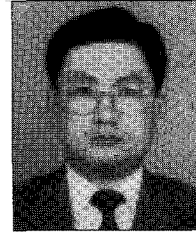


세풍대교의 도전

Advanced Construction Engineering for Sepoong Bridge



안 중 산*



이 정 남**

* 대림산업 광양시 우회(세풍-중군)도로 과장, 토목구조기술사
 ** 대림산업 광양시 우회(세풍-중군)도로 현장소장, 토목시공기술사

1. 세풍대교의 개요

세풍대교 2012년 6월을 목표로 시공되고 있으며 개통은 2014년에 될 예정이다. 기존의 국도 2호선이 광양 시내 통과함에 따라 발생하는 혼잡을 해소하고 광양만권 개발에 따른

교통증가를 대비한 광양시 관내국도대체 우회도로(세풍-중군) 건설공사 중 광양서천과 지방도 865호선, 광양제철선을 횡단하는 총연장 875m(접속교 150m+ 사장교 725m), 왕복 4차선 교량으로 중강경간은 220m이며 곡선반경 2000m의 국내최초 곡선형 콘크리트 사장교이다. 또한, FRP 스트럿을

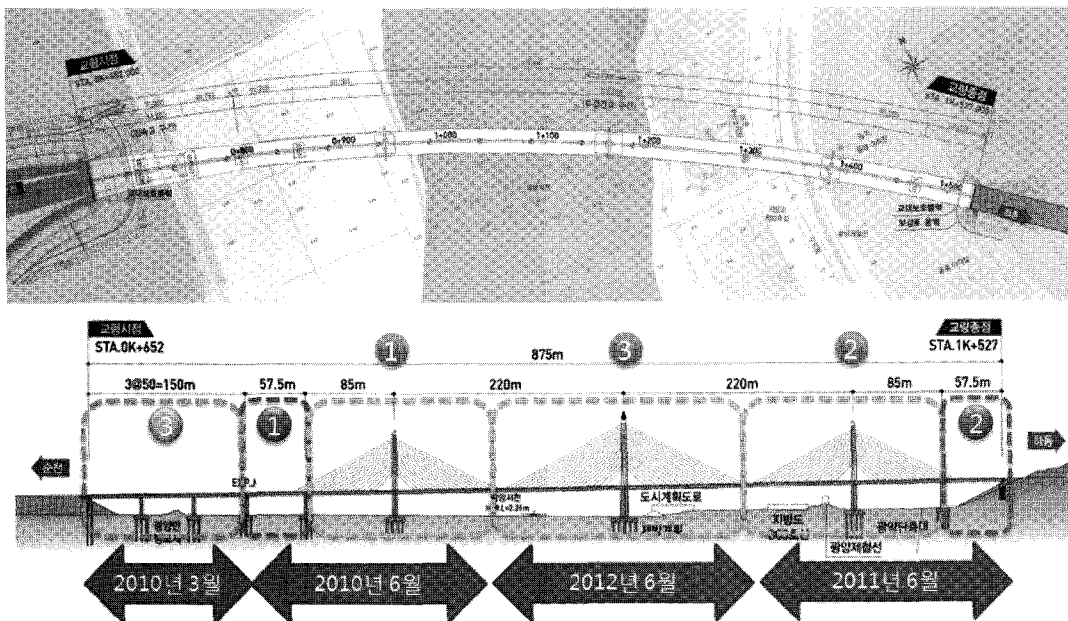


그림 1 세풍대교 종평 및 가설일정

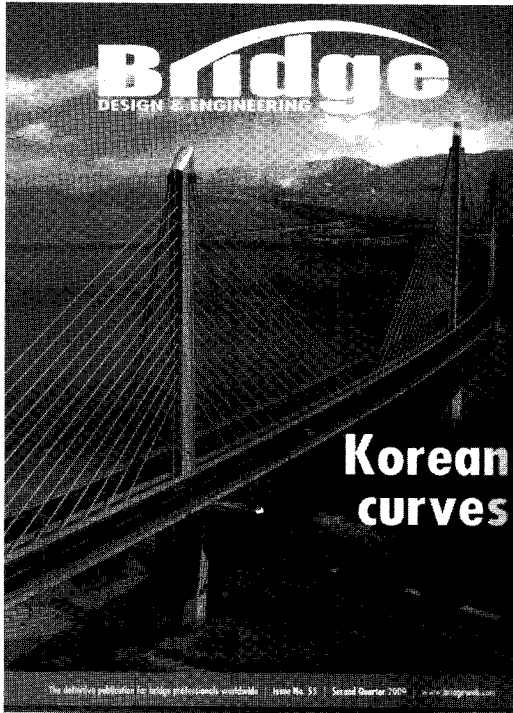


그림 2 Bridge Design & Engineering Issue No.55 표지

이용한 경제적인 보강형 설계, 곡선교의 횡방향 처짐을 제어하기 위한 주탑 횡방향케이블 도입 등 안정적이고 경제적인 설계를 위한 새로운 시도들이 적용되었다. 이러한 시도는 국제적으로도 인정을 받아 “Bridge Design & Engineering”의 표지 모델에 선정되기도 하였다.

2. 보강형

콘크리트 보강형의 경우 중량을 최소화함과 동시에 1면 케이블지지 곡선 사장교로서 비틀림에 대한 강성확보가 필수적이었다. 내부 강재 스트럿과 외부 FRP 피복 스트럿을 적용하여 일반 콘크리트 박스 보강형대비 약 20%의 중량 감소 효과를 가져올 수 있었으며, 그 결과 케이블양을 절감하고 주탑규모를 최소화하여 경제적인 설계가 가능하였다.

보강형은 Form Traveller(이하: F/T)를 이용한 Free Cantilever Method(이하:FCM)로 가설하며 한 세그먼트의 길이는 6m, 중량은 약 230tonf이다. 곡선형 교량으로 3차원 좌표 관리를 하며 보강형의 타설 레벨 및 평면 좌표는 측량을 통하여 매 세그 관리를 한다.

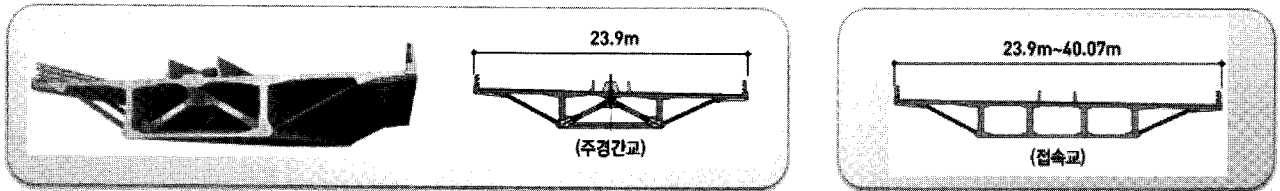


그림 3 세풍대교 보강형

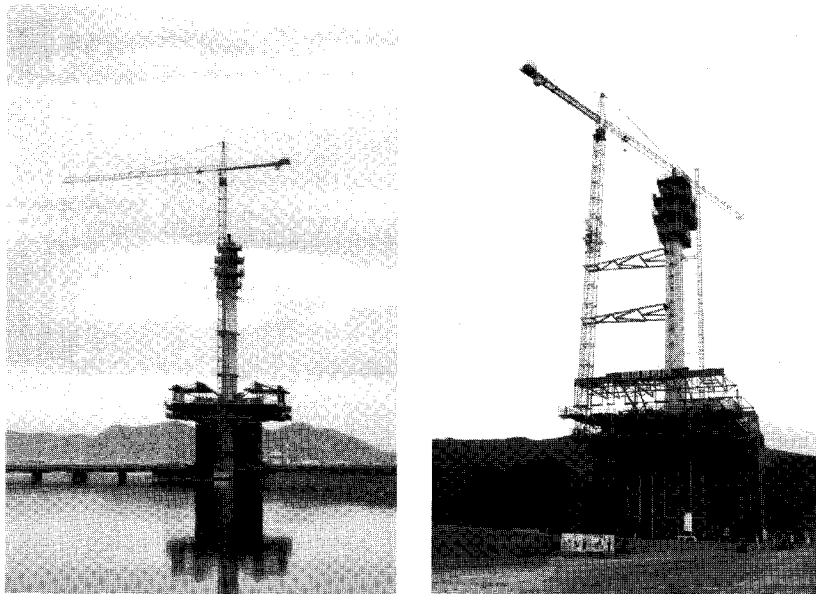


그림 4

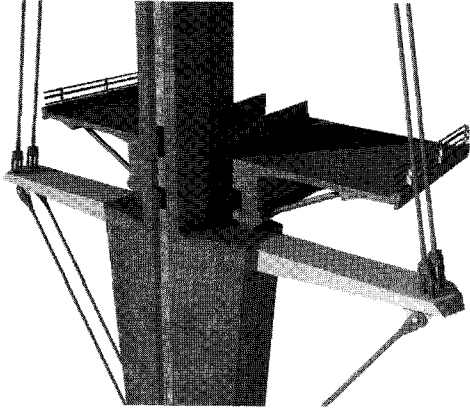


그림 5 주탑 및 횡방향 케이블

F/T 설계 및 운영에 있어서 다른 FCM교량과의 차이는 내부 스트럿 및 외부 FRP 스트럿이 있다는 점이다. F/T 이동시 이들 부재와 간섭되지 않도록 내부 폼을 설계·제작하였다. 또한 내부 스트럿은 보강형측 케이블 앵커리지와 연결되어 있으므로 정밀 세팅과 세팅 후 후속 공정에 의한 이동이 발생하지 않도록 별도의 거치대를 제작·설치하였다.

3. 주 탑

1면 사장교에 I형 주탑을 채택한 경우 주탑이 보강형 가운데에 위치함으로 주탑쪽에 따라 보강형 전체 폭을 좌우하게 됨으로 경제적인 영향은 굉장히 크다. 더욱이 세종대교는 곡선형 사장교의 특성상 교축직각방향으로 횡방향력이 작용하게 되며 이로 인해 주탑의 변위가 발생하게 된다. 횡방향 케이블을 적용하지 않아도 안전성에는 문제없도록 설계되었으나 횡방향 변위로 사용자가 시각적으로 불안하게 보일 수 있는 점을 극복하고자 횡 방향 케이블을 적용하여 변위제어를 하였고, 이와 더불어 안전성을 높였다. 또한 횡방향 케이블은 독특한 디자인으로 안정감 뿐만 아니라 교량의 아름다움을 더해주는 효과가 있다.

횡방향 케이블의 경우 긴장단은 일반 긴장 정착구로, 고정단은 편저동을 하는 Clevis type의 정착구로 되어있으며 15.7mm 7연선 wire 12~61가닥용이 사용되며, DSI가 현재 개발 및 테스트를 마친 상태이다. 61가닥용은 Clevis type 정착구로는 현재 세계 최대의 정착구이다.

하부주탑 시공은 Climbing Form 상부 주탑 시공은 Auto Climbing Form을 이용하여 타설하였으며, 상부 주탑의 경우 1cycle에 약 8일이 소요되었다. 주탑부 시공시 케이블 정착부의 Recess Pipe의 시공은 정밀하게 이루어져야 하며, 시공단계 해석을 통하여 얻은 장력을 기초로 설치각이 결정되게 된다. 설치각의 오차범위는 0.3°이내로 하였다. 시공의 편리성

과 정밀성을 유지하기 위하여 별도의 프레임을 제작하여 Pipe를 설치한 후 조립하였다.

4. 케이블

세종대교 케이블은 1면 케이블구조로 총 90개이며, Multi Strand(이하 MS) Type로 되어있다. 직경 15.7mm wire 7연선으로 구성된 Strand는 각 케이블에 48~61가닥이 사용된다. 풍하중의 영향을 줄이고자 일반 케이블 보다 케이블 외경이 작은 Compact type이 적용되었다. MS Type은 일반적으로 케이블 보호재인 HDPE Pipe를 먼저 설치하고 pipe안으로 cable shuttle을 왕복 운행하여 케이블을 가설한다. Compact type의 경우 가설 공간이 협소하여 일반적인 방법으로는 가설이 어려우므로 스트랜드 긴장 순서 조절과 shuttle의 크기를 줄이는 방식으로 DSI에서 제안하여 테스트를 완료하였다.

주탑을 중심으로 좌·우 두 개의 케이블을 동시에 긴장하도록 계획하였으며, 이를 통하여 가설 Cycle Time을 줄여 공기 단축을 하고자 한다.

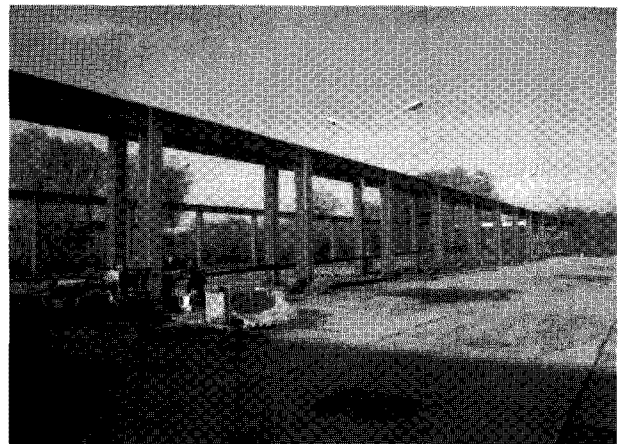


그림 6 가설 테스트 전경

5. 형상관리

사장교의 시공중 형상관리는 목표한 최종 형상이 되도록 시공중에 Cable force, 보강형의 레벨 및 평면좌표 등을 관리하는 것을 말한다. 세풍대교는 곡선교로 일반적인 직선교와 달리 보강형의 수직 변위 뿐만 아니라 평면과 회전 변위에 대한 관리도 이루어져야 한다. 보강형의 형상은 대부분 F/T를 설치 위치로 조정할 수 있다.


케이블의 장력 관리는 케이블 가설 후 lift off test를 통하여 장력측정 한 후 보정여부를 판단하게 된다. MS Type의 장력조정은 시공중에는 Mono Jack으로 Strand 단위로 관리된다. Mono jack을 사용하여 추가 장력을 도입할 때 정착구 브랜드에 따라 다르지만 DSI DYNA Grip의 경우 케이블 늘음양이 15mm이상 가능할 때 만 조정이 가능하며, 이는 썬기에 물려 있던 스트랜드 부분이 다시 물리는 걸 방지하기 위해서이다. 케이블의 미세 조정 및 장력을 줄일 경우에는 Gradient jack을 이용하여 긴장단 앵커의 너트를 조정하여 장력 조절을 하게 된다.

케이블을 통한 보강형 형상 조정은 사장교의 형식에 따라 효과적일 수 있고 비효과적일 수 있다. 세풍대교와 같이 콘크리트 박스 보강형을 가진 교량의 경우 케이블 조절을

통한 거더의 형상 조정은 효과적이지 못하므로 보강형 타설시 신중해야 한다. 케이블 장력이 시공단계 해석시 계산된 장력에 비해 차이가 큰 경우 시공단계 해석을 다시 수행하여 안전성을 재검토 해야한다.

시공중 형상관리는 사장교 가설 기술의 핵심이므로 형상관리자의 기술적인 판단 및 가설 컨트롤 능력은 매우 중요하다. 대림산업은 특수교량팀을 중심으로 교량 현장에 형상관리자가 상주하여 형상관리에 필요한 전반적인 업무를 수행하고 있다.

6. 맺음말

세풍대교는 FCM 공법으로 가설되는 국내 최초의 곡선형 사장교로서 다양한 기술검토를 통하여 시공되고 있다. 또한, 경량화된 보강형 설계, 보강형의 3D Control, 횡방향 케이블, 대형 Clevis 정착구, Compact Type Cable 가설, 양단 동시 긴장 등 다 방면에서의 새로운 시도는 현 사장교 기술을 한 단계 향상시키는 효과가 있을 것이다. 

[담당 : 백종균, 편집위원]