

# 순창~운암(4공구) 도로확장공사 현장탐방

글 | 이 타 | 토목기술부 과장 || 전화 : 02-3433-7773 || E-mail : yita@ssyenc.com  
글 | 차승훈 | 토목기술부 대리 || 전화 : 02-3433-7761 || E-mail : chocopie@ssyenc.com  
글 | 조현준 | 토목기술부 대리 || 전화 : 02-3433-7918 || E-mail : hjcho@ssyenc.com

## 1 들어가면서

순창~운암(4공구) 도로확장공사의 준공이 약 1년 앞으로 다가왔다. 수려한 자연경관을 배경으로 지역의 랜드마크적 역할과 함께 웅장한 자태를 나타내기 시작하는 운암대교(엑스트라도즈교)의 본 모습을 1년 뒤에 볼 수 있다고 생각하니 절로 가슴이 뻐뚱해진다.

순창~운암(4공구) 도로확장공사는 2004년 4월 대안/턴키로 수주한 프로젝트 중 하나로서 당해 8월에 착공하여 2012년 11월 준공 예정에 있으며, 이로써 우리 회사는 중·장기간 교량에 대한 시공 실적 및 기술력 향상의 기회를 가질 수 있게 되었다. 착공 후 그동안 발생한 여러 가지 고난도의 문제점들은 이를 해결하기 위한 현장 기술진들의 끊임없는 시도와 노력, 그리고 토목기술부와의 업무 협조 등이 조화롭게 어우러져 해결되었다고 생각한다.

이에, 기술력 제고의 일환으로 주로 유선상으로 그리고 설계 자료

를 통해 진행하였던 기술지원 사항을 직접 눈으로 보면서 다시 한번 점검하고자 현장탐방에 나섰다.

본고에서는 2010년 5월과 11월 두 차례에 걸쳐 실시한 현장탐방을 통해 시공과 관련된 기술지원 사항을 비롯하여 현장에서 직접 보고 느낀 교량 시공현황에 대한 내용을 소개하고자 한다.

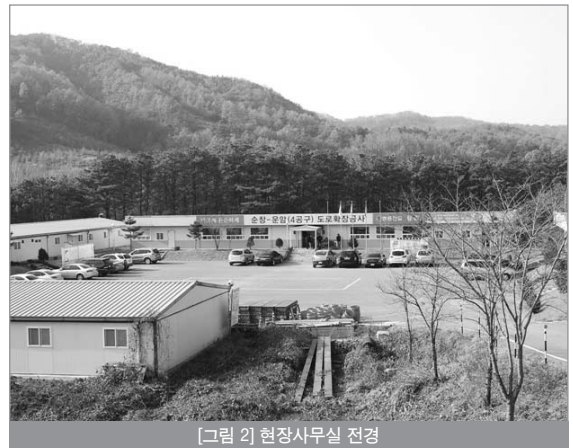
## 2 현장 소개

본사를 출발하여 3시간 30분 남짓을 차량으로 이동하니 넓은 옥정호가 보이기 시작하였고, 이내 한창 시공 중인 운암대교의 모습이 드러나기 시작하였다. 자연과 인공구조물의 조화로운 만남, 이는 마치 한폭의 산수화를 그려놓은 듯한 풍경을 연출하고 있어 지나는 이의 눈길을 멈추도록 하기에 충분하였다.

운암대교가 가로지르고 있는 옥정호는 현재 전북 임실군 운암면 일대에 있는 아름다운 호수로서 일본 강점기인 1926년에 한국 최



[그림 1] 운암대교 조감도



[그림 2] 현장사무실 전경

고의 강 섬진강 상류에 건설된 섬진강댐으로 인하여 생겨난 인공 호수다. 현재 옥정호는 임실군 자료를 기준으로 유역면적이 763km<sup>2</sup>, 저수면적 26.5km<sup>2</sup>, 총저수량 4억 3천만 톤을 차지하고 있으며, 백두대간의 호남 동맥의 줄기 사이에 있는 전북 임실군 운암면 일대의 섬진강 상류 물을 임실군 운암면 옥정리에서 댐을 막아 반대쪽인 전북 정읍시 칠보면으로 넘기고 멀리 부안 계화도와 호남평야에 이르기까지 깨끗한 물을 공급하고 있다고 한다.

깊은 산세 속에 아담히 자리 잡고 있는 현장사무실은 정리, 정돈이 매우 잘 되어 있었으며, 마치 천의 요새에서 대사를 치르기 위해 무엇인가를 준비하는 듯, 고요하면서 조직적으로 움직이는 분위기를 느낄 수 있었다.

## 2-1. 공사개요

순창~운암(4공구) 도로확장공사는 군산에서 고흥을 연결하는 기존국도 27호선의 교통량 급증으로 인한 교통 혼잡을 해소하며, 전주시 관내 국도우회도로와 함께 전북 서·남부 지역의 물동량 수송을 원활하게 할 목적으로, 전주에서 순창 간 왕복 2차로 도로를 4차로 도로로 확장하는 공사의 일부로써 국토해양부 익산지방국토관리청에서 발주하였다.

당 현장은 총 연장 2,485km로 크게 교량구간(1,012km)과 토공구간(1,473km)으로 구성된다. 이 중 옥정호를 횡단하는 운암대교는 전라북도 임실군 운암면 운종리에서 완주군 구이면 백여 리를 연결하는 연장 910m의 교량으로 240m의 PSC 박스거더교(FSM 공법)와 670m 6경간 엑스트라도즈교(FCM 공법)로 설계되어 시공되고 있다.

## 2-2. 운암대교 설계 현황

운암대교의 전체 교량 연장은 910.0m(4@60+75+4@130+75=910.0m)로, 접속교의 PSC박스거더교와 주교량의 엑스트라도즈교로 구성된다. 이 중 접속교 구간은 FSM(Full Stage Method)공법으로, 주교량 구간은 FCM(Free Cantilever Method)공법으로 시공하도록 설계되었으며, 교량폭은 23.0m(왕복 4차로)이고, -2.0%의 종단 선형 구배로 계획되었다.

사재는 시공성과 경관성 등이 우수한 1면 케이블 형식을 적용하였고, 주탑 새들부는 Multi Tube 형식의 관통 고정방식을 적용하였다. 교각기초형식으로는 강관말뚝기초(시점부)와 직접기초(종점부)로 설계되었다. [그림 3]에서는 운암대교의 시공 전경을 볼 수 있다.



[그림 3] 운암대교 시공 전경

## 3 시공 및 기술지원 현황

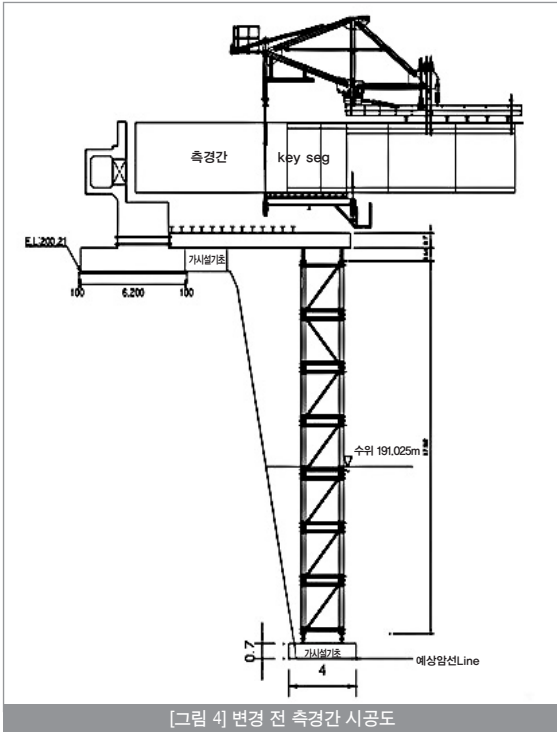
2004년 8월 공사착공 후, 현장에서는 문제해결을 위한 끊임없는 시도와 전문기술자들의 기술자문을 통해 수많은 어려움을 극복하면서 현재까지의 완벽시공을 이루어 왔다. 그 중 현장에서 토목기술부에 기술지원을 의뢰한 사항과 기술지원 내용, 그로 인한 효과 등을 정리하고 운암대교의 시공현황 등을 소개하고자 한다.

2004년 8월부터 2010년 11월까지 운암대교 현장에 기술지원한 건수는 총 29건이며, 구조분야 7건, 사면안정 6건, 가시설 4건, 기초 6건, 기타검토 3건이다.

그 중 주목할 만한 사항으로 “운암대교의 FCM 공법 구간 세그먼트 추가시공에 따른 공기 단축 사례(2010. 07)”와 “토공구간 비탈면 보강을 통한 현장 안정성 확보 (2009. 01)”가 있다.

### 3-1. FCM 공법 구간 세그먼트 추가시공에 따른 공기 단축

본 기술지원 사례는 운암대교 교각P9와 교대A2 사이의 측경간 접합을 위해 FSM 공법으로 시공하여야 할 측경간 세그먼트를 FCM 공법으로 변경 적용함으로써 FCM 공법 구간의 세그먼트를 연장 시공한 사례이다. 이는 FSM 공법 구간의 동바리 설치 환경이 절벽이고, 수상구간이어서 안전문제 등의 시공여건의 제한이 따르게 되었는데, 이 때문에 FCM 공법 구간의 마지막 세그먼트인 16번째 세그먼트를 17번째 세그먼트로 추가연장(4.0m)하고, FSM공법 구간을 당초 9.0m에서 5.0m로 축소할 필요가 발생하였다. 이를 해결하기 위해 현장에서 설계 변경하였으며, 이에 대한 적정성을 검토하였다.

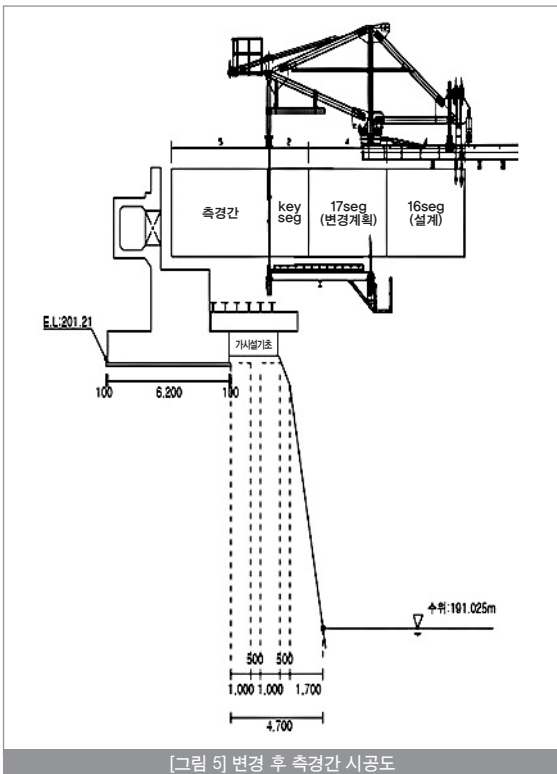


[그림 4] 변경 전 측경간 시공도

[그림 4]는 기존설계에 따른 시공방안을 나타내고 있고, [그림 5]는 FSM 구간이 변경되어 4.0m 축소된 내용을 보여주고 있다. 검토 결과, 17번째 세그먼트가 증가됨으로써 중간 지점부 주형의 압축 응력이 허용응력의 99%에 달하는 상황이 발생하게 되었다. 따라서 현장에서는 가설시 추가적인 외부요인을 감안하여 안전율을 확보하여야 한다는 결론을 내리고 재검토 방안을 모색한 결과, 주탑 P9의 케이블 인장력을 감소시킴으로써, 압축응력을 허용응력의 91%로 낮추어 안전율을 확보하게 되었다.



[그림 5] 중점부 시공 전경



[그림 5] 변경 후 측경간 시공도

[그림 6]은 중점부에서 바라본 공사 전경으로 F/T와 16번째 세그먼트를 볼 수 있다. 추가검토 사항으로, 17번째 세그먼트 시공 시에는 강선의 긴장을 이용하여 접합시키는 다른 세그먼트와 달리 철근이음만으로 시공해야 하는 상황임으로 철근단면이 받을 수 있는 극한하중검토를 수행하였으며, 수행한 결과 상부슬래브에 배치된 인장철근만으로도 안전한 것으로 검토되었다.

또한 상부 인장철근은 최대인장응력이 발생하는 구간이므로 겹이음을 피해야 하기 때문에 현장과 상의한 후 슬래브 인장철근의 이음은 겹이음이 아닌 용접이음이나 기계적이음으로 처리하도록 협의하여 처리하였다. 상기의 기술검토로, 실행액이 2,400만원 절감되었으며, 수상구간을 육상구간으로 대체하여 시공성을 개선하였다. 또한, 안전성 측면에서 동바리 해체 시 발생할 수 있는 사고의 위험성을 피하였고, 약 30일의 공기를 단축하는 효과를 달성할 수 있었다.

### 3-2. 비탈면 보강을 통한 현장 안정성 확보

본 기술 지원 사례는 비탈면 붕괴가 발생한 STA.6+960~STA.7+000 구간(중점측 국도27호선 이설부 깎기2구간 40m)에 대한 현

장조사를 바탕으로 비탈면 붕괴원인분석 및 안정성 확보방안을 검토한 사례이다. 조사결과 깎기비탈면의 붕괴원인은 절리면의 교차에 의한 썩기파괴로 판단되었으며, 대상 비탈면의 공학적 특성을 반영한 평사투영해석 및 한계평형해석을 수행한 결과 대상 비탈면은 건기 시 및 우기 시 각각 기준안전율을 확보하지 못하는 것으로 평가되었다.

썩기파괴가 예상되는 비탈면의 안정성을 확보하기 위해 3.0m 소단 하부의 발파암 절취구배를 당초 1:0.6에서 1:0.8로 완화한 후 소일 네일링(47단, 126공)으로 보강하는 방안을 제안하였으며, 보강사면에 대한 안정성 검토결과 건기 시 및 우기 시 안전율이 각각 1.58 및 1.22로 나타나 비탈면은 안정성을 확보하는 것으로 판단되었다. 대책공법(구배완화+소일 네일 보강) 적용 후 비탈면 전경은 아래 [그림 7]과 같다.



[그림 7] 대책공법 적용 후 비탈면 전경

### 3-3. 현장 시공 및 안전 현황

2010년 5월 18일 운암대교 현장을 방문하여 현장기술 지원 사항을 협의하고 운암대교 현장을 상세히 살펴본 결과 현장이 상당히 잘 정돈되어 있고, 공사가 순조롭게 진행되고 있음을 알 수 있었다. [그림 8]은 중앙부 키세그먼트 부분의 시공 상태로 관리상태가 양호함을 알 수 있었다.

[그림 9]는 PSC 박스 내부에 있는 사재 케이블의 정착부를 보여주고 있다. 마무리 시공은 케이블 절단 후 캡을 씌워 보호한다.

[그림 10]은 주탑 및 케이블의 시공현황을 볼 수 있다. 주탑은 높이 13.0m, 폭 2.5m로 콘크리트 타설시 수화열에 의한 균열이 발생하기 쉬운 환경이었으나 피막을 덮고 습윤양생을 수행하는 등 적절한 양생관리로 온도에 의한 균열을 제어하였다. 그 결과 당시 균열은 전혀 발견할 수 없었다.



[그림 8] 키세그먼트부 단면



[그림 9] 케이블 정착부(PSC 박스 내부)

박스내부에는 유지관리용 정착구 및 케이블 정착부가 설치되어 있으며 내부 콘크리트의 균열은 볼 수 없었다. 전체적으로 모든 현상이 잘 정리 되어 있었고 위험해 보이는 부분은 없었다. 이 외에 교각기초, 교좌받침 등은 살펴볼 수 없었으나 현장 기술자의 상세한 설명으로 신뢰를 가질 수 있었다.



[그림 10] 주탑 및 케이블

2010년 11월 17일, 운암대교의 전구간이 연결되는 상판연결식이 개최되었다. 상판 연결을 위한 키세그먼트의 시공은 본 교량의 시공단계 중 구조물 공정의 마지막 단계라 할 수 있다.



[그림 11] 운암대교 상판연결식

일반적으로 FCM공법이 적용되는 PSC교량은 교각을 중심으로 서로 다른 구조계로 시공되어지기 때문에, 이들이 접합하게 되는 폐합부에서는 연직방향 단차와 수평방향 단차가 존재하게 된다. 구조물의 연속성을 유지하기 위해 인위적인 외부 하중을 작용시켜 폐합부의 선형을 일치시키는데, 본 교량에서는 콘크리트 블록으로 지지된 강봉의 길이를 조절하고, F/T를 전후방으로 이동시킴으로써 폐합점에서의 선형을 일치시켰다. [그림 12]는 수평방향 및 연직방향 단차를 일치시킨 후 키세그먼트의 철근을 배근하고 콘크리트를 타설하기 직전의 장면을 보여주고 있다.



[그림 12] 키세그먼트 배근 및 선형 폐합

[그림 13]은 키세그먼트의 콘크리트를 타설하는 장면이다. 슬럼프 및 플로우 테스트가 끝난 콘크리트가 펌프카로부터 쏟아지는 순간, 개별적으로 시공되는 상부구조가 비로소 하나의 교량으로 재탄생하게 되는 감격적인 순간이었다.



[그림 13] 키세그먼트 타설

#### 4 마치면서

순창~운암(4공구) 도로확장공사 현장은 대안/턴키로 수주한 프로젝트 중 하나로서, 토목기술부는 수주 단계 및 설계 단계에서부터 관여하여 구조물의 시공 시에는 현장 기술진과 언제나 서로 협력하면서, 시공 및 안전문제를 같이 해결하고자 힘써 왔다. 당 현장이 준공되면, 지역사회의 원활한 교통인프라 확보는 물론, 그 지역의 상징적 가치를 향상시키고, 대표경관을 이루는데 한 몫을 할 것이라 기대되고 있다.

이번 현장탐방을 계기로, 현장 기술진의 끊임없는 노력과 토목기술부에서 수행한 기술검토는 현재까지의 성과를 무사히 이루어내고, 기술적 노하우의 축적과 원가절감을 실현한 원동력이 되었다고 생각되기에 쌍용건설의 한 구성원으로서 큰 자부심을 느낀다. 무엇보다도, 훌륭한 현장에서 완벽한 시공을 위해 만전을 다하는 현장 직원 모든 분께 위대하다는 말의 찬사와 감사의 마음을 전한다.

앞으로도 모든 현장의 안전시공과 원가절감을 위해 꾸준한 지원을 아끼지 않을 것을 다짐하면서, 추후 대안/턴키로 발주한 현장의 기술지원 현황을 지속적으로 확인하고, 더욱 효과적인 공기단축과 공사비절감 방안을 도출하고 실행함으로써 수주에서부터 준공까지 설계 기술력과 현장의 시공능력이 언제나 조화롭게 상승효과가 발휘되기를 기대해 본다. SS

#### 참고문헌

1. 운암대교[엑스트라도즈드(Extradosed)교] 설계 및 시공사례, 건설기술 쌍용, 2008 겨울호
2. 순창-운암(4공구) 도로확장공사 설계보고서, 2004, 쌍용건설(주)