

진동수 영역을 고려한 고속철도교량의 계측가속도와 동적해석 가속도 비교

A Comparative Study on Acceleration from Measurement and Dynamic Analysis of High Speed Railway Bridge

윤혜진† · 진원종* · 조정래* · 황찬규** · 곽종원*

Hyejin Yoon, Won-Jong Chin, Jeong-Rae Cho, Chan-Gyu Hwang and Jong-Won Kwark

1. 서 론

철도교량에 작용하는 활하중은 일정한 간격의 연속적인 차륜하중이 반복적으로 작용하기 때문에 동적안정성에 대한 검토가 필수적이다. 교량의 동적안정성 검토에 있어서 상판의 진동가속도는 가장 중요한 검토 항목이다. 특히 가속도 응답은 고려하는 진동수 대역에 따라 그 응답의 특성 및 응답의 크기가 크게 달라지기 때문에 가속도 제한 기준의 합리적인 적용을 위해서는 최대값 제한과 함께 고려해야 할 진동수 영역의 규정이 필수적이다.

Eurocode(2003)⁽²⁾에서는 교량 상판의 최대 가속도를 진동수 영역을 고려하여 자갈레도 도상인 경우에는 0.35g, 콘크리트레도 도상인 경우에는 0.50g로 제한한다. 고려하는 진동수는 30Hz, 고유진동수의 1.5배, 3차 진동수 중 최대값이다. 하지만 호남고속철도설계지침(2007)⁽¹⁾에서는 진동수 영역의 고려 없이 가속도의 최대값만 제한하고 있다. 이는 가속도 응답이 진동수 영역에 따라 크게 변한다는 점에서 동적안정성 검토 결과에 큰 영향을 미칠 수 있다. 교량의 거동에 실질적으로 영향을 미치는 것은 저진동수 성분이다. 따라서 본 논문에서는 동일한 교량을 대상으로 현장계측과 이동하중해석을 실시하고 동일한 저진동수 영역에서의 계측 가속도와 해석 가속도를 비교하였다.

2. 고속철도교량의 가속도 응답 수집

2.1 대상교량

계측 및 동해석은 운용중인 교량을 대상으로 하는데 대상 교량의 제원은 Table 1과 같다.

Table 1 Characteristics of Selected Bridges

교량명	고모고가	성동고가
교량위치	대구시 수성구 고모동 391-5	대구시 수성구 성동 100-6
형식	PSC Beam	PSC BOX
레도형식	자갈레도	콘크리트레도
측정구간	S46(P45~A2)	S37 (P37~P38)
경간장	1@25m	1@50m
바닥판높이	280mm	350mm
거더높이	2.35m	3.65m

2.2 현장계측

대상교량의 가속도 응답 수집을 위하여 가속도 센서를 Fig 1, Fig 2와 같이 설치하고 1일 동안 KTX 열차의 주행에 의한 교량의 가속도 신호를 수집하였다. 계측 Sampling Rate는 250Hz이다. 각 교량에서 1일 동안 수집된 데이터 수는 고모고가에서 48개, 성동고가에서 47개 이다. 해당 교량상의 KTX 열차 주행속도는 고모고가 107 ~ 130 km/hr, 성동고가 160 ~ 185 km/hr 이다.

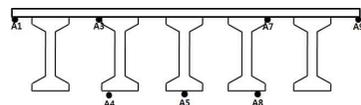


Fig 1. Monitoring Point of Gomo Viaduct

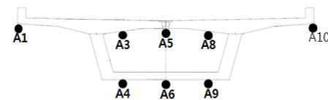


Fig 2. Monitoring Point of Seongdong Viaduct

2.3 동적해석

† 윤혜진 ; 비회원, 한국건설기술연구원

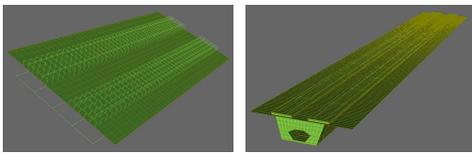
E-mail : hiyoon@kict.re.kr

Tel : 031-910-0131 , Fax : 031-910-0121

* 한국건설기술연구원 인프라구조연구실

** 서울벤처대학원대학교 융합산업학과

동적해석에 의한 가속도와 현장계측에 의한 가속도의 비교를 위해서는 엄밀한 해석이 수행되어야 한다. 따라서 각 교량의 형식을 고려하여 요소를 선택하여 3차원으로 모델링을 수행하고, 궤도 구조를 교량 모델링에 반영하였다. PC Beam 형식의 고모고가는 바닥판은 4절점 쉘요소, 거더와 가로보는 보요소를 적용하였으며, 거더의 높이를 고려하여 거더-바닥판 연결과 거더-받침 연결에 Beam-type 구속조건을 적용하였다. PSC 박스거더 형식인 성동고가는 8절점 솔리드 요소를 적용하였다. 두 교량 모두 바닥판의 난간은 강성은 무시하고 질량으로만 고려하였다. 열차 하중은 20량 편성의 KTX이다.



(a) Gomo Viaduct (b) Seongdong Viaduct

Fig 3. Modelling

3. 가속도 비교

경간 중앙부 단면에서 열차가 지나는 점(L)에서 진동수 영역 고려여부에 따른 계측 가속도와 해석 가속도를 비교하였다. 진동수 영역을 고려한 가속도 응답은 교량의 거동에 지배적인 저진동수 성분만을 고려하여 30Hz로 Low Pass Filtering 한 것이다.

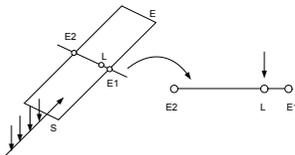
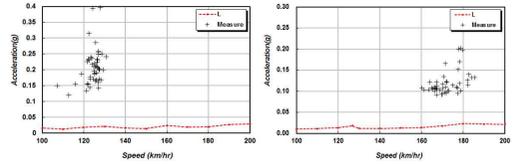


Fig 4. Monitoring Point

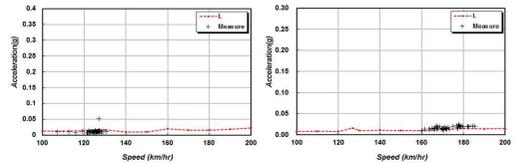
Fig 5는 진동수 영역에 대한 고려 없이 250Hz sampling rate에 의한 계측가속도와 동적해석 가속도를 함께 나타낸 것이다. 이동하중해석에서 고려하는 진동수는 열차의 주행속도에 따라 해석을 위한 시간간격(dt)에 따라 달라진다. 열차 운행속도가 100 km/hr일 때 진동수를 83Hz까지 고려하였으며 열차 운행속도가 200 km/hr일 때 진동수를 166Hz까지 고려하였다. 실측 가속도와 해석 가속도는 상당한 편차를 보이는 것으로 나타났다. Fig 6은 계측가속도와 동적해석 가속도를 30Hz Low Pass Filtering 한 결과이다. 이 경우 해석 가속도가 계측 가속도를

잘 반영하는 것으로 판단된다.



(a) Gomo Viaduct (b) Seongdong Viaduct

Fig 5. Peak Acceleration (Before Filtering)



(a) Gomo Viaduct (b) Seongdong Viaduct

Fig 6. Peak Acceleration (After Filtering)

4. 결 론

본 논문에서는 고속철도교량의 계측 및 동해석에 의한 가속도 신호를 수집하고 진동수 영역 고려여부에 따른 가속도 크기를 비교하였다. 진동수 영역을 고려하지 않았을 경우 계측가속도와 해석 가속도는 상당한 편차를 보였다. 교량의 거동에 지배적인 저진동수 성분만을 고려하여 30Hz로 Low Pass Filtering 하였을 때에는 해석 가속도가 계측 가속도를 잘 반영하는 것으로 나타났다.

후 기

본 연구는 한국건설기술연구원 주요사업 “초고성능 콘크리트 활용기술 개발”과 한국철도시설공단 “철도건설 경쟁력 확보를 위한 용역” 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) 한국철도시설공단, “호남고속철도 설계지침,” 한국철도시설공단, 2007
- (2) European Committee for Standardization, “EUROCODE 1 Part 2: Actions on Structures - Traffic load on bridges,” European Committee for Standardization, 2003