

# 크레인 작업의 안전성 향상을 위한 작업자 체감 사고 원인 및 특별교육 현황 분석

이 용 석\* · 정 기 효\*

\*울산대학교 산업경영공학과

## Analysis of Perceived Accident Causes and Special Training Status for Safety of Crane Operation

Yongseok Lee\* · Kihyo Jung\*

\*Department of Industrial Engineering, University of Ulsan

### Abstract

Since cranes are a kind of complex human-machine systems, it is almost impossible to completely secure safety with current technologies. Therefore, managerial interventions to prevent human errors are needed for safely operating a crane. The Occupational Safety and Health law states that cabin-type crane operators should have crane drivers' licence and crane-related operators (e.g., pendant-type crane operators, slinging workers) should take a special safety training. However, statistics on industrial accidents showed that fatalities due to crane accidents (185 accidents occurred during 2013~2017) were the highest among hazardous machinery and equipment. To effectively control the crane-related accidents, voices of crane workers need to be analyzed to investigate the current status. This study surveyed perceived causes of crane accidents and status of special safety training for crane workers of 387. The survey revealed that 24.3% of the respondents experienced crane accidents and 31.4% eye-witnessed crane accidents. 79% of the respondents pointed human errors such as improper crane operation and improper slinging as the first cause. Lastly, only 16.7% of the respondents took a professional special safety training; but the rest took lecture-based or incomplete education. The findings of the present study can be applied to improve crane-related policies and special safety training systems.

**Keywords :** Crane, Human error, Slinging work, Special safety training

## 1. 서론

산업현장에서 중량물을 운반하기 위해 사용되는 크레인 안전장치가 구비되어 있지만 사고가 발생할 수 있는 부분 안전형 기계설비(partial safety machine)이다. 부분 안전형 기계설비는 전체 안전형 기계설비(complete safety machine)와 달리 구비된 안전장치가 정상적으로 작동해도 안전장치가 미처 예방하지 못하는 사건의 발생으로 사고가 발생할 수 있다. 예를 들면, 크레인은 과부하 방지장치, 권과방지장치, 비상정지장치 등의 다양한 안전

장치가 구비되어 있지만, 운전 실수나 작업 미숙으로 인해 운반하는 중량물이 주변 설비와 충돌하거나 크레인 주변에서 작업하던 작업자가 중량물에 끼이는 사고가 발생할 수 있다.

크레인은 지난 5년간(2013~2017년) 발생한 사고사망자가 185명으로 위험기계기구 중에서 가장 높다[1]. 특히, 2015~2017년에 발생한 사고사망(144명)은 71.5%(103명)가 인적 요인에 해당하는 부적절한 작업방법에 기인한 것으로 보고되었다. 한편, 기계 결함(기계적 요인) 및 환경적 요인은 25.7%(37명)와 2.8%(4명)로

<sup>†</sup>이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2022R1A2C1003282, NRF-2019R1A2C4070310)

<sup>†</sup>Corresponding Author : Kihyo Jung, Department of Industrial Engineering, University of Ulsan, 93 Daehak-ro, Nam-gu, Ulsan, E-mail: kjung@ulsan.ac.kr

Received February 15, 2022; Revision March 10, 2022; Accepted March 10, 2022

상대적으로 낮은 비율을 보이는 것으로 발표되었다. 사고사망을 유발한 작업의 유형은 중량물 운반 및 줄걸이 작업이 65.3%(94명)로 가장 높은 빈도를 보였고, 그 다음으로 설치·해체작업 18.8%(27명), 탑승작업 11.1%(16명), 그리고 점검수리 및 기타 4.8%(7명) 순으로 나타났다[2,3].

산업안전보건법(제140조)은 크레인 사고사망의 주요 원인인 중량물 운반의 안전성 확보를 위해 크레인 운전자격을 명시하고 있다. 그러나 산업안전보건법은 운전실에서 크레인을 조작하는 천장크레인, 타워크레인, 이동식 크레인에 대해서만 운전자격을 규정하고 있다. 그로 인해, 산업현장에서 사용되고 있는 펜던트 및 리모컨으로 조작되는 크레인은 법적 운전자격 요건이 적용되지 않는다. 또한, 줄걸이작업은 중량물과 혹 연결, 중량물 인양 및 유도, 중량물과 혹을 분리하는 작업[4]으로 사고사망이 가장 많이 발생하고 있으나 이에 대한 자격 요건은 규정되어 있지 않다. 다만, 산업안전보건법에서는 크레인 작업자에 대해 사업주가 자체적으로 특별교육을 실시하면 펜던트 및 리모컨 크레인 운전과 줄걸이작업이 가능하도록 하고 있다.

크레인 사고사망을 예방하기 위해서는 부분 안전형 기계설비인 크레인에 대한 특별교육의 실효성을 높이는 것이 필요하다. 특별교육은 사업주가 크레인 작업자를 대상으로 실시하는 교육이지만, 대다수 사업장은 크레인 교육을 체계적으로 할 수 있는 교육시설이나 전문인력을 갖추지 못하고 있는 실정이다[5]. 이러한 현실적 제약으로 인해 사업장에서는 기본적인 안전규정 및 최소한의 직무교육만을 실시한 후 현업에 배치되어 사수(선임자)를 따라 다니면서 조공(보조자) 역할을 하면서 일을 배우게 된다. 이렇게 경험에 의존한 교육은 크레인의 기계적 특성과 중량물 취급에 대한 이론적 지식이 부족한 상태에서 이루어지므로 인적오류에 의한 산업재해에 노출될 수 있는 것으로 보고되고 있다[2]. 따라서 운전자가 인간-기계시스템의 구성원으로서 크레인을 조작하고 중량물과 함께 작업하는 환경에서 인적오류를 예방하기 위해서는 크레인 작업자가 체감하는 크레인 사고의 원인과 교육 및 자격제도에 대한 실태파악이 필요하다.

본 연구는 크레인 작업자가 체감하는 크레인 사고의 주요 원인과 크레인 작업의 안전을 확보하기 위해 실시되고

있는 특별교육의 현황에 대해 조사 및 분석하였다. 이를 위해, 본 연구는 산업현장에서 크레인을 가장 많이 사용하고 있는 조선업[6,7]에 종사하는 작업자를 대상으로 크레인 위험성에 대한 인식과 사고위험요인, 특별교육 실태와 문제점 등에 대해 설문조사를 실시하였다. 또한, 본 연구는 설문조사의 결과를 바탕으로 현 실태와 문제점을 분석하고 크레인에 의한 산업재해를 예방할 수 있는 개선 방안을 제시하였다. 본 연구를 통해 조사 및 도출된 산업현장의 실태와 개선 방안은 크레인과 관련된 제도개선, 교육환경 개선 등에 적용되어 크레인의 안전성 확보에 기여할 수 있을 것이다.

## 2. 연구 방법

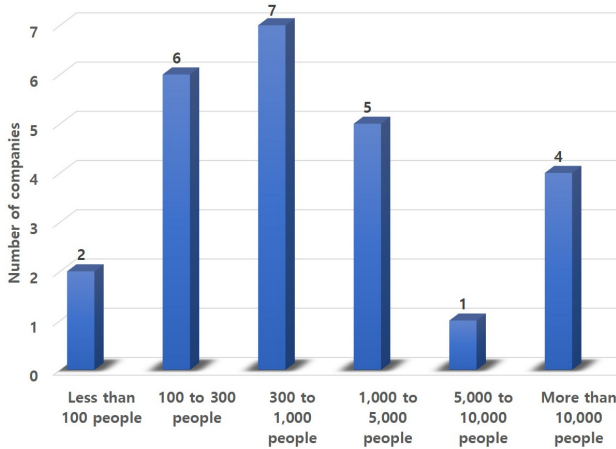
### 2.1 설문 조사 내용 및 대상

본 연구는 크레인 작업자에 대한 설문조사를 통해 크레인 안전성 확보를 위한 인적요인을 파악하고 개선방안을 도출하였다. 이를 위해, 본 연구는 3개 부문(설문 참여자의 기본 정보, 크레인 사고 위험성과 그 원인, 그리고 제도개선 의견)의 16개 문항(<Table 1> 참조)으로 구성된 설문지를 개발하였다. 첫째 부문은 설문 참여자에 대한 기본 정보를 파악할 수 있도록 연령, 경력, 담당 업무(작업), 그리고 크레인 자격유무에 관해 4개 문항으로 구성되었다. 둘째 부문은 크레인작업의 위험성과 사고를 유발하는 체감원인에 대해 4개 문항으로 구성되었다. 마지막 부문은 크레인 안전성 확보를 위해 필요한 제도개선에 대해 8개 문항으로 구성되었다.

본 연구는 대표성 있는 설문조사를 위해 조선업종(조선, 중공업) 25개사 387명을 대상으로 진행하였다. 본 연구의 설문조사에 참여한 사업장은 국내 8대 조선소를 비롯한 완성배 사업장 및 블록 사업장이며, 종사하는 근로자는 약 10만 명으로 국내 조선업종 근로자(14만 명)의 약 71%에 해당한다. 설문에 참여한 사업장의 규모는 [Figure 1]에 나타낸 것과 같이 100인 미만에서부터 1만 명이 넘는 대규모 사업장까지 다양했다.

<Table 1> Survey questions used in this study

No.	Survey contents	Survey number
4	Age group, work experience, duty, qualification status	1~3, 8
5	Accidents experience, frequency of crane accidents, intensity, major causes of accidents, and detailed causes	4~7
8	Special training hours and educational environment, appropriateness of education, appropriateness of education at other work-places, necessity of improving the special educational environment and system	9~16



[Figure 1] Number of companies participating in the survey by company size

본 연구의 설문조사 대상인원은 소규모 사업장의 의견이 통계분석 시 간과되지 않도록 사업장 규모를 고려하여 사업장별 10명 ~ 30명으로 설계되었다. 설문지는 사업장 안전담당자에게 우편 발송하였으며, 총 410부가 크레인 작업자에게 배포된 것으로 파악되었다. 설문 응답 결과는 우편 또는 전자메일로 받았으며, 총 387명의 유효 설문결과가 회수되었다. 사업장별 회수된 설문지의 수량은 대부분(25개사 중 23개사) 계획된 범위(10명~30명)에 포함되었으나, 2개사(8명, 35명)는 계획된 범위를 다소 벗어난 것으로 나타났다.

## 2.2 데이터 분석 방법

본 연구는 설문결과에 대한 통계 분석에 앞서 3가지 측면의 데이터 정선을 수행하였다. 첫째, 회수된 설문지에서 일부 문항에 대해 응답이 없을 경우(문항별 결측치 비율: 0.3%~5.7%) 결측치(missing value)로 처리하고 해당 설문지의 문항만 분석에서 제외하였다. 둘째, 일부 설문지는 특정 문항에 대해 복수 응답한 경우(1%)가 있었으며, 통계 분석에는 복수 응답 결과를 포함하였다. 마지막으로, 정량적 통계 분석을 위해 순위 척도의 설문 문항은 5점 척도(1점: 전혀 그렇지 않다, 3점: 보통, 5점: 매우 그렇다)로 정량화되었다.

본 연구의 통계 분석은 유의수준 0.05에서 종속변수의 유형(범주형 데이터, 정량 데이터)에 따라 카이스퀘어 분석과 분산 분석으로 구분되어 이루어졌다. 먼저, 종속변수가 범주형인 경우는 교차분석(cross tabulation analysis)으로 데이터를 정리한 후 카이스퀘어( $\chi^2$ ) 분석을 통해 통계적 유의성을 판정하였다. 한편, 종속변수가 정량 데이터인 경우는 분산분석(ANOVA)을 실시하여 통계적 유의성을 분석하였다. 분산분석을 통해 집단 간에 유의한 차이가

발견된 경우 집단 간의 차이를 사후검증(post-hoc test)하기 위해 Tukey 검정이 활용되었다. 본 연구의 통계분석은 SPSS (v24, IBM)를 사용하여 이루어졌다.

## 3. 결 과

### 3.1 크레인 작업자 현황

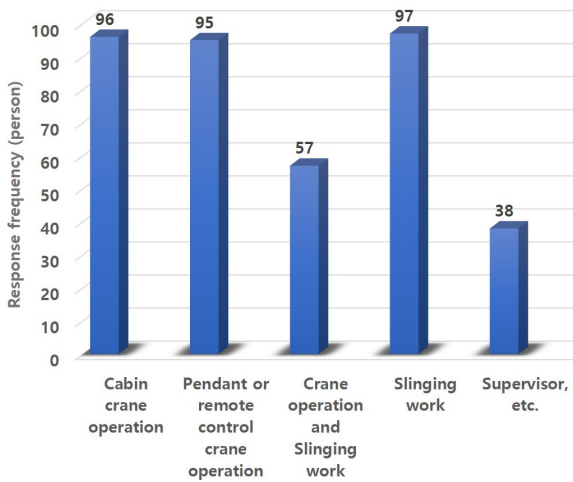
설문에 참여한 크레인 작업자는 <Table 2>와 같이 40대(34.9%)와 50대(38.6%)가 전체 응답자의 73.5%(280명)를 차지하는 것으로 나타났다. 또한, 설문 참여자의 크레인 작업경력은 10년 이상(38.3%)과 20년 이상(24.1%)이 전체 응답자의 62.5%(238명)를 차지하는 것으로 파악되었다. 한편, 연령대가 높을수록 작업경력이 통계적으로 유의하게 증가하는 경향이 있는 것으로 분석되었다( $\chi^2(16)=144, p<0.001$ ). 설문 참여자 중에서 20대는 작업경력이 모두 5년 미만으로 조사되었다. 그러나 30대는 작업경력 10년 이하가 75.0%로 가장 비율이 높았고, 40대와 50대는 11년~20년이 각각 47.4%, 43.5%로 가장 높게 나타났다. 마지막으로, 60대 이상은 작업경력 20년 이상이 70.4%로 가장 높았다.

<Table 2> Survey participants by age group and work experience (person)\*

Experience (year)	20s	30s	40s	50s	Over 60s	Sum
<1	-	3	4	5	-	12
2 to 5	3	21	23	14	2	63
6 to 10	-	9	31	22	6	68
11 to 20	-	11	63	64	8	146
>20	-	-	12	42	38	92
Sum	3	44	133	147	54	381

\* Six participants did not respond.

설문 참여자는 [Figure 2]와 같이 전체 응답자의 49.9%(191명)가 크레인 운전자(운전실 크레인 운전자: 25.1%, 펜던트 또는 리모컨 조작 크레인 운전자: 24.8%)로 조사되었다. 또한, 14.9%(57명)는 크레인 운전자와 줄걸이 작업을 병행하고 있는 것으로 나타났다. 설문 참여자 중에서 줄걸이 작업만 수행하는 경우는 25.4%(97명)로 분석되었으며, 기타(관리감독자 등)에 해당하는 응답자는 9.9%(38명)로 조사되었다. 마지막으로, 크레인 운전자격에 관한 설문에서는 작업자의 42.3%(159명)가 천장크레인 또는 기중기 운전기능사 등의 자격을 보유하고 있는 것으로 파악되었다.



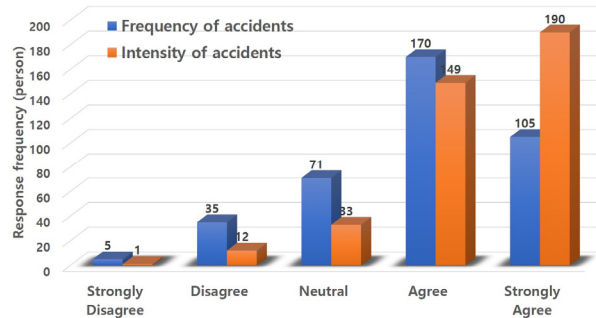
[Figure 2] Duties of survey participants (four participants did not respond)

### 3.2 크레인 위험성과 사고원인에 대한 인식

설문 참여자의 과반(55.8%)은 <Table 3>에 나타난 것과 같이 크레인 작업 중 인적 또는 물적 피해를 직접 경험하였거나 동료작업자에게 발생한 적이 있다고 응답하였다. 설문 참여자의 24.3%(93명)는 크레인 작업을 하면서 직접적으로 산업재해를 겪었다고 응답하였다. 또한, 설문 참여자의 31.4%(120명)는 동료작업자가 크레인 작업을 하면서 산업재해를 당했다고 답변하였다. 한편, 크레인 사고 경험 비율은 수행하고 있는 업무에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다( $\chi^2(8)=16.370, p=0.037$ ).

수행업무 중 사고를 직접 경험한 비율이 가장 높은 경우는 줄걸이 작업(36.1%, 35명)으로 나타났다. 반면, 운전실 조작 크레인 운전수는 24.2%(23명)가 직접 사고를 경험한 것으로 파악되었다. 또한, 직접 또는 간접 경험한 줄걸이 작업자는 69.1%(67명)이나, 운전실 조작 크레인 운전수는 48.4%(46명)로 줄걸이 작업자의 사고경험 비율이 20%이상 높게 나타났다. 이러한 분석 결과는 운전실에 탑승하여 크레인을 운전하는 업무에 비해 줄걸이 작업과 같이 중량물 근처에서 작업하는 업무의 사고위험이 훨씬 높을 수 있음을 시사한다.

설문 참여자의 대다수는 [Figure 3]과 같이 크레인 사고가 다른 기계설비보다 발생 빈도와 강도가 높다고 인식하고 있는 것으로 나타났다. 설문 참여자는 크레인 사고의 발생 가능성이 다른 산업기계보다 매우 높거나(27.2%, 105명) 높다(44.0%, 170명)고 대부분 응답하였다. 또한, 설문 참여자는 크레인 사고의 인적 및 물적 피해 규모가 다른 사고보다 매우 높거나(49.4%, 190명) 높다(38.7%, 149명)고 대다수가 응답하였다.



[Figure 3] Awareness of the frequency and intensity of crane accidents (one in frequency and two in intensity did not respond)

크레인 작업 중 사고를 직접 또는 간접적으로 경험한 설문 참여자는 그렇지 않은 경우보다 크레인 사고의 발생 빈도와 강도가 통계적으로 유의하게 높다고 인식하고 있는 것으로 분석되었다(빈도:  $F(2, 382)=16.941, p<0.001$ ; 강도:  $F(2, 381)=12.604, p<0.001$ ). 크레인 사고를 직접 경험한 설문 참여자의 사고빈도 및 강도에 대한 인식점수는 평균 4.27점(1점: 매우 낮음, 3점: 보통, 5점: 매우 높음)과 4.63점으로 매우 높은 것으로 나타났다. 또한, 간접 경험한 설문 참여자는 3.94점과 4.38점으로 사고빈도와 강도를 대체로 높다고 인식하고 있는 것으로 파악되었다. 마지막으로, 사고를 경험하지 않은 설문참여자는 3.59점과 4.15점으로 유의하게 빈도와 강도를 상대적으로 낮게 인식하고 있는 것으로 조사되었다.

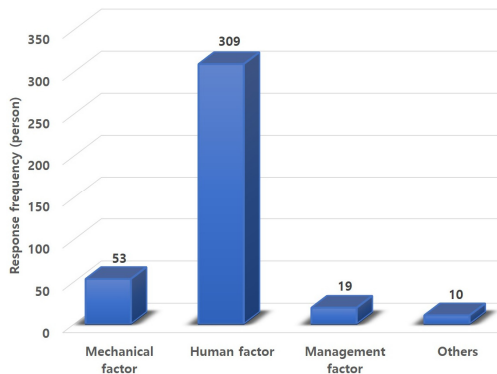
설문 참여자는 [Figure 4]에 나타난 것과 같이 크레인 사고의 가장 큰 원인을 인적 요인으로 인식하고 있는 것으로 파악되었다. 설문 참여자의 대다수(79.0%, 309명)는 크레

<Table 3> Frequency of crane accident experience by work duty (person)\*

Work duty	Direct experience	Indirect experience	No experience	Sum
Cabin crane operation	23	23	49	95
Pendant or remote control crane operation	16	33	46	95
Crane operation and Slinging work	12	18	27	57
Slinging work	35	32	30	97
Supervisor, etc.	7	14	17	38
Sum	93	120	169	382

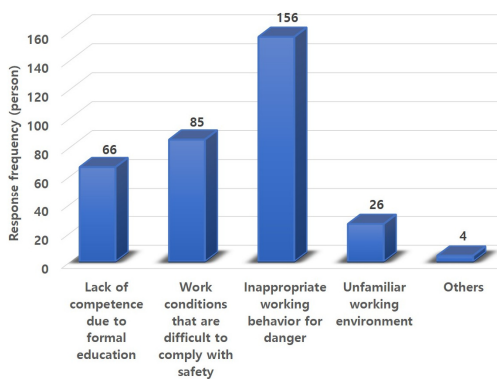
\* Five participants did not respond.

인 사고의 원인으로 크레인 조작 미숙, 줄걸이 작업 미숙, 안전수칙 미준수 등과 같은 인적요인(human factors)에 해당한다고 응답하였다. 한편, 설문 참여자의 13.6%(53명)는 크레인 고장(결함), 안전장치 미작동 등과 같은 기계적 요인(mechanical factors)을 크레인 사고의 주요 원인으로 답변하였다. 마지막으로, 설문 참여자의 4.9%(19명)는 중량물 작업계획서 미작성 및 작업지휘자 부재 등과 같은 관리적 요인(management factors)을 크레인 사고의 주요 원인으로 응답하였으며, 2.6%(10명)는 기타요인(사각지대, 신호불명확 등)을 사고의 주요 원인으로 지목하였다.



[Figure 4] Major factors for crane accidents (four participants selected multiple factors)

인적 요인을 크레인 사고의 주요 원인으로 지목한 설문 참여자(총 309명)는 [Figure 5]와 같이 작업자의 위험에 대한 안이한 태도가 가장 심각한 요인이라고 응답하였다. 설문 참여자의 46.3%(156명)은 크레인 사고를 유발하는 인적 원인으로 안이한 태도라고 응답하였다. 그 다음으로, 작업일정을 맞추기 힘든 작업여건(25.2%, 85명)과 형식적 교육으로 인한 작업역량부족(19.6%, 66명)이 유사한 비율을 보였다. 마지막으로, 작업 장소 및 상황의 수시 변경에 따른 작업 이해 부족과 외국인 동료 작업자와의 의사소통 문제 등이 각각 7.7%(26명)과 1.2%(4명)로 조사되었다.



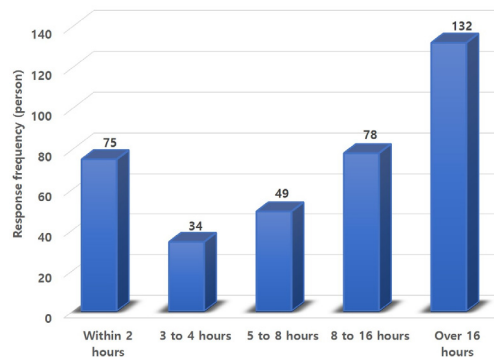
[Figure 5] Major causes for human-induced crane accidents (28 participants selected multiple causes)

기계적 요인을 크레인 사고의 주요 원인이라고 응답한

설문 참여자(총 53명)는 65.5%(38명)가 와이어로프, 구동장치, 전기장치의 고장이 주요한 기계적 요인에 해당한다고 답하였다. 또한, 관리적 요인이라고 지목한 설문 참여자(총 19명)는 34.8%(8명)가 크레인 작업안전표준 부재 및 위험성평가 미흡이 주요 원인이라고 응답하였다.

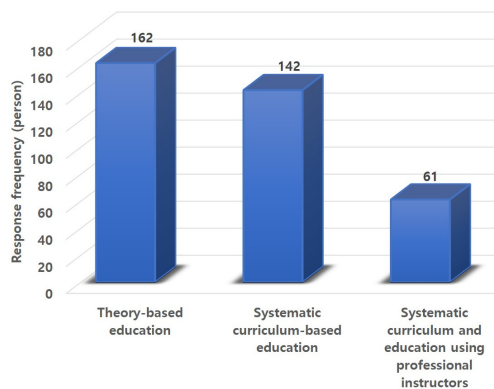
### 3.3 제도개선의 필요성에 대한 인식

크레인작업 특별교육시간은 [Figure 6]과 같이 법적 기준 시간(16시간)을 준수한 경우가 35.9%(132명)로 낮게 나타났다. 한편, 설문 참여자의 64.1%(236명)는 법정 교육시간 미만을 교육 받은 것으로 조사되었으며, 그 중에서 20.4%(75명)는 2시간 이내의 교육만 받은 것으로 파악되었다.



[Figure 6] Completion status of special training (19 participants did not respond)

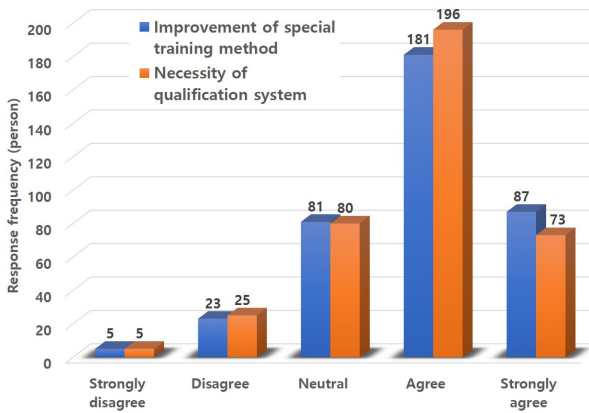
특별교육은 [Figure 7]과 같이 체계적인 교육과정과 실습교육장을 통해 이론 및 실습 교육을 전문 강사에게 받았다는 경우가 전체의 16.7%(61명)로 매우 낮은 것으로 조사되었다. 반면, 체계적인 교육과정이나 전문강사 없이 이론교육 위주의 교육을 받았다는 설문 참여자는 44.4%(162명)에 달했다. 또한, 체계적인 교육과정은 있으나, 전문강사가 아닌 안전관리자나 관리감독자에게 교육을 받았다는 설문 참여자가 38.9%(142명)으로 나타났다.



[Figure 7] Quality of special training (22 participants did not respond)



설문 참여자는 [Figure 8]에 나타난 것과 같이 특별교육을 보다 전문적으로 받고 싶어 하는 것으로 조사되었다. 체계적인 교육과정과 실습교육장을 구비하고 크레인 교육 전문 강사를 통해 교육을 받고 싶다는 비율이 71.1%(268명)로 나타나 그렇지 않아도 된다는 7.4%(28명)보다 현저히 높게 분석되었다. 또한, 특별교육을 일정 자격을 갖춰 인정받은 교육기관이나 사업장 소속 교육센터에서 실시하도록 하는 제도개선이 필요하다는 응답자의 비율이 71%(269명)로 그렇지 않다는 7.9%(30명)보다 약 9배 높은 것으로 파악되었다. 한편, 설문 참여자가 수행하고 있는 업무에 따른 특별교육의 개선필요성 ( $F(4, 369) = 1.275, p=0.279$ )과 자격제도 필요성 ( $F(4, 369) = 2.002, p=0.094$ )은 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.



[Figure 8] Necessity for improvement of special training and qualification system (10 in special training and 8 in qualification system did not respond)

#### 4. 토의 및 결론

크레인 작업자는 크레인 사고 위험성이 다른 기계보다 높다고 인식하고 있으며, 이러한 인식은 사고사망 통계로 입증되고 있다. 본 연구에 참여한 설문응답자의 71.2%는 크레인 사고의 발생 가능성이 다른 기계보다 현저히 높다고 생각하는 것으로 조사되었다. 또한, 설문응답자의 88.1%는 크레인 사고의 인적 및 물적 피해 규모가 다른 사고보다 높다고 인식하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 설문응답자의 인식은 지난 5년간(2013년~2017년) 크레인에 의해 발생한 사고사망(185명)이 다른 위험기계·기구(고소작업대: 69명, 컨베이어: 52명, 리프트: 44명, 압력용기: 22명, 프레스: 17명)보다 현저히 높은 것과 부합하는 결과이다[1].

설문참여자의 79%는 크레인사고의 주요 원인을 인적

요인으로 지목하였다. 설문참여자가 생각하는 크레인사고의 인적 요인에는 안이한 작업태도(46.3%), 안전수칙 준수가 힘든 작업여건(25.2%), 그리고 형식적인 교육으로 인한 역량부족(19.6%)인 것으로 나타났다. 따라서 크레인작업의 안전성 확보를 위해서는 크레인 작업(운전과 줄걸이작업)에 대한 교육을 통해 작업자의 안전의식과 작업역량을 향상시키고, 안전수칙을 준수할 수 있는 작업여건(예: 안전조치 및 작업 시간과 인력을 고려한 작업계획 수립)을 마련하는 것이 중요하다고 판단된다.

산업안전보건법은 크레인 작업 안전을 위해 자격제도(산업안전보건법 제140조)와 특별교육제도(산업안전보건법 제29조)를 명시하고 있다. 크레인 자격제도는 타워크레인, 이동식크레인, 운전실이 있는 천장크레인의 운전수에 한정된다. 그러나 운전실 조작 크레인은 전체 크레인 대비 약 1.8%에 불과한 것으로 추정되고 있다(안전검사제도에 따라 2020년~2021년에 안전검사(2톤 이상, 2년 주기)를 받은 크레인은 약 20만대(차량탑재형 이동식크레인 제외)로 이 중에서 운전실 조작방식은 약 3,600대[8]). 따라서 산업현장에서 사용되는 크레인의 약 98% 이상이 리모컨 또는 펜던트로 조작되고 있는 것으로 추정되며, 이러한 크레인은 산업안전보건법의 자격제도 적용을 받지 않는다. 한편, 줄걸이 작업은 크레인 사고의 약 65%를 차지하고 있으나 자격제도가 법적으로 명시되어 있지 않다. 그래서 리모컨 또는 펜던트 조작 크레인의 운전수와 줄걸이 작업자는 사업장에서 자체적으로 실시하는 특별교육(16시간)만 이수하면 법적 요건이 충족되는 것이 현실이다. 그나마도, 본 연구의 조사에 따르면 특별교육 시간을 법적요건에 맞게 실시하고 있다고 응답한 비율은 35.9%에 불과하고, 특별교육의 방식도 전문강사와 실습교육을 통해 체계적으로 하고 있다는 응답자는 7.9%로 매우 낮은 실정이다.

크레인 운전과 줄걸이작업은 작업자의 숙련도가 요구되나, 특별교육은 대부분 앉아서 보고 듣는 강의식 이론교육 위주로 이루어지고 있는 것으로 조사되었다. 크레인 작업이 가장 많은 업종인 조선업도 전문강사를 통한 이론 및 실습 교육과정을 일부 대형 조선소만 갖추고 있는 실정이다([Figure 9] 참조). 한편, 크레인 작업의 비중이 상대적으로 낮은 다른 업종은 체계적인 교육과정과 실습교육장을 갖추는 것이 현실적으로 어려운 실정이다. 따라서 크레인 사고의 주요 원인으로 지목되고 있는 인적 요인을 통제하여 크레인 안전성을 확보하기 위해서는 사업장 형편에 따라 교육환경의 편차가 심한 현재의 특별교육을 체계적인 교육과정을 갖추고 전문강사와 실습교육이 가능한 교육기관에서 받도록 하는 제도 개선이 필요하다고 사료된다[9].



(a) Crane training center



(b) In-house qualification mark for crane work

[Figure 9] Example of crane training center and crane work qualification mark

본 연구의 설문 참여자 대부분(71.1%)은 현행 특별교육의 방식이 개선될 필요가 있다고 인식하고 있는 것으로 나타났다. 또한, 설문 참여자의 대부분(71.0%)은 체계적인 교육과정과 시설을 갖춘 교육기관이나 사업장 소속 교육센터를 통해 전문적인 교육이 가능하도록 제도 개선이 필요하다고 응답하였다. 일본은 1973년도부터 줄걸이 자격을 가진 자만 줄걸이 작업이 가능하도록 취업을 제한하고 줄걸이작업 안전교육을 시작하였다. 이러한 제도개선의 결과로 1973년 크레인 작업에서 424명의 사고사망이 발생하였으나, 점진적으로 감소하여 2008년에는 사고사망이 101명으로 1973년 대비 76%가 감소하였다[4]. 또한, 일본은 <Table 4>에 정리된 것과 같이 노동안전위생법 제61조(취업의 제한), 크레인 안전규칙 제222조(특별교육), 안전위생교육에 관한 안전위생교육지침(안전위생교육지침 공시 제4호)에 따라 줄걸이 작업자는 의무적으로 줄걸이작업 안전교육을 받아야 한다[4]. 그리고 펜던트나 리모컨 조작방식 크레인(지상조작식 크레인) 운전을 위해서는 기능강습을 의무적으로 받도록 하고 있다[11]. 이러한 일본의 사례는 크레인 작업자에게 체계적인 교육과정과 실습교육시설에서 훈련받는 제도가 크레인 사고 예방에 기여할 수 있음을 시사하고 있다.

<Table 4> Japan's safety education regulations for slinging work[4]

Classification	Slinging skill course	Slinging special training
Laws and regulations	Article 61 of the Occupational Safety and Health Act (Restriction on Employment)	Article 222 of the Crane Safety Rules (Special Education)
Target equipment	Lifting load of more than 1 ton crane, etc.	Less than 1 ton of lifting load crane, etc.
Education target	Slinging worker	Slinging worker
Education institution	Education institution designated by the Director of Labor	Employer or Designated education institution
Education hour	19 hours	5 hours

본 연구는 크레인 사고의 원인을 3가지(기계적 요인, 인적 요인, 그리고 관리적 요인)로 구분하여 설문조사를 실시하였다. 그러나 대부분의 산업재해는 다양한 원인들이 복합적으로 작용하여 발생하는 것으로 알려지고 있어 [3,10] 본 연구의 설문 참여자는 크레인 사고의 복합 원인 중에서 가장 주요하다고 생각하는 하나의 원인을 주요 원인으로 응답했을 것으로 추정된다. 이러한 설문조사의 한계점을 감안하더라도 설문 참여자의 79.0%가 지목한 인적 요인은 크레인 사고의 가장 주요한 원인이라 판단할 수 있다. 또한, 기존 연구의 크레인 사고분석 자료[3]에 따르면 본 연구와 유사하게 인적 요인에 해당하는 부적절한 작업방법이 사고 원인의 71%를 차지하는 것으로 나타났다.

본 연구의 설문응답자는 크레인 사고를 유발할 수 있는 대표적 인적 요인으로 안이한 작업태도(46.3%), 안전준수가 힘든 작업여건(25.2%), 그리고 형식적 교육으로 인한 역량부족(19.6%), 작업 장소 및 상황의 수시 변경에 따른 작업 이해 부족(8.6%)을 지목하였다. 안이한 작업태도와 안전준수가 힘든 작업여건은 위반(violation), 실수(slip), 건망증(lapse)에 의한 인적 오류를 유발할 수 있다. 또한, 크레인 작업에 대한 형식적인 교육은 미숙련된 작업능력으로 인해 사고를 유발할 수 있다. 마지막으로, 작업장소나 작업상황이 수시로 변할 경우 착오(mistake)에 의한 인적 오류를 발생시킬 수 있다. 따라서 인적 오류를 예방하기 위해서는 특별교육에 대한 제도 개선을 통해 작업자의 숙련도와 안전수준을 강화시키는 것이 필요하다고 판단된다[12].

본 연구의 결과를 일반화하기 위해서는 2가지 측면의 후속연구가 필요하다. 첫째, 본 연구는 크레인 안전성 확

보를 위한 크레인 작업(중량물 운반)에 국한하였다. 그러나 크레인 관련 사고를 예방하기 위해서는 크레인을 이용한 중량물 운반 작업 외에도 크레인의 수리나 설치 및 해체작업 시의 안전성을 확보하는 방안에 관한 연구가 필요하다. 둘째, 본 연구의 개선 방안 제안은 크레인 사고의 3대 원인(인적 요인, 기계적 요인, 관리적 요인) 중에서 인적 요인에 집중하였다. 기계적 요인은 선행 연구[13]에서 충분히 다루고 있어 본 연구에서 제외되었다. 한편, 관리적 요인은 크레인 사고의 주요 원인으로 지목된 비율(4.9%)이 낮아 본 연구에서는 개선 방안을 제안하지 않았다. 그러나 크레인 사고의 종합적 예방을 위해서는 관리적 요인의 개선 방안에 대해 추가적인 연구가 필요하다.

## 5. References

- [1] Y. W. Shin(2019), A study on the appropriateness of hazardous machinery and equipment subject to safety certification. University of Ulsan.
- [2] S. H. Yang(2020), A case study on the improvement of occupational safety training for the worker on the line of shipbuilding industry. Seoul National University of Science and Technology.
- [3] Y. S. Lee(2019), A study on securing the Safety of Cranes. University of Ulsan.
- [4] C. H. Han(2010), "Measures to reduce death accidents by sling work through comparative analysis between Korea and Japan." OSH Research Brief, 4(10):38-41.
- [5] C. U. Park(2014), A study on improvement of the special safety training for the slinging work at the construction. Incheon University.
- [6] W. Shin(2014), "Improvement for practical application of risk assessment in shipbuilding industry." J. Korea Saf. Manag. Sci., 16(3):273-277.
- [7] S. I. Moon, G. Jang(2021), "Effect of immersion on field applicability and safety accident prevention in experience safety education using virtual/augmented reality: Focusing on shipbuilding workers." J. Korea Saf. Manag. Sci., 23(4):31-42.
- [8] KOSHA(2021), Safety inspection data of crane. Korean Occupational Safety and Health Agency.
- [9] E. M. Kim(2012), A study on safety measures of crane using by accident analysis. Seoul National University of Science and Technology, 94-95.
- [10] H. Y. Kim(2010), "An analysis of relative injury risk by industry and estimation of a circular distribution model for industrial injury." Seoul Studies, 11(1):127-138.
- [11] Safety Ordinance for Cranes(1972), Crane safety rules(Article 22). Ordinance of the Ministry of Labour No.34 in Japan.
- [12] B. Y. Jeong, D. K. Lee(2019), Modern ergonomics (4th ed). Minyoungsa.
- [13] Y. S. Lee, K. Jung(2021), "Ergonomic analysis and improvement of crane safety certification standards." J. Korea Saf. Manag. Sci., 23(3):1-10.

## 저자 소개



### 이 용 석

울산대학교 안전보건전문학과 석사 취득.  
현재 울산대학교 대학원 산업경영공학과 박사과정 중.  
관심분야 : 산업안전보건, 인간공학



### 정 기 효

포항공과대학교 산업경영공학과 박사 취득.  
현재 울산대학교 산업경영공학부 교수 재직 중.  
관심분야 : 인간공학, 산업안전보건, 데이터 분석