

이동식 크레인 사고사망재해 심층분석 연구

신운철* · 여현욱* · 권준혁* · 이관형*

*산업안전보건연구원 안전연구실

A study on Cause Analyses of Fatal injuries by the Mobile Cranes

Woon-chul Shin* · Hyun-Wook Yeo* · Jun-hyuck Kwon* · Kwan-Hyung Yi*

*Occupational Safety and Research Bureau, OSHRI

Abstract

In this study, the current regulations to be adequate in industrial site have to be renew in order to prevent the fatal injuries by mobile cranes. Fatal injury analyses were conducted with several accident cases by the mobile cranes. For each accident, the causes of the injuries were examined and proper safety measures were proposed. This study proposed a revision of the standard guideline as an accident prevention measures through in-depth analysis of fatal accidents. First, fatality rate per 10,000 persons by the mobiles cranes was 0.57 in 2011. Second, the in-depth analysis of the mobile crane accidents showed that the main factors of the accidents were the overturn of mobile crane, the fracture of connection part between mobile crane boom and rope, the breaking of rope and the misunderstanding over the signal between a mobile crane driver and workers around a mobile crane. Third, the order of high defection of connecting parts was bucket bolt, bracket and extension parts. Fourth, since there were several cases of overturn of mobile crane by itself in the in-depth analysis of the mobile crane, the over slop-proof device was proposed as the main alternative in this study. Fifth, the revision of standards of safety factor that shall be more than 10, of connecting parts of mobile crane was proposed.

Keywords : Mobile Crane, Slope Protector, Fatality, Accident, Moment Proof Device

1. 서론

이동식 크레인은 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “안전보건규칙”이라 한다.) 제132조에서 양중기의 일종으로 재해예방을 하도록 되어 있다. 우리나라는 OECD 국가 중에서 사고사망만인율이 하위를 나타내고 있어 사망재해 예방이 매우 필요하다. 사망재해 예방을 위해서는 사망재해를 분석하고 그 주요 기인물을

찾아서 대안을 강구해야 할 것이다. 이동식 크레인은 사망재해를 많이 발생시키는 기인물로 되어 있으나 재해예방과 관련한 안전보건규칙의 내용에는 미흡한 실정이다. 아울러 정부와 관계기관에서도 2013년 재해율 0.59에서 2014년 0.53[1]으로 낮추는 등의 사망사고 예방을 위한 노력을 하고 있다.

†Corresponding Author : Kwan Hyung Yi(Ph.D.), E-mail : khyi77@kosha.or.kr, Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA. 400, Jongga-ro, Jung-gu, Ulsan, 444-29, Republic of Korea

Received January 20, 2016; Revision Received March 14, 2016; Accepted March 23, 2016.

사망 사고의 예방은 사고와 연관된 기인물이 있어 사고 예방을 위해서는 이러한 기인물과 관련된 재해를 분석함으로써 재해 원인을 찾을 수 있다. 하지만 구체적인 기인물의 분석이 되어 있지 않아서 기인물의 세부 분석이 필요하다.

선행 연구로는 2013년 김종혁 등은 “차량크레인 전도 사고의 구조 안정성 평가에 관한 법공학적 연구 [2]에서 전복 사망 사고에 대한 시뮬레이션을 실시하고 적재물에 의한 안정성의 문제를 거론한 연구였다.

2008년 백중배는 “기업 내 산재예방사업 활성화를 위한 유인전략 연구[3]”에서는 산재예방시설에 대하여 투자하는 경우 인센티브 확대 방안의 마련과 제조업의 사망재해 현황에 따른 차등관리 방안을 강구하자는 내용이었으나, 세부 사망재해의 분석에 대한 구체적인 재해예방 방안의 제시는 미흡했다.

이 연구에서는 사망사고 예방의 일환으로 이동식 크레인에 대하여 재해 발생 원인을 찾기 위해 재해분석을 실시하고, 그 원인에 따른 재해예방 방안을 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

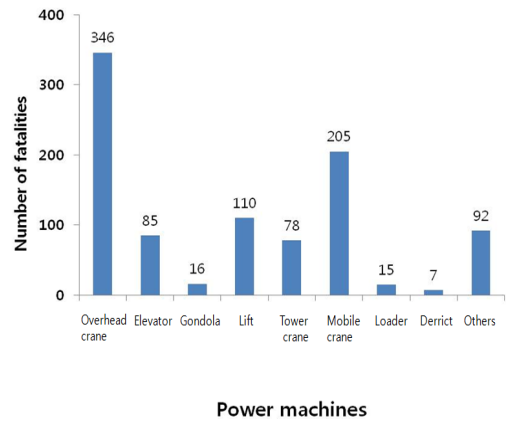
연구 방법으로 이동식 크레인의 재해를 심층분석 하기 위해 사용된 자료는 산재요양서의 내용을 활용하고 중대재해 조사 보고서를 참조하였다.

또한 발생형태별이나 사고 사고사망만인을 등은 산업재해 현황 분석 자료로 2003년부터 2013년까지의 현황을 활용하였다[1].

심층 재해분석 결과로 재해예방에 적합한 공학적 대책으로는 과경사 방지 장치를 제안하였다. 과경사 방지 장치는 주로 이동식 크레인에 있어서 전복되는 것을 사전에 경보되고 전복을 막기 위해 전원을 차단하는 기능을 갖는 것으로 하였다. 전원 차단하는 기능은 크레인 방호장치와 일맥 상통하는 안전기능을 따랐다. 이동식 크레인의 재해예방에서 재해예방의 실효성을 추구하기 위한 방안으로 산업안전보건 기준에 관한 규칙 내용에서 이동식 크레인에 대한 심층 분석 결과의 내용에 대해 개정안을 제시하였다.

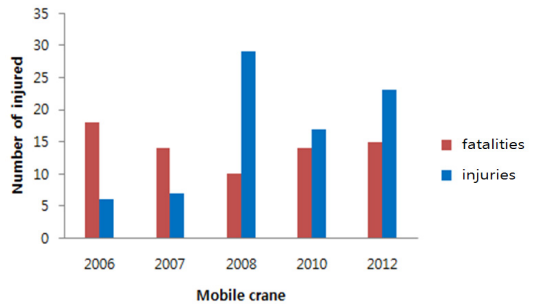
3. 이동식 크레인 재해 발생 심층분석

이동식 크레인의 심층 분석을 하기 위하여 사망사고와 관련된 재해조사 보고서를 참조하였다.



[Figure 1] Status of accident types

2003년부터 2012년까지 최근 10여년 간의 동력기계에서의 사망재해에서 보면 Fig.1과 같다. 이동식 크레인은 동력기계 중 두 번째로 많은 사망자인 것으로 나타났다[4,5]. 2006년부터 2012년까지의 총 59건에 대한 이동식 크레인에 대한 연도별 재해현황은 Fig.2와 같다.



[Figure 2] Injuries by the mobile cranes (2006~2012)

이동식 크레인은 매년 12건 정도의 사망자가 발생된 것으로 나타났으며 이동식 크레인은 업무상 사고 사고사망만인은 2011년을 기준하여 0.57이었다. 이는 동력기계기구중에서 재해율이 높은 비율인 것으로 나타났다.

이동식 크레인의 구분에는 트럭크레인(일명 트럭 탑재형 크레인 또는 카고크레인), 크롤러크레인, 휠크레인이 있다.

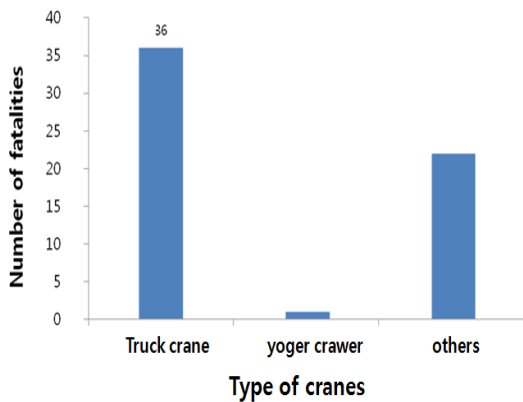
이동식 크레인 종류별 사망자 현황은 Fig. 3과 같다. 이 그림에서 보면 이동식 크레인의 종류별로 보았을 때 휠 크레인에 대한 재해는 없었다. 크롤러 크레인이 1건으로 나타났으며, 트럭 크레인이 대부분을 차지하고 있었다.

이중 재해발생율이 가장 높은 건설기계는 트럭크레인으로 5년간 이동식 크레인 관련 사망재해 59명중 34명(59.6%)이 트럭크레인 사용 작업 중 발생되었다.

이동식 크레인 사용 작업이 주로 줄걸이를 활용한 양중 작업이나 작업대를 활용하는 고소작업용으로 사용되고 있어 관련된 재해가 많이 발생하고 있다. 이동식 크레

인에서 작업대를 부착하여 사용중 작업대 연결부 불량 등에 의한 떨어짐 재해로 다수의 근로자가 동시에 사망 또는 부상당하는 사례를 많이 포함하고 있다.

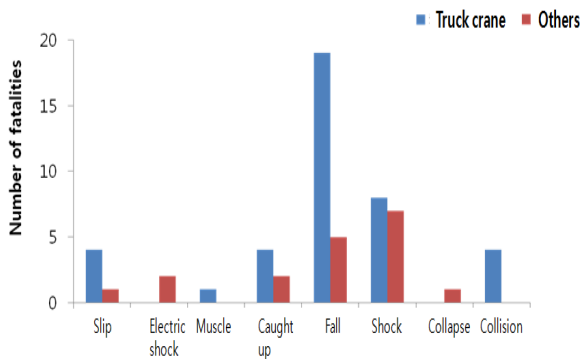
기타로 나타난 것은 약 30%를 차지하고 있었으나, 이번 연구가 실태조사를 포함하고 있지 않아서 기타로 된 것에 대해서는 세분하지는 않았다. 차후에는 실태조사를 포함한 구체적인 가해물 등을 포함하여 분석이 필요하다. 하지만, 재해가 발생되었던 현장의 경험자에 의하고 이동식크레인의 제조사에 의하면 대부분이 트럭크레인인 것으로 추측된다. 따라서 기타에 대한 부분도 대부분이 트럭크레인으로 유추되어 더 세분성을 고려하지는 않았다.



[Figure 3] Status of the mobile crane types

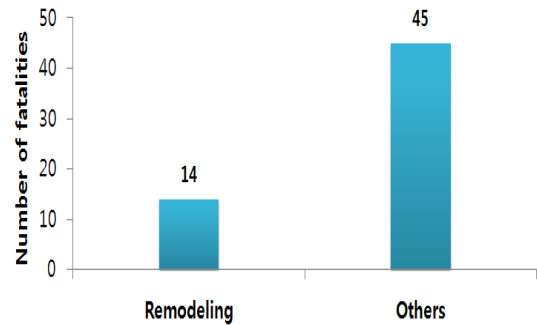
발생형태별로 분석한 것은 Fig. 4와 같이 나타내었다. Fig. 4에서 보면, 떨어짐은 40%로 가장 많았고, 다음은 맞음이 27%로 많았다. 이동식크레인에서는 떨어짐과 맞음의 재해가 많은 것으로 나타났다. 이동식 크레인 작업에서 맞음에 대한 내용은 작업 중에 물체의 날아오름이나 이동식 크레인의 회전시에서 발생하는 맞음으로 이해될 수 있다.

실제로는 떨어짐이 제일 많은 것으로 나타났다.



[Figure 4] Status of occurrence form by the mobile crane type (2006~2012)

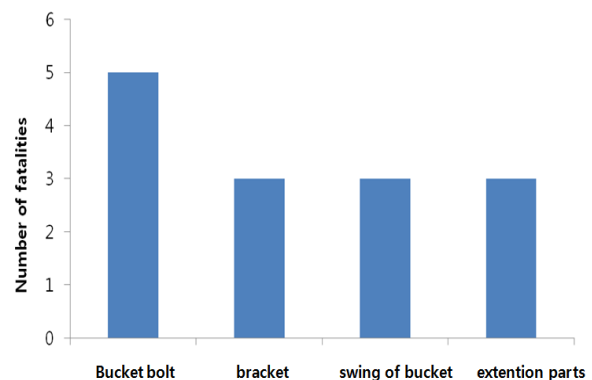
사용용도에 대한 현황은 Fig.5와 같이 나타났다.



[Figure 5] Function of using

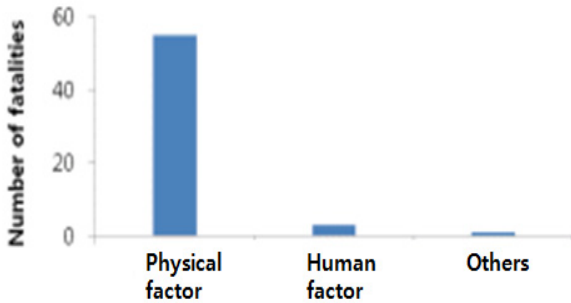
이동식 크레인작업에서 떨어짐은 운전을 위한 운전자가 떨어지거나 작업자가 트럭위에 올라갔다가 떨어지는 것으로 나타났다. Fig. 5의 현황을 보면 실제 떨어짐은 작업자였고 작업자가 현장 여건에 맞는 작업을 하는 과정에서 고소작업대로 작업을 실시하여야 할 것을 이동식 크레인을 개조하여 작업을 하다가 사고가 발생된 것이다. 이는 이동식크레인을 현장 작업에 맞게 작업자 승용작업대를 설치하고 작업을 수행하다가 사고가 발생된 것이다. 이동식 크레인은 승용작업보다는 하물민의 작업을 하여야 하나 승용 작업을 수행하다가 사고가 발생된 것으로 나타났다. 이 현상으로 감독이나 제도로 철저히 하여 승용이 불가토록 하거나 아니면 현장 여건에 맞게 작업대 구조로 변경하여 할 수 있도록 제도화하여야 한다.

Fig. 6은 이동식 크레인에서 작업대 탑승 중 흔들림이나 끼임에 의한 재해가 많아, 이동식 크레인의 연결부분의 결함에 대하여 좀 더 상세하게 가해물을 분석을 하였다. 연결부의 연결부재로는 버킷볼트, 브라켓, 연결재 및 버킷흔들림으로 구분 지을 수 있는데 이중에서 버킷용 볼트 파단이 가장 많았다. 또한 브라켓이 다음으로 많은 것으로 나타났다. 이는 주로 소재의 강도부족이 주요 요인으로 나타났다.



[Figure 6] Defection of connecting parts by the mobile crane

Fig. 7은 불안정한 상태에 대하여 재해를 분석한 결과 물적요인이 93%, 인적요인이 5%, 기타가 2%인 것으로 나타났다. 이러한 결과는 1980년대의 전체 산업을 대상으로 한 원인분석의 하인리히[6] 결과와는 비교하기는 어려운 점이 있으나 장비를 사용하는 특정 작업에서의 물적 재해예방의 방안을 제시함이 필요하므로 나타났다. 이번 결과의 물적요인에 대한 재해예방으로는 공학적 대책이 필요하다.



[Figure 7] Causes of unsafe status

물적 요인 중에 이동식 크레인이 전복되어 재해가 발생된 사례가 있었다. 전복을 방지하기 위하여 과경사 방지 장치를 개발하였다[7]. 과경사 방지 장치는 Fig. 8과 같다. 이동식 크레인에 전복되는 것을 방지하기 위해 이동식크레인 작업 중에 기울어지기 시작하여 어느 정도 기울어짐의 안정성을 확보하기 위해 정해놓은 한계점의 경사가 되지 않도록 경사를 감지하여 운전자에게 경고 또는 시각적으로 알림 장치이다. 현재 설치되어 있는 같은 기능을 하는 각도 센서 등은 아날로그 방식이어서 인지하기 위하여 일일이 보아야 하고 기계의 정도가 적다. 개발한 과경사 방지장치는 디지털방식으로 인지가 명확하도록 경고 장치 및 LED표시 장치를 하였고 자이로스코프 센서를 이용하여 정확도를 높였다. 과경사 방지장치의 구성은 Fig. 8에서 보여주듯이 황색센서부와 본체로 구성된다. 본체는 몸체인 케이스와 내부 회로로 구성된 시스템으로 구성되어 있다. 내부 시스템은 전원부 회로도, 센서통신회로도, CPU 회로도, 경보장치회로도 등이 있다. 케이스는 가로, 세

로, 높이가 L150x100x50 cm 정도의 크기로 가급적 작게 만들었고, 방진을 고려하여 접합부에는 고무 패킹을 사용하였다. 정밀도는 0.1도로, 일반 작업장에서 사용시에 요구되는 정도가 이보다 10배는 크므로 사용하면서 경사의 요구 수준으로는 충분하였다.

경보 장치 회로도에서 출력되는 신호는 이동식 크레인의 주 전원의 차단에 활용될 수 있도록 회로를 구성하여 일반 이동식 크레인에 범용토록 하였다. 이 장치는 주문제작하여 현장에 적용하였으며 사용상에는 문제점이 발견되지 않았다.



[Figure 8] Overview of the over-slop-proof device

4. 산업 안전보건 기준에 관한 규칙(안전보건규칙) 개정(안)

이동식 크레인에 있어서 크레인 자체의 전복을 예방하기 위한 방안으로 과경사 방지장치의 설치에 대한 안전보건규칙[8] 개정안으로 Table 1과 같이 제시하였다. 이는 이동식 크레인의 작업을 함에 있어서 아웃리거 등을 사용함에도 과부하시 또는 부등침하 등으로 인하여 이동식 크레인 자체가 전복되어 재해가 발생되므로 이를 방지하기 위해 이동식 크레인 자체적으로 수평을 유지하는 모멘트 시스템을 설치하거나 과경사를 감지하여 경보해주는 장치로 안정성을 확보하여 전복을 방지코자 한다.

<Table 1> Proposed revision of standard on article 150.

Current law	Revision
Article 150 (restriction on tile angle) An employer shall use a mobile crane within a range of tile angle of a mobile crane(In case of a jib crane whose lifting load is less than 3 tons, tile angle of a mobile crane designed by the manufacturer shall apply) written on a mobile crane detail. (new establishment)	Article 150 (restriction on tile angle) ①An employer shall use a mobile crane within a range of tile angle of a mobile crane(In case of a jib crane whose lifting load is less than 3 tons, tile angle of a mobile crane designed by the manufacturer shall apply) written on a mobile crane detail. (new establishment) ② An employer shall use a over slope proof device or a moment proof device.

Table 2는 이동식크레인의 작업대의 떨어짐을 방지하기 위한 방안으로 떨어짐의 주요 문제가 붐과 달기구의 연결부이므로 연결부재의 안전성에 대한 안전보건규칙 개정(안)을 제시하였다.

이는 이동식 크레인에서 현장 작업 여건상 작업대와 같은 기능이 필요하므로 작업대에 대하여 고소작업대와 같은 기준으로 적합한 기준을 이동식크레인에도 적용하여야 함이 타당한 것으로 사료된다.

이동식 크레인에서 주요 재해 원인이 붐과 달기구의 연결부재에 있는 볼트, 브라켓 등에서 파단 되어 발생되고 있어 이에 대한 구체적인 내용을 넣었다.

<Table 2> Proposed revision of standard on article 163.

Current law	Revision
Article 163 (safety factors of hanging apparatus such as wire rope) ① An employer shall not use safety factors of hanging apparatus such as wire rope, etc of a lifting machinery(hanging apparatus breaking load value divided by maximum load value of its hanging apparatus) in cases where it fails to satisfy standard falling under any of the following subparagraphs: 1. ~ 4. (omission) ② (omission)	Article 163 (safety factors of hanging apparatus such as wire rope) ① An employer shall not use safety factors of hanging apparatus or connection parts between boom and hanging apparatus such as wire rope, etc of a lifting machinery(hanging apparatus breaking load value divided by maximum load value of its hanging apparatus) in cases where it fails to satisfy standard falling under any of the following subparagraphs: 1. ~ 4. (omission) ② (omission)

Table 3은 이동식 크레인에 사용되는 방호장치의 기능을 확보하기 위해 해당 방호장치의 점검이 이루어지도록 안전보건규칙 개정(안)을 제시하였다. 이는 이동식 크레인에서 사고예방에 가장 중요한 방호장치에 대하여 작업 시작 전에 점검하여 재해를 예방토록 하기 위함이다.

또한, 설계 사양 사용기준에 적합하지 않은 경우에는 로프의 파단 등이 발생되므로 이를 방지하기 위함이다.

<Table 3> Proposed revision of standard on article 35.

Current law	Revision												
<p>Article 35</p> <p>(supervisor's harm and hazard prevention duties, etc)</p> <p>① (omission)</p> <p>② An employer shall ask the supervisor to check the necessary matters prior to starting work under the conditions prescribed by Table 3 work.</p> <p>③ (omission)</p>	<p>Article 35</p> <p>(supervisor's harm and hazard prevention duties, etc)</p> <p>① (omission)</p> <p>② An employer shall ask the supervisor to check the necessary matters prior to starting work under the conditions prescribed by Table 3 work.</p> <p>③ (omission)</p>												
[Table 3]	[Table 3]												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>kind of works</th> <th>contents</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. ~ 4. (omission)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5. Work using a mobile crane (Sub-sec: tion 3, Section 9, Chapter 1, Part 2)6.~18. (omission)</td> <td>가. ~ 다. (omission) 라. (new establishment) 마. (new establishment)</td> </tr> </tbody> </table>	kind of works	contents	1. ~ 4. (omission)		5. Work using a mobile crane (Sub-sec: tion 3, Section 9, Chapter 1, Part 2)6.~18. (omission)	가. ~ 다. (omission) 라. (new establishment) 마. (new establishment)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>kind of works</th> <th>contents</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. ~ 4. (omission)</td> <td>가. ~ 다. (omission)</td> </tr> <tr> <td>5. Work using a mobile crane (Sub-sec: tion 3, Section 9, Chapter 1, Part 2)6.~18. (omission)</td> <td>라. <u>Function of overload proof devices or over slope proof device</u> 마. <u>Establishment of wire rope adapted design specification or using apparatus</u></td> </tr> </tbody> </table>	kind of works	contents	1. ~ 4. (omission)	가. ~ 다. (omission)	5. Work using a mobile crane (Sub-sec: tion 3, Section 9, Chapter 1, Part 2)6.~18. (omission)	라. <u>Function of overload proof devices or over slope proof device</u> 마. <u>Establishment of wire rope adapted design specification or using apparatus</u>
kind of works	contents												
1. ~ 4. (omission)													
5. Work using a mobile crane (Sub-sec: tion 3, Section 9, Chapter 1, Part 2)6.~18. (omission)	가. ~ 다. (omission) 라. (new establishment) 마. (new establishment)												
kind of works	contents												
1. ~ 4. (omission)	가. ~ 다. (omission)												
5. Work using a mobile crane (Sub-sec: tion 3, Section 9, Chapter 1, Part 2)6.~18. (omission)	라. <u>Function of overload proof devices or over slope proof device</u> 마. <u>Establishment of wire rope adapted design specification or using apparatus</u>												

5. 결론

업무상 사고 사고사망만인율을 감소하기 위해 많은 노력을 기울이고 있으며, 이동식 크레인은 사망사고율이 높은 기계이다. 이 연구는 사망재해에 대한 심층 분석을 통하여 재해예방 방안으로 실용적인 예방대책과 안전보건규칙의 개정안 등을 제시하였다.

첫째로, 이동식 크레인은 업무상 사고 사고사망만인율은 2011년을 기준하여 0.57이었다. 이는 동력 기계 기구중에서 만인율이 2위로 나타났다.

둘째, 이동식 크레인에 대한 심층 재해분석을 하여 보면, 주요 내용으로는 이동식 크레인의 전복, 이동식 크레인 붐과 로프 사이의 연결부재 파단, 로프의 파단 및 운전자와 주변 작업자 간의 신호소통상에 의한 사고가 주요 요인이었다.

셋째, 연결부분의 결함으로는 버킷볼트, 브라켓, 연장재의 순으로 나타났다.

넷째, 이동식 크레인의 심층 분석에서 이동식 크레인의 자체가 전복되는 현상이 있었으며 주요 대안으로 과경사 방지장치를 제안하였다.

다섯째, 이동식 크레인의 와이어 로프의 파단 방지 차원의 규정화를 위해 연결부재의 안전계수를 10이상으로 하도록 산업안전보건 기준에 관한 규칙의 개정안을 제안하였다.

여섯째, 사용시에는 작업 전에 설계사양에 맞는 점검이 이루어지도록 관련 규정의 개정안을 제시하였다.

6. References

[1] Department of Employment and Labor (2003~2014), "Site Analysis of Industrial accidents"

[2] Jong-Hyuck Kim, Ui-Soo Kim (2013), "Method engineering research about

- Structural Safety Evaluation of vehicles falling crane accident", Journal of the Korea Society of Safety, 28(3):11-17
- [3] Jong-Bae Baek, Dong-Wook Im, Lin-Ki Hong(2008), "Incentives for Strategic Studies For Industrial accident prevention program enabled in enterprise", Report of Occupational Safety and Health Research Institute, pp6-132
- [4] Jae-Hee Park(2014), "Research about Prevention of Overhead crane jamming incidents", Report of Occupational Safety and Health Research Institute, pp9-13
- [5] Occupational Safety and Health Research Institute.(2011, 2013, 2015), "Analysis of Fatalities by Occupational Accidents in 2011", Report of Occupational Safety and Health Research Institute. pp16-46
- [6] H.W.heinrich(1978), "Industrial accident prevention: A safety management Approach. fifth edition", MCGRAW-HILL book company, pp452-728
- [7] Woon-Chul Shin, Hyun-Wook Yeo, Jun-Hyuck Kwon(2014), "A study on Cause Analyses of Fatal injuries by the Mobile Cranes.", Report of Occupational Safety and Health Research Institute, pp8-42
- [8] "Occupational safety and Health act article 35, 150 and 163", Ministry of Employment and Labor. 2015

저 자 소 개

신 운 철(Ph.D.)



현재 한국산업안전보건공단 산업 안전보건연구원 안전연구실에서 실장으로 근무. 공단 근무 경력 28년.
단국대학교 대학원 기계공학과 박사(열유체전공)
관심분야 : 열유체 전공 분야 및 산업안전 재해예방 연구 등.

권 준 혁



현재 한국산업안전보건공단 산업 안전보건연구원 안전연구실에서 근무.
공단 근무 경력 13년.
영남대학교 건축공학과 석사
미시간대학교 토목공학과 석사
관심분야: 건설안전 및 인간공학 분야 등

여 현 욱



경북대학교 기계공학과를 졸업하고 Portland State University에서 기계공학과 석사(MS)를 취득하였으며 현재 산업안전보건연구원 에 재직하고 있다.
관심분야 : 기계안전, 기계공학, 시스템안전 등이다

이 관 형(Ph.D.)



안전보건공단 산업안전보건연구원 안전연구실에서 연구위원으로 재직,
관심분야는 안전보건정책·제도 개선, 안전보건규제, 안전경영 및 안전문화