

Acoustic Transfer Function 을 이용한 실차 실내 소음 예측 Prediction vehicle interior noise using Acoustic Transfer Function

고성규† · 신한승* · 조환철**

Sung-gyoo Koh, Han-seung Shin and Whan-chul Cho

Abstract : This Paper present prediction Vehicle Interior Noise using ATF(Acoustic Transfer Function) and engine radiated sound power. This is useful tool to qualifying the effectiveness of Air-borne noise Path. Furthermore This method provide acoustic package performance of the vehicle and able to prepare frequency band to same segment or benchmarking vehicle.

Key words : Noise Reduction(소음 저감), Acoustic Transfer Function(음향 전달 함수), Sound Power (음향 파워)

1. 서 론

소비자가 요구하는 자동차의 정숙성에 대한 욕구가 높아지는 추세에 따라 자동차 회사도 차량의 실내소음을 저감하기위해 많은 노력을 기울인다. 자동차의 실내 소음을 저감하기 위하여 소음원을 추적하여 소음 발생을 줄여나가는 1차적인 방법과 소음 전달 과정에서 소음을 저감시키는 2차적인 방법이 있다. 그런데 소음 발생 자체를 줄이는 방법은 기술적 제한과 비용 효과에 대한 고려 때문에 소음 저감 기술은 소음원을 떠나서 진행되는 소음·진동의 경로를 차단하거나 저감시켜서 승객의 귀에 도달하지 못하게 하는 2차적 방법이 주로 사용된다. 흡,차음재는 250 Hz 이상의 공기에 기인한 소음(Air-borne Noise) 을 저감하는데 중요한 역할을 한다. 대쉬판넬에 적용된 흡,차음재는 엔진 작동시 투과,유입되는 소

음을 차단 및 흡수하여 실내에 유입되는 엔진투과음을 저감한다. 이러한 흡,차음재에 대한 단품 성능의 평가는 음향투과손실(Sound Transmission Loss) 및 흡음률(Sound absorption coefficient) 등의 측정을 통해 정량화 할수 있다. 그러나 이러한 단품 성능 평가만으로 차량에서의 엔진 투과음 저감을 정량적으로 평가할 수 없다. 본 논문에서는 실차에서 Omnidirectional Source 를 사용하여 가진점의 Volume Acceleration 과 응답점에서 Pressure 에 대한 Acoustic Transfer Function 과 Engine Sound Power 측정을 이용하여 공기에 기인한 소음에 대한 실내 소음을 예측하였다.

2. Acoustic Transfer Function

System 에서 공기에 기인한 소음 경로 특성(Airborne noise path characteristic)을 규명하는 ATF(Acoustic Transfer Function) 은 응답점에서의 Pressure 와 가진점에서의 Volume acceleration(m^3/s^2) 의 비로 나타낼 수 있다.

† 교신저자; 정회원, 한국지엠㈜

E-mail : sunggyoo.koh@gm.com

Tel :032)590-6303 , Fax :032)590-6002

* 한국지엠㈜

** 한국지엠㈜

$$ATF = P/Q \text{ (pa/m}^3\text{/s}^2\text{)} \quad (1)$$

또한 음향파워(Sound Power) 는 Omnidirectional Source 의 Volume acceleration 으로 표현된다.

$$Power = \rho Q_o * Q_o / (4\pi r) \quad (2)$$

Omnidirectional Source 를 이용한 소음저감(Noise Reduction) 은 다음과 같다.

$$Power / P \quad NR = 10 \log_{10} [(Q_o / P) \cdot (Q_o / P)]^* + \quad (3)$$

$$10 \log_{10} [100\rho / (\pi r)] = -20 \log_{10} |(P / Q_o)| - 9.5$$

여기서 $|(P / Q_o)|$ 는 측정된 ATF 크기이다.

이와 같이 ATF 를 이용하여 소음저감(Noise Reduction)을 정량적으로 구할 수 있다.

3. 실차 실내소음 예측

3.1 소음 저감량 (NR) 측정

실제 차량에서 ATF 를 이용한 소음 저감량은 다양한 가진 소스(Engine, Tire , Exhaust 등)와 차량 실내에서의 응답관계를 통해 구할 수 있다. 즉, 가진점에서 omnidirectional source 를 통해 소음원을 가진하여 응답점에서의 음원값의 전달함수로 주요 전달경로의 소음저감량을 구할 수 있다. 소음저감량 측정시, 공간의 제한이나 구조적 복잡성으로 인해 음향가진이 어려운 경우 및 시험의 편리성을 위해 음향상반원리(Acoustic Reciprocity)를 이용해 ATF 를 구하였다.

$$P_{OUT} / Q_{IN} = P_{IN} / Q_{OUT} \quad (4)$$

상용화된 LMS 사의 교정된 Mid High Frequency Omnidirectional Source 를 이용하여, 실내에서 250hz 에서 10000 hz 까지 Random 으로

충분히 음향 파워를 가진되게 하였으며, Engine Room 에서는 마이크론을 Random 하게 배치해 Spatial Average 법으로 음압을 측정하였다. 이렇게 측정한 전달함수에 식(3)을 이용하여 소음저감량(Noise Reduction) 을 구하였다.



Fig. 1 Vehicle Noise Reduction Test Set-up

하기 Fig 2.는 실차에서 측정된 Engine Room 과 실내운적석까지의 소음저감량을 보여준다. 이는 차량의 대쉬판넬에서의 바디실링(Body sealing), 패스쓰루(Pass through) 성능과 흡, 차음제성능을 포함한 그 차만의 음향특성을 정량적으로 평가할 수 있다.

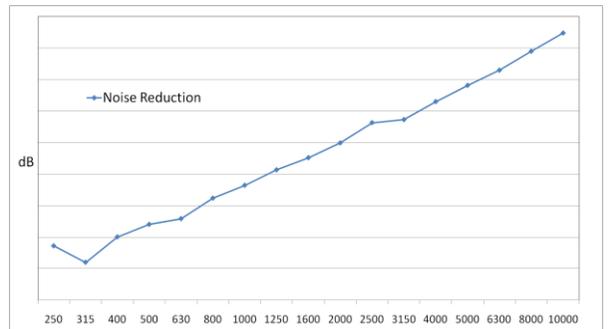


Fig.2 Vehicle Reduction Comparison Engine Room to Passenger Compartment.

3.2 엔진 음향파워 측정

실차 주행시 실내 소음을 예측하기 위해서는 주행조건시의 엔진에서 방사되는 음향파

위(Sound Power) 측정이 필요하다. 엔진의 음향 파워를 측정은 ISO3745 규격에 따른 반무향실 측정 방법을 이용하였다. 음향 파워를 측정하기 위해서는 식(5)를 사용한다.

$$L_W = 10 \log_{10} [(P_i)_{average}^2 / (p)^2_{ref}] + 10 \log 2\pi r^2 \quad (5)$$

엔진에서의 방사되는 음향파워 측정에 대한 개략도는 Fig3. 과 같다. 반무향실 사시도이나모에서 차량을 구동시켜 실차 주행조건에서 엔진룸에서 방사되는 음향파워를 측정하였다.

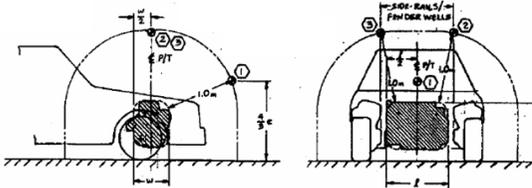


Fig 3. Dimension of Engine Radiated Sound Power

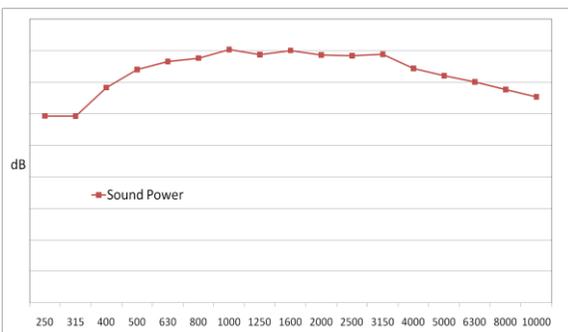
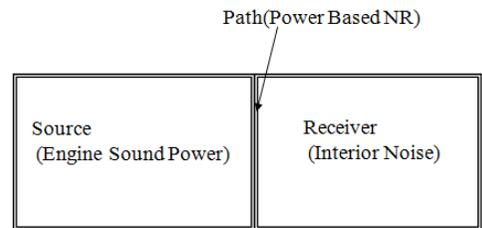


Fig. 4 Engine radiated sound power measurement

3.3 실차에서 실내소음 예측

Fig5.는 소음원(Source),소음경로(Path)와 수음원(Receiver)의 관계를 도식적으로 보여준다. 즉, 실차에서 주행시 엔진에서 방사되는 소음이 대쉬판넬 및 흡,차음제등의 음향 경로(Acoustic Path) 등에 의해 소음이 저감되어 실내로 유입되

며, 이는 엔진에서 방사되는 음향파워 측정과 ATF 를 이용한 소음저감(Noise Redution)량을 이용하여 공기에 기인하는 실내소음을 예측 할 수가 있다. Fig6. 은 엔진에서의 방사되는 음향파워 측정시 실내에서 마이크로폰을 설치하여 측정 한 실내소음과 공기에 기인하는 실내소음을 예측 한 결과를 비교한 데이터이다. 500 hz 미만을 제외하고 실측값과 예측값의 경향이 3dB 미만으로 비교적 일치하는 것을 확인하였다. 500 hz 영역 미만에서 오차가 큰 이유는 구조에 기인한 소음(Structure borne Noise)에 의한 영향이 고려되지 않아 오차가 발생된 것으로 판단된다. 향후 이에 대해서는 시험등을 통해 correction factor 가 고려가 되어진다면 차량개발에 중요한 잣대로 사용될 수 있다.



$$\text{Source} - \text{Path} = \text{Receiver}$$

Fig 5. Schematic of a simple source, path, and receiver system

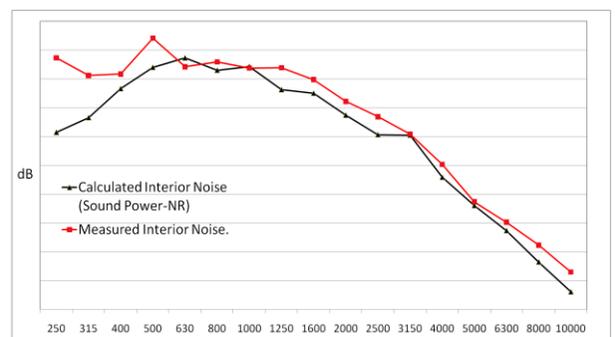


Fig.6 Comparison predicted interior noise and measured interior noise

4. 결 론

- 1) ATF(Acoustic Transfer Function)을 이용해 Vehicle Noise Reduction 을 구하는 방법을 소개하였으며 측정을 통해 실험적으로 정립하였다
- 2) Vehicle Noise Reduction 과 주행시 엔진의 Sound Power 측정을 이용하여 실내 소음을 예측하였다.
- 3) 측정된 실내 소음과 예측값이 500hz 이상에서 비교적 일치함을 확인하였고, 이와 관련된 Acoustic Package 의 차이에 따른 실내 소음예측에 사용 될 수 있어 , 향후 차량 개발시 중요한 잣대로 사용될 수 있다.

참고 문헌

- 1) Dries Berckmans, Paul Sas and Wim Desmet ,2007, “Development of a Fast Procedure for Vehicle Noise Source Quantification”
- 2) ISO 3745 Acoustics -Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure - Precision Method for anechoic and hemi-anechoic Room.
- 3) Nis Moller, J. HaldThe and Svend Gade,2004 , “Use of Volume Velocity Source in Transfer Measurement”
- 4) 고강호, 이장무 ,1999, ” 구조 가진과 음향 가진의 결합에 의한 차량의 구조-음향 전달 함수 측정” 한국자동차공학회 논문집 (국문) 12월 7권 9호 pp158 - 164