

건설재해사례 분석에 의한 전문건설업종별 위험요인 탐색 : 전문건설업 근로자 공제자료를 중심으로

(A Study on Risk Factor Identification by Specialty Construction Industry Sector through Construction Accident Cases : Focused on the Insurance Data of Specialty Construction Worker)

이 영 재¹⁾, 강 성 경²⁾, 유 환³⁾*

(Lee Young Jai, Kang Seong Kyung, and Yu Hwan)

요 약 본 국내 건설업 사업자수는 매년 증가하고 있으며 산업의 고도화, 건설공사의 고층화·대형화로 건설업 근로자의 재해 노출 위험이 커지고 있다. 특히 문화와 언어가 다른 외국인 근로자수의 증가, 다수의 중장년층 근로자, 옥외생산, 고소작업, 중장비 작업 등의 건설업 특성으로 타 산업에 비해 재해자가 많고 중대재해 위험 또한 높은 실정이다. 건설업의 경우 정해진 기간 안에 이루어져야 하는 노동집약적 산업이고, 야간작업 등의 특수한 작업환경이 많으며 적정 공사비 확보가 안 될 경우 안전관리에 대한 투자 또한 소홀하여 건설재해 요인에 대한 관리가 취약할 수밖에 없다. 건설업이 타 산업에 비해 재해율 및 사망률이 높고, 위험/특수한 작업환경, 다양한 국적 및 중장년층 근로자가 많다는 특성을 보았을 때, 위험요인 탐색을 통한 선제적인 건설 업종 현장 안전관리는 필수적이다. 본 연구에서는 건설 업종별 체계적인 위험관리를 위한 통찰력(Insight) 확보를 위해 지난 10여 년간 발생한 약 8500여 건의 건설재해사례를 분석하고 업종별 위험요인을 도출하였다. 분석결과 사고 다발 업종과 분석변수인 발생형태, 작업내용, 기인물, 가해물 간의 상호연관성을 살펴본 결과 각 분석변수와 사고 다발 업종은 서로 상호연관성이 있는 것으로 나타났으며, 특히 작업내용의 경우 각 업종과의 상호연관성 크기가 가장 큰 것으로 나타났다. 특히 사고 다발 업종 중 철근코크리트공사업과 토공사업은 재해발생빈도가 높을 뿐만 아니라 발생형태, 작업내용, 기인물, 가해물 내 대부분의 위험요인 카테고리에서 위험성이 높은 업종으로 나타났다.

핵심주제어 : 건설재해, 건설재해분석, 전문건설업 위험요인, 건설업 안전관리

Abstract The number of domestic construction company is expanding every year while the construction workers' exposure to disaster risk is increasing due to technological advancements and popularity of high-rise buildings. In particular, the industry faces greater fatalities and

* Corresponding Author : yuhany@hanmail.net

+ 이 논문은 2018년 전문건설공제조합의 연구비 지원에 의해 연구되었음.

Manuscript received November 14, 2018 / revised February 6, 2019 / accepted February 13, 2019

1) 동국대학교 경영정보학과, 제1저자
2) 동국대학교 경영정보학과, 공동저자
3) 동국대학교 경영정보학과, 교신저자

severe large scale accidents because of construction industry characteristics including influx of foreign workers with different language and culture, large number of aged workers, outsourcing, high place work, heavy machine construction. The construction industry is labor-intensive, which is to be completed under given timeline and consists of unique working environment with a lot of night shifts. In addition, when a fixed construction budget is not secured, there is less investment in safety management resulting in poor risk management at the construction site. Taking account that the construction industry has higher accident risk rate and fatality rate, risky and unique working environment, and various labor pool from foreign to aged workers, preemptive safety management through risk factor identification is a mandatory requirement for the construction industry and site. The study analyzes about 8,500 cases of construction accidents that occurred over the past 10 years and identified risk factor by construction industry sector to secure a systematic insight for risk management. Based on interrelation analysis between accident types, work types, original cause materials and assailing materials, there is correlation between each analysis factor and work industry. Especially for work types, there is great correlation between work tasks and industry type. For reinforced concrete and earthwork are among the most frequent types of accidents, and they are not only high in frequency of accidents, but also have a high risk in categories of occurrence.

Key Words : Construction Accidents, Construction Accident Analysis, Speciality Industry Risk Factors, Construction Industry Safety Management

1. 서 론

고용노동부의 「2017년 산업재해 발생현황」에 따르면 전체 산업 재해자 중 건설업 종사자의 재해 발생이 제조업 종사자에 이어 두 번째로 많으며, 이 중 사망자는 579명으로 전체 업종의 약 30%가량을 차지하는 것으로 나타났다[1]. 최근 건설업에서 발생한 산업재해 중 ‘업무상사고재해 발생현황’을 살펴보면 재해자수는 ‘14년 대비 ‘17년에 약 1,800여명으로 7% 가량, 사망자수는 434명에서 506명으로 약 16%가량 증가했다.

산업재해 발생현황에 근거해보면 건설업의 재해율 및 사망률이 타 산업에 비해 높고 발생추세 또한 증가하는 것으로 보아 건설업 근로자의 재해 노출 위험이 매우 높은 것을 알 수 있다. ‘12년 건설업 총 기업체수는 65,249개에서(중합건설업 : 9,941개, 전문직별 공사업 : 55,308개) ‘16년 69,508개로(중합건설업 : 9,766개, 전문직별 공사업 : 59,742개) 약 7% 가량 늘었으며, 기업체수 증가는 전문직별 공사업에서 5년 사이 8% 가량 증가한 것으로 나타났으며 기업체수 증가에 따라

전문직별 공사업 종사자수 또한 ‘12년 1,027,759명에서 ‘16년 1,093,619명으로 약 66,000여명(6%) 가량 증가한 것을 볼 수 있다.

문제는 건설업 종사자의 증가뿐만 아니라 산업의 고도화로 건설현장에서 사용하는 위험물질 및 물체·장비 등의 사용이 증가하면서 자발적 위험관리를 이행하는데 한계가 발생하고 있다는 것이다. 특히 건설현장의 대형화와 고층화로 인한 건설기계의 이용이 증대되면서 건설기계 사고 또한 다발하는 추세이다. 최근 10여 년간 5대 건설기계인 덤프트럭, 굴삭기, 고소작업대, 크레인, 지게차로 인한 사망사고는 83%가량 증가했으며, 최근 5년간 전체 사망자의 절반 이상은 건설기계로 인한 사고로 나타났다[2].

위와 같이 건설업의 경우 타 산업에 비해 재해율 대비 사망률이 매우 높은데, 이는 소규모 사업장이 많고 외국인근로자 및 장년근로자 증가 등의 특성을 내포하고 있기 때문으로 분석되고 있다. 또한 사업주와 근로자, 정부의 산업안전보건에 대한 의식정립 부족 및 산업의 다각화로 인한 복잡성은 체계적인 안전관리를 어렵게 만들었

으며, 산업현장 근로자들은 재해 위험에 그대로 노출되고 있는 실정이다[3].

본 연구에서는 건설업 중 꾸준히 중사자수가 증가하고 있는 ‘전문직별 공사업’에 대한 사고사례분석을 통해 건설전문 직종별 위험사항을 파악하고자 한다. 분석 자료는 전문건설공제조합에서 수집한 약 8,500여개의 전문직별 근로자 재해 공제자료를 활용하였으며, 공제자료 텍스트마이닝 및 전처리를 통해 표준 데이터 분류체계를 제시하였다. 공제자료 분석의 경우 표준 분류체계를 활용하여 데이터를 정형화하고, 분석 변수 간 교차분석 및 카이제곱검정, 분할계수(Contingency Coefficient) 비교를 통해 변수 간 연관성 정도를 확인하였다.

2. 문헌연구

건설재해 위험관리를 위한 각종 분석 및 관리 방안을 제시한 선행연구는 대부분 한국산업안전보건공단의 「산업재해 기록·분류에 관한 지침」 분류체계를 상당부분 준용한다. 해당 지침은 고용노동부 「산업안전보건법」에 의거하여 산업재해 기록보존과 통계 산출을 위해 필요한 사항을 정리한 것으로 재해예방기관과 사업주 등이 산업재해를 체계적으로 관리하고 통계를 효과적으로 활용하기 위한 목적으로 만들어졌다. 지침에서는 산업재해 특성을 분석하기 위해 ‘사업장 특성’, ‘재해자 특성’, ‘재해발생 특성’ 분류체계를 제시하고 있다. 사업장 특성의 경우 ‘사업자등록번호, 산재관리번호, 사업장명, 소재지, 산업(업종), 규모(근로자수), 행정구역, 사업장형태, 공사종류, 공사금액, 공사기간, 공정률’을, 재해자 특성의 경우 ‘국적, 성별, 연령, 직업, 고용형태, 근무형태, 동종업무 근속기간’을, 재해발생 특성의 경우 ‘재해발생일시, 발생시점, 재해종류, 피해현황, 안전방호조치, 안전방호조치 여부, 개인보호조치, 개인보호조치여부, 작업형태, 발생형태, 기인물(가해물), 작업지역·공정, 작업내용, 불안정한상태, 불안정한 행동, 추락장소, 추락높이, 감전진압, 점화원, 상병종류, 상병부위, 근로손실일’을 분석항목으로 포함하고 있다.

이미 많은 선행연구에서 건설현장 안전관리 실태, 위험성 분석, 안전관리 방안 등을 제시하기 위해 「산업재해 기록·분류에 관한 지침」 분류체계를 일부 활용하고 있다. 조재환(2012)은 건설현장에서 발생하는 재해유형별 발생 원인을 분석하고 이에 대한 예방대책을 제시하였다[4]. 다발발생형태(추락, 전도, 충돌)를 기준으로 사고의 원인을 연도별, 업종별, 지역별, 근속기간별, 연령별, 월별, 시간대별, 기인물별로 분석하였으며 분석결과에 따라 물리적 환경개선 및 근로자의 인식개선을 위한 교육·관리감독에 대한 중요성 강조를 통해 재해를 예방하기 위한 대책을 제시하였다.

신성수 외(2014)는 공사금액이 20억 미만인 소규모 건설현장을 중심으로 추락 재해에 대한 분석 및 위험성을 평가하였다[5]. 공사금액이 적은 소규모 건설 현장일수록 재해 발생률이 높은 통계에 근거하여 실시된 연구로, 전체 사고 중 공사금액 20억 미만 건설현장의 재해는 70%에 육박한다. ‘05년 이후 재해자 및 사망자가 지속발생하고 있는 시점에서 전체 사고의 70% 이상을 차지하고 있는 소규모 건설현장의 재해 감소 없이는 전체 건설재해 발생을 줄일 수 없다. 해당 연구에서는 소규모 건설현장의 연간 재해발생 추세 및 공사종류별, 지역별, 발생형태별, 근속기간별, 국적별(외국인 근로자) 사고발생 동향을 분석하고, 소규모 건설현장 재해예방 사업전개 인식에 대한 문제를 지적하면서 직접 기술지원의 수행방법 개선 및 수행기관 차별화, 건설업 본사 차원의 컨설팅 실시, 소규모 건설현장 관련 법규 및 제도 개선, 해외 선진국의 강력한 법 집행을 위한 벤치마킹 등을 관리방안으로 제시하였다.

고성석 외(2003)는 건설재해 예방을 위한 정부 차원의 노력에도 불구하고 재해 발생이 줄어들지 않고 있음을 지적하며 건설재해예방과 대책을 수립하기 위한 일환으로 안전정보 활용의 중요성을 강조했다[6]. 건설재해 예방을 위해 활용할 수 있는 안전정보는 ‘안전기술기준, 재해예방대책, 재해사례’가 있으며 특히 재해사례는 가장 강한 자극으로 수행예정인 작업과 유사한 과거재해사례는 작업의 위험을 미리 인지할 수 있도록 하고 안전대책을 수립하는데 직접적인 정보를 제공한

다. 또 유사현장 재해사례에 대한 분석 자료를 토대로 향후 실시예정인 공사의 중점안전관리, 공중 및 작업상 위험요소를 파악하고 집중 관리할 수 있도록 해준다. 해당 논문에서는 건설현장의 공정 및 상황에 따라 필요한 정보를 획득하고 활용하는 것이 건설재해 예방과 대책수립에 매우 유용하며, 이를 위해 과거 발생한 재해사례를 바탕으로 건설공중 각 작업을 분류하여 재해발생도와 위험도를 분석, 이를 기반으로 안전정보관리시스템을 소개하였다.

손기상 외(2011)는 건설재해 예방을 위한 안전관리대책을 중요도에 따라 전문건설업종별로 제시하였다[7]. 건설경기 불황과 맞물려 최저낙찰제 및 과다경쟁으로 인한 저가수주로 착공한 공사현장에서는 근로자의 불안정한 행동, 건설현장 물리적 시설의 불안정한 상태를 보고도 이를 교정하기 어려운 경우가 많다. 열악한 수주여건은 안전관리에 직접적 악영향을 끼치는데 이러한 현상은 소규모 공사일수록 영향이 크다. 작은 공사일수록 감리 및 자체관리가 부실해짐에 따라 위험에 노출된 채로 공정이 진행될 수밖에 없는 현실이기 때문이다. 해당 연구에서는 건설현장의 내면적 관리대책 마련을 위해 하청업체 현장소장 심층인터뷰를 통한 관리대책을 도출하고 AHP분석을 통해 대책 간 상대적 중요도를 정량적으로 산정하였다. 실내건축공사업, 철근콘크리트공사업, 미장방수조적공사업, 석공사업, 토공사업 5개 업종에 대해 직접적, 간접적, 관리적, 정책적 대책 간의 중요도 산정을 통해 업종별로 우선 관리하고 투자해야할 대책에 대해 제시하였다.

본 연구와 가장 유사한 연구방법을 채택한 대한토목학회(2014)의 건설공사 위험요소 프로파일 개발 연구에서는 한국시설안전공단에서 운영 중인 건설안전정보시스템의 사고사례 DB, 안전보건공단의 건설분야 산재 데이터, 국토교통부 및 고용노동부의 안전규정과 지침 등을 기반으로 주요 취약 공중별 위험요소 프로파일을 발굴하였다. 해당연구는 건설현장의 위험요인이 설계단계부터 발생하지만 설계자는 설계과정에서 최종 사용자의 안전을 위주로 설계하는 경향이 있어 공사 중 발생하는 사고 예방은 미흡함을 지적하면서 이를 개선하기 위해 안전한 설계부터 시공,

공사현장 안전관리 감독을 지원하기 위한 취약 공중별(굴착공사, 가설공사, 콘크리트 공사 등) 위험요소 프로파일을 제시하였다. 위험요소 추출을 위해 사고사례에서 사고 현황, 사고내용, 사고원인, 재발방지대책, 설계/발주/시공/사업관리 및 감독 등에 대한 정보를 키워드화 하고 영국 '건설공사 안전관리업무 매뉴얼'의 '취약공중 안전관리업무'에서 위험요소와 사고발생객체, 위험발생위치, 작업프로세스를 도출하여 설계단계와 시공단계에서 미리 차단하거나 감소해야할 위험요소를 제시하였다.

기존 선행연구의 경우 3~5년에 해당하는 재해발생 추세를 건설업 내 세부 업종별로 분석하기보다는 산업 중분류 중 '건설업' 전체 재해발생 추세를 알아보는 경우가 대부분이며, 특히 위험분석 또한 세부 업종별로 변수 간 연관성을 파악하기 보다는 1개 변수에 대한 빈도분석을 통해 사고 발생 경향을 알아보는 것이 대부분이다. 또한 본 연구가 사례분석을 통해 위험분석을 진행함에 있어 앞서 언급한 바와 같이 진행된 선행연구가 있으나 기존 산업재해 통계를 위한 분류지침을 그대로 활용하는 경우가 대부분이다. 「산업재해 기록·분류에 관한 지침」은 건설업에서 발생하는 사고내용에 최적화된 분류체계를 가지기 보다는 산업 전반에 모두 적용할 수 있는 포괄적인 분류체계를 가지고 있다[8]. 이는 건설업의 사고발생 변화 추세를 반영하기 어려움을 의미한다. 건설 산업 환경 변화에 따라 재해발생 경향 또한 달라질 수 있음에 입각하여 보다 넓은 사고기간을 설정하여 접수된 건설업 사고내용(공제자료)에서 분류체계를 재발굴할 필요가 있다. 텍스트마이닝을 통해 분류체계를 보완하는 과정은 비정형인 사고내용 텍스트를 정형화하고, 그 안에서 건설업 특징을 추출하여 의미 있는 정보를 찾을 수 있다는 점에서 「산업재해 기록·분류에 관한 지침」의 포괄적인 분류보다 건설업 특성에 초점을 맞춘 분류체계를 개발할 수 있다.

본 연구에서는 선행연구보다 넓은 분석기간을 설정하여 약 10여 년간의 재해사례를 분석하고, 기존에 사용되고 있는 각종 분류체계를 재검토하여 수정보완 한다. 또한 분석측면에 있어서도 '건설업' 전체가 아닌 '전문건설업 내 세부업종'별

위험요인을 도출하여 업종과 사고내용에서 도출한 분석변수 간 상관성까지 알아본다.

3. 연구설계

본 연구는 크게 전문 건설업 근로자 재해 공제 자료, 즉 사고사례 데이터 텍스트마이닝 및 건설 재해 공제 데이터 분석과정으로 나뉜다. 분석 자료의 경우 전문건설공제조합에서 수집한 지난 10여 년간의 공제(보험) 자료를 활용하였다. 전문건설공제조합은 국내 건설전문 금융기관으로 건설보증 및 건설기능인력 양성은 물론, 최근에는 공제(보험)사업 실시를 통해 건설업의 발전을 도모하고 있다. 조합에서 제공한 전문 건설업 근로자 재해 사고사례(공제자료)는 약 8,500건으로 사고내용 및 계약형태, 사고발생일, 최종보험료 지급일, 누적지급보험금, 청구상태 등으로 구성되어 있다.

주요 분석대상에 해당하는 사고내용은 서술형 텍스트로 구성되어 있는데, 주로 사고 발생경위와 재해자의 피해내용에 대한 정보를 파악할 수 있으며, 기인물과 가해물에 대한 정보 또한 포함하고 있다. 해당 재해자가 어떤 작업(행위) 중에 어떤 부위에 어떤 피해(부상 혹은 사망)를 입었는지, 그 사고의 원인(기인)은 재해자 본인의 불안정한 행동인지 타 근로자로 인한 사고 발생인

지 또는 사람이 아닌 공사현장의 불안정한 작업 환경(상태)인지 등을 파악할 수 있으며, 가해대상이 물체인지 사람인지, 피해를 입은 장소는 어디이며 사고의 발생형태(사고유형)는 무엇인지를 알 수 있다.

위와 같은 사고내용은 서술형 텍스트로 이뤄져있기 때문에 분석을 위한 형태로 정제하는 과정이 필요한데, 텍스트마이닝과 필터링을 통해 유사한 요인들을 그룹화 하는 것이 중요하다. 텍스트마이닝은 비구조적인 비정형텍스트를 구조화하여 단어의 빈도에 따라 대표적인 키워드를 추출할 수 있는 분석기법이다. 문자 기반의 데이터에서 새로운 정보를 찾아 가치 있는 정보를 추출하는 것을 목적으로 한다. 텍스트마이닝 전처리 과정에서는 문서 및 문장을 품사 단위로 정리하는 형태소 분석이 이루어지고, 그 후 핵심 주제를 분석하는 경우가 많다. 이 때 많이 등장하는 단어의 빈도를 기준으로 키워드를 추출하고 그 특성을 정의하거나 분석한다[9]. 본 연구에서는 텍스트마이닝을 통해 자료를 수차례 여과(Filtering)한 후 텍스트 상에 같은 속성을 가지는 요소를 키워드화 하고 단어 간의 관계를 규정하는 온톨로지(Ontology)에 의한 계층적 분류체계를 제시한다. 온톨로지는 단어와 관계들로 구성된 일종의 사전으로 특정 도메인에 관련된 단어들을 계층적으로 분류한 정형화된 체계라고 할 수 있다. 의미의 기본단위인 '개념', 그리고 그들 사이의 '관계'들을 표준화하여 사용함으로써 사

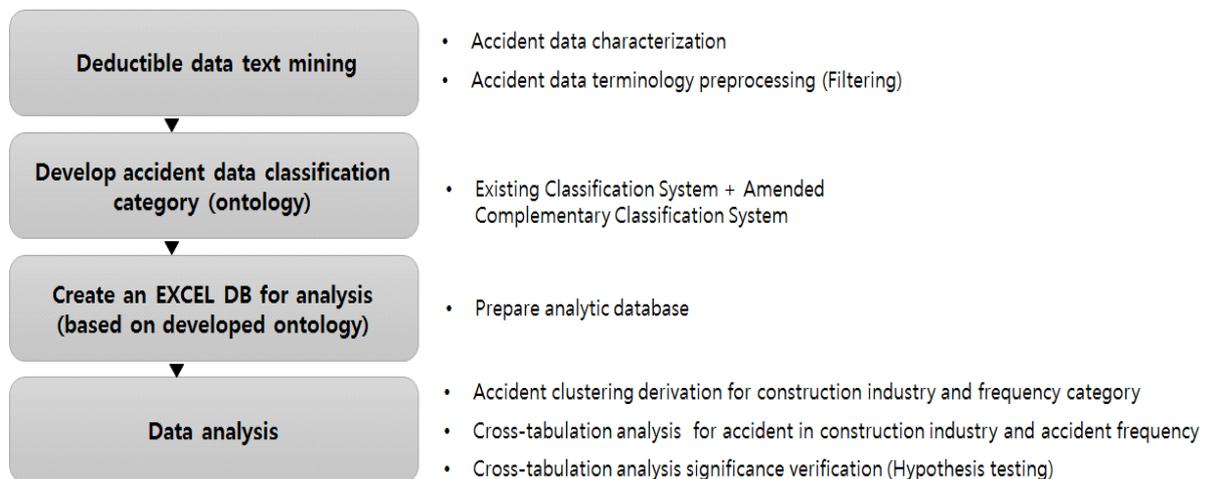


Fig. 1 Research Model (Research Process)

되는지를 파악하기 위해서 엑셀에 전처리 DB를 구성하였다(Fig. 2 참조). 전처리 항목은 문헌연구를 통해 우선적으로 분류해놓은 대분류(중분류) 항목에 용어(Term) 단위로 하위 속성의 세부내용을 분리하였다. 각 열(Column)에 집합된 용어들 중 중복되거나 유사한 용어끼리는 합쳐서 하나의 표준용어를 제시하고, 남은 개별용어들은 유사 특성에 따라 필요한 그룹끼리 범주화 했다. 이 과정에서 용어 등장수(빈도수)가 낮아 범주화하는 것이 무리인 용어들은 ‘기타’항목으로 분류하였다. 상세 용어 추출을 위해 약 8,500여개의 근로자 재해 사고내용들을 활용하였으며, 수차례

필터링을 통해 최종 범주화된 분류체계 적정성 검토는 건설공제 담당자와의 심층 인터뷰를 통해 진행하였다.

공제자료 사고내용 텍스트마이닝을 통해 도출한 분류 카테고리는 재해발생시점, 기인물, 가해물, 불안정한 행동, 불안정한 상태, 돌발사고, 발생형태(사고유형), 피해유형, 작업내용으로 구분하였으며 본 연구에서 사고 다발 건설업종과의 연관성 분석을 진행한 카테고리는 ‘발생형태, 작업내용, 1차기인물, 가해물’로 세부 분류는 다음 Table 1과 같다.

Table 1 Accident Data Classification Category (Summary)

Classification		Category	
Type of occurrence		falling	tripping
		drowning	be pressed, overturned
		bumping·crashing	being hit
		being stuck or wrapped	amputation, cutting, stabbing
		exposure to hazardous materials	extreme temperature
		abnormal pressure	noise / hazardous Ray
		compression · vibration	suffocation
		electric shock	others()
		unable to classify	
Specific tasks		object processing / treatment / production	structure connection / assembling / installation / dismantling
		transportation / loading	lifting, loading, unloading
		driving / operations	checking·inspecting / examination
		installation / dismantling of equipment, machinery, equipment	maintenance / replacement of machinery and equipment
		other construction work (including construction work, safety work construction)	
original cause materials / assailing materials	Equipment and machinery		general manufacturing & processing equipment / machinery
			transportation / lifting of equipment and machinery
			agriculture, forestry and fisheries equipment and machinery
			construction and mining machinery
			other equipment and machinery
	Portable machinery (tools)		portable power machinery (tool)
			portable non-powered machinery (tool)
	Component· appurtenance· materials·resources		equipment and machinery parts and accessories
			materials, resources
			sculpture, fragment, debris, waste (foreign substance)
	Hypothetical structure (critical infrastructure)		runaway and construction forms
			mold, footwork and unshored construction
			ladder
			other temporary structures (facilities)
Buildings, structures and		main structural parts	

Classification		Category
	surfaces	end and opening
		stairs
		building, structure
		building components and equipment
		structures (work pieces) and components
		floor and surface
	Containers, supplies, appliances, clothing and shield	container·box
		appliance·furniture
		clothing and shield
		other containers, supplies, furniture
	Transportation methods	general vehicle
		transportation and specifically-equipped vehicles
		other transportation means
	human, animal and plant	worker (oneself)
		worker (other)
		victim (oneself)
		third party (other)
		animals·insects
		plants and trees
	Working environment and natural environment (phenomenon)	extreme temperature / pressure
		noise
		other harmful factors
		other working environment (location)
		weather and climate
		other natural environment
	original cause materials / assailing materials	other working environment and natural phenomenon
		others
unable to classify (insufficient information)	-	

5. 실증분석 : 사고 다발 건설업종과 다발 빈도 변수 간 교차분석 및 가설검정

5.1 분석대상 : 사고 다발 건설업종 및 다발 빈도 카테고리

근로자 재해 발생빈도 분석결과 사고가 가장 많이 발생한 업종은 철근콘크리트공사업으로 전체 사고의 37.3% 가량을 차지하고 있으며, 뒤를 이어 토공사업이 14.2%로 사고 발생 빈도가 높았다. 그 외 습식방수공사업(7.4%) 금속구조물공사업(6.6%), 강구조물공사업(5.4%), 도장공사업(3.9%), 상하수도설비공사업(3.8%), 실내건축공사업(3.8%), 비계구조물해체공사업(3.8%) 등의 순

서로 사고발생 빈도가 집계되었다.

실제 선행연구 및 통계자료 등에 의하면 손기상 외(2010)의 전문건설업종 위험도 산정결과에서도 철근콘크리트공사업의 사고발생 빈도가 타업종에 비해 압도적으로 높았으며[11], 정성훈 외(2009)의 전문건설업종별 재해현황 및 특성에 관한 연구에서도 철근콘크리트공사업의 사고 발생 빈도가 가장 높았다[12]. 대한토목학회(2014)에서 실시한 건설공사 위험요소 프로파일 개발 연구에서는 건설업 사고사례 분석에 따라 굴착공, 가설공, 건설기계, 콘크리트공이 전체 분석 사고사례에서 66.4%를 차지해 취약공종으로 선정하였으며, 해당 연구에서 역시 철근콘크리트공사업 관련 공종 및 토공사를 일컫는 ‘굴착공’이 상위 사고빈도를 차지하는 것으로 나타났다[13].

Table 2 Cross Analysis Process of Accident and Frequency Classification

Accident-prone sector	Occurrence type	Work tasks
<ul style="list-style-type: none"> Reinforced concrete Earth work Wet waterproofing, Metal structures Steel construction Painting Water and sewage Interior Erecting & Dismantling Scaffolds 	<ul style="list-style-type: none"> falling being hit tripping being stuck, wrapped be pressed, overturned amputation, cutting, stabbing unable to classify bumping·crashing 	<ul style="list-style-type: none"> unable to classify structure connection / assembling / installation / dismantling object processing / handling / production transportation / carrying movement final construction lifting, loading, unloading
	Original cause materials	Assailing material
	<ul style="list-style-type: none"> worker (onself) unable to classify materials and resources equipment and machinery parts and accessories runaway and construction forms mold, formwork and unshored construction worker (other) floor and surface major construction parts ladder weather and climate sculpture, fragment, debris, waste (foreign substance) 	<ul style="list-style-type: none"> floor and surface materials and resources unable to classify general manufacturing & processing equipment / machinery equipment and machinery parts and accessories mold, formwork and unshored construction sculpture, fragment, debris, waste (foreign substance) major construction parts other assailing materials scaffolding construction and mining machinery

특히 철근콘크리트공사업과 토공사업의 위험성은 안전보건공단에서 운영하는 E-실무길잡이를 통해서도 체감할 수 있다. E-실무길잡이(<http://guide.kosha.or.kr>)는 50인 미만 소규모 사업장 사업주 및 관리감독자를 기본대상으로 해당 업종에 맞는 안전보건 실무 정보를 제공하는 웹사이트로 업종특성, 공정·작업별 현황, 유해·위험요인, 법령 및 현장안전보건관리 사항, 재해사례, 체크리스트 등을 제공하고 있다. 현재 제조업, 건설업, 서비스업 및 기타 업종에 대해 2012년부터 안전정보(교육자료)가 업로드 되고 있는데, 이 중 건설업의 경우 철근콘크리트 작업과 토공사(굴착공사) 2개 세부 건설업종에 대한 정보가 제공되고 있다. 이는 건설업종 중에서도 해당 업종에 대한 위험성을 높게 인지하여 우선 관리가 필요하다는 의미로 해석해볼 수 있다[14].

국내 전문건설업에는 다양한 업종이 존재하며 업종별로 크고 작은 재해가 발생함에 따라 이를

관리하기 위한 안전관리 대책 수립이 중요하다. 통상 모든 리스크를 관리할 수 없기 때문에 안전관리 대책을 수립하는데 있어 리스크분석(Risk Analysis)이 활용되며 리스크가 큰 업종부터 관리 우선순위를 산정하고 안전관리 대책을 수립하는 것이 효율적이다[11]. 따라서 본 연구에서는 사고 다발 업종에 해당하는 위험도가 높은 철근콘크리트공사업 및 토공사업(굴착공사)를 포함하여 습식방수공사업, 금속구조물공사업, 강구조물공사업, 도장공사업, 상하수도설비공사업, 실내건축공사업, 비계구조물해체공사업과 세부 명목화 카테고리와의 연관성분석 및 통계적 유의성 검정을 실시한다.

5.2 사고 다발 업종-사고 다발 빈도 카테고리 교차분석

사고 다발 업종과 사고 다발 빈도 카테고리

간 분석은 ‘교차분석’으로 진행하였다. 교차분석은 명목 또는 서열척도로 측정된 변수 간 상호연관성을 알아보기 위한 분석방법 중 하나로 빈도교차표를 활용하여 변수 간 연관성(독립성)을 검증한다(단, 각 분석결과와 총 합계가 카테고리별로 다른데, 이는 공제자료에서 해당 사고사례에 포함된 정보가 불충분한 경우 결측 정보가 있기 때문이다.)

사고 다발 업종과 발생형태 간의 교차분석 결과(Table 3)를 살펴보면, 떨어짐 재해의 경우 건설 업종과 관련 없이 가장 많이 발생하고 있으며, 이는 모든 건설업종에 있어 떨어짐 재해에 대한 안전관리가 필수적으로 필요함을 의미한다.

토공사업의 경우 발생 건수 자체는 떨어짐 재해가 많으나 발생하는 사고 유형을 기준으로 보면 깔림·뒤집힘, 끼임·감김, 맞음, 부딪힘·접촉 사고에서 약 22~28% 수준을 차지하고 있어 각별한 관리가 필요한 것으로 나타났다. 특히 토공사(굴착공사)의 경우 장비 및 자재반입, 흙막이 지보공, 터파기 및 가시설 설치, 구조물 공사, 흙막이 가시설 해체 및 되메우기 등으로 나뉘는데, 굴착과정에서 발생하는 토사 무너짐이나 흙막이 지고붕 및 가시설 설치 시 떨어짐 발생, 굴착장비 등 건설기계 등에 의한 끼임 등의 재해에 취약하기 때문에 발생형태에 따른 위험요인 관리를 통해 재해를 예방하는 것이 필요하다. 철근콘크리트공사

Table 3 Results of Cross Analysis Process of Accident and Frequency Classification

occurrence type		be pressed, overturned	being stuck, wrapped	tripping	falling	being hit	bumping-crashing	amputation, cutting, stabbing	unable to classify	Total
Interior	frequency	11	19	48	147	31	7	38	18	319
	sector %	3.4%	6.0%	15.0%	46.1%	9.7%	2.2%	11.9%	5.6%	100.0%
	occurrence type %	2.7%	3.3%	6.3%	4.1%	3.3%	2.9%	10.3%	5.4%	4.4%
	total %	.2%	.3%	.7%	2.0%	.4%	.1%	.5%	.3%	4.4%
Earth work	frequency	116	144	106	427	229	54	44	58	1178
	sector %	9.8%	12.2%	9.0%	36.2%	19.4%	4.6%	3.7%	4.9%	100.0%
	occurrence type %	28.9%	25.1%	13.9%	12.0%	24.4%	22.0%	12.0%	17.5%	16.4%
	total %	1.6%	2.0%	1.5%	5.9%	3.2%	.8%	.6%	.8%	16.4%
Wet waterproofing	frequency	18	14	110	383	36	10	14	26	611
	sector %	2.9%	2.3%	18.0%	62.7%	5.9%	1.6%	2.3%	4.3%	100.0%
	occurrence type %	4.5%	2.4%	14.4%	10.8%	3.8%	4.1%	3.8%	7.8%	8.5%
	total %	.3%	.2%	1.5%	5.3%	.5%	.1%	.2%	.4%	8.5%
Painting	frequency	2	8	35	234	11	10	3	11	314
	sector %	.6%	2.5%	11.1%	74.5%	3.5%	3.2%	1.0%	3.5%	100.0%
	occurrence type %	.5%	1.4%	4.6%	6.6%	1.2%	4.1%	.8%	3.3%	4.4%
	total %	.0%	.1%	.5%	3.3%	.2%	.1%	.0%	.2%	4.4%
Erecting & Dismantling Scaffolds	frequency	31	24	23	151	55	10	8	11	313
	sector %	9.9%	7.7%	7.3%	48.2%	17.6%	3.2%	2.6%	3.5%	100.0%
	occurrence type %	7.7%	4.2%	3.0%	4.2%	5.9%	4.1%	2.2%	3.3%	4.4%
	total %	.4%	.3%	.3%	2.1%	.8%	.1%	.1%	.2%	4.4%
Metal structures	frequency	12	33	34	340	54	18	38	25	554
	sector %	2.2%	6.0%	6.1%	61.4%	9.7%	3.2%	6.9%	4.5%	100.0%
	occurrence type %	3.0%	5.8%	4.5%	9.6%	5.8%	7.3%	10.3%	7.5%	7.7%
	total %	.2%	.5%	.5%	4.7%	.8%	.3%	.5%	.3%	7.7%

sectors		occurrence type								
		be pressed, overturned	being stuck, wrapped	tripping	falling	being hit	bumping-crashing	amputation, cutting, stabbing	unable to classify	Total
Construction work	frequency	133	252	356	1508	432	91	205	141	3118
	sector %	4.3%	8.1%	11.4%	48.4%	13.9%	2.9%	6.6%	4.5%	100.0%
	occurrence type %	33.2%	44.0%	46.7%	42.4%	46.0%	37.1%	55.7%	42.5%	43.4%
	total %	1.9%	3.5%	5.0%	21.0%	6.0%	1.3%	2.9%	2.0%	43.4%
Water and sewage	frequency	60	33	22	75	56	38	9	24	317
	sector %	18.9%	10.4%	6.9%	23.7%	17.7%	12.0%	2.8%	7.6%	100.0%
	occurrence type %	15.0%	5.8%	2.9%	2.1%	6.0%	15.5%	2.4%	7.2%	4.4%
	total %	.8%	.5%	.3%	1.0%	.8%	.5%	.1%	.3%	4.4%
Steel construction work	frequency	18	46	29	294	35	7	9	18	456
	occurrence type %	3.9%	10.1%	6.4%	64.5%	7.7%	1.5%	2.0%	3.9%	100.0%
	sector %	4.5%	8.0%	3.8%	8.3%	3.7%	2.9%	2.4%	5.4%	6.4%
	total %	.3%	.6%	.4%	4.1%	.5%	.1%	.1%	.3%	6.4%
Total	frequency	401	573	763	3559	939	245	368	332	7180
	sector %	5.6%	8.0%	10.6%	49.6%	13.1%	3.4%	5.1%	4.6%	100.0%
	occurrence type %	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	total %	5.6%	8.0%	10.6%	49.6%	13.1%	3.4%	5.1%	4.6%	100.0%

업의 경우 철근 가공 및 조립, 콘크리트 공사, 거푸집 및 동바리 공사 등으로 구성되는데, 떨어짐 재해가 절반가량을 차지하며, 이 외에도 절단·베임·찢림 발생 시 절반 이상이 철근콘크리트공사업 근로자에게서 발생하였으며 넘어짐, 맞음, 끼임·감김, 부딪힘·접촉, 깔림·뒤집힘 등 대부분의 사고 발생 시 적게는 30%, 많게는 절반 가까이에 육박하는 사고 비중이 해당 공사업 근로자에게 집중되어 있다. 이는 철근콘크리트공사업 내에서 떨어짐 재해가 압도적으로 많지만, 타 사고 유형에도 철근콘크리트근로자가 위험에 크게 노출되어있음을 의미한다.

업종을 기준으로 다발하는 사고유형을 보면 대부분의 업종에서 떨어짐 사고가 많으나, 발생하는 사고유형을 기준으로 사고유형 내에서 어떤 업종의 근로자 사고 비중이 높은지를 본다면 또 다른 관점에서 사고 관리 유형을 파악할 수 있다. 한 예로 상하수도설비공사업의 경우 해당 업종 내에서 사고의 비중을 보면 떨어짐 재해가 23.7%로 가장 높으나 발생형태(사고유형)별로 상하수도설비공사업 근로자가 차지하는 비중을 보면 떨어짐 사고 발생 시 상하수도설비공사업 근

로자의 비중은 2.1%인데 반해 부딪힘·접촉이나 깔림·뒤집힘 사고 발생 시 상하수도설비공사업 근로자 비중은 15%대가 된다. 전문건설 업종별로 관리해야할 사고유형을 본다면 떨어짐 사고가 전체적으로 발생빈도가 높기 때문에 우선될 관리요인 중 하나지만, 각 사고형태별로 관리대책을 수립한다면, 상하수도설비공사업 근로자의 경우 떨어짐 사고뿐만 아니라 부딪힘·접촉, 깔림·뒤집힘 재해에 대한 관리 시 상하수도설비공사업 근로자에 대한 안전대책이 우선적으로 제시될 필요성이 있다고 판단된다. 건설업종과 작업내용 교차분석 결과(Table 4) ‘구조체 연결/조립/설치/해체’ 작업의 경우 철근콘크리트공사업에서 두드러지게 높은 비중을 차지하며, 토공사업 및 강구조물공사업에서도 구조체 연결/조립/설치/해체 작업으로 인한 사고 발생이 높은 것으로 나타났다. 토공사업과 철근콘크리트공사업의 경우 다양한 작업에 있어 사고 발생 비중이 높게 집계되었으며, 이는 두 업종에서 다양한 발생형태(사고유형)가 보편적으로 다발하는 것과 관련하여 작업특성 또한 관계가 있음을 유추해볼 수 있다. 특히 실내건축공사업, 금속구조물공사업, 철근콘크리트공

A Study on Risk Factor Identification by Specialty Construction Industry Sector through Construction Accident Cases : Focused on the Insurance Data of Specialty Construction Worker

사업 등은 물체가공/취급/제작 작업 중 사고 발생이 타 업종에 비해 많은데, 이는 발생형태와 관련하여 절단·베임·찢림 비중 또한 높은 것으로 보아 해당 작업 시 우선 관리해야 할 위험요인으로 볼 수 있다.

건설업종과 기인물 교차분석 결과(Table 5) 대부분의 재해발생 기인(원인)은 모든 공사업종에서 공통적으로 ‘작업자 본인’에 의한 것으로 나타났다. 이는 곧 근본적으로 작업자의 안전의식 제

고나 절차 준수, 숙련도 향상 등을 통해 사고를 예방할 필요성이 있음을 의미한다. 업종별로 작업자 본인에 의한 사고 외에 관리해야할 기인요소는 그 작업내용의 특성에 따라 사용하는 장비/물체 또는 작업환경에 따라 달라진다. 토공사업과 철근콘크리트공사업의 경우 앞서 분석한 발생형태나 작업내용과 마찬가지로 대부분의 기인물과 관련이 있음을 알 수 있다. 다양한 작업위험에 노출된 근로자는 그 작업특성과 관련하여 사

Table 4 Results of Cross Analysis Process Accident Prone Sector and Work Tasks

Sector		Tasks	structure connection / assembling / installation / dismantling	final construction	Object processing / handling / production	transportation / carrying	move -ment	lifting, loading, unloading	unable to classify	Total
Interior	frequency		56	34	48	28	27	4	103	300
	sector %		18.7%	11.3%	16.0%	9.3%	9.0%	1.3%	34.3%	100.0%
	task %		3.8%	7.8%	7.8%	5.0%	4.9%	1.5%	3.9%	4.6%
	total %		.9%	.5%	.7%	.4%	.4%	.1%	1.6%	4.6%
Earth work	frequency		219	7	100	98	85	61	458	1028
	sector %		21.3%	.7%	9.7%	9.5%	8.3%	5.9%	44.6%	100.0%
	task %		15.0%	1.6%	16.3%	17.6%	15.3%	22.7%	17.6%	15.8%
	total %		3.4%	.1%	1.5%	1.5%	1.3%	.9%	7.0%	15.8%
Wet waterproofing	frequency		52	142	20	67	65	4	216	566
	sector %		9.2%	25.1%	3.5%	11.8%	11.5%	.7%	38.2%	100.0%
	task %		3.6%	32.5%	3.3%	12.0%	11.7%	1.5%	8.3%	8.7%
	total %		.8%	2.2%	.3%	1.0%	1.0%	.1%	3.3%	8.7%
Painting	frequency		12	99	5	21	35	1	130	303
	sector %		4.0%	32.7%	1.7%	6.9%	11.6%	.3%	42.9%	100.0%
	task %		.8%	22.7%	.8%	3.8%	6.3%	.4%	5.0%	4.7%
	total %		.2%	1.5%	.1%	.3%	.5%	.0%	2.0%	4.7%
Erecting & Dismantling Scaffolds	frequency		73	11	16	15	25	11	112	263
	sector %		27.8%	4.2%	6.1%	5.7%	9.5%	4.2%	42.6%	100.0%
	task %		5.0%	2.5%	2.6%	2.7%	4.5%	4.1%	4.3%	4.0%
	total %		1.1%	.2%	.2%	.2%	.4%	.2%	1.7%	4.0%
Metal work	frequency		67	77	61	54	53	22	186	520
	sector %		12.9%	14.8%	11.7%	10.4%	10.2%	4.2%	35.8%	100.0%
	task %		4.6%	17.6%	10.0%	9.7%	9.5%	8.2%	7.1%	8.0%
	total %		1.0%	1.2%	.9%	.8%	.8%	.3%	2.9%	8.0%
Reinforced concrete	frequency		837	50	323	210	214	128	1092	2854
	sector %		29.3%	1.8%	11.3%	7.4%	7.5%	4.5%	38.3%	100.0%
	task %		57.4%	11.4%	52.7%	37.6%	38.5%	47.6%	41.9%	43.9%
	total %		12.9%	.8%	5.0%	3.2%	3.3%	2.0%	16.8%	43.9%
Water and sewage	frequency		28	2	16	32	16	6	146	246
	sector %		11.4%	.8%	6.5%	13.0%	6.5%	2.4%	59.3%	100.0%
	task %		1.9%	.5%	2.6%	5.7%	2.9%	2.2%	5.6%	3.8%
	total %		.4%	.0%	.2%	.5%	.2%	.1%	2.2%	3.8%
Steel	frequency		113	15	24	33	36	32	166	419

Sector		Tasks	structure connection / assembling / installation / dismantling	final construction	Object processing / handling / production	transportation / carrying	movement	lifting, loading, unloading	unable to classify	Total
construction	sector %		27.0%	3.6%	5.7%	7.9%	8.6%	7.6%	39.6%	100.0%
	task %		7.8%	3.4%	3.9%	5.9%	6.5%	11.9%	6.4%	6.4%
	total %		1.7%	.2%	.4%	.5%	.6%	.5%	2.6%	6.4%
Total	frequency		1457	437	613	558	556	269	2609	6499
	sector %		22.4%	6.7%	9.4%	8.6%	8.6%	4.1%	40.1%	100.0%
	task %		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	total %		22.4%	6.7%	9.4%	8.6%	8.6%	4.1%	40.1%	100.0%

Table 5 Results of Cross Analysis Process Accident Prone Sector and Original Cause Materials (OCM)

Sector		OCM	equipment and machinery parts and accessories	materials and resources	sculpture-fragment-debris-waste (foreign substance)	Scaffold structure dismantling work	mold-formwork and unshored construction	ladder	major construction parts	floor and surface	worker (onself)	worker (other)	weather and climate	unable to classify	Total
Interior	frequency		5	33	6	19	3	7	5	6	138	6	1	73	302
	sector %		1.7%	10.9%	2.0%	6.3%	1.0%	2.3%	1.7%	2.0%	45.7%	2.0%	.3%	24.2%	100.0%
	ocm %		1.4%	5.8%	7.1%	5.7%	1.1%	5.0%	2.2%	2.6%	5.9%	2.5%	1.1%	3.9%	4.5%
	total %		.1%	.5%	.1%	.3%	.0%	.1%	.1%	.1%	2.1%	.1%	.0%	1.1%	4.5%
Earth work	frequency		79	112	17	35	26	9	65	63	325	78	19	251	1079
	sector %		7.3%	10.4%	1.6%	3.2%	2.4%	.8%	6.0%	5.8%	30.1%	7.2%	1.8%	23.3%	100.0%
	ocm %		22.4%	19.6%	20.2%	10.5%	9.9%	6.5%	29.0%	27.2%	13.9%	33.1%	20.9%	13.5%	16.0%
	total %		1.2%	1.7%	.3%	.5%	.4%	.1%	1.0%	.9%	4.8%	1.2%	.3%	3.7%	16.0%
Wet waterproofing	frequency		18	31	9	53	5	19	10	7	225	10	3	188	578
	sector %		3.1%	5.4%	1.6%	9.2%	.9%	3.3%	1.7%	1.2%	38.9%	1.7%	.5%	32.5%	100.0%
	ocm %		5.1%	5.4%	10.7%	16.0%	1.9%	13.7%	4.5%	3.0%	9.6%	4.2%	3.3%	10.1%	8.6%
	total %		.3%	.5%	.1%	.8%	.1%	.3%	.1%	.1%	3.3%	.1%	.0%	2.8%	8.6%
Painting	frequency		31	6	0	26	0	22	1	4	95	2	6	102	295
	sector %		10.5%	2.0%	0.0%	8.8%	0.0%	7.5%	.3%	1.4%	32.2%	.7%	2.0%	34.6%	100.0%
	ocm %		8.8%	1.1%	0.0%	7.8%	0.0%	15.8%	.4%	1.7%	4.1%	.8%	6.6%	5.5%	4.4%
	total %		.5%	.1%	0.0%	.4%	0.0%	.3%	.0%	.1%	1.4%	.0%	.1%	1.5%	4.4%
Erecting & Dismantling Scaffolds	frequency		23	18	9	9	0	7	23	13	70	10	3	80	265
	sector %		8.7%	6.8%	3.4%	3.4%	0.0%	2.6%	8.7%	4.9%	26.4%	3.8%	1.1%	30.2%	100.0%
	ocm %		6.5%	3.2%	10.7%	2.7%	0.0%	5.0%	10.3%	5.6%	3.0%	4.2%	3.3%	4.3%	3.9%
	total %		.3%	.3%	.1%	.1%	0.0%	.1%	.3%	.2%	1.0%	.1%	.0%	1.2%	3.9%
Metal structure	frequency		41	35	1	24	3	18	13	6	183	8	9	164	505
	sector %		8.1%	6.9%	.2%	4.8%	.6%	3.6%	2.6%	1.2%	36.2%	1.6%	1.8%	32.5%	100.0%
	ocm %		11.6%	6.1%	1.2%	7.2%	1.1%	12.9%	5.8%	2.6%	7.8%	3.4%	9.9%	8.8%	7.5%
	total %		.6%	.5%	.0%	.4%	.0%	.3%	.2%	.1%	2.7%	.1%	.1%	2.4%	7.5%
Reinforced concrete	frequency		121	275	35	157	214	40	65	64	1098	83	42	794	2988
	sector %		4.0%	9.2%	1.2%	5.3%	7.2%	1.3%	2.2%	2.1%	36.7%	2.8%	1.4%	26.6%	100.0%
	ocm %		34.3%	48.2%	41.7%	47.3%	81.4%	28.8%	29.0%	27.6%	47.1%	35.2%	46.2%	42.6%	44.4%
	total %		1.8%	4.1%	.5%	2.3%	3.2%	.6%	1.0%	1.0%	16.3%	1.2%	.6%	11.8%	44.4%

Metal structure	frequency	41	35	1	24	3	18	13	6	183	8	9	164	505
	sector %	8.1%	6.9%	.2%	4.8%	.6%	3.6%	2.6%	1.2%	36.2%	1.6%	1.8%	32.5%	100.0%
	ocm %	11.6%	6.1%	1.2%	7.2%	1.1%	12.9%	5.8%	2.6%	7.8%	3.4%	9.9%	8.8%	7.5%
	total %	.6%	.5%	.0%	.4%	.0%	.3%	.2%	.1%	2.7%	.1%	.1%	2.4%	7.5%
Reinforced concrete	frequency	121	275	35	157	214	40	65	64	1098	83	42	794	2988
	sector %	4.0%	9.2%	1.2%	5.3%	7.2%	1.3%	2.2%	2.1%	36.7%	2.8%	1.4%	26.6%	100.0%
	ocm %	34.3%	48.2%	41.7%	47.3%	81.4%	28.8%	29.0%	27.6%	47.1%	35.2%	46.2%	42.6%	44.4%
	total %	1.8%	4.1%	.5%	2.3%	3.2%	.6%	1.0%	1.0%	16.3%	1.2%	.6%	11.8%	44.4%
Water and sewage	frequency	11	28	3	3	8	6	3	57	73	23	1	57	273
	sector %	4.0%	10.3%	1.1%	1.1%	2.9%	2.2%	1.1%	20.9%	26.7%	8.4%	.4%	20.9%	100.0%
	ocm %	3.1%	4.9%	3.6%	.9%	3.0%	4.3%	1.3%	24.6%	3.1%	9.7%	1.1%	3.1%	4.1%
	total %	.2%	.4%	.0%	.0%	.1%	.1%	.0%	.8%	1.1%	.3%	.0%	.8%	4.1%
Steel construction	frequency	24	33	4	6	4	11	39	12	126	16	7	157	439
	sector %	5.5%	7.5%	.9%	1.4%	.9%	2.5%	8.9%	2.7%	28.7%	3.6%	1.6%	35.8%	100.0%
	ocm %	6.8%	5.8%	4.8%	1.8%	1.5%	7.9%	17.4%	5.2%	5.4%	6.8%	7.7%	8.4%	6.5%
	total %	.4%	.5%	.1%	.1%	.1%	.2%	.6%	.2%	1.9%	.2%	.1%	2.3%	6.5%
Total	frequency	353	571	84	332	263	139	224	232	2333	236	91	1866	6724
	sector %	5.2%	8.5%	1.2%	4.9%	3.9%	2.1%	3.3%	3.5%	34.7%	3.5%	1.4%	27.8%	100.0%
	ocm %	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	total %	5.2%	8.5%	1.2%	4.9%	3.9%	2.1%	3.3%	3.5%	34.7%	3.5%	1.4%	27.8%	100.0%

고를 야기하는 기인물 또한 다양한 것으로 나타났다.

특히 기인물의 경우 작업 중 사용하는 재료·자재·부재와 설비·기계기구 부품 및 부속물, 가설시설물에 해당하는 비계 및 작업발판, 거푸집 및 동바리, 고소작업을 위한 사다리 등에 의한 사고 발생이 많은데 발생형태의 절반가량이 떨어짐 재해이고, 구조체 연결/조립/설치/해체 작업과 관련하여 가설시설물 및 사다리 사용이 많은 것과 관련하여 해당 작업 중 발생하는 떨어짐 재해 예방을 위해 가설시설물 및 사다리 사용에 대한 안전관리 필요성이 큰 것을 유추해볼 수 있다. 특히 재료·자재·부재와 설비·기계기구 부품 및 부속물의 경우 불안정한 상태로 인한 기인물이 탈로 인한 맞음, 직접적 접촉에 의한 절단·베임·찢림 재해가 많은 업종과 연관성이 큰 것을 볼 수 있다.

건설업종과 가해물 교차분석 결과(Table 6)를 살펴보면 사고 다발 건설 업종과 관련 없이 바닥 및 지표면과 재료·자재·부재에 의한 피해가 많은 것으로 나타났다. 가해물의 경우 부상이나 사망과 관련하여 직접적인 피해와 연관 있는 요소로 기인물이 사고의 원인이라면, 가해물은 사고의 결과인 부상, 사망 정도와 관련이 크다. 대부분의 재해가 떨어짐이나 넘어짐의 형태로 발생하는 것과 관련하여 구체적으로 그 가해대상이 바닥 및

지표면인 경우가 많으며 맞음이나 끼임·감김, 절단·베임·찢림 등의 재해형태는 재료·자재·부재, 일반제조 및 가공설비·기계, 설비·기계기구 부품 및 부속물 등과의 관련이 큰 것으로 유추해볼 수 있다. 이는 작업에 사용하는 물체나 장비, 작업환경과 관련하여 직접적으로 신체와 맞는 개체가 기 때문에 업종별로 가해물과 관련하여 피해 영향이 큰 가해물의 경우 작업 시 각별한 주의가 필요하다.

5.3 가설검정

교차분석 유의성 확인은 카이제곱독립성검정(χ^2 , Chi-square Independence Test)을 통해 실시하였다. 카이제곱독립성검정은 특정 속성에 대해 집단별 차이가 있는지를 알아보는 분석방법이며, 그 효과크기(Effect Size)를 확인하기 위해 분할계수(Contingency Coefficient)를 활용하였다. 분할계수는 두 변수 관계의 크기를 나타내며 그 값이 클수록 두 변수 간 관계가 크다고 볼 수 있다. 통상 0.10이면 효과크기가 작은 것으로, 0.25면 중간, 0.40이면 효과크기가 크다고 본다[15].

본 연구에서는 사고 다발 건설업종과 각 교차분석 대상인 다발 빈도 카테고리 간 상호연관성이 있음을 검정한다. 가설검정을 위한 가설은 다

Table 6 Results of Cross Analysis Process Accident Prone Sector and Assailing Materials (AS)

Sector	AS	equipment and machinery parts and accessories	Construction and mining machinery	Equipment and machinery parts and accessories	materials and resources	sculpture-remnant debris-waste (foreign substance)	Scaffold structure dismantling work	Mold:formwork and unshored construction	major construction parts	floor and surface	Other harmful substances	unable to classify	Total
Interior	frequency	38	0	4	26	10	7	8	1	186	6	22	308
	sector %	12.3%	0.0%	1.3%	8.4%	3.2%	2.3%	2.6%	.3%	60.4%	1.9%	7.1%	100.0%
	as %	11.0%	0.0%	1.5%	3.7%	6.4%	7.4%	2.6%	.6%	4.4%	4.0%	6.7%	4.5%
	total %	.6%	0.0%	.1%	.4%	.1%	.1%	.1%	.0%	2.7%	.1%	.3%	4.5%
Earth work	frequency	42	36	86	161	28	12	29	58	547	41	57	1097
	sector %	3.8%	3.3%	7.8%	14.7%	2.6%	1.1%	2.6%	5.3%	49.9%	3.7%	5.2%	100.0%
	as %	12.1%	45.6%	32.7%	22.6%	17.8%	12.8%	9.3%	35.6%	13.0%	27.5%	17.4%	16.1%
	total %	.6%	.5%	1.3%	2.4%	.4%	.2%	.4%	.9%	8.0%	.6%	.8%	16.1%
Wet waterproofing	frequency	11	1	6	28	14	6	13	4	472	6	29	590
	sector %	1.9%	.2%	1.0%	4.7%	2.4%	1.0%	2.2%	.7%	80.0%	1.0%	4.9%	100.0%
	as %	3.2%	1.3%	2.3%	3.9%	8.9%	6.4%	4.2%	2.5%	11.2%	4.0%	8.8%	8.7%
	total %	.2%	.0%	.1%	.4%	.2%	.1%	.2%	.1%	6.9%	.1%	.4%	8.7%
Painting	frequency	3	0	3	5	1	8	4	2	265	8	10	309
	sector %	1.0%	0.0%	1.0%	1.6%	.3%	2.6%	1.3%	.6%	85.8%	2.6%	3.2%	100.0%
	as %	.9%	0.0%	1.1%	.7%	.6%	8.5%	1.3%	1.2%	6.3%	5.4%	3.0%	4.5%
	total %	.0%	0.0%	.0%	.1%	.0%	.1%	.1%	.0%	3.9%	.1%	.1%	4.5%
Erecting & Dismantling Scaffolds	frequency	5	4	30	19	12	7	5	12	169	14	11	288
	sector %	1.7%	1.4%	10.4%	6.6%	4.2%	2.4%	1.7%	4.2%	58.7%	4.9%	3.8%	100.0%
	as %	1.4%	5.1%	11.4%	2.7%	7.6%	7.4%	1.6%	7.4%	4.0%	9.4%	3.4%	4.2%
	total %	.1%	.1%	.4%	.3%	.2%	.1%	.1%	.2%	2.5%	.2%	.2%	4.2%
Metal construction	frequency	28	1	12	61	2	4	6	10	359	9	27	519
	sector %	5.4%	.2%	2.3%	11.8%	.4%	.8%	1.2%	1.9%	69.2%	1.7%	5.2%	100.0%
	as %	8.1%	1.3%	4.6%	8.6%	1.3%	4.3%	1.9%	6.1%	8.5%	6.0%	8.2%	7.6%
	total %	.4%	.0%	.2%	.9%	.0%	.1%	.1%	.1%	5.3%	.1%	.4%	7.6%
Reinforced concrete	frequency	206	18	85	330	84	45	234	36	1770	47	141	2996
	sector %	6.9%	.6%	2.8%	11.0%	2.8%	1.5%	7.8%	1.2%	59.1%	1.6%	4.7%	100.0%
	as %	59.4%	22.8%	32.3%	46.3%	53.5%	47.9%	75.2%	22.1%	42.1%	31.5%	43.0%	44.0%
	total %	3.0%	.3%	1.2%	4.8%	1.2%	.7%	3.4%	.5%	26.0%	.7%	2.1%	44.0%
Water and sewage equipment	frequency	9	19	25	36	3	3	6	4	130	14	17	266
	sector %	3.4%	7.1%	9.4%	13.5%	1.1%	1.1%	2.3%	1.5%	48.9%	5.3%	6.4%	100.0%
	as %	2.6%	24.1%	9.5%	5.1%	1.9%	3.2%	1.9%	2.5%	3.1%	9.4%	5.2%	3.9%
	total %	.1%	.3%	.4%	.5%	.0%	.0%	.1%	.1%	1.9%	.2%	.2%	3.9%
Steel construction	frequency	5	0	12	46	3	2	6	36	311	4	14	439
	sector %	1.1%	0.0%	2.7%	10.5%	.7%	.5%	1.4%	8.2%	70.8%	.9%	3.2%	100.0%
	as %	1.4%	0.0%	4.6%	6.5%	1.9%	2.1%	1.9%	22.1%	7.4%	2.7%	4.3%	6.4%
	total %	.1%	0.0%	.2%	.7%	.0%	.0%	.1%	.5%	4.6%	.1%	.2%	6.4%

Total	frequency	347	79	263	712	157	94	311	163	4209	149	328	6812
	sector %	5.1%	1.2%	3.9%	10.5%	2.3%	1.4%	4.6%	2.4%	61.8%	2.2%	4.8%	100.0%
	as %	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	total %	5.1%	1.2%	3.9%	10.5%	2.3%	1.4%	4.6%	2.4%	61.8%	2.2%	4.8%	100.0%

음과 같다. 본 연구에서는 사고 다발 건설업종과 분석 변수 간에는 서로 상호연관성이 있음을 주장하며, 유의수준 .05를 기준으로 카이제곱독립성 검정을 실시했다.

가설 1. 건설업종 - 발생형태 간 연관성

- H0(귀무가설) : 건설 업종과 발생형태는 서로 독립적이다. (즉 서로 연관성이 없다.)

가설 2. 건설업종 - 작업내용 간 연관성

- H0(귀무가설) : 건설 업종과 작업내용은 서로 독립적이다. (즉 서로 연관성이 없다.)

가설 3. 건설업종 - 기인물 간 연관성

- H0(귀무가설) : 건설 업종과 기인물은 서로 독립적이다. (즉 서로 연관성이 없다.)

가설 4. 건설업종 - 가해물 간 연관성

- H0(귀무가설) : 건설 업종과 가해물은 서로 독립적이다. (즉 서로 연관성이 없다.)

사고 다발 건설 업종과 발생형태, 작업내용, 기인물, 가해물 간 피어슨(Pearson) 카이제곱 유의확률(P-value)를 살펴보면 4개 가설 모두 유의수준 $\alpha=0.05$ 일 때, $p\text{-value}=0.000$ 으로, $\alpha > p\text{-value}$ 이므로 귀무가설이 기각되고 대립가설이 채택된다. 즉 건설 업종과 발생형태, 작업내용, 기인물, 가해물은 서로 상호연관성이 있음을 알 수 있다 (Table 7 참조).

특히 연관성의 크기(Effect Size)를 살펴보면 효과크기가 크다고 볼 수 있는 0.4 기준에 해당하는 변수 관계는 '작업내용'으로, 업종의 사고 발생은 작업특성과의 연관성이 상당히 크다고 볼 수

Table 7 Results of Chi-Square Test of Independence (Summary)

Pearson Chi-Square	Value	Degrees of freedom	asymptotic significance probability (two-tail test)
Hypothesis 1) sector-occurrence type	814.361a	56	.000
Hypothesis 2) sector-work tasks	1236.410a	48	.000
Hypothesis 3) sector-original cause materials	985.341a	88	.000
Hypothesis 4) sector-assailing materials	928.740a	80	.000

a. 0 cells (.0%) are cells with an expected frequency less than 5. The minimum expected frequency is 10.68.

Table 8 Results of Contingency Coefficient

Symmetrical measure			
Nominal scale versus nominal scale	Division coefficient	Value	Probability of approximate significance
Hypothesis 1) sector-occurrence type		.319	.000
Hypothesis 2) sector-work tasks		.400	.000
Hypothesis 3) sector-original cause materials		.358	.000
Hypothesis 4) sector-assailing materials		.346	.000

있다. 작업내용 뿐만 아니라 기인물, 가해물, 발생형태 또한 0.3 이상으로 중상위 수준의 분할계수를 나타내어 그 연관성이 크다고 할 수 있다.

이는 건설 업종별로 사고와 관련한 발생형태, 작업내용, 기인물, 가해물이 연관성이 있으며, 변수 간 연관성의 크기 또한 큰 것을 의미하므로, 재해예방이나 경감을 위해 각 변수에 대한 사전관리가 필요함을 시사한다.

6. 연구결론 및 제언

국내 건설업 사업자수는 매년 증가하고 있으며 산업의 고도화, 건설공사의 고층화·대형화로 건설업 근로자의 재해 노출 위험이 커지고 있다. 특히 산업재해 예방을 위한 연구와 정부의 노력에도 불구하고 건설업 재해율은 줄어들지 않고 있으며, 문화와 언어가 다른 외국인 근로자 수의 증가, 다수의 중장년층 근로자, 옥외생산, 고소작업, 중장비 작업 등의 건설업 특성으로 타 산업에 비해 재해자가 많고 중대재해 발생 가능성 또한 매우 크다. 이에 따라 건설업 분야 재해 감소를 위한 선행연구들이 진행되고 있으나 기존 연구는 재해사례를 사후에 분석해 그 원인을 규명하는 데에 그치거나, 특정 현장 혹은 사고에만 한정하여 분석한 한계점이 있다.

건설업의 경우 정해진 기간 안에 이루어져야 하는 노동집약적 산업이고, 야간작업 등 특수한 작업환경이 많으며 적정 공사비 확보가 안 될 경우 안전관리에 대한 투자 또한 소홀하여 건설재해 요인에 대한 관리가 취약할 수밖에 없다. 건설업이 타 산업에 비해 재해를 및 사망률이 높고, 위험/특수한 작업환경, 근로자의 다양한 국적이나 높은 연령대를 고려해 보았을 때, 취약요인 관리를 통한 선제적인 건설 업종·현장 안전관리가 필요하다.

본 연구에서는 지난 10여 년간 건설업에서 발생한 사고사례분석을 통해 건설현장의 위험요인을 도출하고 건설업 내 사고 다발 업종과 위험요인 간의 교차분석을 통해 건설 업종과 발생형태(사고유형), 작업내용, 기인물, 가해물 간 상호연관성 분석을 실시하였다. 사고 다발 업종의 경우 지난 10여 년간 누적 발생 빈도를 토대로 선정하

였으며, 철근콘크리트공사업, 토공사업, 습식방수공사업, 금속구조물공사업, 강구조물공사업 순으로 재해율이 높은 것으로 나타났으며 발생형태의 경우 떨어짐 재해가 절반가량을 차지해 우선적으로 관리해야할 위험요인으로 나타났다. 가해물의 경우 떨어짐 사고가 많음에 따라 바닥 및 지표면이 절반 이상의 비중을 차지했으며, 뒤를 이어 재료·자재·부재에 의한 피해와 일반제조 및 가공설비·기계, 설비·기계기구 부품 및 부속물로 인한 피해가 다발하는 것으로 나타났다. 대부분 사고의 원인은 작업자 본인에 의한 것이며, 현장에서 사용하는 재료·자재·부재 및 설비·기계기구 부품 및 부속물, 가설시설물(비계 및 작업발판, 거푸집 및 동바리)로 인한 사고 발생이 높은 것으로 집계되었다.

사고 다발 건설 업종 및 다발빈도 위험요인(카테고리) 간 교차분석 유의성 검정결과 유의수준 .05를 기준으로 모두 통계적으로 상호연관성이 있는 것으로 나타났으며, 특히 변수 간 연관성 크기는 분할계수가 0.4로 나타난 ‘작업내용’이 업종 간 연관성 크기가 큰 것으로 나타났다. 작업내용 뿐만 아니라 발생형태, 기인물, 가해물 모두 분할계수 0.3 이상으로 중간크기 이상의 변수 간 연관성을 가지는 것으로 나타났다. 이는 곧 업종별로 작업내용, 발생형태, 기인물, 가해물 간 상호연관성이 있음을 의미하므로 재해예방 및 경감을 위한 관리가 필요함을 의미한다. 교차분석 결과에 따르면 철근콘크리트공사업과 토공사업의 경우 재해 발생빈도가 높을 뿐만 아니라 대부분 모든 위험요인 변수에 취약한 업종으로 나타났다. 곧 이는 건설 업종 중에서도 철근콘크리트공사업과 토공사업 근로자가 재해 위험 노출이 크다는 것을 의미하며 해당 업종 근로자 및 공사현장에 대한 취약요인 안전관리가 우선적으로 선행되어야 함을 시사한다.

본 연구의 근로자 재해 데이터 분석 결과는 건설업종 및 현장 특성에 따라 체계적으로 우선관리하기 위해 효율적으로 활용할 수 있다. 건설업에서 발생하는 재해를 줄이기 위해서는 다발하는 업종에 대해 그 원인이 무엇이고 구체적으로 관리해야할 위험요인은 무엇인지를 분석하여 안전한 작업환경을 만드는 것이 중요하며, 우선적으로 위험 노출이 큰 근로자부터 관리할 필요성이 있

다. 즉, 공사현장의 물리적 안전관리는 물론이며 업종별 재해자의 재해발생 원인 자체를 제거하기 위해서는 업종과 사고 발생 위험 연관성이 큰 요인부터 관리하기 위한 안전대책 수립이 필요하다.

향후에는 좀 더 정밀한 분석을 위해 데이터 품질 확보를 통한 정보관리체계에 대한 연구 또한 필요할 것으로 사료된다. 본 연구는 비정형 텍스트인 사고내용에서 카테고리를 분류하여 분석 가능한 형태로 정제하여 진행하였다. 이는 곧 표준화된 분류체계를 통해 정형화된 정보 관리가 필요함을 의미하기도 한다. 일관성 있는 데이터 수집과 관리는 정보를 적시에 필요한 형태로 가공·분석하여 사용하는데 용이하며, 이를 위해서는 표준화된 데이터 관리체계의 마련과 데이터 품질확보가 필요하다. 사고사례를 단순한 재해이력으로만 보는 것이 아닌, 향후 사고재발방지를 위한 관리정보로 인식하고 지속적인 데이터 축적과 통합관리를 통해 재해 예방을 위한 자료로 활용하는 것이 중요하다. 정보의 활용은 안전관리를 위한 통찰력(Insight)을 제공하고, 이는 곧 효율적인 건설재해 예방을 위한 근간이 될 것으로 판단된다.

References

- [1] Ministry of Employment and Labor. Analysis of Industrial Accident Status. Ministry of Employment and Labor, 2017.
- [2] Lee, S. H., Safety Accidents of Construction Machinery Workers, Blame for the “Original Responsibility” Law should be Revised. Worknworld, 2018.
- [3] Kim, T. W., “A Study on Effectiveness of Safety Consciousness and Risk Assessment System on Construction Industrial Accidents,” Graduate School of Jungwon University, 2018.
- [4] Jo, J. H., “A Study on the Causes Analysis and Preventive Measures by Disaster types in Construction Fields,” Journal of Korea Safety Management & Science, Vol. 14, No. 1, pp. 7-13, 2012.
- [5] Su, S. S., Bok, B. Y., Bong, H. H., Kang, K. S., “Crash of a Small Construction Site Accident Analysis and Risk Assessment Study - Focusing on Project Value of Less than 20 Billion Small Construction Sites -,” Journal of Korea Safety Management & Science. Vol. 16, No. 4, pp. 41-51, 2014.
- [6] Go, S. S., Song, H., and Lee, H. M., “Development of the Safety Information Management System according to the Risk Index for the Building Construction Work,” Architectural Institute of Korea, Vol. 21, No. 6, pp. 113-120, 2005.
- [7] Son, K. S., Gal, W. M., Choi, J. N., and Song, I. Y., “Countermeasures for Safety Management in Subcontractor Work at Construction Site using AHP Technique,” Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 26, No. 1, pp. 27-35, 2011.
- [8] Korea Occupational Safety & Health Agency. Guideline for Recording and Classifying Industrial Accidents. Korea Occupational Safety & Health Agency, 2016.
- [9] Kim, H. J., Lee, T. H., Ryu, S. E., and Kim, N. R., “A Study on Text Mining Methods to Analyze Civil Complaints: Structured Association Analysis,” Journal of the Korea Industrial Information Systems Research, Vol. 23, No. 3, pp. 13-23, 2018.
- [10] Kang, S. J., “Constructing a Large Interlinked Ontology Network for the Web of Data,” Journal of the Korea Industrial Information Systems Research, Vol. 15, No. 1, pp. 15-23, 2010.
- [11] Son, K. S., Gal, W. M., Song, I. Y., and Choi, J. N., “Formulation for Producing Risk Level of Each Construction Work,” Journal of Korea Safety Management & Science, Vol. 26, No. 1, pp. 13-19, 2010.
- [12] Jung, S. H., Lee, G. H., An, K. I., Lim, S. I., and Kang, K. S., “A Study on The

Situation of Disasters and Characters of Technical Construction Firms,” Journal of Korea Safety Management and Science, Vol. 11, No. 4, pp. 93-109, 2009.

- [13] Korean Society of Civil Engineers. A Study on the Development of Risk Profile for Construction Projects. Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, 2014.
- [14] E-practical affairs(<http://guide.kosha.or.kr>). Korea Occupational Safety & Health Agency.
- [15] Lee, H. S., Lim, H. J., and Jae, J. H., 2013.
- [16] Dongguk University. 2018. Analysis of Construction Accident Data for Deduction (insurance) Business. Korea Specialty Contractor Financial Cooperative.



이 영 재 (Lee Young Jae)

- 정회원
- 동국대학교 전자계산학과 경영학사
- George Washington University 경영정보시스템 이학석사
- George Washington University 정보관리 이학박사
- 동국대학교 경영대학 경영정보학과 정교수
- 관심분야 : 의사결정, 재난관리, 자산관리



강 성 경 (Kang Seong Kyung)

- 동국대학교 경영정보학과 경영학사
- 동국대학교 일반대학원 경영정보학과 석박사통합과정 수료
- 관심분야 : 의사결정, 데이터 마이닝, 재난관리



유 환 (Yu Hwan)

- 정회원
- 숙명여대 정법학부 법학사
- 연세대학교 저작권법 법학석사
- 동국대학교 경영정보학과 박사 수료
- IBK기업은행 재직 중
- 관심분야 : 의사결정, 금융투자, 리스크관리