

건축공사의 공정관리를 위한 타워크레인 양중 효율성 분석

배정현¹ · 김기혁¹ · 이동훈^{1,*}

¹한밭대학교 건축공학과

Efficiency Analysis of Tower Crane Lifting Work for Project Management of Construction

Bae, Jeong-Hyeon¹, Kim, Ki-Hyuk², Lee, Donghoon^{1,*}

¹Department of Architectural Engineering, Hanbat National University

Abstract : Building Construction projects are getting higher and larger. Therefore, the use of Tower Crane, which is more productive than any other lifting plan shows a trend of continuous increases. However as equipment for transporting heavy goods, are is too expensive for the monthly rent and used inefficiently for construction. site so it is analyzed that it has problems of reducing productivity and efficiency of lifting work. Inefficient situations are arising like poor communications between operator and worker, occurrence of blind spots, securing the shortest distance of fire during movement after lifting plan, influences of weather, location of materials, movement radius of tower crane by each locations and ever-changing working environments. Therefore, in this study, we first made a list of tower cranes that are inefficiently used at the site, and then we made a checklist. After that, through field visits, we derived checklist for Tower Crane to comprehensive data value.

Keywords : Tower Crane, Lifting Plan, Work Efficiency, Efficiency Analysis, Check List

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 대형화, 고층화되고 있는 건설프로젝트의 추세에 따라 타워크레인의 효율적인 사용이 프로젝트의 큰 영향을 미치고 있다. 이로 인해 공사를 진행함에 있어 타 양중 장비보다 작업생산량이 높은 타워크레인을 어떻게 사용하는가에 따라서 생산성뿐만 아니라 프로젝트 원가, 작업능률의 향상 측면에서 공사 진행이 크게 좌우된다.

그러나, 체계적인 방법의 적용 없이 주로 경험과 직관으로 양중 계획을 수립하기 때문에 운반비용의 상승, 시간의 낭비, 비효율적인 동선 낭비 등과 같은 현상이 발생하고 있다.

따라서, 체계적으로 계획을 세웠더라도 여러 상황에 따라 공정이 시시각각 변하는 현장에서 타워크레인의 비효율적인 사용 부분과 원인을 파악해 대처함으로써 공사관리의 효율성을 향상시키는 것이 필요하다.

본 연구는 양중 장비 중 가장 중요한 타워크레인을 중심으로 현장에서 타워크레인이 비효율적으로 사용되는 상황을 파악해 도식화하여 타워크레인의 효율성을 분석하는 것을 목표로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

타워크레인이 비효율적으로 사용되는 상황파악을 위해 본 연구는 타워크레인의 사용량이 적은 동절기, 하절기와 콘크리트 타설 기간을 피해 넓은 범위의 현장이 아닌 중축현장이나 소규모의 현장으로 범위를 한정한다. 본 연구는 다음과 같은 순서로 진행된다.

- (1) 문헌고찰을 통해 문헌들의 가정 및 방법론을 분석하여 현장 적용상의 문제점과 한계 파악

* Corresponding author: Lee Donghoon, Department of Architectural Engineering, Hanbat National University, Deajeon 135-080, Korea
E-mail: donghoon@hanbat.ac.kr
Received November 20, 2019; Revised December 18, 2019;
Accepted December 19, 2019

- (2) 타워크레인을 사용함에 있어 현장에서 일어날 수 있는 상황들을 나열하고 체크리스트 제작
- (3) 현장을 방문하여 체크리스트를 사용해 각 상황에 대한 데이터 수집
- (4) 수집된 데이터를 분석 및 도식화 하여 결론 도출

2. 이론적 고찰

2.1 타워크레인의 구조적 특징

타워크레인은 <Fig. 1>과 같이 여러 부재로 구성되어 있으며 <Table 1>은 타워크레인의 각 부재의 명칭과 특징을 설명한 표이다.

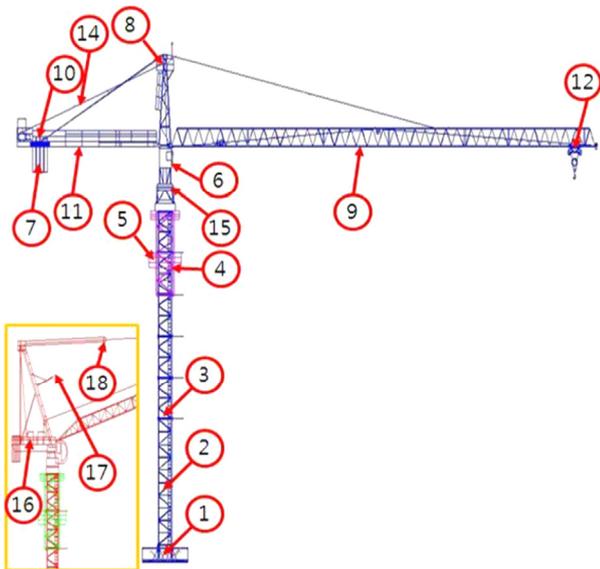


Fig. 1. Major components (Song, 2018)

2.2 타워크레인의 개요

안전보건공단에서 2006년에 정의한 바에 의하면 타워크레인은 건설기계 기종기에 속하는 건설장비로서 수직타워 상부의 지브가 설치된 Top Slewing Jib Crane을 뜻하고, 동작은 상·하로 움직이며 트롤리를 따라 전후로 횡행 동작을 하며, 상부를 회전시켜 인양 물을 목적인 위치까지 이동시키는 3차원 운동 작업의 특성을 가진 크레인이다[1].

일반적으로 타워크레인은 타워의 높이를 조정(클라이밍)할 수 있어 현장작업공정이 진행됨에 따라 작업장의 높이가 변화하는 구조물 시공 및 이동식 크레인의 사용이 어려운 장소에서 지속적으로 필요한 양중작업의 편리성을 제공할 수 있으며, 기종에 따라 도심지의 협소한 공간작업 및 초고층 건축공사에 많이 사용하고 있다[1].

타워크레인은 사용목적에 따라 적합하게 사용되도록 제작되어 있으며 일반적으로 외형에 따라 분류되고 있다. 타워크레인은 3가지로 나뉘는데 T형, L형, Topless크레인으로 구분되며 “T형”의 타워크레인은 타워크레인의 주종을 이루는

Table 1. Major characteristics of the tower crane

구조부	특징
1. 기초	타워크레인의 가장 기초이며 타워크레인 설치 전 콘크리트 타설 완료, 지반 지내력과 크레인의 자체 특성에 따라 파일보강을 한다.
2. 기초 마스트	마스트와 기초앵커 사이에 설치하며 6m~12.4m까지 기종별로 사용되고 있으며 마스트에 대비 내부 보강이 되어 있고 긴 것이 특징이다.
3. 마스트	타워크레인 상부를 지지하는 구조물, 하나의 부재 길이가 3.0~6.0m 마스트를 볼트 또는 핀으로 연결해 설치
4. 텔레스코핑 케이지	유압실린더로 밀어 올려 발생하는 공간에 마스트를 설치하여 타워 높이를 높이는 장치
5. 유압 상승 장치	유압펌프와 유압실린더를 이용한 유압 구동 상승 장치, 타워크레인의 높이를 높이는 데 사용되는 것으로 마스트의 높이만큼 자력 상승작업을 하는 것
6. 운전실	메인 지브의 하부 및 선회장치의 상부에 선회반경표지판 및 작업 위치가 잘 보이는 위치에 설치
7. 벨라스트블락	메인 지브의 길이에 따라 콘크리트 블록이 크레인 균형 유지에 적합하도록 카운터 지브 끝단에 견고히 설치되어 있는 것
8. 타워 헤드 탑	카운터 지브와 메인 지브의 타이 바를 서로 지지해 주기 위한 목적으로 A-프레임 또는 트러스 구조
9. 메인지브	선회 축을 중심으로 한 외팔보 형태의 구조물로서, 선회 변경에 따라지브의 길이 권상 용량이 결정된다. 중량 및 풍하중의 감소를 위해 트러스트 구조
10. 권상 장치	기종기나 권양기 등의 드럼(권동)에 wire rope를 감으면서 중량물을 들어 올리는 장치
11. 카운터 지브	크레인 앞, 뒤의 균형 유지를 위해 프런트 지브의 반대편에 설치되는 지브, 원치와 균형추가 설치되어있다.
12. 트롤리	프런트 지부를 오가며 물건을 인양하는 작업을 위한 선회 반경을 결정하는 횡행장치
13. 후크블록	와이어로프에 매달려 있으며 상, 하로 움직이며 권상작업을 하는 달기기구
14. 와이어 로프	호이스트 드럼에 감겨 하중을 인양하는 것
15. 슬레wing유닛선회장치	카운터 지브와 메인 지브가 슬랫 윌 뉴트 선회장치 위에 부착되고 또한 캣 헤드가 고정된다. 마스트의 최상부에 위치, 상, 하로 나누어진 사이에 회전 테이블이 있어 선회가 가능하도록 한 장치
16. 러핑원치	상, 하 운동의 동력 전달 장치
17. 붐 범퍼	러핑 붐 전도 차단 장치
18. 새브블록	붐 타이 바와 A-프레임을 연결하여 붐의 기복 장치

형식으로 지브가 고정되어 있으며 주로 작업반경내에 장애물이 없을 때 사용된다. “L형”의 타워크레인은 공사 중 다른 건물과 간섭이 있을 경우 선택되는 장비로 지브를 상하로 움직여 모빌 크레인처럼 작업 물을 이동시킬 수 있다. Topless크레인은 Top이 없는 크레인으로 고도제한 등의 문제가 있을시 혹은 중량물 인양용크레인 등으로 사용된다[1].

타워크레인의 양중계획은 일반적으로 공정표에 의한 개략적인 양중부하계산, 개략 타워크레인 기종 결정 및 타워크레인 대수 산정, 타워크레인 위치 결정 등의 작업에 의해 수행되며(김정진,2002), 다양한 연구결과 및 시스템이 제시되고 있다. 본 연구에서는 이와 같은 선행 분석 작업이 완료되어 타워크레인 기종 및 대수가 산정된 후 현장에서 타워크레인이 사용됨에 따른 효율성 분석을 연구범위로 한다.

2.3 타워크레인 관련 연구 및 기술 동향[2]

타워크레인의 장비개선과 관련한 국내외 연구 및 기술 동향을 비교 분석한 결과, 타워크레인의 작업 효율성 향상을 위해 자동운전 시스템, 디지털 디스플레이 시스템, 무선 원격조정 시스템, GPS 및 Machine Vision 등이 개발되어 활용된 바 있으나, 시시각각 변하는 현장에 작업조건을 충족시키지 못하여 보편화하지 못한 것으로 조사되었다. 각 기술의 개요 및 활용상의 문제점을 요약하면 다음과 같다[2].

2.3.1 자동운전 시스템

버킷에 의한 콘크리트 타설과 같은 반복적인 작업을 대상으로 개발된 자동운전 시스템은 작업목적지를 사전에 입력하여 작업의 시작, 종료 버튼만 누르면 타워크레인이 자동으로 목적지까지 이동하는 시스템이다. 이 장비는 반복작업 및 장시간의 업무에서 오는 타워크레인 운전원의 피로를 경감시켜주고 작업의 안정성이 높아진다는 장점이 있다(김병화 외 2인, 1996). 그러나 인양할 자재의 종류 및 운송경로가 매우 다양한 건설 현장의 특성을 고려해볼 때, 이러한 자동운전 시스템은 그 활용도가 떨어진다고 볼 수 있다[2].

2.3.2 디지털 디스플레이 시스템¹⁾

호이스트 케이블 및 트롤리 케이블의 드럼에 감기거나 풀리는 양을 인코더(encoder)로 파악하여 트롤리의 위치와 훅의 높이를 cm 단위로 액정화면에 표시해 주는 장치이다. 기호화된 여러 개의 조작 버튼을 누를 때마다 부하 하중, 현재 풍속, 허용하중 등 다양한 정보가 스크린에 출력되나 사용자 인터페이스가 매우 복잡하여 운전원이 사용하기 어렵고 저공 되는 트롤리 및 후크의 현 위치에 대한 정보는 타워크레인의 자재 인양을 위한 이동 경로와는 무관하여 타워크레인을 제어하는 데 있어 그 활용가치가 다소 적은 것으로 나타났다[2].

2.3.3 무선 원격조정 장치²⁾

지상에서 무선을 이용하여 타워크레인을 조정할 수 있고 조립이 간편하며 2~3대의 타워크레인을 동시에 제어할 수 있는 이 장비는 국내업체에 의해 1980년대 후반 개발되어 상용화되었으나, 인양 위치와 부릴 위치까지의 범위가 넓은 건설 현장의 작업조건 및 운전원의 거리감 문제를 고려하던 정확한 타워크레인의 운용이 불가능할 것으로 생각한다[2].

이처럼 타워크레인을 더 편리하게 조작해 효율성을 높이

1) K업체의 Digital Display System에 관한 카탈로그를 참고하여 분석한 것임.
 2) 입력 축에 주어진 물리적 변위량(기계적인 이동량, 회전량을 전기적 Digital 신호로 변환하는 광 Sensor.
 3) http://ganaco.com/kor/special_sub03.html의 내용과 한국건설기술 연구소에서 작성한 보고서를 참고하여 분석하였음.

기 위한 여러 가지 기술들이 연구 및 개발됐지만, 공사에서 크게 효율성을 높이지 못했다. 따라서 본 연구에서는 타워크레인을 더 편리하게 효율적으로 사용하기 위한 시스템 연구가 아닌 실제 현장에서 타워크레인을 이용하면서 효율성이 떨어지는 각각의 요소들을 체크리스트를 통해 분석하는 것으로 한다.

2.4 문헌 고찰[3,4]

호중관(2007)은 최적 타워크레인 선정(Opt-TC) 시스템을 구축하는 연구를 실시했다. 그는 고층 공사 시 양중 계획을 수립하는 단계에서 현장의 여러 조건들을 고려하여 타워크레인을 선정하고 선정된 타워크레인을 사용했을 때의 안정성을 쉽고 빠르게 검토하기 위한 시스템 구축을 목적으로 했다. 그는 <Fig. 2>와 같은 Opt-TC 시스템 프로세스를 개발했다.

이후 그는 이와 같은 프로세스를 구현한 시스템을 실제 사례에 적용한 결과 업무 처리 시간 절감과 신속하고 높은 효율성의 작업 효율성을 기대할 수 있다고 주장했다. 그러나 그의 연구에는 데이터베이스의 부족, 경제적 판단 근거의 부재 등 많은 한계점이 존재했다.

신운석(2008)은 타워크레인 양중 부재를 대상으로 동적 시뮬레이션 모델을 개발했으며 개발된 모델을 바탕으로 시뮬레이션을 제작하여 부재의 동적 진동을 분석하여 그 특성을 규명하는 연구를 실시했다. 그는 시뮬레이션 결과 부재의 수압면적, 풍속 및 케이블 길이가 부재의 최대 진동폭에 영향을 미치는 반면 트롤리의 위치는 미치는 영향이 미미하

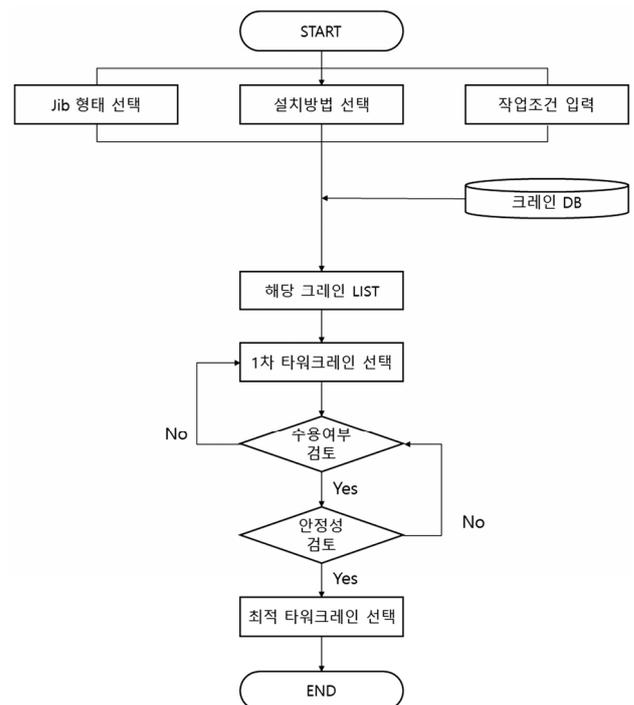


Fig. 2. System process of Opt-TC

다고 주장했다. 특히 풍속은 통제가 어려운 자연적 요인인 데 비해 수압면적과 케이블 길이는 통제가 가능한 인위적 요인이므로 이를 통해 풍하중에 의한 부재의 거동을 부분적으로 제어할 수 있다고 주장했다.

3. 데이터 분석

3.1 체크리스트 개요

본 체크리스트 제작 및 작성은 현장에서 타워크레인을 사용해 작업했을 때 일어날 수 있는 여러 가지 상황 속에서 어떠한 상황이 발생하였을 때 타워크레인의 효율성을 떨어뜨리는지를 파악하기 위해 작성했다.

체크리스트 작성에 든 기간은 1개월이며 06:00~17:00까지 현장 시간을 3타임으로 나누어 시간대별로 타워크레인의 사용 빈도수를 알아보기 위한 체크리스트와 타워크레인의 움직임에 따른 올림, 이동, 내림 세 가지로 나눈 체크리스트를 포함해 총 네 가지로 구분 제작했다. 체크리스트의 내용은 다음 표와 같다.

표 내용을 보면 현장에서 ‘타워크레인이 사용되어야 하는 상황’과 ‘타워크레인의 효율성을 떨어뜨리는 상황’ 크게 2가지로 분류했고 현장에서 타워크레인이 사용되어야 하는 상황의 경우 중요도를 따져 A와 B로 나누어 5가지 상황을 제시했다.

4가지 체크리스트 모두 상황에 들어가는 내용은 같다. 타워크레인의 효율성을 연구하기 위한 체크리스트인 만큼 타워크레인이 자재를 올렸을 때, 자재를 이동시킬 때, 자재를 내릴 때 각 상황을 나누어 분류했고 자재를 올렸을 때의 체크리스트의 경우 떠올리는 자재의 위치가 타워크레인을 기준으로 끝에(멀리)있을 때, 중간에 있을 때, 앞쪽에(가깝게)있을 때에 따라 자재가 바닥에서 떴을 때 잠시동안 타워크레인이 안정되기까지 시간의 차이가 있으므로 끝, 중, 앞으로 세분화 하여 분류를 했다.

Table 2. Schedule and Situation of Tower Crane

중요도		상황
현장에서 타워크레인이 사용되어야 하는 상황	A	다른 작업에 필요한 공간을 만들기 위해 사용
		작업을 위해 사용 ex) 거푸집을 여러 장 연결하여 올리는 것 등
		공장에서 운반된 자재를 현장에 옮기기 위해 사용
B	쓰레기를 치우기 위해 사용	
	공사과정에서 재사용 또는 반납을 위해 정리한 자재를 옮기기 위해 사용	
현장에서 타워크레인의 효율성을 떨어뜨리는 요인	B의 작업을 하느라 A의 작업이 대기하는 경우	
	A의 작업을 완전히 끝마치지 않고 중간에 'A' 중요도 이하의 작업을 하고 오는 경우	
	날씨의 영향	
	운전자의 부재	
	신호수의 부재	
	대기	
	기타 문제	

3.2 데이터 결과

3.2.1 타워크레인의 상황별 백분율

본 연구를 위해 방문한 현장은 타워크레인이 여러 대로 공사가 진행되고 있는 대규모의 현장이 아닌 타워크레인 한 대로 공사가 진행되고 있는 소규모 현장을 방문했다.

06:00~17:00까지 아침, 점심시간을 제외한 총 9시간 타워크레인을 관찰했고 9시간 동안 타워크레인의 사용은 다른 작업 공간을 만들기 위해 7번, 쓰레기를 치우기 위해 2번, A의 작업을 완전히 끝마치지 않고 중간에 'A' 중요도 이하의 작업을 하고 오는 경우 2번, 기타 문제 4번 총 15번 사용했다. 대부분 다른 작업에 필요한 공간을 만드는 데 사용한 경우가 많았고 쓰레기를 치우는 작업을 제외하고 전부 다른 작업에 필요한 공간을 만들기 위해 타워크레인을 사용하다가 효율성 떨어지는 상황들이 발생했다. <Fig. 3>과 <Table 3>은 상황별로 발생한 횟수와 백분율을 나타낸다.

이와 같은 조사 결과를 통해 현장에서 타워크레인의 사용은 대부분 다른 작업에 필요한 공간을 만드는 데 사용됐다는 사실을 알 수 있다.

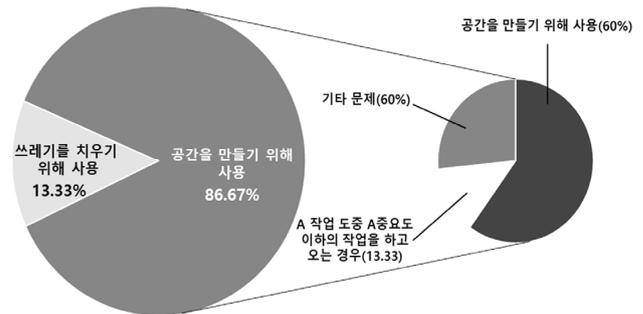


Fig. 3. Tower Crane Usage Percentage

Table 3. Used percentage of tower crane

중요도	상황(사용횟수, 백분율)
타워크레인 사용 상황	다른 작업에 필요한 공간을 만들기 위해 사용 (7회, 46.67%)
	작업을 위해 사용 ex) 거푸집을 여러 장 연결하여 올리는 것 등 (0회, 0%)
	공장에서 운반된 자재를 현장에 옮기기 위해 사용 (0회, 0%)
B	쓰레기를 치우기 위해 사용(2회, 13.33%)
	공사과정에서 재사용 또는 반납을 위해 정리한 자재를 옮기기 위해 사용(0회, 0%)
타워크레인 효율성 저하 요인	B의 작업을 하느라 A의 작업이 대기하는 경우 (0회, 0%)
	A의 작업을 완전히 끝마치지 않고 중간에 'A' 중요도 이하의 작업을 하고 오는 경우 (2회, 13.33%)
	날씨의 영향(0회, 0%)
	운전자의 부재(0회, 0%)
	신호수의 부재(0회, 0%)
	대기(0회, 0%)
	기타 문제(4회, 26.67%)

3.2.2 타워크레인 작업 지연 요소

9시간 동안 타워크레인의 사용을 관찰한 결과 타워크레인이 총 15번 사용됐고 15번의 타워크레인 사용 중에 타워크레인의 효율성을 떨어뜨리는 상황들이 발생했다. <Table 4>는 타워크레인의 시간별 사용에 따라 순차적으로 번호를 기입해 나타냈다.

①~⑮까지의 숫자는 06:00~17:00까지 타워크레인이 사용됨에 따라 숫자를 매겨놓은 것이다. 타워크레인이 첫 번째로 사용된 것을 ①번부터 시작해서 마지막 ⑮번까지 순서대로 나타냈다.

숫자 ①, ⑤, ⑦, ⑧, ⑥, ⑨, ⑪, ⑫, ⑭, ⑮은 타워크레인 사용 중 작업 지연 요소가 발생했고 ②, ③, ⑩, ⑬은 자재의 떠올리는 위치에 따른 시간 지연이 발생했다.

자재를 내려놓을 장소의 청소 미흡으로 시간이 소요된 경우는 ①, ⑤의 경우이다. 이와 같은 경우 정리된 자재를 올린 후 내려놓을 지점이 정리되지 않아 타워크레인이 자재를 내려놓지 못하고 공중에서 정리가 끝날 때까지 대기한 시간이 발생했으며 ①이 1분 48초, ⑤가 1분 09초 소요됐다.

타워크레인 기사의 융통성 문제로 시간이 소요된 경우는 ⑪, ⑫의 경우이다. 이와 같은 경우 타워크레인으로 자재를 옮겨달라는 무전을 각각 다른 곳에서 연달아 송신을 받으며 이 때 첫 번째로 받은 무전보다 두 번째에 받은 무전이 작업상 중요도가 높았다. 타워크레인의 위치상 타워크레인으로 이동시켜야할 자재의 위치는 첫 번째 무전을 받은 자재의 위치가 매우 가까웠고 자재가 옮겨지는 위치는 두 번째 무전을 받은 곳으로 옮겨지는 것이었다. 작업 동선으로 첫 번째 무전을 받은 자재를 옮긴 뒤에 두 번째 무전을 받은 자재를 옮기는 것이 효율적이었지만 각 작업의 중요도만으로 두 번째 무전을 받은 자재를 먼저 옮긴 뒤 다시 타워를 돌려 첫 번째 무전을 받았던 자재를 치웠다. 타워크레인 동선상비로 손해를 본 시간 ⑪번과 ⑫번 작업 중 ⑪번 작업

하기 위해 타워를 움직이고 다시 ⑫번 작업하기 위해 타워를 움직인 시간이 2분 10초 소요됐다.

부득이한 상황으로 인해 시간이 소요된 경우는 ⑥, ⑦, ⑧, ⑨이다. 이 경우 ⑥번 작업이 끝나고 연달아 ⑨번 작업해야 하는데 도중에 쓰레기를 치우는 차의 출발시각으로 인해 ⑦, ⑧번 작업을 마친 뒤 ⑨번을 마저 진행했다.

작업을 다시 진행하기까지 손해를 본 시간은 쓰레기 쪽으로 타워 이동시간 1분, 쓰레기를 다시 치우기까지 8분 58초, ⑨번까지 타워를 이동시키는데 소요된 시간 1분으로 총 10분 58초 공정이 지연됐다.

네 번째로 자재를 떠올리는 위치에 따라 시간 차이가 발생한 경우는 ②, ③, ⑩, ⑬번 경우이다. 이때 타워크레인을 기준으로 제일 안쪽에서 자재를 올렸을 때 타워크레인이 안정되까지 시간을 0으로 봤을 때 중간에서 자재를 올리는 것은 안쪽에서 올렸을 때와 시간 차이가 없었지만 끝으로 갈수록 타워크레인이 안정될 때까지의 소요시간이 10~15초 정도 소요됐다.

마지막으로 한 번에 옮겨도 되는 자재를 두 번에 나눠 옮긴 경우는 ⑭, ⑮번 경우이다. 이 때 자재를 올리는데 걸린 시간 30초, 이동시간 50초, 내리는 시간 1분 20초이며 첫 번째 구역 올리는데 걸린 시간 30초, 이동시간 20초, 내리는 시간 50초로 두 번째 구역 평균은 1분 05초이다.

전체적으로 타워크레인 작업에서 총 7분 04초의 작업 시간 손실이 발생했으며 10분 58초의 공정 지연이 발생했다. 각각의 지연 상황들을 봤을 때 부득이한 상황을 제외한 모든 상황들은 작업자가 자재를 내릴 위치의 주변 환경에 신경 쓰거나 타워크레인을 운용하는 기사가 작업에 대해 생각하고 타워크레인을 움직였다면 지연 시간을 줄일 수 있었던 상황이 많았다.

<Table 5>를 보면 타워크레인을 사용해 작업을 한 시간이 대부분 2분~3분 사이에 작업이 완료되는 모습을 볼 수 있다.

Table 4. Time schedule of tower crane

중요도	상황	시간			
		06:00~12:00	13:00~15:00	15:00~17:00	
현장에서 타워크레인이 사용되어야 하는 상황	A	다른 작업에 필요한 공간을 만들기 위해 사용	①②③④⑤	⑩	⑬
		작업을 위해 사용 ex) 거푸집을 여러 장 연결하여 올리는 것 등			
		공장에서 운반돼온 자재를 현장에 옮기기 위해 사용			
	B	쓰레기를 치우기 위해 사용		⑦⑧	
현장에서 타워크레인의 효율성을 떨어뜨리는 요인	공사과정에서 재사용 또는 반납을 위해 정리한 자재를 옮기기 위해 사용				
	B의 작업을 하느라 A의 작업이 대기하는 경우				
	A의 작업을 완전히 끝마치지 않고 중간에 'A' 중요도 이하의 작업을 하고 오는 경우			⑥⑨	
	날씨의 영향				
	운전자의 부재				
	신호수의 부재				
	대기				
기타 문제				⑪⑫⑭⑮	

Table 5. Working time of tower crane

타워크레인 운영 시간	양중 시간	이동 시간	양중물 낙하 시간	총계
1	2m 30s	30s	1m 05s	3m 58s
2	1m	20s	1m	2m 20s
3	1m 20s	40s	1m	3m
4	50s	32s	1m	2m 22s
5	2m	26s	1m 10s	3m 36s
10	1m	24s	55s	2m 14s
13	1m 05s	30s	1m	2m 35s
7	1m	30s	50s	2m 20s
8	1m 10s	30s	52s	2m 32s
6	45s	25s	1m	2m 10s
9	1m	30s	1m	2m 30s
11	50s	20s	1m	2m 10s
12	45s	30s	1m	2m 15s
14	30s	50s	1m 02s	2m 40s
15	30s	20s	50s	1m 40s

데이터를 종합해보면 7분 04초 동안 평균적으로 타위가 두 번 ~ 세 번 더 작업할 수 있는 시간이 된다.

3.2.3 타워크레인을 사용한 작업시간과 지연 시간

〈Fig. 4〉는 9시간 동안 타워크레인이 사용되지 않고 있는 대기시간을 제외한 15번의 타워크레인 작업을 100%로 설정했을 때 작업시간에 대한 지연시간의 백분율을 나타낸 그림이다. 하루 작업하는 동안 타워크레인 효율성은 50% 이상의 효율성을 보였다.

데이터를 종합해 보면 9시간 동안 현장에서 타워크레인을 사용한 횟수는 15번이고 주로 다른 작업에 필요한 공간을 만드는 데 사용되었음을 알 수 있었다. 15번의 타워크레인의 사용 동안 ④번의 작업을 제외한 모든 작업에서 효율성이 떨어지는 상황들이 발생했고 상황별 지연시간을 종합해서 총 7분 04초의 loss / 10분 58초의 데이터를 얻었다.

타워크레인의 평균 작업시간이 2~3분인 것을 고려해 7분 04초 동안 두 번 ~ 세 번 더 작업할 수 있는 시간이 된다.

타워크레인이 15번 사용되는 동안 총 걸린 시간은 37분 46초가 걸렸고 그중에 지연시간은 공정상 지연이 발생한 시간을 더한 18분 02초가 지연됐다.

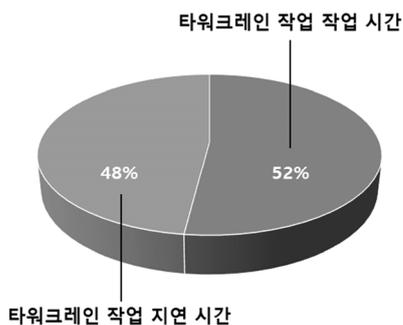


Fig. 4. Delay time percentage on total working time of tower crane

현장 공사 중 타워크레인을 사용해 공정을 진행했을 때 타워크레인을 효율적으로 사용하지 못하고 있는 데이터 결과 값을 얻었다.

4. 결론

본 연구는 최근 대형화, 고층화되고 있는 건설프로젝트의 추세에 따라 건설 공사에서 중요시되는 타워크레인의 효율성 분석 및 타워크레인이 비효율적으로 사용됐을 때의 문제점을 파악해 보다 더 효율적으로 타워크레인의 사용을 돕기 위해 연구를 진행했다. 특히 본 연구에서는 현장에서 직접 타워크레인의 운용 사례를 관찰하고 분석하여 연구를 실시했다. 본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 06:00~17:00까지 아침, 점심시간을 제외한 총 9시간 타워크레인 관찰을 했고 9시간 동안 타워크레인은 총 15번 사용됐다.
- (2) 15번의 타워크레인 작업 효율성을 100%로 봤을 때 하루 작업하는 동안 타워크레인의 효율성은 50%를 조금 넘는 수준을 보였다.
- (3) 종합적으로 9시간 동안 현장에서 타워크레인을 사용한 횟수는 15번이고 주로 다른 작업에 필요한 공간을 만드는 데 사용되었음을 알 수 있었다.
- (4) 타워크레인을 사용함에 있어 모든 작업에서 효율성이 떨어지는 상황이 발생했고 현장에서의 9시간동안 타워크레인이 사용된 시간의 총 합은 37분 46초 걸렸으며 37분 46초 안에서도 18분 02초의 공정상 지연 및 작업 지연이 발생했다.

대형화, 고층화되고 있는 건설프로젝트의 추세에 따라 타워크레인을 이용한 양중작업이 중요해지고 작업량도 증가할 것으로 예상된다. 따라서 타워크레인의 양중작업을 함에 있어 작업자와 타워크레인 운전자가 현장에서의 작업환경 인지와 변화하는 각 상황에 능동적으로 대처하는 자세를 갖추면 타워크레인의 양중작업이 수월해질 것이다.

본 연구에서는 현장에서 일어날 수 있는 상황들에 대한 체크리스트를 작성해 타워크레인의 양중 효율성을 분석 및 도식화 했다. 본 연구는 타워크레인의 효율적 운용 계획을 수립하는데 큰 기여를 할 것으로 기대된다. 그러나 본 연구에서는 경제적 분석을 수행하지 못한 한계점이 있으므로 추후 연구에서는 향후 공사 전반적인 과정 속 타워크레인의 사용시간과 대기시간에 따른 작업효율 및 경제적 타당성에 대한 분석이 수행되어야 할 것이다.

감사의 글

이 성과는 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2017R1C1B5076057).

References

- Song, P. (2018). A Study on Improvement of Safety Management through Analysis of Tower Crane Disaster at Construction Site, Master's Thesis, Pukyong National University, p. 104.
- Park, S. (2001). The study on the Efficient Operation of Tower Crane Using GPS and Machine Vision Techniques, Architectural Institute of Korea, 21(1), pp. 377-341.
- Ho, J. (2007). A System for the Selection of the Optimum Tower Cranes (Opt-TC), Journal of Construction Engineering and Project Management, 8(6), pp. 216-227
- Shin, Y. (2008). A study of Operation Criteria of Tower-crane for Automatic Transportation Considering Swung Member, Journal of Construction Engineering and Project Management, 9(2), pp. 108-117.

요약 : 현재 빌딩 건설 프로젝트의 규모가 점점 더 커지고 있다. 이에 따라 다른 양중 장비보다 생산성이 높은 타워크레인 사용이 지속적 인 증가하고 있는 추세이다. 그러나 무거운 물건을 운반하는 장비는 임대료가 비싸고 비효율적으로 운영되고 있으며 양중 작업의 생산 성 및 효율성이 저하된다는 문제가 있는 것으로 분석되었다. 따라서 본 연구에서는 우선 현장에서 비효율적으로 운영되는 타워크레인 을 조사한 후 타워크레인 작업에 영향을 미치는 항목들에 대한 점검 목록을 작성했다. 그 후 현장 방문을 통해 타워 크레인 점검표를 종합적인 데이터 가치로 도출했다.

키워드 : 타워크레인, 양중 계획, 작업 효율, 효율성 분석, 체크 리스트
