

Track 3 첨단토목 기술

# 서해대교 시공법 소개

윤태섭 · 대림산업 부장

## 서언

서해대교는 서해안 고속도로의 아산만을 횡단하는 총 연장 7.31km의 왕복 6차선 교량으로 P.S.M.(Precast Segment Method) 및 F.C.M.(Free Cantilever Method)에 의한 콘크리트 상자형 연속교와 합성형 사장교의 3가지 형식으로 구성되어 있다. 본고에서는 국내 최초로 시공한 바 있는 합성형 사장교의 기초, 주탑, 상판 및 cable 가설 공법의 현장 실제 적용 사례를 중심으로 기술코자 한다.

## 사장교 설계 특징

서해대교의 사장교는 총 연장 990m, 주경간장 470m, 주탑 높이 182m, cable 본수 144개의 Multi-cable에 의해 steel girder와 프리캐스트 슬래브로 구성된 주형이 지지되는 합성형 사장교이다.(그림1 참조) 이러한 합성형의 장점은 순수 강형(steel girder)에 비해 강성이 크다는 점과 순수 콘크리트 부재에 비해 자중의 부담이 적다는 점에서 콘크리트와 강형 재료의 상호 보완적인 역할을 할 수 있다. 그러나 시공시 거동 및 시공단계 해석이 복잡하여 1980년대에 들어와서 고성능 컴퓨터의 보급과 함께 경제성이 뛰어나 많이 적용되고 있다.

## 기초

서해대교의 기초는 수심 22m, 최고유속 1.6m/sec의 조류속이 빠르고 탁도가 심한 해상부에 직접기초로 설계되어 있어 이중 격벽식 sheet pile, 강관 널말뚝, Flat type sheet pile(cell 식)등 3가지 공법을 검토하였으나, 시공이 빠르고, 안전한 cell 식 가물막이 공법을 적용하였다.

시공방법은 조립장에서 조립한 Flat type sheet pile 156장으로 이루어진 직경 24.85m 높이 25~27m의 cell을 1300ton 급 해상크레인을 이용(해상운반→거치→sheet pile 향타) 작업을 시행하고 병행하여 cell과 cell 사이는 Arc cell을 설치후 내부에 모래 채움작업을 반복하여 가물막이를 축조 후 내부에서 dry 상태로 기초공사를 가능토록 하는 가설공법이다.

가물막이 작업을 완료 후 풍화암 초입에 근입된 Sheet pile 과 암반 경계부의 절리에 의한 유입수를 줄이기 위해 S.G.R. 차수 Grouting을 실시하였으며, 해상 원지반부터 지지층 까지는 엄지말뚝과 Earth anchor를 이용한 토류벽 가시설을 설치하여 지지층까지 굴착하였고, 굴착시 토류벽의 변형을 관측하기 위해 경사계 Earth Anchor Load Cell 등을 설치하여 계측을 실시하였다.

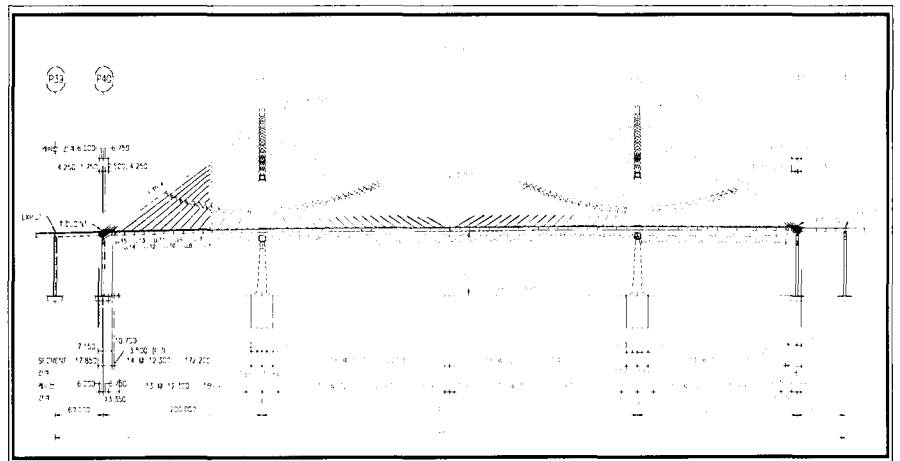


그림 1. 서해대교 사장교 전경

## 주탑

### 1) 설계 특징

서해대교의 주탑은 II형 형상의 중공 콘크리트 2주식 주탑의 구조로 높이 182m이며, EL. 62m, EL. 112m, EL.126m에 가로보가 설치토록 설계되어 있으며 각각의 가로보에는 교축 직각 방향의 POST TENSION이 도입도록 되어 있다.

### 2) Column 시공

서해대교의 주탑은 높이가 180m로 고소에서 주로 작업이 이루어지며 단면의 변화가 심하여, 거푸집 설정시 안전성, 형상 및 선형 관리, 공기등을 고려하여 Auto Climb Form과 Slip Form을 비교 검토하여 안전성과 시공속도가 빠른 Slip form 공법을 적용하였으며, Slip form에 적합한 콘크리트는 일반 재래식 거푸집에서 고려하지 않는 초결시간 및 성형성을 추가로 고려하여야 하며 현장조건에 맞는 최선의 배합설계를 얻기 위해 시공전 Mock-up을 실시하여 선택하였다.

### 3) 가로보 시공

서해대교 주탑은 Leg를 가로지르는 Cross beam이 3개 있으나 고소에서 임시 강재 동바리를 이용 타설시 고소에서 부재 조립에 따른 안전성 결여 및 공기, PY1 PY2 동시 작업에 따른 가설자재의 2중 투입에 따른 공사비 과다투자 등의 문제점 해결을 위해 육상에서 Precast로 반단면을 제작하여 Heavy Lifting Strand Jack을 이용하여 인상 거치 후 주탑부와 연결 조인트 콘크리트를 타설하여 완성하였다.

## 상부 Deck 시공

서해대교 상부는 길이 12.3m의 세그먼

트로 나누어 강형과 프리캐스트 슬래브를 Derrick crane을 이용하여 인상 거치 후 cable을 순차적으로 가설하는 Balanced Cantilever Method로 설계되어 있어, 각 시공단계별 해석에 따른 케이블 도입장력 결정 및 형상관리(Geometry Control)가 필요하였다.

### 1) 시공단계별 해석(Stage Analysis)

#### 가. 시공순서 작성

시공순서는 실제 작업 가설 순서를 정확히 묘사하여야 하며 주두부 가설 순서, Derrick crane 에 의한 강형 가설 순서, 케이블 가설, 케이블 1차 인장, 슬래브 설치, 조인트 콘크리트 타설, 케이블 2차 인장, Derrick crane 이동등 세그먼트 별 Typical 공정과 내풍안정 케이블설치, Side span closure 순서 등을 빠짐없이 순서대로 나열하여야 한다. 서해대교에서는 총 856단계로 나누어 검토하였다.

#### 나. Cycle Time 작성

사용 Resource(인력, 장비, 자재)와 형상관리에 필요한 측량과 케이블 장력 측정을 감안하여 좌, 우측 Cycle Time을 결정하여야 한다.

#### 다. Derrick crane 의 결정

사장교 가설시 가장 중요한 장비인 Derrick crane은 강형과 프리캐스트 슬래브의 설치가 편리하도록 설계하여야 하며 특히 Derrick crane의 지점 반력은 단계별 해석의 가장 큰 외부하중으로 작용하므로 단계별 해석과 병행 설계하여야 한다.

### 2) Cable 장력 도입

케이블의 장력도입은 전체 스트랜드를 설치 후 Multi-Jack 으로 한번에 인장력을 도입하는 방법과 스트랜드 한 가닥씩 Mono-Jack을 이용하여 인장하는(Iso-tension)등

2가지 방법이 있다. Iso-tension은 가볍고 손쉬운 Mono-Jack을 이용하는 장점이 있으나 초기 스트랜드 인장값을 계산하여야 하며, Cable의 장력관리를 Cable의 길이로 관리할 수 있어 Cable 인장시 반대편의 병행작업이 가능하다.

### 3) 케이블 장력 조정(Final cable force Adjustment)

사장교는 단계별 해석시 산정한 Deck 및 주탑의 Stiffness와 가설하중의 오차는 피할 수 없으며 이는 최종 상판 완료 후 Geometry 오차로 나타난다.

서해대교는 시공중 Geometry 오차로 ±10cm를 관리하였으며 최종 접합후 Trial Error Method에 의해 케이블 장력을 조정하여 ±3cm 이내로 조정하였고 이때의 케이블 장력은 활하중 포함시 최대 0.45σpu에서 최소 0.15σpu가 되도록 하였다.

## 결언

서해대교는 국내에서 처음 설계시공한 장경간 사장교로 초기 설계시 감안하지 못한 점들을 미국 T.Y. Lin사의 기술지원을 받아 완벽히 국내 기술로 소화할 수 있는 계기가 되었다.

특히 합성형 사장교는 시공전 시공순서, 방법, 사용장비, 자재들을 면밀히 검토하여 시행착오 없이 시행하는 것이 공사의 성패를 좌우한다 할 수 있다. 이번 서해대교를 준공함으로써 국내 장대교 시공시 많은 기술개발 및 신기술 습득뿐만 아니라 국내 설계 및 시공 기술자의 저변 확대로 향후 장대교량 설계, 시공에 도움이 될 수 있을 것이라 생각한다.