

점탄성 재료의 제진특성 모델링

이택희* · 박상규* · 김중배** · 이상조***

Modeling for Vibration Characteristics of Viscoelastic Material

Taek-Hee Lee, Sang-Kyu Park, Joong-Bae Kim, Sang-Jo Lee

Key words : 유한요소해석, 점탄성재료, RKU 방정식

ABSTRACT

In this study, modeling methods for viscoelastic material are reviewed to investigate the vibration characteristics. Frequency response functions are obtained by employing experimental modal analysis and compared with the modeling results from a commercial software NASTRAN. Properties of equivalent model of the beam with damping material are also calculated by using the RKU equation.

1. 서 론

점탄성 재료는 내부 마찰에 의한 에너지 발산이 매우 크고 경제성, 성형성 등 감쇠 재료로서 많은 장점을 갖고 있으므로 기계 및 건축구조물의 방진, 방충 및 공진 제어 수단으로 이용되어 왔다. 복합 판넬을 이루는 아스팔트 재료는 재료의 점성 외에 탄성특성을 동시에 갖고 있는 대표적 점탄성 재료(viscoelastic material)이며, 재료의 물성강성이 복소수형태로 나타나는 대표적인 비선형 재료이다. 따라서 주파수, 온도 그리고 작용하중 등에 대하여 특성변화에 따른 성능 차이를 나타낸다⁽¹⁻³⁾.

이러한 제진재를 적용하면 어느 정도의 개선효과를 얻을 수 있으나, 차량의 경량화 및 제조 원가의 절약 등의 목표를 달성하기 위해서는, 제진재의 특성을 정밀 분석하고 최

적화된 제진 성능을 나타내도록 설계하는 것이 필수적이다. 따라서, 제진재를 적용함에 있어, 기존에 기계 설계과정에서 수행되던 CAE(Computer Aided Engineering)와 병행하여 제진재의 특성을 표현할 수 있는 방법 및 수학적 모델에 대한 실험을 통한 검증이 필요한 실정이다.

이에 따라 점탄성 물질의 물성치 산출 기법에 대한 연구가 활발히 진행되어져 왔고, 이를 이용하여 제진재가 부착된 차량부품의 동특성 해석에 대한 연구도 발표 한 바 있으나 국내 업체에서는 아직 이에 대한 연구가 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 실험 및 유한요소 모델링 방법을 이용하여 이와 같은 진동을 정확하게 예측하고자 한다. 이를 위하여 점탄성 제진재에 대한 물성치를 구하고,

* 연세대학교 환경공학과

** 동양 공업전문 대학교 기계설계학과

*** 연세대학교 기계공학과

RKU^(1,2) 방정식을 통해 등가 물성치를 계산하여 이를 유한요소 해석에 이용한다. 또한 실험적 모드 해석법을 이용함으로써 제진재의 종류에 따른 성능을 분석하고 유한요소 해석기술과 접목시켜 타당성 있는 제진재의 적용이 가능하도록 할 예정이다.

2. 실험

2.1 Oberst beam test

본 연구에서는 자유보(free-layer beam)의 손실계수와 영률을 산출하기 위해 Oberst가 제안한 방법에 의해서 실험을 수행하였다. Oberst Beam test를 통하여 복합보의 공진 주파수와 손실계수를 산출할 수 있고, RKU 방법에 의해 복합보의 영률, 제진재의 영률과 손실계수를 산출한다. 길이 180mm, 폭 20mm, 두께 0.9mm인 철판에 똑같은 길이와 폭을 갖는 3.0mm의 제진재를 부착하여 한쪽은 고정시키고, 다른 한 쪽은 자유 상태로 경계조건을 설정하였다. 진동의 측정은 5회 평균하여 재료의 성질에 크게 영향을 주는 3차 모드까지 측정하였다. 보의 두께가 길이에 비해 얇으므로 효과적인 충격을 주기 위해 고정된 끝단에서 1/3지점에서 임팩트 햄머로 가진 시켜 주고 보의 자유단에서 비접촉식 변위 센서를 통해 신호를 받아들여 FFT 분석기에서 분석한다. 공진 주파수 부근을 확대하여 커브피팅(curve fitting)하고 이로부터 손실계수를 산출한다.

2.2 판넬 실험

실험은 판넬에 제진재를 부착하지 않은 상태 그리고 3.0mm의 제진재를 부착한 상태로 실험을 수행하였다. 바닥 판넬은 가로 1325mm, 세로 1220mm, 두께 0.9mm이다. 바닥 판넬의 경계조건을 설정하기 위해 철판 프레임을 제작하였다. 프레임과 바닥 판넬은 볼트로 고정 시켰다.

3. FE Modeling

본 연구에서는 해석방법을 직접법과 모달법 또 각 방법에 대하여, 모델의 종류에 따라 등가모델과 세부 모델을 적용하여 유한요소 해석을 수행하였다.

3.1 경계조건(Boundary condition)

바닥 판넬이 철판 프레임에 볼트로 고정된 상태이나 이상적인 고정조건이 아니므로 스프링 요소를 삽입하고, 고유치 해석을 통하여 튜닝(tuning) 작업을 실시하였다. 바닥 판넬에서 고정 할 절점(boundary edge에 포함하는 모든 절점) 각각에 대해 스프링 요소(CELAS1)를 생성하였다.

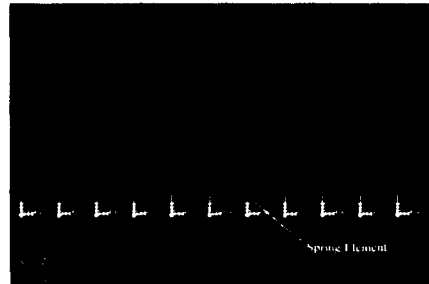


Fig. 1 Spring Element and Boundary condition

4. 결과 및 고찰

4.1 Oberst beam test 및 해석 결과

Fig. 2는 Oberst beam test 결과와 등가모델을 직접방법(direct method)을 사용하여 해석한 결과를 보여 주고 있다. 실험 값과 해석한 결과의 공진 주파수가 정확하게 일치함을 알 수 있다.

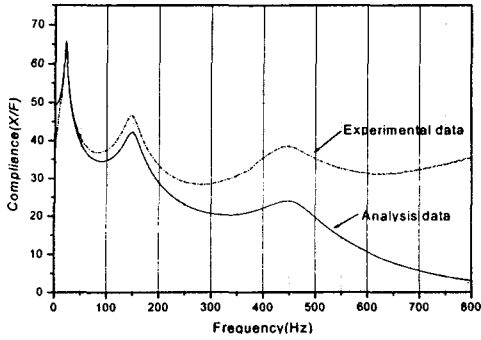


Fig. 2 Compliance of test and Direct Equivalent model Analysis

4.2. 바닥 판넬의 실험과 유한요소 해석의 결과
 바닥 판넬에 제진재를 부착한 경우는 등가 모델, 직접법을 사용하여 해석하였다. 제진재를 부착하지 않은 경우는 철판 자체의 구조 감쇠는 고려하지 않았다. Fig. 3은 제진재를 부착하지 않은 판넬의 실험값과 해석의 결과를 나타내고 있다. 그래프가 제시하듯이 실험 값과 해석값의 공진 주파수와 응답함수의 경향이 어느 정도 일치함을 알 수 있다.

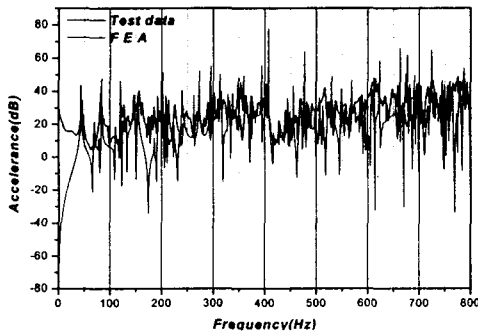


Fig. 3 Accelerance of point A w/o damping material

Fig. 4와 fig. 5는 제진재가 부착된 바닥판넬의 실험값과 해석의 결과를 나타내고 있다

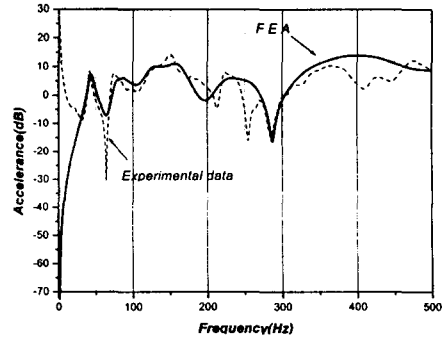


Fig. 4 Accelerance of Point A with damping material

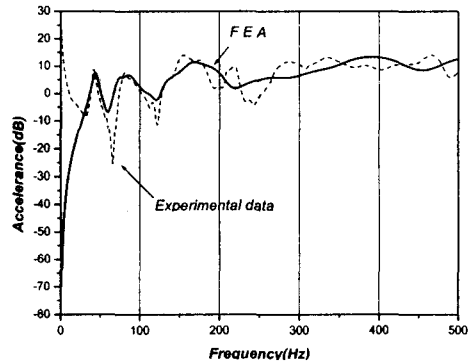


Fig. 5 Accelerance of Point C with damping material

5. 결론

본 연구에서는 보 및 바닥 판넬의 진동 특성을 컴퓨터 모델링과 실험적 모드 해석 방법을 이용하여 비교하였다. 이와 같은 실험과 이론 해석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 실험적 모드 해석에서 얻어진 보의 주파수 응답함수와 RKU 방정식으로부터 제진재의 물성치를 구하였고, 손실계수는 주파수가 증가함에 따라 비선형적으로 감소하고, 영률은 비선형적으로 증가함을 알 수 있었다.
2. 실험결과에서 제진재를 부착하였을 때 바닥판넬의 진동은 전 주파수 대역에서 10 dB~32 dB가 감쇠됨을 알 수 있었다.

3. 상용 구조 해석 컴퓨터 모델링 프로그램인 NASTRAN을 이용하여 제진재가 부착된 보 및 판넬의 동특성 해석을 위한 모델링 방법을 수립하였다.

참 고 문 헌

1. Ahid D Nashif, 1985, "Vibration Damping", John Wiley & Sons
2. Daniel J. Inman, "Engineering Vibration", Prentice Hall
3. 이상윤, 1994, "점탄성재료와 강으로 적층된 감쇠재료의 동특성규명", 연세대학교

4. 서정범, 윤희욱, 김태정, 1994, "제진재 물성치 산출법 및 모델링 기법 연구", 자동차 공학회지 Vol 16, No 4

5. O. Danilov and M. Fessina, 1999 " Experimental Reasearch on the Damping Behavior of Automotive Structure Adhesives", The Journal of Acousitcs and Vibration Vol 4

6. 박용순, 박세만, 박명균, 박상규, 1997, "점탄성을 삽입한 3층 적층보의 진동 감쇠 특성에 관한 연구", 한국소음진동공학회지 제 7 권 제 3호