

# F.C.M 공법에 의한 PS 상형교 가설에 대한 공법 소개

## Installation Method of the PS Box Girder Bridge by Using F.C.M



정진성\*

### 1. 서론

눈부신 산업발전으로 인하여 우리의 삶은 점점 더 풍요롭게 되어가고 있으며, 복잡한 기존 건축물로 인한 공간의 한정, 기초 원자재의 고갈 등 때문에 상대적으로 구조물 시공에 필요한 cost가 상승하여 보다 경제적인 시공을 위한 신 공법의 적용이 불가피하게 되는 추세이다.

지역적인 시공 여건에 합당한 신공법의 적용시 경험 부족으로 품질관리에 다소 미흡한 결과를 초래할 수도 있으나, 완벽한 시공이 되도록 제반 취약점에 대한 상세 검토후 설계 도서상에 제반 여건을 반영시키는 것이 무엇보다도 중요하다. 안정성 확보를 위해 구조 역학상의 상세 해석이 필요하다고 생각되는 관리 point 및 경제성 확보를 위해 차후 동일형식의 교량 시공시 참고가 되었으면 하는 바

람으로 F.C.M 공법(Free Cantilever Method)을 적용하여 시공중인 비금-도초 연도교 가설 공사현장을 중심으로 간략하게 공사현황을 소개하고자 한다.

### 2. 본론

#### 2.1 공사개요

① 공사위치 : 전남 신안군 비금면 수대리 ~ 도초면 발매리

② 공사규모

본교량  $L=812m(B=8.2m)$ : F.C.M공법 7경간 연속 상형교

접속교량  $L=125m(B=8.2m)$ : P.C I-BEAM교

접속도로  $L=863m(B=7.0m)$

\* 대림산업(주) 비금 - 도초현장 소장

- ③ 사업비 : 19,432백만원(도금액:19,186백원)
- ④ 공사기간 : 64개월('89.12 ~ '96. 8)
- ⑤ 시 행 청 : 이리지방국도관리청
- ⑥ 설 계 자 : 도화엔지니어링(주)
- ⑦ 감 리 자 : (주)금호엔지니어링
- ⑧ 시 공 자 : 대림산업(주)

## 2.2 구조 개요

### 2.2.1 구조일반

캔틸레버공법에 의해 건설되는 교량에는 설계시 가장 중요한 검토사항은 camber 관리라고 해도 과언이 아니며, 각 segment 시공 단계별 처짐 및 응력 해석 뿐 아니라 key-seg 접합시의 변형 구조계에 대한 해석 등 매우 복잡하므로 설계 계산서의 양이 다른 형식의 교량의 경우보다 현저하게 많아진다. 그것은 시공중 점차 변화하는 구조계와 다수의 단면 검토가 필요하기 때문이다. 또 이와 같은 교량에는 이미 시공된 구간의 콘크리트가 이미 비탄성의 성질로 되어가고 있으므로, 각 시공 공정을 고려해서 시간에 관계된 계수를 계산하여야 한다.

콘크리트의 크리프 영향과 PS강재의 릴랙세이션은 캔틸레버보의 휨조정과 주거더 폐합 후의 각종 응력의 재분배라는 아주 세심한 문제를 야기한다. 이와 같은 구조물의 발전은 가장 진보한 컴퓨터에 의해 개발된 아주 복잡한 설계용 프로그램을 조직적으로 응용하는 일 없이는 실현되지 못했을 것이다.

대규모인 교량공사 분야에는 설계 개념이 시공에 직접 밀접하게 관계가 있으며, 기술자의 기술적인 향상은 항상 실제의 일에서 얻어진 경험을 다음 일에 활용해 감으로써 되는 것이며, 시공중이나 이미 완성한 교량에서 만나는 어려운 일을 해결함으로써 이루어지는 것이다. 이러한 의미에서 여러가지의 사항에 대해 강조해야 하나, 특히 중요한 것은 다음과 같은 것이 있다.

- PS케이블용 Duct의 연속성, 마찰손실량의 바른 평가, 또한 PC케이블 그라우트의 품질
- PS케이블 정착부의 구속력의 평가
- 온도 변화에 의한 구속력의 평가
- 콘크리트의 크리프에 의해 생기는 부정정 2차 단면력의 재분배

당 현장은 Australia T.D.V사의 시간 개념이 도입된 PSC Program인 R.M SPACE FRAME Program을 사용하여 상부 구조의 단면 결정 및 camber관리 하였으며 실시공은 프랑스에 있는 VSL International CO.의 합자 회사인 VSL Korea가 시공하였다.

### 2.2.2 기초구조검토

당초 설계시 실시설계보고서에 따르면 “기초 구조의 선정은 교량 지점의 특성상 일반적인 기초공법으로는 시공의 어려움”으로 불가피하게 SEP Barge를 사용하여 발파하고 우물통을 거치하는 공법을 채택하였으나 기초지반 조사 결과 수심이 얇고 퇴적층이 두꺼운 구간(Pier 1,2,6)은 우물통 기초로 시공하고 수심이 깊고 퇴적층이 얇아서 바로 암반이 노출되는 구간(Pier 3,4,5)은 수심이 39m, 조류속이 최대 4knot로서 상세 설계시 시공상 문제점을 검토후 jacket 구조로 변경했고, 미국 Engineering dynamics사에서 개발한 SACS Program에 의거 설계후 그림 1과 같은 시공 순서로 시공되었다.

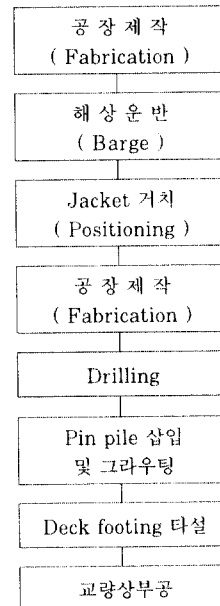


그림 1 JACKET 시공순서

2.2.3 기초 및 상부시공

가. 구조

- 기초 : 우물통 기초 3기 + jacket pile 기초 3기
- 기초상부 : 우물통 기초 ( base con'c 타설 )  
                  Jacket 기초 ( 가설 box con'c )
- 교각 : 중공식 4각 주형 교각  
          ( 내부 con'c 채움 )
- 주두부 : bracket 설치후 현장 con'c  
          (L=18m)
- form traveller : 주두부 양단에 각각 1기씩  
                  설치 균형 시공

나. 시공순서

1) 우물통

- 우물통 제작 3기
- 수중 고르기 및 압굴착(8m³ GRAB선)
- 쇄암봉 파쇄 작업(국내보유 SEP barge 용량 부족)
- 우물통 인양 작업(설악호 2,000 ton급)
- 우물통 운반 및 거치
- 우물통 내부 굴착
- 속채움 con'c
- Boring 시편 작업

2) Jacket 기초시공

- Pile 제작(삼성중공업 )
- Jacket leg 거치
- Jacket pile 삽입
- Pin pile 향타
- 가설 box 육상 제작 → jacket에 거치
- Rubber fender 설치

3) 상부시공

- 교각시공
- Shoe 시공
- 상부 주두부 시공을 위한 가설 bracket 설치
- 주두부 con'c 타설 (L=18m)
- Form traveller 조립및 설치
- Segment con'c 타설(주두부기준 양단 동시 시공)
- 초기 2 Seg : 3m 장으로 시공
- 잔여 Seg : 4m 장으로 시공
- Key-seg con'c 타설
- 보도 시공

- 교면방수
  - 마모층 asphalt 포장
- 현장 타설 캔틸레버 교량의 개략적인 시공순서는 그림 2 와 같다.

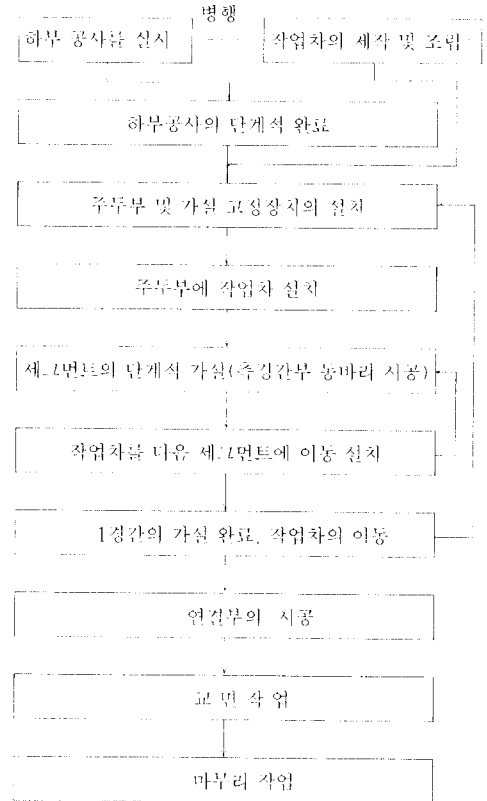


그림 2 현장타설 캔틸레버 교량의 시공순서

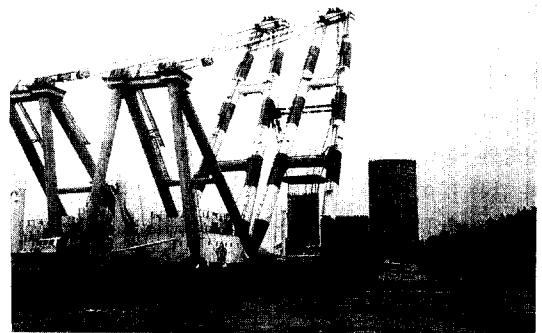


사진 1 우물통 제작 운반 (2000ton 설악호)

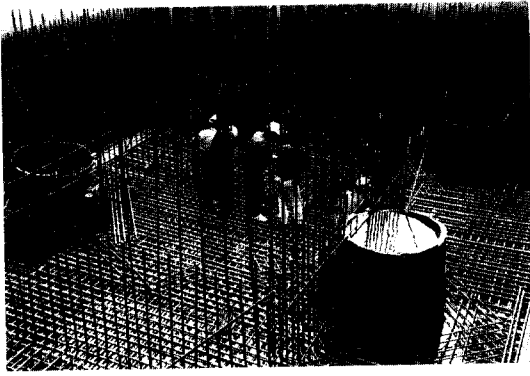


사진 2 가설 P.C box 설치후 mat con'c 타설 시공 (jacket 기초)

## 2.3 FCM 공법 소개

### 2.3.1 공법 일반

당 현장에서 채택한 FCM(FREE CANTILEVER METHOD) 공법은 교량 하부에 동바리를 시공하지 않고 특수한 이동작업차(form traveller) 를 주두부 양단에 동시 설치하여 양측으로 균형을 유지하면서 순차적으로 segment concrete 를 타설하고 강선 인장하는 post tensioning 방식으로 교량을 가설하였다. 이때 주두부는 교각에 fixed bar( $\phi 75\text{m/m}$  sheath 관내  $\phi 38\text{m/m}$  VSL bar 사용)를 설치하여 전도에 대비하였으며, 작업 공간을 고려하여 주두부를 L=18M로 시공 하였고, 각 segment con'c는 평균

3~4M 길이로 주두부 양단이 동시 타설 되었다.

이때 segment의 1cycle 공정은 해상 작업의 어려움으로 당초 아래 표 1 과 같이 12일/seg을 계획 하였으나 약 14일/seg 이 소요되었다.

### 2.3.2 Key segment 시공

- 1) 방향 이동에 대한 고려
- 2) 횡방향 거동에 대한 고려  
풍하중 등으로 인한 횡거동시 두개의 cantilever 끝단이 같이 거동하도록 조치
- 3) 수축방향 거동에 대한 고려  
- 상하 slab 온도차, wind 등으로 인한 수직 거동  
- 구개의 cantilever tip 의 elevation 차이가 있을 경우 조절
- 4) 단부(end-span) key-seg  
단부와의 연결시에는 fill-staging 위의 deck가 온도변화시 충분히 끌러올 수 있도록 충분한 조치가 되어야 함.

① 마찰계수(greased steel to steel) : MAX. 0.2

② 소요 PSI(STAGING 위의 자중)  $\times$  0.2

5) key-segment의 접합순서

(1) 횡방향 고정 : 주입의 상부 슬래브에 있는 diagonal bal 정착을 위하여 콘크리트 block(1,100  $\times$  600  $\times$  450mm)을 사용한다.

각 콘크리트 block에는 4개의 32mm bar가 수직방향으로 설치되고 각각 40ton으로 인장하여 콘

표 1 seg당 시공 공정

구분	일정	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	비고
	F/T 이동																
	Form(각종 anchor 설치 포함)									Form	해체						
	가공 및 운반				rebar(sheath 관 설치 포함)												
	con'c						con'c			양	생						
	양생1							양생1									
	Chipping									Chipping							
	강선삽입								강선삽입	긴장	grout	양생					
	측량							측량									
	마장									마장							

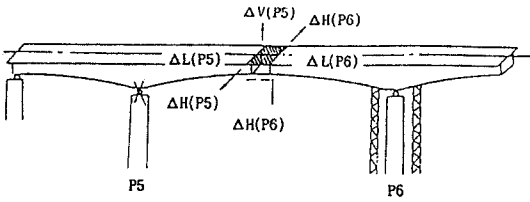
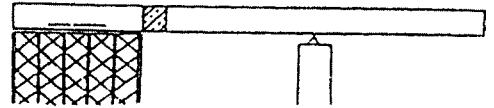


그림 3 Key segment 시공도



FULL-STAGING

그림 7 Full staging 시공

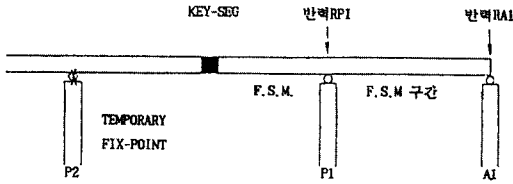
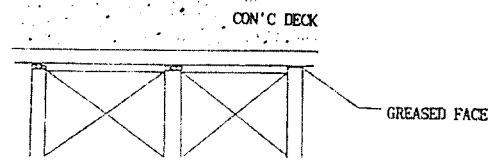


그림 4 건조 수축에 대비 H-prop 시공 및 필요 개소의 temporary support 시공



[ROLLER: BEST SOLUTION]

그림 8 온도 변화에 따른 신축 고려 greased face 시공

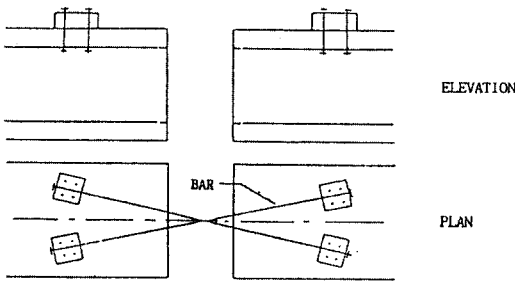


그림 5 횡방향 거동에 대비한 강봉 인장 시공

- 고려사항 : 1) Cantilever 구간의 온도변화(하강)에 의한 수축
- 2) Key-seg의 초기 건조 수축

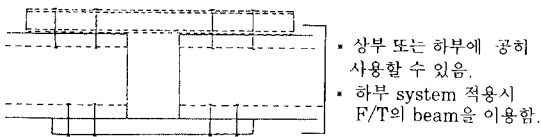


그림 6 수직방향 elevation adjust도면(통상F/traveller 자체로 조정가능)

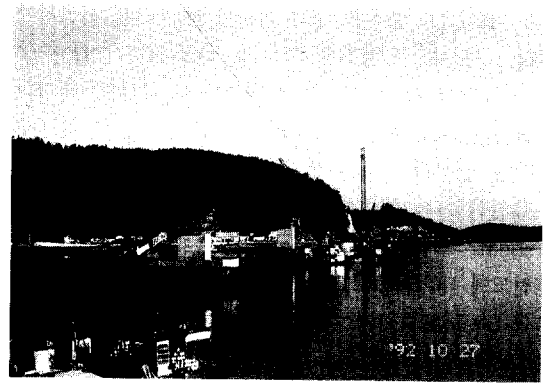


사진 3 교각 시공

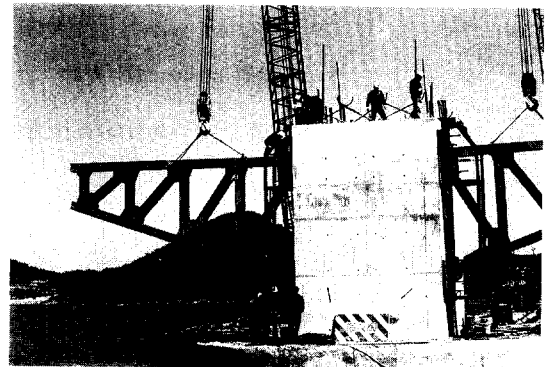


사진 4 주둥부 시공용 가설 bracket 설치

크리트 block을 슬래브 상단에 고정시킨다.

만일, 양측 캔틸레버 단부의 횡방향 위치가 일치하지 않는 경우는 diagonal stress bar( $\phi 32$ )를 최대 20ton까지 인장하여 위치를 조정한다.

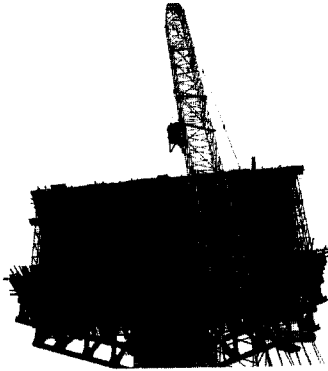


사진 5 주두부 시공전경 (3회로 분할 콘크리트 타설)

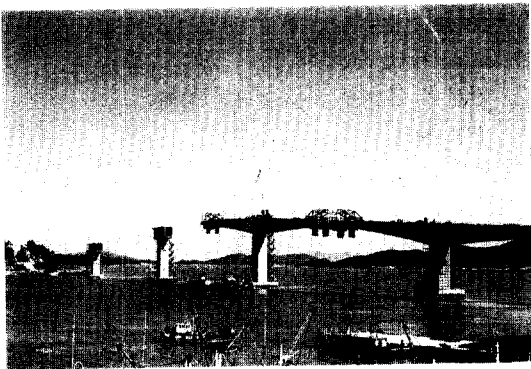


사진 6 Segment 시공전경

위치조정후 각 diagonal stress bar를 각각 10ton씩의 동일한 인장력을 갖도록 인장하여 각 캔틸레버의 양단을 횡방향으로 고정시킨다.

(2) 수직방향 고정 : Form traveller를 이용하여 압축 캔틸레버의 수직 위치를 고정시킨다.

(3) 수평버팀대(Prop)의 설치 : H beam 수평 버팀대는 각각 상부 슬래브 및 하부 슬래브에 각각 web를 중심으로 설치한다.

① 하부 슬래브의 버팀대

Prop을 정해진 위치에 설치하고 양측의 틈새(gap)에 epoxy mortar 를 20~30mm의 두께로

채워서 고정시킨다.

② 상부 슬래브의 버팀대

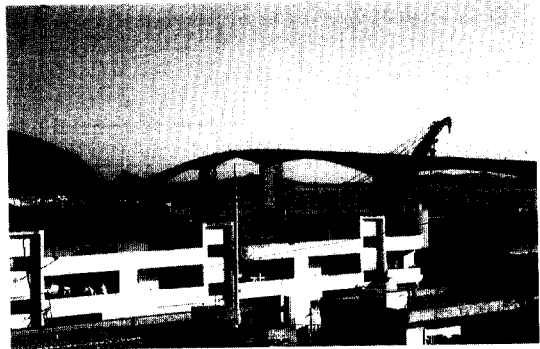


사진 7 Segment 접합 완료

우선, 버팀대를 설치하기 위한 강제 브라켓을 양측 캔틸레버 단부에 앵커볼트를 이동하여 설치한다. 다음에 prop 을 설치하고 양측 틈새(gap)에 epoxy mortar를 20~30mm의 두께로 채워서 고정시킨다. 이 상부 prop은 콘크리트가 타설됨에 따라 압축력을 받게 되며 콘크리트 내부에 그대로 남겨두고 제거하지 않는다.

(4) 콘크리트 타설

① 모든 prop을 설치 후 고정시킨 다음에 tendon 한쌍(tendon A)을 75%만 인장하여 하부 prop 에 설치된 micrometer gauge 검측한다.

이 상태에서 시공된 pier x에 설치된 종방향 이동 고정장치를 제거하고 tendon B를 50%로 인장한다.

② 위의 상태를 유지하면서 콘크리트 타설을 시작한다. 콘크리트 타설을 계속 진행시키면서 하부 슬래브와 web가 타설된 시점에서 tendon B를 75%가 되도록 인장한다.(만일, 하부 prop 게이지에 거의 0(zero) 압축이 검측되면, tendon B를 100%로 인장하고 tendon A도 100% 인장하여 압축이 작용하도록 한다.)

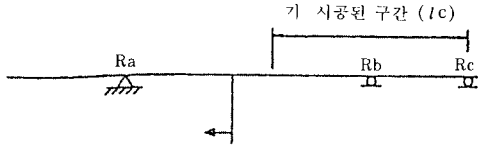
(5) Tendon 인장

① 콘크리트 타설이 완료된 후 콘크리트의 강도가 100kg/cm<sup>2</sup>(실린더 압축시험)이 되면 tendon B를 100% 긴장한다.

② 콘크리트 강도가 150kg/cm<sup>2</sup> 이상일때 tendon

C를 100% 인장하고, 콘크리트 강도가  $200\text{kg/cm}^2$  이상일때 tendon D를 100% 인장한다. 인장후 하부 prop를 절단하여 해체한다.

③ 하부 prop를 제거한 후 tendon A를 100%



수축시 기 시공된 구간의 deck가 같이 끌려와야 함.

그림 9 온도 변화에 따른 slab 일축 이동으로 부응력 방지

인장하고 콘크리트 강도가  $300\text{kg/cm}^2$  가 되면 순차적으로 tendon을 인장한다.

6) key-segment concrete 타설시기

저녁시간에 타설하는 것이 좋음. → 다음날 새벽에 상판 온도가 상승하기 전에 1차 인장.

(1) 온도변화

- l구간의 deck를 끌어 당기기 위한 force

$$PS1 = (lc \text{ 구간의 자중} : \text{반력 } Rb + Rc)$$

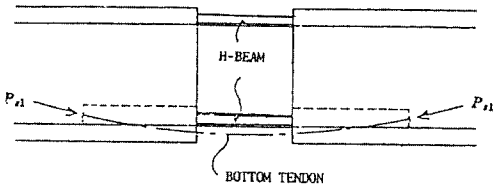


그림 10

× ( bearing 의 friction 계수 )

$$PS1 = (Rb+Rc) \times (=0.03 \sim 0.04)$$

- 위의 force 만큼 콘크리트 타설전에 인장한다.  
: steel beam이 지지

(2) 건조수축

초기 양생시 건조수축에 의한 균열 방지

콘크리트 타설후 10~12시간 후, 단면에 평균  $5\text{kg/cm}^2$  정도의 압축 응력이 작용하도록 bottom tendon 인장.

$$PS2 = Ac \times 5\text{kg/cm}^2$$

### 2.3.3 Form traveller

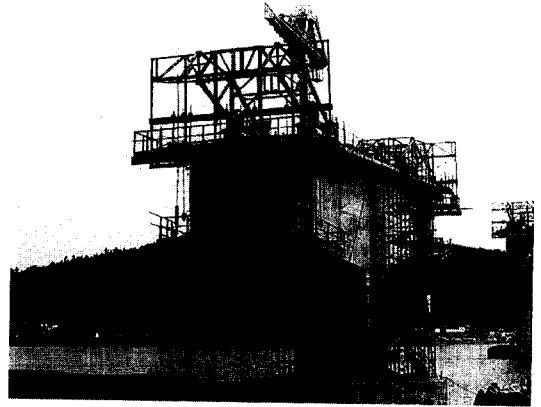


사진 8 Form traveller setting 전경

Segment 콘크리트 타설 양생후  $0.8\sigma_{pu}$  시 강봉인장 및 grout 시공후 아래 순서에 의거 form traveller 이동한다.

- Rear jack 인장 강봉 해체 ( $2EA \times 2$ 개소)
- Rail 전진 (후방, 전방 강봉 rail 고정후 launching jack 이용)
- 전진 후 후미부 roller 전진 설치
- 강봉 해체
- F/traveller 이동
- F/traveller 이동 설치 - 150ton jack 인장 및 tie down bar 인장(200ton) 및 강봉설치

### 2.3.4 설계 및 시공시 유의사항

- 종단 slope가 큰 교량은 접속부에 ball bearing type 으로 제작 clearance를 확보한다.
- Front truss 부재와 cantilever rail간의 arrangement 불량한 구간의 front hanger 힘에 유의한다.
- Wind bracing은 tight하게 시공
- 유압 jack 고장시 용량 적은 jack의 유용 금지
- Cantilever haunch 부는 wood wedge 등으로 tight 하게 filling 시킨다.
- Truss splice 부위의 bolt 누락되지 않도록 체결한다.

### 2.4 Shoe 및 expansion joint 시공시 유의사항

Bearing shoe는 교량 상부 하중을 하부 기초에

전달하는 역할을 하는 바 기능이 충분히 발휘될 수 없는 경우 교량의 수명에 악영향을 미치므로 내구성 및 기능성을 잘 파악하여 제품을 선정하여야 하고 shoe의 보관상태, 설치상태, 설치 및 무수축 grouting, presetting(건조수축, creep 영향 및 온도변화)량을 검토하여 시공관리에 만전을 기하여야 한다.

#### 2.4.1 설치 사양

2.100 ton(일방향) 8<sup>BA</sup>

350 ton( " ) 4<sup>BA</sup>

75 ton( 가동 ) 20<sup>BA</sup>

75 ton( 고정 ) 20<sup>BA</sup>

52<sup>BA</sup> 설치완료

#### 2.4.2 설치시 유의사항

- 설치지점은 concrete box out을 깊게 하였을 경우 grout 두께가 두꺼워지게 되는데 H=70mm 이상 되면 응력상 불리하므로 별도의 횡력에 저항할 수 있게 cage type 의 철근보강 시공을 요한다.

- Grout재는 품질 확보를 위하여 premix type 의 grout재 선정이 유리하다.

- 건조 수축에 의한 shrinkage, creep 및 온도 변화에 따른 presetting량 관리를 철저히 하여야 한다.

### 2.5 강연선 인장

당 현장의 강연선 배치는 post tensioning 단계 적 방법으로 segment 콘크리트 타설후 인장하고 다음 segment 시공을 진행시켰다. box 상부 슬래브는 주두부에 36개의 sheath관이 배치되어 segment 콘크리트가 진행됨에 따라서 단계적으로 배치 수효가 줄어들게 배치되었고 하부강연선은 key segment를 중심으로 6~7개의 sheath관이 배치되어 key-seg con'c 타설후 5일내 전량 강연선을 인장시켰다.

#### 2.5.1 설계제원

- PS 강연선 7연선 B종(φ 12.7mm) - KSD  
7002 기준

- Sheath 관 1 hole 내 평균 27가닥 삽입

#### 2.5.2 신장량 관리

실측 신장량과 bar수를 계산에 의한 값과 비교하여 허용오차 한도내에서 상호조정하여 최대한 계산에 의한 값에 접근하도록 관리하였다.

- 각 기준별 허용한계 비교

##### ① DIN 4227 - part 1

1 tendon 당 허용한계는 15%이며, 단면에 대한 전체 tendon의 허용한계는 5%로 규정

##### ② ACI 318-89

관리 허용 한계는 ±7%로 규정하고 있음.

- 실 적용

기본적으로 정확한 관리를 위해 DIN4227- part1 의 규정에 따라 관리 오차 허용한계를 ±5%로 함. 즉, bar 수(±5%)와 신장량(±5%)을 ±5%의 한계에서 조정하여 둘다 ±5%의 허용한계 내에 들도록 관리하였다.

#### 2.5.3 설계 및 시공시 유의사항

Sheath관의 재질이 좋아야 하며 시공중 시공오차 및 작업 하중에 의한 부분적인 처짐으로 추후 강연선 인장시 부분 응력은 받지 않도록 유의한다. 특히 종단 경사도가 큰 교량은 주의를 요한다.

강연선은 삽입시 roll이 찌그러지면 작업 불가하므로 운반 및 보관에 유의하고 돌 방지를 위해 일정 기간 작업량의 계획하여 구입한다.

강연선 인장시에 부분하중으로 인한 concrete 터짐 및 hair crack 발생에 유의한다.

- 상부 슬래브 하단부 횡방향 배근이 충분해야 한다.

- 상부 sheath관 배치시 정착부에 인입되는 부위의 곡률 반경이 적으면 hair crack을 유발할 수 있다고 본다.

- 하부 sheath관 배치시 segment 접속 부위는 smooth한 곡률 배치 시공이 어려우므로 하부에 횡으로 철근을 추가 배치하여 과도한 인장응력 발생시도 안정한 구조가 되도록 하는게 좋다.

- Sheath관은 추후 추가 인장이 가능토록 여유분에 대한 배치도 고려한다.



## 2.6 GROUT

매 seg. 당 강연선 인장후 즉시 시행한다. “콘크리트 표준시방서(시공편)” 제19장 19.5 PC grout 제 23장 PSC grout의 시공 및 “도로교표준시방서” 제Ⅲ편 콘크리트편 16.9 grout의 시공편을 참조하여 품질관리에 만전을 기하여야 한다.

## 2.7 CAMBER관리

당 현장의 경우 시간 개념이 도입된 PSC program인 R.M space program을 이용 camber관리도 가 작성되었으며 아래 요령에 의거 camber관리가 되었다.

### 2.7.1 Camber관리 point

- ① 주두부 시공시 가시설(bracket)의 인장력 및 처짐 계산 결과 반영
- ② Form traveller 하중 고려(개략 5~12mm 정도의 처짐 발생)
- ③ EL.이 계획과 20mm 이상 차이가 날 때에는 몇 개 seg. 구간에 분산하여 보정)
- ④ 작업하중, concrete 타설하중, prestress에 의한 변형 및 콘크리트 creep, 건조수축에 의한 보의 변형, 작업차 자체의 탄성 변형 및 철거 후의 변형도 고려하여야 한다.

### 2.7.2 당 현장의 camber관리

1) 시공 단계별 시공결과를 검측하여 검측 결과는 단계별로 filing 및 graph화 하는 관리 방법을 채택하였다.

-F/traveller setting level  
 -F/traveller setting 후의 level  
 -콘크리트 타설 후의 level  
 -인장 후의 level

} 단계별 전체 seg. 실측관리 (Graph st.)

2) 전산화된 관리도에 의거 관리하였고, 시공 단계별, seg별, 실시공 EL 변화치를 camber 관리 하였다.

3) Key-seg. 시공 전후 EL. 변화치를 camber 관리도 실측치와 비교하여 feed back 하여야 한다.

## 2.8 계측관리

설계 내역은 없지만 구조물 안정을 위하여 별도 계획에 의거 계측작업을 수행하였다.

(1) Pier의 측량 : Transit 측량 : 2회/주

(2) Pier의 변위 측정

- ┌ 고정추 : Segment 시공전, 중, 후
- └ Tiltmeter : 2회 / 주

(3) concrete 응력 측정 : embedment strain gauge : 2회 / 주

(4) 교량의 동적 변형 및 가속도 측정 : 상부공 시공후 년 2회 정도

(5) 계측기 설치 위치

- Pier의 측량 : Pier의 상단, 우물통 기초 필요 개소 지정 transit 측량 실시
- Pier의 각 변위 측정(그림 11 참조)
- 동적 변형 및 가속도 측정(그림 12 참조)
- concrete 응력 측정(그림 13 참조)

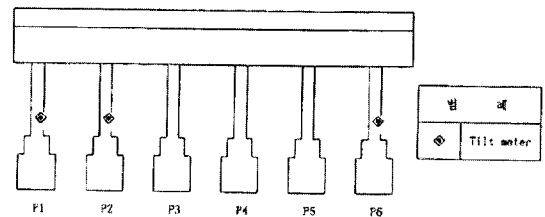


그림 11

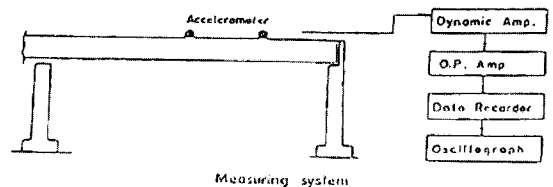


그림 12

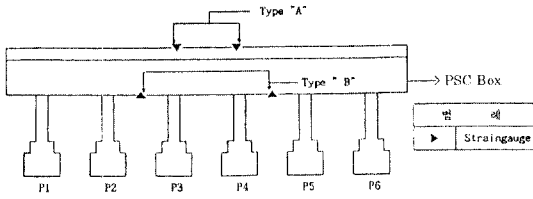


그림 13

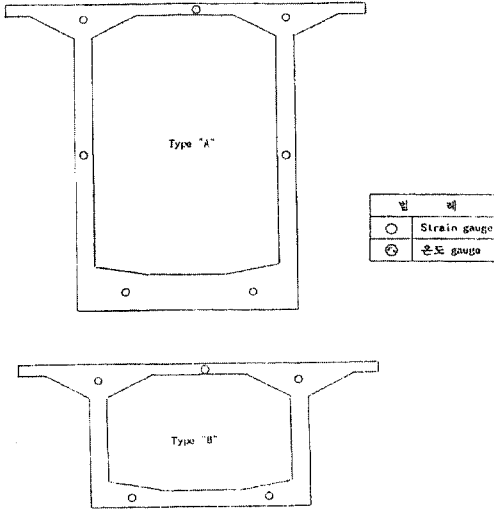


그림 14

### 3. 결 론

비금-도초 연도교 현장은 수심이 깊고, 먼바다와 가까운 바다에 위치한 섬사이의 협수로상에 가설되

어 썰물시 최대시속 4Knot나 되는 악조건하에 시공 추진되었고 최대지간이 128m나 되어 가설 공사비의 원가 절감이 되는 FCM공법으로 채택한 것은 최선의 공법 선정이었다고 판단한다.

FCM공법으로 시공시 가장 중요한 관리 Point 인 Camber관리에 대해서 아래 사항에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

-처짐 계산의 중요 항목인 콘크리트 E값의 지속적인 관리 및 작용

-강연선의 인장 및 신축량 관리

-콘크리트의 shrinkage나 장기 재령에 의한 creep, 온도변화 및 강연선의 relaxation에 의한 처짐 영향이 설계치와 실제적인 시공치가 다를 수 있는데 최대한 근접되게 보정시킬 수 있는 기술 개발 등이다. 실제의 시공 수준이 아직은 설계 수준까지 미치지 못하지만 문제점 및 애로사항의 지속적인 기록관리로 시공 경험이 없는 기술자의 시공시 도 시공 오차를 최대한 줄일 수 있게 기술 축적이 되어야 했고, 시공 경험이 설계에 반영될 수 있게 상호 feed back이 되는 공사관리가 필요하다. 또한 6년 이상이나 걸려 많은 노력하에 시공된 중요한 구조물이므로 향후 오랜 세월의 교량 수명 유지를 위해서는 염해에 의한 피복 철근의 부식여부, 설계 대로의 통과하중의 중량제한, shoe 및 expansion joint 의 작동상태 점검 및 외관검사, 기타 계측관 리로 유지보수에 측면에도 세심한 배려가 필요하다. 하부 jacket 구조의 전기방식 가동상태, 항해 및 교량등의 원활한 작동으로 통과 선박의 항로 유도도 교각 충돌에 의한 손상을 입지 않도록 기초 보호 측면도 신경을 써야 할 것으로 사료된다. [4]