

통계적 모멘트 법에 기반한 자동차 진동응답의 변동성 해석 Variability Analysis of Vibrational Response in a Car Body Structure Using a Statistical Moment Method

권중현* · 이두호†
Jonghyun Kwon and Dooho Lee

1. 서 론

자동차에서는 엔진과 노면의 요철로부터 오는 진동 요인이 대표적이다. 자동차 서브프레임의 부시는 외부의 힘으로부터 오는 진동을 절감해주는 역할을 한다. 고무로 된 부시의 동특성은 제조과정과 사용 환경 등에 영향을 많이 받으며, 특히 작동온도에 의한 영향을 많이 받아 차체의 진동응답이 큰 변동성을 갖는 원인이 된다. 본 연구에서는 사용온도와 제조과정의 산포로 불확실성을 갖는 서브프레임 부시의 동특성 변화에 기인한 차체 진동응답의 변동성을 통계적 모멘트법의 하나인 EDR(eigenvector dimension reduction) 방법^(1,2)을 이용하여 추정하고 이의 성능을 확인하고자 한다.

2. 자동차의 응답 변동성 해석

2.1 변동성 해석 방법

본 연구에서 Fig. 1과 같은 서브프레임과 차대로 구성된 간단한 자동차 모델에서 4개의 부시가 연결된 경우를 가정한다. 서브프레임 부시는 합성고무의 일종인 SBR로 만들어 졌다고 가정한다. EDR 방법은 확률분포를 갖는 시스템의 입력변수에 대해 시스템의 응답 샘플링을 통해 응답의 통계적 모멘트를 추출하고 Pearson계에 적용하여 응답의 확률분포를 계산하는 통계적 해석방법이다. SBR의 동특성은 이전 연구⁽³⁾와 같이 분수차 미분모델을 이용하여

온도와 주파수의 함수로 표현하였으며 물성계수의 확률분포도 동일한 값을 사용하였다. Fig. 2는 차체 응답의 변동성 해석의 절차를 나타내고 있다. 서브프레임 부시의 물성 및 작동온도가 가지는 불확실성을 EDR 방법을 이용하여 부시와 차체의 유한요소모델에 적용하여 차체 위에 위치한 응답점의 진동응답의 확률분포(probability density function, PDF)를 계산하였다. 부시는 7,021개의 절점과 5,280개의 요소를 가지고 있으며 차체와 서브프레임은 보 요소를 사용하였다.

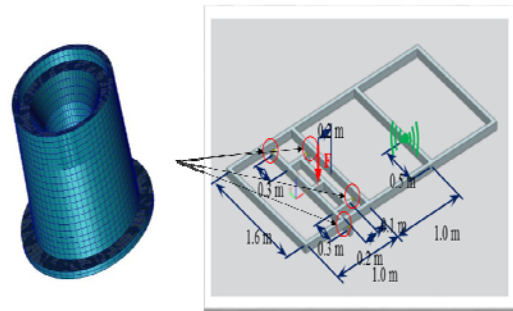


Fig. 1 A car-body structure and finite element model of bush

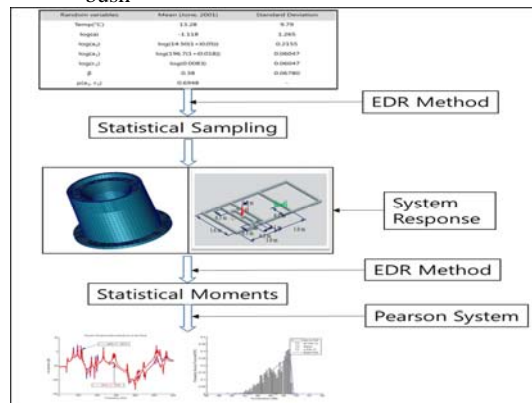


Fig. 2 Flowchart for variability analysis of car-body structure

† Corresponding Author, Member, Dong-eui University

E-mail : dooho@deu.ac.kr

Tel : +82-51-890-1658

Fax : +82-51-890-2232

* Mechanical Engineering, Dong-eui University

2.2 응답 변동성 해석 결과

EDR 방법을 이용하여 자동차 진동응답의 변동성을 구하고 그 결과를 Figs. 3~4에 그렸다. Fig. 3에는 응답점에서의 가속도의 평균 주파수 응답을 이전 연구에서 수행한 몬테카를로 해석(Monte Carlo simulation, MCS) 결과와 비교하였다. 본 연구의 결과와 몬테카를로 해석 결과가 잘 일치함을 볼 수 있다. Fig. 4는 95% 신뢰구간을 비교하여 나타낸 것이다. 두 결과가 잘 일치하고 있음을 볼 수 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 통계적 모멘트 법에 기반하여 자동차의 진동응답의 변동성을 해석하였다. 작동온도와 제조산포로 자동차 서브프레임 부시의 동특성이 갖는 불확실성에 기인한 자동차 진동응답의 변동성을 EDR 방법을 이용하여 주파수 응답의 확률분포 형태로 표시하였다. 제안된 방법으로 예측된 주파수 응답의 변동성은 몬테카를로 해석의 결과와 잘 일치하였다. 본 연구에서 제안한 EDR 방법은 해석시간 단축의 큰 장점을 보이고 있으며 자동차 부시의 불확실한 동특성에 기인한 차체 진동응답의 변화를 몬테카를로 해석과 동등한 성능으로 예측할 수 있다는 것을 보여준다.

후 기

이 논문은 2010년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(과제번호 2010-0023464)

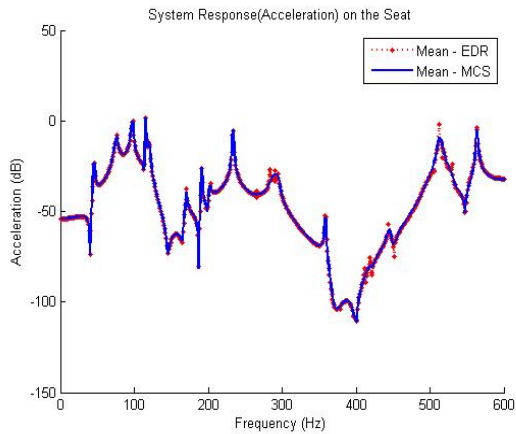


Fig. 3 Comparison of mean values with those of MCS

참 고 문 헌

1. Youn, B., Xi, Z. and Wang, P., 2008, "Eigenvector dimension reduction (EDR) method for sensitivity-free probability analysis", Structural and Multidisciplinary Optimization, Vol. 37, No. 1, pp.13-28.
2. Jung, B. C., Lee, D., Youn, B. D. and Lee, S., 2011, "A statistical characterization method for damping material properties and its application to structural-acoustic system design", The Journal of Mechanical Science and Technology, Vol. 25, No. 8, pp.1893-1904.
3. Lee, D. and Hwang, I.-S., 2011, "Analysis on the Dynamic Characteristics of a Rubber Mount Considering Temperature and Material Uncertainties", The Transactions of Computational Structural Engineering Institute of Korea, Vol. 24, No. 4, pp.383-389.

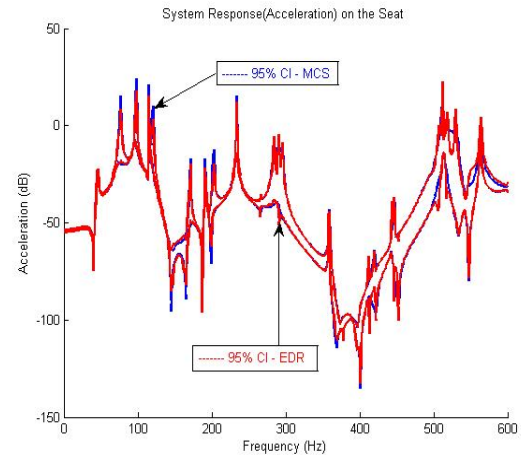


Fig. 4 Comparison of 95% confidence intervals with those of MCS