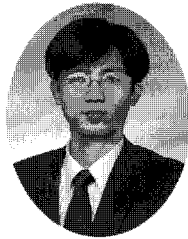
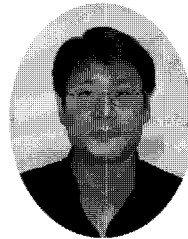


PPC공법과 울산종합운동장의 시공

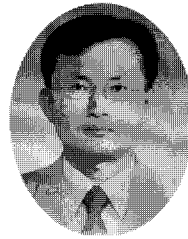
PPC Method and Construction of Ul-san Stadium



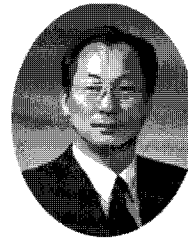
김 재 건*
Kim, Jae-Keon



조 호 규**
Jo, Ho-Kyoo



조 명 구***
Cho, Myung-Ku



이 정 근****
Lee, Jung-Keun

1. 서론

울산시 기존 공설운동장 부지 내에 위치하게 되는 종합운동장은 지하 1층 지상 3층 20,960석 규모로 건설된다. 기본적인 설계계획은 울산 도심지의 한 복판에 위치한 기존 공설운동장 부지에 도심을 향해 열려 있는 구조(U-Shape)로 계획함으로써 도심의 랜드마크 및 시민의 체육 문화 휴게 공간 및 다양한 이벤트(전시장, 박람회, 각종 집회, 장외경륜사업소)가 가능한 다목적의 종합운동장 신축 계획안이 마련되었다.

본 건축물은 주 운동장은 P.C 복합 구조로 P.P.C (Pressure Prestressed Concrete) 공법이 적용되었고, 부분적으로 시공성 등을 감안하여 재래식 공법(R.C)을 사용하고, 아트리움, 지붕구조 등은 철골구조를 사용하였다. 기존의 경기장이 운동장을 구심점으로 폐쇄형 구조인데 비해 본 계획안은 개방형 구조이며, Unit화 되어진 독립 하부구조로 시공의 자유성 및 공기단축에 효과적으로 설계되어졌다. 스탠드 상부

구조는 PC로 제작함으로 안전성과 시공성 및 품질을 확보할 수 있으며, 경제성을 위하여 스탠드를 2단씩 모듈화 및 3-Type으로 규격화하였다. 지붕 트러스는 마감재를 제외한 모든 부재를 지상에서 조립하여 가설지주를 사용하지 않고 지붕 뒤쪽을 인장하는 공법(원치 인장공법)으로 설치한 후 압축 및 인장에 대응하는 Back Stay조립 및 편접합을 하여 긴장된 구조미를 갖도록 계획하였다.

본 고에서는 전체 공사 중 스탠드 상부구조에 대한 Precast Concrete 공사에 대하여 살펴보기로 한다.

1.1 건축 개요

울산종합운동장의 신축공사는 울산광역시 종합건설 본부가 발주하여 현대건설과 지역 업체가 시공을 담당하게 되었다. 운동장의 구조시스템은 P.P.C 구조를 사용하였으며, 전체 공사기간은 23개월로 계획

〈표 1〉 울산종합운동장 개요

| | |
|-------|-----------------------------|
| 대지면적 | 110,731㎡(33,496평) |
| 건축면적 | 21,482㎡(6,498평) |
| 연 면 적 | 31,545㎡(9,542평) |
| 층 수 | 지하 1층, 지상 3층(최고높이 : 27.5 m) |
| 관 략 석 | 20,141석 |

* 현대건설 기술연구소 선임연구원

** 현대건설 기술연구소 선임연구원

*** 현대건설 차장

*** 현대건설 부장, 울산종합운동장 현장소장

되었다. 운동장의 전체적인 규모는 <표 1>과 같으며, <그림 1>에 조감도를 나타내었다.



<그림 1> 울산종합운동장 조감도

1.2 P.C 공사 개요

본 공사의 핵심부분인 PC의 설계 및 시공은일본 黒澤(Kurosawa)건설의 자문을 받아 화성산업(주)에서 담당하였다. 공사에 사용된 PC부재는 주 골재만도 1,704 PCS가 사용되었으며, 콘크리트의 양은 약 9,000m³이 사용되었다.



<그림 2> 공사 중인 스탠드 전경

2. 공 법 개 요

2.1 공법의 특성

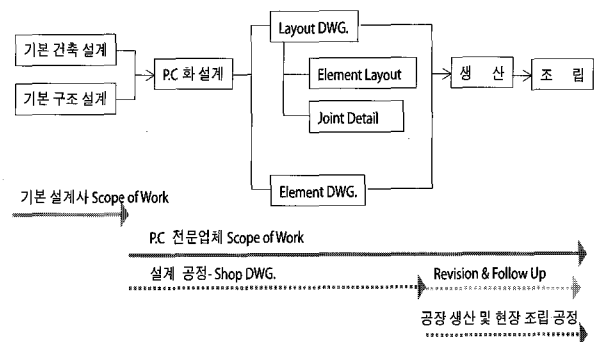
P.P.C (Pressure Prestressed Precast Concrete) 공법은 공장(또는 현장) 제작의 P.C부재를 현장에서 수평, 수직으로 긴장, 압착되는 system으로 기둥과 보의 접합부 중심이 인간의 관절과 같이 접합되어 구동되는 공법이다.

이 공법의 특징은 아래와 같다.

1. P.P.C 공법은 좌대 블록 (Kicker) 및 강봉의 긴장에 의해 가설재 설치 없이 기둥이 독립적으로 자립이 가능함.
2. 기둥의 축방향과 보의 2방향을 Prestress(Post-Tensioning)으로 압축 접합하여 일체로 조립됨.
3. 고하중, 장SPAN 공간을 형성할 수 있으며, 부재 단면 최소화에 의한 경제적인 설계가 가능함.
4. 지진 하중에 대해 Prestress (Post Tensioning)에 의한 접합부가 탄성적으로 거동하여 수평 변위를 회전 변위로 변환, 흡수함.
5. 분절된 P.C 부재를 Prestress (Post-Tensioning)으로 접합함으로 일체로 연속되는 R.C 구조물과 동일한 구조적 성능을 발휘하며, 사용하중 하에서 P.C부재가 탄성적으로 반응하므로 처짐 및 균열 제어가 용이함.

2.2 공법 적용 Flow

본 공사에서는 <그림 3>에 나타낸 바와 같이 기본 설계에서부터 P.P.C공법을 적용을 고려하여 건축설계 및 구조 설계(Basic DWG.)를 시행한 후, P.C화 설계(Shop DWG.)를 진행하여 기본 설계(Basic DWG.)에 근간을 둔 P.C 설계 도면(Shop DWG.- Layout DWG. 및 Element DWG.)으로 P.C 부재의 생산 및 현장에서의 조립이 이루어지도록 하였다.



<그림 3> P.P.C공법 흐름도

3. 공 사 추 진

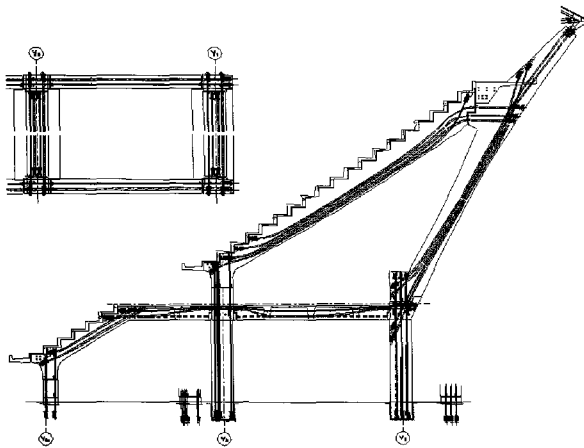
본 건축물은 주 운동장은 P.C 복합 구조로 P.P.C 공법이 적용되었고, 부분적으로 시공성등을 감안하

여 재래식 공법(R.C)를 사용하고, 아트리움, 지붕구조 등은 철골구조를 사용하였다.

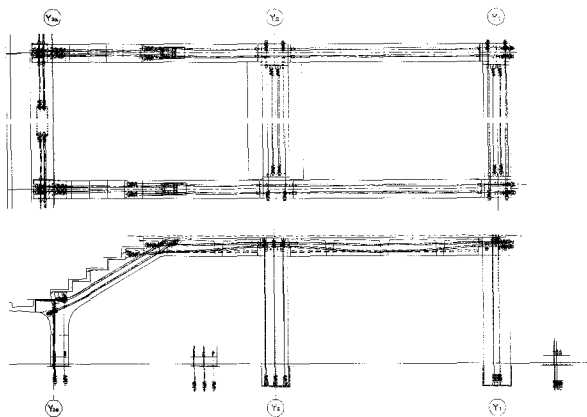
3.1 건물의 구조

남쪽구역(26 Line)은 <그림 4>에 나타난 바와 같이 지상2층으로 지상 2개층은 P.C 구조, 1층 바닥은 R.C구조로 계획하였다.

또한 나머지 동북서쪽 구역(40 Line)은 <그림 5>와 같이 지하1층, 지상 3층으로 지상 3개 층은 P.C 구조, 지하 1층, 1층 바닥 R.C구조로 계획하였다.



<그림 4> 3개 층 PC구조 단면도



<그림 5> 2개 층 PC구조 단면도

3.2 구조 형식

본 건축물의 구조 형식은 P.C 부재에 Prestress를 도입하는 P.S구조로서 Prestress를 도입하는 방법에 따라

- Pre-Tensioning - 연속 T형 Slab, 1단 또는 2단 형 Stand, 통로부재,
- Post-Tensioning - P.C Column, P.C Girder, 통로부재, 경사보(Raker Beam)으로 나누며, 이외에 R.C 옹벽, Topping 콘크리트, 철골구조 등으로 구성된 P.C 복합화 구조이다.

3.3 접합 방식

부재 간 접합은 강접합으로 설계하였으며, Joint 부분은 Post-Tensioning과 고강도 콘크리트 또는 고강도 몰탈 Grouting으로 보강하여 구조적 안전성을 확보하였다.

부재별 접합 방식을 살펴보면 다음과 같다.

1. CIP 기초 + P.C 기둥 : 강접합(Post-Tensioning + Grouting)
2. RC 기둥 + P.C 기둥 : 강접합(매입양카체 + Kicker + Post-Tensioning + Grouting)
3. P.C 기둥 + Girder : 강접합(Post-Tensioning + Grouting)
4. P.C Girder + 통로부재 : 강접합(Post-Tensioning + Grouting)
5. P.C Girder + PS Stand : Pin접합(Pipe + Thread 접합)
6. P.C Girder + P.S Slab : 배근 + Top ping 콘크리트
7. P.C 기둥 + 경사보(Raker Beam) : 강접합(Post-Tensioning + Grouting)
8. 경사보(Raker Beam + 통로부재) : 강접합(Post-Tensioning + Grouting)
9. 경사보(Raker Beam) 조합 : 강접합(Post-Tensioning + Grouting)
10. 경사보(Raker Beam) + P.S Stand : Pin 접합 (Pipe + Thread 접합)
11. 경사보(Raker Beam) + P.C Girder : 강접합 (Post-Tensioning + Grouting)

4. P.C 스탠드의 작업과정

4.1 기초부

1층 바닥 R.C 시공 시 지하층이 있는 경우 지하

R.C 기둥과 지상층 P.C기둥과의 일체성 확보를 위하여 <그림 6>에 나타낸 바와 같이 Anchor Frame 을 설치하여 R.C기둥을 현장 타설하고, 지하층이 없이 독립 기초위에 지상층 P.C기둥이 설치될 경우 R.C독립 기초에 P.C기둥이 삽입될 수 있는 Pocket 을 형성하여 P.C기둥을 꽂고 Joint부분은 무수축 몰탈로 밀실하게 메우는 형식으로 하였다.



<그림 6> Anchor Frame 설치

4.2 기둥

R.C 기초 Pocket에 강봉 긴장 혹은 지하R.C 기둥에 기 매입된 P.C 기둥용 Anchor Frame, 좌대 블록(Kicker) 및 강봉의 긴장으로 가설재 없이 기둥이 자립할 수 있도록 하였다. <그림 7>에 나타낸 바와 같이 R.C 기초에 기 매입된 Anchor Frame, 좌대 블록(Kicker)과 기둥 접합부에서 강봉의 접합은 강봉과 동등 이상의 강도를 가지는 Coupler를 사용하여 강봉 긴장 시 일체성을 가지도록 하였다.

4.3 수평보

통로 슬래브를 지지하는 수평보의 경우 공장 생산 후 1차 긴장을 도입하여 사용하중 작용에 대한 단면 성능을 증가 시켰다.

현장 조립 후 2차 긴장을 도입하여 기둥과 강접



<그림 7> P.C 기둥 설치



<그림 8> P.C 수평보 설치

합이 될 수 있도록 설계하였으며, <그림 8>과 같이 설치되는 수평보는 기둥·보·경사보 등으로 이루어지는 강접합의 단위구조물을 형성시키는 중요한 형적 요소의 역할을 하게 된다.

4.4 경사보(Raker Beam)

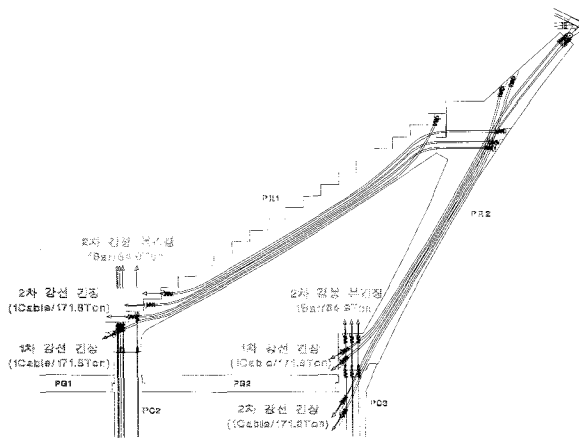
스탠드를 지지하는 경사보의 경우 <그림 5>에 나타낸 바와 같이 Handling 및 조립 시의 양중을 고려하여 크게 Stand 접합 경사보 (PR1)와 철골 지붕 지지 및 경사보 하중을 기둥에 전달하는 경사보 (PR2)의 2부재로 구분된다.

각각의 경사보는 분절되어 있던 기존 설계에서 시공성, 가설자재의 절감 등을 고려하여 '부재 합치형'으로 설계하여 2부재의 P.C 경사보를 Post-Tensioning으로 일체의 부재로 접합하도록 설계하

였다. 또한 긴장이 완료된 P.C 강봉과 Coupler를 사용하여 2차 본긴장을 하여 P.C기둥과 강접합이 되도록 설계하였다. <그림 9>는 PR1경사보를 설치하고 있는 모습이다.



<그림 9> P.C 경사보 설치



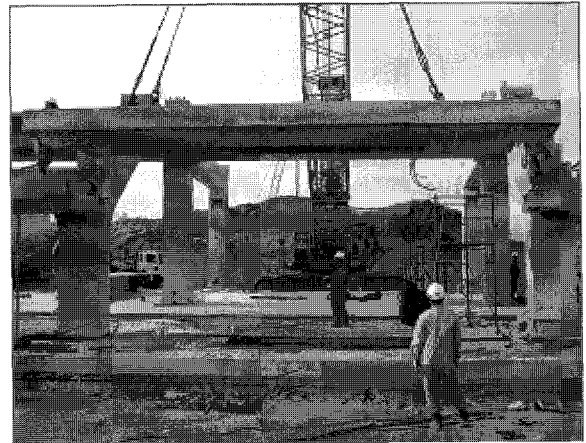
<그림 10> P.C 경사보 설계

4.5 하부 통로 부재

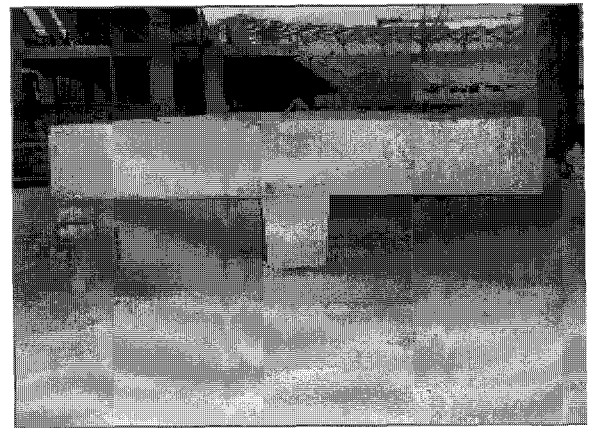
<그림 11>은 하부 통로 부재를 설치하는 모습으로서 하부 통로 부재의 경우 부재 상호간 접합은 P.C 경사보를 중심으로 하여 Post-Tensioning에 의해 접합 될 수 있도록 설계하여 경사보와의 접합시 캔틸레버 형식의 단면에 대하여 구조적 일체성 확보하도록 하였다.

4.6 일반 통로 슬래브

일반 통로 P.C 슬래브 부재의 경우는 공장에서 부재생산 전 긴장력을 도입하는 Pre-Tensioning에



<그림 11> 하부 통로 설치



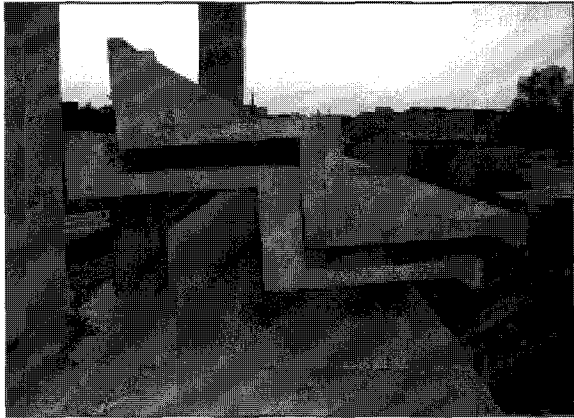
<그림 12> S/T SLAB

의해 부재에 Prestress를 도입시킴으로써 사용하중 작용에 대해 부재 단면의 효율성을 극대화 할 수 있도록 설계하였으며, <그림 12>에 나타난 바와 같이 부재 중앙의 Rib부분이 횡방향 보와 같은 방향성을 가지도록 하였다.

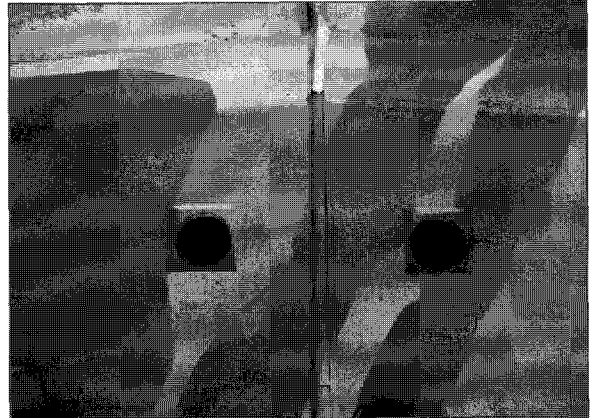
5. Stand 형상 및 접합부 설계

5.1 Stand 형상 설계

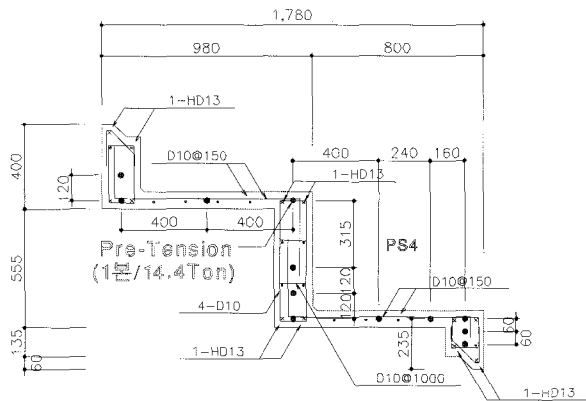
P.C Stand 형상은 노출 P.C의 장점을 살려 기존 재래식 공법의 마감 공정이 필요 없도록 설계하였으며, <그림 13>에 나타난 바와 같이 구조적 이점 및 부재 조립 시 조립 매수 감소를 통한 공기 단축 효과를 위해 기본적으로 P.C STAND 형상을 2단 (Double Step)으로 설계하였다. <그림 14>는 설계된 P.C 스탠드의 상세치수이다.



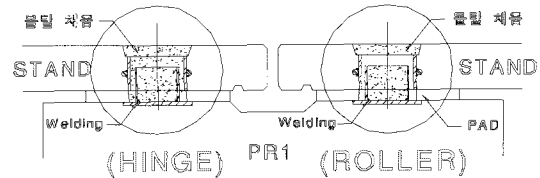
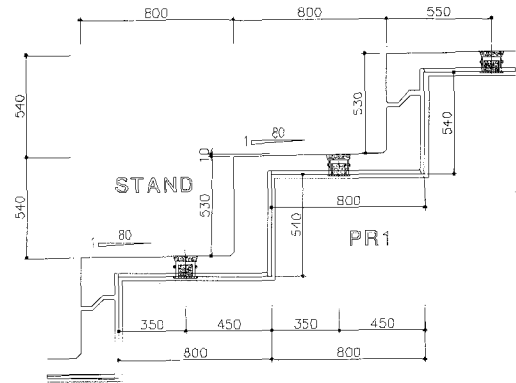
<그림 13> P.C 스탠드



<그림 15> P.C Stand 접합부



<그림 14> P.C 스탠드 형상 설계



<그림 16> Roller 단 설계

5.2 스탠드접합부 설계

P.C 스탠드와 P.C 경사보의 접합은 스탠드를 경사보 수평명위에 설치된 Pad위에 단순히 얹어 놓아 구조적으로 단순보 형태를 취하도록 하였으며, 지진 발생 시 부재의 이탈 및 추락을 방지하기 위해 경사보에 기 매입된 Plate에 Anchor Pipe를 설치한 후 몰탈을 Grouting하는 방법으로 설계하였다. 단, 옥외 구장이므로 Stand의 온도 변화에 의한 변위를 허용하기 위한 일단 Hinge, 일단 Roller로 설계하였다.

6. 맺음말

앞에서 P.P.C(Pressure Prestressed Concrete)공법을 이용한 울산종합운동장의 시공과정과 부재의 설계에 대하여 개략적인 소개를 하였다. 이와 같은 대공간 구조는 90년대 중반이후 아시안 게임과 월

드컵경기 유치 및 영종도 신공항, 고속전철역 등과 같은 대규모 SOC 사업이 수행되면서 그 수요가 꾸준히 증가하고 있는 실정이며, 국내의 설계능력이나 시공기술도 그에 수반하여 발전을 거듭해 왔지만 아직 미흡한 점이 있다는 것은 누구나 인식하고 있을 것이다.

특히 대공간을 형성할 수 있는 다양한 구조방식 중 PC구조와 같은 경우는 재료의 고강도화, 내구성, 내화피복의 불필요, 미려한 외관, 공기단축 등과 같은 장점을 가지고 있어 운동장과 같은 특정 구조물 및 일반 건축물에서의 사용은 더욱 증가할 것으로 생각된다. 따라서 건설인들 사이에서 PC구조에 대한 관심이 그 폭과 깊이를 더해갈 필요가 있다고 생각된다.