

# 이동식크레인 작업의 중대재해예방을 위한 표준 리스크 평가 지수 개발 (건설업을 중심으로)

## Development of Standard Risk Indicators for the Prevention of Serious Accidents in Mobile Crane Operations (Focused on Construction Industry)

최종국<sup>1</sup> · 이종우<sup>2\*</sup>

Jonggook Choi<sup>1</sup>, Jongwoo Lee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Doctor's Course, Railway Safety Engineering, Seoul National University, Seoul, Republic of Korea

<sup>2</sup>Ph.D Professor, Railway Safety Engineering, Seoul National University, Seoul, Republic of Korea

\*Corresponding author: Jongwoo Lee, saganlee@seoultech.ac.kr

### ABSTRACT

**Purpose:** Mobile cranes are machines that contribute to high mortality, and the High Risk Factor (SIF) information, which analyzed 2,574 accidental deaths in the construction industry in the past 6 years (2016~2021), resulted in a total of 61 mobile crane accidents. Despite safety measures in the field, it is not used properly. In this study, we present standard risk assessment indicators that contribute to accident prevention. **Method:** Through expert interviews, fatal accident case analysis, field analysis, and literature research, we present the standard risk assessment index method of the 4M risk assessment method. **Result:** As a result of analyzing the risk assessment of eight sites, it was concluded that it cannot make a significant contribution to disaster prevention and should be applied as an improvement measure of the Standard Risk Assessment Index Law. **Conclusion:** Switching to the standard risk assessment index method at construction sites has been proposed to make it easier for health and safety personnel and workers to use, contributing to the reduction of accidents.

**Keywords:** Mobile Cranes, Checklist Risk Assessment, High Risk Factors (SLF), Risk Assessment Techniques, Mobile Crane Accident Analysis (4M), Risk Assessment Index

### 요약

**연구목적:** 이동식크레인은 높은 사망률에 기여하는 기계로 최근 6년간(2016~2021) 사고사망사례 중 건설업 2,574건을 분석한 고위험요인(SIF)정보에서 이동식크레인의 사고는 총 61건의 재해가 발생하였다. 현장의 안전대책에도 불구하고 제대로 활용이 안되고 있다. 본 연구에서는 표준 리스크 평가 지수를 제시하여 사고예방에 기여하고자 한다. **연구방법:** 전문가 면담과 사망사고 사례분석, 현장실태분석, 문헌조사를 통해 위험성평가의 4M방식의 표준 리스크 평가 지수 방법을 제시하고자 한다. **연구결과:** 현장 8개현장 위험성평가를 분석한 결과 재해예방에 실질적인 기여를 할 수 없다는 결론을 얻었으며, 표준 리스크 평가 지수 방식의 개선방안으로 적용하여야 한다. **결론:** 건설현장에서 표준 리스크 평가 지수방식으로 전환함으로써 안전보건관계자 및 근로자가 쉽게 이용할 수 있고 재해감소에 기여할 수 있을 것으로 제안한다.

**핵심용어:** 이동식크레인, 체크리스트 위험성평가, 고위험요인(SLF), 위험성평가기법, 이동식크레인사 고유형분석(4M), 리스크 평가지수

Received | 4 September, 2023

Revised | 18 September, 2023

Accepted | 18 September, 2023

 OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

© Society of Disaster Information All rights reserved.

## 서론

### 크레인의 특성 및 사고

건설현장에서 재료를 취급하거나 올리거나 들어 올리는 것은 매우 중요한 작업이다. 건설산업은 공법의 눈부신 발전에 따른 고층화가 이루어지면서 건설장비를 이용한 양중작업이 생산성을 달성하기 위한 중요한 요소이므로 사용량이 지속적으로 증가하고 있다. 크레인은 화물의 권상과 이송을 목적으로 일정한 자재나 화물의 인양을 반복적인 동작을 위한 필수적인 건설 기계장비이다. 더불어 전 건설현장에서 초기에서부터 준공까지 전 공중에 다양하게 사용하다 보니 건설기계장비 중에서도 재해가 특히 많이 일어나는 장비이다.

2021년 ‘김진환의 논문에 따르면’ “이동식크레인 재해분석을 통한 안전성 향상 방안”에 대한 논문에서 2011~2020년에 1009건(1028명의 재해자)의 재해가 발생하였는데 공기단축, 인력대체 등의 긍정적인 효과도 있지만 이동식크레인의 사용빈도가 많아짐에 따라 재해는 지속적으로 발생하고 있음을 볼 수 있다.

또한 ”고용노동부와 산업안전보건공단은 2023년 5월에 발표한 6년간(2016~2021) 사고사망사례 4,432건 중 건설업 2,574건을 분석한 고위험요인(SIF-정보<sup>1)</sup>)에 의하면 이동식크레인이 기인물이 되어 발생한 사망재해가 총 61건 발생하였다

건설공사 안전관리 종합정보망(2023. 8월<sup>2)</sup>)에 의하면 크레인의 사고도 35건이나 발생되어 여전히 이동식크레인의 재해는 많이 발생함을 알 수 있다.

이에 본 연구는 이동식크레인의 재해사례가 지속적으로 발생하고 있음에도 불구하고 줄어들지 않는 원인이 무엇인지 분석하고, 기존에도 이동식크레인에 대한 안전대책이 없는 것은 아니지만 제대로 현장에서 위험요인에 대한 실질적인 현장개선방안이 이루어지고 있지 않아, 이에 대한 해결방안으로 위험성평가방법인 4M방식이 다양한 재해요인과 안전대책을 종합적으로 고려할 것으로 판단하여 표준 리스크 평가 지수를 적용하여 중대재해예방에 기초자료로 활용할 수 있는 결과를 도출하였다.

## Crane 사고 및 문제점 확인

### 이동식 Crane 사고 사례

고용노동부와 산업안전보건공단은 2023년 5월에 발표한 6년간(2016~2021) 사고사망사례 4,432건 중 건설업(2,574건)을 분석한 고위험요인(SIF)정보를 보면 이동식크레인이 기인물로 인한 총 61건의 사망사고의 것만 추려보았다. Table 1는 2016~2021년까지 이동식크레인으로 발생한 사망재해자 수이다.

사고 중 대공중을 분류하여 어떤 공중에서 사고가 많이 났는지 Table 2은 분석하였다. 장비의 고유작업인 양중작업의 공통공사에서 21건(34%)로 가장 많이 일어났으며, 토공사 12건(20%), 마감공사 15건(15%) 등 일어났다. Table 3은 세부공종을 분류하여 재해분석을 하였다.

재해발생형태별로는 Table 4와 같이 장비작업특성상 부딪힘이 24건(39%)로 가장 많았으며, 다음으로 떨어짐 13건(21%), 깔림 11건(18%) 순으로 발생되었다.

1) [https://www.moel.go.kr/news/enews/report/enewsView.do?news\\_seq=15157](https://www.moel.go.kr/news/enews/report/enewsView.do?news_seq=15157)

2) <https://www.csi.go.kr/acd/acdCaseList.do>

**Table 1.** Number of deaths by year

Year	Death toll	Death toll(%)
2015	1	1.64 %
2016	13	21.31%
2017	13	21.31%
2018	8	13.11%
2019	11	18.03%
2020	12	19.67%
2021	2	3.28%
확인불가	1	1.64%
Total	61	100%

**Table 2.** Number of deaths by type of work

Division	Death toll	Death toll(%)
토공사	12	19.67%
철근콘크리트공사	7	11.48%
철골공사	3	4.92%
마감공사	9	14.75%
전기, 기계설비공사	6	9.84%
도로 및 포장공사	1	1.64%
하천 및 항만공사	1	1.64%
기타 토목공사	1	1.64%
공통공사	21	34.43%
Total	61	100%

**Table 3.** Number of deaths by detailed construction type

Detailed work type	Death toll	Death toll(%)
굴착 작업	2	3.28%
흙막이 지보공 작업	3	4.92%
기초파일 작업	7	11.48%
거푸집 작업	2	3.28%
철근 작업	5	8.20%
철골 작업	3	4.92%
조적, 미장 및 견출작업	1	1.64%
방수 작업	1	1.64%
도장작업	1	1.64%
수장 작업	1	1.64%
판넬 등 외부마감 작업	5	8.20%
전기 설비 작업	3	4.92%
기계설비 작업	3	4.92%

**Table 3.** Number of deaths by detailed construction type (Continue)

Detailed work type	Death toll	Death toll(%)
포설 및 다짐 작업	1	1.64%
수중, 해상공사	1	1.64%
부대 토목 작업	1	1.64%
철거, 해체	3	4.92%
안전가시설 작업	4	6.56%
양중기 작업	9	14.75%
위험기계기구 작업(장비수리, 이동 등)	5	8.20%
<b>Total</b>	<b>61</b>	<b>100%</b>

**Table 4.** Number of deaths by disaster type

Disaster type	Death toll	Death toll(%)
충돌 후 떨어짐	6	10%
깔림	11	18%
부딪힘	24	39%
끼임	7	11%
떨어짐	13	21%
<b>Total</b>	<b>61</b>	<b>100%</b>

### 기존 Crane 안전대책의 문제점

기존에 많은 이동식크레인의 안전대책이 나왔다. 그럼에도 불구하고 제대로 이행되지 못한 사항들이 많았다. 전문가와 안전보건관계자의 면담조사와 문헌조사에 의거하여 현행 이동식크레인의 안전대책의 문제점에 대하여 Table 5에서 조사를

**Table 5.** Confirmation of use status and problems of risk assessment

Division	Problems with existing safety measures
이동식 크레인	1. 이동식크레인의 운영시 장비관리자의 지식과 경험에 의존한 작업
	2. 이동식 크레인을 이용한 양중작업시작 전에 관리감독자가 해당 작업, 작업장의 지형·지반 및 지층의 상태, 권과방 지장치 등에 대한 사전조사 미실시
	3. 중량물의 무게·형상, 인양장비 제원, 정격하중, 작업반경 등을 고려한 중량물 취급작업계획 미 작성
	4. 이동식 크레인의 제작·설계기준 준수를 위하여 이동식 크레인 제조사에서 제공하는 사용(취급)설명서를 미인지
	5. 양중작업을 위한 이동식 크레인 선정시에는 전방, 후방, 측방작업여부와 제조사에서 제공하는 취급 설명서상의 공차시 정격 총하중표, 작업반경~양정도 및 하중지시표 등을 미고려
	6. 이동식크레인은 건설장비중 사고가 많이 발생하는 장비임에도 불구하고 다수의 공중에 일부분으로 취급되어 위험의 중요성을 미인지
	7. 아차사고사례 및 유해위험인지 및 발굴이 미흡하다.
	8. 장비의 운전원인 근로자의 적극적인 안전대책 참여가 부족하였다
	9. 안전대책에 대한 근로자 전달 및 숙지 과정 미흡
	10. 관리감독자가 현장 점검 시 위험성평가와 무관한 일반적인 위험에 대한 점검
	11. 해당 작업에 대한 책임역할이 불 명확
	12. 시공법 및 크레인의 선정이 미흡
	13. 정부에서 제공하고 있는 각종 건설기계장치 점검표 및 계획서 등이 현장에 적용 되지 않는다.

하여 아래와 같이 도출하였다.

## 이동식 Crane 표준리스크평가 지수

### 연구방법

#### 연구의 범위 및 방법

2023.5월 고용노동부와 산업안전보건공단의 최근 6년간(2016~2021) 사고사망사례 4,432건 중 건설업 2,574건을 분석한 고위험요인(SIF)정보를 토대로 이동식 크레인이 기인물이 되어 발생한 사고 61건의 사고를 대상으로 안전보건관계자, 장비전문가와 문헌조사 등을 활용하여 이동식크레인의 표준 리스크 평가 지수를 제시하고자 한다. 구체적인 연구방법은 다음과 같다.

첫째. 이동식크레인의 문제점에 대한 전문가 의견수렴을 통하여 문제점 분석점 분석 및 이동식크레인 사고유형분석(4M) 도출

둘째. 수도권본사 및 지방 본사를 둔 건설회사3개회사 중 10개현장의 이동식크레인의 위험성평가 작성 실태 확인

셋째. 도출된 이동식크레인 사고유형분석(4M)에 대한 전문가 분석 및 도출

넷째. 전문가를 통한 사고유형분석(4M)자료와 문헌자료를 통하여 표준 리스크평가지수 개발 항목을 선정

#### 이동식크레인 사고유형분석(4M)

이동식크레인의 문제점에 대한 6년간(2016~2021) 사고사망사례 4,432건 중 건설업 2,574건을 분석한 고위험요인(SIF) 정보와 문헌자료를 바탕으로 위험성 감소대책 175가지를 전문가 면담(공단관계자1인, 장비업체 대표1인, 경력20년이상 현장안전관리자 1인, 안전보건공단 위험성평가 사외강사 1인, 건설기계장비관련 공학박사1인(N=5))을 통하여 문제점 분석점 분석 및 이동식크레인 사고유형분석(4M)을 Table 6에서 항목별 10개씩 총 40가지를 도출하였다.

#### 이동식크레인의 위험성평가 작성 실태확인

수도권 본사 및 지방 본사를 둔 건설회사 중 건축 4개 현장과 토목 4개 현장의 이동식크레인의 위험성평가 작성 실태를 확인하고 작성을 한 안전관리자를 인터뷰한 결과 아래 Table 7과 같이 공중에 따른 유해위험요인에 대한 위험성평가방법인 4M방식이 다양한 재해요인과 안전대책을 종합적으로 검토되지 않고, 안전관리자의 주관적인 위험요인과 감소대책이 이루어지고 있음을 확인할 수 있었다.

#### 이동식크레인 체크리스크 적용 방안

4M 위험성평가<sup>3)</sup>는 공정(작업)내 잠재하고 있는 유해 위험요인을 Man(인적), Machine(기계적), Media(물질,환경적), Management(관리적) 등 4가지 분야로 위험성(리스크)를 파악하여 위험제거 대책을 제시하는 방법을 말하며, Fig. 1와 같이 안전보건공단에서 2013년 위험성평가를 도입하지 전 4M 위험성평가 기법을 주로 사용하여 ‘유해위험요인 자기관리’ 시범사업(2010~2012)을 시행하였다.

3) 산업현장 소조직부문의 위험성평가 참여 방안 및 역할 검토(최근 사망사고 사례분석을 중심으로)(2022-산업안전보건연구원-320)

**Table 6.** Mobile crane accident type analysis (4M)

대분류	중분류	4M 분류 (10개 항목 대책 POINT)	
		소분류	
이 동 식 크 레 인	인적요인 (Man)	신호수 미 배치 및 신호체계 미수립으로 인한 작업 중에 장비 및 자재 등에 충돌 자재결속 미흡에 따른 자재가 떨어짐 운전자의 운전미숙으로 인한 자재 인양 중 근로자와 충돌 이동식크레인 등 건설기계 사용 시, 목적 외 사용	
		중량물의 형태, 수량, 무게에 적합한 인양로프 가닥 수와 체결 방법 미준수. 작업 시작 전 사용 장비의 안전장치(와이어로프 등) 설치 및 작동상태 미확인 인양하중, 양중기 제원 등을 확인하여 작업계획 미수립 지반 지내력 검사, 아웃트리거설치, 지반 침하 위험 구간 회피 작업 미실시 전력선 근제에서 작업 중 장비의 붐대가 전력선에 걸리면서 감전 조립해체작업 및 장비운전원의 적정 자격여부 확인	
	기계적 요인 (Machine)	중량물 취급작업 시 전도 및 협착 등의 위험을 방지하기 위한 안전블록 및 지지대 설치 등 안전 조치 미실시 인양 전 기계장치 및 사전점검 미흡 추락위험이 있는 장소에서 작업 시 안전난간, 안전벨트 걸이시설, 추락방호망등을 미설치 안전장치(권과방지장치, 과부하방지장치, 후방감지장치 등) 설치 및 사용상태 미흡	
		작업 전 와이어로프의 손상, 작업 중 와이어로프 손상 등 크레인을 사용하여 인양작업을 하는 경우 임계하중 값을 초과 충분한 강도유지(비파괴 검사 등) 및 이상유무 미 확인 자재 인양 시 혹 이탈방지 장치 부착 여부, 인양물과의 결합 상태 등 미 확인 이동식크레인 용도의 사용(임의 구조변경, 불법 탑승설비) 비상정지장치 버튼의 정상작동 미흡	
	작업적요인 (Medea)	작업공간의 불량으로 아웃트리거를 제대로 못피면서 전도 과도한 중량물 인양으로 인한 붐대 파단 인양물을 2줄걸이로 체결하지 않아 인양 중 흔들리면서 낙하 붐의 각도를 과하게 올리거나 내리던 등 크리엔 고유의 기능을 무시하다 전도	
		크레인 기치 시 지반의 불량 및 연약지반 침하로 인한 전도 붐대를 세운상태에서 이동 중 전도 작업 전 작업장 상태에 관한 사전조사 미실시 차량계 건설기계를 사용하는 작업 전 작업장 상태에 관한 사전조사 실시 안전한 작업방법을 현장 여건에 맞게 적용하고, 기상 상황을 고려하여 작업 실시 안전점검 적정여부 확인(정기적인 안전검사 이행 여부 등)	
	관리적요인 (Management)	제원, 운행경로, 작업범위 등 작업계획 및 대책 미 수립 중량물 인양 시 적합한 줄걸이 용구 사용 미 확인 중량물 취급에 따른 보호구 미 착용(안전모, 안전화, 안전벨트, 안전대 등) 자재를 인양할 경우, 사전에 적절한 신호체계를 미 구축	
		운전자의 자격 유무 및 안전교육 미 실시 안전인증 및 안전검사를 받지 않은 고소작업대를 사용 섬유로프 및 유도로프 사용하여 자재 인양 시 신체 및 자재 등에 걸림방지 조치 실시 인양작업 시 인양물이 낙하할 수 있는 구간 타 공종과 혼재작업으로 사고유발 조립, 해체작업 시 작업순서 미준수 중량물 형태에 적합한 달기구 사용	

**Table 7.** Current status of field risk assessment

현장명	주 공종	유해위험요인	위험감소대책
김천시00 연결도로	철근작업	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 중량물을 인양시 한줄걸이 인양중 슬링벨트 파단으로 중량물 낙하, 하부근로자 협착 위험.</li> <li>2. 한곳에 과도한 자재적재로 인한 붕괴 위험.</li> <li>3. 크레인 자재인양 작업시 아웃트리거 고정 불량으로 인한 전도위험.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 중량물은 인양시 두줄걸이 사용 및 유도로프 사용, 하부근로자 통제 후 작업.</li> <li>2. 자재 적재시 적정물량으로 분산 적재하고 불필요한 자재는 비계발판 등에 적재를 금한다.</li> <li>3. 크레인 작업전 지반상태 확인 및 아웃트리거 고정 및 지지판 설치상태 확인 후 작업시행.</li> </ol>
부산신항00	파일인발	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 이동식크레인자재인양시 줄걸이 잘못으로 자재낙하</li> <li>2. 지반불량에 따른 크레인 전도</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 2줄 줄걸이 작업</li> <li>2. 철판 등으로 지반 침하방지조치</li> </ol>
원당00 광역도로	벽체거푸집 해체작업	카고크레인 연약지반 설치 및 아웃트리거 설치 불량 크레인 전도	아웃트리거 최대확장, 받침철판,지반침하방지 조치 후 작업
동대구역 파크00	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 양중작업</li> <li>2. 조정식재</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 이동식크레인 운전 및 조작실수로 운전실 등의 부딪힘 발생</li> <li>2. 신호수가 이동식크레인에 인접하여 신호중 접촉</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 이동식크레인 과격조정 금지 및 신호수 배치</li> <li>2. 신호수가 이동식크레인유도 및 신호시에 안전한 거리까지 떨어져서 신호실시</li> </ol>
서대구역센텀 00	시스템비계설치 해체작업	해체장치가 없는 후크로 인양중로프가 낙하하여 자재낙하	인양용 후크에 해지장치를 설치하여 작업 실시
인천영종00 아파트	자재인양	이동식크레인으로 자재양중 작업 중 지반침하로 크레인 전도 사고발생	받침목, 철판 등으로 지반 침하방지조치를 하고 아웃트리거를 최대치로 셋팅하고 수시로 상태점검
00대구 포정	철골부재인양 조립	하이드로크레인 줄걸이 파손으로 인하여 부재 낙하	작업 전 인양줄걸이 확인 후 작업, 작업 구간 내 통제
광주도시00	방수자재인양 H-Beam하역 주형보설치 카고크레인 부재인양	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 이동식크레인 자재하역시 탈락하여 낙하 위험</li> <li>2. H-Beam하역시 신호체계 미흡 추락, 충돌 위험</li> <li>3. 크레인파 신호수간 신호체계 미숙으로 자재 사이 끼임 위험</li> <li>4. 작업지휘자 하부통제미흡</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 2줄 걸이, 하부통제, 부피 큰 자재 나누어 인양</li> <li>2. 신호수, 운전자간 신호체계수립, 유도로프, 무전기 사용</li> <li>3. 크레인 운전자의 시야확보 및 무전기 사용</li> <li>4. 근로자,차량통제를 위한 웨빙띠 설치</li> </ol>

Machine(기계적)	Media(물질·환경적)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기계·설비 구조상의 결함</li> <li>• 방호장치의 불량</li> <li>• 위험기계의 본질안전 설계의 부족</li> <li>• 안전연동장치 및 경고장치의 결함</li> <li>• 유틸리티(전기, 압축공기 등)의 결함</li> <li>• 운반수단의 결함 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업공간(작업장 상태 및 구조)의 불량</li> <li>• 가스, 증기, 분진, 흙 및 미스트 발생</li> <li>• 산소결핍, 유해광선, 고온, 저온, 소음, 진동, 이상기압 등</li> <li>• 취급 화학물질에 대한 중독 등</li> </ul>
Man(인적)	Management(관리적)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 근로자 특성에 의한 불안전행동                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 여성, 고령자, 외국인, 비정규직, 미숙련자 등</li> </ul> </li> <li>• 작업에 대한 안전보건정보의 부적절</li> <li>• 작업자세, 동작의 결함</li> <li>• 작업방법의 부적절 등</li> <li>• 휴먼에러(Human Error)</li> <li>• 개인보호구 미착용 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관리조직의 결함</li> <li>• 규정, 지침, 매뉴얼 등 미작성</li> <li>• 안전관리계획의 미흡</li> <li>• 교육·훈련의 부족</li> <li>• 부하에 대한 감독·지도의 결여</li> <li>• 수칙 및 각종 표지판 미게시 등</li> <li>• 건강검진 및 사후관리 미흡</li> </ul>

**Fig. 1.** Harmful and risk factors for each 4M item

선행연구와 안전관리자의 인터뷰, 안전보건공단 연구보고서에 따라 건설현장에서 다양한 점검체크리스트와 안전대책을 활용하기 위해서는 전 조직에서 이행할 안전관리 역할을 쉽게 작성하고 공감할 수 있는 4M방식의 위험성평가 도구라고 판단하고 이 연구에서 표준 리스크평가지수를 적용하고자 하였다.

**표준 리스크평가지수 모델 방법 모델 제시**

1) 고위험요인(SIF)정보와 문헌자료를 바탕으로 위험성 감소대책 175가지를 이동식 크레인의 위험성평가에 대한 공단관 계자1인, 장비업체 대표1인, 경력20년이상 현장안전관리자 1인, 안전보건공단 위험성평가 사외강사 1인, 건설기계장 비관련 공학박사1인 (N=5) 대상으로 사고유형분석을 실시하여 40개로 압축하였다.

**Table 8.** 4M classification risk check

분류	4M 분류 (40개 항목 대책 POINT)	위험도(Risk)		
		상(3)	중(2)	하(1)
이동식크레인	인적요인 (Man) 10가지 사고유형 기계적 요인 (Machine) 10가지 사고유형 작업적요인(Media) 10가지 사고유형 관리적요인(Management) 10가지 사고유형			

2) 매트릭스 구조는 Man(인적), Machine(기계적), Media(물질,환경적), Management(관리적) 등 4가지 분야로 위험성 (리스크)을 40가지에 대한 상, 중, 하로 표시하고, Table 9와 같이 요인별 사고유형을 분류하고 평가자들은 기재한다.

**Table 9.** 4M classification (human factors) risk assessment checklist(example)

구분	사고유형	상(3)	중(2)	하(1)
인적요인 (Man)	신호수 미 배치 및 신호체계 미수립으로 인한 작업 중에 장비 및 자재 등에 충돌 운전자의 운전미숙으로 인한 자재 인양 중 근로자와 충돌			
기계적 요인 (Machine)	인양 전 기계장치 및 사전점검 미흡 추락위험이 있는 장소에서 작업 시 안전난간, 안전벨트 걸이시설, 추락방호망등을 미설치			
작업적요인 (Media)	작업공간의 불량으로 아웃트리거를 제대로 못피면서 전도 과도한 중량물 인양으로 인한 붐대 파단			
관리적요인 (Management)	조립,해체작업 시 작업순서 미준수 중량물 형태에 적합한 달기구 사용			

현장 안전보건 종사자들이 기재한 점수를 총괄하게 되면 최소 40점에서 부터 최대 120점으로 분류할 수 있다.

현장에서 4M 분야로 위험성(리스크)을 체크하고, Table 10에 해당하는 점수가 현장에 위험도(리스크)다. 상위 15%는 고 위험, 중간 70%는 중위험, 하위 15%는 저위험작업으로 일상적인 관리로 분류할수있다.



**Table 10.** Risk Assessment Index Model

120	119	117	114	110	105	99	92
118	116	113	109	104	98	91	84
115	112	108	103	97	90	83	76
111	107	102	96	89	82	75	68
106	101	95	88	81	74	67	61
100	94	87	80	73	66	60	55
93	86	79	72	65	59	54	50
85	78	71	64	58	53	49	46
77	70	63	57	52	48	45	43
69	62	56	51	47	44	42	41

 : 고위험     : 중위험     : 저위험

## 결론

안전보건관계자의 면담조사와 인터뷰, 문헌조사에 의거하면 현행 이동식크레인의 안전대책의 문제점에 대하여 현장에서 실질적인 효과가 미흡했다는 결론을 얻을 수 있었다. 4M방식의 표준 리스크평가지수 방법을 활용하게 되면 현장 구성원이 쉽게 안전평가를 할 수 있도록 구성을 하였다, 향후 추가적으로 연구할 항목은 모바일 스마트안전기술을 적용하여 현장 모든 구성원들이 장소에 구애받지 않고 쉽게 스마트폰을 활용한 표준 리스크평가지수 방법을 적용하게 되면 더 효율적인 안전대책이 될 것이며. 이동식크레인장비 뿐 아니라 건설기계장비 중 사고가 많은 굴착기, 지게차, 타워크레인, 호이스트 등에 적용한다면 현장 실정에 맞는 근원적 재해예방의 방안이 될 것으로 기대한다.

## References

- [1] Beavers, J.E., Moore, J.R. Rinehart, and Schriver, W.R. (2006). “Crane-related fatalities in the construction industry.” *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 132, No. 9, pp. 901-910.
- [2] Choi, H.-J. (2022). Risk Assessment for Disaster Reduction in Small-Scale Construction Sites. Doctoral Dissertation, Sunmoon University, Asan, pp. 402-403.
- [3] Ho, J.-G. (2022). Equipment Safety and Mobile Crane, Gumi Library, Seoul.
- [4] Jeon, H.-W., Jeong, I.-S., Lee, C.-S. (2013). Risk Assessment to Reduce Construction Equipment Safety Accidents. Master Dissertation, Department of Urban Architecture, Incheon National University, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology. Incheon.
- [5] Kim, J. (2022). Safety Improvement Plan through Mobile Crane Disaster Analysis. Master’s Thesis, Ulsan University, Ulsan, p. 1.
- [6] Kim, J.-C. (2014). A Study on the Hazard Analysis and Control of the Work for Mobile Crane. Master Dissertation, Seoul National University of Science & Technology, Seoul, pp. 37-39.
- [7] Lee, J.-B. (2022). Analysis of Operation System Establishment Cases for Efficient use of Risk Assessment at Construction Sites - H Focusing on Construction Company Cases. Doctoral Dissertation, Sunmoon University,

Asan, pp. 828-838.

- [8] Ministry of Employment and Labor (2023). Industrial Accident High Risk Factors (SIF) Analysis Information. Sejong.
- [9] Ministry of Government Legislation, Rules on Korean Occupational Safety and Health Standards (Article 132).
- [10] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2023). <https://www.csi.go.kr/>
- [11] Safety and Health Research Institute (2022). Review of Risk Assessment Participation Plans and Roles of All Organizational Sectors at Industrial Sites (focusing on analysis of recent fatal accident cases), Ulsan, p. 49.
- [12] Seo, Y.B. (2018). Development of Mobile Crane Work Risk Index at Construction Sites. Master Dissertation, Geumoh Engineering and Technology Graduate School of Industry. Gumi.
- [13] Waris, M., Mohd, S.L., Mohd, F.K., Arazi, I. (2014) "Criteria for the selection of sustainable onsite construction equipment." International Journal of Sustainable Built Environment, Vol. 3, No. 1, pp. 96-110.