

굽힘파 전달 특성을 이용한 철도 레일 지지단의 동특성 측정 Measurement of Dynamic Characteristics Rail Supports Using Flexural Wave Propagation

김재현*·박정원*·이제필*·박준홍†

Jaehyun Kim, Jeongwon Park, Jepil Lee, Junhong Park

1. 서론

구조물에서 발생하는 진동과 소음을 줄이기 위해 damping 을 증가시키는 방법이 널리 사용되고 있다. 이를 위해 vibration damping 에 점탄성 소재를 널리 사용하고 있고, 대표적 사례로 건축물의 진동을 줄이기 위해 사용하는 제진재와 완충체를 들 수 있다. 특히 제진재의 경우 건축물 뿐 아니라 자동차, 철도 레도와 같은 기계 구조물에도 많이 사용되고 있고, 그 활용법에도 많은 연구가 진행 중에 있다.⁽¹⁻²⁾

본 연구에서는 주파수 영역에 걸쳐 철도 지지단의 동적 특성을 확인하기 위해 철도와 지지부를 Mass spring supported model 로 가정하였고, 철도의 파동전파 특성 분석을 통해 전달함수법으로 점탄성 물질인 지지부의 동적 특성을 실험적으로 측정하였다.⁽³⁻⁴⁾



Fig. 1. Rail and its supports for measuring dynamic 진 가속도 신호를 이용하여 전달함수를 구한 후 wave number 를 수치해석적으로 구해 지지단의 스프링 상수를 구해야 한다. 본 연구에서는 지지단

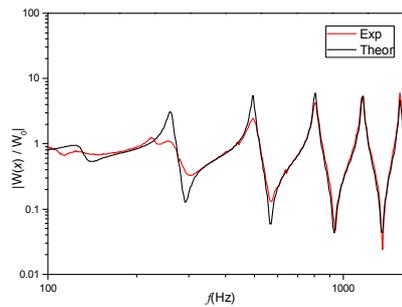
2. 철도 지지부의 동적 특성 측정

2.1 실험 방법 및 장치 제원

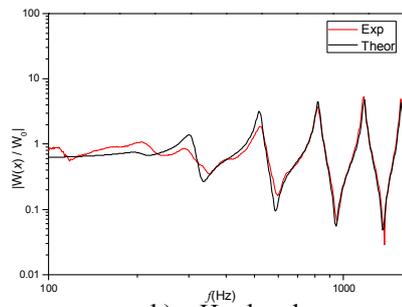
실험 장비의 구성은 Fig. 1 과 같으며 측정에 사용된 철도 레일은 8.94 kg/m, 2 m 이다. Miniature shaker 를 사용해 레일을 가진하고 2 개의 가속도계(Endevco Type 2250A)를 사용하여 레일의 전달함수를 측정하였다.

2.2 레일 지지단의 동특성 측정

(1) 레일 지지단 패드 변화에 따른 전달함수 철도 지지부의 탄성계수를 측정하기 위해서는 주파수별 굽힘 강성과 두 개의 가속도계를 이용하여 얻어진 측정값이 필요하다. 두 지점에서 얻어



a) Soft pad



b) Hard pad

Fig.2 Transfer function of two pads

† 정회원, 한양대학교 기계공학부
E-mail : parkj@hanyang.ac.kr
Tel : (02) 2220-0424
* 한양대학교 기계공학과

의 스프링 상수를 구하기 위해 soft, hard 한 재질의 pad 두 개를 동일한 크기로 잘라 철도 바닥에 부착 후 사용하였다.

Fig. 2 는 100 Hz 에서 1600 Hz 까지의 pad 에 따른 철도의 전달함수를 이론치와 비교한 것으로, 100 Hz 이후의 전달함수 개형은 이론치와 실험치가 크게 차이 나지 않는 것을 확인할 수 있다.

(2) 레일 지지단 패드의 스프링 상수 측정

선형 보간으로 얻어진 굽힘 강성값과 수치해석적으로 얻어진 wave number 를 사용하여 식 (1)에 대입하면 주파수별 레일 지지단으로 사용한 pad 의 스프링 상수를 구할 수 있으며 결과는 Fig. 3 과 같다.

$$k = M_b \omega^2 - Dk_b^4, \quad (1)$$

여기서 k_b 는 wave number 이다.

(3) 파동 전파 속도 측정

파동 전파 속도는 wave number 를 통해 Fig. 4 와 같이 주파수 대역에서 변화하는 값을 알아낼 수 있고, wave number 와의 관계는 식 (2)와 같다.

$$c = \frac{\omega}{k_b} \quad (2)$$

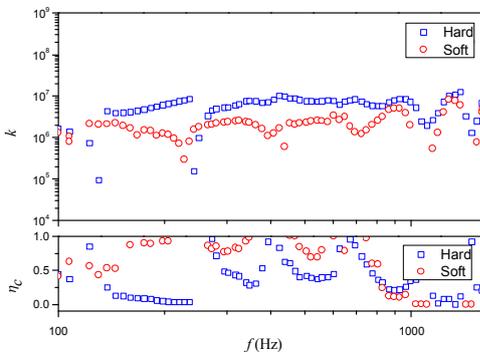


Fig.3 Spring constant of two pads

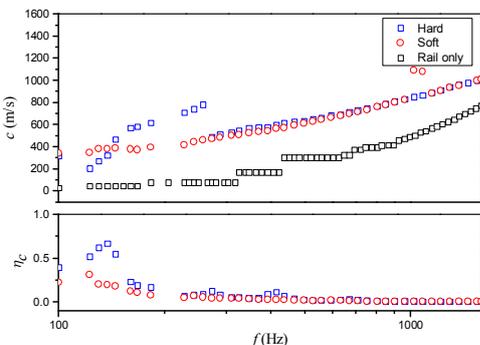


Fig.4 Wave speed of two pads

여기서 c 는 파동 전파 속도이다.

3. 결론

이상에서 파동 전파 특성과 전달함수법을 이용하여 철도의 굽힘강성과 지지부의 스프링 상수를 측정하였고 이를 검토한 결과는 다음과 같다.

지지단의 재질에 따라 전달함수의 peak 주파수가 오른쪽으로 이동하는 결과를 보였는데, 이는 지지부 pad 의 스프링 상수 차이 때문인 것으로 판단된다. 또한, 수치해석을 통해 얻어진 지지부의 스프링 상수를 통해 wave speed 를 구했다. Hard 한 재질의 pad 를 사용한 지지부의 스프링 상수는 Soft 한 재질의 스프링 상수보다 높은 값을 보임으로써 실험의 타당성이 입증된 것으로 판단한다.

후 기

본 연구는 한국과학재단의 지원으로 수행되었습니다.

4. 참고 문헌

- (1) M. Rao, 2003, "Recent applications of viscoelastic damping for noise control in automobiles and commercial airplanes," *Journal of Sound Vibration*, 262, pp. 457-734
- (2) C.H. Park and A. Baz, 1999, "Vibration control of bending modes of plates using active constrained layer damping," *Journal of Sound and Vibration*, 274, pp. 711-734
- (3) J. Park, 2005, "Transfer function methods to measure dynamic mechanical properties of complex structures," *Journal of Sound and Vibration* 288, 57-79
- (4) Junhong Park, Seung Joon Kim, Young Jeong, and Jin Yong Jeon, 2007, "Measurements of Viscoelastic Properties of Concrete Structure using Beam Transfer Function Method" 14th International Congress on Sound and Vibration, 9-12