

PSC 박스거더 교량부재의 횡방향 프리스트레싱에 따른 구조거동 실험연구

An Experimental Study on Structural Behavior of Concrete Box Girder Member with Transverse Prestressing

오병환* 최영철** 최정선*** 이성철**
Oh, Byung Hwan Choi, Young Cheol Choi, Jung Sun Lee, Seong Cheol

ABSTRACT

In bridge deck systems, deflections and cracking can be controlled by longitudinal and transverse prestressing, There are some benefits, longitudinal cracking control, the thickness reduction of deck slab, the widening of deck width and the reduction of the cross section area, in transversely post-tensioned concrete box girder bridges. However, it has been not sufficient to study the structural behaviors of transversely post-tensioned concrete box girder. Therefore, It is needed to predict the structural behaviors by prestressing and static loading.

In this study, the analytical and experimental load tests are carried out to study the effect of transverse prestressing on concrete box girder. For these objectives, four test specimens are fabricated with various tendon spacing and steel ratio of top slab. The analytical and experimental studies are performed to estimate effects of the prestressing and failure tests.

1. 서론

일반적으로 콘크리트 박스거더 교량은 복부에 종방향 프리스트레싱과 상부 바닥판에 횡방향 프리스트레싱에 의해 사용성 상태에서 교량의 처짐, 균열 및 인장응력을 제어한다. 횡방향으로 포스트 텐서닝된 상부 바닥판은 사용성 상태의 하중에 대해 미리 가해진 압축력에 의해서 바닥판의 종방향으로 비균열 상태를 유지하여 바닥판의 내구성과 온도 및 건조수축에 의한 균열제어를 가능케 한다. 또한 횡방향으로 포스트 텐서닝에 의해 증가된 강성으로 바닥판의 두께를 줄일 수 있으며 복부사이의 바닥판 길이를 길게 할 수 있으며 이는 복부의 개수를 감소하여 시공성을 높일 수 있다. 그리고 박스거더 상부의 횡방향 프리스트레싱은 쉐플러부의 길이를 다소 증가 시킬 수 있다. 이러한 효과는 교량의 폭을 넓히면서 단면적을 감소시킬 수 있다. 이와 같이 박스거더 상부 바닥판의 횡방향 프리스트레싱은 여러 가지 장점이 있지만 이에 대한 규정 및 그에 대한 연구가 부족한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 콘크리트 박스거더 상부 바닥판의 횡방향 프리스트레싱에 의한 영향을 분석하고자 하며, 이를 위해

* 정회원, 서울대학교 토목공학과 교수

** 정회원, 서울대학교 지구환경시스템공학부 박사과정

*** 정회원, 서울대학교 지구환경시스템공학부 석사과정

서 긴장재의 간격에 따른 횡방향 프리스트레싱 상부 슬래트의 철근량에 따른 콘크리트 박스거더를 제작하였으며 횡방향 포스트텐션닝에 의한 영향을 분석하였다. 또한 차량하중과 비슷한 하중조건으로 정적 재하실험을 수행하였다.

2. 실험개요

본 연구에서 콘크리트 박스거더 상부 바닥판의 횡방향으로 포스트 텐서닝에 의한 영향을 분석하기 위해 표 1과 같이 횡방향 프리스트레싱 간격 및 그에 따른 개수를 달리하여 횡방향 프리스트레싱에 의한 압축량을 3종류로 하여 실험부재를 제작하였다. 이 때 콘크리트 박스거더 단면은 현재 국내에서 시공되고 있는 PSC 박스거더 단면을 토대로 선정하였으며 실험의 편의를 위해 약 80%정도의 크기로 설계하였으며(그림 1), 실험부재의 종방향 길이는 횡방향 프리스트레싱 텐던 간격의 효과를 보기 위해 2.5m로 제작하였다. 또한 횡방향 프리스트레싱의 효과를 극대화하기 위해 텐던을 곡선으로 배치하였으며, 횡방향 프리스트레싱의 도입에 의한 철근비 감소의 효과를 보기 위해 $S_{aj}=4.70\text{MPa}$ 인 경우 철근비를 달리 하였다.

표 1. 실험변수

Prestressing Stress S_{aj} [MPa]	Steel Ratio	Concrete Strength [MPa]	Tendon Spacing [cm]
0.00	2.43	40	-
2.35	0.85	40	125
3.52	0.85	40	83
4.70	0.51	40	62

unit : mm

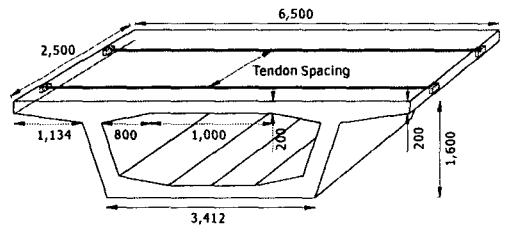


그림 1. 실험 부재 단면도

3. 횡방향 프리스트레싱에 의한 영향

횡방향 포스트 텐서닝에 의한 바닥판의 거동 및 횡방향 프리스트레싱이 콘크리트 박스거더 바닥판에 도입되는 분포를 분석하기 위해 바닥판 상하부 철근에 철근 게이지를 설치하였으며, 본 연구에서는 주로 횡방향 프리스트레싱 텐던 간격에 따른 텐던 위치와 텐던과 텐던 사이의 위치의 철근의 변형률을 상용프로그램인 DIANA를 이용한 3차원 유한요소해석 결과와 비교 검토하였다.

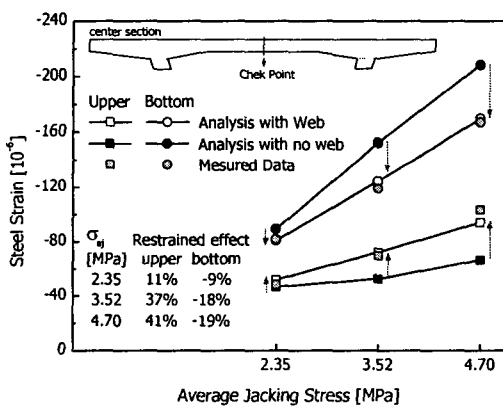
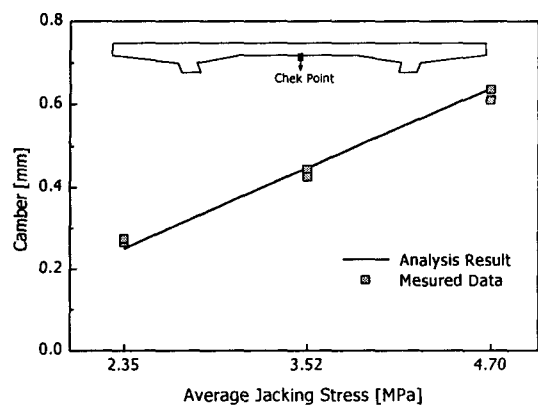


그림 2. 복부구속효과에 의한 상부바닥판 변형률



3. 횡방향 PT에 의한 솟음량

그림 2는 횡방향 프리스트레싱에 의한 복부의 구속효과를 알아보기 위해 콘크리트 박스거더 전체를

모델링한 것과 상부 바닥판만을 모델링한 것의 해석결과를 비교한 것이다. 그림에서 보듯이 박스거더 전체를 모델링한 것, 즉 복부의 구속효과를 고려한 것이 실험결과와 잘 일치하며, 상부바닥판과 복부 접합부에서의 복부의 회전에 대한 구속효과로 인해 상부바닥판만을 고려한 것보다 내부지간 상부바닥판의 곡률이 더 작아지는 것을 알 수 있다. 따라서 텐던의 곡선배치 및 복부의 구속효과로 인해 바닥판 하부의 변형률이 증가한 것을 볼 수 있다. 그림 3은 횡방향 프리스트레싱에 의한 솟음량을 나타낸 것으로 실험결과와 해석결과가 잘 일치하며, 솟음량은 도입되는 프리스트레싱의 크기에 비례하는 것을 볼 수 있다.

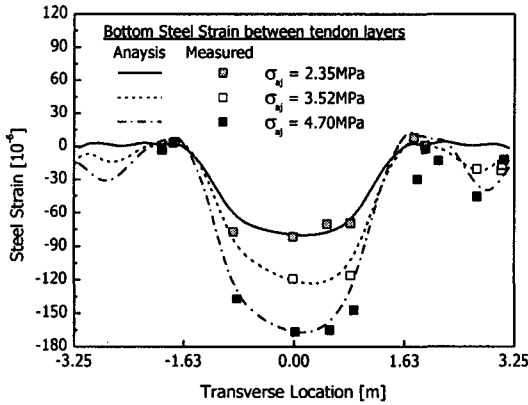


그림 4 텐던과 텐던사이 하부 철근의 횡방향 변형률 분포

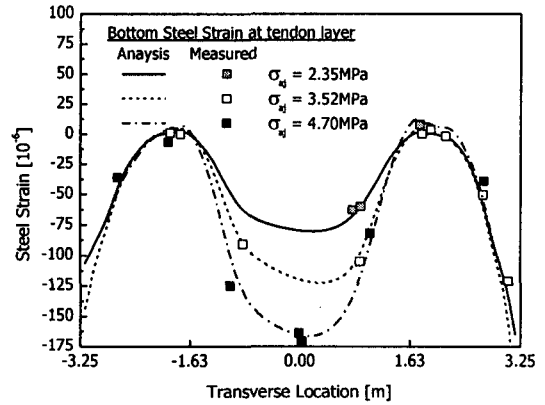


그림 5 텐던 위치에서의 하부 철근의 횡방향 변형률 분포

그림 4~5는 횡방향 프리스트레싱에 의한 콘크리트 박스거더 상부바닥판의 횡방향 변형률의 분포를 보여주는 것으로서, 그림에서 보듯이 실험결과와 해석결과는 잘 일치하는 것으로 나타났으며, 곡선 텐던 배치의 영향으로 프리스트레싱에 의한 내부지간 중앙부 하면의 압축 변형률이 상부 압축변형률보다 크게 나왔다. 내부지간 중앙부의 하부 철근의 압축 변형률은 횡방향 프리스트레싱 크기에 따라 비례적으로 증가하였다. 또한 아래 그림에서 보듯이 캔틸레버부 끝 단부 텐던과 텐던 사이에는 압축응력이 도입되지 않은 것을 볼 수 있으며, 따라서 캔틸레버 부에 집중하중이 작용하였을 경우 취약할 수 있으므로 프리스트레싱된 박스거더 부재의 횡방향 설계시 고려되어야 한다고 사료된다.

4. 정적재하실험 결과 및 분석

횡방향 포스트 텐서닝에 의한 바닥판의 거동 및 횡방향 프리스트레싱이 차량하중에 의한 콘크리트 박스거더 바닥판의 거동에 미치는 영향을 알아보기 위해 정적재하실험을 수행하였다. 그림 6과 같이 DB-24 차량하중을 묘사하기 위해 하중재하를 상부바닥판 2곳에 횡방향으로 1.5m 간격으로, 각각의 재하판은 바퀴접지면적을 묘사하기 위해 50cm×20cm로 하였으며, 이는 도로교 설계기준에 명시되어 있는 값의 약 80%이다.

그림 7에서 보듯이 최대하중은 횡방향 프리스트레싱이 없는 부재에서는 약 160kN, 횡방향 PT가 있는 부재에서는 약 140kN 정도가 나왔으며, 이는 횡방향 프리스트레싱이 없는 경우 횡방향 주철근 및 배력철근 배근량이 다른 것에 비해 많기 때문인 것으로 사료된다. 또한 횡방향 프리스트레싱을 도입함으로써 주철근 배근량을 줄여도 콘크리트 박스거더의 성능에는 큰 차이가 나지 않는 것을 알 수

있다. 그림 8은 각 하중단계에 따른 상부바닥판 하면의 균열을 나타낸 것으로 횡방향 프리스트레싱의 양이 클수록 균열이 적게 발생했다. 따라서 횡방향 PT에 의해 박스거더 상부바닥판에서의 균열제어 능력이 향상된다고 사료된다.

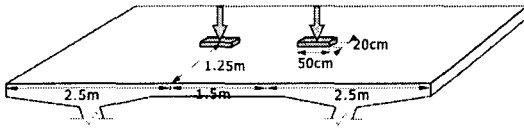


그림 6 콘크리트 박스거더 하중재하 위치도

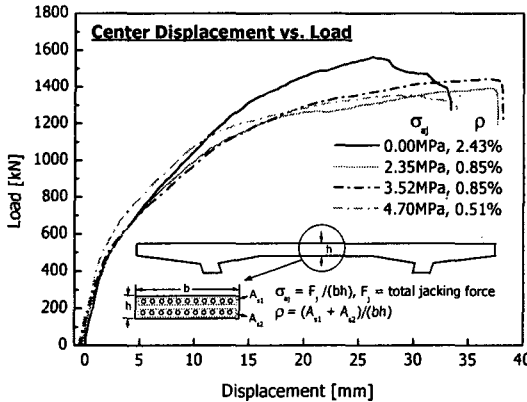


그림 7 상부바닥판 중앙부에서의 하중-처짐 곡선

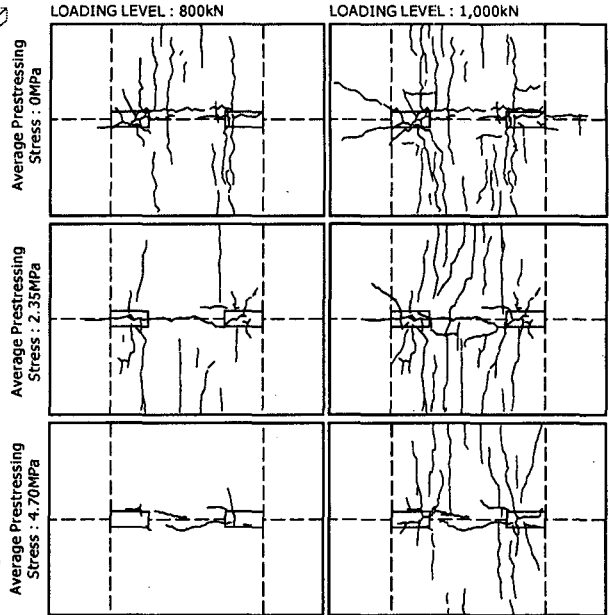


그림 8 하중 단계별 상부바닥판 하부 균열도

4. 결론

본 논문에서는 콘크리트 박스거더 상부 바닥판의 횡방향 프리스트레싱의 영향을 살펴보기 위해 실험 및 해석을 수행하였으며 결론은 다음과 같다.

- (1) 복부의 구속효과로 인해 횡방향 프리스트레싱에 의한 압축력 도입시 복부가 없는 바닥판보다 상부바닥판 내부지간의 하부에 변형률이 작게 발생하였다.
- (2) 프리스트레싱 텐던 사이의 캔틸레버부 단부에는 압축응력의 도입이 잘 되지 않으며 이는 집중 하중에 취약하기 때문에 이에 대한 고려를 설계에 반영할 필요가 있다고 사료된다.
- (3) 횡방향 프리스트레싱의 효과로 철근비를 감소할 수 있으며, 균열제어 능력을 향상시킬 수 있다고 사료된다.

감사의 글

The support from NRL(National Research Laboratory) Program of Korea is greatly appreciated.

참고문헌

1. R. W. Poston, A. R. Phipps, J. E. Breen, "Effects of transverse prestressing in bridge decks", ASCE, vol. 114, No4, 1988
2. J. Schlaich, H. Scheef, "Concrete Box-Girder Bridges", IABSE, 1982