

고층 건축공사의 타워크레인 계획 프로세스 개발

Developing the Towercranes Planning Process in High-rise Building Project

채 희 동* 장 명 훈** 이 현 수***
Chae, Hee-dong Jang, Myung-houn Lee, Hyun-soo

요 약

건설 프로젝트의 대형화, 고층화 추세는 자재, 인원 등의 물류량을 증가시켜 양중계획의 중요성을 증대시키고 있다. 이에 본 연구는 타워크레인 계획 프로세스의 개발을 목표로 한다. 이는 후속 연구를 통해 양중계획 지원시스템으로 발전시킬 수 있을 것으로 기대된다. 본 프로세스는 양중대안을 선정하는 프로세스와 평가하는 프로세스로 구분된다. 첫 번째 프로세스는 양중 위치와 물량에 대한 검토를 통해 가능한 크레인의 대수, 종류, 위치의 조합을 만들어낸다. 두 번째 프로세스는 첫 번째 프로세스의 결과물인 각 조합에 대해서 Peak time과 모든 물량의 소화여부를 검토하여 실행가능한 대안들을 만들어낸다. 마지막 프로세스에서는 이들 대안을 대상으로 공기만족도, 비용, 장비 및 작업의 효율성 등을 평가하여 최적의 대안을 선택하게 된다.

키워드: T/C 계획, 양중 계획, 가설 시설물, 고층건축공사

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설 프로젝트가 점차 고층화, 대형화, 복잡화되면서 공사에 소요되는 자원의 운반이 많아지고 있다. 특히, 도심지 고층 건축공사의 경우 협소한 대지에 고층으로 건물이 올라가므로 양중 계획의 중요성이 증대되고 있다. 또한 자재, 노무, 장비 등의 물류량이 많기 때문에 공정계획에 따라 자원을 적재 적소에 원활하게 반입하는 것이 공사관리의 성패를 좌우하게 된다. 그러나, 기초 자료가 부족하고 체계적인 방법의 적용 없이 주로 경험과 직관에 의해 양중 계획을 수립하기 때문에 운반비용의 상승, 시간의 낭비, 비효율적인 자원의 활용 등과 같은 손실이 발생하고 있다.

따라서, 공정에 따라 양중 대상을 선정, 분류하고 양중 장비의 특성에 따라 대상물을 할당하여 물류관리를 체계화함으로써 공사관리의 효율성을 높이고, 공기, 비용, 품질 등의 목표달성을 수월하게 하는 것이 필요하다. 물류관리를 체계적이고 효율적으로 수행하기 위해서는 우선 양중 계획

이 체계적이고 예측 가능하도록 이루어져 있어야 한다.

본 연구는 양중 장비 중 가장 중요한 타워크레인(이하 T/C)을 중심으로 T/C 계획 프로세스의 개발을 목표로 한다. 본 프로세스는 크게 조합생성 프로세스, 대안생성 프로세스, 대안평가 프로세스로 구성되며 후속 연구를 통해 양중 계획 지원시스템으로 발전시킬 수 있을 것으로 기대된다.

1.2 연구의 범위 및 방법

도심지 고층 건축공사가 점차 많아지고 있고, 이의 수직 운반 계획이 특히 중요하므로 본 연구는 도심지 고층 건축공사의 T/C 계획으로 범위를 한정하였다. 그리고 건설 프로젝트는 그 특성상 변수가 많고, 불확실성이 크므로 양중 계획에 있어서 큰 영향을 끼치는 공법(골조공사 공법, 토공사 공법, 커튼월 공법)과 공정계획(master schedule)은 이미 결정되어 있는 것으로 한다. 또한 T/C에 대한 의사결정으로는 기중선정, 대수 및 설치위치 결정으로 한정한다.

연구는 다음과 같은 순서로 진행하였다.

- (1) 문헌고찰을 통해 문헌들의 가정 및 방법론을 분석하여 현장 적용상의 문제점과 한계를 파악하였다.
- (2) T/C 계획 전문가를 대상으로 면담조사를 실시하여 현장에서의 T/C 계획 프로세스, 제약조건 등에 대해서 분석하여 현장 T/C 계획의 문제점을 파악하였다.

* 학생회원, 서울대 대학원 석사과정

** 학생회원, 서울대 대학원 박사과정

*** 종신회원, 서울대 건축학과 교수, 공학박사

본 연구는 건설교통부 2000년도 건설기술연구개발사업 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호 12-01

(3) 전문가의 T/C 계획 안을 만드는 프로세스와 대안을 평가하는 평가 프로세스를 제시한다.

(4) T/C에 대한 의사결정의 기초가 되는 자료들을 프로세스에 체계적으로 결합시킨다.

2. 문헌고찰 및 연담조사

2.1 문헌고찰

양중계획에 대한 연구는 국내·외에서 활발하게 진행되어 왔으며 크게 양중 장비 선정에 대한 연구, 크레인의 최적 위치 선정에 관한 연구, 양중시간에 관한 연구 등으로 나눌 수 있다. 양중 장비 선정에 대한 연구는 Shuzo Furusaka(1984), 남시대(1996), 김훈(2000) 등이 있으며 강한 제약조건과 개념적 연구로 현장에 적용하기에는 어려움이 있다. 크레인의 최적 위치 선정에 관한 연구는 Warszawski(1972), 주진호(1994) 등에 의해 꾸준히 이어져 왔으며 최근의 Zhang, P.(1999)에 의해 팔목할만한 진전을 보였으나 목적함수의 타당성에 의문이 제기되고 필요로 하는 데이터가 많아 현장에 적용하기에는 어려움이 따른다. 한편 양중시간에 대한 데이터를 축적하고 예측을 좀 더 정확하게 하고자 하는 연구들이 지속적으로 이루어져왔다. 예측가능하고 합리적인 공사관리가 가능하기 위해서 양중시간에 대한 연구가 중요함에도 불구하고 양중시간에 대한 축적된 자료의 부족으로 인하여 양중계획에 있어서의 리스크는 증가하고 그 결과 안정적인 계획을 위해 과대계획이 이루어지고 있는 것이 국내 현장들의 현실이다. 양중시간에 대한 연구로는 Leung(1999)의 연구가 두드러진다. Leung은 홍콩 300개 현장에서 수집한 데이터를 20여 개의 변수를 동원하여 신뢰도가 높은 양중시간 회귀식을 구하였다. 그러나 이 자료를 국내현장에 적용하기에는 축적된 자료의 부족으로 어려움이 있다.

표 1. 영중장비 선정에 관한 연구

연구자	연구 내용	평가
남시대 (1996)	- 설치위치 및 기중선정을 합리화함 - 가동용 향상을 위해 실적 데이터를 수집, 분석하는 과정을 제안	- 설치 가능한 위치 및 기중만을 제시하고 평가과정이 없음
김훈 (2000)	- 양중 장비 선정에 관한 의사결정 모델을 제안	- 프로세스 각 단계의 세부 내용이 빈약함
Shuzo Furusaka (1999)	- 설치비용+운영비용+해체비용을 최소화 하는 목적함수 사용 - 건물이 올라갈수록 용량이 큰 크레인으로 바꾸는 것이 더 최적화된 조합임을 보임	- 현실적으로 T/C를 자주 바꾸기는 어려움

표 2. 크레인의 최적 위치 선정에 관한 연구

연구자	연구 내용	평가
주진호 (1994)	- 정량적인 방법을 통해 한 대의 타워 크레인의 최적위치 선정 모델 제시 - 크레인이 작업한 일의 양을 최소로 하는 위치가 T/C의 최적위치	- 일의 양보다는 다른 요인이 T/C에 대한 의사결정의 주요 변수임
Warszawski (1972)	- 스톡야드와 부재설치위치 사이의 크레인의 양중 시간을 산출하여 시간의 총합이 최소인 점을 크레인의 위치로 결정	- 양중시간의 차이가 미비해 의사결정에 영향을 끼칠 정도는 아님
Zhang, P. (1999)	- 여러 대의 타워크레인의 위치를 최적화시키는 모델을 제시 - 세 개의 하위모델을 통해 단계적으로 최적화된 위치를 찾아 나감 - 후크(hook)의 이동시간을 최소화시키는 점이 타워크레인의 최적위치	- 작업을 할당하고 최적위치를 찾아나가는 방법이 체계적이나 많은 데이터를 필요로 하여 현실적용에 있어서 어려움이 있음

표 3. 해외 문헌 고찰

연구자	연구 내용	평가
Leung, Arthur W. T. (1999)	- 양중 시간을 합리적으로 예측하는 모델을 제시 - 물건을 운반하는 시간+되 돌아오는 시간으로 모델링 - hoisting height, angular movement, length의 순으로 중요	- 예측가능한 양중관리를 위해 정확한 양중시간 예측은 의미 있음
Leung, Arthur W. T. (2000)	- 회귀분석을 사용했던 기존 연구를 Artificial Neural Networks 기법을 사용하여 예측의 정확성을 높임	- 예측가능한 양중관리를 위해 정확한 양중시간 예측은 의미 있음

2.2 면담 조사

면담 조사는 2001년 3월 한 달 동안 우리 나라 주요 건설회사의 가설계획 전문가 11인을 대상으로 기존의 프로세스, 제약조건들, 사용 방법, 문제점 등에 대하여 조사하였다. 현장에서는 객관적이고 신뢰할 만한 자료가 부족하여 개략적인 계산식이 주로 사용되고 있었고, 체계화된 프로세스가 없이 전문가의 경험과 직관에 주로 의존하여 양중 계획이 이루어지고 있었으며, 프로세스가 모호하여 Feed back 과정이 명확하지 않았다. 그림 1은 H건설의 양중 계획 전문가가 제시한 현장의 양중 계획 프로세스 예이다.

면담 조사 결과 현장에서는 양중 계획 수립 시 전문가는 현장 여건, 작업반경, 작업능률, 설치·해체의 용이성, 타 작업에의 간섭 정도, 공기 만족 여부, Peak time 소화여부 등을 검토하는 것으로 조사되었으며, 여러 개의 대안 사이에서 의사 결정 시에는 비용, 공기 만족도, 가동율, 작업의 난이도, 간섭여부 등을 주로 고려하는 것으로 조사되었다.

프로세스, 대안평가 프로세스로 나누어지며 전체적인 프로세스는 다음 그림과 같다.

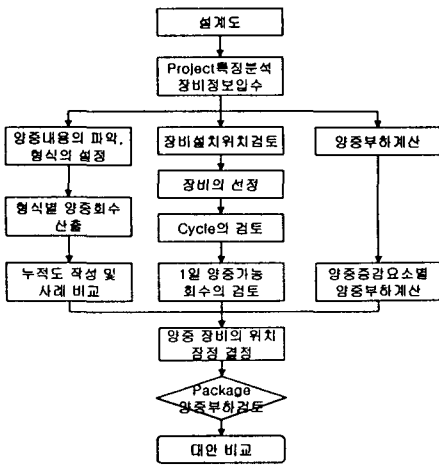


그림 1. 현장의 양증계획 프로세스

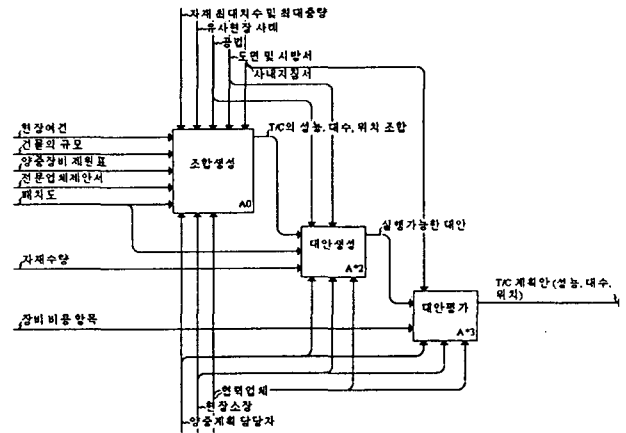


그림 2. T/C 계획 프로세스

3. 현장의 양증계획 방법

양증계획 시 고려할 사항으로는 공법이 가장 큰 영향을 끼치는 것으로 조사되었고, 그 밖에 공기, 장비의 성능 및 조달 가능여부, 비용, 양증물량 등이 크게 영향을 끼치는 것으로 조사되었다. 현장에서의 양증계획 범위는 T/C의 기종 선정, 대수 및 설치 위치 결정, T/C의 설치·클라이밍·유지관리·해체 방법에 대한 검토 등을 포함한다. 또한 양증계획은 현장소장과 공사담당자에 의해 수행되고 작성보조자, 작성방법, 참고자료, 계획의 결과물 등에 대한 내용은 표 4와 같다.

표 4. 현장의 양증계획 방법

구분	내용
계획의 범위	- T/C 기종 선정, 대수 및 설치 위치 - T/C의 설치, 클라이밍, 유지관리, 해체 방법
계획작성자	- 공사총괄, 현장소장 등 1~2인
작성보조자	- 전문건설업체, 장비업체
작성방법	- 경험과 직관에 근거한 휴리스틱(Heuristic)한 방법
참고자료	- 도면, 시방서 및 공정계획 - 전문업체 제안서 및 자료 - 유사현장 가설계획 자료 - 사내지침서 등
계획결과물	- 양증장비 배치계획도 (작업반경 포함) - 양증장비 설치, 해체, 운영 계획 - 장비제원표 - 양증부하 계산결과 - 양증계획 공정표 (장비투입 대수 및 일정) - 양증계획 소요 예산품의서

4. 양증계획 프로세스

T/C계획 프로세스는 크게 조합생성 프로세스, 대안생성

4.1 조합생성 프로세스

양증계획에 있어서 주요한 의사결정은 양증장비의 종류, 대수 및 위치에 대한 결정이다. 양증장비의 종류 및 대수는 물량 검토를 통해 산정되고, 양증장비의 설치 위치는 건물 배치, 토공사 공법, TC간 간섭 및 모든 물량의 이동을 커버할 수 있는 지 등을 검토하여 결정된다. 조합생성 프로세스는 양증 물량 및 현장 여건을 검토하여 양증장비의 종류, 대수 및 설치 위치에 대한 가능한 대안의 조합을 만들어내는 프로세스로 그림 3과 같다.

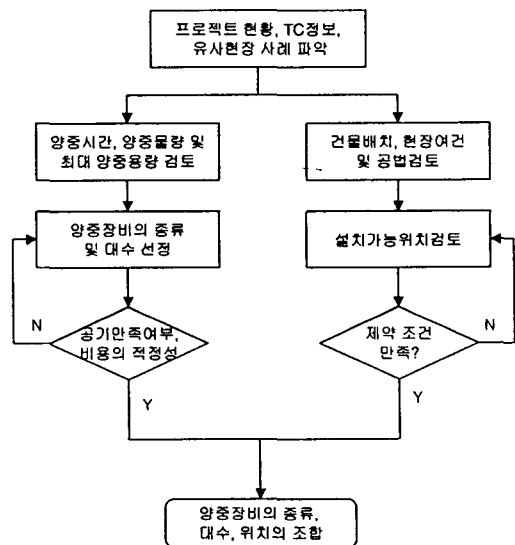


그림 3. T/C 계획 대안 조합생성 프로세스

① 프로젝트 현황 파악

프로젝트 현황 파악은 현장 여건을 검토하고, 양중 계획에 필요한 자료를 수집하는 단계이다. 양중 계획에 필요한 자료로는 도면, 시방서, 기술자료, 유사 현장 사례, 양중 전문업체의 자료, 양중 계획 소요예산 품의서 등이 있다. 이들 자료를 종합적으로 검토하여 양중 계획의 방향을 설정하고, 고려 사항들을 종합적으로 숙지하게 된다.

② 양중 시간, 양중 물량 및 최대 양중 용량 검토

양중 계획 시 분석하는 양중 시간, 양중 물량에 대해서 현장에서는 개략적인 추정치를 사용한다. 이 단계에서는 이를 그대로 이용하고, 보다 상세한 분석은 평가 프로세스에서 이루어지게 되며 이는 양중 계획이 공정을 고려한 양중 관리로 이어질 수 있는 연결고리가 된다. 양중 시간 또한 유사 현장의 사례를 토대로 개략적인 추정치로 구해진다. 양중 물량은 제곱미터당 중량(peak 시 0.4~0.45t/m²) 내지는 제곱미터당 양중 회수를(0.2~0.4회/m²) 구하게 되며 최대 양중 용량은 철골, 중량 기계설비, 철근 등을 분석하여 파악할 수 있다.

③ 양중 장비의 종류 및 대수 산정

일일 양중 회수는 양중 장비의 일일 가동 시간을 1 사이클 당 소요 시간으로 나누어서 구할 수 있으며, 전체 양중 회수를 일일 양중 회수로 나누면 전체 양중 소요 기간이 나오게 된다. 이를 공기와 비교하여 개략적인 소요 대수를 구한 후, 여기서 구한 기간에 공휴일과 타 공정으로 인한 소요 기간을 더하여 전체 공기를 만족시키는 지 여부를 확인한다. 공기를 맞추기 어려울 경우 양중 장비의 성능을 올려 ②, ③의 과정을 반복한다. 양중 장비의 성능이 좋아지면 1회당 소화 물량이 많아지고 양중 시간도 단축됨으로써 공기를 단축시킬 수 있게 된다.

$$N = (60 \times h) / t$$

N : 일일 양중 회수, h : 일일 가동 시간

t : 1 사이클 당 소요 시간(분)

$$D = \rho Q_n / N$$

D : 양중 소요 기간(일), Q_n : 전체 양중 회수,

ρ (>1) : 가중치

양중 장비의 종류를 선정하는 데 있어서 T형을 사용할 것인지 Luffing형을 사용할 것인지는 주요한 의사결정이다. 이에 대한 결정은 건물 배치, 현장 주변 및 골조 코어와의 간섭 등을 고려하여 결정하게 된다.

④ 공기 만족 여부, 비용의 적정성

공기와 비용은 양중 계획에 대한 의사결정에 있어서 중요한 두 요소로 이 두 가지를 모두 만족시켜야 양중 장비의 종류 및 대수로서의 조합이 생성되게 된다.

⑤ 건물 배치, 현장 여건 및 공법 검토

건물 배치, 현장 여건 및 공법에 대한 검토는 양중 장비의 설치가 가능한 위치를 파악하기 위한 것이다. 공법에 있어서는 특히 토공사 공법과 지하골조 공법에 대한 세밀한 검토가 요구된다.

⑥ 설치 가능 위치 검토

⑤에서 이루어진 검토를 통해 대략적인 설치 위치가 정해지고, 건물이 올라감에 따라 간섭은 없는지, 설치와 해체는 가능한 지 등에 대한 세심한 고려를 통해 설치 가능 위치로 정해진다.

치로 정해진다.

⑦ 제약 조건 만족?

⑤, ⑥의 절차를 통해 만들어진 설치 가능 위치는 표 5와 같은 제약 조건들을 만족여부를 하나하나 확인하게 된다. 만족시키지 못하는 사항이 나오면 그 위치는 대안에서 제외되거나 특별한 조치를 통하여 가능한 대안으로 채택되게 된다.

⑧ 양중 장비의 종류 대수, 위치의 조합

①~⑦를 통해 가능한 양중 장비의 종류 대수, 위치의 조합이 만들어지게 된다.

표 5. T/C 위치 선정 시 고려 사항

고려 사항	가능	불가능	조치내용
1. T/C의 공간 확보 및 설치가 가능한가			
2. 수평, 수직으로 모든 운반을 소화하는가			
3. 법원·민원에 의한 제한은 없는가			
4. 인접 건물, T/C간 간섭은 없는가			
5. 설치·해체 및 climbing은 가능한가			

4.2 대안 생성 프로세스

대안 생성 프로세스에서는 조합 생성 프로세스의 결과 만들어진 조합들을 대상으로 Peak time 및 모든 물량의 소화 여부를 검토하여 실행 가능한 대안들을 만들어내게 된다.

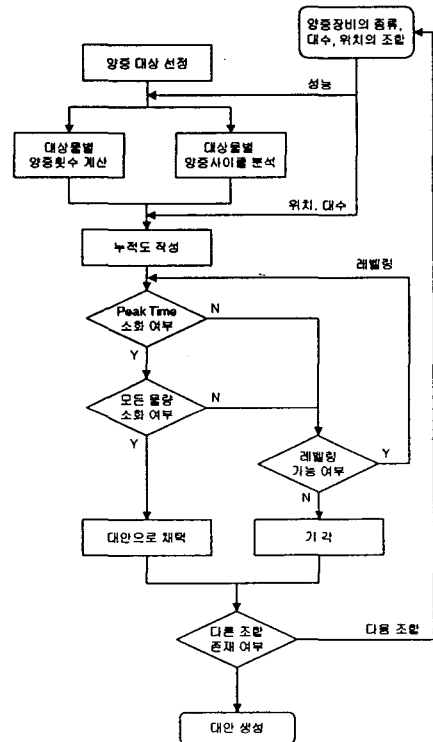


그림 4 T/C 계획 대안 생성 프로세스

① 누적도 작성

누적도를 작성하기 위해서는 우선 양중대상을 선정해야 한다. 양중대상으로는 철골, 철근, Ferro deck, 거푸집, 전기·기계 설비, 콘크리트(버킷 타설 시) 등이 있을 수 있다. 각 대상물 별로 양중회수를 산정하고, 또한 1회 양중 시 소요시간도 구한다. 그 다음 이를 기초로 누적도를 작성한다.

② Peak Time 및 모든 물량 소화 여부

4.1에서 만들어진 조합들은 프로젝트의 모든 물량의 이동과 Peak Time을 소화할 수 있는지 확인하게 된다. 여기서는 다음 그림과 같이 TC를 중심으로 중심원을 그려봄으로써 운반 가능성을 확인해 볼 수 있으며, T/C별로 할당된 물량이 소화가능한지 확인하게 된다.

③ 다른 조합 존재 여부

다른 조합이 존재할 경우 다시 위의 절차를 반복함으로써 대안으로 받아들여지거나 기각되게 된다.

④ 대안 생성

다른 대안이 존재하지 않을 경우까지 만들어진 조합들은 양중계획의 대안으로서 대안평가 프로세스에서 좀 더 자세한 분석과 평가가 이루어지게 된다.

4.3 대안평가 프로세스

대안평가 프로세스에서는 그림 7과 같이 대안생성 프로세스에서 만들어진 대안들에 대해서 좀더 상세한 분석과 평가를 수행하게 된다. 여기서는 평가항목을 통해 대안 중에 가장 합리적인 안을 선택하는 부분이다. 대안 평가 요소는 크게 공기만족도, 비용, 장비의 효율성, 작업의 효율성으로 나누어지며 여기에 가중치를 부여하여 대안들을 비교 평가하게 된다.

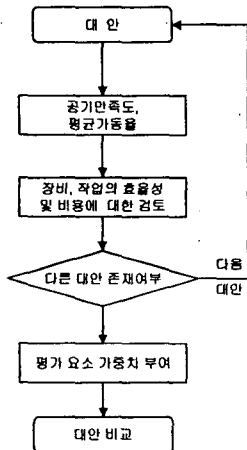


그림 5 T/C 계획 대안평가 프로세스

① 평가 요소 계산

평가 요소는 크게 공기만족도, 비용, 효율성, 안전성으로 나누어지며 공기만족도와 비용, 공기만족도와 효율성, 비용과 안전성 등은 각각 Trade-off의 관계에 있다. 각각의 요

소에 대한 지수 산정은 다음과 같다.

- 공기만족도 : 공기만족도는 공사를 주어진 공기 내에 여유 있게 수행할 수 있는 정도로 공기가 짧을수록, 평균가동률이 낮을수록 공기만족도는 높게 나타난다. 공기만족도는 전문가의 주관적 판단을 반영하지만 상대적 비교가 가능하므로 객관적이다. 전체 대안 중에서 공기만족도가 가장 좋은 대안을 10, 가장 낮은 대안을 0으로 둔 후 나머지 대안에 대해서는 0과 10 사이의 값 중에서 상대적인 값을 부여하게 된다.
- 비용 : 비용을 구성하는 항목은 다음 표와 같으며 비용에 대한 정보는 양중장비 업체로부터 구할 수 있다. 각각의 대안에 대해서 비용을 산정한 후 비용이 최대인 대안을 10으로 최소인 대안을 0으로 둔 후 나머지 대안에 대해서 0과 10 사이의 값 중에서 상대적인 값을 부여한다. 이렇게 구한 지수를 10에서 뺀 값이 각각의 대안의 비용 지수가 된다.

표 6 T/C 비용 항목

대분류	종분류	산출방법 및 비고
설치비	기초설치비	재료비는 별도로 집행
	설치비	설치장비비는 별도 집행
	설치보험료	임대료에 포함여부 확인
유지관리비	임대료	월 임대료 × 전체 임대기간 (달)
	Climbing비	마스트 손료, 마스트 운반비, Climbing비
	Wall Tie설치비	자재비, 설치비
해체비	보험료	임대료에 포함여부 확인
	해체비	해체장비비는 별도 집행
	Wall Tie해체비	임대료에 포함여부 확인
기타	장비운반비	반입, 반출 모두 포함
	케이블(전선) 배선비	전동기구도 포함

- 장비의 효율성 : 양중장비의 효율성은 평균가동율로 구할 수 있으며, 작업의 효율성은 TC간 간섭, TC와 건물사이의 간섭, TC 설치 위치의 공사 지연 등 간섭에 의해 공사가 방해받을 정도를 판단하여 구할 수 있다. 평균가동율이 최대인 대안을 10으로 최소인 대안을 0으로 둔 후 나머지 대안에 대해서 0과 10 사이에서 상대적인 지수를 부여하여 구할 수 있다.

$$ARO = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{T_i}{d \times Lt}}{N} \times 100$$

ARO : 전체 T/C의 평균가동율 (Average Rate of Operation)

N : T/C의 대수

T : T/C i가 담당하는 양중물량의 양중회수

d : T/C i를 사용하는 기간
 Lt : T/C i의 일일 양중회수

- 작업의 효율성 : 작업의 효율성에 대해서는 간섭이 가장 적은 대안을 10, 간섭이 가장 큰 대안을 0으로 둔 후 나머지 대안에 대해서도 0과 10 사이에서의 상대적인 지수를 부여한다.

② 대안 비교

공기만족도, 비용, 효율성, 안전성 네 개의 평가 요소에 대하여 각각 지수 0과 10의 차이를 비교 대상으로 하여 AHP 기법을 이용하여 상대적 중요도를 측정한다. 비교 대상이 각각의 평가 요소 지수 10과 0의 차이이므로 위에서 구한 각각의 평가 요소의 단위의 차이에서 오는 지수왜곡은 사라지게 된다. 이렇게 구해진 가중치에 각각의 지수를 곱하여 합하면 각 대안에 대한 종합지수를 구하게 되며 이 결과가 가장 높은 대안이 양중계획 안으로 선정되게 된다.

표 7 평가요소 가중치 산정 양식

		1	2	3	4
1	공기만족도 지수 10과 0의 차이	1			
2	비용 지수 10과 0의 차이		1		
3	감비 효율성 지수 10과 0의 차이			1	
4	작업 효율성 지수 10과 0의 차이				1

6. 결론 및 향후 연구 제안

본 연구를 통하여 다음과 같은 결론에 도달하였다. 첫째 양중 계획 지원 프로세스를 대안생성 프로세스와 평가 프로세스로 구분하여 제시함으로써 양중 계획을 체계화하고 feed-back과정을 분명히 제시하였고, 둘째 전문가의 양중 계획 평가 방법을 제안하여 전문가의 의사결정의 타당성을 검증할 수 있도록 하였다. 셋째 여러 가지 제약조건과 검토 사항을 프로세스에 결합시켜 체계화함으로써 계획 시의 오

류가능성을 줄였다.

향후 보완되어야 할 연구로는 이 프로세스를 양중계획 시스템이 구현가능하도록 발전시키는 것과 데이터 축적을 바탕으로 양중물량과 양중시간에 대한 상세한 연구가 이루어져야 할 것으로 요구된다.

참고문헌

1. 김훈, 고층건축공사의 리프트 선정 의사결정 모델에 대한 연구, 한양대, 2000
2. 남시대, 양중작업의 효율화 방안에 관한 연구, 고려대, 1996
3. 대림산업, 도곡현장 OJT 교육자료, 1997. 12.
4. 대우건설, 고층공사의 양중/반송 사례, 기술정보 제 36호, 1997. 7.
5. 삼성중공업, 양중계획서 작성지침, 2001. 1.
6. 송인창, 초고층 건축공사 양중관리 프로세스, 중앙대, 1998
7. 이열, 효율적인 양중작업을 위한 타워크레인의 배치에 관한 연구, 한양대, 1998
8. 주진호, 이덕찬, 신현식, "고층건축공사에 있어서 타워크레인의 최적위치선정 방안에 관한 연구", 대한건축학회 춘추학술발표대회논문, 14권 1호, 1994. 4, pp.491-494
9. Leung, Arthur W. T. & Tam, C. M., "Models for Assessing Hoisting Times of Tower Cranes", ASCE Journal of Construction Engineering & Management, Vol 125. No. 6 pp.385-391
10. Leung, Arthur W. T. & Tam, C. M., "Comparative study of artificial neural networks and multiful regression analysis for predicting hoisting times of tower cranes", Building and Environment, 2000. 2. 29.
11. Rodriguez-Ramos, W. E., Quantitative Techniques for Construction Site Layout Planning, Ph. D, The University of Florida, 1982
12. Shuzo Furusaka & Colin Gray, "A Model For The Selection Of The Optimum Crane For Construction Site", 設計と施工の統合に関する研究, 1999. 5, pp.117-136
13. Warszawski, A. "Analysis of Transportation Methods in Construction" Journal of the Construction Division, ASCE, Vol 99. No. 1, pp.191-202
14. Zhang, P. et al, "Location Optimization for a group of Tower Cranes", ASCE Journal of Construction Engineering & Management, Vol 125. No. 2 pp.115-122

Abstract

The purpose of this study is to develop the process to support and evaluate experts' decision making on vertical transportation planning in high-rise building constructions. Experts generally carry out the vertical transportation planning by heuristic methods, so there is a possibility that their decisions failed. The failure of the vertical transportation planning can be result in much loss of time and cost. The process presented in this paper evaluates experts' alternatives, organizes the results of the vertical transportation plan, and then leads to the systematic flow of materials and crews.

Keywords : Vertical Transportation Planning, Temporary facility, High-rise Building Construction