

윤하중조건에서의 프리캐스트 콘크리트 바닥판 피로특성

Fatigue Characteristics of Precast Concrete Bridge Decks under Wheel Load Condition

주봉철* 박흥석** 김영진** 송재준***
Joo, Bong Chul Park, Hung Seok Kim, Young Jin Song, Jae Joon

ABSTRACT

For checking fatigue safety and endurance of precast concrete deck and loop joint system in the steel plate girder composite bridge, the test composite bridge model was made for the fatigue experiment by the wheel load machine. The fatigue tests of 1,000,000 cycles were implemented according to wheel load condition of DB24 rear axle of Korea Highway Design Code. From the test results, the loop joint system for the precast deck has a sufficient flexural capacity. Although a little lower longitudinal continuity capacity is evaluated than general sound cast-in-place RC bridge deck, there is no problem about the safety. The overall fatigue level of safety defined by the code is satisfied.

1. 서론

그동안 교량 바닥판 건설은 주로 현장에서 거푸집을 설치하고 콘크리트를 타설 하는 경우가 많았으나 최근 들어 고품질의 바닥판을 짧은 시간에 건설해야하는 사회적 요구를 충족시키기 위해 프리캐스트 교량 바닥판의 적용이 불가피해지는 실정에 이르렀다. 그러나 국내 연구와 경험은 아직 부족한 실정에 이어서 이를 위한 연구¹⁾가 현재 활발히 진행 중에 있다. 교량 바닥판 실험의 경우 현재 국내 연구실 사정으로 고정점 재하 실험이 주로 이루어지고 있어 실제 교량 바닥판 파괴 양상과는 상이한 패턴을 나타내고 있다. 이를 개선하고자 하는 노력의 일환으로 한국건설기술연구원은 실제 차량하중과 유사한 이동하중을 재하할 수 있는 윤하중 실험기를 개발하여 현재 운영 중에 있다²⁾. 본 연구는 프리캐스트 교량 바닥판이 루프철근 접이음방법으로 연결되고, 강거더와 스티드 전단연결방법으로 합성된 프리캐스트 콘크리트 강합성 교량을 대상으로 한국건설기술연구원의 윤하중 실험기를 이용하여 윤하중 조건에서의 피로수명을 평가를 하는데 그 목적이 있다.

2. 실험체 설계

본 연구의 대상교량은 강합성 Multi-Girder 교량으로 실험체는 대상교량 중 교축직각방향으로 2개의 거더를 포함하고 교축방향으로 3개의 프리캐스트 바닥판을 포함하는 부분 모델로 설계하였다. 실제 교량에서는 거더의 교축

* 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 연구원

** 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 수석연구원

*** 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 선임연구원

방향 곡률이 존재하나, 순수한 바닥판의 거동특성만을 파악하기 위하여 본 연구에서는 거더의 교축방향 모멘트는 구속하였다. 본 연구에서 적용한 실험체는 바닥판 폭 3.7m, 교축방향 길이 6m의 강합성 교량 프리캐스트 콘크리트 바닥판 실험체로 2.5m의 거더 간격과 220mm의 두께를 갖고 있다. 또한 교축직각방향으로 Prestress가 도입되어 있으며 교축방향으로 30cm의 연결부 길이를 갖고 루프철근 접이음 방법으로 연결되었고 거더와의 합성은 스티드 전단연결재를 이용하여 합성하였다. 바닥판간 이음부는 교축직각방향 보강철근을 배근한 후 팽창 모르터로 채웠으며, 전단포켓과 베딩층은 무수축 모르터로 채웠다. 그림 1은 바닥판 패널을 나타낸 그림으로써 교축방향 2m 길이로 제작하였다. 그림 2는 프리캐스트 콘크리트 바닥판 실험체가 합성 제작되어 실험 중인 모습이고, 그림 3은 하중조건과 실험체에 설치된 철근과 게이지의 위치를 나타낸 그림이다. 하중조건은 총 4가지로 바닥판 중앙, 다음 바닥판 패널 중앙과 이음부 측면, 그리고 이음부로 구분하여 차량하중(DB24 후륜 축하중)을 재하하였다.

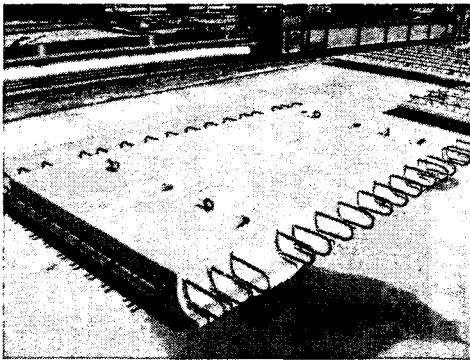


그림 1. 프리캐스트 바닥판 실험체 패널

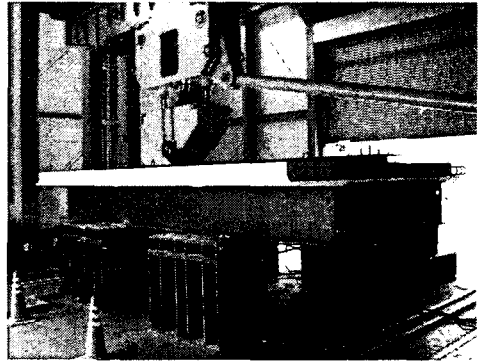


그림 2. 실험중인 프리캐스트 바닥판 실험체

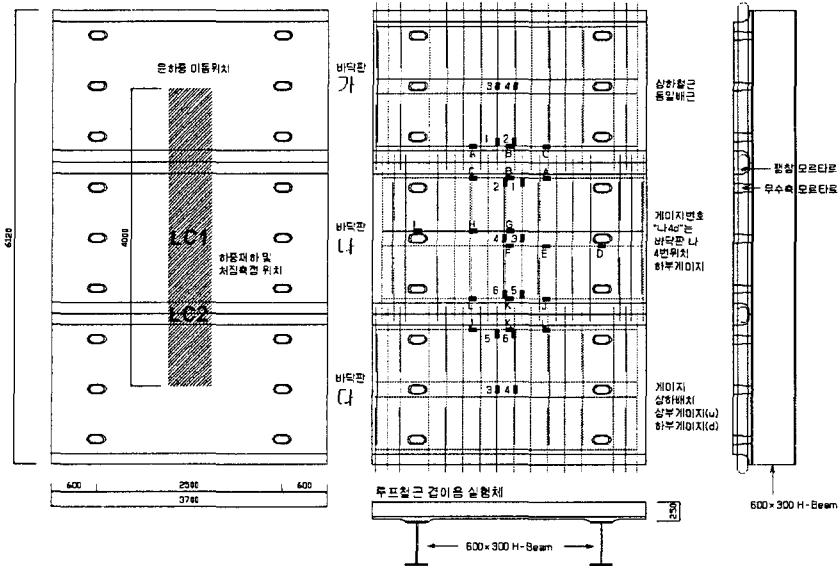
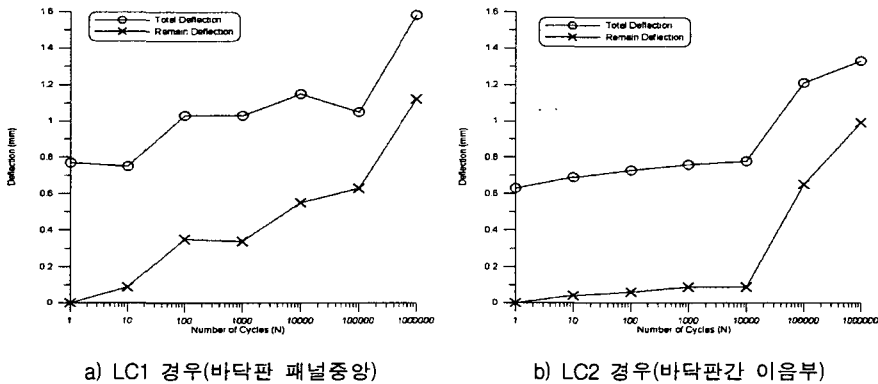


그림 3. 프리캐스트 바닥판 실험체의 하중조건 및 철근 상세도

3. 실험 결과

3.1 처짐 특성

그림 4는 운하중 반복횟수 증가에 따른 최대처짐과 잔류처짐을 나타낸 그림으로 하중위치에 따라 구분하여 나타내었다. 전체적으로 운하중 반복횟수가 증가할수록 처짐은 증가하는 경향을 나타내고 있다. 하중 및 측정위치에 따른 처짐량의 변화를 살펴보면 LC1의 경우 운하중 반복횟수는 약 1,000,000회에서, LC2의 경우 약 100,000회에서 최대처짐량과 잔류처짐량이 상대적으로 증가하는 것을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 프리캐스트 바닥판 패널에는 긴장재를 배치하고 Prestress를 도입하여 바닥판에 피로 손상이 발생하여도 일정부분 보상되는 경향이 있는 반면, 프리캐스트 바닥판간 이음부의 경우 현장타설 RC 바닥판으로 피로 손상이 그대로 누적되는 현상이 반영된 것으로 판단된다. 그러나 전체 허용처짐량(L/800)과 비교하여 최대처짐 1.6mm와 최대잔류처짐 1.1mm는 절대적으로 작은 처짐으로 운하중 반복횟수 1,000,000회 피로실험을 통한 프리캐스트 바닥판의 처짐 특성은 양호한 것으로 판단할 수 있다.



a) LC1 경우(바닥판 패널중앙)

b) LC2 경우(바닥판간 이음부)

그림 4 운하중 반복횟수에 따른 처짐 곡선

3.2 응력 특성

그림 5와 그림 6은 운하중 반복횟수에 따른 잔류 변형률을 나타낸 그림으로 교축방향과 교축직각방향, 상부철근과 하부철근으로 구분하여 나타낸 그림이다. 양방향 모두 약 100,000회 운하중 반복 후에도 잔류응력에는 큰 변화는 나타나지 않고 있으나, 1,000,000회 운하중 반복 후 전체적으로 잔류응력이 증가하는 경향을 나타내기 시작하며, 일부 프리캐스트 바닥판 패널의 교축방향 단부 위치에서는 무시할 수 없는 잔류변형이 측정되었다. 또한 실험결과 프리캐스트 교량 바닥판에서 운하중의 반복으로 인하여 발생하는 바닥판에 정·부모멘트 교차 작용은 교축직각방향으로 큰 영향이 없는 것으로 나타났다. 이는 교축직각방향으로 프리캐스트레싱이 도입되어 피로에 저항성이 커진 것으로 판단된다. 그러나 교축방향의 경우, 프리캐스트 바닥판간 이음부 근처에 위치한 일부 철근이 허용 응력값에 50%이상(최대75%)의 잔류응력을 나타내고 있어 1,000,000회 운하중 반복이후 일부 교축방향 철근 및 바닥판의 피로손상이 시작되는 것으로 판단된다. 그리고 1,000,000회 운하중 반복으로 인한 교축방향 상·하 철근의 잔류응력은 서로 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 이와 같은 현상은 앞선 연구결과³⁾와 같이 루프철근 접이음 방법에 의한 프리캐스트 바닥판간 이음부의 독특한 거동특성으로 인한 결과로 판단된다. 따라서 본 연구에서 검토 중인 프리캐스트 바닥판과 바닥판간 이음부는 다양한 하중조건에 의하여 발생하는 교축방향 부모멘트의 영향을 신중히 고려하여야 하며, 바닥판 설계시 상하부 철근 배근에 차이를 두어서는 안 될 것으로 판단된다.

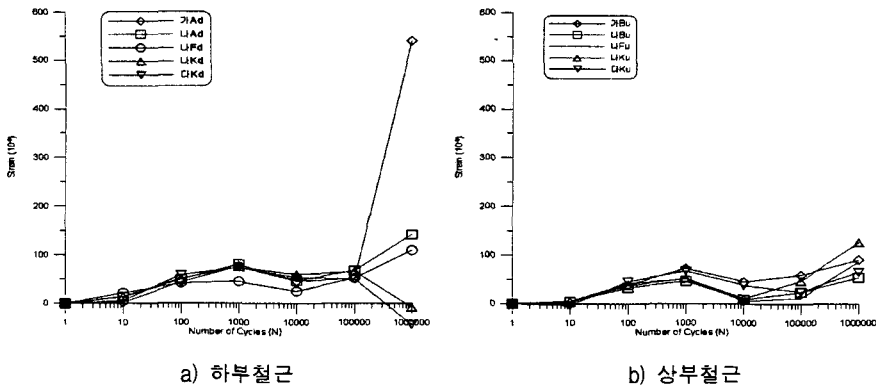


그림 5 윤하중 반복횟수에 따른 교축직각방향 응력 곡선

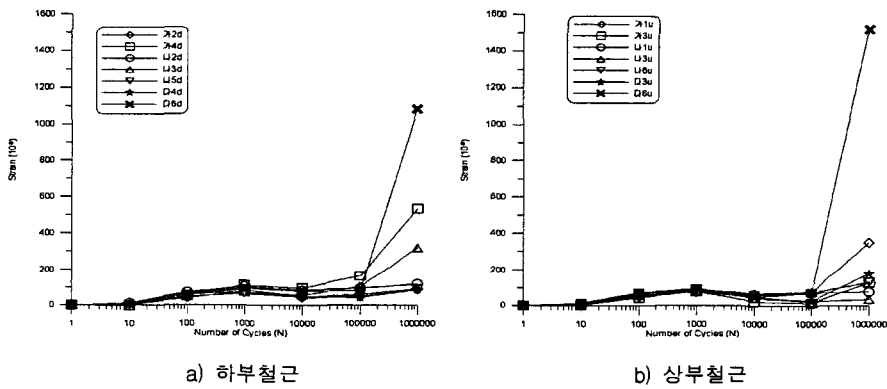


그림 6 윤하중 반복횟수에 따른 교축방향 응력 곡선

4. 결론

본 연구에서 검토 중인 프리캐스트 바닥판과 바닥판간 이음부는 실제 교량에서의 차량하중 조건과 유사한 윤하중 1,000,000회 피로조건에서 본 연구의 프리캐스트 바닥판과 바닥판간 이음부는 도로교 설계기준의 관련규정을 모두 만족하고 있는 것으로 확인됐다. 그리고 교축직각방향 피로 거동특성은 일반적인 교량 바닥판과 없이 유사한 경향을 나타내고 있으나 교축방향의 피로 거동특성은 본 연구에서 검토 중인 프리캐스트 바닥판과 바닥판간 이음부의 구조적인 특징으로 인하여 일반적인 바닥판 거동과 다소 다른 특징을 나타내고 있다는 기존의 연구결과³⁾를 추가적으로 확인하였다.

참고문헌

1. 박홍석 등(2005) 장수명 합리화 바닥판 개발 -프리캐스트 콘크리트 바닥판-. 연구보고서, 전기연 2005-058, 한국건설기술연구원.
2. 김영진 등(2003) 윤하중 실험장치에 관한 연구, 2003년도 대한토목학회 정기 학술대회 논문집, 대한토목학회, CD, pp.529~533.
3. 주봉철 등(2005) 윤하중조건에서의 프리캐스트 콘크리트 바닥판 거동, 한국콘크리트학회 2005년도 가을 학술발표회논문집, 한국콘크리트학회, 제17권 제2호, pp.303~306.