

도곡동 타워팰리스 3차 현장에서의 초고층 시공기술과 다양한 콘크리트 개발 및 적용사례 소개

The Introduction of the high rise building construction technology and
various concrete development applied to
Togok-Dong Tower Palace III project.

왕 인 수*

In-Soo Wang

ABSTRACT

타워팰리스 3차 현장은 국내에서 현존하는 건축물로서 가장 높은 63빌딩보다 약 30m 정도 더 높은 초고층 주상 복합건물이다. 초고층 건축현장에는 일반현장과는 다른 시공기술과 기법이 적용되는 바, 당 현장에는 기존의 타워팰리스 1차와 2차에 적용되었던 초고층 시공기술을 기반으로 좀 더 발전된 시공기술과 공정관리기법을 적용하여 선진국에 버금가는 속도로 공사가 추진되고 있다. 당 현장에 적용된 여러 시공기술 중에서 콘크리트와 관련된 주요 기술은 1) Mat 기초에 적용된 무다짐(또는 고유동화)콘크리트, 2) Mat 기초에 적용된 Closed Pipe Cooling System, 3) Core ACS Form에 적용된 고강도 콘크리트, 4) 기둥에 적용한 800 kg/m³ 초고강도 콘크리트, 5) 스포츠동 기둥에 적용될 CFT용 고유동화 콘크리트, 6) 주차램프 바닥의 조면처리용 섬유보강콘크리트 등이다.

1. 서론

현재 서울 강남구 도곡동에 소재하고 있는 타워팰리스 3차 현장은 국내에서 현존하는 건축물로서 가장 높은 63빌딩보다 약 30m 정도 더 높은 초고층 주상 복합 건축물을 건축하는 현장으로 향후 서울 강남의 Landmark가 될 건축물이다.

이러한 건축물을 시공하고 있는 당사에서는 이미 같은 도곡동 단지 내에 있는 타워팰리스 1차와 2차를 통하여 필요한 기술력을 확보하였으며, 여기서 얻은 자신감을 가지고 좀 더 발전된 각종 시공기술의 개발 및 공정관리 기법을 적용함으로써 국내에서는 가장 빠르며 선진 미국과도 버금가는 속도로 공사를 추진하는 기록을 달성하고 있다.

이렇듯 타워팰리스 건설 기간 중 이룩한 시공 기록과 경험, 그리고 개발된 각종 신공법 및 신기술은 당사의 자랑이기도 하지만 우리나라 건설 기술인들의 또 하나의 쾌거로 생각하며 향후에도 우리 건설 기술인들이 좀더 나은 시공 기술을 개발하는데 도움이 될 수 있을까 하여 현장을 소개하고자 한다.

* 타워팰리스 3차 JV현장 소장

2. 타워팰리스 3차 현장의 공사 개요

타워팰리스 3차 현장은 타워형 69층 주상복합건물 1동과 지상 8층 규모의 스포츠센터 1동이 건립되어 지고 있으며, 지하는 6개 층이며 주차장과 기계실 용도로 설계되어 있고 타워동의 공사개요는 아래와 같다.

표1 공사개요

현장명	도곡동 타워팰리스 3차 JV현장		
시공사	삼성중공업+삼성물산		
설계사	기본설계 : SOM, 실시설계 : 삼우		
공사기간	33개월 (01.4~03.12)		
세대수	아파트 480세대, 오피스텔 130세대		
건물 최대 높이	263m	용적율	800%
대지면적	5,442평	건축면적	2,001 평
연면적	67,620평 (지하: 24,362평, 지상: 43,258평)		
층수	지하6층 + 지상69층, P/H 2층		

구조형식은 아래의 구조개요도와 같으며, 철골 철근 콘크리트 구조로서 건물에 미치는 풍하중과 지진 하중과 같은 횡력은 건물 중심지에 있는 철근 콘크리트 구조로 되어 있는 Core Wall과 16층과 55층에 있는 Belt Wall에 의해 견디게 되며 철골 철근 콘크리트 구조로 되어 있는 외주부 기둥은 건물의 중력 하중에 대하여만 받게끔 설계되어 있다. 또한 기초는 지내력이 350ton/m² 규모의 암반 위에 Mat 기초형식으로 깊이가 3.5m의 매우 큰 Mass 콘크리트 구조로 되어 있다.

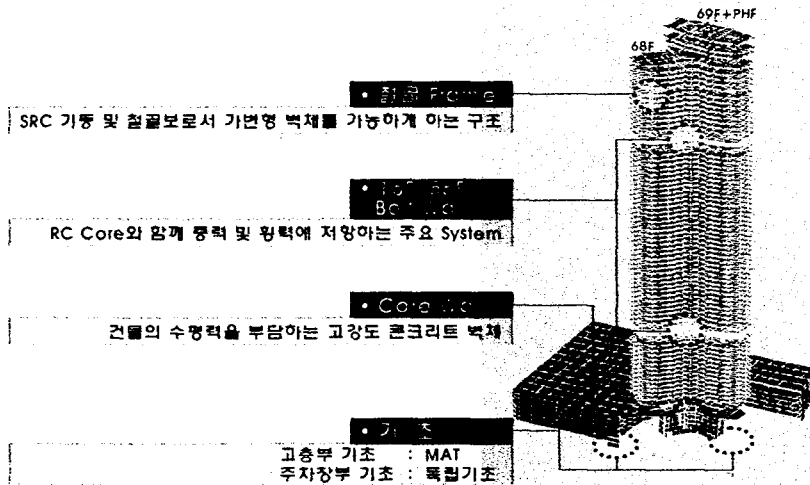


그림 1 구조개요도

당 현장에서는 각 부위별로 그리고 높이에 따라 각각 다른 강도의 콘크리트를 적용토록 설계되어 있는데 우선 Core 전단벽에는 지하6층부터 지상 57층까지는 500kg/cm², 그 이상으로는 400kg/cm²의 콘크리트

를 적용하였고, 기둥에는 국내최초로 800kg/cm²의 고강도 콘크리트를 적용하였고 위로 올라갈수록 600kg/cm²와 400kg/cm²의 콘크리트를 각각 적용토록 되어 있다. 그리고 기초는 400kg/cm²의 고강도 콘크리트를, 그리고 일반 주차장 부위는 300kg/cm², 그리고 지상층 Slab에는 240kg/cm²의 콘크리트를 적용토록 되어 있어 당 현장이 마치 콘크리트 전시장이라고 할 정도로 많은 종류의 콘크리트를 사용하게 되어 있는데 이 모든 것이 삼성건설 기술연구소의 연구원들의 노력과 학계의 교수님들의 가르침이 있어서 가능하지 않았나 생각된다.

3.공사기간설정및적용공법

당 현장과 같이 초고층 건축물에서는 가장 중요한 것은 전체공사기간이라고 할 수 있는데, 당 현장에서는 전체 공사기간을 33개월로 설정하였고 이를 총 당 소요일수로 하면 총 당 13.4일이라는 스피드가 되는데 이러한 속도는 미국의 트럼프 타워의 총 당 13.1일과 유사한 공사 속도를 나타내고 있으며 이는 우리의 기술 수준이 선진국과 버금가는 것을 의미한다고 할 수 있을 것이다.

당 현장의 공정표에 대하여 설명하면 다음과 같다.

우선 2001년 4월에 착공하여 토공사 및 기초공사와 가설 구대 설치 공사를 추진하여 2001년 8월4일에 Mat 기초를 타설 하였고, 그 이후로 코어 부분을 먼저 선행시키고 뒤이어 철골공사, Deck Plate 설치공사, Slab 콘크리트 공사, Curtain Wall 설치공사 및 내화피복공사 순으로 공사를 진행시키는데 이때 각각의 공정은 총 당 3일 사이클로 공사가 진행되도록 하였으며 거의 모든 골조공사는 2002년 11월경에는 완료토록 하였다.

이때 주목할 것은 16층과 55층의 Belt Wall 공사가 공사기간이 많이 소요되어 지므로 이부분의 골조를 Up-Up 공법의 개념을 도입하여 Critical Path에서 제외시킴으로서 전체골조공기를 약 5개월여를 단축시킬 수가 있었다.

또한 4개월간의 내부 마감을 위한 Mock-Up 공사를 통하여 2002년 7월 말경에 입주자 초청행사를 가져 최종적으로 마감 설계를 확정 시켰으며, 뒤이어 마감공사를 Tact공법의 개념을 적용해서 진행시킴으로서 2003년 12월 말경에는 공사가 완료되게 되어 있다.

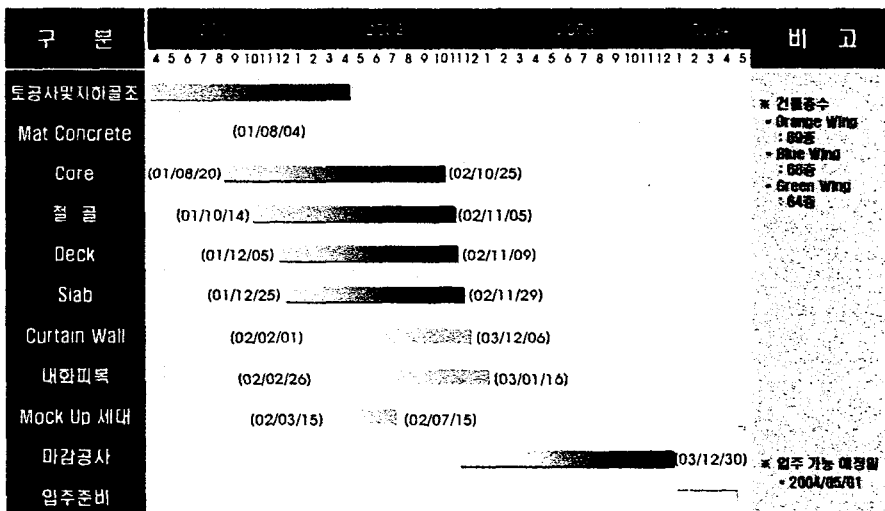


그림 2 Bar Chart 공정표

위와 같은 공사를 원활히 수행하기 위해서는 많은 공법과 기술이 적용되어야 하는데 주요 공법과 기술은 아래와 같으며 금번에는 콘크리트와 관련된 주요 기술을 중점적으로 설명하고자 한다.

- 1) Mat 기초에 적용된 무다짐(또는 고유동화) 콘크리트
- 2) Mat 기초에 적용된 Closed Pipe Cooling System
- 3) Core ACS Form에 적용된 고강도 콘크리트
- 4) 기둥에 적용한 800 kg/cm²의 초고강도 콘크리트
- 5) 스포츠동 기둥에 적용될 CFT용 고유동화 콘크리트
- 6) 주차 램프 바닥의 조면처리용 섬유보강 콘크리트

4. 콘크리트와 관련 주요 적용 기술

4.1 Mat 기초에 적용된 무다짐(또는 고유동화) 콘크리트

4.1.1 적용배경

무다짐 콘크리트는 고유동성을 가지고 있어 별도의 바이브레이터를 투입하지 않고도 콘크리트를 재료 분리 없이 밀실하게 타설 할 수 있는 콘크리트를 이르며 일반 콘크리트에 비해 단위 체적당 시멘트가 많아 수화열이 많이 발생되는 경향이 있음에도 불구하고 본 콘크리트를 Mass 콘크리트에 적용한 이유는 현장 인근의 민원을 배려했기 때문이다. 즉, 약 8,000m³의 콘크리트를 14시간 내에 타설을 완료하여 밤늦게까지 인근 주민에게 공사 소음으로 인한 피해를 주지 않도록 하기 위하여서는 콘크리트 펌프 카 10대를 동시에 투입하고 따라서 약 30여대의 바이브레이터가 투입되어야 했다. 그러나 이럴 경우 타설 중에도 상당한 소음이 예상되고 또 민원이 발생할 수 있다는 우려가 있었으며 이에 대한 대책이 필요하였고 결국 타설 속도를 높이고 타설 시의 바이브레이터에 의한 소음을 최소화하기 위해서는 무다짐 콘크리트의 적용이 필수적이었다.

표 2 기초공사 물량표

구 분	규 격	단 위	물 량
콘크리트	400 kg/cm ³ , 무다짐	m ³	8,000
철 근	SD 40, 주근 35D	ton	1,130
Anchor	철골 기둥	개소	28
Bar Chair	H-100x100x6x8	개소	284
Cooling Pipe	SUS. 1" 주름관	m	10,800
팽창완충재	아티론 보온재 20T	m ³	805

4.1.2 적용과정

무다짐 콘크리트는 당사 기술 연구소에서 약 4개월간의 배합과정을 통하여 아래의 배합비와 같이 개발되었고, 김화중 교수님, 서치호 교수님, 한천구 교수님들의 "고강도 콘크리트의 자기 수축에 대한 연구"와 "매스콘크리트의 수화 발열 특성 및 내구성 연구"를 통하여 효율적인 고품질 관리를 하는데 도움을 받은 바도 있었다.

표 3 무다짐 콘크리트 배합비

배합구분	W/B (%)	S/a (%)	단위 재료량 (kg/m ³)						비고
			W	B	C	F/A	SP	Gv (m ³ /m ³)	
20-400-65	33.6	51.8	173	515	386	129 (8%)	1.8%	0.297	Column Belt wall

본 콘크리트는 4개의 레미콘 공장으로부터 총 8개의 बै치 플랜트를 동시에 가동하여야 14시간 내에 타설 할 수 있으며 1,340여대의 레미콘 트럭이 투입되어야 했고, 각종 혼화제도 생산도중에 계속 공장에 공급이 되어야 했다. 이러한 방대한 물류량과 지역적으로 떨어져 있는 조건하에 수시로 생산량과 이동중의 물량, 그리고 타설량, 또 교통상황 등을 동시에 파악하고 관리한다는 것은 재래식 전화나 Fax등을 통해서 는 거의 불가능하다고 할 수 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 당사에서 타워팰리스 1차 현장에서 개발한 인터넷을 이용한 물류관리 시스템인 PRIMA System을 적용하기로 하였고 실질적으로 많은 도움을 받아 성공적으로 타설 완료할 수 있었을 뿐만 아니라 타설 현황은 인터넷 방송을 통하여 많은 관심 있는 분들도 관람을 할 수 있게 하였다.

드디어 2001년 8월4일 타설이 시작되었으며 모든 것이 계획대로 일사분란하게 타설 되었다. 그 당시 투입 기능공 인력은 약 25명으로, 일반 콘크리트를 사용하는 경우 예상 인원인 약 80명과는 많은 차이가 있었으며 그나마 작업자도 펌프 카의 호스를 옮겨 다니며 타설 하지 않고 사전에 정해진 투입위치에서 호스만 붙잡고 있으면 되었기 때문에 아주 편리하게 작업을 할 수 있었다. 무다짐 콘크리트는 재료분리현상이 발생되지 않고 자갈이 시멘트 페이스트를 타고 둥둥 떠서 약 20m를 흘러가는 모습이 목격되었으며 특히 철근이 밀집된 기초 하부근에서도 전혀 문제없이 콘크리트가 충전되는 것이 확인되었다.

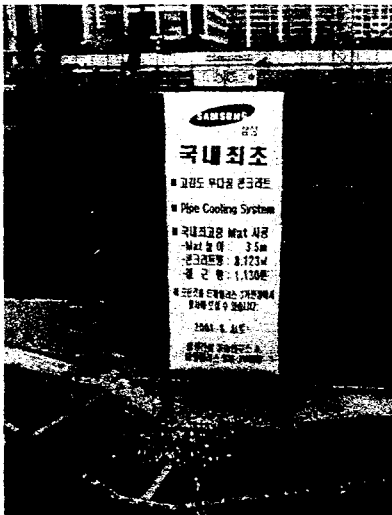


그림 3 콘크리트 타설전 기념사진



그림 4 콘크리트 타설 광경

4.2 Mat 기초에 적용된 Closed Pipe Cooling System

4.2.1 적용 배경

Mat 기초는 깊이가 3.5m로서 거대한 Mass콘크리트이다. 따라서 수화열에 의하여 기초 중앙부의 최고 온도가 93℃까지 올라가고(무다짐 콘크리트를 사용하고 하절기였기 때문에 온도가 비교적 많이 상승되었음), 양생기간도(콘크리트 내부 온도와 대기 온도간의 차이가 20℃ 안팎이 되는 시점이 양생 완료되는 시점임) 약 50일 정도가 소요되어 전체공기에 막대한 영향을 줄 수 있었다. 이러한 문제를 해결하기위하여 적용되었던 것이 바로 Pipe Cooling System이었다. 본 Pipe Cooling System을 통하여 콘크리트 최대 온도도 약 83℃로 낮출 수 있을 뿐만 아니라 양생기간도 10일 정도만이 필요할 것으로 예측되었던 것이다.

4.2.2 적용 과정

Pipe Cooling System은 토목현장에서는 이미 적용된 사례가 많고 냉각수를 확보하기도 쉽기 때문에 공사 준비를 하는 데는 큰 문제는 없으나, 당 현장과 같이 도심지에 있는 건축 현장에서는 필요한 많은 양의 냉각수를 공급하는 것이 가장 큰 문제였다. 실제로 계산을 하여보니 약 20여대의 물차가 24시간 내내 약 6일간 물을 공급해야 되는 물량이었는데, 이는 상수도의 용량으로는 도저히 감당할 수 없는 것이고 인근 하천이나 한강으로부터 취수하는 것도 허가상의 문제나 교통 혼잡에 따른 문제가 있고 또 약 40℃의 물을 그대로 방출한다는 것도 수환경에 많은 영향을 줄 것으로 판단되는 등 많은 문제점이 노출되었다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 당 현장에서는 Closed Pipe Cooling System을 적용하였다. 즉 2대의 Cooling Tower를 이용하여 약 40℃의 물을 약 30℃의 물로 냉각시켜 순환시키는 방법을 하였고 당초 계산 시에 약 20℃의 냉각수를 공급했을 때의 냉각효과를 얻기 위하여 냉각수의 공급 속도를 증대시켰으며 이를 위하여 각 주입구에 정유량밸브(Valance Valve)를 설치하여 유속을 조정하였다. 배관은 아래의 조건으로 배관을 하였고 콘크리트 타설 직후부터 냉각수를 순환시켰으며 모든 실적 Data는 당초 예측하였던 것과 유사하게 나왔으며 성공적으로 양생을 10일 만에 끝낼 수 있었고 마지막으로 주름판에는 무수축 몰탈로 그라우팅하여 공사를 마무리하였다.

표 4 Pipe Cooling System 개요

Pipe 재질	스테인레스 주름관 Dia 1"
냉각수	상수도 7.6 ton
배관간격	750mm 3단 배열
1본당 배관길이	150m 이내
전체 배관길이	10,800m
정유량 밸브 갯수	64 개소
통수량	분당 18ℓ 이상
유속	1.36 m/sec



그림 5 기초내부 배관 전경



그림 6 Cooling Tower 전경



그림 7 정유량 밸브 설치 전경

4.3 Core ACS Form에 적용된 고강도 콘크리트

4.3.1 적용 배경

철근 콘크리트 구조인 Core용벽만을 우선적으로 시공하고 외주부 스투브와 Core내부 스투브를 약 4개 층 밑에서 후속적으로 시공하는 방법을 코어 선행 공법이라고 하며 이는 초고층 공정관리 기법중의 하나이다. 이렇게 하는 이유는 Core용벽을 위하여 System Form 적용이 가능하게 만들기 위함이며 여기에 적용할 수 있는 거푸집 시스템으로는 ACS form, Slip form등이 있으나 당 현장에서는 품질관리에 유리한 ACS Form을 사용하였다.

ACS Form이란 크레인의 지원없이 거푸집 자체적으로 붙어 있는 유압 Jack을 이용하여 1개 층씩 자체적으로 상승하여 1층씩 콘크리트를 타설하는 시스템을 말한다. 거푸집 시스템을 면밀히 보면 유압 Jack이 부착되어 있는 브라켓이 모든 거푸집의 자중이나 시공하중을 견디게 되어 있고, 이 브라켓은 콘크리트에

묻어 놓은 Anchor에 정착되어 있다. 따라서 콘크리트에 묻어 놓은 Anchor의 정착력은 콘크리트의 강도와 직결되는데 타설 후 14~16시간 만에 탈형하여 바로 거푸집이 상승되어 이 부위에 매설되어 있는 Anchor에 즉시 힘이 전달되는데 이때 콘크리트의 강도가 약 80kg/cm²이상 나오지 않으면 안전사고가 발생될 수 있다. 이러한 것이 결국 ACS Form을 적용하여 3일 사이클로 시공을 할 때 필요한 콘크리트의 배합 설계 조건이 된다.

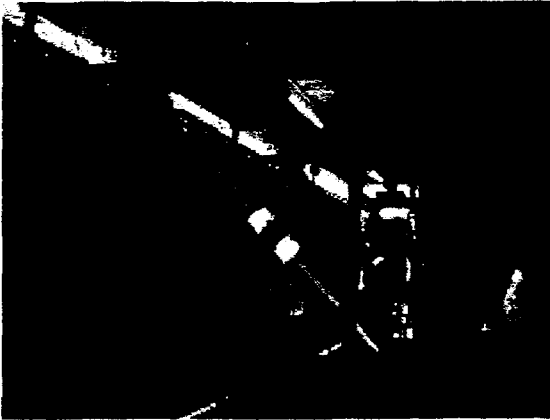


그림 8 ACS Form용 내부 브라켓

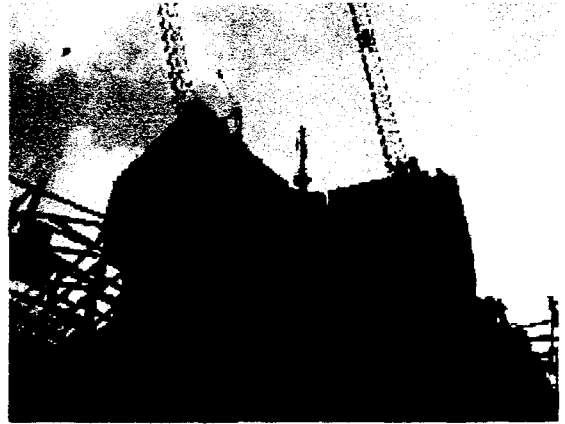


그림 9 외부 방풍막 설치전경

4.3.2 적용 과정

당 현장에 적용한 콘크리트의 강도는 500kg/cm², 400kg/cm², 2가지의 콘크리트를 적용하였고 배합표는 다음과 같다.

표 5 콘크리트 배합표

배합구분	W/B (%)	S/a (%)	단위 재료량 (kg/m ³)						비고
			W	B	C	F/A	SP	Gv (m ³ /m ³)	
20-500-23	29.5	40.74	171	580	493	87	1.7%	0.357	Core wall
20-400-21	32.9	44.70	168	510	434	76	1.8%	0.348	

콘크리트는 Schwing사의 BP8,000이라는 Pump와 Concrete Placing Boom을 사용하여 타설하였으며, 고강도 콘크리트이지만 Workability가 좋아 타설 시에 어려움은 거의 없었으며 품질도 당초에는 크랙 발생이 가장 우려되었으나 실질적으로는 맨 아래 2개 층에 크랙이 발생하였을 뿐 나머지 층에서는 크랙이 거의 발생하지 않았는데 이는 방풍막을 ACS Form외부에 설치하고 Curing Compound를 사용하여 급격한 표면건조를 차단하였기 때문이라고 생각한다.

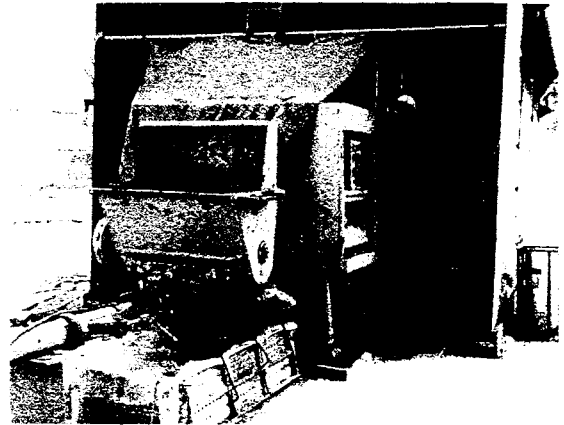


그림 10 CPB 및 콘크리트 펌프

4.4 기둥에 적용한 800 kg/cm²의 초고강도 콘크리트

4.4.1 적용 배경

당초에는 Core와 동일한 500kg/cm²의 콘크리트를 적용할 예정이었으나 당사의 기술력으로도 이미 800kg/cm²의 콘크리트는 개발 가능하였고, 경제성을 비교해 본 결과 기둥 철골량이 약 40% 절감되어 경제성도 20% 정도 유리한 것으로 판단이 되었고, 뿐만 아니라 초고층 시공에서 항상 문제가 되는 Core와 기둥간의 부동축소(Differential Shortening)를 최소화 하는데도 유리하기 때문에 신기술 적용차원에서 과감히 800kg/cm²의 콘크리트를 적용하기로 결정하고 개발에 착수하였다.

4.4.2 적용 과정

배합설계 과정에서 특이한 것은 역시 Silica Fume의 선정이었으며 4개 나라의 제품을 검토한 결과 품질이 양호하고, 특히 Slump 저하율이 적어 시공성이 우수하며 단가가 낮은 체코 산을 선정하였다. 또한 800kg/cm²의 외관적인 특징은 점성이 높게 나타나는데 이는 실리카 흙이라는 고분말의 재료 특성상으로 요인되는 것이나 실제 콘크리트의 유동성 측면에서 전혀 문제가 되지 않았으며 현장에서도 55층(약 200m)까지도 문제없이 압송하여 타설한 기록도 있다. 또한 공사기간 중에는 실리카 흙의 재고관리에 신경을 써야하는데 이는 수입품이며 국내에서 사용되고 있지 않은 품목이기 때문에 공정관리에 차질이 없도록 하여야 한다.

강도측면에서는 14시간 조기 강도가 약 200kg/cm² 이상이 발현되며 실제 현장에서 Mock-Up으로 타설하여 코어 공시체를 시험해본 결과 재령 18시간만에 600kg/cm² 이상이 발현되는 것으로 나타났는데 이는 높은 수화열 발현으로 인한 영향으로 본다. 그리고 완만하게 강도가 발현되면서 91일 강도는 약 830kg/cm²에서 900kg/cm²까지도 발현되고 있다. 수화열은 14시간만에 91℃까지 올라가는 것으로 나타났는데 이는 콘크리트 타설 온도가 33℃이긴 하지만 비교적 높은 온도로 판단되며 향후에도 이에 대한 연구가 좀더 필요할 것으로 사료된다. 타설 후의 콘크리트의 표면은 거푸집의 형상이나 재료에 의하여 많이 달라지는데 코팅합판 거푸집을 사용한 사각 기둥은 유리면과 같은 표면이 나왔으나 철재 원형거푸집을 사용한 기둥은 많은 Air-Pocket이 발생하였다.

표 6 콘크리트 배합비

배합구분	W/B (%)	S/a (%)	단위 재료량 (kg/m ³)						비고
			W	B	C	S/F	F/A	AD	
20-800-21	24.9	41.5	162	650	500	52(8%)	98(15%)	17.55 (2.7%)	

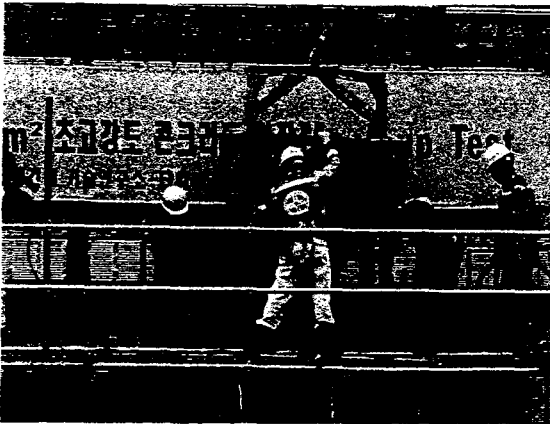


그림 11 Mock Up Test



그림 12 Slump Test

4.5 스포츠동 기둥에 적용될 CFT용 자기 충전성 콘크리트

4.5.1 적용 배경

당 현장에는 타워동과는 별개로 지상 8층 규모의 스포츠 전용 건물이 건립되는데 현재 건축설계 중이며 지상층 철골 공사가 2002년 10월말 경에 착수된다. 본 건물의 특징은 스포츠용 건축물로서 각층의 층고가 상이하고 비교적 6m가 넘는 층이 많기 때문에 일반 SRC기둥일 경우에는 거푸집 작업이 매우 어렵고 공사기간도 많이 소요될 것으로 판단하여 CFT공법을 적용하고자 하였다. CFT공법은 국내에서는 당 현장이 상용건물로서는 최초로 적용한 것이며, 이를 위하여 서울 시립대학교 최성모 교수팀과 더불어 많은 시험을 통하여 기둥과 보의 접합 Detail을 새로 개발하였는데, 상부 보 플랜지 부위는 관통형과 내 다이아프램을 겸용한 형상으로 설계하였고, 하부 플랜지가 붙는 부분에는 별도의 수평 다이아프램 대신 수직 바를 적용하여 서로 상이한 규격의 철골보가 기둥에 접합될 때에 과도한 수평 다이아프램으로 인하여 콘크리트의 충전성이 나빠지는 것과 철골기둥의 제작성이 나빠지는 것을 방지하였다.

4.5.2 적용 과정

현재 현장의 공정계획으로는 2002년 10월23일 철골 공사를 착수하여 2003년 1월 10일경부터 약 1주일간에 걸쳐 CFT 콘크리트를 타설 할 예정이다. 이를 위하여 이미 배합설계를 완료하였고 포항산업과학연구원과 합동으로 한양대학교 안산 캠퍼스에서 Mock-Up Test를 시행하여 새로 배합 설계된 콘크리트

의 시공성과 물성 등을 확인하였다. 콘크리트의 배합비와 물성은 아래와 같으며, 기둥은 700 x 700mm의 Box Column이며 최고 높이는 47m이고 사용된 철판은 SM 490A이고 철판두께는 20mm와 25mm 두 가지이다. 그리고 한 층에 43개의 CFT 기둥이 있으며 콘크리트는 총 4회에 나누어 하부에서 압송하는 형식으로 타설 할 계획인데 이때 기둥 하부 주입구의 형상은 그림과 같고 유압 Jack에 의하여 주입구를 막게끔 하였다.

경제적인 측면에서는 당 현장의 경우 기둥의 직접원가만을 비교하면 일반 SRC 기둥보다 약 10% 정도 비싼 편이나 공기 단축이 가능하고 가설재가 대폭 축소되어 쓰레기양도 감소되는 등 전체적으로는 거의 비슷한 수준이라고 본다. 그러나 향후 좀더 많은 연구를 통하여 입증만 된다면 실질적으로는 내화피복도 생략할 수도 있기 때문에(당 현장의 경우에는 내화피복을 할 예정) 이럴 경우 더욱 경제성도 확실히 우위에 있다고 볼 수 있다 하겠다.

표7 CFT용 자기 중전성 콘크리트 배합표

배합구분	W/B (%)	S/a (%)	단위 재료량 (kg/m ³)							비고
			W	B	C	F/A (B*%)	S	G	S.P (B*%)	
20-500-65	31.0	49.5	178	574	459	115	761	762	1.9%	

표 8 CFT용 자기 중전성 콘크리트

슬럼프 플로우 (cm/cm)			공기량 (%)		U 형 충전 (mm)		V-Lot (sec)	
0분	40분	60분	0분	60분	0분	60분	0분	60분
67/68	66/67	66/67	5.1	2.9	355	355	8.4	9.1

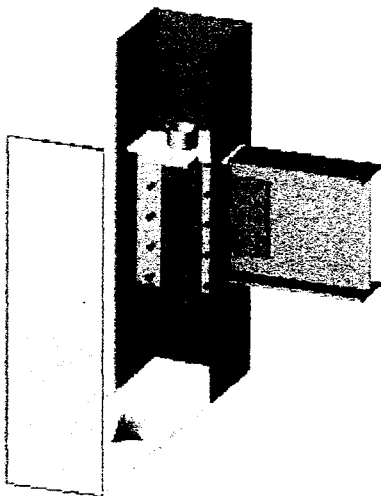


그림 13 CFT에 적용된 다이어프램 Detail

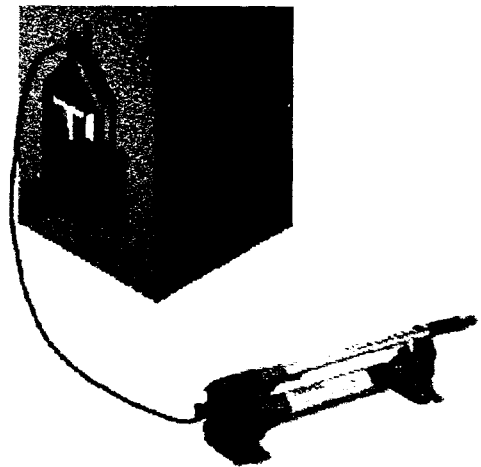


그림 14 CFT 콘크리트 주입구 Detail

4.6 주차 램프 바닥의 조면처리용 섬유 보강 콘크리트

4.6.1 적용 배경

조면콘크리트는 주차장 램프 구간에 적용되며 본 구조체 슬라브를 약 100mm정도 다운시켜 선 시공한 후 마감공사 기간 중 이 부분을 조면 처리를 위하여 별도로 무근 상태로 타설하는 것을 이른다. 그리고 이 때 적용하는 무근 콘크리트는 최종 마감재로서 기능적으로는 표면 강도가 강해야 되며, 시공적으로도 표면 마감이 미려하고 조면 시공도 잘되어야 한다. 그러나 일반 콘크리트로 타설 할 경우에는 크랙이 많이 발생하고 조면(원형) 자국이 잘 부서져 나중에는 조면모양이 나빠지는 경향이 있다. 따라서 당 현장에서는 품질관리를 위하여 섬유보강 콘크리트를 개발하여 시공하였는데 Workmanship도 뛰어 날 뿐만 아니라 크랙도 전혀 발생하지 않았고, 또한 조면 상황도 거의 손상됨 없이 잘 처리되었다.

4.6.2 적용 과정

조면용 섬유 보강 콘크리트는 별도로 배합된 콘크리트에 섬유를 첨가하여 만들었으며 배합비와 물성은 다음과 같다. 이 때 첨가된 섬유재는 일본 수입품으로서 기존의 PP섬유에 비해 수축저감 효과가 우수한 PVA 섬유를 사용슬럼프 저하가 낮고 뭉치는 현상이 적어 표면에 섬유가 우러나오는 양이 매우 적은 제품이었다. 또한 단위수량에 의한 건조수축을 최소화하고자 고성능 감수제를 사용하여 배합하였다.

표 9 섬유보강 콘크리트 배합표

배합구분	W/B (%)	S/a (%)	단위 재료량 (kg/m ³)							비고
			W	B	C	F/A (B*%)	S	G	S.P (B*%)	
25-300-15	41.0	46.5	168	410	377	33 (8%)	804	939	4.51 (1.1%)	PVA섬유

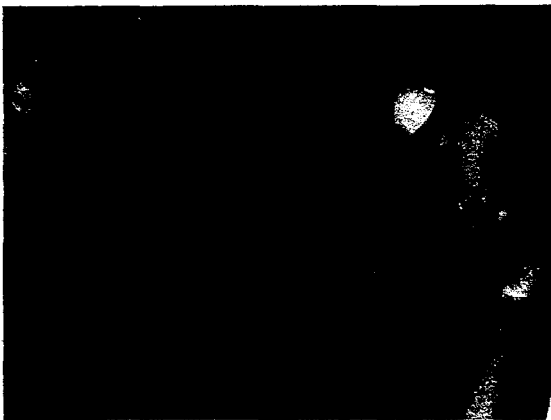


그림 15 조면처리 시공사진

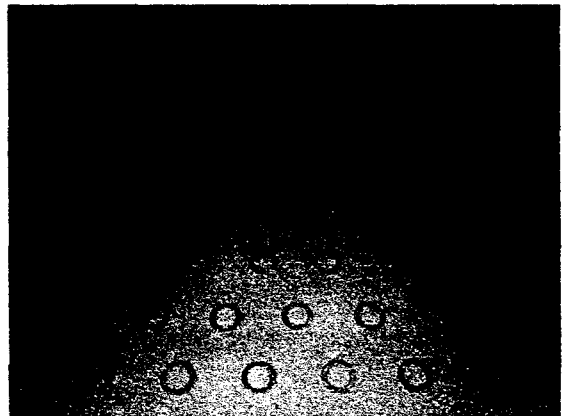


그림 16 시공 후 조면 상태

5. 맺음말

앞서 소개한 대로 당 현장에서는 우리나라에서는 최초로 800kg/cm²의 고강도 콘크리트를 타설 하였고, Closed Pipe Cooling System을 최초로 적용하였던 바 이는 우리나라 건설기술 발전의 한 단계로 생각한다. 따라서 여기서 우리는 만족할 수 없으며 이제는 1,000kg/cm² 강도이상의 콘크리트 개발에 도전해야 하며 우리나라의 많은 현장에도 고강도 콘크리트를 적용할 수 있도록 제도적 여건들이 마련되어 져야 한다고 생각한다. 그렇게 되면 SRC조보다는 비교적 경제적인 RC조 건축물이 많이 설계되어 질 것이고 여기에 부합되는 시공기술도 더욱 개발되어 질 것이라고 생각한다. 그리고 나면 RC조로 100층의 초고층 건축물도 타워 팰리스와 유사하게 층 당 3일 사이클로 시공되어져서 전체 공기로는 오히려 더 단축되는 그런 날이 곧 올 것이라는 것을 믿어 의심치 않는다.

또한 고강도 콘크리트 분야 외에도 시공성이나 용도 그리고 요구 품질에 따라 건축가나 시공자가 쉽게 다양한 콘크리트를 선택할 수 있도록 각계각층에서 많은 연구가 뒤따라야 할 것이며 특히 크랙 저감에 대한 연구도 필요하다고 생각한다.

끝으로 당 현장을 위해서 수고해 주신 학계의 많은 교수님과 관계자 여러분들에게 우리 현장의 직원을 대표하여 감사의 말씀을 드립니다.