

디젤 동차의 실내 소음 분석을 위한 음원 분리 기법

**Source Separation Technique for Analysis of Internal Noise
of Diesel Multiple Unit**

이화수*

김종년*

Lee, Hwa-Soo

Kim, Jong-Nyeun

ABSTRACT

The dominant noise sources of Diesel Multiple Units are powerpack, which is composed of engine, transmission and cooling system, noise and wheel-rail rolling noise. The interior noise of a running vehicle is determined by structure-borne noise and air-borne noise from these noise sources. The contributions of interior noise from each noise source are calculated by air-borne transfer functions and structure-borne transfer functions of noise sources. In this paper, source separation technique is proposed to determine these transfer functions from the results of stationary and running tests of existing vehicle. With this technique, it is possible to get hold of contributions of interior noise from noise sources of running vehicle. This source separation technique makes it possible to take efficient measures for reduction of interior noise at the early car-development stage.

1. 서 론

디젤 동차의 주요 소음원은 파워팩(엔진, 미션 그리고 쿨링 시스템을 포함) 소음과 휠과 레일 구동 소음이며, 차량 주행 중 실내 소음은 이들 소음원으로부터의 구조기인소음과 공기기인소음에 의해서 결정된다. 각각의 소음원에 대한 공기기인 전달함수와 구조기인 전달함수로부터 이들 소음원의 실내 소음에 대한 기여도를 파악할 수 있다. 본 논문에서는 실차의 정차 중 시험과 주행 중 시험을 통하여 이들 전달함수를 구하고자 하였으며, 이로부터 주행 중 실내 소음에 대한 소음원의 기여도를 파악하고자 하였다. 차량 개발 단계의 초기에 이들 주요 소음원으로부터의 구조기인소음과 공기기인소음에 대한 실내 소음 기여도를 파악함으로써, 실내 소음 저감을 위한 보다 효과적인 접근이 가능하게 된다.

* ㈜로템 응용기술연구원

2. 관련 이론

주행 중인 전동차의 임의의 실내 위치에서의 소음(L_{int}^{total})은 구조기인소음(L_{int}^{sb})과 공기기인소음(L_{int}^{ab})의 합으로 이루어져 있다.

$$L_{int}^{total} = L_{int}^{sb} + L_{int}^{ab} \quad (1)$$

이들 소음의 실내 소음에 대한 기여도는 주행 중 실내 소음과 함께 주요 소음원 부위의 플로어 진동(L_v), 외부 소음(L_{ext})을 측정함으로써 파악할 수 있다. 음원 분리는 실내 소음에 대한 플로어 진동의 구조기인 전달함수(T^{st}), 실내 소음에 대한 외부 소음의 공기기인 전달함수(T^{ab})를 구함으로써 가능하게 된다.

$$L_{int}^{st} = L_v + T^{st} \quad (2)$$

$$L_{int}^{ab} = L_{ext} + T^{ab} \quad (3)$$

이들 중 공기기인 전달 함수의 경우, 소음원 부위의 외부 소음과 실내 소음의 차이로서 정차 중 시험을 통하여 쉽게 구할 수 있다.

주행 중 소음 시험을 통하여 실내 소음과 플로어 진동 그리고 외부 소음을 측정함으로써 구조기인 전달 함수는 다음 식을 통하여 구할 수 있다.

$$T^{st} = [L_{int}^{total} - (L_{ext} + T^{ab})] - L_v \quad (4)$$

위와 같이 구한 공기기인, 구조기인 전달함수와 주행 시험을 통해 측정한 플로어 진동, 외부 소음을 이용하여 주행 중 실내 소음에 대한 구조기인 소음과 공기기인 소음의 기여도를 파악할 수 있다.

3. 시험

음원 분리를 위한 시험은 공기기인 전달함수를 구하기 위한 정차 중 시험과 구조기인 전달함수를 구하기 위한 주행 중 시험으로 나눌 수 있다. 먼저, 공기기인 전달 함수를 구하기 위한 정차 중 시험의 경우, 주요 소음 발생 부위인 파워팩과 휠과 레일 접촉부에 스피커를 위치시키고 pink noise로 가진하여 차량 내외부의 음압을 각각 측정하였다. 식(3)에 의하여 내외부 음압의 차이는 공기기인 전달함수가 된다. Fig. 1은 정차 중 시험을 통하여 구한 파워팩과 휠-레일의 공기기인 전

달함수이다.

다음으로 구조기인 전달함수의 경우, 이미 결정된 공기기인 전달함수와 함께 주행 시험으로 구한 실내소음, 플로어 진동, 그리고 외부 소음을 이용하여 식(4)와 같이 구할 수 있다. 주행 중인 차량의 실내 소음은 파워팩과 휠-레일 접촉 소음에 의하여 결정된다. 휠-레일 접촉 소음의 기여도를 제외한 파워팩만의 기여도를 구하기 위하여 저속, 최대 동력으로 주행 시 파워팩 상부 실내소음, 플로어 진동 그리고 외부 소음을 측정하였다. 또한, 실내소음에 대한 휠-레일 접촉 소음의 기여도만을 구하기 위하여 고속, 무부하 상태에서 대차 상부 실내소음, 플로어 진동 그리고 외부 소음을 측정하였다. 구조기인 전달함수의 신뢰성 확보를 위하여 각각 3구간에서 측정된 값을 평균하여 결정하였다. Fig. 2와 Fig. 3은 구한 파워팩과 휠-레일의 구조기인 전달함수이다.

4. 결론 및 분석

개활지를 105km/h로 가속 주행하는 차량으로부터 플로어 진동과 외부 소음을 측정한 후, 이로부터 구한 파워팩과 휠-레일의 구조기인과 공기기인 소음은 Fig. 4와 같다. 결과를 살펴보면, 파워팩의 구조기인소음이 실내 소음에 가장 큰 기여도를 가지며, 실내 소음 저감을 위해서는 파워팩 자체의 진동을 저감하거나, 파워팩으로부터 차체로 유입되는 진동을 저감하는 방법이 실내 소음 저감을 위하여 가장 효율적인 방법임을 알 수 있다. 이와 같이 음원 분리 기법이 적용될 경우, 소음 저감을 위한 효과적인 목표 설정이 가능해 진다.

Fig. 5는 개활지를 105km/h로 가속 주행하는 차량으로부터 측정된 실내 소음과 음원 분리 기법으로부터 계산된 실내 소음을 비교한 결과이다. 전체 주파수 영역에서 이 둘의 결과 값이 유사함을 알 수 있다. 100Hz 영역에서 측정된 소음과 계산된 소음 차이에 큰 차이를 보이는 이유는 파워팩의 전달함수는 30km/h 이하의 저속, 최대 동력 상태에서 구하였으므로 105km/h 주행 시험시 측정된 100Hz 영역의 엔진 RPM 성분을 반영하지 못했기 때문이다.

주행 중 차량의 실내 소음은 다양한 소음원의 구조기인과 공기기인 소음에 의해 결정되므로, 저소음 차량 제작을 위하여 설계 초기에 유사 차량에 대하여 음원 분리 기법을 적용함으로써, 향후 소음 저감을 위한 효과적인 목표 설정이 가능해 진다.

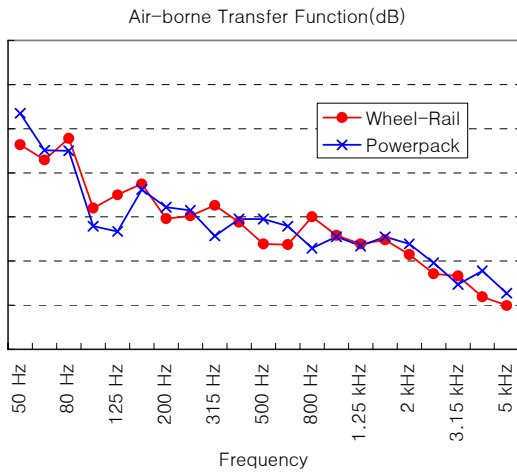


Fig. 1 Air-borne Transfer Function

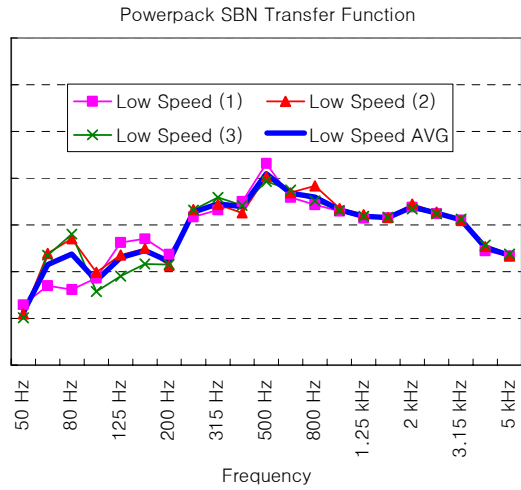


Fig. 2 Structure-borne Transfer Function of Powerpack

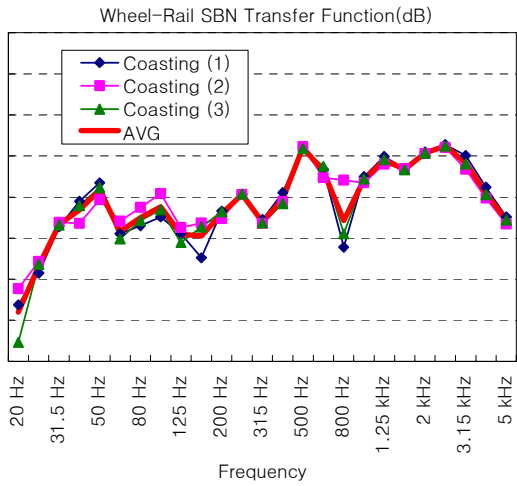


Fig. 3 Structure-borne Transfer Function of Wheel-Rail Rolling

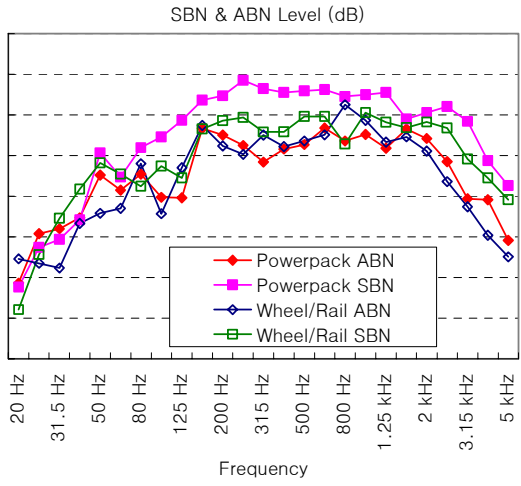


Fig. 4 Result of Source Separation

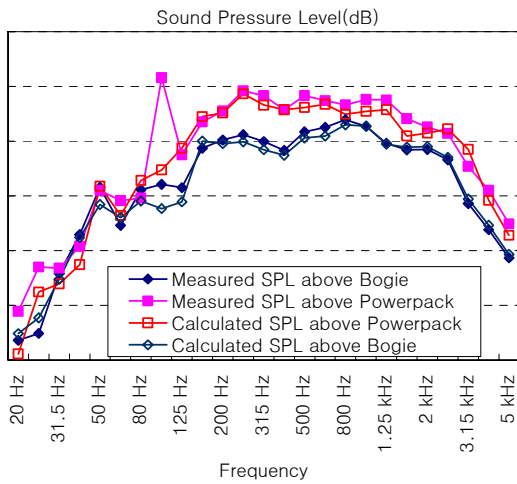


Fig. 5 Comparison of Measured & Calculated Results