

마감자재 양중횟수 산정 약산식 제안

- 초고층 주상복합 건물

A Simple Formula for the Number of Lifting Times of Finishing Materials in High-rise Complex Building Construction

문민식*○ 최석현* 현창택** 구교진**
Mun, Min-Sik Choi, Seock-Hyun Hyun, Chang-Taek Koo, Kyo-Jin

요약

본 연구의 목적은 초고층 복합건물 공사에서 마감자재 양중횟수를 산정하는 약산식을 제안하는 것이다. 그것은 양중계획 시 효율적인 데이터로 활용될 것으로 기대된다. 마감자재 양중계획은 건물이 고층화 될 수록 더욱 더 중요해진다. 양중횟수는 “패키지”라는 방식을 통하여 기존의 방식보다 더욱더 정확하게 산정할 수 있다. “패키지”는 마감자재별 특성을 고려하여 한번에 양중할 수 있는 마감자재별 양중형식을 고려한다는 것을 의미한다. 도출된 약산식은 기준층 바닥면적과 단위면적당 실겉수라는 두 요소를 변수로 하여 도출하였다.

키워드 : 마감자재 양중횟수, 대표마감자재, 패키지화, 실겉수, 약산식

1. 서론

1.1 연구 배경 및 목적

양중계획은 초고층 건물의 시공계획 전체의 근간을 이루는 것이며, 따라서 이 계획은 가설계획, 스톡야드의 위치 설정, 동선계획 등에 불가피하다. 그러나 계획수립의 초기단계에서는 반드시 설계의 상세가 결정되지 않는 경우가 많기 때문에 실제로는 상세하게 양중계획을 수립하는 것은 어려운 일이다. 그러나 양중계획이 정해지지 않으면 시공계획 전체가 결정되지 않는다는 상관관계가 있기 때문에 무엇보다 대강 최대 양중량을 파악하고, 그것을 기본으로 양중장비의 종류, 설치대수와 위치 등을 설정할 필요가 있다.¹⁾

초고층 건물공사에서의 성공은 공기단축 능력, 그리고 안전한 작업 환경의 확보와 곧바로 직결된다. 특히 마감공사의 액티비티들은 공정계획상의 주공정선을 이루는 현장 관리자들의 주요 관리대상들 중 하나이다.

마감공사가 원활하게 수행되기 위해서는 인력·자재 등이 적절한 시기에 적절한 양이 이동되어야만 한다. 왜냐하면 건축물이 고층화될수록 서로 다른 층에서 서로 다른 공정이 동일 시점에서 발생되기 때문이며, 이로 인하여 각종 자원들이 적재적소에 이동, 야적되어야만 원활한 공사 수행이

가능하기 때문이다.

초고층 건축물에 있어서 마감공사의 양중계획이 공사의 효율적 진행에 매우 중요한 위치를 차지하고 있음에도 불구하고, 현실태는 계획의 합리적이고 객관적인 검토를 통한 계획 수립보다는 전문가 혹은 기술자의 직관에 의하여 계획이 이루어지기 때문에 계획에 누락되거나 양중계획상의 착오가 발생하는 경우가 많다. 이는 곧 공사전체의 비효율, 공기 지연 초래 그리고 공사비의 증대를 가져오게 된다.

본 연구의 목적은 이러한 문제점들을 해결하기 위한 방안으로써, 초고층 주상복합 건물공사의 합리적인 마감자재 양중장비 대수 산정의 주요한 자료인 기준층 마감자재 양중횟수 산정 약산식을 제안하고자 하는 것이다. 이는 양중계획 시 양중장비의 최적기종 및 대수산정에 객관적인 데이터로 활용될 것으로 기대된다.

1.2 연구 방법 및 범위

본 연구의 흐름을 설명하면 다음과 같다.

첫째, 기존 양중장비 대수 산정법을 고찰해 보고, 그 산출 근거와 문제점 등을 분석하였다.

둘째, 기존 양중계획의 문제점과 해결방안을 제시한다.

셋째, K건축공사 보고서에서 밝히고 있는 양중부하가 큰 마감자재와 자문결과를 통한 대표마감자재를 선정한다.

넷째, 현재 초고층 건물공사에서 사용되고 있는 가설 리프트 장비를 조사하고 본 연구에 합당한 가설 리프트 기종을 선정한다.

다섯 번째, 선정된 가설 리프트의 기종을 토대로 마감자

* 학생회원, 서울시립대학교 건축도시조경학부 건축공학전공

** 종신회원, 서울시립대학교 건축공학과 교수, 공학박사

*** 일반회원, 서울시립대학교 건축공학과 교수, 공학박사

1) 안병주, 「초고층 건물공사 마감자재의 수직·수평 이동계획이 통합된 의사결정 모델」, 한양대 박사학위논문, p.7, 2001

재별 양중 형식을 파악한다. (패키지화)

여섯 번째, 상기 사항을 토대로 기존 현장 사례조사를 통한 기준층 마감자재 양중횟수를 산출한다.

일곱 번째, 현장사례 조사 데이터를 통해 기준층 바닥면적과 단위면적당 실갯수를 변수로 하는 양중횟수 산정 약산식을 도출해 낸다.

기준층 마감자재 양중횟수를 결정짓는 요인은 건물의 용도, 규모, 적용공법 등의 다양한 요소들의 영향을 받는 것이 사실이다. 본 연구에서는 건물의 용도 및 규모를 초고층 주상 복합건물로 한정하였고, 양중횟수를 결정짓는 주요 요인으로 기준층 바닥면적과 그 층에서의 실의 개수에 중점을 두고 연구를 진행하였다.

2. 기준층 마감자재의 양중횟수 산출 방안

2.1 기존 양중계획 프로세스의 문제점 및 해결 방안
국내의 초고층 건물을 시공하는 각 건설회사에서 양중횟수를 산정하는 방식에 대해 조사하였다. 조사 결과 양중인원/양중량에 기준한 방법과 양중횟수에 기준한 방법이 주로 적용되고 있음을 알 수 있었다.

먼저 양중인원/양중량에 기준한 방법은 그 자체적으로 자체별 특성이 고려되지 않은 방법이다. 즉 단열재, 석고보드, 경량철골철물과 같이 특성을 달리하는 자재의 1회 양중량을 무게에 기준하여 동일시 한 것으로 올바른 계획으로 보기 어려운 것이다. 반면 양중횟수에 기준한 방법은 단위면적당 양중횟수를 일본의 실적자료를 참고하여 대략 0.2~0.4회/m²로 가정하고, 건물의 바닥면적에 대한 양중횟수를 산출하는 방법인데, 이 또한 우리와 적용공법 및 마감자재의 상이로 인하여 신뢰성이 부족하다고 판단된다.

이에 국내 건설회사의 마감자재 양중 실적데이터를 바탕으로 각 자재별 양중형식을 파악하는 것이 필요하다고 분석하였다. 현재 이러한 데이터가 거의 전무한 국내 현장의 여건상 기존 초고층 주상복합건물을 대상으로 대표마감자재를 선정한 후 자재별 양중형식을 결정하여 각 대표마감자재의 총 양중횟수를 산출해 냈다. 여기에 더하여 본 연구에서는 패키지화를 통해 산출한 기준층 마감자재 양중횟수에 대상 건물의 단위면적(100m²)당 실갯수라는 새로운 요소를 고려하여 마감자재 양중횟수 산정 약산식을 도출하고자 한다.

2.2 대표마감자재의 선정

본 연구에서는 전체 마감자재와 대표 마감자재의 양중횟수의 차이를 정량적으로 정의하기 위하여 기 수행되었던 고층건물 공사의 공사 기록들을 조사하였으나, 현재까지 국내 대형건설업체들이 수행했던 공사들 중에서 마감자재 별 양중횟수를 분석하여 공개한 사례는 K신축공사 뿐이었다. 이에 본 연구에서는 K신축공사의 사례만을 조사/분석할 수밖에 없었다.²⁾

표 1과 자문 결과를 비교/ 분석하여 13종(시멘트 블록, 내화피복재, 보드류, 간막이벽재, 경량천장틀, 천장텍스, 페인

트류, 도어, 석재, 타일류, 덕트, 시멘트, 모래 등)의 대표 마감자재를 선정하였다.

대표 마감자재 선정과정을 설명하면 다음과 같다. KOEX 신축공사에서 대표마감자재로 나타난 보드, 스테드, 압면(단열재), 경량천장틀, 천장텍스, 페인트류, 석재, 도어, 타일류 등이 우선적으로 선정되었다. 그리고 표 1에서는 언급되지 않은 덕트, 시멘트 블록, 시멘트, 모래 등이 대표 마감자재로 고려가 되었는데 이는 현재 고층건물공사에서 매우 양중횟수가 많은 자재들이라는 자문 결과를 반영했기 때문이다.

2.3 대표 마감자재의 양중횟수

선정된 대표마감자재의 의미를 K신축공사의 양중횟수에 대한 실적데이터에 비추어 가정해 보면 다음과 같다.

먼저 전체 마감자재의 양중횟수 중에서 건축공사용 마감자재들이 차지하는 비율은 65.8%이다. 그리고, 건축공사용 마감자재 중에서도 대표마감자재가 차지하는 비율은 52%가 된다. 마지막으로 앞에서도 언급했듯이 전체 양중횟수중에서, 폐자재가 차지하는 비율은 25%정도로 가정했기 때문에 따라서, 폐자재가 아닌 마감자재가 차지하는 양중횟수의 비율은 75%가 된다.

이상의 내용을 근거로, 선정된 13종의 대표마감자재들이 차지하는 양중횟수는 전체 마감자재 양중횟수의 약 26%(65.8%×52%×75%) 정도라고 가정했다.

표 1. K신축공사 마감자재 양중 횟수

구분	양중품목	양 중 횟 수		쓰레기 하역(2)	총횟수 (1+2)	단위면적당 횟수	기준층 횟 수
		품목별(회)	보합(%)				
건 축 공 사	내화피복재	4,913	135	36,498 (77%)	10,902 (23%)	47,400 (100%)	자재양중 : 0.33/㎡ 자재양중 (688.7회)
	석고보드	9,583	263				
	유 리	1,632	45				
	Wall Cover	2,533	6.9				
	커튼 박스	408	1.1				
	경량 천장틀	816	2.2				
	천정 텍스	1,207	3.3				
	FCU 커버	1,309	3.6				
	페인트류	810	2.2				
	문, 프레임	2,812	7.7				
	석재 및 프레임	918	2.5				
	타일 카펫	1,904	5.2				
	기타 마감재	7,653	21.0				
전 체 공 사	건축공사	47,400	65.8	55,400 (76.9%)	16,600 (23.1%)	72,000 (100%)	자재양중 (1,045.3회) 폐자재하역 (313.2회) 총횟수 (1,358.5회)
	기계공사	9,870	13.7				
	전기공사	5,030	7.0				
	별도공사	9,700	13.5				
	계	72,000	100				

2.4 마감자재별 양중 형식 파악

본 연구에서는 초고층 건물 공사를 중심으로 연구를 진행하는 바, 두 가지의 리프트 대안 분석에서 높이와 시공사례 빈도에 우선 순위를 두었다. 그 결과 현재 주요하게 사용되고 있는 고속리프트의 대안 분석 결과를 토대로 최대 양중높이와 비용 등에서 상대적으로 우수한 Alimak사의 Super Scando II 32/40C를 마감자재 수직이동용 가설 리프트로 선정하였다.

표 2는 선정된 리프트를 기준으로 하여 대표 마감자재별 패키지화를 통한 양중형식을 파악한 일부분이다.

2) 안병주·김재준, 「고층건물공사 마감자재의 최적화된 수평이동계획」, 대한건축학회논문집, pp.152~153, 2001

표2. 사례조사현장 대표 마감자재 양증형식 파악

자재명	자재치수 (mm)	단위중량 (kg)	패키지 크기	이동단위 결정팩터	수직이동 단위
덕트	-	-	14m/패키지	부피	14m ³
경량철골철	L : 1M 이하 100개/박스	22kg/박스	44박스/패키지 968kg/패키지	길이	1 패키지
	L : 1~2M 60개/박스	22kg/박스	44박스/패키지 968kg/패키지	길이	1 패키지
	L : 2~3M 20개/박스	22kg/박스	44박스/패키지 968kg/패키지	길이	1 패키지
	석코보드 T:9.5 900*1,800*9.5	9.7kg/장	200장/패키지 1,940kg/패키지	중량	1 패키지
스치로폼	스치로폼 T:30	15kg/m ³	14m/패키지	부피	1 패키지
	스치로폼 T:50	15kg/m ³	14m/패키지	부피	1 패키지
	압축스치로폼 T:10	30kg/m ³	14m/패키지	부피	1 패키지
타일류	비타일 300*300	20kg/박스	50박스/패키지 1,000kg/패키지	부피	2 패키지
	비타일 200*200				
	벽타일 200*200				

3. 사례조사를 통한 양증횟수 산출

표 3은 현장 마감자재 내역서를 토대로 대표 마감자재별 양증횟수를 산출한 표의 일부이다.

표3. 사례조사현장 기준층 대표 마감자재 양증횟수 산출 예

자재명	자재 치수 및 규격 (mm)	단위중량 (kg)	수량/패키지 (a)	패키지 크기 (b)	수직이동 단위 (c)	수량 (c)	양증횟수 c/(a*b)
덕트	스파이럴덕트	-	14m ³	14m/패키지	1패키지	1,386m ³	99회
	기계식덕트	-	-	-	-	-	-
경량철골철	메인바 L3,658M	22kg/박스	44박스	968kg/패키지	1패키지	1,936박스	44회
	크로스바 L:610M						

※ D사 K주거건물 신축공사의 경우임

상기의 표와 같이 조사된 현장 5곳의 기준층 마감자재 양증횟수의 결과값을 정리해 보면 표 4와 같다.

표4. 사례조사현장 기준층 마감자재 양증횟수

	마감자재양증횟수 (Q회)	기준층면적 (A m ²)	기준층 실갯수 (n개)	단위면적(100m ²)당 실갯수 (n*100/A)
D사 K주거건물 신축공사	248회	419m ²	50개	11.9332개
D사 K주거건물 신축공사	272회	463m ²	54개	11.6631개
P사 I주거건물 신축공사	236회	373m ²	46개	12.3324개
P사 I주거건물 신축공사	221회	321m ²	42개	13.0841개
S사 R주거건물 신축공사	604회	1,947m ²	198개	10.1665개

4. 통계분석을 통한 약산식 제안

상기의 도출된 데이터를 이용 양증횟수를 결정짓는 주요 요인으로 기준층 면적과 그 층에서의 실의 개수에 중점을

두고 분석하였다. 특히 기준층에서의 실의 개수를 일정한 숫자로 환산하기 위하여, 단위면적(100m²)당 실의 개수로 나타내었다.

조사 사례 현장 5곳을 근거로 기준층 양증횟수에 관한 약산식을 제안한다는 것은 타당성 측면에서 상당한 오차를 가져올 우려가 있다. 이에 5곳 현장을 토대로 (중변)회귀분석을 통하여 개략적인 약산식을 산출해 보고 양증계획시 활용 데이터로 사용하고자 한다.

앞서 언급한 대로, 기준층에서의 양증횟수(Q)는 기준층의 면적(A)와 단위면적(100m²)당 실갯수(N)라는 두 독립 변수에 의해 다음과 같은 약산식으로 도출됨을 알 수 있었다.

$$Q = 269.98 \times \ln A + 35.51 \times N - 1801.89 \quad (1)$$

- Q(기준층 마감자재 양증횟수), A(기준층 바닥면적)
- N(단위면적 100m²당 실갯수)
- 식 전체의 f 값은 4295.45로써 전체식은 95% 신뢰수준

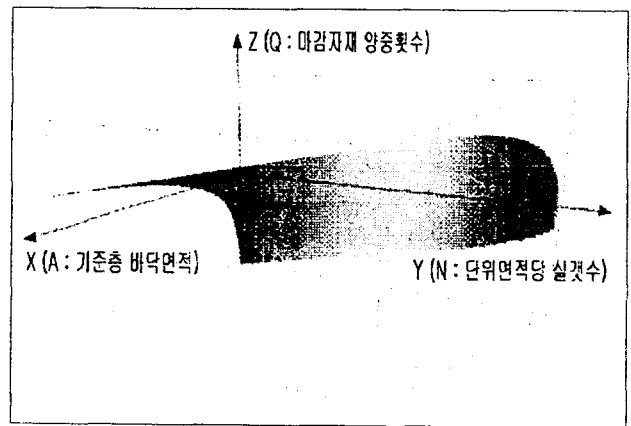


그림1. 도출 약산식의 3차원 그래프

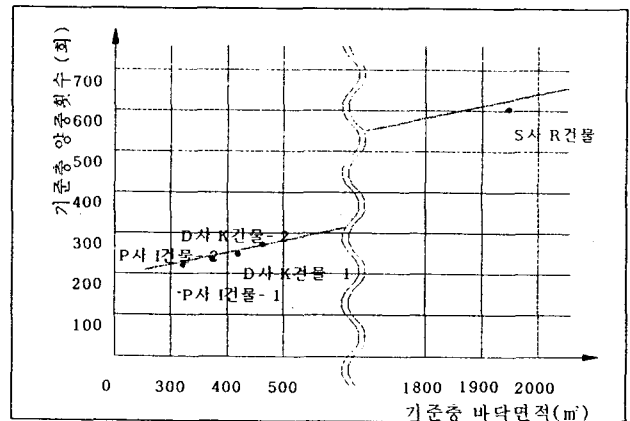


그림2. 바닥면적과 마감자재 양증횟수와의 관계

그림 2는 기준층 바닥면적과 기준층 마감자재 양증횟수와의 관계를 나타낸 그래프이다. 기존의 일본 약산식에서 나타났듯이 회귀분석 결과 마감자재의 양증횟수는 기준층 바닥면적에 비례하여 증가하는 것으로 드러났다.

그림 3은 단위면적당(100m²) 실갯수와 단위면적당(100m²) 마감자재 양증횟수와의 관계를 나타낸 그래프이다.

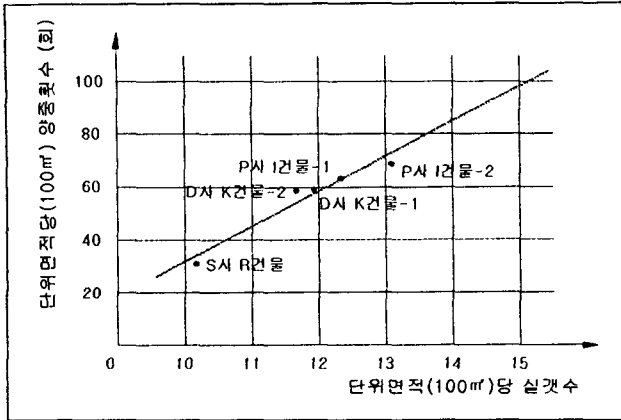


그림3. 단위면적당 실갯수와 마감자재 양중횟수와의 관계

그래프에서 보듯이 단위면적당 실갯수가 증가할수록 양중횟수는 증가하는 것으로 나타났는데, 이 부분은 기존의 약산식에서는 표현되지 않았던 내용으로, 마감자재 양중횟수 산정시 좀 더 신뢰도 높은 값을 도출할 것으로 기대된다.

다시 말하면, 기준층 바닥면적만을 고려한 기존의 양중횟수 산정 약산식에 단위면적당 실갯수라는 새로운 요소를 도입함으로써 보다 신뢰도 높은 약산식을 도출한 것이다.

예를 들어, 기준층 바닥면적이 1,000m²이고 기준층 실의 개수가 다른 두 현장의 기준층 마감자재 양중횟수를 산출하는 경우 기존 약산식의 경우 결과적으로 두 현장의 마감자재 양중횟수가 다름에도 불구하고, 마감자재 양중횟수를 같다고 가정할 수 밖에 없었다.

5. 결 론

고층건축공사에서 양중계획은 전체 시공계획의 근간을 이루는 계획사항으로, 부적절한 양중계획은 공사전체의 비효율을 야기하며, 공사비 증대와 공기지연을 야기하게 된다. 양중계획의 중요한 부분인 필요설치 대수는 원칙적으로 양중자재 산적도에서 구한 최대양중횟수를 통해 산출할 수 있다. 그러나 일반적인 계획의 초기단계에서 상세한 설계가 되지 않는 경우가 많기 때문에 실제 해당 공사의 공정표를 적용하여 정확한 최대양중 회수를 산출하여 양중장비 대수를 결정하기는 어렵다. 이러한 이유로 현재까지 초고층 빌

딩공사의 양중실적을 바탕으로 비슷한 양중횟수 값을 적용한 약산식을 통해 양중장비 대수를 산정하여 왔다. 그러나 약산식 적용에 적용하는 실적 데이터값들은 제한된 사례를 통해 얻어진 수치들이며, 건물의 다양성에 대한 고려가 부재해 약산식에 대한 신뢰성이 부족했다.

본 연구에서는 자재별 특성을 고려한 패키지화를 통해 기준층 양중횟수를 산출했다. 그리고 사례조사대상 건물들의 단위면적당 실갯수와 기준층 면적에 따라 양중횟수가 변해가는 모습을 분석하여 약산식을 도출함으로써 다양한 영향요소가 존재하는 마감자재 양중계획시 보다 신뢰성 높은 양중대수 산정을 가능케 하는데 의의가 있다. 그러나 연구 사례조사대상이 부족하여 통계학적으로 한계가 있는 게 사실이며, 이는 좀 더 많은 영향요소에 대한 연구와 함께 확대되어야 할 부분으로 본다.

초고층 건물의 마감자재 양중에 관한 근본적인 문제점은 체계화되지 못한 양중횟수 산정 기준과 실적데이터의 부재이다. 양중횟수에 대한 체계화된 데이터 축적의 방법은 초기의 양중계획에 있어 해결해야 할 중요한 문제이며, 앞으로 관심을 가지고 연구되어야 할 부분으로 여겨진다.

참고문헌

1. 건설문화사 편집부, 「시공계획자료집성 시공계획 Guide Book 가설편」, 건설문화사, 1995
2. 김재준, 「초대형 고층건물공사 양중관리 체계 개발」, 초대형 고층건물 심포지움, 2001
3. 대우 건설기술연구소, 「고층 건축공사의 양중계획 최적화 방안 에 관한 연구」, 1994
4. 대우건설, 「초고층빌딩 시공 매뉴얼 (1)」, 2001
5. 삼성건설 대학생 건설교육 커뮤니티, 공정관리실무, 「시공계획」
6. 삼성중공업건설, 「초고층 요소기술」, 기문당, 2002
7. 선병택 역, 「초고층 건축시공 (하)」, 건설문화사, 1995
8. 안병주, 「초고층 건물공사 마감자재의 수직·수평 이동계획이 통합된 의사결정모델」, 한양대, 박사학위논문, 2001
9. 안병주·김재준, 「고층건물공사 마감자재 양중계획의 적정성 검토」, 대한건축학회논문집, 2001
10. 최인성, 「초고층건축의 양중계획에 관한 연구」, 중앙대, 박사학위논문, 1985

Abstract

The purpose of the study is to propose a simple formula of lifting times of finishing materials on establishing the high-rise complex building, it is expected to help the efficient planning of lifting. The planning of lifting the finishing materials becomes important as the buildings get higher. The efficient level of lifting times has been calculated from "Packaging" to improve the existing studies on the planning of lifting ; "Packaging" means "Making a bundle as one unit" basing on the characteristics of the individual materials. The simple formula has been produced regarding two variables of the typical floor area and the number of rooms per area.

Keywords : lifting times of finishing materials, representative finishing materials, Packaging, the number of rooms per area, simple formula