

# 국내 최초의 복층교량 청담대교

이 홍 수 우리 협회 회원  
 동부건설(주) 지하철 7-17공구현장 소장  
 건설안전기술사

## ■ 공사 개요 ■

- 공 사 명 : 서울지하철 7호선 7-17공구 건설공사
- 공사위치 : 광진구 노유2동~한강~강남구 청담1동
- 공사기간 : 1993. 12. 31 ~ 1998. 12. 31
- 공사금액 : 76,642백만원
- 시 공 자 : 동부건설주식회사
- 설 계 자 : 동부엔지니어링(주)
- 발 주 자 : 서울시 지하철건설본부
- 감 리 자 : (주)건화엔지니어링
- 공사내용

### - 지하철

- 설계하중 : P16(설계속도 80km/h)
- 총연장 : 2,220M, 폭 : 10.8M
- 지하 및 지상 노출구간 : 512.5M
- 고가 본선구간 : 520M
- 뚝섬유원지 정거장구간 : 165M
- 한강 통과구간 : 1,022.5M

### - 도시고속도로 및 Ramp 시설

- 설계하중 : DB24(1등교)
- 도시고속도로(왕복 6차선) : 1,050M, 폭 : 27.0M
- 강북 I/C : 2,352M

## 1. 머리말

청담대교는 도봉산~운수간을 연결하는 서울 지하철 7호선 중 건대입구 ~ 뚝섬유원지~청담동 구간과 강변북로와 탄천변 도시고속화도로를 연결하는 6차선 도로의 이중 구조 교량으로 건설된다. 현재 일부 구간은 집단민원으로 인하여 공사가 4년간 진행되지 못하고 있었으나 '97년 1월에 착공하였으며, 나머지 구간은 '98년 말에 준공목표로 하여 공사가 진행중이며 약 70% 정도의 공정율을 보이고 있다.

본 교량은 설계·시공 일괄입찰방식으로 수행되며 점증하는 도시교통난을 완화하고 효율적인 토지 이용과 균형있는 도시발전을 이룩하는 데 그 목적이 있다.

## 2. 설계

### 2. 1 설계 개요

본 공사는 설계·시공 일괄입찰방식으로 수행되므로 기본계획 검토 후 지하철도 및 도시고속도로의 기능이 원활이 이루어지도록 관련 분야를 고려한 토목, 건축, 설비, 전기, 통신, 궤도

분야의 설계를 당사가 수행하게 되어있는 바 지역여건 및 환경조건을 파악하고 지반조사를 행하여 선형을 계획하고 구조물을 계획한다.

선형계획은 지하철 시설기준 및 도시고속도로 설계기준에 따라 평면선형 및 종단선형을 계획하였고 구조물 계획은 전구간에 대한 일반 계획과 병행하여 추후 시공되는 인접 구간의 구조물과 상호 연결은 물론 배수, 환기 등의 제반 문제를 고려하여 경제적인 설계가 되도록 하였다.

한강을 통과하는 주교량부는 국내 최초의 복층교량으로 내진설계기준을 적용하였고 상부구조는 라멘구조의 강상판형교, 하부구조는 우물통기초로 설계하였다.

## 2.2 상부구조

### 가. 구조형식

상부구조의 형식 선정에 있어 하부 철도교와 상부 도로교를 일체로 하는 Truss 구조를 생각할 수 있으나 주변 경관을 고려하고 정기적으로 운행되고 있는 한강유람선의 선로 유지는 물론 많은 사람들의 시선을 끄는 대상물로서의 적절한 조화가 요구되어 상부 도로부의 구조형태를  $\pi$ 형 라멘구조로 구조형식을 선정하였다.

### 나. 경간 구성

경간의 구성은 교각을 기준으로 3연속 + 2연속 + 3연속의 라멘교 형식이며, V脚을 기준으로 보면 3連의 5연속 라멘교 형식이다.

또한 각 연속 라멘교간의 연속구조는 Gerber Hinge 구조로 설계하였다.

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

### 다. 구조해석

각 부재의 단면력을 산정하기 위한 구조해석은 각 구조체제별로 평면해석을 수행하였으며 활하중 편심재하시의 영향을 검토하기 위해 전체계에 대하여 입체해석을 수행하였고, 응력이 집중되는 다음의 장소에 대해서는 3차원 탄성 FEM(Finite Element Method) 해석을 수행하여 구조의 타당성과 안전성을 조사하였다.

- Cable 하단 정착부, 상단 정착부
- V각 하단 지승부, 상단 우각부

### 라. 사용재료

강재를 사용하였으며 자중의 감소를 위해 주부재에 대해서는 고장력강(SWS490y, SWS520)을 사용하고 부부재에 대해서는 SWS400B를 사용하였다.

### 마. 접합

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

### 바. 도장

강구조물에서 가장 취약한 부식을 방지하기 위한 방법에는 여러가지가 있으나 본 교량에서는 가장 일반적인 방법인 Sand Blasting/Shot Blasting 후 도장을 하는 것으로 하였다.

도장을 하는 방법에는 사용재료 및 조합에 따라 여러가지가 있으나 일부 방법을 제외한 대부분의 도장 내구연한이 5~10년 정도로 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 억제토록 하였다.

### 2.3 하부구조

하부구조는 상부구조에서 전달되는 하중과 지진에 의해 발생하는 하중, 바람, 유수 등에 의해 발생하는 하중을 확실하게 지반에 전달하여 구조체를 안전하게 지지하는 구조로 되어야 하는 바 지지층의 확인과 근입이 확실한 우물통 기초로 하였다.

#### 가. 교좌장치

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

#### 나. 교각

교각의 기둥은 벽식 교각으로 설계할 경우 내진 설계시의 응답수정계수가 2로서 다주 가구시의 5보다 불리하므로 벽식 교각의 중간에 격벽을 설치하여 외모는 벽식 교각이나 지진시에는 다주 가구로 거동할 수 있도록 하였다.

#### 다. 우물통 기초

우물통 기초는 상부구조로부터 전달되는 하중을 지지 지반에 안전하게 전달할 수 있는 규모로 결정하였으며 유수저항을 최소화하기 위해 타원형(12M × 18M)으로 하고, 근입깊이는 온도변화나 지진시에 발생하는 최대 수평하중에

대해 전면지반 반력이 충분히 안전한 깊이로 설계하였다.

### 2.4 포장

상부 도로교의 포장은 포장면이 강상관형이므로 강교포장에서 우수한 성능을 발휘하는 Guss Asplatt 포장을 검토하였으나 국내 생산이 어려운 관계로 고무혼입 아스팔트 콘크리트 포장(Latex 포장)으로 설계를 하였다.

### 2.5 설계에 대한 검증

설계에 대한 구조적 안전성에 대한 검토를 위하여 아래의 회사에 독자적으로 설계검토를 의뢰하여 설계에 대한 검증을 받았다.

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

## 3. 시공

본 공사는 설계·시공 일괄입찰방식(Turn-Key)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 시공방법에 대해 약속하기로 한다.

### 3.1 하부공

본 교량의 기초는 우물통 기초로 되어 있는

바 우물통의 지지 지반까지의 근입은 물론 수평력에 의한 지반의 전면지반반력이 상당히 크게 요구되어 암반층(연암, 경암)을 3~4M 정도 근입시켜야 한다.

또한 우물통 주변의 지반은 흐트러지지 않은 상태로 유지되어야 설계시의 의도대로 전면지반반력을 기대할 수 있으므로 지반을 이완시키지 않는 공법의 채택이 요구되고 있다. 우물통 기초의 특성상 주변지반의 이완을 최소화 하면서 암반층에 근입시키는 것이 상당히 어려운 관계로 이의 시공방법에 대해 다양하게 검토한 결과 우물통이 암반에 도달시 우물통 내부를 양수한 후 육상 천공하여 제어발파를 시행하는 것이 가장 효율적으로 정밀시공이 가능하여 이를 채택 시공하였다.

수상에서 우물통을 설치하기 위해서는 통상 축도공법을 많이 사용하는데 당 현장에서는 이를 개선하여 Pontoon을 이용한 우물통 시공방법 개선으로 신기술 지정을 받았으며 또한 특허 출원(출원번호 제95-3202호, '95. 2. 20)하였다.(그림 1 참조)

### 3.2 상부공

#### 가. 개요

상부공의 시공은 교량의 형태가 대칭구조로

되어 있어 강교의 설치도 대칭되게 시행하여 시공중에 발생하는 초과응력 및 잔류응력이 최소가 되도록 계획하여 시공중에 있다. 이를 위하여 다음과 같이 3단계로 구분하여 강교가 가설되도록 하였다.

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

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

-제 3단계(Stage III) : 중앙구간 도로부 312M, 지하철180M 시공

또한 각 단계별로 시공되는 부분도 좌우가 대칭이 되도록 시공한다.

#### 나. 강교의 제작 및 운반

당 현장에 가설되는 강교는 삼성중공업 거제조선소에서 <그림 3>에서와 같은 흐름에 따라 제작되어 인천항까지는 해상 운송으로, 인천항에서 현장까지는 육상 운송으로 운반하고 있다.

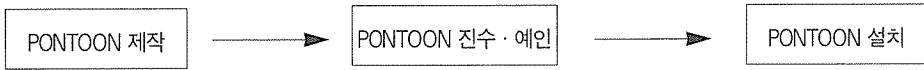
#### 다. 강교 및 Cable 설치

블록별로 조립된 강교는 설치 순서에 따라 수상 크레인( Floating Crane 200ton)으로 운반 설치한다.

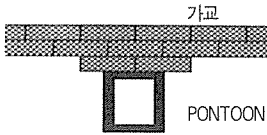
조립 및 설치에 사용되는 장비는 <표 1>과 같다.

표 1. 강교 조립, 설치용 장비

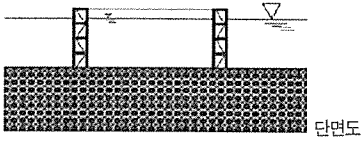
NO	장비명	규격	수량	주작업 내용	비고
1	Floating Crane	200ton	1	중, 대 Block 운반 및 설치	boom: 77M
2	Crawler Crane	150ton	2	소부재 Block 조립	
3	Fork Lift	7.5ton	1		
4	Flat Bed Barge	4,000P	1	Floating Crane 탑재	
5	Tug Boat	530HP	1	Barge 예인	
6	Tug Boat	930HP	1		
7	Generator	150KVA	4	Floating Crane Winch 가동	
8	Generator	75KVA	2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



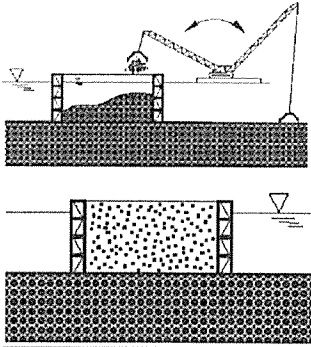
1. 위치 SETTING



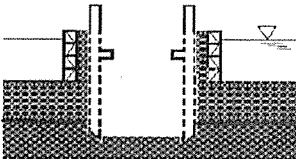
2. PONTON 내부 물주입으로 하상바닥에 침설



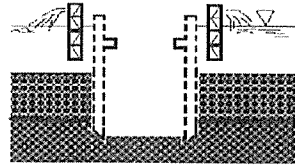
3. PONTON 내부 준설토사 채움



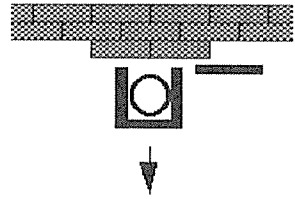
4. 우물통 설치 / 굴착



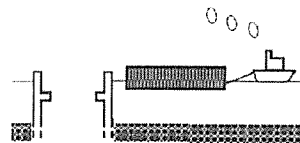
5. PONTON 내부 물 양수로 PONTON 부상



6. PONTON 전면 PANEL 해체



7. PONTON 해체 / 예인  
(다음 우물통으로 이동)



8. 우물통 완성

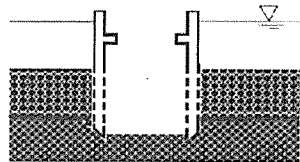
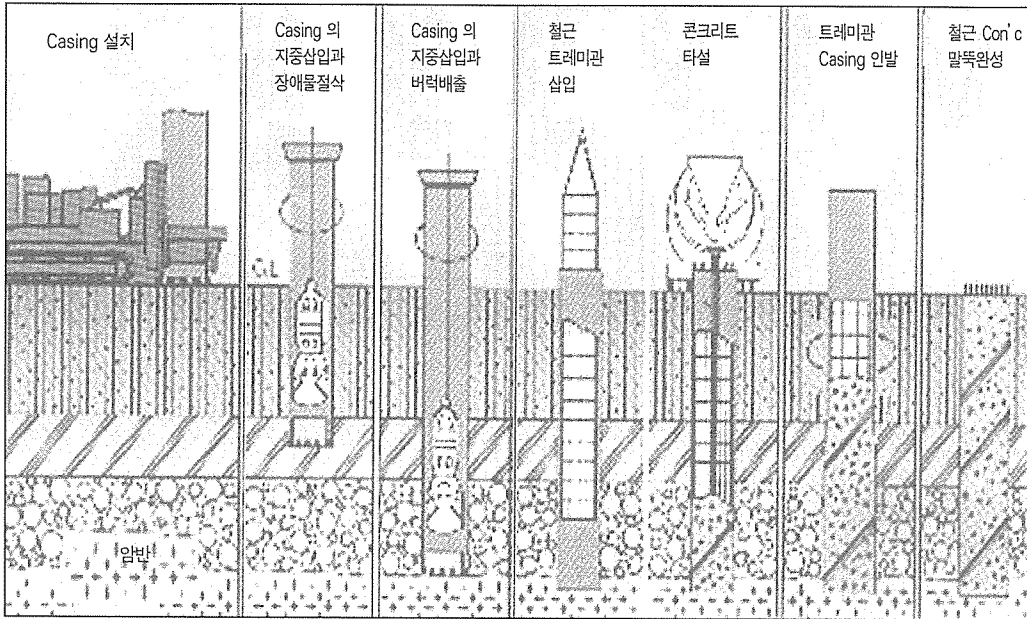
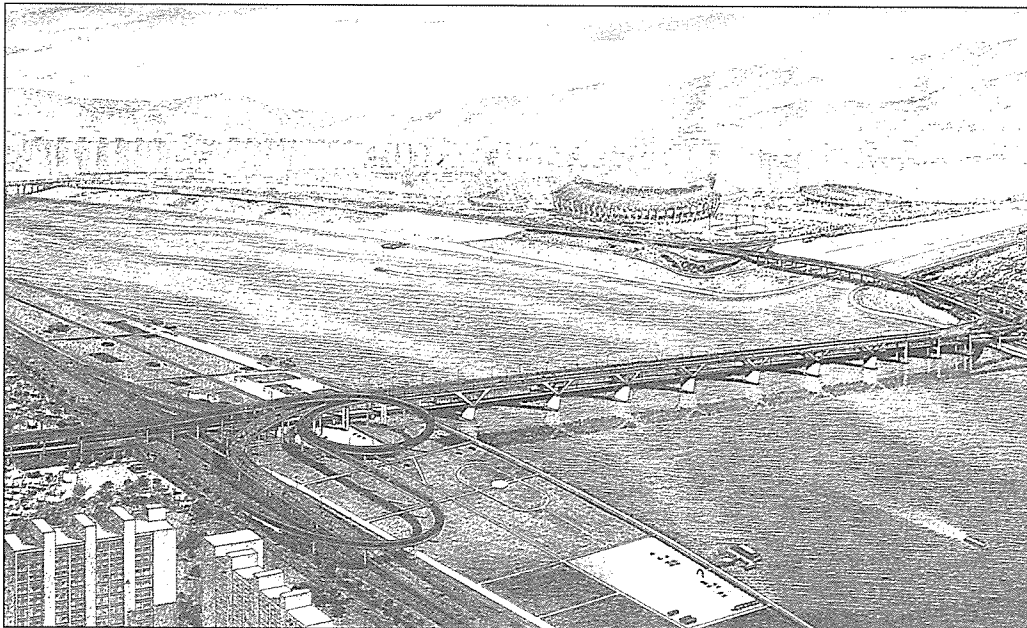


그림 1. PONTON 작업진행공정



- 특징 : OSCILLATOR, HAMMER GRAB과 CHISEL을 이용한 ALL CASING 공법
- 총수량 : 336본

그림 2. 대구경현장 타설말뚝 시공순서도



서울지하철7호선 7-17 공구 건설공사 : 교량 전경

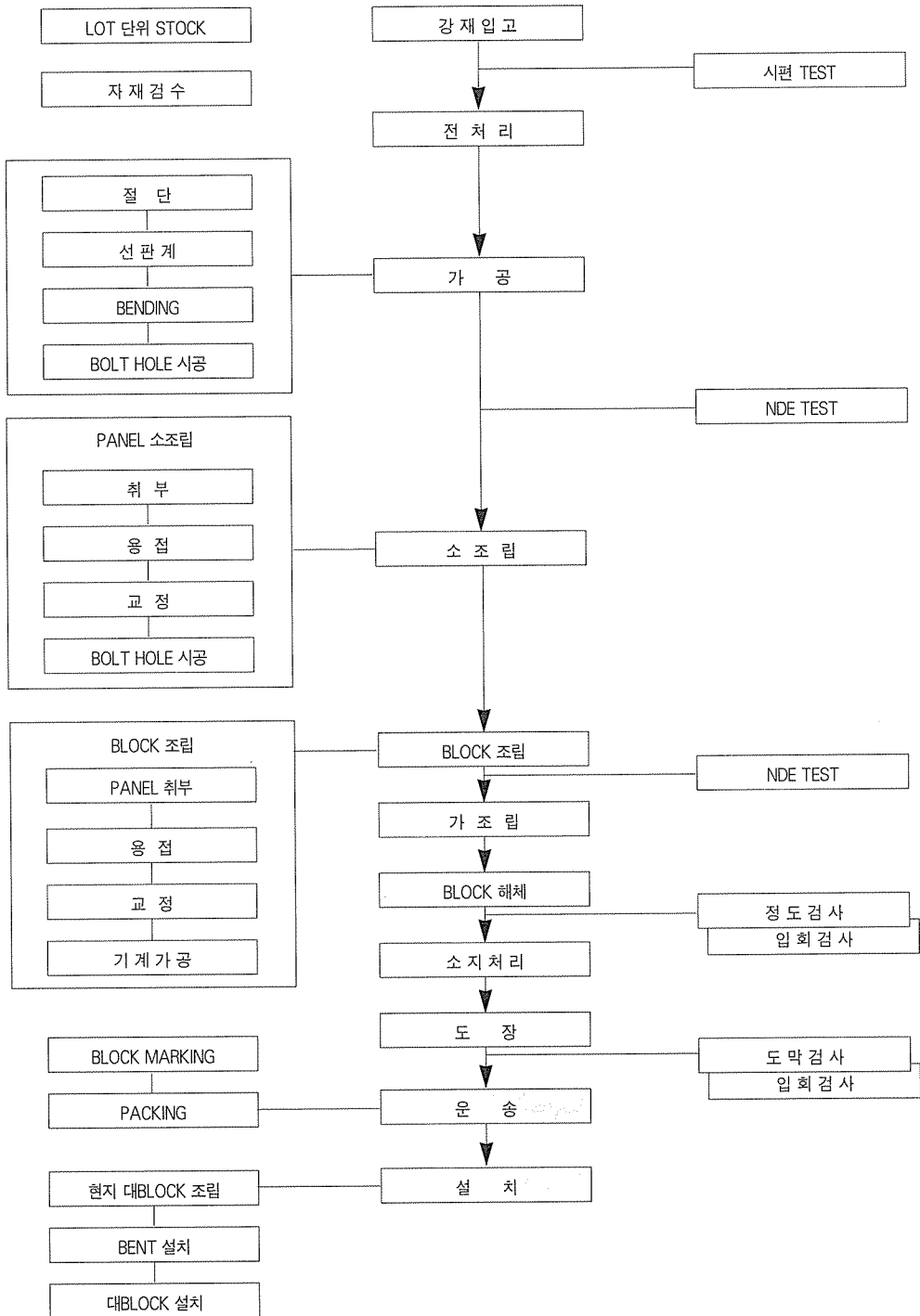


그림 3. 강교 제작 FLOW

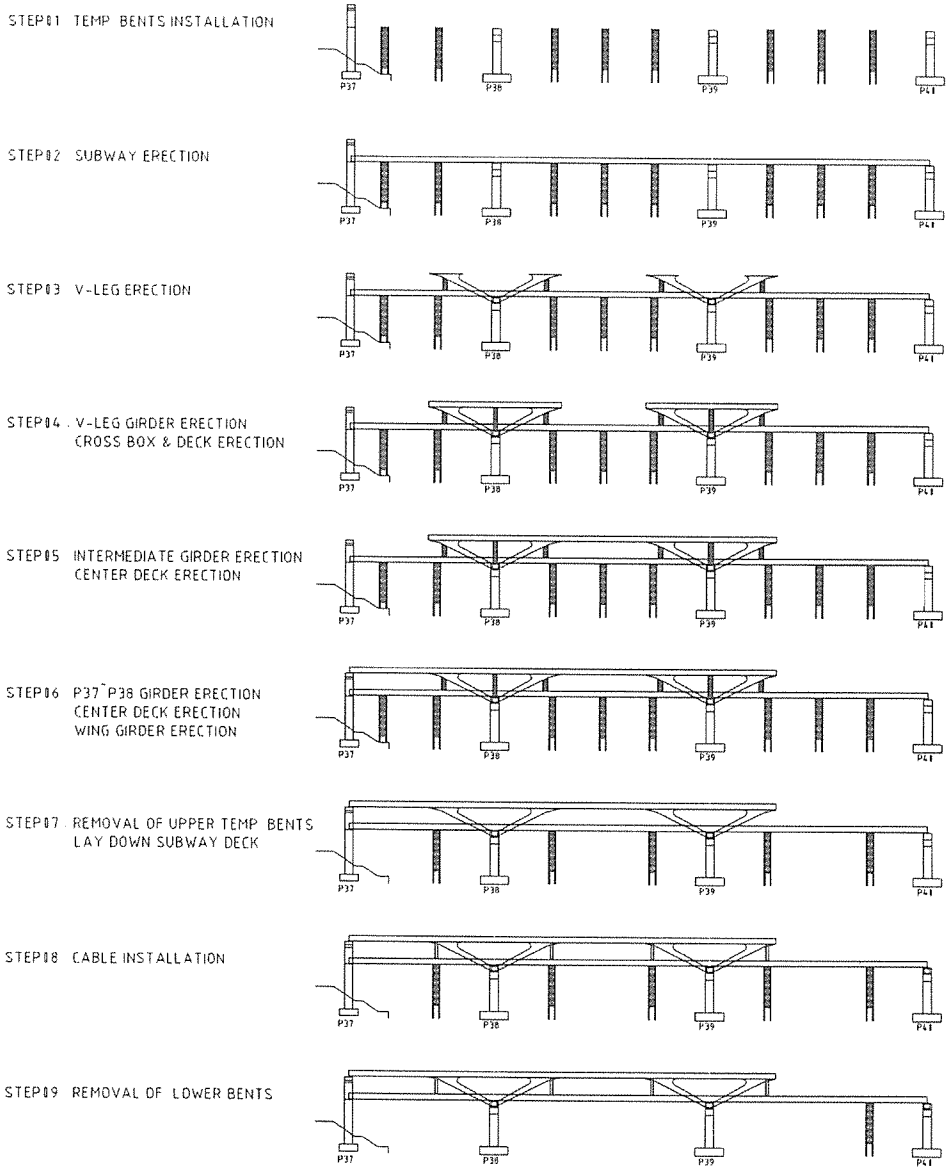


그림 4. stage I (예시)



### 3.3 포장공

강산판에서의 포장은 콘크리트 상판에 비해 상대적으로 낮은 강성으로 인해 활하중에 의한 처짐이 상당히 크게 일어나므로 강산판의 마모 표층 혼합물은 경량성과 피로 저항성이 상당히 큰 것이 요구되고 있으며 시공시의 엄격한 품질 관리가 요구되고 있다.

강산판에서의 포장은 통상 1회 시공에 의한 공용 수명이 10년을 넘지 못하는 것으로 알려져 있으나 당 현장에서는 각 층(방수층, 접착층, 레벨링층, 마모 표층)별로 시공시 엄격한 품질 관리와 시험시공을 통한 문제점을 사전에 파악하여 시공에 만전을 기하도록 할 예정이다.

설계·시공 일괄입찰방식에 의해 건설되는 본 Project는 설계 단계에서 시공팀이 참여하여 시공성을 감안한 경제적이면서 합리적인 설계가 되도록 노력하였다.

시공을 하면서 보완이 필요한 부분은 관련 기관과 협의하여 보완 후 공사를 수행하고 있으며 강구조물에서의 취약점인 부식을 방지하기 위해 새로운 도장 방식을 도입하고 지진시에도 안전이 확보될 수 있도록 내진설계를 하는 등 건설분야의 관련 기술을 한단계 높일 수 있는 계기가 되어 당초 의도한 설계·시공 일괄입찰방식의 목적에 부합할 수 있는 구조물을 만들기 위해 관련자들은 애쓰고 있다.

한강상에 최초의 복층 교량을 건설한다는 자부심과 후대에 부끄러움이 없는 자연과 조화된 구조물을 만들기 위해 오늘도 현장의 동부인은 열심히 땀 흘리고 있다.

## 4. 맺음말

### 평범한 수수께끼

옛날 그리스에 유명한 애꾸눈 장군이 있었다. 장군은 죽기 전에 자기 초상화를 남기고 싶었다. 그래서 이름난 화가들을 불러 초상화를 부탁했다.

그러나 화가들이 그려낸 초상화를 보고 장군은 못마땅하게 생각했다. 어떤 화가는 애꾸눈을 그대로 그렸고, 또 어떤 화가는 장군의 속마음을 짐작해 양쪽 모두 성한 눈을 그렸던 것이다. 장군은 애꾸눈의 자기 초상화도 못마땅했지만 성한 눈을 그린 것은 사실과 다르기 때문에 화를 냈다.

고민하고 있는 장군 앞에 아주 어리고 이름도 없는 화가가 장군의 초상화를 그려 보겠다고 나타났다. 장군은 미심쩍었지만 초상화를 남기고 싶은 마음에 허락했다. 그런데 이 무명 화가의 초상화를 보고 장군은 매우 흡족해 했다. 그 화가는 장군의 성한 눈 쪽의 옆모습을 그렸던 것이다.

그 무명 화가는 하나의 평범한 수수께끼를 푼 것에 지나지 않는다. 인생에는 여러가지 수수께끼가 있다. 그것들을 어떻게 풀어 나가는가 하는 데는 생활의 지혜가 필요하다.

작가 미상