

프리스트레스트 콘크리트 박스거더 교량 바닥판의 구조거동에 관한 실험 연구

An Experimental Study on the Structure Behavior of Deck Slabs in PSC Box Girder Bridges

오 병 환* 이 성 철** 박 성 용*** 김 성 태*** 박 성 룡*** 김 병 석****

Byung-Hwan Oh Seong-Cheol Lee Sung-Yong Park Sung-Tae Kim Seong-Ryong Park Byung-Suk Kim

ABSTRACT

In this paper, an experimental study is carried out to find out structural behavior of upper slab in concrete box girder bridges. The major variables in the tests are the cross-section of upper slab including haunch dimensions. The strains of concrete and steel bars and the deflections of slabs are measured automatically during the tests. The test results indicate that the size of haunches has much influence on the structural behavior of box girders. The appropriate haunch dimensions are suggested from the present study.

1. 서론

판형교 등 일반 거더교에서의 바닥판과 PSC박스거더교에서의 바닥판은 구조적인 거동 특성에서 다소 차이가 있다. 일반 거더교에서는 거더와 바닥판이 별도로 취급되어 설계 및 시공되지만, 박스거더교에서는 바닥판이 거더의 일부로 동시에 설계 및 시공되는 사실에서 그 차이가 극명하게 나타난다. 일반 거더교에 비해 박스거더교는 교축직각방향의 강성이 크고 하중분배작용이 좋은 특성을 가지고 있으나, 현행 설계에서는 이와 같은 박스거더교의 단면 특성을 지나치게 보수적으로 평가하여 비경제적인 설계로 유도되는 경향이 있다.

한편, 현치의 존재유무, 현치의 형상과 크기 등이 상부바닥판의 거동에 큰 영향을 주고 있지만 이에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 박스거더교의 복부와 상부플랜지의 연결부에 있는 현치부의 제원을 변수로 하여 현치 제원에 따른 바닥판의 거동 특성을 분석하기 위하여 모형구조실험을 수행하였다.

2. 실험계획

2.1 실험 개요

박스내부 상부의 현치 크기에 대해 PSC박스 거더교량이 어떠한 거동을 하는지 분석하기 위하여 현

* 정회원, 서울대학교 지구환경시스템공학부 교수

** 서울대학교 지구환경시스템공학부 석사과정

*** 한국건설기술연구원 공학석사

**** 한국건설기술연구원 공학박사

치 제원별로 정적재하실험을 실시하였다. 실험에 사용된 장비는 최대 축방향 하중을 350tonf까지 가력할 수 있는 hydraulic actuator이다. 하중재하는 차륜하중을 모사하기 위해 4점재하 휨실험방식을 선택하였다. 실험체 내부의 상부바닥판 주철근과 복부, 하부바닥판에 변형률 게이지를 부착하였으며, 상부바닥판 중앙과 하부바닥판 중앙, 그리고 각 지점부에서 처짐을 측정하였다.

2.2 실험체 제원

본 연구에서 PSC 박스거더교의 바닥판 현치 효과를 실험적으로 검증하기 위한 시험체는 총 3개로, 박스 내부에 상부현치크기를 매개변수로 하여 기존 PSC교량에 최빈으로 사용된 내부현치크기의 경우 1개(200-1000, 이하 현치높이-현치길이 단위는 mm임)와 현치가 없는 경우 1개(현치없음), 최빈으로 사용된 현치 크기를 반으로 줄인 경우 1개(100-500)로 제작되었다. 다만 실험의 주요 목표가 내부 바닥판 현치부의 성능 검증임에 따라 복부의 기울기는 유지하는 동시에 형고는 실제보다 작은 2m로 축소하여 제작하였다. 그림 1은 실험체의 제원 중 하나를 나타낸 것이다.

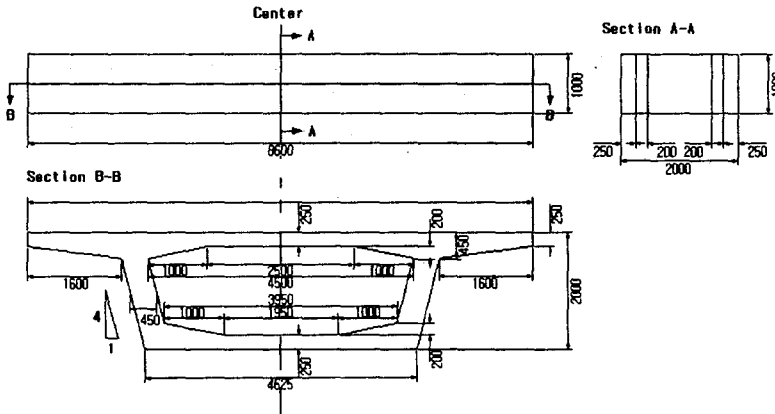


그림 1 실험체 제원

2.3 하중조건 및 하중재하 방법

본 실험의 하중조건은 차륜하중을 모사한 것으로 건설교통부 제정 「도로교 설계기준」 2.1.3에 나와 있는 바와 같이 '차륜의접지면은 DB하중의 각 차륜에 대해 면적이 $5/36 P(\text{cm}^2)$ 인 하나의 직사각형으로 간주하며 이 직사각형의 폭과 길이의 비는 2.5 : 1로 한다'는 규정에 따라 폭은 580mm이고 길이는 230mm로 하였으며, 하중간 거리는 차량의 바퀴폭에 맞추어 1800mm로 하였다.

하중재하는 정적으로 하였으며 각 모델 별로 사이클릭 로드를 두 번 거친 다음 변위 제어로 파괴까지 하중을 재하하였다. 표 1은 하중 제어 및 변위 제어의 속도를 나타낸 것이며, 이 때 속도는 시험체 별로 다르게 하였다. 이는 시험체 별로 현치의 크기가 다름에 따라 실험에서 파괴하중이 다를 것이라 판단되어 그에 따라 하중제어 속도를 다르게 한 것이다.

표 1 하중 제어 및 변위 제어 방법 및 속도

| 항 목 | | 첫 번째 하중 재하 | 첫 번째 하중 제거 | 두 번째 하중 재하 | 두 번째 하중 제거 | 변위 제어 (mm/sec) |
|-----------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|
| Model A (200-1000) | 하중 경로 (tonf) | 0 → 40 | 40 → 0 | 0 → 60 | 60 → 0 | 0.02 |
| | 속 도 (tonf/sec) | 0.04 | 0.08 | 0.04 | 0.08 | |
| Model B (100-500) | 하중 경로 (tonf) | 0 → 30 | 30 → 0 | 0 → 50 | 50 → 0 | |
| | 속 도 (tonf/sec) | 0.03 | 0.06 | 0.03 | 0.06 | |
| Model C (현치없음) | 하중 경로 (tonf) | 0 → 20 | 20 → 0 | 0 → 40 | 40 → 0 | |
| | 속 도 (tonf/sec) | 0.02 | 0.05 | 0.02 | 0.05 | |

3 실험결과

3.1 파괴양상

실험에 사용된 Model A, Model B 및 Model C의 경우 최종 파괴 양상은 그림 2 ~ 그림 4 에서 보는 바와 같이 모두 전단에 의한 파괴가 일어났다. 특히 전단 파괴로 인해 균열이 상부 바닥판 하중 재하판으로부터 비스듬한 경사로 상부 바닥판 하부까지 진전되는 형상을 볼 수 있다.

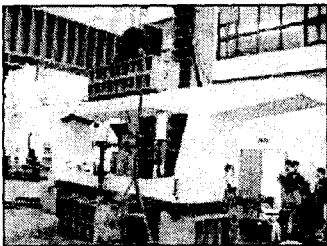


그림 2 Model A 파괴모습

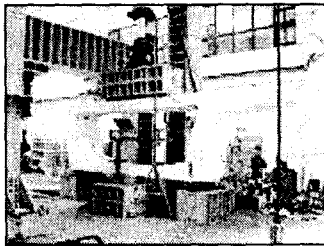


그림 3 Model B 파괴모습

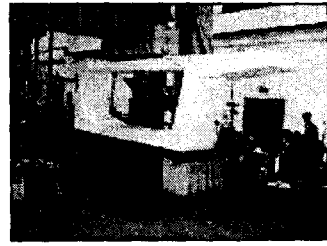


그림 4 Model C 파괴모습

3.2 균열 양상

세 가지 실험체 모두의 경우에서 복부 상부에서 부모멘트에 의한 휨균열이 처음으로 발생한 뒤, 곧 이어 상부 바닥판 하부에서 휨균열이 2차적으로 발생한 것을 확인할 수 있었다. 하지만 Model A와 Model B의 경우 상부 바닥판에서 균열이 발생한 이후 더 큰 하중을 재하시켰을 경우 복부 바깥쪽에서 인장력을 받아 균열이 진전되는 것을 보이는 반면, 현치가 없는 Model C의 경우에는 복부 바깥쪽에 균열이 전혀 발생하지 않는 차이점을 발견할 수 있었다. 이는 현치가 박스 거더에서 모멘트 분배, 즉 상부 바닥판에서 받는 힘을 복부쪽으로 전달시키는데 상당한 역할을 하는 것으로 판단된다.

3.3 상부 바닥판 중앙 하부에서의 처짐

상부 바닥판 중앙 하부에서의 하중-처짐 곡선은 그림 5 와 같이 나타났다. 그림에서 보는 것과 같이 현치의 크기가 작아짐에 따라 곡선의 기울기가 더욱 완만해 지는 것을 볼 수 있다. 또한 현치의 크기가 클수록 파괴 하중이 크며, 그 때의 처짐 또한 더욱 크다는 것을 확인할 수 있다. 이는 현치가 상부 바닥판에서 받는 힘을 복부쪽으로 전달시켜주는 하중분배 역할을 하기 때문인 것으로 사료되며, 따라서 상대적으로 하중 분배가 잘 되지 않는 Model C의 경우는 작은 처짐에서 파괴되며, 하중 분배가 상대적으로 원활히 이루어지는 Model A의 경우는 처짐 및 하중이 보다 커질 때까지 파괴가 되지 않는 것을 볼 수 있다.

한편, 그림 5 에서 Model A의 경우 하중이 약 90tonf일 때 갑자기 하중이 떨어지는 현상을 볼 수 있다. 이는 하중이 가해짐에 따라 부모멘트에 의해 좌우 복부 상부 부근의 철근이 먼저 항복하기 때문이다. 즉, Model A의 경우 전단파괴가 발생하기 전 부모멘트에 의해 복부 상부 부근의 철근이 먼저 항복하는 것을 알 수 있다.

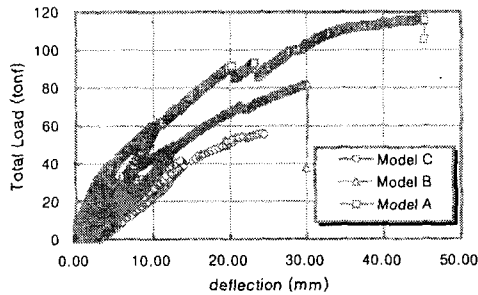


그림 5 상부슬래브 중앙하부의 처짐

3. 결론

- 1) 콘크리트 박스거더에서 현치의 크기에 따라 구조거동과 슬래브의 파괴하중이 크게 달라지는 것으로 나타났다.
- 2) 본 실험에서 프리스트레스트 콘크리트 박스거더의 경우 파괴까지 하중을 재하할 때, 복부 위의 바닥판 상부 철근이 먼저 항복한 후 상부 바닥판의 전단 파괴가 일어났다.
- 3) 현치의 크기에 따라 콘크리트 박스거더에서의 파괴하중이 크게 바뀌는 것은, 현치가 상부 바닥판에서 받는 힘을 복부쪽으로 전달시켜주는 하중분배 역할을 하기 때문인 것으로 사료된다.
- 4) 본 실험에서는 박스거더 단면 및 현치의 기울기를 일정하게 둔 채 현치의 크기만을 변수로 하였다. 따라서 현치의 다양한 기울기 및 다양한 박스거더 단면에서의 현치의 역할에 대한 연구가 계속적으로 이루어져야 된다.

참고문헌

1. Michael P. Collins, Denis Mitchell, Prestressed Concrete Structures, Prentice Hall.
2. Jorg Schlaich, Hartmut Scheef, Concrete Box-Girder Bridges, Structural Engineering Documents.