

축소 철도 모형을 이용한 교량의 진동특성 실험에 관한 연구

Experimental Study of the Vibration Characteristics For Railroad Bridge Using Scale Model

이완하† · 박진영* · 김기만* · 박해동** · 박건록*

Wan-Ha Lee, Jin-Young Park, Ki-Man Kim, Hae-Dong Park and Kun-Nok Park

1. 서 론

철도 교량 받침에 의한 소음 및 진동 영향 평가는 해석적, 실험적 방법으로 많은 접근이 이루어져왔다. 실험적 규모의 소음진동 시험은 시험 준비와 관련된 시험비용 및 소요시간 등에서 제약이 있다. 또한, 다양한 변수를 적용하기 어려움이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 축소모형 시험을 수행하였다. 축소모형 시험을 수행하기 위하여 다양한 상시기법에 대한 이론을 검토하였으며 본 연구에서는 Jaschinski의 이론을 적용하였다. 축소비율은 1/50 scale의 축소비율을 사용하여 NR, HDR-1, HDR-2의 재료를 사용한 탄성 받침에 대한 기초 구조물의 동특성 평가를 실시하였다.

2. 본 론

2.1 축소모델 적용소재 및 축소모델의 상사

2.1.1 개요

탄성받침의 재질변경에 따라 철도 교량축소 모델의 열차 운행 시 발생하는 진동, 소음 및 기초 구조물의 변위를 확인하여 탄성받침의 특성비교를 위한 진동 및 소음측정을 제안하였다. 이에 철도 교량 축소모델 구조물의 동적특성을 파악하기 위해 설치된 교량 구조물에 대한 강제진동모드(Operating Deflection Shape) 실험 및 열차 운행 속도에 따라(7.1km/h, 33.1km/h, 70.8km/h, 141.5km/h, 212km/h, 244km/h) 발생하는 진동, 소음 그리고 축소교량 구조물의 변위 측정을 실시하고 분석한다. 또한 유사 구조 실측을 통한 비교 평가 등을 통해 NR, HDR-1, HDR-2 탄성받침에 대한 진동, 소음 변위 특성을 평가한다.

축소모형 진동 및 소음 특성 평가를 위하여 탄성받침의 소재를 표 1과 같이 적용하였다. NR 소재와 유사한 경도를

지니고 있는 HDR-1과 가장 높은 감쇠율을 나타내는 HDR-2를 적용하여 고감쇠 고무의 진동, 소음에 대한 기여도를 파악하고자 하였다.

표 1 적용 탄성 받침의 소재특성

구분	NR	HDR-1	HDR-2
경도	55	53	66.5
기타	일반 탄성받침	HDR 15%	HDR 25%

2.1.3 축소모델의 상사

철도 교량 축소모델을 제작하기 위하여 다양한 상시기법에 대한 이론을 검토하였다. 본 연구에서는 표 2와 같이 Jaschinski의 이론을 적용하여 축소모형의 교량, 화차 및 레일을 제작하여 시험을 수행하였다.

표 2 축소(1/50)에 따른 상사비율

Scaling factor	Unit	Jaschinski	Full scale
Velocity	km/hr	2749.9	70
Inertia	m ⁴	37014.4	11.567
Weight	tonf	1.056	132
Damping	%	0.000283	5
Frequency	Hz	47.38	6.7

가속구간 25m와 감소구간 25m로 선로를 구축하였으며 교량 부분은 그림 1과 같이 30m×2span으로 60m의 교량을 대상으로 상사법칙에 의해 1/50로 축소하였으며 축소모델 스펙은 600mm×2span(1200mm)으로 제작되었다.

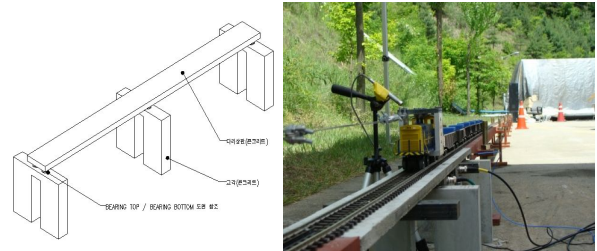


그림 1 축소모델의 제작

† 교신저자; 유니슨이앤씨(주) 기술연구소
E-mail : whlee@unison.co.kr
Tel : (041) 620-3436, Fax : (041) 552-7416

* 유니슨이앤씨(주) 기술연구소

** (주)브이원

2.2 고유진동수 및 감쇠비 측정

2.2.1 계측위치 및 계측방법

탄성받침의 종류에 따른 기초 구조물의 동특성을 확인하기 위하여 탄성받침의 재질을 NR, HDR-1, HDR-2를 사용하여 총 3가지의 탄성받침을 동일한 방법으로 측정하였으며, 기초 구조물의 동특성 평가를 위해 그림 2와 같이 각종 계측기를 설치하였다.

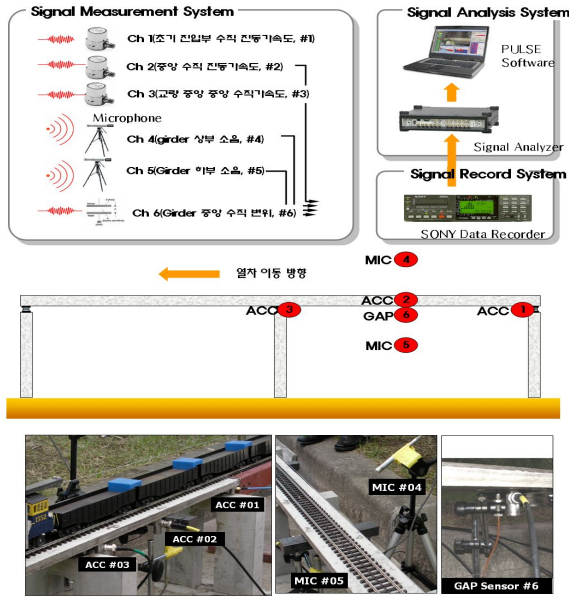


그림 2 탄성받침의 진동 측정방법 및 측정위치

2.2.2 기초 구조물의 동특성 측정

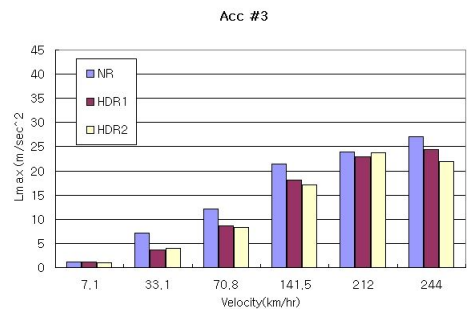
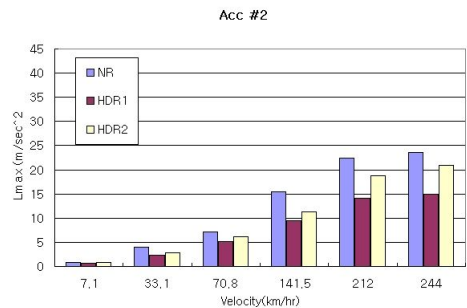
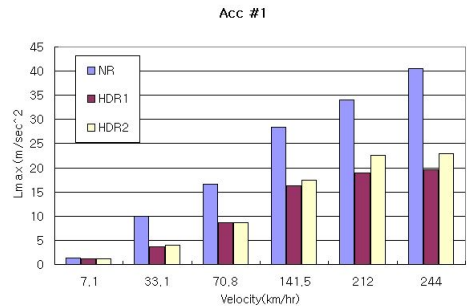
탄성 받침별 고유진동수 및 감쇠비를 확인하기 위한 실험적 모드실험 결과 아래 표 3과 같이 1차 Mode의 고유진동수는 NR < HDR-1 < HDR-2의 순서로 나타났으며 감쇠비는 1차 Mode에서 HDR-2 > HDR-1 > NR 순으로 나타났다. 일반적으로 HDR-1, HDR-2 탄성받침이 NR 탄성받침에 비해 감쇠비가 높은 것을 확인하였다.

표 3 탄성 받침의 종류에 따른 고유진동수 및 감쇠비

	1st mode	2nd mode	3rd mode
Mode Shape			
NR	32.95 Hz [9.48%]	35.94 Hz [4.24%]	132.24 Hz [1.07%]
HDR-1	46.95 Hz [18.5%]	69.4 Hz [6.87%]	134.61 Hz [2.47%]
HDR-2	48.98 Hz 19.48%]	72.44 Hz [5%]	135.04 Hz [2.4%]

2.2.3 진동 가속도 측정 결과

탄성받침의 재질의 변경에 따라 열차 가동 시 교량 초기 진입 부[탄성 받침 부]에 가속도 센서를 설치하여 진동 가속도 값을 측정하였으며 그 값의 Lmax 값을 3회 측정하여 평균값을 아래 그래프로 표현하였다.



3. 결 론

탄성받침의 재질을 변경하여 동일한 방법으로 동특성 해석을 실행한 결과 공통적인 1차, 2차, 3차에 해당하는 진동 응답 모드 및 이에 따른 고유진동수 및 감쇠비를 확인하였다. 1차 응답모드는 교각의 Pier(교각의 기둥부)부를 기준으로 상하로 휘어지는 벤딩 모드형상을 확인할 수 있었으며 2차 응답모드는 1차와 같은 형상이나 Pier부를 기준으로 같은 위상을 가지며 휘어지는 모드임을 확인할 수 있었다. 또한 3차 모드에서는 교각의 장축을 기준으로 틀어지는 형상이 모든 탄성받침에서 공통적으로 확인되었다.

열차 진입 시 교량 초기부의 가속도 값은 NR 탄성받침이 가장 높게 나타났으며 평균적으로 NR > HDR-2 > HDR-1 순으로 나타났다.