

이동식 사다리 이해관계자 집단 심층인터뷰를 통한 안정성 개선 모델 개발에 관한 연구

황종문* · 신성우**†

A Study on Development of Stability Improvement Model for Portable Ladders through In-depth Interviews on Stakeholders

Jong Moon Hwang* · Sung Woo Shin**†

†Corresponding Author

Sung Woo Shin

Tel : +82-51-629-6473

E-mail : shinsw@pknu.ac.kr

Received : September 10, 2021

Revised : September 18, 2021

Accepted : October 7, 2021

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

Abstract : Portable ladders are widely used as ascend and descend pathways and platforms for works at height at residential and industrial sites. In the last 10 years, 267 fatalities and 36,571 accidents related to portable ladders have been reported, suggesting a need to develop countermeasures to prevent such accidents. In this study, an in-depth focus group interview (FGI) was conducted with various stakeholders of portable ladders to survey the current usage and requirements for improving work safety. A new portable ladder called active platform ladder was developed based on the requirements suggested by the FGI. A stability test confirmed that the developed ladder is more stable than conventional ones, suggesting that it can reduce the fall accidents.

Key Words : portable ladder, stability improved model, focus group interview, active platform ladder, scaffolding

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

사다리는 오르내리는 발판으로 혹은 높은 위치에서 이루어지는 작업의 보조기구로 가정과 산업현장에서 광범위하게 사용되고 있다. 그러나 최근 10년간 사다리에 의해 사고사망자 267명, 사고재해자 36,571명이 발생하여 2018년 12월 고용노동부에서는 「산업재해 사망사고 절반줄이기」 대책의 일환으로 이동식 사다리를 작업발판 용도로 사용하는 것을 전면 금지 하였다. 이는 산업안전보건법(산업안전보건기준에 관한 규칙 제 24조)상에서 사다리는 이동통로로 규정되어 작업발판으로는 사용할 수가 없음에도 불구하고, 작업발판으로 사용하면서 사고가 지속적으로 발생하고 있음에 근거한 것이다. 하지만 이동식 사다리 사용에 대한 규제가 시행되면서 사용자 등 각계에서 혼란이 발생하였고,

관련 규제의 개선 요청이 쇄도하였다. 이에 따라 2019년 3월 ‘이동식 사다리 안전작업지침 개선방안’을 발표하고 일자형 사다리, 신축형 사다리 등 일자형으로 펼쳐서 사용하는 경우에는 오르내리는 이동 통로로만 활용토록 하고, 발붙임 사다리(A형 사다리)는 평탄하고 견고한 바닥, 사용 높이 3.5 m 이하, 2인 1조 작업의 조건을 준수하는 경작업(light short duration work)에 한하여만 작업발판으로의 사용을 허용하였다¹⁾.

현재 이동식 사다리를 사용할 경우 안전 수칙을 준수하도록 개선 지침이 마련되어 규제하고는 있으나, 이동식 사다리 사용 시 위험요인의 원천 제거가 어렵고 작업 특성상 정해진 규정대로 작업이 이루어지지 않을 수 있어, 사용자의 안전 확보에는 한계가 있다. 그러므로, 기존 사다리를 대체할 수 있는 안전한 사다리의 개발 등과 같이 작업자의 근원적 안전을 확보할 수 있는 방안의 제시가 필요하다.

*한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 연구위원 (Occupational Safety and Health Research Institute, Korea Occupational Safety and Health Agency)

**부경대학교 안전공학과 교수 (Department of Safety Engineering, Pukyong National University)

본 연구에서는 이동식 사다리 사고 위험요인의 특성, 국내외 이동식 사다리 제품군 현황, 국내 안전 제도에 대한 이해관계자의 인식 실태 조사를 실시하여 이동식 사다리 안정성 개선 모델의 개발 방향을 설정하고 이를 토대로 시제품을 제작하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 Fig. 1과 같이 먼저 이동식 사다리와 관련한 선행 연구를 고찰하여 실태 조사를 위한 설문지를 개발하고 사다리 사용자 그룹, 국내 이동식 사다리를 생산·판매하는 제조사 관계자 그룹, 건물관리업·정보통신업 등 이동식 사다리를 많이 사용하는 업종의 유관기관 종사자 그룹을 대상으로 집단심층면접(Focus Group Interview)을 실시한다.

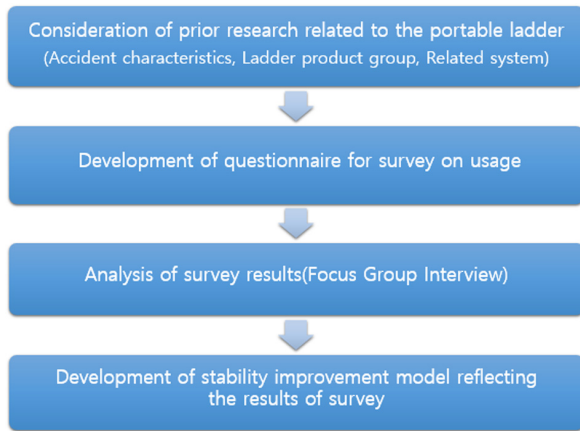


Fig. 1. Research procedures.

다음으로 실태 조사를 통해 수집된 자료를 분석하여 이동식 사다리 안정성 개선 모델의 개발 방향을 설정하고 그것을 토대로 시제품을 제작하고자 한다. 마지막으로 실물시험을 실시하여 기존 사다리와 개발 사다리의 안정성을 비교 검증하고자 한다.

2. 선행연구 고찰

2.1 이동식 사다리 사고 위험요인 특성

우리나라의 이동식 사다리 사고 위험요인 분석 연구를 살펴보면 사고 사망자의 78%가 사다리 사용높이 2 m 이상에서 발생하는 것으로 보고되고 있다²⁾.

Table 1의 업종별 사고발생 현황을 보면 2008년에서 2017년까지의 10년간 사고 사망자 267명, 사고 부상자 36,571명이 발생하였으며 그 중 건설업에서 사고 사망자 162명(60.7%)이 발생하여 건설 현장에서의 이동식 사다리 사고 위험이 특히 높음을 알 수 있다^{3,4)}.

Table 1. Portable ladder accidents by industry in the last 10 years (2008~2017)

Classification	Total	Construction industry		Manufacturing industry		Others	
		Person	Share %	Person	Share %	Person	Share %
Injury	36,571	18,079	49.4	6,833	18.7	11,659	31.9
Death	267	162	60.7	48	18.0	57	21.3

Table 2. Type of occurrence of portable ladder accidents⁵⁾

Classification	Loss of balance		Ladder overturn		Ladder slip		Ladder defect	
	Person	Share %	Person	Share %	Person	Share %	Person	Share %
Injury	10,861	29.7	6,766	18.5	5,559	15.2	1,975	5.4
Death	49	18.3	25	9.2	41	17.1	20	7.8

※ Unclassified : 11,410 injured (31.2%), 78 deaths (29.3%)

Table 2의 사고 발생형태를 보면 무리한 작업으로 인한 균형상실, 설치 불량에 의한 사다리 전도, 승하강 또는 작업 시 미끄러짐에 의한 탑승자의 추락 사고가 많은 비중을 차지하고 있다. 이는 이동식 사다리 작업 특성상 작업발판 설치가 곤란한 장소, 연속하여 이동이 필요한 작업, 신속한 처리가 필요한 공정 등 위험한 작업 환경에서 사용하면서도 적절한 안전조치가 이루어지지 않고 있음을 간접적으로 알 수 있다⁵⁾.

한편, 키워드 네트워크 기법을 이용한 이동식 사다리 사고 위험요인의 연관성을 분석한 연구⁶⁾에서는 Table 3과 같이 작업높이·작업종류·발생장소·발생형태·사다리종류 항목의 다양한 위험요인과 연관지어 발생함을 알 수 있다. 즉 이동식 사다리는 작업높이, 작업종류와 같이 설치 및 사용 조건이 달라 위험성의 차이가 있으며, 또한 발생장소와 사다리종류에 따라 구조적 형태 및 사용 방법의 차이로 각 항목의 위험요인이 연계되어 사고가 발생하는 것으로 볼 수 있다⁶⁾.

선행 연구 결과를 종합해 보면 이동식 사다리 사고의 위험요인 특성 중 발생형태는 탑승자의 균형상실·설치불량에 의한 사다리 전도 등과 같이 안정성(stability)과 관련한 탑승자 추락이나, 탑승자의 승하강 또는 작업 시 미끄러짐에 의한 추락이 주요한 형태로 나타나고 있다. 사용 목적은 작업발판 설치가 곤란한 장소, 연속하여 이동이 필요한 작업, 신속한 처리가 필요한 공정에 주로 사용되고 있다. 그리고 사용높이는 2 m 이상, 작업종류는 수리·배관·도장·조경과 관련한 작업, 발생장소는 건물 내부(좁은 공간)·지하 공간·야외 등 발판 설치가 곤란한 곳, 사다리 종류는 기대지 않고 사용 가능한 발붙임 사다리가 사고 발생의 위험요인과 연관성이 높은 것으로 보고되었다.

Table 3. Risk factors of portable ladder accidents⁸⁾

Working height	Work type	Accident pattern	Accident place	Ladder type
1. more than 2 m	1. fix	1. loss of balance	1. inside structure (narrow space)	1. stepladder
	2. installation		2. underground	
	3. piping		3. outside place	
	4. painting		4. temporary structure	
2. less than 1~2 m	5. gardening	2. overturn	5. ceiling	2. straight ladder
	6. formwork	3. slip	6. roof	
	7. checking		7. machine room	
3. less than 1 m	8. elevating	4. ladder defect	8. equipment	3. other ladder
	9. welding		9. passage	
	10. cleaning		10. roof top	
	11. replacement		11. stair	

2.2 국내외 이동식 사다리 제품군 현황

국내의 이동식 사다리 형식은 국가기술표준원 규격에 정해진 구조와 형태에 따라 4개의 버팀대를 가지고 자립할 수 있는 구조의 “발붙임 사다리”, 3개의 버팀대를 가지고 있는 “원예용 사다리”, 벽면에 기대어 사용하는 “보통 사다리” 및 높이 조절 가능한 “신축형 사다리”로 분류되고 있다⁸⁾.

반면, 해외에서는 국내 이동식 사다리 형식 외에도 관절형 사다리(articulated ladder), 복합형 사다리(combination ladder), 작업대형 사다리(platform ladder), 능동형 사다리(active ladder) 등 안전 기능과 사용 목적에 따른 다양한 형태의 사다리가 규정되어 있다^{9,10)}.

2.3 이동식 사다리 안전제도

이동식 사다리와 관련한 안전제도는 제품 표준 인증 등의 제품 안전 측면과 사용 기준 등의 사용 안전 측면으로 나누어 볼 수 있다. 제품 안전 측면에서 이동식 사다리는 산업통상자원부 소관의 “전기용품 및 생활용품 안전관리법”에 따라 제품안전 대상품목으로 지정되어 있으며, 인증 규격은 국가기술표준원에서 제정한 “공급자확인 안전기준 부속서 13(휴대용 사다리)”에 규정되어 있다. 여기서 이동식 사다리는 생활용품 인증 대상이기 때문에 가정용으로만 안전 인증이 실시되고 있으며, 산업용 사다리에 대한 별도의 인증 기준이 없어 가정과 산업현장에서 구분없이 사용되고 있다. 이로 인해 가정용으로 인증된 사다리를 산업현장에서 사용함으로써 안전에 취약해 질 수 있으며 해외에서 산업용으로 안전 인증을 받은 제품을 수입하거나 국내에서 개발하더라도 인증을 받을 수 없는 문제점이 있다¹⁾.

사용 안전 측면은 앞서 조사된 사고 위험요인 특성에서 사다리 자체의 구조적 불안전성에 기인하는 경우 보다는 대부분이 잘못된 설치, 무리한 행동, 안전 조치

미이행 등 사다리를 작업발판으로 불안전하게 사용함으로써 발생하는 사고가 더 많음을 알 수 있다. 그리하여 산업안전보건법에서는 이동식 사다리를 이동 통로 이외의 사용을 금지하고 있으나, 대부분의 산업현장에서는 사다리를 이동 통로가 아닌 작업발판으로 사용하고 있으므로 법규정을 위반하는 상황이 발생하고 있다. 이와 달리 해외에서는 작업발판으로의 사용을 제한하지 않으며 사업주, 근로자, 관리감독자 등 주체별 역할을 상세하게 규정하여 안전한 작업을 유도하는 예방 정책을 시행하고 있다. 이는 규제 중심의 우리나라 제도와는 다르게, 다양한 사다리 사용에 따른 사용자 중심의 정책 제도가 마련되어 있음을 알 수 있다.

따라서 제품 안전 측면에서는 산업용 사다리 및 안정성이 개선된 다양한 사다리 형식을 인증해 줄 수 있는 제도의 개선 · 보완과 사용 안전 측면에서는 주체별(사업주 · 근로자 · 관리감독자), 단계별(사용전 · 사용중 · 사용후) 적용 가능한 구체적인 안전수칙을 마련하는 등 다양한 관점에서의 검토가 필요하다.

3. 이동식 사다리 사용에 관한 실태 조사

3.1 이해관계자 집단 심층 면접(FGI)

앞서 조사된 이동식 사다리 사고 위험요인 분석, 국내외 사다리 제품군 현황, 현행 안전 제도와 관련한 내용을 중심으로 Table 4와 같이 집단심층면접의 실시를 위한 설문 항목을 구성하였다. 그리고 사망 사고 비중이 높은 건설 현장의 사다리 사용자 그룹, 국내 이동식 사다리를 생산 · 판매하는 제조사 관계자 그룹, 건물관리업 · 정보통신업 등 이동식 사다리를 많이 사용하는 업종의 유관기관 종사자 그룹을 대상으로 집단심층면접을 실시하여 이동식 사다리 안정성 개선 모델 개발에 필요한 자료를 수집하였다.

설문 항목은 공통 질문사항과 그룹별 질문사항으로 나누었으며 공통 질문 사항에는 현행 제도에 대한 인식, 사고 발생의 주요 원인, 안정성 개선 모델 개발에 대한 의견, 이동식 사다리 관련 규정에 대한 질문으로 구성하였다. 그룹별 질문 사항에는 사다리의 주요 용도, 안전기준 준수 실태, 안전제도 개선 의견, 안정성 개선에 필요한 기능, 사다리 개발 현황 등에 대한 심층적인 의견을 듣기 위해 그룹별로 질문 내용을 달리하였다. 진행은 그룹별로 관계자 7명씩 참석하여 질문 사항에 모두 발언하고 자유로이 의견을 나누는 방식으로 실시하였다.

사용자 그룹의 공통 질의 사항에 대하여는 국가기술 표준원의 인증제도와 산업안전보건법의 사다리 사용

Table 4. Survey content for FGI(Focus group interview)

Group	Individual query (8 questions)	Common query(5 questions)
User	◦ Types of portable ladders used primarily? - elevating, working, etc	◦ Opinion on the policies of the National Institute of Technology Standards and the Ministry of Employment and Labor in relation to the portable ladder ◦ Main causes of portable ladder accident
	◦ Opinion on whether to comply with the safety standards for Portable ladders	
	◦ What are the requirements for improving the portable ladder?	
	◦ Work height with portable ladder - Less than 1 m - Less than 1~2 m - Less than 2~3 m - More than 3 m	
Production	◦ Development status of safety ladder?	◦ Opinion on the need to develop a Portable ladder replacement?
	◦ Opinions on the portable ladder certification standards?	◦ Comments on the regulations and information about Portable ladder
Relative organs	◦ What are the requirements for improving the portable ladder?	◦ Other opinions
	◦ Work height with portable ladder - Less than 1 m - Less than 1~2 m - Less than 2~3 m - More than 3 m	

제한과 관련한 내용을 모르는 사용자가 많았으며, 대부분이 사다리를 작업 발판으로 사용하고 있으므로 산업안전보건법에서 이동식 사다리 사용을 금지하기 보다는 작업발판으로 인정하여 안전하게 사용할 수 있는 정책 전환이 필요하다고 하였다. 또한 사고의 주요 원인은 사용자 부주의 및 안전 수칙 미준수이지만, 관련 내용에 대한 정보 부족으로 위험성이 간과된 측면도 있음을 언급하였다. 개별 질의 사항에 대하여는 높이 2~3 m, 협소한 장소, 이동을 하면서 진행되는 작업에 주로 사용하고 있으며, 안전수칙 준수가 중요하지만 작업의 시간적 여유 부족으로 인해 이를 실천하기 어려운 것으로 답변하였다. 안정성 개선에 필요한 기능은 탑승자의 추락 예방 기능, 건설 현장은 바닥이 고르지 않으므로 전도 예방을 강화하는 기능, 설비·도장·전기 등 잦은 이동을 하는 작업에 적합해야 한다고 하였다.

제조사 관계자 그룹의 공통 질의 사항에 대하여는 국가기술표준원의 인증제도와 산업안전보건법에서 사다리 사용을 제한하는 것을 대부분 알고 있었으며, 사다리 사용실태를 반영하여 작업 발판으로 인정하는 제도 개선과 해외의 인증기준처럼 산업용 및 다양한 형식의 인증 제도가 필요하다고 하였다. 주요 사고 원인

은 사용자의 안전 조치 소홀이라고 답변하였으며, 일부 제품 결함에 의한 사고도 발생하지만 이는 사용자의 관리상 문제로 야기된 결함일 경우가 많다고 지적하였다. 안정성 개선 사다리 개발에 대하여는 기존 사다리의 구조를 유지하여 현장 적용성이 높아야 하며, 사다리 구입 시 제공되는 안전 수칙만으로는 부족하므로, 주체별(사업주·근로자·관리감독자), 단계별(사용전·사용중·사용후) 적용 가능한 상세한 안전 규정이 필요함을 제시하였다. 개별 질의 사항에 대하여는 모든 제조사가 기존 사다리를 대체할 수 있는 안정성 개선 제품의 필요성은 인정하고 있으나, 다양한 형식과 산업용 사다리에 대한 인증기준이 마련되지 않아 적극적인 개발은 시도하지 않고 있는 것으로 나타났다.

유관기관 종사자 그룹의 공통 질의 사항에 대하여는 현행 사다리는 이동 통로로만 사용하여야 한다는 것과 가정용으로만 인증되어 산업현장에서 작업발판으로 사용하는 것이 제한적임을 알고 있으나, 이동식 사다리를 대체할 작업 도구가 없는 실정이므로 안전한 작업발판 사다리의 개발과 산업용 사다리 수입을 위해 관련 제도의 보완과 개선을 강조하였다. 주요 사고 원인은 사용자 부주의가 대부분이기는 하나 부득이하게 안전 조치를 할 수 없는 상황(안전대를 걸 수 없거나 전도 방지 조치를 할 수 없는 작업 환경 등)도 발생하므로 이러한 부분의 위험요인을 제거할 수 있는 사다리개발이 필요하다고 하였다. 개별 질의 사항에 대하여는 건물관리업, 창고업, 정보통신업 종사자가 안전 조치를 할 수 없는 상황에서의 사고 예방 기능이 탑재되어야 하며 전주 작업 등 연속하여 이동하는 작업을 위한 편리성 확보가 필요하다고 하였다.

Table 5. Development direction of portable ladder safety model

Sort	Mainly working height(cm)	Mainly use purpose	Required safety functions	System improvement matters
User	200~300	◦ Working platform ◦ Elevating	◦ Anti-Fall ◦ Anti-Overtum ◦ Convenience ◦ Considering the characteristics of construction site	◦ Recognized portable ladder as working platform
Production	-	◦ Working platform ◦ Elevating	◦ Anti-Fall ◦ Anti-Overtum ◦ Anti-slip ◦ Portability ◦ Maintain the existing ladder structure	◦ Diversification of authentication types ◦ Establishment of safety standard for each stage of use
Relative organs	200~300	◦ Working platform ◦ Elevating	◦ Anti-Fall ◦ Anti-slip ◦ Portability ◦ Consider unsafe conditions	◦ Establishment of industrial and import certification system

이해관계자 그룹에 대한 집단심층면접을 통해 조사된 내용을 Table 5와 같이 정리하였으며, 이러한 내용을 이동식 사다리 안정성 개선 모델의 개발 방향으로 설정하였다. 한편, 이동식 사다리의 안정성 개선 모델 개발과는 별도로, 심층 인터뷰 통해 제시된 개선이 필요한 사항을 정리하면, (1) 이동식 사다리를 작업발판으로 인정하여 작업발판으로써 안전하게 사용할 수 있는 제도의 마련, (2) 다양한 형식과 산업용 사다리에 대한 인증기준 마련, (3) 사용자 중심의 구체적인 안전 규정 신설 등이며, 특히 현행 법규정이 이동식 사다리의 사용 실태를 반영하지 못하고 있으므로 이를 반영할 수 있는 법규정의 개선에 대한 검토가 요구된다.

4. 이동식 사다리 안정성 개선 모델 개발

4.1 개발 방향

이동식 사다리 이해관계자 실태조사에서 수집된 내용을 종합해 보면 사용 높이는 2~3 m, 사용 목적은 고소 장소의 작업 발판, 탑승자의 균형 상실과 미끄러짐에 의한 추락 예방, 고르지 못한 바닥에서 전도를 예방할 수 있는 기능이 반영되어야 하며, 또한 사다리의 휴대성과 편리성을 유지하기 위해 높이 조절이나 접이 기능 등이 기존 사다리 구조와 동일하도록 해야 하는 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 기능을 구현할 수 있는 개선 모델을 개발하고자 한다.

4.2 시제품의 개발 및 제작

앞서 제시된 안정성 개선 모델의 개발 방향을 반영하여 Fig. 2,3 및 Table 6과 같이 “능동형 플랫폼 사다리”를 개발하였다. 능동형 플랫폼 사다리는 기존 제품

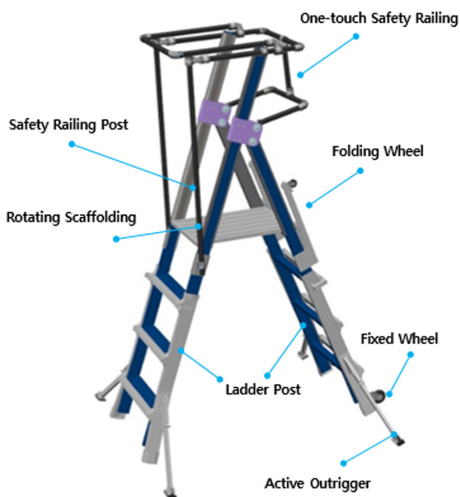


Fig. 2. Developed active platform ladder (Conceptual Design).



Fig. 3. Developed active platform ladder (Fabricated).

Table 6. Specifications of developed active platform ladder

Maximum load	200 kg	Platform size (cm)	80×50×90
Outrigger installation angle	20° ~ 140°	Weight (kg)	20
Use height (cm)	200 ~ 350	Step size (cm)	45×10
Material	· Aluminum alloy extrusion (A6063S-T5) - Tensile Strength : 244 N/mm ² , Yield Strength :215 N/mm ² - Elongation : 14%, Hardness : 88 HV 5		

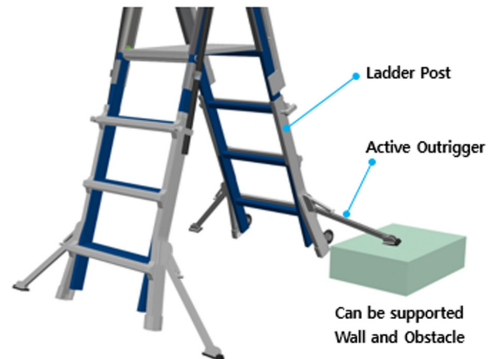


Fig. 4. Configuration of function of active outrigger.



Fig. 5. Configuration of straightly foldable structure.

과 비교하여 첫째, 이동식 사다리 탑승자의 추락 예방을 위한 안전 난간과 작업발판이 일체화된 접이식 플랫폼을 적용하였고, 둘째, Fig. 4와 같이 지형·지물의 형상에 맞추어 지지 가능한 능동형 아웃리거(outtrigger)를 부착함으로써 정해진 각도로만 설치되는 기존 아웃리거의 단점이 개선되었다. 셋째, Fig. 5와 같이 기존 사다리처럼 일자형으로 접히는 구조를 유지하여 휴대성을 확보하고, 넷째, 탑승자의 승하강 시 미끄러짐 방지를 위해 답단의 폭을 확대(기존 제품보다 10 cm 증가)하였으며, 다섯째, 고정식 바퀴와 접이식 바퀴를 부착하여 연속 이동 작업의 편리성을 증대시켰다.

4.3 능동형 플랫폼 사다리 안정성 검토

현재 유통중인 아웃리거 없는 사다리, 일반 아웃리거 사다리와 시제품으로 제작된 능동형 플랫폼 사다리를 한국산업안전공단 자율안전인증에 준용되고 있는 BS EN 131-7(유럽인증기준)에 근거하여 안정성 검토를 수행하고자 하며, 시험에 사용된 이동식 사다리의 제원은 Table 7과 같다.

BS EN 131-7의 이동식 사다리 안정성 시험 방법은 Table 8과 같이 사다리 상에서 작업자가 위치하는 지점에 무게추를 사용하여 작업자의 표준하중 750 N을 수직방향으로 부하하고, 사다리 구조상 가장 취약한 상단부에 수평으로 300 N의 당기는 힘을 가할 때 사다리가 전도되지 않으면 안정성이 확보된 것으로 간주하고 있다. 시험 순서는 먼저 표준 하중(300 N)에 대한

Table 7. Specifications for tested ladders

Type	Max. load (kg)	Use height (cm)	Weight (kg)	Step (cm)	Outtrigger range
1. Portable ladder without outriggers	200	200~350	15	45×10	-
2. General outtrigger portable ladder	200	200~350	16	45×10	35°, 70°
3. Active platform ladder	200	200~350	20	45×10	20°~140°

※ The material of the three ladders is the same (A6063S-T5)

Table 8. Testing configuration

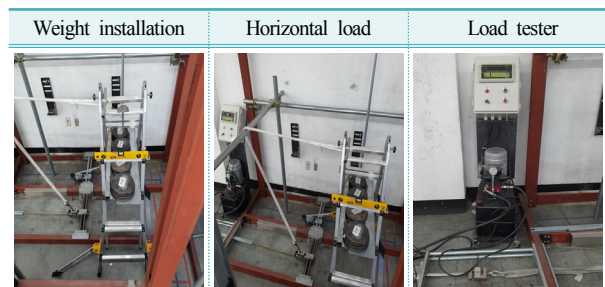


Table 9. Stability against side loads

Type	Side load	Stability (Ratio of measured load and standard load)
1. Portable ladder without outriggers	Standard load	Pass
	Overtum load	327N (1.09)
2. General outtrigger portable ladder	Standard load	Pass
	Overtum load	473N (1.58)
3. Active platform ladder	Standard load	Pass
	Overtum load	879N (2.93)

안전성을 확인하고, 다음으로 전도될 때까지의 수평하중 값을 측정하여 아웃리거 없는 사다리, 일반 아웃리거 사다리, 능동형 플랫폼 사다리의 안정성을 비교하였다.

시험 결과는 Table 9와 같이 세 종류의 사다리 모두 안전기준에 적합한 것으로 나타났으며, 전도될 때까지의 수평하중은 능동형 플랫폼 사다리(879 N), 일반 아웃리거 사다리(473 N), 아웃리거 없는 사다리(327 N) 순으로 나타났으며, 이러한 결과는 능동형 플랫폼 사다리가 기존 사다리에 비해 향상된 안정성이 있음을 입증한다.

5. 결론

본 연구에서는 사용자·제조사·유관기관 종사자를 대상으로 집단심층면접을 실시하여 이동식 사다리의 안정성 개선 모델 개발에 필요한 사항을 도출하고, 이를 토대로 “능동형 플랫폼 사다리”를 개발하였다. 본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

1) 건설현장에서 사다리를 사용하는 사용자 그룹, 사다리를 제작·생산하는 제조사 그룹, 사다리를 많이 사용하는 업종을 대표하는 유관기관 종사자 그룹을 대상으로 집단심층면접을 실시한 결과, 안정성 개선 모델에 필요한 사항은 사용 높이 2~3 m, 고소 장소에서의 작업을 위한 작업발판 기능, 탑승자의 균형 상실과 미끄러짐에 의한 추락 예방 기능, 고르지 못한 바닥에서 전도 예방 기능이 우선 반영되어야 할 사항이며, 사다리의 휴대성과 편리성을 유지하기 위해서는 기존 사다리와 같이 높이 조절이나 접이 기능 등은 보존하여야 함을 알 수 있었다.

2) 개발된 능동형 플랫폼 사다리는 기존 제품과 비교하여 첫째, 이동식 사다리 탑승자의 추락 예방을 위한 안전 난간과 작업발판이 일체화된 접이식 플랫폼을 적용하였고 둘째, 지형·지물의 형상에 맞추어 지지

가능한 능동형 아웃리저를 부착하여 기존 아웃리저의 단점을 개선하였으며 셋째, 기존 사다리처럼 일자형으로 접히는 구조를 유지하여 휴대성을 확보하고 넷째, 탑승자의 승하강 시 미끄러짐 방지를 위해 답단의 폭을 확대(기존 제품보다 10 cm 증가)하였으며, 다섯째, 고정식 바퀴와 접이식 바퀴를 부착하여 연속 이동 작업의 편리성을 증대시켰다.

3) 능동형 플랫폼 사다리의 안정성 검토를 위해 아웃리저 없는 사다리, 일반 아웃리저 사다리와 비교 실험을 실시한 결과 세 개 유형의 사다리 모두 안전 기준에 적합한 것으로 나타났으며, 전도될 때까지의 수평하중은 능동형 플랫폼 사다리(879N), 일반 아웃리저 사다리(473N), 아웃리저 없는 사다리(327N) 순으로 나타났으며, 이로부터 능동형 플랫폼 사다리가 다른 형식의 사다리에 비해 안정성이 높다는 것을 알 수 있었다.

4) 이동식 사다리는 생활용품 인증대상이기 때문에 가정용으로만 안전 인증이 실시되고, 산업안전보건법상에서는 이동 통로 이외의 사용을 금지하고 있다. 하지만 대부분의 산업현장에서는 가정용으로 인증받은 사다리를 작업발판으로 사용하고 있는 것이 현실이므로, 국가기술표준원, 고용노동부 등 관계부처에서는 이러한 현실을 반영할 수 있도록 관련 법규정의 개선을 검토할 필요가 있다.

한편, 본 연구에서는 이동식 사다리와 관련한 이해 관계자를 대상으로 실태조사를 수행하여 그 결과를 토대로 시제품을 제작하였다. 그러나 사고 위험의 연관성이 높은 발붙임 사다리, 작업발판으로의 사용이 많은 건설 현장, 2~3 m 사용 높이에 최적화된 제품이므로 모든 장소와 작업에 적용하는 것은 한계가 있다. 이에 따라 향후 다양한 작업과 목적에 맞는 이동식 사다리 모델의 추가 개발과 관련 제도 개선에 관한 후속 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

Acknowledgement: 이 논문은 부경대학교 자율창의 학술연구비(2021년)에 의하여 연구되었음. (This work was supported by a Research Grant of Pukyong National University(2021))

References

- 1) J. Hwang and S. Shin, "Tasks for Improving Safety Systems on Fall Accident Prevention of Portable Ladders", J. Korean Soc. Saf., Vol. 35, No. 5, pp. 86-94, 2020.
- 2) H. Sim and K. Kang, "A Study on the Death Accident Analysis of Ladder and Prevention Measures for Fall Accidents", Journal of Korea Safety Management Science, Vol.19, No. 4, pp. 95-104, 2017.
- 3) Ministry of Labor and Employment (MOEL), "Improved Safe Work Guidelines for Portable Ladders", MOEL Press Release(2019.03.18.), 2019.
- 4) Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), "Analysis of Causal Factors on Fatal Accidents in Construction Industry", KOSHA Report 2017-Con-741, 2017.
- 5) D. Kim and H. Lim, "A Study on the Safety Work Criteria and Safety Model", Occupational Safety and Health Research Institute(OSHRI), pp. 41-46, 87-111, 2019.
- 6) J. Hwang and S. Shin, "Correlational Structure Modelling for Fall Accident Risk Factors of Portable Ladders Using Co-occurrence Keyword Networks", J. Korean Soc. Saf., Vol.36, No. 3, pp. 50-59, 2021.
- 7) H. Sim and K. Kang, "A Study on the Death Accident Analysis of Ladder and Prevention Measures for Fall Accidents", Journal of Korea Safety Management Science, Vol.19, No. 4, pp. 95-104, 2017.
- 8) Korean National Institute of Technology and Standards "Supplier Confirmation Safety Standard Annex 13 (Portable Ladders)"
- 9) P. Axellson and N. Carter, "Measures to Prevent Portable Ladder Accidents in the Construction Industry", Ergonomics, Vol.38, No. 2, pp. 250-259, 1995.
- 10) U. Bjornstig and J. Johnson, "Ladder Injuries: Mechanisms, Injuries and Consequences", Journal of Safety Research, Vol. 23, pp. 9-18, 1992.