

# 프리스트레스트 콘크리트거더의 정적거동 평가

## Static Behavior of Bi Prestressed Concrete Girders

이 필 구\* 김 충 언\*\*

Lee, Pil Goo Kim, Choong Eon

---

### ABSTRACT

This study was performed to estimate the workability and the static behavior for Bi Prestressed Concrete Girder(Bicon girder) which could introduce effectively prestressed forces into concrete girders. A bicon girder is manufactured by means of introducing pure bending moment that prestress simultaneously the compressive member(steel bar) and the tensile member(steel tendon).

Static test was executed for 20m railway bridge girder specimen and evaluated whether pure bending moment was introduced or not, and the behaviors after cracking, and at the ultimate load. Test results showed that a bicon girder had the enough safety in the introduction of pure moment, the serviceability, and the ultimate behavior.

### 요 약

이 연구에서는 저형고의 콘크리트거더에 효율적으로 프리스트레스를 도입할 수 있는 Bi Prestressed Concrete Girder(이하 Bicon거더)에 대한 정적 구조성능을 검증하였다. Bicon거더는 거더 상면에 강봉(압축재)와 하면에 강연선(인장재)를 동시에 긴장하여 두 부재의 편심을 이용, 부재에 순수한 휨만을 도입할 수 있는 프리스트레싱 공법으로 제작된다.

구조성능검증을 위해 철도 LS-22하중으로 20m Bicon거더 시험체를 제작하였다. 프리스트레스 도입시 콘크리트 부재에 순수 휨의 도입여부를 계측하였고, 탄성 및 균열 후 거동, 파괴시의 극한거동을 평가하기 위해 정적 재하시험을 수행하였다.

시험결과 긴장시 중앙단면의 효과적인 휨모멘트의 도입을 확인하였고, 정적하중 재하시 균열은 사용하중의 약 1.2배의 하중에서 발생하였으며 극한강도는 최대저항모멘트보다 15% 이상 증가되는 결과를 보여 충분한 안전율을 갖고 있는 교량거더로 평가되었다.

---

\*정회원, RIST 토목구조연구실 책임연구원

\*\*정회원, 삼현PF 기술개발팀 팀장

## 1. 서론

최근에 교량에 사용되는 거더의 길이가 증가하고 형고가 점점 낮아짐에 따라 거더 하연의 인장보다는 거더 상연의 압축응력이 문제가 되는 사례가 발생하고 있다. 특히 2차레 이상 프리스트레스트를 도입하는 단단계 긴장 PSC 거더나 콘크리트 하로교의 단부보, 프리스트레스트 슬래브교 등의 경우에는 긴장시 휨모멘트에 비해 압축성분이 월등히 커져 이러한 현상이 확연히 발생하고 있다.

콘크리트는 기본적으로 인장에 약하고 압축에 강한 재료이기 때문에 인장부에 고강도 강연선을 이용하여 압축응력을 도입하는 PSC형태의 구조부재가 널리 사용되고 있다. 하지만, 지나친 부재의 슬립화와 그에 따르는 과도한 프리스트레싱은 압축부에서 응력초과의 문제를 발생시킬 수 있다. 기존의 프리스트레싱 방법으로는 프리스트레스트에 의해 부재에 발생할 인장응력을 미리 보완할 수는 있으나 압축응력에 대해서는 단면 제원을 조정하는 것 이외에는 제어할 방법이 없기 때문이다. 대부분의 경우 압축응력이 문제가 되지 않는 정도의 단면을 선정하고 그에 맞는 적당한 수준의 프리스트레스트를 도입하게 되지만 경우에 따라서는 약간의 압축응력 조정으로 보다 효율적인 설계를 도모할 수 있다.

이 연구에서는 저형고의 콘크리트거더의 제작/설계시 효율적으로 프리스트레스트를 도입할 수 있는 Bi Prestressed Concrete Girder(이하 Bicon거더)를 소개하고 이에 대한 정적 구조성능을 검증하고자 한다.

## 2. Bicon 거더 제작공법

Bicon거더는 거더 상연에 강봉(압축재)과 하연에 강연선(인장재)을 동시에 긴장(일체긴장)하여 두 부재의 편심을 이용, 부재에 순수한 휨만을 도입할 수 있는 프리스트레싱 공법으로 제작된다. 프리스트레스트를 도입하는 프리스트레싱재의 단부를 콘크리트에 직접 정착하지 않고 압축재와 인장재를 서로 연결시켜 프리스트레스트 도입시 축력을 상쇄시킬 수가 있다. 따라서 PSC거더에서 형고를 작게 할수록 증가되는 거더 상연의 응력을 제어할 수 있어 장경간화 및 저형고화를 구현할 수 있는 프리스트레싱 공법이다.

일반적으로 콘크리트에 프리스트레스트를 도입하기 위해서는 고강도의 인장재와 정착구 그리고 긴장장치가 필요한데, Bicon 거더에서 프리스트레스트를 도입하기 위해서는 콘크리트에 인장재를 정착하는 정착구는 필요하지 않으며, 대신에 인장재의 인장력과 같은 크기의 압축력을 받을 수 있는 압축재가 추가되고 인장재와 압축재를 연결하고 긴장장치의 반력을 받아 압축재에 전달하는 연결구가 필요하다 (그림 1, 그림 2 참조).

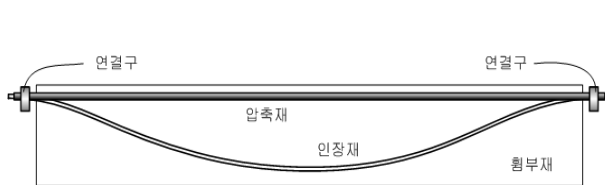


그림 1 프리스트레싱재의 배치

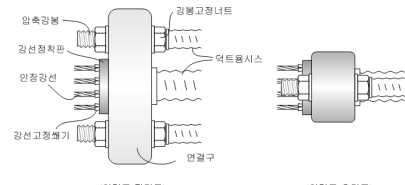


그림 2 연결구 상세도

콘크리트 휨부재의 상부에는 압축재용 덕트가 직선 또는 직선에 가까운 형상으로 배치되고 아래쪽에는 인장재용 덕트가 곡선형으로 배치되어 있으며, 각각의 덕트를 관통하는 압축재와 인장재는 부재 단부에 노출되어 연결구에 의해 서로 연결된다. 이 때 인장재는 부재단부에서 압축재와 평행해야 하기

때문에 인장재의 배치형상은 2개의 변곡점을 가지는 곡선이 된다. 이러한 방법으로 프리스트레스를 도입할 때 특별한 긴장장치가 필요한 것은 아니고 일반적인 긴장장치를 이용해서 프리스트레스를 도입할 수 있는데, 다만 긴장장치의 반력을 휨부재에 매립된 정착구가 아닌 부재와 분리된 연결구가 받아서 자연스럽게 압축재에는 압축력이 도입되고 인장재에는 인장력이 도입되도록 한다.

이러한 Bicon 거더의 효과는 그림 3에서 보는 바와 같이 콘크리트 부재 상부에 압축된 강봉이 정착된 효과와 긴장된 인장재가 정착된 효과의 합과 같다. 따라서 부재에는 축력이 발생하지 않으며 순수하게 휨모멘트만이 발생하게 된다. 그 모멘트의 크기는 부재 중립축의 위치와는 무관하고 압축재와 인장재의 편심거리에 비례한다. 이러한 방식의 프리스트레싱 공법을 적용하면 압축영역의 응력을 조절할 수 있으므로 압축을 받는 상부플랜지는 작게, 인장을 받는 하부플랜지는 크게 계획할 수 있다. 따라서 하부에 많은 긴장재를 배치하고 긴장력을 크게 할 수 있으며, 중립축이 낮아져서 바닥판 콘크리트 타설에 의한 하부플랜지의 프리스트레스 손실이 작아질 뿐만 아니라, 바닥판 합성 후에 지나치게 중립축이 올라가는 기존 교량과는 달리 적절한 위치에 중립축을 위치시킴으로써 2차 고정하중 및 활하중에 대한 단면효율을 증가시킬 수 있다. 이러한 단면형상은 가설 중에 안정성이 매우 뛰어나고 바닥판이 합성된 최종상태에서 활하중에 대한 강성이 크다.

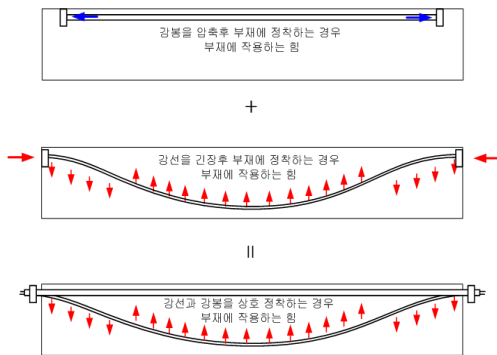


그림 3 일체긴장에 의해 작용하는 힘

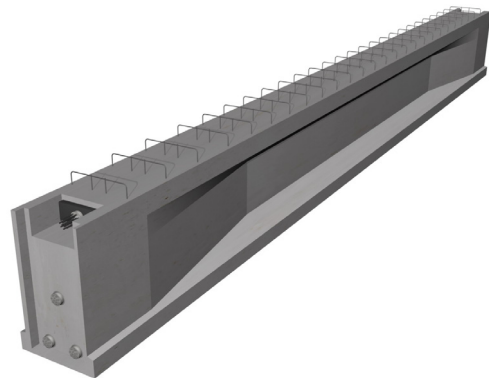


그림 4 Bicon 거더 형상

### 3. 구조성능검증 실험

구조성능검증을 위해 철도 LS-22하중, 도로 DB-24하중으로 20m Bicon거더 시험체를 각 1본씩 제작하였으며 단면제원은 그림 5와 같다.

시험체의 제작시 일체긴장에 의해 도입되는 응력을 평가하기 위해 지간 중앙의 거더 상연과 하연의 철근의 변형률을 계속하였다. 그림 7(a)에서처럼 긴장력의 증가에 따라 거더 상연에는 인장, 거더 하연에는 압축변형이 발생하여 효과적인 휨모멘트 도입을 확인하였다.

정적하중 재하하는 1000톤 UTM을 이용하여 지간 중앙부를 변위제어로 가력(그림 6)하였으며 하중-변위 곡선은 그림 7(b)와 같다. 사용하중 이하에서는 탄성거동을 보이고 있으며 균열은 사용하중의 약 1.2배의 하중에서 발생하였다. 거더 하연의 인장균열이 증가됨에 따라 강성이 점차 감소되었으며 극한 상태에서 가력부(압축부)의 바닥판 콘크리트 파괴와 함께 내하력이 감소하는 것을 확인하였다. 극한강도는 계산된 최대저항모멘트보다 15% 이상 증가되는 결과를 보여 충분한 안전율을 갖고 있는 교량거더로 평가되었다.

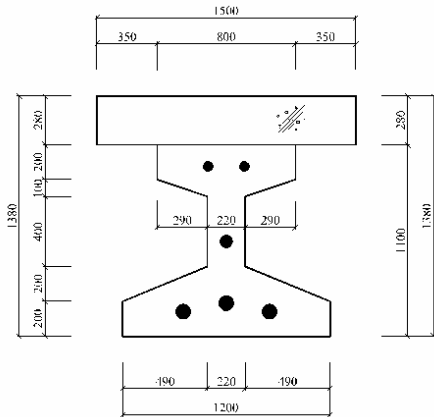
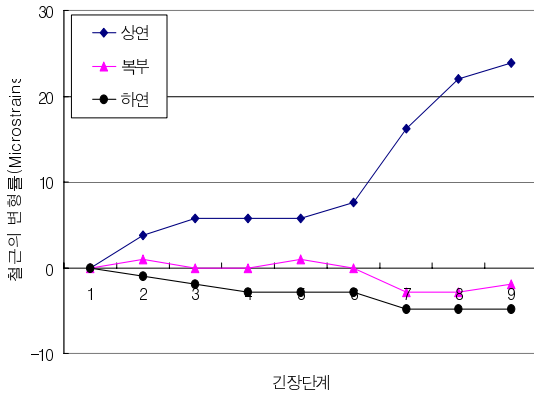


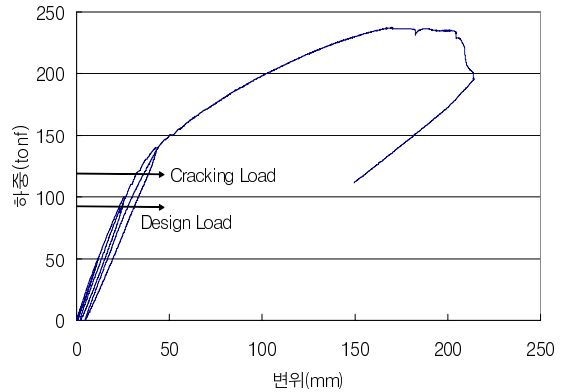
그림 5 시험체 제원



그림 6 시험체 세팅



(a) 프리스트레싱에 의한 휨모멘트 도입



(b) 하중-변위 곡선

그림 7 실험결과

#### 4. 결론

이 논문에서는 휨부재에 압축력을 가하지 않고 순수하게 휨을 가하여 제작하는 Bicon 거더를 소개하고 이에 대한 구조성능을 평가하였다. 시험결과 긴장시 중앙단면의 효과적인 휨모멘트의 도입을 확인하였고, 정적하중 재하시 균열은 사용하중의 약 1.2배의 하중에서 발생하였으며 극한강도는 최대저항 모멘트보다 15% 이상 증가되는 결과를 보여 충분한 안전율을 갖고 있는 교량거더로 평가되었다.

#### 감사의 글

이 논문은 2007년도 건설기술혁신사업 자유공모과제(06건설핵심-C10) 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. 건설교통부 (2005) 도로교설계기준.