

크레인 관련 중대재해사례를 통한 재해 유형 및 원인 분석

An Analysis of the Accident Types and Causes of Construction Cranes

김 홍 현*

Kim, Hong-Hyun

이 강**

Lee, Ghang

Abstract

As buildings become higher, larger, and more complex, safety issues for construction workers working at such environments become more important. We analyzed 140 critical accident cases reported to the KOSHA(Korea Occupational Safety & Health Agency) for construction cranes and lifts by types of cranes and by patterns of accidents and causes. By finding out the accident's types and causes, we expect to develop an efficient measure for preventing similar accidents in the near future. The cases will be studied further and reexamined using the FMEA(Failure Mode and Effect Analysis) as a quantitative analysis method.

키 워 드 : 재해 유형, 재해 원인, 중대재해사례, 크레인, 리프트, 호이스트

Keywords : Accident Types, Accident Causes, Critical Accident Cases, Cranes, Lift, Hoist

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

최근의 건물이 대형화, 고층화 그리고 복잡화되면서 작업 환경 개선과 작업자 안전 증진에 대한 의식 및 요구가 점차 높아지고 있다. 특히 건설기술의 향상으로 건물의 높이가 높아지면서, 필요한 자재를 해당 층에 효율적이고 안전하게 양중할 수 있는 기술이 중요하게 되었다.

그러나 한국산업안전공단에 보고된 양중장비관련 재해를 살펴보면 크레인의 경우 연평균 약 15건, 리프트의 경우, 연평균 약 5.5건 등이 일어나고 있다. 이러한 재해가 재발하는 것을 막기 위해서는, 빈번하고 반복적으로 발생하는 재해 원인을 미리 알고 대처할 수 있는 방법을 강구하는 것이 필요하다.

1.2 연구 범위와 방법

본 연구는 한국산업안전공단에 게시된 총 2867건(2007년 3월)의 건설업재해사례에서 크레인과 직접적으로 관련된 재해 122건 중 70개의 재해사례(1999년 1월 ~ 2007년 1월)와, 리프트와 직접적으로 관련된 재해 72건에서 60건의 재해사례(1993년 9월 ~ 2006년 2월)를 대상으로 하였다. 그러나 한국산업안전공단의 자료는 건설현장에서 공식적으로 신고된 재해만 등록되어 있기 때문에 경미한 사고를 포함하면 실제로는 더 많은 수의 재해가 있을 것으로 추정된다.

연구 방법은 문헌조사를 통하여 크레인 종류 및 재해발생형태에 관련된 용어를 정의하고, 한국산업안전공단의 중대재해사

례를 분석하여 크레인의 종류별, 재해발생형태별 재해패턴을 분석하였다. 다음으로 재해의 원인을 분석 및 분류하고 주요 원인을 추출하여, 이후 연구의 기초를 세우고자 하였다.

2. 문헌 조사

2.1 크레인 종류의 정의

한국산업안전공단의 안전보건기준¹⁾과 건설교통부의 건설기계관리법시행령²⁾에 보면 크레인을 “혹이나 기타의 달기구를 사용하여 하물의 권상과 이송을 목적으로 일정한 작업 공간 내에서 반복적인 동작이 이루어지는 기계” 라고 정의하고 있고, 분류는 타워크레인(T형, L형), 천장크레인, 기중기(이동식 크레인)로 나누고 있다.

표 1. 크레인 종류 및 정의

종 류	정 의
타워크레인	수직타워의 상부에 위치한 지브를 선회시키는 크레인
천장크레인	주행레일 위에 설치된 새들에 직접적으로 지지되는 거더가 있는 크레인
이동식크레인	무한궤도 또는 타이어식으로 강재의 지주 및 선회장치를 가진 것. 다만(레일)식인 것을 제외한다.
	전기동력에 의하여 일정지역에서 이동할 수 있는 크레인

- 1) 한국산업안전공단, 「안전보건기준. 크레인 제작기준, 안전기준 및 검사기준」, 제1장 제3조(용어의 정의), 개정2001.10.10 고시 제 2001-57호
- 2) 건설교통부, 「건설기계관리법시행령」, 별표1 건설기계의 범위(제 2조 관련), 개정2000.6.27 대통령령 제 16872호

* 연세대학교 건축공학과 석사과정

** 연세대학교 건축공학과 교수, PH.D.

2.2 재해발생형태의 정의

재해의 발생형태³⁾란 “재해 및 질병이 발생된 형태 또는 근로자(사람)에게 상해를 입힌 기인물(재해의 원인이 되는 것)과 상관된 현상” 이라고 정의한다. 한국산업안전공단⁴⁾은 산업 현장에서 일어나는 재해발생형태를 21가지로 나누고 있다. 그 중에서 본 연구에서 참고한 발생형태는 추락, 전도·전복, 충돌·접촉, 낙하·비래, 협착·감김, 붕괴·도괴 그리고 전류접촉 등 7가지이다. 그리고 아래 표 2와 같이 분류한 재해발생형태의 기준은 작업자가 상해에 이르는 가장 큰 원인이 무엇인가에 있다. 예를 들면, 만약 작업자가 윗층에서 떨어지는 철골을 맞아 상처를 입은 상태에서 아래층으로 떨어져 사망하였다라고 가정해 보자. 이 경우의 발생형태는 추락에 의한 사망이다.

표 2. 재해발생의 형태 및 정의

종류	정의
추락	사람이 중력에 의하여 건축물, 구조물, 가설물, 수목, 사다리 등의 높은 장소에서 떨어지는 것
전도, 전복	사람이 거의 평면 또는 경사면, 층계 등에서 구르거나 넘어짐
충돌, 접촉	재해자 자신의 움직임, 동작으로 인하여 기인물에 접촉 또는 부딪히거나, 물체가 고정부에서 이탈하지 않은 상태로 움직임(규칙, 불규칙)등에 의하여 접촉, 충돌
낙하, 비래	구조물, 기계 등에 고정되어 있던 물체가 중력, 원심력, 관성력 등에 의하여 고정부에서 이탈하거나 또는 설비 등으로부터 물질이 분출되어 사람에게 가해한 경우
협착, 감김	두 물체 사이의 움직임에 의하여 일어난 것으로 직선 운동하는 물체 사이의 협착, 회전부와 고정체 사이의 끼임, 롤러 등 회전체 사이에 물리거나 또는 회전체, 돌기부 등에 감김 경우
붕괴, 도괴	토사, 적재물, 구조물, 건축물, 가설물 등이 전체적으로 허물어져 내리거나 또는 주요 부분이 떨어져 무너지는 경우
전류접촉	전기설비의 충전부 등에 신체의 일부가 직접 접촉하거나 유도전류의 통전으로 근육의 수축, 호흡곤란, 심실세동 등이 발생한 경우 또는 특별고압 등에 접근함에 따라 발생한 섬락 접촉, 합선·혼촉 등으로 인하여 발생한 아크에 접촉된 경우

한국산업안전공단은 재해형태를 판단하기 위한 분류기준⁵⁾을 정하고 있다. 아래 표 3은 분류기준을 참고하여 양중장비에 관련된 재해에서 판단하기 어려운 추락과 전도, 그리고 낙하와 비래, 이상온도 노출 및 접촉 또는 유해, 위험물질 노출 및 접촉의 분류에 대해 설명하고 있다.

- 3) 한국산업안전공단, 「KOSHA CODE G-8-2006. 산업재해 기록, 분류에 관한 지침」, pp23 ~ 27, 2006. 7. 1 공표
- 4) 한국산업안전공단, 「KOSHA CODE G-8-2006. 산업재해 기록, 분류에 관한 지침」, pp23 ~ 27, 2006. 7. 1 공표
- 5) 한국산업안전공단, 「KOSHA CODE G-8-2006. 산업재해 기록, 분류에 관한 지침」, pp23 ~ 27, 2006. 7. 1 공표

표 3. 분류가 어려운 재해형태의 기준

종류	정의
추락과 전도의 분류	재해 당시 바닥면과 신체가 떨어진 상태로 더 낮은 위치로 떨어진 경우에는 (추락)으로, 바닥면과 신체가 접해있는 상태에서 더 낮은 위치로 떨어진 경우에는 (전도)로 분류
	신체가 바닥면과 접해 있었는지 여부를 알 수 없는 경우에는 작업발판 등 구조물의 높이가 보폭(약 60cm)이상인 경우에는 신체가 구조물과 바닥면에서 떨어진 것으로 판단하여 (추락)으로 분류하고, 그 보폭 미만인 경우는 (전도)로 분류
낙하와 비래, 이상온도 노출 및 접촉 또는 유해, 위험물질 노출 및 접촉의 분류	물체 또는 물질이 낙하 또는 비래되어 타박상 등의 상해를 입었을 경우에는 (낙하, 비래)로 분류
	고·저온 물체 또는 물질이 낙하·비래되어 화상을 입었을 경우에는 (이상온도 노출, 접촉)으로 분류
	낙하·비래 또는 비산된 물체 또는 물질의 특성에 의하여 상해를 입은 경우에는 (유해·위험물질 노출, 접촉)으로 분류

3. 재해사례분석

3.1 재해사례에 관한 통계적 분석

재해사례는 서론에서 언급하였던 바와 같이, 한국산업안전공단에 신고된 재해사례를 분석한 것이다. 먼저 크레인 관련 재해사례분석을 보면, 표 4의 크레인 분류별 재해 분석과 같이 이동식 크레인 재해가 보고된 전체 크레인 재해 중 61.4%로 사고 비율이 높다. 4가지 종류의 크레인 중 이동식 크레인의 사고비율 및 재해수가 높은 이유를 추론해 볼 수 있는데, 우선 이동식 크레인이 다른 크레인 종류보다 이용성이 높은 점을 고려해 볼 수 있고, 이동성이 강한 장점을 가지고 있지만 동시에 지지가 약한 단점을 들 수 있다.

표 4. 크레인 종류별 재해 분석(전체 70건)

구분	재해자수(명)		비율(%)	재해(건) 사례수	비율(%)
	사망	부상			
이동	44	6	56.2	43	61.4
타워	20	11	34.8	19	27.2
천장	8	0	9.0	8	11.4
합계	72	17	100.0	70	100.0

표 5의 발생형태별로는 낙하·비래와 추락사고가 각각 27.2%, 31.4%로 비율이 높다. 재해의 상황을 분석해 볼 경우에 낙하·비래와 추락사고가 높은 이유를 추론할 수 있는데, 우선 크레인 혹은 올바른 방법으로 자재를 묶지 않아서 낙하 및 비래가 발생했다. 그리고 크레인 설치 및 해체 작업 시에 추락하는 사고가 많았다.

표 5. 재해발생형태별 분석(전체 70건)

구분	재해자수(명)		비율(%)	재해(건)	비율(%)
	사망	부상		사례수	
추락	19	5	27.0	19	27.2
전도, 전복	10	1	12.4	8	11.4
낙하, 비래	23	2	28.1	22	31.4
붕괴, 도괴	8	8	18.0	8	11.4
전류 접촉	8	1	10.1	8	11.4
기타	4	0	4.5	5	7.2
합계	72	17	100.0	70	100.0

표 6의 크레인 종류별 재해발생형태별 분석표를 보면, 이동식 크레인에서 낙하·비래와 추락사고가 15건으로 높은 것을 알 수 있다.

표 6. 크레인 종류별 재해발생형태별 분석(전체 70건)

구분(명)	이동	타워	러핑	천장	합계
추락	12	7	0	5	24
전도, 전복	11	0	0	0	11
낙하, 비래	15	8	0	2	25
붕괴, 도괴	1	9	6	0	16
전류접촉	9	0	0	0	9
기타	2	1	0	1	4
합계	50	25	6	8	89

표 7의 리프트와 관련된 재해 분석을 보면, 추락사고가 재해자수 비율과 재해 사례수 비율을 보는 바와 같이 전체의 70% 이상을 차지하므로, 추락 사고의 비율이 높다는 것을 확인할 수 있다.

표 7. 리프트 관련 재해 분석(전체 60건)

구분	재해자수(명)		비율(%)	재해(건)	비율(%)
	사망	부상		사례수	
추락	46	2	72.7	44	73.3
낙하, 비래	7	2	13.6	7	11.7
협착, 감김	9	0	13.7	9	15.0
기타	0	0	0.0	0	0.0
합계	62	4	100.0	70	100.0

3.2 재해사례에 관한 주요 원인 추출

앞에서 언급한 중대재해사례 중 크레인 관련 70건과 리프트 관련 60건의 재해발생의 원인을 분석한 결과, 다음과 같이 주요원인을 추출할 수 있었다.

표 8 크레인 관련 주요 원인 추출

번호	원인	사례수	세부내용
1	유지관리 미실시	8	- 로프 끊어짐 - 볼대 파단 - 접합볼트 파단
2	작업환경의 안전 미확인	14	- 감전
3	안전수칙과 작업방법 미준수	32	- 마스트 설치·해체시 붕괴 - 과부하, 경사각 한계치 초과
4	로프묶기 방법불량	14	- 유사규격자재 미사용 - 회전시 관성에 의해 낙하 - 마찰이 적은 자재 쉽게 낙하
5	리프팅 중 주변간섭	2	- 벽, 기둥에 부딪힘
합계		70	

표 9 리프트 관련 주요 원인 추출

번호	원인	사례수	세부내용
1	유지관리 미실시	5	- 브레이크 파단 - 오작동
2	안전수칙 미준수	19	- 불안정한 행동(안전난간 밖으로 머리내밀) - 무인 운전
3	작업방법 미준수	28	- 안전난간 개폐관리 미준수 - 마스트 설치 및 해체작업불량(고정 연결편 미체결)
4	추락방지조치 미실시	8	- 안전난간 미설치 - 통로용 발판 미설치
합계		60	

크레인과 리프트 재해사례 원인분석인 표 8과 표 9를 살펴 보면 주요 원인은 안전수칙과 작업방법 미준수임을 알 수 있다. 그러나 안전수칙과 작업방법 미준수라는 원인의 세부내용을 살펴보면 크레인과 리프트의 설치 및 해체에 관한 사항, 안전장치의 미사용 등 세부적으로 더 분류할 수 있는 부분들이 있다. 이 부분들은 향후 연구에서 양중 프로세스 중심으로 더 자세히 분류할 예정이다.

그리고 위의 표에 대해서 부가적으로 설명하자면, 재해발생 원인 중 안전수칙 미준수와 작업방법 미준수는 동시에 발생하는 경우가 많았고, 분류하기 어려운 재해사례의 경우도 많았다. 그래서 본 연구에서는 작업범위가 넓은 크레인 관련해서는 안전수칙 미준수와 작업방법 미준수를 합해서 분류하고, 작업범위가 상대적으로 국부적인 리프트는 나누어서 분류하였다.

4. 결 론

고층건물을 시공함에 있어서 필요한 자재를 적절한 층에 양중하기 위해서는 양중 관련 기계인 크레인 및 리프트의 운용이 반드시 필요하다.

이렇듯 중요한 기계인 크레인과 리프트는 높은 위치에서 이용되는 기계인 만큼 무엇보다도 안전관리가 중요하다고 할 수 있다. 그 이유는 한 번 사고가 발생하면 최소 사망사고인 중대 재해가 발생하기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 한국산업안전공단 건설업관련 중대재해사례를 이용하여 크레인 종류별, 재해발생형태별로 분석하여, 크레인 종류별로는 이동식 크레인의 재해 비율이 높다는 것을 알아냈고, 발생형태별로는 낙하·비래, 추락의 사고 비율이 높다는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 리프트와 관련된 재해 사례에서는 추락 사고가 비율이 높다는 것을 알 수 있었다. 그리고 크레인과 리프트 관련 재해의 주요 원인을 분석한 결과, 안전수칙과 작업방법 미준수의 원인이 많음을 알 수 있었다.

향후 연구에서는 위에서 연구한 주요 원인을 크레인의 양중 프로세스를 중심으로 더 자세히 분류하고, FMEA(Failure Mode and Effect Analysis)기법을 통해 정량적으로 분석하여, 중점관리 해야 하는 원인을 추출하여 대안을 제시할 것이다.

감 사 의 글

본 연구는 건설교통부의 2006년 첨단융합건설기술개발사업 “로보틱 크레인 기반 고층건물 구조체 시공 자동화 시스템 개발 (06첨단융합 C02)”의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 한국산업안전공단, 「건설업재해사례. 크레인 및 리프트」, (<http://www.kosha.or.kr/information/case/case6.jsp?menuId=5&rootNodeId=806&selectedNodeId=1386>)
2. 한동일, 윤태권, 정재영, 「건설공사 안전점검 현황과 발전 방안에 관한 연구」, 한국건축시공학회, 2005
3. 황태를, 박근준, 「건설용 리프트 안전관리」, 한국건설관리학회, 2006
4. 김원기, 「크레인 사망 재해 실태와 안전 대책에 관한 연구」, 계명대학교 산업기술대학원 석사학위논문, 2003
5. 고성석, 송혁, 이한민, 「재해사례와 위험도 지수를 활용한 건축공사 안전정보 시스템 개발」, 대한건축학회, 2005
6. 김동춘, 김화중, 「건설공사 재해정보분석을 위한 사고발생 분류체계의 방안」, 대한건축학회, 2001