

# 사고사례 분석을 통한 건설현장 추락재해 위험성 평가에 관한 연구

황성훈<sup>1</sup>, 강성원<sup>2</sup>, 신윤석<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>가람감정평가법인, <sup>2</sup>경기대학교 건축공학과

## Study on the Risk Assessment of Fall Accidents at Construction Sites Through The Analysis of Accident Cases

Sung Hoon Hwang<sup>1</sup>, Sungwon Kang<sup>2</sup>, Yoonseok Shin<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Real Estate Finance, Kaaram Appraisal Corporation

<sup>2</sup>Department of Architectural Engineering, Kyonggi University

**요약** 건설공사는 정해진 예산 및 기간 내에 마무리해야 하기 때문에 공기가 부족한 경우 무리한 공사가 진행되고는 한다. 산업안전보건공단의 연도별 산업재해 지표에 따르면, 건설업 산업재해자 수는 전 산업 중 두 번째로 높은 비중을 차지하나, 사망자 수는 가장 많이 발생하고 있다. 그 중, 추락재해로 인한 사망자수가 가장 많은 것으로 나타났다. 이에 건설현장의 지속적인 안전관리를 위해 추락 사고사례를 통해 원인을 심층 분석하여 대책수립 및 예방기법 제시가 필요하다. 본 연구는 건설현장의 추락재해 사고사례 분석을 통한 기인물별 위험성 평가 및 예방기법을 제시하고자 한다. 추락재해 사고사례 데이터를 기반으로 빈도, 심도를 정량적 분석하였고, 종합적으로 기인물별 추락재해 위험성을 평가하였다. 우선, 기인물별 추락사고 발생빈도지수는 사다리(40.20%), 비계(25.67%), 작업발판(19.18%)로 나타났다. 기인물별 추락사고 재해심도는 지붕(3.721), 개구부(3.648), 사다리(3.567)순으로 나타났다. 최종적으로 빈도와 심도를 종합적으로 고려하여 추락재해위험 우선순위는 사다리(1.428), 비계(0.914), 작업발판(0.675)순으로 도출되었다. 따라서 추락재해를 저감시키기 위해서는 빈도와 심도를 모두 고려하여 사고 예방을 위한 대책을 수립해야 할 것이며, 사망사고와 같이 중대재해로 직결되는 작업들은 우선적으로 특별관리가 필요할 것이라 사료된다. 또한, 본 연구의 결과는 추락재해에 관한 안전관리 제도 개선 및 재해 예방을 위한 기초자료로 활용되기를 기대한다.

**Abstract** Because construction work must be completed within a set budget and period, excessive construction is often carried out when air is insufficient. According to the Korea Occupational Safety and Health Agency's annual industrial accident index, the number of industrial accidents in the construction industry accounts for the second highest proportion among all industries, but the death toll is the highest. Among them, the death toll from the crash was the highest. Therefore, for continuous safety management of construction sites, it is necessary to establish countermeasures and present prevention techniques by analyzing the cause in-depth through falling accident cases. This presents present risk assessment and prevention techniques for each contributor through the analysis of cases of fall accidents at construction sites. The frequency and depth were analyzed quantitatively based on the case data of crash accidents, and the risk of the crash accidents by characteristics was evaluated comprehensively. First of all, the frequency index of fall accidents by attribution was found to be ladder (40.20%), scaffolding (25.67%), and work scaffolding (19.18%). The depth of the crash accident by characteristic was in the order of roof (3.721), opening (3.648), and ladder (3.567). Finally, considering the frequency and depth comprehensively, the priority of the risk of falling accidents was derived in the order of ladder (1.428), scaffolding (0.914), and work scaffolding (0.675). Therefore, to reduce falling accidents, measures to prevent accidents should be established in consideration of both frequency and depth, and special management is needed first for tasks directly related to serious accidents, such as death accidents. In addition, the results of this study are expected to be used as basic data for improving the safety management system for falling disasters and preventing disasters.

**Keywords** : Construction Safety Management, Analysis of Accident, Frequency Analysis, Depth Analysis, Risk Assessment

본 연구는 2022학년도 경기대학교 대학원 연구원장학생 장학금 지원에 의하여 수행되었음.

\*Corresponding Author : Yoonseok Shin(Kyonggi Univ.)

email: shinys@kyonggi.ac.kr

Received August 1, 2022

Revised December 5, 2022

Accepted December 7, 2022

Published December 31, 2022

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

국내 건설기술의 지속적인 발전과 더불어 건설현장의 복잡화 및 대형화됨에 따라 건설현장 내 안전관리체계 또한 복잡하고 다양해진다. 특히, 건설공사는 프로젝트를 정해진 공기와 예산 내에 마감하기 위해 공기가 부족한 경우는 무리하게 공사가 진행되는 경향이 있다. 또한, 도심지 공사의 경우는 다양하고 복잡한 외부 변수와 제약조건으로 위험요소가 더욱 심화하고 있다. 이와 같은 이유로 건설현장 내 안전사고의 위험성은 지속해서 증가하고 있는 실정이다[1].

산업안전보건공단의 산업재해 발표 자료에 따르면 2018년 건설업은 총재해자 수 26,486명 중 9,191명(37.7%)은 추락사고로 인한 재해로 가장 높은 비중을 차지한다. 2019년 건설업 산업재해자 수는 27,211명으로 전체 산업 중 두 번째로 높은 비중을 차지하고 있으며 사망자의 경우 517명(25.6%)으로 전체 산업 중 가장 높은 비중을 차지하고 있다[2].

실제 추락 사고사례를 통해 원인을 분석하여 이를 예방할 수 있는 대책 수립과 예방기법 제시를 통해 건설현장의 지속적인 안전관리가 필요하다.

건설업의 안전사고 저감을 위해 정부는 2017년 고용노동부와 관계부처의 합동으로 재해예방을 위한 대책을 발표하였고, 안전관리에 대한 근본적인 변화를 위한 보완과 실천대책을 지속적으로 제시하였다. 그러나 안전보건공단 재해통계를 분석한 자료를 살펴보면 떨어짐과 관련된 추락사고로 인한 사망자는 50%를 차지하고 있다[3].

이는 건설업의 재해감소를 위한 정부의 다양한 정책과 실질적인 안정성 심사, 점검 등을 통한 기술지도 등의 방안이 건설현장에 제대로 적용되지 못하는 것을 의미한다. 이처럼 건설업의 근로자는 외부환경에 직접 노출, 근로자의 숙련도, 건설기계 장비의 위험성 등 복합적인 요소들에 의하여 재해 발생 가능성은 더욱 커지고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 건설현장에서 발생된 사고사례 분석을 통한 건설현장 추락재해 위험성 평가에 관한 연구로 기인물별 리스크 평가와 예방기법을 제시하는 것이다. 이를 통해 본 연구의 결과는 학술적으로 추락재해에 관련된 안전관리 제도 개선 및 정책수립의 근거자료로 활용될 것이며, 실무적으로 건설현장 내 추락재해 저감에 기여할 것이다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 범위는 건설현장 사고사례를 활용하여 기인물별 위험성을 평가하고 예방대책을 제안하는 것으로 제한한다.

따라서 본 연구는 건설업 재해 발생 현황과 추락재해 기인물에 대한 기존 연구 분석을 실시하고, 위험성 평가 기법에 대해 고찰하였다. 추락재해 데이터와 기인물별 추락재해 데이터를 수집하여 빈도와 심도에 대한 분석을 수행하였다. 분석 데이터를 기반으로 기인물별 리스크 평가를 통해 우선순위를 도출하고, 추락사고 예방을 위한 대책을 제안하였다.

따라서 본 연구는 추락재해를 저감시키기 위한 안전관리 제도 개선 및 정책수립의 근거자료로 활용될 것이며, 실무적으로 건설현장 내 추락재해 저감에 기여할 것으로 보여진다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 건설업 재해 발생 현황

#### 2.1.1 국내 건설업 재해 발생 현황

Fig. 1에서 국내 전 산업과 건설업의 재해율을 비교하면 전 산업은 2009년 0.70에서 2017년 0.48로 약 22%가 지속적인 감소추세를 나타내는 반면 건설업의 재해율은 2009년 0.65에서 2018년 0.94로 약 29%가 증가하는 것으로 나타났다.

또한, Fig. 2에서 국내 전 산업과 건설업의 사망 만인율 현황을 비교하면 2009년부터 2017년까지 전 기간 건설업의 사망 만인율이 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

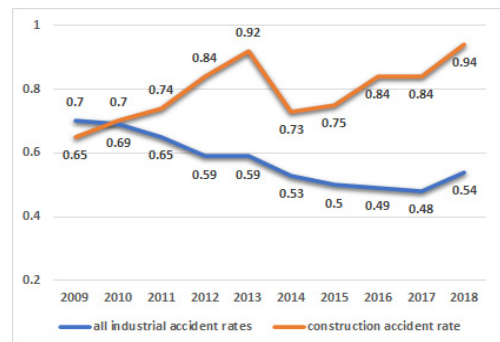


Fig. 1. Status of construction industry disasters compared to all industries from 2009 to 2018

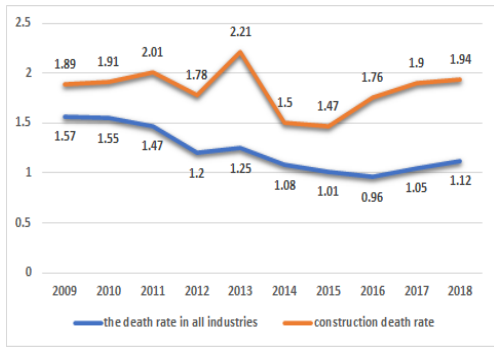


Fig. 2. Percentage of deaths in the construction industry from 2009 to 2018

이는 건설업에서 사고 발생 시 중대 재해로 이어진다는 것을 의미한다. 따라서 건설업의 실제 현장 사고 데이터를 사용하여 사고 원인을 분석할 필요가 있다.

### 2.1.2 건설업 재해자 수 대비 추락 재해자 수 현황

2009년부터 2018년까지 10년간 건설업 전체 재해자 수 대비 추락 재해자 수에 대한 현황은 Fig. 3과 같다. 추락 재해자 수 비율이 가장 낮았던 2009년 건설업 총 재해자 수는 20,998명이고 추락 재해자 수는 6,742명으로 32%의 비중이다. 반대로 추락 재해자 수 비율이 가장 높았던 2017년 재해자 수는 25,649명이고 추락 재해자 수는 8,608명으로 33.8%의 비중을 차지한다.

또한, 2009년부터 2018년까지 건설업 사망자 수 대비 추락재해 사망자 수의 현황은 Fig. 4와 같고 비율은 약 47%~53%의 수준을 유지하고 있으며 특히, 2014년 건설업 총사망자 수는 486명 중 절반이 넘는 52.67%인 256명이다.

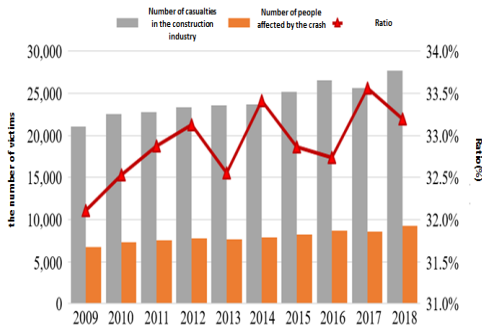


Fig. 3. Status of the number of casualties in the fall compared to the number of casualties in the construction industry 2009-2018

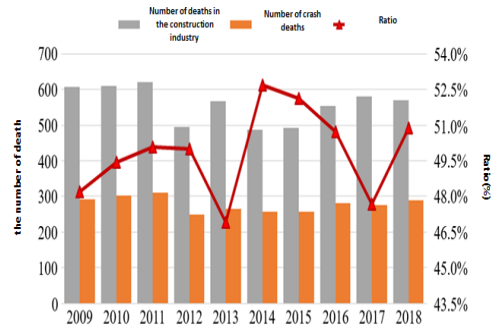


Fig. 4. Death toll from crash compared to death toll in construction industry 2009-2018

건설업의 추락재해 비율과 추락재해 사망자 비율을 확인해보면 추락재해의 경우, 사고가 일어나게 된다면 근로자가 사망에 이르게 되는 위험성이 매우 높은 사고 유형이다. 따라서 추락재해의 원인과 유형을 보다 심층적으로 분석할 필요가 있다.

## 2.2 건설업 추락재해 기인물

### 2.2.1 추락재해의 정의 및 원인

추락이란 높은 장소에서 사람이 바닥으로 접촉 없이 자유낙하 하는 것이며, 계단이나 경사면에 굴러떨어지는 것을 의미한다[4].

추락재해는 작업 시 다양한 원인에 의해 높은 곳에서 자유낙하 하는 것을 의미하며 다른 유형의 재해사고와 다르게 사전에 예상하지 못하는 특징을 갖는다[5]. 따라서 사전 경고와 이차사고는 희박하고, 한번 재해가 발생하면 신체장애를 동반하는 중상해 이상의 부상 및 사망에 이르는 경우가 대부분이다[6].

추락재해의 특징을 살펴보면, 추락 높이에 따라 피해 정도가 크지만, 5m 이상의 추락 재해가 발생하여도 생존한 예도 있고 2m 미만의 추락 재해가 발생하여도 사망한 예도 있다.

추락지점이 부드러운 경우는 상해가 적고 단단한 경우는 상해가 크다. 또한, 충격 부위가 다리와 팔의 경우 상해가 적은 편이며, 머리인 경우 사망 재해가 발생할 가능성이 매우 크다[7].

Chi & Wu는 건설현장에서 발생하는 재해 유형 중 추락에 의한 사고가 가장 잦고, 가장 치명적인 부상을 유발한다고 하였고 이러한 건설현장 내 추락재해를 줄이기 위해서 재해의 원인에 대한 심층적인 분석이 필요하다[8].

Bobick는 건설현장 추락사고 데이터를 분석한 결과 가장 치명적인 부상을 유발하는 작업 장소는 지붕, 비계, 개구부 등에 의해서라고 한다[9]. 또한, Doge는 다양한 국적을 가진 작업자 간의 의사소통이 어려워 비계, 개구부, 작업 발판 등의 고소작업 시 추락사고가 빈번히 발생한다고 하였다[10]. Huang and Hinze는 추락재해는 비계, 사다리, 지붕, 개구부 등의 장소의 상태, 작업 높이 등의 작업환경이 가장 밀접한 관련이 있다고 하였다[11].

또한, Shin et al은 2009년부터 2013년까지 5년간 건설업의 발생형태별 사망 재해 발생 원인은 사다리, 비계, 계단, 개구부와 미끄러짐, 넘어짐, 헛디딤 등에 의해 추락재해가 발생한다고 분석하였다[12].

선행 연구를 참고하여, 본 연구에서는 건설현장 추락재해 데이터를 기인물별로 분류하고, 빈도와 심도를 종합적으로 고려하여 위험성 평가기법을 제안한다. 이를 통해 추락재해의 고위험단위 기인물을 파악하고 재해위험 순위를 도출하고자 한다.

### 2.2.2 기인물별 추락재해 현황

2010년부터 2019년까지의 10년간 산업안전보건공단의 추락재해 통계자료를 분석하였다. Fig. 5는 기인물별 추락사고 발생률을 나타내고 1% 미만의 발생률은 제거하였다.

9년간 총 추락재해 건수는 3,986건이었고 사다리, 비계, 작업 발판, 기타, 지붕, 개구부 등의 순으로 추락사고가 발생하는 것으로 나타났고 기인물 확인이 어려운 기타항목을 제외한 상위 5개 항목으로 더욱 심층적인 분석을 진행하고자 한다.

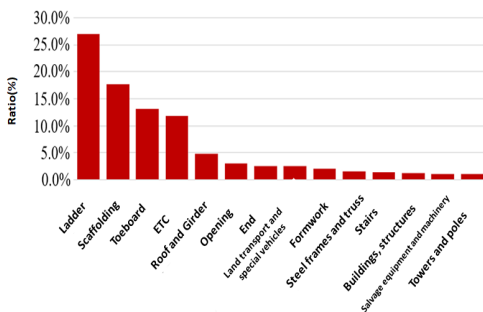


Fig. 5. Status of Falling Accidents by Characteristics 2010-2018

### 2.3 위험성 평가 기법

본 연구는 추락재해를 대상으로 기인물별 추락재해 요인을 파악하기 위해 정성적 방법과 정량적 방법으로 위

험성 평가를 진행하고자 한다.

정성적 방법으로는 체크리스트 기법(Check-list), 사고예상 질문기법(What-if), 예비위험분석(Preliminary Hazard Analysis, PHA)등이 있고 이러한 방법은 일반적으로 위험한 요소를 열거하고, 사고의 빈도와 심각성에 관해 토론하여 위험성을 평가한다[13]. 다음 정량적인 방법으로는 영향분석(Failure Mode and Effect Analysis, FMEA), 사건수분석기법(Even Tree Analysis, ETA), 결함수기법(Fault Tree Analysis, FTA)등이 있다[14].

따라서 본 연구는 한국산업안전보건공단의 2010년부터 2019년까지의 실제 산재보험 통계자료를 기반으로 기인물별 재해빈도 및 심도를 정량적으로 산출하고, 두 요소들의 곱을 통해 위험의 우선순위를 도출하고자 한다.

### 2.4 기존 연구 고찰

국내 건설업의 추락재해와 관련된 연구는 Table 1과 같다. 기존 연구들은 국내외 안전기준 분석, 추락사고 원인 분석, 실태조사를 통한 문제점 도출 및 개선 방향에 대해 제시하였다. 또한, 특정 대상에 대한 추락사고 실태조사 및 안전모델 개발 방안에 관해 한정된 연구가 진행되었다. 따라서 본 연구는 건설현장 추락재해 데이터를 5가지 기인물(사다리, 비계, 작업발판, 개구부, 지붕)별로 분류하고, 빈도와 심도를 종합적으로 고려한 위험성 평가기법을 제안하고자 한다. 이를 통해 추락재해 저감을 위한 예방대책을 수립하고자 한다.

Table 1. A Preliminary Study on the Fall Disaster

Author	Research summary
Kim (2010)	Propose a plan to eliminate the cause of the accident in the design stage
Jo (2012)	Various experimental standards are applied to carabiners with the highest risk of destruction among seat belt components
Choi (2012)	A Study on the Actual Condition of Fall Accidents and Suggestion of Development of Safety Models for Roof Work
Hong (2016)	A Proposal for the Introduction of Image Processing System Using Image Processing in Construction Sites
Choi (2018)	Analysis of fatal accidents caused by fall accidents caused by temporary facilities such as work scaffolding and analysis of cause and effect

## 3. 추락재해 데이터 수집

### 3.1 데이터 수집 개요

추락재해 데이터는 한국산업안전보건공단의 추락사고로 인한 산재보험 처리된 통계자료를 수집하였고 Table 2와 같이 조사하였다.

Table 2. Data Collection Overview

Sort	Substance
Period	2010-2019
Contents	1) Current status of fall victims by five factors
	2) Number of nursing days for each disaster victim
	3) Physical disability rating for each disaster victim
	4) Types of Accidents for Each Disaster Management

Table 2에 나타난 조사자료의 기간은 2010년부터 2019년까지 10년간의 추락사고에 관련된 통계자료를 수집하였다. 조사내용으로는 앞에서 정의한 기인물별 추락재해자 현황, 각 재해자별 요양일수, 신체장애등급, 사고발생형태를 조사하였다. 또한, 조사된 자료를 살펴보면 산재보험 처리된 추락사고 재해자는 총 2,816명으로 성별, 나이, 경력, 회사 규모로 구분한 인구통계는 아래 Table 3와 같다.

Table 3. Demographics

Sort	Substance	Count	Percentage
Sex	Male	2,594	92.10
	Female	222	7.90
Age	Under 24	318	11.30
	25-34	625	22.20
	35-44	819	29.10
	45-54	527	18.70
	Over 55	513	18.20
	Unknown	14	0.50
Career (Year)	Under 5	430	15.30
	5-10	4,462	51.90
	Over 10	924	32.80
Company Size All	Under 5	1,118	39.70
	5-9	485	17.22
	10-29	658	23.37
	30-49	220	7.81
	50-99	184	6.53
	100-499	132	4.69
	500-99	15	0.53
	1,000	4	0.14

성별은 남성이 2,594명(92.10%)이고 여성은 222(7.9%)를 나타냈고 나이는 35-44살에 속한 집단이 819명

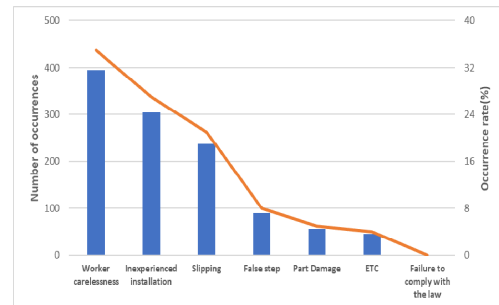
(29.10%)으로 가장 많은 재해자가 발생하였고 다음으로는 25-34살에 속한 집단이 625명(22.20%)이다. 다음으로는 경력으로 5-10년의 경력을 가진 집단이 1,462명(51.90%)으로 가장 많은 재해자가 발생하였고 다음으로는 10년 초과 경력 가진 집단이 924명(32.80%)이다. 회사 규모로는 5명 미만이 근무하는 회사로 1,118명(39.70%)으로 가장 많은 재해자가 발생하였고 다음으로는 10-29명이 근무하는 회사로 658명(23.37%)이다.

수집된 자료는 통계분석을 위해 사고유형, 요양일수, 신체장애등급, 사고발생 형태 등의 순으로 정리하였다.

### 3.2 기인물별 추락재해 데이터

기인물별 추락재해 데이터에서 기인물은 앞서 2.3장에서 정의한 추락재해 발생률이 높은 상위 5개의 기인물로 사다리, 비계, 작업발판, 지붕, 기구부로 정리하였다. 사고원인인 작업자 부주의로 인한 사고, 작업자 부주의로 인한 미끄러짐 사고, 법규 미준수로 인한 사고, 하부상태 및 고정 상태 이상으로 인한 설치 미숙 사고, 구조물 낙하 및 바람 등으로 인한 기타 사고로 정리하였다.

Fig. 6을 살펴보면 사다리 추락사고는 가장 많이 발생한 사고 원인은 작업자 부주의로 394건(35%), 설치 미숙으로 304건(27%)이 발생했다. 비계 추락사고는 가장 많이 발생한 사고 원인은 작업자 부주의로 289건(40%), 미끄러짐으로 152건(21%)이 발생했다. 작업발판 추락사고는 가장 많이 발생한 사고 원인은 작업자 부주의로 197건(37%), 설치 미숙으로 119건(22%)이 발생했다. 지붕 추락사고는 가장 많이 발생한 사고 원인은 작업자 부주의로 63건(33%), 미끄러짐으로 49건(26%)이 발생했다. 개구부 추락사고는 가장 많이 발생한 사고 원인은 작업자 부주의로 143건(60%), 사고 원인은 헛디딤으로 40건(15%)이 발생했다.



(a) Ladder crash statistics

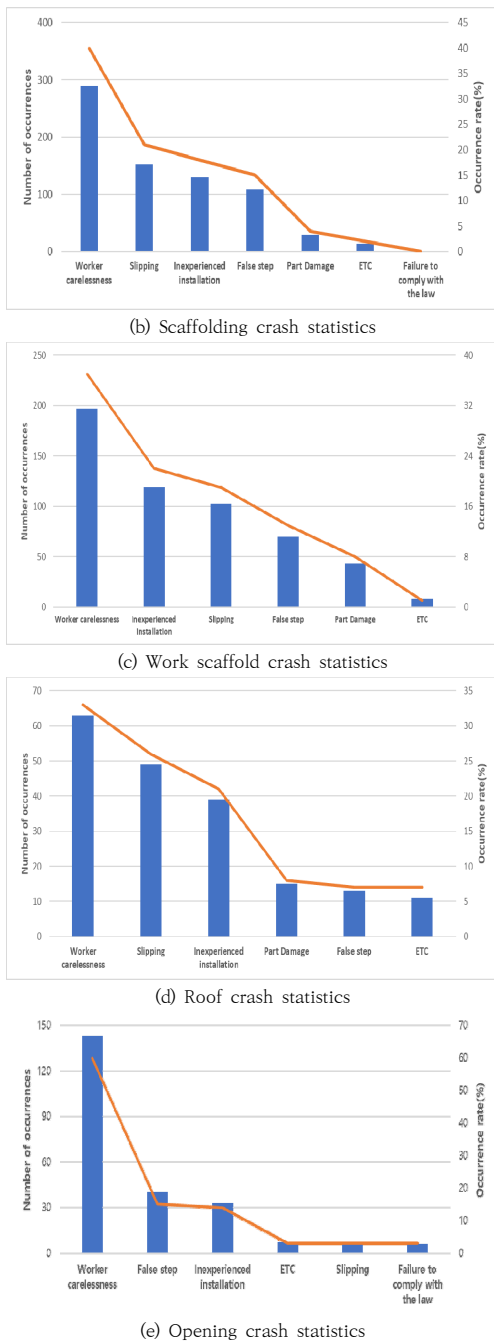


Fig. 6. Current status of crash accidents by attribution

## 4. 추락재해 데이터 분석

### 4.1 데이터 분석 개요 및 방법

본 장에서는 수집된 데이터를 사용하여 기인물별 위험성평가를 위해 기인물별 재해발생 빈도와 심도를 분석하여 재해위험 우선순위(Risk Priority Number, RPN)를 도출한다.

### 4.2 빈도분석

빈도분석은 대상인 5가지 기인물(사다리, 비계, 작업발판, 지붕, 개구부)별 추락재해 발생빈도를 분석한다.

발생빈도지수( $F_O$ )는 Eq. (1)과 같이 기인물별 재해자수( $N_E$ )를 전체 재해자수( $N_T$ )로 나눈 비율로 전체 재해자수를 기준으로 기인물별 재해발생 빈도를 예측할 수 있다.

$$F_O = \frac{N_E}{N_T} \times 100 \quad (1)$$

빈도분석을 적용해본 결과 Table 3과 같은 우선순위를 도출할 수 있었으며 위험성 우선순위는 사다리(40%), 비계(25.67%), 작업발판(19.18%), 개구부(8.38%), 지붕(6.75%)순으로 나타났다.

Table 4. Frequency analysis

Sort	Occurrence Frequency	Percentage	Priority	
Object that caused the accident originally	Ladder	1,127	40.02	1
	Scaffold	723	25.67	2
	Work plate	540	19.18	3
	Opening	236	8.38	4
	Roof	190	6.75	5
Total	2,816	100	.	

### 4.3 심도분석

심도분석은 추락재해 5가지 기인물별 심도( $S_A$ )를 산정한다. 심도는 Eq. (2)와 같이 건설현장에서 발생하는 추락재해로 인한 산재요양일수와 신체 장애등급에 따른 근로손실일수를 합산한 환산지수인 재해강도지수(DI)를 기인물별 재해자 수( $N_E$ )로 나누어 산정한다[15]. 이 값은 재해자의 실제 요양일수와 신체 장애등급에 따른 근로손실일수를 기준으로 산정하였기 때문에 기인물별 재해의 심각성을 예측할 수 있다.

$$S_A = \frac{\sum DI}{N_E} = \frac{\sum convert(D_C + D_L)}{N_E} \quad (2)$$

Eq. (2)는  $S_A$ 는 심도,  $DI$ 는 재해강도지수,  $D_C$ 는 요양일수,  $D_L$ 는 신체장해등급에 따른 근로손실일수를 의미한다. 심도분석을 적용해본 결과, Table 4와 같이 추락사고 재해심도는 지붕(3.721), 개구부(3.648), 사다리(3.567), 비계(3.560), 작업발판(3.519)순으로 나타났다.

Table 5. Depth analysis (SR, Severity rate of injury)

Sort	Medical care days	Medical care loss days	SR	$S_A$	Priority
Ladder	10,684	5,250	4,020	3.567	3
Scaffold	6,750	4,500	2,574	3.560	4
Work plate	5,100	1,500	1,900	3.519	5
Opening	2,249	3,000	861	3.648	2
Roof	1,814	4,500	707	3.721	1

지붕의 경우, 추락재해자 190명 중 신체장해등급 1~3급 이상 추락재해자는 12명으로 다른 기인물에 비해 부상의 적도가 크게 나타났고 재해자 근로손실일수가 높게 산정되었다. 이와 달리 작업발판의 경우, 추락재해자 540명 중 신체장해등급 1~3급 재해자가 3명(0.6%)으로 다른 기인물에 비해 낮게 나타났다. 이를 종합하여 볼 때, 지붕에서의 추락재해는 사고 발생 시 중대재해로 이어질 가능성이 매우 높고, 작업발판에서의 추락재해는 보다 자주 발생하지만, 경미한 사고가 발생한다는 것을 의미한다.

## 5. 기인물별 리스크 평가

### 5.1 리스크 평가 및 우선순위 도출

본 장에서는 4.2와 4.3에서 분석한 5가지 기인물별 빈도와 심도를 사용하여 기인물별 위험성 평가, 추락재해의 고위험 단위 기인물 파악, 재해위험순위(RPN)를 도출한다. 기인물별 추락재해 위험성 평가는 Eq. (3)을 사용하고, 추락재해 위험성( $R_A$ )은 재해발생빈도( $F_O$ )와 재해심도( $S_A$ )를 곱하여 산정하면 된다.

$$R_A = F_O \times S_A \quad (3)$$

Table 6과 같이 위험성( $R_A$ )은 사다리(1.428), 비계(0.914), 작업발판(0.675), 개구부(0.306), 지붕(0.251)

순으로 나타났으며 가장 높게 나타난 기인물인 사다리는 추락재해 예방대책 수립 시 가장 우선적으로 고려되어야 한다. 또한, 개구부와 지붕과 같이 사고가 곧 중대재해로 직결되는 작업들도 철저한 관리가 필요하다.

Table 6. Risk Assessment

Sort	$F_O$	$S_A$	$R_A$	Priority
Ladder	40.02	3.567	1.428	1
Scaffold	25.67	3.560	0.914	2
Work plate	19.18	3.519	0.675	3
Opening	8.38	3.648	0.306	4
Roof	6.75	3.721	0.251	5

### 5.2 추락사고 예방을 위한 대책

개구부와 기인물별 추락사고 빈도와 심도를 종합적으로 고려하여 위험성을 평가한 결과 Table 7과 같이 높은 빈도로 사고가 발생하는 기인물은 사다리, 비계, 작업발판으로 나타났고, 높은 심도로 사고가 발생하는 기인물은 개구부와 지붕으로 나타났다.

Table 7. Cause of falling accident by Characteristics

Sort	Characteristics	Cause of accident
Ladder	High Depth	Slide, Work inexperienced, Non-compliance with work instructions, Non-compliance with safety laws
Scaffold		
Work plate		
Opening	high Frequency	Safety equipment defect, Damage due to roof aging, Damaged and unfixed open copper
Roof		

재해발생빈도가 높은 기인물의 사고발생 주요원인을 살펴보면 미끄러짐, 헛디딤, 작업자 지시사항 미준수, 안전관련 법규 미준수 등의 작업자 부주의로 인한 사고가 대부분이며 현장작업과 관계없이 다양한 형태로 발생하였다. 특히, 개구부와 지붕과 같이 높은 위치 보다는 상대적으로 낮은 위치에서 작업자 스스로 위험하지 않다고 인식하는 수준에서 많은 사고가 발생한다. 따라서 재해발생빈도가 높은 기인물인 사다리, 비계, 작업발판의 경우는 개인보호구 착용, 작업지침 및 안전관련 법률이 제대로 지켜질 수 있도록 철저한 관리 감독이 필요하고 근로자의 안전인식 수준을 향상시키기 위한 안전교육, 안전책자 등의 제작과 같은 조치가 필요할 것으로 사료된다.

재해심도가 높은 기인물의 사고발생 주요원인을 살펴

보면 안전장비의 부품에 대한 결손 및 파손, 지붕 노후화로 인한 파손, 개구부 덮개 손상 및 미고정으로 인해 발생한 사고, 덮개 및 안전난간, 주의 표시 미설치로 인한 사고 등의 안전장비의 관리 및 설치미숙으로 인해 사고가 발생한다. 따라서 재해심도가 높은 기인물인 개구부, 지붕의 경우는 지붕의 재료 및 개구부 덮개의 노후화로 파손될 우려가 있는지 사전 점검해야 하며, 지붕의 기울기, 구조나 재질에 따른 위험 요인 안내 및 작업순서와 방법 등의 교육이 필수적이다.

## 6. 결론

건설산업은 재료 및 기술의 발전과 정부와 기업의 노력에도 불구하고 안전사고는 빈번해 졌으며, 재해의 종류 또한 매우 다양하다. 최근 10년간 제조업 등의 전 산업의 재해율은 감소하고 있는 반면 건설업은 오히려 증가하고 있다. 특히, 건설업 재해현황을 살펴보면 추락재해로 인한 사망자수가 매우 높은 비중을 차지하고 이를 해결하고자 정부는 안전난간, 안전망 설치 등의 추락방지를 위한 대책을 제시하고 있으나 효과는 매우 미비한 결과를 보여주고 있다. 따라서 실제 건설현장의 사고사례를 통해 추락재해 원인을 심층분석함으로써 이를 예방할 수 있는 대책수립 및 예방기법 제시는 반드시 필요하다.

따라서 본 연구는 2010년부터 2019년까지의 10년간 추락사고로 인한 산재보험이 처리된 통계자료를 통해 기인물별 추락사고 발생빈도지수( $F_o$ )와 기인물별 추락사고 재해심도( $S_A$ )를 분석하여 리스크 평가를 통해 추락재해위험 우선순위를 도출하고 추락재해 저감에 대한 대책을 제시하였다. 기인물별 추락사고 발생빈도지수( $F_o$ )는 사다리(40.20%), 비계(25.67%), 작업발판(19.18%), 개구부(8.38%), 지붕(6.75%)순으로 나타났고, 기인물별 추락사고 재해심도는 지붕(3.721), 개구부(3.648), 사다리(3.567), 비계(3.560), 작업발판(3.519) 순으로 나타났다. 이는 추락재해를 저감시키기 위한 안전관리 제도 개선 및 정책수립의 근거자료로 활용될 것이며, 실무적으로 건설현장 내 추락재해 저감에 기여할 것으로 보여진다.

## References

[1] D. S. Kim, Y. S. Shin, "A Study on the Risk Factors according to the Frequency of Falling Accidents in

Construction Sites", *JOURNAL OF THE KOREA INSTITUTE OF BUILDING CONSTRUCTION*, Vol.19, No.2, pp.185-192, Apr. 2019.

DOI: <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2019.19.2.185>

- [2] S. G. Woo, "Current State of occupational Accidents Report", Ministry of Employment and Labor, Korea, pp.1-26.
- [3] C. A. Janicak, "Fall-related deaths in the construction industry", *Journal of Safety Research*, Vol.29, No.1, pp.35-42, Mar. 1998.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-4375\(97\)00027-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-4375(97)00027-3)
- [4] Korea Law Information Center, Ministry of Labor regulations Act No.56, Jan. 2019.
- [5] T. G. Bobick, "Falls through roof and floor openings and surfaces, including skylights: 1992-2000", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.130, No.6, Nov. 2004.  
DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2004\)130:6\(895\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2004)130:6(895))
- [6] X. Huang, J. Hinze, "Analysis of Construction Worker Fall Accidents", *Journal of construction engineering and management*, ASCE, Vol.129, No.3, pp.262, Jun. 2003.  
DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2003\)129:3\(262\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2003)129:3(262))
- [7] G. H. Cattledge, A. Schneiderman, R. Stanevich, S. Hendricks, J. Greenwood, "Nonfatal occupational fall injuries in the West Virginia construction industry", *Accident Analysis & Prevention*, Vol.28, No.5, pp.655, Sep. 1996.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0001-4575\(96\)00026-7](http://dx.doi.org/10.1016/0001-4575(96)00026-7)
- [8] C. F. Chi, M. L. Wu, "Fatal occupational injuries in Taiwan—relationship between fatality rate and age", *Safety Science*, Vol.27, No.1, pp.1-17, Oct. 1997.  
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(97\)00046-5](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(97)00046-5)
- [9] T. G. Bobick, "Falls through roof and floor openings and surfaces, including skylights: 1992-2000", *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol.130, No.6, Nov. 2004.  
DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2004\)130:6\(895\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2004)130:6(895))
- [10] R. B. Dodge, "Patterns of root cause in workplace injury", *International Journal of Workplace Health Management*, Vol.5, No.1, pp.31-43 Mar. 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.1108/17538351211215375>
- [11] X. Huang, J. Hinze, "Analysis of Construction Worker Fall Accidents", *Journal of construction engineering and management*, ASCE, Vol.129, No.3, pp.262, Jun. 2003.  
DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2003\)129:3\(262\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2003)129:3(262))
- [12] W. Shin, S. C. Jeong, R. N. Lee, "A study on the causal analysis of death accidents by the falls in the construction sites", *Journal of the Korea Safety Management & Science*, Vol.16, No.4, pp.63-69, Dec. 2014.  
DOI: <https://doi.org/10.12812/ksms.2014.16.4.63>
- [13] J. R. Ensor, S. R. Ahuja, D. N. Horn, S. E. Lucco, "Safety risk assessment in industrial maintenance",



*Journal of Quality in Maintenance Engineering*,  
Vol.14, No.2, pp.205, May 2008.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/13552510810877692>

- [14] J. D. Andrews, S. J. Dunnett, "Event-tree analysis using binary decision diagrams", *IEEE Transactions on Reliability*, Vol.49, No.2, pp.230-238, Jun. 2000.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/24.877343>
- [15] J. W. Kim, J. J. Kim, "Disaster Risk Assessment by Work Unit of Construction Work for Improve the Efficiency of Design for Safety Task", *Journal of the Architectural institute of Korea structure & Construction*, Vol.34, No.6, pp.45-53, Jun. 2018.  
DOI: [https://doi.org/10.5659/JAIK\\_SC.2018.34.6.45](https://doi.org/10.5659/JAIK_SC.2018.34.6.45)

신 윤 석(Yoonseok, Shin)

[정회원]



- 2005년 2월 : 고려대학교 건축공학과 공학석사
- 2010년 2월 : 고려대학교 건축공학과 공학박사
- 2011년 3월 ~ 2012년 2월 : 국립경남과학기술대학교 전임강사
- 2012년 3월 ~ 현재 : 경기대학교 건축공학과 교수

<관심분야>

건축시공, 건설안전

황 성 훈(Sung Hoon Hwang)

[정회원]



- 1998년 2월 : 경희대학교 공과대학 건축공학과 (학사)
- 2021년 2월 : 경기대학교 공과대학 건설재료공학과 (석사)
- 2022년 3월 ~ 현재 : 울산대학교 공학대학원 건축공학과 박사과정

<관심분야>

건축시공, 건축재료

강 성 원(Sungwon, Kang)

[준회원]



- 2021년 2월 : 경기대학교 창의공과대학 건축공학과 (공학사)
- 2021년 3월 ~ 현재 : 경기대학교 일반대학원 건축공학과 석사과정

<관심분야>

건축시공, 건설안전