

타워크레인 주요 공종별 안전성 확보방안에 관한 연구

- 설치, 해체, 상승작업을 중심으로 -

A Study of Securing Tower Crane Safety at Major Type of Work

- Focused on Installation, Dismantle and Lifting work -

이 종 균*

Lee, Jong-Kyun

Abstract

As recent construction projects aim to build higher and bigger buildings, lifting operation is getting increasingly important in construction sites. Accordingly, as tower cranes get higher and higher, disasters involving tower cranes are also on the rise. According to occupational incident statistics of the Korea Occupational Health & Safety Agency (KOHS), most of such incidents occur in installation, dismantling and climbing phases of tower crane. Therefore, it is essential to develop preventative measures to secure safety of tower crane operations, with critical focus on installation, dismantling and climbing of tower crane. Hence, this research attempts to measure criticality of key risk factors in installation, dismantling and climbing phases of tower crane on construction site and propose necessary safety measures. As a result, conclusions herein will contribute to minimize disasters and incidents involving tower cranes in high-rise building construction sites.

키워드 : 타워크레인, 안전성 확보, 재해사례

Keywords : Tower Crane, Securing safety, Disaster case

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

타워크레인(Tower Crane, 이하 T/C)은 건축물 또는 구조물 주위의 고소에 설치되는 권상, 선회 및 횡행동작을 할 수 있는 건설기계로서 인양물을 목적한 위치까지 이동시키는 대표적인 양중장비이다¹⁾. 최근 건설공사의 규모가 대형화, 고층화 되어감에 따라 양중이 차지하는 비중이 점점 확대되어가고 있다²⁾. 이처럼 T/C의 사용빈도가 높아짐에 따라 재해 또한 증가되고 있다. T/C사고는 대부분 중대재해로 이어지고 있다. 한국산업안전공단 자료에 의하면 T/C 관련 사고는 매년 평균 4.2건, 12명 사망을 기록하고 있으며 대부분의 사고는 T/C의 설치·해체 및 상승 작업 시 발생하는 것으로 조사

되었다³⁾. 따라서 T/C 운영의 안정성 확보를 위한 예방책이 절실히 요구되고 있다. 그러나 기존 연구문헌조사 및 자료수집 결과 T/C에 대한 사양 및 제원에 대한 자료는 산재해 있으나, 안전 분야에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 T/C 설치·해체 및 상승과정을 분석하고 재정립을 통해 작업의 안정성을 확보하여 건설현장에서 무재해 무사고를 달성하는 것이다.

1.2 연구범위 및 방법

본 연구에서는 연구범위를 건설현장에서 사용빈도가 가장 높은 고정식 T/C로 정하고 이의 체계적 연구와 효율적인 진행을 위하여 그림 1과 같이 연구방법을 제시한다.

첫째, T/C 설치방법과 안정성과 관련된 기존 연구문헌 조사 및 분석을 통하여 연구동향을 파악한다.

둘째, T/C의 정의 및 종류를 분석하고, 안전성과 관련된 각종 법적 기준을 조사한다.

셋째, 국내 T/C의 재해발생현황을 조사한다.

* 영산대학교 건축플랜트학과 교수, 공학박사
(교신저자, E-mail : jklee540909@ysu.ac.kr)

- 영산대학교 2013년 학술 지원 논문임

1) 김주현, 유위성, 조훈희, 강경인, 퍼지 기법을 이용한 타워크레인 양중작업의 안전성 평가, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제29권 제1호, 2009.10, pp.739.

2) 이원석, 호종관, 김선국, 타워크레인 로프가인 안정성 검토에 관한 연구, 한국건축시공학회 학술·기술논문발표회 논문집, 제9권 제2호, 2009.11, pp.247-252.

3) KOSHA, "Statistics of construction disasters in 2006", Korea Occupational Safety & Health Agency, 2007.

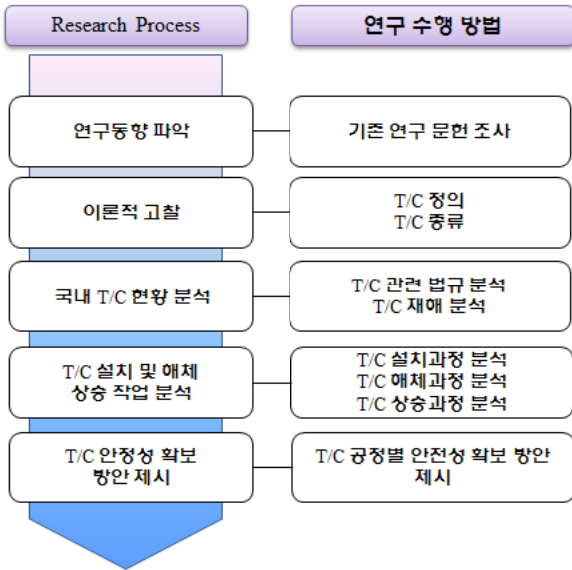


그림 1. 연구절차 및 방법

넷째, T/C 재해사례 분석을 통해 재해가 가장 빈번히 발생하는 설치와 해체 및 상승작업에 대해 분석하고, 관련 작업자 및 전문가를 대상으로 각 작업의 위험성평가를 한다.

마지막으로, T/C 재해사례와 전문가 설문조사를 바탕으로 안전성확보 방안을 도출한다.

2. 예비적 고찰

2.1 기존 연구 현황

T/C의 안전성에 관련한 연구는 표 1과 같다.

표 1. T/C 안전성검토 관련 연구 동향

연구자	연구 내용
김주현 외 3 (2009)	퍼지기법을 이용하여 T/C 작업의 안전한 정도에 대해 모호하고 정성적인 전문가들의 주관적인 판단이나 평가를 정량적으로 제시할 수 있는 모델을 제시하였음.
이원석 외 2 (2009)	T/C의 로프가잉의 안전성검토를 목적으로 로프가잉의 평면설계, 부재선택, 고정지점의 검토과정을 제시하여 구조적 안전성을 확보하고자 하였음.
이동훈 외 2 (2009)	T/C의 안전을 확보하기 위하여 T/C의 텔레스코핑 작업 순서를 분석하여 재해사례의 위험리스크를 파악하고 대응방안을 도출하였음
호종관 외 2 (2008)	상승식 T/C의 선정 및 안전성확보를 위해 지지구조물 및 고정부의 안전성 검토를 위한 모델을 제시하였음.
김선국 외 2 (2008)	이동식 크레인의 슬링,리그에 대하여 장비의 효율적이고 선정과 작업안전성을 확보할 수 있는 방안을 제시하였음
김홍현 외 1 (2007)	FMEA 기법을 활용하여 크레인의 설치 및 해체 시 재해 사례의 빈번도, 심각도 등을 분석하였음.

김주현은 퍼지기법을 사용하여 정성적인 안전성평가방법을 정량적으로 제시할 수 있는 모델을 제시하였다. 이동훈은 텔레스코핑의 작업절차별 위험리스크를 파악하여 대응방안을 도출하였다. 또한, 이원석은 T/C의 구조적인 관점에서 객관적으로 안전성을 확보하는데 중점을 두었다. 김홍현은 FMEA기법을 활용하여 크레인의 설치 및 해체과정에서 재해사례의 빈번도, 심각도를 분석하였다. 이처럼 T/C에 대해 많은 연구가 이루어지고 있으나 기존 연구는 재해사례에 대한 빈번도, 심각도, 등에 초점을 맞춰 주요 위험요인과 안전대책에 대한 정의가 없어 실제 현장에서 적용하기는 어려운 한계점이 있다.

2.2 크레인의 정의 및 종류

2.2.1 크레인의 정의

건설기계관리법 시행령에 의하면 T/C은 “수직타워의 상부에 위치한 지브를 선회시켜 중량물을 상하, 전후 또는 좌우로 이동시킬 수 있는 정격하중 3톤 이상의 것으로서 원동기 또는 전동기를 가진 것”으로 정의하고 있다. T/C은 수직타워 상부 지브가 설치된 건설장비로서 3개 동작으로 구분할 수 있다. 인양물을 들어 올리거나 지브를 따라 트롤리의 이동으로 후크에 매달린 하중을 전·후로 움직이는 횡행동작, 그리고 크레인 상부 전체를 회전시켜 인양물을 목적인 위치까지 이동시키는 선회동작의 3차원 운동의 작업특성을 가진다. 일반적으로 T/C은 높이 들어 올리는 것이 가능하고, 작업범위가 넓기 때문에 건축물에 근접한 작업이 가능하여 특히 대도시의 밀집된 고층 건축공사에 많이 사용되고 있다.

2.2.2 크레인의 종류

크레인은 일반적으로 표 2)와 같이 타워크레인, 천정크레인, 갠트리크레인, 이동식크레인으로 구분할 수 있다. T/C은 일직선상으로 고공 조립된 수직 타워 상부에 크레인을 장착한 것으로 아파트 공사장이나 고공 빌딩 건축 시에 주로 사용되고, 천정크레인은 건물의 양측 벽에 일정한 간격을 두고 설치된 주행레일 위를 이동하는 크레인으로서 주로 공장이나 창고의 건물 또는 천정이나 옥외에 설치되어 주행레일 위를 이동하는 크레인과 같은 구조, 형상이면 천정 크레인이라 부른다. 갠트리크레인은 천정 크레인 거더의 양끝에 다리를 설치하고 지상 또는 건물바닥에 설치한 레일 위를 주행하도록 한 것으로 일반공장, 부두 등에서 하역용으로 사용되는 것 외에 조선소의 선체조립에도 이용되고 제철소의 각종 원재료의 취급 등 매우 광범위하게 이용되고 있다. 또한, 이

4) 김홍현, 이강, FMEA 기법을 활용한 크레인 관련 중대 재해의 정량적 분석에 관한 연구, 2007.09, pp.115~122.

동식크레인은 무한궤도 또는 타이어식으로 강재의 지주 및 선회장치를 가진 건설기계를 말한다.

표 2. 크레인의 종류

종류	내용
T/C	수직타워의 상부에 위치한 지브를 선회시키는 크레인을 말하며 T형 크레인과 러핑(또는 L형)크레인이 이에 해당한다.
천장크레인	브리지(bridge)를 따라 이동할 수 있는 지브(jib)크레인 혹은 권상장치(hoist) 및 크랩(crab)에 매달린 하중조절 장치를 가진 크레인을 말한다.
갠트리크레인	다리 모양의 크레인으로서 천장크레인과 비슷한 거더 양쪽에 교각을 세우고 지상에 설치된 레일을 따라 이동한다. 거더, 트롤리(좌우)와 호이스트(상하)로 이루어져 있는 크레인을 말한다.
이동식크레인	무한궤도 또는 타이어식으로 강재의 지주 및 선회장치를 가진 것을 말한다. 그러나 다만(레일)식인 것을 제외한다.
	전기동력에 의하여 일정지역에서 이동할 수 있는 크레인을 말한다.

여기서 T/C은 그림 2 및 표 3과 같이 지브형태에 따라 T형 크레인(또는 트롤리식)과 L형(또는 러핑식)크레인으로 구분되며, 설치형식에 따라 고정식, 상승식, 주행식 크레인으로 구분할 수 있다.

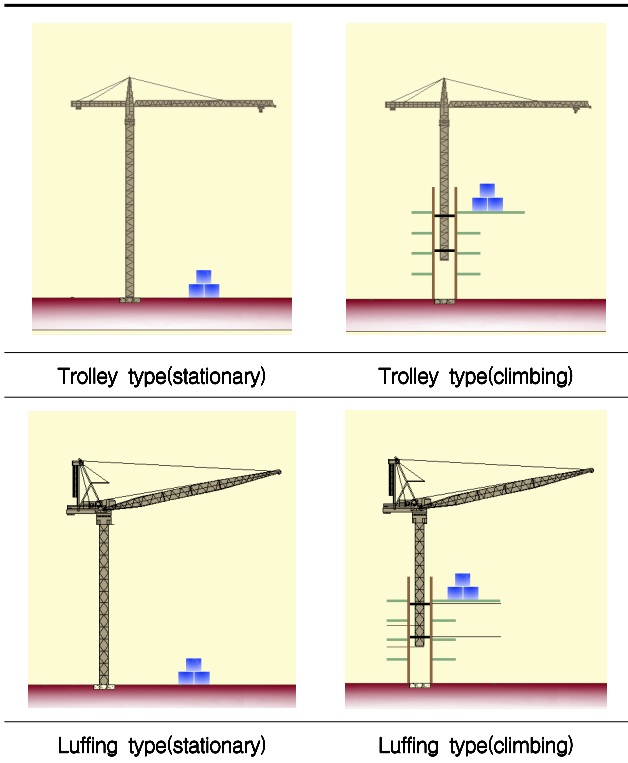


그림2. T/C의 분류

표 3. 지브형태 및 설치형식에 따른 T/C의 분류

구분	종류	내용
지브 형태	T형 크레인 (또는 트롤리식)	<ul style="list-style-type: none"> T/C의 주종을 이루는 형식으로 주로 작업반경내에 장애물이 없을 때 사용함. 지브가 수평이고 트롤리가 붐을 따라 앞뒤로 움직이며 작업 반경을 조절함. 안정성이 좋고 높이 올라갈 수 있으며 소비전력이 적음.
	L형 크레인 (또는 러핑식)	<ul style="list-style-type: none"> T형 T/C은 지브가 고정되어 있는데 비하여 러핑 지브형은 고공권 침해 또는 타 건물에 간섭이 있는 경우 선택되는 장비. 지브가 경사이고 지브의 상하 운동에 의해 작업 반경이 조절됨, 인양능력이 작으나 주위의 장애물에 대한 적응성이 좋아 복잡한 도심지 공사에 사용됨.
설치 형식	고정식	<ul style="list-style-type: none"> 지반에 픽싱앵커(fixing Anchor)를 콘크리트 블록으로 고정 후 설치하는 방법. 주로 아파트 현장 및 낮은 건물에 사용됨.
	상승식	<ul style="list-style-type: none"> 건물자체의 구조물에 지지하여 상승하는 방법. 주로 공사 중 외각에 T/C를 설치할 장소가 없거나 고층건물에 사용되는 설치방법.
	주행식	<ul style="list-style-type: none"> 아파트 건물 앞이나 뒤쪽에 레일을 설치하여 T/C 자체가 레일을 타고 이동하면서 작업할 수 있는 형식 주로 PC 아파트 공사에 사용됨,

T형 크레인은 T/C의 건설현장에서 주종을 이루는 형식이지만 현장 주변에 고층건물들이 있을 경우 운용이 쉽지 않기 때문에 작업반경내에 장애물이 없을 때 사용한다. 또한, 작업능률이 좋으나 자립높이(50m~90m 이상)이상이 되면 월타이(Wall Tie) 또는 인장와이어로 보강하여야 한다.

L형 크레인은 고공권 침해 또는 타 건물에 간섭이 있는 경우 선택되는 장비로 이동식 크레인처럼 지브를 상하로 움직여 작업물을 인양할 수 있는 장비로서 장애물이 있을 때 효과적이며, 지브의 회전 반경으로 발생하는 지상권 침해의 민원을 예방할 수 있기 때문에 도심지 등의 협소한 공간에서의 작업에 효율적이다,

고정식T/C는 콘크리트 기초 또는 고정된 기초 위에 설치된 T/C를 말하며 지반에 픽싱앵커(fixing anchor)를 콘크리트 블록으로 고정 후 설치하는 방법으로, 주로 아파트 현장 및 낮은 건물에 사용된다.

상승식 T/C는 건축 중인 구조물 위에 설치된 크레인으로서 구조물의 높이가 증가함에 따라 자체의 상승장치에 의하여 수직방향으로 상승시킬 수 있는 T/C을 말하며 주로 공사 중 외각에 T/C를 설치할 장소가 없거나 고층건물에 사용되는 설치방법으로 건물자체의 구조물에 지지하여 상승하는 방식이다.

주행식 T/C는 지면 또는 구조물에 레일을 설치하여 이동

및 정지하면서 작업할 수 있는 것을 말하며 주로 프리캐스트 콘크리트 아파트 공사에 사용하는 형식으로 아파트 건물 앞이나 뒤쪽에 레일을 설치하여 T/C 자체가 레일을 타고 이동하면서 작업하는 방식이다.

T/C은 구조부와 방호장치로 구분할 수 있으며 T/C의 주요 구조부 명칭은 표 4와 같다.

표 4. T형 T/C의 주요구조부명칭

T/C 입면도	
번호	주요 구조부명칭
1	기 초
2	기초 마스트(BASIC MAST)
3	마스트(MAST)
4	텔레스코핑 케이지
5	운전실(CABIN)
6	캣 헤드(CAT HEAD)
7	메인 지브(JIB)
8	트롤리(TROLLEY)
9	후크(HOOK)
10	카운터 지브
11	카운터 지브 연결바(TIE BAR)
12	메인 지브 연결바(TIE BAR)
13	권상 장치
14	변압기(T.R)

3. 국내 타워크레인 현황분석

3.1 타워크레인 관련법규현황

T/C의 설치, 조립, 해체작업은 표 5 와 같이 산업안전기준에 관한 규칙 제 116조, 제117조 및 유해, 위험작업의 취업 제한에 관한 규칙 제3조의 규정에 의거하여 산업재해를 예방하고 쾌적한 작업환경을 조성함으로써 작업 시 근로자의 안전성을 확보하는데 목적이 있다.

즉, 산업안전기준에 관한 규칙 제116조(조립 등의 작업)는

설치·조립·수리·점검 또는 해체작업을 할 때 작업순서준수, 작업구역설정, 악천우 시 작업 중지, 충분한 작업공간 확보 등의 일반적인 조치사항들을 제시하고 있다.

표 5. T/C 관련 법규

관련법규	내 용
산업안전 기준에 관한 규칙 제116조 (조립등의 작업)	<p>크레인의 설치·조립·수리·점검 또는 해체작업을 하는 때에는 다음 사항을 준수하여야 함</p> <ul style="list-style-type: none"> - 작업순서를 정하고 그 순서에 의하여 작업을 실시 - 작업을 할 구역에는 관계근로자 외 출입금지 및 취지표시 - 폭풍·폭우 및 폭설 등의 악천후시 작업중지 - 해당 작업 위치에서순간풍속10m/sec이 내일 경우에만 수행 - 작업장소는 안전작업을 위한 충분한 공간확보 및 장애물 제거 - 들어 올리거나 내리는 기자체는 균형을 유지 - 크레인 능력, 사용조건에 따라 충분한 응력을 갖는 구조로 기초를 설치하고 침하 등이 일어나지 않도록 할것 - 규격품 볼트를 사용하고 대칭되는 곳을 순차적으로 결합하고 분해
산업안전 기준에 관한 규칙 제117조 (타워크레인 작업계획서의 작성)	<p>T/C의 설치·조립·해체작업을 하는 때에는 다음 사항을 포함한 작업계획서를 작성하고 이를 준수하여야 함.</p> <ul style="list-style-type: none"> - T/C의 종류 및 형식 - 설치·조립 및 해체순서 - 작업도구·장비·가설설비(가설설비) 및 방호 설비 - 작업인원의 구성 및 작업근로자의 역할범위 - 제117조의2의 규정에 의한 지지방법 <p>사업주는 제1항의 작업계획서를 작성한 때에는 그 내용을 작업근로자에게 주지시켜야 함.</p>
유해위험작업의 취업제한에 관한 규칙 제3조 (자격·면허 등이 필요한 작업의 범위 등)	<p>T/C설치·해체·상승작업('07.7.1.시행)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 자 격 1) 국가기술자격법에 의한 제관기능사 또는 비계기능사의 자격 2) 이 규칙에서 규정하는 당해 교육기관에서 교육을 이수하고 수료시험에 합격한 자 - 경과조치 1) 시행 당시 6개월 이상 작업을 수행한 경험이 있고 공단에서 신규·보수 교육을 모두 이수한 자는 자격이 있는 것으로 봄 2) 시행 당시 6개월 이상 작업을 수행한 경험이 있는 자로서 공단 또는 당해 교육기관에서 '07.12.31.까지 24시간 이상 이론교육을 받은 자는 자격이 있는 것으로 봄

또한, 산업안전기준에 관한 규칙 제117조는 설치, 해체, 조립 작업 시 규정에 따른 작업계획서를 작성하도록 명시되어 있고 2007년 7월 1일에 개정·시행된 유해·위험작업의 취업제한에 관한 규칙 제3조에 따르면 기존의 T/C 운전 자격이 기중기운전사 자격에서 T/C 운전자만이 운전을 할 수 있도록 되었고 5톤 이상의 무인타워 운전에도 자격이 있어야 하는 것으로 조사되었다.

3.2 국내 타워크레인 재해 발생현황

한국산업안전공단 크레인 관련 재해사례 통계에 의하면 2008년부터 2012년까지 발생한 크레인관련 재해 발생건수는 표 6과 같이 21건 중 재해자수는 총 59명 이었다. 이 중 사망자수는 23명으로 약 39%로 T/C의 재해는 대부분 중대재해로 이어진다는 것을 알 수 있다.

표 6. T/C 재해발생현황(2008~2012)

구분	계	'08	'09	'10	'11	'12
재해 발생건수	21	2	3	7	4	5
계	59	7	6	28	5	13
사망자수	23	3	2	8	4	6
부상자수	36	4	4	20	1	7

이를 발생시기별로 보면 그림 3과 같이 전체 21건 중 설치·해체 작업이 14건으로 67%를 차지하고 있고, T/C 사용 중에 7건의 재해가 발생한다. 또한 기인물별로 보면 그림 4와 같이 추락·낙하 재해가 전체 재해의 72%차지하고 있다.

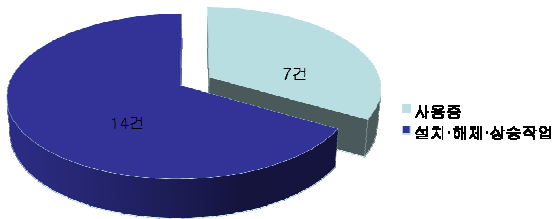


그림 3. 발생시기별 현황

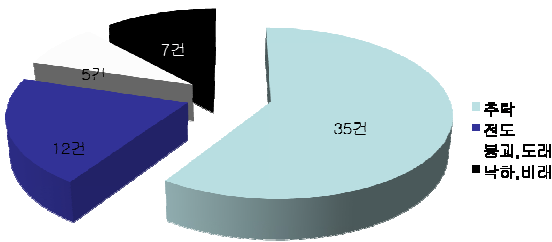


그림 4. 기인물별 현황

4. 타워크레인의 설치과정분석

T/C의 설치 전 단계부터 해체단계까지의 업무 흐름도를 보면 그림 5와 같다, 우선 장비임대업체와의 계약 체결 후 작업계획서의 갱폼 자중이나 설치위치 등을 면밀히 검토한

다, 다음으로 정밀하게 기초앵커를 시공하고 철거한 완성검사 후 작업 팀원 모두 T/C 설치해체 작업 안전교육을 이수했는지 여부를 확인하고 마지막으로 조립보험가입 여부를 확인 후 T/C을 설치하게 된다. 이후 공사가 진행되는 동안 마스트를 끼워 넣어 T/C의 작업높이를 높이는 텔레스코핑의 반복 작업을 거쳐 골조공사를 마치면 T/C을 해체하게 된다. T/C은 재해발생현황에서 살펴본 바와 같이 설치·해체 작업에서 가장 많은 재해가 발생한다. 따라서 T/C의 전체적인 시공 흐름도를 분석한 후 T/C설치단계에서 해체단계까지의 작업을 분석하여 각 공정별 위험요인을 도출한다.

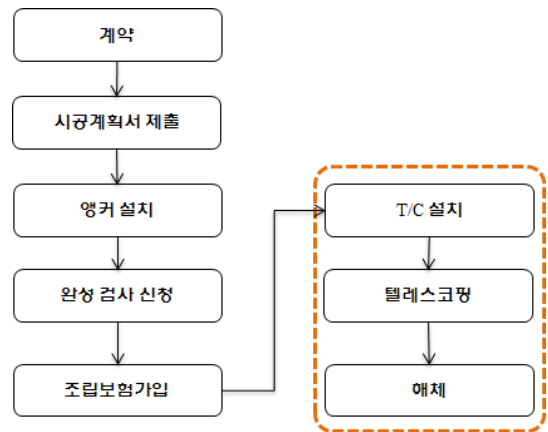


그림 5. T/C의 주요업무 흐름도

4.1 타워크레인 작업흐름도 분석

T/C 설치 및 해체 작업 전 산업안전기준에 관한 규칙 제 117조에 의해 작업계획서를 작성하고 작업자에게 주지시켜야 한다. 이에 대한 업무흐름은 그림 6과 같이 건설회사와 작업업체와의 유기적인 협력이 절대적으로 필요하다.

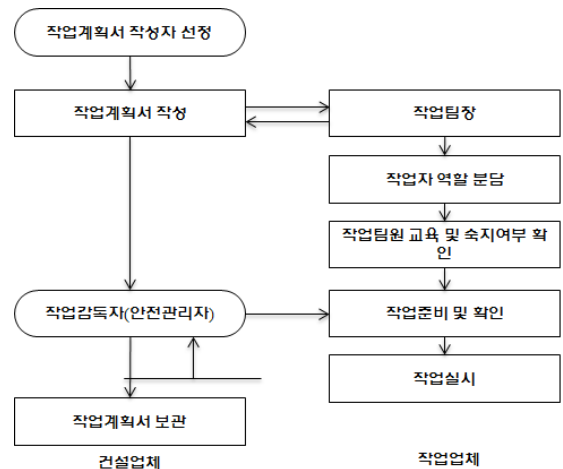


그림 6. T/C 설치 전 작업 흐름도

우선 건설업체에서 작업계획서를 작성자가 선정되면 작업

업체로부터 기초자료를 제공받아 작업계획서를 작성하게 되고, 작업계획서를 완료 후 작업팀장에게 전달한다. 다음으로 작업팀장은 팀원들의 역할을 분담하여 팀원교육 및 업무숙지여부를 확인하고 T/C설치·해체작업 준비 및 확인 후 실시한다. 이때 건설업체의 안전 관리자가 반드시 임회하여 확인하여야 한다. 마지막으로 작업완료 후 작업업체는 T/C 설치·해체작업에 대한 결과보고를 하고 건설업체는 작업계획서를 보관한다.

4.2 타워크레인 설치, 해체 및 상승작업 분석

4.2.1 타워크레인 설치과정 분석

T/C의 설치과정은 일반적으로 그림 7과 같다⁵⁾.

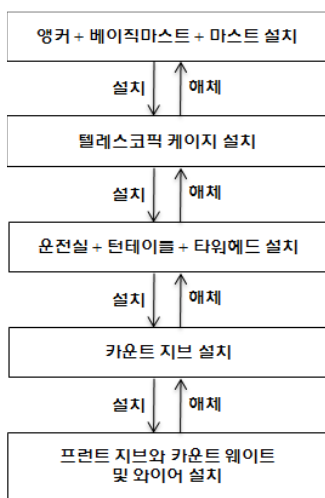


그림 7. T/C 설치 순서

- ① 베이직 마스트와 기초앵커를 정확히 일렬로 맞춘 후 고정한다.
- ② 텔레스코픽 케이지를 베이직 마스트에 부착한다.
- ③ 운전실과 턴테이블(선회테이블)과 운전실을 마스트에 부착하고, 타워헤드를 운전석 위에 부착한다,
- ④ 카운터지브를 부착한다.
- ⑤ 카운터지브를 선회테이블과 연결하고 지브연결봉을 타워헤드에 연결한 후 균형추1번을 카운터지브에 삽입한다, 이후 운전석에 전원을 연결하여 작동이 가능하도록 하며 메인지브를 지상에서 조립한다. 다음으로 메인지브를 선회테이블과 연결하고 지브연결봉을 타워헤드와 연결 한 후 나머지 카운터 균형추를 삽입하고 트롤리 와이어로프와 권상용 와이어로프를 결선함으로 설치가 완료된다.

4.2.2 타워크레인 해체과정 분석

T/C의 해체과정은 설치과정의 역순으로 진행되고 마스트 해체와 본체해체작업으로 구분할 수 있으며 마스트해체 작업은 다음과 같다.

- ① 선회테이블과 마스트 최상단 및 하단 핀 볼트를 해체한다.
- ② 텔레스코픽 케이지 모빌 빔을 마스트 세들에 정확히 건 다음 실린더를 약간 상승시켜 핀 고정부위가 분리될 수 있도록 한다.
- ③ 런닝 레일 위에 마스트를 밀어낸 다음 텔레스코픽 케이지의 유압실린더에 의해 T/C 상부를 하강시킨다. 하강의 완료되면 가이드레일위에 마스트를 후크로 고정하며 트롤리로 지상에 내려놓는다. 이러한 작업을 반복하여 이동식크레인으로 지상해체 할 수 있는 위치까지 마스트를 해체한다.

또한, 마스트해체를 완료한 후 본체해체작업에 대한 순서는 다음과 같다.

- ① 가이드레일과 텔레스코픽 케이지의 연결핀을 제거하고 분리해체하여 이동식 크레인을 이용하여 지상으로 내려놓는다.
- ② 균형추를 1번부터 분리하여 순서대로 이동식크레인을 이용하여 지상으로 내려놓는다.
- ③ 메인지브의 연결봉과 타워헤드의 연결핀을 분리한다.
- ④ 권상용 트롤리를 1번 지브로 이동시키고 1번,2번 지브의 연결핀을 해체한다.
- ⑤ 타워헤드 상부에 지브연결봉을 분리해체하여 지브에 고정한 다음 타워헤드의 연결핀을 분리하여 지상으로 내려놓는다.
- ⑥ 카운터지브 연결봉의 연결핀을 분리하고 타워헤드와의 연결핀을 분리해체한다.
- ⑦ 타워헤드와 운전석을 분리하여 해체한다.
- ⑧ 운전석을 텔레스코픽 케이지와 분리하여 해체한다.
- ⑨ 텔레스코픽 케이지와 마스트 2번을 기초 베이직마스트의 연결핀을 분리한 다음 동시에 해체한다.
- ⑩ 기초앵커볼트를 분리해체하며 베이직마스트를 해체하면 T/C은 해체가 완료된다.

4.2.3 타워크레인 상승과정 분석

T/C의 상승과정을 도시하면 그림 8과 같이 구분한다.

- ① 텔레스코픽 케이지의 유압장치가 있는 방향에 카운터 지브가 위치하도록 하고 연장할 마스트를 트롤리로 인양하여 가이드레일 위에 올려놓고 다시 새로운 마스트를 인양하여 메인지브와 카운터지브의 모멘트균형을 유지한다. 이때 지브의 모멘트 균형을 유지하는 방법으로는 텔레스코픽 케이지 앞내들의 간격이 마스

5) Kim SK, Kim JY, Lee DH, Ryu SH. Automation optimal design algorithm of foundation of tower cranes, automation in construction, 2011 Jan; 20(1): 56-65.

표 7. T/C 공종별 안전대책

공 종				주요위험요인	위험성			안 전 대 책
공종명	설치	해체	상승		높음	중간	적음	
기초설치	○			- 철근배근/ 콘크리트강성부족	○			- 설계에 의한 철근배근 - 콘크리트 양생은 소요강도가 발현될 때까지 양생 - 콘크리트 타설시 고정앵커가 흔들리지 않도록 주의
앙카레벨확인 및 수정	○			- 앙카오차 미수정			○	- 레벨 오차 1mm이내까지 조정
설치크레인정치	○			- 아웃트리거 발판정치 미흡		○		- 사전 아웃트리거 발판정치계획 검토 - 장비의 최대인양능력 및 발판하부 지내력 구조검토 - 발판의 수평상태유지 - 달기기구의 안전기준 준수
자재반입/하역	○			- 조립순서 미고려 자재하역			○	- 조립순서에 의한 자재하역 - 신호수 운영 및 위험구역 표시 - 하역된 자재는 설치크레인 작업반경내에 위치하도록 조치
베이직 마스트 설치	○	○		- 달기구/달기방법 불량			○	- 달기구 안전기준준수 - 설치장비 작업반경내 자재위치 - 마스트 볼트/너트 조임 규정토그 준수
코핑 케이지/마스트설치	○	○		- 달기구/달기방법 불량			○	- 달기구 안전기준준수 - 설치장비 작업반경내 자재위치 - 마스트 볼트/너트 조임 규정토그 준수
턴테이블 설치/전력 인입	○	○		- 볼트/너트 체결불량			○	- 턴테이블 연결볼트/너트 사양준수 및 규정토그 조임 - 달기구 안전기준 준수 - 인입전력
켓 헤드 설치	○	○		- 볼트/너트 체결불량			○	- 달기구 안전기준 준수 - 고소작업자 안전벨트사용
카운터지브/타이바 설치	○	○		- 부속체결불량			○	- 달기구 안전기준 준수 - 고소작업자 안전벨트사용
호이스트윈치드럼 설치	○	○		- 체결핀/체결불량			○	- 달기구 안전기준 준수 - 고소작업자 안전벨트사용
프론트지브 설치	○	○		- 균형미유지, 유도줄 미사용		○		- 무게중심표시 및 표시된 위치에 정확히 슬링와이어 체결 - 유도줄 설치 및 사용 - 달기구 안전기준준수
카운터웨이트 설치	○	○		- 달기구/달기방법 불량			○	- 달기구 안전기준준수 - 고소작업자 안전벨트사용
후크설치 및 와이어링	○	○		- 단말부 고정불량			○	- 달기구 안전기준준수 - 고소작업자 안전벨트사용
코핑케이지 및 턴테이블연결	○	○		- 연결핀 미체결상태 장비 작동	○			- 코핑케이지와 턴테이블 연결핀 4개소체결 - 지브균형유지 - 마스트볼트/너트 완전조립 이전에 상부회전금지
마스트상승			○	- 크로스멤버와 웹 안착불량 - 상하부 발판설치 미흡	○			- 유압모터의 정상작동여부확인 - 작업전 작업방법, 절차등을 작업자 전원이 협의하여 숙지 - 풍속 10m/s 이내에서만 작업실시 - 텔레스코핑 작업전 반드시 T/C 균형유지 - 작업 중 절대로 선회 및 권상작업 금지 - 반드시 상하부 발판을 준비하고 볼트체결

트와 일정한 상태가 될 때까지 트롤리를 이동시켜 모멘트의 균형을 유지하여야 한다.

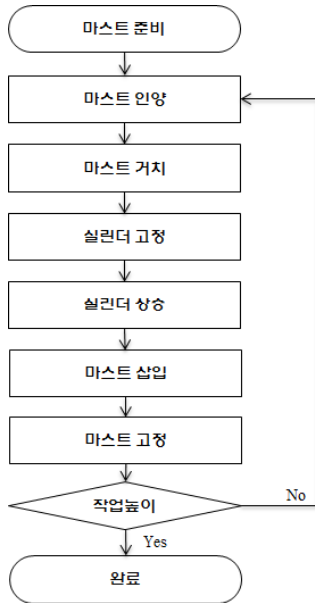


그림 8. T/C 상승과정

- ② 좌우모멘트가 일치된 후 선회테이블과 마스트상부의 연결핀, 볼트를 해체한다.
- ③ 텔레스코픽 유압장치를 작동시켜 유압실린더를 전진 및 후진작업을 2,3회 실시한 후 마스트를 끼울 수 있는 공간을 확보한다.
- ④ 가이드레일 위에 마스트를 텔레스코픽 케이스 안으로 밀어 넣고 마스트 메인기둥의 연결부분이 정렬될 때까지 유압실린더를 약간 하강하여 연결핀 구멍이 정확히 맞으면 실린더의 하강을 멈추고 마스트 연결핀 4 곳을 체결하면 일단의 마스트 클라이밍작업이 완료된다.
- ⑤ 이러한 작업을 T/C 작업높이까지 반복한다.

5. 타워크레인 공중별 안전성확보방안

T/C의 안전성확보방안을 위해서 표 7과 같이 2008년부터 2012년도까지의 재해사례분석을 통해 설치, 해체, 상승작업 단계에서 주요위험요인을 도출하였다. 또한, 전문건설업체의 타워크레인 전문가 및 타워크레인 기사를 대상으로 한 면담을 통해 조사한 결과 현장에서 실제 T/C 설치를 위한 작업 시 기초설치, 코핑케이지 및 턴테이블연결, 마스트 상승 시에 가장 위험한 것으로 조사되었다. 실제 면담조사 중 기초설치 시 표 5에서와 같이 산업안전 기준에 관한 규칙 제116조 (조립등의 작업)에서는 크레인 능력, 사용조건에 따라 충분한 용력을 갖는 구조로 기초를 설치하고 침하 등이 일어

나지 않도록 할 것으로 되어 있으나 기초 콘크리트 타설시 고정앵커가 흔들려 타워크레인이 기울어지는 사례가 발생된 것으로 조사되었다. 이러한 현장 문제를 충분히 인식하여 건설현장의 안전 관리자 및 모든 직원들은 이러한 주요위험요인과 안전대책을 숙지하여 건설현장의 무사고, 무재해를 달성하여야 하겠다.

6. 결 론

본 연구에서는 건설현장의 타워크레인의 설치·해체 및 상승과정의 작업과정을 분석하고 재정립을 통해 타워크레인 작업의 안전성 확보를 위한 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 타워크레인의 설치·해체 작업의 기초설치, 앙카레 벨확인 및 수정, 설치크레인정치, 자재반입 및 하역, 베이스 마스트 설치, 코핑케이지 및 마스트설치, 턴테이블설치 및 전력인입, 컷 헤드설치, 카운터지브 및 타이바 설치, 호이스 트 윈치 드럼 설치, 프론트지브 설치, 카운터웨이트 설치, 후크설치 및 와이어링 설치, 코핑케이지 및 턴테이블 연결, 마스트상승, 마스트연결 및 마무리 작업에 대한 과정을 분석하였다.

둘째, 설치·해체·상승 작업에서의 사고유형에 대한 분석을 실시하였고, T/C 작업담당자 및 전문가를 대상으로 설문을 실시하여 주요 리스크를 분석하였다.

셋째, T/C 작업담당자 및 전문가를 대상으로 주요 공중별 안전성 확보방안을 제시하였다.

이러한 결론을 바탕으로 건설현장에서의 타워크레인 설치·해체 작업 시 각별한 주의를 기울여 건설현장의 무재해 무사고를 달성하여야 하겠다.

참고문헌

1. 김주현, 유위성, 조훈희, 강경인, 퍼지 기법을 이용한 타워크레인 양중작업의 안전성 평가, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제29권 제1호, 2009.10, pp.737~740.
2. 이원석, 호종관, 김선국, 타워크레인 로프가이딩 안정성 검토에 관한 연구, 한국건축시공학회 학술·기술논문발표회 논문집, 제9권 제2호, 2009.11, pp.247~252.
3. 이동훈, 최재휘, 김선국, 한국건축시공학회 학술·기술논문발표회 논문집, 제9권 제1호, 2009.05, pp.9~13.
4. 호종관, 김아영, 김선국, 상승식크레인의 지지구조의 안정성 분석 모델, 한국건설관리학회 논문집, 제9권 제2호, 한국건설관리학회, 2008.04, pp.190~198.
5. 김홍현, 이강, FMEA 기법을 활용한 크레인 관련 중대 재해의 정량적 분석에 관한 연구, 2007.09, pp.115~122.
6. KOSHA., "Statistics of construction disasters in 2006", Korea

- Occupational Safety & Health Agency, 2007.
7. Shuzo Furusaka, Colin Gray, A Model for the Selection of the Optimum Crane for Construction Sites. Construction Management and Economics, Vol 2, 1984. pp. 157~176.
 8. Han KK, [The Study on Development of Algorithm Model for Evaluation of Stability of Climbing-Type Tower crane][master's thesis]. [Yongin(Korea)]: Kyung Hee University. 2009. 56 p.
 9. Kim SK, Kim JY, Lee DH, Ryu SH. Automation optimal design algorithm of foundation of tower cranes, automation in construction, 2011 Jan; 20(1): 56-65.

■ (투고:2013.10.21., 심사:2013.10.22., 게재(확정):2013.11.14.)

