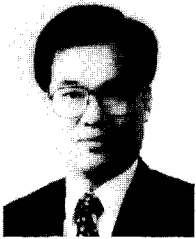


# 삼성 도곡동 타워팰리스 초고층 주거형 빌딩 시공 사례

- 층당 3일 시공속도 달성 기술을 중심으로 -

김 원 식 / 삼성물산 도곡동 타워팰리스현장 총괄소장



## 목 차

1. 머리말 .....	33
2. 건축개요 .....	34
3. 구조설계 .....	35
4. 초고층 주거형 건축물 설계기술 .....	36
5. 초고층 건물시공 기술 .....	37
6. 맺음말 .....	43

### 1. 머리말

국내 초고층 건축물 시장의 확대와 도심지 재개발 사업의 활성화가 기대되고 주거시설의 고급화에 따른 새로운 주거 문화의 요구가 증대되고 있는 현 시점에서 이에 맞는 초고층 주

거 시설물 건축을 위한 시공기술의 개발은 필수 불가결한 과제이다.

도곡동 타워팰리스 1차 현장을 시공하고 있는 삼성물산은 1990년부터 초고층 시공기술을 확보하기 위해 사내에 전담팀을 구성하여 꾸준한 연구 개발을 한 결과, 말레이시아 KLCC Project를 수주하여 성공리에 마무리한 바 있으며, KLCC Project를 통하여 초고층 시공기술에 대한 체계를 갖추고 자신감을 갖게 되었다. 그러나 국내의 초고층 주거 시설물은 입주자의 조기 입주에 대한 요구 및 주거 문화의 고급화에 따라 마감공사 기간을 최대한 확보해야 할 뿐만 아니라, 4계절이 있는 국내의 작업 환경 속에서 공사기간을 최

대한 단축한다는 것은 KLCC Project와는 분명히 다른 개념의 시공 및 관리기술이 요구되어 진다고 할 수 있다.

현재 삼성물산은 도곡동 타워팰리스 1차 현장을 시공함에 있어 3일에 1개층씩 골조공사를 완성하고 있으며, 66층 1개동과 59층 2개동, 42층 1개동 등 약 138,000평 규모의 Project를 동시에 착공하여 36개월만에 공사를 완성하고, 3개월의 입주준비기간을 거쳐 2002년 10월 입주를 목표로 공사를 추진 중에 있다.

이에 골조공사의 3일 Cycle 달성을 위한 초고층 주거 건축물 시공기술에 대한 시공계획 및 공법을 소개하고자 한다.

## 2. 건축 개요

### 2.1 건축 계획 개요

#### 2.1.1 입지조건

건물이 위치한 지역은 서울의 대표적인 고급아파트가 밀집한 강남도곡동에 대규모로 조성된 상업지역의 일부분에 위치하고 있다. 이 곳은 도시계획에 의해 상업지역으로 정해져 있음에도 불구하고 지역적, 사회적 여건상 다수의 초고층 주상복합 건물들이 이미 들어서 있으며, 이러한 가운데 타워팰리스는 기존의 자연환경과 주위의 교육, 문화, 상권, 교통 등 생활 편의성을 고려하여 초고층, 최첨단 주거시설로 계획되었다.

#### 2.1.2 단지개발 개념

단지개발은 법적 주거시설 대상업시설의 비율인 9:1의 한도 내에서 주용도인 주거 비율을 최대를 하고 나머지를 오피스텔과 상가시설로 계획하였다.

전체 건물은 4개의 고층건물과 저층의 상가로 이루어져 있으며, 고층 건물 중에 주거전용인 3개동은 향, 일조, 전망, 개방감을 최대한 살릴 수 있도록 남동측면에 배치하였으며, 양재천을 따라 남동, 남서, 동북향 방향으로 세대를 배치하여 세대별로 향과 층에 따라 다른 조망이 가능하게 하였다. 주거와 오피스텔이 수직적으로 분리되어 있는 나머지 한 동은 상가와 연계되어 대지의 북측에 배치하였다.

각각의 동은 하나의 지하공간으로 연결되고 상부는 단지 중앙에 있는 2층 레벨의 옥외데크로 연결되도록 설계하였으며, 옥외데크는 보행자 전용 동선 확보 및 좀더 많은 녹지공간의 확보를 위해 계획되었다. 또한 공용공간을 적극적으로 활용하여 단지 주민들에게 한 동네라는 개념의 공동체 생활환경을 부여할 수 있도록 다양한 커뮤니티 시설을 계획하였다.

#### 2.1.3 단위세대 계획과 인테리어

주력 평면을 남향으로 배치하고 2면 개방세대를 전체 세대의 60%로 확보하였다. 부부침실과 전용욕실, 파우더룸을 그룹화하여 부부만의 디럭스 공간으로 특화시켜 계획하였으며, 주방과 연결되는 넓은 거실 외에 소규모의 가족실 개념을 도입하여 가족 공동 취미실의 역할을 부여하였다. 현관에는 극장 홀과 같은 Foyer 개념으로 고급화 이미지를 표현하고, 무엇보다도 주부의 프라이버시를 중점적으로 고려하여 공간 계획을 하였다. 또한 주방 레인지 후드의 강제 배기 시스템과 주방 천장의 강제 급배기 시스템을 설치하여 초고층 건물의 세대내 환기시스템을 해결하였고, 실내기를 천장에 매립하여 공간활용을 극대화하였다.

#### 2.1.4 커뮤니티 시설계획

각 동의 1,2층과 중간층 및 상가동 3층에는 다양한 커뮤니티시설을 계획하여 주민들이 편리하고 자유롭게 이용할 수 있도록 계획하였다.

상가동 3층에는 주민전용 수영장과 골프연습장을 계획하고 상가를 제외한 각 동의 1층에는 호텔식 로비와 주민취미실, 2층에는 독서실과 유아놀이방과 실버하우스, 중간층에는 연회장, 게스트룸, 체육시설, 옥상정원을 설치하였다. 지상 1층에 마련된 호텔식 서비스 및 로비에는 안락한 휴게공간 및 전시공간을 조성하여 만남과 예술공간으로 활용되도록 하였다.

#### 2.1.5 입면계획

기존 아파트의 외관재료와는 전혀 다른 알루미늄 커튼월을 사용하여 고급스런 이미지를 연출하였으며, 전체적으로 모던하면서도 클래식한 분위기가 조화되도록 하였다. 4동의 건물을 단지 중앙에 66층, 그 좌우에 59층, 59층, 42층으로 배치하여 산형(山形, Mountain Shape)의 스카이라인을 형성하였다.

#### 2.1.6 조경계획

건물의 초고층화로 생긴 여유공간은 전체 대지 1만여평 중 73%인 7,400여평으로 이 부분에는 녹색의 정원과 퍼블릭 스페이스를 조성하였다.

단지로 들어오는 Main Gate인 Sunshine Plaza에는 고품위 조각공원과 고향의 정취를 느낄 수 있는 수림로가 조성되어 예술작품과 꽃길을 따라 단지로 진입하게 된다. 지상 2층 데크 상부의 외곽도로는 수림대, 중앙부에는 잔디광장 등을 조성하여 다양한 이벤트와 함께 주민들이 함께 살 수 있는 공간을 마련하였다.

## 2.2 건축 설계 개요

1. 공사명: 도곡동 Tower Palace 신축공사
2. 공사기간: 1999. 7. 1 - 2002. 9.30 (39개월, 입주준비 3개월 포함)
3. 대지위치: 서울특별시 강남구 도곡동 467번지
4. 대지면적: 33,696,100 m<sup>2</sup> (10,193.07평)
5. 지역지구: 일반상업, 주차장정비 지구
6. 연면적: 457,779.7 m<sup>2</sup> (138,478.4평)
7. 층수: 4개동, 지하 5층~지상 66층 (A,C동:59층, B동:66층,D동:42층)
8. 층고: Typical층 3.2 m (천정고 2.4 m, 우물천정 2.7 m)
9. 용도: 공동주택, 업무시설, 판매시설
10. 공개공지: 3,436.62 m<sup>2</sup> (1,039.58평)
11. 조경면적: 6,423.99 m<sup>2</sup> (1,943.27 평)
12. 최고높이: 233.8 m
13. 구조: 철골·철근콘크리트 구조
14. 승강설비: 총 40대 (A,C동 : 17인승 각 10대, B동 17인승 11대, D동 : 17인승 9대)
15. 세대수: 아파트 1,267세대  
오피스텔 202세대
16. 주차대수: 3,670대

### 3. 구조설계

타워팰리스는 주거형 초고층 건물로써 엄격한 설계기준을 적용하여 지진이나 강풍에 더욱 안전하게 계획하였다.

진도 6.0의 내진설계를 적용하였으며, 초고층 건물에는 지진보다 강풍이 더 큰 힘으로 작용하므로 건물의 안전을 위하여 초속 35m의 강풍에도 안전하도록 내풍구조로 설계되었다.

건물의 구조는 압반기초(Mat Foundation) 위에 철골·철근콘크리트 구조를 채택하였다. 주거건물인 점을 감안하여 중앙부 코너에는 지진이나 강풍에 의해 발생하는 흔들림에 견디는 고강도 콘크리트 벽체(강도 500~300kgf/cm<sup>2</sup>, 벽체 두께 120~50cm)로 계획하고, 세대 평면이 형성되는 곳은 건물의 무게를 지탱하는 철골기둥 및 철골보로서 가변형 벽체를 가능케하는 철골 프레임 구조로 계획하였다. Core Wall과 철골 Frame을

서로 묶어주기 위해 Outrigger(안전용 부재)와 Belt Truss를 중간층과 초고층부에 적용하여 건물의 안정성을 높여 주었다.

#### 3.1 구조설계 기준

1. 풍하중: 설계 기본 풍속 35 m/sec
2. 지진하중: 지진구역 2 적용 (리히터 지진 규모 6.0에 대하여 내진 성능 확보)
3. 철골강도
  - Base Plate, Column, Outrigger, Belt Truss
  - T > 40: SM520B TMCP
  - T ≤ 40: SM520B
  - Girder & Beam
  - 보춤 ≥ 300 mm: SWS 490A
  - 보춤 < 300 mm: SS 400
  - H.T.B: F10T (Torque Shear Control Bolt)
  - Anchor Bolt: M32, SS400
  - Stud Bolt: ASTM, A108

### 4. 콘크리트 강도

- Core Wall 및 기둥

구분 Conc 강도	A동	B동	C동	D동
500 kgf/cm <sup>2</sup>	지하층 ~19층	지하층 ~19층	지하층 ~19층	지하층 ~13층
400 kgf/cm <sup>2</sup>	20층~ 39층	20층~ 39층	20층~ 39층	14층~ 27층
300 kgf/cm <sup>2</sup>	40층 이상	40층 이상	40층 이상	28층 이상

- Mat 기초: 400 kgf/cm<sup>2</sup>
- 지하 Slab: 270 kgf/cm<sup>2</sup>
- 지하외벽: 270 kgf/cm<sup>2</sup>
- 지상 Slab : 240 kgf/cm<sup>2</sup>

#### 3.2 주요 구조부 시스템

1. 타워부: RC Core + Ourtrigger + Belt Truss+ SRC기둥의 합성구조
2. 지하층부: PC 구조 + 일부 RC 구조

#### 3.3 바닥 시스템

1. 지상 : T=135 mm (Deck Plate Slab)
2. 지하 : T=170 mm (70 mm Half PC + 100mm Topping Con'c)

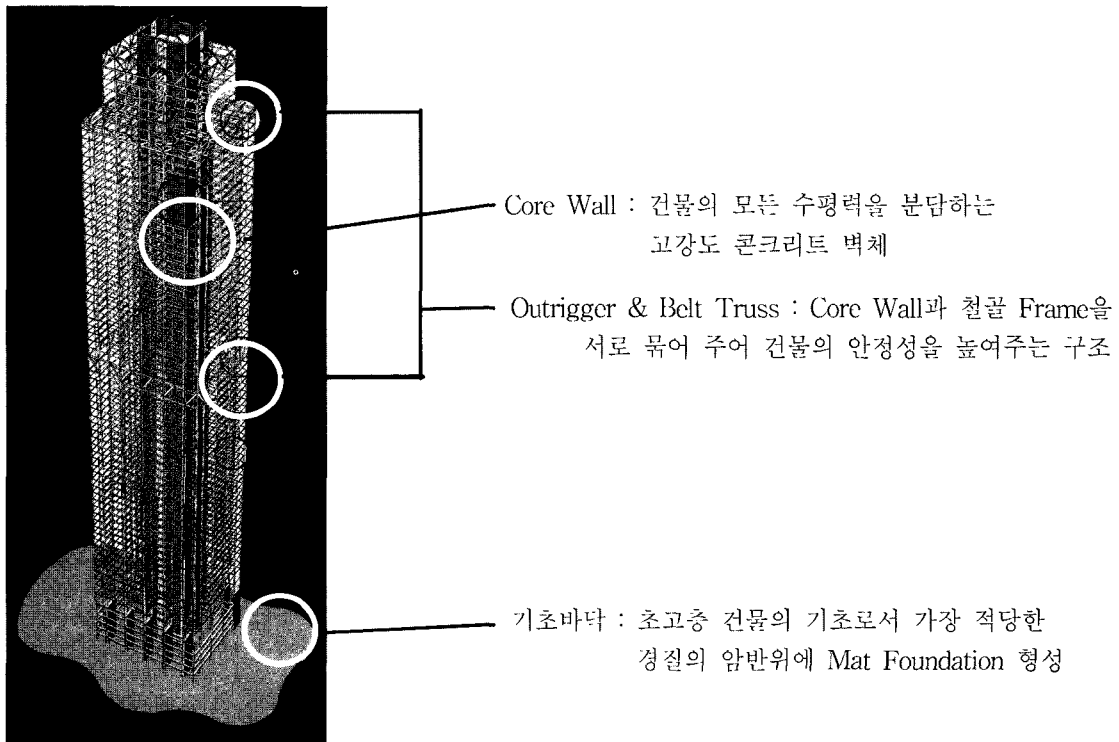


그림 1. 타워팰리스 구조개념도

## 4. 초고층 주거형 건축물 설계 기술

초고층 건물을 완성하기 위해서는 설계단계시부터 시공조직이 투입되어 토공사 계획은 물론 구조 계획에서부터 시공성을 검증 받으면서 접근해야 하며, 특히 특수공법 적용 여부를 긴밀히 협의하여 부위별 구조 설계 방향을 수립하여 착수해야 한다.

도곡동 타워팰리스현장은 설계단계시부터 시공인원을 투입하여 실공사기간 44개월을 공법 및 시공성, 분양성 등을 고려하여 최종 실공사기간 36개월 (입주준비기간 3개월 별도)에 달성할 수 있도록 공법을 개선하였으며, 1999년 7월 토공사를 시작으로 4.5개월만에 1단계 토공사 완료하고, 건축공사 착수 17.5개월만인 2001년 4월말 66층의 골조공사를 완성하는 것으로 예정되어 있다.

### 4.1 구조설계 기술

#### 4.1.1 건물의 강성

초고층 주거 건축물은 일반 오피스 건축물과는 달리 풍력이나 지진에 의한 건물의 흔들림에 대하여 입주자들에게 쾌적한 공간을 줄 수 있도록 배려가 되어야 한다.

이를 위하여 건물의 진동 주기를 7초 이내가 되도록 유도하는 것이 좋은데, 이는 건물의 강성 (Stiffness)을 증대 시켜야 가능하다.

이러한 건물의 강성을 증대하기 위한 방법으로 많은 구조 형식이 있으나 최근에 가장 많이 사용되는 Concept은 건물의 중심부인 Core에 강성이 크고 경제적인 철근콘크리트 구조를 이용하여 횡력을 견딜 수 있게 하고, 보조적으로 Outrigger & Belt Truss라는 구조형식을 채택하고 있다. 이렇게 Core의 벽체를 철근콘크리트 구조로 하고 또 그 벽량이 증가하면 할수록 건물의 강성은 증대시킬 수는 있지만 철골 구조에 비하여 시공성이 떨어지고 일반적인

시공 방법으로는 공기를 단축하기는 매우 어렵게 되는데 이를 위하여 시공에서는 Core 선행공법을 적용하게 된다.

철근콘크리트구조의 Core 선행공법은 VH 공법의 이론을 적용하여 벽체 부분만 선 시공하고 Slab와 같은 수평 부재는 후 시공하게 되는데, 이 경우 벽체 공사를 위하여 System Form이라는 특수한 거꾸집 공법을 적용하게 된다.

이때 구조기술자와 시공기술자는 3일 Cycle을 달성하기 위하여 최대한 구조벽체의 양을 축소하도록 협의하여 결정하여야 하고, 수직 벽체와 수평부재의 접합 부분이 시공성을 고려하여 설계되도록 유도하며, Outrigger의 시공이 용이하도록 상세 설계시 고려해야 하는데 이러한 부분이 3일 Cycle 달성을 위한 구조 설계 기술이라 할 수 있다.

#### 4.1.2 건물의 Shortening

초고층의 건축물에서 기둥이나 Core 벽체와 같은 수직 부재의 높이가 공사가 진행되는 과정에서부터 준공 이후로도 수십년간 계속해서 축소하게 된다. 그 이유는 재료의 Shrinkage, 누적되는 하중에 의한 Creep 현상 등에 의하여 발생되며 특히 고려해야 할 문제는 Core 벽체와 외주부 기둥간에 그 Shortening 값이 틀림에 따라 구조물에 하자가 발생할 수 있다는 것이다. 따라서 구조기술자와 시공기술자는 이러한 Shortening에 대하여 사전 예측을 하고 이를 보정하기 위하여 설계단계에 반영해서 시공을 해야 한다. 타워팰리스의 경우 누적되는 Shortening 값이 최대 176 mm이고, 기둥과 Core와의 부등 축소량이 55 mm에 이르고 있는 것으로 구조계산에 의해 산정되고 있다. 이는 Outrigger에 부가적인 Moment 하중을 부담시키는 결과로 나타나기 때문에 이를 피하기 위하여 Outrigger와

Core 용벽간의 접합시점을 가급적 늦추어야 하는데 초고층 주거 건축물에서는 바닥 온돌공사가 있기 때문에 이러한 시점 선정이 매우 어려우며, 구조기술자와 시공기술자가 서로 협의하여 결정할 핵심 기술이라고 할 수 있다.

또한 시공기술자는 예상되는 Shortening치와 실제 발생치와의 차이를 시공 중에도 계속 계측/검측하여 이를 시공 중에 반영하여야 한다. 이러한 Shortening 문제는 외벽 Curtain Wall과 Elevator, 각종 수직 배관 등에도 문제를 일으킬 수 있으며, 이러한 문제를 사전에 예측하여 시공에 반영하여야 하여야 완공 후에 발생할 수 있는 문제를 예방할 수 있게 된다.

### 4.2 층간 차음 및 방진 설계 기술

초고층 주거형 건축물의 기둥은 철근콘크리트 구조로 할 경우 기둥의 크기가 증가하여 일반적으로 철골 철근콘크리트 구조로 설계하며, 따라서 보도 철골보로 설계가 되는 것이 일반적이다.

그러나 철골보를 적용할 경우 바닥 Slab의 진동이나 차음 측면에서는 일반 철근콘크리트구조 보다는 떨어지므로 진동 및 소음에 대한 하자가 발생할 가능성이 많아 이에 대한 사전 검토가 필수적인 사항이다.

이에 대한 대안으로 Slab의 두께를 키우는 방법이 있으나 건물의 자중이 증가하여 비경제적인 설계가 되기 쉽다. 또한 기둥간의 거리를 가급적 축소하는 방법, 철골보의 Depth를 늘리는 방법, 차음재를 깔고 온돌공사를 하는 방법, 바닥 미장의 두께 증진 등이 고려되어야 하며 이러한 방법들을 혼합하여 최적의 설계가 되도록 설계자와 시공자가 협의하여 결정하여야 할 것이다. 타워팰리스의 경우에는 기술연구소와 영국의 OAP사 등과 같이 면밀히 검토하여 Slab의 두께를 최대한

늘려 135mm로 하였고 Typical한 보의 길이를 8.4m로 짧게 하였으며, 차음재의 적용 및 마감두께를 120mm로 하여 설계를 확정하여 시공을 하고 있다.

### 5. 초고층 건물 시공 기술

초고층 건물을 단기간 내에 완성하기 위해서 1~2개의 공중에 대하여 특수 공법을 적용하여서는 소정의 공기나 품질, 원가, 안전측면의 목표를 확보하기 어려우며, 설계단계부터 각종 공법의 적용성을 검토하여 설계에 반영토록 유도하고 시공계획 단계에서 철저한 계획의 수립은 물론 각 공법에 대한 기반기술을 사전에 확보하여야 한다. 시공단계에서는 선정된 공법이 원활히 적용될 수 있도록 전문 업체 선정과 기술교육 실시, 자재나 장비의 준비, 각종 도면 등을 준비하여야 한다. 또한 통합적으로 공사가 원활히 진행되는 가를 실시간으로 확인할 수 있는 공사관리 System이 필요하게 되는데 이러한 모든 과정 전부가 초고층 건물의 시공 기술이라 할 수 있을 것이다.

이러한 초고층 건물의 시공 기술을 확보하기 위하여는 선진 사례의 분석과 국내의 환경 여건, Project 성격 등을 면밀히 감안하여 여러 가지 방안을 비교 검토하고, 최적의 공법을 선정하여야 한다. 또한 Project 성격에 맞는 공사관리 Process를 개발하여 적용해야 될 것이다.

#### 5.1 기초공사

타워팰리스 초고층 건물의 기초부인 Mat는 가로 50.6M, 세로 43.1M, 두께 2.7M의 크기로 400kgf/cm 강도의 콘크리트 약 6,100m<sup>3</sup>가 타설되었다.

이를 위하여 수화열 제어를 위한 사전 Simulation으로 타설 계획을 수립하고, 특히 인터넷을 이용한 물류관리시스템을 개발하여 실시간으로 레미콘의 생산, 출하, 반입 등의

일련의 과정을 관리하여 실 타설시간 15시간 이라는 기록을 수립하였으며, 20일의 단기간 양생을 기록하였다.

이를 달성하기 위한 초고층 Mat의 기본적인 조건은 수화열 제어를 위한 해석 기술 및 고강도 콘크리트가 주요 관건이며, 15시간이라는 단시간 타설을 위해서는 타설 당일의 철저한 계획 및 물류의 흐름을 실시간으로 확인할 수 있는 인터넷을 이용한 물류관리시스템이었다고 판단된다.

#### 5.1.1 기초공사 주요 일정

- 토공완료: 1999.11.14
- 버림콘크리트 타설: 1999.11.15
- PIT 바닥콘크리트 타설: 1999.11.25
- MAT 콘크리트 타설: 1999.12.17
- MAT 콘크리트 양생 완료: 2000. 1. 7

#### 5.1.2 기초공사 주요 물량

구분	단위	수량	비고
버림콘크리트	40 135 10 m	224	
Pit 철근	각 규격	Ton 70	
Pit 콘크리트	25 400 15 m	310	
Mat 철근	각 규격	Ton 404	
Mat 콘크리트	25 400 15 m	5,876	
Bar Chair	H 100X100 I 100X75 C 75X40	M 650 700 1,420	Post 수평세 수평세
영양	유모품	m 506	

#### 5.1.3 Mat 기초 타설 당일 기록

- Pump Car: 6 대 + 1대 (예비)
- Chute: 5 개소
- 레미콘 납품 업체: 4개사 (8개 Batch Plant 이용)
- 레미콘 납품 간격: 레미콘 업체당 3분 간격

- 인원동원: 직원 60명 + 기능공 90명
- 타설물량: 5,876 m<sup>3</sup>
- 레미콘 타설 시간: 06:00 ~ 21:00 (총 15시간)
- 콘크리트 타설시 최저온도: 영하 6.4도

#### 5.1.4 Mat 기초 보양 및 양생

구분	비고
타설 직후	기초보양 실시
초기 3일	수화열 계측 및 세밀한 관찰
제 14 일	양생천막 제거 : 오전 10시 이후
제 20 일	보온양생 중지 : 오전 10시 이후
제 21일 이후	관열 조사 및 외방수 실시

『양생 원리 : 콘크리트 자체에서 발생하는 수화열을 이중 보온장치를 통해서 축열 양생 실시』

### 5.2 CORE 공사

철근콘크리트구조인 Core공사는 철골·철근콘크리트구조와 동시에 시공하기에는 공정간의 간섭이 많으므로 Core 선행공법을 적용하게 된다.

Core 선행공법은 Core 부위의 벽체만 먼저 4개층 이상을 앞서 시공하면서 외주부 철골작업이 후속공정으로 따라오게 하는 공법이다. 따라서 Core작업은 모든 공정의 선행공정으로 층당 공사 소요기간에 따라 전체 공기가 좌우되는 매우 중요한 공정이며, 층당 3일 공정 Cycle의 첫번째 관심 공정이 된다.

타워팰리스현장은 4개동을 동시에 시공하기 위하여 2개동은 Slip Form 공법, 나머지 2개동은 ACS Form 공법을 적용하였다.

층당 3일 Cycle을 달성하기 위한 Core 공사의 요소기술은 ACS Form 공법의 경우 Link Beam의 PC화, Zone 분할, 2개층 철근선조립 공법 등이 있으며, Slip Form 공법의 경우 Outrigger 설치를 위한 대형 Jack System의 사용이 대표적이라고 할 수 있다.

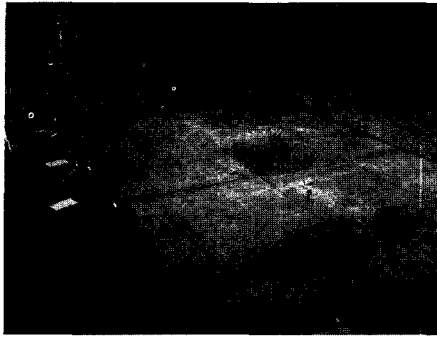


사진 1. 버림콘크리트 타설 전경

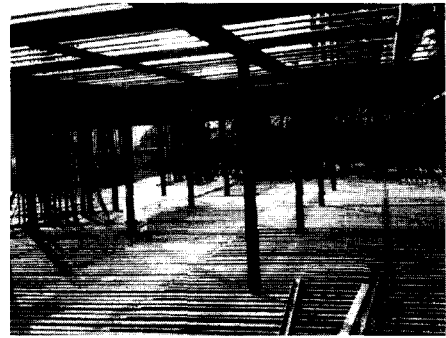


사진 2. Bar Chair 설치 전경

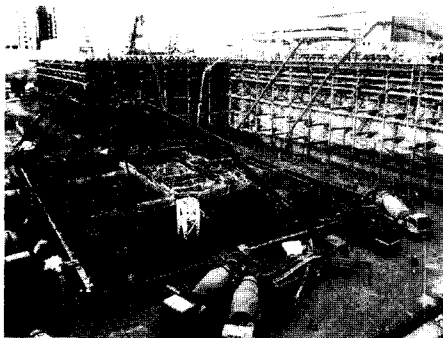
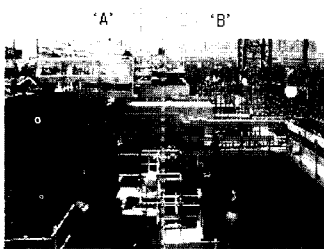


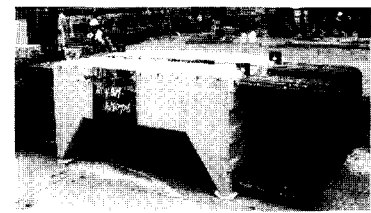
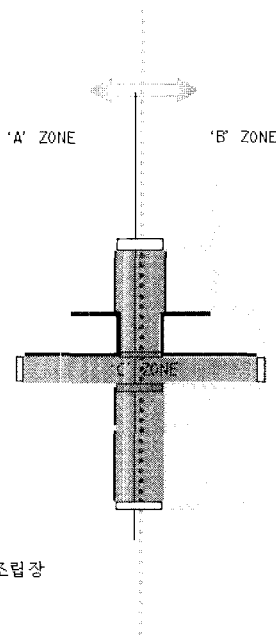
사진 3. Mat기초 콘크리트 타설 전경



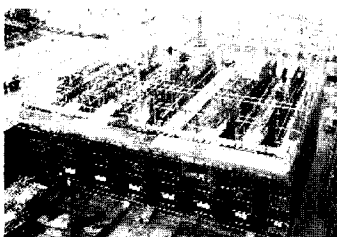
사진 4. Mat기초 보양 전경



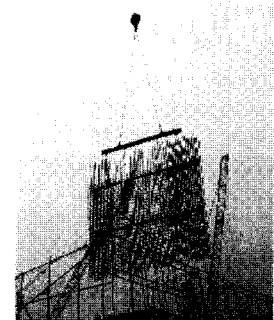
Zoning



Link Eeam PC화



철근선조립장



2개층 철근선조립양중

그림 2. ACS Form 공법의 기본 요소 기술

### 5.2.1 Core 선행 공법 - ACS Form 공법

ACS Form 공법은 Hydraulic Unit와 양중용 Profile을 이용하여 1개층 높이로 제작된 Form을 별도의 양중장비 없이 자체적으로 1개층씩 상승시키며 콘크리트를 타설하는 공법으로 삼성물산에서 시공한 세계 최고 높이건물인 KLCC 및 국내 현장에서 적용한 바 있다.

ACS Form의 경우에는 Slip Form에 비해 다소 느린 거푸집 공법이며, KLCC의 경우에도 층당 4.5일이 소요되었고 국내에서 타 현장에 적용한 사례를 보더라도 층당 5일 정도가 소요되었던 공법이다.

그러나 당 현장에서는 3일 Cycle을 달성하기 위하여

- ① 설계자와 협의하여 비구조적인 콘크리트 벽체를 건식 벽체로 변경하였고,
- ② Core 내부를 3개의 Zone으로 나누어 연속적으로 시공하였으며,
- ③ 2개층 철근 선조립 공법을 적용하여 지상에서 조립된 철근 Cage에 각종 매설철물 (Embedded Plate 포함)을 부착시키고, 이를 양중하여 설치함으로써 철근작업시간을 대폭 축소하였다.
- ④ 또한 각 Zone을 연결하는 Link

Beam을 PC화 하였으며,

- ⑤ 콘크리트 타설 14시간 이후 거푸집 상승이 가능한 고강도 콘크리트 개발하여,
- 현장 작업량을 대폭 절감시킴으로써 3일 Cycle 공정이 가능하게 되었다.

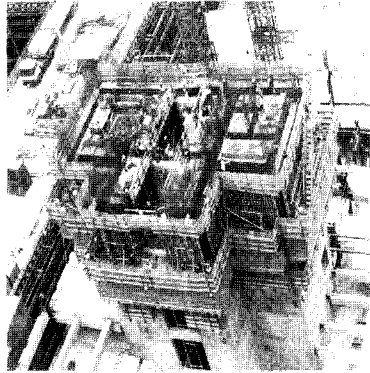


사진 5. ACS Form 전경

### 5.2.2 Core 선행 시공법 - Slip Form 공법

Slip Form 공법은 1.0m 또는 1.5m 높이의 Steel Form에 콘크리트를 타설하여 시간의 경과에 따라 콘크리트가 자립할 수 있을 만큼 경화되면 유압 Jack을 이용하여 시간당 15~25cm씩 Form을 상승시키며 새로운 타설공간을 형성하여 연속적으로 콘크리트를 타설하는 공정을 되풀이하여 구조물을 완성하는 공법이다.

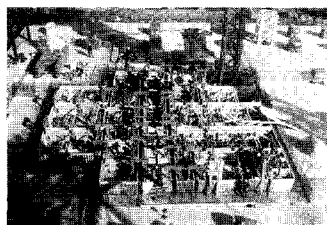
이와 같은 공법의 특수성으로 인

하여 사이로나 교각 등에서 많이 사용하는 공법으로, 당 현장과 같이 코아 구조가 복잡한 건물에 적용하기 위해서는

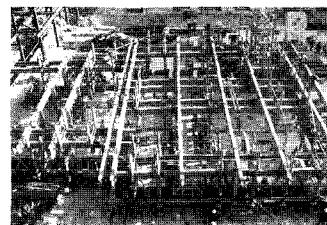
- ① 시간당 타설량의 검토
  - ② Jack Unit의 능력 및 위치, 수량
  - ③ 수직, 수평도 관리방안
  - ④ 500 kgf/cm<sup>2</sup> 강도의 콘크리트 점착력 최소화
  - ⑤ 양중장비의 Climbing 방법
  - ⑥ Outrigger 설치 방법 및 Jack 해체시 구조적 안전
  - ⑦ 타설후 6시간 이내 응결하는 콘크리트의 개발
- 등을 검토하여야 한다.

타워팰리스현장은 이에 대한 방법으로 일반적으로 Slip Form에 사용하는 6 Ton Jack 대신 22 Ton Jack을 사용하여 Unit 개소를 28개로 줄였으며, 수평도 계측, 경화깊이 계측시스템 등 자동 계측장비를 탑재하여 수직 수평도를 관리하였고, Tower Crane 역시 Slip Form에 부착하여 Slip Form 양중시 자동 상승할 수 있도록 하여 Climbing에 의한 Form과의 시간 간섭을 해소하였다.

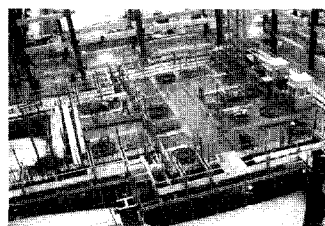
또한 콘크리트 점착력 및 응결시간을 최소화하기 위하여 4개월에 걸쳐 삼성물산 기술연구소에서는 수많은 배합설계 및 실험을 하였다.



거푸집 Setting



Rigid Frame 설치



Upper Deck 설치

사진 6. Slip Form 설치 전경

이에 층당 2일 Cycle을 달성하여 콘크리트 지하 5층 콘크리트 첫 타설 후 11개월만에 73개층(지하 5개층 + 지상 66개층 + 옥탑 2개층)에 이르는 Core 공사를 성공적으로 완성하였다.

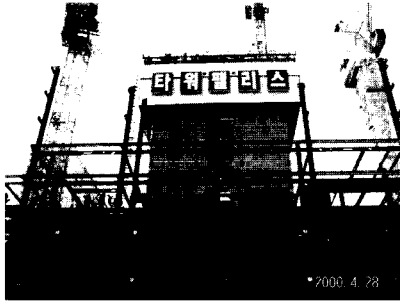


사진 7. N 공법을 이용한 철골 설치 전경

### 5.3 철골 설치 공사

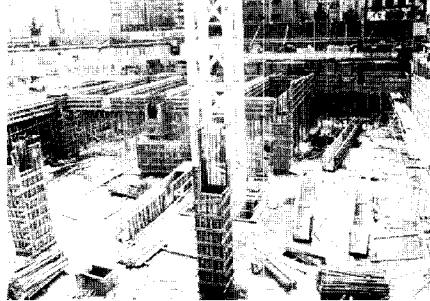
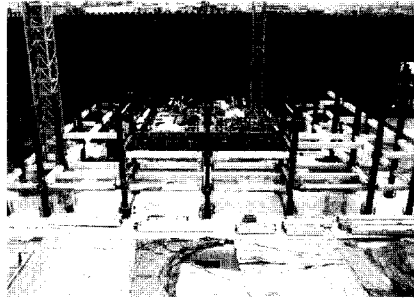
철골공사는 Core 작업이 진행되는 층에서 최소 4개층 밑에서 수행되는데, 기존의 공법이 3-4개층을 1개질로 하여 마무리 하는 반면, 타워팰리스현장에서는 철골 기둥의 이음 위치를 층별로 3개 구역으로 분할하여 한 층씩 철골작업을 마무리하는 공법인 “N 공법”을 국내에서 최초로 적용하였다.

“N 공법”을 적용하면 일정한 수의 작업자가 매일 반복적으로 일정한 양의 작업을 수행할 수있어 작업 효율이 증대되고, Deck Plate 설치 작업과 병행하므로써 별도의 안전 시설물 없이 안전하게 작업을 수행

할 수 있으며, 후속공정인 Slab 타설공사가 철골 설치층으로부터 바로 2개층 밑에서 진행되어 절대공기가 약 1개월 단축하게 되었다.

이 공법을 적용하기 위하여 공장에서 철저한 품질관리가 되도록 품질관리 요원을 상주시키고, 정확하게 제작된 제품이 각 Zone 별로 Packing 되어 적기에 현장에 반입되도록 해야 되며, 현장에서도 수직도 조정 작업에 특별히 유의를 하여야 한다. 또한 설계 단계에서부터 기둥의 이음 위치를 설계자와 협의하여 결정해야만 경제적인 설계를 수행할 수 있기 때문에 사전 준비 작업이 매우 중요하다고 할 수 있다.

표 1. RC구조와 HPC 구조 비교

구 분	재래식 (RC) 구조	HPC 구조
공사전경		
공사기간	45일 / 층	15일 / 층
가 설 재	다량 발생	거의 없음
폐 기 물	다량 발생	없 음
품 질	숙련도에 따라 다름	공장생산으로 좋음
작업방법	노동력에 의존	기계화 시공
안 전 성	불 량	양 호
현장관리	불 편	편 리
투입인원	많 음	적 음
장 점	1. 폭 넓은 노동력 시장 2. 부정형에 대처할 수 있는 폭이 크다.	1. Pre. Fab화 및 기계화 시공 2. 단순조립 반복작업으로 현장 작업자의 능력 향상
단 점	1. 안전,가설재, 폐기물 등 현장관리에 취약	1. 공사비 다소 증가 2. 부정형에 취약



### 5.4 Hybrid Precast Concrete 공법

HPC 공법은 보의 양단에 철골 H-Beam을 매입시킨 PC보를 선설치된 철골기둥과 Bolt 또는 용접으로 연결하고, 이때 접합부분은 철골기둥의 콘크리트 피복내에서 이루어지게 하므로 보와 기둥의 일체화를 유도한 공법이다.

타워팰리스 고층부의 지하구간은 SRC구조로서 일반적인 시공 방법으로는 공기가 많이 소요될 뿐 아니라 안전상 불리하며 어려워지는 문제가 있다. 특히 당 현장의 경우 지하 주차장에 적용될 PC공사와의 Joint 처리 및 PC로 설치되는 지하층 공사의 속도에 맞추어 고층부의 지하층 골조공사를 완공시켜야 되는 문제를 가지게 되었다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 타워팰리스현장에서 국내에서 최초로 개발하여 적용한 공법이 Hybrid Precast Concrete 즉 H-PC 공법이다.

H-PC 상부에는 Half Slab를 설치한 후 기둥 콘크리트를 타설하여 일체화 시켜 현장에서 거푸집을 대폭 절감시키고 철골 작업과 동시에 HPC를 설치하게 되므로 공기를 대폭 단축하고 노무절감이 가능하게 하였다.

### 5.5 고강도 콘크리트

1999년도 발간된 콘크리트 표준시방서에 의하면 고강도 콘크리트란 설계기준강도는 일반적으로 400 kgf/cm<sup>2</sup> 이상의 콘크리트를 말하며 콘크리트의 성능 향상으로 단면축소 및 내구성, 시공성을 증진시킨 콘크리트를 의미한다.

현대 사회는 급속한 문명의 발달과 함께 인구 과밀화와 시설의 집중으로 구조물의 초고층화, 대형화 경향으로 진행하고 있다. 이에 상응하기 위해서 재료성능 향상, 구조 및 설계기술 개발 및 시공능력 향상을 요구하고 있으며, 이러한 콘크리트

의 성능향상을 위하여 단면축소 및 장스팬을 가능하게 하는 고강도화, 구조물의 수명을 연장시켜 주는 내구성 증진 및 시공성(펌프, 타설, 마감 등) 향상을 위한 고유동성 콘크리트 개발에 대한 연구 및 투자가 진행되어 왔다. 초고층 건물에서는 코어 벽체 및 기둥은 정해진 단면으로 횡력에 대하여 필요한 강성을 갖기 위해 고강도 콘크리트를 사용하는 것이 필수적이다.

타워팰리스에서는 지하 5층에서 지상 20층까지는 500kgf/cm<sup>2</sup>, 지상 21층에서 지상 40층까지는 400kgf/cm<sup>2</sup>, 지상 41층에서 최상층까지는 300kgf/cm<sup>2</sup>로 설계되어 있으며, 기초 부위는 400kgf/cm<sup>2</sup>의 고강도 콘크리트로 타설하였다. 이러한 설계요건에 맞추어 현장 여건에 적합한 고강도 콘크

리트를 생산하기 위하여는 약 4개월의 개발 기간이 소요 되었으며, KLCC에서 800kgf/cm<sup>2</sup>를 개발한 바 있는 삼성물산 기술 연구소의 기술력으로 공장조사에서 현장 적용에 이르는 전 과정을 성공적으로 수행하여 현재에 이르고 있다.

#### 5.5.1 고강도 콘크리트 개발 과정

현장조사는 각 부재의 설계강도, 타설시기 및 타설물량을 조사하고 제반실험이 완료되어야 할 시점을 결정하는 것으로서 전체 실험일정을 결정할 수 있다.

레미콘공장을 선정할 때는 우선 현장주변에 있는 레미콘공장을 5~6개 선정된 뒤 여러가지 조사항목에 의해서 가장 적합한 공장을 선정하도록 한다. 레미콘공장이 선정되면

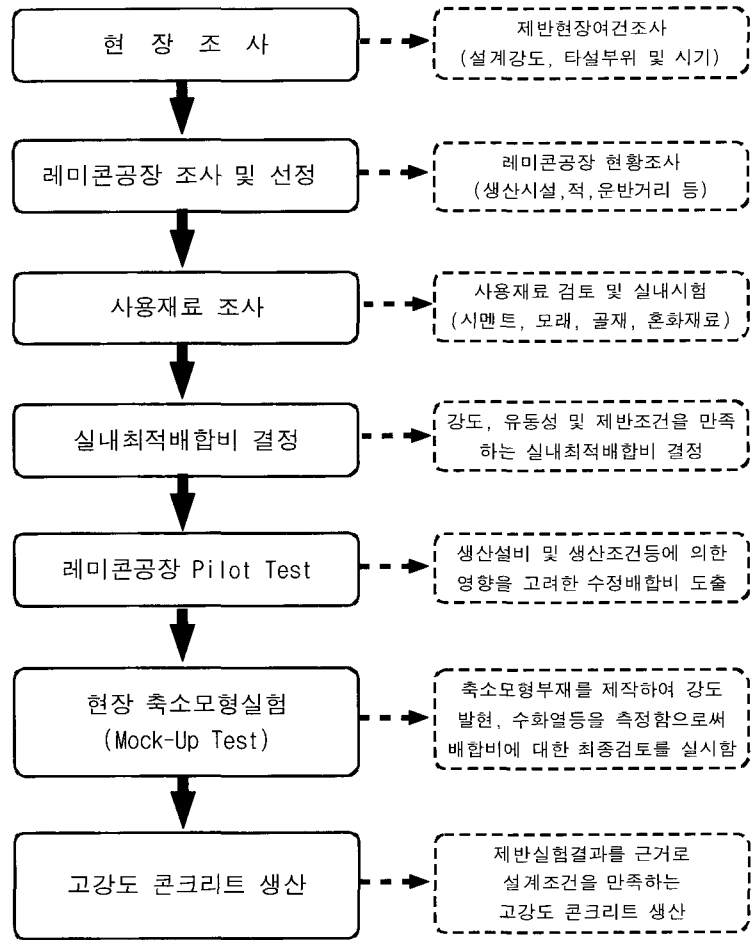


그림 3. 고강도 콘크리트 생산을 위한 업무 흐름도

그 공장에서 사용하고 있는 재료에 대한 사전검토가 이루어지고, 이를 근거로 적절한 실내배합을 수행하도록 한다. 실내 최적배합비의 선정은 기존의 자료를 근거로 그 공장에서 사용하고 있는 재료와 현장여건 등을 종합적으로 고려하여 반복실험하도록 하였으며, 굳지않은 콘크리트의 물성과 7일 및 28일 강도를 확인해가면서 실험을 진행한다.

실내최적배합비가 결정되면 레미콘공장에서 시험생산을 실시한다. 이것은 실제 상황과 동일한 조건에서 생산하므로써, 시험실에서 결정된 배합을 부분적으로 수정하도록 하였다.

이와 같은 제반조사 및 실험이 완료된 후 현장에 콘크리트를 타설하는 것과 동일한 상황에서 레미콘 생산, 운반 및 타설을 검토하기 위한 현장실물 모형실험 (Mock-Up Test)이 수행된다. 현장실물모형실험에서는 장거리 운반에 따른 슬럼프 및 공기 손실량을 측정하며, 실제부재와 동일한 크기의 부재를 제작하여 거푸집 존치기간 및 양생방법을 검토하고, 이를 위하여 부재내부에 온도센서를 설치하여 콘크리트 온도를 측정하며, 재령별로 표준 수중양생공시체와 교양공시체의 강도를 측정하도록 한다.

**5.5.2 고강도 콘크리트 배합 설계 방향**

고강도 콘크리트는 배합강도/타설 시기/부위/적용공법 등에 따라 요구 성능이 달라질 수 있으며, 타워팰리스현장에서 적용한 고강도 콘크리트의 성능조건은 다음과 같다.

구 분	배 합 설 계 조 건
Slip Form	- SLIDING을 위한 초기 응결 시간 확보 * 응결시간(초결): 6시간 이내
A.C.S Form	- 탈형을 위한 14시간 강도:80 kgf/cm 이상 확보
Mat 기초	- 수화열에 의한 균열 억제

**5.5.3 고강도 콘크리트 배합시 고려사항**

구 분	중층규모 건물	타워팰리스 적용
규 격	- 25-240-12 - 25-240-15	- 20-500-21 (Core/기둥):B5~L20 - 20-400-21 (Core/기둥):L21~40 - 20-300-21 (Core/기둥):L41~66 - 20-240-21 (스라브):지상층
굵은 골재	- 25mm 골재	- 20mm 골재
슬 럽 프	- 12(15) ± 2.5cm (슬럼프 관리)	- 18 ± 2.5cm (240 강도)
슬럼프 Flow	- 관리 안함	- 40~65cm (500,400,300 강도)
공 기 량	- 3 ~ 6%	- 2 ~ 4.5% (Core 500,400,300) - 3 ~ 6% (Slab)
혼 화 제	- 유동화제 사용	- 고성능 감수제 사용
적용 사유	- 슬럼프 상황 조정으로 Workability 및 콘크리트 품질 저하 예방 - 20mm 골재사용으로 초고압 압송 Pipe 막힘 현상 예방	

**5.6 CICM (Cyber Intergrated Construction Management System)**

타워팰리스 현장과 같이 대규모 초고층 빌딩을 단기간에 건설하기 위해서는 자재관리, 인원관리, 도면관리 및 공정관리 등을 어떻게 수행하느냐에 프로젝트의 성패가 달려 있다. 따라서 당 현장에서는 인터넷을 활용하여 물류관리, 인원관리, 마감세대관리를 통합한 공사관리 시스템 즉 CICM을 세계 최초로 개발하여 사용함으로써 고속정보통신망을 갖춘 협력업체를 포함한 모든 공사관계자에게 정확한 정보를 신속하게 공유도록 하여 당 현장에서 목표로 하는 3일 Cycle 공정을 수행하는 데 일익을 담당하고 있다.

**5.6.1 인터넷을 이용한 물류 관리시스템**

타워팰리스 현장은 자재차량의 하루 반입 댓수가 약 330대 정도로 차량 반입 시간대 및 반입 간격을 조정하여 현장 내에서의 교통혼잡을 피하고, 민원 발생 원인을 제거해야만 하였으며, 굴조공사의 주요 자재인 콘크리트, 철근, 철골, PC, Deck Plate 및 AIC/Wall 등은 각 납품업체와 정보를 신속하게 공유하기 위하여 System을 개발하였다.

물류관리시스템을 이용한 레미콘 차량의 반입의 예를 들어 설명하면 다음과 같다.

① 먼저 현장 담당직원은 콘크리트 타설 전일까지 물량 및 제품사양을 인터넷을 이용하여 물류관리 시스템에 입력

② 다음날 청구된 사양에 맞추어 출하를 시작하게 되는데, 매 차량 출하시마다 바코드가 부착된 송장 출력

③ 이때 자동적으로 당 현장의 인터넷 서버에 입력되어 현장에서는

레미콘 차량이 출발된 것을 파악

④ 레미콘 차량이 현장에 도착한 후 정문에서 바코드 리더기로 송장을 읽게 되면 도착사실이 다시 서버에 입력

⑤ 타설이 완료된 후에 회차시 정문에서 송장을 읽게 되면 타설이 완료된 것으로 서버에 자동 입력, 이런 과정을 통하여 레미콘의 총생산량, 반입대기 차량수, 현장반입 후 대기 차량수, 콘크리트 타설 완료 물량을 인터넷상에서 누구나 실시간으로 확인 가능하게 되어 레미콘의 납품간격 조정작업이 지속적으로 이루어지게 되므로 한 차원 높은 품질 관리가 가능하게 되었다.

### 5.6.2 인터넷을 이용한 인력관리 시스템

타워팰리스현장은 일일최대 출역 인원이 약 2,300명 정도로 작업 인원수, 작업내용, 신규 채용자 교육수행 여부 등의 노부관리에 파악에

많은 시간이 소요될 것으로 보여, 물류관리 시스템에서 적용한 Bar Code System을 이용하여 근로자 개인에게 ID Card를 발급하여 노부관리를 진행 중이다.

모든 근로자는 매일 아침 정문 출입시 Bar Code Reader기에 개인이 소지한 ID Card를 접촉하게 되면 자동으로 업체별, 동별로 출역 인원수가 바로 집계되게 된다. 이러한 자료를 이용하여 협력업체는 일일출역일보 작성, 작업일보 작성 등을 작성하는 등 인원정보가 공사기록으로 계속 축적되어 향후 공종별 생산성 분석, 증별 생산성 분석을 위한 기본 자료로 이용할 예정이다.

### 5.6.3 인터넷을 이용한 마감세대 관리시스템

마감세대관리 System은 복잡한 마감공정관리를 목표로 개발된 것으로 각 협력 업체와 공정진행 정보는 물론 세대 옵션정보, 도면정보, 분석정보를 공유함으로써 공종간의

Lead Time 및 간섭을 제거하도록 하여 마감공사를 효율적으로 하도록 개발되었다.

## 6. 맺음말

최근 국내외의 건설시장을 살펴보면 타워팰리스현장 이외에도 대형 건축물의 건설이 빈번하게 이루어지고 있다.

이와 같은 대형 건축물을 시공하기 위해서는 필연적으로 재료, 시공 및 설계상으로 많은 연구가 시공 전에 요구되게 된다. 초고층 건축물의 공사기간 단축을 위해서는 시공기술자가 설계단계부터 개입하여 합리적인 시공방법과 구조개념을 수립해야 함은 물론 공사관리를 어떻게 하느냐에 따라 달라질 수 있다.

따라서, 앞으로 더욱 치열해질 국내외 건설시장에서 국내 건설업체의 기술력 우위를 확보하기 위해서는 현장 자체의 기술개발 노력이 지속되어야 할 것으로 보인다.