

인천국제공항 연육교(영종대교) 가설 공법 적용사례

-인천국제공항 연육교 현장-

1. 서론

1.1 공사 개요

현재 (주)한진 중공업 건설부문에서 가설 작업(제작, 선적, 운송 및 설치공사)을 수행하고 있는 인천국제공항 고속도로 영종 대교(총 연장4,420m) 2, 3공구는 영종도에 위치한 인천 국제공항과 육지를 연결하는 연육교로서 국내 최대 규모의 교량 공사이며 세계최초의 자정식 현수교로서 한국 고유의 기와지붕을 연상시키는 구조이다.

도로와 철도가 동시에 통행하게 될 본 교량의 상층은 왕복 6차선 도로, 하층은 복선 철도와 4차선 도로가 건설되며 교량 아래에는 1만톤급 선박의 왕래가 가능한 구조이다.

영종대교의 핵심적 구조인 복층 트러스 교량 구간은 국내 3개 시공사가 분할하여 시공하고 있다.

한진중공업에서는 본 구간중, 가설 작업이 가장 난이하고 어려운 해상 구간 대부분에 대한 구조물의 제작, 선적, 운송 및 설치공사를 수행하고 있어 막중한 사명감과 책임감을 느끼면서 본 공사에 임하고 있다.

육상 작업에 비해 작업 난이도가 높은 해상 작업이 대부분인 본 공사는, 여러가지 열악한 작업 조건을 갖춘 대표적인 난이한 작업 현장이다.

예를 들면 약 9.7m에 달하는 세계 최대의 조석간만의 차이, 빠른 조류, 빈번한 돌풍 등으로 작업 환경이 최악인, 지극히 어려운 작업 조건을 다양하게 갖추고 있다.

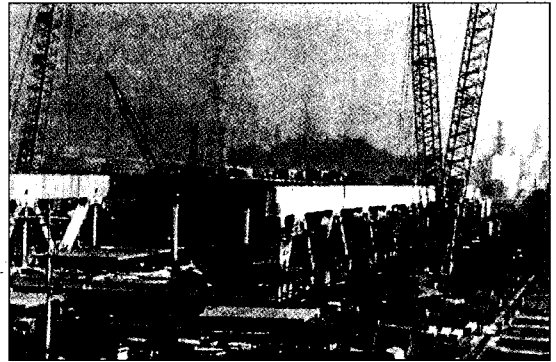


그림 1. 강교 제작 공장에서 트러스 지조립 진행중인 상태

따라서 당 현장에서는 본 공사를 성공적으로 수행하기 위해 기존의 가설 공법에서 과감하게 탈피하여 현장의 악조건을 역으로 이용한 신공법을 개발, 적용함으로써 성공적인 공사 수행 및 공기를 단축하고 있다.

한진중공업에서 개발한 신가설 공법(제작, 조립, 운반, 설치 공법)을 요약해서 소개하면 다음과 같다.

- 1) 3경간 연속 강 트러스 교량을 육상에서 가공, 조립, 검사 완료 후 1경간 125m인 5,300ton씩 분리하여 육상 운송 시스템을 사용하여 해상 jetty까지 운반한 후, 세계에서 가장 조석간만의 차이가 많은 인천지역의 악조건을 최대한 활용하여 국내 최초로 조석간만의 차를 이용한 공법을 적용, barge에 선적한다.
- barge에 선적된 트러스는 예인선을 이용하여 가설위치까지 약 7.7km 해상 수송을 한 후 교각 기초 상부에 기 설치된 작업대(base structure)위에 거치한다.

2) 거치 후리프팅포스트와 트러스 본체를 strand 로 연결하여 capacity 600ton strand jack - 16 sets를 이용하여 교각위로 리프팅하여 각 블럭의 접합면을 연결하여 교량 구조물 가설을 완료한다.

트러스의 연결작업은 트러스리프팅 장비인 strand jack system과 교각 상부에 설치된 미세 조정 장치에 부착된 유압 jack을 이용하여 상하, 전후, 좌우 이동 및 회전이 가능토록 하여 안전한 작업이 가능하도록 하였다.

3) 리프팅 포스트 시스템은 대 블럭을 교각사이에 거치하기 위한 base structure와 대 블럭을 완성시 정 위치까지 리프팅 하기 위한 리프팅 포스트, 리프팅 포스트를 고정시키는 pier block support frame 그리고 대 블럭과 리프팅 포스트상단을 strand wire로 연결하기 위한 bottom crosshead로 구성된다.

4) Base structure는 교각 footing의 양측 모서리 부분의 총 4곳에 설치되며, 각각의 base structure에는 2개의 리프팅 포스트가 놓인다. 각각의 리프팅 포스트에는 2개의 strand Jack 이 설치되며, 리프팅 시스템 1 set는 base structure 4개, 8개의 리프팅 포스트 그리고 16 개의 strand jack으로 구성되어 경간별 대 block을 리프팅하여 가설할 수 있도록 되어있다.

1.2 영종대교 주요 사항

(1) 상부 구조

- 1) 상부 구조는 3경간 연속 2층 warren truss교로서 트러스 중앙부 하로에 복선 철도와 양측 하로 및 상로의 도로 병용교이다
- 2) 트러스는 상로 상형, 상현재, 수직재, 중간 조재, 하현재, 하로횡형, 하횡구 등 단품 박스로 구성되었으며, 상로 상형은 내부의 트러스 타입

및 밀폐형 타입의 diaphragm으로 보강된 구조이다.

3) 주구 트러스는 375m 3경간 연속으로 1.9%의 종단 구배와 트러스 단면 중심선을 기준으로 양측으로 2% 횡단 구배로 되어있다.

1경간의 길이는 125m이며 2,500tons movable shoe, 6000tons fixed shoe, 6000tons movable shoe, 2,500tons movable shoe 인 교좌 장치가 트러스 지점별로 순서대로 지지하고 있으며, 3 경간 단부는 expansion joint로 인접 3경간 트러스와 연결되어 있다.

(2) 하부 구조

- 1) 하부 구조는 벽체식 콘크리트 교각이다.
- 2) 교각은 부분 중공(中空) 콘크리트 벽체와 coping, 교좌부로 구성되어 있다.
- 3) R.C.D pile을 제외한 교각 높이는 43.26m ~ 17.26m로 다양하게 분포되었으며, 교각의 폭은 각 타입별로 약간씩 다르지만 약 4.5m ~ 9.0m 정도의 규모를 가지고 있다.
- 4) Footing과의 이음부는 수중 콘크리트 처리를 하였으며, 철근 조립과 콘크리트 타설을 순차적으로 병행하여 교각을 완성 시켰다.
- 5) 효과적인 하중 전달과 미관을 고려하여 교각 측면은 라운드 처리를 하였고, 교각 중앙부는 무늬 거푸집을 사용하여 시공하였다.
- 6) 기초는 전면 기초이며, 기초 pile은 R.C.D(Reverse Circulation Drill) 공법을 적용 하였는데 이는 직경 1,500mm 강관을 현장 향타한 후 정수압을 유지한 상태에서 Pile 내부의 토사 및 암을 연암 4m까지 굴착하여 내염 도장된 철근망을 삽입한 후 트레미 관을 이용하여 콘크리트 속 채운 구조이다.
- 7) 기초 footing은 길이 37.53m, 폭 22.50~14.25m, 높이 4.0~4.5m의 mass CON C이며, R.C.D pile은 직경 1500mm × 12t 의 강관을 사용하였고, 교각에 따라 60本(교각 W3,

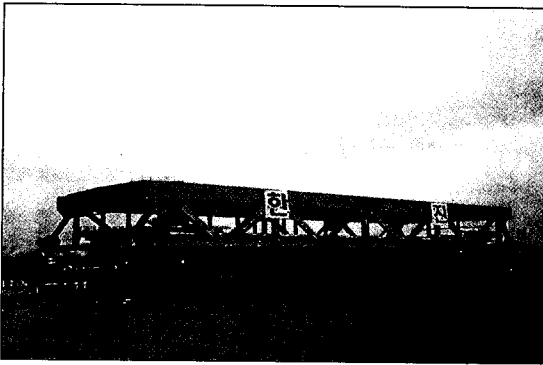


그림 2. 해상 jetty까지 load-out완료후 선적을 위한 준비 작업

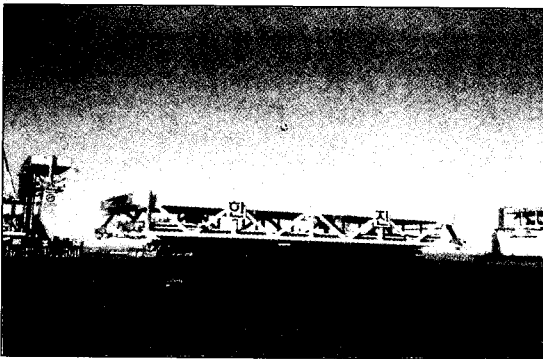


그림 3. 트러스를 선적한 barge가 교각앞에서 거치 준비중 상태

E6), 50本(교각 W4, E5, E7, E8, E9), 40本(교각E10, E11, E12) 시공하였다.

2. 가설 공법 개요

2.1 가설공법 개요

본 교량은 “수도권 신공항 연육교 건설공사” 중 트러스 구간(총 2800 m) 1,375m에 해당하는 제 2, 3 공구 해상구간으로서 당초 가설공법은 75m 단위의 중 블럭으로 제작하여 floating crane과 교각사이의 temporary bent(가벤트)를 이용한 BENT공법으로 계획 되었다.

그러나 당초의 가설공법을 검토한 결과 다음과 같

은 문제점을 발견하게 되었다.

- 가설 블럭이 중 블럭(75m) 단위로 이루어짐에 따라, 현장 연결 개소가 많아 공기가 길어져 공기 준수가 어렵다.
- 설치현장에서의 트러스 연결 작업은 기상변화에 크게 영향을 받게되고, 온도 변화에 민감하여 현장 연결 개소가 많은 BENT공법은 품질 유지관리가 어렵다.
- 국내에 대형 해상 크레인(3000톤급 floating crane)이 1대밖에 보유하지않아 장비확보가 곤란하여 임대비용 및 공사기간이 과다 소요됨.
- 현장 연결(bolting 및 용접부)가 과다하여 고품질 유지관리가 어렵다.
- 해상에 가설 bents를 다량 설치함으로써 난이한 해상 작업에 따른 설치기간의 장기화, 시공성 저하, 가bent의 전용의 어려움 등 많은 각종 문제점으로 인해 공법의 적정성에 문제가 있으며 경제성이 떨어진다.
- 가설지점의 조류속이 빠르고 조석간만의 차이가 심한 작업 조건으로 인해, floating crane에만 의존한 가설 작업에는 안전 작업에 위험 요소가 많으며 정확한 위치에 구조물을 세팅 하는데 많은 시간이 소요된다.

상기와 같은 문제점을 안고 있는 floating crane에 의한 가 bent공법보다는 가설시 환경 조건의 영향을 최소화 할 수 있고, 블럭구분을 크게 함으로써 공장에서의 작업은 최대로 하고 현장 작업은 최소화함으로써 교량의 품질을 극대화시켜야 할 절대적인 필요성이 있었다.

따라서 각 경간별로 트러스 블럭을 일괄 가설함으로써 공기단축이 가능하고 품질 관리 양호하며 시공성이 좋은 Float Mating Methods 및 Hinged Double Post Method 공법을 개발, 채택하게 되었다.

본 공사의 핵심적인 가설 공법을 요약하면 크게 5가지로 구분할 수 있다.

첫째로, 가설 작업의 효율화 및 납기 단축을 위한 대 블럭공법 적용. 본 교량은 3경간 연속 강 트러스 교량인 만큼 공장에서 생산, 조립, 검사 완료 후 국내 최대 규모인 1경간 125m인 5,300톤씩 분리하여 육상 운송, 이동 선적, 설치함으로써 작업의 시공성, 안전성 면에서 최상의 품질 확보가 가능하다.

둘째로, 최악의 해상 작업 조건 극복을 위한 jetty 시설 건설. 육상에서 제작한 대형 트러스를 해상으로 운반하기 위하여, 해상에 육상 이동로를 연장한 jetty 시설을 만들어 세계 최대의 조석 간만의 차이를 이용하여 트러스를 운송용 barge(11,000톤 급)에 선적할 수 있도록 선적 시설을 개발 설치했다.

셋째로, 대형 중량물 선적을 위한 신공법 개발. 대형 truss를 해상 운송용 barge에 선적하기 위해 조석 간만의 차를 이용하여 barge를 부양시키는 신 공법인 barge float mating 공법을 적용했다. 본 공법은 현재까지 시도한 적이 없는 신공법으로 한진 중공업에서 성공적으로 대형 truss선적을 완료했다.

넷째로, 해상 작업의 난제를 육상 작업과 동일한 신 설치 공법 적용. 작업의 안전성 및 효율화를 위해 교각에 거치대(base structure)를 설치하여 해상 운송된 트러스를 조석간만의 차이를 이용하여 base structure에 거치 시키는 신공법인 launching 공법을 개발 time schedule를 작성 대형 트러스 교각에 직접 거치하여 육상 작업과 동일한 효율적인 작업성을 갖추게 했다. 본 공법 적용으로 안전한 작업 수행 가능, 제작장의 효율적인 활용 및 고가인 대형 설치 장비의 효율적인 활용이 가능하게 될 수 있다.

마지막으로, 설치를 위한 리프팅 중장비의 적용 효율화 대형 트러스의 리프팅 장비를 strand jack system을 사용하여 안전한 작업 및 분리된 트러스의 연결 작업이 용이하도록 했다. 본 장비는 유럽에서 선호하는 장비로 우리 회사에서는 대한항공 roof truss 설치시 성공적으로 사용한 실적이 있으며 향후 중장비의 리프팅에 다양하게 이용될 수 있는 장비이다.

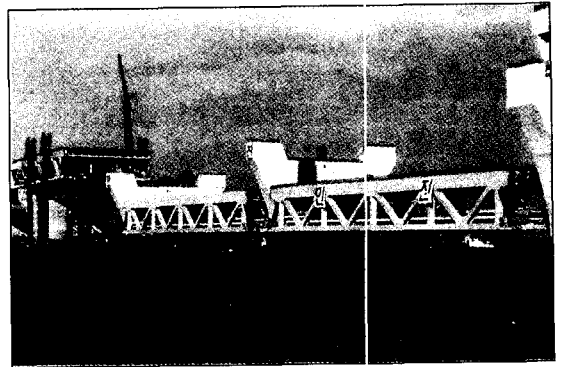


그림 4. 조석간만의 차를 이용, 2경간 거치 완료된 상태

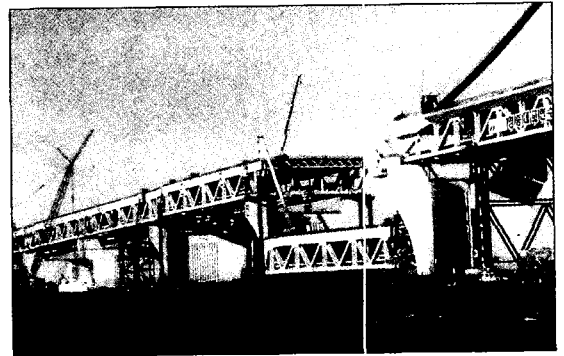


그림 5. Strand jack system을 이용, truss lifting 작업

3. 맺음말

해상 교량 건설의 성공적 수행을 위해서는 현장 여건 및 환경조건, 작업조건, 지형, 지질조건 기타 소요장비 반입조건 등 전반적인 면을 면밀히 검토하여 안전성 및 경제성이 뛰어난 공법이 선정되어야 한다.

본 조건을 충족시키기 위해 우리 회사에서는 가설 공법 대부분을 현장조건과 자영조건을 이용한 신공법을 개발 적용함으로써 조석간만의 차이가 세계에서 가장 큰 지역의 난제를 극복하여 성공적인 공사를 수행함으로써 열악한 작업 환경을 극복한 성공 사례로 남기고, 우리나라의 대형 중량물의 가설 수준의 향상 및 향후 서해안 지역 해상중량물 공사 발전

에 밀거름이 될 것으로 판단한다.

본 영중대교 공사는 우리 나라의 대역사인 만큼 우리 회사에서는 열악한 작업 환경 조건에도 불구하고 본 공사를 성공적으로 수행하기 위하여 불철주야 노력하고 있으며, 막중한 사명감을 갖고 국민에 봉사하는 자세로 최선을 다해 공사에 임하여 성공적인 공사 수행을 확신하고 있다.

2000 정기 가을학술발표회 개최 및 논문 모집 안내

2000년 정기 가을학술발표회를 다음과 같이 개최할 예정입니다.
논문모집에 관련하여 안내하오니 회원 여러분들의 많은 참여를 바랍니다.

다 음

1. 일 시 : 2000년 11월 3일(금)~4일(토)
2. 장 소 : 대한주택공사 1층 대강당 및 3층 대회의실
3. 논문모집

Abstract 제출 : 7월 31일(월)까지

제출처 - 학회사무국("가을학술발표회 논문 원고"라고 명기하십시오.)

※ Abstract 제출시 발표자와 희망발표방법(구술 또는 포스터)을 밝혀 주십시오.

※ 논문은 가능한한 석사학위소지자와 동등 자격자 이상이 발표하도록 해주십시오.