

# 중대재해사례를 통한 굴삭기 안전사고 원인분석

Analysis of Cause of Excavator Safety Accidents according to the Accident Case Study

서종민\*      한갑규\*\*      임지영\*\*\*      김선국\*\*\*\*  
Seo, Jong-Min      Han, Kap-Kyu      Lim, Ji-Young      Kim, Sun-Kuk

## 요약

최근 건설업의 대형화, 복잡화됨에 따라 안전사고가 증가하고 있다. 특히, 건설장비에 의한 사고 발생수가 증가하고 있다. 이런 사고의 예방을 위해서는 발생원인을 분석할 필요가 있다. 본 논문은 한국산업안전공단의 건설재해사례를 통해 안전사고 원인을 분석한다. 연구의 범위는 굴삭기 장비로 한정하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 굴삭기 재해 발생 형태는 협착·감김, 낙하·비래, 충돌·접촉 순으로 분석되었다.

2) 재해원인은 작업반경 내에 근로자출입, 주용도 이외의 용도로 사용함, 작업시작 전 점검불량·작업방법불량 순으로 분석되었다.

이 연구결과는 차후 연구의 기초를 정립하고, 안전사고를 줄이는 기대효과를 가질 것이다.

키워드: 재해유형, 재해원인, 굴삭기, 중대재해사례

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건설업의 대형화, 복잡화됨에 따라 공사는 점차적으로 기계화 시공을 통한 건설기술의 향상을 도모하려한다. 공기단축, 공사비 절감, 노동력 절감 등의 효과를 이루기 위하여 많은 수의 건설기계와 장비를 사용한다. 건설기계화에 따른 많은 이익을 이루는 반면, 근로자의 위험노출은 점차 심해지고 있으며 사고사례 또한 많아지고 있다. 한국산업안전공단에 보고된 산업별 산업재해 발생현황<sup>1)</sup>을 보면 건설업 사망자수는 609명으로 전 산업의 24.4%를 차지하고 있으며 전년대비 약 23.0%가 증가하였다.

기인물<sup>2)</sup>에 의한 사망자 수를 보면 건설업은 470명으로 전

체 산업의 41.1%를 차지했다. 또한 건설중기계를 포함한 설비·기계에 의한 사망자수는 78명으로 건설업 사망자수의 16.6%로 많은 비율을 차지했다. 건설중기계 중에서 재해발생 사례가 많은 굴삭기와 크레인, 지게차를 2004년부터 2006년까지 조사해 본 결과 굴삭기 34건, 크레인 33건, 지게차 4건으로 굴삭기의 재해사례가 가장 많았다. 이와 같이 해마다 증가하는 굴삭기의 사고를 저감시키기 위해서는 굴삭기에 관한 사고 발생원인을 알아볼 필요성이 있다.

본 연구의 목적은 중대재해사례를 통한 굴삭기 안전사고 원인분석이다. 이 결과는 차후 연구의 기초를 정립하고, 안전사고를 줄이는 기대효과를 가질 것이다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 한국산업안전공단에 게시된 건설업재해사례에서 굴삭기와 관련된 재해 94건의 중대재해사례(1993년~2007년)를 대상으로 하였다. 재해현황조사는 근로복지공단의 산재유족급여지급이 결정된 사망자수와 지방노동관서에 산업재해조사표가 제출된 사망지수를 기준으로 분석한 것이기 때문에 모든 안전사고를 다루고 있지 않는다는 것을 미리 언급한다.

연구방법으로는 기존문헌과 한국산업안전공단의 중대재해사례(94건)를 기반으로 조사하였다. 연구절차는 다음 그림 1과 같이 예비적 고찰, 재해사례분석, 재해원인 분석을 통하여 결론을 도출하려 한다.

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

\*\* 일반회원, 경희대학교 건축공학과 석사과정  
hkk277800@hanmail.net

\*\*\* 일반회원, 경희대학교 건축공학과 석사과정  
lly7902@nate.com

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

1) 2005년도 산업별 산업재해 발생현황, 한국산업안전공단(2006)

2) 기인물(가해물)정의: 기인물이란 직접적으로 재해를 유발하거나 영향을 끼친 에너지원(운동, 위치, 열, 전기 등)을 지닌 기계·장치, 구조물, 물체·물질, 사람 또는 환경 등을 말한다.(한국산업안전공단 (2006). "KOSHA CODE G-8. 산업재해 기록·분류에 관한 지침." pp.28)

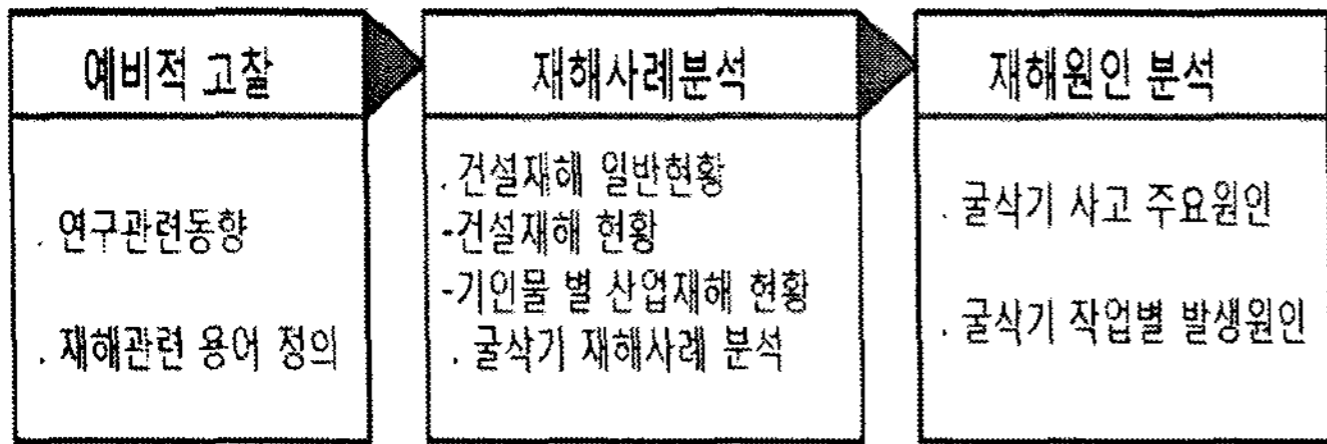


그림 1. 연구 절차

## 2. 예비적 고찰

### 2.1 연구관련 동향

건설 중기계에 관한 재해원인 및 예방에 관한 연구는 진행되고 있다. 강창희 외<sup>3)</sup>(2002)는 건설 중기계를 중심으로 안전관리의 실태를 조사하고 개선방안을 제시하고자 하였다. 김홍현 외<sup>4)</sup>(2007)는 건설중기계(크레인)를 중대재해 사례를 통해 유형 및 원인을 분석하였다. 김동춘 외<sup>5)</sup>(2001)는 건설공사 재해정보분석을 위한 사고발생 분류체계의 방안을 연구하였다. 일반적인 건설중기계에 관한 연구는 진행되고 있으나 굴삭기에 관한 재해유형 및 세부원인을 분석한 연구는 미흡한 실정이었다.

### 2.2 굴삭기 및 재해관련용어 정의

연구를 진행함에 있어 굴삭기 및 재해관련에 관한 용어를 정의할 필요가 있다.

#### (1) 굴삭기 정의

건설교통부의 건설기계관리법 시행령에 따르면 굴삭기는 무한궤도 또는 타이어식으로 굴삭장치를 가진 자체중량 1톤 이상의 것으로 정의한다.<sup>6)</sup> 또는 굴삭용 기계(파워셔블, 드래그라인, 백호, 클립셀)중에서 기계가 서있는 지반보다 낮은 곳의 굴착에 좋은 백호라고도 한다.

#### (2) 중대 재해

"중대재해"라 함은 산업재해 중 사망등 재해의 정도가 심한 것으로서 노동부령이 정하는 재해를 말한다.<sup>7)</sup>

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

3) 강창희 외<sup>3)</sup>인 (2002). "건설중기계 운영상의 안전관리 실태 및 개선방안."

4) 김홍현 외<sup>1)</sup> (2007). "크레인 관련 중대재해사례를 통한 재해유형 및 원인분석."

5) 김동춘 외<sup>1)</sup> (2001). "건설공사 재해정보분석을 위한 사고발생 분류체계의 방안."

6) 건설교통부, 건설기계관리법 시행령, 별표1 건설기계의 범위(제2조관련), 개정 2000. 6.27 대통령령제16872호

7) 산업안전보건법 제2조 제7호, 2007.7.27 개정

### (3) 발생형태

재해의 발생형태<sup>8)</sup>란 재해 및 질병이 발생된 형태 또는 근로자(사람)에게 상해를 입힌 기인물과 상관된 현상을 말한다. 산업재해 기록·분류에 관한 지침에서의 발생형태 내용 중 굴삭기와 관련된 내용은 다음과 같다.

표 1. 발생형태 분석

발생 형태	내 용
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, 롤러 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

## 3. 재해사례 분석

### 3.1 건설재해 일반현황

#### (1) 건설재해현황

건설공사의 규모가 대형화·고층화됨에 따라 발생하는 재해형태 및 사례도 다양하다. 한국산업안전공단에서 게시된 재해사례에서도 중대재해가 많아지고, 복합적인 재해가 자주 발생하였다. 2005년도 산업별 사망재해현황<sup>9)</sup>을 살펴보면 다음 표 2와 같다.

8) 한국산업안전공단 (2006). "KOSHA CODE G-8. 산업재해 기록·분류에 관한 지침." pp.23~25 참고

9) 2005년도 산업별 산업재해 발생현황 (2006). 한국산업안전공단

표 2. 2005년도 산업별 사망재해 현황

구분	전산업	광업	제조업	건설업	전기·가스·수도업	운수·창고·통신업	기타산업	
근로자수(명)	11,059,193	16,014	3,052,545	2,127,454	52,842	669,107	4,646,634	
사망자수(명)	2,493	421	649	609	7	184	570	
구성비(%)	100	16.86	26.03	24.42	0.28	7.38	22.96	
만인율	2005년	2.25	262.89	2.13	2.86	1.32	2.75	1.23
	2004년	2.70	270.22	2.29	3.08	1.58	3.24	1.48
증감(%)	-16.86	-12.71	-6.98	-26.28	-16.45	-15.12	-16.89	

표 2를 보면 사망자수는 제조업(26.03%) 다음으로 건설업(24.42%)이 많았다. 산업별 만인율<sup>10)</sup>은 광업이 262.89로 가장 높은 수준을 보였으며, 다음으로 건설업(2.86)순으로 조사되었다. 이 통계에서의 사망자수는 재해당시의 사망자수에 요양 중 사망자수 및 업무상 질병에 의한 사망자수를 포함한 사망자 수이다.

(2) 기인물별 산업재해 현황

기인물에 따른 2005년도 사망재해 현황은 다음 표 3과 같다.

표 3. 2005년도 기인물에 따른 산업별 사망재해 현황 (단위: 명)

구분	전산업	광업	제조업	건설업	전기·가스·운수·통신	기타산업
총계	1,142	18	333	470	77	244
구성비(%)	100	1.5	29.1	41.1	6.7	21.6

기인물에 따른 산업별 사망재해는 건설업 41.1%, 제조업 29.1% 순으로 발생하였다. 건설업에서 건설중기계를 포함한 설비·기계에 의한 사망재해는 78명으로 건설업에서 16.79%를 차지했다.

3.2 굴삭기 재해사례 분석

굴삭기 재해사례 분석은 한국산업안전공단에 게시된 94건의 재해사례를 기반으로 실시하였다. 재해 발생은 재해형태별(추락, 전도·전복, 낙하·비래, 붕괴·도괴, 충돌·접촉, 협착·감김)로 중대재해를 조사하였다.

10) 사망만인율: 사망자수의 1만배를 전체 근로자 수로 나눈 값으로, 전 산업에 종사하는 근로자 중 산재로 사망한 근로자가 어느정도 되는지 파악할 때 사용하는 지표  
 사망만인율 = [ (사고사망자수 + 업무상 질병 사망자수) / 총근로자수 ] × 10000

표 4. 재해발생 형태별 분석(전체 94 건)

구분	재해자수(명)	비율(%)	재해(건)	비율(%)
	사망			
추락	4	4.2	4	4.2
전도, 전복	9	9.5	9	9.6
낙하, 비래	22	23.1	22	23.4
붕괴, 도괴	5	5.2	5	5.3
충돌, 접촉	14	14.8	13	13.8
협착, 감김	39	41.0	39	41.5
기타	2	2.2	2	2.2
합계	95	100.0	94	100

굴삭기의 재해발생 형태별 비율(재해 건)은 표 4와 같이 협착·감김이 41.5%로 가장 많았으며, 다음으로 낙하·비래(23.4%), 충돌·접촉(13.8%)순으로 분석되었다. 재해발생 형태별 재해자 수의 비율 또한 동일한 순으로 분석되었다.

4. 재해원인 분석

4.1 굴삭기 사고 주요원인 추출

앞에서 언급한 중대재해사례 중 굴삭기 94건의 재해발생 원인을 분석한 결과, 다음과 같은 주요원인을 추출할 수 있었다.

표 5. 굴삭기사고 주요 원인 추출

번호	원인	사례수	세부내용
1	건설기계 작업반경 내에 근로자출입	37	- 후진하는 백호우에 충돌 - 작업하던중 베켓에 작업자 충돌 - 백호우와 건물사이에 협착
2	주용도 이외의 용도로 사용함	23	- H-형강 인양하던중 낙하 - 백호우로 불건운반중 낙하
3	작업시작전 점검 불량, 작업방법 불량	22	- 전신주 운반중 와이어로프 절단 - H-Beam 인양작업중 이탈 - 자재하차 작업중 버켓탈락
4	작업계획의 미작성	12	- 부석정리 작업중 사면붕괴 - 법면 선단부가 침하되면서 백호우가 전도
5	작업지휘자 및 유도자 미배치	12	- 후진하던 백호우에 충돌 - 작업도중 백호우에 보통인부 끼임
합계	.	106	.

※ 한국산업안전공단에서 게시된 재해사례는 복합적인 재해가 포함된 것임.

위의 표 5를 보면 굴삭기 사고 주원인으로 건설기계 작업반경 내에 근로자가 출입하여 발생한 건수가 37건 가장 많은 것으로 분석되었다. 세부내용으로는 후진하는 백호우와

충돌, 작업하던 중 버킷에 작업자 충돌, 백호우와 건물사이에 협착 등으로 분석되었다. 다음으로 주용도 이외의 용도로 사용하여 발생한 사고가 23건으로 많았다. 세부내용으로는 H-형강을 인양하던 중 낙하, 백호우로 물건운반 중 낙하가 있었다. 작업시작 전 점검불량, 작업방법 불량으로 인한 사고 22건, 작업계획의 미작성으로 인한 사고가 12건, 작업지휘자 및 유도자 미배치로 인한 사고가 12건으로 분석되었다.

#### 4.2 굴삭기 작업별 사고 발생원인

굴삭기 작업 형태에 따른 사고 발생원인을 분석해 보면 다음과 같다.

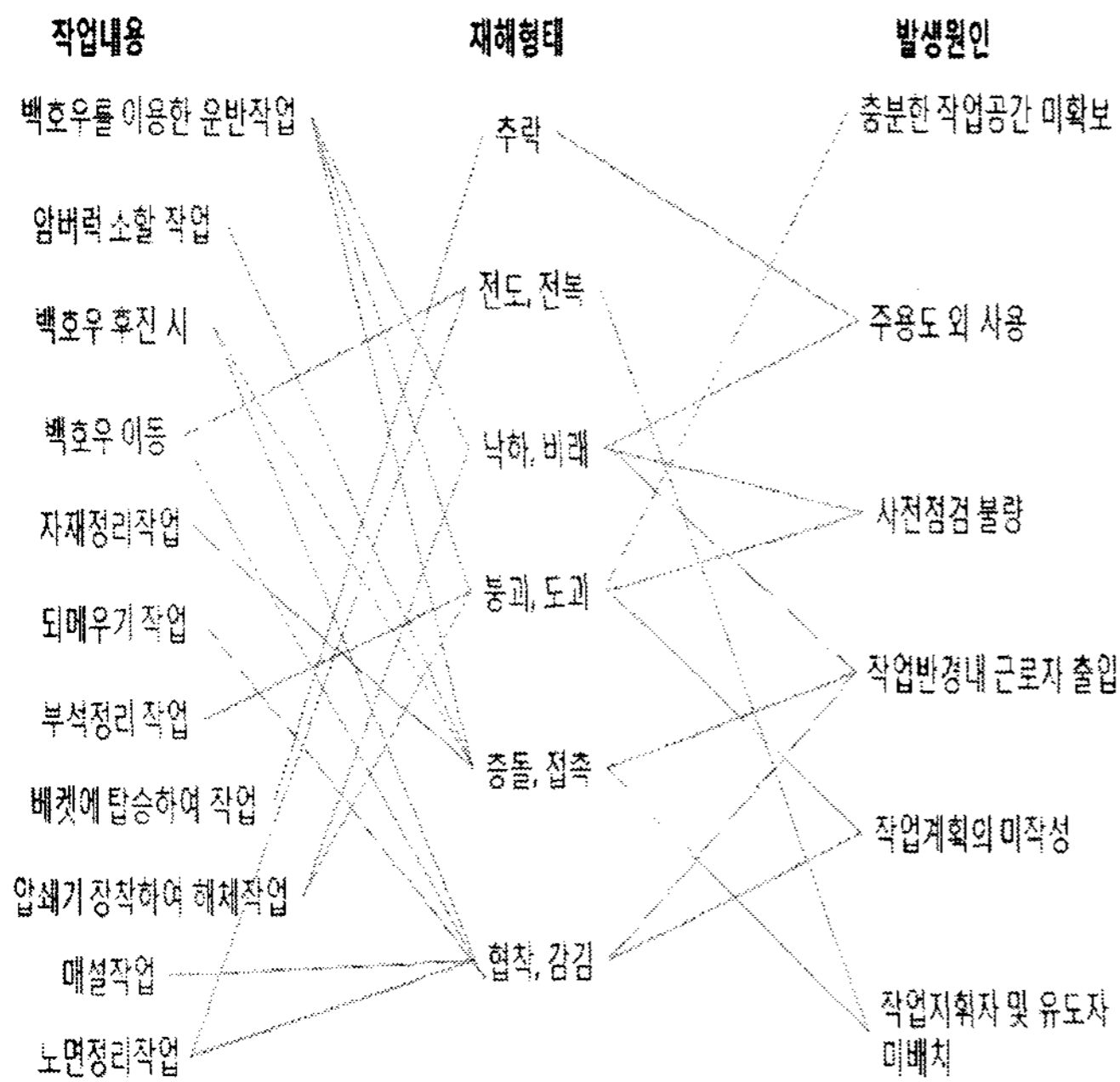


그림 2. 굴삭기 작업별 사고 발생원인

그림 2와 같이 백호우를 이용한 운반작업에서는 낙하·비래, 붕괴·도괴, 충돌·접촉과 같은 재해가 많이 발생하였으며 발생원인은 주용도 외 사용, 사전점검 불량, 작업 반경내 근로자 출입이 사고 원인으로 분석되었다. 백호우 후진 시에는 충돌·접촉, 협착·감김의 재해가 발생하였으며 사고 원인으로서는 작업 반경내 근로자 출입, 작업계획의 미작성, 작업지휘자 및 유도자 미배치가 주요 원인으로 분석되었다. 백호우 이동 시에는 전도·전복, 협착·감김의 재해가 발생하였으며 사고원인으로는 작업지휘자 및 유도자 미배치가 주요 원인으로 분석되었다. 자재정리 작업에서는 충돌·접촉의 재해가 발생하였으며 발생원인으로는 작업반경내 근로자 출입, 작업지휘자 및 유도자 미배치가 주요 원인으로 분석되었다. 퇴메우기 작업에서는 협착·감김의 재해가 발생하였으며 발생원인으로는 작업반경내 근로자 출입, 작업지휘자 및 유도자 미배치가 주요원인으로 분석되었다.

#### 5. 결론

본 연구는 한국산업안전공단 중대재해사례 (94건)를 기반으로 굴삭기의 안전사고 원인을 분석하였다. 연구관련 동향을 살펴본 결과 일반적인 건설 중기계에 관한 연구는 진행되고 있으나 굴삭기에 관한 재해유형 및 세부원인을 분석한 연구는 미흡하여 이에 본 연구의 필요함을 알았다.

굴삭기 재해사례를 분석한 결과 재해 발생 형태는 협착·감김이 41.5%로 가장 많았으며, 다음으로 낙하·비래, 충돌·접촉 순으로 분석되었다.

재해원인 분석결과는 건설기계 작업반경내에 근로자출입으로 인한 사고가 37건으로 가장 많았으며 다음으로 주용도 이외의 용도로 사용함 (23건), 작업시작 전 점검불량, 작업방법 불량 (22건), 작업계획의 미작성 (12건), 작업지휘자 및 유도자 미배치 (12건) 순으로 분석되었다.

이와 같은 결과는 추후 굴삭기 작업의 차후 연구 기초를 정립하고, 안전사고를 줄이는 기대효과를 가질 것이다.

#### 참고문헌

1. 강창희, 신갑철, 김상태, 김용수 (2002). "건설 중기계 운영상의 안전관리 실태 및 개선방안." 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 제3회, 한국건설관리학회, pp. 397~400.
2. 김홍현, 이강 (2007). "크레인 관련 중대재해사례를 통한 재해 유형 및 원인 분석." 한국건축시공학회 학술.기술논문발표회 논문집, 제7권 제1호, 한국건축시공학회, pp. 109~112
3. 양용철, 최훈, 김재준 (2004). "건설공사 안전사고 예방을 위한 안전관리 체크리스트 개선과 공정관리와의 연계운영 방법." 한국건설관리학회 논문집, 제5권 제2호, 한국건설관리학회, pp. 123~131.
4. 한국산업안전공단 (2007). "KOSHA CODE G-8. 산업재해 기록.분류에 관한 지침." <http://www.kosha.or.kr>

---

### Abstract

In line with the construction projects, which have been increasingly getting larger and complex, safety accident has been on the rise, particularly those in association with the construction equipment. In a bid to prevent the safety accident, it's needed to analyze the cause of such accidents. The thesis was intended to identify the cause of safety accident by reviewing the cases of construction disaster compiled by Korea Occupational Safety and Health Agency. The cases subject to study were limited to the accident by excavator. Summarizing the study is as follows.

- 1) Among the cause of accidents caused by excavator were, in order of high frequency, being caught in equipment or machine, falling, being crashed or bumped.
- 2) Among the causes of accident were, in order of high frequency, worker's unauthorized presence within the range of equipment operation. inappropriate use, failure of equipment inspection prior to starting work and inappropriate work method.

The study is highly expected to pave the foundation for further study as well as to make commitment to mitigating the safety accident.

Keywords : Type of disaster, Cause of disaster, Excavator, Cases of severe disaster

---