

# 청담대교 현장 소개

## (서울 지하철 7호선 7-17 공구 강변북로 - 올림픽대로간의 도시고속도로를 동시에 건설공사)



정 재 근 (동부건설 청담대교 현장 부장)

### 1. 서 언

청담대교는 도봉산 - 은수간을 연결하는 서울 지하철 7호선 구간중 건대입구 - 청담동간의 7-17 공구와 강변북로 - 올림픽대로간의 도시고속도로를 동시에 경제적으로 건설하여 점증하는 도시교통난을 완화하고, 쾌적한 도시환경을 마련하며, 효율적인 토지이용과 균형있는 도시발전을 이룩하고자 뚝섬과 청담도로 공원 사이에 건설되는 교량으로서, 설계·시공 일괄 입찰방식에 의하여 공사가 진행되고 있다.

그동안 집단민원으로 인하여 공사가 진행되지 못했던 일부 구간도 97년 10월 부터 공사를 착공하여 순조롭게 공사가 진행되고 있으며 2000년 말을 개통 목표로 하여 현재 약 70% 정도의 공정율을 보이고 있다.

본교량은 설계·시공 일괄입찰방식에 의하여 공사가 진행되고 있는 바 이해를 돕기 위하여 교량의 설계 개념에 대한 간략한 소개와 현장의 특수성을 고려한 경제적이며 안전하고 우수한 품질의 교량을 만들기 위한 시공에 대하여 간략하게 소개하고자 한다.

### 2. 공사개요

#### 2.1 공사명

서울 지하철 7호선 7-17공구 건설공사

#### 2.2 공사목적

본 공사는 광진구 노유 2가동 - 강남구 청담동 구간의 지하철 7호선 및 도시고속도로를 건설하기 위한 것으로, 건설업체의 우수한 기술능력 발휘로 지하철

및 도시고속도로 건설 수준을 향상코자 설계·시공 일괄 입찰방식으로 공사를 수행하여 점증하는 도시교통난을 완화하고, 쾌적한 도시환경을 마련하며, 효율적인 토지이용과 균형있는 도시발전을 이룩하고자 하는데 있다.

#### 2.3 공사위치

서울특별시 광진구 노유2가 제2동 5번지 - 강남구 청담제1동 134번지 사이 일원

#### 2.4 공사기간

1993년 12월 ~ 2000년 12월

#### 2.5 발주처 및 감리단

발주처 : 서울시 지하철 건설본부 감리단 : 건화 엔지니어링(주)

#### 2.6 설계 및 시공

동부 엔지니어링(주), 동부건설(주)

#### 2.7 공사내용

##### 가. 지하철

- 총연장 : 2,220 M
- 지하및 지상 노출구간 : 512.5 M
- 고가(高架) 본선 구간 : 520.0 M
- 뚝섬유원지 정거장 구간 : 165.0 M
- 한강 통과 구간 : 1022.5 M

##### 나. 도시고속도로 및 Ramp 시설

- 도시고속도로 ( 왕복 6 차선 ) : 1,050.0 M
- 강북 I/C
  - Ramp 1 (강변북로 성수대교 방향 ↔ 본선교량 : 왕복 4차선) : 641.2 M
  - Ramp 2(능동로 ↔ 본선교량 : 왕복 2차선) : 1069.8 M
  - Ramp 4 (본선교량 → 강변북로 잠실대교 방향 : 편도 1차선) : 641.0 M

### 3. 설 계

#### 3.1 설계 개요

본 공사는 설계 · 시공 일괄입찰방식에 의해 수행되는 관계로 기본계획 검토후 지하철도 및 도시고속도로의 기능이 원활히 이루어지도록 관련 분야를 고려한 토목, 건축, 설비, 전기, 통신, 궤도분야의 설계(기본설계, 실시설계, 설계변경, 준공도서)를 지역여건 및 환경조건을 고려하여 당사가 수행하였다.

한강을 통과하는 주교량부는 국내 최초의 복층 교량으로서 내진(耐震)설계기준을 적용하여 설계하였으며, 상부구조는 라멘구조의 강상판형교로 설계하였고 하부구조는 우물통기초로 설계하였다.

각 분야의 설계에 관한 사항은 추후에 다시 논하기로 하고 여기서는 한강통과 구간의 주교량부에 대한 설계개념을 요약하기로 한다.

#### 3.2 상부구조

한강통과 구간의 주교량은 지하철 7호선과 동부간선도로의 병용사용을 위한 2층 교량으로 설계하였고 설계조건은 다음과 같다.

- (1) 폭원구성  
(그림 1 주교량부 단면도)  
전철교 : 복선  
도로교 : 6차선
- (2) 하중  
전철교 : P16 (서울지하철 7호선 설계기준 적용)  
도로교 : 1등교 (DB-24, DL-24 하중)
- (3) 유심부는 미관과 주운및 통수를 고려하여 장경

간(80M 이상)으로 하고 기타부는 경제성을 우선한 구조로 한다.

상기 설계조건에 의하면 교량이 장경간으로 건설되어야 하므로 활하중보다는 사하중에 의해 교량구조의 단면이 지배를 받게된다.

자중에 비해 강도가 크고 재질이 균일하며 공장 제작에 따른 균일한 품질

확보가 가능하여 고품질의 구조물을 구축할 수 있고, 공사 기간을 단축하여 공사비를 절감할 수 있으며 전체적으로 비교하여 장경간의 교량에서 경제적인 구조물을 만들기 위해 가장 적합한 재료라 판단되는 강재를 사용하여 상부구조를 설계하는 것으로 하였다.

#### 가. 구조 형식

상부구조의 형식 선정에 있어 하부 철도교와 상부 도로교를 일체로 하는 트러스 구조를 생각할 수 있으나 주변 경관을 고려 하고 정기적으로 운행되고 있는 한강 유람선의 선로 유지는 물론 많은 사람들의 시선을 끄는 대상물로서의 적절한 조화(調和)가 요구되어 상부 도로부의 구조형태를 형 라멘 구조로 구조형식을 선정하였다.

#### 나. 경간 구성

경간의 구성은 교각을 기준하여 90m 경간장의 3연속 + 2연속 + 3연속의 라멘교 형식이며, V-Leg를 기준으로 보면 3연속의 5연속 라멘교 형식이다.

하부 철도교는 Steel Box 형태의 구조로서, 각 교각 사이 도로형 V각부의 끝 지점에서 케이블을 사용하여 철도교의 연직하중 일부를 도로교에 부담시키는 형식으로 하여 지간장을 줄임으로써 경제적인 설계가 되도록 하였다.

#### 다. 구조해석

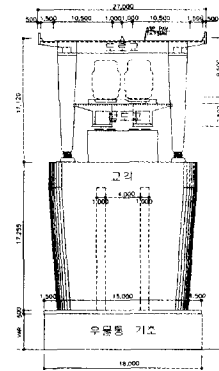


그림 1. 주교량부 단면도

각 부재의 단면력을 산정하기 위한 구조해석은 각 구조체계별로 평면해석(2차원 해석)을 수행하였으며 활하중 편심재하시의 영향을 검토하기 위해 전체계(全體系)에 대하여 입체해석(3차원 해석)을 수행하였고, 응력이 집중되는 다음의 장소에 대해서는 3차원 탄성 FEM(Finite Element Method)해석을 수행하여 구조의 타당성과 안전성을 조사하였다.

- Cable 하단정착부(下端定着部)
- Cable 상단정착부(上端定着部)
- V-Leg 상단 우각부(上端隅角部)
- V-Leg 하단 지승부(下端支承部)

#### 라. 사용재료

사용재료는 앞에서 언급하였듯이 강재를 사용하였으며 자중의 감소를 위하여 주부재에 대해서는 고장력강(SWS490Y, SWS520)을 사용하고 부부재에 대해서는 SWS400B를 사용하였다.

#### 마. 접 합

강교의 공장 제작시의 접합은 원칙적으로 용접 접합을 하는 것으로 하였으며 현장에서의 접합은 시공성과 품질관리가 양호한 Torque Shearing Bolt를 사용하는 볼트접합으로 설계하였다.

#### 바. 도장

강구조물에서 가장 취약한 부식을 방지하기 위한 도장을 하는 방법에는 사용재료 및 조합에 따라 여러 가지가 있으나 일부 방법을 제외한 대부분의 도장의 내구년한이 5 - 10 년정도로 짧아 유지보수 비용이 많이 드는 단점이 있다.

본 교량에서는 미국 NASA에서 개발하여 실용화한 Inorganic 계열의 Zinc rich 도장인 IC531을 사용하여 최소 15년은 별도의 유지보수가 필요없는 도장공법을 선정, 유지보수비용을 줄이고 강재의 부식으로 인한 단면의 감소를 최대한 억제하도록 하였다.

### 3.3 하부구조

하부구조는 상부구조에서 전달되는 하중과 지진에

의해 발생하는 하중, 바람, 유수(流水), 유목(流木) 등에 의해 발생하는 하중을 확실하게 지반에 전달하여 구조체를 안전하게 지지할 수 있는 구조로 다음과 같이 설계하였다.

#### 가. 교좌 장치

교좌 장치는 상부구조에서 발생하는 하중을 하부구조에 효과적으로 전달하는 것으로 철도교에는 일반적으로 많이 사용되고 있는 Pot Bearing을 사용하고 도로교용 교좌 장치는 상부구조가 라멘 형태의 구조로 온도변화와 지진시에 발생하는 수평력(약 700 ton)과 연직력(약 3,000 ton)을 지탱할 수 있는 교좌 장치로 설계하였다.

#### 나. 교 각

교각의 기둥은 벽식 교각에 비해 큰 연성능력(Ductility)과 여유력(Redundancy)을 갖는 다주식(多柱式)으로 설계하여 지진시에 대비하였고, 또한 내부에 격벽을 두는 외양은 벽식(壁式)인 모양으로 설계해 평시에는 유수의 저항을 최소화 하고 미려한 외관으로 주변과 조화를 이룰 수 있도록 하였다.

#### 다. 기 초

기초는 상부구조로 부터 전달되는 하중을 지지 지반에 안전하게 전달할 수 있도록 지지층의 확인과 근입이 확실한 우물통 기초로 하였다. 우물통의 규모는 유수저항을 고려하여 12m×18m 크기의 타원형으로 하고, 근입깊이는 온도변화나 지진시에 발생하는 최대 수평하중에 대해 전면지반반력이 충분히 안전한 깊이로 설계 하였다.

### 3.4 포 장

상부 도로교의 포장은 포장면이 강상관형이므로 강상관형교의 교면포장에서 우수한 성능을 발휘하는 Guss Asphalt 포장을 검토하였으나 설계 당시에는 국내생산이 어려운 관계로 고무혼입 아스팔트 콘크리트 포장(Latex 포장)으로 설계를 하였다. 현재는 Guss Asphalt의 국내 공급이 가능한 상태인 바 이의

사용을 검토중에 있다.

### 3.5 설계에 대한 검증

설계에 대한 구조적 안정성에 대한 검토를 위하여 아래의 회사에 독자적으로 설계 검토를 의뢰하여 설계에 대한 검증을 받았다.

- 미국 PARSONS BRINKERHOFF사의 설계 검토 (당사 자체 시행)
- 프랑스 SOCOTEC사의 설계 검토 (발주처 시행)

## 4. 시 공

본 공사는 설계·시공 일괄 입찰 방식(Turn Key 방식)에 의한 공사수행으로 경제적인 설계를 위해 최적 설계를 하여 여타 설계와 달리 설계여유가 충분하지 못하므로 시공시 고도의 품질관리가 요구되고 있다.

따라서 각 시공단계별 시공계획을 수립하여 시공시의 응력변화를 검토, 시공시에 예기치 못한 과도한 응력이 발생하지 않도록 하고 있으며, 실질적인 공정관리를 수행하여 공기내에 만족할만한 품질의 구조물을 경제적으로 만들기 위한 노력을 하고 있으며 완벽한 시공을 위하여 각 공종별로 검토 시행한 시공 방법에 대해 약술하기로 한다.

### 4.1 하부공

#### 가. 개요

한강의 수상부에 설치되는 하부공은 우물통 기초와 교각으로 이것을 시공하기 위해서는 장비, 자재, 작업원의 진출입을 위한 진입로 시설과 우물통을 육상작업으로 하기 위한 축도시설이 필요하다.

#### 나. 진입도로

우물통 및 교각을 시공하기 위한 장비, 자재, 인원의 진출입을 위한 시설은 당초 일반적으로 사용되고 있는 토사 가도와 유수의 흐름을 위한 일부구간의 가교로 설계하였으나, 토사 가도의 설치 철거로 인한 한강의 오타 발생 및 유수의 정체로 인한 오염 발생, 홍수시의

유수단면 축소 등을 예방하기 위하여 전 구간에 대해 가교를 설치하는 것으로 변경하여 시행 하였다.

또한 가교는 일반적으로 사용하고 있는 말뚝기초에 의한 가설이 아닌 폭 6m, 길이 12m의 조립식 가교를 설치하는 것으로 하여 육상에서 제작 조립된 가교를 트레일러 및 대선으로 운반 설치하여 공기를 단축하고 작업의 효율성을 극대화 하였다.

조립식 가교 설치시에 우려했던 홍수시의 하상 세굴로 인한 가교의 침하 및 변형은 팔당댐 방류량 25,000ton/sec에서도 부분적인 세굴과 일부 복공판의 유실 피해만 입었을 뿐 별 다른 이상없이 공사를 끝낼 수 있었다.

#### 다. 우물통

본 교량의 기초는 우물통 기초로 되어 있는 바 우물통의 지지 지반까지의 근입은 물론 수평력에 의한 지반의 전면(前面)지반반력이 상당히 크게 요구되어 암반층(연암, 경암)을 3-4 M 정도 근입시켜야 한다.

또한 우물통 주변의 지반은 흐트러지지 않은 상태로 유지되어야 설계시의 의도대로 전면지반반력을 기대할 수 있으므로 지반의 이완을 최소화 할 수 있는 공법의 채택이 요구되고 있다.

우물통 기초의 특성상 주변지반의 이완을 최소화 하면서 암반층을 근입시키는 것이 상당히 어려운 관계로 이의 시공방법에 대해 다양하게 검토한 결과 우물통이 암반에 도달시 우물통 내부를 양수한 후 육상 친공하여 제어 발파를 시행하는 것이 가장 효율적으로 정밀시공이 가능하여 이를 채택 시공하였다.

수상에서 우물통을 설치하기 위해서는 통상 축도공법(築島工法)을 많이 사용하는데 이러한 축도공법을 사용할 때 하천 수질의 오타발생과 유수의 흐름에 지장을 초래하여 당 현장에서는 이를 개선하여 <Pontoon을 이용한 우물통 시공방법 개선>으로 신기술 지정(제54호 '95.3.13)을 받았으며 현재 특허 출원중('95.2.20 출원번호 제 95-3202호)에 있다.

#### 라. Pontoon을 이용한 우물통 시공방법 개선

<그림 2 축도 단면 비교>

Pontoon을 이용한 우물통 시공방법은 우물통 공사

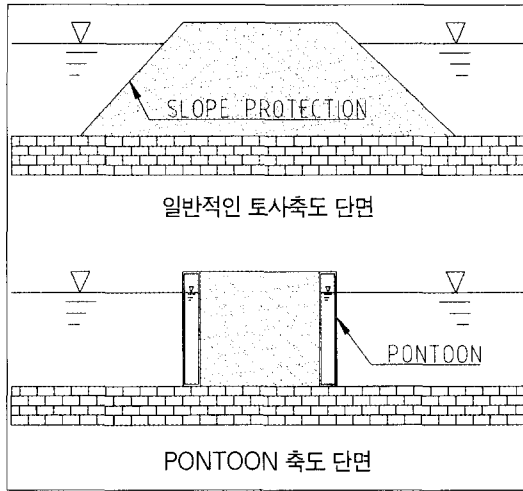


그림 2. 축도 단면 비교

에 이용되는 일반적인 축도 대신 강제부상함체(Pontoon)를 제작하여 이 함체사이에 주변 준설토사를 채워 축도를 대신하는 것으로,

- 축도 범면부를 없애므로써 외부 토사 반입시공시의 수질 오염, 토사 유실 등에 의한 한강의 수질 오염발생을 막고,
- 축도공사시 필요한 토사의반입, 반출이 불필요해지고,
- 불필요한 축도 범면부가 없으므로 이에 따른 시공물량이 감소되고,
- 범면보호를 위한 시설이 필요없고 또한 홍수시에도 토사유실의 우려가 없으며,
- 토사 반출시 배수를 위한 임시적치 등이 필요치 않고 토사 반입 반출에 따른 2차적인 문제를 근본적으로 해소 할 수 있다.
- 또한 상부 강교 가설시의 대형BARGE선(3000톤급)의 운행에 필요한 수심을 확보하기 위한 준설작업이 동시에 시행되어 공사기간의 대폭 단축이 가능하여 직,간접적인 원가절감을 도모하였다.

마. 교각 및 교좌장치

교각의 설치는 철제 거푸집을 사용하여 시공하였으며 수화열로 인한 균열을 감소시키기 위해 Cooling Pipe를 설치하여 콘크리트 내부 온도를 낮추도록 하

였고, 교좌장치의 설치는 교좌장치가 대형(2000mm x 2600mm)인 관계로 무수축 그라우트 시공에 따른 문제점을 해소하기 위해 여러번의 시험 시공후 모르타 펌프를 이용하여 무수축 그라우트를 타설하였다.

바. 세굴방지공

홍수시의 우물통 기초 주변의 세굴을 방지하기 위하여 사석으로 우물통 주변에 보호공을 하도록 설계되어 있다.

그러나 한강상의 세굴에 대한 조사 자료가 없어 기 설계된 사석 보호공의 설계 타당성에 대한 것이 검증이 어려운 관계로 현재 명지대학교 여운광 교수팀과 협력하여 세굴에 대한 실시간 계측을 시행하고 있으며 이에따라 세굴방지공을 재검토하여 시행할 예정이다.

4.2 상부공

가. 개요

상부공의 시공은 교량의 형태가 대칭구조로 되어있어 강교의 설치도 대칭되게 시행하여 시공중에 발생하는 초과응력 및 잔류응력이 최소가 되도록 계획하여 시공하였다.

이를 위하여 다음과 같이 3단계로 구분하여 강교가설이 되도록 하였다.

제 1 단계(Stage I) : 강북구간 도로부 174m, 지하철 240m 시공

제 2 단계(Stage II) : 강남구간 도로부 174m, 지하철 240m 시공

제 3 단계(Stage III) : 중앙구간 도로부 312m, 지하철 180m 시공

또한 각 단계별로 시공되는 부분도 좌우가 대칭이 되도록 시공한다.

나. 강교의 제작 및 운반

당 현장에 가설되는 강교는 삼성중공업 거제조선소에서 <그림 4>에서와 같은 흐름에 따라 제작되어 인천항 까지는 해상 운송으로, 인천항에서 현장까지는 육상 운송으로 운반하고 있다.

### 축도용 Pontoon 작업 순서도

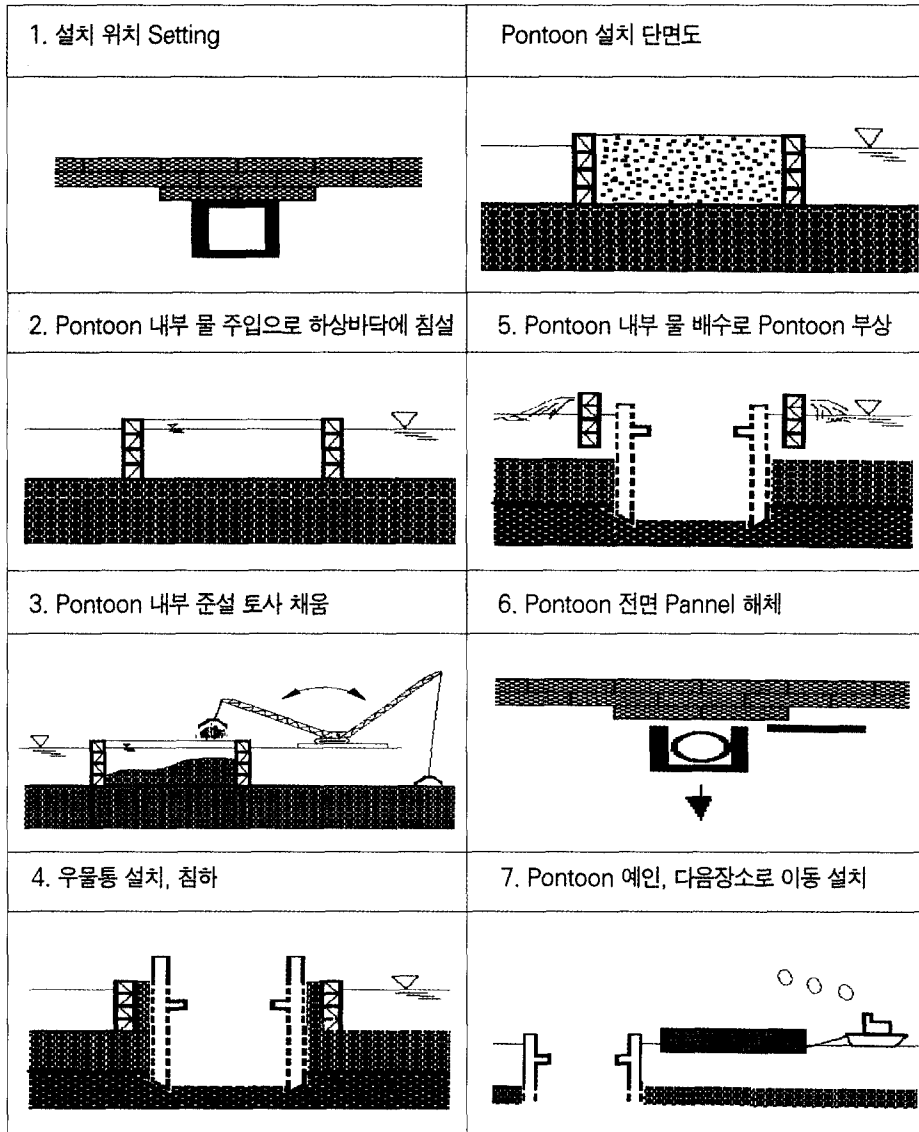
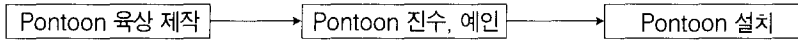


그림 3. 축도용 Pontoon 작업 순서도

다. 강교의 블록 조립  
 운송된 강교는 조립장에서 설치 가능한 최대한의 크기로 조립을 시행하여 검사를 시행하고 설치 순서

에 의해 가설을 시행한다.

라. 강교 및 케이블의 설치

블록별로 조립된 강교는 설치 순서에 따라 수상 크레인(Floating Crane 200 ton)으로 운반 설치한다. 조립 및 설치에 사용되는 장비는 <표 1>과 같다.

### 4.3 포장공

강상판에서의 포장은 콘크리트 상판에 비해 상대적으로 낮은 강성(剛性)으로 인해 활하중에 의한 처짐이 상당히 크게 일어나므로 강상판의 마모 표층 혼합물은 경량성과 피로 저항성이 상당히 큰 것이 요구되고 있으며 시공시의 엄격한 품질관리가 요구되고 있다.

강상판에서의 포장은 통상 1회 시공에 의한 공용 수명이 10년을 넘지 못하는 것으로 알려져 있으나 당현장에서는 각 층(방수층, 접착층, 레벨링층, 마모표층)별로 시공시 엄격한 품질관리와 시험시공을 통한 문제점을 사전 파악하여 시공에 만전을 기하도록 할 예정이다.

## 5. 결 언

설계 시공 일괄 입찰방식에 의해 건설되는 본 공사는 설계단계에서 시공팀이 참여하여 시공성을 감안한 경제적이면서 합리적인 설계가 되도록 노력하였다.

강구조물에서의 취약점인 부식을 방지하기 위해 새로운 도장방식을 도입하고 지진시에도 안전이 확보될 수 있도록 내진설계를 하는등 건설 분야의 관련 기술을 한단계 높일수 있는 계기가 되어 당초 의도한 설계 시공 일괄 입찰방식의 목적에 부합할수 있는 구조물을 만들기 위해 관련

자들은 애쓰고 있다.

한강상에 최초의 복층 교량을 건설한다는 자부심과 후대에 부끄러움이 없는 자연과 조화된 구조물을 만들기 위해 시공에 임하는 모든 이들은 최선을 다하고 있다.

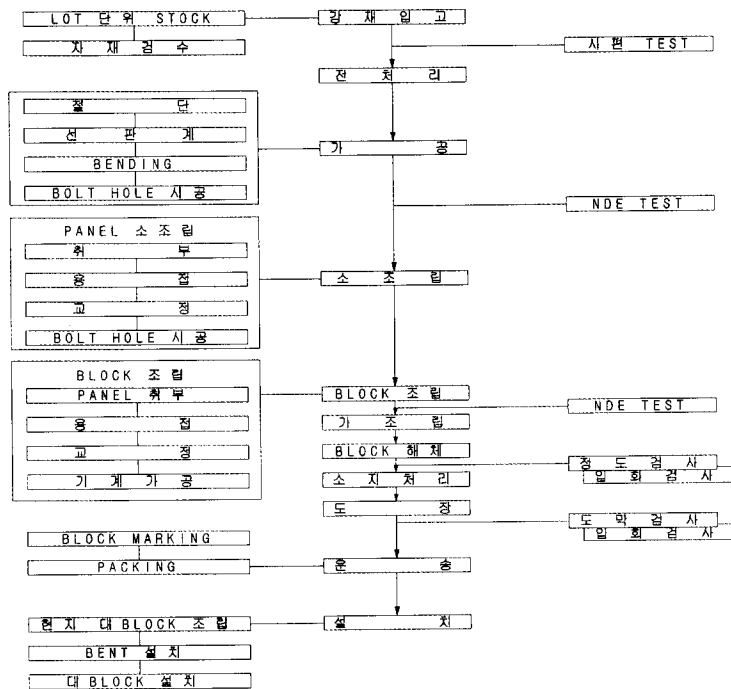


그림 4. 강교 제작 흐름도

표 1. 강교 조립, 설치용 장비

NO	장비명	규격	수량	주작업내용	비고
1	Floating Crane	200 ton	1	중, 대Block 운반 및 설치	boom : 77m
2	Crawler Crane	150 ton	2	소부재 Block 조립	
3	Fork Lift	7.5 ton	1		
4	Flat Bed Barge	4,000 P	1	Floating Crane 탑재	
5	Tug Boat	530 HP	1	Barge 예인	
6	Tug Boat	930 HP	1		
7	Generator	150 KVA	4	Floating Crane Winch 가동	
8	Generator	75 KVA	2	용접 및 드릴링	
9	Air Compressor	250 HP	3	청소 및 도장	
10	Air Compressor	150 HP	2		