



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사학위논문

이동식 크레인의 재해 예방을 위한
안전관리 개선 방안에 관한 연구



2018년 02월

부경대학교 산업대학원

안전공학과

탁상태

공학석사학위논문

이동식 크레인의 재해 예방을 위한
안전관리 개선 방안에 관한 연구



지도교수 : 신 성 우

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2018년 02월

부 경 대 학 교 산 업 대 학 원

안 전 공 학 과

탁 상 태

탁상태의 공학석사 학위논문
인준함

2018년 02월



주 심 공학박사 장 성 록



위 원 공학박사 이 창 준



위 원 공학박사 신 성 우



목 차

제 1 장 서론	1
1.1 연구 필요성 및 목적	1
1.2 연구 내용 및 방법	3
1.3 선행 연구 고찰	4
제 2 장 이론적 배경	9
2.1 이동식 크레인의 정의와 종류	9
2.2 이동식 크레인의 안전장치 및 주요기능분석	11
2.3 이동식 크레인 작업 안전 수칙	15
제 3 장 이동식 크레인 재해 사례	21
3.1 이동식 크레인 재해사례	21
3.2 이동식 크레인 재해사례 분석	28
제 4 장 이동식 크레인 실태 조사 및 분석	31
4.1 설문조사 개요	31
4.2 조사 내용	32
4.3 조사 결과 및 분석	33
제 5 장 결론	45
참고문헌	48
부록	51

표 목 차

Table. 1.1 The number of the mobile crane accident in 2010-2012	4
Table. 1.2 The cause of mobile crane accident	5
Table. 1.3 The number of mobile crane crashes in the last five years	6
Table. 3.1 The main causes of the mobile cranes's disasters	22
Table. 3.2 The number of mobile crane accidents according to year	28
Table. 3.3 The present situation of disasters by mobile crane type	29
Table. 3.4 The present situation of disasters by the types of mobile crane ..	29
Table. 3.5 The present situation of disasters by the causes of mobile crane ..	30
Table. 4.1 General characteristics of participants in the survey	31
Table. 4.2 Questionnaire contents	32
Table. 4.3 The reason for the regular inspection of mobile cranes	33
Table. 4.4 Periodical inspection cycle of mobile crane	34
Table. 4.5 Drivers' recognition of occupational Safety and Health Law	36
Table. 4.6 Drivers' recognition of overload prevention device	36
Table. 4.7 The degree of working experience of broken cranes	38
Table. 4.8 The reasons for working in a broken state	39
Table. 4.9 The ground sagging experience	39
Table. 4.10 The reasons for ground sagging operation	40
Table. 4.11 The experience of reinforcement work request	40
Table. 4.12 Reinforcement work's experience	41
Table. 4.13 The reasons for forcing work	41
Table. 4.14 The number of accident experiences	42
Table. 4.15 The reasons for the risk of mobile crane accidents	43
Table. 4.16 Importance of safety devices required for mobile crane	44
Table. 4.17 Preference of the period of the use-stage inspection system	44
Table. 4.18 Preference for period appropriate for periodic bolt regime	45

그림 목 차

Fig. 1.1 The number of the mobile crane industrial accident	4
Fig. 2.1 The safety devices for hydraulic mobile cranes	11
Fig. 2.2 Anti-rotating and overload protection device for mobile cranes	12
Fig. 2.3 The hook breaker of the mobile cranes	13
Fig. 2.4 The rod indicator of the mobile cranes	14
Fig. 2.5 The outrigger of the mobile cranes	15
Fig. 3.1 Types of mobile crane accidents caused by fall	23
Fig. 3.2 Types of mobile crane accidents due to falling during transport operations	25
Fig. 3.3 Types of mobile crane accidents caused by collision	26
Fig. 3.4 Types of mobile crane accidents caused by stenosis	27
Fig. 4.1 Reason for the regular inspection of mobile cranes	34
Fig. 4.2 Periodical inspection cycle of mobile crane	35
Fig. 4.3 Driver's recognition of overload prevention device	37
Fig. 4.4 The degree of working experience of broken cranes	38
Fig. 4.5 Reasons for the risk of mobile crane accidents	43

**A Study on the Improvement of Safety Management for
Accident Prevention of Mobile Crane**

Tak Sang Tae

Department of Safety Engineering, Graduate School of Industry

Pukyong National University

Abstract

This study aims to identify the cause of the mobile crane accident and explore the work management measures to increase the safety of portable cranes. To derive the safety management measures recognized by mobile crane operators, a questionnaire was generated to analyze the data using the Excel 2016 program, which calculated the frequency and percentage of the results. Through this, it is hoped to find out the direction of disaster prevention measures and systematic improvement in mobile crane operations at domestic construction sites.

Most drivers have periodically inspected movable cranes. Malfunction, failure of movable cranes etc. was the reason for carrying out the constant air point test. The drivers carried out checks in less than two years. The article lacked an awareness of the Occupational Safety and Health Act. I felt it was helpful for overload protection devices. The driver had experience working even in the

event of a portable crane failure. The ground deflection work is also experienced. Risks are taken to shorten work periods. Drivers had to enact an inspection system at the stage of use and prepare a system for bolt replacement cycle.

It is required to select inspection criteria and scope of inspection for mobile crane's safety inspection system. Second, it will be necessary to thoroughly check the installation and operation of safety devices when inspecting the equipment. Third, the safety education for the project sites management manager and mobile crane operator should be strengthened by class. Fourth, the cargo crane operator qualification system is adopted among mobile cranes to issue certificates for safe and dangerous work. Fifth, it is also necessary to dispose of equipment aged 20 years or older. In case of equipment older than 15 years, safety accidents must be carried out regularly to identify defects in the safety system.

keywords: Mobile Crane, Safety Management, Accident Prevention

제 1 장 서론

1.1 연구 필요성 및 목적

이동식 크레인은 동력을 사용하여 중량물을 매달아 상하 및 좌우(수평 또는 선회함)로 운반하는 기계장치이다. 최근 들어 제조업과 운송업에서 주로 사용되던 이동식 크레인이 건설현장에 사용되는 빈도가 증가하고 있다. 중량물을 적재하거나 하역용으로 사용되는 이동식 크레인의 사용증가는 건설현장의 공기단축 및 생산성 향상에 기여하고 있다. 건설공사가 대형화되고 고층화됨에 따라 건설현장에 이동식 크레인이 널리 사용되고 있는 것이다.

건설현장에서 고소작업의 증가와 자재크기의 대형화로 인하여 이동식 크레인 관련 중대재해 사고발생 빈도가 높아지고 있으며, 이동식 크레인 사고는 사망으로 이어지기 때문에 안전성 확보를 위한 대책 마련이 시급하다(신운철, 여현욱, 권준혁, 이관령, 2016)²⁰⁾. 2003년부터 2012년까지 최근 10여 년간 동력기계 사망재해를 분석한 연구에 따르면 동력기계 중 이동식 크레인이 두 번째로 사망사고발생 빈도가 높은 기계였고, 특히 트럭크레인을 중심으로 사망재해가 높게 발생했다(안전보건공단, 2016)²²⁾.

사망사고 및 중대재해로 이어지는 이동식 크레인 사고를 예방을 위하여 장비선정방법의 규준확보, 작업순서의 체계화, 외부환경요인 점검 등 다각적으로 재해예방요인을 분석하여 재해를 방지하기 위한 노력이 최근 들어 이루어지고 있다(김병석, 양용구, 2012)¹²⁾. 협착, 충돌, 낙하비래 등 잠재위험요인을 가지고 있는 이동식 크레인의 재해원인을 분석하여 체계적으로 안전관리방안을 마련한 뒤 위험요인을 모니터링하는 체계구축이 필요하다.

건설현장에서 이동식 크레인은 인양작업, 조립작업 등에 많이 사용되며 그에 따라 안전사고도 여러 유형으로 발생하므로(고용노동부, 2014)⁵⁾, 안전

조치 및 대책을 체계적으로 수립한 후 이동식 크레인을 건설현장에 투입해야 한다. 이동식 크레인과 관련한 안전사고가 빈번하게 발생하고 있음에도 국내 대부분의 건설현장에서는 관리감독자 및 크레인 운전자 경험을 바탕으로 장비를 선정하고 운영하는 실정이다(김상현, 박범, 2015¹⁾; 김아영, 2008)⁸⁾. 관리감독의 소홀로 인하여 작업대에서 근로자가 추락하거나 안전 교육을 받지 않은 상태에서 이동식 크레인 작업에 투입되어 사고가 발생하기도 한다. 또한 작업방법의 불량, 감전방지조치 미흡, 아웃트리거의 파손 등으로 이동식 크레인 사고가 발생하기도 한다(김상현, 2015)¹³⁾. 따라서 장비작업을 실시하기 전, 사전계획을 통한 안전성 검증과 확보로 이동식 크레인 장비의 효율적인 운용방안을 마련하기 위한 노력이 필요하다.

이동식 크레인 관련 선행연구를 살펴보면 크레인 작업의 안전대책에 관한 연구(고용노동부, 2016a⁶⁾, 2016b⁷⁾; 산업안전보건연구원, 2016)¹⁹⁾, 크레인 관련 안전성을 증진하기 위한 사례구축에 대한 연구(김병석, 양용구, 2012)¹²⁾, 안전성 증대를 위한 제품설계에 관한 연구(나현호, 김도정, 최주석, 오우준, 2015¹⁷⁾; 유관선, 박전완, 히다카 신이치, 한석영, 2010²⁴⁾; 호종관, 서민중, 김선국, 2007)²⁸⁾, 안전진단 관리시스템 모델개발연구(김아영, 2008)¹⁴⁾ 및 크레인 사망 재해실태를 조사한 연구(강현수, 박범, 2015)¹⁾가 이루어졌다. 선행연구를 고찰해보면, 크레인을 중심으로 안전관리 및 안전성 확보방안에 대한 선행연구들이 활발하게 이루어졌으나, 이동식 크레인의 안전관리를 위한 연구(이충렬, 2006²⁵⁾; 김병석, 양용구, 2012)¹²⁾는 충분히 이루어지고 있지 않는 실정이다. 이동식 크레인의 사용빈도 증가와 산업현장 및 건설현장의 대형화로 중대재해가 빈번하게 발생하고 있는 문제를 완화하기 위해서는, 이동식 크레인 관련 건설현장 종사자들의 인식을 분석하여 건설현장의 특수성을 이해하고 실천 가능한 이동식 크레인의 안전성 확보방안을 구축하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구는 이동식 크레인 관련

건설현장 관계자의 인식수준을 살펴봄으로써 안전 확보실태를 파악하고 건설현장 특성을 반영한 실질적인 지원방안을 모색하고자 한다.

1.2 연구 내용 및 방법

본 연구는 이동식 크레인 사고의 발생 원인을 파악하여 이동식 크레인의 안전을 증진하기 위한 작업관리방안을 살펴보고자 한다. 이동식 크레인 운전자들이 인식한 안전관리방안을 살펴보기 위하여 설문지를 제작한 뒤 Excel 2016 프로그램을 활용하여 자료를 분석하였으며, 결과도출을 위하여 빈도와 백분율을 산출하였다. 국내 건설현장의 이동식 크레인 작업에 대한 재해예방대책 및 제도적 개선을 방향에 대해 논의하고자 한다.

본 연구는 선행연구파악, 중대재해분석, 설문조사 실시, 재해원인파악, 개선방안의 도출이라는 5가지 순서로 연구가 진행되었다. 각각의 특성에 대하여 살펴보면 아래와 같다.

- 1) 국내 선행 논문과 문헌을 통한 이동식 크레인의 안전관리에 대한 연구 동향을 파악한다.
- 2) 2012년~2016년 이동식 크레인과 관련된 중대재해 현황을 분석하여 원인을 파악한다.
- 3) 이동식 크레인의 중대재해 사례 분석을 통한 설문지 개발과 공사 현장에서 이동식 크레인 운전자를 대상으로 설문조사를 실시한다.
- 4) 설문조사를 통해 건설현장의 작업환경과 재해원인을 파악한다.
- 5) 도출된 결과를 바탕으로 이동식 크레인의 체계적 안전 관리에 대한 방안을 제시한다.

1.3 선행 연구 고찰

이동식 크레인과 관련된 연구들은 이동식 크레인 안전산업실태, 안전관리 방안, 안전장치 모색, 위험성 평가법 연구, 접지설계 및 붐 등 기계적인 결함을 해결을 위한 시스템 구축방안에 대한 연구가 이루어지고 있다.

이동식 크레인 산업재해분석 결과(김병석, 양용구, 2012;²⁸⁾ 신운철 외, 2016²⁰⁾; 한국산업안전보건공단, 2016)²⁶⁾에 따르면 연도별 재해발생 건수는 2009년에 크게 감소한 뒤(301명→184명) 2011년 재해자가 소폭 증가와 감소하는 양태를 거듭하며(184명→160명→188명→168명) 재해 감소 정체 현상을 보이고 있는 것으로 나타났다. 사망자 수에 있어서도 2009년 이후 점진적인 하락 추세였으며 2011년(10명)으로 가장 낮았으며 2012년(12명) 상승으로 전환되었다.

Table. 1.1 The number of the mobile crane accident in 2010-2012

구 분	합계	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년
재해자	1,001	301	184	160	188	168
부상자	934	286	168	146	178	156
사망자	67	15	16	14	10	12

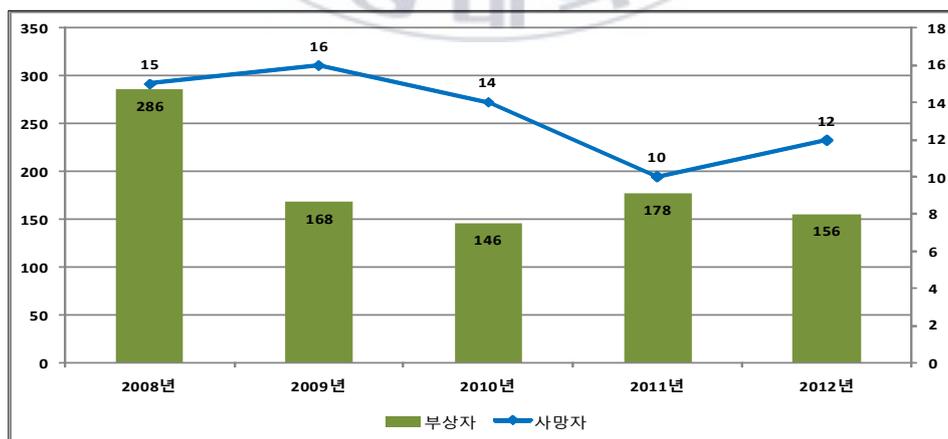


Fig. 1.1 The number of the mobile crane industrial accident

이동식 크레인 사고를 일으키는 원인으로 추락, 끼임, 충돌, 낙하, 전도, 기타 등으로 보고되고 있다. 최근 5년간 재해 발생형태를 분석해 보면 추락이 34.4%(344명)으로 가장 높았으며, 협착 19.2%(192명), 충돌 16.2%(162명), 낙하·비래 14.4%(144명) 순으로 재해발생빈도가 높았다. 2008년부터 2012년까지 발생한 재해 중 추락, 협착, 충돌, 낙하·비래 유형으로 인한 재해가 90%를 차지하였다.

Table. 1.2 The cause of mobile crane accident

구 분	계		2008년		2009년		2010년		2011년		2012년	
	재해자	사망자										
계	1,001	67	301	15	184	16	160	14	188	10	168	12
추락	344	23	79	5	62	7	77	6	64	2	62	3
감김·끼임	192	7	55	1	37	3	21	1	45	1	34	1
충돌	162	6	59	3	36	1	18	0	22	1	27	1
낙하·비래	144	17	54	2	25	2	23	6	25	3	17	4
전도	104	8	36	3	12	2	16	0	18	1	22	2
기타	55	6	18	1	12	1	5	1	14	2	6	1

최근 5년간 작업대 관련 추락재해를 분석한 결과에 따르면 최근 5년간 발생한 추락재해로 인한 사망자는 23명이었으며 전체 추락재해 344명이 20.9%를 차지하였다. 작업대 추락재해 72명 중 사망재해는 10명으로 13.9%를 차지한 것으로 나타났다. 유형별로 살펴보면, 작업대 본체 낙하로 인한 재해가 25명으로 가장 많았으며, 작업대 관련 추락재해는 33.9%를 차

지 하였다. 작업대 관련 추락재해는 전체 추락재해의 21%를 차지하였다. 이러한 실태조사에 기반해 볼 때 이동식 크레인의 작업대(탑승설비) 설치 금지를 적극 유도할 필요성이 제기된다.

Table. 1.3 The number of mobile crane crashes in the last five years

유 형	계	작업대 본체 낙하	작업중 부주의	봄 파손	크레인 전도	과하중 적재	강풍	조작 미수	기기 오작동
재해건수	72	25	18	11	6	4	4	2	2
	100%	33.9%	25.8%	16.1%	8.1%	6.5%	4.8%	3.2%	1.6%

이동식 크레인 재해를 예방하기 위한 다각적 방안을 마련하기 위한 연구가 수행되었다. 이동식 크레인작업의 위험성을 평가하고 대책을 수립하기 위한 연구는 재해유형에 따른 예방대책을 강구하는 방향으로 연구가 수행되었다. 강현수와 박범(2015)¹⁾은 작업수행소홀, 절차 미준수로 인한 이동식 크레인 사고가 발생하므로 인지공학적 안전대책의 절차를 마련해야한다고 하였다. 인지공학적 재해예방은 유발자가 사고를 예측할 수 있도록 시스템을 구축해야 하며 인간공학적인 휴먼에러의 재해를 예방하기 위해 인간공학의 핵심 요소인 가시성, 응답성 등을 확보하는 것을 강조한다. 휴먼에러에 대한 근본적인 공학대책의 조치차원에서 Fool proof와 Fail safe 대책을 명문화하는 것도 포함한다. 이동식 크레인 재해사례 중에서 위험등급을 마련한 결과(김정철, 2014)¹⁶⁾에 따르면 인양작업 시 안전수칙 미준수, 줄걸이 작업불량, 크레인 전도, 탑승설비 불량이 1등급 위험요인으로 나타났다. 2등급 위험요인으로는 장비불량, 근로자 작업미숙, 조립해체 과정에서 안전수칙 미준수로 나타났다. 다양한 위험요인 중에서도 위험강도인식에 차이가 있으므로 이러한 특성을 고려하여 사전에 안전사고를 예방하기 위한 노

력이 요청한다. 이동식 크레인의 최적 설계방안을 마련한 김아영(2008)¹⁴⁾은 조건을 반영한 장비선정, 이론의 안정성 검증, 장비에 대한 안정성 확보라는 세 가지 측정 프로세스를 설정하여 플로우를 제안하였다. 김병석과 양용구(2012)¹²⁾은 관리감독자의 역할을 통한 안정성 확보방안을 제시하며 중량물 취급 작업계획을 작성하여 준수하는 관리감독자의 역량을 강화에 초점을 두었다. 또한 크레인 제조사에서 제공하는 취급설명서 준수, 위험성 평가 결과에 대한 관리감독자의 전문성 강화를 통하여 양중작업에 적용하기 위한 노력이 필요하다고 제안하였다.

최적설계를 통한 이동식 크레인 안전성을 증진을 위한 연구(유광선, 박정완, 히다카 신이치, 한석영, 2010²⁴⁾; 한동석, 하정민, 한근조, 2010²⁷⁾; 호종관, 서종민, 김선국, 2007)²⁸⁾에 따르면 접지설계 시스템, 붐, 과부하 방지를 위한 장치용 다각도 편형 로드셀, 슬링, 러그 등 다양한 측면에서 안전사고 저감 방안을 마련해야한다고 하였다. 이동식 크레인 안전성 증진을 위하여 시스템을 구축하기 위한 연구는 이동식 크레인의 설치 및 운영의 전 과정에 체계적이고 공학적인 접근이 이루어질 때 안전성이 확보될 수 있다는 가정에서 수행되었다. 단순한 경험에 의존하여 이동식 크레인을 설치하고 운영하게 되면 위험에 노출될 가능성이 높아진다. 고정위치에서 운영되는 타워 크레인과 차별화된 이동식 크레인은 사용 시 안정성의 문제가 매우 중요하다. 그럼에도 불구하고 이동식 크레인 사용경험에 기반하여 설치되고 운영되는 경우가 대다수이다. Satoshi 외(2005)²⁹⁾는 이동식 크레인의 아우트리거 설치 시 불안정성을 분석하여 접지설계 시 고려사항을 제안하였으며 호종관 등(2007)²⁹⁾은 접지압과 지반보강은 지반의 안전성을 마련하는데 효과적이므로 접지설계 시스템 구축을 통하여 안정성을 검토해야한다고 하였다.

최대 응력이 걸리는 하중상태에 육각형 붐의 단면을 트러스 구조로 변환

함으로써 이동식 크레인 붐의 경량화를 도모할 수 있다는 유광선 등 (2010)²⁴⁾은 이동식 크레인 붐의 최적설계방안을 도출함으로써 안전성 확보 방안을 살펴보았다. 트러스트 구조의 형상이 일반적인 붐의 형상의 허용응력보다 더 안전한 것으로 나타났으며 트러스트 구조가 크레인의 작용이나 연비향상에 영향을 준다고 밝혔다.

이동식 크레인 선정과 안전성검토 시뮬레이션 프로그램을 개발한 호종관 (2007)²⁸⁾은 최적 장비를 신속하게 선정하고 장비 운영안정성을 확보하며, 국내의 장비운영 기술수준을 향상하고자 시뮬레이션 프로그램을 개발하였다. 특히, 작업전 시뮬레이션을 실시하여 양중물과 현장조건을 고려한 크레인 선정, 지반조건별 지반보강법 검토 및 대안제시, 슬라브상부 작업 시 안전성 검토 등이 이루어질 수 있도록 하였다.

앞서 살펴본 선행연구를 종합해보면, 이동식 크레인의 재해를 예방하기 위하여 최신 이동식 크레인의 재해 사례를 분석하고, 이를 바탕으로 설문지를 작성하여 이동식 크레인 운전자를 대상으로 인식을 살펴봄으로써 이동식 크레인 재해해방을 위한 노력이 필요함을 알 수 있다. 이를 통해 이동식 크레인 운전자의 인식을 통하여 실질적인 안전한 작업환경과 현행제도 개선을 위한 방안을 도출해야할 것이다.

제 2 장 이동식 크레인의 정의와 구조

2.1 이동식 크레인의 정의와 종류

1) 정의

원동기를 내장하고 있는 이동식 크레인은 불특정 장소에 스스로 이동할 수 있는 크레인으로 동력을 사용하여 중량물을 매달아 상하 및 좌우(수평 또는 선회)로 운반하는 설비를 말한다. 건설기계관리법과 자동차관리법 제3조에 적용을 받는 이동식 크레인은 화물·특수자동차의 작업부에 탑재하여 화물운반 등에 사용하는 기계 또는 기계장치로 정의된다. 크레인 안전규칙에서는 “동력을 사용하여 화물을 들어 올리거나 이것을 수평으로 운반하는 설비”라고 정의하고 있으며, 건설기계관리법에는 “무한궤도 또는 타이어식으로 강재의 지주 및 선회장치를 가진 것으로 궤도(레일)식인 것을 제외한다”라고 기록하며 이동식 크레인이 가진 독특한 특성을 구분하고 있다(고용노동부, 2012⁴⁾; 국토교통부, 2015)⁹⁾¹⁰⁾.

“이동식 크레인”이란 불특정 장소에 스스로 이동할 수 있는 크레인으로서 건설기계관리법을 적용 받는 기중기 또는 자동차관리법 제3조에 따른 화물·특수자동차의 작업부에 탑재하여 화물을 운반하는데 사용하는 기계이자 기계장치를 말한다.

한국산업안전보건기준에 관한 규칙 제132조에서는 “동력을 사용하여 중량을 매달아 상하 및 좌우(수평 또는 선회)로 운반하는 것을 목적으로 하는 기계 또는 기계 또는 기계장치를 말한다.”라고 정의하였으며, 일본기계협회의 내용을 살펴보면 “동력을 사용해 물건을 양중하고 이것을 수평으로 운반하는 것을 목적으로 하는 기계장치로 원동기를 내장하며 불특정 장소에 이동시키는 것이 가능한 것”이라고 정의하고 있다.

2) 종류

이동식 크레인에는 자주식 크레인, 유압식 크레인, 기계식 자주 크레인, 크롤러 크레인, 트럭 크레인, 휠 크레인의 6가지 유형으로 구분된다. 각각의 특성에 대해 살펴보면 다음과 같다(김상현, 2015¹³⁾;김정철, 2014¹³⁾.

(1) 자주식 크레인(Mobile Crane)

크레인에 차륜 또는 크롤러를 갖추고 레일에 의존하지 않고 이동할 수 있는 크레인

(2) 유압식 크레인(Hydraulic Mobile Crane)

크레인 동작의 일부 또는 전부를 유압식 기구에 따라 작동되는 자주 크레인

(3) 기계식 자주 크레인(Mechanical Mobile Crane)

크레인 동작의 일부 또는 전부를 기계식 기구로 작동하는 자주 크레인

(4) 크롤러 크레인(Crawler Crane)

하부 주행체의 주행부에 크롤러 벨트를 사용한 자주 크레인으로서, 크레인 하부의 구성이 트랙타입으로 되어져 있음, 기동성이 떨어져 단위 현장 내의 작업에 많이 사용됨

(5) 트럭 크레인(Truck Crane)

하부 주행체의 주행부에 타이어를 사용하는 크레인으로서 운전석은 하부 주행체와 상부 회전체에 위치하고 있는 자주 크레인

(6) 휠 크레인(Wheel Crane)

하부 주행체의 주행부에 타이어를 부착한 크레인으로, 운전석은 1개이며 원동기를 가진 자주 크레인

2.2 이동식 크레인의 안전장치 및 주요기능분석

이동식 크레인은 중량물의 운반·적재·하역용으로 사용된다. 이처럼 중량물의 낙하·비래, 차량의 전복 등으로 발생하는 안전사고를 방지하기 위해 다양한 안전장치가 부착되어 사용되고 있음을 알 수 있다. 안전장치의 설치위치 및 종류, 작동원리는 다음과 같다.

1) 안전장치 설치위치

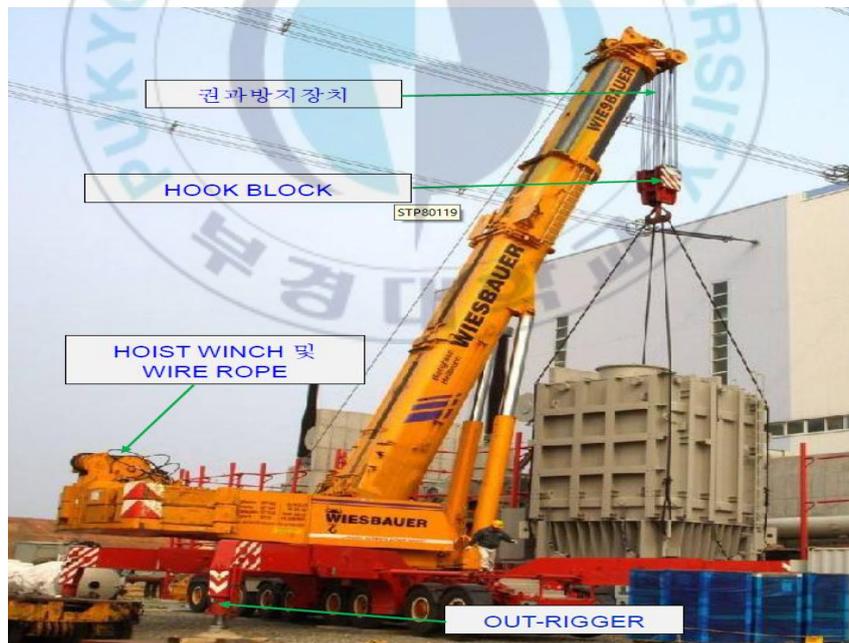


Fig. 2.1 The safety devices for hydraulic mobile cranes

2) 안전장치 종류와 작동원리

이동식 크레인에는 중량물을 운반·적재·하역 작업을 수행하는 기계로 구조 설계 및 안전장치 역할은 매우 중요하다. 안전장치는 운전자의 휴먼에러에 의해 이동식 크레인 제작기준과 어긋나게 운전을 할 경우 미리 경보를 하여 동작을 멈추게 하거나 또는 스스로 동작을 차단하여 안전사고를 미연에 방지하는 장치이다(강현수, 박범, 2015¹⁾; 고용노동부, 2012)⁴⁾. 주요 안전장치와 그 기능에 대해 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

(1) 권과방지장치

인양용 와이어로프의 일정 수준 이상 감기게 되면 자동적으로 동력을 차단한다. 또한 작동을 정지시킴으로서 훅이 상부에 부딪히는 것을 방지한다. 훅이 최상부에 도달하기 전에 경보음과 함께 작동을 정지시키는 안전장치이다.



Fig. 2.2 Anti-rotating and overload protection device for mobile cranes

(2) 과부하방지장치

정격하중 1.1배 이상의 권상하중이 부하 되었을 때 지브가 파손되거나 전도되는 사고 등을 방지하는 안전장치이다. 즉, 과부하 상태에서 발생하는

사고를 방지하기 위한 장치이다. 이동식 크레인 은 지브의 각도에 따라 중량물의 하중이 변하지 않더라도 전도 모멘트(overturning moment)가 변하게 된다. 과부하방지장치는 전도 모멘트와 안전 모멘트(safety moment)의 크기가 비슷하게 될 때 경보음을 울리며 작동을 정지시키는 안전장치이다. 과부하방지장치는 선회반경 발신기, 선회반경 지시계, 붐 길이, 붐 각도, 하중 검출부, 하중 지시계 및 제어부 등으로 구성되어 있다.

(3) 비상정지장치

긴급 상황이 발생하였을 때, 안전을 유지하고자 전원을 차단하여 급정지시키는 장치이다. 일반적으로 비상정지버튼은 식별하기 용이하고 즉시 조작할 수 있도록 있도록 해야한다.

(4) 혹해지장치

혹으로부터 줄걸이 도구의 이탈을 방지하기 위하여 혹을 설치한다. 안전을 위하여 혹해지가 원활하게 작동하는지 점검하여야 한다.

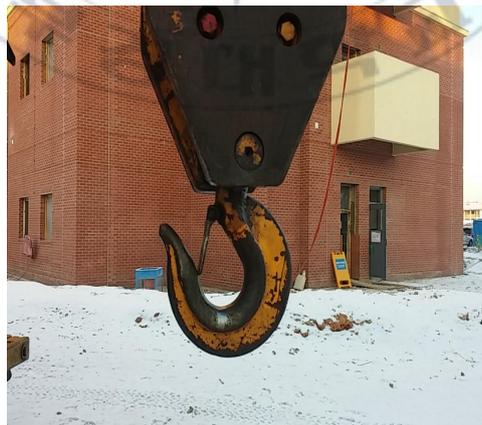


Fig. 2.3 The hook breaker of the mobile cranes

(5) 하중지 시계

붐의 하단에 부착된 경사지 시계로, 붐 인출 길이와 각도에 따라 허용되는 하중을 확인할 수 있는 안전장치이다.

(6) 로드 인디케이터

붐 길이, 각도, 작업반경 및 하중 등의 변동 사항을 운전자에게 표시하는 안전장치이다.



Fig. 2.4 The rod indicator of the mobile cranes

(7) 아웃트리거

전도 사고를 방지하기 위하여 장비의 좌·우에 부착하여 작업 장소 지반에 고정시키는 것이다. 전도 모멘트를 효과적으로 지탱할 수 있도록 한다. 아웃트리거 용접부의 균열 및 실린더 작동이 원활한지 정기적으로 점검해야 한다.



Fig. 2.5 The outrigger of the mobile cranes

2.3 이동식 크레인 작업 안전 수칙

안전수칙을 지키는 것은 안전관리활동에 있어서 가장기본이 된다. 따라서 크레인 작업을 실시할 때는 사업주와 근로가 모두가 이를 준수하기 위한 노력을 실천해야한다. 이동식 크레인 재해를 예방하기 위하여 제시된 안전수칙내용을 고찰해 보아야한다. 이동식 크레인 재해분석을 위하여 마련된 안전수칙 내용은 보호구, 안전보건표지, 안전보건교육, 안전작업절차 준수 등으로 구성되는데 이를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다^{2),3),8)}.

1) 보호구 지급 · 착용

기계·설비 등 유해·위험요인으로부터 근로자를 보호하기 위하여 해당 작업조건에 맞는 보호구를 지급하여 착용하도록 하고 있는 것이다.

2) 안전보건표지 부착

위험장소·설비·작업별로 안전보건표지를 부착하여 근로자가 불안정한 행동을 유발하지 않도록 위험요인에 대한 경각심을 부여하도록 한다.

3) 안전보건교육

안전보건교육은 사업주·근로자의 안전의식 및 경각심 고취하기 위하여 일정기간 동안 실시하는 교육의 형태이다.

4) 안전작업절차 준수

정비, 보수 등의 비계획작업 또는 잠재 위험이 존재하는 작업공정에서 지켜야 할 안전 작업절차를 제정하여 안전한 작업을 유도하는 것이다. 이동식 크레인을 통한 작업을 실시할 때 작업 전, 작업 중, 작업 후에 유의해야 할 사항에 대해 살펴보고, 이를 점검하도록 한다.

(1) 작업 전

작업계획(작업내용, 작업순서, 작업자 수 등)을 수립하고 작업자에게 관련 내용을 주지시킨다. 크레인 주행구간 및 작업구간 내 장애물의 유·무를 확인한다. 크레인의 구동장치 및 조작 장치의 정상 작동여부를 확인한다. 방호장치의 작동여부를 확인하고 이상이 있을 시에는 수리한 후 작업을 실시한다. 이탈방지장치 등 크레인 고정 장치의 해지여부를 확인한다. 레일 위를 이동하는 크레인은 주행레일의 손상여부를 확인하고, 이동식 크레인은 지반의 침하여부를 확인한다. 급유 또는 전기 공급 상태를 작업 전에 확인한다.

(2) 작업 중

유도자에 의하여 하물을 인양·운반해야 하며 크레인 운전자 단독으로 작업을 수행해서는 안 된다. 정격하중 이상의 중량물을 운반해서는 안 된다. 하물(荷物)의 운반 중 급제동 및 급가속으로 인한 하물의 흔들림을 방지한다. 하물(荷物)의 하중에 따라 달기구를 변경하면서 작업을 수행한다. 하물

(荷物)을 유도 시에는 유도로프를 사용한다. 운반 전 양중물의 무게 중심을 확인하고 10cm가량 양중물을 들어 올려 지면과 평행여부를 확인한다. 유도자 및 관리감독자는 운반구간 내 관계근로자 외 출입을 통제해야 한다.

(3) 작업 후

크레인의 지브, 마스트 등 구조물의 변형 상태를 확인한다. 와이어로프, 달기체인, 섬유로프, 샤클, 클램프 등은 지정된 보관 장소에 보관한다. 조작 장치의 스위치를 정지 위치에 두고 배전반의 스위치를 차단한다. 각 베어링 및 기어 등 회전체에 윤활유 공급 상태를 확인한다. 크레인 가동에 필요한 키를 회수하고 운전석 출입구에 잠금장치를 설치한다. 크레인을 정위치 시키고 이탈방지장치를 설치한다.

5) 이동식 크레인 안전수칙 준수

이동식 크레인을 사용하는 경우 지켜야할 규칙을 살펴보고, 크레인 안전수칙을 준수하도록 한다.

- 탑승을 위한 사다리 등 적절한 승강설비를 설치하여 이용한다.
- 정격하중을 기록하여 정격하중을 초과하는 하물운반을 실시하지 않도록 한다.
- 크레인 안전수칙을 관리하는 담당자를 지정하여 구동장치의 이상 유무를 정기점검과 수시점검을 통해 확인한다.
- 운행을 알리는 경적, 경광등을 설치하여 위험시 사전에 사운드 및 빛을 통하여 인지할 수 있도록 하고 운행 시 자동으로 작동하게 한다.
- 신호방법을 결정하여 사전에 교육을 통하여 신호체계를 알고 있으며, 유도자의 신호에 따라 작업하도록 한다.
- 하물을 메달아 둔 상태에서는 운전석을 이탈하거나 방치해서는 안된다

는 사실을 알고 이를 실천한다.

- 비정상작업(수리, 점검, 청소 등) 시, 제3자로 인한 가동을 예방하기 위하여 잠금장치 또는 안내표지를 설치하여 비정상작업이 이루어지고 있음을 알린다.
- 사전에 운반하려는 하물(荷物)의 무게중심을 확인한다.
- 운반하는 하물(荷物)의 하부 또는 상부에 사람을 접근시켜서는 안 된다.

6) 이동식 크레인 일반작업 수칙

- 이동식 크레인 운전원과 신호수는 작업 전 일일 안전 점검을 통해 기계의 상태를 확인하고 이상이 있으면 보고하며, 일지에 기록하여 유지·관리한다.
- 크레인 운전원은 규정된 안전모, 복장, 안전벨트, 안전화를 착용한다.
- 관리 감독자는 크레인 사용자의 건강상태를 확인하고 작업배치에 반영한다.
- 작업 전 스트레칭을 실시하고, 중식·휴게시간을 엄수한다.
- 작업피로 누적으로 사고가 발생하지 않도록 예방한다.

7) 이동식 크레인 장비 설치 안전 수칙

- 고압선, 전신주, 가로등, 가로수 등 주위에 장애물이나 위험요소가 있는지를 확인한다.
- 노면이 평탄하고 견고한 부위에 아웃트리거를 설치함으로써 지면의 상태를 확인한다.
- 주차 브레이크를 채워 기어를 중립으로 하고, 주차 제동장치를 작동시킨다.
- 바퀴에 고임목을 설치하며, 지면이 약하여 지면이 침하될 우려가 높아지므로 아웃트리거 하단에 넓은 받침목을 설치해야한다.

8) 이동식 크레인 운전 시 안전 수칙

- 붐을 완전히 뺀 상태에서 너무 빠르게 상승하거나 하강하는 것을 금지한다.
- 훅크를 내릴 때는 드럼에 최소 2바퀴 이상의 와이어로프가 남아 있어야 한다.
- 와이어로프 절단을 방지하기 위하여 붐 작동 시, 훅크와 붐 끝단의 간격을 유지한다.
- 선회조작은 물건이 흔들리기 쉽기 때문에 천천히 조작해야하며 측방은 후방보다 안전성이 떨어지므로 천천히 선회하고, 전방은 측방보다 안전성이 떨어지므로 선회를 금지한다.

9) 장비철수 안전 수칙

- 작업이 끝나면 붐을 인입 시키고 훅을 차량에 고정한다.
- 이웃트리거를 완전히 접는데 앞쪽 좌우, 뒤쪽 좌우를 각각 함께 번갈아가며 접어서 한쪽으로 기울어지지 않도록 주의한다.
- 이웃트리거가 완전히 밀어 넣어져 있는지 육안으로 확인 후 스위치 끄기
- 다음 작업을 위하여 유압오일, 와이어, 연료, 엔지오일 등 각 부위의 이상유무를 점검한다.

10) 장비점검 안전 수칙

- 청결유지, 그리스 주입, 외관점검 등 매일 안전한 사용에 필요한 최소 점검을 실시한다.
- 유량점검, 유압점검, 펌프점검, 드라이브 샤프트 점검, 실린더 점검 등 점검주기에 따라 점검 정비하여 장비의 수명을 연장하고 갑작스러운 고장

을 대비한다.

- 다양한 법령에서는 기계와 기구에 대한 안전검사주기를 제시함으로써 크레인 작업 안전수칙 준수, 관련 기계로는 프레스, 전단기, 크레인, 리프트 등으로 안전검사 주기를 2년마다 제시하고 있는데, 이러한 안전검사 주기의 마련을 통하여 사전에 작업안전 수칙을 지킬 수 있도록 유도한다.

이동식 크레인은 이동이 필요한 물체를 다른 곳으로 이동하는 작업을 위해 사용된다. 사용자나 신호수가 직접 후크를 걸어 중량물을 매달고 수직으로 상승시켜 이동 후 해당 지점에 다시 내려놓는 작업을 반복적으로 수행한다. 일정한 공간 내에서 움직이는 작업을 수행하는데 발생하는 재해 형태로는 주로 협착 재해가 빈번히 발생한다. 이동식 크레인은 떨어짐, 붐 낙하, 자재낙하, 전도, 감전 등으로 인한 낙하사고가 많이 발생하고 있으며 불법 탑승설비 부착으로 인하여 크레인 붐 끝단에서 재해가 발생하기도 한다. 대부분 사전작업계획의 미이행, 줄걸이 작업불량으로 인하여 재해건수가 다수 발생하므로 안전관리를 위한 방안마련이 시급하다. 그러므로 크레인 작업 기술에 대한 고급인력의 확보와 고소작업에 대한 사고 예방을 위한 안전장비 보유가 최우선적으로 필요하다. 크레인의 중대 재해 방지를 위해, 작업 전 확실한 예방 점검과 정비 작업이 선행되어야 하지만 현재의 현장 작업 조건이 이를 충족시키기에 어려운 애로사항이 많다. 열악한 작업 조건들 속에서 이동식 크레인 작업을 하고 있는 운전자들의 중대재해의 예방책을 인식하고 실천할 수 있도록 안전사고수립대책을 세워야 할 것이다.

제 3 장 이동식 크레인 재해사례

3.1 이동식 크레인 재해사례

이동식 크레인과 관련된 사망사고 관련 재해조사 보고서에 따르면 2003년부터 2012년까지 10년 동안 동력기계에서의 사망재해 중 이동식 크레인이 2번째로 높은 사망자를 가져온 요인인 것으로 나타났다. 이는 매년 12건의 사망자가 발생하고 있음을 나타내는 것으로 동력기계기구 중 높은 재해율을 나타내는 것이 바로 이동식 크레인임을 알 수 있다.

재해 발생률이 높은 건설기계는 트럭크레인으로 5년간 이동식 크레인 사망자 59명 중 34명인 60%정도가 트럭크레인에서 사고가 발생한 것이다. 또한 줄걸이를 활용한 중앙작업대나 작업대를 활용하는 고소작업용으로 사용되는 경우 재해 발생률이 높은 것으로 보고되고 있다. 중량물 취급작업시 작업계획서를 수립하지 않거나 탑승설비에 대한 법령의 미준수가 원인이 되어 사고가 발생한다. 이러한 사고를 예방하기 위해서는 산업안전보건기준에 관한 규칙 제38조(사전조사 및 작업계획서의 작성 등)를 준수토록 하여야 하며 2011년 개정된 법령에 따라 탑승설비에서 작업을 법으로 금지하고 있으므로 이를 준수하여야 할 것이다.

이동식 크레인 구조적 문제(구조부의 설계계산 부적합) 및 사전 안전점검 미실시로 재해가 발생한다. 안전인증 제도 시행 전에 제조된 이동식 크레인의 경우 제작기준이 없어 구조부의 기계적인 강도의 적합성 여부를 확인할 수 없으므로 사용을 금지하거나 사용 전 철저한 점검 실시, 근로자는 작업시작 전 구조 상 문제점이 없는지 안전점검을 철저히 실시하며 작업조건 및 이동식 크레인 제원에 따라 작업 반경, 정격허용하중 등을 준수하여야 한다.

작업계획성 미작성과 미준수, 근로자의 보호구 미착용, 작업안전수칙 미준수가 원인이 되어 재해가 발생하기도 한다. 작업구역 내의 지반조사 및 이를 바탕으로 작업계획서를 작성·준수하며 근로자는 보호구를 착용하고 작업 반경 내에 접근하지 않는 등 작업안전수칙을 준수해야 할 것이다.

근로자의 보호구 미착용, 작업절차 부적절, 충전전로의 방호설비 미부착, 작업지휘자 배치하지 않은 것이 원인이 되어 재해사고가 발생하기도 한다. 감전재해를 방지하기 위해 방책 설치 또는 해당 충전전로에 절연용 방호설비를 설치하며 작업지휘자를 배치하여 안전하게 작업을 수행하여야 한다. 이동식 크레인으로 인한 재해사고 원인은 다양하지만 안전수칙에 대한 미준수로 인하여 발생하는 비율이 높기 때문에 안전수칙에 대한 인식을 높이고 실천하기 위한 노력이 필요하다.

Table. 3.1 The main causes of the mobile cranes's disasters

구분	주요원인	
	차량탑재용	기중기
떨어짐	불법 탑승설비 탈락 등	인양자재와 충돌 등
자재낙하	주변 충돌, 줄걸이 작업 불량 등	주변 충돌, 줄걸이 작업불량 등
붐낙하	허용작업반경 초과작업으로 붐과 단, 턴 테이블 볼트 파단 등	허용작업반경 초과작업으로 붐과단, 턴테이블 볼트파단 등
전도	지반침하, 아웃트리거 설치 불량 등	지반침하, 아웃트리거 설치불량 등
감전	충전전로 방호조치 미실시	충전전로 방호조치 미실시

이동식 크레인의 재해사례의 특성은 크게, 추락, 낙하, 충돌, 협착의 4가지 사례가 원인이 되어서 이동트레인 재해사고가 발생하고 있음을 알 수 있다. 이러한 사례를 바탕으로 이동식 크레인 사고유형과 이를 예방하기

위한 다양한 방안을 살펴보면 다음과 같다(노동고용부, 2016^{6),7}; .안전보건공단, 2017)²³).

1) 추락

이동식 크레인 재해 원인으로 추락이 원인으로 사고가 발생한다. 이동식 크레인에 부착된 바켓 탈락 등으로 인하여 재해가 발생하고, 이동식 크레인을 사용하여 근로자 이동 및 작업 중 추락 재해가 이루어지기도 한다. 추락으로 인한 재해사례를 4가지 유형으로 제시하면 아래와 같다.

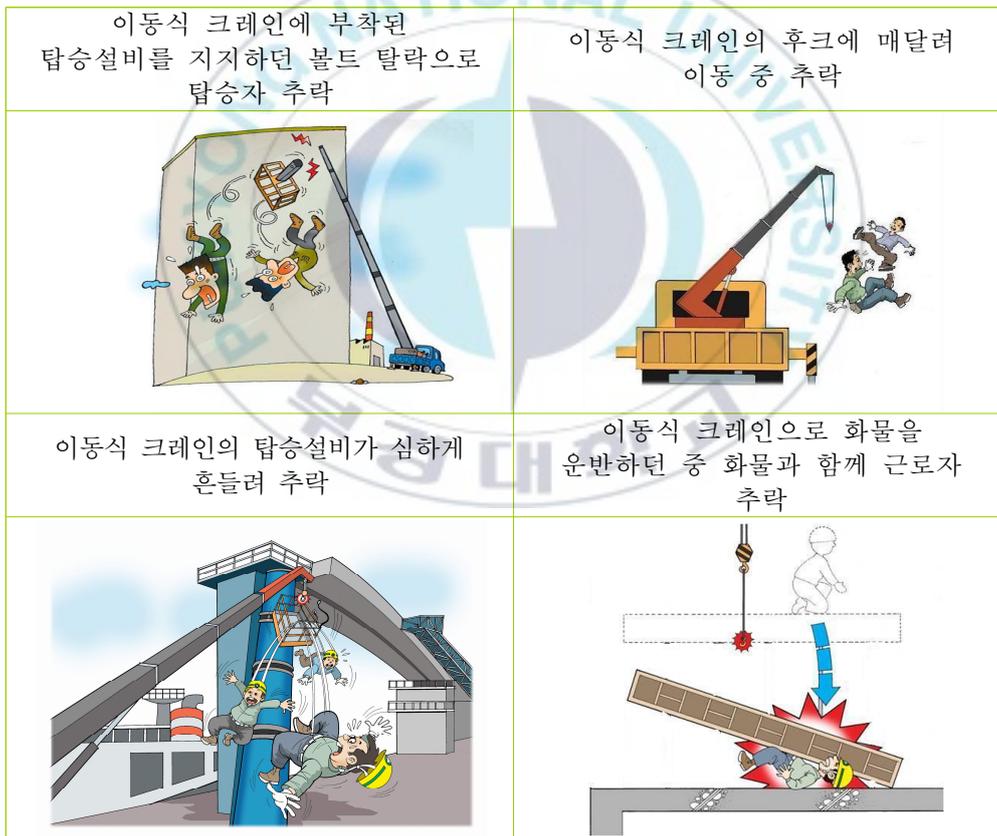


Fig. 3.1 Types of mobile crane accidents caused by fall

이러한 사고를 예방하기 위한 대책을 안전보건규칙에서 살펴보면, 첫째, 이동식 크레인 탑승을 제한한다. 이 조항은 크레인을 사용하여 근로자를 운반하거나 근로자를 달아 올린 상태에서는 작업 금지하는 것이다. 둘째, 관리감독자의 유해위험방지 활동을 적극적으로 실시해야한다. 작업방법을 결정하고 근로자를 배치하며 작업을 지휘하고, 재료 결함 여부(연결상태 포함) 또는 기구 기능을 점검하는 역할을 강화해야한다. 이와 더불어 안전대와 안전모 등 보호구 착용하는 것을 감독하는 관리감독자의 역할을 강화해야한다. 셋째, 작업시작 전 점검을 철저히 해야 한다. 경보장치(권과방지장치 등) 및 조정장치(브레이크 등)의 기능 여부를 점검하고 와이어로프 및 지반 상태 점검을 실시해야한다. 넷째, 작업지휘자 지정 및 작업계획서를 작성해야한다. 작업계획서를 작성하고 작업지휘자의 지휘에 따라 작업을 실시함으로써 추락으로 인한 재해를 방지할 수 있다.

2) 낙하

이동식 크레인으로 상·하차 및 이송 작업 중 운반물 낙하 재해가 발생하는 것이 원인이 되며, 이러한 안전재해는 혹 이탈, 와이어로프 파단 등이 낙하물로 주로 지목되어진다.

낙하 관련 재해를 예방하기 위한 방안으로 제시된 규칙을 살펴보면, 첫째, 혹 해지장치 및 기준에 적합한 와이어로프 사용해야한다. 관련 조항에는 화물 운반시 혹 해지장치 사용, 기준에 적합한 기구 사용(와이어로프 등)을 명시하고 있다. 또한, 이음매가 있는 와이어로프, 늘어난 달기체인, 변형되어 있는 혹·샤클 등 사용 금지에 대한 내용을 포함하여 작업자의 낙하를 방지하기 위한 노력을 실시하고 있다. 둘째, 관리감독자의 유해위험방지 활동을 실시하는 것이다. 작업방법과 근로자 배치를 결정하고 작업을 지휘하며, 재료 결함 여부(연결상태 포함) 또는 기구 기능 점검, 안전대 또

는 안전모 등 보호구 착용 감독을 강화해야한다. 또한 관리감독자는 운전자와 주변 작업자 간의 신호소통이 원활하게 이루어질 수 있도록 한다.



Fig. 3.2 Types of mobile crane accidents due to falling during transport operations

3) 충돌

이동식 크레인의 상·하차 및 이송 작업 중 운반물에 의한 충돌이 이루어지는 경우 재해가 발생한다. 이동식 크레인으로 이송작업 중 운반물과 충돌하거나 이동식 크레인의 혹과 충돌하거나 이동식 크레인으로 이송작업 중 충돌이 이루어진다. 이를 해결하기 위한 방안으로 첫째, 관리감독자의 유해위험방지 활동을 실시하는 것이다. 작업방법과 근로자 배치를 결정하고 작업 지휘, 재료 결함 여부(연결상태 포함) 또는 기구 기능 점검, 안전대 또는 안전모 등 보호구 착용 감독을 실시해야한다. 둘째, 작업시작 전

점검이 이루어져야한다. 경보장치(권과방지장치 등) 및 조정장치(브레이크 등)의 기능 여부 점검, 와이어로프 및 지반 상태 점검이 주기적으로 실시되어야 하는 것이다. 셋째, 작업지휘자 지정 및 작업계획서 작성이 이루어져야한다. 작업계획서 작성하고 작업지휘자 지휘에 따라 작업 실시가 이루어질 경우 이송작업 중 운반물과의 충돌, 혹과의 충돌, 체결불량으로 인한 충돌문제를 해결할 수 있다.



Fig. 3.3 Types of mobile crane accidents caused by collision

4) 협착

이동식 크레인으로 이송작업 중 운반물 사이에 협착 재해가 발생할 수 있다. 이동식 크레인의 후진 및 넘어짐으로 인한 협착으로 재해가 일어날 수 있다. 협착으로 인한 재해를 예방하기 위한 대책으로 첫째, 호수 배치가

있다. 신호수를 배치하고 일정한 신호방법을 정하여 신호토록 하는 것이다. 둘째, 관리감독자의 유해위험방지 활동 실시이다. 관리감독자는 작업방법에 대한 지식을 가지고 있어야하며 적재 장소에 근로자 배치하고 작업을 지휘해야한다. 재료 결함 여부나 이동식 크레인 관련 안전기구 기능을 점검해야한다. 셋째, 작업 시작 전 점검을 실시하는데, 경보장치(권과방지장치 등) 및 조정장치(브레이크 등)의 기능 여부 및 와이어로프 및 지반 상태를 점검한다. 이동식 크레인의 와이어 로프의 파단 방지 차원의 규정화를 위해 연결부재의 안전계수를 명시하여 산업안전보건 기준을 확인하여 점검해야한다. 넷째, 작업지휘자 지정 및 작업계획서 작성한다. 작업계획서 작성하고 작업지휘자 지휘에 따라 작업을 실시한다.



Fig. 3.4 Types of mobile crane accidents caused by Stenosis

3.2 이동식 크레인 재해사례 분석

이동식 크레인의 재해사례를 분석하기 위하여 안전보건공단(2013, 2016)²²⁾²³⁾의 중대재해 사례집을 조사하여 이동식 크레인의 부분만 발췌하였다. 2012~2015년간의 중대재해는 34건이 발생되었고 이를 대상으로 사고별 원인을 분석하였으며, 원인별로 재해 사례의 분석 시 분류의 기준은 안전보건공단의 기준에 의거하여 작성되었다.

1) 연도별 재해발생 현황

2011년에서 2015년까지 발생한 이동식 크레인 관련 재해관련 건수를 살펴보면 전체 34개로 2014년이 14건으로 가장 많은 것으로 나타났다. 재해자 수 45명 중 사망은 36명, 부상은 9명으로 이동식 크레인 관련 재해는 부상자보다 사망자가 더 많은 것으로 나타났다. 이는 이동식 크레인 사고 발생 시 중대재해로 이어지며, 작업 전 사전계획의 중요성을 알 수 있다.

Table. 3.2 The number of mobile crane accidents according to year

구 분		계	2011년	2012년	2013년	2014년	2015.4월
재해건수		34	1	8	8	14	3
재해 자수 (명)	계	45	1	10	12	19	3
	사망	36	1	8	9	15	3
	부상	9	0	2	3	4	0

2) 형식별 재해발생 현황

이동식 크레인을 차량탑재용, 기중기의 2가지로 유형화하여 재해발생현황을 살펴보면, 2012년 차량탑재용이 5건이었으며 기중기가 3건으로 나타

났으며 2014년에는 차량탑재용이 9건, 기중기가 5건으로 나타나 이동식 크레인 유형 중 기중기보다 차량탑재용 크레인에서의 재해발생 현황이 높게 나타났다. 기중기는 자격증을 보유하고 장비작업을 실시하나 차량탑승식은 장비자격증을 보유하고 있지 않아도 운전을 할 수 있어 양중작업 시 사고의 위험이 높음을 알 수 있다. 차량탑재용 이동식 크레인도 기중기와 같이 자격증보유자가 운전할 수 있도록 제도 개선을 해야 할 것이다.

Table. 3.3 The present situation of disasters by mobile crane type

구 분		계	2011년	2012년	2013년	2014년	2015.3월
재해건수		34	1	8	8	14	3
이동식 크레인	차량탑재용	20	0	5	4	9	2
	기중기	14	1	3	4	5	1

3) 발생형태별 재해발생 현황

Table. 3.4 The present situation of disasters by the types of mobile crane

구 분		계	떨어짐	자재 낙하	붐 낙하	전도	감전
재해건수		34	12	7	8	4	3
이동식 크레인	차량탑재용	20	10	2	4	2	2
	기중기	14	2	5	4	2	1

이동식 크레인의 재해발생 원인을 떨어짐, 자재낙하, 붐낙하, 전도의 5가지 유형으로 나눈 뒤, 발생 원인을 제시한 결과에 따르면 차량탑재용은 떨

어짐에 의한 사고가 10건으로 가장 많았으며 다음으로 붐낙하 이었으며 자재낙하, 전도, 감전사고가 2건으로 나타났다. 기중기의 경우에는 자재낙하로 인한 사고가 5건, 붐낙하가 4건, 떨어짐이 2건, 전도가 2건의 순으로 나타났다. 차량탑재용 이동식 크레인의 떨어짐 사고의 20건 중 8건의 불법탑승설비의 탈락으로 인한 사고는 검사 시 불법탑승설비 부착시설 유무확인을 철저히 해야 할 것이다.

4) 원인별 재해발생 현황

Table. 3.5 The present situation of disasters by the causes of mobile crane

구 분	계	설비결함	작업방법불량	설비결함+작업방법불량
재해건수	34	11	20	3

원인별 재해발생 현황을 살펴보면, 작업방법불량이 20건으로 가장 많았으며 설비결함이 11건, 2가지 유형이 중복되어 나타난 경우가 3건으로 나타났다.

제 4 장 이동식 크레인 실태 조사 및 분석

4.1 설문조사 개요

본 연구에 참여한 연구대상은 국내 대형건설사 현장에 종사하는 이동식 크레인기사이다. 선행연구를 근거로 하여 이동식 크레인 운전원 100명을 임의표집하여 설문조사를 실시하였고, 설문지의 응답 내용 중 불성실하고 불분명한 응답자를 제외하고 총 93부를 대상으로 하여 분석을 실시하였다.

Table. 4.1 General characteristics of participants in the survey

구분	내용	빈도	백분율(%)
연령	20대	18	19.4
	30대	27	29.0
	40대	30	32.3
	50대 이상	18	19.4
운전경력	3년 미만	21	22.6
	5년 미만	33	35.5
	7년 미만	18	19.4
	7년 이상	21	22.6

본 연구의 진행과정은 문헌고찰을 바탕으로 설문지를 제작한 뒤, 전문가 3인(건설안전전공학과 교수1인, 현장종사자 2인)에게 전문가 적절성에 대한 검증 실시하였다. 문항의 적절성 및 이해도를 고려하여 최종설문지를 확정하였다. 설문조사는 2017년 9월부터 2017년 10월까지 실시하였다.

통계적 분석방법은 빈도분석을 실시하였으며 통계 분석 도구로는 Excel 2016 프로그램을 사용하여 빈도와 백분율을 산출하여 결과분석을 실시하였다.

4.2 조사 내용

본 설문문의 내용 구성은 이동식 크레인 사례분석 결과를 바탕으로 이동식 크레인 운전자의 인식을 살펴보고자 이루어진 것이다. 이동식 크레인의 사용실태, 안전강화방안으로 구성하여 이동식 크레인의 운행에 있어 항목들이 어떤 영향을 미치는 지에 대하여 알아 볼 수 있도록 구성하였다.

Table. 4.2 Questionnaire contents

분류	내용	문항수
기본사항	연령대	1
	이동식 크레인 운전경력	1
	정기적 점검 및 정비유무	1
	정비 받은 이유	1
	정기점검 및 정비주기	1
제도관련 인식	사전조사 및 작업계획서 작성제도에 대한 인식	1
	이동식 크레인 안전인증제도 인식	1
	안전장치의 안전성 향상도움 정도	1
경험관련 인식	안전장치 해제나 고장작업경험	1
	안전장치 해제 및 고장작업이유	1
	지반처짐경험	1
	지반처짐상태 작업이유	1
	보강작업요청경험	1
	보강작업실시경험	1
	아차사고경험	1
	이동식 크레인 사고위험	1
제도개선 인식	사용단계검사제도 시기	1
	볼트교체 주기제도시행시기	1
합계		18

4.3 조사 결과 및 분석

1) 기본사항

(1) 이동식 크레인 정기점검여부

이동식 크레인의 정기점검여부에 대한 질문을 실시한 결과에 따르면 93명 전원이 100%의 비율로 정기적인 점검을 받는다고 응답하였다. 정기점검의 필요성을 확인 할 수 있었다.

(2) 이동식 크레인 정기점검이유

이동식 크레인 정기점검이유를 사고로 인한 파손, 고장, 장비이상감지, 일상정비의 4가지 이유로 구분하여 빈도를 살펴본 결과에 따르면, 장비이상감지가 33건(35.5%)으로 가장 높은 비율을 보였으며 고장이 27건(29.0%), 일상정비가 21건(22.6%)을 차지하는 것으로 나타났다. 사고로 인한 파손이 12건(12.9%)으로 가장 낮은 비율을 차지하였다. 사고발생시 점검을 바로하지 않고 장비이상 시, 고장 시에 점검을 실시하고 있어 사전점검의 의미가 없어 사전예방점검이 이루어질 수 있도록 점검 주기를 선정해야 하겠다.

Table. 4.3 The reasons for the regular inspection of mobile cranes

내용	빈도	백분율(%)
사고로 인한 파손	12	12.9
고장	27	29.0
장비이상감지	33	35.5
일상정비	21	22.6

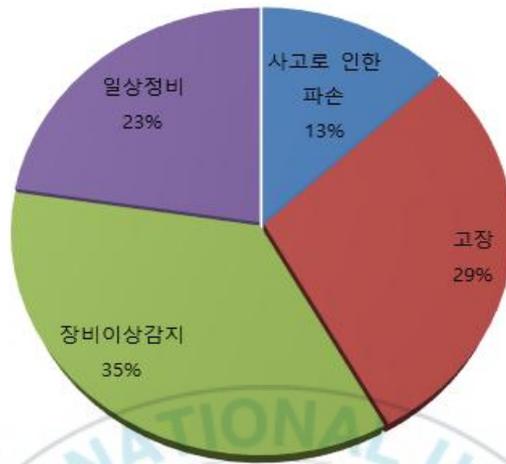


Fig. 4.1 Reason for the regular inspection of mobile cranes

(3) 이동식 크레인 점검주기

이동식 크레인 점검주기를 살펴본 결과에 따르면, 1년 이상 2년 미만인 69건으로 전체의 74.2%를 차지하며 가장 높은 비율을 보였으며 6개월 미만인 6건으로 6.5%의 비율을 차지하며 가장 낮았다. 현행 2년 주기인 점검주기를 1년으로 조정할 필요가 있음을 시사한다.

Table. 4.4 Periodical inspection cycle of mobile crane

내용	빈도	백분율(%)
6개월 미만	6	6.5
6개월 이상 ~ 1년 미만	18	19.4
1년 이상 ~ 2년 미만	69	74.2
일상정비	21	22.6

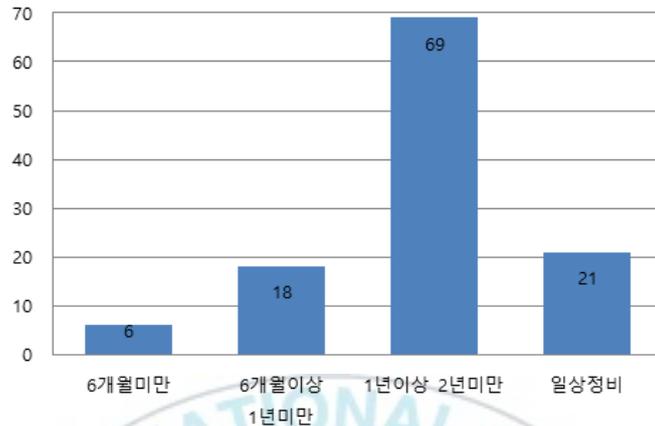


Fig. 4.2 Periodical inspection cycle of mobile crane

2) 제도관련 인식

(1) 산업안전보건법에 대한 이동식 크레인 기사의 인식정도

산업안전보건법에 대한 인식수준을 살펴보면 결과 모르겠다고 응답한 비율이 42명(45.2%)으로 가장 높은 비율을 차지하였으며 ‘전혀 모르겠다’고 응답한 인원이 15명(16.1%)으로 나타났다. ‘약간 알고 있다’고 응답한 정도가 36명으로 33.7%를 차지하였다. 이는 대부분의 이동식 크레인 기사들이 산업안전보건법에 나타난 조항 및 법규에 대한 이해도 수준이 낮음을 알 수 있다. 이동식 크레인 기사, 관리감독자들은 산업안전보건법에 기반하여 작업을 해야함을 인식하고, 관련 법령과 제도가 변경되는 시기에는 정기적인 교육을 통해 이동식 크레인 기사, 관리감독자에게 지켜야할 내용에 대하여 주지시켜야 할 것이다.

Table. 4.5 Drivers' recognition of occupational Safety and Health Law

내용	빈도	백분율(%)
알고 있다	0	0
약간 알고 있다	36	38.7
모르겠다	42	45.2
전혀 모르겠다	15	16.1

(2) 과부하방지장치에 대한 인식

과부하방지장치가 안전사고예방에 도움이 되는지에 대한 인식을 살펴본 결과에 따르면 향상에 도움이 되었다는 정도가 63명(67.7%)으로 높은 인식 수준을 보였으며 향상이 되지 않았다는 인식도 18명(19.4%)으로 2번째로 인식이 높았다. 대체적으로 이동식 크레인 기사는 과부하방지장치로 인하여 안전사고예방에 도움이 되었다고 인식하고 있음을 알 수 있다. 안전장치 작동유무 확인을 확인을 철저히 하고 작업 전 안전장치 설치 유무를 확인 후 작업을 실시해야 하겠다.

Table. 4.6 Drivers' recognition of overload prevention device

내용	빈도	백분율(%)
매우 향상	9	9.7
향상	63	67.7
향상되지 않음	18	19.4
전혀 향상되지 않음	3	3.2

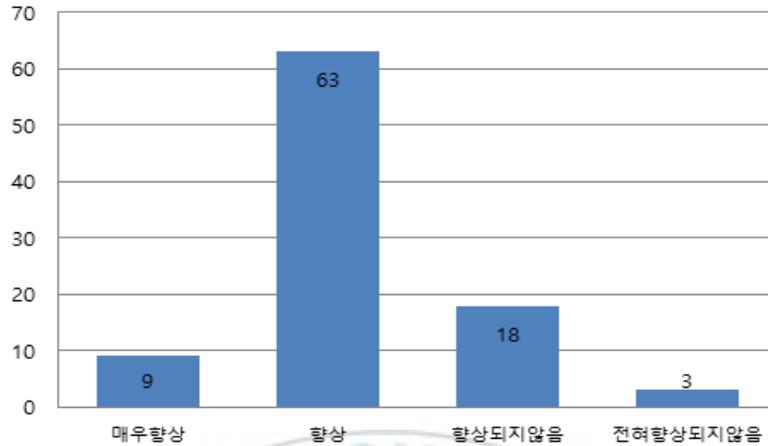


Fig. 4.3 Drivers' recognition of overload prevention device

3) 경험관련 인식

(1) 고장상태로 작업경험정도

이동식 크레인 운전 경력 중 안전장치를 해체하거나 고장상태로 작업한 경험이 있는지를 살펴본 결과, 과부하방지장치의 해체와 고장 임에도 불구하고 작업한 빈도가 60건(64.5%)으로 가장 높은 빈도를 차지하였으며 권과 장지장치 해체 및 고장의 작업빈도도 18건(19.4%)을 차지하였다. 이는 이동식 크레인 작업기준을 지키지 않는 경우가 빈번함을 의미하므로 안전장치의 봉인과 같이 임의해체 금지단속을 강화해야하며, 고장상태임에도 불구하고 이동식 크레인 작업을 실시하다 적발이 된다면 과태료 부과 및 운전면허 취소와 같은 강력한 제도를 두어야 하겠다.

Table. 4.7 The degree of working experience of broken cranes

내용	빈도	백분율(%)
과부하방지장치 해제 및 고장	60	64.5
권과장지장치 해제 및 고장	18	19.4
기타 안전장치 해제 및 고장	3	3.2
경험 없음	12	12.9

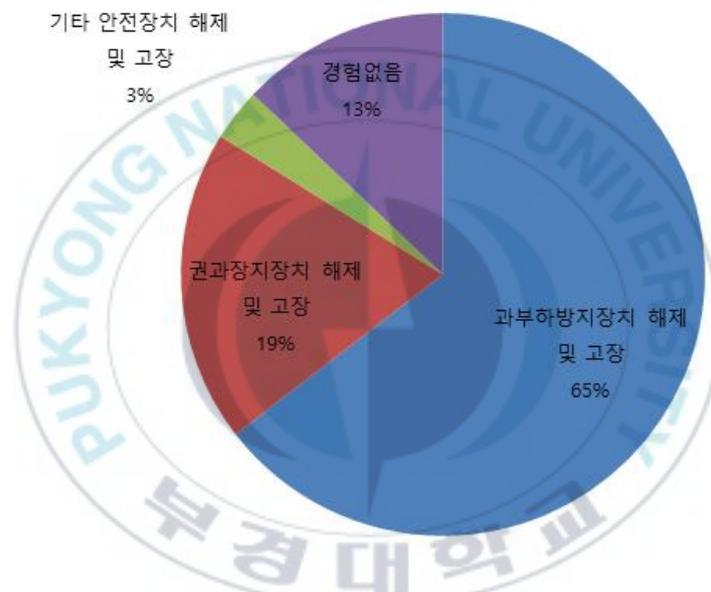


Fig. 4.4 The degree of working experience of broken cranes

(2) 고장상태로 작업을 실시한 이유

안전장치를 해제 또는 고장 상태로 작업하신 이유를 살펴본 결과에 따르면, 본인의 판단이 36건(38.7%), 작업의 편리성 30건(32.3%)으로 빈도가 가장 높은 것으로 나타났으며 사용자의 요구도 21건(22.6%)으로 높게 나타났다. 안전장치의 고장 시 즉시 수리 후 작업을 실시해야 하며 고장작업을 강행할 경우, 강력한 재제를 실시해야 하겠다.

Table. 4.8 The reasons for working in a broken state

내용	빈도	백분율(%)
사용자의 요구	21	22.6
본인의 판단	36	38.7
작업의 편리성	30	32.3
기타	6	6.5

(3) 지반처짐작업 경험여부

이동식 크레인 작업 중 지반 처짐 중 작업경험이 있는지를 살펴본 결과에 따르면 경험이 있다고 응답한 경우가 81건(87.1%)으로 비율이 높았으며 경험이 없다고 응답한 경우가 11건으로 12.9%의 비율을 차지하였다. 대부분의 이동식 크레인 작업자들은 지반처짐을 경험한 것으로 나타났다. 지반 처짐 발생 시 작업을 즉시 중단하고 지반보강 및 작업위치 변경과 작업 전 지반 처짐 방지를 위한 사전계획 수립의 중요성을 관리감독에게 이동식 크레인 기사에게는 지반침하 시 장비작업중단 실시를 교육해야 하겠다.

Table. 4.9 The ground sagging experience

내용	빈도	백분율(%)
경험 있음	81	87.1
경험 없음	11	12.9

(4) 지반 처짐 작업 이유

지반 처짐 상태로 작업하신 이유를 살펴본 결과에 따르면, 본인의 판단이 36건(38.7%), 작업의 편리성 30건(32.3%), 사용자의 요구 21건(22.6%)의 순으로 작업이유가 높게 나타났다. 관리감독자의 요구와 이동식 크레인 기사의 임의판단에 의한 작업강행은 사고의 원인이 될 수 있으므로 지반보강 후 작업을 실시할 수 있도록 역할교육을 실시해야 하겠다.

Table. 4.10 The reasons for ground sagging operation

내용	빈도	백분율(%)
사용자의 요구	33	35.5
본인의 판단	33	35.5
작업의 편리성	21	22.6
기타	6	6.5

(5) 보강작업요청경험

지반 처짐으로 장비작업을 중단하고 작업지휘자에게 보강작업을 요청한 경험이 있는지에 대해 살펴본 결과에 따르면, 3회 이하가 48명(51.6%)으로 가장 높았으며 1회 이하가 27명(29.0%)으로 2번째로 순위가 높았다. 없음이 6건으로 6.4%를 차지하며 빈도가 가장 낮게 나타났다. 지반 처짐 발생 현장에서 빈번하게 발생하고 있으며 3회 이상의 경험자가 60%이상으로 현장에서 작업 전 지반처짐 방지조치 계획수립 및 실시할 수 있도록 교육 강화 및 제도 강화를 실시한다.

Table. 4.11 The experience of reinforcement work request

내용	빈도	백분율(%)
없음	6	6.4
1회 이하	27	29.0
3회 이하	48	51.6
6회 이상	12	12.9

(6) 보강작업실시 여부

지반 처짐 사용자에게 지반보강작업 요청을 실시한 경험이 있는지를 살펴본 결과에 따르면, 보강경험이 있다고 응답한 경우가 72명(77.4%)으로 대부분을 차지하였으며 작업강행을 요구받은 경우가 18명(19.4%)이 있는

것으로 나타났다. 보강작업 후 작업을 실시하였으나 반면에 19.4%는 보강 없이 작업을 강행하여 사고위험에 노출되는 경우가 발생하므로 지반 처짐 인한 사고를 공유하고 위험작업인식을 위한 교육이 필요하다.

Table. 4.12 Reinforcement work's experience

내용	빈도	백분율(%)
보강경험있음	72	77.4
작업강행	18	19.4
무응답	3	3.2

(7) 작업강행이유

사용자가 보강작업 없이 작업을 강행한 이유는 작업시간 단축인 공기를 맞추는 것이 45명(48.4%)로 가장 높았고 다음으로는 크레인 사용료가 증가한 것이 21명(22.6%)으로 높았다. 기타가 15명(16.1%)으로 그 다음으로 높았고, 위험성 인지부족이 12명(12.9%)으로 가장 낮게 나타났다. 공기단축 및 크레인사용료증가는 사고 보다 중요하지 않으므로 크레인 작업절차 준수 위반에 대한 규제 강화를 실시해야 한다.

Table. 4.13 The reasons for forcing work

내용	빈도	백분율(%)
공기(작업시간 단축)	45	48.4
크레인 사용료증가	21	22.6
위험성 인지부족	12	12.9
기타	15	16.1

(8) 사고경험횟수

이동식 크레인 운전경험 중 아차사고를 포함한 사고를 경험이 있는지에 대해 살펴본 결과에 따르면 3회 이하가 42명(45.2%)으로 가장 높은 비율을 차지하고 있었고, 1회 이하가 36명(38.7%)으로 그 다음으로 높게 나타났다. 5회 이하가 9(9.7%)명으로 높게 나왔고, 6회 이상과 사고 경험 횟수가 없는 경우가 3(3.2%)명으로 가장 낮게 나타났다. 96.8%가 아차사고 및 사고 경험이 있어 이동식 크레인관리 및 위험성교육을 실시해야 한다.

Table. 4.14 The number of accident experiences

내용	빈도	백분율(%)
없음	3	3.2
1회 이하	36	38.7
3회 이하	42	45.2
5회 이하	9	9.7
6회 이상	3	3.2

(9) 이동식 크레인사고위험

이동식 크레인의 가장 큰 사고위험의 이유를 살펴본 결과에 따르면 전도가 45명(48.4%)으로 가장 높게 나왔고, 낙하가 21명(22.2%)으로 다음으로 높게 나왔다. 그 다음으로는 이동식 크레인의 지체적인 결함이 18명(19.4%)으로 높게 나왔고, 과적이 6명(6.5%)으로 높게 나왔다. 추락이 3명(3.25%)으로 가장 낮게 나타났다. 이동식 크레인 기사의 의식도 크레인 전도사고의 위험성을 인식하고 있으며 발생 시 강도가 높아 대형사고 이어질 수 있으므로 사고가 발생하지 않도록 사전점검 강화 및 안전작업절차 미준수시 제재를 강화해야 하겠다.

Table. 4.15 The reasons for the risk of mobile crane accidents

내용	빈도	백분율(%)
추락	3	3.2
낙하	21	22.6
전도	45	48.4
과적	6	6.5
이동식 크레인 자체결함	18	19.4



Fig. 4.5 The reasons for the risk of mobile crane accidents

(10) 이동식 크레인 필요한 안전장치

이동식 크레인에 꼭 필요한 안전장치를 살펴본 결과에 따르면, 과부하 방지장치가 45명(48.3%)으로 가장 높게 나왔고, 그 다음으로 권과방지장치가 36명(38.7%)으로 높게 나왔다. 아웃트리거 안전핀과 경험이 없는 것이 6명(6.5%)으로 가장 낮게 나타났다. 안전보건규칙의 제134조(방호장치의 조정)를 약 6.5%는 경험이 없는 것으로 나타나 이동식 크레인기사의 교육이 필요하며 정기안전점검시 안전장치의 설치 및 작동유무, 노후장비의 안

전장치 설치가 이루어져야 할 것이다.

Table. 4.16 Importance of safety devices required for mobile crane

내용	빈도	백분율(%)
과부하방지장치	45	48.3
권과방지장치	36	38.7
아웃트리거 안전핀	6	6.5
경험없음	6	6.5

4) 제도관련

(1) 사용단계검사제도 실시 기간

이동식 크레인을 자동차와 같이 안전검사 제도에 편입하여 사용단계의 검사제도 시행에 대한 인식을 살펴본 결과에 따르면, 3년 1회가 75명 (80.6%)으로 대부분을 차지하였으며, 그 다음으로는 2년 1회가 12명 (12.9%)으로 높게 나왔다. 1년 1회와 기타가 3명(3.2%)으로 가장 낮게 나타났다. 사용단계검사제도는 2017년 10월 31일 부터 2년에 1회 안전검사를 받도록 관련 제도를 시행하고 있지만 비용문제로 인해 3년 1회의 답변이 높았다. 이동식 크레인도 타워 크레인과 같이 6개월 정기안전검사는 아니지만 매년 1회 정도의 안전검사 실시 및 사고 장비는 차량수리 후 안전검사 후 작업을 실시하도록 제도 개선이 필요할 것이다.

Table. 4.17 Preference of the period of the use-stage inspection system

내용	빈도	백분율(%)
1년 1회	3	3.2
2년 1회	12	12.9
3년 1회	75	80.6
기타	3	3.2

(2) 볼트교체주기제도

이동식 크레인 검사 시 붐의 선회볼트 파단사고 예방을 위한 볼트교체 주기제도를 시행하는 것에 대한 인식정도를 살펴보면, 4년 1회가 87명 (93.5%)으로 가장 높은 비율로 대부분을 차지하였으며, 2년 1회와 기타가 3명(3.2%)으로 가장 낮게 나타났다. 이동식 크레인의 선회볼트 파단사고를 예방하기 위해 파단주기를 제도화하며 미검증 볼트제품 사용 유무도 점검시 확인 하여 선회볼트 파단사고를 예방해야 할 것이다.

Table. 4.18 Preference for period appropriate for periodic bolt regime

내용	빈도	백분율(%)
2년 1회	3	3.2
4년 1회	87	93.5
기타	3	3.2

제 5 장 결론

이동식 크레인이 건설현장에서 빈번하게 사용되는 건설 장비임에도 불구하고 안전사고재해를 일으키는 장비이다. 사고 발생률을 감소시키기 위한 안전관리 개선방안을 마련하고자 본 연구를 실시하였다. 도출된 결과를 바탕으로 이동식 크레인 재해를 예방하기 위하여 다음과 같은 제도의 도입이 필요할 것이라고 사료된다.

첫째, 이동식 크레인의 안전 검사제도의 검사기준과 검사범위 선정이 필요하다. 이동식 크레인의 안전검사는 장비의 불안정한 요소, 장비결함을 사전에 제거하여 재해를 예방할 수 있으므로 안전검사주기를 짧게 하고 대상 장비범위를 확대해야한다. 이와 더불어 위험요소를 사전에 제거하고 이동

식 크레인사고를 예방하기 위한 제도개선이 필요하다. 장비 검사 시 장비 결함유무를 제거하기 위한 검사를 실시해야 하겠다. 따라서 안전 검사기준 과 검사범위를 보다 구체화할 필요가 있다.

둘째, 장비 검사 시 안전장치 설치 및 작동유무 확인을 철저히 해야 할 것이다. 안전장치는 법적 설치 사항이므로 임의해체에 대한 단속을 강화하며 미설치된 안전장치는 장비사용금지와 같은 강력한 제재를 해야한다. 또한 안전장치 설치한 장비에 대해서는 설치 확인증을 발급, 작업 전 현장 확인하는 것도 하나의 방안이 될 수 있을 것이다.

셋째, 사업장 관리감독자, 이동식 크레인 기사의 계층별 안전교육을 강화해야할 것이다. 이동식 크레인을 사용하는 사업장에 재해예방을 위한 기술 자료를 배포하고 최신 중대재해 사례 및 사고예방을 위한 안전교육을 강화하기 위한 노력을공단 홈페이지에 업로드 하여 작업자들이 사고예방을 위한 방안을 지속적으로 이해할 수 있도록 교육을 해야 할 것이다. 또한 작업 전에 안전작업절차 유무 확인을 위한 계층별 자가 점검을 실시해야할 것이다. 이동식 크레인 재해사례 및 안전작업 방법 팸플렛을 제작하여 안전보건공단 지역본부(지도원), 안전관리전문기관(안전관리대행, 재해예방전문지도기관), 이동식 크레인 임대 사업체에 배포하여 이동식 크레인 안전관리를 위한 노력 강화 및 현장교육을 강화해야 할 것이다.

넷째, 이동식 크레인 중 카고크레인 운전자 자격제도를 도입하여 유해 작업과 위험작업을 안전하게 수행할 수 있는 자격증을 발급하도록 해야할 것이다. 카고크레인 운전기사는 자동차 운전면허증 소지 후 현장에 투입되는 실정이므로 이동식 크레인자격증 취득 후 운전할 수 있도록 자격제도를 운영한다면 안전사고를 방지하는데 도움이 될 것이다.

다섯째, 20년 이상 노후화된 장비는 단계적으로 폐기하도록 개도하며, 15년 이상 노후화된 장비는 주기적인 안전점사를 실시하여 안전장치의 결함

유무를 파악하여 장비결함에 의한 사고를 사전에 차단해야 하겠다. 이와 더불어 기계적 결함으로 발생할 수 있는 안전사고를 예방하며 안전장치 설치, 작동유무확인을 현장에서 주기적으로 확인해야 할 것이다. 또한 현장에 도움이 되는 안전장치의 지속적인 개발이 필요할 것이다.

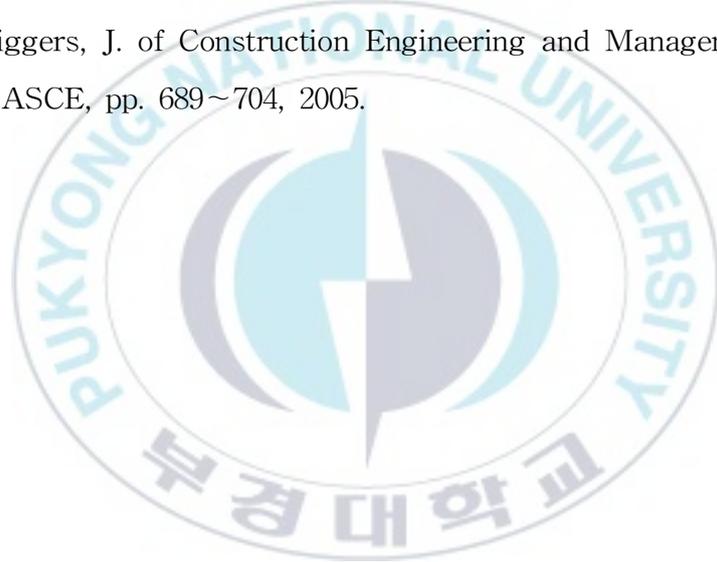


참고문헌

1. 강현수, 박범, “이동식 크레인 사망재해의 인지공학적 대안”, 대한안전 경영과학지, 17(4), 135-141, 2015.
2. 고용노동부, “ 산업안전보건법 시행령. 제28조의 6(안전검사 대상 유해·위험기계등)”, 2012.
3. 고용노동부, “산업안전보건기준에 관한 규칙. 제1편 총칙, 제2편 안전 기준”, 2012.
4. 고용노동부. “위험기계·기구 의무안전인증 고시”, 고용노동부 고시, 2012.
5. 고용노동부. “2013년 산업재해현황분석”, 고용노동부, 2014.
6. 고용노동부. “안전인증 업무자료”, 고용노동부, 2016a.
7. 고용노동부. “중대재해 업무자료”, 고용노동부, 2016b.
8. 고용노동부. 산업안전보건법 시행규칙. 제7장 안전인증 제58조의 4 안전인증심사의 종류 및 방법, 2015.
9. 국토교통부, “건설기계관리법 시행규칙. 제22조(정기검사의 유효기간)”, 2015.
10. 국토교통부, “건설기계관리법 시행규칙. 제75조(건설기계조종사면허의 종류)”, 2015.
11. 권영국. “안전인증 대상품의 형식구분 기준 및 안전검사”, 2010.
12. 김병석, 양용구, “사례분석을 통한 이동식 크레인의 안정성에 관한 연구”. 대한안전경영과학회 학술대회논문집, 2012(2), 21-30, 2012.
13. 김상현, “이동식 크레인 안전사고 예방을 위한 안전성 확보 방안에 관한 연구”, 서울과학기술대학교 대학원, 2015.
14. 김아영, “이동식 크레인 최적 선정 및 안정성 검토연구”, 경희대학교

- 대학원, 2008.
15. 김재준, 김재원, 전상진, 박강호. “과부하장치 개발을 위한 이동식 유압크레인의 하중 계산”, 한국정밀공학회 학술발표대회 논문집, 350, 2014.
 16. 김정철. “이동식 크레인 작업의 위험성 평가와 대책에 관한 연구”. 서울과학기술대학교 대학원, 2014.
 17. 나현호, 김도정, 최주석, 오우준. “호이스트 및 크레인에 적용 가능한 안전후크와 X-jog 제품 설계 및 제작”, 해양환경안전학회지, 21(1), 91-96, 2015
 18. 문성수, 김태희. “이동식 크레인 안전사고 저감방안”, 한국건축시공학회 학술발표대회 논문집, 9(2), 287-287. 2009.
 19. 산업안전보건연구원, “합리적 개선 방안 연구”, 산업안전보건연구원, 2016.
 20. 신운철, 여현욱, 권준혁, 이관령. “이동식 크레인 사고사망 재해 심층 분석”, 대한안전경영과학회지, 18(1), 9-15, 2016.
 21. 안전보건공단, 대한산업안전협회, 한국승강기안전기술원, “안전인증 관련 부서통계”, 2013.
 22. 안전보건공단. “산업재해통계”, 안전보건공단, 2016.
 23. 안전보건공단. “산업재해통계, 국내 재해사례, 건설업 재해사례”, 2017.
 24. 유광선, 박정완, 히다카 신이치, 한석영. “이동식 크레인 경량화를 위한 붐의 최적설계”, 한국공작기계학회 추계학술대회논문집, 53-84, 2010.
 25. 이충렬. “기계설비별 중대재해 원인분석 연구”, 산업안전보건연구원, 2006.

26. 한국산업안전보건공단, 국내재해사례통계, <http://www.kosha.co.kr> 2016.
27. 한동섭, 하정민, 한근조. “이동식 크레인의 과부하방지장치용 광각도 편형 로드셀의 창의적 설계”, 한국기계가공학회지, 9(1), 34-41, 2010.
28. 호종관, 서종민, 김선국. “이동식 크레인의 접지설계 시스템”, 한국생태환경건축학회 논문집, 7(6), 83-90, 2007.
29. Satoshi Tamate, Naoaki Suemasa, Toshiyuki Katada, Analyses of Instability in Mobile Cranes due to Ground Penetration by Outriggers, J. of Construction Engineering and Management, V.131 N.6, ASCE, pp. 689~704, 2005.



이동식 크레인의 재해 예방을 위한 안전관리 개선 방안에 관한 연구

안녕하십니까? 귀하의 무재해와 번영을 기원합니다.

본 설문지는 건설현장의 이동식 크레인의 재해예방을 위한 안전관리 개선 방안을 수립하기 위한 연구입니다. 이 연구를 통하여 건설현장의 이동식 크레인 사고예방에 도움이 될 수 있도록 적극적인 답변을 부탁드립니다.

본 설문지에 대한 답변 내용은 항상 소중히 다루도록 최선을 다하고, 그 결과는 모두 익명으로 처리하며, 연구 목적 이외에는 절대로 사용하지 않겠습니다.

바쁘신 중에도 귀중한 시간을 할애하여 성심껏 답변하여 주신 데 대하여 깊은 감사의 말씀을 드리며, 아울러 귀하의 건강과 행운을 기원합니다. 감사합니다.

2017. 10.

연구자 탁상태
지도교수 신성우

15. 아차사고를 포함하여 이동식 크레인 사고경험이 몇 회 정도 있습니까?
 ① 없음 ② 1회 이하 ③ 3회 이하 ④ 5회 이하 ⑤ 6회 이상
16. 이동식 크레인으로 인해 발생할 수 있는 사고 중 가장 큰 위험성을 가진 사고유형은 무엇이라고 생각하십니까?
 ① 추락 (근로자가 떨어짐)
 ② 낙하 (자재나 공구가 떨어짐)
 ③ 진도 (이동식 크레인이 넘어짐)
 ④ 과적 (자재나 사람을 초과 탑승)
 ⑤ 이동식 크레인 자체의 결함 (장비결함, 노후, 고장 등)
17. 이동식 크레인에 꼭 필요한 안전장치는 무엇이라고 생각하십니까?
 ① 과부하방지장치 ② 권과방지장치
 ③ 아웃트리거 안전핀 ④ 경험 없음

[제도개선]

18. 안전검사 제도에 편입하여 이동식 크레인 사용단계의 검사제도를 시행하는 것에 대해 어떻게 생각하십니까?
 ① 1년 1회 ② 2년 1회 ③ 3년 1회 ④ 필요 없다 ⑤ 기타
19. 붐의 선회볼트 파단사고를 예방하고자 볼트교체 주기제도를 도입한다고 할 때, 적절한 시기에 대해 어떻게 생각하십니까?
 ① 2년 1회 ② 3년 1회 ③ 4년 1회 ④ 필요 없다 ⑤ 기타
20. 이동식 크레인으로 인해 발생하는 안전사고를 예방하기 위해 필요한 것은 무엇이라고 생각하십니까? (주관식)
 ()

※ 끝까지 설문에 응해 주셔서 진심으로 감사드립니다.