한국소음진동공학회 2011년 춘계학술대회논문집, pp.799~800

플로팅 슬래브용 고무 방진장치 해석 및 설계

Analysis and Design of the Rubber Mount for Floating Slab

구형욱† · 백재호* · 장승엽** · 안채헌***
H.W.Koo, J.H.Baek, S.Y.Jang, C.H.An

1. 서 론

최근 철도는 고속화 중량화와 더불어 쾌적성에 대한 요구가 증가됨에 따라 선로의 저소음, 저진동화에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 특히 고속화된 철도의 도심통과구간이나 선하역사 건설 증가에 따른 진동과 이로 인한 2차 소음을 차단할 수 있는 대책이 시급한 시점이다. 가장 효과적으로 진동을 저감시키는 방법은 궤도 전체를 하부 구조와 분리시키는 플로팅 슬래브(Floating Slab) 궤도 공법이며, 이미 선진국에서는 많은 부설 실적으로 그 성능이 검증된 기술이다. 그러나 국내에서는 그와 관련한 시스템 기술 및 구성품의 설계기술 부족으로 수입에 의존하는 실정이다.

플로팅 슬래브를 지지하는 방진장치는 크게 금속 코일 스프링과 방진고무로 구분된다. 코일 스프링은 선형성과 내환경성이 우수하지만 별도의 감쇠장치가 필요하고 중량과 비용 측면에서 큰 단점을 가진다. 이에 비해 방진고무는 저렴하여 널리 이용되지만 비선형성과 내환경성에 대한 많은 연구가 필요하다.

본 논문에서는 방진고무를 플로팅 슬래브에 적용하기 위하여 주요 설계변수의 민감도를 해석적으로 분석하였고, 이를 이용하여 고무 방진장치를 설계하였으며, 실험적으로 검증하였다.

2. 방진장치 유한요소해석 및 설계

2.1 방진장치 구조

† 교신저자 ; 알엠에스테크놀러지(주)
E-mail : hwookoo@rmstech.co.kr
Tel : (041) 556-7600, Fax : (041) 556-7603
* 알엠에스테크놀러지(주)
** 한국철도기술연구원
*** 한국생산기술연구원

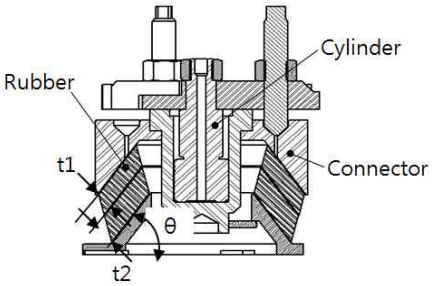


Fig. 1 Schematic Diagram of Rubber Mount

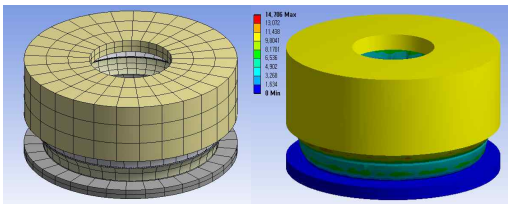
방진장치의 기본구조는 Fig. 1과 같이 고무부(Rubber), 실린더(Cylinder), 접합부(connector)로 구성된다. 고무는 경도 증가를 위해 철판으로 상하가 구분된 형상을 가진다. 이는 철도의 높은 하중을 지지하며 5~7 Hz의 고유진동수를 유지하여 철도 차량 운행 시 발생하는 진동이 하부로 전달되는 것을 차단하는 역할을 한다. 그러나 고무의 특성에 의한 형상 및 재료의 물성치에 따라 성능이 크게 좌우된다. 실린더는 고하중의 플로팅 슬래브를 지지하며 접합부에 의해 두 부품이 연결되는 구조이다.

2.2 고무의 해석 모델 및 방법

고무 거동을 해석하기 위하여 변형률 에너지 함수를 이용한다. 일반적으로 변형률 150% 이내에서 적은 오차를 가지는 것으로 알려진 Mooney-Rivlin 모델은 비압축성으로 가정할 경우 식(1)과 같이 표현된다.

$$U = C_{10}(\lambda - 3) + C_{01}(\lambda - 3) \qquad (1)$$

C_{10}, C_{01}은 재료의 인장 및 압축시험, 전단시험으로부터 얻어진 하중-변형 관계를 분석하여 구한다. 본 논문에서는 재료 실험결과를 바탕으로 경도 70, C_{10}=0.269 MPa, C_{01}=0.224 MPa 을 사용하였다.



(a) F.E Model (b) Result

Fig. 2 Analysis of Rubber Mount

상용 유한요소해석(F.E.M.) 프로그램인 ANSYS를 이용하여 정적해석을 수행하였다.

2.3 방진장치의 해석 및 민감도 분석

Fig. 1 에서 보는바와 같이 주요 설계 변수인 고무의 기울기(θ)와 두께(t1, t2)를 변경하여 수직하중에 대한 변위의 민감도 분석을 수행하였다.

고무의 기울기가 증가하면 수직방향 강성이 낮아지는 구조로써 Fig. 3 과 같은 거동 특성을 나타냄을 알 수 있다.

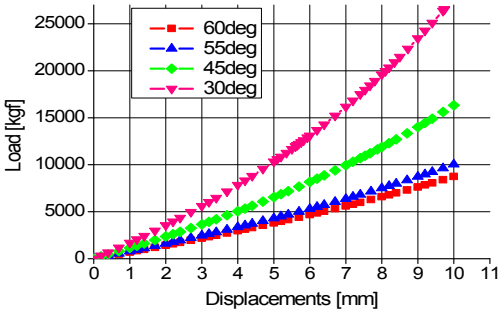


Fig. 3 Results of Sensitivity Analysis

주어진 하중에 대하여 60°일 때, 적절한 고유진동수를 유지하는 강성을 나타내게 됨을 알 수 있다. 또한 고무의 두께 변화에 대하여 20% 범위 내에서 강성 변화에 둔감한 특성을 보였다.

2.4 실험결과

해석결과를 바탕으로 Fig. 4와 같이 방진장치를 설계/제작하였으며, 인장·압축 시험기를 통하여 그 성능을 검증하였다.

실험은 상부를 수직방향으로 5 mm/min의 속도로 압축하였으며, 이때 걸리는 하중을 로드셀을 이용하여 측정하였다.

(a) Proto-type (b) Experiment

Fig. 4 Rubber Mount

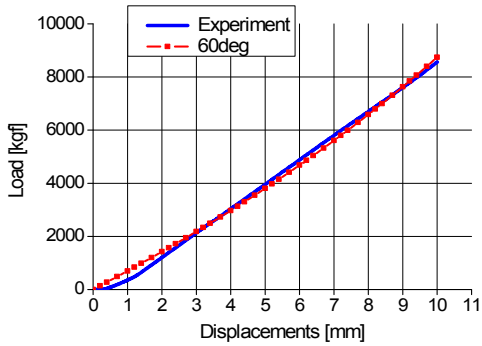


Fig. 5 Displacement and Load

Fig. 5는 실험결과와 해석결과를 비교한 것으로, 오차범위 내에서 잘 일치함을 확인할 수 있다.

3. 결 론

플로팅 슬래브용 고무 방진마운트 설계를 위하여 고무의 특성을 실험적으로 분석하였고, 이를 해석에 이용하였다. 또한 해석적인 방법으로 주요 변수인 고무의 기울기와 두께에 대한 민감도 분석을 수행하였으며, 적절한 형상을 결정하였다. 설계된 고무 방진장치 시제품을 제작하였고, 실험을 통해 요구 성능이 만족됨을 확인하였다.

후 기

본 논문은 국토해양부/한국건설교통기술평가원 주관 차세대고속철도기술개발사업 과제수행의 중간결과입니다.