

거푸집공사 안전관리를 위한 잠재적 위험 분석에 관한 연구

A Study on the Potential Risk Analysis for the Safety Management in the Formwork

신 윤 석*

Shin, Yoon-Seok*

Professor, Department of Architectural Engineering, Kyonggi University, Suwon-Si, Gyeonggi-Do, 16227, Korea

Abstract

Due to the increase of size and complexity of construction project, the frequency of serious accidents in construction industry has been increased. Especially, the proportion of accidents in formwork of building construction site is very high, and many previous studies have been conducted to preventing them in the viewpoint of the diverse approaches. However, their effectiveness on accidents prevention was poor, and as a result, it is limited to consider the potential risks because many workers and managers tend not to be concerned with unsafe factors in formwork. Therefore, in this study, a realistic and proactive way for analyzing these potential risks was proposed in the manner of quantitatively assessing the potentials resulted from the unsafe factors in formwork. To verify the applicability of the proposed methodology, group survey was carried out, and the results were compared with those of the traditional importance-performance analysis(hereafter IPA) technique. Through the use of the proposed methodology, unsafe factors that were not found in the IPA but have potential risk were identified. Eventually, this study is expected to contribute to the proactive prevention of construction serious disaster accidents in formwork by enabling a more efficient management.

Keywords : potential risk, formwork, safety management, importance-performance analysis (IPA)

1. 서 론

1.1 연구의 목적

국내 건설 프로젝트가 점차 대형화 및 복잡화됨에 따라 국내 건설산업은 타 제조업에 비해 재해가 더 많이 발생한다. 안전보건공단에서 발표한 국내 산업재해 발생현황에 따르면, 2017년 전체 산업의 재해자 수 89,848명 중 건설산업이 25,649명(28.5%)으로 타 산업에 비해서 재해자 수가 가장 많았다[1]. 또한, 2008년에서 2017년까지 최근 10년간 전체

산업의 재해자 수는 2008년 95,806명에서 2017년 89,848명으로 감소하는 추세이나, 건설 산업은 2008년 20,473명에서 2017년 25,649명으로 매년 꾸준히 증가하였다[1,2]. 이것은 결과적으로 건설재해 감소를 위해서 기존의 방식보다 더 다양한 노력이 필요함을 나타낸다.

거푸집 공사는 건축공사, 특히 철근콘크리트조에서 전체 공사기간과 공사비 측면에서 모두 중요한 비중을 차지한다. 즉, 거푸집 공사는 건축공사의 전체공사기간의 중 약 25%의 공사기간을 차지하며, 공사비 측면에서도 거푸집공사의 공사비는 전체 공사비의 10%, 철근콘크리트 공사비의 35~60%를 차지하며 현장타설 골조공사에서 차지하는 비율이 60%까지 이를 수 있다[3-5]. 단일 공종으로는 그 비중이 매우 높다. 이는 거푸집공사가 전체 공사의 작업성, 경제성, 안전성 등에 큰 영향을 끼친다는 것을 의미한다. 특히, 건축물이 점차 고층화됨에 따라서 이런 경향은 더욱 심화될 것으로 예상된다.

Received : December 29, 2020

Revision received : April 6, 2021

Accepted : April 12, 2021

* Corresponding author : Shin, Yoon-Seok

[Tel: 82-31-249-9721, E-mail: shinys@kyonggi.ac.kr]

©2021 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

실제로 건축공사에서 발생하는 건설재해 중 거푸집공사에서 발생하는 건설재해의 비율이 매우 높다. Lee et al.[6]의 연구에 따르면, 1992~2002년까지 10년간 발생한 국내 건축공사의 중대재해 발생건수는 1,635건인데 이 중에서 거푸집 공사가 285건(17.4%)로 가장 높은 발생 순위를 차지하였다. 이 뒤를 이어서 가설공사, 철골공사, 석외벽공사가 각각 11.6%, 11%, 7%로 나타났다[6].

거푸집공사 중 발생가능한 건설재해 예방을 위해서 많은 기존 연구들이 수행되었다. 이 중에서 안전관리 대책수립의 측면에서 수행된 연구들은 크게 2가지 분야로 구분이 가능하다. 첫 번째는 과거에 발생한 재해사례를 분석하여 재해원인을 도출하고 해당 재해사례에 해당되는 예방대책 또는 안전관리 방안을 제안하는 연구들이다[7-10]. 이 연구들은 재해사례를 상세히 분석하여 해당 재해의 사진, 도면, 구조검토자료 등을 근거로 하여 각 재해사례별 재해원인을 규명하고 규명된 내용들을 정리하여 거푸집공사 재해예방 대책을 제안한다. 두 번째는 과거에 발생한 재해사례를 분석하여 원인을 도출하고 설문조사 분석을 통해서 일반화된 예방대책 또는 안전관리 방안을 제안하는 연구들이다[3, 11-13]. 이 연구들은 과거에 사례로부터 재해원인을 규명하는 것까지는 첫 번째 연구와 동일하지만 그 이후에 설문조사를 통하여 건설 참여주체들의 의견을 수집하여 특정사례에 대한 대책보다는 일반화된 대책을 제안한다는 차이가 있다. 전자의 경우 재해사례와 대책간의 관계가 매우 명료하다는 장점이 있다. 반면에 후자의 경우 기존의 재해발생 현장과 조건이 상이한 다른 현장에서도 제안된 대책을 수용하기 용이하고 위험도평가와 같은 추가적인 정보제공이 가능하다.

설문조사 분석을 이용하는 연구의 경우에는 일반적으로 평균값을 이용하여 분석을 수행하기 때문에 발생하는 문제점이 있다. 예를 들어, 100명을 대상으로 재해위험도에 대해서 특정 요인에 대해서 5점 척도(1점 : 거의 위험하지 않음, 2점 : 조금 위험하지 않음, 3점 : 보통임, 4점 : 조금 위험함, 5점 : 매우 위험함)로 설문조사를 실시하였을 때, 100명이 3점으로 응답한 경우와 50명이 각각 1점과 5점으로 응답한 경우 모두 평균값은 3점으로 동일하다. 하지만 재해위험 평가라는 안전관리 측면에서는 평균값보다 '매우 위험함(5점)'으로 응답한 50명에 주목할 필요가 있다. 결과적으로 합리적인 안전관리를 위해서 평균값에서 떨어졌지만 건설현장에서 작업자들이 위험하다고 인지한 위험, 즉, '잠재적 위험(potential risk)'에 대해서 파악하는 것이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 거푸집공사 안전관리를 위해서 잠재적 위험을 분석할 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 본 연구에서 제안한 방법을 활용한다면 거푸집공사를 포함하여 건설현장에서 안전관리자가 잠재적 위험을 파악하여 보다 합리적이고 체계적인 위험 분석 및 예측으로 건설재해를 예방하는 데 기여할 것이다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 국내 건설현장에서 안전관리자가 다양한 위험요인을 파악할 수 있도록 거푸집공사에서 나타날 수 있는 잠재적 위험을 분석하고 규명하는 것까지를 연구의 범위로 한정한다. 또한, 연구의 대상도 거푸집 공사의 재해유형이 붕괴, 추락, 전도, 낙하 등으로 다양하고 발생하고 있는데, 이 중에서 73.7%로 가장 높은 비중을 차지하고 있는 붕괴재해로 대상으로 제한한다.

본 연구는 국내 건설현장의 거푸집공사 재해유형 중 붕괴재해에 대한 위험요인 도출을 위하여 선행 연구논문, 연구보고서, 한국산업안전보건공단의 자료 등 기존 문헌과 재해사례를 조사하여 위험요인을 27가지 항목으로 정리하였고 이를 인적요인, 설계적 요인, 시공적 요인, 기타 요인과 같이 4가지로 나누어 위험요인으로 도출하였다. 도출된 위험요인들의 적절성을 검증하기 위해 10년 이상 경력을 가진 안전관리자 및 현장작업자 20명에 대한 인터뷰 조사 및 사전설문을 통하여 최종적으로 주요 위험요인 18가지 항목을 선정하였고 리커트 척도(Likert's scale)를 이용하여 5점 척도로 설문지를 작성하였다. 완성된 설문지로 2020년 8월1일부터 약 1개월간 수도권에 위치한 건설현장 5에서의 거푸집공사를 수행 중인 근로자 111명의 설문지를 수집하여 설문조사를 수행하였다. SPSS Statistics 24 프로그램을 활용하여 크론바하 알파 계수를 이용한 설문 조사 결과에 대한 신뢰도 분석을 수행하였다. 이어서 Importance -Performance Analysis(이하 IPA)기법을 기반으로 잠재적 위험 분석을 통하여 위험요인별로 상태를 평가하였다. 끝으로 평가된 결과를 바탕으로 잠재적 위험분석의 활용방안을 정리하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 국내 건설산업 거푸집 재해발생 현황

고용노동부의 산업재해 발생 현황에 따르면 2014년부터 2018년까지 최근 5년간 건설업 재해자 수는 평균 24,800명

이며 매년 조금씩 증가하는 추세를 보인다. 이 중 최근 5년간 거푸집과 관련된 재해에서 발생한 재해자 수는 평균 1,422명이며 사망자 수는 15명인 것으로 나타났다. 거푸집 사고에서의 재해자 수와 사망자 수를 살펴보면(Table 1 참조), 5년간 큰 변동이 없이 지속적으로 발생하고 있음을 알 수 있다. 특히, 거푸집 붕괴사고는 발생 건수는 적더라도 재해가 발생하면 큰 인명피해와 막대한 경제적 손실을 동반하는 대형 중대재해로 발전할 가능성이 높은 특징이 있다. 건설현장에서 발생하는 재해는 동일한 공정에서 유사한 재해가 반복적으로 발생하는 특성이 있기 때문에 건설현장의 거푸집 공사의 위험 요인을 적절하게 분석하여 대비한다면 건설재해를 예방하는데 기여할 수 있을 것이다.

Table 1. The number of injured and dead workers (2014~2018) (Unit: persons)

Year	2014	2015	2016	2017	2018
injured workers	1,464	1,707	1,498	1,314	1,125
dead workers	14	17	14	18	14

2.2 IPA 기법

IPA 기법은 Martilla and James[14]가 1977년에 제안한 마케팅 분석 기법으로 우선적으로 개선이 필요한 항목과 순위의 도출을 목적으로 서비스나 상품이 지니고 있는 중요 속성들에 대하여 중요도(importance)와 만족도(performance)에 대한 인식을 분석하기 위해 활용된다[14]. IPA 기법은 평가 역량의 중요도와 만족도 값을 활용하여 X, Y축으로 매트릭스 구조의 2차 평면상에 각 역량별 좌표 값을 표현하는 방식으로 분석을 수행한다[15]. 따라서 복잡한 통계적 기법을 사용하지 않고도 평가 역량의 중요도 및 만족도에 대한 평균값을 활용하여 빠르고 간편하게 중요한 관리 역량을 파악하는데 매우 유용하다[16].

중요도와 만족도(이하 현재역량) 수준에 대한 결과 값의 평균값(X축 기준선: 현재역량 평균, Y축 기준선: 중요도 평균)을 활용하여 Figure 1과 같이 사분면을 구분하며 이 사분면에 대한 정의 및 내용은 다음과 같다[17].

- 1사분면(Quadrant 1) : 평가 역량에 대해 중요하게 생각하고 있고, 실제로 평가 역량들의 현재 수준 또한 상대적으로 잘 이루어지고 있는 상태로 계속 유지해 나가는 것이 바람직함.
- 2사분면(Quadrant 2) : 평가 역량에 대해 중요하게 생각하고 있으나 해당 평가역량에 대한 현재역량 수준 부

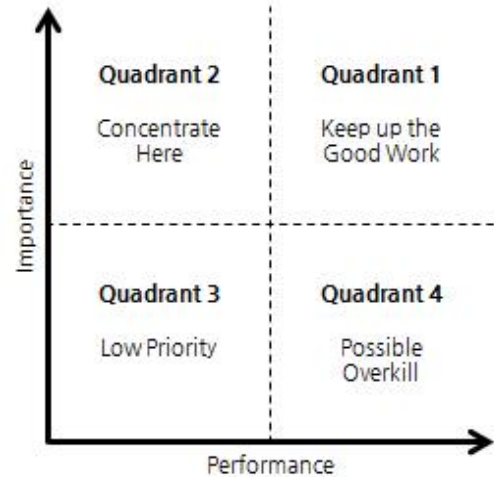


Figure 1. Categorical zone of IPA

분은 낮게 평가된 상태로 향후 시급히 개선이 필요함.

- 3사분면(Quadrant 3) : 평가 역량에 대한 중요도를 낮게 평가하고 있고 현재 수준 또한 낮은 상태로 현재 이상의 노력이 필요하지 않음.
- 4사분면(Quadrant 4) : 중요하게 생각되지 않은 평가 역량에 대해 현재 역량 수준이 상대적으로 높은 상태로 필요이상으로 투입된 노력을 다른 평가속성에 투입하는 것이 합리적임.

IPA 기법은 중요도와 현재역량을 평가하는 과정에서 조사 대상들에게 설문조사를 실시하여 수집된 결과값을 평균을 내어 적용한다. 이런 방식은 고객의 만족도 향상을 위해서 시급히 개선이 필요한 항목을 도출하는 것에는 적합하지만, 위험요인을 평가하는 것에는 위험하다고 응답한 사람과 그렇지 않은 사람이 구분되지 않는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 위험하다고 응답한 사람들의 의견을 보다 잘 반영할 수 있는 방안을 제안하고자 한다.

3. 잠재적 위험 분석 절차

본 연구에서 제안하는 거푸집공사 안전관리를 위한 잠재적 위험 분석 방법은 Stadling et al.[18]이 제안한 6단계 방법론의 주요내용을 벤치마킹하였다. 이 방법론에서는 단순히 기존의 IPA에서 응답 결과의 평균값을 가지고 분석을 진행하는 것이 아니라, 교차표(cross-tabulation)를 작성하여 특정 항목의 만족도에 대해서 '불만족 또는 매우 불만족'라고 응답한 응답자들만의 비율로 불만도(disgruntlement)라는 새로운

척도를 도출하여 분석을 수행하였다. 이를 통하여 고객만족 향상을 목적으로 기존에 만족도만으로 분석하는 것보다 불만도라는 척도가 더 상세한 분석을 가능하게 해준다. 즉, 불만도를 이용한 분석은 불만족하는 고객에 초점을 맞추게 되어 고객만족 개선에 더 큰 영향을 끼치는 고객이 누구인지와 잠재적으로 얼마나 크게 영향을 미치는 지를 알 수 있게 해준다 [18]. 거푸집 공사의 위험요인에 대해서도 근로자들이 평균적으로 얼마만큼 위험하다고 생각하느냐보다 어떤 요인에 대해서 '잠재적으로 얼마나 크게' 작업자들이 위험하다고 생각하는지가 건설현장 안전관리에서 더 의미 있는 결과가 될 수 있다. 본 연구에서 제안하는 거푸집 공사 안전관리를 위한 잠재적 위험 분석 절차는 다음과 같다.

첫 번째, 거푸집 공사 재해사례 및 기존 문헌 분석을 통해서 거푸집 붕괴재해 위험요인을 선정한다. 두 번째, 건설현장 작업자들로부터 위험요인별로 각각 중요도와 현재역량을 조사한다. 세 번째, 중요도와 현재역량을 가지고 교차표를 작성하여 잠재적 위험(potential risk)을 산정한다. 네 번째, 계산된 잠재적 위험을 IPA와 같은 방식으로 도표화한 후에 네 개의 사분면으로 구분한다. 끝으로, 각 위험요인별로 결과를 분석한다.

4. 잠재적 위험 분석 적용 및 결과

4.1 위험요인 선정

잠재적 위험 분석을 위해서 먼저 거푸집 붕괴재해와 관련된 위험요인을 선정하였다. 거푸집 붕괴재해 위험요인 선정을 위해 국내 건설현장 내에서 발생했던 재해 사례분석과 문헌 조사를 시행하였다. 기존연구 분석을 통해서 총 27개 항목의 초안을 작성하였다. 도출된 거푸집 붕괴 재해요인의 적절성 검증을 위해 5년 이상의 경험을 가진 안전관리자와 현장작업자 20명에게 사전에 거푸집 붕괴재해 위험요인에 대한 적절성 여부를 인터뷰조사를 수행하였다. 최종적으로 Table 2와 같이 인적요인, 설계적 요인, 시공적 요인, 기타요인과 같이 총 상위 4개 그룹으로 나누어 설문지 문항을 구성하였다. 응답 방법은 기존 IPA에서 중요도(Importance)와 만족도(Performance) 2가지로 측정했던 방법을 본 연구의 내용에 맞게 중요도(Importance)와 관리도(Performance of management)로 조정하고 각각에 대해서 Likert's 5점 척도 (1점 : '거의 그렇지 않다', 5점 : '매우 그렇다')로 응답하도록 하였다.

Table 2. Disaster factor classification of form collapse

Main factor	Sub-factor
Human factors (A)	A-1 Safety training and safety measures not implemented
	A-2 Insufficient safety review
	A-3 Provided by unlicensed companies
	A-4 Insufficient structural safety review between formwork installation
	A-5 Construction not carried out according to the formwork assembly drawing
Design factors (B)	B-1 Formwork structure review not implemented
	B-2 Work plan not prepared
	B-3 Formwork assembly drawing not drawn up
	B-4 Inadequate structure calculation and assembly drawing
Construction factors (C)	C-1 Collapse due to side pressure in concrete
	C-2 Non-compliance with the pouring plan
	C-3 Poor installation of copper bars
	C-4 No braces installed
Other factors (D)	D-1 Use of materials with poor standard specifications
	D-2 Collapse due to dismantling before complete curing of the structure
	D-3 Collapse due to the payload on the top of the formwork
	D-4 Non-compliance with the retention period of the formwork
	D-5 Collapse due to structure cracking during dismantling

4.2 중요도와 현재역량 설문조사

2020년 8월1일부터 약 1개월간 수도권에 위치한 건설현장 다섯 곳에서의 거푸집공사를 수행 중인 근로자 150명을 대상으로 설문조사를 수행하였다. 이 중에서 유효하지 못하다고 판단된 39부를 제외하고 111부를 대상으로 분석을 수행하였다. 설문응답자에 대한 일반 사항은 다음 Table 3과 같다.

Table 3. The summary of questionnaire respondents

Category	The Number (person)	Ratio (%)	
Age (year)	~29	9	8.1
	30~39	21	18.9
	40~49	51	45.9
	50~	30	27.0
Career (year)	~10	14	12.6
	10~20	63	56.8
	20~	34	30.6

설문 결과 값에 대한 신뢰성을 검토하기 위해서 크론바하 알파계수를 이용한 신뢰도 분석을 수행하였다. 일반적으로

크론바하 알파 계수의 값이 0.6이상이 되면 설문 결과에 신뢰성이 있다고 본다[19]. 본 연구에서는 설문 결과 값에 대한 크론바하 알파 계수는 다음 Table 4와 같이 모든 항목에서 0.6이상의 값을 나타내고 있어 설문 결과 값은 통계적으로 적합하다고 판단된다.

Table 5는 각각 거푸집 붕괴재해 위험요인 18개의 관리도에 대하여 '4점 : 조금 그렇다'와 '5점 : 매우 그렇다'라고 응답한 사람의 비율을 나타낸 순위이다.

Table 4. Cronbach alpha coefficient for importance and performance

Main factor	No. of questions	Cronbach's Alpha	
		Importance	Performance
A	5	0.855	0.741
B	4	0.821	0.755
C	4	0.841	0.821
D	5	0.731	0.880

Table 5. Performance ratings of each factors

No.	Sub factor	Performance(%): strongly agree(%) + agree(%)
B-4	Inadequate structure calculation and assembly drawing	55.0
B-2	Work plan not prepared	57.7
B-3	Formwork assembly drawing not drawn up	57.7
D-4	Non-compliance with the retention period of the formwork	58.6
D-5	Collapse due to structure cracking during dismantling	58.6
A-1	Safety training and safety measures not implemented	64.0
D-3	Collapse due to the payload on the top of the formwork	64.9
B-1	Formwork structure review not implemented	65.8
A-5	Construction not carried out according to the formwork assembly drawing	68.5
C-3	Poor installation of copper bars	68.5
D-2	Collapse due to dismantling before complete curing of the structure	68.5
C-2	Non-compliance with the pouring plan	72.1
C-4	No braces installed	73.0
D-1	Use of materials with poor standard specifications	73.9
A-3	Provided by unlicensed companies	74.8
C-1	Collapse due to side pressure in concrete	74.8
A-2	Insufficient safety review	75.7
A-4	Insufficient structural safety review between formwork installation	76.6

4.3 위험요인별 잠재적 위험 산정

각 항목별 잠재적 위험을 평가하였는데, 이는 각 항목에 대한 중요도 평가에 대한 교차표를 작성하여 산정된다. Table 6은 'A-2'항목의 교차표로 만든 결과인데, 전체 응답자의 8.1%(음영으로 표시된 부분의 합)가 'A-2'항목에 관해 중요도는 높으나 관리도가 낮다고 응답하였다.

Table 6. Cross-tabulation of performance and importance ratings for 'A-2'

Performance (%)	Importance (%)					Row total
	strongly disagree	disagree	Neutral	agree	strongly agree	
strongly disagree	0.0	0.0	0.9	1.8	0.0	2.7
disagree	0.0	0.0	1.8	2.7	3.6	8.1
Neutral	0.0	0.0	1.8	3.6	8.1	13.5
agree	0.0	0.9	5.4	16.2	20.7	43.2
strongly agree	0.0	0.0	3.6	15.3	13.5	32.4
column total	0.0	0.9	13.5	39.6	45.9	100.0

Table 7. Potential risk assessment for each factors

No.	Sub factor	Potential risk (%)
B-1	Formwork structure review not implemented	10.8
A-2	Insufficient safety review	8.1
D-1	Use of materials with poor standard specifications	6.3
A-5	Construction not carried out according to the formwork assembly drawing	5.4
B-3	Formwork assembly drawing not drawn up	5.4
A-4	Insufficient structural safety review between formwork installation	4.5
B-4	Inadequate structure calculation and assembly drawing	4.5
C-2	Non-compliance with the pouring plan	4.5
C-3	Poor installation of copper bars	3.6
D-3	Collapse due to the payload on the top of the formwork	3.6
A-3	Provided by unlicensed companies	2.7
B-2	Work plan not prepared	2.7
C-4	No braces installed	2.7
D-4	Non-compliance with the retention period of the formwork	2.7
C-1	Collapse due to side pressure in concrete	1.8
D-2	Collapse due to dismantling before complete curing of the structure	1.8
D-5	Collapse due to structure cracking during dismantling	1.8
A-1	Safety training and safety measures not implemented	0.9

Table 8. Comparison of the priority of performance and potential risks

Priority	Performance	Potential risk
1	B-4 55.0	B-1 10.8
2	B-2 57.7	A-2 8.1
3	B-3 57.7	D-1 6.3
4	D-4 58.6	A-5 5.4
5	D-5 58.6	B-3 5.4
6	A-1 64.0	A-4 4.5
7	D-3 64.9	B-4 4.5
8	B-1 65.8	C-2 4.5
9	A-5 68.5	C-3 3.6
10	C-3 68.5	D-3 3.6
11	D-2 68.5	A-3 2.7
12	C-2 72.1	B-2 2.7
13	C-4 73.0	C-4 2.7
14	D-1 73.9	D-4 2.7
15	A-3 74.8	C-1 1.8
16	C-1 74.8	D-2 1.8
17	A-2 75.7	D-5 1.8
18	A-4 76.6	A-1 0.9

이와 같은 과정으로 거푸집 붕괴재해 위험요인 18개 항목에 관한 잠재적 위험을 Table 7과 8에 내림차순으로 나타내었다. 'A-2' 항목은 Table 5에서 보는 바와 같이 관리도에서 매우 관리가 잘되고 있다고 응답한 요인이었다. 하지만 Table 8에서 보면 잠재적 위험은 관리도의 결과와는 다르게 상당히 위험한 것으로 나타나서, 결과적으로 이 항목은 잠재적 위험성이 높다고 할 수 있다. 또한, Table 8과 같이 관리도에 비해 잠재적 위험의 순위가 많이 상승한 A-2, A-4, B-1, D-1, 4개 항목도 또한 잠재적 위험성이 높다고 할 수 있다.

4.4 도표화 및 사분면으로 구분

위험요인별로 중요도와 잠재적 위험에 따라 IPA와 같은 방식으로 도표화한 후에 이어서 평균을 기준으로 네 개의 사분면으로 구분하였다(Figure 2 참조).

4.5 결과 분석

각 사분면에 위치한 거푸집공사 붕괴재해 위험요인은 다음의 Table 9와 같이 구분할 수 있다. 먼저 1사분면은 중요도와 잠재적 위험도가 모두 높은 영역이다. 이 영역에 속한 위험요인에 대해서는 시급히 개선이 필요하며, A-2, A-4, A-5 등 6개의 항목이 속하고 있다. 2사분면은 위험도는 높지만 중요도가 낮은 영역이다. 이 영역은 1사분면에 비하여 중요도는 떨어지지만 잠재적으로 위험성이 존재한다고 보고 지속적인

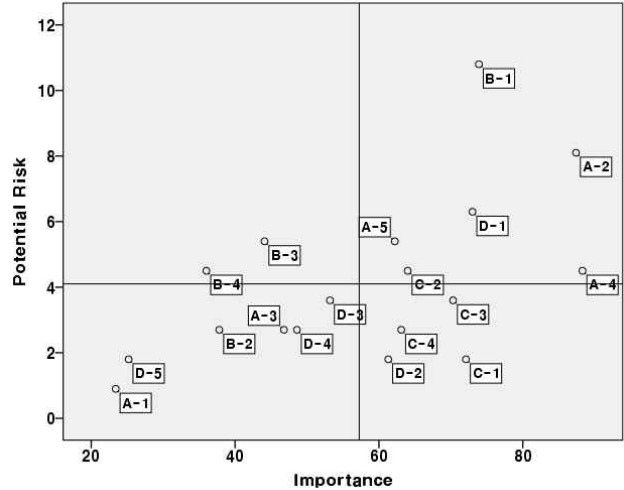


Figure 2. Scatter graph of potential risk vs. importance

모니터링이 필요하며, B-3, B-4 2개 항목이 속하고 있다. 3사분면은 위험도와 중요도가 모두 낮은 영역이다. 이 영역에 속한 위험요인에 대해서는 효율적인 관리업무 수행을 위해서 우선순위를 가장 낮게 잡아도 무방하며 A-1, A-3, B-2 등 6개 항목이 속하고 있다. 4사분면은 위험도는 낮지만 중요도가 높은 영역이다. 이 영역에 속한 불안정한 행동에 대해서 작업자들이 다른 항목에 비하여 위험하지 않도록 잘 관리되고 있다고 느끼는 것으로 보고 현상유지를 할 수 있는 노력이 필요하며, C-1, C-3, C-4 등 4개 항목이 속하고 있다.

Table 9. Description of four zone

Zone 2 High potential risk but low importance	Zone 1 High potential risk + High importance
Zone 3 Low potential risk + Low importance	Zone 4 High importance but low potential risk

5. 잠재적 위험 분석 결과 평가

본 연구에서는 거푸집 붕괴재해의 18가지 위험요인에 대한 잠재적 위험을 평가할 수 있는 방법을 제안하고, 실제 설문조사 결과를 이용하여 그 적용성을 평가해보았다. 그 결과, 우선 본 연구에서 제안한 방법은 기존의 IPA와 비교하였을 때 잠재적인 위험을 도출할 수 있는 장점이 있었다. 즉, Table 8에서 알 수 있듯이, A-2, A-4, B-1, D-2 항목은 관리도 평가에서 비교적 좋은 평가를 받은 항목들이다. 하지만 위험도 평가 결과를 보면 그 순위가 상승하여 비교적 위험하다고

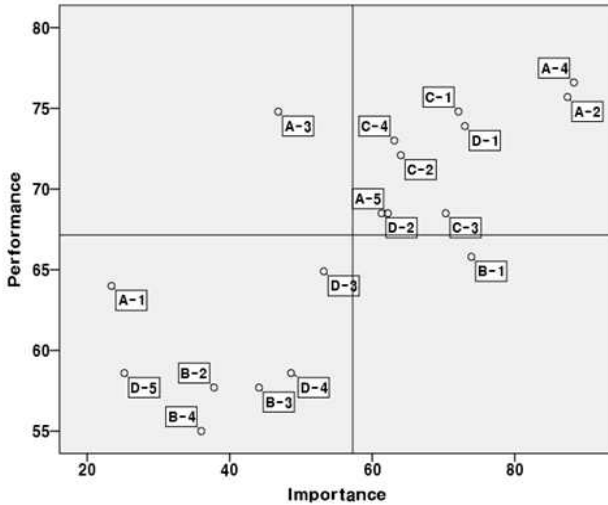


Figure 3. Scatter graph of traditional IPA

평가되는 상위권으로 이동하게 된다. 이것은 관리가 잘되고 있다고 평가 되었던 항목이 실제로는 잠재적 위험성이 있다고 평가된 것이다. 이런 결과는 평균값을 이용하여 분석을 수행하는 기존 IPA에서는 알 수가 없다.

동일한 설문조사 결과를 바탕으로 기존의 IPA 기법과 잠재적 위험 분석의 결과를 비교해보았다. 시급하게 개선이 필요한 영역에 속하는 위험요인을 비교해보면 잠재적 위험분석에서는 A-2, A-4, A-5, B-1, C-2, D-1 6개 위험요인(1사분면)이 해당되는 것이 비하여, Figure 3에서와 같이 기존의 IPA 기법에서는 B-1 1개 위험요인(4사분면)이다. 특히, A-2, A-4, C-2, D-1 4개 위험요인은 기존 IPA 기법에서 관리가 잘되고 있다고 평가되었지만, 잠재적 위험 분석에서는 위험도가 높은 것으로 분석되었다. 이것은 응답자들이 이 4개 위험요인이 평균적으로는 관리가 잘되고 있다고 응답하였지만, 관리가 잘 안되고 있다고 생각한 응답자들만을 대상으로 했을 때는 이 위험요인들이 더 위험하다고 생각한다는 것을 의미한다.

원가관리, 품질관리 등 건설 프로젝트의 다른 관리업무와 비교하였을 때 안전관리에서 관리 부족이나 실수는 경제적인 손실뿐만 아니라 치명적인 인명사고까지 유발할 수 있다. 따라서 거푸집 붕괴재해 위험요인 같은 안전관리 대상에 대해서는 '평균적으로 어느 정도 위험한가'보다는 '얼마나 많은 사람들이 위험을 느끼는 가'가 위험도를 평가하는데 보다 적합한 기준이 될 수 있을 것이다. 결론적으로 본 연구의 잠재적 위험 분석 방법은 안전관리자가 잠재적 위험을 가진 항목을 파악할 수 있게 하여 보다 안전하게 거푸집 공사를 수행하도록 지원해 줄 것이다.

6. 결 론

본 연구에서는 거푸집공사 안전관리를 위해서 잠재적 위험을 분석할 수 있는 방법을 제안하였다. 제안된 방법의 적용성을 검증하기 위해서 실제 설문조사 및 분석을 통해 얻은 결과를 기존의 IPA기법의 결과와 비교하였다. 그 결과, 본 연구에서 제안한 잠재적 위험 분석 방법은 기존의 IPA에서 확인할 수 없었던 잠재적인 위험이 있는 위험요인들을 확인할 수 있었다. 또한 현재 수행 중인 거푸집공사에서 어떠한 위험요인들이 시급히 조치가 필요한 지 파악할 수 있게 해주었다. 결과적으로 본 연구에서 제안한 잠재적 위험분석 방법은 거푸집공사에서 기존의 분석방법에서는 확인이 어려운 잠재적 위험이 있는 항목을 도출함으로써 안전관리자가 건설현장 안전관리 업무를 성공적으로 수행할 수 있도록 지원해줄 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 국내 건설현장 거푸집 공사의 안전관리를 위해서 잠재적 위험을 도출할 수 있는 분석 방법을 제안하였다. 그러나 본 연구에서는 제안된 방법의 적용성을 검토하는데 중점을 두었기 때문에 조사 대상과 범위가 제한적이었다. 그리고 건설현장 프로젝트의 유형, 근로자들의 특성 등 현장조건을 반영하기가 어려운 한계가 있다. 또한, 기존의 IPA 기법에서 도출된 결과를 함께 활용할 수 있는 방안에 대해서도 검토가 미흡하였다. 본 연구의 결과를 실제 건설현장에서 유용하게 활용하기 위해서는 이런 부분을 보완한 후속연구가 필요하다.

요 약

국내 건설 프로젝트가 점차 대형화 및 복잡화됨에 따라 국내 건설산업은 타 제조업에 비해 산업재해가 더 많이 발생한다. 거푸집 공사는 건축공사, 특히 철근콘크리트조에서 전체 공사 기간과 공사비 측면에서 모두 중요한 비중을 차지한다. 실제로 건축공사에서 발생하는 건설재해 중 거푸집공사에서 발생하는 건설재해의 비율이 매우 높다. 거푸집공사 중 발생 가능한 건설재해 예방을 위해서 많은 기존 연구들이 수행되었는데, 이 연구들 중 설문조사 분석을 이용한 연구들은 일반적으로 설문 응답의 평균값을 이용하여 분석을 수행하기 때문에 얼마나 많은 작업자와 관리자들이 거푸집공사에서 위험을 느끼는가 하는 잠재적인 위험에 대한 파악이 불가능하다. 따라서 본 연구에서는

거푸집공사 안전관리를 위해서 잠재적 위험을 분석할 수 있는 방법을 제안하였다. 제안된 방법의 적용성을 검증하기 위해서 실제 설문조사 및 분석을 통해 얻은 결과를 기존의 IPA기법의 결과와 비교하였다. 그 결과, 본 연구에서 제안한 잠재적 위험 분석 방법은 기존의 IPA에서 확인할 수 없었던 잠재적인 위험이 있는 위험요인들을 확인할 수 있었다. 또한 현재 수행 중인 거푸집공사에서 어떠한 위험요인들이 사급히 조치가 필요한 지 파악할 수 있게 해주었다. 결과적으로 본 연구에서 제안한 잠재적 위험분석 방법은 거푸집공사에서 잠재적 위험이 있는 항목을 도출함으로써 안전관리자가 건설현장 안전관리 업무를 성공적으로 수행할 수 있도록 지원해줄 수 있을 것으로 기대된다.

키워드 : 잠재적 위험, 거푸집공사, 안전관리, IPA

Funding

This work was supported by Kyonggi University Research Grant 2019.

ORCID

Yoon-Seok Shin, <https://orcid.org/0000-0002-2247-7884>

References

1. Korea Occupational Safety and Health Agency. Industrial disasters investigation event in 2017(2017 Saneop Jehae Hyeonhwang). Ulsan (Korea): Korea Occupational Safety and Health Agency. 2018. 732 p. Report No.: 11-1490000-000022-10.
2. Korea Occupational Safety and Health Agency. Industrial disasters investigation event in 2017(2017 Saneop Jehae bunseok) [Internet]. Seoul (Korea): Korea Occupational Safety and Health Agency. 2010 - [cited 2020 Dec 1]. available from: <http://www.kosha.or.kr/kosha/data/industrialAccidentStatus.do?mode=view&articleNo=347592&article.offset=20&articleLimit=10>
3. Choi KS. A study on the proposal of safety management plan related to fatal accidents on form work in construction [masters's thesis]. [Gyeongsan (Korea)]: Yeungnam University; 2014. 50 p.
4. Alsamsam IM, Kamara ME, Simplified Design. 3rd edition. Portland (USA): Cement Association; 2004. 284 p.
5. Joo SW. Cost reduction by shortening construction framework schedule of reinforced concrete residential buildings [master thesis]. [Seoul (Korea)]: Seoul National University; 2008. 114 p.
6. Lee JB, Ro MR, Go SS. The property of building construction accident according to the analysis of building accident cases. Journal of the Korean Society of Safety. 2004 Sep;19(3):101-7.
7. Choi SJ. Preventive measure and causes analysis on the accident of collapse in form works. Magazine of the Concrete Institute. 1997 Jul;11(3):26-36.
8. Kim GM, Kim HS, Jung SJ, Kwak SS. Collapse situation investigation and cause analysis in form-shore system. Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction. 2003 Apr;23(1):359-62.
9. Park SJ, Lee CS. An accident case analysis for formworks. Proceeding of Korea Institute of Construction Engineering and Management; 2015 Nov 7; Suwon, Korea. Seoul (Korea): Korea Institute of Construction Engineering and Management; 2015. p. 135-8.
10. Kim HJ. A study on the case analysis of collapse disasters of form supports and their preventative measures [master's thesis]. [Seoul (Korea)]: Seoul National University of Science and Technology; 2015. 76 p.
11. Go SS, Oh JH. The study on the risk assesment of formwork. Journal of the Korean of Safety. 2002 Sep;17(3):96-101.
12. Song H, Park HG, Go SS. A study on the analysis of accident cause of form work using FTA(Fault Tree Analysis) system. Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction. 2006 Jun;22(6):119-27.
13. Lee JS, Kim MJ, Choi KH. An efficient safety management through mechanism analysis on disasters of temporary facilities. Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction. 2010 Nov;26(11):129-36.
14. Martilla JA, James JC. Importance-performance analysis. Journal of Marketing. 1977 Jan;41(1):77-9.
15. William EH, Robert DB, Francis PN. Going beyond important-performance analysis to analyze the observance-influence of park impacts. Journal of Park and Recreation Administration. 1996;14(1):45-62.
16. Duke CR, Persia MA. Performance-importance analysis of escorted tour evaluations. Journal of Travel & Tourism Making. 1996 Nov;5(3):207-23.
17. 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 Feb;19(2):185-92. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2019.19.2.185>
18. Stadling SG, Anable J, Carreno M. Performance, importance and user disgruntlement: A six-step method for measuring satisfaction with travel modes. Transportation Research Part A: Policy and Practice. 2007 Jan;41(1):98-106. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2006.05.013>
19. Lee HS, Lim JH. Basic SPSS Manual. Seoul (Korea): Jyphyunjae Publishing Co; 2012. 376 p. Korean.