

큐잉이론을 이용한 고층건물 가설리프트 계획모델 구축에 관한 연구

Development of the Model Using Queueing Theory for Lifting Planning in Tall Buildings

이 학 주*
Lee, Hak-Ju

김 대 원**
Kim, Dae-Won

조 훈 희***
Cho, Hun-Hee

강 경 인****
Kang, Kyung-In

요 약

건축물에 있어서 고층화·대형화의 변화는 인력과 자재의 양증부하를 증가시키는 동시에 수직양중작업의 이동거리를 증가시킨다. 이로 인해 고층으로의 운반정체는 물론 대기상태증가로 인한 생산성 감소의 문제를 발생시킨다. 이에 고층 건물 공사초기의 양중계획은 건설현장의 특성을 면밀히 고려하고 효과적으로 계획수립에 반영될 필요성이 있다. 하지만 현재 건설현장에서 가설리프트 계획수립은 사이클 주기(Cycle Time)를 바탕으로 한 단순계산식을 사용하고 있다. 이 방법은 쉽고 간단하지만, 복잡하고 유기적인 현장의 현실을 제대로 고려하지 못한다는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 한계점을 극복하기 위한 방안으로, 확률적 대기행렬의 큐잉이론(Queueing Theory)을 이용한 시뮬레이션 모델의 적용 가능성에 대해 알아보고자 한다.

키워드: 가설리프트, 고층건물, 단순계산식, 큐잉이론, 시뮬레이션

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

현재 국내 건축물은 인구의 도시집중, 지가의 상승 등으로 고층화·대형화 되고 있다(신윤석 외 4인, 2006). 고층 건물의 공사에서 관리해야 할 리스크는 다양하고 복잡하다. 그 중 양중관리는 고층화 될수록 양중량과 양중시간이 늘어나고 공사계획단계에서 거의 모든 결정이 이뤄져야 하고 일단 공사가 시작되면 계획내용을 변경하기 어렵다는 특성으로 인해 그 중요성이 강조되고 있다(안병주 외 1인, 2004).

정해진 연면적에 따른 물량의 산출과 양중 사이클(Cycle) 계산법에 의한 단순 계산식은 가설리프트의 대수를 산정하는데 있어 현재까지 주로 사용되는 방법이다. 하지만 위 방법은 리프트양중계획이 실제의 현장과 비교해

오차가 커서 피크타임 시 공사인력의 대기시간이 길어지는 결과를 낳게 되었다(박길재 외 2인, 2001). 이는 단순 계산식의 계산이 작업시간동안 일정한 자원 수의 일률적 투입, 사이클 주기(Cycle Time)와 탑승인원의 고정적 가정, 적용 리프트의 동일 가동률에 대한 가정을 바탕으로 이루어지기 때문이다. 기존의 가설리프트 양중계획에 관한 연구는 이러한 단순 계산식을 토대로 경제성과 효율성을 분석하는 방향으로 진행되어왔다. 그리고 안병주(2004)는 수리적으로 해결하기 곤란한 작업원 수직이동계획 프로세스에 이산형 시뮬레이션을 적용하여 보다 현장의 특성을 반영할 수 있는 계획이 가능함을 보였다. 그러나 자재이동, 리프트 이용자의 대기시간, 가설리프트의 확률적 유연성에 대한 고려가 부족하였다. 그리고 가설리프트의 적절한 사양과 대수를 직접적으로 선정하는데 어려움이 있었다. 이와 같이 복잡·다양한 고층건물의 양중계획을 현장의 실정에 맞추어 실제와 유사하게 설계하는 것은 어려운 일이다.

따라서 본 연구의 목적은 고층건물의 가설리프트산정에 있어서 큐잉이론 기반의 시뮬레이션을 통해 자재·인력의 대기시간과 확률을 고려한 실제 현장과 유사한 계획모델을 구축하는 것이다.

* 정회원, 고려대학교 건축·사회환경공학과, 석사과정
** 정회원, 고려대학교 건축·사회환경공학과, 박사과정
*** 종신회원, 고려대학교 건축·사회환경공학과 조교수, 공학박사
**** 종신회원, 고려대학교 건축·사회환경공학과 교수, 공학박사

이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 '2단계 BK21사업'의 지원비를 받았음.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 국내에 건설 중인 50층 내외의 고층건물에 적용되는 가설리프트 양중계획을 대상으로 하였다. 또한 연구대상이 고층건물이므로 저층, 고층의 양중계획 중 고층부 양중계획만을 연구의 범위로 한정하였다. 가설리프트는 작업인력과 중·소형 자재의 수직이동을 하는 양중설비로 본설 엘리베이터를 이용한 양중은 본 연구에서는 다루지 않는 것으로 가정하였다.

본 연구에서는 그림 1과 같은 절차를 통해 큐잉이론 기반 시뮬레이션 모델의 리프트양중계획 적용성을 살펴보고자 한다. 그리고 산출된 결과를 바탕으로 효율성과 경제성을 비교하여 의사결정자가 양중계획 시 합리적인 선택을 할 수 있도록 하는 기초자료를 제시한다. 단, 가설리프트 거동에 대한 확률분포는 실제 데이터의 부재로 가정에 의한 확률분포로 대체한다.

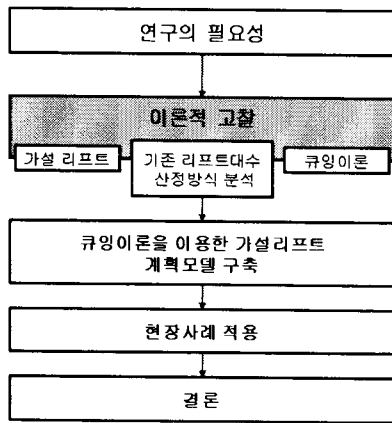


그림 1. 연구의 절차 및 흐름

2 이론적 고찰

2.1 가설리프트의 개요

가설리프트는 '동력을 사용하여 사람이나 화물을 운반하는 것을 목적으로 하는 기계 설비' 라고 정의한다. 이 기계설비는 호이스트(Hoist) 또는 리프트카(Lift Car)라고 불리기도 한다. 가설리프트의 종류로는 건설현장에서 사용되는 건설작업용리프트, 건설현장 외의 장소에서 사용되는 일반작업용리프트, 그리고 소형화물운반을 주목적으로 하는 간이리프트가 있다(산업안전기준에 관한규칙 제100조). 일반적으로 인화물 겸용이 주로 사용된다.

가설리프트 속도에 따른 분류는 저속형, 중속형, 고속형으로 나눌 수 있다. 저속형 리프트는 국내에서 일반적으로 사용되고 있는 것으로 속도는 38~40m/분이고 중속형 리프트는 속도가 60~70m/분이며 25~50층 규모의 고층건물 적용에 적합하다. 고속형 리프트의 속도는 90~120m/분으로 초고층 건물공사에 적합하도록 설계된 가설리프트이다(이준복 외 1인, 2008).

본 연구에서 참고한 실제 고층사레현장의 가설리프트는 인력과 자재가 혼합되어 사용되는 건설리프트이며 속도를 기준으로 고속과 중속 리프트가 적용될 것으로 예상된다. 저속 리프트는 고층건물에 사용하기에 효율성이 많이 떨어져 거의 사용하지 않기 때문에 본 연구에서는 제외하였다. 표 1은 고속 리프트와 중속 리프트의 사양을 비교한 것으로 주목할 만한 것은 각 리프트의 속도차이에 비해 월임대료가 큰 차이가 있다는 것이다.

표 1. 속도에 따른 리프트 사양 비교

구분	고속	중속
적재하중(ton)	2.5	2.0
속도(m/min)	100	70
내부(W*L*H)	1.5*4.5*2.65	1.5*4*2.65
월임대료	600~700만원	200~250만원

2.2. 단순계산식을 이용한 리프트 대수 산정 계획

단순 계산식을 이용한 방법과 확률적인 시뮬레이션방법의 가설리프트 대수산출을 비교하기 위해 실제 계획 중에 있는 고층건물 현장을 선정하였다. 적용하기 위한 현장의 개요는 표 2와 같으며, 3개동 단지의 48층규모의 한 개의 건물을 대상으로 하였다.

표 2. 사례현장개요

구분	내용	비고
리프트 양중기간	19개월	총 공기 48개월
층수	48층	고층 해당
높이	155 m	층고 3.2 m
연면적	46,491 m ²	출력인원, 자재량의 산출기준

위의 현장의 연면적을 바탕으로 하여 현장건물의 출력인원과 양중자재를 산출하는 근거를 다음과 같이 마련하여 사용하였다. 그 결과는 다음과 같다.

- 유사현장 통계 자료에 의한 연면적당 일일출력 인원평균:
 $0.00561\text{명}/\text{m}^2 \times 46,491\text{m}^2 = 261\text{명}$(1)
- 유사현장 통계 자료에 의한 총 양중량 :
 $0.4424\text{ton}/\text{m}^2 \times 46,491\text{m}^2 = 20,568\text{ ton}$(2)

현장과 기존 연구에서 주로 사용되는 계산식은 다음 표 3과 같은 프로세스를 통해 산출할 수 있다. 사이클 주기(cycle time)는 리프트 양중을 마치고 다시 제자리로 돌아오는 것으로 건물의 높이와 속도 그리고 상·하차시간에 의해 추정된다. 작업자는 하루 3회 이동한다고 가정한다. 결국 계산식에 의해 도출된 가설리프트 소요대수는 고속리프트 1.70으로 도출되었으며, 실제 현장에서는 2대가 적용되고 있다.

표 3. 계산식에 의한 소요대수 산정

구분	A동 (19개월) 고속	비고
	인력수송	
A. 일일출력인원(명)	261	(1)
B. Cycle time(분)	15.2	
C. 시간당 수송횟수(회)	3.95	60/B
D. 시간당 수송횟수(명)	118.42	C*정원 ¹⁾
E. 1회 수송시간(시간)	2.20	A/D
F. 하루 이동 횟수(회)	3	
G. 총인원 수송시간(시간)	6.60	E*F
자재양중		
A. 총 양중량(ton)	20,568	(2)
B. 양중시간(일)	478.80	
C. 일일 평균 양중량(ton)	42.96	A/B
D. Peak시 일 양중량(ton)	64.44	C*150% ²⁾
E. Cycle time(분)	15.2	
F. 시간당 양중횟수(회)	3.95	60/E
G. 시간당 양중량(ton)	7.40	F*용량*75% ³⁾
H. 총 양중시간(시간)	8.71	D/G
I. 일일 양중시간(시간)	15.31	G+H
소요대수(대)		I/9시간
적용	고속2대	

* 본 사례현장은 고속형 리프트를 대상으로 계산하였다.

하지만 실제현장에서는 피크타임의 경우 많은 대기시간이 발생하여 공사의 원활한 진행을 저해하는 중점관리 대상이 되고 있다. 또한 높은 임대료에 따른 경비증가는 불가피하게 발생하게 된다.

이와 같이 고층건물공사에서의 효율성과 경제성을 고려한 리프트계획의 필요성이 날로 커지는 상황에서, 리프트대수산정을 위한 기존의 연구는 아직 단순 계산식을 바탕으로 진행되고 있어 현장에 따라 현실과 맞지 않는 계획이 발생하여 공사에 차질을 주는 경우도 있다.

2.3 큐잉이론(Queueing Theory)

큐잉이론(Queueing Theory)은 컴퓨터 네트워크, 기업경영, 산업공학 분야에서 널리 사용되며 엘리베이터 대기시간, 콜센터의 성능개선 등의 분석과 수행평가에도 적용되고 있는 이론으로 대기행렬이론이라고도 일컫는다. 여기서 대기행렬이란 유형, 무형의 서비스를 받기 위해 개체 등이 줄지어 기다리는 현상이 발생 할 때 대기고객 수, 대기시간, 서비스 수 등의 상태를 수량적으로 나타내고자 하는 방법이다(이호우, 1997). 그리고 성능척도는 이러한 기다리는 현상을 알아볼 수 있게 하는 값들을 의미하게 된다.

다음은 대표적인 성능척도들이다.

- 1) 해당 가설 리프트 정원은 30명이다.
- 2) 일일 평균 양중량의 보정(150%)으로 피크(Peak)타임을 고려한다.
- 3) 최대용량 2.5ton에 보정(75%)을 적용하였다.

- 고객수 - 시스템 내에 있는 총 고객수
- 대기고객수 - 대기공간에서 기다리고 있는 고객수
- 대기시간 - 임의의 고객이 입력해서 최초 서비스를 받기 시작할 때까지의 시간
- 체재시간 - 입력시점에서부터 시스템을 이탈 할 때까지 시스템에 머문 총시간

또한 큐잉 모델은 도착과 작업 단위의 상호작용을 분석하려고 시도한다. 전자는 도착하여 공급받기를 기다리거나 공급받는다. 열(queue)에 도착 단위가 없다면, 생산도 이루어지지 않는다. 그러나 대기열이 너무 길면 비경제적일 수 있다는 것이다. 이러한 원리를 건설현장에 적용하게 되면 열을 지어 서비스를 기다리는 개체는 작업자와 자재이며 리프트는 서비스를 수행하는 자원으로 응용될 수 있다. 즉, 서비스를 이용하려는 이용자에 비해 서비스 자원이 부족하면 생산성의 저하 및 공기의 지연을 초래하게 된다. 반면 이용하려는 객체의 수에 비해 서비스자원이 과잉 공급되면 이 역시 비경제적이라고 설명할 수 있다(대한주택공사, 1997).

본 연구에서 적용하는 큐잉이론을 이용한 확률적인 시뮬레이션 방법은 인원의 투입, 리프트의 탑승인원, 1주기의 리프트 사이클(Cycle)에 확률을 적용하여 보다 현실과 유사한 상황을 만들 수 있다는 장점이 있다. 또한 리프트의 속도와 사용대수, 월임대료, 대기시간 등을 종합적으로 고려하여 최적화를 시키게 되면 보다 합리적이고 경제적인 의사결정을 할 수 있을 것으로 보인다.

3. 큐잉이론을 이용한 가설리프트 계획모델 구축

3.1 모델 구축

가설리프트 계획은 확률적 대기행렬을 이용한 시뮬레이션 방법을 통해 수행된다. 대기행렬을 적용하기 위해서 Rockwell Automation사의 Arena 프로그램을 사용한다. 이 솔루션(Solution)은 복잡한 수학적 큐잉 수식을 쉽게 시각적으로 적용 가능케 하는 시뮬레이션 프로그램이다. 여기서 시뮬레이션은 복잡한 공정 또는 시스템 거동에 대한 미래 예측이나 운영방법의 변화에 따른 효과를 예측하는데 유용한 방식이다(김정미, 2000).

대기시간을 감소시키고 리프트의 가동률을 효율적으로 유지시키기 위해 현장상황을 고려하여 프로세스를 도식화하였다. 그림 2에서 자재와 인력은 발생(Start)과 도착(Arrival)을 하고 리프트를 탑승하여 목적지에 도착하면 곧바로 프로세스를 종료한다. 리프트 이용가능(Lift Availability)은 리프트 앞에서 리프트의 이용가능여부를 묻고 이용이 가능하면 리프트 서비스를 받고 불가하면 큐(Queue)⁴⁾로 자재와 인력을 보내는 역할을 한다. 본 연구에서의 시뮬레이션 모델

- 4) 큐(Queue)—서비스를 받기 위하여 기다리는 고객의 모임. 웨이팅라인 중의 고객의 수를 열의 길이(queue length, queue size)라고 한다.

은 현장의 여건과 특수한 상황들을 고려하기 위해 몇 가지 가정을 설정하였다.

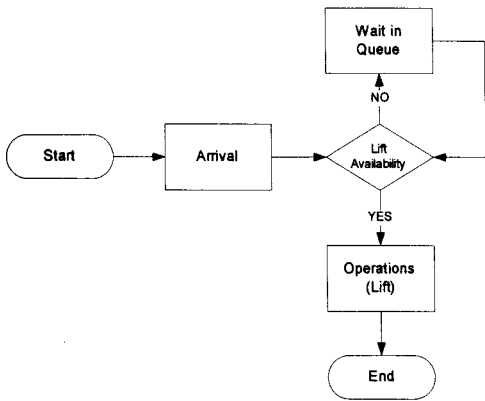
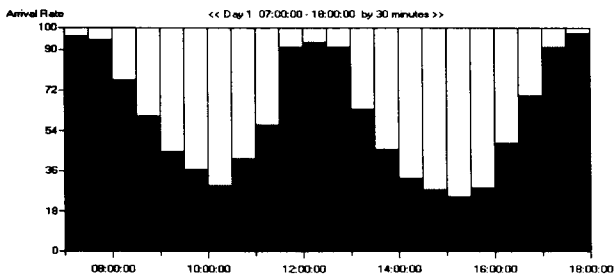


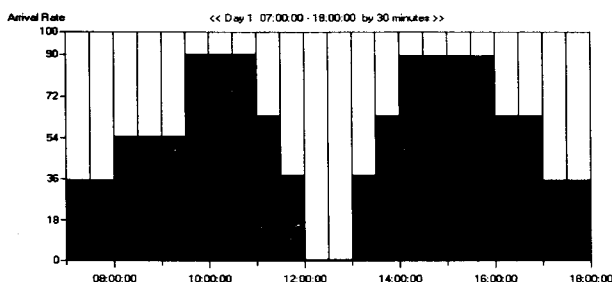
그림 2. 단순화 시킨 가설리프트 양중 프로세스

시물레이션을 실행하기 위한 가정으로, 첫째, 저층부의 양중작업과 분리하여 고층부를 대상으로 하여 기초자료를 입력하였다.

둘째, 일일 작업시간은 9시간이며 일일 리프트이용 총 투입인원은 일일출력인원의 3배(가정이동회수)로 하여 780명이 일과시간 중 리프트를 이용한다. 리프트 가동률과 관계 깊은 피크타임은 그림 3과 같이 아침, 점심, 퇴근 시간대에 집중적으로 분포한다. 자재양중은 일일 평균 양중량(42.9ton)을 인력의 이동이 비교적 적은 오전 9시~11시, 오후 2시~4시 사이에 집중 되도록 설정하였다.



a) 인력의 일일 양중 스케줄



b) 자재의 일일 양중 스케줄

그림 3. 피크타임을 고려한 일일 양중 스케줄

셋째, 리프트에 탑승하는 인원의 수는 인력의 경우 최빈값 25명에 최소값 20명, 최대값 30명의 삼각분포(Triangular)로 가정하였으며, 자재는 용량의 75%인 1.8ton의 최빈값에 최소값 1.6ton, 최대값 2.0ton의 삼각분포를 입력하였다. 이와 같은 분포를 적용하는 이유는 실제 현장에서 작업자나 자재는 평상시 리프트정원에 맞추어 탑승한다는 보장이 없기 때문이다. 만약 기반데이터가 있다면 데이터를 확률적 분포로 분석하여 반영할 수 있다.

마지막으로 리프트 이동시간의 총합계인 1회 사이클 주기(Cycle Time)에 시간상의 확률적 가변성을 주었다. 즉, 단순계산법에서 고속리프트 사이클 주기는 15.2분, 중속리프트 사이클 주기는 18.3분과 같이 일률적으로 1점 추정하는 것이었다. 하지만 시물레이션 모델은 위의 경우와 마찬가지로 삼각분포를 적용시켰다. 고속리프트 사이클 주기는 최소값 13.2분, 최빈값 15.2분, 최대값 17.2분, 중속리프트 사이클 주기는 최소값 16.3분, 최빈값 18.3분, 최대값 20.3분의 삼각분포를 따르게 하였다. 여기서 이러한 사이클 주기는 최적의 리프트 조합을 찾기 위한 변수로 사용된다.

위의 가정을 고려하여 작성된 시물레이션 모델은 효율적인 대수산정을 위해, 계산식에서 산출된 고속 리프트 2대를 기준으로 하여 가능한 많은 조합들을 선정하였다. 선정 대상 조합은 다음 표 4와 같다.

표 4. 시물레이션 대상 리프트 조합

리프트 조합	리프트 대수	비고
고속-고속-고속	3	시물레이션 비교를 위해 각 리프트 속도별로 사이클 주기(Cycle Time)를 변경하여 결과값 산출
고속-고속-중속	3	
고속-중속-중속	3	
중속-중속-중속	3	
고속-고속	2	
중속-중속	2	

그림 4는 시물레이션을 통한 사례현장의 효율적 양중계획 달성의 목적으로 작성된 모델이다. 자재와 인력은 발생이 되고 배치(Batch)모듈에서 삼각분포로 그룹화 된 후 리프트가 사용가능할 때까지 대기시간을 갖는다. 이 작업그룹은 리프트의 이용 가능 상태가 발생하면 자연(Delay)모듈에서 삼각분포의 사이클 주기(Cycle Time)에 따라 이동되고 목적지에 도착하면 분리(Separate)모듈에서 그룹이 해체되고 종료(Dispose)모듈에서 완료된다. 시물레이션 시행 횟수는 모두 각각 3회씩 실시되었으며 결과시트에서 대기시간(Wait Time), 이동시간(Transfer Time), 리프트 가동률(Number Busy) 등이 자재와 인력으로 구분되어 산출된다.

3.2 시물레이션 결과 및 분석

개발된 모델의 시물레이션 결과 값은 표 5와 같으며 각 값은 결과시트의 평균값 항목을 사용하였다.

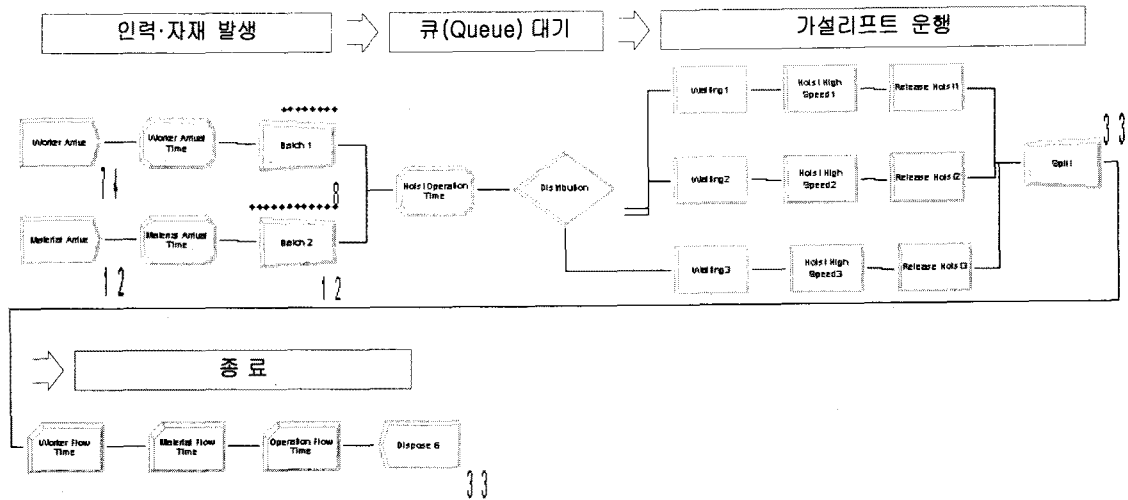


그림 4. 고층건물 리프트양중계획 시물레이션 모델

표 5. 시물레이션 결과

구분		고속	고속	고속	중속	고속	고속
		고속	고속	중속	중속	고속	중속
대기시간 (Wait Time)	자재 (분)	13.3	16.3	16.7	17.3	18.9	25.4
	인력 (분)	12.8	15.5	15.9	16.1	17.5	24.7
운행시간 (Transfer Time)	자재 (분)	15.0	16.1	16.9	18.0	15.0	16.2
	인력 (분)	15.1	16.0	17.0	18.1	14.8	16.3
총 시간 (Total Time)	자재 (분)	28.3	28.3	33.6	35.3	33.9	42.1
	인력 (분)	27.9	27.9	32.9	34.2	32.3	41.0
대기자 수 (Number Wait)	자재 (ton)	0.77	0.82	0.73	0.86	1.06	0.88
	인력 (명)	11.5	11.3	12.0	11.8	10.4	12.1
가동률 (Number Busy)	Lift 1	0.43	0.41	0.51	0.70	0.77	0.72
	Lift 2	0.47	0.48	0.57	0.43	0.62	0.83
	Lift 3	0.47	0.63	0.51	0.48	-	-

표 5에서 대기시간(Wait Time)이 의미하는 것은 인력의 경우 개개인당, 그리고 자재의 경우 100kg당 리프트 탑승을 위해 대기하는 시간이며, 고속 3대의 설치가 가장 적은 대기시간을 가지고 고속1대+중속1대 리프트의 조합이 가장 많은 대기시간을 보내는 것으로 나타났다. 운행시간(Transfer Time)은 리프트가 한 사이클(Cycle)을 수행하는데 걸리는 시간으로, 앞서 언급한 삼각분포를 가지는 확률적 분포에 따라 수행하여 얻어진 값이다. 대기자 수는 대기하는 자재와 인력의 개체수를 의미한다. 가동률(Number Busy)은 최대값 1, 최소값 0으로 수치가 높을수록 리프트의 가동이 활발하다는 것을 의미한다.

시물레이션 결과를 분석하여 보면, 3대의 고속 리프트만을 사용한 가상현장은 인력과 자재(100kg) 모두 12.8~13.3분의 대기시간을 갖는다. 하지만 리프트 가동률은 모두 0.5를 넘지 못하고 있다. 따라서 한가한 상태가 다소 발생하게 된다. 다음 고속2대+중속1대 리프트 조합은 운행시간이 1분 늘어난 반면 대기시간은 3~3.5분정도 늘었고, 가동률은 소폭 상승하였다.

그리고 고속1대+중속2대의 리프트 조합은 대기시간이 자재, 인력 모두 0.4분으로 미세하게 증가하였다. 다음 중속 3대의 리프트 조합도 마찬가지로 0.2~0.6분 정도 미세한 증가를 하였다. 2대의 고속 리프트조합의 경우는 대기시간이 1.6(17.3->18.9)분으로 다소 증가하였다. 이에 반해 고속1대+중속1대의 리프트 조합은 대기시간이 급격히 증가하는 것을 알 수 있다.

한편 운행시간에서 대기시간을 빼면 플러스 값을 가지는 리프트조합이 있는가 하면 마이너스 값을 갖는 리프트 조합도 있다. 여기서 마이너스 값을 갖는 것은 대기시간 값이 크므로 리프트가 한 사이클(Cycle)을 마친다 해도 탑승하지 못하는 자원이 있다는 것을 의미하며 이는 대기상태의 누적을 발생시키고 양중부하에 걸리게 된다고 판단할 수 있다. 본 사례현장에서 계산식에 의해 산정되고 현장에서 실제 적용된 고속리프트 2대의 조합은 다른 조합에 비해 리프트 가동률이 높고 리프트 운행시간의 단축은 가져오지만 실제 인원이나 자재의 대기시간은 늘어나는 것을 확인할 수 있다.

이와 같이 시물레이션을 통해 효율성에 따른 각 조합의 장점과 단점을 파악할 수 있었다. 이는 의사결정자에게 유익한 자료로 제공될 수 있고, 의사결정을 보다 명확하게 하기 위해서는 경제성에 대한 고려가 있어야 한다. 고속 리프트는 분당 0~100m의 속력을 낼 수 있는 고성능의 이동설비이며, 기존의 공동주택건물에서의 중·저속 리프트의 사용이 주류인 상황에서 고속 리프트의 월임대료는 중·저속 리프트에 비해 월등히 높다(표 1참조).

따라서 속도에 따른 리프트조합과 월임대료를 비교하면 비용·효율을 모두 고려한 리프트양중장비시스템을 도출할

수 있다. 표 6은 각 리프트조합별 경제성을 비교한 것으로 고속3대(고속+고속+고속)조합은 다른 조합과 비교해 빠른 이동능력과 짧은 대기시간을 보여주지만 다른 리프트 조합에 비교해 낮은 가동률과 높은 비용의 문제로 과잉투자로 여겨질 수 있다. 또한 단순계산식에 의한 리프트 산정결과인 고속 2대는 활발한 가동률을 보이는 반면 경제성에선 중속 3대와 고속1대+중속2대 조합이 앞선다고 말할 수 있다.

표 6. 리프트 조합별 경제성 비교

구분	대기 시간 + 운영 시간		평균 가동률 (Number Busy)	월임대료 × 리프트 양중기간 (19개월)
	자재	인력		
고속+고속+고속	0.89	0.85	0.46	37050(만원)
고속+고속+중속	1.01	0.97	0.51	28975(만원)
고속+중속+중속	0.99	0.94	0.53	20900(만원)
중속+중속+중속	0.96	0.89	0.54	12825(만원)
고속+고속	1.26	1.18	0.69	24700(만원)

가장 경제성이 뛰어난 중속 3대의 리프트 조합은 리프트 운영시간 대비 대기시간의 비율이 낮아 인력과 자재를 비교적 효율적으로 순환시킨다고 볼 수 있어, 효율적인 리프트 가동은 물론 경제성을 통한 기업경쟁력에도 도움을 주는 결과라고 할 수 있다. 이와 같은 확일적으로 적용하는 단순계산식에 비해 본 연구에서 제시한 방법은 여러 속도와 대수를 자유롭게 조합하여 최적의 결과를 도출할 수 있음을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 전통적으로 사용되던 단순계산식에 의한 리프트 대수 산정의 한계점을 극복하기 위한 하나의 대안으로 큐잉이론을 이용한 시뮬레이션 모델을 제안하였다. 사례현장적용을 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 확일적으로 적용하는 단순계산식과는 달리 사용자에 의해 현장에 맞는 다양한 값을 입력할 수 있다. 그 예로 리프트 고장에 의한 양중효율의 변수지정도 가능하다.
- (2) 단순계산식과 달리 다양한 대안을 비교·검토하여 리프트 양중계획의 의사결정 폭을 넓힐 수 있고 경제성을 고려하여 합리적인 양중계획을 수립할 수 있다.
- (3) 작업자의 대기 상태와 리프트의 가동률, 운행시간 등 공사에 유의한 정보를 제공하게 되어 양중뿐만 아니라 다른 공정의 계획수립에 도움이 될 수 있다.

본 연구는 리프트양중계획 효율성을 증대시키기 위해 확률적 시뮬레이션을 적용하여 개선된 리프트 양중계획달성의 가능성을 볼 수 있었다. 하지만, 경제성 분석에서 작업 효율성의 증진에 따른 공기단축의 고려가 없어 현실과 다소 차이가 있을 수 있다.

향후 다양한 변수를 입력할 수 있는 개선된 프로그램 작성을 바탕으로 기반데이터 축적을 통한 확률 분포의 적극적인 적용 그리고 도출된 결과값에 대한 최적대안 산정법의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 김정미 (2000), "SIMULATION을 이용한 지하공사 공기 산출방안에 관한 연구", 고려대학교 석사학위논문
2. 대한주택공사 주택연구소, 건설업의 생산성 향상, 1997
3. 박길재·장명훈·이현수 (2001), "고층 건축공사에 있어 자재양중계획의 최적화방안", 대한건축학회 학술발표논문집(구조계), 제21권, 제2호, 대한건축학회, pp. 479-482
4. 신윤석·최희복·이용균·안성훈·강경인 (2006), "초고층 건축공사의 바닥판 거푸집시스템 선정에 관한 연구", 대한건축학회 논문집(구조계), 22권, 2호, 대한건축학회, pp. 147-154,
5. 안병주 (2004), "이산형 시뮬레이션을 사용한 초고층건물공사 작업원의 수직이동계획", 한국건설관리학회는 문집, 제5 권, 제2호, 한국건설관리학회, pp. 47-54
6. 안병주·김재준 (2004), "초고층건물 마감공사 양중계획의 실태와 문제점", 제4차 한국초고층건축포럼 심포지엄, pp231-256
7. 이호우(1998), *대기행렬이론(초판)*, 시그마프레스, 서울
8. 이준복·한충희 (2008), "공동주택공사의 건설용 리프트를 이용한 양중계획 타당성 분석", 한국건설관리학회 논문집, 제9권, 제3호, 한국건설관리학회, pp. 185-193

Abstract

Tall building construction has been increasing due to the need to maximize land usage. It causes the increase of vertical transportation for workers and materials, which significantly affects the productivity and lifting planning, therefore, has to be made carefully based on the characteristics of the field. However, the existing method to calculate the number of lift is too simple to consider complex and various characteristics in tall building construction. Accordingly, we developed the model for selecting the best system of vertical transportation by using Queueing theory. To find out the situation of the queue of resources such as material and workers, a simulation program will be applied.

Keywords : Lift, Tall Building, Queueing Theory, Simulation