

## 국내 최초 비대칭 콘크리트 사장교(남창대교)의 설계와 시공 소개

Brief Introduction of Design and Construction Methods for Namchang Cable Staged Bridge With Inclined Pylon



우혁근\*  
Hyeuk-Kun Woo



김호빈\*\*  
Ho-Bin Kim



박봉룡\*\*\*  
Bong-Yong Park



정일영\*\*\*\*  
Il-Young Jung



이달삼\*\*\*\*\*  
Dal-Sam Lee

### 1. 머리말

전남 무안군 삼향면 남악리에서 일로읍 망원리를 잇는 남창대교는 시점부 토공 구간 79.07m, 종점부 토공 구간 89.60m 및 주경간 172.50m의 경간으로 총 연장이 341.17m인 국내 최초 비대칭 사장교로서 금광기업에 의해 시공되었다.

전라남도의 중심으로 부상하고 있는 남악 신도시를 대표하는 교량으로 남악 신도시의 발전과 신도시 진입을 형상화하기 위해 국내 최초로 경사 주탑을 가지는 비대칭 콘크리트 사장교 형식으로 계획되어 시공되었는데 본고에서 그 주요한 설계 내용 및 시공 방법을 소개하고자 한다.

### 2. 남창대교 개요

현재 시공이 완료되어 포장 및 부대공사가 마무리되고 있는 남창대교의 제원은 <그림 1>과 같다.

### 3. 남창대교의 설계 개요

#### 3.1 경사 주탑

남창대교의 경사 주탑은 남악 신도시 진입 방향과 일치하도록 주탑의 경사 방향을 결정하였으며 비대칭 경간으로 발생하는 힘의 불균형을 경사주탑과 종점측 라멘 형식의 교대가 앵커리지 기능을 담당하도록 하여 밸런스를 유지하도록 계획하였다.

A형상의 주탑은 간결하고 안정된 이미지로 경관성을 강조하도

록 하였으며, 3차원의 사장재(cable) 배치로 교량 전체의 비틀림 강성도를 증가시키도록 하였다<그림 2>.

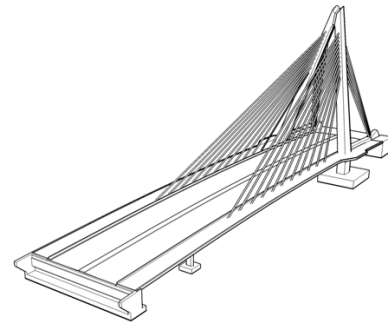


그림 1. 남창대교 조감도

구분	남창대교 가설공사 개요	
형식	3경간 연속 비대칭 주탑의 콘크리트 사장교	
연장	시점측(접속부) 경간	30.0m
	종점측(접속부) 경간	30.0m
	사장교 주경간	112.5m
폭원	접속경간 및 주경간	39.0m
	측경간	42.8m

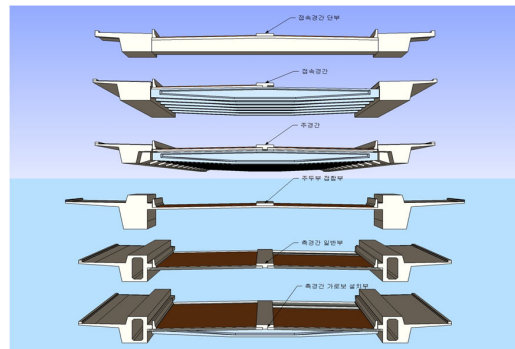


그림 2. 남창대교 상부 단면도

\* 정희원, 진성토건(주) 기술연구소 상무

woohk65@hanmail.net

\*\* 금광기업(주) 남창대교가설공사 현장소장

\*\*\* 금광기업(주) 남창대교가설공사 공무팀장

\*\*\*\* 금광기업(주) 남창대교가설공사 설계팀장

\*\*\*\*\* 진성토건(주) 현장소장

주탑의 탑주는 사재에 의해 전달되는 축하중과 휨모멘트, 주탑 자중에 의한 축하중과 휨모멘트를 동시에 받는 부재로서 휨과 압축을 받는 기둥부재로서 단면 검토를 실시하였다. 주탑형상의 특성상 교축방향과 교직방향의 휨력이 동시에 발생하므로 탑주 검토시 2축 휨응력을 고려한 해석을 실시하였다. 주탑의 탑주는 세장한 구조로서 장주의 특성상 휨모멘트의 확대가 예상되므로 이의 영향을 고려하기 위해 P- $\Delta$  해석과 근사적 확대모멘트 산출에 의한 부재력을 비교한 후 부재의 설계를 수행하였다.

경시주탑의 구조계 특성상 상부에서 전달되는 축력이 하부에 큰 수평력을 유발시키게 되는데, 남장대교 주탑부 기초 지반이 극심한 연약지반으로 수평력에 취약하므로 기초에 전달되는 수평력을 주두부에 위치하는 가로보에서 소산시키는 구조계를 적용하였다. 이때 가로보에 전달되는 수평력에 의해 과도한 인장력이 발생하게 되고, 콘크리트 부재의 특성상 인장에 취약하여 균열이 예상되므로 가로보에 프리스트레스를 도입하였다.

3.2 보강형

교량 상부는 부식성 환경에서도 내구성이 우수하며 유지관리, 경관성 및 경제성 측면에서도 우수한 콘크리트 보강형으로 선정하였다.

양측 보강형은 가설벤트 상에서 현장타설로 시공하도록 하였는

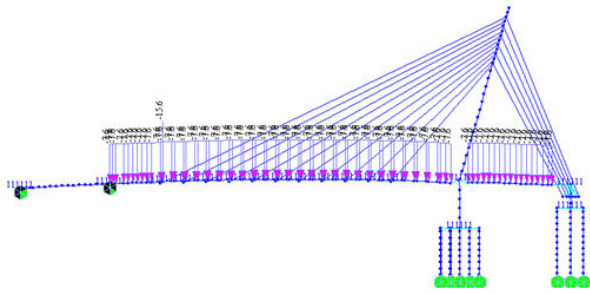


그림 5. 주탑의 좌골장 산정을 위한 해석 모델링 그림

데, 이때 가설벤트 및 동바리 등 주요 자재 투입을 최소화하면서, 마찬가지로 가설벤트 투입 기간을 최소화 하도록 하기 위해 현장 타설의 보강형(에지거더)과 프리캐스트 가로보로 분리하여 시공 하도록 계획하였다.

프리캐스트 가로보에는 총 2개소의 텐던을 배치하였으며 이중 1차 텐던은 제작장에서 프리캐스트 가로보를 제작한 후 설치하기 위해 이동전에 긴장하도록 하였으며, 2차 텐던을 도입하여 양측 보강형(에지 거더)과 일체화 되도록 하였다. 프리캐스트 가로보 상면에 미리 제작한 프리캐스트 바닥판을 거치하여 교량 상부를 형성하도록 하였다(그림 6, 7).

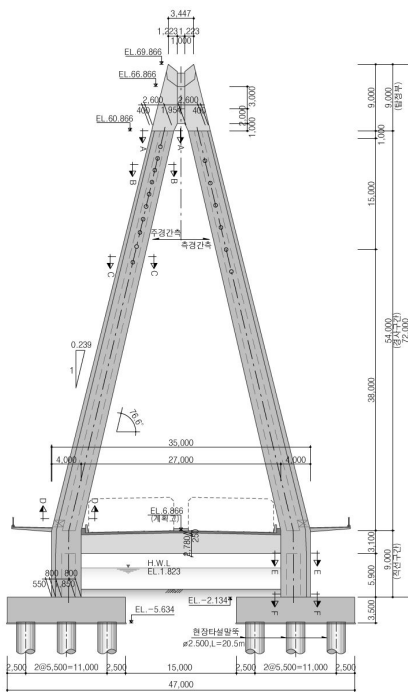


그림 3. 주탑 정면도

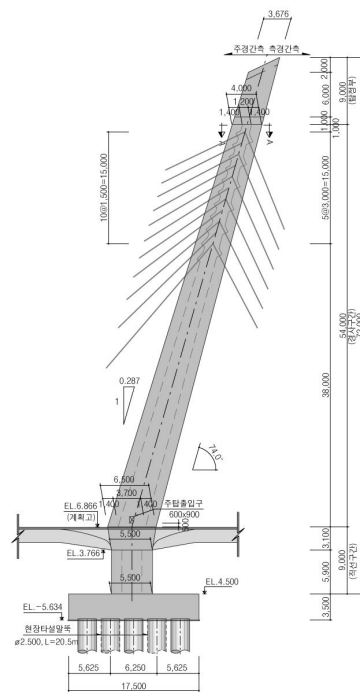


그림 4. 주탑 측면도

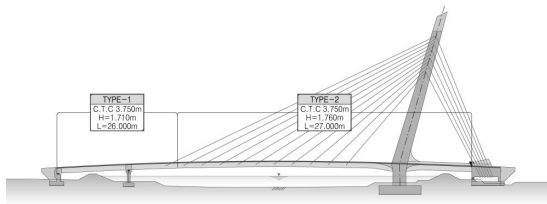


그림 6. PC 가로보 배치도

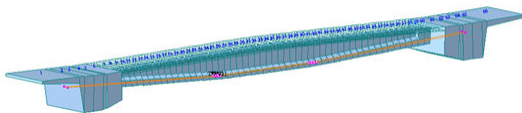


그림 7. Tendon이 포함된 보강형 및 PC 가로보 모델링

프리캐스트 가로보 이동은 교량 양측의 가도를 설치한 후 가도 양측에 각각 크레인을 배치하여 트레일러 혹은 이동 대차로 이동된 프리캐스트 가로보를 인양하여 설치하도록 계획하였으나, 실제로는 시공중 안정성 확보 및 경제성을 고려하여 이동식 대차를 별도로 설계 제작하여 운영하여 시공중 안정성 확보, 공기 단축 및 비용 절감을 도모하였다.

### 3.3 시점부 및 종점부 교대

시점부 교대는 역T형 교대로서 직경 1,000 mm의 현장타설 말뚝 기초로 시공하였다<그림 8>.

종점부 교대는 back stay cable이 집중되므로 케이블 정착구는 상부구조물의 자중과 작용하중을 전달받아 매우 큰 하중이 작용하는 주요 부재로서 상세해석을 통하여 정착구에 응력집중 현상으로 발생하는 활렬력 및 파열력에 대해 저항할 수 있도록 보강철근을 배치하였다<그림 9, 10>.

## 4. 남창대교의 시공

### 4.1 프리캐스트 가로보 제작 및 설치

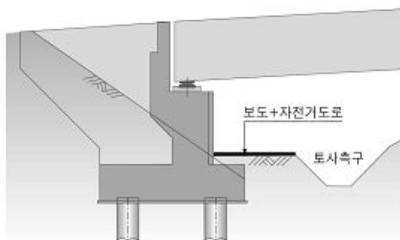


그림 8. 시점부 교대

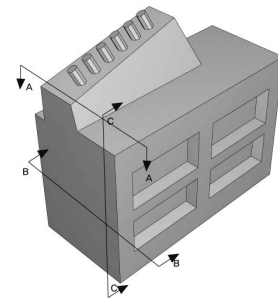


그림 9. 종점부 교대(Anchorage) 해석 모델

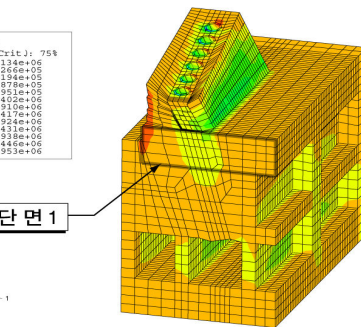


그림 10. 종점부 교대 해석 결과(예)

프리캐스트 가로보는 시점측 접속경간에 Type1이 11개소, 주경간 및 측경간에 Type2 31개소로 총 42개소를 평균 3.75 m 간격으로 배치하였다. 각각의 프리캐스트 가로보에는 제작장에서 0.6" 22연선의 텐던 1개를 긴장하였으며 프리캐스트 가로보 설치 후 0.6" 18연선 텐던(tendon) 2개를 이용하여 양측의 현장타설 보강형과 일체가 되도록 설계하였다.

당초 프리캐스트 가로보의 양생이 완료된 후에는 양측가도를 이용하여 인양 크레인을 이용하여 가벤트에 미리 설치된 프리캐스트 가로보 썸포트 위에 가로보를 설치하는 것으로 계획하였으나, 시공중 안정성 확보, 공기 단축 및 공사비 절감을 위해 이동식 대차를 별도로 제작하여 운반하기로 하였다. 이동식 대차에 프리캐스트 가로보와 그 가로보 썸포트를 함께 운반하기로 하였다. 따라서 미리 보강형 계획고와 챔버(camber)를 고려하여 각

각의 썸포트 높이를 계산한 후 프리캐스트 가로보 썸포트 높이를 다르게 제작하였으며 이후 제작된 썸포트 위에 가로보를 거치한 후 이동식 대차를 이용하여 가로보와 썸포트를 동시에 이동하여 계획된 위치에서 고정하였다<그림 11>.

#### 4.2 프리캐스트 바닥판 제작 및 설치

교량 상부 슬래브는 제작장에서 프리캐스트로 제작하였으며 설치하는 양측 가도에서 크레인을 이용하여 프리캐스트 바닥판을 인양한 후 미리 설치된 프리캐스트 가로보 상단에 아래 그림과 같이 설치하였다. 설치가 완료된 후 프리캐스트 바닥판간 이음부를 연결 철근과 함께 무수축 콘크리트로 시공하였다<그림 12>.

#### 4.3 보강형 시공

교량 상부 양측의 보강형(에지 거더)은 교량 구간별로 각기 다른 형상을 하고 있어 매번 다르게 시공하여야 하는 번거로움이 있었다. 양측 보강형은 현장타설로 시공하였는데, 미리 가벤트를 시공하여 그 위에 보강형 콘크리트 타설을 위한 거푸집 동바리를 설치하였으며, 가벤트 내측으로는 미리 이동 대차를 이용하여 프리캐스트 가로보를 이동하여 정위치 하도록 하였다. 이후 현장타설로 보강형을 타설 한 후 소정의 강도에 도달하였을 때 프리캐스트 가로보와 보강형을 텐던을 이용하여 일체화 시켰다.

보강형은 종점측 측경간에서 시작하여 주경간은 평균 33m씩 3회로 분할하여 시공하고 마지막으로 시점측 접속경간까지 총 5



(a) 제작



(b) 1차 Tendon 긴장



(c) 이동식 대차에 거치



(d) 이송



(e) 정위치 후 대차 원위치



(f) 정위치 모습

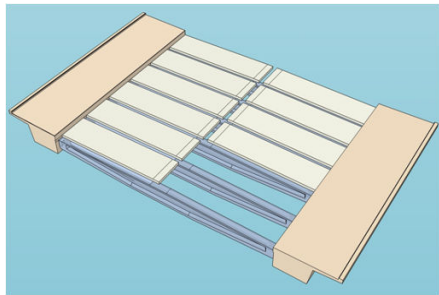
그림 11. 프리캐스트 가로보 제작 및 설치



(a) 콘크리트 타설



(b) 인양



(c) 설치



(d) 이음부 타설

그림 12. 프리캐스트 바닥판 제작 및 설치

회로 시공 완료하였다.

#### 4.4 주탑 시공

주탑은 가로보를 기준으로 가로보 하면은 일반 강제 거푸집으로 2회로 나누어 시공하였으며, 가로보 상면부터는 ACS(auto climbing system) form을 이용하여 시공하였다. 주탑은 전체 높이에 걸쳐서 총 22lot로 타설하는 것으로 계획하여 1lot의 시공 높이는 4m로 하였다.

2lot 시공 후 동바리를 이용하여 양측 경사 주탑을 이어주는 가로보를 타설하였으며 이후 설계대로 0.6“22연선으로 총 17개

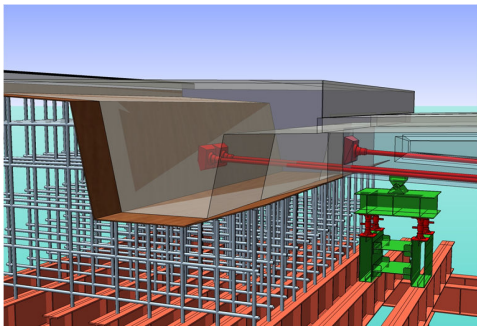


그림 13. 보강형 시공 조감도



그림 14. 남창대교 보강형 시공 전경

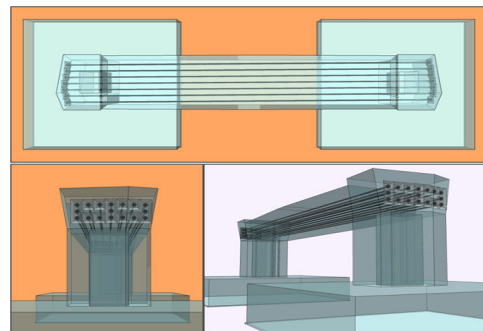


그림 15. 주탑 가로보 PT 도입 조감도

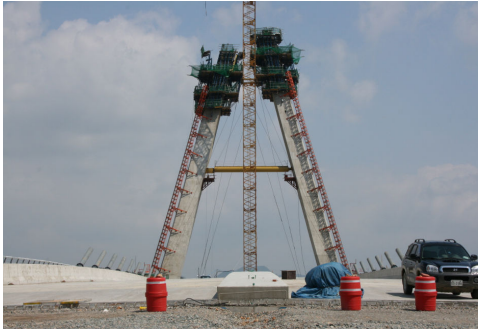


그림 16. 주탑 스트럿(strut) 설치 모습



그림 17. 주탑 탑정부 프리캐스트 인양

소에 PT를 도입하였다.

가로보 상면에서 lot#4~lot#12 구간은 7일 주기로 이후 19 lot까지는 사장재 케이블과 주탑 보강을 위한 PT 강봉이 설치되므로 9일 주기로 계획하였다.

경사 주탑의 특성으로 시공중 과도한 처짐 발생을 방지하기 위해 임시 스트럿(strut)을 10lot 시공 위치에 배치하여 경사 주탑 시공중 내측으로의 과도한 처짐 발생을 방지하면서 동시에 안정성을 확보하도록 하였다<그림 16>. 주탑 20lot부터는 좌, 우 양측의 경사 주탑이 합쳐져서 기존 ACS form 운용이 곤란하였기에 지상에서 프리캐스트로 탑주부를 분할 제작하였다. 양생이 완료된 탑주부 프리캐스트를 차레로 인양한 후 PT강봉 및 프리캐스트 제작시 사진에 매입된 볼트 이음부를 연결하여 탑주부 시공을 완료하였다<그림 17~19>.



그림 18. 탑정부 프리캐스트 시공 모습

### 5. 맺음말

전라남도의 중심으로 부상하고 있는 남악 신도시를 대표하는 교량으로 최근 시공이 완료된 남창대교는 국내 최초의 경사 주탑을 가지는 비대칭 콘크리트 사장교이다. 비대칭 경간, 경사 주탑이라는 특징과 더불어 교량 상부의 가로보와 바닥판을 모두 프리캐스트로 제작한 후 시공하여 기존 현장타설공법에 비해 고품질 시공은 물론 공기 단축을 달성하였다. 프리캐스트 가로보를 이동 설치함에 있어 이동식 대차를 이용하여 기계화 시공법을 실현하였으며 또한 주탑 탑정부 역시 거푸집 활용의 곤란함을 극복하면서 공사중 안정성 확보를 위해 프리캐스트로 분할하여 제작한 후 연결 시공하는 등 원도급사, 감리단은 물론 전문건설업체가 혼연 일체로 협력하여 좋은 결과를 이끌어낼 수 있었다.



그림 19. 남창대교 완공 모습

### 감사의 글

이러한 남창대교의 사례가 이후 유사한 현장에도 효과적으로 활용될 수 있기를 기대하며 그동안 온갖 노력을 아끼지 않은 현장 관계자에게 감사드린다. 📧

담당편집위원 :  
박철우(강원대학교) tigerpark@kangwon.ac.kr