

주름강판과 알루미늄 압출재의 차음성능 비교

Comparison of The Sound Insulation Performance of Corrugated Panel and Aluminium Extruded panel

서태건* · 김석현† · 김정태**

Taegun Seo, Seockhyun Kim and Jeong-tae Kim

1. 서 론

도시 지하 전동 열차 및 중저속 철도차량의 바닥재로 많이 사용되는 주름강판은 중량 대비 횡 하중의 지지 성능이 매우 우수하며, 바닥 적층재의 차음에 가장 크게 기여한다. 그러나 최근 철도차량의 고속화/경량화 에 따라 기존의 주름강판은 알루미늄 압출재로 대체되는 상황이다. 이 경우 차음 성능이 어떻게 달라지는가는 실내의 정숙성 측면에서 중요한 사안이다. 주름강판은 동일한 면밀도를 갖는 등가평판에 비해서 낮은 차음성능을 보이는 것으로 알려져 있다. 이에 관련하여 Windle과 Lam⁽¹⁾은 주름구조에서 국부 진동모드의 공진이 투과손실을 크게 저하시키는 것을 밝힌 바 있다. 본 연구에서는 중량에 따른 주름강판과 알루미늄 압출재의 차음성능을 평가하여, 동일한 중량 하에서 두 구조의 차음성능의 우열을 평가한다. 현재 고속철도 차량에서 사용 중인 두 구조의 차음성능을 비교함으로써 경량화에 따른 문제점을 검토하고 차음 대책 수립에 유용한 정보를 제공하고 자 한다.

2. 판재의 투과손실

주름재나 허니콤 압출재의 투과손실은 국부공진 효과⁽²⁾에 의한 급락현상 때문에 해석적으로 예측하기가 어렵다. 그러나 등가 면밀도를 사용하여 등방성 평판의 간단한 차음 모델을 이용하여 개략적인 투과손실 예측이 가능하다. 가장 많이 사용되는 투과손실 예측모델은 다음의 필드입사음 질량법칙식인데, 등방성 판재의 임계주파수 아래에서 적용 가능한 모델이다. 일치현상이 발생하는 주파수 대역에서의 투과손실 급락을 고려하여 Cremer는 다음의 투과손실 예측식을 제시하였다⁽³⁾.

$$TL(dB) = 20\log_{10}\left(\frac{m\pi f}{\rho c}\right) + 10\log_{10}\left(\frac{2\eta f}{f_c}\right) - 5 \quad (1)$$

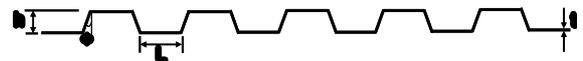
여기서, m 은 패널의 면밀도, ρ 는 공기의 밀도, c 는 공기 중의 음속이고, f_c 는 임계주파수, η 는 구조손실계수이다.

3. 시편의 투과손실

주름강판과 알루미늄 압출재의 투과손실을 비교하기 위하여 Fig. 1의 주름강판을 제작하고, ASTM E2249-02 에 따라 인텐시티 투과손실을 측정하였다.



(a) 제작된 시편



(b) 주요 제원

Fig.1 주름강판 시편

Table 1 주름강판 시편 치수

Keystone1.6t	
Surface density	16.5kg/m ²
1st Local frequency	2500Hz
Height(h)	27mm
Thickness(t)	1.6mm
L(mm)	50mm

주름강판 시편의 투과손실은 Fig.2와 같다. 측정결과를 저 주파수대역에서는 질량법칙 계산치에 근접하나 2500Hz 대역에서 국부공진에 의하여 급락한다. 식(1)에 국부공진주파

† 교신저자; 강원대학교 기계메카트로닉스공학과
E-mail : seock@snu.ac.kr
Tel : (033) 250-6372, Fax : (033) 2570-4190

* 강원대학교 기계메카트로닉스공학과 석사과정

** 홍익대학교 기계시스템디자인 공학과

수를 고려한 계산치는 측정치와 유사한 경향을 보인다.

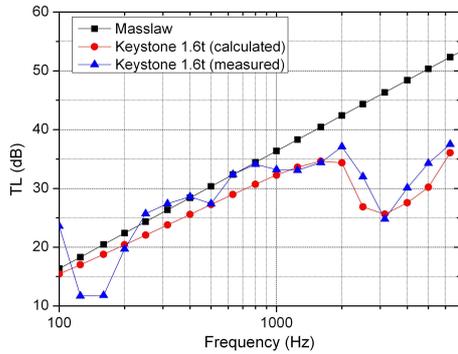


Fig. 2 시편의 투과손실

알루미늄 압출재의 투과손실은 Fig. 3의 압출재 시편을 대상으로 검토하였다. 충격시험을 통하여 국부공진 주파수를 파악한 결과 600Hz 이후부터 크게 발생하였다. Table 2는 알루미늄 압출재의 등가 면밀도와 국부공진주파수의 출현대역을 보인다. 이러한 알루미늄 압출재와 동일한 등가 면밀도(중량)를 갖는 주름강판의 두께는 3.7mm이고, 다른 제원은 Table 3에 주어진다. 이 경우 국부공진주파수는 유한요소해석 결과 6900Hz부터 발생하는 것으로 확인되었다. 이를 고려하여 계산한 주름강판의 투과손실을 동일한 중량을 갖는 압출재의 투과손실 측정치와 Fig. 4에서 비교한다.



Fig. 3 알루미늄 압출재 시편

Table 2 압출재의 특성치

Al-Extruded panel	
Surface density	36.2kg/m ²
1st Local frequency	600Hz

Table 3 등가 주름강판의 제원

Keystone 3.7mm	
Surface density	36.2kg/m ²
1st Local frequency	6900Hz
Height(h)	27mm
Thickness(t)	3.7mm
L(mm)	50mm

두 구조는 압출재의 국부공진이 시작되는 600Hz 아래에서는 동일한 면밀도를 갖는 관계로 비슷한 투과손실을 보이나, 600Hz 이후부터 압출재는 국부공진효과 때문에 급격한 투

과손실의 감소를 보인다. 반면에 3.7mm 두께의 주름강판은 국부공진이 6900Hz 이후부터 발생하므로 투과손실의 급락 대역이 매우 높다. 그 결과 동일한 중량임에도 차음성능 측면에서는 압출재가 훨씬 불리한 상황이 발생한다.

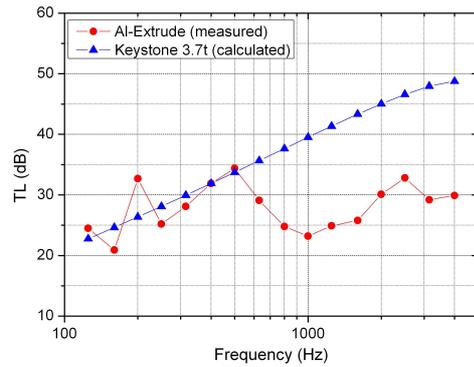


Fig. 4 동일한 면밀도의 주름강판과 압출재의 투과손실 비교

4. 결론

동일한 중량(면밀도)를 갖는 주름강판과 알루미늄 압출재의 음 투과손실을 비교한 결과 압출재가 낮은 주파수대역에서 발생하는 국부공진 때문에 차음성능이 현저히 불리한 것으로 나타났다. 철도차량의 경량화를 위한 알루미늄 압출재의 사용이 보편화되는 상황에서 차음 측면에서의 압출재 구조 설계 및 댐핑 처리가 더욱 중요하다.

후 기

본 연구는 건설교통평가원이 지원하는 “분산형 차량성능 및 운용 기반기술 개발연구”의 세부과제인 “실내의 소음저감 기술”의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) R. M. Windle, and Y. W. Lam, 1993, "Prediction of the Sound Reduction of Profiled Metal Cladding. Inter-Noise 93", Vol. 2, pp.999-1002.
- (2) S.H.Kim, H.Jang, J. Kim, 2001, "Characteristics of Local Vibration Modes of the Aluminum Extruded Panels for Rail Road Vehicles", Journal of the Korean Society for Railway, Vol.4(3), pp87-93.
- (3) L. Cremer, M. Heckl, and E. E. Ungar, 1988, Structure-Borne Sound, 2nd ed., Springer-Verlag, Berlin.