

## An Analysis of Characteristics of Machine Safeguarding in Industrial Accidents

Gukho Gil

Samsung Electronics, Design Corporation Center, Seoul, 06765

### 산업재해에서 안전방호장치의 특성 분석

길 국 호

삼성전자 디자인경영센터

#### Corresponding Author

Gukho Gil

Samsung Electronics, Design Corporation  
Center, Seoul, 06765

Mobile : +82-10-3496-1129

Email : gil.gukho@gmail.com

Received : October 30, 2017

Revised : November 01, 2017

Accepted : November 27, 2017

**Objective:** The aim of this study is to understand the industrial accident characteristics related to machine safeguarding and to present basic guidelines applying suitable machine safeguarding.

**Background:** Inadequate machine safeguarding can often lead to fatal injuries and deaths. Injury statistics from Korea occupational safety and health agency indicates that there are approximately eleven percent of inadequate machine safeguarding during 2014. Furthermore, the incidence rates in 2014 shows larger incidence rates than 2012. Therefore, the safeguarding should be considered very carefully in terms of industrial types, accident patterns and causing factors.

**Method:** This study analyzed the data of industrial injuries and deaths of 8,624 workers that have been approved as on-duty industrial accidents in 2014. The accident characteristics have been examined by each industrial type, accident pattern and causing factor which has been categorized by safeguarding equipped or not.

**Results:** The characteristics of industrial accidents by types of industry, accident pattern, causing factors showed that there were differences in terms of accident rates between safeguarding equipped and not-equipped. Moreover, there were differences in terms of accident rates with safeguarding equipped between industrial accidents in 2012 and 2014.

**Conclusion:** Machine safeguarding is the first thing to eliminate the hazards from the workplace that can lead the greatest impact on severity of harm. For this purpose, safety climate should be considered that safety is not only responsible for the safety supervisor but also responsible for all workers, especially in construction and manufacturing industries.

**Application:** The results of this study can be used as baseline data to establish the systematic preventative guidelines and policies for machine safeguarding in occupational safety and health.

**Keywords:** Industrial accidents, Machine safeguarding, Occupational safety and health

Copyright©2017 by Ergonomics Society of Korea. All rights reserved.

© This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. Introduction

산업안전보건은 산업재해를 예방하고 쾌적한 산업 환경을 조성함으로써 근로자의 안전과 보건을 유지 및 증진함을 목적으로 하며, 이를 통해 기업의 경쟁력 뿐만 아니라 올바른 직업 문화를 정착시키는 데에도 중요한 역할을 한다(Occupational Safety and Health Act, 2017). 특히, 산업안전은 "산업별 위험 요인을 파악하고 이를 사전에 제거하거나 이러한 위험 요인들로부터 작업자를 격리시키고 방호하며 적절한 경고, 표시 등의 종합적인 관리를 포함하고 있다"(Lee, 1996).

이러한 산업안전에서 작업장 안전확보를 위해 다양한 요소들이 함께 고려되어 연구되어지고 있는데, 위험 환경 작업을 위한 지능형 로봇 및 건설시공 기계화 기술(Fukui et al., 2016), 안전평가지표(Kim and Kim, 1999; Park and Lee, 2015), 작업장 위험 요소 센싱 및 제어 기술(Reddy et al., 2016), 위험 기계 방호장치 기술 개발(Roudebush, 2005), 스트레스와 안전행동(Nahrgang et al., 2011), 인간공학작업 환경(Jung, 1992; Kim, 2008), 첨단 개인보호구(Lee et al., 2015) 등이 활발히 연구 진행되고 있다. 무엇보다 작업을 위한 기계장치를 안전하게 디자인 하는 것이 가장 중요하지만, 만약 이를 달성하지 못한다면 여러 핵심 요소 중 방호장치(machine safeguarding)가 가장 먼저 고려되어야 하는 요소이다(Roudebush, 2005).

방호장치는 안전한 작업장을 만들기 위해 가장 먼저 기계적인 위험이나 설비로부터 작업자를 안전하게 보호하는 장치로써, 가장 기본적으로는 작업점에서의 불완전한 요소를 최소화 하기 위한 고정보호장치, 인터락장치, 조정장치, 그리고 각종 보호장치 등을 설치하여 활용하고 있다(Goetsch, 2011). 대한민국 산업안전보건법 제33조에서도 동력으로 작동하는 기계장치들을 방호조치를 통해 안전하게 양도, 대여, 설치하여 사용할 수 있도록 하였으며, 시행령 27조에서는 방호조치가 필요한 기계 및 기구를 정의하여 위험기계기구의 방호장치를 통해 사용자를 안전하게 방호하려 하고 있다.

2014년 산업재해현황을 보면, 산업재해보상보험법에 의해 보상 받은 업무상사고 재해자 78,749명 중 업무상사고 부상자는 7,795명이며, 사망자는 829명 등 총 9,624명에 이른다. 전체 산업별 사고부상자 7,795명 중 제조업 1,949명, 건설업 1,672명 순으로 높은 재해율을 보였다. 재해발생형태에서는 물체 및 설비에 접촉이 88.8%로 대부분을 차지하였으며, 기인물별 현황에서는 건축물·구조물 및 표면이 40.2%의 재해율을 보이는 것으로 나타났다. 이중 안전·방호장치 설치대상이 작업 중 재해가 발생할 경우는 15.9%로 분석되었다. 또한, 2014년 전체 업무상사고는 감소하였지만 방호장치 설치대상의 작업 중 재해 발생율이 2012년 대비 4.3% 포인트 상승한 것으로 나타났다. Byun et al. (2017)은 이러한 산업재해현황 자료를 기반으로 음식배달 종사자의 오토바이 사고 특성을 운전자 관련 요인과 사고 관련 요인으로 나누어 특성을 분석하였으며, Yang et al. (2017)은 자동차 부품 제조 현장의 사고 자료를 기반으로 작업자 관련 요인과 사고 관련 요인으로 나누어 재해 특성을 분석하였다. 이러한 연구는 동일 직종에 종사하는 작업자들을 대상으로 하는 재해 특성 분석을 통해 재해예방대책을 수립하는데 많은 기여를 하였다. 하지만, 전체 산업/재해/기인물을 대상으로 산업재해가 빈번하게 발생하는 방호장치에 대한 연구가 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 방호장치의 산업재해 특성을 분석함으로써, 작업장 안전을 위한 방호장치의 산업/재해/기인별 특성을 이해함과 동시에 산업재해예방을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

## 2. Method

본 연구에서는 산업재해보험 보상을 받은 일부 재해자에 대한 업무상사고 부상·사망의 원인 분석 자료를 대상으로 한다(KOSHA, 2014). 따라서, 산업재해로 인정된 재해자만을 대상으로 하므로, 산업재해보험에 등록되지 않은 업무상사고는 포함되지 않는다. 전체 분석대상은 2014년 1월 1일부터 2015년 3월 31일까지 재해자에 한하며, 업무상사고 부상자 7,795명과 사망자 829명으로 구성되었다.

본 연구에서는 방호장치에 관한 특성을 산업재해원인조사 보고서를 이용하여 도출하였다. 이 분석에서는 산업재해원인을 방호장치의 설치대상과 설치비대상에 대한 산업별, 재해별 그리고 기인별로 나누어 조사하였다. 방호장치 설치대상의 경우, 재해를 유발하는 설비·기계 등에 안전·방호장치(설비)를 설치하여 재해를 예방할 수 있었는가를 설치대상으로 분류하여 조사되었다. 2014년 전체 부상자 중 설치대상에 대한 부상자 1,237명, 사망자 382명, 비설치대상에 대한 부상자 6,558명, 사망자 382명으로 구성되었다. 산업별 요인은 건설업, 제조업, 농업·임업 등이며, 재해 요인은 물체 및 설비에 접촉, 불균형 동작, 유해 위험물질 환경에 노출 및 접촉, 화재 등 특정

사고 등이며, 기인물은 설비기계, 휴대용 및 인력용 기계 기구, 부품 부속물 및 재료, 건축물·구조물 및 표면 등이 있다. 본 연구에서는 방호장치 설치대상과 설치비대상의 재해 정도(부상/사망)에 따라 산업별, 재해별, 기인별 분포에 차이가 있는가를 카이 제곱 검정을 통해 분석한다. 이를 통해 설치비대상의 방호장치 설치를 위한 산업 분야를 선정하고, 재해 특성 및 기인물을 파악하여 방호장치 설계에 대한 기초 자료로 활용될 수 있다. 또한 2012년도의 산업재해원인조사 결과와 2014년도의 결과를 비교하여 2008년 이후 감소하던 방호장치 설치대상의 업무상사고가 2014년도에 다시 증가하게 된 특성을 2012년도와 2014년도의 분포 차이(카이제곱) 검정을 통해 분석하였다. 2012년도의 경우 전체 부상자 8,338명, 사망자 1,062명이며, 설치대상에 부상자 970명, 사망자 610명으로 구성되었다.

### 3. Results

#### 3.1 Characteristics of industrial accidents by machine safeguarding

##### 3.1.1 Characteristics by industry types

Table 1은 산업별 방호장치 설치대상 및 설치비대상에 대한 특성을 나타내고 있다. 산업별 방호장치 설치대상 및 설치비대상의 부상( $\chi^2=459.03$ ,  $df=18$ ,  $p<0.001$ ) 및 사망( $\chi^2=96.369$ ,  $df=18$ ,  $p<0.001$ )에 대한 재해자 분포는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

방호장치 설치대상의 산업별 재해자 분포를 보면, 건설업(부상: 37.2%, 사망: 53.9%)과 제조업(부상: 33.5%, 사망: 27.0%)이 가장 높은 재해율을 보였으며, 특히 건설업이 사망에 대한 재해율이 높은 것으로 나타났다. 세부 산업분류에서 건설업(전체 460건)의 부상율을 보면, 종합건설업 307건(67%), 전문직별공사업 152건(33%) 순으로 높은 재해율을 보였으며, 제조업(전체 414건)은 기타 기계 및 장비 제조업 56건(13.5%), 고무제품 및 플라스틱제품 제조업 49건(11.8%) 순으로 높은 재해율을 보였다. 사망의 경우 건설업(전체 206건)은 종합건설업 141건(68.4%), 전문직별공사업 64건(31.1%) 순으로 높은 재해율을 보였으며, 제조업(전체 103건)은 기타운송차비 제조업 14건(13.6%), 금속가공제품 제조업 13건(12.6%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다.

방호장치 설치비대상의 경우, 건설업(부상: 18.5%, 사망: 35.8%)과 제조업(부상: 23.4%, 사망: 21.0%)이 가장 높은 재해율을 보였으며, 운수업(11.4%)의 경우 설치비대상에서 사망자가 높게 나타났다. 세부 산업분류에서 건설업(전체 1,212건)은 종합건설업 785건(64.8%), 전문직별공사업 427건(35.2%) 순으로 높은 부상율을 보였으며, 제조업(전체 1,535건)은 기타 기계 및 장비 제조업 174건(11.3%), 고무제품 및 플라스틱제품 제조업 160건(10.4%) 순으로 높은 부상율을 보이는 것으로 나타났다. 운수업(전체 367건)의 부상은 육상운송 및 파이프라인 운송업 225건(61.3%)이 가장 높은 재해율을 보였다. 사망의 경우 건설업(전체 1,212건)은 종합건설업 785건(64.8%), 전문직별공사업 427건(35.2%) 순으로 높은 재해율을 보였으며, 제조업(전체 1,535건)은 기타 기계 및 장비 제조업 174건(64.8%), 고무제품 및 플라스틱제품 제조업 160건(10.4%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다. 운수업(전체 367건)은 육상운송 및 파이프라인 운송업 225건(61.3%)으로 높은 사망율을 보이는 것으로 나타났다.

**Table 1.** Incident rates by industry types

Industry types	Injury		Death	
	Equipped (%)	Not equipped (%)	Equipped (%)	Not equipped (%)
농업, 임업 및 어업	99 (8.0%)	391 (6.0%)	20 (5.2%)	19 (4.3%)
광업	14 (1.1%)	98 (1.5%)	3 (0.8%)	8 (1.8%)
제조업	414 (33.5%)	1,535 (23.4%)	103 (27.0%)	94 (21.0%)
전기, 가스, 증기 및 수도 사업	9 (0.7%)	43 (0.7%)	1 (0.3%)	3 (0.7%)
하수·폐기물, 원료재생 및 환경복원	14 (1.1%)	125 (1.9%)	12 (3.1%)	16 (3.6%)

**Table 1.** Incident rates by industry types (Continued)

Industry types	Injury		Death	
	Equipped (%)	Not equipped (%)	Equipped (%)	Not equipped (%)
건설업	460 (37.2%)	1,212 (18.5%)	206 (53.9%)	160 (35.8%)
도매 및 소매업	52 (4.2%)	447 (6.8%)	4 (1.0%)	13 (2.9%)
운수업	26 (2.1%)	367 (5.6%)	4 (1.0%)	51 (11.4%)
숙박 및 음식점업	28 (2.3%)	631 (9.6%)	1 (0.3%)	35 (7.8%)
출판·영상·방송통신 및 정보서비스업	2 (0.2%)	54 (0.8%)	0 (0.0%)	2 (0.4%)
금융 및 보험업	2 (0.2%)	82 (1.3%)	0 (0.0%)	1 (0.2%)
부동산업 및 임대업	24 (1.9%)	220 (3.4%)	3 (0.8%)	11 (2.5%)
전문, 과학 및 기술 서비스업	8 (0.6%)	67 (1.0%)	2 (0.5%)	1 (0.2%)
사업시설관리 및 사업지원 서비스업	54 (4.4%)	561 (8.6%)	12 (3.1%)	18 (4.0%)
공공행정, 국방 및 사회보장행정	1 (0.1%)	69 (1.1%)	1 (0.3%)	4 (0.9%)
교육서비스업	5 (0.4%)	116 (1.8%)	2 (0.5%)	1 (0.2%)
보건업 및 사회복지 서비스업	6 (0.5%)	343 (5.2%)	1 (0.3%)	2 (0.4%)
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	5 (0.4%)	62 (0.9%)	1 (0.3%)	4 (0.9%)
협회 및 단체, 수리 및 개인서비스업	14 (1.1%)	133 (2.0%)	6 (1.6%)	4 (0.9%)
Total	1,237 (100%)	6,558 (100%)	382 (100%)	447 (100%)
Statistical test	$\chi^2=459.03$ , $df=18$ , $p<0.001$		$\chi^2=96.369$ , $df=18$ , $p<0.001$	

농업, 임업 및 어업: agriculture, forestry and fishery; 광업: mine; 제조업: manufacturing; 전기, 가스, 증기 및 수도 사업: electricity, gas, steam and water supply business; 하수·폐기물, 원료재생 및 환경복원: sewage·waste, recycling of raw materials and restoration of environment; 건설업: construction; 도매 및 소매업: wholesale and retail; 운수업: transportation; 숙박 및 음식점업: accommodation and restaurant business; 출판·영상·방송통신 및 정보서비스업: publishing·video·broadcasting communication and information service; 금융 및 보험업: finance and insurance; 부동산업 및 임대업: real estate and leasing business; 전문, 과학 및 기술 서비스업: professional, scientific and technical services; 사업시설관리 및 사업지원 서비스업: business facility management and support services; 공공행정, 국방 및 사회보장행정: public administration, defense and social security administration; 교육서비스업: education service; 보건업 및 사회복지 서비스업: health and social welfare service; 예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업: arts, sports and leisure services; 협회 및 단체, 수리 및 개인서비스업: associations and organizations, repair and personal service

### 3.1.2 Characteristics by accident patterns

Table 2는 재해별 방호장치 설치대상 및 설치비대상에 대한 특성을 나타내고 있다. 재해별 방호장치 부상( $\chi^2=858.64$ ,  $df=10$ ,  $p<0.001$ ) 및 사망( $\chi^2=178.2$ ,  $df=9$ ,  $p<0.001$ )에 대한 재해자 분포는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

방호장치 설치대상의 재해별 재해자 분포를 보면, 떨어짐(34.3%), 끼임(26.3%), 부딪힘/접촉(21.4%) 순으로 높은 부상률을 보였으며, 떨어짐(56.8%)이 사망에 대한 재해율이 매우 높은 것으로 나타났다. 세부 재해별 분류에서 떨어짐(전체 424건) 부상의 경우 계단/사다리에서의 떨어짐 152건(35.8%), 비계 등 가설구조물에서의 떨어짐 117건(27.6%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다. 끼임 부상(전체 325건) 재해의 경우, 직선운동 중인 설비·기계 사이에 끼임 116건(35.7%), 회전체 및 돌기부에 감김 99건(30.5%), 두 회전체의 물림점에 끼임 82건(25.2%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다. 부딪힘/접촉(전체 265건)의 경우, 고속 회전날 등에 부딪힘·접촉이 236건으로 대부분의 재해율(92.2%)을 차지하는 것으로 나타났다. 사망의 경우 떨어짐(전체 217건)은 비계 등 가설구조물에서

서 떨어짐 62건(28.6%), 지붕에서 떨어짐 42건(19.4%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다.

방호장치 설치비대상의 경우, 넘어짐/깔림(30.2%), 부딪힘/접촉(22.1%) 순으로 높은 부상률을 보였으며, 부딪힘·접촉(31.8%), 떨어짐(23.9%) 순으로 높은 사망률을 보이는 것으로 나타났다. 세부 재해별 분류에서 넘어짐·깔림(전체 1,978건)의 부상 재해율의 경우 바닥에서 미끄러져 넘어짐 711건(35.9%), 바닥의 돌출물 등에 걸려 넘어짐 369건(18.7%), 넘어지는 물체에 깔림 360건(18.2%), 계단에서 넘어짐 334건(16.9%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다. 부딪힘·접촉(전체 1,448건)은 사람에 의한 부딪힘/접촉 208건(14.7%), 고속 회전날 등에 부딪힘/접촉 191건(13.2%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다. 사망의 경우, 부딪힘/접촉(전체 142건) 사망 재해의 경우 차량 등과의 부딪힘/접촉 128건(90.1%)로 가장 높게 나왔으며, 떨어짐(전체 107건)의 경우 운송수단 또는 기계 등 설비에서 떨어짐 38건(35.5%), 비계 등 가설구조물에서 떨어짐 25건(23.4%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다.

**Table 2.** Incident rates by accident patterns

Accident patterns	Injury		Death	
	Equipped (%)	Not equipped (%)	Equipped (%)	Not equipped (%)
물체 및 설비에 접촉 - 떨어짐	424 (34.3%)	740 (11.3%)	217 (56.8%)	107 (23.9%)
물체 및 설비에 접촉 - 넘어짐·깔림	78 (6.3%)	1,978 (30.2%)	19 (5.0%)	60 (13.4%)
물체 및 설비에 접촉 - 부딪힘·접촉	265 (21.4%)	1,448 (22.1%)	14 (3.7%)	142 (31.8%)
물체 및 설비에 접촉 - 맞음	86 (7.0%)	616 (9.4%)	24 (6.3%)	31 (6.9%)
물체 및 설비에 접촉 - 끼임	325 (26.3%)	900 (13.7%)	50 (13.1%)	36 (8.1%)
물체 및 설비에 접촉 - 무너짐	18 (1.5%)	36 (0.5%)	8 (2.1%)	17 (3.8%)
물체 및 설비에 접촉 - 압박·진동	0 (0.0%)	8 (0.1%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
불균형 동작	1 (0.1%)	420 (6.4%)	0 (0.0%)	1 (0.2%)
유해, 위험물질 환경에 노출 및 접촉	11 (0.9%)	271 (4.1%)	16 (4.2%)	33 (7.4%)
화재 등 특정 사고	29 (2.3%)	61 (0.9%)	34 (8.9%)	19 (4.3%)
폭력행위	0 (0.0%)	80 (1.2%)	0 (0.0%)	1 (0.2%)
Total	1,237 (100%)	6,558 (100%)	382 (100%)	447 (100%)
Statistical test	$\chi^2=858.64, df=10, p<0.001$		$\chi^2=178.2, df=9, p<0.001$	

물체 및 설비에 접촉 - 떨어짐: contact with object and equipment - fall; 물체 및 설비에 접촉 - 넘어짐·깔림: contact with object and equipment - trip·buried; 물체 및 설비에 접촉 - 부딪힘·접촉: contact with object and equipment - bump·contact; 물체 및 설비에 접촉 - 맞음: contact with object and equipment - hit; 물체 및 설비에 접촉 - 끼임: contact with object and equipment - caught; 물체 및 설비에 접촉 - 무너짐: contact with object and equipment - collapsed; 물체 및 설비에 접촉 - 압박·진동: contact with object and equipment - pressure·vibration; 불균형 동작: unbalanced behavior; 유해, 위험물질 환경에 노출 및 접촉: exposure and contact with toxic, hazardous material and environment; 화재 등 특정 사고: fire and specific accidents; 폭력행위: violence

### 3.1.3 Characteristics by causing factors

Table 3은 기인별 방호장치 설치대상 및 설치비대상에 대한 특성을 나타내고 있다. 기인별 방호장치 부상( $\chi^2=483.02, df=10, p<0.001$ ) 및 사망( $\chi^2=127.14, df=8, p<0.001$ )에 대한 재해자 분포는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

방호장치 설치대상의 재해별 재해자 분포를 보면, 건축물·구조물 및 표현(부상: 36.4%, 사망: 49.5%), 설비·기계(부상: 38.3%, 사망: 27.7%)

순으로 높은 재해율을 보였으며, 특히 건축물·구조물 및 표면(49.5%)이 사망에 대한 재해율이 아주 높은 것으로 나타났다. 세부 기인별 분류에서 보면, 건축물·구조물 및 표면(전체 450건)의 부상 재해율은 계단 및 사다리 184건(40.9%), 비계 및 작업발판 111건(24.7%) 순으로 높은 재해율을 보였으며, 설비·기계(전체 474건)의 부상 재해율은 특수공정 설비·기계 84건(18.7%), 프레스 및 전단기 73건(15.4%), 목재가공기계 64건(13.5%), 공작 및 절단기계 60건(12.7%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다. 사망의 경우 건축물·구조물 및 표면(전체 189건)의 재해율은 기타건물·구조물 57건(30.2%), 비계 및 작업발판 54건(28.6%), 단부 및 개구부 44건(23.3%) 순으로 높은 재해율을 보였으며, 설비·기계(전체 106건)의 사망율은 화합물/요업 토석가공기계 13건(12.3%), 조립·포장·용접 등 기계·설비 12건(11.3%), 인양설비기계 12건(11.3%), 승강기 11건(10.4%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다.

방호장치 설치비대상의 경우, 건축물·구조물 및 표면(부상: 30.4%, 사망: 21.0%), 설비·기계(부상: 19.0%, 사망: 27.7%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다. 세부 기인별 분류에서 보면, 건축물·구조물 및 표면(전체 1,992건)의 부상 재해율은 바닥 및 지표면 등 842건(42.3%), 계단 및 사다리 565건(28.4%) 순으로 높은 재해율을 보였으며, 설비·기계(전체 1,234건)의 부상 재해율은 특수 공정설비·기계 186건(15.1%), 인양설비기계 128건(10.4%), 지게차 112건(9%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다. 사망의 경우 건축물·구조물 및 표면(전체 94건)의 재해율은 기타건물·구조물 25건(26.6%), 계단 및 사다리 13건(13.8%) 순으로 높은 재해율을 보였으며, 설비·기계(전체 124건)의 재해율은 지게차 27건(21.8%), 건설·광산용기계 24건(19.4%), 인양설비기계 21건(16.9%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다.

**Table 3.** Incident rates by causing factors

Causing factors	Injury		Death	
	Equipped (%)	Not equipped (%)	Equipped (%)	Not equipped (%)
설비·기계(휴대용 제외, 동력)	474 (38.3%)	1,243 (19.0%)	106 (27.7%)	124 (27.7%)
휴대용 및 인력용 기계 기구	163 (13.2%)	580 (8.8%)	8 (2.1%)	5 (1.1%)
부품, 부속물 및 재료	83 (6.7%)	819 (12.5%)	31 (8.1%)	40 (8.9%)
건축물·구조물 및 표면	450 (36.4%)	1,992 (30.4%)	189 (49.5%)	94 (21.0%)
용기, 용품, 가구 및 기구	11 (0.9%)	681 (10.4%)	5 (1.3%)	7 (1.6%)
화학 물질 및 화학 제품	6 (0.5%)	40 (0.6%)	4 (1.0%)	6 (1.3%)
교통수단	15 (1.2%)	696 (10.6%)	22 (5.8%)	140 (31.3%)
사람, 동·식물	33 (2.7%)	492 (7.5%)	17 (4.5%)	22 (4.9%)
작업환경, 대기 여건 등 자연현상	2 (0.2%)	13 (0.2%)	0 (0.0%)	9 (2.0%)
기타 기인물	0 (0.0%)	1 (0.01%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
분류 불능	0 (0.0%)	1 (0.01%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
Total	1,237 (100%)	6,558 (100%)	382 (100%)	447 (100%)
Statistical test	$\chi^2=483.02$ , $df=10$ , $p<0.001$		$\chi^2=127.14$ , $df=8$ , $p<0.001$	

설비·기계(휴대용 제외, 동력): equipment·machinery (except portable, motorized); 휴대용 및 인력용 기계 기구: portable and machinery for workers; 부품, 부속물 및 재료: parts, accessories and materials; 건축물·구조물 및 표면: buildings·structures and surfaces; 용기, 용품, 가구 및 기구: containers, supplies, furniture and appliances; 화학 물질 및 화학 제품: chemicals and chemical products; 교통수단: transportation; 사람, 동·식물: people, animals and plants; 작업환경, 대기 여건 등 자연현상: natural phenomena such as working environment, atmosphere condition; 기타 기인물: other causing factors; 분류 불능: not classified

## 3.2 Characteristics of industrial accidents in 2012 and 2014

### 3.2.1 Characteristics by industry types in 2012 and 2014

Table 4는 산업별 방호장치 설치대상에 대한 연도별 분포의 차이를 나타내고 있다. 산업별 방호장치 설치대상의 부상에 대한 분포는 통계적으로 유의한 차이( $\chi^2=93.951$ ,  $df=18$ ,  $p<0.001$ )를 보였지만, 사망의 경우 재해자 분포는 통계적으로 유의하지 않은( $\chi^2=21.685$ ,  $df=17$ ,  $p=0.1971$ ) 것으로 나타났다.

산업별 방호장치의 연도별 부상 재해 분포 증가율(27.7%)을 보면, 전체 19개의 산업 대분류 중 6개의 산업만 감소하였으며, 나머지 산업들은 모두 부상 재해가 증가한 것으로 나타났다. 특히 전기, 가스, 증기 및 수도 사업은 2012년 1건에서 2014년 9건으로 800%의 증가율을 보였으며, 농업·임업 및 어업은 2012년 17건에서 2014년 99건으로 482.4%의 증가율을 보이는 것으로 나타났다. 또한, 건설업의 경우 전체 86건이 증가하였으며, 세부 산업분류에서는 종합건설업은 2012년 256건에서 2014년 308건으로 52건이 증가하였고, 전문직별공사업은 2012년 118건에서 2014년 152건으로 34건이 증가한 것으로 나타났다. 제조업의 경우 2012년 429건에서 2014년 414건으로 15건이 감소하였으며, 특히 자동차 및 트레일러제조업이 2012년 69건에서 2014년 35건으로 34건이 감소한 것으로 나타났다. 하지만, 고무제품 및 플라스틱제품 제조업의 경우 2012년 29건에서 49건으로 크게 증가하였으며, 인쇄 및 기록매체 복제업도 2012년 2건에서 2014년 12건으로 10건이 크게 증가한 것으로 나타났다.

산업별 방호장치의 연도별 사망 재해 분포를 보면 전체 사망률은 감소를 보였지만, 전체 19개의 산업 대분류 중 10개의 산업이 증가한 것으로 나타났다. 농업·임업 및 어업은 2012년 10건에서 20건으로 10건이 증가하였으며, 하수폐기물처리·원료재생 및 환경복원업은 2012년 6건에서 2014년 12건으로 6건이 증가한 것으로 나타났다. 하지만 건설업은 부상과 다르게 사망률이 2012년 257건에서 2014년 206건으로 51건 감소한 것으로 나타났다. 특히 종합건설업이 2012년 185건에서 2014년 141건으로 44건 대폭 감소한 것으로 나타났다.

**Table 4.** Incident rates by industry types in 2012 and 2014

Industry types	Injury (equipped)			Death (equipped)		
	2012	2014	Increase (%)	2012	2014	Increase (%)
농업, 임업 및 어업	17	99	88 (482.4%)	10	20	10 (100.0%)
광업	5	14	9 (180.0%)	11	3	-8 (-72.7%)
제조업	429	414	-15 (-3.5%)	133	103	-30 (-22.6%)
전기, 가스, 증기 및 수도 사업	1	9	8 (800.0%)	0	1	1 (0.0%)
하수·폐기물, 원료재생 및 환경복원	8	14	6 (75.0%)	6	12	6 (100.0%)
건설업	374	460	86 (23.0%)	257	206	-51 (-19.8%)
도매 및 소매업	26	52	26 (100.0%)	8	4	-4 (-50.0%)
운수업	14	26	12 (85.7%)	3	4	1 (33.3%)
숙박 및 음식점업	27	28	1 (3.7%)	2	1	-1 (50.0%)
출판·영상·방송통신 및 정보서비스업	2	2	0 (0.0%)	1	0	-1 (-100.0%)
금융 및 보험업	3	2	-1 (-33.3%)	0	0	0 (0.0%)
부동산업 및 임대업	7	24	17 (242.9%)	5	3	-2 (-40.0%)
전문, 과학 및 기술 서비스업	8	8	0 (0.0%)	1	2	1 (100.0%)
사업시설관리 및 사업지원 서비스업	24	54	30 (125.0%)	9	12	3 (33.3%)

**Table 4.** Incident rates by industry types in 2012 and 2014 (Continued)

Industry types	Injury (equipped)			Death (equipped)		
	2012	2014	Increase (%)	2012	2014	Increase (%)
공공행정, 국방 및 사회보장행정	8	1	-7 (-87.5%)	1	1	0 (0.0%)
교육서비스업	5	5	0 (0.0%)	0	2	2 (0.0%)
보건업 및 사회복지 서비스업	5	6	1 (20.0%)	1	1	0 (0.0%)
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	2	5	3 (150.0%)	1	1	0 (0.0%)
협회 및 단체, 수리 및 개인서비스업	4	14	10 (250.0%)	3	6	3 (100.0%)
Total	969	1,237	267 (27.7%)	452	382	-70 (-15.4%)
Statistical test	$\chi^2=93.951$ , $df=18$ , $p<0.001$			$\chi^2=21.685$ , $df=17$ , $p=0.1971$		

농업, 임업 및 어업: agriculture, forestry and fishery; 광업: mine; 제조업: manufacturing; 전기, 가스, 증기 및 수도 사업: electricity, gas, steam and water supply business; 하수·폐기물, 원료재생 및 환경복원: sewage·waste, recycling of raw materials and restoration of environment; 건설업: construction; 도매 및 소매업: wholesale and retail; 운수업: transportation; 숙박 및 음식점업: accommodation and restaurant business; 출판·영상·방송통신 및 정보서비스업: publishing·video·broadcasting communication and information service; 금융 및 보험업: finance and insurance; 부동산업 및 임대업: real estate and leasing business; 전문, 과학 및 기술 서비스업: professional, scientific and technical services; 사업시설관리 및 사업지원 서비스업: business facility management and support services; 공공행정, 국방 및 사회보장행정: public administration, defense and social security administration; 교육서비스업: education service; 보건업 및 사회복지 서비스업: health and social welfare service; 예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업: arts, sports and leisure services; 협회 및 단체, 수리 및 개인서비스업: associations and organizations, repair and personal service

### 3.2.2 Characteristics by accident patterns in 2012 and 2014

Table 5는 재해별 방호장치 및 개인보호구 설치대상에 대한 연도별 분포의 차이를 나타내고 있다. 재해별 방호장치 설치대상의 부상 에 대한 분포는 통계적으로 유의한 차이( $\chi^2=57.024$ ,  $df=8$ ,  $p<0.001$ )를 보였지만, 사망의 경우도 재해자 분포는 통계적으로 유의한 차이( $\chi^2=20$ ,  $df=7$ ,  $p=0.0055$ )가 있는 것으로 나타났다.

재해별 방호장치의 연도별 부상 재해 분포 증가율(27.5%)을 보면, 전체 11개의 재해분류 중 4개의 산업만 감소하였으면 나머지 산업 들은 모두 부상 재해가 증가한 것으로 나타났다. 특히 부딪힘·접촉의 경우 2012년 127건에서 2014년 265건으로 138건 대폭 증가하 였으며, 세부항목에서 고속 회전날 등에 부딪힘/접촉이 2012년 97건에서 2014년 236건으로 대폭 증가한 것으로 나타났다. 또한, 떨어 짐은 2012년 379건에서 2014년 424건으로 45건 증가하였으며, 세부항목에서 계단/사다리에서 떨어짐이 2012년 97건에서 2014년 152건으로 55건 증가하였으며, 비계 등 가설구조물에서의 떨어짐이 2012년 86건에서 2014년 117건으로 31건 증가하였다. 하지만 개 구부 등 지면 위치에서의 떨어짐은 2012년 97건에서 2014년 56건으로 41건 대폭 감소한 것으로 나타났다. 맞음의 경우 2012년 31건 에서 2014년 86건으로 55건 증가하였으며, 특히 날아온 물체에 맞음이 2012년 10건에서 2014년 50건으로 40건 증가한 것으로 나타 났다. 끼임의 경우 2012년 341건에서 2014년 325건으로 16건 감소한 것으로 나타났으며, 특히 직선운동 중인 설비/기계 사이에 끼임 이 2012년 173건에서 2014년 116건으로 57건 대폭 감소한 것으로 나타났다.

재해별 방호장치의 연도별 사망 재해 분포 증가율(-15.5%)을 보면, 전체 11개의 재해 분류 중 2개의 산업만 증가한 것으로 나타났다. 부딪힘/접촉은 2012년 7건에서 2014년 14건으로 7건 증가하였으며, 특히 차량 등과의 부딪힘/접촉이 2012년 2건에서 2014년 10건으 로 8건 증가한 것으로 나타났다. 맞음의 경우 2012년 18건에서 2014년 24건으로 6건 증가하였으며, 떨어진 물체에 맞음이 6건 증가 한 것으로 나타났다. 하지만 떨어짐은 2012년 237건에서 2014년 217건으로 21건 감소하였으며, 특히 개구부 등 지면 위치에서의 떨 어짐이 2012년 46건에서 2014년 29건으로 17건 감소한 것으로 나타났다. 또한 무너짐의 경우 2012년 31건에서 2014년 8건으로 23건 으로 대폭 감소하였으며, 화재등특정사고도 15건 감소한 것으로 나타났다.



**Table 5.** Incident rates by accident patterns in 2012 and 2014

Accident patterns	Injury (equipped)			Death (equipped)		
	2012	2014	Increase (%)	2012	2014	Increase (%)
물체 및 설비에 접촉 - 떨어짐	379	424	45 (11.9%)	238	217	-21 (-8.8%)
물체 및 설비에 접촉 - 넘어짐·깔림	56	78	22 (39.3%)	31	19	-12 (-38.7%)
물체 및 설비에 접촉 - 부딪힘·접촉	127	265	138 (108.7%)	7	14	7 (100.0%)
물체 및 설비에 접촉 - 맞음	31	86	55 (177.4%)	18	24	6 (33.3%)
물체 및 설비에 접촉 - 끼임	341	325	-16 (-4.7%)	52	50	-2 (-3.8%)
물체 및 설비에 접촉 - 무너짐	14	18	4 (28.6%)	31	8	-23 (-74.2%)
물체 및 설비에 접촉 - 압박·진동	0	0	0 (0.0%)	0	0	0 (0.0%)
불균형 동작	2	1	-1 (-50.0%)	0	0	0 (0.0%)
유해, 위험물질 환경에 노출 및 접촉	6	11	5 (83.3%)	26	16	-10 (-38.5%)
화재 등 특정 사고	14	29	15 (107.1%)	49	34	-15 (-30.6%)
폭력행위	0	0	0 (0.0%)	0	0	0 (0.0%)
Total	970	1,237	267 (27.5%)	452	382	-70 (-15.5%)
Statistical test	$\chi^2=57.024, df=8, p<0.001$			$\chi^2=20, df=7, p=0.0055$		

물체 및 설비에 접촉 - 떨어짐: contact with object and equipment - fall; 물체 및 설비에 접촉 - 넘어짐·깔림: contact with object and equipment - trip·buried; 물체 및 설비에 접촉 - 부딪힘·접촉: contact with object and equipment - bump·contact; 물체 및 설비에 접촉 - 맞음: contact with object and equipment - hit; 물체 및 설비에 접촉 - 끼임: contact with object and equipment - caught; 물체 및 설비에 접촉 - 무너짐: contact with object and equipment - collapsed; 물체 및 설비에 접촉 - 압박·진동: contact with object and equipment - pressure·vibration; 불균형 동작: unbalanced behavior; 유해, 위험물질 환경에 노출 및 접촉: exposure and contact with toxic, hazardous material and environment; 화재 등 특정 사고: fire and specific accidents; 폭력행위: violence

### 3.2.3 Characteristics by causing factors in 2012 and 2014

Table 6는 기인별 방호장치 설치대상에 대한 연도별 분포의 차이를 나타내고 있다. 재해별 방호장치 설치대상의 부상에 대한 분포는 통계적으로 유의한 차이( $\chi^2=102.34, df=8, p<0.001$ )를 보였으며, 사망의 경우도 재해자 분포는 통계적으로 유의한 차이( $\chi^2=30.378, df=9, p<0.001$ )가 있는 것으로 나타났다.

기인별 방호장치의 연도별 부상 재해 분포 증가율(27.5%)을 보면, 전체 11개의 분류 중 2개의 기인만 증가하지 않았으며 나머지 산업들은 모두 부상 재해가 증가한 것으로 나타났다. 휴대용 및 인력용 기계 기구는 2012년 29건에서 2014년 163건으로 134건 증가하였으며, 특히 휴대용 동력공구가 2012년 27건에서 2014년 162건으로 135건 대폭 증가한 것으로 나타났다. 설비·기계는 2012년 458건에서 2014년 474건으로 16건 증가하였지만, 공작 및 절단 기계의 경우 55건이 증가하였으며, 특수공정설비·기계가 30건 증가하였다. 하지만 기계·설비에서 프레스 및 전단기는 87건이 감소하였고, 콘베이어가 40건 감소하여 연도별 기인간 변동이 크게 나타났다. 건축물·구조물 및 표면은 2012년 415건에서 2014년 450건으로 35건 증가하였으며, 특히 계단 및 사다리가 66건 증가한 것으로 나타났다.

기인별 방호장치의 연도별 사망 재해 분포 증가율(-15.5%)을 보면, 전체 11개의 분류 중 4개의 기인만 증가한 것으로 나타났다. 교통수단은 2012년 12건에서 2014년 22건으로 10건 증가하였으며, 특히 육상운반·특장차량이 2012년 9건에서 2014년 19건으로 10건 증가한 것으로 나타났다. 휴대용 및 인력용기계기구는 2012년 2건에서 2014년 8건으로 6건 증가하였으며, 특히 휴대용 동력공구가 5건 증가한 것으로 나타났다. 하지만 건축물·구조물 및 표면은 2012년 262건에서 2014년 189건으로 73건 대폭 감소하였다. 특히 기타건

물·구조물 17건, 비계 및 작업발판 16건, 바닥 및 지표면 등 14건 감소한 것으로 나타났다.

**Table 6.** Incident rates by causing factors in 2012 and 2014

Accident patterns	Injury (equipped)			Death (equipped)		
	2012	2014	Increase (%)	2012	2014	Increase (%)
설비·기계(휴대용 제외, 동력)	458	474	16 (3.5%)	110	106	-4 (-3.6%)
휴대용 및 인력용 기계 기구	29	163	134 (462.1%)	2	8	6 (300.0%)
부품, 부속물 및 재료	49	83	34 (69.4%)	36	31	-5 (-13.9%)
건축물·구조물 및 표면	415	450	35 (8.4%)	262	189	-73 (-27.9%)
용기, 용품, 가구 및 기구	3	11	8 (266.7%)	2	5	3 (150.0%)
화학 물질 및 화학 제품	1	6	5 (500.0%)	19	4	-15 (-78.9%)
교통 수단	8	15	7 (87.5%)	12	22	10 (83.3%)
사람, 동·식물	7	33	26 (371.4%)	7	17	10 (142.9%)
작업환경, 대기 여건 등 자연현상	0	2	0 (0.0%)	1	0	-1 (-100.0%)
기타 기인물	0	0	0 (0.0%)	0	0	0 (0.0%)
분류 불능	0	0	0 (0.0%)	1	0	-1 (-100.0%)
Total	970	1,237	267 (27.5%)	452	382	-70 (-15.5%)
Statistical test	$\chi^2=102.34, df=8, p<0.001$			$\chi^2=30.378, df=9, p<0.001$		

설비·기계(휴대용 제외, 동력): equipment·machinery (except portable, motorized); 휴대용 및 인력용 기계 기구: portable and machinery for workers; 부품, 부속물 및 재료: parts, accessories and materials; 건축물·구조물 및 표면: buildings·structures and surfaces; 용기, 용품, 가구 및 기구: containers, supplies, furniture and appliances; 화학 물질 및 화학 제품: chemicals and chemical products; 교통수단: transportation; 사람, 동·식물: people, animals and plants; 작업환경, 대기 여건 등 자연현상: natural phenomena such as working environment, atmosphere condition; 기타 기인물: other causing factors; 분류 불능: not classified

#### 4. Discussion and Conclusion

본 연구에서는 2014년도에 발생한 산업재해 중 방호장치 설치대상 및 비설치대상에 대한 산업별, 재해별, 기인별 특성을 분석하였으며, 2012년 대비 변화된 재해 특성을 분석하였다. 연구결과는 방호장치 설치대상 및 비설치대상의 부상 및 사망에 대한 산업별, 재해별, 기인별 재해 정도에 차이가 존재하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 방호장치 설치를 통한 재해예방대책에 많은 성과를 나타낸 것을 시사하며, 비설치대상의 방호장치 설치를 통해 산업재해를 예방할 수 있다는 것을 나타낸다. 또한 2012년도 대비 2014년도의 부상 및 사망에 대한 재해 정도의 차이가 있는 것으로 나타났다.

산업별 특성을 보면, 설치대상의 경우 건설업이 부상 37.2%, 사망 53.9%로 가장 높은 재해율을 보였으며, 설치비대상의 경우 제조업이 23.4%로 부상 재해율이 가장 높았으며, 건설업이 35.8%로 사망 재해율이 가장 높은 것으로 나타났다. 재해별 특성에서, 설치대상의 경우 떨어짐이 부상 34.3%로 가장 높고, 사망의 경우 떨어짐이 56.8%로 가장 높았으며, 설치비대상의 경우 넘어짐·깔림이 부상 30.2%, 부딪힘·접촉이 31.8%의 사망율을 보이는 것으로 나타났다. 기인별 특성에서 설치대상의 경우 건축물·구조물 및 표면이 부상 36.4% 및 사망 49.5%로 가장 높은 재해율을 보였으며, 설치비대상의 경우 건축물·구조물 및 표면이 부상 30.4%를 보였으며, 설비·기계가 27.7%의 높은 사망율을 보이는 것으로 나타났다.

재해별 특성의 경우, 건설업에서 떨어짐, 넘어짐, 깔림 등이 높은 재해율을 나타내고 있다. 이러한 결과로 볼 때, 건설업에서의 안전 관리나 작업자의 교육이 부족한 경우가 많을 수 있으므로, 이러한 부분이 추후 연구에서 심도 있게 다루어질 필요가 있다. 또한, 건설업의 경우 방호장치 설치대상임에도 불구하고 다른 산업보다 높은 사망률(53.9%)을 보이고 있는데, 특히 종합건설업에서 크레인사고가 매해 빈번하게 발생하고 있으므로, 이에 대한 방호장치 및 조치를 통해 안전장치가 바로 작동하고 이상 하중을 감지하여 대형사고를 미연에 방지하기 위한 지속적인 노력이 필요하다. 또한 넘어짐·깔림 재해의 경우 설비비대상의 관리 및 조치를 통해 부상을 크게 줄일 수 있으며, 이러한 방호장치 뿐만 아니라 개인보호구도 함께 고려한 안전 작업장 관리가 필요하다.

방호장치 설치대상의 2014년 재해율은 2012년 대비 27.7% 증가하였으며, 산업별 분포의 경우 건설업이 86건 증가로 가장 많은 부상이 증가하였으며, 제조업은 15건이 감소하였지만, 고무제품 및 플라스틱제품 제조업이 20건 증가하였으며, 기록매체 복제업도 10건이 증가하였다. 재해별 분포의 경우, 부딪힘·접촉은 138건의 부상이 증가하였으며, 떨어짐은 45건이 증가하였다. 맞음은 55건이 증가하였으며, 특히 날아온 물체에 맞음은 40건 증가한 것으로 나타났다. 하지만 끼임은 116건이 대폭 감소하였다. 기인별 분포의 경우, 휴대용 및 인력용 기계 기구는 134건의 부상이 증가하였으며, 공작 및 절단기계는 55건의 부상이 증가하였다. 또한 건축물·구조물 및 표현은 35건이 증가하였으며 특히 계단 및 사다리가 66건 증가한 것으로 나타났다.

건설업은 2012년 대비 방호장치 설치대상에 대한 사망이 대폭 감소(-51건)하였지만, 여전히 부상에 대한 재해(총 460건, 2012년 대비 86건 증가)가 높게 나타나고 있다. 이는 건설현장에서 사망을 줄이기 위한 많은 노력을 하고 있지만, 사망에까지 이르는 대형사고 뿐만 아니라 작은 사고까지도 방지할 수 있는 다양한 노력이 필요하다. 특히 물체 및 설비에 접촉 시 부딪힘·접촉(부상: 138건, 사망: 7건)과 맞음(부상: 55건, 사망: 6건) 등은 부상 뿐만 아니라 사고율도 2012년 대비 증가하였다. 이러한 잦은 발생 요인을 해결하기 위한 작업 환경에 적합한 방호장치 뿐만 아니라 그것을 사용하는 작업자의 교육 및 법적 규제 등이 마련되어야 할 것이다.

방호장치는 기계 및 다양한 작업 환경에 작업자와의 직접적인 접촉이나 부상으로부터 안전한 작업이 이루어질 수 있도록 하기 위해 맨 처음 실행해야 하는 조치이다. 안전한 작업장을 확보하기 위해서는 이러한 방호장치 뿐만 아니라, 교과과정의 의무화, 법적 규제, 사업주 및 관리책임자 직무, 현장중심의 안전보건교육 등 다양한 활동이 복합적으로 필요한데, 무엇보다 직접적인 피해를 야기시키거나 피해 당사자가 되는 작업자의 변화가 우선시 될 수 있는 안전 문화가 정착이 필요하다(Chang, 2008). 특히 건설업이나 설비·기계를 작업하는 환경에서는 안전관리책임자만이 아니라 모든 작업자가 안전을 관리하고 책임질 수 있는 수준의 교육 및 관리가 필요하다. 본 연구의 결과를 통해 보호장치에 대한 시설 투자 및 정책 뿐만 아니라 산업/재해/기인별 특성을 고려한 방호장치 설계 가이드라인 제시를 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 여겨진다.

본 연구는 2014년 업무상사고 부상·사망의 원인 분석 자료를 기반으로 분석이 되었다. 자료의 특성상 현 시점에서 2~3년 이전의 데이터를 기반으로 작성이 되어 빠르게 변화되는 산업 특성에 대한 반영이 미비한 실정이다. 따라서 2014년 이후의 자료는 공식 정리된 보고서를 통해 추후 연구에서 다룰 예정이다.

## References

Byun, J.H., Jeong, B.Y. and Park, M.H., Characteristics of Motorcycle Crashes of Food Delivery Workers. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 36(2), 2017.

Chang, S.R., Safe Life in Workplace. *Industrial Engineering Magazine*, 15(1), 14-18, 2008.

Fukui, R., Kato, Y., Takahashi, R., Wan, W. and Nakao, M., Automated Construction System of Robot Locomotion and Operation Platform for Hazardous Environments—Basic System Design and Feasibility Study of Module Transferring and Connecting Motions, *Journal of Field Robotics*, 33(6), 751-764, 2016.

Goetsch, D.L., *Occupational Safety and Health for Technologists, Engineers, and Managers*. Prentice Hall, 2011.

Jung, E.S., Application of an Ergonomic Expert System to Workplace Design, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 18(1), 105-120, 1992.

Kim, S.H., An Ergonomic Intervention of Paper-making Process for Preventing Musculoskeletal Disorders, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 27(1), 9-19, 2008.

Kim, Y.C. and Kim, E.C., Development of Occupational Safety Evaluation Measure, *Conference on Ergonomics Society of Korea*, 7-10, 1999.

Korea Occupational Safety and Health Agency, Cause of Industrial Accident (2014), <http://www.kosha.or.kr/www/boardView.do?contentId=363656&menuId=555&boardType=A2> (retrieved October 29, 2017), 2014.

Lee, J.Y., Park, J.H., Park, H.J., Coca, A., Kim, J.H., Taylor, N.A., Son, S.Y. and Tochihara, Y., What do firefighters desire from the next generation of personal protective equipment? Outcomes from an international survey, *Industrial Health*, 53(5), 434-444, 2015.

Lee, N.S., Occupational Safety and Health Education in Industrial Engineering, *Industrial Engineering Magazine*, 3(1), 22-25, 1996.

Nahrgang, J.D., Morgeson, F.P. and Hofmann, D.A., Safety at work: a meta-analytic investigation of the link between job demands, job resources, burnout, engagement, and safety outcomes, *Journal of Applied Psychology*, 96, 71-94, 2011.

Occupational Safety and Health Act, 2017, <http://www.law.go.kr/> (retrieved October 29, 2017).

Park, S.M. and Lee, K.J., A Study on Development of Quantitative Indicators for Safety Culture Assessment, *Journal of the Korea Entertainment Industry Association*, 9(3), 401-408, 2015.

Reddy, N.S., Saketh, M.S. and Dhar, S. (2016, January). Review of sensor technology for mine safety monitoring systems: A holistic approach. In *Control, Measurement and Instrumentation (CMI), 2016 IEEE First International Conference*, 429-434, 2016.

Roudebush, C., Machine safeguarding, *Professional Safety*, 50(10), 20-24, 2005.

Yang, S.T., Jeong, B.Y. and Park, M.H., Characteristics of Occupational Injuries in the Automobile Parts Manufacturing Industry. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 36(3), 2017.

## Author listings

**Gukho Gil:** gil.gukho@gmail.com

**Highest degree:** PhD, Department of Industrial Engineering, North Carolina State University

**Position title:** Senior Designer, Corporate Design Center, Samsung Electronics

**Areas of interest:** Human Factors, Ergonomics, Human Computer Interaction, Usability