한국소음진동공학회 2011년 추계학술대회논문집, pp.544~545

다차원 스펙트럼 해석법을 이용한 로드노이즈 관련 자동차 현가계의 기여도 분석

The Analysis of Noise Contribution about Vehicle Suspension related Road Noise Using Multi-dimensional Spectral Analysis

박 진 수* · 이 종 원* · 양 인 형* · 이 정 윤** · 오 재 응†

Jin-Su Park, Jong-Won Lee, In-Hyung Yang, Jung-Youn Lee and Jae-Eung Oh

1. 서 론

차량의 도로주행에 있어서의 로드노이즈는 소비자에게 가장 많은 빈도로 노출되어 있는 현상으로 그 중요성이 계속 부각되고 있다. 차실내 소음은 전달경로 특성에 따라 구조기인과 공기기인 소음으로 구분되는데, 구조기인 소음은 노면 가진 진동이 차륜을 포함한 현가계를 통해 차체에 전달되어 나타난다. 따라서 이 진동원의 전달경로를 파악하는 것은 운전자에게 영향을 미치는 구조기인 전달 특성을 파악하여 진동 저감대책을 마련하고 저소음 자동차를 개발하기 위한 기본 연구이다.

차량 주행 시 현가장치를 통해 발생되는 진동원을 규명하기 위해, 샤시다이나모 시험을 통해 전륜 구동테스트를 실시하고, 시험에서 획득한 현가장치의 진동신호를 현가계 주요 전달경로인 좌,우륜의 각 스트럿과 로워암의 4 개의 입력으로 정하고, 운전석의 소음을 출력으로 하는 4 입력/단일 출력계로 모델링 하였다. 이들 신호를 입력원간의 상관성분을 제거하여 순수한 입력원의 기여정도를 알 수 있는 다차원 스펙트럼 해석법(multi-dimensional spectral an-alysis ; MDSA)을 적용하여, 입력과 출력사이의 기여 관계를 알아보고, 각 4 지점의 전달경로 특성을 규명하는 것을 이 연구의 목적으로 한다.

† 교신저자; 정회원, 한양대학교 기계공학부
E-mail : jeoh@hanyang.ac.kr
Tel : (02) 2220-0452, Fax : (02)2299-3153
* 정회원, 한양대학교 대학원 기계공학과
** 정회원, 경기대학교 기계시스템 디자인 공학부

2. 실 험

실험에 사용된 차량은 국내에서 생산된 2000cc 급중형 차량으로 실험 개략도는 Fig.1과 같다. 실내 운전석 소음(B&K Type 4189)을 출력으로하고, 전륜 현가장치의 스트럿과 로워암에서 측정한 3축 진동 가속도 신호(PCB Type 356)를 입력원으로 구성하였다. 운전 모드는 40kph 정속모드로 샤시다이나모 구동 조건이며, 3번 이상 반복 주행 실험으로 시험간 오차가 3dB이내의 신호를 이용, 분석하였다.

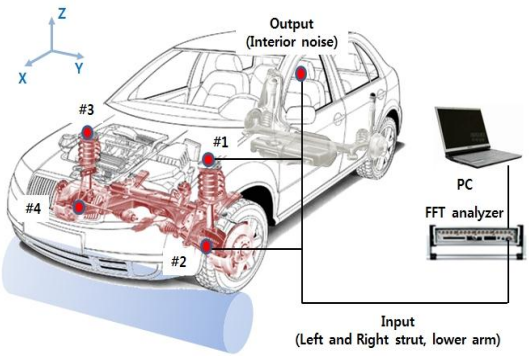

Fig.1 The experimental set up for the MDSA

3. 실험결과 및 고찰

3.1 목적주파수 선정 및 일반기여도 함수

운전석에서 측정된 주행중 실내 음압 레벨은 Fig.2와 같으며, 이를 바탕으로 목적주파수를 선정하여 입력간 상관관계를 Table1에 입출력 상관관계를 Table2에 나타내었다.

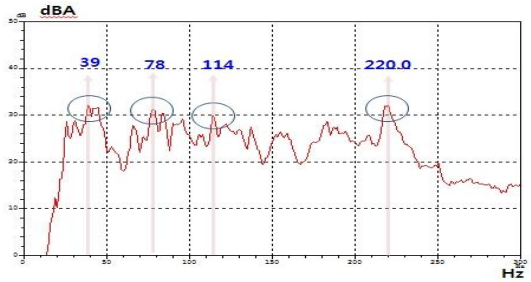

Fig.3 A-weighted SPL of the driver's ear position under 40kph

다차원 스펙트럼 해석의 이론적 가정에 있어서 가장 중요한 입력간의 상관관계(γ_{ij}^2) 및 입출력간의 상관관계(γ_{iy}^2)를 알아볼 필요가 있다. 특히 입력간의 일반기여도 함수값은 입력들끼리 서로 독립적인가 혹은 상호간에 상관관계가 존재하는가를 판단하는데 매우 중요하다.

Table1에서 보는 바와 같이 Left 스트럿(#1)과 로워암(#2)의 상관관계, Right 스트럿(#3)과 로워암(#4)의 상관관계가 0.5 이상의 값을 나타내고 있으며, 입출력간의 상관관계도 Table2에서 보는 바와 같이 주파수 특성에 따라 0.5 이상의 상관관계를 나타내고 있다. 이처럼 입력간 및 입출력간 상관이 존재하고 있으므로 다차원 스펙트럼 해석이 적용 가능하다는 것을 알 수 있다.

3.2 각 진동원과 실내 소음의 기여관계

각 진동원(입력원)의 실내 소음(출력)에 대한 부분기여도함수(PCF)값을 Table3에 나타내었다. 전체 출력 소음에 미치는 각 진동원별 부분기여도 함수값의 순서는 목적주파수에 따라 레벨이 다양하게 나타나는 것을 알 수 있다. 하지만 부분기여도 함수값이 전체 출력에 대한 입력성분의 기여 정도를 의미하는 것은 아니므로 결과의 해석에 주의하여야 한다.

그리고 선정된 입력원들이 출력값에 대한 기여도가 어느 정도 인지를 정량적으로 알아보고, 모델링의 적합성에 대한 이론적 가정 및 결과를 검증하기 위해서는 다중기여도함수(MCF)값이 0.5이상의 높은 값이 요구된다. Table4에서 보는 바와 같이 이 연구에서 선정한 대부분의 목적주파수에서 MCF 결과가 높은 값을 나타내고 있는 것으로 보아 각 입력원들이 출력에 반영하는 정도가 높은 것으로 판단된다. 단, 78Hz와 114Hz의 MCF값은 상대적으로 작은 값이 나왔는데, 현가계의 진동원 외에 다른 입력원이 존재할 것으로 예상된다.

Table 1 The ordinary coherence function among the 4 input signals

Frq.(Hz)	γ_{12}^2	γ_{13}^2	γ_{14}^2	γ_{23}^2	γ_{24}^2	γ_{34}^2
39	0.787	0.253	0.167	0.245	0.138	0.499
78	0.907	0.127	0.217	0.219	0.271	0.762
114	0.517	0.212	0.256	0.092	0.211	0.661
220	0.578	0.151	0.148	0.140	0.438	0.527

Table 2 The ordinary coherence function among input and output signals

Frq.(Hz)	γ_{1y}^2	γ_{2y}^2	γ_{3y}^2	γ_{4y}^2
39	0.489	0.749	0.278	0.222
78	0.653	0.672	0.113	0.065
114	0.349	0.682	0.066	0.066
220	0.740	0.702	0.204	0.404

Table 3 The partial coherence function among input and output signals

Frq.(Hz)	γ_{1y}^2	$\gamma_{2y\cdot1}^2$	$\gamma_{3y\cdot1,2}^2$	$\gamma_{4y\cdot1,2,3}^2$
39	0.749	0.738	0.191	0.152
78	0.672	0.112	0.087	0.324
114	0.682	0.040	0.017	0.123
220	0.740	0.538	0.242	0.401

Table4 The multiple coherence function at the target frequencies

Function	$\gamma_{y:x}^2$			
Frq.(Hz)	39	78	114	220
Value	0.955	0.820	0.737	0.944

4. 결 론

본 연구에서 차량 현가장치를 4입력/1출력 모델로 구성하여 전륜에 대해서 각 4 지점에서 발생하는 입력간의 기여 관계 및 전달특성을 살펴보았으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

기여도 함수값을 통해, 현가계의 진동원 중, 주 목적 주파수인 39Hz대역에서는 좌륜 로워암이, 220Hz 대역에서는 좌륜 스트럿이 가장 큰 영향을 미치는 부위로 규명되었고, 운전석 소음 출력에 대해 우륜보다 좌륜의 현가계의 영향이 더 큼을 알 수 있다.