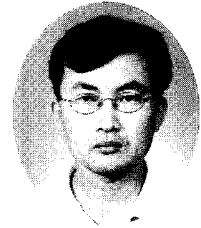


부산종합운동장 주기둥 시공 사례

- Construction of Main Column for Busan Main Stadium -



김재창*



조명구**

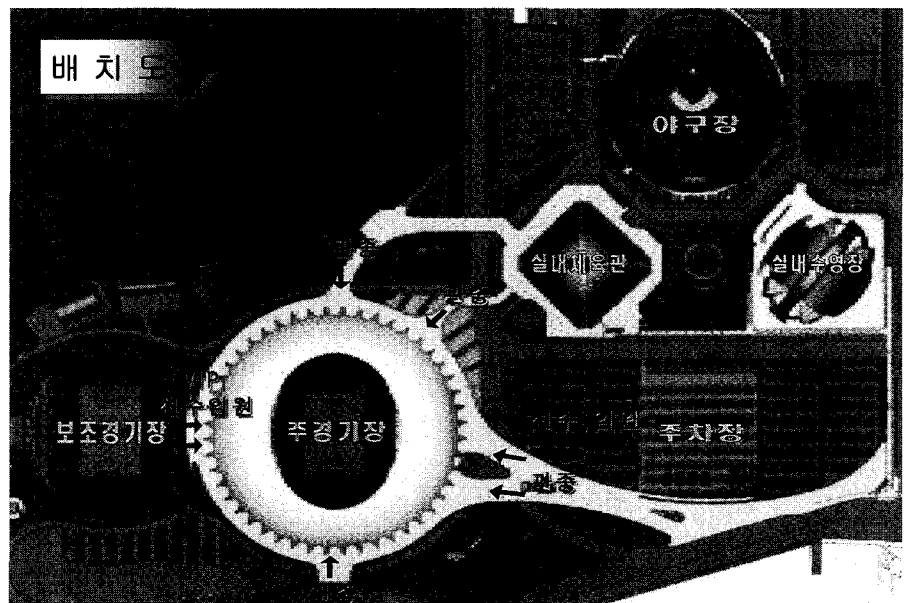
1. 머리말

2002년 아시안게임 및 월드컵축구대회 개최 도시로 부산이 지정됨에 따라 세계인을 위한 양 대회의 축제 공간으로서는 물론이고 국제적인 대형 이벤트를 충족시킬 수 있는 국제 규모의 주경기장 및 부대 시설의 필요성에 따라 부산종합운동장을 건립하게 되었다.

부산종합운동장은 2000년대 미래 지향적인 국제 도시로서 부산시의 면모와 위상을 정립하며, 국제 규모의 경기를 수용할 수 있는 종합경기장으로서 스포츠 행사뿐만 아니라 평상시 시민 체육 향상과 각종 공연 및 다양한 문화 행사를 수용할 수 있는 다목적 홀(hall)로서 시민 문화 체육의 장으로 활용 가능하다.

부산종합운동장의 사업 개요는 다음 표와 같으며 본고에서는 스타디움 지붕을 지지하는 구조체로 노출 콘크리트로서 매스 콘크리트인 주기둥의 시공에 대하여 보고한다.

위 치	부산광역시 연제구 거제2동 1300번지 일원	
규 모	부지 면적	총 568,798 m ² (17만 평)중 주경기장 330,578 m ² (10만 평)
	주경기장	- 지하 1층, 지상 4층 연면적 92,637 m ² (28,449평) - 칠골 철근 콘크리트조, 타원형 인장 케이블 막구조 지붕 - 수용 인원 54,534석(80,000명 수용), 주차 3,100대
	보조경기장	- 지상 2층 연면적 1,407 m ² (425평) - 수용 인원 5,000석(15,000명 수용)
공사 기간	1996. 3. 25. ~ 2001. 7. 31.	



2. 주기둥 공사 개요

주기둥은 스타디움 지붕을 지지하는 구

* 현대건설(주) 부산종합운동장 현장 소장
** 현대건설(주) 부산종합운동장 현장 품질책임자

조체로서 스탠드 외곽을 감싸고 있다.

주기둥은 지상 48m의 높이에 사람인(人)자 형상으로 53° 기울고 외곽부 반

경이 183.97m이며 외곽부 주기둥 평균 단면이 3.6×3.2×1.8m로서 높이마다 단면이 변화하는 형상이며, 내부 직립 기

둥은 단면이 1.8×1.8m로 위로 올라갈 수록 경기장 중심을 향하고, 주기둥 상부의 TIP Column(철골 Box Column)과 RING Beam(철골 Box Girder)에 연결되어 그 상부의 지붕 케이블과 함께 지붕을 지지하는 웅장하고 미려한 구조체로서 별도의 마감이 없는 노출 콘크리트이다.

3. 주기둥 거푸집 검토

시공 계획 검토시 당 현장의 성패는 주기둥이 최대 관건일 것으로 판단되어 주기둥 거푸집 시스템 검토에 집중하기로 하였다.

시공은 두 가지 공법으로 검토하였다. 첫째는 RMD 회사의 거푸집을 사용하여 경사 하부면에 전체 길이의 Steel Form을 등바리 지주로 받치고 등판, 옆판은 각각 12단계로 구분하여 단계별로 콘크리트를 타설하는 방법이고 둘째는 DOKA 회사의 거푸집을 사용하여 옆판, 등판을 12단계로 구분하여 하단 콘크리트 타설시 하단에 상단 거푸집을 등바리 지주없이 설치하는 Suspending System Form을 사용하는 것으로 계획하였다. 거푸집은 DOKA의 21mm 합판에 멜라닌 수지를 도포한 것을 사용하였다.

이상의 두 가지 공법 중 RMD Form은 등바리 설치 비용, 하부 거푸집 존치 기간, 기둥과 스탠드 기초 공사 진행의 어려움이 있어 그에 비교하여 기초 공사의 동시 진행이 가능한 DOKA Form을 채택, 시공하기로 하였다.

4. 거푸집 시공

4.1 각 단별 거푸집 형상

- 1단에서 12단까지 거푸집 형상은 모두 상이하다.
- 중간의 변곡점 및 경사 각도, 직립 기둥 집합, 거터 빔 연결, 상부 철골 팁 연결부 등으로 12단계가 형상이 틀리며 각 단계에 대한 설계 및 구조 검토를 거친 후 거푸집이 제작

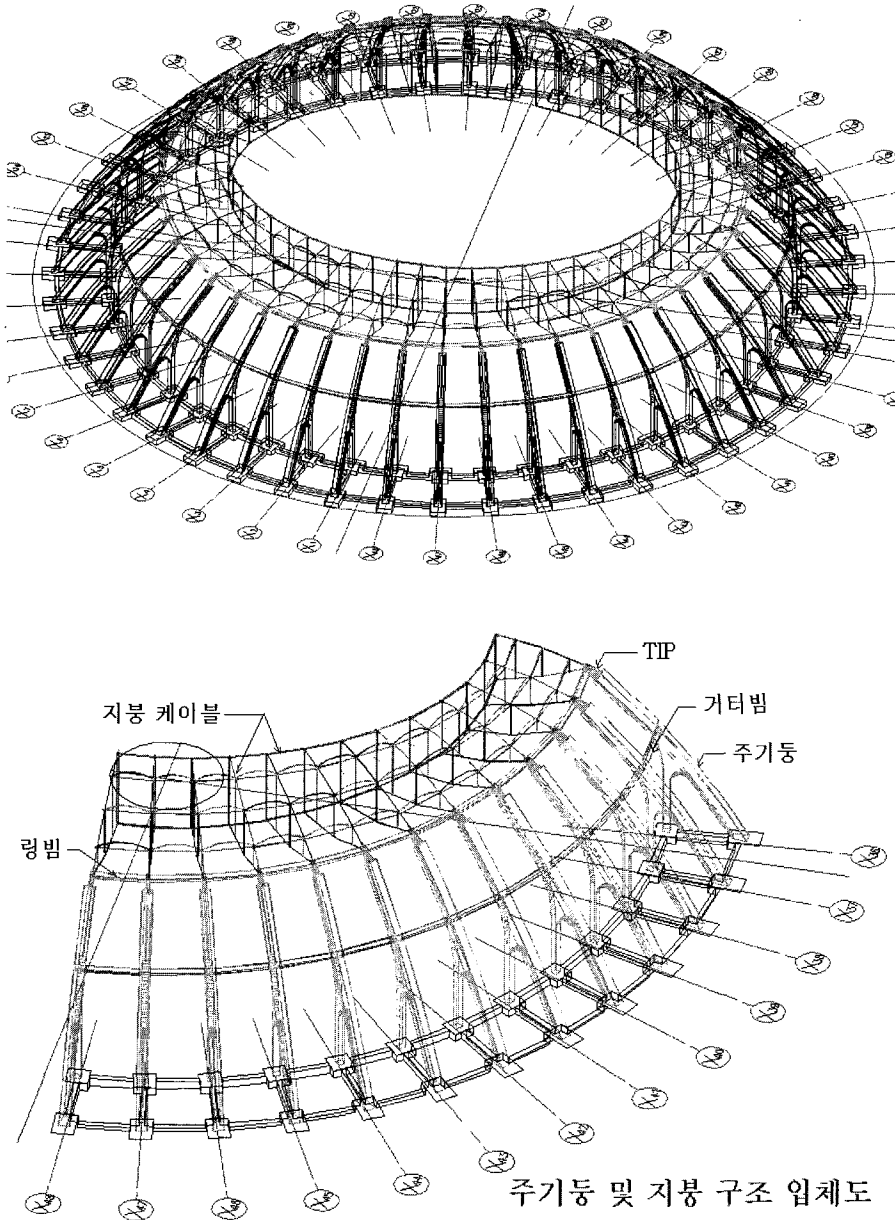


표 1. RMD안과 DOKA안의 비교 검토

항 목	RMD 시스템 품	DOKA 시스템 품
내 용	지주를 지상에서 받침 및 전체 길이 스틸 폼	각 단 Suspending 구조
스탠드 기초 공사	동시 시공 불가	동시 작업 가능
스탠드, 데크 상부 공사	간섭 구간 시공 지연	간섭 구간 없음.
거푸집 비용	보통	보통
콘크리트 양생 기간	짧음.	보통
구조의 안전성	안정적	불리함.
거푸집의 해체, 설치	복잡	간단

되었다.

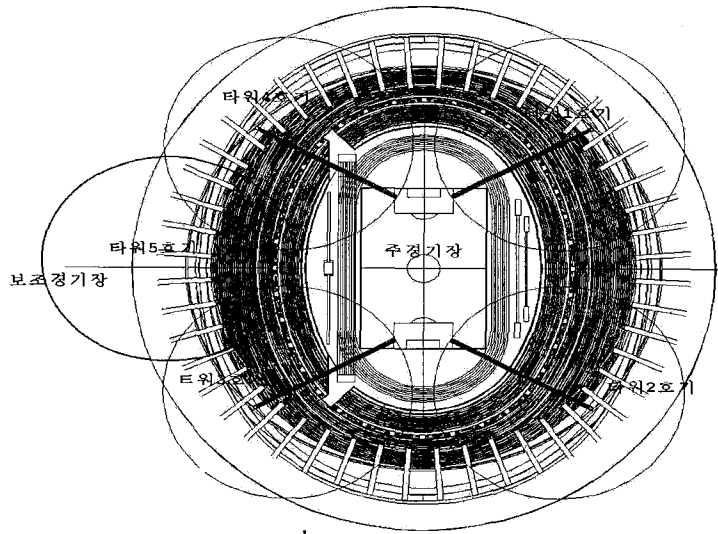
4.2 Stage별 Form 운영 계획

- 1단(Stage 1)
 - 지정한 위치에 앵커를 매입한다.
 - Steel Waling에 Universal Strut를 고정하여 각도에 맞게 Inside Form을 먼저 조립한다.
 - 상기와 같은 방법으로 측면 거푸집을 설치하고, 그 후에 덮개 거푸집을 설치한다.
 - 거푸집 설치 후 Spindle로 조정하여 설치를 마친다.
 - 해체는 설치의 역순으로 한다.

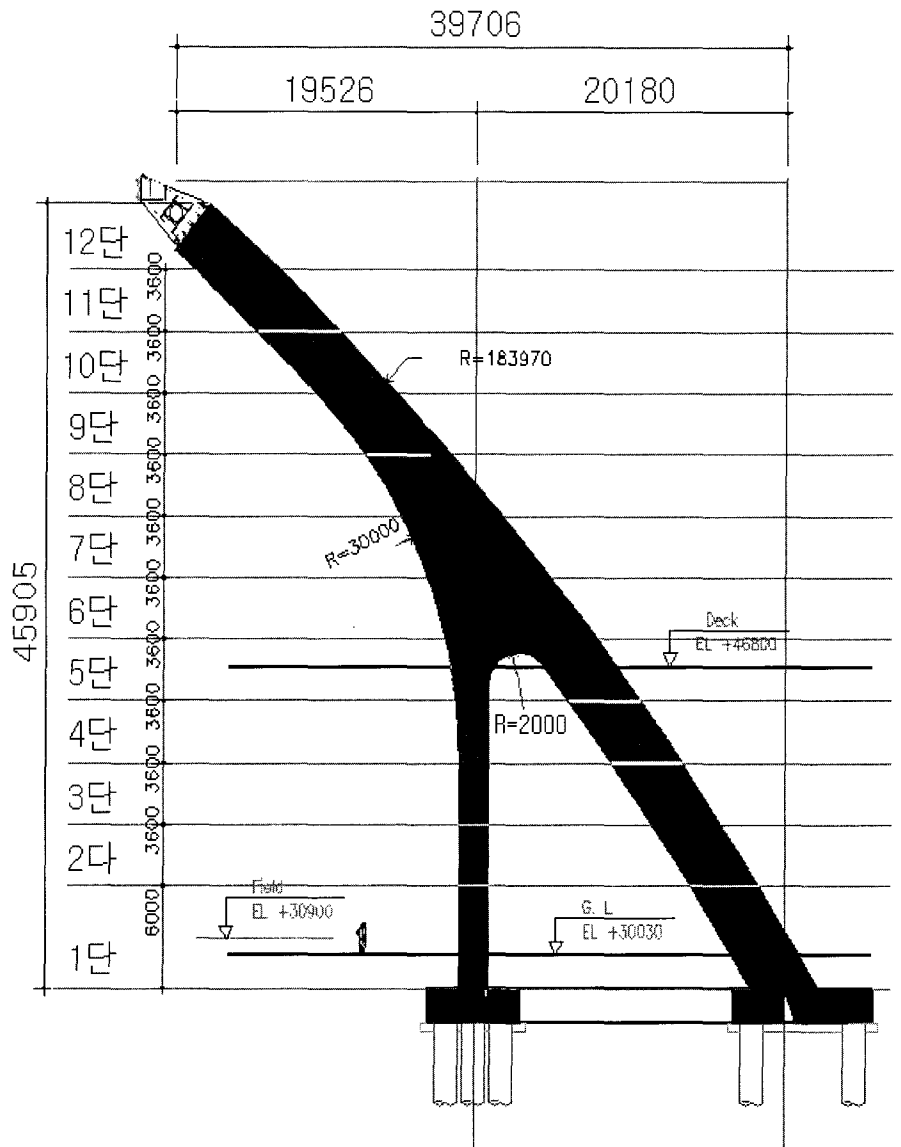
※ 초기 타설시 시행 착오 및 해결 사례 :
 최초 1단 콘크리트 타설시 등판 거푸집의 배부름을 방지하기 위하여 바닥면에 앵커를 박아 Form Tie를 용접하여 양력 저항토록 하였으나 타설시 등판의 배부름이 발생하여 10mm 정도 이격이 생겨 바닥 앵커를 보강 조치했다.

- 2단 ~ 4단(Stage 2 ~ 4)
 - 이미 제작된 거푸집에 브래킷을 부착한다.
 - 브래킷을 들어 매립된 앵커에 거푸집을 부착한다.
 - 먼저 안쪽 거푸집을 고정시키고, 측면 거푸집을 고정한다.
 - 철근 작업을 한 후, 옆판, 덮개 거푸집을 설치한다.
 - Spindle과 Height Adjusting으로 거푸집을 조정한다.
 - 콘크리트를 타설한다.
 - 설치의 역순으로 해체 후, 거푸집을 다음 pier로 이동한다.

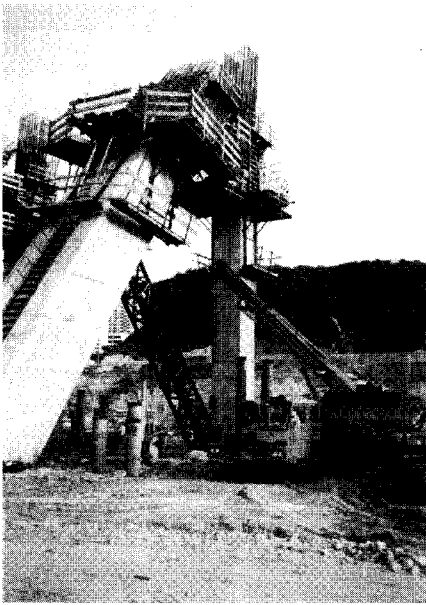
- 5단(Stage 5)
 - 5단은 주기둥의 경사 기둥과 직립 기둥이 만나는 부위로서 아치 곡면의 밑판이 추가되어 주기둥 단면이 제일 큰 stage이다.



타워크레인 운영 계획



주기둥 구조 형상



4단 거푸집 및 경사 기둥 버팀대

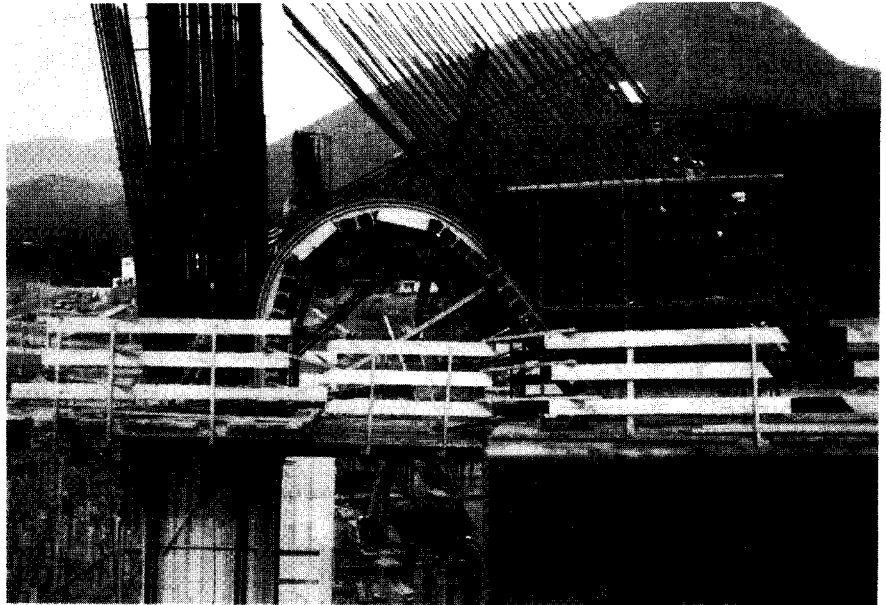
- Shaft Platform을 설치하여 작업 공간을 확보한다.
- Round Form을 들어 지정된 위치에 고정시킨다.
- 덮개 거푸집을 제외한 거푸집을 setting하고 철근 작업을 한다.
- 덮개 거푸집을 setting하고 조정 한 후, 콘크리트를 타설한다.
- 해체하여 다음 pier로 이동한다.

• 6단 ~ 11단(Stage 6 ~ 11)

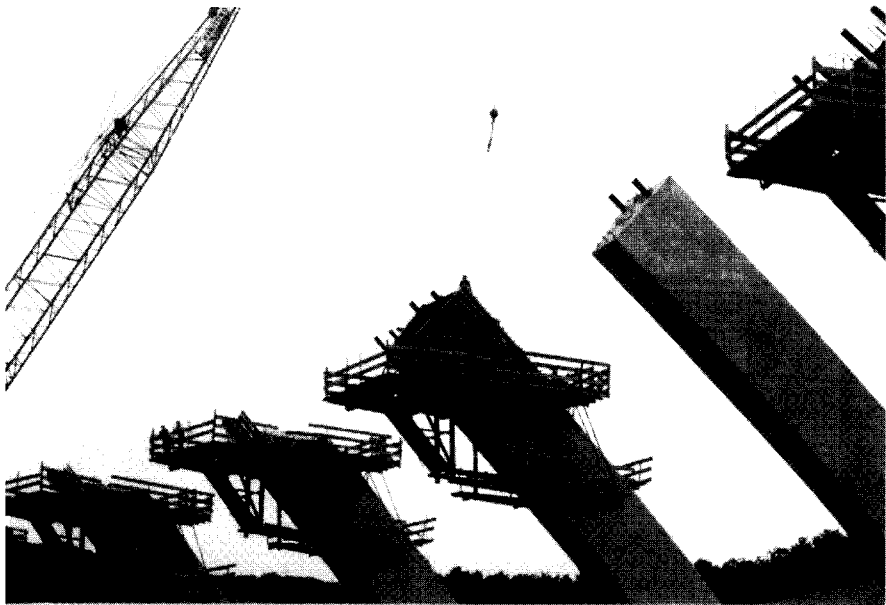
- 2 ~ 4단과 같은 방법으로 설치, 타설, 해체, 이동시킨다.
- 거터 빔 거푸집 : 9단과 10단에 주기둥을 서로 잡아주는 수평보가 위치하는데 인접한 2개의 주기둥이 10단 이상 콘크리트를 양생 완료 후 거터 빔의 설치가 가능하다.

• 12단(Stage 12)

- 12단은 주기둥의 RC 상단이고, 철골 TIP Column과 연결되는 앵커 볼트가 매입되는 최상단 Stage임. 앵커 고정용 steel box 및 앵커 볼트 설치로 철근 작업이 어려워 나사 이음으로 대체한다.
- 12단은 마지막 단으로서 상부 면을 모두 거푸집으로 막아야 하기 때문에



5단 거푸집 밀판 및 배근 작업



12단 시공 중 및 시공 완료

상부 경사면의 거푸집 설치에 어려움이 있었다. 상부 경사면의 중간 부분에 콘크리트공이 출입할 수 있도록 Access Opening을 만들었으며 상단 삼각뿔 부분은 20cm 정도 수평으로 깎아 타설 마무리가 용이하도록 하였다.

주기둥에 사용되는 콘크리트는 강도 $F_c = 300 \text{ kg/cm}^2$ 이며 슬럼프는 15cm로 콘크리트 소요량이 많아 최초 차체 플랜트를 계획하였으나 주변의 여건상 부산/경남 지역 레미콘 조합을 통하여 레미콘을 조달하였다.

콘크리트 타설은 측압을 고려하여 타설 속도를 1.5m/h로 서서히 타설하며 내부뿐만 아니라 외부에서도 진동기 다짐을 병행하였다.

주기둥 상부로 올라갈수록 펌프카의 슈

5. 콘크리트 타설 및 양생

5.1 콘크리트 타설

트 높이가 부족하여 별도의 타설용 배관을 작업 통로 계단에 설치, 고정하여 펌프카에 연결시키고, 단면이 크고 각단의 거푸집 높이가 3.6m로 각 단을 2회에 걸쳐 콘크리트를 타설하여 축압을 줄이고 발열을 적게 하였다.

5.2 양생

콘크리트 구조물의 대형화 및 시공 방법의 진보 발전에 의한 대량 급속 시공의 증가에 의해 수화열에 의한 구조물의 온도 변화에 따른 온도 응력이 구조물에 균열을 일으키는 사례가 빈번히 발생되고 있으며, 이전에는 이러한 현상이 콘크리트 댐 또는 부채 치수가 큰 콘크리트 구조물에서만 일어나는 특유한 현상이라 생각하여 왔다.

따라서 당 현장의 주기둥은 크기가 3.6 × 3.2 × 1.8m로서 매스 콘크리트 개념

에 속하므로 수화열에 의한 구조물의 온도 변화에 따른 온도 균열에 관한 대책 수립이 요구되어 다음과 같은 방법으로 온도 균열을 제어하였다.

- 콘크리트 양생 온도 제어
- 주기둥 콘크리트 타설 전에 내경 20mm 동 파이프를 콘크리트 표면으로부터 1m 깊이로 매설한다.
- 콘크리트 타설 후 온도 측정 전에 동 파이프 내부에 물을 채워 넣는다.
- 온도 측정은 파이프 내부의 물이 콘크리트 온도와 같아져야 하므로 1시간이 경과된 후 실시한다.
- 콘크리트의 온도는 1m 깊이 또는 콘크리트 타설 깊이의 중간 깊이에 위치한 파이프 내부 물의 온도로 간주한다.
- 온도 센서로 콘크리트 내부, 피복 두께 부근 그리고 대기 온도 등을 측정

하여 각각의 온도 차를 15℃ 이하로 유지시킨다.

- 이어치는 다음 단계의 콘크리트 타설은 콘크리트 타설 전에 온도 계측을 실시한 부분의 콘크리트 온도가 모든 계측 지점에서 32℃ 이하가 된 후 타설 실시한다.

6. 맺음말

당 현장과 같이 규모가 크고 복잡한 건축물의 거푸집 적용은 순수 국내업체의 기술 및 전문인력보유실정이 극히 미약하여 불가피하게 외국의 제품을 사용 할 수밖에 없는 현실이다. 국내의 우수한 거푸집 전문업체가 있었으면 하는 바람이고, 정책적으로 육성하여 수많은 공사에서 국내 기술진이 해외로 뺏어 나아갈 수 있도록 관계자들이 좀더 노력하였으면 한다. 