

# 격자형 판넬을 이용한 저주파수대역 음파의 차단에 관한 연구

## A Study on Low Frequency Sound Insulation using Lattice-Stiffened Panels

김현실†, 김재승\*, 이성현\*, 서윤호\*

Hyun-Sil Kim, Jae-Seung Kim, Seong-Hyun Lee, and Yun-Ho Seo

### 1. 서 론

격자형으로 보강된 판넬의 음향투과손실(STL: Sound Transmission Loss)은 보강재의 강성과 질량을 고려한 등가 직교 이방성 판(equivalent orthotropic plate)으로 해석하는 것이 일반적인 방법이다. 그러나 보강재의 강성이 판의 강성에 비해 매우 큰 경우, 판의 거동은 격자형 보강재에 의해 강제지지된 단위 셀의 진동모드에 의해 크게 좌우되며 STL은 보강재 사이의 판의 첫 번째 고유진동수에서 딥(dip)을 나타내고 고유진동수 전후로는 STL이 커지는 양상을 보인다<sup>(1)</sup>. 본 논문에서는 격자형 판넬의 저주파수대역 음파차단에 대해 미니 챔버를 사용하여 연구한 결과를 다루었다.

### 2. 미니챔버를 이용한 STL 및 IL 측정

주변이 강제지지된 직사각형 판의 첫 번째 고유진동수  $f_{1,1}$ 은 다음 식에 의해 주어진다.

$$f_{1,1} = \frac{\lambda^2 h}{2\pi a^2} \sqrt{\frac{E}{12\rho(1-\nu^2)}} \quad (1)$$

여기서 판의 크기는  $a \times b$ , 두께는  $h$ , 탄성계수와 포와송 비, 밀도는 각각  $E, \nu, \rho$ 이다.  $\lambda$ 는  $a/b$  값에 따라 주어지는 상수<sup>(2)</sup>로 만일  $a=b$ 라면  $\lambda^2 = 35.99$ 로 주어진다. 본 측정에서 판은 두께 3 mm MDF 합판을 사용하였고 격자 보강재는 30 x 30 mm, 또는 35 x 50 mm 각목으로 제작하였는데 합판의 상수 중  $E/(1-\nu^2)$ 를 구하기 위해 미니 챔버에서

3 mm 합판의 임계주파수를 측정하여 이로부터 산정하였다. 미니챔버의 개략도를 Fig. 1에 보였는데 시편의 크기는 1.2m x 1.0m이며 소음원실과 수음원실의 체적은 각각 2.81 m<sup>3</sup>, 3.25 m<sup>3</sup>이다.

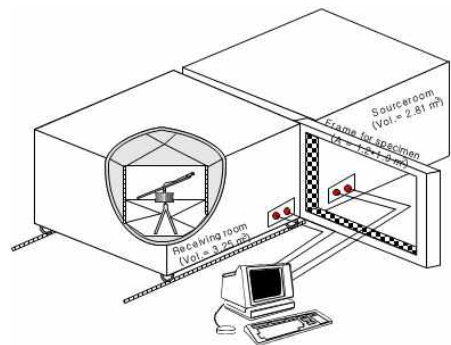


Fig. 1 Mini chamber.

평판의 임계주파수  $f_c$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$f_c = \frac{c^2}{\pi h} \sqrt{\frac{3\rho(1-\nu^2)}{E}} \quad (2)$$

여기서  $c$ 는 공기 중 음속이다. 두께 3 mm MDF 합판의 STL 측정결과를 Fig. 2에 보였는데 대략  $f_c \approx 9$  kHz로 주어지며 합판의 밀도는 860 kg/m<sup>3</sup>이므로 식 (2)에서  $E/(1-\nu^2) = 4.6 \times 10^9$  Pa를 구하였다. 식 (1)을 이용하여 격자 크기가 205 x 255 mm, 280 x 280 mm인 판넬의 단위 셀의 고유진동수는 각각 235 Hz, 143 Hz로 주어진다. Fig. 3에는 격자 크기가 205 x 255 mm이고 셀의 개수는 4x4인 시편의 설치 모습을 보였고, Fig. 4에는 STL 측정결과를 보였는데 대략 220 Hz에서 dip을 보임을 알 수 있다.

† 김현실; 한국기계연구원, hskim@kimm.re.kr

\* 한국기계연구원

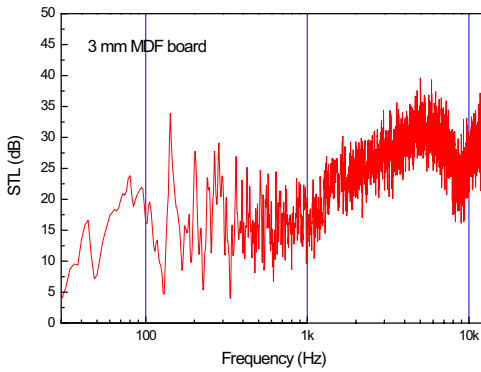


Fig. 2 STL of 3 mm thickness MDF flywood



Fig. 3 Installed 4 x 4 cell panel with unit cell size of 205 mm x 255 mm.

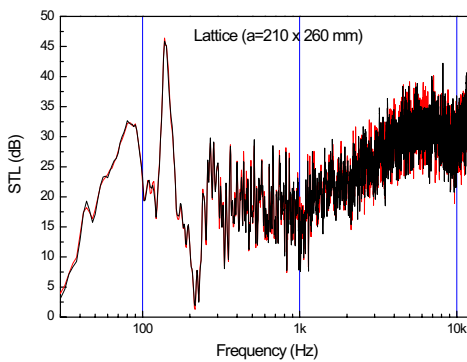


Fig. 4 STL of the specimen in Fig. 3.

격자형 판넬의 저주파수 대역 음파의 차단효과를 보기위해 두께 6 mm 합판판 있는 경우에 대해 Fig. 5에서 보듯이 임팩트 햄머로 가진하고 전달함수

$F/\langle p^2 \rangle$ 를 측정하고 6 mm 합판 + 격자형 판넬에 대해 같은 방법으로  $F/\langle p^2 \rangle$ 를 구하여 1 N의 힘으로 가진시 발생하는 상대적인 음압의 차이를 구하여 Fig. 6에 격자형 판넬의 삽입손실(IL: Insertion Loss)로 나타냈다. 205 x 255 mm 격자와 280 x 280 mm 격자는 각각 200 Hz 및 145 Hz를 전후로 삽입손실이 점점 커지는 것을 알 수 있다.



Fig. 5 Fluid loading effect vs. frequency.

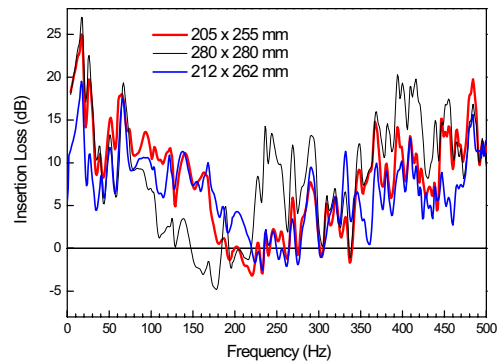


Fig. 6. Insertion loss of the lattice-stiffened panels with different lattice distance.

#### 참고문헌

1. S. Varanasi, J. S. Bolton, T. H. Siegmund, and R. J. Cipra, "The low frequency performance of metamaterial barriers based on cellular structures," *Applied Acoustics*, Vol. 74, 485-495, 2013.
2. R. D. Blevins, *Formulas for Natural Frequency and Mode shape*, Van Nostrand Reinhold Company, 1979, page 261.