

## 초고층 건축공사의 양중계획 및 기술 발전 방향



조훈희 고려대학교 건축사회환경공학부 교수

### 1. 머리말

최근 초고층 건축물이나 상징성 있는 비정형 건축물이 늘어나면서 건축은 단순히 삶의 공간을 제공하는 본연의 기능 뿐 아니라, 이제는 도시와 국가의 아이콘을 제공하기도 한다. 이러한 건축시장의 변화는 기존의 전통적인 공사수행 방식이나 사업관리 보다 진일보된 것들을 요구하게 되는데, 특히 초고층 건설사업의 경우는 수직적인 건물 높이의 증가로 수직물류 이송 및 관리의 효율화가 전체 공기를 좌우하는 중요한 요소가 되고 있다.

초고층 건축공사는 양중해야 할 인력과 자재가 많아지면서 양중시간은 증가하는 반면 사업성 확보를 위해 짧은 층당 공기를 가지며, 양중계획 수립시 고려해야 할 영향요인들은 다양하고 복잡하기 때문에 체계적인 작업계획과 현장관리에 어려움이 있다. 특히, 전체 양중작업의 80% 정도를 차지하는 마감공사에서 수직물류 이동의 핵심장비인 리프트 장비 기술은 최근 급격히 증대되는 건축물 높이 증가와 비정형화 추세에 적절히 대응하지 못하고 있는 실정이다.

즉 리프트 장비의 하드웨어 기술 개발 지연 및 운영관리 최적화 지원의 부족은 초고층 건설현장의 공기지연과 직접적인 공사비 증대를 야기하는 등 양중은 초고층 건설현장의 가장 큰 고민거리로 대두되고 있다. 이에 본 고에서는 국내 초고층 건축공사의 효율적인 공사 및 사업관리를 위해 리프트 양중계획 및 기술의 현황을 고찰하고 발전방향을 모색하

고자 한다.

### 2. 현행 리프트 양중계획 및 기술 한계

#### 1) 사업초기 양중계획 측면

현재 리프트 장비 선정은 단순히 기존의 유사한 초고층 현장 실적자료를 토대로 결정된 양중장비의 대수만을 검토함으로써, 여러 가지 기종과 조합에 따른 경제적 대안의 검토와 평가를 수행할 수 있는 합리적인 방안이 존재하지 않는다. 이에 현장 조건이 변경되거나 양중계획이 적절하지 못하다고 판단되는 경우에도 신속하고 효과적으로 양중계획 재수립이 어려운 실정이다.

다음으로, 실용적인 리프트 양중계획 수립을 위해서는 장비 기종 및 대수 산정뿐 아니라 적절한 리프트 설치와 해체 시기 결정이 요구된다. 하지만 기존의 경험적 약산식을 이용한 방법은 리프트 설치 및 해체시기에 따른 양중 소요시간의 변화를 파악하기 힘들다.

셋째로 보다 체계적인 리프트 양중계획 수립을 위해서는 실적자료의 축적이 요구되나, 현재 자료 축적을 위한 적절한 데이터베이스 구축 기준과 사례가 거의 존재하지 않는다. 따라서 기존 현장의 리프트 양중계획 데이터의 수집 및 피드백, 데이터베이스화 되지 못함으로써 타 공사의 양중계획 수립에 활용되지 못하고 있다.

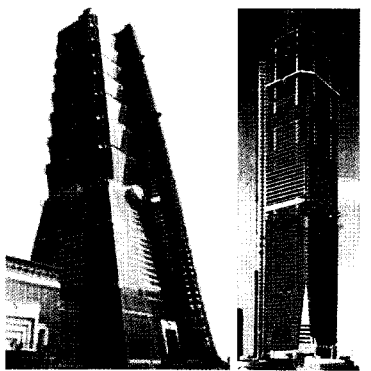
## 2) 양중관리 측면

합리적인 양중계획의 수립과 함께 체계적인 관리 방안을 구축하는 것은 매우 중요하다. 하지만, 현재 국내 초고층 건축공사는 일부 현장에서만 상황판 설치 등을 통해 업체별로 양중시간을 구분하여 양중작업을 관리하고 있을 뿐이며, 이 또한 일별 양중량 및 양중시간의 합리적 분석을 통해 이루어지지 못하고 있어 체계적인 양중관리 방안 및 시스템이 부재한 상황이다.

## 3) 양중장비의 기술적 측면

일반 중·저층 건축물이 동일한 수직 입면을 갖는 것과 달리 초고층 건축물의 외형은 증가하는 수직하중을 하부에서 효과적으로 분산하기 위해 일정한 각도의 경사입면을 갖도록 설계되며, 최근에는 건축 기술의 발전과 더불어 초고층 건물의 상징성 부각을 위하여 비정형화되는 추세이다.

이에 몇몇 해외 초고층 건설현장에서는 비정형 또는 건물 셋백(setback)에 대응하기 위하여 가설 구대를 설치하여 리프트를 운영하였다. 하지만 이로 인하여 몇 십억 가량의 설치 비용이 추가로 소요되었으며 가설구대의 해체 소요시간 또한 오래 걸림으로써, 경제성 및 안전성을 고려했을 때 보다 효과적인 대안을 요구하고 있다.



(a) 타이베이 101타워 (b) 홍콩 ICC타워  
그림 1. 가설구대 설치도

한편, 건물 높이 증가에 따라 리프트 장비의 설치 높이 또한 증가되고 있는 실정이나, 현재 케이블에 의한 리프트 전원공급방식은 건물의 높이가 증가할수록 케이블의 길이가 늘어나게 됨으로써 잦은 케이블의 손상과 전압강하 발생 등으로 인하여 리프트 운영에 지장을 초래하게 된다. 버즈 칼

리파(구, 버즈 두바이) 공사에서는 최대 400m 높이까지 리프트를 설치하였으나, 케이블의 잦은 손상으로 인해 공기 지연에 많은 영향을 미친 것으로 나타났다.

## 3. 리프트 양중계획 및 기술 발전 방향

### 1) 상호작용적 양중계획 시스템

초고층 건축공사는 규모가 증대됨에 따라 리프트 양중계획 수립에 고려해야 할 여러 가지 현실적인 영향요인들이 존재하며, 경험적 약산식과 같은 단순한 수리모형이나 탐색적 기법은 한계를 지닌다.

따라서 신뢰할 수 있고 실용적인 리프트 양중계획 수립을 위해서는 양중 대상과 이의 거동을 보다 사실적으로 반영할 수 있어야 하며, 현장별 특성과 여건을 감안하여 다양한 대안의 검토와 평가를 수행할 수 있는 의사결정 지원 시스템의 개발이 요구된다. 또한, 양중계획 실무자가 자신의 실무적 경험이나 주관적 판단을 반영하여 자원의 투입시기 조정, 야간의 추가 양중작업 수행, 본설 엘리베이터 조기 운용 등과 같은 양중계획의 수정, 보완이 가능하며, 그 결과를 텍스트나 그래프 등의 다양한 형태로 시스템과 상호작용을 통해 확인할 수 있도록 리프트 양중계획 시스템을 구축하여야 한다.

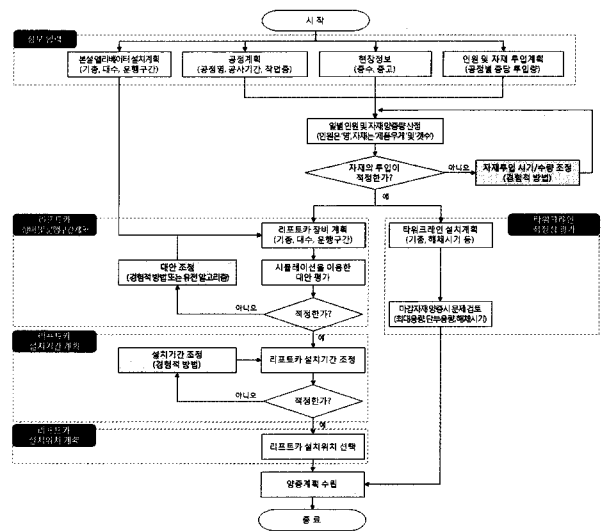


그림 2. 상호작용적 양중계획 시스템의 양중계획 흐름도 (신윤석, 2010)

이를 통해 공사 진행 과정에서의 동태적인 현장의 조건 변화와 리프트 양중계획 사이의 상호작용을 원활히 함으로써

장기적으로 설계 변경이나 공사기간 조정 등의 발생시 변경된 조건에 신속하고 합리적인 리프트 양중계획 재수립 과정을 지원할 수 있어야 한다.

시스템 구축 과정에서 자재 양중횟수 또는 싸이클을 선정하는 데 있어 자재별 특성을 고려하여 중량 혹은 부피를 기준으로 선택적 산정이 가능하여야 할 것이며, 리프트 기종과 대수 선정 이후 리프트의 선택적 제거와 이에 따른 양중소요 시간 분석을 통해 합리적인 리프트 설치 및 해체시기 결정 수립이 이루어질 수 있어야 한다. 이 뿐 아니라 리프트 외에 타워크레인 양중 자재에 대한 타워크레인 설치 계획의 적정성 평가도 시스템의 구성 요소로 포함되어야 할 것이다.

최종적으로 이러한 시스템을 통해 수립된 현장 양중계획 정보의 수집, 저장, 조회가 가능하도록 함으로써, 타 현장의 계획 수립시 기 구축된 데이터베이스를 활용할 수 있도록 하여야 할 것이다.

이러한 상호작용적 시스템으로 도출된 합리적 양중계획 결과를 바탕으로 일별 양중 스케줄의 작성과 조정을 통해 공종별로 다양한 협력업체들의 작업 지시를 수행함으로써 양중작업의 효율 향상을 이룩할 수 있을 것이다.

## 2) RFID/USN 기술 기반 리프트 운영 관리

최근의 IT기술 발전은 건설 산업에 RFID와 USN 기술을 접목함으로써 관리 효율성 향상에 기여하고 있으며, 이는 리프트 운영관리에 있어서도 활용될 수 있을 것이다.



그림 3. ELIS 개념도 (국토해양부, 2009)

RFID/USN 기술을 활용하여 해당 리프트에 적재된 자재의 하중, 품명, 수량 등의 정보와 리프트의 운행상태 정보 표시 및 전달을 자율적/능동적으로 실시하여 작업자에게 알릴 수 있는 임베디드 리프트 정보 시스템(Embedded Lift Information System; ELIS)의 개발이 가능할 것이다. 또한 리프트 최적운행 및 운행정보를 PMIS와 공유할 수 있는 능동형 스마트 리프트 컨트롤 모듈과 연동되어 안전과 양중관련 위급상황 발생시 리프트 제어가 가능한 리프트 모니터링 및 제어 기술 개발이 이루어질 것이다. 이를 통해 실시간으로 현장의 양중 및 리프트 운행 정보를 통합관리 시스템에 전달하고, 양중계획 및 리프트 운행계획을 조정함으로써 보다 효율적이고 즉각적인 리프트 운영 관리 기반을 구축하게 될 것이다.

## 3) 이동식 급전기술 기반 비정형 초고층용 리프트

초고층 공사에 있어 리프트 장비의 개발 방향은 크게 비정형 평면에 대응가능한 경사리프트와 현재의 케이블 방식이 아닌 다른 형태의 전원공급 방식 개발로 볼 수 있다.

현재 해외의 일부 리프트 제조사에서는 교각 또는 플랜트 곡면에 사용하는 경사리프트 기술을 확보하고 있으나, 이는 상승 속도가 40m/분 정도의 저속형이며 초고층 건축공사의 비정형 평면에 대응하기 위한 고속 리프트는 개발 단계에 놓여 있다. 초고층용 비정형 리프트를 개발하기 위해서는 경사 및 비정형 예상구간에서 자동속도 제어방식 시스템과 함께 운반구 내의 인화물이 비정형 구간에서 수평을 유지할 수 있도록 자세 제어 장치의 설계가 요구될 것이다. 또한 운반구의 설계시 운반구 기울기에 대한 회전모멘트와 운반구 가이드 롤러(Guide roller)의 특정부분 마모를 고려하여야 할 것이다. 초고층화에 따라 운반구의 크기가 대형화되고 적재용량도 고용량으로 개발 시 구동부의 용량이 상대적으로 커져야 하는 부담이 발생하므로 고용량·고효율 구동부의 개발과 더불어 고강도이면서 경량의 마스트 및 운반구 설계가 요구된다.

기존의 케이블을 통한 리프트 전원 공급 방식은 건물 높이 증가에 따라 케이블의 잦은 손상과 전압강하로 인한 공기 지연 가능성을 내포하고 있다. 이에 일부 해외 선도 업체에서는 Bus-bar 방식 등을 이용한 이동식 전원 공급 방식을 개발하였으나 물, 먼지, 시멘트 가루 등의 침투로 인한 고장발

생률이 높아 기술 상용화에 실패하였으며, 아직까지 케이블 전원공급방식을 대체할 장치가 개발되지 못하고 있다. 이동식 급전장치가 성공적으로 개발, 적용되기 위해서는 급전장치의 방수, 방습 및 누전 차단 기술과 전기 기준에 맞는 전류 부가 능력 확보가 요구되며, 고용량·고속도의 컬렉터 트롤리 (Collector Trolley) 개발이 이루어져야 할 것이다. 또한 덕트의 수축, 팽창으로 인한 도체 접촉률의 변화를 최소화하면서 전원공급 능력을 최적화 할 수 있는 연결부 조인트 부품 개발이 필요할 것이다.

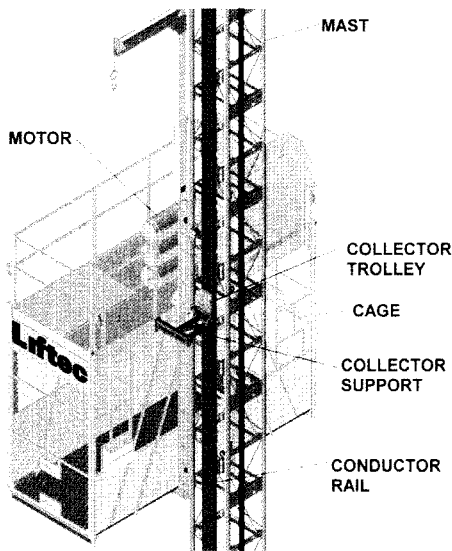


그림 4. 이동식 급전장치 시스템 개념도 (국토해양부, 2010)

## 5. 맺음말

얼마 전 세계 최고 높이인 828m의 버즈 칼리파가 완공되었으며, 건축구조와 재료기술의 발전, 공간의 효율적 이용 필요성과 더불어 건물 자체의 상징성과 국가 및 도시 브랜드 제고 차원에서 건설 프로젝트의 초고층화를 비롯한 비정형화 추세는 지속될 것이다.

이러한 추세는 보다 효과적이고 체계적인 양중계획 및 운영관리 방안의 수립과 함께 양중장비 기술의 혁신을 요구하고 있다. 따라서 본 고에서는 양중 핵심 장비인 리프트를 대상으로 국내 초고층 공사의 양중계획 및 기술의 한계점을 분석하고, 이를 통해 향후 발전 방향을 제시함으로써 점차 무한 경쟁 구도로 들어서는 건설 분야의 국제 경쟁력 제고 방안을 모색하였다.

국내의 초고층 건축공사는 다양하고 많은 마감자재가 투입되는 주상 복합용도 건물을 중심으로 발전해옴으로써, 리프트 양중계획 및 관리 분야의 연구의 양적, 질적 수준이 해외에 비해 앞서있다. 또한 국내의 앞선 건설장비 제조 및 IT, 첨단 센싱기술 등을 활용한 양중관리 기술의 무한한 발전 가능성을 내포하고 있다. 이러한 잠재력을 기반으로 현재 실용화에 이르지 못한 비정형 대응 초고층 리프트 연구 개발에 노력을 경주한다면 초고층 양중분야에서 선도적 위치를 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 김정진, 최인성, 초고층 건축공사의 양중계획 시스템에 관한 연구, 한국건축시공학회논문집, 5(4), 2005
2. 박은경, 초고층 건설공사의 건설용 리프트 양중계획 영향 인자에 관한 연구, 경희대학교 석사학위논문, 2009
3. 신윤석, 초고층 건축물 마감공사를 위한 상호작용적 리프트카 양중계획 시스템, 고려대학교 박사학위논문, 2010
4. 국토해양부, 초고층 복합빌딩 사업단 : 고속시공기술개발 분리공모과제 제안서, 2009
5. 국토해양부, 초고층 복합빌딩 사업단 : 고속시공기술개발 1차년도 보고서, 2010

· 조훈희 e-mail : hhcho@korea.ac.kr