

철도교량의 하로 PSC U거더교 설계적용사례

The Design Of PSC U-Girder (Song-Lim Gyo) In Korean Railway

조선규* 권순섭** 김선곤*** 이종신**** 이종민*****
Cho, Sun Kyu Kwon, Soon Sup Kim, Sun Kon Lee, Jong Shin Lee, Jong Min

Along with the steady development of Korean Railway construction technology, Contemporary society needs more modernized structures which can meet not only structural value but also aesthetic and environmental value.

To follow this demand of society, **Pre-Stressed Concrete U-girder bridge**(Song-Lim Gyo, L=330m) is introduced in 'JINJOO-KWANGYANG RAILWAY CONSTRUCTION PROJECT'. On the environmental point of view, the huge noise due to the operation of train can be reduced remarkably by the side beam of U-girder which is high enough to substitute soundproofing wall. Moreover, by aesthetic variation of the shape of outer beams and coping of piers, the exterior view of the bridge can be improved and in accordance with surroundings.

Pre-Stressed Concrete U-Girders which are built up above the outer sides of slab deck make easier to secure the clearance of a bridge and make it possible to lower the distance of centroid between superstructure and railroad tracks.

1. 서론

철도교의 기술개발은 꾸준히 발전되어오고 있으며 기술개발과 더불어 경관성을 고려한 조형미의 창출과 철도교로서의 구조특성에 적합하며 동시에 환경을 고려한 구조물 형식이 요구되고 있다.

이에, 본 진주~광양간 복선화 철도 노반건설공사 수행에 있어 환경적으로 방음벽의 역할과 거더의 역할을 동시에 수행하는 기능성과 거더외관의 다양한 조형미의 창출과 함께 하부 교각과의 조화에 의한 경관성이 우수한 PSC 하로 U거더교를 설계 반영하였다. PSC 하로 U 거더교는 궤도를 슬래브로 지지하고 그 슬래브를 건축한계 밖으로 설치한 주거더로 지지하는 구조로서 철도구조물로서의 안전성과 다리밑공간확보의 용이성 등으로 인하여 일본 및 유럽에서는 자주 적용된 형식으로 최근 국내에서도 설계에 반영되는 추세에 있다. 또한 철도교로서 하로 형식의 적용으로 인해 구조물의 도심과 궤도와의 편심이 작아 레일-도상간 상호변위의 최소화로 우수한 구조적 안전성을 확보하고 있으며, 측면 거더가 열차 탈선시 방호벽 역할을 수행하여 열차낙교 방지로 열차 주행의 안전성 확보가 용이하다. 그리고 가설여건에 따라 다양한 공법선정이 가능하여 일반 동바리 및 거더지주 공법의 ILM(Incremental Launching Method), Precast 공법에 의한 Seg 분할 공법 및 FSLM(Full Span Launching Method) 등 여건에 적합한 가설공법의 선정이 용이한 형식이라 할 수 있다.

- * 서울산업대학교 철도전문대학원 부교수, 정회원
E-mail : skcho@snut.ac.kr
TEL : (02)970-6512 FAX : (02)948-0043
- ** (주) 남광토건 상무, 정회원
- *** (주) 현대산업개발 부장, 정회원
- **** (주) 다린이앤씨 이사, 구조기술사, 정회원
- ***** 서울산업대학교 철도전문대학원 박사과정, 비회원

1. 개요

PSC 하로 U 거더교는 궤도를 슬래브로 지지하고 그 슬래브를 건축한계 밖으로 설치한 주 거더로 지지하는 구조로서 철도 구조물의 안전성 및 다리밑공간 확보의 용이성 등으로 인해 일본 및 유럽에서는 자주 적용된 형식으로 최근 국내에서도 설계에 반영되는 추세에 있다. 또한 다양한 가설공법의 적용이 가능하여 교량계획시 적용성이 넓다고 할 수 있다.



그림1. 개요도

2. 하로 PSC U 거더교의 특징

2.1 다리밑공간 확보의 용이성

- 낮은 종단선형에 의해 다리밑공간의 확보가 어려운 경우 하로형식으로서 최적의 시설한계 확보가 용이하며 강구조인 하로판형교보다도 낮은 건축한계의 확보가 가능하다.
- 도심지 구간의 장 연장 교량 필요시 낮은 종단선형 적용으로 쌓기부의 최소화 및 하부구조 공사비 절감이 가능하다.



그림2. 건축한계확보 용이성

2.2 친환경성 및 유지관리성

- 거더자체가 방음벽 역할을 수행하여 방음벽의 배제 또는 축소로 인한 친환경성 확보가 용이하다.
- 방음벽 배제로 교량측면에서 조망시 구조물 전체의 위압감 최소화를 도모 할 수 있다.
- 방음벽의 유지관리 배제로 인한 유지관리성이 우수하다.

하로 PSC U 거더교	PSC Beam교	PSC Box교
		

그림3. 방음벽 설치시 개요도

2.3 레일-도상간 안정성

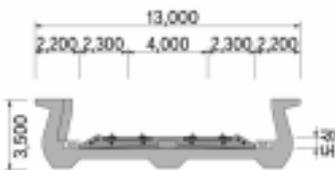
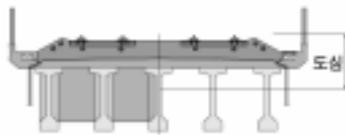
<ul style="list-style-type: none"> • 하로 형식의 교량으로 구조 도심과 궤도와의 편심이 작아 레일-도상간 상호변위의 최소화로 철도 교량으로서의 구조 안정성이 우수하다. 	<p>하로 PSC U 거더교</p> 	<p>PSC Beam교</p> 
--	---	---

그림4. 구조안전성 확보용이성

2.4 열차 탈선시 안전성

- 열차 탈선시 측면의 거더가 방호벽 역할을 수행, 열차 낙교 방지로 열차 주행의 안전성 확보가 가능하여 철도교로서의 기능성이 우수하다.



그림5. 방호벽 역할

2.5 경관성

- 미관을 고려 상부구조인 하로 PSC U 거더교 거더의 형상 변경 및 하부교각의 균형미를 고려 다양한 조형미의 도입이 용이하여 도심지 구간등에서도 적용이 용이하다.

종방향 거더처리		횡방향 거더처리	
· 곡선미의 강조	· 직선미의 강조	· 곡선미의 강조	· 직선미의 강조
			

그림6. 다양한 조형미 도출

2.6 다양한 경간장의 적용

- 일반적으로 경간장 30m~40m 내외의 다양한 경간장의 적용이 용이하며 스페인의 EBRO River Br.의 경우 변형된 형태로 120m, 이탈리아 Modenu 고속철도교의 경우 중간지점부의 변화를 통해 56m의 경간장을 적용한 사례가 있다.
- 경간장의 적용시 고려하여야 할 점은 외부적인 제요건외에도 구조물의 구조적 기능성을 고려 충분한 유효폭의 확보가 가능하도록 고려하여야 한다. 특히 복선 교량의 적용시에는 교량의 폭원이 넓어 구조적으로 기능이 저하되는 플랜지가 되지 않도록 유효폭을 충분히 고려한 경간장의 선정도 고려 되어야 한다.

EBRO River Br	Modenu 고속철도교
	

그림7. 해외사례

2.7 경제성

- 상부 구조의 콘크리트 중량이 크고 다수의 강연선 도입으로 상부만의 공사비는 다소 고가이나 방음벽 필요시 거더가 방음벽 역할을 수행하여 부대시설의 절감 및 유지보수 감소에 따른 LCC 비용의 감소가 가능하다. 또한 PSC Box거더교나 ST.Box거더교 보다는 경제성이 우수하다고 할 수 있다.
- 공사비 예 ($L=2@30.0 = 60.0m$)

상부 공사비	하부 공사비	순 공사비		총공사비	
		m ² 당 공사비	m당 공사비	m ² 당 공사비	m당 공사비
95 만원/m ²	75 만원/m ²	170 만원/m ²	1,853 만원/m	250 만원/m ²	2,725 만원/m

2.8 가설공법

- 다양한 가설공법의 적용이 가능하며 가설여건에 따라 적절한 가설공법을 선정 할 수 있다는 것이 큰 장점중의 하나라고 할 수 있다. 따라서 교량 가설여건에 따라 충분한 가설조건을 분석 경제성을 함께 감안한 가설 공법의 선정이 용이하며 다음은 가설공법의 적용사례를 열거하였다.

① FSM 공법 (Full Staging Method)

- 가장 일반적인 공법으로 하부의 지장이 없는 경우 일반 동바리 동법 또는 다경간인 경우 거더 지주 공법의 적용이 용이하다.

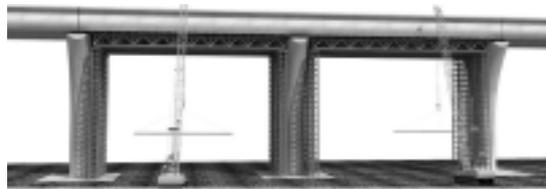


그림8. FSM공법

② PSM 공법 (Precast Segment Method)

- 장경간의 경우 공기 단축및 가설비 절감을 고려하여 거더를 일정 길이로 분절하여 타설 및 이동 후 Epoxy 연결에 의한 일체화 시공방법인 PSM 공법 적용이 가능하다.



그림9. PSM공법

③ FSLM 공법 (Full Span Launching Method)

- 한경간장의 거더를 Precast로 일체 제작 후 현장으로 운반하여 일시에 시공하는 공법으로서 가설장비 및 공기와 시공성을 고려하여 적용 가능하다.



그림10.FSLM공법

④ ILM 공법 (Incremental Launching Method)

- 제작장에서부터 세그별 제작후 압출하여 시공하는 공법으로서 평면선형상 제약이 있으나 직선교량 또는 단일 곡선교량에서 적용이 가능하다.



그림11. ILM공법

3. 세부 구조 검토 항목

3.1 유효폭의 산정

- 하로 PSC U 거더교는 외측 거더에 의해 지지되는 구조체로서 Frame 해석의 타당성과 전단지연등에 대한 영향 분석을 고려한 유효폭 산정이 필요하며 이를 위한 3차원 해석이 필요하다.
- 유효폭의 산정 예

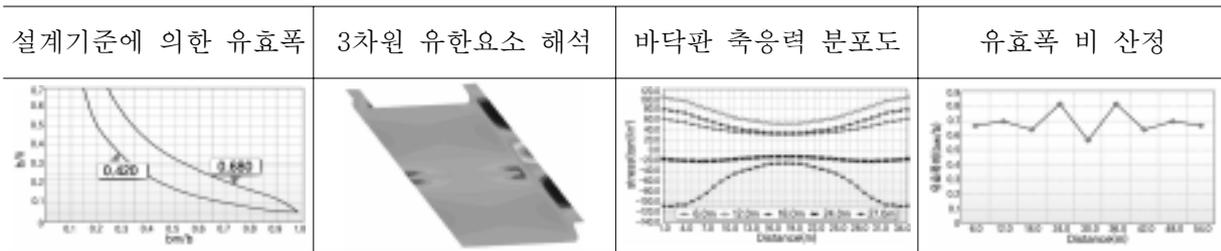


그림12 유효폭 산정

3.2 응력 집중부의 상세설계

- 유한요소해석 및 Strut-Tie 해석등을 통해 응력 집중부의 유한요소해석이 필요함
- 해석 예 (거더 중간 지점부의 유한요소해석)

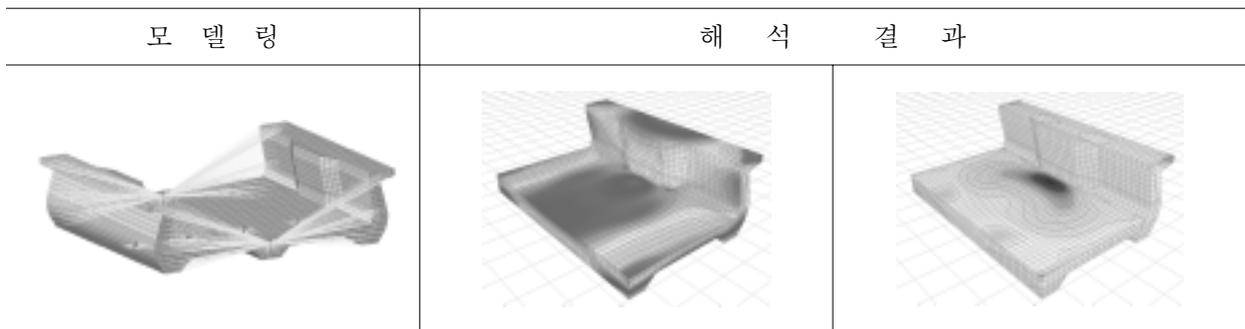


그림13 상세설계

4. 결론

하로 PSC U 거더교는 일본 및 유럽 등에 자주 적용되어온 형식으로서 최근 동남아 등지에도 경전철의 구조물로서 적용성이 넓어지고 있다. 이는 구조물의 다양한 가설공법 적용의 용이성과 하로 형식으로서 비교적 낮은 중단선형 적용의 용이성 등에도 기인 하지만 방음벽의 배치가 용이하다는 장점과 혹시 일어날 수 있는 탈선에 대한 안전성의 확보가 용이하다는 여러 장점에 기인한다고 할 수 있다. 따라서 국내에서도 이러한 장점과 철도교로서 낮은 도심에 의한 궤도와 구조물의 상호 구조적 거동의 우수성을 감안하여 그 적용성이 보다 넓어 질것으로 기대된다. 그러나 하로 PSC U 거더교의 구조 계획시에는 구조물의 특성을 잘 고려한 사전 검토가 따라야 하며 또한 이 교량의 가장 큰 단점인 콘크리트 중량의 감소를 위한 세부 구조 계획에 유의하여야 할 것이다.



그림.14 하로 PSC U거더교 조감도

Reference

1. 철도설계기준, (2004) - 대한토목학회
2. PC 사장교, Extradosed교 설계시공규준(안), (1999) - 사단법인 프리스트레스콘크리트 기술협회
3. Recommendations for Stay Cable Design, Testing and Installation(4th edition, 1997) - PTI
4. 철도교의 해석 및 설계 - 서울산업대 철도전문 대학원
5. 외국철도교의 설계와 시공사례, (2005) - (주)동성엔지니어링 편역

철도교량의 하로 PSC U거더교 설계적용사례(요약문)

The Design Of PSC U-Girder (Song-Lim Gyo) In Korean Railway

조선규* 권순섭** 김선곤*** 이종신**** 이종민*****
Cho, Sun Kyu Kwon, Soon Sup Kim, Sun Kon Lee, Jong Shin Lee, Jong Min

Along with the steady development of Korean Railway construction technology, Contemporary society needs more modernized structures which can meet not only structural value but also aesthetic and environmental value.

To follow this demand of society, **Pre-Stressed Concrete U-girder bridge**(Song-Lim Gyo, L=330m) is introduced in 'JINJOO-KWANGYANG RAILWAY CONSTRUCTION PROJECT'. On the environmental point of view, the huge noise due to the operation of train can be reduced remarkably by the side beam of U-girder which is high enough to substitute soundproofing wall. Moreover, by aesthetic variation of the shape of outer beams and coping of piers, the exterior view of the bridge can be improved and in accordance with surroundings.

Pre-Stressed Concrete U-Girders which are built up above the outer sides of slab deck make easier to secure the clearance of a bridge and make it possible to lower the distance of centroid between superstructure and railroad tracks.

1. 서론

철도교의 기술개발은 꾸준히 발전되어오고 있으며 기술개발과 더불어 경관성을 고려한 조형미의 창출과 철도교로서의 구조특성에 적합하며 동시에 환경을 고려한 구조물 형식이 요구되고 있다.

이에, 본 진주~광양간 복선화 철도 노반건설공사 수행에 있어 환경적으로 방음벽의 역할과 거더의 역할을 동시에 수행하는 기능성과 거더외관의 다양한 조형미의 창출과 함께 하부 교각과의 조화에 의한 경관성이 우수한 PSC 하로 U거더교를 설계 반영하였다. PSC 하로 U 거더교는 궤도를 슬래브로 지지하고 그 슬래브를 건축한계 밖으로 설치한 주거더로 지지하는 구조로서 철도구조물로서의 안전성과 다리밑공간확보의 용이성 등으로 인하여 일본 및 유럽에서는 자주 적용된 형식으로 최근 국내에서도 설계에 반영되는 추세에 있다. 또한 철도교로서 하로 형식의 적용으로 인해 구조물의 도심과 궤도와의 편심이 작아 레일-도상간 상호변위의 최소화로 우수한 구조적 안전성을 확보하고 있으며, 측면 거더가 열차 탈선시 방호벽 역할을 수행하여 열차낙교 방지로 열차 주행의 안전성 확보가 용이하다. 그리고 가설여건에 따라 다양한 공법선정이 가능하여 일반 동바리 및 거더지주 공법의 ILM(Incremental Launching Method), Precast 공법에 의한 Seg 분할 공법 및 FSLM(Full Span Launching Method) 등 여건에 적합한 가설공법의 선정이 용이한 형식이라 할 수 있다.

- * 서울산업대학교 철도전문대학원 부교수, 정회원
E-mail : skcho@snut.ac.kr
TEL : (02)970-6512 FAX : (02)948-0043
- ** (주) 남광토건 상무, 정회원
- *** (주) 현대산업개발 부장, 정회원
- **** (주) 다린이앤씨 이사, 구조기술사, 정회원
- ***** 서울산업대학교 철도전문대학원 박사과정, 비회원