



베트남에서 골조공사 3일 공기 구현 및 현장 안전 · 환경관리

The Realization of 3-day Cycle & Control of Safety and Environment in Vietnam

차한일 Cha, Han Il **김정학** Kim, Jeong Hack **정형철** Jeong, Hyeong Cheol **김명국** Kim, Myoung Gug **석희철** Seok, Hee Cheol
 롯데건설(주) 건축사업본부 롯데건설(주) 건축사업본부 롯데건설(주) Lotte Center Hanoi 낙천영광자산유한공사 롯데건설(주) 건축사업본부
 건축기술팀 차장 건축기술팀 수석 주재임원 총경리 잡질 C2 건설 본부장

1. 머리말

초고층 건축은 일반 건축과는 다르게 설계, 시공, 유지관리에 이르기까지 각 분야의 수많은 전문가들이 참여하여 프로젝트를 수행하게 된다. 각 분야별 전문가들은 원가절감, 품질확보, 공기단축 및 안전 확보와 같은 목표를 이루기 위해 초고층 건축물 요소기술 개발에 매진하고 있다. 특히 건설사업비에 큰 영향을 미치는 공사기간은 대단히 중요한 요소로, 초고층 건축현장의 PM은 공기단축 가능여부의 지표로 활용되고 있는 층당 공기(층당 Cycle)에 지대한 관심을 갖고 있으며, 층당 3~4일 공정 구현(Calendar Day 기준)을 위한 많은 노력을 기울이고 있다. 아울러 당 현장의 주변 상황(서측 : 호주대사관, 동측 : 일본대사관, 북측 : 국제학교 인접)으로 인해 초고층 건축의 안전 및 환경관리 측면도 공기단축 못지않게 프로젝트 성공을 위한 주요 요소로 평가되었다. 이에 롯데건설에 의해 성공적으로 완공된 Lotte Center Hanoi Project<표 1>에 적용된 층당 3일 공정기법과 현장 안전 · 환경관리에 대해서 소개하고자 한다.

표 1. 프로젝트 개요

구분	내용				비고
공사명	Lotte Center Hanoi Project				
설계사	개념설계(Callison, 미국), 실시설계(도울), 포디엄 외장(Benoy, 영국), 설계변경(정림), 호텔인테리어(HBA, Wilson, 미국), 전망대(노무라), 구조(한국구조, 동양)				
시공사	롯데건설(주)				
공사규모	타워 : 전망대, 호텔, 오피스, SR(7~65F) 포디엄 : 백화점(1~6F), 지하층 : 마트(B1F), 주차장(B2~B5F)				
층수	65F, B5F	건물높이	272 m		
대지면적	14,094.00 m ²	건축면적	8,822.83 m ²	연면적	
타워구조	횡력저항 : 코어 + 철팔아웃리거(32, PH1F) 슬래브 : Flat Slab + 외주부 테두리보				
지하구조	RC 와이드빔				

2. 층당 3일 공기 적용

2.1 골조공사 개요

코어의 경우 2개, 외주부의 경우 4개 조닝으로 나누어져 골조공사가 이루어졌다. 골조공사에 대한 추가 정보는 <표 2>에 언급을 하였다.

2.2 준비단계

기준층 골조 공사기간의 층당 3일 공기 구현을 위해

표 2. 골조공사 개요

구분	상세내용			
공동 사항	세팅층	-1~7F		
	기준층	-8~30F, 35~65F:54개층		
	비 기준층	-철골 아웃리거 층(32F, PH1F) -아웃리거 철골기둥 설치층 (31~34F, PH1~RF)		
	층고	-기준층: 4.0m, 3.5m		
	콘크리트	-고유동성 조강형 콘크리트		
	형틀	-ACS/RCS 시스템, 알루미늄 폼		
코어	벽체두께	-외벽: 700~1,100, 내벽: 200, 300mm		
	구분	형틀	철근	콘크리트
	기준층 코어 물량	1,089m ²	38ton	340m ³

평면셋백

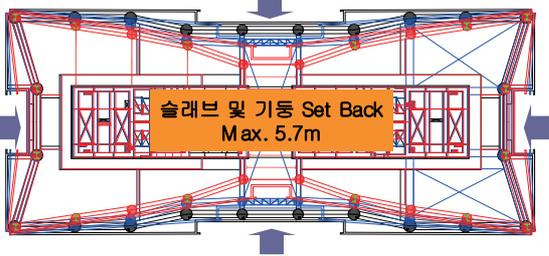


표 3. 층당 3일 공기 구현을 위한 분석대상 항목 도출

구분	내용
시스템 관리	1. 인원, 자재 및 장비부하 표준화를 통한 자원 균등화 2. 시스템 폼(ACS, RCS) & 알루미늄 폼에 대한 작업방법 교육 및 반복훈련과 작업인력의 고정화를 통한 학습효과 증진 및 생산성 증대
공사 관리	3. 공정간 부하량 분석을 통한 프로세스 표준화 4. 코어선행 및 외주부 분리시공을 통한 대기시간 <표 4> 해소
재료 관리	5. 시스템 폼(ACS, RCS) 인상에 필요한 강도증진, 조기 강도 및 시공성 확보

시스템관리, 공사 관리 및 재료관리 측면에 대해서 개별적인 분석과 구체화 작업을 거쳐 상호 최적화 될 수 있도록 통합관리를 하였다<표 3>.

2.3 적용단계

상기 세 가지 관리측면에서의 각 항목에 대한 개별 분석을 통해 층당 3일 공기를 구현할 수 있었으며, 분석된 현장 적용 안에 대해서는 아래에 상세히 기술하였다.

2.3.1 인원, 자재 및 장비부하 표준화를 통한 자원 균등화

공사 기초 물량에 대한 노무자의 기본 생산성 분석과 양중 장비(T/C) 및 타설 장비(CPB) 각각에 대한 양중부하량과 타설량 분석 결과를 기준으로 노무자의 생산성을 분석하여 공기 산정의 기준으로 삼았다.

2.3.2 시스템폼(ACS, RCS) & 알루미늄 폼에 대한 교육, 훈련 및 생산성 증대

시스템 폼(ACS, RCS)을 적용하여 T/C 양중 부하 감소효과와 T/C 효율을 극대화하였으며, 작업자의 생산성 향상을 위한 공정분석을 통해 공기지연 발생 가능성이 있는 부분에 대해서 프리패브(Prefab)화 및 Unit화(철근 선 조립, 시스템 폼 적용, 재래식 합판구간 최소화 및 작업자 교육)를 유도하였다.

2.3.3 공정간 부하량 분석을 통한 프로세스 표준화

층당 골조공사 공기의 기준이 되는 1개층 공사 관리 프로세스를 수립하여 적용하였으며, 아울러 현지 기후 조건 및 건설여건을 고려해 Working Day 기준 층당

표 4. 코어 및 외주부 층별 대기일수

코어부		외주부		
구분	내용	대기일	구분	대기일
RCS 외	RCS, 원형기동폼 세팅 시스템비계 설치(전면)	24	30F	15
8F~10F	2차 세팅 (RCS 후면 및 측면)	15	31F~33F	17
34F~36F	철골 아웃리거 및 기계실	25	63F~65F	25
PH1F~RF	철골 아웃리거 및 기계실	25	합계	57
합계		89		
총합(코어부 + 외주부) = 146일				

2.5day(하절기) 및 3.0day(동절기, 12월~1월) 공사 관리 프로세스를 구축하여 실제 골조 공사에 적용하였다(그림 1).

2.3.4 코어선행 및 외주부 분리시공을 통한 대기시간 해소

외주부와 코어의 공사에 따라 대기시간 발생을 사전에 차단하기 위해 코어 CPB 2대, 외주부 CPB 3대를 적용하여 대기시간을 성공적으로 해소하였다(그림 2).

2.3.5 시스템 폼(ACS, RCS) 인상에 필요한 강도증진, 조기강도 및 시공성 확보

조기강도 확보, 강도증진 및 압송능력 개선을 위한 슬럼프 플로우 타입 콘크리트 배합을 적용하였으며, 특히 층당 3~4일 공기 달성을 위해 필수적인 시스템 폼(ACS, RCS) 인상강도(10 MPa)를 확보하기 위해 콘크리트 설계기준강도(41~RF)를 40 MPa에서 50 MPa로 상향 조정하였다. 공기에 지대한 영향을 미치는 폼 해체 및 시스템 폼(ACS, RCS) 인양 시간 저감을 위한 양생시간

을 단축하여 당초 18시간(하절기), 22시간(동절기)에서 12시간(하절기), 14시간(동절기)으로 각각 6시간, 8시간 양생시간을 단축하였다(그림 1).

2.4 고찰

해외건설 공사현장에서의 골조공사 층당 3일 또는 4일 달성을 위한 사전분석 단계의 중요성을 재차 강조하고자 한다.

- 1) 골조공사 공중별 작업자의 생산성에 바탕을 둔 조닝 계획과 아울러 작업의 단순화/체계화를 위한 단위 공간에서의 공사관리 프로세스가 필요하며, 가설계획단계에서 T/C, 호이스트, CPB 등에 대한 양중부하를 분석하여 작업자의 작업량이 최소화 될 필요가 있다.
- 2) 코어월 및 외주부 시스템 폼 결정시 코어월과 외주부를 연계하여 검토할 필요가 있으며, 검토 시 추가적으로 층고변화 정도와 코어 형상이 고려되어야 한다.
- 3) 초고층 건축의 경우 자재 및 인력의 이동이 수직으로 이루어지기 때문에 수직동선 확보가 필수적이다. 필요시 코어와 외주부 분리의 경우에도 대기시간의 철저한 분석과 수직동선 고려가 선행 되어야한다(표 5).

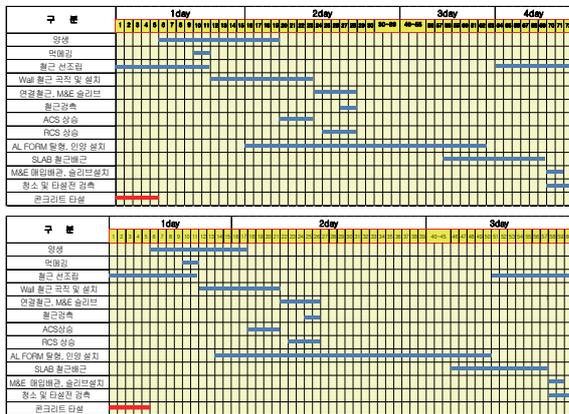


그림 1. Working Day 기준 층당 3.0일 및 2.5일 공정표

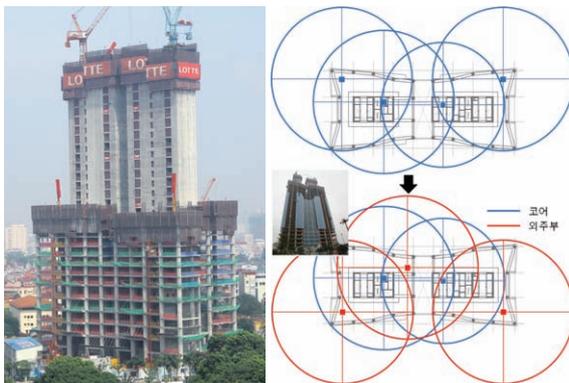


그림 2. 코어선행 및 외주부 분리시공

표 5. 코어 및 외주부 작업자 수직 동선

①	외부 고속 호이스트
②	계단실 이용
③	서틀 호이스트 이용
④	사다리
	- 코어 내부 계단이 외주부 작업층 보다 3개층 선시공되어 계단을 통한 외주부 작업장 동선 확보
	- 서틀 호이스트를 이용한 코어 작업자 동선 확보
	- RCS 최하단까지 가설 사다리 이용 후 RCS를 통해 코어 최상단까지 이동
	- 코어가 외주부 보다 3개월 먼저 종료함에 따라 전기, 설비 메인 입상 작업 및 E/V 작업이 선행되어 호이스트 해체, 커튼월 막기, 호이스트 구간 건축 및 인테리어 마감 공사 등 전체 공정을 끌어당기는 효과

4) RC 공사에서 콘크리트 타설, 양생, 강도 발현은 층 당 3일 공기 실현에 제약요소가 되므로 현장 특성에 맞는 타설시간과 양생시간의 정량화와 더불어 고성능 콘크리트 배합 개발이 필요하다.

3. 안전 · 환경관리

3.1 개요

베트남 현지의 건설 현장 안전 · 환경관리가 국내 1980년대 수준으로 걸음마 단계에 있는 실정이었다. 이러한 베트남 현지 안전 · 환경관리의 낮은 의식수준과 당 현장이 초고층 건축물이라는 특수 조건을 동시에 고려하여 현장 안전 · 환경관리 계획을 수립하여 적용하였다. 2009년 10월 22일 기공식 후 현장조사와 보드파일 보강을 거쳐 2010년 5월 본 착공을 하여 2014년 6월 30일에 무재해 7배수(1천 4백만 시간)를 달성하였으며, 준공 후 2014년 9월 2일 그랜드 오픈까지 안전하게 공사 진행을 마무리 하였다.

3.2 안전 · 환경관리 중점사항

기본적으로 국내 시스템을 도입하였으며, 자동세륜기, 고압살수기 등을 도입하여 비산먼지 발생억제 및 주변도로 물청소를 통해 철저한 환경관리에 만전을 기하였고, 현장내 침사조, 침전조를 운영하여 배출수 관리, 외곽도로 준설 등을 통한 수질관리를 시행하였다. 도심지 밀집지역에서의 추락 및 낙하물 방지를 위한 ACS, RCS, RCS_P 등의 시스템 품을 도입하였고, 외부를 수직보호망으로 감싸 추락 및 낙하물 재해를 원천적으로 차단하였다. 지상 1층 바닥의 다양한 레벨(500 ~ 1,400)을 극복하기 위해 EPS 블록을 활용한 아스콘 가포장을 통하여 차량계 운반, 하역 기계작업의 운반동선과 안정성 확보 및 근로자에게 안전한 작업환경 제공 등 전체적으로 안전한 작업환경을 구현하였다. 아울러 손혈관 인식장치를 통한 실시간 근로자 관리체계를 구축하여 불안전 행동자, 안전규정 위반자 식별, 퇴출 및 출입을 원천 차단하였다.

3.3 안전 · 환경 관리 성과

철저한 안전 · 환경 관리의 노력을 베트남 정부가 인정하여 2013년과 2014년 2년에 걸쳐 안전 · 환경관리 우수 현장상을 베트남 하노이 인민위원회 및 베트남 노동부장관으로부터 각각 수여받았다(사진 1).

4. 맺음말

현재 시점에도 전 세계적으로 기준층 골조 공사 층 당 3일 또는 4일 공기 달성을 위해 많은 기술자들은 머리를 맞대고 고심을 하고 있을 것이다. 하지만 RC 공사



(a) 추락 및 낙하물 방지 대책 (b) 가포장하여 1F 평탄화구현



(c) 손혈관 인식장치 적용 (d) 안전체험장



(e) 화재진압 모의 훈련 (f) 안전 · 환경관리 우수현장(2013년 6월)-베트남 하노이 인민위원회



(g) 우수 안전관리자상 2014년 3월-베트남 노동부 (h) 안전 · 환경관리 우수현장포장 (2014년 3월)-베트남 노동부장관상 외국계 기업 최초

사진 1. 안전 · 환경 관리 중점사항 및 성과

의 복잡성과 예기치 못한 변수에 의해 소기의 목적을 달성하기는 요원할 수 있다. 마찬가지로 당 현장에도 건설 기술이 낙후된 베트남에서 층당 3일 공기 달성을 위해 많은 시행착오를 겪었으며, 지속적인 협업과 교육을 통해서 그 문제를 해결하였다. 그 결과 코어 A의 경우 12개층(층당 4일 공기 달성 포함시 : 25개층)에 대해서 Calender Day로 층당 3일 공기를 달성하였으며, 코어 B의 경우 7개층(층당 4일 이내 공기 달성 포함시 : 19개층)을 Calender Day로 층당 3일 공기로 시공을 완료하였다. 전체 기준층(54개층)을 기준으로 비교했을 때 코어 A의 경우 22.2%(층당 4일 이내 공기 : 46.3%)와 코어 B의 경우 13.0%(층당 4일 이내 공기 : 35.2%)의 층에 대해서 층당 3일 공기를 달성하였다. 지상층 전체 골조 공기 494일(2012년 3월 24일 ~ 2013년 7월 30일) 기준으로 하면 층당 7.4일로 베트남에서 초고층 골조공사를 최단기간에 무재해로 준공한 사례로 기록되었다. 이러한 측면에서 위안을 삼고 있지만 상기 고찰에 언급한 바와 같이 사전시공단계에서 심도 있는 검토가 진행되었다면 전체 기준층 기준으로 40% 정도는 Calender Day로 층당 3일 공기 달성이 가능했을 것으로 사료된다. 층당 3일 공기 달성을 위해 기술적으로 많은 검토가 필요하나 필자가 생각하는 기술외적으로 중요한 사항이 있다면 당사자 간의 층당 3일 공기 달성에 대한 확고한 의지와 원활한 커뮤니케이션이 아닐까 생각한다. ☑

담당 편집위원 : 서태석(현대건설(주)) tsseo@hdec.co.kr



차한일 차장은 아이오와 주립대학교(Iowa State University, Ames)에서 석사학위를 취득한 후 2005년부터 롯데건설(주)에서 재직 중이며, 롯데센터하노이 프로젝트에서 설계관리를 담당하였다. 현재는 건축사업본부 건축기술팀에서 구조 VE 및 현장지원을 담당하고 있다.
gohanil@lottenc.com



김정학 수석은 한양대학교 건축공학에서 공동주택의 주거만족에 관한 연구로 박사학위를 취득하였고, (주)롯데건설 기술연구원에서 CM 관련 연구를 수행한 바 있으며, 2013년부터 건축사업본부 건축기술팀 팀장으로 재직하고 있다. 주 관심 연구 분야는 공정관리를 포함한 건설관리 및 기술개발 등이다.
jhkim@lottenc.com



정형철 상무는 인하대학교 건축공학과를 졸업하였으며, 1990년부터 롯데건설(주)에 재직하며 방송국, APT, 호텔, 백화점, 주상복합 등 현장소장으로 다양한 프로젝트를 경험하였다. 베트남 하노이에 위치한 LOTTE CENTER HANOI PROJECT(B5, 65F, H=272 m)의 현장소장으로 성공적으로 프로젝트를 수행하였다. 주요 관심 분야는 초고층 프로젝트 Pre-con 단계 원가 및 공기절감 분야이다.
hcjung@lottenc.com



김명국 총경리는 조선대학교 건축공학과를 졸업하였으며, 롯데건설(주)에 입사한 후 일본(12년)과 베트남(4년)의 주재임원으로서 롯데건설에서 추진했던 다수의 해외 프로젝트 수행에 주도적인 역할을 하였다. 현재는 중국 프로젝트의 전초기지인 낙천영광지산유한공사 총경리로 재직 중에 있다.
kimgug0211@lottenc.com



석희철 본부장은 1986년부터 롯데건설(주)에 첫발을 내 디딘 후 초고층 프로젝트 관련해서 2006년 초고층 프로젝트 추진 위원장을 시작으로 현재 잠실 C2 건설 본부장으로서 잠실제2롯데월드 프로젝트를 주도하고 있다. 잠실제2롯데월드 프로젝트를 통해 한국 초고층 건축 기술 발전에 이바지를 하였으며, 전반적인 건설기술 발전에 대한 성과로 2014년 건설의 날 산업포장을 수상하였다.
seokhc@lottenc.com