

고층건물 타워크레인 위치선정 모델

A Location Model for Tower Cranes of High-Rised Building Construction

박정현* 이현식*o 현창택** 구교진***
Park, Jung-Hyun Lee, Hyun-Shic Hyun, Chang-Taek Koo, Kuo-Jin

요약

최근의 고층건물 공사는 점점 증가되고 있고 그로인해 고층건물 공사 시 타워크레인 양중계획은 매우 중요하다. 그럼에도 불구하고 현장관리자들은 타워크레인 위치를 정함에 있어서 분명한 체계없이 경험과 직관으로서만 의존하고 있다. 본 연구의 목적은 타워크레인 위치 선정의 과정을 모델화 시키는데 있다. 본 연구는 문헌고찰과 현장관리자의 면담을 통해 이루어 졌다. 연구결과 본 연구는 타워크레인의 설치가능 여부, 해체 가능성, 작업 반경만족, 작업의 용이성 이런 네 가지 단계를 가지는 위치 결정 모델을 제안한다. 사례 검증 평가로 제안된 모델의 타당성 및 가능성을 시험하였다. 사례검증 결과 본 연구에서 제안한 모델은 타워크레인을 빠르고 정확하게 위치시킬 수 있었고 적절한 의사결정 과정을 도출할 수 있는 도구로서 사용가능함이 증명 되었다.

키워드 : 초고층 건축공사, 타워크레인, 타워크레인 위치, 의사결정

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

도심지에서 이루어지는 고층건물의 건축공사에서 지금까지 국내 현장에서 이루어지는 양중계획은 체계화된 프로세스 없이 전문가의 경험과 체크리스트에 의존하여 이루어져 왔기 때문에 운반비용의 상승, 불필요한 공기 지연, 비효율적인 자원 활용 등의 손실을 초래해 왔다. 현재까지 제시된 연구들은 가설계획시스템 전체 혹은 양중계획의 전반적인 내용만을 다루고 있기 때문에 현장 실무자에게 그 동안의 직관적이고 경험에 의존하는 방법을 포기할 만한 가치를 주지 못하고 있다.1)

이에 본 연구에서는 양중장비 중에서도 가장 중요한 타워크레인을 중심으로 양중계획 프로세스에서의 타워크레인 위치선정 모델을 제시하고자 한다. 본 모델은 30층 미만의 고층건물과 30층 이상의 초고층 건물의 경우로 구분하여 각각 단계별로 검토해야 할 사항들을 타워크레인의 위치선정을 중심으로 정리하여 실무자로 하여금 상황별로 명확한 의사결정을 할 수 있도록 하는데 목표를 둔다.

1.2 연구방법 및 절차

본 연구에서는 도심지 고층 건축공사의 타워크레인 계획으로 범위를 한정하였다. 그리고 건설 프로젝트는 그 특성상 변수가 많고, 불확실성이 크므로 타워크레인 계획에 있어서 큰 영향을 끼치는 공법(골조공사 공법, 토공사 공법, 커튼월 공법)과 공정계획은 이미 결정되어 있는 것으로 한

다. 또한 타워크레인 계획 중에서도 타워크레인 기종/대수는 결정되어 있는 것을 전제로 타워크레인의 설치, 인상, 유지관리, 해체방법은 협력업체나 장비업체에 의해 주로 이루어지므로 본 연구에서는 설치위치 결정과정을 연구의 범위로 제한한다.

연구는 다음과 같은 순서로 진행되었다.

- 1) 문헌고찰을 통해 양중계획의 기본이론과 타워크레인을 중심으로 한 양중계획 프로세스를 파악하였다.
- 2) 타워크레인 계획 전문가를 대상으로 면담을 실시하고 현장에서의 타워크레인 계획 프로세스 및 타워크레인 계획시 검토사항을 파악하였다.
- 3) 타워크레인 위치선정시 검토해야 할 사항을 토대로 하여 위치선정 모델을 제시한다.
- 4) 전문가 면담 및 사례적용을 통해 모델의 효용성을 평가한다.

2. 양중계획에 대한 이론적 고찰

2.1 양중계획시 고려사항

양중계획은 시공의 능력향상, 안전성 확보, 공사비 절감 등 전반적인 건축공사의 운영관리에 큰 영향을 주게 되므로 보다 효율적이고 체계적인 양중계획이 수립되어야 한다. 양중계획을 입안하는 과정에서 가장 중요한 사항은 양중장비의 기종, 대수, 설치 위치, 설치 기간이라고 할 수 있다.

2.2 양중계획의 프로세스

양중계획은 양중량을 파악해 공정에 따라 필요 자재와 작업원을 적시 적소에 운반하기 위한 양중장비를 계획하는 것이다. 따라서 공정별 양중부하를 면밀히 파악하여 양중장

* 학생회원, 서울시립대학교 건축도시조경학부 건축공학전공

** 중신회원, 서울시립대학교 건축공학과 교수, 공학박사

***일반회원, 서울시립대학교 건축공학과 교수, 공학박사

1) 장명훈, 고층건축공사의 가설계획 시스템 개발, p.1, 2002

비를 선정하고 그 활용도를 높임으로서 공정으로 효율적으로 진행할 수 있도록 해야 한다. 양중계획은 크게 양중내용의 파악, 양중형식 및 용량선정 및 그리고 양중장비의 상세 검토로 이루어지는데, 양중계획을 가장 크게 좌우하는 것은 자재의 중량 및 부피이다. 이는 양중장비의 양중부하 계산을 실행하거나 가동률 산정에서 가장 중요시되는 요소이다.

3. 타워크레인의 의한 양중계획

건설현장에서 전체 공사에 가장 영향이 큰 요소를 꼽으려면 양중장비를 말할 수 있으며 그 중에서도 타워크레인이 가장 영향이 크다. 필요한 자재를 적절한 시기에 빠르게 운반하는 것과 고가의 장비를 유휴시간 없이 효율적으로 사용하는 것은 공정 및 비용관리에 있어서 매우 중요한 요소이기 때문이다. 그러므로 효율적인 공정 및 비용관리를 위해서는 타워크레인의 기종 선정과 배치계획의 정확성이 필요하며 그것을 위해서는 타워크레인의 장비적인 특성을 정확히 이해하는 것이 매우 중요하다.

타워크레인의 위치를 선정하는 것은 선택한 장비를 가장 효율적으로 또한 안전하게 사용할 수 있는 위치를 선택하는 것이라 할 수 있다. 그러한 목적을 달성하기 위해서는 장비 자체의 특성을 반드시 고려해야 함에도 불구하고 건축실무자들은 장비업체의 컨설팅에만 의존하고 있는 것이 현실이다. 현장 실무자들과 장비업체 전문가와의 면담을 통해 분석된 타워크레인 위치선정시 반드시 고려해야 하는 장비적인 특성은 다음과 같다.

1) 설치형식

타워크레인은 대부분 기초 고정식을 사용하지만 초고층 건물의 경우 기초 수직 이동식을 사용한다. 타워크레인이 자립 가능한 규모의 일반 고층 건물에서는 기초를 지면에 고정시킨 후 보강을 하면서 상승이 가능하다. 타워크레인 자립이 불가능한 초고층 건물에서는 내부 클라이밍 방식에 의해 기초가 수직 이동하는데 이 때 기초에 걸리는 축력 및 모멘트가 커서 별도의 구조체 보강이 필요하게 된다. 어떤 장소에 어떻게 설치하느냐에 따라서 추가 비용/작업이 결정되므로 타워크레인 설치에 대한 고려요소가 타워크레인 위치선정에 중요하다고 할 수 있다.

2) 보강유형

타워크레인은 자립높이 50~90m 이상이 되면 wall-tie 또는 인장 와이어로 보강을 해야 하는데 보강유형이 다양하며 그에 따른 설치 조건도 달라지기 때문에 타워크레인을 설치하고자 하는 장소는 그 요건들을 만족해야 한다.

3) 클라이밍 방식

타워크레인의 상승방법은 telescoping 방식과 내부 클라이밍 방식이 있는데 telescoping 방식은 주로 건물 외부에 설치할 때, 내부 클라이밍 방식은 건물 내부에 설치할 경우에 채택한다. telescoping 방식을 이용할 경우 타워크레인 상승에 따라 마스트가 추가되며 또한 보강이 필요하다. 내부 클라이밍 방식을 채택할 경우에는 건물 층고, 클라이

밍 주기에 따라서 마스트의 수뿐만 아니라 크기까지 달라진다. 클라이밍 방식에 따라서 추가 비용이 달라지므로 타워크레인이 건물 내부에 설치되는지 외부에 설치되는지 여부가 주요 요소라 할 수 있다.

4) 해체

해체방식은 타워크레인이 어디에 위치하느냐에 따라서 달라지며 또한 그 위치에서 어떤 해체방식을 채택하느냐에 따라 달라지므로 타워크레인 위치 선정의 주요한 영향요소라 할 수 있다.

4. 조사 현장에서의 타워크레인 계획

조사결과 타워크레인 자립높이가 타워크레인 계획의 핵심 요소임을 발견하였다.

현재 국내에서 사용되고 있는 타워크레인의 최대 자립가능 높이는 100m 정도이다. 일반적인고층건물의 층고를 3.0~3.3m라 할 때 30층 규모의 건물이 타워크레인 계획을 구분 짓는 기준이라 할 수 있다. 본 연구에서는 타워크레인의 자립높이를 핵심요소로 파악하였으므로 30층 이상을 초고층 건물, 30층 미만의 건물을 일반 고층건물이라 정의한다.

4.1 조사현장의 타워크레인 계획 개요

현장에서의 타워크레인 계획의 범위는 양중부하 계산, 장비의 기종 선정, 대수 및 설치 위치 결정, 타워크레인의 설치 • 클라이밍 방식 • 유지관리, 해체 방식에 대한 검토를 포함한다. 타워크레인 계획은 주로 중량부하의 사용이 많은 골조공사 담당자와 현장 소장 그리고 타워크레인 전문 업체의 전문가와의 협의를 통해서 이루어지고 있었다.

표 1. 사례조사 대상 현장

No.	건설 회사	현장위치	규 모	구조
1	S물산	도곡동	지상 69층, 지하6층	SRC
2	D건설	서초동	지상 20층, 지하5층	SRC
3	R건설	도곡동	지상 51층, 지하5층	SRC
4	D건설	신설동	지상 20층, 지하5층	SRC

5. 타워크레인 위치 선정 모델

본 장에서는 3장에서 기술한 바 있는 타워크레인 장비 자체의 특성과 4장에서 전문가 면담과 현장조사를 통해서 얻어진 타워크레인 위치 결정 요소들을 분석하여 타워크레인의 위치선정시 고려해야 하는 요소들을 도출한 후 요소간의 관계를 흐름도로 표시하여 타워크레인 위치 선정 모델로 제시하고자 한다.

5.1 타워크레인 위치선정시 영향요소

타워크레인의 위치를 결정하는데 있어서 가장 큰 영향을 주는 요소는 설치 가능성, 해체 가능성, 작업반경 만족, 작업 용이성, 비용, 공기 등 여섯 가지를 들 수 있다.

5.1.1 설치 가능성

타워크레인 설치가 가능하려면 표2와 같이 지반의 안정성, wire rope의 위치와 지면과의 각, 보강시 wall Bracing, 설치공간 확보 여부 등과 같은 여러 가지 요소가 고려된다.

표 2. 영향요소 1 : 설치가능성

구분	검 토 사 항	
	일반 고층건물 (40층 미만)	초고층 건물 (40층 이상)
1	지반의 안정성	기초 지지부의 안정성
2	wire rope 고정앵커의 위치 ※Wire rope와 지면이 이루는 각 : 60°이내	코어 벽 콘크리트 강도/두께 ※강도/두께 : 350kg·f/cm ² / 300mm
3	wall Bracing 보강시 건물과의 이격거리 ※이격거리 : 10m 이내	wall Bracing 보강시 건물과의 이격거리 ※이격거리 : 10m 이내
4		코어 내부 마스트 설치 여유 공간 확보 ※최소 공간 : 2.5m×2.5m

5.1.2 해체 가능성

설치만큼이나 타워크레인의 위치를 결정하는데 있어도 더 큰 영향을 미치는 것이 해체 가능 여부이다. 해체가 가능하기 위해서 타워크레인의 장비적 특성인 jib의 방향과 건물의 간섭유무, 해체 공간, 해체방법 등을 고려하여 해체 가능성 여부를 판별해야 한다.

표 3. 영향요소 2 : 해체가능성

구분	검 토 사 항		
	일반 고층건물 (30층 미만)	초고층 건물 (30층 이상)	
1	해체시 인접건물 또는 본 건물과의 간섭		
2	해체 방법	자립해체	크레인 설치가 가능성
		주변 타워크레인 이용 해체	
		Hydro Crane 이용 해체	
		해체용 크레인 이용 해체	

5.1.3 작업반경 만족

건물 규모에 따른 공법을 고려하여 작업 반경의 이상 유무를 확인 하여야 한다. 표4에서는 작업 반경 가능에 이용되는 요소를 보여주고 있다.

표 4. 영향요소 3 : 작업반경 만족

구분	검 토 사 항	
	일반 고층건물 (30층 미만)	초고층 건물 (30층 이상)
1	인접건물과의 간섭	사각지대 발생
2	jib 길이에 따른 최대 양중량	jib 길이에 따른 최대 양중량
3	스톡야드 접근성	스톡야드 접근성
4		코어 간섭(코어 선폰법)

본 연구에서는 양중부하 계산과 장비 선정이 끝난 상태에서 투입되는 장비의 대수와 기중에 따라서 어떻게 위치를 선택할 것인가에 대하여 모델을 제시하고자 했다.

5.2 타워크레인 위치선정 모델

본 연구에서는 양중부하 계산과 장비 선정이 이미 완료된 상태라 가정된 후에 선택된 장비의 위치를 어떻게 결정할 것인가에 대하여 모델을 제시하고자 했다.

5.2.1 30층 이상의 초고층 건물

1) 30층 이상의 초고층 건물은 주로 코어 선행 공법이 사용되기 때문에 설치 위치를 코어내부와 코어 벽, 그리고 코어 외부로 나눌 수 있다. 건물 외부를 제외한 이유는 외부 자립 시 비용 증가가 크게 일어난다.

2) 해체가 가능 여부와 설치가능 여부를 복합적으로 따져 1차로 설치 가능한 영역을 찾아낸다.

3) 1차 선택영역이 공사 작업반경을 만족시키는지를 알아본다. 여기서는 단순 작업반경이 아닌 기타 사이트 환경 요인들과의 관계를 고려하여 반경을 만족시키는 가를 확인한다.

4) 프로젝트마다 우선시하는 특성을 고려하여 1차 선택 영역 중에서 2차 가능 영역을 선택한다.

이렇게 생성된 2차 선택영역 중에서 작업이 가장 용이한 위치를 찾아 마지막으로 최적위치를 찾는다.

5.2.2 30층 미만의 고층 건물

1) 30층 미만 건물은 작업간의 간섭여부가 크게 작용하여 타워크레인의 위치를 건물 내부와 건물 외부로 나눈다. 코어에 관한 사항을 뺀 이유는 설치 공간 부족과 설비들이 코어에 집중되어 있어 작업 간 간섭여부가 심하며, 코어벽 콘크리트 두께가 얇고 강도도 떨어지기 때문이다.

2) 장비적인 특성을 만족시키기 위해 해체가 가능 여부와 설치가능 여부를 복합적으로 따져 1차로 설치 가능한 영역을 찾아낸다.

3) 1차 선택영역이 공사 작업반경을 만족시키는지를 알아본다. 여기서는 단순 작업반경이 아닌 기타 사이트 환경 요인들과의 관계를 잘 고려하여 반경을 만족시키는 가를 확인한다. 30층 이하의 건물에서는 30층 이상의 건물보다 보조크레인을 보다 융통성 있게 쓸 수 있기 때문에, 작업반경을 만족시키지 않더라도 전 단계로 단순히 피드백을 시켜서는 안 된다.

4) 프로젝트마다 우선시하는 특성을 고려 1차 선택 영역 중에서 2차 가능 영역을 선택한 후 영역 중에서 작업이 가장 용이한 위치를 찾아 최적위치를 찾는다.

5.3 모델 적용/평가

이상에서 제시한 타워크레인 위치선정 모델은 지금까지 체계 없이 여러 요소들을 복합적으로 고려하여 선정했던 타워크레인의 위치선정 과정을 체계화하는 데 목적을 두었다. 이 모델은 타워크레인의 위치선정 과정의 논리적인 알고리즘이라 할 수 있다.

5.3.1 사례연구를 통한 모델 적용/평가

본 모델의 효용성을 살펴보기 위해 서울지역에 소재한 도곡동 R사 건설현장을 대상으로 실제 설치된 타워크레

인의 위치와 본 모델에 의해 도출된 위치를 비교하였다.

도곡동 R사 건설현장을 본 연구에서 제시한 모델에 적용시켜 본 결과 타워크레인 위치는 코어 내부가 적합하다고 할 수 있다.

5.3.2 기대효과

본 모델은 전술한 바와 같이 타워크레인 위치선정을 체계화 하는 데 그 목적을 두었으며, 양중부하 계산과 장비대수 산정과정은 이미 행해진 것으로 가정한 상태에서 만들었다. 건설 주체가 비용, 공기 중 어떤 것을 우선하느냐에 따라 장비 기종과 대수가 달라지기 때문에 여기서 제시한 것이 절대적인 최적위치라 할 수 없는 것은 모델의 한계라 할 수 있다. 좀 더 실질적인 효과를 발휘하기 위해서는 비용을 우선시 했을 때와 공기를 우선시 했을 때의 모델을 구분하여 연구를 진행해야 할 것이며 모델을 바탕으로 타워크레인의 장비 관련 자료들을 프로그래밍화 한다면 다음과 같은 것을 기대할 수 있다.

첫째, 규모를 기준으로 하여 타워크레인의 위치 선정에 중요한 영향을 미치는 요소들의 관계를 흐름도로 표현함으로써 타워크레인 위치선정 과정을 좀 더 명확히 하였으며 그렇게 함으로서 계획 입안자들의 의사결정과정을 분명히 할 수 있다.

둘째, 본 연구에서 제시한 타워크레인 위치선정 모델의 효용성을 알아보기 위해 사례 연구를 수행한 결과, 타워크레인 위치선정 모델은 기존의 양중계획 프로세스에서 다른 요소들과 복합적으로 고려하고 경험에만 의존함으로써 불분명했던 위치선정을 명확히 해주는 의사결정과정 도구로서 충분히 그 역할을 수행한다 할 수 있다.

셋째, jib 길이, jib 위치에 따른 최대 양중량, 마스트 높이, 1회 클라이밍 높이 등과 같은 타워크레인 장비 자료를 정확하게 이용할 수 있는 프로그램을 개발할 경우 타워크레인의 위치선정을 좀 더 명확하고 신속하게 진행할 수 있다.

6. 결 론

본 연구는 고층 건물 건축공사의 양중계획에 있어서 타워크레인의 위치결정 과정을 명확한 모델로서 제시하고자 했다. 이를 위하여 양중계획 프로세스와 타워크레인 계획시의 영향요소를 분석하였으며 영향요소간의 관계를 흐름

도를 이용하여 타워크레인 위치선정 모델을 제시했다.

1) 양중계획 프로세스와 타워크레인 계획 프로세스를 전문가 면담 및 현장조사 그리고 선행 연구문헌을 통해 분석하였으며 이를 통해서 현장에서 이루어지고 있는 타워크레인의 위치 선정 방법을 분석하였다.

2) 현장조사 및 전문가 면담을 통해서 고층건물의 타워크레인 위치는 건물 규모에 따라서 다르다는 것과 타워크레인 장비 자체의 특징이 큰 영향요소를 발견하였다. 규모의 기준이 30층이 되는 것은 보통 30층 정도의 건물의 높이가 타워크레인의 마스트가 자립할 수 있는 기준 높이기 때문이다.

3) 규모를 기준으로 하여 타워크레인의 위치선정에 중요한 영향을 미치는 요소들의 관계를 흐름도로 표현함으로써 타워크레인 위치선정 과정을 좀 더 명확히 하였으며 그렇게 함으로서 계획 입안자들의 의사결정과정을 분명히 할 수 있었다.

4) 본 연구에서 제시한 타워크레인 위치선정 모델의 효용성을 살펴보기 위해 사례 연구를 수행하였다. 결과적으로, 타워크레인 위치선정 모델은 기존의 양중계획 프로세스에서 다른 요소들과 복합적으로 고려하고 경험에만 의존함으로써 불분명했던 위치선정을 명확히 해주는 의사결정과정 도구로서 충분히 그 역할을 수행할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 김걸희, 효율적인 양중작업을 위한 타워크레인 배치에 관한 연구, 1998
2. 남시대, 양중작업의 효율화 방안에 관한 연구, 고려대 석사논문, 1996
3. 박은복, 초고층 건축공사 건설의 제약조건, 1995
4. 박희조, Tower Crane의 올바른 이해, 신우개발주식회사 기술기획팀
5. 장명훈, 영향요소 분석에 의한 고층건축공사의 가설계획 시스템 개발, 2002
6. 주진호, 고층건축공사에 있어서 타워크레인의 최적위치 선정방안, 1994
7. 채희동, 고층 건축공사의 타워크레인 계획 프로세스 개발, 2001
8. 최인성, 초고층건축의 양중계획에 관한 연구, 1985

Abstract

Recently the demand of constructing high-rised building grows larger. So it becomes more important to make an exact plan of a tower cranes which has an important position in high-rised building construction. Nevertheless businessmen of construction sites only depend on a great store of experience without a clear process of locating tower cranes. The object of this study is to set up the process model for locating tower cranes. The study went off through a study of related documents, an interview with some experts and a visiting of job sites. In result the study suggests a process model which has four steps of considering an establishing, disjointing, a radius of working, easy working. Case study was examined to estimate the feasibility and applicability of the proposed model. As a result, the model is proven to be a method to locate tower cranes quickly and clearly, and to operate properly as a decision-making tool.

Keywords : high-rised building construction, tower cranes, locating tower cranes, decision-making