

온도를 고려한 고속철도 교량의 진동 실험

Dynamic Field Test of High-Speed Railway Bridge Considering Temperature

최은석* 진원종** 이정우** 강재윤** 곽종원** 김병석**

Choi, Eun Suk Chin, Won Jong Lee, Jung Woo Kang, Jae Yoon Kwark, Jong Won Kim, Byung Suk

ABSTRACT

By the examination of data collected by long-term measuring system on high-speed railway bridges, it has been known that the atmospheric temperature may affect the responses of maximum deflection and acceleration of bridge deck. Collected data show a tendency by seasonal factor to that, by the decrease of temperature, the response of acceleration of bridge deck increases, and the response of deflection decreases. To trace the cause of this tendency, parametric analysis on the stiffness of bridge bearing and track ballast has been performed, and the in-site measurement has been achieved in high-speed railway line to understand seasonal influences.

1. 서론

경부고속철도 교량에 장기계측 시스템을 구축하고 정기적으로 계측을 수행하였고, 그 계측된 데이터를 분석한 결과 최대 변위 응답, 최대 가속도 응답이 온도에 영향을 받는 것으로 분석되었다. 계측된 응답을 살펴보면 일반적으로 온도가 낮은 겨울이 여름에 비해 가속도응답은 커지고, 변위응답은 작아지는 경향을 나타냈다. 이러한 경향을 유발하는 요인을 알아내기 위해 받침의 수직강성 및 도상의 탄성계수를 변화시켜가며 해석을 수행하였고, 고속철도 시험선 구간과 평택에서 현장실험을 수행하였다. 장기계측 시스템이 구축되어 있는 시험선 구간의 연제교는 탄성받침-포트받침-탄성받침을 갖는 일반적인 2@40m PSC Box 거더교와 달리 탄성받침-탄성받침-탄성받침의 받침배치를 가지고 있다. 탄성받침은 포트받침에 비해 강성이 작고, 온도에 대한 강성 변화량이 큰 것으로 알려져 있다. 그리고 일반적인 받침배치를 가지고 있는 평택고가를 실험대상교량으로 선정하여 두 교량의 응답을 비교하였다.

표 1. 교량 제원

교량명	연제교	평택고가	신정교
교량위치	서울기점 117 km	서울기점 64 km	서울기점 106 km
형식	PSC box-girder	PSC box-girder	PSC box-girder
교고	5 m	8 m	10 m
경간장	2@40 m	2@40 m	2@40 m
공법	FSM	FSM	FSM

2. 구조 해석

2.1 개요

* 한국건설기술연구원 구조시스템연구실, 연구원, 정회원

E-mail : eschoi@kict.re.kr

TEL : (031)910-0538 FAX : (031)910-0660

** 한국건설기술연구원 구조시스템연구실

고속철도 교량의 국부진동 해석을 위해서는 정밀한 3차원 유한요소 모델이 필요하다. 자체 개발한 myfem4.0 프로그램을 이용하여 2@40 PSC Box 거더교를 웰, 3차원 연속체 요소, 보요소, 스프링 요소 등을 이용하여 정밀하게 모델링한 후 이동하중해석을 수행하여 교량의 진동 특성을 분석하였다. 현장 계측된 실험 자료를 이용하여 콘크리트 탄성 계수와 도상의 탄성계수를 추정하였으며, 받침의 수직강성이 응답에 미치는 영향과 도상의 탄성계수 변화가 응답에 미치는 영향을 분석하였다. PSC Box 거더 본체는 4절점 웰요소로, 지점부의 격벽과 도상은 8절점 연속체 요소로, 침목과 레일은 2절점 보요소로 모델링하였다. 경계조건은 해석대상교량인 연제교의 반침 계획을 고려하여 스프링 요소로 모델링하였다. 고유진동수 해석을 수행한 후 2.4%의 등가감쇠비를 적용하여 이동하중해석을 수행하였다.

2.2 해석 결과

매개변수 해석 결과는 다음과 같다. 그림 3은 가속도, 변위 응답의 최대값을 진입부 중앙 단면의 횡방향 분포를 주행속도 300km/hr와 공진속도에 대해 비교해서 나타낸 것이고, 그림에서 받침의 수직강성이 증가함에 따라 변위응답 및 가속도 응답이 감소됨을 확인할 수 있다. 특히 지점조건을 스프링이 아닌 고정으로 처리할 경우 그 응답이 상당히 작게 계산되었다.

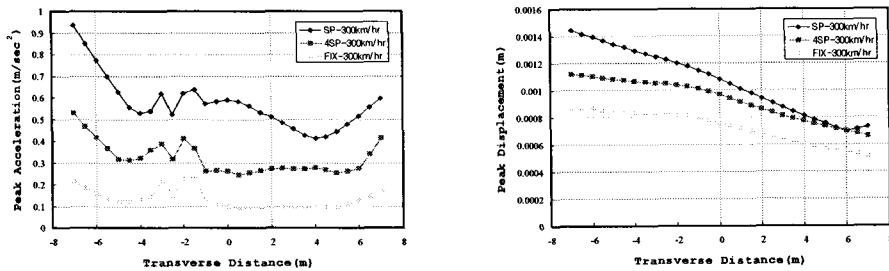


그림 1. 반침강성변화에 따른 응답 - 최대 수직 가속도와 수직 변위의 횡방향 분포(주행속도 300km/hr)

3. 진동 실험

3.1 실험대상 교량

실험대상 교량은 시험선 구간의 연제교(KP117)와 신정교(KP106), 그리고 평택고가(KP64)를 선정하였다. 각각의 교량은 모두 같은 형식의 교량이며, 받침배치는 신정교와 평택고가는 탄성반침-포트반침-탄성반침이고 연제교는 모두 탄성반침이다.

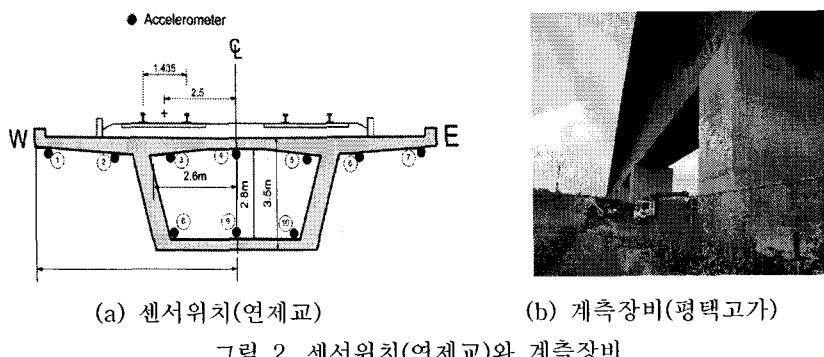


그림 2. 센서위치(연제교)와 계측장비

3.2 계측방법과 센서위치

대상 교량은 모두 유도상 교량으로 현재 상·하행선 모두 KTX차량이 최고 속도로 주행하고 있다. 실험차량인 KTX는 총 20량으로 앞뒤로 동력차와 동력객차 각각 2량씩, 그리고 객차가 16량으로 구성되어 있다. 연제교의 경우, 경간 중앙부의 센서의 위치는 그림 2(a)와 같이 42번 교각과 43번 교각사이의 중

양 경간에 집중시켰다. 처짐은 Tokyo Sokki사의 링 형식 변위계를 방풍장치한 강선과 함께 사용하였고, 가속도의 측정은 Kistler사의 Capacitive 형식인 K-beam 저 진동수용(2g) 가속도계를 각각 설치하였다. 신정교는 연제교와 동일하게 설치하였으며, 평택고가는 박스내부에 가속도계를 3지점에 설치하였다.

3.3 결과 분석

탄성받침과 포트받침의 경우 가속도를 비교하면, 차량이 주행한 쪽의 가속도 진폭은 큰 차이가 없으나 중앙부와 반대쪽 가속도의 경우는 포트받침이 배치되어 있는 교량의 응답이 다소 줄어드는 경향을 보이고 있다. 그러나 그럼 3의 최대가속도 분포를 보면 주행부의 가속도 분포가 넓게 분포되어 있어서 포트받침의 최대가속도는 차이가 없는 것으로 판단된다. 최대 수직변위는 포트받침의 경우 현저한 감소를 보이고 있다.

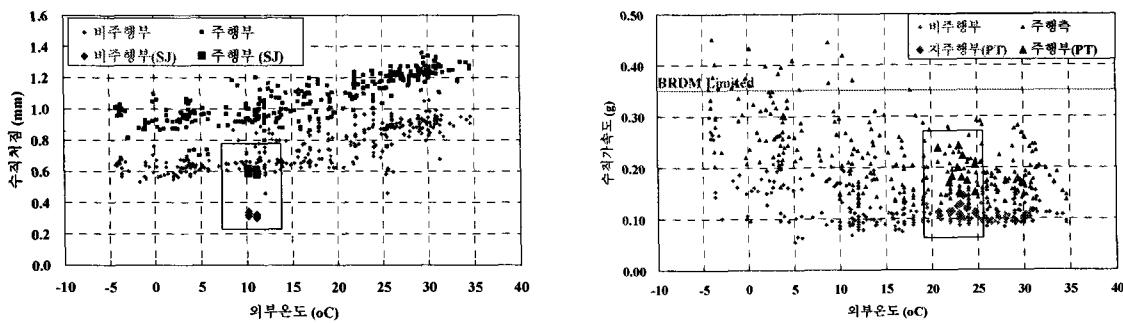


그림 3. 온도에 대한 최대가속도와 최대수직변위 분포

4. 결론

받침의 수직강성과 도상의 탄성계수는 구조해석적으로는 값이 클수록 변위응답 및 가속도응답은 감소하게 된다. 그러나 현장에서 계측한 결과 탄성받침에 대한 포트받침 배치의 교량은 가속도는 큰 변화가 없지만 수직 변위는 현저한 차이를 보이고 있다. 받침의 수직강성은 온도가 낮은 겨울에 증가하므로 설계에서 관찰되는 변위응답이 감소되고, 고유진동수가 커지는 현상을 보이고 있다.

향후, 온도와 콘크리트 탄성계수의 연관관계, 차량 교량의 상호작용 효과, 시험선에 설치된 크립커플러 등이 미치는 영향에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 국가R&D 과제인 “고속철도 선로구축물 시스템 안정화 기술개발(5차년도)” 연구 결과의 일부이며, 협조해 주신 철도공사 오송고속철도시설사무소, 한국유지관리 관계자에게 감사드립니다.

참고문헌

1. 한국건설기술연구원(2006), 고속철도 선로구축물 시스템 안정화 기술개발 4차년도보고서, 건설교통부