대시 패널의 투과손실 측정 및 예측

김 정 수 • 강 연 준
서울대학교 기계항공공학부

The Measurement and Prediction of Transmission loss through Dash Panel

Jung Soo Kim and Yeon June Kang
single77@snu.ac.kr and yeonjune@snu.ac.kr

요약

This study is an measurement and prediction of transmission loss through dash panel with multi-path in a vehicle. Measurement results of transmission loss are decided by sound power measured using the sound intensity method under locating a sound source in the anechoic room and reverberant room, respectively. Prediction one is decided by multi-path analysis of dash panel composed by a various part of materials and complicated shape. Finally, two results show a great agreement between measured and predicted transmission loss.

1. 서론

본 연구의 목적은 자동차의 엔진으로부터 방사되는 소음이 복잡한 형상을 가진 자동차 대시 패널을 통하여 투과되는 과정에서 발생하는 손실, 즉 투과손실을 측정하고 예측하기 위한 연구이다. 일반적으로 자동차 대시 패널은 복잡한 형상과 다양한 종류의 흡차음 재료로 구성되어 있어 측정하기는 용이하나 예측이 어렵다. 자동차 대시 패널의 투과 손실 측정만으로 다양한 기종의 자동차를 평가한다면 시간과 비용의 낭비가 크다. 따라서 대시 패널에 대한 투고 손실 예측이 필요한 것이다. 본 연구에서는 투과 손실의 측정은 음향 파워의 측정에 의해 이루어졌다. 음원을 둘러싸는 임의의 측정면상에서 공간적으로 평균한 수직 방향의 인텐시티를 측정하고 여기에 면적을 곱하면 주위 환경에 거의 무관한 음향 파워를 쉽게 측정할 수 있다. 투과 손실의 예측은 대시 패널을 다중층(Multi Layer)의 구성에 따라 다양한 부분으로 구분하여 각 부분에 대한 투과 손실을 예측하였다. 각 부분에 대한 투과 손실 값을 이용하여 다중경로(Multi-path) Analysis 를 통하여 대시 패널의 투과 손실 값을 예측하였다. 따라서 이러한 방법을 이용하면 실험을 거치지 않고 복잡하고 다양한 재료로 이루어진 대시 패널에 대한 투과 손실을 구할 수 있다.

2. 대시패널의 투과손실 측정 및 예측

2.1 인텐시티를 이용한 투과손실 측정

투과손실의 측정에는 인텐서티를 이용한 방법이 있는데, 이를 위한 실험장치의 구성도는 Fig. 1 과 같다. 이 실험을 위한 전제 조건은 잔향실 내부의 모든 지점에서 일정한 음압 분포를 가져야 한다는 것이다. 잔향실 내부의 임의의 6 개 지점에서 음압을 측정해본 결과 ±3dB 의 범위 안에 수렴하는 것으로 나타났는데 이는 잔향실이 실험에 충분한 조건을 갖췄음을 말해주는 것이다. 잔향실의 가진에는 독립적인 신호를 발생시키는 두개의 loudspeaker 를 사용하였으며, 수음부인 반무향실에서의 S/N ratio 를 높이기 위해 잔향실의 음압 레벨이 100dB 이상이 되도록 하였다. 그리고 잔향실 내부에서의 정상파 발생을 방지하기

위해 두 스피커는 벽이나 코너에서 떨어진 곳에, 방향과 고저가 다르도록 각각 배치하였다. 음압의 측정에는 B&K 마이크를, 1/3 옥타브 밴드 해석에는 HP35670A 애널라이저를 이용하였다.

테스트 패널을 투과한 인텐서티의 측정은 반무향실에서 이루어졌으며, 1/2 inch, phase matched mic 를 사용하였고, 마이크로부터의 신호는 B&K 2133 애널라이저를 사용하여 해석하였다. 실험은 저주파수 대역과 고주파수 대역으로 나누어 행하였다. 이는 인텐서티 탐침자의 스페이서 길이의 선택에 따라 오차없이 측정할 수 있는 주파수 영역이 결정되기 때문이다. 저주파수 대역의 실험에서는 50mm 의 스페이서를 사용했으며, 100~800 Hz 에서의 값을 측정 하였다. 그리고 고주파수 대역의 실험에서는 12mm 의 스페이서를 사용했으며, 1000~5000 Hz 에서의 값을 측정하였다. 보다 정확한 실험을 하기 위하여 테스트 패널주위에 가로 18cm 간격으로 10 개, 세로 9.55cm 간격으로 10 개, 전체 측정점 100 개인 격자를 설치하였으며, dash board 이외의 부분으로 음이 새는 것을 막기 위해 sealing 을 보강하였다.

투과 손실은 다음 식을 통해 얻을 수 있다.

$$TL = 10\log(I_i / I_t)$$

여기에서 I_i 는 테스트 패널로 입사하는 인텐서티이며, $I_i = P^2_{rms}/(4\rho c)$ 의 식을 통해 얻을 수 있다. 그리고 I_t 는 테스트 패널을 통과한 인텐서티이며, 주파수별로 100 포인트의 측정 데이터를 평균해서 구할 수 있다.

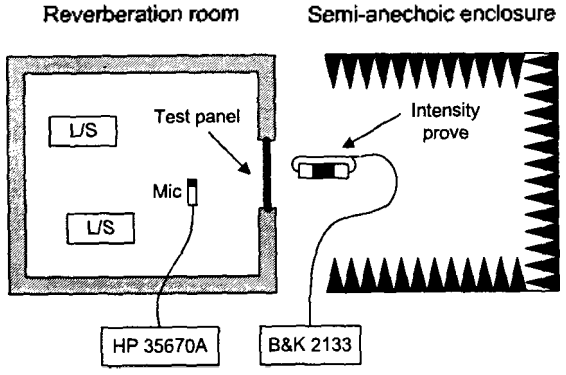

Figure 1 실험장치 구성도

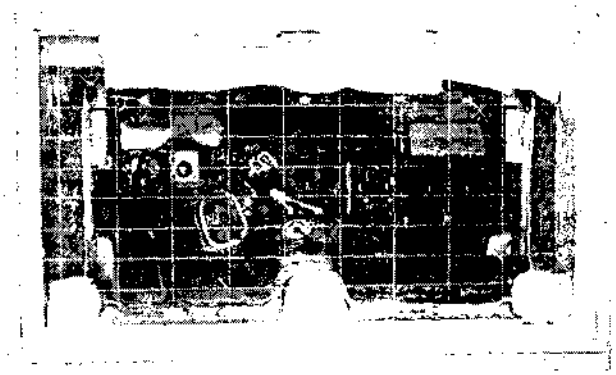

Figure 2 격자를 설치한 Dash panel

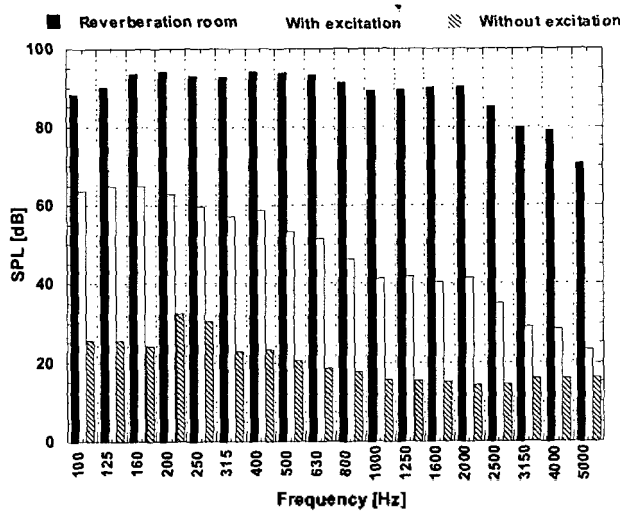

Figure 3 잔향실과 반무향실의 스펙트럼

2.2 Dash panel 의 투과 손실 측정 결과

잔향실의 SPL 과, 잔향실을 스피커로 가진할 때와 하지 않을 때, 반무향실에서 측정한 SPL 값을 Fig. 3 에 나타내었다. 그래프를 살펴보면 저주파수 영에서는 스피커로 가진할 때와 하지 않을 때의 SPL 의 차이가 10dB 이상으로 나타나고 있지만, 고주파수 영역으로 갈수록 그 차이가 점차적으로 줄어듬을 알 수 있다. 이는 고주파수 영역의 결과는 저주파수 영역의 결과보다 S/N ratio 가 작아짐으로 인해 오차가 많을 수 있음을 말해주는 것이다.

실험을 통해 구한 투과 손실 측정 결과는 Fig. 5 와 같다. 5000 Hz 에서 투과손실의 급격한 변화가 나타나는데 이는 이 주파수 영역이 다른 주파수 영역에 비하여 작은 S/N ratio 값을 갖기 때문이라고 생각된다.

Dash panel 의 어느 지점에서 음의 투과가 가장 많이 발생하는 가를 알아보기 위해 앞에서 살펴본 $TL = 10\log(I_i / I_t)$ 식에서 I_i = 입사한 인텐서티의 총합, I_t = 그 점을 통과한 인텐서티의 총합으로 나타내면, 각각의 주파수에서의 투과손실 값이 아닌 전 주파수 영역을 고려한 투과손실을 구할 수 있게 된다. Fig. 4 를 보면 음의 투과가 가장 많이 발생하는 곳은 투과손실의 값이 가장 작은 우측 상단임을 알 수 있다

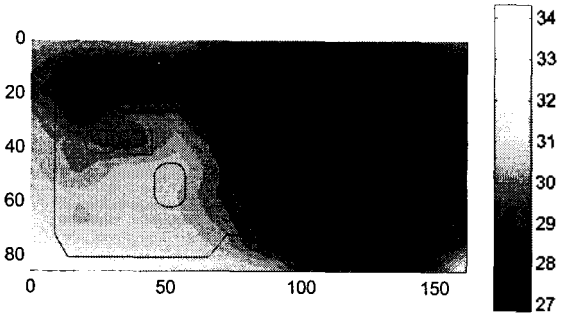

Fig.4 Dash panel 의 투과 손실 분포

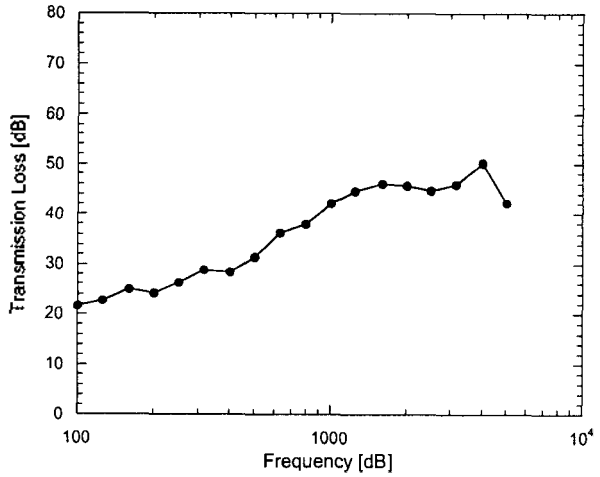

Fig.5 Dash panel 의 투과 손실

2.3 Multi-path 해석을 통한 Dash panel 의 투과 손실 예측

복잡한 형상을 가진 Dash panel 의 투과 손실을 중요한 몇 개의 부분으로 나누어 Multi-path 해석을 통하여 예측하고, 인텐서티를 이용하여 측정한 결과와 비교해보았다. Fig. 6 은 Dash panel 전면부 모습이다. 그림을 통해 알 수 있듯이 실제 Dash panel 은 매우 그 형상이 매우 복잡하며, 이를 구성하고 있는 흡차음재의 조합도 매우 다양하다.

본 연구에 이용한 Dash panel 의 경우 음이 샐 수 있는 부분들에 대한 sealing 작업이 충분하게 이루어져, 전체 투과 손실의 감소에 영향을 미칠 수 있는 부분들이 존재하지 않았다. 또한, Dash panel 의 전체 면적에 비하여 면적비가 작은 부분들은, 그 부분의 투과 손실이 높더라도 전체 투과 손실에 크게 영향을 미치지 않으므로 다음과 같이 크게 7 개의 부분으로 나누어 예측하였다.

Part 1 : Steel + Air gap + Steel + Foam + Heavy Layer
Part 2 : Glass Wool + Steel + Foam + Heavy Layer
Part 3 : Sandwich panel + Foam + Heavy Layer
Part 4 : Steel + Foam + Heavy Layer
Part 5: Steel + Rubber
Part 6: Steel + Foam
Part 7: Steel + Felt

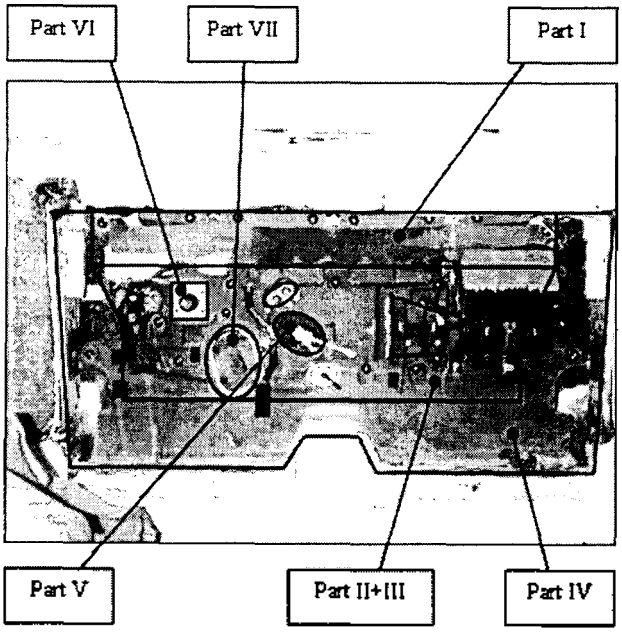

Fig. 6 Dash panel 전면부

Dash panel 이 크게 7 개의 부분으로 구성되어 있다고 가정하고, 그 투과 손실을 예측한 결과는 Fig. 7 과 같다. 400 Hz~700 Hz 에서는 예측값이 측정값에

비하여 다소 높게 나타나지만, 전체적인 경향은 두 결과가 잘 일치함을 확인할 수 있다. Dash panel 의 곡면을 포함하는 복잡한 형상을 충분히 반영하고, 7 개 이상의 부분으로 세밀하게 나누어 해석하면 보다 정확한 예측 결과를 획득할 수 있을 것이다.

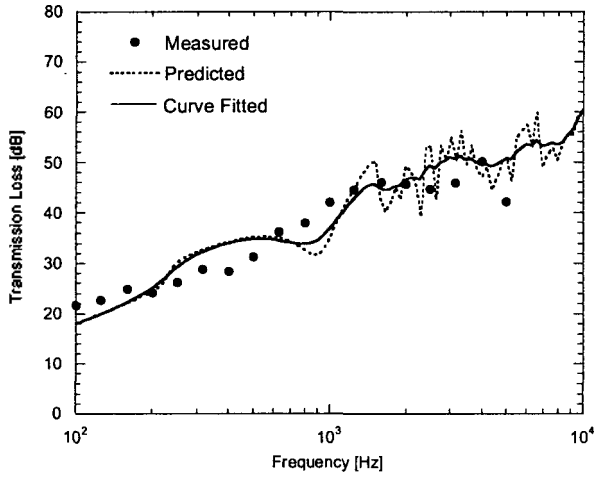

Fig. 7 Predicted and measured transmission loss of dash panel

3. 결 론

본 연구는 인텐시티법을 이용하여 측정한 투과 손실과 다중층, 다중경로층의 음향학적 모델링을 통하여 예측한 결과를 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 승용차 대시부의 투과손실을 예측하기 위한 음향학적 모델링을 통하여 측정 결과와 비교적 일치하는 투과 손실 예측 값을 얻을 수 있다. 이러한 결과를 바탕으로 흡차음재를 효율적으로 사용하고 소음 저감을 극대화 하기 위하여 흡차음재의 음향학적 모델의 개발과 이들의 음향학적 성능의 예측은 필수적인 요소라고 할 수 있다.

참고문헌

1. J. S. Bolton, N.-M. Shiau, and Y. J. Kang, 1996, Journal of Sound and Vibration 191(3), 317-347 Sound Transmission through multi-panel structures lined with elastic porous materials.

2.이승엽, 김진섭, 강연준, 1999, 전달행렬법에 의한 다층 흡음시스템의 물리적 성질의 추출과 투과 손실의 예측, 한국 소음진동공학회, 1999 년도 춘계학술대회 논문집, 698-702