

## 조경시공·관리에 사용되는 삼각지지 이동식 사다리의 전도 안정성 확보 대책

- EN131-Part 7 규정을 적용한 국내 삼각지지 이동식 사다리를 대상으로 -

Measures to Ensure Overturning Stability of Tripod Mobile Ladders Used in  
Landscape Construction and Management

- On Tripod Mobile Ladders Used in Korea Subject to EN131-Part 7 -

이강현\*, 이기열\*\*

\*전남대학교 조경학과 박사과정, \*\*전남대학교 조경학과 부교수

Lee, Kang-Hyeon\*, Lee, Gi-Yeol\*\*

\*Ph.D Candidate, Dept. of Landscape Architecture, Chonnam National University

\*\*Associate Professor, Dept. of Landscape Architecture, Chonnam National University

Received: April 12, 2024

Revised: May 08, 2024 (1st)

Accepted: May 17, 2024

3인인명 심사필

Corresponding author :

Gi-Yeol Lee

Associate Professor, Dept. of

Landscape Architecture,

Chonnam National University,

Gwangju 61186, Korea

Tel.: +82-62-530-2108

E-mail: gylee@jnu.ac.kr

### 국문초록

이동식 사다리를 이용한 고소작업은 조경을 포함한 건설업에서 떨어짐 또는 전도 사고의 주요 원인이라고 할 수 있다. 이동식 사다리는 버팀대의 수와 지지 조건에 따라 A형과 삼각지지로 구분되며, A형과 비교하여 3개의 버팀대만으로 바닥을 지지하는 삼각지지 이동식 사다리는 상대적으로 전도에 대한 불안정성이 높다고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 국내에서 사용되는 삼각지지 이동식 사다리의 제원과 EN131-Part 7의 전도 안정성 평가 규정을 이용하여 전도가 발생할 수 있는 모든 방향에 대해서 전도 및 저항모멘트 계산식을 유도하여 대상 사다리의 모멘트를 계산하고, 이로부터 방향별 전도 안정성을 평가하였다. 이에 따르면 방향에 따라 차이는 있지만 대부분 8단 이상에서 전도에 대해 불안정한 것으로 나타났다. 이 결과를 바탕으로 삼각지지 이동식 사다리가 전도 안정성을 확보할 수 있도록 사다리의 무게, 깊이 또는 폭과 같은 체원의 변경과 전도방지장치인 아웃트리거를 설치하여 저항모멘트를 확대할 수 있는 대책을 제안하였다. 그러나 이들 대책 중 체원을 변경하는 경우에는 증가되는 크기가 과도하여 적용성이 부족한 반면에 아웃트리거는 최소한의 펼침길이만으로도 전도 안정성을 확보할 수 있으므로 적용이 가능한 현실적인 대책이라고 할 수 있다.

**주제어:** 안전율, 전도모멘트, 저항모멘트, 전도사고, 아웃트리거

### ABSTRACT

A significant cause of fall or overturning accidents in the construction industry, including landscaping construction and management, is work at heights using portable ladders. Portable ladders are classified as A-type or triangular support ladders depending on the number of supporting leg and support conditions. The tripod mobile ladder, which supports itself with only three supporting legs, is unstable and more prone to overturning compared to the A type ladders. Therefore, using the specifications of the tripod mobile ladder and the stability regulations of EN131-Part 7, overturning and resistance moment calculation formulas were derived for all directions in which overturning could occur. The moments calculated using these equations, and the overturning stability in each direction were evaluated. According to the calculation results, although there are differences depending on the direction, most are unstable for overturning at 8 or more steps. Based on these results, this study proposed measures to increase the moment of resistance by changing the weight, depth, and width, and using outriggers to ensure stability against the overturning of ladder. However, when changing the specifications of these measures, the size increases are excessive and the applicability is insufficient. On the other hand, outriggers are an applicable measure as they can ensure stability against overturning with only a minimum expansion length.

**Key words:** Safety Factor, Overturning Moment, Resistance Moment, Overturning Accident, Outrigger

## 1. 서론

조경업을 포함한 건설업에서는 고소작업을 위하여 A형 및 삼각지지 이동식 사다리를 이용하며, 이에 따른 떨어짐이나 전도 산업재해의 비중이 높다. 2017년 산업재해 현황분석에 따르면, 건설업에서 발생한 산업재해는 총 25,649건이었으며, 이 중 37%에 해당하는 9,411건이 떨어짐 및 전도에 의해 발생하여 산업재해의 주요한 원인이라고 할 수 있다(고용노동부, 2018). 이에 따라 고용노동부는 사다리를 이용한 고소작업 시 발생하는 안전사고를 예방하기 위해 2018년 12월에 이동식 사다리 안전작업지침을 고시하였다. 이 지침에서는 사망 재해가 높은 A형 및 삼각지지 이동식 사다리(지침에서는 조경용 사다리로 표기) 이용 시 작업발판 용도로 사용을 전면 금지하고 오르내리는 통로로만 사용하도록 규정하였으나, 이 지침의 제한된 적용 범위로 인한 현장의 개선 요구에 따라 현재는 작업 높이 3.5m 이하에서 2인 1조로만 사다리 작업을 허용하고, 세부적으로 지침의 범위를 사다리의 높이에 따라 3단계로 구분하여 각각 작업방법을 제시하는 것으로 개정하였다(고용노동부, 2019). 이러한 노력에도 불구하고, 떨어짐 및 전도에 의한 산업재해는 여전히 매년 발생하는 사고 중 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 통계를 보는 산업재해에 따르면, 2022년 발생한 사망사고는 조경업을 포함한 건설업에서 46%에 해당하는 402건이 발생하였으며, 이 중 떨어짐 및 전도에 의한 사망사고는 59%에 해당하는 237건으로 건설업 사망사고의 절반 이상이 떨어짐 및 전도에 의해 발생하는 것으로 나타났다(안전보건공단, 2023). 이러한 산업재해 기인물인 이동식 사다리 중 건설현장에서 주로 이용되는 A형은 좌우 대칭으로 4개의 버팀대가 바닥을 지지하여 전도에 대해 안정하다고 할 수 있으나, 조경 분야에서 주로 사용되는 삼각지지 이동식 사다리는 3개의 버팀대로만 바닥을 지지하기 때문에 상대적으로 전도에 대해 불안정하다고 할 수 있다. 또한, A형 사다리와 비교하여 수목 관리, 전정 등에 사용되는 삼각지지 이동식 사다리는 1인 작업이 많고, 작업 대상이 되는 수목의 수고가 대부분 3.5m보다 높아 이동식 사다리 안전작업지침을 적용할 수 없으며, 고소작업에 따른 전도사고 발생가능성이 높다고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 국내에는 작업 높이가 높고 전도에 불안정한 삼각지지 이동식 사다리를 포함한 이동식 사다리의 전도 안정성 평가에 관한 기준 및 규정이 없는 실정이다.

이와 함께 국내에서 진행되는 이동식 사다리에 관한 연구는 대부분 이동식 사다리의 지참제도에 대한 개선방안 및 산업재해에 대한 예방대책을 제시하는 연구가 진행되고 있으며, 삼각지지 이동식 사다리의 전도와 관련된 연구는 부족한 실정이다. 국내 선행연구에서는 A형 사다리 작업 중 발생하는 사망사고의 원인을 분석하고, 이에 대한 개선방안 및 예방대책 제시하는 연구가 주로 진행되었다. 김형석 등(2009)은 사다리 추락재해의 원인을 미끄러짐으로 규정하고, 미끄러짐을 저감할 수 있는 안전모형을 제시하였다. 송창섭 등(2013)은 건설현장 사다리 사용 중 발생하는 추락사고를 분석하여 사다리 사용 문제점을 4가지로 분석하였고, 이에 대한 사다리 사고 예방을 위한 다양한 방법을 제시하였다. 윤간우 등(2015)은 농업인 사고자 중 사다리 추락 손상자 16명을 대상으로 원인 조사를 진행하였으며, 추락 손상을 감소시키는 방안을 제시하였다. 이문호(2020)는 현장실태조사 및 전문가 의견수렴을 통하여 이동식 사다리에 의해 발생하는 사고 원인을 파악하고 이에 대한 이론적 및 현장적용 개선방안을 제시하였다. 또한, 국외 법령과 비교를 통한 국내 지침 개선방안을 제시하는 연구도 진행되었다. 김대영 등(2020)은 추락재해 기인물인 사다리에 대하여 일본, 미국, 영국, 싱가포르의 법령과 국내 법령의 비교를 통해 한국 건설현장의 추락재해 개선방안을 제시하였다. 황중문과 신성우(2020)는 이동식 사다리 재해 예방과 관련하여 국내외 안전 제도를 분석하고 이에 대한 국내 제도의 문제점과 개선방안을 제시하였으며, 이동식 사다리와 관련된 제도 분석 및 추락에 의한 사망사고 위험 요인 분석과 실태조사를 통해 이동식 사다리 안전사고 예방방안을 제시하고, 해외와 비교하여 미흡한 국내 안전기준 및 안전지침에 대한 보완의 필요성을 언급하였다.

이와 다르게 김은일 등(2023)과 이강현(2024)이 수행한 연구에서는 조경 현장에서 주로 사용하는 삼각지지 이동식 사다리의 전도 위험성에 대한 정량적 평가를 위하여 미국의 ANSI-ASC A14.7(2012)과 유럽연합의 EN131-Part 7(2013)을 적용한 삼각지지 이동식 사다리의 후측면 방향에 대한 전도 안정성 평가를 수행하였다. 연구결과에 따르면, ANSI-ASC A14.7 규정은 후측면 방향에서 전도 안정성을 확보할 수 있으나, EN131-Part 7 규정에 의하면, 후면은 8단, 측면은 6단 이상의 단수에서 전도에 대해 불안정하다고 평가하였다. 그러나 이들 연구에서는 전도 안정성 평가 시 정면 방향에 대한 평가를 진행하지 않았고, 대상 삼각지지 이동식 사다리의 수가 적었으며, 전도 안정성 확보 대책을 제시하지 못하였다. 이에 본 연구에서는 EN131-Part 7의 규정을 적용하여 전도 발생 가능성이 있는 정면, 후면, 측면 등 삼각지지 이동식 사다리의 모든 방향에 대한 전도 안정성 평가를 진행하고, 그 결과로부터 전도 안정성을 확보할 수 있는 대책을 제시하는 것을 목적으로 한다.

2. 연구 방법

삼각지지 이동식 사다리에 대한 전도 안정성 평가를 위해서는 EN131-Part 7에서 규정하는 하중 및 사다리 제원을 통하여 전도모멘트(Overturning moment,  $M_O$ ) 및 저항모멘트(Resistance moment,  $M_R$ )를 각각 계산하여야 한다. 이에 따라 그림 1(a)에 보인 바와 같이 EN131-Part 7의 수평하중( $W_H$ )과 작업하중( $W_W$ )을 이용하여 전도 발생 가능성이 있는 방향을 정면(front), 후면(rear), 측면(side)으로 구분하고, 각 방향별로 전도 및 저항모멘트 계산식을 각각 유도하였다. 계산식에 사용되는 삼각지지 이동식 사다리의 제원을 확보하기 위하여 사다리 제조사(B사, P사, S사, Y사) 및 온라인 쇼핑몰을 대상으로 국내에서 판매 중인 삼각지지 이동식 사다리를 조사하였다. 조사된 사다리 제원과 전도 및 저항모멘트 계산식을 이용하여 방향별 전도 및 저항모멘트를 계산하고 이에 따른 전도 안정성 평가를 수행하였다. 그리고 평가결과 전도에 대해 불안정한 삼각지지 이동식 사다리에 대해서는 사다리 제원 변경 또는 전도 방지 장치인 아웃트러거 설치를 통한 전도 안정성 확보 대책을 제시하였다.

2.1 EN131-Part 7

삼각지지 이동식 사다리를 포함한 이동식 사다리와 관련된 국내 기준 및 지침은 사다리의 강도, 성능 및 내구성 시험에 관한 사항들을 규정하고 있으나, 전도 안정성 평가와 관련된 규정을 제시하지 않고 있다. 이와는 다르게 미국의 ANSI-ASC A14.7과 유럽연합의 EN131-Part 7에서는 전도 안정성 평가 규정을 제시하고 있으며, 이에 필요한 수평하중 및 작업하중 등을 정의하고 있다. 본 연구에서는 ANSI-ASC A14.7과 비교하여 작업발판에서 발생하는 수평하중을 실제 작업조건과 유사하게 반영한 EN131-Part 7을 전도 안정성 평가에 사용하였다. 이 기준에서는 전도 안정성 평가에 필요한 작업하중을 750N으로 규정하였으며, 수평하중은 높이에 따라 2.5m 이하에서는 300N, 2.5m를 초과한 경우에는 외부작업에 따른 풍하중의 영향을 반영하여 450N으로 규정하였다.

2.2 삼각지지 이동식 사다리 현황

EN131-Part 7에서 규정한 수평하중 및 작업하중과 전도 안정성 평가에 필요한 삼각지지 이동식 사다리의 제원인 사다리 무게( $W_L$ ), 하단 폭(B), 깊이(D) 및 사다리 높이(H)를 그림 1(a)에 도해하였다. 이 제원들을 바탕으로 현황조사를 진행한 결과, 국내 사다리 제조사 및 온라인 쇼핑몰에서 판매 중인 삼각지지 이동식 사다리는 총 294개였으며, 이중 전도 안정성 평가에 사용되는 4개 변수를 모두 제공하는 사다리는 21개뿐이었다. 나머지 273개의 사다리 중 1개 변수만 제공하는 사다리 41개, 2개 변수만 제공하는 사다리 121개, 3개 변수를 제공하는 사다리는 111개였으며, 조사 결과는 부록에 정리하였다. 본 연구에서는 3가지 변수를 제공하는 사다리 중 기하적인 조건을 이용하여 얻을 수 있는 깊이를 제외한 나머지 변수를 제공하는 108개를 대상으로 아래와 같은 조건으로 깊이를 계산하여, 총 129개의 사다리를 대상으로 전도 안정성 평가를 실시하여 결과의 신뢰도를 확보하였다. 사다리 깊이는

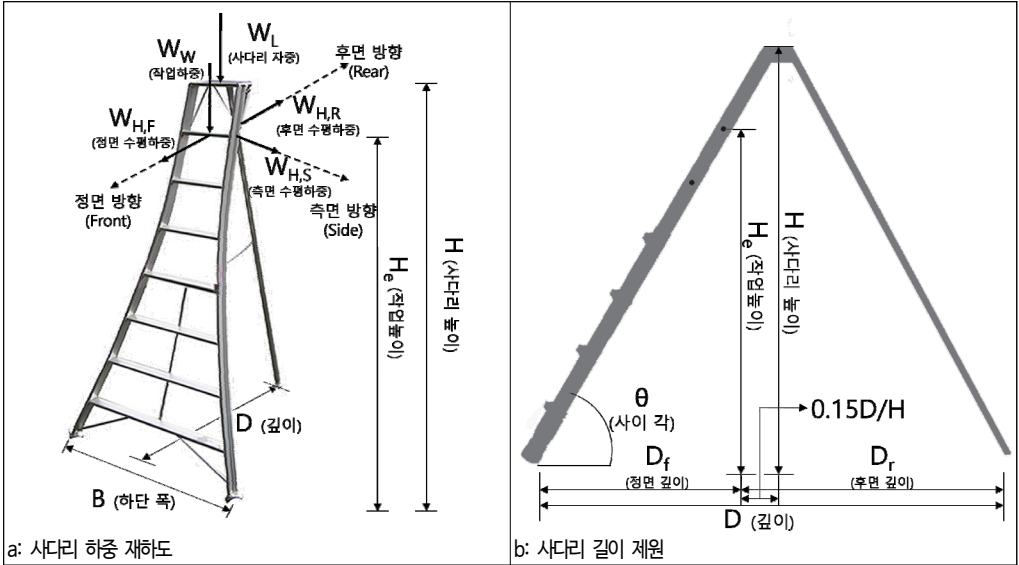


그림 1. 전도 안정성 평가에 사용되는 삼각지지 이동식 사다리 제원

그림 1(b)에 제시된 바닥 지지면과 베타대 사이 각( $\theta$ )을 유도하여, 삼각지지 이동식 사다리의 기하학적 조건을 이용한 삼각함수를 통해 도출할 수 있다. 즉, 사다리의 높이(H)와 깊이의 절반(D/2)의 비로 정의되는  $\tan\theta(=2H/D)$ 를 깊이에 대한 식으로 변형하여 다음과 같이 유도하였다.

$$D = \frac{2H}{\tan\theta} \quad (\text{식 } 1)$$

본 연구에서는 사이 각( $\theta$ )을 유도하기 위해서 모든 변수를 제공하는 21개 사다리의 단수별 높이와 깊이의 관계를 삼각함수로 정의한 후, 역함수를 이용하여 바닥 지지면과 베타대의 사이 각을 구하였다. 그리고, 그림 2와 같이 단수(x)에 따른 사이 각( $\theta$ )의 관계식을 다음과 같이 유도하였다.

$$\theta = 3.1576\ln(x) + 64.987 \quad (\text{식 } 2)$$

식 2의 신뢰도는 0.8956으로 높다고 간주할 수 있어 사다리 깊이 계산 시 적용이 가능할 것으로 판단된다. 이에 따라 모든 변수를 제공하는 사다리 21개와 식 2를 통해 깊이를 도출한 사다리 108개를 더하여 총 129개의 삼각지지 이동식 사다리 자료를 확보하였다. 자료조사 및 기하학적 조건을 이용하여 확보한 삼각지지 이동식 사다리의 제원은 단수별로 다양한 값을 가지며, 이를 3단씩 구분하여 표 1에 정리하였다.

또한, 사다리 제원중 높이(H)를 이용하여 전도 안정성 평가에 이용할 작업 높이( $H_L$ )를 도출하였다. 이동식 사다리 안전작업지침에서는 사다리 최상단에서 작업을 금지하기 때문에, 작업 높이  $H_L$ 는 바닥 지지면으로부터 사다리

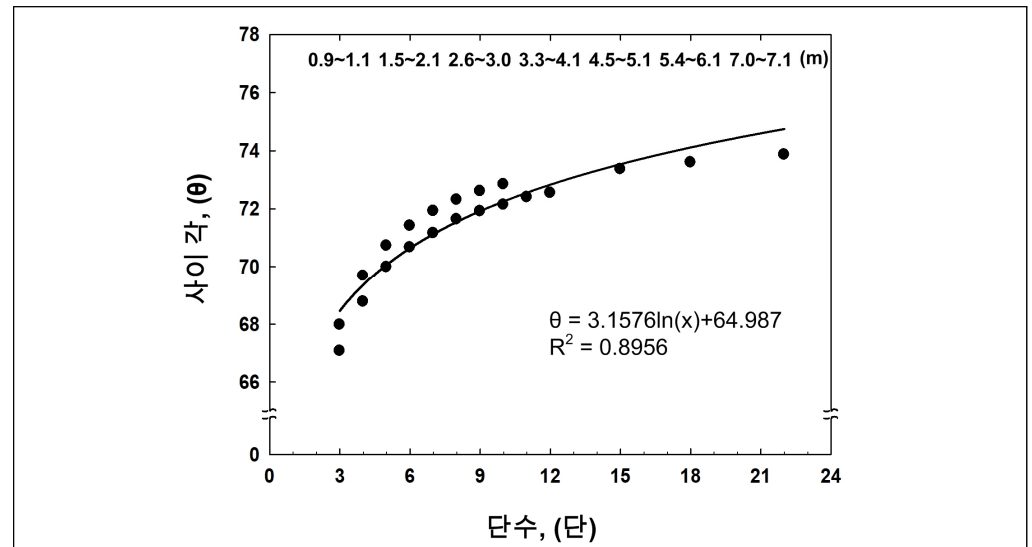


그림 2. 삼각지지 이동식 사다리의 단수와 사이각의 상관관계

표 1. 전도 안정성 평가에 사용된 사다리 제원

단수 (단)	작업 높이 (m)	깊이 (m)	무게 (kg)	폭 (m)	사다리 수(모든 변수 제공) (개)
3-5	0.87-1.72	0.70-1.25	3.0-6.0	0.72-1.21	25(6)
6-8	1.54-2.72	1.08-1.81	5.6-10.7	0.85-1.45	30(6)
9-11	2.72-3.74	1.78-2.35	9.0-14.7	1.07-1.50	24(5)
12-14	3.34-4.76	2.06-2.85	12.1-22.1	1.15-1.75	20(1)
15-17	4.52-5.70	2.67-3.28	17.2-24.8	1.65-1.85	14(1)
18-20	5.40-6.12	3.18-3.48	26.3-28.5	1.68-2.15	7(1)
21-22	6.60-7.14	3.76-3.93	34.0-41.5	1.95-2.30	6(1)
사다리 개수 총계					129(21)

최상단 바로 아랫단까지의 높이로 계산해야 한다. 그런데 현황조사결과에 따르면, 사다리 제조사들은 사다리 디딤대 간격을 빗변 또는 수직 방향에 따라 각각 0.3m로 제시하고 있었으며, 해당 거리는 전도 안정성 평가에 이용되는  $H_e$  계산 시 그 차이가 미소할 것으로 판단된다. 이에 본 연구에서는 디딤대 사이의 수직 거리를 0.3m로 산정하였으며,  $H_e$ 는 H에서 디딤대 사이의 수직 거리인 0.3m를 뺀 값으로 이용하였다.

### 3. 전도·저항모멘트 계산식 유도 및 전도 안정성 평가

전도 안정성 평가를 위하여 EN131-Part 7에서 규정하는 하중과 현황조사를 통해 확보한 사다리 재원을 이용하여 전도 및 저항모멘트 계산식을 유도하였다. 전도모멘트( $M_O$ )는 상단 디딤대에서 작업자에 의해 유발되는 수평하중과 바닥 지지면으로부터 작업자가 위치한 높이의 곱으로 구할 수 있으며, 저항모멘트( $M_R$ )는 사다리의 무게 및 작업자에 의해 유발되는 작업하중과 각 하중이 재하되는 지점에서 각 지지점까지 거리의 곱으로 구할 수 있다.

#### 3.1 전도모멘트 계산식

전도모멘트  $M_O$ 는 상단 디딤대에서 작업자에 의해 유발되는 수평하중( $W_{H,F}$ )과 작업자가 위치한 지점까지 높이( $H_e$ )의 곱으로 정의되며, 전도가 발생할 수 있는 방향에 따라 아래의 식으로 유도하였다.

$$M_{O,F} = W_{H,F} \times H_e \quad (\text{식 3a})$$

$$M_{O,R} = W_{H,R} \times H_e \quad (\text{식 3b})$$

$$M_{O,S} = W_{H,S} \times H_e \quad (\text{식 3c})$$

정면 방향 전도모멘트( $M_{O,F}$ )는 그림 3a에 제시한 바와 같이 정면 방향 수평하중( $W_{H,F}$ )과 작업높이( $H_e$ )의 곱으로

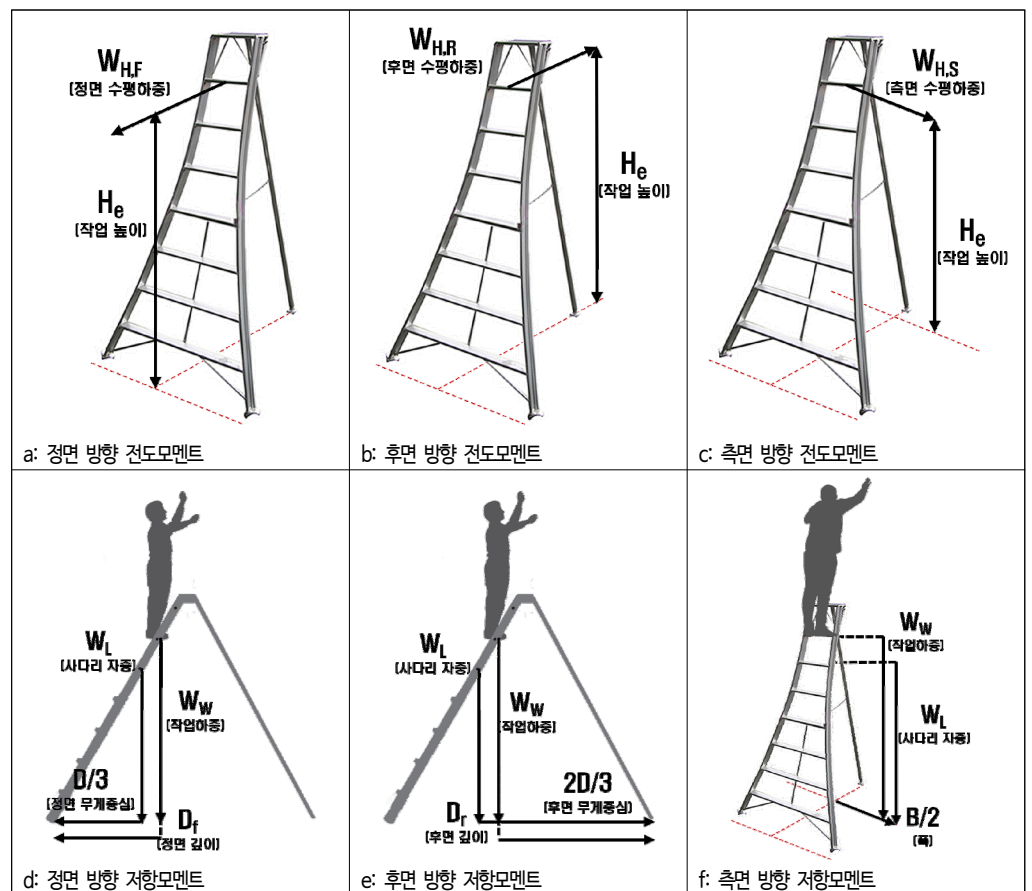


그림 3. 방향별 전도 및 저항모멘트 변수

구할 수 있으며, 후면 및 측면 방향 전도모멘트( $M_{O,R}$ ,  $M_{O,S}$ ) 또한 그림 3(b), 그림 3(c)에 제시한 바와 같이 방향별 수평하중( $W_{H,R}$ ,  $W_{H,S}$ )과  $H_e$ 의 곱으로 유도된다.

### 3.2 저항모멘트 계산식

저항모멘트  $M_R$ 은 작업자에 의해 유발되는 작업하중( $W_W$ ) 및 사다리 무게( $W_L$ )와  $W_W$ 과  $W_L$ 가 재하되는 지점으로부터 방향별 지지점까지 거리의 곱으로 유도할 수 있다. 해당 하중은 사다리 지지면 바닥을 기준으로 투영된 도심의 해당 위치에 재하되는 것으로 간주하였으며, 이때  $W_L$ 은 힘의 단위로 환산하여 적용하였다.

정면 방향 저항모멘트( $M_{R,F}$ )는 그림 3(d)에 제시한 바와 같이  $W_W$ 과  $W_W$ 가 작용하는 지점으로부터 정면 지지점까지의 거리( $D_f$ )의 곱과  $W_L$ 과  $W_L$ 이 재하된 지점으로부터 정면 지지점까지의 거리( $D/3$ )의 곱을 더한 것으로 다음과 같이 유도하였다.

$$M_{R,F} = (W_W \times D_f) + \left( W_L \times \frac{D}{3} \right) \quad (\text{식 4})$$

여기서,  $W_L$ 이 재하된 지점으로부터 정면까지의 거리는 삼각지지 이동식 사다리가 투영된 하단 삼각형의 도심부터 정면까지의 거리인  $D/3$ 로 간주할 수 있다. 그리고,  $D_f$ 는 깊이의 절반( $D/2$ )에서 그림 1(b)에 제시한 사다리의 중심에서 작업자가 위치한 곳까지의 거리를 나타내는  $0.15D/H$ 를 뺀 값으로 계산할 수 있다.

후면 방향 저항모멘트( $M_{R,S}$ )는 그림 3(e)에 제시한 바와 같이  $W_W$ 과  $W_W$ 이 재하되는 지점으로부터 후면 지지점까지의 거리( $D_r$ )의 곱과  $W_L$ 과  $W_L$ 이 재하된 지점으로부터 정면 지지점까지의 거리( $2D/3$ )의 곱을 더한 것으로 다음과 같이 유도된다.

$$M_{R,R} = (W_W \times D_r) + \left( W_L \times \frac{2D}{3} \right) \quad (\text{식 5})$$

여기서,  $W_L$ 은 정면과 같은 위치에 재하되며, 해당 지점으로부터 후면까지의 거리를  $2D/3$ 로 간주할 수 있다. 또한,  $D_r$ 는 깊이의 절반( $D/2$ )에서 그림 1(b)에 제시한 사다리의 중심에서 작업자가 위치한 곳까지의 거리를 나타내는  $0.15D/H$ 를 더한 값으로 계산할 수 있다.

측면 방향 저항모멘트( $M_{R,S}$ )는 그림 3(f)에 제시한 바와 같이  $W_W$ 과  $W_L$ 의 합에 사다리 폭( $B/2$ )의 곱으로 다음과 같이 유도되며, 좌우 대칭 구조를 갖는 사다리의 특성에 따라  $M_{R,S}$ 는 좌우측이 동일한 크기로 산정된다.

$$M_{R,S} = (W_W + W_L) \times \frac{B}{2} \quad (\text{식 6})$$

### 3.3 전도 및 저항모멘트 계산에 따른 전도 안정성 평가

전도 안정성 평가를 위하여 식 3~6을 이용하여 계산한 방향별  $M_O$  및  $M_R$ 의 상관관계를 그림 4(a)에 정리하였다. 이 그림에 따르면, 정면 방향에서는 일부 낮은 단수를 제외하고  $M_R$ 이  $M_O$ 보다 작았다. 또한, 후면 및 측면 방향의 경우 약 8단을 기준으로, 8단보다 낮은 단수에서는 후면은  $M_R$ 이  $M_O$ 보다 컸으며, 측면은  $M_R$ 과  $M_O$ 가 혼재하였다. 8단을 초과하는 단수에서는 후면과 측면 모두  $M_R$ 이  $M_O$ 보다 작았다.  $M_O$  및  $M_R$ 의 상관관계 비교를 통하여 전도 안정성을 평가할 수 있으며, 이때,  $M_R$ 이  $M_O$ 보다 크면 전도에 대해 안정,  $M_R$ 이  $M_O$ 보다 작으면 전도에 대해 불안정으로 판단할 수 있다. 이에 따라 방향별로  $M_R$ 과  $M_O$ 을 비교한 결과, 정면에서는 전도에 대해 불안정하였으며, 후면 및 측면에서는 8단을 초과하는 단수에서 모두 전도에 대해 불안정하였다.

이와 함께, 도출된  $M_O$  및  $M_R$ 을 바탕으로 단수에 따른 방향별 안전율을 계산하여 그림 4(b)에 정리하였으며, 여기서 안전율은  $M_R/M_O$ 로 계산할 수 있다. 정면에서는 일부 낮은 단수를 제외하고 모든 단수에서 안전율이 1.0보다 낮았으며, 후면에서는 8단 이하의 단수에서는 2.3~1.1의 안전율을 확보하였으나, 측면에서는 0.7~2.4의 안전율을 확보하였다. 8단을 초과하는 단수의 경우, 후면과 측면 모두 안전율이 1.0보다 작았다. 이에 따라 방향별로 안전율에 따른 전도 안정성 평가를 진행한 결과, 정면에서는 전도에 대해 불안정하였다. 후면에서는 8단 이하에서 전도에 대해 안정하였으며, 측면에서는 8단 이하에서 일부는 전도에 대해 안정하였지만, 대부분 전도에 대해 불안정하

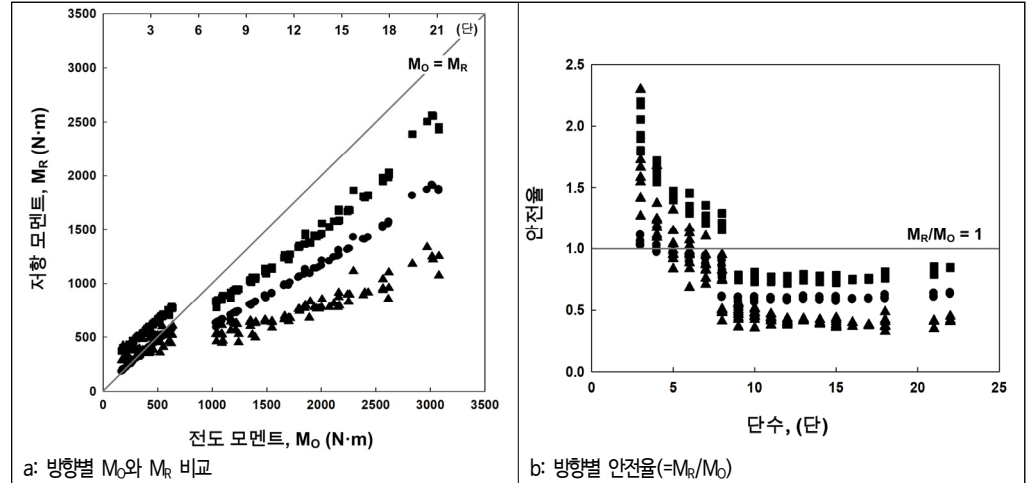


그림 4. EN131-Part 7을 적용한 전도 안정성 평가  
 범례: ● 정면 방향, ■ 후면 방향, ▲ 측면 방향

였다. 또한, 8단을 초과하는 단수에서는 후면과 측면 모두 전도에 대해 불안정하였다.

이상과 같이 EN131-Part 7 기준을 적용하여 전도 안정성 평가를 진행한 결과가 불안정한 이유는  $M_R$ 을 지배하는 작업하중에 비하여  $M_O$ 를 지배하는 수평하중 및 높이가 상대적으로 크기 때문이다. 이를 통해, 삼각지지 이동식 사다리는 일부 낮은 단수에서 전도에 대해 안정하였으나 대부분 전도에 대해 불안정한 것을 확인하였다.

## 4. 전도 안정성 확보 대책

### 4.1 사다리 제원 변경

EN131-Part 7 규정에 따라 전도에 대해 불안정한 삼각지지 이동식 사다리의 전도 안정성을 확보하기 위해서는 저항모멘트의 크기를 증가시켜야 한다. 이를 위해서 저항모멘트 식 4~6을 구성하는 변수를 대상으로 전도모멘트를 초과할 수 있도록 방향 및 변수별로 식을 변경하였다.

#### 4.1.1 무게

방향별 저항모멘트 식 4~6이 전도모멘트 식 3보다 커지도록 사다리 무게( $W_L$ )에 대하여 정리하였다. 방향별 전도 안정성을 확보할 수 있는 사다리 무게는 아래와 같이 부등식 형태로 유도된다.

$$W_{L,F(req)} > 0.3 \times \frac{(W_{H,F} \times H_c) - (W_W \times D_f)}{D} \quad (\text{식 7a})$$

$$W_{L,R(req)} > 0.15 \times \frac{(W_{H,R} \times H_c) - (W_W \times D_r)}{D} \quad (\text{식 7b})$$

$$W_{L,S(req)} > 0.1 \times \frac{(2 \times W_{H,S} \times H_c) - (W_W \times B)}{B} \quad (\text{식 7c})$$

이때, 계산에 사용하는 무게는 앞서 모멘트 계산 시 사다리 무게( $W_L$ )를 힘(N)으로 변환하여 이용하였기 때문에, 무게(kg)로 환산하여 적용하였다. 위 식을 통해 계산된 전도 안정성을 확보하는 사다리의 무게  $W_{L(req)}$ 를 도출하여 표 2에 정리하였다. 이때,  $W_{L(req)}$ 는 단수별로 사다리 제원의 차이가 있으므로 계산된 결과가 다양하게 도출되었다. 해당 단수에서 주요 변수를 제외한 제원과 관계없이 전도 안정성을 확보하기 위해서는 도출된 결과 중 최댓값이 확보되어야 한다. 이를 모두 포함하는 값은 단수별 전도 안정성을 확보하는데 필요한 최소값이라고 할 수 있다. 여기서, 앞 절에서 수행한 전도 안정성 평가결과에 따라 전도에 대한 안정성을 확보하고 있는 사다리들은 계산에서 제외하였으며, 그 값을 0으로 제시하였다. 이에 따라, 표 2에서 보이는 바와 같이 계산 결과는 1.1~240kg의 값을 갖는 것을 확인하였다. 산업안전보건공단의 인력운반 작업에 관한 안전가이드에서는 일시 작업 간 성인 작업자 1인에게 권장하는 최대 중량을 30kg으로 제시하고 있다(안전보건공단, 2015). 그러므로 사다리 무게 변경을 통한 전도

표 2. 방향별 전도 안정성 확보를 위한 단수별 최소 무게

[단위: kg]

단수(단)		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	21
방 향 별	무게																	
	정면 소요 무게 ( $W_{L,F(req)}$ )	1.1	6.7	12.8	17.7	21.6	79.9	91.1	95.1	94.1	98.3	102.0	105.0	109.0	112.0	115.0	118.0	127.0
	후면 소요 무게 ( $W_{L,R(req)}$ )	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.6	32.7	35.9	38.0	40.9	43.4	45.7	48.0	49.8	51.8	53.8	58.8
	측면 소요 무게 ( $W_{L,S(req)}$ )	0.0	0.0	21.6	45.0	41.6	128.0	157.0	165.0	154.0	162.0	150.0	165.0	185.0	189.0	192.0	236.0	240.0
사다리 최소 무게 ( $W_{L(req)}$ )		1.1	6.7	21.6	45.0	41.6	128.0	157.0	165.0	154.0	162.0	150.0	165.0	185.0	189.0	192.0	236.0	240.0

안정성 확보대책을 적용하기에는 5단 이상부터 작업자 1인이 운반하기에 사다리의 무게가 과도하다고 판단되며, 1인 작업의 특성을 고려하면 현장 적용성이 떨어진다고 판단된다.

#### 4.1.2 깊이 및 폭

사다리 무게 변경을 통한 전도 안정성 확보 대책과 마찬가지로 정면 및 후면은 깊이에 대하여, 측면은 폭에 대하여 방향별 저항모멘트 식 4~6이 전도모멘트 식 3보다 커지도록 식을 사다리 깊이 및 폭에 대하여 정리하였다. 방향별 전도 안정성을 확보할 수 있는 사다리 깊이와 폭은 아래와 같이 부등식 형태로 유도된다.

$$D_{f(req)} > \frac{6 \times W_{H,F} \times H_e}{3 W_W \left( 1 - \frac{0.3}{H} \right) + 2 W_L} \quad (\text{식 8a})$$

$$D_{r(req)} > \frac{6 \times W_{H,R} \times H_e}{3 W_W \left( 1 + \frac{0.3}{H} \right) + 2 W_L} \quad (\text{식 8b})$$

$$B_{(req)} > 2 \frac{W_{H,S} \times H_e}{W_W + W_L} \quad (\text{식 8c})$$

위 식을 통해 계산된 전도 안정성을 확보하는 사다리의 깊이  $D_{(req)}$ 와 폭  $B_{(req)}$ 을 표 3에 단수별로 정리하였다. 이때,  $W_{L(req)}$ 과 마찬가지로  $D_{(req)}$ 와  $B_{(req)}$  또한 단수별로 사다리 제원이 다양하여 범위 값으로 도출되었으며, 이를 모두 포함하는 값을 해당 단수별 전도 안정성을 확보하는데 필요한 최소값으로 제시하였다. 표 3에 따르면 전도 안정성을 확보하기 위해서 정면 깊이는 0.91~13.61m가 필요하였고, 후면 깊이는 0.51~11.88m가 필요하였으며, 폭은 0.62~5.648m가 필요하였다. 해당 방식에서 제시하는 길이는 8단 이상 사다리에서 해당 사다리의 높이보다 긴 길이 및 폭이 필요하므로, 1인 작업이 주로 이루어지는 조경 분야의 현장 조건을 고려하였을 때, 현실적으로 적용하기에 제한적이라고 판단된다.

표 3. 방향별 전도 안정성 확보를 위한 최소 깊이 및 폭

[단위: m]

단수(단)		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	21
깊이, 폭	정면 소요 깊이 ( $D_{f(req)}$ )	0.91	1.19	1.47	1.80	2.10	3.59	4.40	4.61	5.12	5.75	6.68	7.23	7.96	8.05	8.81	10.01	13.61
	후면 소요 깊이 ( $D_{r(req)}$ )	0.51	0.76	1.01	1.32	1.60	2.82	3.26	3.79	4.27	4.86	5.65	6.18	6.85	7.00	7.71	8.78	11.88
	측면 소요 폭 ( $B_{(req)}$ )	0.62	0.84	1.06	1.30	1.51	2.61	2.95	3.27	3.58	3.90	4.03	4.34	4.60	4.67	4.92	5.15	5.65



4.2 아웃트리거 설치

사다리 제원 변경을 통하여 전도 안정성을 확보하는 대책은 사다리의 무게, 깊이, 폭이 과도하게 증가하여, 1인 작업이 주로 이루어지는 조경 현장에서 작업자가 이용하는데 부적합하다고 판단된다. 이와 같은 한계를 보완하기 위하여, 그림 5에 보인 바와 같이 사다리 전도방지장치인 아웃트리거를 방향별로 설치하여 전도 안정성을 확보하는 방안을 제시하였다. 아웃트리거의 설치 위치는 사다리의 버팀대 기준 0.3m 높이로 가정하였다.

방향별 저항모멘트 식 4~6이 전도모멘트 식 3보다 커지도록 식을 아웃트리거 펼침 길이에 대하여 정리하였다. 방향별 전도 안정성을 확보할 수 있는 아웃트리거 펼침 길이는 아래와 같이 부등식 형태로 유도된다.

$$D_{F,O(req)} > \frac{(W_{H,F} \times H_c) - \left(W_L \times \frac{D}{3}\right)}{W_W} - D_f$$

(식 9a)

$$D_{R,O(req)} > \frac{(W_{H,R} \times H_c) - \left(W_L \times \frac{2D}{3}\right)}{W_W} - D_r$$

(식 9b)

$$B_{O(req)} > \frac{W_{H,S} \times H_c}{W_W + W_L} - \frac{B}{2}$$

(식 9c)

위 식을 통해 계산된 전도 안정성을 확보하는 아웃트리거 최소 펼침 길이  $D_{O(req)}$ ,  $B_{O(req)}$ 를 표 4에 단수별로 정리하였다. 이때, 사다리 제원 변경 대책과 마찬가지로  $D_{O(req)}$ 와  $B_{O(req)}$  또한 단수별로 사다리 제원이 다양하여 범위 값으로 도출되었으며, 이를 모두 포함하는 값을 해당 단수별 전도 안정성을 확보하는데 필요한 최소값으로 제시하였다. 여기서, 앞 절에서 수행한 전도 안정성 평가에 따라 전도에 대한 안정성을 확보하고 있는 사다리들은 제외하였다. 표 4에 따르면 방향별 필요한 아웃트리거 최대 길이는 정면에서 0.01~1.63m, 후면에서 0.31~0.87m, 측면에서 0.09~1.82m로 나타났으며, 이 길이 이상이면 전도 안정성을 확보할 수 있다.

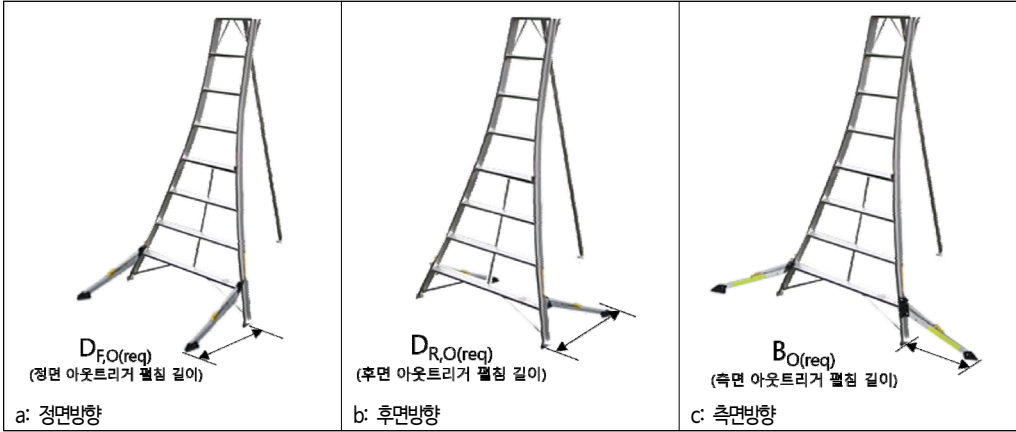


그림 5. 아웃트리거 설치를 통한 방향별 저항모멘트 추가 길이

표 4. 방향별 전도 안정성 확보를 위한 아웃트리거 최소 펼침 길이 [단위: m]

단수(단) 아웃트리거	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	21
정면 최소 펼침 길이 ( $D_{F,O(req)}$ )	0.0	0.01	0.04	0.06	0.09	0.58	0.67	0.77	0.86	0.96	1.02	1.12	1.21	1.25	1.34	1.42	1.63
후면 최소 펼침 길이 ( $D_{R,O(req)}$ )	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.31	0.39	0.48	0.56	0.64	0.64	0.72	0.77	0.77	0.82	0.84	0.87
측면 최소 펼침 길이 ( $B_{O(req)}$ )	0.0	0.0	0.09	0.20	0.22	0.77	0.94	1.05	1.11	1.20	1.18	1.33	1.46	1.46	1.53	1.80	1.82

이와 같이 아웃트리거 설치를 통한 전도 안정성 확보 대책은 협소한 공간에서도 제원 변경 대책에 의한 값보다 짧은 아웃트리거 설치를 통해 전도 안정성을 확보할 수 있다고 판단된다. 두 가지 대책의 차이를 정량적으로 비교 하면, 정면 소요 길이의 약 14%, 후면 소요 길이의 약 9%, 측면 소요 길이의 약 40% 정도로 전도 안정성을 확보 할 수 있다. 따라서 아웃트리거 설치는 협소한 공간이나, 1인 작업이 주로 이루어지는 조정 시공관리현장에서 사다리 제원 변경의 한계점을 극복할 수 있을 것으로 판단된다.

## 5. 결론

본 연구에서는 조정 분야에서 사용하는 삼각지지 이동식 사다리에 대하여 EN131-Part 7의 전도 안정성 평가 규정을 적용하여 방향별 전도 및 저항모멘트 계산식을 유도하였다. 국내에서 판매 중인 294개의 사다리 중 전도 안정성 평가에 필요한 제원을 모두 제공하는 사다리는 21개였으며, 깊이를 제공하지 않으나 기하학적 조건을 이용하여 계산할 수 있는 사다리 108개를 포함하여 총 129개의 삼각지지 이동식 사다리를 연구 대상으로 하였다. 이를 유도된 계산식에 대입하여 전도 안정성 평가를 진행하고, 평가결과를 바탕으로 사다리의 주요 제원 변경 또는 아웃트리거 설치를 통한 전도 안정성 확보 대책을 제시하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, EN131-Part 7의 전도 안정성 평가 규정에 근거한 전도 및 저항모멘트 계산식을 각각 유도하고, 국내에서 판매되는 사다리의 제원을 이용하여 방향별 전도 및 저항모멘트를 각각 계산하였다.

둘째, 전도 안정성 평가결과, 국내에서 사용되는 삼각지지 이동식 사다리는 정면에서 일부 낮은 단수를 제외하고 대부분 전도에 대해 불안정하였으며, 후면 및 측면에서는 8단을 초과하는 경우 전도에 대해 불안정하였다.

셋째, 전도에 대해 불안정한 삼각지지 이동식 사다리에 대해서 무게, 깊이 및 폭과 같은 사다리 제원 변경을 통한 전도 안정성 확보대책을 제시하였다. 그러나 이 대책은 사다리 무게와 깊이, 폭이 과도하게 증가하여 작업 높이 가 높고 이동이 자주 필요한 조정 분야 삼각지지 이동식 사다리에 적용하는 것은 한계가 있다고 판단된다.

넷째, 제원 변경과 함께 아웃트리거 설치를 통한 전도 안정성 확보대책을 제시하였다. 이 대책은 폭과 깊이에 대한 제원 변경과 비교하여 약 15%의 크기만으로도 전도 안정성을 확보할 수 있으므로 제원 변경 대책의 한계를 개선할 수 있다고 판단된다.

다섯째, 본 연구의 결과에 따라 아웃트리거를 설치하지 않은 삼각지지 이동식 사다리는 전도에 불안정하여 안전 사고 위험성이 높아지므로, 현장 작업자들을 대상으로 아웃트리거의 필수 설치 및 용도 외 작업 금지와 같은 안전 교육을 실시할 필요가 있다. 그리고, 본 연구를 통하여 도출된 결과는 이동식 사다리 안전작업 지침, 조정공사 관련 국가건설기준 및 현장 안전관리 프로그램 등에 반영할 필요가 있다고 판단된다.

그러나 본 연구에서 제시한 아웃트리거 설치를 통한 전도 안정성 확보 대책은 삼각지지 이동식 사다리에 직접 적용하지 못하였으므로, 향후 아웃트리거 설치를 통한 실물 시험을 통해 연구결과를 검증할 필요가 있다.

## References

1. 고용노동부(2018) 산업재해 현황분석.
2. 고용노동부(2019) 이동식 사다리 안전작업지침.
3. 김은일, 권윤구, 이기열(2023) 조정시공·관리에서 사다리 안전사고 예방을 위한 전도 안정성 평가, 한국조경학회지 51(5): 1-12.
4. 김대영, 윤성민, 김지명, 이선용, 손기영(2020) 해외 사례 비교를 통한 건설현장 추락재해 예방기법 개선방안, 한국건축사공학회지 20(5): 471-480.
5. 김형식, 이석원, 정원제, 류보혁(2009) 이동식 사다리를 중심으로 한 제조업에서의 추락재해 예방대책 연구, 한국안전학회지 24(6): 136-143.
6. 송창섭, 권영희, 김동령, 강경식(2013) 건설현장 사다리에서 추락재해 예방을 위한 개선방안, 대한안전경영과학회지 2013(1): 225-234.
7. 안전보건공단(2015) 인력운반작업에 관한 안전가이드.
8. 안전보건공단(2023) 통계로 보는 2022년 산업재해.
9. 윤간우, 신용석, 이경숙(2015) 농업인의 사다리 추락 손상 원인 분석, 대한직업환경의학회지 2015(11): 241-242.
10. 이강현(2024) 삼각지지 이동식 사다리의 전도 안정성 평가 및 대책, 전남대학교 석사학위논문.
11. 이문호(2020) 이동식 사다리 및 말비계 재해 예방을 위한 현장 적용방안에 대한 연구, 인천대학교 일반대학원

석사학위논문.

12. 황종문, 신성우(2020) 이동식 사다리 추락 재해 예방을 위한 안전 제도의 문제점과 개선 과제, 한국안전학회지 35(35): 86-94.
13. American National Standards Institute(2012) American National Standard Safety Requirements for Mobile Ladder Stands and Mobile Ladder Stand Platforms (ANSI-ASC A14.7-2011). Chicago: American Ladder.
14. Comite European de Normalisation(2013) Ladders Part 7: Mobile Ladders with Platform, European Committee for Standardization.
15. <http://www.seoulladder.co.kr>
16. <http://www.ladder-shop.com>
17. <http://www.sadarimart.com>
18. <http://www.ydladder.com>
19. <http://gmarket.co.kr>
20. <http://www.sumteo.co.kr>

## 부록 1. 사다리 제원

범례: H<sub>e</sub> 작업높이(m), W<sub>L</sub> 사다리 무게(kg), B 폭(m), D 길이(m), / 제원 미제공

NO.	단수	H <sub>e</sub>	W <sub>L</sub>	B	D	NO.	단수	H <sub>e</sub>	W <sub>L</sub>	B	D	NO.	단수	H <sub>e</sub>	W <sub>L</sub>	B	D
1	3	0.87	3.5	0.73	0.70	51	6	2.08	7.06	1.25	/	101	7	2.38	7.65	1.25	/
2	4	1.16	4	0.73	0.86	52	7	2.40	8.33	1.25	/	102	8	2.72	8.45	1.25	/
3	5	1.45	5	0.89	1.01	53	8	2.72	9.20	1.25	/	103	9	3.06	9.30	1.25	/
4	6	1.74	5.6	0.89	1.17	54	9	3.03	10.2	1.45	/	104	10	3.40	10.4	1.47	/
5	7	2.03	6.6	1.10	1.33	55	10	3.41	11.5	1.47	/	105	11	3.74	11.5	1.47	/
6	8	2.32	7.4	1.10	1.48	56	11	3.74	12.8	1.47	/	106	12	4.08	12.8	1.47	/
7	9	2.61	8.2	1.10	1.64	57	12	4.11	14.9	1.50	/	107	13	4.42	21.7	1.65	/
8	10	2.90	9.5	1.32	1.79	58	13	4.40	16.5	1.68	/	108	15	5.10	24.5	1.75	/
9	3	0.91	3.6	0.72	0.77	59	14	4.75	17.2	1.68	/	109	18	6.12	28.5	1.85	/
10	4	1.21	4.7	0.94	0.94	60	15	5.11	19.2	1.68	/	110	21	7.14	35.1	1.95	/
11	5	1.51	5.4	0.94	1.10	61	18	6.11	26.5	1.68	/	111	6	1.54	7.83	0.85	/
12	6	1.81	6.7	1.25	1.27	62	22	7.02	41.5	2.10	/	112	7	1.84	9.28	0.90	/
13	7	2.11	7.4	1.25	1.44	63	3	0.99	3.10	0.75	/	113	8	2.14	10.7	0.95	/
14	8	2.41	8.3	1.25	1.60	64	4	1.31	4.50	0.95	/	114	10	2.74	13.5	1.05	/
15	9	2.71	9	1.25	1.77	65	5	1.64	5.80	0.95	/	115	12	3.34	15.6	1.15	/
16	10	3.01	10.5	1.47	1.94	66	6	1.97	7.08	1.25	/	116	5	1.65	6.00	0.95	/
17	11	3.31	11.3	1.47	2.10	67	7	2.29	8.34	1.25	/	117	6	2.00	6.80	1.10	/
18	12	3.61	12.1	1.47	2.27	68	8	2.62	9.22	1.25	/	118	7	2.31	8.10	1.10	/
19	15	4.50	17.2	1.47	2.69	69	9	2.96	10.5	1.47	/	119	8	2.64	9.40	1.24	/
20	18	5.40	28.5	2.15	3.18	70	10	3.29	11.7	1.47	/	120	9	3.00	10.7	1.32	/
21	22	6.60	35	2.15	3.82	71	11	3.62	12.9	1.47	/	121	10	3.30	12.0	1.38	/
22	3	0.91	3.6	1.07	/	72	12	3.99	14.9	1.47	/	122	11	3.60	14.7	1.46	/
23	4	1.21	4.7	1.15	/	73	13	4.28	16.8	1.65	/	123	12	4.00	16.3	1.52	/
24	5	1.51	5.4	1.19	/	74	14	4.70	17.4	1.65	/	124	13	4.30	17.5	1.60	/
25	6	1.82	6.7	1.3	/	75	15	5.08	19.1	1.65	/	125	14	4.60	18.9	1.65	/
26	7	2.11	7.4	1.45	/	76	16	5.28	21.8	1.85	/	126	15	5.00	20.5	1.70	/
27	8	2.42	8.3	1.45	/	77	17	5.70	23.8	1.85	/	127	16	5.30	22.3	1.70	/
28	9	2.72	9	1.45	/	78	18	6.00	26.3	2.05	/	128	17	5.60	24.8	1.78	/
29	10	3.02	10.5	1.45	/	79	22	6.90	41.2	2.30	/	129	18	6.00	28.0	1.85	/
30	11	3.32	11.3	1.48	/	80	3	0.99	3.10	0.75	/	130	4	1.20	/	0.66	1.20
31	12	3.62	12.1	1.48	/	81	4	1.32	4.50	0.95	/	131	5	1.50	/	0.74	1.70
32	15	4.52	17.2	1.80	/	82	5	1.60	5.80	0.95	/	132	6	2.00	/	0.83	2.10
33	3	1.02	3.6	0.87	/	83	6	1.90	7.08	1.25	/	133	3	0.80	2.50	/	/
34	4	1.36	4.65	0.87	/	84	7	2.30	8.34	1.25	/	134	4	1.10	3.00	/	/
35	5	1.70	5.4	0.87	/	85	8	2.60	9.22	1.25	/	135	5	1.40	3.50	/	/
36	6	2.04	6.8	0.87	/	86	9	2.90	10.5	1.50	/	136	6	1.70	4.00	/	/
37	7	2.38	7.6	1.07	/	87	10	3.30	11.7	1.50	/	137	7	2.00	5.00	/	/
38	8	2.72	8.4	1.07	/	88	11	3.60	12.9	1.50	/	138	8	2.30	6.00	/	/
39	9	3.06	9.3	1.07	/	89	12	4.00	14.9	1.50	/	139	9	2.60	7.00	/	/
40	10	3.40	10.5	1.16	/	90	13	4.30	16.8	1.65	/	140	10	2.90	8.00	/	/
41	11	3.74	11.6	1.35	/	91	14	4.65	17.4	1.65	/	141	12	3.50	10.0	/	/
42	12	4.08	12.3	1.55	/	92	15	4.91	19.1	1.65	/	142	13	3.90	13.0	/	/
43	13	4.42	20.6	1.65	/	93	16	5.32	21.8	1.85	/	143	15	4.40	14.0	/	/
44	14	4.76	22.1	1.75	/	94	17	5.63	23.8	1.85	/	144	17	4.90	15.5	/	/
45	15	5.10	23.6	1.85	/	95	18	6.00	26.3	1.85	/	145	20	5.90	19.0	/	/
46	18	6.12	27.5	2.15	/	96	21	7.00	41.2	2.15	/	146	23	6.90	22.0	/	/
47	21	7.14	34	2.30	/	97	3	1.02	3.55	0.95	/	147	26	7.90	24.0	/	/
48	3	1.10	3	0.78	/	98	4	1.36	4.85	0.95	/	148	3	0.80	2.50	/	/
49	4	1.41	4.48	0.98	/	99	5	1.70	5.95	0.95	/	149	4	1.10	3.00	/	/
50	5	1.72	5.77	1.21	/	100	6	2.04	6.75	1.25	/	150	5	1.40	3.50	/	/

자료: <http://www.seouladder.co.kr>, <http://www.ladder-shop.com>, <http://www.sadarimart.com>, <http://www.ydladder.com>, <http://gmarket.co.kr>,  
<http://www.sumteo.co.kr>

## 부록 2. 사다리 제원

범례: H<sub>e</sub> 작업높이(m), W<sub>L</sub> 사다리 무게(kg), B 폭(m), D 길이(m), / 제원 미제공

NO	단수	H <sub>e</sub>	W <sub>L</sub>	B	D	NO	단수	H <sub>e</sub>	W <sub>L</sub>	B	D	NO	단수	H <sub>e</sub>	W <sub>L</sub>	B	D
151	6	1.70	4.00	/	/	201	10	2.91	8.00	/	/	251	4	1.20	/	0.80	/
152	7	2.00	5.00	/	/	202	12	3.45	11.0	/	/	252	5	1.50	/	0.88	/
153	8	2.30	6.00	/	/	203	13	3.74	11.8	/	/	253	6	2.00	/	0.95	/
154	9	2.60	7.00	/	/	204	15	4.33	13.2	/	/	254	9	3.00	/	/	/
155	10	2.90	8.00	/	/	205	17	4.92	16.3	/	/	255	10	3.30	/	/	/
156	12	3.50	10.0	/	/	206	20	5.81	24.6	/	/	256	11	3.60	/	/	/
157	13	3.90	13.0	/	/	207	5	1.65	6.00	/	/	257	12	4.00	/	/	/
158	15	4.40	14.0	/	/	208	6	1.98	7.00	/	/	258	13	4.30	/	/	/
159	17	4.90	15.5	/	/	209	7	2.31	8.00	/	/	259	14	4.60	/	/	/
160	20	5.90	19.0	/	/	210	8	2.64	8.00	/	/	260	15	5.00	/	/	/
161	23	6.90	22.0	/	/	211	9	2.97	11.0	/	/	261	16	5.30	/	/	/
162	26	7.90	24.0	/	/	212	10	3.30	12.0	/	/	262	17	5.60	/	/	/
163	3	0.80	2.50	/	/	213	11	3.63	15.0	/	/	263	18	5.90	/	/	/
164	4	1.10	3.00	/	/	214	12	3.96	16.0	/	/	264	19	6.30	/	/	/
165	5	1.40	3.50	/	/	215	13	4.29	18.0	/	/	265	20	6.60	/	/	/
166	6	1.70	4.00	/	/	216	14	4.62	19.0	/	/	266	21	6.90	/	/	/
167	7	2.00	5.00	/	/	217	15	4.95	21.0	/	/	267	5	1.50	/	/	/
168	8	2.30	6.00	/	/	218	16	5.28	22.0	/	/	268	6	1.80	/	/	/
169	9	2.60	7.00	/	/	219	17	5.61	26.0	/	/	269	7	2.10	/	/	/
170	10	2.90	8.00	/	/	220	18	5.94	28.0	/	/	270	9	2.70	/	/	/
171	12	3.50	9.00	/	/	221	19	6.27	30.0	/	/	271	4	1.30	/	/	/
172	13	3.90	13.0	/	/	222	20	6.60	33.0	/	/	272	5	1.70	/	/	/
173	15	4.40	14.0	/	/	223	21	6.93	36.0	/	/	273	6	2.00	/	/	/
174	17	4.90	15.5	/	/	224	5	1.52	0.89	/	/	274	7	2.30	/	/	/
175	20	5.90	19.0	/	/	225	6	1.84	1.02	/	/	275	8	2.60	/	/	/
176	23	6.90	22.0	/	/	226	4	1.18	1.19	/	/	276	4	1.10	/	/	/
177	26	7.90	24.0	/	/	227	5	1.47	1.47	/	/	277	5	1.40	/	/	/
178	5	1.40	4.50	/	/	228	3	/	3.50	0.75	/	278	6	1.70	/	/	/
179	6	1.70	5.00	/	/	229	4	/	4.50	0.95	/	279	7	2.00	/	/	/
180	7	2.00	5.50	/	/	230	5	/	5.30	0.95	/	280	8	2.30	/	/	/
181	8	2.20	6.50	/	/	231	6	/	6.50	1.25	/	281	10	2.90	/	/	/
182	10	2.70	8.00	/	/	232	7	/	7.30	1.25	/	282	12	3.50	/	/	/
183	12	3.20	10.0	/	/	233	8	/	8.10	1.25	/	283	13	3.90	/	/	/
184	13	3.60	13.0	/	/	234	9	/	9.20	1.45	/	284	15	4.40	/	/	/
185	15	4.20	14.0	/	/	235	10	/	10.1	1.45	/	285	17	4.90	/	/	/
186	17	4.80	16.0	/	/	236	11	/	10.5	1.45	/	286	20	5.90	/	/	/
187	20	5.60	19.0	/	/	237	12	/	10.8	1.45	/	287	23	6.90	/	/	/
188	5	1.41	3.78	/	/	238	13	/	15.2	1.65	/	288	5	/	5.00	/	/
189	6	1.71	4.60	/	/	239	14	/	17.3	1.65	/	289	6	/	6.00	/	/
190	7	1.97	5.36	/	/	240	15	/	18.0	1.65	/	290	7	/	7.00	/	/
191	8	2.26	6.26	/	/	241	16	/	21.7	1.86	/	291	8	/	8.00	/	/
192	10	2.90	7.74	/	/	242	4	/	5.60	0.83	/	292	17	/	/	1.86	/
193	13	3.71	12.4	/	/	243	6	/	7.40	0.88	/	293	18	/	/	1.86	/
194	17	4.95	15.1	/	/	244	8	/	10.0	1.10	/	294	21	/	/	2.15	/
195	20	5.71	18.7	/	/	245	10	/	12.5	1.25	/						
196	5	1.45	4.00	/	/	246	12	/	15.0	1.38	/						
197	6	1.77	4.80	/	/	247	4	1.20	/	0.60	/						
198	7	2.21	5.60	/	/	248	5	1.50	/	0.74	/						
199	8	2.31	6.40	/	/	249	6	2.00	/	0.78	/						
200	9	2.61	7.20	/	/	250	8	2.40	/	1.25	/						

자료: <http://www.seoulladder.co.kr>, <http://www.ladder-shop.com>, <http://www.sadarimart.com>, <http://www.ydladder.com>, <http://gmarket.co.kr>,  
<http://www.sumteo.co.kr>