creative commons

COMMONS DEED

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

dCollection

공학석사학위논문

이동식크레인 재해분석을 통한 안전성 향상 방안

The safety improvement through the analysis of mobile crane accident cases

울산대학교 대학원

안전보건전문학과

김진환

이동식크레인 재해분석을 통한 안전성 향상 방안

지도교수 박창권

이 논문을 공학석사학위 논문으로 제출함

2022년 6월

울산대학교 대학원

안전보건전문학과

김진환

김진환의 공학석사학위 논문을 인준함

심사위원장 정 기 효 인

심사위원 장 길 상 인

심사위원 박 창 권 인

울산대학교 대학원

2022년 6월

요약문

이동식크레인 재해분석을 통한 안전성 향상 방안

최근 산업현장의 기술발달과 함께 건설현장 및 제조공장의 고층화, 복합화가 심화되면서 인력에 의한 작업들이 점차적으로 기계·설비를 이용한 작업으로 대체되고 있다.

이러한 기계·설비 중 이동식크레인은 산업현장에서 널리 사용되는 대표적인 위험기계로서 다양한 작업공정 및 산업환경에서 폭넓게 사용되고 있으며, 공사기간 단축과 인력대체 등의 긍정적인 효과도 있으나, 사용빈도가 크게 증가하는 만큼 이동식크레인에 의한 산업재해도 지속되고 있는 현실이다.

산업현장의 사고사망자 발생현황을 기인물 중심으로 분류한 결과 이동식크레인에 의한 재해가 다수 발생하고 있으며, 어떻게 하면 이동식 크레인에 의한 산업재해를 감소시키고 안전성을 향상시킬 수 있는지에 대한 필요성을 인식하여 연구를 시작하였다.

본 연구에서는 최근 10년간(2011~2020년) 차량탑재형 이동식크레인과 연관하여 발생한 1,009건의 사고(1,028명의 재해자 발생)를 조사하였고, 업종별, 발생형태별, 근속일수별, 작업상황별 등을 기초로 주요 재해원인을 분석하였다. 이를 바탕으로 산업안전보건법, 타 법령 및 국외 안전기준에 대한 제도 비교 및 관련 전문가들의 설문조사를 통하여 이동식크레인의 제도적, 기술적, 교육적 측면의 안전성 향상방안을 도출하였으며 주요 골자는 다음과 같다.

첫째, 이동식크레인의 불법탑승설비 설치·사용 근절을 위해 정부의 근로감독 및 불법사용 규제를 강화할 것
둘째, 이동식크레인 연장구조물 등의 사용상 안전성 확보를 위해 비파괴검사 제도화 등 안전검사 기준을 강화할 것
셋째, 안전성이 향상된 방호장치인 AML(Auto Moment Limiter) 및 레이저스캐너 등 스마트 안전장치 적용을 의무화 할 것
넷째, 이동식크레인의 아웃트리거(안정기) 설치조건별 안정도에 대한 기준 등을 수립 및 보급할 것
다섯째, 관계 근로자에 대한 줄걸이작업 자격취득 및 안전교육을 강화할 것
여섯째, 이동식크레인 관련 작업시작전 안전점검 및 TBM 활동을 지원할 것

본 연구는 위험성이 높은 이동식크레인의 안전한 사용을 위해 불법탑승설비 사용을 규제하는 제도적인 대책과 함께 스마트 안전장치 적용 의무화, 관계근로자의 줄걸이작업 자격취득 및 안전교육을 강화하는 방안 등의 구체적인 안전성 향상방안을 제시하였으며, 이를 통해 이동식크레인 사용자들의 안전수준 향상 및 안전문화 정착으로 산업재해가 근절되기를 기대한다.

차 례

요약문 ····· i

차례 ····· ii

Ⅰ. 서론 ····· 1
1.1. 연구배경 ····· 1
1.2. 연구목적 및 연구범위 ····· 1
1.3. 연구내용 및 연구방법 ····· 5

Ⅱ. 이동식크레인 관련 제도 및 기술기준 ····· 6
2.1. 이동식크레인 개요 ····· 6
2.2. 이동식크레인 종류 및 특징 ····· 6
2.3. 국내 이동식크레인 관련 제도 및 기술기준 ····· 10
2.4. 국외 이동식크레인 관련 제도 및 기술기준 ····· 20

Ⅲ. 이동식크레인 재해원인 분석 ····· 21
3.1. 이동식크레인 재해현황 분석 ····· 21
3.2. 주요 재해원인 및 문제점 ····· 34
3.3. 설문조사 및 시사점 도출 ····· 42

Ⅳ. 이동식크레인 안전성 향상방안 ····· 48
4.1. 제도적인 측면의 안전성 향상방안 ····· 49
4.2. 기술적인 측면의 안전성 향상방안 ····· 50
4.3. 교육적인 측면의 안전성 향상방안 ····· 54

Ⅴ. 결론 ····· 63

[별첨] ····· 64

[참고문헌] ····· 71

Abstract ····· 73

표 차례

<표 1-1> 최근 5년간(2016년~2020년) 기인물별 사고사망자 발생현황 ····· 1
<표 1-2> 2020년도 설비·기계별 사고사망자 발생현황 ····· 2
<표 1-3> 2020년도 운반·인양 설비·기계별 사고사망자 발생현황 ····· 2
<표 1-4> 2020년도 인양 설비·기계별 사고사망자 발생현황 ····· 3
<표 2-1> 안전인증대상기계등의 규격 및 형식별 적용범위 ····· 10
<표 2-2> 안전검사대상기계등의 규격 및 형식별 적용범위 ····· 12
<표 2-3> 자격·면허·경험 또는 기능이 필요한 작업 및 해당 자격·면허·경험 또는 기능 ····· 13
<표 2-4> 관리감독자의 유해·위험방지 ····· 13
<표 2-5> 작업시작 전 점검사항 ····· 14
<표 2-6> 건설기계관리법에 따른 건설기계의 종류 ····· 17
<표 3-1> 최근 10년간 연도별 재해현황 ····· 21
<표 3-2> 업종별 재해현황 ····· 22
<표 3-3> 발생형태별 재해현황 ····· 23
<표 3-4> 지역별 재해현황 ····· 24
<표 3-5> 사업장 규모별 재해현황 ····· 25
<표 3-6> 요일별 재해현황 ····· 26
<표 3-7> 시간별 재해현황 ····· 27
<표 3-8> 연령별 재해현황 ····· 28
<표 3-9> 부상 부위별 재해현황 ····· 29
<표 3-10> 근속기간별 재해현황 ····· 30
<표 3-11> 국적별 재해현황 ····· 31
<표 3-12> 성별 및 채용별 재해현황 ····· 32
<표 3-13> 작업상황별 재해현황 ····· 33
<표 3-14> 작업상황별 사고사망자 발생 현황 ····· 34
<표 3-15> 이동식크레인 취급설명서 예시 ····· 35
<표 3-16> 설문지의 구성 ····· 43
<표 4-1> 일본 관계법령 : 크레인 안전규칙 ····· 49
<표 4-2> 크레인 제작기준, 안전기준 ····· 50
<표 4-3> 줄걸이 작업안전 전문가 양성과정 운영 내용 ····· 55
<표 4-4> 일본 노동안전위생법 중 줄걸이 관련 법령 ····· 56
<표 4-5> 일본 줄걸이 기능 강습 규정 ····· 57

<표 4-6> 국내·외 줄걸이 작업자 관련 제도 비교 ····· 59
<표 4-7> 산업안전보건법 상 근로자 안전보건교육 ····· 60
<표 4-8> 건설업 기초안전보건교육에 대한 내용 및 시간 개정(안) ····· 60
<표 4-9> 특별교육 대상 작업별 교육 ····· 61

그림 차례

[그림 2-1] 트럭 크레인 ····· 7
[그림 2-2] 전지형 크레인 ····· 7
[그림 2-3] 험지형 크레인 ····· 7
[그림 2-4] 차량탑재형 크레인 ····· 8
[그림 2-5] 크롤러 크레인 ····· 8
[그림 2-6] 차량탑재형 이동식크레인의 외형 및 주요 방호장치 ····· 9
[그림 2-7] 차량탑재형 이동식크레인 자기인증제도 ····· 19
[그림 3-1] 최근 10년간 연도별 재해현황 ····· 21
[그림 3-2] 업종별 재해현황 ····· 22
[그림 3-3] 발생형태별 재해현황 ····· 23
[그림 3-4] 지역별 재해현황 ····· 24
[그림 3-5] 사업장 규모별 재해현황 ····· 25
[그림 3-6] 요일별 재해현황 ····· 26
[그림 3-7] 시간별 재해현황 ····· 27
[그림 3-8] 연령별 재해현황 ····· 28
[그림 3-9] 부상 부위별 재해현황 ····· 29
[그림 3-10] 근속기간별 재해현황 ····· 30
[그림 3-11] 국적별 재해현황 ····· 31
[그림 3-12] 성별 및 채용별 재해현황 ····· 32
[그림 3-13] 작업상황별 재해현황 ····· 33
[그림 3-14] 이동식크레인 불법탑승설비 부착사례 ····· 35
[그림 3-15] 줄걸이 용구 등의 파단에 의해 발생하는 재해 사례 ····· 36
[그림 3-16] 줄걸이 용구 등의 이탈에 의해 발생하는 재해 사례 ····· 37
[그림 3-17] 중량물이 떨어지거나 중량물에 의해 부딪히는 재해 사례 ····· 38
[그림 3-18] 주요 구조부 결함 또는 노후화 ····· 39
[그림 3-19] 지반 침하 및 아웃트리거 설치상태 불량 ····· 40
[그림 3-20] 불법 탑승설비의 구조적 결함 ····· 41
[그림 3-21] 감전재해 예방조치 미흡 ····· 41
[그림 3-22] 설문 참가자의 성별과 연령대 ····· 44
[그림 3-23] 설문 참가자의 직무와 경력 ····· 45
[그림 3-24] 설문 참가자의 자격 보유(교육 이수) 및 안전인식 수준 ····· 45
[그림 3-25] 이동식크레인 관련 제도적인 측면의 문제점 및 안전성 향상방안 ···· 46
[그림 3-26] 이동식크레인 관련 기술적인 측면의 문제점 및 안전성 향상방안 ···· 46

[그림 3-27] 이동식크레인 관련 교육적인 측면의 문제점 및 안전성 향상방안 ···· 47
[그림 4-1] 아웃트리거 확장에 따른 수평 및 수직거리 ····· 51
[그림 4-2] 아웃트리거 길이 변화에 따른 정격하중(kgf) 예시 ····· 51
[그림 4-3] 이동식크레인 AML 적용 예시 ····· 52
[그림 4-4] 이동식크레인 AML 지시 화면 ····· 53
[그림 4-5] 레이저스캐너 등 스마트 안전장치 응용 예시 ····· 54
[그림 4-6] 가상현실(VR) 기반의 교육 콘텐츠 및 실제적용 예시 ····· 61

Ⅰ. 서 론

1.1. 연구배경

최근 산업현장의 기술발전과 함께 건설현장 및 제조공장의 고층화, 복합화가 심화되면서 인력에 의한 작업들이 점차적으로 기계·설비를 이용한 작업으로 대체되고 있다.

이러한 기계·설비 중 이동식크레인은 산업현장에서 널리 사용되는 대표적인 위험기계로서 다양한 작업공정 및 산업환경에서 폭넓게 사용되고 있으며, 인력대체 및 공사기간 단축 등 긍정적인 측면도 있지만, 사용빈도가 크게 증가하는 만큼 이동식크레인에 의한 산업재해도 지속적으로 발생하는 등 문제점도 야기되고 있다.

산업현장에서는 이동식크레인에 의한 산업재해예방을 위해 다각적으로 노력하고 있으나, 아직까지는 산업현장에 적합한 안전성 확보대책이 다소 미흡하여 산업재해예방이라는 목적을 달성하기 위해서는 더욱 근본적인 안전성 향상방안이 요구된다.

1.2. 연구목적 및 연구범위

건설현장, 공장, 창고 등의 장소에서 중량물 운반, 기계·설비의 설치·해체작업 등에 널리 사용되고 있는 이동식크레인은 해마다 9명의 사고사망자와 95명의 사고부상자가 발생하고 있다.

<표 1-1>은 최근 5년간(2016년 ~ 2020년) 기인물별 사고사망자 발생현황[1)]을 나타낸 것으로 설비·기계로 인한 사고사망자는 건축물·구조물 및 표면(연평균 약 358명) 다음으로 연평균 약 280명이 발생하여 전체 사고사망자수의 30.1%를 점유하고 있음을 알 수 있다.

<표 1-1> 최근 5년간(2016년~2020년) 기인물별 사고사망자 발생현황

구 분	합 계	2020년	2019년	2018년	2017년	2016년
합 계	4,641	882	855	971	964	969
건축물·구조물 및 표면	1,792	334	337	386	376	359
설비·기계	1,397	274	246	293	288	296
교통수단	804	158	145	156	160	185
부품·부속물 및 재료	312	62	57	61	62	70
사람, 동·식물	85	24	21	12	14	14
용기·용품·가구 및 기구	76	13	9	20	21	13
분류분능	44	7	6	17	8	6
작업환경·대기 등 자연현상	18	5	2	4	5	2
화학물질 및 화학제품	53	3	20	17	7	6
휴대용 및 인력용기계기구	60	2	12	5	23	18

그 중에서 2020년도 설비·기계로 인한 사고사망자 발생현황을 다시 세부적으로 분류하면 조립·포장·용접설비 등이 포함된 일반제조 및 가공설비·기계에 의한 재해 다음으로 이동식크레인, 지게차 등이 포함된 운반·인양 설비·기계에 의한 재해가 많이 발생하고 있음을 알 수 있다.

<표 1-2> 2020년도 설비·기계별 사고사망자 발생현황

구 분	합 계	점유율
합 계	274	100.0%
상세정보 부족한 설비·기계	0	0.0%
일반제조 및 가공설비·기계	118	43.1%
특수공정 설비·기계	7	2.6%
운반·인양 설비·기계	105	38.3%
농림어업용 설비·기계	1	0.4%
건설·광산용 기계	39	14.2%
기타 설비·기계	4	1.4%

2020년도 운반·인양 설비·기계로 인한 사고사망자 발생현황을 다시 세부적으로 분류하면 인양 설비·기계에 의한 재해가 가장 많이 발생하고 있다.

<표 1-3> 2020년도 운반·인양 설비·기계별 사고사망자 발생현황

구 분	합 계	점유율(%)
합 계	105	100.0%
상세정보 부족한 인양 설비·기계	0	0.0%
인양 설비·기계	38	36.2%
승강기	14	13.2%
컨베이어	10	9.6%
지게차	20	19.1%
기타 운반, 인양설비·기계	23	21.9%

마지막으로 2020년도 인양 설비·기계로 인한 사고사망자 발생현황을 기인물별로 분류하면 이동식크레인 등에 의한 재해가 가장 많이 발생하고 있다.

<표 1-4> 2020년도 인양 설비·기계별 사고사망자 발생현황

구 분	합 계	점유율(%)
합 계	38	100.0%
상세정보 부족한 인양 설비·기계	1	2.6%
천장크레인	6	15.9%
타워크레인	4	10.5%
이동식크레인	19	50.0%
지브크레인	1	2.6%
갠트리크레인	4	10.5%
호이스트	0	0.0%
곤돌라	0	0.0%
케이블, 윈치	2	5.3%
기타 인양설비·기계	1	2.6%

기인물을 중심으로 사고사망자 발생현황을 세부적으로 분류한 결과 인양 설비·기계 중 이동식크레인 등에 의한 재해가 많이 발생하고 있으며, 어떻게 하면 이동식 크레인에 의한 산업재해를 감소시킬 수 있는지 주요 재해발생 원인을 분석하고 안전성 향상방안을 도출할 필요가 있다고 생각하여 연구를 시작하게 되었다.

선행연구로서 문성수, 김태희[2)]는 “이동식크레인 안전사고 저감 방안”에서 건설업 재해사례 중 크레인 재해사례를 대상으로 재해를 분석한 결과 이동식크레인에 의한 재해가 다발하고 있으며, 사용상 안전성 확보방안으로 크레인의 작업반경내 작업자 출입 금지 등을 제시하였다.

김종혁, 김의수[3)]는 “차량크레인 전도 사고의 구조 안정성 평가에 관한 법공학적 연구”에서 차량크레인의 전도 사고의 전도 원인을 규명하기 위해 법공학적 관점에서 현장 조사, 자료 검토 등을 통해 사고 당시의 상황 재현을 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다. 크레인 전도 사고의 재발을 예방하기 위해 작업자 및 안전 관리 감독자는 크레인 안전 예방을 위한 교육을 통해 안전의식을 지니도록 해야 하며, 이에 따라 작업환경 및 차량크레인의 정격 하중 등을 작업자와 안전 관리 감독자가 함께 사전에 비교 검토하여 충분한 안정성을 확보한 후 작업을 수행해야 할 필요가

있으며, 차량크레인의 제작 업체 측에서는 정격 하중 초과 등 차량크레인의 불안정성을 야기 시킬 만한 경우에 경계 신호를 작업자에게 보낼 수 있는 안전 시스템의 탑재를 의무화할 필요가 있다고 제시하였다.

산업안전보건연구원[4]은 "이동식크레인 사망재해 원인분석 연구"에서 2013년에 발생한 이동식크레인 재해를 대상으로 위험요인별 재해분석 및 문제점을 파악하였고, 도출된 원인에 대해 인적요소에 대한 인간공학적인 측면의 대안을 제시하였다.

김상현[5]은 "이동식크레인 안전사고 예방을 위한 안전성 확보 방안에 관한 연구"에서 이동식크레인의 종류와 안전장치 등 구조적인 고찰과 함께 국내 이동식크레인 사용실태와 제도적·관리적·구조적·사용상의 문제점을 파악하였고 재해사례 분석과 사용실태에 대한 설문조사를 통해 근원적 안전성 확보 방안을 제도적·관리적·기술적·교육적으로 제시하였다.

탁상태[6]는 "이동식 크레인의 재해 예방을 위한 안전관리 개선방안에 관한 연구"에서 이동식크레인의 사고예방을 위해 안전검사주기 단축, 대상장비 범위 확대, 장비 검사 시 안전장치 설치 및 작동유무 확인 철저, 이동식크레인 기사의 계층별 안전 교육 강화, 카고크레인 운전자 자격제도 도입, 노후장비 단계적 폐기 등 제도적인 측면에서 안전성을 강화하는 것을 제시하였다.

산업안전보건연구원[7]은 "이동식크레인 안전성 향상방안"에서 이동식크레인의 재해 원인을 방호장치, 특히 과부하방지장치에 대한 문제점을 도출하였고, 이에 대한 기술적, 제도적 측면에서 개선방향을 제시하였다.

박준원, 이상호, 김성훈, 원정훈, 윤영철[8]은 "Virtual Reality 기반의 가상 공사현장 구축을 통한 작업장 안전정보 제공 방안"에서 VR 기반의 건설환경을 활용한 안전 정보제공방안에 대한 기초연구로서 공정정보를 포함한 가상 공사현장을 활용하여 안전정보를 효과적으로 전달하는 방안을 제시하였다.

김정곤, 나예지, 원정훈[9]은 "이동식 크레인 하중이 굴착사면 안정성에 미치는 영향 분석"에서 사면배면에서 중량의 건설장비 작업이 실시되는 경우에 대해 사면안정성을 해석적으로 분석하였고, 자중과 DB 하중을 고려하여 기준 안전율 1.1을 만족하도록 검토된 사질토 및 점토 굴착사면을 대상으로 용량 500kN의 이동식 크레인을 대상으로 굴착사면 단부와 장비의 이격거리, 지하수위 및 이동식크레인의 접지판 크기 등을 고려하여 사면안전성 해석을 수행하였다. 그 결과 사면안전성이 확보되지 못하는 경우가 다수 발생하므로 중량 건설장비 운영 시 사면안정성 해석을 반드시 실시할 것, 굴착사면 배면에 중량의 장비 하중 운영이 예상될 경우 경사면의 기울기를 완화시키는 것이 효과적이며, 이동식 크레인의 접지판의 면적 증가는 굴착사면 안정성 확보 방법으로 고려될 수 있으며, 굴착사면의 기울기 완화와 접지판 면적 증가를 동시에 고려하는 것이

효과적인 사면안정성 확보 방안으로 제시하였다.

본 연구에서는 이동식크레인 중 차량탑재형 이동식크레인에 관련한 재해사례를 중심으로 분석하였으며, 이를 통해 재해원인을 찾아보고자 노력하였다. 또한, 관련 법령 및 제도적 개선사항을 비교하였다.

- 이동식크레인 관련 동향 및 안전관리 제도 조사
- 이동식크레인 재해분석을 통한 재해원인 및 문제점 분석
- 이동식크레인 안전성 향상 방안과 관련 제도의 개선방안 제시

1.3. 연구내용 및 연구방법

1.3.1. 이동식크레인 관련 제도 및 기술기준 조사

안전보건공단 산업재해 통계자료에 근거하여 최근 10년간(2011년~2020년) 발생한 차량탑재형 이동식크레인 재해사례 분석을 통해 재해 유형별 분류, 원인 분석 및 안전성 향상방안을 제시하고자 하였다.

· 산업안전보건법, 동법 시행령 및 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙에 따른 기계·기구 관련 규제내용 및 안전인증·안전검사 등의 제도
· 건설기계관리법, 자동차관리법 및 도로교통법 등 국내 타 법령에 따른 안전인증·안전검사 등의 대상 및 범위
· 미국, 일본 등 국외 기술기준 및 안전제도

1.3.2. 이동식크레인 재해분석을 통한 재해원인 파악

· 최근 10년간(2011년~2020년 10월) 차량탑재형 이동식크레인과 관련한 재해 중 사업장 교통사고, 직업병 및 통계분류상 오류 등으로 나타난 재해를 제외하고 업무상사고로 분류된 총 1,009건의 재해를 대상으로 재해형태별 사고사망자수, 재해자수 및 작업형태 등을 분석하여 주요 재해원인을 파악하였다.

1.3.3. 안전성 향상 방안 도출

이동식크레인 재해분석을 통해 주요 재해원인을 파악하고, 관계 전문가들의 설문조사 및 제도 비교 등을 종합하여 주요 원인에 따른 안전성 향상방안을 제도적, 기술적, 교육적으로 검토하여 도출하였다.

Ⅱ. 이동식크레인 관련 제도 및 기술기준

2.1. 이동식크레인 개요

산업안전보건법상 이동식크레인은 원동기를 내장하고 있는 것으로서 불특정 장소에 스스로 이동할 수 있는 크레인으로 동력을 사용하여 중량물을 매달아 상하 및 좌우(수평 또는 선회를 말한다)로 운반하는 설비로서「건설기계관리법」을 적용받는 기중기 또는「자동차관리법」제3조에 따른 화물·특수자동차의 작업부에 탑재하여 화물운반 등에 사용하는 기계 또는 기계장치를 말한다.

2.2. 이동식크레인 종류 및 특징

2.2.1. 이동식크레인 종류 및 특징

이동식크레인은 여러 유형으로 분류할 수 있으며 분류기준에 따라 많은 종류로 나눌 수 있다. 국내 건설현장 및 산업현장에서 많이 사용하는 이동식크레인 위주로 분류하면 다음과 같다.[10,11,12,13,14,15)]

- 트럭 크레인(Truck Crane)
- 전지형 크레인(All Terrain Crane)
- 험지형 크레인(Rough Terrain Crane)
- 차량탑재형 크레인(Loader Crane, Cargo Crane)
- 크롤러 크레인(Crawler Crane)

- 트럭크레인(Truck Crane) : 트럭크레인은 하부 주행체의 주행부에 타이어를 사용한 자주식 크레인으로 하부 주행체 및 상부 주행체에 각각 운전석을 가지고 있으며 원동기는 하부 주행체에만 있는 것도 있고 상부 회전체에도 따로 있는 것도 있다. “KS B 6591”에서는 전지형 유압크레인(AT크레인)도 트럭크레인에 속한다고 정의하고 있다. 즉, 트럭 차체 상부에 크레인이 설치된 것을 말하며 차축의 조향은 앞 차축에서 할 수 있고, 장거리 이동이 용이하여 일반적으로 많이 사용된다. 이들 트럭은 크레인용으로 특별히 제작된 전용트럭과 일반적으로 사용되는 범용트럭으로 구분되는데, 전용트럭은 중·대형급 크레인에 사용되고 범용트럭은 소형크레인에 사용된다. 또한, 붐을 유압실린더를 이용하여 확장하는 유압식과 격자식 트러스를 사용하는 격자형 붐이 있다.

[그림 2-1] 트럭 크레인

· 전지형 크레인(All Terrain Crane): 전지형 크레인(이하 A/T크레인이라 함)은 트럭크레인의 고속주행성과 험지형 크레인(이하 R/T크레인이라 함)의 적은 회전 반경의 장점을 취합한 크레인으로서 주행과 크레인 운전은 각각의 운전실에서 이루어지며 단거리 주행은 크레인 운전실에서도 가능하다. R/T크레인과 같이 중량물을 인양한 상태에서의 주행을 할 수 있으며 특히 A/T크레인은 모든 차축이 자유롭게 조향이 가능한 것이 특징이다.

[그림 2-2] 전지형 크레인

· 험지형 크레인(Rough Terrain Crane) : 험지형 크레인(R/T크레인)은 4륜 주행과 조향이 가능하며 주행과 크레인 작업이 한 개의 운전실에서 수행된다. 또한, 중량물 인양 상태에서 주행이 가능하고 선회반경이 매우 작아서 도심지 등 협소 공간 작업에 매우 용이하다. R/T크레인의 다른 특징은 비교적 차체가 가볍기 때문에 타이어의 접지면적을 크게 하여 비교적 연약한 지반에서도 작업이 가능하다는 장점이 있다.

[그림 2-3] 험지형 크레인

· 차량탑재형 크레인(Loader Crane, Cargo Crane) : 화물의 운반과 적재를 위해 카고 트럭 화물적재함(전·중·후단)에 소형 크레인을 설치한 것으로서 화물의 적재·하역·운송을 한사람의 작업자로 가능하게 한다. 카고크레인은 크게 두 가지 방식으로 구분할 수 있는데 와이어로프를 사용하는 직진붐 타입과 슬링을 사용하지 않고 직접 운반물을 인양하는 굴절붐 타입이 있다.

[그림 2-4] 차량탑재형 크레인

· 크롤러 크레인(Crawler Crane) : 크롤러 크레인은 하부 주행체의 주행부에 크롤러 벨트를 사용한 자주 크레인이라고 정의하고 있다. 즉, 크레인의 하부의 구성이 트랙 타입으로 된 크레인을 말하며 기동성이 낮아 단일 현장내의 작업에 주로 사용되며 높은 양중능력을 가지고 있어 대형 현장에서 많이 선호한다. 또한, 더 큰 중량을 들어올리기 위해 카운터 웨이트(Counter Weight)를 추가로 부착하거나 트랙에 발생하는 하중 분산을 위하여 링거 등을 부착하여 사용하기도 한다.

[그림 2-5] 크롤러 크레인

2.2.2. 이동식크레인 방호장치의 종류

이동식크레인에는 안전한 사용을 위해 다양한 종류의 방호장치를 설치하여 사용하고 있다. 대표적인 방호장치를 분류하면 다음과 같다.

· 과부하방지장치(Over load limiter) : 크레인으로 하물 권상시 최대 허용하중

(정격하중의 1.1배, 지브형 크레인은 1.05배)를 초과하여 하물을 권상하면 자동으로 전원이 차단되어 권상 및 과부하를 증가시키는 동작을 중단시켜 과부하에 의한 사고를 사전에 예방하고 안전한 작업을 수행하기 위하여 설치, 사용하는 방호장치이다.

- 권과방지장치(Over winding-proof device) : 크레인에 하물 권상 시 훅 등의 달기기구가 정해진 위치보다 더 높은 위치로 권상될 때 와이어로프 등이 권과에 의한 파단, 상부에 부딪히는 등 충격과 파손으로 인한 하물의 추락을 방지하기 위하여 자동적으로 동력을 차단하고 동작을 제동하는 방호장치이다.
- 비상정지장치(Emergency stop apparatus) : 크레인에는 운전자가 비상시 조작이 가능한 위치에 비상정지장치를 설치하여 돌발적인 상태가 발생했을 경우 운전자가 조작하면 모든 전원을 차단하여 크레인의 운전을 급정지시켜 안전을 유지시켜 주는 방호장치이다.
- 안정기(Outrigger) : 돌출한 지주로서 뻗어 나온 너비를 크게 하여 이동식크레인의 안전성을 크게 할 목적으로 하부주행 프레임, 서브 프레임 또는 선회지지 프레임에 설치되는 기둥이다. 지지방법에는 고정식, 인출식, 정첩식이 있고 조작방법은 수동식과 유압식이 있다. 주로 이동식크레인 중에는 트럭크레인(Truck crane), 휠 레인(Wheel crane), 차량탑재형 크레인 등에서 사용되고 있다.
- 훅 해지장치(Hook latch) : 줄걸이 용구인 와이어로프, 슬링벨트 또는 체인 등을 훅에 걸고 작업시 임의적인 이탈을 방지하기 위한 장치로서 줄걸이 용구를 훅에서 이탈시킬 때에는 해지장치를 임의의 힘으로 조작하여 와이어로프를 이탈시킬 수 있도록 한 방호장치이다.

[그림 2-6] 차량탑재형 이동식크레인의 외형 및 주요 방호장치

2.3. 국내 이동식크레인 관련 제도 및 기술기준

2.3.1. 산업안전보건법

산업안전보건법[16,17,18,19,20,21,22]은 산업 안전 및 보건에 관한 기준을 확립하고 그 책임의 소재를 명확하게 하여 산업재해를 예방하고 쾌적한 작업환경을 조성함으로써 노무를 제공하는 사람의 안전 및 보건을 유지·증진함을 목적으로 한다.

2.3.2. 안전인증 개요

이동식크레인 등 위험성이 높은 산업기계를 대상으로 설계·제조 및 설치 단계에서 사전에 안전성을 심사하여 근원적으로 안전성이 확보된 제품이 생산·보급되도록 하여 산업재해를 예방하고자 하는 목적이다.

이를 위해 이동식크레인 등 위험성이 높은 산업기계의 제조·수입자는 고용노동부장관이 위탁하는 안전인증기관을 통하여 인증기준에 적합한지 여부와 해당 제품의 안전성능을 지속적으로 유지·보증하기 위하여 제조자가 갖추어야 할 기술능력 및 생산체계 등에 관한 평가를 받아야 한다.

2.3.3. 안전인증 대상 및 관련 법령

산업안전보건법 제84조에서 고용노동부장관은 유해·위험한 기계·기구 및 설비의 안전성을 평가하기 위하여 그 안전에 관한 성능과 제조자의 기술능력 및 생산체계 등에 관한 안전인증 기준을 정하도록 하고 있다.

그리고, 이동식크레인을 제조·수입하거나 주요 구조부분을 변경하는 경우, 제조하거나 수입하는 자가 그 기계·기구 등이 안전인증 기준에 맞는지에 대하여 안전인증을 받아야 한다.

· 관련법규
- 산업안전보건법 제84조(안전인증)
- 산업안전보건법 시행령 제74조(안전인증대상기계등)
- 산업안전보건법 시행규칙 제107조(안전인증대상기계등)
- 안전인증·자율안전확인신고의 절차에 관한 고시 제2조(적용범위)

<표 2-1> 안전인증대상기계등의 규격 및 형식별 적용범위

기계·기구	규격 및 형식별 적용범위
크레인	동력으로 구동되는 정격하중 0.5톤 이상 크레인(호이스트 및 차량탑재용 크레인 포함). 다만,「건설기계관리법」의 적용을 받는 건설기계는 제외

2.3.4. 안전인증 절차

안전인증을 받으려는 자는 심사종류별로 신청서를 작성하여 관련서류를 첨부하여 인증기관에 제출하여야 한다.

2.3.4.1 서면심사

유해·위험한 기계·기구·설비 등의 종류별 또는 형식별로 설계도면 등 제품기술과 관련된 문서가 안전인증 기준에 적합한지에 대한 심사

2.3.4.2. 기술능력 및 생산체계심사

유해·위험한 기계·기구·설비 등의 안전성능을 지속적으로 유지·보증하기 위하여 사업장에서 갖추어야 할 기술능력과 생산체계가 안전인증 기준에 적합한지에 대한 심사

2.3.4.3. 제품심사

유해·위험한 기계·기구·설비 등이 서면심사 내용과 일치하는지 여부와 안전에 관한 성능이 안전인증 기준에 적합한지 여부에 대하여 심사하는 것으로 개별 제품심사와 형식별 제품심사로 구분된다.

- 개별 제품심사: 서면심사 결과가 안전인증 기준에 적합할 경우에 유해·위험한 기계·기구·설비별로 모두에 대하여 하는 심사
- 형식별 제품심사: 서면심사와 기술능력 및 생산체계심사 결과가 안전인증 기준에 적합할 경우에 형식별로 표본을 추출하여 하는 심사

2.3.4.4. 확인심사

- 신청의무자 : 형식별 제품심사를 통하여 안전인증을 받은 자
- 심사내용 :
  - ·안전인증서에 적힌 제조 사업장에서 해당 제품을 생산하고 있는지 여부
  - ·안전인증 기준에 적합한지 여부
  - ·제조자가 안전인증을 받을 당시의 기술능력·생산체계를 지속적으로 유지하고 있는지 여부
  - ·서면심사 내용과 같은 수준 이상의 재료 및 부품을 사용하고 있는지 여부 등

2.3.5. 안전검사

2.3.5.1. 개요

위험성이 높은 산업기계에 대하여 사용단계에서 안전성을 확보하여 산업재해를 예방 할 목적으로 사용 사업장을 대상으로 해당제품의 안전에 관한 성능이 검사

기준에 적합한지 여부를 검사하는 제도이다. 또한, 안전검사 대상품을 사용하는 사업장이 구축한 검사기준, 검사방법, 검사주기 등을 충족하는 자율검사프로그램에 대한 적합여부를 인정하는 자율검사 프로그램 인정이 있다.

2.3.5.2. 안전검사 대상 및 관련 법령

산업안전보건법 제93조에 따르면 안전검사 대상 유해·위험기계 등을 사용하는 사업주는 유해·위험기계 등의 안전에 관한 성능이 고용노동부장관이 정하여 고시하는 검사기준에 맞는지에 대하여 안전검사를 받아야 한다. 다만, 사용하는 사업주와 소유자가 다른 경우에는 위험기계·기구 등의 소유자가 안전검사를 받아야 한다.

· 안전검사주기
- 이동식크레인, 이삿짐운반용 리프트 및 고소작업대는 자동차관리법 제8조에 따른 신규등록 이후 3년 이내에 최초 안전검사를 받아야 한다.

· 관련법규
- 산업안전보건법 제93조(안전검사)
- 산업안전보건법 시행령 제78조(안전검사대상기계등)
- 산업안전보건법 시행규칙 제124조(안전검사의 신청 등)
- 안전검사 절차에 관한 고시 제3조(적용범위)

<표 2-2> 안전검사대상기계등의 규격 및 형식별 적용범위

기계·기구	규격 및 형식별 적용범위
크레인	동력으로 구동되는 것으로서 정격하중 2톤 이상은 적용. 다만, 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 경우는 제외 가. 「건설기계관리법」의 적용을 받는 건설기계 나. 달기구를 집게로 사용하여 와이어 로프에 의해 권상·권하되지 않고 집게가 붐에 직접 부착된 차량(재활용 처리 크레인) 다. 차량 견인 및 구난을 목적으로 제작된 차량

2.3.6. 유해·위험작업의 취업 제한에 관한 규칙

산업안전보건법 제140조에 따르면 사업주는 유해하거나 위험한 작업으로서 상당한 지식이나 숙련도가 요구되는 고용노동부령으로 정하는 작업의 경우 그 작업에 필요한 자격·면허·경험 또는 기능을 가진 근로자가 아닌 사람에게 그 작업을 하게 해서는 아니 된다고 규정하고 있다.

① 산업안전보건법 제140조 제1항에 따른 작업과 그 작업에 필요한 자격·면허·경험 또는 기능은 다음의 표와 같다.
② 산업안전보건법 제140조 제1항에 따른 작업에 대한 취업 제한은 표에 규정된 해당 법령에서 정하는 경우를 제외하고는 해당 작업을 직접 하는 사람에게만 적용하며, 해당 작업의 보조자에게는 적용하지 아니한다.

<표2-3> 자격·면허·경험 또는 기능이 필요한 작업 및 해당 자격·면허·경험 또는 기능

작업명	작업범위	자격·면허·경험 또는 기능
이동식크레인 (카고크레인에 한정) 조종작업	-	1) 「국가기술자격법」에 따른 기중기운전기능사의 자격 2) 이 규칙에서 정하는 해당 교육기관에서 교육을 이수하고 수료시험에 합격한 사람

2.3.7. 산업안전보건기준에 관한 규칙

산업안전보건기준에 관한 규칙에도 이동식크레인에 대한 안전기준을 정하고 있으며, 이동식크레인 관련 내용은 다음과 같다.

· 제20조(출입의 금지) 사업주는 다음의 작업 또는 장소에 울타리를 설치하는 등 관계근로자가 아닌 사람의 출입을 금지하여야 한다.
  - 양화장치, 데릭, 크레인, 이동식크레인에 매달린 화물이 떨어져 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있는 항만하역작업 장소

· 제35조(관리감독자의 유해·위험 방지 업무 등)
  ① 사업주는 관리감독자(건설업의 경우 직장·조장 및 반장의 지위에서 그 작업을 직접 지휘·감독하는 관리감독자를 말함)로 하여금 다음에서 정하는 바에 따라 유해·위험을 방지하기 위한 업무를 수행하도록 하여야 한다.

<표 2-4> 관리감독자의 유해·위험방지

작업의 종류	직무수행 내용
크레인을 사용하는 작업	가. 작업방법과 근로자 배치를 결정하고 그 작업을 지휘하는 일 나. 재료의 결함 유무 또는 기구 및 공구의 기능을 점검하고 불량품을 제거하는 일 다. 작업 중 안전대 또는 안전모의 착용 상황을 감시하는 일

② 사업주는 다음에서 정하는 바에 따라 작업을 시작하기 전에 관리감독자로 하여금 필요한 사항을 점검하도록 하여야 한다.

<표 2-5> 작업시작 전 점검사항

작업의 종류	점검내용
이동식크레인을 사용하여 작업을 할 때	가. 권과방지장치나 그 밖의 경보장치의 기능 나. 브레이크·클러치 및 조정장치의 기능 다. 와이어로프가 통하고 있는 곳 및 작업장소의 지반상태

③ 사업주는 제2항에 따른 점검 결과 이상이 발견되면 즉시 수리하거나 그 밖에 필요한 조치를 하여야 한다.

· 제38조(사전조사 및 작업계획서의 작성 등) ① 사업주는 다음의 작업을 하는 경우 근로자의 위험을 방지하기 위하여 별표에 따라 해당 작업, 작업장의 지형·지반 및 지층 상태 등에 대한 사전조사를 하고 그 결과를 기록·보존하여야 하며, 조사 결과를 고려하여 별표의 구분에 따른 사항을 포함한 작업계획서를 작성하고 그 계획에 따라 작업을 하도록 하여야 한다.

11. 중량물의 취급작업

② 사업주는 제1항에 따라 작성한 작업계획서의 내용을 해당 근로자에게 알려야 한다.

· 제39조(작업지휘자의 지정) 사업주는 중량물의 취급작업에 대한 작업계획서를 작성한 경우 작업지휘자를 지정하여 작업계획서에 따라 작업을 지휘하도록 하여야 한다.

· 제40조(신호) ① 사업주는 다음의 작업을 하는 경우 일정한 신호방법을 정하여 신호하도록 하여야 하며, 운전자는 그 신호에 따라야 한다.

1. 양중기를 사용하는 작업

② 운전자나 근로자는 제1항에 따른 신호방법이 정해진 경우 이를 준수하여야 한다.

· 제41조(운전위치의 이탈금지) ① 사업주는 다음 각 호의 기계를 운전하는 경우 운전자가 운전위치를 이탈하게 해서는 아니 된다.

1. 양중기
2. 항타기 또는 항발기(권상장치에 하중을 건 상태)

3. 양화장치(화물을 적재한 상태)
② 제1항에 따른 운전자는 운전 중에 운전위치를 이탈해서는 아니 된다.

· 제86조(탑승의 제한) ② 사업주는 이동식크레인을 사용하여 근로자를 운반하거나 근로자를 달아 올린 상태에서 작업에 종사시켜서는 아니 된다.

· 제89조(운전 시작 전 조치) ① 사업주는 기계의 운전을 시작할 때에 근로자가 위험해질 우려가 있으면 근로자 배치 및 교육, 작업방법, 방호장치 등 필요한 사항을 미리 확인한 후 위험 방지를 위하여 필요한 조치를 하여야 한다.
② 사업주는 제1항에 따라 기계의 운전을 시작하는 경우 일정한 신호방법과 해당 근로자에게 신호할 사람을 정하고, 신호방법에 따라 그 근로자에게 신호하도록 하여야 한다.

· 제91조(고장난 기계의 정비 등) ① 사업주는 기계 또는 방호장치의 결함이 발견된 경우 반드시 정비한 후에 근로자가 사용하도록 하여야 한다.
② 제1항의 정비가 완료될 때까지는 해당기계 및 방호장치 등의 사용을 금지하여야 한다.

· 제93조(방호장치의 해체 금지) ① 사업주는 기계·기구 또는 설비에 설치한 방호장치를 해체하거나 사용을 정지해서는 아니된다. 다만, 방호장치의 수리·조정 및 교체 등의 작업을 하는 경우에는 그러하지 아니하다.
② 제1항의 방호장치에 대하여 수리·조정 또는 교체 등의 작업을 완료한 후에는 즉시 방호장치가 정상적인 기능을 발휘할 수 있도록 하여야 한다.

· 제132조(양중기) ① 양중기란 다음 각 호의 기계를 말한다.
1. 크레인(호이스트를 포함한다)
2. 이동식 크레인
3. 리프트
4. 곤돌라
5. 승강기
② 제1항 각 호의 기계의 뜻은 다음과 같다.
2. “이동식크레인”이란 원동기를 내장하고 있는 것으로서 불특정 장소에 스스로 이동할 수 있는 크레인으로 동력을 사용하여 중량물을 매달아 상하 및 좌우(수평 또는 선회를 말한다)로 운반하는 설비로서 「건설기계관리법」을 적용받는 기중기 또는 「자동차관리법」제3조에 따른 화물·특수자동차의 작업부에 탑재하여 화물운반 등에 사용하는 기계 또는 기계장치를 말한다.

· 제133조(정격하중 등의 표시) 사업주는 양중기(승강기는 제외한다) 및 달기구를 사용하여 작업하는 운전자 또는 작업자가 보기 쉬운 곳에 해당 기계의 정격하중,

운전속도, 경고표시 등을 부착하여야 한다. 다만, 달기구는 정격하중만 표시한다.

· 제134조(방호장치의 조정) ① 사업주는 다음 각 호의 양중기에 과부하방지장치, 권과방지장치, 비상정지장치 및 제동장치, 그 밖의 방호장치(승강기의 파이널 리미트 스위치, 속도조절기, 출입문 인터록 등을 말한다)가 정상적으로 작동될 수 있도록 미리 조정해 두어야 한다.

1. 크레인
2. 이동식 크레인
3. 삭제
4. 리프트
5. 곤돌라
6. 승강기

② 크레인 및 이동식크레인의 양중기에 대한 권과방지장치는 훅·버킷 등 달기구의 윗면(그 달기구에 권상용 도르래가 설치된 경우에는 권상용 도르래의 윗면)이 드럼, 상부 도르래, 트롤리프레임 등 권상장치의 아랫면에 접촉할 우려가 있는 경우에 그 간격이 0.25미터 이상(직동식 권과방지장치는 0.05미터 이상으로 한다)이 되도록 조정하여야 한다.

③ 제2항의 권과방지장치를 설치하지 않는 크레인에 대해서는 권상용 와이어로프에 위험표시를 하고 경보장치를 설치하는 등 권상용 와이어로프가 지나치게 감겨서 근로자가 위험해질 상황을 방지하기 위한 조치를 하여야 한다.

· 제135조(과부하의 제한 등) 사업주는 양중기에 그 적재하중을 초과하는 하중을 걸어서 사용하도록 해서는 아니 된다.

· 제147조(설계기준 준수) 사업주는 이동식 크레인을 사용하는 경우에 그 이동식 크레인의 구조 부분을 구성하는 강재 등이 변형되거나 부러지는 일 등을 방지하기 위하여 해당 이동식 크레인의 설계기준(제조자가 제공하는 사용설명서)을 준수하여야 한다.

· 제148조(안전밸브의 조정) 사업주는 유압을 동력으로 사용하는 이동식 크레인의 과도한 압력상승을 방지하기 위한 안전밸브에 대하여 최대의 정격하중을 건 때의 압력 이하로 작동되도록 조정하여야 한다. 다만, 하중시험 또는 안전도시험을 실시할 때에 시험하중에 맞는 압력으로 작동될 수 있도록 조정한 경우에는 그러하지 아니하다.

· 제149조(해지장치의 사용) 사업주는 이동식 크레인을 사용하여 하물을 운반하는 경우에는 해지장치를 사용하여야 한다.

산업안전보건법 및 산업안전보건기준에 관한 규칙에 의거하여 이동식크레인 작업 중 발생할 수 있는 위험을 방지하기 위하여 필요한 조치를 하도록 규정하고 있으며, 그 위험성의 강도와 빈도를 고려하여 여러 단계로 나누어 안전조치를 하도록 의무화 하고 있다.

2.3.8. 건설기계 관리법

건설기계관리법[23]은 건설기계의 등록·검사·형식승인 및 건설기계사업과 건설기계 조종사면허 등에 관한 사항을 정하여 건설기계를 효율적으로 관리하고 건설기계의 안전도를 확보하여 건설공사의 기계화를 촉진함을 목적으로 한다.

2.3.8.1. 검사대상 및 종류

건설기계 소유자는 건설기계를 신규로 등록 할 때 신규등록검사 및 건설기계의 종류에 따라 최저 6개월에서 최장 3년의 기간을 정하여 정기검사를 받도록 하고 있으며, 이외에 구조변경검사 및 수시검사가 있으며 검사종류에 따른 대상의 변경은 없다.

이 법에 따른 형식승인은 제작, 조립 또는 수입하려는 사람이 기준에 적합함을 신고하도록 되어 있어 산업안전보건법에 따른 자율안전확인의 신고제도와 유사한 사항이 많다고 볼 수 있으며, 성능이 불량하거나 산업재해가 다발하는 건설기계의 안전성을 점검하기 위한 경우 건설기계 소유자의 신청을 받아 수시검사를 실시하는 것이 다른 부분이다. 또한, 건설기계의 많은 종류가 산업안전보건법에 따른 유해·위험 예방조치를 하여야 할 기계·기구로 분류되어 있는 점은 건설기계의 산업재해발생 위험성이 높다는 것을 의미한다고 볼 수 있다.

‘건설기계관리법’ 및 동법 ‘시행령’의 건설기계 중 기중기는 다음과 같다.

- 무한궤도 또는 타이어식으로 강재의 지주 및 선회장치를 가진 것. 다만, 궤도(레일)식인 것은 제외한다.

<표 2-6> 건설기계관리법에 따른 건설기계의 종류

구분	기계·기구
건설기계	불도저, 굴삭기, 로더, 지게차, 스크레이퍼, 덤프트럭, 기중기, 모터그레이더, 롤러, 노상안정기, 콘크리트뱃칭플랜트, 콘크리트피니셔, 콘크리트살포기, 콘크리트믹서트럭, 콘크리트펌프, 아스팔트믹싱플랜트, 아스팔트피니셔, 아스팔트살포기, 쇄석기, 공기압축기, 천공기, 항타 및 항발기, 자갈채취기, 준설선, 특수건설기계, 타워크레인

2.3.9. 자동차관리법

자동차관리법[24]은 자동차의 등록, 안전기준, 자기인증, 제작결함 시정, 점검, 정비, 검사 및 자동차관리사업 등에 관한 사항을 정하여 자동차를 효율적으로 관리하고 자동차의 성능 및 안전을 확보함으로써 공공의 복리를 증진함을 목적으로 한다.

2.3.9.1. 검사대상 및 종류

자동차관리법의 화물자동차는 다음과 같다.

3. 화물자동차 : 화물을 운송하기에 적합한 화물적재공간을 갖추고, 화물적재공간의 총적재화물의 무게가 운전자를 제외한 승객이 승차공간에 모두 탑승했을 때의 승객의 무게보다 많은 자동차
4. 특수자동차 : 다른 자동차를 견인하거나 구난작업 또는 특수한 용도로 사용하기에 적합하게 제작된 자동차로서 승용자동차·승합자동차 또는 화물자동차가 아닌 자동차

차량탑재형 이동식크레인은 자동차관리법 상 특수자동차로 분류되고 있으며, 크레인을 차량에 장착한 상태에서 교통안전공단의 자기인증 후 차량탑재형 고소작업대에 대한 안전인증을 취득한 후 사용하는 절차로 운영하고 있다.[25]

[법적근거]
- 자동차관리법 제30조(자동차의 자기인증 등)
- 자동차관리법 시행규칙 제31조 내지 제40조
- 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙

[대상 및 내용]
- 자동차(이륜자동차 포함)를 제작·조립 및 수입하고자 하는 자는 그 자동차의 형식이 자동차의 안전기준에 관한 규칙에 적합함을 스스로 인증(자기인증) 할 것
- 대상 : 00자동차 등 자기인증능력이 있는 제작·수입자 (제작자등록번호가 "0" 또는 "A"로 시작하는 제작자등록 업체)
- 절차 : 자기인증절차 참고하되, 생산규모·안전 및 성능시험시설 등 국토교통부령이 정하는 요건을 충족하지 못한 제작·조립 또는 수입자(자기인증능력이 없는 제작자 등)는 성능시험대행자(한국교통안전공단 자동차안전연구원)로부터 확인을 받아 자기인증하여야 함.
- 대상 : 특장자동차 제작 및 조립자, 소규모 자동차 수입자 (제작자등록번호가 "0", "A" 이외로 시작하는 제작자등록 업체)
- 절차 : 기술검토, 안전검사 및 이륜자동차실측확인 참고
  ※ 자기인증능력이 없는 제작자등의 자기인증은 "인증/평가"의 "기술검토", "안전검사", "이륜자동차 실측확인"에서 안내
- 제작자 등록계획(자기인증하여 판매하고자 하는 자에 한함)

- 제출서류
· 제작자등(변경)등록신청서(시행규칙 별지 제18호서식)
· 자동차 생산규모(최근 3년간 제작·조립 대수)(해당하는 경우에 한함)
· 안전시험시설 확보내역(해당하는 경우에 한함)
· 안전검사시설 확보내역(해당하는 경우에 한함)
· 외국 최초제작자의 국내 대리인 지정 계약서(수입자에 한함)
· 사업자인 경우 사업자등록증 사본
· 법인인 경우 법인등기부등본
· 자동차사후관리 시설 및 기술인력 확보 내역 또는 계획(자기인증하여 판매하고자 하는 자에 한함)

[그림 2-7] 차량탑재형 이동식크레인 자기인증제도

2.3.10. 도로교통법

도로교통법[26]은 도로에서 일어나는 교통상의 모든 위험과 장해를 방지하고 제거하여 안전하고 원활한 교통을 확보함을 목적으로 한다.

2.3.10.1. 검사대상 및 종류

차량탑재형 이동식크레인은 자동차관리법에서 화물자동차로 분류되어 도로교통법 제80조에 따라 일반적인 자동차 운전면허로 운전 및 탑재된 장치의 조정이 가능하다.

※ 건설기계관리법 상 건설기계로 등록된 장비는 건설기계관리법에 따라 건설기계 조종사 면허가 있어야 하나, 차량탑재형 이동식크레인은 대상에 포함되지 않아 별도의 조종 자격을 규제하고 있지 않음

2.4. 국외 이동식크레인 관련 제도 및 기술기준

2.4.1. 미국의 이동식크레인 관련 기준

미국[27]은 연방법 제29조(CFR Title29)에 노동부 및 근로기준 등과 관련한 사항을 정하고 있으며 parts 1910에서 산업안전과 관련한 일반적인 내용을 다루고 있다.

노동부(Department of Labor) 산하 직업안전보건청(OSHA; Occupational Safety & Health Administration)의 규정에 따르면 사업장의 안전과 관련한 사항을 포함하여 크레인, 프레스 등의 기계·기구와 관련한 내용을 규정하고 있으며, 정기적인 검사 또는 자체점검을 실시토록 하고 있다.

2.4.2. 일본의 이동식크레인 관련 기준

일본[28]의 위험기계·기구와 관련한 안전인증 및 안전검사는 개별 법령에 따른 제도로 운영되어 법령 체계상 우리나라와 가장 유사한 체계를 가지고 있으며, 이동식크레인의 안전에 관련한 사항은 노동안전위생법에 규정되어 있다.

노동안전위생법에는 위험기계·기구, 방호장치 등에 대하여 제작 시 제조허가, 개별검정 또는 형식검정을 받도록 되어 있으며 안전인증제도 도입 이전의 우리나라의 안전검사제도와 거의 유사하다. 다만, 안전인증제도와 그에 따른 기술능력 및 생산체계심사 등은 시행하고 있지 않다는 것이 우리나라와 조금 상이한 점이다.

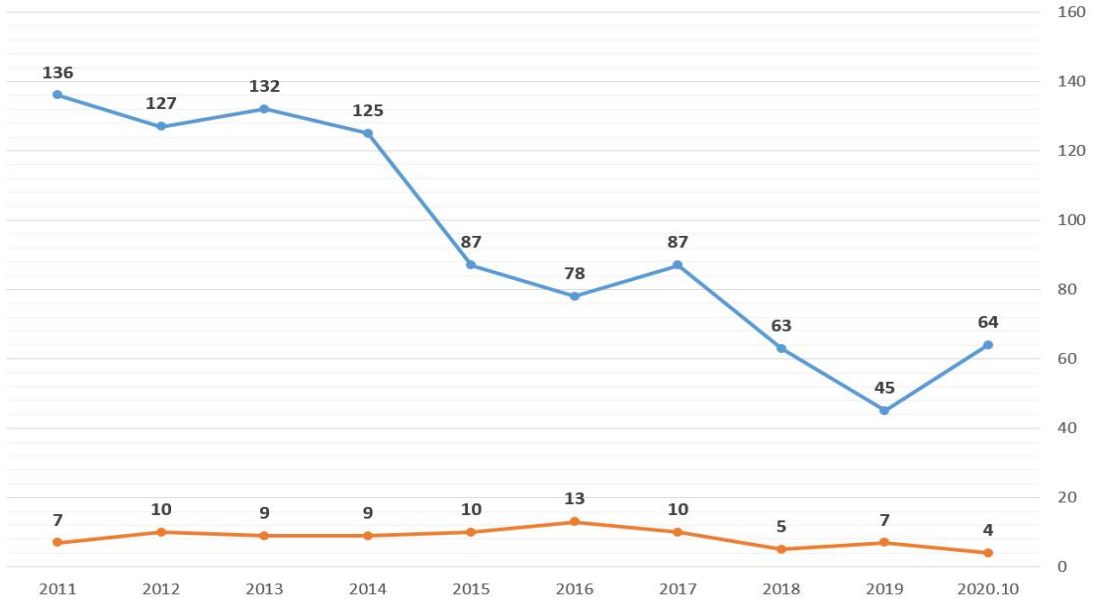
Ⅲ. 이동식크레인 재해원인 분석

이동식크레인 산업재해 통계자료[1)]에는 기인물별 분류에서 기중기, 고소작업대, 항타기 등 유사 설비에 대한 내용이 포함되어 있어 이 연구에서는 재해개요를 바탕으로 차량탑재형 이동식크레인에 해당하는 내용으로만 상세하게 재분류하였으며 그 결과는 다음과 같다.

3.1. 이동식크레인 재해현황 분석

3.1.1. 연도별 재해현황

2011년부터 2020년 10월까지 사고발생일 기준으로 연도별 차량탑재형 이동식크레인에 의한 산업재해 발생현황은 1,009건 및 재해자수는 1,028명이며, [그림 3-1] 및 <표 3-1>에 나타난 바와 같이 사고사망자는 84명, 사고부상자는 944명이다.



[그림 3-1] 최근 10년간 연도별 재해현황

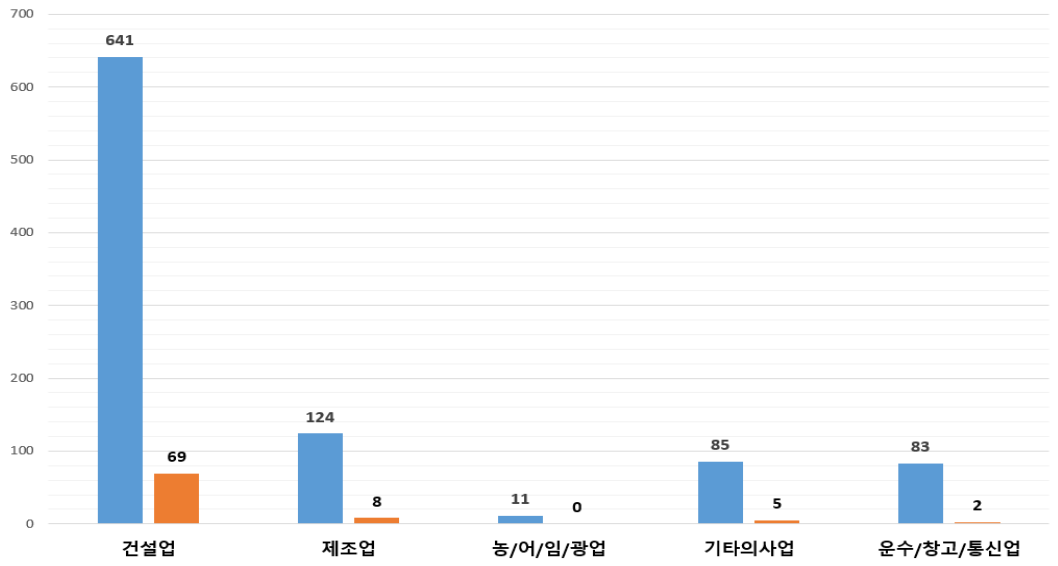
<표 3-1> 최근 10년간 연도별 재해현황

구 분	합계	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020.10
합계	**1,028**	**164**	**137**	**141**	**134**	**97**	**91**	**97**	**68**	**52**	**68**
사고 부상자수	944	136	127	132	125	87	78	87	63	45	64
사고 사망자수	84	7	10	9	9	10	13	10	5	7	4

연도별 발생현황 분포를 살펴보면 사고사망자는 2016년(13명), 2012년(10명), 2015년(10명), 2017년(10명) 순으로 다발하였고, 사고부상자는 2011년(136명), 2013년(132명), 2012년(127명) 순으로 다발하였다. 연평균으로 환산하면 사고사망자 8.4명, 사고부상자 94.4명이 발생한 것으로 나타났다.

3.1.2. 업종별 재해현황

업종별로 발생현황을 살펴보면 총 1,028명 중 [그림 3-2] 및 <표 3-2>에 나타난 바와 같이 건설업 710명(69.1%), 제조업 132명(12.8%), 기타의 사업 90명(8.7%) 순으로 발생하였다.



[그림 3-2] 업종별 재해현황

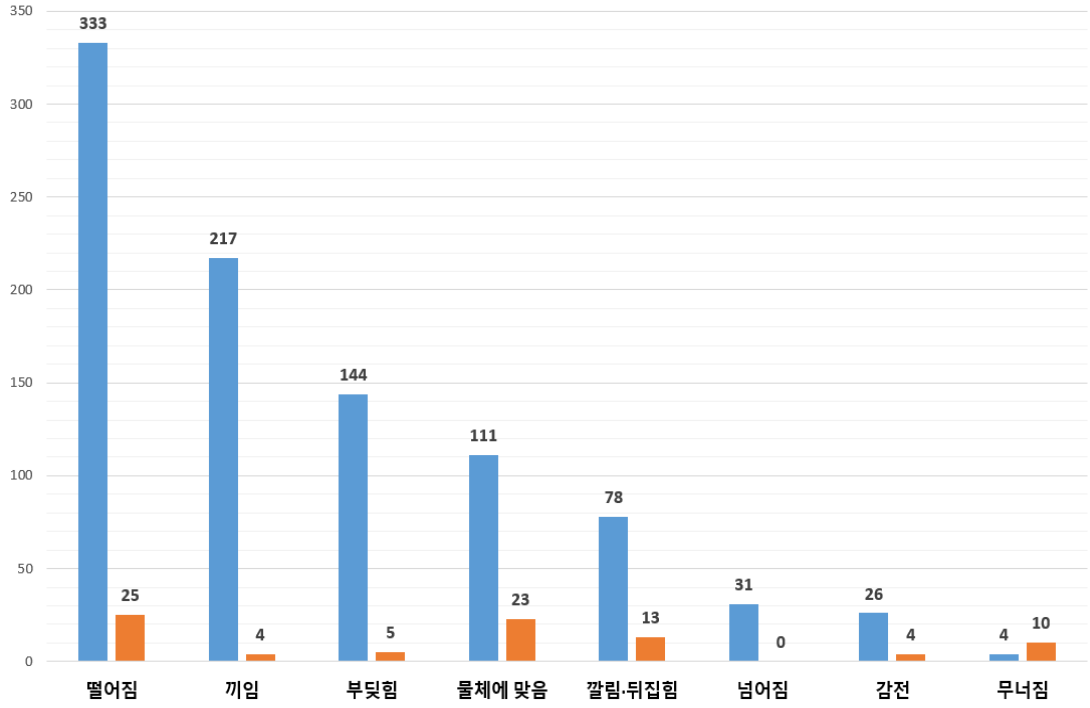
<표 3-2> 업종별 재해현황

구 분	합계	건설업	제조업	농/어/임/광업	기타의 사업	운수/창고/통신업
합계	**1,028**	**710**	**132**	**11**	**90**	**85**
점유율(%)	100	69.1	12.8	1.1	8.7	8.3
사고 부상자수	944	641	124	11	85	83
사고 사망자수	84	69	8	0	5	2

특히, 사고사망자의 경우에는 대부분 중량물을 취급하는 건설업에서 69명(82.1%), 제조업에서 8명(9.5%)에서 다발하고 있음을 확인할 수 있다.

3.1.3. 발생형태별 재해현황

발생형태별로 발생현황을 살펴보면 총 1,028명 중 [그림 3-3] 및 <표 3-3>에 나타난 바와 같이 떨어짐 358명(34.8%), 끼임 221명(21.5%), 부딪힘 149명(14.5%) 순으로 발생하였다.



[그림 3-3] 발생형태별 재해현황

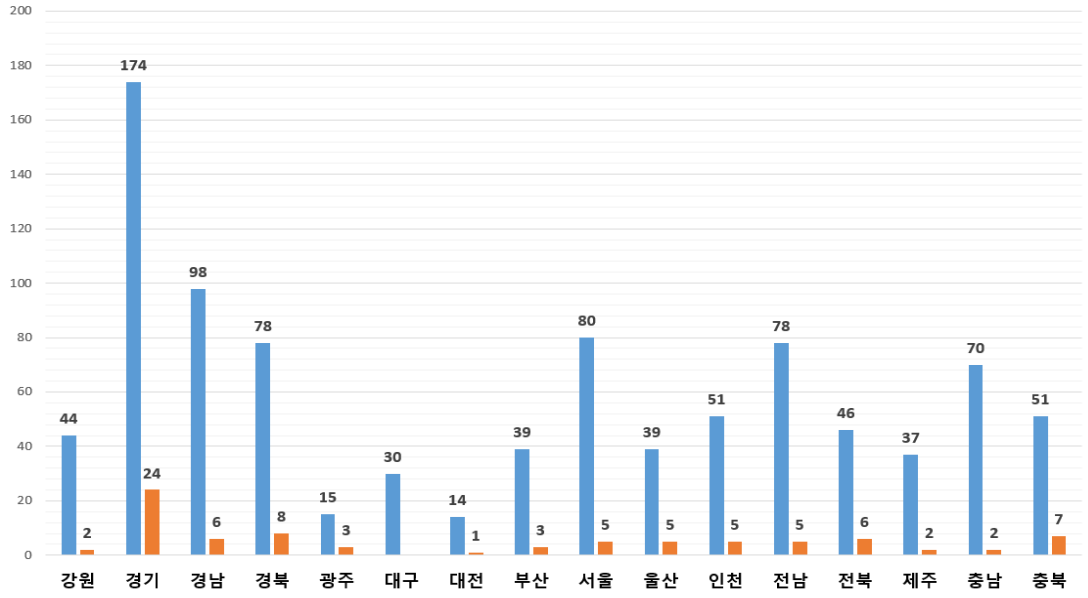
<표 3-3> 발생형태별 재해현황

구 분	합 계	떨어짐	끼임	부딪힘	물체에 맞음	깔림/ 뒤집힘	넘어짐	감전	무너짐
합 계	**1,028**	**358**	**221**	**149**	**134**	**91**	**31**	**30**	**14**
점유율(%)	100.0	34.8	21.5	14.5	13.0	8.8	3.1	2.9	1.4
사고 부상자수	944	333	217	144	111	78	31	26	4
사고 사망자수	84	25	4	5	23	13	0	4	10

특히, 사고사망자의 경우에는 중량물 작업 중 중심을 잃거나 밀려서 높은 곳에서 또는 지하로 떨어짐 25명(30.0%), 물체에 맞음 23명(27.4%)에서 다발하고 있으며, 지반 붕괴와 아웃트리거 설치 불량으로 인한 깔림/뒤집힘 13명(15.5%) 등에서 많이 발생하고 있음을 확인할 수 있다.

3.1.4. 지역별 재해현황

지역별로 발생현황을 살펴보면 총 1,028명 중 [그림 3-4] 및 <표 3-4>에 나타난 바와 같이 경기 198명(19.3%), 경남 104명(10.1%), 경북 86명(8.4%), 서울 85명(8.3%) 순으로 발생하였다.



[그림 3-4] 지역별 재해현황

<표 3-4> 지역별 재해현황

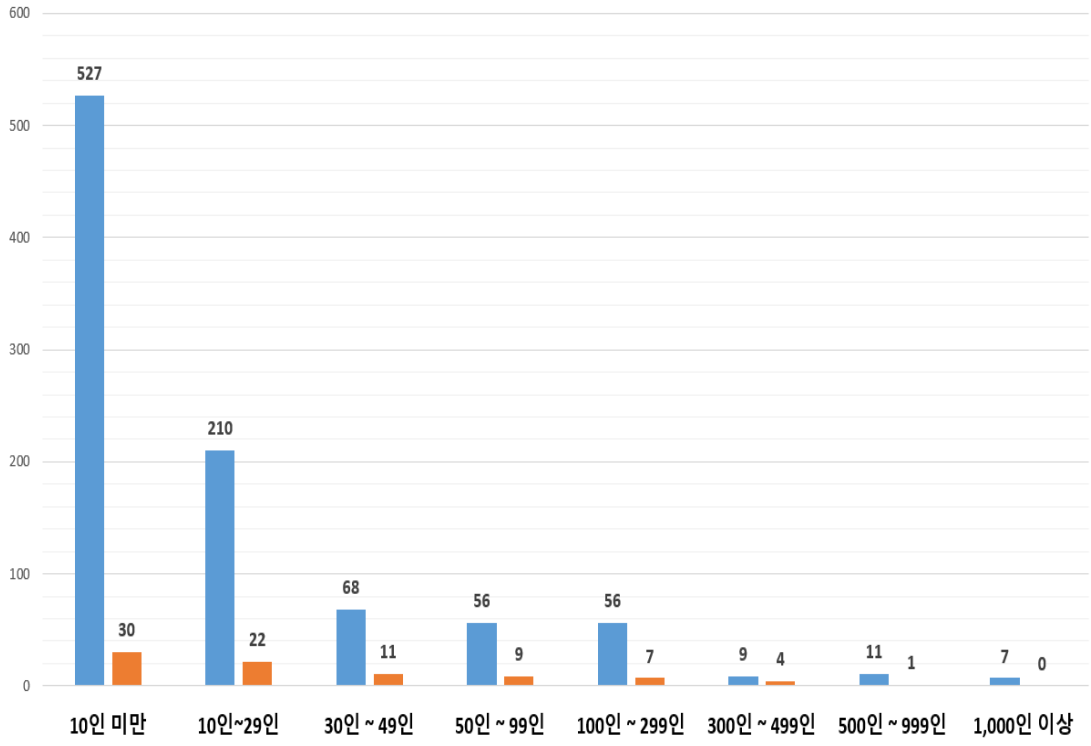
구분	합 계	강원	경기	경남	경북	광주	대구	대전
합계	**1,028**	**46**	**198**	**104**	**86**	**18**	**30**	**15**
점유율(%)	100.0	4.5	19.3	10.1	8.4	1.8	2.9	1.4
사고 부상자수	944	44	174	98	78	15	30	14
사고 사망자수	84	2	24	6	8	3	0	1

구분	부산	서울	울산	인천	전남	전북	제주	충남	충북
합계	**42**	**85**	**44**	**56**	**83**	**52**	**39**	**72**	**58**
점유율(%)	4.1	8.3	4.2	5.4	8.1	5.1	3.8	7.0	5.6
사고 부상자수	39	80	39	51	78	46	37	70	51
사고 사망자수	3	5	5	5	5	6	2	2	7

대규모 산업단지 및 건설현장이 밀집되어 있는 경기, 경남, 경북 등을 중심으로 다수 발생하고 있음을 확인할 수 있다.

3.1.5. 규모별 재해현황

규모별로 발생현황을 살펴보면 총 1,028명 중 [그림 3-5] 및 <표 3-5>에 나타난 바와 같이 10인 미만 557명(54.2%), 10인~29인 232명(22.5%), 30인~49인 79명(7.7%) 순으로 발생하였다.



[그림 3-5] 사업장 규모별 재해현황

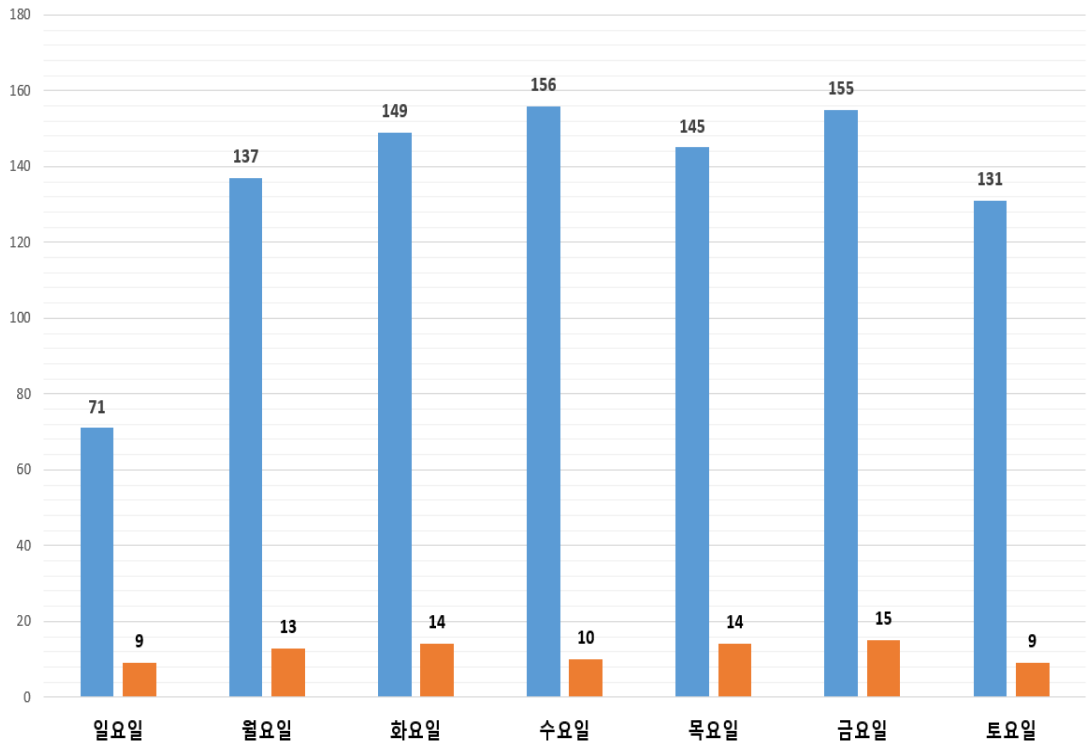
<표 3-5> 사업장 규모별 재해현황

구분	합계	10인 미만	10인~29인	30인~49인	50인~99인	100인~299인	300인~499인	500인~999인	1,000인 이상
합계	**1,028**	**557**	**232**	**79**	**65**	**63**	**13**	**12**	**7**
점유율(%)	100.0	54.2	22.5	7.7	6.3	6.1	1.3	1.2	0.7
사고 부상자수	944	527	210	68	56	56	9	11	7
사고 사망자수	84	30	22	11	9	7	4	1	0

전체 재해 중 50인 미만[84.4%(868명)]의 소규모 사업장에서 발생하고 있음을 알 수 있다. 이는 소규모 사업장일수록 이동식크레인 안전관리 및 근로자의 안전교육에 있어 미흡한 점을 확인할 수 있는 부분이라 하겠다.

3.1.6. 요일별 재해현황

요일별로 발생현황을 살펴보면 총 1,028명 중 [그림 3-6] 및 <표 3-6>에 나타난 바와 같이 금요일 170명(16.5%), 수요일 166명(16.1%), 화요일 163명(15.9%) 순으로 발생하였다.



[그림 3-6] 요일별 재해현황

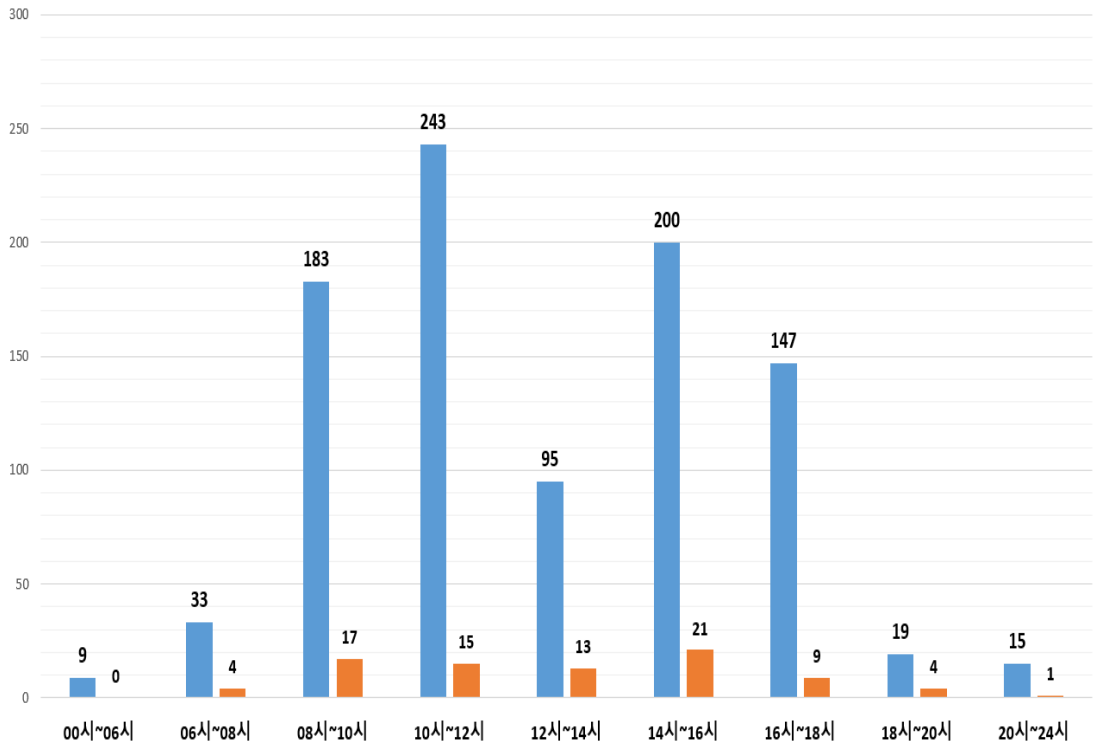
<표 3-6> 요일별 재해현황

구분	합계	일요일	월요일	화요일	수요일	목요일	금요일	토요일
합계	**1,028**	**80**	**150**	**163**	**166**	**159**	**170**	**140**
점유율(%)	100.0	7.8	14.6	15.9	16.1	15.5	16.5	13.6
사고 부상자수	944	71	137	149	156	145	155	131
사고 사망자수	84	9	13	14	10	14	15	9

주로 산업현장에서 많이 사용하고 업무를 수행하는 월요일에서 금요일에 주로 발생하는 것으로 파악되었고, 토요일과 일요일은 상대적으로 적게 발생하고 있음을 알 수 있다.

3.1.7. 시간별 재해현황

시간별로 발생현황을 살펴보면 총 1,028명 중 [그림 3-7] 및 <표 3-7>에 나타난 바와 같이 10시~12시 258명(25.1%), 14시~16시 221명(21.5%), 08시~10시 200명(19.4%) 순으로 발생하였다.



[그림 3-7] 시간별 재해현황

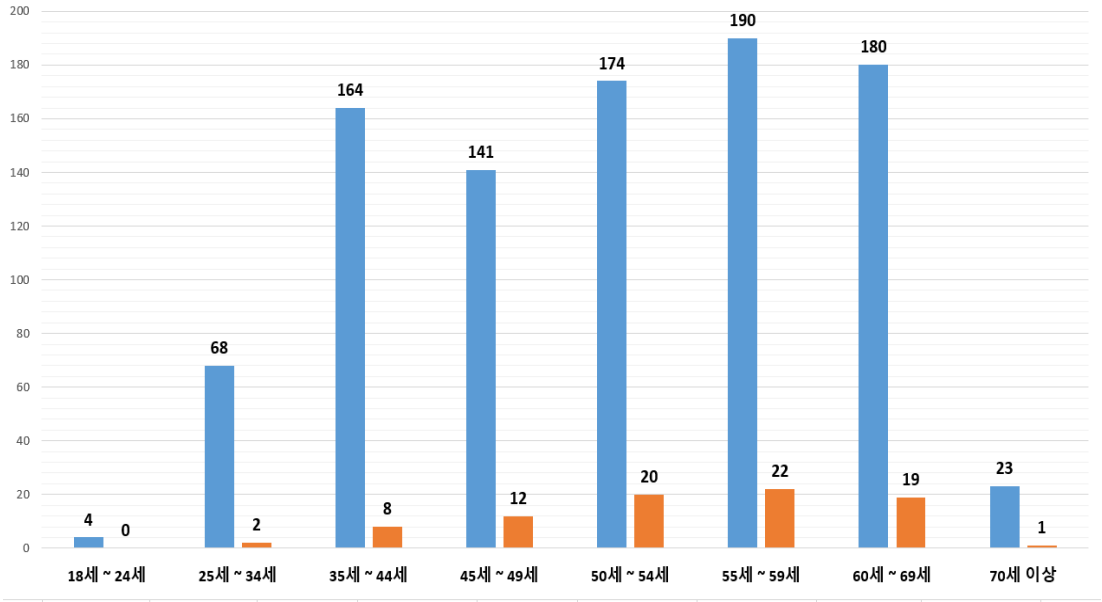
<표 3-7> 시간별 발생현황

구분	합계	00시~06시	06시~08시	08시~10시	10시~12시	12시~14시	14시~16시	16시~18시	18시~20시	20시~24시
합계	**1,028**	**9**	**37**	**200**	**258**	**108**	**221**	**156**	**23**	**16**
점유율(%)	100.0	0.9	3.6	19.4	25.1	10.5	21.5	15.2	2.2	1.6
사고 부상자수	944	9	33	183	243	95	200	147	19	15
사고 사망자수	84	0	4	17	15	13	21	9	4	1

주로 산업현장에서 많이 사용하고 업무를 수행하는 08시~18시 사이에 집중적으로 발생하는 것으로 파악되었고, 18시~24시 및 00시~06시 사이에는 거의 발생하고 있지 않음을 알 수 있다.

3.1.8. 연령별 재해현황

연령별로 발생현황을 살펴보면 총 1,028명 중 [그림 3-8] 및 <표 3-8>에 나타난 바와 같이 55~59세 212명(20.6%), 60~69세 199명(19.4%), 50~54세 194명(18.9%) 순으로 발생하였다.



[그림 3-8] 연령별 재해현황

<표 3-8> 연령별 재해현황

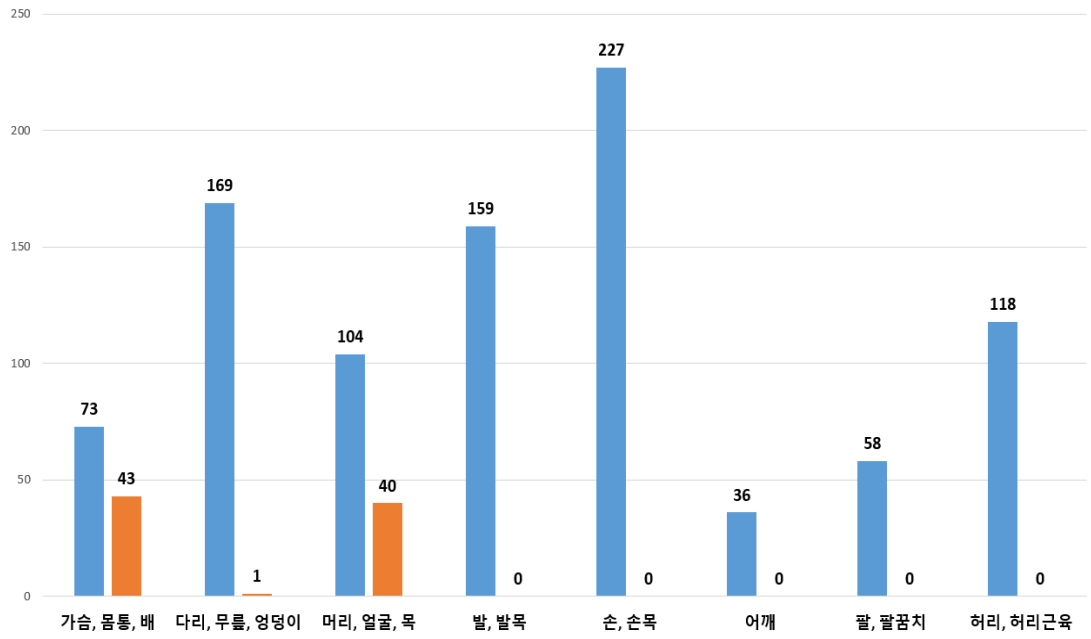
구분	합계	18세~24세	25세~34세	35세~44세	45세~49세	50세~54세	55세~59세	60세~69세	70세 이상
합계	**1,028**	**4**	**70**	**172**	**153**	**194**	**212**	**199**	**24**
점유율(%)	100.0	0.4	6.8	16.7	14.9	18.9	20.6	19.4	2.3
사고 부상자수	944	4	68	164	141	174	190	180	23
사고 사망자수	84	0	2	8	12	20	22	19	1

연령별 재해현황을 분석하면 이동식크레인 모든 재해는 18세 이상에서 발생하였고, 51.3%인 629명이 50세 이상에서 나타났는데, 이는 상기 연령대가 가장 왕성하게 건설현장 등 산업활동에 종사하기 때문인 것으로 분석되었다.

다른 의미에서는 젊은 연령대의 근로자에 비해 위험에 대한 대처능력이 다소 낮아지는 것으로 해석할 수 있으며, 재해예방 차원에서 해당 연령대에 대한 산업안전보건교육 및 작업시작전 TBM 활동 등의 세밀한 대책이 요구된다.

3.1.9. 부상 부위별 재해현황

부상 부위별로 발생현황을 살펴보면 총 1,028명 중 [그림 3-9] 및 <표 3-9>에 나타난 바와 같이 손 및 손목 227명(22.1%), 다리 및 무릎 170명(16.5%), 발 및 발목 159명(15.5%) 순으로 발생하였다.



[그림 3-9] 부상 부위별 발생현황

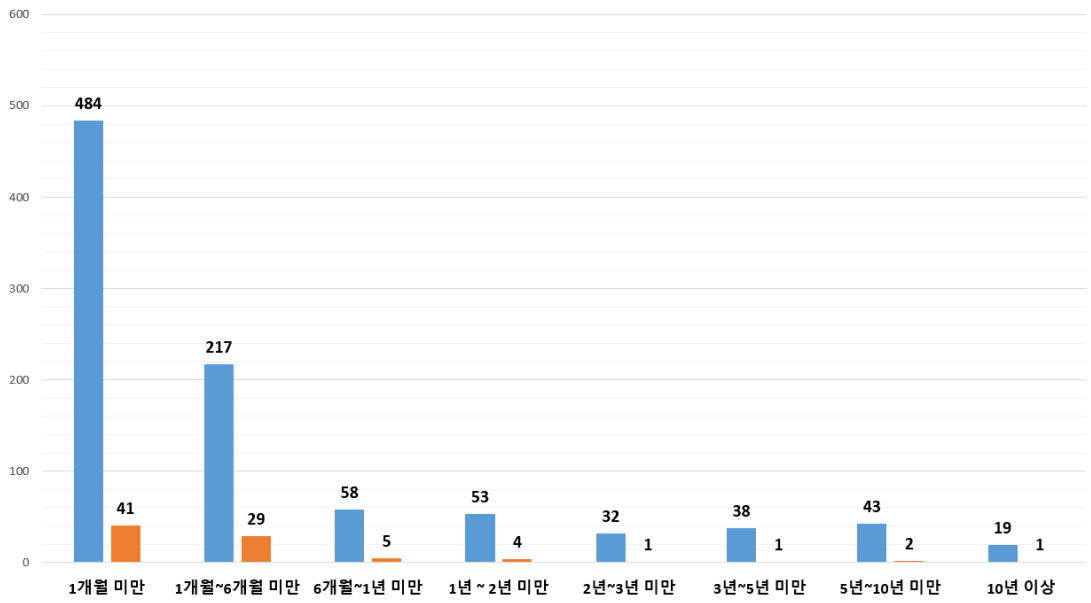
<표 3-9> 부상 부위별 발생현황

구분	합계	가슴, 몸통	다리, 무릎	머리, 얼굴	발, 발목	손, 손목	어깨	팔, 팔꿈치	허리, 허리근육
합계	**1,028**	**116**	**170**	**144**	**159**	**227**	**36**	**58**	**118**
점유율(%)	100.0	11.3	16.5	14.0	15.5	22.1	3.5	5.6	11.5
사고 부상자수	944	73	169	104	159	227	36	58	118
사고 사망자수	84	43	1	40	0	0	0	0	0

부상 부위별별 재해현황을 분석하면 손 및 손목, 발 및 발목 부위 등에서 사고 부상자가 많이 발생하는 것으로 나타났지만, 사고사망자는 없어 부상 수준이 경미한 것으로 나타났다. 다만, 가슴 및 몸통, 머리 및 얼굴의 부위에 사고사망자가 집중적으로 발생한 것으로 보아 해당 부위에 재해가 발생하게 되면 굉장히 치명적임을 알 수 있다.

3.1.10. 근속기간별 재해현황

근속기간별로 발생현황을 살펴보면 총 1,028명 중 [그림 3-10] 및 <표 3-10>에 나타난 바와 같이 1개월 미만 525명(51.1%), 1개월~6개월 미만 246명(23.9%), 6개월~1년 미만 63명(6.1%) 순으로 발생하였다.



[그림 3-10] 근속기간별 재해현황

<표 3-10> 근속기간별 재해현황

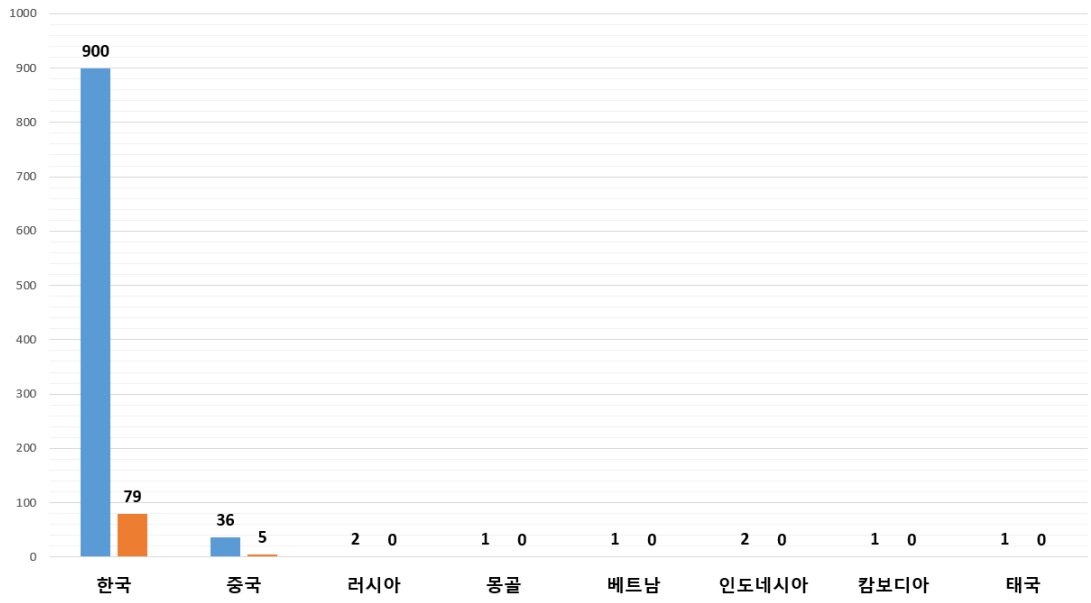
구분	합계	1개월 미만	1개월~ 6개월	6개월 ~1년	1년~ 2년	2년~ 3년	3년~ 5년	5년~ 10년	10년 이상
합계	**1,028**	**525**	**246**	**63**	**57**	**33**	**39**	**45**	**20**
점유율(%)	100.0	51.1	23.9	6.1	5.5	3.2	3.8	4.4	2.0
사고 부상자수	944	484	217	58	53	32	38	43	19
사고 사망자수	84	41	29	5	4	1	1	2	1

근속기간별 재해현황을 분석하면 6개월 미만의 근로자가 전체 재해자 중 75%(771명)를 차지하는 것으로 나타났는데, 이는 미숙련자 또는 경험이 부족한 근로자를 중심으로 재해가 많이 발생하는 것으로 판단된다.

그러므로, 미숙련자 또는 경험이 부족한 근로자를 중심으로 세밀한 지원과 단독작업 지양, 위험요소 파악 및 안전작업에 대한 실질적인 안전보건교육이 실시되어야 하며, 줄걸이작업 등 전문적인 기술교육도 병행해야 할 것으로 보인다.

3.1.11. 국적별 재해현황

국적별로 재해현황을 살펴보면 총 1,028명 중 [그림 3-11] 및 <표 3-11>에 나타난 바와 같이 한국 국적 979명(95.2%), 중국 국적 41명(4.0%) 순으로 발생하였다.



[그림 3-11] 국적별 재해현황

<표 3-11> 국적별 재해현황

구분	합계	한국	중국	러시아	몽골	베트남	인도네시아	캄보디아	태국
합계	**1,028**	**979**	**41**	**2**	**1**	**1**	**2**	**1**	**1**
점유율(%)	100.0	95.2	4.0	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
사고 부상자수	944	900	36	2	1	1	2	1	1
사고 사망자수	84	79	5	0	0	0	0	0	0

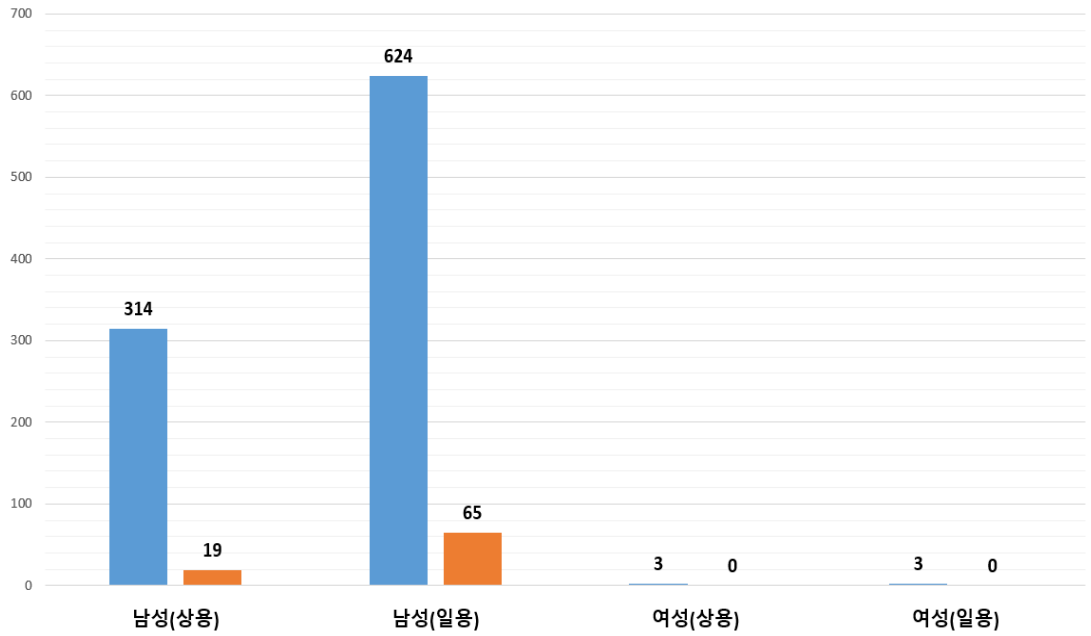
국적별 재해현황을 분석하면 대부분의 재해는 내국인에서 979명(95.2%)에서 발생하였고, 외국인은 49명(4.8%) 발생하였다.

그 중 중국 국적의 근로자가 가장 많이 점유하고 있는데 이는 중국 국적의 근로자가 건설현장 등의 산업활동에 다수 종사하기 때문인 것으로 보여진다.

앞으로 재해예방 차원에서 외국인(중국) 근로자에 대한 안전보건교육을 강화하고, 해당 국가의 언어로 되어 있는 안전보건표지의 제작·보급이 더욱 확대되어야 할 것으로 생각된다.

3.1.12. 성별 및 채용별 재해현황

재해자 성별 및 채용별로 재해현황을 살펴보면 총 1,028명 중 [그림 3-12] 및 <표 3-12>에 나타난 바와 같이 일용직 남성 689명(67.0%), 상용직 남성 333명(32.4%) 순으로 발생하였다.



[그림 3-12] 성별 및 채용별 재해현황

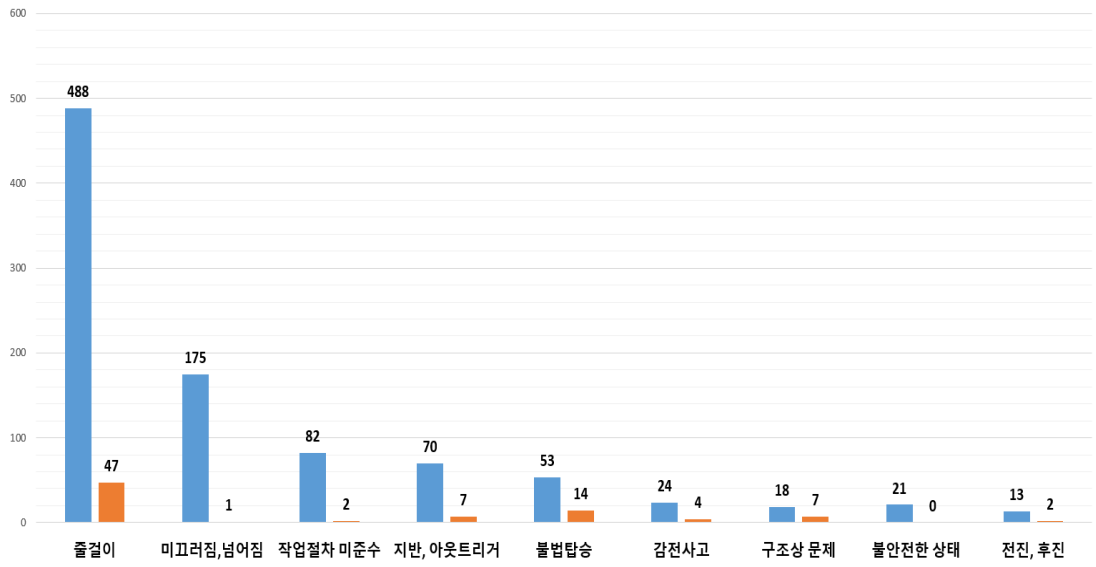
<표 3-12> 성별 및 채용별 재해현황

구 분	합 계	남성		여성	
		상용	일용	상용	일용
합 계	1,028	333	689	3	3
점유율(%)	100.0	32.4	67.0	0.3	0.3
사고 부상자수	944	314	624	3	3
사고 사망자수	84	19	65	0	0

이동식크레인 재해사례의 성별 비율을 살펴보면 남성에 의한 재해(1,022명)가 여성에 의한 재해(6명)보다 100배 이상 높은 것으로 분석되었다. 남성이 여성에 비하여 재해자가 많은 이유는 각종 산업현장에 종사하는 사람 가운데 남성이 절대적으로 많고, 특히 이동식크레인 운전 및 줄걸이작업을 수행하는 업무에는 대부분 남성이 종사하기 때문인 것으로 판단된다.

3.1.13. 작업상황별 재해현황

작업 상황별로 발생현황을 살펴보면 총 1,028명 중 [그림 3-13] 및 <표 3-13>에 나타난 바와 같이 줄걸이 문제 535명(52.0%), 미끄러짐, 넘어짐 176명(17.1%), 작업절차 미준수 84명(8.2%), 지반, 아웃트리거 77명(7.5%), 불법탑승 67명(6.5%) 순으로 발생하였다.



[그림 3-13] 작업상황별 재해현황

<표 3-13> 작업상황별 재해현황

구분	합계	줄걸이	미끄러짐, 넘어짐	작업절차 미준수	지반, 아웃 트리거	불법 탑승	감전 사고	구조상 문제	불안전한 상태	전진, 후진
합계	**1,028**	**535**	**176**	**84**	**77**	**67**	**28**	**25**	**21**	**15**
점유율(%)	100.0	52.0	17.1	8.2	7.5	6.5	2.7	2.4	2.1	1.5
사고 부상자수	944	488	175	82	70	53	24	18	21	13
사고 사망자수	84	47	1	2	7	14	4	7	0	2

이동식크레인 재해현황을 작업상황별로 살펴보면 줄걸이에 의한 재해가 가장 높은 것으로 분석되었다. 또한, 인양작업 및 승·하차 시 미끄러지거나 넘어지는 재해도 다수 발생하였고, 작업절차 미준수, 지반·아웃트리거 및 구조상의 문제 등의 순으로 재해자가 다발하고 있는 것으로 파악되었다.

여전히 이동식크레인에 불법 탑승설비를 설치하여 사용 중 떨어지거나 전도되는 재해가 반복되고 있음을 확인할 수 있었다.

3.2. 주요 재해원인 및 문제점

작업상황별 재해현황을 사고사망자 발생 유형별 5대 다발 원인으로 다시 분석하면, 줄걸이 작업(47명, 56.0%), 불법 탑승(14명, 16.7%), 지반·아웃트리거(7명, 8.3%), 구조상 문제(7명, 8.3%), 감전사고(4명, 4.8%) 등의 순으로 많이 발생하고 있음을 알 수 있다.

<표 3-14> 작업상황별 사고사망자 발생 현황

구분	합계	줄걸이	불법 탑승	지반, 아웃 트리거	구조상 문제	감전 사고	전진, 후진	작업절차 미준수	미끄러짐, 넘어짐	불안전한 상태
합계	**1,028**	**535**	**67**	**77**	**25**	**28**	**15**	**84**	**176**	**21**
사고 사망자수	84	47	14	7	7	4	2	2	1	0
점유율(%)	100.0	56.0	16.7	8.3	8.3	4.8	2.4	2.4	1.2	0.0
사망율(%)	8.2	8.8	20.9	9.1	28.0	14.3	13.3	2.4	0.6	0.0

이러한 산업재해 발생현황들을 중심으로 주요 사고원인별 세부적인 문제점들을 분류하면 크게 제도적인 측면, 기술적인 측면, 교육적인 측면에서의 문제점으로 구분하여 생각해 볼 수 있다.

3.2.1. 제도적인 측면의 문제점

정부에서는 이동식크레인 안전성 향상 및 재해예방을 위해 이동식크레인 운전자 교육, 안전검사 주기 단축, 재해예방 지원사업 등 다양한 정책을 통해 산업재해를 예방하고자 노력하였다. 이러한 정책들이 이동식크레인 재해를 예방하는데 어느정도 기여하였다고 볼 수 있으나, 지속적으로 발생하는 재해사례를 돌이켜 보면 부족한 점이 아직 남아있다고 생각된다.

3.2.1.1. 불법 탑승설비의 지속적인 사용

자동차소유자가 자동차를 개조하거나 특정설비를 부착하는 경우에는 지방자치단체, 자동차 관련기관의 승인을 받아야 하지만, 아직도 불법 탑승설비를 부착하는 사례가 다수 파악되고 있으며, 이와 관련된 재해는 끊이지 않고 발생하고 있다. 이동식크레인에 작업자를 탑승하여 작업을 해서는 아니 되지만, 현장에서의 안전무시 관행으로 근로자들이 경각심 없이 불법탑승설비에 탑승하여 작업을 실시하고 있는 상황이다.

2019년도 정부에서는 이동식크레인 사망사고 예방을 위해 중앙부처(고용노동부, 행정안전부 등) 및 지방자치단체와 합동으로 불법탑승설비에 대한 대대적인 불시감독 및

사용규제를 실시하였고, 이에 대한 성과가 있었다.[29] 하지만, 그 후에는 불법탑승설비에 대한 근로감독 및 단속·점검 등의 정책 추진이 주춤하면서 다시 재발되는 양상이 되풀이되고 있다.

신호등 설치·해체작업	수목 전지작업	간판 설치·해체작업

[그림 3-14] 이동식크레인 불법탑승설비 부착사례

또한, 이동식크레인의 제조사[13,14]에서 제공하는 취급설명서 및 별첨에 수록한 작업자 준수사항 등을 살펴보면 대부분 다음과 같은 주의사항만 열거하고 있고, 안전을 위한 작업자 준수사항도 대부분 포괄적인 설명만 제시하고 있는 점은 아쉬운 사항이며, 이 내용을 작업자가 숙지하고 작업에 임하지 않는 것도 개선할 부분으로 보여진다.

<표 3-15> 이동식크레인 취급설명서 예시

⚠ 주 의

본 이동식크레인을 사용함에 있어서 다음 사항을 주의해 주십시오.

□ 일상 점검, 정기 점검을 반드시 지켜주십시오. 크레인의 사고 방지와 효과적인 사용을 위하여 꼭 필요합니다.

□ 주행시에는 반드시 후크를 고정시켜 주십시오. 후크를 고정하지 않고 주행 중 발생한 사고에 대하여는 당사가 책임지지 않습니다.

□ 차량 전방에서의 크레인 작업은 금하여 주십시오.

□ 사후 품질 보장에 만전을 기하고 있으므로, 충분히 활용하여 주십시오. 혹시 어느 부분에 이상이 있다든지 부실한 점이 발견될 경우 폐사 A/S망을 통하여 연락 주시면 최선을 다하여 조치하겠습니다.

□ 본 설명서 내용과 상이한 사용 방법, 수리 등으로 인한 고장과 순정 부품을 사용하지 아니함으로 인하여 발생된 고장에 대해서는 폐사가 보증하지 아니하오니 유의하시기 바랍니다.

□ 본 취급설명서에 나타난 사양은 제품의 개선에 따라 예고 없이 변경될 수 있습니다.
□ 본 취급설명서는 당사의 허가 없이 무단 복제할 수 없습니다.
□ 크레인 용도 이외의 작업을 하지 마십시오. 특히, 버켓을 장착하고 작업하지 마십시오.
□ 본 장비는 전복될 수 있으므로 사용상 주의하시기 바랍니다.

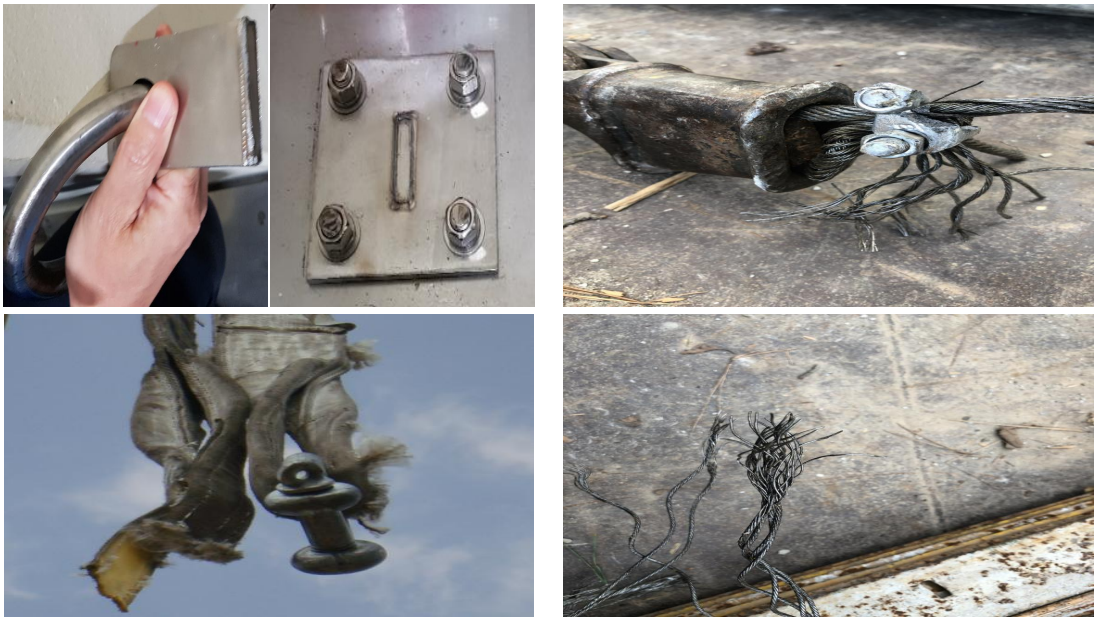
3.2.2. 기술적인 측면의 문제점

3.2.2.1. 줄걸이 작업의 문제(줄걸이 용구 등의 파단에 의해 발생)

줄걸이작업에 의한 산업재해는 매년 꾸준하게 발생하고 있는데, 줄걸이작업은 훅, 클램프, 샤클 등과 같은 달기기구와 와이어로프, 슬링벨트 등과 같은 줄걸이를 사용하여 이동식크레인의 훅에 걸고 중량물을 들어올린 후 원하는 위치에 운반한 다음 마지막으로 훅에서 줄걸이를 제거하는 것을 말한다.

따라서, 줄걸이작업에서 발생하는 재해형태는 줄걸이 용구들과 작업하는 방법에 따라 다양하게 발생할 수 있으며 이를 정리하면 다음과 같다.

건설현장 또는 사업장에서 자체적으로 와이어로프, 슬링벨트를 고정하기 위한 러그(lug) 등을 만들어 설치한 경우로 용접불량, 강도부족 등에 의해 중량물의 하중을 지지하지 못하고 러그 등이 파단되어 중량물이 떨어지면서 발생하는 경우를 말한다.
슬링벨트와 같은 줄걸이 용구는 중량물의 형태나 중량에 따라서 이에 맞는 제품을 선정해야 하나, 날카로운 모서리 등에 섬유로프를 사용 또는 노후된 와이어로프 또는 슬링벨트를 사용하는 경우 파단되게 된다.



[그림 3-15] 줄걸이 용구 등의 파단에 의해 발생하는 재해 사례

3.2.2.2. 줄걸이 작업의 문제(줄걸이 용구 등의 이탈에 의해 발생)

훅, 클램프, 샤클 같은 달기기구의 변형이 심하거나 클램프의 치면(기어)이 마모된 상태에서 중량물을 견고하게 고정하지 못할 경우에는 중량물로부터 이탈되거나 줄걸이가 반력에 의해 튕기면서 중량물이 낙하하는 재해가 발생하게 된다.

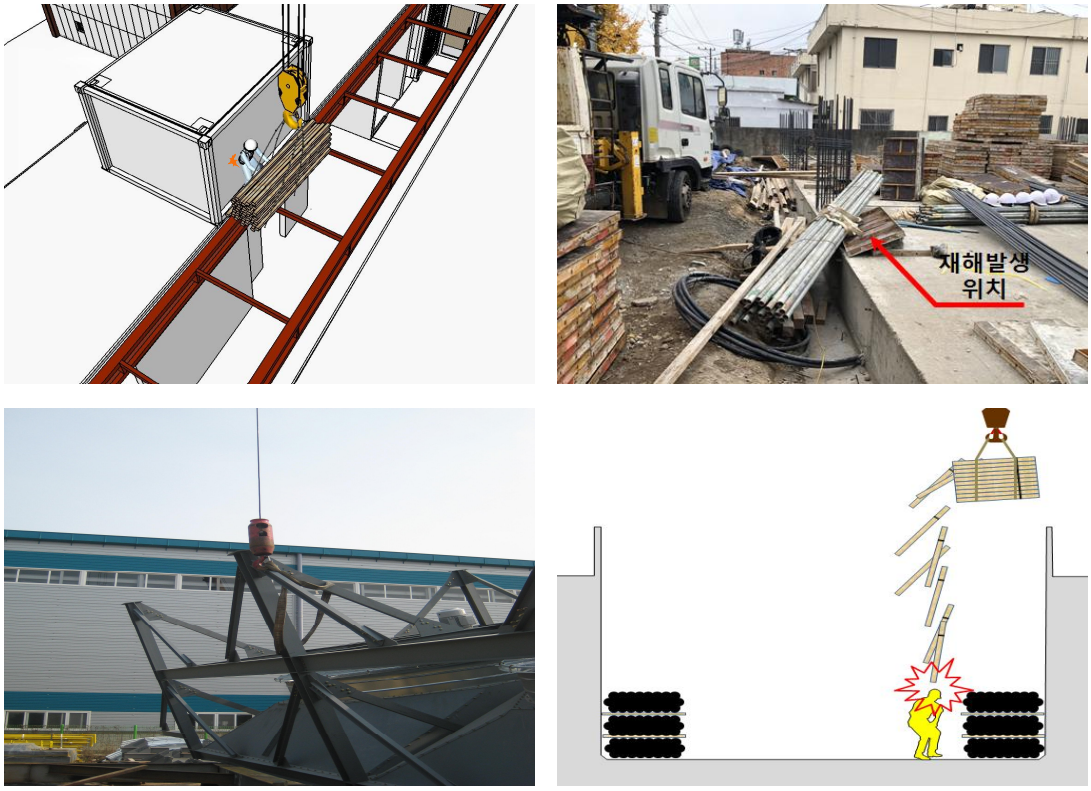
또한, 이동식크레인의 훅 해지장치가 부착되어 있지 않거나, 사용하는 경우라도 정확하게 체결되지 않을 경우 줄걸이가 훅으로부터 이탈하여 고정된 중량물이 떨어지는 재해가 발생하게 된다.

[그림 3-16] 줄걸이 용구 등의 이탈에 의해 발생하는 재해 사례

3.2.2.3. 줄걸이 작업의 문제(중량물이 떨어지거나 중량물에 의해 부딪힘)

대부분 철근, 철골, 전주 및 강관파이프 등과 같이 길이가 긴 형상의 중량물을 줄걸이 할 경우 무게중심이 맞지 않거나 중량물이 줄걸이로부터 이탈하면서 주변 작업자와 맞거나 부딪히면서 발생하는 재해이다.

작업자가 중량물과 부딪히거나 끼이는 재해는 이동식크레인 운전자, 신호수 및 주변 작업자와의 신호가 일치하지 않거나 신호수 없이 혼자 작업하는 경우 주로 발생한다.



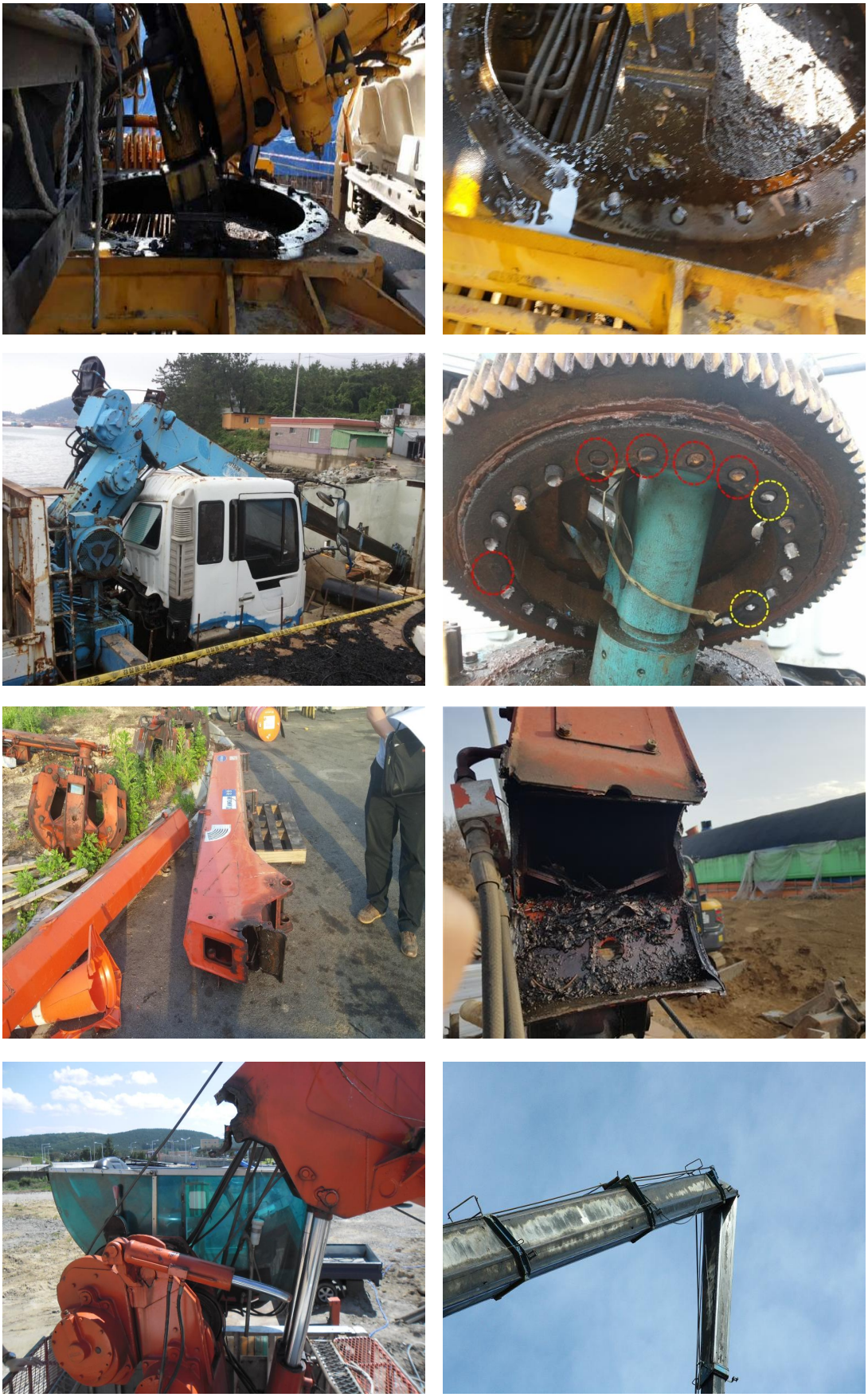
[그림 3-17] 중량물이 떨어지거나 중량물에 의해 부딪히는 재해 사례

3.2.2.4. 이동식크레인 주요 구조부 결함 또는 노후화

이동식크레인 붐대, 턴테이블 등 주요 구조부의 제작 결함 또는 장기간 사용에 따른 노후화로 기인하여 발생하는 재해이다.

이동식크레인의 구조적인 손상에 의한 재해는 장기간 사용에 의해 피로가 누적되어 진행되는 경우가 대부분이므로 이를 예방하기 위해서는 사용전 안전점검 및 안전검사가 매우 중요한다. 하지만, 안전점검 및 안전검사가 용이한 구조로 설계되어 있지 않거나 구조적인 문제가 많아 재료의 피로에 따른 손상을 발견하기 어려운 상태이다.

실제로 턴테이블 고정볼트, 붐 연결부의 이상 유무를 확인하기 곤란하여 재해가 발생한 경우가 많으며, 적재된 하물의 하중을 받는 일부 부품에 대한 강도가 부족하여 붕괴 또는 파단 사고가 발생하고 있다.



[그림 3-18] 주요 구조부 결함 또는 노후화

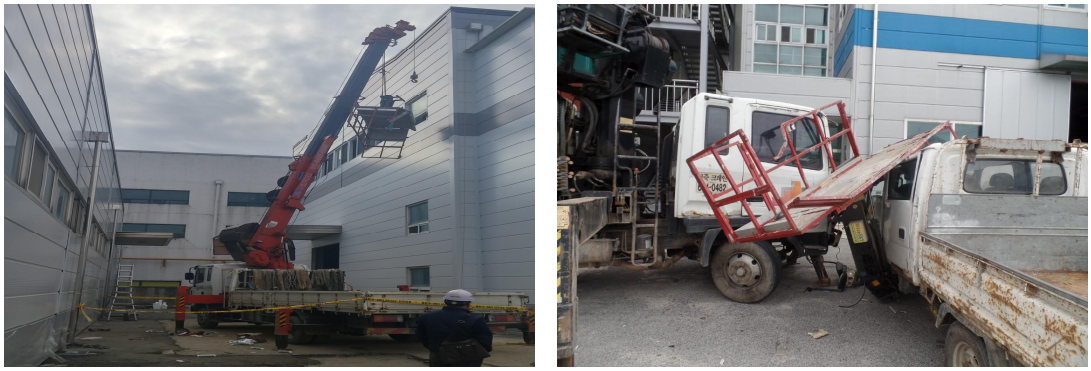
3.2.2.5. 지반 침하 또는 아웃트리거 설치상태 불량

이동식크레인 설치장소의 지반이 약하거나 충분하게 다짐을 실시하지 아니하여 과도한 하중으로 넘어지면서 주저앉는 경우에 발생하는 재해이다. 또한, 안정기(아웃트리거) 설치상태가 불량하거나 사용조건에 충분한 구조로 아웃트리거를 설치하지 아니한 경우 발생하는 재해이다.

[그림 3-19] 지반 침하 및 아웃트리거 설치상태 불량

3.2.2.6. 불법 탑승설비의 구조적 결함

작업현장에서 고소작업대를 사용하여 안전하게 작업해야 함에도 불구하고 비용적·절차적 편의 등을 고려하여 불량한 작업대 등을 제작·부착하여 사용하는 과정에서 안전난간을 미설치하거나 강도가 부족하여 하중을 견디지 못하고 파손되는 경우, 무게중심이 맞지 않아 줄걸이로부터 이탈하면서 탑승한 작업자가 추락하는 등의 재해이다.

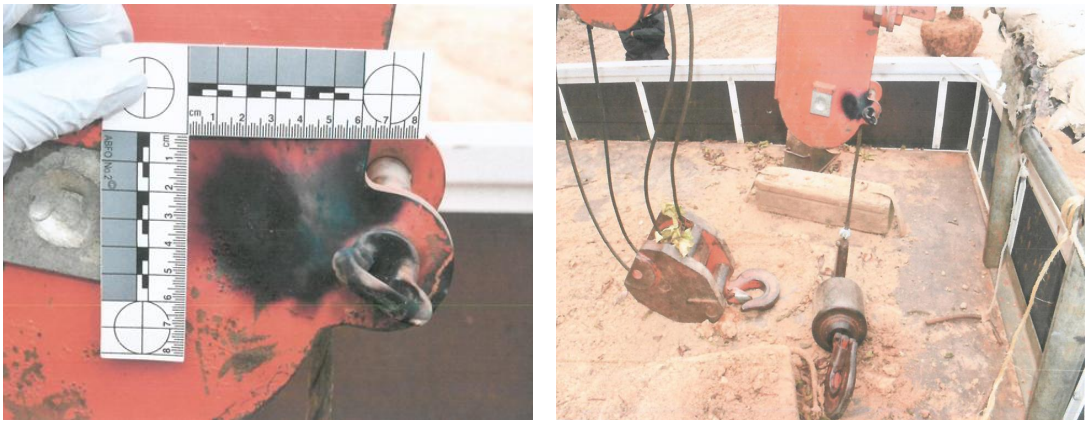


[그림 3-20] 불법 탑승설비의 구조적 결함

3.2.2.7. 감전재해 예방조치 미흡

특별고압 또는 고압의 충전전로 인근에서 이동식크레인 작업 중 구조물, 줄걸이 용구의 접촉으로 인하여 작업자 또는 운전자가 감전하는 경우이다.

이 경우에는 재해예방을 위해 작업공간을 확보하고 위험영역에 접근하지 않도록 충분한 이격거리를 설정한 다음 작업하여야 하나, 안전조치가 미흡한 상태에서 작업 중 사고가 발생하는 경우이다.



[그림 3-21] 감전재해 예방조치 미흡

3.2.3. 교육적인 측면의 문제점

3.2.3.1. 관계근로자에 대한 안전교육 미흡

재해통계상 업종별 분류에서 건설업, 채용별 분류에서 일용직 근로자에게 재해가 다발하는 것으로 보아 해당 근로자를 중심으로 실시하고 있는 안전교육이 형식적으로 운영되고 있는 것은 아닌지 살펴보아야 하며, 특히 건설업 기초안전보건교육 과정 중 이동식크레인 등 양중작업에 관련한 안전작업에 관한 교육시간 및 교육내용이 강화되어야 할 것으로 생각된다.

3.2.3.2. 줄걸이작업에 대한 전문교육 미흡

이동식크레인과 관련한 많은 재해가 줄걸이작업과 연관된 점을 고려하면, 줄걸이작업에 대한 특화된 전문교육을 확대하고, 산업현장의 전문가를 지속적으로 육성하여 안전한 작업이 이루어질 수 있도록 지원할 필요가 있다.

3.3. 설문조사 및 시사점 도출

3.3.1. 설문조사의 목적

연구자가 분석·도출한 이동식크레인의 산업재해 발생원인과 문제점 그리고 안전성 향상방안에 대한 방향성을 검증하기 위해서는 이와 관련된 관계자들의 의견과 부합되는지 확인할 필요가 있으므로, 이를 위해 이동식크레인 관련 업무 종사자, 사업장 안전관리자, 안전인증 및 검사원 등 전문가 집단의 의견을 종합적으로 수렴하였다.

3.3.2. 설문 문항의 구성

설문지의 문항은 연구자의 통계분석을 통해 도출한 재해발생의 주요 문제점 및 안전성 향상방안 등으로 작성하였으며, 이동식크레인 관계자 및 전문가들의 의견을 수렴하기 위해 선택지문으로 완성하였다. 전체적인 설문의 구조와 내용은 다음과 같다.

1) 인적사항은 성별과 연령대 외에 소속기관과 수행직무에 관한 분류를 포함하였다. 또한, 이동식크레인 관련 안전수준에 대한 여부를 파악하여 문제점과 안전성 향상방안에 대한 견해를 질문할 때 참고할 수 있도록 구성하였다.

2) 이동식크레인의 안전성에 관한 현재의 문제점에 대해 관리적, 기술적, 교육적인 측면에서의 주요 문제점을 물어본 다음, 어떻게 하면 안전성을 향상시킬 수 있는지 관리적, 기술적, 교육적 향상방안에 대해서도 연구자 의견과 부합되는지 선택지로 포함시켜 보았다.

<표 3-16> 설문지의 구성

구분	문항	질문내용(보기)	응답여부
인적사항	구분	귀하의 성별은 무엇입니까?	단수응답
연령	구분	귀하의 연령대는?	단수응답
근무기간	구분	귀하가 이동식크레인과 관련한 업무(운전·사용·운영 등)에 종사한 총 기간은?	단수응답
안전관련 이해정도	구분	이동식크레인에 관하여 위험요소, 안전수칙 등은 어느 정도 알고 계십니까?	단수응답
자격증 취득 교육이수여부	구분	귀하는 이동식크레인의 안전한 사용을 위해 안전관련 자격증을 취득하였거나, 이동식크레인과 관련된 전문교육을 이수한 적이 있습니까?	단수응답
소속기관 소속업무	구분	귀하가 소속되어 있는 업무분야는 무엇입니까?	단수응답
제도적 문제점	구분	이동식크레인에 의한 산업재해 발생에서 **제도적인 측면의 가장 큰 문제점**이라고 생각하는 것은 무엇입니까?	복수응답
기술적 문제점	구분	이동식크레인에 의한 산업재해 발생에서 **기술적인 측면의 가장 큰 문제점**이라고 생각하는 것은 무엇입니까?	복수응답
교육적 문제점	구분	이동식크레인에 의한 산업재해 발생에서 **교육적인 측면의 가장 큰 문제점**이라고 생각하는 것은 무엇입니까?	복수응답
제도적 안전성 향상방안	구분	이동식크레인에 의한 재해예방을 위해 추진하여야 할 **제도적인 안전성 향상 방안**은 무엇이라고 생각하십니까?	복수응답
기술적 안전성 향상방안	구분	이동식크레인에 의한 재해예방을 위해 추진하여야 할 **기술적인 안전성 향상 방안**은 무엇이라고 생각하십니까?	복수응답
교육적 안전성 향상방안	구분	이동식크레인에 의한 재해예방을 위해 추진하여야 할 **교육적인 안전성 향상 방안**은 무엇이라고 생각하십니까?	복수응답

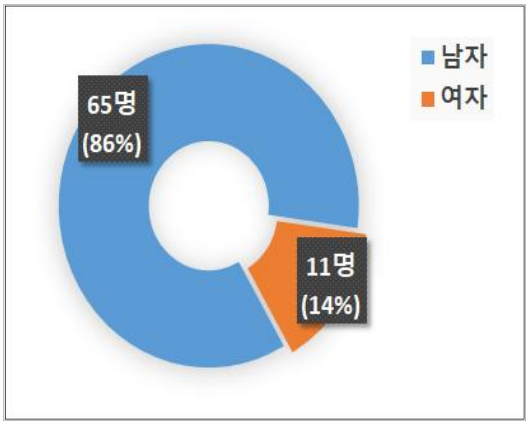
3.3.3. 설문 방법

설문조사는 코로나 상황을 감안하여 온라인 비대면으로 진행하였으며 첨부와 같이 설문지를 작성하여 이메일 또는 스마트폰으로 송부한 후 답변한 내용을 정리하였다. 설문은 이동식크레인 안전인증·안전검사 업무담당자, 안전관리자 등 관련전문가, 사용자·소유자단체 종사자 등 총 76명을 대상으로 임의 모집하였다. 설문조사는 3월 15일부터 3월 30일까지 약 15일간 진행하였고, 설문결과는 엑셀 프로그램 등을 이용하여 분석하였다.

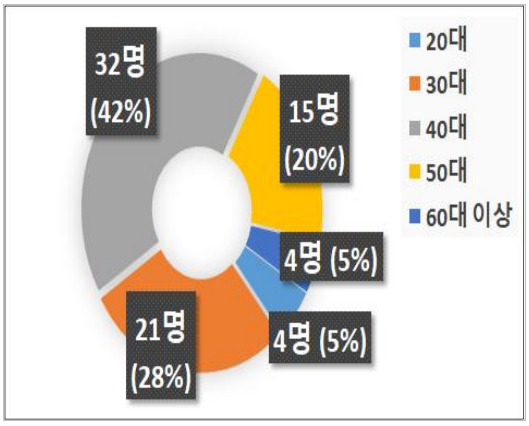
3.3.4. 설문 결과

1) 참가자 인적사항 특성

설문 참가자는 남자 65명(86%), 여자 11명(14%)로 구성되었다. 연령대는 40대 32명(42%), 30대 21명(28%), 50대 15명(20%), 20대 및 60대 이상 각각 4명(5%) 순으로 높았다.



[설문 참가자의 성별]

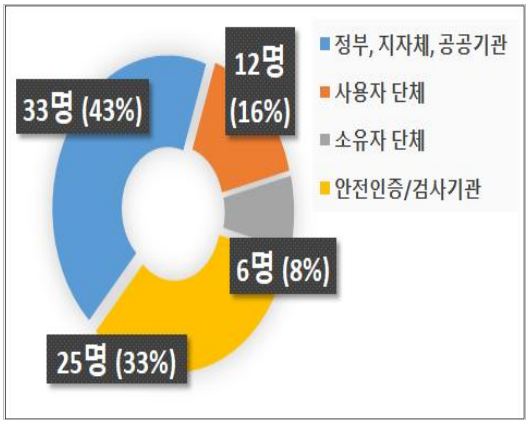


[설문 참가자의 연령대]

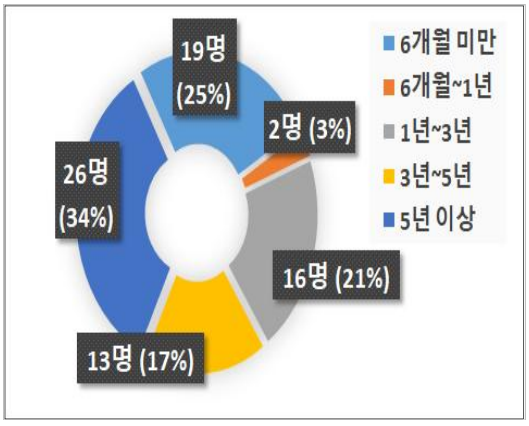
[그림 3-22] 설문 참가자의 성별과 연령대

2) 참가자의 직무와 경력

설문 참가자 중 정부, 지방자치단체, 공공기관 담당자가 33명(43%)으로 참여 비율이 가장 높았고, 이동식크레인 안전인증 및 안전검사기관 전문가 25명(33%), 사용자단체 관련 담당자 12명(16%) 순으로 나타났다. 이동식크레인 소유자단체 관련 담당자의 참여는 6명(8%)으로 상대적으로 낮았다. 설문 참여자의 관련 직무경력은 5년 이상 26명(34%), 6개월 미만 19명(25%), 1년~3년 16명(21%), 3년~5년 13명(17%) 순으로 나타났다. 안전인증 및 안전검사기관 전문가들의 직무경력이 가장 높았고, 사용자단체 관련 담당자 및 정부, 지방자치단체, 공공기관 담당자들의 직무경력이 비교적 낮은 편으로 조사되었다.



[설문 참가자의 직무분야]

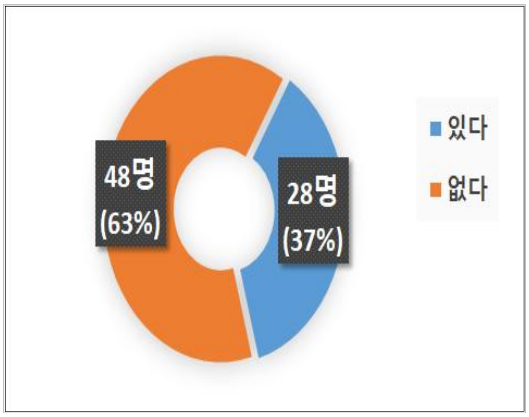


[설문 참가자의 직무경력]

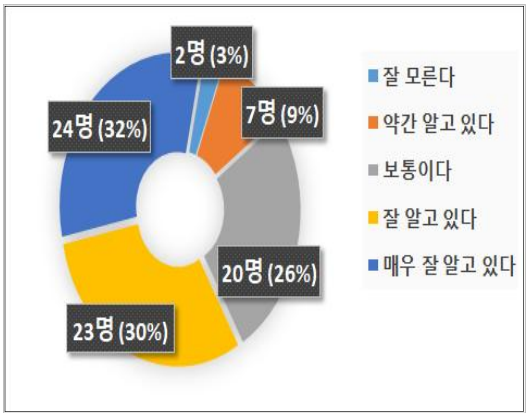
[그림 3-23] 설문 참가자의 직무와 경력

3) 관련분야 자격 보유(교육 이수) 및 소속기관 구분

설문 참가자 중 이동식크레인 관련 전문교육 이수 또는 안전관련 자격증을 취득한 관계자는 28명(37%)로 비교적 낮게 나타났다. 대신 설문 참가자의 이동식크레인의 안전인식 수준에서는 매우 잘 알고 있다 24명(32%), 잘 알고 있다 23명(30%), 보통이다 20명(26%) 순으로 비교적 높게 나타났다. 이는 보편적인 안전교육 이수 및 산업현장의 경험·지식 습득에 대한 개인적인 안전성 판단이 관대하고 과대평가될 수 있음을 예상해 볼 수 있다.



[설문 참가자의 자격 보유(교육 이수)]



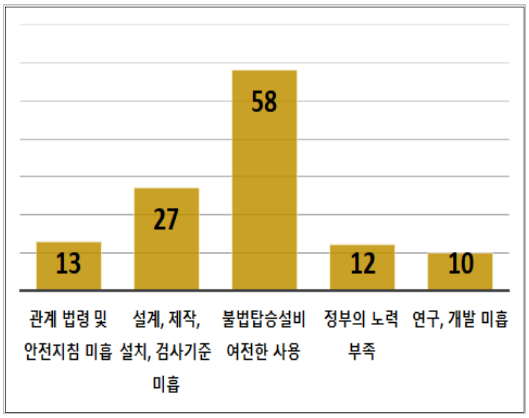
[설문 참가자의 안전인식 수준]

[그림 3-24] 설문 참가자의 자격 보유(교육 이수) 및 안전인식 수준

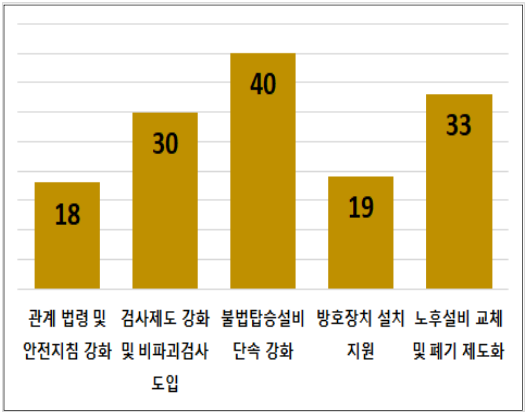
4) 이동식크레인 관련 제도적인 측면의 문제점 및 안전성 향상방안

설문 참가자 중 제도적인 측면에서의 문제점에 대해서는 140건을 응답(중복응답)하였는데 불법탑승설비의 여전한 사용 58건(41%), 이동식크레인 설계, 제작, 설치,

검사기준 미흡 27건(19%) 순으로 나타났다. 다음으로 제도적인 안전성 향상방안에 대해서는 140건을 응답(중복응답)하였는데 불법탑승설비 단속 강화 40건(%), 노후설비 교체 및 폐기 제도화 33건(24%), 검사제도 및 비파괴검사 강화 30명(21%) 순으로 개선할 필요가 있다고 응답하였다.



[제도적인 측면의 문제점]

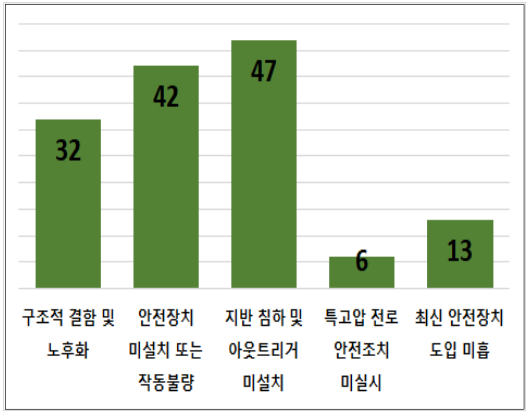


[제도적인 측면의 안전성 향상방안]

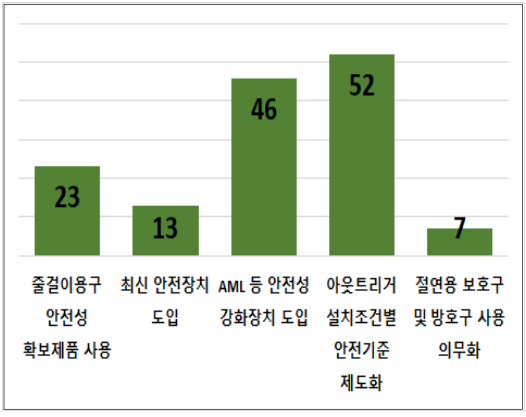
[그림 3-25] 이동식크레인 관련 제도적인 측면의 문제점 및 안전성 향상방안

5) 이동식크레인 관련 기술적인 측면의 문제점 및 안전성 향상방안

설문 참가자 중 기술적인 측면에서의 문제점에 대해서는 140건을 응답(중복응답)하였는데 지반 침하 및 아웃트리거 미설치 47건(34%), 안전장치 미설치 또는 작동불량 42건(30%), 구조적 결함 및 노후화 32건(23%) 순으로 나타났다. 다음으로 기술적인 안전성 향상방안에 대해서는 141건을 응답(중복응답)하였는데 아웃트리거 설치조건별 안전기준 제도화 52건(37%), AML 등 안전성이 강화된 방호장치 도입 46건(33%) 순으로 응답하였다.



[기술적인 측면의 문제점]

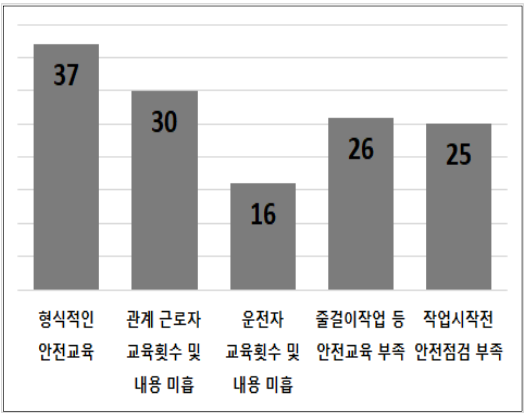


[기술적인 측면의 안전성 향상방안]

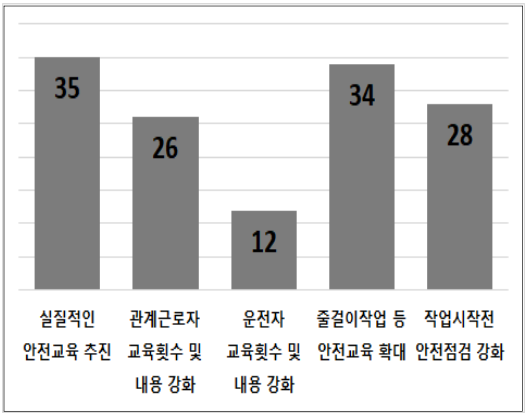
[그림 3-26] 이동식크레인 관련 기술적인 측면의 문제점 및 안전성 향상방안

6) 이동식크레인 관련 교육적인 측면의 문제점 및 안전성 향상방안

설문 참가자 중 교육적인 측면에서의 문제점에 대해서는 134건을 응답(중복응답)하였는데 형식적인 안전교육 37건(28%), 관계근로자(사용자) 교육횟수 및 내용 미흡 30건(22%), 줄걸이작업 등 전문 안전교육 부족 26(19%) 순으로 나타났다. 다음으로 교육적인 안전성 향상방안에 대해서는 135건을 응답(중복응답)하였는데 실질적인 안전교육 추진 35건(26%), 줄걸이작업 등 안전교육 확대 34건(25%), 작업시작전 안전점검 강화 28명(21%) 순으로 응답하였다.



[교육적인 측면의 문제점]



[교육적인 측면의 안전성 향상방안]

[그림 3-27] 이동식크레인 관련 교육적인 측면의 문제점 및 안전성 향상방안

3.3.5. 설문 결과의 시사점

이동식크레인 재해사례를 중심으로 분석한 문제점과 관계자들의 설문조사 내용을 종합한 결과 제도적, 기술적, 교육적 측면에서 이동식크레인의 안전성을 향상하기 위한 시사점은 다음과 같다.

제도적인 측면에서는, 이동식크레인 불법 탑승설비의 관행적 사용 근절을 위한 노력과 함께 노후설비에 대한 검사기준 및 비파괴검사 제도를 강화할 필요성이 있다고 조사되었다.

기술적인 측면에서는, 이동식크레인 사용중 지반 침하 및 아웃트리거 미설치에 대한 안전대책 강화와 함께 안전장치 미설치 또는 작동불량에 대한 문제점 해결이 필요하다고 조사되었다.

교육적인 측면에서는, 이동식크레인 관련 근로자들에 대한 형식적인 교육추진과 과정운영이 미흡하며, 줄걸이작업 등 전문안전교육 부족 그리고 작업시작전 안전점검이 강화되어야 한다는 의견이 수렴되었다.

Ⅳ. 이동식크레인 안전성 향상방안

이동식크레인 관련사고의 특징은 그 유형이 떨어짐, 끼임, 전도, 노후설비의 기계적 결함, 줄걸이작업, 불법탑승설비 관행적 사용, 조작·작업 부주의 등으로 매우 다양하여 모든 재해형태별로 재해발생 원인파악 및 대책수립이 쉽지 않다.

사실 위험요소를 제거하는 것이 근원적인 안전대책이기에 이동식크레인을 사용하지 않고 다른 안전한 설비로 대체·적용하는 것이 가장 이상적인 방법이지만, 이는 현실적으로 합당하지 않으므로 현재로서는 이동식크레인을 사용하면서 효과적인 안전대책을 적용할 수 있는 방안을 찾아보아야 할 것이다.

따라서, 이 연구에서는 이동식크레인의 안전성 향상방안을 수립하기 위해 대표적인 재해원인과 문제점을 바탕으로 다음과 같이 기술적, 제도적, 교육적 안전성 향상방안을 제시하고자 한다.

첫째, 제도적인 측면에서의 안전성 향상방안이다.

이동식크레인 연장구조물 등의 사용상 안전성 확보를 위해 비파괴검사 제도화 및 안전장치 설치·사용에 대한 안전인증 및 안전검사 기준을 강화하고,

이동식크레인의 불법탑승설비 설치·사용 근절을 위해 정부의 근로감독 및 불법사용 규제를 지속적으로 추진하여야 한다.

둘째, 기술적인 측면에서의 안전성 향상방안이다.

이동식크레인의 아웃트리거(안정기) 설치조건별 안정도에 대한 기준을 마련하여 산업현장에서 쉽게 적용할 수 있도록 전파하고,

노후설비에 대한 안전성이 확보될 수 있도록 안전성이 향상된 방호장치 및 스마트 안전장치 적용을 의무화하여야 한다.

셋째, 교육적인 부분에서의 안전성 향상방안이다.

이동식크레인 관련업무 근로자에 대한 안전보건교육, 특히 건설업 기초안전보건교육 중 줄걸이작업에 관한 내용을 강화하여 현장 근로자의 안전의식을 고취하고,

전문적인 줄걸이작업 교육이수 및 자격취득을 통해 전문가를 양성하는 한편, 작업시작전 안전점검 및 TBM 활동을 강화하여 안전문화를 정착할 필요가 있다.

4.1. 제도적인 측면의 안전성 향상방안

4.1.1. 이동식크레인 불법탑승설비 근절을 위한 정책 추진

이동식크레인 불법 탑승설비의 관행적 사용이 가장 큰 문제점으로 파악되고 있으므로 정부에서는 이에 대한 근로감독 및 규제 등을 추진하여 엄정한 법 집행을 통한 산업현장에서의 안전무시 관행을 지속적으로 근절해야 한다.

또한, 현행 법령상 산업안전보건법과 자동차관리법에서 이원화하여 안전인증·안전검사하고 있는 차량탑재형 이동식크레인의 불법 개조 및 탑승설비 부착에 대한 정부부처간 관계 법령 개정 및 상시적인 단속을 통해 제도적인 사각지대를 해소하여 근원적인 안전성을 도모할 필요가 있다.

다만, 이동식크레인의 탑승설비에 대한 제한적인 허용이 필요하다면 제도적인 안전방안을 고려해야 한다. 비탈면 경사지의 낙석을 방지하기 위한 천공작업의 경우 기계·설비와 작업자가 함께 고소작업을 수행한다. 보통 천공장비의 경우 자중이 커서 고소작업대로 인양하는 것은 거의 불가능한 상황이라 대부분 이동식크레인으로 천공장비와 근로자를 함께 탑승한 다음 작업을 수행하고 있는 실정이다.

위와 같은 작업조건에 대해 강화한 안전조치 및 허가된 작업자만 투입된다면 일반적인 이동식크레인 불법탑승설비에서 추락하는 재해와 다르게 위험을 최소화할 수 있는 방법으로 검토될 수 있다고 생각된다. 일본이 경우에도 원칙적으로 이동식크레인에 의한 근로자의 탑승을 금지하고 있으나, 예외적인 상황에서는 허용하고 있다는 부분도 참고할 수 있겠다.

<표 4-1> 일본 관계법령 : 크레인 안전규칙

크레인 등 안전규칙
제72조(탑승의 제한) 사업자는 이동식크레인에 의해 근로자를 운반하거나 근로자를 권상하는 작업을 해서는 아니된다. 제73조(탑승의 제한 등) ① 사업자는 앞 조의 규정에 불구하고 작업의 성질상 부득이한 경우 또는 안전한 작업수행 상 필요한 경우에는 이동식크레인에 승강 전용 탑승설비를 마련하고 해당 탑승설비로 근로자를 태울 수 있다. ② 사업자는 앞 항의 탑승시설의 추락에 의한 근로자의 위험을 방지하기 위해 다음 사항을 행하여야 한다. 1. 탑승설비의 전도 및 탈락을 방지하는 조치를 강구할 것 2. 근로자에게 안전대 등을 사용하도록 할 것 3. 탑승설비와 탑승자들의 총중량의 1.3배에 해당하는 무게에 500kg을 더한 값이 해당 이동식크레인의 정격하중을 초과하지 않을 것 4. 탑승설비를 하강시킬 때에는 동력하강방법에 의한 것

4.1.2. 이동식크레인 비파괴검사 의무화 등 안전검사 강화

이동식크레인의 연장구조물(붐), 아웃트리거 등의 근본적인 안전성을 확보하기 위해 주요구조부 비파괴검사를 제도화하여 실시할 필요가 있다.

현행 건설기계관리법 상 타워크레인의 경우에는 다음과 같이 안전검사를 받아야 한다.

- 제조일부터 10년 이상 경과된 타워크레인을 안전검사 받으려는 경우 : 안전검사를 신청한 날부터 역산하여 2년이 되는 날 이후에 비파괴 검사업자로 등록한 검사대행자가 연장구조물 등의 구조분에 대해 수행한 비파괴검사 결과를 기재한 서류를 제출하여야 한다.

<표 4-2> 크레인 제작기준, 안전기준

구 분	내 용
강재의 용접부 등	용접부는 다음 각 목과 같이 한다. 가. 용접은 용해가 충분하고 언더컷, 오버랩 등으로 용접결함이 없을 것 나. 주요구조부는 용접이 끝난 후 비파괴시험방법으로 검사하고 용접결함이 없을 것

건설기계관리법의 타워크레인과 같이 양중작업에 사용하는 이동식크레인의 특성상 타 법령에서 적용하는 안전기준에 준하여 신규등록일 또는 주요구조부 변경일로부터 10년 이상 경과한 경우 해당 주기도래에 따른 안전검사 수행시 비파괴검사를 실시하거나, 전문기관에 비파괴검사를 의뢰한 후 그 결과를 제출하는 등 주요구조부의 노후화에 의한 안전성을 검증할 수 있도록 제도를 강화할 필요가 있다.

4.2. 기술적인 부분의 안전성 향상방안

4.2.1. 아웃트리거 설치조건별 안정도 검토 및 표준기준 보급

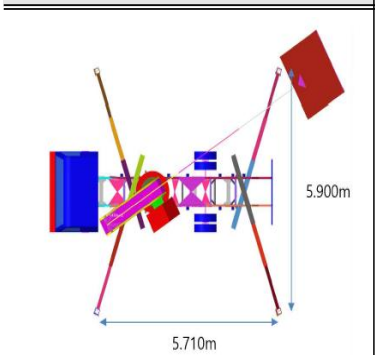
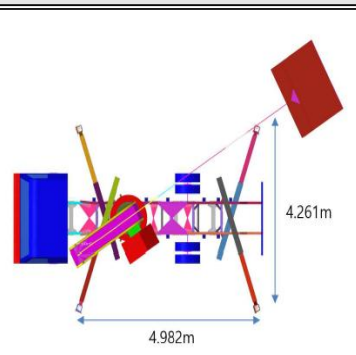
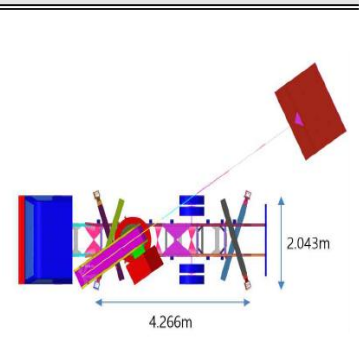
이동식크레인 작업시 하중이 가해지는 바닥 또는 아웃트리거 지지점에서의 급격한 지반침하 또는 견고하게 고정하지 않은 상태에서 차체가 전도되는 현상이 많이 발생하였으며, 주요 대안으로는 이동식크레인의 전도를 방지할 수 있는 아웃트리거 설치·사용을 적극적으로 유도할 필요가 있다.

특히, 산업현장에서는 차량탑재형 이동식크레인의 관행적 사용으로 아웃트리거를 미설치하거나 형식적으로 설치하는 등 위험성에 대한 인식이 부족하므로, 이에 대한

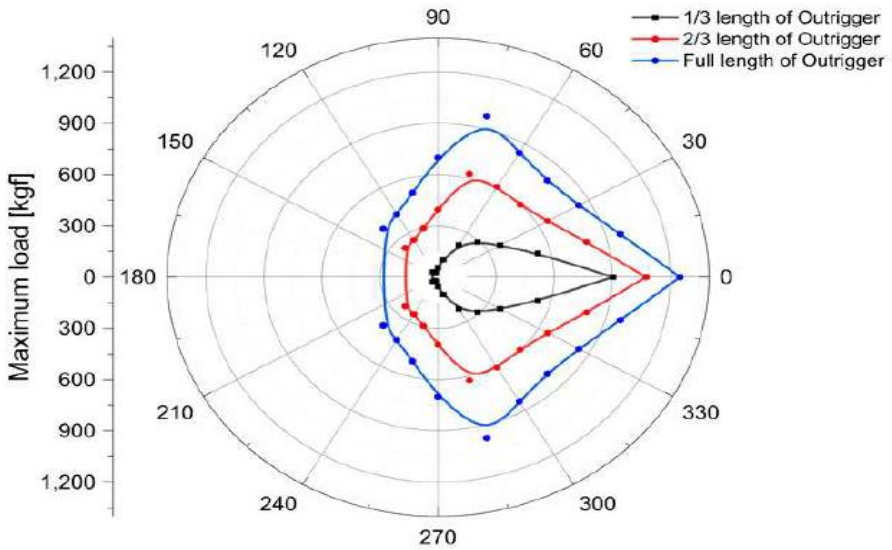
일반적인 사용조건의 이동식크레인 아웃트리거 설치길이별, 작업반경별 안전성을 모델링하여 아웃트리거 설치길이에 대한 표준기준을 사용자단체, 정부·지방자치단체·공공기관 등에게 안내하고 사용을 유도한다면 이로 인한 재해를 예방할 수 있을 것이다.

다음 예시[30]는 이동식크레인 아웃트리거의 설치길이(최대전개위치) 조건에 따른 최대 정격하중 및 사용조건을 모델링한 자료이며, 아웃트리거 설치조건별로 편리하고 이해하기 쉽게 표현되어 산업현장에 보급하여 적용할 경우 그 효과가 기대된다. 다만, 구체적으로 적용할 수 있는 표준기준은 추가적인 연구가 필요하다.

[검토 조건] 이동식크레인 메인 붐(Boom)의 각도는 75°로 고정하였으며, 아웃트리거 길이에 따른 회전각도 변화별 정격하중 감소율 비교하였으며, 차량의 모델은 특정 회사제품의 대표 모델로 우선 선정하였고, 다음과 같은 결과를 산출하였다.

조건 1	조건 2	조건 3
		

[그림 4-1] 아웃트리거 확장에 따른 수평 및 수직 길이



[그림 4-2] 아웃트리거 길이 변화에 따른 정격하중(kgf) 예시

4.2.2. AML(Auto Moment Limiter) 시스템 적용 의무화

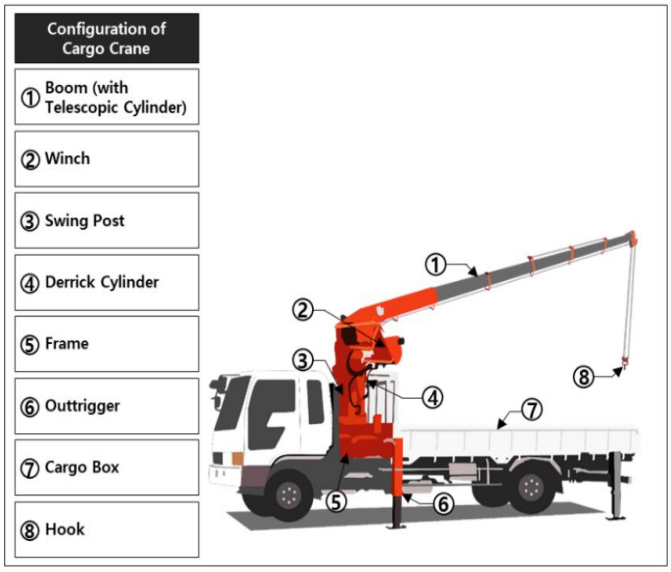
이동식크레인의 방호장치는 과부하방지장치, 비상정지장치, 권과방지장치 등이 설치되어 있으며, 특히 과부하방지장치는 과하중, 과권상 등의 위험을 감지하고 동작을 제어하여 산업재해를 예방하는 중요한 방호장치이다.

다만, 기존의 과부하방지장치는 과부하 자체에 대한 감지 및 제어를 수행할 뿐 복합적인 상황에서의 안전시스템으로서의 작동은 다소 미흡하다.

AML(Auto Moment Limiter) 시스템[31]은 이동식크레인의 전도를 방지하는 복합적인 안전장치로서, 붐 각도, 압력, 길이 등 각 센서의 값을 이용하여 현재 작업반경 및 제한 작업반경을 자동 계산하여 인양하려는 중량물의 인양하중이 정격하중을 초과할 경우 자동으로 중량물 인양 동작을 정지하여 안전한 작업반경에서만 작업할 수 있도록 이동식크레인을 제어하는 것이다.

현행 법규상 기존에 사용중인 이동식크레인에 대해서는 일반적인 과부하방지장치만 설치하도록 규정한 채 AML 설치를 강제하고 있지 않으므로, 이동식크레인의 재해 예방을 위해 AML 설치를 의무화할 수 있도록 강화할 필요가 있다.

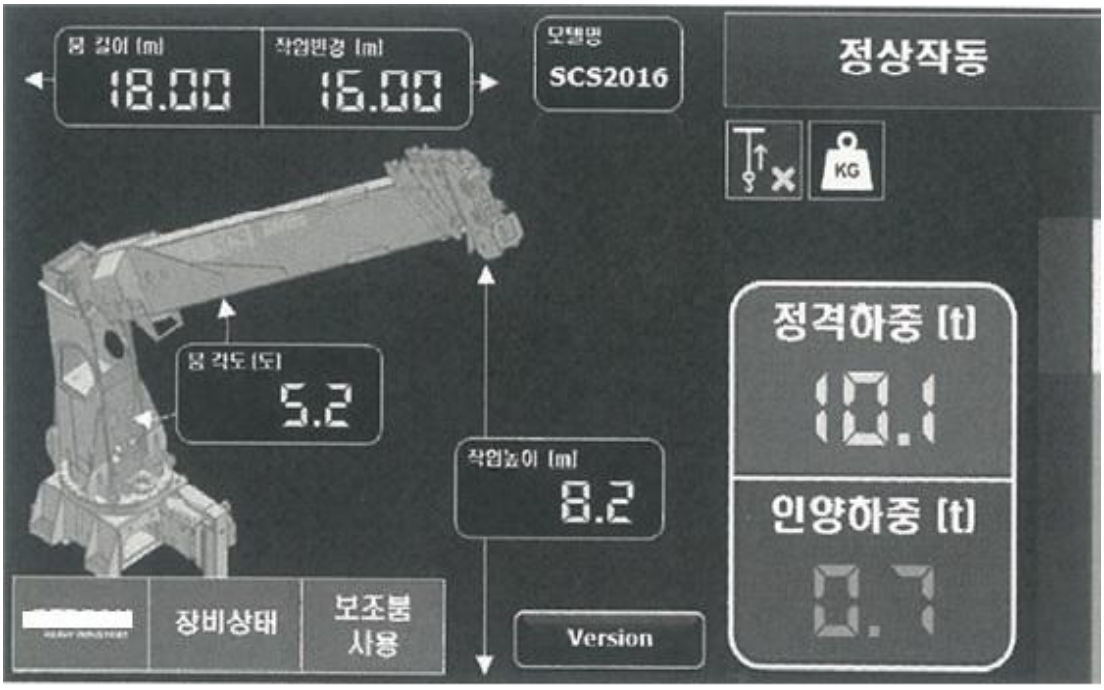
미국에서는 건설현장을 대상으로 이동식크레인의 안전장치에 대하여 가이드라인(OSHA 3433-10R : OSHA Guide – Cranes and Derricks in Construction)을 제시하고 있으며, 영국[32]에서도 안전보건 가이드라인(HSG 221 : Technical guideance on the safe use of lifting equipment offshore)에서 이동식크레인 등 안전장치에 대한 조항을 제시하고 있으며 특히 연장구조물을 가지는 크레인에 대해서는 붐 길이별 조건에 따라 자동적으로 정격하중에 대한 지시계를 설정해야 한다고 언급하고 있다.



AML System Configuration

Components	Pressure Sensor Type	Load Cell Type	eAML Type
Boom Angle Sensor	●	●	●
Wireless Overwinding Sensor	●	●	●
Pressure Sensor	● X2		●
Hydraulic Shut-off Value	●	●	●
Load Cell		●	
Boom Stroke Sensor	●	●	
HMI Monitor	●	●	●
Buzzer & Alam	●	●	●
Main Controller	●	●	●

[그림 4-3] 이동식크레인 AML 적용 예시



[그림 4-4] 이동식크레인 AML 지시 화면

4.2.3. 레이저스캐너 등 스마트 안전장치 적용 의무화

이동식크레인 작업공간 영역은 위험성이 상존하는 장소이며 이 장소에 주변 작업자가 위치한 경우 중량물에 의한 부딪힘, 맞음, 깔림 등의 재해가 발생하기 쉽다.

따라서, 중량물을 인양하게 되면 레이저스캐너 등의 스마트 안전장치*를 작동하여 위험공간 내에 사람의 움직임을 감시하거나, 이동식크레인 후진시 후면에 있는 물체 또는 사람을 감지하여 제어할 수 있는 선행적인 방호장치 적용이 요구된다. 보통 위험구역 모니터링과 후방 접근보호가 있는데, 위험구역 모니터링은 사람이 진입하는 즉시 이동식크레인이 안전한 제어상태로 유지되지만, 후방 접근 보호는 유지관리하는 상황에서 작업자가 여전히 위험구역 안에 있을 경우 이동식크레인을 자동으로 재기동되지 않도록 제어한다.

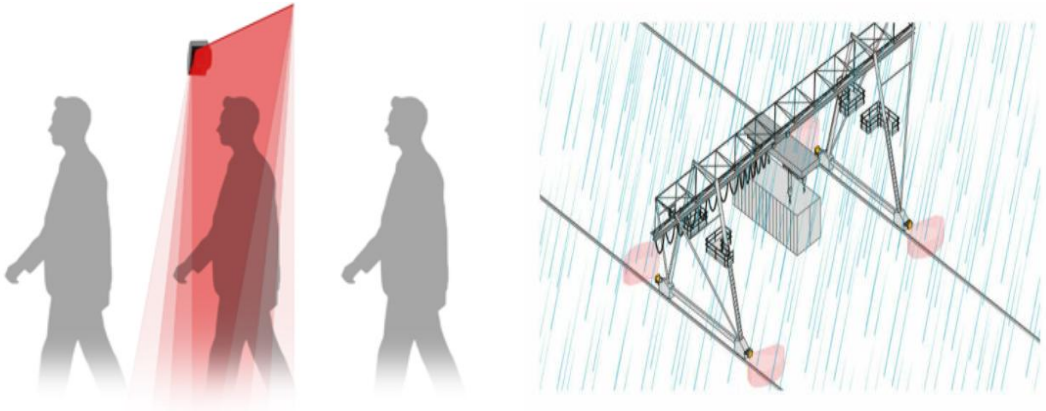
* 사물 인터넷(IoT) 및 지능형 영상시스템 등과 연동하여 이동식크레인 주변 작업자 접근 정밀 감지 및 작업자에 대한 위험 알림 기능을 직접 부여할 수 있는 안전장치

또한, 기존 후방카메라는 이동식크레인 후면에 1~2대 설치되어 운전자가 화면을 보고 직접 식별하거나 판단하는 방식으로 사각지대 발생 및 미인지 상황 우려가 있으나, 사람·사물감지 능동형 후방 카메라는 여러 대의 카메라가 크레인 후방에 다각도로 설치되어 사각지대를 해소하였고 사람과 사물을 식별하여 운전자 모니터의 화면에 작업자 접근경보*를 발령하여 운전자가 인지하도록 하는 장치이다.

* 작업자 접근하는 경우 위험상황 자동인식 및 모니터 적색점등, 경보음 작동

연동형 위험 알림장치*는 이동식크레인 내·외부 부착 및 작업자 안전모 부착형으로 설치하여 크레인 위험반경 내 작업자 접근 시 경보, 진동 등으로 주의신호를 발생하여 사고를 예방할 수 있겠다.

* 인터넷 기반으로 사물을 연결하여 상호 소통하는 방식(IoT)



[그림 4-5] 레이저스캐너 등 스마트 안전장치 응용 예시[33)]

4.3. 교육적인 측면의 안전성 향상방안

4.3.1. 줄걸이작업 전문가 양성 및 이수제도 추진

이동식크레인 관련업무 근로자에 대한 전문적인 줄걸이작업 교육이수 및 자격취득을 통해 전문가 배출을 확대하고, 특히 건설업 기초안전보건교육 중 줄걸이 등에 관한 내용을 포함하여 일용 근로자의 안전의식 고취도 병행할 필요가 있다.

주요 재해원인으로 분석된 내용에는 손상된 와이어로프·체인 또는 줄걸이 용구의 사용, 과하중 인양작업, 줄걸이 방법의 부적절, 작업자의 안전공간 미확보, 주변 근로자의 미통제 등이 있었다. 이러한 사고들은 결국 크레인 작업에서 중량물 및 줄걸이 용구를 취급하는 줄걸이 작업자의 역할이 중요함을 나타내고 있다.

현재 산업안전보건법 제29조(근로자에 대한 안전보건교육) 및 동법 시행규칙 제26조(교육시간 및 교육내용)에서는 이동식크레인으로 중량물을 취급하는 줄걸이 작업자는 특별한 자격사항을 요구하고 있지 않아 사업주가 실시하는 특별안전보건교육만 이수하면 작업이 가능하도록 규정하고 있다.

해당 내용에 의거하여 사업주의 강력한 실천의지에 의해 특별안전보건교육을 충실하게 실시하는 사업장도 있겠지만, 대다수의 사업장에서 교육내용을 형식적·포괄적으로 실시하는 경우가 많을 것으로 예상되며, 이동식크레인을 사용한 중량물 취급에 적합한

교육내용과 교육 전문가를 배치·운영하는 사업장은 그리 많지 않을 것으로 판단된다. 따라서, 줄걸이 작업에 대한 전문교육과정을 확대하여 수료한 작업자들을 중심으로 이동식크레인 줄걸이 작업을 수행할 수 있도록 교육이수 또는 자격제도를 운영할 필요가 있다.

안전보건공단[34]에서는 <표4-1>과 같이 전문화교육과정을 통해 줄걸이 작업안전 전문가 과정을 운영하고 있다. 다만, 교육에 의한 이수인원이 연간 100여명 수준으로 현장에서 필요한 인원에 비해 상당히 부족하므로 교육인원수의 확대와 함께 이수시 산업안전보건법에서 규정하고 있는 특별안전보건교육을 이수한 것으로 인정하는 등 부가적인 혜택을 통해 전문교육과정에 많이 이수할 수 있도록 유도할 필요가 있다.

<표 4-3> 줄걸이 작업안전 전문가 양성과정 운영 내용

□ **교육목적**

줄걸이 작업의 위험요인 파악, 줄걸이 용구 점검·관리방법 등에 대한 실무능력을 갖춘 전문인력 배출을 통해 줄걸이 관련 재해예방에 기여

□ **교육대상**

크레인(이동식크레인 등) 운전자, 줄걸이작업자, 안전관리자, 관리감독자 등

교육과목	주요내용
법령, 점검기준 및 줄걸이 용구별 특성	- 법령, 줄걸이용구의 점검근거 이해 - 위험요인별 방호조치 이해 - 줄걸이용구별 특성 및 점검요령 이해
줄걸이 용구 점검 및 줄걸이 방법 실습	- 점검항목별 평가기준 이해 - 점검기준에 따른 적합여부 결정 - 점검결과서 작성방법 훈련 - 점검결과 발표 및 토론 - 줄걸이방법별 위험성 및 대처방법 습득
재해사례분석 및 대책	- 사망사고 사례분석 및 원인별 대책제시 방법 훈련

□ **과정정보**

- 교육시간 : 2박 3일(18H)
- 교육인원 : 100명(20명/5회)
- 교육비용 : 102,000원
- 교육방법 : 집체교육
- 교수방법 : 강의, 실습, 팀프로젝트
- 기타사항(수료시 혜택) : 산업안전보건법 제30조에 의한 관리감독자 정기안전보건교육 면제

[한 국]

국내에서는 1톤 이상의 크레인 작업*을 하려면 산업안전보건법 시행규칙에 따라 특별안전보건교육을 받아야 한다.

※ 1톤 이상의 크레인을 사용하는 작업 또는 1톤 미만의 크레인 또는 호이스트를 5대 이상 보유한 사업장에서 해당 기계로 하는 작업

이외에 줄걸이 작업자 자격에 대한 별도 규정은 없는 실정이며 1톤 미만의 크레인 작업자는 아무런 교육을 받지 않아도 작업을 수행할 수 있는 제도상 허점이 있으므로 줄걸이 작업안전 교육을 강화할 필요가 있다.

[일 본]

일본은 노동안전위생법에 따라 제한하중 1톤 이상의 양화장치 또는 양중하중 1톤 이상의 크레인, 이동식크레인의 줄걸이 작업에 대한 취업을 제한하고 있어 줄걸이 작업에 대한 자격기준을 제시하고 있다.

<표 4-4> 일본 노동안전위생법 중 줄걸이 관련 법령

※ 노동안전위생법 제61조(취업의 제한)

□ **제61조(취업의 제한)**

사업자는 크레인 운전, 기타 업무에서 시행령으로 정하는 것에 대해서는 도도부현 노동국장의 해당 업무에 관한 면허를 받은 자 또는 도도부현 노동국장의 등록을 받은 자가 실시하는 기능강습을 수료한 자, 기타 후생 노동 시행령으로 정하는 자격을 가진 자가 아니고는 해당 업무에 종사하게 하여서는 아니 된다.

※ 노동안전위생법 시행령 제20조(취업제한에 관한 업무)

□ **제20조(취업 제한에 관한 업무)**

제61조 제1항의 시행령으로 정하는 업무는 다음과 같다.

- 16. 제한하중이 1톤 이상의 양화장치 또는 권상하중이 1톤 이상의 크레인, 이동식 크레인 또는 데릭의 줄걸이 업무

※ 일본 크레인 등 안전규칙

□ **제221조(취업 제한)**

사업자는 시행령 제20조 제16호에 열거하는 업무(제한 하중이 1톤 이상의 양화장치의 줄걸이 업무를 제외한다)는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자가 아니고는 해당 업무에 종사하게 하여서는 아니 된다.

1. 줄걸이 기술 강습을 수료한 자

1톤 미만의 줄걸이 작업에 대해서도 특별안전교육*을 받아야 하므로 모든 줄걸이 작업에 대해 우리나라보다는 강화된 제도를 시행하고 있다.

※ 크레인 등의 안전규칙 제222조(특수교육)

신호수에 대한 교육은 별도 규정내용이 없으나 줄걸이 작업자 교육 과정에 신호 방법에 대한 내용이 포함되어 있어 줄걸이 작업자가 신호를 할 수 있는 구조를 가지고 있다.

<표 4-5> 일본 줄걸이 기능 강습 규정

□ **제2조(강습 과목의 범위 및 시간)**

① 기술강습 중 학과강습은 다음 표의 게재된 과목에 게재된 범위에 대해 정한 강습시간에 따라 교본 등 필요한 자료를 이용하여 실시하는 것으로 한다.

강습과목	주요내용	강습 시간
크레인, 이동식크레인, 데릭 및 양화장치에 대한 지식	- 종류, 모델 구조, 기능 안전장치 및 브레이크	1시간
크레인 등 줄걸이에 필요한 역학에 대한 지식	- 힘(합성, 분해, 균형 및 모멘트) 중심과 물체의 안정적인 마찰, 질량, 속도 및 가속도, 하중, 응력, 줄걸이 공구의 힘	3시간
크레인 등의 줄걸이 방법	- 줄걸이 일반적인 작업방법, 줄걸이 공구의 선정 및 사용방법 기본동작, 신호방법	7시간
관계법령	- 노동 안전 위생법 시행령, 노동안전위생규칙 및 크레인 등 안전규칙 중 관계조항	1시간

② 기술강습 중 실시강습은 다음 표의 강습과목에 게재된 범위에 대해 정한 강습시간에 의해 실시하는 것으로 한다.

강습과목	주요내용	강습 시간
크레인 등의 줄걸이	- 무게 눈짐작, 줄걸이 공구의 선정 및 사용, 정한 방법에 의한 0.5톤 이상의 무게를 갖는 화물에 대한 줄걸이 기본 및 응용작업	6시간
크레인 등의 운전을 위한 신호	- 손, 작은 깃발 등을 이용한 신호	1시간

[미 국]

미국은 노동분야 연방규정에서 건설업*의 사업주는 자격을 갖춘 자에게 줄걸이 작업 및 신호를 하도록 규정하고 있다.

※ 29 CFR 1926 Subpart CC_Cranes and Derricks in Construction

줄걸이 작업자 및 신호수가 반드시 교육기관에서 이수를 실시할 필요는 없지만, 사업주에게는 줄걸이작업 자격에 대해 확인하도록 하고 있으며 포괄적인 책임을 부과하고 있다.

신호수 역시 자격을 갖춘 사람에 대해서만 작업을 수행할 수 있으며 줄걸이 작업자와는 다르게 교육기관에서 인증을 받거나 적격한 신호자격 평가자를 채용하여 자체적으로 사내 신호 업무자에 대해 이수하도록 하고 문서로 증명하도록 하고 있다.

이에 미국에서는 다수의 공인 기관 및 민간 기관에서 줄걸이 작업자 및 신호수 자격 관련 교육프로그램을 운영하고 있으며 줄걸이 작업자와 신호수의 역할을 명확하게 하고 있다.

교육기관의 줄걸이 작업자 자격은 등급별*로 구분하여 부여하고 있으며 레벨1은 다양한 줄걸이 용구에 대한 지식을 가지고 작업을 수행할 수 있으며, 레벨2는 단독으로 줄걸이 작업계획을 수립할 수 있고 크레인 등과 같은 양중기에 대한 지식을 갖추도록 규정하고 있다.

※ National Commission for the Certification of Crane Operation_Certified Rigger

[영 국]

영국의 줄걸이 작업에 대한 내용은 양중작업 및 양중장비 규정*에 따라 미국과 유사하게 자격을 갖춘 사람이 줄걸이 작업을 계획하고 허가 받은 자가 줄걸이 작업을 하도록 규정하고 있다.

※ Lifting Operations and Lifting Equipment Regulations 1998(LOLER), Regulation 8 Organisation of Lifting Operations_Attaching/Detaching and Securing loads

미국과 유사하게 운영하고 있으며 줄걸이 안전에 관한 공인 교육기관 PLASA (Professional Lighting and Sound Association)에서는 줄걸이 자격교육(NRC : National Rigging Certificate)을 3가지 등급으로 운영하고 레벨I의 신규 줄걸이 작업자는 감독자의 지휘 아래에서 줄걸이 작업이 가능하며, 레벨II에서는 관리감독자 없이 단독작업이 가능하고, 레벨III에서는 다른 줄걸이 작업의 관리감독을 할 수 있도록 구분하고 있다.

국내·외 줄걸이 작업자 관련 제도 비교하면 다음과 같은 시사점을 도출할 수 있겠다. 국내 산업안전보건법 및 관련 규정에서는 이동식 크레인 운전자와 줄걸이 작업자 및 신호수에 대한 역할 및 작업범위 등이 구체적으로 명시되어 있지 않고 크레인 사용자 및 신호수는 사업주가 실시하는 특별안전보건교육을 이수하게 되면 해당 작업을 수행할 수 있어 작업자의 관련 지식이나 숙련도를 검증할 방법이 부재한 점이 사실이다.

또한, 1톤 미만 이동식 크레인 등은 자격이나 교육이수 없이 사용할 수 있고 줄걸이 작업도 수행 가능하여 줄걸이 작업에서 발생하는 재해예방에 어려움이 많은 현실이다.

<표 4-6> 국내·외 줄걸이 작업자 관련 제도 비교

구 분	한 국	일 본	미 국	영 국
줄걸이 작업자 자격 유무	1톤 이상 이동식크레인 사용시 특별교육 2시간(일용) 16시간(상용)	1톤 이상 자격교육(19시간) 1톤 미만 특별교육(9시간)	자격자	계획 및 작업허가자
신호수 자격 유무	타워크레인 특별교육 8시간(일용) 16시간(상용)	줄걸이 작업자 교육과정 포함	자격자	신호 책임자
취업제한 여부	×	○	×	×

안전성을 향상하기 위한 방안은 다음과 같이 정리할 수 있다.

줄걸이작업에서 발생하는 사고는 줄걸이, 달기구, 중량물 등 다양한 요인이 관여하고 있으며 이러한 요인들을 안전하게 관리하고 사용하기 위해서는 이동식 크레인, 줄걸이 용구, 인양물의 특성 등에 대한 줄걸이 작업자의 지식과 줄걸이 방법, 인양물의 무게 중심 파악 등 숙련도를 고려해야 할 것이다.

이러한 재해는 이동식크레인의 과부하방지장치 등 방호장치의 사용으로도 완벽하게 예방할 수 없는 부분이므로 줄걸이 작업자의 역할, 자격 및 교육 등에 대한 구체적인 제도 마련이 필요하다.

또한, 신호수에 대한 교육은 타워크레인 사용에만 제한하지 말고 이동식 크레인 작업으로 확대하여 적용할 필요가 있으며 줄걸이작업에 대해서도 미국, 영국 등 선진국과 동일하게 이동식 크레인에 대한 줄걸이작업으로 확대함으로써 이동식 크레인 작업에 대한 안전성 향상에 노력할 필요가 있다.

또한, 사고원인부터 명확하게 규명하고 실효적인 대책을 수립해야 한다. 업종별 특성에 맞는 안전지침을 개발·보급하고 사업장을 지도·지원하는 행정도 필요하다.

4.3.2. 산업안전보건법 상 교육과정 개정

이동식크레인 재해가 다발하는 업종에서 건설업 그리고 일용 근로자에게 해당하는 비중이 상당히 높으므로 해당 업종, 근로자의 특성에 맞는 건설업 기초안전보건교육 및 특별안전보건교육을 다음과 같이 강화하여 개정할 필요가 있다고 생각된다.

<표 4-7> 산업안전보건법상 근로자 안전보건교육

교육과정	교육 대상	교육시간
라. 특별교육	산안법 시행규칙 별표 각 호의 어느 하나에 해당하는 작업에 종사하는 일용근로자	2시간
	타워크레인 신호작업에 종사하는 일용근로자	8시간
	산안법 시행규칙 별표 각 호의 어느 하나에 해당하는 작업에 종사하는 일용근로자를 제외한 근로자	- 16시간 이상(최초 작업에 종사하기 전 4시간 이상 실시하고 12시간은 3개월 이내에서 분할하여 실시 가능) - 단기간 작업 또는 간헐적 작업인 경우에는 2시간 이상
마. 건설업 기초 안전보건교육	<u>건설 일용근로자</u>	<u>4시간 이상</u> <u>→ 5시간 이상[개정안]</u>

<표 4-8> 건설업 기초안전보건교육에 대한 내용 및 시간 개정(안)

구 분	교육 내용	시 간
공 통	○ 산업안전보건법령 주요 내용(건설 일용근로자 관련 부분)	1시간
	○ 안전의식 제고에 관한 사항	
교육 대상별	○ 작업별 위험요인과 안전작업 방법(재해사례 및 예방대책)	2시간
	○ 건설 직종별 건강장해 위험요인과 건강관리	1시간
	<u>○ 이동식크레인의 안전작업에 관한 사항 [개정안]</u>	<u>1시간</u>

<표 4-9> 특별교육 대상 작업별 교육

작업명	교육 내용
14. 1톤 이상의 크레인을 사용하는 작업 또는 1톤 미만의 크레인 또는 호이스트를 5대 이상 보유한 사업장에서 해당 기계로 하는 작업	ㅇ 방호장치의 종류, 기능 및 취급에 관한 사항 ㅇ 걸고리·와이어로프 및 비상정지장치 등의 기계·기구 점검에 관한 사항 ㅇ 화물의 취급 및 안전작업방법에 관한 사항 ㅇ 신호방법 및 공동작업에 관한 사항 ㅇ 인양 물건의 위험성 및 낙하·비래·충돌재해 예방에 관한 사항 ㅇ 인양물이 적재될 지반의 조건, 인양하중, 풍압 등이 인양물과 타워크레인에 미치는 영향 **ㅇ 이동식크레인 특성 및 안전작업에 관한 사항 [개정안]** ㅇ 그 밖에 안전·보건관리에 필요한 사항

또한, 교육과정의 선행학습으로 최근 보편적으로 활용하고 있는 가상현실 기반의 VR(Virtual Reality) 체험 교육을 도입하면 안전교육의 효과성 및 효율성이 극대화 될 것으로 기대된다.

[그림 4-6] 가상현실(VR) 기반의 교육 콘텐츠 및 실제적용 예시[35)]

4.3.3. 작업시작전 안전점검 및 TBM(Tool Box Meeting) 활동 활성화

우리나라에서도 이동식크레인이 주요한 사고사망재해 대상설비이며, 이동식크레인을 주로 사용하는 건설업 현장의 경우 정형화된 위험성평가 보다는 매일 작업시작 전 안전점검 및 간단한 툴박스미팅(tool box meeting)을 활성화하는 것이 재해예방에 실질적인 도움을 줄 것으로 판단된다.

또한, 현장 책임자, 관리감독자, 근로자 등 산업현장의 모든 구성원이 습관화하여 안전문화로 정착될 수 있도록 추진할 필요가 있다.

참고로, 미국 건설업교육훈련센터(CPWR)[36]는 현장에서 크레인을 이용한 양중작업시 안전 계획을 수립할 수 있도록 툴박스 토크(toolbox talk)* 자료를 발간하였는데, 자료에는 간단한 사례, 이와 연관하여 토론할 수 있는 주제들, 안전에 관한 노하우(Safety tips), 의사소통에 관련한 방법 등을 담고 있다.

※ 특별한 안전문제에 초점을 둔 일상적인 수준의 간단한 소모임 토론을 의미함. 토론에서 활용되는 도구는 현장에서 안전보건 토론을 촉진하거나 안전문화를 구축하는데 매일 사용할 수 있음. 툴박스토크 자료는 보통 작업에 관련된 용어의 정의, 유해·위험요인, 올바른 작업 도구와 사용방법, 필요한 작업절차, 안전한 작업을 위한 토론 주제 등을 담고 있음.

또한, 건설업교육훈련센터의 툴박스토크 권고사항은 다음과 같이 정하고 있다.

□ 작업 시작 전에 작업에 참여하는 모든 근로자와 함께하는 이동식크레인 및 양중 작업계획 회의 개최하기
□ 이동식크레인 또는 줄걸이 도구(와이어로프, 슬링벨트, 체인, 샤클, 훅)의 안전성을 초과하는 중량물을 들어 올리지 말 것
□ 날씨, 지반(땅) 상태, 기타 환경적인 요소들을 모니터링 하기
□ 이동식크레인 작업 시 방해물, 위험요소가 없도록 충분한 작업공간을 확보할 것

추가적으로, 건설업교육훈련센터에 따르면 작업에 참여하는 모든 근로자가 작업에서의 개인 역할을 정확하게 인식하고, 줄걸이 또는 이동식크레인 사용작업과 연관된 위험요인을 인지하며, 사고사망 재해예방을 위해 안전하게 양중작업을 할 수 있는 방법을 이해하는 것이 중요하다고 언급한 점은 참고할 부분이다.

Ⅴ. 결 론

이동식크레인은 산업현장에서 널리 사용되는 대표적인 위험기계로서 다양한 작업공정 및 산업환경에서 폭넓게 사용되고 있으며, 공사기간 단축과 인력대체 등의 긍정적인 효과도 있으나, 사용빈도가 크게 증가하는 만큼 이동식크레인에 의한 산업재해도 지속적으로 발생하고 있는 현실이다.

이에 관한 문제점을 인식하고 이동식크레인 관련 산업재해를 분석하여 주요 재해원인 및 시사점을 정리하였으며, 안전성을 향상시키기 위한 개선방안을 검토하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 이동식크레인 불법탑승설비 사용 등 안전무시 관행을 근절하기 위해 정부의 근로감독 및 규제정책을 지속적으로 추진할 것을 제안한다.

둘째, 이동식크레인 안전한 사용을 위해 주요구조부의 비파괴검사 의무화 등 안전검사 제도를 강화할 것을 제안한다.

셋째, 아웃트리거 설치별 안정도에 관한 검토 및 표준기준을 수립하여 보급할 것을 제안한다. 다만, 구체적인 사항은 추가적인 연구가 필요하다.

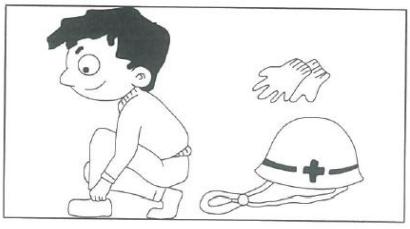
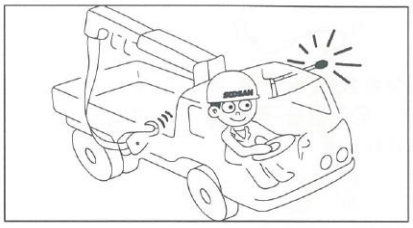
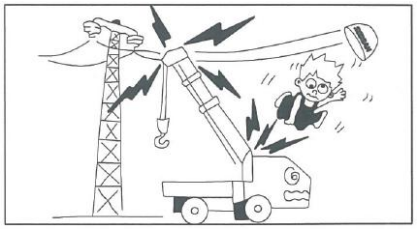
넷째, AML(Auto Moment Limiter) 시스템 및 레이저스캐너 등 스마트 안전장치 적용을 의무화하도록 제안한다.

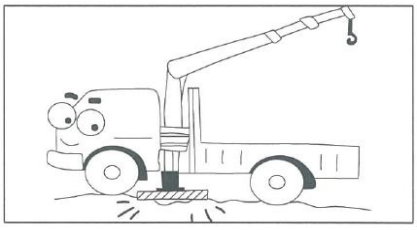
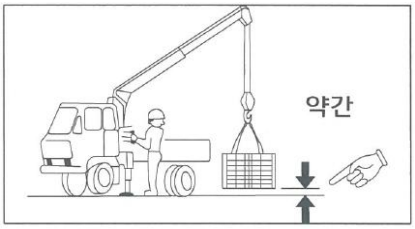
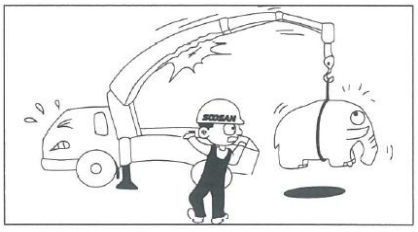
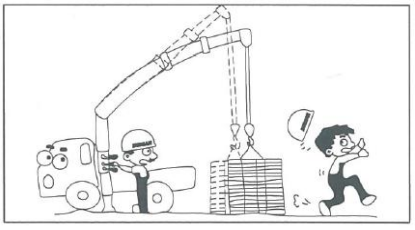
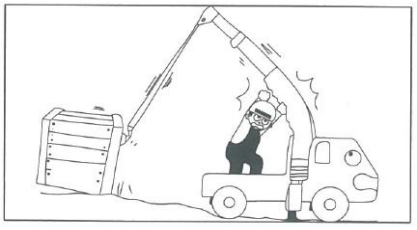
다섯째, 줄걸이작업 전문가 양성 및 이수제도를 추진하고, 현행 산업안전보건법 상 실시하고 있는 안전보건교육과정의 개정과 제도 보완을 제안한다.

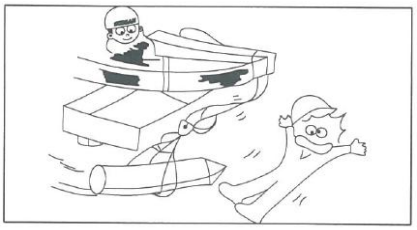
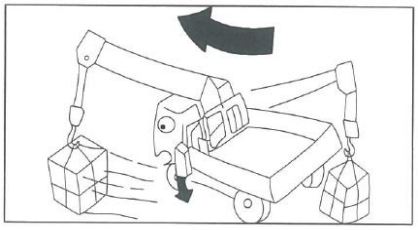
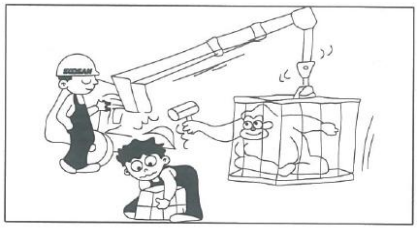
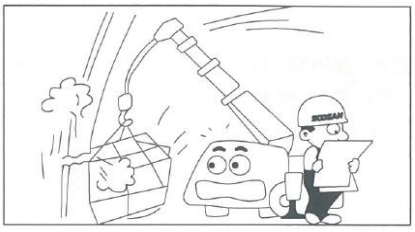
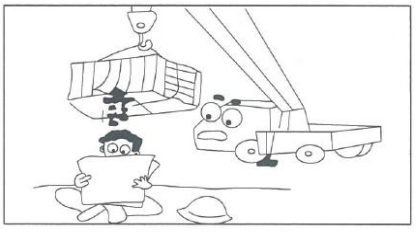
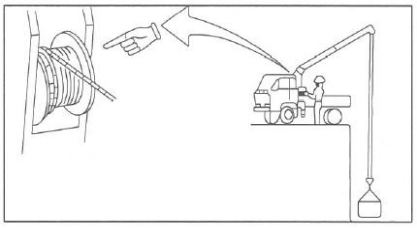
여섯째, 작업시작전 안전점검 및 TBM(Tool Box Meeting) 활동이 활성화될 수 있도록 지원할 것을 제안한다.

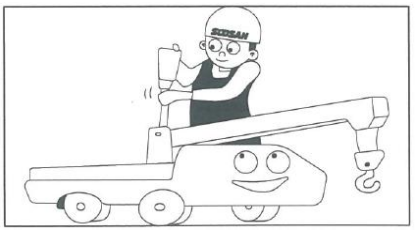
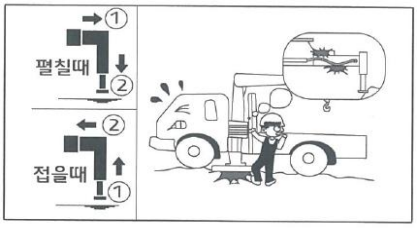
본 연구에서는 위험성이 높은 이동식크레인의 안전한 사용을 위해 불법탑승설비 사용을 규제하는 제도적인 대책과 함께 스마트 안전장치 적용 의무화, 관계근로자의 줄걸이작업 자격취득 및 안전교육을 개정하는 방안 등의 구체적인 안전성 향상방안을 제시하였으며, 이를 통해 이동식크레인 사용자들의 안전수준 향상 및 안전문화 정착으로 산업재해가 근절되기를 기대한다.

[별첨1] 이동식크레인 안전을 위한 작업자 준수사항

⚠ 경 고	
▫ 아래의 내용은 이동식크레인 사용시 안전을 위하여 반드시 준수하여야 합니다. 준수하지 않으면 작업자와 작업영역의 인근의 사람들이 사망 또는 중상을 입을 수 있으며, 재산상의 피해가 발생할 수 있습니다.	
	본 취급설명서의 모든 내용을 충분히 숙지한 후 작동하여야 안전하고 고장 없는 장비를 사용할 수 있습니다.
	작업전에 안전모, 작업복, 안전화, 장갑 등의 안전장구를 반드시 착용하고 작업 하십시오. - 작업복은 작업자의 몸에 잘 맞는 것을 착용 하십시오. - 조정시 조작레버 등에 끼일 수 있음으로 반지나 기타 보석류의 착용을 삼가십시오. - 작업자는 자신의 신발과 크레인의 발판, 손잡이 등에 묻은 진흙이나 그리스 등을 깨끗이 제거 하십시오.
	철판이나 용접부의 크랙, 변형 같은 물리적인 손상이 발생하였는지를 육안검사 하십시오. 만약, 페인트의 파편이나 크랙이 발견되면 서비스 지점에서 조치하십시오.
	고압선 근처나 폭우, 폭설, 폭풍, 번개 등 악조건의 날씨에는 전자기적인 충격 및 강한 바람에 의한 사고가 발생할 수 있음으로 크레인 작업을 하지 마십시오. 전신주 근처의 작업시 감전의 우려가 있으니 주의하십시오. 야간 작업시에 작업장은 충분한 조명이 되어 있어 크레인과 하중의 모든 움직임을 작업영역 밖에서도 확실히 볼 수 있어야 합니다.

	비탈진 경사지나 함몰지 등에서는 차량 전복의 위험이 있음으로 크레인 작업을 하지 마십시오. 또한, 지반이 약한 곳에서 작업을 해야 할 경우 아웃트리거 발판을 안착시킬 지면에 충분히 견고하고 넓은 받침목을 사용하여야 차량 전복을 예방할 수 있습니다.
	작업전에 반드시 아웃트리거를 최대한 펼치고, 지면에 안착시켜 크레인이 수평이 되도록 하십시오. 이때 타이어를 지면에서 띄우지 마십시오. 즉, 차량의 서스펜션이 약간만 올라간 상태여야 합니다. 이렇게 하지 않거나 차량 총중량 이상의 하중을 적재할 경우 아웃트리거 및 프레임에 심각한 손상을 초래할 수 있습니다.
	인양할 물건이 지면에서 떨어지면 일시 정지하며, 안정을 확인한 다음 작업 하십시오.
	정격하중표에 명기된 거리별 하중능력을 숙지하여 무리한 작업은 하지 마십시오. 정격하중표에 표시된 하중은 각도, 거리별 데릭으로 인양 할 수 있는 능력이 표시된 것입니다.
	인양물을 인양하거나 지면에 내려 놓을 때 장착된 붐이 처짐으로 인양물이 약간 이동할 수 있으니 인양물의 움직임에 항상 주의 하십시오.
	인양물을 옆으로 끌거나 앞으로 끌어 당기는 작업은 정상적인 작업이 아니므로 작업하지 마십시오. - 항상 크레인 작업 반경 내에서 적정 하중만 인양하십시오.

	선회 동작은 가능한 천천히 작업하십시오. - 선회기어 및 붐 틈새로 인하여 정지시 좌우로 붐의 흔들림이 발생할 수 있습니다. - 항상 주변 환경을 살피시고 작업하십시오. - 초기 시작하려고 할 때와 멈추려고 할 때에는 최대한 천천히 작동하여 중량물이 흔들리지 않고 작동하도록 조작하십시오. - 중량물을 들고 선회시는 복동작을 하지 마십시오.
	후방에서 측방으로 선회시 주의 하십시오. - 측방은 후방보다 안정도가 떨어지므로 선회하는 경우 안전을 확인하면서 천천히 작업하십시오.
	크레인의 작업범위를 숙지하시고 작업중에는 항상 작업영역 근처에 장애물이나 사람이 없는 것을 확인하십시오. 만약, 사람이나 장애물이 있을 경우 작업을 중단하십시오.
	크레인 작업 중 안전에 방해가 되는 음식물 섭취, 독서, TV시청, 잡담 등의 행위를 하지 마십시오. 만약, 이 같은 행위를 해야 할 경우 크레인 작동을 멈추십시오. - 크레인 작업자는 피곤하거나, 신체상태가 정상적이지 않을 경우 안전을 위해 크레인 작동을 멈추십시오.
	크레인 작업을 중단하거나 작업자가 조정석을 떠날 경우 작업중인 하중물은 반드시 지면에 또는 적재함 바닥에 안착 시키십시오.
	후크를 하강시킬 때 윈치드럼의 와이어가 모두 풀리게 되면 와이어가 절손될 수 있으므로 윈치에 와이어가 최소 3~4회 이상 감겨 있는지 반드시 확인하십시오.

	크레인 용도 이외의 작업을 하지 마십시오. 특히, 버켓을 장착하고 작업 하지 마십시오.
	아웃트리거 작동시 순서에 주의하여 주십시오. 펼칠시 익스팬드-잭 순서로 동작하여 주시고, 접을시 잭-익스팬드 순서로 동작하여 주십시오. 아웃트리거 동작시 주변 물체와 충돌하지 않도록 주의 바랍니다. 아웃트리거를 이용한 하중물 밀치기 작업은 실린더 파손의 주 원인이 됩니다.

[별첨2] 이동식크레인 안전성 향상을 위한 설문조사 양식

□ **이동식크레인 안전성 향상을 위한 설문**

이동식크레인 안전성 향상을 위해 현행 제도의 문제점과 향후 어떻게 개선하는 것이 좋을 것인지에 관하여 귀하의 고견을 묻고자 합니다. 산업안전분야의 발전을 위한 일로 여기시고 설문에 성실하게 응답하여 주시기 바랍니다. 설문조사의 개별 응답은 철저하게 비밀이 유지되며 연구 목적으로만 활용될 예정임을 알려드립니다.

2010년부터 2020년까지 최근 10년간 차량탑재형 이동식크레인에 의한 재해자수는 총 1,028명(사고사망자 84명, 사고재해자수 944명)으로 조사되었습니다.
주요 재해원인으로는 줄걸이작업 불량, 불법 탑승설비 부착, 지반 침하(붕괴), 아웃트리거 미설치, 설비 노후, 구조상 결함, 특고압 전로 접촉에 의한 감전 등이 파악되었습니다.

[이동식크레인 관련 제도적·기술적·교육적 측면의 <u>문제점</u>에 대한 설문]

1. 이동식크레인에 의한 산업재해 발생에서 <u>제도적인 측면의 가장 큰 문제점</u>이라고 생각하는 것은 무엇입니까? (2가지 선택가능)

① 이동식크레인 관계 법령 및 안전지침 미흡
② 이동식크레인 설계·제작·설치·검사기준 미흡
③ 이동식크레인 불법탑승설비의 여전한 사용
④ 이동식크레인 재해예방을 위한 정부의 노력 부족
⑤ 이동식크레인 재해예방을 위한 연구·개발 미흡

2. 이동식크레인에 의한 산업재해 발생에서 <u>기술적인 측면의 가장 큰 문제</u>점이라고 생각하는 것은 무엇입니까? (2가지 선택가능)

① 이동식크레인 구조적인 결함 및 노후화
② 이동식크레인 안전장치 미설치 또는 작동 불량
③ 지반 침하 또는 아웃트리거 미설치
④ 특고압 전로 주변 작업시 안전조치 미실시
⑤ 레이저스캐너, IoT 기반 감시장치 등 최신 안전장치 도입 미흡

3. 이동식크레인에 의한 산업재해 발생에서 <u>교육적인 측면의 가장 큰 문제점</u>이라고 생각하는 것은 무엇입니까? (2가지 선택가능)

① 형식적인 안전교육 절차 및 교육내용
② 이동식크레인 근로자(일용근로자 포함)에 대한 교육횟수 및 교육내용 미흡
③ 이동식크레인 운전자에 대한 교육횟수 및 교육내용 미흡
④ 이동식크레인 설치, 사용법, 줄걸이작업 등 안전교육 기회 부족
⑤ 작업 시작전 안전점검 및 TBM(Tool Box Meeting) 부족

4. 이동식크레인 재해발생과 관련한 다른 문제점(의견)이 있다면 적어주시기 바랍니다.

[이동식크레인 **안전성 향상방안**에 대한 설문]

5. 이동식크레인에 의한 재해예방을 위해 추진하여야 할 **제도적인 안전성 향상방안**은 무엇이라고 생각하십니까? (2가지까지 선택가능)

① 이동식크레인 관계 법령 및 안전지침 강화
② 이동식크레인 설계·제작·설치·검사제도 강화 및 비파괴검사 도입
③ 이동식크레인 불법탑승설비 사용 근절을 위한 단속 강화
④ 이동식크레인 재해예방을 위한 방호장치 설치 지원
⑤ 이동식크레인 재해예방을 위한 노후설비 교체 및 폐기 제도화

6. 이동식크레인에 의한 재해예방을 위해 추진하여야 할 **기술적인 안전성 향상방안**은 무엇이라고 생각하십니까? (2가지까지 선택가능)

① 이동식크레인 줄걸이용구(와이어로프, 슬링벨트 등) 안전성 확보제품 사용
② 레이저스캐너, IoT 기반 감시장치 등 최신 안전장치 도입
③ AML(Auto Moment Limiter) 등 안전성 강화된 과부하방지장치 도입
④ 아웃트리거 설치조건별 안전기준 마련 및 제도화
⑤ 감전재해예방을 위한 절연용 보호구 및 절연용 방호구 사용 의무화

7. 이동식크레인에 의한 재해예방을 위해 추진하여야 할 **교육적인 안전성 향상방안**은 무엇이라고 생각하십니까? (2가지까지 선택가능)

① 실질적인 안전교육 절차 및 교육내용 강화
② 이동식크레인 근로자(일용근로자 포함)에 대한 교육횟수 및 교육내용 강화
③ 이동식크레인 운전자에 대한 교육횟수 및 교육내용 강화
④ 이동식크레인 설치, 사용법, 줄걸이작업 등 안전교육 기회 확대
⑤ 작업 시작전 안전점검 및 TBM(Tool Box Meeting) 절차 강화

8. 이동식크레인 안전성 향상에 관한 개선방안이 있다면 적어주시기 바랍니다.

[필수 항목]

1. 귀하의 성별은 무엇입니까?

① 남자 ② 여자

2. 귀하의 연령대는?

① 20대

② 30대

③ 40대

④ 50대

⑤ 60대 이상

3. 귀하가 이동식크레인과 관련한 업무(운전·사용·운영 등)에 종사한 총 기간은?

① 6개월 미만

② 6개월 ~ 1년

③ 1년 ~ 3년

④ 3년 ~ 5년

⑤ 5년 이상

4. 이동식크레인에 관하여 위험요소, 안전수칙 등은 어느 정도 알고 계십니까?

① 잘 모른다.

② 약간 알고 있다.

③ 보통이다.

④ 잘 알고 있다.

⑤ 매우 잘 알고 있다.

5. 귀하는 이동식크레인의 안전한 사용을 위해 안전관련 자격증을 취득하였거나, 이동식크레인과 관련된 전문교육을 이수한 적이 있습니까?

① 있다

② 없다

6. 귀하가 소속되어 있는 업무분야는 무엇입니까?

① 이동식크레인 소유자 또는 관련 회사

② 이동식크레인 사용자 또는 관련 회사

③ 정부, 지방자치 단체, 공공기관

④ 안전인증·안전검사기관, 안전관리 전문기관 등

[참고문헌]

1. 안전보건공단, “산업재해 통계자료”, 2011~2020
2. 문성수, 김태희, “이동식 크레인 안전사고 저감 방안”, 2009
3. 김종혁, 김의수, “차량크레인 전도 사고의 구조 안정성 평가에 관한 법공학적 연구”, 2013
4. oshri.kosha.or.kr, “이동식 크레인 사망재해 원인분석 연구”, 2014
5. 김상현, “이동식 크레인 안전사고 예방을 위한 안전성 확보 방안에 관한 연구”, 2015
6. 탁상태, “이동식크레인의 재해 예방을 위한 안전관리 개선 방안에 관한 연구”, 2018
7. oshri.kosha.or.kr, “이동식크레인 안전성 향상을 위한 방호장치 개선 연구”, 2018
8. 박준원, 이상호, 김성훈, 원정훈, 윤영철, “Virtual Reality 기반의 가상 공사현장 구축을 통한 작업자 안전정보 제공 방안”, 2020
9. 김정곤, 나예지, 원정훈, “이동식크레인 하중이 굴착사면 안정성에 미치는 영향 분석”, 2021
10. 호종관, “이동식크레인”, 구미서관, 2012
11. 최정영, “기계안전공학”, 도서출판 동화기술, 2018
12. www.manitowoc.com, “크롤러 크레인”
13. www.kanglim.com, “차량탑재형 크레인”
14. www.soosanheavy.com, “트럭 크레인”
15. www.LIEBHERR.com, “전지형 크레인”
16. www.law.go.kr, “산업안전보건법, 산업안전보건법 시행령, 산업안전보건법 시행규칙”, 2022
17. www.moel.go.kr, “안전인증·자율안전확인신고의 절차에 관한 고시”, 2021
18. www.moel.go.kr, “안전검사 절차에 관한 고시”, 2020
19. www.moel.go.kr, “유해·위험작업의 취업 제한에 관한 규칙”, 2022
20. www.moel.go.kr, “산업안전보건기준에 관한 규칙”, 2022
21. www.moel.go.kr, “위험기계기구 안전인증고시”, 2020
22. www.moel.go.kr, “안전검사고시”, 2020
23. www.law.go.kr, “건설기계관리법, 건설기계관리법 시행령, 건설기계관리법 시행규칙”, 2022
24. www.law.go.kr, “자동차관리법, 자동차관리법 시행령, 자동차관리법 시행규칙”, 2022
25. www.katri.or.kr, “자동차안전연구원_주요사업_자기인증제도”
26. www.law.go.kr, “도로교통법, 도로교통법 시행령, 도로교통법 시행규칙”, 2022
27. www.osha.gov, “미국 산업안전보건청_산업 안전 및 보건 표준”
28. https://world.moleg.go.kr, “일본 노동안전위생법”
29. www.moel.go.kr, “보도자료_이동식크레인·고소작업대 관계부처 합동 불시 감독 실시”, 2019
30. 산업안전보건인증원, “차량탑재형 이동식크레인 아웃트리거 설치길이별 안전성 검토”, 2020

31. Soo-Hoon Noh, Yong-Seok Lee, Sang-Ho Kim, Jae-Sang Cho, Chang-Soo Han, Seung-Yeol Lee 2 and Dong-Eun Lee, “Economical Auto Moment Limiter for Preventing Mobile Cargo Crane Overload”, 2020
32. www.hse.gov.uk, “안전 및 보건 지침”
33. www.autonics.com, “레이저스캐너”
34. edu.kosha.or.kr, “교육과정신청_[전문화교육] 줄걸이 작업안전 전문가”
35. www.kosha.or.kr, “자료마당_통합자료실_안전보건자료실”
36. https://www.safetyandhealthmagazine.com/articles/21910-safe-crane-lifts-new-tool box-talk-from-cpwr

Abstract

The safety improvement through the analysis of mobile crane accident cases

With the recent development of technology in industrial sites, high-rise and complexation of construction sites and manufacturing plants have intensified, and work by manpower is gradually being replaced by work using machinery and facilities.

Among these machines and facilities, mobile cranes are widely used in various work processes and industrial environments, and have positive effects such as shortening construction periods and replacing manpower, but as the frequency of use increases, industrial accidents caused by mobile cranes continue.

As a result of classifying the occurrence of accidental deaths at industrial sites based on human factors, the research was initiated by recognizing the necessity of reducing industrial accidents and improving safety caused by mobile cranes.

In this study, 1,009 accidents (1,028 casualties) related to on-vehicle mobile cranes were investigated in the past 10 years (2011-2020), and major causes of disasters were analyzed based on industry, type of occurrence, number of working days, etc. Based on this, measures to improve safety in institutional, technical, and educational aspects of mobile cranes were derived through comparison of the Occupational Safety and Health Act, other laws, and overseas safety standards, and related experts' surveys.

First, the government shall strengthen labor supervision and regulations on illegal use to eradicate the installation and use of illegal boarding facilities of mobile cranes.

Second, to ensure safety of mobile crane extension structures, etc., the institutionalization of non-destructive inspection and safety certification and safety inspection standards for installation and use of safety devices shall be strengthened.

Third, it is mandatory to apply smart safety devices such as AML (Auto Moment Limiter) and laser scanners, which are protective devices with improved safety.

Fourth, establish and disseminate standards for stability for each condition of outrigger(stabilizer) installation for mobile cranes.

Fifth, the acquisition of qualifications for rope-hanging work and safety education for related workers shall be strengthened.

Sixth, strengthen safety inspection and TBM activities before starting work related to mobile cranes.

This study proposes institutional measures to regulate the use of illegal boarding facilities for the safe use of mobile cranes, and specific safety improvement measures such as mandatory application of smart safety devices, acquisition of rope work qualification, and safety education.