

낙동강교 상부공의 시공

Superstructure Construction of Nakdong River Bridge



박재형*
Jae-Hyoung Park



고재환**
Jae-Hwan Ko



박동규***
Dong-Kyu Park



김창현****
Chang-Hyun Kim

1. 개요

낙동강교는 ‘안동시 관내 국도대체 우회도로 건설공사(교리 ~ 수상)’의 대안설계 구간에 포함되는 교량으로써 국내 최초의 4주탑 콘크리트 사장교이다<그림 1>. 교량의 연장은 595m (72.5 + 3@150.0 + 72.5)로 주경간장은 150m이며 폭원은 23.9m이다<그림 2>.

2. 주두부 대블럭 시공

대경간 사장교는 경계조건에 따라 그 거동이 상이해진다. 낙동강교는 각 구조부재의 효율성 및 유지관리 개소수의 최소화를 위하여 상·하부 구조물이 강결로 연결된 라멘식 구조물로 설계되었다<사진 1>. 주두부 대블럭은 보강형 및 주탑의 연결부로 상·하부 구조물을 연결하는 주요 구조부재로서 길이 13.5m,



그림 1. 낙동강교 조감도



사진 1. 낙동강교 시공현황

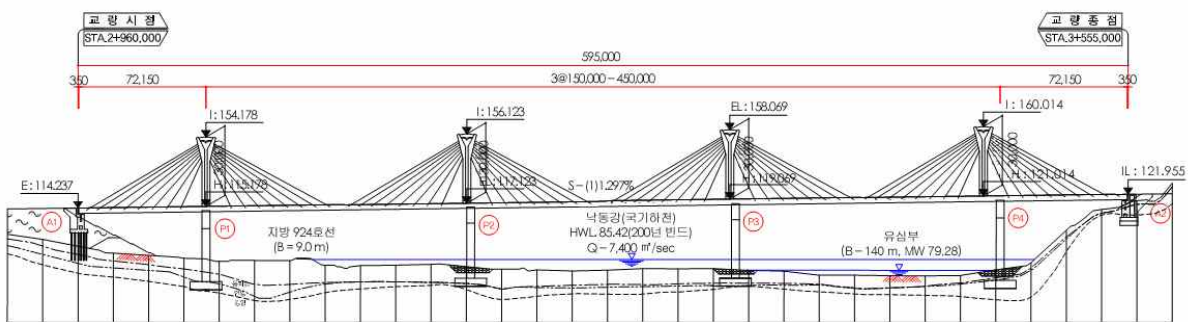


그림 2. 낙동강교 종평면도

- * 정희원, 삼성물산㈜ 교리-수상간도로 공사대리
jaehyoung.park@samsung.com
- ** 삼성물산㈜ 교리-수상간도로 현장소장
- *** 정희원, 삼성물산㈜ 월드컵대교 설계차장
- **** 삼성물산㈜ 토목ENG팀(교량/구조) 대리

폭원 23.9m, 형고 3.0m의 박스거더이다<그림 3>.

주두부는 교량하부 조건에 무관하게 시공이 가능하고, 고교각 일 경우 적용성이 높으며, 적용실적이 많은 브래킷(bracket) 가 시설 공법을 이용하여 시공하였다. 가시설 설치는 200 톤급 이동식 크레인을 사용하여 일괄 인양하여 설치하였고, 가시설 해체는 시공된 주두부로 인하여 크레인을 이용한 해체가 불가능하므로 4개의 유압잭과 15.2mm 강연선을 이용하여 실시하였다. 주두부는 시공성 및 격벽부의 수화열 제어를 위하여 2단으로 분할하여 시공하였으며, 콘크리트의 20%가 플라이 애쉬로 치환된 40 MPa의 고강도 콘크리트를 사용하였다<사진 2, 3>.

3. 주탑 시공

낙동강교의 주탑은 일주형으로 보강형 상부에서 탑정부까지의 높이가 39m이다. 주탑은 중공 사각 단면으로 하단의 등단면부와 사재 케이블이 정착되는 상단의 변단면부로 나누어진다. 주탑은 총 11 로트로 분할하여 시공하며, 수직 상승 거푸집(climbing form)은 상부 및 하부 각 1개조씩 투입된다. 8 로트와 탑정부의 격벽은 시공 편의성 및 안전성을 고려하여 매립형 프리캐스트 거푸집을 이용해 시공하였다<그림 4>.

주탑 1 로트에는 주탑과 보강형의 강결을 위한 40mm 강봉 8개소가 배치되며, 케이블 정착구가 설치되는 상단 변단부는 65mm 강봉이 격자형으로 총 64개가 설치된다<그림 4, 5>.

주탑 가이드 파이프(guide pipe)의 설치 정밀도는 사장재 케이블의 시공정도를 결정짓는 중요한 요소이므로 공장에서 골조

(frame)와 일체로 정밀하게 제작한다. 현장 반입된 가이드 파이프는 지상의 수평한 장소에서 치수 및 형상을 사전 체크한 후 주탑에 설치한다<사진 4, 5>.



사진 2. 주두부 가시설 설치



사진 3. 주두부 가시설 해체

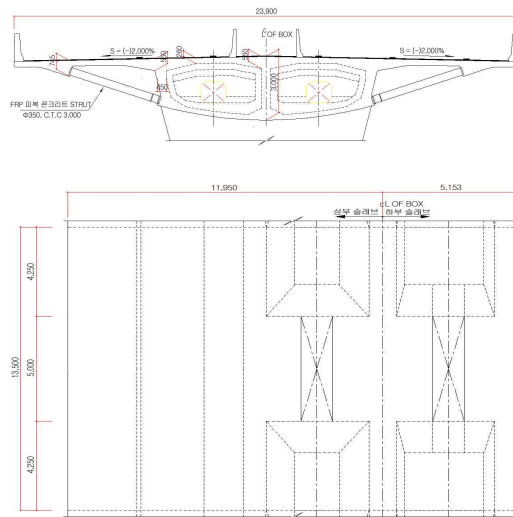


그림 3. 주두부 조감도 및 일반도

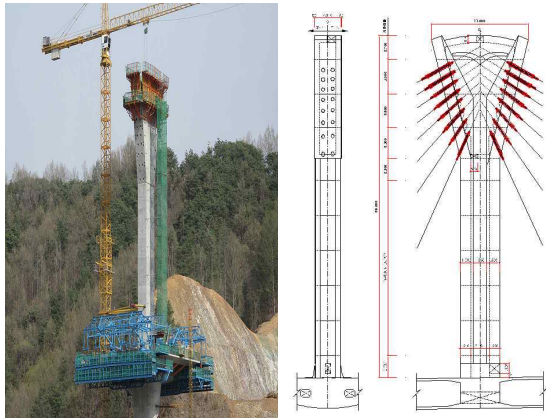


그림 4. 주탑 시공현황 및 일반도

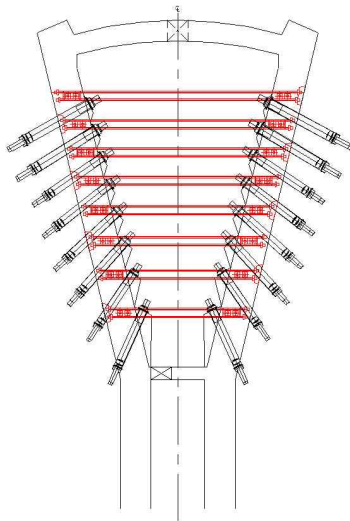


그림 5. 주탑 65mm 강봉 배치도

4. 보강형 및 케이블 가설

낙동강교의 보강형은 FRP 스트럿(strut)이 적용된 2-Cell 형식의 박스 구조물로 길이 4m, 폭원 23.9m, 형고 3m의 구조물이다. 보강형 시공은 거푸집 이동장치(form traveller)를 사용한 FCM 공법을 이용하여 실시한다. FRP 스트럿은 가설 진행방향의 후방에 배치되어 거푸집 이동장치 운영에 간섭되지 않도록 설계되었으며 하부슬래브는 곡면으로 처리되어 우수한 경관성을 보여준다<그림 6>.

보강형 내부에는 종·횡방향으로 강연선이 배치되며, 배치 형상은 <그림 7, 8>을 참조한다.

낙동강교의 사재 케이블은 연직하중 지지효율이 우수한 부채꼴 형식(fan type) 형식으로 계획되었으며, 보강형 중앙부에 2



사진 4. 주탑부 가이드 파이프 제작



사진 5. 주탑부 가이드 파이프 설치

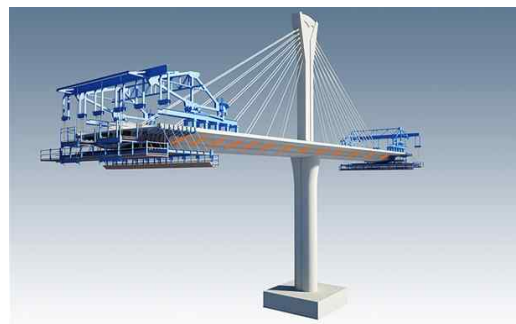


그림 6. 거푸집 이동장치 조감도

열로 평행하게 배치된다. 케이블 형식은 경량의 가설장비로 가설이 가능하고 시공 유연성이 높은 MS(multi-strnad) 형식으로 선정하였다. 케이블은 43 - 15.7 mm, 37 - 15.7 mm, 31 - 15.7 mm의 세종류로 구성된다.

사재 케이블 정착시스템은 fib Bulletin 30 규정에 의거하여 스위스의 EMPA에서 피로시험을 실시하여 안전성을 사전 검증하였다<그림 9>. 케이블 정착구 피로시험은 200만회 반복하중 재하시험 및 정적 극한인장시험으로 구성되며시험결과 모두 기준을 만족함을 확인하였다. 낙동강교 사재 케이블 가설은 2010년 5월 중순 예정이며, 현재 가설을 위한 준비가 순조롭게 진행 중이다.

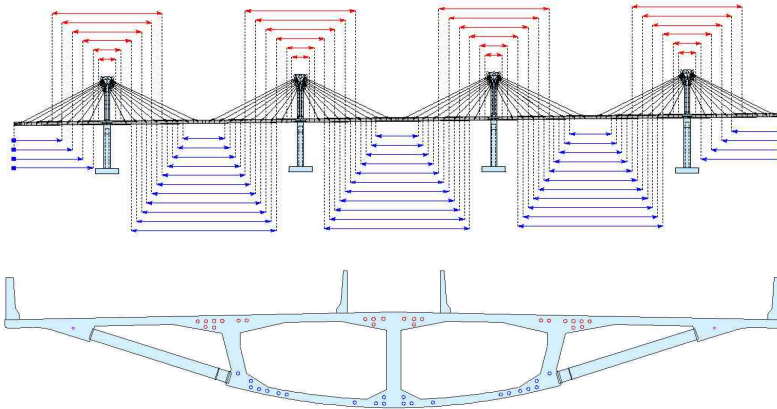


그림 7. 보강형 내부강연선 배치도

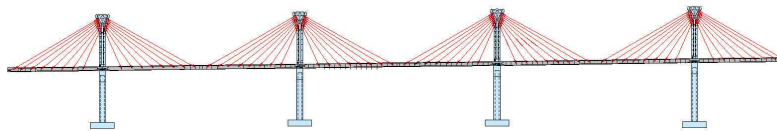


그림 8. 낙동강교 사재 케이블 배치

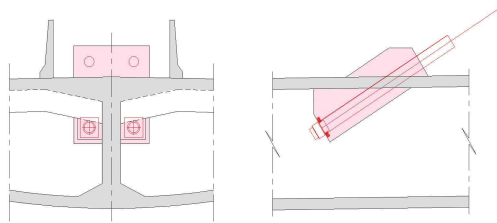


그림 9. 낙동강교 사재 케이블 정착구

5. 상부공 형상관리

낙동강교와 같은 사장교는 상부공의 시공단계와 완성 후 교량의 형상을 사전 해석을 통하여 결정하고, 이에 따라 시공을 관리하는 형상관리가 무엇보다 중요하다. 특히 낙동강교와 같은 콘크리트 사장교에서는 오차의 발생인자가 다양하므로 시공단계에 따른 기하비선형과 크리프, 건조수축 등을 엄밀히 고려한 구조 해석을 통하여 목표형상 및 케이블 도입장력을 결정하여야 한다. 낙동강교에서는 엄밀한 구조해석 결과의 도출을 위하여 <그림 10>와 같이 상용프로그램인 'RM2006'과 In-house 프로그램인

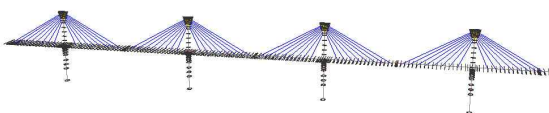


그림 10. RM2006을 이용한 모델링

'BANAM'을 사용하여 해석 결과를 상호 검증하였다.

낙동강교는 설계적인 특성상 거더의 강성이 크고 지간장이 상대적으로 짧으며 주두부가 강결로 계획되어 케이블이 전체 강성에 기여하는 바가 거더에 비해 작다. 따라서 케이블 긴장에 의한 거더 및 주탑의 변위가 크지 않으므로 형상관리에 있어서 케이블 장력을 이용한 방법보다는 거푸집 이동 장치의 Form Setting량을 조절하는 방법이 더욱 효과적일 것으로 판단되었다. 또한 시공적으로는 다주탑 사장교의 특성상 주탑의 변위 제어가 힘들고, 5개의 키세그와 FSM (full staging method) 공법이 적용되는 등 다양한 시공과정을 거쳐게 되므로 시공단계별로 전체적인 형상 및 케이블 장력 이력을 관리하여 최종 폐합 할 때의 시공 오차를 최소화 할 예정이다.

6. 결론

낙동강교는 국내 최초의 4주탑 콘크리트 사장교로써 2008년 7월 교량 기초공을 시작으로 현재 약 21%의 공정률을 보이고 있으며, 2012년 6월 완공 예정이다. 거더 가설 및 케이블 공사를 포함한 상부 공사는 올해 4월 첫번째 세그먼트 타설을 기점으로 시작되었으며, 2010년 5월 중순 케이블 가설이 시작되면서 본격적인 상부공 공사가 진행하게 된다. 단절된 두 지역을 이어주는 교량의 본래 목적 이외에 교량이 건설되는 지역을 상징하는 대표적인 구조물로의 역할이 중요시되는 현대 설계의 특성상, 4주탑 콘크리트 사장교로 건설되는 낙동강교의 성공적인 시공은 국내 사장교 건설의 활성화는 물론, 안동을 위시한 경상북도의 지역 발전에도 이바지할 것으로 예상된다.

낙동강교 관련 기술자들은 예정된 공기 내에 최고의 품질로 교량이 건설될 수 있도록 최선의 노력을 기울일 것이며, 이러한 시공과정을 통하여 낙동강교가 국내 다주탑 콘크리트 사장교의 적용 확대는 물론 교량 기술 발전에 기여할 수 있도록 국내 기술진의 많은 관심과 도움을 기대한다. □

담당 편집위원 :

박동규(삼성물산(주) 건설부문) dk2.park@samsung.com