

## 열차주행에 따른 곡선철도교량의 동적해석과 현장계측결과의 비교분석

### Investigation on Dynamic Analysis and Field Measurement Results of the Curved Bridge by Train Passage

서강석<sup>†</sup>, 여인호\*, 김기현\*, 권오혁\*\*

Gang Seok Seo<sup>†</sup>, Inho Yeo\*, Ki Hyun Kim\*, Ohyuk Kwon\*\*

**Abstract** Curved railway bridges have a great advantage to be adapted for limited topographical conditions. However, curved bridges get centrifugal force by train passage that their behavior is different from those of straight railway bridges. Therefore attention should be made to the design and analysis. This study performs dynamic analysis when a high-speed train passes on a curved bridge and examines the validity of the modeling and analysis. The Limsilcheon bridge selected in the study is located in Sinri-Suncheon, Jeolla line. The bridge has a maximum span length of 53m, the radius of curvature of 1000m, and is composed of three continuous spans. The calculated acceleration and deflection are similar to the field measurement results. Therefore, a method modeling curved railway bridges for dynamic analysis was established from this study.

**Keywords** : Curved railway bridges, Dynamic analysis, Field measurement, Acceleration, Deflection

초 록 곡선철도교량은 한정된 지형조건에서 교량의 역할을 충분히 발휘하는 강점이 있다. 그러나 곡선철도교량은 열차주행에 의해 원심력이 작용하여 직선교량과는 상이한 거동을 나타내어 설계 및 해석에 주의를 기울여야 한다. 따라서 본 연구는 기존 곡선철도교량 구간에서 고속철도차량이 주행했을 시 동적해석을 수행하였고, 실제 현장에서 계측한 결과와 비교하여 교량의 모델링 및 해석의 타당성을 검토하였다. 연구에서 선정한 기존의 교량은 신리-순천간 전라선에 위치한 입실천교로 최대 경간장 53m, 곡률반경 1,000m인 3경간 곡선교를 대상으로 하였다. 그 결과 열차주행 시, 가속도와 처짐의 수치해석결과와 현장계측 결과가 유사한 것으로 분석되었다. 따라서 본 연구를 통하여 곡선철도교량의 동적해석 수치모델링 기법을 확립하였다.

주요어 : 곡선철도교량, 동적해석, 현장계측, 가속도, 처짐

## 1. 서 론

곡선철도교량은 교통의 혼잡을 줄이고 한정된 지형조건에 적합하며 직선교량보다 미관상 우수하다는 강점이 있다. 그러나 곡선철도교량은 열차주행에 의해 원심력이 작용하여 직선교량과는 상이한 거동을 나타내어 설계 및 해석에 주의를 기울여야 한다. 따라서 본 연구는 기존 곡선철도교량을 선택하여 KTX 주행 시 동적해석을 수행하였고,

<sup>†</sup> 교신저자: 한국철도기술연구원 고속철도연구본부 첨단인프라연구팀 (seogs406@krri.re.kr)

\* 한국철도기술연구원 고속철도연구본부 첨단인프라연구팀

\*\* KR연구원 기술연구처

실제 현장에서 계측한 처짐과 가속도를 비교하여 교량의 설계 및 해석의 타당성을 검토하였다.

## 2. 본론

### 2.1 교량의 제원

본 연구는 신리-순천간 전라선에 위치한 입실천교를 대상교량으로 선정하였다. 입실천교는 3경간 steel box girder교로 교량의 총 연장은 129m이고 곡선반경은 1000m이며, 폭은 5.35m이다. Fig. 1은 입실천교의 단면도를 도시한 것이다.

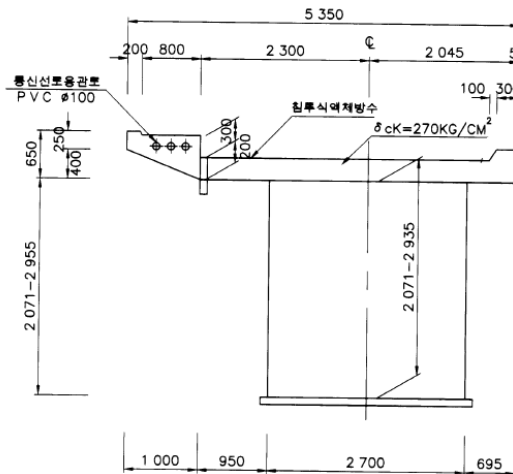


Fig. 1 Section of Steel Box Girder

### 2.2 유한요소해석

곡선철도교량의 거동을 분석하기 위하여 유한요소해석 프로그램(MIDAS CIVIL Plus V300)을 사용하였다. 모델링은 Plate요소를 사용하여 3차원모델링을 하였으며, 레일은 Beam 요소로 모델링하였다. 곡선교를 구현하기 위해 곡선반경만큼 절점을 Rotate하였고 레일과 슬래브는 Elastic Link로 절점을 공유하였다. Fig. 2는 최종 모델링한 입실천교의 평면사진이다. 대상교량의 시간이력해석은 KTX의 이동하중을 하중재하간격, 시간중분 등과 같은 항목을 고려하여 Fig. 3과 같은 시계열 하중(Time Series Load)으로 변환하여 수행하였다. 해석결과, Fig. 4와 Fig. 5와 같이 수직처짐과 가속도 그래프를 각각 획득하였다.

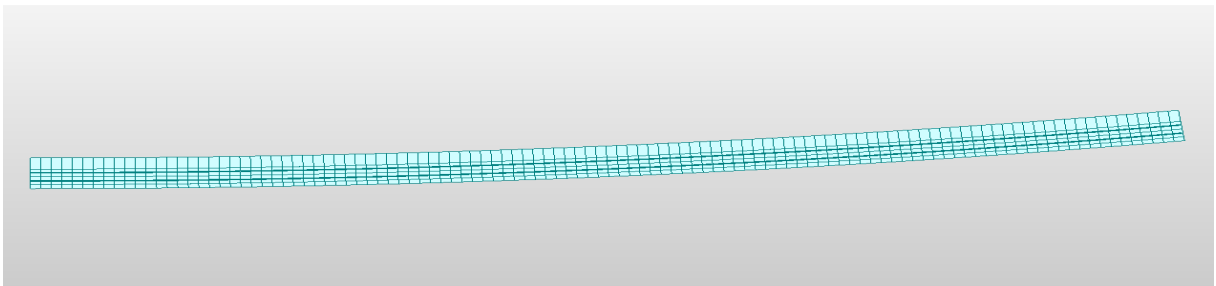


Fig. 2 Final Model of Limsilcheon Bridge

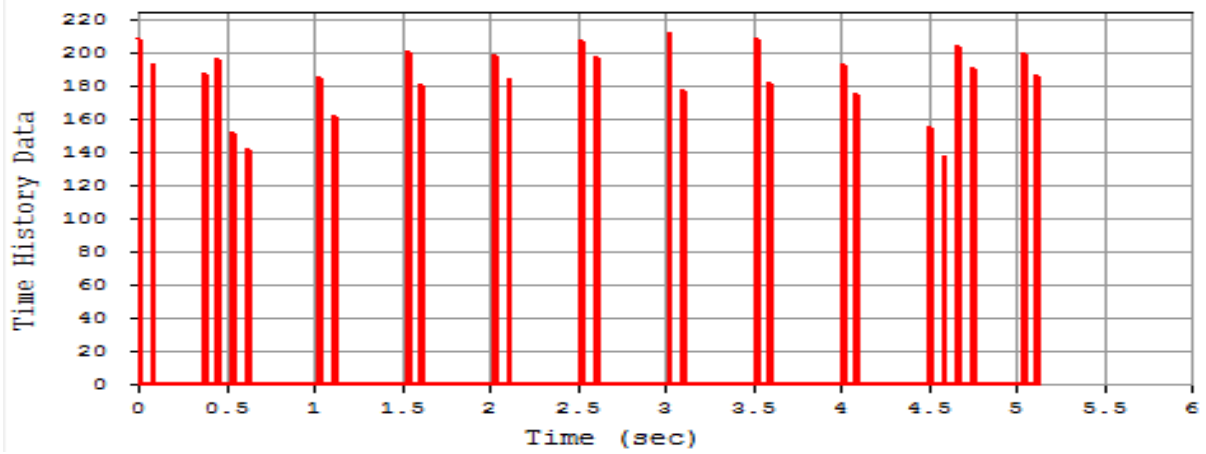


Fig. 3 Time Series Loads From Axle Load

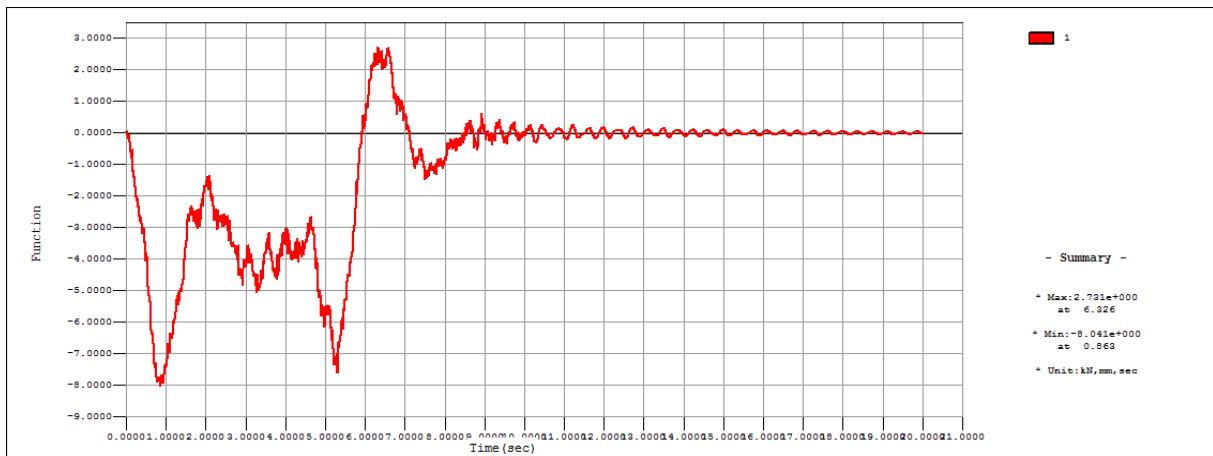


Fig. 4 Time Series Analysis Results by Nodal Vertical Deflection

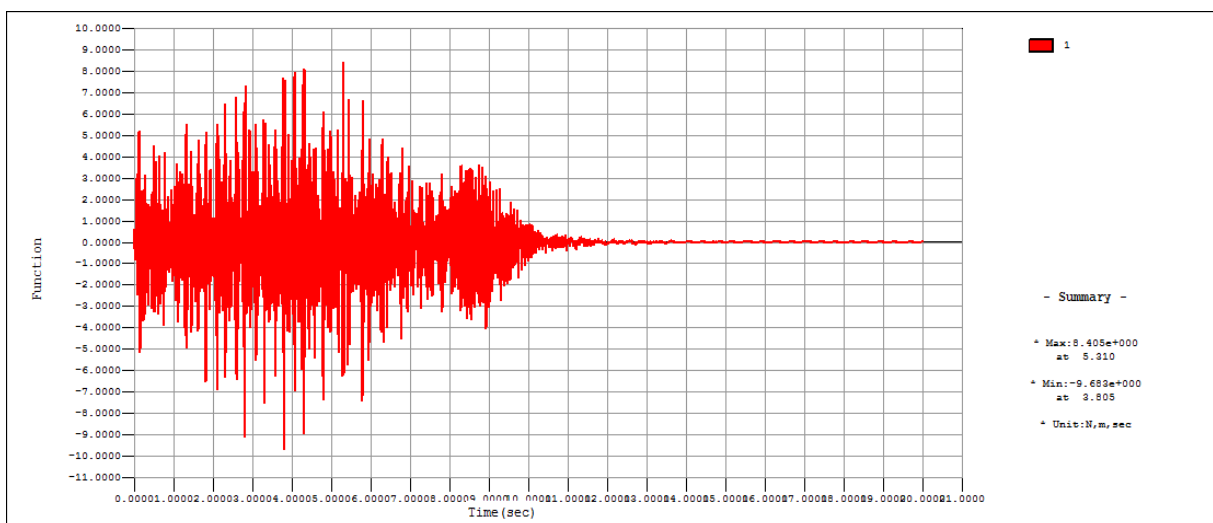


Fig. 5 Time Series Analysis Results by Nodal Acceleration

### 2.3 현장 계측 결과

현장계측을 위한 센서 설치는 KTX가 운행하지 않는 새벽에 이루어졌으며, 가속도계와 변위계 센서를 교량 하부에 설치하였다. 가속계를 설치하기 전, 설치위치를 표시하고 센서 부착면의 이물질 제거하였다. 이후 시스템에 연결한 후 센서를 고정하고 지그를 설치하였다. 변위계를 설치하기 전, 측정위치의 변위 측정점을 표시하고 측정용 지그를 설치한 후 시험기간 동안 장기사용을 대비한 보호장비를 설비하였다. 처짐과 가속도의 실험결과는 각각 Fig. 6 및 Fig. 7과 같다

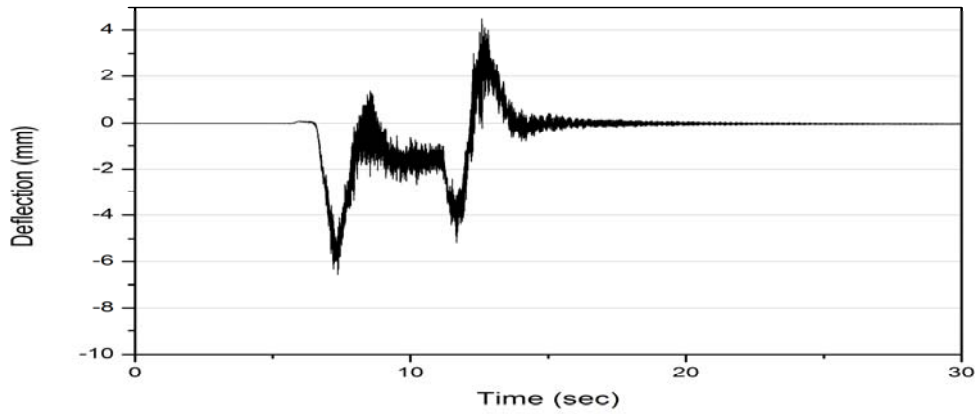


Fig. 6 Field Measurement Results by Nodal Vertical Deflection

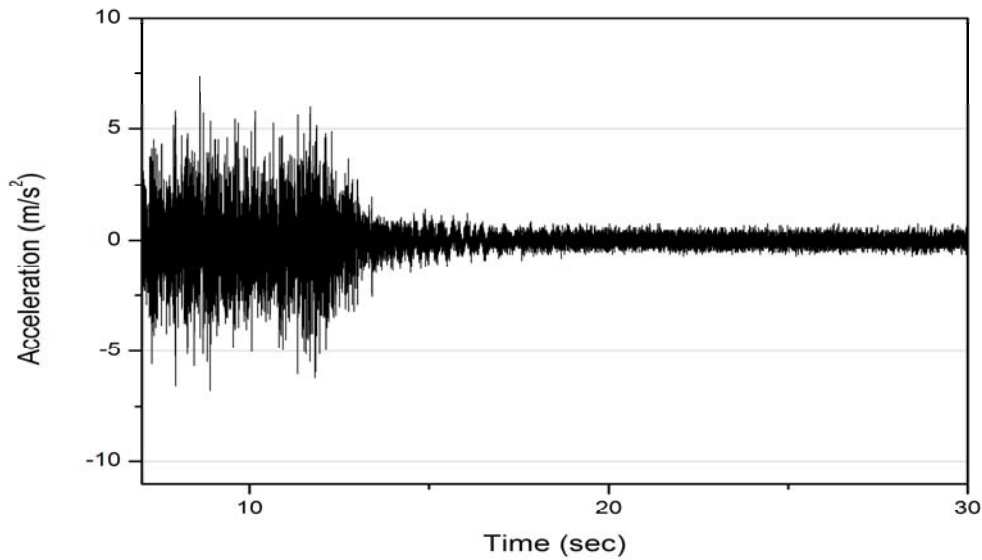


Fig. 7 Field Measurement Results by Nodal Acceleration

## 2.4 결과

임실천교의 동적해석결과, 최대수직처짐 값은 8.041mm로 분석되었으며 이는 계측결과인 6.5818mm와 약 18%의 오차를 보이는 수치이다. 또한 최대가속도 값은 8.405m/s<sup>2</sup>으로 현장계측 최대가속도결과인 7.3605m/s<sup>2</sup>와 약 12%의 오차인 수치이다. 처짐과 가속도의 시간이력 해석결과와 현장계측결과 오차가 18% 내로 비교됨으로써 곡선교의 동적해석 타당성을 검증하였다.

## 3. 결론

본 연구는 기존의 곡선철도교량 구간에서 KTX가 주행했을 시 동적해석을 수행하여, 실제현장에서 계측한 처짐과 가속도 값과 비교하였다. 처짐의 동적해석결과와 현장계측결과는 18%의 오차를 보였고 가속도의 동적해석결과와 현장계측결과는 12% 내의 오차를 보였다. 따라서 곡선철도교량의 설계 및 해석의 타당성을 검증하였고, 추후 유사교량의 설계 및 해석에 참고할 수 있을 것이다.

## 후 기

본 논문은 국토교통부 철도기술연구사업(과제번호: 15RTRP-B067919-03)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

- [1] D. Huang (2001) Dynamic analysis of steel curved box girder bridges, *Journal of Bridge Engineering*, 6(6), pp 506-513.
- [2] J.H. Kim, S.B. Kim, J.W. Choi, J.H. Lee, S.J. Kim (2012) Analytic behavior evaluation on design variables of PSC curved bridge, 38<sup>th</sup> *KSCE* , pp. 1374-1377.
- [3] M.S. Bang, G.M. Chung. (2012) An evaluation study on the dynamic stability of high speed railway bridges, *Journal of the KOSOS*, 27(4), pp. 43-49