

장 경간 철도교량(L=40M)의 Precom Beam 적용사례 연구

The Case Study of the application Precom Beam in Long Span(L=40M) Railway Bridge

권순섭* 정인철** 김용표*** 신동기**** 신상철*****
Kwon, Soon Sup Jeong, In Choul Kim, Yong Pyo Shin, Dong Kee Shin, Sang Chul

ABSTRACT

The 4th Bridge of Do-Kok which will be made in the third section part of work, called Chung-Ang Railroad Line(Deok-So~Won-ju) is planed that the roadbed newly established is higher than the existing roadbed. So people in Pal-Dang Li demand downward settlement of the roadbed newly established because of a prospect of The Han-River.

Because of the claim, there were two conferences to analyze the field condition, terms of works and economical efficiency regarding design modification(downward settlement of design elevation(70cm), the minimum span length(40m) and height from the bottom of the slab to ground(5m). Through such conferences, it is possible to apply The Precom Beam to The 4th Bridge of Do-Kok in our construction field after investigating structural safety.

1. 서 론

중양선 덕소~원주간복선전철제3공구건설공사 현장에 시공될 예정이던 도곡제4교는 강함성 2주형교로 계획되었으나, 신설되는 철도노반이 기존의 철도노반보다 높게 계획되어 팔당리 마을 주민들이 강조망 등 경관적인 측면과 생존권수호 등의 사유로 신설되는 철도노반 시설의 하향조정을 요구하게 되었다.

이에 설계변경조건(최소경간장 40m, 최소형하고 5m)을 감안하여 현장의 시공조건, 공사 소요 시간 및 경제성등을 종합적으로 분석하고, 교량형식 선정에 대한 타당성을 검토하기 위하여 2차에 걸쳐 자문회의를 개최하였고, 이를 통해 다양한 공법을 검토 하였으나 Precom 거더가 구조적 안정성 및 경제성 분석에서 가장 적합한 것으로 판단되어 이를 당현장 도곡제4교에 채택하게 되었다.

2. Precom 공법(신형식 강함성 거더 제작공법)

- * 정회원, 삼성물산(주) 소장, 기술사
- ** 정회원, 삼성물산(주) 상무
- *** 삼성물산(주) 공사 과장 (도곡4교)
- **** (주) 삼현 P.F 기술연구소장, 공학박사, 기술사
- ***** 삼성물산(주) 공사 주임 (도곡4교)

1) Precom 거더의 개요

프리컴 거더(Prestressed Composite Girder, Precom 거더) 제작공법이란 I형 강재거더가 거푸집에 매달린 상태로 하부케이싱 콘크리트를 타설 및 양생한 후, 미리 배치된 PS강재를 긴장 정착하여 인장축 콘크리트에 미리 압축응력을 도입하는 합성거더 제작공법의 일종이다.

위 프리컴 거더는 I형 강재거더의 상부플랜지를 감싸는 케이싱 콘크리트, 강재거더의 복부를 감싸는 복부 콘크리트, 강재거더의 상부플랜지를 감싸며 동시에 바닥판의 역할을 하는 바닥판 콘크리트와 프리스트레스트를 도입하기 위한 PS 강재로 이루어져 있다.

프리컴 공법의 주요 특징은 I형 강재거더의 하부플랜지를 감싸는 케이싱 콘크리트를 강재에 매달린 거푸집을 이용하여 무응력 상태로 제작하는 것과, 합리적인 강선배치에 있으며, 구조 효율성의 극대화, 공사비 및 공사기간의 획기적인 감소 및 시공성 개선 등의 측면에서 진일보한 신공법이다.

2) 현장 현황 및 원/변경설계 비교

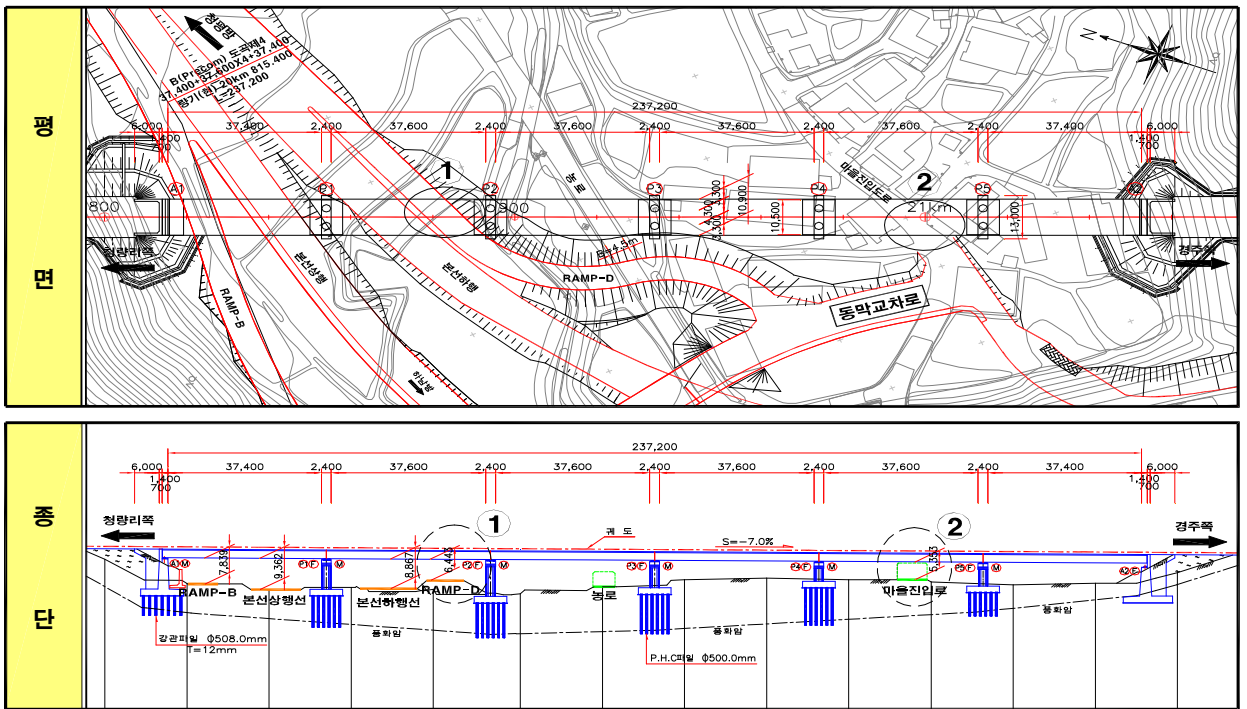
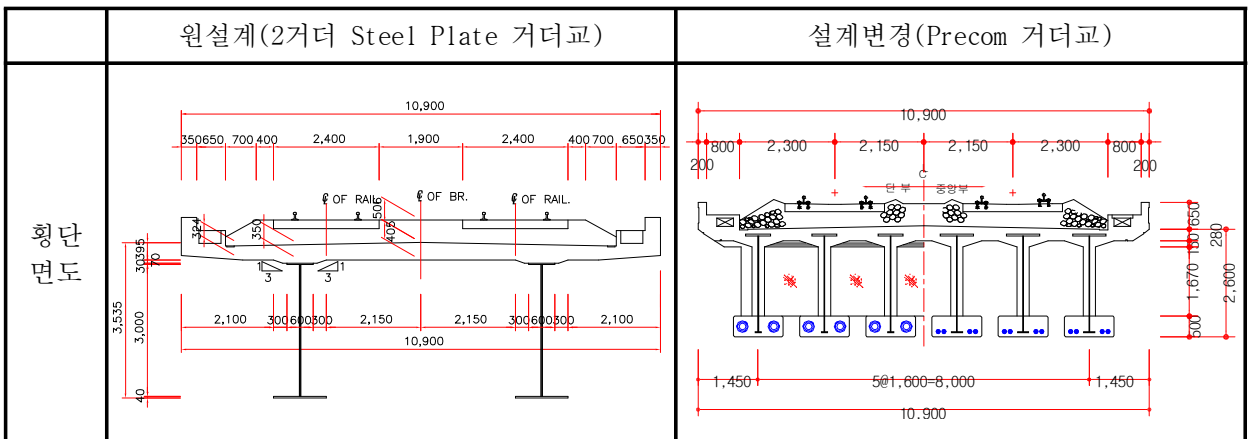


그림 1. 도곡제4교 현장 현황



형하 여유고	동막교차로 통과구간 : 4.835m (N.G) 마을진입도로 : 4.500m (N.G)	동막교차로 통과구간 : 6.443m (O.K) 마을진입도로 : 5.353m (O.K)
	서울국토관리청의 통과높이 요구사항 : 최소 5.0m 확보	
형고	H = 3.605m	H = 2.600m
상부 직공비	약 45억2천만원(175만원/m ²)	약 33억6천만원(130만원/m ²)

표 1. 원/변경설계 비교

3) Precom 공법에 대한 검증

① 동적해석에 의한 검증

프리컴 거더 제작공법은 재단법인 포항산업과학연구원을 통하여 시공단계 및 장기거동, 공용 하중에 대한 해석적인 검증이 수행되었으며, 시공중 유발될 수 있는 프리컴 거더의 좌굴 안정 검증과 PS강재의 정착부에 대한 상세해석이 수행되었다.

또한 재단법인 한국철도기술연구원에서는 상기한 프리컴 거더가 철도교의 동적성능과 관련된 설계규정을 만족시키는지에 대하여 KTX, 새마을호, 무궁화호, 화물열차의 수치모델을 사용하여 이동하중 해석을 수행하였다. 또한 열차별로 교량과의 상호작용을 고려한 시간영역 해석을 통하여 공진위험속도를 구하고 이 위험속도가 실제 주행가능한 속도 범위 내에 있지 않음을 확인하였고, 국내외 동적기준에 대해 검토한 결과 모든 항목에 대해서 동적성능이 안전함을 확인하였다.

항 목	Model	국내외기준	Precom 동적해석결과	
			새마을호	화물열차
충격계수 (철도설계기준)	35m	0.3292	0.179	0.222
	40m	0.3181	0.261	0.175
고유진동수 (UIC 776-1)	35m	2.874~6.632Hz	3.901Hz	
	40m	2.622~6.002Hz	3.516Hz	
Deck 연직가속도 (BRDM)	35m	유도상 궤도 : 0.35g	0.070g	0.152g
	40m	무도상 궤도 : 0.5g	0.042g	0.190g
단부꺾임각 (프랑스규정)	35m	인접 성토구간에 접해있는 경우 qmax(rad) ≤ 3.5× 10 ⁻³	0.4942× 10 ⁻³	0.9467× 10 ⁻³
	40m		0.4420× 10 ⁻³	1.070× 10 ⁻³
단부 상대 수직처짐 (Eurocode)	35m	인접 교대 또는 deck와 deck 상부표면의 연직방향 상대변위의 차 : 2mm	0.514mm	0.984mm
	40m		0.513mm	1.247mm
상판의 면틀림 (프랑스규정 220km/h 이하)	35m	3.0mm/m/3m	0.508mm	0.495mm
	40m		0.507mm	0.496mm
경간중앙부 수직처짐 (프랑스 및 BRDM)	35m	20.59mm	6.284mm	12.71mm
	40m	23.53mm	6.656mm	16.47mm

② 실험적인 방법에 의한 검증

재단법인 포항산업과학 연구원에서는 15m 및 20m 철도교에 대한 실험체를 제작하여, 정적 하중 및 동적하중에 대한 실험을 수행하였으며, 이를 통하여 강재거더와 콘크리트 합성거동을 확인하였고, 해석결과 비교검증을 수행하여 해석의 적정성 확인 및 고유진동수와 극한하중을 평가하였다. 또한 포항산업과학연구원 등에서는 프리컴 거더의 첫 시공현장인 제주도 표선리의 45m도로교(설계하중 DB-18)에 대하여 현장재하실험을 통하여 프리컴 공법 시공의 적정성, 정적 및 동적주행시험을 수행하였으며, 이를 통하여 공용 내하력의 적정성을 확인하였다.

<p>Precom 거더교량</p> <ul style="list-style-type: none"> (제)포항산업과학연구원 <ul style="list-style-type: none"> 모형 및 실물실험 주관 공법실용화/요소기술 개발 실교량 제하시험(정적거동) 역술활동 (계)한국철도기술연구원 <ul style="list-style-type: none"> 동적거동 해석 주관 철도교 적용성 검토 실교량 제하시험(동적거동) 역술활동 (유)삼신편씨엔프 <ul style="list-style-type: none"> 공법실용화/요소기술 개발 모형 및 실물실험계 제작 설계프로그램 구축 원장적용 (사)대한토목학회 <ul style="list-style-type: none"> 설계시행서/설계지침서 작성 	
<p>공법개발에 있어서의 업무분장</p>	<p>공개실험 전경(2005. 6. 21)</p>

그림 2. 공법개발의 업무분장 및 공개재하시험 전경

4) 프리컴 거더 제작순서

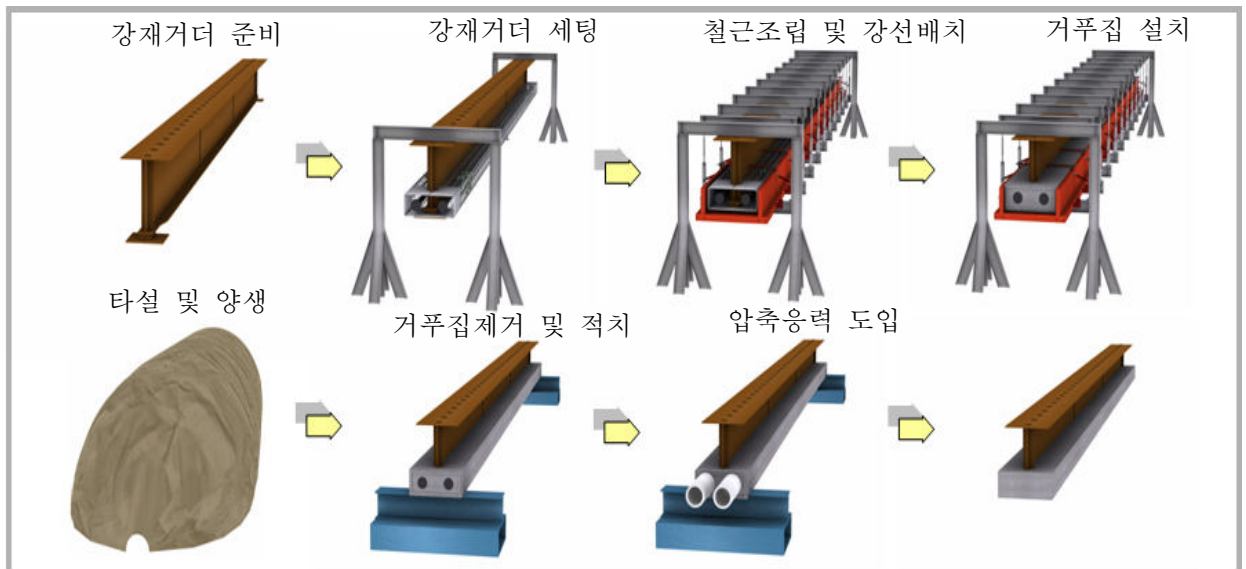


그림 3. 프리컴 거더 제작순서

5) 핵심기술의 내용 및 특징

“ 단순지지 상태의 강재 I-거더에 거푸집을 매달아 콘크리트를 합성시켜 강재 I-거더가 자중을 부담(①)하면서 동시에 압축응력 도입효과를 극대화(②)한 프리스트레스트 강합성거더(Precom 거더)

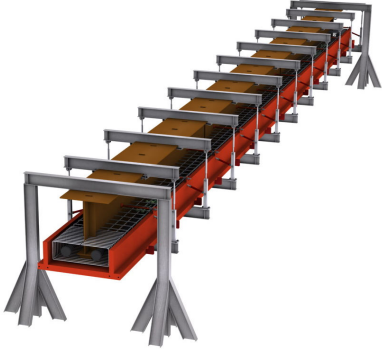
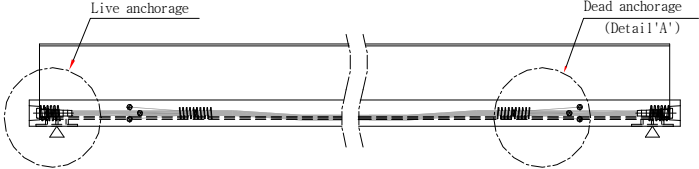
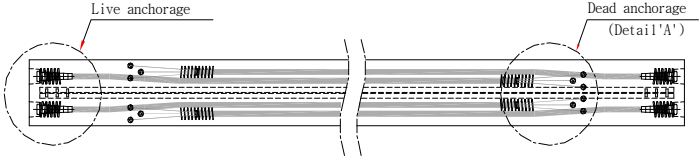
기술 ①의 구현을 위한 구성	기술 ②의 구현을 위한 구성	
	측면도	
	평면도	
<p>콘크리트 타설을 위한 거푸집을 강제 거더에 매다는 구조.</p>	<p>인장정착구는 단부에 설치하고 고정정착구는 타단부로부터 소정 거리 이격되는 위치에 두도록 구성</p>	

그림 4. 프리컴 거더의 특징기술

6) 철도교 적용에 따른 기대효과

구분	기대효과	비고
구조적 측면	<ul style="list-style-type: none"> - 강연선 적용에 따른 단면효율의 극대화 ; 압축력 도입수단으로 강연선을 이용하므로 불필요한 강재의 사용을 줄이고, 합성재료로 사용되는 강재와 콘크리트의 허용응력을 최대로 활용하여 단면의 효율을 극대화 - 콘크리트 압축응력 손실의 최소화 ; 강제거더에 거푸집을 매달아 하부케이싱 콘크리트를 무응력 상태로 제작하여 압축응력 손실의 큰 부분을 차지하는 콘크리트의 초기 크리프에 의한 손실을 최소화 - 효율적인 압축응력 도입 ; 인장정착구는 단부에 설치, 고정정착구는 타단부로부터 소정거리 이격되는 위치에 설치 ⇒ 큰 압축응력을 안정적으로 도입가능 	
시공적 측면	<ul style="list-style-type: none"> - 제작공정의 단순화 - 제작시간의 단축 - 제작작업 안전성의 극대화 	
경제적 측면	<ul style="list-style-type: none"> - 탁월한 공사비 절감 - 제작공정 및 작업량의 축소 - 공사기간의 단축 	

3. 결 론

프리캐스트 거더공법은 경제성 및 시공성이 좋아 국내 교량시장의 큰 부분을 차지하고 있다. 또한 신설되는 철도교량의 도심지 통과나 조망권 확보 및 하천정비기준의 변화에 따른 형하공간 확보를 위해 저형고/장지간 교량이 더욱더 필요해지고 있는 여건 속에 개발된 프리컴 거더 제작공법은 기존의 공법들과 비교하여 최저형고 및 최장지간의 조건을 만족하여, 하부통과조건 및 홍수위 등에 따른 형하공간의 제한이 있는 곳에 적용할 수 있으면서 구조효율성, 시공성 및 경제성을 제고하여 시장성이 뛰어난 공법으로 판단된다. 또한 프리컴 공법은 구조해석적 방법과 실험적 방법을 통하여 정적, 동적 거동을 검증하였을 뿐 아니라 국내 유수의 교수들과 실무기술자들이 자문과 심의 과정을 통하여 충분히 검증된 것으로, 이러한 공법의 우월성과 신뢰할 수 있는 절차를 통한 검증을 바탕으로 빠른 속도로 설계 및 시공에 적용되고 있으며, 앞으로도 프리캐스트 거더교량 시장을 선도해 나갈 것으로 예상된다.

참고문헌

1. SM570 적용 Preflex 강교량 기술개발 (2005.10.02 포항산업과학연구원)
2. Preflex 거더 철도교량의 동적거동 분석에 관한 연구(2005.11 한국철도기술연구원)
3. Precom 거더교 실교량 재하시험보고서(2005.12 포항산업과학연구원)
4. Precom 거더 설계 및 시공지침 (2006.02 사단법인 대한토목학회)
5. Precom 거더 교량 구조계산서 (2006.01 (주) 삼현 P.F)