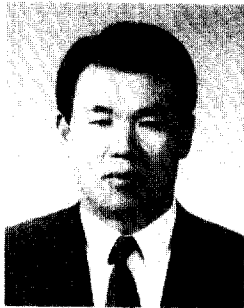


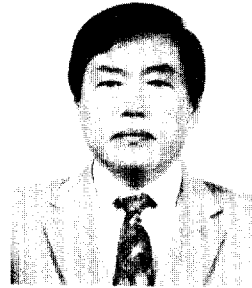
## 프리캐스트 세그멘탈 박스 거더 교량 공법

### Construction Method of Precast Segmental Box Girder Bridge

(Span by Span 공법 : 반포대교 - 성수대교간 강북 강변도로에 적용)



정 희 용\*



홍 완 기\*\*

#### 1. 서론

본 공법은 서울시 도시고속도로 노선중 내부순환도시 고속도로의 일부인 [강변도시고속도로] 반포대교북단 - 성수대교간 한강우안을 따라 건설되는 교량건설에 적용된 공법으로 1989년 10월에 착공하여 현재 활발히 공사를 추진중에 있다.

Span 길이 40~60m의 PC 콘크리트교량은 비게나 동바리 등을 이용한 현장타설콘크리트 BOX식을 주로 이용하여 왔으나 본 공사구간에서는 Segmental balanced Cantilever 방법으로 시공한 외국의 경험을 통하여 MSS 공법의 장점과 Precast Segmental 공법의 장점을 복합한 Span by Span Segmental 공법을 적용하여 이에 대한 설계 및 시공시 검토되어야 할 사항을 간략히 소개하고자 한다.

Segmental Construction이란 Precast된 Segment를 Posttension함으로써 콘크리트 구조물을 조립하는 工法으로 일정한 길이로 分割된 上部部材인 세그먼트를

공장에서 제작하여 架設現場으로 運搬, 크레인 등의 架設裝備를 이용, 上部構造를 완성하는 工法이다. Precast Segmental 工法에 의한 최초의 橋梁은 1945~1950년에 걸쳐서 프랑스의 Marne 江에 架設된 Esbly橋이며 그 後 Choisy-Le-Roi橋, Pierre-Benite 橋 등 프랑스를 중심으로 많은 工法의 發展을 가져왔다.

Span by Span Segmental 工法은 한쪽 교대에서 시작하여 다른쪽 교대방향으로 진행해 나가며 각 경간은 프리캐스트 세그먼트를 조립연결하여 교각과 교각사이를 건설해 나간다. 각 세그먼트는 Pier Bracket에 의해 지지되는 Assembly Truss위에 거치, 移動 및 배열하여 Longitudinal Prestressing 作業을 완료한 후 1경간씩 建設해 나가는 工法이다.

#### 2. 공법의 특징

##### 2.1 일반적인 사항

- 1) 장대교량이면서 比較的 長 Span(L=40~50m)일 때, 工事費 및 施工 速度 側面에서 매우 유리하다.
- 2) 支障物(특히 河川 및 鐵道橫斷) 통과시 유리하다.


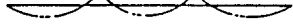


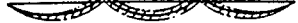
\* 한국종합기술개발공사 부사장, 구조기술사

\*\* 한국종합기술개발공사 감리단장, 시공기술사

- 3) 취급이 便利한 치수 및 重量으로 세그먼트를 분할할 수 있으므로 施工이 容易하다.
- 4) 工場(Casting Yard) 製作方式으로 品質管理 및 人力管理가 容易하다.
- 5) 세그먼트製作 및 貯藏을 위해 넓은 장소가 需要하다.
- 6) 세그먼트製作을 下部工事와 併行하여 實施할 수 있으므로 現場打說 方式에 비해 工期를 단축시킬 수 있다.
- 7) 세그먼트의 製作, 運搬, 架設을 위해 比較的 大型의 裝備가 需要하다.
- 8) Span by Span工法은 다음 條件이 要求될 때 고려될 수 있다.
  - 橋梁길이가 可能하면 2km 以上이고 Span 길이가 대략 40~50m 일때
  - 美觀上, 維持補修上 單純支持形式이 맞지 않을 때
  - 施工의 簡便性이 要求되고 빠른 施工速度가 要求될 때
  - 工事費의 節減效果를 기하고자 할 때

## 2.2 구조해석상의 특징

- 1) 架設時와 完工後에 대하여 檢討하고 콘크리트의 強度, 단성계수, 크리프, 乾燥收縮 등의 時間에 따른 變化를 考慮하여 設計한다.
- 2) 正確한 荷重組合에 의하여 不利한 경우에 대하여 극한강도로 韌 및 전단설계에 留意해야 한다.
- 3) 斷面의 幾何學의 特性에 따른 유효폭, 斷面的, 斷面 2次 모멘트, 중립축 등을 算定하여 利用하고 중립축 變化時 이를 考慮한 해석이 이루어져야 한다.
- 4) 架設時의 施工段階別 검토가 이루어져야 한다.
- 5) 可能한 한 모든 콘크리트部材에 壓縮力이 발생하도록 설계한다.
- 6) 曲線橋梁일 경우 曲線의 影響을 考慮하여 설계한다.
- 7) 프리캐스트 세그먼트를 Assembly Truss 위에 단순보로 架設한 후 支點上에서 Tendon을 겹쳐서 연결(Overlapping)하여 연속보로 만든다.

- a. 단순보의 휨모멘트도 
- b. 연속보의 휨모멘트도 
- c. Pre-Cast Segmental工法(Span by Span 工法)
  - 1Span 
  - 2Span 
  - 다경간 

주) Span by Span 工法에 의한 휨모멘트는 사선부의 범주내에서 變化한다.

## 3. 공사개요

### 3.1 개요

- 1) 위 치 : 반포대교북단~성수초지
- 2) 교량연장 : Precast Segmental 공법구간 3200m (Span 50m)
- 3) 교 폭 : 17.4m(4차선)
- 4) 공사기간 : 89.10~93.12
- 5) 공 사 비 : 382억
- 6) 교량단면도

### 3.2 설계기준

- 1) 교량등급 : 1등교(DB24, DL24 하중)
- 2) 설계속도 : 80km/HR

### 3.3 사용자재(상부공)

- 1) 콘크리트 :  $\sigma_{ck} = 450 \text{ kg/cm}^2$
- 2) PC강연선 : SWPC 7B(1종)
- 3) 철 근 : SD40
- 4) 가설강재 : SWS 50, SWS41
- 5) 특수자재 : HDPE TUBE(SHEATH)
  - Dywidag bar (precast 조립용)
  - Freyssinet corn(정착장치)
  - Hilman roller(precast 이동 및 가설재 받침용)

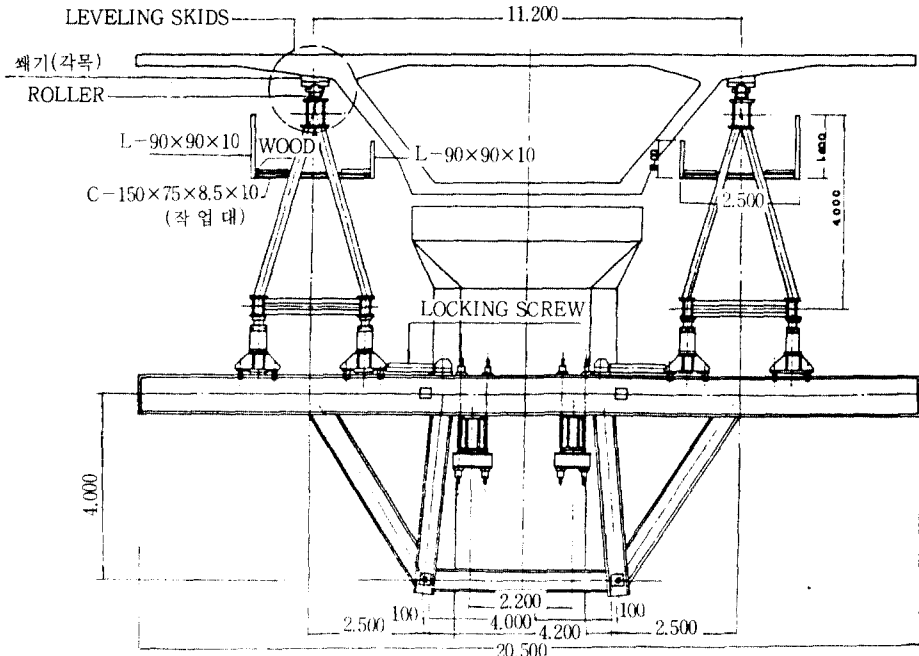


그림 1. 가설단면도

#### 4. Precast Segmental 교량설계시 고려사항

면구성 및 확폭단면 결정 필요

##### 4.1 계획적인 측면

##### 4.1.1 현장여건을 고려한 선형측면

- 1) 가설공법에 따른 형하공간 및 교량상부로부터의 지장물간의 공간이 확보되어야 한다. Span by Span 공법의 경우 형하공간이 8m 이상유지가 필요하고 상부는 차량통과에 따른 4.5m 유지면 가능하다. 가설방법중 상부가설방법일 경우는 상부의 공간이 8m 이상 필요.
- 2) 평면선형은 가능한 단곡선이거나 직선으로 설치하는 것이 좋으며 최소곡선반경은 가설트러스의 이동 및 Pier Bracket의 크기에 영향을 미치므로 최소곡선반경은 큰 것이 좋다(본 공법 적용구간의 최소곡선반경은 408m임).
- 3) 종단선형 및 편구배는 precast의 기하구조관리에 중요하므로 완만한 종단곡선과 편구배 변화구간이 완만해야하고 일방향편구배로 설치해야 한다.
- 4) 공간구간중 확폭구간 등이 발생할 경우 시공순서의 검토 및 BOX 단면의 변화가 최소가 되도록 단

##### 4.1.2 경제적인 측면

Precast Segmental 공법의 특징상 초기투자비가 과대하게 소요되므로(제작장설치, 강재거푸집, 가설트러스, pier bracket 등) 동일단면의 구조물을 대량생산하여 최대한 많이 이용하기 위해선 교량연장이 2km 이상 구간에 적용함이 타당하다. 또한 경간은 40~50m로 구성함이 경제적이다.

##### 4.1.3 미관측면

형하공간 및 주변경관에 조화를 이룰 수 있는 Span 구성과 단면구성이 되도록 계획하여야 함.

##### 4.1.4 제작장 설계

##### 1) 제작장의 위치선정 요건

- a. 세그먼트를 架設地點까지 運搬하기에 용이한 지점
- b. 가능한 한 架設地點과 가까운 橋梁延長線상에 설치
- c. 각종 機資材의 搬入·入이 용이한 장소

- d. 地盤이 평탄하고 견고한 지역
- 2) 製作場의 所要面積 算定時 고려할 사항
  - a. 製作場 設置 位置의 입지조건
  - b. 橋梁의 形式, 規模, 세그먼트 製作 所要日數 및 架設工程 등에 따른 建設工期 考慮
  - c. 세그먼트 製作 方式,
  - d. 세그먼트 製作, 運搬, 貯藏 및 이에 수반되는 製作設備가 차지하는 面積을 考慮
  - e. 作業工程에 따라 최소한의 作業動線 및 쾌적한 作業環境을 형성할 수 있도록 충분한 作業空間을 확보할 것.

- 3) 製作場에 配置되는 주요 설비
  - a. 세그먼트 製作에 따른 설비
    - 거푸집 및 P.S콘크리트 양생에 따른 설비
    - 鐵筋, PS鋼材, Sheath 등의 保管·加工·組立場
    - 品質管理에 필요한 諸般 설비
    - 콘크리트 및 骨材供給에 따른 Batch Plant설비 설치 여부
    - Survey Tower e.t.c
  - b. 세그먼트 運搬, 貯藏에 따른 설비
    - 效率의 作業工程과 密接한 關係가 있으며 現場 與件에 따라 설치하면 된다.(Gantry Crane, Tower Crane, e.t.c)
  - c. 기타
    - 레미콘車 및 機資材 運搬車의 搬入路
    - 세그먼트 運搬用 크레인의 軌道 및 搬入路
    - 管理者 宿泊施設 e.t.c

4) 作業工程에 따른 製作場의 합리적 배치  
 作業의 效率과 密接한 關係가 있으며 특히 세그먼트 製作場과 貯藏場을 一直線에 연속하여 배치하여 機械의 搬出은 용이하게 하는데 重點을 두어 배치하여야 한다.

#### 4.1.5 Segment 제작방법

Segment 제작방법은 교량의 형상이나 공기 및 현장여건을 감안하여 결정되어져야 하며 일반적으로 도시지역의 경우 제작장의 공간부족 등으로 Match cast



사진 1. 교량상판 Segment 제작장 전경

방식의 Short line 방식이 채택되고 있으며 본 공사구간도 이를 적용하였다. 제작방식을 비교하면 다음 표1과 같다.

#### 4.1.6 Segment 운반

세그먼트 製作場(Casting Yard)의 위치는 세그먼트 運搬方法에 따라 위치가 결정된다. 세그먼트는 ① 육로 혹은 水路로 運送되거나 아니면 ② 미리 건설된 上部바닥판을 따라 運送된다. 첫번째 方法은 製作場을 선택하는데 유연성을 가지지만 두번째 方法은 한쪽 끝에서 製作場을 만들어야만 일의 일관성이 주어진다. 運送裝備는 세그먼트의 크기와 重量에 따라 決定되며 본 공사에서는 가도를 축조하여 육로수송 方法을 채택하였다.

수송장비는 트레일러나 특수장비에 의해서 이동한다.

#### 4.1.7 가설공법

Precast Segmental 공법의 가설방법으로는 일반적으로 교량의 상면으로 가설트러스가 위치하여 Segment를 거치조립하는 Above Type과 교량의 하면에 가설트러스가 위치하여 시공되는 Below Type과 가설트러스를 이용치 않고 교량상면을 이용하는 Temporary stay cable에 의해서 Segment를 가설하는 방법으로 구분될 수 있는데 이의 선택방법은 현장여건, Segment 중량 등을 감안하여 선정돼야 한다.

본 공사구간에서의 가설공법은 Below Type으로 2

표1. 제작방식 비교

구분	제작방법	Match Cast 방식	
		Long Line 방식	Short Line 방식
특 징	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 세그먼트를 개별적으로 製作</li> <li>· 세그먼트 이음부의 幅은 0.15~1.0m 범위의 것이 많이 사용됨.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 最終 上部構造의 Profile이나 Camber로 製作場에서 그대로 재생 시켜 Long Line Bed에서 타설하는 방식</li> <li>· 하나 또는 둘 이상의 Form 이 이동 하면서 타설.</li> <li>· 소단면에 적합.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 製作 Form은 固定</li> <li>· 세그먼트가 打設位置, Match 位置, 貯藏場所로 이동함.</li> <li>· Match 位置에서 既製作된 세그먼트는 接合部の Form work 역할을 함.</li> <li>· 대단면에 적합.</li> </ul>
장 · 단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 이음콘크리트가 완전히 硬化한 後에 Prestressing하여 接合함으로 시공법이 간단하다.</li> <li>· 시공속도가 느리다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Bed 設置가 쉽고 Geometry 管理가 용이</li> <li>· Form해체 후 세그먼트를 이동 시킬 필요가 없다.</li> <li>· Casting Bed에 큰 공간이 필요</li> <li>· Casting Bed 基礎가 沈下 되거나 변형되면 안된다.</li> <li>· Form work은 이동성이기 때문에 타설장비나 Curing 장비도 이동성이어야 함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 모든 作業工程이 좁은 공간에서 中央 集中의으로 일어난다.</li> <li>· Match 세그먼트의 위치를 조정함으로써 수직 · 수평 Curve 및 비틀림변위도 처리가능.</li> <li>· Match 세그먼트의 위치가 정확해야 함으로 정확한 측량과 생산관리가 필요하다.</li> </ul>

개의 삼각트러스가 교각의 Bracket에 의해 지지 되도록 하여 트러스위에 Segment를 거치조립하도록 되어 있다.

트러스의 이동은 자동Winch에 의해서 이동되며 (2Span 트러스) 곡선구간에서는 Pier bracket의 길이를 조절하여 트러스가 이동할 수 있도록 하였다.

#### 4.2 구조적인 측면

##### 4.2.1 콘크리트의 설계기준강도

Precast Segmental 공법의 공사비는 교량의 연장에도 관계되나 Segment의 길이 및 중량에 밀접한 관계가 있으므로 교량공사의 공사비를 절감하기 위하여는 Segment의 중량을 감소시켜야만 되는바 고강도 콘크리트가 요구된다. 고강도 콘크리트를 사용하므로써 단면두께를 감소시킬 수가 있으며 또한 적은 단면이므로 적은 긴장력에 의해서도 높은 압축력을 도입할 수 있어 유리하다.

그리하여 본 공사구간에서는 설계기준강도를 450kg/cm<sup>2</sup>로 설계하여 시공하고 있다.

##### 4.2.2 단면구성

- 가능한 한 단면두께를 줄이도록 하고 Web의 갯수를 줄이도록 한다.
- Segment의 폭, 길이, 높이 등은 구조적인 사항 노폭, 가설방법, 현장여건, 미관 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- 경제적인 BOX의 높이는 높이 / Span = 1/18 정도이다.
- 교폭과 BOX 높이의 비율도 고려되어야 하며 일반적으로 교폭/높이가 6이하가 되도록 한다.

##### 4.2.3 구조해석

2.2에서 검토된 사항에 의하여 구조해석을 실시하 Precast 제품으로서 세그먼트 상호간에 철근연결 등이 없으므로써 콘크리트가 압축만을 받도록 설계해야 한다.

##### 4.2.4 Tendon 배치방법

Precast Segmental 공법에서 적용 가능한 Tendon 배치방법은 BOX Web의 내부에 설치하는 Internal 방

법과 Web 내부가 아닌 BOX 내부에 설치하는 External 방법으로 대별할 수 있다.

일반적으로 현장타설콘크리트 PC BOX 교량이나 Precast 공법의 Cantilever 방법에서의 시공일 경우는 Internal 방법을 채택하고 Span by Span 공법과 같은 경우는 External 방법을 채택하고 있다.

각 방법에 따라 각각의 장단점이 있으나 본 공사구간에서는 Internal 방법일 경우 Web의 단면 두께가 증가하게 되어 세그먼트의 중량을 줄이고 시공성, 유지관리 등을 양호하게 하기위하여 External 방법을 도입하였다.

#### 4.3 시공성 측면

##### 4.3.1 Segment 길이 결정

세그먼트 길이는 工事費에 큰 영향을 미친다. 일반적으로 세그먼트 生産과 架設에 따른 경비는 徑間當 세그먼트 個數에 의해 영향을 받으므로, 가능한한 세그먼트 총수를 줄이는 것이 經濟的이다. 그러나 세그먼트 길이는 運搬 및 架設裝備과 밀접한 관계가 있으므로 여러 길이의 세그먼트에 대한 經濟性을 비교하여 결정해야 한다. 세그먼트가 道路를 이용해서 運搬되는 경우에는 무게와 值數制限에 의해 세그먼트 길이가 결정되는 것이 보통이다.

본 설계에는 製作場 位置, 橋梁建設 地點까지의 運搬經路 및 架設裝備 등을 고려하여 1개 세그먼트 중량을 60ton 이내로 제한하는 범위에서 1개 세그먼트 길이를 2.75m로 결정하였다.

##### 4.3.2 Segment 제작

- 1) 세그먼트 製作用 강재 거푸집(Cell)의 Form Work을 염두에 두고 세그먼트斷面을 設計해야 세그먼트 生産에 있어서 經濟性과 製作效率를 기할 수 있다.
- 2) Segment의 길이는 일정해야 하고 直線이어야 한다.
- 3) 가능하면 최대한 단면을 동일하게 한다.
- 4) Casting을 容易하게 하기위해 Corner 부분은 비

스듬하게 처리한다.

- 5) Shear Key나 Alignment Key 등은 form이 쉽게 해제되도록 감안되어야 한다.
- 6) 정착구 및 其他 插入物로 인해 콘크리트 外面이 損傷되어서는 안된다.
- 7) Tendon이나 정착구의 위치는 반복적이어야 편하다.
- 8) Diaphragm이나 Rib의 수효는 최소화한다.
- 9) Form을 連結하는 Dowel Bar를 쓰지 않는 것이 좋다.

斷面이 변화해야 한다면 Bottom Slab와 Web 두께 변화에 그쳐야 바람직하다.

##### 4.3.3 세그먼트 접합

프리캐스트 세그먼트접합방식은 세그먼트 제작 방법과 밀접한 관계가 있으며 교량의 안정성, 내후성, 기후, 방수, 시공성, 시공속도 등을 고려하여 결정해야 한다. 여기서의 접합은 세그먼트와 세그먼트의 연결부 처리로써 접합제를 바르거나 타설한 후 프리스트레싱을 함으로써 결합되는 것을 말한다.

접합방식으로 1) 에폭시 수지접착제를 사용하는 방식 2) 모르타르 이음을 사용하는 방식 3) 콘크리트이음을 사용하는 방식 등이 있다.

1) 2)는 Match Cast 방식에 주로 사용되고 3)은 Wide Joint 방식에 적용되는 바 본 공사에서는 에폭시 수지접착제를 사용하는 방법을 적용하였다.

##### 4.3.4 세그먼트 거치

세그먼트의 거치방법은 세그먼트의 중량, 폭, 길이, 운반방법, 운반로, 현장여건 등에 영향을 받게 된다. 일반적인 거치방법은 크레인이나 별도의 Lifting Device을 이용하는 방법 등이 있다. 본 공사는 crane 이용방법을 도입하였다.

##### 4.3.5 콘크리트 양생방법

프리캐스트 세그먼트의 생산능력은 강재거푸집의 갯수와 콘크리트의 양생에 관계되므로 주변온도나 공정을 감안한 양생방법을 선택하여야 한다. 일반적으로

도입되는 양생방법을 공장제작으로서 증기양생을 실시한다.

#### 4.3.6 Tendon배치

- 1) 텐던의 배치는 횡단면상으로 대칭이 되도록 배치한다.
- 2) 가능한한 종횡단면상의 기하구조변화는 간단하도록 설계한다.
- 3) 정착구의 배치는 Jack의 설치가 가능토록 한다.
- 4) 정착구 뒷면, 상면, 하면, 옆면의 여유공간을 두어 긴장작업이 가능토록 한다.
- 5) Exp. Joint 구간에서는 정착구설치가 가능토록 이격거리를 두도록 한다.
- 6) External PT일 경우 강선의 부식방지가 가능토록 Sheath Tube 및 Grouting을 실시한다. (HDPE Tube, 시멘트그라우팅)

### 5. 교량시공시 고려사항

#### 5.1. 세그먼트 제작 및 저장

##### 5.1.1 강재 거푸집

##### 1) 거푸집設置

- 콘크리트 斷面의 모든 점검은 獨立座標計에 의한 정확한 Segment제작이 되도록 措置
- 바닥거푸집(Soffit) 內·外部 거푸집, 단부거푸집(Bulk Head) 등의 位置 및 기하학적 位置點檢
- 거푸집면 및 既存 打設된 Segment 構造物 組立面에 분리제를 處理토록 措置
- 거푸집 연결부는 시멘트 풀이 흘러나오지 않도록 밀봉처리
- 거푸집해체 시기는 콘리트강도가 150kg/cm 이상에 할 수 있도록 管理

##### 2) 거푸집 構成要所

- 바닥거푸집(Soffit)
- 外部거푸집(External Cell)
- 內部거푸집(Internal Cell)
- 단부(막음벽) 거푸집(Bulkhead Cell)

##### 3) 세그먼트 거푸집 種類

- Typical Segment Cell
- Typical Pier Segment Cell
- EXP. Joint Pier Segment Cell

##### 4) 거푸집設置

- 먼저 바닥거푸집(Soffit)를 設置한 후 수평성 點檢
- 단부거푸집(Bulk Head)의 중심과 Soffit의 중심축, 수직성 및 수평성(X, Y, Z축) 點檢
- Re-Bar Cage 設置後 内部거푸집을 設置하며 각종 유압 Jack을 이용하여 정위치 點檢
- 内部 거푸집에 부착된 Deviation Block 거푸집을 組立한 후 Steel Pipe Duct를 정위치에 고정시킴.
- 測量作業臺에서 트랜싯트(Transit)를 이용하여, 보조 인조점을 基準으로 製作된 構造物의 높이 등 정위치에 設置된 상태를 點檢

##### 5) Typical Cell의 작동순서

- counter casting position에 기제작된 segment를 놓고 casting position에서 타설, 양생한다.
- 24시간후 거푸집철거
- 횡방향 pre-stressing 30% 긴장.
- 기제작된 segment를 Travel lift로 들어올려 저장소(storage)로 옮긴다.
- 타설, 양생된 segment를 하부거푸집(soffit)을 이용하여 counter casting position으로 이용한다.
- 다음제작할 Segment를 타설, 양생한다.
- 양생된 segment를 Travel lift로 들어올려 저장소를 옮긴다.
- 하나의 segment를 제작하는데 운반까지의 시간은 2일 혹은 3일이 걸린다. precast제작장은 보강철근의 조립이나 tendon duct의 예비작업들이 일련된 작업과정으로 이루어져 제작과정이 신속히 이루어지도록 해야한다.

##### 5.1.2 철근조립 및 설치

- 거푸집 뒷면에 설치된 철근 제작장에서 제작하여 Tower crane으로 이동시켜 강재 거푸집에 정착

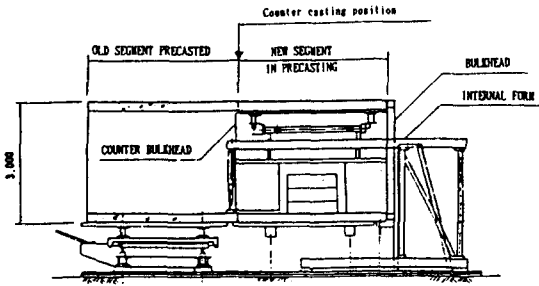


그림2. Typical Segment Cell 側面圖

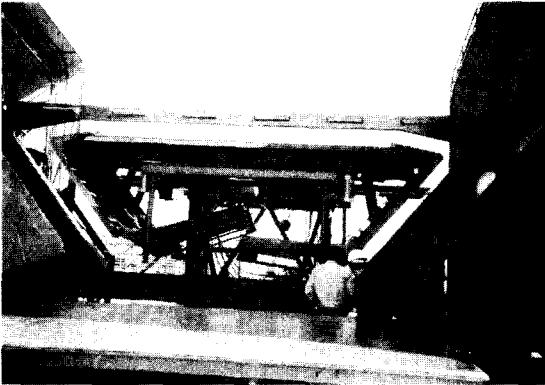


사진2. 외부, 내부, 바닥거푸집 전경

히 setting 시켜야 한다.

### 5.1.3 기하학적 관리

Match Cast 構造物에 있어서 절대적으로 중요한

것은 세그먼트 Geometry가 얼마나 정확한가하는 것이다. 따라서 계산단계에서 얻어진 計算數値는 Factory 設置前 다시 檢討되어야 한다.

한 들의 Segment를 製作한 후 이의 Geometry를 검토하여 이론치 Geomertry와 비교분석해 봐야 한다.

왜냐하면 후속으로 만들어지는 세그먼트는 그 앞에서 만들어진 세그먼트모양과 그 위치에 의해 결정되기 때문이다.

### 5.1.4 콘크리트 타설 및 양생

#### 1) 콘크리트 타설

콘크리트 강도  $450\text{kg/cm}^2$ 를 얻기 위한 배합설계는 다음 표2와 같다.

#### 2) 양생

조기 고강도를 얻기 위하여 중기양생을 실시하였으며 양생방법은 일반중기양생방법과 동일하다. 다음 공종과 같이 필요한 강도가 얻어지도록 하였으며 양생은 다음 표3과 같이 실시하였다.

#### 3) 세그먼트저장 및 관리

세그먼트 강재 거푸집에서 製作 完了된 세그먼트는 세그먼트 貯藏所(Storage Yard)로 옮겨서 재령 28일 이상 濕潤養生시킨다.

- Storage Yard로 세그먼트 運搬時 콘크리트 強度가  $\sigma^2=240\text{kg/cm}^2$  이상 일때 運搬 貯藏한다.

표2. 示方配合表(19-450-15)(例)

設計基準 強度 ( $\text{kg/cm}^2$ )	굵은骨材 最大値數 (mm)	슬럼프 (Slump) 範圍(cm)	W/C (%)	S/A (%)	單位材料量( $\text{kg/m}^2$ )				
					시멘트	물	모래	자갈	혼화제
450	19	15±2	28.5	36.0	530 (3종)	151	638	1,1567	7.95

표3. 공종별 設計基準 強度

區分	工 種	基準強度	재 령
1	內·外部 거푸집 해체시 1次橫方向 인장시	150 $\text{kg/cm}^2$ 以上	12時間(중기양생)
2	세그먼트 構造物을 이동할시(製作場所에서 저장소로)	240 $\text{kg/cm}^2$ 以上	36時間
3	최종 橫方向 인장 및 P.C 강봉 인장시	400 $\text{kg/cm}^2$ 以上	20日
4	세그먼트 構造物을 이동할시(貯藏所에서 가설위치로 移動時)縱方向 인장시	450 $\text{kg/cm}^2$ 以上	28日



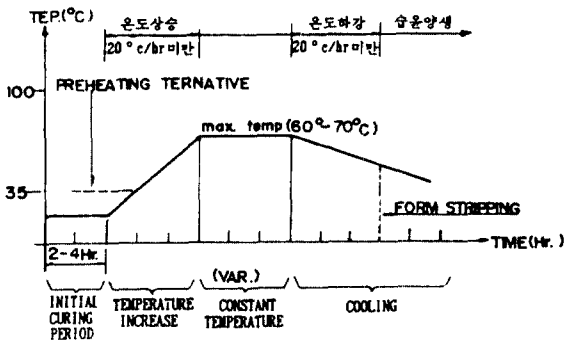


그림3. 蒸氣養生 關係圖

- 세그먼트 運搬은 Wire Rope 또는 세그먼트 運搬用 Spreader Beam에 걸려서 Gantry Crane(容量 80ton)으로 貯藏所까지 運搬한다.
- 運搬時 세그먼트에 지나친 국부 應力이 發生되지 않도록 運營方式 및 安全點檢하며 콘크리트의 損傷, 變形, 變色되지 않도록 貯藏한다.
- 세그먼트 연결부 表面과 베어링 Plinth 部分은 특히 損傷되지 않도록 주의한다.
- 정착구 및 其他 插入物(쉬스管, 橫方向 강선, Steel Pipe, e.t.c)에 대한 부식방지대책을 강구한다.
- 크리프, 乾燥收縮 등에 의한 긴장력 減少를 적게하기 위하여 最小한 4주이상 貯藏하여 28日 壓縮強度를 발현시킨다.

## 5.2 세그먼트 운반 및 가설

### 5.2.1 세그먼트 운반

세그먼트 운반로는 가설도로를 축조하여 이용하였고 운반장비는 Segment중량 80ton의 견입능력을 갖도록 특수제작된 트레일러를 이용하였다.

### 5.2.2 세그먼트 거치

Pier Bracket에 지지된 가설트러스 위에 230ton 크레인을 이용하여 거치하였다.

## 5.3 세그먼트 조립 및 PT 긴장

### 5.3.1 세그먼트조립

#### 1) 세그먼트 조정(수평, 수직)

세그먼트의 수직 및 수평위치 조정은 트러스상단에

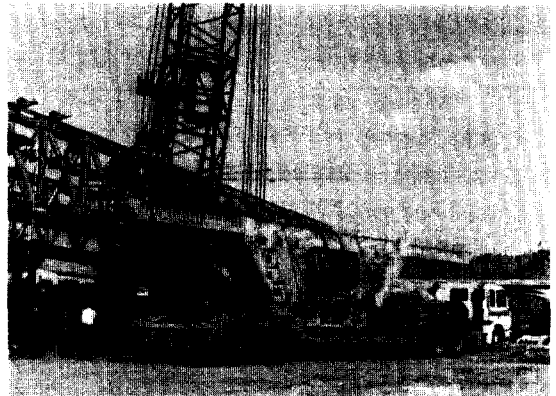


사진3. 대형 Crane 및 Trailer 운반

설치되어 있는 세그먼트 Support bearing에 부착되어 있는 유압잭을 이용하여 조정하였으며 측량은 같은 시간에 실시하였다.

#### 2) 접착제 도포

세그먼트 조정이 완료되면 에폭시 접착제를 사용하여 1면에 2mm 또는 양면에 1mm 씩 손으로 도포하였다.

#### 3) 세그먼트 결합

세그먼트간의 접착제 도포가 끝나면(경화시간내) 1차로 수동 Winch대로 접합부위를 살피가면서 결합한 후 2차로는 P.T 강봉(Dywidag Bar  $\phi 36$ ,  $\phi 26.5\text{mm}$ )으로 각각 40ton, 22ton씩 인장하여 2개의 세그먼트가 일체가 되도록 하였다.

#### 4) 중점점검사항

- 종단EL, 및 평면선형 점검(조정 및 결합중)
- 에폭시 접착제 사전품질 관리실시 (공공기관 시험결과, 압축, 부착강도, 경과시간 등)
- 세그먼트 결합 상태 점검

## 5.3.2 긴장작업

### 1) H.D.P.E Tube 설치

세그먼트가 결합되면 HDPE Tube를 External(외부)로 노출된 정확한 길이로 잘라서 Steel Pipe(콘크리트에 매설됨)와 연결하고 그 joint 부위는 열수축관을 사용하여 Grouting할 때 누수가 되지 않도록 튼튼하게 연결하였다.

## 2) 현장타설 콘크리트 타설(17.5cm 2곳)

세그먼트를 결합하고 나면 최종적으로 길이를 조절하기 위하여 남겨놓은 간격이 있는데 이 길이가 2×17.5cm 정도이며 이곳에는 거푸집을 설치하고  $\sigma_{ck} = 450\text{kg/cm}^2$ 의 콘크리트를 타설하여 Pier segment와 Typical Segment을 연결하여 1Span을 완성시킨다.

## 3) 1차 강선긴장(2<sup>EA</sup> 텐던)

현장타설 콘크리트의 압축강도가 150kg/cm<sup>2</sup> 이상되면 2<sup>EA</sup> 텐던을 Jack 2대로 동시 긴장한다.

## 4) Shoe 상단 Mortar

Shoe 상단 Mortar은 세그먼트와 Shoe 사이의 공간을 충전하는 것으로 세그먼트 Level조정시 오차가 발생했을 경우 이부분에서 조정이 가능토록 되어 있다.

이 위치에 사용된 재료는 고강도 무수축물탈을 사용하였으며 1일강도가 250kg/cm<sup>2</sup>이상이어야 한다.

## 5) 2차긴장(6<sup>EA</sup> 텐던)

Shoe상단물탈이 250kg/cm<sup>2</sup>, 현장타설 콘크리트가 200kg/cm<sup>2</sup> 이상의 압축강도가 나오면 2차긴장을 한다.

## 6) 가설트러스 내림

2차 강선인장이 종료된 후 잭을 사용하여 트러스를 좌, 우측을 번갈아 약 2cm 씩 내리기 시작하여 전체적으로 140m/m정도 내려 Segment와 트러스를 분리시킨다.

## 7) 3차 강선긴장(6<sup>EA</sup>텐던)

트러스와 세그먼트가 완전히 분리상태에서 나머지 텐던을 긴장하여 1Span을 완성시킨다.

## 8) 트러스이동

트러스이동은 5ton 전동 윈치를 사용하여 1회 20~30cm 정도의 이동량으로 다음 Span으로 이동한다.

## 5.4 시공시 주의사항

세그먼트 橋梁은 앞에서 보듯 많은 장점이 있는 반면 정밀한 設計·施工 및 엄격한 品質管理를 要하고 있으므로 다음의 몇가지 사항을 고려하여 완벽한 施工이 되도록 힘써야 한다.

(세그먼트 構造物은 정확한 製作과 架設이 필요하다.)

- 設計者, 施工管理者, 現場作業員들의 高度의 숙련된 技術能力이 요구된다.

－ 세그먼트 製作에 앞서 現場作業員들에 대한 교육 및 주의사항을 인지시킨다.

- 設計者는 완벽한 설계가 되도록 노력해야 한다.
- 세그먼트 構造物의 長點은 製作 및 架設의 반복성에 있으므로 設計概念이 매우 중요하다. 따라서 施工管理者는 設計者와 橋梁工法에 대해 充分한 의견 교환을 나누야 하며 이를 통해 橋梁工法 전반에 대한 이해와 各 細部 工程別 주의사항을 사전에 인지하여야 한다.
- 施工에 앞서 設計圖面을 다시 檢討하여 現場與件과 불일치한 事項의 再檢討 既 施工된 狀態의 오차에 따른 다음 工程에 대한 設計圖의 수정 등 보완 작업을 미리 실시하여야 한다.
- 세그먼트 橋梁은 架設工法이 매우 중요하며 架設工法에 대한 정확한 이해가 요구된다.
  - － 現場與件에 따른 架設構造物의 組立·해체 및 運營方式을 미리 연구검토
  - － 比較的 대형의 중장비가 필요하므로 各 工程別로 적기의 投入計劃을 樹立
  - － 대형 事故에 대비한 架設構造物의 安全度검사를 주기적으로 실시해야 한다.

## 6. Span by Span 공법에 대한 의견

한강의 강북강변도로 건설에 있어 이미 언급 소개한 Precast Segmental Span by Span 공법을 적용함으로써 새롭고 경제적인 기술 축적이 될 수 있을 뿐만 아니라, 국내의 P.C 교량 및 Precast Segmental Box Girder의 발전에 공헌되리라 생각되며 도시 고속화도로의 일환으로 건설되는 강변북로의 장대교량 건설에 있어서 본 공법의 특이할만한 장점인 1) 날씨 및 기후에 구애받지 않는 Segment의 제작 2) 현장의 불리한 여건에도 불구하고 빠른 시공속도(1Span/1주) 3) 다른 일반 공법에 비교되는 경제적인 공사비(42만원/M<sup>2</sup>) 4) 한강의 연안을 따르는 수려한 미관(균등한 단면의 Single Box Single Pier인 4차선 교량) 등의 특징이 나타나는 교량을 건설함으로써 도시교통 개선 및 토목기술에 이바지할 것으로 믿는다.