

재해사례를 통해 알아본 크레인 안전사고 분석

Analysis of the Construction Crane Accidents according to the Accident Case Study

국 동 훈*○ 김 아 영** 서 중 민*** 김 선 국****
Kook, Dong-Hoon Kim, Ah-Yung Seo, Jong-Min Kim, Sun-Kuk

요 약

최근 양중대상 건설자재의 부피와 중량이 증가함에 따라 양중작업에 따른 안전사고의 위험성이 높아지고 있다. 또한 건설현장 공정의 50% 가량에 사용되는 타워크레인의 경우 그동안 '비자주식 장비'라는 이유로 건설기계가 아닌 유해·위험 기계로 분류되어 설치시에는 노동부의 안전검사를 받으나 설치 이후 상태는 관리되지 않고 있다. 그러나 최근 타워크레인을 건설기계에 등록한다는 내용의 '건설기계관리법 시행령'을 개정하여 곧 시행할 예정이라는 방침에 따라 크레인 안전운행에 관련한 중요성과 관심이 더욱 높아지고 있다. 이러한 사항들을 기초로 본 연구는 한국산업안전공단에 접수된 크레인관련 재해사례들을 다각적으로 분석하고 사고원인을 파악하는 것을 목적으로 연구를 진행하였다.

키워드: 크레인, 산업재해, 건설기계

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 대형화, 고층화되고 있는 건설 프로젝트의 추세에 따라 건설양중기계의 효율적인 사용이 프로젝트의 중요한 영향을 미치고 있다. 현재 건설현장에서 사용되는 대부분의 자재는 주로 크레인을 통해 운반되고 있으며 이에 따라 국내 크레인 등록대수는 2002년에 5,500여대에서 2005년 6,646대로 집계되고 있으며 빠른 속도로 증가하고 있다.(호종관 2007)

그러나 건설자재의 크기가 커지고 중량이 무거워 지면서 양중작업에 따른 안전사고의 위험성이 높아지고 있다. 또한 건설현장 공정의 50% 가량에 사용되는 타워크레인의 경우 그동안 '비자주식 장비'라는 이유로 건설기계가 아닌 유해·위험 기계로 분류되어 설치할 때만 노동부에 안전검사를 받고 설치 이후 상태는 관리되지 않고 있다.¹⁾

따라서 최근 타워크레인을 건설기계로 등록한다는 내용의 '건설기계관리법 시행령'을 개정하여 곧 시행할 방침임에 따라 크레인 안전운행에 관한 중요성과 관심이 더욱 높아지고 있다.²⁾

이러한 사항들을 기초로 본 연구는 한국산업안전공단에 접수된 크레인 관련 안전사고사례들을 다각적으로 분석하고 사고원인을 파악하는 것을 목적으로 하며 이는 향후 크레인 작업에 관한 안전관리지침서를 제시하는 기초연구로 진행될 예정이다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 보다 구체적인 연구결과를 도출하기 위하여 다음과 같이 연구범위를 한정하였다.

첫째, 재해사례는 1995년 7월부터 2007년 2월까지 한국산업안전공단에 접수된 건설업재해사례 중 크레인관련 재해사례 122건을 대상으로 분석하였다.

둘째, 본 연구에서 다루는 크레인은 건설현장에서 다루는 모든 크레인을 의미하며 효과적인 연구진행을 위하여 크게 이동식 크레인, 고정식 크레인, 천장식 크레인으로 구분하였고 고정식 크레인은 다시 T형 타워크레인, 러핑형 크레인으로 세분하였다.

셋째, 한국산업안전공단에 접수된 재해사례는 그 기간 동안의 모든 안전사고 내용을 다루고 있지 않는다는 것을 미리 언급한다.

연구방법으로는 먼저 크레인의 안전과 관련된 연구동향을 알아보고 산업재해와 관련된 용어의 정확한 정의, 건설기계 및 크레인에 대한 분류를 통해 연구진행에 있어서 기준을 명확히 한다. 이후 122건의 크레인관련 재해사례를 다각적인 분석을 통해 사고원인을 알아본다.

- ① 기존 연구문헌 고찰
- ② 산업재해 관련용어 파악, 건설기계 및 크레인 구분
- ③ 한국산업안전공단 122건 크레인관련 재해사례 분석

* 일반회원, 경희대학교 건축공학과 석사과정(교신저자)
ajkook@naver.com

** 일반회원, 경희대학교 건축공학과 석사과정
kays13@naver.com

*** 일반회원, 경희대학교 건축공학과 석사과정
jeongji301@dreamwiz.com

**** 종신회원, 경희대학교 건축공학과 교수, 공학박사
kimskuk@khu.ac.kr

본 연구는 BK21 지원에 의한 연구의 일부임.

1) 건설기계관리법 시행령에서 건설기계의 범위에 크레인은 포함되어있지 않으며 자세한 내용은 2.3장을 참조

2) 2007년 7월 5일, 건설기계관리법 시행령이 규제개혁위원회를 통

과하였으며 차관회의와 국무회의를 거쳐 곧바로 적용될 것으로 보인다.

④ 재해원인에 대한 분석

2. 예비적 고찰

2.1 관련연구동향

현재까지 크레인 운행과 관련된 많은 연구들은 주로 양중계획의 효율적인 관리방향을 제시하는 것으로 진행되어 왔다. 또한 건설업의 안전사고와 관련된 연구들은 구체적인 연구목표를 설정하지 않고 단순히 건설업에서 일어나는 모든 안전사고를 다루고 있어 보다 구체적인 대상을 목표로 한 연구진행이 필요하다.

아래 <표1>은 지금까지 발표된 크레인의 안전과 관련된 국내문헌의 내용을 정리한 것이다.

표 1. 크레인안전관련 연구조사

연구자	내용
이명구 노민래 (2000)	타워크레인의 사고사례 중 기초앵커 설치의 오류로 인하여 발생한 재해를 대상으로 사고원인을 분석
김동춘 김화중 (2001)	건설공사의 사고발생을 분류하여 재해정보의 활용이 용이하도록 작업분류체계를 정비
강창희 외 3인 (2002)	건설현장의 중기계(크레인, 지게차, 버킷굴삭기, 승강기, 펌프카)를 대상으로 재해현황, 안전관리 실태를 분석
김원기 (2003)	크레인 재해의 실태를 분석하고 산업재해를 사전에 방지하는 안전대책 제시
양용철 외 2인 (2004)	건설공사 안전사고 예방을 위한 안전관리 체크리스트 개선과 공정관리와의 연계운영 방법 제시
호종관 (2007)	이동식 크레인 선정과 안전성검토를 위한 시뮬레이션 프로그램 개발

이와 같이 지금까지의 연구들은 건설현장의 전반적인 안전사고를 다루거나 크레인과 관련된 사고원인을 한정하여 연구가 진행된 것을 볼 수 있다. 따라서 크레인을 중점대상으로 하여 진행된 본 연구는 실제 현장에서의 활용도가 높을 것으로 예상된다.

2.2 재해관련용어의 정의

연구를 진행함에 앞서 재해와 관련된 용어의 의미를 법령을 기초로 정확히 파악하고 또한 건설기계 및 크레인의 분류를 알아보는 것이 필요하다.

(1) 산업재해

“산업재해”라 함은 근로자가 업무에 관계되는 건설물·설비·원재료·가스·증기·분진 등에 의하거나 작업 기타 업무에 기인하여 사망 또는 부상하거나 질병에 이환되는 것을 말한다.³⁾

(2) 중대재해

“중대재해”라 함은 산업재해 중 사망 중 재해의 정도가

심한 것으로 노동부령⁴⁾에서 정하는 다음 사항 중 해당하는 재해를 말한다.⁵⁾

- ① 사망자가 1인 이상 발생한 재해
- ② 3월 이상의 요양을 요하는 부상자가 동시에 2인 이상 발생한 재해
- ③ 부상자 또는 직업성질병자가 동시에 10인 이상 발생한 재해

참고로 본 연구의 크레인 재해사례 122건은 모두 중대재해에 속하는 것으로 나타났으며 이는 크레인관련 산업재해의 피해정도가 얼마나 심각한가를 보여주는 것이다.

(3) 발생형태

“발생형태”란 재해 및 질병이 발생한 형태 또는 근로자(사람)에게 상해를 입힌 기인물⁶⁾과 상관된 현상을 말한다.⁷⁾

이중 크레인 재해의 발생형태와 가장 밀접한 관계가 있는 것들의 내용은 다음과 같다.

표 2. 발생형태 분석

발생 형태	내용
추락	사람이 인력(중력)에 의하여 건축물, 구조물, 가설물, 수목, 사다리 등의 높은 장소에서 떨어지는 것
전도 전복	사람이 거의 평면 또는 경사면, 층계 등에서 구르거나 넘어짐 또는 미끄러진 경우와 물체가 전도·전복된 경우
충돌 접촉	재해자 자신의 움직임·동작으로 인하여 기인물에 접촉 또는 부딪히거나, 물체가 고정부에서 이탈하지 않은 상태로 움직임(규칙, 불규칙)등에 의하여 접촉·충돌한 경우
낙하 비래	구조물, 기계 등에 고정되어 있던 물체가 중력, 원심력, 관성력 등에 의하여 고정부에서 이탈하거나 또는 설비 등으로부터 물질이 분출되어 사람을 가해하는 경우
협착 감김	두 물체 사이의 움직임에 의하여 일어난 것으로 직선운동하는 물체 사이의 협착, 회전부와 공정체 사이의 끼임, 물러 등 회전체 사이에 물리거나 또는 회전체·돌기부 등에 감긴 경우
붕괴 도괴	토사, 적재물, 구조물, 건축물, 가설물 등이 전체적으로 허물어져 내리거나 또는 주요 부분이 꺾어져 무너지는 경우
전류 접촉	전기설비의 충전부 등에 신체의 일부가 직접 접촉하거나 유도전류의 통전으로 근육의 수축, 호흡곤란, 심실세동 등이 발생한 경우 또는 특고압 등에 접근함에 따라 발생한 섬락 접촉, 합선·혼촉 등으로 인하여 발생한 아크에 접촉된 경우

4) 산업안전보건법 시행규칙 제2조 제1항, 2007. 1.12 개정
 5) 산업안전보건법 제2조 제7호, 2007. 5.25 개정
 6) 기인물이란 재해 발생을 일으킨 직접원인이 된 설비, 시설, 물질 등으로 기인물을 발함.(산업안전보건법 시행규칙 2007. 1.12 개정 별지 제1호서식)
 7) 한국산업안전공단 (2007). “KOSHA CODE G-8. 산업재해 기록. 분류에 관한 지침.” pp.23-25의 내용 중 참고

3) 산업안전보건법 제2조 제1호, 2007. 5.25 개정

2.3 건설기계 및 크레인

앞서 기술한 바와 같이 현재 '건설기계관리법 시행령'에서 구분한 건설기계에는 타워크레인이 포함되어있지 않다. 덤프트럭과 같은 건설기계는 건설교통부에 의해 정기검사를 받고 안전에 대한 강력한 규제를 받는 반면, 타워크레인은 스스로 이동할 수 없다는 이유로 유해·위험 기계로 구분되어져 있기 때문에 건설기계에 비해 철저한 안전검사가 이루어지지 않고 있는 실정이다.

다음은 건설기계의 정의 및 크레인의 종류를 구분한 것이다.

(1) 건설기계

“건설기계”라 함은 건설공사에 사용할 수 있는 기계로서 대통령령이 정하는 것을 말한다.⁸⁾⁹⁾ 그중 크레인(기중기)의 범위를 ‘무한궤도 또는 타이어식으로 강재의 지주 및 선회장치를 가진 것. 다만, 궤도(레일)식인 것을 제외한다.’고 규정하였다. 즉, 이동식크레인만을 건설기계로 포함하며 그 외의 크레인은 포함하지 않는다는 내용이다.

다음은 건설기계관리법 시행령에서 제시한 대표적인 건설기계명과 범위를 나타낸 표이다.

표 3. 건설기계의 범위

건설기계명	범 위
불도저	무한궤도 또는 타이어식인 것
굴삭기	무한궤도 또는 타이어식으로 굴삭장치를 가진 자체중량 1톤 이상인 것
로더	무한궤도 또는 타이어식으로 적재장치를 가진 자체중량 2톤 이상인 것
지게차	타이어식으로 들어올림장치를 가진 것. 다만, 전동식으로 솔리드타이어를 부착한 것을 제외한다.
스크레이퍼	흙·모래의 굴삭 및 운반장치를 가진 자주식인 것
덤프트럭	적재용량 12톤 이상인 것. 다만, 적재용량 12톤 이상 20톤 미만의 것으로 화물운송에 사용하기 위하여 자동차관리법에 의한 자동차로 등록된 것을 제외한다.
기중기	무한궤도 또는 타이어식으로 강재의 지주 및 선회장치를 가진 것. 다만, 궤도(레일)식인 것을 제외한다.
모터그레이더	정지장치를 가진 자주식인 것

(2) 크레인

“크레인”이라 함은 동력을 사용하여 중량물을 매달아 상하 및 좌우(수평 또는 선회를 말한다)로 운반하는 것을 목적으로 하는 기계 또는 기계장치를 말한다.¹⁰⁾

이와 같은 크레인은 용량, 이동유무 등 여러 가지로 분류되고 있지만 본 연구에서는 건설현장에서 가장 많이 쓰이고 전반적으로 가장 널리 알려진 크레인의 종류를 선별하여 이동식 크레인, 타워크레인, 천장식 크레인으로 구분하였고 타워크레인은 다시 T자형 타워크레인, 러핑형 타워크레인으로 세분하였다.

표 4. 크레인의 종류

종 류	정 의	KS ¹¹⁾ 관련 규격	
이동식 크레인	안정성을 위하여 무게중심과 관련한 고정된 주행로가 필요 없이, 주행 및 권상이나 권하를 할 수 있고 마스트(타워 부착물)와 조합할 수 있는 크레인	KS B ISO 4301-2 KS B ISO 4306-2	
타워 크레인	T형	수직타워 상부에 위치한 수평지브가 있는 회전 붐 크레인	KS B ISO 4301-3 KS B ISO 4306-3
	러핑형	수직타워 상부에 위치한 기복(luffing)지브가 있는 회전 붐 크레인	KS B ISO 4306-3
천장식 크레인	브리지(bridge)를 따라 이동할 수 있는 지브(jib) 크레인 혹은 권상장치(hoist) 및 크랩(crab)에 매달린 하중조절장치를 가진 크레인	KS B ISO 4301-5 KS B ISO 4306-1	

3. 재해사례 분석

본 연구는 산업안전공단에서 접수된 크레인 안전사고관련 재해사례 122건을 다각적 분석을 통해 크레인 종류별, 발생 형태별, 원인별 중요도를 파악하는 것을 목적으로 한다. 따라서 먼저 일정기간동안 건설업 산업재해의 추세를 알아보고 주 연구대상인 크레인관련 재해사례의 분석을 실시한다.

3.1 건설관련 산업재해 분석

산업안전공단은 당해 분기별 일어났던 산업재해현황을 제시한다. 그중 본 연구는 2001년부터 2006년까지의 건설업 업무상사고를 분석해 보았다.

8) 건설기계관리법 제2조 제1항 제1호, 2007. 4.27 개정판

9) 건설기계관리법 시행령, 제2조의 별표1을 참고, 2007. 7.18 개정판

10) 산업안전기준에 관한 규칙 제100조 제2항 제1호, 2006.12.30 개

정판

11) 한국산업규격 KS(Korean Industrial Standards): 산업표준화법에 의거하여 산업표준심의회 심의를 거쳐 기술표준위원장이 고시함으로써 확정되는 국가표준

표 5. 건설업 업무상사고 분석

구 분	총 재해자(명)	사망자(명)	전년대비 증감 ¹²⁾	
			총 재해자(%)	사망자(%)
2001	16,771	659	-	-
2002	19,925	667	18.81 ▲	1.21 ▲
2003	22,680	762	13.83 ▲	14.24 ▲
2004	18,896	779	16.68 ▼	2.23 ▲
2005	15,918	609	15.76 ▼	21.82 ▼
2006	17,955	631	12.80 ▲	3.45 ▲
평 균	18,691	685	-	-

이와 같이 건설업의 연평균 재해자수는 18,691명이며 그 중 연평균 사망자는 685명인 것으로 나타났다. 2001년부터 2003년까지 큰 폭으로 증가하다 2004년 그 수가 감소하였지만 이후 다시 꾸준히 증가하고 있다. 특히 2004년 총 재해자수는 전년대비 16.68% 감소하였지만 사망자는 2.23% 증가한 것으로 나타났다.

3.2 크레인 재해사례 분석

크레인 재해사례는 1995년 7월부터 2007년 2월까지 한국 산업안전공단에 접수된 건설업재해사례¹³⁾ 중 크레인관련 재해사례 122건을 대상으로 분석하였다.

(1) 전체 크레인 재해사례 분석

아래 <표6>은 크레인 총 재해사례 및 사망자, 부상자를 크레인 종류별로 분석한 통계결과이다.

표 6. 전체 크레인 재해사례 분석결과

구 분	사례건수/ 비율(%)	사망자(명)/ 비율(%)	부상자(명)/ 비율(%)
이동식	79 / 64.8	81 / 63.3	9 / 34.6
고정식	T형	32 / 26.2	36 / 28.1
	러핑형	2 / 1.6	2 / 1.6
천장식	9 / 7.4	9 / 7.0	0
합 계	122 / 100.0	128 / 100.0	26 / 100.0

총 122건의 재해사례 중 이동식 크레인 79건에 81명 사망, 9명 부상, T형 크레인 32건에 36명 사망, 17명 부상, 나머지 천장크레인, 러핑크레인 순으로 나타났다.

전체 재해사례 중 이동식 크레인의 안전사고가 64.8%, T형 크레인 안전사고가 26.2%의 비율을 나타내고 있으므로 이동식 크레인과 T형 크레인의 작업시 재해발생이 빈번함을 알 수 있다.

(2) 크레인 종류별 재해발생형태 분석

12) 증감(%) = $\left(\frac{\text{기준년도데이터}}{\text{전년도데이터}} \times 100 \right) - 100$

13) 산업안전공단 홈페이지(<http://www.kosha.or.kr>)의 재해사례/건설업재해사례 정보를 기초로 함.

아래 <표7>은 크레인의 종류에 따라 재해발생형태를 자세히 분석한 것이다.

표 7. 크레인 종류별 재해발생형태 분석결과

구 분	이동식	고정식		천장식	합 계
		T형	러핑형		
추락	20	14	1	5	40
전도 전복	6	0	0	0	6
낙하 비래	23	8	0	2	33
붕괴 도괴	0	6	0	0	6
전류접촉	12	1	0	0	13
기 타	18	3	1	2	24
합 계	79	32	2	9	122

위 결과를 분석해 보면 크레인관련 재해의 주된 발생형태는 추락, 전도·비래, 기타(충동·접촉, 협착·감김 등)의 순으로 일어나는 것을 볼 수 있다. 이동식 크레인의 경우 낙하·비래에 의한 재해가 23건으로 가장 많았고 T형 크레인은 추락에 의한 재해가 빈번히 발생한 것으로 나타났다.

위 분석결과를 기초로 하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- ① 크레인 작업에 있어서 주요관리대상은 이동식 크레인과 T형 크레인 작업이다.
- ② 이동식 크레인 재해에 있어서 주요발생형태는 낙하·비래, 추락이다.
- ③ T형 크레인 재해에 있어 주요발생형태는 추락, 낙하·비래이다.

4. 재해원인 분석

다음은 위 122건 재해사례의 사고개요, 기인물, 발생형태 등의 정보를 분석하여 재해원인을 알아보았다.

참고로 대부분의 재해사례가 한가지 원인에 의해 발생된 것이 아니라 여러 가지 복합적인 원인에 의해 발생하였지만 그중에서도 가장 영향을 미쳤을 것이라고 판단되는 원인을 선택하였고 10개 항목으로 구분하여 우선순위를 도출하였다.

이 결과를 통해 크레인 작업에 있어 가장 중점적으로 관리되어야 하는 안전관리사항이 무엇인지 알 수 있으며, 향후 진행될 예정인 재해원인에 대한 대책을 수립하는 연구에 참고할 수 있을 것으로 예상된다.

표 8. 재해사례 발생원인 분석결과

순 위	원 인	사례건수	비율(%)
1	작업방법 불량	46	37.7
2	방호장치 불량	22	18.0
3	기계장비 불량	13	10.7
4	관리감독 소홀	12	9.9
5	감전방지장치 불량	9	7.4
6	출입금지조치 미흡	9	7.4
7	전도방지장치 미흡	5	4.1
8	운전조작 불량	2	1.6
9	자재불량	2	1.6
10	기 타	2	1.6
합 계	-	122	100.0

위 재해사례 발생원인 분석결과에서 알 수 있듯 작업자의 작업방법 불량에서 오는 사고가 37.7%로 가장 높은 것으로 나타났다. 그 다음으로 안전에 대한 방호장치 불량 18.0%, 크레인관련 기계장비의 불량 10.7%의 순으로 나타났다. 따라서 크레인 작업에 있어서 작업자의 올바른 작업방법준수가 이루어지고 관리되었을 때, 재해를 줄일 수 있는 것으로 나타났다.

지금까지 알아본 크레인 재해사례 및 발생형태, 원인을 분석한 결과를 토대로 다음과 같은 중점관리사항을 도출할 수 있다.

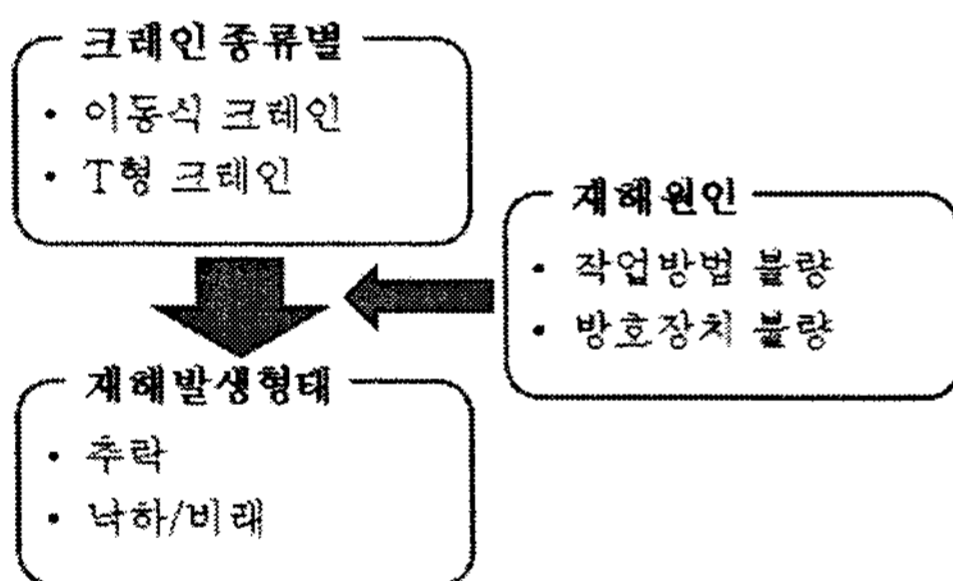


그림 1. 크레인 재해관련 중점관리사항

5. 결론

본 연구는 최근 크레인 안전운행에 관련한 중요성과 관심이 더욱 높아지고 있는 상황에서 크레인관련 재해사례들

을 다각적으로 분석하고 사고원인을 파악하는 것을 목적으로 진행되었다.

관련연구동향을 통해 안전사고와 관련된 연구들은 건설업에서 일어나는 안전사고를 포괄적인 범위에서 다루고 있어 크레인 작업과 같은 구체적인 대상에 관한 연구진행이 필요함을 알았다.

크레인관련 재해사례를 분석한 결과, 크레인 종류별 분석에서 이동식 크레인의 안전사고가 64.8%, T형 크레인 안전사고가 26.2%의 비율을 보이며 주된 발생형태는 추락, 전도·비래인 것으로 분석되었다.

또한 재해발생원인은 작업자의 작업방법 불량에서 오는 사고가 37.7%로 가장 높았으며 안전에 대한 방호장치 불량 18.0%, 크레인관련 기계장비의 불량 10.7%의 순으로 나타났다.

이와 같은 결과는 추후 크레인 작업의 안전관리지침서작성에 있어 참고할 수 있는 좋은 자료가 될 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 강창희 외 3인 (2002). "건설 중기계 운영상의 안전관리 실태 및 개선방안." 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 제3회, 한국건설관리학회, pp. 397~400.
2. 김동춘, 김화중 (2001). "건설공사 재해정보분석을 위한 사고발생 분류체계의 방안." 대한건축학회 논문집(구조계), 제17권 제11호, 대한건축학회, pp. 139~145.
3. 김원기 (2003). "크레인 사망 재해 실태와 안전대책에 관한 연구." 계명대학교 석사논문
4. 양용철 외 2인 (2004). "건설공사 안전사고 예방을 위한 안전관리 체크리스트 개선과 공정관리와의 연계운영 방법." 한국건설관리학회 논문집, 제5권 제2호, 한국건설관리학회, pp. 123~131.
5. 이명구, 노민래 (2000). "기초앵커 불량시공에 따른 타워 크레인 사고의 원인분석." 한국산업안전학회 추계학술발표회 논문집, 한국산업안전학회, pp. 411~416.
6. 호종관 (2007). "이동식 크레인 선정과 안전성검토 시뮬레이션 프로그램 개발." 건축, 제51권 제1호, 대한건축학회, pp. 91~95.
7. 한국산업안전공단 (2007). "KOSHA CODE G-8. 산업재해 기록.분류에 관한 지침." <http://www.kosha.or.kr> (2007.07.08).

Abstract

As the construction projects become higher, larger and more complex, they become more dangerous, especially vertical transportation activities. So this study analyzed 122 critical accident cases reported to the KOSHA(Korea Occupational Safety & Health Agency) for construction cranes by types of cranes, patterns of accidents and causes. It is expected that the results of this study can be used as useful basic data or material when preparing for special safety education and training for preventing crane accidents.

Keywords : Crane, Industrial Accident, Construction Equipment