PSC Beam 철도교량의 처짐과 가속도 계측 및 이동하중 해석

Moving load Analysis and Measurement of Deflection and Acceleration for PSC Beam Railway Bridges

황의승*, 김도영*, 홍성호*†

Eui-Seung Hwang*, Do-Young Kim*, Sung-Ho Hong*†

Abstract Passengers feel restless caused by vibration when train pass through a bridge for railroad. Also the vibration affects structural stability and serviceability, so consideration of criteria in ride quality and vehicle running stability should be demanded. Running stability and ride quality can be obtained by investigating the bridge's vertical deflection and acceleration. In this study, PSC Beam-type Bridge is modeled in three dimensions by using common use program. Deflection and acceleration data from test is compared with analysis values in accordance with moving load analysis.

Keywords Railway Bridge, Acceleration, Driving safety, Comfort, Deflection

초 록 열차가 철도교량을 통행 하는 중에 발생하는 진동은 교량구조물의 구조적인 안전성과 사용성뿐만 아니라 승객들의 승차감에도 영향을 미친다. 이러한 진동은 구조적인 안전성과 사용성에도 영향을 미친다. 그러므로 승차감 및 주행 안정성 기준에 대한 검토가 필요하다. 교량을 통행하는 열차 주행 안전성과 승차감 확보는 교량의 연직 처짐과 연직 가속도를 검토함으로써 수행된다. 본 연구에서는 PSC Beam 철도교량을 상용 프로그램을 이용하여 3차원으로 모델링 하였고 이동하중 해석에 의한 교량의 연직 가속도와 연직 처짐의 해석 값과 계측 값을 비교하였다.

주요어 : 철도교, 진동가속도, 주행안전성, 승차감, 처짐

1. 서 론

철도가 운송수단으로써의 역할이 확대 됨에 따라 철도교에 대한 관심도 증가하고 있다. 철도교는 반복되는 열차의 하중으로 인한 처짐 및 진동가속도 검토가 필요하다.

철도 교량의 주행안전성과 승차감에 대한 검토는 교량의 연직가속도, 처짐, 면틀림을 분석함으로써 이루어지는데[1], 본 논문에서는 PSC Beam 교량을 대상으로 열차가 PSC Beam 교량을 통과할 때 발생하는 가속도와 처짐을 계측하였고 구조해석 프로그램을 이용하여 모델링을 한 후 실제 측정된 열차의 하중을 입력하여 이동하중 해석을 수행하였다. 그리고 그 결과값을 계측값과 비교하였다.

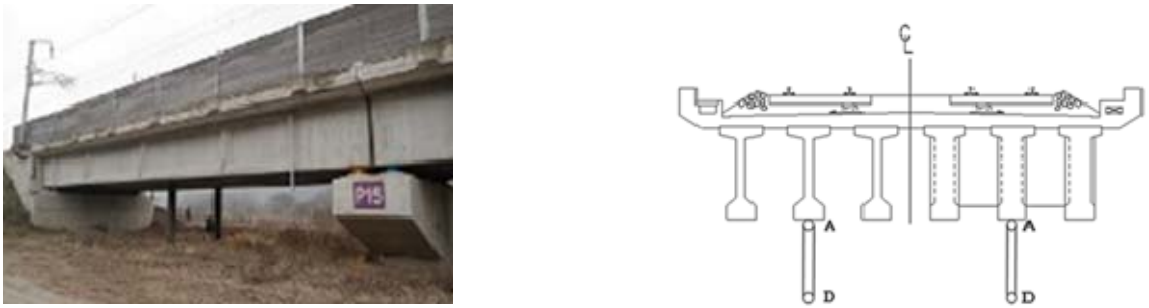
† 교신저자: 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과(mildangeleye@khu.ac.kr)
* 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과

2. 본 론

2.1 주행실험

2.1.1 대상교량 선정

PSC Beam 교량의 가속도, 처짐을 계측 값과 해석 값을 비교 해야 한다. 이를 수행하기 위해서 전라선상에 시험교량의 계측자료를 이용하였다. 이 계측자료는 2015년 1월 23일부터 2월 25일까지 약 한 달간 971개의 계측자료이다. 시험교량에는 KTX, KTX-산천, ITX-새마을호 무궁화호, 화물열차가 지나간다. 이 자료 중 이동하중 해석에 사용된 계측자료는 2월 18일에 측정된 KTX-산천으로써 열차의 축수가 26축이다. 이중에서 임의로 5개의 자료를 선정하여 사용하였다. Fig. 1(a)는 센서가 설치된 경간 25m인 시험교량의 전경이다. 가속도계 처짐센서는 Fig. 1(b)와 같이 각 경간의 중앙에 설치하였고, 열차가 통과 할 때마다 측정이 되었다.



(a) 시험교량 (b) 센서설치위치

Fig. 1 PSC Beam bridges and sensor location

2.1.2 계측결과 및 분석

시험교량에서 계측된 전체결과와 KTX-산천이 지나갈 때의 계측 결과를 Table 1에 정리하였다. 계측데이터의 최대축중, 평균축중과 속도에 따른 처짐과 가속도의 그래프를 Fig. 2에 나타내었다. 처짐 및 가속도는 축중과 속도에 상관성이 크게 나타나지 않았다. 이동하중 해석에 사용된 임의로 선택한 5개의 상세 결과를 Table 2에 나타냈었다.

Table 1 Velocity and weight of bridge

		KTX-산천	전체
속도(km/h)	Min.	91.072	54.3
	Ave.	142.444	121.2
	Max.	148.688	152.8
축중량(kN)	Min.	87.065	87.065
	Ave.	143.320	191.7
	Max.	206.500	318.7
DT1(mm)	Min.	0.659	0.472
	Ave.	0.733	0.957
	Max.	1.094	1.583

ACC(g)	Min.	0.166	0.006
	Ave.	0.275	0.027
	Max.	0.808	0.094

Table 2 The result of test

	8시 46분	10시 57분	12시 23분	14시 03분	16시 29분
최대축중(kN)	168.9	176.3	201.6	164.1	179.1
평균축중(kN)	144.20	147.36	151.60	146.49	160.14
속도(km/h)	142.02	142.18	141.20	142.66	112.75
최대처짐(mm)	0.738	0.740	0.774	0.747	0.75
가속도(g)	0.277	0.289	0.798	0.205	0.233

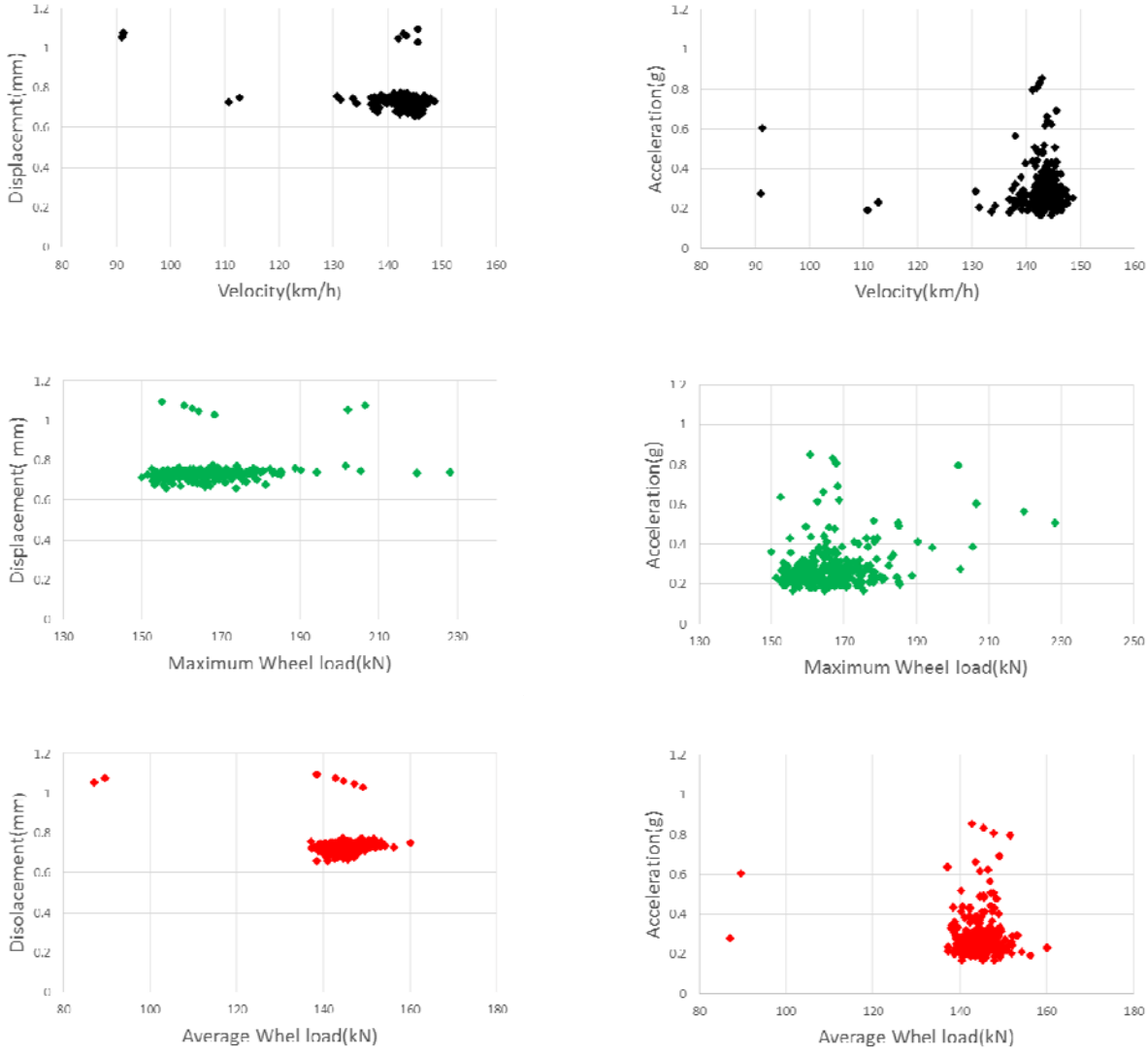
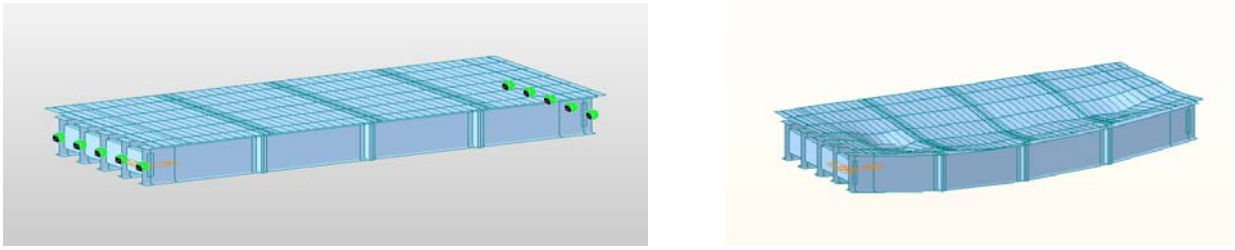


Fig. 2 Deflection and acceleration by wheel load and velocity

2.2 모델링

2.2.1 모델링

마이다스 프로그램을 이용하여 시험교량을 모델링하고(Fig. 3(a)), 실제 계측 데이터 중 임의의 데이터를 입력하여 이동하중 해석을 수행한 후 계측 데이터와 해석 데이터를 비교하였다. Fig. 3(b) 는 열차가 지나갈 때의 모델의 형상을 나타낸 것이다.



(a)시험교량 모델링 (b)열차가 지나갈 때

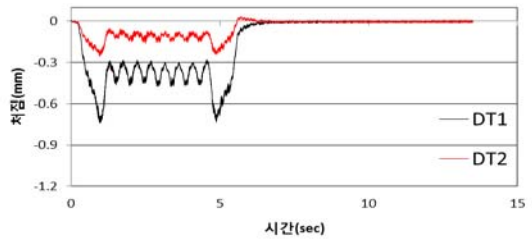
Fig. 3 Modeling by Midas program

2.2.2 해석 결과 및 분석

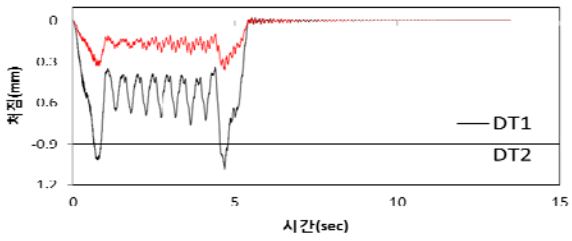
마이다스 프로그램을 이용하여 이동하중 해석을 수행하였다. 각 경우의 최대 처짐 값과 가속도 값을 비교해보면 대체로 해석 값이 크게 나타나며 가속도의 값의 차이가 더 큰 것을 확인할 수 있다(Table 3). 처짐의 응답비는 0.7 내외이고 가속도에 응답비는 0.17~0.95 사이를 나타낸다. 시간에 따른 처짐의 양상을 비교하여 보면 해석 값과 계측 값이 유사하게 나오는 것을 알 수 있다(Fig. 4).

Table 3 Deflection and Acceleration by Analysis

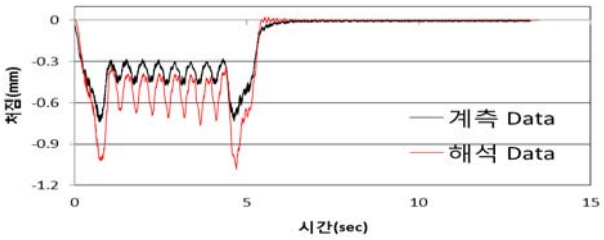
	8시 46분	10시 57분	12시 23분	14시 03분	16시 29분
최대처짐(mm)	1.084	1.050	1.098	1.032	1.165
계측-해석 처짐 응답비	0.680	0.705	0.705	0.724	0.644
가속도(g)	0.901	0.777	0.840	0.807	1.355
계측-해석 가속도 응답비(%)	0.307	0.372	0.95	0.254	0.172



(a)계측 Data



(b)해석 Data



(c)주행방향에서의 계측 Data와 해석 Data 비교

Fig. 4 Analysis values and measurement values of displacement by time

3. 결 론

PSC Beam 철도교량의 열차에 의한 처짐과 가속도와 해석 프로그램에 의한 처짐과 가속도의 비교 분석하기 위하여 전라선상의 시험교량을 선정하여 실시하였다. 계측 값과 해석 값을 비교 분석 해본 결과. 계측 값 보다 해석 프로그램의 처짐과 가속도의 값이 크게 나왔으며, 대체적으로 최대 축중의 영향이 큰 것으로 판단된다. 처짐의 응답비는 0.7 내외로 나타났으며 가속도의 응답비는 0.17~0.95까지 다양하게 나타났다. 향후에는 많은 데이터를 이용하여 처짐과 가속도에 영향을 미치는 요인을 분석하는 연구를 수행할 예정이다.

감사의 글

이 논문은 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원(과제번호: 15RTRP-B067919-03)에 의해 수행되었습니다. 이에 감사 드립니다.

참고문헌

[1] E. S. Hwang, D. Y. Kim (2014) Comparison of safety and serviceability criteria for railway bridges, *Korea concrete institute conference*, Jeju, pp. 821~822.