

통계자료를 활용한 건설안전 위험도 평가지수 개발

Development of Risk Assessment Index for Construction Safety Using Statistical Data

박 환 표^{1*}

한 재 구²

Park, Hwan-Pyo^{1*}

Han, Jae-Goo²

Research Fellow, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Goyang-Si, Gyeonggi-Do, 10223, Korea ¹

Senior Researcher, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Goyang-Si, Gyeonggi-Do, 10223, Korea ²

Abstract

In 2017, the ratio of the number of victims and deaths in the construction industry was the highest with 25.2% and 29.6%, respectively. Especially, as safety accidents at construction sites continue to increase, the economic loss is greatly increased too. Therefore, in order to prevent safety accidents in the construction work, the safety risk assessment index by type of construction was developed, and the main results of this study are as follows. First, 17 factors related to safety accidents at construction sites were derived through survey and interview survey, and this study suggested 9 items(process, type of construction, progress rate, contract amount, number of floors, safety education, working days and weather) throughout the expert advisory meeting. Second, the risk assessment index for safety accidents was developed based on the ratio and intensity of safety accidents. Third, to verify the risk assessment model, the construction safety risk assessment index by type of construction was derived by surveying and analyzing the statistics of the construction accident. In addition, the risk strength was calculated by dividing human damage caused by construction safety accidents into those killed and injured. The risk assessment index based on the frequency and intensity of safety accidents by type of construction is expected to be utilized as basic data when assessing the risk of similar projects in the future.

Keywords: construction safety accident, risk assesment index, risk prediction system, occurence frequency, occurence strength

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설업은 대부분 옥외에서 이루어지므로 자연환경의 영향을 받을 뿐만 아니라 중량물의 운반설치, 중장비의 투입

사용, 건축물의 고층화 등으로 재해발생의 요인을 많이 안고 있다[1]. 이러한 건설업의 특성으로 인한 안전사고 발생 비율이 타 산업에 비하여 높은 실정이다. 2017년 고용노동부의 자료를 보면, 건설업의 재해자 수는 25,649명(28.6%)이고, 사망자 수는 579명(29.6%)으로 타 산업에 비하여 높은 실정이다. 특히 50명 미만인 건설사업장에서 사망자가 236명으로 약 40.8% 차지하고 있어, 중소기업 건설현장의 안전관리가 취약하다는 것을 알 수 있다[2].

따라서 본 연구는 건설현장 안전사고 감소를 위한 안전사고 데이터 등을 기반으로 건설안전 위험도 평가지수를 개발하고자 한다.

Received : March 4, 2019

Revision received : May 3, 2019

Accepted : June 20, 2019

* Corresponding author : Park, Hwan-Pyo

[Tel: 82-31-910-0015, E-mail: hppark@kict.re.kr]

©2019 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

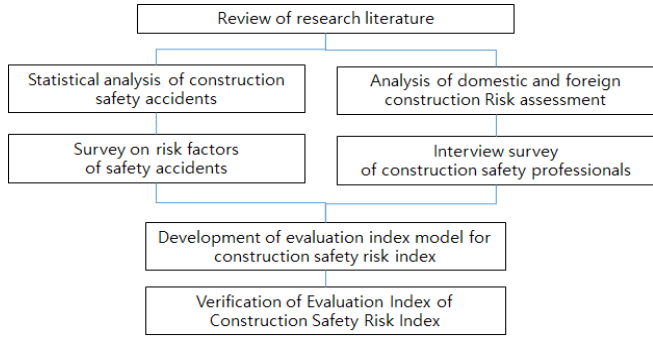


Figure 1. Methodology

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 건설안전 위험도 평가지수를 개발하기 위하여 선행연구 분석과 건설현장의 안전사고 사례를 조사 및 분석하였다. 또한 공사단계의 사고유형을 분류하여 안전사고가 발생하는 원인을 도출하였다. 그리고 싱가포르와 일본의 건설현장 안전관리체계와 위험성 평가의 운영 실태를 조사 분석하기 위하여 문헌조사 및 전문가 면담조사를 수행하여 시사점을 도출하였다. 특히 본 연구는 건설현장의 안전사고 관리측면에서 통계데이터를 관리하기 위하여 공종분류와 공정별 건설안전 위험도 평가지수를 산정하기 위한 산정평가 모델을 개발하기 위하여 Figure 1과 같은 절차로 수행하였다.

- 1) 선행 연구논문 및 건설현장의 안전사고사례 분석
- 2) 국내외 위험성 평가업무 분석
- 3) 설문조사 및 해외 건설현장 실태조사
- 4) 건설안전 위험도 평가지수 개발

2. 선행 연구 및 건설안전사고 분석

2.1 선행연구 분석

국내 건설현장의 안전관리관련 선행 연구논문을 살펴보면, 아래와 같다. Cho et al.[3]은 중소기업 건설현장에서 재해가 많이 발생하는 거푸집 공사를 대상으로 위험요소에 대한 점검사항을 제시하고, 안전사고 예방을 위한 체크리스트를 제안하였다. Ko et al.[4]은 건설공사의 안전관리 시스템 구축을 위해 한국산업안전공단의 재해사례를 대상으로 건설공종 각 작업을 요소 및 세부작업으로 분류하여 건설공사 공종별로 재해발생 정도와 위험도를 제시하였다. Jang and Go[5]은 건설재해의 발생빈도가 높은 중·소규

모 건설현장의 재해율 저감을 위한 건설현장 안전관리 문제점을 도출·분석하여 재해 다발요인의 중점위험항목과 선제적으로 실천 가능한 위험성 평가방안을 제안하였다. Kim et al.[6]은 국내 건축공사에서 업무상 사고로 발생한 재해사례를 공종별로 분석결과와 건축공사에 종사하는 근로자의 직무스트레스와의 관련성을 분석하였다. Shim et al.[7]은 철근콘크리트 공사의 안전관리를 위하여 재해사례관련 요인을 도출하여 요인들 간의 상관성을 분석하여 체크리스트를 제안하였다. Shin and Son[8]은 국내 건설현장의 일반적인 안전조직 체계를 도출하고, 각 조직원별 안전지식 및 업무수행 수준을 파악하여 안전지식 및 협력네트워크를 분석하였다. Yun[9]은 건설재해 발생원인을 파악하고, 선진국의 안전관리제도 등을 비교·검토하여, 건설 안전관리 제도측면에서 개선방안을 제안하였다. Choi et al.[10]은 국내 건설기업의 안전관리 체계를 평가하여, 문제점을 도출하고, 소규모 건설현장 안전관리 개선방안, 협력적 안전관리 체계 구축방안, 안전한 건설공사 여건 마련 등 정책적인 측면에서 개선방안을 제안하였다.

이러한 상기 연구들은 건설안전 사고사례 분석을 통한 위험성 평가 및 체크리스트를 제안하는 것이 대부분이었다. 따라서 본 연구는 과거 안전사고 데이터를 활용한 건설안전 위험도 평가지수 개발을 통한 예측시스템 개발에 활용방안을 마련하는데 그 차별성이 있다.

2.2 건설현장의 업무상 안전사고 사례분석

최근 3년간 고용노동부의 건설 산업 규모별 업무상 재해자 수를 분석한 결과, 5인 미만의 사업장과 5~9인의 사업장이 각각 약 38.8%, 18.2%를 차지하는 등 소규모 건설사업장의 재해자 수가 대부분을 차지하고 있다(Figure 2).

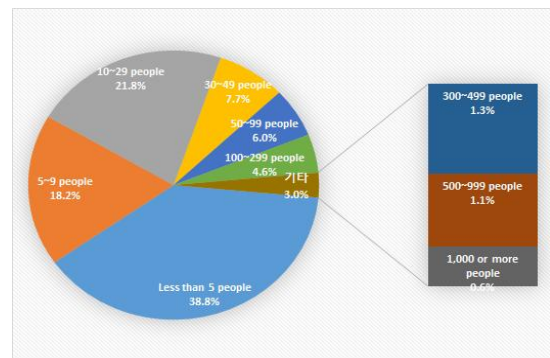


Figure 2. Percentage of accident victims by size in construction industry (2014-2016)

연령별 업무상 사고 재해자 수의 비중은 보면, 50세 이상이 68.21%를 차지하고 있다(Table 1). 특히 근속기간별 업무상 사고 재해자 수 비중을 분석해 보면, 6개월 미만으로 근속한 근로자가 전체에서 약 92.56%를 차지하고 있다(Table 2).

Table 1. Trends and specific gravity of the number of job accidents by age in construction industry (2014-2016)

Year	Sub total	Under29 year	30~39 year	40~49 year	50~59 year	Above 60 year	Sub total
2014	22,935	389	1,657	5,490	9,546	5,853	0
2015	24,287	415	1,646	5,358	10,137	6,728	3
2016	25,701	503	1,627	5,365	10,347	7,857	2
Sum	72,923	1,307	4,930	16,213	30,030	20,438	5
Percent (%)	100.0	1.79	6.76	22.23	41.18	28.03	0.01

Table 2. Trends and specific gravity of the number of job accident victims by continuous service in construction industry (2014-2016)

period of continuous service	2014 year	2015 year	2016 year	Sub total	Percent (%)
Less than 6 months	21,114	22,506	23,875	67,495	92.56
6 months~ Less than 1 year	744	696	728	2,168	2.97
1~Less than 2 years	440	426	477	1,343	1.84
2~Less than 3 years	176	185	178	539	0.74
3~Less than 4 years	111	101	89	301	0.41
4~Less than 5 years	73	78	67	218	0.3
5~Less than 10 years	162	186	179	527	0.72
More than 10 years	73	85	86	244	0.33
Unable to categorize	42	24	22	88	0.12
Sub total	22,935	24,287	25,701	72,923	100

발생 시기는 7월과 12월이 각각 9.57%, 9.37%로 가장 높고, 재해발생 요일은 평일은 거의 발생확률이 유사하다(Figure 3). 또한 발생시간은 오전 10시~12시에 26.2%로 가장 높고, 발생 형태는 추락과 넘어짐이 각각 34.1%, 15.05%로 가장 높은 비중을 차지하고 있다.

최근 건설안전사고 발생은 지속적으로 증가 추세이고, 정부는 이에 대한 다양한 정책을 개발하여 추진하고 있다.

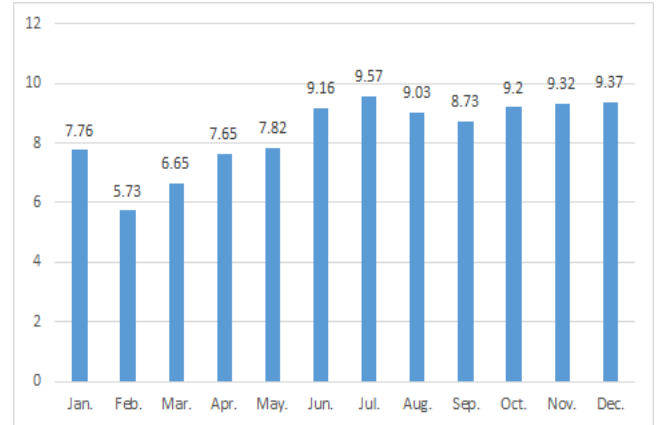


Figure 3. Percentage of accident victims by period of accident in construction industry (2014-2016)

그러나 최근 3년간 건설현장의 안전사고 통계데이터를 분석한 결과, 소규모 건설현장에서 발생하는 비율이 매우 높은 추세이다. 그리고 재해 발생 시기, 발생 시간, 발생 형태별로 분석한 결과를 토대로 건설안전 사고대책을 마련하는 것이 필요하다. 각 건설현장에서는 위험도 평가를 통하여 안전사고를 감소시키고 있지만, 과거 데이터를 통하여 각 현장에서 중점적으로 안전사고의 관리사항을 도출하는 것도 의미가 있을 것이다. 따라서 향후 이에 대한 안전사고 예측시스템을 개발하는데 지속적인 개선과 보완이 필요하다.

2.3 한국산업안전공단(KOSHA)의 위험성 평가제도

한국산업안전공단은 위험성 평가제도를 운영하여, 각 건설현장의 위험요인을 도출하고 평가하여 안전사고 발생을 예방하기 위한 제도를 운영하고 있다. 위험성 평가는 사업장의 가능한 한 모든 유해·위험요인을 파악하고 유해·위험요인에 의한 부상 또는 질병의 발생 가능성(빈도)과 중대성(강도)을 추정·결정하고 감소 대책을 수립하여 실행하는 일련의 과정을 말하며, 유해·위험방지계획은 위험성평가 활동을 통해 이행되도록 하고 있다.

위험성평가는 사업주가 주체가 되어 안전보건관리책임자, 관리감독자, 안전관리자·보건관리자, 대상공정의 근로자가 참여하여 각자의 역할을 분담하여 실시하고 있다.

특히 건설재해를 예방하기 위하여 시설안전공단과 안전보건공단은 건설사고 DB를 구축하여 운영하고 있으나, 각 건설사고 분류체계가 상이하기 때문에 건설사고 유형분석

을 하는데 한계가 있다. 안전보건공단은 전체 산업에 대한 재해를 인적재해 중심으로 다루고 있고, 시설안전공단은 물적 사고 중심으로 안전사고를 관리하고 있다. 장기적으로 건설 산업의 건설재해 사고를 인적 사고와 물적 사고를 통합적으로 관리할 수 있는 체계 확립이 필요하다.

3. 선진국 건설 안전관리 벤치마킹

3.1 싱가포르의 건설안전 위험성 평가 분석

싱가포르는 2006년 산업안전보건법(Workplace Safety and Health Act)과 안전보건관리령(Workplace Safety and Health (Risk Management) Regulations)을 제정하여 위험성 평가의무를 규정하고 있다. 싱가포르의 사업장 안전보건 체계는 안전을 최우선에 두고 있다. 싱가포르의 안전보건법은 현장의 조직체계에 따라 모든 현장관계자에게 각각 작업장의 안전 책임을 부여하고, 작업의 시행보다는 작업장에서의 안전보건체계 및 성과에 초점을 두고 있다. 안전에 대해 지속적인 개선명령을 내리고 근본적인 예방을 위해 법 위반이나 위험 행동에 대해 높은 벌금을 부과하고 있다.

싱가포르의 고용노동부(Ministry of Manpower)는 사업장에서 실시하는 위험성 평가를 지원하기 위한 bizSafe 프로그램과 위험성 평가 지원펀드 등을 통하여 사업장에서 위험성 평가 적용을 보다 쉽게 할 수 있도록 지원하고 있다. bizSafe 프로그램은 2007년 4월부터 시작하여 5단계에 걸쳐 단계별 위험성 평가적용을 통한 사업장의 안전보건 능력향상 프로그램을 지원하고 있다.

또한 도로교통청(LTA)은 안전관리 법령에 따라서 안전관리제도를 운영하고 있다. 특히 2004년 Nicoll Highway 붕괴 사고를 계기로 안전관리 제도가 강화되었다. 도로교통청의 안전관리는 5개(Management Processes, Management Committees, Culture and Mindset, Competency, Innovation and Technology)의 체계를 구축하여 운영 및 관리하고 있다.

싱가포르의 정부와 발주처에서 각각의 안전관리 관련 제도, 내부규정 등을 활용하여 안전에 관한 절차수립, 이행여부 확인, 점검, 별점부과 및 인센티브 제공, 수상과 향후 신규 입찰에서의 가감점 여부 활용 등 관리체계가 구축되었다.

싱가포르 건설현장의 안전관리 체계와 위험성 평가실태

를 조사하기 위하여 2018년 9월 10일 부터 12일까지 한국 건설업체가 시공하는 있는 T301 프로젝트 현장과 Tuas 남부 매립 F1 건설현장을 방문하였다. 싱가포르 건설현장을 방문한 결과, 공사착수 전에 공중별 위험성 평가를 수행하고, 각 세부작업 시작 전에 작업허가서(PTW)를 승인받은 후에 공사를 착수하기 때문에 건설 안전사고를 사전에 예방하고 있다. 각 공사장비 및 공중별 건설현장에는 작업허가서를 비치하고, 감독자와 건설근로자들이 항상 볼 수 있도록 하고 있다. 또한 공사 참여자들에 대한 책임과 역할의 구분을 명확히 규정하고 이를 따르고 있는 것이 매우 큰 특징이다. 또한 도로교통청은 입찰에서 안전에 관한 항목의 배점기준이 전체 점수에서 약 30% 정도를 차지하고 있다.

3.2 일본의 건설안전 위험성 평가 분석

2002년 일본에서 발생한 산업재해 중 중대재해 1,303건을 분석한 결과 법규상 안전보건규정 위반과 관련 없는 중대재해가 62%를 차지하고 있다. 따라서 일본은 법령에 규정되지 아니한 유해위험성에 대하여 사업주가 이를 찾고 개선하도록 위험성 평가 제도를 도입하였다. 이러한 위험성평가가 정착되도록 하기 위하여 일본은 동법 제28조의2 제2항에 사업장에서 위험성 평가를 수행하는데 필요한 지침을 제정, 공표하였다. 이 규정에 따라 각 분야별로 위험성 평가에 대한 후생노동성의 지침을 마련하여 위험성 평가를 수행하고 있다.

일본 건설현장의 안전관리 체계와 위험성 평가실태를 조사하기 위하여 2018년 9월 14일 부터 15일까지 가지마건설과 다케나가 공무점의 건설현장을 방문하였다. 토시마 프로젝트 현장과 요코하마 시청 신축공사 현장을 방문한 결과, 건설 안전사고를 감소시키기 위하여 위험성 평가를 공사착수 전에 시공계획서 수립 및 공사 중에 협력회사와 공중별 위험요인 도출 및 안전위험평가를 통한 방지대책을 수립하여 공사를 진행하고 있다. 특히 건설근로자의 안전교육과 공사 작업 전에 회의를 통한 위험예측 및 해지작업을 수행하고 있다. 또한 일본 건설업노동재해방지협회에서는 최근 근로자의 스트레스를 측정하여 이를 토대로 스트레스 감소방안을 도입하여 현장에 적용하고 있고, 후생노동성에서는 노동안전 위생법에 의거한 스트레스 점검제도 실시 매뉴얼을 개발하였다[11].

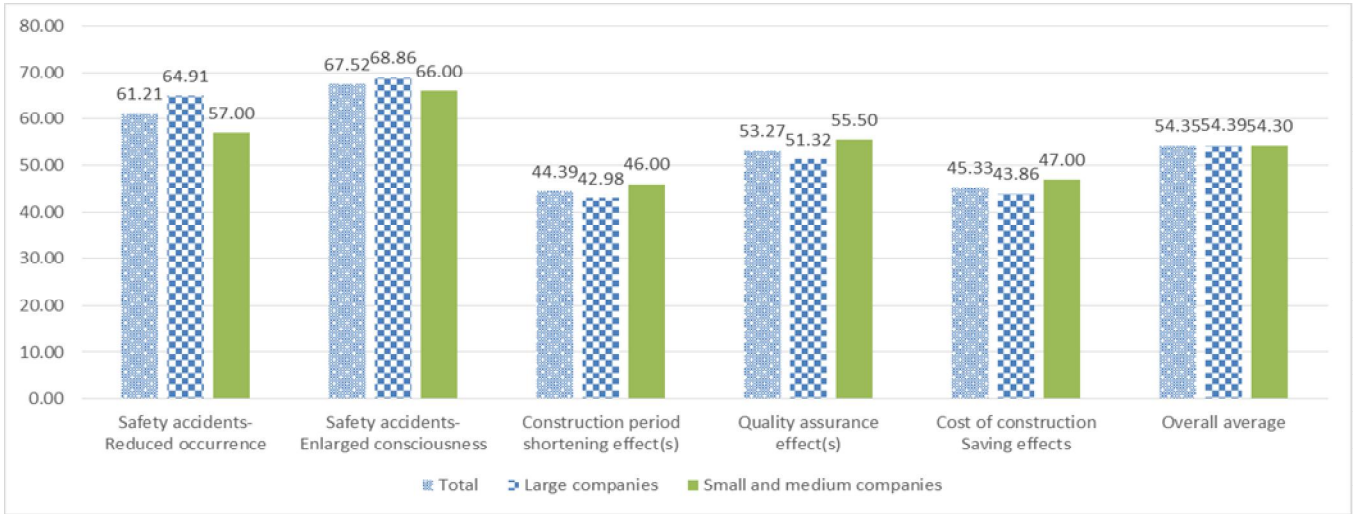


Figure 4. Evaluation of the effect of risk assessment system in construction site

3.3 시사점 및 종합분석

싱가포르는 건설안전 관리의 중요성을 인식하여 발주처 뿐만 아니라 고용노동부에서 위험성 평가업무와 건설안전 교육을 강화하고 있다. 싱가포르 건설현장 전문가 면담결과, 공사착수 전에 공종별 위험성 평가와 작업착수 전에 작업허가서를 승인받은 후에 공사를 착수하여 안전사고를 예방하고 있다. 특히 건설근로자들이 항상 볼 수 있도록 건설장비에 작업허가서를 비치하고 있다.

또한 일본은 공사 착수 전에 위험성 평가요인을 도출하고, 원청업체 관리자뿐만 아니라 하청업체의 근로자까지 건설 안전사고를 예방하기 위하여 교육 강화 및 주요 공정별 위험성 평가 및 대응방안을 마련하여 운영하고 있다. 일본 건설현장 전문가 면담결과, 위험성 평가를 공사착수 전에 협력회사와 공종별 위험요인을 도출하고, 위험평가를 통한 방지대책을 수립하여 공사를 진행하고 있다. 특히 건설근로자의 안전교육과 공사 전에 회의를 통한 위험예측 및 해지작업을 수행하고 있다. 이와 같이 싱가포르와 일본은 건설위험성 평가업무 이외에 현장교육 및 건설안전관리자의 역할을 강화하고 있다.

4. 건설안전 위험도 실태조사 결과

4.1 설문조사 결과

4.1.1 설문조사 개요

본 조사는 대한건설협회에 등록된 2018년 시공능력평가

고시된 토건업종의 건설업체 중 건축공사업체 안전관리 전문가를 대상으로 조사하여 107명(대형업체 57명, 중소형업체 50명)의 설문서가 회수되었다. 조사기간은 2018년 9월 5일부터 10월 2일까지 조사하였고, 주요 조사내용은 건설안전 위험성 평가제도의 도입 효과, 공종별 건설안전 사고 발생건수 및 안전사고 발생강도, 건설안전사고 위험요인의 중요도와 재해에 영향을 미치는 정도를 파악하였다. 이를 통하여 건설현장 안전위험도 평가지수 도출과 위험예측시스템을 구축하기 위한 기초자료로 활용하였다.

4.1.2 건설안전 위험성 평가제도 도입효과 분석

건설현장의 위험성 평가제도의 도입효과에 대한 평가를 조사한 결과, ‘안전사고 의식 확대’가 67.52점으로 가장 높게 나타났으며, ‘안전사고 발생 감소’(61.21점), ‘품질 확보 효과’(53.27점), ‘공사비 절감효과’(45.33점), ‘공기 단축 효과’(44.39점) 순으로 나타났다(Figure 4).

업체 규모별로 살펴보면, ‘안전사고 발생 감소’와 ‘안전사고 의식 확대’의 경우 대형 업체가 상대적으로 높게 나타났으며, 그 외 항목에서는 중소형 업체가 높게 나타나는 것으로 조사되었다. 건설현장의 위험성 평가제도의 도입효과에 대한 평가는 ‘안전사고 발생 감소’, ‘안전사고 의식 확대’ 항목에서는 대형, 중소형 업체 모두 평균 이상의 효과를 본 것으로 나타났으며, 그 외 항목은 평균 미만으로 평가제도에 대한 해결책이 필요한 것으로 판단된다.

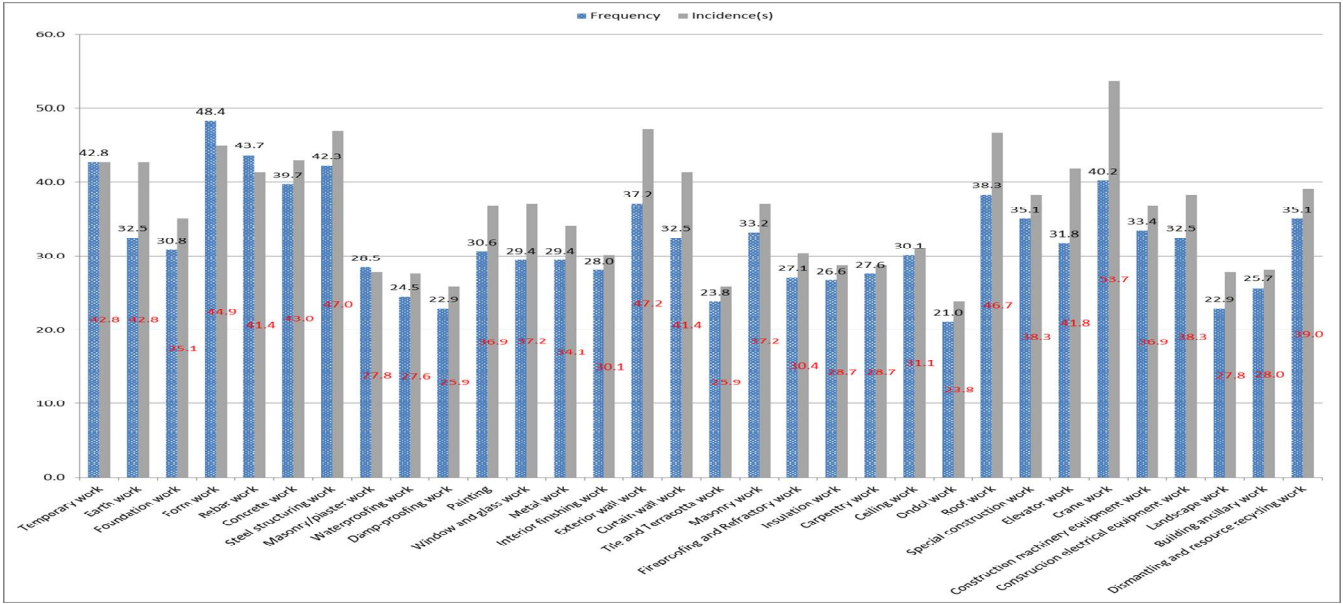


Figure 5. Frequency and Incidence of safety accidents by construction type in construction projects

4.1.3 공종별 안전사고 발생정도 및 강도 평가

건축공사 현장의 공종별 안전사고 발생 정도를 조사한 결과, ‘거푸집공사’가 48.36점으로 가장 높았으며, ‘철근공사’ (43.69점), ‘가설공사’ (42.76점), ‘강구조공사’ (42.29점), ‘양중기 공사’ (40.19점) 등의 순으로 나타났다. 한편, 온돌공사의 경우 21.03점으로 가장 낮게 나타나는 것으로 나타났다(Figure 5).

건축공사 현장의 공종별 안전사고 발생 강도를 조사한 결과, ‘양중기 공사’가 53.74점으로 가장 높았으며, ‘외벽공사’ (47.20점), ‘강구조공사’ (46.96점), ‘지붕공사’ (46.73점), ‘거푸집 공사’ (44.86점), ‘콘크리트공사’ (42.99점) 등의 순으로 나타났다. 한편, 온돌공사의 경우 23.83점으로 가장 낮게 나타나는 것으로 조사되었다.

4.1.4 작업순서별 안전사고 발생정도 및 강도 평가

건축공사 현장의 주요 작업순서별 안전사고 발생 정도를 조사한 결과, ‘자재설치 및 조립’이 44.63점으로 가장 높게 나타났으며, ‘가시설 및 장비 해체’ (42.29점), ‘장비 반입 및 설치’ (36.21점), ‘자재가공 및 운반’ (34.35점), ‘자재반입 및 이동’ (28.74점) 순으로 나타났다. 건축공사 현장의 주요 작업순서별 안전사고 발생 강도를 조사한 결과, ‘가시설 및 장비 해체’가 49.77점으로 가장 높게 나타

났으며, ‘자재설치 및 조립’ (47.20점), ‘장비 반입 및 설치’ (42.06점), ‘자재가공 및 운반’ (35.75점), ‘자재반입 및 이동’ (31.54점) 순으로 나타났다.

4.1.5 안전사고 위험영향 요인의 중요도 평가

건설현장의 안전사고 위험영향 요인에 대한 중요도를 조사한 결과, ‘직중(비계공 등)’이 69.39점으로 가장 높게 나타났으며, ‘근로자의 연령’ (65.42점), ‘날씨(바람)’ (64.95점), ‘안전교육’ (64.02점), ‘날씨(온도)’ (62.62점) 등의 순으로 나타났다. 또한, ‘요일’의 경우 44.86점으로 위험영향 요인 중 가장 중요도가 떨어지는 것으로 조사되었다. 건설현장의 안전사고 위험영향 요인이 건설재해에 영향을 미치는 정도를 조사한 결과, ‘직중(비계공 등)’이 67.76점으로 가장 높게 나타났으며, ‘근로자의 연령’ (64.69점), ‘날씨(바람)’ (61.68점), ‘안전교육’ (60.98점), ‘날씨(온도)’ (60.51점) 등의 순으로 나타났다.

4.2 전문가 면담조사 결과

건설업체의 안전관리 전문가를 대상으로 면담 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 각 건설업체는 위험성 평가업무를 협력업체와 함께 추진하고 있지만, 안전사고는 지속적으로 발생하고 있다. 대형업체는 각 회사 내의 위험

성 평가를 위한 시스템을 개발하여 활용하고 있지만, 중소 건설업체는 엑셀 프로그램으로 위험성 요인 도출 및 평가를 수행하고 있다. 그러나 대형 및 중소건설업체는 과거 안전 사고 데이터를 기반으로 위험성 평가업무를 수행하기 보다는 각 주요 공종에 대한 협력업체와 함께 위험요인 도출 및 해결방안을 마련하는데 한계가 있다. 각 기업의 안전사고 자료뿐만 아니라 시설안전공단 및 안전보건공단의 안전 사고 유형을 분석하여 위험성 평가를 수행할 수 있는 체계 마련이 필요하다.

5. 건설현장 안전위험도 평가지수 개발

5.1 건축공사의 공종분류(안)

건축공사의 공종별 안전사고 분류기준은 각 현장별 공종 분류(안)을 참조하여 대분류는 공종 중심으로 구분하고, 중분류와 소분류는 작업순서 중심으로 구분하였다. 특히 안전보건공단 분류와 건축표준시방서 공종분류 등을 참조하여 작성하였고, 그 결과는 아래 Table 3과 같다.

Table 3. Work breakdown system in building construction work(plan)

Large section	Large section	Large section
1.Temporary work	11.Painting work	21.Carpentry work
2.Earth work	12.Window & glass work	22.Ceiling work
3.Foundation work	13.Metal work	23.Ondol work
4.Form work	14.Interior finishing work	24.Roof work
5.Rebar work	15.Exterior finishing work	25.Special Construction work
6.Concrete work	16.Curtain wall work	26.E/V work
7.Steel structuring work	17.Tile & Terracotta work	27.Crane work
8.Masonry & plaster work	18.Stone work	28.Construction machinery equipment work
9.Waterproofing work	19.Fire proofing & Refractory work	29.Construction electrical equipment work
10.Damp-proofing work	20.Insulation work	30.Landscape work
		31.Building ancillary work
		32.Dismantling an resource recycling work
Middle section		
Materials brought in (movement), material and transport, material installation and assembly (construction, installation, installation, installation, removal of facilities and equipment		

5.2 건설 안전사고를 유발시키는 요인 도출

1차적으로 건설안전사고 위험요인과 관련된 문헌조사와 건설현장의 안전관리 담당자의 면담조사결과를 통하여 17개의 위험요인을 도출하였다. 그리고 도출된 17개의 위험

요인 중 측정 가능하고, 통계적 값이 있는지 등 전문가 지문을 통하여 9개 위험요인(공종, 공사종류, 공정율, 계약금액, 층수, 공사기간, 안전교육, 현장근무일수, 날씨)을 도출하였다.

5.3 건축공종별 투입인원 및 작업일수 분석

본 연구는 건축공사의 주요 공종별 투입인원 수를 조사하기 위하여 최근 준공된 아파트공사(4개 단지)를 대상으로 주요 공종별 작업투입인원 수와 작업일수를 조사 및 분석하였다. 주요 공종은 32개의 공정을 대상으로 수행하였으나, 각 현장의 공법 및 특성에 따라서 추가되거나 조사가 안 된 것이 있다.

작업투입인원이 가장 높은 공정 10개를 정리해 보면, 아래 Table 4와 같다. 그러나 각 건설현장의 공법 및 현장특성에 따라서 투입되는 건설근로자는 다양하게 나타났지만, 거의 유사하다고 볼 수 있다. 특히 거푸집공사, 철근공사 등이 가장 높은 순으로 나타났다. 또한, 주요 공종별 작업투입일수를 분석한 결과, 작업투입인원과 비슷한 결과를 도출하였다.

Table 4. High number of work-investment workers(10)

A construction site	B construction site
- Electrical equipment work(20.24%)	- Form work(17.6%)
- Form work(18.5%)	- Scaffolding & displacement service work(10.4%)
- Landscape work(12.5%)	- Concrete work(10.4%)
- Concrete work(8.14%)	- Interior work(8.0%)
- Wood work(7.25%)	- Construction machinery work(7.1%)
- Masonry & plaster work(5.09%)	- Exposed concrete work(6.3%)
- Tile & Terracotta work(4.20%)	- Earth & Civil ancillary work(6.2%)
- Window & glass work(2.81%)	- Wet work(5.5%)
- Waterproofing work(2.24%)	- Fire work(4.9%)
- Building ancillary work(2.94%)	- Painting work(4.8%)
C construction site	
- Form work(19.6%)	- Structural work(39.8%)
- Electrical equipment work(17.1%)	- Electrical equipment work(8.6%)
- Rebar work(10.0%)	- Construction machinery work(7.1%)
- Masonry & plaster work(8.7%)	- Interior work(4.9%)
- Construction machinery work(8.4%)	- Tile work(4.1%)
- Insulation work(8.2%)	- Landscape work(3.3%)
- Earth work(5.5%)	- Stone work(3.3%)
- Tile & Terracotta work(4.1%)	- Waterproofing work(3.3%)
- Painting work(3.7%)	- Masonry work(3.0%)
- Concrete work(2.9%)	- Plaster work(2.6%)

Table 5. Safety accident rate and risk assessment index by construction type

Division	Ratio of safety accident occurrence strength by construction type	Number of accidents	Rate of safety accidents by construction type	Safety accident rate by construction type	Risk assessment index by type	Rating of Risk Assessment Index by Construction Type	
1	E/V work	0.93	29	1.13	3	2.05	3
2	Temporary work	7.26	229	8.92	2	16.18	1
3	Temporary work	7.48	204	7.94	2	15.42	1
4	Form work	12.58	371	14.45	1	27.03	1
5	Construction machinery equipment work	8.80	135	5.26	2	14.05	1
6	Building ancillary work	2.83	69	2.69	3	5.52	2
7	Construction electrical equipment work	3.18	96	3.74	3	6.92	2
8	Metal work	1.06	36	1.40	3	2.47	3
9	Foundation work	2.10	60	2.34	3	4.44	3
10	Building ancillary work	2.82	79	3.08	3	5.90	2
11	Insulation work	0.48	16	0.62	4	1.10	3
12	Painting work	3.98	121	4.71	3	8.69	2
13	Carpentry work	0.65	11	0.43	4	1.08	3
14	Waterproofing work	1.56	46	1.79	3	3.35	3
15	Fire proofing & Refractory work	0.21	7	0.27	4	0.48	4
16	Stone work	1.07	29	1.13	3	2.20	3
17	Interior finishing work	0.80	20	0.78	4	1.58	3
18	Crane work	3.91	76	2.96	3	6.87	2
19	Exterior finishing work	1.26	36	1.40	3	2.67	3
20	Landscape work	0.51	16	0.62	4	1.13	3
21	Masonry & plaster work	5.53	178	6.93	2	12.46	1
22	Roof work	3.95	112	4.36	3	8.31	2
23	Window & glass work	2.37	71	2.76	3	5.13	2
24	Ceiling work	0.66	20	0.78	4	1.44	3
25	Rebar work	2.20	67	2.61	3	4.81	3
26	Curtain wall work	0.27	9	0.35	4	0.62	4
27	Concrete work	11.68	148	5.76	2	17.44	1
28	Tile & Terracotta work	0.66	19	0.74	4	1.40	3
29	Earth work	3.93	135	5.26	2	9.19	2
30	Special Construction work	0.35	12	0.47	4	0.82	4
31	Dismantling an resource recycling work	4.94	111	4.32	3	9.26	2
Total		100	2568				

주1) Ratio of safety accident occurrence strength by construction type = (death rates by type×3) + Rate of injuries by type

2) Ratio of accident frequency by construction type = Percentage of engineers (death + injured) by type

3) Risk assessment index by type = Ratio of safety accident occurrence strength by construction type + Ratio of accident frequency by construction type

5.4 건설안전 위험도 평가지수 개발

5.4.1 건설안전 위험도 평가항목 도출

본 연구에서는 건축공사를 대상으로 건설안전 위험도 평가지수를 개발하기 위하여 건축공사 공종별 위험도 평가항목을 도출하고, 이를 통하여 위험도 평가지수를 개발하였

다. 공종별 위험도 평가지수를 개발하기 위해서는 통계적으로 데이터 확보가 가능해야 한다. 따라서 본 연구는 안전보건공단과 시설안전공단에서 관리하고 있는 안전사고 데이터 중에서 공종별 위험도 평가지수를 표현할 수 있는 데이터 항목을 아래와 같이 도출하였다.

– 안전사고 발생 빈도(안전사고 발생건수, 안전사고 발

생비율)

- 안전사고 발생 강도(사망자수, 부상자수, 사망자 및 부상자의 발생비율)

건설안전사고로 인한 손실은 물질 손해와 인적 손해로 구분될 수 있는데, 본 연구에서는 건설안전사고로 인한 인적손해를 사망자와 부상자로 구분하여 위험강도를 산출하였다. 특히 공종별 안전사고 발생빈도와 발생강도에 따른 위험평가지수는 향후 유사프로젝트의 유해위험도 평가 수행시 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

5.4.2 건설안전 위험도 평가지수 개발

건설안전 위험도 평가지수는 안전사고로 인한 발생빈도와 발생강도를 통하여 공종별 위험도지수를 산출하였다. 공종별 안전사고 발생비율과 공종별 안전사고 발생강도 비율(안전사고 사망자 및 부상자 비율)을 통하여 아래와 같은 식으로 위험도 평가지수를 도출하였다.

$$\text{Risk assessment index by type} = \text{Rate of safety accidents by construction type} + \text{Rate of safety strength of safety accidents by construction type} \text{ ----- (1)}$$

$$\text{Rate of safety accidents by construction type} = \{(\text{Number of safety accidents by type of construction}) \div \text{Total number of safety accidents}\} \times 100 \text{ ----- (2)}$$

$$\text{Rate of strength of safety accidents by construction type} = (\text{Death rates by type} \times 3) + \text{Rate of injuries by type} \text{ ----- (3)}$$

5.4.3 건설안전 위험도 평가지수(사례분석)

본 연구에서 제안한 건설현장의 안전사고 분류기준(안)에 따라 산업안전보건공단과 시설안전공단의 안전사고 통계데이터를 수집하여 분석하였다. 산업안전공단에서 발표하는 건설안전 사고사례(3,855건, 1991년부터 2018년 7월 31일까지) 중 "건축"에 해당되는 자료는 총 2,348건 (60.9%)와 시설안전공단 건설안전 사고사례(총 518건 중 건축공사 258건, 2008년부터 2018년 7월 31일까지) 중 산업안전공단 DB와 중복되는 38건을 제외한 220건을 추

가 작성하였다. 그 결과 총 2,568건의 건설안전 사고사례를 토대로 공종별 건설안전 위험도 평가지수를 도출하였다 (Table 5).

가설공사 등 공종별 분류기준에 따른 사망자와 부상자 수를 분석한 결과, 사망자는 거푸집 공사(14.19%), 가설공사(8.91%), 강구조공사(8.16%), 조적 및 미장공사(7.06%) 순위로 나타났고, 부상자 수는 콘크리트 공사(30.16%), 건축기계설비공사(17.8%), 거푸집공사(7.74%), 해체 및 자원 재활용 공사(6.52%) 순으로 조사되었다.

공종별 안전사고 발생강도 비율은 공종별 사망자 비율과 공종별 부상자 비율 통계 데이터를 가지고 분석하였다. 사망자와 부상자의 안전사고 강도를 동일하게 볼 수 없기 때문에 사망자의 안전사고 강도를 건설안전 전문가 자문을 통하여 사망자의 강도는 부상자의 3배에 해당한다고 가정하였다. 이를 통하여 각 공종별 안전사고 발생강도 등급을 1~5등급으로 구분하여 산출하였다. 공종별 안전사고 발생강도 비율을 토대로 1등급부터 5등급으로 구분하게 된 것은 공종별 안전사고의 발생강도가 차이가 나기 때문에 통계 데이터를 분석하여 구분하였다. 특히 이러한 1등급부터 5등급의 기준은 통계데이터를 통하여 구분하였고, 건설안전 전문가의 자문을 통하여 검증하였다. 등급구분은 공종별 안전사고 발생강도 비율이 전체에서 10% 이상이면 1등급, 5% 이상이고 10% 미만이면 2등급, 1% 이상이고 5% 미만이면 3등급, 0% 초과이고 1% 미만이면 4등급, 0% 이면 5등급으로 구분하였다. 분석결과, 안전사고 발생강도 1등급은 거푸집공사, 콘크리트공사가 해당되었다.

또한, 공종별 안전사고 발생비율 등급은 1~5등급으로 구분하여 산출하였다. 등급구분은 공종별 안전사고 발생강도 비율이 전체에서 10% 이상이면 1등급, 5% 이상이고 10% 미만이면 2등급, 1% 이상이고 5% 미만이면 3등급, 0% 초과이고 1% 미만이면 4등급, 0% 이면 5등급으로 구분하였다. 분석결과, 안전사고 발생비율 1등급은 거푸집공사가 해당되었다.

상기에서 분석한 공종별 안전사고 발생강도 비율과 공종별 안전사고 발생비율을 토대로 위험도 평가지수를 도출하고, 각 공종별 위험도 평가지수 등급을 산출하였다. 분석결과 1등급에 해당하는 공종은 가설공사, 강구조공사, 거푸집공사, 건축기계설비공사, 조적 및 미장공사, 콘크리트 공사로 나타났다. 따라서 상기 공종은 안전사고 측면에서 위험도가 매우 높다는 것을 알 수 있다.

6. 결 론

본 연구는 건축공사의 공종별 안전위험도 평가지수를 개발하였고, 그 주요 연구결과는 아래와 같다. 첫째, 건축공사 현장의 안전사고와 관련된 위험요인을 설문조사와 면담 조사를 통하여 17개 요인을 도출하여, 전문가 자문회의를 걸쳐 9개 항목(공종, 공사종류, 공정율, 공사규모, 층수, 공사기간, 안전교육, 현장근무일수, 날씨(온도)로 정리하였다. 둘째, 건설현장의 안전사고 위험도 평가지수는 안전사고의 발생비율과 발생강도를 토대로 공종별 평가지수 산정모형을 개발하였다. 특히 건설안전 위험도 지수를 잘 표현할 수 있는 공종분류(안)을 제안하였다. 특히, 건축시설물의 공종별 안전사고 분류기준은 각 현장별 공종분류(안)을 참조하여 대분류는 공종 중심으로 구분하고, 중분류와 소분류는 작업순서 중심으로 구분하였다. 셋째, 본 연구는 위험도 평가지수 평가모형을 검증하기 위하여 시설안전공단과 산업안전보건공단의 건설재해사고 통계자료를 조사 및 분석하여, 공종별 건설안전 위험 평가지수를 도출하였다. 특히 건설안전사고로 인한 손실은 물적 손해와 인적 손해보로 구분될 수 있는데, 본 연구에서는 건설안전사고로 인한 인적손해를 사망자와 부상자로 구분하여 위험강도를 표현하였다. 특히 공종별 안전사고 발생빈도와 발생강도에 따른 위험평가지수는 향후 유사프로젝트의 유해위험도 평가 수행 시 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 특히 향후에는 공정기반의 건설안전 위험도 예측시스템 개발 시 안전위험요인과 안전평가 지수를 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

2017년 전체 산업에서 건설업의 재해자와 사망자의 비중은 각각 25.2%, 29.6%로 가장 높은 실정이다. 특히 건축현장의 안전사고가 지속적으로 증가하고 있어 경제적 손실이 매우 크다. 따라서 본 연구는 건축공사의 안전사고를 예방하기 위하여 공종별 안전위험도 평가지수를 개발하였고, 그 주요 연구결과는 아래와 같다. 첫째, 건축공사 현장의 안전사고와 관련된 위험요인을 설문조사와 면담조사를 통하여 17개 요인을 도출하여, 전문가 자문회의를 걸쳐 9개 항목(공종, 공사종류, 공정율, 계약금액, 층수, 공사기

간, 안전교육, 현장근무일수, 날씨)을 제안하였다. 둘째, 건설현장의 안전사고 위험도 평가지수는 안전사고의 발생비율과 발생강도를 토대로 공종별 평가지수 산정모형을 개발하였다. 셋째, 본 연구는 위험도 평가지수 평가모형을 검증하기 위하여 건설재해사고 통계자료를 조사 및 분석하여, 공종별 건설안전 위험 평가지수를 도출하였다. 또한 본 연구에서는 건설안전사고로 인한 인적손해를 사망자와 부상자로 구분하여 위험강도를 산출하였다. 공종별 안전사고 발생빈도와 발생강도에 따른 위험평가지수와 도출된 위험요인은 향후 건설안전 위험도 예측시스템 개발시 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

키워드 : 건설안전사고, 안전위험도 평가지수, 위험예측 시스템, 발생빈도, 발생강도

Acknowledgement

This research supported by a grant(KICT 2018-076) from Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology(project name: Development of Safety Risk Assessment Index and Risk Prediction System based on process in Construction Sites(I)).

ORCID

Hwan-Pyo Park, <https://orcid.org/0000-0002-1840-4308>
Jae-Goo Han, <https://orcid.org/0000-0002-7527-2786>

References

1. Park HP, Han JG, A basis on the analysis of construction accident statistics data, Proceeding of Korea Institute of Building Construction; 2018 Nov 15-16; Seoul (Korea): Korea Institute of Building Construction; 2018. p. 122-3.
2. Kim DS, Shin YS, A study on the risk factors according to the frequency of falling accidents in construction sites, Journal of the Korea Institute of Building Construction, 2019 Apr;19(2):185-92.
<https://doi.org/10.5345/JKIBC.2019.19.2.185>
3. Cho YR, Shin YS, Shin JK, Checklist development for prevention of safety accidents in form work in small and medium sized construction sites, Journal of the Korea Institute of Building

-
- Construction, 2017 Dec;17(6);587–8.
<https://doi.org/10.5345/JKIBC.2017.17.6.587>
4. Go SS, Song H, Lee JY. A study on the hazard of work types for building construction, *Journal of Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 2004 May;20(5);137–44.
 5. Jang YR, Go SS. A risk assessment counterplan for reducing the accident rates in medium and small sized construction sites, *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 2018 Sep;19(5):90–100.
<https://doi.org/10.6106/KJCEM.2018.19.5.090>
 6. Kim JM, Lee JB, Chang SR. Relationship between the risk level and the job stress level of work types in architectural work, *Journal of the Korean Society of Safety*, 2017 Aug;32(4);73–8.
<https://doi.org/10.14346/JKOSOS.2017.32.4.73>
 7. Shim UJ, Suh HS, Ahn YS. Highly efficient checklist for safety management of reinforced concrete construction, *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 2010 Dec;10(6);7–17.
<https://doi.org/10.5345/JKIC.2010.12.6.007>
 8. Shin WS, Son CB. An analysis on the safety networks in construction site, *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 2018 Sep;19(5):101–2.
<https://doi.org/10.6106/KJCEM.2018.19.5.101>
 9. Yun HJ. A study on ways to improve construction safety management for a safer society, *Korea Research Institute for Human Settlements; c2014, Chapter 4(Improvement of Construction Safety Management System); p. 49–54.*
 10. Cheo SY, Choi SI, Yoo WS. A study on the improvement of innovative safety management for the prevention of construction safety accidents, *Construction Economy Research Institute of Korea; c2017, Chapter 7(Improvement Plan); p. 69–87.*
 11. *Industrial Safety and Health Act stress check system Implementation manual, 2nd ed(Edition), Japan, Safety and Health Division of Labor Standards Bureau, Ministry of Health, Labour and Welfare; c2016, 182 p.*