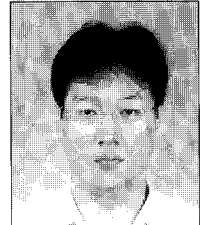


묘도-광양간 초장대 현수교의 설계 및 시공현황

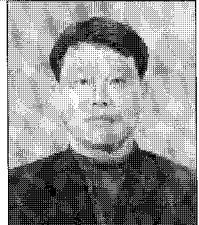
The Design and Construction of a Super Long-span Suspension Bridge Connecting Myodo and Gwangyang



문종훈*



김경택**



윤태섭***

* 대림산업 여수산단진입도로 개설공사 3공구 대리
 ** 대림산업 여수산단진입도로 개설공사 3공구 차장
 *** 대림산업 여수산단진입도로 개설공사 3공구 소장

1. 사업개요

전라남도 여수국가산단 진입도로 개설공사의 제3공구 구간에 2007년부터 2012년까지 시공 완료될 예정인 묘도~광양간 현수교는 전라남도 여수시 묘도동과 광양시 금호동을 잇는 총연장 2,260m, 주경간장 1,545m의 타정식 3경간 플로팅 현수교로서 완공시점을 기준으로 주경간장이 세계 제4위에 랭크되는 초장대 현수교이다. 여수국가산단과 광양국가산단간 원활한 물동량 수송, 물류비용 절감, 광양만권에 대한 설비투자여건 개선 및 2012년 여수세계박람회, 한려해상 등 서남해안 관광개발 여건 개선을 위해 계획되었다(그림 1, 그림 2).

현수교 형식은 구조역학적 효율성과 경제성에 있어서 장점을 가지고 있는 가장 오래된 케이블 교량형식이다. 거더교,

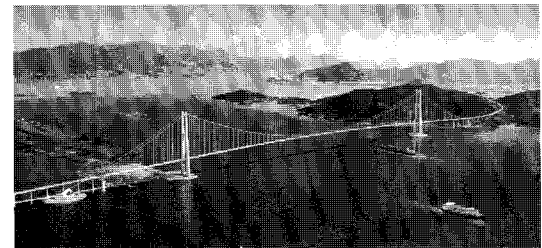


그림 2 묘도-광양간 현수교 조감도

표 1 세계 장대 현수교 주경간장

순위	교량명	주경간장(m)	국가명
1	Akashi Kaikyo 교	1,991	일본
2	Xihoumen 교	1,650	중국
3	Great Belt East 교	1,624	덴마크
4	본 교량	1,545	대한민국

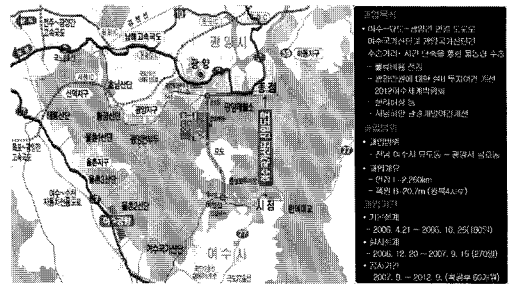


그림 1 위치도

박스교, 엑스트라도즈드교, 사장교, 현수교의 순으로 적용 경간장이 길어지는데, 제반조건, 경제성 및 경관성을 동시에 고려할 때 현수교 형식이 초장대교량의 최적의 교량형식이라고 할 수 있다. 이러한 사실은 세계의 주경간장 상위 교량들이 모두 현수교 형식이라는 것을 통하여 확인할 수 있다(표 1).

2. 교량 계획

이 교량은 선박통항안전성, 내풍안전성(변장비 검토),

표 2 컨테이너선의 대형화 규모 예측

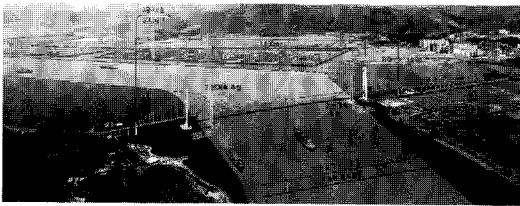
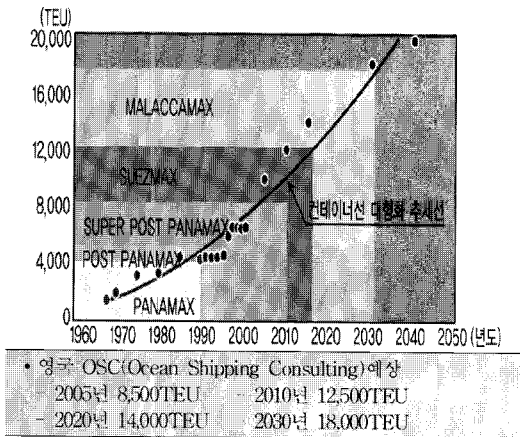


그림 3 모도-광양간 현수교 주경간장 계획

공사비 민감도 분석 및 교량 규모의 상징성을 고려하여 주경간장 1,545m로 설계함으로써, 2030년에 예상되는 최대 18,000TEU급 선박의 직교 통항의 안전성을 확보하고(표 2), 앵커리지 및 주탑기초를 육상화하여 하부공사비 감소시켰으며, 세계 제4위 초장대 현수교라는 상징성 부여가 가능하게 되었다(그림 3).

3. 구조 계획

본 교량의 계획에 있어서 주안점을 3가지로 요약하면 다음과 같다. 첫째, 규모의 차별화를 통한 국가대표 교량의 실현, 둘째, 기술혁신을 통한 초장경간 현수교의 구현, 셋째, 최적시스템 구축을 통한 구조안전성 및 유지관리 효율성 제고이다. 본 교량은 주탑부에서 보강거더의 연직지지 장치가 없는 3경간 플로팅 시스템으로서 국내 최초로 트윈 강박스 보강거더를 채용하였다. 주탑은 교량의 이미

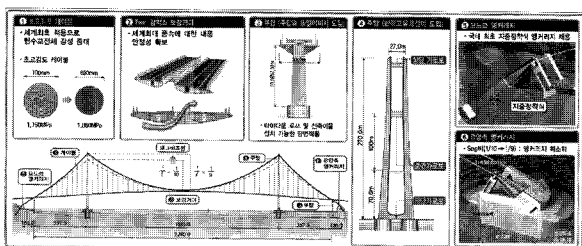


그림 4 모도-광양간 현수교 구조계획 개요

표 3 주요제원 및 설계조건

교량	3경간 현수교	357.5+1,545+357.5 = 2,260m
보강거더 형식		트윈 강박스 거더
선형	중단경사	4%
	횡단경사	2%
설계속도		70km/h
폭원		20.7m
설계활하중	바닥판	DB-24, DL-24
	보강거더	DL-24 하중에 감소계수 적용
설계기본풍속		40.4m/s
지진하중		내진 I 등급
내구연한		100년

지를 좌우하는 구조인 만큼 다양한 경관 검토를 거친 결과 조화형 주탑으로 계획하였다.

또한, 안벽식 및 사석식 충돌방지공을 설치하여 교량과 선박의 안전성을 동시에 확보하도록 하였다. 그리고, 광양 측 앵커리지는 중력식, 묘도측 앵커리지는 지중정착식으로서 육상화를 통한 공사비 감소를 도모하였다. 설계시 적용한 주요 제원 및 설계조건은 표 3과 같다.

교량 형식의 선정에 있어서는 적용 실적이 풍부하고 구조적으로 안정한 3경간 및 단경간 현수교를 상세비교 검토한 후, 3경간 현수교를 최종안으로 선정하였다. 3경간 현수교는 전통적인 형식으로서 구조성이 우수하고, 측경간 교각이 없어 선박의 시인성이 우수하다. 또한 플로팅 시스템의 도입으로 주행성 향상 및 지진안전성을 향상시켰다.

4. 구조설계

4.1 케이블

현수교의 주케이블은 가장 중요한 구조부재로서 보강거더에 작용하는 하중을 주탑과 앵커리지에 전달한다. 일반적으로 주케이블은 5~6mm의 소선으로 이루어진 평행소선 다발인 스트랜드들의 묶음으로 구성되어 진다. 본 교량

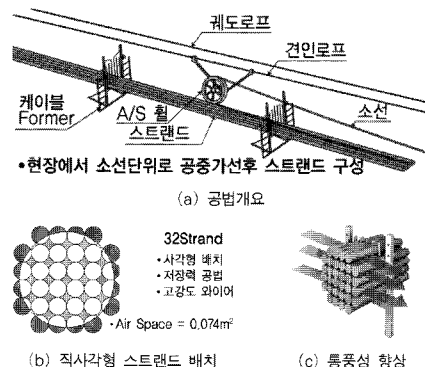
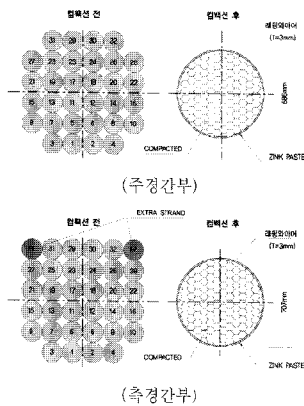


그림 5 Innovated AS 공법

표 4 주케이블 제원

구 분		제 원	
소선	재질	KSD 3509 피아노선재	
	직경	Φ=5.4mm	
	단위중량	1.764N/m	
	인장강도	1,860MPa	
	허용인장강도	744MPa (SF=2.5)	
스트랜드 (Strand)	소선수	396본 / Strand	
	외접원직경	120mm	
케이블 (Cable)	구분	주경간	측경간
	스트랜드수	32 Strand	34 Strand
	소선수	12,672본	13,464본
	래핑전 직경	680mm	701mm
	밴드부 직경	686mm	707mm
	단위중량	22.35kN/m	23.74kN/m

주케이블 단면도



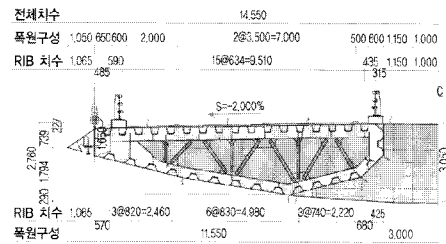
에서는 사각형(Rectangular) 스트랜드 배치와 저장력 AS 공법을 적용하여 시공기간 단축, 새들 및 정착규모 축소, 인건비 감소를 도모하였다(그림 5).

또한, 본 교량에서는 주경간장이 초장대화됨에 따라서 세계최초로 초고강도 케이블(190kgf/mm², 1,860MPa)을 적용하여 구조효율성과 경제성을 향상시키도록 하였다. 현재 소선의 인장강도는 1,770MPa에서 1,860MPa로 발전하였으나 현수교 케이블에 적용된 사례는 없고 이탈리아의 Messina 현수교에 적용될 예정이었다. 국내에서도 철강기술이 발달하면서 초고강도 케이블의 발전이 완료되어 적용성을 검토하고 시험평가를 수행하였으며, 본 설계에 적용하였다. 최종적으로 본 설계에 적용한 주케이블의 형식 및 스트랜드 구성에 대한 세부사항은 표 4와 같다. 결과적으로 국내자재 및 시공기술의 적용이 가능한 1,860MPa의 초고강도 케이블을 선정하여 케이블 중량을 6% 감소시키는 효율적인 케이블 시스템의 구축이 가능하였다.

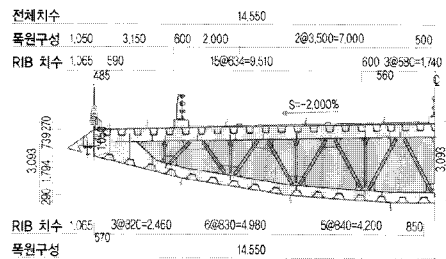
4.2 보강거더

보강거더는 차량하중을 1차적으로 지지하는 부재로서,

행어에 의해 지지되는 주부재이다. 이러한 보강거더 부재를 설계하기 위해서 3차원 대변위 해석(RM2004)을 통해서 산출되는 단면력으로부터 보강거더의 휨-전단응력, 항응력, 보강재 검토, 횡방향 설계를 수행하였다. 또한, 보강거더는 현수교 전체계의 내풍안정성을 지배하는 주부재로서 세계 최상급 풍속에 대한 내풍안정성 확보를 위해서 트윈박스 보강거더를 채용하여 플러터 발현풍속을 극대화하되, 단부에서는 인접공구와의 원활한 차선의 접속을 위하여 싱글박스로 계획하였다(그림 6).



(a) 트윈박스 보강거더



(b) 싱글박스 보강거더

그림 6 보강거더 제원

4.3 주탑

주탑은 라멘형 철근 콘크리트 주탑으로서 현수교 주탑으로서 세계에서 가장 높은 270m 높이의 콘크리트 주탑이다. 트윈 강박스 거더와 형상면에서 통일성을 추구하여 곡선 탑

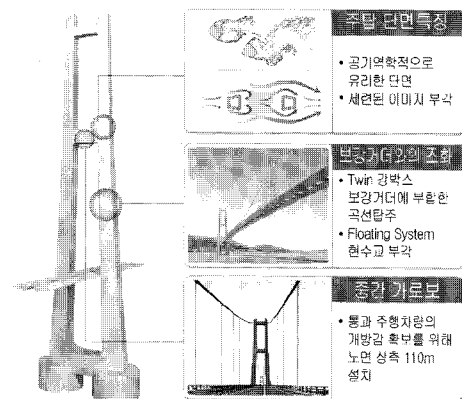


그림 7 주탑 부재 설계

주로 계획하였다. 주탑부에서는 거더 하면의 가로보를 생략하여 플로팅(floating) 시스템으로 설계하였다. 상단가로보는 주탑 전망대로의 활용 및 공사 중 탑정 크레인 지지대로 활용하도록 하였고, 중간가로보는 통과 주행차량의 개방감 확보를 위해 노면 상층 110m 에 설치하였다(그림 7).

4.4 앵커리지

이 교량은 케이블을 앵커리지에 정착시키는 일반적인 타정식 현수교이다. 타정식 현수교에서 앵커리지 기능은 주케이블 장력을 안전하게 지지하는 것이다. 모도측 앵커리지(그림 8)는 견고한 암반층의 지지기반을 충분히 활용하여 암굴착량을 최소화하고 환경 훼손이 적은 지중정착식 앵커리지를 적용하였다. 지중정착식 앵커리지는 썸기 파괴에 대한 활동 안전율 기준 3.0이상을 확보하였다. 광양측 앵커리지(그림 9)는 중력식 앵커리지로 원형 연속벽을 이용한 무지지보 가설공법을 채택하였다. 개량된 전면 점토층의 수평저항을 고려하지 않고 직접기초 형식으로 계획하여 전체 안정성을 확보하였고, 상시 저면 반력은 사다리꼴 분포가 되도록 하였다. 연속벽 선단은 암반에 근접시켜 고정점 확보 및 침투수 차수 대책을 도모하였고, SCW보강에 의한 공벽 안정성 유지와 시공 실적에 의한 정밀한 연직도 관리를 수행하도록 하였다.



그림 8 지중정착식 앵커리지(모도측)

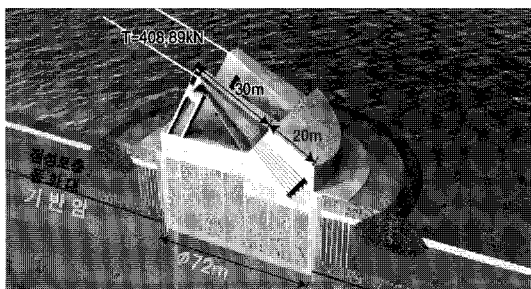


그림 9 중력식 앵커리지(광양측)

5. 시공현황

2007년 11월에 착공한 이 교량은 2008년 10월 현재 주

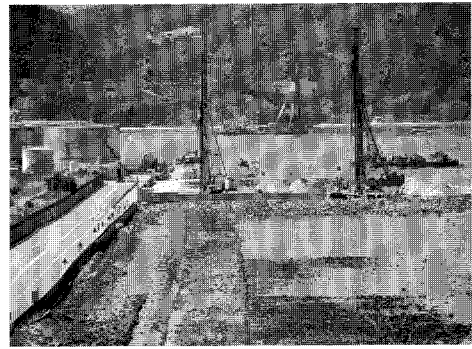


그림 10 주탑기초 지반보강(SCP, DCM)

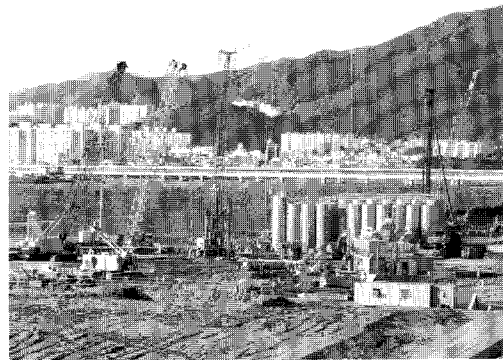



그림 11 지중연속벽 시공현장

탑 파일기초와 중력식 앵커리지 시공을 위한 지반보강공사(그림10)와 선박 충돌방지공 공사가 거의 완료된 상태이며, 중력식 앵커리지 공사를 위한 흙막이인 지중연속벽 공사(그림11)가 진행중이다.

또한 RCD(Roller Compacted Concrete)를 이용한 앵커리지, 270m의 콘크리트 주탑, 지중정착식 앵커리지 등 국내 최초 시공을 위한 면밀한 계획과 케이블 자립시공을 위한 장비 및 각종 가시설에 대한 설계가 원활히 진행중에 있다.

6. 맺음말

이 글에서는 여수국가산단 진입도로 개설공사 제3공구의 모도~광양간 현수교의 설계 및 시공현황 대해서 간단히 기술하였다. 이 교량은 타정식 3경간 현수교로 국내 최대 및 세계 제4위에 해당하는 초장대 현수교로서 국내 기술진의 주도하에 계획, 설계되었을 뿐 아니라, 주로 해외 기술에 의존해왔던 케이블 가설 또한 국내 기술로 시공할 예정에 있다. 이 교량의 시공을 성공적으로 수행함으로써 세계 최정상급 기술자들과 어깨를 나란히 하고, 있는 교량 기술의 선진화를 달성할 수 있는 계기가 되리라고 믿어 의심치 않는다. 

[담당 : 백중균, 편집위원]