

소래대교 건설공사 감리 사례

The Nature of Start Businessman and Service Strategy



글 / 全 星 煥
(Jeon, Sung Hwan)
측량 및 지형공간정보기술사,
경기기술단 전무이사.
E-mail: starhwan49@hanmail.net

This Grand Sorae Bridge was built in order to lead to balanced regional development by linking the 2nd Seoul - Incheon Highway to WestCoast Highway and it will contribute to develop the economy of the region and traffic of its vicinities by helping ease traffic in and around Incheon.

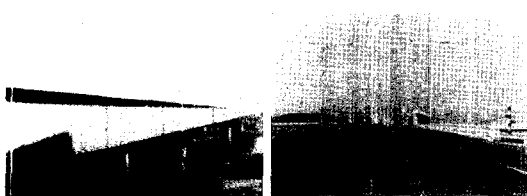
It extends 470 meter across Sorae port by using 10 continuous steel box girders under benoto(all casing) system considering ultra soft ground condition of the site.

1. 머리말

1.1 사업내용

소래대교는 시화공단 및 반월공단 조성에 따른 원활한 물동량 수송 및 지역간 균형 발전을 기하고자 하는 목적으로 건설되었고 이로 인하여 인근의 제2경인고속도로와 서해안고속도로와 연계되어 인천 및 경기 서부 지방의 원활한 교통 소통 및 지역 주민들의 교통 불편이 해소되고 경제발전에 이바지 할 것으로 기대된다.

본 소래대교는 소래포구를 횡단하기 위한 길이 470m의 교량으로서 교량 구조 형식은 10경간 연속 STEEL BOX GIRDER교로 설계되었으며, 하부 기초공에 있어서는 현장의 연약지반 조건을 고려하여 현장 타설 말뚝공법(BENOTO공법)으로 시공되었다.



(그림 1) 교량부 시공 완료 전경

1.2 공사 내용

가. 위치

인천광역시 남동구 논현동 ~ 경기도 시흥시 월곶동

나. 공사 개요

- 1) 교량 공 : B = 20M, 16M, L = 470M, 10경간 연속 STEEL BOX GIRDER교
- 2) 접속도로공(왕복 4차선) : L = 1,370M, B = 20 ~ 35M
- 3) 구조물공 : U-TYPE 옹벽 : 60M, 보도육교 2개소
- 4) 배수공, 부대공, 전기공 : 1식

다. 공사 기간 : '1995. 2. 15 ~ '2000. 11.30

라. 총사업비 : 287억원

마. 설계사 : (주) 도화종합기술공사

바. 사업시행자 : 시흥시

사. 감리사 : (주) 동양기술개발공사

아. 시공사 : (주) 우성건설, 코오롱건설, 삼풍건설

2. 조사 및 계획

토질 조사를 통하여 계획 구조물에 대한 토질의 종류 및 공학적 특성 등을 파악, 분석하여 합리적

이고 경제적인 설계를 위한 기초자료를 제공하였다.

2.1 지질조사 및 시험

지층의 수직분포상태, 지질공학적 특성, 기반암의 분포상태 및 풍화도 등을 파악하기 위하여 시추조사 3개소, 표준관입시험 62회, 자연 시료 채취 6회, 지하수위 측정 3개소, 실내 토질 시험 1식, 성과 분석 및 보고서 작성 등으로 이루어졌다. 시추조사는 회전 수세식 시추기(ROTARY WASH TYPE DRILL RIG)를 사용하여 표준관입시험과 시료채취를 병행하여 조사하였으며 시추심도는 조사과정에서 밝혀진 지층의 구성 상태와 조사목적성을 감안하여 예정구조물의 계획 심도까지 또는 연암하 3m 이상의 깊이까지 NX 규격(3 inch)으로 실시하였고 결과는 <표 1>과 같다.

<표 1> 시추시험 결과표 (단위 : m)

구분	점토	모래	자갈	풍화암	연암	계	SPT	UD	비고
B-1	17.6	4.4	-	7.5	3.0	32.5	20	2	
B-2	15.5	6.7	-	8.2	3.1	33.5	20	1	
B-3	14.8	6.4	0.5	10.8	2.5	35.0	22	3	
계	47.9	17.5	0.5	26.5	8.6	101.0	62	6	

2.2 연약지반 처리

2.2.1 공법별 처리구간의 설정

<표 2> 공법별 처리구간의 설정

구분	범 위	처 리 공 법	비고
1-1	STA.0K+220~0K+400	Preloading 공법	
1-2	STA.0K+400~0K+505	P/L+Sand drain공법	교대전방 압성토 포함
2-1	STA.0K+845~1K+020	P/L+Sand drain공법	
2-2	STA.1K+020~1K+870	Preloading 공법	

2.2.2 Preloading 공법설계

공사기간을 고려하여 비교적 저성토 구간인 다 음 구간에 적용하였다.

1 구역 : STA.0K+220~0K+400(L=180m)

2 구역 : STA.1K+020~1K+870(L=850m)

계 L=1,030m

1) 압밀에 의한 지반의 강도증가

성토하중이 일정기간동안 작용하였을 때 지반의 강도증가는 점성토 지반에서 점착력의 증가로 추정할 수 있으며 다음 식으로 계산하였다.

$$C' = C_0 + m \cdot \Delta P \cdot U$$

C_0 : 원지반의 점착력 (t/m²)

m : 강도증가계수(0.11+0.0037 PI:Skempton)

C' : 강도 증가 후 점착력 (t/m²)

ΔP : 재하하중 (t/m²)

U : 압밀도 (%)

2) 안정검토

단계별 성토고 및 대기 시간 등은 조사 및 실험 결과에 의해 산출하였으며 결과는 <표 3>과 같다.

<표 3> 단계별 성토 검토크과

공 법	성토 단계	성토고 (m)	성토고 누계(m)	대기 시간	점착력C' (t/m ²)	안전율 (Fs)	비고
Pre-Loading	1	3.0	3.0	6개월	1,554	1,665	P.E.T mat 15t/m ² 사용
	2	2.0	5.0	6개월	2,202	1,215	"
Sand-drain	1	5.0	5.0	20일	1,554	1,615	P.E.T mat 25t/m ² × 2겹사용
	2	2.0	7.0	20일	2,479	1,451	"
	3	2.0	9.0	20일	2,849	1,239	"

3. 기초공 및 하부공

3.1 현장 타설 말뚝기초

소래대교와 인접한 소래교는 당초 교대에 Sand Compaction Pile로 연약지반처리 후 하부기초를 강관 Pile로 시공, 교대부위에 압성토를 실시해 측방 유동을 예방하고자 하였으나 배면성토 미완료시 교대의 수평변위량이 5.08~5.74cm, 배면성토 완료시 10.70~12.32cm 측방유동압이 발생하는 문제점이 제기되어 초연약 지반 하부기초에 적합하고 안전성 확보가 유리한 All Casing공법으로 변경하였으며 비교 분석표는 <표 4>와 같다.

기술 자료

〈표 4〉 강관PILE과 ALL CASING공법의 비교

구분	당 초	변 경
공 법	<ul style="list-style-type: none"> - 강관 파일기초($\phi 508\text{mm}$, $t=12\text{mm}$) 교대 : 3열\times15본=45본, 45본\times2개소=90본 교각 : 3열\times11본=33본, 33본\times7개소=231본 계 : 321본 	<ul style="list-style-type: none"> - 대구경 현장 타설 말뚝기초($\phi 1500\text{mm}$) 교대 : 2열\times4본+2본=10공, 10본\times2본=20공 교각 : 2열\times4본=8공, 8공\times7개소=56공 계 76공
시 공 성	<ul style="list-style-type: none"> - 파일 항타로 인한 민원발생 예상 - 풍화토지반까지 관입하므로 초연약점토층의 부마찰력 및 횡압에 의한 파일이동이 예상됨 - 파일항타시 파일용접이음부위 및 두부손상으로 부식축진 및 내구성이 저하됨 - 연약지반의 선타입 pile이 후타입시 지반팽창으로 Heaving현상 발생 - 말뚝선단이 장애물(전석 등)이 있을 경우 선단지층까지 관입 불가 - 해상퇴적층에 시공되므로 별도의 방식대책이 필요 - 굴착심도가 깊은 초연약 지반에 시공시 마찰력이 증대되어 파일 전도의 위험이 있고 지지력이 저하 - 굴착심도가 깊어지면 파일 이음부 용접 개소 증가로 수직도 유지 곤란 	<ul style="list-style-type: none"> - 무소음, 무진동 굴착으로 민원발생 최소화 - 선단지층까지의 도달여부를 육안 직접 확인가능, 말뚝길이 조정 용이, 선단 지지력 확보가 용이 - CASING 압입 굴착후 철근 및 레미콘을 타설하므로 두부손상 및 부식에 대한 대책이 불필요 - CASING TUBE 사용으로 공벽붕괴가 없으며 QUICK SAND 및 HEAVING 현상 없이 굴착 가능 - 지하층 토질상태를 육안으로 확인할 수 있으므로 선단 지지력의 확보가 확실 - 연약지반시공에 용이한 장비선정으로 확실한 Con'c 지지파일을 형성, 별도의 방식대책이 불필요 - 굴착심도에 관계없이 시공이 가능하고 지반상태가 불량한 난공사에 적합 - CASING을 BOLTING으로 연결해 수직도가 양호하며 굴착심도에 관계없이 시공가능하며 특히 깊은 기초에 적합한 공법임
안 정 성	<ul style="list-style-type: none"> - 선단지반 지반이 풍화토로써 초연약지반의 장기적인 침하에 의한 지지력 약화로 안정성 확보가 어려움 - 교대의 배면성토 하중이 작용해 편재 하중발생, 측방유동압에 의한 교대의 수평변위로 전도의 위험성이 있어 기초지지력의 확보가 필요 - 서해안고속도로 인천-안산간 소래교, 월곶1교의 기초가 강관파일 말뚝에 전기외부전원방식을 채택 시공해 당현자의 교량에 전기적 영향을 끼쳐 부식을 촉발, 영구 구조물로써 기능 상실 및 안정성이 우려 - 조수간만의 차가 $\pm 10\text{M}$로 크고 해상퇴적층이 20여M 이상 발달된 지형에 위치한 당현장 교량의 기초지지력이 파일항타시 진동으로 인한 지반거동으로 인해 붕괴될 위험이 있음 	<ul style="list-style-type: none"> - 선단지지력이 연암으로써 초연약 지반의 장기적인 침하에도 안정하여 소요지지력 확보가 용이 - 교대부분의 편재성토하중으로 인한 연약지반의 측방유동압에 강성이 큰 대구경 현장 타설 말뚝으로 시공해 교대부위에 압성토를 실시하면 교대측방변위를 예방할 수 있음 - 부식에 염려가 없는 기초공법을 선정해 영구 구조물로의 기능확보는 물론 선단지지력의 도달확인이 쉬운 공법을 채택 안정성을 도모할 수 있음 - CASING TUBE 사용으로 공벽의 붕괴가 없어 기초굴착시 지반거동을 방지, 지반의 소요지지층을 육안으로 확인후 말뚝조성이 이루어져 안전관리 및 품질관리에도 우수한 공법으로 알려져 있음
검 토 의 건	<ul style="list-style-type: none"> - 굴착심도가 깊고 지반상태가 불량한 초연약점토층에 기초파일이 시공되므로 해수면에 접한 강관파일의 부식방지책이 별도 필요하며 기초의 안정성 확보가 곤란 	<ul style="list-style-type: none"> - 시공성 및 안정성이 양호하고 강관 파일보다 선단지지력이 확실(육안으로 소요지지층 도달 확인)하고 민원발생을 최소화 할 수 있는 공법임

32 교좌 장치 소래대교의 교량받침은 Pot Bearing을 선정 시공하였고 무수축 모르타르의 시험시공을 통하

여 Bearing 저면의 기포 발생을 억제하도록 하였다.

4. 상부공

품질 관리가 용이하고 고품질이 보장되며 상부 구조의 자중이 가벼워 하부 구조에 유리하고 공기가 짧은 장점을 가지고 있는 STEEL BOX GIRDER교로 설계 시공하였다.

4.1 STEEL BOX GIRDER 제작 및 조립

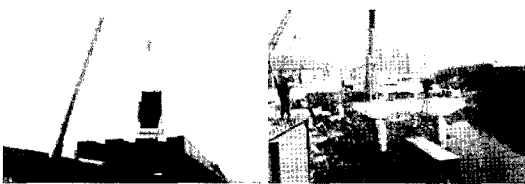
한국중공업의 실내 제작장에서 강제절단, 보강 리브 용접, 다아아프랩 설치, 도장, 가조립 등의 과정을 거쳐 제작된 후 소래대교 현장으로 운반되어 CRANE으로 가설 조립하였다.



〈그림 2〉 실내 제작 작업 광경 및 가조립 검사 광경

4.2 STEEL BOX GIRDER

당초 I.L.M 공법으로 설계되었으나 부지 확보 곤란으로 Launching 시공이 불가능하여 Crane 가설 공법으로 변경하였으며 사용된 장비는 하이 드로 크레인 550Ton과 330Ton이다.



〈그림 3〉 STEEL BOX GIRDER CRANE(550Ton) 가설 광경

5. 부대공

5.1 유지관리 시설

본 소래대교 공사에서는 “시설물의 안전관리에 관한 특별법(’95. 1. 5 제정공포 ’95. 4. 20 동시행령 공포)” 제 35조 2항에 의거 “교량 유지관리 및 보수요령”에 따라 교량의 이력데이터를 축적

하여 관리자가 바뀌어도 일관성 있는 유지관리 체계가 유지될 수 있도록 만전을 기하였다.

5.2 신축이음 장치

본 소래대교는 교량의 형식, 소요신축량, 하중 특성, 경제성 등 필요한 모든 사항을 고려하여 본 교량 구간이 다경간의 장지간 연속교량임을 고려할 때 신축량이 큰(240 mm) 장치가 필요하고 방수성, 주행성 등에서도 우수한 STEEL 레일식 신축이음장치를 시공하였다.

5.3 기타시설

가) BOX내 환기구 및 배수구 설치 : $\phi 100\text{mm}$

나) 교각 보호용 방충재(FENDER)

: 공기식 고무 방충재(FENDER)

다) 도로 부대 시설

: 안내, 규제, 제시 표지판 설치

라) 방음 시설 : H = 4.0M, L = 140M

6. 맺음말

시화공단과 반월공단 조성에 따른 원활한 물동량 수송과 인근 지역 신도시(월곶, 송도) 조성후 예상되는 교통체계의 변화에 능동적으로 대처하기 위해 건설된 소래대교는 지역 경제 활성화는 물론 국가 경제 발전을 촉진시키는 힘찬 원동력이 될 것이다.

본 고를 통하여 교량 건설분야에서 근무하는 모든 기술인들에게 참고 자료로 활용할 수 있기를 바라며 교량 유지 관리 담당자께서도 참고 자료로 활용할 수 있기를 기대한다. 끝으로 원활한 공사 진행을 위해 불철주야 노력하신 관련자 모든 분들께 깊은 감사를 드리며 앞으로도 계속적인 성원을 통하여 성공적인 교량들이 계속적으로 건설되기를 기원하는 바이다.

(원고 접수일 2001. 2. 23)