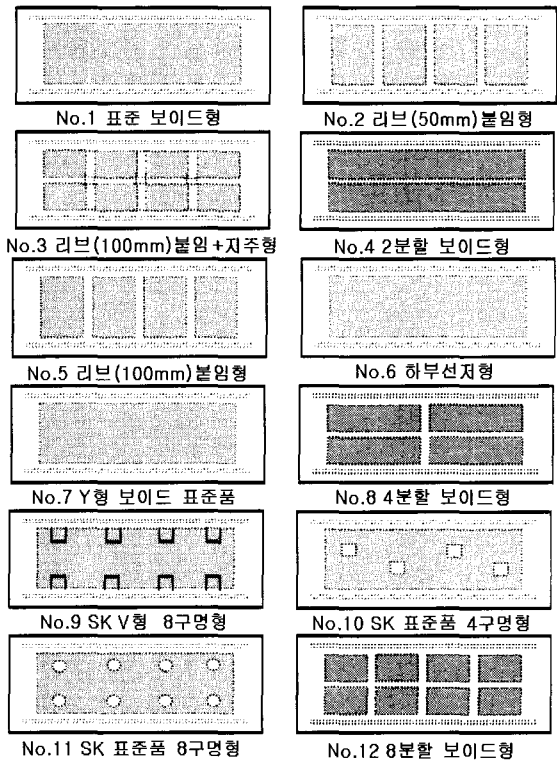


Fig. 10 12타입의 보이드 형태

8202)를 사용하는 것은 일반적으로 가진력의 검출이 용이하며, 5 kHz까지 분석이 가능하다. 또한 이번 연구를 위한 실험은 실제 실험이 아니라, 모형 실험이므로 가진원으로 impulse hammer를 사용하였다. 아울러 가진력의 전압출력은 1.0 mV/NO-P이다. 바닥충격시에 대해서 바닥슬라브의 진동특성에 대해서는 임펄스 해머의 충격가진을 이용하여 임피던스법에 의해 응답파형의 시간해석을 수행하여 각종 실험적 연구를 수행해오고 있으며, 일본에서도 널리 이용되고 있다.

2타입 보이드의 재질과 두께 및 단면적의 치수는 Fig. 10)에 보여준 것과 동일하다. 단지 리브의 형태에 따라 타워를 구분한 것이다. 4분할 보이드형(No.8)은 십자형으로 4) mm 두께로 리브를 보강한 것이며, 8분할 보이드형(No.12)은 똑같은 40 mm 두께로 리브를 보강한 것이다.

(2) 측정 방법 및 보정계산

데이터레코더(data recorder)를 통하여 입력데이터와 출력데이터를 FFT분석기(FFT analyzer)를 통하여 텍스트 파일로 저장한 다음, Matlab을 이용하여 주파수 분석(spectrum analyzing)을 하고 데이터를 주파수 영역(frequency domain)으로 변환시킨다. Matlab을 이용하여 $\frac{F}{A}$ (임피던스) 값을 계산하여 텍스트 파일로 저장하고, $\frac{F}{A}$ 값을 Lz 식에 대입하여 임피던스(impedance) 값을 구하고 그래프를 출력한다.

위의 실험방법은 슬라브의 진동응답이나 바닥충격음에 관한 일련의 실험데이터를 토대로 이루어진 것으로 이 연구의 임피던스식은 아래와 같다.

$$Lz(\text{상면}) = 20 \log_{10} \left(\frac{V_F}{V_Y} \right) + 14.33 + 20 \log_{10} (2 \times \pi \times f)$$

$$Lz(\text{하면}) = 20 \log_{10} \left(\frac{V_F}{V_Y} \right) + 14.47 + 20 \log_{10} (2 \times \pi \times f)$$

위의 식들은 임펄스 해머의 가진력과 가속도계의 mV단위를 각각 힘의 단위인 N(Newton)과 가속도의 단위인 %으로 환산하여 얻은 식이다. 또한, 실제 모델에 대한 실험이 아닌 단순한 보이드 개량에 관한 모형 실험이므로 흡음률에 대한 보정은 고려하지 않았다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 옥타브 밴드(Octave Band)

- 1/3 옥타브 밴드(1/3 octave band)

옥타브 밴드분석은 산업소음 측정에 대한 분석용으로 널리 사용되는 것으로써 주파수 영역의 일정한 구간에서의 Hz영역을 일정한 음압레벨로 만드는데 목적이 있다. 일반

적으로 FFT로 변환한 주파수 영역을 객관적 기준인 narrow band라 하는데, narrow band로는 인간의 감각으로 인식이 잘 되지 않으므로 인간의 감각(귀)에 가장 잘 인식이 되는 1/3옥타브 밴드를 널리 이용하는 것이다. Fig. 12~13은 각각 중공부 보이드의 상하면에서의 임피던스를 1/3옥타브로 분석한 그림이며, Fig. 11은 보이드 하면에서의 방사음을 1/3옥타브로 분석한 그림이다. Fig. 11~13에서 보여주듯이 500 Hz이하의 영역에서는 각 타입에 대한 임피던스의 차이가 거의 없음을 알 수 있으며, 또한 그 영역에서의 음으로의 방사레벨은 거의 비슷함을 확인할 수 있었다. 중심 주파수가 800 Hz와 1000 Hz에서는 8번과 12번 개량형 보이드가 표준형 보이드에 비해 임피던스 값이 20~30 dB정도 높게 나오지만, 음으로의 방사는 대략 10 dB밖에 차이가 나지 않으므로 다른 보이드형에 비해

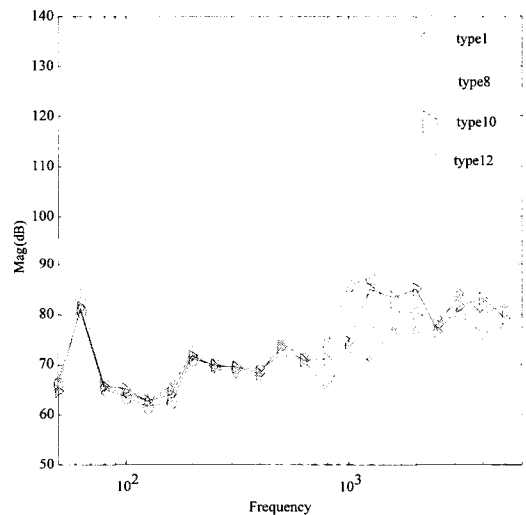


Fig. 11 보이드 하면에서의 방사음의 1/3옥타브레벨

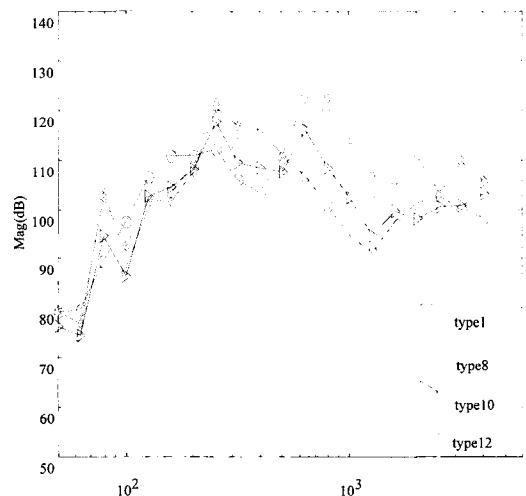


Fig. 12 보이드 상면에서의 임피던스의 1/3옥타브

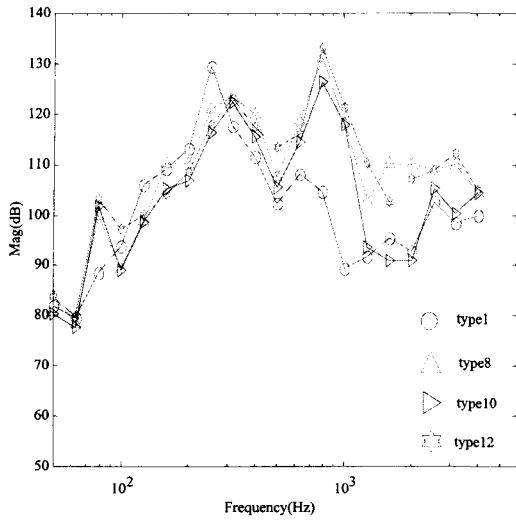


Fig. 13 보이드 하면에서의 임피던스의 1/3옥타브

방사효율 측면에서 개선되었다고 보기는 어렵다. 일반적으로 임피던스가 높은 주파수에서는 보이드 표면의 진동속도가 상대적으로 느리게 되므로 음으로의 방사가 적어지는 경향이 있다. 반대로, 임피던스가 낮은 주파수에서는 보이드 표면의 진동속도가 커지므로 굽힘진동이 커져 상대적으로 음으로의 방사가 많아진다. 따라서, 관심주파수는 임피던스가 낮은 피크점들인데, 이 중에서 다른 개량형 보이드 형에 비해 상대적으로 음으로의 방사가 적은 개량형 보이드는 그 주파수에서 다른 보이드형에 비해 방사효율 측면에서 상당히 개선되었다고 할 수 있다.

위의 그림에서는 중심 주파수가 1000 Hz 근방이 주목하고자 하는 관심주파수 대역인데, 1250 Hz에서 8번과 12번 개량형 보이드가 표준형 보이드에 비해 임피던스 값이 10 dB 정도 높은데 비하여 음으로의 방사는 10~20 dB 정도 적게 나오므로 방사효율 측면에서 개선되었다고 볼 수 있다. 특히, 12번 개량형 보이드는 다른 보이드형에 비해 임피던스가 비슷함에도 불구하고 음으로의 방사는 25 dB 정도 나오므로 8번 개량형보다도 훨씬 방사효율 측면에서 개선되었다. 특히, 인간이 가장 민감한 주파수 대역이 1000 Hz 부근이라는 점을 감안한다면 12번 개량형 보이드는 공학적으로 잘 설계된 보이드형이라 할 수 있다.

3.2 상관 관계(Correlation Relation)

(1) 보이드 상면의 상관 관계

Fig. 14~17은 보이드 상면에서의 가속도와 방사음간의 상관관계를 그림으로 나타낸 것이다.

표준형인 1번 보이드와 개량형인 8, 10, 12번 개량형 보이드의 각각의 상관계수를 구해본 결과, 가속도와 방사음 간에는 양의 상관관계가 있음을 알 수 있으며, 상관계수가

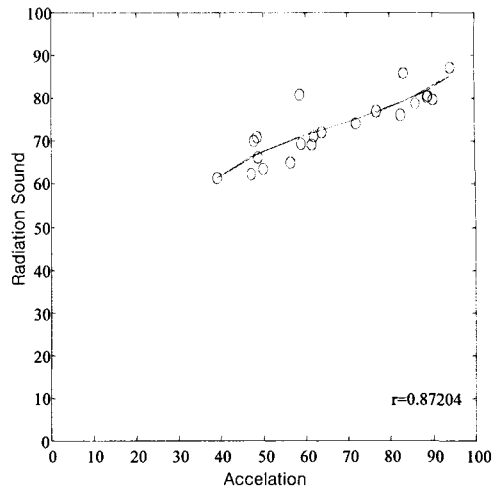


Fig. 14 1번 보이드 상면에서의 가속도와 방사음 사이의 상관관계

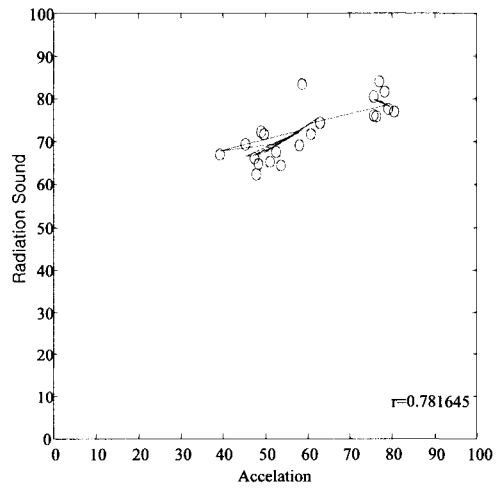


Fig. 15 8번 보이드 상면에서의 가속도와 방사음 사이의 상관관계

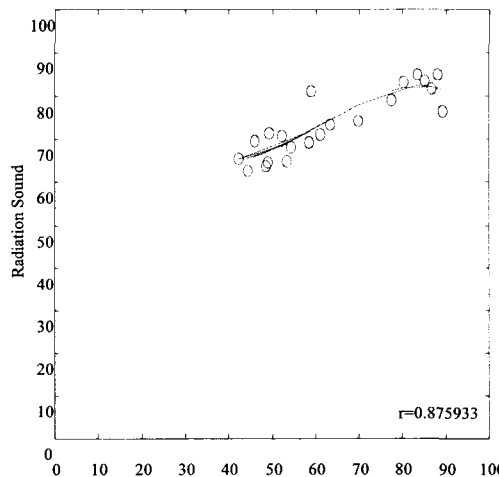


Fig. 16 10번 보이드 상면에서의 가속도와 방사음 사이의 상관관계

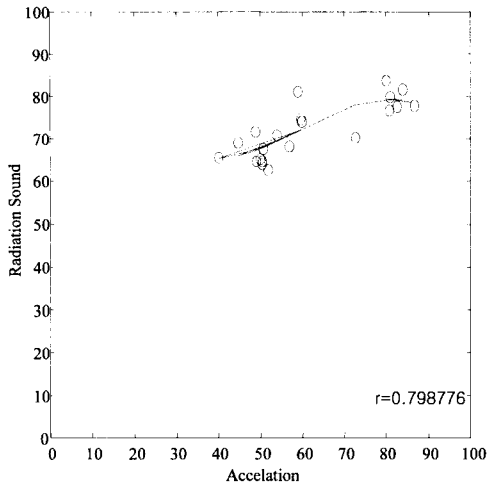


Fig. 17 12번 보이드 상면에서의 가속도와 방사음 사이의 상관관계

대략 0.78~0.87 정도로 비교적 큰 상관관계가 있음을 알 수 있다. 양의 상관관계를 가진다는 것은 보이드 상면에서의 가속도가 클수록 방사음의 양도 많아진다는 것을 보여준다. 또한, 상관계수 값이 거의 일정한 것으로 보아, 앞의 1/3옥타브 그래프를 통한 분석을 신뢰할 수 있다고 보아도 무방하다.

Fig 14: $SPL = 0.0002x^3 - 0.0322x^2 + 2.4647x + 4.7737$

Fig 15: $SPL = -0.001x^3 + 0.1784x^2 - 9.9062x + 242.361$

Fig 16: $SPL = -0.0004x^3 + 0.0761x^2 - 4.1504x + 135.7289$

Fig 17: $SPL = -0.0004x^3 + 0.0669x^2 - 3.5162x + 122.643$

위의 식들은 중공부 보이드 상면에서의 가속도와 방사음 사이의 상관관계를 통계적으로 분석하여 3차 방정식으로 나타낸 실험식들이다.

(2) 보이드 하면의 상관 관계

Fig. 18~21은 보이드 하면에서의 가속도와 방사음간의 상관관계를 그림으로 나타낸 것이다. 표준형인 1번 보이드와 개량형인 8, 10, 12번 개량형 보이드의 각각의 상관계수를 구해본 결과, 가속도와 방사음간에는 양의 상관관계가 있음을 알 수 있으며, 상관계수가 대략 0.75~0.86 정도로 비교적 큰 상관관계가 있음을 알 수 있다. 양의 상관관계를 가진다는 것은 보이드 하면에서의 가속도가 클수록 방사음의 양도 많아진다는 것을 보여준다. 또한, 상관계수 값이 거의 일정한 것으로 보아, 앞의 1/3옥타브 그래프를 통한 분석을 신뢰할 수 있다고 보아도 무방하다.

Fig 18 : $SPL = 0.0020x^2 - 0.0979x + 66.6916$

Fig 19 : $SPL = -0.0008x^3 + 0.1402x^2 - 7.6096x + 199.6236$

Fig 20 : $SPL = -0.0002x^3 + 0.0374x^2 - 1.9136x + 96.2979$

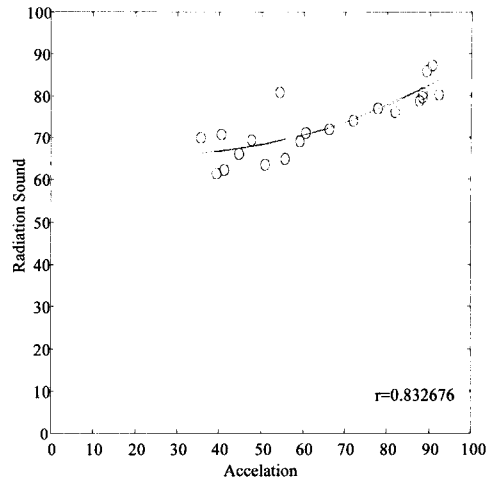


Fig. 18 1번 보이드 하면에서의 가속도와 방사음 사이의 상관관계

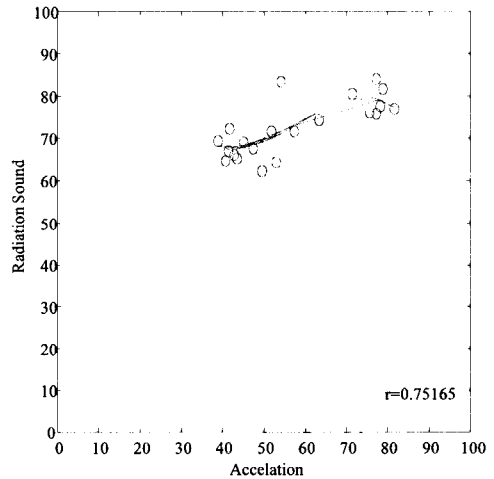


Fig. 19 8번 보이드 하면에서의 가속도와 방사음 사이의 상관관계

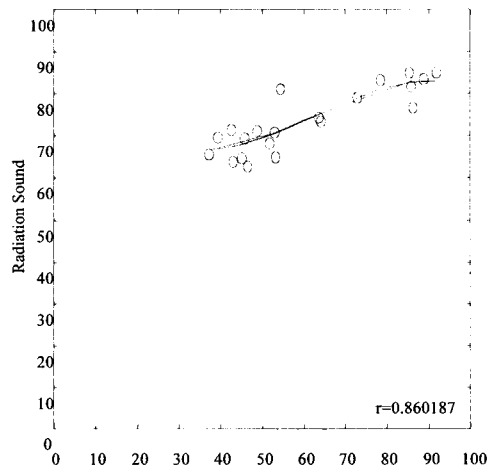


Fig. 20 10번 보이드 하면에서의 가속도와 방사음 사이의 상관관계

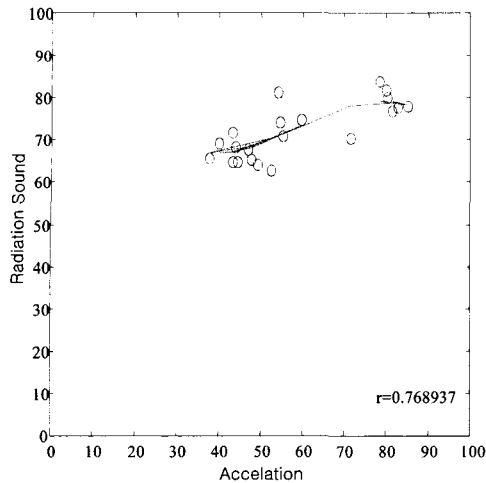


Fig. 21 12번 보이드 하면에서의 가속도와 방사음 사이의 상관관계

Fig. 21 : $SPL = -0.0004x^3 + 0.0678x^2 - 3.5442x + 124.4807$

위의 식들은 중공부 보이드 하면에서의 가속도와 방사음사이의 상관관계를 통계적으로 분석하여 3차 방정식으로 나타낸 실험식들이다.

4. 결론

본 연구에서는 공동주택의 내부소음 중 지적율이 가장 높은 바닥충격음을 표준형 보이드 슬라브와 개량형 보이드 슬라브의 12타입으로 나누어 모형실험을 실시하여 그 결과를 비교·분석하였다.

위의 본론에서 확인하였듯이, 임피던스와 방사음에 관한 1/3옥타브 분석에서는 상부 셀에 리브를 설치한 타입 No.2, No.3, No.5와 리브와 지주를 설계한 타입 No.4 그리고, 하부 배 바닥형의 타입 No.6에 대해서는 크게 개선되지 않았으나, 보이드를 종으로 분할한 시험체의 4분할 보이드인 No.8 및 8분할 보이드인 No.12의 성능이 우수한 것으로 판명되었다. 그 요인으로는 보이드 상면 및 하면 셀을 분할, 강접한 것으로 면의 고유진동수가 고역으로 이동하고 아울러 강성인 높아진 것에 의한 것으로 생각된다.

그러나, 이번 연구는 모형 실험이었던 관계로 인하여 실물이 큰 것에서 실제의 효과를 확인해보지 못하였다. 그러나, 향후로 국내의 주택시공사 중공부 보이드 슬라브의 도입이 이루어진다면, 이상의 연구결과를 토대로 설계단계에서부터 효율적인 저감대책 수립을 위한 자료로써 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- (1) 대한주택공사, 1987, "공동주택의 바닥충격음 저감방안에 관한 실험연구".
- (2) 김명준, 1999, "공동주택 바닥충격음의 부위별 전달 특성 평가", 박사학위논문.
- (3) 오재응·이주형, 1988, "아파트의 고체진동 저감대책에 관한 연구", 한양대학교 환경연구소, Vol. 9, pp. 73~79.
- (4) 김명준·손장열·김홍식, 1998, "콘크리트 구조체의 경량바닥충격음 전달특성 해석을 위한 SEA법의 적용성에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 논문집, Vol. 14, No. 9, pp. 167~178.
- (5) 김선우·손철봉·송용식, 1988, "공동주택 바닥충격음 차음성능 개선을 위한 실험적 연구", 대한건축학회 논문집, Vol. 4, No. 1, pp. 279~287.
- (6) 김재수·손철봉·김선우, 1992, "임피던스법을 이용한 공동주택 바닥충격음 차음성능 예측방법에 관한 실험적 연구(I), -중량 표준충격원을 중심으로-", 대한건축학회 논문집, Vol. 8, No. 1, pp. 99~109.
- (7) 장길수·이태강·김선우, 1988, "공동주택 바닥충격음의 차단성능 평가방법 설정을 위한 기초적 연구(I)", 대한건축학회 논문집, Vol. 4, No. 3, pp. 227~235.
- (8) 일본건축학회(技報堂出版), 1988, "건물의 차음 설계재료", pp. 115~176.
- (9) 井上勝夫·木村 翔, 1998, "임피던스법의 대형 보이드 슬라브에서의 적용방법에 관한 검토", 일본음향학회.