

# 울산월드컵 축구경기장 건설공사 기록

현대건설 울산 월드컵 경기장 / 김 명 환 소장



목 차
1. 공사 개요
2. 전체 개요
3. 주요 시공 물량
4. 공정 진행
5. 축구 전용경기장 건축계획
6. 구조 계획
7. PC 공사 공법
8. 철골 공사 공법
9. 맺음말

## 1. 공사 개요

· 공 사 명	울산월드컵 축구경기장 건설공사
· 발 주 처	울산광역시 종합건설본부
· 건 축 위 치	울산광역시 남구 옥동 산5번지 일원
· 용 도 지 역	개발제한구역, 자연녹지 지역
· 설 계 사	(주) POS-A.C, SDG(일본사)
· 감 리 사	(주) POS-A.C, 성림, 대흥, POS-DATA
· 시 공 사	현대건설(주), 대능(주), SK건설(주), 동합종합건설(주), 신한종합건설(주)
· 공 기	1998.12.18 ~ 2001.06.30
· 부 지 면 적	668,637㎡ (202,262평)
· 건 축 면 적	22,667㎡ (6,856평)
· 연 면 적	82,781㎡ (25,041평)
· 구조 및 규모	철근콘크리트, 철골, PC 지상2층, 지상3층
· 수 용 규 모	전용경기장 43,152석, 보조경기장 2,590석
· 주 차 대 수	고정주차장 1,961대, 임시주차장 2,160대
· 건물최고높이	34.467M(1층 F.L 기준), 41.767M(경기장 F.L 기준)

## 2. 전체 개요

### 2.1 경기장 개요

울산 월드컵 경기장은 2002년 월드컵 개최를 계기로 울산광역시에서는 국제규모의 축구전용경기장을 건립하여 월드컵개최와 더불어 시민에게 휴식공간을 제공하기 위하여 주변 옥동저수지를 연계한 종합체육공원으로 조성하였다.

축구 전용경기장은 울산광역시의 발전을 상징하는 조형구조로 표현되었으며, 관중석 1층은 하부 21°, 후부 26°, 2층 후부34°, 3층 후부 35.8°의 경사를 뒀으로서 현장감 있는 경기를 관람할 수 있으며, 시야확보를 위해 지붕구조를 인장케이블에 의한 현수공법을 적용하여 관람석 내부에 기둥을 없앴으로서 경기장내 어디에서나 관람이 가능하도록 하였을뿐

아니라. 경기장 87%을 지붕으로 건축하여 우천시에도 관중이 비를 맞지않고 경기관람이 가능하도록 하였으며 지붕의 10%는 폴리카보네이트로 처리하여 잔디생육을 고려한 자연채광이 가능하도록 하였다.

관람석 및 지붕을 지지하기 위한 PC 인장 구조물은 마스트와 인장케이블로 이루어져 있으며, 이러한 PC 인장구조물은 국내에서 처음 적용되었던 공법으로 본 공사기록은 주로 PC, 철골을 중심으로하여 시공사례를 기술하였다.

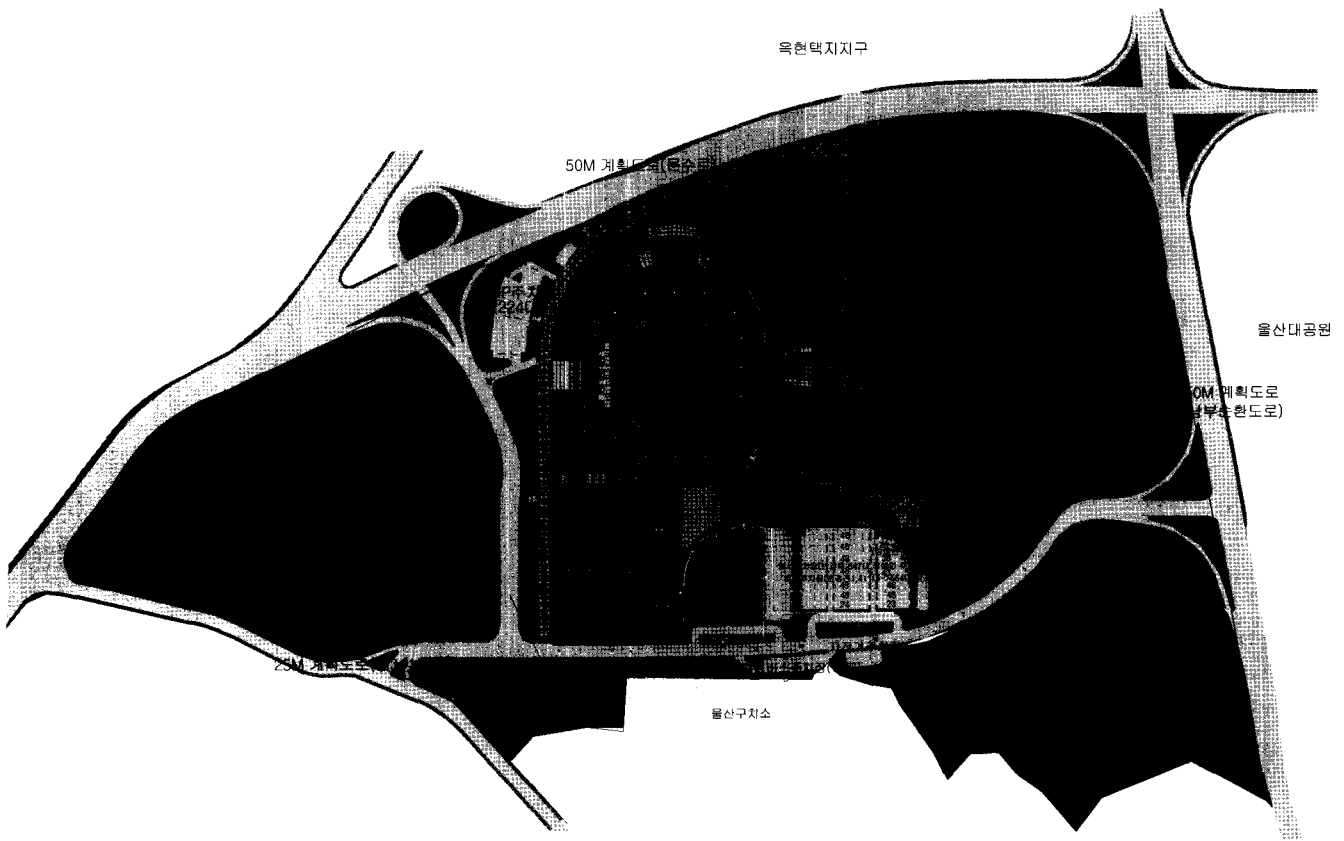
### 2.2 배치계획

부지는 개발제한 구역으로 비교적 자연환경이 잘 보존되어 있어 수려한 자연을 배경으로 축구 경기를 위한 주경기장 및 보조경기장을 중심으로 하여, 시민의 휴식공간을 위한

공원을 조성하였다.

경기장 옆에 위치한 옥동저수지에 고사분수를 설치하여 시각적인 즐거움을 제공하였으며, 수변공원에 야외무대(500석)와 전망광장에 노천무대 및 스탠드를 설치하여 각종 공연, 야외 결혼식 등 이벤트 행사에 사용토록 하는 등 시민의 휴식처 제공을 위해 배려했었다. 호수 서안의 보행로는 가파른 급경사 지형에 수면이 바로 인접하여 있으므로 목재 데크를 형성하여 토사 매립 등의 방법에 의한 인공적 호안 조성을 지양하고 자연스러운 보행 경관을 연출하도록 하였다.

향후 종합체육시설로 조성하기 위하여 실내 체육관, 실내 수영장, 야구장 부지는 월드컵 대비 임시 주차장으로 활용하도록 하였다.



### 3. 주요 시공 물량

- 철근 : 5,398Ton  
(전용경기장 : 5,132m<sup>3</sup>, 보조경기장 : 266m<sup>3</sup>)
- 콘크리트 : 60,091m<sup>3</sup>  
(전용경기장 : 57,754m<sup>3</sup>, 보조경기장외 : 2,337m<sup>3</sup>)
- P.C : 8,724개(기둥:192개, Girder: 172개, 경사보:384개, Stand: 3,151개, 기타:4,825개)
- 철골 : 6,036Ton
- 인장케이블 : 384Set

가시선 고려

(2) 동선의 연결과 분리 : 건물 내 외부 순환통로(Ring), 각 방위로 연결되는 방사형 출입구, 상하부를 연결하는 수직통로 등 동선을 체계적으로 분리, 연결하여 효율성 도모

(3) 건물 활용의 극대화 : 건물의 라이프 싸이클 (Life Cycle)에 따라 활용도를 극대화하도록 복합적 기능성 부여

#### 5.1.3 기능별 조닝(Zonning)

(1) 경기장 부분

- 행사 : 축구, 개폐회식, 대중 집회 및 지역주민 행사

중앙감시실, 기계실, 전기실, 공조실, 창고 등

- (7) 서비스 부분
- 식당, 매점 등

### 5.2 동선계획

#### 5.2.1 선수 및 심판

- (1) 선수 : 축구전용경기장 지하 1층출입구(지하 주차장 -> 팀 탈의실)
- (2) 심판 : 축구전용경기장 지하 1층출입구(지하 주차장 - 심판 탈의실)

#### 5.2.2 관람객

- (1) 일반관람석 : 1층 출입구 29개소(하단관람석), 2층 출입구 28개

### 4. 공정 진행

공종	1998		1999					2000					2001			비고	
	12	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12	2	4		6
기초 및 지하구조물공사	기초 및 1층 이하 지하구조물 공사																
P.C 공사																	
철골 공사																	
경기장 잔디공사																	
지붕 공사																	
마감 공사																	

### 5. 축구 전용경기장 건축계획

#### 5.1 기능분석

##### 5.1.1 성격

- (1) 울산 체육공원내 전체 시설물의 중심건물로서의 상징성
- (2) 국제규모의 각종 경기를 유치할 수 있는 시설
- (3) 대단위 행사 및 지역 주민 행사 유치
- (4) 울산시대대표적 운동시설로서 지역의 랜드마크적 상징성
- (5) 향토적인 특색을 살린 조형미
- (6) 시설 이용 활용도를 높일수 있는 복합적인 시민 참여 시설

##### 5.1.2 기능 분석의 초점

- (1) 관람조건의 최적화 : 최적의

- 경기 : 필드하키, 럭비 경기

(2) 관람석 부분

- 일반관람석
- 귀빈석/특별관람석
- 보도석
- 장애자석
- (3) 경기운영부분
- 대회운영본부, 상황실, 경찰통제본부, 도핑검사실, 의무실 등
- (4) 선수/임원부분
- 탈의실, 심판실, 샤워실, 연습실, 대기실 등
- (5) 보도 관련부분
- TV 및 라디오 인터뷰실, 브리핑실, 보도 작업실, 통신실, 미디어 보비등
- (6) 시설 관리부분
- 관리사무실, 관리인실, 방재센터,

소(상단관람석)

(2) 장애자석 : 1층 출입구 개방(하단관람석)

(3) 귀빈석 : 1층 출입구 2개소(경기장서측)

(4) 특별관람석 : 1층 출입구 1개소(경기장서측)

(5) 보도석 : 1층 출입구 2개소(경기장 서측)

#### 5.2.3 경기운영요원/시설관리요원/보도진/서비스요원/기타

- 지하 1층 출입구 3개소(경기장 서측)

## 6 구조 계획

### 6.1 구조계획의 목적

#### 6.1.1 안정성 확보

관객의 적재 하중을 진동원으로 고려 스탠드 단상 및 경사보에 충분한 강성을 준다. 대형 태풍을 전제로 한 풍하중 또는 지진하중을 정적 하중이 아닌 동적 하중으로 파악하여 수평 움직임뿐만 아니라 상하 움직임에 대해서도 충분한 안정성을 확보 하도록하였다.

#### 6.1.2 내구성 유지

지상의 구조는 고강도, 고밀도인 PC부재로 하고 지상에서 조립하는 구조를 채택한다. 성능이 좋은 PC부재는 300년 이상의 내구성이 보증된다. 철골 부재는 상온 아연도금을 하므로써 내청 성능을 향상시킨다. 케이블 재료도 외부를 고무질의 피막으로 싸서 노출시키지 않는다.

#### 6.1.3 경제성 고려

주골조 구조체인 PC 및 철골이 그대로 마감재가 되도록 계획하고, 동일 부재의 연속배치로 전체가 구성되도록 하므로써 공장에서의 대량 생산 방식에 의한 비용감소 효과를 얻을 수 있다.

#### 6.1.4 공기 단축

공사기간을 최소한으로 하기 위해 구조부재를 공장생산하여 현장에서 조립하는 공법을 선택함으로써 공사비 절감에도 기여한다.

이러한 구조 계획상의 주요한 목적을 실현하면서 시공성,상징성,개방성 등을 고려하여 '공중에 부유하는 구조' 즉 지상의 경기장 구조, 수직 동선의 계단,지붕구조, 각각이 공중에 높이 올려져(특히 지붕구조) 텐션케이블(tension cable)과 백스테이 케이블(back stay cable), 지붕이 들리는 것을 잡아주는 케이블의 배열로 전체의 안정을 형성하는 구조로 마치 공중에 있는 것과 같은 독자

적인 구조로 계획하였다.

### 6.2 구조계획의 개요

#### 6.2.1 지하 구조 및 기초 구조 계획

VIP석의 하부에 주차장이나 로비, 선수용 실들을 위한 지하구조가 있다. 이부분은 모두 RC구조로 계획하였다. 스패인 8m부터 12m까지 있고 보의 두께도 1.2m이며 한방향으로 걸어 놓아 전체 보의 두께를 맞추도록 하였다.

기초 구조도 RC이지만 PC기둥의 1층 바닥부분은 지중보를 배치하여 휨 반력을 충분히 잡도록 하였으며, 기초 지지층은 풍화암 층으로 지형에 따라서는 밑바닥에 닿지 않는 부분도 있으므로 러블 콘크리트를 타설하여 지지층에 축력이 확실하게 전달되도록 하였다.

#### 6.2.2 PC 구조계획

경기장의 지상 구조는 모두 PC부재로 제작하며 포스트 텐션(post-tension) 또는 철물로 결합, 조립한다. 개개의 부재는 공장에서 생산되기 때문에 고강도 콘크리트( $F_c=450\text{kg/cm}^2$ )를 사용하여 고밀도 콘크리트 부재로 만들어 낸다. 강재형틀의 형상은 부재마다 정리되어 있으므로 대량생산 방식으로 공사비를 절감 할 수 있다.

부재는 성능에 따라 공장에서 프리텐션(pre-tension)을 도입하여 고강도일 뿐만 아니라 변형이 가능하다. 현장에서의 부재 조립에는 주로 포스트 텐션 기술을 사용하여 이른바 압착공법으로 구조적인 안정성을 확보하였다.

PC구조의 부재를 살펴보면 다음과 같다.

-기둥 : 포스트 텐션 공법에 의해 기초 및 경사보(레이커 빔)와 긴결한다.

-보 : 기둥과 대칭을 이루어 강접합 프레임(frame)을 구성한다. 보의

내하성을 향상시키기 위해서는 1차 텐션은 공장에서 하고 기둥과 강접을 하기위한 2차 텐션은 현장에서 한다.

-경사보(레이커 빔) : 스탠드 단상을 지지하는 기울어진 보로써 복잡한 콘크리트 주입도 PC이기 때문에 정밀도를 유지하면서 생산할 수 있다. 내하성 뿐만 아니라 프리 스트레스(pre-stress)에 의한 변형제어가 가능하다. 중량이 커지기 때문에 중앙부에서 이분할하여 중앙부를 현장 타설 콘크리트로 일체화 한다.

-스탠드 단상 : 내하성을 높이기 위해 7본 꼬인 스트랜드(strand)에 의한 프리텐션을 도입한다. 형태적으로 복잡한 것도 PC이기 때문에 가능하다.

-바닥판 : 2층 회랑이나 실들을 위한 바닥은 Double-T형태의 PC부재이며, 공장에서 프리텐션이 도입된다.

또한 이러한 기둥 및 보의 PC부재 마무리는 각부재가 얽히게 한점에도 특징이 있다. PC기둥에도 턱을 만들어 그 부분에 PC보를 엮는다. PC 보에도 턱을 만들어 그곳에 PC 바닥판을 엮는다는 식으로 진부를 부재 마무리에 걸치는 형식으로 구성한다. 이런 방식으로 현장에서 조립할 때 이동식 가설 서포트(support)설치로 안정된 접합부를 형성할 수 있다.

#### 6.2.3. 지붕 철골 구조계획

지붕은 경량화를 위해 철골조로 한다. 지붕 상부에는 2개의 인장 케이블을 배치하고, 그 반력을 부드럽게 하부구조로 전달하기 위해 백스테이(back stay)가 공중에 설치된다. 지붕 철골 자중이  $135\text{kg/m}^2$ 이고 지붕재의 스테인레스 절판이  $25\text{kg/m}^2$ 이므로 지붕의 고정 하중은  $160\text{kg/m}^2$ 인데 폭풍시의 최대 불어 올리는 힘이 약  $200\text{kg/m}^2$ 로 이차이만큼 저항하기 위해 지붕하부에 지붕이

풀리는 것을 잡아주는 케이블을 배치한다.

지붕구조는 그 자체로 커다란 강성을 갖도록 하기 위해 유니트가 3각 단면인 트러스 보로 계획하였다. 전체적으로 캔틸레버식의 구조인데 지붕 트러스 자체는 매달아 놓는 부분에서 최대 응력이 되어 가장 큰 높이가 필요하며, 선단과 기중 인접 부분에서 최소의 높이가 된다. 이 단면의 높이가 가장 크게 된 위치에 필드용 조명장치, 장내 방송용 장치를 설치하였다.

## 7. PC 공사 공법

### 7.1. PC 공사

#### 7.1.1. 공사 개요

당 현장의 PC 공사는 지상 구조물의 구조체 전부 고강도 콘크리트 ( $F_c=450\text{kg/cm}^2$ )를 사용하여 공장에서 제작한 기둥, 보, 경사보 등의 PC부재를 현장에서 수평, 수직으로 POST TENSION 기술을 사용한 긴장 및 압착공법으로 조립한것에 의미가 있으며 아래와 같은 점을 장점으로 들 수 있다 또한 스탠드와 바닥판은 PRE TENSION 공법으로 제작하여 각각의 보에 얹을수 있도록 하였다

#### (1) 높은 안정성

정적 및 동적하중에 대하여 충분히 파악 고려하였기에 수평, 수직움직임에 대해서도 안정적이고 온도 변화(일교차, 여름과 겨울의 기온차, 직사일광에 대한 부재의 신축)에 대한 대응이 우수

#### (2) 내구성 우수

고강도, 고밀도의 PC 부재를 공장에서 제작하여, 현장에서 조립하였고 성능이 좋은 부재는 300년 이상의 내구성이 보증된다.

#### (3) 경제적

별도의 마감이없는 동일 부재의 연속배치로 구성하여 공장의 대량생산 방식에 의해 생산되어 제작및 설치공사비가 절감됨.

#### (4) 공기 단축

모든 부재를 공장에서 제작하고 현장에서 장비를 사용하여 조립하는 공법으로 현장 공기가 단축됨.

#### 7.1.2. 공사 내용

- 공사기간 : 1999.04 ~ 2000.09 : 17개월

- PC 부재의 제작, 설치 : 총 8,724매

(1) Post Tension부재 - 좌대 : 128매, 기둥 : 192매, Girder : 172매, 경사보 : 384매, 1단 Stand : 64매

(2) Pre Tension부재 - H/Slab : 180매, 1단외Stand : 1,870매

(3) Precast Concrete부재 - Stair Slab : 420매, Stand Step : 1,111매, Stair Step : 2,220매, 저층부 Stand : 1,217매, P/W : 96매, 저층부 Step : 670매

#### - 긴장재 사양

\* 강봉( $\phi 42\text{mm}$ ) : 기둥의 수직 긴장에 사용

\* 강선( $\phi 12.7\text{mm}$  7strand wire) : 보와 경사보등 수평 긴장에 사용

\* 정착구 : VSL Type, KTB 인장 정착구

#### 7.1.3. Mould

PC Mould의 계획은 공사착수초기에 매우 중요한 공정으로 Mould의 유지관리, 품질관리등을 철저히 시행하여야하며 종류를 최소화 하여 공사비가 절감 되도록하여야 한다

- Mould 제작 및 유지관리 시 주의할 점

(1) 승인된 Mould Shop DWG대로 제작 되고 있는지 철저히 검토 필요.

(2) PC는 대부분 대형부재이므로 견고하게 제작되었는지, 특히 용접부위등 고정부위를 철저히 검토필요.

(3) Mould는 양질의 PC 제품을

연속적으로 생산해야하므로 CONC 타설전에 Mould면을 항상 청결하게 유지하여야 한다.

(4) 철재 Mould를 여러번 사용하므로써 부재에 녹물, 오염, 변색되지 않도록 철저히 유지관리 하여야 함.

(5) 보 및 Bracket등 인근 부재와 Joint 되는 부분은 정밀하게 제작될수있도록 주기적으로 검사하여야 함.

\*사용된 총 Mould 수량 : 89조  
( 좌대:4조, 기둥:3조, 보:4조, 경사보: 18조, H/SLAB:2조, STAND:25조, STEP:30조, P/WALL:3조)

#### 7.1.4. PC 제작 공사

##### (1) 제작 기본 방침

단위 부재의 중량과 길이에 따라 PC공사 업체인 화성산업의 대구공장에서 현장까지의 운송가능여부 및 효율성이 결정되므로, 대형 부재인 기둥과 경사보는 현장내의 여유부지를 활용하여 제작공장을 세워 부재를 생산하기로 하였고 보와 나머지 소형부재는 화성산업 대구공장에서 제작 운송하기로 하였음.

(2) Post Tension 제작 공정 Flow  
- 참고 : ( )안은 Pre Tension

▶ 형틀 조립 : 형틀 청소 - 탈형유도포 - 형틀 조립

▶ 형틀 검사

▶ 매입물 설치 : 철근가공조립 - 시스관배치(강연선 배치) - 매입물 설치-보강근 설치(강연선 긴장)

▶ 배근 검사

▶ 타설전 검사

▶ 콘크리트 타설 : 콘크리트 시험 - 콘크리트 투입 - 다짐 - 표면처리

▶ 표면 마감

▶ 증기 양생 : 표준 양생 온도(  $60 \pm 5^\circ\text{C}$  )

▶ 탈형강도 확인 :  $200\text{kg/cm}^2$

(  $300\text{kg/cm}^2$  : Pre Tension )

▶ 탈형 : 형틀해체(Detensioning, 강연선 절단) - 부재환적 - PC 강봉긴장 - 부재이적

- ▶ 부재 보수
  - ▶ 제품 검사
  - ▶ 저장 : Grout 충전 여부 확인 - 설계기준강도 확인
  - ▶ 출하전 검사 : 외관 검사
  - ▶ 출하 : 상차 - 운반
- 7.1.5. PC 설치 및 조립 공사
- (1) PC 조립공정 Flow
- ▶ 기초부 및 Anchor 설치 : Base Conc' 타설 → Anchor용 PC강봉설치 → 검사 → 기초, 지중보 배근 → Grouting 호스보양 → Conc' 타설
  - ▶ 부재 조립 : 기둥좌대(Block)설치 → 압착접합, Mortar 충전 → 1

절 기둥설치 → PC강봉체결, 긴장 → 1차 Grouting → 1차 계측 → Ring 가더설치 → Slab 설치 → 2절 기둥설치 → PC 강봉체결 → Racker 가더 조립 → 2차 계측

7.1.6. PC 이렉션(Erection) 도해

- ▶ 긴장 및 Grouting : Sheath+ Juction Pipe 연결 → PC강연선 삽입 → 접합부 Caulking → Joint 줄눈몰탈 → 양생 → PC강연선 긴장 → Sheath 내 Grouting → 기둥상부 최종긴장 → Racker가더배근 및 Conc' 타설 → Racker Girder 양생 → Stair, Step, Stand

조립 → 검사

- ▶ 접합부 Sealing : 시공면 전처리 → Back up 재 삽입 → 마스킹 테이프 부착 → 시공면 전처리 → 코킹재 배합, 시험 → 코킹재 충전, 면처리 → 마스킹 테이프 제거 → 청소 → 충전검사 → 완료

8. 철골 공사 공법

8.1.. 공사개요

(1) 설계 의도

당 현장의 철골공사 범위는 PC 스탠드 상부의 지붕트러스와 기둥의 제작 설치로 건물의 안전성 확보,

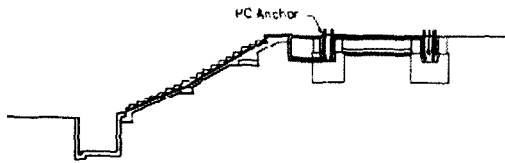


그림 1. Step-1 기초, 지중보의 시공

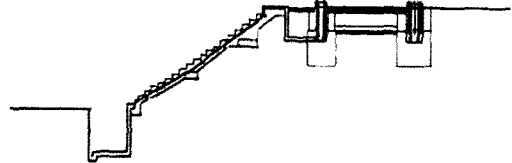


그림 2. Step-2 1층 주각블럭의 설치

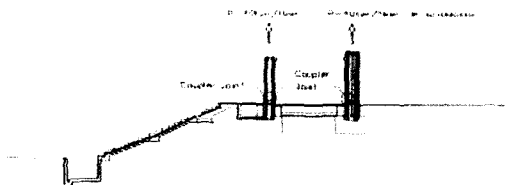


그림 3. Step-3 1층 PC 기둥의 설치

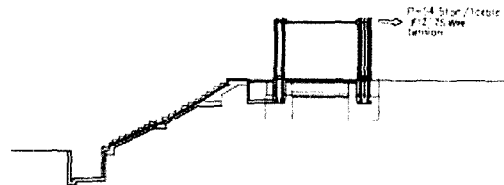


그림 4. Step-4 2층 PC 보의 설치

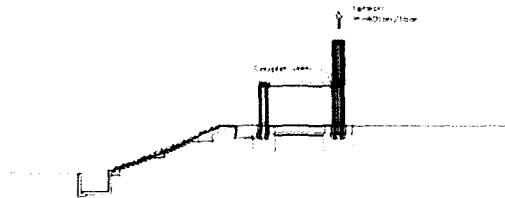


그림 5. Step-5 2층 PC 기둥의 설치

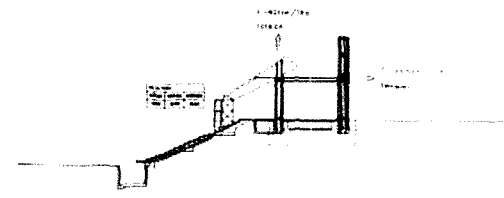


그림 6. Step-6 하단 레이커 빔의 설치

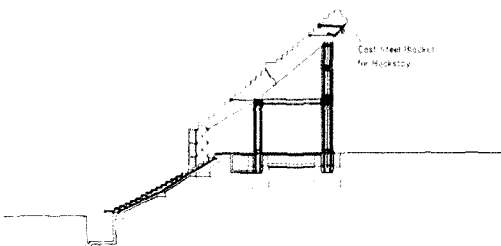


그림 7. Step-7 중단 레이커 빔의 설치

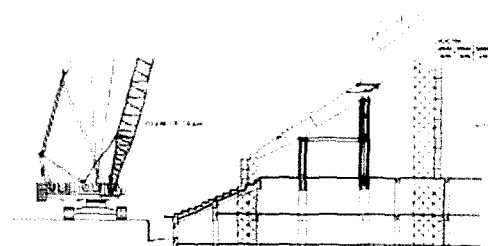


그림 8. Step-8 상단 레이커 빔의 설치

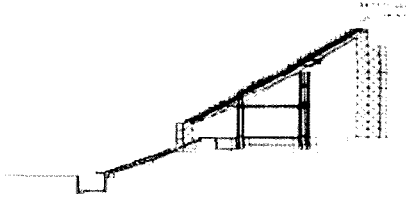


그림 9. Step-9 레이커 빔의 스트랜드 긴장

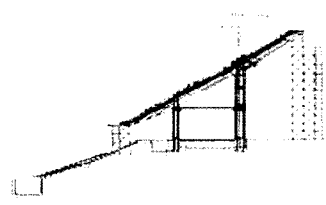


그림 10. 기둥의 최종 긴장

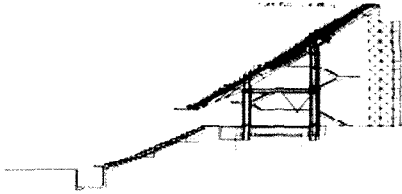


그림 11. Step-11 레이커 빔의 Topping Con'c 타설

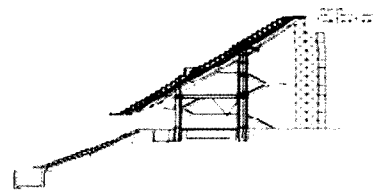


그림 12. Step-12 상부 스탠드의 설치

내구성 유지, 공사비의 단축, 공기의 단축등을 목적을 실현하면서 시공성, 상징성, 개방성 등을 고려하여 "공중에 부유하는 구조" 즉 지상의 경기장 구조, 수직동선의 계단, 지붕구조, 각각이 공중에 높이 올려져 텐션 케이블(Tension Cable)과 백스테이 케이블(Back Stay Cable), 지붕이 들리는 것을 잡아주는 케이블의 배열로 전체의 안정성을 형성하는 구조로 마치 공중에 떠있는 것과 같은 독자적인 구조로 설계하였으며, 울산시의 상징인 학이 동우리에 앉아 있는 모습을 나타내고자 하였으며, 밤엔 조명과 함께 신라 왕관의 모습을 상징하고자 하였다.

(2) 구조 계획

지붕의 경량화를 위해 철골구조로 하고 지붕 상부에는 2개의 인장 케이블을 배치하고, 그 반력을 부드럽게 하부구조로 전달하기위해 백스테이(Back Stay)가 공중에 설치된다. 지붕철골 및 마감 철판의 자중이 160kg/cm<sup>2</sup>인데 폭풍시의 최대 불어 올리는 힘이 약 200kg/cm<sup>2</sup>로 이 차이 만큼 저항하기위해 지붕하부에 지붕이 들리는것을 잡아주는 케이블

을 배치한다. 지붕구조는 그자체로 커다란 강성을 갖도록 하기위해 유니트가 3각 단면인 트러스보로 계획하며 전체적으로 캔틸레버식의 구조인데 지붕트러스 자체는 매달아 놓은 부분에서 최대응력이 되어 가장 큰 높이가 필요하며, 선단과 기둥 인접부분에서 최소의 높이가 된다. 이 단면의 높이가 가장 크게 된 위치에 필드용 조명장치, 장내방송용 장치를 설치토록 하였다.

(3) 케이블 부재의 개요

케이블은 7본 꼬인 스트랜드 15.2φ를 19본 다발로 만든 케이블과 31본 다발로 만든 케이블 2종류를 사용한다. 지붕 상부의 케이블은 15.2φ×19를 더블로, 수직 백스테이는 15.2φ×31을싱글로, Raker Beam에 결합하는 백스테이로는 15.2φ×19를 더블로, 지붕이 들리지 않도록 잡아주는 케이블로는 15.2φ×19를 싱글로 사용한다.

각 하중의 조합으로 케이블에 작용하는 인장 응력에 대하여 케이블 파단 강도의 1/3 이하가되도록 설계한다. 모든 케이블은 인장 응력만이 작용하도록 계획한다. 따라서, 초기

장력을 도입하는 것인데 지붕의 고정하중이 지배적인 요소가 되어 필요한 초기 장력은 적은 편이며 케이블은 대기에 노출 되므로 부식을 방지하기위한 코팅이 매우 중요하며 이는 세계적인 특허 출원제품이다

(4) 설치 계획

캔틸레버식의 지붕철골은 총길이를 3분할하여 트러스구조로 공장제작 및 도급작업 후, 현장으로 반입되며 지상에서 각 유니트 전체를 지조립한다. PC 경사보 (레이커 빔)의 선단에서는 철골 기둥과 백스테이를 먼저 가설한다. 매달아 놓은 부분의 아래쪽에 가설지주를 설치하고, 지상에서 조립된 트러스를 한번에 크롤러 크레인으로 상공에 가설하여 인장와이어를 설치, 안정시킨다. 트러스는 가설할때에 선단을 계산치(40cm)만큼 올리고 가설지주 선단부에 설치한 재키를 풀면 지붕전체는 서서히 내려와 인장와이어에 장력이 자연스럽게 도입되고 장력과의 균형이 맞는 위치에서 지붕은 안정이 된다.

### 8.2. 공사내용

- 공사기간 : 1999. 09 ~ 2000. 09 : 13개월
- 철골 제작, 설치 : 총 6,036Ton, (Stair : 926ton, Column : 1,227 ton, Truss : 3,090ton, VIP : 552ton, 보조경기장 : 105ton, 전광판 및 중계부스 : 136ton)
- 인장 케이블 : 384 Set
- 주,단강품 : 5,568EA
- 도장 : 3,566 Ton, Mast Column, 계단, VIP, 중계부스, 주,단강품
- 도금 : 3,217 Ton, Roof Truss, 전광판, 보조경기장

### 8.3. 제작 및 운반

#### (1) 일반사항

철골 부재의 공장제작시 제작허용 오차를 최대한 줄이도록 하기위해 모든 부재에 대해 Shop DWG 의 작성 및 확인을 거쳐 1 : 1 현치도의 작성을 통한 부재절단 및 용접 후 철골부재의 변위량 최소화, 매 단계별 제3자 Inspection 및 작업자

선정 및 품질교육에 최선을 다했다. 중요한 측량포인트인 주강품이 철골 부재와 접합되는 CJ2 SUPPORT의 경우 현장취부 전,후 Inspection을 실시하여 정밀성을 확보하였다.

Cable은 현장 반입시 Length Check가 불가능하고 구조적으로 매우 중요한 부재임에 따라 공장제작 시 모든 Cable에 Lot 를 부여하여 최대허용오차 3mm내로 관리하였다. Cable Assembly에 포함되는 주강, 단조품의 제작치수도 매우 중요함에 따라 Shop DWG 에 의한 정확한 부재생산 및 각 부재별 비파괴검사를 통해 우수한 품질을 확보하였다. 각 부재의 운반시 모든 부재가 설치 후 응력을 받는 상황을 감안하여 변형이 발생치 않도록 받침목을 고려하였으며 Cable 은 트레일러에 보조장치를 추가하여 굽히지 않고 운반하였다.

#### (2) 제작 절차

##### ① 일반 철골 제작

사용재료 → 제작도 및 현도 →

원자재 투입 → 마킹(금긋기) → 절단 → 개선 가공 → 구멍뚫기 → 마찰면처리(고장력볼트 체결부) → 취부 → 교정 → 용접 → 검사 → 도장 → 운송

##### ② SC Cable Assembly 제작

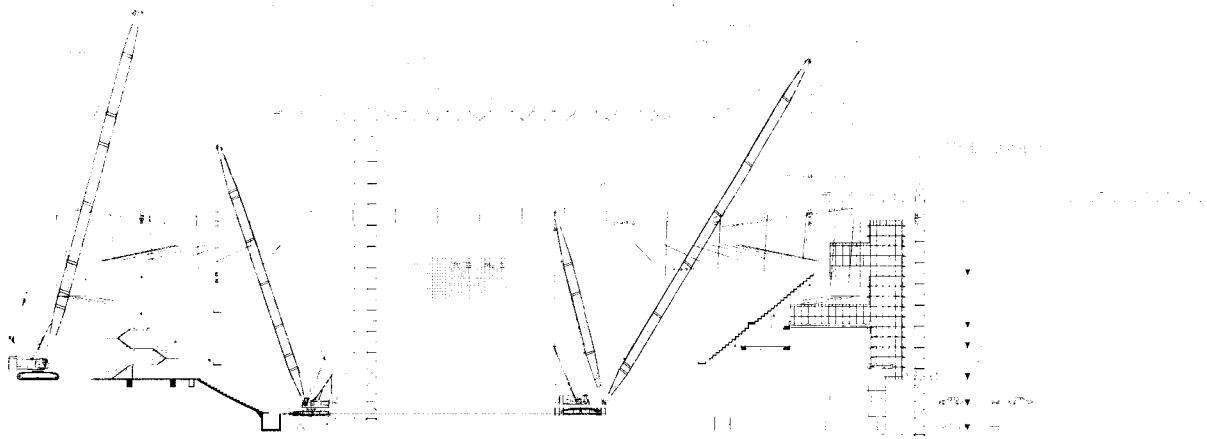
SC Strand 가공 → SC Strand 절단 → Straght Cone의 通線 → 압착가공 → 고정단 End-bolt 조임 고정 → PE Pipe 삽입 → 길이측정 및 가인장대의 설치 → 조정단 Head 취부 → 췌기판(고정판)정착 조정단 End-Plate 조임 부착 → PE Pipe Joint → Socket부착 → Pallet Packing → 운송 → 현장도착

##### ③ 주강품 제작

구조방안도서 작성 → 목형제작 → 목형검사 → 조형 → 용해 → 용해분석 → 주입 → 해체 → 탈사 → 압탕절단 → 열처리 → 시험편절단 → 재료시험 → 사상 → 치수검사 → 비파괴검사 → 결합제거 → 결합제거부 검사 → 용접보수 → 보수부 검사 → 응력제거 열처리 →

## 장비 종합 배치 입면도

DATE : 1999.11.19현재



울산 월드컵 축구경기장 건설공사 建築部

그림 13. 장비 종합 배치 입면도



소재검사 → 가공 → 비파괴검사 → 보수작업 → 최종검사(완성검사) → 도,포장 → 출하

④ 단조품 제작

강과제조 → 단조 → 열처리(불림) → 검사 → 황삭 → 비파괴검사 → 절삭가공 → 검사 → 방청

⑤ 도금(용융아연도금) 제조공정

수압검사 → 저장 → 운반 → 탈지 → 중간검사 → 산세 → 중간검사 → 수세 → 중간검사 → 플렉스 → 중간검사 → 도금 → 중간검사 → 후처리 → 중간검사 → 이동 → 제품검사 → 포장 → 저장 → 출하

8.4. 설치 및 조립

(1) Mock - Up Test 시행

국내 처음 도입되는 공법임에 따라 MOCK-UP TEST를 실시후 제반문제점에 대해 List를 작성 후 시행착오를 최소화 시켰다.

(2) 정밀 시공을 위한 측량팀 운영

구조적으로 매우중요한 측량포인트(CJ1, CJ2, CJ3, CJ5)를 설정 및

확인후, CAD를 이용하여 모든 개소에 대하여 X,Y,Z 3차원 좌표를 산출하여 3D-WAY 측량을 실시하였다. 특히 시공 時뿐만 아니라, 시공후 단계별 확인 측량을 실시하여 그 변위를 CHECK 하였으며, 측량장비의 유지관리 및 검교정, 측량기준점의 변위CHECK에도 최선을 다하였다.

(3) 장비 사용 계획

각 부재별 중량 및 무게중심을 파악하고 작업시의 간섭물에 대한 사전 Check후 부재 설치전 매 개소별

로 CAD를 이용한 사전 Simulation 확인을 거쳐 현장에 정확한 Crane Setting 위치를 확인하였으며, 인양 Wire의 거취부분의 국부집중 응력에 대한 부재의 변위유무를 사전 점검함은 물론, 사전 장비 및 사용기구에 의한 안전점검에 중점을 두었으며, 장비의 효율적인 운영을 위하여 공정에 따른 규격별 장비 투입 계획을 수립하였다

(4) 가설지주 계획

당 현장과 같은 조립식 구조물은

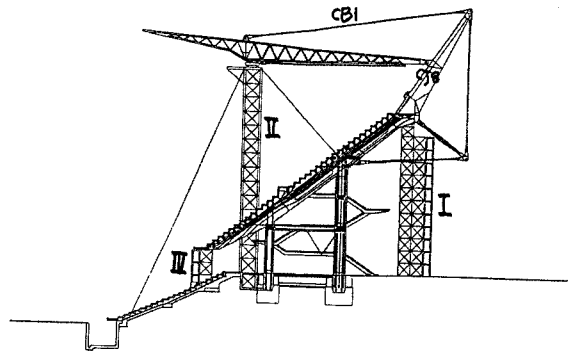


그림 14. PC, 철골 구조물시공 및 가설지주

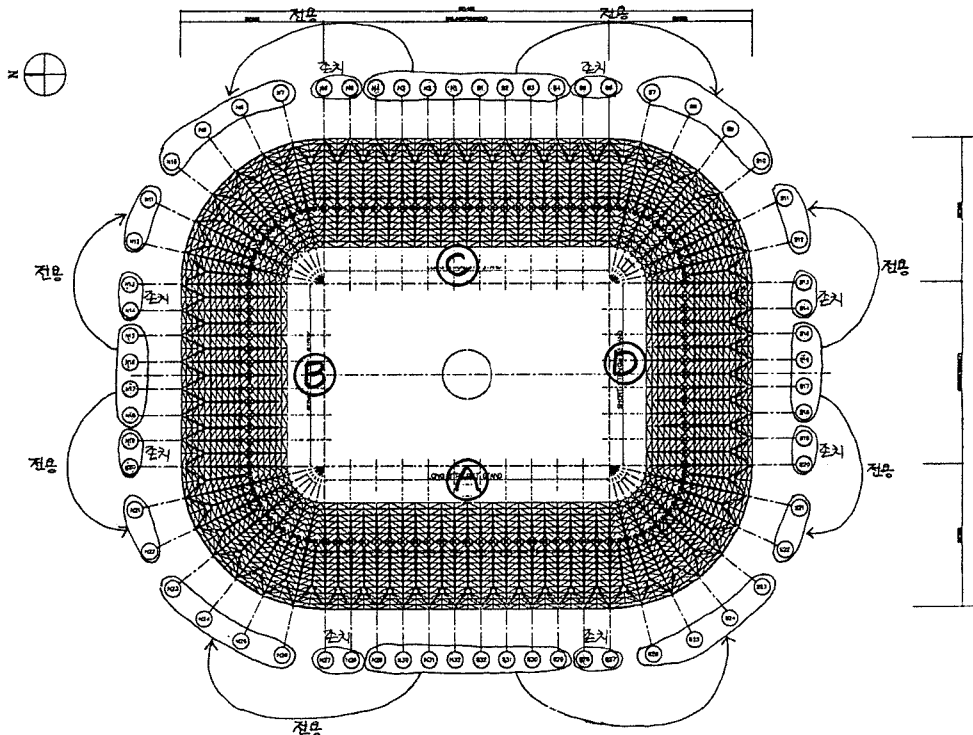


그림 15. 가설지주 전용계획

조립을 위한 가설 구조물의 운용 계획이 매우 중요하므로 공정 계획과 가설재 전용계획을 공사 초기에 철저히 세워야 작업에 지장을 초래하지 않는다.

### 8.5 가설지주 전용계획

#### ① A 구역 전용계획

가. 지하1,2층 있는 구역으로, 일부 부재 수정하여 전용

나. 12 SET의 가설지주 중 양측면에 각 2SET는 이웃부재와의 LEV-

EL고정을 위해 이웃부재 설치시까지 존치, 중앙부 8SET는 양 CORNER부로 4SET씩 전용(그림 참조)

#### ② C구역 전용계획

가. 가설지주 설치구간에 지하층 없음  
나. 전용계획은 A구간과 동일 (그림참조)

#### ③ B,D구간 전용계획

가. B(지하층 있음), D(지하층 없음)구역 동일하게 8SET의 가설지주중 양측면에 각 2SET는 이웃부재와의 LEVEL 조정을 위해 존치, 중

양부 4SET는 양 CORNER부는 2 SET씩 전용(그림 참조)

#### (5) 조립단계별 도해 및 설명

### 8.6. 품질관리

본 공사의 철골제작 및 설치공사는 무엇보다도 구조물의 최상부인 지붕을 형성하는 구조체로서 안전성 및 신뢰성이 매우 중요하며 공정에 미치는 영향이 크다고 판단되어 공사수행전 철저한 품질관리수행을 위하여 철골공사의 품질 검사 및 시험

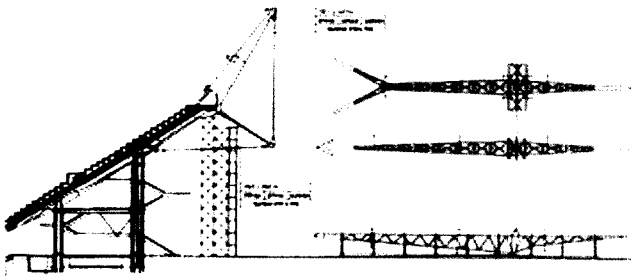


그림 16. Step-13 지붕철골 지조립 및 마스트의 설치

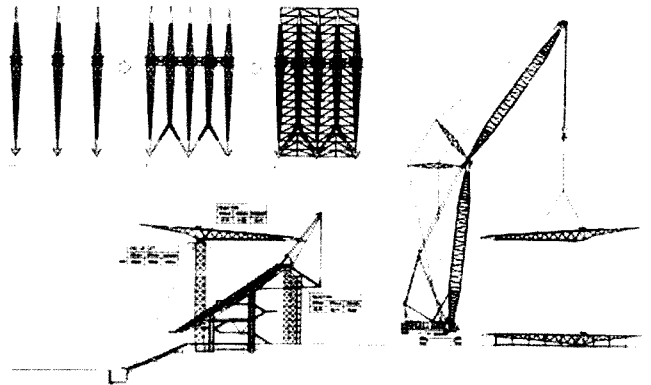


그림 17. Step-14 지붕철골의 가설

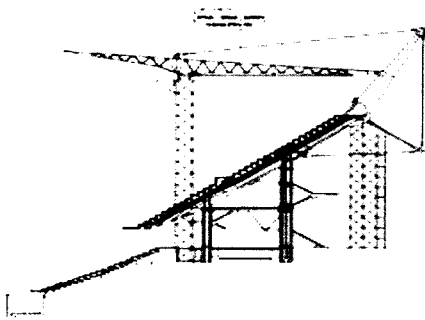


그림 18. Step-15 인장케이블의 설치

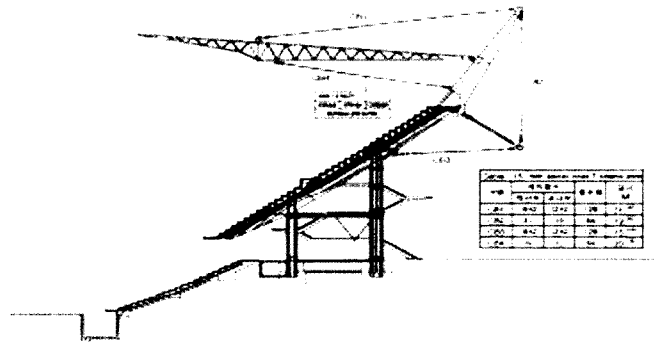


그림 19. Step-16 누름케이블의 설치

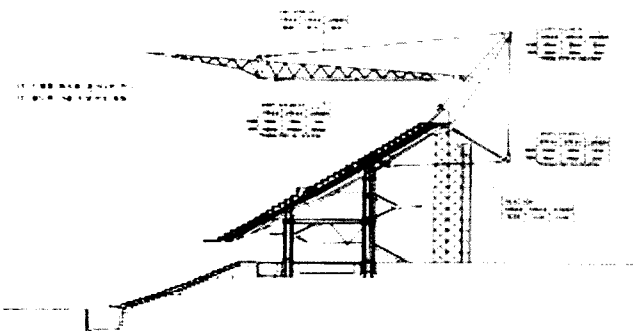


그림 20. Step-17 필드측 가설지보구의 해체

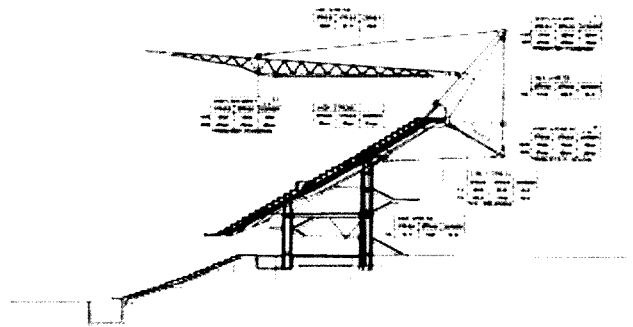


그림 21. Step-18 백 스테이에 프리텐션을 도입한다

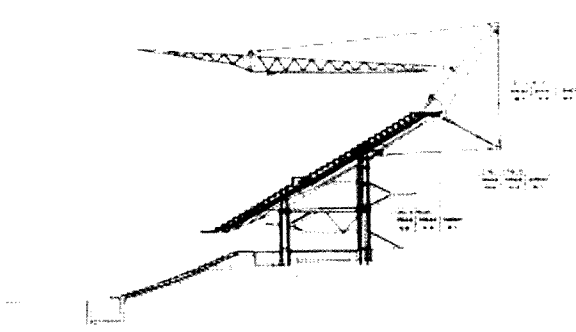


그림 22. Step-19 필드축 가설지보구의 해체

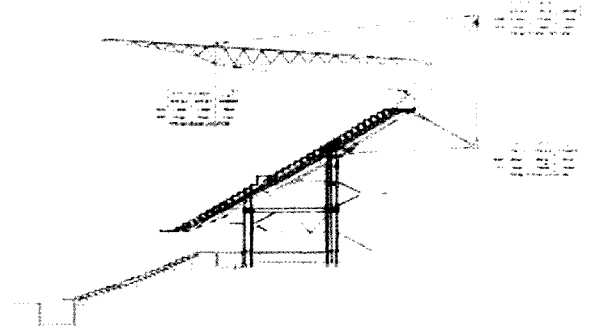


그림 23. Step-20 지붕재의 설치

계획서(ITP)를 검토, 작성하였고 특히 제작단계에서의 철저한 용접 품질확보 향상을 위하여 제3자 전문검사 용역기관, 코리아 테크인스펙션(주, KOTEC)의 용접전문가(기술사)의 전문검사 과정을 거치도록 계획하였다.

따라서, 공사 초기단계에서 철저한 용접 품질관리를 위하여 이에 필요한 용접절차사양서(WPS) 검토, 작성관리 및 용접사 자격부여 관리를 수행하였으며 최종 용접 품질검사를 위하여 전문 비파괴검사기관, 한국비파괴검사(KNDT)를 사전 선정하여 용접 품질관리의 만전을 기하였다.

철골공사의 제작관리 최종공정 단계인 철골부재의 도장, 도금 마감처리 품질관리검사에도 제3자 전문검사기관(KOTEC)의 철저한 단계별 품질관리를 통하여 도장, 도금 품질확보를 위해 최선을 다하였으며 도장공사 품질 검사 및 시험계획서(ITP)에 따른 검사단계별 검사결과를 문서화하여 공사가 종료된 후에도 제품의 품질관리현황이 추적될 수 있도록 관리하였다.

### 8.7. 시공 사진

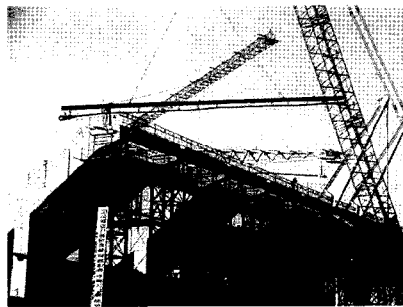


그림 24. CB1 Cable 설치 모습



그림 27. 지붕트러스 설치후 전경(내부)

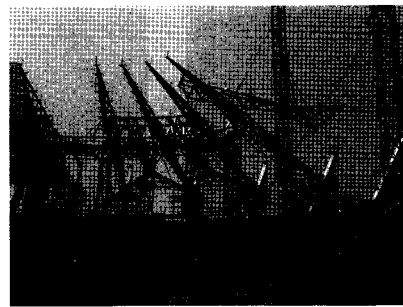


그림 25. 건물코너부 트러스 설치모습

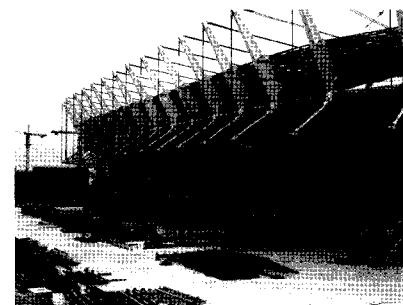


그림 26. Mast 및 인장케이블 설치후 전경(외부)

### 9. 맺음말

국내 최초로 시도된 P.P.C공법 및 철골 인장케이블공법등을 적용하기 위하여 시공전, 후 많은 연구와 검토가 필요하였으며, 공기 지연의 우려가 많았으나, 발주처, 감리단 및 협력업체의 적극적인 협조체제로 약 3.5개월의 공기를 단축하여 2001년 4월 28일 성대한 개장식을 치를 수 있었다. 이에 지면을 빌어 모든 관계자에게 감사드리며, 2002년 월드컵 경기가 성공적으로 개최되기를 기원한다.