

안전인증 대상 위험 기계 및 기구 관련 재해 원인분석

최기흥*

Cause Analysis of Accidents Associated with Dangerous Machines and Devices Subject to Safety Certification

Gi Heung Choi*†

†Corresponding Author

Gi Heung Choi

Tel : +82-2-760-4322

E-mail : gihchoi@hansung.ac.kr

Received : April 2, 2020

Revised : June 18, 2020

Accepted : July 27, 2020

Copyright©2020 by The Korean Society of Safety All right reserved.

Abstract : Intensity of accidents associated with dangerous machines and devices are (hereafter items), in general, high compared to other industrial accidents. This study focuses on cause analysis of accidents associated with items that are subject to safety certification. The method is based on automated analysis of abstracts of accidents written in descriptive format. The analysis results indicate that more than 50% of accidents associated with items are caused by technical reasons and nearly 50% of accidents were preventable. More effective prevention of industrial accidents would then be realized by safety certification at the stage of danger generation. Transition from the direct regulation on users to manufacturers is also needed to improve the effectiveness and efficiency of industrial safety system in Korea.

Key Words : industrial machines and devices, industrial accidents, cause analysis, safety certification

1. 서론

산업현장에서 쓰이는 기계 및 기구는 관련 재해가 다른 기인물에 의한 재해에 비해 재해의 빈도뿐만 아니라 강도가 특히 높기 때문에 위험기계 및 기구로 볼 수 있다¹⁾. 위험기계에 의한 재해는 재해원인의 체계적인 분석과 이의 해소를 통해 예방할 수 있다.

본 논문에서는 안전인증 대상 위험기계 및 기구 관련 재해원인 분석을 위해 다음과 같이 새로운 재해원인 분류체계와 분석방법을 활용한다. 우선, 이전 연구에서 제안된 위험원인 제공자 중심의 재해원인 분류체계를 2012년부터 2017년까지 6년간 안전인증 대상 위험기계 관련 재해에 적용한다. 또한, 자동화 된 재해원인 분석방법에 기반하여 재해의 원인을 분석한다. 본 연구에서 적용하는 체계적인 분류체계와 재해원인 분석방법은 분석과정과 결과의 일관성을 보장하기 때문에 산업용 기계 및 기구의 안전인증 등 바람직한 규제의 형태와 타당성을 검증할 수 있다. 궁극적으로는 체

계적인 재해원인 분석과 정교한 인공지능 (Artificial Intelligence, AI) 기법의 결합을 통해 산재예방 예산의 효율성과 보다 세밀한 산업안전 전략의 수립 및 효율성 제고에 활용될 수 있다.

2. 재해원인 분석

2.1 재해원인 분류체계

이전 연구^{3,4)}에서는 위험원인 제공자 중심의 재해원인 분류체계를 제안하였다. 제안된 재해원인 분류체계는 대분류, 중분류 및 소분류의 계층적 구조를 갖는다. 즉, 위험의 발생(Danger Generation)과 관련하여 제조자와 사용자를 원인제공자로 구별하고 제조자가 위험의 발생원인 경우 다양한 기술적 원인을 고려하였다. 사용자가 위험의 발생원인인 경우 관리적 원인 또는 교육적 원인으로 대분류하였다. 각각의 대분류 원인은 계층적 분류체계에 따라 중간분류 하였으며 고용노동부가 정의한 사망재해 원인 항목을 소분류 항목으로

*한성대학교 기계시스템공학과 교수 (Department of Mechanical Systems Engineering, Hansung University)

수용하였다. 다만, 위험기계의 생산공정 결함 관련 항목은 산업재해와의 직접적인 연관성을 객관적으로 입증하기 어렵기 때문에 제외하였다.

특히, 이러한 계층적 재해원인 분류체계에서 관리적 원인을 불안전 행동 또는 상태, 기술적 원인 및 작업은 영상 문제 등으로 중간분류하고 이를 다시 다양한 소항목으로 분류한 것은 우리나라 30인 미만 사업장의 수가 전체 사업장의 90%이상을 차지하고 이들 사업장의 안전관리 환경이 열악한 현실을 반영하여 정밀한 재해원인 분석을 가능케 한다.

2.2 재해원인 분석방법

사망 또는 4일 이상 요양을 요하는 재해가 발생한 경우 작성되는 산업재해 조사표를 기초로 재해원인의 상세한 분석을 위해서는 서술형 재해개요의 분석이 중요하다. 그러나 전문가에 의해 매년 8만건 이상의 데이터를 일관성 있게 분석하는 것은 소요되는 시간과 비용을 고려하면 현실적으로 불가능하다.

본 연구에서는 이전 연구에서 제안된 Excel 소프트웨어의 키워드 자동검색을 활용하되 키워드를 보다 정밀하게 세분화하여 서술형 재해개요 분석을 자동화하였다. Excel 소프트웨어의 COUNTIF() 함수를 활용한 키워드 자동검색 기능을 사용하여 재해개요를 자동분석하고 재해원인을 재해석하였다. 즉, 재해원인의 자동검색을 위해서는 다양한 키워드의 활용이 필수적이다. 예를 들면, 기술적 재해원인 중 기계 및 기구 자체의 결함에 의한 원인은 “기계”(기계, 설비 및 시설 등) 또는 “기구”(장치, 장구, 기구, 도구 등) 등의 키워드를 적용하여 분류하고 각각에 대하여 “결함”(결함, 고장, 불량, 이상 등) 키워드를 결합하여 재해건수를 추정하였다. 예를 들면, “*기계*결함*”, “*기계*고장*”, “*기계*불량*”, “*기계*이상*”과 같이 기계관련 결함건수를 독립적으로 추정한 후 합산하였으며 기계관련 동의어인 “설비”, “시설” 또는 “기구”(장치, 장구, 기구, 도구 등) 등에도 각각 동일하게 “결함”(결함, 고장, 불량, 이상 등) 키워드를 독립적으로 결합, 적용하여 관련 재해건수를 추정하였다.

“재해개요” 중 기계 및 기구 또는 방호장치 자체의 결함과 연관된 키워드 즉, “기계”, “기구”, “전기”, “결함”, “방호”, “안전” 등과 같이 의미가 명확한 명사형 키워드와 이들의 결합어 검색은 상대적으로 단순하고 용이하다. 이에 비해 관리적 원인에 의한 재해건수 추정은 보다 체계적이고 계층적인 접근이 필요하다. 명사형 키워드뿐만 아니라 다양한 서술형 키워드의 조합과 검색이 제안된 분석방법의 성패를 가르는 중요한

요소이다. “절차를 지키지 않아 발생한 사고”의 경우 포괄적으로 “절차”의 의미를 갖는 “절차”, “요령”, “계획” 등 명사형 키워드와 “지키지 않았다”는 의미의 명사형 키워드 (“미준수”, “무시”, “회피”, “생략” 등) 또는 서술형 키워드 (“따르지 않고”, “모르고” 등)를 모두 적용하여 세밀하게 관련 재해건수를 추정하였다. 즉, “*절차*미준수*”, “*절차*무시*”, “*절차*회피*”, “*절차*생략*” 등과 같은 명사형 키워드의 조합과 “*절차*따르지 않고*”, “*절차*모르고*” 등과 같은 명사형+서술형 키워드 조합이 모두 적용되었다. 이외에도 불안전한 상태와 관련된 다양한 키워드 조합이 빅데이터 분석에 활용되었다.

교육적 원인에 의한 재해건수 추정의 경우도 마찬가지로 재해개요 중 교육(교육, 훈련, 트레이닝 등)과 연관된 다양한 키워드를 활용하여 재해와 안전교육간 연관성을 검색하고 관련 재해건수를 추정하였다.

기계 또는 기구 키워드와 관리적 원인 키워드가 중복, 서술된 경우 불안전 상태 또는 불안전 행동이 주원인인 것으로 판단하여 관리적 원인으로 간주하고 기술적 원인건수 추정에서 제외하였다. 다만, 결함 키워드와 관리적 원인 키워드가 중복, 서술된 경우에는 위험원의 제거를 통한 근원적 재해예방의 관점에서 기술적 원인으로 간주하였으며 별도의 보정이 필요하지 않다. 기계, 기구 또는 결함 키워드와 교육적 원인 키워드가 중복, 서술된 경우는 발견되지 않았으므로 교육적 원인에 의한 보정은 필요하지 않다.

기타 상세한 분석방법은 참고문헌 (2)에 제시되어 있다.

3. 재해원인 분석결과 및 고찰

3.1 안전인증 대상 위험기계 관련 재해원인 분석

안전보건공단에서 제공한 산업용 기계 및 기구관련 재해 데이터 (Excel 자료)는 산업재해보상보험법 적용 사업체에서 발생한 산업재해 중 산업재해 보상보험법에 의한 업무상 사고 및 질병으로 승인을 받은 사망 또는 4일 이상 요양을 요하는 재해를 대상으로 산업재해 조사표와 요양신청서에 근거하여 작성된다. 산업용 기계 및 기구와 연관된 산업재해원인 조사표는 재해의 발생형태, 기인물 (대, 중, 소, 상세), 원인발생형태 (대, 중, 소), 요양기간과 근로손실일수를 포함한 재해강도, 그리고 재해개요 등 다양한 정보를 포함하고 있다. 현행 산업재해 조사표를 기초로 산재원인의 상세한 분석과 효과적이고 효율적인 산재예방을 위해서는 서술형으로 작성된 “재해개요” 정보의 활용이 중요하다. Table 1 및 Table 2는 2012년부터 2017년까지 최근 6년간 위험기계

Table 1. Number of accidents associated with dangerous machines and devices(hereafter “items”) subject to safety certification due to technical, managerial and educational causes over the past 6 years (2012~2017) in Korea

Items subject to safety certification (Safety certification items)	Total number of accidents (A)	Number of accidents due to technical causes	Number of accidents due to managerial causes	Number of accidents due to educational causes	Total number of accidents analyzed (B)	B/A (%)
Press	7,741	3,191	3,213	185	6,589	85.1
Shearing machine/ Press brake	210/ 3,047	55/ 673	85/ 800	9/ 81	149/ 1,554	71.1/ 51.0
Injection molding machine	891	384	408	24	816	91.6
Roller	401	160	195	13	368	91.8
Gantry crane	113	75	32	1	108	95.6
Overhead crane	714	306	235	5	546	76.5
Jib crane	16	12	8	1	21	131.3
Tower crane*	329	168	110	7	285	86.6
Movable crane*	965	543	316	22	881	91.3
Lift for general use* ¹	1,079 (6,511)	391 (1,636)	303 (1,343)	27 (110)	721 (3,089)	66.8 (47.4)
Lift for construction site*	889	351	230	5	586	65.9
Gondola	63	13	7	0	20	31.8
Pressure Vessel	596	127	139	11	277	46.5
Elevated working platform	305	221	143	6	370	121.3
Total	17,359 (22,791) 100% (100%)	6670 (7,915) 38.4% (34.7%)	6224 (7,264) 35.9% (31.9%)	397 (480) 2.3% (2.1%)	13,291 (15,659) 76.6% (68.7%)	

*: Items subject to safety measures

1: Only elevators and escalators are considered. (Cages, human lifts and human carriers are also considered)

Table 2. Number of deaths associated with items subject to safety certification due to technical, managerial and educational causes over the past 6 years (2012~2017) in Korea

Items subject to safety certification (Safety certification items)	Total number of deaths (A)	Number of deaths due to technical causes	Number of deaths due to managerial causes	Number of deaths due to educational causes	Total number of deaths analyzed (B)	B/A (%)
Press	21	11	17	1	29	138.1
Shearing machine/Press brake	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	-
Injection molding machine	9	7	8	0	15	166.7
Roller	1	0	0	0	0	0
Gantry crane	18	4	4	0	8	55.6
Overhead crane	68	30	24	0	54	79.4
Jib crane	5	3	0	0	3	60.0
Tower crane*	38	17	24	2	43	113.2
Movable crane*	106	57	37	0	94	88.7
Lift for general use* ¹	59 (74)	19 (25)	31 (40)	4 (4)	54 (69)	91.5 (117.0)
Lift for construction site*	66	30	29	0	59	89.4
Gondola	4	1	0	0	1	25.0
Pressure Vessel	7	4	2	0	6	85.7
Elevated working platform	70	73	40	0	113	161.4
Total	472 (487) 100% (100%)	256 (262) 54.2% (53.8%)	216 (225) 45.8% (46.2%)	7 (7) 1.5% (1.4%)	479 (494) 101.5% (101.4%)	

*: Items subject to safety measure

1: Only elevators are considered. (Escalators, cages, human lifts and human carriers are also considered)

관련 재해 데이터 총 45만건을 기초로 안전인증 대상 위험기계의 재해원인을 각각 재해건수와 사망재해 건

수로 나누어 분석한 결과이다.

단순 기인물에 근거한 재해건수 또는 사망자수와는

다르게 서술형 재해개요 중 키워드 검색을 통한 분석이므로 전체 재해건수와 비교하여 약간의 차이가 발생한다⁹⁾. 예를 들면, 안전인증 대상 품목의 경우 전체 관련 재해 중 최소 31.8%에서 최대 131.3%까지 평균 76.6%의 재해원인이 분석되었다. 단순 기인물에 근거한 재해건수 대비 현저하게 적은 경우는 관련 재해건수가 극히 적거나 서술형 재해개요 중 일반적인 재해원인으로 고려될 수 있는 키워드가 언급되지 않은 경우이다. 반대로 재해원인 분석건수가 100%를 초과하는 경우는 서술형 재해개요 중 재해원인 관련 키워드가 중복 서술된 경우이다. 특히 Table 5에 나타난 바와 같이 사망재해의 경우, 재해개요를 상세히 기술하는데 따른 키워드가 중복서술의 문제가 있다. 본 연구에서는 재해분석 건수가 100%를 초과할 경우 100%를 기준으로 선형 보정하여 분석에 활용하였다.

Table 1에 따르면 기인물 자체의 결함 등 기술적 원인에 의한 재해의 비중은 전체 재해건수 대비 평균 38.4%이며 관리적 원인에 의한 재해는 평균 35.9%이었다. 교육적 원인에 의한 재해는 2.3%에 지나지 않았다. 전체 분석비용 76.6% 대비 각 원인에 의한 비중을 구하면 기술적원인 50.1%, 관리적 원인 46.9% 그리고 교육적 원인 3.0%가 된다. 따라서 기술적 원인에 의한 재해가 전체 재해의 반을 차지하며 관리적 원인에 의한 재해 또한 대등한 비율로 발생함을 알 수 있다.

반면에 Table 2에 따르면 기인물 자체의 결함 등 기술적 원인에 의한 사망재해의 비중은 평균 54.2%이며 관리적 원인에 의한 재해는 평균 45.8%이었다. 기타 교육적 원인에 의한 재해는 무시할 수 있을 정도(1.5%)로 적었다. 전체 분석비용 101.5%이므로 이를 100%를 기준으로 선형보정하면 기술적원인 53.4%, 관리적 원인 45.1% 그리고 교육적 원인 1.5%가 된다. 따라서 사망재해의 경우 전체 재해건수 대비 비중과 달리 기술적 원인에 의한 비중이 관리적 원인에 의한 재해보다 높음을 알 수 있다. 즉, 사망을 포함한 중대재해의 경우 기술적 원인의 해소가 보다 중요함을 나타낸다.

Table 3, 4 및 Table 5는 안전인증 대상 산업용 기계 및 기구 중 관련 재해가 500건 이상인 경우 기술적, 관리적 그리고 교육적 원인을 참고문헌 (2)에 제시된 분류체계에 따라 보다 상세히 분석한 결과이다. 분석결과에 따르면 기술적 원인의 대부분은 기계적 결함, 재료결함 및 방호장치 결함 (재해원인 코드 110, 114 및 120) 등이다. 관리적 원인의 경우 전원차단 없이 유지보수, 기계 작동 중 단순 착오, 그리고 방호장치 설치 후 제거, 차단 및 변경 (재해원인 코드 214, 218 및 220) 등이다. 따라서 기계적 결함, 방호장치 결함 그리고 방호장치의 제거, 차단 또는 변경 등의 원인을 원천적으로 해소하는 것이 안전인증의 목표가 되어야 함을 알 수 있다.

Table 3. Detailed causes of accidents associated with items subject to safety certification due to technical causes over the past 6 years (2012~2017) in Korea

Cause, Code	Items	Press	Press brake	Injection molding machine	Overhead crane	Movable crane	Lift for general use		Lift for construction site	Pressure vessel	Total	
							1	2			1	2
							Total number of accidents	7,741			3,049	891
Total number of accidents analyzed	6,738	1,554	816	546	881	617	3,082	586	277	12,015	14,480	
1) Defective machines, devices or PPEs												
Mechanical causes, 110		874	134	104	39	38	83	270	96	11	1,379	1,566
Electrical causes, 111		358	32	32	42	90	17	128	40	6	617	728
No installment of protective devices, 112		199	56	22	40	60	40	263	34	13	464	687
Defective structure, 113		30	27	3	30	31	28	89	26	9	184	245
Defective structure materials, 114		957	312	135	89	148	118	594	102	65	1,926	2,402
Defective sign of boundary, 115		39	18	8	22	103	16	62	11	4	221	267
Defective PPEs or clothes, 116		21	6	5	4	9	4	49	4	3	56	101
Others, 119		6	8	4	4	6	2	19	2	0	32	49
2) Defective protective devices (including malfunctioning), 120		762	80	71	36	58	34	164	36	16	1,093	1,223
3) Others, 190		-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
Subtotal		3,246	673	384	306	543	342	1,638	351	127	5,972	7,268

*: Items subject to safety measure
 1: Only lifts(elevators) are considered.
 2: Lifts(elevators), escalators, human lifts and human carriers are considered

Table 4. Detailed causes of accidents associated with items subject to safety certification due to managerial causes over the past 6 years (2012~2017) in Korea

Cause, Code	Items										
	Press	Press brake	Injection molding machine	Overhead crane	Movable crane	Lift for general use		Lift for construction site	Pressure vessel	Total	
						1	2			1	2
Total number of accidents	7,741	3,049	891	714	965	1,079	6,511	889	596	17,359	22,791
Total number of accidents analyzed	6,738	1,554	816	546	881	617	3,082	586	277	12,015	14,480
1) Unsafe act											
Non-compliance of operation procedures, 210	54	18	4	1	2	5	21	1	2	87	103
Access to danger area, 211	1	1	0	0	1	0	0	3	3	9	9
Misuse of PPEs or clothes, 212	24	7	6	3	7	4	56	4	3	58	110
Misuse of machines or devices, 213	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
Maintenance without power-off while machine is operating, 214	1,563	336	202	116	54	115	97	105	50	2,541	2,523
Unsafe manipulation of speed, 215	3	1	0	0	3	0	10	0	0	7	17
Unsafe handling of hazardous materials, 216	17	12	0	0	1	2	5	0	2	34	37
Unsafe posture acts, 217	23	25	4	6	7	5	32	8	5	83	110
Simple misconduct during operation, 218	797	223	57	20	24	11	50	22	5	1,159	1,198
Others, 219	40	16	6	3	8	1	18	0	0	74	91
2) Unsafe state											
Removal, shut off or alteration of protective devices after installation, 220	278	45	59	23	23	42	143	25	5	500	601
Inappropriate arrangement of materials and work place, 221	65	26	4	36	48	21	304	27	30	257	540
Defective work environment, 222	2	2	3	0	1	1	4	0	0	9	12
Other negligence of unsafe state, 229	17	4	4	2	1	0	7	0	0	28	35
Technical causes											
Inappropriate manufacturing methods, 230	23	8	3	2	1	0	3	0	-	37	40
Inappropriate inspection or maintenance, 231	49	15	8	12	10	15	113	11	19	139	237
Others, 239	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
3) Operations managerial causes											
Inappropriate safety organization, 240	110	24	17	5	3	12	69	11	5	187	244
Lack of operation manuals, 241	9	1	4	0	2	2	13	0	1	19	30
Insufficient preparation for operations, 242	4	1	0	0	0	1	1	0	1	7	7
Inappropriate allocation of workers, 243	33	10	9	3	0	1	6	1	0	57	62
Inappropriate operation orders, 244	132	22	10	6	22	14	69	7	6	219	274
Insufficient supervision and communication, 249	85	14	17	0	9	8	28	6	2	141	161
4) Others, 290											
Subtotal	3,298	800	408	235	316	259	1,231	230	139	5,685	6,657

*: Items and devices subject to safety measure

1: Only lifts(elevators) are considered.

2: Lifts(elevators), escalators, cages, human lifts and human carriers are considered

Table 5. Detailed causes of accidents associated with items subject to safety certification due to educational causes over the past 6 years (2012~2017) in Korea

Cause, Code	Items		Injection molding machine	Overhead crane	Movable crane	Lift for general use		Lift for construction site	Pressure vessel	Total	
	Press	Press brake				1	2			1	2
Total number of accidents	7,741	3,049	891	714	965	1,079	6,511	889	596	17,359	22,791
Total number of accidents analyzed	6,738	1,554	816	546	881	617	3,082	586	277	12,015	14,480
Lack of safety knowledge, 300	5	3	0	0	1	0	3	0	0	9	12
Misunderstanding of safety rules, 301	68	27	8	4	11	12	60	3	8	141	189
Poor training or experience, 302	72	31	8	1	7	4	29	1	3	127	152
Insufficient education for operation methods, 303	48	19	8	0	3	0	6	1	0	79	85
Insufficient education for hazardous or dangerous operations, 304	8	0	0	0	0	0	3	0	0	8	11
Others, 309	1	1	0	0	0	0	3	0	0	2	5
Subtotal	194	81	24	5	22	16	101	5	11	358	443

*: Items subject to safety measure
 1: Only lifts(elevators) are considered.
 2: Lifts(elevators), escalators, cages, human lifts and human carriers are considered

3.2 방호장치 설치 또는 방호조치 대상 위험기계 관련 재해원인 분석

산업안전보건법과 관련 하위규정에 따르면 방호장치 등은 사용단계에서 사용자에게 방호장치 등 설치 또는 필요한 조치 의무가 부여되거나 안전관리 책임이 부여되는 경우가 대부분이다. 이 경우 단순 기계적 결함 관련 키워드나 부적절 또는 불안전 행동 관련 키워드로 재해원인을 상세히 분석하기 어려운 면이 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해소하기 위하여 다음과 같은 방법으로 재해원인을 심층 분석하였다.

산업안전보건법 시행규칙 제98조는 위험방지를 위하여 방호조치를 하거나 필요한 조치를 해야 할 위험기계 및 기구로 예초기, 원심기, 공기압축기, 금속절단기, 지게차 및 포장기계 등을 규정하고 있다. 유해·위험 방지를 위하여 필요한 조치를 해야 하는 기계·기구·설비 및 건축물(안전검사 대상 위험 기계, 기구만 발췌. 건설기계 제외)은 이동식 크레인, 타워크레인, 리프트, 롤러기 등이 있다.

Table 6은 최근 6년간 국소배기장치를 제외한 안전검사 대상 위험기계 및 기구, 유해·위험 방지를 위하여 방호조치가 필요한 기계·기구와 그리고 유해·위험 방지를 위하여 필요한 조치를 해야 하는 기계·기구·설비 및 건축물(건설기계 제외) 등과 관련하여 발생한 총 재해건수 중 방호장치 기능이 부적절하여 발생한 재해건수 및 비율을 산업재해조사표 중 서술형 재해개요의 분석을 통해 추정한 예이다. 본 연구에서는 “방호 기능이 부적절한 경우”를 다음과 같이 정의하였다. 즉 기계 및 기구의 작동점 (Point of Operation)

에서 다음과 같은 재해가 발생한 경우 방호장치의 기능이 부적절한 것으로 간주하였다⁵⁾. 아래의 용어 중 일부는 재해분석에 사용되는 공식용어는 아니나 산업재해조사표 중 재해개요에 자주 사용된 용어이므로 본 연구에서는 이를 분석에 활용하였다.

- 끼임 (협착), 말림, 걸림, 놀림 등

방호장치가 기능을 하지 못하여 위와 같은 재해가 발생하는 이유는 다양하나 본 연구에서는 다음과 같은 경우를 고려하였다:

- 방호장치가 설치되지 않은 경우
- 방호장치는 설치되었으나 작동해제
- 방호장치는 설치되었으나 결함으로 인한 미작동
- 방호장치가 설치되고 작동하였으나 기능 부적절

방호장치의 기능이 부적절하여 발생한 재해건수 비중이 안전검사 대상 산업용 기계 및 기구의 경우 53.5%이며 방호조치 또는 필요한 조치 대상 품목의 경우 37.9%이고 전체평균 51.1%를 나타내었다. 즉, 전체 관련 재해 중 방호장치가 설치되고 정상적으로 작동하는 상태에서 발생한 재해는 48.9%에 지나지 않는다. 방호장치의 설치 의무는 사용자에게 있고 사용자가 설치자(제조사도 가능)에 의뢰해 설치된 방호장치의 적절성 또는 재해예방 기능이 제조자에 의해 제조단계에서 설계 및 제작 또는 설치된 경우에 비하여 효과적이라고 할 수 없다. 이들 방호장치의 적절성과 정상작동

Table 6. Number of accidents due to inappropriate safety guarding and its ratio to total number of accidents associated with safety inspection items, safety device items and safety measure items over the past 6 years (2012~2017) in Republic of Korea

Industrial machines subject to safety inspection	Number of Accidents (A)	Accidents due to inappropriate safety guarding (B)	Ratio B/A (%)
Press/Shearing machine (including machines for printing)	7,951	6,404	80.54
Injection molding machine	891	574	64.42
Roller	401	304	75.81
Centrifuge	2	0	0
Gantry crane	113	60	53.10
Overhead crane	714	429	60.08
Jib crane	16	8	50.00
Gondola	63	1	1.59
Lift for general use*1	6,511	571	8.77
Lift for construction site*	889	512	57.59
Tower crane*	329	117	35.56
Movable crane*	965	327	33.89
Conveyor	3,116	2,658	85.30
Chemical equipment with supplements	330	111	33.64
Drying equipment with supplements	92	38	41.30
Pressure Vessel	596	152	25.50
Industrial Robot	231	141	61.04
Sub total	23,210	12,407	53.46
Machines and tools subject to safety guarding			
Air compressor	40	36	90.00
Mower	952	120	12.61
Cutting machine (excluding food cutter)	3,089	14,20	45.97
Vacuum packaging machine	75	0	0.00
Wrapping machine	6	0	0.00
Sub total	4,162	1,576	37.87
Total	27,372	13,983	51.09

*: Items subject to safety measure

1: Lifts(elevators), escalators, cages, human lifts and human carriers are considered

여부는 사용자 대상의 안전검사를 통해 확인가능하기 때문에 이러한 규제는 사용자 대상의 직접규제이나 효과는 간접적이므로 실효성이 떨어진다. 이러한 이유로 방호장치는 제조단계에서 위험기계에 설치되는 것이 바람직하며 안전성은 제조자 대상의 안전인증을 통해 확보할 수 있다.

3.3 위험기계 관련 재해예방을 위한 개선안

위험기계 관련 재해의 예방을 위해서는 다양한 재해 원인의 해소가 필요하나 제조단계에서 결함을 방지하여 기술적 재해요인을 해소는 것이 근원적 예방을 위해 가장 바람직하다. 본 연구에서는 기술적 재해요인을 따로 분리하여 재해예방 가능 여부를 분석하였다²⁾. 즉, 예방이 가능한 재해는 위험기계의 결함이 원인인 경우 (재해원인코드 110, 111, 112, 113, 114, 119)와 다양한 원인에 의한 방호장치의 기능상실 (재해원인 코

드 120) 등 두 가지로 제한하였다.

분석결과에 따르면 최근 6년간 발생한 주요 안전인증 대상 위험기계 관련 재해 총 12,015건 중 기술적 재해요인의 해소를 통해 예방가능하다고 판단된 재해건수는 5,695건 (47.4%)이었다. 일반 승강기에 에스컬레이터, 인력양중기, 인력운반기 등을 더하면 총 재해 14,480건 중 6,900건이 예방 가능하여 비중은 47.7%가 된다. 따라서 Table 3의 기계적 결함 분석결과와 Table 6의 분석결과를 종합하면 기계적 결함이 있는 경우 대부분 부적절한 방호기능을 초래하며 이는 곧 안전사고로 연결됨을 추론할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 이전 연구에서 제안된 새로운 재해분류체계와 자동화 된 재해원인 분석방법에 기반하여

2012년부터 2017년까지 6년간 안전인증 대상 위험기계 관련 재해의 원인을 분석하였다. 일관성 있는 재해원인 분석을 위해 보다 세분화된 재해원인 관련 키워드와 Excel 소프트웨어의 자동검색 기능을 결합하여 서술형 재해개요를 분석하였다. 제안된 재해분석 방법을 적용한 결과에 따르면 제조단계에서 안전인증 등을 통한 위험원의 발생을 억제하면 예방 가능한 관련 재해는 50% 정도에 이른다. 분석결과는 또한 위험기계의 사용자를 과도하게 규제하는 것 보다 제조자와 사용자를 균형있게 규제하는 것이 재해예방에 더 효과적임을 나타내었다.

미래 AI 기술의 산업안전 분야 접목은 방대한 산업재해 관련 데이터의 해석과 이를 통한 안전사고의 예측, 그리고 예측에 기반한 예방으로 이루어진다. 데이터의 해석은 곧 “산업안전시스템”의 모델링 (Modeling of Industrial Safety System)과 연동되기 때문에 본 연구에서 제시된 재해개요의 자동분석 방법을 인공지능 기법으로 확장할 수 있다. 이를 통하여 안전인증, 안전검사, 안전관리 및 안전교육 등 규제의 효용성과 산재예방 예산의 효율성을 확보하여 산업안전보건 정책의 완성도를 크게 향상시킬 수 있다.

감사의 글 : 본 연구는 한성대학교 교내연구비 지원에 의해 이루어졌습니다.

References

- 1) Yearly Industrial Accident Analysis Report, KOSHA, 2012-2017.
- 2) G. H. Choi, “Improvement of Reliability in Cause Analysis of Industrial Accidents”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 29, No. 6, pp. 1-8, 2014.
- 3) Classification of Causes of Deaths in Industrial Accidents, Ministry of Employment and Labor, Korea.
- 4) G. H. Choi, “Cause Analysis of Accidents Associated with Industrial Machines and Devices”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 33, No. 6, pp. 16-21, 2018.
- 5) G. H. Choi, “Adjustment of Industrial Machines and Devices Subject to Safety Certification, Self-Declaration of Conformity and Safety Inspection”, Research Report, OSHRI, 2018.
- 6) G. H. Choi, “Balance and Effectiveness of Direct Regulations on Manufacturers and Users of Industrial Machines”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 30, No. 1, pp. 1-7, 2015.
- 7) G. H. Choi, “Effectiveness of Direct Safety Regulations on Manufacturers and Users of Industrial Machines: Its Implications on Industrial Safety Policies in Korea”, SHAW, Vol. 8, pp. 59-66, 2017.
- 8) G. H. Choi, “Effectiveness and Balance of Compulsory and Voluntary Safety Certification of Industrial Machines and Devices”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 31, No. 1, pp. 7-12, 2016.