한국소음진동공학회 2010년 추계학술대회논문집, pp.501~502

이산지지 방진궤도의 동특성 연구

Dynamic Characteristics Study of an Isolation Track with Discrete Supports

류봉조†·구형욱*·한현희*·이규섭*·이홍기*·오부진**

B. J. Ryu, H. W. Koo, H. H. Han, G. S. Lee, H. G. Lee and B. J. Oh

1. 서 론

반도체 및 LCD 생산 공장의 바닥이나 철도 레일의 구조는 보 형태 방진궤도 구조로 되어 있다. 방진 궤도시스템은 자동 이송장치의 감가속 및 이동 중에 발생하는 궤도레일의 진동으로 불안정하게 되어 탈선의 위험 등이 있으므로 댐퍼를 이용한 감쇠가 추가되어야 한다. 본 논문의 목적은 MR댐퍼와 방진스프링으로 이산지지된 방진궤도 위를 이동물체가 주행할 때, 궤도레일의 진동 특성을 연구하는데 있다.

2. 이 론

2.1 수학적 모델 및 운동방정식

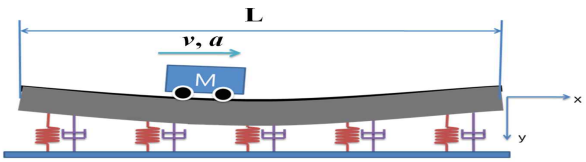


Fig. 1 A mathematical model for a track system with springs and MR dampers.

Fig. 1은 이동하는 주행물체를 갖는 이산지지 궤도레일 시스템의 수학적 모델을 보여주고 있으며, 이에 대한 운동방정식을 행렬 형태로 나타내면 식 (1)과 같고, 각 행렬의 요소들은 식 (2)부터 식 (5)와 같다.

$$[M(t)]\{\ddot{q}_i(t)\}+[C(t)]\{\dot{q}(t)\}+[K(t)]\{q(t)\}=\{f(t)\} \quad (1)$$

$$m_{ij}(t)=\int_0^1 \phi_{i,j}(\xi_j)\phi_{k,j}(\xi_j)d\xi_j+\mu\phi_{i,j}(\xi_M)\phi_{k,j}(\xi_M) \quad (2)$$

$$c_{ij}(t)=2\mu v^*\phi'_{i,j}(\xi_M)\phi_{k,j}(\xi_M) \quad (3)$$

$$k_{ij}(t)=\frac{EI}{ml^4}\beta_i^4\left\{\int_0^1 \phi_{i,j}(\xi_j)\phi_{k,j}(\xi_j)d\xi_j\right\}+\mu a^*\phi'_{i,j}(\xi_M)\phi_{k,j}(\xi_M) \quad (4)$$

$$f_i(t)=\mu g\phi_{k,j}(\xi_M) \quad (5)$$

여기서, $\mu=M/ml$이며, M은 이동질량의 크기, m은 보의 단위길이 당 질량, l은 보의 전체 길이, EI는 보의 굽힘강성, g는 중력가속도를 나타내며, ξ_M은 무차원화된 이동질량 M의 위치를 나타낸다. 한편, 무차원화된 $\xi=x/l$, $v^*=v/l$, $a^*=a/l$는 각각 축방향 좌표, 이동질량의 속도, 가속도를 나타낸다.

3. 수치해석 및 실험

3.1 수치해석

식 (1)의 응답해석은 Runge-Kutta 적분법을 사용하였으며, 수치해에 의한 결과는 '4. 결과 및 고찰' 에서 보여준다.

3.2 실험장치 및 실험

Photo. 1은 이동질량이 탑재된 궤도레일 방진시스템을 보여주고 있는 사진이이고, Fig. 2는 모달시험 시, 궤도레일의 상방향에서 본 9개의 센서위치와 전면의 그림을 보여준다.

Photo. 1 Photograph of a track with a moving mass.

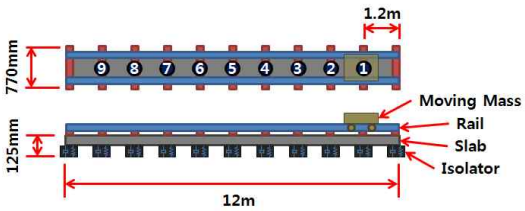


Fig. 2 Various sensor points for an isolation track under a moving mass.

† 교신저자; 한밭대학교 기계공학부
E-mail : bjryu701@hanbat.ac.kr
Tel : (042) 821-1159, Fax : (042) 821-1587

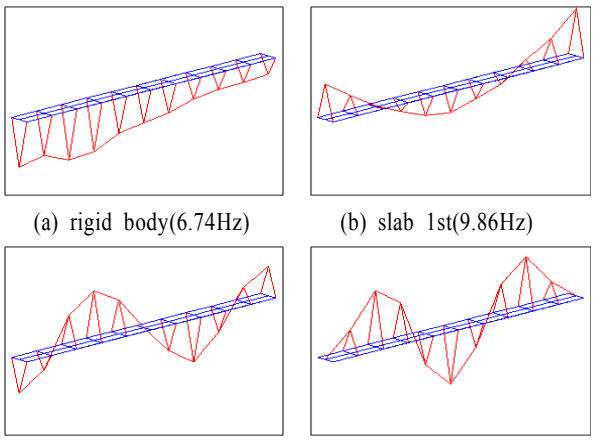
* 알엠에스테크놀로지(주)

** 충남대학교 기계설계공학과 대학원

Table 1 Experimental first four natural frequencies at various nine sensor positions.

Position No.	Rigid body	Slab 1st [Hz]	Slab 2nd [Hz]	Slab 3rd [Hz]
①	7.063	9.813	18.19	30.75
②	6.938	9.625	18.38	30.63
③	6.688	10.06	18.31	30.56
④	6.563	9.938	18.25	30.69
⑤	6.563	9.875	19.06	30.63
⑥	6.625	9.813	18.38	30.50
⑦	6.750	9.438	18.31	30.75
⑧	6.688	10.31	18.19	30.63
⑨	6.688	10.06	18.63	29.94

Table 1은 Fig. 2에 나타난 궤도레일 위의 다양한 센서 위치에서 얻은 처음 1차부터 4차까지의 고유진동수를 보여주며. 여기서 강체란 강체 병진운동 모드의 고유진동수를 일컫는다. 측정 센서의 위치에 따라 큰 차이는 없지만 약간의 차이를 보이고 있는 것은 정적처짐이 큰 궤도레일을 지지하고 있는 견고한 이산지지의 영향 때문인 것으로 예측된다. Fig. 3은 모달시험으로부터의 고유진동수 값과 모드형상을 보여준다. 방진스프링과 댐퍼로 이산지지된 궤도레일의 모드형상을 잘 나타내 주고 있다.



(a) rigid body(6.74Hz) (b) slab 1st(9.86Hz)

(c) slab 2nd(18.28Hz) (d) slab 3rd(30.6Hz)

Fig. 3 Experimental mode shapes for the first four natural frequencies

4. 결과 및 고찰

Table 2는 모달시험과 수치해석의 고유진동수이며, 강체 모드를 제외하고 비교적 근사한 일치를 보임을 알 수 있다.

Table 2 Comparison numerical natural frequencies with experimental ones for a track.

	Rigid body [Hz]	Slab 1st [Hz]	Slab 2nd [Hz]	Slab 3rd [Hz]
Experiment	6.74	9.86	18.28	30.6
Simulation	4.66	9.61	18.17	29.79

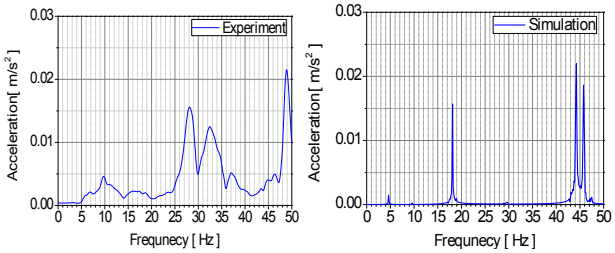


Fig. 4 Frequency responses for experiment and simulation.

Fig. 4와 5는 이동질량의 주행에 따라 각각 주파수 영역과 시간영역에서 가속도 레벨을 나타낸 그림들이다. 시뮬레이션 그래프는 실험에서 측정한 이동질량의 속도변화 값을 입력하여 얻은 그래프로서, Fig. 4의 주파수 영역에서는 실험 고유진동수 값과 시뮬레이션 값이 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 그러나, Fig. 5의 시간응답에 있어 가속도 레벨이 실험치 보다 작게 나온 이유는 저자들이 견고한 이산지지에 의해 궤도레일의 정적처짐이 작을 것으로 판단하여 시뮬레이션 시 정적처짐을 고려하지 않은 때문으로 예측된다.

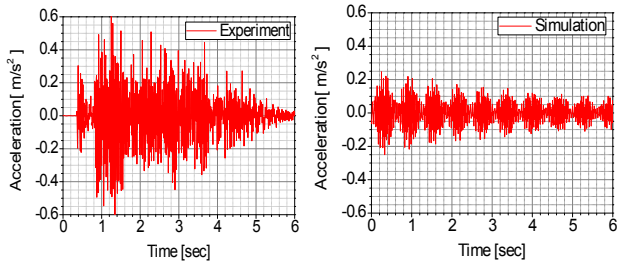


Fig. 5 Time responses for experiment and simulation.

5. 결 론

첫째, 고유진동수에 대한 수치해석과 실험결과가 근사한 일치를 보였으며, 강체모드에 있어서의 차이는 무거운 궤도레일 시스템을 지지하고 있는 이산지지의 영향으로 보여진다. 둘째, 궤도레일의 가속도 응답의 수치해석과 실험결과들은 크기에 있어서의 차이가 있지만 유사한 응답을 나타내 보였으며, 크기의 차이는 저자들이 궤도레일과 이산지지가 견고하여 정적처짐이 크지 않을 것으로 예측하여, 수치해석에서 정적처짐을 고려하지 않은 이유 때문인 것으로 사료된다.

후 기

본 논문은 중소기업청주관 산학공동기술개발지원 사업 선도과제(2009. 06-2011. 05)수행의 중간결과이며, 재정적 지원을 해주신 관계기관에 진심으로 감사드립니다.