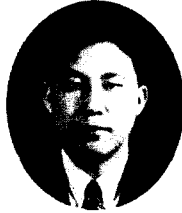


당산철교의 설계 (Design of Dang-San Steel Railway Bridge)



유 동 호*



김 선 일**

Design of Dangsang Steel Railway Bridge(a part of Seoul Subway Line NO. 2), which is supposed to be replaced after its 15years survice, was done, and the reconstruction has begun in Dec. 1997. The design include new superstructure and bridge piers, retrofiting of the foundation, rail system, electric and signal, etc. In this paper, design of the structure is mainly summarized. The main span superstructure, across Han river, is composite section which is composed of steel box and reinforced concrete deck slab with 9 span continuous. The superstructure for the approaches is bottom through type 2-cell steel box girder with steel floor system and concrete deck slab with 3 or 4 span continuous. The bridge piers was planned to be reconstructed based upon the result from the various investigations, while the foundation(cassion and pile foundation) was planned to be retrofitted. For superstructure erection, the method of combination of barge bent and heavy lifting and the launching

truss method was investigated for the main span and approach spans, respectively.

지하철 2호선 당산철교의 교체를 위한 설계는 1996년 3월부터 1997년 4월까지 13개월에 걸쳐 시행된 바 있다. 당산철교는 총 연장 1360m로서 한강을 횡단하는 주경간(하천부)교량(810m) 과 한강의 좌안 및 우안으로 고수부지와 올림픽대로 및 강변북로 등을 횡단하는 강남측접속교(250m) 및 강북측접속교(300m) 로 구성되어 있다. 본 고에서는 주로 하천부교량의 설계의 주요사항에 대하여 요약하였다. 본 고에서는 구조 설계 및 시공계획에 대하여 주요사항을 간략히 정리하였다.

1. 사전조사

사전조사는 지반조사, 기존 우물통외관조사, 교각구조조사, 수리수문조사, 환경영향조사, 지장물 조사등으로 실시되었으며 이들 조사결과 중 주요사항을 살펴보면,

* 정회원 · (주)유신코퍼레이션 구조본부 구조부, 토목구조기술사

** (주)유신코퍼레이션 구조본부 구조부, 토목구조기술사

1.1 지반조사

지반조사는 하천부교랑구간의 우물통내부 및 외부(하상)에 대한 시추조사 및 접속교구간인 육상구간의 지반시추조사로 구분되어 실시하였으며 기존구조물의 상태파악 및 설계시의 설계정수를 파악하기 위한 목적으로 시행되었다. 조사결과 중 주요사항은 다음과 같다.

- 우물통 속채움콘크리트($\sigma_{ck} = 100\text{kg/cm}^2$) 시추 굴진시 공벽붕괴 및 교아회수 곤란
- 일부구간에서 우물통상부슬래브의 두께 부족
- 저판(수중)콘크리트 기능상실
- 우물통들간의 지지기반이 상이(우물통내부 시추조사결과 우물통 9기 중 2기는 풍화암에 지지되어 있음)

1.2. 우물통외관조사

육상부에 위치한 8번 교각위치 우물통에 대하여 sheet-pile에 의한 물막이 및 우물통 외곽에 대해 우물통 저면까지 굴착하여 기존의 우물통에 대한 외관조사를 실시한 결과 지지기반의 상태, 구체콘크리트의 강도, 연직도, 외관, 비파괴조사 등에서 양호한 것으로 나타남.

1.3 교각구조조사

과업구간의 교각구조에 대한 정밀진단(외관조사 및 각종 비파괴 검사)을 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 부분적으로 설계기준강도에 미달
- 일부 골재분리, 균열, 침식 및 탈락현상
- 배근상태, 피복, 염분도 및 중성화 상태 양호
- 우물통 중심과 교각중심간에 편심(최대70cm)

본 과업은 기존 하부구조를 이용하여 상부구조를 신설하는 것이 기본방침인 바, 상기의 조사 결과는 신설상부구조 계획 및 현행 설계기준에 따른 하부구조 내하력판단을 위한 참고자료로 활용함.

1.4 수리수문조사

수리 수문조사결과 과업대상위치에서의 기존 구조물의 교각상단 elevation은 계획홍수위와 대비하여 여유고를 확보하지 못하고 있는 것으로 조사되었으며 따라서 홍수위에 대한 여유고를 확보할 수 있도록 기존교각상단의 인상이 필요함. (기존교각상단고 : E.L.114.300, 계획홍수위 : H.W.L.114.365)

1.5 환경영향조사

과업구간의 종점부, 즉 절두산성지 구간과 주택가가 인접한 구간에 대한 환경조사(진동 및 소음도 실측)를 실시하고 한강의 기타 전철교량에 대한 실측을 병행하여 대상구간의 방음시설 및 방진시설의 계획을 위한 기초자료로 삼음

2. 상부구조의 설계

2.1 경간장 및 경간구성

과업의 기본취지에 의해 기존의 하부구조배치를 이용하여 신설상부구조를 계획함에 따라 경간장은 기존교량과 동일한 90m를 적용하였다.

경간 구성에 대하여는 9경간 연속교와 3경간 연속교에 대하여 검토한 바, 시공관리가 다소 까다로운 단점은 있으나, 다음에 열거한 바와 같이 구조적으로 효율적인 9경간 연속교로 설계에 적용하였다.

- 3경간 연속교의 경우 매 연속구간의 측경간이 인접구간과 연속됨에 따라 처짐이 과다한 개소가 증가하고 또한 처짐각이 중첩되므로 이를 해소하기 위해 해당구간의 단면규격 증가 등이 요구되나 9경간 연속교로 계획하는 경우 측경간의 개소를 줄일 수 있어 별도의 단면조정이 필요 없어짐
- 신축이음 및 교좌장치 개소가 줄므로 유지관리에 유리함
- 장대레일 적용에 유리(레일 신축이음이 필요 없음)
- 강중감소로 공사비 감소효과
9경간 연속 : 6,200ton

3@3경간 연속 : 7,100ton

- 연속화에 따라 낙교방지시설을 생략할 수 있으며 LRB(Lead-core Rubber Bearing)를 적용함으로써 면진효과를 기대

연구소(일본, 1992)

- 도로교표준시방서-건설교통부(1996)
- 콘크리트표준시방서 건설교통부(1996)
- 지하철 2호선 설계기준-지하철공사

2.2 설계기준

설계에있어서 적용기준 및 참고기준은 다음과 같다.

- 당산철교 상부구조 설치공사 기본 및 실시설계 설계기준
- 강철도교설계표준시방서-철도청(1980)
- 합성형철도교설계표준시방서-철도청(1980)
- 고속철도설계표준시방서해설(안)-고속철도사업기획단(1991)
- 철도구조물등 설계표준·동해설-철도종합기술

하중 및 하중조합은 설계기준 및 참고기준에 따르며 여기서 하부구조의 경우 하중 및 하중조합은 고속철도설계 표준시방서(철근콘크리트 구조물편)에 따르되, 여기에 명시되지 않은 하중 및 그에 따른 하중조합은 도로교 표준시방서를 따르는 것으로 하였다. 다음에 설계에 적용한 활하중(열차하중)을 도식하였다.

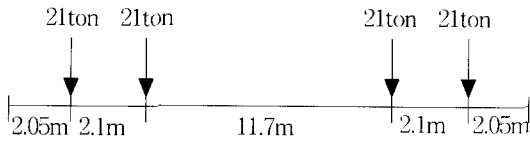
활하중(Q21 : 축중 21ton) : 정원하중(Q16)에 혼합을 350% 적용(일본기준 참조)

표 1 처짐제한 및 하중조건과 충격계수의 적용

구 분	설계사	감리단	적 용
처짐제한 및 하중조건	L/800 단선재하, 충격무시	L/800 복선재하, 복선모두 충격고려	L/800 복선재하, 단선에 충격고려
충격계수	$i = (50-L^2)/48, L < 24m$ $i = 180/(L-9) + 26, L > 24m$	$i = 0.3$	$i = 0.3$
	복선교량의 경우 L<50m - 복선충격 L>70m - 단선충격	복선교량의 경우 복선모두에 대하여 충격계수 0.3을 적용	복선교량의 경우 복선모두에 대하여 충격계수 0.3을 적용

표 2 각국 관련시방조항(L(지간장)=90m, V=100km/hr 의 경우)

구 분	한 국		일 본		미 국	
	일반철도	고속철도	일반철도	신간선	AREA	Rapid Transit
처짐제한	L/800	L/2500	L/700	L/2500	L/640	L/800(L/100)
처짐감제한	-	-	6%	6%	-	-
복선교량의 처짐검토조건	단선재하 충격무시	단선재하 충격무시	단선재하 충격무시	단선재하 충격무시	복선재하 충격고려	복선재하 충격고려
충격계수기준	$180(L-9)+26$	$1.44/\sqrt{L}-0.2$ -0.18	$V/(250 \times L^{0.2} + 10/(65+L))$	$V/(500 \times L^{0.2} + 10/(65+L))$	$26+600/(L-30)$	30%
	복선재하시 단선에만 충격고려	해당지간에 대한 충격 영향 없음	복선재하시에는 0.6배 충격고려	비교대상에서 제외	복선재하시 단선에만 충격고려	단선 및 복선재하시 일괄적으로 30%의 충격고려
고유진동수 제한기준	-	-	$\sqrt{(30.5/d)} > (100/L)$ [d:사하중처짐] 이 조항을 만족하는 경우 위의 충격 계수를 적용할 수 있음		-	2.5Hz 이상 (저진동수의 경우에는 충격계수 30%를 적용)
관련시방서	강철도교 시방서	고속철도시방서	철도구조물등 설계표준·동해설		AREA	U.S Rapid Transit



설계기준에 있어서 치짐제한조건 및 충격계수와 관련한 설계감리단과의 이견이 있었는 바(표 1) 설계기준에 대한 이견사항에 대하여 별도의 자문회의 결과 및 발주처의 방침에 따라 '적용'의 내용으로 설계하였다.

참고로 이와 관련한 각국의 관련시방조항을 표 2에 비교하였다.

2.3 상부구조설계 주요사항

하천부교량의 상부구조 표준단면을 다음 그림에 나타내었으며 설계에 있어서 주요사항 및 특이사항들을 간략히 정리하면 다음과 같다.

1) 하천부 제 2경간의 경우, 인접경간에 대한 활하중 재하에 따라 부상효과가 발생하게 되므로 경간 전 구간에 걸쳐 인장-압축이 교번하여 발생케 되고(그림) 따라서 활하중 응력범위가 증가하여 피로에 대해 불리하여짐으로 이에 대한 단면규격(플랜지 두께)의 증가가 필요하였으며 또한, 각종 보강재의 종방향 필렛용접선이 단축되지 않도록 피로상세를 고려하였다.(아래의 3) 항 참조)

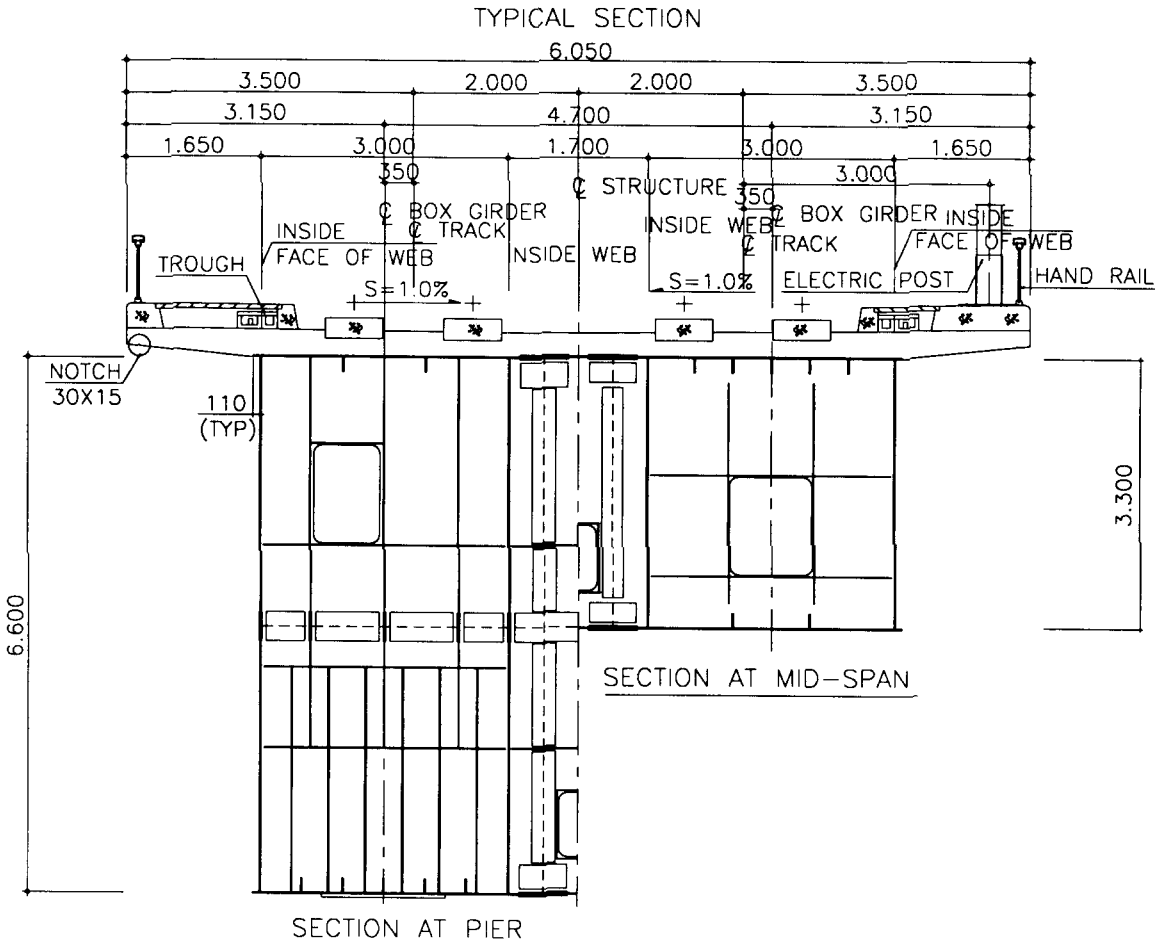


그림 1 하천부교량 상부구조 표준단면

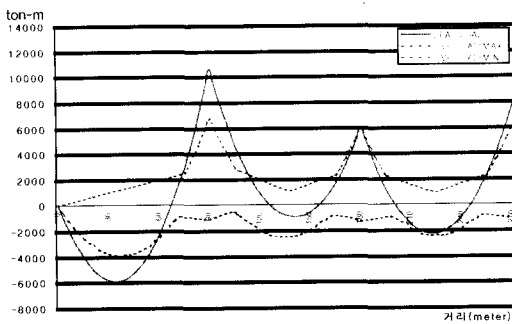


그림 2 하천부 교량 Moment envelope(3경간분)

2) steel box의 육상운반이 불가피한 현장여건에 따라 현장이음개소가 과다하게 발생하는 점을 고려하여 현장 볼트이음부위의 설계시에 보다 안전측인 AASHTO 기준에 따라, [(작용력+허용력)/2] 와 '전강의 75%' 중 큰 값]에 의거하여 설계하였다.

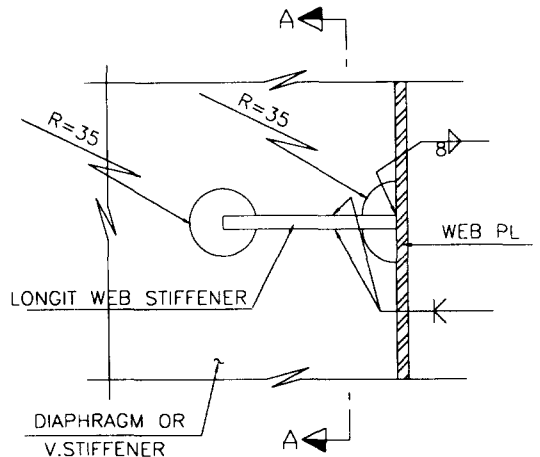
3) 피로설계

강교의 피로설계는 굳이 부연하여 설명하지 않더라도 충분히 그 중요성이 이미 널리 인지되어 있는 사항이다. 더욱기 기존 당산철교에서 문제되었던 세로보 및 가로보의 균열은 피로설계의 중요성을 다시 한번 확인시켜준 바 있다고 하겠다. 본 과업에서는 피로설계의 기준으로 도로교 표준시방서(1996) 기준을 따랐으며, 이는 미국 AASHTO 및 AREA의 기준과도 동일하다. 본 설계시에는 적용한 피로설계의 기준을 요약하면 다음과 같다.

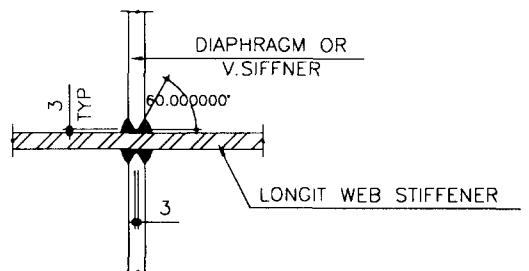
- 하중반복횟수: 200만회 이상
- 하중경로구분: 단재하경로 구조물 (AREA의 'Fracture Critical Member' 기준에 해당)
- 활하중재하방법: 응력검토시의 최대·최소 부재력을 얻기 위한 하중조건과 동일한 방법으로 재하
- 적용범위: 인장응력 부위 및 인장과 압축을 교번하여 받는 부위(하천부 제 2경간의 경우 피로에 의해 단면이 지배됨)
- 적용상세:
 - 수평보강재와 수직보강재 교차부

- Gusset Plate 의 끝단처리
- 각종 보강재의 종방향 fillet weld line 단속부위

구조계산 결과에 의한 활하중 최대-최소 응력으로부터 각 위치별 응력범위를 산정하고 상기의 기준에 근거하여 피로검토를 수행하였다.



SECTION A - A



NOTE : UT IS REQUIRED

그림 3 수평보강재와 수직보강재의 교차상세

4) Camber 산정

다경간 연속 강합성교의 경우 단위경간장의 규모 등에 따라 차이는 있으나 바닥판 슬래브의 타설순서에 따라 사하중 처짐 값이 영향을 받게 되는데 이는 각 타설구간의 순차적인 콘크리트 양생 및 강도발현에 따른 합성효과와 또한 콘크리트의 시간 의존적인 특성에 의한다. 따라서 당산철교가 비교적 장경간 합성교인 점을 고려할 때

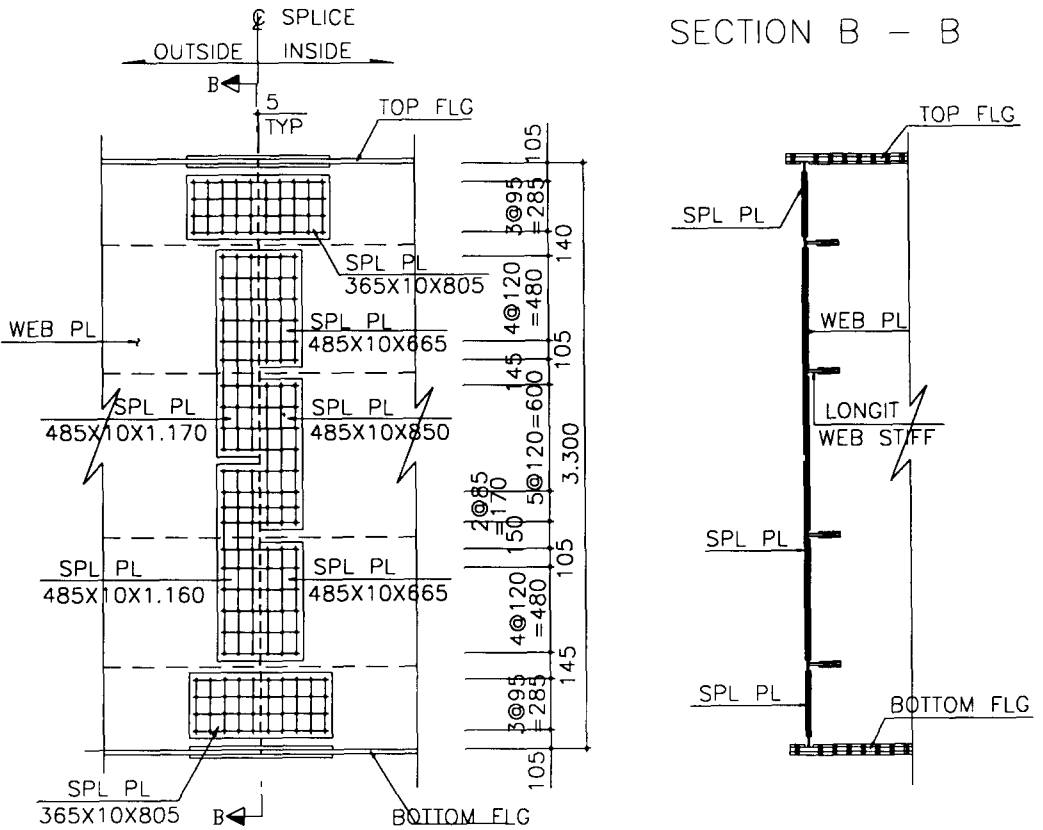


그림 4 수평보강재의 Splice 위치 교차상세

상기한 효과를 반영하기 위해 시공계획에 따라 산정된 바닥판 타설순서에 의거하여 단계별 처짐 해석을 실시하였으며 이에 따라 강상형의 제작 camber를 산출하였다.

5) 모든 주요 현장이음부에 5mm의 Gap 을 두도록 설계도상에 명시하여 제작 및 가설시 용이성을 도모하고 감독과 시공자 간의 불필요한 마찰의 소지를 최소화토록 유도하였다.

3. 하부구조의 설계

3.1 교각의 설계

3.1.1 교각 보강/재시공

과업의 당초 취지는 기존의 하부구조를 이용하여 신설상부구조를 설계하는 것이었으나 사전조

사결과 및 현행설계기준에 따른 검토 결과를 반영하고 또한 자문회의를 통한 외부 전문가들의 의견을 수렴하여 교각을 전면 재시공하는 것으로 결정하였다. 검토시 고려된 내용은 다음과 같다.

- 계획홍수위 조사결과 형하 여유고 확보하기 위해서는 기존교각의 상단교를 1.5m 이상 인상하는 것이 불가피함
- 현행 설계기준에 따라 내진설계를 적용함에 따른 교각단면의 구조적인 보강 필요(당초교량은 무도상레도이었으나, 신설상부구조는 과업방침에 따라 유도상(콘크리트도상)을 적용함에 따라 상부구조의 자중이 증가)
- 교각을 보강하는 경우 시공성 및 구조적인 신뢰도의 저하를 감안
- 신설 상부구조와의 조화를 고려

3.1.2 교각배근상세

교각설계에 있어서는 다음의 사항을 철근배근에 대해 적용하였다.

(1) 나선철근의 적용

교각(기둥)의 배근에 있어서 내진설계에 따른 배근 상세규정을 만족하기 위해서는 나선철근 또는 띠철근을 기준에 따른 소요량만큼 적용하여야 하는데, 종래의 예에서 보면 현장의 시공편의를 고려하여 나선철근보다는 띠철근을 적용한 경우가 대부분이었다. 반면에 구조적인 거동에 있어서 이들 배근상세는 기둥 주철근의 좌굴을 방지하고 기둥의 심부(core)에 대한 구속력을 제공키 위한 목적으로 배치되어야 하는 바, 시방서에 의하면 띠철근의 경우 그 구조적인 기능이 나선철근의 기능에 비해 비효율적인 점을 감안하여 띠철근 배치시의 소요 철근량을 상향 조정하고 있고 따라서 그 결과로부터 실제 배근결과는 오히려 시공성을 저하시키는 결과를 초래하는 면이 있다. 특히 본 교량과 같이 하부구조가 원형기둥인 경우에는 띠철근 량이 시방서 규정을 만족시킨다고 할지라도 단면형상의 특성상 그 배근상세가 구조적인 거동에 효율적으로 대처한다고 보기는 어렵다.

따라서 본 설계에 있어서는 구조적인 거동의 신뢰도를 향상시키고, 복잡한 배근에 따른 시공성 저하를 방지하기 위해 심부구속철근으로 나선철근을 적용하였다. 여기서 국내의 철근생산규격(표준길이 8m, 주문생산시 12m)으로서는 계획된 원형기둥의 직경 (2.3m~3m)에 대해 나선 1~2 cycle 정도에 불과하므로 철근의 이음은 기계적이음장치(coupler)를 사용하여 연결토록 계획하였다.

(2) 특수철근(H35)의 적용

기둥 주철근의 경우 그 철근량은 구조적인 안정성을 확보하기 위한 소요철근과 더불어 시방서의 규정(유효단면의 1%이상, 8%이하)을 만족시켜야 한다. 본 설계에 있어서는 보통철근(H32 이하)으로 소요 철근량을 배근하는 경우 철근 순간격 등의 배근상세를 만족키 위해서는 2단 배근이 불가피하게 된다.

반면에 이제는 국내에서도 특수철근(직경이 큰 철근, 최대 51mm까지 생산)이 생산되고 있고 또

이들을 적용하는 경우 주철근은 물론 나선철근을 2단으로 배치하는 것을 피할 수 있어서 시공효율을 높일 수 있는 점이 큰 장점으로 판단되었다. 따라서, 단면의 규모와 구조계산을 조사한 결과 H35 철근 1단 배근으로 소요철근을 만족할 수 있었으므로, 기둥의 주철근에 이를 적용하였다. 여기서 철근의 이음은 압접 또는 기계적 이음으로만 가능한데, 압접의 경우 적용개소나 소요시간, 시공효율등은 물론 품질관리 면에서 보더라도 부적합할 것으로 판단되고 또한 나선철근의 경우에도 기계적 이음을 도입한 점을 고려하여 Coupler를 사용하여 철근이음을 처리토록 계획하였다. 다음에 2단배근과 1단배근시의 배근단면을 나타내었다.

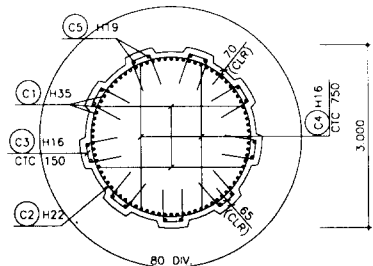


그림 5 기둥 주철근의 1단 배근

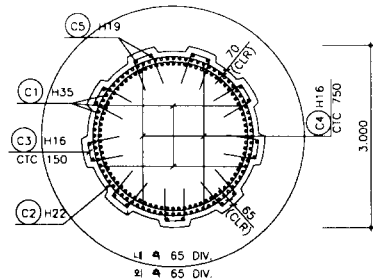


그림 6 기둥 주철근의 2단 배근

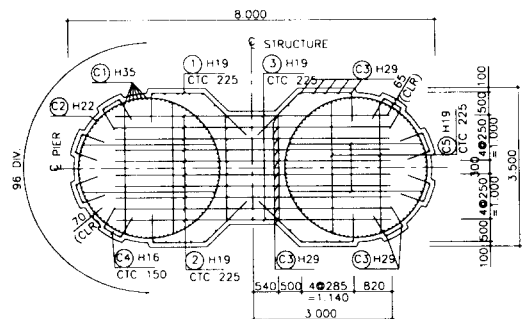


그림 7 하천부교각 기둥배근

하천부 교각의 경우에 있어서도, 그 기본적인 형상은 직사각형에 가까우나, 이를 2개의 원형기둥이 합성된 개념으로 설계하고 이에 따라 철근을 배치하면 훨씬 더 효율적인 배근이 가능할 뿐만 아니라 경제적인 설계가 가능하다는 점에 착안하여 원형기둥 2기의 개념으로 본 경우에 따른 철근배치와 이들을 상호연결(interlocking)할 수 있는 추가배근을 적용하여 설계하였다.

3.2 기초의 보강

3.2.1 우물통 기초

(1) 우물통단면 확대

기존 우물통 기초는 앞서 사전조사에서도 언급한 내용 이외에도 다음과 같은 배경에 따라 우물통의 단면을 확대하는 것으로 보강설계를 실시하였다.

- 신설교량계획(궤도구조, 상부구조 및 교각 등) 고려 및 그에 따른 하중조건 반영
- 내진설계적용
- 사전조사결과에 따른 기존기초의 구조적 기능 및 내구성에 대한 신뢰도 확보
(확대보강 후의 우물통규모는 전 구간에 걸쳐 공히 10m×20m)

상기한 우물통의 경우 P14, P15, P16은 조사결과에 의하면 암반의 근입심도가 약 1M 내외에 불가한 경우로서 직접기초로 고려하여 검토하였으며, 그 외의 우물통은 세굴저감대책 적용을 전제로 근입 심도를 반영하여 검토한 결과이다. 설계결과 결정된 보강 폭은 상기 표에서 알 수 있는 바와 같이 콘크리트 경화시 수화열에 의한 영향을 받을 수 있는 규모이나 한강상 타 교량의 우물통 보강 공법과 유사하고, 시공실적이 풍부한 기둥이라고 가정할 수가 있다. 반면에 이 구조물은 수중에 놓이게 되어 벽체 내부에 수화열에 의해 발생된 균열에 물이 항상 존재할 가능성이 높고, 동결융해 작용, 오수에 의한 철근의 부식 등으로 내구성의 저하가 우려되며 문제가 발생해도 점검이 불가능하기 때문에 설계 당시 충분한 수

직·수평철근을 배치하는 것이 바람직하다. 따라서 콘크리트 표준시방서에서 제시하고 있는 벽체의 수평, 수직철근의 최소철근비 이상을 만족하도록 설계하였으며 교각으로부터 작용하는 수직하중을 받는 구조물이므로 수직철근의 경우 특별히 확대보강 총단면에 0.5%이상, 즉 환산단면의 1% 이상의 철근을 배치하여 내구성 증진을 도모하였다. 그리고 우물통의 횡방향 부재 설계시는 기존 우물통을 속채움 콘크리트로 가정하였으며 이러한 가정은 신·구 콘크리트의 건조수축 재령이 상이하게 때문에 구조물의 안전성 측면에서 바람직하다고 판단하였다. 또한 수직하중의 경우는 우물통 전체 면적으로 지지반에 하중을 전달하여야 하므로, 확대보강 부분과 기존 우물통을 전달 마찰이론을 적용하여 수직하중을 공유할 수 있도록 기존우물통 구체의 표면에 Dowel Bar [chemical anchor, 2개/1m²] 를 설치하였다.

(2) 속채움보강 및 지반보강

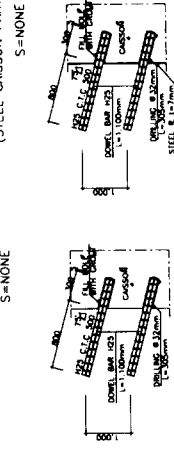
우물통 저면 지반은 토질조사결과에 따르면 심한 절리 및 파쇄현상을 보이고 있으며, 또한 속채움 콘크리트 (준공도에 의하면 $\sigma_{ck}=100$ 의 콘크리트)는 재료분리현상이 심하여 Core회수가 불가능한 상태에 있고 더욱이 저판콘크리트(수중콘크리트)는 그 기능을 상실하고 있는 것으로 조사된 바 있다. 따라서 기초의 내구성 향상 및 구조적인 안정과 확대보강 시공시의 차수를 위해 지반보강 그라우팅을 적용하였으며 속채움에 대해서도 내구성 향상을 위해 보강 그라우팅을 적용하였다. 그라우팅은 위치별로 다음과 같이 구분하여 적용하였다.

표 3 보강 내용

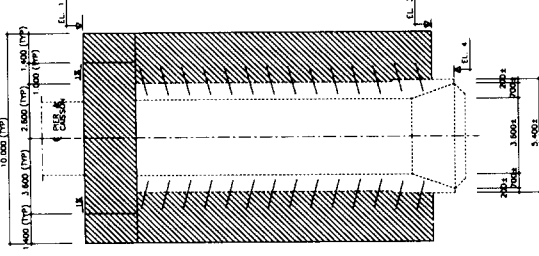
구분	내용
우물통 저면지반	<ul style="list-style-type: none"> • 마이크로 시멘트를 사용한 지반보강 그라우팅 적용 • 보강단면의 최외측부분(Sheet Pile 항타위치)에 대해서는 침투수에 의한 주입재의 손실을 최소화하기 위해 차수와 지반보강 효과를 얻기위한 마이크로시멘트+L.W.그라우팅 적용
속채움	<ul style="list-style-type: none"> • 영구적인 내구성 확보를 위한 마이크로 시멘트 그라우팅 적용

CAISSON 14, 15, 16
(STEEL CAISSON PART)

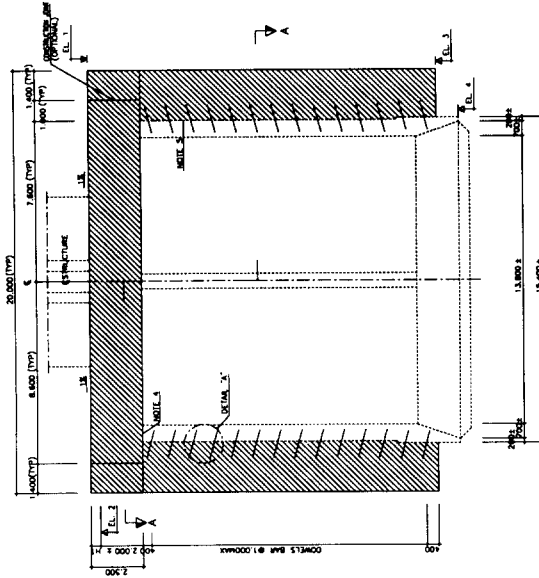
DETAIL "A"



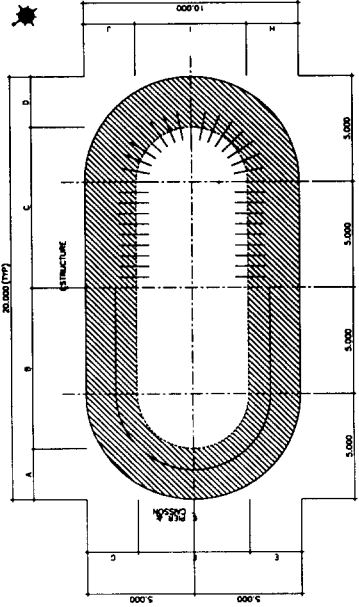
SIDE VIEW



ELEVATION



SECTION A-A



NOTES
 1. 이 보강은 콘크리트, 철근 및 기타 재료의 2차 차폐를
 2. 모든 철근은 10mm 직경의 철근이어야 하며, 20mm 이하의 직경의 철근은 사용될 수 없습니다.
 3. 철근은 10mm 간격으로 배치되어야 하며, 20mm 이하의 직경의 철근은 사용될 수 없습니다.
 4. 이 보강은 콘크리트, 철근 및 기타 재료의 2차 차폐를
 5. 이 보강은 콘크리트, 철근 및 기타 재료의 2차 차폐를
 LEGEND: 1. 콘크리트 (Concrete) 2. 철근 (Reinforcement) 3. 기타 재료 (Other Materials)

TABLE - ELEVATION

NO.	EL. 1	EL. 2	EL. 3	EL. 4
PER 8	104.000	103.500	98.800	96.000
PER 9	104.000	103.510	94.510	94.510
PER 10	104.000	103.540	94.990	96.440
PER 11	104.000	103.530	93.390	96.550
PER 12	104.000	103.530	91.830	96.950
PER 13	104.000	103.520	91.250	96.050
PER 14	104.000	103.550	90.250	96.850
PER 15	104.000	103.540	90.140	96.840
PER 16	104.000	103.550	89.650	96.550
PER 17	104.000	103.510	89.800	96.210

TABLE - CAISSON PARAMETER

NO.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
PER 8	2.410	7.560	7.700	2.380	2.340	3.020	3.440	2.290	5.130	2.590
PER 9	2.560	7.450	7.830	2.170	2.370	3.070	2.820	2.030	5.120	2.860
PER 10	2.470	7.330	7.550	2.450	2.180	3.160	2.860	2.400	5.120	2.480
PER 11	2.240	7.780	7.380	2.640	2.350	3.070	2.580	2.120	5.000	2.790
PER 12	2.370	7.750	7.430	2.370	2.370	3.090	3.340	2.370	5.070	2.360
PER 13	2.410	7.590	7.470	2.330	2.870	3.270	2.110	1.940	5.170	2.870
PER 14	1.950	8.050	7.510	2.790	2.470	3.180	2.300	2.300	5.060	2.640
PER 15	2.560	7.780	7.240	2.790	2.790	3.120	2.800	2.300	5.150	2.490
PER 16	2.350	7.500	7.430	2.370	2.000	3.180	2.840	2.070	5.000	2.870
PER 17	2.310	7.490	7.550	2.450	2.020	3.190	2.790	1.970	5.150	2.860

그림 8 우회해 보강 개요

위의 경우에서, 재료분리가 심한 속채움의 경우에는 풍화암으로 고려하고 기타 암반으로 분류된 구간은 연암으로 고려하고 타 현장의 시공실적을 감안하여 그 주입율을 다음과 같이 반영하였으나 이는 실제 다양한 현장조건 및 주입시험 결과에 따라 추후 실정을 반영한 설계 변경이 필요할 것으로 판단된다.

구 분	풍화암	연암	비 고
주입율	13.5 %	9 %	현장시험 결과에 따라 실제 적용치는 달라질 수 있음.

3.2.2 파일기초의 보강

(1) 일반구간의 보강내용

접속교구간의 기초인 파일기초는 신설상부구조가 당초 무도상교량에서 유도상교량으로 바뀌는 점을 고려하고 각종 중하중 및 지진하중의 영향을 고려하여 구조 검토한 결과 기초의 파일분수 증가 및 그에 따른 확대기초의 증설에 의해 보강하는 것으로 계획하였다. 이 때에 기존확대기초는 파일반력 작용점의 증가로 단면이 부족하게 되고 또한 교각 재시공에 따른 연결부위의 신뢰도 확보를 고려하여 철거 후 재시공으로 계획하였다. 여기서 추가파일의 근입심도는 준공도상의 기존 파일근입심도와 동일하게 적용하여 파일들의 지지반이 동일한 조건에 놓이도록 하였으며 주변 여건(강북측 절두산 성지 및 주택가)을 감안하여 내부굴착막뚝으로 계획하였다.

(2) 과업구간 시·종점측 교각위치의 기초보강

당산철교 시·종점부의 Pier 2와 Pier 24는 각각 당산역사와 3경간 연속 R.C슬래브교와 인접하여 있으므로 신설교량에 의한 반력의 변화와 내진설계의 적용에 따라 그 안정성을 확보하여야 하고, 기존 구조물에 손상을 최소화할 수 있는 적합한 보수 및 보강방법을 적용토록 하기 위한 목적을 가지고 설계를 실시하였다. 여기서, Pier2는 당산역사의 일부 구조물로서 구조형식이 강과 합성된 rigid frame이고, Pier24는 π 형 철근콘크리트 frame구조이다. 철거 후 재시공되는 타 교각과 달리 Pier2는 현재 정차장으로 사용되고 있는 구조

물에 종속되어 있고, 특히 Pier24는 3경간 R.C슬래브교를 지지하고 있는 교각으로서 합정역의 회차 시설로 이용되고 있기 때문에 시공 중에도 운영을 중단하지 않고 보수, 보강을 실시해야 하는 문제를 감안하였으며 완료 후에도 지진력, 온도에 의한 수평력 등의 작용이 최소화 되도록 이 위치에서는 sliding bearing으로 계획하였다. 인접구조물의 영향을 적절히 고려하기 위해 3차원 모델링에 의한 구조해석을 실시한 결과 다음과 같은 문제점이 제기되었고 이에 대한 보강설계가 필요하게 되었다.

- Pier 2의 footing : 휨 철근비 부족
- Pier 24의 coping : 휨 강도 부족
- Pier 24의 footing : 휨철근비 부족

1) Pier 2 : footing의 교축방향에 대한 작용 극한하중이 설계강도를 초과하지는 않으나 휨철근비가 부족하므로 이에 대한 보강을 실시하였다. 여기서, 단면증설공법의 적용도 검토하였으나 추가적으로 사하중이 증가되어 Pile의 반력을 증가시킬 수 있고 시공당시 Pile의 반력을 증가시킬 수 있다는 점 그리고 시공당시 Pile 시공기록의 부재로 인해 신뢰성이 떨어지는 점을 감안하여 다소 시공이 복잡하더라도 본 구조물의 특성과 현장여건을 감안하여 강봉을 이용한 프리스트레스 도입공법을 채택하였다.

2) Pier 24 : coping은 일부위치에서 작용 극한하중이 설계강도를 초과하고 있고, 신설교량의 교좌장치를 설치할 경우 기존 교각 coping의 연단거리가 부족하므로 기타 보강방법보다 다소 사하중이 증가되더라도 단면을 확대하는 것이 바람직하며 또한 cantilever부에 대한 배근 방법을 내민보의 방법과 같은 방식으로 하는 경우 단면 증설공법이 적합한 것으로 판단되었다. 그리고 확대기초의 경우는 현재 교축직각방향과 교축방향 모두 설계강도는 만족하고 있으나 Pier 2와 마찬가지로 철근비가 부족하게 되어 보강이 필요하며 확대기초의 복토가 70cm정도로 낮아 단면증설 공법을 채택할 경우 증설단면이 노출될 우려가 있으므로 강봉을 이용한 프리스트레스 도입공법을 적용하였다.

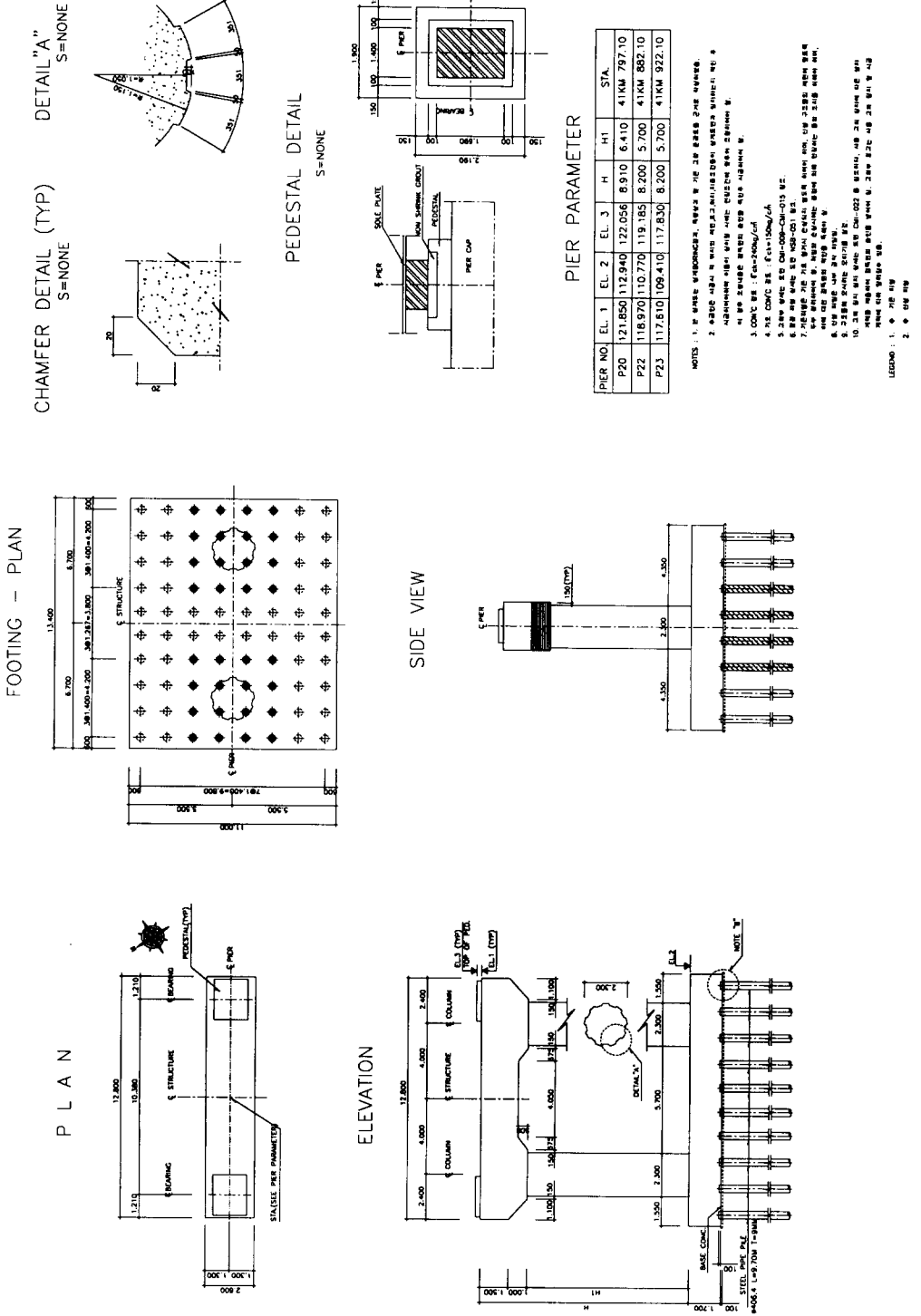


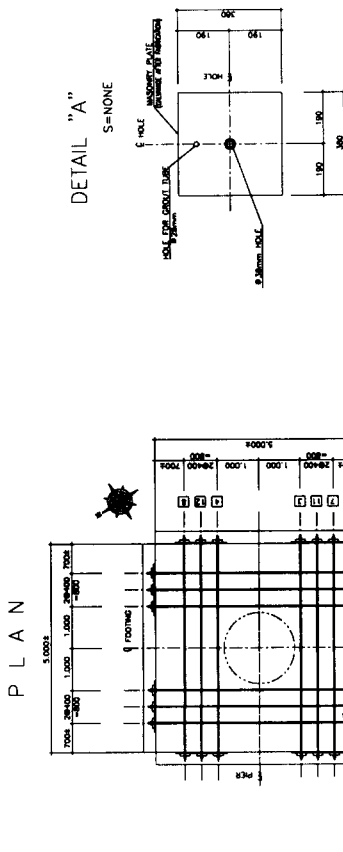
그림 10 확대기초 보강 개요

MATERIAL LIST

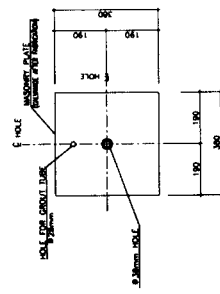
ITEM	SIZE	UNIT	SQCH UNIT WEIGHT	TOTAL WEIGHT	REMARK
REINFORCING PLATE	10mm x 200 x 10	EA	24	7,200kg	1017.48kg
P.C. BAR	Ø32 L=13.63	-	12	8,310kg/m	181.34kg
-	Ø32 L=2.898	-	-	-	184.302kg
NUT	-	-	24	-	-
COMPUTER	-	-	12	-	-
ANCHOR PLATE	150x200x10/cf	SP	24	-	-
GRADING MESH	150x150x1.5/50	LA	24	-	-
CONCRETE TUBE	150x150x1.5/50	LA	24	-	-

(TOTAL TONNAGE)

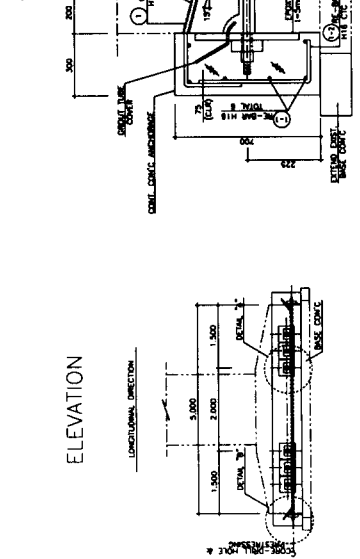
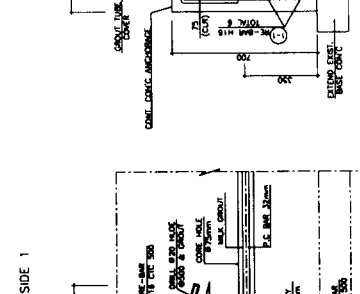
No.	QTY	LENGTH	SQCH	TOTAL LENGTH	UNIT WEIGHT	TOTAL WEIGHT	REMARK
1-1	118	0.15	24	17.7	118.640	2098	400 JK
1-2	11	0.150	44	1.65	33.640	628	400 JK
SUB TOTAL				19.35	152.280	2726	
TOTAL						2726	



DETAIL "A"
S=NONE



DETAIL "B"
S=NONE

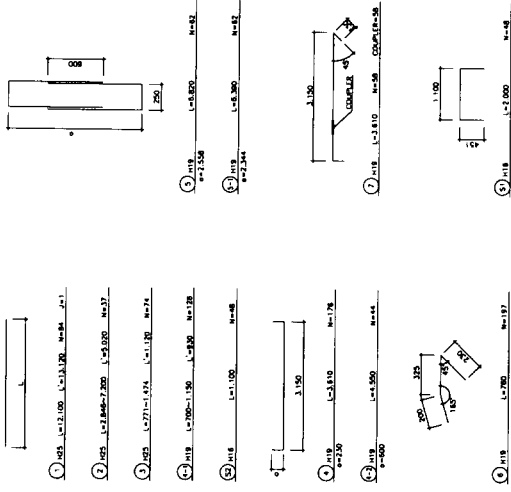


ELEVATION

- LEGEND : 1. EXISTING STRUCTURE
2. NEW CONSTRUCTION
3. STRENGTH ENHANCEMENT
- NOTES : 1. SI BEE CONCRETE PUMP MACHINE USED.
2. P.C. BAR AND REINFORCING PLATE SHALL BE USED AS PER SPECIFICATION.
3. ANCHOR PLATE IS TO BE USED AS PER SPECIFICATION.
4. P.C. BAR : P.C. BAR SIZE 13mm
P.C. BAR : P.C. BAR SIZE 13mm
P.C. BAR : P.C. BAR SIZE 13mm
5. SI BEE : SI BEE
6. THE FOUNDATION SHALL BE CONCRETE WITH REINFORCING PLATE (ANCHOR PLATE) AND REINFORCING PLATE SHALL BE USED AS PER SPECIFICATION.
7. THE FOUNDATION SHALL BE CONCRETE WITH REINFORCING PLATE (ANCHOR PLATE) AND REINFORCING PLATE SHALL BE USED AS PER SPECIFICATION.
8. CONCRETE SHALL BE USED AS PER SPECIFICATION.
9. CONCRETE SHALL BE USED AS PER SPECIFICATION.
10. ANCHOR PLATE SHALL BE USED AS PER SPECIFICATION.
11. ANCHOR PLATE SHALL BE USED AS PER SPECIFICATION.
12. ANCHOR PLATE SHALL BE USED AS PER SPECIFICATION.

그림 11 Pier 24 footing 보강

BAR DETAIL
S=NONE



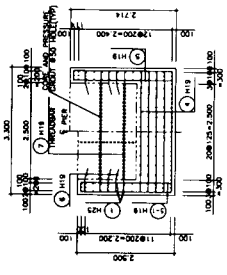
MATERIAL LIST

ITEM	QTY	LENGTH	EACH	TOTAL LENGTH	BAR NO.	TOTAL WEIGHT	REMARK
							ADD 3%
1	H25	13.170	84	1102.880			
2	-	5.000	37	185.740			
3	-	1.170	37	43.350			
4	H18	8.610	118	1015.980			
4-1	-	1.830	128	234.240			
4-2	-	6.830	83	566.740			
5	-	9.390	82	776.100			
6	-	1.170	197	230.490			
7	H18	2.000	48	96.000			
8	H18	1.100	48	52.800			
S2	-	1.100	48	52.800			
TOTAL WEIGHT							5232.210 (KG)
TOTAL WEIGHT							172.627 (KG)

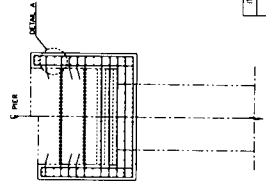
LEGEND: 1. EXISTING STRUCTURE
2. NEW CONSTRUCTION

NOTES: 1. DIMEN. WITH SH. AND W. DIM. ARE FOR REF. & APPROX. ONLY.
2. APPROX. WEIGHT OF REINFORCEMENT BAR IS 0.81 KG/M.
3. BAR WITH SH. AND W. DIM. ARE FOR REF. & APPROX. ONLY.
4. SEE DRAWING FOR MORE INFORMATION OR FOR ANY OTHER DETAILS.

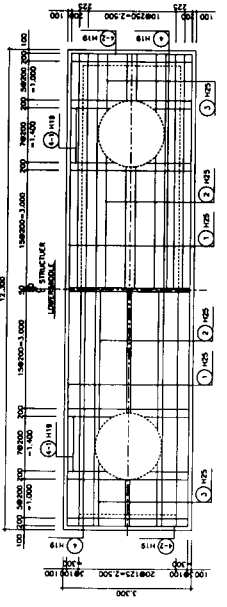
SECTION A-A



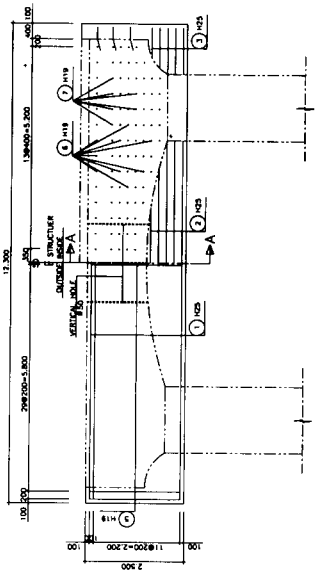
SIDE VIEW



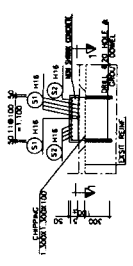
PLAN



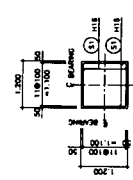
ELEVATION



PEDESTAL DETAIL



SECTION 1-1



DETAIL A

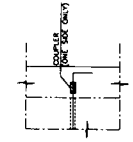


그림 12 Pier 24 cap beam 보강

3) 보강상세 : Pier 2 및 Pier 24의 확대기초에 프리스트레스를 도입시에는 적용길이가 5.0m 정도에 불과하므로 정착장치의 활동에 의한 긴장력이 감소되면 궁극적으로 보강의 효과가 유명무실하게 되므로 정착장치의 slip현상을 보완할 수 있는 강봉을 사용하는 것으로 계획하였다. 강봉은 기존 구체에 Ø75mm의 core를 뚫어 배치토록 하였으며 그라우팅 밀크로 충전, 부착된 긴장재화하여 극한하중에 대해서도 안전도를 확보하였다. 이 때 기둥의 수직철근, 예상되는 pile의 두부 보강철근, 수직 스테럽등이 절단되지 않도록 준공도를 참조하여 P.C강봉의 위치를 결정하였다. 또한 당초 하부구조의 콘크리트 설계기준 강도가 고강도 콘크리트가 아니라는 점을 감안하여 지압응력을 분포시킬 수 있도록 t=38mm의 강판(masonry plate)을 추가로 설치하였다. 또한 정착판 및 정착구의 주변에 철근 콘크리트 블록을 설치하여 부식을 방지하면서 그라우팅 밀크 주입시 압력의 손실을 방지하도록 계획하였다. Pier 2의 cap beam은 전술한 바와 같이 cantilever부는 이에 대한 부재력에 따라 철근을 보강하였으며 신·구콘크리트 접착을 위해 부재 전면에 chipping을 실시하고 chemical anchor를 설치하는 것으로 계획하였다. chemical anchor설치시 철근 삽입에 따른 접착제의 유실을 감소시키기 위해 약 15°의 기울기로 천공하도록 설계하였으며 전단철근의 성능을 확실하게 하기 위해 coping의 횡방향으로 기둥 철근과 수평, 수직 철근을 피해 Ø50mm의 core를 뚫어 철근을 관통시키도록 계획하였다. 또한 기존 교각의 coping 하면이 변단면 처리가 되어 있어 콘크리트 타설시 공기의 멈춤을 방지함과 동시에 타설상태의 확인을 용이하게 하기 위해 곡선부 정점 부위에 Ø50mm의 hole을 수직으로 뚫도록 하였다.

4. 면진설계

4.1 설계기본사항

설계시에 적용한 내진설계기준은 기본적으로 도로교표준시방서(1996, 건설교통부)를 따랐으며, 하천부

교량의 경우에는 LRB(Lead-core Rubber Bearing)를 사용한 기초분리개념을 적용함에 따라 AASHTO, Guide Specifications for seismic Isolation Design, (1991)을 참고하였다.

일반적으로 설계지진에 의해 발생하는 수평력은 상부 자중의 규모와 휨강성에 의해 지배되기 때문에 사하중이 비교적 작은 단경간 구조물이나 교각의 높이가 매우 높아 교각의 휨강성이 작은 교량의 경우 작용 설계지진력이 비교적 작게 되므로 고정단 교각만으로도 이를 충분히 지지할 수 있다. 그러나 사하중이 큰 장경간 구조물이나 교각의 높이가 낮아 휨강성이 매우 큰 교량의 경우에는 설계지진력이 커지게 되어 하부구조만으로 이를 지지하기에는 무리가 따르게 된다. 따라서 이를 조절하기 위해서는 설계지진력을 가동교각으로 전달해 줄 수 있을 뿐만 아니라 적정값 이하가 되도록 지진에너지를 흡수할 수 있는 별도의 장치가 필요하다. 본 설계에서는 이러한 목적을 달성하기 위해 LRB를 적용하는 것으로 설계하였다.

구조해석은 복합모드 스펙트럼 해석법을 하천부교량의 경우 적용된 내진설계의 기본사항을 요약하면 다음과 같다.

표 4 적용된 내진설계 기본사항

교화장치	내측지점은 LRB (Lead-Rubber Bearing) 외측지점은 급속(가동)받침 적용.
스펙트럼	도로교 표준시방서 (1996)의 표준응답 스펙트럼과 Isolation Mode에 대한 modified Spectrum을 조합하여 적용
해석방법	복합 모드 스펙트럼 해석
감쇄계수	LRB의 특성치에 따른 고유주기별 감쇄 특성치를 반영 (5%~15%) (Structural Mode와 Isolation Mode로 구분)
경계조건	교축방향 LRB의 특성치(등가 스프링계수)를 적용 교축직각방향 - 고정(Side Block 고려)
해석모델링	상·하부 구조를 고려한 3차원 모델링
교화장치의 모델링	교화장치의 특성치와 기하학적인 제원을 고려하여 등가의 강성을 갖는 Frame-Element로 치환하여 해석 모델링에 반영

4.2 교좌장치 계획

교좌 장치 계획시 고려된 사항을 간략히 요약하면 다음과 같다.

(1) 하천부에 대해서는 지진력의 분산 및 감소시켜, 하부구조(기초) 보강범위를 제한할 수 있도록 LRB (Lead-Rubber-Bearing)를 적용함.

(2) 접속교 구간에서는 하천부교량에 비해 교량 규모가 작으므로 LRB를 사용하는 대신 가격이 LRB에 비해 저렴하면서 지진력의 분산효과를 기대할 수 있으며 또한 절두산성지 구역의 열차주행시의 진동저감에도 일조할 것으로 기대되는 RB (Rubber Bearing)를 적용.

(3) 신축이음장치 위치에는 강재베어링을 적용함. [고무제품(RB 또는 LRB)을 사용하는 경우, 사하중 및 활하중 반력에 의한 베어링의 연직변위차가 발생하게 되고 이에 따라 신축이음장치에 접속되는 각 구간 교형 단부에서의 야기될 수 있는 부등변위현상을 해소]

4.3 교좌장치(LRB)의 특성 및 내진(면진)설계

탄성반침을 사용함으로써 얻어지는 구조물 고유주기의 장주기화는 그에 따른 구조물의 응답을 저감시킴으로써 하부구조에 전달되는 상부구조의 관성력을 저감시킨다. 또한 탄성지점의 역할이 상부구조 질량에 의한 관성력을 여러각도에 분산시키는 역할도 겸하게 된다. 반면에 경계조건의 강성이 작아(탄성지점) 지진시의 변위를 증가시키며 또한 상시 온도변화에 따른 구조물의 수축팽창에 따른 이동이 탄성지점에 변형을 초래함으로써 하부구조로 수평력을 전달하게 된다. 한편, LRB(Lead-core Rubber Bearing)의 사용은 그 자체가 갖는 감쇄특성에 의해, 상기한 일반적인 탄성반침 거동특성에 추가로 변위 및 관성력의 저감을 기대할 수 있게 한다.

LRB의 특성은 그 구성요소의 하나인 납(Lead-core)의 역할이라고 할 수 있다. 납은 풍하중, 제·시동하중 등 상시의 급작스런 하중에 대해 bearing이 저항하도록 초기강성(initial stiffness)을 확보해

주는 역할을 하며, 동시에 지진하중 등의 과도한 수평력 발생시, 지진에너지를 열에너지로 전환시키면서 에너지를 흡수함으로써 감쇄효과를 발휘한다.

LRB의 구성은 다음의 그림과 같으며 각 구성성분의 역할을 요약하면 다음과 같다

표 5 LRB 구성성분의 역할

구 성 요 소	역 할
Cover Rubber	철판을 부식으로부터 보호
Steel Load Plates	연직하중을 고무에 균등히 전달하며, 전단력을 전달
Steel Reinforcing Plates	연직하중 용량을 증가시키며, 납봉을 구속함.
Internal Rubber Layers	횡방향 유연성 확보
Lead Core	풍하중 등에 대한 저항 및 지진시 에너지를 분산(감쇄) 시킴으로써 지진력 및 변위를 저감시킴

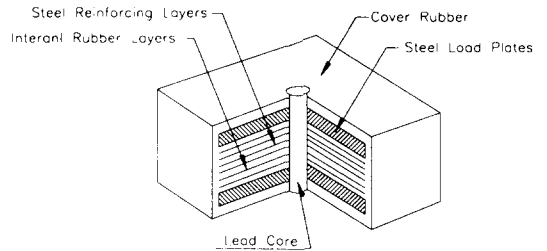


그림 13 Lead-core rubber bearing

5. 시공계획

가설계획은 위한 기본적인 조사사항 및 현장여건을 고려하여 선정된 바 실시계획시에 선정된 각 구간별 가설계획과 관련하여, 작업장계획, 작업장운영 등을 포함하여 보다 세밀한 검토를 수행하였으며 그 내용은 다음과 같다.

5.1 하천부 교량의 가설 (대블럭 공법)

5.1.1 가설계획 검토

하천부교량의 가설순서 및 작업계획도는 다음의

‘가설순서도’와 같다. 여기서 수심이 낮은 제1경간(Span No.7)은 부분적으로 고수부지에 위치하는 경간으로서 가벤트 설치 후 crane에 의해 가설하는 것으로 계획하였으며 이 경우 수상구간은 하상 준설 후 barge crane으로 가설하는 것으로 계획하였다. 나머지 경간 들은 대블럭에 의한 heavy-lifting(1500ton Barge 2대)으로 계획하였으며 이를 위해 강재조립장, load-out 및 barge 접안시설 및 barge bent를 계획하였다.

한편 각 대블럭들의 load-out시의 support 위치를 블럭의 규모에 따라 각기 다르게 적용하는 경우 이에 따라 load-out 거더 위치도 다르게 적용하여야 할뿐만 아니라 후속 블럭의 조립 및 load-out 공정에도 영향을 미치게 되는 등의 문제점을 해소하기 위해 가설단위 블럭들을 좌우대칭이 되도록 계획하되, 각 블럭의 길이에 차별을 두되(대블럭 : 103m, 중앙블럭 : 77m), 각 블럭의 support 위치(중간 Diaphragm 위치)를 조사하여 모든 가설단위 블럭이 동일한 위치에서 지지된 상태로 load-out 되도록 계획하였고 이렇게 함으로써 barge와 barge bent는 물론 load-out girder의 위치를 고정시킬 수 있으며 또한 후속 block의 현장조립과 load-out이 연속적으로 이루어 질 수 있도록 배려하였다. 또한, 가설이 순차적으로(강남→강북) 이루어지도록 하여 블럭간의 연결을 위한 set-back operation이 보다 효율적으로 적용될 수 있게 계획하였다.

5.1.2 가설시 구조검토

가설시의 구조계와 완성시의 구조계가 상이하므로 이에 대한 별도의 구조검토를 수행하였다. 가설시의 구

구조계는 각기 다른 단위블럭(L=103M or 77M)에 의해,

- ① load-out시의 지점조건
- ② barge-bent 거치시의 조건
- ③ heavy-lifting시의 조건
- ④ 순차적인 블럭 연결에 따른 경계조건 등

구조계의 변화가 다양하게 진행되므로 이들 각 단계에 따라 구조검토를 수행하였다. 해석결과, 시공 단계중의 최대응력은 완성시의 설계하중에 의한 발생응력에 못 미치는 것으로 검토되었다.

5.2 접속교량의 가설 (가설트러스공법)

접속교구간은 대상구간의 현황을 고려하여 기존시설물들과의 간섭을 최소화 할 수 있는 가설공법으로서 가설트러스공법을 선정하였다. 대상구간의 현황은 다음과 같다.

- 강남측 접속교 : 올림픽대로 및 노들길 횡단
- 강북측 접속교 : 철두산성지, 교육관 및 인근 주택가, 교량선형(완화곡선 및 종곡선)

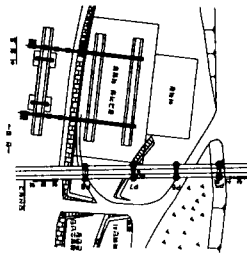
가설트러스 공법의 적용 시에 steel box segment의 조립, 인양을 위한 장소설정에 제약이 있으므로 일정한 구역에서 segment를 조립하여 기 설치된 steel box의 상판을 이용해 이동하여 설치하는 것으로 계획하였으며, 계획된 가설트러스의 제원은 main truss part 65M, nose truss 30M로 계획하였다 가설 트러스공법의 적용내용 중 기본적인 사항을 요약하였다.

표 6 가설트러스 적용 내용

구 분	내 용
강 남 측 접 속 교	① 가설트러스 설치·해체 및 Segment 조립장소 : 강남측 고수부지 ② 가설트러스 진행방향 및 Segment 이동방향 : P8 → P2
강 북 측 접 속 교	① 가설트러스 설치·해체 및 Segment 조립장소 : 강북측 고수부지 ② 가설트러스 진행방향 및 Segment 이동방향 : 1차적으로 P19에서 P24방향으로 진행하면서 Segment 설치 후, 가설트러스를 후진시켜 P19 → P17방향으로 가설트러스를 이동하면서 Segment 설치
공 통	- 가설트러스 설치는 가설 Bent에 Steel Box를 일정구간 만큼 거치한 후, 이 Steel Box 상에서 시행하는 것으로 계획함. - 가설트러스는 Segment 설치 완료후 기 가설된 Steel Box의 상면을 이용, 당초 가설트러스 조립위치로 후진시킨 후 해체

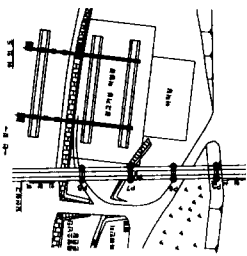
바 고

STEP 4 : 선 직



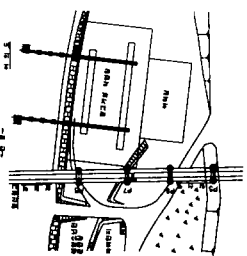
- GIRDER 기 설치될 지점의 개척공에 맞게 대진 BENT BLOCK을 설치한다.
- BENT에 기 설치된 PUSH-UP JACK(STROKE 4.5M, 41TON-4EA)를 이용 받침 대진에 시공이 균등하게 작동하도록 LIFTING BEAM을 이용 BENT에 선직한다.
- 온전시 인장을 위하여 WIRE ROPE를 긴장 부분한다.

STEP 3 : LOAD OUT



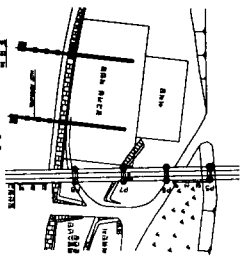
- SKID SHOE 의 LOAD OUT GIRDER에 TEFLOON PLATE를 설치하고 미끄럼을 위해 GREASE를 도포한다.
- SKID SHOE 에 P.C 강선을 설치하고 PULLING JACK을 이용하여 LOAD OUT 시킨다.
- 온차 2기의 다발력을 제각각에 1/2를 LOAD OUT 이후 또 다른 1/2의 다발력을 제각각에, 이를 반반하여 LOAD OUT 한다.

STEP 2 : 주 형 조 립



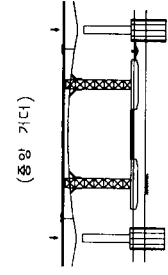
- 골조제각에서 온전치는 스키드롤을 제각각에서 스키드롤로 교체한다.
- LOAD OUT GIRDER 위에 SKID SHOE를 용접 용크, SPLICE 위치에는 조립을 가변조를 설치 한후, 그 위에서 다발력을 주로 조립한다.

STEP 1 : 육상조립장 조성 및 TEMPORARY JETTY 가설



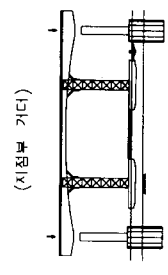
- 온전축, 단선철근, 우측에 조립장을 만들어 사용한다.
- LOAD OUT에 콘크리트 또는 시멘트 모래에 혼합 또는 식각하게 거둬들인다.
- TEMPORARY JETTY 시공은 BARGE가 띄워질수 있도록 완성한다.
- LOAD OUT GIRDER의 해상부는 콘크리트에 H-BEAM을 대입한 형식으로 제작하고 수송하는 STEEL BOX로 제작한다.

STEP 7 : 한장까지 및 침수



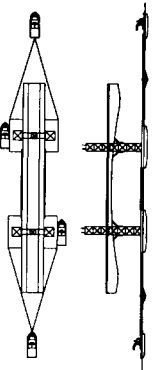
- BARGE를 고정가능 위치로 이동 시킨다
- ANCHOR BLOCK을 이용 가설 위치에 정렬하게 SETTING 한다.
- BENT 상에 설치된 PUSH-UP JACK을 이용 정렬하게 고정하게 가시시킨다.
- 상부 DECK PLATE 에 설치된 CENTER HOLE 자리의 JACK을 이용 P.C 강선을 PRESTRESSING 한뒤 BOLT 체결을 완료한다.
- BOLT 체결 후 CENTER HOLE JACK 과 자리대를 제거 한후, 대진 BENT 를 하체하고 STEP 4로 이동한다.

STEP 6 : 대 BLOCK JACK-UP



- BARGE를 고정가능 위치로 이동 시킨다.
- ANCHOR BLOCK을 이용 가설 위치에 정렬하게 SETTING 한다.
- BENT 상에 설치된 PUSH-UP JACK을 이용 정렬하게 고정하게 가시시킨다.
- 기타 한쪽부 설치하기 위하여 대진 BENT 를 하체 한 다음, STEP 4로 이동한다.

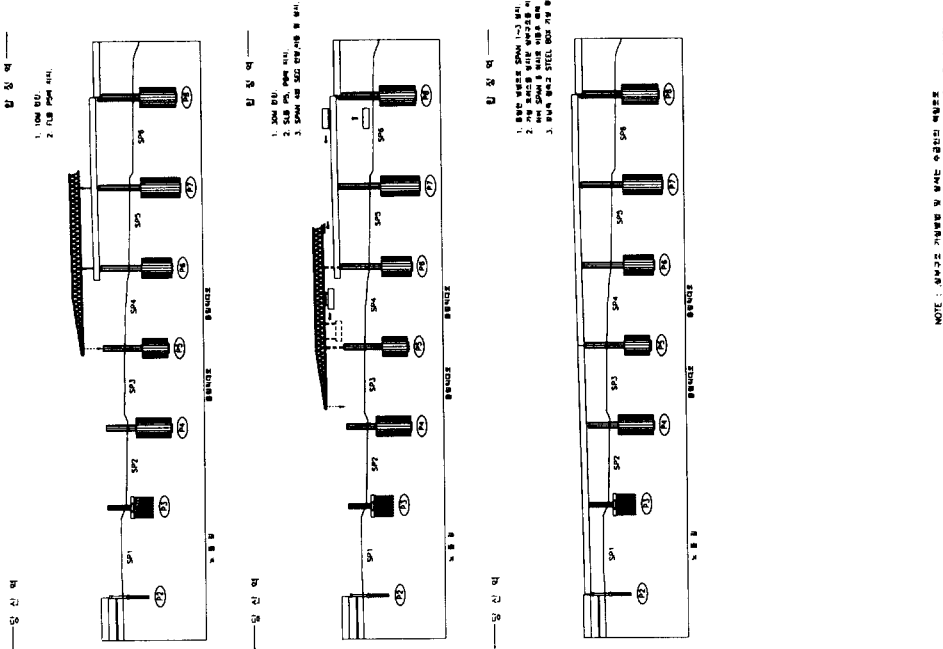
STEP 5 : 운 반



- TUG BOAT을 이용 선진터 가설 위치로 이동 하면서 대진이 콘크리트 양도록 제각각, 온전하여 운반한다.
- 온전도를 한층의 유압식온 플랫폼을 설치하도록 제각각한다.
- 기타 한쪽부 설치하기 위하여 대진 BENT 를 하체 한 다음, STEP 4로 이동한다.

그림 14 하천부 교량 가설 순서

별 도



NOTE : 1. 100# 철근은 100# 철근을 사용한다. 2. 100# 철근은 100# 철근을 사용한다. 3. 500# 철근은 500# 철근을 사용한다.

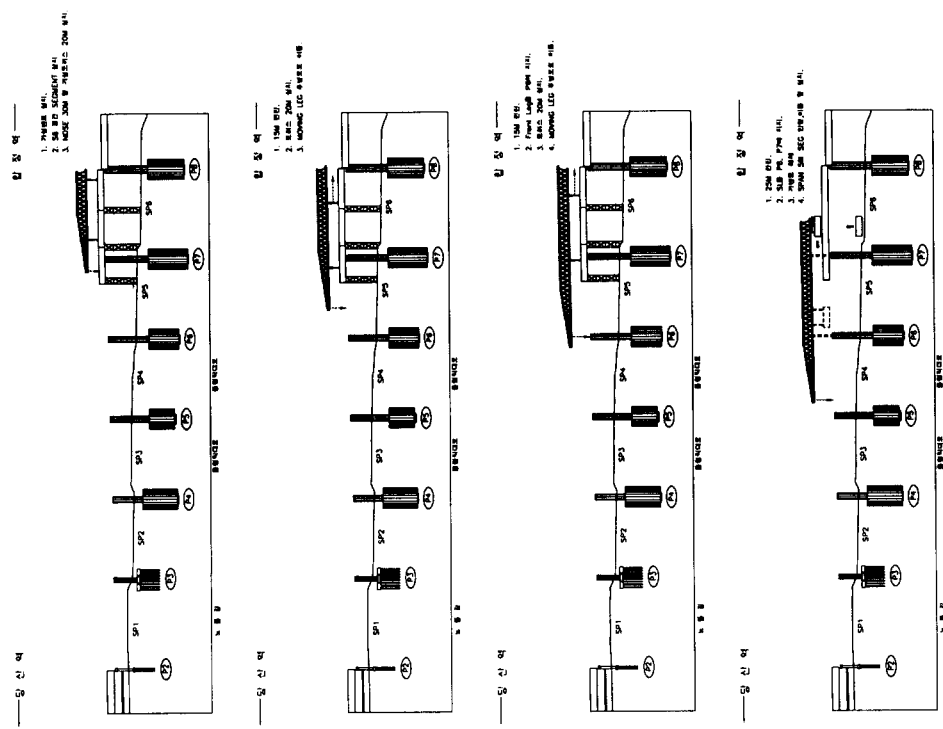


그림 15 우물통 보강 시공 순서

5.3 우물통보강 : Sheet Pile을 이용한 단면 확대보강

우물통의 단면확대보강을 위해서는 기존우물통의 지지기반인 연암층까지의 접근이 필수적이므로 이를 위해서는 가시설공의 연암근입 및 지반 굴착시의 차수가 확보되어야 한다. 따라서 이러한 목적을 달성하기 위해 sheet pile 의 연암항타가 가능한 JV 공법을 도입하였으며 이 경우 기존의 타 공사 시공실적을 참고로 하여 우물통의 지중

근입이 1m 내외에 불가한 유심부 우물통 3기 (P14, P15, P16)에 대하여는 2열 sheet pile(1열과 2열 sheet pile 사이는 토사채움)을 적용하여 보다 확실한 차수를 도모하도록 계획하였다. 또한 지반 보강그라우팅(micro-cement 그라우팅)의 경우 보강 단면의 외곽부분에 대하여는 'micro-cement +L.W' 그라우팅으로 계획하여 내부그라우팅의 유실을 최소화 함과 동시에 차수의 역할도 겸할 수 있도록 계획하였다. 