

Characteristics of Personal Protective Equipment (PPE) in Industry Accidents

Gukho Gil

Samsung Electronics, Design Corporation Center, Seoul, 06765

산업재해에서의 개인보호구 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 : November 03, 2017

Revised : November 06, 2017

Accepted : November 20, 2017

Copyright©2017 by Ergonomics Society of Korea. All right 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.

Objective: The aim of this study is to understand the industrial accident characteristics related to personal protective equipment (PPE) and to present basic guidelines that can apply to design the PPE and establish safety policy.

Background: Although the use of PPE can reduce industrial accidents more than 87% based on KOSHA's industry accident report, there are still high incidence rates (88.9%) of occupational accidents not wearing appropriate PPEs. Furthermore, the incidence rates in 2014 showed larger incidence rates than in 2012 when workers wore PPEs. Therefore, the PPE should be considered carefully in terms of industrial types, accident patterns and causing factors.

Method: This study analyzed the data about industrial injuries and deaths of 8,624 workers that have been approved as on-duty industrial accidents in 2014. The characteristics of industrial accidents have been examined by each industrial type, accident patterns and causing factors which have been categorized by PPE worn or not.

Results: The characteristics of industrial accidents by types of industry, accident patterns and causing factors showed that there were differences in terms of accident rate between PPE worn and not-worn. The results also showed that there were higher incident rates in construction and manufacturing industries due to falls and impacts as accident patterns. Moreover, there were differences in terms of accident rate of PPE worn between 2012 and 2014.

Conclusion: PPE is a critical component in the safe workplace of most industry. Since PPE should be the last components to consider in protecting employees from hazards, the industry should first use appropriate engineering and administrative control available to control potential hazards. After applying all these controls, the PPE with ergonomic design to fit and comfort should be considered. Moreover, the safety climate, education and policy for appropriate use of PPEs should be considered in the small sized construction and manufacturing industries.

Application: The results of this study can be used as baseline data to establish the PPE guidelines for effectiveness with comfort and policies to supply appropriate PPEs for each industry.

Keywords: Industrial accidents, Personal protective equipment, Occupational safety and health

1. Introduction

2014년 산업재해현황에 따르면 개인보호구를 사용했을 때 부상률이 87% 이상 적은 것으로 나타났다(KOSHA, 2016). 이러한 개인보호구는 작업장에서 만일의 사고를 대비하여 위험으로부터 작업자를 보호하기 위한 최소한의 도구이다. 개인보호구로는 미끄럼 방지를 위한 안전화, 넘어짐 혹은 추락 방지를 위한 하네스, 머리를 추락물이나 넘어짐으로부터 보호할 수 있는 안전모, 눈과 얼굴을 보호하기 위한 안경이나 마스크, 서있는 작업자를 보호하기 위한 매트, 발받침 등이 활용되고 있다(Goetsch, 2011).

산업안전 분야 중 산업보건 및 위생에서의 안전보호구는 산업안전에서의 보호구와 활용도나 강제성에 있어 큰 차이가 있다. 산업보건 및 위생에서의 개인보호구는 전염성과 치사율이 매우 높은 에볼라, 메르스 등과 같은 전염물질로부터 의료행위자를 보호하는 필수요소(Kang et al., 2017)로 사용이 되고 있는 반면, 산업안전에서의 개인보호구는 안전을 위한 조치로 가장 마지막 단계에서 고려되고 있는 요소이다. 즉, 개인보호구는 법적인 강제성이 없는 한, 불편함이 있거나 작업의 효율이 떨어지는 경우 사용하지 않게 되거나, 잘못 사용하게 되는 경우가 많다(Goetsch, 2011; Lombardi et al., 2009). 이러한 이유로 기존 연구에서는 개인보호구의 불편함을 해결하기 위해 다양한 연구들이 진행되어 왔다. Abeysekera and Shahnnavaz (1988)는 사용자 특성을 반영한 개인보호구 디자인의 필요성을 강조하였다. 또한, Akbar-Khanzadeh et al. (1995)는 개인보호구 편안함의 정도 분석을 통해, 8%의 작업자만이 개인보호구를 편안하다고 느꼈으며, 이를 해결하기 위해 인간공학적 디자인과 착용감 향상이 필요하다고 제안하였다. Mayer and Korhonen (1999)은 개인보호구의 편안함과 보호 효과에 대한 분석을 통해, 착용 방법에 대한 정보와 훈련의 제공이 중요하다고 하였다. Liedtke and Hohmann (2015)은 여러 종류의 보호구가 복합적으로 사용될 때 발생할 수 있는 문제점을 연구하여, 옆 테가 두꺼운 눈 보호 안경의 경우 청력 보호기의 효과를 10~12dB 정도 떨어뜨리는 효과가 있다는 것을 밝혔다. Lee et al. (2016)은 농업인의 하계 작업 효율 및 안전을 위해 발목 꺾임과 이물질 유입을 방지할 수 있는 여름 안전화 디자인을 제안하였다.

이러한 개인보호구는 산업안전보건법을 통해 관리되고 있는데, 제34조에서는 12개 품목의 개인보호구를 의무안전인증대상으로 하여 관리하며, 안전보건규칙 제31-34조를 통해 보호구에 대한 사용, 지급, 관리 등을 규정하고 있다. 산업안전공단의 경우 개인보호구의 사용 및 관리에 대한 가이드를 배포하여 작업자를 위험으로부터 보호하려는 노력을 지속적으로 하고 있다. 하지만 2014년 산업재해현황에서 보면, 산업재해보상보험법에 의해 보상 받은 업무상 사고 재해자 78,749명 중 부상자는 7,795명이며, 사망자는 829명 등 총 9,624명에 이른다. 전체 부상자 중 개인보호구 착용 대상의 사고는 866명이며, 비착용자의 사고는 6,929명으로 8배 이상의 부상자 차이를 보여주고 있다. 2014년 전체 업무상 사고는 감소하였지만 개인보호구 착용 대상의 작업 중 재해 발생율이 2012년 대비 4.7% 포인트 상승한 것으로 나타났다. 또한, 개인보호구 지급 실태(Kim et al., 2008)에 따르면, 보호구의 착용률은 호흡보호구 53.5%, 청력보호구 65.7%, 눈/안면보호구 32.8%, 피부보호구 28.9%로, 호흡보호구와 청력보호구만이 높게 나타나고 있다(Kim et al., 2008).

본 연구에서는 산업재해 비율이 높은 개인보호구와 산업재해의 특성을 분석함으로써, 작업장 안전을 위한 개인보호구의 특성을 이해함과 동시에 산업재해예방을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. Method

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

본 연구에서는 개인보호구에 관한 특성을 산업재해원인조사 보고서를 이용하여 도출하였다. 이 분석에서는 산업재해원인을 개인보호구의 착용 대상과 착용 비대상에 대한 산업별, 재해별 그리고 기인별로 나누어 조사하였다. 산업별 요인은 건설업, 제조업, 농업·임업 등이며, 재해별 요인은 물체 및 설비에 접촉, 불균형 동작, 유해 위험물질 환경에 노출 및 접촉, 화재 등 특정 사고 등이며, 기인별 요인은 설비기계, 휴대용 및 인력용 기계 기구, 부품 부속물 및 재료, 건축물·구조물 및 표면 등이 있다. 본 연구에서는 개인보호구의 착용 대상과 비대상의 재해 정도(부상/사망)에 따라 산업별, 재해별, 기인별 분포에 차이가 있는가를 카이제곱 검정에 의해 분석하였다. 또한 2012년도의 산업재해원인조사 결과와 비교하여 2008년 이후 감소하던 개인보호구 착용 대상의 업무상 사고가 2014년도에 다시 증가하게 된 원인을 2012년도와 2014년도 재해자 분포 차이의 카이제곱 검정을 통해 분석하였다.

3. Results

3.1 Characteristics of industrial accidents by Personal Protective Equipment (PPE)

3.1.1 Characteristics by industrial types

Table 1은 산업별 개인보호구 착용 대상/비대상에 대한 특성을 나타내고 있다. 산업별 부상($\chi^2=299.84$, $df=18$, $p<0.001$) 및 사망($\chi^2=170.85$, $df=18$, $p<0.001$)의 개인보호구 착용 대상 및 착용 비대상 간의 재해자 분포는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

개인보호구 착용 대상의 산업별 재해자 분포를 보면, 건설업(부상: 40.6%, 사망: 67.5%)과 제조업(부상: 28.7%, 사망: 13.1%)이 가장 높은 재해율을 보였으며, 특히 건설업(67.5%)이 사망에 대한 재해율이 아주 높은 것으로 나타났다. 세부 산업별 분류에서 건설업(전체 351건) 부상 재해율은 종합건설업 235건(67%), 전문직별공사업 116건(33%) 순으로 높은 재해율을 보였으며, 제조업(전체 248건)은 기타 기계 및 장비 제조업 38건(15.3%), 금속가공제품제조업 35건(14.1%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다. 사망의 경우 건설업(전체 243건)은 종합건설업 157건(64.6%), 전문직별공사업 86건(35.4%) 순으로 높은 재해율을 보였으며, 제조업(전체 47건)은 기타운송차 비제조업 9건(19.1%)과 금속가공제품 제조업 9건(19.1%)이 높은 사망율을 보이는 것으로 나타났다.

개인보호구 착용 비대상의 경우, 건설업(부상: 19.1%, 사망: 26.2%)과 제조업(부상: 24.6%, 사망: 32.0%)이 가장 높은 재해율을 보였으며, 특히 기타 산업 중 운수업(10.7%)이 사망에 대한 재해율이 높은 것으로 나타났다. 세부 산업별 분류에서 건설업(전체 1,321건)을 보면, 종합건설업 858건(65%), 전문직별공사업 463건(35%) 순으로 높은 재해율을 보였으며, 제조업(전체 1,701건)은 기타 기계 및 장비 제조업 192건(11.3%), 금속가공제품 제조업 184건(10.8%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다. 사망의 경우 건설업(전체 123건)은 종합건설업 80건(65%), 전문직별공사업 43건(35%) 순으로 높은 재해율을 보였으며, 제조업(전체 150건)은 금속가공제품 제조업 22건(14.7%), 하수폐기물처리, 원료 재생 및 환경복원업 20건(10.6%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다. 운수업(전체 50건) 사망의 경우 육상운송 및 파이프라인 운송업 33건(66%)으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다.

Table 1. Incident rates by industry types

Industry types	Injury		Death	
	Wearing (%)	Not wearing (%)	Wearing (%)	Not wearing (%)
농업, 임업 및 어업	52 (6.0%)	438 (6.3%)	17 (4.7%)	22 (4.7%)
광업	11 (1.3%)	101 (1.5%)	5 (1.4%)	6 (1.3%)
제조업	248 (28.7%)	1,701 (24.6%)	47 (13.1%)	150 (32.0%)
전기, 가스, 증기 및 수도 사업	6 (0.7%)	46 (0.7%)	0 (0.0%)	4 (0.9%)
하수·폐기물, 원료재생 및 환경복원	14 (1.6%)	125 (1.8%)	8 (2.2%)	20 (4.3%)
건설업	351 (40.6%)	1,321 (19.1%)	243 (67.5%)	123 (26.2%)
도매 및 소매업	41 (4.7%)	458 (6.6%)	3 (0.8%)	14 (3.0%)
운수업	17 (2.0%)	376 (5.4%)	5 (1.4%)	50 (10.7%)
숙박 및 음식점업	45 (5.2%)	614 (8.9%)	5 (1.4%)	31 (6.6%)
출판·영상·방송통신 및 정보서비스업	2 (0.2%)	54 (0.8%)	2 (0.6%)	0 (0.0%)
금융 및 보험업	2 (0.2%)	82 (1.2%)	0 (0.0%)	1 (0.2%)
부동산업 및 임대업	9 (1.0%)	235 (3.4%)	4 (1.1%)	10 (2.1%)

Table 1. Incident rates by industry types (Continued)

Industry types	Injury		Death	
	Wearing (%)	Not wearing (%)	Wearing (%)	Not wearing (%)
전문, 과학 및 기술 서비스업	4 (0.5%)	71 (1.0%)	0 (0.0%)	3 (0.6%)
사업시설관리 및 사업지원 서비스업	39 (4.5%)	576 (8.3%)	11 (3.1%)	19 (4.1%)
공공행정, 국방 및 사회보장행정	3 (0.3%)	67 (1.0%)	1 (0.3%)	4 (0.9%)
교육서비스업	3 (0.3%)	118 (1.7%)	1 (0.3%)	2 (0.4%)
보건업 및 사회복지 서비스업	3 (0.3%)	346 (5.0%)	0 (0.0%)	3 (0.6%)
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	3 (0.3%)	64 (0.9%)	2 (0.6%)	3 (0.6%)
협회 및 단체, 수리 및 개인서비스업	12 (1.4%)	135 (1.9%)	6 (1.7%)	4 (0.9%)
Total	865 (100%)	6,928 (100%)	360 (100%)	469 (100%)
Statistical test	$\chi^2=299.84$, $df=18$, $p<0.001$		$\chi^2=170.85$, $df=18$, $p<0.001$	

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 개인보호구 착용 대상/비대상에 대한 특성을 나타내고 있다. 재해별 부상($\chi^2=341.21$, $df=10$, $p<0.001$) 및 사망($\chi^2=298.92$, $df=9$, $p<0.001$)의 개인보호구 착용 대상 및 착용 비대상 간의 재해자 분포는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

개인보호구 착용 대상의 재해별 재해자 분포를 보면, 부딪힘·접촉(26.1%), 떨어짐(24.5%), 끼임(18.9%), 맞음(16.2%) 순으로 높은 부상률을 보였으며, 떨어짐(71.1%)이 사망에 대한 재해율이 아주 높은 것으로 나타났다. 상세 분류에서 부딪힘·접촉(전체 226건)을 보면, 착용 대상 부상의 경우 고속 회전날 등에 부딪힘·접촉 101건(44.7%), 취급·사용 물체 등에 부딪힘·접촉 77건(34%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다. 세부 재해별 분류에서 떨어짐(전체 212건)을 보면, 착용 대상 부상의 경우 비계 등 가설 구조물에서의 떨어짐 83건(39.2%), 건물 대들보나 철골 등 기타 구조물에서 떨어짐 34건(16%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다. 착용 대상의 사망 재해 중 떨어짐(전체 256건)의 경우, 비계 등 가설 구조물에서 떨어짐 74건(28.9%), 지붕에서 떨어짐 47건(18.4%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다.

개인보호구 착용 비대상의 경우, 넘어짐·깔림(28.8%), 부딪힘·접촉(21.5%), 끼임(15.3%), 떨어짐(13.7%) 순으로 높은 부상률을 보였으며, 사망의 경우 부딪힘·접촉(29.9%), 끼임(15.8%), 떨어짐(14.5%), 넘어짐·깔림(13.2%) 순으로 높게 나타났다. 세부 재해별 분류에서 넘어짐·깔림(1,996건)을 보면, 바닥에서 미끄러져 넘어짐 706건(35.4%)이 가장 높은 재해율을 보였으며, 바닥의 돌출물 등에 걸려 넘어짐 377건(18.9%), 넘어지는 물체에 깔림 373건(18.7%), 계단에서 넘어짐 335건(16.8%)도 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다. 부딪힘·접촉(전체 1,487건)의 경우, 취급·사용 물체에 부딪힘·접촉 430건(28.9%), 차량 등과의 부딪힘·접촉 406건(27.3%), 고속 회전날 등에 부딪힘·접촉 326건(21.9%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다. 사망의 경우, 부딪힘·접촉(전체 140건)에서 차량 등과의 부딪

힘·접촉 126건(90%)으로 가장 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다. 끼임(전체 74건)의 경우, 직선 운동 중인 설비, 기계 사이에 끼임 39건(52.7%)로 가장 높은 재해율을 보였고, 떨어짐(전체 68건)의 경우, 운송수단 또는 기계 등 설비에서 떨어짐 19건(27.9%), 개구부 등 지면에서 떨어짐 17건(25%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다.

Table 2. Incident rates by accident patterns

Accident patterns	Injury		Death	
	Wearing (%)	Not wearing (%)	Wearing (%)	Not wearing (%)
물체 및 설비에 접촉 - 떨어짐	212 (24.5%)	952 (13.7%)	256 (71.1%)	68 (14.5%)
물체 및 설비에 접촉 - 넘어짐·깔림	60 (6.9%)	1,996 (28.8%)	17 (4.7%)	62 (13.2%)
물체 및 설비에 접촉 - 부딪힘·접촉	226 (26.1%)	1,487 (21.5%)	16 (4.4%)	140 (29.9%)
물체 및 설비에 접촉 - 맞음	140 (16.2%)	562 (8.1%)	24 (6.7%)	31 (6.6%)
물체 및 설비에 접촉 - 끼임	164 (18.9%)	1,061 (15.3%)	12 (3.3%)	74 (15.8%)
물체 및 설비에 접촉 - 무너짐	1 (0.1%)	53 (0.8%)	8 (2.2%)	17 (3.6%)
물체 및 설비에 접촉 - 압박·진동	1 (0.1%)	7 (0.1%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
불균형 동작	2 (0.2%)	419 (6.0%)	0 (0.0%)	1 (0.2%)
유해, 위험물질 환경에 노출 및 접촉	40 (4.6%)	242 (3.5%)	10 (2.8%)	39 (8.3%)
화재 등 특정 사고	19 (2.2%)	71 (1.0%)	17 (4.7%)	36 (7.7%)
폭력행위	1 (0.1%)	79 (1.1%)	0 (0.0%)	1 (0.2%)
Total	866 (100%)	6,929 (100%)	360 (100%)	469 (100%)
Statistical test	$\chi^2=341.21$, $df=10$, $p<0.001$		$\chi^2=298.92$, $df=9$, $p<0.001$	

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 개인보호구 착용 대상/비대상에 대한 특성을 나타내고 있다. 기인별 부상($\chi^2=190.97$, $df=10$, $p<0.001$) 및 사망($\chi^2=174.08$, $df=8$, $p<0.001$)의 개인보호구 착용 대상 및 착용 비대상 간의 재해자 분포는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

개인보호구 착용 대상의 재해별 재해자 분포를 보면, 설비·기계(부상: 29.3%, 사망: 14.4%), 건축물·구조물 및 표현(부상: 27.7%, 사망: 57.5%) 순으로 높은 재해율을 보였으며, 특히 건축물·구조물 및 표현(57.5%)의 사망율이 아주 높은 것으로 나타났다. 세부 기인별 부상 재해율을 보면, 설비·기계(전체 254건) 부상 재해율은 특수공정설비기계 50건(19.7%), 공작 및 절단기계 36건(14.2%), 프레스 및 전단기 31건(12.2%) 순으로 높은 재해율을 보였으며, 건축물·구조물 및 표현(전체 240건)의 부상 재해율은 비계 및 작업 발판 75건(31.3%), 기타 건물·구조물 44건(18.3%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다. 사망의 경우 건축물·구조물 및 표현(전체 207건)은 기타 건물·구조물 73건(35.3%), 비계 및 작업 발판 63건(30.4%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다.

개인보호구 착용 비대상인 경우, 건축물·구조물 및 표면(부상: 31.8%), 설비·기계(부상: 21.1%) 순으로 높은 부상을 보였으며, 사망의 경우 설비·기계(38%), 교통수단(26%) 순으로 높은 사망율을 보이는 것으로 나타났다. 세부 기인별 항목을 보면, 건축물·구조물 및 표면(전체 2,202건)은 바닥 및 지표면 등 845건(38.4%), 계단 및 사다리 714건(32.4%), 비계 및 작업 발판 206건(9.3%) 순으로 높은 재해율을 보였으며, 설비·기계(전체 1,463건)는 특수공정설비기계 220건(15%), 화합물·요업 토석가공기계 125건(8.5%), 공작 및 절단기계 124건(8.5%), 인양 및 설비·기계 123건(8.4%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다. 사망의 경우 설비·기계(전체 178건)는 지게차 27건(15.2%), 인양설비·기계 20건(11.2%) 순으로 높은 재해율을 보였으며, 교통수단(전체 122건)은 육상일반차량 65건(53.3%), 육상운반·특장차량 52건(42.6%) 순으로 높은 재해율을 보이는 것으로 나타났다.

Table 3. Incident rates by causing factors

Causing factors	Injury		Death	
	Wearing (%)	Not wearing (%)	Wearing (%)	Not wearing (%)
설비·기계(휴대용 제외, 동력)	254 (29.3%)	1,463 (21.1%)	52 (14.4%)	178 (38.0%)
휴대용 및 인력용 기계 기구	115 (13.3%)	628 (9.1%)	5 (1.4%)	8 (1.7%)
부품, 부속물 및 재료	150 (17.3%)	752 (10.9%)	33 (9.2%)	38 (8.1%)
건축물·구조물 및 표면	240 (27.7%)	2,202 (31.8%)	207 (57.5%)	76 (16.2%)
용기, 용품, 가구 및 기구	13 (1.5%)	679 (9.8%)	1 (0.3%)	11 (2.3%)
화학 물질 및 화학 제품	14 (1.6%)	32 (0.5%)	5 (1.4%)	5 (1.1%)
교통수단	59 (6.8%)	652 (9.4%)	40 (11.1%)	122 (26.0%)
사람, 동·식물	20 (2.3%)	505 (7.3%)	15 (4.2%)	24 (5.1%)
작업환경, 대기 여건 등 자연현상	0 (0.0%)	15 (0.2%)	2 (0.6%)	7 (1.5%)
기타 기인물	0 (0.0%)	1 (0.01%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
분류 불능	1 (0.1%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
Total	866 (100%)	6,929 (100%)	360 (100%)	469 (100%)
Statistical test	$\chi^2=190.97$, $df=10$, $p<0.001$		$\chi^2=174.08$, $df=8$, $p<0.001$	

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 개인보호구 착용 대상에 대한 연도별 분포의 차이를 나타내고 있다. 산업별 개인보호구 착용 대상의 부상에 대한 연도별 분포는 통계적으로 유의한 차이($\chi^2=103.36$, $df=18$, $p<0.001$)를 나타내고 있으며, 사망의 경우도 연도별 분포는 통계적으로 유의한 차이($\chi^2=28.78$, $df=16$, $p=0.0254$)가 있는 것으로 나타났다.

산업별 개인보호구의 연도별 부상 재해 분포를 보면 전체 재해율(62%)은 증가하였으며, 전체 19개 산업분야 중 단 4개 산업분야만 감소한 것으로 나타났다. 특히 숙박 및 음식점업이 2012년 3건에서 2014년 45건으로 42건 증가하였으며, 제조업은 100건에서 248건으로

144건 증가하였다. 하수/폐기물/원료재생 및 환경 복원이 2012년 1건에서 2014년 14건으로 13건 증가하고, 농업·임업 및 어업의 경우 2012년 11건에서 2014년 52건으로 41건 증가한 것으로 나타났다. 또한 사업시설관리 및 조경 서비스업은 2012년 13건에서 2014년 39건으로 26건 증가하였으며, 세부 분류에서 보면 사업시설관리 및 조경 서비스업이 2012년 3건에서 2014년 20건으로 17건 대폭 증가하였으며, 사업지원 서비스업이 10건에서 19건으로 9건 증가한 것으로 나타났다. 하지만 보건업 및 사회복지 서비스업의 경우 2012년 11건에서 2014년 3건으로 8건이 감소한 것으로 나타났다.

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

Industry types	Injury (wearing)			Death (wearing)		
	2012	2014	Increase (%)	2012	2014	Increase (%)
농업, 임업 및 어업	11	52	41 (372.7%)	5	17	12 (240.0%)
광업	3	11	8 (266.7%)	7	5	-2 (-28.6%)
제조업	104	248	144 (138.5%)	96	47	-49 (-51.0%)
전기, 가스, 증기 및 수도 사업	1	6	5 (500.0%)	0	0	0 (0.0%)
하수·폐기물, 원료재생 및 환경복원	1	14	13 (1300.0%)	7	8	1 (14.3%)
건설업	319	351	32 (10.0%)	269	243	-26 (-9.7%)
도매 및 소매업	27	41	14 (51.9%)	10	3	-7 (-70.0%)
운수업	15	17	2 (13.3%)	7	5	-2 (-28.6%)
숙박 및 음식점업	3	45	42 (1400.0%)	2	5	3 (150.0%)
출판·영상·방송통신 및 정보서비스업	5	2	-3 (-60.0%)	2	2	0 (0.0%)
금융 및 보험업	1	2	1 (100.0%)	0	0	0 (0.0%)
부동산업 및 임대업	3	9	6 (200.0%)	5	4	-1 (-20.0%)
전문, 과학 및 기술 서비스업	2	4	2 (100.0%)	3	0	-3 (-100.0%)
사업시설관리 및 사업지원 서비스업	13	39	26 (200.0%)	12	11	-1 (-8.3%)
공공행정, 국방 및 사회보장행정	6	3	-3 (-50.0%)	1	1	0 (0.0%)
교육서비스업	2	3	1 (50.0%)	0	1	1 (0.0%)
보건업 및 사회복지 서비스업	11	3	-8 (-72.7%)	1	0	-1 (-100.0%)
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	4	3	-1 (-25.0%)	2	2	0 (0.0%)
협회 및 단체, 수리 및 개인서비스업	3	12	9 (300.0%)	6	6	0 (0.0%)
Total	534	865	331 (62.0%)	435	360	-70 (-17.2%)
Statistical test	$\chi^2=103.36, df=18, p<0.0001$			$\chi^2=28.78, df=16, p=0.0254$		

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

산업별 개인보호구의 연도별 사망 재해 분포를 보면 전체 사망률(-17.2%)은 감소를 보였으며, 전체 19개 산업분야 중 단 3개 산업분야만 증가한 것으로 나타났다. 농업/임업 및 어업은 2012년 5건에서 2014년 17건으로 12건 증가하였고, 숙박 및 음식점업이 2012년 2건에서 214년 5건으로 3건 증가한 것으로 나타났다. 하지만 제조업의 경우 2012년 96건에서 2014년 47건으로 49건 대폭 감소하였으며, 특히 1차금속 제조업이 2012년 14건에서 3건으로 11건 감소하였으며, 화학물질 및 화학제품 제조업은 2012년 11건에서 2014년 3건으로 8건 감소한 것으로 나타났다. 건설업의 경우도 2012년 269건에서 243건으로 26건 감소하였으며, 세부 분류에서 종합건설업이 2012년 187건에서 2014년 157건으로 30건 대폭 감소한 것으로 나타났다.

3.2.2 Characteristics by accident patterns in 2012 and 2014

Table 5는 재해별 개인보호구 착용 대상에 대한 연도별 분포의 차이를 나타내고 있다. 재해별 개인보호구 착용 대상의 부상에 대한 연도별 분포는 통계적으로 유의한 차이($\chi^2=204.77$, $df=10$, $p<0.001$)를 나타내고 있으며, 사망의 경우도 연도별 분포는 통계적으로 유의한 차이($\chi^2=21.866$, $df=7$, $p=0.0026$)가 있는 것으로 나타났다.

재해별 개인보호구의 연도별 부상 재해 분포 증가율(60%)을 보면, 전체 11개 재해 분류에서 3개 재해를 제외하고 모두 증가한 것으로 나타났다. 끼임은 2012년 25건에서 2014년 164건으로 139건 대폭 증가하였으며, 특히 직선 운동 중인 설비·기계 사이에 끼임이 2012년 4건에서 2014년 67건으로 63건 대폭 증가한 것으로 나타났다. 부딪힘·접촉은 2012년 38건에서 2014년 226건으로 188건 대폭 증가하였으며, 특히 고속 회전날 등에 부딪힘·접촉이 2012년 4건에서 2014년 101건으로 97건 증가하고, 취급/사용 물체에 부딪힘·접촉은

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

Accident patterns	Injury (wearing)			Death (wearing)		
	2012	2014	Increase (%)	2012	2014	Increase (%)
물체 및 설비에 접촉 - 떨어짐	266	212	-54 (-20.3%)	286	256	-30 (-10.5%)
물체 및 설비에 접촉 - 넘어짐·깔림	35	60	25 (71.4%)	22	17	-5 (-22.7%)
물체 및 설비에 접촉 - 부딪힘·접촉	38	226	188 (494.7%)	10	16	6 (60.0%)
물체 및 설비에 접촉 - 맞음	136	140	4 (2.9%)	47	24	-23 (-48.9%)
물체 및 설비에 접촉 - 끼임	25	164	139 (556.0%)	5	12	7 (140.0%)
물체 및 설비에 접촉 - 무너짐	5	1	-4 (-80.0%)	14	8	-6 (-42.9%)
물체 및 설비에 접촉 - 압박·진동	0	1	1 (0.0%)	0	0	0 (0.0%)
불균형 동작	2	2	0 (0.0%)	0	0	0 (0.0%)
유해, 위험물질 환경에 노출 및 접촉	10	40	30 (300.0%)	34	10	-24 (-70.6%)
화재 등 특정 사고	18	19	1 (5.6%)	17	17	0 (0.0%)
폭력행위	0	1	1 (0.0%)	0	0	0 (0.0%)
Total	535	866	331 (60.0%)	435	360	-75 (-20.0%)
Statistical test	$\chi^2=204.77$, $df=10$, $p<0.001$			$\chi^2=21.866$, $df=7$, $p=0.0026$		

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

2012년 13건에서 2014년 77건으로 64건 증가한 것으로 나타났다. 또한 유해·위험물질 환경에 노출 및 접촉이 2012년 10건에서 2014년 40건으로 30건 증가한 것으로 나타났다. 하지만 떨어짐은 2012년 266건에서 2014년 212건으로 54건 감소하였으며, 특히 비계 등 가설 구조물에서의 떨어짐 21건, 지붕에서의 떨어짐 19건 등이 대폭 감소하였다.

재해별 개인보호구의 연도별 사망 재해 분포 증가율(-20%)을 보면, 전체 11개 재해 분류에서 2개 재해만 증가한 것으로 나타났다. 끼임의 경우 2012년 5건에서 2014년 12건으로 7건 증가하였으며, 부딪힘·접촉의 경우 2012년 10건에서 2014년 16건으로 6건 증가한 것으로 나타났다. 하지만 맞음의 경우 2012년 47건에서 2014년 24건으로 24건 감소하였으며, 특히 떨어진 물체에 맞음이 18건 대폭 감소한 것으로 나타났다. 떨어짐은 2012년 286건에서 2014년 256건으로 30건 감소하였으며, 특히 개구부 등 지면 위치에서의 떨어짐이 2012년 43건에서 2014년 20건으로 23건 대폭 감소한 것으로 나타났다. 유해·위험물질 환경에 노출 및 접촉은 2012년 34건에서 2014년 10건으로 24건 감소한 것으로 나타났다.

3.2.3 Characteristics by causing factors in 2012 and 2014

Table 6은 기인별 개인보호구 착용 대상에 대한 연도별 분포의 차이를 나타내고 있다. 산업별 개인보호구 착용 대상의 부상에 대한 연도별 분포는 통계적으로 유의한 차이($\chi^2=188.63$, $df=8$, $p<0.001$)를 나타내고 있으며, 사망의 경우도 연도별 분포는 통계적으로 유의한 차이($\chi^2=31.064$, $df=8$, $p<0.001$)가 있는 것으로 나타났다.

기인별 개인보호구의 연도별 부상 재해 분포 증가율(60%)을 보면, 전체 11개 기인에서 5개 기인을 제외하고 모두 증가한 것으로 나타났다. 교통수단은 2012년 9건에서 2014년 59건으로 50건 증가하였으며, 특히 육상일반차량이 2012년 1건에서 2014년 39건으로 38건

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

Causing factors	Injury (wearing)			Death (wearing)		
	2012	2014	Increase (%)	2012	2014	Increase (%)
설비·기계(휴대용 제외, 동력)	41	254	213 (519.5%)	87	52	-35 (-40.2%)
휴대용 및 인력용 기계 기구	40	115	75 (187.5%)	0	5	5 (500.0%)
부품, 부속물 및 재료	99	150	51 (51.5%)	48	33	-15 (-31.3%)
건축물·구조물 및 표면	295	240	-55 (-18.6%)	259	207	-52 (-20.1%)
용기, 용품, 가구 및 기구	32	13	-19 (-59.4%)	3	1	-2 (-66.7%)
화학 물질 및 화학 제품	7	14	7 (100.0%)	12	5	7 (-58.3%)
교통수단	9	59	50 (555.6%)	18	40	22 (122.2%)
사람, 동·식물	12	20	8 (66.7%)	7	15	8 (114.3%)
작업환경, 대기 여건 등 자연현상	0	0	0 (0.0%)	1	2	1 (100.0%)
기타 기인물	0	0	0 (0.0%)	0	0	0 (0.0%)
분류 불능	0	1	1 (0.0%)	0	0	0 (0.0%)
Total	535	866	331 (60.0%)	435	360	-75 (-20.0%)
Statistical test	$\chi^2=188.63$, $df=8$, $p<0.001$			$\chi^2=31.064$, $df=8$, $p<0.001$		

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

크게 증가하였다. 설비·기계는 2012년 41건에서 2014년 254건으로 213건 대폭 증가하였으며, 특히 일반 제조 및 가공 설비기계 중 프레스 및 전단기 30건, 공작 및 절단기계 33건, 목재가공기계 22건 등이 크게 증가한 것으로 나타났다. 또한 특수공정설비·기계도 47건이 크게 증가하였다. 하지만 건축물·구조물 및 표면이 2012년 295건에서 2014년 240건으로 55건 크게 감소하였으며, 특히 기타 건물·구조물이 36건, 비계 및 작업 발판이 25건으로 크게 감소하였다.

기인별 개인보호구의 연도별 부상 재해 분포 증가율(-20%)을 보면, 전체 11개 기인에서 3개 기인만 증가한 것으로 나타났다. 교통수단은 2012년 18건에서 2014년 40건으로 26건 증가하였으며, 특히 육상운반·특장차량이 18건 증가한 것으로 나타났다. 하지만 설비·기계는 2012년 87건에서 52건으로 35건 감소하였으며, 특히 인양설비·기계 16건 및 가열에너지 등 부대·지원설비 11건 감소한 것으로 나타났다. 건축물·구조물 및 표면은 2012년 259건에서 2014년 207건으로 52건 감소하였으며, 특히 비계 및 작업 발판 16건 및 단부 및 개구부 14건 감소한 것으로 나타났다.

4. Discussion

본 연구에서는 2014년도에 발생한 산업재해 중 개인보호구 착용 대상 및 비착용 대상에 대한 산업별, 재해별, 기인별 특성을 분석하였으며, 2012년 대비 변화된 재해 특성을 분석하였다. 연구 결과는 개인보호구 착용 대상 및 비착용 대상의 부상 및 사망에 대한 산업별, 재해별, 기인별 재해 정도에 차이가 존재하는 것으로 나타났다. 또한 2012년도 대비 2014년도의 부상에 대한 재해 정도의 차이가 있는 것으로 나타났다.

산업별 개인보호구 착용 대상의 경우 건설업이 가장 높은 부상(40.6%) 및 사망(67.5%)률을 보였으며, 제조업 부상의 경우 28.7%의 부상률을 보이는 것으로 나타났다. 산업별 착용 비대상의 경우, 제조업이 가장 높은 부상(24.6%)률을 보였으며 건설업이 가장 높은 사망(26.2%)률을 보이는 것으로 나타났다. 재해별 개인보호구 착용 대상의 경우 부딪힘·접촉(26.1%)과 떨어짐(24.6%)이 가장 높은 부상률을 보였으며, 떨어짐이 71.1%로 매우 높은 사망률을 보이는 것으로 나타났다. 재해별 착용 비대상의 경우 넘어짐·깔림이 28.8%로 가장 높은 부상률을 보였으며, 부딪힘·접촉이 29.9%의 사망률을 보이는 것으로 나타났다.

기인별 개인보호구 착용 대상의 경우 설비·기계에 대한 부상이 가장 높은 재해율(29.3%)을 보였으며, 건축물·구조물 및 표면은 57.5%의 높은 사망율을 보이는 것으로 나타났다. 기인별 착용 비대상의 경우 건축물·구조물 및 표면이 31.8%의 부상률을 보였으며, 설비·기계는 38%의 사망률을 보이는 것으로 나타났다. 개인보호구 착용 비대상의 경우 건설업 관련 기인에 높은 사망률을 보였으며, 이는 개인보호구 착용 비대상의 경우 사고에 무방비 상태로 노출이 될 수 있어, 사망으로 이어지는 경우가 많다는 것을 알 수 있다. 또한, 부상률이 두번째로 높은 설비·기계와 같은 제조업에서는 보호구 착용이 많아지거나 불편할수록 작업 효율은 감소하게 되어 작업자의 보호구 착용률이 저조한 것으로 나타나고 있다(Goetsch, 2011).

제조업은 2012년 대비 개인보호구 착용 대상에 대한 부상이 크게 증가(144건)하였지만, 대부분 산업의 착용 대상 사망은 감소한 것으로 나타났다. 이는 개인보호구 활용이 작업자를 사망에 이룰 수 있는 큰 사고로부터 보호하고 있다는 것을 나타낸다. 재해별 차이에서는 부딪힘·접촉이 188건, 끼임이 139건으로 크게 증가하였으며, 특히 끼임은 착용 대상의 사망 재해도 증가(7건)하였으며, 기인별 차이에서는 설비·기계의 사고가 213건으로 대폭 증가하였다.

5. Conclusion

본 연구는 2014년도에 발생한 산업재해 자료를 기반으로 분석하였으며, 2014년 이후의 자료는 공식 정리된 보고서를 통해 추후 연구에서 다룰 예정이다.

2008년 조사된 보호구 지급·착용 실태조사에서는 철강, 화학, 자동차/조선, 전기/전자 등의 산업별 개인보호구에 대한 조사를 진행하였다(Kim et al., 2008). 하지만, 본 연구 결과와 같이 실제 가장 많은 부상 및 사망률을 보이고 있는 건설업의 경우 정확한 조사가 부족한 실정이다. 또한, 작업 현장에서 일용직 노동자를 통해 작업이 많이 이루어지는 소규모 공사의 경우 안전 관리가 더 어려운 실정이다. 따라서 이러한 건설업의 규모 및 형태별 개인보호구 사용 실태에 대한 전반적인 조사 및 연구가 필요하다. 또한, 개인보호구 관련

조사가 2008년 이후 진행되고 있지 않아, 산업재해 보고서를 기반으로 재해가 많이 발생하고 있는 산업 분야에 대한 지속적인 개인 보호구 실태 조사 및 연구가 필요하다.

Seong et al. (2016)은 공사규모가 작아질수록 사망 사고 발생 확률이 높아진다는 것을 통계적 분석을 통해 입증하였는데, 이는 소규모 건설 현장의 관리시스템이 취약하고 작업자의 안전의식이 부족하다는 것을 나타내고 있다. 따라서, 이러한 문제점을 해결하기 위해 Yoon (2015)은 안전관리비 산정, 소규모 공사의 안전관리체계, 가구조물의 안전성 강화, 안전관리 역할 제고를 제안하고 있다. 특히, 제조업의 경우, 기계·설비의 방호장치 및 조치가 우선시 되어야 하며, 작업자의 불편함을 줄이고 작업 효율을 높일 수 있는 개인보호구를 필요로 한다.

재해별 분석 결과에서 넘어짐·깔림의 경우 특히 바닥에서 미끄러져 넘어짐이 가장 높은 재해율(35.4%)을 보이는데, 이는 안전화 뿐만 아니라 하네스, 안전대 등 다양한 안전을 위한 도구들의 복합 사용을 통해 이루어질 수 있다. 따라서, Liedtke and Hohmann (2015)의 기존 연구와 같이, 산업 및 개인별 특성에 맞는 복합 사용 가능한 개인보호구 및 장치에 대한 연구가 필요한 실정이다. 또한, Kim (2013)은 떨어짐 방지를 위해 개인보호구로서의 안전모와 안전대의 활용 및 개선점을 연구하였는데, 본 연구 결과에 따르면, 떨어짐 뿐만 아니라 부딪힘·접촉, 넘어짐·깔림 등도 사고 방지를 위해 함께 고려되어야 한다.

개인보호구는 작업자를 위험으로부터 보호하기 위한 가장 마지막 수단으로 활용이 되고 있다. 하지만 작업자가 설비나 기계 작업 시 불편함을 이유로 잘못된 착용이나 미착용을 하게 되면, 사고로 이어질 가능성이 높아진다. 즉, 개인보호구를 통해 사망에 이르는 위험은 줄었지만 부상은 증가하게 되므로, 이를 해결하기 위해 불편함을 줄여줄 수 있는 인간공학적 개인보호구 디자인, 관리자/작업자 교육, 법체계 등이 함께 개선되어야 할 필요가 있다. 본 연구의 결과를 통해 산업/재해/기인별 특성을 고려한 인간공학적 개인보호구 설계를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 여겨진다.

References

- Abeysekera, J.D.A. and Shahnava, H., Ergonomics aspects of personal protective equipment: its use in industrially developing countries. *Journal of Human Ergology*, 17(1), 67-79, 1988.
- Akbar-Khanzadeh, F., Bisesi, M.S. and Rivas, R.D., Comfort of personal protective equipment. *Applied Ergonomics*, 26(3), 195-198, 1995.
- Goetsch, D.L., Occupational Safety and Health for Technologists, Engineers, and Managers. Prentice Hall. 2011.
- Kang, J., O'donnell, J.M., Colaianne, B., Bircher, N., Ren, D. and Smith, K.J., Use of personal protective equipment among health care personnel: Results of clinical observations and simulations. *American Journal of Infection Control*, 45(1), 17-23, 2017.
- Kim, J.H., A Study on Protective Purposes and Intents of use of Safety Helmets as for Reduction of Falls. *Journal of the Korean Society of Safety*, 28(5), 83-89, 2013.
- Kim, K.Y., Pi, Y.K., Lee, K.J., Kim, J.J., Ki, Y.H., Kim, S.Y. and Hwang, J.H., Study on supply/wearing status and effective management of personal protective equipment, *Korea Occupational Safety and Health Agency* (retrieved 2017, 10, 15), 2008.
- KOSHA (Korea Occupational Safety and Health Agency), Cause of Industrial Accidents in 2014 (Occupational Accident) (retrieved September 29, 2017), 2016.
- Lee, K.S., Kim, D.H., Oh, Y.S., Oh, S.L., Chae, H.S. and Kim, K.R., A Design for Summer Safety Shoes for Agricultural Work Using a Survey. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 35(1), 1-10, 2016.

Liedtke, M. and Hohmann, B.W., A Web App for Avoidance of Hazards Arising from Combinations of Personal Protective Equipment-Measurements on Reduction of Sound Attenuation of Ear Muffs by Goggle Sidepieces, *EuroNoise*, 2015.

Lombardi, D.A., Verma, S.K., Brennan, M.J. and Perry, M.J., Factors influencing worker use of personal protective eyewear. *Accident Analysis & Prevention*, 41(4), 755-762, 2009.

Mayer, A. and Korhonen, E., Assessment of the protection efficiency and comfort of personal protective equipment in real conditions of use. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 5(3), 347-360, 1999.

Seong, H.W., Choi, H.C., Roh, C.H., Son, H.J. and Kim, C.W., Critical factors of fatality in construction industry : statistical analysis, *Conference on Architectural Institute of Korea*, 433-434, 2016.

Yoon, H.J., Improvement plan of construction safety management system for safe society. *KRIHS Policy Brief*, 520, 1-8, 2015.

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