Journal of the Korean Society of Safety
Vol. 36, No. 3, pp. 15-23, June 2021
https://doi.org/10.14346/JKOSOS.2021.36.3.15

ISSN 1738-3803 (Print)
ISSN 2383-9953 (Online)
http://www.kosos.or.kr/jkosos

산업용 기계 안전시스템(장치/제도) 강화의 필요성에 관한 연구

- 사례분석을 중심으로 -

박영석*†

A Study on the Necessity of Reinforcing the Industrial Machine Safety System (Device/System)

- Focused on Case Analysis -

Young Suk Park*†

†Corresponding Author
Young Suk Park
Tel : +82-52-202-9722
E-mail : shinya46@naver.com

Received : February 16, 2021
Revised : April 22, 2021
Accepted : June 7, 2021

Copyright@2021 by The Korean Society of Safety All right reserved.

Abstract : By analyzing the current status and type of industrial safety accidents caused by industrial machinery, this study aims to examine the importance and necessity of the safety devices that are installed on-site. Additionally, this study aims to determine the implications for Korea by analyzing the status of industrial accidents in major countries and the responses to the accidents. We found that workers could easily access and operate the safety devices and that productivity and convenience were more important than safety. Thus, safety devices need to be mandatorily installed on-site for the safety of workers, and only management supervisors should be given the authority to operate them to afford a sense of safety responsibility to the workers.

Key Words : industrial machinery, safety accidents, safety devices, safety system

1. 서 론

과거 2010년부터 지속적으로 감소해오던 산업재해가 2017년부터 다시 증가하기 시작하고 있다[1]. 이에 대해 고용노동부는 노동자들이 보다 쉽게 재해에 대한 보상을 받을 수 있도록 제도를 개선하면서 생긴 결과라고 밝혔으나, 4차 산업과 함께 과학기술이 발달하고 다양해진 산업들로 인해 산업기계 역시 대형화/고도화되고 정교해지고 있는 것도 산업재해 발생 비율이 높게 집계되도록 하는데 영향을 미치고 있다. 특히, 산업 현장에서 사용되는 산업용 기계에 의한 산업 재해는 전체 발생건수의 약 30%를 차지하고 재해강도 역시 높은 편이다[2].

산업용 기계는 재해 발생 시 위험도와 신체 손상의 강도가 높기 때문에 정부에서도 안전인증과 안전검사를 실시하고 있지만 전문가들은 산업용 기계 자체의 문제보다는 안전관리제도와 정비가 미흡하다고 지적하고 있다[3]. 그와 더불어 근본적으로 산업용 기계류를 다루는 사용자들의 안전불감증과 미흡한 안전의식 등이 문제가 있다고도 지적하고 있다. 한편, 해외의 경우에는 산업재해 예방을 위해 독립적인 기구를 운영하고 있다. 그 중에서도 독일이 재해율이 높게 나타나지만 사회법전 제7권(SGB), 산업안전보건법에 따라 1인 이상 사업장에서 재해가 발생했을 때 3일 이내 재해보험조합(BG)과 전국에 위치한 84개소의 근로감독사무소에 의무적으로 재해에 대해서 보고하도록 되어있다. 또한 출퇴근 시 발생할 수 있는 재해도 100%로 보장하고 있다[1]. 즉, 재해율이 높게 나오는 것은 그만큼 근로자가 업무상 재해 혹은 사망하였을 경우 제도적으로 보상하는 범위가 넓기 때문이라고 할 수 있다.

하지만 우리나라의 경우에는 산업용 기계에 의한 재해는 매년 전체 재해의 25%~30%의 비중으로 발생하며, 위험도가 높아 사고가 발생할 경우 사망까지 이를 수

*동아대학교 교육대학원 석사과정 (Department of Mechanical Education, Dong-A University)

있다[4,5]. 특히, 우리나라는 매년 OECD 국가 중 산재 사망률 1위일 정도로 다른 국가에 비해 상대적으로 많은 사고가 발생하고 있는 실정이다. 그러므로 산업용 기계에 관련된 재해를 미리 예방하기 위해서는 재해 원인을 분석하고 그에 맞는 대처방안을 마련할 필요성이 있다. 이에 정부에서는 「산업안전보건법」을 제정하여 프레스, 전단기, 아세틸렌용접장치 또는 가스용접장치, 크레인, 승강기, 곤돌라, 연삭기, 목재 가공용 둥근 톱, 가설기자재 등을 위험기계・기구로 지정하여 선업재해를 예방하고자 했다[6,9]. 그럼에도 불구하고 안전사고는 지속적으로 발생하고 있으며 2019년에는 20대 노동자가 기계에 끼어 사망한 사건이 발생하면서 사회적으로 큰 이슈가 되기도 하였다. 이러한 문제의식에 따라 본 논문에서는 선행연구과 산업용 기계로 인해 발생하는 안전사고가 무엇인지 유형, 현황 등을 파악하고자 한다. 이를 토대로 현장에서 산업기계에 대한 안전장치를 설치하고 관련 법안을 개정해야 하는 필요성을 설명하고, 예방책을 제시하고자 하는 것에 목적을 두고 있다.

2. 선행연구 검토

그동안 우리나라는 산업용 기계로 인해 발생하는 재해율이 높아 기존 연구들은 사례분석을 통해 예방책 연구가 주를 이루었었다. 그러나 최근에는 안전사고 예방을 위한 기술에 대한 연구도 활발하게 이루어지고 있다. 이에 대해서 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 최기흥[6-8]의 연구에서는 산업용 기계 및 기구에 관련된 원인을 분석하거나, 재해강도의 지표를 평가하고 있다. 그는 산업용 기계로 인해 원인을 밝히고자 한 연구에서 빅데이터를 토대로 산업용 기계로 인해 발생하는 재해원인을 분석한 결과 산업용 기계 및 기구의 안전성을 확보하는 것이 필요하다고 하였다. 또한 산업용 기계의 재해 강도 지표를 평가하는 연구에서는 사망자로만 산업용 기계의 품목별 재해강도를 평가하는 것에는 어려움이 있다고 하였다. 다시 말해, 기계에 따라 사고가 발생하지 않는 경우가 있기 때문에 사망자로 재해강도를 평가하는 것이 올바르지 않다는 것이다.

마지막으로 그가 산업용 기계의 안전성을 인증하는 마크가 실효성이 있는지에 대해서 객관적인 분석을 통해 검증하였다. 그 결과 산업용 기계의 안전성 확보와 소비자들의 신뢰성을 확보하기 위해서는 안전인증을 활용해야 하지만, 그 기준을 확대하여 의무 안전성뿐만 아니라 품질과 내구성에 대해서도 차별 적용하여 안전성을 인증할 필요가 있다고 하였다. 결국, 최기흥[6-8]의 연구를 종합했을 때 산업 기계별 재해로 인한 사망자수와 재해발생률은 매우 다른 양상을 보일 수 있으며, 두 지표는 필요에 따라 개별 적용해야 한다고 볼 수 있다. 하지만 여전히 현재 국내 산업안전보건법에서는 사망자수를 지표로 사용하여 재해강도를 분류하고 있다. 그러므로 현재 적용되고 있는 지표를 개선할 필요가 있으며, 그와 더불어 안전인증 평가 기준을 강화하고 적극적으로 활용한다면 기계 결함과 내구성 등의 문제로 발생하는 재해를 감소시킬 수 있음을 시사한다고 할 수 있다.

최훈, 박만희[9]의 연구에서는 소규모 사업장을 대상으로 산업재해 예방을 위한 재정지원 사업을 통해 재해를 얼마나 감소시킬 수 있을지를 밝히고자 하였다. 이에 10년간 발생한 산업재해 현황과 재정지원사업의 수혜 사업자 현황 등의 자료를 활용하여 분석한 결과 사업장의 고용인 수가 1명 증가할 때, 0.0005명의 재해자 감소 효과가 발생하였다고 하였으며 사망사고가 발생한 사업장의 경우에는 0.1393명의 재해자가 추가적으로 감소되었다고 하였다.

그리고 강선이[10]의 연구에서는 2012년 산업안전보건법이 개정되면서 새롭게 선정된 위험기계 6종에 대한 법적 내용과 방호조치에 대한 적정성을 확인하고자 했다. 그 결과 방호장치에 대한 내용이 미흡한 것으로 나타났으며, 간접설비 중에서도 재해 발생 가능성이 높은 기계들은 위험 기계로 포함시켜 운용되어야 한다고 하였다. 즉, 현재 위험 기계로 분류되지 않은 산업용 기계 중에서도 위험도가 높은 기계들이 존재하기 때문에 위험 기계의 범위를 6종으로 제한할 것이 아니라 범위를 확대해야 하며, 방호조치 역시 미흡함으로 기계에 따라 발생할 수 있는 재해 유형을 파악하고 그를 예방할 수 있는 방호조치를 추가해야 한다는 것이다.

이상의 내용을 종합해보면 현재 산업용 기계에 대한 법제나 안전장치, 평가 및 분류 기준이 기계의 특징들이 고려되지 않고 일괄적으로 적용되고 있다는 것이며, 안전을 위해 갖춰져야 할 방호장치에 대한 인식수준이 낮다는 사실을 파악할 수 있다.

또한, 최근 기술이 빠르게 발전됨에 따라 학계에서도 새로운 산업용 기계에 대한 안전성 확보에 관한 연구가 진행되고 있다(Table 1).

구정호[11]의 연구에서는 산업용 기계에서 발생할 수 있는 말림, 끼임, 눌림 등의 사고로부터 근로자의 신체를 보호하기 위해 안전 연동장치 설치를 의무화하도록 정책적 기준을 마련할 필요성이 있다고 하였다. 그는 연구 과정에서 현장에서는 생산성 제고와 편리, 시간 단축 등을 위해 안전 연동장치를 설치하지 않거나 설치가 되어 있다고 하더라도 관리를 소홀히 하는 것이 현실이라고 하였다. 즉 업무상 발생하는 재해는 과반수가 안전불

Table 1. Contents of existing research on the safety of industrial machinery

Researcher (Year)		Research content
G. H. Choi	2018	Based on big data, the analysis of the causes of disasters caused by industrial machinery showed that it was necessary to ensure the safety of industrial machinery and equipment.
	2019	The study on evaluating the disaster strength index of industrial machinery said that it is difficult to assess the disaster strength of industrial machinery only by death.
	2016	The effectiveness of the marking to certify the safety of industrial machinery was verified through objective analysis. As a result, safety certification should be used to secure safety of industrial machinery and ensure consumer reliability, but safety certification needs to be applied differently not only to mandatory safety but also to quality and durability by expanding the standards.
H. Choi, M. H. Park (2019)		To reveal how much disaster can be reduced through financial support projects for the prevention of industrial accidents for small businesses.
S. Y. Kang (2012)		Confirmation of the legal content and the appropriateness of protective measures for the six newly selected types of hazardous machines with the revision of the Occupational Safety and Health Act in 2012
J. H. Koo (2018)		It is necessary to establish policy standards to make it mandatory to install safety interlocks to protect workers' bodies from accidents such as dryness, entrapment, and compression that can occur in industrial machinery.
B. J. Lim (2018)		They argue that by introducing drones to construction sites, they can quickly identify hazards by checking the work conditions and environment of construction sites from time to time, and will contribute to disaster prevention as they can conduct safety inspections at all times.
S. M. Ok (2018)		As for software safety, the government and academia suggest that it is necessary to approach various aspects of the disaster caused by industrial machinery, rather than to secure safety only from a hardware and safety awareness perspective.

감증과 기계에 대한 위험성을 제대로 인지하지 못해 생긴다는 것이다.

이에 그는 산업용 기계의 안전성을 확보하기 위해서는 안전 연동장치를 안전 확인형 제어시스템으로 운영해야 하며 그와 더불어 작업자가 제거할 수 없는 형태인 인터록 기구를 사용하여 기계 설비에 안전장치를 설치해야 한다고 하였다.

임범준[12]의 연구에서는 건설현장에서 재해사고가 많이 발생하고 있다는 점에 주목하여 연구를 실시하였다. 이에 건설현장에 드론을 도입하는 방법을 고안했다. 그 결과 드론으로 건설현장의 작업 상태와 환경을 수시로 살펴봄으로써 위험요소들을 신속하게 파악할 수 있으며, 상시로 안전점검을 할 수 있기 때문에 재해예방에 기여할 수 있다고 하였다. 그리고 산업용 기계가 스마트화되고 있다는 점에서 산업용 기계의 소프트웨어의 안전성 확보에 대한 연구한 옥승민[13]의 연구에서는 아직까지 국내에서는 소프트웨어 안전에 대해서 제도적, 사회적 그리고 산업적 기반이 모두 빈약하고 하나의 산업군으로도 인정받지 못하고 있다고 하였다. 하지만 점점 네트워크를 기반으로 운용하는 스마트 제품들이 증가함에 따라 어떠한 방식으로 발생할지 예측이 어려운 재해들이 발생할 가능성이 높아지고 있다. 그러므로 정부와 학계에서는 하드웨어와 안전인식에 대한 관점으로만 접근하여 안전성을 확보하고자 하는 것이 아닌 산업용 기계로 발생하는 재해에 대한 다각적인 측면으로 접근할 필요가 있음을 시사하고 있다. 더 나아가 기존연구들의 결과에 따르면 우리나라의 재해발생률을 낮추기 위해서는 국민들의 안전인식을 강화하는 것이 선행적으로 이루어져야 한다는 것 역시 시사하고 있다.

이같이 기존 연구들의 주제와 내용은 다르지만 공통적으로 산업용 기계에 대한 안전성 확보가 이루어져야 함을 주장하고 있다. 결국 기존 연구에서는 현장에서 안전장치를 필수적으로 설치할 필요가 있으며, 안전전문가 역시 고용하여 주기적으로 현장 내 설치된 산업기계에 대한 안전점검과 작업 환경도 관리할 필요가 있음을 시사하고 있으며, 더 나아가 효율적인 관리를 위한 첨단 기술의 활용에 대해서도 연구가 진행될 필요가 있음도 보여주고 있다.

3. 산업기계 안전사고 발생 현황 및 사례

3.1 사고 유형에 따른 발생 현황

매년 고용노동부와 한국산업안전보건공단에서는 분기별로 산업재해 발생 현황[12]에 대해서 발표하고 있다. 2020년 3월 기준 발표된 전체 산업재해 발생 현황에 따르면 건설업(153명)에서 가장 많은 재해 사망자가 발생하였으며, 그다음으로 제조업(124명), 광업(109명), 기타 사업(119명)의 순서로 사망자의 수가 많은 것으로 나타났다(Fig. 1). 여기서 기타 사업은 통상적으로 서비스업으로 분류되는 사업들을 의미한다.

그중에서도 5인 미만의 건설업 사업장(68명)에서 재해로 인한 사망자가 많이 발생하고 있으며 제조업의 경우에는 5인~49인의 사업장(61명)에서 가장 많이 발생하고 있었다.

재해유형별로 살펴보면, 재해자들은 주로 넘어져서(5,077명) 재해사고를 가장 많이 경험하고 있었으며 그

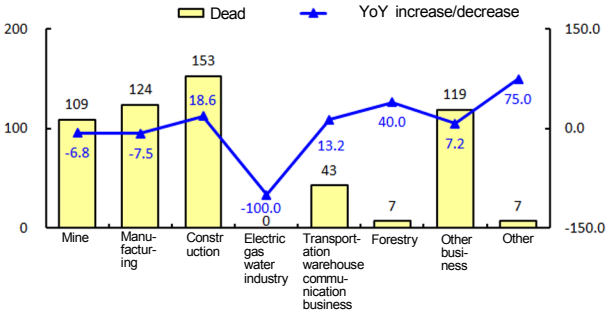

Fig. 1. Status of total industrial accidents by industry.

다음으로 떨어짐(93,302명), 끼임(3,152명), 절단·베일·찔림(2,265명) 등의 순서로 나타났다. 사망자의 경우에는 대다수 떨어짐(110명)으로 인해 발생하고 있었다(Table 2. 참조). 그러므로 재해사고 발생 빈도로 봤을 때는 넘어짐으로 인해 근무자들이 부상을 입지만, 위험도에서는 떨어짐이 더 높다는 것이다.

또 우리 사회가 고령화 사회로 진입함에 따라 고령인구들이 생계를 위한 사회적 참여율이 높아지기 때문이기도 하며, 노화로 인해 위험 상황이 발생했을 때 대처할 수 있는 신체적 능력이 저하됐기 때문이라고도 할 수 있다. 특히, '설마..'라는 생각으로 위험에 대한 인지가 낮아 젊은 세대에 비해 상대적으로 위험한 상황에 노출되는 경우가 많은 것도 원인으로 작용된다고 할 수 있다. 이러한 이유로 Table 3에 정리된 바와 같이 55세 이상의 고령근로자가 30대, 40대 근로자보다 산업재해로 인한 피해자 수가 더 많은 것으로 나타났다.

한편, 지역에 따라 발생하는 안전사고 현황을 살펴보면, 2019년 기준 경북에서 산업재해로 인해 가장 많은 사망자가 발생한 반면 국내에서 인구가 집중되어있는 서울이 가장 적은 사망자가 발생하고 있었다. 또한, 지역별로 발생하는 안전사고 건수는 2019년 12월 기준 경기도 지역(103건)에서 가장 많이 발생하는 것으로 나타났으며, 경남 29건, 서울 26건 순으로 많이 발생하는 것으로 나타났다.

그러나 안전보건공단과 고용노동부가 발표하는 사망재해 원인 분류 체계는 사망재해의 원인제공자가 혼재되어 있기 때문에 해당 자료를 근거로 예방책을 마련하기에는 한계가 있다. 다시 말해, 예방책은 마련할 수 있

Table 2. Status of disasters by disaster type

Classification		Total	Falling off	Falling	Pinning, Overturning	Being bumped	Being hit by an object	Collapse	Jamming	Amputation, Cut, Sting	Fire, Explosion, Rupture	Transport accident	Impractical movement	Other
January to March, 2020	Casualty	21,924	3,302	5,077	495	1,726	1,675	120	3,152	2,265	119	1,432	1,068	1,493
	Death	253	110	5	18	26	19	11	28	0	5	18	0	13
The same period a year ago	Casualty	21,080	3,411	4,866	507	1,624	1,580	134	3,069	2,272	147	1,171	969	1,330
	Death	241	100	3	15	23	13	4	31	2	12	17	0	21
Increase and decrease	Casualty	844	-109	211	-12	102	95	-14	83	-7	-28	261	99	163
	Death	12	10	2	3	3	6	7	-3	-2	-7	1	0	-8
Rate of increase and decrease	Casualty	4.0	-3.2	4.3	-2.4	6.3	6.0	-10.4	2.7	-0.3	-19.0	22.3	10.2	12.3
	Death	5.0	10.0	66.7	20.0	13.0	46.2	175.0	-9.7	-100.0	-58.3	5.9	0.0	-38.1

Table 3. Status of disasters by age

Classification	January to March, 2020		The same period a year ago		Increase and decrease		Rate of increase and decrease	
	Number of victims	Death toll	Number of victims	Death toll	Number of victims	Death toll	Number of victims	Death toll
Total	3,860	309	3,285	301	575	8	17.5	2.7
Ages 18-24 years	30	0	30	1	0	-1	0.0	-100.0
Ages 25-29 years	121	4	85	1	36	3	42.4	300.0
Ages 30-34 years	117	7	142	10	-25	-3	-17.6	-30.0
Ages 35-39 years	246	10	181	12	65	-2	35.9	-16.7
Ages 40-44 years	275	26	258	27	17	-1	6.6	-3.7
Ages 45-49 years	378	24	344	38	34	-14	9.9	-36.8
Ages 50-54 years	483	43	425	35	58	8	13.6	22.9
Ages 55-59 years	591	37	523	46	68	-9	13.0	-19.6
Over 60 years of age	1,619	158	1,297	131	322	27	24.8	20.6

지만 현실적으로 실효성이 있을지 의문이 생긴다는 것이다[9]. 그러므로 산업재해로 인해 다수의 사상자가 발생한다면 사회적, 경제적 손실을 가져 온다는 점과 현대사회에서 산업 공정은 고도화되고 복잡화되고 있다는 점을 고려하여 실효성 있는 예방책을 마련할 필요성이 있다.

3.2 산업기계 안전사고 사례

앞서 살펴본 바와 같이 위험도가 가장 높은 재해는 떨어짐으로 인해 발생한 사고였다. 높은 곳에서 떨어질 경우 부상 및 장애로 끝나는 것이 아닌 사망까지 이를 수 있기 때문이다. 이에 안전보건공단에서는 홈페이지에 국내외에서 발생하는 재해에 대한 사례들을 분야별로 정리하여 게시하고 있다. 이에 본 논문에서는 안전보건공단에서 제공하고 있는 사례집을 토대로 현재 가장 많이 발생하는 사고들 순서대로 사례[15]를 살펴보고, 더 나아가 사례를 통해 주요 발생 원인은 무엇인지 살펴보고자 하며, 이를 바탕으로 해결방안이 무엇이 있는지 모색해보고자 한다.

3.2.1 끼임・눌림

끼임과 눌림의 경우에는 산업용 기계에 근로자 신체 일부가 끼이거나 말려들어가 눌림이 발생하는 사고를 말한다. 이러한 유형의 재해는 체인, 벨트 등 동력장치와 자동차 설비, 컨베이어 등 무거운 기계 설비에 의해서 발생하며, 그런 사유로 제조업에서 많이 발생하게 된다.

안전공단에 따르면 최근 5년간(2014년~2018년)에 끼임으로 인해 총 6만 7210명이 상해를 입거나 사망하였다. 이렇게 제조업에서 끼임과 눌림으로 인해 재해가 많이 발생하는 원인은 매우 복합적이어서 사고 예방에 많은 어려움이 있다. 태안화력발전소에서 끼임 사고로 인해 발생한 '김용균 사건'을 계기로 정부에서는 산업안전법을 개정하여 원청의 책임을 강화하고 하도급업체의 대표에 대한 처벌 수위도 강화하였다. 그리고 산업재해 발생 가능성이 높은 업종은 외주를 줄 수 없도록 규정하면서 제조업에서 발생할 수 있는 끼임 사고를 예방하고자 한 것이다.

이러한 유형에 해당하는 안전사고 중 2019년 사회적으로 가장 문제가 되었던 김용균 사망 사건을 살펴보면, 2018년 12월 한국발전기술 소속이었던 청년 노동자 김씨가 태안화력발전소에서 석탄을 이송하는 컨베이어 밀폐함을 점검하는 과정에서 컨베이어 벨트와 롤러 사이에 끼어 사망하게 되었다. 당시 공개된 CCTV를 통해 본 작업 환경은 석탄가루가 날려 매우 어두웠고(Fig. 2), 김용균씨는 입사 3개월밖에 되지 않은 상태에서 손전등

Fig. 2. CCTV footage released at the time.

하나 없이 휴대폰 불빛에만 의존하여 검사를 실시한 것으로 조사되었지만 당시 발전본부가 조사하여 작성한 '중대재해 사고조사서'에서는 작업자의 과실로 인해 사고가 발생하였다고 밝혔다. 하지만 특조위를 구성하여 진상조사를 실시한 결과 당시 김용균씨는 안전수칙을 모두 준수한 상태에서 작업을 한 것으로 밝혀냈다.

이 같은 사건이 발생하였음에도 불구하고 최근 태안화력발전소에서 장비 운반 작업을 하던 60대 기사가 사망하는 사건이 발생하였다. 결국, 해당 사례로 인해 끼임과 눌림에 대한 사고는 안전수칙을 준수하더라도 위험한 작업환경으로 인해 위험에 노출될 가능성이 존재한다는 것이 드러났다. 즉, 안전사고에서 가장 중요한 것은 작업자에 대한 관리자의 관심과 안전인식이 강화되고, 작업자의 안전의식 및 주의력 부재는 생길 수 밖에 없는 것을 인지하고 안전장치 등의 사고방지를 위한 시스템을 구축하는 것이라고 할 수 있다.

3.2.2 베임・절단・찔림

베임・절단・찔림으로 인해 발생하는 재해는 주로 날카로운 물건을 다룰 때 발생하게 된다. 베임과 찔림은 대부분 칼날 등 뾰족한 물건에 의해 신체 일부가 찔리거나 절단된 것을 말한다. 그래서 식당이나 단체급식 조리실, 의료시설, 제조업 등에서 많이 발생하고 있다. 그 중에서도 우리가 다루고자 하는 것은 산업용 기계에 대한 사용하면서 많이 발생하는 절단 사고 사례만을 다루고자 한다.

2016년 4월 경남 거제시에 위치한 업체에서 배관용접 부위를 휴대용 연삭기로 연삭하던 중 휴대용 연삭기의 절단 숫돌에 오른쪽 허벅지가 베이면서 동맥이 절단되어 과다출혈이 생기는 사고가 발생하였다. 사고가 발생한 후 병원으로 이송되어 치료를 받았지만 결국 사망하게 된 사건으로 원인조사 결과 안전장치의 부재가 원인인 것으로 밝혀졌다.

연삭작업을 하는 과정에서 틈새에 끼어 작동이 중단

되었더라도 갑작스럽게 작동을 하여 발생할 사고를 예방하기 위해서 전원을 차단한 상태에서 빼냈어야 하지만 당시에는 전원이 차단되지 않은 상태에서 끼인 부분을 빼냈고, 빠지는 것과 동시에 기계가 재가동되면서 사고가 발생하였다. 또한 연삭기를 사용할 경우 작업자의 손에서 이탈하지 않도록 견고하고 붙잡고 있어야 하지만 당시 작업자는 사용에 익숙한 기계였기 때문에 위험성을 간과하여 견고하게 잡지 않아 기계가 손에서 이탈하게 된 것이다. 즉, 기계에 익숙해지면서 안전에 대해 간과하게 되면서 작업자가 안전수칙을 준수하기보다 편의성을 더 추구하게 되고, 이런 인적오류를 막기 위해 설치되어야 할 양수식, 인터록 등의 안전장치의 부재로 절단 사고가 발생하게 된 것이다.

3.2.3 부딪힘

부딪힘 재해는 높은 발생빈도에 비해 사망으로 이어지는 경우는 적다. 그렇기 때문에 안일하게 생각할 수 있는 재해이지만 심각할 경우에는 사망으로 이어질 수 있기 때문에 조심해야하는 재해 중 하나이다.

이러한 부딪힘 재해는 작업 현장에 있는 차량 등에 신체 일부가 부딪혀 생기는 재해로 주로 제품을 운반하는 지게차에 부딪히거나 좁은 공간에서 충분한 시야가 확보되지 않아 배치되어 있는 가구들과 부딪혀 발생하는 등 다양한 요인으로 발생되지만 안전관리공단에서는 부딪힘 재해의 주요 원인으로 운행 부주의, 안전조치 미흡, 중량물 취급 부주의, 통행 중 설비들과 부딪힘 등을 꼽고 있다.

이 같은 유형에 해당되는 사고 사례를 살펴보면, 2017년 6월 경부선 일부 구간에서 선로면 맞춤 작업을 위해 작업표지판을 설치하고 이동하던 중 운행하는 열차에 부딪혀서 사망하는 사건이 발생하였다(Fig. 3).

당시 열차운행 감시인이었던 재해자가 본업의 임무인 충돌 예방을 위해 감시 업무만 수행했어야 하지만 본연의 업무가 아닌 작업표지판을 설치하는 작업을 수행함으로써 충돌사고 발생 우려가 있는 위험지역에서 안전을 확보하지 못했다는 것이 재해발생 원인으로 지적되었으며, 열차가 운행되는 구간이었음에도 불구하고 별다른 작업제한 조치가 이루어지지 않았다는 것을 원인으로 지적하였다.

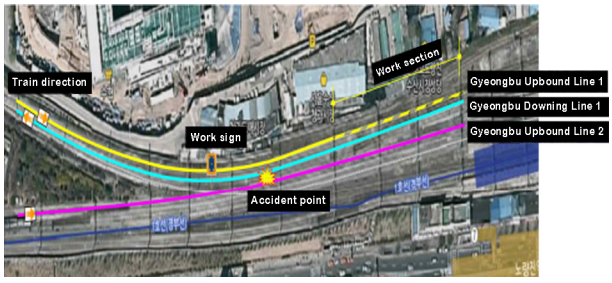

Fig. 3. Accident patterns and damages.

3.2.4 폭발・화재

1) 폭발

대한산업안전협회[16]에서 정의하고 있는 폭발사고는, “압력의 급격한 발생 또는 개방한 결과로 인해 폭음을 수반한 파열이나 가스 팽창이 일어나는 현상”이라고 정의하고 있다. 즉, 밀폐된 공간에서 어떠한 원인으로 발생한 가스가 연소 혹은 압력의 변화 등으로 갑작스럽게 팽창하여 터지면서 주변에 있는 사람들이 다치는 것을 의미한다.

이러한 폭발 사고에는 다양한 원인이 있지만 주로 가연성 연료의 연소, 온도와 압력에 의한 화학적 폭발, 전기로 인해 발생하는 폭발 등이 해당된다. 다른 재해와 달리 폭발로 인해 발생하는 사고의 규모는 매우 크기 때문에 안전에 대해 특히나 주의를 기울여야 한다.

이러한 사고 유형에 해당하는 사례를 살펴보면, 2019년 10월 저장탱크 외벽에 소화설비를 설치하기 위해 배관 지지대를 용접하던 중 탱크 내에 인화성 증기가 용접과정에서 발생한 열에 의해 점화되어 폭발하게 되었다(Fig. 4).

결국, 폭발 재해의 원인은 사전에 충분한 시간을 갖고 위험요소를 확인하고 제거하는 절차를 거쳐야 했으나, 그러한 과정이 제대로 이루어지지 않은 상태에서 용접을 진행하게 되면서 일어난 것이다. 특히, 탱크 내부에 있는 액체의 종류와 증기발생 여부 등을 제대로 파악한 후 작업을 진행해야 했으나 작업허가 절차를 미준수 했다는 것이 재해의 주요 발생 원인이라고 할 수 있다.

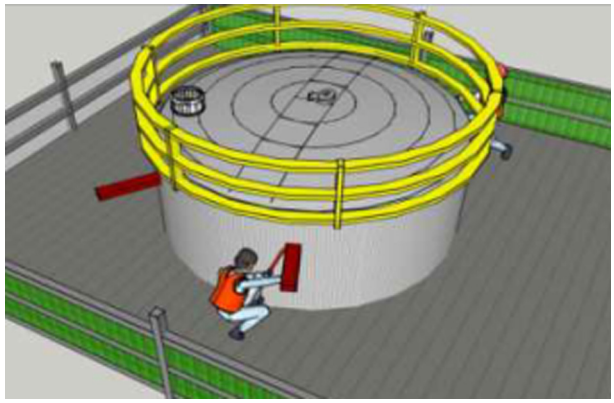
Fig. 4. Disaster situation.

2) 화재

화재로 인한 재해 역시 폭발 재해와 같은 원인으로

발생할 수 있다. 2020년 4월에 발생한 이천 물류창고에서 발생한 화재 재해의 원인도 지하 2층에서 배관 용접 작업에서 발생한 불꽃으로 인한 것으로 조사되었다. 즉, 화재와 폭발로 인한 재해는 밀폐된 공간에서 환기가 제대로 이루어지지 않아 발생하는 먼지와 가스 등으로 전기 합선으로 발생한 불꽃, 용접 시 발생하는 불꽃 등이 대형 화재로 이어지는 것이다. 그러므로 이러한 대규모 재해를 예방하기 위해서 안전장치를 필수적으로 설치할 필요가 있으며 관리감독의 기준도 강화할 필요가 있다.

4. 산업기계로 인해 발생하는 안전사고 문제점

4.1 사업장 내 안전장치 설치 미흡

앞서 사례를 살펴본 결과, 대부분 안전사고는 사업장 내 안전장치의 미흡으로 인해 발생하는 경우가 많았다. 그러므로 우리는 사례를 통해 사업장에 대한 안전장치 설치 기준을 강화할 필요성이 있음을 알 수 있다. 산업용 기계는 복잡한 구조를 가지고 있고 많은 부품이 사용되기 때문에 한 가지 기계에서도 말림, 끼임, 협착, 절단 등의 다양한 재해가 발생할 수 있다. 그럼에도 불구하고 안전장치를 미설치하거나 설치되어 있는 안전장치를 제거하여 기계를 운용해 산업기계로 인해 발생하는 재해율이 높아지고 있다[11].

사업자들은 생산성 향상과 작업의 효율성을 제고하기 위해서 근로자의 안전에는 소홀해질 수밖에 없다. 하지만 다른 관점에서 본다면 생산성을 향상시키기 위해 안전을 고려하지 않고 사업장을 운영하여 재해가 발생한다면 그때 생기는 피해는 안전수칙을 준수한 상태에서 생산 작업을 진행하는 것보다 더 큰 손실을 가져올 수 있다. 그러므로 근로자의 안전을 확보한 상태에서 사업장을 운영하는 것이 장기적으로 봤을 때 더 높은 경영성과를 가져올 수 있을 것이다.

따라서 사업장 내 안전장치 설치를 의무화하고 강화할 필요가 있으며, 이를 위해 정부는 법적 처벌 수위를 강화해야 지금보다 근로자의 안전을 보장할 수 있는 작업환경을 구축할 수 있다.

4.2 산업기계에 대한 안전인증 평가에 대한 정확한 실태조사 필요

산업용 기계로 인한 재해가 발생하는 빈도도 문제이긴 하지만 기계로 인해 발생하는 원인이 대부분 기계장치 조작 미숙이거나 안전수칙 미준수, 기계적 결함으로 인한 것으로 추정하고 있다. 즉, 기계 자체적으로 설치된 안전장치는 현장에서 발생할 수 있는 안전사고를 예방할 수 있는 필수적 요소이기 때문에 기계를 구입할 때부터 사업주가 안전에 대한 관심이 높다면 충분히 안전성을 고려한 기계를 구입하게 될 것이다. 이에 따라 고용노동부에서는 근로자의 안전을 확보하기 위해 안전인증 대상 기계・기구는 11종으로 자율안전확인신고 대상을 25종으로 확대하여 시행하고 있다.

하지만 스스로 안전성을 확인하고 안전기준에 적합 여부를 보고하는 자율안전확인신고 대상이 안전인증 대상보다 더 많다는 점을 생각한다면, 제대로 된 안전인증 평가가 이루어지고 있는지에 대한 의구심을 갖게 된다. 그러므로 기계를 생산 개발하는 업체에 대해 안전인증 제도에 대해서 충분히 이해하고 있는지 파악할 필요가 있다. 그리고 더 나아가 사업자들을 대상으로 안전인증 제도를 홍보/교육하고 안전인증 평가를 통과한 산업기계를 사용하는 것이 산업기계로 인한 산업재해율을 낮출 수 있고, 영업에도 도움이 될 것을 인식시킬 필요가 있다.

5. 안전장치 설치 및 관리 기준

산업 현장에서 위험기계로 분류되는 산업용 기계를 사용할 경우 기계 사용자는 안전・방호장치를 의무적으로 설치할 필요가 있다.

그래서 이미 산업 현장에서는 근로자의 안전을 위해 다양한 종류의 안전장치를 적용하여 사용하고 있다. 그리고 정부 역시 근로자 보호를 위해 산업안전보건법 제33조제1항 및 위험기계・기구방호장치기준에 의거하여 의무적으로 보호장치를 설치하도록 규정하고 있다. 기계・기구의 유형에 따라 설치되어야 하는 방호장치는 Table 4에 정리된 바와 같다.

하지만 설치되는 방호장치의 종류를 보면 덮개, 망, 제동장치 등이 대부분이라 기계에 익숙한 근로자들이라면 충분히 방호장치를 쉽게 제거하거나 다룰 수 있을 것으로 예상할 수 있다. 그리고 관련법에서는 방호장치 설치 기준은 구체적으로 명시하고 있으나, 관리 기준에 대해서는 명시하고 있지 않은 경우가 많았다. 이는 결국 관리 소홀이라는 결과를 야기할 수 있을 뿐만 아니라 고용주에게 근로자 보호에 대한 의무가 없다고 해석되어질 수 있다.

최기홍[3]의 연구에서 빅데이터 분석을 통해 산업재해 원인을 파악한 결과에서도 산업용 기계로 인한 재해의 63.6%가 기계 결함 또는 안전/보호장치 작동 불량이라고 하였으며, 사용단계에서 관리 소홀로 인해 발생한 재해는 35.0%라고 하였다. 즉, 근로자가 안전수칙을 준수하더라도 제대로 설치・관리가 되지 않아 발생하는 재

Table 4. Protection equipment according to machinery and equipment

Machines and apparatus	Scope by specification and type
press and shear protection	Any of the following protection devices that can stop the machine or protect the body from danger in the event of a press or shear hazard: • A photoelectron • Two - handed control • The Bodyguard • A ceremony to sonchyeo • Pullout
safety valve for boiler pressure release	A safety valve operated by a spring as a pressure release device used in a boiler or pressure vessel. Except for any of the following safety valves: • To use to open the pressure of a liquid • The set pressure is less than 0.1 megapascals. • belonging to an unloader used for pressure adjustment.
Safety valve for pressure vessel pressure release	
rupture plate for pressure release of pressure vessel	A rupture plate used to protect pressure vessels from overpressure or over-vacuum caused by gas or steam. Except for any of the following rupture plates: • To use to open the pressure of a liquid • The set breaking pressure is less than 0.1 megapascals.
insulating protection and live working apparatus	Insulation protection that can cover the charging part, such as insulating tubes, insulating sheets, insulating cabs, aja hoods, platinum cabs and rubber blanks, and insulating rods among live working instruments.

해가 많은 것이다. 제조 단계에서 위험원을 제거하는 것이 효과적인 재해 예방법이며, 제조 단계에서 발생하는 위험원을 최소화하기 위해 안전인증제도를 실시하고 있지만 여전히 산업용 기계로 인한 산업재해 발생건수가 많다는 점을 고려한다면 안전/방호장치 설치에 대한 기준 또는 처벌기준을 강화할 필요가 있다.

6. 결 론

본 연구는 산업용 기계로 인해 발생하는 산업 안전사고의 현황과 유형에 따른 사례를 분석하여 현장에서 설치된 안전장치의 중요성과 필요성을 설명함과 동시에 현재 현장에서 사용하는 안전장치의 종류를 살펴보고, 안전장치를 이용하고 있음에도 불구하고 산업기기로 인한 상해・사망사고가 자주 일어나는 이유가 무엇인지 도출하고자 하였다. 그 결과, 떨어짐 사고를 제외하고 산업기계를 사용하는 과정에서 발생하는 끼임이나 절단, 찔림, 화재와 같은 유형에서는 안전불감증과 함께 산업용 기계사용에 대한 안전수칙을 준수하지 않기 때문에 발생하는 경우가 많은 것으로 조사되었다. 또, 고연령의 근로자일수록 고도화되고 있는 산업용 기계를 다루기에는 노화로 인한 신체적 한계가 있었고, 안전불감증 역시 높은 것으로 나타났다. 특히, 최근 발생한 화력발전소 사례를 통해 알 수 있듯이 사업주들이 근로자의 안전에 대한 무관심해 근로자들이 안전장치에 쉽게 접근하여 조작을 할 수 있었고, 안전보다는 생산성과 편의성을 더 중요하게 생각하고 있다는 점이다. 다시 말해, 기업은 높은 생산성을 원하고, 근로자들은 이를 만족시키기 위해 위험한 작업에 대한 두려움을 가지고 있어도 '설마 나에게 일어날까'라는 생각으로 기업이 요구하는 생산량, 작업량을 충족시키기 위해 안전장치를 조작하여 좀 더 편리하게 근무하고 있다는 것이다.

이를 종합해볼 때 작업자의 안전의식/주의력 부재 등의 인적 오류와 사업주 및 관리자의 공정/능률 우선주의는 불가피하게 일어날 수밖에 없으므로 안전장치 설치/관련 법규 개정을 포함한 안전시스템을 권고 및 자율이 아닌 강제적 법규로 강화해야 한다. 특히 현장에서 안전장치는 근로자의 안전을 위해서 의무적으로 설치되도록 법제화할 필요가 있으며, 안전장치 조작에 대한 권한도 관리감독자에게만 부여하여 안전에 대한 강한 책임감을 부여할 필요성이 있다는 것을 도출할 수 있었다. 따라서 정부를 비롯한 산・학계에서는 본 연구를 계기로 위험도가 높은 산업용 기계를 사용하는 사업장에 안전장치가 의무적으로 설치될 수 있도록 안전에 대한 법적 기준이 더욱 강화되어야 하며, 상대적으로 여건이 취약한 소규모 기업에 대한 지원 사업이 필요하다.

하지만 본 연구는 문헌연구를 중심으로 사례분석을 실시하였기 때문에 실제 현장에서 안전을 어떻게 인식하고 있는지 정확히 파악할 수 없다는 한계가 존재한다. 그러므로 후속연구에서는 현장 근로자를 대상으로 인터뷰를 실시하여 실증분석을 실시하여 보다 심도 있는 연구가 진행되길 바란다. 또한, 본 연구가 기초자료로 활용되어 산업기계의 안전성 제고를 위한 연구가 활발하기 이루어지길 기대해 본다.

References

1) D. Y. Jung and S. H. Lee, A Review of Industrial

Disaster Occurrence Overseas. Korea Industry-Academic Technology Society Conference Proceedings, pp. 745-747, 2015.

2) G. H. Choi, “Evaluation of Severity Measures of Accidents Associated with Industrial Machines and Devices”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 34, No. 2, pp. 1-6, 2019.
3) G. H. Choi, “Cause Analysis of Accidents Associated with Industrial Machines and Devices”, Jo. Korean Soc. Saf., Vol. 33, No. 1, pp. 16-21, 2018.
4) NEWSTOF [Fact Check] “Korea is the World'S Worst Industrial Disaster Country”, http://www.newstof.com/news/articleView.html?idxno=10143, 2019.
5) Safety Newspaper, A Study on the Fundamental Safety of Industrial Machinery, http://www.safetynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=61621, 2010.
6) G. H. Choi, “Effectiveness and Balance of Compulsory and Voluntary Safety Certification of Industrial Machines and Devices”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 30, No. 1, pp. 1-7, 2016.
7) G. H. Choi, “Cause Analysis of Accidents Associated with Industrial Machines and Devices”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 33, No. 1, pp. 16-21, 2018.
8) G. H. Choi, “Evaluation of Severity Measures of Accidents Associated with Industrial Machines and Devices”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 34, No. 2, pp. 1-6, 2019.
9) H. Choi and M. H. Park, “Analysis of Disaster Reduction Effect of Industrial Disaster Prevention Financial Support Project : Focusing on Small Business Sites”, The Journal of the Korea Contents Association, Vol. 19, Issue 4, pp. 54-62, 2019.
10) S. Y. Kang, Revised Bill in 2012, Six Kinds of Dangerous Machinery and Apparatus for Safety Consideration. master's thesis, Korea National University of Transportation, 2012.
11) J. H. Koo, A Study on the Installation of Industrial Machinery Safety Interlocking System and Its Normal Use. master's thesis, Ulsan University, 2018.
12) B. J. Lim, Study on the Use of Drones to Reduce Disaster at Construction Site. master's thesis, Kyonggi University, 2018.
13) Korea Occupational Safety and Health Agency, Status of industrial accidents at the end of March, 2020.
14) K. Y. Lee, Analysis of Industrial Accidents in Germany. International Labor Brief, 5, pp.64-79, 2010.
15) KOSHA http://aposho.org
16) Korea Industrial Safety Association blog, https://m.blog.naver. com/safety1964/221862690757