

열차의 주행안정성을 고려한 고속철도교량의 진동가속도 측정

A Vibration Measurement of High-speed Railway Bridges considering riding stability of high-speed train

윤혜진† · 진원종* · 곽종원**

Hyejin Yoon, Won-Jong Chin and Jong-Won Kwark

1. 서 론

고속주행하는 열차가 교량 위를 통과할 때는 구조물, 궤도 그리고 차량들 간의 상호작용에 의해서 진동이 발생하게 된다. 특히 고속열차의 주행으로 구조물에 공진이 발생하는 경우에 이러한 진동이 크게 발생할 수 있으며, 이는 레일의 체결력 약화 또는 운중의 손실이 발생되어 탈선의 위험성이 증대되고 열차의 주행 안정성을 해치게 된다. 국내 고속철도 설계기준인 호남고속철도설계지침⁽¹⁾에서는 고속열차의 주행 안전성 확보를 위하여 교량 상판에서의 진동 발생에 대한 제한 기준을 두고 있으며, 교량의 상판에서 일률적으로 자갈도상의 경우에 0.35g, 콘크리트도상의 경우에 0.5g 이하의 값도록 한다. 하지만 가속도는 교량 단면의 측정위치에 따라 크게 차이가 나기 때문에 현재의 가속도 제한 기준을 보완할 필요성이 있다.

이 논문은 이를 위하여 현재 공용중인 고속철도 교량에 대한 현장계측 실험을 통하여 가속도 신호를 수집하고 분석하였다. 가속도는 교량 단면의 측정 위치에 따라 크게 차이가 나는데, 열차의 주행 안정성과 직접적으로 관련된 위치에서의 가속도를 고려하고자 하였다.

2. 교량 단면내 진동가속도 특성

2.1 교량상판 연진가속도 제한

교량 상판의 진동가속도 제한기준을 두는 이유는

† 윤혜진 ; 비회원, 한국건설기술연구원
hiyoon@kict.re.kr
Tel : 031-910-0131, Fax : 031-910-0121

* 한국건설기술연구원

** 한국건설기술연구원

고속 주행하는 열차의 운행안정성을 확보하기 위해서이다. ERRI D219 RP9⁽²⁾ 보고서에 따르면 자갈도상이 적용된 철도교량의 상판에 과도한 가속도가 발생할 경우 공진, 자갈도상의 체결력 감소, 도상 시스템 간의 접촉력 감소, 궤도의 강성 손실 및 이동, 받침의 들림 등이 발생할 수가 있다. 또한 궤도 모형에 대한 실내 실험을 통하여 교량 상판의 가속도가 0.7g 이상이 되었을 때 도상의 수직방향 침하와 수평방향 저항력이 현격하게 저하되는 현상을 발견하였으며, 안전율 2를 도입하여 0.35g를 도상교량 상판의 진동가속도 제한치로 제한하였다. 하지만 진동가속도는 교량 상판 내에서의 수집 위치에 따라 크게 달라질 수 있다. 국내 호남고속철도설계지침에서는 열차의 주행안정성 확보를 위한 교량의 가속도가 자갈도상 교량의 경우 0.35g 이하가 되도록 명시하고 있다. 이 때 허용가속도 제한을 교량 상판에서의 Peak Value라고만 명시하고 있어 구체적인 평가 위치 및 가속도 처리방법에 대한 규정을 두고 있지 않다. 이는 설계자의 자의적인 해석에 따라 그 결과가 크게 달라질 수 있기 때문에 실제 열차의 주행안정성과 직접적으로 관련된 위치에서의 가속도를 실제 교량의 거동을 대표할 수 있는 평가방법 및 분석방법을 반영하여 제한할 필요가 있다.

2.2 진동가속도 측정

국내 고속철도교량 중에서 현재 공용중인 자갈도상 교량인 지탄교(그림 1)에 대한 현장계측 실험을 실시하고, 가속도 신호를 수집하여 이를 분석하였다. 지탄교는 2경간 연속(2@50m)의 강합성 교량이다. 가속도 신호는 경간 중앙에서 측정하였으며, sampling rate는 250Hz이다. 그림 2는 지탄교에서의 가속도 센서 설치 위치를 나타내고 있다.



Figure 1. Jitan Bridge

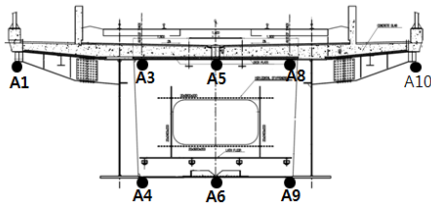


Figure 2. Accelerometer layout

2.3 단면내 위치에 따른 진동가속도 분석

그림 3은 고속철도열차의 운행에 따라 지탄교의 단면 위치에 따라 수집된 가속도 응답이다.

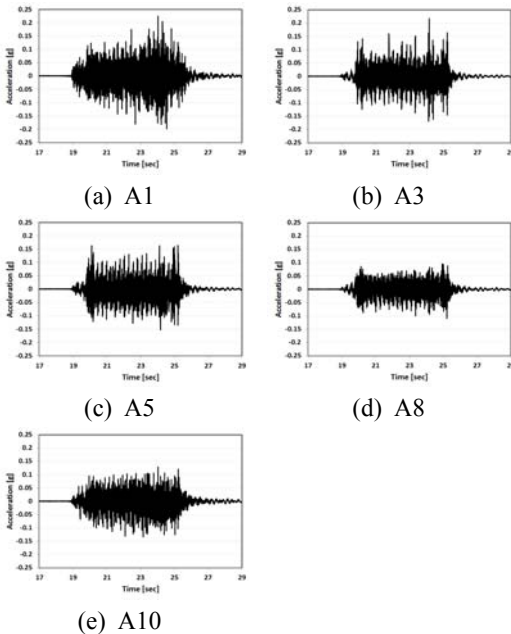


Figure 3. Acceleration responses

그림 4는 가속도 최대 응답을 단면 위치에 따라

나타낸 것이다. 지탄교의 경우 가속도는 교량 상판의 상부가 하부보다 크게 나타났다. 단면 내 최대 가속도 발생지점은 열차하중에 의한 가력지점 및 중앙으로 나타났다. 지탄교는 자갈도상이 적용된 교량이다. 과도한 가속도 발생에 따른 자갈도상의 체결력 감소는 고속철도열차의 운행안정성과 직접적으로 연관되어 있다는 점을 고려해 볼 때, 운행 안정성을 고려하여 가속도는 도상 위치에서 반드시 검토되어야 할 것으로 판단된다.

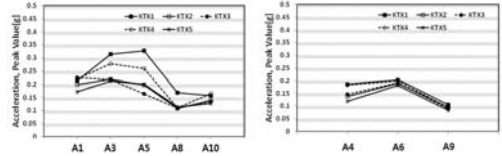


Figure 4. Acceleration per measurement location

3. 결 론

이 논문에서는 현재 공용중인 고속철도교량에 대한 현장계측 실험을 통하여 가속도 신호를 수집하여 분석하였다. 진동가속도는 교량 상판 내의 수집 위치에 따라 크게 달라 질 수 있다. 자갈도상이 적용된 교량의 경우 과도한 가속도 발생에 따른 자갈도상의 체결력 감소는 고속철도열차의 운행안정성과 직접적으로 연관되어 있다는 점을 고려해 볼 때, 운행안정성을 고려하여 가속도는 도상 위치에서 반드시 검토되어야 할 것으로 판단된다.

후 기

이 연구는 한국철도시설공단의 연구비 지원(과제명 : 철도건설 경쟁력 확보를 위한 용역)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- (1) 한국철도시설공단, "호남고속철도 설계지침," 한국철도시설공단, 2007
- (2) European Rail Research Institute, "ERRI D214 RP9: Rail Bridges For Speeds $v \geq 200\text{km/h}$ ", 1999