

연구보고서

K-사다리(한국형 안전사다리) 현장 적용성 확대 방안 연구

황종문

산업재해예방
안전보건공단
산업안전보건연구원



요약문

- 연구기간 2024년 3월 ~ 2024년 11월
- 핵심 단어 추락사고, 사다리, 이동식 사다리, 사다리형 작업대, 작업발판
- 연구과제명 K-사다리(한국형 안전사다리) 현장 적용성 확대 방안 연구

1. 연구배경

사다리는 작업이 이루어지는 장소로 오르내리는 승·하강 통로 뿐만아니라 높은 장소의 작업 시 작업발판을 대신하여 가정과 산업현장에서 광범위하게 사용되고 있다. 하지만 매년 약 35명¹⁾의 작업자가 사다리 작업 중 사망하고 있어 더 이상 편리하고 간단하게 사용할 수 있는 작업 도구가 아닌 사망사고의 주요 기인물 중 하나가 되었다. 그 중 사용이 가장 많은 발붙임 사다리(A형 사다리)는 산업표준화법의 “전기용품 및 생활용품 안전관리법”에 따라 주택용 사다리(가정에서 사용하는 사다리)²⁾로 분류되어, 전도 안전성 평가가 없는 안전인증이 시행되고 있다. 여기서 주목해야 할 점은 A형 사다리는 작업자가 탑승하면 무게 중심이 상부로 이동하여 작업 중 유발되는 작은 수평력에도 넘어지기 쉬운 불안정한 구조이므로 사다리 사고 예방을 위해서는 전도 안전성 확보가 무엇보다 중요하지만, 대부분의 산업현장에서 A형 사다리는 전도 안전성 평가를 받지 않은 제품이 사용되고 있어 사고 위험에 노출되어 있다는 것이다. 그리하여 고용노동부에서는 2018년 “이동식 사다리에 의한

1) 최근 5년간('19년~'23년) 사다리 사고사망자 168명 발생(근로복지공단 요양승인기준)
2) 국가기술표준원 고시 제2019-0391호 ‘공급자적합성확인대상 생활용품(휴대용 사다리) 안전기준’

사망사고 예방방안”과 2019년 “이동식 사다리 안전작업지침”을 시행하는 등 관련 규정을 강화하고 행정력을 동원하여 올바른 사용을 유도하였지만 사고는 매년 지속적으로 발생하고 있다.

이러한 사다리 작업자 사망사고예방을 위해 2022년 공단에서는 사다리 사고의 주요 기인물인 A형 사다리를 대체하기 위한 한국형 안전 사다리(K-사다리) 개발 사업에 착수하였으며 1년 8개월간 사고원인 심층분석, 국내·외 사다리 제품군 및 문헌 조사, 현장 실태조사, 실물 구조 실험, 현장 검증 등 안전보건 관계자를 포함한 다양한 분야의 전문가와 사용자의 의견을 수렴하여 개발을 완료하고 보급중에 있다. 하지만 전도 안전성 평가를 받지 않는 가벼운 A형 사다리에 익숙해진 작업자의 사용 기피, 작업 특성에 맞는 다양한 제품군 부족, 특정 업종에 대한 재정지원 제한, 산업용 사다리에 대한 홍보 및 인식 부족 등으로 보급이 활성화 되지 못하고 있다.

이에 본 연구에서는 한국형 안전사다리(K-사다리)의 현장 적용 확대를 위해 사용자 및 산업계의 요구 사항이 반영된 개선품 및 업종별 특화 제품의 설계안을 제시함으로써 안전한 사다리 사용문화를 조성하고, 사다리 작업자 사망사고예방 효과를 극대화 하고자 한다.

2. 주요 연구내용

1) 사다리 작업 실태조사

건설업, 제조업, 서비스업 등 3대 업종 사업장을 중심으로 사다리 사용작업의 실태를 조사하여 작업의 위험요인, 사다리 사용상의 문제점, 사용자 요구사항 등 K-사다리 개선품, 업종별 특화 K-사다리 개발을 위한 자료를 수집하였다.

2) 고도화 K-사다리 설계안 제시

보급중인 K-사다리의 현장 적용 확대를 위해 개선된 K-사다리 및 업종별 특화된 K-사다리 등 고도화를 위한 K-사다리의 설계안을 제시하였다.

3) 현장 적용을 위한 사전 안전성 검토

고도화된 K-사다리의 사용자 안전성을 확보하기 위해 관련 법령, 공인기관의 안전인증기준 등의 부합여부를 검토를 위해 구조 해석 프로그램을 사용하여 안전성 검토를 실시하였다.

4) 업종별 종사자 및 관계 전문가 자문

업종별 종사자, 학계·업계 전문가, 사다리 제조사 관계자 등이 참석한 자문 회의를 운영하여 연구 내용 및 방법의 적정성, 사용자 안전성 확보 사항, 현장 적용 시 검토되어야 할 사항 등 사다리 작업자 사고예방을 위한 다양한 의견을 수렴하였다.

3. 연구 활용방안

- 사다리 작업자 사고 예방을 위한 실효성 있는 대책 제시
- 사다리 관련 제도 개선을 위한 기초 자료
- 고 위험 작업 환경 개선을 위한 안전신기술 개발 사례
- 사망사고 고 위험 개선사업의 재정지원 품목 선정 자료
- 관련 중소기업에 기술이전 등

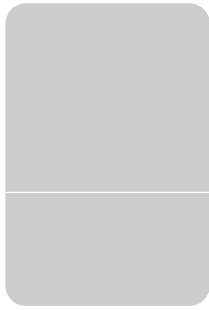
4. 연락처

- 연구책임자 : 산업안전보건연구원 산업안전연구실 연구위원 황종문
 - ☎ 052) 703. 0842
 - bm0722@kosha.or.kr



목 차

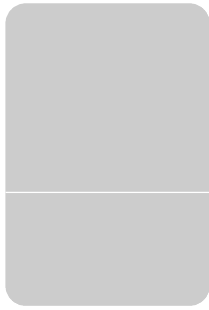
I. 서론	1
1. 연구배경	3
2. 연구내용	6
3. 연구방법	8
II. 선행연구 고찰 및 문헌조사	11
1. 선행연구 분석	13
2. 재해사례 분석	20
3. 제도 분석	27
4. 소결	32



목 차

Ⅲ. 실태조사	37
1. 업종별 종사자 설문조사	39
2. 업종별 사다리 작업 방문조사	59
3. 소결	71
Ⅳ. 고도화 K-사다리 설계안	75
1. 개발방향	77
2. 설계안(개선품, 업종별 특화품)	78
3. 안전성 검토	91
4. 전문가 자문	110
5. 소결	112

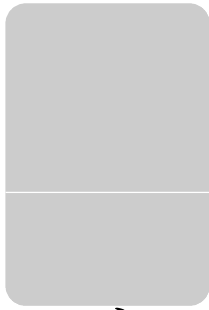
V. 결론	115
1. 결론 및 활용방안	117
참고문헌	123
Abstract	127
부록	135



표

〈표 I-1〉 작업높이별 안전작업지침	5
〈표 II-1〉 관련 선행연구 목록	13
〈표 II-2〉 최근 10년간 사다리 사고사망자 유형별 현황('05년~'14년)	19
〈표 II-3〉 최근 5년간('18년~'22년) 업종별 사고사망자	21
〈표 II-4〉 최근 5년간('18년~'22년) 사업장 규모별 사고사망자	22
〈표 II-5〉 최근 5년간('18년~'22년) 추락높이별 사고사망자	23
〈표 II-6〉 최근 5년간('18년~'22년) 작업종류별 사고사망자	24
〈표 II-7〉 최근 5년간('18년~'22년) 작업자 연령별 사고사망자	25
〈표 II-8〉 최근 3년간 주요 가설재별 사망위험도 비교*	26
〈표 II-9〉 국내·외 사다리 관련 제도	28
〈표 II-10〉 국가별 안전인증 적용 범위	29
〈표 II-11〉 국가별 사다리 사용기준 및 안전작업지침	31
〈표 II-12〉 이해관계자 의무사항 (BS EN 131)	32
〈표 III-1〉 방문 실태조사 현장 선정 기준	59
〈표 III-2〉 K-사다리의 전도 안전성 비교	60
〈표 III-3〉 K-사다리의 휴대성 비교(5단기준)	61
〈표 III-4〉 고도화 K-사다리 개발 시 고려되어야 할 사항	74
〈표 IV-1〉 개선된 K-사다리 설계안 반영 사항	78

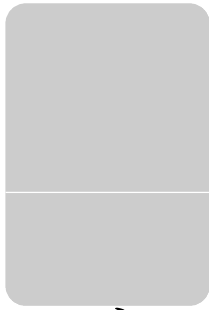
〈표 IV-2〉 K-사다리 내구성 향상 방안	82
〈표 IV-3〉 업종별 특화 K-사다리 개발 반영 사항	85
〈표 IV-4〉 K-사다리 개선품 및 업종별 특화 K-사다리의 구조 안전성 검토를 위한 설계하중 및 하중조합	92
〈표 IV-5〉 K-사다리 개선품 구조해석 결과	97
〈표 IV-6〉 모듈형 K-사다리 구조해석 결과	102
〈표 IV-7〉 K-말비계 구조해석 결과	105
〈표 IV-8〉 일자형 K-사다리 구조해석 결과	108



그림목

[그림 Ⅰ-1] 사다리 사고사망자 및 사고부상자 발생 추이(공단 공식통계)	3
[그림 Ⅰ-2] 이동식 사다리 안전작업지침	4
[그림 Ⅰ-3] 연구방법	8
[그림 Ⅰ-4] 연구추진체계 및 일정	9
[그림 Ⅱ-1] 토픽 모델링(Topic Modeling) 분석 과정	14
[그림 Ⅱ-2] 이동식 사다리 사용자 어플리케이션(NIOSH)	17
[그림 Ⅱ-3] 최근 10년간 이동식 사다리 작업자 재해 현황	20
[그림 Ⅲ-1] 온라인 설문용 설문지 개발	40
[그림 Ⅲ-2] 설문 참여자 업종 분포	41
[그림 Ⅲ-3] 설문 참여자가 수행하는 작업	42
[그림 Ⅲ-4] 설문 참여자의 근무 경력 분포	42
[그림 Ⅲ-5] 설문 참여자의 담당 업무(직책)	43
[그림 Ⅲ-6] 산안법상의 사다리 사용 용도	44
[그림 Ⅲ-7] 작업높이 3.5m 초과 시 작업발판으로 사다리 사용금지	45
[그림 Ⅲ-8] 작업발판으로 일자형 사다리 사용금지	45
[그림 Ⅲ-9] 산업현장에서의 주택용 사다리 사용	46
[그림 Ⅲ-10] 국내·외 사다리 관련 안전인증의 차이점	47
[그림 Ⅲ-11] 산업용 사다리 안전인증 제도의 부재	48
[그림 Ⅲ-12] 산업용 사다리의 명칭 선호도	49

[그림 Ⅲ-13] 사다리 작업자 사고예방을 위해 필요한 안전장치	50
[그림 Ⅲ-14] 특화 사다리 개발 시 고려되어야 할 작업 높이	50
[그림 Ⅲ-15] 사다리 안전장치와 중량에 대한 의견(경량화vs안전성)	51
[그림 Ⅲ-16] 사다리 탑승 적정 인원	52
[그림 Ⅲ-17] 말비계의 안전성·작업성 확보에 필요한 기능	53
[그림 Ⅲ-18] 이동식 사다리 안전작업지침 준수 여부	54
[그림 Ⅲ-19] 사다리에 필요한 스마트 기술	55
[그림 Ⅲ-20] K-사다리 안전성 개선 정도	56
[그림 Ⅲ-21] K-사다리 작업성 확보 정도	56
[그림 Ⅲ-22] K-사다리 휴대성 확보 정도	57
[그림 Ⅲ-23] K-사다리 내구성 확보 정도	58
[그림 Ⅲ-24] K-사다리 형상 및 주요 특징	61
[그림 Ⅲ-25] 건설업 사업장의 사다리 사용	63
[그림 Ⅲ-26] 건설업 종사자 의견 수렴	64
[그림 Ⅲ-27] 제조업 사업장의 K-사다리 사용	65
[그림 Ⅲ-28] 제조업 종사자 의견 수렴	66
[그림 Ⅲ-29] 기내 유지보수를 위한 말비계 사용	67
[그림 Ⅲ-30] K-사다리 사용 모습	68
[그림 Ⅲ-31] 서비스업 종사자 의견수렴	69
[그림 Ⅲ-32] 선박 내 승하강용 사다리가 필요한 장소	70



그림목

[그림 V-1] 상부 안전난간 높이조절용 홀(hole) 가공	79
[그림 V-2] 상부 안전난간 3단계 높이조절	79
[그림 V-3] 간이 선반 설치	80
[그림 V-4] 운반용 바퀴의 설치 각도 개선	80
[그림 V-5] K-사다리 폭 축소	81
[그림 V-6] 멀티 캐스터 레버의 식별 조치	83
[그림 V-7] 스마트 기술의 적용의 예	84
[그림 V-8] 안전상태 확인을 위한 직관적 표시 장치	84
[그림 V-9] 모듈형 K-사다리 설계안	86
[그림 V-10] 고정 클램프의 설치 위치	87
[그림 V-11] K-말비계 설계안	88
[그림 V-12] 선박에서 사용중인 승·하강용 사다리	89
[그림 V-13] 승·하강용 일자형 K-사다리 설계안	90
[그림 V-14] K-사다리 개선품 구조해석을 위한 재료 및 단면 제원	93
[그림 V-15] K-사다리 개선품(난간대 높이 970mm) 구조해석 모델링	94
[그림 V-16] K-사다리 개선품(난간대 높이 740mm) 구조해석 모델링	95
[그림 V-17] K-사다리 개선품(난간대 높이 450mm) 구조해석 모델링	96
[그림 V-18] K-사다리 개선품(난간대 높이 970mm) 구조해석 결과	98
[그림 V-19] K-사다리 개선품(난간대 높이 740mm) 구조해석 결과	99
[그림 V-20] K-사다리 개선품(난간대 높이 450mm) 구조해석 결과	100
[그림 V-21] 모듈형 K-사다리 모델링	101

[그림 IV-22] 모듈형 K-사다리 구조해석 결과	103
[그림 IV-23] K-말비계 모델링	104
[그림 IV-24] K-말비계 구조해석 결과	106
[그림 IV-25] 일자형 K-사다리 모델링	107
[그림 IV-26] 일자형 K-사다리 구조해석 결과	109
[그림 IV-27] 전문가 자문 회의	111

I. 서론

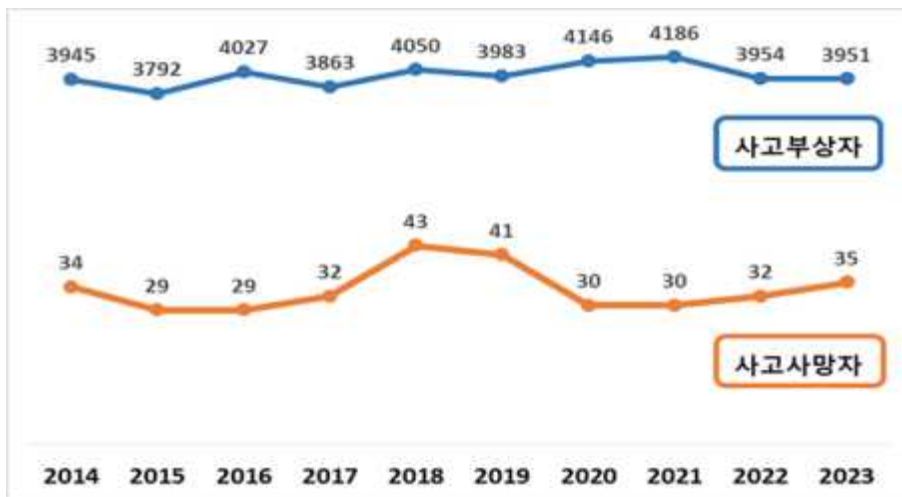


I. 서론

1. 연구배경

이동식 사다리는 고소 장소의 이동을 위한 통로 또는 작업을 위한 발판으로 가정과 산업현장에서 광범위하게 사용되는 작업도구이다. 하지만 사다리의 구조적 불안전성, 사용자의 안전조치 소홀 등으로 매년 사고사망자가 [그림 I-1]과 같이 매년 지속적으로 발생하고 있으며, 산업재해의 주요 사망사고 기인물 중의 하나이다.

특히, 사다리는 산업안전보건법(산업안전보건기준에 관한 규칙 제24조 ‘사다리식 통로 등의 구조’)에서 승·하강을 위한 통로로만 규정하고 있어 원천적으로 작업발판으로의 사용을 금지하고 있음에도 불구하고, 대부분의 산업현장에서는 휴대성, 경제성, 편리성 등의 이유로 고소 장소의 작업발판을 대체하여 사용하는 것이 관행화 되어 있다.



[그림 I-1] 사다리 사고사망자 및 사고부상자 발생 추이(공단 공식통계)

그리하여 '18년 12월 고용노동부에서는 「산재 사망사고 절반 줄이기('17년 964명 → '22년 505명)」 정책 추진의 일환으로 이동식 사다리를 작업발판 용도로 사용하는 것을 전면 금지하는 '이동식 사다리에 의한 사망사고 예방방안'을 시행하고 현장 관리·감독 강화에 나섰다.

하지만 이동식 사다리의 대체품이 미비한 상황에서 홍보 및 계도기간 부족 등으로 사업장에서는 혼란이 발생하고 사용자의 국민청원까지 이어져 각계 각층에서 실무적 현실을 고려하지 않은 정부 규제에 대한 개선 요청이 쇄도하였다. 그로인해 '19년 3월 이동식 사다리를 일부 작업에 한하여 작업발판으로 허용하는 '이동식 사다리 안전작업지침'을 시행하고, 사다리를 작업발판으로 사용하는 것을 전면금지하는 기존 방침에서 불가피한 경우에 한해 사용 가능한 것으로 규제를 일부 완화하여 전구교체, 전기통신 작업, 평탄한 곳의 조경작업 등 손 또는 팔을 가볍게 사용하는 경작업과 고소작업대, 비계 등의 설치가 어려운 협소한 장소에 한하여 사용할 수 있도록 하였다.



[그림 1-2] 이동식 사다리 안전작업지침

이와 함께 사다리 작업높이는 최대 3.5m이하에서만 사용하도록 하였고, 전도 방지대(아웃트리거) 설치를 권고하였으며, 이외에 보통사다리(일자형), 신축형 사다리(연장형), 일자형으로 펼쳐지는 발붙임 겸용 사다리 등 벽면에 기대어 사용하는 사다리는 작업발판으로의 사용을 금지하였다. 또한 사다리에 탑승할 경우 안전모, 안전대 등 개인보호구 착용, 안전대 걸이시설 마련 등 필수적인 안전조치를 취하도록 하면서, 작업높이별 안전조치 수준을 <표 I-1>과 같이 제시하였다.

〈표 I-1〉 작업높이별 안전작업지침

작업높이 (발을 딛는 디딤대의 높이)	안전작업지침
1.2m미만	- 반드시 안전모 착용
1.2m이상 ~ 2.0m	- 반드시 안전모 착용 - 2인1조 작업 - 최상부 발판에서 작업금지
2.0m이상 ~ 3.5m이하	- 반드시 안전모, 안전대 착용 - 2인1조 작업 - 최상부 발판 및 그 하단 디딤대 작업금지
3.5m초과	- 작업발판으로 사용금지

• 공통사항
- 평탄·견고하고 미끄럼이 없는 바닥에 설치
- 경작업, 고소작업대·비계 등의 설치가 어려운 협소한 장소에서 사용

* 출처 : 고용노동부 '이동식 사다리 안전작업지침'

이러한 규제 강화 조치에도 불구하고 시행 이후 사다리 작업자 사망사고는 줄어들지 않고 있어, 규제성 대책을 넘어선 실효성 있는 대책 마련의 필요성이 제기되었다.

즉, 고 위험 작업인 이동식 사다리 작업자의 사고 예방을 위해 현행 법규정이 산업현장에서 작동될 수 있도록 개선 방안을 마련하여 작업자의 올바른 사용을 유도하는 것도 중요하지만, 규제성 대책이 아닌 실효성 있는 예방 대책을

마련하는 것이 현장 수용성을 높이고 산업재해 감소 효과를 지속시킬 수 있는 순기능적인 측면이 있기 때문이다. 따라서 규제를 강화하고 사용자가 준수하도록 행정력을 동원함으로써 사고예방 효과가 일시적으로 나타나는 듯 하지만, 사고 발생은 오래 지속될 가능성이 높으며 이러한 고 위험 사다리 작업의 위험요인을 제거하기 위해서는 규제성 대책보다는 사다리 사고예방에 특화된 안전신기술을 개발하여 보급하는 것이 효과적일 수 있다는 것이다. 이러한 사례는 OECD의 고용전망보고서(OECD Employment Outlook, 1989)에서 ‘안전장치가 내장된 기계·설비’가 회원국의 산재 사망사고의 급격한 감소를 이끈 주요 요인으로 평가하고 있는 것에도 나타나고 있다.

그리하여 공단에서는 구조적으로 불안정한 발붙임 사다리(이하 ‘A형 사다리’)를 대체하기 위한 한국형 안전 사다리(이하 ‘K-사다리’) 개발 연구가 추진되었으며, 약 1년 8개월간 사고 원인 심층분석, 현장 실태조사, 실물 구조 실험, 현장 검증 등의 연구 과정을 통해 개발되었다. 그리고 '23년 10월부터 사망사고 등 고 위험 사업장의 시설 개선을 위한 재정지원사업 품목으로 등록되어 중대재해 취약 분야인 50인 미만 사업장은 구입 보조금이 지원되고 있으며, 지원 대상이 아닌 공공기관과 대기업은 일반 판매를 통해 보급이 이루어 지고 있다. 하지만 기존 A형 사다리에 익숙해져 있는 작업자의 사용 기피, 작업 특성에 맞는 다양한 제품 부족, 재정지원 대상 제한 등으로 보급이 활성화 되지 못하고 있다. 이에 본 연구에서는 사용자 및 산업계의 요구 사항을 반영한 고도화된 K-사다리를 개발하여 현장 적용성 확대시킴으로써, 사다리 작업자 사망사고예방 효과를 극대화 하고자 한다.

2. 연구내용

‘K-사다리’ 현장 적용성 확대 방안 마련을 위한 고도화 K-사다리 개발을 위해 건설업, 제조업, 서비스업 사업장을 중심으로 사용실태 조사를 실시하여 자료를 수집하고 이를 토대로 고도화 K-사다리 설계안을 마련한 뒤 사용자

안전성 확보를 위한 구조 해석 및 이해관계자 의견수렴 회의 등을 실시하여 현장 수용성 높은 고도화 K-사다리 설계안을 제시하고자 한다. 상세 내용은 다음과 같다.

- 선행연구 및 문헌조사
 - 선행연구 고찰
 - 재해사례 분석
 - 관련법령 검토

- 사다리 작업장 실태조사
 - 온라인 설문 조사
(설문지 개발)
 - 현장 방문 조사
(업종별 A형 사다리 및 K-사다리 사용 사업장 등)

- 고도화 'K-사다리' 설계안 제시
 - Case 1: 기존 K-사다리 개선품
 - Case 2: 업종별 특화 K-사다리
 - Case 3: 스마트 기술 적용 K-사다리

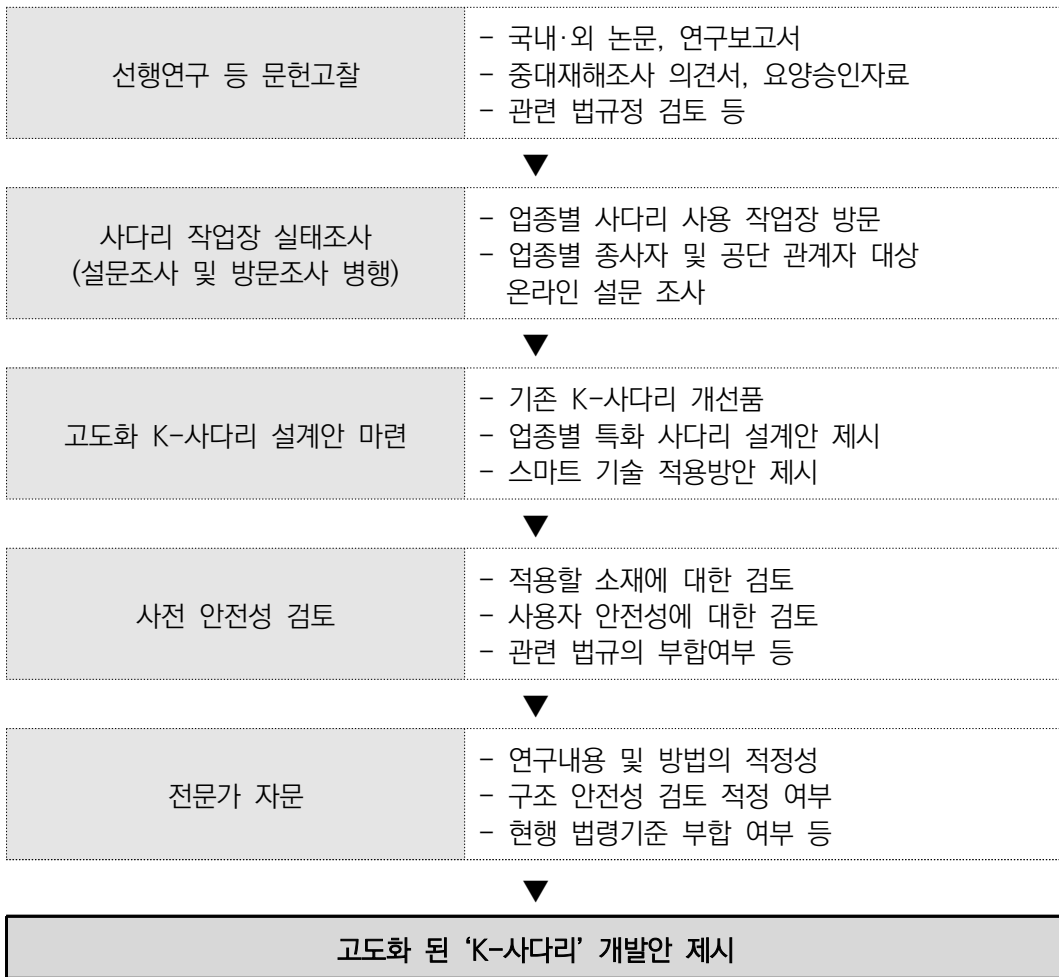
- 설계안에 대한 구조 안전성 검토
 - 적용 소재의 안전성 검토
 - 구조 해석 프로그램을 활용한 안전성 검토
 - 관련 법규 부합 여부 등

- 전문가 자문
 - 연구내용 및 방법에 대한 적정성 검토

- 설계 및 구조 안전성 검토 결과에 대한 검증 등

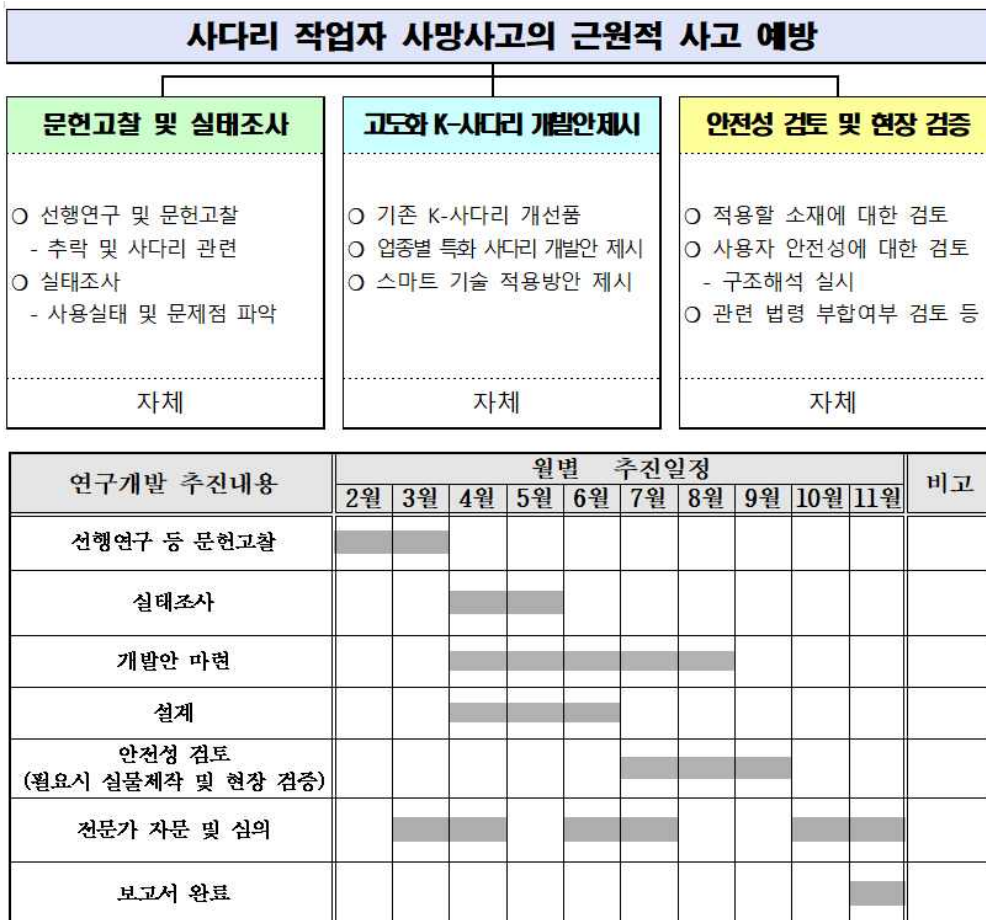
3. 연구방법

보급중인 ‘K-사다리’의 현장 적용성 확대를 위한 연구내용별 연구방법은 [그림 I-3]과 같다.



[그림 I-3] 연구방법

본 연구과제의 목표를 성공적으로 달성하기 위한 구체적인 연구추진체계 및 일정은 [그림 I-4]와 같다.



[그림 I-4] 연구추진체계 및 일정

Ⅱ. 선행연구 고찰 및 문헌조사



II. 선행연구 및 문헌 고찰

1. 선행연구 분석

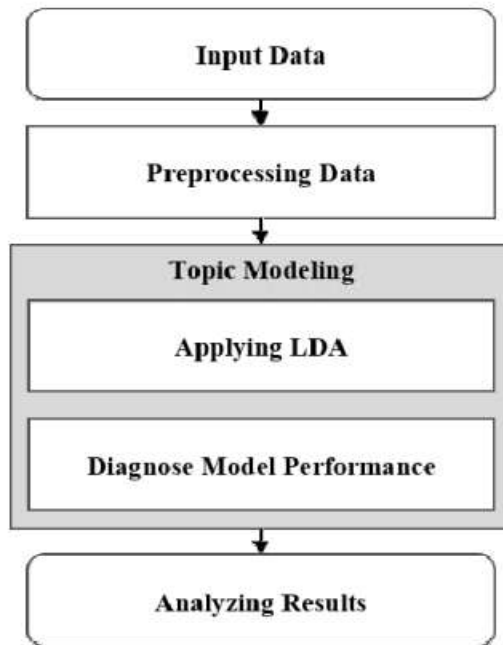
선행연구 분석은 사다리 중심의 연구와 사다리 사고를 포함하고 있는 추락 재해 연구를 조사하였다. 대부분의 연구는 사다리 사고원인을 분석하고 실태 조사, 설문조사 등을 실시하여 문제점을 도출한 뒤 안전관리 및 제도개선 등 관리적 사항 위주의 안전성 확보 방안을 제시하고 있었다. 조사한 선행연구 목록은 <표 II-1>과 같다.

〈표 II-1〉 관련 선행연구 목록

분류	저자	제목	연구내용
추락 연구 (사다리 포함)	류한국 (2018)	토픽 모델링을 이용한 건설현장 추락재해 분석	토픽 모델링을 활용하여 건설현장에서 발생하는 추락재해에 대한 토픽을 분류하고 재해원인 분석
	안홍섭 (2012)	추락재해의 효과적인 위험관리 방안	추락재해 원인을 직접적원인, 조직적요인, 정책적요인, 환경적요인 등으로 분류하여 효과적인 예방대책 제시
사다리 관련 연구	김대영 (2019)	이동식 사다리 안전작업기준 및 안전모델 제시에 관한 연구	사다리 사용의 잘못된 관행을 지적하고 사고예방을 위한 안전작업기준과 안전 사다리 개발 방향을 제시
	심현황 (2017)	산업현장 사다리 관련 사망재해 분석 및 추락재해예방 대책에 관한 연구	사다리를 작업발판으로 무리하게 사용하면서도 안전조치가 이루어지지 않는 사용실태를 지적하고 대책을 제시

1) 토픽 모델링을 이용한 건설현장 추락재해 분석(류한국, 2018)

기계학습(Machine Learning) 기법 중 토픽 모델링(Topic Modeling)을 활용하여 건설현장에서 발생하는 추락재해에 대한 토픽을 분류하고 재해요인을 분석하였다. 각 토픽에서 공통으로 도출된 추락재해의 대부분은 소규모 사업장에 속한 일용직 작업자들이며 주요 사고 원인은 안전장비 미착용, 현장 정리·정돈 미흡, 안전장비의 성능 및 착용 상태 불량 등으로 분석하고 있었다. 기인물로는 이동식 비계, 사다리, 말비계 등 가설 작업발판에서 발생하고 있으며 추락사고를 예방하기 위해서는 소규모 사업장에 적합한 맞춤형 안전교육, 작업장의 정리·정돈, 안전장비 보급 및 착용준수, 작업자의 안전의식 등이 중요한 것으로 제시하고 있다.



[그림 II-1] 토픽 모델링(Topic Modeling) 분석 과정

2) 추락재해의 효과적인 위험관리 방안(안홍섭외 1, 2012)

영국 Falls from height - Prevention and risk control effectiveness의 선행연구 프로세스(추락재해 영향 연결망)를 우리나라 제반 조건에 적용하고 산업현장에서 발생하고 있는 추락재해 원인을 직접적 요인, 조직적 요인, 정책적 요인, 환경적 요인 등으로 분류한 뒤 이들 인자들 간의 영향 경로 특성을 파악하여 등급 판정 및 영향도 평가를 통한 추락재해의 위험관리 방안을 제시하고 있다.

- 법과 정부 정책에 의한 경영진의 안전의지 진작으로 안전보건 분야도 기업에 이익을 가져올 수 있는 사회적 인식을 확산시키고, 경영진들이 스스로 이에 대해 관심을 가질 수 있게 하는 정책 수립 필요
- 법과 제도에 의한 기업 내 실직적 안전관리 행사로 안전관리자의 권한은 경영진의 후원과 법적 보장에 의해 강화될 수 있다. 따라서 경영진의 후원은 경영진의 안전의지 진작으로 높일 수 있으며 법적으로는 안전관리자의 활동을 진작할 수 있음
- 고소작업자를 위한 추락 안전교육 프로그램 개발로 부서별 특화된 안전 프로그램을 실시하여 해당 작업 종사자들이 이를 이수함으로써 위험감소 효과가 나타남
- 설계 단계에서의 안전 확보 프로그램 개발로 추락 가능성에 대비한 사전 설계가 이루어짐으로써 위험감소 효과가 나타나며, 현장 작동성 제고를 위해서 법규상의 미비한 점은 보완되어야 하며 설계를 담당하는 인력들에 대한 매뉴얼, 교육 프로그램도 개발되어야 함
- 사다리 등 고소작업 관련 장비·시설의 안전 확보를 위해 안전하지 못한 제품들이 산업현장에서 사용되지 않도록 사다리 등 고소작업을 위한 장비·시설의 연구개발 및 검정제도가 마련되어야 함
- 기업문화의 건전화와 안전문화 정착으로 추락을 포함한 모든 산업재해

예방의 저변 대상을 확대하고 안전에 대한 교육과정을 도입하여 기업과 국민의 인식을 새롭게 할 필요가 있음

- 사고기록 관리와 피드백 체계 확립 방안으로 기관별 중대재해 조사 방법 등을 통일하고 이를 DB화하여 많은 기업에서 이에 접근해 정보를 얻을 수 있도록 정부 차원의 지원과 지도가 필요

3) 이동식 사다리 안전작업기준 및 안전모델 제시에 관한 연구 (김대영외 2인, 2019)

이동식 사다리는 산업안전보건기준에 관한 규칙 제24조(사다리식 통로)에서 이동 통로로만 규정되어 작업발판으로의 사용이 전면 금지되고 있음에도 불구하고, 대부분의 산업현장에서는 휴대성, 사용성, 경제성 등으로 이동식 사다리를 작업발판으로 광범위하게 사용하고 있음. 이에 이동식 사다리 사고 예방을 위한 안전작업기준과 안전모델(안전사다리 개발 방향)을 제시함

- 건설업 및 서비스업(건물관리업)에서 사다리 관련 재해가 집중 발생하고 있으므로 신속한 재해예방 조치가 필요하며 사다리 작업 시 안전모, 안전대 등 개인보호장비 착용 등에 대한 규제 강화 필요
- 발붙임 사다리(A형 사다리)의 경우 전체 재해의 44%가 2.0~3.5m에서 발생하여 이 구간에서의 재해예방조치가 중요하며, 건설업 및 관리업의 경우에는 2m이하에서도 사망 재해가 27%이상 발생하고 있음
- 대규모 현장의 경우 안전규정에 대한 준수 실태가 높았으나 중·소규모 현장의 경우 안전수칙 준수 실태가 상당히 낮은 실정이므로 안전한 작업 환경 조성을 위한 다양한 지원방안 필요
 - 안전한 사용을 위한 Application 개발[그림II-2] 보급 및 노후 사다리 교체비용 지원 등

- 층고가 높고 협소한 장소, 일자형 및 조경용 사다리 사용작업 등을 고려하여 3.5m 초과 작업에 대한 조건부 안전작업기준 마련 필요
 - 3.5m 초과 높이에서는 사다리 사용을 금지하는 방안도 검토 필요
- 설계단계에서부터 위험성을 평가하여 고소작업 공중별 유해·위험요인을 발굴하고 고소작업 시 사용할 안전대 부착설비용 앵커 링을 설계도면에 반영하는 등의 사전 안전조치 필요



[그림 II-2] 이동식 사다리 사용자 어플리케이션(NIOSH)

4) 산업현장 사다리 관련 사망재해 분석 및 추락재해예방 대책에 관한 연구(심현황외 1인, 2020)

사다리는 주로 작업장소를 상하부로 이동하기 위하여 사용하지만, 작업 발판으로 사용 시 무리한 작업으로 인해 추락사고가 발생하는 경향이 나타나고 있다. 국외에서는 사다리 작업에 대한 명확한 안전기준이 정해져 있으나 국내 산업안전보건법 안전기준은 불명확한 내용이 많아 사다리의 안전한 사용방법에 대한 안전모델을 아래와 같이 제시

- 사다리는 상하부로 이동하기 위하여 사용하고 부득이한 경우 위험성평가를 통하여 제한적으로 간단한 작업에 한하여 사용할 수 있음
- 사다리 발판의 수직간격은 25~35cm 사이, 사다리 폭은 30cm 이상인 사다리를 사용해야함
- 사다리는 보행자 통행로, 차량 도로, 문이 열리는 곳 등 사다리와 충돌 가능성이 있는 장소에 설치하여서는 아니 된다. 그렇지 않은 경우에는 사다리 주위에 방호울을 설치하거나 감시자를 배치하여야 함
- 사다리 주위에 전선, 전기설비 등의 유무 및 상태를 점검하고 감전 위험이 있는 경우에는 부도체 재질의 사다리를 사용해야 함
- 사다리는 등지지 말고 마주 본 상태에서 사용하고, 몸의 중심이 사다리 기둥을 벗어나지 말아야 함
- 계단식 사다리 사용 시 사다리 기둥이 불시에 벌어지지 않도록 잠금장치를 설치하여야 함
- 사다리에서는 3점 접촉 상태를 유지하여야 함
- 사다리에서의 작업시간은 30분 이하로 하고 자재, 설비 등 10kg이상의 중량물을 취급하거나 운반해서는 안됨

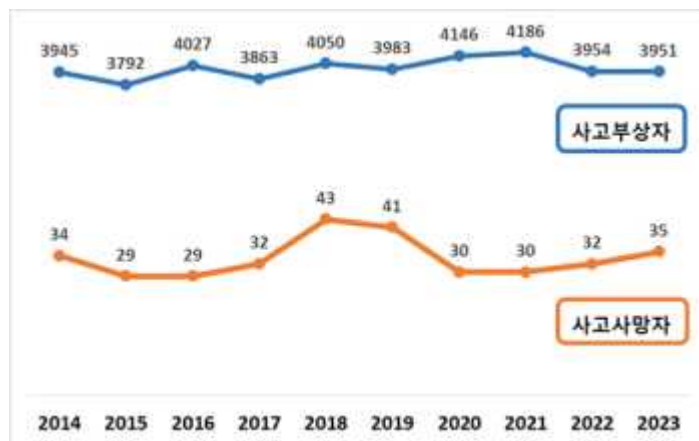
〈표 II-2〉 최근 10년간 사다리 사고사망자 유형별 현황('05년~'14년)

classification	occurrence frequency (total : 349 persons)
Business scale	Less than 30 persons (244 persons : 69.9%)
Age-specific	50 to 59 years old (138 persons : 39.5%)
By occupation	Functional worker (228 persons : 65.3%)
Employment classification	A regular employee (137 persons : 39.3%)
Work content classification	Installation of machinery and equipment (103 persons : 29.5%)
Injury area	Head (286 persons : 81.9%)
Fall height	Less than 3m~5m (109 persons : 31.2%)

2. 재해사례 분석

공단 공식통계 자료¹⁾에 따르면 최근 10년간('14년~'23년) 사다리 작업 관련 사고사망자는 335명, 사고부상자는 39,897명으로 매년 지속적으로 발생하고 있다. '19년 고용노동부의 사다리 작업자 사망재해 감축을 위한 “이동식 사다리에 의한 사망사고 예방방안” 및 “이동식 사다리 안전작업지침” 등의 규제 강화 조치로 인해 일시적으로 감소되었으나 그 이후로는 점진적으로 다시 증가하는 추세를 보이고 있다.

이러한 현상은 규제 강화를 시행하고 사용자가 준수하도록 행정력을 동원함으로써 사고예방 효과가 일시적으로 나타나는 듯 하지만, 시간이 경과하면서 법규정의 현장 수용성이 낮아지고 작동성이 떨어질 경우 사고 발생은 줄어들지 않고 다시 증가하는 것으로 볼 수 있다. 즉 법규정을 통한 작업자의 올바른 사용을 유도하는 것도 중요하나 근원적 문제점을 파악하여 실효성 있는 예방 대책 마련이 더욱 중요함을 알 수 있는 현상이다.



[그림 II-3] 최근 10년간 이동식 사다리 작업자 재해 현황

1) 공단 ERP 산재예방정보시스템 공식통계 자료(근로복지공단 요양승인기준)

1) 업종별

업종별 사다리 사고사망자 현황²⁾을 <표 II-3>에서 살펴보면 전체 사다리 사망자 중 건설업 발생 비중이 최근 5년간 최저 43.3%에서 최고 70.1% 차지하여 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 다음으로 서비스업이 최저 22.0%에서 최고 40.6%를 차지하며 산업구조 변화에 따른 증가 추세에 있으며, 전통적으로 사업장 수와 근로자 수가 가장 많은 제조업은 최저 6.3%에서 최고 20.0%로 나타나 건설업, 서비스업 대비 사업장수, 근로자수가 절대적으로 많음에도 불구하고 3대 업종 중 사고 비중이 가장 낮다. 이러한 결과로 볼 때 건설업과 서비스업에서 사다리를 사용한 고소작업이 많이 이루어지고 있음을 알 수 있으며, 사용 목적도 승·하강을 위한 통로보다는 대부분이 작업발판으로 대체하여 사용하다 사고가 발생하고 있음을 조사보고서를 통해 알 수 있었다.

<표 II-3> 최근 5년간('18년~'22년) 업종별 사고사망자

업종별	2023	2022	2021	2020	2019
건설업	18	17	19	13(43.3)	29(70.1)
기타의사업	12	13(40.6)	8	10	9(22.0)
제조업	5	2(6.3)	3	6(20.0%)	3
운수·창고·통신업	0	0	0	1	0
계(명)	35	32	30	30	41

* () 업종별 최저 또는 최대 비중(%)

2) 공단 재해조사보고서 및 ERP 산재예방정보시스템 공식통계 자료

2) 규모별

사업장의 규모별 발생 현황을 <표 II-4>에서 살펴보면 5인미만 초소규모 사업장의 비중은 최저 50.0%에서 최대 58.5%를 차지하여 매년 절반이상의 사다리 사고가 발생하고 있으며, 다음으로 5인~50인미만 소규모 사업장은 최저 26.8%에서 최대 40.0%, 50인~300인미만 중규모 사업장은 최저 2.4%에서 최대 10.0%, 300인이상 대규모 사업장에서는 최대 6.7%를 차지하고 있어 중대재해 취약분야인 초소규모, 소규모 사업장에서 사다리 사고의 대부분이 발생하고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 작업환경이 열악한 소규모 이하 사업장에서 고소작업 시 작업발판을 대체하여 사다리를 많이 사용하고 있으며, 안전관리가 제대로 이루어지지 않고 있음을 알 수 있다.

<표 II-4> 최근 5년간('18년~'22년) 사업장 규모별 사고사망자

상시근로자수	2023	2022	2021	2020	2019
5인미만	18	18	15(50.0)	16	24(58.5)
5~50인미만	14(40.0)	10	10	12	11(26.8)
50~100인미만	2	1	1	0	0
100~300인미만	1	1	2(10.0)	1	3(2.4)
300~500인미만	0	1	1	0	2
500인이상	0(0.0)	1	1	1	1(7.3)
계(명)	35	32	30	30	41

* () 규모별 최저 또는 최대 비중(%)

3) 추락높이별

추락높이별 발생 현황을 <표 II-5>에서 살펴보면 2~3m미만 높이에서의 사다리 작업자 사고 비중은 최저 30.0%에서 최대 34.4%를 차지하여 사망사고가 가장 많이 발생하고 있으며, 다음으로 1~2m미만은 최저 25.0%에서 최대 30.0%, 3~5m미만은 최저 16.7%에서 최대 23.3%, 5m이상은 최저 7.3%에서 최대 13.3%, 1m미만은 최저 7.3%에서 13.3%를 차지하고 있는 것으로 나타나고 있다. 사고 당시 작업 내용은 고소 장소의 작업을 위해 작업발판을 대체하여 구조적으로 불안정한 A형 사다리를 사용하다 사고가 발생하고 있음을 알 수 있었다. 그리고 1m미만, 1~2m미만의 비교적 낮은 높이에서의 사고사망자 비중도 30%이상을 차지하고 있어 전도 안전성이 확보되지 않은 A형 사다리를 작업발판으로 사용하는 것은 사고 위험성이 높음을 알 수 있다.

<표 II-5> 최근 5년간('18년~'22년) 추락높이별 사고사망자

추락높이	2023	2022	2021	2020	2019
1m미만	3	4	2	3	4
1~2m미만	9	8(25.0)	9	8	11(30.0)
2~3m미만	12	11	10	9(30.0)	14(34.4)
3~5m미만	7	6	5(16.7)	7(23.3)	9
5m이상	4	3	4(13.3)	3	3(7.3)
계(명)	35	32	30	30	41

* 추락높이는 조사보고서상의 조사된 높이 또는 사용된 사다리의 디딤대 높이임

* () 규모별 최저 또는 최대 비중(%)

4) 직종별

직종별 발생 현황을 <표 II-6>에서 살펴보면 건설관련 기능직, 단순 노무직 종사자와 기계관련 생산직, 운전직, 조작직 종사자 등이 최저 40.0%에서 최대 63.4%를 차지하여 사고 비중이 가장 높았으며, 다음으로 전기관련 기능직, 생산직, 조작직 종사자 등이 최저 17.1%에서 최대 23.3%, 청소 및 경비 관련 미화원, 단순 노무직 등이 최저 4.9%에서 최대 10.0%, 서비스관련 관리직, 단순 판매직, 노무직 등 최저 17.1%에서 28.1%로 나타났다. 이들 직종은 건설업 및 서비스업을 중심으로 마감작업, 설비·전기·통신작업, 유지보수작업 등 작업 특성상 사다리를 사용이 많음을 알 수 있었다.

<표 II-6> 최근 5년간('18년~'22년) 작업종류별 사고사망자

직종	2023	2022	2021	2020	2019
건설·기계	17	16	18	12(40.0)	26(63.4)
전기·제조	6(17.1)	6	5	7(23.3)	6
청소·경비	3	1	1	3(10.0)	2(4.9)
판매·기타	9	9(28.1)	6	8	7(17.1)
계(명)	35	32	30	30	41

* 직종 분류는 공단 공식통계의 직종(중)을 기준으로 사고가 많은 유사 직종을 묶음

** () 규모별 최저 또는 최대 비중(%)

5) 연령별

연령별 발생 현황을 <표 II-7>에서 살펴보면 60~70세미만 고령자 비중은 최저 36.7%에서 최대 45.7%로 사고사망자 발생 연령대중 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 다음으로 50~60세미만 준고령자 비중은 최저 28.6%에서 최대 43.3%, 70세이상 초고령자 비중은 최저 10.0%에서 최대 20.0%, 40~45세, 40세미만 순으로 나타나고 있다. 이러한 결과를 볼 때 50세이상 에서 대부분의 사고가 집중되어 발생하고 있다. 이는 산업현장의 고령 근로자 비중이 지속적으로 높아지고 있음을 나타내고 있으며, 특히 사다리의 불안정한 구조로 인해 신체적·인지적 능력이 낮은 고령 근로자가 고소장소의 작업을 위해 탑승할 경우 사고발생 위험이 다른 기인물보다 높으며 동일한 강도의 사고로도 중대 재해로 연계될 가능성이 크다는 것을 알 수 있었다.

<표 II-7> 최근 5년간('18년~'22년) 작업자 연령별 사고사망자

연령	2023	2022	2021	2020	2019
40세미만	0	1	0	2	2
40~50세미만	2	2	3	0	3
50~60세미만	10(28.6)	11	12	13(43.3)	12
60~70세미만	16(45.7)	13	12	11(36.7)	18
70세이상	7(20.0)	5	3(10.0)	4	6
계(명)	35	32	30	30	41

* () 규모별 최저 또는 최대 비중(%)

6) 기인물별

사다리 사고가 집중되는 건설현장에서 사망자가 많이 발생하고 있는 기인물에는 사다리외에 쌍줄비계, 틀비계, 달비계 등 고소작업 시 사용되는 가설 작업대가 있다. <표 II-8>에서 사다리는 다른 기인물에 비해 2배이상의 사망자수가 발생하고 있으나 재해자수 대비 사망자수 비중은 다른 기인물에 비해 2~4배 이상 낮은 것으로 조사되고 있다. 이러한 점은 쌍줄비계, 틀비계, 달비계를 사용할 경우 발생 빈도에 비하여 강도가 높은 것으로 나타나 사다리 사용이 비교적 사망 위험도가 낮은 것으로 볼 수도 있으나, 사다리의 재해자수가 타 기인물에 의한 재해자수 보다 7~68배 가량 많이 발생하고 있어 사업장에서 고소작업 시 사다리 사용은 대체하기 어려운 작업도구이며 사용 비중이 높아, 행정력을 동원한 규제성 대책만으로는 관행화되어 있는 사다리 사용을 금지하거나 제한하는것에는 한계가 있음을 알 수 있다.

〈표 II-8〉 최근 3년간 주요 가설재별 사망위험도 비교*

(단위: 명)

기인물	사다리	쌍줄비계	틀비계	달비계
재해자수(a)	11,441	1,634	1,672	147
사망자수(b)	76	37	22	44
사망위험도 [(b/a)*100]	0.66	2.26	1.32	29.9

* 출처: '19.2.26. 본부 산업안전실 작성자료 「이동식사다리 작업발판 사용근절 대책 개선방안」

3. 제도 분석

사다리 관련 제도에는 제품 표준 인증, 안전 인증 등 사다리의 결함, 파손, 안전 장치의 미비 등 제품 자체의 불안전성으로 인한 사고를 방지하기 위한 목적의 기술적 측면 제도와 사용 기준, 안전 작업 지침 등 제품의 문제보다는 불안정한 사용으로 인한 사고를 예방하기 위한 목적의 관리적 측면 제도로 구분해 볼 수 있다.

우리나라 및 주요 해외국가의 사다리 관련 제도는 <표 II-9>과 같으며, 국가별로 제품에 대한 기준(Product Standard)과 사용에 대한 기준(Usage Standard)이 제정되어 있음을 알 수 있고 Regulation, Guidance, Standard, Certification 등 사다리 제도의 목적에 따라 다양한 법규정으로 운용되고 있다. 먼저 이동식 사다리의 종류(형식), 용도, 구조, 재료, 성능 기준, 성능 시험 방법 등의 제품 안전 제도는 대부분 국가에서 시행하고 있으며 우리나라는 산업통상자원부 산하 국가기술표준원에서 산업표준화법에 의거 “KS G 3701 알루미늄 합금제 사다리”를 제정하고 전기용품 및 생활용품 안전관리법에 의거 “공급자 적합성확인대상 생활용품(휴대용 사다리) 안전기준 부속서”가 제정되어 있으며 둘다 의무인증제도이므로 생산자는 반드시 인증기준을 준수하여야 한다. 그리고 고용노동부 산하 안전보건공단 인증원에서 산업안전보건법에 의거 ‘S마크 안전인증제도’를 운영하고 있으며 임의인증제도로 인증을 받지 않더라도 규제나 불이익을 받지 않는다. 이러한 제품 표준 인증제도는 시중에서 판매되는 사다리 제품의 안전성 확보를 위해 대부분의 국가에서 의무에 준하는 수준으로 시행되고 있으며, 완제품을 수입하거나 부품만을 수입하여 조립 판매하는 경우에도 자국의 제품 표준을 만족하지 못할 우려가 있기 때문에 표준 인증제도와는 별도로 안전인증제도를 시행하는 경우가 있다.

〈표 II-9〉 국내·외 사다리 관련 제도

국가	제도	비고
한국	• KS G 3701 Aluminum Alloy Ladder and Stepladder	Product and Usage Standard
	• Safety Criteria for Supplier Suitability Confirmation (Annex 13 - Portable Ladders)	Safety Certification for Household Use (Legal Regulation)
	• KOSHA Guide G-18-2019 (Technical Guidance for Fabrication and Usage of Portable Metal Ladders)	Usage Standard
	• Rules for Occupational Safety and Health Standards	Code of Regulation
일본	• JIS S 1121 Aluminum Ladder and Stepladder	Product and Usage Standard
	• CPSA 0015 SG Standard for Metal Stepladder for Household Use • CPSA 0037 SG Standard for Metal Ladder for Household Use	Safety Certification for Household Use (Legal Regulation)
	• Certification Criteria for Temporary Equipment (Chapter 7 Steel Stepladders and Chapter 10 Aluminum Alloy Stepladders)	Safety Certification for Industrial Use (Legal Regulation)
	• Usage Manual for Preventing Fall Accidents of Portable Ladders	Usage Guidance
	• Rules for Occupational Safety and Health	Code of Regulation
미국	• ANSI ASC A14.2 American National Standard for Ladders-Portable Metal	Product and Usage Standard
	• OSHA CFR 1926.1053 Ladders	Code of Regulation
	• OSHA 3625-04R-2018 Falling Off Ladders Can Kill: Use Them Safely	Usage Guidance
영국	• BS EN 131 - Ladders	Product and Usage Standard
	• The Work at Height Regulations	Code of Regulation
	• HSE Guidance (Safe Use of Ladders and Stepladders)	Usage Guidance

<표 II-10>와 같이 제품표준인증은 주요 해외 국가에서 모두 시행하고 있으며 미국과 영국은 별도의 안전인증제도를 시행하지 않고 판매되는 모든 제품에 대한 제품표준인증 제도를 적용하고 있다. 반면에 우리나라와 일본의 경우 제품표준인증 제도와는 별도로 안전인증제도를 시행하고 있다.

<표 II-10> 국가별 안전인증 적용 범위

국가	제품인증 (표시형식)	안전인증	
		가정용	산업용
한국	○ (KS)	○ (KC)	×
일본	○ (JIS)	○	○
미국	○ (ANSI)	N/A	
영국	○ (CE)	N/A	

우리나라에서 시행하고 있는 사다리에 대한 안전인증제도는 산업통상자원부 소관의 ‘전기용품 및 생활용품 안전관리법(전안법)’에 의거하여 의무적으로 실시하고 있으며, 안전인증을 위한 규격(safety certification standard)은 국가기술표준원에서 제정한 “공급자적합성확인대상 생활용품(휴대용 사다리) 안전기준 부속서”에 규정되어 있다. “공급자적합성확인대상 생활용품(휴대용 사다리) 안전기준 부속서”에 규정된 안전 인증 규격은 대부분 “KS G 3701 알루미늄 합금제 사다리”을 준용하고 있으나, 한 가지 차이점은 “KS G 3701 알루미늄 합금제 사다리”에서는 인증 대상 사다리의 사용처를 명시적으로 규정하고 있지 않은 반면에, “공급자적합성확인대상 생활용품(휴대용 사다리) 안전기준 부속서”에서는 인증대상 사다리의 사용처를 가정(household)에서 사용하는 주택용으로만 명시적으로 규정하고 산업용에 대해서는 규정하지 않고 있는데, 이는 전안법에서 이동식 사다리를 생활용품으로 분류하고 있기 때문이다. 한편, 우리나라와 유사하게 일본에서도 안전인증제를 의무적으로 시행하고 있으며, 일본에서 시행되는 안전 인증제는 크게 사용 목적에(사용처, 사다리 형식 등) 따라 인증 기준이 마련되어 있는 것이 우리나라와 큰 차이가 있다.

즉, 사용처가 가정용인 발붙임 사다리와 보통 사다리의 인증은 일본 경제산업성 소관의 “소비생활용품 안전인증 규격(CPSA)”에 따른 안전 인증을 받도록 하고 있는 반면에, 사용처가 건설현장이나 공사현장 등 산업용인 발붙임 사다리는 일본 후생노동성 소관의 “가설기자재 안전 인증 규격”에 따른 안전 인증을 받도록 하고 있다. 특히, 일본의 경우 어느 안전인증 규격이든 발붙임 사다리의 높이 제한은 일본산업표준 “JIS S 1121 Aluminum Ladder and Stepladder”과 마찬가지로 2m이하로 동일하게 규정하고 있다는 것에 주목해야 한다. 이것은 불안정한 사다리 구조로 인해 2m 초과的高度에서 사다리를 사용하여 작업할 경우 사망사고 위험이 크게 증가하는 것에 대처한 규정이라 볼 수 있다. 한편, 우리나라도 일본의 노동안전위생법에 의거한 가설기자재 안전 인증과 유사하게, 산업안전보건법에 의거한 가설기자재 안전인증을 실시하고는 있으나 주요 해외국가처럼 의무안전인증 대상에 사다리는 포함되어 있지 않으며, 사다리형 작업대(Platform ladder)의 경우 “S마크 안전인증제도”를 통해 유럽의 안전인증기준인 EN 131-7 코드에 준용하여 자율안전인증 제도만을 실시하고 있는 상황이다. 이러한 제도 운용으로 산업용 사다리에 대한 별도의 안전인증제도가 없으며, 가정에서 사용하는 주택용 사다리에 대한 안전인증을 받은 제품들이 산업현장에서 사용되고 있다.

다음으로 사다리 작업자 사고는 제품의 불안전성에도 기인하지만, 올바르게 않은 사용이나 부주의한 관리에도 기인하며 이러한 사용에 따른 사고를 예방하기 위해 적절한 사용안전기준이나 안전작업지침 등의 규정을 시행한다. <표 II -11>은 주요 해외 국가의 사다리 관련 사용안전기준과 안전작업지침의 제정 현황이며, 대부분의 국가가 사용안전기준과 안전작업지침을 규정하고 있음을 알 수 있다. 우리나라는 2018년 이동식 사다리를 작업발판 용도로 사용하는 것을 전면 금지 조치 한것에 대한 개선 대책의 일환으로 2019년 “이동식 사다리 안전작업지침”이 마련되었으나 승·하강 통로에 대한 사항은 없으며, 불가피하게 작업발판으로 사용하는 경작업에 대한 내용으로 제정 되었다. 사용 안전 기준은 “KS G 3701 알루미늄 합금제 사다리”, “공급자적합성확인대상 생활용품(휴

대용 사다리) 안전기준 부속서” 등에 각각 규정하고 있으나, 규정된 사용 안전 기준은 단순히 취급 유의 사항 몇 가지를 나열하고 있는 수준에 그치고 있다. 일본도 우리나라와 유사하게 취급 유의 사항에 해당하는 몇 가지를 제품표준 인증 규격과 안전인증 규격에 사용안전기준으로 단순 나열하고 있는 수준이나, 이외는 별도로 사다리를 승·하강에 사용하는 경우와 고소 작업에 이용하는 경우 등 사용 용도에 따른 구체적인 안전작업지침을 노동안전위생총합연구소 등에서 제정하여 보급하고 있다.

〈표 II-11〉 국가별 사다리 사용기준 및 안전작업지침

국가	사용안전기준	안전작업지침	
		승하강 통로로 사용	작업발판으로 사용
한국	○	×	○
일본	○	○	○
미국	○	○	○
영국	○	○	○

미국과 영국도 제품 표준 인증 규격인 “ANSI ASC A14.2”와 “BS EN 131”에 사용안전기준을 규정하고 있는데, 취급 주의 사항 몇 가지를 단순히 나열하고 있는 우리나라나 일본과는 달리, 일반 주의 사항, 사다리 선택, 사용 규칙, 관리 및 점검 등으로 항목을 구분하고 각 항목별로 안전 기준을 매우 세세하게 규정하고 있다. 특히, 영국에서는 사업주, 작업자, 관리감독자 등 사다리 작업과 관련한 각 주체별로 수행해야 할 사항을 〈표 II-12〉과 같이 사용안전기준에서 규정하고 있다는 점은 주목할 만하다. 한편, 미국과 영국에서는 이동식 사다리의 작업안전지침도 각국의 산업안전보건청에 해당하는 OSHA(미국)와 HSE(영국)에서 규정하고 있는데, 작업 안전 지침에는 사다리 종류별 및 작업 단계별 안전 수칙과 점검·확인 사항 등을 자세히 제시하고 있다.

〈표 II-12〉 이해관계자 의무사항 (BS EN 131)

구분	의무사항
고용주	<ul style="list-style-type: none"> 고용주는 근로자 또는 자영업자에게 제공되는 작업장비 항목이 해당 법률 및 규정을 준수하는지 확인해야 한다. 고용주는 작업에 가장 적합한 제품 또는 장비를 선택하기 위해 각 프로젝트에 대한 위험성평가를 수행해야 한다. 장비는 안전한 환경에서 적절하게 사용하도록 교육하고 양호한 상태를 유지하도록 관리해야 한다.
근로자	<ul style="list-style-type: none"> 동료 근로자의 안전을 위협하는 모든 활동 및 결함을 보고해야 한다. 작업은 안전한 교육에 따라 수행되어야 한다. 감독자가 제공한 장비를 사용하고 지침을 따라야 한다.
사업자	<ul style="list-style-type: none"> 작업 장비의 법적 준수 및 안전한 사용을 보장해야 한다. 작업 장비의 점검 및 유지에 앞장서야 한다. 고용주는 안전한 사용을 위한 교육 및 훈련에 참여해야 한다.

4. 소결

선행연구 고찰에서는 사다리 사고를 포함하고 있는 추락재해 관련 연구와 사다리 사고를 중심으로 연구한 사례 위주로 조사하였다. 대부분의 연구는 사다리 사고원인을 분석하고 실태조사를 통해 문제점을 도출하여 안전관리, 제도개선 등 관리적 사항 위주의 안전성 확보 방안을 제시하고 있었다. 추락 사고의 주요 기인물로는 이동식 비계, 사다리, 말비계 등 가설 작업발판으로 확인되었으며 특히, 사다리의 경우 산업안전보건법상에서 이동 통로로만 규정되어 작업발판으로의 사용이 전면 금지되고 있음에도 불구하고 대부분의 산업현장에서 휴대성·사용성·경제성의 이유로 작업발판을 대체하여 광범위하게 사용되고 있으므로 구조적으로 불안정한 사다리 작업 사고 예방을 위해 관련 대책 마련이 필요함을 언급하고

있었다. 또한 사다리 제품과 관련하여서는 가정에서 사용하는 주택용 사다리에 한하여 의무안전인증이 실시되고 있어 산업현장에서의 작업자는 제품의 위해보부터 보호받지 못하고 있음을 지적하고 있었다. 즉, 사다리 전도 안전성 평가가 주택용 사다리 인증기준에는 없기 때문에 사다리 사고의 주요 원인인 전도에 의한 탑승자 추락 사고에 대한 근원적 대책이 부실함을 언급한 것이라 볼 수 있다.

재해사례 분석에서는 최근 5년간 사다리 관련 사고사망자는 168명, 사고부상자는 20,220명으로 매년 지속적으로 발생하고 있는 것으로 나타나고 있으며 고용노동부가 작업발판으로 사다리 전면 사용금지, 사다리 안전작업지침 시행 등의 규제 강화 조치 후 감소되는 듯 보였으나,

이후 증가 추세로 전환되어 규제성 대책의 효과가 일시적임을 알 수 있었다. 사다리 작업자 사고사망자수는 건설업 비중이 최고 70.1%까지 차지하여 3대 업종(건설업, 제조업, 서비스업) 중에서 가장 높은 것으로 나타났으며 다음으로 서비스업이 최고 40.6%를 차지하여 산업 생태계 변화에 따른 사고 증가 추세에 있음을 알 수 있었다.

다음으로 제조업은 사업장수와 근로자수가 가장 많음에도 최고 20.0%를 차지하여 가장 적게 발생하고 있는 업종이었다. 규모별로는 사고에 취약한 5인미만 사업장에서 최대 58.5%의 비중을 차지하고 다음으로 5~50인미만 사업장에서 최대 40.0%를 나타내고 있어 해당 영역에 대한 사고예방 활동이 중요함을 알 수 있었다. 추락 높이별로는 2~3m의 사용높이에서 최대 34.4% 차지하여 가장 사고가 많이 발생하고 있었고, 다음으로 1~2m에서 최대 30.0%가 발생하고 있다. 2m이상의 작업에서 가장 빈번하게 발생하고 있으나 2m미만의 비교적 낮은 높이에서도 30%이상 차지하고 있어 전도 안전성이 확보되지 않은 A형 사다리를 작업발판으로 사용하는 것은 높이에 관계 없이 사고 위험이 아주 높음을 알 수 있었다. 직종별로는 건설관련 기능직·단순 노무직 종사자 및 기계관련 생산직·운전직·조작직 종사자가 최대 63.4%를 차지하고 있으며, 다음으로 전기관련 기능직·생산직·조작직 종사자가 최대 26.7%, 다음으로 서비스관련 관리직·단순 노무직이 최대 28.1%, 청소 및

경비관련 미화원·단순 노무직이 최대 10.0% 순으로 나타났다. 이들 직종은 건설업 및 서비스업을 중심으로 마감작업, 설비·전기·통신작업, 유지보수작업 등 고소장소의 작업을 위해 작업발판을 대체하여 사다리를 사용하고 있음을 알 수 있었다. 그리고 기인물별 분석에서 사다리는 고소작업 시 사용되는 다른 가설 작업대보다 사망자수와 재해자수가 아주 많아 고소작업 시 사다리 사용은 대체하기 어려운 작업도구이며, 사용 비중이 높아 사고사망자는 지속적으로 발생할 가능성이 높음을 알 수 있었다. 따라서 행정력을 동원한 규제성 대책만으로 관행화되어 있는 사다리 사용을 금지하거나 제한하는 방안은 한계가 있음을 알 수 있다.

제도분석에서는 사다리의 결함, 파손, 안전 장치의 미비 등 제품 자체의 불안전성으로 인한 사고를 방지하기 위한 목적의 기술적 측면 제도와 사용기준, 안전작업지침 등 불안전한 사용으로 인한 사고를 예방하기 위한 목적의 관리적 측면 제도로 구분하여 조사하였다. 먼저 기술적 측면의 제품 안전 제도는 주요 해외국가에서 대부분 시행하고 있으며 우리나라는 산업통상자원부 산하 국가기술표준원에서 산업표준화법에 의거 “KS G 3701 알루미늄 합금제 사다리” 인증과 전기용품 및 생활용품 안전관리법에 의거 “공급자적합성확인대상 생활용품(휴대용 사다리) 안전기준 부속서” 인증으로 제정되어 있으며 둘다 의무인증제도이므로 생산자는 반드시 인증기준을 준수하여야 한다.

그리고 고용노동부 산하 안전보건공단 인증원에서 산업안전보건법에 의거 “S마크 안전인증제도”를 운영하고 있으며, 의무인증제도가 아닌 임의인증제도로 운영되고 있다. 다음으로 관리적 측면의 사용 안전 제도는 대부분의 해외 국가에서는 사용안전기준과 안전작업지침을 규정하고 있었으며, 우리나라는 '18년 이동식 사다리를 작업발판 용도로 사용하는 것을 전면 금지 조치 한것에 대한 개선 대책의 일환으로 시행된 “이동식 사다리 안전작업지침”이 제정·시행되고 있다.

이러한 사다리 관련 우리나라 제도는 해외 제도와 규정상의 차이가 있으며, 특히 해외에서는 산업용, 가정용, 상업용 등 사용 목적에 맞는 다양한 사다리를 제작하기 위한 인증 기준이 구분되어 있었지만, 우리나라는 가정과 산업현장

구분없이 가정에서 사용하는 주택용 사다리 인증기준만 시행되고 있어, 산업 현장의 사다리 작업자는 주택용 사다리를 사용함으로써 제품의 위해로부터 보호받지 못하고 있는 실정이다.

특히 2m 이상의 작업높이에서 사고가 빈발하는 것에 대처하여 일본에서는 산업용과 가정용을 구분함과 동시에 2m 이상의 작업에는 사다리를 사용할 수 없도록 규정하고 있는 것과 영국에서 사업주, 작업자, 관리감독자 등 사다리 작업과 관련한 각 주체별 수행해야 할 사항을 사용안전기준에서 규정하고 있는 제도적 안전장치는 주목할 부분이다.

Ⅲ. 실태조사



Ⅲ. 실태조사

1. 업종별 종사자 설문조사

업종별 사다리 작업의 위험요인 및 문제점, A형 사다리 대비 K-사다리의 안전성, 작업성, 휴대성, 내구성에 대한 평가, 고도화 K-사다리 개발 방향 등을 설정을 위해 업종별 종사자, 공단 관계자 등을 대상으로 설문조사를 실시하였다.

본 연구의 설문조사 대상은 건설업, 제조업, 서비스업과 관련한 국내 업체의 종사자와 공단 관계자 등 이해관계자를 대상으로 응답자 기본정보(소속업종, 주요작업, 근무경력, 담당업무)를 포함한 사다리 관련 법규정 사항, 업종별 특화된 사다리 개발 사항, 스마트 기술 적용 사항, K-사다리 사용 관련 사항 등 4개의 항목으로 구성하고 항목별 세부 설문 내용은 우선 사다리 관련 법규정 사항에서는 고용노동부의 산업안전보건기준에 관한 규칙, 이동식 사다리 안전작업지침 관련 설문과 산업통상자원부의 한국산업표준(KS), 의무안전인증(KC)의 사다리 관련 9개 문항을 질의하였고 다음으로 업종별 특화된 사다리 개발 사항에서는 사다리의 적정 사용 높이, 사다리의 적정 무게와 구조, 사다리에 탑재되어야 할 안전장치 등 6개 문항, 다음으로 스마트 기술 적용 관련 사다리 안전작업지침의 준수여부, 사다리에 필요한 스마트 기술 등 3개 문항, 마지막으로 K-사다리 관련 사항에서는 현재 보급중인 K-사다리의 안전성, 작업성, 편리성 등 A형 사다리 대비 사용하면서 체감했던 의견 및 개선되어야 할 사항 등 6개 문항으로 구성된 설문지를 [그림 III-1]과 같이 개발하였다. 설문조사 방법은 개발된 설문지를 메일로 발송하여 회수하는 온라인 설문조사로 진행하고 응답 결과를 문항별로 분석하였다.

1) 일반사항

가. 참여자 업종

첫 번째 문항으로 참여자가 근무하고 있는 업종에 대한 응답으로는 건설업이 전체 응답자의 45.0%를 차지하였으며 다음으로 제조업 27.5%, 서비스업 22.5%, 기타 0.5% 순으로 나타났다. 무응답 또는 3대업종에 포함되지 않는 내용은 기타로 분류하였다.



[그림 Ⅲ-2] 설문 참여자 업종 분포

나. 참여자가 수행하는 작업

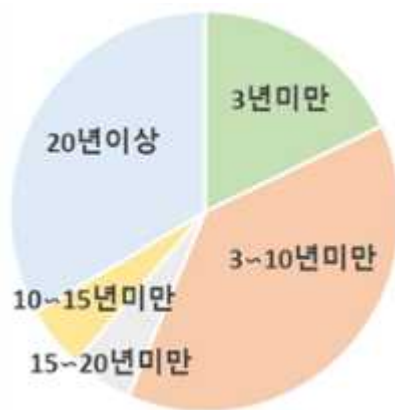
두 번째 문항으로 참여자가 주로 수행하는 작업에 대하여는 건설공사 관련 작업이 전체 응답자의 36.6%를 차지하였으며, 기계·장치공사 관련 작업이 34.1%, 건물관리 12.5%, 환경미화 12.1%, 기타 4.7% 순으로 응답하였다. 건설공사 관련 작업은 전기, 설비, 마감관련 작업이었으며 기계·장치 공사는 점검 및 유지보수를 주로 수행하는 것으로 응답하였다. 무응답, 승하강 작업 등은 기타로 분류하였다.



[그림 III-3] 설문 참여자가 수행하는 작업

다. 참여자의 근무 경력

세 번째 문항으로 참여자의 근무경력은 3~10년미만이 전체 응답자의 38.5%를 차지하였으며, 다음으로 20년이상 33.3%, 3년미만이 17.9%, 10~15년이 5.1%, 15~20년이 5.1% 순으로 나타나 중·장기 근무자 비중이 높은 것으로 나타났다.



[그림 III-4] 설문 참여자의 근무 경력 분포

라. 참여자의 담당 업무(직책)

네 번째 문항으로 참여자의 담당 업무(직책)에서는 작업자가 44.7%를 차지하였고 다음으로 안전·보건관리자가 21.1%, 관리감독자 18.4%, 총괄책임자 15.8% 순으로 나타났다.



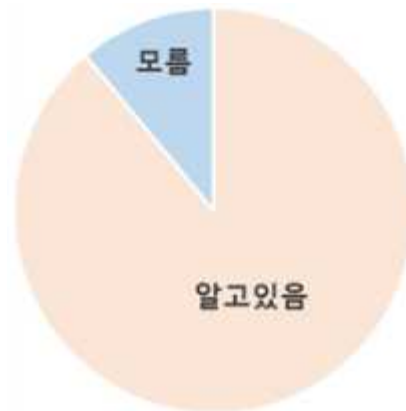
[그림 Ⅲ-5] 설문 참여자의 담당 업무(직책)

일반사항과 관련한 설문결과를 종합해보면 사고가 많은 건설업 종사자 비중이 가장 높았으며 작업내용은 작업 특성상 사다리를 많이 사용하는 전기, 설비, 마감, 점검, 유지보수 작업을 주로 수행하고 있는 것으로 조사되었다. 근무 경력은 중·장기 근무자 비중이 높았으며 담당 업무는 사다리를 직접 사용하는 작업자 비중과 사업장의 안전과 보건을 담당하는 응답자 비중이 높은 것으로 확인되었다. 사다리 사용이 빈번한 업종과 직종, 고경력자에서부터 저경력자까지 분포되어 있으며 실제 사다리를 사용하는 작업자가 다수 참여하고 있어 본 연구에서 필요로 하는 정보 수집과 설문 분석에 활용하기에는 적합한 것으로 사료된다.

2) 사다리 관련 법규정 사항

가. 사다리를 작업발판으로 일부 허용(경작업, 비계·고소작업대 등 설치불가 장소)

현행 산업안전보건기준에 관한 규칙 제24조(사다리식 통로)에서 사다리는 승·하강 통로로만 사용하는 것으로 규정되어 작업발판으로의 사용이 원칙적으로 금지되어 있다는 것을 대부분이(88.9%) 알고 있었다.



[그림 Ⅲ-6] 산안법상의 사다리 사용 용도

나. 작업높이 3.5m 초과 시 사용 금지

이동식 사다리 안전작업지침에서 발을 딛고 있는 디딤대 또는 발판의 높이가 3.5m를 초과 할 경우 사다리를 작업발판으로 사용하는 것이 금지되어 있는 규정에 대하여는 94.8%가 작업발판으로의 사다리 사용 높이가 제한되어 있다는 것을 알고 있었다.



[그림 Ⅲ-7] 작업높이 3.5m 초과 시 작업발판으로 사다리 사용금지

다. 일자형 사다리 작업발판으로 사용 금지

이동식 사다리 안전작업지침에서 일자형 사다리는 승·하강을 위한 용도로만 사용하고 작업발판으로 사용은 금지하고 있다는 것을 응답자의 88.9%가 알고 있었다.



[그림 Ⅲ-8] 작업발판으로 일자형 사다리 사용금지

라. 산업현장에서의 주택용 사다리 사용(KC안전인증)

우리나라에서 생산·판매되는 사다리는 전기용품 및 생활용품 안전관리법에 근거하여 생활용품으로 분류되고 국가기술표준원에서는 주택용(가정용)에 한정하여 의무안전인증을 실시하고 있다. 즉, 현행 의무안전인증 기준에서 산업용 사다리에 대한 인증기준은 불비하여 산업현장에서 사용하는 사다리 역시 주택용으로 인증받은 제품을 사용하고 있다. 이러한 상황을 응답자의 27.8%가 인식하고 있으며, 대부분의 사다리 사용자는(72.2%) 현재 사용중인 A형 사다리도 산업현장에서도 안전하게 사용할 수 있는 제품인 것으로 인식하고 있었다.

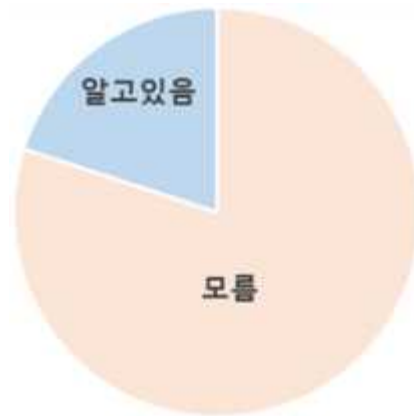


[그림 III-9] 산업현장에서의 주택용 사다리 사용

마. 주택용 사다리 안전인증 시험 항목

우리나라 주택용 사다리 안전인증에는 사다리의 전도 안전성에 대한 평가 항목이 없으며, 사고 위험이 높은 산업현장에서도 주택용 사다리를 대부분 사용하고 있다. 하지만 산업용 사다리에 대한 안전인증을 시행하고 있는 주요 해외 국가에서는 사다리의 전도 안전성 평가를 엄격히 실시하고 있으며, 산업현장에서 안전성이 확보된 사다리를 사용하도록 제도화 되어 있다. 이러한

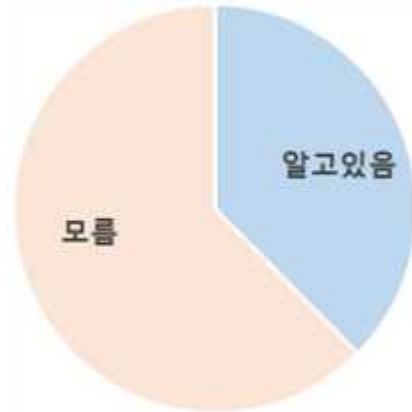
우리나라 실정에 대하여 알고 있는 응답자는 19.7%에 불과하며, 대부분의 사다리 사용자는 모르고 있는 것으로 조사되었다.



[그림 Ⅲ-10] 국내·외 사다리 관련 안전인증의 차이점

바. 산업용 사다리 의무안전인증의 부재

미국, 영국, 일본, 유럽 등 주요 해외 국가에서는 산업용 사다리(Platform ladder, 사다리형 작업발판)에 대한 의무안전인증이 마련되어 산업현장의 작업자를 위한 제도적 안전장치가 마련되어 있다. 하지만 우리나라는 사다리가 생활용품으로 분류되어 산업용 사다리에 대한 형식분류와 안전인증이 부재하여, 이러한 주택용 사다리를 산업현장에서 작업발판으로 대체하여 사용하는 것이 오랫동안 관행화되어 있는 것이다. 이러한 사다리의 근원적인 문제점에 대하여 알고 있는 응답자는 37.5%이며, 62.5%는 모르고 사용중인 것으로 확인되었다.



[그림 III-11] 산업용 사다리 안전인증 제도의 부재

사. 산업용 사다리의 명칭에 대한 의견

고용노동부 산하 안전보건공단 인증원에서는 산업현장에서 사용되는 제품의 안전성을 확보하기 해외 산업용 사다리의 안전인증기준을 준용하여 “S마크 인증제도”를 시행하고 있다. “S마크 인증제도”는 산업현장에서 사용되는 제품의 안전성과 신뢰성 및 제조사의 품질관리능력을 종합심사하여 안전인증기준에 적합한 경우 S마크 사용을 승인 해주는 임의인증제도이다. 하지만 이러한 제도는 의무안전인증과는 달리 생산자가 준수하지 않아도 되는 규정이며 우리나라 실정에 맞는 산업용 사다리에 대한 형식, 분류, 명칭, 법규정 적용 대상 등이 명확하지 않아 사용자는 혼란을 겪고 있다. 우선 작업발판이 탑재된 산업용 사다리에 대한 명칭 선호도에 대해 조사하였고 안전사다리, 사다리형 작업대, 플랫폼(작업발판) 사다리 순으로 조사되었다.



[그림 III-12] 산업용 사다리의 명칭 선호도

3) 업종별 특화 사다리 개발 사항

가. 특화 사다리에 탑재되어야 할 안전장치

업종별 특화 사다리 개발을 위해 우선 탑재되어야 하는 안전장치에 대하여는 전도방지대(아웃트리거)가 37.9%로 가장 비중이 높았으며 다음으로 작업발판 30.3%, 안전난간 21.2%, 안전대 걸이시설 10.6% 순으로 조사되었다. 사다리는 승·하강을 위한 통로보다는 주로 고소장소의 작업에 많이 사용되고 있으며 작업자의 안전을 확보하기 위해서는 전도방지대, 작업발판, 안전난간, 안전대 걸이시설 등 사다리의 전도와 탑승자의 추락을 예방하는 것이 중요한 것으로 나타났다.



[그림 III-13] 사다리 작업자 사고예방을 위해 필요한 안전장치

나. 특화 사다리 개발 시 고려되어야 할 작업 높이

업종별 특화 사다리 개발 시 고려되어야 할 사다리 작업 높이에 대한 응답에서는 3m이하가 34.3%로 응답자가 가장 많은 것으로 나타났고 다음으로 2m이하가 31.4%, 4m이하 22.9%, 1m이하 11.4% 순으로 나타났다. 관련 규정에서 3.5m 초과 사용을 금지하는 것과 비교하여 실제 작업자들은 3.0m이하가 사다리 사용의 적정 높이로 인식하고 있었다.



[그림 III-14] 특화 사다리 개발 시 고려되어야 할 작업 높이

다. 특화 사다리 개발 시 안전장치와 중량에 대한 의견(경량화vs안전성)

작업발판, 안전난간, 전도방지대 등 사다리 작업자 안전을 위해 필요로 하는 장치들이다. 하지만 모두 탑재될 경우 안전성은 극대화 되지만 사다리 중량 증가로 휴대성 확보에 문제가 될 수 있다. 따라서 특화 사다리 개발에 있어서 중량 증가를 감안하더라도 필요한 안전장치에 대한 의견을 수렴하고자 한다. 응답 결과, 작업발판 38.7%, 전도방지대 27.5%, 안전난간 26.7% 순으로 반드시 설치가 필요한 것으로 응답하였으며, 불필요하다는 의견에서는 작업발판 2.7%, 전도방지대 2.3%, 안전난간 2.1%로 경량화가 중요하다는 의견으로 조사되었다. 대부분의 응답자는 특화 사다리 개발의 중요한 사항은 경량화 보다는 안전성 확보가 중요한 것으로 인식하고 있었다.



[그림 Ⅲ-15] 사다리 안전장치와 중량에 대한 의견(경량화vs안전성)

다. 특화 사다리 개발 시 고려되어야 할 탑승 인원

사다리 작업 시 최대 탑승 인원에 대한 의견을 조사하였다. 이번 문항은 방문조사 시 확인되었던 작업자들의 요구 사항을 재확인 하기 위한 것으로 작업 시 사다리를 지지해주기 위해 디딤대에 올라선 보조 작업자가 아닌 실제 작업 발판 위에 탑승하여 작업을 수행하는 인원에 대한 의견을 수렴하였다. 응답

결과는 사다리에 탑승하여 작업이 필요한 인원은 1명이 82.8%로 가장 많은 비중을 차지하였으며, 2명 14.3%, 기타는 2.9%로 나타나 대부분의 작업자는 사다리 탑승 인원은 1명이 적절한 것으로 응답하였다.



[그림 III-16] 사다리 탑승 적정 인원

라. 말비계의 안전성·작업성 확보에 필요한 기능

방문조사 시 안전성, 작업성이 특화된 말비계 개발에 대한 요구 사항을 수렴하고자 필요한 기능과 안전장치에 대한 설문을 실시하였다. 가장 많은 비중을 차지한 것은 전도방지대(아웃트리거) 31.7%로 확인되었고, 다음으로 발판확장기능 26.8%, 높이조절기능 24.4%, 안전난간 17.1% 순으로 나타났다. 말비계는 사다리와 비슷한 용도로 사용되는 작업도구로써 사고 위험이 높은 가설 작업대 중의 하나이다. 사용자들은 이러한 말비계의 안전성과 작업성을 개선시켜줄 수 있는 제품 개발이 필요한 것으로 응답하였다.



[그림 Ⅲ-17] 말비계의 안전성·작업성 확보에 필요한 기능

마. 업종별 특화 사다리 개발과 관련한 추가 의견

업종별 특화 사다리 개발에 대한 사용자 기타 의견은 다음과 같다.

- 협소한 장소에서 사용할 수 있도록 크기(폭) 축소
- 운반성 향상을 위한 추가 경량화 필요
- 작업높이 확대를 위한 구조 개선
- 작업면적 확대를 위한 구조 개선
- 용접부, 접합부 등 충격 취약부위에 대한 내구성 개선
- 직관적인 사용방법 표시 등

4) 스마트 기술 적용 사항

가. 사다리 작업 시 안전작업지침 미준수 경험 유무

현행 이동식 사다리 안전작업지침과 관련한 안전수칙 미준수 경험에 대한 설문조사를 실시하여 필요한 스마트 기술을 검토하고자 하였다. 우선 준수 여부에 대한 문항에서는 45.7%가 안전수칙을 준수하지 않은 경험을 가지고 있으며

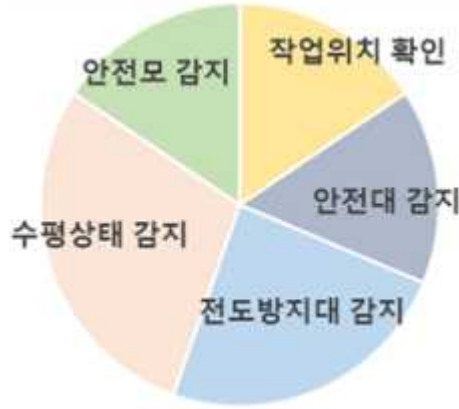
미준수 사항으로는 안전대 65.1%, 전도방지대 32.8%, 안전모 2.1% 순으로 나타났다. 이동하면서 설치해야 하는 사다리 작업 특성상 안전대 관련 안전수칙 준수가 가장 어려움을 알 수 있다.



[그림 III-18] 이동식 사다리 안전작업지침 준수 여부

나. 사다리 사고 예방을 위해 필요한 스마트 기술

사다리 작업자 안전을 확보하기 위해 필요한 스마트 기술에 대하여 설문조사를 실시하였다. 적용 가능한 스마트 기술은 안전모 착용 감지 기술, 안전대 착용 감지 기술, 전도방지대 설치 감지 기술, 사다리 수평상태 감지 기술, 사다리 작업위치 전송 기술 등이 있으며 응답 결과는 수평감지 27.3%, 전도방지대 감지 22.7%, 작업위치 확인 18.8%, 안전대 감지 15.8%, 안전모 감지 15.4%로 조사되었다. 사다리 전도사고 예방과 관련한 기술이 50.0%를 차지하고 있으며, 효율적인 사다리 작업의 안전조치를 위해서 원격으로 통제할 수 있는 스마트 기술 적용이 요구됨을 알 수 있다.



[그림 Ⅲ-19] 사다리에 필요한 스마트 기술

5) K-사다리 사용자 의견

이번 항목은 K-사다리와 관련한 안전성, 작업성, 휴대성, 내구성 개선 여부에 대한 내용이므로 사용 경험이 있는 참여자로 대상을 한정하여 조사하였다.

가. K-사다리 안전성

K-사다리의 안전성 개선 정도를 5점 척도(Likert scale)¹⁾로 구성하여 설문한 결과 매우 우수 33.3%, 우수 48.5%, 보통 12.1%, 미흡 6.1%, 아주 미흡 0으로 나타났으며 매우우수, 우수를 응답한 비중이 81.8%를 차지하여 K-사다리의 안전성 개선 정도가 A형 사다리 대비 크게 향상되었음을 평가하고 있었다.

1) 설문 참여자가 매우우수, 우수, 보통, 미흡, 아주미흡 5단계 중에 선택하는 응답 척도



[그림 III-20] K-사다리 안전성 개선 정도

나. K-사다리 작업성

K-사다리의 작업성 확보 정도를 설문한 결과 매우 우수 23.5%, 우수 41.2%, 보통 29.4%, 미흡 5.9%, 아주 미흡 0으로 나타났으며 매우우수, 우수를 응답한 비중이 64.7%를 차지하여 K-사다리의 작업성 개선 정도가 A형사다리 대비 우수한 것으로 평가하고 있었다.



[그림 III-21] K-사다리 작업성 확보 정도

다. K-사다리 휴대성

K-사다리의 휴대성에 대하여 설문한 결과 매우 우수 11.8%, 우수 23.5%, 보통 41.2%, 미흡 14.7%, 아주 미흡 8.8%로 나타났으며, Likert scale에서 응답자들은 극단적 선택을 피하려는 경향성으로 인해 “보통”을 선택하는 경우가 많으므로, 설문 결과에서 “우수”보다 “미흡”의 비중이 높으므로 “보통”에 대한 의견을 긍정적인 것보다는 부정적인 의견으로 간주하여 해석하는 것이 필요해 보인다. 따라서 아주 미흡, 미흡, 보통으로 응답한 비중이 64.7%를 차지하여 K-사다리의 휴대성 확보가 미흡한 것으로 평가하고 있었다.

이러한 결과는 전도 안전성 평가를 받지 않아도 되는 상대적으로 가벼운 주택용 사다리에 익숙해진 작업자들이 여러 안전장치가 탑재된 K-사다리의 중량을 부담스러워 하는 결과로도 볼 수 있다. 향후 전도 안전성을 확보할 수 있는 범위내에서 구조, 설계, 소재, 휴대·이동장치 등을 검토하여 개선할 필요가 있음을 알 수 있다.



[그림 Ⅲ-22] K-사다리 휴대성 확보 정도

라. K-사다리 내구성

K-사다리의 내구성 정도를 설문한 결과 매우 우수 17.6%, 우수 29.4%, 보통 35.3%, 미흡 11.8%, 아주 미흡 5.9%로 나타났으며, 주요 내용으로는 용접부 탈락, 접합부 불량, 난간 고정부 파손, 아웃트리거 변형 등으로 나타났으며 내구성을 향상시킬 수 있는 조치가 필요해 보인다.



[그림 Ⅲ-23] K-사다리 내구성 확보 정도

마. K-사다리의 개선 및 보완에 대한 추가 의견

K-사다리 개선 및 보완에 대한 사용자 기타 의견은 다음과 같다.

- 용접부, 접합부 등 결합부위에 대한 강도 확보
- 경량화를 통한 휴대성·운반성 개선
- 사다리형 작업대 사용을 의무화 할 수 있는 제도 마련
- 관리자가 사다리 작업의 안전상태를 원격으로 확인할 수 있는 기술 적용
- 사용법을 쉽게 알아볼 수 있는 직관적인 표시·안내 필요(능동형 아웃트리거)
- 크기를 축소하여 이동성·보관성 개선
- 작업면적을 확대할 수 있는 구조 필요
- 충격에 강한 아웃트리거의 내구성 확보

- 협소한 공간에서 사용할 수 있는 크기의 제품 필요
- 구조물과 K-사다리간 접촉 또는 간섭이 발생할 수 있으므로, 상부안전난간의 높이 조절 기능 필요
- 작업공구, 자재 등을 올려놓을 수 있는 간이 선반 필요 등

2. 업종별 사다리 작업 방문조사

업종별 사용 실태를 파악하는 것을 목적으로 기존 A형 사다리의 문제점, 보급중인 K-사다리의 개선·보완해야 할 사항, 업종별 특화 사다리 개발에 필요한 사항 등에 대하여 현장 방문조사를 실시하였다. 방문 사업장은 사다리를 많이 사용하는 공종이 진행중인 건설업, 제조업, 서비스업에 해당하는 업체의 소속 현장이며, 그 중에서 A형 사다리와 K-사다리를 둘 다 사용하고 있는 곳을 선정하고 방문하였다.<표 Ⅲ-4> 참조

〈표 Ⅲ-1〉 방문 실태조사 현장 선정 기준

구분	A형 사다리, K-사다리 사용여부	사다리를 사용한 작업내용
건설업	둘다 사용중	전기, 설비, 통신공사
제조업	둘다 사용중	점검, 유지보수 작업
서비스업	둘다 사용중	청소, 건물관리, 하역 작업

A형 사다리는 구조적으로 불안전함에도 휴대성, 편리성, 경제성 등으로 고소작업 시 작업발판을 대체하여 광범위하게 사용되고 있다. 그로인해 매년 약 35명의 사고사망자가 발생하고 있으며 주요 사고원인으로는 안전조치 소홀, 작업자 부주의 등이다. 이러한 사다리는 국가기술표준원의 “공급자적합성확인

대상 생활용품(휴대용 사다리) 안전기준 부속서”에서 생활용품으로 분류되어 주택용 사다리(가정에서 사용하는 사다리)로 인증이 시행되고 있다. 따라서 고소장소에서 작업발판으로 사용할 경우 전도에 대한 안전성 확보가 아주 중요한 요소인데 현행 주택용 사다리 안전인증 기준에는 전도 안전성 평가가 빠져있어 산업현장에서 발판으로 사용할 경우 사고 위험이 아주 높다. 그리하여 공단에서는 우리나라 실정에 적합하고 작업발판을 대체하여 안전하게 사용할 수 있는 K-사다리를 개발하여 재정지원을 통해 보급중에 있다. K-사다리의 주요 특징을 보면 세계적으로 공신력있는 유럽의 안전기준(EN 131-7, “Platform Ladder”)과 국가건설기준(국토교통부) “비계 및 안전시설물 설계기준”에서 규정하는 안전성을 확보하였고, 유사 사다리형 작업발판 대비 중량 및 보관 면적 등이 17~44% 이상 감소되어 사용 편리성이 향상되었다. 그리고 능동형 아웃트리거를 탑재하여 협소한 장소와 바닥의 고저차에 지장을 받지 않고 지지 가능하여 전도 안전성이 강화되었다.(<표 III-5, III-6>, [그림 III-24] 참조)

〈표 III-2〉 K-사다리의 전도 안전성 비교

제품구분 \ 항목	아웃트리거	지지점	전도 안전성
국내 제품	좌우 펼침방식	바닥	장애물 지형에서 안정적인 바닥지지점 확보가 어려움
해외 제품			
K-사다리	회전식 자유낙하방식	바닥, 벽, 고정장애물	바닥지형의 높고 낮음에 상관없이 능동적인 지지가 가능

1) 건설업

건설 전체공종 중에서 사다리를 많이 사용하는 설비, 전기, 통신 공사를 수행하는 회사의 소속 사업장을 방문하여 사다리 사용상의 문제점, 사고 위험 요인, K-사다리 사용현황 등에 대하여 조사하였다. 작업 방식은 대부분의 설치 장소가 손이 닿지 않는 천정 또는 벽면이라서 작업 위치로 이동하여 먼저 사다리를 설치하여 탑승 후 단독 또는 2인1조로 공도구를 사용하여 작업을 수행하였다.

사용중인 사다리는 A형 사다리, K-사다리를 혼용하여 사용하고 있었으며 주로 A형 사다리는 협소한 장소에서 K-사다리는 상대적으로 넓은 장소에서 사용되고 있었다. 안전조치 상태는 개인보호구(안전모, 안전대, 안전화)를 착용하고 있었지만 안전대 걸이시설을 별도로 설치하여 관리하고 있지 않았다. 전도방지대는 K-사다리의 경우 능동형 아웃트리거를 벽면 또는 바닥에 설치되어 있는 것을 확인할 수 있었으며, A형 사다리의 경우 펼침식 아웃트리거가 탑재되어 바닥면이 고르지 않은 곳에는 제대로 고정되어 있지 않았으며, 협소한 장소 또는 측면 작업시에는 설치하지 않고 접어 놓은 상태였다.

설치 방법은 A형 사다리와 K-사다리가 유사한 구조로 되어 있어 접이식 발판을 펼치고 플랫폼의 안전난간을 설치하는 것 이외에는 동일한 방법으로 사용하고 있으며 운반할 경우에는 K-사다리는 A형 사다리 대비 중량이 무거워 신체적 부담이 많은 것으로 확인되었다. 하지만 엘리베이터, 리프트를 사용하여 운반이 가능한 장소에서는 개발 당시 고려되었던 유사 사다리형 작업대 대비 휴대성이 강화되어 승·하강 설비를 이용할 수가 있었으며 그로인해 신체적 부담이 많이 개선된 것을 알 수 있었다.



[그림 Ⅲ-25] 건설업 사업장의 사다리 사용

[그림 Ⅲ-25]와 같이 A형 사다리 작업의 경우 작업발판이 없어 디딤대를 딛고 작업함으로써 손에 힘을 주고 있는 작업자는 몸의 균형을 잃기 쉬운 불안정한 상태로 보였으며, 아웃트리거가 설치되어 있었지만 펼침식이라 계단실과 같은 협소한 공간에서는 사용할 수가 없어 보조 작업자가 체중을 실어 전도되지 않도록 지탱해주며 작업이 진행되고 있었다. 반면 K-사다리는 작업발판과 안전난간이 탑재되어 작업자가 탑승하여 안정적으로 작업이 진행되었으며, 아웃트리거도 동일한 조건의 장소는 아니었지만 바닥면에 지지가 잘되고 있어 사다리 사고의 주요 원인인 전도에 대한 안전성이 향상되었음을 확인할 수 있었다.



○○ 텔레콤 / 역삼동 오피스텔 현장

[그림 III-26] 건설업 종사자 의견 수렴

현장 관계자 인터뷰에서 사다리를 대체하여 사용할 수 있는 작업발판은 찾기 어려우며 A형 사다리는 구조적으로 불안정하여 사용 중에도 많은 위험요인이 상존해 있다고 말하였다. 그러한 측면에서 K-사다리는 작업자의 안전 확보에 우수한 것으로 평가하고 있었으며 개선이 필요한 사항을 아래와 같이 제시하였다.

- 천정 작업 시 상부 안전난간이 간섭되어 작업위치 확보가 어려우므로 안전난간의 높이를 조절할 수 있는 기능 필요
- 작업공구, 자재 등을 올려놓을 수 있는 간이 선반 설치 필요
- 세워 보관할 경우 운반용 바퀴가 바닥에 닿아 미끄러질 우려가 있음

2) 제조업

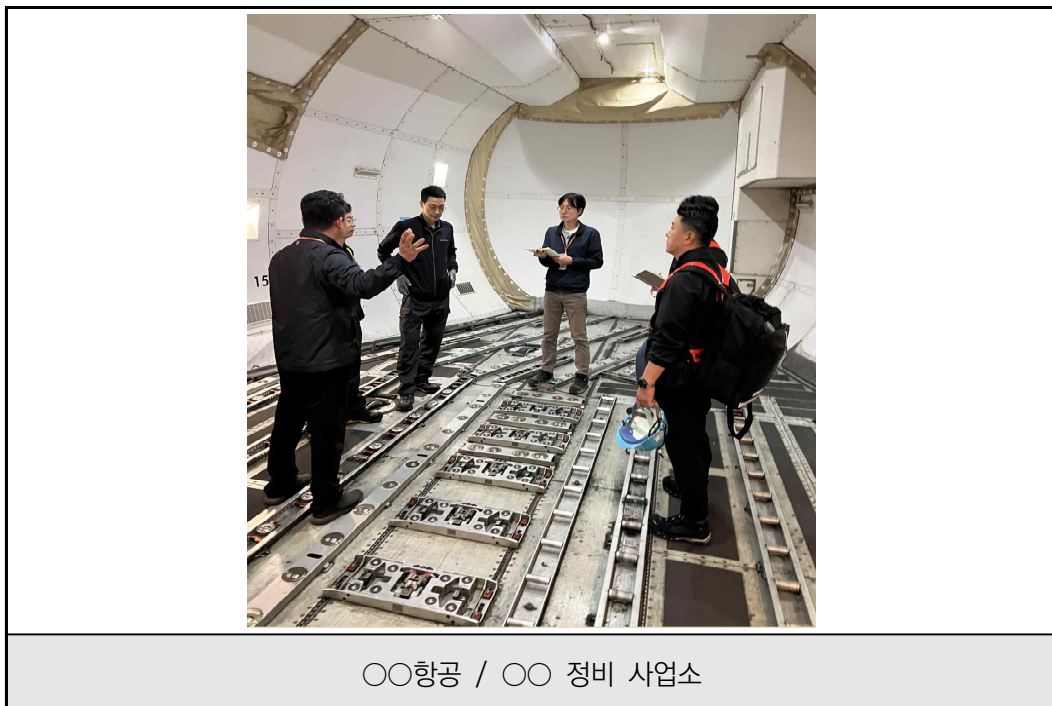
제조업 중에서 가설 작업대 및 승하강 설비를 많이 사용하는 기계·설비의 작업장을 방문하여 사다리 사용상의 문제점, 사고 위험 요인 등에 대하여 조사하였다. 작업 방식은 비행기 내·외부의 기계·장비의 점검과 유지보수 해야 할 위치에 사다리와 작업공구 및 자재를 사용하여 수리·교체하는 형태이며, 대부분의 작업 장소가 고소장소이므로 작업 위치에 사다리 또는 작업대를 먼저 설치한 후 작업이 진행되었다.

사용중인 가설 작업대는 K-사다리, 고소 작업대, 주문 제작한 말비계를 혼용하여 사용하고 있으며 주로 K-사다리와 말비계는 기내 및 엔진 정비 작업에 고소 작업대는 기체 외부 작업에 사용하고 있었다. 안전조치 상태는 개인보호구 및 사고예방을 위한 여러 안전시설들이 설치·운영되고 있었다.



[그림 Ⅲ-27] 제조업 사업장의 K-사다리 사용

K-사다리를 운반 할 경우 수평 운반시에는 운반용 바퀴를 활용하여 작업자 단독으로 운반하고 있었으나, 수직 운반시에는 2인1조로 운반하고 있어 A형 사다리 대비 중량이 무거운 관계로 신체적 부담이 높음을 알 수 있었다. [그림 III-27]과 같이 작업 장소는 공간에 대한 제약이 없어 K-사다리를 비롯한 가설 작업대를 안전하게 설치하여 사용하고 있었다.



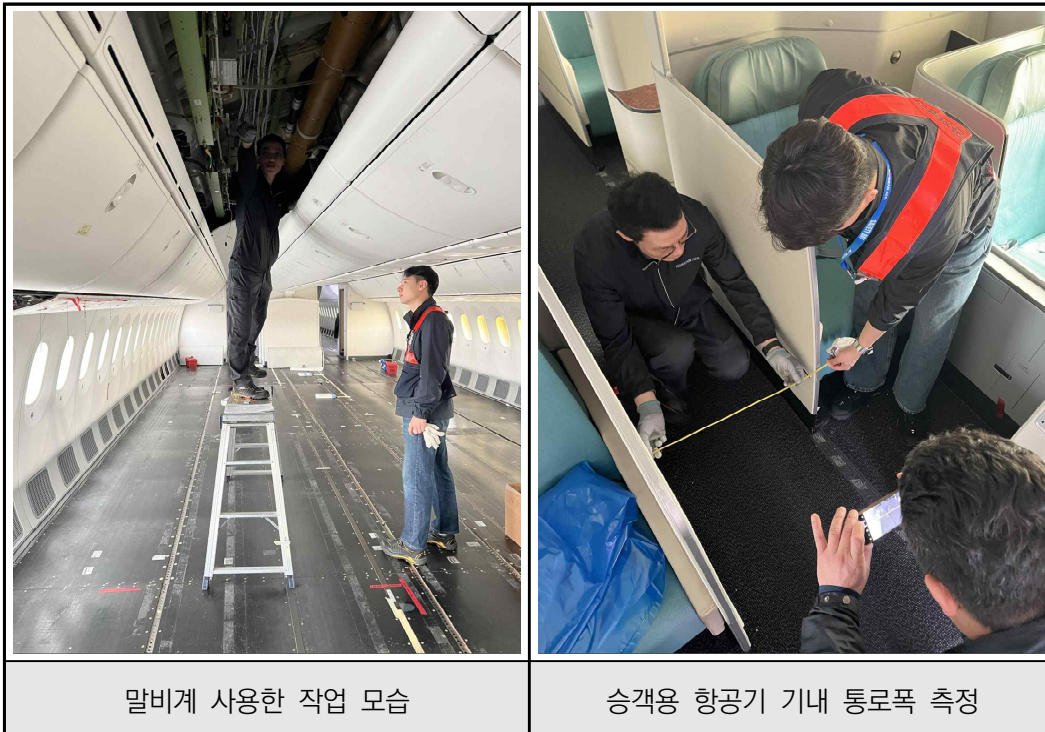
○○항공 / ○○ 정비 사업소

[그림 III-28] 제조업 종사자 의견 수렴

현장 관계자 인터뷰에서 작업발판을 대체하여 사다리를 사용할 경우 안전성이 우수한 K-사다리를 사용하고 있으며, 사용 확대를 위한 개선 및 보완 사항을 아래와 같이 제시하였다.

- 엔진정비 작업의 경우 작업면적의 확장이 필요하므로 여러대의 사다리를 조합하여 사용할 수 있는 구조의 사다리 필요
- 기체 내·외부는 접촉에 의한 손상을 주의해야하므로 상부난간과 간섭되지

- 양도록 높이를 조절할 수 있는 기능 필요
- 승객용 항공기의 기내 유지보수를 위한 K-말비계 개발 필요
(통행로 폭에 적합하고 전도안전성이 확보된 제품 필요)
 - 중량에 대한 신체적 부담을 줄일 수 있는 방안 필요



[그림 Ⅲ-29] 기내 유지보수를 위한 말비계 사용

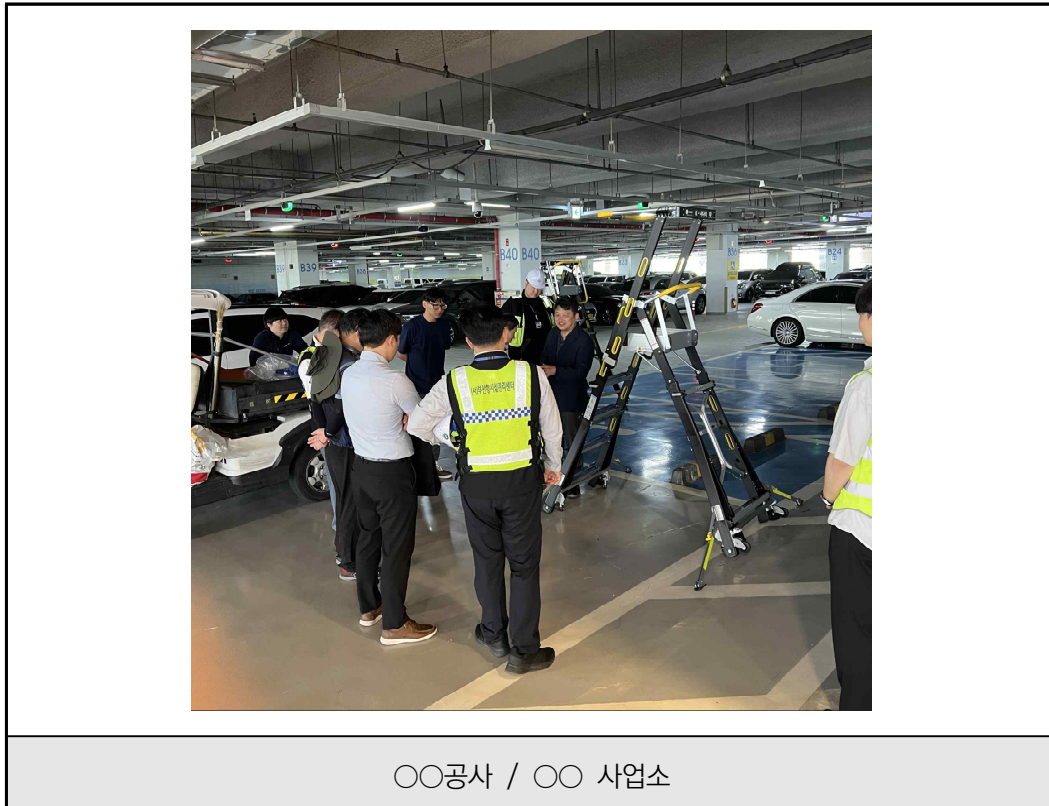
3) 서비스업

서비스업 중에서 사다리를 많이 사용하는 건물관리 및 유지보수 작업을 수행하는 업체의 소속 사업소를 방문하여 사다리 사용상의 문제점, 사고 위험 요인 등에 대하여 조사하였다. 작업 방식은 사용중인 건물의 점검과 유지보수를 해야 할 위치에 사다리를 설치하고 공도구 및 자재 등을 사용하여 작업이 진행되었다. 사용중인 사다리는 작업자의 선호에 따라 A형 사다리와 K-사다리를 혼용하여 사용하고 있었으며, 주로 2인1조로 작업을 하고는 있지만 부득이 할 경우에는 단독으로 작업을 수행하고 있었다. 안전조치 상태는 기본적으로 안전모, 안전대, 안전화를 착용하고 안전대 걸이 시설은 별도로 설치되어 있지는 않았다.



[그림 III-30] K-사다리 사용 모습

각 층으로 이동시에는 엘리베이터를 사용하여 사다리를 운반함으로써 타 사업장에 비해 발생하는 신체적 부담은 적은 것으로 조사되었다. 특히 멀티캐스터²⁾가 부착된 제품을 사용하고 있어 설치·해체의 반복없이 설치된 상태로 이동할 수 있으므로 사용 만족도가 높은 것으로 확인되었다.



[그림 Ⅲ-31] 서비스업 종사자 의견수렴

2) 물건을 실어 운반하기 위해 부착하는 다용도 바퀴(ex. 쇼핑카트, 접이식 대차, 이동식 선반 등)

현장 관계자 인터뷰에서 A형 사다리를 대체하여 K-사다리와 같은 사다리형 작업발판의 사용을 유도하기 위해서는 제도적인 대책이 필요하다 하였으며 아래와 같이 개선 및 보완 사항을 제시하였다.

- 엘리베이터, 방화문 등 운반 시 원활한 이동을 위해 벌어짐 각도 또는 사다리 폭을 축소
- 세워 보관 시 미끄러짐을 방지할 수 있는 구조로 개선 필요
- 멀티 캐스터 레버와 수평지지대를 식별할 수 있는 표시 마련
- 선박 내 창고 내부에서 선상으로 승·하강 할 수 있는 사다리 개발 필요 (사다리 상부 고정장치 개선과 능동형 아웃트리거가 적용된 제품)



[그림 III-32] 선박 내 승하강용 사다리가 필요한 장소

3. 소결

고도화 된 K-사다리 개발 방향 설정을 위해 사용자 및 관계자를 대상으로 실태조사를 실시하였다. 조사 방법은 기본정보, 사다리 관련 법규정, 업종별 특화 사다리 개발 사항, 스마트 기술 적용 사항, K-사다리 개선·보완 사항 등 4가지 항목, 25가지 상세 문항으로 구성된 설문지를 개발하여 진행된 온라인 설문조사와 건설업, 제조업, 서비스업 등 사다리를 많이 사용하는 실제 사업장을 방문하여 A형 사다리와 K-사다리에 사용 경험에 대한 인터뷰와 실제 사용 현황을 파악하였다.

온라인 설문조사에서 첫 번째로 사다리와 관련한 법규정에 대하여는 원칙적으로 사다리는 승하강 통로로만 사용해야 한다는 것, 작업높이 3.5m 초과 시 작업 발판으로 사다리 사용금지, 일자형 사다리는 승·하강 통로로만 사용해야 하는 것 등 사다리 사용과 관련한 산업안전보건법의 내용에 대하여는 대부분이 알고 있었으나, 사다리 제작과 관련한 내용인 사다리가 생활용품으로 분류되어 있는 것, 주택용 사다리 인증기준에는 전도 안전성 평가가 없는 것, 산업현장에서 주택용 사다리를 사용함으로써 사고 위험에 노출되어 있는 것 등 산업표준화법의 안전인증(KC) 내용에 대해서는 모르고 있는 경우가 많았다. 두 번째로 고도화 K-사다리 개발 중 업종별 특화 사다리에 필요한 안전장치로는 전도방지대, 작업발판, 안전난간, 안전대 걸이시설 순으로 조사되었고, 사다리를 사용한 작업 높이에 대하여는 2~3m이하가 많았으며, 사다리 중량과 연계되는 안전장치에 대하여는 중량 증가를 감안하더라도 작업발판, 전도방지대, 안전난간 순으로 설치가 필요하다는 의견이 다수였으며, 사다리 탑승 적정 인원에 대하여는 1명이 적합한 것으로 응답하였다. 그리고 안전성과 작업성이 확보된 말비계 개발이 필요하다는 의견과 전도방지대, 발판확장, 높이조절, 안전난간 등 안전성과 작업성 확보가 중요하다 하였다.

세 번째로 스마트 기술과 관련한 사항에서는 현행 이동식 사다리 안전작업

지침을 절반 정도가 미준수한 경험이 있는 것으로 조사되었고 이러한 사항들을 원격통제 하기 위해서는 사다리 수평감지, 전도방지대 설치여부 감지, 작업위치 확인, 안전대 착용 감지, 안전모 착용 감지 등의 스마트 기술이 필요한 것으로 응답하였다.

네 번째로 보급중인 K-사다리의 개선·보완과 관련하여서는 안전성과 작업성은 기존 A형 사다리 대비 크게 향상된 것으로 보고 있었으나 휴대성, 내구성에 대하여는 미흡한 것으로 응답하는 비중이 많았다. 특히 운반 시 신체적 부담을 줄일 수 있는 방안, 용접부 등 결합부위의 강도 개선, 사용법에 대한 직관적 표시, 협소한 장소의 작업과 운반 편리성 향상을 위한 크기 축소 등의 기타 의견을 제시하였다.

방문 실태조사에서 첫 번째로 건설공사 중 전기, 통신, 설비 작업을 수행하는 사업장은 A형 사다리는 협소한 공간에서 K-사다리는 상대적으로 넓은 공간에서 사용되고 있었다. A형 사다리의 경우 펼침식 아웃트리거를 설치 할 수 없어 접어 놓은 상태로 보조 작업자가 사다리에 디딤대에 탑승하여 지탱해 주면서 작업을 진행하였고 K-사다리의 경우 능동형 아웃트리거를 설치함으로써 자립·지지되어 보조 작업자의 도움없이 단독으로 작업중이었다. 안전조치 상태는 안전모, 안전대, 안전화를 모두 착용하고 있었지만 별도의 안전대 걸이시설이 없었으며 운반 시에는 A형 사다리는 1인이 어깨에 메고, K-사다리는 2인1조 또는 운반용 바퀴를 이용하여 운반하고 있었다. 기타 의견으로는 천정 작업시 안전난간과 간섭이 발생하는 경우가 있으므로 안전난간 높이가 조절되는 기능, 공도구 및 자재 등을 올려 놓을 수 있는 간이선반 설치, 세워 보관할 경우 미끄러지지 않도록 구조 개선 등을 제시하였다.

두 번째로 제조업 중 가설 작업대 및 승·하강 설비를 많이 사용하는 항공기 유지보수 사업장에서는 승·하강 통로로만 A형 사다리를 사용하고 있었으며, 작업 시에는 K-사다리, 말비계, 맞춤형 작업대 등을 사용하고 있었다. 특히, 기내에서 사용하는 말비계의 경우 작업자의 추락 및 말비계 전도 방지 조치가 어려워 안전성과 작업성이 확보된 제품을 필요로 하였다. 안전조치 상태는

안전모, 안전대, 안전화를 모두 착용하고 있었지만 별도의 안전대 걸이시설은 없었으며 운반 방법은 수평 이동에서는 운반용 바퀴를 사용, 수직 이동에서는 2인1조로 작업하고 있었다. 기타 의견으로는 엔진정비 작업의 경우 고소장소의 작업면적의 확대가 필요하므로 여러대의 K-사다리를 조합하여 사용할 수 있는 모듈형 제품 개발, 기체 내외부에 손상이 가지 않도록 상부 안전난간의 높이를 조절할 수 있는 기능, 기내 내부로 운반 시 신체적 부담을 줄일 수 있는 방안 마련 등의 의견을 제시하였다.

세 번째로 서비스업 중 건물관리 및 유지보수를 수행하는 사업장에서는 작업 방식과 작업자의 선호에 따라 A형 사다리와 K-사다리를 혼용하여 사용하고 있었다. 타 사업장 대비 건물 관리 위주의 작업을 수행하여 위험강도는 크지 않았으나, 선박하역 작업의 경우 냉동창고의 내부에서 선상으로 나오기 위해 사용되는 일자형 사다리의 미끄럼 방지와 상부 고정을 통해 안전성을 확보해 줄 수 있는 제품을 필요로 하였다. 작업 인원은 단독 또는 2인1조로 수행중이었으며 안전조치 상태는 안전모, 안전대, 안전화를 모두 착용하고 있었지만 앞선 사업장과 마찬가지로 안전대 걸이시설은 없었다. 운반 시에는 엘리베이터 또는 멀티캐스터를 사용하고 있어 신체적 부담은 타 사업장 대비 감소된 것으로 확인되었다. 기타 의견으로는 엘리베이터, 방화문 등 출입구 통과 시 원활한 이동을 위해 사다리 크기를 축소하는 것, 세워 보관 시 미끄러짐을 방지할 수 있는 보조 장치 부착 등을 제시하였다.

실태조사 결과를 종합해 보면 이동식 사다리 안전작업지침 등 사용상의 규정은 대부분 잘 알고 있었으나, 실무적 현실은 고려할 때 규정 준수를 어려워 하고 있으며, 현재 사용하고 있는 사다리는 우리나라 안전인증(KC)에서 생활용품으로 분류되어 전도 안전성 평가가 없는 주택용 사다리 인증기준을 충족하고 있으므로 사고 위험이 높은 산업현장의 사용자들은 제품의 위해로부터 보호받지 못하고 있는 실정을 대부분 모르고 있었다. 고도화 K-사다리 개발과 관련해서는 업종별 특화 사다리 개발 및 기존 K-사다리 개선·보완을 통해 사다리형 작업대 사용을 활성화하여 사고 위험이 높은 사다리 작업자의 안전 확보가 중요한 것으로

공감하고 있었다. 실태조사를 통한 고도화 된 K-사다리 개발 방향 설정을 위해 반영되어야 할 내용은 <표 III-7>와 같다.

<표 III-4> 고도화 K-사다리 개발 시 고려되어야 할 사항

요구사항	구분	기존 K-사다리 개선·보완	특화 사다리 개발
건설업		<ul style="list-style-type: none"> • 안전난간 높이 조절 기능 (천정 등 상부와 간섭) • 작업용 선반 설치 • 세워 보관 시 미끄러지지 않는 구조 필요 • 원활한 이동을 위한 크기 축소 (벌어짐 각도 개선) • 휴대성·운반성 강화 • 내구성 강화 	<ul style="list-style-type: none"> • 건설현장에서 사용되는 말비계의 안전성 확보방안 마련
제조업		<ul style="list-style-type: none"> • 안전난간 높이 조절 기능 (기체의 내외부 훼손 방지) • 작업용 선반 설치 • 버팀부 디딤대 설치 • 직관적으로 사용할 수 있는 사용법 표시 • 휴대성·운반성 강화 • 내구성 강화 	<ul style="list-style-type: none"> • 작업면적 확장을 위해 여러대의 K-사다리를 조합하여 사용할 수 있는 제품 개발 • 승객기 기내용 K-말비계 개발
서비스업		<ul style="list-style-type: none"> • 원활한 이동을 위한 크기 축소 (사다리의 수평길이 축소) • 멀티캐스터 레버 식별 조치 • 주행성 향상을 위한 멀티캐스터 바퀴 직경 확대 • 세워 보관시 미끄러지지 않는 구조 필요 • 휴대성·운반성 강화 	<ul style="list-style-type: none"> • 선박 내 창고 내부에서 선상으로 이동 시 사용할 수 있는 일자형K-사다리 개발

IV. 고도화 K-사다리 설계안



IV. 고도화 K-사다리 설계안

1. 개발방향

가정과 산업현장에서 광범위하게 사용되고 있는 A형 사다리는 생활용품으로 분류되어 “전기용품 및 생활용품 안전관리법”의 주택용 사다리 안전인증(KC) 기준을 준수하여야 한다. 하지만 주택용 사다리 안전인증기준에는 사다리 사고의 주요 요인인 전도에 대한 안전성 평가 항목이 없어, 산업현장의 A형 사다리 사용자는 제품 위험로부터 보호받지 못하고 있는 실정이다. 그리하여 공단에서는 구조적으로 위험한 A형 사다리를 대체하여 작업발판, 안전난간 등이 탑재된 사다리형 작업대의 현장 사용을 활성화하기 위해 한국형 안전사다리(K-사다리) 개발을 완료하고 중대재해 취약 분야인 50인미만 사업장에 재정지원을 실시하여 보급중에 있다.

하지만 기존 A형 사다리에 익숙해져 있는 작업자의 사용 기피, 작업 특성에 맞는 다양한 제품의 부족, 재정지원 대상 제한, 홍보 부족 등으로 보급이 활성화 되지 못하고 있으며 사용자와 산업계에서는 이러한 문제점의 개선을 요청하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 현행 문제점에 대한 개선 방안의 일환으로 기존 K-사다리 개선품과 업종별 특화된 K-사다리 등 고도화 제품의 개발안을 제시함으로써 안전성이 우수한 사다리형 작업대의 현장 사용을 확대하고자 한다. 고도화 K-사다리 개발방향은 설문조사 및 방문조사 등 실태조사를 실시하여 <표 III-7>과 같이 사용자 및 관계자 의견을 수집하였고, 주요 내용을 살펴보면 기존 K-사다리 개선·보완과 관련하여서는 천정 또는 구조물 접근 작업 시 간섭을 피할 수 있는 상부 안전난간의 높이조절 기능, 공도구 등을 보관할 수 있는 간이 선반 설치, 세워 보관 시 미끄러지지 않는 구조 확보, 출입문의 원활한 이동을 위한 구조 변경(폭길이 축소), 용접부 등 접합부의 내구성 강화, 직관적으로 사용할 수 있는 사용법 표시, 멀티캐스터 레버의

식별조치, 스마트 기술 적용 등을 요구하였고 업종별 특화된 K-사다리 개발과 관련하여서는 작업면적 확장을 위해 여러대의 K-사다리를 조합하여 사용할 수 있도록 구조 개선, 통로 폭이 좁은 협소한 장소에서 사용할 수 있는 말비계형 사다리(K-말비계) 개발, 승·하강 시 안전성이 확보된 일자형 K-사다리 개발 등이다. 이러한 요구사항을 개발 방향으로 설정하고 설계안을 마련하고자 한다.

2. 설계안(개선품, 업종별 특화품)

1) 기존 K-사다리 개선 설계안

개선된 K-사다리 개발 방향은 앞선 실태조사의 결과를 중심으로 설정하고자 하며 <표 IV-1>의 내용을 반영하였다.

<표 IV-1> 개선된 K-사다리 설계안 반영 사항

연번	개선 및 보완 사항	비고
1	상부 안전난간 높이 조절 기능(3단계)	구조 개선
2	공도구 등을 보관할 수 있는 선반 설치	선택 사항
3	세워보관 시 미끄러지지 않는 구조로 변경	구조 개선
4	원활한 출입을 위한 구조 개선(폭 길이 축소)	구조 개선
5	용접부 등 접합부의 내구성 확보	구조 개선
6	멀티캐스터 레버 식별 조치	기능 개선
7	스마트 기술 적용	선택 사항

천정, 구조물 등에서 작업 시 간섭을 줄이고자 안전난간 높이의 조절 기능을 [그림 IV-1], [그림 IV-2]와 같이 구현하기 위해 사다리의 오름면 주부재에 970mm, 740mm, 450mm 3단계로 난간 높이를 조절하여 고정할 수 있는 홀(hole)을 가공하였다.

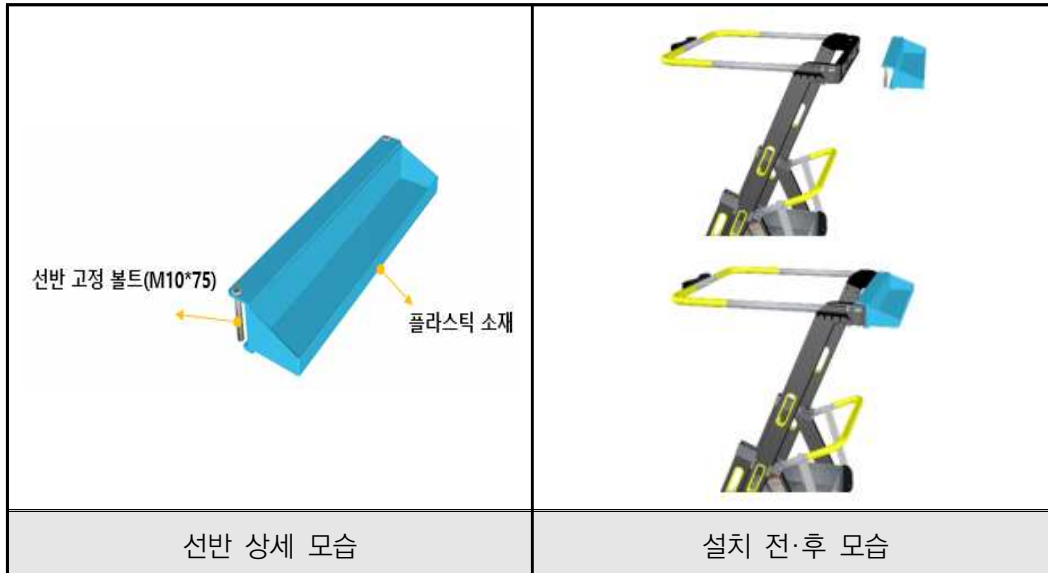


[그림 IV-1] 상부 안전난간 높이조절용 홀(hole) 가공



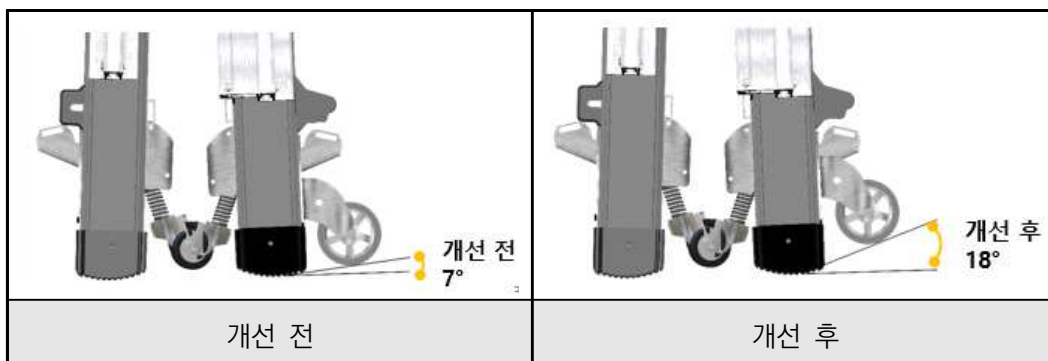
[그림 IV-2] 상부 안전난간 3단계 높이조절

다음으로 공도구 등을 보관할 수 있는 간이 선반을 선택하여 설치할 수 있도록 개선하였으며 [그림 IV-3]과 같이 상부 안전난간 전면부에 볼트로 고정하여 설치한다. 간이 선반은 작업성 향상을 위해 다양한 규격으로 제작되어야 할 것으로 사료된다.



[그림 IV-3] 간이 선반 설치

다음으로 실태조사 시 K-사다리를 접어서 세워 보관할 경우 운반용 바퀴가 바닥에 닿아 미끄러질 우려가 있다는 의견이 있어, 바퀴가 바닥에 닿지 않도록 [그림 IV-4]와 같이 바닥과의 각도를 개선하였다. 이렇게 미끄러지는 현상은 사용자가 K-사다리를 세워 보관할 경우 벽면에 기대어 두어야 하나 자립하여 세워둘 경우 고르지 못한 바닥과 바퀴가 닿아 미끄러지는 현상이 발생 가능한 것으로 확인되었다.



[그림 IV-4] 운반용 바퀴의 설치 각도 개선

다음으로 운반성과 관련하여 방화문, 엘리베이터 등 출입문을 이동할 경우 K-사다리의 원활한 이동이 어렵다는 사용자 의견에 따라 벌어진 길이(폭)를 축소하는 방향으로 개선하였다. 사다리의 폭은 “S마크 인증제도”에서 규정하고 있는 벌어진 방향으로의 발판 폭(400mm이상)을 고려하여야 하고 전도 안전성이 확보되는 전제 하에 조정되어야 한다. 벌어진 길이를 조정하여 폭을 축소할 경우 740mm~820mm(현재 폭은 840mm)까지 축소 가능할 것으로 판단되며, 향후 구조 해석 및 현장 검증을 통하여 적용되어야 할 것이다.



	A	B
변경 전	650	840
변경 후	630	740~820

※ 5단 K-사다리 기준(mm)

[그림 IV-5] K-사다리 폭 축소

다음으로 용접부 등 접합부의 내구성 확보와 관련하여 <표 IV-2>와 같이 작업발판 고정을 위해 3분할 용접시공 한 것을 개선하여 용접이 발생하지 않도록 통합 금형 방법으로 개선하였고, 디딤대 고정을 위한 2면 용접을 4면 용접으로 변경하여 용접 강도를 개선하였다. 또한 디딤대 용접부 마감면을 사출소재로 마감처리, 발끝막이판 절단면 보호 조치, 주부재(겉바) 마감 소재 개선 등 내구성 향상을 위해 취약 부위에 대한 보강 조치를 실시하였다.

다음으로 멀티 캐스터 레버가 수평 보강재와 구분이 어려워 사용 시 불편했던 것을 멀티 캐스터 레버에 [그림 IV-6]과 같이 내구성이 우수한 노란색의 분체도장¹⁾을 실시하여 수평재와 구분되도록 조치하였다.



[그림 IV-6] 멀티 캐스터 레버의 식별 조치

마지막으로 스마트 기술 적용과 관련해서는 설문조사에서 요구된 안전모 착용 감지 기술, 안전대 착용 감지 기술, 전도방지대 설치 감지 기술, 사다리 수평상태 감지 기술, 사다리 작업위치 전송 기술 등 원격 관제가 가능하도록 [그림 IV-7]과 같이 적용 가능하며 원격 기술을 적용할 경우 별도의 클라우드 서버 사용이 필요하므로 사업장 규모에 따라 선택 적용해야 할 사항으로 판단된다. 즉, 중·소규모 현장은 사업장의 규모, 작업의 범위 등이 상대적으로 협소하므로 비용이 증가되는 원격 기술 적용보다는 [그림 IV-8]와 같이 관리자, 작업자가 직관적으로 안전 상태를 확인할 수 있는 시각적, 청각적 장치만으로도 효과적일 수 있을 것으로 사료되었다.

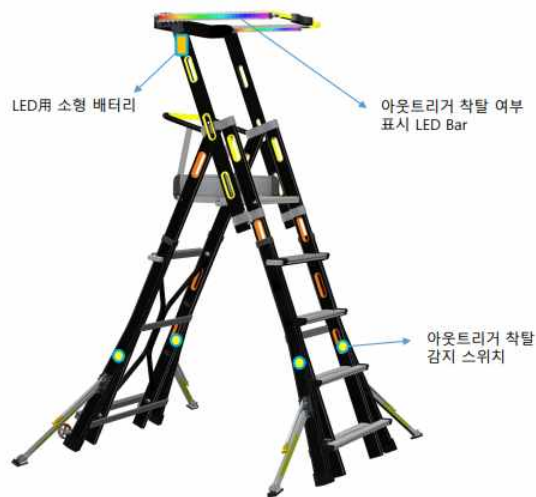
1) 합성수지를 분체(粉體)로 가공하여 금속표면에 칠하는 도장, 액상도장 대비 내구성이 우수함



- 사다리 수평상태 감지 및 경고
- 레이더를 통한 작업자 유/무 감지
- 작업자가 작업 중인 경우 안전고리 미착용 時
 - . LED Bar에서 RED 색상 점멸
 - . 휴대폰의 APP으로 경고 및 알림 메시지 통보
 - . Web관제로 작업자 현황 확인 가능

* 출처: '24.4.19. 전문가 자문회의 자료(삼일CTS)

[그림 IV-7] 스마트 기술의 적용의 예



* 출처: '24.4.19. 전문가 자문회의 자료(삼일CTS)

[그림 IV-8] 안전상태 확인을 위한 직관적 표시 장치

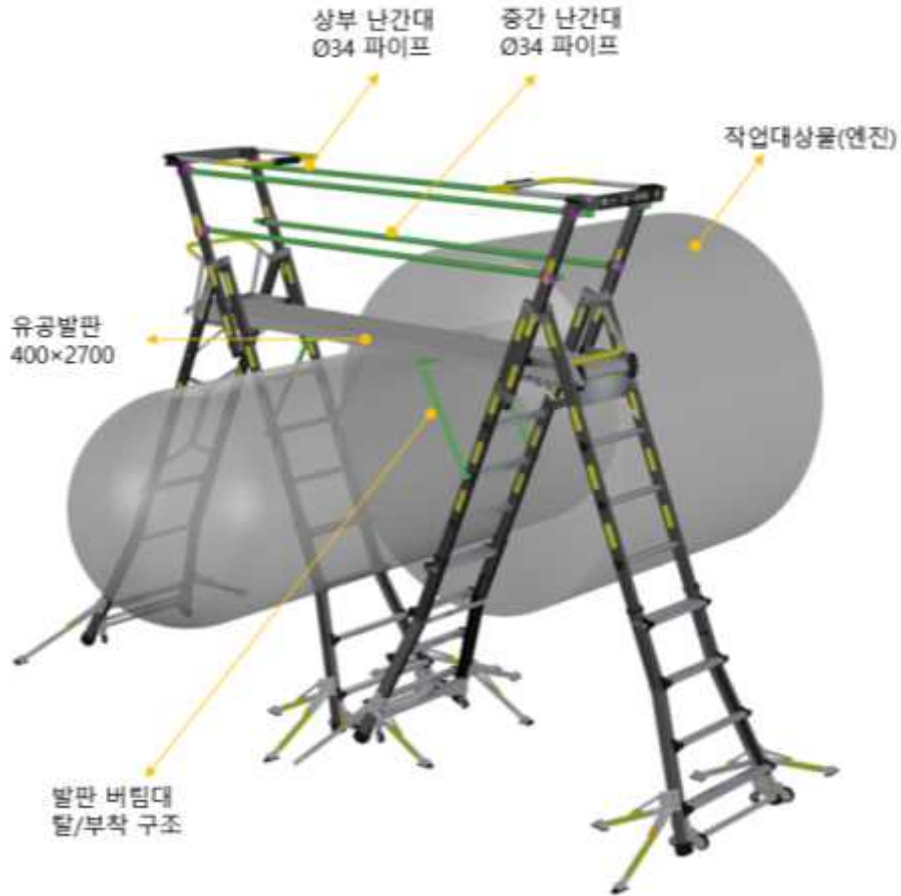
2) 업종별 특화 사다리 설계안

업종별 특화 K-사다리 개발 방향은 앞선 실태조사 결과를 중심으로 설계하고자 하며 주요 내용은 <표 IV-3>과 같다.

<표 IV-3> 업종별 특화 K-사다리 개발 반영 사항

연번	특화 사항	비고
1	작업면적 확장을 위한 모듈화 구조 개발 (여러대를 조합하여 사용)	구조 개선
2	안전성이 확보된 K-말비계 개발 (협소한 장소에서의 사용)	신규 개발
3	일자형 K-사다리 개발 (선박내 승하강 통로용)	신규 개발

첫 번째로 협소한 장소에서의 내·외부 기계·장비의 점검과 유지보수 작업에는 가설 작업대 및 승하강 설비를 많이 사용하고 있으며 사다리도 그 중 하나이다. 특히 고소 장소의 작업을 위한 가설 작업대의 경우 작업자의 안전 및 작업성 향상과 직결된다. 비행기 엔진정비 작업에 사용되는 맞춤형 고소 작업대는 운반, 설치 등 사용성은 떨어지나 작업 범위가 넓으며, K-사다리를 사용할 경우 운반, 설치는 용이한 반면 작업 범위에 제약이 따른다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 K-사다리를 여러대 조합하여 사용할 수 있는 모듈형 제품의 개발을 요청하였고 [그림 IV-9]와 같은 설계안을 마련하였다.



[그림 IV-9] 모듈형 K-사다리 설계안

모듈형 K-사다리는 [그림 IV-9]와 같이 2대를 연결하여 발판 면적을 확장한 형태이며, 서로 고정하기 위해 [그림 IV-10]과 같은 고정 클램프를 개발하여 안전난간의 상부대, 중간대 위치에 부착하였다. 발판 면적은 단품 설치 대비 6.75배 넓어져 작업 범위가 크게 확장되었으며 안전난간, 발판 하부 버팀대를 설치하여 안전성을 확보하였다.



[그림 IV-10] 고정 클램프의 설치 위치

두 번째로 방문조사 시 실내 마감작업, 비행기 기내 유지보수 작업 협소한 공간의 작업 시에 말비계가 사용되고 있었다. 말비계는 형태적 특성상 발판 폭보다 발판 길이가 상대적으로 길어 작은 횡력에도 넘어지기 쉬운 구조이며, 발판 높이가 대부분 2m 이하여서 안전난간, 전도방지대 등의 안전장치가 미흡하였다. 이러한 구조적 불안전성으로 사고 위험이 높은 기존의 말비계를 대체할 수 있는 안전한 K-말비계 개발을 요청하였고 [그림 IV-11]과 같이 설계안을 마련하였다.



	A (발판 높이)	B (발판 폭)	C (발판 길이)	D (최대 폭)
단위 MM	최소 : 1,000 최대 : 2,000	250	900	450

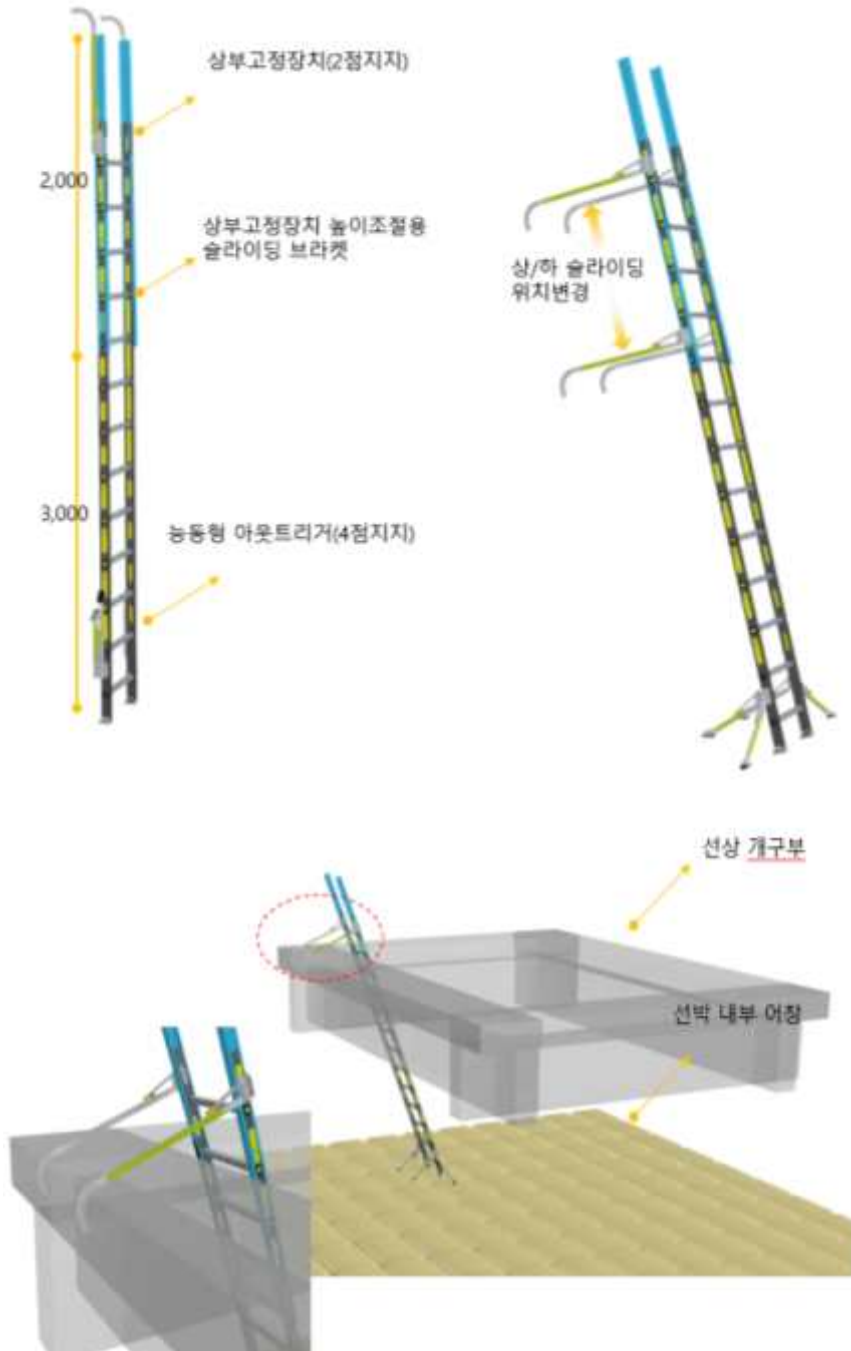
[그림 IV-11] K-말비계 설계안

K-말비계는 건설현장의 설비·마감 작업과 승객기 기내작업 등 협소한 장소의 환경에 맞추어 발판폭 250mm, 발판길이는 900mm로 설계되었으며 발판 높이를 1,000~2,000mm까지 조절할 수 있는 기능을 탑재하였다. 그리고 안전난간, 능동형 아웃트리저를 부착하여 기존 말비계가 취약했었던 횡방향 전도 위험과 탑승자의 추락에 대한 안전성을 확보하였다.

세 번째로 선박하역작업 시 선창 내부에서 선상으로 승·하강시 사용할 수 있는 일자형 K-사다리 개발을 요청하였다. 기존에 사용하던 사다리는 [그림 IV-12]와 같으며 상부 고정 장치와 하부 지지대가 별도로 설치되지 않아 승·하강시 사고 위험이 아주 높았다. 그리하여 다양한 선박에 설치할 수 있도록 높이가 조절되는 상부 고정장치와 하부를 안전하게 지탱해 줄 수 있는 능동형 아웃트리저를 부착한 일자형 K-사다리를 [그림 IV-13]과 같이 설계하였다.



[그림 IV-12] 선박에서 사용중인 승·하강용 사다리



[그림 IV-13] 승·하강용 일자형 K-사다리 설계안

3. 안전성 검토

사다리 제작·사용과 관련한 규정, 제도에는 국내에서는 “비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00, 국토교통부)”, “가시설물 설계 일반사항(KDS 21 10 00)”, “알루미늄 합금제 사다리(KS G 3701, 한국산업표준)”, “공급자 적합성 확인대상 생활용품 부속서13(국가기술표준원)”이 있으며, 해외에서는 유럽의 “EN 131-7(Platform Ladder)”, 미국의 “ANSI-ASC A14.7(Mobile Ladder)”가 있다. 현행 산업용 사다리에 대한 형식분류 및 안전인증기준이 없는 것과 관련 규정들이 현장에서 지켜지지 않는 것을 고려하여, 안전 마진을 확보하는 차원에서 검토해 볼 때, 작업대가 탑재된 산업용 사다리의 형식 분류와 사다리 사고의 주요 원인인 전도에 대한 안전성 확보 기준이 “ANSI-ASC A14.7(Mobile Ladder)”보다 좀 더 엄격하게 규정되어 있는 유럽 연합의 산업용 사다리 안전인증기준인 “EN 131-7(Platform Ladder)”을 선정하고 설계하중은 “비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00, 국토교통부)”, “가시설물 설계 일반사항(KDS 21 10 00)을 준용하였다.

기존 K-사다리의 개선 및 업종별로 특화시킨 모듈형, 말비계 및 일자형 K-사다리의 구조 안전성 검토를 위하여 범용 구조해석 프로그램인 MIDAS Civil 2.0을 이용하여 3차원 모델링 및 하중 재하를 통한 구조해석을 수행하여 지지점 반력, 부재별 응력(압축, 전단 및 휨응력), 변형 등을 산정하고, 그 결과를 분석하였다.

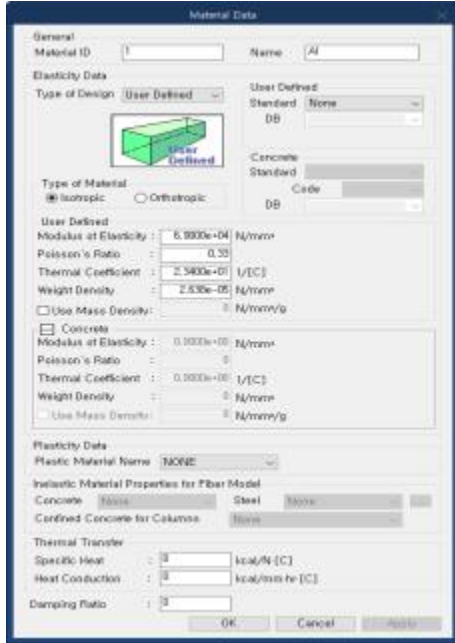
구조 해석을 위한 K-사다리 개선품 및 업종별로 특화한 K-사다리의 모델링 시 재료 및 단면 특성은 [그림 IV-14]에 대표적으로 보인 바와 같이 기존 K-사다리 제원을 그대로 적용하였다. 그리고, K-사다리 작업발판에 작용하는 설계하중은 <표 IV-4>에 정리한 바와 같이 국가건설기준인 KDS 21 60 00 (비계 및 안전시설물 설계기준)과 KDS 21 10 00(가시설물 설계 일반사항)에서 규정하는 같은 하중 및 하중조합을 적용하여 구조 해석을 수행하였다. 단,

실내작업만을 고려하여 풍하중을 포함한 수평하중의 영향은 고려하지 않았으며, 하중조합에서도 풍하중을 포함한 수평하중은 제외하고 연직하중에 대한 고정하중과 작업하중만을 고려하였다.

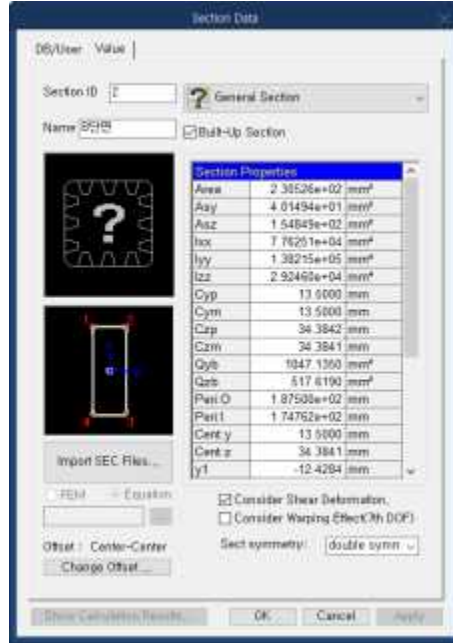
구조해석에 따른 각 부재의 연결조건 및 지지점 조건에 대해서도 KDS 21 60 00의 규정을 다음과 같이 적용하였다. 버팀대의 연결은 연속 부재, 버팀대와 디딤대의 연결부 및 버팀대와 작업발판의 연결부는 모두 힌지 연결, 안전난간과 버팀대 및 작업발판의 연결 또한 힌지 연결로 적용하였다. 그리고, 바닥과 접하는 버팀대 하부 및 전도방지장치(아웃트리거)의 경계조건은 힌지로 간주하였다.

〈표 IV-4〉 K-사다리 개선품 및 업종별 특화 K-사다리의 구조 안전성 검토를 위한 설계하중 및 하중조합

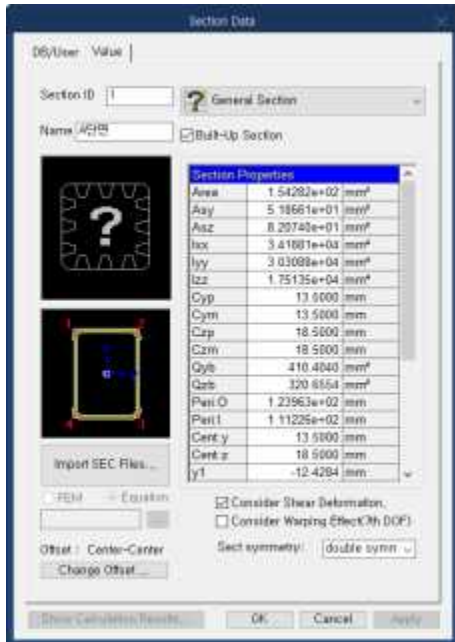
구분	설계하중 및 하중조합													
연직하중	<ul style="list-style-type: none"> 고정하중(D): 작업발판 중량, 실제 중량을 고려하여 0.2 kN/m² 이상 작업하중(L): 작업자가 사용하는 자재, 공구를 포함 <ul style="list-style-type: none"> 통로의 역할 또는 경작업: 바닥면적에 대해 1.25 kN/m² 이상 중작업(공사용 자재의 적재): 바닥면적에 대해 2.5 kN/m² 이상 무거운 작업(돌붙임 공사 등): 바닥면적에 대해 3.5 kN/m² 이상 													
수평하중	<ul style="list-style-type: none"> 풍하중(W)과 연직하중의 5%에 해당하는 수평하중 가운데 큰 값 설치 면에 대하여 X 방향 및 Y 방향에 대하여 각각 적용 시공오차 등에 의한 최소 수평하중(M) 													
하중조합	<ul style="list-style-type: none"> 작업 중 작용할 것으로 예상되는 하중들을 각 하중들의 발생 특성에 따라 합리적으로 조합하여 검토 하중 종류에 따라 적용되는 하중조합 및 증가계수 													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>하중조합</th> <th>허용응력 증가계수</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>D + L + M</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>D + L + (M + W)</td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>D + L + M + S(특수하중)</td> <td>1.50</td> </tr> </tbody> </table>		하중조합	허용응력 증가계수	1	D + L + M	1.00	2	D + L + (M + W)	1.25	3	D + L + M + S(특수하중)	1.50
		하중조합	허용응력 증가계수											
	1	D + L + M	1.00											
2	D + L + (M + W)	1.25												
3	D + L + M + S(특수하중)	1.50												
<p>단, 산업안전보건법상에서 규정하고 있는 안전인증 기준값 또는 공인시험기관의 시험값에 안전율을 적용하여 산정한 허용압축하중으로 검토할 경우에는 증가계수를 적용하지 않음.</p>														



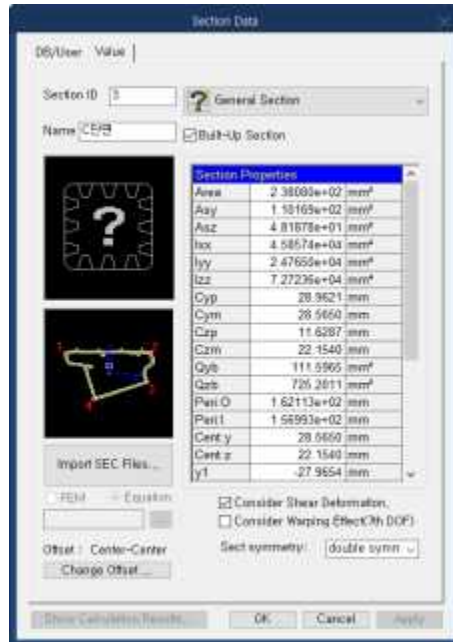
(a) 재료(material data)



(b) 단면-버팀대(겉바)



(c) 단면-버팀대(속바)



(d) 단면-디딤대

[그림 IV-14] K-사다리 개선품 구조해석을 위한 재료 및 단면 제원

1) K-사다리 개선품(안전난간 높이조절)

안전난간 높이를 970mm, 740mm 및 450mm로 조절할 수 있는 K-사다리 개선품의 구조 안전성 검토를 위하여 안전난간 높이별로 구조해석을 실시하였다.

(1) 구조해석을 위한 모델링

가) 안전난간 높이 970mm

안전난간의 최대 높이인 970mm를 기준으로 구조해석을 위한 3차원 모델링과 바닥면 지지점 조건 및 작업발판에 작용하는 작업하중을 [그림 IV-15]에 각각 도해하였다.



(a) 구조해석 모델링 및 지점조건



(b) 하중재하

[그림 IV-15] K-사다리 개선품(난간대 높이 970mm) 구조해석 모델링

나) 난간대 높이 740mm

현장 의견을 반영하여 높이를 740mm로 조절이 가능한 K-사다리 개선품의 구조 해석을 위한 3차원 모델링과 바닥면 지지점 조건 및 작업발판에 작용하는 하중하중을 [그림 IV-16]에 각각 도해하였다.



(a) 구조해석 모델링 및 지점조건



(b) 하중재하

[그림 IV-16] K-사다리 개선품(난간대 높이 740mm) 구조해석 모델링

다) 난간대 높이 450mm

안전난간의 최소 높이인 450mm를 기준으로 K-사다리 개선품의 구조해석을 위한 3차원 모델링과 바닥면 지지점 조건 및 작업발판에 작용하는 작업하중을 [그림 IV-15]에 각각 도해하였다.



(a) 구조해석 모델링 및 지점조건



(b) 하중재하

[그림 IV-17] K-사다리 개선품(난간대 높이 450mm) 구조해석 모델링

(2) 구조해석 결과

높이조절이 가능한 K-사다리 개선품의 난간대 높이에 따른 구조해석을 수행하여 지지점 반력, 주부재에 발생하는 응력(축응력, 전단응력, 휨응력 및 최대응력), 변형에 대한 결과들을 난간대 높이별로 [그림 IV-18]에서 [그림 IV-20]에 도해하였다. 그리고, 이들 결과와 항복강도(인장 110MPa, 전단 75MPa)의 60%로 간주할 수 있는 허용응력(인장 66MPa, 전단 45MPa)과의 비교를 통한 안전율을 계산하여 <표 IV-5>에 정리하였다. 이 결과에 따르면 K-사다리 개선품은 작업하중에 대해서 난간대 높이에 상관없이 아웃트리거의 전도방지 성능이 양호하고, 모든 부재에서 허용응력 이내로 응력이 발생하였으며 이에 따른 안전율은 2.0 이상으로서 구조적 안전성을 충분히 확보하고 있음을 확인하였다.

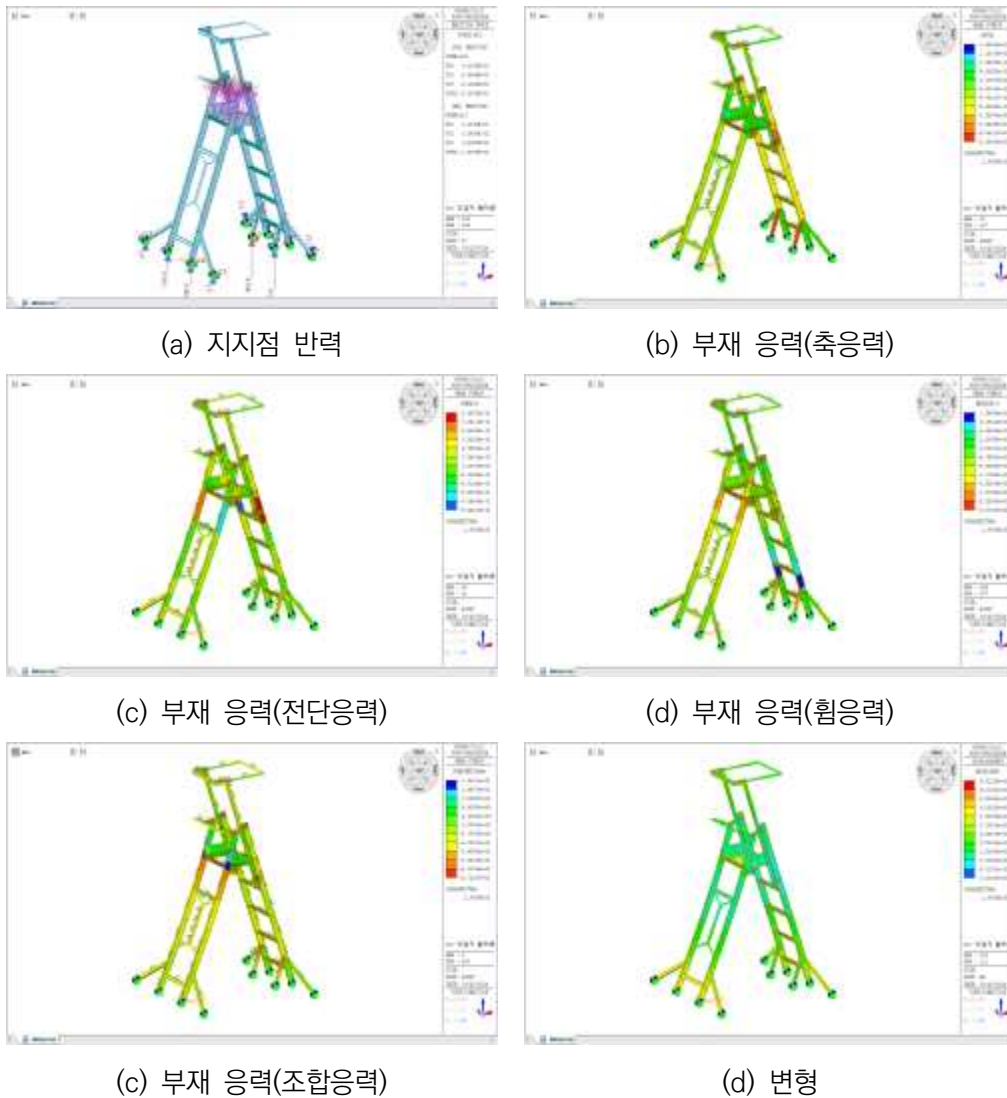
<표 IV-5> K-사다리 개선품 구조해석 결과

구분	축응력		전단응력		휨응력		최대응력	
	해석 결과 (MPa)	안전율	해석 결과 (MPa)	안전율	해석 결과 (MPa)	안전율	해석 결과 (MPa)	안전율
970mm	-2.4	5 이상	0.86	5 이상	25.8	2.56	27.3	2.42
740mm	-2.4	5 이상	0.82	5 이상	25.8	2.56	27.2	2.42
450mm	-2.4	5 이상	0.78	5 이상	25.8	2.56	27.2	2.42

구분	반력				변형		
	주부재		아웃트리거		X축 (mm)	Y축 (mm)	Z축 (mm)
	버팀면 (N)	오름면 (N)	버팀면 (N)	오름면 (N)			
970mm	139	-92	6.3	394	-4.0	0.09	-5.58
740mm	139	-92	6.3	394	-4.8	0.06	-5.58
450mm	139	-92	6.3	394	-3.9	0.04	-5.51

가) 난간대 높이 970mm

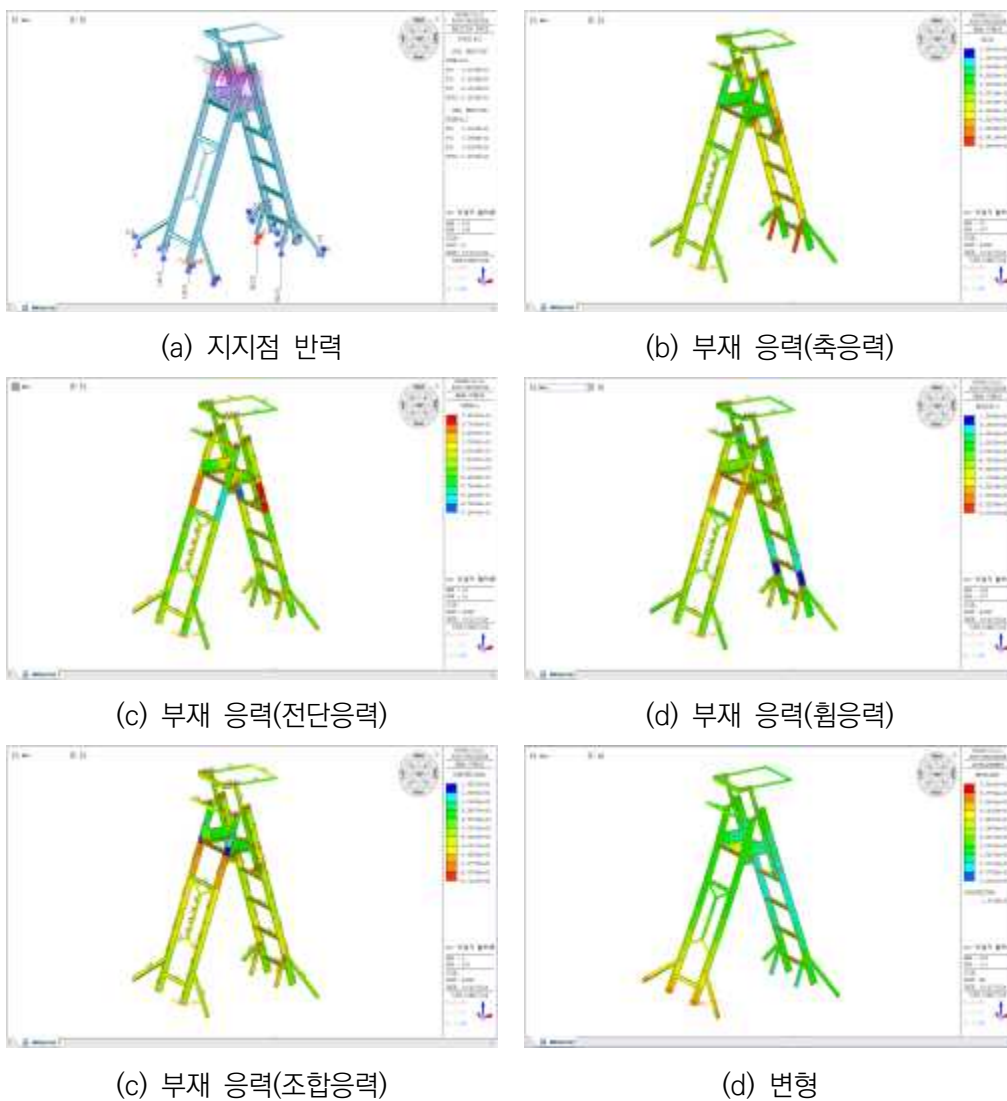
안전난간의 최대 높이인 970mm를 기준으로 K-사다리 개선품의 구조 해석에 따른 지점 반력, 부재에 발생하는 응력(축응력, 전단응력, 휨응력 및 조합에 따른 최대응력), 작업하중에 의해 발생하는 변형을 [그림 IV-18]에 각각 도해하였다.



[그림 IV-18] K-사다리 개선품(난간대 높이 970mm) 구조해석 결과

나) 난간대 높이 740mm

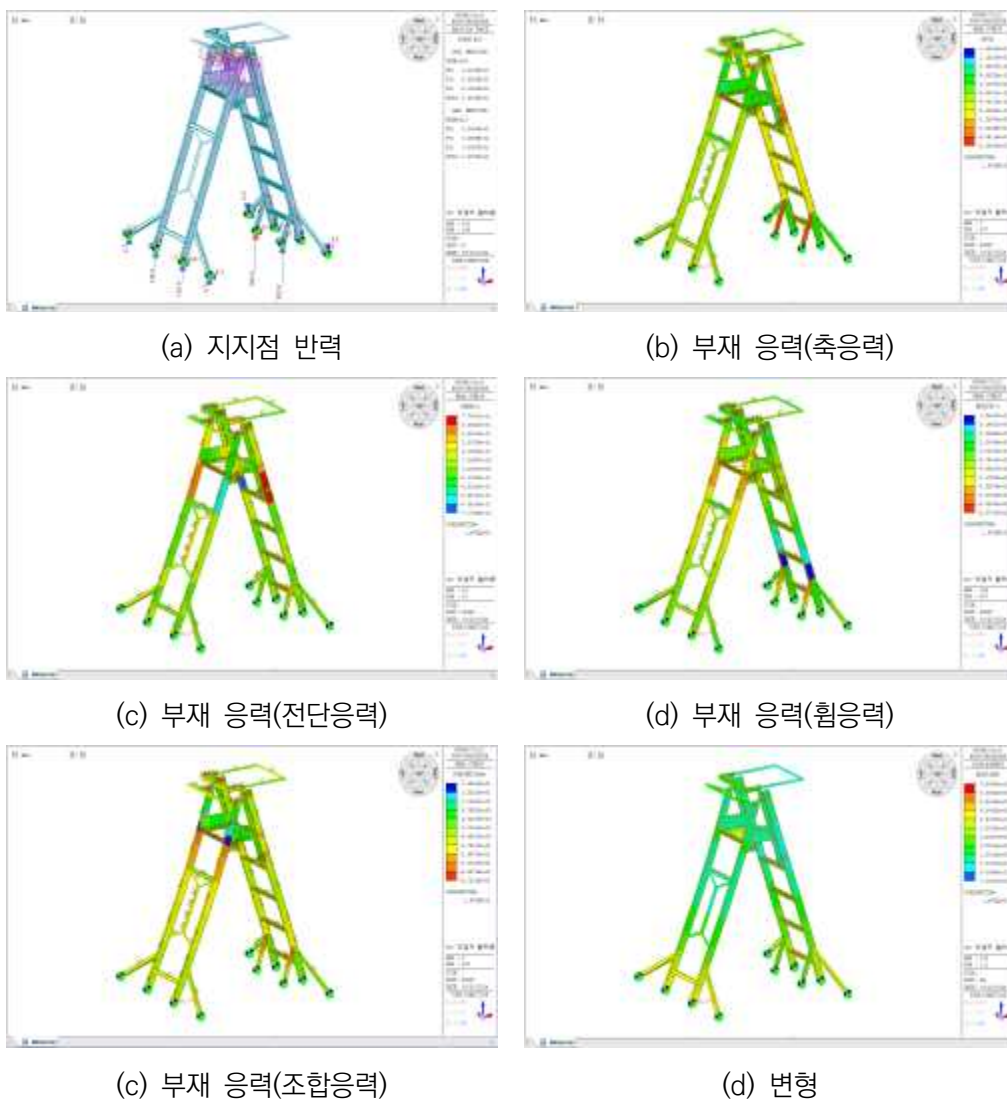
현장 의견을 반영하여 높이를 740mm로 조절이 가능한 K-사다리 개선품의 구조 해석에 따른 지점반력, 부재에 발생하는 응력(축응력, 전단응력, 휨응력 및 조합에 따른 최대응력), 작업하중에 의해 발생하는 변형을 [그림 IV-19]에 각각 도해하였다.



[그림 IV-19] K-사다리 개선품(난간대 높이 740mm) 구조해석 결과

다) 난간대 높이 450mm

안전난간의 최소 높이인 450mm를 기준으로 K-사다리 개선품의 구조해석에 따른 지점 반력, 부재에 발생하는 응력(축응력, 전단응력, 휨응력 및 조합에 따른 최대응력), 작업하중에 의해 발생하는 변형을 [그림 IV-20]에 각각 도해하였다.



[그림 IV-20] K-사다리 개선품(난간대 높이 450mm) 구조해석 결과

2) 모듈형 K-사다리

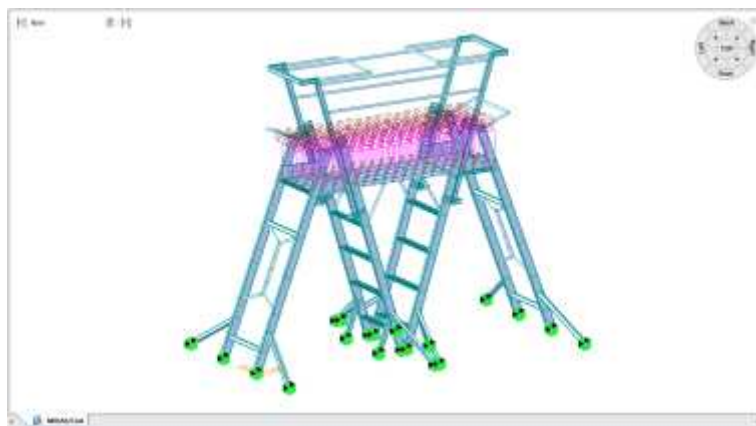
작업면적을 확장할 수 있는 모듈형 K-사다리의 구조 안전성 검토를 위하여 2대의 K-사다리를 조합하고 각 사다리의 작업발판에 확장형 작업발판을 설치할 수 있는 모듈형 K-사다리를 대상으로 구조해석을 실시하였다.

(1) 구조해석을 위한 모델링

모듈형 K-사다리의 구조해석을 위한 3차원 모델링과 바닥면 지지점 조건 및 확장형 작업발판에 작용하는 하중을 [그림 IV-21]에 각각 도해하였다.



(a) 구조해석 모델링 및 지점조건



(b) 하중재하

[그림 IV-21] 모듈형 K-사다리 모델링

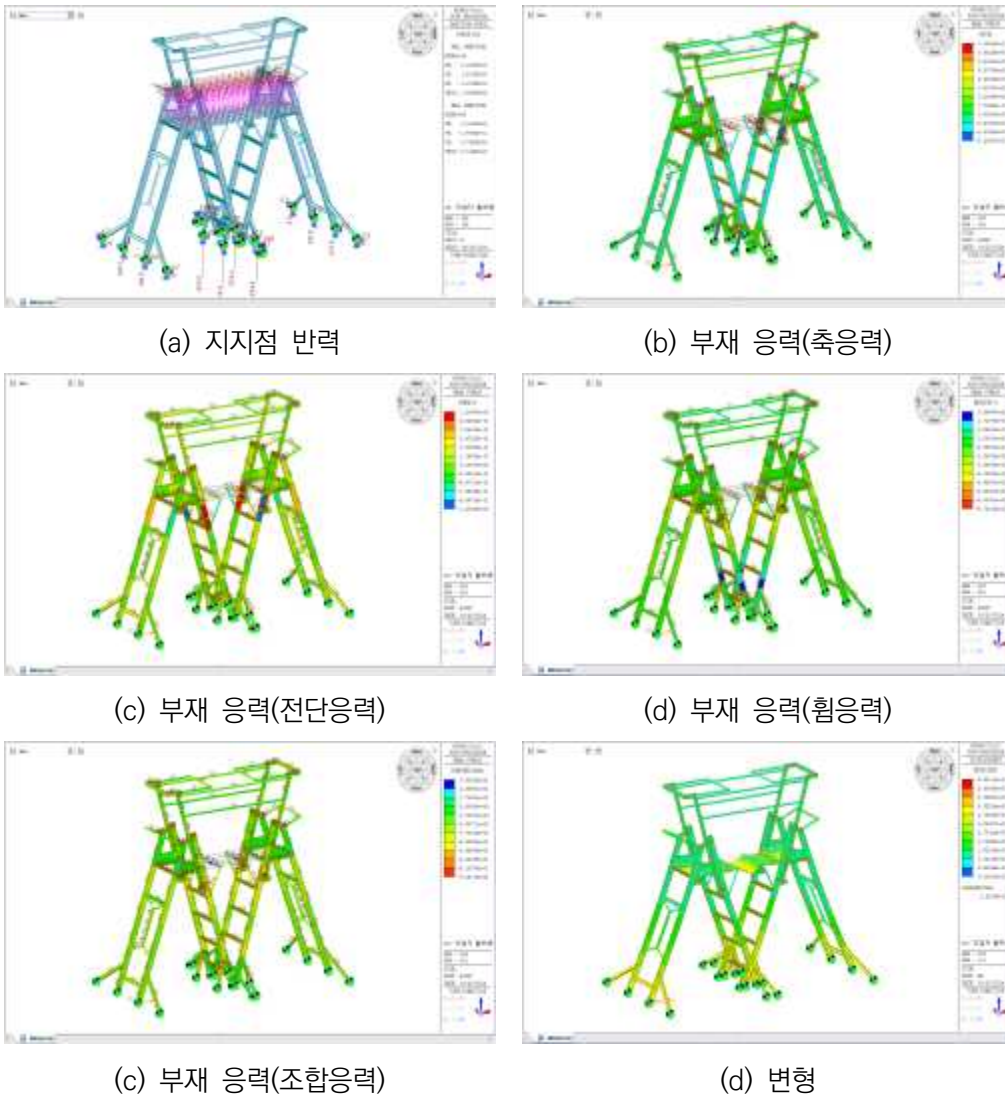
(2) 구조해석 결과

2대의 K-사다리를 조합하여 확장형 작업발판을 설치할 수 있는 모듈형 K-사다리에 대한 구조 해석을 수행하여 지지점 반력, 주부재에 발생하는 응력(축응력, 전단응력, 휨응력 및 최대응력), 변형에 대한 결과들을 [그림 IV-22]에 도해하였다. 그리고, 이들 결과와 항복강도(인장 110MPa, 전단 75MPa)의 60%로 간주할 수 있는 허용응력(인장 66MPa, 전단 45MPa)과의 비교를 통한 안전율을 계산하여 <표 IV-6>에 정리하였다. 이 결과에 따르면 모듈형 K-사다리는 작업하중에 대해서 아웃트리거의 전도방지 성능이 양호하고, 모든 부재에서 허용응력 이내로 응력이 발생하였으며 이에 따른 안전율은 1.0 이상으로서 구조적 안전성을 확보하고 있음을 확인하였다.

<표 IV-6> 모듈형 K-사다리 구조해석 결과

구분	축응력		전단응력		휨응력		최대응력	
	해석 결과 (MPa)	안전율	해석 결과 (MPa)	안전율	해석 결과 (MPa)	안전율	해석 결과 (MPa)	안전율
모듈형 K-사다리	11.6	5 이상	1.23	5 이상	60.9	1.08	64.3	1.03

구분	반력				변형		
	주부재		아웃트리거		X축 (mm)	Y축 (mm)	Z축 (mm)
	버팀면 (N)	오름면 (N)	버팀면 (N)	오름면 (N)			
모듈형 K-사다리	120	33	5.8	931	-4.9	0.12	-6.1



[그림 IV-22] 모듈형 K-사다리 구조해석 결과

3) K-말비계

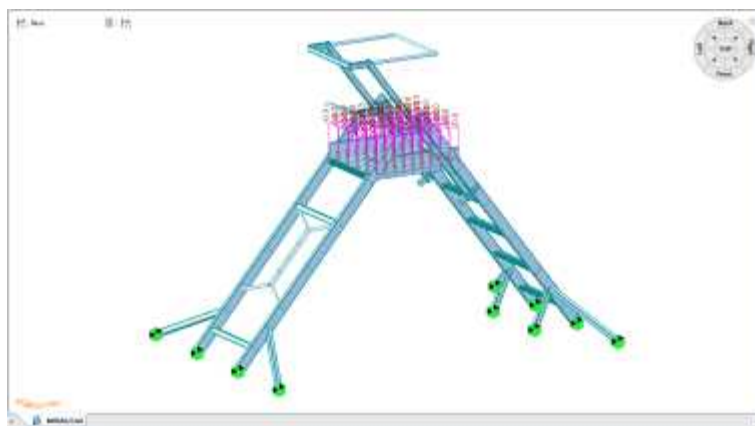
K-말비계의 구조 안전성 검토를 위하여 작업발판의 폭에 비하여 길이가 상대적으로 길어진 K-말비계를 대상으로 구조해석을 실시하였다.

(1) 구조해석을 위한 모델링

기존 K-사다리의 펼침 길이를 길게하여 작업발판의 길이를 확장할 수 있는 K-말비계의 구조해석을 위한 3차원 모델링과 바닥면 지지점 조건 및 확장된 작업발판에 작용하는 작업하중을 [그림 IV-23]에 각각 도해하였다.



(a) 구조해석 모델링 및 지점조건



(b) 하중재하

[그림 IV-23] K-말비계 모델링

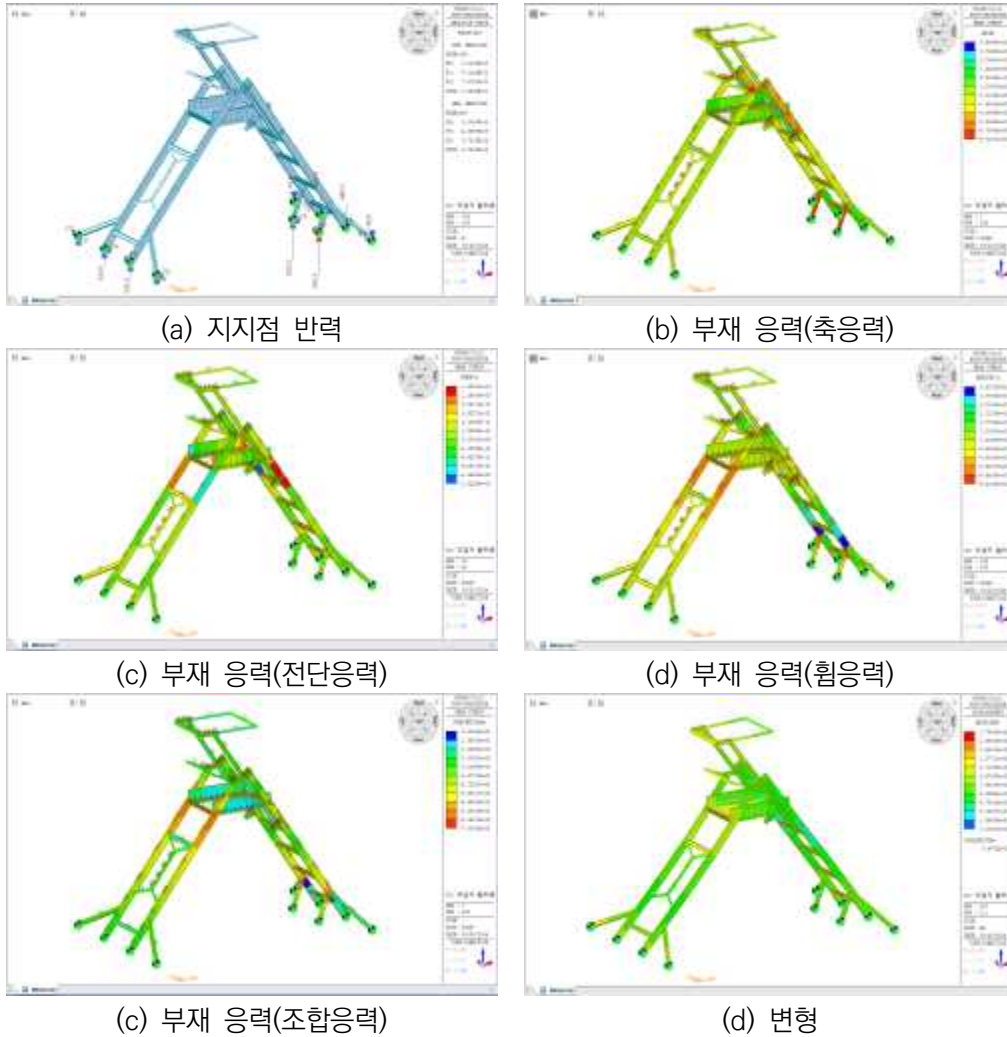
(2) 구조해석 결과

기존 K-사다리의 필침 길이를 길게하여 작업발판의 길이를 확장할 수 있는 K-말비계에 대한 구조해석을 수행하여 지지점 반력, 주부재에 발생하는 응력(축응력, 전단응력, 휨응력 및 최대응력), 변형에 대한 결과들을 [그림 IV-24]에 도해하였다. 그리고, 이들 결과와 항복강도(인장 110MPa, 전단 75MPa)의 60%로 간주할 수 있는 허용응력(인장 66MPa, 전단 45MPa)과의 비교를 통한 안전율을 계산하여 <표 IV-7>에 정리하였다. 이 결과에 따르면 K-말비계는 작업하중에 대해서 아웃트리거의 전도방지 성능이 양호하고, 축응력과 전단응력은 허용응력 이내로 응력이 발생하였으며 이에 따른 안전율은 1.0 이상을 확보하고 있으나, 휨응력 및 최대응력은 허용응력을 초과하였다. 그러나 보강 지지대가 구조해석에서 반영되지 못한 것이므로, 실제 시험에서는 구조적 안전성을 모두 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

〈표 IV-7〉 K-말비계 구조해석 결과

구분	축응력		전단응력		휨응력		최대응력	
	해석 결과 (MPa)	안전율	해석 결과 (MPa)	안전율	해석 결과 (MPa)	안전율	해석 결과 (MPa)	안전율
K-말비계	-6.16	5 이상	1.55	5 이상	70.7	0.94	74.9	0.88

구분	반력				변형		
	주부재		아웃트리거		X축 (mm)	Y축 (mm)	Z축 (mm)
	버팀면 (N)	오름면 (N)	버팀면 (N)	오름면 (N)			
K-말비계	255	-465	9.6	1042	-9.7	-0.17	-18.1



[그림 IV-24] K-말비계 구조해석 결과

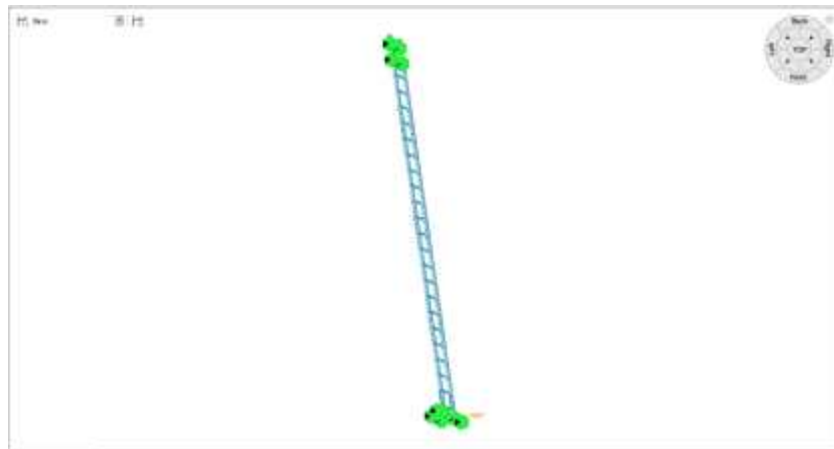
4) 일자형 K-사다리

선박 내 창고 또는 저수조에서 내·외부로 승·하강할 수 있도록 작업발판 및 버팀면을 제거하고 오름면만을 이용하는 일자형 K-사다리의 구조 안전성 검토를 위하여 오르면 상부와 하부가 지지되고 작업하중 대신 디딤대에 작업자의 몸무게만 작용하는 일자형 K-사다리를 대상으로 구조해석을 실시하였다. 여기서,

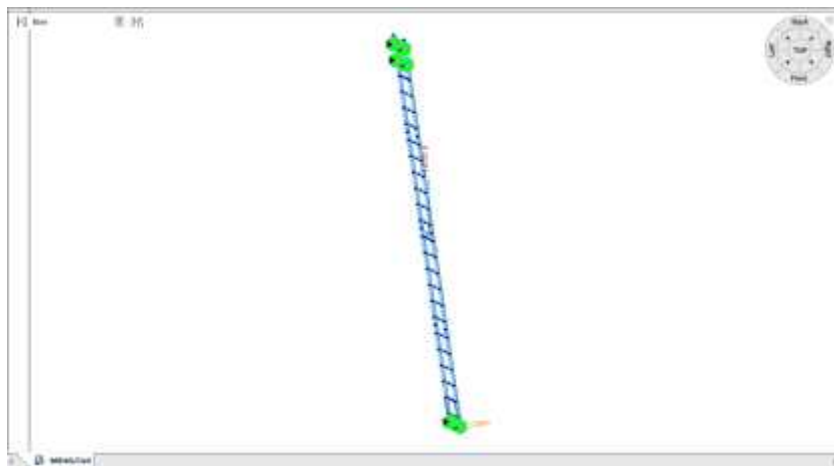
작업자 하중은 일자형 K-사다리의 길이를 고려하여 상단, 중앙부 및 하단에 작용하는 경우로 구분하여 각각 디딤대 중앙에 재하하였다.

(1) 구조해석을 위한 모델링

기존 K-사다리의 작업발판 및 버팀면을 제거하고 오름면만을 이용하는 일자형 K-사다리의 구조해석을 위한 3차원 모델링과 바닥면 지지점 조건 및 디딤대 중앙에 작용하는 작업자 하중을 [그림 IV-25]에 각각 도해하였다.



(a) 구조해석 모델링 및 지점조건



(b) 하중재하

[그림 IV-25] 일자형 K-사다리 모델링

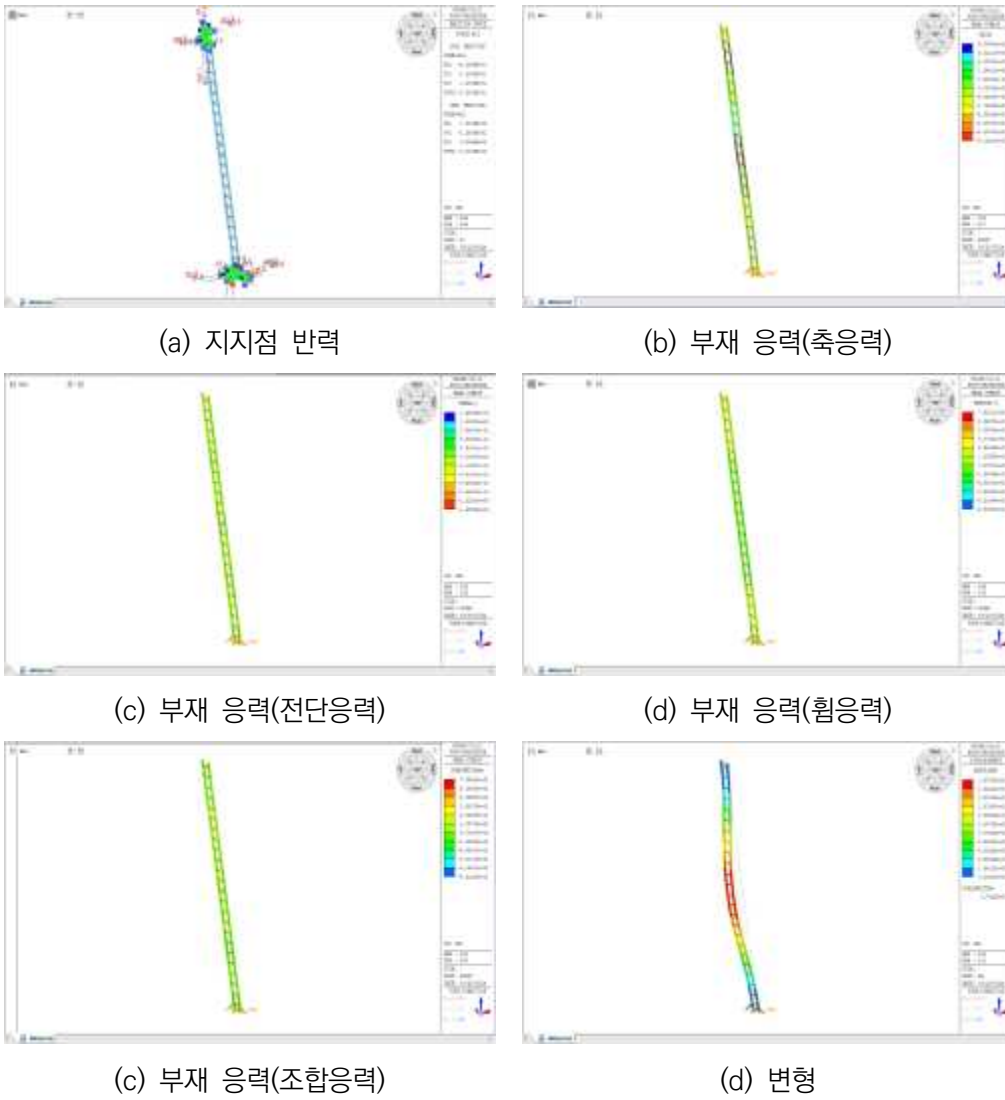
(2) 구조해석 결과

기존 K-사다리의 작업발판 및 버팀면을 제거하고 오름면만을 이용하는 일자형 K-사다리에 대한 구조해석을 수행하여 지지점 반력, 주부재에 발생하는 응력(축응력, 전단응력, 휨응력 및 최대응력), 변형에 대한 결과들을 [그림 IV-26]에 도해하였다. 그리고, 이들 결과와 항복강도(인장 110MPa, 전단 75MPa)의 60%로 간주할 수 있는 허용응력(인장 66MPa, 전단 45MPa)과의 비교를 통한 안전율을 계산하여 <표 IV-8>에 정리하였다. 이 결과에 따르면 일자형 K-사다리는 작업자 하중에 대해서 하부에 설치되는 아웃트리거의 전도방지 성능이 양호하고, 축응력과 전단응력 및 휨응력은 허용응력 이내로 응력이 발생하였으며 이에 따른 안전율은 1.0 이상을 확보하고 있으나, 최대응력은 허용응력을 초과하였다. 여기서도 K-말비계와 마찬가지로 구조해석에서 반영하지 못한 문제로 실제 시험 시에는 구조적 안전성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

<표 IV-8> 일자형 K-사다리 구조해석 결과

구분	축응력		전단응력		휨응력		최대응력	
	해석 결과 (MPa)	안전율	해석 결과 (MPa)	안전율	해석 결과 (MPa)	안전율	해석 결과 (MPa)	안전율
일자형 K-사다리	-5.03	5 이상	1.25	5 이상	65.0	1.0	73.6	0.90

구분	반력				변형		
	오름면		아웃트리거		X축 (mm)	Y축 (mm)	Z축 (mm)
	상부 (N)	하부 (N)	수평 (N)	수직 (N)			
일자형 K-사다리	303(수평) 507(수직)	42(수평) 7.6(수직)	732	530	-14.5	-0.04	14.8



[그림 IV-26] 일자형 K-사다리 구조해석 결과

4. 전문가 자문

한국형 안전사다리(K-사다리) 현장 적용 확대를 위해 설계된 K-사다리 개선품, 모듈형 K-사다리, K-말비계, 일자형 K-사다리의 구조 안전성 검토 결과 및 실물 모형 제작 방향 수립에 대한 전문가 자문을 실시하였다.[그림 27] 전문가 자문회의 참석 대상은 사다리 제조사 관계자, 스마트 기술 개발업체 관계자, 관련분야 학계 종사자, 사용자를 대표하는 유관기관 종사자를 대상으로 하였으며 다음과 같은 전문가 자문 의견을 수렴하였다.

- 사다리 사고의 대부분은 탑승자의 균형 상실, 작업 중 발생하는 수평력에 의한 전도사고가 대부분인걸 감안할 때 전도안전성 확보가 무엇보다 중요하므로 공인기관의 검증 필요
- K-사다리 개선품의 작업성 제고를 위해 안전난간의 높이 조절 기능이 추가되어 법정 난간높이보다 낮을 경우 탑승자의 추락을 방지할 수 있는 대책 마련 필요
- K-사다리 개선품의 사용성 개선을 위해 작업용 선반을 제작할 경우 탑승자의 요구에 맞는 선반을 선택하여 부착할 수 있도록 다양한 종류의 선반 설계 필요
- 해외의 안전인증기준을 적용하여 안전성 검토를 진행할 경우 제작기준 외에 사용 시 준수해야 할 규정에 대해서도 검토하여, 관련 법규정 또는 사용자 매뉴얼에 반영 필요
- 시제품 제작 전 설치·해체 시 발생할 수 있는 접합부, 유격부 등 끼임사고가 발생할 수 있는 위험부위를 확인하여 제품의 결함으로 인한 사용자 사고 예방 대책 마련 필요
- K-말비계는 발판의 폭에 비해 길이의 비율이 높아 횡력에 아주 약한 구조이므로 횡력에 지지할 수 있는 성능이 확보된 아웃트리거 채택 및 사전 안전성 검토 필요

- 일자형 K-사다리는 안전한 승·하강 통로 확보를 위해 개발된 제품이므로 상부 고정장치, 하부 미끄럼 방지장치 외에도 탑승자가 사다리 상에서 상하로 이동시 추락을 방지할 수 있는 안전대 걸이시설이 부착되어야 할 것으로 판단됨
- K-스마트 사다리는 탑승자의 안전 상태를 원격으로 확인하여 불안정한 상태에서 안전한 상태로 통제하기 위한 수단이므로, 전파의 사각지대로 인한 오류가 생기지 않는 전파 기술의 선택이 중요한 것으로 사료됨



[그림 IV-27] 전문가 자문 회의

5. 소결

우리나라 산업현장에서 대부분 사용되고 있는 A형 사다리는 생활용품으로 분류되어 사다리 사고의 주요 요인인 전도 안전성 평가를 받지 않고 생산, 판매되고 있다. 이로 인해 현장에서 A형 사다리를 사용하는 작업자들은 제품의 위험로부터 보호받지 못하여 사고위험에 노출되어 있다. 그리하여 공단에서는 구조적으로 위험한 A형 사다리를 대체하여 안전한 사다리 사용을 유도하고자 K-사다리 개발을 완료하고 보급중에 있다.

하지만 기존 A형 사다리에 익숙해져 있는 작업자들의 사용 기피, 작업 특성에 맞는 제품의 부족, 재정지원 대상 제한, 홍보 부족 등으로 활성화 되지 못하고 있어 사용자, 산업계 요구사항을 반영하여 고도화 K-사다리 개발을 위한 설계안을 마련하고 구조안전성 검토 및 전문가 자문을 수행하였다.

고도화 K-사다리는 앞서 조사된 설문조사 및 방문조사의 내용을 토대로 개발 방향을 설정하고 관계 전문가들의 의견을 수렴하여 K-사다리 개선품, 발판 면적을 확대한 모듈화 K-사다리, 말비계의 안전성을 특화시킨 K-말비계, 안전한 승하강을 위한 일자형 K-사다리 4종으로 설계안을 확정하였다.

확정된 설계안에 대하여 구조 안전성 검토를 실시하였으며 국내 관련 규정과 해외 관련 규정을 다각적으로 검토하여, 산업용 사다리 형식분류 및 인증 기준이 없는 것과 현행 사용과 관련한 법규정이 제대로 지켜지지 않는 우리나라 사다리 사용 실정을 고려하여, 안전인증기준 및 설계하중 등 구조 안전성 검토에 필요한 기준을 선정하였다.

구조해석 결과는 지지점 반력, 부재별 응력(압축, 전단 및 휨응력), 변형 등을 산정하여 분석하였으며 고도화 K-사다리 4종 모두 전도방지를 위한 아웃트리거의 성능은 양호하였으며 축응력, 전단응력, 휨응력에 대하여는 허용응력 이내로 나타났다. K-말비계와 일자형 K-사다리의 최대응력에서

허용응력을 초과한 것으로 나타난 것은 구조해석에서 구현되지 못한 보강 지지대의 성능이 반영되지 않은 것이므로, 실제 시험에서는 구조적 안전성을 모두 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

전문가 자문에서는 사다리 사고의 주요 요인은 전도임을 감안할 때 전도 안전성 확보가 무엇보다 중요하므로 시제품 제작 시에는 공인기관의 검증을 통한 사전 안전성 확보가 필요하다는 것, 안전난간 높이조절 기능으로 인해 사용되는 안전난간 높이가 법정 높이보다 낮을 경우 탑승자의 추락을 방지할 수 있는 별도의 조치가 필요하다는 것, 해외의 인증기준을 적용하여 안전성을 검토할 경우 사용 시 준수해야 할 기준에 대해서도 같이 검토하여 사용자에게 제공되어야 한다는 것, 스마트 원격관제 기능 적용 시에는 전파의 사각지대로 인한 오류가 생기지 않는 전파 기술 채택이 필요하다는 것 등이 제시되었다.

V. 결론



V. 결론

1. 결론 및 활용방안

본 연구는 매년 지속적으로 발생하고 있는 사다리 작업자 사망사고예방 대책의 일환으로 개발되어 보급중인 한국형 안전사다리(K-사다리)의 현장 적용 확대를 위한 K-사다리 개선품, 작업발판 면적 확대를 위한 모듈형 K-사다리, 기존 말비계 특화시킨 K-말비계, 안전한 승하강을 위한 일자형 K-사다리 등 업종별 특화된 사다리 설계안 마련을 목표로 추진되었다. 선행연구와 문헌 고찰을 통해 사다리 작업자 사망사고 심층분석, 현행 법령의 문제점 등 사고 발생과 관련한 근원적 문제점을 도출하였으며, 온라인 설문조사와 사업장 방문조사를 실시하여 사다리 사용 작업의 실태, 보급중인 K-사다리의 개선·보완점, 관련 법규정에 대한 개선 의견, 업종별 특화 K-사다리에 요구되는 기능 등 설계안 마련을 위한 자료를 수집하였다. 그리고 전문가 자문회의를 실시하여 연구 내용과 방법의 적정성을 검토하고 업종별 특화 K-사다리의 개발 방향 및 최종 설계안을 확정하였으며, 구조해석 프로그램을 활용하여 안전성 검토를 수행하였다. 구조 안전성 검토에서는 향후 실제 개발을 전제로 사용자의 안전성 확보와 사다리 제작과 사용에 관한 법규정의 부합 여부를 중심으로 수행하였다. 본 연구의 결과를 항목별로 요약하면 다음과 같다.

- 선행연구 고찰에서 대부분의 사다리 관련 연구는 사고원인을 분석하고 실태조사를 통해 문제점을 도출하여 안전관리, 제도개선 등 관리적 사항 위주의 안전성 확보 방안을 제시하고 있었다. 산업안전보건법상에서 이동 통로로만 규정되어 작업발판으로의 사용이 전면 금지되고 있음에도 불구하고 대부분의 산업현장에서 휴대성·사용성·경제성의 이유로 작업 발판을 대체하여 광범위하게 사용되고 있으므로 구조적으로 불안정한 사다리 작업 사고 예방을 위해 관련 대책 마련이 필요함을 언급하고

있었다. 또한 사다리 제품과 관련하여서는 가정에서 사용하는 주택용 사다리에 한하여 의무안전인증이 실시되고 있어 산업현장에서의 작업자는 제품의 위험로부터 보호받지 못하고 있음을 지적하고 있었다.

- 재해사례 분석에서는 최근 10년간 사다리 관련 사고사망자는 335명, 사고부상자는 39,897명으로 매년 지속적으로 발생하고 있는 것으로 나타나고 있어, 고용노동부는 작업발판으로의 사다리 사용을 전면금지하고, 일부 작업에만 사용을 허용하는 사다리 안전작업지침 등 규제를 강화하였으나 사고사망자는 일시적으로 감소한 이후 증가 추세로 전환되어, 규제성 대책만으로는 한계가 있음을 알 수 있었다. 사다리 작업자 사고사망자수는 건설업 비중이 최고 70.1%까지 차지하여 3대업종(건설업, 제조업, 서비스업) 중에서 가장 높은 것으로 나타났으며 다음으로 서비스업이 최고 40.6%를 차지하여 산업 생태계 변화에 따른 사고가 증가 추세에 있음을 알 수 있었다. 규모별로는 사고에 취약한 5인미만 사업장에서 최대 58.5%의 비중을 차지하고 다음으로 5~50인미만 사업장에서 최대 40.0%를 나타내고 있어 해당 영역에 대한 사고예방 활동이 중요함을 알 수 있었다. 추락 높이별로는 2~3m의 사용높이에서 최대 34.4% 차지하여 가장 사고가 많이 발생하고 있었고, 다음으로 1~2m에서 최대 30.0%가 발생하고 있다. 2m 이상의 작업에서 가장 빈번하게 발생하고 있으나 2m 미만의 비교적 낮은 높이에서도 30%이상 차지하고 있어 전도 안전성이 확보되지 않은 A형 사다리를 작업발판으로 사용하는 것은 높이에 관계 없이 사고 위험이 아주 높음을 알 수 있었다. 기인물별 분석에서 사다리는 고소작업 시 사용되는 다른 가설 작업대보다 사망자수와 재해자수가 아주 많아 고소작업 시 작업발판으로의 사다리 사용 비중이 높아 근원적 대책없이 사고가 지속적으로 발생할 가능성이 높음을 알 수 있었다. 따라서 규제만으로는 사고예방에 한계가 있음을 알 수 있었다.
- 제도분석에서 사다리 관련 우리나라 제도는 해외의 제도와 규정상의 차이가 있으며, 특히 해외에서는 산업용, 가정용, 상업용 등 사용 목적에 맞는

다양한 사다리를 제작하기 위한 인증 기준이 구분되어 있었지만, 우리나라는 가정과 산업현장 구분없이 가정에서 사용하는 주택용 사다리 인증기준만 시행되고 있어 산업현장의 사다리 작업자는 주택용 사다리를 사용함으로써 제품의 위험로부터 보호받지 못하고 있다. 특히 일본에서는 2m 이상의 작업높이에서 사고가 빈발하는 것에 대하여 산업용과 가정용을 구분함과 동시에 2m 이상의 작업에는 사다리를 사용할 수 없도록 규정하고 있으며, 영국에서는 사업주, 작업자, 관리감독자 등 사다리 작업과 관련한 각 주체별 수행해야 할 사항을 사용안전기준에서 규정하고 있어, 주요 해외국가에서는 사다리 사고를 예방하기 위한 제도적 안전장치가 마련되어 있음을 알 수 있었다.

- 온라인 설문조사에서 사다리와 관련한 법규정에 대하여는 사다리 제작과 관련한 인증기준에서 생활용품으로 분류되어 있는 것, 주택용 사다리 안전 인증기준에는 전도 안전성 평가가 없는 것, 산업현장에서 주택용 사다리를 사용함으로써 사고 위험에 노출되어 있는 것 등 산업표준화법의 안전 인증(KC) 내용에 대해서는 모르고 있는 경우가 많았으며, 업종별 특화 사다리에 필요한 안전장치로는 전도방지대, 작업발판, 안전난간, 안전대 걸이시설 순으로 조사되었고, 사다리를 사용한 작업 높이에 대하여는 2~3m 이하가 많았으며, 사다리 중량과 연계되는 안전장치에 대하여는 중량 증가를 감안하더라도 작업발판, 전도방지대, 안전난간 순으로 설치가 필요하다는 의견이 다수였으며, 사다리 탑승 적정 인원수에 대하여는 1명이 적합한 것으로 조사되었다. 다음으로 스마트 기술과 관련한 사항에서는 현행 이동식 사다리 안전작업지침을 절반 정도가 미준수한 경험이 있는 것으로 조사되었고 이러한 사항들을 원격통제 하기 위해서는 사다리 수평감지, 전도방지대 설치여부 감지, 작업위치 확인, 안전대 착용 감지, 안전모 착용 감지 등의 스마트 기술이 필요한 것으로 응답하였다. 마지막으로 보급중인 K-사다리의 개선·보완과 관련하여서는 안전성과 작업성은 기존 A형 사다리 대비 크게 향상된 것으로 보고 있었으나, 휴대성·내구성 등에 대하여는 미흡한 것으로 응답 비중이 높았다. 특히 운반 시 신체적 부담을

줄일 수 있는 방안, 용접부 등 결합부위의 강도 개선, 사용법에 대한 직관적 표시, 협소한 장소의 작업과 운반 편리성 향상을 위한 크기 축소 등의 의견이 제시되었다.

- 방문 실태조사에서 건설업 사업장은 천정 작업시 안전난간과 간섭이 발생하는 경우가 있으므로 안전난간 높이가 조절되는 기능, 공도구 및 자재 등을 올려 놓을 수 있는 간이선반 설치를 기존 K-사다리의 개선 방안을 제시하였고, 제조업 사업장은 좁은 공간에서의 작업을 위해 사용하는 말비계의 경우 전도로 인한 작업자의 추락사고 위험이 높으므로 안전성과 작업성이 확보된 제품 개발과 부피가 큰 시설물의 유지보수를 위해 작업 면적을 확대시킬 수 있는 모듈형 제품의 개발을 제시하였다. 서비스 사업장은 화물의 하역작업 시 창고의 내부에서 외부로 나오기 위해 사용되는 기존 일자형 사다리의 안전성을 개선시킬 수 있는 승·하강용 사다리 개발이 요구하였다. 그리고 공통된 의견으로 보급중인 K-사다리의 휴대성과 내구성을 개선할 수 있는 방안 마련을 요구하였다.
- 구조 안전성 검토에서는 앞선 연구내용을 토대로 확정된 K-사다리 개선품, 발판 면적을 확대한 모듈화 K-사다리, 말비계의 안전성을 특화시킨 K-말비계, 안전한 승하강을 위한 일자형 K-사다리에 대하여 구조해석 프로그램을 활용하여 안전성 검토를 실시하였다. 그리고 국내 관련 규정과 해외 관련 규정을 다각적으로 검토하여 현행 산업용 사다리 형식분류 및 인증기준이 없는 것과 사용과 관련한 법규정이 제대로 지켜지지 않는 우리나라 사다리 사용 실정을 고려하여, 안전기준 및 설계하중 등의 검토기준을 적용하였다. 구조해석 결과는 지지점 반력, 부재별 응력(압축, 전단 및 휨응력), 변형 등을 산정하여 분석하였으며, 전도방지를 위한 아웃트리거의 성능은 양호하였으며 축응력, 전단응력, 휨응력에 대하여는 허용응력 이내로 나타났다. 단, K-말비계와 일자형 K-사다리에서 최대 응력을 재하했을 때 일부 허용응력을 초과한 것으로 나타난 것은 구조 해석에서 구현되지 못한 보강 지지대의 강도가 반영되지 않은 것이므로,

실제 시험에서는 구조적 안전성을 모두 확보할 수 있을 것으로 사료되었다.

- 전문가 자문에서는 사다리 사고의 주요 요인은 전도임을 감안할 때 전도 안전성 확보가 무엇보다 중요하므로 시제품 제작 시에는 공인기관의 검증이 필요하다는 것, 안전난간 높이조절 기능으로 인해 사용되는 안전난간 높이가 법정 높이보다 낮을 경우 탑승자의 추락을 방지할 수 있는 별도의 조치가 필요하다는 것, 해외의 인증기준을 적용하여 안전성을 검토할 경우 사용 시 준수해야 할 사용기준에 대해서도 같이 검토하여 사용자에게 제공이 필요하다는 것, 스마트 원격관제 기능 적용 시에는 전과의 사각지대로 인한 오류가 생기지 않는 전과 기술 채택이 필요하다는 것 등이 제시되었다.

본 연구에 수행된 연구내용 및 결과는 다음과 같이 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

- 본 연구를 통하여 도출된 연구 결과들은 국내 사다리 관련 법·제도 개선 및 사망사고 고 위험 개선사업의 재정지원 품목 선정 시 검토 자료로 활용 가능할 것이다.
- 사다리 작업 특성 및 실무적 현실을 반영하여 개발한 한국형 안전사다리(K-사다리) 개선 방안과 업종별 특화 K-사다리 개발 시 활용함으로써 사다리 작업자 사고의 근원적 예방을 위한 실효성 있는 대책으로 활용 가능할 것이다.
- 업종별 특화 K-사다리의 구조 안전성 검토 결과는 실물 모형 제작, 현장 검증을 위한 Pilot test 수행, 시제품 제작 및 공인기관 안전인증 시험 시에 활용 가능할 것이다.
- 안전 신기술 개발 등의 유사 연구 수행 시 참고 자료로 활용 가능하고 관련 특허 기술의 무상 허여를 통한 중소기업의 동반성장 및 민간 시장 활성화에 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

- 국가기술표준원고시 제2019-0391호. 「공급자 적합성 확인기준 휴대용 사다리
부속서 13」, 국가기술표준원
- 국토교통부 KDS 21 00 00. 가시설물 설계기준 「가시설물 설계 일반사항」
- 국토교통부 KDS 21 00 00. 가시설물 설계기준 「비계 및 안전시설물 설계기준」
- 고용노동부 보도자료(2018.12.13.) 「이동식사다리에 의한 사망사고 예방방안 시달
<http://www.moel.go.kr> 발취
- 고용노동부 보도자료(2019.3.18.) 「이동식사다리 안전작업지침 개선방안」
<http://www.moel.go.kr> 발취
- 한국산업안전보건공단 (2008). 추락재해 현황 및 사다리 안전대책, 안전보건정보
2008년 5월.
- 한국산업안전보건공단 (2008). 사다리 안전작업 지침, KOSHA CODE
C-35-2008,
- 한국산업안전보건공단 (2008). 소규모 건설현장의 추락재해예방을 위한 안전
모델 연구
- 정세균, 이석원, 류보혁, 정원제, 박재석(2008). 소규모 건설현장의 추락재해
예방을 위한 안전모델 연구. 산업안전보건연구원
- 김형석, 이석원, 정원제, 류보혁 (2009). 이동식 사다리를 중심으로 한 제조업
에서의 추락재해 예방대책 연구. 한국안전학회지, 24(6), 136-143.
- 최돈홍, 최진우, 신운철 (2012). 건설업 지붕작업의 재해분석 및 실태조사.

한국안전학회지. 27(5), 111-116.

송창섭, 권영희, 김동령, 강경식 (2013). 건설현장 사다리에서 추락재해 예방을 위한 개선방안. 대한안전경영과학회 춘계학술대회, 225-234.

안전보건공단 (2014). 말비계 안전기준 개정에 관한 연구. 안전보건공단 산업안전보건연구원

심현황, 강경식(2017). 산업현장 사다리 관련 사망재해 분석 및 추락재해 예방대책에 관한 연구. 대한안전경영과학회

김대영, 임형철, 정지현(2019). 이동식 사다리 안전작업기준 및 안전모델 제시에 관한 연구. 산업안전보건연구원

황종문, 신성우(2020). 이동식 사다리 추락 재해 예방을 위한 안전 제도의 문제점과 개선 과제

황종문, 신성우(2021). 동시 출현 기반 키워드 네트워크 기법을 이용한 이동식 사다리 추락 재해 위험 요인 연관 구조 모델링

영국 안전보건청(HSE)의 사다리 사용기준 : <http://www.hse.gov.uk>

European Standard(2015). EN 131-1, Ladders - Part 1: Terms, types, functional sizes

European Standard(2017). EN 131-2, Ladders - Part 2: Requirements, testing, marking

European Standard(2018). EN 131-3, Ladders - Part 3: Marking and user instructions

European Standard(2013). EN 131-7, Ladders - Part 7: Mobile ladders with platform

ANSI (2007). ASC A14.1-2007, Portable Wood Ladder Safety Requirements

ANSI (2007). ASC A14.2-2007, Portable Metal Ladder Safety Requirements

American ladder institute (2008). Fixed Ladders (A14.3).

ANSI (2007). ASC A14.5-2007, Portable Reinforced Plastic Ladder Safety Requirements

ANSI (2011). ASC A14.7- 2011, Safety Requirements for Mobile Ladder Stands and Mobile Ladder Stand Platforms Centers for Disease Control and Prevention / NIOSH Ladder Safety App

American ladder institute (2011). Rolling Ladders (A14.7).

American ladder institute (2013). Requirements for Ladder Accessories (A14.8).

American ladder institute (2017). Reinforced Plastic Ladders (A14.5).

American ladder institute (2018). Job Made Ladders. (A14.4).

American ladder institute (2018). Disappearing Attic Stairways (A14.9).

Health and Safety Executive (2014). Safe use of ladders and stepladders, A brief guide. 1-7.

JIS, JIS S 1121(Aluminum Ladder and Stepladder)

OSHA (2003). Stairways and Ladders A Guide to OSHA Rules. 3124-12R 2003.

OSHA (2013). Ladder Safety: Reducing Falls in Construction: Safe Use of Extension Ladders Fact Sheet New. OSHA FS-3660 - 2013

OSHA(2014). Safe Use of Tripod Orchard Ladders.

OSHA (2014). OSHA offers safety tips for using tripod orchard ladders.

OSHA (2018). Falling off ladders can kill: use them safely. OSHA 3625-04R.

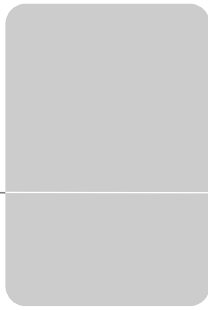
OSHA (2018). Six guidelines for ladder safety.

OSHA. 29 CFR 1910.23, Ladders

UK (2017). EN131 Standards : A GUIDE TO UK LADDER STANDARDS

Work safe (2017). Safe working with ladders and stepladders.

Washington State Department of Labor & Industries (2016). Ladder safety guide, A reference guide to safe ladder use and best practices for preventing accidents.



Abstract

A Study on Expanding the Field Application of the K-Ladder(Korea-Style Safety Ladder)

Objectives :

Ladders are widely used not only as means of vertical access to work areas but also as substitutes for work platforms in both residential and industrial settings. However, approximately 35 workers die each year while using ladders at work, making them not just a convenient and simple tool but also one of the leading causes of fatal accidents.

Among these, the most commonly used type is the step ladder(A-frame ladder), which, under the industrial Standardization Act's 'Safety Management of Electrical and Household Products' is classified as a household ladder(for domestic use). As a result, safety certification is implemented without evaluating its stability against tipping. It is important to note that A-frame ladders have an inherently unstable design: when a worker ascends, the center of gravity shifts upward, making the ladders prone to tipping is crucial for preventing ladder-related accidents. However, in most industrial settings, A-frame ladders that have not undergone stability evaluations are still in use, exposing workers to significant risk.

To address this issue, the Ministry of Employment and Labor strengthened relevant regulations and administrative efforts by implementing the ‘Measures for Preventing Fatal Accidents Involving Mobile Ladders’ in 2018 and the ‘Safety Work Guidelines for Mobile Ladders’ in 2019, in order to encourage proper usage. Despite these measures, however, accidents continue to occur every year.

To prevent fatal ladder accidents, in 2022, KOSHA initiated a project to develop the Korean-style safety ladder(K-Ladder) as a replacement for the A-frame ladder, a major cause of ladder-related accidents. After a year and eight months of in-depth analysis of accident causes, domestic and international product and literature reviews, field surveys, full-scale structural testing, and on-site verification, the project was completed with input from a wide range of experts and users, including those involved in occupational safety and health. The K-Ladder is currently being distributed. However, its widespread adoption has been hindered by factors such as workers’ reluctance to use the new ladder due to their familiarity with lightweight A-frame ladders that have not undergone stability evaluations, the lack of a diverse range of products suited to specific work characteristics, limited financial support for certain industries, and a lack of promotion and awareness regarding industrial ladders.

This study aims to promote the expanded field application of the Korean-style safety ladder by presenting design proposals for industry-specific K-Ladder tailored to the needs of users and the industry, as well as improvements to the existing K-Ladder. The goal is to foster a culture of safe ladder use and maximize the effectiveness of preventing fatal ladder accidents.

Results :

Upon reviewing previous studies, it was found that most ladder-related research focuses on analyzing the causes of accidents and identifying issues through field surveys, subsequently proposing safety measures primarily centered around administrative aspects such as safety management and regulatory improvements. Despite being strictly regulated as a means of access only under the Industrial Safety and Health Act, with the use of ladders as work platforms being completely prohibited, ladders are still widely used in industrial settings as substitutes for work platforms due to their portability, usability, and cost-effectiveness. This highlights the need for countermeasures to prevent structurally unsafe ladder-related accidents. Additionally, in relation to ladder products, it was pointed out that mandatory safety certification is only required for household ladders used in residential settings, leaving workers in industrial environments unprotected from potential hazards posed by the products.

An analysis of accident cases over the past decade revealed that there have been 335 fatalities and 39,897 injuries related to ladder accidents, with such incidents continuing to occur annually. Although regulatory measures such as the complete ban on using ladders as work platforms and the implementation of ladder safety work guidelines by the Ministry of Employment and Labor initially seemed to reduce the number of accidents, the trend reversed and began to increase, indicating that the effects of regulatory measures were temporary. Among industries, the construction sector had the highest proportion of fatal ladder accidents, followed by the service and manufacturing

sectors. In terms of company size, most accidents occurred in businesses with fewer than 50 employees, particularly those with fewer 5 employees, suggesting that accident prevention efforts should focus on these areas. Regarding the height of falls, most accidents occurred at heights of 1~3 meters, with the highest incidence at heights above 2 meters. However, accidents also frequently occurred at lower height below 2 meters, highlighting that ladder use is hazardous regardless of working height. When analyzing the causes of accidents, it was found that ladders, compared to other temporary work platforms used for high-altitude tasks, resulted in a significantly higher number of fatalities and injuries. This indicates that while ladder use is an essential and widely used tool in high-altitude work, relying solely on regulatory measures may have limitations in preventing such accidents, given their persistent frequency.

In terms of ladder-related regulations, South Korea's system differs from those of other countries, particularly in terms of certification standards. While foreign countries distinguish between different types of ladders based on their intended use—such as industrial, household, and commercial ladders—South Korea only implements certification standards for household ladders used in residential settings, without differentiating between household and industrial use. As a result, workers in industrial environments are exposed to potential hazards because they are using ladders that are designed for domestic use, and thus lack the necessary safety protections. Notably, in Japan, in response to frequent accidents occurring at work heights above 2 meters, there is a clear distinction between industrial and household ladders, with a regulation prohibiting the use of ladders for work at heights exceeding 2 meters. Similarly, in

the UK, safety standards for ladder use are clearly outlined in terms of the responsibilities of various stakeholders—including employers, workers, and supervisors—demonstrating that key foreign countries have implemented safety measures to prevent ladder-related accidents.

The online survey regarding ladder-related regulations revealed that many respondents were unaware of key aspects related to ladder manufacturing regulations. Specifically, they were not familiar with the certification criteria for household ladders, and the exposure of industrial workers to accident risks when using household ladders. When it came to safety certifications under the industrial Standardization Act(KC), respondents showed limited awareness. Regarding safety features needed for industry-specific ladders, the survey found that the most commonly cited requirements were anti-tip devices, work platform, safety railings, and safety harness attachment points. In terms of working height when using ladders, the majority of respondents reported working at heights of 2~3 meters. Regarding safety devices related to ladder weight, most respondents agreed that, even considering the increased weight, work platforms, anti-tip devices, and safety railings should be prioritized for installation. When asked about the appropriate number of individuals for ladder use, the consensus was that one person per ladder is most suitable. Concerning smart technology, approximately half of the respondents reported having experience with non-compliance to the current safety work guidelines for mobile ladders. To address this, respondents suggested that smart technologies such as horizontal detection of ladders, detection of anti-tip device installation, work position monitoring, harness usage detection, and helmet-wearing detection could be employed for remote

control and monitoring. Finally, regarding the improvements and enhancements to the K-Ladder currently being distributed, many respondents acknowledged that its safety and work efficiency had significantly improved compared to the traditional A-frame ladder. However, concerns remained about its portability and durability. Suggestions for further improvement included reducing physical strain during transportation, enhancing the strength of welded joints, providing intuitive usage instructions, and reducing the size for easier handling and transport in confined spaces.

In the field survey, construction industry respondents noted that safety railings sometimes interfere with ceiling work, and therefore suggested improvements to the existing K-Ladder, such as the addition of an adjustable height safety railing and the installation of a small shelf for placing hand tools and materials. In the manufacturing sector, where the risk of falls due to tipping from the use of portable scaffolding is high in confined spaces, it was recommended to develop products that ensure both safety and work efficiency. Additionally, modular products that could expand the working area for maintenance of large equipment and facilities were proposed. In the service sector, it was noted that there is a need for a new type of ladder for loading and unloading cargo, particularly for use inside warehouses when moving items from the interior to the exterior, which could improve the safety of existing straight ladders. A common suggestion across all sectors was the need to develop supplementary measures to improve the portability and durability of the K-Ladder currently being distributed.

Based on the previous research, a structural safety review was conducted for the improved K-Ladder, the modular K-Ladder with expanded work platform area, the K-Scaffolding with enhanced safety features, and the straight K-Ladder for safe ascent and descent, using structural analysis programs. In addition, domestic and international regulations were thoroughly examined to address the absence of formal classifications and certification standards for industrial ladders, as well as the lack of enforcement of existing regulations related to ladder usage in South Korea. These considerations were applied in the review of safety standards and design load requirements. The structural analysis results were based on calculations of support reactions, stress analysis for individual components (including compressive, shear, bending stresses), and deformations. The results showed that the outrigger performance for preventing tipping was satisfactory, and that the axial, shear, and bending stresses remained within allowable limits. However, when the maximum stresses were assessed for the K-Scaffolding and straight K-Ladder, it was found that some of the allowable stresses were exceeded. This discrepancy is attributed to the fact that the strength of the reinforcement supports, which were not accounted for in the structural analysis, was not included. It is therefore concluded that, in actual testing, the structural safety of the ladders can be fully secured.

Considering that tipping is the primary cause of ladder accidents, ensuring stability against tipping is of utmost importance. Therefore, it was emphasized that certified verification by accredited institutions is necessary during prototype development. Additionally, if the adjustable height of the safety railing results in the railing height being lower than

the legally required minimum, separate measures must be implemented to prevent falls by the user. When applying international certification standards to assess safety, it is also crucial to review and provide users with the specific guidelines that must be followed during use. Lastly, when incorporating smart remote monitoring functions, it was noted that the communication technology used must avoid potential errors caused by dead zones in signal transmission, thus ensuring reliable operation.

Conclusion :

The findings derived from this study can be utilized as reference material for the improvement of domestic ladder-related laws and regulations, as well as for selecting financial support items in high-risk accident prevention initiatives related to ladder fatalities.

The proposed improvements to the Korean-style safety ladder, developed by reflecting the characteristics of ladder work and practical realities, as well as the development of industry-specific K-Ladders, can be utilized as effective measures for the fundamental prevention of ladder-related accidents.

The findings can serve as reference material for similar studies, such as the development of safety technologies, and are expected to significantly contribute to the growth of small and medium-sized enterprises through the free licensing of related patented technologies, as well as to the activation of the private sector market.

Key words : Fall accident, Ladder, Mobile Ladder, Ladder-type work platform, work platform

Ⅱ. 이동식 사다리 관련 법규정 사항

※ 고용노동부 산업안전보건법 및 이동식 사다리 안전작업지침 관련 문항입니다.(Q1 ~ Q5)

- Q1) 산업안전보건기준에 관한 규칙 제24조(사다리식 통로)에서 사다리는 **승·하강 통로로만 사용**해야 한다는 것(작업발판으로 사용불가)을 알고 계십니까?
- ① 예 ② 아니오
- Q2) 'A형 사다리'는 **일부 작업(경작업, 비계·고소작업대 설치불가 장소)**에 한해서만 작업발판으로 허용하고 있다는 것을 알고 계십니까?
- ① 예 ② 아니오
- Q3) **높이 3.5m(지면에서 발을 디디고 있는 곳의 높이) 초과 작업 시 'A형 사다리'** 사용이 금지되고 있는 것을 알고 계십니까?
- ① 예 ② 아니오
- Q4) **일자형 사다리(신축형 포함)**는 작업발판으로 사용이 전면 금지되어 있는 것을 알고 계십니까?
- ① 예 ② 아니오
- Q5) 산업안전보건법 관련 사다리 작업에 대한 기타 의견을 말씀해 주시기 바랍니다.
(_____)

※ 산업통상자원부 한국산업표준(KS) 및 의무안전인증(KC) 관련 문항입니다.(Q6 ~ Q9)

- Q6) 현재 사용하고 계시는 'A형 사다리'는 우리나라 한국산업표준(KS) 및 안전인증기준(KC)에서 **산업용이 아닌 주택용 사다리(가정용)**로 분류되어 있다는 것을 알고 계십니까?
- ① 예 ② 아니오
- Q7) 주택용 사다리(가정용) 안전인증기준(KC) 시험 항목에는 **사다리 사고의 주요 원인인 전도(넘어짐) 안전성 평가 항목**이 없다는 것을 알고 계십니까?
- ① 예 ② 아니오
- Q8) 우리나라는 **산업용 사다리*에 대한 의무안전인증 기준**이 없다는 것을 알고 계십니까?
* 미국, 영국, 일본, 유럽 등 주요 해외국가에는 산업용 사다리 인증기준이 가정용과는 별도로 마련되어 있음
- ① 예 ② 아니오
- Q9) **향후 산업용 사다리에 대한 의무안전인증 기준 제정 시** 안전난간, 작업발판, 전도방지대가 탑재된 사다리의 명칭으로 적합하게 생각하시는 것을 선택해 주시기 바랍니다.
- ① 사다리형 작업대
② 안전 사다리
③ 플랫폼(작업발판) 사다리
④ 기타(_____)

Ⅲ. 업종별 특화된 사다리형 작업대 개발 사항

Q1) 사다리를 사용하여 작업 하실 때 **사고예방과 연계 가능성이 높아 반드시 필요**하다고 생각하시는 것을 선택하여 주시기 바랍니다. (복수 가능)

- ① 작업발판 ② 전도방지대(아웃트리거) ③ 안전난간
④ 안전대 걸이 시설 ⑤ 기타()

Q2) 귀하께서 생각하시는 **사다리의 적정 사용 높이(지면으로부터 발을 딛는 곳의 높이)**를 선택하여 주시기 바랍니다.

- ① 1m이하 ② 2m이하 ③ 3m이하 ④ 4m이하 ⑤ 기타()

Q3) 귀하께서 사다리 사용하면서(휴대, 운반, 보관 등) 생각하셨던 **사다리의 구조 및 그에 따른 중량(무게)에 대한 의견**을 선택하여 주시기 바랍니다. (복수 가능)

- ① 경량화를 위해 작업발판은 불필요
② 경량화를 위해 안전난간은 불필요
③ 경량화를 위해 전도방지대(아웃트리거)는 불필요
④ 중량 증가를 감안하더라도 작업발판은 필요
⑤ 중량 증가를 감안하더라도 안전난간은 필요
⑥ 중량 증가를 감안하더라도 전도방지대(아웃트리거)는 필요

Q4) 귀하께서 생각하시는 **적정한 사다리 탑승 인원**을 선택하여 주시기 바랍니다.

- ① 1명 ② 2명 ③ 3명 ④ 인원에 따른 별도의 발판 사용필요 ⑤ 기타()

Q5) 사용하고 계시는 **말비계(우마형 작업대)에 필요한 것**을 선택하여 주시기 바랍니다. (복수 가능)

- ① 안전난간 ② 전도방지대 ③ 발판크기 확장 ④ 높이조절기능 ⑤ 기타()

Q6) 업종별 특화된 사다리형 작업대 개발에 대한 기타 의견을 말씀해 주시기 바랍니다.

IV. 스마트 기술 적용 관련 사항

Q1) 귀하께서는 사다리 사용 중 작업 편의를 위하여 안전장치 미설치 및 보호구 미착용 등 안전수칙을 준수하지 않은 경험이 있습니까?

- ① 예 (복수가능: 안전모(), 안전대(), 전도방지대(아웃트리거)(), 기타())
- ② 아니오

Q2) 아래의 스마트 기술 중 사다리 작업자 안전을 위해 필요하다고 생각하시는 것을 선택해 주십시오. (복수 가능)

- ① 안전모 착용여부 감지 기술 ()
- ② 안전대 착용여부 감지 기술 ()
- ③ 전도방지대(아웃트리거) 설치여부 감지 기술 ()
- ④ 사다리 수평상태 감지 기술 ()
- ⑤ 사다리 작업위치 확인(전송) 기술 ()

Q3) 사다리에 적용하여야 할 안전장치 또는 스마트 기술에 대하여 말씀해 주십시오.

[참고 그림]



- 사다리 수평상태 감지 및 경고
- 레이더를 통한 작업자 유/무 감지
- 작업자가 작업 중인 경우 안전고리 미착용 시 LED Bar에서 RED 색상 점멸
- 휴대폰의 APP으로 경고 및 알림 메시지 통보
- Web관제로 작업자 현황 확인 가능



V. 한국형 사다리형 작업대(K-사다리) 관련 사항

Q1) 귀하께서는 안전보건공단에서 개발한 '한국형 사다리형 작업대(K-사다리)'를 알고 있으신가요?

- ① 예
- ② 아니오(이후 문항은 답변하지 않으셔도 됩니다.)

Q2) 'A형 사다리'와 비교하여 'K-사다리'의 안전성은 어느 정도 개선되었다고 생각하십니까?

- ① 매우 우수 ② 우수 ③ 보통 ④ 미흡 ⑤ 아주 미흡

Q3) 'A형 사다리'와 비교하여 'K-사다리'의 작업성은 어느 정도 수준이라 생각하십니까?

- ① 매우 우수 ② 우수 ③ 보통 ④ 미흡 ⑤ 아주 미흡

Q4) 'A형 사다리'와 비교하여 'K-사다리'의 휴대성은 어느 정도 수준이라 생각하십니까?

- ① 매우 우수 ② 우수 ③ 보통 ④ 미흡 ⑤ 아주 미흡

Q5) 'A형 사다리'와 비교하여 'K-사다리'의 내구성은 어느 정도 수준이라 생각하십니까?

- ① 매우 우수 ② 우수 ③ 보통 ④ 미흡 ⑤ 아주 미흡

Q6) 'K-사다리'의 개선 및 보완해야 할 사항에 대하여 말씀해 주십시오.

◆ 마지막 문항까지 응답해 주셔서 감사드립니다. ◆

연구진

연구기관: 산업안전보건연구원

연구책임자: 황종문 (연구위원, 산업안전연구실)

연구기간

2024. 3. 6. ~ 2024. 11. 30.

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며,
우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

K-사다리(한국형 안전사다리) 현장 적용성 확대 방안 연구
(2024-산업안전보건연구원-660)

발행일 : 2024년 12월 31일
발행인 : 산업안전보건연구원 원장 박승현
연구책임자 : 산업안전연구실 연구위원 황종문
발행처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원
주소 : (44429) 울산광역시 중구 중가로 400
전화 : 052-703-0842
팩스 : 052-703-0334
Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>
I S B N : 979-11-94453-33-8
공공안심글꼴 : 무료글꼴, 한국출판인회의, Kopub바탕체/돋움체