

연구보고서

사고사망 다발 위험기계 사고원인 심층분석 (재해조사 의견서 중심)

박장현

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



요약문

- 연구기간 2023년 2월 ~ 2023년 11월
- 핵심단어 위험기계, 크레인, 고소작업대, 시스템적 원인분석, AcciMap
- 연구과제명 사고사망 다발 위험기계 사고원인 심층분석 (재해조사 의견서 중심)

1. 연구배경

- 2022년 식품 혼합기 끼임 사고사망으로 인해 회전체 끼임 위험기계 9종에 대한 원인 분석 및 관리기준 강화 등 다양한 시도가 계속되고 있음
- 또한 해당 사고를 계기로 사고유형이 유사한 위험기계 전반에 대한 관리기준 강화방안 마련을 위한 연구 필요성이 지속적으로 제기되어 왔음
- 이에 사고유형이 유사한 위험기계의 사고사망 원인에 대한 심층분석을 통해 근본원인 도출 및 관리기준 강화방안을 모색할 필요가 있음

2. 주요 연구내용

1) 연구대상 선정

- 연구대상 위험기계는 크레인 및 고소작업대로 선정
- 심층분석 대상 발생형태는 크레인 끼임, 고소작업대 떨어짐으로 선정

2) 이론적 고찰

- 크레인, 고소작업대 관련 정의, 종류, 사용현황 등
- 산업안전보건기준에 관한 규칙, 안전인증, 안전검사 등 규제에 대한 고찰

3) 사고원인 심층분석

- '17~'22년 크레인 끼임 사고사망 28건 심층분석
- '17~'22년 고소작업대 떨어짐 사고사망 24건 심층분석

4) 시스템적 원인분석

- AcciMap 기법을 활용한 근본원인 도출

5) 안전성 향상 방안

- 크레인 끼임, 고소작업대 떨어짐 예방을 위한 개선방안 제시

3. 연구 활용방안

- 안전인증, 안전검사 고시 등 관련 규제 개정 시 참고 자료로 활용
- 연구결과 환류를 위하여 학술대회 발표 및 논문 게재

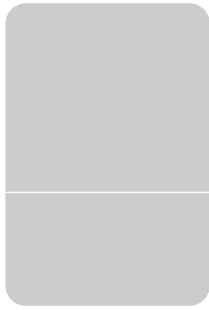
4. 연락처

- 연구책임자 : 산업안전보건연구원 산업안전연구실 과장 박장현
 - ☎ 052) 703. 0849
 - E-mail : jhpark@kosha.or.kr



목 차

I. 서 론	1
1. 연구배경 및 필요성	3
2. 연구대상 및 방법	5
3. 선행연구 분석	12
II. 이론적 고찰	17
1. 일반사항	18
2. 안전기준·제도	25
3. 소결	48
III. 사고원인 심층분석	52
1. 크레인	53



목 차

2. 고소작업대	70
IV. 시스템적 원인분석	83
1. 개요	84
2. 분석결과	93
3. 시사점	110
V. 결론	113
1. 연구 결과	114
2. 안전성 향상 방안	117
3. 한계점	119

참고문헌	120
부록 I : 크레인 재해사례 분석표	126
부록 II : 고소작업대 재해사례 분석표	186



표 목차

〈표 1-1〉 2017~2022년 제조업 발생형태별 사고사망자 현황	3
〈표 1-2〉 산업안전보건법령 등에 의한 위험기계	6
〈표 1-3〉 위험기계별 6년간 사고사망자 수 현황	7
〈표 1-4〉 위험기계별 위험 특성	8
〈표 1-5〉 '17~'22년 크레인에 기인한 사고사망 발생형태	9
〈표 1-6〉 '17~'22년 고소작업대에 기인한 사고사망 발생형태	10
〈표 1-7〉 크레인 관련 선행연구 현황	14
〈표 1-8〉 고소작업대 관련 선행연구 현황	16
〈표 2-1〉 크레인의 종류 및 정의	19
〈표 2-2〉 이동식크레인의 종류 및 정의	20
〈표 2-3〉 고소작업대의 종류 및 정의	21
〈표 2-4〉 크레인 보유사업장수, 보유대수, 제조사업장수	22
〈표 2-5〉 안전검사 대상 크레인 보유사업장수, 보유대수, 안전검사 수검율	23
〈표 2-6〉 동력식 고소작업대 보유사업장수, 보유대수, 제조 사업장수	24
〈표 2-7〉 동력식 고소작업대 보유사업장, 보유대수, 안전검사 수검율	24
〈표 2-8〉 의무안전인증 및 자율안전확인 대상	28
〈표 2-9〉 크레인의 안전인증에 따른 제작 및 안전기준	30
〈표 2-10〉 이동식 크레인의 안전인증에 따른 제작 및 안전기준	33
〈표 2-11〉 고소작업대의 제작 및 안전기준	36
〈표 2-12〉 안전검사 대상 크레인, 고소작업대	43

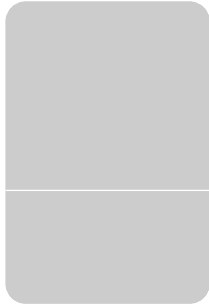
〈표 2-13〉 산업안전보건기준에 관한 규칙 중 크레인 관련 항목	46
〈표 2-14〉 산업안전보건기준에 관한 규칙 중 고소작업대 관련 항목	47
〈표 3-1〉 크레인 재해사례 분석표	54
〈표 3-2〉 일상작업과 비정형작업의 정의	55
〈표 3-3〉 크레인 정보에 대한 정의	56
〈표 3-4〉 '17~'22년 크레인 끼임 사고사망 발생 요약	57
〈표 3-5〉 작업유형과 발생형태 교차분석 결과	58
〈표 3-6〉 작업형태와 작업내용 교차분석 결과	59
〈표 3-7〉 작업내용과 재해자의 사고위치 교차분석 결과	60
〈표 3-8〉 발생형태와 재해자의 사고위치 교차분석 결과	61
〈표 3-9〉 크레인 종류와 정격하중 교차분석 결과	62
〈표 3-10〉 크레인 종류와 발생형태 교차분석 결과	63
〈표 3-11〉 크레인의 작업과 조종방법 교차분석 결과	64
〈표 3-12〉 사고원인과 사고발생 크레인 구조부 교차분석 결과	65
〈표 3-13〉 크레인 종류와 중량물 취급계획서 교차분석 결과	66
〈표 3-14〉 중량물 취급 작업계획서의 사전조사 및 작성 내용	67
〈표 3-15〉 중량물 취급 작업계획서 작성 절차	69
〈표 3-16〉 작업지휘자와 크레인 작업형태 교차분석 결과	74
〈표 3-17〉 혼재작업 여부 분석 결과	77
〈표 3-18〉 안전검사 실시 현황 분석	80
〈표 3-19〉 고소작업대 재해사례 분석표	84



표 목차

〈표 3-20〉 '17~'22년 고소작업대 떨어짐 사고사망 발생 요약	86
〈표 3-21〉 사고원인과 발생형태 교차분석 결과	87
〈표 3-22〉 사고원인과 고소작업대 종류 교차분석 결과	88
〈표 3-23〉 고소작업대 제작 및 안전기준에서의 안전난간	89
〈표 3-24〉 산업안전보건기준에 관한 규칙 중 고소작업대 안전난간	89
〈표 3-25〉 안전검사의 안전난간 검사 기준	90
〈표 3-26〉 작업내용과 고소작업대 종류 교차분석 결과	91
〈표 3-27〉 떨어진 거리와 고소작업대 종류 교차분석 결과	92
〈표 3-28〉 보호구 착용 여부와 고소작업대 종류 교차분석 결과	93
〈표 3-29〉 작업계획서 작성 여부 분석	94
〈표 3-30〉 사고원인과 기기결함 교차분석 결과	98
〈표 3-31〉 사고원인과 보호구 착용 교차분석 결과	99
〈표 4-1〉 AcciMap, STAMP, FRAM의 비교	106
〈표 4-2〉 AcciMap 레벨과 범주 구분표	110
〈표 4-3〉 업체별 작업 내용	112
〈표 4-4〉 재해 당일 업체별 작업 내용	113
〈표 4-5〉 재해 발생 과정	114
〈표 4-6〉 Case Study #1. 재해 원인 요소	116
〈표 4-7〉 Case Study #1. 안전권고사항	120
〈표 4-8〉 재해발생 고소작업대 제원	121
〈표 4-9〉 재해 발생 과정	122

〈표 4-10〉 Case Study #2. 재해 원인 요소	124
〈표 4-11〉 Case Study #2. 안전권고사항	128
〈표 4-12〉 재해조사 의견서와 시스템적 원인분석 예방대책 비교	130
〈표 5-13〉 고소작업대 제작 및 안전기준에서의 안전난간에 대한 제작기준	139



그림목차

[그림 1-1] 연구의 체계	11
[그림 1-2] 크레인 재해 발생 모델	13
[그림 2-1] 고소작업대 안전인증 현황	25
[그림 2-2] 안전인증 심사 절차	27
[그림 2-3] 안전검사 절차	43
[그림 3-4] 중량물 취급 작업계획서(이동식크레인) 예시(1/3)	71
[그림 3-5] 중량물 취급 작업계획서(이동식크레인) 예시(2/3)	72
[그림 3-6] 중량물 취급 작업계획서(이동식크레인) 예시(3/3)	73
[그림 3-7] 고소작업대 작업계획서 예시	97
[그림 4-1] 사고 분석 및 위험성평가 방법	103
[그림 4-2] 사고분석 모델의 변화	104
[그림 4-3] 사고분석기법별 사용·언급 횟수(1997~2015)	105
[그림 4-4] AcciMap, STAMP, FRAM의 결과 비교	107
[그림 4-5] Rasmussen의 AcciMap 모형	108
[그림 4-6] 재해 당시 작업장소 평면도	114
[그림 4-7] Case Study #1. 재해 원인 요소에 대한 AcciMap 모형	117
[그림 4-8] Case Study #1. 보완된 AcciMap 모형	119
[그림 4-9] 재해자가 탑승한 고소작업대 작업대	122
[그림 4-10] Case Study #2. 재해 원인 요소에 대한 AcciMap 모형	125
[그림 4-11] Case Study #2. 보완된 AcciMap 모형	127

I. 서론





I. 서론

1. 연구배경 및 필요성

2017년부터 2020년까지 국내 제조업에서의 사고사망자 수는 833명이며, 2022년 산업안전보건연구원의 산업재해 분석 자료¹⁾에 의하면 발생형태별 사고사망자 수는 <표 1-1>과 같으며, 끼임 266명, 떨어짐 143명, 깔림·뒤집힘 84명, 물체에 맞음 69명으로 나타났다.

<표 1-1> 2017~2022년 제조업 발생형태별 사고사망자 현황

구분	2017년	2018년	2019년	2020년	합계
끼임	65	74	66	61	266
떨어짐	37	31	33	42	143
깔림·뒤집힘	24	22	22	16	84
물체에 맞음	16	15	15	23	69
폭발·파열	11	11	14	18	54
부딪힘	15	6	19	13	53
무너짐	12	16	1	7	36
화재	8	19	5	4	36
기타	21	23	31	17	92

상기 분석 자료에 의하면 2017~2020년 위험기계에 기인한 사고사망자 수는 총 304명이며, 발생건수별로는 크레인, 지게차, 성형기, 컨베이어, 혼합기·배합기 순으로 나타났다.

1) 김진현 등 10명(2022), 산업안전연구 기초자료(사고사망) 분석분류, 산업안전보건연구원

한편 발생형태로 봤을 때, 끼임 사고는 여전히 제조업 사고사망 산업재해 중 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 위험기계를 취급하는 작업공정 특성상 사고사망에 이를 수 있는 치명도 또한 높은 것이 사실이다.

2022년 식품제조업체에서 발생한 혼합기 끼임 사고사망으로 인해 정부 주도로 회전체 끼임 위험기계 9종²⁾에 대한 분석 및 관리기준을 강화하려고 하는 등 다양한 정책적 노력이 계속되고 있으며, 해당 사고를 계기로 사고유형이 유사한 위험기계 전반에 대한 관리기준 강화방안 마련을 위한 연구 필요성이 지속적으로 대두되고 있는 상황이다.

이에 2022년에 분석한 9종의 위험기계에 대한 분석에 이어 사고유형이 유사한 위험기계의 사고원인 심층분석 및 시스템적 원인분석 등을 통해 근본원인 도출 및 안전성 향상 방안 등을 모색하고자 하였다.

또한 위험기계별 설치, 사용, 유지보수 등 단계별 근본 문제점 도출을 통해 산업안전보건기준에 관한 규칙, 안전인증, 자율안전확인신고, 안전검사 등 관련 제도 개선을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

2) 식품가공기계, 컨베이어, 혼합기, 파쇄·분쇄기, 공작기계, 권취·권선기, 기타섬유기계, 신선·인발기, 방적기

2. 연구대상 및 방법

1) 연구대상

(1) 위험기계 현황

산업안전보건기준에 관한 규칙, 안전인증, 자율안전확인신고, 안전검사 등 산업안전보건 관계 법령에 의한 위험기계류는 <표 1-2>와 같다.

안전인증 대상 위험기계는 9종이며 크레인, 고소작업대, 리프트, 프레스, 압력용기, 사출성형기 등이 포함되어 있으며, 자율안전확인신고 대상은 10종으로 컨베이어, 혼합기, 파쇄·분쇄기, 식품가공기계, 산업용 로봇 등을 포함하고 있다. 안전검사 대상은 안전인증 대상 9종에 산업용 로봇, 원심기, 국소배기장치 3종을 합쳐서 총 12종이며, 산업안전보건 기준에 관한 규칙에서는 공작기계, 프레스 및 전단기, 목재가공용 기계 등 사고 위험이 있는 산업현장의 대부분의 기계를 위험기계로 분류하고 있다.

이러한 위험기계류는 산업 발전과 그 궤를 같이하고 있으며, 사회적으로 이슈가 되었던 기계류 등이 사회적 논의와 합의를 거쳐 안전인증 등 각종 기준, 규제 등에 포함되어 관리되어지고 있다.

〈표 1-2〉 산업안전보건법령 등에 의한 위험기계

구분	위험기계
안전인증(9종)	크레인, 고소작업대, 리프트, 프레스, 압력용기, 사출성형기, 곤돌라, 롤러기, 전단·절곡기
자율안전확인신고 (10종)	컨베이어, 혼합기, 파쇄·분쇄기, 식품가공기계, 산업용로봇, 자동차정비용 리프트, 공작기계, 인쇄기, 연삭·연마기, 고정형 목재가공용 기계
안전검사 (12종)	안전인증 기계 9종, 산업용 로봇, 원심기, 국소배기장치
산업안전보건기준에 관한 규칙 (제1장 기계·기구 및 그 밖의 설비에 의한 위험예방)	공작기계, 프레스 및 전단기, 목재가공용 기계, 원심기 및 분쇄기등, 고속회전체, 보일러 등, 사출성형기, 양중기(총척, 크레인, 이동식 크레인, 리프트, 곤돌라, 승강기), 차량계 하역운반기계 등(고소작업대 등), 컨베이어, 건설기계 등, 산업용 로봇 등

(2) 위험기계별 사고사망 현황

본 연구의 심층분석 대상 위험기계를 선정하기 위해서 지난 6년간 국내에서 산업재해로 인한 사고사망자 수를 〈표 1-3〉과 같이 확인해 보았으며, 크레인 209건, 컨베이어 70건, 리프트 56건, 전기용접장치 47건, 고소작업대 45건 순으로 나타났다.

〈표 1-3〉 위험기계별 6년간 사고사망자 수 현황

구분	22년	21년	20년	19년	18년	17년	합계
크레인	34	28	34	29	40	44	209
컨베이어	10	15	10	13	13	9	70
리프트	9	13	7	7	11	9	56
전기용접장치	2	4	36	3	1	1	47
고소작업대	8	0	0	4	17	16	45
요업토석가공기계	5	4	6	4	3	5	27
가스용접장치	2	2	7	2	4	8	25
배합, 혼합기	3	5	4	3	4	4	23
산업용로봇	2	4	3	5	3	1	18
분쇄기, 파쇄기	1	3	3	4	2	4	17
가열, 세탁, 청소기계	2	3	1	5	4	0	15
선반	1	3	3	2	2	1	12
사출기	0	1	5	2	4	0	12
기타 인양설비·기계	1	3	1	0	4	2	11
자동송금취출설비	4	2	1	1	3	0	11

6년 간 사고사망이 빈발한 위험기계 순으로 위험기계별 위험 특성을 〈표 1-4〉와 같이 확인하였으며, '22년 분석 대상인 컨베이어, 배합·혼합기, 분쇄·파쇄기 등은 '23년 연구대상에서 제외를 하였다. 한편 3번째로 사고사망이 많이 발생한 리프트의 경우, 주차용 리프트가 끼임 사고사망 14건 중 8건, 떨어짐 사고사망 7건 중 5건을 차지하고 있었으며, 주차용 리프트의 경우 산업안전보건법이 아닌 주차장법(국토교통부) 등에 의해 관리되고 있어 이번 연구대상에서 제외하였다.

〈표 1-4〉 위험기계별 위험 특성

구분	'17~'22년 사고사망자수	위험 특성	비고
크레인	209	끼임, 부딪힘, 떨어짐	'23년 분석
컨베이어	70	끼임	'22년 분석
리프트	56	끼임, 떨어짐	주차용 리프트는 주 차장법의 적용받음
전기용접장치	47	기계류 아님	
고소작업대	29	떨어짐	'23년 분석
요업토석가공기계	27	끼임	일반화 불가
가스용접장치	25	기계류 아님	
배합, 혼합기	23	끼임	'22년 분석
산업용로봇	18	부딪힘, 끼임	
분쇄기, 파쇄기	17	끼임	'22년 분석
가열,세탁,청소기계	15	끼임	
선반	12	끼임	
사출기	12	끼임	
기타 인양설비·기계	11	떨어짐	
자동송급취출설비	11	끼임	

(3) 연구대상 선정

〈표 1-4〉의 위험기계 중 ‘22년에 분석 대상이 아니면서 지난 6년 간 사고 사망자가 가장 많이 발생한 크레인과 고소작업대를 연구대상으로 선정하였다.

‘17~’22년 크레인에서 발생한 사고사망 발생형태는 〈표 1-5〉와 같으며, 끼임 28건, 물체에 맞음 27건, 크레인에서 떨어짐 24건 순으로 나타났다. 동일 기간 동안 고소작업대에 의한 사고사망 발생형태는 〈표 1-6〉과 같으며, 고소작업대에서 떨어짐 24건, 끼임 8건, 구조물에서 떨어짐 6건 등으로 나타났다.

본 연구의 심층분석 및 시스템적 원인분석을 통해 보다 실효성 있는 개선 방안 및 대책을 제시하기 위해 각 위험기계에서 사고사망 산업재해가 가장 빈번하게 발생하고 있는 발생형태를 연구대상, 즉 분석대상으로 선정하였다. 크레인의 경우 끼임(28건), 고소작업대의 경우 떨어짐(24건)을 연구대상으로 선정하여 심층분석 및 시스템적 원인분석 등을 수행하였다.

〈표 1-5〉 ‘17~’22년 크레인에 기인한 사고사망 발생형태

발생형태	이동식크레인	천장주행크레인	타워크레인	겐트리크레인	호이스트	합계
끼임	6	16	·	5	1	28
물체에 맞음	13	8	4	·	2	27
크레인에서 떨어짐	12	6	3	2	1	24
갈림	6	6	1	2	·	15
구조물에서 떨어짐	4	2	4	1	·	11
부딪힘	2	6	·	·	·	8
넘어짐	4	2	·	2	·	8
무너짐	·	·	5	·	·	5

〈표 1-6〉 '17~'22년 고소작업대에 기인한 사고사망 발생형태

발생형태	고소작업대 (차량탑재형)	고소작업대 (시저형)	고소작업대 (자주식)	합계
고소작업대에서 떨어짐	21	3	·	24
끼임	7	·	1	8
구조물에서 떨어짐	6	·	·	6
넘어짐	4	·	·	4
기타	·	1	·	1
부딪힘	1	·	·	1
분류불능	1	·	·	1
합계	40	4	1	45

2) 연구 내용 및 체계

본 연구의 목적인 실효성 있는 안전성 향상 방안 등을 제시하기 위해 다음과 같은 내용을 분석 및 연구하였다.

(1) 이론적 고찰

크레인, 고소작업대 관련 국내 관련 제도인 산업안전보건기준에 관한 규칙, 안전인증, 안전검사 등에 대한 고찰을 통해 시사점을 도출하였다.

(2) 사고사망 재해 심층분석

크레인, 고소작업대 관련 사고사망이 가장 많이 발생하고 있는 발생형태인 크레인 끼임 28건, 고소작업대 떨어짐 24건에 대해서 교차분석기법과 고찰 등을 통해 심층분석을 실시하였다.

(3) 시스템적 원인분석

크레인 끼임, 고소작업대 떨어짐 사고사망 재해에 대해서 근원적인 원인과 정부, 규제 등 사업장 외적 원인 등을 도출하고자 Acci-Map 분석기법을 활용하여 시스템적 원인분석을 실시하였다.

(4) 개선방안 제시

이론적 고찰, 사고사망 재해 심층분석, 시스템적 원인분석을 통해서 크레인 끼임, 고소작업대 떨어짐 사고사망에 대한 근본적인 원인 도출과 더불어, 안전성 향상 방안을 제시하였으며, 본 연구의 전체적인 추진 체계는 [그림 1-1]과 같다.



[그림 1-1] 연구의 체계

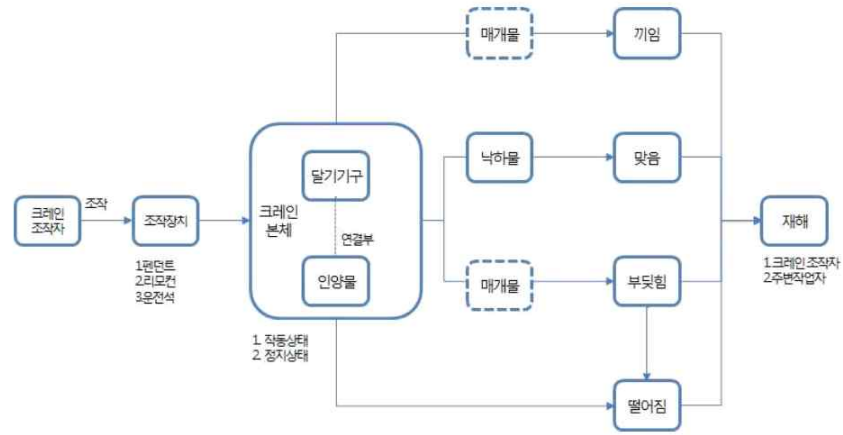
3. 선행연구 분석

본 연구의 대상인 크레인, 고소작업대로 각각 구분하여 선행연구를 분석해 보았으며, 크레인 안전과 관련된 선행연구는 <표 1-7>과 같으며, 고소작업대의 안전과 관련된 선행연구는 <표 1-8>과 같다.

우선 크레인 안전과 관련된 선행연구를 살펴보면, 박재희 등(2014)은 2012년 천장크레인에 기인하여 발생한 중대재해 34건을 심층분석하였으며, [그림 1-3]과 같이 크레인 재해 발생 모델을 개발하였다. 이 모델은 인간-기계시스템 모델에 입각해 천장크레인 재해에 영향을 주는 요인들인 크레인 조작자, 크레인, 그리고 인간과 기계를 매개하는 인터페이스 장치인 조작장치로 나누어 고려하고 있다. 또한 천장크레인 끼임 관련 대표적인 사고 유형을 다음과 같이 제시하기도 하였다.

끼임: 끼임 사고는 크레인의 거동에 의해 크레인이나 인양물 등에 직접 깔 수도 있고, 크레인이 매개물을 충돌해 매개물에 끼일 수도 있다.

연구결과에서는 오조작 방지를 위해 팬던트 스위치와 리모컨은 동작 방향을 ‘동서남북’으로 표기하고, 운전실에서 조작하는 크레인은 ‘전후좌우’로 표기할 것을 제안하기도 하였다.



[그림 1-2] 크레인 재해 발생 모델

신운철 등(2014)은 이동식크레인에 의한 2006년부터 2012년까지 총 59건의 사고사망에 대해서 심층분석을 실시하였으며, 다음과 같은 결론을 제시하였다. 첫째, 이동식 크레인의 주요 사고내용은 이동식 크레인의 전복, 붐과 로프 사이의 연결재 파단, 로프의 파단, 운전자와 작업자 간 의사소통 미흡 등으로 나타났으며, 두 번째로 이동식 크레인 자체가 전복되는 현상이 있으므로 과경사 방지장치 등을 도입할 것 제안하였다. 마지막으로 인간공학적 측면의 숙련기반 오류를 방지하기 위해 가시성과 양립성 확보, 사용지침 재 숙지, 오사용 방지 교육이 필요하다고 하였다.

장유리 등(2018)은 이동식크레인으로 인한 중대재해 예방을 위해 기계기구의 결함 및 불법개조 예방을 위해 인증 및 검사 제도를 정비할 필요가 있다고 제안하였다. 또한 차량탑재형 이동식크레인 조종사에 대해서 일정 교육 및 훈련을 통해 자격을 보유하도록 「유해위험취업제한에 관한 규칙」 개정을 제안하기도 하였다.

박재석(2018)은 2016년 이동식크레인이 안전검사 대상에 포함되어 과

부하방지장치 등 방호장치 설치가 의무화 되었으나 기술적, 제도적인 이유로 산업현장에서 제대로 이행되지 않아 연구를 통해 다음과 같은 개선 방안을 제시하였다. 과부하방지장치는 와이어로프의 장력을 측정하는 방식이 적합하며, 압력스위치 과부하방지장치는 임의 해제가 가능하므로 안전검사에 관한 특례 적용 대상에서 제외해야 한다고 주장하였다.

〈표 1-7〉 크레인 관련 선행연구 현황

연번	연구과제명 (연구년도)	연구자	연구목적 및 방법	주요내용
1	천장크레인 끼임 사고 방지에 관한 연구 (2014)	박재희 외 3명	끼임 방지를 위해 팬던트 스위치, 리모컨, 운전실 설계 시 양립성 등에 대해 인간공학적 문제점 조사 및 개선 대책 제시	<ul style="list-style-type: none"> • 천장크레인 팬던트 스위치와 리모컨은 '동서남북', 운전실은 '전후좌우'로 표기 • 천장크레인 조작장치의 버튼, 레버 등의 표준적인 레이아웃 제시
2	이동식 크레인 사망 재해 원인분석 연구 (2014)	신운철 외 2명	사고의 접점이 인간과 기계이므로 휴먼에러 예방을 위해 인간공학적 재해 예방 제시 필요	<ul style="list-style-type: none"> • 휴먼에러 방지를 위해 가시성과 양립성 확보하고, 사용지침 숙지 및 오사용 방지교육 강화 필요
3	중대재해예방을 위한 제도개선방안연구: 이동식크레인을 중심으로(2018)	장유리 외 3명	이동식크레인 관련 사망자수 증가로 관련 연구 및 대책 제시 필요	<ul style="list-style-type: none"> • 기계 결함 및 불법개조 방지를 위한 인증 및 검사 제도 정비 필요 • 차량탑재형 조종사에 대해서 일정 교육 및 훈련을 통해 자격을 보유하도록 할 필요가 있음
4	이동식크레인 안전성 향상을 위한 방호장치 개선 연구 (2018)	박재석	이동식크레인은 2016년 안전검사에 포함되어 과부하방지장치 등 방호장치 부착이 의무화되었으나, 기술적, 제도적인 이유로 기피하고 있어, 이에 대한 개선대책 제시 필요	<ul style="list-style-type: none"> • 과부하방지장치 장착 시 와이어로프의 장력을 측정하는 방식 권고 • 압력스위치식 과부하방지장치는 해제 사용할 수 있으므로 안전검사 특례 적용에서 제외를 제시

고소작업대의 안전과 관련된 선행연구를 살펴보면, 김정수 등(2006)은 해외 관련 규격, 기준 등을 참조하여 고소작업대 제작, 안전 및 검사기준(안)을 제시하였다. 해당 기준의 주요 내용은 일반, 장치, 장치 작동, 사용 방식, 구조 및 안정도 계산, 차대와 안정장치, 연장 구조물, 연장 구조물 구동 시스템, 작업대, 제어장치 등의 내용을 포함하고 있으며, 현재 안전인증의 제작, 검사 기준의 근간을 이루고 있다.

민용철(2015)은 시저형 고소작업대 관련 법령 기준, 실태 조사 등을 통해 연구개발한 개선된 안전작업절차서를 제시하였다. 또한 사고 예방을 위해 안전인증 후 주기적인 검사가 필요하며 산업현장에서 안전장치 임의해체 등을 예방할 수 있는 제도 개선이 필요하다고 주장하였다.

한만철(2014)은 국내·외 관련 제도 조사 및 사용실태와 재해사례 분석을 통하여 고소작업대의 안전사고가 증가되는 이유로 검사제도가 가지는 문제점과 노후 장비의 사용 등 기술적인 문제점, 운전원 자격제도와 교육의 문제점 등이 복합적으로 작용한 결과라고 결론지었다. 이러한 원인을 개선하기 위해 근원적인 안전성 확보 방안을 종합적이고 체계적으로 시행하여야만 사고를 예방할 수 있다고 주장하였다.

조정호(2014)는 사용실태조사 및 재해분석 등을 통해 고소작업대 사고를 예방하기 위해 운영적, 기술적, 제도적 개선방안을 제시하였다. 운영적 개선 방안에는 운전 중 휴대전화 사용, 보호구 미착용 시 2진 아웃제도 시행 등을 제안하였으며, 기술적 개선방안으로는 PIC 점검 체크리스트 배포, 장비전문가 육성 및 활용, 안전사용에 대한 매뉴얼 보급 등을 제시하였다. 또한 제도적 개선방안으로는 2년 마다 안전검사를 받고, 건설기계관리법 상의 건설기계로 등록사고 교육 등을 강화해야 한다고 제안하였다.

〈표 1-8〉 고소작업대 관련 선행연구 현황

연 번	연구과제명 (연구년도)	연구자	연구목적 및 방법	주요내용
1	제품별 인증기준 개발에 관한 연구(1) 곤돌라, 고소작업대 (2006)	김정수 외 4명	양산품의 성격이 강한 고소작업대에 대한 안전확보를 위한 기준 제시	<ul style="list-style-type: none"> 고소작업대, 곤돌라 관련 안전인증기준(안) 제시
2	시저형 고소작업대 안전작업절차서 개발에 관한 연구 (2015)	민용철	실태조사를 통해 고소작업대 관련 사고를 원천적으로 차단할 수 있는 방법 모색	<ul style="list-style-type: none"> 고소작업대 관련 안전작업절차서 제시 사용자가 안전장치 임의 해체를 방지하기 위한 제도적인 개선이 필요하다고 제안
3	고소작업대 안전사고 예방을 위한 안전성 확보 방안에 관한 연구(2014)	한만철	실태조사, 재해사례 분석을 통해 고소작업대 중대재해 증가에 따른 개선방안 제시	<ul style="list-style-type: none"> 안전성 확보를 위해 선진화된 관련 제도의 도입이 필요하다고 제안 제조 능력 향상 및 안전장치 개선에 필요한 기술 개발이 필요하다고 제시
4	차량탑재형 고소작업대의 안전성 향상을 위한 실증적 연구(2014)	조정호	실태조사 등을 통해 차량탑재형 고소작업대의 재해예방을 위한 개선방안을 제시하고자 함	<ul style="list-style-type: none"> 운영적 개선방안으로 운전 중 휴대전화 사용, 보호구 미착용 관련 작업금지제도 실시 제시 기술적 개선방안으로 실효성 있는 점검 체크리스트 배포 등 제시 제도적 개선방안으로 안전검사 시행, 건설기계로 등록 등을 제시

Ⅱ. 이론적 고찰



1. 일반사항

1) 정의 및 종류

(1) 크레인

산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정의하는 크레인은 다음과 같다.

동력을 사용하여 중량물을 매달아 상하 및 좌우(수평 또는 선회를 말한다)로 운반하는 것을 목적으로 하는 기계 또는 기계장치

한편 위험기계·기구 안전인증 고시에서 정의하는 크레인은 다음과 같다.

훅(hook)이나 그 밖의 달기기구를 사용하여 화물의 권상과 이송을 목적으로 일정한 작업공간 내에서 반복적인 동작이 이루어지는 기계

산업안전보건기준에 관한 규칙에서는 ‘운반하는 것을 목적으로 하는 기계’로 정의하고 있으며, 고시에서는 ‘권상과 이송을 목적으로... 반복적인 동작을 하는 기계’로 정의하고 있다.

한편 위험기계·기구 안전인증 고시에 따른 크레인의 종류는 <표 2-1>과 같으며, 천장주행 크레인, 갠트리 크레인, 타워 크레인, 고정식 크레인, 상승식 크레인, 지브형 크레인, 이동식 크레인 등으로 분류하고 있다.

이동식크레인은 이동식 크레인 안전보건작업지침(KOSHA GUIDE, C-69-2022)에 따라 <표 2-2>와 같이 다시 상세하게 구분을 할 수 있으며, 주행체와 조종석 등의 형태에 따라서 트럭 크레인(Truck Crane), 크롤러 크레인(Crawler Crane), 트럭 탑재형(Cargo Crane) 크레인, 험지형 크레인(R/T Crane: Rough Terrain Crane), 전지형 크레인(A/T Crane: ALL Terrain Crane) 등으로 더 상세하게 구분할 수 있다.

〈표 2-1〉 크레인의 종류 및 정의

명칭	정의 및 특성	관련 사진
천장주행크레인 (overhead traveling crane)	주행 왕복대에 의해 레일(rail) 또는 트랙(track) 위에 직접 지지되는 브리지 거더(bridge girder)를 가진 크레인	
갠트리크레인 (gantry/portal bridge crane)	주행레일 위에 설치된 교각(leg)에 의해 지지되는 거더가 있는 크레인	
타워크레인 (tower crane)	수직타워의 상부에 위치한 지브(jib)를 선회시키는 크레인	
고정식 크레인 (fixed base crane)	콘크리트기초(foundation) 또는 고정된 베이스(base) 위에 설치된 크레인	
상승식 크레인 (climbing crane)	건축 중인 구조물 위에 설치된 크레인으로서 구조물의 높이가 증가함에 따라 자체의 상승 장치에 의해 수직방향으로 상승시킬 수 있는 크레인	
지브형 크레인 (jib type crane)	지브나지브를 따라 움직이는 크래브(crab) 등에 매달린 달기기구에 의해 화물을 이동시키는 크레인	
이동식 크레인	원동기를 내장하고 있는 것으로서 불특정 장소에 스스로 이동이 가능한 크레인	

〈표 2-2〉 이동식크레인의 종류 및 정의

명칭	정의 및 특징	관련 사진
트럭크레인 (Truck Crane)	하부 주행체의 주행부에 타이어를 사용한 자주식 크레인이며, 하부 주행체 및 상부 선회체에 각각 운전석을 가지고 있음	
크롤러크레인 (Crawler Crane)	하부 주행체의 주행부에 무한궤도 벨트를 사용한 자주식 크레인, 인양 효율이 좋아 대규모 현장에서 많이 사용	
트럭탑재형크레인 (Cargo Crane)	카고 트럭 화물적재함에 소형 크레인을 설치한 것으로 화물의 적재, 하역, 운성이 가능한 크레인	
힘지형크레인 (R/T Crane)	주행과 크레인 작업이 한 개의 운전실에서 수행되며, 선회반경이 매우 작아서 협소 공간 및 지형이 험한 곳의 작업에 매우 용이	
전지형크레인 (A/T Crane)	트럭크레인의 고속주행성과 힘지형 크레인의 적은 회전반경의 장점을 취합한 크레인으로서 작성이 우수하며 모든 차축이 자유롭게 조향이 가능	

(2) 고소작업대

위험기계·기구 안전인증 고시에 의한 고소작업대의 정의는 다음과 같으며, 요약하자면 ‘사람을 작업 위치로 이동시켜주는 설비’를 말한다.

고소작업대(mobile elevated work platform; MEWP)"란 작업대, 연장구조물, 차대로 구성되며 사람을 작업 위치로 이동시켜주는 설비

위험기계·기구 안전인증 고시에 의해 고소작업대는 <표 2-3>과 같이 구분할 수 있으며, 일반적으로 차량탑재형 고소작업대, 자체추진 고소작업대(일명 시저형 고소작업대) 등이 산업현장에서 널리 사용되고 있다.

<표 2-3> 고소작업대의 종류 및 정의

명칭	정의 및 특징
완전 수동조작 고소작업대 (totally manually controlled MEWP)	수동으로만 이동 동력을 얻을 수 있는 고소작업대
차량 탑재형 고소작업대 (vehicle-mounted MEWP)	고소장비가 차량에 탑재된 고소작업대
보행자 제어식 고소작업대 (pedestrian-controlled MEWP)	사람이 고소작업대에 가까이 걸으면서 동력 주행 제어 장치를 조작하는 고소작업대
레일 장착형 고소작업대 (rail-mounted MEWP)	레일에 의해 주행이 유도되는 고소작업대
자체 추진 고소작업대 (self-propelled MEWP)	주행 제어 장치가 작업대 위에 있는 고소작업대

2) 사용 현황

(1) 크레인

안전보건공단의 2019년 작업환경실태조사에 따르면, 국내에서 크레인을 보유하고 있는 사업장수, 보유대수 및 크레인을 제조하는 사업장 현황은 <표 2-4>와 같다. 크레인 종류에 관계없이 국내에서 크레인을 보유하고 있는 사업장수는 61,928개소로 추정되며, 보유 대수는 229,605대로 추정하고 있다. 또한, 크레인을 직접 제조하는 사업장 수는 216개소 인 것으로 확인되고 있다. 정격하중을 통해서 봤을 때는 2톤 이상 보유사업장은 47,158개소로서 전체의 76%를 차지하고 있었으며, 2톤 이상 보유대수는 182,561대로서 전체의 80%를 점유하고 있다.

<표 2-4> 크레인 보유사업장수, 보유대수, 제조사업장수

대분류	중분류	추정 보유 사업장수(개)	추정 보유 대수(대)	추정 제조 사업장수(개)
천정크레인, 갠트리크레인	2톤 이상	33,472	140,216	72
	2톤 미만	3,813	11,408	16
지브크레인, 타워크레인	2톤 이상	768	2,918	14
	2톤 미만	607	2,405	10
호이스트	2톤 이상	11,604	36,981	48
	2톤 미만	9,678	31,999	39
이동식크레인	2톤 이상	1,314	2,446	9
	2톤 미만	672	1,232	8
2톤 이상 합계		47,158	182,561	143
2톤 미만 합계		14,770	47,044	73
합계		61,928	229,605	216

해당 실태조사에서 안전검사 대상 크레인을 보유한 사업장수 현황은 <표 2-5>와 같으며, 보유 사업장수는 42,252개소로 추정되며, 보유대수는 163,998대로 추정되고 있다. 이를 <표 2-4>의 2톤 이상 전체 추정 보유대수와 연관 지어서 봤을 때, 안전검사 대상 크레인 보유대수를 <표 2-4>의 2톤 이상 크레인을 보유한 사업장수로 나눠서 백분율을 구할 경우, 안전검사를 받고 있는 수검율(검사를 받은 비율)을 간접적으로 유추해 볼 수 있다.

종류에 상관없이 봤을 때, 안전검사 수검율은 90% 수준이며, 지브·타워크레인이 92%로서 가장 높은 안전검사 수검율을 나타내고 있으며, 다른 종류의 크레인 또한 90% 수준의 안전검사 수검율을 나타내고 있다. 이는 안전검사 대상 크레인 10대 중 9대는 안전검사를 받고 있는 것으로 미루어 짐작해 볼 수 있다.

<표 2-5> 안전검사 대상 크레인 보유사업장수, 보유대수, 안전검사 수검율

대분류	중분류	추정 보유 사업장수(개)	① 추정 보유 대수(대)	② <표 2-4>의 추정 전체 보유 대수(개)	안전검사 수검율(①/②)
천정크레인, 갠트리크레인	2톤 이상	29,974	125,583	140,216	90%
지브크레인, 타워크레인	2톤 이상	692	2,682	2,918	92%
호이스트	2톤 이상	10,397	33,522	36,981	91%
이동식크레인	2톤 이상	1,189	2,211	2,446	90%
합계		42,252	163,998	182,561	90%

(2) 고소작업대

2019년 작업환경실태조사에 따르면, 국내의 승강 높이 2m를 초과하는 동력식 고소작업대 현황은 <표 2-6>과 같으며, 보유사업장수는 1,285개소, 보유대수는 3,065대로 추정되고 있으며, 동력식 고소작업대를 제조하는 사업장수는 3개소로 나타났다.

<표 2-6> 동력식 고소작업대 보유사업장수, 보유대수, 제조 사업장수

대분류	중분류	추정 보유 사업장수(개)	추정 보유대수(대)	추정 제조 사업장수(개)
동력식 고소작업대	승강 높이 2m 초과	1,285	3,065	3

안전검사 대상 동력식 고소작업대 현황은 <표 2-7>과 같으며, 크레인과 같은 방법으로 안전검사 수검율을 추정해 보면 88%가 안전검사를 받고 있는 것으로 나타났으며, 안전검사를 받아야 하는 10대 중 1대 정도는 안전검사를 받지 않고 있음을 대략적으로 유추해 볼 수 있다.

<표 2-7> 동력식 고소작업대 보유사업장, 보유대수, 안전검사 수검율

대분류	중분류	추정 보유 사업장수(개)	㉠ 추정 보유 대수(대)	㉡ 추정 전체 보유 사업장수(개)	안전검사 수검율(㉠/㉡)
동력식 고소작업대	승강 높이 2m 초과	1,150	2,688	3,065	88%

다만 안전보건공단 산업안전보건인증원의 유해·위험 기계·기구 종합정보시스템의 안전인증·검사 현황에서 [그림 2-1]과 같이 '대상품(대)=고소작업대', '대상품(중)=고소작업대' 로 설정 후 대상품별 안전인증 현황을 검색해보면 2023년 11월 현재 약 25,000여대의 안전인증 대상품을 확인해 볼 수 있다.

이렇게 작업환경실태조사와 안전인증현황에서의 고소작업대 수가 차이를 보이는 이유는 작업환경실태조사가 국내 5인 이상 제조업체를 대상으로 하기 때문인 것으로 추정해 볼 수 있다. 고소작업대는 대부분의 사용자가 특정 기간을 정해서 임대(산업현장에서는 리스 또는 렌탈로 부르고 있음)형태로 사용하고 있으므로, 작업환경실태조사의 보유대수를 통해 전국의 고소작업대 보유대수를 추정하기에는 다소 무리가 있을 것으로 사료된다. 다만 전국의 5인 이상 제조업체에서의 고소작업대 추정보유대수는 약 3,000대 정도로 볼 수 있을 것이다.

유해·위험 기계·기구 종합정보시스템

안전인증/검사 현황

안전인증 현황

안전인증/검사 현황 > 안전인증/검사 현황 > 안전인증 현황

안전인증 현황

사업장별 검색 대상품별 검색

대상품(대) 고소작업대 대상품(중) 고소작업대 대상품(소) ... 전체 ...

형식번호 인증번호 검색

순번	대상품(중)	대상품(소)	형식번호	용량	인증번호	인증일자	사업장명	상세 정보
1	고소작업대	자주식	JLG1930E S	0.227	23CP5AH50014	2023/12/07	적본글로벌	보기
2	고소작업대	자주식	JLG1930E S	0.227	23CP5AH50013	2023/12/07	적본글로벌	보기
3	고소작업대	자주식	JLG1930E S	0.227	23CP5AH50012	2023/12/07	적본글로벌	보기
14	고소작업대	자주식	XG1012A C	0.45	23BA3AH50120	2023/12/05	XCMG FIRE-FIGHTING SAFETY EQUIPMENT C o., Ltd.	보기
15	고소작업대	자주식	XG1012A C	0.45	23BA3AH50119	2023/12/05	XCMG FIRE-FIGHTING SAFETY EQUIPMENT C o., Ltd.	보기
16	고소작업대	자주식	XG1012A C	0.45	23BA3AH50118	2023/12/05	XCMG FIRE-FIGHTING SAFETY EQUIPMENT C o., Ltd.	보기
17	고소작업대	자주식	XG1012A C	0.45	23BA3AH50117	2023/12/05	XCMG FIRE-FIGHTING SAFETY EQUIPMENT C o., Ltd.	보기
18	고소작업대	자주식	XG1012A C	0.45	23BA3AH50116	2023/12/05	XCMG FIRE-FIGHTING SAFETY EQUIPMENT C o., Ltd.	보기
19	고소작업대	자주식	XG0807A C	0.23	23BA3AH50099	2023/12/05	XCMG FIRE-FIGHTING SAFETY EQUIPMENT C o., Ltd.	보기
20	고소작업대	자주식	XG0807A C	0.23	23BA3AH50115	2023/12/05	XCMG FIRE-FIGHTING SAFETY EQUIPMENT C o., Ltd.	보기

1 / 1250 Total : 24986

[그림 2-1] 고소작업대 안전인증 현황

2. 안전기준·제도

1) 안전인증

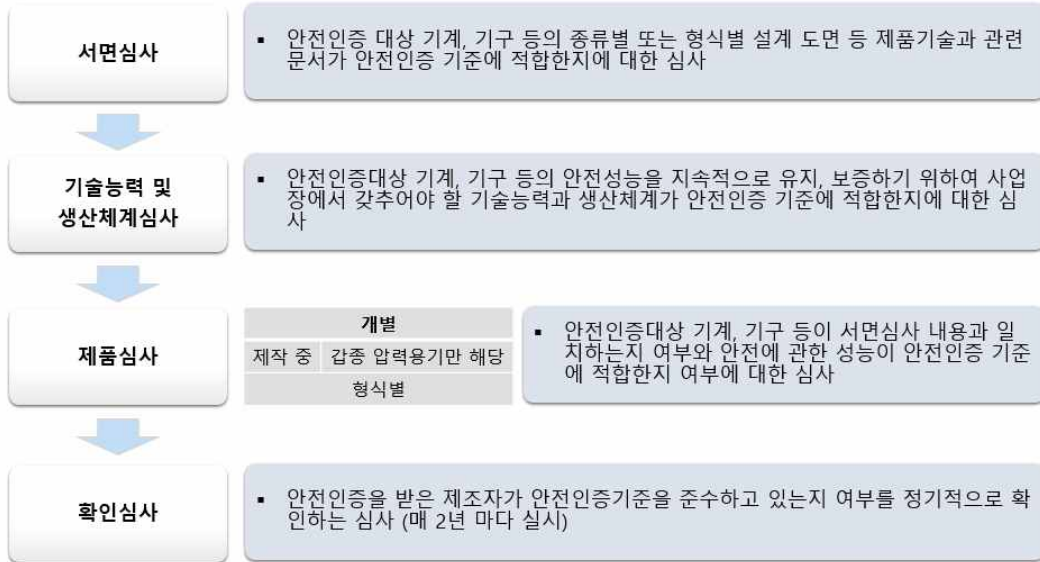
안전인증은 위험기계류 등의 제작, 설치 시, 즉 사용 전 단계에서의 안전을 확보하기 위한 제도이다. 크레인과 고소작업대는 의무적으로 안전인증을 받아야 하는 의무안전인증 대상 품목이며, 이동식 크레인(카고크레인, 차량탑재형)의 경우 2009년 10월 1일부터 제조 및 출고분부터, 고소작업대는 2009년 7월 1일부터 제조 및 출고분부터 안전인증 제도를 적용받고 있다. 이에 안전인증제도의 개요, 종류 및 대상 등에 대해서 살펴보고자 한다.

(1) 안전인증 개요

안전인증제도는 안전인증 대상품을 제조 또는 수입하려는 자를 대상으로 하며, 통상 서면심사, 기술능력 및 생산체제심사, 제품심사 순서로 진행되며, 확인심사의 경우 형식별 제품심사를 받은 안전인증 대상에 한하여 2년마다 실시하고 있다.

서면심사는 안전인증 대상 기계·기구 등의 종류별 또는 형식별로 설계도면 등 제품기술과 관련된 문서가 안전인증 기준에 적합한지에 대해 심사를 진행한다. 서면심사 결과, 적합을 통지 받은 자는 기술능력 및 생산체제 심사를 받아야 한다. 기술능력 및 생산체제 심사는 안전성능을 지속적으로 유지·보증하기 위하여 사업장에서 갖추어야 할 기술능력과 생산체제가 안전인증 기준에 적합한지에 대한 심사를 하며, 개별제품 심사를 하는 경우는 제외된다.

한편 제품심사는 개별제품 심사와 형식별 제품심사로 구분할 수 있으며 대상 제품이 서면심사 내용과 일치하는지 여부와 안전에 관한 성능이 안전인증 기준에 적합한지 여부에 대해 심사를 한다. 안전인증 심사 진행 순서는 [그림 2-2]와 같다.



[그림 2-2] 안전인증 심사 절차

(2) 안전인증의 종류 및 대상

안전인증제도의 종류를 살펴보면, 크게 ‘의무안전인증’과 ‘임의안전인증’으로 구분할 수 있다. 우선, 의무안전인증은 산업안전보건법 제84조제1항에 따라 안전인증대상기계 등을 설치·이전하거나 주요 구조 부분을 변경할 경우, 제조 또는 수입하는 자는 안전인증 기관을 통해 반드시 의무안전인증(KCs)을 획득해야 한다. 의무안전인증 및 자율안전확인 대상은 <표 2-8>과 같다.

임의안전인증은 산업안전보건법 제84조제3항에 따라 안전인증 대상 기계 등이 아닌 산업용 기계·기구 및 설비의 안전성을 임의로 확인 받고자 하는 경우에 적용하는 제도이다. 임의안전인증을 받고자 하는 자는 신고 수리기관인 안전보건공단을 통해서 해당 임의안전인증(S-Mark)을 획득할 수 있다.

〈표 2-8〉 의무안전인증 및 자율안전확인 대상

구분	제도	대상	세부 대상
제조·수입	안전인증 (시행령 제74조)	기계기구 (9)	①프레스 ②전단기 및 절곡기 ③크레인 ④리프트 ⑤압력용기 ⑥롤러기 ⑦사출성형기 ⑧고소작업대 ⑨곤돌라 ※ 이동식크레인(카고크레인)은 '09.10.1.부터 제조 및 출고분 적용 ※ 사출성형기, 고소작업대는 '09.7.1.부터 제조 및 출고분 적용 ※ 절곡기, 곤돌라는 '13.3.1.부터 제조 및 출고분 적용
		방호장치 (9)	①프레스 및 전단기방호장치 ②양중기용과부하방지장치 ③보일러 압력방출용 안전밸브 ④압력용기 압력방출용 안전밸브 ⑤압력용기 압력방출용 파열판 ⑥절연용 방호구 및 활선작업용 기구 ⑦방폭구조 전기기계기구 및 부품 ⑧가설기자재(추락·낙하 방지용 안전난간, 작업발판 등 9종) ⑨산업용 로봇 방호장치(안전매트 등) ※ 압력용기 압력방출용 파열판은 '09.7.1.부터 제조 및 출고분 적용 ※ 가설기자재 중 틀형 동바리용 부재, 시스템동바리용 및 시스템 비계용 부재는 '10.12.22.부터 제조 및 출고분 적용 ※ 산업용 로봇 방호장치는 '21.1.16.부터 제조 및 출고분 적용
		보호구 (12)	①안전모(추락·감전) ②안전화 ③안전장갑 ④방진마스크 ⑤방독마스크 ⑥송기마스크 ⑦전동식호흡보호구 ⑧보호복 ⑨안전대 ⑩보안경(차광 및 비산 물) ⑪용접용 보안면 ⑫방음용 귀마개 또는 귀덮개 ※ 전동식호흡보호구는 '09.7.1.부터 제조 및 출고분 적용
	자율안전확인 (시행령 제77조)	기계기구 (10)	①연삭기 또는 연마기 ②산업용 로봇 ③혼합기 ④파쇄기 또는 분쇄기 ⑤식품가공용기계 ⑥컨베이어 ⑦자동차정비용 리프트 ⑧공작기계 ⑨고정형 목재가공용 기계 ⑩인쇄기 ※ 자율안전확인신고 대상 기계·기구는 '13.3.1.부터 제조 및 출고분 적용
		방호장치 (7)	①아세틸렌용접장치용 안전기 ②교류아크용접기용 자동전격방지기 ③롤러기 급정지장치 ④연삭기덮개 ⑤반발예방장치 및 날 접촉예방장치 ⑥수동대패용 칼날 접촉방지장치 ⑦가설기자재
		보호구 (3)	①안전모(낙하비레) ②보안경(비산물) ③보안면(비산물)

(3) 안전인증에 의한 제작기준

가) 크레인

안전인증 고시 [별표 2]에 의한 크레인 제작 및 안전기준에 대한 내용은 <표 2-9>와 같으며, 주요 내용은 공통 분야의 재료, 강재의 계산, 강재의 허용응력, 하중, 처짐한도, 권상장치 등의 브레이크, 드럼 등의 직경, 와이어로프의 감기, 와이어로프의 안전율, 권과방지장치, 과부하방지장치, 안전밸브, 경사각 지시장치 등으로 구분할 수 있으며, 전기 분야에서는 접지, 감전 사고 방지, 과전류 보호, 이상온도 보호, 절연저항, 방폭 전기 기계기구, 제어회로 및 제어기능, 조작버튼 및 전선색상 등이 제시되어 있다.

나) 이동식 크레인

안전인증 고시 [별표 2]에 의한 이동식 크레인 제작 및 안전기준에 대한 내용은 <표 2-10>과 같으며, 대부분의 제작 및 안전기준은 크레인의 기준을 준용하고 있으며, 전도(넘어짐), 차량 자체의 주행 등과 관련하여 다음 항목에 대해서는 이동식크레인에 한정해서 별도의 제작 및 안전기준을 제시하고 있다.

안정도(수직동하중의 1.25배 하중 시 안전도 모멘트가 전도 모멘트 이상), 동력 선회부 브레이크, 권상용/기복용 와이어로프 및 체인의 안전율 5.0 이상, 붐 인입/인출용 와이어로프/체인 안전율 4.0 이상, 과부하방지장치 정격하중 1.1배 이상 권상 시 경보/권상 불가한 구조, 전도방지장치, 정격용량 90% 초과 시 시각/청각 경고, 수평지시 확인장치, 선회부 장치, 붐의 구조, 기계적 안전장치(차량주행 중 구조부 회전, 붐 기복/인출, 아웃트리거 동작 불가)

〈표 2-9〉 크레인의 안전인증에 따른 제작 및 안전기준

No	분야	구분	요약 내용
1	공통	재료	한국산업표준(KS)에서 정하는 강재 또는 동등 이상의 재료 사용
2		강재의 계산	강재계산 정수(상수) 제시
3		강재의 허용응력	강재계산 사용 허용인장응력, 허용압축응력, 허용전단응력, 허용지압응력 제시
4		용접부에 걸리는 허용응력값	용접부 계산에 사용되는 허용응력값 제시
5		허용응력값의 할증	할증값 제시
6		하중의 종류	수직동/수직정/수평동/열/풍/충돌/지진하중
7		풍하중 및 지진하중	계산식 및 각종 상수 제시
8		강도계산에 관한 하중의 구성	하중 구성에 관한 항목 제시
9		강성의 유지	강성 유지를 위한 기준 제시
10		처짐하중	처짐 기준 제시(스팬의 800분의 1 이하)
11		안정도	안정도 모멘트 값 제시
12		고정	고정(벽체/와이어로프 지지 등)에 대한 기준 제시
13		권상장치 등의 브레이크	제동토크 값 등 기준 제시
14		브레이크	제동토크 값은 전동기 정격토크의 50% 이상 등
15		드럼 등의 직경	와이어로프 지름과의 비에 따른 기준 제시
16		와이어로프의 감기	플리트(fleet) 각도 기준 제시
17		와이어로프와 드럼 등과의 연결	고정방법 및 단말 고정 시 클립수 기준 제시
18		드럼의 강도	충분한 강도, 마멸, 변형, 균열 등이 없어야 함
19		와이어 로프의 안전율	권상용/지브의 기복용/횡행용/주행용 등 와이어로프 안전율 제시
20		체인	권상용 체인 등의 기준 제시
21		용접	강재용접 기준 제시(아크용접, 용접봉 KS D 7004(연강용 피폭 아크용접봉)에 적합
22		조립상태	고장력 볼트, 2산 이상 나사산 등
23		원치 등의 설치	견고하게 고정 등
24		권과방지장치	권상장치, 기복장치에는 권과방지장치 설치
25		권과방지장치의 성능	구조 및 전기식 기준 제시
26		권과를 방지하기 위한 경보장치	작동하는 구조, 기능의 장애에 대한 기준 제시
27		과부하방지장치	부작해야할 과부하방지장치에 대한 기준 제시

No	분야	구분	요약 내용
28		안전밸브	유압/수압/공기압 또는 증기압 동력에 대한 안전밸브 기준 제시
29		회전부분의 방호	기어, 축, 커플링 등의 회전부분에 덮개 나 올 설치
30		주행크레인 경보장치	충 또는 버저 등의 경보장치 구비
31		경사각 지시장치	지브 기복 크레인은 운전자가 보기 쉬운 위치에 구비
32		해지장비	혹에는 와이어로프 등의 이탈방지용 해지장치 부착
33		리프팅 마그넷	리프팅 마그넷에 대한 기준 제시
34		컨트롤러	크레인의 작동종류, 방향, 비상정지 등 표시, 무선원격제어기 구조 제시
35		팬던트 스위치	팬던트 스위치에 대한 기준 제시
36		레일의 정지기구	횡행/주행레일의 양끝부분 등에 대한 기준 제시
37		병렬 설치된 크레인의 충돌방지장치	2대 이상 병렬 설치 크레인 접근 시 설정된 거리에서 경보
38		미끄럼방지 고정 장치	옥외 주행크레인 미끄럼방지 고정장치 설치, 풍하중 값 기준 제시
39		주행용 원동기	매초 16m 풍속에서도 주행 가능한 출력 가진 원동기 등
40		통로	천장주행/갠트리 등의 지브 폭 40cm 이상 통로, 90cm 이상 난간 등
41		사다리	점검/보수/검사용 고정식 사다리 설치 및 구조 기준(발판 25~35cm 등간격 등) 제시
42		계단의 구조	경사도 75도 이하, 발판높이 30cm 이하, 폭 10cm 이상, 높이 10m 초과 7m 마다 계단참
43		운전실의 설치	운전실 설치가 필요한 기준 제시(분진, 저온, 옥외 등)
44		운전실	운전실 또는 운전대 구조 제시(시야, 쉽게 조작, 감전 방지, 분진 방지 등)
45		운전실 등 권상용 와이어로프	운전실 또는 운전대 2 이상의 권상용 와이어로프 사용, 제동 기준 등
46		성능유지	강성 유지, 구조부 변형 없음, 부식 없음, 부동침하 없음 등
47		하중 및 동작시험	하중시험 시 정격하중의 1.1배(타워크레인 1.05배)미만 하중으로
48		레일	주행/횡행레일별 기준 제시
49		강구조 부분	구조부재, 결합부, 도장부위 등 기준 제시(이상변형, 비틀림, 균열, 부식 등)
50		기계장치	전동기, 커플링, 브레이크류, 치차류, 축, 베어링, 차륜, 드럼, 시브, 와이어로프 등의 기준 제시
51		유탄장치	유탄유 주입장치 상태 적정, 급유펌프, 유면계 등의 기준 제시
52		조명장치	운전에 지장 없이, 야간 조명 운전자 및 신호자 작업에 지장 없이 등
53		표시내용	정격하중, 전기정격, 제조자명, 제조연월, 안전인증의 표시, 형식 또는 모델번호, 제조번호 표시
54		경고표지	제거될 수 없는 위험에 대해서 경고 표지 부착
55		건축물 등의 구조 확인 등	크레인 하중 고려 입증 서류 확인
56	전기	접지	외함접지, 접지선 강도, 외함접지선의 최소 단면적 기준 등 제시

No	분야	구분	요약 내용
57	분야	전원 차단장치	전원차단장치 및 2개 이상 전원 공급 시 상호 연동 등의 기준 제시
58		감전 사고방지	직접접촉방호 조치, 방전, 가공전선 근접 시 기준 제시
59		배선	피복 손상 보호조치, 단자체결부 풀림 또는 타락 없도록
60		트롤리선	직류, 교류 전압별 안전기준 제시
61		과전류보호	정격전류 또는 도체 허용전류값 중에서 더 작은 값에서 보호 등
62		전동기의 과부하 보호	정격출력 0.5킬로와트 이상 전동기에 설치 등
63		이상온도 보호	적절한 냉각장치 설치
64		등전위접지	모든 도전부는 보호본딩회로에 연결
65		절연저항	전위선과 보호본딩회로 사이 직류전압 500볼트 인가 시 절연저항 1메가 오옴 이상
66		방폭 전기 기계기구	적절한 방폭 전기기계기구 적용
67		제어회로 및 제어기능	1, 2차측이 분리된 권선방식의 제어용 변압기로 생성 등
68		운전모드	위험 우려 시 키스위치, 비밀번호 등으로 통제, 안전장치는 항상 유효 등
69		비상정지장치	필요 개소마다 설치, 접근이 용이, 수동복귀, 적절한 형태 선정 등
70		부식성 장소 등의 전기기계기구	방식도로, 캡타이어 케이블, 절연성 방식도로 등 사용
71		조작버튼 및 전선색상	조작버튼/표시등 색상 기준(적색-비상, 황색-비정상, 녹색-정상, 청색-의무 등)
72		표시	기동, 정지, 기동과 정지 교대로 작동하는 누름버튼 등의 심벌 제시
73		경고표지	감전위험 경고표지 심벌 제시
74		시험	접지연속성시험, 절연저항시험에 대한 기준 제시

〈표 2-10〉 이동식 크레인의 안전인증에 따른 제작 및 안전기준

No	분야	구분	요약 내용
1	이동식 크레인	재료	크레인의 안전인증에 따른 제작 및 안전기준 제1호에 따름
2		강재의 계산	크레인의 안전인증에 따른 제작 및 안전기준 제2호에 따름
3		강재의 허용응력	크레인의 안전인증에 따른 제작 및 안전기준 제3호에 따름
4		용접부에 걸리는 허용응력값	크레인의 안전인증에 따른 제작 및 안전기준 제4호에 따름
5		허용응력값의 합중	크레인의 안전인증에 따른 제작 및 안전기준 제5호에 따름
6		하중의 종류	제6호의 가목부터 바목까지 따름
7		풍하중 및 지진하중	제7호에 가목부터 라목까지 따름
8		강도계산에 관한 하중의 구성	제8호에 가목부터 나목까지 따름
9		강성의 유지	제9호에 가목을 따름
10		안정도	수직동하중의 1.25배 하중 시 안정도 모멘트가 전도 모멘트 이상
11		권상장치 등의 브레이크	제13호 가목부터 다목까지 따름
12		브레이크	동력 선회부 크레인 브레이크 설치
13		드럼 등의 직경	와이어로프 지름과의 비에 따른 기준 제시
14		와이어로프의 감기	제16호에 따름
15		와이어로프와 드럼 등과의 연결	제17호에 따름
16		드럼의 강도	제18호에 따름
17		이동식 크레인 와이어로프의 안전율	권상용/기복용 5.0, 붐 인입/인출용 와이어로프 4.0 이상
18		체인	권상용/기복용 5.0, 붐 인입/인출용 체인 4.0 이상
19		용접	제21호에 따름
20		조립상태	제22호의 가목부터 다목까지 따름
21		원치 등의 설치	제23호의 가목에 따름
22		권과방지장치	제24호에 따름
23		권과방지장치의 성능	제25호 및 제26호의 다목에 따름
24		과부하방지장치	안전인증품, 정격하중의 1.1배 이상 권상 시 경보/권상불가능한 구조
25		전도방지장치	넘어짐 방지 장치 설치(길이 또는 차체 경사 감시장치 등)
26		정격용량 지시장치	정격용량 90% 초과 시 시각/청각 경고
27		유압계통	KS B ISO 15442(로더크레인의 안전요구사항) 4.5 유압계통을 따름

No	분야	구분	요약 내용
28		회전부분 등의 방호	제29호에 따름
29		경사각지시장치	제31호에 따름
30		수평지시확인장치	아웃트리거 조작대에 수평계 설치
31		해지장치	제32호에 따름
32		리프팅 마그넷	제33호에 따름
33		제어장치	KS B ISO 15442(로더크레인의 안전요구사항) 4.7 제어장치 및 4.8 제어실에 따름
34		성능유지	제46호에 따름
35		하중 및 동작시험	제47호에 따름
36		강구조 부분	제49호에 따름
37		기계장치	제50호에 따름
38		선회부 장치	선회부 고정볼트 육안 점검 가능, 2산 이상 나사산, 날카로움 없음
39		붐의 구조	사람 탑승 방지 볼트 체결불가능한 구조, 날카로움 없음
40		윤활장치	제51호에 따름
41		조명장치	제52호에 따름
42		표시내용	제53호 가목에 따름, 정격하중표 쉽게 확인 가능한 위치 부착 등
43		경고표지	제54호에 따름
44		기계적 안전장치	차량주행 중 구조부 회전, 붐 기복/인출, 아웃트리거 동작 불가
45		비상정지장치	제69호 가목부터 마목, 비상정지장치 설치

다) 고소작업대

안전인증 고시 [별표 7]에 따른 고소작업대의 제작 및 안전기준은 <표 2-11>과 같으며, 주요 제작 및 안전기준은 구조 및 안정도 계산, 차대와 안정기, 연장 구조물, 연장 구조물 구동장치, 유압구동장치, 유압실린더, 공압구동장치, 안전장치, 표시, 전기 분야로 구분해 볼 수 있다.

앞서 크레인 및 이동식크레인과 비교했을 때, 고소작업대의 제작 및 안전기준에서의 요구사항이 더 많다는 것을 알 수 있다.

〈표 2-11〉 고소작업대의 제작 및 안전기준

No	분야	구분	요약 내용
1	구조 및 안정도 계산	제조자의 의무사항	하중과 힘 평가, 안정도 계산, 추가적인 동적 효과의 계산 수행 등
2		하중과 힘	정격하중, 구조물하중(자중), 풍하중, 인력, 특수하중과 힘
3		하중과 힘의 결정	가. 정격하중의 계산 방법, 나. 구조하중의 계산 방법, 다. 풍하중의 계산 방법 라. 인력은 탑승 허용 인원 1명 최소인력 200N, 2명 이상 400N으로 가정, 작업대 바닥 1.1m높이적용 마. 특수 하중 계산 방법
4		안정도 계산	가. 힘 계산, 나. 풍하중 계수 1.1, 다. 수동력 계수 1.1, 라. 특수하중과 힘은 제조자가 결정 계산 등
5		구조 계산	가. 구조계산 시 고려사항, 나. 계산방법, 분석
6	차대와 안정기	자동 안전장치	가. 작업대 벗어나면 주행 방지자동안전장치, 나. 자체추진 고소작업대 작업대 운반위치 벗어나면 속도 제한 기능
7		경사표시장치	가. 모든 고소작업대 경사 허용한도 알려주는 장치 설치, 나. 수평유지 안정장치 구비 다. 2, 3종의 경우 경사 최대한계치에서 음향 신호
8		잠금핀	안정기(아웃트리거) 잠금핀은 안전하게 고정되어야
9		제어봉 및 견인봉	보행자 제어식 고소작업대 제어봉과 견인봉은 차대에 견고하게 부착
10		수직위치의 제어봉 및 견인봉 보호	가. 갑작스런 낙하방지 자동장치 구비, 나. 다축 차대, 최대 낮춘 제어봉/견인봉과 지면 최소 간격 120mm
11		안정기 구조	아웃트리거 등 안정기의 발은 최소한 10도 경사의 지면에서 사용될 수 있는 구조
12		작업대의 허용위치	가. 고소작업대의 안정기 작동위치에 있는 경우 아니면 작업대 벗어나 작동 방지 안전장치 설치, 나. 안정기없는고소작업대도범위벗어나작동방지안전장치설치
13		작업대의 허용위치 적용 제외	지면에서 작업대 바닥 높이 5m 초과하지 않을 경우 12호 예외 가능
14		안정기의 고정	안정기 설치 고소작업대, 작업대 적재 위치 외 안정기가 움직이지 않도록 하는 장치 설치
15		움직임 방지	안정기 불시 움직임 방지 장치 설치
16		브레이크 부착	자체추진 고소작업 동력차단 또는 고장 발생 시 자동 작동 브레이크 같은 축 두 바퀴에 장착
17	기계적 정지장치	가. 기계적인 정지장치에 의해 안정기 움직임 방지 나. 각안정기는두개의개별잠금장치의해잠기고, 하나는자동으로작동	

No	분야	구분	요약 내용
18		잠금 스위치	허가자 외 사용 금지 위해 잠금 스위치와 같은 장치 설치
19		주행 속도	작업대가 적재 위치를 벗어난 상태, 최대 주행속도, 가. 차량탑재형 : 1.5m/s, 나. 레일장착형 : 3.0m/s, 다. 자체추진 : 0.7m/s
20		정지 거리	속도에 따른 제동거리 기준 제시
21		주행 속도	보행자 제어 고소작업대 최대 주행속도 1.7m/s
22		조작 위치의 방호가드	가. 위험한 곳에 방호가드 설치, 나. 방호가드 열거나 제거는 열쇠 나 공구 사용
23		엔진 배기관	내연기관 배기관은 조작 위치에서 떨어져 배출
24		화재 예방	연료와 유압오일 탱크 주입구는 엔진 배출구 등에 의해 화재 발생되지 않도록
25		운전자 시야 확보	가. 어떤 조작 위치에서도 위험 직접 볼 수 있게, 나. 각 안정기의 움직임을 볼 수 있도록
26		축전지 배치	가. 축전지는 위험 야기 위치가 아니게, 나. 통풍구 만들어 위험한 기체 방출되지 않도록
27		이탈 방지	레일 장착형 고소작업대 이탈을 방지 조치
28		동력 차단	외부 동력 공급으로부터 안전하게 차단할 수 있는 장치 설치
29		연장 구조물	전도 및 허용 응력 초과 방지 방법
30	모멘트 감지장치		가. 붐 길이/각도, 정격하중, 안정기 확장 길이 또는 차체 경사 감지장치 등을 고려 설치 나. 차량탑재형모멘트감지장치는안전인증품설치
31	기울기를 갖는 마스트		마스트 기울기 가능 고소작업대는 이동 및 작업 위치에 마스트 고정 시킬 수 있는 구조
32	끼임점과 전단점 제거		가. 끼임점/전단점 위험 공간 방호조치, 나. 작업대, 주위, 지면, 통로 등도 고려 다. 조치어려울경우식별용이한경고표지부착, 시저식승강장치는가드불가시경고표지와하강시가청경보
33	고정 받침대		가. 정기 보수 작업대 상승 시 일정 상승 위치에서 연장 구조물 고정 받침대 구비 나. 짐을싣지않은작업대지지,안전한위치에서조작가능
34	최대 작동 속도		구조물 최대 작동 속도, 가. 작업대의 상승 및 하강 : 0.4m/s, 나. 붐의 수축 : 0.4m/s, 다. 선회 또는 회전 : 0.7m/s
35	차대 지지		가. 진동 억제 연장 구조물 고정, 나. 작동 중 파손 방지 위해 강도 계산 실시
36	연장 구조물	일반요건	가. 구동 장치는 고소작업대의 불시 작동을 예방할 수 있게 설계, 제작, 나. 전동체인 또는 벨트는 구동장치 체인/벨트 고장 시 작업대의 우발적인 움직임 방지할 경우에만, 다. 수동 구동장치는 핸들의 반발작용 방지,

No	분야	구분	요약 내용
			라. 동력 & 수동 동시 작동 되지 않도록, 마. 모든 구동장치는 제동장치 설치, 바. 제동장치는 정격부하의 1.1배에서 정상 작동, 사. 선회부(선회부 볼트 육안점검 가능, 2산 이상 나사산 등)
37	구동장치	와이어로프	가. 와이어로프 구동장치, 나. 와이어로프 기계적 안전장치, 다. 2차 와이어로프 구동장치 조건, 라. 와이어로프 재료 등에 대한 요건(공칭지름 8mm, 소선수 최소 114개, 인장강도 1,570~1,960N/m2 이하 등) ※ 와이어로프 구동 시스템 계산 방법 제시
38		체인구동 장치	가. 고장 시 완전히 하중이 걸린 작업대의 낙하 0.2m로 제한, 나. 안전울 5, 지브와 동작과 연동된 기계적 안전장치 설치 기준 제시, 다. 체인구동장치 2개 인 경우 기준 제시 등
39		리이드 스크류 구동 장치	설계조건 제시 등
40		랙과 피니언 구동 장치	가. 설계응력은 항복 인장강도의 1/6 이하, 나. 조속기 작동식 안전장치 조건 제시, 다. 이탈방지장치 조건 제시
41		작업대의 수평 유지	가. 수평 또는 작업대 평면과 ±5도 이내, 나. ±5도 유지 불가 시 안전장치 내장, 다. 최대 부하의 2배 이상 유지
42	작업대	낙하 또는 추락방호조치	가. 작업대 모든 측면 안전난간 설치, 나. 1.0m 이상 상부 난간대, 0.1m 이상 발끝막이판, 상부/발끝막이판에서 0.55m 이내 중간대, 전/측/후면부 접히거나 분리되지 않는 일체형 구조 다. 가장 불리한 방향/위치에서 0.5m 간격, 500N 집중 하중에 견뎌야, 라. 작업대는 난연성 재료로 제작
43		출입문의 안전조치	가. 경첩 난간대 바깥쪽으로 접히지 않게, 슬라이딩 난간대 수직방향으로만, 나. 자동으로 닫히고 고정 위치로, 다. 바깥쪽으로 열리고, 임의로 열리지 않도록, 라. 자동 복귀 슬라이딩식은 중간대 고정
44		작업대의 바닥	가. 배수 가능, 미끄럼방지 조치, 모든 틈새는 지름 15mm 구형체 통과하지 않도록, 나. 정격하중 감당 강도
45		체인 및 로프	체인 및 로프는 가드레일 또는 출입문 사용 금지
46		접근사다리	가. 높이 0.4m 초과 시 접근사다리 설치, 나. 답단 간격 0.3m 이내, 균등 간격, 다. 답단폭 0.3m, 길이 25mm의 미끄럼 방지 구조, 라. 고소작업대 어떤 구조로부터 수평거리 0.15m 이상 이격, 마. 접근 사다리는 출입문과 대칭
47		손잡이 및 난간	접근하게 용이하게 설치
48		뚜껑문	뚜껑문(trapdoor)은 작업대에 고정, 불시 열리지 않게
49		제어장치 보호	작업대 물체 접근할 때 손 보호 장치가 작업대에 마련

No	분야	구분	요약 내용
50		가정 경고장치	제3종 작업대 작동 시 가정 경고장치 설치
51		의사소통방법	제2종 작업대는 운전자와 작업대 작업자 사이 의사소통 장치 설치
52		기계적 정지장치 등	가. 작업대 움직임은 기계적 정지장치에 의해 제한, 나. 옥내 작업대는 천장 끼임 방지 가드 또는 과상승방지장치
53		작업대 지지	운반위치에서 작업대가 지지되어야 함
54	제어장치	작동 및 조작	가. 고소작업대는 제어장치 조작 시에만 작동, 나. 제어장치 해제 시 중립 위치로 돌아가야 함(차량탑재형 예외), 다. 우발적 동작 방지를 위해 상호 연동, 라. 제어장치 위험으로부터 보호되는 위치에 설치
55		작동방향	제어장치는 방향이 문자/기호로 분명하게 표시, 조작하게 편리하도록 배치
56		제어장치의 위치	가. 제어장치는 작업대에 설치, 나. 지면/본체 작동 이중 제어장치는 임의로 조작할 수 없도록, 다. 이중 제어 장치는 비상장치로 사용 가능, 라. 여러 위치 작동 제어 시 미리 지정된 위치에서만 제어, 상호연동
57		전기 스위치	제86호에 따름
58		파일럿 및 솔레노이드 작동밸브	동력 차단 시에도 안전하도록 설계, 설치
59		동력 재공급	동력 재공급 시 불시 가동되지 않도록
60		비상안전장치	동력 차단 시 안전한 위치로 작업대 복귀하는 비상안전장치 구비
61		속도 제한	비상 운전 시에도 정상속도의 1.4배 이내로 제한되는 장치 설치
62		자동 및 프로그램된 조작	적절한 안전 기능이 동시에 구비되어야 허용
63	유압구동장치	압력제한장치	가. 동력원과 1차 제어밸브 사이 압력제한장치 설치, 나. 최대압력이 여러 곳인 경우 둘 이상의 압력제한장치 설치, 다. 설정 압력은 도구를 사용하여 조정, 봉인
64		배관 및 연결부	가. 실린더, 배관 및 연결부는 최대설정압력의 2배 견디게 설계
65		파열강도	이음과 호스는 최소 파열강도가 설계압력의 3배 이상
66		압력등급	유압계통 모든 부분은 최대압력에 견딜 수 있게 설계
67		연결구	압력계 연결 연결구 적정하게 설치
68		공기 배출	사용된 공기가 배출될 수 있도록 설계
69		인입 필터	대기 개방 유체저장용기는 공기 입구 필터 설치

No	분야	구분	요약 내용
70		유량 지시기	유체저장용기에 최대 허용유량과 최소 수준을 지시하는 장치 설치
71		유체 청결유지	유체 청결도를 조절하는 장치 설치
72		가스 충전 어큐물레이터	가. 가압상태 아니면 유체압력 자동 배출 또는 분리하는 장치 설치 나. 압력이 유지되어야 하는 경우 "경고, 가압용기" 표지 부착, 게시 다. "경고, 가압용기 분해 전 배출 시킬 것" 경고표지 부착
73		오접속 방지	유압호스 오접속 방지토록 설계, 식별, 배치
74	유압 실린더	구조 설계	기계식 정지장치로 사용되는 실린더는 작동 하중의 2배 하중 견디도록 설계 가. 정상운전 상태 조건 제시, 나. 결함발생 조건 제시
75		하중 유지 실린더의 운동 통제	가. 하중 지지 상태 유지 실린더는 밸브 외부힘에 의해 열린 때까지, 움직이지 않도록 하는 장치 설치 나. 잠금밸브설치시유체유출방지자동폐쇄등
76	공압구 동장치	일반요건	최대압력을 정해야 함
77		실린더, 배관 및 연결부의 설계 압력	가. 실린더, 배관 및 연결부는 최대설정압력의 2배 견디게 설계
78		파열강도	이음과 호스는 최소 파열강도가 설계압력의 3배 이상
79		압력등급	최대압력에 견딜 수 있게 설계
80		압력 제한장치	가. 동력원과 1차 제어밸브 사이 압력제한장치 설치, 나. 최대압력이 여러 곳인 경우 둘 이상의 압력제한장치 설치, 다. 설정압력은 도구를 사용하여 조정, 봉인
81		연결구	압력계 연결 연결구 적정하게 설치
82		공기배출 방지장치	가. 공압 승강시스템은 불시하강 방지 공기배출방지장치 설치 나. 공기공급 재공급 시 불시에 고속으로 움직이지 않도록 하는 장치 설치
83	오접속 방지	공압호스 오접속 방지토록 설계, 제작, 설치	
84	안전장치	일반요건	가. 스위치, 밸브 등과 같이 정보를 제공하는 요소, 나. 배선/봉/레버/배관 등과 같이 정보를 전달하는 요소, 다. 접촉기/계전기/밸브 등과 같이 정보에 반응하는 요소
85		안전장치 설치요건	손상으로부터 보호, 검사 용이, 조절은 공구 사용
86		전기적 안전장치	가. 안전스위치는 결함 시 안전한 상태 유지, 센서/스위치 이중화 등
87		유압/공압 안전장치	가. 전기적 안전장치와 동등한 안전수준 유지 등
88		기계적 안전장치	가. 전기적 안전장치와 동등한 안전수준 유지 등

No	분야	구분	요약 내용
89		안전장치 기능 무효화방지	가. 기능을 무효화할 수 없도록 설치, 나. 안전장치는 공구로 조절 가능/검사 용이
90		시험	가 일반 시험 요건, 나. 안정성 시험요건
91		제품심사 일반요건	가. 제동시험, 나. 과부하시험, 다. 기능시험
92		이름판	제조사명, 형식번호, 제조 일련번호, 제조연월, 정격하중(kg), 허용 탑승 인원 수, 최대허용풍속(m/s), 최대허용경사, 동력원의 사양, 안전인증의 표시, 일일 평균운전시간 및 구동등급
93		작업대	작업대에 표시 (정격하중, 허용 탑승인원수, 최대허용풍속)
94		복수 정격하중	가. 둘 이상 정격하중 설계 시 하중을 표로 표시, 나. 연장, 확대 또는 이동되는 작업대는 구성형태의 정격하중 표시
95		비상장치	비상장치 위치, 사용법을 고소작업대 내에 표시
96		작업대 정격하중	주작업대, 보조작업대 가질 경우 각 작업대 정격하중 외 총 정격하중 표시
97		옥내용	옥내용 고소작업대는 용도를 잘 보이는 곳에 영구적으로 표시
98		외부 전원 공급 연결	외부 동력 공급 연결지점에는 관련 정보 영구적으로 표시
99	표시	조립식 부품	기능적 분리 부품에 영구적 표시(제조사 또는 공급자 이름, 고소작업대의 모델명)
100		요약 설명서	최소한의 사용방법 포함 영구히 부착
101		돌출 부분	모든 돌출부분은 위험표지 색상(KS A ISO 3864-2)으로 표시(예, 작업대, 차대 안정기)
102		안정기 또는 차륜	지지 최대하중을 잘 보이는 곳에 영구적 표시
103		타이어 압력	공기타이어 압력 표시
104		틈새 및 가드	안전 틈새 또는 가드 설치 불가 시 경고표지 부착
105		끼임 방지	고정장치 불확실 시 유지보수 동안 사람이 들어가지 못하도록 문구 부착
106		안정기 사용	안정기 사용 필요 고소작업대는 운전자 위치에 경고표시
107		가압용기	가스 충전 어큐뮬레이터 유압계통에는 "경고 가압용기 분해 전 압력 배출" 표시 부착
108		경고표시	방호장치 설치로 제거될 수 없는 위험에 대한 경고 표지 부착
109		접지	위험접지, 접지선 강도, 최소 단면적, PE 표기 관련 기준 제시
110	전기분야	비상정지장치	가. 비상정지장치 설치, 나. 필요 개소마다 설치, 접근이 용이, 다. 작동 후 수동 복귀 시까지 자동복귀되지 않는 구조, 라. 형태 기준(버섯형 누름버튼 등), 마. 액추에이터 적색, 주변 황색, 바. 로브작동형 적정 장력 유지 등

2) 안전검사

안전검사 제도는 산업현장에서 위험기계류 사용 중 안전을 확보하기 위한 제도로서, 안전검사 대상 및 절차 등은 안전검사 절차에 관한 고시에서 규정하고 있다.

(1) 안전검사 개요

산업안전보건법 제93조 및 동법 시행령 제78조에 의거 유해하거나 위험한 기계·기구·설비를 사용하는 사업주가 유해·위험기계 등의 안전에 관한 성능이 안전검사기준에 적합한지 여부에 대하여 안전검사 기관으로부터 안전검사를 받도록 함으로써 사용 중 재해를 예방하고 있다.

크레인은 1991년에 처음으로 안전검사 대상이 되었으며, 이동식 크레인과 고소작업대(차량탑재형만 해당)는 2016년 2월에 동시에 안전검사 대상에 포함되었다.

(2) 안전검사 대상

안전검사를 받아야 하는 크레인과 고소작업대는 <표 2-12>와 같으며, 크레인은 호이스트와 이동식 크레인을 포함하여 동력 구동 방식으로 정격하중이 2톤 이상인 것이 대상이며, 고소작업대의 경우 차량탑재형 고소작업대만을 안전검사 대상으로 하고 있다.

한편 크레인 및 고소작업대에 대한 안전검사는 사업장에 설치가 완료된 날부터 3년 이내에 최초 안전검사를 받도록 하고 있으며, 매 2년마다 정기적으로 안전검사를 받아야 한다. 다만 건설현장에 사용하는 크레인일 경우, 최초 설치한 날부터 6개월마다 안전검사를 받도록 하고 있다.

〈표 2-12〉 안전검사 대상 크레인, 고소작업대

구분	안전검사 대상
크레인	동력으로 구동되는 것으로서 정격하중 2톤 이상(호이스트, 이동식크레인 포함)
고소작업대	동력에 의해 사람이 탑승한 작업대를 작업 위치로 이동시키는 것으로서 차량탑재형 고소작업대(자동차관리법 제3조에 따른 화물·특수자동차의 작업부에 고소장비를 탑재한 것)에 한정하여 적용. 다만, 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 경우는 제외 가. 테일리프트(tail lift) 나. 승강높이 2미터 이하의 승강대 다. 항공기 지상 지원 장비 라. 소방기본법에 따른 소방장비 마. 농업용 고소작업차(농업기계화촉진법)에 따른 검정 제품에 한함

(3) 안전검사 절차

안전검사를 실시하는 절차는 [그림 2-3]과 같으며, 유해·위험 기계·기구·설비를 사용하는 사업주는 대상품의 안전검사 주기에 맞춰 안전검사 기관에 안전검사를 신청을 한 후 안전검사기관으로부터 지정된 일정에 검사를 받아야 하며, 검사 결과 안전기준에 적합할 경우 안전검사 합격증명서가 발급된다.



[그림 2-3] 안전검사 절차

3) 산업안전보건기준에 관한 규칙

(1) 크레인

산업안전보건기준에 관한 규칙 중 크레인과 관련된 내용은 <표 2-13>과 같으며, 주요 내용은 정격하중의 표시, 방호장치의 조정, 과부하의 제한, 안전밸브의 조정, 해지장치의 사용, 경사각의 제한, 크레인 수리, 폭풍에 의한 이탈방지, 조립 등의 작업 시 조치사항, 폭풍 등으로 인한 이상 유무 점검, 건설물 등과의 사이 통로, 건설물 등의 벽체와 통로의 간격, 크레인 작업 시 조치 등으로 볼 수 있으며, 이동식크레인 관련 내용은 설계기준의 준수, 안전밸브의 조정, 해지장치의 사용, 경사각의 제한 등으로 별도로 규정되어 있다.

(2) 고소작업대

산업안전보건기준에 관한 규칙 중 고소작업대와 관련된 내용은 <표 2-14>와 같으며, 주요 내용은 작업대가 떨어지지 아니하는 구조로 하고, 와이어로프 또는 체인의 안전율을 5이상으로 하도록 하고 있으며, 붐의 최대 지면 경사각을 초과하여 운전해서 전도되지 않는 구조여야 하며, 작업대에 가드 또는 과상승방지장치를 설치하여야 하며, 고소작업대 설치 시 바닥과 고소작업대가 수평을 유지하여야 하며, 작업대를 정기 점검하여 붐, 작업대 등의 이상 유무를 확인하도록 하고 있으며, 아웃트리거 또는 브레이크를 사용하도록 하고 있다.

〈표 2-13〉 산업안전보건기준에 관한 규칙 중 크레인 관련 항목

번호	구분	조항	요약 내용
1	제1관 총칙	제132조(양중기)	양중기의 분류 및 정의
2		제133조(정격하중 등의 표시)	보기 쉬운 곳에 정격하중, 운전속도, 경고표시 등 부착
3		제134조(방호장치의 조정)	1. 과부하방지장치, 권과방지장치, 비상정지장치 및 제동장치 등 정상 작동 미리 조정 2. 달기구 윗면과 권상장치 아랫면 간격 0.25미터 이상
4		제135조(과부하의 제한 등)	적재하중 초과 하중 사용 금지
5	제2관 크레인	제136조(안전밸브의 조정)	정격하중 시 압력 이항로 작동
6		제137조(해지장치의 사용)	혹 해지장치 사용
7		제138조(경사각의 제한)	지브의 경사각의 범위에서 사용
8		제139조(크레인 수리 등의 작업)	1. 주행로에 병렬 설치 크레인 충돌 위험 시 감시인 배치, 주행로상 스톱퍼 설치 등 위험방지조치 2. 갠트리 크레인 등 새들(saddle) 돌출부와 구조물 사이 40센티 이상 되도록 표시
9		제140조(폭풍에 의한 이탈 방지)	순간풍속 초당 30미터 초과 시 옥외 주행 크레인 이탈 방지 조치
10		제141조(조립 등의 작업 시 조치사항)	설치, 조립, 수리 점검 또는 해체 작업 시 조치 사항 1. 작업순서, 2. 출입금지, 3. 나쁜 날씨 작업 중지, 4. 충분한 공간, 5. 균형유지 6. 충분한 응력의 기초 설치, 7. 규격품 볼트 대칭되게 결합/분해
11		제142조(타워크레인의 지지)	1. 자립고 이상 설치 시 벽체에 지지(지지 벽체 없는 경우 와이어로프 지지) 2. 벽체 지지 시 준수사항 가. 안전인증 서류 또는 제조사 설치작업 설명에 따라, 나. 전문가 확인 설치 또는 공인 표준방법 설치 다. 매립, 관통 또는 수준 이상 충분히 지지, 라. 건축 중 시설물 지지 시 구조적 안전성 영향 없도록 3. 와이어로프 지지 시 준수사항

번호	구분	조항	요약 내용
12		제143조(폭풍 등으로 인한 이상 유무 점검)	순간풍속 초당 30미터 초과 또는 중진 이상 진도 지진 시 옥외 양중기 작업 전 이상 점검
13		제144조(건설물 등과의 사이 통로)	주행/선회 크레인과 건설물/설비 사이 폭 0.6미터 이상(건설물 기둥 접촉 부분은 0.4미터 이상) 정비/보수/점검 등 작업 시 접촉 우려 없도록 운전 정지 등 안전조치
14		제145조(건설물 등의 벽체와 통로의 간격 등)	간격을 0.3미터 이하 유지(추락 위험 없을 경우 예외) 1. 운전실/운전대 통로의 끝과 건설물 벽체의 간격 2. 거더의 통로 끝과 크레인 거더의 간격 3. 크레인 거더의 통로로 통하는 통로의 끝과 건설물 등의 벽체의 간격
15		제146조(크레인 작업 시의 조치)	1. 작업 시 준수사항 가. 인양 하물 바닥에서 끌어당기거나 밀어내는 작업하지 말 것, 나. 위험물 용기 보관함에 담아 매달아 운반 다. 고정 물체 직접 분리/제거 작업 금지, 라. 하물이 작업자 머리 위로 통과 금지 마. 하물이 보이 않을 경우 어떠한 동작도 하지 아니할 것 2. 조종석 설치되지 아니한 크레인 준수사항 가. 고시 제작기준/안전기준에 맞는 무선원격제어기 또는 펜던트 스위치 설치, 사용 나. 무선원격제어기 또는 펜던트 스위치는 취급 근로자에게 작동요령 등 안전조작에 관한 사항 주지 3. 타워 크레인 마다 근로자와 조종 작업 사람 간에 신호 업무 담당하는 사람을 각각 두어야 함
16		제3관 이동식 크레인	제147조(설계기준 준수)
17	제148조(안전밸브의 조정)		최대 정격하중 건 때의 압력 이하로 작동되도록 조정
18	제149조(해지장치의 사용)		하물 운반 시 해지장치 사용
19	제150조(경사각의 제한)		지브의 경사각의 범위에서 사용

〈표 2-14〉 산업안전보건기준에 관한 규칙 중 고소작업대 관련 항목

대분류	중분류	조항	요약 내용
제10절 차량계 하역운반 기계 등	제4관 고소 작업대	제186조 (고소작업대 설치 등의 조치)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 고소작업대 설치 시 해당하는 것을 설치 <ol style="list-style-type: none"> 1) 작업대가 떨어지지 아니하는 구조, 와이어로프 또는 체인 안전울 5 이상 2) 작업대 유압 사용 시 작업대를 일정한 위치에 유지할 수 있는 장치, 압력 이상저하 방지 구조 3) 권과방지장치 또는 압력의 이상상승 방지 구조 4) 붐의 최대 지면경사각 초과 운전하여 전도되지 않도록 할 것 5) 작업대에 정격하중(안전울 5이상) 표시 6) 작업대에 가드 또는 과상승방지장치 설치 7) 조작반 스위치에 명칭 및 방향표시 유지 2. 고소작업대 설치 시 준수사항 <ol style="list-style-type: none"> 1) 바닥과 고소작업대 수평유지, 2) 아웃트리거 또는 브레이크 사용 3. 고소작업대 이동 시 준수사항 <ol style="list-style-type: none"> 1) 작업대를 가장 낮게, 2) 작업자를 태우고 이동하지 말 것(유도자 배치 & 짧은 구간 이동 시 예외) 4. 고소작업대 사용 시 준수사항 <ol style="list-style-type: none"> 1) 보호구 착용, 2) 관계자 외 출입금지, 3) 적정 조도 유지, 4) 전로 근접 시 감시자 배치 등 방지 조치 5) 작업대 정기 점검, 붐/작업대 등 이상 유무 확인, 6) 전환스위치는 다른 물체 이용 고정하지 말 것 7) 작업대는 정격하중 초과하여 물건을 싣거나 탑승할 것, 8) 붐대 상승 시 탑승자는 작업대를 벗어나지 말 것

3. 소결

1) 크레인

크레인의 위험성은 일반적으로 널리 알려져 있으며, 산업안전보건법령 체계에서도 위험기계로 분류되어 산업안전보건기준에 관한 규칙, 안전인증, 안전검사 등의 안전 규제 및 기준에 의해 관리하고 있다.

크레인의 종류는 일반적으로 천장주행 크레인, 갠트리 크레인, 타워 크레인, 고정식 크레인, 상승식 크레인, 지브형 크레인, 이동식 크레인 등으로 구분할 수 있다.

2019년 작업환경실태조사에 의하면, 크레인 종류에 관계없이 국내에서 크레인을 보유하고 있는 사업장수는 61,928개소로 추정되며, 보유 대수는 229,605대로 추정하고 있으며, 크레인 종류 중 천정·갠트리 크레인의 추정 보유 대수가 140,216대로 가장 많은 것으로 조사되었다.

또한 크레인(이동식 크레인은 '09년 10월 1일 제조 및 출고분 부터 적용)은 안전인증 및 안전검사 대상으로 재료, 강재의 허용응력, 하중, 처짐한도, 권상장치 등의 브레이크, 드럼 등의 직경, 와이어로프의 감기, 와이어로프의 안전율, 권과방지장치, 과부하방지장치, 안전밸브, 경사각 지시장치 등 광범위한 제작 및 안전기준에 적합한 제품만이 생산 및 유통, 사용되도록 규제하고 있다.

한편 산업안전보건기준에 관한 규칙에서는 정격하중의 표시, 방호장치의 조정, 과부하의 제한, 안전밸브의 조정, 해지장치의 사용, 경사각의 제한, 크레인 수리, 폭풍에 의한 이탈방지, 조립 등의 작업 시 조치사항, 폭풍 등으로 인한 이상 유무 점검, 건설물 등과의 사이 통로, 건설물 등의 벽체와 통로의 간격 등의 기준을 사용자 또는 사업주 등이 준수하도록 강제화 하고 있다.

2) 고소작업대

고소작업대 역시 위험기계로 분류되어 산업안전보건기준에 관한 규칙, 안전인증, 안전검사 등의 안전 규제 및 기준에 의해 관리하고 있다.

안전인증 고시에 의한 고소작업대의 종류는 완전 수동조작 고소작업대, 차량탑재형 고소작업대, 보행자 제어식 고소작업대, 레일 장착형 고소작업대, 자체 추진 고소작업대 등으로 구분할 수 있으며, 국내 산업현장에서는 차량탑재형 고소작업대, 자체추진 고소작업대(시저형)를 주로 사용하고 있다.

고소작업대를 제작할 경우, 안전인증 고시 [별표 7]의 제작 및 안전기준을 준수하여야 하며, 주요 내용은 구조 및 안정도 계산, 차대와 안정기, 연장 구조물, 연장 구조물 구동장치, 유압구동장치, 유압실린더, 공압구동장치, 안전장치, 표시, 전기 분야 등이며, 해당 고시에서는 크레인의 제작 및 안전기준과 유사하게 안전과 관련한 광범위한 제작 및 안전기준을 제시하고 있다.

안전검사에서는 동력 구동방식으로 차량탑재형 고소작업대만을 대상으로 하고 있으며, 안전검사 항목은 안전인증 항목과 유사한 것으로 확인하였다.

한편 산업안전보건기준에 관한 규칙에서는 사용 상 안전 준수 사항을 제시하고 있으며, 주요 내용은 작업대가 떨어지지 아니하는 구조로 하고, 와이어 로프 또는 체인의 안전율을 5 이상으로 하도록 하고 있으며, 붐의 최대 지면 경사각을 초과 운전하여 전도되지 않는 구조여야 하며, 작업대에 가드 또는 과상승방지장치를 설치하여야 하며, 고소작업대 설치 시 바닥과 고소작업대가 수평을 유지하여야 하며, 작업대를 정기 점검하여 붐, 작업대 등의 이상 유무를 확인하도록 하고 있으며, 아웃트리거 또는 브레이크를 사용하여야 한다는 내용을 담고 있다.

3) 시사점

크레인과 고소작업대는 사람 또는 화물을 용이하게 높은 장소 또는 원하는 위치로 운반 또는 이동할 수 있기에 산업현장에서 광범위하게 널리 사용되고 있다.

크레인 중 이동식 크레인 and 고소작업대는 2009년 안전인증 대상이 되어, 안전인증 고시 상의 제작 및 안전기준에 적합한 제품에 한해 생산, 유통 및 사용하도록 규제를 하고 있다. 또한 사용 중 안전을 확보하기 위해 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 사용자 또는 사업주가 준수해야 할 개별 안전기준도 제시되어 있으며, 매 2년 마다 안전검사를 통해 제작 및 안전기준에 대한 적합 여부를 제 3자에 의해 확인받고 있다.

요약하자면 크레인, 고소작업대의 안전 확보를 위해 사용 전 단계에서는 안전인증, 사용 중 단계에서는 산업안전보건 기준에 관한 규칙과 제3자 검증의 안전검사가 시행되고 있으며, 안전인증과 안전검사 고시에서는 기계에 의한 물리적 사고 예방을 위해 광범위한 제작 및 검사 기준을 담고 있다.

이러한 상황에서 사용자 또는 사업주가 현재 제정된 크레인, 고소작업대와 관련한 규제와 기준을 제대로만 준수한다면(또는 준수해야 만 한다는 사회적 합의가 된다면), 해당 기계의 결함 등 물리적 원인에 의한 사고사망은 자연스럽게 감소할 것이라 판단해 볼 수 있다.

Ⅲ. 사고원인 심층분석



1. 크레인

2017~2022년 크레인에서 발생한 끼임 사고사망 산업재해 28건에 대해서 안전보건공단의 재해조사 의견서를 기반으로 심층분석을 실시하였으며, <표 3-1>에 의한 분석 결과는 [부록 1]로 정리하여 다수인이 참고할 수 있도록 하였다.

1) 재해 분류기준

크레인 끼임 재해에 대한 분류기준은 <표 3-1>과 같으며, 각 대분류, 중분류별 상세 내용을 살펴보고자 한다.

(1) 공통

공통사항으로 발생일자, 발생형태, 발생형태 상세, 발생요약으로 구분해 보았으며, 발생형태 상세는 심층분석을 수행하면서 다음과 같이 6가지 형태로 일반화해 볼 수 있었다.

- 매달린 화물과 고정부 사이 끼임
- 수평 이동부와 고정부 사이 끼임
- 매달린 화물과 적재 화물 사이 끼임
- 매달린 화물과 고정부 사이 끼임
- 회전부와 고정부 사이 끼임
- 기타(전도 차량과 고정부 사이 끼임, 회전부에 안전대 감겨 끼임)

〈표 3-1〉 크레인 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	
	발생형태	
	발생형태 상세	
	발생요약	
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 근거	
재해자 정보	사고 시 작업유형	
	작업내용	
	재해 시 위치	
크레인 정보	사고 시 작업유형	
	작업유형 상세	
	크레인 종류	
	정격하중(톤)	
	조작방법	
	사고발생 구조부	
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	
	혼재작업 상세	
관리	검사 등	
	작업계획	
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	
	판단 근거	

(2) 재해 정보

〈표 3-1〉의 재해 정보는 사고원인(제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타로 구분)과 사고원인 근거로 나타내었으며, 사고원인 근거는 제작결함 등의 사고원인에 대한 근거를 제시하였으며, 심층 분석을 진행하면서 다음 6가지로 일 반화, 표준화해 볼 수 있었다.

- 위험구역에서 작업
- 안전공간 미확보
- 줄걸이 부적정
- 크레인 간 충돌
- 오조작
- 기타(조작 전 위험 미확인, 추락방지 미 조치)

(3) 재해자 정보

〈표 3-1〉의 재해자 정보는 재해 발생 시 재해자의 상태를 나타내고 있으며, 사고 시 재해자가 수행한 작업유형은 일상작업과 비정형작업¹⁾으로 구분하였으며, 일상작업과 비정형작업의 예시는 〈표 3-2〉와 같다. 재해 시 위치는 재해 발생 순간에 재해자가 위치한 장소 또는 위치 등을 의미한다.

〈표 3-2〉 일상작업과 비정형작업의 정의

구분	작업 내용
일상작업	준비작업, 운반, 투입, 용접, 이동, 인양 등 일상적인 작업을 의미함
비정형작업	정비, 청소, 수리, 점검, 교체 또는 이와 유사한 이유로 이루어지는 작업

(4) 크레인 정보

〈표 3-1〉의 크레인 정보는 사고 시 크레인에 대한 정보를 말하며, 작업유형은 일상작업, 비정형작업으로 구분하였으며, 작업유형 상세는 재해가 발생한 시점의 크레인 작업유형을 세부적으로 분류하였으며, 사고발생 구조부는 재해가 일어난 크레인의 위치 또는 재해에 직접적인 기여를 한 크레인 부위

1) 작업은 일상적으로 반복되는 정형작업과 기계 등의 정비·청소 또는 이와 유사한 이유로 이루어지는 비정형작업으로 구분됨 (산업재해 예방을 위한 안전보건관리체계 가이드 북, 고용노동부, 2021.8.)

(부분)를 말한다.

〈표 3-3〉 크레인 정보에 대한 정의

구분	상세 내용
사고 시 작업유형	일장작업, 비정형작업
작업유형 상세	수리, 인양, 전진, 후진, 정비 등
크레인 종류	천장주행 크레인, 갠트리 크레인, 이동식 크레인, 호이스트 등
정격하중(톤)	-
조작방법	원격조종제어기(무선리모컨), 팬던트스위치, 운전실 조종 등
사고발생 구조부	거더, 새들, 크래브, 아웃트리거 등

(5) 재해 시 작업형태

〈표 3-1〉의 재해 시 작업형태에는 혼재작업 여부 및 혼재작업에 대한 상세 내용(혼재작업 형태 등)을 분류하였다.

(6) 관리

〈표 3-1〉의 관리에서는 안전검사 합격 여부 및 중량물 취급 작업계획서 작성 여부(미작성, 내용 미흡, 미준수) 등을 분류하였다.

(7) 관련 법령 등

〈표 3-1〉의 관련 법령에서는 산업안전보건기준에 관한 규칙 상 준수했어야 할 조항과 준수해야 할 조항에 대한 판단 근거를 제시하였다.

2) 분석 결과

(1) 발생형태 요약

2017~2022년 사이 크레인에서 발생한 끼임 사고사망 재해 28건에 대한 요약 내용은 <표 3-4>와 같다.

<표 3-4> '17~'22년 크레인 끼임 사고사망 발생 요약

순번	사고사망 재해 요약
1	재해자가 소지한 리모컨 오조작으로 크레인이 반대로 이동
2	주행레일 옆에서 작업 중 크레인 새들과 기동에 끼임
3	후진 중인 카고 크레인과 트럭 후면 사이에 끼임
4	차량 조수석에서 조작 중 전도되는 차량과 적재물 사이 끼임
5	매달린 흔들리는 화물과 적재물 사이 끼임
6	크레인 간 충돌로 흔들리는 화물과 적재물 사이 끼임
7	크레인 간 충돌로 주형틀과 안전난간 사이에 끼임
8	크레인 점검 중 새들과 건물 사이 끼임
9	톤 백과 안전난간대 상부에 끼임
10	사상작업 중 새들과 작업 구조물 사이 끼임
11	이동 코일과 고정된 코일 사이 끼임
12	후진 가이드와 크레인 구조체 사이에 끼임
13	전진하는 크레인과 고정된 차량 사이에 끼임
14	이동 겐트리크레인과 가스매니폴드 덮개 사이 끼임
15	인입 아웃트리거와 적재함 사이에 다리가 끼임
16	바닥에서 작업 중 인양 코일의 반동에 의해 적재된 코일 사이에 끼임
17	크레인 점검 중 새들과 건물 사이 끼임
18	스키드 하부에 송판을 놓던 중 화물 이동으로 스키드와 트레일러 사이에 끼임
19	인양 중 이탈된 대형 구조물과 발판 사이에 끼임
20	카운터웨이트와 기동 사이 끼임
21	이동하는 철판과 고정된 철판 사이에 끼임
22	진자 운동 균형추와 적재된 균형추 사이에 끼임
23	매달린 탈사기와 설비 본체 사이에 끼임
24	전도 H빔과 인접 H빔 사이에 끼임
25	원료 포대와 호퍼 사이 끼임
26	매달려 회전하는 주물품과 고정된 주물품 사이에 끼임
27	크레인 점검 중 새들과 건물 사이 끼임
28	안전대 짐줄이 전선 릴에 감기면서 가슴이 눌러 사망

(2) 작업유형과 발생형태 교차분석

재해 시 재해자의 작업유형과 발생형태의 교차분석 결과는 <표 3-5>와 같으며, 작업유형은 일상작업 20건, 비정형작업이 8건으로 나타났으며, 전체 끼임 사고사망 중 일상작업 중 사고의 71%가 일어난 것으로 나타났다. 일상작업 중 매달린 화물과 고정부 사이에 끼인 사고가 10건으로 가장 높게 났으며, 수평 이동부와 고정부 사이에 끼이는 사고가 일상작업 중 6건, 비정형작업 중 5건으로 확인되었다.

<표 3-5> 작업유형과 발생형태 교차분석 결과

구분	비정형작업	일상작업	총합계
넘어지는 화물과 고정부 사이 끼임		1	1
매달린 화물과 고정부 사이 끼임	1	10	11
매달린 화물과 적재 화물 사이 끼임	1	1	2
수평 이동부와 고정부 사이 끼임	5	6	11
전도 차량과 고정부 사이 끼임		1	1
회전부와 고정부 사이 끼임		1	1
회전부에 안전대 감겨 끼임	1		1
총합계	8	20	28

(3) 작업형태와 작업내용 교차분석

<표 3-6>과 같이 작업형태와 재해자의 작업내용을 교차분석한 결과, 일상작업의 경우 용접, 운반, 준비 작업 중에 일어난 사고가 각 4건이었으며, 비정형작업의 경우 점검 4건, 수리 3건, 교체 1건 등으로 나타났다. 일상작업 중 사고의 경우, 재해자의 작업내용은 용접, 운반, 이동, 인양, 조작, 준비, 투입, 포장, 도색, 사상 등과 같이 다양한 형태의 작업을 수행하고 있었다.

〈표 3-6〉 작업형태와 작업내용 교차분석 결과

구분	비정형작업	일상작업	총합계
교체	1		1
도색		1	1
사상		1	1
수리	3		3
용접		4	4
운반		4	4
이동		1	1
인양		1	1
점검	4		4
조작		1	1
준비		4	4
투입		2	2
포장		1	1
총합계	8	20	28

(4) 작업내용과 재해자의 사고위치 교차분석

재해자의 작업내용과 재해자의 사고위치에 대해서 교차분석한 결과는 〈표 3-7〉과 같으며, 크레인 상부 점검통로에서 점검 중 3건, 생산품 내부에서 용접 작업 중 2건, 원료 투입장소에서 원료 투입 중 2건의 재해가 발생되었다. 〈표 3-7〉에서 보듯이 크레인에 의한 끼임 사고는 장소나 작업을 특정하기 어려우며, 다양한 장소와 다양한 작업에 걸쳐 발생하는 것으로 분석되었다.

〈표 3-7〉 작업내용과 재해자의 사고위치 교차분석 결과

구분	교체	도색	사상	수리	용접	운반	이동	인양	점검	조작	준비	투입	포장	합계
상부 점검 통로									3					3
생산설비 내부				1		1								2
생산품 내부					2									2
원료 투입장소												2		2
인양 화물 하부					1	1					1			3
적재장소	1					1					1		1	4
주행레일		1	1								1			3
크래브									1					1
크레인 본체 상부				1										1
크레인 운전석 뒷바퀴						1	1							2
크레인 전면								1						1
크레인 조수석 옆										1				1
크레인 크래브				1										1
크레인 후면					1						1			2
합계	1	1	1	3	4	4	1	1	4	1	4	2	1	28

(5) 발생형태와 재해자의 사고위치 교차분석

발생형태와 재해자의 사고위치에 대한 교차분석 결과는 〈표 3-8〉과 같으며, 상부 점검 통로에서 수평 이동부와 고정부 사이에 끼임이 3건, 인양 화물 하부에서 매달린 화물과 고정부 사이에 끼임이 3건, 주행레일에서 수평 이동부와 고정부 사이 끼임이 3건인 것으로 나타났다. 발생형태와 재해자의 사고위치 역시 〈표 3-8〉에서 보듯이 특정한 발생형태와 사고위치를 정하기가 어려운 경향성을 보이고 있다.

〈표 3-8〉 발생형태와 재해자의 사고위치 교차분석 결과

구분	넘어지는 화물과 고정부 사이 끼임	매달린 화물과 고정부 사이 끼임	매달린 화물과 적재 화물 사이 끼임	수평 이동부와 고정부 사이 끼임	전도 차량과 고정부 사이 끼임	회전부와 고정부 사이 끼임	회전부에 안전대 감겨 끼임	총합계
상부 점검 통로				3				3
생산설비 내부		2						2
생산품 내부	1	1						2
원료 투입장소		2						2
인양 화물 하부		3						3
적재장소		2	2					4
주행레일				3				3
크래브				1				1
크레인 본체 상부				1				1
크레인 운전석 뒷바퀴		1		1				2
크레인 전면				1				1
크레인 조수석 옆					1			1
크레인 크래브							1	1
크레인 후면				1		1		2
총합계	1	11	2	11	1	1	1	28

(6) 크레인 종류와 정격하중 교차분석

크레인 종류와 정격하중의 교차분석 결과는 〈표 3-9〉와 같으며, 천장주행 크레인에서 28건 중 16건(59%)의 사고가 발생하였으며, 정격하중 3.5톤에서 30톤 사이의 크레인에서 14건(52%)의 사고가 발생하는 것으로 나타났다.

〈표 3-9〉 크레인 종류와 정격하중 교차분석 결과

구분	2	3	3.5	10	16	20	30	35	50	60	150	220	900	1000	알 수 없음	합계
Bridge Type 크레인								1								1
갠트리크레인							1				1					2
골리앗크레인													1			1
이동식크레인(트 러탑재형)			1			1									1	3
이동식크레인(트 러형)												1				1
이동식크레인(협 지형)								1								1
천장주행크레인		1		2	2	3	4		2	1				1		16
갠트리크레인				1												1
크롤러크레인											1					1
호이스트	1															1
합계	1	1	1	3	2	4	5	2	2	1	2	1	1	1	1	28

(7) 크레인 종류와 발생형태 교차분석

크레인 종류와 발생형태에 대한 교차분석 결과는 〈표 3-10〉과 같으며, 가장 사고가 빈발한 천장주행 크레인의 경우 매달린 화물과 고정부 사이 끼임 8건, 수평 이동부와 고정부 사이 끼임 4건, 매달린 화물과 적재 화물 사이 끼임 2건 순으로 나타났다. 이동식 크레인(트러탑재형)의 경우 회전부와 고정부 사이 끼임 3건, 매달린 화물과 고정부 사이 끼임 2건 순으로 확인되고 있다.

〈표 3-10〉 크레인 종류와 발생형태 교차분석 결과

구분	넘어지는 화물과 고정부 사이 끼임	매달린 화물과 고정부 사이 끼임	매달린 화물과 적재 화물 사이 끼임	수평 이동부와 고정부 사이 끼임	전도 차량과 고정부 사이 끼임	회전부와 고정부 사이 끼임	회전부에 안전대 감겨 끼임	총합계
Bridge Type 크레인			1				1	1
갠트리크레인			2				2	
골리앗크레인	1						1	
이동식크레인(트럭탑재형)		2	1			3		
이동식크레인(트럭형)	1						1	
이동식크레인(힘지형)		1				1		1
천장주행크레인	1	8	2	4			1	16
칸트리크레인			1				1	
크롤러크레인					1		1	
호이스트		1						1
총합계	1	11	2	11	1	1	1	28

(8) 크레인의 작업과 조종방법 교차분석

재해 시 크레인이 수행한 작업 내용과 조종방법의 교차분석 결과는 〈표 3-11〉과 같으며, 인양이 22건으로 전체의 78%를 차지하고 있었다. 인양 시 조종방법은 원격조종제어기(무선리모컨) 13건, 운전실 조종 5건 순으로 나타났다. 즉, 원격조종제어기를 사용한 인양작업 시 절반 가까운 13건의 사고가 발생한 것으로 나타났다.

〈표 3-11〉 크레인의 작업과 조종방법 교차분석 결과

구분	운전실 조종	원격조종제 어기(무선 리모컨)	조수석 레버 조작	팬던트스위 치	알 수 없음	총합계
수리		1				1
용도 외 사용		1				1
운전 연습	1					1
인양	5	13	2	2		22
전진	1					1
정비	1					1
후진					1	1
총합계	8	15	2	2	1	28

(9) 사고원인과 사고발생 크레인 구조부 교차분석

일반화한 사고원인과 사고가 발생한 크레인의 부위(구조부)에 대한 교차분석 결과는 〈표 3-12〉와 같다. 위험구역에서 작업 중 사고가 15건, 크레인의 줄걸이 부(화물)와 관련된 사고 14건인 것으로 나타났으며, 특히 위험구역에서 작업 중 크레인의 줄걸이부(화물)와 관련하여 발생한 사고가 8건으로 가장 많이 발생하였다.

〈표 3-12〉 사고원인과 사고발생 크레인 구조부 교차분석 결과

구분	안전공간 미확보	오조작	위험구역에서 작업	조작 전 위험 미확인	출결이 부적정	추락방지 미조치	크레인 간 충돌	총합계
가이드부			1					1
거더	1							1
새들	2		1					3
이동식크레인(트럭탑재형) 조수석 옆			1					1
이동식크레인(트럭탑재형) 후면			1					1
출결이 부(화물)		2	8		2		2	14
크래브					1			1
크레인 롤러가이드			1					1
크레인 상부						1		1
크레인 새들	1							1
크레인 아웃트리거				1				1
크레인 전면			1					1
크레인 후면			1					1
총합계	4	2	15	1	3	1	2	28

(10) 크레인 종류와 중량물 취급 작업계획서 교차분석

크레인 종류와 중량물 취급 작업계획서 작성에 대한 교차분석 결과는 〈표 3-13〉과 같으며, 재해조사 의견서 상 중량물 취급 작업계획서 작성 여부가 확인된 23건 중 계획서를 미작성한 경우가 15건(65%), 계획서를 작성하였으나 해당 위험을 식별하지 못했거나 작성된 내용 등이 미흡한 경우가 6건(26%)인 것으로 나타났다. 전체 23건 중 미 작성, 내용 미흡, 미준수가 22건으로 전체의 95%를 차지하고 있었다.

〈표 3-13〉 크레인 종류와 중량물 취급계획서 교차분석 결과

구분	중량물 취급 작업계획서 미 준수	중량물 취급 작업계획서 미작성	중량물 취급 작업계획서 미흡	중량물 취급 작업계획서 작성	알 수 없음	총합계
Bridge Type 크레인					1	1
갠트리크레인		1			1	2
폴리앗크레인			1			1
이동식크레인(트 력탑재형)		3				3
이동식크레인(트 력형)		1				1
이동식크레인(힘 지형)		1				1
천장주행크레인	1	7	4	1	3	16
칸트리크레인		1				1
크롤러크레인			1			1
호이스트		1				1
총합계	1	15	6	1	5	28

23건 중 중량물 취급 작업계획서 부적정이 22건으로 전체의 95%를 차지하고 있어, 해당 제도에 대한 산업 현장 수용도가 높지 않은 것으로 나타났다. 이에, 해당 작업계획서 제도의 개요, 내용 등에 대해서 추가로 고찰해 보고자 한다.

(11) 중량물 취급 작업계획서 제도에 대한 고찰

가) 개요

중량물 취급 작업계획서 제도는 산업안전보건기준에 관한 규칙 제5장 제 38조 1항 11호에 따른 관리감독자의 직무 내용이며, 동 규칙 [별표 4]에 따라 해당 작업, 작업장의 지형·지반 및 지층 상태 등에 대한 사전 조사를 하고

그 결과를 기록·보존하도록 하고 있다. 또한 동 규칙 제38조 2항에 따라 작성한 작업계획서의 내용을 해당 근로자에게 알리도록 하고 있으며, 산업안전보건기준에 관한 규칙 [별표 4]에 의한 사전조사 및 작업계획서 내용은 <표 3-14>와 같다.

제38조(사전조사 및 작업계획서의 작성 등)	
① 사업주는 다음 각 호의 작업을 하는 경우 근로자의 위험을 방지하기 위하여 별표 4에 따라 해당 작업, 작업장의 지형·지반 및 지층 상태 등에 대한 사전 조사를 하고 그 결과를 기록·보존하여야 하며, 조사결과를 고려하여 별표 4의 구분에 따른 사항을 포함한 작업계획서를 작성하고 그 계획에 따라 작업을 하도록 하여야 한다.	
1. 타워크레인을 설치·조립·해체하는 작업	
2. 차량계 하역운반기계등을 사용하는 작업(화물자동차를 사용하는 도로상의 주행작업은 제외한다. 이하 같다.)	
3. 차량계 건설기계를 사용하는 작업 (4~10호 중략)	
11. 중량물의 취급작업	
② 사업주는 제1항에 따라 작성한 작업계획서의 내용을 해당 근로자에게 알려야 한다.	

<표 3-14> 중량물 취급 작업계획서의 사전조사 및 작성 내용

작업명	사전조사 내용	작업계획서 내용
11. 중량물의 취급작업	-	가. 추락위험을 예방할 수 있는 안전대책 나. 낙하위험을 예방할 수 있는 안전대책 다. 전도위험을 예방할 수 있는 안전대책 라. 협착위험을 예방할 수 있는 안전대책 마. 붕괴위험을 예방할 수 있는 안전대책

나) 중량물의 정의

중량물 취급 작업계획서 관련 중량물의 정의에 대해서 확인해 보았다. 산업

안전보건법 및 산업안전보건기준에 관한 규칙 등 산업안전보건 관계법령에서는 중량물의 범주에 들어가는 물건의 사양 등이 다양하다는 이유로 중량물의 무게나 형태 등을 별도로 정하고 있지 않았다.

다만 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 중량물에 대해서 다음과 같은 항목을 규정하고 있으나, 이는 근골격계 질환 등 직업성 질병·질환 등을 예방하기 위한 목적임을 알 수 있다. 즉, 현행 안전보건법령 체계에서는 중량물 취급 작업계획서와 관련한 중량물에 대한 정의가 부재한 것으로 확인되었다.

제662조(중량물의 제한) 사업주는 근로자가 인력으로 들어 올리는 작업을 하는 경우 과도한 무게로 인하여 근로자의 목·허리 등 근골격계에 무리한 부담을 주지 않도록 최대한 노력하여야 한다.

제665조(중량의 표시 등) 사업주는 근로자가 5킬로그램 이상의 중량물을 들어 올리는 작업을 하는 경우 다음의 조치를 하여야 한다.

1. 주로 취급하는 물품에 대하여 근로자가 쉽게 알 수 있도록 물품의 중량과 무게 중심에 대하여 작업장 주변에 안내표시를 할 것

다) 계획서 작성 방법

안전보건공단에서 작성한 중량물 취급 작업계획서 작성 교안에 의하면 계획서 작성 및 수정(괄호 안) 시기는 다음과 같다.

- 일상작업은 최초 작업 개시 전
(예시 : 동일한 규격의 화물 운반 및 하역 등 반복 작업 등)
- 작업장 내 구조·설비 및 작업방법 변경 시
(예시 : 하역도크 증설, 운행경로 변경 등)
- 작업 장소 또는 화물상태 변경
(예시 : 화물 무게·중량 등 규격 변경, 적재장소 변경 등)
- 차량계 하역운반기계, 각종 크레인 등 장비 및 운전자 변경
(기타 작업과 관련 주요사항 변경)

계획서의 작성 절차는 <표 3-15>와 같으며, 작성 준비(사전조사) 단계와 작업계획서 작성 단계로 구분할 수 있다. <표 3-14>의 산업안전보건기준에 관한 규칙 [별표 4]에서는 사전조사를 하지 않아도 되는 것으로 되어 있으나, 안전보건공단의 교안에서는 위험 탐색 및 예방대책 마련을 위해 사전조사가 필요하다고 하고 있었다. <표 3-15>의 중분류와 상세 내용을 보면, 계획서 작성 시 중량물 취급 작업 시 일어날 수 있는 거의 모든 위험에 대한 상세한 사전 검토와 작성을 요구하고 있다.

<표 3-15> 중량물 취급 작업계획서 작성 절차

대분류	중분류	상세 내용
작성 준비 (사전조사 단계)	중량물 확인	<ul style="list-style-type: none"> • 작업대상 중량물의 기본 제원 확인 • 중량물 제원에 적합한 장비(운전방법 등) 선정 • 중량물 취급을 위한 안전한 작업방법 선택
	현장상황 및 운반경로 확인	<ul style="list-style-type: none"> • 작업반경 및 경로의 구조적 상황 • 타 작업자 및 다른 작업과 혼재 가능성 • 작업에 필요한 충분한 공간 확보
	사용 장비 상태 확인	<ul style="list-style-type: none"> • 기계 유지관리 상태, 법정검사 수검 여부 • 구동부 및 안전장치 작동 상태 점검 • 운전자의 자격·면허·경험 또는 기능 소지 여부
	관리적 대책	<ul style="list-style-type: none"> • 전반적인 작업 관리체계 구축 • 작업 간 의사소통을 위한 신호체계 마련 • 안전한 작업순서·방법 결정, 해당 작업에 따른 위험 예방 대책 수립 • 작업계획서 내용 교육 실시 • 보호구 지급 및 착용 상태 관리
작업계획서 작성 (정해진 양식 없음)	작업개요	<ul style="list-style-type: none"> • 공정명, 작업일시, 운반경로, 속도제한, 신호방법, 작업순서, 교육여부, 보호구지급 등 작업인원에 관한 사항, 비상대응체계 등
	중량물(화물) 제원	<ul style="list-style-type: none"> • 품명, 크기, 중량, 운반중량, 형상, 무게중심, 고정 및 적재방법 등
	기계 제원	<ul style="list-style-type: none"> • 기계, 등록번호, 장비능력 등 기계사양, 보험기간, 인증 및 검사 여부 등
	재해예방대책	<ul style="list-style-type: none"> • 현장 위험요인에 따른 안전수칙, 작업 전 점검사항 등
	작업계획도	<ul style="list-style-type: none"> • 도면 상에 운행경로, 경로 상 위험상황, 타 작업유무 등 간략히 표현

라) 계획서 예시

안전보건공단의 건설현장의 중량물 취급 작업계획서(이동식 크레인) 작성지침(KOSHA GUIDE, C-102-2023)에 의한 계획서 작성 서식은 [그림 3-4], [그림 3-5], [그림 3-6]과 같으며, 작업계획서에 작업개요, 작업조건, 이동식 크레인 능력, 줄길이 용구 능력, 지형, 지반 강도, 지내력, 지반 보강 방법, 아웃리저 최대 펼침 가능 여부, 위험반경 출입금지 방안, 가공전선 접근, 풍속에 따른 작업 중지 기준, 운전원 확인사항, 작업계획도(평면도, 단면도) 등을 작성하거나 그리도록 하고 있다.

마) 소결

크레인에 의한 사고를 예방하기 위해서 산업안전보건법령 체계에서는 산업안전보건기준에 관한 규칙 [별표 4]에 따라 해당 작업, 작업장의 지형·지반 및 지층 상태 등에 대한 사전 조사를 하여 중량물 취급 작업계획서를 작성하도록 하고 있다.

전술한 규칙 [별표 4]에 따라 사전조사 없이 계획서를 작성하도록 하고 있으며, 작업계획서의 내용은 추락·낙하·전도·협착·붕괴 위험을 예방할 수 있는 안전대책으로 간단하게 제시되어 있다. 반면 안전보건공단의 교육 자료와 관련 KOSHA GUIDE에 의하면 사전조사를 실시하고, 작업계획서에 작업개요, 작업조건, 중량물 제원, 기계 제원, 재해예방대책 등 거의 모든 위험을 제거하기 위해 최대한 상세하게 검토 및 작성하도록 기준을 제시하고 있다.

중량물 취급 작업계획서(이동식크레인)

작성일	년 월 일
합의일	년 월 일

작성자	관리 감독자	안전 관리자	현장 소장

<중량물 취급 작업 회사 현황>

회사명		주소	
전화번호		현장소장	

<이동식크레인 현황>

기종/모델명		성능	등급
크레인 소유회사명		운전원명	
운전원 자격·면허		검사유효기간	

* 건설기계 검사증, 운전원(조종원) 자격·면허, 안전점검표, 이동식크레인 인양허용표(인양능력표) 별첨

<이동식크레인 작업현황>

* 관리감독자, 작업지휘자, 운전원(조종원), 줄걸이작업자, 줄걸이보조자, 신호수는 본인의 자필로 서명한다.

구분	일시(A)		일시(B)		일시(C)	
	작업 일시	일시	년 월 일	시 분 - 시 분	년 월 일	시 분 - 시 분
작업 개요	작업장소					
	작업내용					
	관리감독자					
	작업지휘자					
	조종원 (운전원)					
	줄걸이 작업자					
	줄걸이 보조자					
신호수						
신호방법	<input type="checkbox"/> 수신호 <input type="checkbox"/> 무선 <input type="checkbox"/> DIK()		<input type="checkbox"/> 수신호 <input type="checkbox"/> 무선 <input type="checkbox"/> DIK()		<input type="checkbox"/> 수신호 <input type="checkbox"/> 무선 <input type="checkbox"/> DIK()	
작업조건	필요 작업 반경		m			
	인양물의 크기	(예시)가로×세로×높이				
	인양물의 하중					
	인양높이		m			

[그림 3-4] 중량물 취급 작업계획서(이동식크레인) 예시(1/3)

KOSHA Guide C-102-2023

구분		일시(A)	일시(B)	일시(C)	
이동식 크레인	작업가능 반경	m	m	m	
	동 또는 지브의 길이	m	m	m	
	그 경우 정격하중	톤	톤	톤	
매개변수	와이어로프	직경	mm	mm	mm
		안전계수			
		줄걸이수			
		안전하중	톤	톤	톤
	기타승인	길이 및 수량	m, 개	m, 개	m, 개
		안전계수			
		줄걸이수			
		안전하중	톤	톤	톤
	위치별 개별 검토	인양	안전계수 : 안전하중 :	안전계수 : 안전하중 :	안전계수 : 안전하중 :
		사물 등	안전계수 : 안전하중 :	안전계수 : 안전하중 :	안전계수 : 안전하중 :
지형		<input type="checkbox"/> 평지 <input type="checkbox"/> 경사지(%)	<input type="checkbox"/> 평지 <input type="checkbox"/> 경사지(%)	<input type="checkbox"/> 평지 <input type="checkbox"/> 경사지(%)	
지반 강도		<input type="checkbox"/> 건고 <input type="checkbox"/> 보통 <input type="checkbox"/> 연약	<input type="checkbox"/> 건고 <input type="checkbox"/> 보통 <input type="checkbox"/> 연약	<input type="checkbox"/> 건고 <input type="checkbox"/> 보통 <input type="checkbox"/> 연약	
필요 지내력/ 설치위치 지내력		/	/	/	
지반 보강 방법		<input type="checkbox"/> 철판설치 <input type="checkbox"/> 지반개량 <input type="checkbox"/> 양질토사 성토 <input type="checkbox"/> 기타()	<input type="checkbox"/> 철판설치 <input type="checkbox"/> 지반개량 <input type="checkbox"/> 양질토사 성토 <input type="checkbox"/> 기타()	<input type="checkbox"/> 철판설치 <input type="checkbox"/> 지반개량 <input type="checkbox"/> 양질토사 성토 <input type="checkbox"/> 기타()	
아웃트리거 최대 펼침 가능 여부		<input type="checkbox"/> 가능 <input type="checkbox"/> 불가, 대책 :	<input type="checkbox"/> 가능 <input type="checkbox"/> 불가, 대책 :	<input type="checkbox"/> 가능 <input type="checkbox"/> 불가, 대책 :	
위험반경내 출입금지 방안		<input type="checkbox"/> 접근방지책 <input type="checkbox"/> 접근방지 로프 <input type="checkbox"/> 감시인 <input type="checkbox"/> 칼라콘 <input type="checkbox"/> 기타()	<input type="checkbox"/> 접근방지책 <input type="checkbox"/> 접근방지로프 <input type="checkbox"/> 감시인 <input type="checkbox"/> 칼라콘 <input type="checkbox"/> 기타()	<input type="checkbox"/> 접근방지책 <input type="checkbox"/> 접근방지로프 <input type="checkbox"/> 감시인 <input type="checkbox"/> 칼라콘 <input type="checkbox"/> 기타()	
가공전선 접근		<input type="checkbox"/> 있음, 대책 : <input type="checkbox"/> 없음	<input type="checkbox"/> 있음, 대책 : <input type="checkbox"/> 없음	<input type="checkbox"/> 있음, 대책 : <input type="checkbox"/> 없음	
풍속에 따른 작업중지 기준		(m/s)	<input type="checkbox"/> 법적 기준 <input type="checkbox"/> 제조사 기준 <input type="checkbox"/> 자체 기준		
운전원 확인사항	체크			확인사항	
	일시(A)	일시(B)	일시(C)		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		자격증·면허증 휴대 여부
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		작업방법·작업내용 이해 여부
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		줄걸이 방법·신호방법 이해 여부
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		당해 기계의 능력으로 안전작업 가능 여부
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		아웃트리거 최대 펼침 길이 확보 여부
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		안전장치 정상작동 여부
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	선화범위내 출입금지 조치 여부		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	작업전 사전점검 여부		
<운용·작성 시 참고사항>					
1. 개별기별, 사용일마다 작성한다.					
2. 작업계획 확인순서 : 관리감독자→작업지휘자→운전원→줄걸이작업자/신호수→관리감독자→안전관리자→현장소장					
3. 작업방법, 현장상황 등을 고려하여 현장실정에 맞도록 검토항목을 추가하여 사용할 수 있다.					
4. 안전하중은 상세검토후 그 결과를 첨부하여야 하며, 상기 항목 중 해당이 없는 경우 작성하지 아니한다.					

[그림 3-5] 중량물 취급 작업계획서(이동식크레인) 예시(2/3)

공동작업 이동식크레인 문건별 확인	일시(A)	일시(B)	일시(C)
【작업계획도】			
1. 평면도와 단면도를 구분하여 작성 2. 평면도에는 이동식크레인 설치위치, 작업반경, 선회방향, 출입금지 구역, 가공전선 및 매설물 등 지장물 위치, 기타 건설장비, 하물 적재위치, 작업자위치, 줄걸이 작업자, 줄걸이 보조자, 신호수 등을 표시할 것 3. 단면도에는 이동식크레인을 이용한 양중방법(줄걸이 방법 포함, 필요시 별도 작성)을 도식화하여, 붐의 최대 길이, 경사각도, 인양높이를 기입하고, 가공전선 등 지장물 및 장애물을 표시하여 안전성을 확인할 것			
<평면도>			
<단면도>			
<작업계획서 확인>			
상기 작업계획서에 따라 작업을 수행한다.			
[확인자 : (서명) (서명) (서명) (서명) (서명)]			
<준수사항>			
1. 중량물 취급 작업계획서 : 떨어짐·넘어짐·위집힘·갈림·부딪힘·맞음·무너짐·끼임 등의 위험을 예방할 수 있는 안전대책은 현장별 작업특성에 맞도록 작성하여 첨부할 것(관련근거 : 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표4의 11호) 2. 이동식 크레인의 전도 및 침하에 대한 안정성 검토 : KOSHA GUIDE C-99-2014를 참조하여, 양중 작업에 따른 이동식 크레인의 전도 및 침하에 대한 안정성을 검토하고, 그 결과를 첨부할 것			

[그림 3-6] 중량물 취급 작업계획서(이동식크레인) 예시(3/3)

(12) 작업지휘자와 크레인 작업형태 교차분석

28건 중 재해 발생 당시 작업지휘를 미실시한 경우가 16건(57%)로 절반 이상을 차지하고 있었으며, 이 경우에 크레인의 작업형태는 비정형작업 2건, 일상작업 14건으로 나타났으며, 일상작업 중 작업지휘자를 배치하지 않는 경우가 대부분인 것으로 분석되었다. 이에 작업지휘자 제도에 대해서 다음에서 추가적으로 고찰해 보고자 한다.

〈표 3-16〉 작업지휘자와 크레인 작업형태 교차분석 결과

구분	비정형작업	일상작업	합계
감시인 비배치, 새들과 구조물 간격 좁음		5	5
중량물 취급 작업계획서 미작성/미흡 및 작업지휘 미실시	2	14	16
중량물 취급 작업계획서 내용 미작성/미흡/미준수		5	5
운전 정지 등 위험방지 조치 미실시	2		2
합계	4	24	28

(13) 작업지휘자 제도에 대한 고찰

가) 개요

중량물 취급 작업을 하는 경우, 다음과 같이 산업안전보건기준에 관한 규칙 제 39조 제 1항에 따라 중량물 취급 작업계획서를 작성하고 작업지휘자를 지정하여 작업계획서에 따라 해당 작업을 지휘하도록 하고 있다.

제38조(사전조사 및 작업계획서의 작성 등)

① 사업주는 다음 각 호의 작업을 하는 경우 근로자의 위험을 방지하기 위하여 별표 4에 따라 해당 작업, 작업장의 지형·지반 및 지층 상태 등에 대한 사전 조사를 하고 그 결과를 기록·보존하여야 하며, 조사결과를 고려하여 별표 4의 구분에 따른 사항을 포함한 작업계획서를 작성하고 그 계획에 따라 작업을 하도록 하여야 한다.

1. 타워크레인을 설치·조립·해체하는 작업
2. 차량계 하역운반기계등을 사용하는 작업(화물자동차를 사용하는 도로상의 주행작업은 제외한다. 이하 같다.)
3. 차량계 건설기계를 사용하는 작업
(4~10호 중략)

11. 중량물의 취급작업

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

제39조(작업지휘자의 지정) ① 사업주는 제38조제1항 제2호·제6호·제8호 및 제11호의 **작업계획서를 작성한 경우 작업지휘자를 지정하여 작업계획서에 따라 작업을 지휘**하도록 하여야 한다. 다만, 제38조제1항 제2호의 작업에 대하여 작업장소에 다른 근로자가 접근할 수 없거나 한 대의 차량계 하역운반기계등을 운전하는 작업으로서 주위에 근로자가 없어 충돌 위험이 없는 경우에는 작업지휘자를 지정하지 아니할 수 있다.

② 사업주는 항타기나 항발기를 조립·해체·변경 또는 이동하여 작업을 하는 경우 작업지휘자를 지정하여 지휘·감독하도록 하여야 한다.

나) 작업지휘자의 역할

산업안전보건법령 체계에서 작업지휘자와 관련된 내용은 산업안전보건기준에 관한 규칙 제 39조(작업지휘자의 지정), 제 92조(정비 등의 작업 시의 운전정지 등), 제 172조(접촉의 방지) 등에 규정되어 있으며, 해당 항목에서는 작업지휘자를 지정 또는 배치하고 작업을 지휘하도록 규정하고 있으나, 해당 규칙의 내용을 제외하고 산업안전보건법령 등에서 작업지휘자의 역할, 직무 등에 대한 상세한 내용 등을 추가로 확인할 수는 없었다.

제92조(정비 등의 작업 시의 운전정지 등) ① 사업주는 공작기계·수송기계·건설기계 등의 정비·청소·급유·검사·수리·교체 또는 조정 작업 또는 그 밖에 이와 유사한 작업을 할 때에 근로자가 위험해질 우려가 있으면 해당 기계의 운전을 정지하여야 한다. 다만, 덮개가 설치되어 있는 등 기계의 구조상 근로자가 위험해질 우려가 없는 경우에는 그러하지 아니하다.

② 사업주는 제1항에 따라 기계의 운전을 정지한 경우에 다른 사람이 그 기계를 운전하는 것을 방지하기 위하여 기계의 기동장치에 잠금장치를 하고 그 열쇠를 별도 관리하거나 표지판을 설치하는 등 필요한 방호 조치를 하여야 한다.

③ 사업주는 작업하는 과정에서 적절하지 아니한 작업방법으로 인하여 기계가 갑자기 가동될 우려가 있는 경우 작업지휘자를 배치하는 등 필요한 조치를 하여야 한다.

제172조(접촉의 방지) ① 사업주는 차량계 하역운반기계등을 사용하여 작업을 하는 경우에 하역 또는 운반 중인 화물이나 그 차량계 하역운반기계등에 접촉되어 근로자가 위험해질 우려가 있는 장소에는 근로자를 출입시켜서는 아니 된다. 다만, 제39조에 따른 작업지휘자 또는 유도자를 배치하고 그 차량계 하역운반기계등을 유도하는 경우에는 그러하지 아니하다.

② 차량계 하역운반기계등의 운전자는 제1항 단서의 작업지휘자 또는 유도자가 유도하는 대로 따라야 한다.

다) 소결

크레인 끼임 사고사망 28건 중 작업지휘자를 미지정하거나 작업지휘를 실시하지 않은 것으로 확인된 재해가 16건(57%)으로 나타났다. 이를 통해 작업지휘자 제도가 산업현장에서 제대로 이행되고 있지 않음을 짐작해 볼 수 있다.

한편 산업안전보건기준에 관한 규칙 제 38조의 11가지 작업, 제 92조에 따른 정비 등의 작업 시의 운전정지, 제 172조에 따른 차량계 하역운반기계 작업 등 산업현장의 다양한 위험작업에 대해서 작업지휘자를 지정 또는 배치하여 작업을 하도록 강제화하고 있다. 이렇게 다수 작업에 대해서 광범위하게 작업지휘자 제도를 적용하고 있지만, 현행 산업안전보건법령 체계에서 작업지휘자의 자격, 역할 또는 직무 등에 대한 구체적인 내용은 제시하고 있지 않

았다.

본 연구는 재해조사 의견서를 기반으로 한 심층분석 연구로서 작업지휘자 제도에 대한 실태, 문제점 등을 분석하기에 한계점이 존재함으로, 향후 해당 제도의 현장 작동성이 미흡한 원인과 제도 개선 방향 등에 대한 추가적인 연구 또는 고찰 등이 필요할 것으로 판단된다.

(14) 혼재작업 여부 분석

사고 시 크레인 운전과 생산 작업 등의 혼재 여부는 <표 3-17>과 같으며, 28건 중 혼재작업이 9건 이었으며, 혼재작업의 형태는 크레인 운전자가 원청 소속-재해자가 협력업체 소속 5건, 크레인 운전자가 협력업체 소속-재해자가 협력업체 소속 3건, 크레인 운전자가 개인-재해자 협력업체 소속 1건 등으로 나타났으며, 다음에서 혼재작업에 대한 추가적인 고찰을 실시하였다.

<표 3-17> 혼재작업 여부 분석 결과

구분	혼재작업 아님	혼재작업	총합계
혼재작업 아님	19		19
운전자(A협력업체), 재해자(B협력업체)		3	3
운전자(개인사업자), 재해자(협력업체)		1	1
운전자(원청), 재해자(공무-협력업체)		3	3
운전자(원청), 재해자(협력업체)		2	2
총합계	19	9	28

(15) 혼재작업 시 안전성 향상에 대한 고찰

혼재작업으로 인한 안전사고의 빈도가 증가함에 따라, 정부는 혼재작업에

서의 산업재해 예방을 위해서 2017년부터 건설업 대상 안전보건조정자제도를 시행하고 있다. 하지만 2018년 00화력발전소 사고사망으로 인하여 제조업 및 기타 산업 등에서도 혼재작업에 대한 사회적 이슈가 발생하게 되었으며, 2019년 산업안전보건법이 개정되면서 도급인이 안전·보건 조치를 취해야 하는 장소를 확대하게 된다.

이어 2020년 다수 사상자가 발생한 물류창고 화재로 인해 혼재작업에 대한 정책 강화 요구가 다시 일어났으며, 결국 화재 발생 1년 후인 2021년 5월 다음과 같이 산업안전보건법 제 64조 제 1항 제 7호와 제 8호 개정을 통해 같은 장소에서 도급인과 관계수급인 등이 작업 시 도급인이 관계수급인 등의 작업시기·내용, 안전조치 및 보건조치 등의 확인을 하고, 화재·폭발 등 대통령으로 정하는 위험 우려 시 작업시기·내용 등을 조정하도록 하였다.

제64조(도급에 따른 산업재해 예방조치) ① 도급인은 관계수급인 근로자가 도급인의 사업장에서 작업을 하는 경우 다음 각 호의 사항을 이행하여야 한다. <개정 2021. 5. 18.>

1. 도급인과 수급인을 구성원으로 하는 안전 및 보건에 관한 협의체의 구성 및 운영
 2. 작업장 순회점검
 3. 관계수급인이 근로자에게 하는 제29조제1항부터 제3항까지의 규정에 따른 안전 보건교육을 위한 장소 및 자료의 제공 등 지원
 4. 관계수급인이 근로자에게 하는 제29조제3항에 따른 안전보건교육의 실시 확인
 5. 다음 각 목의 어느 하나의 경우에 대비한 경보체계 운영과 대피방법 등 훈련
가. 작업 장소에서 발파작업을 하는 경우
나. 작업 장소에서 화재·폭발, 토사·구축물 등의 붕괴 또는 지진 등이 발생한 경우
 6. 위생시설 등 고용노동부령으로 정하는 시설의 설치 등을 위하여 필요한 장소의 제공 또는 도급인이 설치한 위생시설 이용의 협조
 7. 같은 장소에서 이루어지는 도급인과 관계수급인 등의 작업에 있어서 관계수급인 등의 작업시기·내용, 안전조치 및 보건조치 등의 확인
 8. 제7호에 따른 확인 결과 관계수급인 등의 작업 혼재로 인하여 화재·폭발 등 대통령령으로 정하는 위험이 발생할 우려가 있는 경우 관계수급인 등의 작업시기·내용 등의 조정
- ② 제1항에 따른 도급인은 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 자신의 근로자 및 관계수급인 근로자와 함께 정기적으로 또는 수시로 작업장의 안전 및 보건에 관한 점검을 하여야 한다.
- ③ 제1항에 따른 안전 및 보건에 관한 협의체 구성 및 운영, 작업장 순회점검, 안전보건 교육 지원, 그 밖에 필요한 사항은 고용노동부령으로 정한다.

이러 2021년 11월 산업안전보건법 시행령이 개정되면서, 상기 법 제 64조 제 1항 제 8호 관련 위험이 발생할 우려가 있는 장소를 새롭게 규정하였으며, 상세 내용은 다음과 같다.

개정된 동법 시행령에 따르면, 혼재작업 시 도급인이 관계수급인의 작업시기·내용 등을 조정하여야 하는 상황을 동력으로 작동하는 기계·설비 등에 끼일 우려가 있는 경우, 차량계 하역운반기계 등 동력으로 작동하는 기계와 충돌할 우려가 있는 경우, 근로자가 추락할 우려가 있는 경우 등과 같이 광범위하게 규정하고 있다.

요약하자면 2021년 5월 개정된 산업안전보건법과 2021년 11월에 개정된 산업안전보건법 시행령에 따라, 본 연구의 대상이 되는 크레인과 고소작업대에서 혼재작업이 발생할 경우, 도급인이 관계수급인 등의 작업시기·내용 등을 조정하도록 하고 있다.

제53조의2(도급에 따른 산업재해 예방조치) 법 제64조제1항제8호에서 “화재·폭발 등 대통령령으로 정하는 위험이 발생할 우려가 있는 경우”란 다음 각 호의 경우를 말한다.

1. 화재·폭발이 발생할 우려가 있는 경우
2. 동력으로 작동하는 기계·설비 등에 끼일 우려가 있는 경우
3. 차량계 하역운반기계, 건설기계, 양중기(揚重機) 등 동력으로 작동하는 기계와 충돌할 우려가 있는 경우
4. 근로자가 추락할 우려가 있는 경우
5. 물체가 떨어지거나 날아올 우려가 있는 경우
6. 기계·기구 등이 넘어지거나 무너질 우려가 있는 경우
7. 토사·구축물·인공구조물 등이 붕괴될 우려가 있는 경우
8. 산소 결핍이나 유해가스로 질식이나 중독의 우려가 있는 경우

[본조신설 2021. 11. 19.]

(16) 안전검사 분석

안전검사 여부가 확인된 23건 중 안전검사 합격 또는 자율검사프로그램 운영, 정기검사 합격은 22건(95%)으로 거의 대부분의 사업장에서 안전검사 등 사업장별 필요한 검사 등을 받고 있는 것으로 나타났다.

〈표 3-18〉 안전검사 실시 현황 분석

구분	건수
안전검사 미실시	1
안전검사 합격	20
자율검사프로그램(위탁)	1
정기검사 합격(항만법 제26조)	1
알 수 없음	5
합계	28

3) 시사점

5년간 크레인 끼임 사고사망 재해 28건에 대해서 심층분석을 실시하였다.

작업유형은 일상작업 20건, 비정형작업 8건으로 분류해 볼 수 있었으며, 비정형작업의 경우 점검, 수리, 교체 작업 시 사고가 발생하였으며, 일상작업의 경우 용접, 운반, 도색, 사상, 이동, 인양, 준비, 투입, 포장 등 광범위하고 다양한 작업형태에서 재해가 발생하고 있었다.

특히 재해자의 작업내용과 재해자의 사고위치에 대한 교차분석 결과, 특정 장소 나 작업에 국한하기 어려울 정도로 다양한 장소와 다양한 작업에서 사고가 발생하는 것으로 나타났다. 또한 발생형태와 재해자의 사고위치 교차분석에서도 특별한 발생형태와 특정한 사고위치를 정하기 어려운 경향성을 보이고 있었다.

28건의 끼임 사고사망 중 천장주행크레인에서 16건이 발생하였으나, 이는 2장 이론적 고찰에서 확인하였듯이 크레인 중 천장주행 크레인의 국내 보유 비율이 61%에 육박하므로, 신중한 추가 검토가 필요할 것으로 판단된다.

23건 중 중량물 취급 작업계획서를 미작성하거나, 내용이 미흡한 경우, 내용을 미준수한 경우가 22건으로 전체의 95%를 차지하고 있었다. 산업안전보건기준에 관한 규칙 [별표 4]에 의하면 사전조사 없이 중량물 취급 작업계획서를 작성하도록 하고 있으나, 안전보건공단의 교재와 KOSHA GUIDE에서는 사전조사 등을 실시한 후 작업계획서를 작성하도록 가이드하고 있어 차이를 보이고 있었다.

28건 중 작업지휘자를 제대로 배치하지 않은 재해가 16건으로 전체의 57%를 차지하고 있었다. 한편 산업안전보건기준에 관한 규칙에서는 중량물 취급 작업 등 11가지 작업, 정비를 위한 운전정지, 차량계 하역기계와 접촉 위험 시 작업지휘자를 지정 또는 배치하도록 하고 있다. 산업현장 위험 작업에 대해서 광범위하게 본 제도를 적용하고 있으나, 작업지휘자에 대한 구체적

인 자격, 역할, 직무 등에 대해서는 별도로 규정되어 있지 않았다. 추가로 향후 해당 제도의 현장 작동성 강화 등을 위한 추가 연구 또는 고찰이 필요할 것으로 사료된다.

또한 23건 중 안전검사 합격은 22건(95%)으로 대부분의 사업장에서 안전검사 등 사업장별 적절한 검사를 받고 있는 것으로 확인되었다.

전체 28건 중 혼재작업이 9건이었으며, 혼재작업의 형태는 운전자가 협력업체 소속이고 재해자가 협력업체 소속인 경우 3건, 운전자가 원청 소속이고 재해자가 협력업체 소속인 경우가 5건, 운전자가 개인이며 재해자가 협력업체 소속인 경우가 1건으로 나타났다.

요약하자면 95%에 이르는 대부분의 사업장에서 안전검사에 합격한 크레인을 사용하고 있으나, 중량물 취급 작업계획서를 미작성하거나 미흡한 사업장이 전체의 95%를 차지하고 있었다.

결론적으로 크레인에 의한 끼임 사고사망의 특징적인 점은 발생 장소, 재해시 작업 내용 등이 광범위하여 특정 장소, 내용을 지정하기가 어렵다는 점에 있다. 이에 대한 원인을 조심스럽게 추정해 보면, 첫 번째로 국내 산업현장에서 크레인이 다양한 업종과 공정 등에 폭넓게 사용되고 있다는 이유와 두 번째로 크레인의 이동 범위에서 그 답을 유추해 볼 수 있다. 크레인은 조작자의 버튼 조작으로 사업장 내 대부분의 장소(반경 내에서)에 화물 등을 운반할 수 있는 특징을 가지고 있다. 이에 대한 명확한 원인은 추가 고찰 및 연구 등을 통해서 확인해 보아야 할 것이다.

2. 고소작업대

2017~2022년 고소작업대에서 발생한 떨어짐 사고사망 산업재해 24건에 대해서 안전보건공단의 재해조사 의견서를 기반으로 심층분석을 실시하였으며, <표 3-19>에 의한 재해사례 분석표는 [부록 2]로 정리하여 다수인이 참고할 수 있도록 하였다.

1) 재해 분류기준

고소작업대 떨어짐 산업재해에 대한 분석은 <표 3-19> 재해사례 분석표와 같이 분류 및 분석하였으며, 분석표에 기재된 대분류, 중분류별 상세 내용을 살펴보고자 한다.

(1) 공통

공통사항으로 발생일자, 발생형태, 발생형태 상세, 발생요약으로 구분해 보았으며, 발생형태는 ‘떨어짐’으로 일관되게 작성하였으며, 발생형태 상세는 재해분석을 수행하면서 다음 4가지로 일반화해 볼 수 있었다.

- 작업대에서 바닥으로 떨어짐
- 작업대 내부로 떨어짐
- 고소작업대가 바닥으로 넘어짐
- 받침대가 낙하하여 바닥으로 떨어짐

(2) 재해 정보

<표 3-19>의 재해 정보는 사고원인(제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타 :

4가지로 구분)과 사고원인 근거로 나타내었으며, 사고원인 근거의 경우 분석을 진행하면서 다음 7가지로 일반화할 수 있었다.

케이지 안전난간 제거, 안전장치 해체, 무리한 작업, 고정 볼트 파단, 배터리 성능 저하, 붐 임의 확장, 케이지 하부 훼손

〈표 3-19〉 고소작업대 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	
	발생형태	
	발생형태 상세	
	발생요약	
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 근거	
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업, 비정형작업
	작업유형 상세	
	재해 시 위치	
	떨어진 거리(m)	
고소작업대 정보	종류	
	적재하중(kg)	
	사고발생 구조부	
	기기 결함	
관리	검사 등	
	작업계획	
	보호구	
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	
	판단 근거	

(3) 재해자 정보

〈표 3-19〉의 재해자 정보는 사고 당시 재해자의 상태를 나타내고 있으며,

사고 시 재해자가 수행한 작업유형은 일상작업과 비정형작업²⁾으로 구분하였으며, 일상작업과 비정형작업의 상세 내용은 크레인 심층분석의 <표 3-2>와 동일하며, 재해 시 위치는 재해 발생 순간 재해자가 위치한 장소를 의미한다.

(4) 고소작업대 정보

<표 3-19>의 고소작업대 정보에서 사고발생 구조부는 떨어짐이 시작된 또는 일어난 부분을 지칭하며, 기기결함은 재해 당시 고소작업대에서 결함이 있었던 부분(부품 등)을 의미한다.

(5) 관리

<표 3-19>의 관리에서는 안전검사 여부, 차량계 운반하역기계 작업계획서 작성 여부, 안전모·안전대와 같은 보호구 착용 여부 등을 분류하였다.

(6) 관련 법령 등

<표 3-19>의 관련 법령에는 기준에 관한 규칙 상 준수했어야 할 조항과 해당 판단 근거를 제시하였다.

2) 작업은 일상적으로 반복되는 정형작업과 기계 등의 정비·청소 또는 이와 유사한 이유로 이루어지는 비정형작업으로 구분됨 (산업재해 예방을 위한 안전보건관리체계 가이드 북. 고용노동부, 2021.8.)

2) 분석 결과

(1) 발생 요약

2017~2022년 고소작업대에서 발생한 떨어짐 사고사망 산업재해 24건에 대해 <표 3-20>과 같이 요약해 보았다.

<표 3-20> '17~'22년 고소작업대 떨어짐 사고사망 발생 요약

순번	사고사망 재해 요약
1	안전난간 미설치 틈새로 떨어짐
2	작업대 내부로 떨어지면서 조작박스에 안면부 부딪힘
3	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
4	안전난간 미설치틈새로 떨어짐
5	작업대 하부 경첩이 파손되어 작업발판이 벌어지면서 떨어짐
6	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
7	허용길이 초과하여 붐이 꺾이면서 떨어짐
8	작업대 안전난간을 밟고 작업 중 바닥으로 떨어짐
9	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
10	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
11	작업대 안전난간을 밟고 작업 중 바닥으로 떨어짐
12	턴테이블 고정볼트 파단으로 붐대가 꺾임
13	스윙감속기 베이스 체결볼트 파단으로 붐대가 낙하
14	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
15	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
16	작업대 안전난간을 밟고 작업 중 바닥으로 떨어짐
17	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
18	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
19	지반 굴곡으로 고소작업대가 중심을 잃고 넘어짐
20	고소작업대가 방전되어 상승된 상태에서 내려오다 바닥으로 떨어짐
21	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
22	작업반경 초과하여 붐을 인출하여 차체가 넘어지면서 바닥으로 떨어짐
23	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
24	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐

(2) 사고원인과 발생형태 교차분석

고소작업대에서 떨어진 사고사망 재해 24건을 사고원인과 발생형태로 교차 분석한 결과는 <표 3-21>과 같으며, 작업대에서 바닥으로 떨어진 경우가 20건으로 가장 많았으며, 이 경우의 사고원인은 작업대(케이지) 안전난간 제거가 14건으로 가장 많았다.

<표 3-21> 사고원인과 발생형태 교차분석 결과

구분	고소작업대가 바닥으로 넘어짐	붐대가 낙하하여 바닥으로 떨어짐	작업대 내부로 떨어짐	작업대에서 바닥으로 떨어짐	합계
고정볼트 파단		1			1
무리한 작업	1			3	4
배터리 성능저하			1	1	2
붐 임의 확장, 안전장치 해제		1			1
안전장치 해제				1	1
케이지 안전난간 제거				13	13
케이지 안전난간 제거, 안전장치 해제				1	1
케이지 하부 훼손				1	1
합계	1	2	1	20	24

(3) 사고원인과 고소작업대 종류 교차분석

사고원인과 고소작업대 종류에 따른 교차분석 결과는 <표 3-22>와 같으며, 고소작업대(차량탑재형)에서 안전난간을 제거해서 발생한 사고가 12건으로 절반을 차지하고 있었다.

〈표 3-22〉 사고원인과 고소작업대 종류 교차분석 결과

구분	고소작업대(시저형)	고소작업대(자주식)	고소작업대(차량 탑재형)	총합계
고정볼트 파단		1	1	
무리한 작업	3	1		4
배터리 성능저하	2			2
봄 임의 확장, 안전장치 해제		1	1	
안전장치 해제		1	1	1
케이지 안전난간 제거	1		12	13
케이지 안전난간 제거, 안전장치 해제		1	1	1
케이지 하부 훼손		1	1	1
총합계	6	1	17	24

(4) 고소작업대 안전난간 관련 규제 고찰

사고원인 중 가장 높은 비중을 차지하고 있는 안전난간대 임의 제거에 대해서 추가적으로 고찰해 보고자 한다.

고소작업대의 작업대(케이지)의 안전난간과 관련된 안전인증 고시의 제작 및 안전기준은 〈표 3-23〉과 같으며, 작업대 모든 측면에는 물체 나 사람이 낙하 또는 추락하지 않도록 안전난간을 설치하도록 하고 있으며, 상부난간대, 발끝막이판 등에 대한 기준을 제시하고 있으며, 특히 쉽게 접히거나 분리되지 않는 일체형 구조로 되어야 한다고 하고 있다.

〈표 3-23〉 고소작업대 제작 및 안전기준에서의 안전난간

구분	제작 및 안전기준
낙하 또는 추락방호조치	<p>가. 작업대 모든 측면에는 물체나 사람이 낙하 또는 추락하지 않도록 안전난간이 설치되어 있어야 한다.</p> <p>나. 안전난간은 작업대에 견고하게 고정되어야 하고, 최소한 1.0m 이상 높이의 상부난간대와 0.1m 이상 높이의 발끝 막이판, 상부난간대나 발끝 막이판으로부터 0.55m 이내에 중간대로 구성되어야 하며, 전면, 측면, 후면부가 쉽게 접히거나 분리되지 않는 일체형 구조이어야 한다.</p> <p>다. 안전난간은 가장 불리한 방향과 위치에서 0.5m 간격으로 작용하는 500N의 집중 하중에 영구 변형 없이 견뎌야 한다.</p> <p>라. 작업대는 난연성 재료로 제작되어야 한다.</p>

사용 중 단계에서의 고소작업대의 작업대 안전난간과 관련된 안전기준 등 규제를 살펴보면, 산업안전보건기준에 관한 규칙에 의한 항목은 〈표 3-24〉와 같으며 작업대를 정기적으로 점검하고 봄·작업대 등 각 부위의 이상 유무를 확인하도록 하고 있다.

〈표 3-24〉 산업안전보건기준에 관한 규칙 중 고소작업대 안전난간

<p>제186조(고소작업대 설치 등의 조치)</p> <p>④ 사업주는 고소작업대를 사용하는 경우에는 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 작업자가 안전모·안전대 등의 보호구를 착용하도록 할 것 2. 관계자가 아닌 사람이 작업구역에 들어오는 것을 방지하기 위하여 필요한 조치를 할 것 3. 안전한 작업을 위하여 적정수준의 조도를 유지할 것 4. 전로(電路)에 근접하여 작업을 하는 경우에는 작업감시자를 배치하는 등 감전사고를 방지하기 위하여 필요한 조치를 할 것 5. 작업대를 정기적으로 점검하고 봄·작업대 등 각 부위의 이상 유무를 확인할 것

매 2년 마다 실시하는 안전검사에서 안전난간 관련 항목은 <표 3-25>와 같으며, 역시 작업대 모든 측면에는 안전난간이 설치되어 있어야 하며, 체인이나 로프를 안전난간으로 사용하지 않도록 규정하고 있다.

<표 3-25> 안전검사의 안전난간 검사 기준

구분	검사 기준
작업대	<ul style="list-style-type: none"> - 수평 또는 작업대 평면으로부터 $\pm 5^\circ$ 이상 변동되지 않을 것 - 작업대 모든 측면에는 물체나 사람이 낙하 또는 추락하지 않도록 안전난간이 설치되어 있어야 하며, 체인이나 로프를 안전난간으로 사용하지 않을 것 - 체인이나 로프를 출입문으로 사용하지 않을 것

요약하자면, 고소작업대를 사용하기 전 제작 단계 및 사용 중 단계에서 작업대의 모든 측면에 안전난간을 설치하고 유지하도록 규정하고 있으며, 또한 작업대를 정기적으로 점검하여 이상 유무를 확인하도록 하고 있다.

(5) 작업내용과 고소작업대 종류 교차분석

떨어짐 사고 시 재해자의 작업내용과 고소작업대의 종류에 대한 교차분석 결과는 <표 3-26>과 같으며, 도색 5건, 철물 설치 3건 등으로 나타났으나, 전체적으로 봤을 때, 건물 철거, 구조물 교체, 나사 체결, 방수, 배관 설치, 보온, 비계 설치 등과 같이 다양한 작업내용에서 재해가 발생하고 있었다.

<표 3-26> 작업내용과 고소작업대 종류 교차분석 결과

구분	고소작업대(시저형)	고소작업대(자주식)	고소작업대(차량탑재형)	총합계
건물 철거			1	1
구조물 교체			1	1
나사 체결	2			2
도색	1		4	5
방수			1	1
배관 설치	1			1
보온	1			1
비계 설치			1	1
유리 설치			1	1
자재 회수	1			1
전등 교체			1	1
전선 설치			2	2
철물 설치		1	2	3
패널 설치			2	2
패널 실측			1	1
총합계	6	1	17	24

(6) 떨어진 거리와 고소작업대 종류 교차분석

떨어진 거리와 고소작업대 종류에 대한 교차분석 결과는 <표 3-27>과 같으며, 고소작업대(시저형)의 경우 1~8m 사이에서 모든 떨어짐 사고가 발생하였으나, 고소작업대(차량탑재형)의 경우는 5m 이상 높이에서 떨어진 사고가 17건 중 13건으로 고소작업대(차량탑재형)에서 발생한 사고의 76%를 차지하고 있었다.

<표 3-27> 떨어진 거리와 고소작업대 종류 교차분석 결과

구분	고소작업대(시저형)	고소작업대(자주식)	고소작업대(차량탑재형)	총합계
1	1			1
1.8	1			1
2			1	1
2.4	1			1
3.2		1		1
3.6			1	1
4			2	2
4.2	1			1
4.6	1			1
5			1	1
7			2	2
8	1		1	2
8.4			1	1
8.5			1	1
10.2			1	1
10.5			1	1
15			1	1
16			1	1
27			1	1
32			1	1
35			1	1
총합계	6	1	17	24

(7) 보호구 착용 여부와 고소작업대 종류 교차분석

보호구 착용 여부와 고소작업대의 종류에 대한 교차분석 결과는 <표 3-28>과 같으며, 23건(알 수 없음 1건 제외) 중 안전모 미착용 및 착용 상태 미흡이 10건(43%)이었으며, 특히 추락방지요 안전대(Harness)를 미착용하거나 착용했으나 미체결한 경우가 23건으로, 모든 사고에서 안전대를 적정하게 사용하지 않은 것으로 나타났다.

<표 3-28> 보호구 착용 여부와 고소작업대 종류 교차분석 결과

구분	고소작업대(시저형)	고소작업대(자주식)	고소작업대(차량탑재형)	총합계
안전모 미착용, 안전대 미착용	1		8	9
안전모 착용, 안전대 미착용	2		5	7
안전모 착용, 안전대 미체결	3	1	2	6
안전모 턱끈 불량, 안전대 미착용			1	1
알 수 없음			1	1
총합계	6	1	17	24

(8) 작업계획서 작성 여부 분석

23건(알 수 없음 1건 제외) 중 차량계 하역운반기계 작업계획서를 미작성한 경우가 16건(69%), 작성하였으나 내용이 미흡한 경우가 7건(31%)인 것으로 나타났으며, 사고가 발생한 모든 사업장에서 작업계획서 작성 상태가 미흡한 것으로 나타났다.

〈표 3-29〉 작업계획서 작성 여부 분석

구분	고소작업대(시저형)	고소작업대(자주식)	고소작업대(차량 탑재형)	총합계
차량계 하역운반기계 작업계획서 미작성	4		12	16
차량계 하역운반기계 작업계획서 미흡	2	1	4	7
알 수 없음			1	1
총합계	6	1	17	24

(9) 차량계 하역운반기계 작업계획서에 대한 고찰

〈표 3-29〉와 같이 사고가 발생한 모든 사업장에서 차량계 하역운반기계 작업계획서 관리 상태가 미흡하였으며, 해당 제도에 대해서 추가적으로 고찰해 보고자 한다.

가) 개요

차량계 하역운반기계 작업계획서 작성과 작업지휘자 지정에 대한 내용은 다음의 산업안전보건기준에 관한 규칙 제 38조 및 제 39조에 규정되어 있으며, 차량계 하역운반기계(화물자동차를 사용하는 도로 상의 주행작업은 제외) 등을 사용하는 작업 시 작업계획서를 작성하고, 작업계획서 내용을 해당 근로자에게 알려야 하며, 작업지휘자를 지정하여 작업계획서에 따라 해당 작업을 지휘하도록 하고 있다.

제38조(사전조사 및 작업계획서의 작성 등)

① 사업주는 다음 각 호의 작업을 하는 경우 근로자의 위험을 방지하기 위하여 별표 4에 따라 해당 작업, 작업장의 지형·지반 및 지층 상태 등에 대한 사전 조사를 하고 그 결과를 기록·보존하여야 하며, 조사결과를 고려하여 별표 4의 구분에 따른 사항을 포함한 작업계획서를 작성하고 그 계획에 따라 작업을 하도록 하여야 한다.

1. 타워크레인을 설치·조립·해체하는 작업

2. 차량계 하역운반기계등을 사용하는 작업(화물자동차를 사용하는 도로상의 주행작업은 제외한다. 이하 같다.)

3. 차량계 건설기계를 사용하는 작업
(4~11호 중략)

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

제39조(작업지휘자의 지정) ① 사업주는 제38조제1항제2호·제6호·제8호 및 제11호의 **작업계획서를 작성한 경우 작업지휘자를 지정하여 작업계획서에 따라 작업을 지휘하도록 하여야 한다.** 다만, 제38조제1항제2호의 작업에 대하여 작업장소에 다른 근로자가 접근할 수 없거나 한 대의 차량계 하역운반기계등을 운전하는 작업으로서 주위에 근로자가 없어 충돌 위험이 없는 경우에는 작업지휘자를 지정하지 아니할 수 있다.

② 사업주는 항타기나 항발기를 조립·해체·변경 또는 이동하여 작업을 하는 경우 작업지휘자를 지정하여 지휘·감독하도록 하여야 한다.

나) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성 방법

차량계 하역운반기계 작업계획서 작성과 관련된 내용은 안전보건공단의 기술지침에서 확인할 수 있다.

안전보건공단의 이동식 고소작업대의 선정과 안전관리에 관한 기술지침(KOSHA GUIDE, M-155-2023)에 의한 작업계획서 작성에 대한 내용은 다음과 같으며, 모든 사람에게 작업·안전 정보를 제공하고, 작업 전 현장 상황에 따라 작업계획서 변경이 필요한지 검토하도록 하고 있으며, 변경이 필요한 경우 관계자의 승인을 받도록 하고 있다.

13. 안전작업계획서의 작성

- (1) 안전작업계획서를 작성하여 작업과 관련된 모든 사람에게 작업 및 안전에 관한 정보를 제공하여야 한다.
- (2) 작업 전에 현장 사정상 현장접근로 변경, 지반상태, 작업수행절차 또는 기상조건 등 작업계획서 상의 변경이 필요한지 검토하여야 한다.
- (3) 작업계획서와 관련하여 작업상 일어나는 문제는 즉시 보고되어야 하며 작업계획서의 변경이 필요한 경우에는 변경하기 전에 관계자의 승인을 받아야 한다.

고소작업대 작업계획서 관련 예시는 고소작업대 작업의 리스크 확인지침(KOSHA GUIDE, X-44-2016)에서 확인할 수 있으며, 동 지침에서는 작업계획서 예시와 작업 전, 일일, 월간 체크리스트 등을 함께 제시하고 있다. 해당 지침에서의 작업계획서 예시는 [그림 3-7]과 같으며, 작성해야 할 주요 내용은 장비제원(모델명, 붐 길이, 정격하중 등), 작업조건(지반상태, 주변 고압선 등), 작업내용(작업 반경, 높이, 적재하중 등) 및 작업방법, 해당 작업에 따른 위험예방대책(떨어짐·넘어짐·맞음·끼임 등) 등으로 구분할 수 있다.

다) 소결

고소작업대 떨어짐 사고사망 23건 중에서 차량계 하역운반기계 작업계획서를 작성하지 않았거나 내용이 미흡한 경우가 23건으로, 심층분석 대상인 모든 사고에서 작업계획서를 작성하지 않았거나 내용이 미흡한 것으로 나타났으며, 고소작업대 관련 차량계 하역운반기계 작업계획서의 산업현장 수용도와 작동성이 매우 낮은 것으로 판단해 볼 수 있다. 본 연구는 재해조사 의견서에 대한 분석이 주된 연구이므로 향후 해당 작업계획서 제도의 실효성 확보를 위한 실태조사 등을 수반한 후속 연구가 필요할 것으로 판단된다.

<부록 1> 고소작업대 작업 시 작업계획 작성 양식

1. 장비제원 (모델명, 분길이, 정격하중 등)	
2. 작업조건 (지반상태, 주변, 고압선 등)	
3. 작업내용 (작업반경, 높이, 적재하중 등) 및 작업방법	
4. 해당작업에 따른 위험예방대책(떨어짐·넘어짐·맞음·끼임 등)	
리스크 확인일	
작업일	
점검자	(인)

[그림 3-7] 고소작업대 작업계획서 예시

(10) 사고원인과 기기결함 교차분석

사고원인과 기기결함에 대한 교차분석 결과는 <표 3-30>과 같으며, 20건 (해당 없음 4건 제외) 중 사용 중 훼손으로 작업대 안전난간을 제거한 기기결함이 12건으로 가장 많았으며, 그 외 배터리 관련 기기결함 2건, 길이센서 경보 등 안전장치 해제가 2건으로 나타났다.

<표 3-30> 사고원인과 기기결함 교차분석 결과

구분	기타	사용훼손	사용훼손, 성능저하	성능저하	제작결함	총합계
길이센서(경보) 해체		1				1
배터리 방전				1		1
배터리 성능 저하				1		1
스윙감속기 베이스 체결볼트 파단			1			1
작업대 보조 작업발판 하부 경첩 파손		1				1
작업대 전·후 안전난간 제거		1				1
작업대 전면 안전난간 제거		10				10
작업대(케이지) 전면 안전난간 제거, 작업반경 초과 경보장치 기능 해제		1				1
전면 및 측면 일부 케이지 안전난간 미설치					1	1
측면 일부 케이지 안전난간 미설치					1	1
턴테이블 고정볼트 파단			1			1
해당 없음	4					4
총합계	4	14	2	2	2	24

(11) 사고원인과 보호구 착용 교차분석

〈표 3-31〉에서 작업대(케이지)의 안전난간이 제거된 상태에서 일어난 사고 14건 중 안전대를 미착용한 경우는 12건, 안전대를 착용했으나 미 체결한 경우가 2건인 것으로 나타났으며, 안전난간을 제거한 상태에서 안전대까지 적절하게 착용 및 체결하지 않고 작업을 한 것으로 확인되었다.

〈표 3-31〉 사고원인과 보호구 착용 교차분석 결과

구분	안전모 미착용, 안전대 미착용	안전모 착용, 안전대 미착용	안전모 착용, 안전대 미체결	안전모 턱끈 불량, 안전대 미착용	알 수 없음	합계
고정볼트 파단		1				1
무리한 작업		1	3			4
배터리 성능저하		1	1			2
붐 임의 확장, 안전장치 해제		1				1
안전장치 해제					1	1
케이지 안전난간 제거	7	3	2	1		13
케이지 안전난간 제거, 안전장치 해제	1					1
케이지 하부 훼손	1					1
총합계	9	7	6	1	1	24

3) 시사점

안전보건공단의 재해조사 의견서를 기초로 지난 6년간 고소작업대에서 떨어져 사망한 산업재해 24건에 대해서 심층분석을 실시하였다.

24건 중 발생형태는 작업대에서 바닥으로 떨어짐이 20건(83%)으로 대부분을 차지하고 있었으며, 사고원인은 작업대(케이지)의 안전난간대를 해제한 상태에서 떨어짐 14건(58%), 고소작업대의 안전장치를 해제한 상태에서 떨어짐 3건, 작업대의 중간 난간대를 밟고 작업하는 등 무리한 작업이 3건 등으로 나타났다.

한편 고소작업대 안전난간 관련 규제 고찰 결과, 고소작업대 사용 전, 사용 중 단계에서 작업대 모든 측면에 안전난간을 설치 및 유지하도록 하고 있으며, 작업대를 정기적으로 점검하여 이상 유무를 확인하도록 규정하고 있으나, 앞서 안전난간대를 해제 한 상태에서의 떨어짐 사고사례를 통해 봤을 때, 다수의 산업현장에서 안전난간을 제거한 후 안전대를 제대로 착용하지 않은 상태에서 고소작업을 수행하고 있을 것으로 유추해 볼 수 있다.

고소작업대 종류와 사고원인을 교차분석한 결과, 고소작업대 종류별 사고 사망 발생 건수는 고소작업대(차량탑재형)에서 17건, 고소작업대(시저형) 6건, 고소작업대(자주식) 1건이었으며, 특히 고소작업대(차량탑재형)에서 작업대(케이지) 안전난간을 제거하여 발생한 사고가 13건으로 대부분을 차지하고 있었다.

떨어진 거리와 고소작업대 종류에 대한 교차분석 결과, 고소작업대(시저형)의 경우 8m 이내 거리에서 모든 사고가 발생하였으며, 차량탑재형은 5m 이상 높이에서 떨어진 사고가 17건 중 13건으로 76%를 차지하고 있었다.

23건(알 수 없음 1건 제외)에 대해 보호구 착용 여부에 대해서 확인한 결과, 안전모를 미착용 또는 제대로 착용하지 않은 경우가 10건(43%)이었으며, 특히 안전대를 미착용한 경우는 17건(73%), 안전대를 착용했으나 미체결한

경우는 6건(26%)인 것으로 나타났다.

23건(알 수 없음 1건 제외) 중 차량계 하역운반기계 작업계획서를 미작성한 경우가 16건(69%), 작성하였으나 내용이 미흡한 경우가 7건(31%)인 것으로 확인되었으며, 해당 계획서 제도의 산업현장 수용도와 작동성이 매우 낮은 것으로 확인되고 있다. 다만, 본 연구는 재해조사 의견서에 기초한 심층 분석 연구로 근본 원인 등을 파악하기에 한계점이 있으므로 해당 작업계획서 제도의 실효성 확보를 위한 실태조사 등을 포함한 추가 연구 및 고찰이 필요할 것으로 판단된다.

22건 중 안전난간이 제거된 상태에서 안전대를 미착용한 경우는 12건, 안전대를 착용했으나 미 체결한 경우가 2건인 것으로 나타났다.

마지막으로 20건(해당 없음 4건 제외) 중 기기결함은 사용훼손이 16건으로 전체의 80%를 차지하고 있었다.

요약하자면 고소작업대에서 떨어짐 사고사망의 경우, 임의로 안전난간대를 제거한 상태로, 차량계 하역운반기계 작업계획서 등을 통해 사전에 위험식별을 하지 않은 조건에서, 추락방지용 안전대를 체결하지 않은 작업자가 고소작업을 수행하면서 생긴 복합적인 결과물이라고 말할 수 있다.

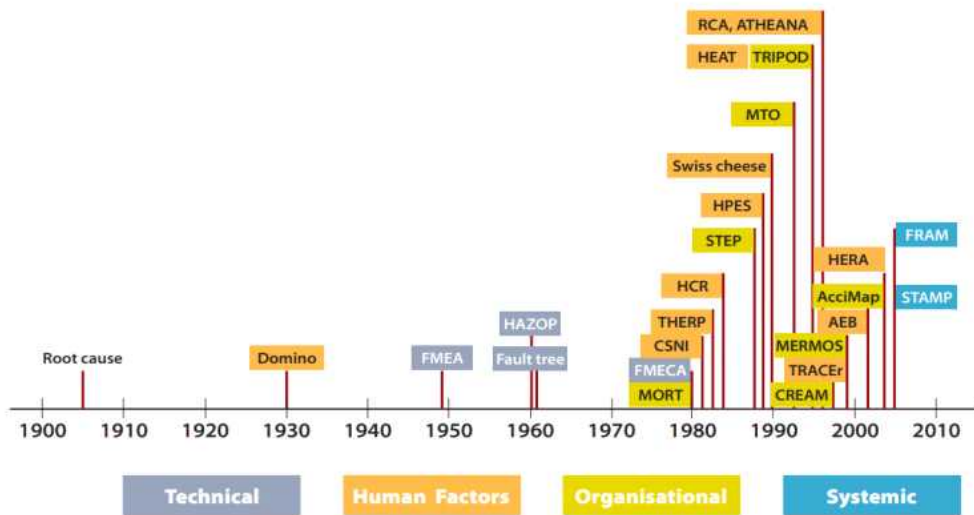
IV. 시스템적 원인분석



1. 개요

1) 분석기법의 변화

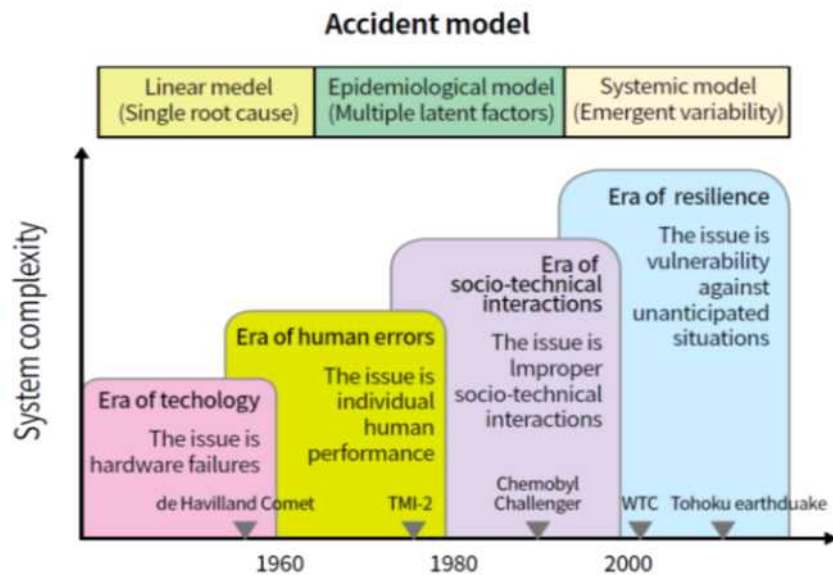
사고분석 모델의 시대에 따른 변화는 [그림 4-1]과 같으며, 1930년대의 도미노 이론의 기술적 분석을 시작으로, 1940~1960년 동안 인간오류(Human Error)를 분석하기 위한 기법인 FMEA, Fault tree, HAZOP 등이 널리 사용되어 왔다. 1980년대에 들어오면서 조직적인 측면의 연관성을 확인하기 위해서 FMECA, THERP 등의 기법들이 개발·활용되었으며, 1990년의 스위스 치즈모델을 시작으로, 2000년대에 접어들어서 AcciMap, FRAM, STAMP 등의 기법들이 사고분석을 위해 널리 활용되고 있다.



[그림 4-1] 사고 분석 및 위험성평가 방법

* 출처: EUROCONTROL, A White Paper on Resilience Engineering for ATM, 2009

이러한 사고분석 모델은 특성에 따라 [그림 4-2]와 같이 단일 원인을 분석하는 선형적 모델(Linear Model), 다중 잠재요인을 분석하는 역학적 모델(Epidemiological Model), 변동성에 이론적 기초를 둔 시스템적 모델(Systemic Model)로 구분하기도 한다.



[그림 4-2] 사고분석 모델의 변화

* 출처 : 윤완철 등, 산업안전 패러다임 전환을 위한 연구, 2019

이러한 시스템적 모델의 출현 배경으로 현대 산업사회의 급격한 변화를 들 수 있으며, 특히 산업 측면에서 기술의 급속한 변화, 신규 위험의 출현, 과거의 이론을 적용하기 어려운 단순 사고의 감소, 시스템의 복잡성과 연계성의 증가, 인간과 자동화 시스템 간의 좀 더 복잡한 관계가 확산됨에 따라 사고에 대한 시스템적 접근의 필요성이 더욱 커지고 있다(Leveson, 2004).

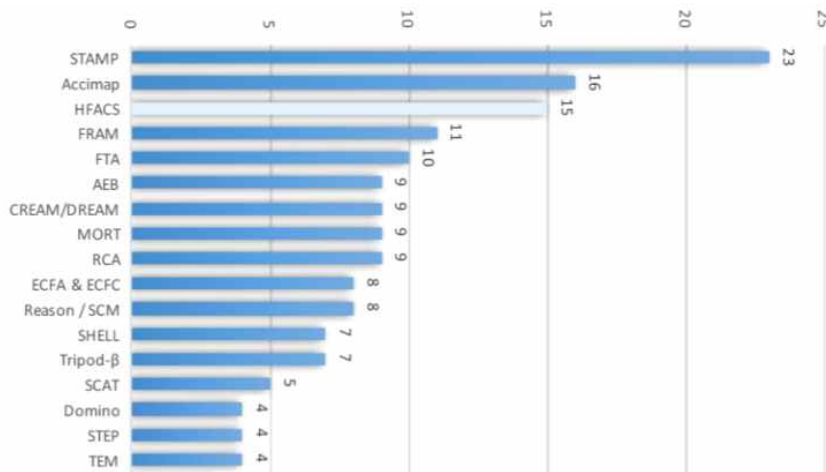
시스템적 사고분석 모델의 순차적·역학적 사고분석 모델과의 주요한 차이점은 시스템적 사고분석 모델은 사고 과정을 상호 연결된 사건 네트워크로 표현하고 있으며, 후자의 경우 원인과 효과의 인과관계로 표현한다는 것이다

(Yousefi, 2018). 1997년 AcciMap(Rasmussen), 2004년 STAMP(Leveson), FRAM(Hollnagel) 모델이 제안되었으며, 이 세 가지 모델들은 모두 복잡한 사회기술 시스템을 모형화하기 위한 방안으로 고안되었다(Yousefi, 2018).

2) 분석기법의 선정

본 연구에서는 기술기반의 재해조사 의견서에 추가적으로 크레인 및 고소작업대 산업재해에 대해서 설비, 작업방법, 작업자, 관리조직 등의 시스템 요소간의 관계와 상호작용에 대해서 시스템적 원인분석을 실시하였으며, 이를 통해 재해의 원인 분석과 더불어 안전성 향상 방안을 함께 검토하였다.

H.C.A. Wienen et al (2017)은 1973~2015년 사이 연구 논문 등에서 사고분석 기법별 사용 또는 언급된 횟수를 [그림 4-3]과 같이 분석을 하였으며, STAMP가 가장 많은 23회, AcciMap 16회, HFACS 15회, FRAM 11회 순으로 나타났다.



[그림 4-3] 사고분석기법별 사용·언급 횟수(1997~2015)

H.C.A. Wienen et al. 2017, Accident Analysis Methods and Models - a Systematic Literature Review

서동현(2020)은 STAMP는 분석에 방대한 자료와 오랜 시간이 필요하고, FRAM은 분석자에 따라 상이한 결과가 도출될 수 있으며 결과를 직관적으로 이해하기 어려울 수 있음을 <표 4-1>과 같이 제시하였다.

<표 4-1> AcciMap, STAMP, FRAM의 비교

구분	AcciMap	STAMP	FRAM
기본 개념	안전은 각 계층 또는 레벨 간의 상호작용으로부터 나타나는 속성	사고는 설계·개발 및 운영단계에서 상호 작용하는 구성요소 사이에 안전계약 조건을 부적절하게 시행한 결과, 안전은 제어의 문제	1) 성공과 실패는 같은 과정에서 발생 2) 사람들은 조건에 맞게 지속적으로 행동을 조정함 3) 모든 결과가 특정한 식별 가능한 원인이 있다고 할 수 없음 4) 여러 기능의 변동성은 때때로 일치하여 서로간에 영향을 줄 수 있음
모델 구조	사회·기술적 시스템을 개인과 조직 및 관계자의 계층적 구조로 구성	기본 제어구조는 시스템 개발 및 운영구조를 포함, 각 제어구조는 계층으로 구성	정해진 모델이 없으며, FRAM은 일종의 방법론임
모델 표현 방법	사고에 기여한 원인요소들(Causal Factors)을 연관성에 따라 계층별로 배열	시스템 구성요소들(System Components)을 계층별 나태내고 상·하위 레벨의 결정 사항 및 피드백을 표시	시스템에서 작동하고 있는 기능들(Function)로 모델 작성
장점	1) 사회기술적 시스템의 모든 부분에 있는 요인들이 어떻게 사고에 영향을 주었는지 입증하는데 유용 2) 요인들이 어떻게 상호 작용하는지 표현하는 연관성 도표로 원인을 배열하기 좋음	1) 하향식으로 매우 복잡한 시스템에 적용 가능 2) 사고, 손실의 원인요소가 되는 소프트웨어, 사람, 조직, 안전문화 등을 모두 포함하고 있음	1) 시스템의 일상적 운영 상황을 표현할 수 있음 2) 동일한 현상의 사고가 다양한 원인에 의해 다양하게 발생할 수 있음을 보여줌 3) 시스템의 구조적 측면 외 기능적 측면 고려 가능 4) 성공과 실패의 이분법적인 사고로부터 탈피 가능
단점	1) 여러 인과 요소 간의 시계열 관계의 부족 2) 사고분석에 있어서 사후 관점과 서술이 더 많음	1) 방대한 양의 관련 자료 필요 2) 분석에 오랜 시간이 걸림 3) 사고분석에 주로 사후적인 견해와 묘사 3) 느슨하게 결합된 구성 요소간의 약한 제어, 피드백을 모형화하기에 불충분	1) 복잡한 시스템에는 활용성이 좋지 않음 2) 분석자에 따라 서로 다른 결과가 도출될 수 있음 3) 모델링 결과를 직관적으로 이해하기 어려움

* 출처 : 서동현 등, 화학공장 화재·폭발 사고사례의 시스템적 원인분석에 관한 연구, 2020

또한 기도형(2017)은 [그림 4-4]와 같이 3가지 기법을 비교하였으며, 세 가지 중 AcciMap이 분석시간과 데이터가 조금 더 적게 필요하고, 덜 복잡하고, 사용하기 쉬우며, 다른 것보다 포괄적이라고 제시한 바 있다.

	Accimap	STAMP	FRAM
Time	-	Longer	Longest
Data	-	More	Most
Complexity	-	More	Most
Difficulty of use	-	More	Most
Ease of alternative establishment	-	Easier	Easiest
Degree of comprehensiveness	-	Less	-
Applicability of cognitive tasks	-	Possible	-
Hierarchical structure	Yes	Yes	No

[그림 4-4] AcciMap, STAMP, FRAM의 결과 비교

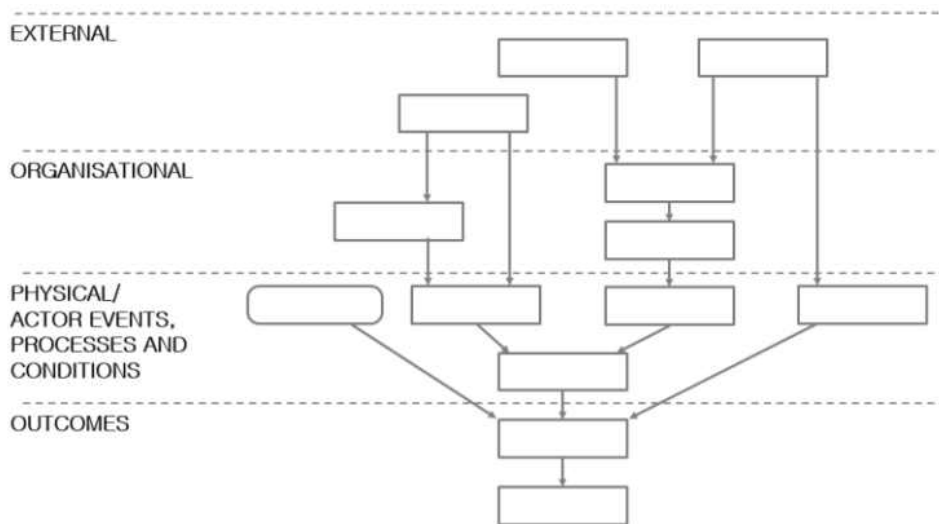
* 출처: : Dohyung Kee, 2017, Comparison of Systemic Accident Investigation Techniques Based on the Sewol Ferry Capsizing, JESK 36(5): 485-498

이상과 같이 본 연구에서는 공단의 재해조사 의견서를 기반으로 시스템적 원인분석을 실시하고자 하기에 STAMP, FRAM 대비 적은 입력 데이터로 인과요소 별 효과적이고 포괄적인 분석이 가능한 AcciMap을 시스템적 원인분석 기법으로 선정하였다.

3) AcciMap

(1) 개요

AcciMap은 1997년 “Jens Rasmussen”이 발표한 사고분석 기법으로 사회-기술적 시스템을 개인과 조직, 관계자의 계층적 구조로 구성되어 있다고 보고 있다. AcciMap의 계층구조는 정부, 규제자·협회, 회사, 관리자, 직원, 작업 등으로 구분하고 있으며, 이 기법에서 안전 개념은 각 계층 또는 수준 간의 상호작용으로 나타나는 속성으로 취급하고 있다. 즉 사고가 발생한 현장에 국한할 것이 아니라 전체 시스템 간에 어떠한 상호작용이 있는지 확인해야 한다고 되어 있다(Rasmussen, 1997). AcciMap은 사회기술적 시스템의 모든 부분의 요인들이 어떻게 사고에 기여했는지 입증하는 데 특히 유용하다. [그림 4-5]는 정부·규제기관이 속하는 외부, 사업장 조직, 물리적/행동자 활동, 절차와 환경 및 부정적 결과에 대한 계층적 구조를 표현한 모형이다.



[그림 4-5] Rasmussen의 AcciMap 모형

* 출처: Guidelines for AcciMap Analysis. Kate Branford, Neelam Naikar and Andrew Hopkins. 2009

또한 AcciMap은 식수 오염, 급성 호흡기 증후군, Esso Longford 의 가스 폭발, 열차 충돌, 항공기 사고 등과 같은 다양한 분야의 사고 분석에도 활용되고 있다.

(2) 분석방법 및 절차

“Guidelines for AcciMap Analysis(2009)”에서 제시한 AcciMap 사고 분석 기법의 절차는 다음과 같으며, Step4. 원인별 AcciMap 레벨 구분을 위한 상세 내용은 <표 4-2>와 같다.

- Step1. AcciMap 서식 준비
- Step2. 부정적인 결과(Outcomes) 식별
- Step3. 인과관계 요인(Causal factors) 식별
- Step4. 원인별 AcciMap 레벨 구분
- Step5. 원인별 레벨을 고려한 적절한 표현
- Step6. 원인을 계층별로 배열 후 인과관계 화살표로 표기
- Step7. 인과관계 보완 및 검증 (순서, 화살표 등)
- Step8. 안전권고사항 도출

〈표 4-2〉 AcciMap 레벨과 범주 구분표

레벨 정의	원인의 내용/범주		
External(외부) •외부수준은 조직(Organisation)이 통제할 수 없는 원인이 존재	정부 예시: •예산문제, 예산삭감 •부적절한 법률제어 •민영화, 외주화 •부적합 서비스 제공	규제기관 예시: •부적절한 규제, 규제에 대한 알림 •부적절한 인증, 허가 •부적절한 안전기준 •부적절한 규제의 집행 •부적절한 감독, 점검	사회 예시: •시장의 힘 (Market force) •사회적가치, 우선순위(공공의 요구사항들) •역사적 사건들 •국제정치
Organistational(조직) •원인이 조직(Organisation)의 통제범위 내에 있는 경우 이 수준으로 배치	재정문제 예시: •예산편성, 비용삭감 •자원할당문제 장비와 설계 예시: •설계문제(인체공학적 문제 등) •장비문제(품질저하, 결함, 노후화, 어수선품, 누락 또는 부적절 유지관리 장비 또는 도구) •설계대로 장비가 사용되지 않음 예방 예시: •부적절하거나, 불충분하거나, 누락된 사전시스템예방 (경보, 경고, Barriers, PPE) •부적절하거나, 불충분하거나, 누락된 사후시스템예방 (위험억제, 보호, 탈출 및 구조시스템) 소통 및 정보 예시: •부적절한 정보 또는 지식 •부적절한 정보의 흐름 및 조직 •부적절한 지침, 위험, 우선순위, 목표의 소통 감사 및 점검 예시: •부적절한 규칙, 규정 또는 절차 •부적절한 내부 감사, 검사	조직문화 예시: •대립되는 목표(안전과 생산, 안전과 예산 등) •과정보다는 결과가 우선, 미준수에 대한 승인 또는 장려 위험관리 예시: •부적절한 위험성평가, 위험식별 •부적절한 위험/결함 보고 •과거 실수 학습 시 부적절한 절차가 적용 •부적절한 위험 인식 •부적절한 보안수준(미허가자의 접근으로부터 보호를 위한) 매뉴얼과 절차 예시: •부적절하거나, 모호하거나, 상충되건, 오래되거나, 없거나, 현실적이지 않은 절차, 규칙, 규정 또는 매뉴얼 인적자원 예시: •부적절하거나, 불충분한 관리감독, 관리, 조정기능, 지원수 •불적절하거나, 불충분한 위임, 책임 부여 •부적절하거나, 불충분한 직원 선정 절차 또는 기준 교육훈련 예시: •부적절하거나, 불충분한 교육훈련, 훈련장비, 연습 •훈련에 대한 사후 분석, 평가	

〈표 4-2〉 AcciMap 레벨과 범주 구분표 (계속)

레벨 정의	원인의 내용/범주	
물리적/행위자 사건, 절차 및 조건 (Physical/Actor Events, Processes and Conditions) •결과에 대한 직접적인 영향(전조현상)	물리적 사건, 절차 및 조건 예시: <ul style="list-style-type: none"> •사건의 물리적 순서(기술적인 실패, 오류 포함) •사건의 순서를 이해하는데 필요한 물리적 환경과 관련된 환경적인 조건 및 요소 	행위자 활동 및 상황 예시: <ul style="list-style-type: none"> •인적오류, 실수, 위반, 행동, 활동 등 •잘못된 인식, 잘못된 해석, 오해, 상황인식 실수 등 자원할당문제 •행위자의 신체적, 정신적 상태(피로, 건강악화, 부주의, 무의식, 만취)

* 출처: Guidelines for AcciMap Analysis. Kate Branford, Neelam Naikar and Andrew Hopkins. 2009

2. 분석결과

1) Case Study #1

최근 발생한 크레인 끼임 사고사망 산업재해 중 재해조사 의견서의 조사 내용이 타 의견서 보다 충실한 재해를 시스템적 분석 대상으로 선정하였다.

(1) 재해정보

가) 재해개요

크레인 끼임 사고사망 재해가 발생한 장소는 주상복합 신축 건설 현장이며, A협력업체 소속 피재자(철골공)가 PRD³⁾ 기둥 상부에 백 플레이트 용접 준비 작업을 하던 중, B협력업체에서 작업 중인 선회하던 크롤러크레인 카운터웨이트와 PRD 기둥 사이에 몸통이 끼어 사망한 재해이다.

재해 당시 3개 업체가 현장에서 동시에 작업을 수행하고 있었으며, 각 업체별 작업 내용 등은 <표 4-3>과 같다.

〈표 4-3〉 업체별 작업 내용

업체명	역할	작업 내용	비고
OO건설	원청	설계, 건축 등 공사 총괄관리	
A사	A협력업체	토공 및 흙막이 공사	크롤러크레인 운전
B사	B협력업체	철골공사	재해자 소속

나) 재해 발생 작업

3) PRD(Percussion Rotary Drill, 매입말뚝공법)공법은 지반 중에 자갈전석층이 존재할 때 주로 사용하는 중굴공법임

재해가 발생한 PRD 및 철골작업의 세부 시공 순서는 다음과 같으며, 재해가 발생한 '되메우기 및 in-casing 인발 작업'의 절차는 다음과 같다. 재해가 발생한 당일은 철골 기둥에 대해 가셋 플레이트(Gusset Plate) 등의 용접작업을 진행하고 있었다.

- 모래·마사토 부설 및 Guide Angle 제거
- in-casing 인발 및 양생
- Column 부재 상 가셋 및 백 플레이트 등 용접

재해 당일 각 업체별 작업 내용은 <표 4-4>와 같으며, A협력업체와 B협력업체가 동일 장소에서 혼재되어 작업을 수행하고 있었다.

<표 4-4> 재해 당일 업체별 작업 내용

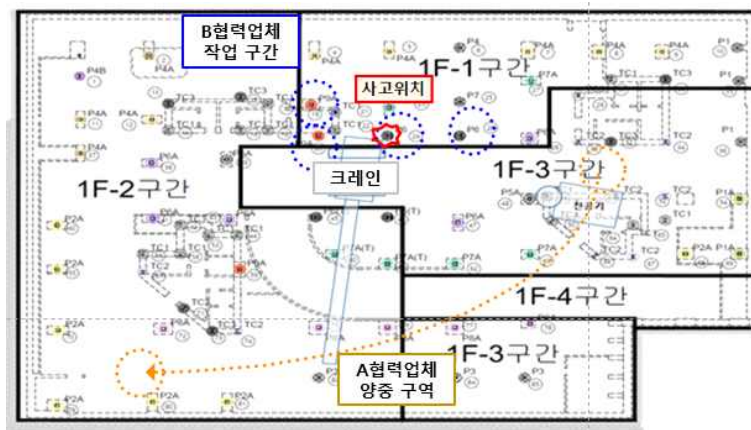
구분	재해 당일 작업 내용	비고
원청	당일 공사 총괄 관리	
A협력업체	A구간의 지하에서 기초에 대한 천공, 근입, 타설 및 흙막이 공사 등	
B협력업체	A구간에서 A협력업체에서 천공, 근입 완료한 기둥에 플레이트 용접 작업	재해자 소속

다) 재해 발생 과정

재해 발생 과정은 <표 4-5>와 같으며, 오후 작업부터 A협력업체와 B협력업체간 작업 간섭이 발생하였으며, 18시 10분 경 회전하는 크레인의 카운터웨이트와 기둥 사이에 재해자가 끼어 사망하였다. 재해 당시 사고 발생 현장의 작업 위치는 [그림 4-6]과 같으며 A사와 B사 각각 동일 작업 장소에 간섭이 발생되고 있음을 알 수 있다.

<표 4-5> 재해 발생 과정

시간	내용
06:50	A협력업체 소속 피재자 000, 동료 3명 출근 후 비대면 아침조회 등 작업 준비
07:00~	A협력업체 소속 피재자 000, 동료 3명이 A구간에서 B협력업체에서 천공 및 근입 완료 기둥에 플레이트 용접 작업
13:00~	A협력업체 피재자 및 동료 3명이 A구간에서 기둥에 플레이트 용접 작업 ※ 오후 작업부터 A와 B협력업체간 간섭작업 발생
18:10~	피재자가 A구간에서 플레이트 설치 중 인근에서 붐을 선회하던 크롤러크레인의 카운터웨이트에 충돌하여 피재자 상체가 카운터웨이트와 기둥 사이에 끼어 사망



[그림 4-6] 재해 당시 작업장소 평면도

라) 재해조사의견서의 사고원인 및 예방대책

본 산업재해와 관련해서 재해조사 의견서에 명시된 사고원인과 예방대책은 다음과 같으며, 사고원인과 예방대책에는 작업계획서 이행, 작업지휘 실시, 혼재작업 위험성평가 실시 등의 내용이 작성되어 있다.

㉠ 사고원인

- 작업계획서 미이행(산업안전보건 기준에 관한 규칙 제38조)
 - * 크레인의 이동 또는 붐 선회 시 인근 근로자의 충돌 또는 끼임 위험을 예방할 수 있는 안전대책을 포함한 작업계획서를 작성하고 그 계획에 따라 작업을 하여야 하나, 이행하지 않아 작업 중 사고 발생
- 위험성 평가 실시 미흡(산업안전보건법 제36조)
 - * 사업주는 건설물, 기계·기구·설비, 근로자의 행동 또는 그 밖의 업무(중량물 취급작업 등)로 인한 유해·위험요인을 찾아내어 부상 및 질병으로 이어질 수 있는 위험성의 크기가 허용 가능한 범위인지를 평가하고 그 결과에 따라 조치를 하여야 하나, 토공사 및 기초공사 혼재작업에 대한 위험성 평가 미실시

㉡ 예방대책

- 작업계획서 이행 및 작업지휘자의 작업지휘 실시
- 혼재작업에 대한 위험성평가 실시
- 신호방법을 정하여 해당 신호 준수
- 건설공사 발주자의 공사 계획·설계·시공 단계별 산업재해 예방 조치
- IoT 기반 기술 등을 활용하여 양중기 작업 시 근원적 안전 확보

(2) AcciMap 분석

가) 부정적인 결과(Outcomes) 식별

재해조사 의견서에 따른 부정적인 결과는 다음과 같이 식별할 수 있다. 크롤러 크레인의 회전에 따라 위험반경 내 위치하고 있던 재해자가 카운트웨이트와 기둥 사이에 상체가 끼어 사망하는 재해가 발생하였다.

- ① 크레인 카운트웨이트와 기둥 사이에 상체가 끼임
- ② 용접 작업자 1명 사망

나) 인과관계 요인(원인) 식별

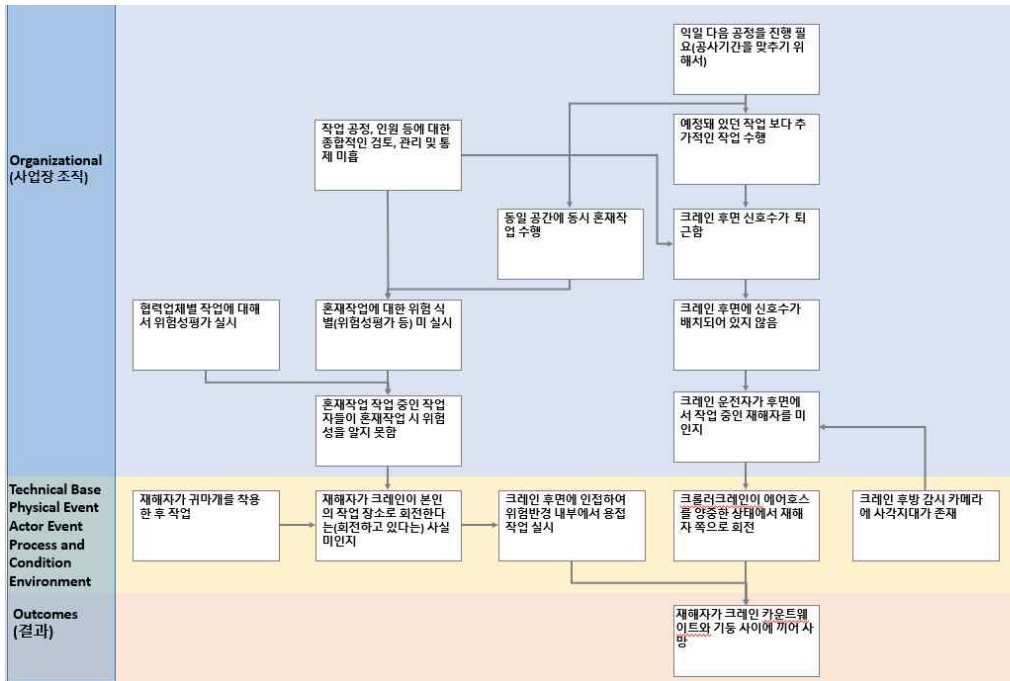
재해조사 의견서 내용을 기준으로 재해 원인 요소를 정리하여 레벨을 구분해 보면 <표 4-6>과 같이 나타낼 수 있다. 재해에 직접적인 영향을 미친 원인 요소는 8개로 정리할 수 있으며, 각 요소들은 사업장 조직, 재해자, 운전자, 설비로 구분해 볼 수 있다.

<표 4-6> Case Study #1. 재해 원인 요소

연번	인과관계 요인	레벨
1	작업 공정, 인원 등에 대한 종합적인 검토, 관리 미흡	사업장 조직
2	혼재작업에 대한 위험식별 미실시	사업장 조직
3	예정돼 있던 작업 보다 추가적인 작업 수행	사업장 조직
4	재해자가 위험반경 내부에서 용접작업 실시	재해자
5	재해자가 크레인이 본인에게 회전할 수 있다는 사실 미인지	재해자
6	재해자가 귀마개를 착용한 후 작업	재해자
7	후면에서 작업 중인 재해자를 미인지	운전자
8	크레인 후방 감시카메라에서 사각지대 존재	설비

다) 원인별 레벨 구분 및 인과관계 표기

<표 4-6>의 재해 원인 요소 간의 상호 인과 관계를 반영하여 AcciMap의 모형으로 표현하면 [그림 4-7]과 같다.



[그림 4-7] Case Study #1. 재해 원인 요소에 대한 AcciMap 모형

라) 인과관계 보완 및 검증

[그림 4-7]의 모형에서 다음과 같은 추가 질문의 답을 구하는 과정을 통해 상위계층인 정부, 사회 등 외부와의 인과관계를 추가 분석해 보았다.

- 작업 공정, 인원 등에 대한 종합적인 검토가 미흡한 원인은 무엇인가?
- 혼재작업에 대한 위험식별(위험성평가)이 미 실시된 원인은 무엇인가?
- 크레인 후방 감시 카메라에 사각지대가 존재하는 이유는 무엇인가?

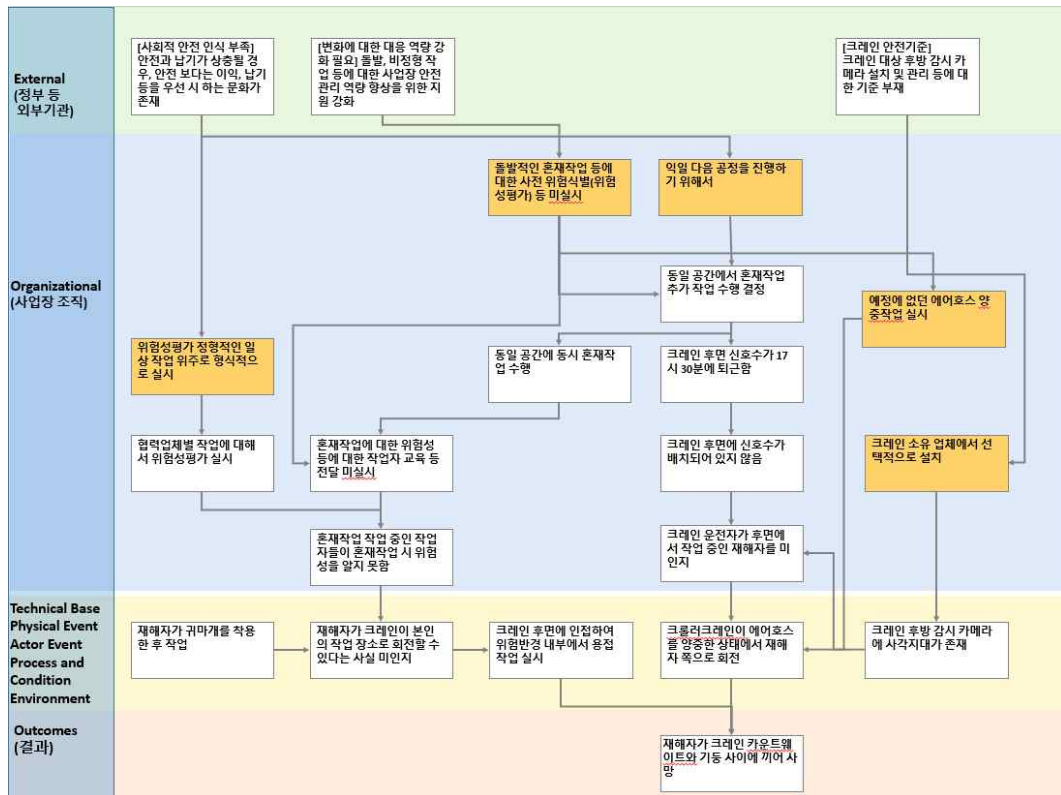
- 재해자는 왜 크레인 위험반경 내에서 작업을 해야 했는가?
- 동시 혼재작업에 대한 안전조치가 왜 제대로 되지 않았는가?

상기 질문 외 일반적으로 AcciMap의 공백을 모두 채우기 위해서 다음과 같은 일반적인 사항에 대해서도 추가로 파악할 필요가 있을 것으로 판단된다.

- ① 안전보건규정의 작성 및 준수의 적절성
- ② 사업장 안전관리체계의 적절성
- ③ 위험성평가 수행의 적절성
- ④ 안전작업절차서 작성 절차 및 검토의 적절성
- ⑤ 직원 교육의 적절성
- ⑥ 작업자의 안전작업절차서 준수의 적절성
- ⑦ 작업 대상 설비의 안전성
- ⑧ 작업환경 유지의 적절성
- ⑨ 사업장 안전문화의 적절성
- ⑩ 경영자의 안전의식

상기 제시된 질문을 통해서 도출한 보완된 모형은 [그림 4-8]과 같으며, 상위 계층인 정부 등 외부기관에 의한 원인은 다음 3가지로 분석해 볼 수 있었다.

- ① 사회 전반의 안전 의식 및 인식 부족
- ② 변화(돌발, 비정형작업 등)에 대한 대응 역량 부족
- ③ 크레인 후방 감시 카메라 등에 대한 구체적인 안전기준 부족



[그림 4-8] Case Study #1. 보완된 AcciMap 모형

마) 안전권고사항

[그림 4-8]의 AcciMap 모형에 따라 도출한 안전 권고사항은 <표 4-7>과 같으며, 돌발 혼재작업 등 변화, 변경에 대한 위험성평가 실시를 강화하고, 변화에 대응하기 위해 사업장 안전관리 역량 향상 지원 및 사회적 인식, 인식 제고를 위한 중장기적인 지속적인 정책과 유인책이 필요할 것으로 판단된다. 특히 건설 현장의 계획된 작업 외 돌발 혼재작업에 대한 실효성 있는 규제 마련이 필요할 것으로 판단된다.

<표 4-7> Case Study #1. 안전권고사항

연번	재해 원인 관련 요소	안전 권고 사항
1	예측이 어려운 돌발 혼재작업에 대한 위험식별(위험성평가 등) 미실시	<ul style="list-style-type: none"> • 돌발 혼재작업 등 산업현장 변화, 변경 시점에 위험성평가(위험식별) 실시 확대를 위한 확인 및 계도 강화 • 변화와 관련하여 사업장 안전관리 역량 향상을 위한 지원 확대 • 사회적 안전의식, 인식 고취를 위한 중장기적 지속적인 정책, 유인책 필요
2	익일 공정 진행을 위해 동일 공간 내에서 추가 혼재작업 수행	<ul style="list-style-type: none"> • 건설 현장의 계획 외 돌발 혼재작업 등 추가 위험 발생에 대한 실효성 있는 규제 마련 필요 - 예) 산업안전보건법 시행규칙 제79조(협의체의 구성 및 운영)에서 수시 협의체를 통해 혼재작업 내용, 계획 협의
3	크레인 후방 감시카메라에 사각 지대 존재 - 구체적인 설치기준 부재, 소유자의 선택적 설치	<ul style="list-style-type: none"> • 크레인 후방 감시카메라에 대한 설치 기준 등 마련 검토 - 지게차, 굴삭기 등 선회속도가 빠르고, 수시로 인근 작업자와 맞닿아야 하는 건설기계와는 다르게 주로 인양 용도로 사용하므로 신중한 접근 필요

2) Case Study #2

고소작업대 사고사망 관련 대표적인 발생형태인 작업대에 전면 안전난간대를 설치하지 않아 발생한 떨어짐 재해를 분석 대상으로 선정하였다.

(1) 재해정보

가) 재해개요

재해자가 차량탑재형 고소작업대의 작업대에 탑승하여 건물 3층 외벽에 철물을 설치 중 작업대와 건물 외벽 사이로 약 7m 아래로 떨어져 사망한 재해이다.

나) 재해 발생 작업

지상 3층 1개동의 창호교체 및 기타 마감공사 현장으로 재해 전날까지 창호교체 작업을 완료하였고 재해 당일에는 3층 외벽 금속제 패널의 처짐을 방지하기 위해 차량탑재형 고소작업대를 사용하여 창문틀 상단부 고정철물을 설치할 예정이었다.

〈표 4-8〉 재해발생 고소작업대 제원

- 작업대	
재질	철재
정격하중	300kgf
크기(확장)	540(820)×1,245(2,380)×1,000
선회각도	좌우 125도

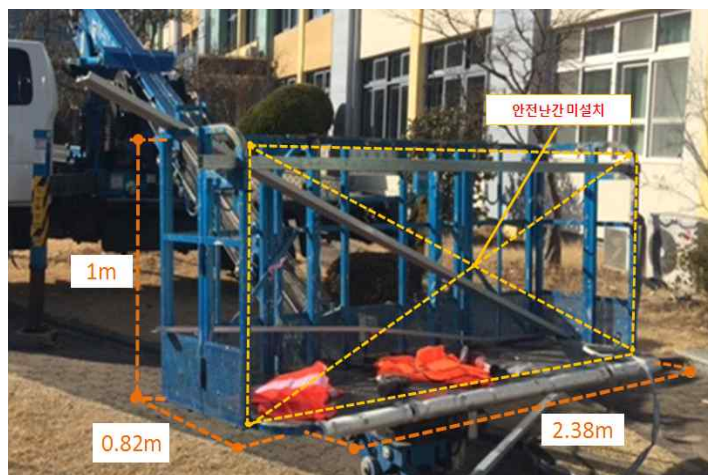
- 최대작업반경 : 8.5m
- 최대작업높이 : 19m
- 최초등록일 : 2016. 5. 31
- 형식 및 모델연도 CT190
- 자동차 관리법에 의한 검사유효기간
· 2016.5.31~2017.5.30

다) 재해 발생 과정

Case Study #2의 재해 발생 과정은 <표 4-9>와 같으며, 재해자가 탑승한 고소작업대의 사진은 [그림 4-9]와 같다.

<표 4-9> 재해 발생 과정

시간	내용
08:00	재해자와 동료 2명(A, B)이 고정철물 설치를 위한 준비 작업
08:10	재해자와 동료 A가 고소작업대에 탑승하여 건물 3층(높이 7m) 고정철물 작업을 시작
08:40	건물 3층 두 번째 창문까지 고정철물 설치를 종료하고 고소작업대를 다음 작업 위치로 이동
09:00	재해자와 동료 A가 건물 3층 세 번째 창문으로 이동, 고정철물 설치 실시
09:14	작업을 종료하고 고소작업대 작업대(케이지)가 건물 벽체에서 이격되는 과정에서 작업대(케이지)가 흔들리면서 작업대(케이지) 전면부와 건물 외벽 사이로 떨어짐



[그림 4-9] 재해자가 탑승한 고소작업대 작업대

라) 재해조사의견서의 사고원인 및 예방대책

본 산업재해와 관련해서 재해조사 의견서에 명시된 사고원인과 예방대책은 다음과 같으며, 사고원인으로 작업대 전면부 안전난간 제거, 보호구 미착용, 작업계획서 미작성 등의 내용이 기재되어 있다.

㉠ 사고원인

- 작업대 전면부 안전난간이 제거된 상태에서 작업 실시
 - * 작업대 이동 시 흔들림 등에 의해 안전난간이 미설치된 쪽으로 중심을 잃고 떨어짐
- 보호구의 착용 관리 미흡
 - * 안전모 및 안전대를 미착용한 상태로 작업 실시
- 고소작업대 사용 시 작업계획서 미작성
 - * 작업 경로, 방법, 떨어짐 방지대책 등이 포함된 작업계획서 미작성

㉡ 예방대책

- 고소작업대의 작업대 전면부 안전난간 설치 철저
- 보호구 착용 관리 철저
- 고소작업대 사용 시 작업계획서 작성 및 준수

(2) AcciMap 분석

가) 부정적인 결과(Outcomes) 식별

재해조사 의견서에 따른 부정적인 결과는 다음과 같이 식별할 수 있다. 안전대를 미착용·미체결한 재해자가 고소작업대 작업대와 건물 외벽 사이 틈으로 떨어져 사망하였다.

- ① 고소작업대 작업대와 건물 사이로 떨어짐
- ② 작업자 1명 사망

나) 인과관계 요인(원인) 식별

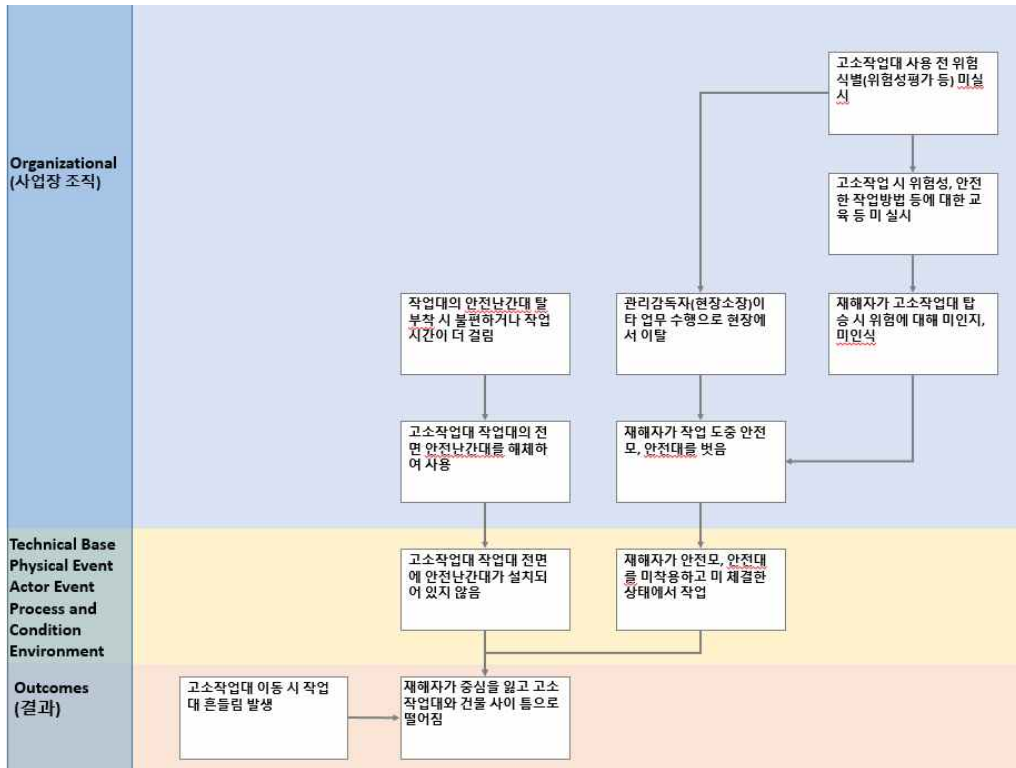
재해조사 의견서 내용을 기준으로 재해 원인 요소를 정리하여 레벨을 구분해 보면 <표 4-10>과 같이 나타낼 수 있다. 재해에 직접적인 영향을 미친 원인 요소는 6개로 정리할 수 있으며, 각 요소들은 사업장 조직, 작업자, 설비로 구분해 볼 수 있다.

<표 4-10> Case Study #2. 재해 원인 요소

연번	인과관계 요인	레벨
1	재해자가 안전모, 안전대 미착용 상태에서 작업	재해자
2	작업대 전면에 안전난간대가 미설치	설비
3	재해자가 작업 중 안전모, 안전대를 벗음	재해자
4	작업 중 관리감독자가 현장에서 이탈	사업장 조직
5	고소작업 전 위험식별을 미실시	사업장 조직
6	고소작업 시 위험, 안전한 작업방법 등에 대해 교육 등 미실시	사업장 조직

다) 원인별 레벨 구분 및 인과관계 표기

<표 4-10>의 재해 원인 요소 간의 상호 인과 관계를 반영하여 AcciMap의 모형으로 표현하면 [그림 4-10]과 같다.



[그림 4-10] Case Study #2. 재해 원인 요소에 대한 AcciMap 모형

라) 인과관계 보완 및 검증

[그림 4-10]의 모형에서 다음과 같은 추가 질문의 답을 구하는 과정을 통해 상위계층인 정부, 사회 등 외부와의 인과관계를 추가 분석해 보았다.

- 고소작업대 안전난간대는 왜 해체된 상태로 사용 되고 있는가?
- 안전난간대가 없는 작업대로 작업 시 왜 주변 동료 등은 제재를 하지 않

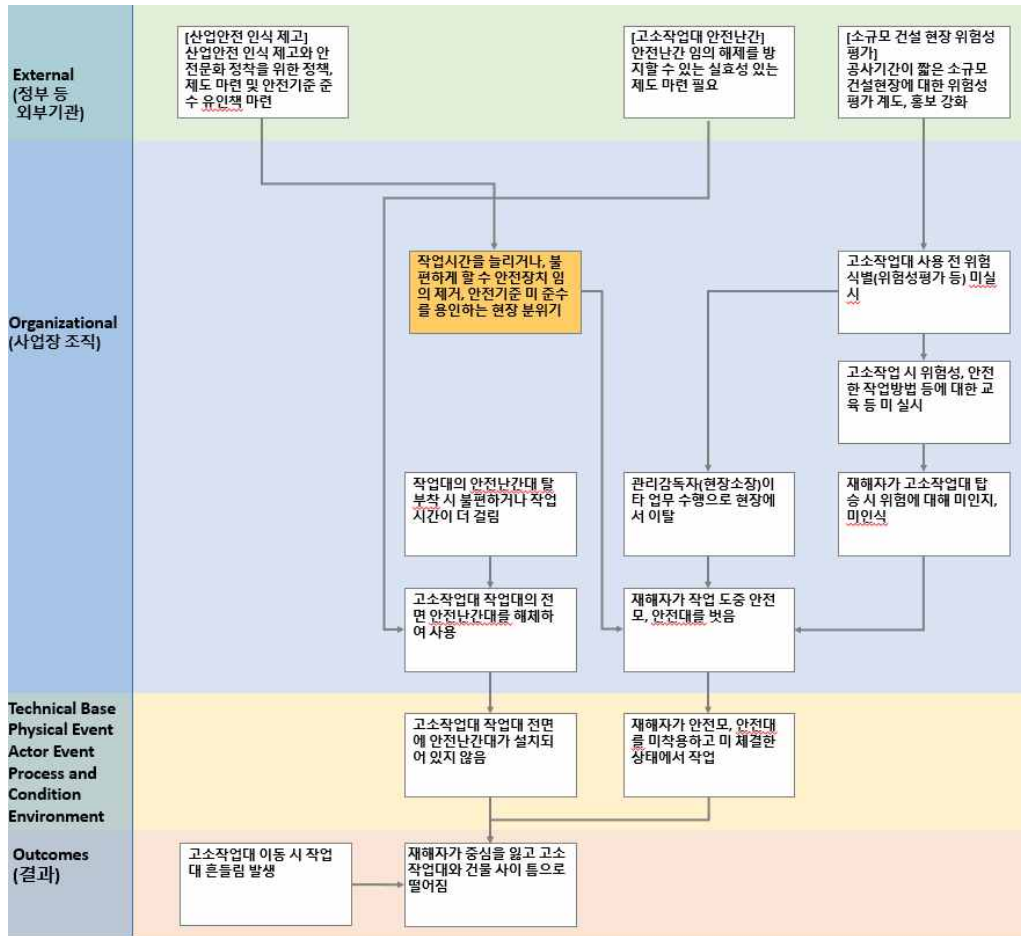
았는가?

- 작업 시작 시 안전모, 안전대를 착용했던 재해자는 왜 작업 도중에 안전모, 안전대를 벗고 작업을 하였는가?
- 고소작업 전 위험식별(위험성평가 등)이 미실시된 원인은 무엇인가?

상기 질문 외 일반적으로 AcciMap의 공백을 모두 채우기 위해서 Case Study #1에서 제시된 일반적인 내용에 대해서 추가적인 질문을 반복함으로써 근본 원인에 접근해 갈 수 있다.

상기 제시된 질문을 통해서 도출한 보완된 모형은 [그림 4-11]과 같으며, 상위 계층인 정부 등 외부기관에 의한 원인은 다음 3가지로 분석해 볼 수 있었다.

- ① 사회 전반의 산업안전에 대한 의식·인식 부족
- ② 안전난간 해체를 방지할 수 있는 실효성 있는 규제 미흡
- ③ 공기가 짧은 소규모 건설 현장의 위험식별(위험성평가 등) 미실시



[그림 4-11] Case Study #2. 보완된 AcciMap 모형

마) 안전권고사항

[그림 4-11]의 AcciMap 모형에 따라 도출한 안전 권고사항은 <표 4-11>과 같으며, 안전난간대 해체를 방지할 수 있는 실효성 있는 규제 마련, 탈부착이 용이한 안전난간대 개발 및 보급 확대, 소규모 건설 현장에 대한 위험성 평가 실시를 위한 계도, 홍보 강화 등이 필요할 것으로 판단된다.

<표 4-11> Case Study #2. 안전권고사항

연번	재해 원인 관련 요소	안전 권고 사항
1	작업대 안전난간을 해체한 후 작업 - 해체한 후 작업 중이나 관리감독자를 포함하여 누구도 제재하지 않음	<ul style="list-style-type: none"> · 상시 해체 작업을 방지할 수 있는 실효성 있는 규제 마련 필요 - 예) 기준에 관한 규칙 제116조와 같이 안전난간 설치 후 봉인하여 사용, 대형 화물 운반 등 부득이한 해체 필요 시 사유를 관리대장에 명기하도록 하고, 안전검사 시 확인 · 탈부착이 용이한 안전난간대 연구개발 및 안전인증 등록 후 산업현장 확대 적용 필요 · 사회적 안전의식, 인식 고취를 위한 중장기적 지속적인 정책, 유인책 필요
2	공기가 짧은 소규모 건설작업 시 위험식별(위험성평가) 미실시 - 연계된 작업자 안전교육 또한 미실시	<ul style="list-style-type: none"> · 소규모 건설 현장에 대한 위험식별(위험성평가) 실시를 위한 계도, 홍보 강화 - 예) 건설 현장이 수시로 사라지므로, 건설 현장소장 등 인력Pool에 대한 관리 강화

3. 시사점

재해조사 의견서와 시스템적 원인분석의 예방 대책에 대한 비교는 <표 4-12>와 같다.

Case Study #1에서 재해조사 의견서의 예방대책은 “작업계획서 이행 및 작업지휘자의 작업 지휘 실시, 혼재작업에 대한 위험성평가 실시, 신호방법에 의한 신호 준수” 등 산업안전보건법에 의한 규정된 내용 위주로 제시되어 있다. 반면 시스템적 원인분석의 예방 대책에서는 “돌발 혼재작업 등에 대한 위험성평가 실시 강화, 변화 관련 사업장 안전관리 역량 향상, 사회적 안전의식 고취를 위한 지속적인 정책, 유인책 필요” 등과 같이 사업장 외 정부, 규제기관 등의 상위 계층에서의 대책 또한 포함을 하고 있다.

Case Study #2를 보면 재해조사 의견서상의 예방대책은 “안전난간 설치 철저, 보호구 착용 관리 철저, 작업계획서 작성 및 준수” 등과 같이 역시 산업안전보건법령 상 규정된 내용 위주로 제시되어 있으나, 시스템적 원인분석의 예방 대책에서는 “상시 해체를 방지할 수 있는 실효성 있는 규제 마련, 사용이 용이한 안전난간 개발·보급, 안전의식 제고를 위한 중장기적 정책 필요” 등과 같이 역시 상위 계층에서의 대책을 포함하고 있는 것으로 확인되고 있다.

최근 중대재해조사 시 DOE(Department of Energy)분석기법, RCA(Root Cause Analysis, 근본원인조사) 등의 시스템적 분석기법 적용이 점차 확대되고 있는 추세이며, 향후 근원적인 사고원인 도출과 함께 실효성 있는 정책·제도 마련을 위해 AccMap, STAMP, FRAM 등 다양한 시스템적 분석기법 확대 적용을 검토해볼 필요가 있다.

〈표 4-12〉 재해조사 의견서와 시스템적 원인분석 예방대책 비교

연번	재해조사 의견서 예방 대책	시스템적 원인분석 예방 대책
#1	<ul style="list-style-type: none"> • 작업계획서 이행 및 작업지휘자의 작업지휘 실시 • 혼재작업에 대한 위험성평가 실시 • 신호방법을 정하여 해당 신호 준수 • 건설공사 발주자의 공사 계획·설계·시공 단계별 산업재해 예방 조치 • IoT 기반 기술 등을 활용하여 양중기 작업 시 근원적 안전 확보 	<ul style="list-style-type: none"> • 돌발 혼재작업 등 산업현장 변화, 변경 시점에서의 위험성평가 실시 확대를 위한 확인 및 계도 강화 • 변화와 관련하여 사업장 안전관리 역량 향상을 위한 지원 확대 • 사회적 안전의식, 인식 고취를 위한 중장기적 지속적인 정책, 유인책 필요 • 건설 현장의 계획 외 돌발 혼재작업 등 추가 위험 발생에 대한 실효성 있는 규제 마련 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 예) 산업안전보건법 시행규칙 제79조(협의체의 구성 및 운영)에서 수시 협의체를 통해 혼작작업 내용, 계획 협의 • 크레인 후방 감시카메라에 대한 설치 기준 등 마련 검토 <ul style="list-style-type: none"> - 지게차, 굴삭기 등 선회속도가 빠르고, 수시로 인근 작업자와 맞닿아야 하는 건설기계와는 다르게 주로 인양 용도로 사용하므로 신중한 접근 필요
#2	<ul style="list-style-type: none"> • 고소작업대의 작업대 전면부 안전난간 설치 철저 • 보호구 착용 관리 철저 • 고소작업대 사용 시 작업계획서 작성 및 준수 	<ul style="list-style-type: none"> • 안전난간 등의 상시 해체를 예방할 수 있는 실효성 있는 규제 마련 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 예) 기준에 관한 규제 제116조와 같이 안전난간 설치 후 봉인하여 사용, 대형 화물 운반 등 부득이한 해체 필요 시 사유를 관리대장에 명기하도록 하고, 안전검사 시 확인 • (탈부착 용이) 사용성이 향상된 안전난간대 연구개발 및 안전인증 등록 후 산업현장 확대 적용 필요 • 사회적 안전의식, 인식 고취를 위한 중장기적 지속적인 정책, 유인책 필요 • 소규모 건설 현장에 대한 위험식별(위험성평가) 실시를 위한 계도, 홍보 강화 <ul style="list-style-type: none"> - 예) 건설 현장이 수시로 사라지므로, 건설 현장소장 등 인력Pool에 대한 관리 강화



IV. 결 론



1. 연구 결과

1) 크레인, 고소작업대 관련 안전기술·기준

크레인과 고소작업대는 일반적으로 화물 등을 운반하는 용도로 사용하며, 일찍이 그 위험성이 알려져 있어 이미 산업안전보건법령에 의해 규제를 받고 있는 위험기계류이다.

사용 전 제작 단계에서는 안전인증 고시 상의 제작 및 안전기준에 따라 제작되고 있으며, 사용 중 단계에서 산업안전보건기준에 관한 규칙에 의해 규제를 받고 있으며, 정기적인 성능 확인을 위해 2년에 1회 공인된 제3자에 의해 안전검사를 받도록 하고 있다.

크레인과 고소작업대 관련 현행 안전인증 및 안전검사 고시에서는 해당 기계의 안전을 확보하기 위해 광범위한 제작·검사 기준을 규정하고 있으며, 사용 단계에서 해당 안전기준 상의 모든 안전장치 및 기계류 등이 정상 관리된다면 사고사망 재해 예방에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 판단된다.

2) 크레인, 고소작업대 사고원인 심층분석

(1) 크레인

크레인에 의해 발생한 끼임 사고사망 28건에 대해서 분석한 결과, 주요 내용은 특정 장소 나 작업에 국한하기 어려울 정도로 다양한 장소, 다양한 작업에서 사고가 발생하는 것으로 나타났으며, 발생형태와 재해자의 사고위치 교차분석에서도 특별한 발생형태와 특정한 사고위치를 규정하기 어려운 경향성을 보이고 있었다.

크레인을 사용하는 사업장 중 95%(22/23건)는 안전검사 등에서 성능을 인정

받은 것을 사용하고 있는 것으로 나타났다. 반면, 중량물 취급계획서를 작성하지 않은 사업장이 15개소(65%), 내용이 미흡한 경우 6개소(26%) 등으로 나타났다. 또한 28건 중 일상작업 중 일어난 사고가 전체의 71%(20건)을 차지하고 있었으며, 상세 사고원인에서 28건 중 15건이 위험구역에서 작업 중 끼임 사고가 발생한 것으로 확인되었다. 한편 사고발생 크레인 구조부(사고에 직접적인 영향을 준 부분)는 28건 중 53%(15건)가 줄걸이 부(화물)와 관련되어 있었다.

28건 중 작업지휘자를 제대로 배치하지 않은 상태에서 작업 중 발생한 재해가 16건으로 전체의 57%를 차지하고 있었다. 현행 산업안전보건법령 체계에서 작업지휘자 또는 유도자를 배치하여야 하는 작업 종류에 대해서는 제시하고 있으나, 작업지휘자의 구체적인 자격, 역할, 직무 등에 대해서는 특별히 제시된 것이 없는 것으로 확인되었다.

전체 28건 중 혼재작업이 9건 이었으며, 혼재작업의 형태는 운전자가 협력업체 소속이고 재해자가 협력업체 소속으로 생산 등 수행이 3건, 운전자가 원청 소속이고 재해자가 협력업체 소속인 경우가 5건, 운전자가 개인이며 재해자가 협력업체 소속인 경우 1건으로 혼재작업의 형태가 다양하였다.

혼재작업과 관련하여 대형 인명 피해가 발생한 2020년 물류창고 화재를 기점으로 혼재작업에 대해 사회적 관심도가 증가하고 있으며, 이에 2021년 5월 혼재작업 시 도급인의 안전조치 이행을 강화한다는 내용의 산업안전보건법이 개정되었으며, 동년 11월에는 도급인의 안전조치 이행을 강화해야하는 구체적인 위험작업을 규정하는 산업안전보건법 시행령 개정이 뒤를 이었다.

심층분석 결과, 크레인 끼임 사고사망 재해는 특별히 사고사망 위험이 높은 장소와 작업 등을 정하는 것이 어려운 것으로 나타났다. 특히 작업계획서 없이, 즉 사전 안전검토가 미흡한 상태로, 작업지휘자 등의 배치나 지휘 없이, 위험구역에서 일상작업 중 주로 발생하는 경향성을 보이고 있었다.

(2) 고소작업대

고소작업대에서 떨어져 발생한 사고사망 24건에 대해 분석한 결과, 주요 내용은 작업대에서 바닥으로 떨어짐이 20건(83%)으로 대부분을 차지하고 있었으며, 사고원인은 작업대(케이지)의 안전난간대를 해체한 상태에서 떨어짐 14건(58%), 고소작업대의 안전장치를 해제 후 작업 중 떨어짐 3건 등으로 요약할 수 있으며, 앞서 작업대(케이지)의 안전난간대를 해체한 상태에서 떨어짐 중 12건은 차량탑재형 고소작업대에서 발생하고 있었다.

한편 고소작업대 안전난간에 대해서 사용 전, 사용 중 단계에서의 관련 규제, 기준에 대해서 확인한 결과, 사용 전 단계인 안전인증에서는 작업대 모든 측면에 안전난간을 설치하도록 하고 있으며, 사용 중 단계의 규제인 산업안전보건기준에 관한 규칙에서는 작업대를 정기적으로 점검하여 이상 유무를 확인하도록 하고 있었으며, 매 2년 마다 실시되는 안전검사에서는 안전인증과 유사하게 모든 측면에 안전난간을 설치하고 체인이나 로프를 안전난간으로 사용하면 안 된다고 규정하고 있다.

관리적인 측면에서 봤을 때는 23건 중 안전모를 미착용 또는 제대로 착용하지 않은 경우가 10건(43%)이었으며, 특히 안전대를 미착용한 경우는 17건(73%), 안전대를 착용했으나 미체결한 경우는 6건(26%)인 것으로 나타났으며, 23건의 사례 중 안전대의 경우 제대로 착용한 사례는 없는 것으로 나타났다.

23건 중 차량계 하역운반기계 작업계획서를 미작성한 경우가 16건(69%), 작성하였으나 내용이 미흡한 경우가 7건(31%)인 것으로 확인되었으며, 역시 해당 작업계획서를 제대로 작성한 사업장이 없는 것으로 나타났다.

차량계 하역운반기계 작업계획서는 산업안전보건기준에 관한 규칙 제 38조, 제 39조에 따라 작성하고 작업지휘자를 지정하여 해당 계획서에 따라 작업을 지휘하도록 하고 있으며, 작업계획서 작성에 대한 상세 내용은 안전보건공단의 관련 지침 등에서 추가적으로 확인해 볼 수 있었다.

22건 중 안전난간이 제거된 상태에서 안전대를 미착용한 경우 12건, 안전대를 착용했으나 미 체결한 경우가 2건으로 나타났으며, 고소작업대의 경우 사용 중 안전난간대 및 안전장치에 대한 사용훼손이 16건으로 전체의 80%를 차지하고 있었다.

4) 시스템적 원인분석

크레인 끼임과 고소작업대 떨어짐 사고사망 재해에 대해서 안전보건공단의 재해조사 의견서를 기반으로 근본원인과 대책을 도출하고자 AcciMap기법을 활용하여 분석을 해 보았다.

Case Study #1을 통해서 도출한 크레인에 대한 사고사망 예방대책은 “돌발 혼재작업 등 산업현장 변화, 변경 시점에서의 위험성평가 실시 강화를 위한 확인 및 계도 강화, 변화와 관련하여 사업장 안전관리 역량 향상을 위한 지원 확대, 사회적 안전의식, 인식 고취를 위한 중장기적 지속적인 정책, 유인책 필요, 건설 현장의 계획 외 돌발 혼재작업 등 추가 위험 발생에 대한 실효성 있는 규제 마련 필요” 등으로 요약할 수 있다.

Case Study #2를 통해서 도출한 고소작업대에 대한 사고사망 예방대책은 “안전난간 등의 상시 해체를 예방할 수 있는 실효성 있는 규제 마련, 사용성이 향상된 안전난간대 개발 및 보급 확대, 사회적 안전의식, 인식 고취를 위한 중장기적 지속적인 정책 필요, 단기간 소규모 건설 현장에 대한 위험식별(위험성평가) 실시 강화를 위한 계도, 홍보 강화” 등으로 말할 수 있다.

2. 안전성 향상 방안

1) 중량물 취급 작업계획서 제도의 실효성 제고

크레인의 중량물 취급 작업계획서는 다음과 같이 산업안전보건기준에 관한 규칙 제5장 관리감독자의 직무 내용이며, 작성한 작업계획서의 내용을 해당 근로자에게 알리도록 하고 있다.

제38조(사전조사 및 작업계획서의 작성 등)

① 사업주는 다음 각 호의 작업을 하는 경우 근로자의 위험을 방지하기 위하여 별표 4에 따라 해당 작업, 작업장의 지형·지반 및 지층 상태 등에 대한 사전 조사를 하고 그 결과를 기록·보존하여야 하며, 조사결과를 고려하여 별표 4의 구분에 따른 사항을 포함한 작업계획서를 작성하고 그 계획에 따라 작업을 하도록 하여야 한다.

1~10. 생략

11. 중량물의 취급작업

크레인 사고사망 28건 중 중량물 취급 작업계획서를 미작성한 사업장은 15개소(65%), 미흡한 경우가 6개소(26%)로 확인되고 있으며, 산업현장에서의 제도 수용도 및 현장 작동성이 미흡한 것으로 분석되었다.

크레인 끼임 사고사망 28건 중 주로 제조업에서 사용하는 천장주행·갠트리 크레인에서 19건이 발생하였으며, 일상작업 중 20건이 발생하였다.

즉 제조업 등에서 일상작업 중 대부분의 사고가 일어나고 있으므로, 사업장에서 건설현장, 1회성 등으로 인식할 수 있는 현행 산업안전보건기준에 관한 규칙 제38조에 대한 신중한 재검토가 필요할 것으로 판단되며, 또한 산업현장 수용도 향상을 위해 관리감독자의 직무 내용이 아닌, 안전기준 제9절 양중기에 중량물 취급 계획을 포함하는 것에 대한 추가적인 고찰이 필요하다.

제조업에서 크레인을 통한 운반 등의 일상작업 시 작업 내용, 경로, 적재 위치 등이 수시로 변할 가능성이 높다. 사업장 자율적인 안전관리 강화를 위해 동 규칙 제436조(작업수칙)처럼 공통적인 내용을 제시하고, 사업장이 보유

한 작업절차(또는 작업지침) 등에 포함하여 관리할 수 있도록 할 필요가 있다. 이를 통해 작업 내용이 변경될 경우 사업장이 자발적으로 절차 또는 지침을 개정하고 작업자를 교육하게 함으로서 중량물 취급 작업계획서의 본 취지를 살릴 수 있을 것이라 판단된다.

2) 안전난간대 임의 해체 예방을 위한 안전기준 개선 및 신기술 개발

고소작업대 떨어짐 사고사망 24건 중 14건이 안전난간대를 해체한 상태에서 작업 중 발생하였으며, 이 중 12건이 차량탑재형 고소작업대에서 발생하였다.

고소작업대 떨어짐 사고사망 예방을 위해 사용자 등의 임의 해체를 예방하기 위한 실효성 있는 규제가 필요할 것으로 판단된다. 산업안전보건기준에 관한 규칙 제116조와 같이 안전난간 설치 후 봉인하여 사용하도록 하거나, 안전난간 해체가 필요한 경우 자체적으로 관리대장 등을 작성하고 해체 사유가 없어진 경우 즉시 재결합하고 봉인하도록 하는 등 효과성 높은 규제가 필요할 것으로 판단된다.

또한 안전인증 고시 [별표 7]에 따른 고소작업대 제작 및 안전기준에서 안전난간에 대한 상세 제작기준은 <표 5-13>과 같다. 나. 목에서 전면, 측면, 후면부가 쉽게 접히거나 분리되지 않는 일체형 구조이어야 한다고 되어 있다.

하지만 실제 고소작업대를 사용하는 작업현장에서는 크거나 부피가 큰 화물을 운반해야 할 사유 등이 발생할 수 있으며, 부득이한 경우 난간을 해체하여야 하는 상황이 발생할 수도 있다.

이에 해당 제작기준에서 분리되지 않는 일체형 구조에 대해 좀 더 구체적이고 심도 있는 검토가 우선적으로 필요할 것으로 판단된다. 이와 더불어 최근의 IoT 및 스마트 기술 등을 접목하여 안전대를 체결하지 않으면 동작이 되지 않게 하는 등 사용성과 안전성이 확보된 안전난간을 연구·개발하여 산

업현장에 확대 보급하는 것도 추가적으로 검토해 보아야 할 것 이다.

〈표 5-13〉 고소작업대 제작 및 안전기준에서의 안전난간에 대한 제작기준

구분	제작 및 안전기준
낙하 또는 추락방호조치	가. 작업대 모든 측면에는 물체나 사람이 낙하 또는 추락하지 않도록 안전난간이 설치되어 있어야 한다. 나. 안전난간은 작업대에 견고하게 고정되어야 하고, 최소한 1.0m 이상 높이의 상부난간대와 0.1m 이상 높이의 발끝 막이판, 상부난간대나 발끝 막이판으로부터 0.55m 이내에 중간대로 구성되어야 하며, 전면, 측면, 후면부가 쉽게 접히거나 분리되지 않는 일체형 구조 이어야 한다. 다. 안전난간은 가장 불리한 방향과 위치에서 0.5m 간격으로 작용하는 500N의 집중 하중에 영구 변형 없이 견뎌야 한다. 라. 작업대는 난연성 재료로 제작되어야 한다.

3) 안전대 적정 사용을 위한 관계자 위험도 인식 제고 필요

고소작업대 떨어짐 재해 22건 중 안전난간이 제거된 상태에서 안전대를 미착용한 경우 12건, 안전대를 착용했으나 미 체결한 경우가 2건으로 나타났으며, 고소작업대 종류는 대부분 차량탑재형인 것으로 나타났다.

한편 차량탑재형 고소작업대에서 떨어진 거리가 5m 이상인 경우가 17건 중 13건으로 76%를 차지하고 있었다. 일반적으로 해당 높이에서 떨어질 경우 중상을 입거나 사망에 이를 가능성이 높다는 사실을 대부분의 사람들이 인지하고 있다. 안전난간대 없이 안전대 미착용·미체결 상태로 5m 이상의 높은 높이에서 작업을 수행하였다는 것은 고소작업대 사용 중 떨어질 위험에 대해서 전혀 인지하고 있지 못했다는 또는 위험을 간과했다는 방증이 될 수 있다.

이에 고소작업대, 특히 차량탑재형 소유자 또는 작업자 등을 대상으로 중대 재해 사고사례 등을 활용하거나 지속적인 안전의식 향상 교육, 홍보, 계도 등

이 필요할 것으로 판단된다.

3. 제언

1) 작업지휘자 제도에 대한 후속 연구

산업안전보건기준에 관한 규칙 제 38조, 제 39조에 따라 크레인과 고소작업대 작업 시 적절한 종류의 작업계획서를 작성하고, 작업계획서 내용을 해당 근로자에게 알려야 하며, 작업지휘자를 지정하여 해당 계획서에 따라 작업을 지휘하도록 하고 있다.

하지만 크레인 사고사망 28건 중 작업지휘자를 미 배치한 경우가 16건 (57%), 고소작업대의 경우 23건 중 23건 모두가 해당 작업계획서를 미작성 (16건)하거나 내용이 미흡한 경우(7건)로 나타났으며, 고소작업대의 경우도 해당 작업계획서 미작성·내용 미흡 실태를 통해서 미루어 봤을 때, 작업지휘자 지정 등 그 이행이 매우 미흡할 것이라 미루어 유추해 볼 수 있다.

비단 크레인, 고소작업대 뿐만 아니라 여러 사고사례를 통해 봤을 때, 작업지휘자를 지정하여야 하는 다양한 종류의 작업에서 작업지휘자가 배치되지 않았다는 사례를 쉽게 확인할 수 있으며, 이는 산업현장에서 작업지휘자 제도가 제대로 작동하고 있지 않다는 증빙이 되고 있다.

본 연구는 재해조사 의견서에 기반을 둔 연구로서 작업지휘자 미 지정 등에 대한 실태와 문제점 등을 파악하기에는 한계가 있다. 이에 현재의 작업지휘자 제도가 왜 산업현장에서 제대로 작동하고 있지 않은지를 확인하기 위한 후속 연구 및 고찰이 필요할 것으로 판단되며, 이를 통해 작업지휘자 제도의 실효성을 제고할 수 있을 것이라 판단된다.

2) 연구의 한계점

통계 분석을 위한 표본(샘플) 수가 많을수록 정확한 예측을 할 수 있으며, 일반적으로 사회과학 등에서는 통계 분석 시 표본의 최소한의 개수를 30개 정도로 정하고 있다. 2017~2022년 사이 크레인 끼임 사고사망 28건, 고소 작업대 떨어짐 사고사망 24건에 대해서 여러 변수를 조합하거나 교차분석 하여 결론에 이르렀다. 다만 사고사망 표본 수가 많지 않아 분석한 결과를 전체 크레인과 고소작업대에 일반화하여 적용하기에는 다소 무리가 있을 수 있다.

또한 시스템적 원인분석에서 AcciMap 기법을 활용하여 2건의 사고사망 재해에 대해 분석하였으며, 재해자 또는 사업장 등을 대상으로 인터뷰가 아닌 재해조사 의견서의 조사결과를 기초로 가장 가능성이 높은 원인을 추론해 나가는 방법을 적용하였기에 실제 원인과는 일부 차이가 있을 수 있다.

참고문헌

고용노동부. 산업안전보건법. 법률 제19611호. 2023.

고용노동부. 산업안전보건법 시행령. 대통령령 제33913호. 2023.

고용노동부. 산업안전보건법 시행규칙. 고용노동부령 제393호. 2023.

고용노동부. 산업안전보건기준에 관한 규칙. 고용노동부령 제367호. 2022.

고용노동부. 안전검사 고시. 고용노동부고시 제2020-43호. 2020.

고용노동부. 위험기계·기구 안전인증 고시. 고용노동부고시 제2020-41호. 2020.

국가통계포털. 작업환경실태조사결과. 안전보건공단. 2019.

김정수, 김홍찬, 홍윤혁 등. 제품별 인증기준 개발에 관한 연구(I) - 곤돌라, 고소작업대. 안전보건공단 산업안전보건연구원. 2006.

민용철. 시저형 고소작업대 안전작업절차서 개발에 관한 연구. 을지대학교. 2015.

박재석. 이동식크레인 안전성 향상을 위한 방호장치 개선 연구. 안전보건공단 산업안전보건연구원. 2018.

박재희, 김승희, 이재인 등. 천장크레인 끼임 사고 방지에 관한 연구. 안전보건공단 산업안전보건연구원. 2014.

서동현 등. 화학공장 화재·폭발 사고사례의 시스템적 원인분석에 관한 연구. 안전보건공단 산업안전보건연구원. 2020.

신운철, 여현욱, 권준혁. 이동식 크레인 사망재해 원인분석 연구. 안전보건공단 산업안전보건연구원. 2014.

윤완철 등. 산업안전 패러다임 전환을 위한 연구. 안전보건공단 산업안전보건연구원. 2019.

장유리, 김인유, 송요풍 등. 중대재예방을 위한 제도개선방안연구 : 이동식 크레인을 중심으로. 안전보건공단 산업안전보건연구원. 2018.

조정호. 차량탑재형 고소작업대의 안전성 향상에 관한 연구. 명지대학교. 2014.

한만철. 고소작업대 안전사고 예방을 위한 안전성 확보 방안에 관한 연구. 서울과학기술대학교. 2014.

한국산업안전보건공단. 고소작업대 작업의 리스크 확인지침(KOSHA GUIDE, X-44-2016). 한국산업안전보건공단. 2016.

한국산업안전보건공단. 이동식 고소작업대의 선정과 안전관리에 관한 기술지침(KOSHA GUIDE, M-155-2023). 한국산업안전보건공단. 2023.

한국산업안전보건공단. 이동식 크레인 안전보건작업지침(KOSHA GUIDE, C-69-2022). 한국산업안전보건공단. 2022.

한국산업안전보건공단. 재해조사 의견서. 한국산업안전보건공단. 2017~2022.

한국산업안전보건공단. 중량물 취급 작업계획서 작성 교안. 한국산업안전보건공단. 2021.

Dohyung Kee. Comparison of Systemic Accident Investigation Techniques Based on the Sewol Ferry Capsizing. JESK. 36(5) pp.485-498. 2017.

H.C.A. Wienen et al. Accident Analysis Methods and Models – a Systematic Literature Review. 2017.

Kate Branford, Neelam Naikar and Andrew Hopkins. Guidelines for AcciMap Analysis. 2009.





Abstract

A Study on the Causes of Accidents on Hazardous Machines with frequent Fatal Accidents(focusing on accident reports)

Objectives : In 2022, a fatal accident caused by a mixer occurred at a food manufacturing company. After this accident, there were continued calls for research into dangerous machines. Accordingly, this study proposed safety measures through analysis of the root causes of accidents for similar dangerous machines.

Method : In this study, cranes and mobile elevated work platform(MEWP) were selected as hazardous machines to be analyzed. Safety standards and safety systems related to cranes and mobile elevated work platform were reviewed.

An in-depth analysis was conducted on 28 fatal accidents involving crane crush hazard and 24 fatal falling accidents from mobile elevated work platform. Additionally, the root cause of fatal accidents was analyzed using the Acci-Map method. Through these, measures to improve safety were presented.

Results : According to the results of an in-depth analysis of crane fatal accidents, there was a tendency for crane crush hazard accidents to be difficult to specify in terms of occurrence, accident location, and

work details. However, it has the following characteristics.

First, the accident companies worked without preparing a work plan for handling heavy materials. Second, the accident companies carried out the work without assigning a work supervisor. Third, fatal crush accidents mainly occurred during routine tasks.

According to the results of an in-depth analysis of fatal accidents on mobile elevated work platform, In 14 of the 20 cases, the safety railings on the work platform were removed, and 12 of these cases occurred on vehicle-mounted mobile elevated work platform. In 14 of the 22 cases, fall prevention safety harnesses were not installed.

Conclusion : According to the results of an in-depth analysis of crane fatal accidents, there was a tendency for crane crush hazard accidents to be difficult to specify in terms of occurrence, accident location, and work details. However, it has the following characteristics.

First, the accident companies worked without preparing a work plan for handling heavy materials. Second, the accident companies carried out the work without assigning a work supervisor. Third, fatal crush accidents mainly occurred during routine tasks.

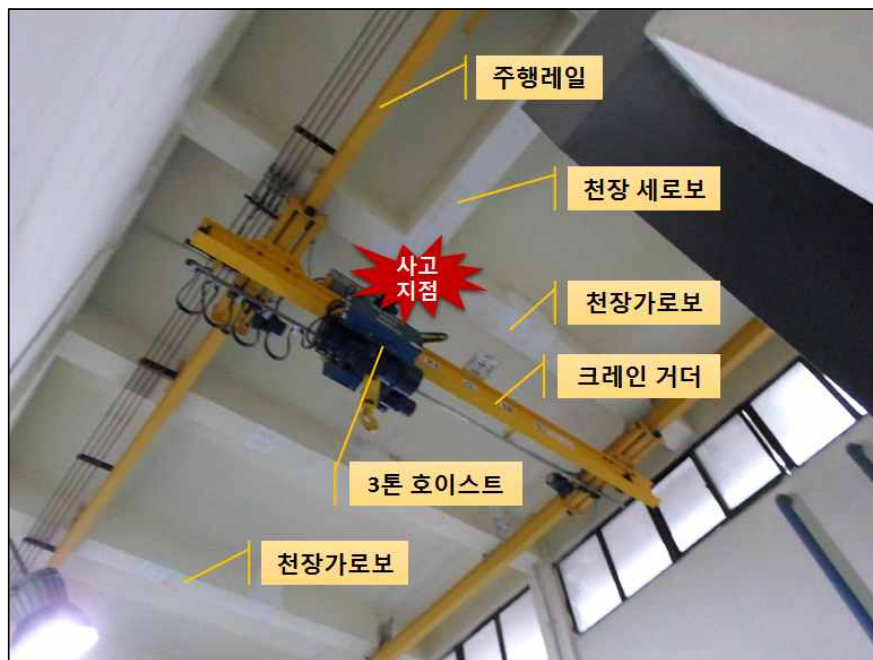
According to the results of an in-depth analysis of fatal accidents on mobile elevated work platform, In 14 of the 20 cases, the safety railings on the work platform were removed, and 12 of these cases occurred on vehicle-mounted mobile elevated work platform. In 14 of the 22 cases, fall prevention safety harnesses were not installed.

Key words : hazardous machine, crane, MEWP, Acci-Map

부록 I : 크레인 재해사례 분석표

재해사례[01]

안전인증 개별 제품심사 중 크레인에서 이상이 발생하자 A형 사다리를 통해 크레인으로 올라가 수리하던 중 재해자가 소지한 리모컨 오조작으로 크레인이 의도와는 반대로 이동하여 건물보와 크레인 상부 전기판넬 사이에 상체가 끼인 후 바닥으로 떨어짐



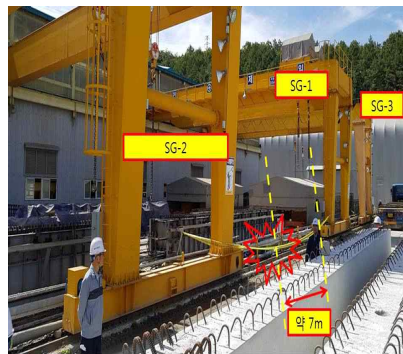
[그림 1] 재해발생 상황

〈표 1〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[01]의 재해사례 분석표

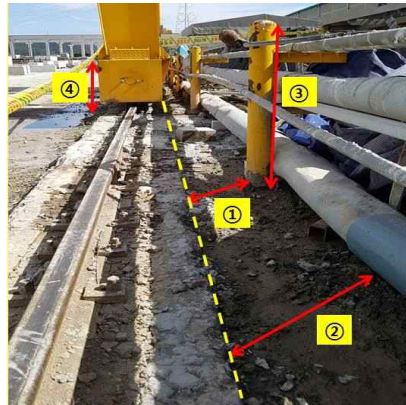
대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2017-1-26
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	수평 이동부와 고정부 사이 끼임
	발생요약	재해자가 소지한 리모컨 오조작으로 크레인이 반대로 이동
재해 정보	사고원인	제작결함 , 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 근거	크레인 상부 추락방지 조치 미설치
재해자 정보	사고 시 작업유형	비정형작업
	작업유형 상세	수리
	재해 시 위치	크레인 상부와 천장 사이
크레인 정보	사고 시 작업유형	비정형작업
	작업유형 상세	수리
	크레인 종류	천장주행크레인
	정격하중(톤)	3
	조작방법	원격조종제어기(무선리모컨)
	사고발생 구조부	크레인 본체 상부
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	-
	혼재작업 상세	-
관리	검사 등	해당 없음
	작업계획	미 수립
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제139조) 주행 크레인이 근로자 접촉 위험 시 스톱퍼 등 위험방지 조치
	판단 근거	위험방지 조치 미실시

재해사례[02]

재해자가 주행레일에 인접한 응축수를 받던 중, 주행 중이던 세미갠트리 크레인의 새들(Saddle) 돌출부와 충돌 후 새들과 크레인 레일 주변에 설치되어 있는 스팀배관 지지기둥 사이에 끼임



[그림 2] 재해 발생 상황



[그림 2-1] 크레인 새들과 주변 구조물 사진

* ① 크레인 새들과 스팀배관 지지대 수평거리 10cm

〈표 2〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[02]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2017-9-28
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	수평 이동부와 고정부 사이 끼임
	발생요약	주행레일 옆에서 작업 중 크레인 새들과 기둥에 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함 , 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 근거	크레인 새들과 구조물 안전공간 미확보
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	준비
	재해 시 위치	크레인 주행 레일 옆
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	인양
	크레인 종류	갠트리크레인
	정격하중(톤)	30
	조작방법	원격조종제어기(무선리모컨)
	사고발생 구조부	크레인 새들
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	혼재작업
	혼재작업 상세	운전자(원청), 재해자(협력업체)
관리	검사 등	안전검사 합격
	작업계획	알 수 없음
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제139조) 1. 주행 크레인이 근로자 접촉 위험 시 감시인 배치 등 위험방지 조치, 2. 새들과 구조물 안전공간 40cm 이상
	판단 근거	감시인 미배치, 새들과 구조물 사이 10~25cm

재해사례[03]

주차해 놓은 트럭 후면에 있던 재해자가 현장진입로를 확보하려고 후진 중이던 카고 크레인과 트럭 후면 사이에 끼임



[그림 3] 재해 상황

〈표 3〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[03]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2017-2-8
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	수평 이동부와 고정부 사이 끼임
	발생요약	후진 중인 카고 크레인과 트럭 후면 사이에 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 근거	위험구역에 위치
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	준비
	재해 시 위치	이동식크레인(트럭탑재형) 후면
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	후진
	크레인 종류	이동식크레인(트럭탑재형)
	정격하중(톤)	-
	조작방법	-
	사고발생 구조부	이동식크레인(트럭탑재형) 후면
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	혼재작업
	혼재작업 상세	운전자(개인사업자), 재해자(협력업체)
관리	검사 등	-
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미 작성
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성 및 작업 지휘
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서 미작성 및 작업지휘자 미지정

재해사례[04]

비계용 강관파이프를 카고 크레인을 이용하여 인양하던 중 차량우측(자재 인양 방향)의 아웃트리거 하부의 지반이 침하되어 전도되는 차량과 인접하여 적재된 자재(타일)사이에 재해자가 끼임



[그림 4] 재해 발생 상황

〈표 4〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[04]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2017-12-11
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	전도 차량과 고정부 사이 끼임
	발생요약	차량 조수석에서 조작 중 전도되는 차량과 적재물 사이 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 근거	위험구역에서 위치
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	조작
	재해 시 위치	이동식크레인(트럭탑재형) 조수석 옆
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	인양
	크레인 종류	이동식크레인(트럭탑재형)
	정격하중(톤)	3.5
	조작방법	조수석 레버 조작
	사고발생 구조부	이동식크레인(트럭탑재형) 조수석 옆
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	-
	혼재작업 상세	-
관리	검사 등	-
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미 작성
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성 및 작업 지휘
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서 미작성 및 작업지휘자 미지정

재해사례[05]

철판시트를 천장주행크레인으로 운반하여 적재하던 중 크레인에 매달린 화물의 유동으로 인해 옆에 적재되어 있던 철판시트와 매달린 화물 사이에 가슴이 끼임



[그림 5] 재해 발생 상황

〈표 5〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[05]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2018-5-10
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	매달린 화물과 고정부 사이 끼임
	발생요약	매달린 흔들리는 화물과 적재물 사이 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	위험구역에서 위치
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	운반
	재해 시 위치	인양물 적재 장소
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	인양
	크레인 종류	천장주행크레인
	정격하중(톤)	20
	조작방법	원격조종제어기(무선리모컨)
	사고발생 구조부	줄걸이 부(화물)
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	-
	혼재작업 상세	-
관리	검사 등	안전검사 합격
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미 작성
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성 및 작업 지휘
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서 미작성 및 작업지휘자 미지정

재해사례[06]

동료가 타 크레인을 이용하여 지절⁴⁾현상이 발생되어 분리한 초지롤을 이동시키는 과정에서 병렬로 설치되어 있던 크레인이 충돌하면서 재해자의 머리가 초지롤 사이에 끼임



[그림 6] 재해 발생 상황

4) 종이가 생산, 가공, 인쇄 등의 공정 중에 찢어지는 현상

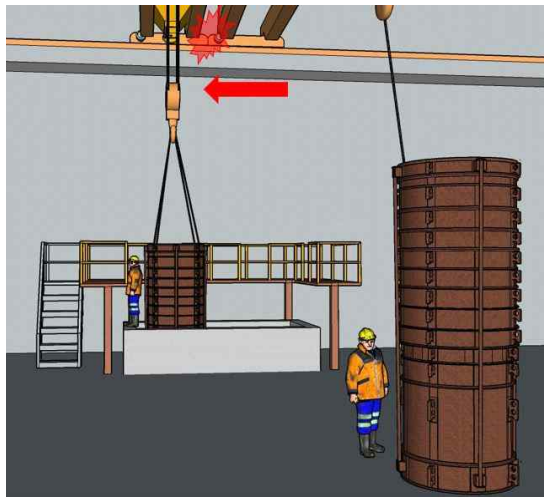
〈표 6〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[06]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2018-4-20
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	매달린 화물과 고정부 사이 끼임
	발생요약	크레인 간 충돌로 흔들리는 화물과 적재물 사이 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함 , 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	크레인 간 충돌방지장치 미설치*
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	준비
	재해 시 위치	생산품 출고 장소
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	인양
	크레인 종류	천장주행크레인
	정격하중(톤)	60
	조작방법	팬던트 스위치
	사고발생 구조부	줄걸이 부(화물)
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	-
	혼재작업 상세	-
관리	검사 등	안전검사 합격
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미 준수
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성 및 작업 지휘
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서 미준수

* 참고 : 팬던트 조작타입 크레인 병렬 운행 시 충돌방지장치 설치가 법적 의무 대상 아님

재해사례[07]

동료 작업자가 같은 레일위에 설치되어 있는 50톤 천장주행크레인을 주행시켜 30톤 천장주행크레인과 충돌하여 재해자가 주형틀과 주입피트 안전난간 사이에 끼임



[그림 7] 재해 발생 상황

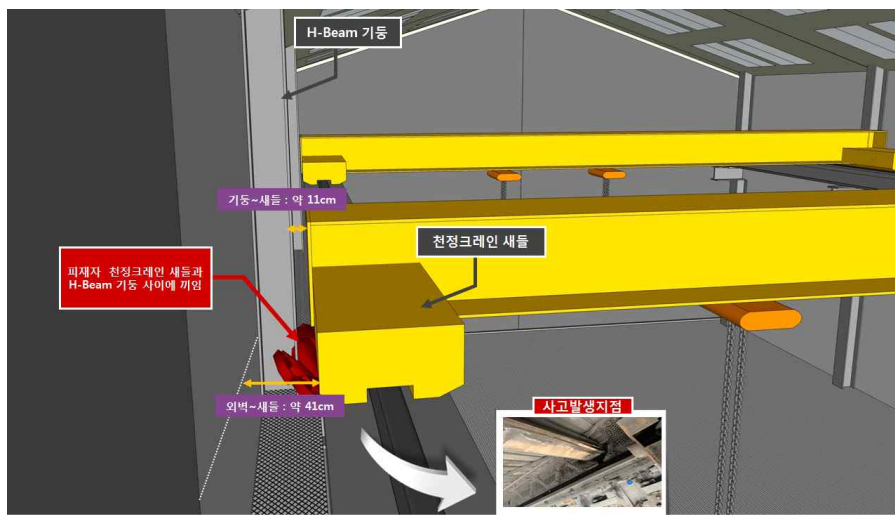
〈표 7〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[07]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2018-02-09
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	매달린 화물과 고정부 사이 끼임
	발생요약	크레인 간 충돌로 주형틀과 안전난간 사이에 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손 , 성능저하, 기타
	사고원인 상세	크레인 간 충돌방지장치 고장*
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	운반
	재해 시 위치	주형틀 내부
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	인양
	크레인 종류	천장주행크레인
	정격하중(톤)	50
	조작방법	원격조종제어기(무선리모컨)
	사고발생 구조부	줄걸이 부(화물)
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	-
	혼재작업 상세	-
관리	검사 등	안전검사 합격
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미작성
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성 및 작업 지휘
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서 미작성

* 참고 : 리모컨 조작타입 크레인 병렬 운행 시 충돌방지장치 설치가 법적 의무 대상 아님

재해사례[08]

A동에 병렬로 설치된 천장주행크레인 레일 점검 중 주행 중인 천장주행크레인과 건축물 기둥 사이에 끼임



[그림 8] 재해 발생 상황

〈표 8〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[08]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2019-06-13
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	수평 이동부와 고정부 사이 끼임
	발생요약	크레인 점검 중 새들과 건물 사이 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함 , 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	안전공간 미확보
재해자 정보	사고 시 작업유형	비정형작업
	작업유형 상세	점검
	재해 시 위치	크레인 상부 점검 통로
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	인양
	크레인 종류	천장주행크레인
	정격하중(톤)	16
	조작방법	원격조종제어기(무선리모컨)
	사고발생 구조부	새들
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	혼재작업
	혼재작업 상세	운전자(원청), 재해자(공무-협력업체)
관리	검사 등	안전검사 합격
	작업계획	-
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제139조) 1. 주행 크레인이 근로자 접촉 위험 시 감시인 배치 등 위험방지 조치, 2. 새들과 구조물 안전공간 40cm 이상
	판단 근거	감시인 미배치, 새들과 구조물 사이 10~25cm

재해사례[09]

조형기 호퍼에 주물사를 투입하기 위해 천장 크레인으로 톤 백 2개를 흑에 매달아 동시에 인양하였으며, 이후 호퍼 투입구 부근에서 안전난간대 상부와 톤 백 사이에 상체가 끼임



[그림 9-1] 재해 발생 상황



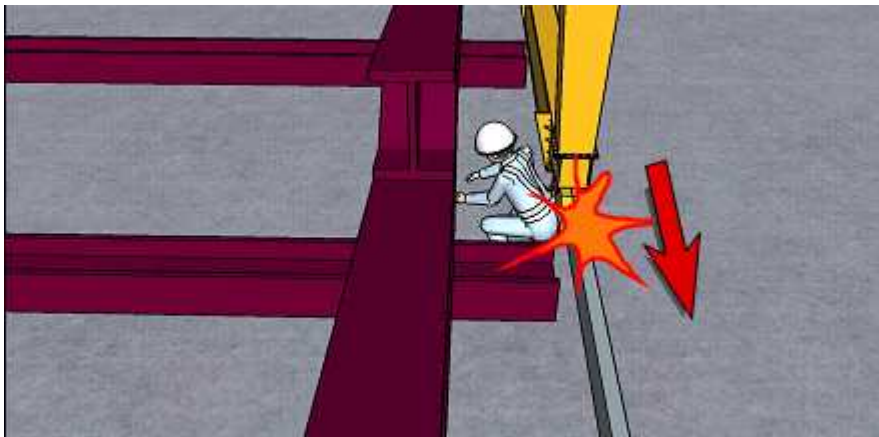
[그림 9-2] 재해 발생 시 톤 백 상태

〈표 9〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[09]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2019-06-03
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	매달린 화물과 고정부 사이 끼임
	발생요약	톤 백과 안전난간대 상부에 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	위험구역에서 작업
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	투입
	재해 시 위치	호퍼 원료 투입장소
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	인양
	크레인 종류	천장주행크레인
	정격하중(톤)	10
	조작방법	원격조종제어기(무선리모컨)
	사고발생 구조부	줄걸이 부(화물)
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	-
	혼재작업 상세	-
관리	검사 등	안전검사 합격
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미작성
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성 및 작업 지휘
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서 미작성 및 작업지휘자 미지정

재해사례[10]

재해자가 주행레일에 인접하여 사상작업 중, 타 작업자가 조작한 이동(주행) 갠트릭레인 새들과 작업 중이던 철골구조물의 받침대(H형강) 사이에 대퇴부가 끼임



[그림 10] 재해 발생 상황도

〈표 10〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[10]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2019-06-22
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	수평 이동부와 고정부 사이 끼임
	발생요약	사상작업 중 새들과 작업 구조물 사이 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	위험구역에서 작업
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	사상
	재해 시 위치	크레인 주행레일
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	이동
	크레인 종류	캔트릭크레인
	정격하중(톤)	10
	조작방법	원격조종제어기(무선리모컨)
	사고발생 구조부	새들
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	-
	혼재작업 상세	-
관리	검사 등	안전검사 합격
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미작성
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성 및 작업 지휘
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서 미작성 및 작업지휘자 미지정

재해사례[11]

스틸 코일 포장을 제거하는 작업을 하던 중 동료 작업자가 천장주행크레인을 조작하여 크레인에 인양된 코일과 바닥에 적재되어 있던 코일 사이에 피재자의 머리가 끼임



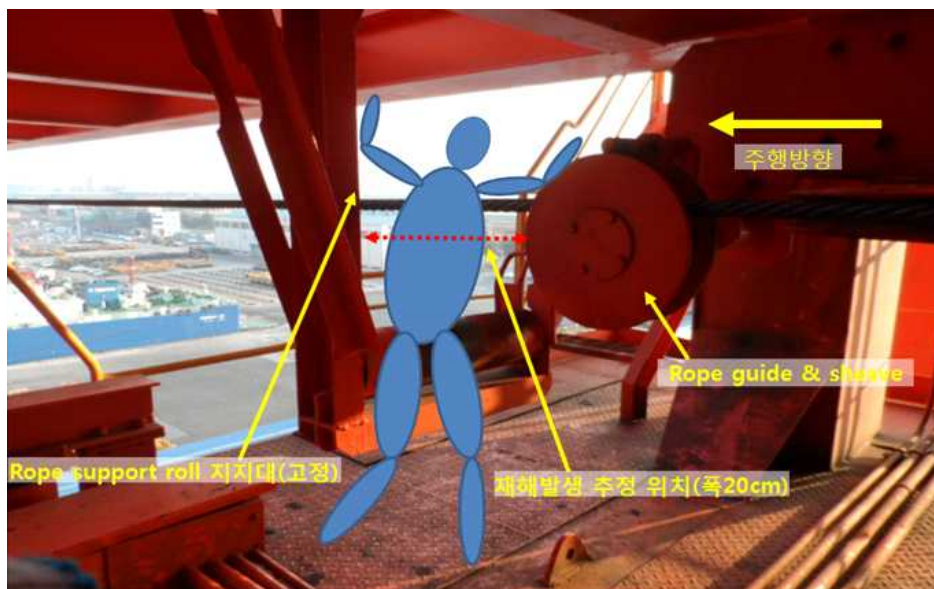
[그림 11] 재해 발생 상황도

〈표 11〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[10]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2019-08-30
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	매달린 화물과 적재 화물 사이 끼임
	발생요약	이동 코일과 고정된 코일 사이 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	오조작
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	포장
	재해 시 위치	적재장
크레인 정보	사고 시 작업유형	비정형작업
	작업유형 상세	용도 외 사용(매단 코일로 폐기할 코일 압축)
	크레인 종류	천장주행크레인
	정격하중(톤)	30
	조작방법	원격조종제어기(무선리모컨)
	사고발생 구조부	줄걸이 부(화물)
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	-
	혼재작업 상세	-
관리	검사 등	안전검사 합격
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미작성
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성 및 작업 지휘
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서 미작성 및 작업지휘자 미지정

재해사례[12]

BTC(Bridge Type Crane) 크래브(Crab) 상부에서 점검 등을 하던 중 고정되어 있는 와이어로프 서포트 롤(Wirerope Support Roll) 지지대와 후진(횡행)하는 와이어로프 가이드(Wirerope Guide) 사이에 끼임



[그림 12 재해 발생 상황도

〈표 12〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[12]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2019-02-02
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	수평 이동부와 고정부 사이 끼임
	발생요약	후진 가이드와 크레인 구조체 사이에 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	위험구역에서 작업(점검)
재해자 정보	사고 시 작업유형	비정형작업
	작업유형 상세	점검
	재해 시 위치	크래브 상부
크레인 정보	사고 시 작업유형	비정형작업
	작업유형 상세	운전 연습
	크레인 종류	Bridge Type 크레인
	정격하중(톤)	35
	조작방법	운전실 조종
	사고발생 구조부	가이드부
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	-
	혼재작업 상세	-
관리	검사 등	정기검사 합격(항만법 제26조)
	작업계획	-
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제92조) 정비 등 작업 시의 운전정지 등
	판단 근거	정비, 청소, 검사 또는 유사한 작업 시 위험 우려 시 운전 정지

재해사례[13]

이동식 크레인의 후크에 체결되어 있는 줄걸이용 와이어로프가 지뢰방호차 량과 부딪히는 것을 방지하기 위해 재해자가 손으로 붙잡고 있던 중, 운전원이 이동식 크레인을 후진하기 위해 조종석에 앉아 사이드 브레이크를 풀자 이동식 크레인이 전진하며 지뢰방호차 사이에 끼임



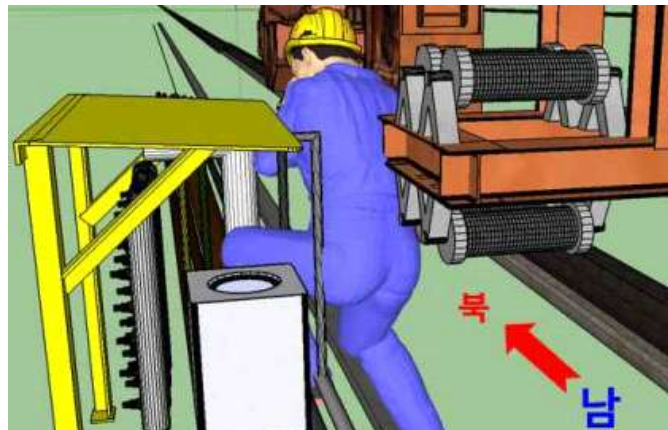
[그림 13] 재해 발생 상황도

〈표 13〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[13]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2019-08-06
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	수평 이동부와 고정부 사이 끼임
	발생요약	전진하는 크레인과 고정된 차량 사이에 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	위험구역에서 작업
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	인양
	재해 시 위치	크레인 전면
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	전진
	크레인 종류	이동식 크레인(험지형)
	정격하중(톤)	35
	조작방법	운전실 조종
	사고발생 구조부	크레인 전면
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	-
	혼재작업 상세	-
관리	검사 등	알 수 없음
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미작성
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서 미작성

재해사례[14]

크레인 레일 인근 가스매니폴드 도색 중 이동하는 갠트릭레인과 가스매니폴드 덮개 사이에 끼임



[그림 14-1] 재해 발생 상황도



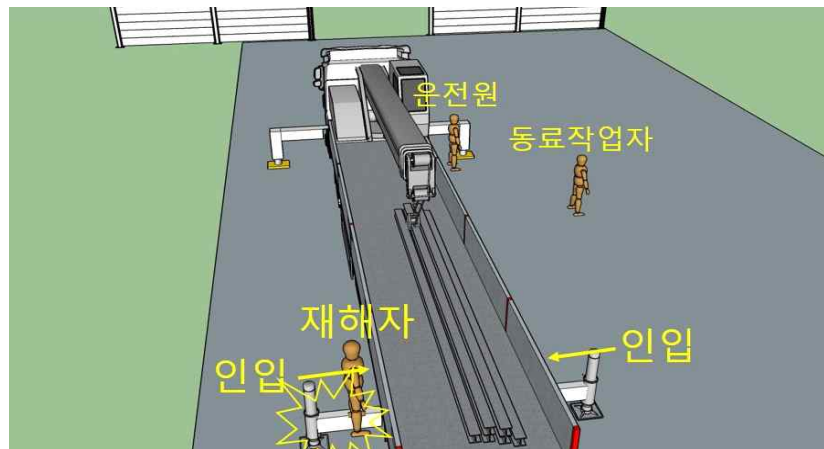
[그림 14-2] 롤러가이드와 덮개 사이
간격(25cm)

〈표 14〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[14]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2020-05-29
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	수평 이동부와 고정부 사이 끼임
	발생요약	이동 겐트리크레인과 가스매니폴드 덮개 사이 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함 , 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	위험구역에서 작업
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	도색
	재해 시 위치	크레인 주행로
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	인양
	크레인 종류	겐트리크레인
	정격하중(톤)	150
	조작방법	원격조종제어기(무선리모컨)
	사고발생 구조부	크레인 롤러가이드
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	혼재작업
	혼재작업 상세	운전자(A협력업체), 재해자(B협력업체)
관리	검사 등	안전검사 합격
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미작성
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제139조) 1. 주행 크레인이 근로자 접촉 위험 시 감시인 배치 등 위험방지 조치, 2. 새들과 구조물 안전공간 40cm 이상
	판단 근거	감시인 미배치, 새들과 구조물 사이 25cm

재해사례[15]

재해자가 카고 크레인 아웃트리거를 밟고 적재함에 오르려하다, 운전원이 조수석의 조작 레버를 조작하여 아웃트리거가 인입되면서 재해자의 좌측다리가 아웃트리거와 적재함 사이에 끼임



[그림 15-1] 재해 발생 상황



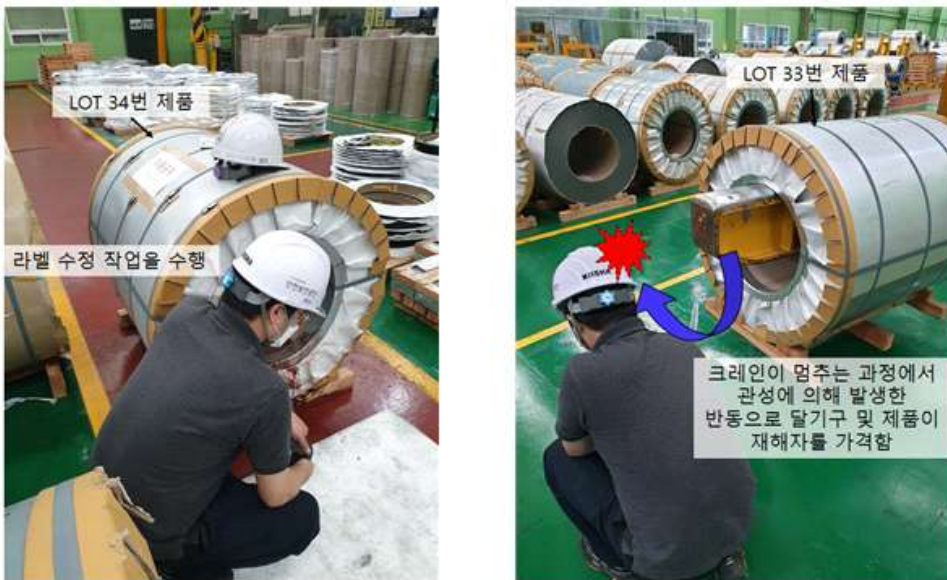
[그림 15-2] 후방 아웃트리거

〈표 15〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[15]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2020-07-27
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	수평 이동부와 고정부 사이 끼임
	발생요약	인입 아웃트리거와 적재함 사이에 다리가 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	조작 전 위험 미확인
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	이동
	재해 시 위치	운전석 뒷바퀴 아웃트리거
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	H형강 인양
	크레인 종류	이동식크레인(차량탑재형)
	정격하중(톤)	20
	조작방법	조수석 레버 조작
	사고발생 구조부	크레인 아웃트리거
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	-
	혼재작업 상세	-
관리	검사 등	-
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미작성
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성 및 작업 지휘
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서 미작성 및 작업지휘자 미지정

재해사례[16]

코일의 라벨 이상을 조치하던 중 크레인으로 인양된 코일의 반동에 의해 해당 코일과 적재된 코일 사이에 끼임



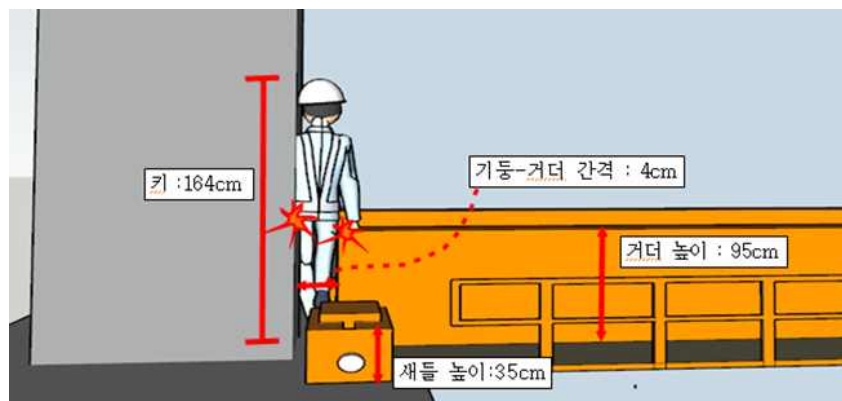
[그림 16] 재해 발생 상황

〈표 16〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[16]의 재해사례 분석표

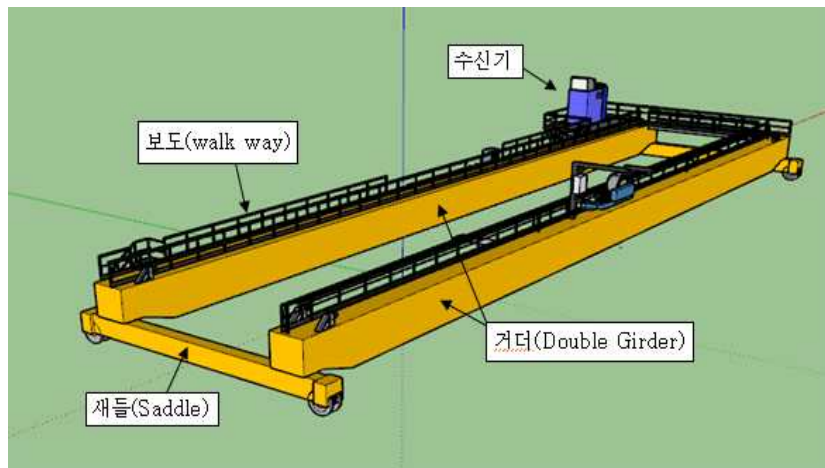
대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2020-07-08
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	매달린 화물과 적재 화물 사이 끼임
	발생요약	바닥에서 작업 중 인양 코일의 반동에 의해 적재된 코일 사이에 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	위험지역에서 작업
재해자 정보	사고 시 작업유형	비정형작업
	작업유형 상세	교체
	재해 시 위치	적재장
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	코일 운반
	크레인 종류	천장주행크레인
	정격하중(톤)	20
	조작방법	원격조종제어기(무선리모컨)
	사고발생 구조부	줄걸이 부(화물)
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	-
	혼재작업 상세	-
관리	검사 등	-
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미흡
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성 및 작업 지휘
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서 내용 미흡 및 작업지휘자 미지정

재해사례[17]

천장주행크레인(20t) 상부에서 점검 중, 타작업자가 조작하여 이동하는 크레인 거더와 건축물 H-Beam 기둥 사이에 신체일부가 충돌 또는 끼임



[그림 17-1] 재해 발생 상황



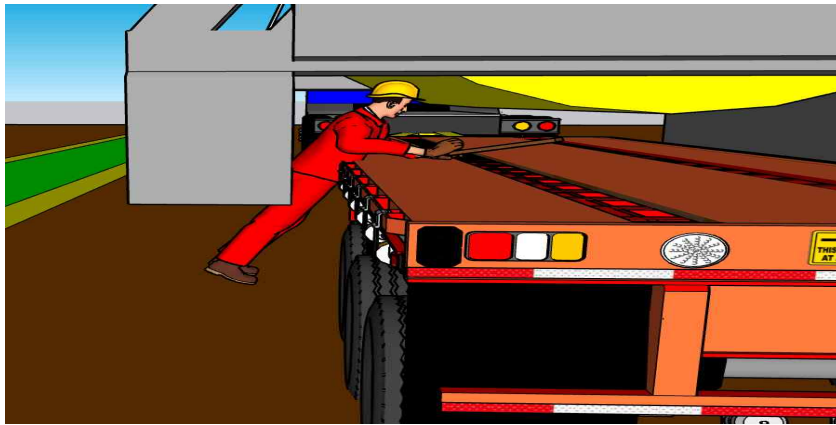
[그림 17-2] 천장주행크레인 주요 구조부

〈표 17〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[17]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2019-10-07
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	수평 이동부와 고정부 사이 끼임
	발생요약	크레인 점검 중 새들과 건물 사이 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함 , 사용횡손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	안전공간 미확보
재해자 정보	사고 시 작업유형	비정형작업
	작업유형 상세	점검
	재해 시 위치	크레인 상부 점검 통로
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	인양
	크레인 종류	천장주행크레인
	정격하중(톤)	16
	조작방법	원격조종제어기(무선리모컨)
	사고발생 구조부	거더
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	혼재작업
	혼재작업 상세	운전자(원청), 재해자(공무-협력업체)
관리	검사 등	안전검사 합격
	작업계획	-
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제139조) 1. 주행 크레인이 근로자 접촉 위험 시 감시인 배치 등 위험방지 조치, 2. 새들과 구조물 안전공간 40cm 이상
	판단 근거	감시인 미배치, 새들과 구조물 사이 10~25cm

재해사례[18]

천장주행크레인을 사용하여 포장된 제품을 트레일러에 상차 하던 중 스키드 하부와 트레일러 상부 사이에 끼임



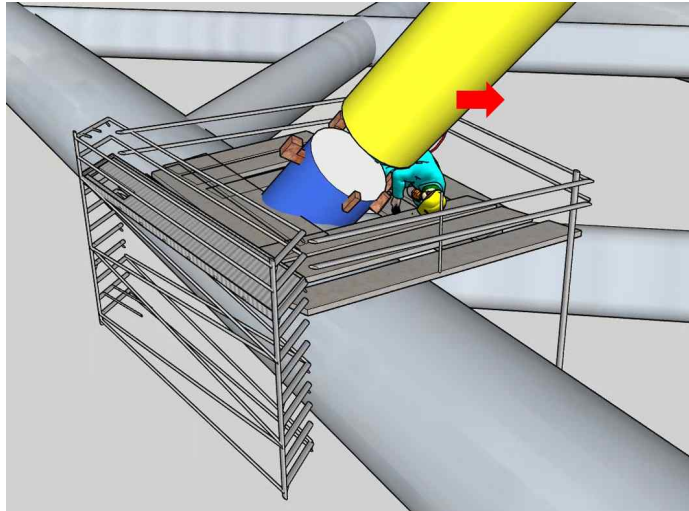
[그림 18] 천장주행크레인 주요 구조부

〈표 18〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[18]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2021-03-08
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	매달린 화물과 고정부 사이 끼임
	발생요약	스키드 하부에 송판을 놓던 중 화물 이동으로 스키드와 트레일러 사이에 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	위험구역에서 작업
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	준비
	재해 시 위치	인양 화물 하부
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	인양
	크레인 종류	천장주행크레인
	정격하중(톤)	1,000
	조작방법	운전실 조종
	사고발생 구조부	줄걸이 부(화물)
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	-
	혼재작업 상세	-
관리	검사 등	안전검사 합격
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 작성
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성 및 작업 지휘
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서에 따른 작업 미실시 및 작업 지휘 미실시

재해사례[19]

X자 구조물을 자켓의 주 기둥에 설치하기 위해 골리앗크레인으로 잡은 상태에서 취부 중 크레인의 불시 상승으로 X자 구조물이 이탈하면서 용접 중인 재해자가 X자 구조물과 작업발판 사이에 머리가 끼임



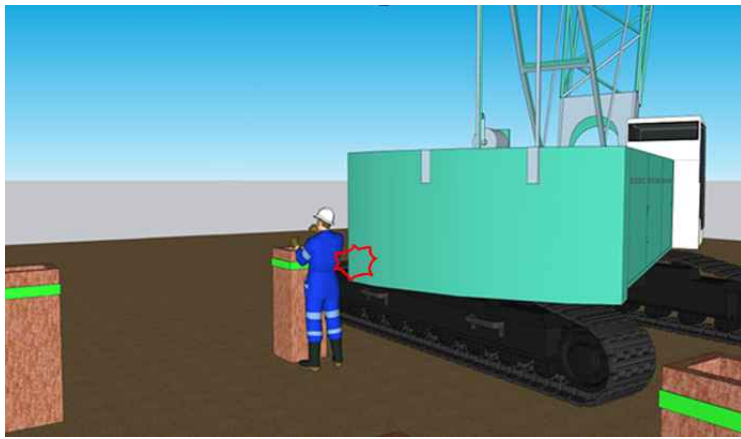
[그림 19] 재해 발생 상황

〈표 19〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[19]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2021-04-30
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	매달린 화물과 고정부 사이 끼임
	발생요약	인양 중 이탈된 대형 구조물과 발판 사이에 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	줄걸이 2개 중 1개 해체, 오조작
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	용접
	재해 시 위치	인양 화물 하부
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	인양
	크레인 종류	골리앗크레인
	정격하중(톤)	900
	조작방법	운전실 조종
	사고발생 구조부	줄걸이 부(화물)
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	혼재작업
	혼재작업 상세	운전자(원청), 재해자(협력업체)
관리	검사 등	안전검사 합격
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미흡
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성 및 작업 지휘
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서에 따른 작업 미실시 및 작업 지휘 미실시

재해사례[20]

용접 준비 중, 인근 선회하던 크롤러크레인 카운터웨이트와 PRD⁵⁾ 기둥 사이에 몸통이 끼임



[그림 20] 재해 발생 상황

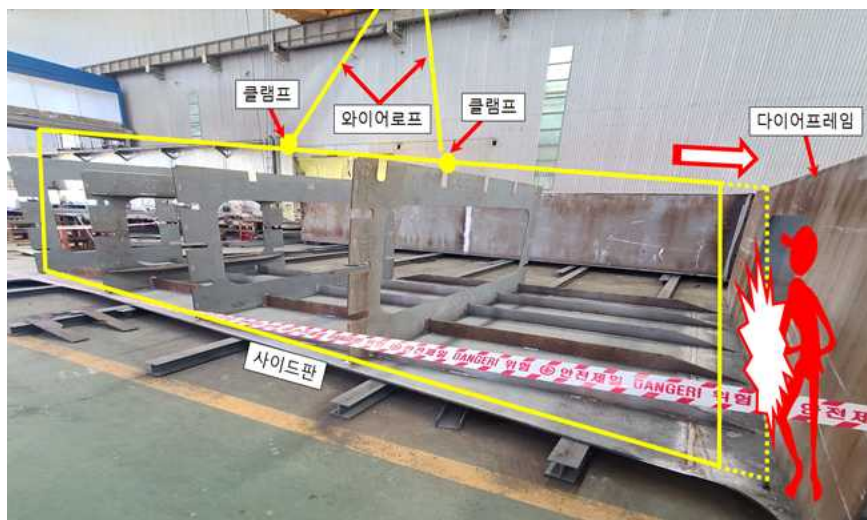
5) PRD(Percussion Rotary Drill, 매입말뚝공법)공법은 지반 중에 자갈전석층이 존재할 때 주로 사용하는 중굴공법임

〈표 20〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[20]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2021-04-14
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	회전부와 고정부 사이 끼임
	발생요약	카운터웨이트와 기둥 사이 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	위험반경 내 대기
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	용접
	재해 시 위치	크레인 후면
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	인양
	크레인 종류	크롤러크레인
	정격하중(톤)	150
	조작방법	운전실 조종
	사고발생 구조부	크레인 후면
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	혼재작업
	혼재작업 상세	운전자(A협력업체), 재해자(B협력업체)
관리	검사 등	안전검사 합격
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미흡
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성 및 작업 지휘
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서 내용 미흡 및 신호수 미배치

재해사례[21]

철판 부재 사이에서 천장주행크레인을 조작하여 위치 조정 작업 중, 이동하는 철판 부재와 고정된 부재 사이에 끼임



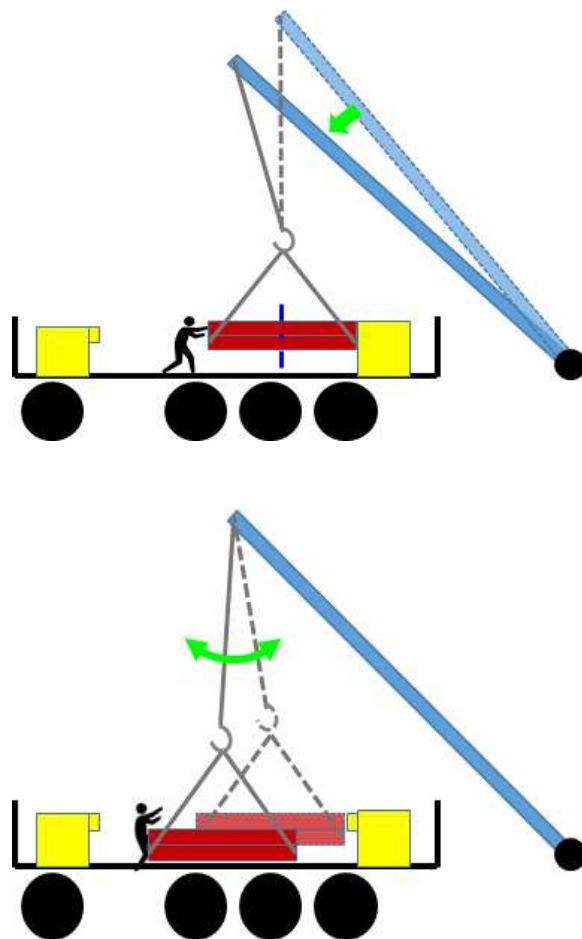
[그림 21] 재해 발생 상황

〈표 21〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[21]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2021-05-21
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	매달린 화물과 고정부 사이 끼임
	발생요약	이동하는 철판과 고정된 철판 사이에 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	위험반경 내 작업
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	용접
	재해 시 위치	용접 구조물 내부
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	인양
	크레인 종류	천장주행크레인
	정격하중(톤)	20
	조작방법	원격조종제어기(무선리모컨)
	사고발생 구조부	줄걸이 부(화물)
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	-
	혼재작업 상세	-
관리	검사 등	안전검사 합격
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미작성
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성 및 작업 지휘
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서 미작성 및 작업지휘자 미지정

재해사례[22]

돌출부에 걸린 균형추가 빠지면서 진자 운동하는 균형추와 적재된 균형추 사이에 끼임



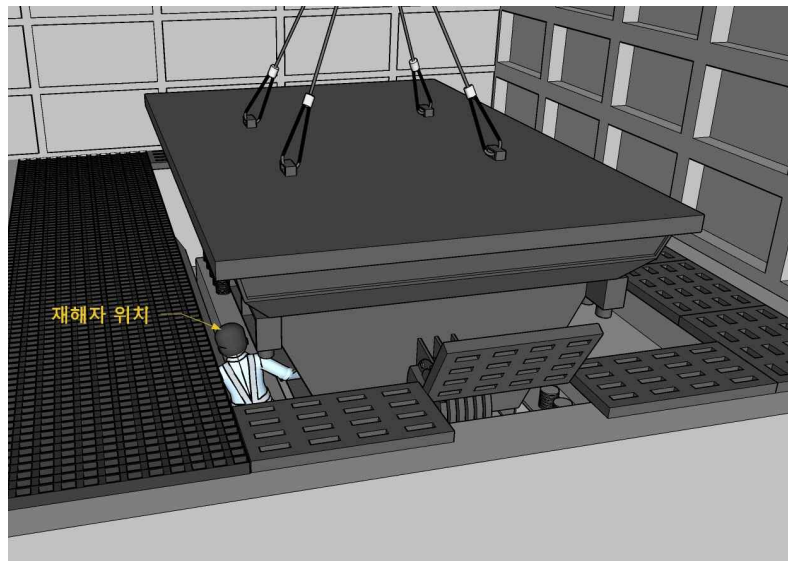
[그림 22] 재해 발생 상황

〈표 22〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[22]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2022-12-15
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	매달린 화물과 고정부 사이 끼임
	발생요약	진자 운동 균형추와 적재된 균형추 사이에 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	위험반경 내 작업
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	운반
	재해 시 위치	차량 적재함
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	인양
	크레인 종류	이동식크레인(트럭형)
	정격하중(톤)	220
	조작방법	운전실 조종
	사고발생 구조부	줄걸이 부(화물)
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	-
	혼재작업 상세	-
관리	검사 등	안전검사 합격
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미작성
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성 및 작업 지휘
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서 미작성 및 작업지휘자 미배치

재해사례[23]

타 작업자가 무선리모컨을 소지한 상태에서, 탈사기⁶⁾를 천장주행크레인에 걸어 탈사설비 본체에 인입하던 중 탈사기 하부에서 작업하던 재해자가 탈사기와 탈사설비 본체 사이에 끼어 사망



[그림 23] 재해 발생 상황

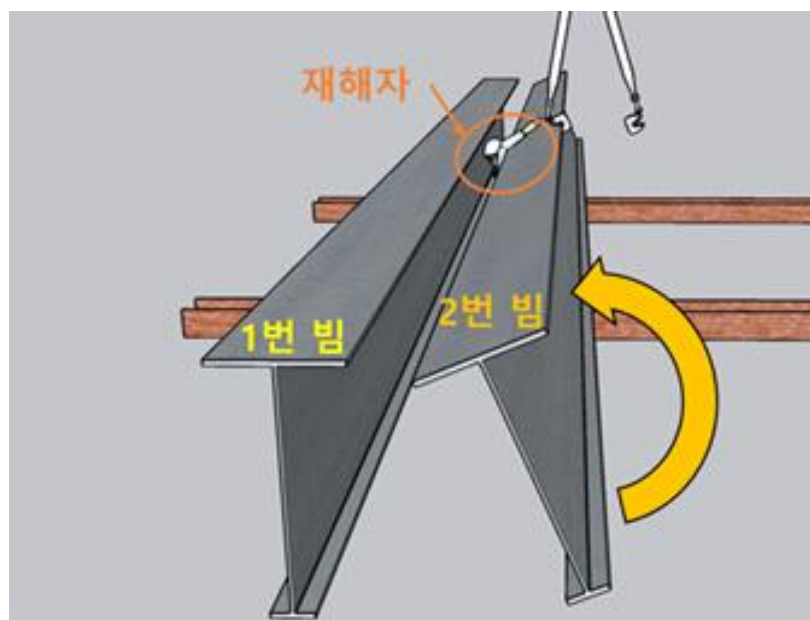
6) 주물 표면의 주물사(모래)를 제거하는 설비

〈표 23〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[23]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2021-02-24
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	매달린 화물과 고정부 사이 끼임
	발생요약	매달린 탈사기와 설비 본체 사이에 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	위험반경 내 작업
재해자 정보	사고 시 작업유형	비정형작업
	작업유형 상세	수리
	재해 시 위치	탈사설비 본체 내부
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	인양
	크레인 종류	천장주행크레인
	정격하중(톤)	30
	조작방법	원격조종제어기(무선리모컨)
	사고발생 구조부	줄걸이 부(화물)
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	-
	혼재작업 상세	-
관리	검사 등	안전검사 합격
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미작성
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성 및 작업 지휘
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서 미작성

재해사례[24]

천장주행크레인을 사용하여 H빔을 운반한 후 클램프를 해체 하던 중 H빔이 전도되어 인접된 고정 H빔 사이에 끼임



[그림 24] 재해 발생 상황

〈표 24〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[24]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2022-10-06
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	넘어지는 화물과 고정부 사이 끼임
	발생요약	전도 H빔과 인접 H빔 사이에 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	위험반경 내 작업
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	용접
	재해 시 위치	H빔 사이
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	인양
	크레인 종류	천장주행크레인
	정격하중(톤)	10
	조작방법	원격조종제어기(무선리모컨)
	사고발생 구조부	줄걸이 부(화물)
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	-
	혼재작업 상세	-
관리	검사 등	자율검사프로그램(위탁)
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미흡
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성 및 작업 지휘
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서 내용 미흡

재해사례[25]

원료투입 호퍼에 부착된 사다리 위에서 원료를 투입하던 중 팬던트 스위치 오조작(추정)으로 인해 원료 포대(톤백)를 들고 있던 크레인기 하강하면서 원료 포대와 호퍼 사이에 끼어 사망



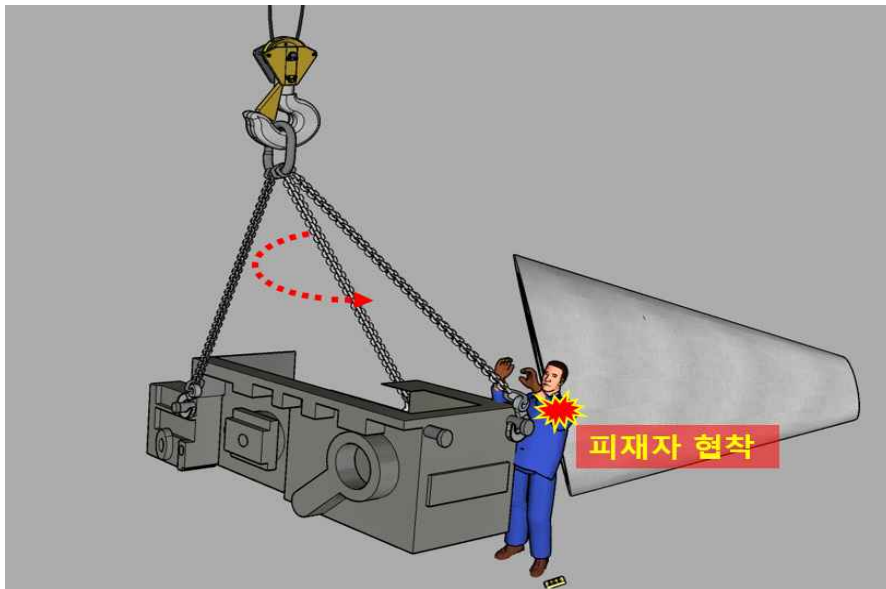
[그림 25] 재해 발생 상황

〈표 25〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[25]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2022-10-06
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	매달린 화물과 고정부 사이 끼임
	발생요약	원료 포대와 호퍼 사이 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	재해자 오조작
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	투입
	재해 시 위치	호퍼 원료 투입장소
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	인양
	크레인 종류	호이스트
	정격하중(톤)	2
	조작방법	팬던트스위치 조종
	사고발생 구조부	줄걸이 부(화물)
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	-
	혼재작업 상세	-
관리	검사 등	안전검사 미실시
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미작성
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성 및 작업 지휘
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서 미작성 및 작업지휘자 미지정

재해사례[26]

주물품을 옮기기 위하여 천장주행크레인을 조작하던 중, 무게 중심이 맞지 않아 회전하는 인양 주물품과 타 주물품 사이에 끼어 사망



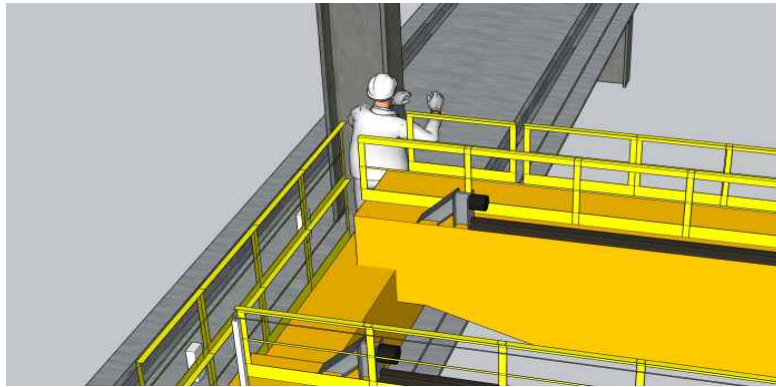
[그림 26] 재해 발생 상황

〈표 26〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[26]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2022-08-28
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	매달린 화물과 고정부 사이 끼임
	발생요약	매달려 회전하는 주물품과 고정된 주물품 사이에 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	무게 중심이 맞지 않은 줄걸이
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	운반
	재해 시 위치	인양 화물 하부
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	인양
	크레인 종류	천장주행크레인
	정격하중(톤)	50
	조작방법	원격조종제어기(무선리모컨)
	사고발생 구조부	줄걸이 부(화물)
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	-
	혼재작업 상세	-
관리	검사 등	안전검사 합격
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미흡
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성 및 작업 지휘
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서 내용 미흡, 작업지휘 미실시

재해사례[27]

천장주행크레인 일상점검을 위해 크레인 주행레일이 설치된 점검로⁷⁾를 이동하던 중, 주행하는 크레인의 새들과 건물 기둥 사이에 끼어 사망



[그림 27-1] 재해 발생 상황



[그림 27-2] 새들과 기둥 사이 간격(8cm)

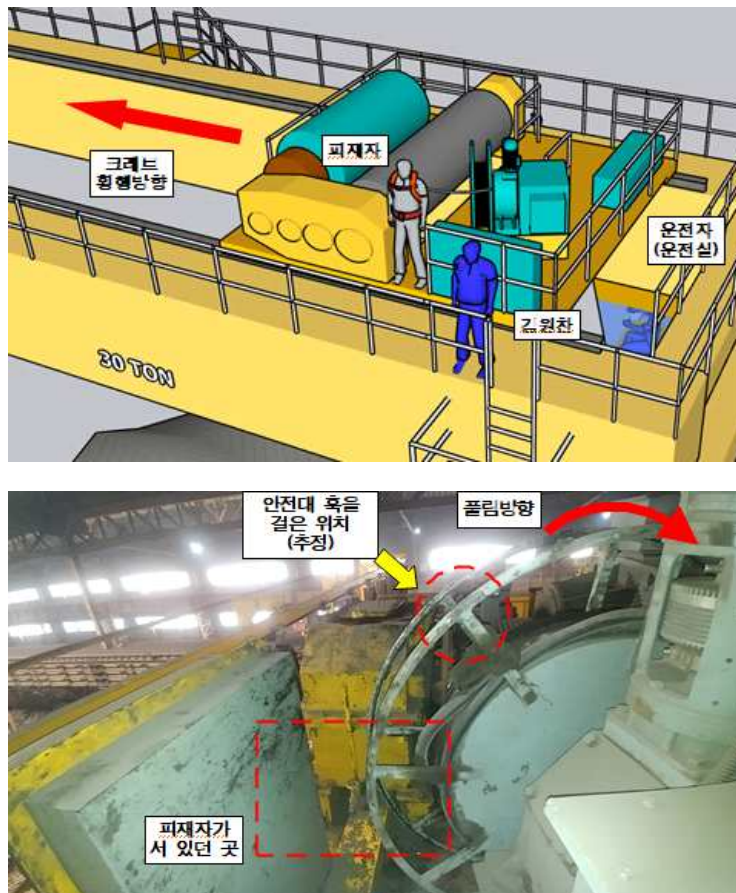
7) 크레인 주행로상에 발판재를 설치하고 탑승 및 점검·보수 시 사용하는 이동경로

〈표 27〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[27]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2022-09-16
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	수평 이동부와 고정부 사이 끼임
	발생요약	크레인 점검 중 새들과 건물 사이 끼임
재해 정보	사고원인	제작결함 , 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	크레인 새들과 건물 사이 안전공간 미확보
재해자 정보	사고 시 작업유형	비정형작업
	작업유형 상세	점검
	재해 시 위치	크레인 상부 점검 통로
크레인 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	인양
	크레인 종류	천장주행크레인
	정격하중(톤)	30
	조작방법	운전실 조종
	사고발생 구조부	새들
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	혼재작업
	혼재작업 상세	운전자(원청), 재해자(공무-협력업체)
관리	검사 등	안전검사 합격
	작업계획	-
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제139조) 1. 주행 크레인이 근로자 접촉 위험 시 감시인 배치 등 위험방지 조치, 2. 새들과 구조물 안전공간 40cm 이상
	판단 근거	감시인 미배치, 새들과 구조물 사이 8cm

재해사례[28]

천장주행크레인의 크래브(Crab) 내 리프팅 마그넷 전선 릴의 릴 가이드에 안전대 혹은 걸고 있던 피재자가 천장주행크레인의 마그넷이 하강함에 따라 안전대 휨줄이 전선 릴에 감기면서 안전대에 가슴이 눌러 사망



[그림 28] 재해 발생 상황

〈표 28〉 크레인 ‘끼임’ 재해사례[28]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2022-09-16
	발생형태	끼임
	발생형태 상세	회전부에 안전대 감겨 끼임
	발생요약	안전대 짐줄이 전선 릴에 감기면서 가슴이 눌러 사망
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 상세	안전대 걸이 미설치
재해자 정보	사고 시 작업유형	비정형작업
	작업유형 상세	수리
	재해 시 위치	크레인 크래브
크레인 정보	사고 시 작업유형	비정형작업
	작업유형 상세	정비
	크레인 종류	천장주행크레인
	정격하중(톤)	30
	조작방법	운전실 조종
	사고발생 구조부	크래브
재해 시 작업 형태	혼재작업 여부	혼재작업
	혼재작업 상세	운전자(A협력업체), 재해자(B협력업체)
관리	검사 등	안전검사 합격
	작업계획	중량물 취급 작업계획서 미흡
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 중량물 취급 작업계획서 작성 및 작업 지휘
	판단 근거	중량물 취급 작업계획서 내용 미흡, 작업지휘 미실시

부록Ⅱ : 고소작업대 재해사례 분석표

재해사례[01]

고소작업차량(고소작업대 또는 스카이, 2.5톤)에 탑승하여 실리콘 코킹 작업을 위한 마스킹 테이프를 붙이던 중 안전난간 미설치 구간(약 40cm)으로 떨어져(H ≍ 8.5m) 사망



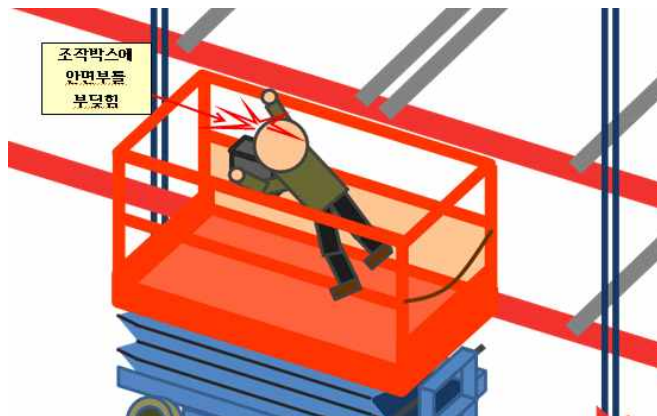
[그림 1] 재해발생 상황

〈표 1〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[01]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2017-1-24
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대에서 바닥으로 떨어짐
	발생요약	안전난간 미설치(40cm) 구역으로 떨어짐
재해 정보	사고원인	제작결함 , 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 근거	케이지 안전난간 제거
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	마스킹 테이핑 작업
	재해 시 위치	작업대 상부
	떨어진 거리(m)	8.4
고소작업대 정보	종류	고소작업대(차량탑재형)
	적재하중(kg)	300kg
	사고발생 구조부	케이지
	기기 결함	전면 및 측면 일부 케이지 안전난간 미설치
관리	검사 등	안전인증 완료, 안전검사 완료
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미작성
	보호구	안전모 착용, 안전대 미착용
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제36조) 안전검사기준 등에 적합하지 않은 기계 등 사용 제한, (제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성, (제39조) 작업지휘자 지정
	판단 근거	안전검사 기준 등에 부적합한 기계 등 사용, 작업계획서 미작성 및 작업지휘자 미지정

재해사례[02]

고소작업대에 탑승하여 안전난간대를 밟고 팔레트 랙의 서포트를 고정하는 작업 중, 몸의 중심을 잃고 작업대 내부로 떨어져 조작박스에 안면부를 맞아 사망



[그림 2] 재해발생 상황

〈표 2〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[02]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2017-2-3
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대 내부로 떨어짐
	발생요약	작업대 내부로 떨어지면서 조작박스에 안면부 부딪힘
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 근거	배터리 성능 저하
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	나사못 체결
	재해 시 위치	고소작업대 내부
	떨어진 거리(m)	1
고소작업대 정보	종류	고소작업대(시저형)
	적재하중(kg)	454kg
	사고발생 구조부	조작박스
	기기 결함	배터리 성능 저하
관리	검사 등	안전인증 알 수 없음, 안전검사 비대상
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미작성
	보호구	안전모 착용
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성, (제39조) 작업지휘자 지정
	판단 근거	작업계획서 미작성 및 작업지휘자 미지정

재해사례[03]

차량탑재형 고소작업대의 작업대에 탑승하여 외부창문 고정철물 설치작업 중 작업대와 건물사이 개구부에서 약 7m 아래 지상바닥으로 떨어져 사망



[그림 3] 재해발생 상황

〈표 3〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[03]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2017-2-18
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대에서 바닥으로 떨어짐
	발생요약	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손 , 성능저하, 기타
	사고원인 근거	작업대(케이지) 전면 안전난간 제거
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	창문틀 고정철물 설치
	재해 시 위치	작업대 내부
	떨어진 거리(m)	7
고소작업대 정보	종류	고소작업대(차량탑재형)
	적재하중(kg)	300kg
	사고발생 구조부	작업대(케이지)
	기기 결함	작업대 전면 안전난간 제거
관리	검사 등	안전인증 완료, 안전검사 완료
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미작성
	보호구	안전모 및 안전대 미착용
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제36조) 안전검사기준 등에 적합하지 않은 기계 등 사용 제한, (제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성, (제39조) 작업지휘자 지정
	판단 근거	안전검사 기준 등에 부적합한 기계 등 사용, 작업계획서 미작성 및 작업지휘자 미지정

재해사례[04]

차량탑재형 고소작업대 작업대에 탑승하여 지상2층 철골구조물 도장작업 중, 몸의 중심을 잃고 바닥(H≈8.5m)으로 떨어져 사망



[그림 4] 재해발생 상황

〈표 4〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[04]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2017-3-19
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대에서 바닥으로 떨어짐
	발생요약	안전난간 미설치(35cm) 틈새로 떨어짐
재해 정보	사고원인	제작결함 , 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 근거	측면 안전난간 일부 미설치
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	도색작업
	재해 시 위치	작업대 상부
	떨어진 거리(m)	8.5
고소작업대 정보	종류	고소작업대(차량탑재형)
	적재하중(kg)	300kg
	사고발생 구조부	작업대(케이지)
	기기 결함	측면 일부 케이지 안전난간 미설치
관리	검사 등	안전인증 및 안전검사 알 수 없음
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미작성
	보호구	안전모 착용, 안전대 미착용
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제36조) 안전검사기준 등에 적합하지 않은 기계 등 사용 제한, (제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성, (제39조) 작업지휘자 지정
	판단 근거	안전검사 기준 등에 부적합한 기계 등 사용, 작업계획서 미작성 및 작업지휘자 미지정

재해사례[05]

차량탑재형 고소작업대 작업대에 탑승하여 작업 중 작업대 보조 작업발판 하부 경첩이 파손되어 작업발판이 벌어지면서 몸의 균형을 잃고 바닥으로 떨어짐(H≒3.6m)



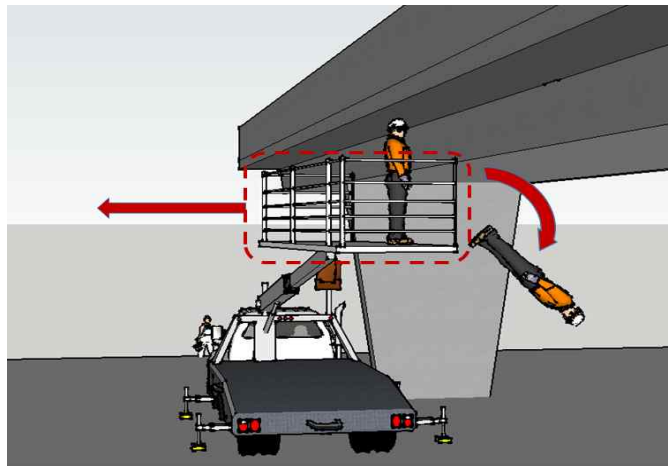
[그림 5] 재해발생 상황

〈표 5〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[05]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2017-2-16
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대에서 바닥으로 떨어짐
	발생요약	작업대 하부 경첩이 파손되어 작업발판이 벌어지면서 떨어짐
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손 , 성능저하, 기타
	사고원인 근거	작업대 하부 경첩 파손
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	외벽 판넬 설치
	재해 시 위치	작업대 상부
	떨어진 거리(m)	3.6
고소작업대 정보	종류	고소작업대(차량탑재형)
	적재하중(kg)	200kg
	사고발생 구조부	작업대(케이지)
	기기 결함	작업대 보조 작업발판 하부 경첩 파손
관리	검사 등	안전인증 완료, 안전검사 알 수 없음
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미작성
	보호구	안전모 및 안전대 미착용
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성, (제39조) 작업지휘자 지정, 제138조) 작업대 정기 점검
	판단 근거	작업계획서 미작성 및 작업지휘자 미지정, 작업대 경첩 파손 미조치

재해사례[06]

차량탑재형 고소작업대 붐을 선회하는 과정에서 작업대가 빠르게 움직이며 흔들려 전면부 안전난간 해체부위에서 바닥으로 떨어짐(H≒2.0m)



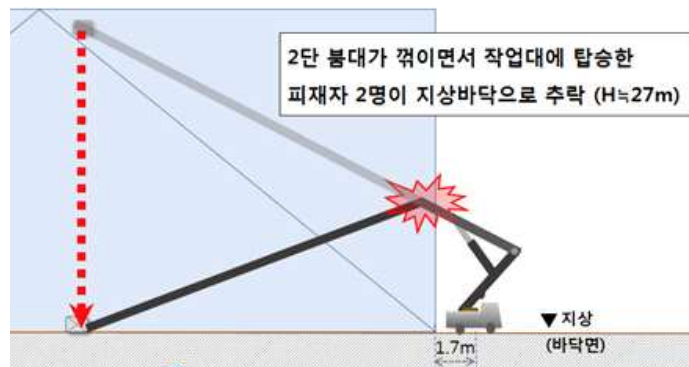
[그림 6] 재해발생 상황

〈표 6〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[06]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2017-4-16
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대에서 바닥으로 떨어짐
	발생요약	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손 , 성능저하, 기타
	사고원인 근거	작업대(케이지) 전면 안전난간 제거
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	도장작업
	재해 시 위치	작업대 내부
	떨어진 거리(m)	2
고소작업대 정보	종류	고소작업대(차량탑재형)
	적재하중(kg)	300kg
	사고발생 구조부	작업대(케이지)
	기기 결함	작업대 전면 안전난간 제거
관리	검사 등	안전인증 완료, 안전검사 완료
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미작성
	보호구	안전모 착용 불량 및 안전대 미착용
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제36조) 안전검사기준 등에 적합하지 않은 기계 등 사용 제한, (제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성, (제39조) 작업지휘자 지정
	판단 근거	안전검사 기준 등에 부적합한 기계 등 사용, 작업계획서 미작성 및 작업지휘자 미지정

재해사례[07]

차량탑재형 고소작업대에 탑승하여 아파트 주위에 가림막 설치를 위한 비계를 설치하던 중, 고소작업대 붐이 꺾이면서 추락(H≈27m)



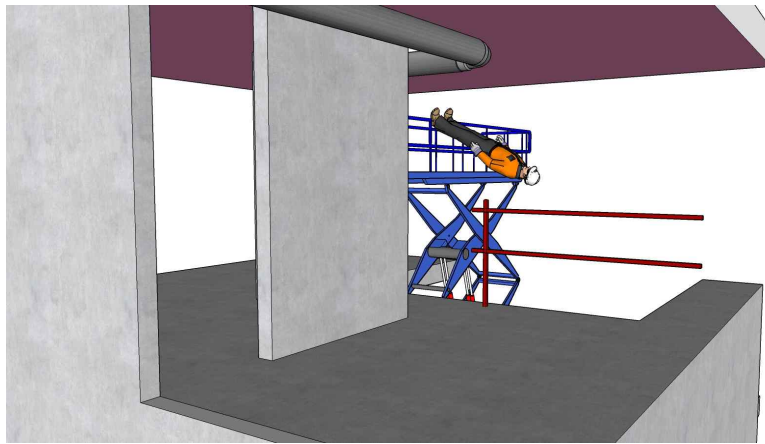
[그림 7] 재해발생 상황

〈표 7〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[07]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2017-6-2
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대에서 바닥으로 떨어짐
	발생요약	허용길이 초과하여 붐이 꺾이면서 떨어짐
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손 , 성능저하, 기타
	사고원인 근거	안전장치(길이센서 경보) 해제
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	비계설치
	재해 시 위치	작업대 내부
	떨어진 거리(m)	27
고소작업대 정보	종류	고소작업대(차량탑재형)
	적재하중(kg)	300kg
	사고발생 구조부	작업대(케이지)
	기기 결함	길이센서(경보) 해체
관리	검사 등	안전인증 완료, 안전검사 알 수 없음
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미흡
	보호구	알 수 없음
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제36조) 안전검사기준 등에 적합하지 않은 기계 등 사용 제한, (제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성, (제39조) 작업지휘자 지정, (제93조) 방호장치의 해체 금지 등
	판단 근거	안전검사 기준 등에 부적합한 기계 등 사용, 작업계획서 미흡 및 작업지휘자 미지정, 안전장치 해제

재해사례[08]

고소작업대 상부에서 안전난간대를 밟고(추정) 배수 통기관 설치·확인 작업 중 바닥으로 떨어짐(H≒2.4m)



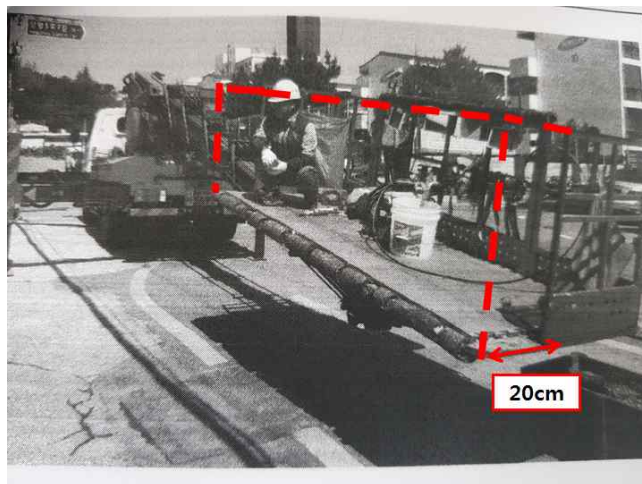
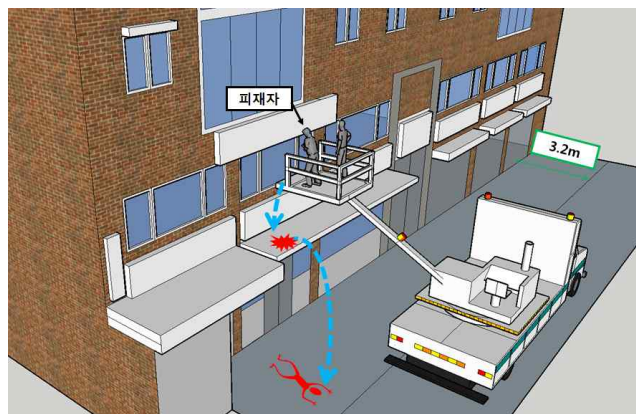
[그림 8] 재해발생 상황

〈표 8〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[08]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2017-6-3
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대에서 바닥으로 떨어짐
	발생요약	작업대 안전난간을 밟고 작업 중 바닥으로 떨어짐
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 근거	무리한 작업
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	배관설치
	재해 시 위치	고소작업대 내부
	떨어진 거리(m)	2.4
고소작업대 정보	종류	고소작업대(시저형)
	적재하중(kg)	227kg
	사고발생 구조부	고소작업대 내부
	기기 결함	해당 없음
관리	검사 등	안전인증 알 수 없음, 안전검사 비대상
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미작성
	보호구	안전모 착용, 안전대 미착용
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성, (제39조) 작업지휘자 지정
	판단 근거	작업계획서 미흡 및 작업지휘자 미지정

재해사례[09]

차량탑재형 고소작업차의 작업대(탑승함)를 외벽에 밀착시키는 과정에서 작업대가 흔들리면서, 작업대에 탑승 중이던 재해자가 중심을 잃고 바닥으로 떨어짐(H≒3m)



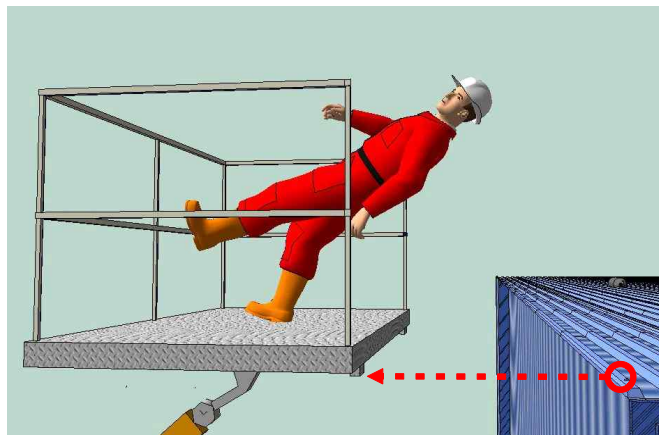
[그림 9] 재해발생 상황

〈표 9〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[09]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2017-4-23
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대에서 바닥으로 떨어짐
	발생요약	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손 , 성능저하, 기타
	사고원인 근거	작업대(케이지) 전면 안전난간 제거
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	외벽 방수
	재해 시 위치	작업대 내부
	떨어진 거리(m)	4
고소작업대 정보	종류	고소작업대(차량탑재형)
	적재하중(kg)	300kg
	사고발생 구조부	작업대(케이지)
	기기 결함	작업대 전면 안전난간 제거
관리	검사 등	안전인증 완료, 안전검사 완료
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미작성
	보호구	안전모 및 안전대 미착용
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제36조) 안전검사기준 등에 적합하지 않은 기계 등 사용 제한, (제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성
	판단 근거	안전검사 기준 등에 부적합한 기계 등 사용, 작업계획서 미작성

재해사례[10]

차량탑재형 고소작업대의 작업대에 탑승하여 지상으로 이동하려 하였으나 작업대 붐이 하강하던 순간 작업대와 건물사이 개구부로 넘어지면서 바닥으로 떨어짐(H≒32m)



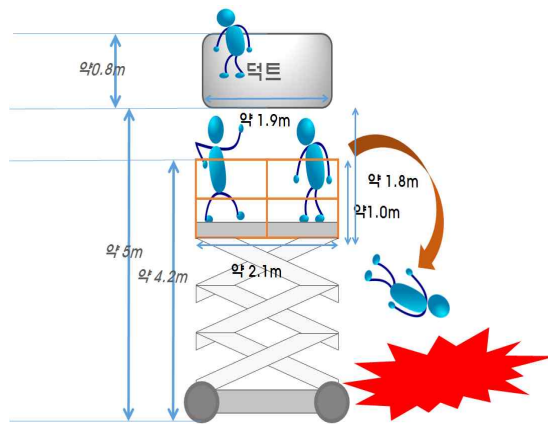
[그림 10] 재해발생 상황

〈표 10〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[10]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2017-9-29
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대에서 바닥으로 떨어짐
	발생요약	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손 , 성능저하, 기타
	사고원인 근거	작업대(케이지) 전면 안전난간 제거
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	철거
	재해 시 위치	작업대 내부
	떨어진 거리(m)	32
고소작업대 정보	종류	고소작업대(차량탑재형)
	적재하중(kg)	300kg
	사고발생 구조부	작업대(케이지)
	기기 결함	작업대 전면 안전난간 제거
관리	검사 등	안전인증 완료, 안전검사 완료
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미작성
	보호구	안전모 착용 및 안전대 미착용
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제36조) 안전검사기준 등에 적합하지 않은 기계 등 사용 제한, (제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성, (제39조) 작업지휘자 지정
	판단 근거	안전검사 기준 등에 부적합한 기계 등 사용, 작업계획서 작성 미흡 및 작업지휘자 미배치

재해사례[11]

시저형 고소작업대 중간난간대 위에서 약 5m 높이에 설치된 덕트 보온 작업 중 몸의 중심을 잃고 4.2m 아래 콘크리트 바닥으로 떨어져 사망



[그림 11] 재해발생 상황

〈표 11〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[11]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2017-10-14
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대에서 바닥으로 떨어짐
	발생요약	작업대 안전난간을 밟고 작업 중 바닥으로 떨어짐
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 근거	무리한 작업
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	덕트 보온
	재해 시 위치	고소작업대 내부
	떨어진 거리(m)	4.2
고소작업대 정보	종류	고소작업대(시저형)
	적재하중(kg)	386kg
	사고발생 구조부	고소작업대 내부
	기기 결함	해당 없음
관리	검사 등	안전인증 알 수 없음, 안전검사 비대상
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미흡
	보호구	안전모 착용, 안전대 미체결
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성, (제39조) 작업지휘자 지정
	판단 근거	작업계획서 미흡 및 작업지휘자 미배치

재해사례[12]

고소작업대의 작업대에 근로자 2명이 탑승하여 천장 LED등 교체공사를 진행하던 중 턴테이블 고정볼트 파단으로 붐대가 낙하하면서, 탑승한 근로자 2명이 약 10.5m 바닥으로 떨어져 1명이 사망하고 1명이 부상



[그림 12] 재해발생 상황

〈표 12〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[12]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2018-1-19
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	붐대가 낙하하여 바닥으로 떨어짐
	발생요약	턴테이블 고정볼트 파단으로 붐대가 꺾임
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손 , 성능저하, 기타
	사고원인 근거	과부하방지장치 기능 정지로 과부하로 인해 고정볼트 20개 중 4개 파단
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	LED등 교체
	재해 시 위치	작업대 내부
	떨어진 거리(m)	10.5
고소작업대 정보	종류	고소작업대(차량탑재형)
	적재하중(kg)	400kg
	사고발생 구조부	턴테이블
	기기 결함	턴테이블 고정볼트 파단
관리	검사 등	안전인증 완료, 안전검사 완료
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미흡
	보호구	안전모 착용 및 안전대 미착용
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성 및 사전 점검 (제186조) 붐, 작업대 등 각 부위의 이상 유무 확인
	판단 근거	작업계획서 미흡 및 사전 점검 미 실시, 턴테이블 등에 대한 이상 유무 확인 미흡

재해사례[13]

고소작업대(차량탑재형) 버킷에 탑승하여 통신케이블을 포설 후, 버킷을 하강시키던 중 스윙감속기 베이스 체결볼트가 파단되면서 넘어지는 붐대와 함께 아스팔트 바닥으로 떨어짐(H≒5m)



※ ○ : 파단된 볼트부, ○ : 뽕힌 볼트부



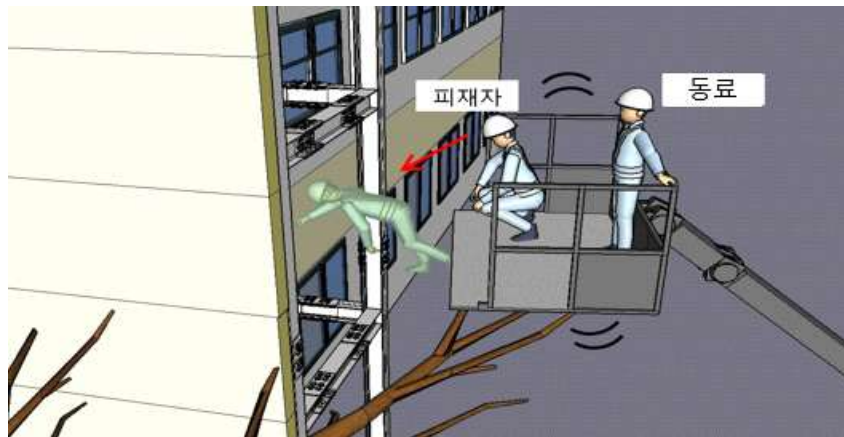
[그림 13] 재해발생 상황

〈표 13〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[13]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2018-1-18
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	붐대가 낙하하여 바닥으로 떨어짐
	발생요약	스윙감속기 베이스 체결볼트 파단으로 붐대가 낙하
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 근거	보조 붐대 임의 설치·사용, 모멘트 감지장치 기능 정지
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	통신케이블 포설
	재해 시 위치	작업대 내부
	떨어진 거리(m)	5
고소작업대 정보	종류	고소작업대(차량탑재형)
	적재하중(kg)	120kg
	사고발생 구조부	스윙감속기 베이스
	기기 결함	스윙감속기 베이스 체결볼트 파단
관리	검사 등	안전인증 완료, 안전검사 유예 상태
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미흡
	보호구	안전모 착용 및 안전대 미착용
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제36조) 안전검사기준 등에 적합하지 않은 기계 등 사용 제한, (제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성, (제93조) 방호장치의 해체 금지 등
	판단 근거	안전검사 기준 등에 부적합한 기계 등 사용, 작업계획서 미흡, 방호장치(모멘트 감지장치 기능) 해체

재해사례[14]

고소작업대(차량탑재형) 작업대 탑승 상태로 지상으로 내려오던 중, 고소작업대 작업대(케이지)가 나뭇가지에 걸려 흔들리면서 피해자가 지상 1층 바닥(H≒8m)으로 떨어져 사망



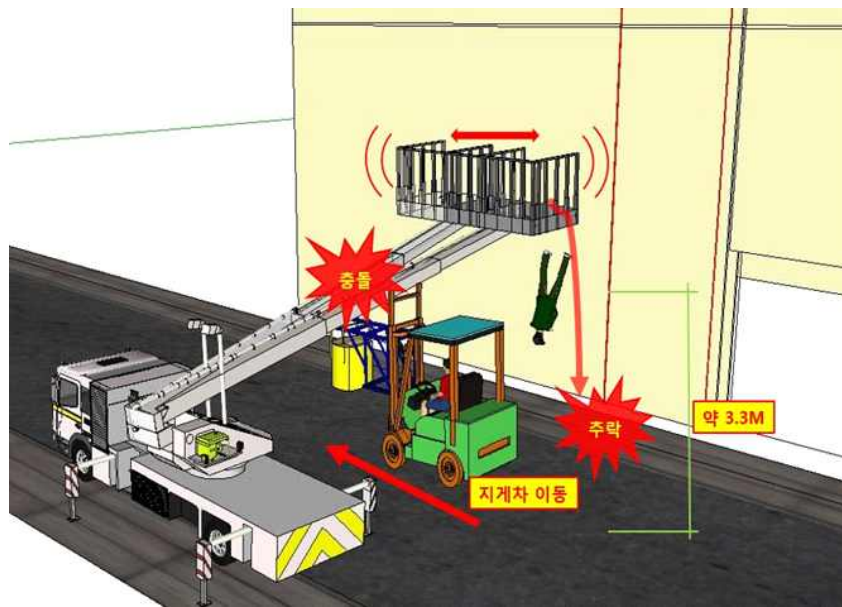
[그림 14] 재해발생 상황

〈표 14〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[14]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2018-4-16
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대에서 바닥으로 떨어짐
	발생요약	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손 , 성능저하, 기타
	사고원인 근거	작업대(케이지) 전면 안전난간 제거
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	벽체 패널 설치
	재해 시 위치	작업대 내부
	떨어진 거리(m)	8
고소작업대 정보	종류	고소작업대(차량탑재형)
	적재하중(kg)	400kg
	사고발생 구조부	작업대(케이지)
	기기 결함	작업대 전면 안전난간 제거
관리	검사 등	알 수 없음
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미작성
	보호구	안전모 착용 및 안전대 착용/미체결
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제36조) 안전검사기준 등에 적합하지 않은 기계 등 사용 제한, (제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성, (제39조) 작업지휘자 지정
	판단 근거	안전검사 기준 등에 부적합한 기계 등 사용, 작업계획서 작성 미흡 및 작업지휘자 미배치

재해사례[15]

차량탑재형 고소작업대에 탑승하여 작업 중 도로로 지나가는 지게차의 구조부(마스트)가 고소작업대의 받대를 치면서 재해자가 작업대에서 추락 사망 (H≒4m)



[그림 15] 재해발생 상황

〈표 15〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[15]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2018-5-22
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대에서 바닥으로 떨어짐
	발생요약	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손 , 성능저하, 기타
	사고원인 근거	작업대(케이지) 전면 안전난간 제거
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	벽체패널 실측
	재해 시 위치	작업대 내부
	떨어진 거리(m)	4
고소작업대 정보	종류	고소작업대(차량탑재형)
	적재하중(kg)	400kg
	사고발생 구조부	작업대(케이지)
	기기 결함	작업대 전면 안전난간 제거
관리	검사 등	알 수 없음
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미작성
	보호구	안전모 미착용 및 안전대 미착용/미체결
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제36조) 안전검사기준 등에 적합하지 않은 기계 등 사용 제한, (제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성, (제39조) 작업지휘자 지정
	판단 근거	안전검사 기준 등에 부적합한 기계 등 사용, 작업계획서 작성 미흡 및 작업지휘자 미배치

재해사례[16]

철골 상부의 잔여 자재 회수를 위하여 고소작업대(시저형) 중간 난간대에 올라서서 작업 중, 약 8.0m 아래 콘크리트 바닥으로 추락



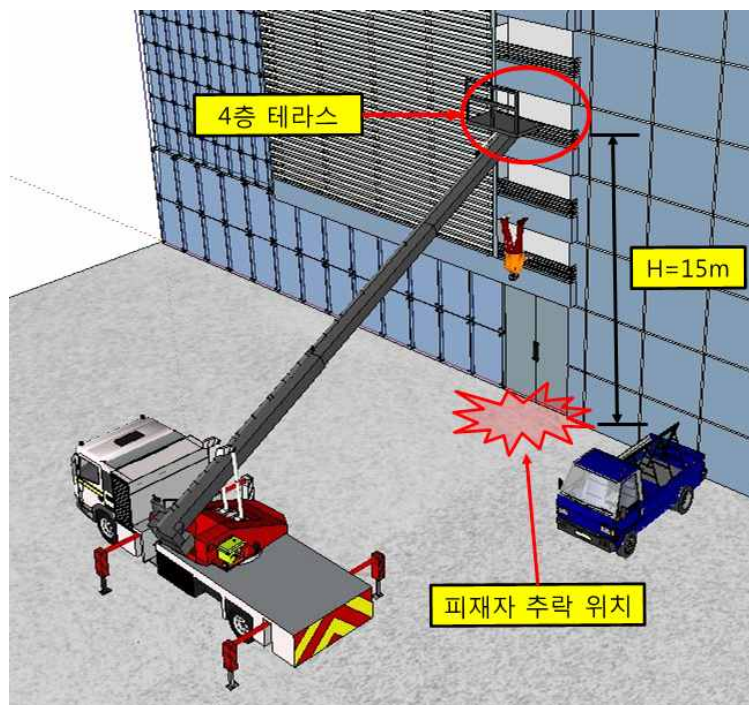
[그림 16] 재해발생 상황

〈표 16〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[16]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2018-9-11
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대에서 바닥으로 떨어짐
	발생요약	작업대 안전난간을 밟고 작업 중 바닥으로 떨어짐
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 근거	무리한 작업
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	철골 상부 자재 회수
	재해 시 위치	고소작업대 내부
	떨어진 거리(m)	8.0
고소작업대 정보	종류	고소작업대(시저형)
	적재하중(kg)	204kg
	사고발생 구조부	고소작업대 내부
	기기 결함	해당 없음
관리	검사 등	안전인증 알 수 없음, 안전검사 비대상
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미흡
	보호구	안전모 착용, 안전대 미체결
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제42조) 추락 방지를 위해 추락방호망 또는 안전대 착용
	판단 근거	추락방호망 또는 안전대 미착용

재해사례[17]

차량탑재형 고소작업대를 사용하여 내부 칸막이 설치용 강화유리를 하역한 후, 작업대에 탑승한 상태에서 작업대가 하강하는 순간 작업대가 흔들리면서 피해자가 약 15.0m 아래 콘크리트 바닥으로 떨어짐



[그림 17] 재해발생 상황

〈표 17〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[17]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2018-12-30
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대에서 바닥으로 떨어짐
	발생요약	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손 , 성능저하, 기타
	사고원인 근거	작업대(케이지) 전면 안전난간 제거
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	강화유리 운반
	재해 시 위치	작업대 내부
	떨어진 거리(m)	15
고소작업대 정보	종류	고소작업대(차량탑재형)
	적재하중(kg)	400kg
	사고발생 구조부	작업대(케이지)
	기기 결함	작업대 전면 안전난간 제거
관리	검사 등	안전인증 완료, 안전검사 미도래
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미작성
	보호구	안전모 미착용 및 안전대 미착용
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제36조) 안전검사기준 등에 적합하지 않은 기계 등 사용 제한, (제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성
	판단 근거	안전검사 기준 등에 부적합한 기계 등 사용, 작업계획서 미작성

재해사례[18]

차량탑재형 고소작업대(차량탑재형)를 하강 하려던 중 작업대 가드가 Main Stack의 수직 비계파이프에 걸려 동료가 핸드그라인더로 비계파이프를 절단하는 순간 작업대가 출렁이면서 작업대에 있던 피해자가 약 35m 바닥으로 추락



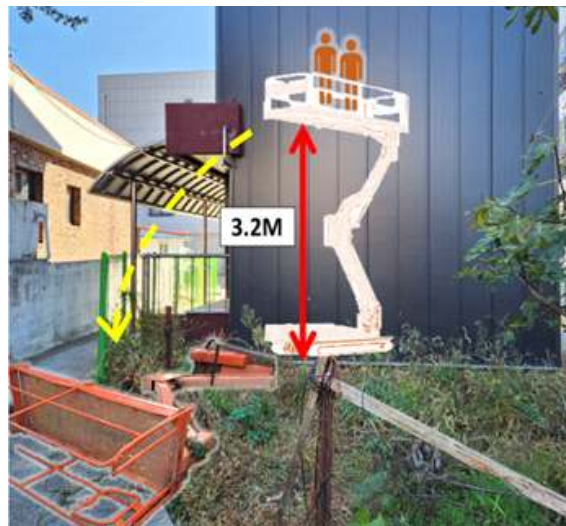
[그림 18] 재해발생 상황

〈표 18〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[18]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2019-1-18
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대에서 바닥으로 떨어짐
	발생요약	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손 , 성능저하, 기타
	사고원인 근거	작업대(케이지) 전면 안전난간 제거
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	교체 작업
	재해 시 위치	작업대 내부
	떨어진 거리(m)	35
고소작업대 정보	종류	고소작업대(차량탑재형)
	적재하중(kg)	400kg
	사고발생 구조부	작업대(케이지)
	기기 결함	작업대 전면 안전난간 제거
관리	검사 등	안전인증 완료, 안전검사 완료
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미작성
	보호구	안전모 착용, 안전대 착용/미체결
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제36조) 안전검사기준 등에 적합하지 않은 기계 등 사용 제한, (제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성
	판단 근거	안전검사 기준 등에 부적합한 기계 등 사용, 작업계획서 미작성

재해사례[19]

고소작업대(자주식)를 이용하여 외벽 철물 설치작업 중, 지반 굴곡 등으로 고소작업대가 중심을 잃고 전도되면서 지상바닥으로 떨어져(H≒3.2m) 2명이 부상을 당한 재해



	모델명	SMAC KC60 - 궤도형
	장비크기 (높이X너비X길이)	2.4×0.9×2.2(m)
	총중량	1,450kg
	최고 작업높이	8m
	최고 작업대높이	6m
	작업대 정격하중	최대 200kg
	탑승인원	2명

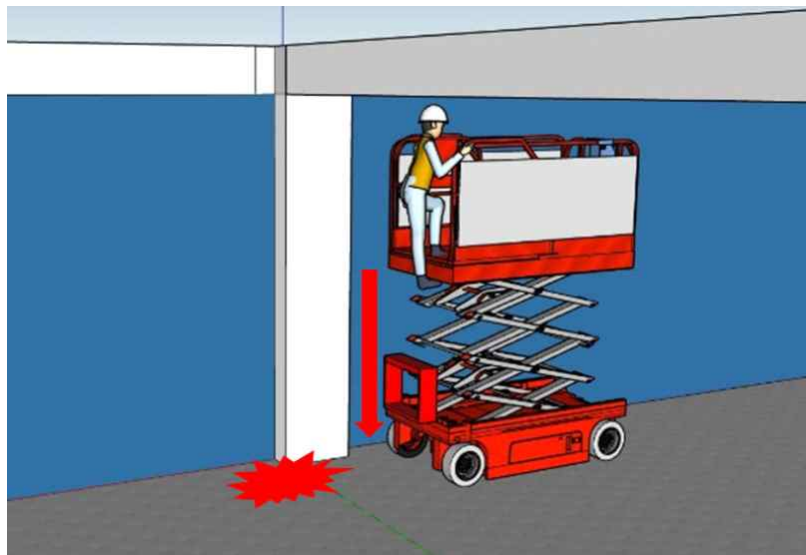
[그림 19] 재해발생 상황 및 자주식 고소작업대 제원

〈표 19〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[19]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2018-9-11
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	고소작업대가 바닥으로 넘어짐
	발생요약	지반 굴곡으로 고소작업대가 중심을 잃고 넘어짐
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 근거	무리한 작업
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	외벽 철물 설치
	재해 시 위치	고소작업대 내부
	떨어진 거리(m)	3.2
고소작업대 정보	종류	고소작업대(자주식)
	적재하중(kg)	200kg
	사고발생 구조부	고소작업대 내부
	기기 결함	해당 없음
관리	검사 등	안전인증 알 수 없음, 안전검사 비대상
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미흡
	보호구	안전모 착용, 안전대 착용/미체결
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성
	판단 근거	작업계획서 미흡

재해사례[20]

고소작업대를 사용하여 지하주차장 보 프라이머 작업 후, 고소작업대 방전으로 상승된 상태에서 바닥으로 내려오다 몸의 중심을 잃고 떨어져(h≒1.8) 사망



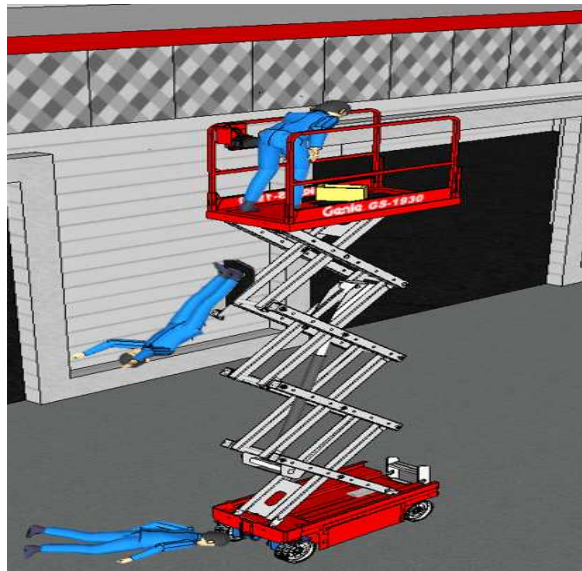
[그림 20] 재해발생 상황

〈표 20〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[20]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2022-11-3
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대에서 바닥으로 떨어짐
	발생요약	고소작업대가 방전되어 상승된 상태에서 내려오다 바닥으로 떨어짐
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손, 성능저하, 기타
	사고원인 근거	배터리 방전
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	프라이머 작업
	재해 시 위치	고소작업대 외부 난간
	떨어진 거리(m)	1.8
고소작업대 정보	종류	고소작업대(시저형)
	적재하중(kg)	227kg
	사고발생 구조부	고소작업대 외부 난간
	기기 결함	배터리 방전
관리	검사 등	안전인증 완료, 안전검사 비대상
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미작성
	보호구	안전모 착용, 안전대 착용
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성
	판단 근거	작업계획서 미작성

재해사례[21]

고소작업대(시저형)에 탑승하여 건물 처마 외부에 건물 증축 행사용 만국기를 고정하던 중, 안전난간이 미설치된 단부에서 실족하여 지면으로 떨어져 (H=4.6m) 사망



[그림 21] 재해발생 상황

〈표 21〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[21]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2022-12-1
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대에서 바닥으로 떨어짐
	발생요약	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손 , 성능저하, 기타
	사고원인 근거	작업대 전·후 안전난간 제거
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	설치 작업
	재해 시 위치	작업대 내부
	떨어진 거리(m)	4.6
고소작업대 정보	종류	고소작업대(시저형)
	적재하중(kg)	227kg
	사고발생 구조부	작업대 전면
	기기 결함	작업대 전·후 안전난간 제거
관리	검사 등	안전인증 면제('02년 제작)
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미작성
	보호구	안전모 미착용, 안전대 미착용
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제36조) 안전검사기준 등에 적합하지 않은 기계 등 사용 제한, (제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성
	판단 근거	안전검사 기준 등에 부적합한 기계 등 사용, 작업계획서 미작성

재해사례[22]

외벽 도장작업을 위해 고소작업대(차량탑재형)에 탑승하여 붐을 작업위치로 작업반경을 초과하여 인출하던 중 차체가 앞으로 전도되면서 약 7m 아래 콘크리트 바닥으로 떨어져 사망



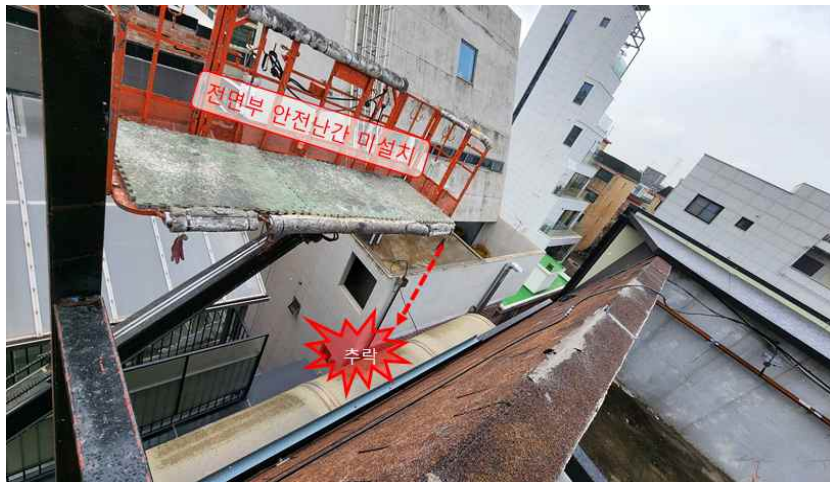
[그림 22] 재해발생 상황

〈표 22〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[22]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2022-12-10
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대에서 바닥으로 떨어짐
	발생요약	작업반경 초과하여 붐을 인출하여 차체가 넘어지면서 바닥으로 떨어짐
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손 , 성능저하, 기타
	사고원인 근거	작업대(케이지) 전면 안전난간 제거 작업반경 초과 경보장치 기능 해제
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	도색 작업
	재해 시 위치	작업대 내부
	떨어진 거리(m)	7
고소작업대 정보	종류	고소작업대(차량탑재형)
	적재하중(kg)	400kg
	사고발생 구조부	작업대(케이지)
	기기 결함	작업대(케이지) 전면 안전난간 제거 작업반경 초과 경보장치 기능 해제
관리	검사 등	안전인증 완료, 안전검사 완료
	작업계획	차량계 하역운반기계 작업계획서 미작성
	보호구	안전모 미착용, 안전대 미착용
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제36조) 안전검사기준 등에 적합하지 않은 기계 등 사용 제한, (제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성, (제39조) 작업지휘자 지정, (제93조) 방호장치의 해체 금지 등
	판단 근거	안전검사 기준 등에 부적합한 기계 등 사용, 작업계획서 작성 미흡 및 작업지휘자 미배치, 경보장치 기능 해제

재해사례[23]

고소작업대(차량탑재형) 운전원이 탑승구를 뒤로 이동시키는 순간, 재해자가 안전난간대를 설치하지 않은 탑승구 전면부로 추락하여 사망



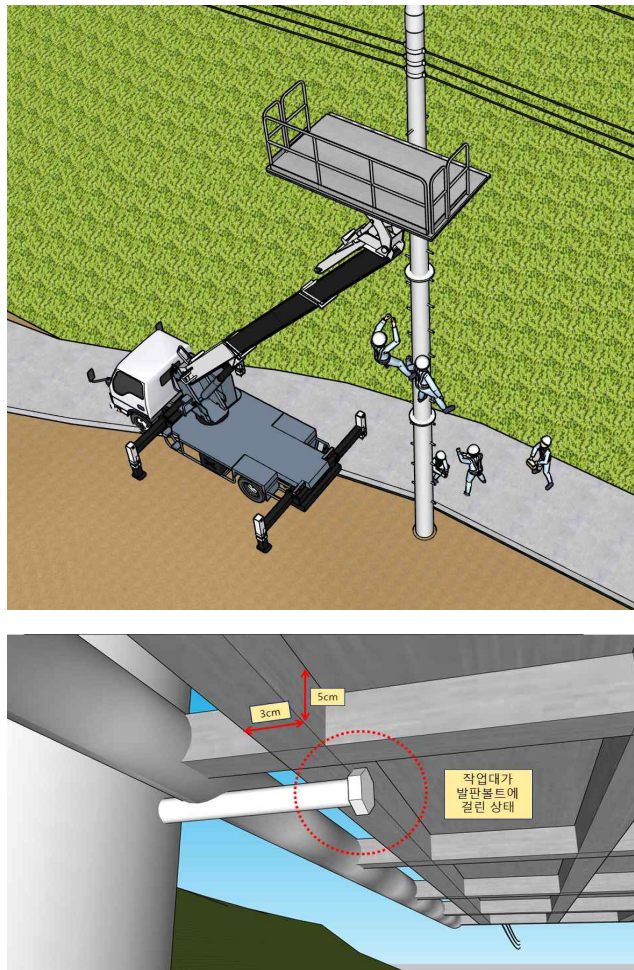
[그림 23] 재해발생 상황

〈표 23〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[23]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2022-12-10
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대에서 바닥으로 떨어짐
	발생요약	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손 , 성능저하, 기타
	사고원인 근거	작업대(케이지) 전면 안전난간 제거
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	외벽 하지철물 작업
	재해 시 위치	작업대 내부
	떨어진 거리(m)	10.2
고소작업대 정보	종류	고소작업대(차량탑재형)
	적재하중(kg)	400kg
	사고발생 구조부	작업대(케이지)
	기기 결함	작업대 전면 안전난간 제거
관리	검사 등	안전인증 완료, 안전검사 완료
	작업계획	알 수 없음
	보호구	안전모 미착용, 안전대 미착용
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제36조) 안전검사기준 등에 적합하지 않은 기계 등 사용 제한
	판단 근거	안전검사 기준 등에 부적합한 기계 등 사용

재해사례[24]

선로 작업을 위해 작업대를 상승시키고자 고소작업대 기사가 선회 조작 중 작업대 하부가 전주의 발판볼트에 걸려 이를 빼내기 위해 상승 조작과 동시에 작업대가 발판볼트에서 이탈하면서 작업대가 흔들려 재해자 2명이 바닥으로 떨어져(H≒16m) 사망



[그림 24] 재해발생 상황

〈표 24〉 고소작업대 ‘떨어짐’ 재해사례[24]의 재해사례 분석표

대분류	중분류	내용
공통	발생일자	2022-12-17
	발생형태	떨어짐
	발생형태 상세	작업대에서 바닥으로 떨어짐
	발생요약	안전난간 미설치 구역으로 떨어짐
재해 정보	사고원인	제작결함, 사용훼손 , 성능저하, 기타
	사고원인 근거	작업대(케이지) 전면 안전난간 제거
재해자 정보	사고 시 작업유형	일상작업
	작업유형 상세	전주 전선 작업
	재해 시 위치	작업대 내부
	떨어진 거리(m)	16
고소작업대 정보	종류	고소작업대(차량탑재형)
	적재하중(kg)	400kg
	사고발생 구조부	작업대(케이지)
	기기 결함	작업대 전면 안전난간 제거
관리	검사 등	안전인증 완료, 안전검사 완료
	작업계획	차량계 하역운반 작업계획서 작성 미흡
	보호구	안전모 미착용, 안전대 미착용
관련 법령 등	기준에 관한 규칙	(제36조) 안전검사기준 등에 적합하지 않은 기계 등 사용 제한, (제38조) 차량계 하역운반기계 작업계획서 작성, (제39조) 작업지휘자 지정
	판단 근거	안전검사 기준 등에 부적합한 기계 등 사용, 작업계획서 작성 미흡 및 작업지휘자 미배치

연구진

연구기관 : 산업안전보건연구원

연구책임자 : 박장현 (과장, 산업안전연구실)

연구기간

2023. 2. 20. ~ 2023. 11. 30.

사고사망 다발 위험기계 사고원인 심층분석 (재해조사 의견서 중심)
(2023-산업안전보건연구원-807)

발행일 : 2023년 11월 31일

발행인 : 산업안전보건연구원 원장 김은아

연구책임자 : 산업안전보건연구원 과장 박장현

발행처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400:

전화 052- 703- 0849

팩스 : 052-703-0334

Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>

I S B N : 979-11-93642-32-0

공공안심글꼴 : 무료글꼴, 한국출판인회의, Kopub바탕체/돋움체