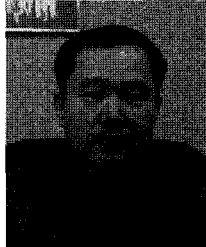


삼성건설 용산 파크타워 현장 기준층 골조 3-Day Cycle 시공사례



박 현 일
담당 PM



정 병 원
현장소장

1. 개요

1.1 현장개요

서울시 용산구 용산동 5가와 한강로 3가에 위치한 용산 파크타워 신축공사현장은 삼성건설과 현대건설이 공동 도급(60%:40%)으로 시공 중인 현장이다. 본 현장은 지하주차장 2개 (택지1, 택지2)와 아파트 6개 동으로 구성되어 있으며, 건물은 지하4층에서 지상 40층 건물로 지하 4층에서 지하 1층은 주차장과 판매시설, 지상 1층에서 2층은 커뮤니티시설, 그리고 지상2층에서 40층은 아파트와 오피스텔로 구성되어 있다. 현장개요와 건축규모는 다음 표1, 2와 같다.



그림 1. 조감도

표 1. 현장개요

공사명	용산 파크타워(Park Tower) 신축공사
공사기간	2005.06 ~ 2008.10 (41개월)
대지위치	서울시 용산구 용산동 5가 19번지 일대 한강로 3가 63번지 일대
지역/지구	도시지역/준주거지역, 도시환경정비 (지구단위계획)구역/특별계획구역
발주처	용산공원 남측 도시환경정비사업 조합
설계자	(주)종합건축사사무소 건원
CM/감리	건원엔지니어링(시공), SIA PLAN(설계)

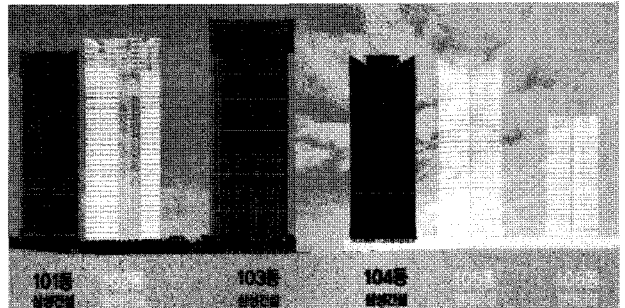


그림 2. 분할 현황

표 2. 건축규모

구분	삼성	현대	계
층	B4F ~ 40F	B4F ~ 37F	-
건축규모	APT: 30~93평 461세대 오피스텔: 51~92평 126 실	APT: 35~93평 427세대	APT: 23개 평형 888세대 오피스텔: 126 실
	연면적 168,007㎡ (50,822평)	104,505㎡ (31,613평)	272, 512㎡ (82,435평)
	대지면적	50,077㎡(15,148평)	
건축면적	16,344㎡ (4,944평)		
건폐율	47.02%		
용적율	496.69%		



그림 3. 단지 배치도

구조 개요는 RC Core + Column + Flat Plate Slab 구조로 세부사항은 다음 표 3과 같다.

표 3. 구조개요

구분	내용				
구조 형식	■ APT (고층) RC CORE + COLUMN + FLAT PLATE SLAB ■ 주차장 (저층) PSC 라멘조 + SPS(SYSS)				
	사용 재료	Con'c 강도	TOWER	구분	부재
수직부재 (기둥, 벽체)				21층이상	350
				11~20층	400
B4~10층			500		
수평부재		350			
기초	350				
지하 주차장	270				
철근	Fy = 4,000 kgf/cm ² (HD10~HD22) Fy = 5,000 kgf/cm ² (HD25 이상)				
기초 구조	고층부: 지내력 매트기초 (Fe=70,100 ton/m ²) 저층부: 지내력 독립기초 (Fe=70,100 ton/m ²)				
지하 수위	기초바닥에서 8.0~10.0m (부력대책 : De-watering)				

토 등에 많은 역할을 담당하였다. 조직표는 다음의 그림 4와 같다.

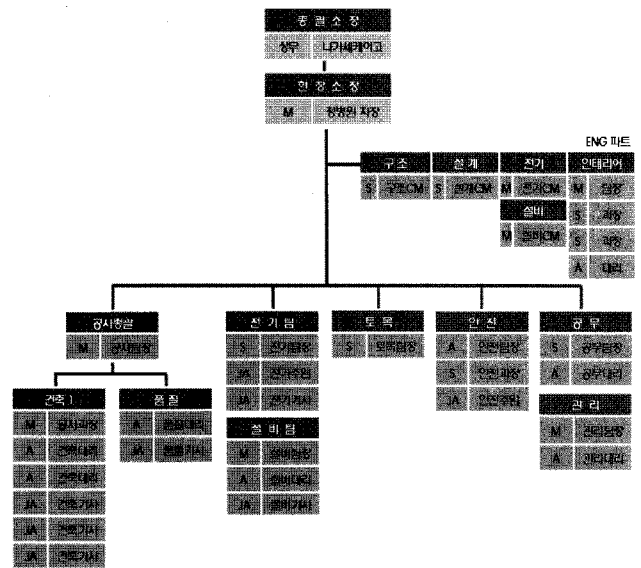


그림 4. 현장 조직도

2. 현장조직

삼성건설 용산 파크타워 신축 공사 현장은 현장소장이하 건축, 품질, 전기, 설비, 토목파트로 구성된 공사팀과 안전, 공무, 관리파트로 구성되어있다.

특히, 구조, 설계, 전기, 설비, 인테리어CM으로 구성된 ENG파트가 별도로 조직 되어있어, 공사 진행을 서포트하고 있으며, 3-Day Cycle에 있어서도 구조, 설계점

3. 현장소장 현장 운영방침

용산 파크타워 현장은 '기술력으로 경영성과와 고객 감동을 실현하는 파크타워' 라는 미션 하에 원가, 공정/품질, 안전/환경, 혁신/기술의 4대 목표를 수립하여 관리하고 있다.

특히 공정/품질 분야에 있어서는 RC조 기준층 골조 3-Day Cycle을 실현하였으며, 현재 순차적으로 마감세대를 배출하는 수평 TACT 기법을 추진하여 인테리어 공사를 진행하고 있다. 이는 반복 숙달을 통한 습속효과

(Learning Effect)로 품질을 극대화 시키는데 기여할 것으로 기대된다. 또한 적극적인 설계변경을 통해 지하층 Waffle Slab를 계획, 시공하여 건설명품을 실현해 나가고 있다.

혁신/기술 분야에 대해서는 지하층의 SYSS 공법, 지상층의 3개층 철근 선조립 공법, 조기발현강도 콘크리트 적용 등 신기술 신공법을 면밀한 검토와 함께 적극적으로 도입, 적용하고 있으며, 6시그마 기법을 통해 보다 체계적이고, 다각적인 검토를 이루고 있다.

4. 골조공사 3-Day Cycle

4.1 기준층 골조공사 공정

4.1.1 Zoning

기준층 골조공사 진행에서 3-Day Cycle로 진행된 101동(그림4, 왼쪽)과 4-Day Cycle로 진행된 103동의 Zoning 계획은 그림 5와 같다.

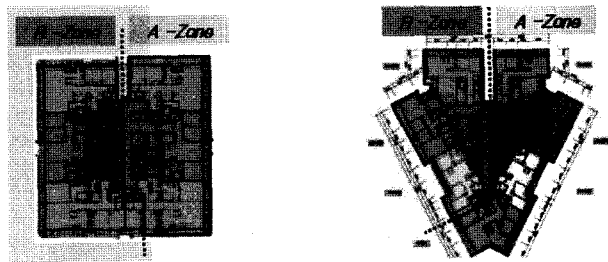


그림 5. 101동, 103동 Zoning

각 동을 작업량과 작업자의 순환작업을 위하여 분할한 Zoning별 작업량을 정리하면 표 4와 같다.

표 4. 동별, Zoning 별 작업량

구분	형틀 (M ²)	G/F (EA)	Conc (M ³)	철근 (Ton)		기둥개수 (EA)	선조립수량 (EA)	
				수직	수평			
101동	A	1,139	14	252	11.1	28.3	9	6
	B	1,002	17	288	12.8	30.7	11	7
	계	2,141	31	540	23.9	59	20	13
103동	A	1,584	18	324	19.6	44.1	20	16
	B	1,292	12	240	14.5	32.6	14	10
	계	2,876	30	564	34.1	76.7	34	26

4.1.2 3-Day Cycle 공정

당 현장에서는 국내 최초로 RC조 기준층의 골조공사를 3-Day Cycle로 진행하였는데, 세부 시간별 작업은 그림 8의 Time Table과 같으며, A,B Zone은 1일차를 두고 진행되었다. 각 일차별 작업내용을 살펴보면 다음과 같다.

1) 1일차 주요작업 내용

1일차 작업의 핵심은 ACS 인양, 기둥철근의 선조립 및 옹벽 철근 조립을 완료하고, 일품 슬라브 조립까지 완료한 후, 명일의 슬라브 철근 작업을 위해, 철근 양중까지 진행하였다.

또한 필수적으로 거푸집을 해체하기 위하여 공시체의 강도를 확인하여 소정의 콘크리트 강도(14MPa)가 확보된 것을 확인하였다. 1일차 주요 작업내용은 표5와 같다.

2) 2일차 주요작업 내용

3-Day Cycle에서 2일차 작업의 핵심은 슬라브 철근조립에 있다. 슬라브 철근 조립시에 상부근 작업과 하부근 작업을 분리하여 우선 하부근 작업을 완료하여 설비전기 작업을 진행할 수 있게 한 후에 상부근 철근을 작업하였다. 2일차 주요 작업내용은 표6과 같다.

표 5. 3-Day Cycle중 1일차 작업내용

공종	주요 작업 내용	비고
거푸집작업	1.막매김 작업시작 : AM 04:00 2.ACS 인양 3.벽체 알폼 해체 및 조립완료 4.공시체 강도(14MPa) 확인 → 슬라브 해체 및 조립 완료	
철근작업	1.철근(기둥,Wall) 인양 (AM 5:00) 2.슬라브 철근 야간(PM 20:00) 양중 3.기둥 철근 선조립 완료 (오전)	
CON'C	1. 콘크리트 15시간 이상 양생 (슬라브 해체 강도 14MPa 확보) 2. 전일 17:30 타설 완료 ->11:00 슬라브 해체 시작	

표 6. 3-Day Cycle중 2일차 작업내용

공종	주요 작업 내용	비고
거푸집작업	코어부 알폼 설치 완료 : 10:00	
철근작업	1. 철근 슬라브 조립 -> AM 6:30 작업시작 -> 별도 안전체조 및 TBM 실시 2. 하부근 배근 완료 후 상부근 배근 ->후속 공정(전기,설비) 고려 3. 철근 배근 완료 : PM 20:00	
전기,설비 작업	전기 및 설비 공사 -> 철근작업완료후 익일 2시간 마감	
기타	검측실시 : PM 17:00 ->익일 코어 옹벽 선타설 협의	

3) 3일차 주요작업 내용

3-Day Cycle 중 3일차에는 콘크리트 타설 작업이 주를 이루었는데, 콘크리트 타설을 수직부와 수평부가 강도가 달라 AM 9:00부터 코어옹벽과 기둥부터 타설을 완료한 후 슬라브 타설을 실시하였다. 수직부(코어옹벽, 기둥) 타설 동안 전기,설비 작업을 완료하고 감리 검측을 진행하였으며, 주요 작업내용은 표7과 같다.

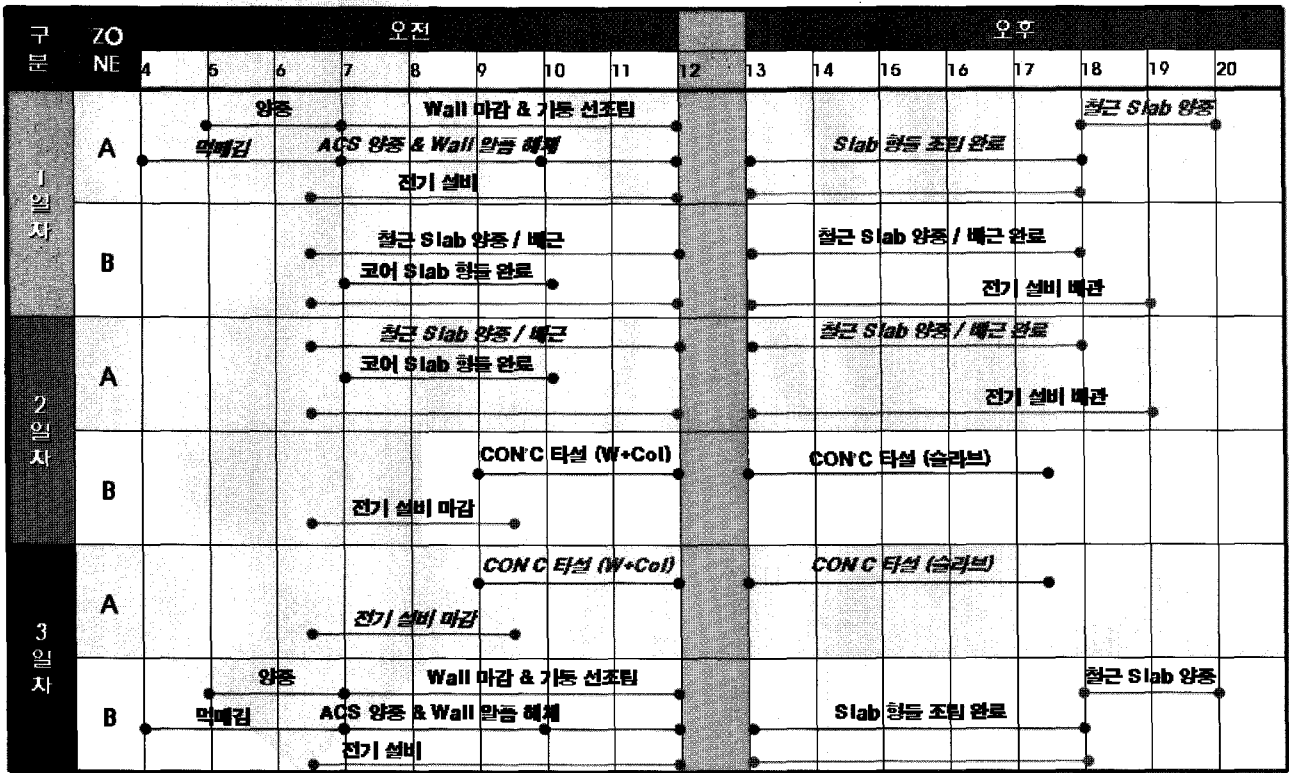


그림 6. 기준층 골조 3 Day Cycle Time Table

표 7. 3-Day Cycle중 3일차 작업내용

공종	주요 작업 내용	비고
거푸집작업	1.방수터 (내외부) 마감 2.레벨봉 설치	
철근작업	1.외부 방수터 형틀 설치 후 → 피복 유지 완료 2.뿔어치기 구간 조립 완료 : AM 10:00	
전기, 설비 작업	1.전기, 설비 작업 종료 후 점검 → AM10:00	
CON 'C	1.Core Wall과 COL 타설시작 : AM09:00 2. 「기동+Wall 타설 완료」 : AM 12:00 3. 「슬라브 타설 완료」 : PM 17:30	

구분	A zone 타설일				B zone 타설일			
	C/D	W/D	비고	C/D	W/D	비고		
17F	06.09.30	4	3	TC 1	06.10.02	5	3	TC 1 / 휴일 1
16F	06.09.26	4	3	휴일 1	06.09.27	4	3	휴일 1
15F	06.09.22	3	3		06.09.23	3	3	
14F	06.09.19	4	3	휴일 1	06.09.20	4	3	휴일 1
13F	06.09.15	3	3		06.09.16	3	3	
12F	06.09.12	6	3	휴일 1 / TC 1 / 비 1	06.09.13	6	3	휴일 1 / TC 1 / 비 1
11F	06.09.08	4	3	휴일 1	06.09.09	3	3	
10F	06.09.02	4	3	설비층(+200mm) 1	06.09.04	5	3	설비층(+200mm) 1
9F	06.08.29	5	3	휴일 1 / 비 1	06.08.30	4	3	휴일 1
8F	06.08.24	5	4	휴일 1	06.08.26	4	4	
7F	06.08.19	4	4		06.08.22	5	4	휴일 1
6F	06.08.15	8		휴일 1	06.08.17	8		
5F	06.08.07							
4F	06.07.22							
3F	06.07.08							

■ 세팅층 : G/F, ACS, AI-Form Setting

그림 7. 3-Day Cycle 실제 진행 일정

4.2 실시 3-Day Cycle 공정

당 현장에서 계획하고 실제로 3 Day Cycle로 시공된 구간은 그림 7와 같다. Gang Form, ACS, 알루미늄 Form이 셋팅(3-5층)완료한 후 조정기간을 거쳐 9층부터 17층까지 9개층(18개 ZONE)을 시공 완료하였다.

이는 12개층 중 75%(9개층)를 3일 공정을 준수하여, Calendar Day 35일 동안 9개층을 시공한 것이다. 이후는 외기의 영향으로 필요한 시간까지 알폼 해체 강도 (14MPa)를 확보할 수 없어 4일 공정으로 전환하여 시공하였다.

아직까지는 콘크리트 강도 확보의 기술적 한계로 6월 부터 9월까지 하절기에만 적용 가능한 것으로 판단된다.

5. 3-Day Cycle 추진 문제점 및 해결방안

5.1 문제점

초고층 주상 복합건물의 기준층 Cycle Time을 3공정으로 달성하기 위해서 해결해야할 과제로 다음과 같은 사항을 도출할 수 있었다.

5.1.1 갱폼과 알폼의 효율성 증대

초고층 건물의 외부 거푸집인 갱폼과 내부 거푸집인 알폼의 작업 효율성을 확대하여, 거푸집 해체 및 조립을

1일안에 작업을 완료하여야 가능하다. 또한 초고층 건물에서 작업자의 순환과 작업량의 조절을 위하여 작업 Zoning은 필수 요소인데, 이러한 작업 Zone 구별에 따라 끊어치기 부분의 발생, 거푸집 작업의 작업진도 차이에 의한 단차의 발생과 철근 배근시(A Zone) 슬라브 거푸집이 후속으로 진행되는 부분(B Zone)에서 도포한 박리제에 의한 철근의 오염 등과 같은 문제를 수반할 수 있다.

5.1.2 타워크레인 인양 작업량의 과다

초고층 건물의 경우 수직부재에 SD500 철근의 사용이 일반화되면서 이음길이가 과도하게 길어지는 문제가 발생할 뿐만 아니라 철근 순간격을 확보하기가 어렵다는 문제점이 대두된다. 그리고 초고층 건물이므로 양중시간이 과다하게 소요되므로 양중횟수를 최소화하여야 철근작업 시간을 최소화하여 Cycle Time을 축소할 수 있다.

5.1.3 슬라브 거푸집의 조기해체

기준층 골조공정의 3-Day Cycle을 실현하기 위해서는 슬라브 알폼을 해체할 수 있는 소정의 콘크리트 강도(14MPa)를 필요시간 까지 확보하는 것이 핵심이다. 만약 콘크리트 강도가 조기에 발현되지 않아서 거푸집을 해체하지 못할 경우 3-Day Cycle은 불가능 하다. 대안으로 거푸집을 두 벌 또는 세 벌을 적용할 수 있으나 거푸집 재료비와 인건비의 과다 투입으로 실효성이 떨어지게 된다. 그러므로 조기강도 발현 콘크리트는 필수요소 중의 하나이다.

5.2 해결방안

앞 절에서 언급한 3-Day Cycle 공정을 실현하기 위해서 해결하여야 할 문제점을 도출하였는데, 각 문제점별 당 현장에서 적용한 해결안을 살펴보면 다음과 같다.

5.2.1 거푸집 작업의 효율성 증대방안

갱폼과 알폼 작업의 효율성뿐만 아니라 거푸집과 관련된 타 공정에 대한 효율성을 동시에 향상 시킬 수 있는 계획을 수립하여 Time Table의 시간을 준수 할 수 있었는데, 그 구체적인 내용을 살펴보면 다음과 같다.

1) 슬라브 알폼에 고유번호를 부여함

슬라브용 각 알폼에 Numbering을 하여 항상 같은 위치에 같은 알폼 판넬이 위치하도록 함으로서 작업의 효율성을 높이고, 전기·설비 작업의 효율성을 높이도록 하였다.

2) 끊어치기 부위에 별도의 전용 알폼을 제작하여 설치·해체 시간을 최소화하였다.

3) 외부 갱폼에 슬라브 철근의 주간대와 주열대가 변화하는 위치를 표시하여 철근작업의 효율성을 증대하였다. 또한 커튼월 설치를 위한 Embedded Anchor 위치를 외부 갱폼에 표시하여 작업의 효율성을 높이도록 하였다.

4) 끊어치기에 의해서 필수적으로 발생하는 단차부위에는 슬라브 알폼에 구멍을 뚫어 안전 난간대를 설치함으로써 작업자의 추락위험 요소를 제거하였다.

5) 철근에 박리제가 오염되는 것을 방지하기 위해서 메탈라스 발판에 부직포를 붙여서 작업자의 통로에 깔아 오염방지뿐만 아니라 작업자의 전도를 예방하였다.

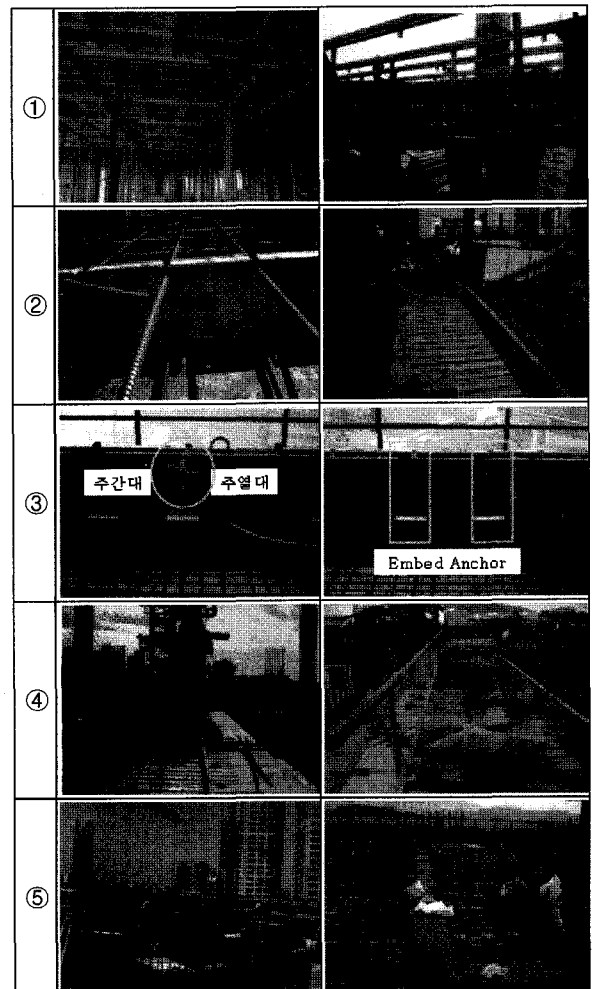


그림 8. 거푸집 작업 효율성 증대 방안별 시공사진

5.2.2 기둥철근 선조립 공법의 적용

철근작업의 효율성과 양중회수를 최소화하기 위하여 기둥철근 현장 선조립 공법을 적용하였다. 또한, 기둥철근 선조립시에 3개층분 기둥철근을 1회 선조립으로 배

근을 완료하여(그림 9 참조), 이음철근에 대한 VE를 실현할 수 있었다.

세부 내용을 살펴보면 수직 Zoning에 대해서는 3N, 3N+1, 3N+2의 3개의 Grouping을 통해 Zigzag로 진행하였다.(그림 11 참조) 이는 각 층별로 기둥철근을 4~5개씩 평준화하여 시공함으로써, 노무의 평준화를 동시에 이룰 수 있었다.

또한 수평 Zoning에 대해서 층별 선조립 기둥 시공을 나란하지 않게 분포시킴으로써, TC, CPB 등의 장비 간섭을 줄일 수 있었으며, 선조립 기둥 설치중 간섭을 최소화하여 효율성을 높일 수 있었다.

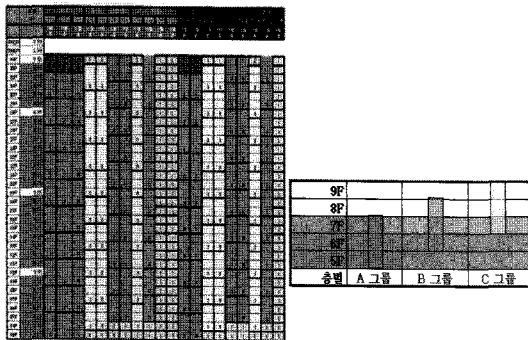
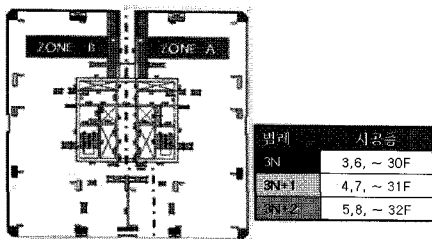


그림 9. 선조립 기둥의 수평,수직 Zoning

3개층 기둥 철근 선조립 공법의 핵심 요소 기술은 선조립 기둥의 변형 방지 및 자립도 유지 방안이다. 당 현장에서는 수차례의 Mock-Up을 통해 인양할 시 변형을 방지하기 위하여 철근인양용 트러스를 별도로 개발하여 제작, 활용하였으며, 또한 기둥의 상부 중앙 하부에 D25 철근으로 수평보강을 하여 철근 변형을 방지할 수 있었다.(그림 10 참조)

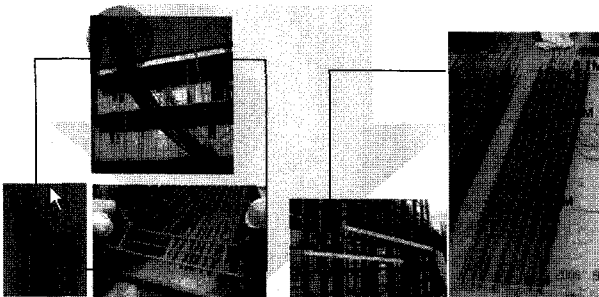


그림 10. 선조립 철근의 변형방지

또한 고층으로 풍압이 높은 상황에서 10.8M 선조립 기둥 철근의 설치후 자립도를 유지하는 문제는 이 공법을 적용할 수 있는 핵심 과제이다. 자립도 유지를 위해, 시공시에는 #10번 철선 결속을 통해 이음을 완료하고, 설치 후에는 외부 갱폼에 고정하는 방식과, 마넨라로프를 이용한 방식을 동시에 적용함으로써, 자립도를 유지할 수 있었다.(그림 11 참조)

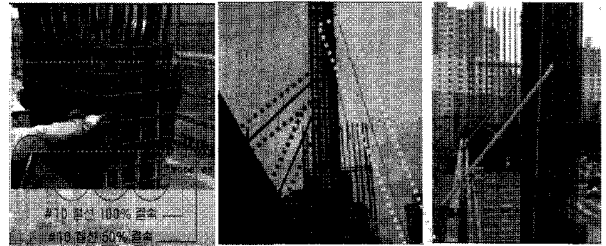


그림 11. 선조립 철근의 자립도 유지

철근 선조립 공법을 진행하기 위해서는 가공장 확보가 필수적이다. 도심지의 주상복합 공사에서는 소요 Yard를 확보가 어려운데, 용산 파크타워 현장에서는 TC 2대가 교차하는 원형 외플 구간에 선조립장을 세팅하여 활용하였다. (그림 12 참조)

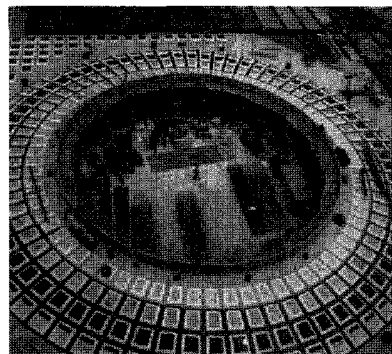
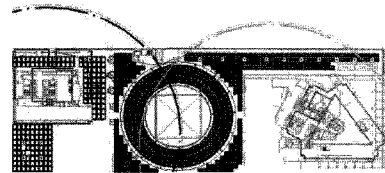


그림 12. 철근 선조립장

5.2.3 조기강도 발현 콘크리트 적용

콘크리트 타설을 오후 5시에 몰드를 제작해, 익일 오전 11시에 슬라브 거푸집을 해체하기 위해서는 18시간 내에 14MPa의 강도를 발현하는 콘크리트를 개발하여 적용하였다. 이는 실제 알폼에 조기강도발현 콘크리트 Mock Up을 통해 타당성을 검증하였으며, 실 적용한 콘크리트의 배합표는 표 8과 같다.

또한, 3D Graphic Simulation을 통해 직원과 협력업체, 전 근로자들이 공정을 공유하여 실천의지를 높일 수 있는 계기가 되었다.

6.3 시공계획 수립 및 PCM 실시

시공 前단계에서 골조 3공종(형틀, 철근, 콘크리트 공사)이 개별적인 심화 검토를 이루었고, PCM(Pre Construction Meeting)에서는 통합 보고회를 실시하고, 기술팀 검토를 함께 진행함으로써, 공종간의 협력체제를 갖추고 공사 중 발생할 수 있는 문제점들을 사전에 도출, 조율함으로써 공종간의 분쟁의 여지를 제거할 수 있었다.

또한, 할석 발생을 저감에 대한 품질관리 목표제를 동시에 추진함으로써 삼성건설 기준 대비 62%의 할석을 저감하였다.

6.4 작업지도서 작성 및 교육

현장소장에서부터 전 근로자까지 Single Goal 공유를 위한 작업지도서를 작성하였으며, 지속적인 교육을 통하여 그 실효성을 높이도록 하였다. 협력업체 소장들이 3-Day Cycle Time Table 준수하겠다는 서명식을 시행하여 전체 협력업체들과 공감대를 형성하도록 하였다.

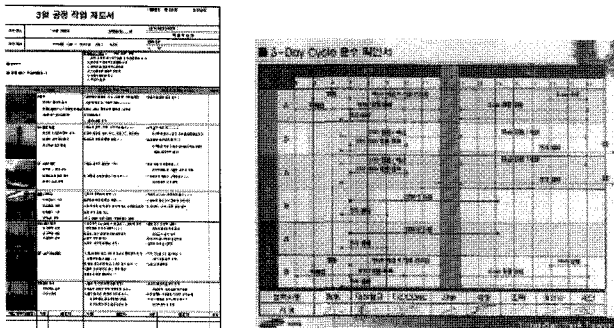


그림 17. 작업지도서 및 Time Table

6.5 Soft 공정관리

당 현장에서는 3-Day Cycle 착수 시점 1년 전부터 Zoning, Form, ACS 선정, 도면 확정, Mock Up 등의 기술적인 검토부터 작업지도서를 통한 시공계획 공유, Time Table 준수 서약 등의 관리사항까지 핵심 Activity를 선정하여 D- Soft 공정관리를 실시하였다.

이는 월간, 주간 공정표에도 주요 사항으로 반영해 Cross Check함으로써, 다수의 요소기술과 관리 기술이 필요한 항목을 누락없이 일정에 맞추어 진행할 수 있었다.

	D-360	D-270	D-180	D-120	D-90	D-60	D-10	D-DAY
기초 SYSTEM	Zoning ·Site-Form / ACS 선정 ·Plan 수립 ·Form /도면 ·인원확보선정	FORM 확장	·대형인 콘크리트 ·공사차기 ·복합성 ·견고성 ·확수력	도면 승인	문제점 발굴 /해결	·경도, 밀도 표준화 방안추진	Time Table 준수서약	
철근	·COL 선지침을 위한 수직방향 규격통합	·해고도면 도출정리 ·이음방안 (경사/수직) ·전도방지	선조립 Mock Up	·현장시 문제점 해결 방안 도출 ·COL 선조립 경회용방안	·공의 직각 ·은부 처리 ·점속 Flow ·차체 방향 ·선용 공중간 문제점	·COL 콘크리트 Zoning (추진사항) ·연립성(연립방안) 도출시행	·사양확립 ·차량관리 ·사각관리 ·사각방정 ·이음관리	06년 08.29.
CONC	·조기발도 방한 콘크리트 기술연구 ·도면	해체강도 기술검토	·경도Test ·Mock Up			·선형지침 ·인원추진 계획 ·위탁 계약		

그림 18. 3-Day Cycle Soft Schedule

7. 결론

초고층 주상복합 건물이 주요 거주 형식으로 자리매김을 하면서 건설사마다 골조 공기 단축에 기술력을 집중하고 있다. 현재 주상복합 기준층 Working Day는 평균 5일이 소요되고 있는 상황에서 3 Day Cycle 실현은 획기적인 기술력의 진보로 평가된다. 골조 공기의 확보는 곧 마감공기 확보로 품질향상으로 이어질 것이다.

용산 파크타워 현장의 3 Day Cycle 성공 원인은 크게 세 가지로 요약할 수 있다.

첫째, 삼성건설의 'KOM-기술학습회-Mock Up-시공 계획 수립 및 PCM 실시-작업지도서 작성 및 교육' 등의 공사관리 프로세스를 성실하게 이행한 점이다.

둘째, 일차별 Time Table (Process) 및 요소기술을 개발하고, Mock Up을 통해 타당성을 검토한 후 표준화하여 적용한 점이다.

셋째, 위의 두 사항에 대해 Soft 공정관리를 통해 적절한 시간에 맞추어 통합적으로 관리하였다는 것이다.

'프로세스 이행, 요소기술 개발 적용, 합리적인 공정 관리'가 유기적으로 결합되어 완벽하게 진행될 때 3 Day Cycle이 가능할 것이다.