

잔향실을 이용한 승용차 대시부의 차음특성 고찰

성 명 호*
(현대자동차 남양연구소)

1. 머리 말

차량 실내소음의 주요 음원은 엔진과 그 주변부에 있다. 엔진에서 발생하는 소음을 차단하여 차실내 소음수준을 개선하기 위하여 엔진룸과 차실과 경계면을 이루고 있는 대시(dash)부의 차음성능이 중요하다. 특히, 음질을 결정하는 주파수 대역인 250 Hz 이상의 소음을 제어하기 위하여 다양한 대시 판넬뿐만 아니라 대시 판넬 전후에 다층구조의 차음재를 부착한다. 대시부의 차음성능을 향상하기 위하여 다양한 재질의 개발과 다층구조의 차음재를 적용하지만 대시부에는 차량을 작동하기 위한 많은 기능 부품들이 부착하여야 하며, 이러한 부품을 부착하면서 부착부의 saeling이나 부착부품의 차음성능이 차음재의 차음성능보다 낮은 성능을 갖는 경우가 있다. 부착부 소음의 누출이나 부품의 낮은 차음성은 대시부에 부착하는 차음재의 차음성에 영향을 주는 인자로서 작용한다.

본 연구에서는 잔향실을 이용하여 대시부의 차음성능과 부착부품의 차음성능에 대한 영향을 파악하고, 차음성에 취약한 부품의 차음성능을 개선하여 대시부 차음성능을 개선하고자 하였다.

2. 대시부의 구조

대시부의 구조는 그림 1에서 보는 바와 같이 sandwich구조의 차체 판넬과 다층의 차음재로 구성된 outer insulator, PU foam과 고무판의 2중구조의 inner insulation pad로 구성되어 있다. 차체 판넬에는 brake booster, acc. pedal, steering dust cover, heater & EVA hose, gear shift cable, harness

* E-mail : smh506@chollian.net

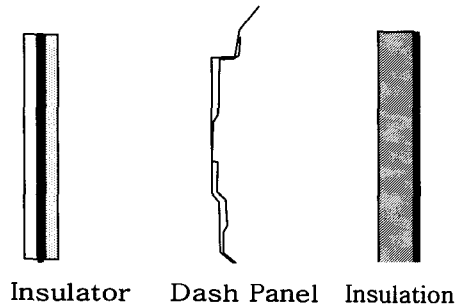


그림 1 대시부의 구조

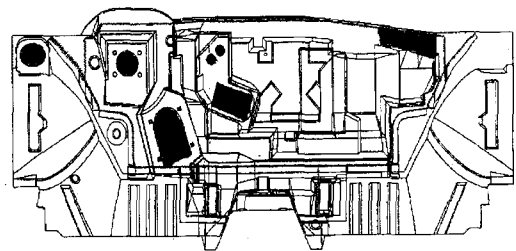


그림 2 대시 판넬의 hole

grommet, HVAC등을 장착하기 위하여 hole을 만들게 된다(그림 2). 또한 이러한 부품을 장착하기 위하여 outer insulator와 inner insulation pad에도 장착부만큼 hole이 생기게 되어 차음성능을 떨어지게 하는 원인이 된다.

3. 차음성능의 Hole Effect

다른 차음성능을 갖는 여러 개의 벽으로 구성된 차음벽의 차음성능을 나타내는 투과손실(TL, transmission loss)은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.⁽¹⁾ 식 (1)에서 S 는 각부의 면적이고, τ 는 각부

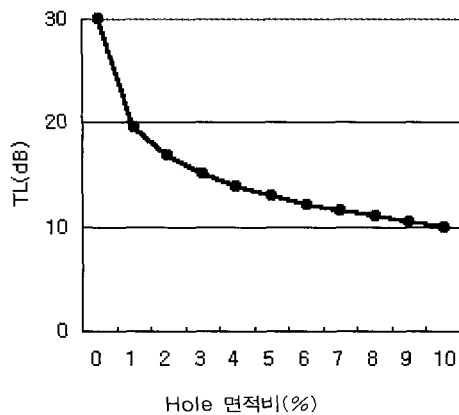


그림 3 Hole 면적에 따른 차음벽의 차음 성능

의 전달계수를 말한다.

식 (1)을 이용하여 30 dB ($\tau=0.001$)의 TL을 갖는 차음벽 ($S=1\text{m}^2$)에 대해 hole이 있을 때의 TL의 변화를 보면, 그림 3과 같다. 그림 3에서와 같이 전체면적에서 1% 이상의 hole이 있는 경우에 급격히 TL이 작아짐을 알 수 있다.

$$TL = 10 \log\left(\frac{1}{\tau}\right) = 10 \log\left(\frac{\sum S_i}{\sum S_i \tau_i}\right)$$

$$10 \log\left(\frac{S_1 + S_2 + \dots + S_n}{S_1 \tau_1 + S_2 \tau_2 + \dots + S_n \tau_n}\right) \quad (1)$$

그림 2에서 보는 바와 같이 대시부의 경우 차음재가 부착되지 않는 부위가 상당히 많이 존재할 뿐 아니라 부품 부착시 대시 판넬과의 sealing이 제대로 이루어지지 않을 경우 차음성능이 급격히 나빠질 수 있음을 알 수 있다.

4. 투과손실 측정

4.1 잔향실 및 시편 셋업^(2,3)

그림 4는 본 연구에서 사용한 승용차의 대시부의 투과손실 측정에 사용된 시험실의 개략도이다. ISO-140의 잔향실을 이용한 투과손실 측정법을 따라 잔향실법을 이용한 투과손실 측정법을 사용하였다.

음원실의 체적은 $288\text{m}^3(8 \times 9 \times 4\text{m})$ 이고, 수음실은 표면을 흡음처리한 저소음실을 사용하였다.

음원실과 수음실 사이의 벽면에 개구부($1.9 \times 1.0\text{m}^2$)를 설치하고 개구부에 투과손실을 측정할 시편을 설치하였다. 음원은 2개의 스피커에서 방사되는 pink noise를 사용하였으며, 수음실에서의 측정 음압이 수음실 압소음보다 10 dB 이상 차이하도록 충분히 높

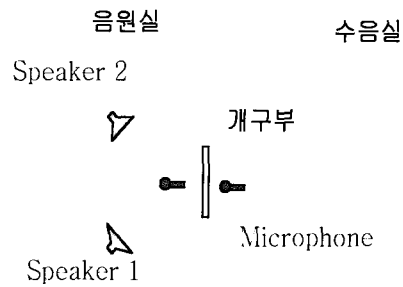


그림 4 시험실 및 장치 셋업

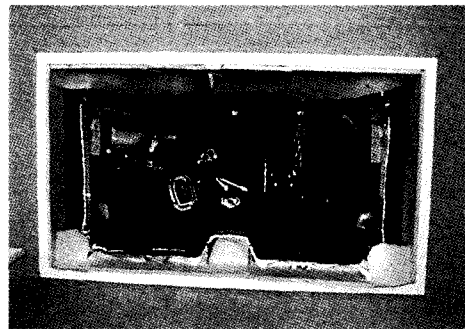


그림 5 개구부에 장착된 대시부

은 수준을 유지하였다. 스피커 음원의 주파수특성은 200 Hz~10 kHz영역에서 1/3 octave band간의 차이가 6 dB이하를 유지하도록 하였다.

개구부에 측정할 승용차의 대시부를 절단하여 설치하였다. 개구부와 시편사이의 차음재로 공간을 채우고, 나머지 틈을 sealer로 마감하였다. 개구부의 수음실측은 표면에서 반사되는 음의 양을 줄이기 위하여 흡음재로 표면처리 하였고, 음원실측은 차음재로 마무리한 면으로 음이 흡수되지 않도록 표면에 고무판을 부착하였다. 그림 5는 승용차의 대시부가 개구부에 장착된 상태의 수음실에서의 나타낸 것이다.

4.2 투과손실 측정

원실에서 시편의 전면에서 음원 음압을 측정하고 수음실에서 시편 전방에 6개의 측정위치에서 측정된 음압의 평균값을 사용하여 투과손실을 계산하였다.

$$STL = L_{P1} + L_{P2} + 10 \log \frac{S}{A} \quad (2)$$

여기서, L_{P1} : 음원측 평균음압

L_{P2} : 수음측 평균음압

S : 시편의 면적

A : 수음실 등가흡음면적

V : 수음실 체적

T : 수음실 잔향시간

4.3 측정순서

대시부의 투과손실 측정은 먼저 대시 판넬과 member만을 장착한 bare상태의 투과손실을 측정한다. 대시 판넬에 부착되는 부품들이 탈거된 상태이므로 부착시 필요한 hole은 sealing하였다. Bare상태를 측정한 후, 판넬부의 sealing상태를 확인하기 위하여 판넬간 gap에 sealer를 바르고 그 효과를 측정하였다. 부품들 부착효과를 측정하기 전에 outer insulator와 inner insulation pad를 차례로 부착하여 효과를 측정하였다. 부품은 brake booster, steering dust cover, acc. pedal, heater & EVA hose, gear shift cable, harness grommet, HVAC순으로 부착하면서 효과를 측정하였다.

5. 투과손실 측정결과

차음성능이 기여가 큰 주파수 영역인 250 Hz~10 kHz에서의 투과손실을 계산하였다. 또한, 250 Hz~630 Hz의 낮은 주파수 영역과 800 Hz~10 kHz의 높은 주파수 영역으로 나누어 계산하여 대시부의 차음성능을 결정하였다. 그림 6은 측정된 각 단계에서의 투과손실을, 그림 7은 각 단계에서의 투과손실의 변화량을 나타낸 것이다. 또한, 표 1에서 이를 정리한 결과를 나타내었다. bare 상태에서 투과손실은 낮은 주파수에서 25.1 dB, 높은 주파수에서 35.4 dB 수준으로 대시 판넬 자체의 투과손실 수준을 보이고 있다.

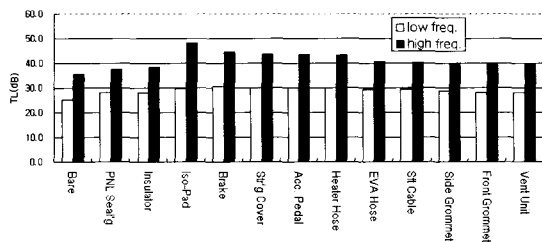


그림 6 측정된 투과손실

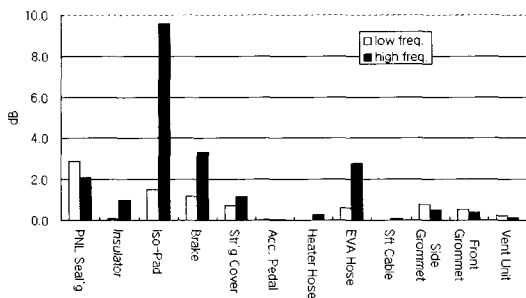


그림 7 투과손실 변화량

표 1 투과손실과 변화량

Parts	투과손실 수준		투과손실 차이	
	Low	High	Low	High
Bare	25.1	35.4	0	0
판넬 Sealing	27.9	37.4	2.8	2.0
Outer Insulator	28.0	38.4	0.1	1.0
Inner Insulation Pad	29.6	48.0	1.6	9.6
부품장착	27.9	39.7	-1.7	-6.3

(unit : dB)

대시 판넬에 sealing을 하고 outer insulator와 inner insulation pad를 부착하면 낮은 주파수는 29.6 dB, 높은 주파수는 48 dB수준으로 초기 bare상태보다 낮은 주파수는 1.6 dB, 높은 주파수는 9.6 dB의 투과손실이 증가하였다.

이러한 결과는 대시 판넬에 차음재를 부착하여 높은 주파수 영역에서 효과적으로 차음성능을 향상할 수 있음을 알 수 있으며, 그림 7에서 보는 바와 같이 outer insulator의 효과는 상대적으로 차음효과가 작아 차음재로서 기능을 제대로 하지 못하고 있음을 알 수 있다. 한편, bare 상태에서 판넬 sealing만으로도 전주파수 영역에서 2 dB정도 개선되는 것을 알 수 있다.

차음재가 부착된 상태에서 brake booster등의 부품을 차례로 부착하면서 차음성능을 확인한 결과 9개의 부품을 모두 부착하였을 때 낮은 주파수는 1.7 dB, 높은 주파수는 8.3 dB의 투과손실이 낮아지면서 차음재를 부착한 효과의 대부분이 없어지게 된다. 이러한 결과는 부품의 부착시 발생하는 작은 틈새가 차음재의 차음효과를 악화시키는 요인이 됨을 알 수 있다.

부품 가운데 투과손실에 영향을 많이 주는 것은 brake booster, steering dust cover, EVA hose 장착 부이다.

각 부품의 부착시 차음성능이 차이나는 이유는 장착시 발생하는 틈으로의 음의 유입에 의한 것과 부품 자체의 차음성이 낮은 경우를 들 수 있다. 따라서 본 연구에서는 부품 부착시 차음성능이 다른 원인을 조사하기 위하여 sealer로 발생가능한 틈새를 모두 sealing한 후 추가로 측정하여 틈새에 의한 음의 유입인지 부품의 차음성능이 낮아서인지를 구분하였다.

그림 8에서와 같이 brake booster와 EVA hose mounting은 틈새에 의한 음의 유입에 의한 것이고, steering dust cover의 경우는 단품 자체특성이 차

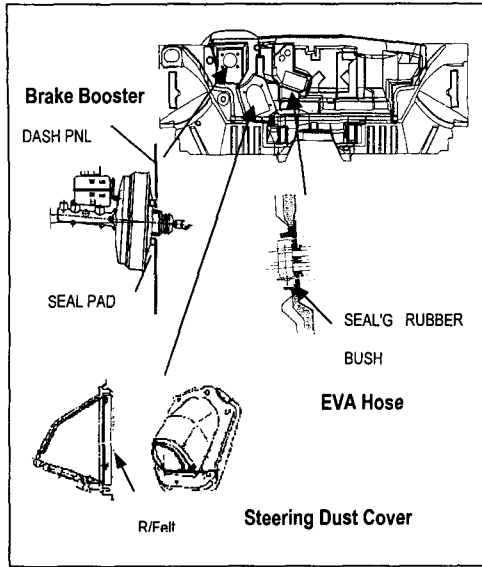


그림 8 주요 문제 부위

음성이 낮은 데 따른 결과임을 알 수 있었다.

6. 결 론

(1) 차음재인 inner insulation pad의 차음성능은 낮은 주파수에서 2dB, 높은 주파수에서 10dB 수준

으로 차음재로서 매우 효과적이다.

(2) outer insulator의 경우 차음효과는 작으므로 흡음재로서 사용되어야 한다.

(3) 부품 장착효과는 낮은 주파수에서 2dB, 높은 주파수에서 8dB 악화시키며, 이러한 결과는 차음성능이 부족하거나 장착시 틈새가 있는 경우 대시부 전체의 차음성능을 악화시킬 수 있음을 알 수 있다.

(4) 잔향실을 이용한 대시부 차음성능 평가법은 차량 개발시 차음성능 개선에 크게 기여할 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

- (1) 田基一, 1976, 소음방지공학, 日刊工業新聞社, pp. 109~116
- (2) Kent K.H. Fung, Jason J. Zhu, "Investigation of Acoustic Leakage of Vehicle Dash Pass-Through Components", SAE 871904
- (3) Richard E. Wentzei, Pranab Saha, "Empirically Predicting the Sound Transmission Loss of Double-Wall Sound Barrier Assemblies", SAE951268