

Track 2 초고층 건축기술

여의도 트럼프 월드

박문효 · (주)대우건설 트럼프월드 현장 소장
 안재현 · (주)대우건설 트럼프월드 현장 차장

개요

최근 건축물의 대형화·고층화·복잡화 경향이 대두되어, 대형 건설회사들 중심으로 초고층 빌딩 건립이 추진되고 있으며 특히, 주거용 아파트에 초고층 빌딩 개념이 도입되어 우리나라 건축 기술발전에도 큰 획을 긋고 있다. 미국의 Empire State Building은 1931년에 준공된 이래 지금도 미국 뉴욕의 상징이 되고 있듯이 초고층 빌딩은 일단 완공되면 그 시대의 기술과 문화를 상징하는 역사적인 건물로 남게 된다. 이러한 의미에서, 국내 최초로 초고층 41층 순수 RC조 아파트를 계획·시공하는 것 자체가 대우건설 기술력을 대·내외에 널리 알리는 계기가 되리라 생각된다.

공사 개요

- 위치 : 서울시 영등포구 여의도동 55-1번지
- 대지면적 : 5,289.00㎡(1,599.90평)
- 용도 : 아파트, 업무시설(오피스텔), 근린생활시설, 운동시설
- 구조 : 철근 콘크리트 구조(Wide Beam + RC Core Wall + Outrigger)
 기초(MAT 기초+STRUT+U-TURN ANCHOR+영구배수시스템)
- 층수 : 지하 5층, 지상 41층
- 건물높이 : 132.9m
- 건축면적 : 3,158.04㎡(955.31평)
- 연면적 : 78,666.63㎡(23,796.65평)
- 세대수 : 아파트 258세대
 원룸 아파트 24세대
 오피스텔 69세대

골조공사 시공계획

1) 기본 CONCEPT

본 건물은 초고층 철근 콘크리트 프레임 구조로 층간 공간 확보를 위해 Wide Beam을 사용하고, 횡방향 강성을 확보하기 위해 철근 콘크리트 Core Wall을 적용

하였다. 또한, 고강도 콘크리트를 수직부재에 적용하여 콘크리트 강도를 층별로, 수직재·수평재별로 구분 적용하였다. 따라서, 골조공사 시공 계획 작성의 기본 CONCEPT은 수직재와 수평재 콘크리트 강도 차이로 인해서 수직재 선행타설이 곤란하고, Wide Beam과 전단 Core wall과의 접합부가 일부 Passing되어 Core 선행 공법으로는 구조적인 문제를 야기할 수 있어서 한층 동시타설로 시공개념을 정립하였다.

2) 기설·안전계획

지하층이 Slurry Wall+철골 Strut(6단)+U-TURN Anchor로 흠막이가 되어 자재 야적장, 철근 가공장, 가설 콘테이너 설치등의 여유 공간이 없어서, 주북공판(30×34m)·부북공판(10×34m) 2개를 설치하여 가설 Space로 사용하였다. 자재 및 인력 인양을 위해서 14톤 Tower Crane 2대, Twin Hoist 2대, Single Hoist 1대를 설치하였고, 초고층 안전계획으로 건물 외부에 시스템 거푸집인 ACS(Auto Climbing System)로 3개층을 둘러막아 거푸집 겸용 안전시설로 이용하고 고층부 Opening 부위에는 와이어 로프식 보호막으로 안전을 최우선으로 계획하였다.

3) 철근공사 계획

구조설계 완료전에 구조설계 사무소와 철근배근 시공 가능 여부를 상호검토하여 철근 순간적 이 나오지 않는 부분은 구조설계를 조정하였다. 기둥과 Core Wall의 HD32 철근배근 부분은 철근 기계식 이음, 철근 가스압접에 대한 경제성 및 기술적 장단점을 비교 검토하여 철근 가스압접 이음으로 결정하였다.

또한, 철근 공장가공, 철근 현장가공, 철근 선조립(PRE-FAB)에 대한 장단점을 분석하여 철근배근 변경 또는 이음위치 변경 시 즉시 대처가 가능하고, COST가 저렴하며, 철근 가공 Delivery 문제로 인한 공기 지연이 없고, 철근 가공 분류에 혼란이 발

생치 않는 현장가공으로 결정하였고, 이에 대한 장점을 극대화 하기 위하여 당 PJ.의 구조 설계 사무소에 철근 SHOP DRAWINGS 작성을 의뢰하여 철근배근 및 이음위치를 정확히 하여 구조적 문제점 해결뿐만 아니라 철근 LOSS를 최소화 하였다.

4) 거푸집공사 계획

앞에서 기술한 기본 CONCEPT 및 가설·안전계획에서 언급한대로 고층부 외부 기둥 거푸집은 ACS(Auto Climbing System)를 사용하여 안전과 Tower Crane 사용 빈도를 줄여 타 자재 양중이 원활히 되도록 하였다. 외부기둥의 내측면 거푸집은 ACS와 긴결이 확실하고 전용 횡수가 뛰어난 알미늄 거푸집으로 조합을 하였다. 또한, Tower Crane 2대가 최대 설치 댓수이므로, Peak시 사용빈도와 기준층 cycle 공정을 고려하여 Core Wall Elevator Shaft 내부 거푸집도 ACS로 계획하고 Core Wall 외부 거푸집을 알미늄 거푸집으로 고층부 외부기둥 거푸집과 동일하게 계획하였다.

슬래브와 Wide Beam 거푸집은 Tower Crane 설치 댓수 제약으로 Flying Form과 같은 Tower Crane에 과부하를 주는 시스템 거푸집은 배제하고, 일반 합판 거푸집으로 작업 인원수에 따라 공기 조정이 용이한 재래식 거푸집으로 계획하였다.

5) 콘크리트공사 계획

콘크리트 강도 구분은 수직재 경우 B5~12F 400kg/cm², 13F~18F 350kg/cm², 19F~24F 300kg/cm², 25F~41F 240kg/cm², 수평재 경우 전부 240kg/cm²로 설계되었다.

콘크리트 배합설계는 (주)대우 건설기술연구소의 협조로 3가지 전제조건 아래에서

결정하였다.

1. 기둥·Core Wall·Link Beam의 과밀 배근으로 인해 조골재 20mm를 사용하고 고유동 콘크리트로 시공성 및 품질을 확보.

2. 고층부 고압 펌프 압송력에 따른 재료 분리 및 슬럼프 저하를 방지하기 위해 고점성 콘크리트로 설계

3. 외부 ACS Climbing을 위해 36시간 콘크리트 강도 90kg/cm² 이상 확보

콘크리트 품질은 현장관리도 중요하지만, Batch Plant에서의 기본 품질관리가 중요하여 초기 생산시에는 연구소 연구원이 상주하여 품질관리를 하였고, 첫 레미콘 생산전에 반드시 Batch Plant 실험을 거쳐 출하를 하도록 관리를 하고 있다. 콘크리트 타설장비는 최고 132.9m까지 콘크리트를 펌핑할 수 있는 능력이 있어야 되므로 배관 마찰력까지 감안한 펌프 Hydraulic Pressure를 계산하여 고압 Stationary Pump 종류와 고압 배관을 선정하였고, 콘크리트 타설시 배관 이동으로 인한 Wide Beam 철근배근 처짐으로 발생하는 구조적 문제를 방지하기 위해 A,B동에 각각 1대의 Concrete placing Boom을 설치하여 콘크리트 타설시간 지연으로 인한 Cold Joint 문제까지도 해결토록 계획하였다.

6) MAT기초 수화열 해석

MAT기초는 높이 2.2m, 강도 300kg/cm²로 설계되어 온도응력에 의한 균열 방지가 최우선으로 고려되었다. 콘크리트 배합설계에는 Fly Ash 30%를 치환한 저발열·고유동 콘크리트로 계획하여 온도균열 및 타설 지연으로 인한 수평 Cold Joint를 방지하였다. 타설전 (주)대우 건설기술연구소와 협조하여 수화열 해석을 Computer Simulation으로 예상 최고 수화열 온도분포·응력분포·온도 균열지수 평가를 계산

하였고, 콘크리트 양생방법 결정을 위해 5가지 경우의 양생방법을 선정하여 최적의 양생방법(양생막+비닐+양생포+비닐)을 상기 Computer Simulation을 통해 결정하였다.

7) 기둥 축소량

철근 콘크리트 건물은 콘크리트 특성상 Creep 현상에 의한 축소가 발생되게 된다. 축소량은 절대 축소량과 부등 축소량 2가지 있으나, 실제 현장에서 문제가 되는 것은 외부 기둥과 내부 Core Wall의 수직하중에 의한 상대 축소량이다. 즉, 외부기둥과 내부 Core Wall이 서로 다르게 축소가 일어남으로써 콘크리트 균열, 내부 Dry Wall 파손, 외부 Curtain Wall 틀어짐이 발생할 소지가 있다. 기둥 축소량 해결은 (주)대우 건설기술연구소와 협조하여 공사 착수전에 정밀계산 결과 최대 부등 축소량이 29층에서 27mm로 계산되었고, 시공중 4개층에 콘크리트 변형 계측기를 매설하여 실제 축소량을 측정한 후, 이를 다시 재보정 계산을 하여 시공에 반영할 계획이다.

결론

현장에 적용되는 시공기술은 어떤 현장에나 완벽하게 적용되는 기술이란 있을 수 없다. 사람의 지문이 모두 다르듯이 건물도 똑같은 조건을 가진 현장이 있을 수 없기 때문에, 시공 상황에 가장 유리하다고 판단되는 시공법을 선정하고 공사 진행에 따라 수정·보완하는 것이 좋다고 사료된다. 여의도 대우트럼프월드 현장의 경우에도 시공계획이 100% 완벽할 수는 없을 것이지만 최대한 다양한 시공 가정조건을 감안하여 계획을 세우고 이를 실행하여야 시행 오차를 줄일 수 있으리라 생각한다.