

# 건설업 근로자의 연령에 따른 재해 발생형태별 상관관계 분석

임종록\* · 조선영\*\* · 윤성민\*\*\*

Lim, Jonglok\* · Cho, Sunyoung\*\* · Yun, Sungmin\*\*\*

## Correlation Analysis between Accident Type and Age of Construction Workers

### ABSTRACT

Currently, as construction projects in Korea are becoming larger and more complex, the hazard rate of the construction industry is steadily increasing, contrary to other industries. This can be seen as an indication that the safety technology and safety consciousness of construction workers are insufficient compared to the improved construction technology. In addition, due to the characteristics of the construction industry based on manpower, most accidents appear in conventional forms such as fall and trip due to human errors. Therefore, analyzing the relationship between the characteristics of human resources and accidents and establishing detailed safety plans is an essential part of reducing construction accidents. In this study, a correlation analysis was conducted using 62,805 cases of construction accident cases over 3 years to derive the characteristics of accident occurrence focusing on the age of workers. As a result of the analysis, the relationship between the age of workers and the frequency and severity of accidents for each accident type was derived, focusing on the top 10 accident types.

**Keywords :** Construction worker, Accident, Age, Accident type, Correlation

### 초 록

현재 우리나라 건설 프로젝트들이 점점 대형화·복잡화됨에 따라 건설업의 재해율은 타 산업들과 반대로 꾸준히 증가하는 양상을 보인다. 이는 향상된 건설 기술력에 비해 건설업 종사자들의 안전의식과 안전에 관한 기술력은 미흡하다는 증표로 볼 수 있다. 또한, 인력을 중심기반으로 하는 건설업의 특성상 대다수의 재해는 인적오류에 의한 떨어짐, 넘어짐 등의 재래적인 형태로 나타난다. 따라서 인적자원의 특성과 재해와의 관계성을 심층적으로 분석하고 안전계획 수립에 반영하는 것은 건설업의 인적오류 재해를 저감시키기 위한 필수적인 부분이다. 본 연구에서는 근로자의 연령에 따른 재해발생 특징을 도출하기 위하여 3년간의 건설업 재해사례 데이터를 활용하여 상위 10종의 재해 발생형태를 대상으로 연령과 재해 발생형태별 빈도 및 강도의 관계성을 도출하고 관련 선행연구들을 통하여 결과를 분석하였다.

**검색어 :** 건설업 근로자, 재해, 연령, 발생형태, 상관관계

\* 정희원 · 영남대학교 건설시스템공학과 석사과정 (Yeungnam University · ljr9595@yu.ac.kr)

\*\* 영남대학교 건축공학과 석박사 통합과정 (Yeungnam University · csyung0929@ynu.ac.kr)

\*\*\* 종신회원 · 교신저자 · 영남대학교 건설시스템공학과 부교수, 공학박사 (Corresponding Author · Yeungnam University · smyun@yu.ac.kr)

Received November 18, 2022/ revised February 7, 2023/ accepted March 2, 2023

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 필요성

건설업의 재해 위험성이 타 산업에 비하여 월등히 높은 것은 익히 알려진 사실이다. 2020년 고용노동부의 산업재해현황의 산업별 재해통계 자료에 따르면, 2020년 기준 건설업의 도수율은 전 산업 대비 2.4배, 강도율은 전 산업 대비 2.5배 높게 나타났다. 또한, 2011년에서 2020년까지의 연도별 재해율과 강도율의 변화를 살펴보았을 때 전 산업에서는 두 가지 지표 모두 시간이 지나면서 일정 부분 줄어드는 추세를 나타내었으나, 건설업에서는 두 가지 지표 모두 큰 폭으로 증가하였다(MOEL, 2020). 이는 건설사업의 규모가 점점 커지고 복잡해짐과 동시에 신공법 등의 도입으로 건설근로자들이 새로운 형태의 위험요인에 노출되어 있으며(Cho, 2012), 다른 의미로는 향상된 건설 기술력에 비하여 건설업 종사자들의 안전의식과 안전관련 기술력의 미흡에서 비롯된 것으로 볼 수 있다.

건설업은 근로자의 90%가 현장 생산 활동에 참여하고, 10%는 사무 및 기타 활동에 참여하는 인력 의존도가 높은 대표적인 3D (Difficult, Dirty, Dangerous) 노동집약적 산업이다(KOSTAT, 2021). 우리나라의 건설업 사망재해 중 인적오류(human error)에 의한 사망 재해는 전체 사망 재해의 71.3%를 차지하고 있으며(Moon, 2017), 건설업에서는 작업 숙련도 부족과 같은 인적요인으로 인한 재해가 자연재해, 장비 결함 등 환경적 요인보다 4배 이상 높은 것으로 분석되었다(SIT, 2020). 하지만 인적오류로 인한 재해의 심각성에도 불구하고 현재 건설현장에서 수행되는 대부분의 위험성 평가는 기계설비나 물리, 화학적 요인을 중심으로 이루어지고 있는 반면, 인적요인은 대부분 작업자 부주의로 처리되고 있는 실정이다(Kim, 2013).

또한, 건설업은 대표적인 고령화 산업으로 2021년 기준 건설기능인력 중 50대 이상의 중고령 근로자의 비중은 전체 건설기능인력의 59.7%를 차지하며, 전 산업의 50대 이상 취업자 비중인 43.1%보다 16.6%p 높게 나타났다(CW, 2022). 업무가 대부분 옥외에서 이루어지고 다양한 위험이 존재하는 건설현장의 특성상 중고령 근로자는 풍부한 지식과 경험, 본인이 수행하는 업무 상태를 명확하게 파악할 수 있는 능력과 통솔력을 가진 반면, 노화가 진행됨에 따라 심신기능이 감소하여 청년 근로자보다 위기 대처능력이 떨어질 수 있다(Kim et al., 2017). 그러나 젊은 근로자들이 모든 부분에서 중고령 근로자보다 안전한 것은 아니다. 캐나다의 25세 미만의 젊은 근로자들은 55세 이상의 중고령 근로자보다 재해의 심각성은 낮지만 발생확률은 높게 나타났으며, 위험 요소 중 소음, 진동, 화학 물질, 산소결핍 위험에 노출될 가능성이 가장 높았다(Breslin et al., 2007). 이와 같이 인적요인에 따른 재해의 특징을 분석하는

것은 향후 건설현장에서 근로자 맞춤형 안전교육 및 재해예방 계획수립에 필수적인 요소일 것이라고 사료된다. 하지만 현재 국내에서는 통계자료를 기반으로 인적요인별 기술통계 위주의 현황 및 문제점 파악과 관련된 연구들은 다소 수행되고 있는 반면에, 인적요인과 재해간의 직접적인 관계를 도출하는 연구는 아직 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 3년간의 건설업 재해사례를 활용하여 재해자의 연령과 발생된 재해형태간의 상관관계를 도출하고, 연령에 따라 상대적으로 주의해야 할 재해 발생형태들을 중심으로 결과를 분석하여 제시하고자 한다. 또한, 본 연구에서 도출된 결과들은 향후 현장 맞춤형 위험성 평가 시스템 개발 중 근로자의 특성을 반영하기 위한 기초 연구로써 활용되는 것에 연구의 목적이 있다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 한국산업안전보건공단(KOSHA)에서 수집한 2013년부터 2015년까지의 산업재해로 처리된 건설업 재해사례 전수조사 데이터를 활용하였다. 분석 데이터는 66개의 속성정보로 이루어진 62,805건의 사례 데이터가 존재하였으며, 데이터 전처리 과정을 포함한 7단계의 프로세스를 통해 연구를 진행하였다.

첫째, 분석에 필요한 속성정보인 재해자의 연령, 근로손실일수, 재해 발생형태 데이터를 추출하였다. 여기서 손실일수란, 재해로 인한 피해자의 사망이나 부상 정도에 따른 근로 손실 일수로 정의하고 있으며(National Institute of Korean Language, 2016), 의사의 진단에 의한 신체장애 등급에 따라 일수가 규정되고, 강도를 계산에 사용되고 있다. 둘째, 10개의 주요 재해 발생형태(떨어짐, 넘어짐, 물체에 맞음, 절단·베임·찢림, 끼임, 부딪힘, 깔림·뒤집힘, 불균형 및 무리한 동작, 직업관련질병, 무너짐)에 해당하는 재해 60,318건을 추출하였다. 셋째, 중심극한정리에 의거하여 연령별 사례건수가 30건 미만인 모집단을 대표하지 못하는 데이터 157건을 제외하여, 23세에서 77세의 데이터 60,161건이 추출되었다. 여기서 중심극한정리란, 정규 분포가 아닌 임의의 분포에서 표출된 표본의 평균도 표본크기가 충분히 클 때는 근사적으로 정규분포를 갖는다는 이론으로, 표본이 30이 넘는 경우 모집단의 분포에 상관없이 근사적 정규이론을 적용한다(Lee, 2000). 넷째, 추출한 주요 재해 발생형태 10종 데이터의 전반적인 분포를 확인하기 위하여 연령별 재해 건수 및 평균 근로손실일수와 재해 발생형태별 재해 건수 및 평균 근로손실일수의 기술통계분석을 실시하였다. 다섯째, 연령에 따른 재해 발생형태별 재해건수를 상대도수로 변환 후 연령과의 피어슨 상관분석을 수행하였으며, 이를 통해 각 재해 발생형태별로 연령과의 빈도 상관계수와 유의수준을 도출하였다. 여섯째, 연령에 따른 재해 발생형태별 평균 근로손실일수를 산정하고, 이상치를 제거하기 위하여 사분위수 범위를 활용한 이상치 탐색방법을 적용하였다.

사분위수 범위는 사분위수 중 제3사분위수(Q3)에서 제1사분위수(Q1)의 차이로 계산되는데, 사분위수 범위의 1.5배를 초과하는 데이터를 이상치로 정의하여 제거한다. 이상치 제거 후 추출된 57,347건의 데이터를 활용하여 재해 발생형태별 평균 근로손실일수와 연령과의 피어슨 상관분석을 수행하였으며, 이를 통해 각 재해 발생형태별로 연령과의 강도 상관계수와 유의수준을 도출하였다. 마지막으로, 연령과의 관계에서 통계적으로 유의한 값을 나타낸 재해 발생형태들을 중심으로 빈도와 강도의 관계성 결과 및 원인을 분석하여 제시하였다.

연령과 재해 발생형태간의 관계성을 분석하기 위해서 사용된 분석기법으로는 피어슨 상관분석을 사용하였다. 피어슨 상관분석은 두 변인에 대하여 서로 어떤 관계를 가지고 있는가를 분석하는 방법으로 도출되는 상관계수는 -1에서 +1사이의 값을 취하게 된다. 두 변인 X, Y 간에 상관계수가 0에 가까울수록 두 변인은 상관관계가 아니며, +1에 가까울수록 X가 증가하면 Y도 증가하는 양의 상관관계, -1에 가까울수록 X가 증가하면 Y는 감소하는 음의 상관관계를 나타낸다. 또한, 상관계수의 절댓값의 크기에 따라 두 변인이 얼마나 강한 관계를 가지는가를 나타낸다. 상관계수에 따른 두 변인간의 관계성 지표는 Table 1과 같다(Rea and Parker, 2005).

**Table 1.** Indicator of Relationship According to Correlation Coefficient (Rea and Parker, 2005)

Correlation Coefficient (r)	Relationship
$\pm 0.0 \leq r < \pm 0.1$	Little or No Relationship
$\pm 0.1 \leq r < \pm 0.2$	Weak Positive/Negative Relationship
$\pm 0.2 \leq r < \pm 0.4$	Normal Positive/Negative Relationship
$\pm 0.4 \leq r < \pm 0.6$	Slightly Strong Positive/Negative Relationship
$\pm 0.6 \leq r < \pm 0.8$	Strong Positive/Negative Relationship
$\pm 0.8 \leq r < \pm 1.0$	Very Strong Positive/Negative Relationship

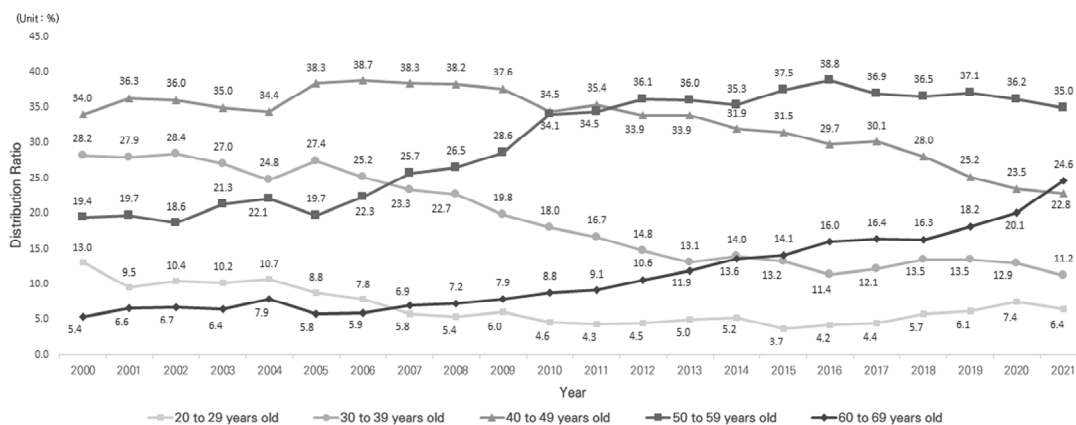
## 2. 이론적 배경

본 연구는 건설업 근로자의 인적요인을 고려한 근로자 맞춤형 안전관리를 위한 기초연구로써 다양한 인적요인 중 연령과 재해간의 관계를 분석하고자 한다. 이를 위해서는 우선적으로 전반적인 건설현장의 고령화 문제, 젊은 근로자와 중·고령 근로자간의 재해 특성 차이의 이해가 필요하여, ‘연령에 따른 건설업 근로자의 재해 현황 및 특성’에 관련된 선행연구들을 고찰하였다. 또한, 분석을 통해 도출된 연령과 재해형태간의 관계성을 해석하기 위하여 ‘연령에 따른 인적재해 발생요인’에 관련된 선행연구 분석을 통해 연령별 신체적·정신적 특성이 재해에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 고찰을 하였다.

### 2.1 연령에 따른 건설업 근로자의 재해현황 및 특성

CW(2022)는 통계청의 연도별 경제활동인구조사를 통해 건설 기능인력의 연령대별 구성비 추이를 확인하고 전 산업과 비교하였다. Fig. 1에서 볼 수 있듯이 2021년 건설기능인력 중 40대 이상의 근로자는 전체 건설기능인력의 82.4%를 차지하였으며, 전 산업에서의 40대 이상 근로자의 비중인 65.5%에 비해 16.9% 높은 건설업의 심화되는 고령화 현상을 강조하였다.

Park and Lee(2009)는 건설 근로자의 연령별 사망재해 특성을 파악하기 위한 연구로 2007년 사망재해 사례와 직종별 취업자의 연령대 자료를 활용하여 사망 재해자수와 조사된 사망 재해자수를 비교를 통해 각 연령대별 사망 비율이 높은 직종, 공중, 기인물 등 사망재해 특성을 도출하였다. Kelly and Cheryl(2021)은 미국 노동통계국에서 추출한 10,000명 이상의 건설업 재해자 분석을 통해 연령과 부상 및 질병 발병률간의 통계적 유의성이 있는 것을 도출하고, 관련 정량적 자료들을 수집하고 분석하여 젊은 그룹과 고령 그룹으로 구분하여 재해발생의 특성을 도출하였다. 도출 결과, 55~64세 그룹은 인지 및 신체적 감소로 부상과 질병의 위험이



**Fig. 1.** Changes in the Age of Workers in Construction Sites (CW, 2022)

높고, 65세 이상 그룹은 근로손실일수가 더 높게 발생하며, 젊은 근로자들은 위험 상황처리에 적절한 경험과 기술이 부족하여 부상의 위험이 더 높게 나타난다고 제시하였다.

Kim et al.(2017)은 장년 근로자의 특성관련 문헌고찰을 통해 우리나라에 적용 가능한 장년 근로자의 재해예방대책을 제안하였으며, 건설재해 통계들의 비교분석을 통해 장년근로자의 재해추세, 점유율 등 현황을 파악하고 설문조사를 통해 장년근로자의 위험인자와 건강문제의 인과관계를 분석하여 재해예방대책 수립의 방향성을 제시하였다. Jeong(2000)은 산업재해 요양신청서 350건을 수집하여 연령별 재해 발생형태 통계, 작업 내용, 상해 부위, 간접원인 및 직업원인을 분석하여 각 항목들에 대한 주요 위험 요인들을 도출하였다.

## 2.2 연령에 따른 인적재해 발생요인

연령에 따른 인적재해 발생요인에 관한 국내 연구가 다음과 같이 수행되었다. KOSHA(2001)의 산업안전보건 백과사전에서는 떨어짐과 넘어짐 사고에 영향을 미치는 가장 중요한 감각기관은 시각이며, 지각과 신체의 상호작용, 근육 반응으로 인한 자세의 안정성 또한 주요 원인으로 제시하였다. Shin et al.(2016)은 40대 후반부터는 근점거리가 명시거리보다 커지는 원시를 가지게 되고 60세가 되면 사물을 볼 때 20세의 3배의 빛이 필요한 것 등 시각 기능이 퇴화하게 되며, 또한 충돌이나 낙하 등의 위험을 피하기 위해서는 민첩한 몸의 움직임이 필요하나 나이가 들수록 신경이 둔화되어 민첩성이 급격하게 떨어진다고 제시하였다.

JBE(2016)의 안전 길라잡이에서는 직업병은 열악한 작업 환경에 노출되어 발생하며, 산업독물에 대한 저항력이 떨어지고 작업이 미숙한 젊은 연령층에서 많이 발생하지만 발병하기까지 오랜 시간을 요하는 진폐증이나 암 등은 고령자에게서 많이 나타난다고 제시하였다. Cho et al.(2018)은 제4차 근로환경조사를 활용하여 우리나라 건설업 종사자의 근골격계 증상과 성별, 연령, 교육수준, 여가활동 등 개인적 특성간의 관계 연구를 통해 인적요인이 근골격계 질환에 미치는 영향 정도를 도출하였다.

해외에서도 연령에 따른 인적재해 발생요인에 대한 연구가 수행되었는데 Lockhart et al.(2005)은 42명의 청년, 중년, 장년의 실험자들을 대상으로 같은 조건에서의 추락과 넘어짐의 위험 실험을 실시하여 고령일수록 생체 역학적으로 반응 시간의 감소, 관절 가동성 감소, 근육 탄력성 감소, 힘의 감소 등의 원인으로 인하여 추락과 넘어짐의 위험성이 높아진다는 결과를 도출하였다. 한편, Breslin et al.(2007)은 연령에 따른 근로자의 안전 이해도에 관한 연구에서 젊은 남성 근로자들은 불만을 억누르고, 부상을 보고하지 않았으며, 자신이 성숙하고 능력 있는 근로자임을 증명하기 위하여 도움을 요청하지 않는 경향이 있다고 제시하였다.

Choi(2009)는 근로자의 신체적인 측면에서의 힘, 움직임의 속도, 동작의 범위, 운동 기술, 부상과 피로 후의 치유와 인지적 측면에서의 감각 운동 성능, 결정 시간, 기억력, 시각 및 청각은 근로자가 40세가 되면 감소하기 시작한다고 제시하였다.

최근 연구에서는 Lingard and Zhang(2019)은 연령을 고려한 맞춤형 교육방법 제안에 관한 연구에서 젊은 근로자들의 주된 재해 원인으로 근로자의 경험 부족 및 업무 친숙성 부족, 짧은 근무 기간, 업무환경(안전교육 미흡 등)이 있으며, 위험감수 및 과도한 자신감과 같은 태도도 재해에 기여하는 요인이라고 제시하였다. Abukhashabah et al.(2020)은 사우디아라비아 건설업 근로자 대상 설문조사를 통해 재해에 높은 비중을 차지하는 타박상, 골절, 절단과 같은 재해형태들이 발생하는 주된 원인은 근로자의 무모한 행동, 보호 장비 착용불량, 부적절한 장비 사용이 있으며, 35세 미만 젊은 근로자와 경험이 부족한 근로자에게서 더 빈번하게 나타난다는 결과를 도출하였다.

## 2.3 시사점

국내의 선행연구들을 고찰한 결과, 해외 연구에서는 근로자의 인적특성들과 재해발생과의 직접적인 인과관계 및 위험성을 분석한 연구가 활발히 이루어져 왔다. 그러나 국내 연구들의 대부분은 연령, 경력 등 단일요인들의 단순 빈도분석을 통한 현황파악 및 문제점 제시를 위주로 연구가 수행되었으며, 재해와의 직접적인 관계를 도출하는 연구는 미흡한 수준이다. 따라서 본 연구에서는 3년간의 재해사례 전수조사 데이터를 통하여 연령 및 재해형태별 빈도와 강도를 구분하여 연령과 재해형태간의 직접적인 관계성을 도출하고자 한다.

## 3. 연령에 따른 주요 재해발생형태별 상관관계 분석

### 3.1 연령과 주요 재해 발생형태의 재해 빈도 및 강도 통계 분석

본 연구에서는 연령에 따른 재해발생 현황을 분석하기 위하여 주요 재해 발생형태 10종에 해당하는 23세에서 77세까지의 재해자 데이터 60,161건에 대하여 연령에 따른 재해발생빈도와 근로손실일수에 대한 기술통계분석을 실시하였으며, Fig. 2와 같이 나타났다.

재해자의 연령에 따른 재해 건수를 비교하였을 때, 50대가 전체 재해사례 중 42%로 가장 많이 차지하였으며, 40대가 23%, 60대가 23%, 30대가 7%, 70세에서 77세가 3%, 23세에서 29세가 1% 순으로 높은 분포를 보였다. 다음으로 연령에 따른 평균 근로손실일수를 비교하였을 때, 연령이 증가함에 따라 근로손실일수가 같이 증가하는 양상을 보였으며, 이는 고령의 근로자 일수록 젊은

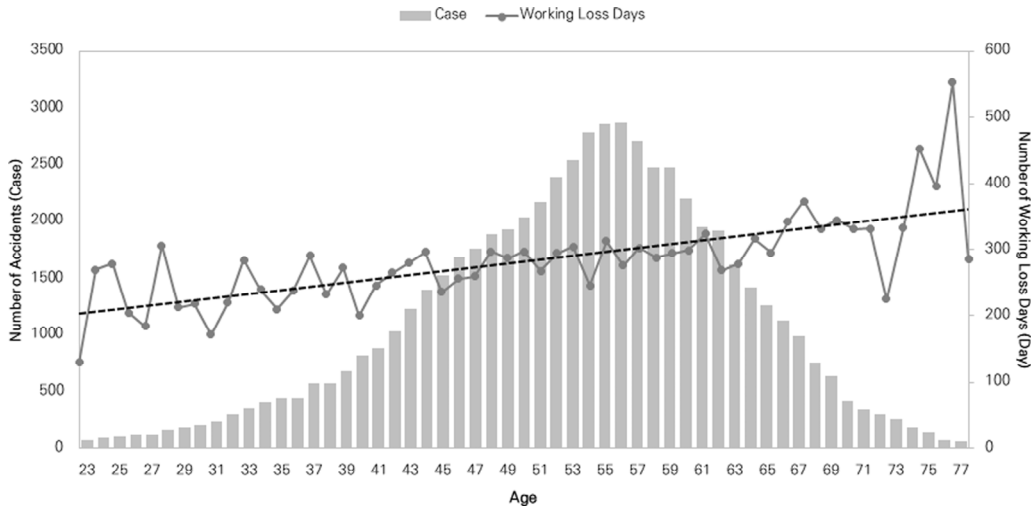


Fig. 2. Number of Accidents and Working Loss Days according to Age

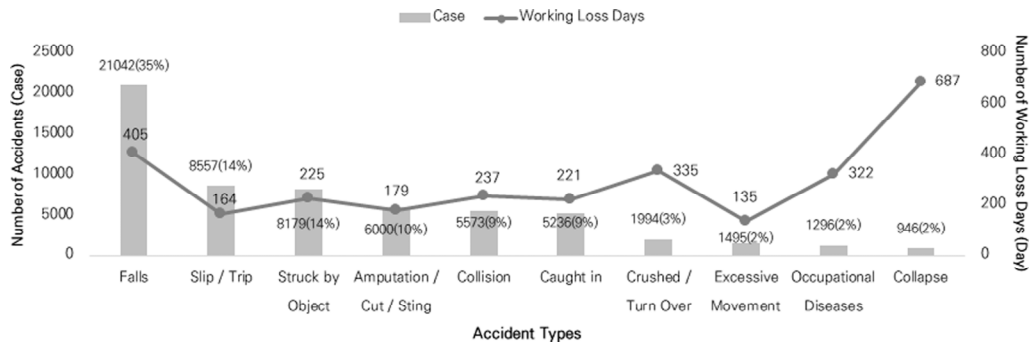


Fig. 3. Number of Accidents and Working Loss Days according to Major Accident Types

근로자에 비해 재해 발생 시 더 많은 근로의 손실이 발생하는 것을 나타낸다.

다음으로 재해 발생형태에 따른 재해현황을 분석하기 위하여 상위 10종의 재해 발생형태의 건수와 평균 근로손실일수에 대한 기술통계분석을 실시하였으며, Fig. 3과 같이 나타났다. 주요 재해 발생형태 10종에 따른 재해 건수를 비교하였을 때, 떨어짐(Falls) 재해가 전체의 35%로 가장 많이 차지하였으며, 넘어짐(Slip/Trip) 14%, 물체에 맞음(Struck by Object) 14%, 절단·베임·찔림(Amputation/Cut/Sting) 10%, 부딪힘(Collision) 9%, 끼임(Caught in) 9%, 깔림·뒤집힘(Crushed/Turn Over) 3%, 불균형 및 무리한 동작(Excessive Movement) 2%, 직업관련질병(Occupational Diseases) 2%, 무너짐(Collapse) 2% 순으로 나타났다. 주요 재해 발생형태 10종에 따른 평균 근로손실일수를 비교하였을 때, 무너짐, 떨어짐, 깔림·뒤집힘, 직업관련질병, 부딪힘, 물체에 맞음, 끼임, 절단·베임·찔림, 넘어짐, 불균형 및 무리한 동작 순으로 재해 발생 시 더 많은 근로의 손실이 발생한다는 것을 나타낸다.

### 3.2 연령에 따른 재해 발생형태 빈도 상관관계 분석

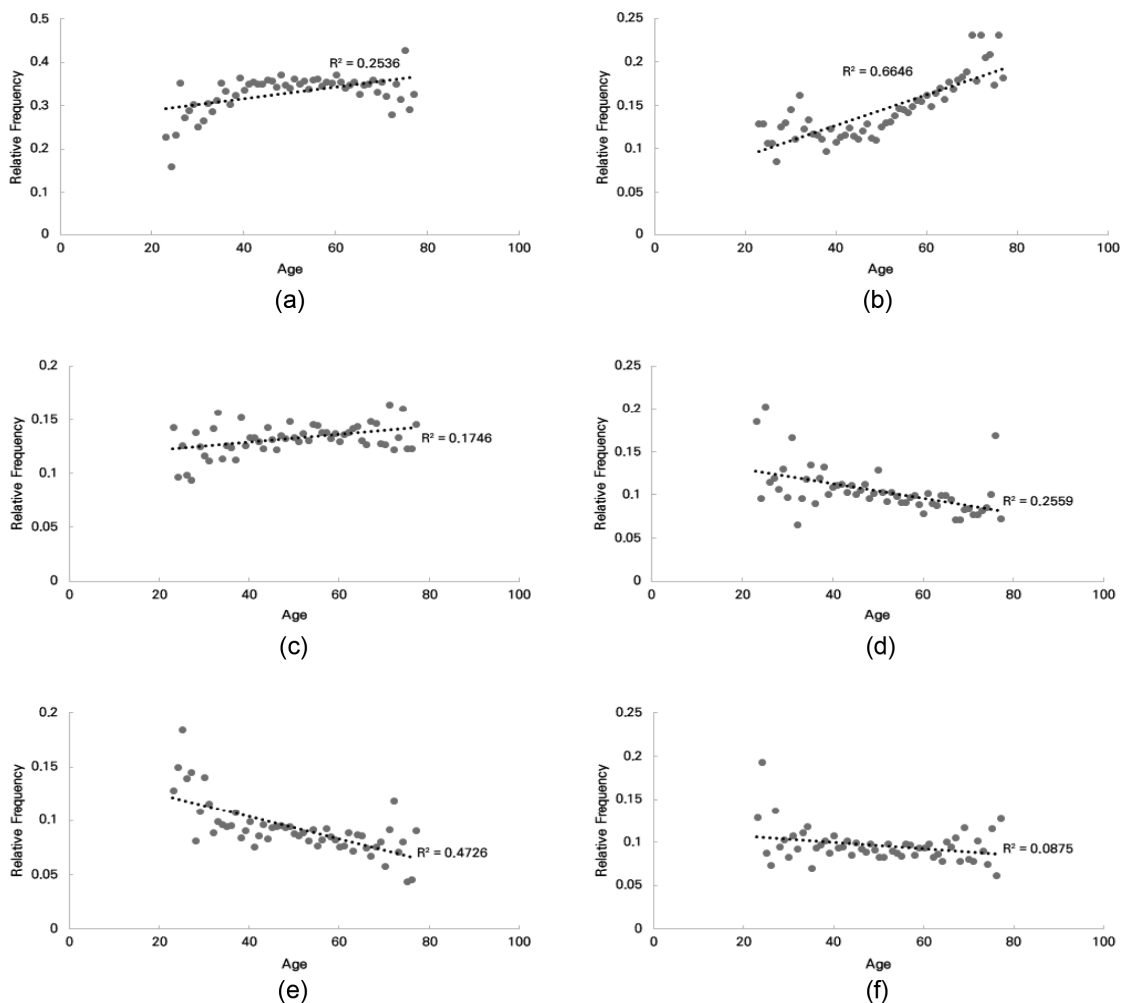
본 연구에서는 연령별 재해건수가 30건 이상 존재하는 23세에서 77세까지 재해자의 재해사례 60,161건을 활용하여 연령에 따른 주요 재해 발생형태 건수를 대상으로 피어슨 상관분석을 실시하였다. 분석과정에서 특정 연령 구간에 근로자가 집중되어 있는 문제점 때문에 재해건수로는 분석이 불가능하여, 연령에 따른 재해 발생형태별 재해건수를 상대도수로 변환한 후 분석을 실시하였다.

연령과 재해 발생형태간의 빈도관계를 분석하여 Table 2와 Fig. 4의 결과를 도출하였다. 연령과 재해 발생형태 중 떨어짐, 넘어짐, 물체에 맞음, 절단·베임·찔림, 끼임, 부딪힘, 불균형 및 무리한 동작, 직업관련질병 재해들의 유의확률( $p$ -value)은 0.05 미만으로 통계적으로 유의하게 나타났으며, 이 재해발생형태들을 대상으로 도출된 상관계수들은 신뢰성 있는 값을 가진다고 할 수 있다. 이 외에 깔림·뒤집힘, 무너짐 재해는 재해자 연령과의 빈도 상관관계에서는 유의확률이 0.05 이상으로 나타나며 통계적으로 유의하지 않았다.

연령과 양의 상관관계를 나타낸 재해 발생형태에서는 넘어짐, 떨어짐, 물체에 맞음 순으로 상관계수가 높게 나타났으며, 이는

**Table 2.** Correlation between Age and Number of Accidents by Accident Types (N=55)

Accident Type	Correlation Coefficient	p-value	Relationship
Falls	0.504**	0.000	Slightly Strong +
Slip/Trip	0.815**	0.000	Very Strong +
Struck by Object	0.418**	0.002	Slightly Strong +
Amputation/Cut/Sting	-0.506**	0.000	Slightly Strong -
Caught in	-0.687**	0.000	Slightly Strong -
Collision	-0.296*	0.028	Normal -
Crushed/Turn Over	-0.105	0.105	Weak
Excessive Movement	-0.782**	0.000	Strong -
Occupational Diseases	-0.587**	0.000	Slightly Strong -
Collapse	0.102	0.459	Weak +



**Fig. 4.** Number of Accidents according to Age by Accident Type: (a) Falls, (b) Slip/Trip, (c) Struck by Object, (d) Amputation/Cut/Sting, (e) Caught in, (f) Collision, (g) Crushed/Turn Over, (h) Excessive Movement, (i) Occupational Diseases, (j) Collapse

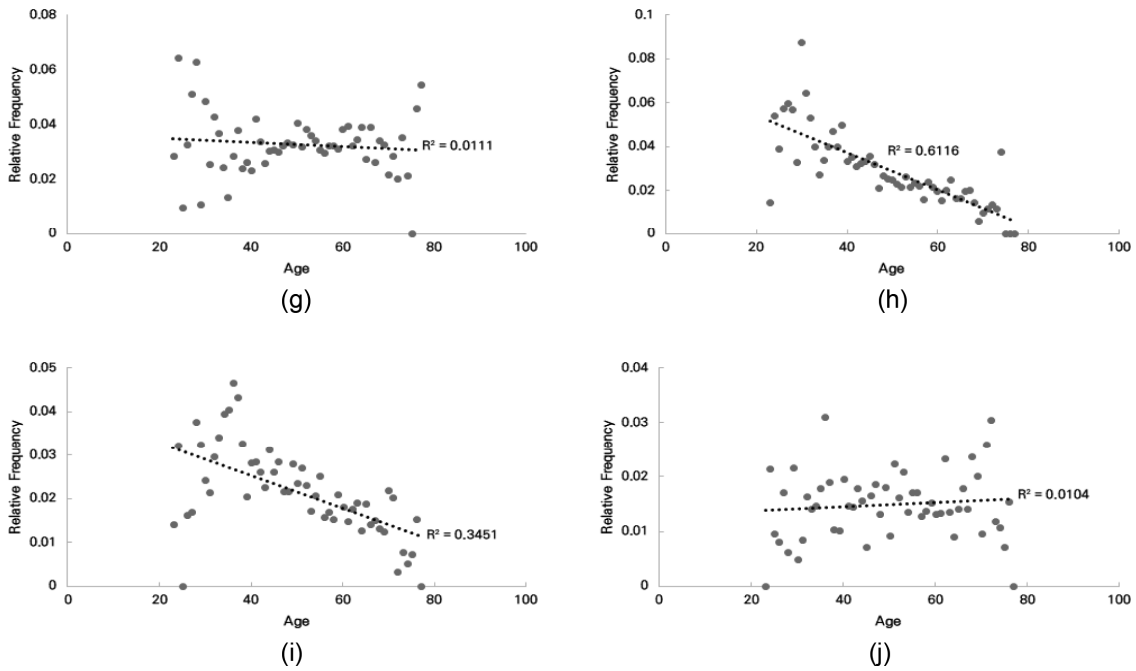


Fig. 4. (Continued)

연령이 많을수록 해당 재해 발생형태의 빈도 증가와의 관계가 크다는 것을 의미한다. 또한 연령과 음의 상관관계를 나타낸 재해 발생형태에는 불균형 및 무리한 동작, 끼임, 직업관련질병, 절단베임·찢림, 부딪힘 순으로 높았으며, 이는 연령이 적을수록 해당 재해 발생형태의 빈도 증가와 관계가 크다는 것을 의미한다.

### 3.3 연령에 따른 재해 발생형태 강도 상관관계 분석

본 연구에서는 60,161건의 데이터에서 연령에 따른 발생형태별

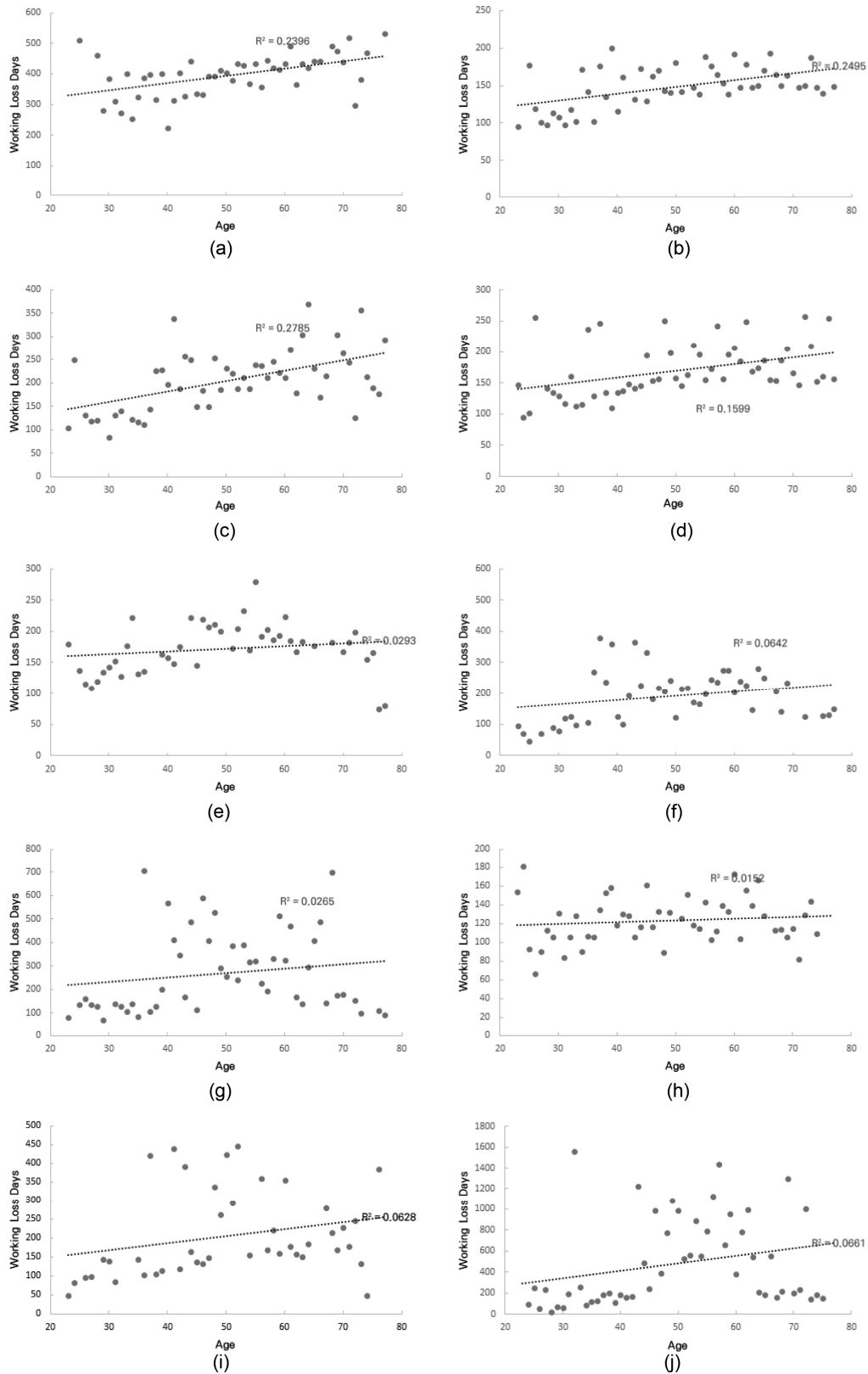
평균 근로손실일수의 이상치를 제거한 57,347건의 데이터를 활용하여 주요 재해 발생형태별 평균 근로손실일수와 연령과의 피어슨 상관분석을 실시하였다.

연령별 재해 발생형태의 강도관계를 분석하여 Table 3과 Fig. 5의 결과를 도출하였다. 주요 재해 발생형태 10종의 평균 근로손실일수와 연령과의 유의확률(p-value)은 0.00으로 통계적으로 유의한 값을 가졌으며, 상관계수는 0.667로 강한 양의 상관관계를 가졌다. 이는 평균적으로 연령이 증가하는 것과 재해 발생 시 근로의

Table 3. Correlation between Working Age and Loss Days by Accident Type

Accident Type	Correlation Coefficient	p-value	N (Age)	Relationship
Overall	0.667**	0.000	51	Strong +
Falls	0.489**	0.000	48	Slightly Strong +
Slip/Trip	0.500**	0.000	50	Slightly Strong +
Struck by Object	0.528**	0.000	51	Slightly Strong +
Amputation/Cut/Sting	0.400**	0.003	54	Slightly Strong +
Caught in	0.171	0.261	45	Weak +
Collision	0.253	0.086	47	Normal +
Crushed/Turn Over	0.163	0.259	50	Weak +
Excessive Movement	0.123	0.394	50	Weak +
Occupational Diseases	0.251	0.105	43	Normal +
Collapse	0.257	0.066	52	Normal +

건설업 근로자의 연령에 따른 재해 발생형태별 상관관계 분석



**Fig. 5.** Working Loss Days according to Age by Accident Type: (a) Falls, (b) Slip/Trip, (c) Struck by Object, (d) Amputation/Cut/Sting, (e) Caught in, (f) Collision, (g) Crushed/Turn Over, (h) Excessive Movement, (i) Occupational Diseases, (j) Collapse



손실이 증가하는 것과의 관계가 크다는 것을 의미한다. 연령과 각 재해 발생형태별 강도관계를 분석한 결과, 연령과 재해 발생형태 중 떨어짐, 넘어짐, 물체에 맞음, 절단베임·찢림 재해들의 유의확률( $p$ -value)은 0.05 미만으로, 이 재해 발생형태들을 대상으로 도출된 상관관계수들은 신뢰성 있는 값을 가진다고 할 수 있다. 이 외에 재해 발생형태 중 끼임, 부딪힘, 깔림·뒤집힘, 불균형 및 무리한 동작, 직업관련질병, 무너짐 재해는 유의확률이 0.05 이상으로 나타나며 통계적으로 유의하지 않았다.

연령과의 강도 상관관계에서 주요 재해 발생형태 10종은 모두 연령이 증가함에 따라 근로손실일수가 증가하는 양의 상관관계를 보였다. 이 중 떨어짐 재해의 상관관계수가 가장 높게 나타났으며, 다음으로 절단베임·찢림, 넘어짐, 물체에 맞음, 끼임 순으로 높게 나타났다. 이는 연령이 높을수록 해당 재해 발생형태의 근로손실일 수 증가와의 관계가 크다는 것을 의미한다.

### 3.4 연령에 따른 재해 발생형태별 관계 종합 분석

본 연구에서는 앞서 분석된 연령과 재해 발생형태의 상관분석 결과 중 유의수준 0.05 미만의 통계적으로 유의한 값을 가졌던 재해 발생형태들을 중심으로 결과를 종합하였다.

먼저, 떨어짐과 넘어짐, 물체에 맞음 재해들은 빈도와 강도관계 모두 통계적으로 유의하게 양적관계를 나타냈으며, 이는 연령이 많을수록 해당 재해 발생형태들의 빈도와 강도가 증가하는 것과 관계성이 크다는 것을 의미한다. 이와 관련된 Shin et al.(2016), Choi(2009), Lockhart et al.(2005)의 선행연구에서 밝힌 바와 같이 떨어짐, 넘어짐, 물체에 맞음 재해들에서 연령과 재해의 빈도 및 강도가 양의 상관관계로 나타난 것은 연령이 증가함에 따라 주위 환경에 대한 신체적 능력(시각, 근육, 반응속도, 회복시간 등)이 감소되는 특징이 주된 영향요인으로 작용되었을 것으로 판단된다.

한편, 절단베임·찢림 재해는 빈도와 강도관계 모두 통계적으로 유의하게 나타났으며, 빈도관계에서는 음의 상관관계, 강도관계에서는 양의 상관관계를 나타내었다. 이는 연령이 적을수록 해당 재해들이 발생하는 빈도 증가와의 관계가 높으며, 연령이 많을수록 재해 발생 시 근로손실일수의 증가와 관계가 높다는 것을 의미한다. 또한, 끼임, 부딪힘, 불균형 및 무리한 동작, 직업관련질병 재해들은 빈도관계에서는 통계적으로 유의하게 음의 상관관계를 보였지만, 강도관계에서는 통계적으로 유의하지 않았다. 이는 연령이 적을수록 해당 재해들의 발생빈도 증가와 관계가 높은 것을 의미한다. 이러한 결과는 Breslin et al.(2007), JBE(2016), Lingard and Zhang(2019), Abukhashabah et al.(2020)의 연구에서 도출된 결과에서 보는 바와 같이 절단베임·찢림, 끼임, 부딪힘 재해들에서 연령과 재해의 빈도가 음의 상관관계로 나타난 것은 장비 및 기계를

다루는 젊은 근로자들의 개인보호장비 착용미흡, 기술적 미흡, 경험부족이 주된 영향요인으로 작용되었을 것으로 판단된다. 또한, 불균형 및 무리한 동작, 직업관련질병 재해들에서 연령과 재해의 빈도가 음의 상관관계로 나타난 것은 젊은 근로자들의 무모한 행동, 개인보호장비 착용미흡, 안전태도 결여가 주된 영향요인으로 작용하였을 것으로 유추될 수 있다. 절단베임·찢림 재해의 강도관계에서는 고령 근로자의 신체적 회복능력 부족으로 양의 상관관계가 나타난 것으로 보여진다.

이 외에 깔림·뒤집힘과 무너짐 재해들은 연령과의 관계에서 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났는데, 이는 해당 형태들은 대부분 인적요인과는 상관없이 기계적·물리적 요인으로 인하여 발생하는 재해형태로써 이러한 결과가 나타난 것으로 판단되며, 끼임, 부딪힘, 깔림·뒤집힘, 불균형 및 무리한 동작, 직업관련질병, 무너짐 재해들은 연령과의 강도관계에서 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났는데, 이는 해당 재해들이 떨어짐, 넘어짐, 물체에 맞음, 절단베임·찢림 재해들에 비하여 상대적으로 부족한 사례건수로 인해 평균 근로손실일수 산정 시 편차가 크게 나타나 이러한 결과가 나타난 것으로 사료된다.

## 4. 결론

건설업에서 연령, 경력 등 인적요인과 관련된 국내 선행 연구 및 산업재해 통계에서는 대부분 요인별 단순 재해통계를 분석하여 현황과 문제점을 제시하는 연구들이 주로 수행되었다. 하지만 해외 연구들에 비해 국내연구에서는 재해와 인적요인간의 직접적인 인과관계를 도출하는 연구들은 아직 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 재해사례 기반의 연령과 재해 발생형태의 상관관계를 정량적인 지표로 제시함으로써, 향후 인적요인을 고려한 세부적인 안전계획 수립 시 우선적으로 반영해야할 요인 파악에 직접적으로 기여할 수 있다는 점에서 연구의 의의가 있다고 사료된다.

본 연구의 한계점으로는 분석에 활용된 한국산업안전보건공단 데이터가 산업재해 처리를 목적으로 하는 데이터로써 재해의 정황과 원인에 대한 구체적인 내용이 미흡하여 분석된 결과들에 대한 실제 원인을 도출하기 어려웠다. 또한, 데이터 수집의 한계로 2013년에서 2015년의 재해사례 데이터만을 활용하여 시간의 흐름에 따른 관계변화까지는 도출할 수 없었던 점도 아쉬운 부분이다. 하지만 Fig. 1에서 볼 수 있듯이 2013년에서 2015년은 50대 이상의 중·고령 근로자가 전체 근로자의 50%를 넘어가는 시점으로, 분석된 결과들은 고령화된 건설업의 상황이 반영된 결과라고 볼 수 있다.

현재 국토안전관리원의 건설공사 안전관리종합정보망(CSI)에서는 발생한 재해의 경위 및 원인을 포함한 세부적인 사례를 지속적으로 수집하여 제공하는 중이지만, 아직 초기 단계이므로 본 연구에

활용하기에는 재해사례가 부족하였다. 향후 연구에서는 CSI 데이터를 활용하여 연령 외에도 경력, 외국인 여부 등 다양한 인적요인들에 따른 재해 발생의 특성과 원인 분석을 수행할 계획이며, 도출된 다양한 특성들은 현재 국토교통부의 2025 스마트 건설기술 개발사업의 일환으로 연구 중인 현장 맞춤형 위험성 평가 시스템 구축에 근로자의 특성 정보로써 활용할 예정이다.

## 감사의 글

본 연구는 2022년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원(P0008475, 2022년 스마트디지털엔지니어링전문인력양성사업)과 국토교통부/국토교통과학기술진흥원이 시행하고 한국도로공사가 총괄하는 “스마트건설기술개발 국가R&D사업(과제번호 국립국어원21SMIP-A158708-02)”의 지원으로 수행되었음.

본 논문은 2022 CONVENTION 논문을 수정보완하여 작성되었습니다.

## References

- Abukhashabah, E., Summan, A. and Balkhyour, M. (2020). “Occupational accidents and injuries in construction industry in Jeddah city.” *Saudi Journal of Biological Sciences*, Vol. 27, No. 8, pp. 1993-1998.
- Breslin, F. C., Polzer J., MacEachen, E., Morrongiello, B. and Shannon, H. (2007). “Workplace injury or “part of the job”: Towards a gendered understanding of injuries and complaints among young workers.” *Social Science & Medicine*, Vol. 64, No. 4, pp. 782-793.
- Cho, H. Y., Park, J. and Lee, C. L. (2018). “Work-related risk factors associated with upper extremity symptoms among construction workers.” *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*, Vol. 28, No. 2, pp. 211-221.
- Cho, J. H. (2012). “A study on the causes analysis and preventive measures by disaster types in construction fields.” *Journal of the Korea Safety Management & Science*, Vol. 14, No. 1, pp. 7-13.
- Choi, S. D. (2009). “Safety and ergonomic considerations for an aging workforce in the US construction industry.” *Work-A Journal of Prevention Assesment & Rehabilitation*, Vol. 33, No. 3, pp. 307-315.
- Construction Workers Mutual Aid Association (CW) (2022). *A Study on the Trend of Construction Mechanism and Construction Competency Manpower* (in Korean).
- Jeollabukdo Office of Education (JBE) (2016). *2016 Student safety guide* (in Korean).
- Jeong, B. Y. (2000). “Analysis of accident characteristics by age of injured person.” *Journal of Korea Safety Management & Science*, Vol. 2, No. 4, pp. 9-17.
- Kelly, M. and Cheryl, L. (2021). “AGE’s influence on workplace safety.” *Professional Safety*, Vol. 66, No. 7, pp. 35-39.
- Kim, D. G. and Lim, H. K. (2013). “Development of ergo-HAZOP technique for identification and prevention of human errors in conventional accidents.” *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 28, No. 8, pp. 46-51.
- Kim, P., Bang, S., Kim, K. and Kim, H. (2017). “Research of actual condition and mitigation plan for aging workers’ health and safety at construction sites.” *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 18, No. 1, pp. 37-47.
- Korea Occupational Safety & Health Agency (KOSHA) (2001). *Encyclopedia of occupational health and safety*, No. 2001-13-331 (in Korean).
- Lee, Y. (2000). *A study on the limit theorem*, MSc. Dissertation, University of Yonsei.
- Lingard, H. and Zhang, R. P. (2019). “Young and older construction workers’ work health and safety.” *Construction Work Health and Safety Research*, Royal Melbourne Institute of Technology, Melbourne, Victoria.
- Lockhart, T. E., Smith, J. L. and Woldstad, J. C. (2005). “Effects of aging on the biomechanics of slips and falls.” *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, Vol. 47, No. 4, pp. 708-729.
- Ministry of Employment and Labor (MOEL) (2020). *Analysis of the current status of industrial accidents in 2020* (in Korean).
- Moon, P. J. and Kong, H. S. (2020). “Causal relationship between the risk-inducing factors and safety inspection and accident reduction in small construction sites.” *Journal of the Convergence on Culture Technology*, Vol. 6, No. 2, pp. 55-70.
- Park, J. H. and Lee, C. S. (2009). “Accident characteristics by age construction workers.” *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 24, No. 6, pp. 111-118.
- Rea, L. M. and Parker, R. A. (2005). *Designing & conducting survey research a comprehensive guide (3rd edition)*, Jossey-Bass, San Francisco, CA, pp. 219-291.
- Seoul Institute of Technology (SIT) (2020). *Risk analysis and improvement of safety management system for workers in construction site*, No. 2020-SR-15 (in Korean).
- Shin, S. S., Shin, S. W. and Kang, K. S. (2016). “Disaster prevention for construction safety management of middle-aged workers.” *Korea Safety Management & Science Spring Conference*, pp. 97-129.
- Statistics Korea (KOSTAT) (2022). *Number of employees by industrial classification/size of employees/occupation, salary amount*. Available at: [https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT\\_1G150005](https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1G150005) (Accessed: February 3, 2023).