

이동식 긴장대의 구조특성에 관한 성능평가

김중석*, 윤기용*, 김용혁**

*선문대학교 토목공학과

** (주)장현산업

e-mail: gooddevil82@nate.com

Evaluation on Structural Performance of Portable Prestressing Bed

Jong-Suk Kim*, Ki-Yong Yoon*, Yong-Hyeog Kim**

*Dept of Civil Engineering, Sunmoon University

**JANGHEON Industry

요 약

본 연구는 이동식 긴장대의 실험결과와 유한요소해석프로그램(ABAQUS)을 사용한 해석결과를 비교, 분석하여 이동식 긴장대의 구조 성능을 평가한 것이다. 현재 사용되는 프리텐션방식의 PSC 거더는 공장에서 제작, 운반하여 현장에서 가설하는 방식이나 도로주행 여건에 의해 운반 가능한 부재의 크기가 제한됨에 따라 소규모 PSC 슬래브에만 프리텐션 방식이 적용되고 있다. 이에 본 연구에서는 현장에서 프리텐션 방식으로 PSC 거더를 제작할 수 있는 이동식 긴장대를 개발하고자 한다. 본 논문에서는 실험결과와 해석결과를 통하여 각 구성요소가 이동식 긴장대에 작용하는 긴장력에 저항하는 메카니즘을 파악하여 개발하고자 하는 이동식 긴장대의 구조적 특성을 파악하고자 하였다.

1. 서론

국토해양부의 통계자료에 의하면 2007년까지 완공된 도로교의 수는 총 24,923개소(연장 2,289km)에 달하며 2003년에서 2007년 사이에 건설된 교량의 25~30%가 PSC I형 교량으로 가설되었다.(국토해양부,2008) 현재 사용되는 프리텐션방식의 PSC 거더는 공장에서 제작하고 운반하여 현장에서 가설하는 방식이나 도로주행 여건에 의해 운반비의 상승 및 운반가능한 부재의 크기가 제한되어 소규모 PSC 슬래브에만 프리텐션방식이 적용되고 있다. 운반의 문제를 해결하기 위해서는 현장에서 PSC 거더를 제작하여야 하는데 현장에 긴장대를 고정식으로 설치하는 것은 제작단가의 상승으로 이어져 경제성을 잃게 된다. 따라서 여러 현장에서 사용할 수 있도록 이동식 긴장대를 제작한다면 경제성을 갖춘 프리텐션방식의 PSC 거더 생산이 가능할 것이다.

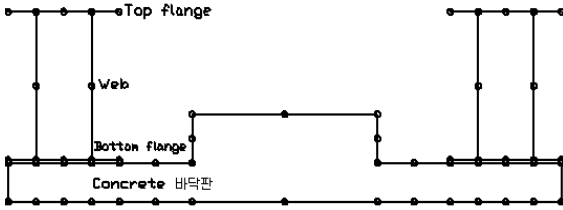
본 연구는 운반문제를 해결하고 경제성을 확보한 30~50m급 프리텐션방식의 PSC 거더를 제작하기 위하여 이동식 긴장대를 개발하고자하는 연구이다. 50m에 달하는 PSC 거더에는 약 10MN에 이르는 매우 큰 긴장력이 가해져 이동식 긴장대가 콘크리트 양생전까지 이 긴장력을 저항하여야 한다. 따라서 이동식 긴장대는 하중에 대한 안전성과 좌굴에 대한 안정

성을 확보하여야 한다. 본 논문에서는 이동식 긴장대의 각 구성요소가 긴장력에 대하여 어떠한 거동을 하는지 파악하기 위하여 10m급 PSC 거더를 생산할 수 있는 이동식 긴장대를 실험용으로 제작하고 유한요소해석프로그램인 ABAQUS를 사용하여 실험값을 예측하고 실험결과와 비교, 분석하여 이동식 긴장대의 구조적 특성을 파악하고자 한다.

2. 실험체 해석 모델링 및 실험방법

2.1 실험체 모델링

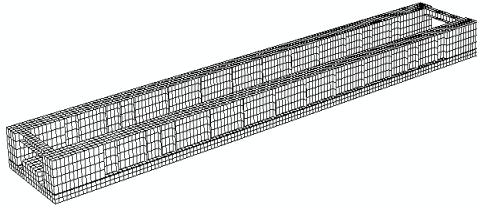
이동식 긴장대의 실험결과를 비교하기 위해 유한요소해석프로그램인 ABAQUS를 사용하였다. ABAQUS를 이용하여 H형강은 4절점 쉘요소(shell element), 바닥판 콘크리트는 8절점 솔리드요소(solid element)를 적용하였고, 바닥판과 H형강이 합성거동을 하도록 weld option을 적용하여 결합하였다. 그림 1은 해석요소의 기본 모델링이며 그림 2는 10m급 PSC 거더를 생산할 수 있는 이동식 긴장대 실험체를 나타낸 것이며 2,952kN의 긴장력 가력시 긴장대의 거동 및 구조적 특성을 파악하기 위해 실시하였다.



[그림 1] 해석 요소 모델링

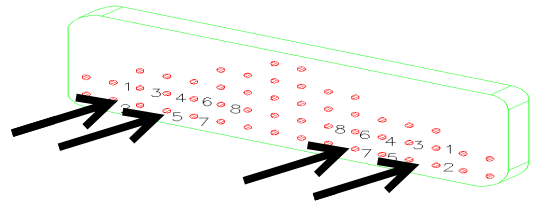


[그림 4] 스트레인 게이지 부착



Prismatic beam
 CDB: p4pp-1.e3b ABAQUS/STANDARD Version 6.5-1 Thu Mar 11 10:22:12 (GMT+09:00 2010)
 Step: Step-1
 Increment: 0 Step Time = 0.000
 Primary Var: S, Mises
 Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +1.000e+00

[그림 2] 실험체의 ABAQUS 모델링



[그림 5] 정착블록 긴장력 도입 위치

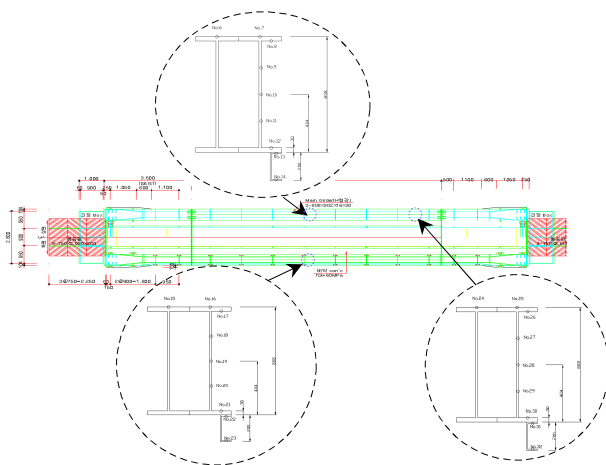
2.2 이동식 긴장대의 실험방법

각 구성요소의 응력전달상태를 파악하기 위하여 그림3과같이 긴장대거더의 3개소(중방향으로 1/2지점 2개소, 1/4지점 1개소)와 바닥판 블록 내부철근에 총 33개의 스트레인 게이지를 부착하였다. 정착블록에서 강연선을 긴장, 정착하여 1분당 184.5kN씩 16분은 사용하여 총 긴장력은 2,952kN이 가력된다. 실험은 정착블록의 동일한 위치의 좌, 우측 강연선을 번갈아 가며 강연선을 긴장하였다. 각 강연선의 긴장이 완료된 시점에 계측장비(UCAM-500A)를 통해 변형율을 측정하였다.

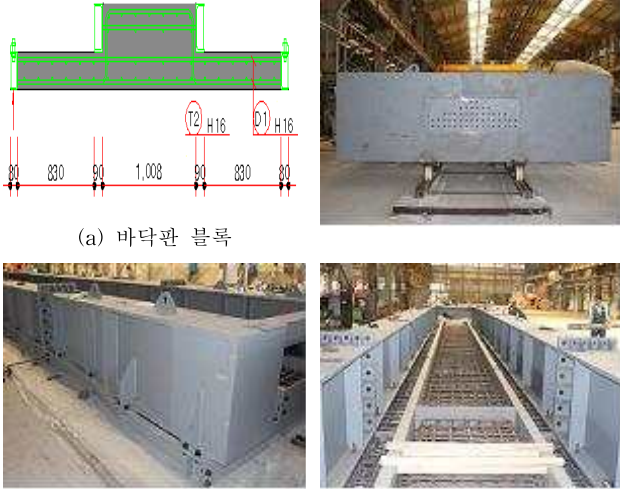


3. 실험체 설계 및 제작과정

실험체는 그림 7과 같이 바닥판 블록과 정착블록, 긴장대거더로 구성되는데 이동을 고려하여 길이 10m 이내, 무게 200kN 이내로 제작하여 현장에서 조립한다. 긴장대거더는 H형강(H-808×302×16×30, 단면적: 30,760mm²) 2개를 용접이음으로 제작하였고 H형강 재료는 E=210GPa인 SS400 강재를 사용하였다. 바닥판블록에 타설된 콘크리트의 두께는 전단면에 20cm이며 PSC 거더가 생산되는 바닥판의 중앙부위에는 45cm이다. 바닥판 블록에 M22 볼트로 긴장대거더와 체결하여 긴장력 도입시 긴장대거더의 좌굴 발생을 억제하며 사용한 콘크리트의 설계강도는 60MPa이다. 현장에서 각 구성요소를 조립하여 긴장대로 사용하게 된다. 이동식 긴장대는 50m급 PSC 거더를 제작할 수 있도록 설계 하였고, 구조특성을 파악하기 위한 실험용 이동식 긴장대는 단부거더(길이: 3.5m 2개) 중간거더(길이: 10m) 조립, 총길이 17m로 제작하여 10m급 PSC 거더를 생산할 수 있다.



[그림 3] 스트레인 게이지 부착위치

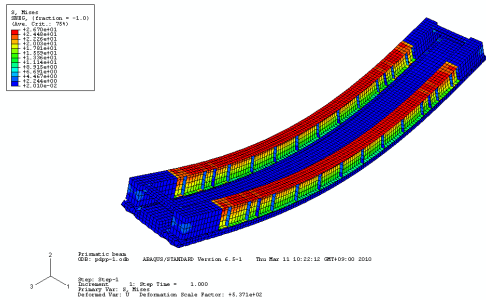


[그림 7] 긴장대 구성요소

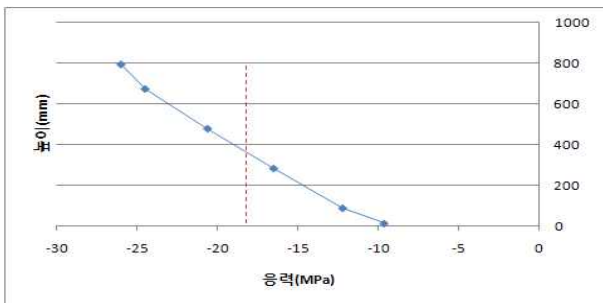
4. 이동식 긴장대 실험 및 해석 결과 비교

4.1 실험체 해석 결과

2절에서 서술한 유한요소해석 프로그램(ABAQUS)를 이용한 해석모델을 적용하여 이동식 긴장대를 해석한 결과 그림 8과 같이 나타낼 수 있다. 그림에서 알 수 있듯이 하중재하시 긴장대에 전체적으로 대칭적인 거동을 보이고, 최대처짐은 거더의 정중앙에서 3.146mm로 측정되었다.



[그림 8] 하중 재하시 응력분포



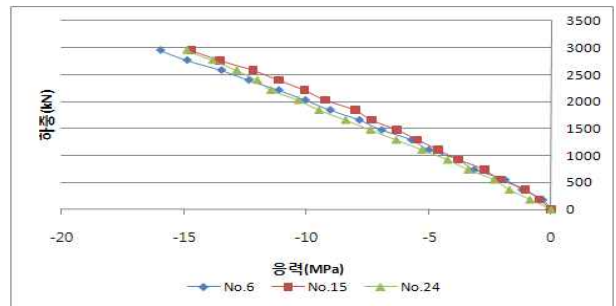
[그림 9] 긴장대 거더 높이에 따른 해석 결과

하중 재하시 긴장대 거더 높이에 따른 응력은 그림 9와 같고 플랜지 상부에서 26.0MPa 플랜지 하부에서 9.63MPa의 응력이 측정되었다. 해석결과 거더의 높이가 높아짐에 따라 응력이 커짐을 확인할 수 있다. 하중재하위치와 단면의 도심사이에 편심이 발생하는 것으로 판단된다.

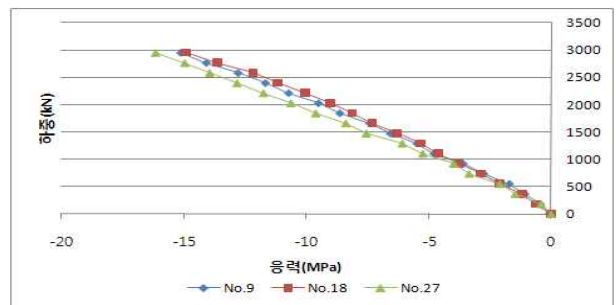
4.2 실험체 실험 결과

4.2.1 긴장력 재하단계에 따른 응력 분포

각 긴장력 재하단계별 긴장대 거더에서의 응력은 그림 10과 같다. 긴장력이 긴장대 거더 도심에 작용하고 바닥판 블록에 전달되지 않는다고 가정하면 긴장대 거더는 압축력만 받게 되어 2,952kN의 긴장력에 대하여 24.5MPa의 압축응력을 받게 된다. 그림 10의 실험 결과를 보면 플랜지 상부에서는 최대 15.96MPa, 복부에서는 최대 16.17MPa의 응력이 발생하여 바닥판 블록에도 긴장력이 전달되고 있음을 알 수 있다. 또한 각 지점에서의 응력이 거의 같이 발생하고 있으므로 긴장대 거더에는 길이방향으로 일정한 압축력이 전달되고 있음을 알 수 있다. 그리고 1/2지점의 좌,우측 응력의 크기도 거의 같은 것으로 나타났는데, 이는 긴장력을 좌우로 번갈아 도입하더라도 양측 거더에 압축력이 동일하게 전달되어 좌,우 편심효과가 크지 않음을 의미한다.



(a) 상부 플랜지에서의 응력분포

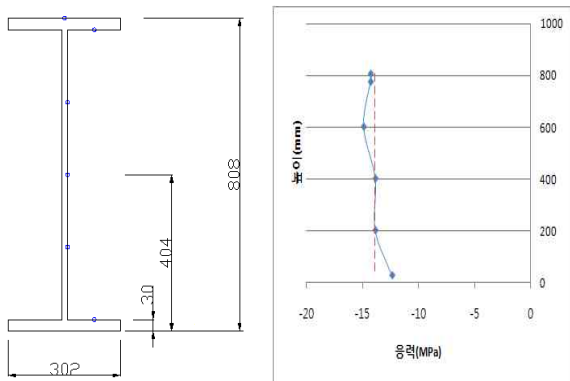


(b) 복부 상단에서의 응력분포

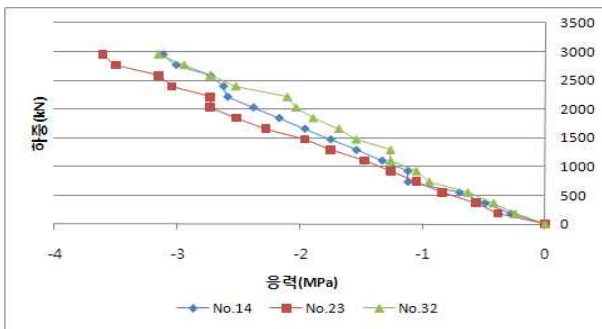
[그림 10] 긴장력 재하단계에 따른 응력분포

4.2.2 거더의 높이에 따른 응력분포

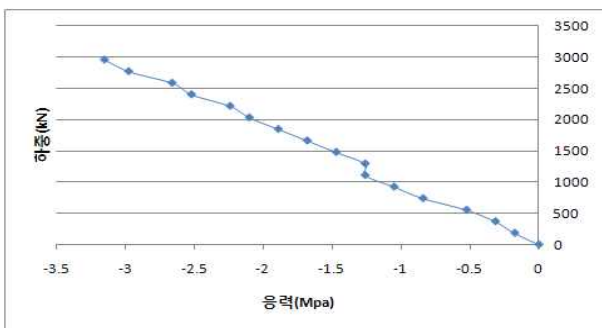
최대 긴장력 작용시 긴장대 거더 높이에 따른 응력은 그림 11과 같고, 긴장력 재하단계별 바닥판 블록의 ㄷ형강과 철근에서의 응력은 그림 12, 13과 같다. 그림 11을 보면 알 수 있듯이 축중계이지의 높이가 높아짐에 따라 응력의 크기가 커지는 것을 알 수 있는데, 이는 긴장력의 작용위치가 합성된 전단면의 도심과 편심을 갖게 되어 이동식 긴장대에는 축력과 휨모멘트가 동시에 동시에 작용하는 거동을 하게 된다. 그런데 그림 12, 13의 바닥판 블록에서의 응력이 3.2MPa~3.7MPa정도로 측정되어 긴장대 거더와 바닥판 블록이 완전히 합성되지 않은 것으로 파악되었다. 따라서 이동식 긴장대의 구조적 거동을 명확히 파악하기 위해서는 긴장대 거더와 바닥판 블록의 합성 정도에 대한 연구가 필요한 것으로 파악되었다.



[그림 11] 긴장대 거더 높이에 따른 실험 결과



[그림 12] ㄷ형강에서의 응력분포



[그림 13] 바닥판 내부 철근 응력분포

5. 결론

본 연구를 통해 개발하고자 하는 이동식 긴장대의 구조적 특성은 다음과 같이 파악 되었다. 긴장대 거더와 바닥판 블록이 합성거동을 함으로서 긴장력의 작용위치와 이동식 긴장대의 단면의 도심 위치 차이에 의한 편심이 발생한다. 따라서 긴장대 거더와 바닥판 블록의 연결부에 대한 연구와 합성정도에 대한 연구가 추가적으로 필요함이 판단된다. 긴장력을 좌,우로 번갈아 도입함으로써 좌,우 편심효과가 감소되어 양측 거더에 압축력이 동일하게 전달됨이 파악되었다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청 지원 산학연공동기술개발지원사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 건설교통부(2005) 도로교설계기준
- [2] 국토해양부(2008), 국토해양통계연보 도로교량 및 터널현황