
2011년도 2차 워크숍 강 연 집



- 일시 : 2011년 11월 25일(금)
- 장소 : 목포대교 현장

목포대교의 설계 및 시공

: 목포시 관내 국도대체 우회도로
[고하~죽교] 건설공사

목 차

I. 목포대교의 계획 및 설계	1
------------------------	---

김병삼 전무 [다산컨설팅]

II. 목포대교의 시공 및 형상관리	21
---------------------------	----

임경훈 과장 [GS건설]

목포대교의 계획 및 설계

목포시 관내국도 대체우회도로 (교하~죽교)건설공사

목포대교의 계획 및 설계



Table of contents

I. 사업개요

1. 위치도
2. 사업내용
3. 사업목적
4. 사업규모
5. 참여사 현황
6. 교량가설 지역현황

II. 기본계획

1. 선형설계
2. 주교량(사장교) 경간장 결정 및 선박항해 Simulation
3. 교량상부 형식 선정
4. 교량 하부형식 선정
5. 교량기초형식

III. 경관설계

1. 경관설계 Concept
2. 경관적 3-Way Cable 계획 (1면+2면Cable)

IV. 교량가설계획

GS 건설

V. 사장교 설계

1. 개요
2. 세부형식 검토
3. 중점검토 사항
4. 상세 설계

1. 위치도
2. 사업내용
3. 사업목적
4. 사업규모
5. 참여사 현황
6. 교량가설 지역현황

1. 위치도



2. 사업내용

- 사 업 명 : 목포시 관내국도 대체 우회도로
(고하~죽교) 건설공사
- 발주기관 : 건설교통부 익산지방국토관리청
- 입찰방식 : 설계 · 시공일괄입찰 (T/K-1)
- 위 치 : 시 점 - 목포시 죽교동(북향)
 중 점 - 목포시 충무동(고하도)

3. 사업목적

- 목포 신외항과 서해안고속도로 및 무안 국제공항 등 물류 시설간의 접근성 향상
- 주변지역간 교통수요에 효율적으로 대처

I. 사업개요

4. 사업규모

- 총 연 장 : 4.127km (4차로)
- 교량연장 : 3.060km
- 접속도로 연장 : 1.067km
- 사 업 비 : 2,740억원 (VAT포함)

구 분	가설조건	연 장	폭 원	비 고
주 교 량	해 상	200+500+200=900m	24.50m	사 장 교
접 속 교	시 점 부	18@60=1,080m	20.90m	P.S.C Box교 (북항 및 신외항 매립 공사중)
	종 점 부	18@60=1,080m	20.90m	
	계	2,160m		
도로 및 부대공	시 점 부	466m	35.0 ~ 40.0m	절 토 구 간
	종 점 부	600.7m	20.0 ~ 35.0m	연락지반 구간

5

목포시 관내국도 대체 우회도로 (고하-죽교) 건설공사

I. 사업개요

5. 참여사 현황

- 시 공 사
 - GS 건설
 - 현대건설 외 3개사 컨소시움
- 설 계 사
 - 다산컨설팅



6

목포시 관내국도 대체 우회도로 (고하-죽교) 건설공사

I. 사업개요

6. 교량가설 지역현황

본 교량 가설지역은 유달산 전면에 위치하고 목포 내항진입 해상에 가설되는 상황으로 목포시의 해상관문으로서의 경관적·상징적 중요도가 매우 높은 교량이다. 도로노선은 목포시 유달산 앞에 위치하는 고하도(목포 신외항)와 목포시 죽교동(목포시 북항)을 연결하는 것으로 화원 진도 방향의 국도 1호선 연장노선에 해당한다. 또한 대불공단의 해상 진입로에 위치하여 선박 55,000DWT의 국내 최대의 건축한계를 고려한 항로폭과 형하고 설정이 요구되었다.



7

목포시 관내국도 대체 우회도로 (고하-죽교) 건설공사

기본계획

1. 선형설계
2. 주교량(사장교) 경간장 결정 및
선박항해 Simulation
3. 교량상부 형식 선정
4. 교량 하부형식 선정
5. 교량 기초형식

II. 기본 계획

1. 선형설계

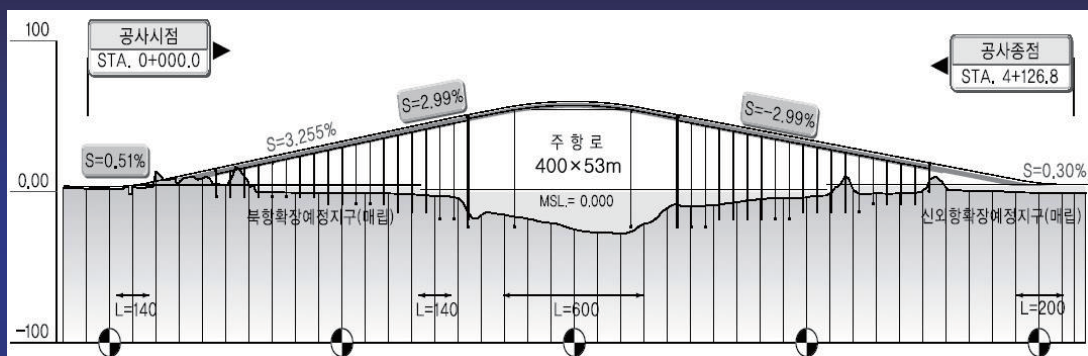
1.1 평면선형



평면선형계획은 선박운항의 안전성과 선형의 연속성, 차량의 안전, 주행성등을 고려하여 직선과 곡선구간을 적정하게 적용 계획하였다. 즉, 선박운항의 안전성을 고려하여 주교량(사장교)의 직선화를 $L=900\text{m}$ 이상 계획하였고 선형의 연속성, 주행성을 고려하여 접속교량구간의 평면곡선을 $R=1300\text{m}$ (기준 $R=280\text{m}$) 이상 계획하였으며 주변여건과의 환경친화적인 설계를 위해 고하도 용머리의 자연경관을 보존토록 계획하였다.

II. 기본 계획

1.2 종단선형



종단선형계획은 설계속도 80km/h 의 구간선도로로서의 기능성 및 해상구간 사장교와 접속교의 시공성을 고려한 계획을 수행하였으며 주교량의 구조설계 및 경관성을 고려 사장교 중심을 기준으로 이상적인 종단경사 3% 이하($S=2.99\%$)가 되도록 대칭으로 계획하였고 차량주행의 일관성 분석을 통해 종단선형에 의한 주행속도차가 10km/h 이하가 되도록 계획하였다.

II. 기본 계획

2. 주교량(사창교) 경간장 결정 및 선박항해 Simulation

교량가설지역의 기존항로폭은 400m이고, 입·출항 선박의 대각도 변침(90° 이상)이 요구되는 위치이며, 기존항로에 사각으로 교량이 가설되어진다. 이러한 상황에서 “주교량의 경간장은 400m이상으로 하되 선박항해 Sim.을 통해 55,000DWT급의 선박이 안전하게 입·출항을 할 수 있도록 하여야한다.”는 조건이 있었다. 선박운항 Sim.은 3차원 Full Mission Bridge Simulator System을 이용하여 교량건설시 입출항 대상선박의 운항 안전성에 대하여 검토하였으며 Fast Time Sim.(기계적장치에 의해 운항)과 Real Time Sim.(항해사에 의해 실시간 운항)을 수행하였다. 선박운항에 영향을 미치는 주요독립변수인 입항 및 출항시, 대상선박, 바람, 조류, 파랑, 타선박의 운항상황, 교각의 폭 과 위치, 시정(Visibility), 경간장(450, 500, 550m)등을 모두 조합하여 평가를 수행하였다.

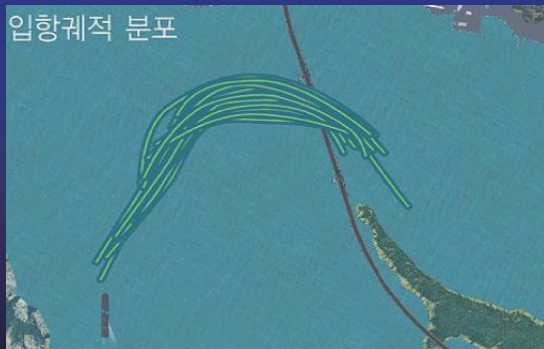
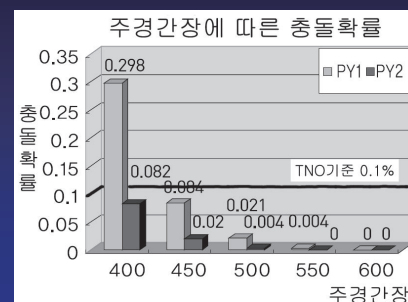


11

목포시 관내국도 대체 우회도로 (고하-죽교) 건설공사

II. 기본 계획

선박운항 Sim. 결과는 출항보다 입항의 경우가 궤적이 더 넓게 분포되어 입항시 난이도가 더 높게 나타났으며, 출항시에는 교량통과에는 별문제가 없으나 조타 사용시점을 놓칠 경우 장좌도에 선박이 근접하는 문제가 발생하는 것으로 나타났다. 또한 경간장은 450m 이상이 되면 TNO 권장기준인 0.1%보다 적게 나타나며 경간장 500m부터 확률변화가 크게 둔화되는 것으로 나타나 경간장 500m가 최적인 것으로 판단되었다.

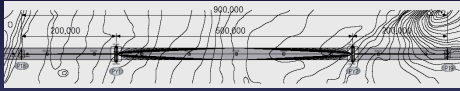


12

목포시 관내국도 대체 우회도로 (고하-죽교) 건설공사

II. 기본 계획

3. 교량상부 형식 선정



교량형식선정 주요적안사항

1. 주교량 적정 경간장 계획
2. 경관성
3. 시공성 및 유지관리용이

검토결과 => 비교 1안 선정

- 구조적 안전성 및 선박운항에 적합한 형식
경관적 독창성 확보가 유리한 형식
시공성 및 유지관리 측면에서 우수한 형식

최종비교 (안)	종 단 면 도	표준 단면도	특징
비교 1안 (3경간 사장교)			• 유선형 단면으로 내풍 안전성 확보 유리 • 고정하중 감소로 내진 저항성 우수 • 단순공정으로 선박운항 유리 • 국내 최초 3-Way Cable 사장교
비교 2안 (5경간 사장교)			• 고정하중 증가로 내진 저항성 불리 • 인양작업 공정이 복잡하여 시간지연 등 시공성 불리 • 일체적 구조형식으로 독창성 결여
비교 3안 (3경간 현수교)			• 유선형 단면으로 내풍 안전성 확보 유리 • 공사비 매우 고가 • 국내 시공실적 미흡으로 시공성 저하

13

목포시 관내국도 대체 우회도로 (고하-죽교) 건설공사

II. 기본 계획

4. 교량 하부형식 선정

4.1 주탑 재질 비교

구 분	콘크리트 주탑	강재 주탑
단 면 도		
구조적 특 성	• 교축 직각방향의 강성이 크고 좌굴에 대한 부재단면의 효율성 증대 • 교축방향 부재 강성이 크므로 주탑정부의 변위량이 작음 • 강성 및 감쇄가 커서 내풍안전성 양호	• 교축 직각방향의 부재강성이 작아 전체 좌굴에 대한 부재단면의 효율성 저하 • 교축방향 부재강성이 작아 주탑정부의 변위량이 큼 • 주탑과 교각연결시 앵커프레임 설치
시 공 성	• System거푸집과 콘크리트타설에 따른 시공성 양호 • Lot별 콘크리트 타설과 철근조립으로 공기 조절이 가능 • 고강도 콘크리트 현장타설시 철저한 품질관리 필요	• 상부주탑과 하부교각이 재질이 달라 연속감 및 일체감 결여 • 볼트 및 용접 등 이음부 번잡성 내제
검 토 결 과	• 주탑의 조형적 형상의 변화에 대한 제작성은 강재주탑이 유리 • 주탑과 교각이 동일재질을 사용함으로써 연속감 및 일체감을 이루며 경제성, 내구성 및 유지관리 측면에서 우수한 콘크리트 주탑형식을 적용함	

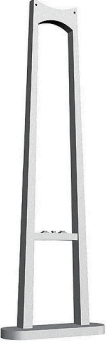
➡ 콘크리트 주탑
형식 선정

14

목포시 관내국도 대체 우회도로 (고하-죽교) 건설공사

II. 기본 계획

4.2 주탑의 형상

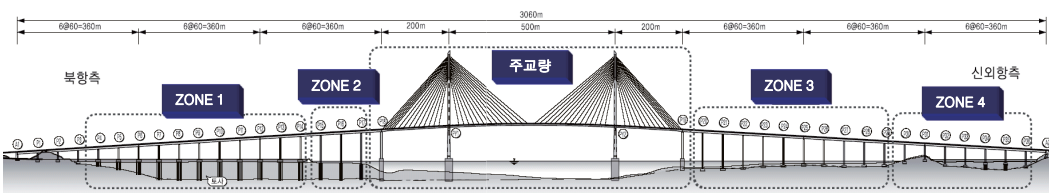
구 분	역 Y형	다이아몬드형	H 형
단 면 도			
기 본 개 념	• ‘학’을 형상화한 구조계획	• 다이아몬드형의 균형감 및 상승 미 표현	• H자 형의 안정감 및 시각적 개방감 표현
특 징	• 측경간 1면 케이블 교량이므로 케이블 배열상 유리 • 주탑 기초규모 축소로 기초 공 사 유리 • 경사형으로 시공성 다소 불리	• 측경간 1면 케이블인 경우 케이 블 배열이 복잡 • 주탑 기초규모 축소로 기초 공사 유리함 • 경사형으로 시공성 다소불리	• 측경간 1면 케이블 교량인 경우 케 이블 배치가 문제 • 기초규모 과다 • 전방시야 개방감 우수 • 시공성 양호

15

목포시 관내국도 대체 우회도로 (고하-죽교) 건설공사

II. 기본 계획

5. 교량기초형식

개 요 도					
	ZONE 1	ZONE 2	주교량	ZONE 3	ZONE 4
중 점 검 토 사 항	현장타설말뚝기초 (육상, 가·축도)	현장타설말뚝기초 (가물막이)	우물통기초	직접기초 (가물막이)	직접기초 (가도 및 축도)
	접속교 북향측 육상부 교각 P4~P14는 해상매 립 연약지반구간 위치	접속교 북향측 해상부 교 각 P15~P17은 연약지반 구간 위치	주교량(사장교) 주탑 PY1, PY2 및 교각 P18, P19는 대수심구간위치	접속교 신외향측 해상부 교각 P20~P29는 저수 심구간 위치	접속교 신외향측 교각 P30~P36은 장래 매 립계획구간 위치
	 • 장경간의 상부구조 특 성 및 연약지반상 횡방 향 강성이 우수한 형식 선정	 • 해양환경 보호와 시공 안정성 및 연약지반상 횡방향 강성이 우수한 형식 선정	 • 수심 30m 내외에 적 용이 용이한 형식 • PY1, PY2는 선박충돌 에 대한 안전성 확보 필요	 • 해상 경관저해 최소화 및 해상작업시 시공성, 경제성이 우수한 형식 선정	 • 장래 매립계획에 따 른 시공성, 경제성이 우수한 형식 선정

16

목포시 관내국도 대체 우회도로 (고하-죽교) 건설공사

경관설계

1. 경관설계 Concept

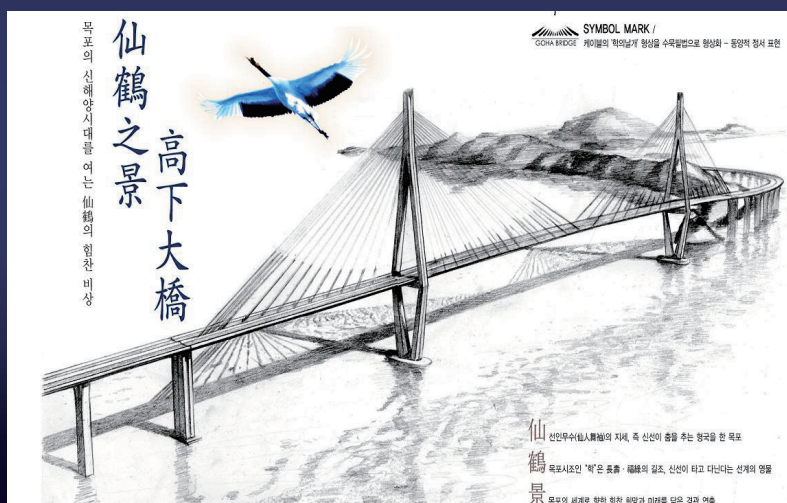
2. 경관적 3-Way Cable 계획 (1면 + 2면 Cable)



III. 경관설계

1. 경관설계 Concept

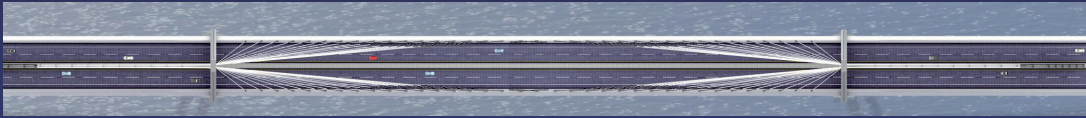
교량 경관성은 목포의 시조(市鳥)인 선학(仙鶴)의 비상하는 모습에 착안하여 교량 구조물로 형상화하였다. 교량 구조물의 기본형상은 두 마리의 선학이 고하도의 용머리 위에서 노니는 형태로, 주탑은 선학이 비상할 때 두발을 모아 나는 모습의 역Y형 구조형태를 모사했고, Cable 배치는 선학의 목부분 및 날개부분의 검정과 흰색 부분이 구분된 모습을 형상화하여 Fan Type 배치의 두가지 피복색을 갖는 Cable 구조로 계획하였다.



III. 경관설계

2. 경관적 3-Way Cable 계획 (1면 + 2면 Cable)

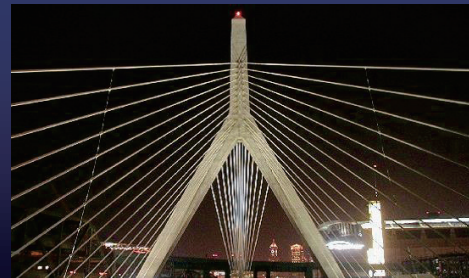
Cable의 평면 배치는 측경간에서 Single Plane, 주경간에서 Double Plane 배치방식으로 계획하여 국내 유일의 적용형태, 고하대교만이 갖고 있는 경관적 특수형태를 창조하였고 3-Way Cable 배치방식이라 지칭하였다. 이것은 순수한 경관적 의도였으며 주교량에서의 교량폭원 증대, 측경간에서의 시공성 및 구조적 난이도를 고려하여 문제가 없도록 하였다.



<3-Way Cable 배치 평면도 >



<시공사례 미국-보스턴 Charles River Br. >



<탑정부의 Cable 배치형태 >

교량가설계획

GS 건설 설명

IV

사 장 교 설 계



1. 개 요
2. 세부형식 검토
3. 중점검토 사항
4. 상세 설계

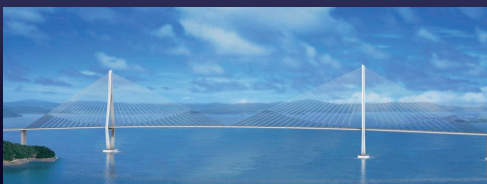
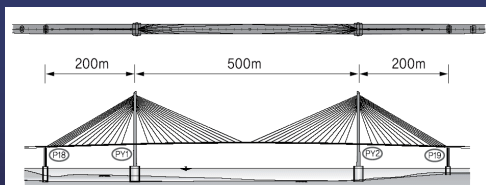
V. 사장교 설계

1. 개 요

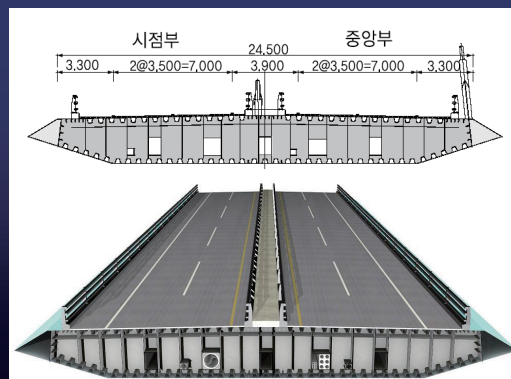
• 주교량 현황

교량형식	• 3경간 연속 강사장교	케이블	• FAN형(혼합형) • 3-Way(1면+2면) 케이블 배치
경간구성	• $L=200m+500m+200m=900m$	사용받침	• 주탑(PY1, PY2) : PAD SHOE • 교각(P18, P19) : POT SHOE
보 강 형	• 유선형 강상판	기초형식	• 콘크리트 우물통 기초
주 탑	• 역 Y형 콘크리트 주탑		

<중단면도>



<횡단면도>



V. 사장교 설계

2. 세부형식 검토

2.1 케이블 배치검토

구 분	1면 + 2면 복합배치	1면 배치	2면 배치
형 단 면			
구조적 특 성	• 비틀림 거동 및 내풍안정성 유리 • 형고 감소로 보강형 강재량 감소 • 교량 시 · 종점부 접속도로구간 일부 확폭	• 비틀림 거동 및 내풍안정성 불리 • 형고 증가로 보강형 강재량 증가 • 교량 시 · 종점부 접속도로구간 일부 확폭	• 비틀림 거동 및 내풍안정성 유리 • 형고 감소로 보강형 강재량 감소 • 시 · 종점부 접속도로 폭원 동일
경관적 특 성	• 지역적 상징성 및 독창성 탁월 • 도시의 관문으로 게이트성, 전진 역동감 부여 • 주행시 개방감 및 방향성 부여 • 차량주행시 변화로운 공간구성 연출	• 주행시 개방감 및 방향성 부여 • 주변의 낮은 지형에 부합되는 세련된 이미지 • 국제적 감각의 모던한 조형 • 단조로우며 게이트성, 전진성 미흡	• 대청구조의 케이블 배치로 시선흐름 차단 • 보수적, 전통적 형태로서 신규성 결여 • 주행시 폐쇄적인 구조적 이미지 부여 • 도심, 인공시설 밀집지역에 적합
검 토 결 과	• 지역적 상징성 및 독창성이 탁월하며 변화로운 공간구성으로 관문역할을 부여하는 게이트성이 우수한 1면+2면 복합배치 형식을 적용함. • 풍하중에 대한 비틀림 모멘트 검토결과 측경간은 1면 지지시 안전하며 중앙 경간은 1면 지지시 비틀림 휨강성이 부족한 것으로 검토 됨, 따라서 구조적 안정성 및 주행시 개방감을 부여할 수 있는 1면+2면 복합배치 형식을 적용함		

23

목포시 관내국도 대체 우회도로 (교하-죽교) 건설공사

V. 사장교 설계

2.2 케이블 형식검토

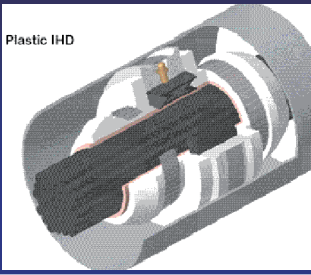
구 분	Parallel Strand	NPWS(New Parallel Wire Strand)
케이블 단 면		
피 로 저항성	• 피로강도 30kgf/mm ² 에서 강재 파단 미발생	• 피로강도 30kgf/mm ² 에서 최소 5%이상 파단 발생
내식성	• 피로에 저항하도록 설계된 정착구 쉘기 및 유연충전제에 의해 스트랜드와 정착구에서 부식 방지	• 부식방지 장치로서 강선만 아연도금한 경우 갑작스런 파단을 초래할 수 있는 부식유발 가능
시공성	• Mono Strand를 긴장하기 때문에 시공시 유연성 및 긴장 · 재긴장 용이	• 공장제작으로 품질관리 및 설치가 용이하나 가설시 대규모 장비 필요
기 타	• 스트랜드 별도 교체가 가능 • 스트랜드 국내 생산으로 자재비 절감	• 케이블 교체시 장비설치의 규모가 커져 교체가 어렵고 비용 고가
적용사례	영흥대교, 삼천포대교, 서해대교	제2진도대교
검 토 결 과	• NPWS는 가설장비가 대형으로 가설시 구조계의 영향이 크며 자재의 전량 수입으로 경제성 불량 • 반면에 Parallel Strand 케이블은 국내생산으로 자재비가 절감되며 유지관리(재긴장)가 용이하고 가설장비가 소형으로 시공성이 양호하므로 본 과업교량은 Parallel Strand 케이블 형식을 적용함	

24

목포시 관내국도 대체 우회도로 (교하-죽교) 건설공사

V. 사장교 설계

2.3 케이블 진동 제어검토

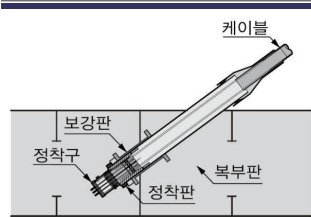
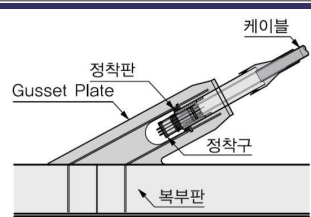
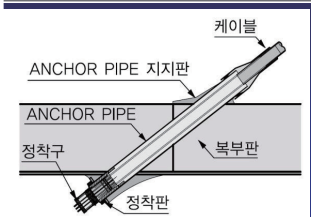
구 분	마찰댐퍼	고감쇠 고무댐퍼	점성 유체댐퍼
케이블 단면			
특 징	- 미세한 진동에 대해서 반응하지 않으므로 유지 보수비를 줄일 수 있어서 경제적인 - Anchorage 부근에 설치되어 미관 양호 - 구성요소의 검사 및 대체가 용이하며 마찰력 조절이 용이 - 사장교 등의 장대 Cable 교량에 사용 가능	- 점성댐퍼에 비해 감쇠능력은 다소 저하 - 정착구 내부에 설치되므로 미관 양호 - 진동모드마다 최적 스프링 상수가 일정하므로 모든 진동모드에 대해 효과적인 감쇠능력 발휘 100m~150m 정도의 규모를 갖는 Cable교량의 경우 경제적이거나 장대교량에 적용이 어려움	- 높은 감쇠능력을 얻을 수 있으나 온도에 민감하고 실제 대수감쇠율은 이론치의 50% 수준 - 외부에 노출되므로 미관 불량 - 진동모드마다 최적 감쇠계수가 다르므로 여러 모드에 대한 고려가 필요 - 사장교 등의 장대 Cable 교량에 사용되며 관리가 용이하나 공사비 고가

25

목포시 관내국도 대체 우회도로 (고하-죽교) 건설공사

V. 사장교 설계

2.4 보강형부 정착구 형식검토

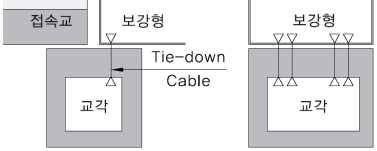
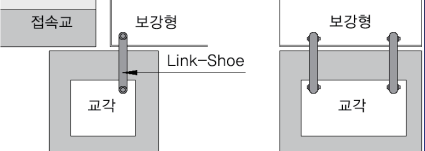
구 분	Anchor Girder 형식	Gusset Plate 형식	Pipe Anchor 형식
형 단 면			
구 조 요	보강형 내부 2개의 격벽사이에 Anchor 지지용 보강 Channel 을 설치하여 정착	복부판을 연속화한 Gusset Plate를 상부로 노출하여 Cable을 정착	보강형 중심부에 Anchor 지지용 격벽과 Pipe(구조체)를 배치하여 정착
경관적 특 성	2개의 격벽에 의해 지지되므로 안전성 양호, 시공오차에 대한 적응성 양호 - Pipe Anchor 형식대비 강재량 절감	- 구조계가 단순하고 상판에서 제작이 가능하므로 시공성 양호 - 정착구가 교량 하부에 노출이 않되 전체 교량 경관 양호	- 주형제작시 Pipe 를 일체로 제작 - 복부판과 강관의 일체화로 보강구조 간단 - 위치 각도 등 제작 난이도 높음
검 토 과	- 측경간 : Pipe Anchor는 보강구조가 간단하고 제작 난이도가 높으므로 1면 지지지 안전성이 우수한 Anchor Girder 형식을 적용. - 주경간 : 외측 제작성, 시공성, 안정성 및 해상 경관을 고려하여 Gusset Plate 형식을 적용함.		

26

목포시 관내국도 대체 우회도로 (고하-죽교) 건설공사

V. 사장교 설계

2.6 부반력 제어방식 검토

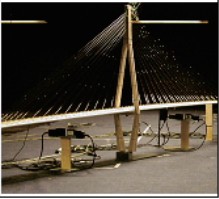
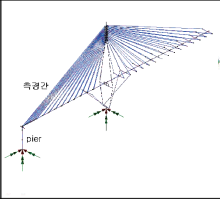
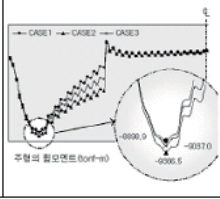
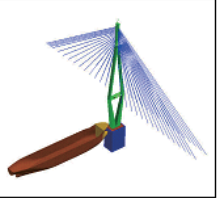
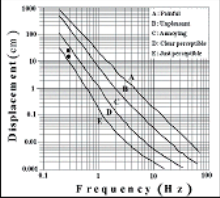
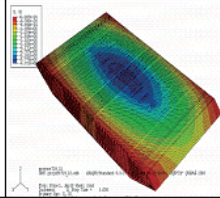
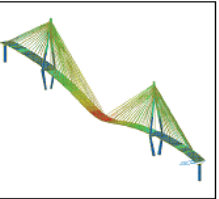
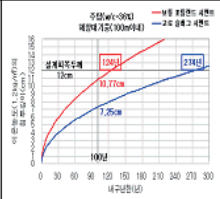
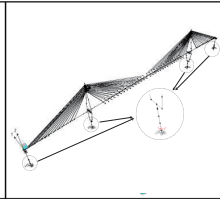
구 분	Tie - Down Cable	Link Shoe
단면도		
특징	- Cable 장력과 Pot Bearing의 강성으로 부반력에 대응 - 규모가 작으므로 보강형 내부등 협소한 공간에 배치 및 접근용이 - 사용하중에 대한 안전율이 있으므로 교체시 별도보강 불필요	- Link Shoe 본체의 강성으로 부반력에 대응 - 규모가 크므로 공간확보, 접근 불리 - 콘크리트에 묻히므로 유지보수시 교체작업 곤란
주요자재	Cable(사장재용 Cable과 동일자재)	SFVQ(보스용) SUS용 특수제질 적용
적용사례	- Oresund Link(Sweden) - Alex Fraser Bridge(Canada) - 삼천포대교, 서해대교 - Sky Train Bridge(Canada) - Burlington Bridge(미국)외 다수	- 암흑도교, 대도대교(일본) - 영흥대교(한국)
검 토 결 과	- 유지관리시 교체가 용이하며 단위내하력이 커서 효과가 우수하고 협소한 공간에 배치가 가능하여 접근이 용이한 Tie-Down Cable적용 - Tie-Down Cable적용시 사장재와 동일자재 사용으로 공사관리효율이 양호	

27

목포시 관내국도 대체 우회도로 (고하-죽교) 건설공사

V. 사장교 설계

3. 중점검토사항

풍동실험 및 CFD 해석		Buffeting 해석		사장교 최적경계 조건설정	
55,000 DWT급 선박의 비선형 동적시뮬 레이션		충격계수 산정 및 Comfort Analysis		교량상판 과 교면 포장의 상호작용 해석	
보강형의 뒤틀림에 대한 안정성 검토		해양 콘크리트 구조물의 내구성 설계 및 방식대책		지반- 구조물상 호작용을 고려한내 진안정성 해석	

28

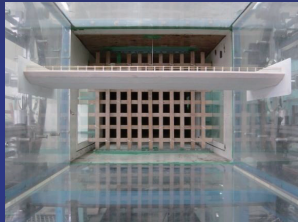
목포시 관내국도 대체 우회도로 (고하-죽교) 건설공사

V. 사장교 설계

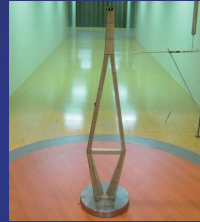
3.1 풍동실험

와류진동실험에서 아주 작은 폭의 와류진동이 발생하였으나, 실제적인 난류의 고감식 조건에서는 발생 하지 않았으므로 와류진동에 대하여 문제가 없을 것으로 판단되었고 주형의 플러터 발생풍속은 130m/s 이상으로 공기역학적으로 매우 안정한 것으로 평가되었다

<2차원 주형 공기력 진동실험(난류) >



<3차원 독립주탑 실험 >



<3차원 전교모형 실험전경>



<가설시모형 실험전경(90% 가설단계) >



29

목포시 관내국도 대체 우회도로 (고하-죽교) 건설공사

V. 사장교 설계

3.2 가설시 내풍안정성 평가를 위한 버퍼팅 해석

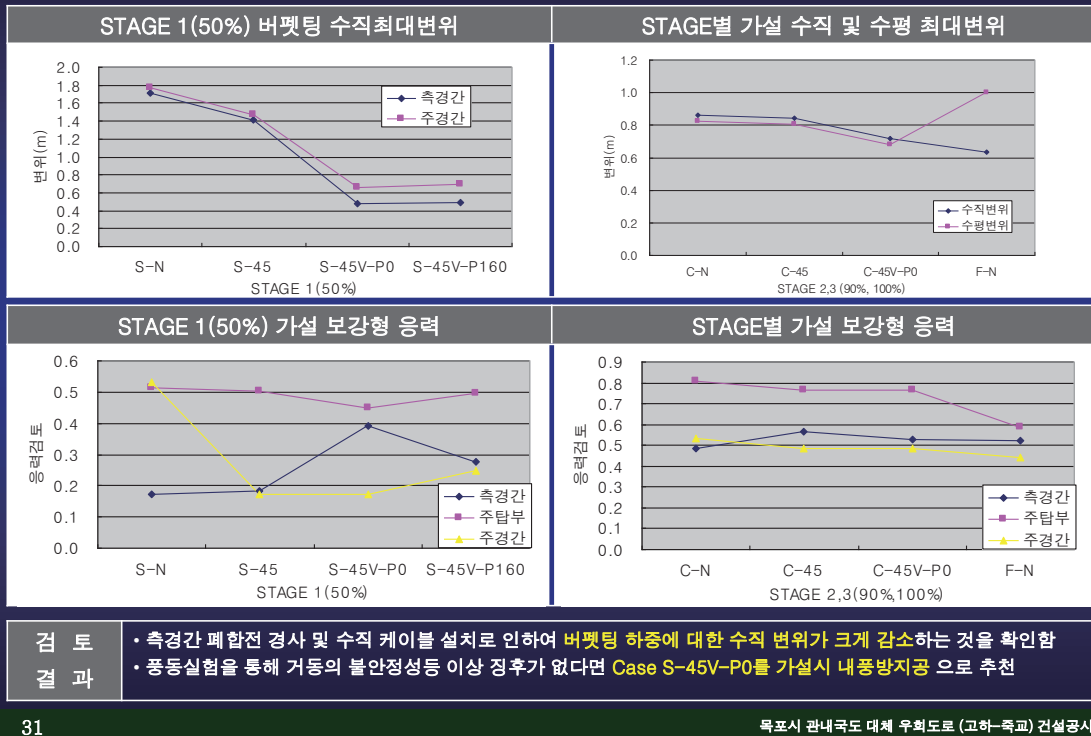
검 토 목 적	• 버퍼팅 해석을 수행하여 동적 풍하중에 대한 부재력을 산정하고, 내풍케이블에 의한 가설 구조계의 내풍안전성 확보 방안을 검토 • 풍동실험을 위한 기초자료를 제공
검 토 풍 속	• 완공시 - 보강형 높이(56.6m)에서 10분간 평균풍속 67m/s • 시공중 - 보강형 높이(56.6m)에서 10분간 평균풍속 54.3m/s

시공단계	내풍케이블 설치	파일이름	긴장력	비 고
Stage1 (50%)	없음	S-N		
	경사 케이블	S-45	경사 : 235 tonf	
	경사 및 수직 케이블	S-45V-P0	경사 : 235 tonf 수직 : 0 tonf	
	경사 및 수직 케이블	S-45V-P160	경사 : 235 tonf 수직 : 160 tonf	Mass 250 tonf
Stage2 (90%)	없음	C-N		
	경사 케이블	C-45	경사 : 235 tonf	
	경사 및 수직케이블	C-45V-P0	경사 : 235 tonf 수직 : 0 tonf	
Stage3 (100%)	없음	F-N		

30

목포시 관내국도 대체 우회도로 (고하-죽교) 건설공사

V. 사장교 설계



V. 사장교 설계

3.3 가설단계 50% 풍동실험 비교

<내풍케이블을 사용하지 않은 경우(S-N)>



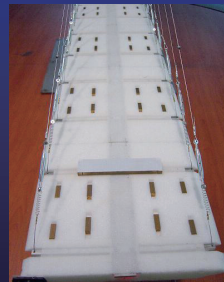
<경사+수직케이블 설치된 경우, 수직케이블 최소긴장력 도입, 카운터웨이트 없는 경우(S-45V-P0)>



<경사케이블만 설치된 경우(S-45)>

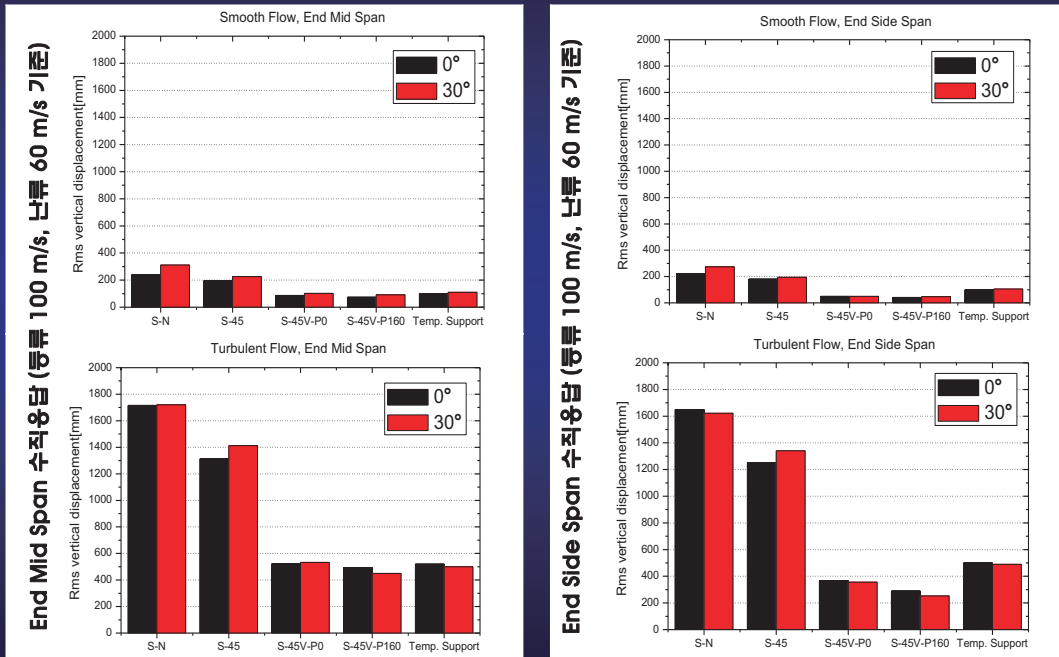


<경사+수직케이블 설치된 경우, 카운터웨이트 재하, 수직케이블 긴장력 도입(S-45V-P160)>



V. 사장교 설계

< 가설단계 50% 비교실험 결과분석 >



33

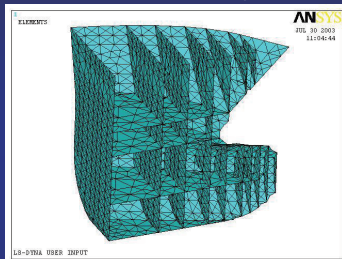
목포시 관내국도 대체 우회도로 (고하-죽교) 건설공사

V. 사장교 설계

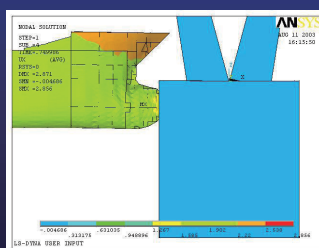
3.4 선박충돌 안정성 검토

선박의 침몰과 선수에 의한 교각 상부 충돌 위험성을 피하기 위하여 Fender System 충돌방지공(PY1:Steel Type, PY2:Pnematic Type)을 설계에 반영하였고, 충돌 수치시험결과 선박충돌하중을 44.7% 정도 감소시킬 수 있어 선박과 구조물의 안전을 도모하였다. (사용프로그램 : ANSYS/LS-DYNA)

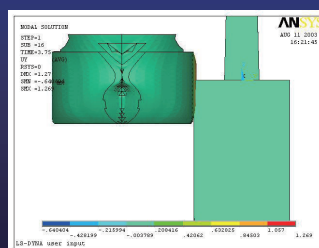
<FEM Modelling 1>



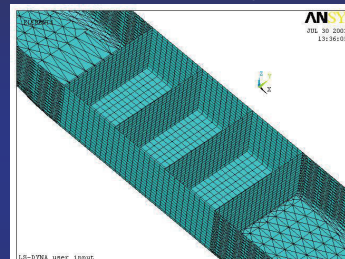
<충돌 Case 1>



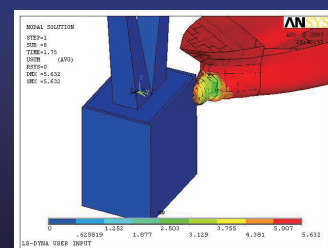
<충돌 Case 2>



<FEM Modelling 2>



<충돌 Case 3>

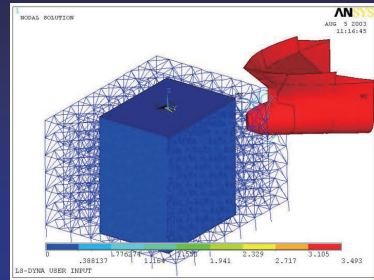


34

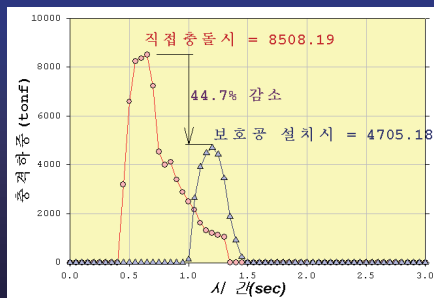
목포시 관내국도 대체 우회도로 (고하-죽교) 건설공사

V. 사장교 설계

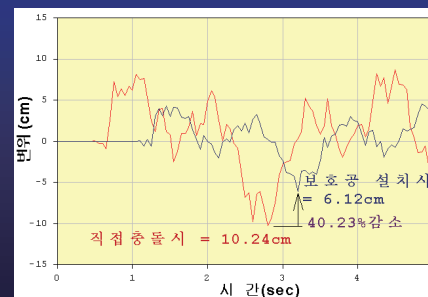
구 분	직접충돌시	충돌보호 공설치시	비교
충격하중 (tonf)	8509.19	4705.18	44.7%감소
충돌부 최대응력 (kgf/cm ²)	421	247	41%감소
우물통기초 최대변위 (cm)	2.07	1.27	39%감소
교각상단부 최대변위(cm)	10.24	6.12	40.2%감소
선박최대변형(m)	2.85	1.68	41%감소
충돌시 선박과 교각의 최소 이격거리(m)	2.13	3.98	46%감소



<충격하중감소>



<교각 상단부 변위 감소>



35

목포시 관내국도 대체 우회도로 (교하-죽교) 건설공사

V. 사장교 설계

4. 상세설계

4.1 개 요



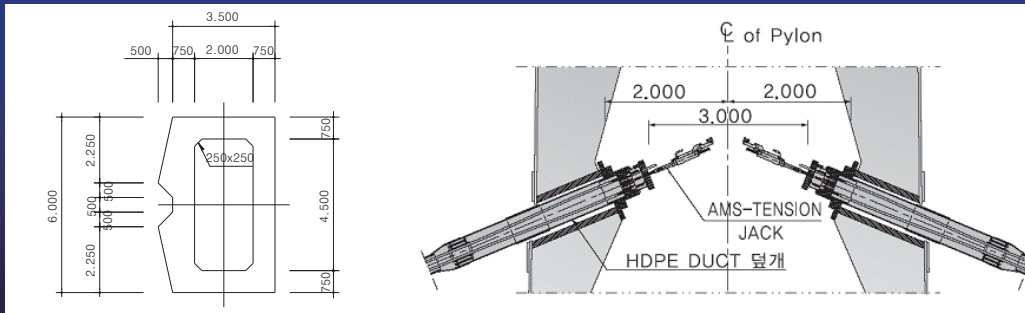
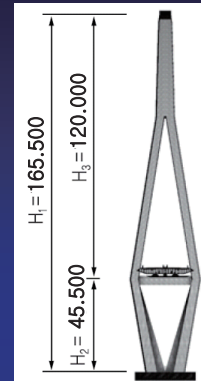
36

목포시 관내국도 대체 우회도로 (교하-죽교) 건설공사

V. 사장교 설계

4.11 주탑 설계

주탑은 총높이 165m이고 상부높이는 120m로 주경간비 0.24L로 계획하였고, 역 Y형 형상의 중공 콘크리트 구조로 보강형 위치에서 횡방향 가로보를 설치한 것 외에 전체적으로 단순한 직선 부재 형상을 갖도록 하였다. 표준단면크기는 3.5m×6.0m이고 내공단면은 2.0m×3.5m이다. 콘크리트는 400kgf/cm²을 사용하였다. 주탑 내부에는 승강식 E/V가 고려 되었으며 강선 긴장작업을 위한 적정 공간 확보, PT BAR를 이용한 정착부 보강등이 중점검토 되었다.



37

목포시 관내국도 대체 우회도로 (고하-죽교) 건설공사

감사합니다.

목포대교를 바라보며...

- 하루가 다르게 위용을 보이는 목포대교가 완공되면 유달산, 고하도 및 다도해 경관을 이어주는 목포의 새로운 명물이 될 것이며
- 국내 장대교량 도약기에 발마취 미력하나마 그간의 설계 경험이 보탬이 되었으면 하는 마음 간절합니다
- 그간 설계에서 미흡하였던 부분은 공사시 심도있는 검토를 통하여 보완하였고 이에 세심한 관심과 열정을 보여주신 익산지방국토관리청 및 시공감리단 과 GS건설 관계자 그리고 직-간접적으로 참여해주신 모든 분께 진심으로 감사드립니다.

목포대교의 시공 및 형상관리

Rev 01

목포대교의 시공 및 형상관리

목포시 관내 국도대체 우회도로 (교하~죽교) 건설공사



Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge



Table of Contents

1. 목포대교 개요
2. 목포대교 시공
3. 형상관리

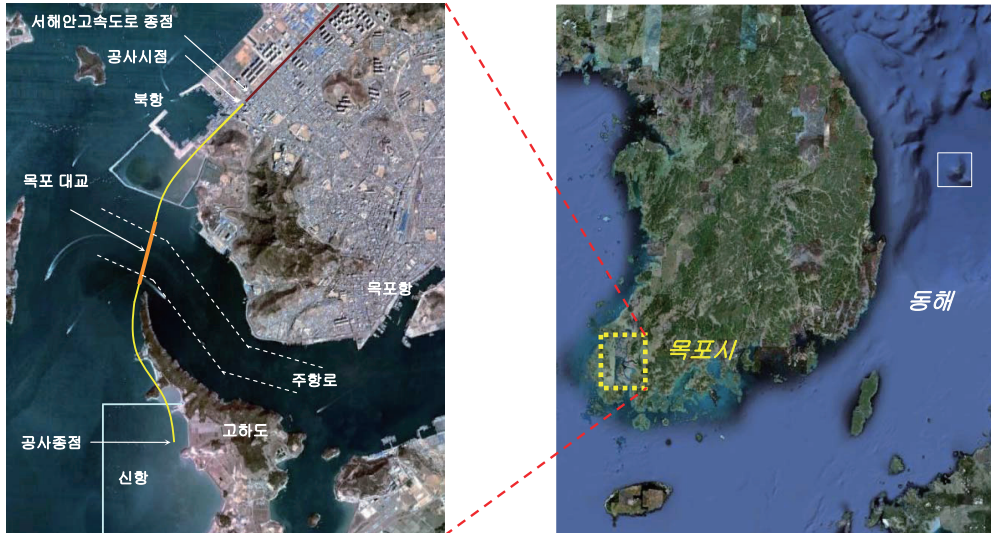
GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

1. 목포대교 개요

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

현장 위치도



GLOBAL BEST & FIRST

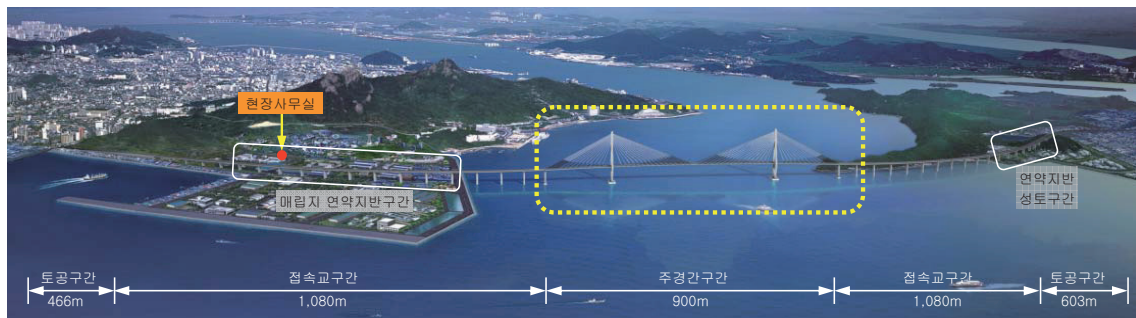
GS Engineering & Construction

1. 목포대교 개요

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

현장 개요

- (1) 총 연장 : 4.129 km (왕복 4차로)
- (2) 교량 연장 : 3.060 km
 - 주교량 (사장교) : 900m (=200+500+200)
 - 접속교 (PSM, PSC Box Girder) : 1,080m (=3@(6@60)) x 2 = 2,160m
 - 토공부 연장 : 1,069 m
- (3) 사장교 형식 : 3경간 강상판 사장교, 폭 = 24.5m, 형고 = 2.5m
- (4) 케이블 : Multi-Strand Type (37, 55, 61, 73가닥), 3-Way Cable Arrangement (국내 최초)



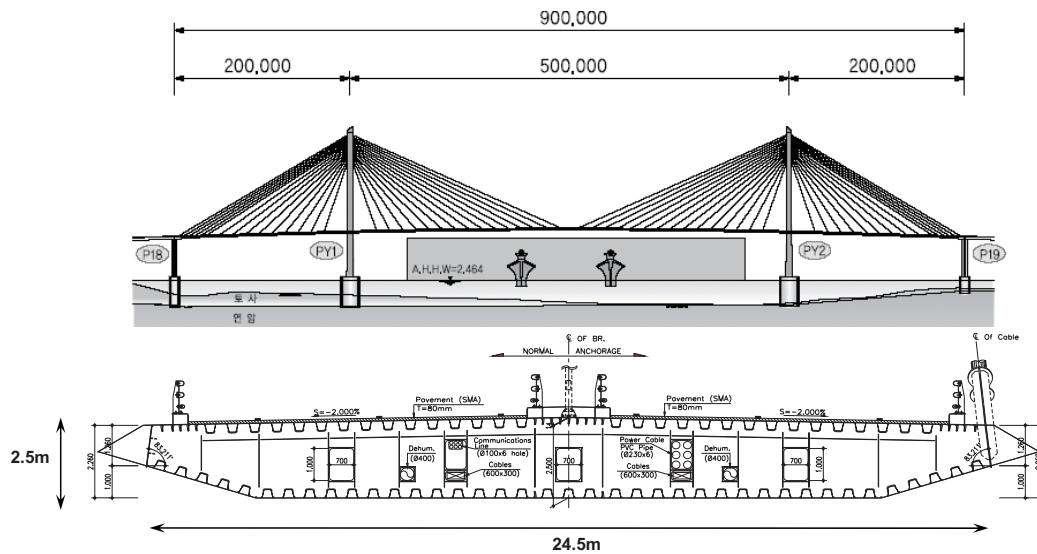
GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

1. 목포대교 개요

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

목포대교 경간구성 및 단면



GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

1. 목포대교 개요

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

주탑 개요



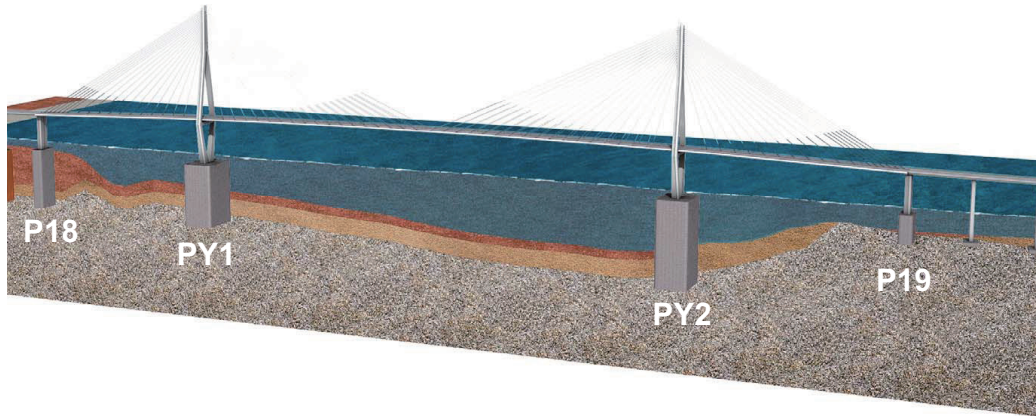
GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

1. 목포대교 개요

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

사장교 우물통 기초



침설식

거치식

GLOBAL BEST & FIRST

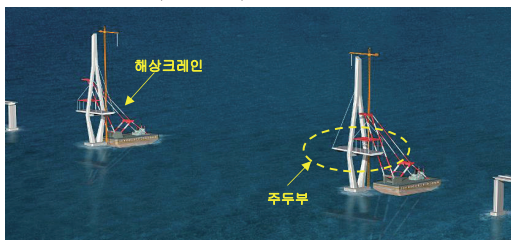
GS Engineering & Construction

1. 목포대교 개요

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

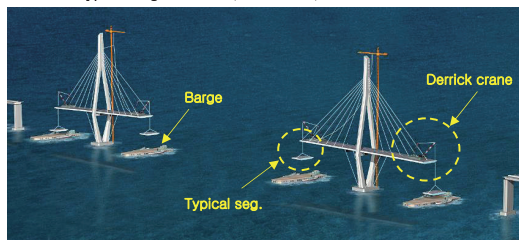
사장교 전체공정 요약

STEP 1 : 주두부 시공(해상크레인)



2010-08-06 주두부 시공

STEP 2 : Typical segment 시공(데릭크레인)



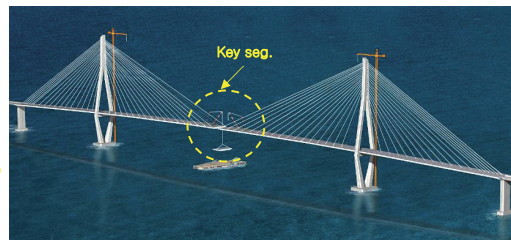
2010-08-06 ~ 2011-08 표준세그먼트 시공

STEP 3 : 축경간 대볼록 시공(해상크레인)



2011-05-04 축경간 대볼록 가설

STEP 4 : Key segment 시공(데릭크레인)



2011-08-29 키세그 시공완료

GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

2. 목포대교 시공

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

사장교 우물통 (강재 케이슨 제작)



- **PY1** : 30m × 22m, H = 29.2m
- **P18** : 17m × 12m, H = 28.2m
- **PY2** : 30m × 22m, H = 33.0m
- **P19** : 17m × 12m, H = 21.2m

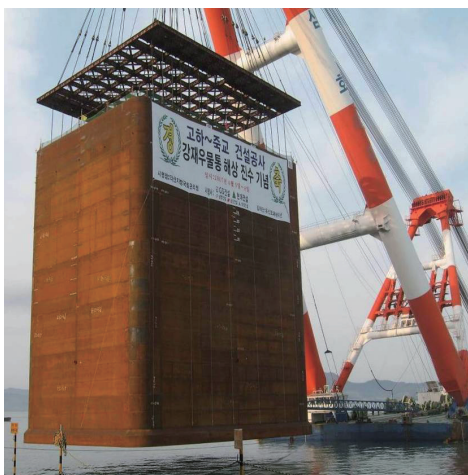
GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

2. 목포대교 시공

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

사장교 우물통 (강재 케이슨 운반 및 콘크리트 타설)



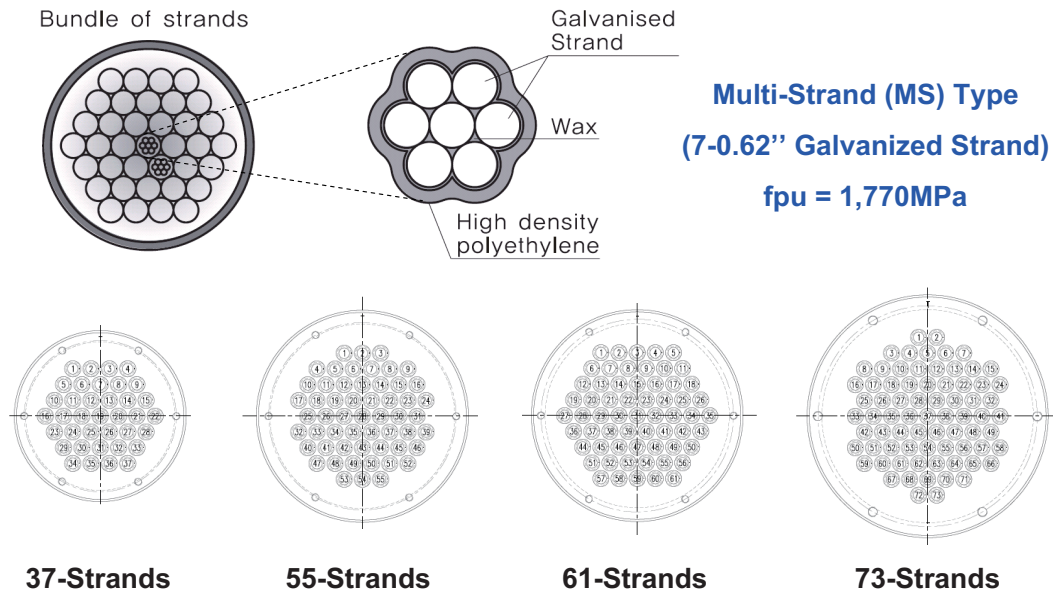
GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

2. 목포대교 시공

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

사장 케이블 (Multi-Strand Type)



GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

2. 목포대교 시공

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

케이블 진동 저감 대책



Helical Fillet



Friction Damper

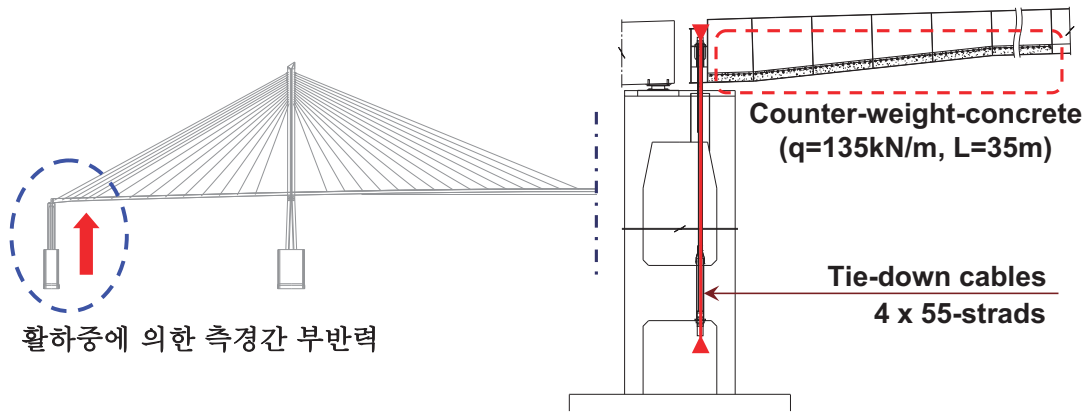
GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

2. 목포대교 시공

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

측정간 부반력 저감 대책



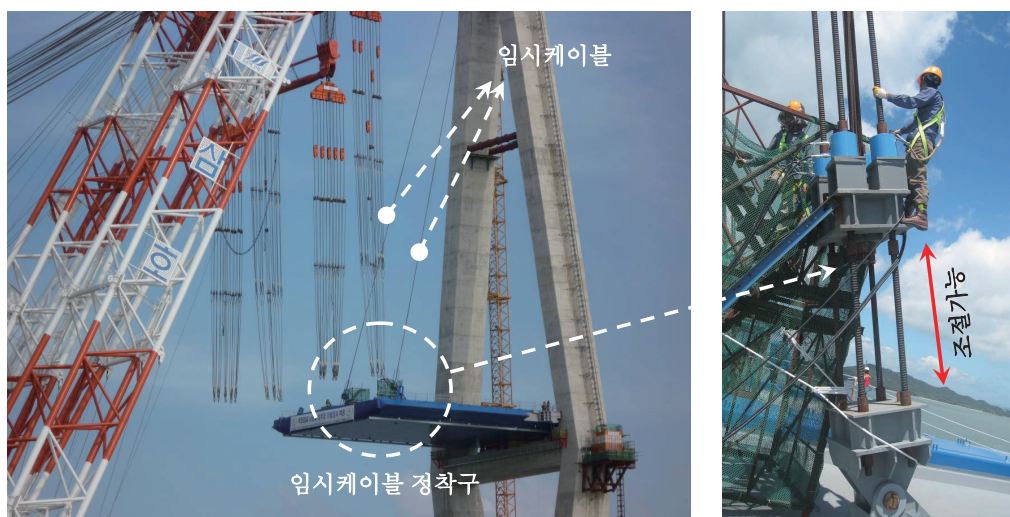
GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

2. 목포대교 시공

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

임시케이블을 이용한 주두부 설치



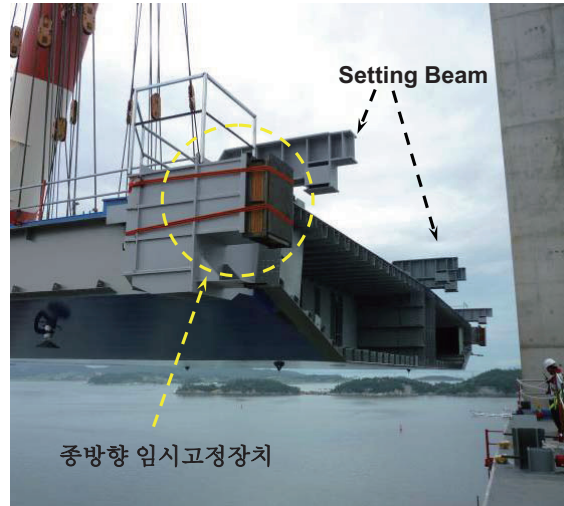
GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

2. 목포대교 시공

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

임시케이블을 이용한 주두부 설치



GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

2. 목포대교 시공

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

일반 Segment 인양 및 가설



GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

2. 목포대교 시공

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

균형 캔틸레버 공법 (Balanced Cantilever Method)



GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

2. 목포대교 시공

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

일반구간 Cycle Time (2 Segments)

Div		D-Day				D+1				D+2				D+3				D+4				D+5				D+6				D+7				D+8				D+9				D+10				D+11				D+12				Note
		6	12	18	24	6	12	18	24	6	12	18	24	6	12	18	24	6	12	18	24	6	12	18	24	6	12	18	24	6	12	18	24	6	12	18	24	6	12	18	24													
Erection Preparation & Transportation																																																						
Center	Lifting & Erection Segment																																																					
	Preparation for Cable Installation																																																					
	Cable Installation																																																					
	Movement for D/C & M/S																																																					
Side	Lifting & Erection Segment																																																					
	Preparation for Cable Installation																																																					
	Cable Installation																																																					
	Movement for D/C & M/S																																																					

Local Survey

Global Survey

Local Survey

Global Survey

GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

2. 목포대교 시공

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

사장 케이블 긴장



GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

2. 목포대교 시공

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

측경간 가설



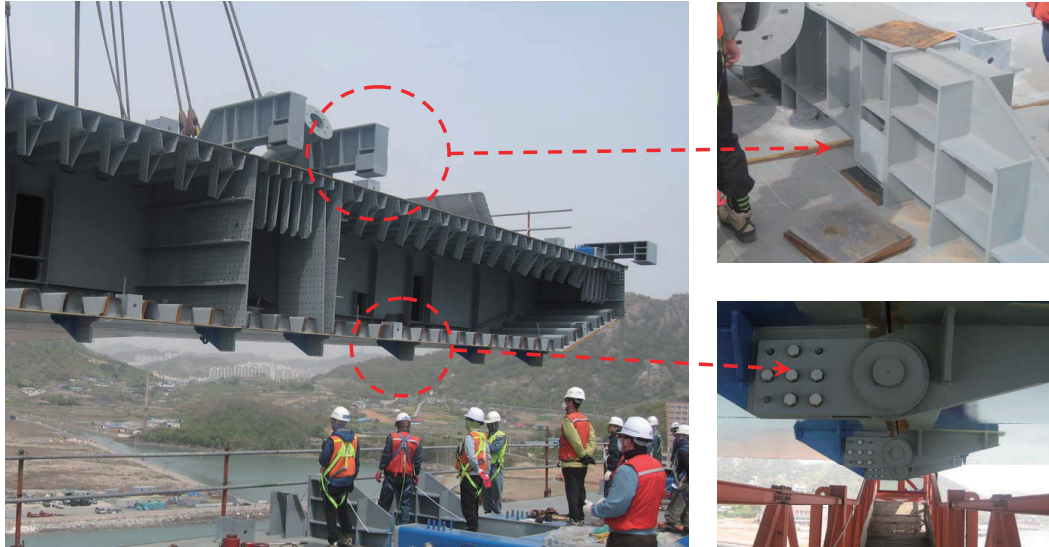
GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

2. 목포대교 시공

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

측경간 가설



GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

2. 목포대교 시공

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

측경간 가설



GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

2. 목포대교 시공

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

Key Segment 가설



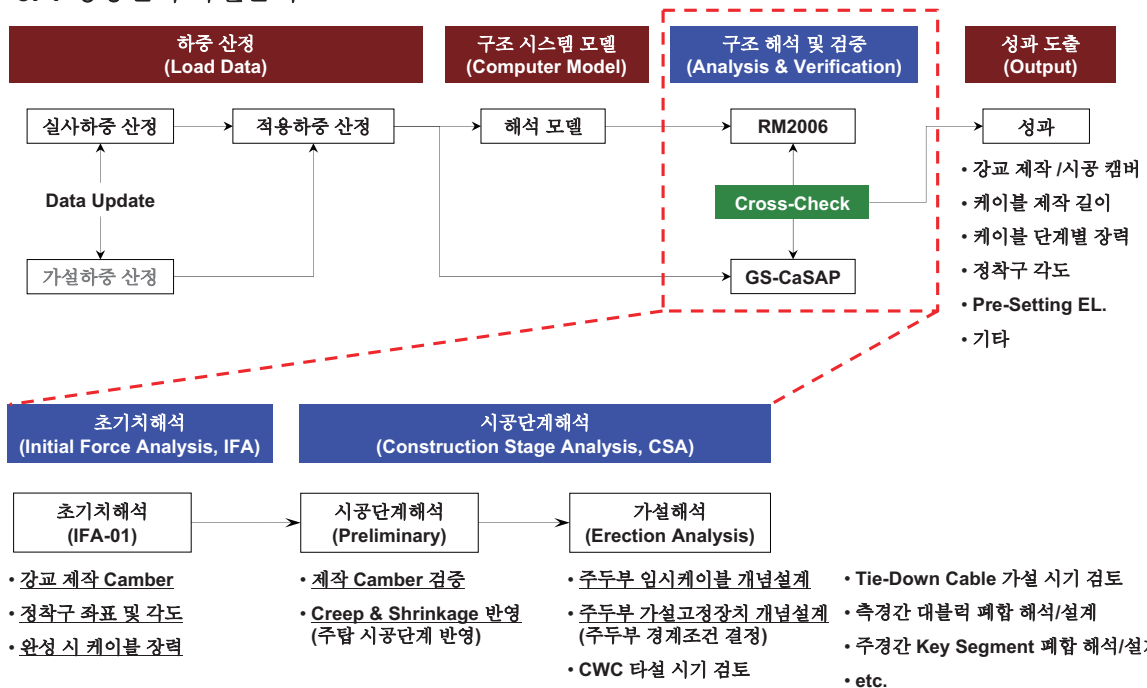
GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

3. 형상관리

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

3.1 형상관리 사전준비



GLOBAL BEST & FIRST

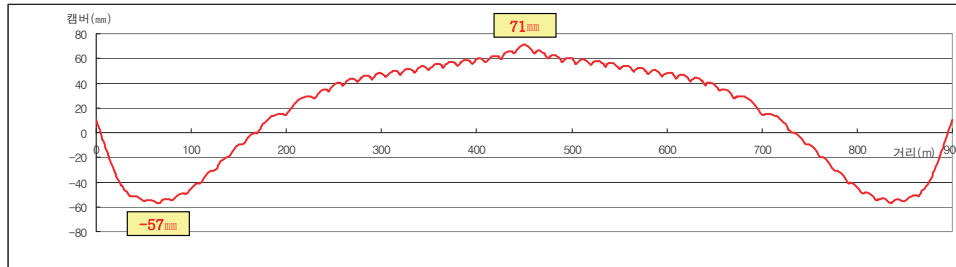
GS Engineering & Construction

3. 형상관리

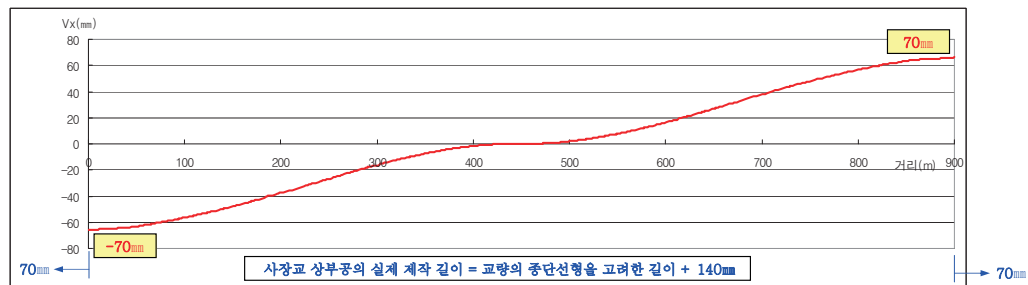
Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

3.1 형상관리 사전준비

연직 제작 캠버



수평 제작 캠버



GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

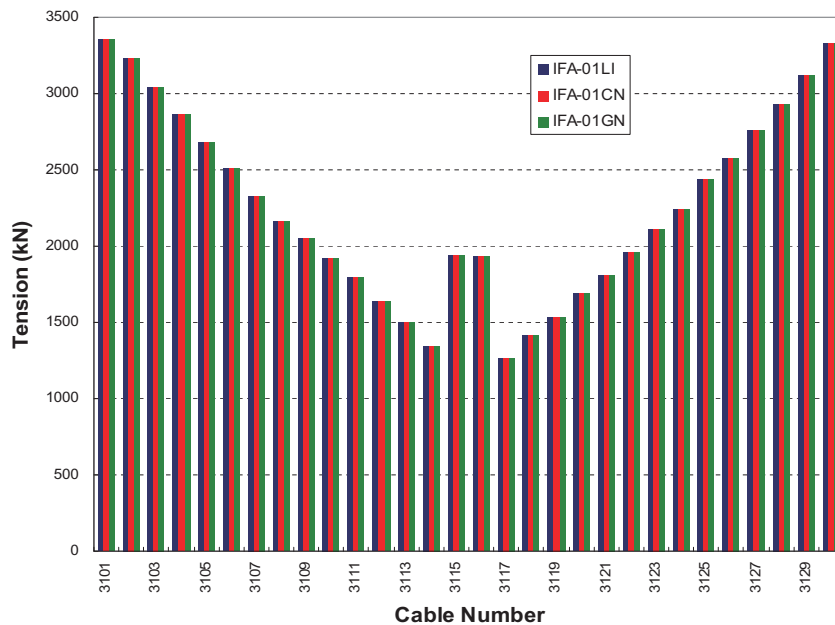
3. 형상관리

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

3.1 형상관리 사전준비

케이블 초기장력 길이 산정

Cable Force at Pylon



GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

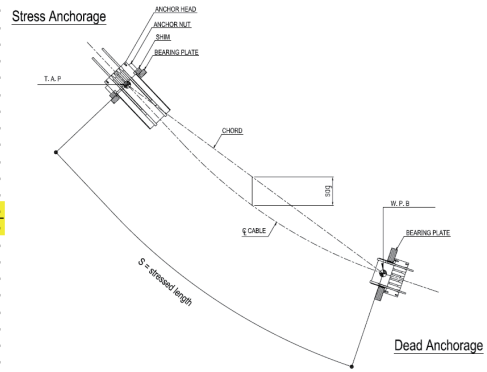
3. 형상관리

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

3.1 형상관리 사전준비

케이블 무응력 길이 산정

Cable ID	Anchorage Type	Curve Length (m)	LX0 (m)	ΔLX0 (m)	변형률 (%)
(PY1)	(# of Strand)	구조점점-TAP	무응력점	간장	
CLL15	73	226.536	226.186	-0.350	-0.15%
CLL14	73	219.821	219.493	-0.327	-0.15%
CLL13	61	213.107	212.749	-0.358	-0.17%
CLL12	61	206.413	206.087	-0.326	-0.16%
CLL11	55	199.726	199.398	-0.328	-0.16%
CLL10	55	193.055	192.759	-0.296	-0.15%
CLL09	37	179.166	178.785	-0.381	-0.21%
CLL08	37	165.519	165.191	-0.327	-0.20%
CLL07	37	152.166	151.880	-0.285	-0.19%
CLL06	37	139.192	138.948	-0.244	-0.18%
CLL05	37	126.715	126.508	-0.207	-0.16%
CLL04	37	114.896	114.724	-0.171	-0.15%
CLL03	37	104.561	104.418	-0.143	-0.14%
CLL02	37	94.212	94.097	-0.116	-0.12%
CLL01	37	86.159	86.006	-0.153	-0.18%
CLR01	37	84.486	83.264	-1.149	-0.18%
CLR02	37	91.963	90.710	-1.106	-0.12%
CLR03	37	101.841	100.470	-1.131	-0.13%
CLR04	37	111.814	110.313	-1.156	-0.14%
CLR05	37	123.348	121.700	-1.190	-0.15%
CLR06	37	135.599	133.800	-1.224	-0.17%
CLR07	37	148.391	146.431	-1.265	-0.18%
CLR08	37	161.596	159.470	-1.312	-0.19%
CLR09	37	175.121	172.829	-1.359	-0.20%
CLR10	55	188.910	186.547	-1.282	-0.15%
CLR11	55	202.890	200.369	-1.320	-0.16%
CLR12	55	217.034	214.349	-1.367	-0.17%
CLR13	55	231.311	228.463	-1.416	-0.18%
CLR14	61	245.705	242.721	-1.424	-0.17%
CLR15	61	260.186	257.039	-1.479	-0.18%



GLOBAL BEST & FIRST

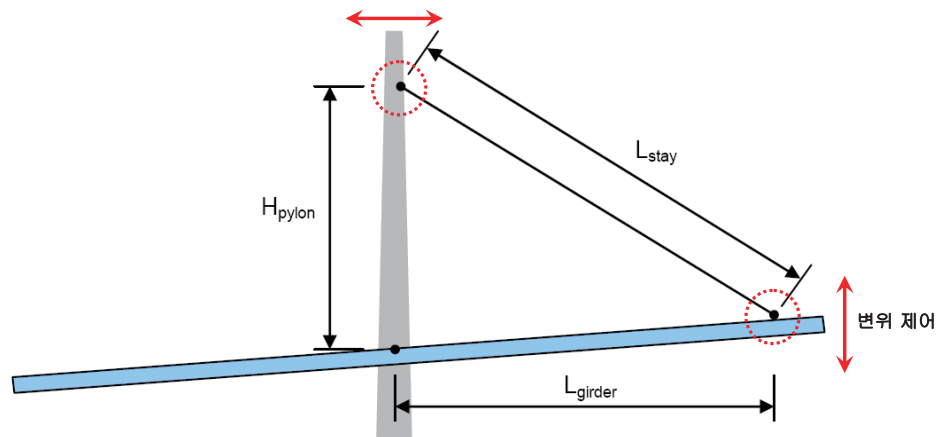
GS Engineering & Construction

3. 형상관리

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

3.2 형상관리 기본개념

케이블, 주탑, 주형으로 이루어지는 삼각형의 정확한 치수 제어를 통해 주형의 변위를 제어함.



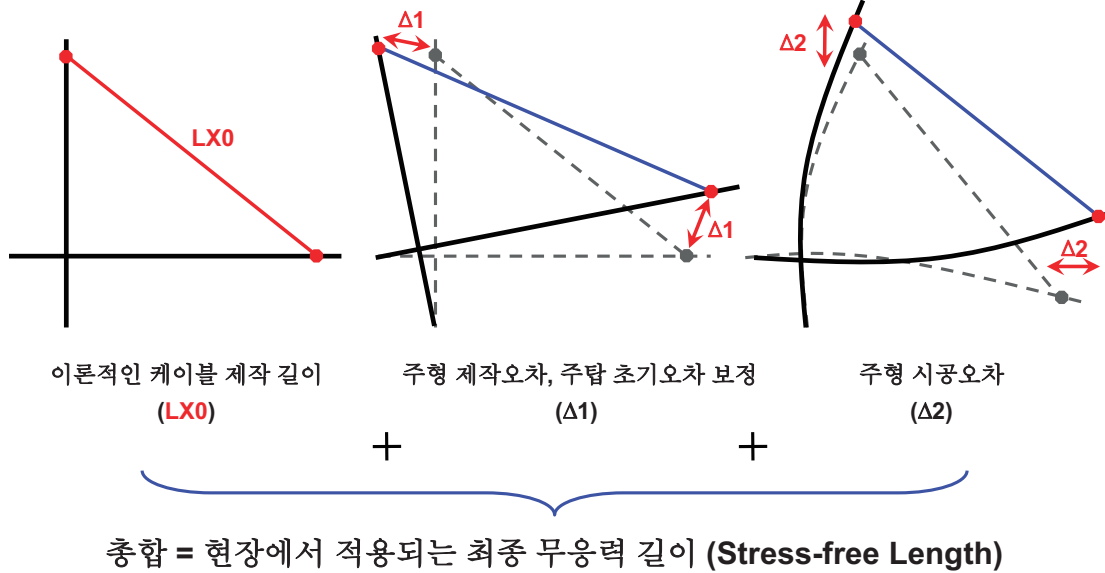
GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

3. 형상관리

3.2 형상관리 기본개념

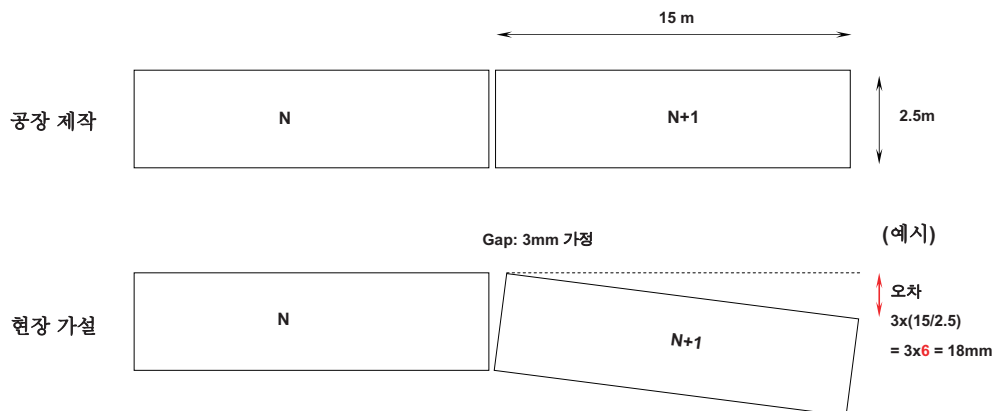
케이블, 주탑, 주형으로 이루어지는 삼각형의 정확한 치수 제어를 통해 주형의 변위를 제어함.



3. 형상관리

3.2 형상관리 기본개념

주형의 정밀한 가설

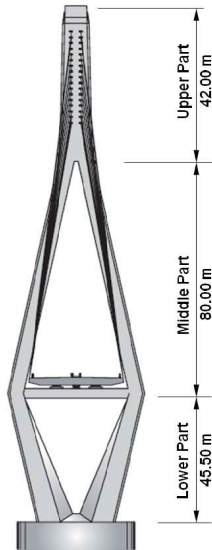


- 작은 각 오차에도 선단의 연직 오차는 커지며, 위의 예에서 다음 Segment (N+2)가 정확히 가설된다고 해도 오차는 점점 증가함.
- 초반에 가설되는 Segment 일수록 최종 오차에 미치는 영향이 큼.

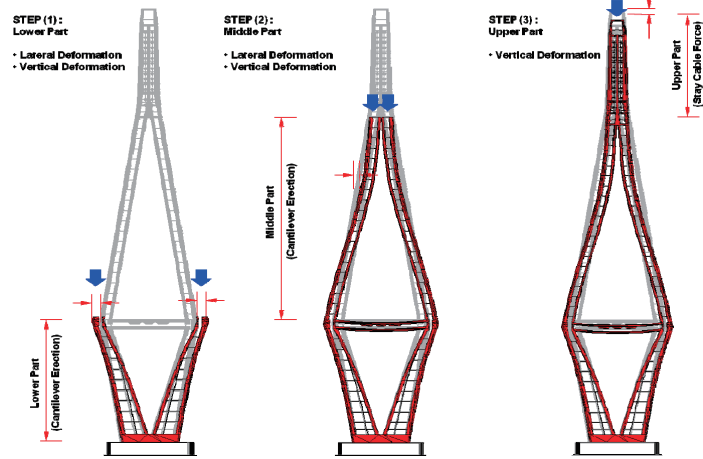
3. 형상관리

3.2 형상관리 기본개념

주탑 개요



주탑 시공중 변형 형상



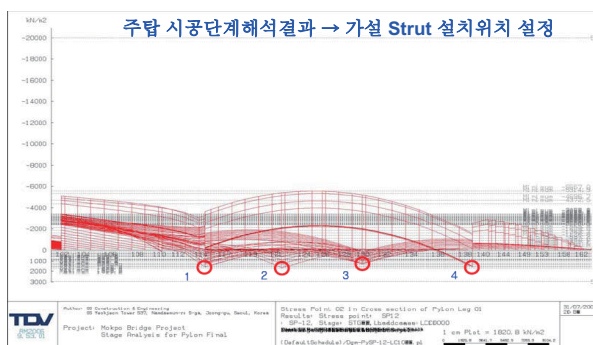
Diamond 형태의 주탑으로서 시공중 변형 형상과 단면력이 지속적으로 변화

- 임시가시설(Strut & Tie) 필요여부 및 위치 검토
- 형상관리방안 검토 및 제시
- 탑기부 Mass Conc. 배합 및 타설방법 검토

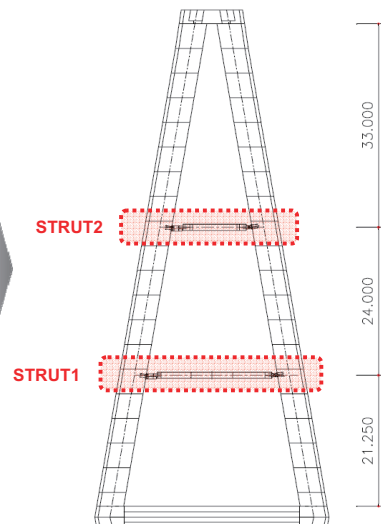
3. 형상관리

3.3 주탑의 형상관리

주탑 임시 가시설 필요여부 및 위치검토



- [목표] 주탑 시공중 허용인장응력(2.988MPa) 이내로 관리
- 시공중 유해한 균열 방지
- 주탑형상관리시 과도한 폼셋팅 격임각 방지

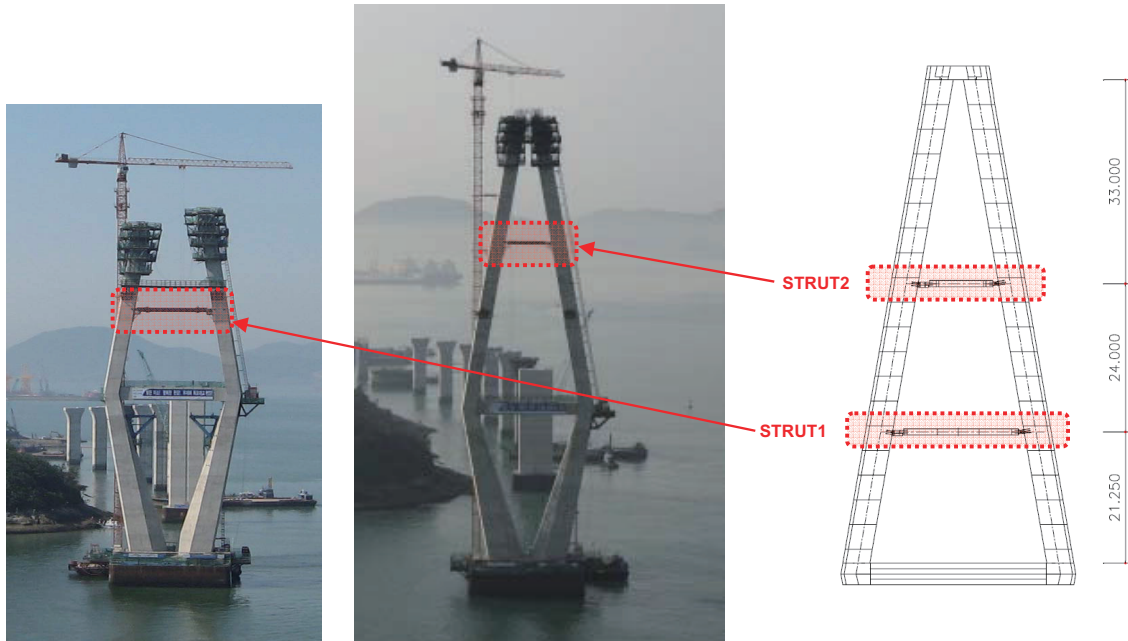


주탑 시공단계해석결과에 기초한 가설 Strut 설치위치 선정으로 안전성 확보

3. 형상관리

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

3.3 주탑의 형상관리



GLOBAL BEST & FIRST

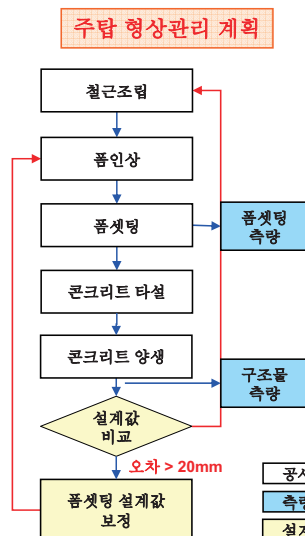
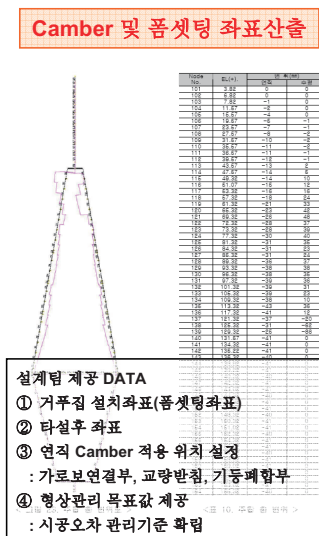
GS Engineering & Construction

3. 형상관리

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

3.3 주탑의 형상관리

주탑 형상관리 Process



GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

3. 형상관리

3. 4 주형의 형상관리



GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

3. 형상관리

3. 4 주형의 형상관리

일반 주형 (Typical Segment) 가설

- 주형 Segment (15m) 가설 시 선단의 Setting Level 및 접합부 접합각 유지를 위한 Setting Value 준수
- 시공오차 및 용접 수축량 기록, 관리



Setting Level의 허용오차는 $\pm 5\text{mm}$ 로
서 정밀한 시공을 요하며, 기준이 되는
값을 선형관리팀에서 제공함.



중앙경간 데릭크레인

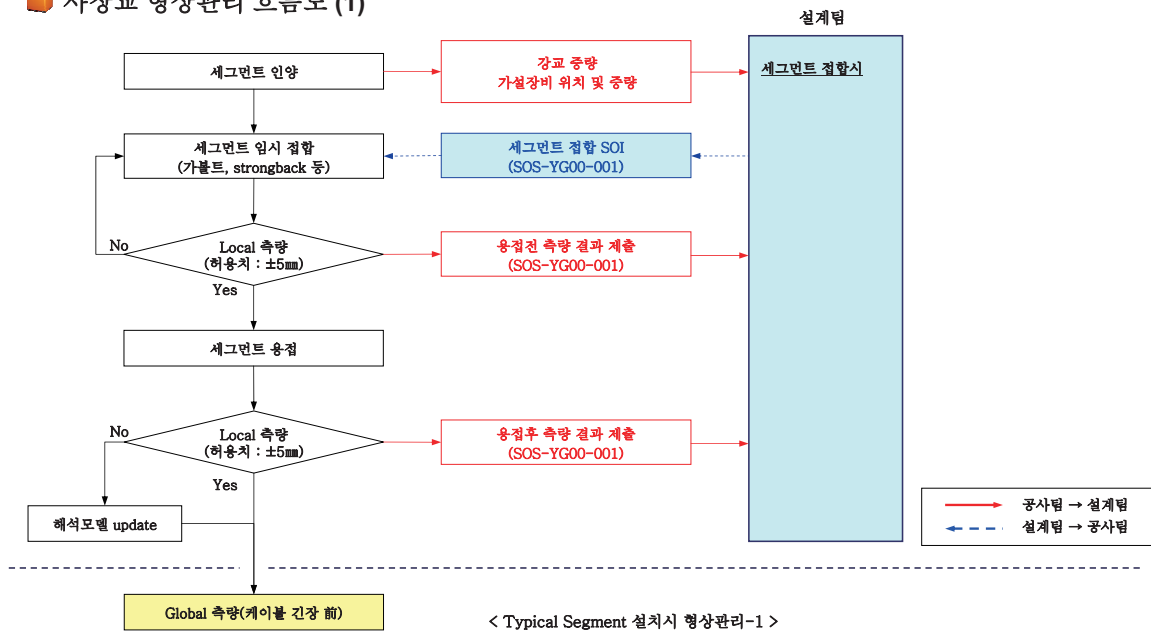
측경간 데릭크레인

GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

3. 4 주형의 형상관리

📦 사장교 형상관리 흐름도 (1)



3. 형상관리

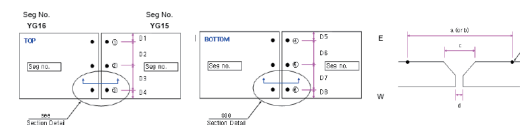
3. 4 주형의 형상관리

형상관리 스위트

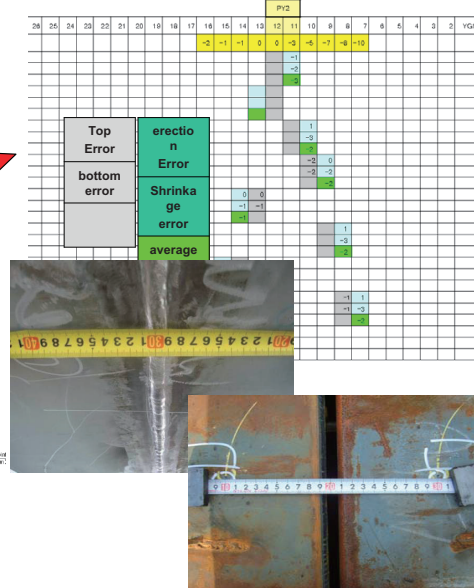
- *Punch mark*

그림 2-1 YG15 15도 경사 3인칭 Punch 호일 측정 결과

부		PV2 주사진	회절 호일		E : 교량 진행방향 좌측, W : 교량 진행방향 우측							
시점측		YG16	시정									
시점측		YG15										
측정된 Kink 주요항												
Bridge	연결점	Unit	TPS	회절각	회절각	회절각	회절각	회절각	회절각	회절각		
	연결점 (mm)	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	연결점 (mm)	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Gap	폭측(Vx)	mm	0	0	0	0	0	0	0	0		
측정된 Kink 주요항												
P4H	기초점 (mm)	mm	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0		
	연결점 (mm)	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	연결점 (mm)	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	폭측점 (mm)	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Gap	폭측점 (mm)	mm	200	200	200	200	200	200	200	200		
측정 결과												
P4H	a	동상점 (mm)	201	202	202	200	200	200	200	200		
Gap	a	동상점 (mm)	1	10	12	4	4	4	4	4		
	b	동상점 (mm)	20	22	23	19	19	19	19	19		
Gap	b	동상점 (mm)	201	200	198	199	194	194	199	199		
측정 결과 (b-동상점)												
동상점 (mm)	mm	2	2	0	0	0	0	0	0	0		
동상점 (mm)	mm	-1	-3	-4	-1	-2	-1	-2	-1	-1		
동상점 (mm)	mm	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		
Punch Hole 위치												
우	좌	Joint	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8		
우	좌	YG1615	1.650	10.630	10.640	1.650	3.090	9.200	2.000	3.090		



- Accumulative Management for Local Setting



3. 형상관리

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

3. 4 주형의 형상관리

케이블 가설



GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

3. 형상관리

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

3. 4 주형의 형상관리

케이블 가설

<Check Point>

정확한 케이블 무응력 길이(Unstressed Length) 산정은 목포대교 형상관리의 핵심이며, 형상관리 팀 (설계팀)에서 이를 시공팀에 제공함.



GLOBAL BEST & FIRST

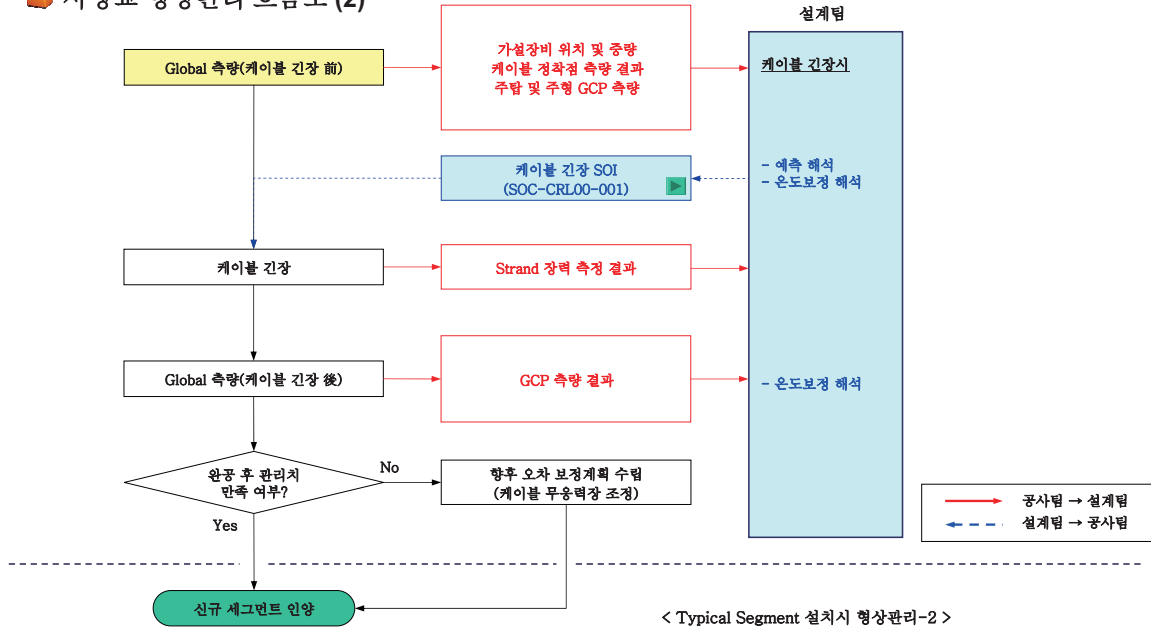
GS Engineering & Construction

3. 형상관리

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

3.4 주형의 형상관리

사상고 형상관리 흐름도 (2)



GLOBAL BEST & FIRST

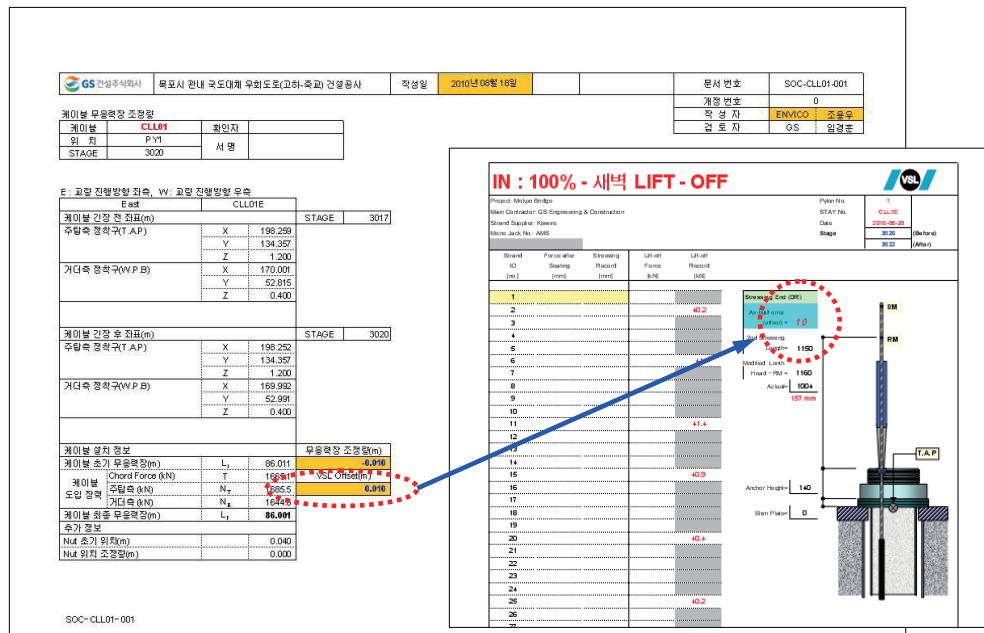
GS Engineering & Construction

3. 형상관리

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

3.4 주형의 형상관리

형상관리 스위트



GLOBAL BEST & FIRST

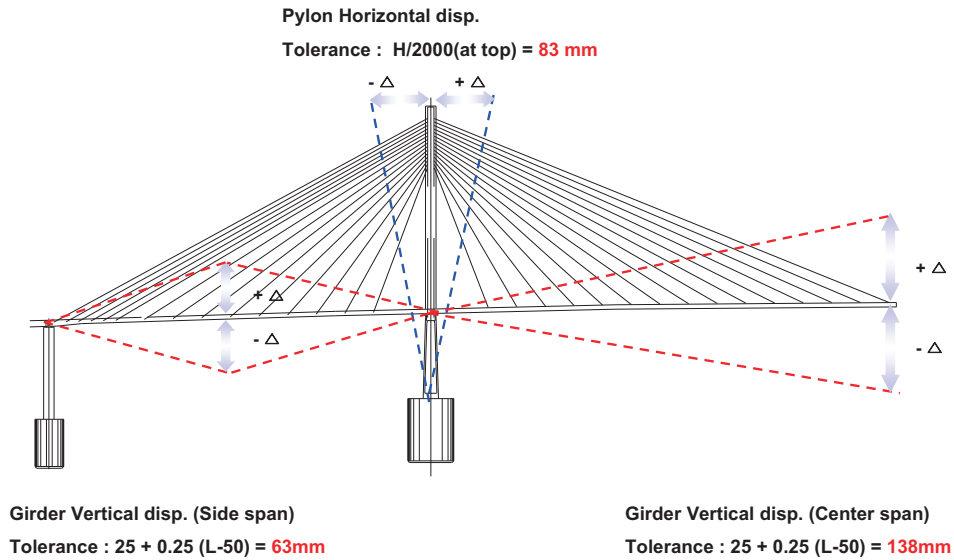
GS Engineering & Construction

3. 형상관리

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

3.5 형상관리 결과

형상관리 목표치



GLOBAL BEST & FIRST

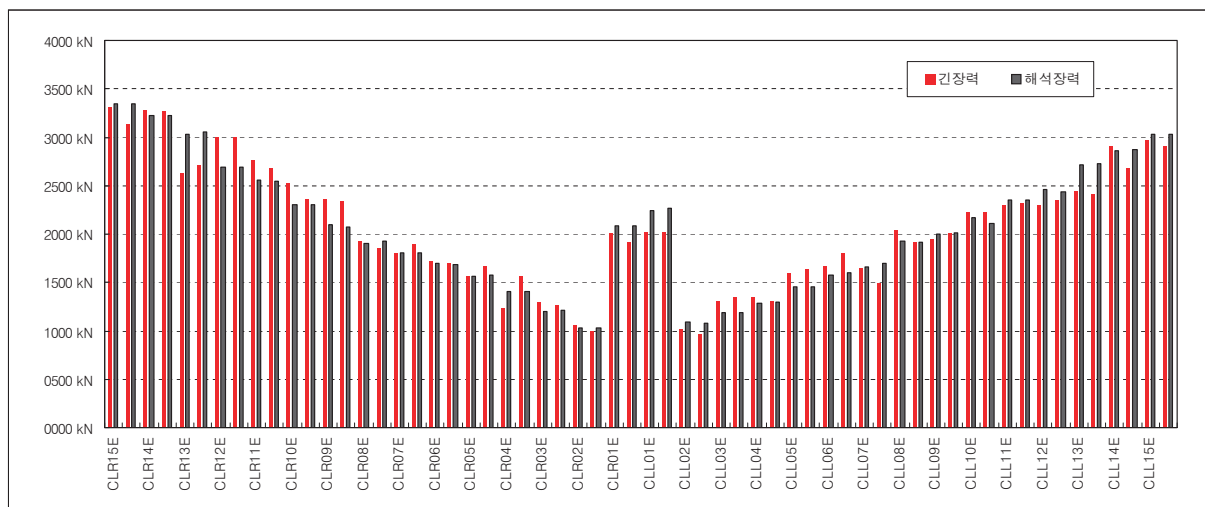
GS Engineering & Construction

3. 형상관리

Construction Control of MOKPO Cable Stayed Bridge

3.5 형상관리 결과

케이블 도입장력 (Jacking Force)

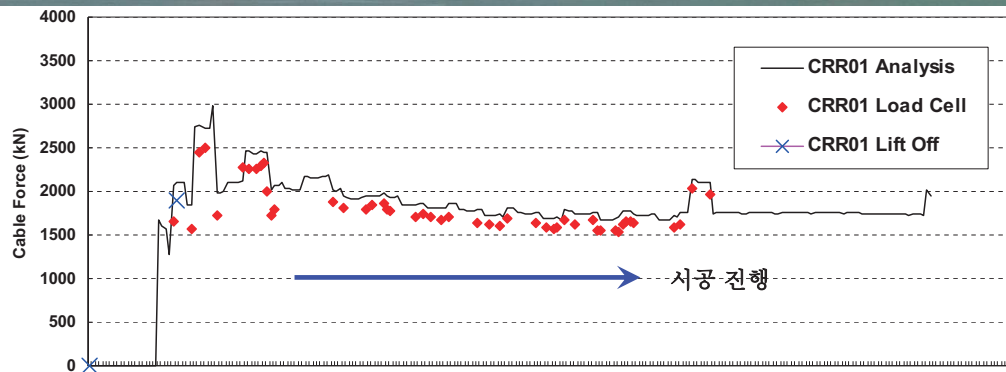


GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

3. 형상관리

시공중 케이블 장력 이력 (Cable Force History)



GLOBAL BEST & FIRST

GS Engineering & Construction

