

# 틸팅 열차용 허니콤 복합판재의 투과손실

## Transmission Loss of Honeycomb Composite Panel for the Tilting Train

김석현†      임봉기\*      김재철\*\*      장윤태\*\*\*  
Kim, Seockhyun    Lim, Bong-Gi    Kim, Jae-Chul    Jang, Yun-Tae

### ABSTRACT

In a tilting train, aluminium honeycomb composite panel is used for the high speed and light weight. Side wall of the tilting train includes the composite panel of carbon fiber, aluminium honeycomb and epoxy fiber as a main structure. In this study, we measure the transmission loss (TL) of the honeycomb composite panel and analyse the sound insulation performance by using the orthotropic plate model. We investigate experimentally how the air gap, plywood and glass wool improve the sound insulation performance of the composite panel. The purpose of the study is to provide practical information for the improvement of TL of the honeycomb composite panel used for the tilting train.

### 1. 서 론

현재 국내에서 기존 철도 노선에서 최고 시속 180km 로 달릴 수 있는 틸팅열차가 개발되어 시운전되고 있다. 열차의 속도 향상을 위해서는 차체의 경량화가 요구되는데, 차체 경량화를 통하여 동일 출력으로 더 높은 열차 속도를 얻을 수 있다. 차음 성능과 차체 무게는 매우 밀접한 관계를 가지며 차체의 경량화는 차음 성능을 악화시키는 요인이 된다. 특히, 틸팅열차 측면재는 탄소섬유 및 에폭시섬유 층 사이에 알루미늄 허니콤을 코어로 하는 복합 적층재 구조로 하고 특성상 직방성을 가진다. 이 구조는 중량당 매우 높은 휨 하중을 지지하는 장점 때문에 차체 경량화를 위하여 사용된다. 그러나 차음성능 측면에서는 일치현상이나 국부 공진 때문에 동일한 질량을 갖는 등가 평판보다 불리한 것으로 알려져 있다 [1,2,3]. 본 연구에서는 틸팅열차에 사용되는 측면재의 차음성능을 인텐시티법을 이용하는 국제기준에 근거하여 측정하고 등가 등방성판재의 질량법칙 계산치와 비교분석한다. 향후 개발되는 허니콤 복합판재의 차음성능 향상을 위한 정보를 구하는 데에 본 연구의 목적이 있다.

### 2. 허니콤 복합 판재의 구조

틸팅 차량에 사용되는 허니콤재는 Fig. 1과 같이 내부의 알루미늄 코어가 상/하 카본 판에 접착된 구조로 되어있다. 이러한 구조의 정교한 차음성능 이론 모델링은 매우 복잡하여 신뢰할 만한 예측모델이 나와 있지 않다. 또한 거시적으로 직방성 판재의 거동을 보이므로 등가 직방성 판재 차음 모델을 이용해 볼 수도 있으나, 해석에 필요한 구조 특성치에 대한 데이터를 구하기가 어렵다. 현실적으로 취득 가능한 데이터는 중량으로부터 구한 면밀도 정도이므로, 본 연구에서는 투과손실 예측모델로 다음의 등방성 판재의 필드입사음 질량법칙[4]을 이용한다.

+ 책임저자 : 강원대학교 기계메카트로닉스공학부 교수  
E-mail : seock@kangwon.ac.kr  
TEL : (033)252-2595 FAX : (033)257-4190  
\* 정회원, 강원대학교 대학원 석사과정  
\*\* 정회원, 한국철도기술연구원  
\*\*\* 비회원, 한국화이버 차량사업부

$$TL = 20 \log(mf) - 48 \text{ dB}$$

(1)

여기서,  $m$ 은 패널의 면밀도,  $f$ 는 주파수이다. 허니콤 복합 판재의 각 부분 치수는 Fig.2와 같으며, 그 질량법칙에 사용된 제원은 Table 1과 같다.

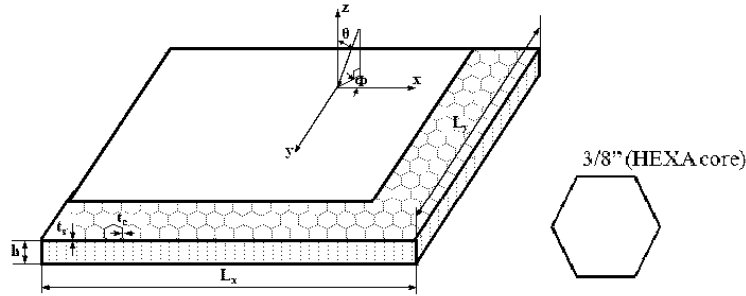


Fig. 1 Coordinate system of honeycomb panel

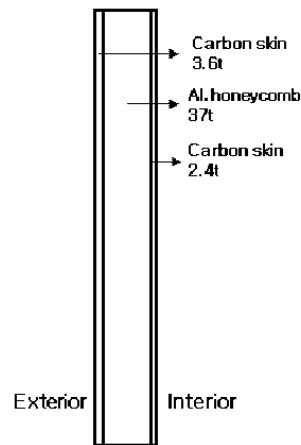


Fig.2 Aluminium honeycomb composite panel.

(Carbon skin(3.6t)+Al honeycomb(37t)+Carbon skin(2.4t))

Table 1 Specification of Aluminium honeycomb composite panel

Panel size(mm)	Total weight (kg)	Equivalent surface density ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )
836 × 836	7.24 kg	10.36 $\text{kg}/\text{m}^2$

### 3. 투과손실의 측정

인텐시티법을 이용한 투과손실 측정 국제기준인 ASTM E2249-02[5]에 근거 하여, Fig.3에서와 같이 허니콤 복합판재와 이를 포함한 틸팅열차 측면재의 투과손실을 측정하였다. Fig. 4에 허니콤 복합판재의 실험결과와 질량법칙 예측치를 비교한다. 저주파수 영역에서의 눈에 띄는 차이 외에는 전반적 두 결과는 접근한다. 저주파수 대역에서 투과손실이 높게 측정되는 것은 시편의 크기 및 구속 효과에 기인한다. 따라서 실제의 측면재와 같이 커지면 질량법칙 예측치에 접근할 것으로 예상된다. 이 결과로부터 단순한 질량법칙에 면밀도만을 적용함으로써, 복잡한 허니콤 복합판재의 차음성능을 예측할 수 있음이 확인되었다.



Fig. 3 Measurement of transmission loss.

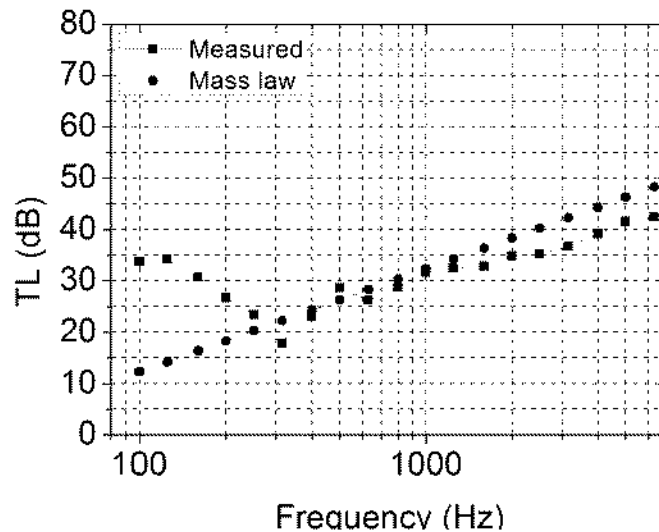


Fig. 4 Transmission loss of honeycomb composite panel

#### 4. 결 론

틸팅열차의 경량화를 위하여 측면재에 사용되는 알루미늄 허니콤 복합재를 대상으로 차음성능을 평가하였다. 해석 모델로는 허니콤 복합재와 동일한 면밀도를 갖는 질량법칙을 사용하였다. 허니콤 복합재는 저주파수 대역 이외에서는 질량법칙 예측결과와 비슷한 차음성능을 갖는 것으로 측정되었다. 저주파수대역에서 투과손실이 크게 측정되는 것은 시편의 크기 및 구속 효과에 기인한다. 간단한 질량법칙에 등가 면밀도를 적용함으로써 허니콤 복합판재의 투과손실 예측이 가능함을 확인할 수 있었다.

#### 후 기

본 연구는 건설교통평가원이 지원하는 “한국형 틸팅열차 안정화기술의 연구”의 위탁과제인 “한국형 틸팅열차의 차음성능 향상방안에 대한 연구”의 연구비 지원으로 수행되었으며, 지원에 감사드린다.

## 참고문헌

1. D. A. Bies and C. H. Hansen (1988), Engineering Noise Control. Unwin Hyman Ltd, London.
2. R. M. Windle, and Y. W. Lam (1993), "Prediction of the Sound Reduction of Profiled Metal Caldding. Inter-Noise'93", Vol. 2, pp.999-1002.
3. S. H. Kim et al. (2000), "Sound Transmission Loss of Aluminium Extruded Panels for Railway Vehicles", Transactions of KSNVE, Vol.10(4), pp.662~668.
4. L.L.Beranek and I.L.Ver, Noise and Vibration Control Engineering, 1992, John Wiley and Sons, Inc..
5. Standard Test Method for Laboratory Measurement of Airborne Transmission Loss of Building Partitions and Elements Using Sound Intensity, American Standard ASTM E 2249 - 02: 2003 (American Standards for Testing and Materials, 2003)