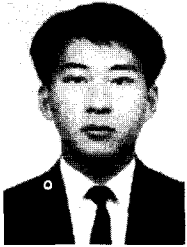


# 대우 트럼프 월드 사례로 본 초고층 건물 시공 계획

## 1. 서론



주영규\*

최근 건축물의 대형화·고층화·복합화 경향이 대두되어, 대형 건설회사를 중심으로 초고층 빌딩 건립이 추진되고 있다. 미국의 Empire State Building 은 1931년에 준공된 이래 지금도 뉴욕의 상징이 되고 있듯이, 초고층 빌딩은 일단 완공되면 그 시대의 기술과 문화를 상징하는 역사적인 건물로 남게 된다.

초고층 빌딩이란 20~25층 이상(APT는 15층 이상) 건축물과 60m 이상 높이로, 구조적으로 특별한 구조형식을 적용한 건물을 말한다. 초고층 공사는 작업내용의 복잡성에

의한 능률저하, 고소작업의 빈번함에 따른 공기지연가능 잠재요소를 많이 내포하고 있는 등의 특징으로, 보다 철저하고 종합적인 계획, 대책 수립이 필요하다.

당사에서는 국내 최초로 초고층 순수 RC조 아파트를 계획·시공함으로써 당사의 기술력을 대내·외에 높이 알리게 되었다. 본 고에서는 당사가 현재 서울 여의도에 시공중인 대우 트럼프 월드를 바탕으로, 초고층 건물의 설계 검토 및 거꾸집 공사 계획을 간략히 살펴보고자 한다.

## 2. 설계

초고층 건물에서는 건축계획, 구조, 자재, 시공성 등의 각 요소 기술들이 상호 효율적, 유기적으로 연결되어야 한다. 트럼프 월드의 설계 초안은 A건축과 B건축에서 수행

<표 1> 설계 초안 비교

구 분		A건축	B건축
건축면적		975.87평(건폐율 55.27%)	992.03평(건폐율 56.81%)
연 면 적		26,023평(용적율 1,070.2%) 지상 21,179평, 지하 4,844평	28,139.59평(용적율 1,052.47%) 지상 21,547평, 지하 6,590평
APT분양면적		18,455평(전용율 77.50%)	19,275.59평(전용율 77.04%)
건축규모		지상 45층, 지하 4층	지상 49층, 지하 5층
용도구성		아파트, 오피스텔, 근생, 운동시설	아파트, 근생, 운동시설
구 조	구조방식	Wall Column + Flat Slab	S.R.C
배치안	향	북향세대 분양부담 (층별 2세대)	정서·동향의 분양부담 (층별 2세대)
	심의가능성	Core 환기에 대한 지적가능성있으나, 심의통과 가능	입면길이 90m, 높이 170m 심의통과 어려움
상가부분 분양성	오피스텔	여의도지역 590~550만원/평 (97년 분양가), 분양가 적정한 경우 분양가능, 2,131평	없음
	상 가	지상 6층 267평 408세대(오피스텔 포함) 기준서 약 160평 분양가능	지상 5층 444평 338세대, 130평 분양가능 (당사 상가면적 산정기준)
비 고		· 아파트 분양면적 18,456평 · 주차대수 768대 · 지하주차공간의 효율적 설계로 공용부 면적 감소	· 아파트 분양면적 19,275평 · 주차대수 760대 · 동선처리미숙 및 Ramp 면적과다(A대비 △ 2,116평)

주영규((주)대우건설 기술연구소, 선임연구원·공박)

<표 2> 최종 설계 개요

공사명		여의도 주거복합 신축공사					
대지현황	위 치	서울시 영등포구 여의도동 55-1번지					
	대지면적	5,289.00 M2 (1,599.90평)					
	지역,지구	일반상업지역, 주차장설치 제한지역					
	공사종별	신 축					
건설규모	도로현황	남측 15M 전면도로, 동측 8M 도로					
	용 도	아파트, 업무시설(오피스텔), 근린생활시설, 운동시설					
	구 조	철근 콘크리트조(Wide Beam + RC Core Wall + Outrigger)					
	층 수	지하 5층, 지상 41층					
	건물높이	132.9 M					
	건축면적	3,158.04 M2 (955.31평)					
	건 폐 율	법 정	60%				
		계 획	59.7%				
	연 면 적	78,666.63 M2 (23,796.65평)					
	용 적 륜	법 정	[1+{(811.97-264.45)/5,289}] x 1000% = 1,103.52%(공개공지 설치후 완화)				
계 획		1,084.25%					
외장재료	외 벽	알루미늄 커튼월, 탄성 텍스춰드 코팅, 두께 24 칼라복층 유리					
	지 붕	콘크리트 평슬라브					
주차시설	법정대수	구 분	산 식		최 저	최 고	
		아파트	53,075.07 M2/85		624.41	624.41	
		업무시설	4,976.86 M2/(200~167)		24.88	29.80	
		근린시설	92.77 M2/(266~221)		0.35	0.42	
		운동시설	골프연습장	6타석x(0.5~0.6)/1타석		3.00	3.60
			기 타	822.23 M2/(300~250)		2.74	3.29
	총	655.38 ~ 661.52대					
계획대수	자주식	656대(장애인 주차 포함)					
	장애인주차	15대(645x2%=12.9대)					
조경면적	법정면적	5,289.00 M2 X 15%=793.35 M2					
	계획면적	808.31 M2 (15.28%)					
공개공지 면적	법적면적	5,289.00 M2 X 5%=264.45 M2					
	계획면적	811.97 M2 (15.35%)					

하였으며([표 1] 참조), 여러 요소 기술들간의 비교 검토를 통하여 A건축의 안을 채택하였으며, 구조방식 등 일부를 변경하여 [표 2]와 같이 최종 결정하였다.

국내 상당수의 40층 이상의 초고층 아파트는 철골조로 건설되고 있으나, 해외의 경우는 RC조가 일반적이다. 국내 최초의 순수 RC조 아파트인 대우 트럼프 월드의 철골조 아파트 대비 장점은 [표 3]과 같이 정리할 수 있다.

### 3. 거푸집 공사

초고층 건물의 시공 계획 중 가장 중요한 항목은 양중계획과 골조공사이며, 골조공사는 특히 Core부분에 대한 계획이 중요하다.

초고층 건물 건축에서 골조공사는 매우 빠른 Cycle로 진행되고, 전체 공기에 큰 영향을 끼치므로, Core 형태의 선택 및 거푸집 시스템의 선정이 매우 중요하다고 할 수 있다. 대우 트럼프 월드의 구조 시스템은 초고층 RC FRAME 조로, WIDE BEAM과 RC CORE WALL을 채택하였다. 설계 시, 내진 규준을 적용하였으며, 재료는 고강도 콘크리트를 사용하였다.

수직 부재와 수평부재의 콘크리트 강도 차이가 1.4 배일 때 고강도 콘크리트부터 타설하여 저강도 콘크리트 부재로 600 mm 정도 연장 타설 되어야 하는 구조 및 재료적 제한 조건 때문에, Core Wall 선형공법은 채택할 수 없었으며, 따라서 한층 동시 타설법을 채택하였다. 따라서, 한 층 단

[표 3] RC조 APT의 장점

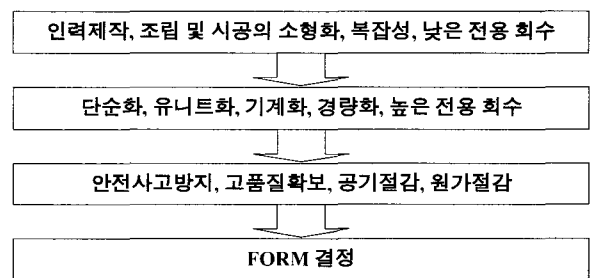
1	풍하중에대한 진동제어	▶ RC조는 철골조에 비해 통상 2배(사용성 상태)의 감쇠를 가지므로 $\sqrt{2}$ 배 유리하게 된다.						
2	바닥진동	▶ 진동수(frequency)와 초기 진폭(Amplitude)이 낮고, 감쇠(Damping)가 클수록 바닥 진동이 작다 ▶ RC조는 감쇠(Damping)가 크며(철골조의 2배 이상), 고정하중이(Wd)이 큼으로 초기진폭이 작아 바닥 진동이 작다. 일반적으로, RC조는 바닥진동에 대해 특별히 고려하지 않으나, 철골조는 반드시 검토해야만 한다. ▶ 바닥진동을 제어하기 위하여 간막이벽 간격이 제한되기도 한다.						
3	층간충격음	Slab두께	중량	경량	판정	보행소리	의자 등의 낙하물	생활상의 불화
		14cm	L=55	L=80	2급	약간 신경 쓰인다	슬리퍼에도 들린다	주의하면 문제 없다
		20cm	L=50	L=75	2급	거의 관심이 없다	나이프 등은 들린다	약간 주의하며 생활한다
4	층간차음	▶ 차음성능은 5dB 차이를 기준으로 등급을 구분하는데, Slab 두께 14cm와 20cm간에는 3.1dB의 차음 성능 차이가 난다.						
5	처짐	▶ 철은 콘크리트에 비해 고강도 재료이므로, 단면을 줄일 수 있으며 장스팬도 가능하다. 그러나 이 경우 강성의 저하로 과도한 처짐이 발생되기 쉽다. ▶ 과도한 처짐은 석고보드/벽지/붙박이장/curtain wall 등에 손상을 유발하고, 문틀/창틀을 변형시킴 ▶ 시각적 불쾌감을 유발하여 안전성에 대한 신뢰감을 저하시킴 → 건물의 효용가치(임대료) 저하						
6	내화성	▶ 철골조는 별도의 내화피복이 필요하며, 최하층과 최상층과의 거리에 따라 30분~3시간의 내화성능이 규정되어 있다. ▶ RC조는 일반적인 철근 피복두께로도 4시간의 내화성능을 지님						
7	설비	▶ 콘크리트의 열전도율은 0.4~0.5kcal/m·h·℃, 연철은 51로 철이 월등히 높아 단열성능이 약 100배 떨어진다. ▶ 보를 무시하고 슬래브 두께만을 고려할 때 철골조가 열전도율이 높다. →특별히 높은 온도를 원하는 세대에서는 상하층으로의 열손실이 많아 난방비 부담이 심하게 된다.						

위로 거꾸집을 설치하고 콘크리트를 타설하였다.

<표 4> 거꾸집 형식

재래식	: 합판, 각재
	Panel Form : Euro Form
	반시스템식 : Gang Form, Drop Head System 개량 Panel Form (Mivan, 고려, 삼목)
시스템식	: Auto Climbing System (Peri, Doka) Flying Form (Aluma)

일반적인 거꾸집의 형식은 [표 4]와 같이 정리할 수 있으며, 본 현장에서는 [그림 1]과 같은 선정 시 기본 원칙을 수립하였다.



<그림 1> 거꾸집 선정 원칙

기동에 대한 적합한 거꾸집 형식을 선정할 때, 고층(41층)으로 인한 거꾸집 전용성 및 안전성 측면을 고려하여 T/C 양중에 의한 Gang Form 또는 Auto Climbing System을 우선적으로 검토하였다. Gang Form과 Auto Climbing System을 비교하면 다음 [표 5]와 같겠다. [표 5]와 같은 항목별 검토 결과 ACS가 Gang Form에 비해 T/C의 이용률이 낮아, 당 현장의 경우와 같이 T/C 활용도(1대/동)가 큰 경우 바람직하나 경제성에서는 불리함을 알 수 있었다.

<표 5> 거푸집 비교

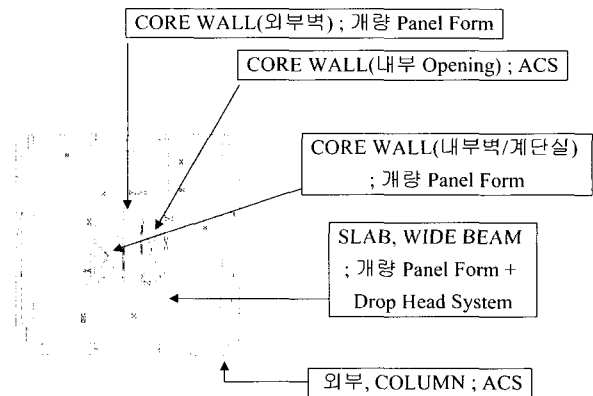
	Gang Form	Auto Climbing System
경제성	유리	불리
안전성	중간	유리
T/C 이용	많음	적음
공기	동일	동일
층고 변화에 따른 적응성	높음	낮음
고장시 대처	신속	지연
사용실적	대부분 업체에서 사용가능	일부업체에서만 가능(Peri/Doka)

그 외, Core Wall에 대한 거푸집 선정은 다음과 같은 사항을 고려하였다.

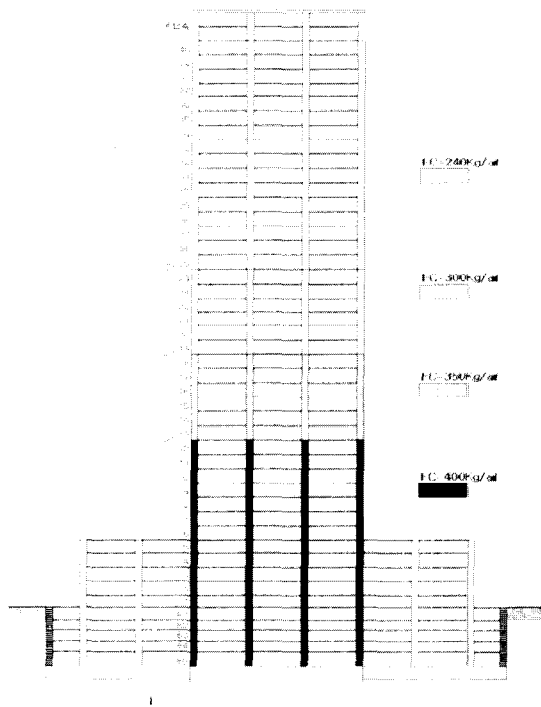
- 내부 간벽이 많고 계단실이 비정형으로 System Form으로는 시공 제약 조건이 많아, 개량 PANEL FORM을 이용한 반 시스템식으로 결정
- 내부 Opening 부위는 기둥과 같이 ACS 적용
- 외부 주벽도 한층 동시 타설 공법일 때 보·슬래브 거푸집과 연계성이 있어야 하고, 내부 간벽 Form System과 접합이 용이해야 함
- 계단실은 가능한 개량 Panel Form이되, 층고가 다른 계단실은 일부 재래식으로 시공보, 슬라브에 대한 거푸집 선정은 다음과 같은 사항을 고려하였다.
- 당 현장의 구조 시스템 형식이 장스판 Wide Beam 구조로 처짐에 의한 구조적인 문제 발생 가능성이 크므로 건축학회 시방서(05015 3.5 거푸집 준치기간) “받침기둥

의 준치기간은 슬래브 밑, 보밑 모두 설계기준 강도의 100% 이상 콘크리트 압축강도가 얻어진 것이 확인 될 때까지로 한다. 받침기둥 바꾸어 세우기는 원칙적으로 하지 않는다”라는 기준을 준수하기 위해 28일 동안 받침 기둥을 해체하지 않는 Drop Head System을 채택

- Flying Form과 같은 System Form은 받침기둥 바꾸어 세우기는 해야 되므로 장스판 Wide Beam 구조인 당 현장에는 부적합하고 또한 Tower Crane이 부지여건상 고층부 1동당 1대밖에 설치되지 못하므로 주자재 인양, Gang Form 인양 외에 Flying Form 인양까지는 Over Load로 공정 혼란과 공기 지연이 될 수 있음 상기와 같은 사항을 고려하여 채택된 거푸집 시스템의 배치도는 [그림 3]과 같았으며, [그림 4]는 공사 계획을 나타내고 있다.



<그림 4> 거푸집 시스템



<그림 5> 거푸집 공사 계획

층	기둥	슬래브	CORE WALL	
			ELEV(OPENING)	WALL
옥탑층	재래식	↑	↑	↑
고층부	ACS + AL FORM	↑	↑	↑
		↑	↑	↑
저층부	일반 거푸집	↑	↑	↑
지하층	일반 거푸집	↑	ACS	AL FORM

당 현장에서는 거푸집, 자재, 인력의 이동을 위하여 다음과 같은 양중 시스템을 사용하였다.

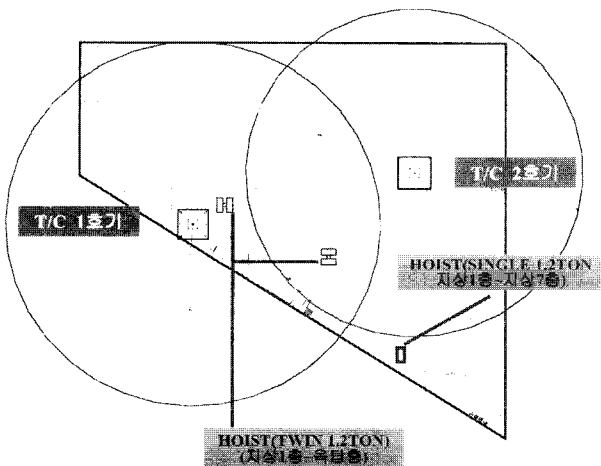
- TOWER CRANE 14TON X 2대
- HOIST TWIN X 2대, SINGLE X 1대
- 외부 Auto Climbing Forming System
- Drop Head Forming System
- Stationary Pump 및 Placing Beam
- AL. Curtain Wall 인양 및 설치 시스템

이중, TOWER CRANE과 HOIST의 배치(예)는 [그림 5]와 같았으며, 거푸집의 양중 방법은 다음과 같았다.

- 기둥은 ACS를 채택하였으므로 Auto climbing
- Core Wall은 개량 Panel Form을 채택하였으므로 설치·해체 소운반은 인력작업, 상층부로 인양시는 Tower Crane 에 의한 양중방법 채택
- 보, 슬라브는 개량 Panel Form을 사용하였으므로 Core Wall과 동일한 방법을 채택

### 참고 문헌

1. 김종훈, 초고층 건축사업에 있어서 CM의 역할, 대한건축학회지, Vol. 45 No. 10, 2001.
2. 박문호, 트럼프 월드에 적용된 대우의 기술력, 대우건설기술, Vol. 12 No. 1, 2000.
3. (주)대우건설기술연구소 건축연구팀, 초고층 주상복합 프로젝트를 위한 기술 제안, 대우건설기술, Vol. 13 No. 1, 2001.



<그림 5> 양중 시스템 배치(예)

## 6. 맺음말

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 좋다.

트럼프월드 현장의 경우, 시공계획이 100% 완벽할 수는 없지만 최대한 다양한 시공 가정 조건을 감안하여 계획을 세우고 이를 실행하여 시행 오차를 줄이도록 노력하였다.

