

# 철도교용 개량형 PSC BEAM 개발

## Development of Improved P.S.C Beam for Railway Bridges

정지승†      박철\*      민대홍\*\*      장우선\*\*\*  
Jee-Seung Chung    Chul Park      Dae-Hong Min      Woo-Sun Jang  
문인기\*\*\*\*      윤용석\*\*\*\*\*      윤우현\*\*\*\*\*  
In-Gi Moon      Yong-Seok Yoon      Woo-Hyun Yoon

### ABSTRACT

This paper introduces improved prestressed concrete (PSC) girders for the railway bridges. In order to improve performance of conventional PSC girders, various types of PSC girders are either under development or have already been applied in railway bridges. Incrementally prestressed concrete girder is one of these newly developed girders. According to the design concept, these types of PSC girders have the advantages of requiring less self-weight while having the capability of longer spans. However, the tensional failure of top flange is one of the critical issues at the first prestressing stage. To effectively provide initial section stiffness of PSC girders, concrete block on the top flange is used in this study. The efficiency of the proposed structures, compared with conventional girders and improved ones, is successfully demonstrated in the example.

### 1. 서론

정부의 철도정책 방향은 녹색성장과 지역 발전을 선도하는 비전을 가지고 전국을 하나로 묶는 빠르고 안전하며 편리한 철도망 구축이 정책목표가 되고 있다. 이에 따라 철도건설 및 운영전반의 비용절감과 효율화를 위하여 건설과정의 비용절감이 중점 추진 과제중 하나가 되고 있으며 최근에는 화석연료에 의한 지구온난화 문제와 자원의 고갈 문제로 철도교통의 중요성이 어느 때 보다 강조되고 있다.

국내에서 고속화된 철도 교통망 구축을 2010년 12.2%에서 2015년 13.1%로 확대할 계획이다. 이를 위한 투자비는 40.4조원으로 추정되고 있다. 철도연장중 철도교량이 차지하는 비율은 과거에 건설된 경부선은 6.8%이나 최근에 건설된 장항선은 23.0%로 지역적인 영향도 있으나 교량이 증가하는 추세이며 공사비로 환산하면 사업노선 공사비의 약 30%이상을 차지하게 된다. 이러한 교량 상부형식중에서 60%가 PSC 거더 형식이다. PSC 거더의 표준경간을 기존의 25.0m에서 30.0m이상으로 증대할 경우, 공사비 절감과 철도교량 하부공간 이용효율을 높여서 기존의 철도교량에 대한 투박한 이상을 해소 할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 25.0m 경간에 적용되는 기존 PSC 거더의 단면의 형상을 효율적으로 개량하여 공사비의 증가없이 30.0m이상의 장경간이 가능한 개량형 PSC 거더를 개발하고자 한다.

† 교신저자, 동양대학교 철도토목학과 부교수, 공학박사  
E-mail : jschung@dyu.ac.kr

\* (주)다음기술단 대표이사, 공학박사수료

\*\* (주)다음기술단 사장, 공학박사

\*\*\* (주)EDCM 상무이사, 동양대학교 박사과정

\*\*\*\* 고려개발(주) 팀장, 동양대학교 박사과정

\*\*\*\*\* (주)다음기술단 차장, 공학석사

\*\*\*\*\* 경원대학교 토목환경공학과 교수

## 2. 국내 관련기술 분석 및 개량형 PSC 거더 제안

### 2.1 국내 관련기술 현황분석

PSC 거더를 사용한 교량에 있어 경간장을 크게하기 위해 가능한 거더 중앙부에 초기 긴장력을 크게 작용시키는 것이 중요하다. 거더 중앙부의 단면하부는 고정하중 및 활하중에 의해 인장응력이 최대가 되기 때문에 초기에 압축응력을 크게 작용시키는 것이 구조적으로 유리하며, 이러한 이유로 인해 경간 중앙부에는 최대 편심이 작용하여 단면하부에 최대 압축응력이 발생하도록 강선을 긴장시킨다. 단면하부에 과도한 압축응력은 상대적으로 단면상부에 인장응력을 유발시킨다. 이러한 인장응력은 콘크리트라는 재료의 특성상 인장에 취약하므로 긴장력 도입에 한계가 있다. 이러한 한계로 인해 충분한 프리스트레스의 도입에 한계가 있으며 상기와 같은 어려움을 해결하기 위하여 강선을 슬래브 타설 전·후로 구분하여 1차, 2차의 단계 긴장 방식이 보편적으로 사용되고 있다. 하지만, 다단계 긴장에 있어서도 1차 강선의 긴장력이 커질수록 구조적으로 유리하므로 1차에 가능한 많은 긴장력을 도입하도록 한다. 그러나, 1차에 과도한 초기 긴장력을 가하게 되면 거더의 상면부에 인장력이 콘크리트의 허용인장력을 초과할 수 있으므로 이 또한 긴장력의 한계를 규정하는 중요한 변수이다. 이러한 과도한 초기긴장에 의해 상부면의 인장을 제어하기 위해 최근에는 강판을 보강한 거더형식도 개발되었으나 이는 강재의 사용으로 공사비 상승과 재료의 이질화로 강판과 콘크리트 접촉면의 파괴가 야기된다.

### 2.2 개량형 PSC 거더의 제안

본 연구에서는 상기와 같은 문제점들을 해결하고자 그림 1에서와 같이 최대모멘트가 작용하는 거더 중앙부의 일부구간에 대해서만 상부 플랜지에 돌출된 추가의 콘크리트단면을 일체로 타설하여 설치하여 기존 PSC빔 공법에 비해 초기 긴장력을 극대화할 수 있으며, 향후 돌출된 콘크리트 단면은 슬래브단면에 매립되어 외관상으로는 기존 PSC 거더와 동일한 형상을 유지하면서 장시간, 저형고의 PSC 거더 교량건설이 가능하다. 그림 2에는 개량형 PSC 거더 각 부분에 대한 명칭을 나타내었다.

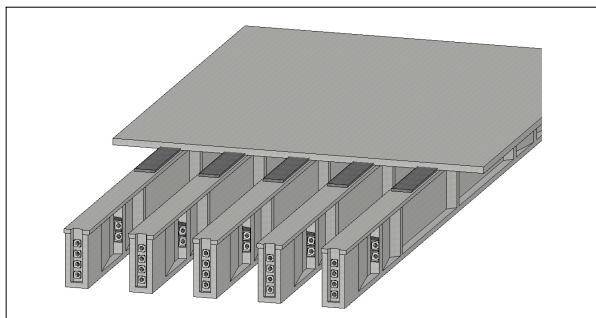


그림1. 개량형 PSC 거더 개요도

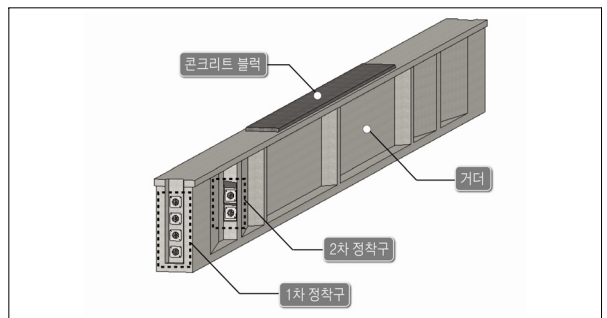


그림2. 개량형 PSC 거더 각부분 명칭

### 2.3 응력변화(기존 거더와의 비교)

기존 PSC 거더와 개량형 PSC 거더는 모두 허용응력 설계 개념을 토대로 설계하며, 합성전·후 단계별 응력 변화를 그림 3에 나타내었다.

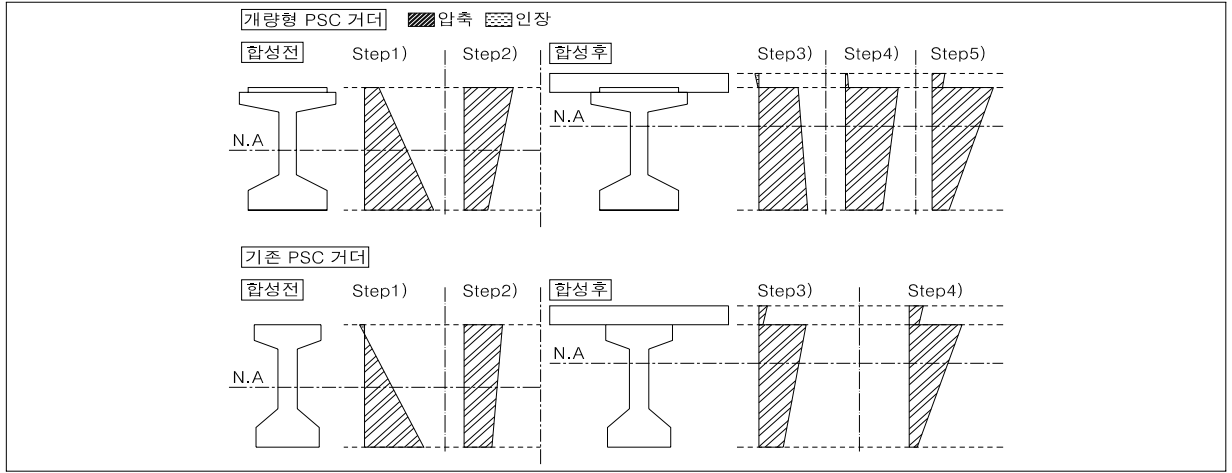


그림3. 기존 PSC 거더와 개량형 PSC 거더의 시공단계별 응력변화

### 2.4 기존 PSC BEAM과 개량형 PSC BEAM의 철도교 적용 비교

현재 철도교의 상부형식중 60%이상 사용되어지고 있는 기존 PSC 거더와 본 연구에서 제안한 개량형 PSC 거더의 단면제원과 특성을 비교하였으며 비교시 개량형 PSC 거더의 목표 경간장인 30.0m와 현재 철도에 가장 많이 사용되고 있는 25.0m 기존 PSC 거더를 비교하였다. 아래 표 1에 비교결과를 나타내었다

도표 1. 개량형 PSC BEAM과 기존 PSC BEAM 비교

구분	개량형 PSC BEAM	기존 PSC BEAM
표준 형단면		
단 면 제 원	L=30.0m, I=0.636m <sup>4</sup> (합성전) h=2.360m A=1.111m <sup>2</sup> I=1.295m <sup>4</sup> (합성후) w=95.000ton/본	L=25.0m I=0.614m <sup>4</sup> (합성전) h=2.350m A=0.861m <sup>2</sup> I=1.192m <sup>4</sup> (합성후) w=72.570ton/본
특 징	·강재 사용없이 저형고, 장경간이 가능함. ·단면효율이 우수하여 타단면보다 강성이 큼 ·자중이 작아 고정하중 감소 ·단면이 단순하여 시공성 우수 ·슬림한 단면으로 미관 우수 ·장경간 형식 적용에 유리	·거더 형고가 높아 형고하고 확보에 유리 ·제작비용이 저렴하고 공사비가 경제적 ·시공실적이 풍부하고 시공성 양호 ·단면이 커서 미관 불량 ·철도교에서 가장 일반적인 공법 ·경간(25m이상) 구조형식에 적용 사례 없음

### 3. 개량형 PSC BEAM 철도교의 설계(30m)

본 연구에서는 개량형 PSC 거더를 이용하여 단순교 형식의 30.0m 철도교 설계에 적용하였다.

#### 3.1 설계조건

거더의 제원은 연장= 29.9m, 폭(B)= 10.9m로 선로 1급선(LS-22)으로 설계하였다. 거더 설계에 적용된 콘크리트는 개량형 PSC거더  $f_{ck}=40\text{MPa}$ , 바닥판콘크리트  $f_{ck}=27\text{MPa}$  이며, 긴장재는 SWPC 7B를 적용하였으며 돌출부 상부플랜지의 길이는 중앙부를 기준으로 12.0m(0.4×L)로 단면을 설정하였다. 또한, 거더에 도입한 압축력은 1차강선의 경우 1798kN, 2차강선의 경우 1258kN을 도입하였다.

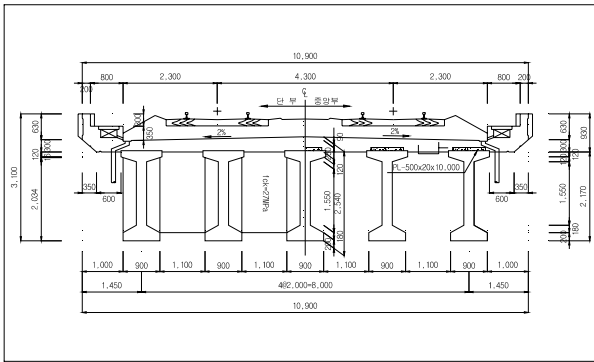


그림4. 횡단면도

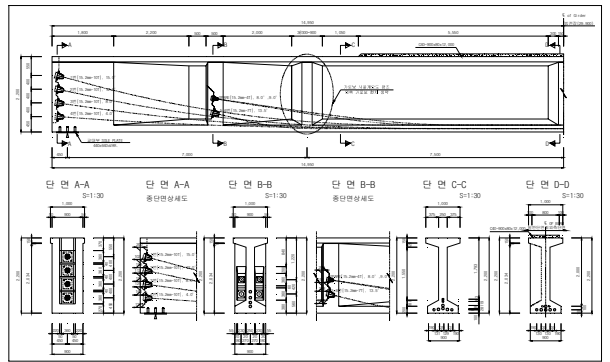


그림5. 단면상세도

#### 3.2 해석결과

이와 같이 설계한 경우 시공단계별 및 사용하중시 도표 2와 같이 거더 전단면은 압축응력 상태이며 거더와 슬래브의 상·하연 응력이 허용응력을 만족하였다. 사용성 검토에서도 거더의 최대 발생처짐은 13.870mm로 프리스트레스 콘크리트 허용처짐 기준인 L/1600을 만족하였다.

도표 2. 하중단계별 응력합성표

하중단계	바닥판(MPa)		거더(MPa)		비고
	상연응력	하연응력	상연응력	하연응력	
1+2초기	-	-	0.03	13.74	1 : 거더자중
1+2유효+3	-	-	4.59	7.29	2초기: 1차긴장(초기)
1+2유효+3+4초기	-0.95	-0.27	4.27	13.24	2유효: 1차긴장(유효)
1+2유효+3+4유효	-0.82	-0.24	4.31	12.47	3 : 바닥판 및 가로보
1+2유효+3+4유효+5	-0.84	-0.26	4.29	12.48	4초기: 2차긴장(초기)
1+2유효+3+4유효+5+6	1.14	1.12	5.92	8.58	4유효: 2차긴장(유효)
1+2유효+3+4유효+5+6+7	4.61	3.54	8.77	1.76	5 : 2차긴장시 1차응력손실
1+2유효+3+4유효+5+6+7+8	4.76	4.14	8.09	2.01	6 : 2차고정하중
허용응력	10.80	10.80	16.00	0.00	7 : 활하중
판정	O.K	O.K	O.K	O.K	8 : 구속모멘트

### 4. 결론

본 연구에서는 PSC 거더 상부에 돌출된 추가의 콘크리트단면을 구성하고 다단계 긴장력을 도입함으로써 기존 PSC 거더의 취약점을 개선하고 경제적이며 구조적 안전성을 확보한 개량형 PSC 거더를 개발하였다. 개발된 개량형 PSC 거더를 경간 30m의 철도교에 적용한 결과 시공단계별 및 사용하중시 거더 전단면

은 압축응력 상태이며 발생응력이 허용응력을 만족하였다. 사용성 검토에서도 거더의 최대 발생처짐은 13.870mm로 프리스트레스 콘크리트 허용처짐 기준인 L/1600을 만족함을 확인 할 수 있었다. 따라서, 본 연구에서 제안한 개량형 PSC 거더를 철도교량 설계에 적용한다면 경제성이 우수한 저형고 장지간 PSC 교량건설이 가능함을 알 수 있었다.

## 참고문헌

1. 건설교통부 (2004), 철도교설계기준, 대한토목학회
2. 한국철도시설공단 (2004), 철도설계편람(토목편), 대한토목학회
3. 건설교통부 (2007), 콘크리트구조설계기준, 한국콘크리트학회
4. 국토해양부 (2010), 도로교설기준, 한국도로교통협회
5. 한만엽, 김진근, 이차돈, 박준범, “프리스트레스를 단계적으로 도입하는 IPC 거더의 설계이론 연구”, 한국콘크리트 학회 논문집, 제12권, 4호, pp.121-130, 2000
6. 이형준, 전세진, 김영진, “PSC 교량의 저형고 장경간화에 대한 연구 개발”, 콘크리트학회지, 제20권, 3호 pp.14-19, 2008