

하중에 의한 샌드위치 평판의 거동 및 소음방사 특성 해석

Analysis forced vibration and sound power of sandwich plate

김동규* · 김재현* · 박준홍†

DongKyu Kim, Jaehyun Kim and Junhong Park

1. 서 론

철도케도슬라브나 공동주택 바닥구조 같은 구조물에서 발생하는 진동을 저감하기 위해 진동하는 구조물 사이에 점탄성 재료를 삽입하여 점탄성층의 감쇠효과를 이용하는 기술이 널리 사용되고 있다.

환경에 대한 사회적 관심도가 증가함에 따라 소음, 진동에 관한 민원사태가 증가하는 추세에 있어, 인구 밀집도가 커 진동과 소음에 민감한 도시내부를 주행하는 철도와 공동 주택에서의 바닥충격음을 저감하기 위한 철도 케도, 바닥구조에 대한 연구가 필요하다.

샌드위치 평판에 대한 연구는 1974년 Rao 와 Nakra 는 두 평판 사이에 점탄성층이 삽입된 샌드위치평판 모델에 대한 굽힘 변위 운동방정식을 유도하였으며, 1988년 Hea 와 Mab에 의해 비대칭평판에 대한 연구가 진행되었다. 하지만 이 연구는 점탄성물질의 전단변형에 의한 진동에 대해 연구를 하였다. 철도 제진구조나 건축물의 바닥의 경우 베이스평판과 상부평판의 두께가 점탄성물질에 비하여 상당히 크므로, 점탄성물질의 전단변형보다 횡단변형이 크게 일어난다. 따라서 본 연구에서는 각 평판과 점탄성물질 사이의 횡단변형에 의한 거동에 대한 해석을 하였다.

Park 은 임의의 경계조건에서 평판이 가진 될 때의 거동 해석 및 소음방사에 대한 연구를 진행하였으며, Thompson 은 다리에서 발생하는 진동과 소음을 해석하기 위하여 샌드위치 빔의 횡단변형 모델을 이용하여 파동전달해석을 수행하였다.

이 연구에서는 Rayleigh-Ritz 법을 이용하여 임의

의 경계조건에서의 샌드위치 평판의 거동을 해석하였다. 특히 도심에서 운행하는 철도인 트램의 콘크리트 슬라브의 물성치와 경계조건을 적용하고, 두 개의 하중이 가해질 때 발생하는 소음방사특성에 대해 해석하고 점탄성물질의 특성변화에 따른 변화를 살펴 보았다.

또한 이를 통해 저 주파수 진동을 줄이기 위한 각 평판과 점탄성물질의 물성치에 대해 알아본다.

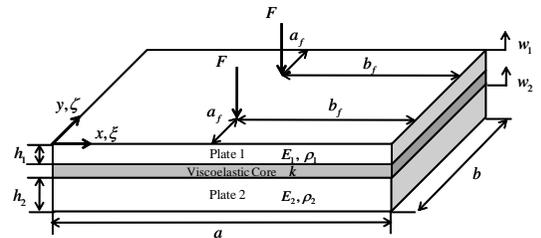


Fig. 1. Geometry of the sandwich plates

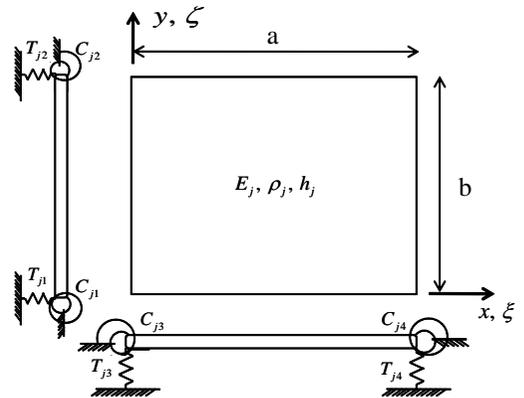


Fig. 2. Boundary conditions of each plate. The supports are shown from a side view of plate.

† 교신저자; 정회원, 한양대학교 기계공학부
E-mail : parkj@hanyang.ac.kr
Tel : (02)2220-0424 , Fax : (02)2298-4634
* 한양대학교 기계공학과

2. 샌드위치 평판의 진동,소음방사 해석

2.1 Rayleigh-Ritz 방법

(1) 자유진동해석

Fig. 1 은 샌드위치 평판의 구조를 보여준다. 두 개의 평판과 그 사이에 점탄성층이 삽입된 3단 구조를 갖는다. 각 평판의 모서리는 굽힘 스프링과 전단 스프링을 이용하여 Fig. 2 와 같이 임의의 경계조건을 나타낸다.

샌드위치 평판의 진동해석을 위하여 점탄성층이 각 평판에 횡방향의 영향만을 준다고 가정하고, 각 평판의 횡방향의 진동의 근사값을 N^2 개의 시행함수를 나타내면 다음과 같다.

$$w_1(x, y, t) = \sum_{mn=1}^{N^2} \Gamma_{mn}(x, y) \alpha_{mn}(t) \quad (1a)$$

$$w_2(x, y, t) = \sum_{mn=1}^{N^2} H_{mn}(x, y) \beta_{mn}(t) \quad (1b)$$

여기서 α_{mn} , β_{mn} 은 일반좌표이다. 각 평판의 위치에너지와 운동에너지를 구하여 라그랑지 방정식을 적용한다. 적용결과 다음과 같은 각 평판의 운동방정식

$$[M] \begin{Bmatrix} \ddot{\alpha} \\ \ddot{\beta} \end{Bmatrix} + [K] \begin{Bmatrix} \alpha \\ \beta \end{Bmatrix} = 0 \quad (2)$$

를 얻는다. 이 운동방정식으로부터 고유벡터(V)와 고유진동수(ω_n)를 계산한다.

(2) 음향과위래벨

샌드위치 평판에서 방사되는 소음을 계산하기 위해 Rayleigh 적분을 이용한다. 방사된 음향과위는 Far-field 에서의 음향인텐시티를 계산 하고, 시험함수의 직교성을 이용하여 식을 정리하고 평판의 공간 평균 속도를 통해 방사효율을 계산한다.

최종적으로 방사소음은

$$W_1 = \frac{1}{2} \rho_a c a b (v_{av})_1 (\sigma_j)_1 \quad (3a)$$

$$W_2 = \frac{1}{2} \rho_a c a b (v_{av})_2 (\sigma_j)_2 \quad (3b)$$

와 같다.

해석에 사용된 물성치는 $a=20m$, $b=2.45m$, $h_1=0.518m$, $h_2=0.1m$, $E=30GPa$, $\rho=2400kg/m^3$ 이며 각 평판의 소음방사를 계산하였다.

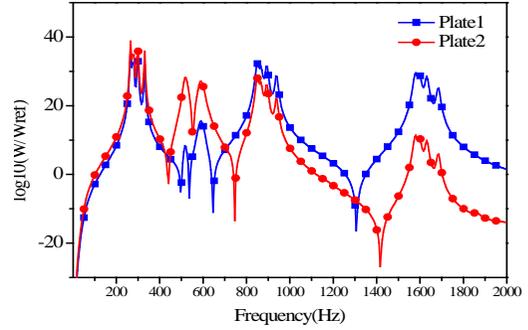


Fig. 1. Comparison of sound power characteristic with each plates

각 평판의 소음방사 비교 해석결과는 Fig. 1 과 같다. 여기서 W_{ref} 는 10^{-6} 이다. 저주파수 영역에선 비슷한 크기와 공진주파수를 가지나 400Hz에서 700Hz 영역에선 평판2의 소음방사량이 더 크다. 그 이후 고주파수 영역에선 평판1의 소음방사량이 더 큰 것을 확인 할 수 있다.

(3) 과도응답해석

각 평판의 주파수영역에서 해석된 진동에 대하여 과도 응답 해석을 실시하였다. 시간에 따른 임의의 하중에 의해 가진되는 평판1과 평판2의 거동 특성을 살펴보았다. 제진재의 감쇠계수의 변화에 따른 진동 감쇠 시간의 변화를 살펴보았다.

3. 결 론

철도의 슬라브나 공동주책의 바닥구조에 적용될 수 있는 샌드위치 평판에 대한 해석을 실시 하였다. Rayleigh-Ritz법을 이용하여 평판1에 하중이 가해질 때 점탄성 코어에 의한 평판2의 거동해석을 하였다. Rayleigh 적분을 통한 소음방사 해석을 실시 하고, 평판1과 평판2의 소음특성의 차이를 살펴보았다. 또한 과도진동해석을 통하여 임의의 하중에 의한 각 평판 사이에 있는 점탄성코어의 감쇠계수 변화에 따른 진동 감쇠 효과를 살펴보았다.

후 기

본 연구는 무가선 저장 트램 시스템 개발연구 사업의 지원을 받아 이루어졌습니다.