

초고층 주거용 건물 FLAT PLATE SLAB SYSTEM 시공 사례

조 순 호*
Cho, Soon-Ho

요 약

I-PARK 삼성동 APT PROJECT는 무역센터에서 영동대교 사이의 구릉에 위치한 지상 46층의 주거용 건물로서 3개동 449세대로 구성되었고 각 동을 4세대 조합의 타워형으로 설계되었다. SLAB 구조 방식은 2방향 플랫 플레이트 구조(2WAY FLAT PLATE SLAB SYSTEM)로서 SLAB는 수직하중에 대한 기본적인 지지구조 역할 뿐만 아니라 주 골조 SYSTEM 구성 요소의 일부로서 풍하중 및 지진하중등의 횡력에 대하여 저항할 수 있는 구조로 구성되어 있다. 본 SLAB 구조 SYSTEM을 적용한 국내 최고 높은 건물로서 당 현장에 적용된 시공사례중 가설계획, 고강도 콘크리트, SYSTEM FORM, RE-BAR, 4-DAY CYCLE SCHEDULE 등에 대하여 기술하기로 한다.

1. 서론

10) 현장전경(2002년 10월)

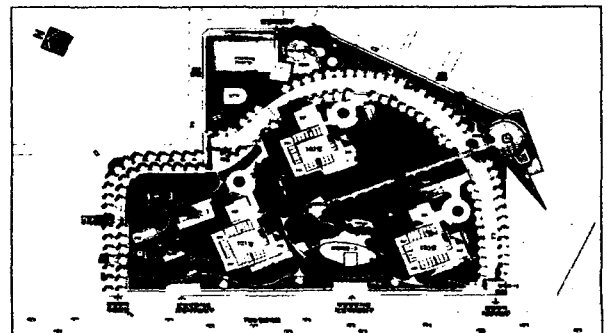
1.1 공사개요

- 1) 공 사 명 : I-PARK 삼성동 신축공사
- 2) 위 치 : 서울특별시 강남구 삼성동 87번지
- 3) 시행/시공 : 현대산업개발(주)
- 4) 설 계 : (주)건원종합건축사사무소
- 5) 구조 설계 : (주)신기술자문
- 6) C M : (주)한미파슨스
- 7) 공사규모
 - 규 모 : 3개동, B4~46F, 449세대
 - 구 조 : 철근콘크리트(FLAT PLATE SLAB)
 - 평 형 : 55평형 ~ 104평형(9개 평형)
 - 대지면적 : 32,259M²
 - 연 면 적 : 146,483M²
 - 건축면적 : 2,924M²
 - 용 적 물 : 296.20%
 - 건 폐 율 : 9.06%
- 8) 공사기간 : 2001. 8. 20 ~ 2004. 5. 20(33.0개월)
- 9) 조감도



1.2 설계개요

본 사업은 지명현상설계를 통하여 선정된 (주)건원종합건축사사무소+T.L.P.A(美)의 안을 기본설계로 구조설계를 맡은 (주)신기술자문이 미국 GROSSMAN社의 컨설팅을 받아 당초 SRC 구조를 주거성 향상을 위하여 RC 구조로 설계변경하여 진행되었다.



* 일반회원, 현대산업개발(주), 시공기술사

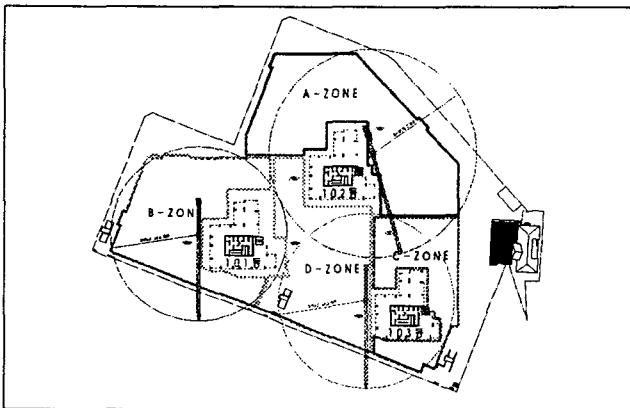
1.3 구조계획

TOWER동 중앙에 수직 교통 시스템과 에너지 공급 시스템을 집중시키고 동시에 횡력저항구조로 이용할 수 있는 CORE 전단벽 + 유효 등가골조의 2중골조 형식을 적용하였고, 연직하중에 대한 지지구조는 FLAT PLATE SLAB를 적용하여 구조적으로는 강막(Rigid Diaphragm) 기능을 수행하는 동시에 건축적 기능 및 시공성과 경제성을 확보하도록 하였다.

그리고, 부재의 크기를 최소화하기 위해 CORE WALL과 기둥 부재에 고강도 콘크리트(500Kg/CM²)를 사용하여 콘크리트의 내구성 향상 및 각 부재의 크기를 최소화하였고, SLAB 두께를 250MM로 설계하여 철골조에 비해 소음 및 진동을 최소화 하였다. SLAB는 360KG/CM²을 사용 수직부재와 수평부재에 강도차이를 1.4배 이하로 유지, 수평부재로부터 수직부재로의 하중전달이 원활하게 이루어 지도록 하였다.

2. 본문

2.1 가설계획



<ZONING 및 TOWER CRANE 배치도>

3개의 TOWER동(46층)과 지하구조물 면적이 대지의 70%를 차지하고 온통 터파기 공사를 시공함으로써 공정 준수 및 공사 추진을 위한 가설계획의 주안점은 수평동선과 수직동선의 합리적인 운영이다.

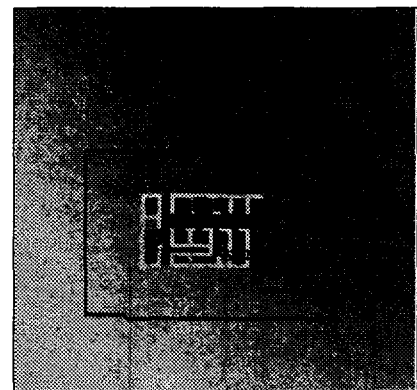
첫째, 수평동선은 전체 대지를 TOWER 3개 ZONE과 CAR PARK 4개 ZONE 총 7개 ZONE으로 구획하였고, TOWER 3개동은 CAR PARK 공정과는 별개의 공정으로 독자적으로 추진하여 CRITICAL PATH로 관리하였고, CAR PARK는 A,B,C,D ZONE으로 구획하여 D-ZONE을 SERVICE ZONE으로 할당하여 TOWER동의 골조공사(자재야적, 콘크리트 압송장비) 지원을 위해 WORKING PLATFORM으로 활용하고, CAR PARK 자체의 골조공사는 A,B,C ZONE의 순으로 골조공사를 완료하여 각 TOWER동을 지원할 여건이 완료한 후 D-ZONE 골조공사를 착수하였다.

둘째, TOWER동의 수직동선은 크게 자재와 인원양중으로 구분하여 골조 자재양중은 TOWER CRANE(동당 1대)을 이용하였고, 마감자재 및 인원 양중은 외부 고속 TWIN HOIST CAR가 담당하고, 내부 저속형 HOIST CAR는 주로 골조 인원 양중을 담당하였다.

먼저 TOWER CRANE은 당 현장의 CORE 내부에 CLIMBING TYPE으로 설치하기에는 공간 협소 및 CORE 골조공사시 간섭이 되어 외부에 STATIONARY TYPE으로 설치하였고 골조공사의 양중부하를 최소화 할 수 있는 AUTO CLIMBING SYSTEM 및 SKYDECK등 SYSTEM化 된 거푸집 공법과 철근 선조립공법, 콘크리트 타설 장비의 SELF CLIMBING 등을 적용하여 1대의 TOWER CRANE으로 TOWER 1동을 지원할 수 있도록 계획하였다.

외부 HOIST CAR는 당 현장 CURTAIN WALL 및 유리의 최대 SIZE 양중, 초고층 양중에 따른 LOSS TIME을 줄일 수 있는 고속형(90M/MIN) TWIN CAGE (1.5X4.5X2.7)를 적용하였고, 내부에는 저속형 HOIST CAR(40M/MIN)를 적용하여 골조 작업인원의 이동을 담당하였다.

그리고 골조공사 완료후 3개월 내에 본설 ELEVATOR를 조기 가동하여 HOIST CAR 해체후의 자재양중 및 인원 수송을 담당케하였다.

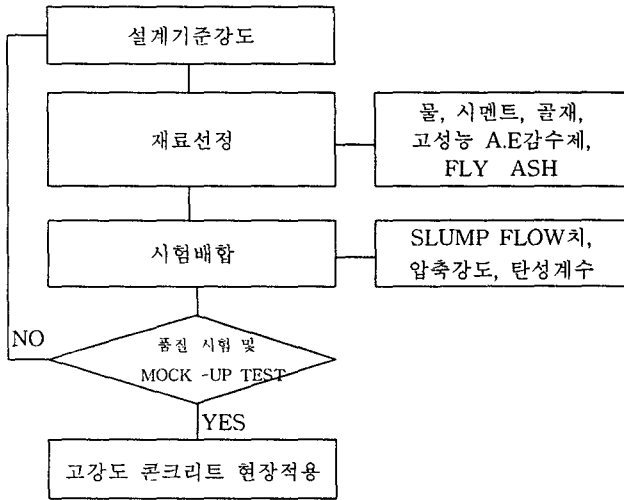


<HOIST CAR 배치도>

2.2 고강도 콘크리트

고강도 콘크리트로 인한 단면 축소, 구조체 자중경감, 콘크리트 내구성 향상 및 조기강도(거푸집 조기 탈형으로 인한 공기단축) 확보를 위하여 고강도 콘크리트를 도입하였고, 도입을 위해 당사 기술연구소, 레미콘 업체, 구조설계팀, 현장이 주축이된 T.F.T(Task Force Team)을 구성하여 최적배합 설정 및 공장 및 현장 MOCK-UP TEST를 실시하여 현장 적용하였다.

1) 고강도 콘크리트 개발 FLOW



2) 부위별 콘크리트 적용 강도

적용부위		강도(Kg/CM ²)	비 고
CORE	WALL	500, 450, 400	
	SLAB	270	
UNIT	COLUMN	500, 450, 400	
	SLAB	360	

3) 고강도 콘크리트 품질 목표

배합강도	초기압축강도 (Kg/CM ²)	플로우값 (CM)	공기량(%)	비 고
		30~60분 경과시		
500	16Hr:100	60±5	2.5±1	B4~10F
450	16Hr:100	60±5	2.5±1	11F~20F
400	16Hr:100	60±5	2.5±1	21F~46F
360	35Hr:100	50±5	2.5±1	전층

고강도 콘크리트는 현장적용시 A.C.S FORM 사용에 의한 조기강도 확보가 필수적이므로 초기 압축강도 발현을 16시간에 100Kg/CM²를 유지시켰다

이것은 A.C.S 거푸집 탈형과 인발에 필요한 소요 강도이고 이와 같이 조기강도가 확보됨으로써 4-DAY CYCLE이 가능하였다.

초고층 높이로 압송을 하기 위해 콘크리트 유동성을 확보하는데 주력하였다. 유동성 확보와 동시에 재료분리 저항성을 유지시켜 유동화에 따른 재료분리로 인한 콘크리트 품질저하를 방지하였다. 레미콘의 공장출발에서 현장도착 타설전까지 시간경시 변화에 따른 SLUMP FLOW LOSS치를 최소화 하기 위해 W/C 비와 고성능 감소제를 적절히 유지하여 SLUMP FLOW

변화를 최대한 억제했다.

4) 콘크리트 타설

지상 46층(155M)의 구조물에 콘크리트를 타설함에 있어 고강도 콘크리트는 점성이 높고, 초고층 압송시 배관내 수분의 감소로 압송 능력의 저하 및 콘크리트 PUMPING 압력의 변화에 따라 배관 LINE의 막힘 현상을 방지하기 위하여 압송능력 200BAR 이상의 고압 PUMP를 사용하였고, 압송된 콘크리트는 C.P.B(CON'C PLACING BOOM)를 이용하여 타설 위치에서 콘크리트를 타설하였다.

5) 콘크리트 양생

서중기 콘크리트의 양생은 스프링클러 및 P.E FILM에 의한 습윤 양생과 CURING COMPOUND에 의한 피막 양생을 하여 콘크리트의 표면 건조를 방지하였다. 동절기 콘크리트의 양생은 현장공정 및 품질향상을 위하여 HEATING COIL 양생 SYSTEM을 적용하여 WALL 및 기둥은 FORM 외부측에 HEATING COIL을 부착하여 보온하였고, SLAB는 콘크리트 타설시 HEATING COIL을 매입하여 콘크리트를 보온하였다.

2.3 SYSTEM FORM

골조공사의 4-DAY CYCLE(WORKING DAY 기준) 실현을 목표로 거푸집 공법을 검토하였으며 독일 PERI社의 A.C.S(AUTO CLIMBING SYSTEM) 및 SKYDECK을 적용하였다.

1) SYSTEM FORM 적용을 위한 전제 조건

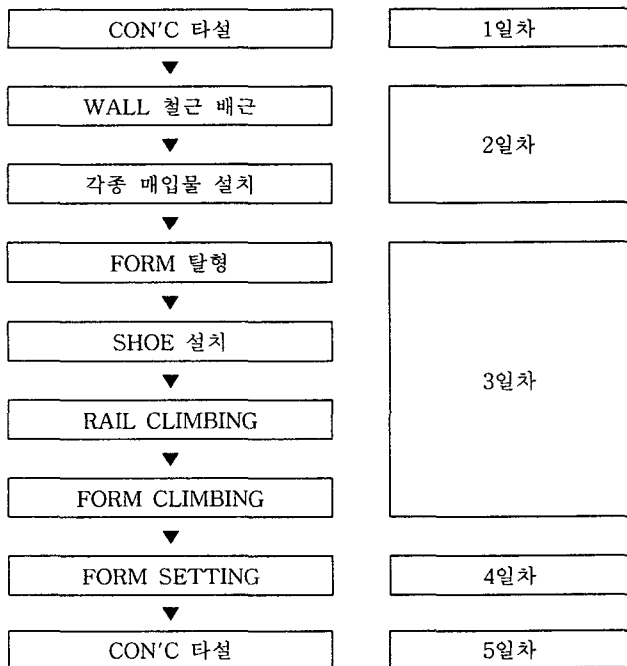
CORE 골조에 SELF CLIMBING 할 수 있는 대형 FORM을 적용하여 CORE 골조를 UNIT SLAB 보다 선행시키는 CORE WALL 선행 공법을 적용하여 CORE 골조를 4개층 선행하여 시공하였고, 수직, 수평 분리타설을하여 UNIT SLAB의 외주부 기둥에도 SELF CLIMBING 할 수 있는 대형 FORM을 적용하여 시공성 및 안전성을 확보하였다.

그리고 UNIT SLAB를 3개 PART로 구획하여 층당 골조 작업량을 줄이고 SLAB FORM은 MODULE化된 알루미늄 FORM(PERI社, SKYDECK)을 사용하여 작업성을 향상시켰다.

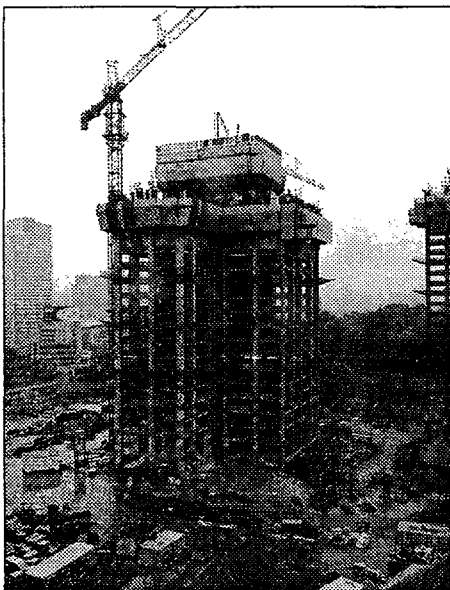
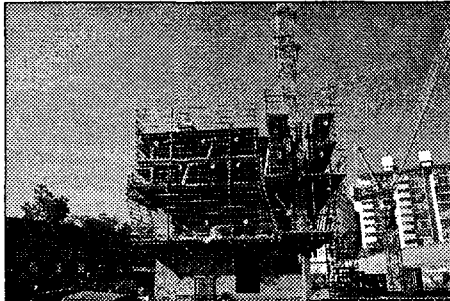
2) A.C.S (AUTO CLIMBING SYSTEM)

① A.C.S는 대형 WALL 및 기둥 FORM을 유압식 인양장치를 이용하여 SELF CLIMBING하는 공법으로 자체 유압장치에 의한 인양으로 TOWER CRANE의 의존도가 적고, 대형 FORM 사용으로 인한 골조 품질 향상 및 공기단축이 가능하며, 기계화 시공으로 인한 성력화 및 고층 작업에 따른 안전성 확보가 용이하다.

② 작업 FLOW (CORE WALL)

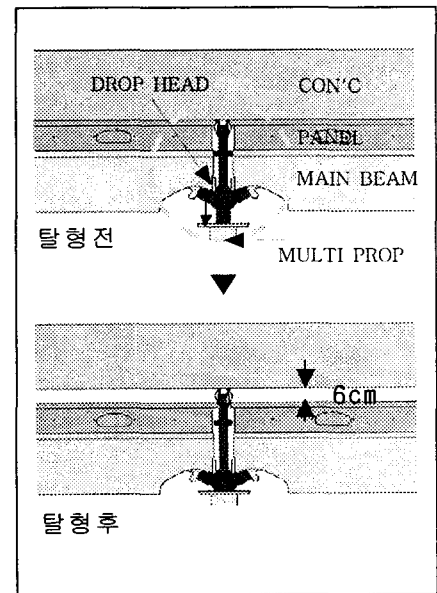


③ A.C.S 사진

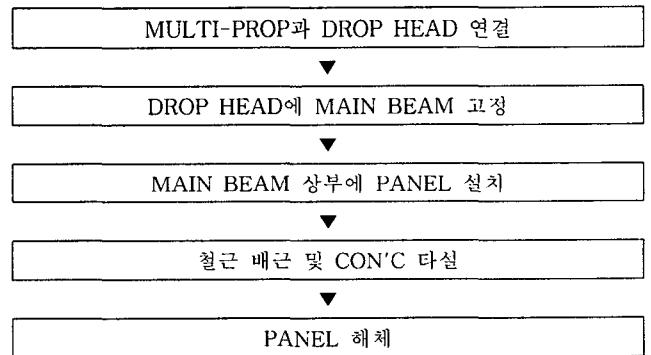


3) SKYDECK (SLAB FORM)

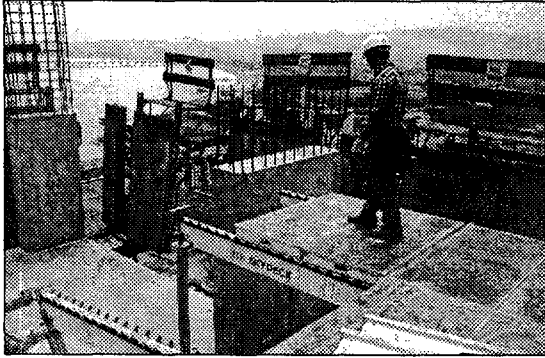
① 기존의 거푸집과 달리 거푸집, 장선, 명에, 동바리 등을 구조물의 시공계획과 전용 횡수를 고려하여 일정한 형태로 일체화시켜 골조공사의 작업 효율을 최대화한 알루미늄 시스템 거푸집으로 틈이나 망치질이 거의 필요 없고, 따라서 단순기능공으로도 재래식 공법과 비교할 수 없는 생산성을 올릴 수 있는 SLAB 거푸집이다.
 독일 PERI社에서 개발하여 국내에 처음으로 도입된 SYSTEM FORM으로 FLAT PLATE SLAB에 사용하기에 적격이다.
 DROP HEAD SYSTEM에 의한 PRE-SHORING이 가능하여 SLAB PANEL이 해체되어도 MULTI-PROP(동바리)은 존치되는 SYSTEM으로 간단한 조립 및 해체로 인력절감 및 공기단축이 가능한 공법이다.



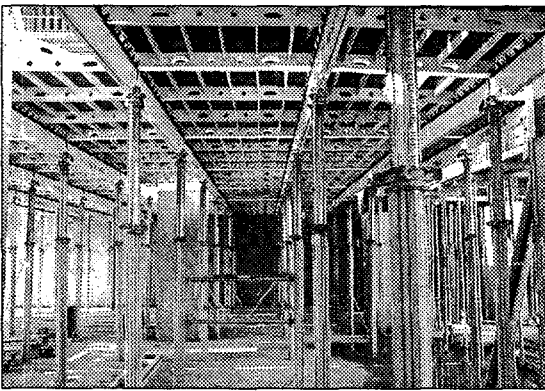
② 시공 FLOW



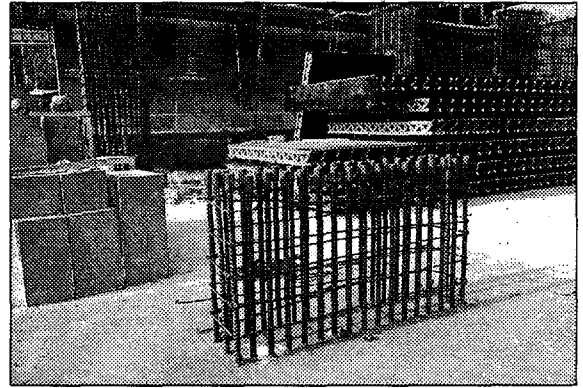
③ SKYDECK 사진



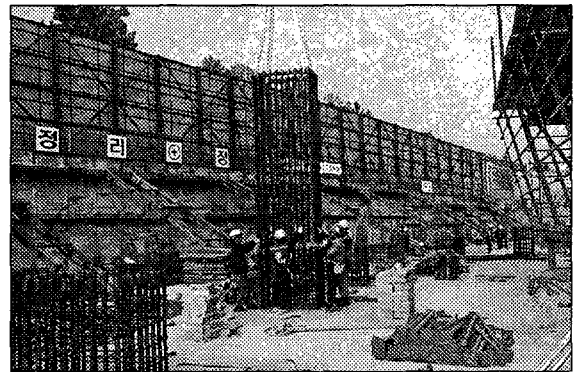
< 설치 전경 >



< 설치후 전경 >



< 기둥 설치전 COUPLER 설치 전경 >



< 기둥 PRE-FAB 조립 전경 >

2.4 RE-BAR

1) 기둥 철근 PRE-FAB

4-DAY CYCLE을 유지하기 위해서는 기둥 공정 (UNIT SLAB 1개 PART당 10개의 기둥)이 1일내에 이루어져야 하는데 HD41 철근(10.5KGM)을 재래식 조립으로는 시공 및 공기 준수가 불가능하여 공장에서 가공되어 반입된 철근을 지상에서 PRE-FAB하여 TOWER CRANE으로 양중하여 COUPLER로 체결하는 공법으로 현장조립인원 감소 및 공기단축, 품질향상, 안전성 증대 등을 목적으로 도입하였다.

또한, 기둥을 2개층 높이로 PRE-FAB하여 체결 개소 절감과 기둥 시작층에 차이를 두어 지그재그 시공으로 층당 5개소만 체결하게하여 양중부하를 감소시키어 바닥 SLAB 철근 배근과 동시에 시공하였으며, 이를 위해 PRE-CONSTRUCTION 단계에서 MOCK-UP TEST를 수차에 걸쳐 시행하여 현장에 적합한 COUPLER 제품 선정 및 JIG 시공성, 안전성 등에 대해 사전 검토하여 적용하였다.

2) COUPLER (기계식 철근 이음)

HD41과 같이 겹침 이음을 할 수 없는 대구경 철근 이음 방법으로, 기계식 또는 가스압접 등의 방법이 있으나 당 현장에서는 작업 속도, T/CRANE 양중부하, 안전성 등의 여러 가지 조건을 고려하여 철근에 슷나사를 가공하여 두 개의 철근을 암나사로 연결하는 기계식 이음법을 적용하였다.

3) 철근 공장 가공

RE-BAR SCHEDULE에 의해 가공 공장에서 소요 형상 및 규격에 맞게 철근을 가공하고 현장 공정진행에 맞추어 적기에 납품하여 현장에서는 조립 작업만 수행하는 것으로 당 현장에서는 지하구조물 운통 터파기 및 TOWER동과 지하구조물 동시 시공에 따른 철근 야적 및 가공장 확보 등의 문제점 해결과 공장내 기계 가공에 의한 정확한 부재 생산 및 현장의 정밀시공을 기하기 위해 공장가공을 도입하였다.

2.5 4-DAY CYCLE (Working Day 기준)

철골구조의 장점중의 하나인 공기단축을 RC조에 실현키 위해 4일에 1개층씩 골조공사를 완료할 수 있도록 공구분할, SYSTEM FORM, 철근 조립, 콘크리트 고강도화, 구조 SYSTEM 등 다각적인 검토를 하여 적용하였다.

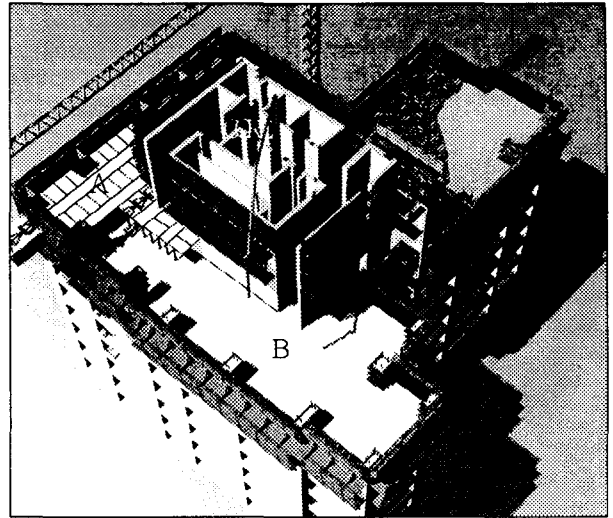
◆ 1개층 단위 공정표

구 분	1일차	2일차	3일차	4일차
CORE WALL (D-PART)	WALL 철근 배근	FORM탈형 및 CLIMBING	FORM SETTING	WALL CON'C
A-PART	기둥 FORM CON'C	SKYDECK	SLAB/기둥 철근 배근	SLAB CON'C
B-PART	SLAB CON'C	기둥 FORM 기둥 CON'C	SKYDECK	SLAB/기둥 철근 배근
C-PART	SLAB/기둥 철근 배근	SLAB CON'C	기둥 FORM 기둥 CON'C	SKYDECK

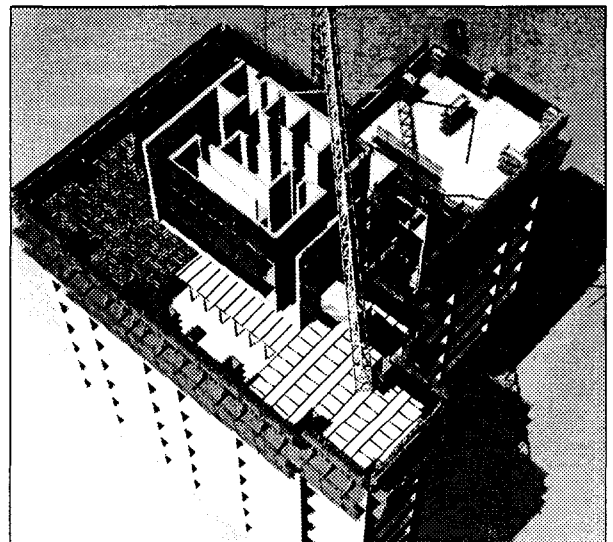
◆ 골조공사 실행공정 (ACTUAL DAY)

구 분	CON'C 타설일	일 수	층당 CYCLE	비 고
B4~B2	2001.12.5	48일	16일	5회 타설
1~23F	2002.5.27	173일	7.5일	
24~47F	2002.9.14	110일	4.6일	
PH1~2F	2002.10.3	19일	9.5일	3회 타설
전 체		350일	6.7일	기준층 : 6.0일

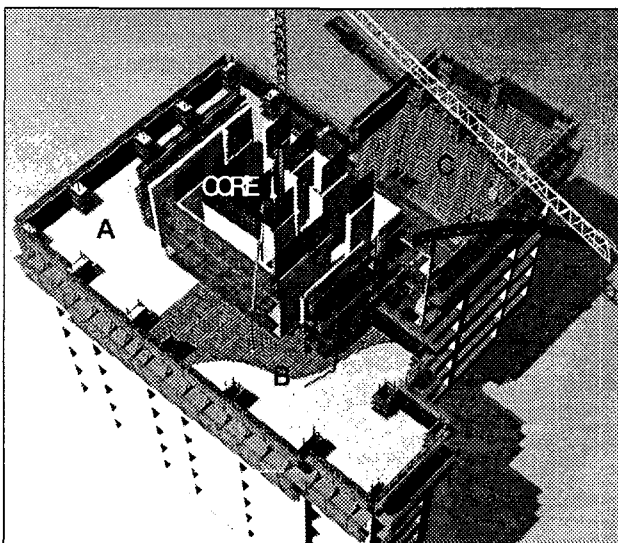
2) 2일차



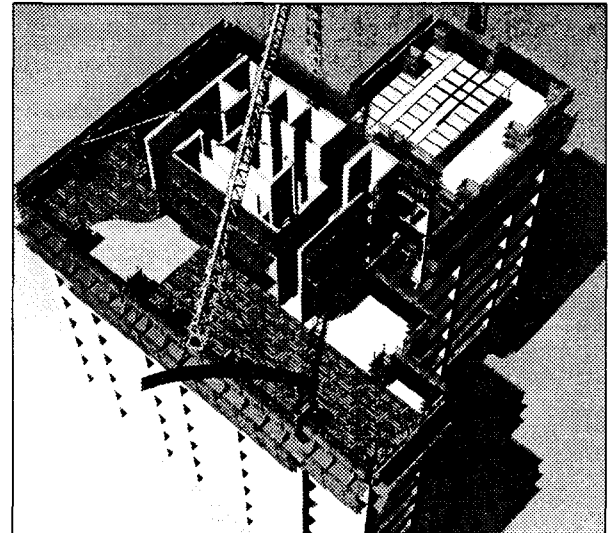
3) 3일차



1) 1일차



4) 4일차



3. 결론

당 현장에 적용한 FLAT PLATE SLAB SYSTEM은 여러면에서 기술력 및 품질향상, 신공법 신재료의 도입등 ENGINEER로서 새로운 것에 대한 도전과 자신감을 얻을 수 있는 계기가 되었다.

특히 PRE-CONSTRUCTION 단계에서 설계, 구조 PART와의 협의를 통해서 시공성, 안전성, 공기단축 등의 효과를 얻기 위해 부분 구조 형태 조정, 부재단면 통일, 콘크리트 강도 변경 등을 이루었다.

초고층 주거용 건물에서의 FLAT PLATE SLAB SYSTEM은 SLAB 두께 증가로 인한 주거성 향상, 천정 배관 작업의 용이에 따른 천정고 조정(2.6M), 거푸집 작업의 단순화로 인한 시공성 향상 및 공기단축 등 많은 효과를 얻었으며 이를 계기로 국내 건축산업이 한발 더 발전할 수 있는 계기가 되었다고 말할 수 있다.