JESK J Ergon Soc Korea 2022; 41(5): 347-355
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2022.41.5.347
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Comparison of Safety Work Standards and Development of Safe Work Procedure on Movable Ladders

Seung Nam Min[1], Kyung-Sun Lee[2]

[1]DongYang University, Department of Smart Safety System, Gyeonggi-do, 11307
[2]Kangwon National University, Division of Energy Resources Engineering and Industrial Engineering, Gangwon-do, 24341

이동식 사다리 안전작업기준 비교 및 안전작업절차 개발

민승남[1], 이경선[2]

[1]동양대학교 스마트안전시스템학부
[2]강원대학교 에너지자원산업공학부(산업공학전공)

Corresponding Author
Kyung-Sun Lee
Kangwon National University,
Division of Energy Resources
Engineering and Industrial
Engineering, Gangwon-do, 24341
Email : ksunlee@kangwon.ac.kr

Received : July 05, 2022
Revised : July 09, 2022
Accepted : September 06, 2022

Objective: The purpose of this study to develop a safety work procedure through a literature review to reinforce the field operability of the movable ladders.

Background: The number of falls from movable ladders increases every year in Korea. The accident type is the lack of a work platform, rapid work speed, non-slip installation, no fall prevention and use of damaged ladders. Therefore, it is necessary to propose a new safety work model through literature review with the safety work guidelines for movable ladders.

Method: For this study, OSHA, ASTM and so on were investigated about movable ladder safety guidelines. Based on the results, FGI (Focus Group Interview) was held to discuss making a movable ladder safety model. FGI consisted of 3 persons with construction safety managers over 10 years and 3 persons with professors working in the safety engineering department.

Results: There were investigated 19 safety items for movable safety ladders, such as the prohibition of exceeding the maximum load capacity, working near electrical wires, etc. Through this investigation, FGI made a safety work model for movable ladders such as 1) investigation of the work environment, 2) ladder installation, 3) working, and 4) ladder storage using matching the 19 safety items.

Conclusion: The proposed safety model could reduce many constructions and other field accidents.

Application: If a smartphone application is developed with the suggested safety model for the movable ladder, many workers will benefit from it.

Keywords: Movable ladder, Safety work procedure, Standard, Safety guideline

Copyright@2022 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

1. Introduction

국내 산업현장에서 이동식 사다리는 승/하강을 위한 통로 및 작업대로써 사용되고 있다. 그러나 이동식 사다리에서는 많은 재해가 일어나고 있다. KOSHA (2021)에서 발표한 사다리 재해현황을 보면, 2018년부터 2021년 9월까지 3년 9개월간 산업현장에서 사다리 작업 중 발생한 사망자는 143명에 달한다. 연도별로는 2018년 45명, 2019년 43명, 2020년 30명, 2021년 1월부터 9월까지는 25명이다. 업종별로 살펴보면 건설업이 86명으로 가장 높고 시설관리업 20명, 제조업 17명이 뒤를 이었다. 이러한 사다리 사고 유형을 보면, 작업발판이 설치가 곤란한 장소나 신속한 작업 등을 위해 사다리를 무리하게 사용하면서도 전도방지조치 미실시, 미끄럼방지조치 미실시, 훼손된 사다리를 사용하는 등 적합하고 안전한 안전조치가 이루어지지 않은 상태에서 사고가 발생되고 있음을 알 수 있다. 이러한 사고비율 때문에 2019년 정부는 A형 사다리(이동형/접이형)는 작업발판으로 사용을 금지하려고 하였으며, 통로용도가 아닌 작업용으로 사용하면 고용노동부 등 감독 시에 처벌하겠다는 내용을 발표하기도 하였다. 그러나 산업현장에서 작업 편의성을 대처할 수 있는 대체물이 없음을 강조하여 법안을 철회하는 사건도 있었다(Ministry of Employment and Labor, 2019).

국내에서의 연구 사례를 보면, Hwang (2022)의 연구에서는 이동식 사다리의 안정성에 대한 성능을 검증하고 특히, 영국의 HSE (Health Safety Environment), 미국의 OSHA (Occupational Safety, & Health Administration) 등 선진국의 자료를 검토하여 이동식 사다리 작업과 관련한 세부적인 안전기준을 마련해야 한다고 하였다. Choi (2019)의 연구에서는 기인물별 추락사고는 사다리에서 빈번하게 발행하고 있으며 추락재해 예방을 위해 이동식 사다리에 대한 대책 마련이 중요하다고 하였다. 이렇게 대책 마련이 중요한 문제에 대해서 Sim and Kang (2017)은 30인 미만 소규모 사업장에 대한 1) 제도적 안전관리 방안, 2) 안전교육 강화 방안, 3) 사다리 안전모델 연구가 필요하다고 하였다. Kim and Bu (2019)는 사고 사례중심으로 문제점과 개선방안을 도출하였으며, 근로자의 작업 숙련도, 체계적인 교육 미실시, 관련 제도의 구체성 결여를 사고의 문제점으로 제시하였다.

국외 연구 사례를 보면 OSHA (Occupational Safety and Health Administration)는 사다리에서 추락하는 사고는 심각한 직업 관련 상해 및 사망의 주요 원인 중 하나라고 명시하고 있다. 또한 미국은 OSHA에서 발표한 통계를 보면, 매년 평균 약 202,066건의 상해와 345건의 사망이 사다리 추락사고에 의해 발생한다고 발표하였다. Gorucu et al. (2022)는 OSHA's Walking-Working Surfaces and Fall Protection Standards를 개발하였으며, 사다리 작업에 있어서 창문청소에서 굴뚝 청소 작업까지 광범위한 작업형태에 적용될 수 있도록 가이드라인을 적용해야 한다고 하였다.

국내 산업재해 통계를 살펴보면, 이동식 사다리 작업 중 발생하는 추락사고는 지속적으로 증가하고 있다 따라서 본 연구의 목적은 이동식 사다리의 문제점을 인식하고 현재 마련된 지침에 대한 현장 작동성을 강화하기 위하여 국·내외 이동식 사다리 관련 문헌고찰 및 실태조사를 통하여, 이동식 사다리를 사용하는 작업에 대한 안전작업절차를 제시하는 것이다.

2. Method

2.1 Procedure

이동식 사다리 관련 안전작업절차를 구축하기 위해 구글 등 검색사이트를 이용하여 OSHA, ASTM 표준, 특허 등을 조사하였다. 조사결과를 바탕으로 FGI (Focus Group Interview)를 통하여 안전작업절차 제안에 대한 논의를 실시하였다. FGI는 건설안전관리자 10년 이상 3명, 학계 관련 전공 교수 3명이 참여하였다(Figure 1).

2.2 Analysis

이동식 사다리 관련 수집된 국외 표준, 가이드라인, 법규를 바탕으로 한국의 법규와 가이드라인과 비교를 실시하였으며 비교된 결과를 바탕으로 FGI 그룹을 통해서 이동식 사다리 안전작업절차를 제시하였다. FGI는 사전 조사된 내용을 바탕으로 한국에서의 기준과 법 그리고 현재 산업현장과 일상생활에서 적용 가능 유무를 판단하였으며, 이를 바탕으로 모든 이동식 사다리 작업자가 공통적으로 사용할 해야 할 안전작업절차를 제시하였다.

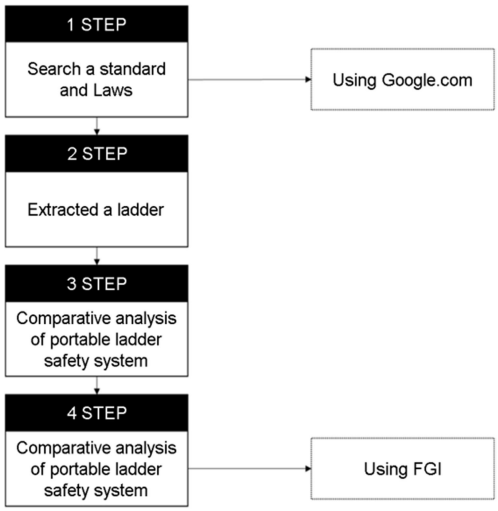


Figure 1. Procedure for proposal of movable ladder safety model

3. Results

3.1 Literature review

OSHA (Occupational Safety and Health Administration) (2003)은 Stairways and Ladders A Guide to OSHA Rules을 보급하고 있으며, 이 내용에는 고용주가 계단 및 사다리를 제공해야 하는 시기를 명확히 제시하고 있다. 높이가 19인치(48cm) 이상이고 경사로가 없는 작

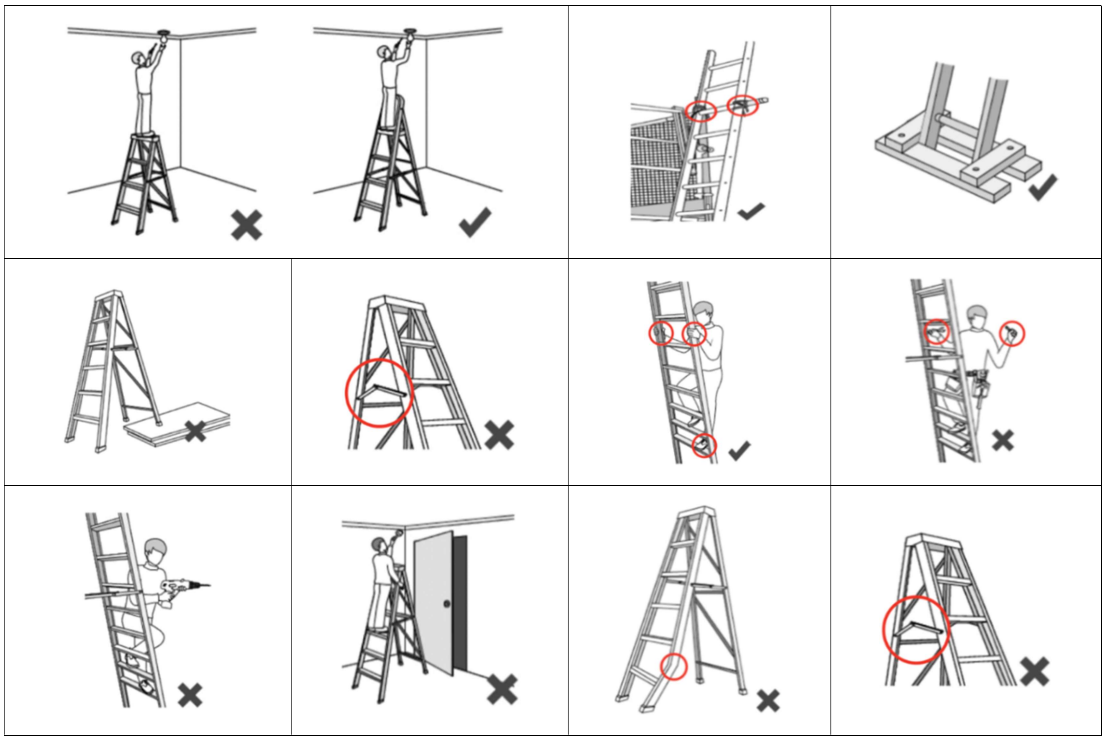


Figure 2. Examples of illustrations for workers

업현장에서 호이스트(Hoist)를 사용할 수 없는 경우 고용주는 계단이나 사다리를 제공하게 명시하고 있다. 또한 고용주는 근로자가 자유롭게 통행 및 작업할 수 있도록 유지해야 하며, 만약 근로자의 자유로운 통행이 방해되는 경우 사다리를 제공해야 한다고 명시하고 있다. OSHA (2018)은 Falling Off Ladders Can Kill (3625-04R 2018) 보고서에서 FGI (Focus Group Interview)를 통한 사다리 관련 사고 유형을 면밀하게 분석하여 사다리에 대한 올바른 사용법에 대해서 누구나 쉽게 알 수 있도록 삽화를 통해 사다리 안전 가이드를 보급하고 있다(Figure 2).

OSHA (2014)에서 발표한 Agriculture: Safe Use of Tripod Orchard Ladders Fact Sheet New(농촌에서의 삼각대 사다리 안전 사용)를 살펴보면, 1) 사용목적 외 사용금지, 2) 부드럽고 평평하지 않는 지면 위에서 사용금지, 3) 사다리의 안정성 향상을 위한 잠금장치 사용, 4) 사다리의 정기적인 검사 실시, 5) 작업자의 정기적인 교육 실시, 6) 사다리 이용 시에는 두 손을 사용, 7) 딱딱한 밑창 사용과 미끄럼 방지 신발 사용과 같은 7가지 안전수칙을 정하고 있다. OSHA (2014)에서 발표한 Quick cards for Protecting works from tripod orchard ladder injuries 내 근로자 보호(OSHA 3705-2014) (근로자 보호)와 Gorucu et al. (2022)는 농업용 이동식 사다리 안전지침을 보급하고 있으며 1) 사다리 이용에 대한 상식적인 이해, 2) 사다리의 관리방법, 3) 사다리의 사용 무게, 4) 사용자가 사다리는 사용에 대한 기본적인 원칙, 5) 사다리에 대한 제원을 중심으로 사다리 사고예방에 힘쓰고 있다.

OSHA (2019)는 Ladder Safety: Reducing Falls in Construction: Safe Use of Extension Ladders Fact Sheet New(건설현장에서의 사다리 안전 사용)를 발표하여 농촌에서의 삼각대 사다리 안전 사용과 같이 1) 상자 등 불안정한 바닥에 사다리 사용금지, 2) 사다리의 최대 하중 등급 초과금지, 3) 두 개 이상의 사다리 연결금지, 4) 전기 전선 등 근처에서 사용금지, 5) 작업자 탑승 시 사다리 이동금지, 6) 사다리 사용 시 3포인트 접속 유지(양손과 발), 7) 손에 도구를 가지고 사다리에 올라가고 내려오는 행위금지, 8) 적재하중에 맞게 사다리 선택과 같은 8가지 안전수칙을 정하고 있었다.

The ladder association (2019)에서 발표한 EN131 Standards: A GUIDE TO UK LADDER STANDARDS(사다리 시험내용)에서는 사다리 시

The Base Slip Test

Strength Test

Torsion Test

EN131 Standards: A Guide to UK Ladder Standards

keep an angle of 1:4

The three points of the hand and foot are attached to the ladder.

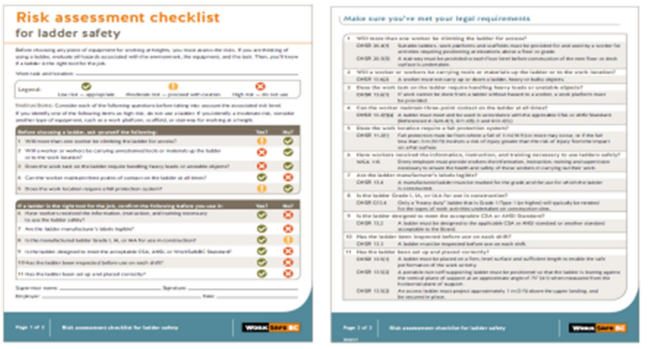
Use of stand-off devices

Safe use of Ladders and Stepladders

Figure 3. Examples of load tests and simple safety work guidelines

험에 대한 환경조건을 제시하고 모든 사다리에 대한 하중시험을 실시하고 있다. Lakmal (2011)가 발표한 Safe use of ladders and stepladders를 보면, 사다리는 안전하게 사용하면 위험이 적고 단기간의 작업을 위해 합리적이고 실용적인 옵션이 될 수 있다고 하고 있으며 안전작업 지침을 보급하고 있었다(Figure 3).

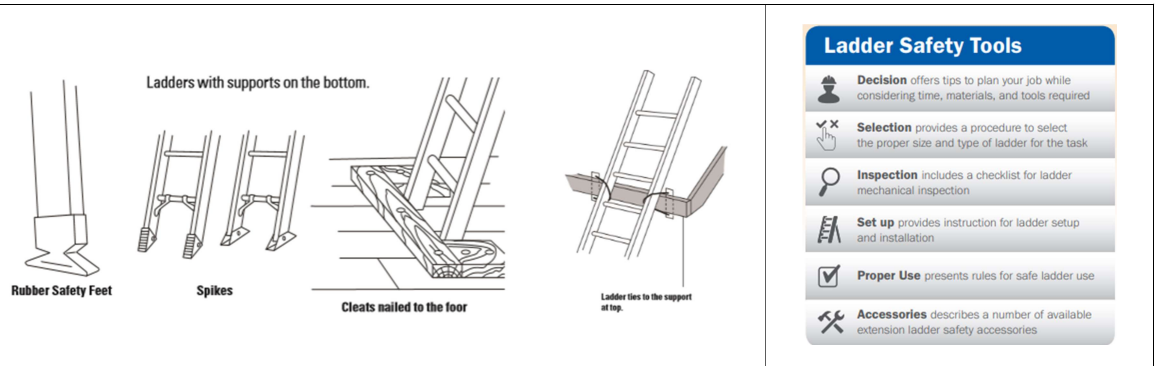
미국 WorksafeBC (2021)에서 발표한 Self-test of work safe와 ALI (American ladder institute) (2018)에서 발표한 ladders - fixed safety requirements에서는 사다리에 대한 위험성 평가 체크리스트를 제작 및 보급하여 위험성 인지와 사다리 보관환경에 대한 정보를 제공하고 있으며, 작업자에게 스마트폰 어플을 보급하여 작업 전 자가체크를 할 수 있도록 시스템화를 계획하고 있다(Figure 4).



Risk assessment checklist	Self Test of American Ladder Insitute

Figure 4. Risk assessment checklist and self-test guideline for ladder work

Schurke (2011)는 Check list of Washington state department of Labor & Industries 발표하였으며 이동식 사다리 안전지침 내에 1) 이동식 사다리 형태, 2) 작업 특성에 따른 사다리 선택, 3) 이동식 사다리 설치와 관련된 체크리스트를 마련하여 보급하고 있다. Tool (2020)은 NIOSH (National Institute for Occupational Safety & Health)에서 이동식 사디리 안전 스마트 어플을 개발하였으며, 주요기능으로는 사다리 각도측정도구, 의사결정도구(작업시간, 재질 등), 선택도구(사다리 크기, 사용 가능한 무게 등), 검사도구(기계적 검사를 위한 항목), 안전장치 도구(설치해야 될 안전장치 및 확장 안전장치 제공) 정보 등을 포함하여 사용자에게 보급하고 있다(Figure 5).



Check list of Washington state department of Labor & Industries	Ladder safety app. of NIOSH

Figure 5. Check list for ladder installation and screen of ladder safety app

3.2 FGI summary and safety work procedure for movable ladder

문헌조사를 통하여 사다리 안전작업지침 및 가이드라인을 정리해보면, 1) 제조사의 최대적재하중 초과금지, 2) 상하부 끝단을 고정해야 함, 3) 사다리 상부에서 작업금지, 4) 물건이 적재된 곳 위에 사다리 설치금지, 5) 인체의 3개(점) 이상의 접촉, 6) 열리는 문 등 앞에 사다리 설치금지, 7) 사다리 외관 상태 확인, 8) 평평한지 않는 지면 위에서 사용금지, 9) 사다리 안정성 향상을 위한 잠금장치 사용, 10) 정기적인 검사 실시, 11) 작업자 정기적인 교육 실시, 12) 미끄럼 방지 신발 사용, 13) 사다리 관리 방법, 14) 전기 전선 등 근처에서 사용금지, 15) 사다리 작업 중 이동금지, 16) 손에 도구를 가지고 사다리에 올라가고 내려오는 행위금지, 17) 보호구 착용, 18) 자가체크 어플 사용권장, 19) 고소작업 회피 유무 확인으로 구분할 수 있다.

해당 19가지의 주요 지침 및 가이드라인을 기반으로 안전작업절차를 개발하기 위한 FGI를 실시하였다. FGI 결과를 요약해보면, 한국도 제조사별로 최대적재하중에 대한 정보제공을 하고 있으나, 사용자가 쉽게 볼 수 있도록 표현되지 못하고 있으며, 산업안전보건법에 사다리 상하부 끝단을 고정, 사다리 외관 상태 확인, 잠금장치 사용, 정기적인 검사, 전기 전선 근처에서 사용금지 등이 명시되어 있지만 산업현장이 아닌 일상생활에서 사용하는 사용자에게 안전수칙이 보급되기 힘들다고 하였다. 그러므로 사다리별 통합 자가체크 어플 등을 구축하여 보급한다면 현재보다 많은 사람들이 안전수칙을 지키면서 안전사고가 줄어들 거라 제안하였다. 이러한 내용은 FGI를 통해 아래와 같이 안전작업절차를 제시하였다.

안전작업절차는 크게 4단계로 구분된다. 1단계는 작업환경을 조사하는 단계로써, 작업환경 주변 전선 유무 확인, 이동식 사다리 사용 필요 유무 파악, 이동식 사다리 상태 확인, 이동식 사다리 거치 바닥 상태 확인, 안전 사용에 대한 교육, 안전모 등 보호장구 착용 여부 확인 등이 포함된다. 2단계는 이동식 사다리 설치 단계로써, 사다리 유효 탑재량 확인, 이동식 사다리 상부와 하부 설치 및 고정 등이 포함된다. 3단계는 작업 단계로써, 이동식 사다리 상단에서 작업하지 않는 것, 작업 동안 이동식 사다리를 움직이지 않는 것, 이동식 사다리에 올라가거나 내려올 때 손의 작업물을 들지 않는 것 등이 포함된다. 4단계는 이동식 사다리를 저장하는 단계로써, 저장 전후 규칙적으로 이동식 사다리의 이상 유무를 점검하는 것이다(Figure 6).

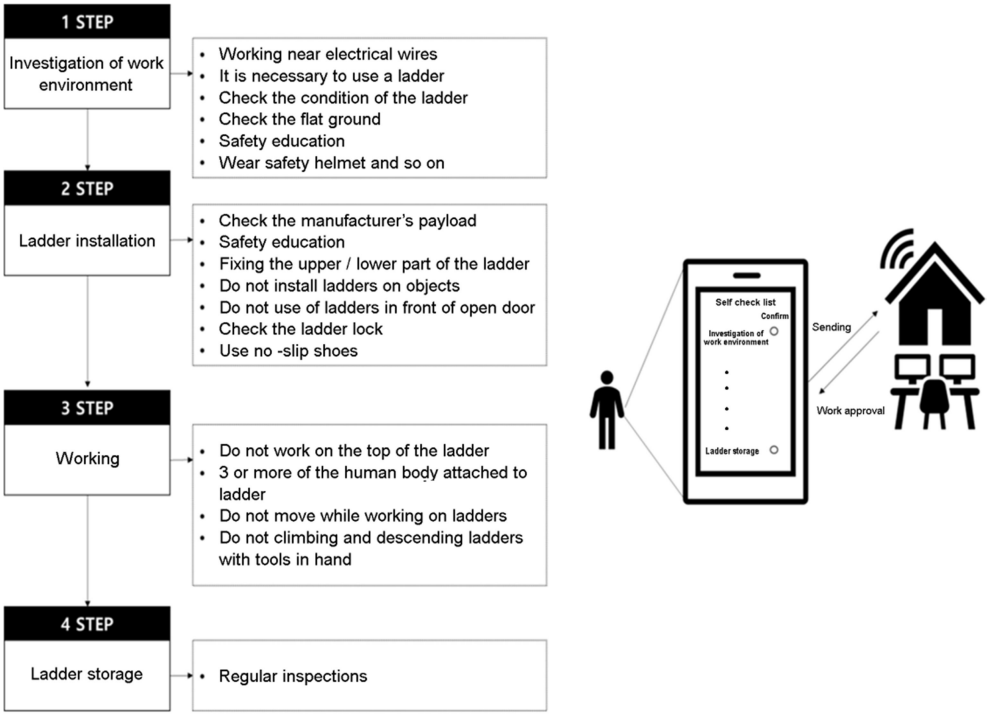


Figure 6. Safety work procedure for movable ladder

4. Discussion and Conclusion

본 연구에서는 이동식 사다리에 관한 문헌고찰을 실시하여 국내외 가이드라인 및 법규에 대해서 비교분석을 실시하였다. Kim et al. (2009)의 연구에서 근로자의 대부분은 이동식 사다리 상부에서 작업 중 추락에 의한 사고가 높은 비중을 차지하고 있고, 그 중에서 사다리 상부에서 무리한 작업수행 및 발판이 좁고 미끄러워서 추락하는 경우가 대부분이라고 발표하였다. 그러므로 이동식 사다리 작업에 대한 재해율을 낮추기 위해서는 이동식 사다리 작업 시에 사다리의 형태, 작업하중, 법적인 조건 등을 작업자가 쉽게 이해할 수 있도록 제공할 필요성이 있다. 이를 위해서는 이동식 사다리 관련된 가이드라인 및 안전작업지침을 비교분석 하여 사다리 사용 시에 안전작업 모델 구축 및 보급할 필요성이 있다.

문헌조사를 통하여 이동식 사다리 안전작업지침 및 가이드라인을 정리해보면, 제조사의 최대적재하중 초과금지 등 총 19개로 정리될 수 있었으며, 이러한 내용으로 FGI를 실시하였다. 본 연구에서는 문헌조사와 FGI의 결과를 종합하여 이동식 사다리 안전작업절차를 제시하였다. 본 연구에서 제시한 안전작업절차를 어플(App.)로 개발하여 제조사별로 정보를 추가하여 활용한다면 산업현장이나 일상생활 사용자에게도 정보가 전달되어 추락사고 위험을 줄 일 수 있을 것으로 판단되며, 이는 정부가 주도적으로 시도해야 할 것으로 판단된다.

결론적으로 제시한 안전작업절차를 핸드폰 어플리케이션으로 구축하여 작업자에게 제공한다면 작업자 스스로 점검이 가능할 것이며, 관리자 측면에서는 작업승인 등을 통해서 효율적 안전관리가 가능할 것으로 판단된다. 또한 어플리케이션 내에 각도측정도구, 사다리 종류별 위험성 내용, 안전장치(예: 전도예방장치 등) 등을 작업환경에 맞게 맞춤제작(커스터마이징)해서 구축해야 할 것이며, UI (User Interface) / UX (User eXperience) 설계를 위한 어플리케이션 연구도 수반되어야 할 것이다. 이동식 사다리 안전작업절차를 바탕으로 많은 정보가 탑재된 어플리케이션이 공급된다면 재해율 감소에 이바지할 수 있을 거라 판단된다.

본 연구는 국내외 가이드라인 및 연구논문 고찰을 통해서 안전작업절차를 제시하였다. 이를 위해서 이동식 사다리 안전 가이드라인, 논문, 법규를 검토하였으며, 국외에서 제시하는 법규와 가이드라인을 비교하여 안전작업절차를 제시하였다. 그 결과 제조사의 최대적재하중 초과금지 등 총 19가지 안전을 위해 지켜야 할 세부 항목을 도출하였으며, FGI를 통해 작업환경조사, 사다리 설치, 작업, 보관으로 안전작업절차를 도출하였으며 각 단계별 예시를 제시하였다. 본 연구의 의미와 기대효과를 살펴보면, 이동식 사다리 작업에 대한 추락사고는 정확한 안전 정보 전달과 이에 따른 안전조치 미이행에 기인하는 것이 크므로 안전작업 모델을 어플리케이션으로 구축하여 운영한다면 이동식 사다리 사용자는 쉽게 안전작업 관련 정보를 습득하여 적용할 수 있을 거라 판단된다. 또한 이를 통해서 안전관리자나 관리감독자는 사다리 사용자에 대한 효율적 안전관리가 가능할 것으로 판단되면 점진적으로 이동식 사다리 사용과 관련된 재해율이 낮아질 것이라 판단된다.

References

ALI (American ladder institute), ANSI ASC A14.3-2008 (R2018), Ladders - Fixed - Safety Requirements, 2018.

Choi, D.H., Case Study for Preventing Construction Site Fall Accidents. *Korea Institute of Construction Engineering and Management*, 20(6), 81-88, 2019.

Gorucu, S., Brown, C. and Lehtola, C., Portable Ladder Safety: Summarizing OSHA Requirements: AE569/AE569, 4/2022. EDIS, (2), 2022.

Hwang, J.M., A Study on the risk factor analysis and safety model development for portable ladder work in construction. Doctoral dissertation, Pukyong National University, 2022.

Kim, G.H. and Bu, Y.S., Accident Factors and Improvement Plans for Temporary Equipment Installation. *Construction Engineering and Management*, 20(6), 32-37, 2019.

Kim, H.S., Lee, S.W., Jung, W.J. and Ryu, B.H., A Study on the Preventive Measures against Fall Injuries in Manufacturing Industry Focusing on the Portable Ladders. *Korean Society of Safety*, 24(6), 136-143, 2009.

Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), "Analysis of Causal Factors on Fatal Accidents in Construction Industry", KOSHA, 2021.

Lakmal, M.D.T., Safe Use of ladders and stepladders. Reported 2011.

Ministry of Employment and Labor. Measures to improve safety work guidelines for mobile ladders, 2019.

Schurke, J., Washington State Department of Labor and Industries' SHARP program, 2011.

The ladder association, EN131 Standards: A GUIDE TO UK LADDER STANDARDS, 2019.

Tool, A.M., NIOSH Ladder Safety App Download for Free, 2020.

United States. Occupational Safety, & Health Administration (OSHA). Stairways and ladders: a guide to OSHA rules. US Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration, 2003.

United States. Occupational Safety, & Health Administration (OSHA). Falling Off Ladders Can Kill: Use Them Safely to OSHA rules. US Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration, 2018.

United States. Occupational Safety, & Health Administration (OSHA). Agriculture: Safe Use of Tripod Orchard Ladders Fact Sheet New to OSHA rules. US Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration, 2014.

United States. Occupational Safety, & Health Administration (OSHA). Quick cards for Protecting works from tripod orchard ladder injuries. US Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration, 2014.

United States. Occupational Safety, & Health Administration (OSHA). Ladder Safety: Reducing Falls in Construction: Safe Use of Extension Ladders Fact Sheet New. US Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration, 2019.

Sim, G.H. and Kang, K.S., A Study on the Death Accident Analysis of Ladder and Prevention Measures for Fall Accidentals. *Korea Safety Management and Science*, 19(4), 95-104, 2017.

WorksafeBC. Risk assessment checklist for ladder safety. Reported, 2021.

Author listings

Seung Nam Min: msnijn12@dyu.ac.kr
Highest degree: Ph.D., Department of Industrial Engineering, Hanyang University
Position title: Professor, Department of Smart Safety System, Dongyang University
Areas of interest: Ergonomics, Safety, Biomechanics, WMSDs, AI, Human Error, UI/UX

Kyung-Sun Lee: ksunlee@kangwon.ac.kr
Highest degree: Ph.D., Department of Industrial Engineering, Ajou University
Position title: Assistant Professor, Division of Energy Resources Engineering and Industrial Engineering, Kangwon National University
Areas of interest: Ergonomics, Industrial safety and health, Biomechanics, WMSDs, Work analysis and design, UI/UX