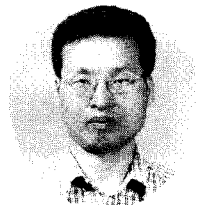


제주 월드컵 경기장 철근 콘크리트 공사에 대하여

- Construction of Reinforced Concrete for Cheju Soccer Field -



이재범*

1. 설계 개념

1.1 제주 월드컵 경기장

경기장의 전체적인 설계 개념은 가장 제주다운 환경, 즉 자연환경을 그대로 유지하면서 가장 친근한 경기장을 표현하고자 (사진 2)와 같은 제주도 전역에 산재되어 있는 368개의 기생화산인 오름을(산굼부리도 1개의 기생화산임) 형상화하여 표현하였다.

1.2 지붕구조

지붕구조는 제주의 전통 때배인 태우의 기능적인 면을 최대한 적용하여 태우의 인장구조를 지붕 구조로 적용하여 태우의 자연스런 곡선과 인장구조를 혼합하여 표현하였다.((사진 3))

1.3 경기장 진입공간

경기장 진입공간은 (사진 4)에서 보여지는 제주 민가의 독특한 진입 공간인 올레를

적용하여 진입광장에서 경기장이 정면, 즉 일직선으로 보이지 않고 휘어지게 배치하여 제주의 소박한 정서를 반영하였다.

1.4 진입 광장

또한 진입 광장에는 돌하루방 11개를 낮은 것부터 높은 순서대로 설치하였으며 11개 각각의 돌하루방 모양은 제주도 각

지방의 특색 있는 돌하루방 모습을 그대로 제작하여 설치하였다. 그리고 진입 광장 끝에는 제주 토속집 대문의 정남을 형상화한 6개의 정남을 설치하여 경기장 입구를 표현하였으며, 추후 월드컵 경기 후 6개국 참가 선수의 명단을 기록하여 역사적 기념물로 설계하였다.

상기와 같이 제주 월드컵 경기장은 가장 제주다운 경기장으로 자연과 인공이 어



사진 1. 제주 월드컵 경기장 전경

* 풍림산업(주) 제주 월드컵 경기장 건설공사 현장 공무 차장



사진 2. 제주도 전역에 산재되어 있는 기생화산인 오름

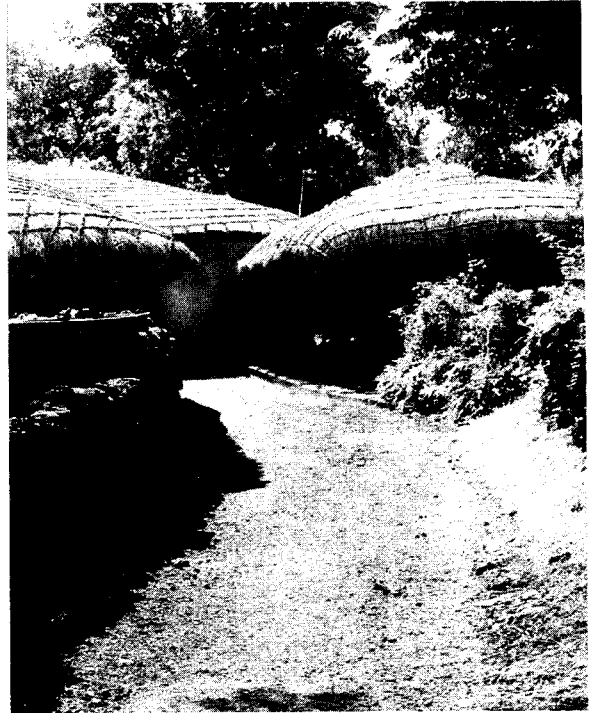


사진 4. 제주민가의 진입공간인 올레

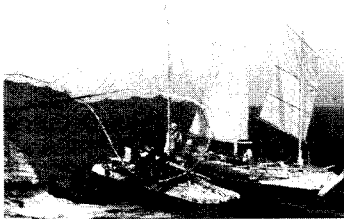


사진 3. 제주의 전통 때배인 태우

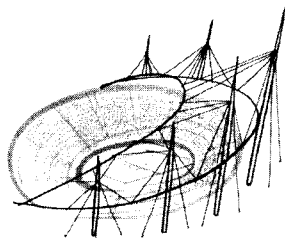


그림 1. 이미지 스케치

우리진 경기장이며 많은 시민과 국민이 쉽게 찾아올 수 있고 항상 포근하여 우리 집에 온 것처럼 편한 느낌을 갖게 하도록 하였으며 제주의 바람과 주변 환경에 가장 적합한 경기장을 만들기 하기 위하여 그라운드를 지하화 하여 다른 경기장과는 차별화하였다. 그리고 경기장의 지하화는 제주 바람으로부터 축구경기장을 보호하고 경기장 높이를 최소화하여 주변 경관을 해치지 않고 서귀포 신시가지에서 그대로 바다가 보일 수 있도록 하여 주변경관과 가장 잘 어울리는 경기장일 뿐만 아니라 가장 아름다운 경기장이라는 찬사를 받고 있다.

2. 구조설계의 특징

2.1 염해 대책

제주 월드컵 경기장은 바다에 근접하여 (약 1.5 km) 경기장을 건설하는 관계로 바다에서 바람과 습기를 타고 날아오는 염해는 구조물의 내구성에 치명적인 요인으로 작용하므로 염해에 대한 대책이 필요하였으며 염해에 대한 대책은 구조설계부터 반영하여 철근 콘크리트의 통상적인

피복두께 보다 1 cm 더 피복두께를 확보하여 5 cm 이상 확보였으며 콘크리트의 내구성을 증대시키고자 RC 구조인 기둥, 보, 슬래브에는 구조적으로 문제없는 강도인 240 kgf/cm² 보다 더 강한 270 kgf/cm²을 사용하였으며 PC에는 400 kgf/cm²을 적용하였다.

2.2 스탠드에 적용된 공법 및 현장 타설

스탠드를 지지하는 Raker 보 는 현장 여건을 감안하여 여러 가지 공법을 적용하여 RC 구조, SPC 구조 SRC 구조를 적용하여 공기를 최대한 단축하는 공법을 적용하였고, 또한 스탠드는 육지로부터의 제작, 운반 등 현장여건을 감안 현장 타설로 설계를 하였으나 공사기간과 현지 PC 공장 설립 타당성 등을 조사하여 현장 타설이 아닌 PC 구조로 설계 변경하여 공기를 단축함과 동시에 제주 최초로 제주 골재(현무암 골재)를 이용하여 제주 현지에서

PC를 직접, 생산 설치하였다.

2.3 기초 및 슬래브, 지붕구조 설계

기초는 제주 지역이 현무암 지역임을 적극 활용하여 매트기초가 아닌 독립기초로 설계하여 지내력 테스트를 통하여 지내력에 맞는 기초 규격을 적용하였다. 슬래브는 일반 합판 거푸집 공사가 아닌 데크 슬래브(deck slab)로 시공하여 육지로부터

표 1. 공사개요

· 대지위치 :	제주도 서귀포시 법환동 914번지 일원
· 지 역 :	자연녹지지역
· 대지면적 :	13만 4,122 m ²
· 건축면적 :	2만 2,188 m ²
· 연 면 적 :	7만 5,967.46 m ²
· 좌 석 수 :	4만 2,256석
· 규 모 :	지하2층 지상 4층
· 구 조 :	스탠드-PC+RC, 지붕-케이ابل 및 트러스 현수구조
· 건 축 주 :	서귀포시
· 시 공 사 :	풍림산업(주)의 10개 사
· 감 리 단 :	현대건설(주)의 3개 사
· 설계총괄 :	(주)일건 건축사 사무소
· 구조설계 :	(주)전우구조 건축사 사무소
· 지붕구조설계 :	미국의 Weidlinger 사

터의 가설재 운반비 절약, 공기가 단축 등 전반적인 타당성 조사를 실시하여 설계에 반영하였으며, 지붕구조는 파이프 트러스 케이블(pipe truss cable) 인장구조로 국내 건축물에서는 처음으로 도입한 구조이며 국내 다른 월드컵 경기장 3개소에 사용한 PTFE 막을 사용하여 지붕을 설계하였다.

3. 부위별 시공방법

3.1 기초 및 지중보

경기장의 구조 관련 시공 및 기타 모든 시공은 전체 경기장을 4개의 존(zone)으로 구분하여 시공하였으며 기초는 현무암 위에 독립 기초로 설계하였으나 제주 지질이 일정한 현무암이 아니라 화산 지역인 관례로 현무암과 흙이 불규칙적으로 분포하고 있어 현무암 지역이 아닌 곳은 지내력 시험을 실시하고 지내력에 맞는 기초 규격을 적용하였으며 설계부터 현장 여건에 맞게 시공이 가능하도록 지내력 마다 (30, 40, 50, 60, 70톤 등) 기초 규격을 미리 설계했다. 그리고 거푸집은 일반 합판 거푸집 또는 유로폼을 사용한 것이 아니라 거푸집 해체가 필요 없는 리브 래스(rib lath)를 사용하였다. 리브 래스를 사용 시 콘크리트 내의 수분과 자갈이 리브 래스 사이의 구멍으로 쉽게 유출되어 거푸집으로의 역할이 불가능하고 함수율의 변동으로 콘크리트 설계강도를 발휘하지 못할 것으로 통상 생각되나 콘크리트 내의 함수율이 적고 자갈이 많은 관계로 절대 수분이나 자갈의 유출은 발생하지 않으나

리브 래스가 하나의 철망으로 일정한 틈을 자체적으로 형성 할 수 없기 때문에 리브 래스와 각재를 이용 소모 규격의 틈을 만나는 번거로움이 있다.

지중보 또한 합판 거푸집이나 유로폼을 사용하지 않고 기초와 일체의 콘크리트 타설을 하는 관계로 기초와의 연장선상이므로 리브 래스를 사용하여 시공하였다.

3.2 기둥

제주 월드컵 경기장의 모든 콘크리트는 지하에 매립되거나 건축 마감재로 마감되는 부분을 제외하고는 모두 노출 콘크리트인 관계로 콘크리트 노출면이 상당히 중요한 품질관리의 한 요소로 관리하였으며 노출면의 관리를 위하여 거푸집 또한 일호폼을 사용, 우수한 콘크리트 면을 확보하고자 하였다. 또한 공기 단축과 거푸집의 전용횟수를 증대시키고자 기둥과 보 및 슬래브를 분리 타설 하였으며, 기둥 콘크리트 타설 시 거푸집의 변형을 방지 하고자 일호폼에 I-beam으로 버팀대를 사용하였다.

거푸집의 이동과 해체, 설치 시에는 인력을 이용하는 것이 아니라 장비를 이용하여 작업능률을 최대화 시켰고 콘크리트 타설 시 발생하는 재료분리를 방지하기 위하여 콘크리트 타설은 기둥 저면까지 펌프카의 호스를 내리고 타설을 하였으며 작업자 또한 기둥 안에 들어가 타설 하였다. 또한 기포발생으로 유발되는 콘크리트 면의 곱보를 없애고자 바이브레이터의 작업속도를 조정하였고 나무 망치를 이용 콘크리트를 타설하는 동안 지속적으로 거푸집을 두들

겨 기포를 없애고자 하였다.

그리고 경화전 콘크리트 내에 있는 물이 거푸집 하부의 틈이나 거푸집 모서리 등으로 유출될 경우 콘크리트 양생 후 콘크리트 모서리에 자갈 노출, 모래 노출 등이 발생되므로 경화전 물 빠짐입이 발생되지 않도록 거푸집 모서리에는 코킹재를 이용 밀실하게 하였으며 거푸집 하부는 거푸집의 높이 조절용 각재 틈에서 유출되는 물을 막고자 거푸집 설치전 수평 조절용 콘크리트를 미리 일정 높이(5 cm)로 타설하여 수평조절용 각재 사이로 유실되는 물을 사전 차단하고자 하였다.

기둥은 홀로 자립하므로 기둥의 수직도를 콘크리트 양생기간까지 변화되지 않도록 유지하기 위하여 철재 지지대를 규정치 이상 설치하고 작업자의 안전을 위하여 기둥 상부에는 작업발판과 안전대를 기둥 거푸집 제작 시 같이 설치하여 작업자가 안전하게 작업하도록 하였고, 장비로 이동시에도 훼손되지 않도록 철재를 이용 견고하게 설치하였다. 그리고 기둥의 하루 콘크리트 타설 갯 수는 콘크리트 면의 품질을 확보하기 위하여 7개가 넘지 않도록 레미콘 출하 속도 및 작업자를 관리하였으며 기둥 타설 위치는 1개의 스팬을 기준으로 후속공정인 상부 보와 슬래브가 연속적으로 작업될 수 있도록 위치를 적절히 조절하였다.

3.3 보(girder 및 beam)

보는 상기에 언급한 바와 같이 기둥 구조가 완료되고 보의 거푸집이 설치되므로 보의 하부 거푸집에 대한 연구를 하여 거푸

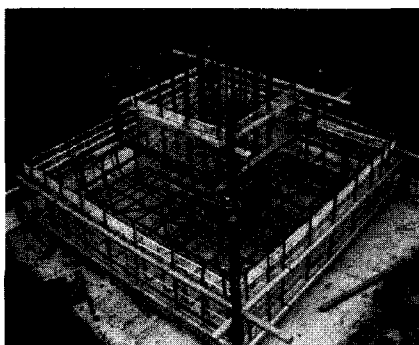


사진 5. rib lath로 시공한 기초

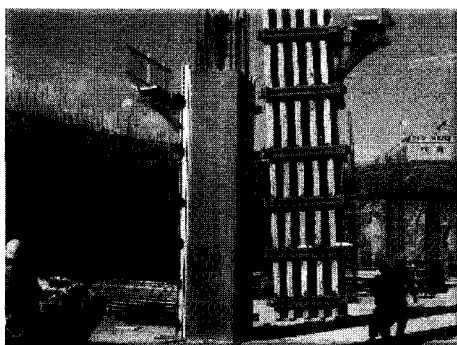


사진 6. 일호폼을 이용한 기둥의 거푸집 탈형 모습



사진 7. 보의 거푸집과 동바리가 일체식으로 된 soffit

집의 이동이 쉽고 능률이 높은 작업 방법을 찾아 보 하부 거푸집은 거푸집과 동바리가 일체식이(soffit) 되고 모든 이동은 장비로 할 수 있도록 하고 보의 미세 높이를 조정 또한 장비로 하고자 하였다. 이렇게 하여 거푸집은 일반 합판거푸집을 사용하였으며 동바리는 시스템 동바리를 약간 변형하여 사용하였다. 즉 시스템 동바리를 일정 높이로 먼저 설치하고 그 위에 미리 제작된 보 하부 거푸집을 고정시켜 크레인으로 동시에 이동이 가능하도록 하였고, 거푸집 높이를 조정은 거푸집이 무거운 관계로 인력으로는 불가능하므로 장비를 이용하여 조절이 가능하게 하였으며 콘크리트 타설 후 거푸집 해체 또한 시스템 동바리의 높이를 조절하여 재사용이 가능하도록 해체 하였다.

3.4 슬래브

경기장의 슬래브는 층고가 높아 일반 동바리로는 불가능하므로 60% 이상 시스템 동바리를 사용하였으며 동바리 설치와 해체, 해체 후 정리 비용을 줄이고 공기를 단축하고자 시스템 동바리를 모듈화시켜 사전 조립하였으며 이동 또한 장비를 이용하여 이동이 가능하도록 하였다.

3.5 데크 슬래브(deck slab)

데크 슬래브는 보의 하부 및 옆면 거푸집이 완료된 후 설치되므로 데크의 설치 방법과 거푸집의 이동 및 변형 방지를 막는데 주력하여 데크 고정 및 용이하도록 옆면 거푸집에 각재를 설치하여 못으로도 고

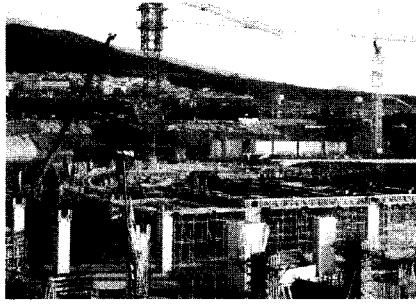


사진 8. 시공 모습

정이 되도록 하였으며 보 거푸집 변형을 방지하고자 데크 슬래브 하부에 보와 보 사이에 간격재를 설치하였다.

3.6 하부 스탠드의 RACKER 보

랙커(racker) 보는 PC 스탠드 설치를 위한 경사보로 거푸집 공사가 난해 할 뿐만 아니라 공사의 위험도도 상당히 높아 가설 시설이 상당히 필요한 공사이다.

동바리 설치에는 1개의 RACKER를 2부위로 구분하여 낮은 부위의 동바리는 일반 동바리를 설치하였으며 높은 부위는 시스템 동바리를 일체화시켜 사용하고 그 위에 일반 동바리를 설치 사용하였다.

작업자의 안전을 위하여 거푸집 양 옆에는 작업자가 원활하게 이동 가능하도록 작업 통로를 사전 확보하였으며 거푸집 전용은 거푸집 수를 일정하게 유지하여 많지도 적지도 않도록 유지하여 지속적으로 공사가 진행되도록 하였다. 왜냐하면 랙커 보는 RC 공사의 마지막 단계이며 랙커 보에 설치되는 PC 스탠드는 공사는 사전 다른 장소에서 제작이 완료되고 PC 스탠드

설치 후 후속공정이 단지 의자 설치만 남아 주공정에 영향을 미치지 못하므로 랙커 보 공사를 신속하게 진행시킬 필요가 없다는 판단 하에 진행 시켰다. 그러나 지붕이 씌워지는 부위는 지붕이 주공정이 되므로 지붕공사가 원활하게 이루어지도록 선 공적인 PC 스탠드 설치가 빨리 진행 되도록 랙커 보 공사를 빨리 진행시켰다.

3.7 상부 스탠드 RACKER 보

당 경기장의 상부 스탠드는 동쪽과 서쪽에 있으며 동쪽 스탠드는 철골조로 구성되어 있고 서쪽은 SRC, SPC로 구성되어 있다. 이는 기둥과 보의 단면적과 관련된 디자인과 시공성, 경제성, 경기장의 기능성 등을 고려한 설계이며 시공 계획 또한 공법에 따라 장비의 규격, 시공순서 등을 결정, 작업을 진행하였다.

기둥은 SRC로 총 7부위로 구분하여 콘크리트를 타설하였으며 이 또한 거푸집은 일호폼을 사용하였다. 전면 통로 및 후면 파라넷 벽체는 PC로 장비 선정과 설치 시점을 확정하는데 어려움을 겪었는데 이는 제주도가 육지가 아닌 섬으로 장비의 이동과 관련된 비용이 많이 소요되고 작업의 연속성을 확보하기 위한 사전 작업이 많이 필요하였기 때문이다. 그래서 150톤부터 500톤까지 장비를 사용하였고 작업일정 또한 연속적으로 설치가 가능하도록 조정하였다.

상부 스탠드 하부 통로를 지지하는 랙커(racker) 보와 상부 파라넷을 지지하는 구조물은 SPC이며 이는 경남 의성에서 제작,



사진 9. deck slab 설치 모습

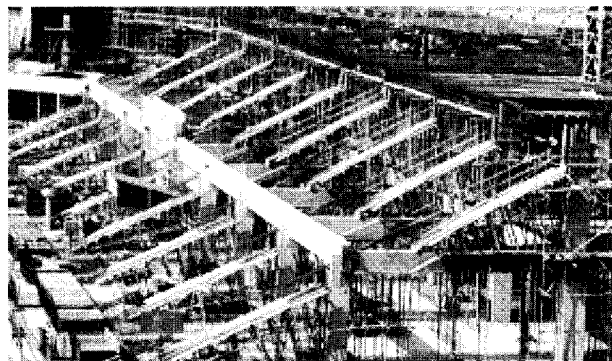


사진 10. RACKER 보

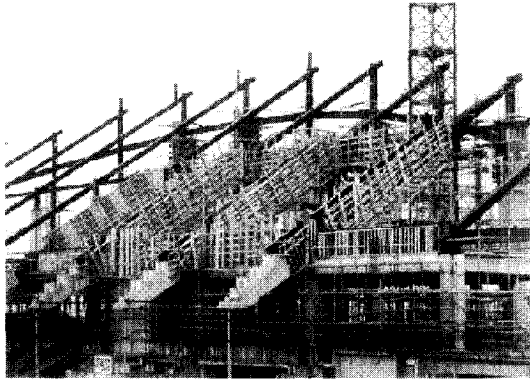


사진 11. 상부 스탠드 RACKER 보 거푸집 설치 모습

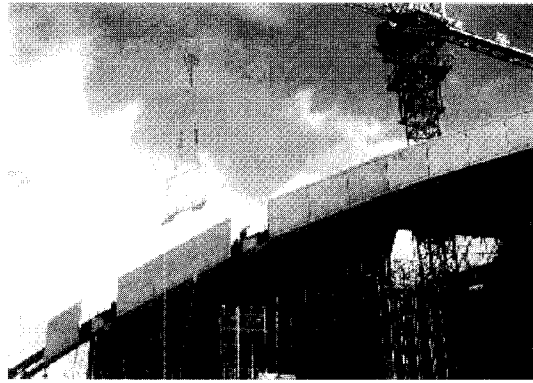


사진 12 상부 스탠드 파라넷 월(wall) 시공 모습

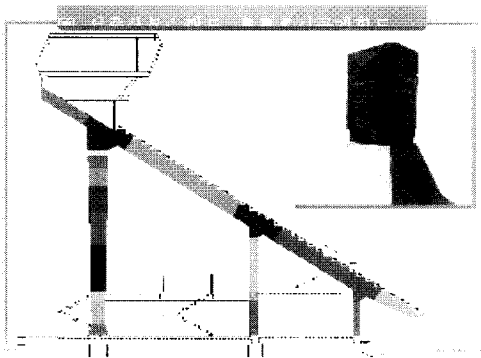


그림 2 상부 스탠드 기동 RACKER 보 콘크리트 타설계획도

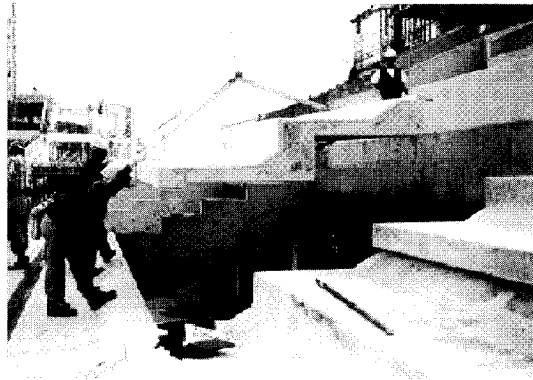


사진 13. PC 스탠드 시공 모습

운반 설치하였다. 랙커 보 또한 SPC, SRC와 연결되므로 총 3부위로 나누어 콘크리트를 타설 하였으며, 이러한 작업을 하기 위하여 하부 동바리는 시스템 동바리와 일반 절개 동바리를 사용하였으며 거푸집은 일반 합판 거푸집과 일호폼을 사용하였으며 거푸집 설치 전 제작을 완료하고 장비로 모든 이동이 가능하도록 하였다. 또한 상기 모든 골조공사를 위하여 경기장 전체에 타워 크레인 3대를 설치하였으며 필요에 따라 이동식 크레인을 사용하였다.

3.8 PC 스탠드 공사

PC 스탠드 공사 중 PC 스탠드 제작은 경기장과 가까운(경기장과 약 20 km 거리) 곳에 현지 공장을 설치하여 제주도에 생산되는 골재를 사용하여 생산을 하였으며 야적장 또한 공장 인근의 서귀포시 땅을 무상 임대하여 사용하였다.

PC 스탠드의 압축강도가 400 kgf/cm²으로 제주 골재를 이용 시 강도가 확보 될

수 있을까하는 우려가 있었다. 이는 제주 골재가 다공성인 현무암일 뿐만 아니라 현재까지 제주도에서 PC를 생산한 적이 한번도 없기 때문이다. 그러나 현지 공장을 설치하고 PC 스탠드를 생산하여 시험을 해본 결과 400 kgf/cm²을 훨씬 웃도는 결과를 가져 왔으며 콘크리트 면 또한 상당히 우수하게 생산되었다.

이는 다공성인 현무암의 구멍에 시멘트 페이스가 침입되어 압축강도가 더 발휘된 것으로 추정되며 콘크리트 면 또한 현무암이 다른 암과 달리 파쇄시 다공성 때문에 파쇄면이 거친면이 아니라 둥글둥글한 면으로 파쇄되기 때문인 것으로 추정된다.

5. 결 언

제주 월드컵 경기장은 상기와 같이 지역과 현장 여건에 맞는 여러 가지 공법을 적용하였으며 특히 제주도가 육지가 아닌 섬이라는 지역적 특색은 기술자로 하여금 선택의 폭을 상당히 축소 시켰을 뿐 만 아

니라 현장 관리면에서도 상당한 어려움을 겪게 하였다.

모든 자재의 해상운반, 숙련된 기술자 부족에 따른 육지 기술자의 유치와 숙소 마련, 육지와 다른 지역적 정서, 다습한 기후와 4, 5월의 또 한차례의 장마(제주도에서는 고사리 장마라 함) 등은 제주도에서 거대 공사를 원활하게 진행시키는 데 예상치 못한 어려움이였다.

그러나 세계적인 축제인 월드컵 경기장을 건설한다는 자부심과 사명감 그리고 월드컵 경기장 건설이 기술자 일생에 한 번 밖에 없다는 의식을 갖고 이 어려운 장애를 극복하였으며 철저한 사전 계획과 다른 구장의 사례를 적극 분석하여 좋은 점과 나쁜 점을 구분, 당 경기장에 최대한 활용하고자 하였다.

상기에 서술한 제주 월드컵 경기장의 철근 콘크리트 공사에 대한 시공방법이 경기장 건설에 절대적인 것은 아니며 단지 경기장 건설 및 기타 여러 종류의 골조공사에 참고가 되었으면 한다. □