

부분중로형 판형 철도교의 계획과 설계

Design of Partial Half-Through Type Plate Girder Railway Bridge

김성원* 권소진** 김종희*** 한 철****
Kim, Sung-Won · Kwon, So-Jin · Kim, Jong-Hee · Han, Chul

ABSTRACT

In this paper, we introduce the Partial Half-Through Type Plate Girder Bridge proposed by Hyundai Development Co. and KRTC Consortium in Turn-Key Based design last year, and this type of bridge may be adapted to the railway bridge under similar conditions.

This bridge across the North Han River was to be concerned its fine view and the protection of water source. For its location is inside the dam, it required the long span and the clearance for the flood also.

Its new composite section was able to diminish the deflection and vibration. Its shop-fabrication could control its quality easily, and might to be launched.

This structural type have satisfied its functions, construction situations, and overall safeties, so this is the field-oriented type. However the composition and connections of the proposed members are different to the recent forms, and difficult to be applied to present specifications.

Therefore it requires a certification on the application for more safety by not only analytical verifications but also experimental studies. Nevertheless, this type of bridge may have some more applications from now on.

1. 서 론

설계시공일괄입찰(Turn-key)제도의 도입으로 안전성과 경제성 위주로 이루어지던 교량의 형식 선정이 경관 및 독창성을 중시하고 신기술의 도입을 적극적으로 추구하는 방향으로 다양하게 도입되어 적용되고 있으며 이는 국내 교량기술발전에 기여하는 바가 크다고 사료된다. 본고에서는 지난해 시행되었던 중앙선(덕소~양수간) 복선전철 건설공사 설계시공일괄입찰에서 현대산업개발과 한국철도기술공사 콘소시움이 시도한 바 있었던 새로운 개념의 교량형식인 부분중로형 판형교가 향후 유사한 조건을 갖는 철도교의 계획시 적용성이 있을 것으로 판단되어 이를 소개하고자 한다.

-
- * (재)한국철도기술공사 이사, 정희원
 - ** 현대산업개발(주) 부장, 정희원
 - *** 현대산업개발(주) 차장, 정희원
 - **** 현대산업개발(주) 과장

2. 교량의 계획

2.1 가설지점현황 및 제약조건

본 교량은 경기도 양평군 양수리 팔당 상수원보호구역인 북한강을 횡단하는 위치에 계획된 교량으로 주변경관이 대단히 수려하여 미관이 강조되며 상수원 오염방지가 최우선적으로 고려되어야 한다. 또한, 댐내지역임을 감안하여 홍수시를 대비한 형고의 제약과 장경간 확보 등 상반된 가설조건을 만족시키기 위하여 새로운 구조형태의 도출이 필요하다.

2.2 형식선정

1) 배경

- ① 압출가설이 가능하며 하천내 장비운행 최소화로 상수원 오염방지
- ② 수려하고 완만한 주변경관을 압도하지 않고 조화되는 미관 강조
- ③ 형고의 제약이 적고 장경간과 개방감 확보
- ④ 합성구조로 처짐 및 진동이 작고 공장제작으로 품질 관리 용이

2) 교량의 개요

- ① 연장 및 폭원 : $L=65+6@90+65=670m$, $B=12.3m$
- ② 구조형식 및 가설공법
 - 상부구조 : 부분중로형 판형교 (압출가설공법)
 - 하부구조 : 중공 2주식 콘크리트 교각
 - 기초구조 : 콘크리트 우물뿔기초 (Cell식 축도공법)

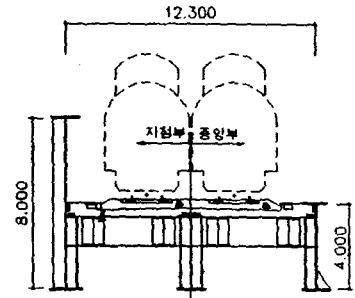


그림 1. 표준단면도



그림 2. 북한강교 조감도

2.3 경간구성과 단면계획

본 교량이 지나는 위치는 전기비저항측정 등 특수 물리탐사를 실시한 결과 경강단층대(그림 3)가 분포하는 지역으로서 보다 확실한 기초 지지력 발휘를 위하여 주요 단층대를 피하도록 경간구성을 하였다. 그런 이유로 측경간을 제외하고 90m의 장경간이 불가피하여 지점부 부모멘트 처리를 위한 상향으로 단면을 증대시킨 교형이 제안되었다.

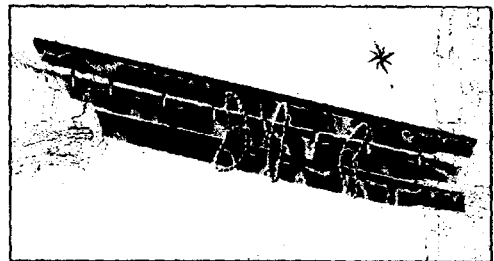


그림 3. 경강 단층대 현황

2.4 도상계획

1) 교량폭원 계획

북한강교는 장대교로서 유지관리를 위한 보수요원의 통행과 작업장비등의 운반시 열차통행을 감안하여 충분한 통로폭의 확보가 필요하다. 이를 감안하여 토공폭원(12.3m)과 일치시켜 단면을 계획하여 최소 1.0m 이상의 통로를 확보하였다.

2) 도상구조

또한 도상구조는 자갈도상으로 계획하였으나 장대교상에서의 자갈치기시 열차차단으로 인한 운행지장을 피하고 유지보수의 편의성을 고려할 때 콘크리트 직결도상구조 형식이 유리할 것으로 판단되어 RC Plinth 구조의 직결도상이 가능토록 연결철근을 사전에 매입하였다.

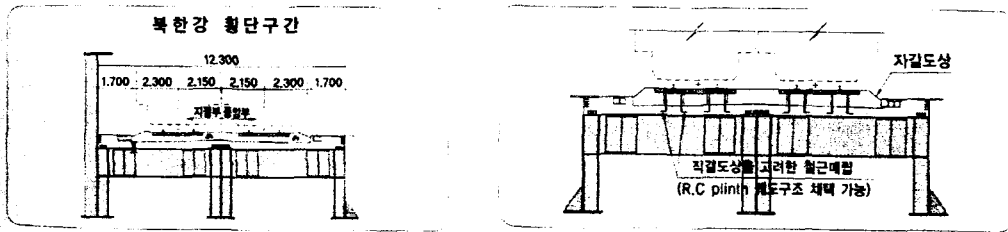


그림 4. 도상 폭원 및 구조

3. 상부구조의 설계

3.1 주행설계

본 교량의 하중지지시스템은 일반 강 격자구조와 유사하므로 일반적인 범용 구조해석 프로그램을 사용하여 격자구조해석을 시행하였다.

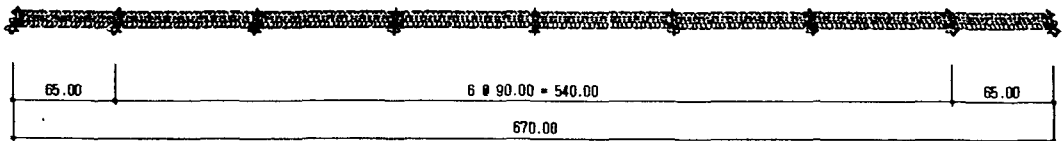


그림 5. 해석 모델링

구조해석은 완성계와 가설단계해석을 각각 수행하였으며 해석결과는 모두 허용응력 이내이고 휨과 전단의 합성응력이 시방기준내에 있도록 설계하였다.

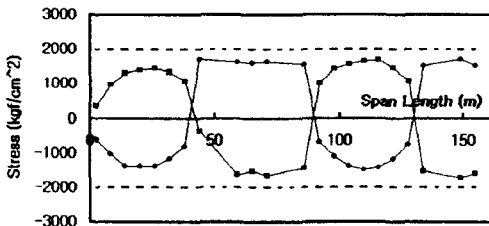


그림 6. 응력도

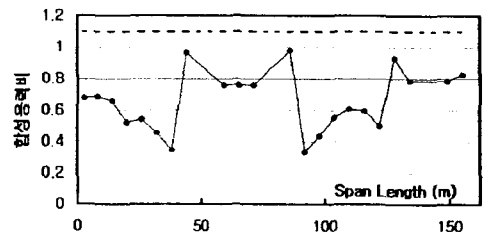


그림 7. 합성응력도

시공단계별 구조해석은 압출노즈와 가이드포스트를 포함한 격자 모델링을 구성하고 각 단계별

지점조건의 변화와 하중재하를 시켜가면서 응력검토를 수행하였다. 그밖에 처짐검토와 피로검토를 실시하여 공용중 사용성을 확보할 수 있도록 설계하였다.

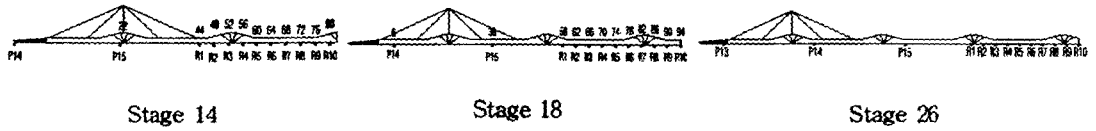


그림 8. 단계해석 모델링

3.2 설계단면의 구조적 특징

- ① 콘크리트 바닥판이 지점부 판형의 중립축에 배치되므로 인장 응력 배제
- ② 후판강재의 사용으로 보강재를 최소화하여 피로저항성 향상
- ③ 합성구조로 처짐 및 진동감소효과
- ④ 압출가설이 가능하도록 상향으로 단면 조정
- ⑤ 공장제작, shop 용접이음으로 품질관리 용이
- ⑥ 개단면 구조로 유지관리 용이
- ⑦ 지점부에서 상향으로 단면변화하므로 형하고 확보 용이
- ⑧ 형고가 높은 판형에 강성이 큰 바닥판 고정으로 좌굴에 유리
- ⑨ 부채살 형태의 지점보강재 설치로 부재의 기능성 우수

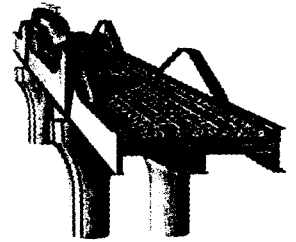


그림 9. 투시도

3.3 상세검토사항 - 국부응력 및 좌굴검토

본 형식은 높은 형고($h_{max}=8.0m$)와 얇은 판재로 구성되어 큰 집중하중이나 압출가설에 따른 응력집중 등으로 국부적인 변형이나 좌굴이 발생할 가능성이 크다. 이에 따라 문제가 예상되는 부분에서는 상세구조해석을 수행하여 부재의 안전성을 확인하고 필요시 보강재를 설치하였다.

1) 판형지점부 상세해석

부채살 형태의 지점보강재 설치와 콘크리트바닥판 고정효과 등을 고려하여 복부판의 좌굴안전성 검토를 실시하였다. 해석결과 복부판의 안전율은 기준안전율 3.4를 상회하는 것으로 확인되었다.



복부판 휨 좌굴



복부판 전단 좌굴

그림 10. 지점부 상세해석

2) 강판 거더와 콘크리트 바닥판 합성부 상세해석

강판형 및 콘크리트바닥판, 스티드를 각각 Shell, Solid, Frame 요소로 모델링하고 연결부를 스프링 요소로 처리하여 전단슬립을 고려한 합성효과를 해석하고 스티드의 응력을 검토하였다.

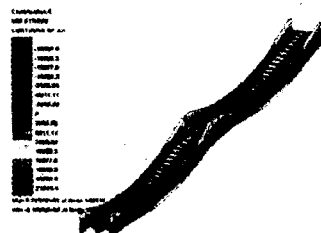
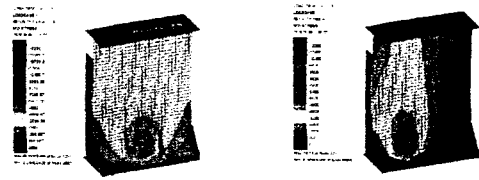


그림 11. 합성부 상세해석

3) 압출가설중 롤러지압에 의한 국부

좌굴검토

관형의 압출가설에 따른 응력집중부의 이동을 고려하여 롤러의 위치를 변경시키면서 상세해석 수행과 반력보강재 간격을 결정하였다.



보강재 사이에 롤러위치 보강재 하단에 롤러위치

그림 12. 가설중 국부좌굴 검토

4. 기초가설공법

해양구조물의 안벽 축조시 이용되어 온 셀식구조는 셀 속에 모래나 자갈 등의 속채움재를 채워 외력에 저항하도록 설계된 구조로서 본 설계시 우물통 축조를 위한 작업장 확보용으로 적용하였으며 셀식구조는 수심(10.0m)이 깊은 상수원 보호구역내에 설치가능하고 내부 모래채움으로 탁수 등의 오염물질 발생을 방지함과 동시에 안전한 작업공간 확보가 가능한 공법이다.

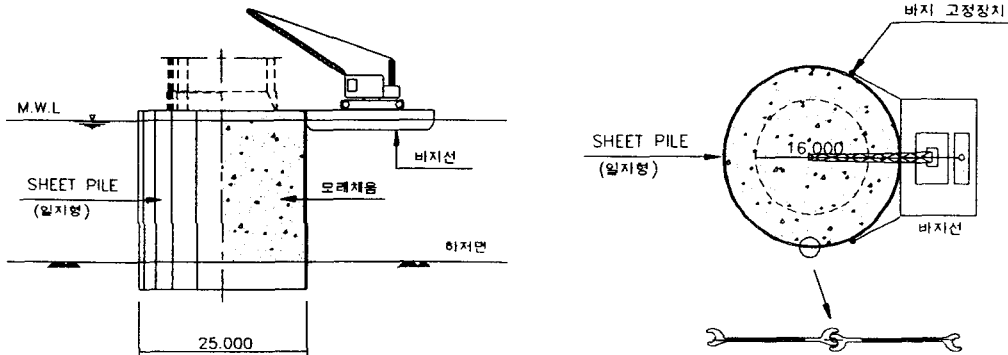


그림 13. 기초가설개념도

5. 결 론

본고에서는 새로운 개념의 교량형식인 부분중로형 판형교에 대해 교량형식선정의 배경과 구조적 특성 및 상세설계과정에 대하여 간략하게 기술하였다.

본 구조형식은 교량계획조건의 제약을 극복하고 동시에 기능성과 시공성 및 안전성을 확보하기 위해 다양한 아이디어를 모아 기존의 교량형식을 개량한 현장 적용형 교량형식이라고 볼 수 있다. 그러나 본 형식에서 제안된 부재의 구성형식과 연결형태가 기존의 방식과 다르고 몇몇 항목에서는 기존의 시방서를 적용하기 곤란한 특수한 상세부가 제안되었으므로 - 예를 들어 강판복부와 콘크리트바닥판의 합성과 전단연결, 지점부의 부채꼴 보강재의 배치, 후판강재용접부 잔류응력발생 등 - 보다 확실한 안전성 확보를 위해 해석적 확인 외에 실험적인 연구 등을 통해 그 적용성을 규명할 필요가 있다. 이와 같은 점을 고려하더라도 부분중로형 판형교는 이와 유사한 가설조건을 갖는 경우에 적용성을 갖고 있을 것으로 판단되며 다양한 검토와 연구를 통해 우리 시방에 부합되고 제반 실정에 맞는 교량형식으로 발전될 필요가 있다고 판단되어 본고에서 소개하게 되었다.