



# 초고층 건축물의 안전관리



대한산업안전협회 건설안전본부 김장훈 대리

## I. 서론

최근 전 세계적으로 붐을 이루고 있는 초고층 건축물은 도시집중화에 따른 인구 과밀화와 시설집중의 급속한 증가와 이에 따른 사회·경제·문화적인 문제를 해결할 수 있는 대안으로 여겨지면서 신축이 경쟁적으로 이루어지고 있다. 초고층 건물은 도심지의 지가상승에 따라 최대용적을 확보하여 수익성을 개선하려는 노력의 결과물이며, 동시대의 경제적 풍요와 성장의 상징이 되기도 한다. 한 국가 또는 기업의 발전적 이미지를 홍보하는 데 중요한 역할도 한다.

초고층 건축물은 일반적인 저층공사에 비하여 사고의 위험이 매우 높으므로 설계단계에서부터 근로자의 안전을 고려해야 하고, 시공계획 단계를 거쳐 마감단계에 이르기까지 안전을 중심으로 한 시공이 이루어져야 하는 차별화된 안전관리기법이 요구된다. 초고층 건축물의 시공상 요구되는 대형화, 전문화된 주요 공법의 특성과 안전관리 방안에 대하여 알아본다.

## II. 초고층 건물의 정의

국제 초고층 위원회(CTBUH, Council on Tall Building and Urban Habitat)에 따르면 고층 건축물은 건축물의 높이 혹은 층수에 따라 명확하게 정의되지 않으며, 오히려 고층 건축물이란 건축계획 즉 디자인 그리고 용도상에 직접적으로 영향을 주는 고층성(Tallness)을 가진 건축물이며, 그 고층성으로 인하여 어떠한 지역이나 시대에 존재하는 일반적인 건축물의 디자인 및 시공 그리고 사용 및 유지관리측면에서의 보편적인 조건과는 다른 특별한 조건을 유발하는 건축물로서 상대적으로만 정의되고 있다.

구조 공학적인 관점에서는 바람, 지진 등 횡하중이 구조계획에 주된 영향을 끼치는 건축물 또는 밀면과 높이의 비율인 세장비(Aspect

Ratio)가 1:5이상(혹은1:8이상)인 건축물을 초고층 건축물이라고 정의하고 있으며 국내 초고층 포럼에서는 50층이상 또는 높이 200m이상의 건물로 정의하고 있다. 최근에는 높이가 500m 이상인 건축물은 별도로 초초고층 혹은 극초고층 건축물로 구분하기도 한다.

우리나라의 고층빌딩으로는 1978년의 37층 138m의 롯데호텔, 1980년대의 63빌딩 249m(지상 60층, 지하 3층)과 한국종합무역센터 229m(지상 55층, 지하 2층) 등을 꼽을 수 있으며, 도곡동에 Tower Palace I, II, III(60~80층)이 건설 되었고 부산 롯데 Project, 인천타워 등이 건설되고 있다. 그리고 서울 도심에 최고 350m까지 건물을 신축할 수 있도록 용적률이 완화되는 등 국내에서도 초고층 건물의 요구가 크게 증대되고 있으며 최근 서울시 송파구 잠실지역에 롯데그룹에서 112층, 555m의 건축물 건립을 추진하고 있다. 서울시 상암동의 디지털미디어시티(DMC)에도 100층 이상의 초고층 건물이 세워질 예정이다.

〈표-1〉 국내에서 추진 중인 초고층 빌딩 현황

Project	규모	위치
랜드마크 빌딩	높이 960m, 220층	서울 세운상가 부지
인천타워	높이 610m, 151층	인천 송도 신도시 내
용산 역세권 개발	높이 600m, 140층	서울 용산
DMC 국제 비즈니스 센터	높이 580m, 130층	서울 상암동
잠실 제2롯데월드	높이 555m, 112층	서울 송파구
부산 롯데월드	높이 465m, 107층	구 부산시청

## III. 초고층 건축물 시공의 특성

초고층 건물공사에만 사용되는 특별한 공법은 없다. 공사계획 시

공정관리에 부합하면서 안전하게 공사를 수행할 수 있는 공법이라면 모두다 초고층 공사에 적용될 수 있다. 그리고 초고층 건물공사에 사용되는 공법들은 공기단축 능력과 안전한 작업환경의 확보 등과 같은 조건을 구비하여야만 한다. 이는 초고층건물이라는 특수성으로 인하여 높은 장소에서 작업을 해야만 하는 근로자에게 심리적 안정감을 줌으로서 궁극적으로 생산성을 향상시켜야만하기 때문이다.

일반건축물의 시공에서 나타나는 문제점 외에도 표준cycle공정의 반복, 고소작업의 효율성 저감 심화, 작업장 협소 등의 난이도가 높은 공정으로 인해 기술의 전문성을 요구하는 추가적인 문제점들이 많다.

〈표 2〉 초고층건축물 공사의 시공관리 요구도 및 공법에 따른 안전관리

시공요구	주요공법 및 내용	안전관리사항
부재의 축소	고강도 콘크리트(60MPa 이상) 철골, SRC	취성파괴 품질관리
공기단축	ACS Form, CPB 등 공장제작(unit floor 공법, N공법)	안전작업 절차서
풍속의영향	지상 높이 10m 대비 100m는 1.3배의 풍압 작용 캔틸레버 구조체(상부의 수평변위 과대)	고도 및 지역에 따른 풍압 검토기준
방재(화재) 고속은행 인양장비	화재 대피경로, 대피장소, 소화시설 Tower Crane, Hoist, Lift, Gondola 차별화된 (자중, 속도 증가)장비계획	화재예방기준 고도에 따른 설치기준
고압의 콘크리트 펌프카	압송력 크기의 증가(높이 500m 이상)	압송력에 따른 배관 설치기준
차별화된 안전보건 활동	근로자의 심리적, 신체적 조건 고려 작업현장의 수평, 수직적 공간 확대	체계적인 안전관리기법
차별화된 안전시설	낙하물, 추락 방지망, 수직보호망, 안전난간대 차별화된(고소, 풍속등)안전시설계획	안전시설 설치기준

#### IV. 초고층 건축의 주요 시공 기술

##### 1. 양중 계획

최근 국내 초고층 현장의 골조층당 사이클 공정이 3~7일로 단축되고 있는 추세이므로 골조공사의 체계적인 양중계획을 세우지 않으면 양중장비의 효율성과 시공능률이 저하되어 공기단축이 어려워진다. 그러므로 초고층 건물 현장에서의 체계화된 양중계획은 필수적이다. 양중계획은 수평양중과 수직양중이 있으며 초고층 건물 시공 시에는 수직양중이 더욱 강조가 된다. 건물 현장에서 대표적인 양중 장비로는 타워크레인 및 건설리프트가 대표적이며 두 장비에 대한 양중 계획 수립방법은 거의 비슷하다. 이외에 코어에 설치되는 ELEV.를 이용하여 양중할 수 있으며, 시스템 폼이나 콘크리트 펌프도 양중부하를 격감 시키는 역할을 함으로써 넓은 의미의 양중 장비로 보아도 무

방할 것이다.

〈표 3〉 수직 양중 장비의 종류와 양중 대상

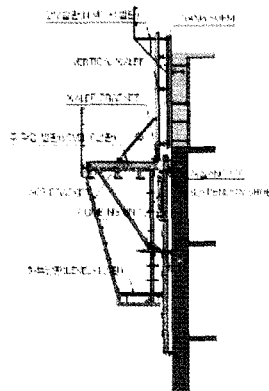
양중구성요소	양중대상
타워크레인	골조공사용 자재, 대형장착물 - 철골, 철근, 형틀 등
리프트카	정량 및 소형자재 및 인원수송, 커튼월 UNIT 등
본공사 ELEV.	경량 마감재 및 인원수송
보조양중	ACS FORM -T/C 양중량 경감 CON C PUMP CAR CORE WALL 형틀자체인양 고강도콘크리트 압송 및 타설

#### 2. 코어월 선행공법

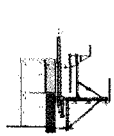
초고층 건물공사에서 가장 널리 사용되고 있는 골조공사의 공법들 중 하나는 코어월 선행공법이다. 이것은 건물의 코어부 골조는 RC조이고 외부골조는 철골조인 건물을 시공할 때, ACS(Auto Climbing System) 폼, 슬립(Slip) 폼 등과 같은 시스템 폼을 사용하여 코어부 공사를 철골공사보다 먼저 시공하는 공법이다. 이 공법의 장점으로 골조공사의 공기 단축, 타워크레인의 양중 부하 감소, 거푸집 전용회수의 증대로 인한 비용절감 등을 들 수 있다. 즉 코어부를 선시공함으로써 후속 공정들에 대한 공정 및 공사관리의 원활함, 시스템 폼 사용으로 인한 기상조건 영향의 최소화, 자체 유압장치를 통한 거푸집 상승으로 인한 양중장비의 부하 감소, 거푸집의 구성이 시스템화되어 있는 관계로 여타 가설재의 사용 빈도의 저하 등은 공기 단축의 효과를 초래한다.

〈표 4〉 코어월 선행공법의 특징

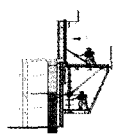
구분	내 용
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>코어부의 선시공을 통한 후속 공정들의 공정 및 공사관리의 원활함</li> <li>거푸집 전용회수의 증가</li> <li>기상조건에 영향 최소화</li> <li>양중장비(타워크레인) 없이 거푸집 스스로 상승함에 따른 장비의 효율성 증대</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>코어월의 선시공으로 인한 추락위험 요소 상존</li> <li>초기 투자비용의 과다함</li> <li>구조물 연경부위 시공 정밀도 및 구조의 안전성 확보를 위한 품질관리의 필요</li> <li>거푸집의 주요 부품이 수입품이기 때문에 고장이나 파손 시 공기에 미치는 영향이 큼</li> <li>히부 후속작업자를 위한 낙하 비레 등 안전시설을 조치가 필수적임</li> <li>코팅 합판 손상 시 교체작업이 어려움(시스템 폼의 완전 해제 요구 됨)</li> <li>작업자가 협소한 공간에서 불안정한 자세로 작업</li> <li>철골보와 콘크리트 코어월을 연결하는 철골설치공사, 그리고 후속 콘크리트 슬래브 공사를 위한 다우얼 박스 매입공사 등은 정밀시공이 가능한 전문 인력을 필요로 함</li> </ul>



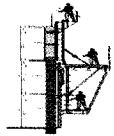
시공순서도



(작업층 거푸집 해체)



(거푸집 인양 및 조립)



(옹벽, Slab 철근 및 거푸집 조립 후 콘크리트 타설)

### 3. 특수 콘크리트의 사용

초고층 건축 공사에 있어서 특수 콘크리트는 고강도 발휘 및 시공성을 위해 사용되기도 하지만, 콘크리트 부재의 강도를 조기에 발휘시켜 거푸집 해체 시기를 앞당기기 위한 목적으로 많이 사용된다. 따라서 기둥이나 벽과 같은 수직재 뿐만 아니라 슬래브와 같은 수평재에도 35Mpa이상의 고강도 콘크리트를 사용하여 조기강도가 발휘되도록 하고 있다.

### 4. 콘크리트 펌프 압송

건설공사에서 콘크리트 펌프를 이용한 펌프압송공법은 다른 콘크리트의 타설방법보다 작업성, 공기단축 및 경제성 등에서 우수한 것으로 평가되고 있다. 최근 건축물의 대형화, 고층화가 보편화 되면서 콘크리트의 사용량은 더욱 증대되고 있으며, 이와 더불어 콘크리트의 원거리 수송, 높은장소에서의 타설, 아랫방향 타설 등 다양한 콘크리트 압송이 요구 되고 있으며 이에 CPB의 활용도가 더욱 높아지고 있다.

### 5. 철골공사 공기 단축 공법

#### 가. 미국식 공법

철골자재를 각 층, 각 구역별로 구분 제작하여 공장에서 Packing 반입과 동시에 건물 최상층 데크 상부에 하역하는 개념으로 철골 야적공간이 건물 상부되므로 설치T/C위 양중 시간이 줄어들고 지상 야적공간의 활용 여유가 생긴다.

#### 나. Spiral-N 공법

철골기둥의 각 절의 절단점을 zone마다 설치층을 다르게 함으로써 작업효율을 높이고 안전성을 증대시키고 동시에 zone별 철골설치, plumbing, welding deck plate 판개 등이 동시에 작업 가능하게 하는 공법이다. 이로 인해 철골설치 작업량이 동일하게 되며, 철골작업자의 안전성 증대와 함께 작업자 투입계획 수립이 용이하게 된다.

### 6. 슬래브의 시공

초고층 건축에서 수평 저항 시스템에 비하여 바닥의 구조는 간과하기 쉬우나 일반적인 슬래브로는 적정공기를 맞추는데 시간이 소요될 뿐만 아니라 가설재의 증가, 슬래브 타설시간 동안의 안전의 문제가 발생한다. 그러므로 슬래브도 건식화 및 프리패브화 되고 있는 추세다.

### 7. Curtain Wall

초고층 건축물에서는 커튼월 공사가 구조체 공사가 마무리 된 이후에 이루어지는 것이 아니라 구조체 공사가 진행되는 층의 4~5층 아래에서 공사가 진행되는 적층식 공법을 이용한다. 이는 공기 단축의 측면에서 이루어지기도 하지만, 안전 측면에서도 유리하게 작용된다. 또한 기둥의 부등축소 등으로 인한 커튼월의 변형을 방지하기 위해서 일개층 씩 커튼월을 공사하여 변형을 조절한다.

그러므로 일반적으로 커튼월 제조업체는 수량이 제일 많은 Typical Type을 선제작하는 경향이 심하지만, 이와 같은 적층 공법으로는 일개층 완료 후 상부층으로 작업을 진행하게 되어 유니트 설치 순서대로 Type을 제작을 하여야 한다.

커튼월 설치 시에 골조의 수직도가 정밀하지 않으면 슬래브 절단으로 콘크리트 잔재의 하부 낙하 우려가 있어 절대적으로 골조의 수직도를 맞추는 것이 선행되어야 한다. 또한, 유닛 설치 후에 설비가 작업하도록 유도하여 강풍시 너트의 낙하 등을 예방할 수 있다.

### V. 초고층 건축물 시공단계의 차별적 고려사항

상기한 바와 같이 초고층 건축에 있어서 Curtain Wall이 설치가 되면 초고층 건축의 시공상 안전 문제는 일반적인 중저층 건축물과 동일한 여건이 된다. 그러나 화재발생 등 피난상황에서는 오히려 Curtain Wall 설치 이후에 더 큰 피해를 발생시키게 되므로 이는 별도로 고려하도록 한다.

이러한 관점에서 초고층 건축물 시공단계에서 발생가능한 안전상의 문제는 다음과 같다.

- 여러 공종의 공사가 동시에 일시 다발적으로 진행되어 관리상 어려움이 있다.

- 낙하물의 피해범위와 강도가 크다.
- 1회 양중에 소요되는 시간이 길다.
- 작업공간이 협소하다
- 고소작업에 의한 작업자의 심리적 문제가 발생한다.
- 단순반복 작업으로 인해 작업자의 피로도가 증가한다.
- 바람에 의해 작업자의 거동이 제약을 받는다.
- 바람에 의해 자재가 외부로 낙하할 수 있다.
- 지표면과의 기온 및 기압차이 등 기상, 기후변화에 따른 작업자의 건강 문제가 발생할 수 있다.

## VI. 초고층 가설구조물 구조 검토

초고층 건축물에서 검토해야 할 가설구조물 관리대상 항목을 선정하여 별도로 관리해야 한다. 거푸집, 동바리, 타워크레인, Lift Car 등의 양중장비, 초고층 콘크리트 자설장비인 Concrete Placing Boom(C.P.B) 등이 이에 해당된다. 초고층 가설구조물의 경우 거푸집이나 양중장비 등이 당초 설계도서에 명시된 기준으로 설치되면 별도의 구조검토가 필요 없으나 대부분 현장에 가장 적합한 방식으로 설치하다보면 변형된 형태로 설치되기가 쉬우므로 초기 검토 시 설계 도서를 면밀히 검토하여 구조적으로 가장 유리한 방법을 선택해야 하며, 변경 시에는 구조 검토를 수행하여야 한다.

## VII. 초고층 건축물의 안전관리 특성

초고층 건축현장의 특징은 대형화 작업에 따른 부지 내 공간 확보의 어려움으로 야적 장소가 협소하며 상하 동시작업이 진행된다. 또한 대부분 도심지에 있다 보니 교통량 및 작업인원의 증가에 따른 대책수립이 어렵고, 교통통제 및 주차 대책 등의 주변 민원에 따라 무리한 공사 진행이 되기도 한다. 때문에 그 어느 건설현장 보다 재해의 위험성이 높아지게 된다. 또한 공사 중 사고, 특히 구조사고와 화재 사고 등은 그 피해정도가 막대하여 단일현장의 사고로 그치지 않고 소속회사의 존망이나 국가 경제에 영향을 미칠 수 있으므로 안전에 대한 세심한 관심이 요구된다.

### (1) 설계단계

- 안전작업에 의한 생산성 향상을 도모하는 시공기술 채택
- 시공기술자, 안전기술자 등 전문가에게 자문 및 협력
- System engineering 에 의한 합리적인 설계시공

### (2) 계획단계

- 공기, 공정의 적정화
- 적절한 안전관리비 확보
- 공법의 사전 안전성 확보

- 기계 설비, 장비 등 안전성 확보
- 적절한 시공업자 선정

### (3) 시공단계

- 적절한 작업계획
- 작업순서의 수립
- 안전한 작업공간 확보
- 합리적인 시공관리 및 계획 수립
- 적정 공기산정
- 양중부하의 평균화 → 산적도 작성
- Network 활용
- 시뮬레이션을 통한 안전성 확보
- 낙하물에 대한 위험성 차단
- 양중설비에 대한 관리 강화
- 작업자 안전의식 고취
- 안전사항 사전 지시
- 지시사항 기록 습관화
- 사용 전 계획수립
- 양중시설 담당조직 편성
- 양중부하의 평균화
- 안전관리 조직, 운영
- 장비 정기점검 강화
- 강풍, 대설, 폭우 등 악천후에 대한 정비점검
- 안전시설의 관리 정비체제 확립
- 자기 부주의로 인하여 타인에게 위험을 주지 않도록 교육 실시

## VIII. 결론

향후 국내외의 초고층 건립은 점차 증가될 것이며, 국내의 기술력은 전 세계적으로 인정받고 있다. 그러나 초고층 공사만의 특수성을 반영한 안전관리는 각 현장에 따른 여건과 현장별 특수성에 개별적으로 관리되고 있거나, 장비 및 가시설물 등의 제작사의 작업절차서 등에 의존하고 있는 실정이다. 보다 체계적이고 효율적인 안전보건 활동을 위하여 명확한 관련규정의 제정 및 전문가 양성 등이 요구되며, 설계단계에서부터 근로자의 안전을 고려한 설계가 되어야하고, 시공 계획단계를 거쳐 마감단계에 이르기까지 안전을 중심으로 한 시공이 이루어져야 한다.

초고층 건설에 종사하는 모든 관리자 및 근로자는 국내 최고(最高)의 건축물을 건설한다는 자부심을 고취시켜 안전에서도 최고이어야 한다는 의식을 갖게 함으로써 안전관리의 진일보를 기대할 수 있을 것이다. ☺