

F.C.M 상하부 강결 FRAME 형식의 시공(안양동교)

Monolithic Construction of Superstructure and Substructure in F.C.M Bridges



김 창 수*

사진 1 안양동교 전경

1. 서 론

안양동교는 서울 외곽 순환 고속도로로 경기도 안양의 평촌과 산본을 연결하는 F.C.M 교량으로 상하부 강결 frame 형식을 채택하여 시공시 별도의 가설장치가 필요없으며 완공후 처짐량이 적고 시간장이 줄어드는 효과와 미관이 수려하고 안정된 느낌을 주게 설계되었다.

본 교량을 시공하면서 pier, 주두부와 주두부 가시설, form traveller, 상부 seg 가설 및 camber

관리는 간략하게 특징 위주로 기술하였고 key seg 시공에 관하여 자세하게 기술하고자 한다.

2. 공사개요

- 1) 연 장 : 상행 1,070m 하행 1,030m
- 2) 폭 원 : 19.3m(1행선 4차선)
- 3) 구조형식 : P.C box girder.

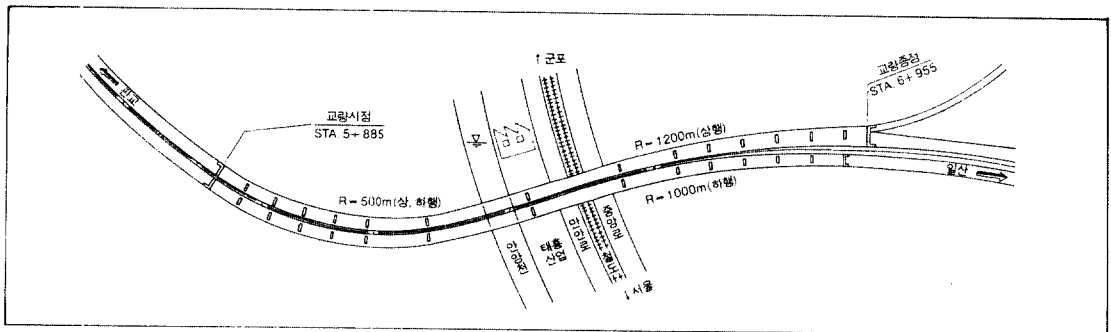


그림 1 안양동교의 평면도

* 브이에스엔 코리아 차장

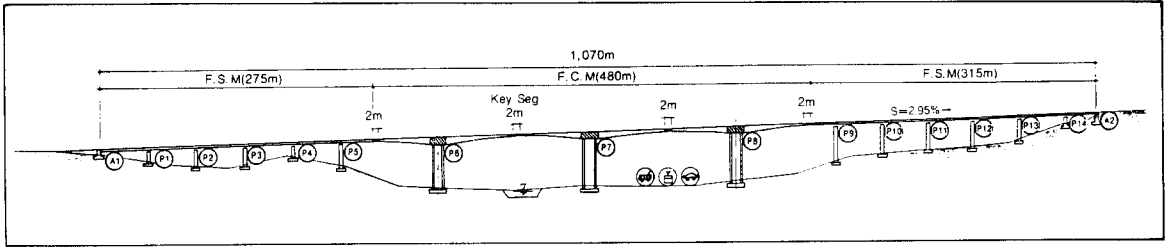


그림 2 안양동교의 종단도

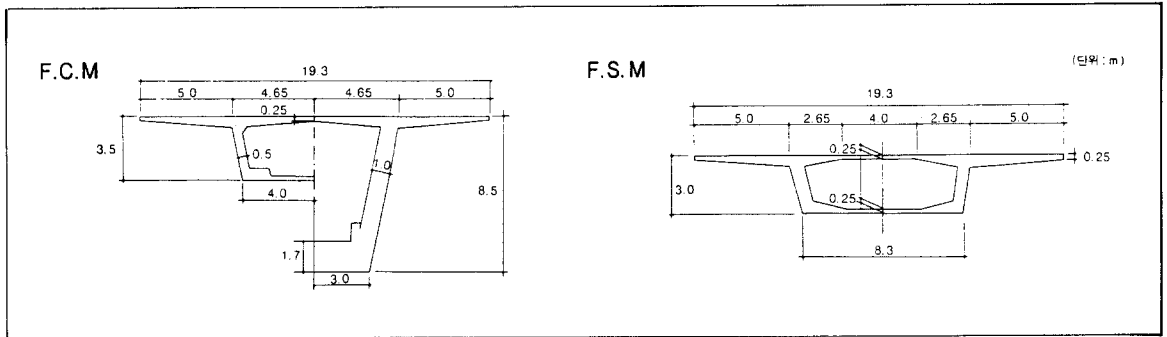


그림 3 안양동교의 표준단면도

(F.S.M구간)(F.C.M)(F.S.M)
5@50+25+ 3@160+25+5@50

- 4) 공사기간 : 1992.12~1996.10 예정
- 5) 주요자재 : 콘크리트 90,000m³
strand 1,800 TON
철근 15,000 TON
강봉 340 TON
시멘트 40,000 TON

4. 교각시공(slip form 시공)

안양동교 교각 시공은 slip form 공법을 사용하여 콘크리트가 경화하는 성질을 이용하여 콘크리트 타설후 수시간내 콘크리트가 초기 구조물로 형성될 수 있는 강도에 이르면 거푸집을 상향 이동시키면서 연속적으로 콘크리트 타설, 시공하였다.

3. 안양동교의 특징

- F.C.M 교량으로 국내 최초로 건설되는 1BOX 4차선.
- 평면 곡선 반경 R=500m와 R=1,000m로 구성된 S자형 curve 교량.
- 라아멘 부정정 구조물로서 교좌 장치가 없음.
- 횡단구배 -6%~+6%
- 최대 교각 높이 57m이며 철도, 국도, 하천을 통과하는 교량.
- 하부와 상부 연결재 강봉 사용.

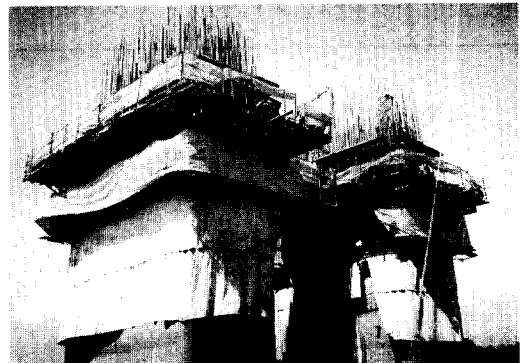
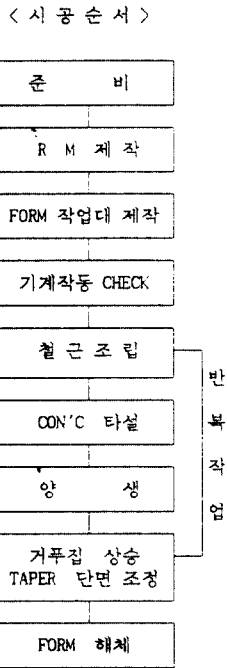


사진 2 안양동교 slip form 작업전경



4.1 변단면 slip form 처리(전자제어 방식 채택)

- ① Taper 단면처리 : 변단면 외측 form에 screw형의 강봉(85m)을 연결하고 외부 frame nut로 고정하여 screw가 회전하면서 변단면부의 외측벽과 내측벽이 줄어들거나 늘어날 수 있게 조치
- ② 외측벽과 내측벽이 yoke로 강결되어 외측벽을 움직일 수 있게 조치
- ③ Screw 강봉은 servo motor에 감속기를 달고 고속 rpm으로 회전시켜 강봉을 미세하게 회전할 수 있게 조치
- ④ 이동되는 form은 taper 각도와 일치하도록 form 및 jack 조치

4.2 Slip form 시공시 유의할 점

- ① Form이 무리없이 변단면을 유지하며 상승하는가 확인
- ② 콘크리트 slump 확인
- ③ 양생시설 확인
- ④ 구조물의 시공 변위량 측정

- ⑤ Slip form 탈형 제거 방법의 안전성 확인
- ⑥ 우천 및 hoist등 안전시설 점검

4.3 개선해야 할 사항

- ① 교각 두께가 1m로 slip form이 상승하면서 수화열이 발생하여 콘크리트 온도를 낮출 수 있는 별도의 대책을 강구해야 한다.
- ② 배합설계에 시멘트량이 약 540kg/m³ slip form이 상승하면서 form과 콘크리트 접착면에 터짐 현상이 발생하여 배합설계시 시멘트량을 줄일 수 있는 대책을 강구해야 한다.
- ③ 수직 및 수평을(변단면) 정확하게 유지할 수 있게 slip form과는 별도의 점검대책을 마련해야 한다.

5. 상부시공

5.1 전체공정

표 1 전체공정

공 종	6개조 평균 소요일
주두부 가시설	20日
주두부 설치	80日
주두부 해체	10日
F/T 설치	25日
seg 시공	20 seg × 11日 = 220日
key seg	20日

5.2 Form Traveller

본 form traveller는 약 198ton의 콘크리트 중량과 93ton의 자중을 받게 제작되었다.

〈안양동교 F/T의 특징〉

- Back launching 가능(해체위치 철도위)
- Rear truss와 front 하단에 platform 설치로 콘크리트 면정리 및 콘크리트 타설시 및 낙하물 방지시설
- 고소작업에 간단히 조립해체가 가능하게 pin type 연결 채택
- 격심한 종횡구배 변화
Inner cantilever form이 횡구배(6%)에 한 쪽으로 쏠리지 않은 장치

Form fixing시 cross beam 중앙에 pivot를 주어 종횡구배 적용 유리

- Tom slab form과 needle beam이 web form과 별도로 launching이 가능하고 동시에 launching이 가능한 구조



사진 3 Form traveller

5.3 Pier 가시설 및 주두부

- ① 일반 동바리를 사용하지 않고 bracket를 제작하여 강봉 38mm 20ea를 사용하여 강결.
- ② 주두부 가시설은 T/C의 용량을 24m에서 10ton 설정하여 pier bracket 제작시 분리 제작.
- ③ 주두부 동바리 시공시 cantilever 부위의 높이가 약 10m정도가 되어 truss로 동바리 설치.
- ④ 주두부 시공 F/T의 inner rail을 설치할 수 있게 벽체에 block out을 설치해야 하며 block out을 이용하여 교량의 장기처짐을 대비하여 extend pt를 도입할 수 있도록 한다.
- ⑤ 주두부 시공시 안정성을 높이기 위해 주두부 bottom slab에 EC5-19 tendon 2ea를 설치하여 bottom slab 콘크리트 타설후 인장하였다.

5.4 Seg 시공

주두부를 완성하고 F/T를 설치하면 seg 시공은 콘크리트 인장강도만 3일만에 발현하면 일정하게 시공할 수 있다.

Seg 시공은 key seg 시공시 level 조절을 위하

여 옆의 cantilever와 2~3seg 정도 간격을 유지해야 한다.

표 2 seg 표준 공정표(실공사일수)

1 일	인장작업
2 일	F/T 이동 및 setting
3 일	·
4 일	철근, duct, 강봉설치
5 일	·
6 일	·
7 일	검 측
8 일	양생, 거푸집 제거
9 일	양생, 인장 준비
10 일	·
11 일	기 타

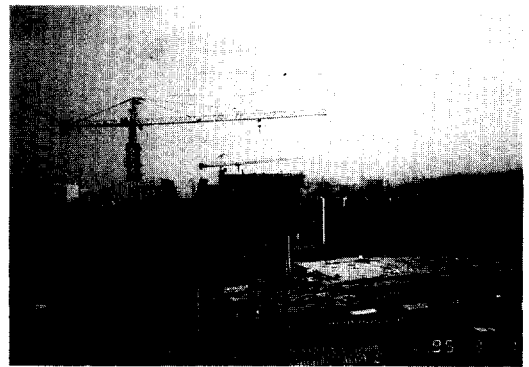


사진 4 가시설 및 주두부

5.5 Camber 관리

- ① Camber 관리 측량은 상하부 온도차가 적은 아침 일찍 하는 것이 바람직하다
- ② 대부분 camber 계산시 측량 시점은 인장후에 실시하게 되어 있으나 인장전, 인장후, F/T추진 후에 실시하여 자료를 만든다
- ③ Seg가 50m이상 길어지면 계산 camber가 실제 camber값이 상당한 차이가 있으므로 위향의 값을 근거로 조절한다
- ④ 단부 시공시 동바리의 처짐이나 시공후 key seg 시공할 때 까지의 처짐도 고려하여 시공한다
- ⑤ Key seg 접합시 온도(계절)에 따른 보정값도 조절한다.
- ⑥ 마지막 seg spare duct는 끝단에 정착구를 설치하여 camber 조절용으로 별도의 시설을

PIER 6 : UPSTREAM [CONSTRUCTION STATUS]

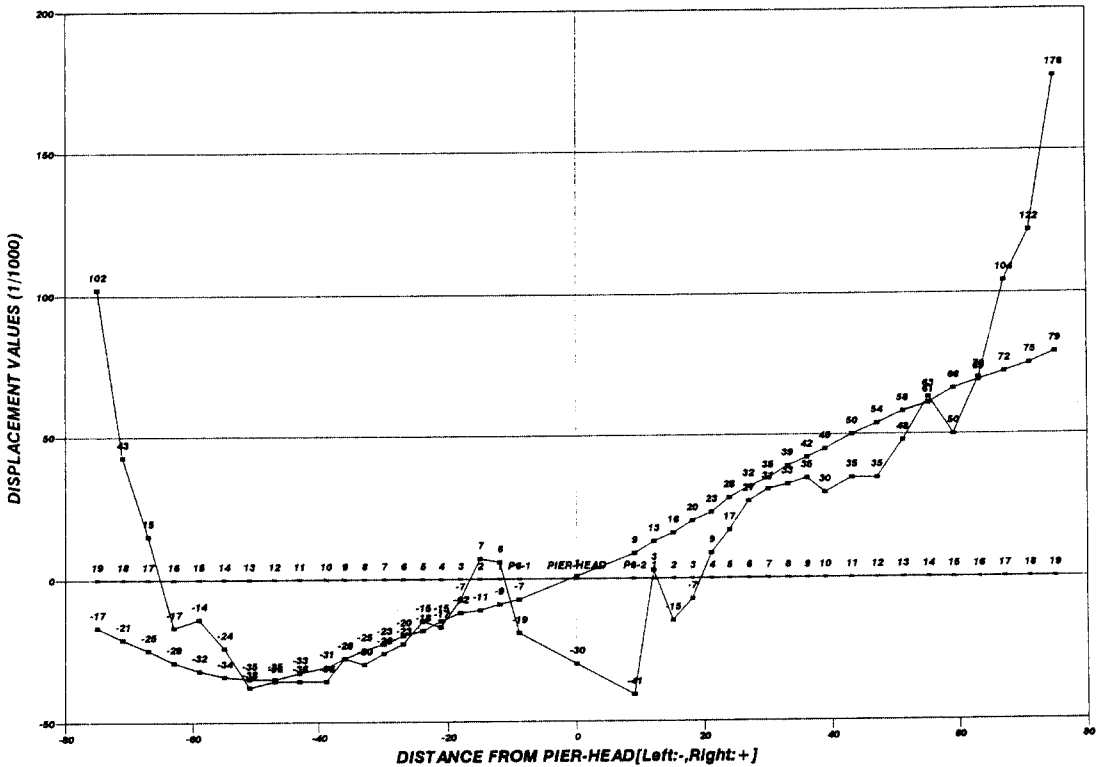


그림 4 안양동교 Displacements plot

해야 한다

- ⑦ 단부 시공시 key seg camber 조절용으로 별도의 시설을 해야 한다.
- ⑧ 안양동교 camber 관리 그래프

5.6 콘크리트

-설계 기준강도가 400kg/cm²이기 때문에 배합강도는 변동계수 12%를 적용하여 448kg/cm² 결정하고 공기단축을 위한 강선 인장시에 적절한 강도 확보를 위하여 재령3일에 320kg/cm²의 강도가 요구되고 콘크리트 타설시 긴 pipe line에 따른 슬럼프 저하를 고려하여 소요 슬럼프를 18±2cm의 최적 배합비를 콘크리트 생산하기 전에 많은 실내 시험을 실시하여 얻은 결과는 표 3과 같다.

표 3 콘크리트 시방 배합

기준강도 (kg/cm ²)	최대입경 (mm)	w/c (%)	s/a (cm)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	단위량(kg/cm ²)			
						물	시멘트	모래	조골재
400	19	32	45	18	2	169	529	725	911

(위의 시방 배합표에서 plain 상태의 슬럼프는 none 슬럼프이고 고강도 감수제 시멘트량의 0.8%, 고유동화제 시멘트량의 0.4%를 첨가하여 슬럼프 18±2cm가 되도록 하였다.)

6. Key seg

6.1 개요

캔틸레버부의 시공이 완료되면 양쪽을 연결하여 완전한 구조체를 형성하는 과정이 key seg 시공으로서 본 교량에서는 힌지 또는 연결보 이음보다 연직처짐이 적고 처짐선형도 연속적으로 발생하는 연속이음 방식을 채택하여 캔틸레버 사이에 콘크리트를 타설토록 되어 있다.

- Key seg의 콘크리트 타설중 및 타설후 양 쪽 캔틸레버에 서로 다른 거동이 일어나지 않도록 조치하였다.
- 콘크리트 타설후 초기 건조수축에 의한 균열 방지

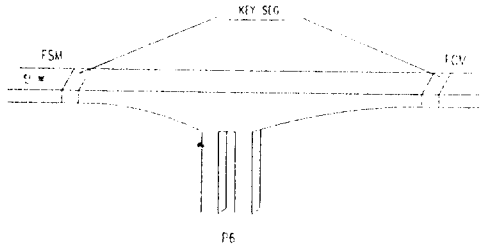


그림 5 KEY SEG

6.2 단계별 작업내용

6.2.1 F.T 해체

- Key seg 사용 F/T : NO.1, NO.3, NO.4, NO.6
- Key seg 시공순서 : D → A → C → B
- No 1번 F/T : "A" Key seg 완료 후 철거
- No 2번 F/T : 1번 E/T 철거후 즉시 철거
- No 6번 F/T : "D" Key seg 완료후 철거
- No 5번 F/T : 6번 F/T 철거후 즉시 철거
- No 3번 F/T : "B" Key seg 완료후 철거

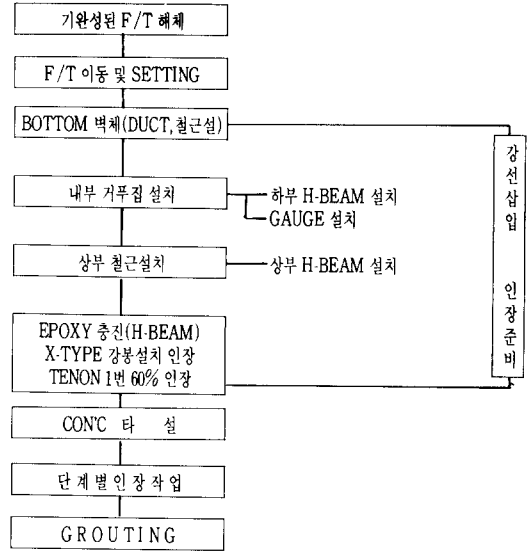


그림 6 시공순서

No 4번 F/T : "C" Key seg 완료후 철거

※ 최종 F/T 해체 내부 거푸집 제거를 위한 작업구 설치(P6, P8번 19SEG)

6.2.2 F/T setting

- 풍화중 등으로 인한 횡거동시 두개의 cantil-

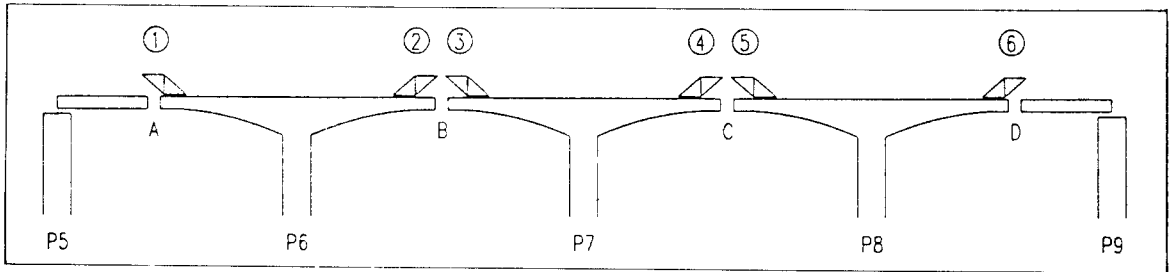


그림 7 F·T 해체

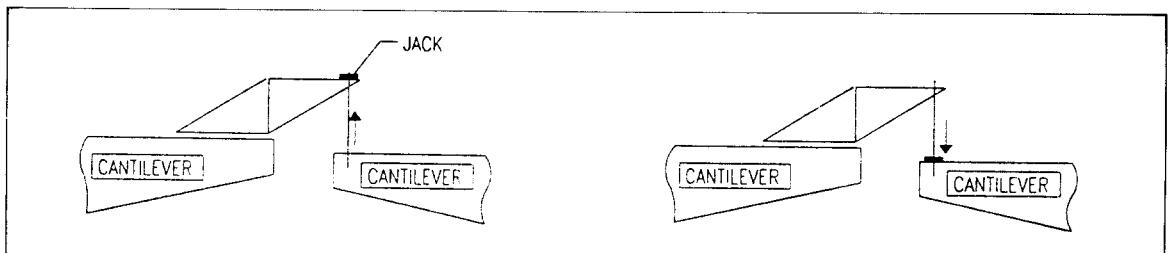


그림 8 종방향 Level 차이 조정

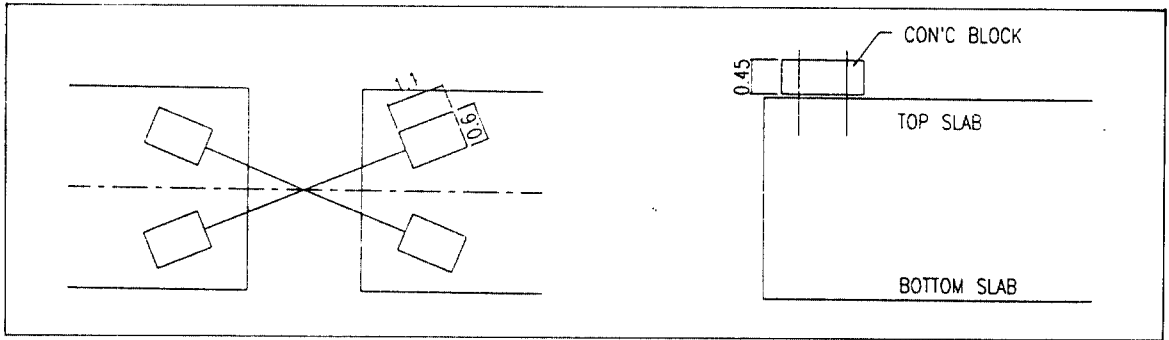


그림 9 횡방향 거동일치

ever 끝단이 같이 거동하도록 조치
 - 위의 "X" type 강봉은 cantilever 시공중 (CL)의 alignment가 맞지 않을 경우 조절에도 필요함.

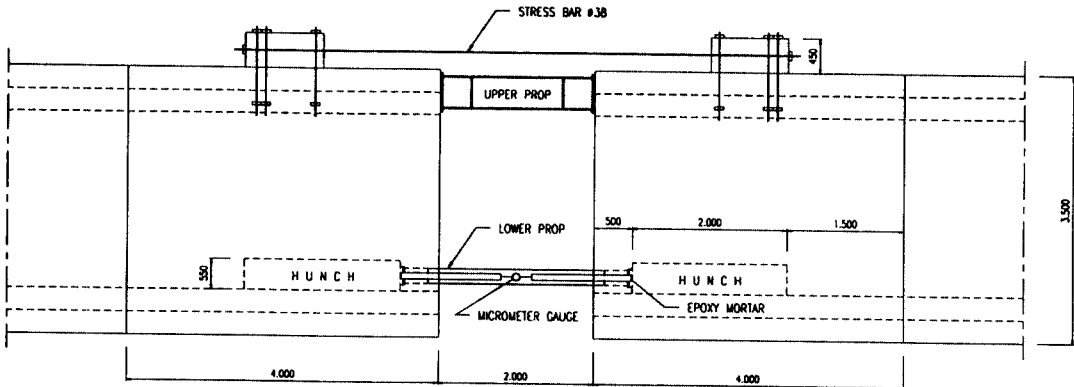


그림 10 수평 버팀대

6.2.3 수평 버팀대 설치

- 목적 : 콘크리트 자중에 의한 균열방지
 콘크리트 타설중 양쪽 cantilever 거동일치
- 자재 : 하부-H-beam 300×300×10×15×2,920(2개소)
 상부-H-beam 300×300×10×15×1,920(2개소)
- 방법 : 이른 아침 H-beam 끝단에 epoxy mortar 충전
 (콘크리트 타설전 이른 아침에 epoxy mortar를 충전시키고 오후 늦게 콘크리트 타설함으로 온도에 의한 영향 감소 및 epoxy가 경화되는 동안 기준

구조물이 온도의 온도의 상승으로 팽창되어 H-beam과 콘크리트 사이를 밀착시킨다.)

- 하부 H-beam에 gauge 설치(정밀도 : 1/100mm 사용)
- 철거 : 상부-영구적, 하부-일부 인장후 제거 (건조수축에 의한 균열고려)

6.2.4 내부 거푸집 설치

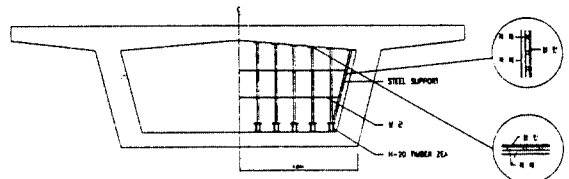


그림 11 정면도

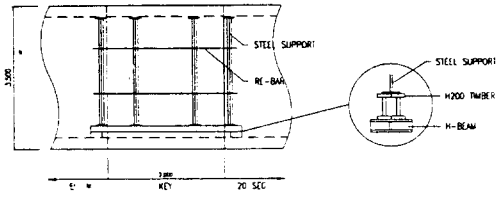


그림 12 단면도

-콘크리트 타설전 1차 60% 인장(①번 텐던)

6.2.5 콘크리트 타설

- 시기 : 오후 늦게(기시공된 SLAB가 기온에 의해 가장 늘어나 있는 시기)
- 건조수축에 따른 균열을 방지하기 위한 단계별 인장작업 순서
- 인장순서 :

- ① 콘크리트 강도가 $150\text{kg}/\text{cm}^2$ 에서 텐던 2와 3을 100% 인장한다.
- ② 콘크리트 강도가 $200\text{kg}/\text{cm}^2$ 에서 텐던 4를 100% 인장한다.
- ③ 하부 H-beam을 제거한다.

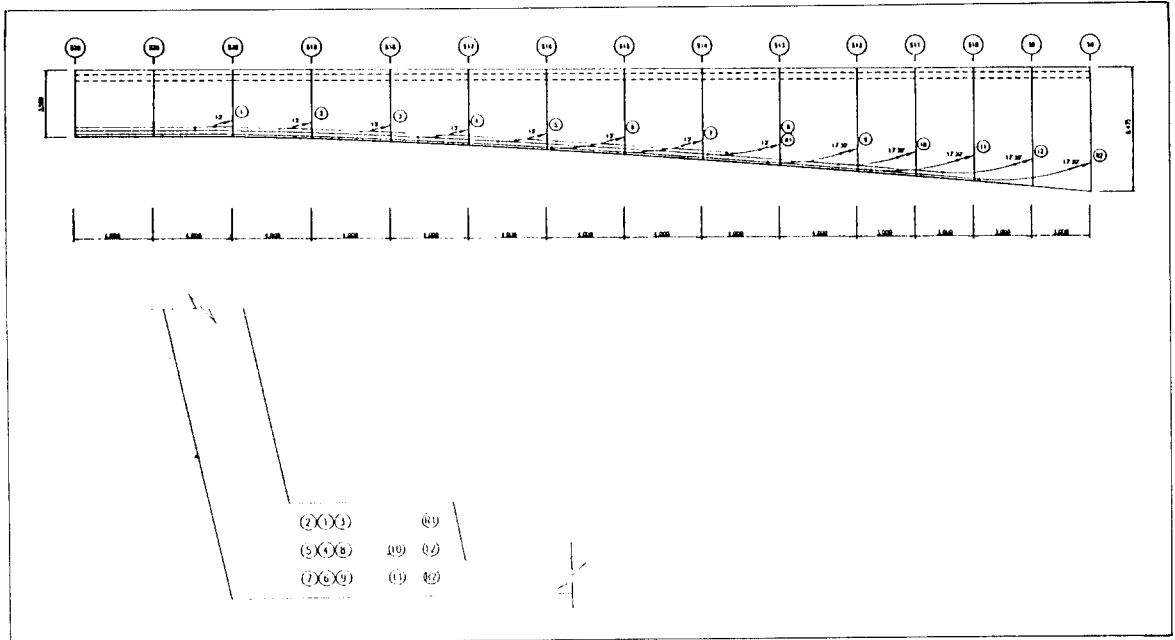


그림 13 KEY SEG 단계별 인장순서

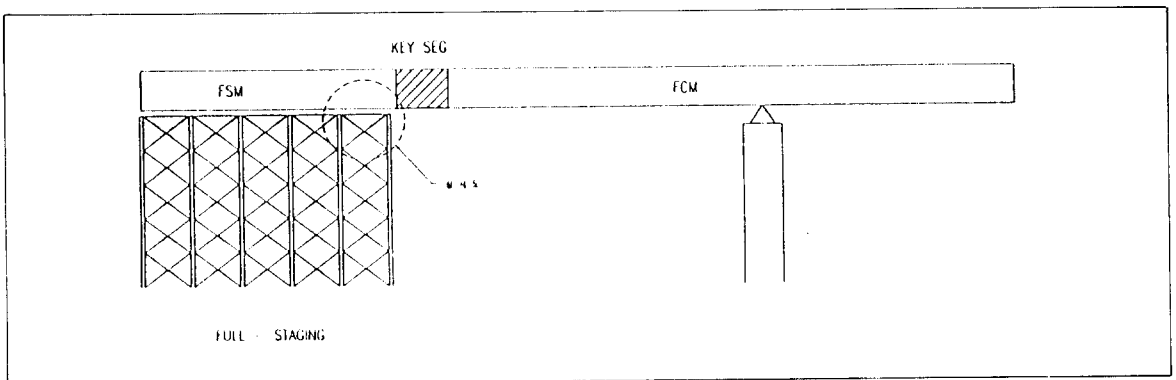


그림 14 단부 KEY SEG

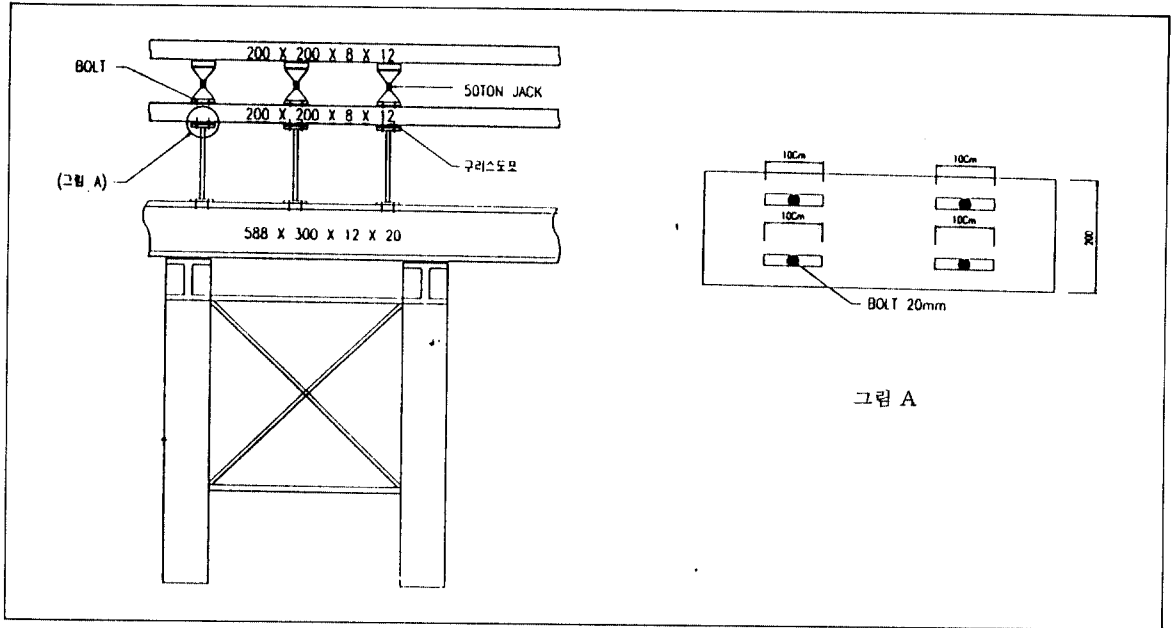


그림 15 미끄럼 상세도

④ 텐던 5를 100% 인장한다.

⑤ 콘크리트 강도가 300kg/cm²을 넘으면 나머지 텐던을 모두 인장한다.

※ 텐던은 짧은 것부터 먼저 인장한다.

- 단부 FSM KEY SEG 시공

• 초기 인장력(260TON) 도입 : 미끄럼 시설 설치

마찰계수(greased steel to steel) : MAX × 0.2

약 260ton > 190ton

[(360m³ × 2.5 + 50) × 0.2 (단부자중)]

7. 결 론

안양동교는 국내 최장지간 160m에 평면 S-curve 교각 높이 57m 등의 F.C.M 교량중에서는 가장 어려운 조건을 갖추고 있으나, 주두부 key-segment 등의 특수작업을 제외하고는 반복공정이 이루어지므로, 시공계획 및 관리가 면밀히 이루어질 경우 실제 시공은 어렵지않게 이루어질 수 있다. 이러한 점이 F.C.M공법의 장점이라 할 수 있다. □

6.2.6 강봉자리, BLOCK 처리

- 스티로폴로 block-out을 만든다. 절단후 철근을 휘어서 강봉을 통과시킨다.
- F/T 해체후 강봉을 제거한다.
- 철근을 원상태로 설치하고 철근을 추가로 덧대어 용접을 시행한다.
- 거푸집을 설치후 콘크리트를 타설한다.