

조립식 바닥판 교량의 거동에 대한 실험적 비교 연구

A Experimental Comparison Study on Structural Behavior of Prefabricated Bridge

한만엽* 김성동*** 진경석** 강상훈** 조병구***
Han, Man-Yup Kim, Seong-Dong Jin, Kyung-Seok Kang, Sang-Hun Cho, Byung-Ku

ABSTRACT

Currently, the prefabricated bridge having the effects to reduce the term of works and the cost of construction is often studied and countries such as America have already developed members, the parts of it, and the technique of construction. In addition, they have supplied them to the fields. The study of prefabricated method of steel composite bridge, which has the precast deck - plate and main girder fixed by high tension bolt and can resist horizontal shear, is being progressed. However, it is difficult to understand the characteristics of the prefabricated bridge's behavior when the superstructure of the prefabricated method is analyzed by applying to the analysis model of existing bridges. Therefore, this study has the purpose of understanding real structural behavior of prefabricated bridge through comparison and analysis between the structural analysis model reflecting the characteristics of the real prefabricated bridge's superstructure and real size experiment.

요약

교량건설 기간의 단축과 공사비 절감의 효과를 가지고 있는 조립식 교량에 대한 연구가 최근 국내에서 활발히 수행되고 있으며, 선진국에서는 조립식 교량의 부품 부재 및 시공 기술이 이미 개발되어 현장에 보급되고 있다. 프리캐스트 바닥판을 주형에 고장력 볼트로 고정시키고 마찰저항 부재를 이용하여 수평전단에 저항하도록 하는 교량 상부구조의 조립식 공법 연구가 진행되고 있다.

본 논문에서는 조립식 교량의 구조해석 모델을 개발하고, 실험을 통해 조립식 교량의 실제적인 구조 거동을 파악하고 이를 구조해석 모델과 비교하는 데 목적이 있다. 프리캐스트 바닥판과 볼트 접합된 강거더의 설계 개념을 제시하고 이 개념에 의한 18개의 프리캐스트 바닥판과 20m 실험시험체를 2가지 Type으로 설계, 제작하여 실험 결과를 이론값, 유한요소 해석값과 비교·분석하였다.

해석 모델은 범용구조해석 프로그램을 이용하여 교량 상부구조의 바닥판과 주형과의 연결부분 특성을 표현하였고, 이와 같이 만들어진 해석모델은 조립식 교량의 거동에 대한 실험과 비교·분석하였다.

* 정희원, 아주대학교 건설시스템공학과 정교수
** 정희원, 아주대학교 건설시스템공학과 박사과정
*** 정희원, 아주대학교 건설시스템공학과 석사과정

1. 서론

최근 국내외를 비롯하여 건기 단축과 비용절감의 효과를 얻을 수 있는 조립식 거더에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 전단키를 이용한 조립식 교량의 구조해석 모델을 개발하고, 실험 대형 실험을 통해 교량의 실제적인 거동을 파악하고 구조 해석 모델값과 비교하는 데 목적이 있다.

2. 실험 개요

Type1은 주형 하부보없이 실험을 진행한 것이며, Type2는 주형 하부보(H300)를 주형과 연결하여 실험을 진행한 경우이다. 조립식 바닥판의 제원은 1998×998×200(mm) 이며 조립 시공 시 발생 가능한 시공오차를 고려하여 각각 1mm의 유격을 양 단부에 두었다. 바닥판 거푸집은 정확한 치수를 확보하고 프리캐스트 부재 제작의 편의를 위해 강재로 제작하였다. 바닥판은 강재 주형보와 M24 고장력 볼트로 조립한다.

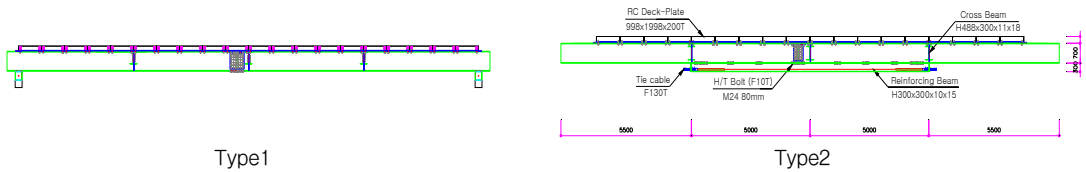


그림 1 조립식 교량 평면도

3. 구조 해석

조립식 공법의 교량 모델링 방법은 기존 관형교 해석과 같이 바닥판 요소와 주형 요소를 생성한 후, 전단키의 접선이 바닥판과 거더를 합성구조로 만들기 때문에 주형과 바닥판의 전단키의 접선의 중앙점을 rigid link로 연결시킨다. 그리고 비합성 구간의 바닥판 요소를 제거하여 조립식 상부구조 중 바닥판의 분절 형상이 표현된 해석 모델을 가 정한다.

표 1 입력 변수

형식	20m 단순교
콘크리트강도	40MPa
철근항복강도	400MPa
주형강종	SS400
주형 상부보	H700×300×13×24
주형 하부보	H300×300×10×15 (Type2)

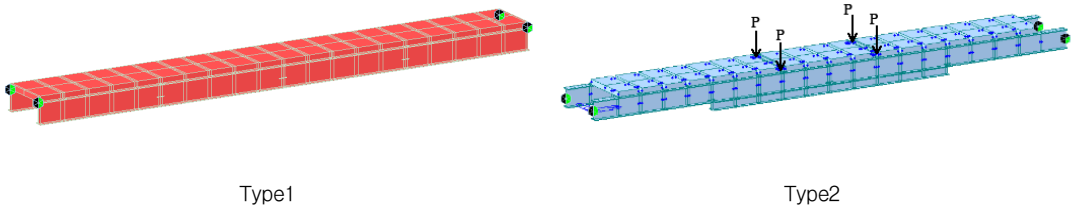


그림 2 구조해석 모델링 및 하중 재하

4. 실험

4.1 LVDT 및 Strain Gauge

재하 시험 시 부재의 거동을 파악하기 위하여 그림 4와 같이 변위계(LVDT) 14개를 설치하고 변형률계(Strain Gauge)를 Type 별로 각각 20개, 30개를 부착하였다. Type1의 경우, ST1, 2, 8, 9는 주형 단부의 전단응력 측정용이며 주형 복부에 부착, ST 3~7, 10~14는 휨응력 측정용이며 주형 하부플랜

지에 부착, ST 39,40은 휨응력 측정용이며 하부플랜지 이음판에 부착, ST 15~20은 Rosette 게이지로 3축 측정용이며 가로보 복부에 부착한다. LVDT는 A, B 주형의 단부, 1/4지점, 중앙, 하중 재하 지점에 각각 설치한다.

Type2의 경우, ST1, 2, 16, 17은 주형 단부의 전단응력 측정용이며 주형 복부에 부착하였다. ST5, 11, 20, 26을 제외한 나머지는 휨응력 측정용이며 대부분 상부보와 하부보의 하부플랜지에 부착하였다.

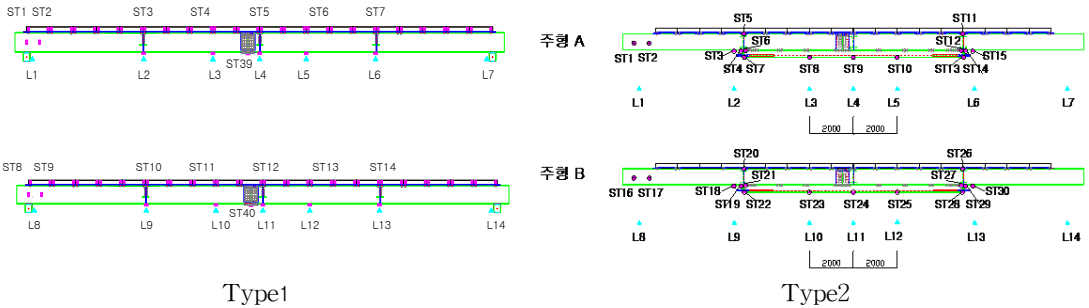


그림 3 계측 위치 선정

4.2 Load Case

실험결과를 서로 비교할 수 있도록 다음과 같은 Load Case를 선정하였다.

표 2 Load Case

Load Case	하부보	바닥판 합성	Load Case	하부보	바닥판 합성
LC1	×	×	LC3	×	○
LC2	H300	×	LC4	H300	○

4.3 실험결과

실험 모두 중앙지점에서 최대 처짐이 발생하였다. 변형률은 LC1, 2, 4의 경우에 중앙지점에서 최대변형률을 보였으나, LC3의 경우에 중앙지점에서 비교적 작은 변형률을 발생했다.

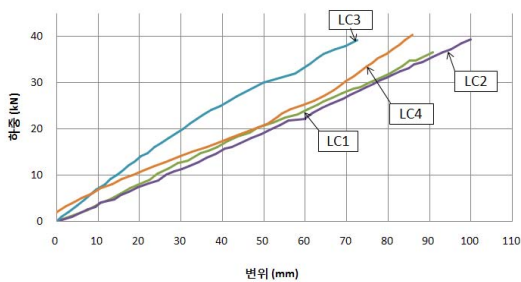


그림 6 중앙지점 처짐 결과 비교

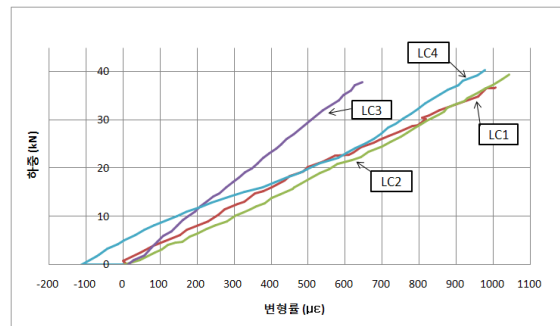


그림 7 중앙지점 변형률 실험 결과 비교

표 3 중앙 지점의 처짐 변형률 비교

	처짐 (mm)			변형률 ($\mu\epsilon$)		
	FEM 해석값	실험값	오차(%)	FEM 해석값	실험값	오차(%)
LC1	104.45	183.67	56.86	1350.45	1164.48	-15.97
LC2	85.43	102.89	20.44	1017.85	1056.31	3.78
LC3	83.82	115.83	38.19	1220.48	1348.34	10.48
LC4	52.91	87.57	65.51	1017.9	960.81	-5.61

실험 결과 중앙지점에서 발생한 처짐을 비교해보면, LC1, 4의 경우는 50%를 넘는 오차가 발생하였다. 이러한 원인은 LC1의 경우, 거더의 볼트 연결이 거더에 발생하는 휨응력을 양단부에 전달하지 못하고 볼트구멍의 유격에 의해 연결부에서 큰 변형이 발생한 것으로 분석된다. 그리고 LC4의 경우, 실험체의 전단키로 인한 거더와 바닥판의 합성효과가 구조해석으로 가정한 단면합성에 이르지 못한 것으로 분석된다. 그리고 상부보와 하부보의 볼트 연결 역시 오차의 발생에 기인한 것으로 본다.

5. 결론

본 연구에서는 조립식 교량의 구조 해석 모델을 개발하고 실험을 실행함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 조립식 교량의 FEM해석값과 실험결과값을 비교해 보면, 처짐, 변형률이 실험결과 값이 대부분 큰 값을 나타냈다. 이는 구조해석 모델을 가정할 때 연결로 인한 결점을 고려하지 못한 것으로 분석된다.
- (2) 실험체에 하중 가력 시 탄성범위 내에서 실험을 반복해야 하기 때문에 재하하중은 항복응력의 90%값인 210MPa이 발생하도록 400kN로 제한하였다.
- (3) 구조해석값과 실험결과값을 비교해보면 변형률은 크게 차이가 거의 없지만, 처짐은 차이가 큰 양상을 보였다. 그 주된 원인은 바닥판과 주형의 합성효과를 증대시키는 전단키의 효과가 가정한 것보다 적은 것으로 판단된다. 그리고 하중 재하시 볼트와 볼트 구멍의 이격으로 인한 슬립이 발생한 점이 처짐을 해석값보다 크게 발생시킨 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2007년도 건설핵심기술연구개발사업(C105A1010001-06A050100310) 지원으로 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. 정철현, 김종석, 박홍석, 주봉철, “프리캐스트 바닥판 합성형 교량에서의 볼트접합 전단연결재의 강도,” 대한토목학회논문집A, Vol.25, No.5, 2005, pp.787-800.