

서해대교 현장 PSM 교량 공사중의 SEGMENT 가설공사



이명성*

1. 서언

근래 콘크리트 교량의 시공 방법이 환경 및 교통조건 등이 영향에 따라 현장타설(Cast in Place)에서 현장조립(Assembly in Place)의 추세로 바뀌고 있으며 교각의 높이가 30m 이상인 고가교의 시공 및 해상교량 등의 시공 필요성에 의하여 현장조립을 위한 Launching Truss의 중요성이 점점 더 높아지고 있다. 본고에서는 당 현장에서 시공한 Segment 가설공사 및 가설을 위하여 중요한 장비인 Launching Truss에 대하여 살펴보기로 하겠다.

2. 전체공사 개요

1) 공 사 명 : 서해안 고속도로 서해대교 2공구
건설공사

- 2) 위 치 : 경기도 평택군 포승면 내거리 -
충남 당진군 송악면 북운리
- 3) 연 장 : 총연장 : 4.08km
(교량 3.20km, 도로 0.88km)
- 4) 공사기간 : 1993년 11월 ~ 2000년 12월
(7년 2개월)
- 5) 공 사 비 : 2125억원
- 6) 발 주 처 : 한국도로공사
- 7) 감 리 단 : (주)대우엔지니어링, COWI사
- 8) 시 공 사 : LG건설(주)
- 9) 공 정 율 : 70%
- 10) 공사개요

구 분	내 용	비 고
중점부 도로구간	878m	
FCM 교량	500m	경간(85+2@165+85)
PSM 교량	2.760m	Segment개수:1.890ea
계	4.138m	

* LG건설 서해대교 현장 설계부장

3. PSM 공법

3.1 개요

PSM(Precast Segment Method) 공법이란 일정한 길이로 분할된 상부 부재인 Segment를 제작장에서 제작하여 가설 현장으로 운반 Lifting Device 및 Launching Truss 등의 가설장비를 사용하여 거치한 후 Post-Tension 함으로써 상부 구조를 완성하는 공법이다. 서해대교 2공구 PSM의 경우는 여러 현장조건을 감안 한 쪽 교대에서 시작하여 교량의 다음 교각 방향으로 진행하면서 미리 제작된 Segment를 조립 1Span을 한꺼번에 연결해 나가는 Span by Span 공법이 사용된다.

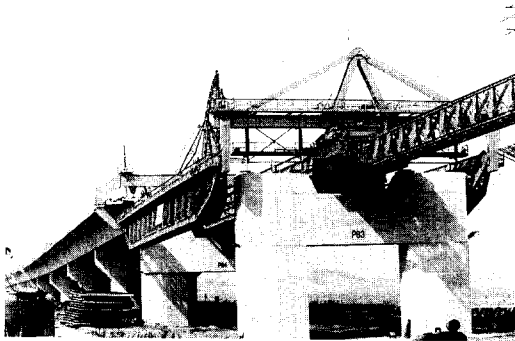


사진 1 P.S.M교 전경

3.2. PSM 공법의 특징

이 방식에 의한 교량 상부공사는 현장에서의 동바리 및 거푸집 철근작업을 최소화 하므로 주위 환경을 해치는 범위를 축소하고 가설공기를 단축하여 공사비를 줄이는데 큰 이점이 있다. 일반적으로 경제성은 현장 여건상 이용 가능한 가설장비, 공기, 자재 또는 Segment 공급방식 등의 종합적인 고려로 판단되어야 한다. Precast Segment 방식에 있어 일반적으로 거론될 수 있는 장단점은 다음과 같다.

3.2.1 장점

- 1) 하부구조 시공도중 Segment를 미리 제작 함으로써 상부 시공공기를 크게 줄일 수 있다.

- 2) 콘크리트를 제작장에서 충분히 양생시킴으로써 상부 가설중 양생기간을 Critical Path에서 제거 시킬 수 있다.
- 3) 충분히 양생된 Segment가 조립되므로 크리프 및 건조수축의 영향을 극소화 시킨다.

3.2.2 단점

- 1) Segment 생산 및 가설 과정에서 높은 정도의 기하현상 관리가 필요하다.(Geometry Control)
- 2) 접합면에 예폭시 작업시 온도 및 기후에 많은 영향을 받는다.
- 3) 접합면에 철근이 연속되어 있지 않으므로 인장응력에 한계를 갖는다.

3.2.3 경제성

- 1) 경제성의 고려에는 공사비, 공기, 유지관리비 등의 여러 가지 사항이 검토되어야 한다.

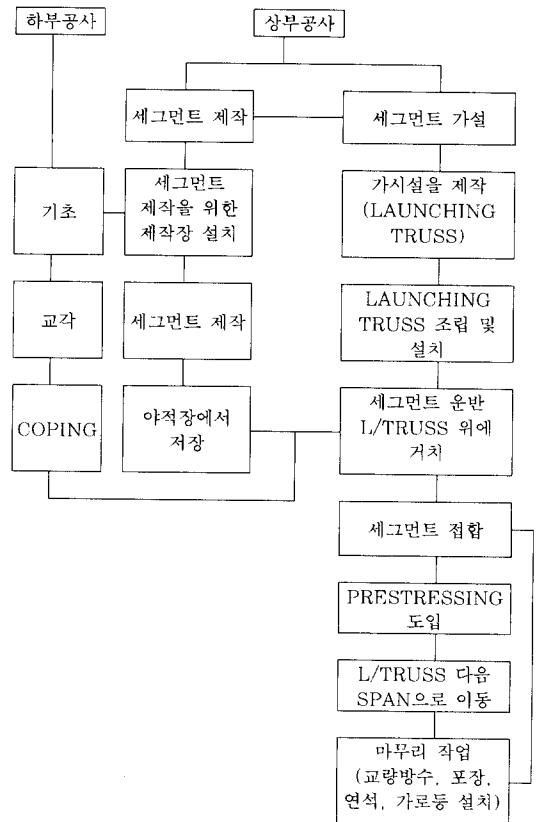
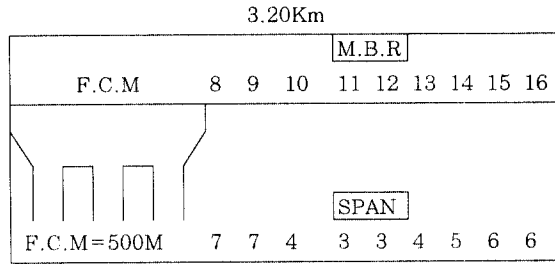


그림 1 Segment 교량의 Flow Chart

2) Precast Segment 방식은 공기면에서 유리하며 공사비, 유지관리비 측면에서 콘크리트 교량의 특성을 지니고 있으므로 교량의 길이가 충분할 경우 일반적으로 충분히 경제성을 갖는다고 할 수 있다.

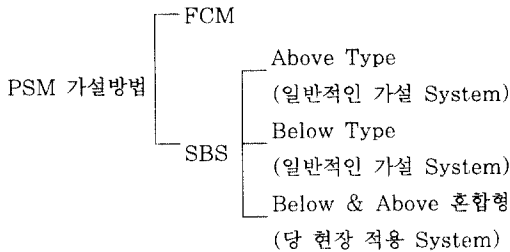
4.2.2 서해대교 2공구 PSM 교량 Profile현황



4. Segment의 가설공사

4.1 Segment 가설공법

Segment의 상부 가설공사는 Segment의 가설 Prestress 방법에 따라 FCM (Free Cantilever Method)과 Span by Span 방법으로 나누며 Span by Span 방법은 일반적으로 가설 Truss의 설치 위치에 따라 Below Type과 Above Type으로 분류할 수 있다.



4.2.3 Segment 가설기간

$$\begin{aligned} \text{※ Total Span} &: \text{FCM} + 7 + 7 + 4 + 3 + 3 + 4 \\ &+ 5 + 6 + 6 = 45 \text{ Span} \end{aligned}$$

1) 1Span 가설기간(Working Day)

① Segment 운반 인양 거치	3일
② Segment 정렬 조정 Epoxy 접합	2일
Bearing 무수축 타설	3일
③ Closure Joint Conc 타설 Hdpepipe 조립 및 설치 강선삽입	
④ Tendon 1차 인장	1일
Tendon 2차 인장 Launching Truss Lowering	
⑤ Tendon 3차 인장	3일
Launching Truss 이동 및 Setting	
	12일 / Span

2) 전 Span 가설시간

① 1st Span	1개월
② 2nd Span	1개월
③ 동절기	2개월
④ $43 \text{ Span} \times 12(\text{일}/\text{Span}) \div 20\text{일}/\text{월}$ $= 26\text{개월}$	
※ Total 가설기간 : 1일 + 1일 + 2일 + 26일	= 30일

4.2 Segment 상부 가설공사

4.2.1 개요

서해대교 2공구 현장은 교량의 상판위로 Trailer를 사용 Segment를 운반하여 Launching Truss에 설치되어 Derrick Crane을 사용 인양한 후 가설 Truss에 거치시키는 방법으로 시공하고 있으며 Segment 가설공사는 크게 다음의 5단계로 구분한다.

- 제 1 단계 : Segment 운반
- 제 2 단계 : Segment 거치 및 운반
- 제 3 단계 : Segment 조립 및 현장타설
Closure Joint
- 제 4 단계 : 종방향 긴장작업
(Longitudinal Prestressing)
- 제 5 단계 : 트러스 전진 이동 및 정렬

4.2.4 Segment 교량의 가설 흐름도

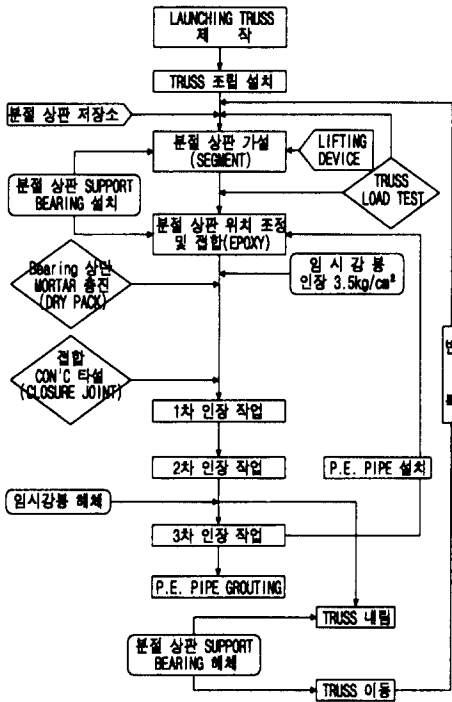


사진 2 SEGMENT 운반

5.1.2 Segment 운반 장비의 운영

1) 운반거리

- (1) Segment 야적장 → A2 : 1.1km
- (2) A2 → 본선 : 2.7km

2) 차량속도

- (1) 적재시 ≒ 10km/h
- (2) 공사시 ≒ 20km/h

3) 작업시간

- (1) 적재시간 ≒ 20분
- (2) 적하시간 ≒ 15분
- (3) 트레일러 왕복시간
 - 평균 2.45km 기준 ≒ 22분
 - (운반 : 11분, 회차 : 7분)
 - P56 가설시 3.8km 기준 ≒ 34분
 - (운반 : 23분, 회차 : 11분)
- (4) 트레일러 1대대 Cycle Time
 - 평균 ≒ 56분
 - P56 가설시 ≒ 69분

4) 1일 Segment 최대 운반 및 설치량

- (1) 평균 : 30seg
- (2) P56 가설시 : 17seg

5) 기타

Segment 운반 작업시간은 2.5일 - 3일 소요됨
(1 Span 42 Seg 운반시)

5.2 Segment 거치 및 이동

5.2.1 개요

1) Derrick Crane에 의해 인양된 Segment

5. Segment 가설순서

5.1 Segment 운반

5.1.1 개요

- 1) Segment는 Segment Carrier(Mobilift)나 Trailer에 의해 Segment 제작장에서 가설 현장으로 육상 및 교량 상부로 운반한다.
- 2) 현장에 운반된 Segment는 기 시공된 교량 부에 설치한 Derrick Crane에 의해 인양되어 트러스에 놓여진다.
- 3) Segment 운반로는 Segment Carrier나 Trailer가 Segment를 적재한 상태(약 100톤)에서 이동하기에 충분히 견고해야하며 지반상태에 따라 필요시 포장도 실시해야 한다.
- 4) Precast Segment 공법의 1 Span(60m) 가설기간중 단일공중으로서 가장 많은 시간이 소요되는 공중이 Segment의 운반이다.

- 는 교각의 전방 약20cm 앞쪽에 거치한다.
- 2) 거치된 Segment는 Truss 위에 미리 정렬된 Segment Bearing에 의해 Segment Cantilever 부분을 지지한다.
- 3) Segment Bearing은 Truss의 전방부분 (Front Part) 위에 사전에 올려둔다.
- 4) Segment Bearing은 Segment를 거치할 때 필요한 갯수만큼 제자리에 정렬 시킨다.
- 5) Truss 위에 거치된 Segment는 Jack을 이용해 끌어당겨 제위치로 이동시킨다.

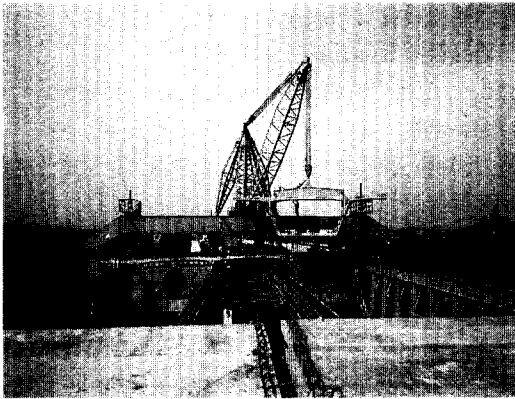


사진 3 SEGMENT 거치 및 이동

5.2.2 Segment 이동 및 임시 정렬(표준시간)



- 1) 첫번째 Segment (1, Pier Segment)
 - (1) 첫번째 Segment는 Pier Segment로서 4set의 세그먼트 베어링에 의해 지지된다.
 - (2) Jack으로 Segment를 이동시켜 지진저항 전단키 위로 넘겨 전방으로 이동시키며 정착한다.
 - (3) Segment는 두개의 Jack으로 끌어당기며 Segment Bearing 장치에 정착된 특수한 로라 또는 테프론 Pad에 의해 Truss 위를 이동시킨다.
- 2) 두번째 Segment (2, Pier Segment)
 - (1) 첫번째 Segment가 정위치에 정렬된 다음 두번째 Segment를 L/Truss Bearing 위에 올려 놓는다.
 - (2) 첫번째 세그먼트와 마찬가지로 Jack을 이용하여 제위치로 이동시키며 첫번째 Segment와 3.5m의 간격을 유지시킨다.
- 3) 세번째 Segment (3, Typical Segment)
 - (1) 세번째 Segment를 위와 같이 Jack 작업으로 정위치에 옮겨 놓고 두번째 Segment 또는 하부와 간섭이 생기지 않도록 소정의 간격을 유지시킨다.
- 4) 4번째 Segment ~ 19번째 Segment (4~19, Typical Segment)
 - (1) 위와 같은 작업을 반복한다.
 - (2) 각 세그먼트 간격은 3.5cm 간격을 유지한다.
 - (3) 각 세그먼트 4set의 Segment Bearing에 의해 지지된다.
- 5) 20번째, 21번째 세그먼트 (20, 21, Typical Segment)
 - (1) 위와 같은 작업을 반복한다.
 - (2) 각 Typical Segment는 4set의 Segment Bearing에 의해 지지된다.
 - (3) 20번째 Typical Segment와 21번째 Typical Segment 간격은 3.5cm 간격을 유지시킨다.
 - (4) 21번째 Typical Segment와 가설 완료된 Pier Segment 간격은 30.0cm간격을 유지시킨다.
 - (5) 21번째 Seg.를 실제 위치에 Setting하고 3~4개의 Seg.를 Dry 상태에서 접촉시켜 오차를 확인하여 수정한 뒤 Epoxy 접착을 한다.

5.2.3 각 Segment의 Back Moving (Epoxy 작업을 위함)

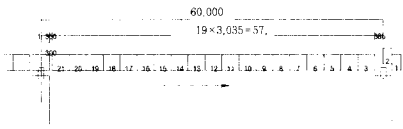
- 1) 각 세그먼트는 제위치의 20~30cm 전방으로 Back Moving
- 2) Epoxy 도포 작업 (21 → 1, 순으로 정착한다.)
- 3) 제위치로의 Back Moving (측량작업에 의한 최종 Level 및 위치 조정)

- 4) 임시 강봉 체결 및 PT-Bar 인장 작업을 반복하며 세그먼트를 조립한다.
- 5) Back Moving 작업은 세그먼트 임시 정렬 시 역순.

5.3 Segment조립 및 현장타설 Closure Joint

5.3.1 Segment 조립

Segment 조립 공정은 크게 Segment 접착제 바르기 작업, 강봉에 의한 Segment 가조립 작업 및 현장타설 Closure Joint 구간의 간격 유지용 썬기(Spacer) 설치작업으로 나누어 진다.



- 1) 첫번째 Segment (21 Typical Segment)
 - (1) 첫번째 Segment는 2개의 Jack으로 끌어당기며 기 시공된 Pier Segment와의 사이(현장타설 Closure Joint : 폭 B = 15.0cm)에 Spacer를 설치한다.
 - (2) 기 시공된 Pier Segment와 첫번째 Segment는 Spacer에 의해 폭 B = 15.0cm의 간격을 유지시키면서 P/T 강봉으로 인장시킨다.
 - (3) 첫번째 Segment 조립 완료
- 2) 두번째 Segment (20 Typical Segment)
 - (1) 두번째 Segment 결합면에 접착제를 바른다.
 - (2) Jack으로 두번째 Segment를 끌어당겨 첫번째 Segment와 접합시킨다.
 - (3) 첫번째 Segment의 기 설치된 강봉들과 Coupler로 연결하여 인장시킨다.
 - (4) 인장 작업후 Segment 접합 Joint로 부터 흘러 나오는 접착제를 청소한다.
 - (5) 두번째 Segment 조립 완료
- 3) 세번째 Segment (19 Typical Segment)
 - (1) 두번째 Segment 조립 작업 시행중 세번째 Segment에 대한 최종 조정작업을 실시하여 접착제 바르기, 인장작업에 대한 준비

를 완료한다.

- (2) 두번째 Segment와 같은 조립과정을 되풀이 한다.
- 4) 4번째 - 19번째 Segment(18~3 Typical Segment)
 - (1) 이 단계의 모든 Typical Segment는 세번째 Segment와 같은 조립과정을 반복한다.
- 5) 19번째, 20번째 Segment (3 Typical Segment, 2 Pier Segment)
 - (1) 20번째 Segment는 2개의 Jack으로 끌어당기며 기 시공된 Typical Segment와의 사이(현장타설 Closure Joint : 폭 B = 15.0cm)에 Spacer를 설치한다.
 - (2) 기 시공된 Typical Segment와 20번째 Segment는 Spacer에 의해 폭 B = 15.0cm의 간격을 유지시키면서 P/T 강봉으로 인장시킨다.
 - (3) 20번째 Segment는 21번째 Segment와 결합 후 재조정 한다.
- 6) 20번째, 21번째 Segment (2, 1 Pier Segment)
 - (1) Pier Segment 접착면에 접착제를 바른다.
 - (2) $\phi 38$ P/T 강봉을 사용하여 두 Pier Segment를 접합하고 인장시킨다.
 - (3) 결합된 Pier Segment와 19번째 Typical Segment 사이에 설치된 Spacer를 재조정하여, 현장타설 Closure Joint 간격을 유지시킨다.
 - (4) Typical Segment와 Pier Segment를 Coupler로 연결시켜 강봉을 인장시킨다.

5.3.2 현장타설 Closure Joint부 콘크리트 타설 위의 작업을 통해 Segment를 정렬하고 조립한 후 Closure Joint부에 거푸집을 설치하고 콘크리트 타설 후 양생시킨다.

1) 개요

- (1) 콘크리트를 Segment 콘크리트와 동종을 사용한다.
- (2) Shim Plate를 이용하여 가설 연결을 할 경우 도입력은 구조 System의 Bearing

Friction보다 충분히 커야하며 도입전후 교좌장치의 상태(자유단, 고정단)가 설계자의 도에 부합되는 상태인가를 확인하여야 한다.

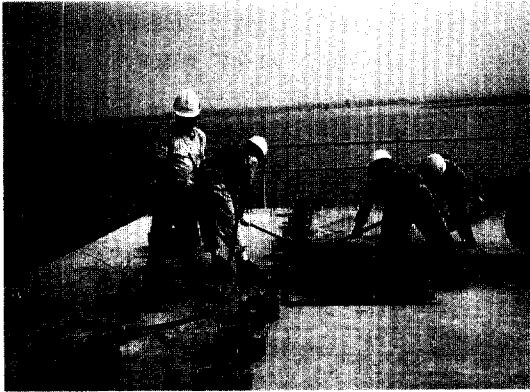


사진 4 Closure Joint Concrete 타설

- (3) 콘크리트 치기후 설계대로 순서에 따라 인장력을 도입하며, 각 단계별로 인장전에 콘크리트 압축강도 시험을 통하여 강도가 확인되어야 한다.
- (4) New Span이 접합되는 도중이나 앞에서 이미 거치완료 또는 거치중인 Span에서, 한쪽면은 태양의 영향을 받고 다른 한쪽면은 찬바람의 영향을 받는 관계로 뚜렷한 이동이 있기 때문에, 이동량이 가정적은 시간대에 즉 밤에, Closure Joint를 타설하는 것이 더 바람직하다. 그러나 꼭 밤에만 타설해야 하는 것은 아니고, 온도변화가 적은 시간을 선택하여 타설하는 것이 유리하다.
- (5) 해가 떠서 Span을 교란하기 이전에 콘크리트의 초기강도가 약 $100\text{kg}/\text{cm}^2$ 에 이르러야 한다.
- (6) 또한, 태양이 Span을 교란하기 이전에 첫 번조의 Tendon을 인장해야 한다.
- (7) 형상이 조건에 맞아야 한다.
- (8) 첫 번조의 Tendon이 설치되고 인장 Jack 설치가 완료되어 있어야 한다.
- (9) 거푸집이 설치되고 견고해야 한다.
- (10) 콘크리트가 타설되기 시작하면 Span 위에서 시행하고 있는 모든 작업들을 즉시 중지해야 한다.

2) Closure Joint 간격재 이용 방법

- (1) Screw Jack을 이용하여 각 위치의 간격 조정
- (2) Closure Joint 콘크리트 타설
- (3) Screw Jack은 Conc 타설중에 제거
- (4) Screw Jack의 설치 위치 및 상세는 첨부도면 참조

3) Conc 타설 방안

- (1) Conc 타설전 점검 사항
 - Internal Tendon의 연결부위 상태
 - 거푸집 조립 상태
 - 청소 상태
- (2) 타설장비
 - 바이브레이터, 액션 : 2대
 - Conc 운반 리어커 : 3대
 - 타설 인원 : 7명
- (3) Closure Joint Conc 타설 방안 및 타설순서
 - Closure Joint의 간격이 좁으므로(Form Tie 설치시 75mm) 슈트 드의 보조 장치를 설치하기가 매우 곤란하다.
 - 따라서 Segment Wall의 경사를 이용하여 Conc를 서서히 투입시킨다.
 - Conc 운반
 - 1st, 2nd Span : Crane을 이용한 호퍼 사용
 - 일반 Span : 리어커 이용

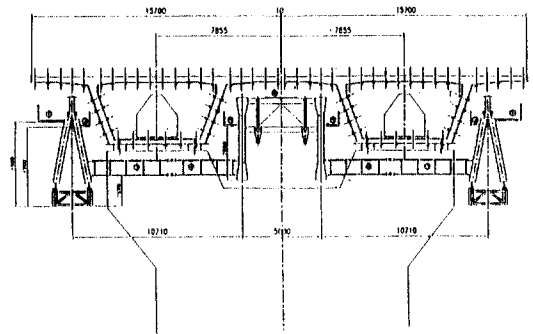


그림 2 Closure Joint form 설치도

5.4 종방향 긴장작업 (Longitudinal Prestressing)

일반적으로 Span by Span Segmental 교량은 External P/T 방식을 취하여 Pier Segment에

시공 Joint를 실시한다. 그리고 Tendon 배치는 작업을 간편하고 바르게 하기 위해 Pier Segment에서 Coupler를 설치하여 연결시키지 않고 Tendon끼리 겹쳐서 연결한다.(Overlapping)

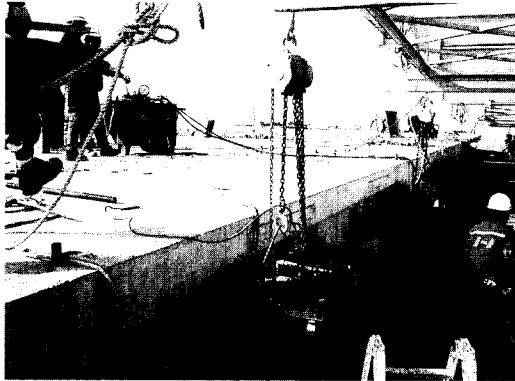


사진 5 종방향 인장

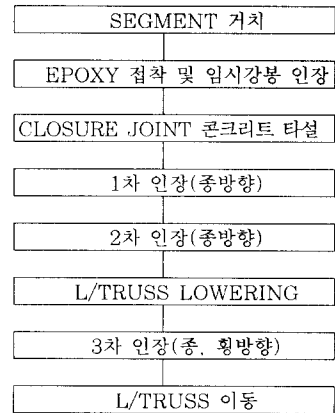
5.4.1 작업순서

인장작업의 일반적인 순서는 다음과 같이 실시한다.

- 1) Segment 조립 및 현장타설 Closure Joint 작업시 종방향 긴장작업에 대한 준비작업을 한다. (Truss 거더 위에 긴장작업대 등을 설치한다.)
- 2) Hdpe관(High Density Polyethylene Tube)을 설치한다.
- 3) Tendon을 삽입하고 Anchorage를 고정시킨다.
- 4) 현장타설 Closure Joint부의 압축강도가 $100\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상 되었을 때 인장작업을 실시한다.
- 5) 교각 Coping부에 기타설된 Bearing 상부면과 Pier Segment 하부 슬라브의 교좌부(Bearing Plinth) 사이에 Dry Pack 몰탈 또는 Epoxy 몰탈을 사용하여 충전시킨다. 이 충전몰탈이 완전히 경화한 후($\sigma_{ck} = 250\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상) 인장작업을 실시한다.
- 6) 상부 Segment를 지지하고 있던 Truss를 약간 내려놓아 Segment와 Truss를 분리시킨다.
- 7) 횡방향 Tendon(지점부 Segment, 신축이

음부 Segment)중 제작장에서 인장 완료한 것을 제외한 나머지 Tendon을 인장한다.

- (1) 표준 세그먼트 : 제작장에서 100% 인장 후 가설
- (2) 지점부 세그먼트 : 제작장에서 2ea, 가설 트러스(L/T) 제거후 현장에서 1ea.
- (3) 신축이음부 세그먼트 : 제작장에서 2ea, 가설트러스(L/T) 제거후 현장에서 1ea.
- 8) Grouting 작업 실시 및 마무리 작업 실시
- 9) Prestressing 흐름도



5.4.2 종방향 Prestressing

상부 가설시 Prestress의 도입은 아래와 같이 3단계로 분리하여 실시하게 된다.

1) 1차 인장

1차 인장은 두가지의 목적을 만족시키도록 결정한다.

- (1) Closure Joint에 타설된 콘크리트의 초기 건조수축으로 인한 균열방지
- (2) Closure Joint의 콘크리트 타설후 온도하강(낮-밤 온도차)에 의한 구조물 거동시 교좌장치의 마찰저항으로 인하여 Closure Joint에 발생하는 인장력을 보상

① 초기 건조수축 균열 방지에 필요한 인장력 초기 건조수축에 의한 균열을 방지하기 위하여 일반적으로 단면에 약 $4\sim 5\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 압축력을 도입한다.

단 면 적 : 8.025m^2

$$\begin{aligned} \text{소요압축} &= 8.025\text{m}^2 \times 10^4 \times 5\text{kg}/\text{cm}^2 \times 10^{-3} \\ &= 401.25 \text{ ton} \end{aligned}$$

② 온도 하강에 따른 인장력 보상

온도 하강시 최대 3개 지간에 해당하는 자중을 당겨올 수 있어야 함

- 총 자중 (수직력) : 약 1500×3
= 4500 ton (가설하중 포함)
- 교장장치의 활계수 : 4 %
- 소요 인장력 : 4500 × 0.04 = 180 ton

③ 1차 도입 인장력

- 2개 External Tendon을 약 50% 인장 : 300 ton/tendon(Total 600 ton)

2) 2차 인장력 도입

Segment가 Truss에 놓인 상태에서 인장력이 모두 도입되면 Truss의 처짐이 복원되면서 이 복원력이 상향 하중으로 구조물에 작용하게 된다. 따라서 소정의 Prestress가 도입된 이후 Truss를 Lowering 시킨 이후 나머지 인장력을 도입하는 과정이 필요하게 된다.

이러한 Truss Lowering의 시기는 도입된 Prestress 효과와 자중으로 Segment 접합부에 휨인장응력이 발생하지 않는 시점으로 결정하였다. 이의 결정을 5-Span을 Modeling하여 첫경간의 가설, 내부경간의 가설, End-Span의 가설시 휨응력을 검토하였다.

해석결과 모든 경간에 대하여 10개(좌우 각 5개)의 External Tendon을인장하고 Truss를 Lowering 할 때 구조물에 인장응력을 발생시키지 않는 것으로 보여졌다. 이 결과를 1차 인장과 결합하여 보면 다음과 같이 된다.

(1) 1st Span의 경우 (첨부도면 참조)

- ① 1차 인장 : Tendon 1ea를 300ton 씩 인장
- ② 2차 인장 : Tendon 5ea를 100% 인장
- ③ Truss Lowering
- ④ 3차 인장 : 나머지 인장력 도입 - Tendon 6ea

(2) Mid-Span의 경우 (예:2nd Span)

(첨부도면 참조)

- ① 1차 인장 : Tendon 1ea를 300ton씩 인장
- ② 2차 인장 : Tendon 5ea를 100% 인장
- ③ Truss Lowering
- ④ 4차 인장 : 나머지 인장력 도입
-- Tendon 6ea

5.5 Segment 가설 장비 계획

1) 인장장비

품명	규격	단위	수량	비고
인장용	EPE 30	대	1	횡방향 인장용
	ZPE 12	"	4	InternalTendon(6-7) 인장용
	ZPE-460	"	4	External Tendon(6-19) 인장용
	B-100L	"	4	강봉 인장용
Jack용Pump	FHP-3/4	"	6	강성 인장용
강선삽입기	EMK	"	2	상부 Tendon 강선 삽입기
	전동삽입기	"	2	"
삽입기용펌프	EHP-33	"	2	EMK용 Pump
Grout 믹서	VSL MIXER	"	2	상부 Grout-용

2) 일반장비

품명	규격	단위	수량	비고
Air Comp		대	2	상부 작업 지원용
용착기		"	2	Hdpe Pipe 연결 장비
발전기	150 kw	"	1	상부 가설용
카고 크레인	5 ton	"	1	상부 가설 지원용
Trailler		"	2	seg. 운반
Hoist	1 ton	"	4	seg. Trolley 운반용
Winch	5 ton	"	1	레일 및 기타 자재 운반용

5.6 LAUNCHING TRUSS 전진이동 및 정렬

5.6.1 개요

PSM 교량 시공에 있어서 SEGMENT 제작과 함께 LAUNCHING TRUSS의 적절한 설계 및 제작은 PSM 교량 전체 공사의 공정 및 경제성에 지대한 영향을 미친다.

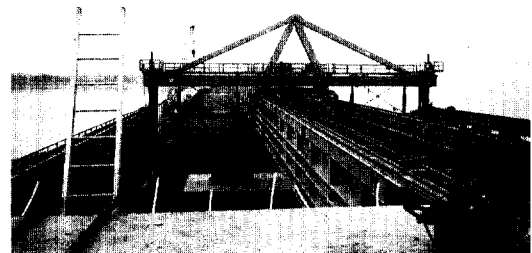
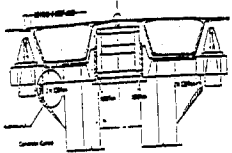
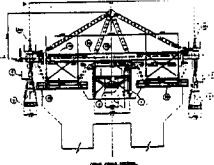


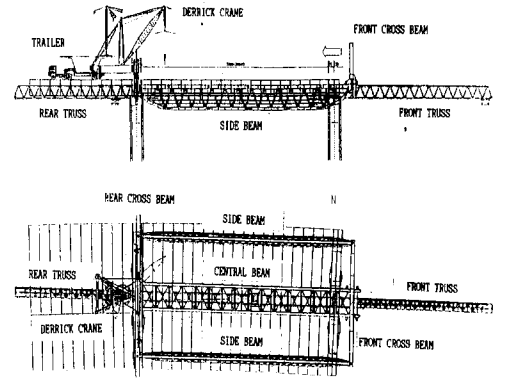
사진 6 LAUNCHING TRUSS 이동 및 설치

당 현장의 L/T는 육상, 해상, 60M 고공 조건 그리고 상부, 하부 설계 구조물에 대한 검토를 수행하여 다음 비교 자료와 같은 최적의 L/T를 설계 제작하였다.

5.6.2 PSM SEGMENT L/T SYSTEM 비교

5.6.3 LAUNCHING TRUSS의 구성

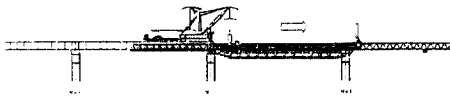
단 면 도		
장 점	<ol style="list-style-type: none"> 고전적인 방법으로 시공설적이 많음 가설하고자 하는 교량 상부에 교량이나 기타 저장물이 있을 경우 유리함. 	<ol style="list-style-type: none"> Pier Bracket의 설치해체가 없으므로 해상 및 육상장비가 불필요 고소부위 (20-60m Height)에 대형 launching Truss를 사용하므로 작업의 안정성 확보 Span 시공 공기가 절감됨 (9일 1 Soan) 교각에 Pier Bracket 설치를 위한 Anchor의 매설이 필요 없음 L/Truss이동시 별도의 장비가 필요없이 Self Launching 할 수 있다. 하부구조를 시공시 Bracket을 설치하지 않으므로 미관 및 공기에 유리함
단 점	<ol style="list-style-type: none"> Bracket 설치 해체로 인한 교각 미관에 손상을 주며 특히 상해구간 작업시 Bracket 운영에 따른 작업이 효율이 떨어짐 Span공기:12일/Span 하부구조에 무리한 영향을 줌 	<ol style="list-style-type: none"> Central Beam으로 하중을 지탱하므로 상,하 행선 Balance가 중요함
	Below Type (서해대교 원설계 System)	Below + Above Type (서해대교 변경설계 System)
공 법 변 경	<p>Below Type의 Teus는 PSM 공법에 의한 Pre-stressed Concrete Box Girder 교량건설의 초기에 개발된 가설 Truss로서 시큰 교량 밑을 통과해야 하는 등의 형하고가 충분히 확보되지 못한 지형에서 유리한 공법이다. 현재 서해대교 현장에 설계되어 있는 System은 교각 상부 Coping 부분에 Bracket을 장착할 수 있는 Anchor를 중앙 및 Side 부분에 매설하여 Anchoring 하며, Side Beam은 Main Truss에 Hinge Types Arms로 연결되어 있는 Bracket 위에 설치하여 Segment를 가설하는 Truss이다.</p>	<p>원설계의 Below Type 방식이 Pier Bracket을 설치하여 Launching Truss 이동시 대형장비 및 해상장비가 필요한 반면, 변경설계에 적용된 Launching Truss 방식은 Below Type과 Above Type의 장점만을 고려하여 Pier Bracket을 사용하지 않고 Central Beam과 Cross Beam으로 모든 하중을 지지하면서 Self Launching 으로 Segment를 가설하는 Truss이다.</p>



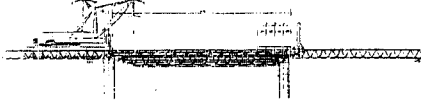
- DERRICK CRANE
 - SEG제작장에서 운반된 SEGMENT를 인양하여 L/T에 거치시키는 장비
- CENTROL BEAM
 - 상판 가설시 교량 CENTER부에서 SEGMENT를 지지하며 교각위에 거치되어 L/T 하중 및 가설 하중 전체를 지지한다.
- SIDE BEAM
 - SEGMENT 교량 SIDE 부분을 지지한다.
- FRONT CROSS BEAM
 - 가설 SPAN 앞부분 하중을 CENTROL BEAM에 전달시키며 L/T 이동시 SIDE BEAM을 매달고 이동시킨다.
- REAR CROSS BEAM
 - 가설 SPAN 뒷부분 하중을 상판위에 전달하여 주며 이동시 SIDE BEAM을 매달고 이동시킨다.
- FRONT TRUSS
 - L/T 이동시 가설 예정 SPAN 교각에 이동 TROLLY를 올려 놓기 위한 GUIDE 및 지지대 역할을 한다.
- REAR TRUSS
 - L/T 이동시 L/T 뒷부분의 지지대 역할을 한다.

5.6.4 LAUNCHING TRUSS 이동 및 가설 순서도

- 1) STAGE 1 : SEGMENT 가설 시작
가 가설된 상판으로 SEGMENT를 운반하여 4개의 유압 TROLLY 위에 정지.



- 2) STAGE 2 : 한 SPAN분의 SEGMENT를 이동 및 거치하여 임시정렬.



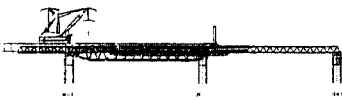
- 3) STAGE 3 : 정렬 및 결합. 임시강봉으로 긴장하여 설계위치에 고정.



- 4) STAGE 4 : SEGMENT 정렬후 발생한 오차는 CLOSURE JOINT에서 현장타설 CON'C로 처리.
인장 및 GROUTING으로 마무리하여 한 SPAN 가설을 완료한다.



- 1) STAGE 1 : 이동 TROLLY를 전방으로 이동.
FRONT 지지대가 그라 N+1에 위치할때까지 CENTRAL BEAM 전진.



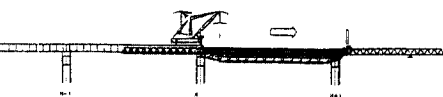
- 2) STAGE 2 : 마지막 LAUNCHING 위치로 CENTRAL BEAM 전진.



- 3) STAGE 3 : RAIL 위에 REAR CROSS BEAM 안치.
양쪽 SIDE BEAM들을 DERRICK CRANE과 연결하여 전방으로 이동.



- 4) STAGE 4 : 가설을 시작하기 위하여 양쪽 SIDE BEAM을 마지막 위치에 고정.
FRONT, REAR CROSS BEAM의 양방향 수평 유지.
DECK에 DERRICK CRANE ANCHORAGE 반드시 고정.



6. 결 론

Segment 교량은 많은 장점이 있는 반면 정밀한 설계, 시공 및 엄격한 품질관리를 요하고 있으므로 다음의 몇가지 사항을 고려하여 완벽한 시공이 되도록 힘써야 한다.

- 1) Segment 구조물은 정확한 제작과 가설이 필요하다.
- 2) 설계자, 시공관리자, 현장직원들의 고도의 숙련된 기술 능력이 요구된다.
- 3) 설계자는 완벽한 설계가 되도록 노력해야 한다.
- 4) Segment 구조물의 장점은 제작 및 가설의 반복성에 있으므로 설계 개념이 매우 중요하다. 따라서 시공 관리자는 설계자와 교량 공법에 대하여 충분히 의견을 교환해야하며 이를 통해 교량공법 전반에 대한 이해와 각 세부 공정별 주의 사항을 사전에 인지해야 한다.
- 5) 시공에 앞서 설계 도면을 다시 검토하여 현장 여건과 불일치한 사항의 재검토, 기 시공된 상태의 오차에 따른 다음 고정에 대한 설계도의 수정 등 작업을 미리 실시해야 한다.
- 6) Segment 교량은 가설공법이 매우 중요하며 가설공법에 대한 정확한 이해가 요구된다.
 - (1) 현장여건에 따른 가설 구조물의 조립, 해체 및 운영 방식을 미리 연구 검토
 - (2) 비교적 대형 장비의 중장비가 필요하므로 각 공정별로 적기의 투입 계획을 수립
 - (3) 대형 사고에 대한 가설 구조물의 안전도 검사를 주기적으로 실시
- 7) 타 건설공사의 시행오차의 원인분석 및 대처방안 연구 분석
- 8) Segment 공사의 복잡성을 고려할 때 저가 설계, 저가간격 및 저가입찰은 바람직하지 않다. ☐