

호남고속철도 제1-2공구 금강교의 설계 및 시공

Design and Construction of Keumgang Bridge in Honam High Speed Railway 1-2 Project



송종영*
Jong-Young Song



김영구**
Young-Gu Kim



신주환***
Ju-Hwan Shin

1. 개요

호남고속철도 제1-2공구 노반신설 기타공사는 국토의 효율적인 이용과 지역균형 발전을 위한 호남축 수송 체계 강화 및 지역주민의 교통편의 제공을 위해 한국철도시설공단에서 대안설계로 발주된 사업이다. 전체 노선은 토공 1,487 m, 교량 2,270 m, 터널 6,207 m 등 총 9,964 m로 이루어져 있으며, 대표 교량인 금강교는 3경간 닐슨 아치교(85 m + 130 m + 85 m = 300 m)와 소수주거터 접속교량(70 m × 5 = 350 m)으로 구성되며 철도교량의 특성상 단경간으로 구성되었다.

금강교는 2010년 3월에 가교공사를 시작으로 5월에 본 구조

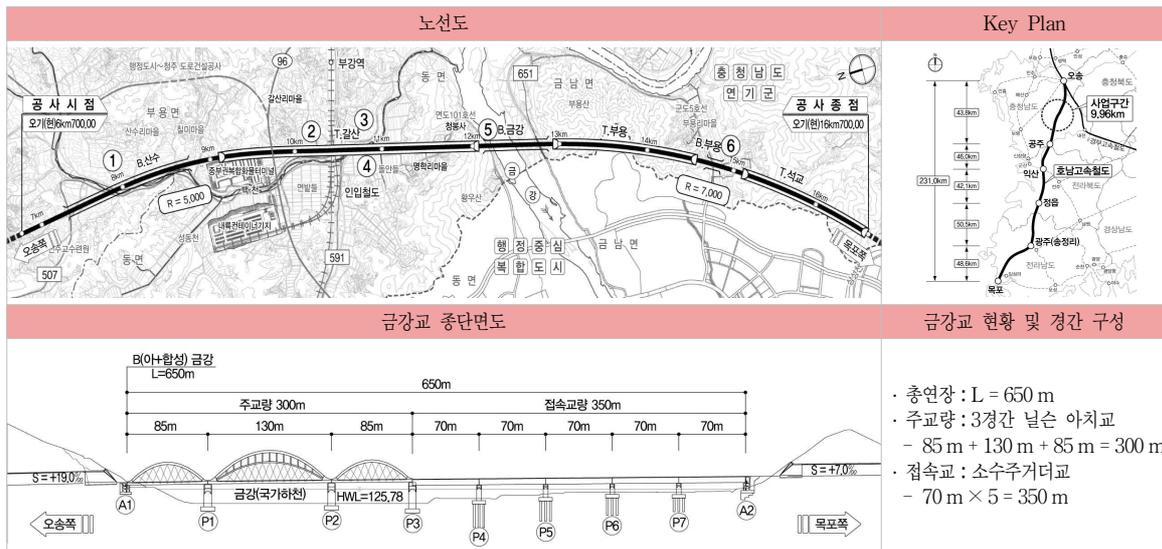
물 공사를 착수하여 현재 금강교 전체공정의 약 60%의 공정을 보이고 있다.

2. 금강교 설계

호남 고속철도사업의 대표적인 랜드마크 교량인 금강교는 설계단계에서 주경간장 130 m의 장지간장에 부교량이 있고 부드러운 곡선미를 가지는 독창적이며 구조안정성이 우수한 2중리브 닐슨 아치교로 계획하였다<그림 1>.

원안설계에서는 강봉을 수직 배치한 타이드 아치형태였으나 구조적인 측면을 강조하기 위하여 대안설계 단계에서 강봉 대신

표 1. 노선도 및 종단면도



* 정희원, 삼성물산 건설부문 호남고속철 제1-2 공구, 교량팀장

jongyoung.song@samsung.com

** 삼성물산 건설부문 호남고속철 제1-2 공구, 현장소장

*** (주)한국종합기술 이사



그림 1. 금강교 조감도

케이블을 적용한 닐슨 아치교로 변경함으로써 교량의 강성을 증가시켰다.

주경간은 2중리브 계획으로 상부구조 강성 및 동적 안전성이 증대되어 장경간 교량이 가능하였고, 닐슨아치형 케이블 배치로 활하중에 대한 처짐을 감소시켰다. 또한 Basket Handle식 횡단계획으로 면외방향 강성을 증대시켜 횡하중에 대한 구조효율성을 증대하였으며, 케이블 정착구의 경우 아치리브측은 PIN방식, 보강형 측은 정착방식을 적용하여 미관과 유지관리를 동시에 고려하였다. 케이블은 미관 및 내구성이 우수한 PWS 방식을 적용하였다. 적용된 소선수는 케이블이 받는 하중에 따라 61, 73, 85 가닥을 사용하였으며 최대 1,669 kN의 힘을 받는다<그림 2>.

접속교량은 상부슬래브와 주형, 가로보의 합성단면<그림 3>으로 설계하였고, 형고를 최적화하여 개방감을 극대화 하였다(형고 원안 최대 6.1m에서 대안 4.8m로 감소). 또한 하천설계기준에 부합되는 최소 경간장 확보를 위해 70m 경간장으로 구



그림 2. 2중리브 닐슨아치 계획

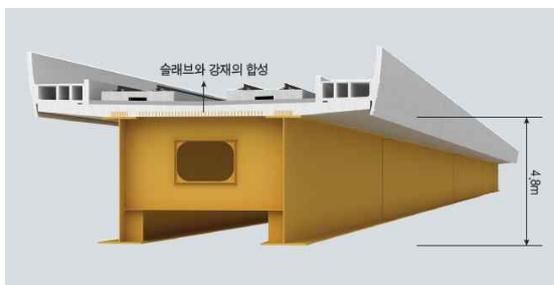


그림 3. 소수주거터 계획

성하였다.

장지간장 고속철도 교량을 설계 할 때, 궤도와 교량간의 종방향 상호 작용력에 의한 장대레일 축력의 안전성 확보를 하여야 한다. 이에 따라 금강교는 P1 ~ A2지점에 7m ~ 14m의 종방향 활동 체결구(ZLR)를 적용하고 나머지 교량 구간에 종저항력 감소 체결구(RLR)를 적용하여 장대레일의 축력에 대한 안전성을 확보하였다.

3. 금강교 시공

콘크리트 구조물이 주를 이루는 하부구조물과 강교량과 콘크리트 합성 슬래브가 주공정인 상부구조물로 구분한 금강교의 시공과정은 다음과 같다.

3.1 하부구조 시공

국가 하천인 금강을 횡단하는 금강교의 시공은 하천공사를 감안한 갈수기 시공 및 이를 반영한 가교시공과 세밀한 가축도 계획이 필수적이다. 금강교 하부구조물의 기초는 지지층의 심도에 따라 깊이 6m 내외에 연암층이 위치하는 유심부에서는 직접기초(길이 = 15m, 폭 = 15m, 높이 = 3.5m)를 적용하였으며, 연암층이 깊이 위치하는 둔치부는 현장타설말뚝(D = 2,000mm, 8분)을 적용하였다. 유심부 통과구간에 설치되는 가교는 프리스트레싱을 도입한 복합거더공법 장경간(L = 27m) 가교를 적용하였고 홍수기 수리영향검토를 반영한 최고수위 E.L.14.01m보다 4.3m 여유고를 확보하였다. 또한, 직접기초의 시공을 위한 가시설은 엄지말뚝과 슈트파일을 복합하여 적용함으로써, 암반층 시공성을 향상시키고 기초 터파기 공사기간 동안 작업자의 안전을 확보하도록 도모하였다.

특히, 금강을 횡단하는 장경간 특수교량을 지지하는 코핑 구조물의 규모는 높이 8m, 길이 19m, 폭 8m로써 콘크리트 타설물량 730 m³, 소요 철근량 145톤인 대규모 콘크리트 구조물이다. 일반적인 코핑폼의 구조계산방법은 z형 스티프너를 지점 조건으로 강재폼에 대한 보 요소에 대한 구조계산으로 응력을 산정하나, 규모가 큰 코핑폼의 경우 타설축압을 받는 폼은 판 거동을 보인다. 따라서 시공현장에서는 3차원 유한요소 해석을 수행하여 대규모 코핑폼의 구조적 안전성을 확인하였다<그림 4, 사진 1>.

또한 대규모 코핑폼의 타설 과정에서 타설에 따른 편심하중을 최소화하여 가시설 구조물의 안전성을 확보하고자 쉐일레퍼부에 설치되는 가설벤트에 4개의 하중계를 설치하여 하중변화를 지속적으로 계측함으로써 타설단계 및 양생기간 동안 코핑폼과 가설벤트의 안전성을 확인하였다. 타설시 가설벤트에 작용하는 하중

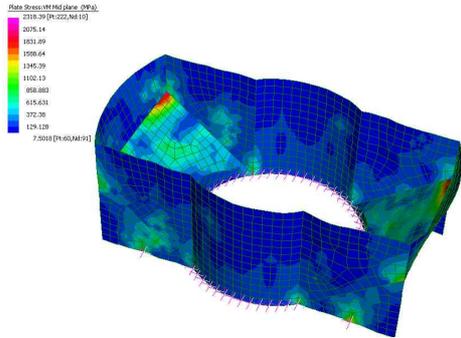


그림 4. 코핑폼의 3차원 유한요소해석



사진 1. 코핑폼 가설장면

은 <그림 5>에 나타난 바와 같이 평균 34톤이고, 콘크리트가 강도를 발현하면서 22톤으로 감소함을 알 수 있었다.

대규모 코핑 구조물의 콘크리트 타설 이후, 수화열에 의한 온도균열 제어를 위해 수화열 해석을 수행하여 거푸집 존치기간 등을 결정하였으며, 구조물 내부의 실제 온도계측 결과와 해석값과의 비교를 통해 구조물의 품질관리기준을 설정하였다<그림 6~7>.

코핑 구조물은 기둥철근, 코핑 철근, 교좌장치 보강철근 등 다른 구조부재 보다 철근의 간섭이 빈번하게 발생하며 설계단계

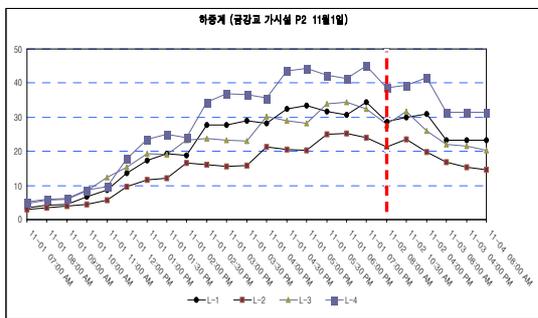


그림 5. 가설벤트의 하중계 변화

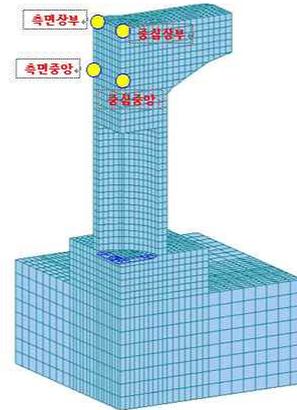


그림 6. 코핑 구조물의 수화열해석 모델

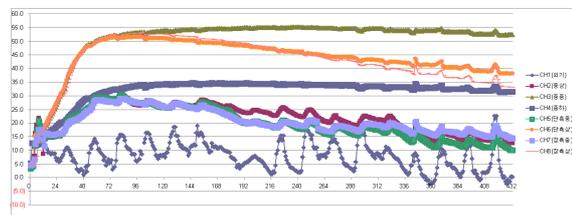


그림 7. 양생경과에 따른 온도계측값

및 시공 전 단계에서 이를 확인하기가 쉽지 않아 실제 시공과정에서 많은 문제점이 발생하여 공기가 지연 될 가능성이 많다. 당 현장에서는 3차원 모델링기법을 적용하여 이러한 코핑 구조물에서 발생하는 2차원 도면의 불일치 및 철근 간섭 여부를 가상모델을 통해 발견하고 시공상세를 변경하여 현장에 적용하였다<그림 8>.

3.2 상부구조 시공

강교량인 상부 보강형은 아치교 4,557톤, 소수주형교 2,915톤, 총 7,472톤이며, 강판절단, 판넬 조립/용접, 박스조립/용접, 가조

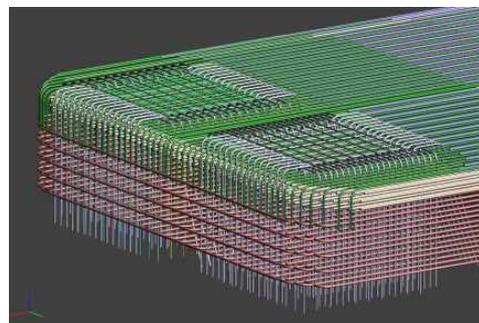


그림 8. 코핑철근의 3차원 모델링



사진 2. 보강형 박스 지조립 전경

립, 도장의 순으로 제작공정이 진행된다. 주요 제작공정 진행은 2010년 12월말까지 공장제작이 완료되며, 2011년부터 현장에 반입되어 좌, 우측 아치교, 중앙 아치교 및 소수주형교가 각각 가설된다<사진 2>.

금강교의 가설은 현장여건을 반영하여, 2011년 상반기까지 갈수기 기간에 집중적으로 진행될 예정이다. 특별히 아치교의 가설은 시공사레가 많고 안전성확보가 용이한 가설벤트와 크레인을 이용하는 방법이 적용되며, 축도로 확보된 부지에서 조립 및 가설작업이 진행될 예정이다<그림 9>. 접속교량인 소수주형교는 당초 대블럭 일괄가설로 계획하였으나 소수주형교의 특성상 가설 도중 전도의 위험이 높아 일부 구간에 벤트를 적용하여 먼저 시공한 후 이를 안전한 지점으로 활용하여 나머지 블록을 설치하는 방법으로 변경하여 시공할 계획이다.

4. 맺음말

호남고속철도 1-2현장의 금강교는 2011년 하반기 시공완료 를 목표로 현재 활발하게 제작, 가설 시공이 진행되고 있다. 선 안전, 무결점 현장 달성을 위해 설계자-시공자-발주처 간 긴밀한 상호협력을 통해 설계를 이해하는 시공을 하며 향후 시공경험을 반영한 설계가 이뤄지도록 노력하고 있다.



그림 9. 아치교량 가설계획



그림 10. 금강교 완성단계 주행전경

금강교는 국내 최장, 최초의 2중리브 넓은 아치교로서 호남고속철도의 랜드마크가 될 것이며, 향후 고속철도 교량의 장기간 화에 좋은 선례가 되어 국내 교량기술의 발전에 기여를 할 수 있으리라 생각한다<그림 10>. □

담당 편집위원 :
손혁수(GS건설) hsson@gsconst.co.kr

<http://www.kci.or.kr>

KOREA CONCRETE INSTITUTE