

건설공사 위험 정량화 모델 개발을 위한 기초 연구

A Basic Study on the Qualitative Risk Assessment Model for Building Construction Sites Based on Claim Payouts

유 영 진¹ 손 기 영¹ 김 지 명^{2*}

Yu, Yeong-Jin¹ Son, Kiyong¹ Kim, Ji-Myong^{2*}

School of Architectural Engineering, University of Ulsan, Nam-Gu, Ulsan, 44610, Korea ¹
Construction Science Department, Texas A&M University, College Station, 77843, USA ²

Abstract

The losses of accidents in the construction industry was significantly increased during the past decades. Therefore, the study of risk management measures in the domestic construction has become very important, and the inherent risk factors need to derive and analyze them based on the quantified method. However, most studies on the construction risk are conducted finding on the qualitative way. This study analysis the accident records from actual construction sites as a quantities study. A correlation analysis and regression analysis are adopted to identify the risk factors and develop a model. The results of this study are expected to be evolve through the accumulated effect and verification of data in the future through continuous feedback.

Keywords : building construction, risk factors, qualitative risk assessment model, multiple regression analysis

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

지난 10년간 보험통계월보에 따르면 건설부문의 손해액은 2006년, 547억에서 2015년, 877억으로 37.6%가 증가한 것으로 나타나며 이는 기술 종목의 전체가 평균 14.7%증가한 것에 비해 손해액의 규모가 크다는 것을 알 수 있다[1]. 또한, 산업안전보건공단에 따르면, 2013년 전 산업의 평균 재해율이 0.59%에 반해 건설부문의 재해율은 0.92%로 재해율이 높은 것으로 나타난다[2].

이와 같이, 건설프로젝트가 대형화됨에 따라 공사를 수행하는 데에 있어 동일한 건설 프로젝트에 대한 경험 부족 및 여러 분야의 복합적 작용과 같은 불확실한 요인들이 많아

건설프로젝트의 생애주기기간동안 각 단계별 리스크 요인들에 대한 관리가 필요하다[3]. 특히, 건설프로젝트는 공사 착공에서부터 준공까지 현장에서 이루어지는 건설업의 특성상 불확실한 요인들이 많이 발생하기 때문에 공장에서 이루어지는 제조업과는 달리 정밀한 리스크 요인들의 분석 및 대응이 어려운 실정이다[4, 5]. 따라서, 공사기간 동안 발생하는 리스크 요인들을 분석하여 대응방안을 도출하기 위한 연구가 필요하다.

이에 본 연구에서는 건설 공사의 리스크 분석을 위해 건설 현장의 내재된 건설 공사 리스크 요인을 도출하고 위험 정량화 모델 개발을 목표로 한다[6]. 따라서 본 연구에서는 선행 연구를 토대로 리스크 인자를 수집하고 상관분석 및 다중회귀분석을 수행하고자 한다. 이를 위해 목적물 손해와 제 3자 손해를 보상한 A 보험사의 건설 현장 사고데이터를 토대로 종속변수인 피해액 및 총 공사금액을 수집하였다. 본 연구의 결과는 향후 지속적인 피드백을 통해서 데이터의 축적 및 효과검증을 통해 발전해 나갈 수 있으리라 기대된다.

Received : June 7, 2016

Revision received : August 8, 2016

Accepted : September 20, 2016

* Corresponding author : Kim, Ji-Myong

[Tel: 82-2-758-4655, E-mail: jimy6180@gmail.com]

©2016 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 실질적인 건설공사의 손해액 데이터를 활용하였으며, 정량적인 방법을 통해 분석하고자 한다. 따라서 Figure 1과 같이 연구를 진행하였다. 첫째, 선행연구 분석을 통해 이론적 고찰 및 리스크 요인을 선정한다. 둘째, 본 연구에서 사용하고 있는 274개의 데이터는 A보험사에서 12년간 수집된 자료의 표본으로 종속변수 및 독립변수로 분류하여 정리하였다. 셋째, 피어슨상관분석을 토대로 분류된 독립변수와 종속변수와의 상관관계 및 리스크 요인을 도출하고자 한다. 넷째, 최종적으로 다중회귀분석을 통해 모델 개발을 수행하며, 정규성 검토 및 회귀모델 검증을 실시하였다. 본 연구는 건설 공사의 특성에 따른 적정 피해 보상금 지급액을 분석을 목표로 하고 있으며, 이를 토대로 건설 공사의 리스크를 이해코자 한다.

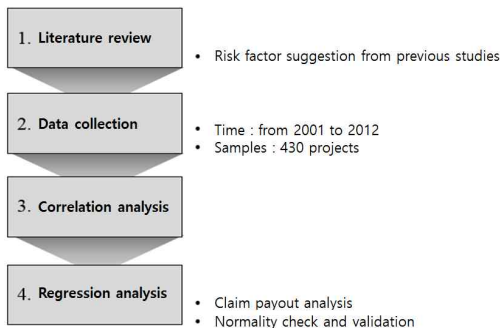


Figure 1. Methodology

2. 선행 연구

본 연구에서는 국내 환경에 맞는 건설 프로젝트의 보상금 지급액 예측모델 개발을 목적으로 하며, 이를 위해서는 영향 인자 도출이 필요하다.

기존의 건설 리스크 식별 및 분석에 관한 연구에서 건설 리스크 인자들은 사회·경제적, 기술·경영적, 지리·환경적 요인으로 구분하거나, 내적·외적 요인으로 구분하여 범위를 구분하고 있다. 하지만 이러한 폭넓은 분류체계에서 리스크 량과 리스크 인자는 관계만 있고, 상관성이 낮은 인자까지 다루어져 실질적으로 적용이 어려운 평가만 이루어지고 있는 형편이다. 실질적인 분류체계를 다루기 위해서는 보다 건설 리스크에 대한 영향이 크고, 좀 더 공사 현장에 비중을 둔 리스크 인자를 선정할 필요가 있다[7]. 이에 본 연구에서는 선행연구 분석을 통해 1) 자연재해, 2) 현장조

건, 3) 시공사의 시공 방법 및 시공 능력, 4) 프로젝트 규모로 공사 현장에 집중된 요인을 선정하여 리스크 인자를 다음과 같이 도출하였다.

2.1 자연재해

대부분 연구에서 건설 프로젝트의 리스크 인자로 자연재해에 대한 요인을 선정하고 있다. 특히, Choi and Mahadevan [8]에서는 자연재해 중 태풍, 지진, 쓰나미를 주요 리스크 요인으로 선정하였으며, Yin and Li[9]는 지진과 폭설을 리스크 요인으로 피해액을 분석하였다. 또한, 독일의 보험사인 Munch Re에서는 자연재해에 따라 리스크 크기를 구분하기 위해 Natural hazard map을 개발하였으며, 위치에 따라 자연재해의 크기를 Zone으로 구분하고 있다. Figure 2는 Natrual hazard map에서 수집한 데이터 중 국내 건설프로젝트에 영향을 주는 홍수, 지진, 태풍의 Zone의 범위이다[10].

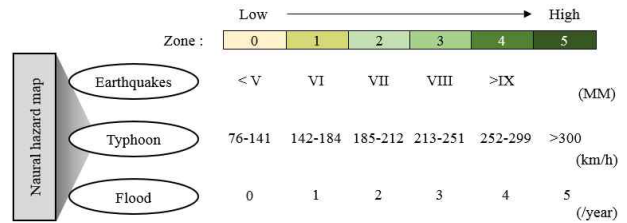


Figure 2. Natural hazard map

2.2 현장조건

현장조건은 프로젝트가 진행될 건설 공사 현장의 지리적 여건을 대상으로 한다. 특히, Kangari and Riggs[11]에서 건설 리스크의 언어학적 분석을 위해 fuzzy set을 토대로 리스크 분석체계를 제안하였다. 제안된 리스크 분석체계에서는 나쁜 지형조건 및 악천후를 주요 요인으로 도출하였다. 또한, Chan et al.[12]은 설문조사를 토대로 33가지의 리스크 인자를 분류하였다. 특히 분류된 리스크 인자 중 주요인으로 건설 프로젝트가 수행되는 현장조건을 다루고 있다.

2.3 시공사의 시공 방법 및 시공 능력

시공사의 시공 방법 및 시공 능력은 프로젝트를 수행하는 시공사의 능력 및 프로젝트를 수행하기 위한 시공 방법을 대상으로 하고 있다. 이를 분석하기 위해서 Sameh[13]은 리스크 식별단계에서 시공사 및 하도급업자의 특징을 주요 요인으로 도출하였다. 또한, Bing et al.[14]는 Micro,

Macro, Meso 단계로 리스크를 분류하였으며, Meso 단계에서 시공사의 시공 능력 및 시공 방법을 주요요인으로 다루고 있다.

2.4 프로젝트 규모

프로젝트 규모는 건설 공사 현장의 규모나 공사 기간 등 프로젝트 특성을 대상으로 하고 있다. Hsueh et al.[15]은 AHP 분석 및 효용이론을 바탕으로 리스크 평가 모델을 구축하고자 했으며, 이를 위해서 내외부적, 프로젝트 특성으로 구분하여 리스크 인자를 분류하였다. 또한 Akintoye and MacLeod[16]은 프로젝트 관리자, 건설업 종사자 및 회사를 대상으로 설문조사를 실시하였으며, 프로젝트의 특징에 따른 리스크를 매우 중요한 것으로 나타났다. 프로젝트의 특징은 건축물 설계의 차이를 주요요인으로 도출하였다.

3. 데이터 수집

3.1 개요

본 연구에서 사용된 274개의 데이터는 지난 2001년부터 2012년까지 12년간 수집한 A보험사의 기초 데이터를 토대로 건설 현장 사고 데이터를 무작위로 수집하였다. 건설공사 사고는 다음과 같이 13가지로 구분하였다.

1) 도난은 경찰기관에 신고된 절도 또는 도난으로 인한 손실을 말한다. 2) 시공결함은 공사 목적을 위한 시공 기법의 실패 또는 결함을 말한다. 3) 화재 및 폭발은 시공 중 발생한 화재 및 폭발로 인한 손해를 말한다. 4) 태풍, 5) 폭우, 6) 폭설 및 한파, 7) 번개, 9)홍수는 시공 중 발생한 자연재해로 인한 발생한 손실을 말한다. 8) 작업자 부주의는 현장근로자가 공사를 수행하는 도중 작업 잘못으로 인한 손해를 말한다. 10) 진동·소음·먼지는 공사 수행으로 인해 발생하는 진동, 소음 및 먼지로 인해 피해를 입은 프로젝트 내외부의 손해를 말한다. 11) 기계고장은 현장근로자의 취급 잘못 또는 기술적 문제로 인한 손해를 말한다. 12) 전기적 사고는 누전 및 합선 등으로 발생하는 전기적 사고로 인한 손해를 말한다. 13) 기타는 기타 약관에서 정하는 보상하지 않는 손해를 제외한 모든 손해를 말한다.

모든 사고 원인은 예견 및 대응 가능한 손실 및 손해를 제외한 것을 대상으로 하고 있으며, 사고 원인으로 인한 손해뿐만 아니라 이러한 손해로 인해 발생하거나 그 결과로 발생한 인적 또는 물적 피해까지 모두 보상 범위에 포함된다.

Table 1. Claim payout according to the damage cause

Damage cause	Frequency	Claim pay out (Mil.KRW)	Total of Claim pay out (Mil.KRW)
Theft	3	162.6	487.8
Failure construction	145	46.5	6,736.7
Fire & Explosion	13	72.2	938.4
Typhoon	31	70.8	2,193.9
Heavy rain	18	111.5	2,006.1
Heavy snow & Cold wave	2	17.0	34.0
Lighting	1	450.0	450.0
Carelessness	16	75.0	1,199.3
Flooding	10	77.9	778.7
Vibration & Noise & Dust	29	38.1	1104.4
Failure Machine	1	36.7	36.7
Electirc Accident	1	15.0	15.0
Etc.	8	122.5	980.3

또한, Table 1과 같이 사고원인별 보상금 지급액을 기술 통계 분석하였다. 그 결과 시공결함이 사고 발생 빈도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 진동·소음·먼지, 태풍, 폭우, 화재 및 폭발이 그 다음으로 사고 발생 빈도가 높게 나타났다. 또한, 평균 보상금 지급액은 번개, 화재 및 폭발, 폭우, 도난, 기타 순서로 높게 나타났다.

3.2 종속변수

본 연구에서는 보상금 지급액이 종속변수이며, 과거 유사 건물의 통계치를 토대로 개략적인 피해율을 나타내기 위해 식(1)과 같이 건설 프로젝트의 규모를 나타낼 수 있는 총공사금액을 나누었다.

$$LR = CP / TC \text{ ----- (1)}$$

여기서,

LR : 피해율 (Loss ratio)

CP : 보상금 지급액 (Claim pay out)

TC : 총공사금액 (Total amount of construction project)

또한, Table 2와 같이 보상금 지급액 및 총공사금액을 기술통계 분석하였다. 평균적으로 보상금 지급액은 79백만원, 표준편차는 111백만원, 총공사금액은 평균이 102,043

백만 원, 표준편차는 168,962백만 원으로 나타났다.

Table 2. Descriptive analysis of claim payout, total amount of a construction project

statistics	Claim pay out (Mil.KRW)	Total amount of construction project (Mil.KRW)
N	274	274
Averages	78.58	102,042.66
Std. Deviation	111.05	168,961.82
Range	990.00	1,492,122.07
Minimum	10.00	1,097.93
Maximum	1,000.00	1,490,000.00
Skewness	4.04	5.20
Kurtosis	23.06	36.14

3.3 종속변수의 정규성 검토

우선, 회귀분석은 수집된 데이터의 분산이 정규분포를 이루고 있는 것을 바탕으로 수행된다. 따라서 종속변수의 데이터가 정규분포를 만족하는지 확인할 필요가 있다. 이에 Figure 3과 같이 종속변수인 피해율의 정규성 검정을 실시하였다. 정규성 검정 테스트로 본 연구에서는 Shapiro-Wilk test 및 Kolmogorov-Smirnov를 이용하였다. 테스트의 유의확률이 0.05이하인 경우 귀무가설이 기각되어 정규분포를 나타내지 않는다. 본 연구 데이터의 정규성 분석결과, Figure 3과 같이 유의확률이 모두 0.05이하로 이 기각되었다. 따라서 가변수 설정을 통해 본 모형의 표준화 잔차를 정규분포에 따르게 할 필요가 있다.

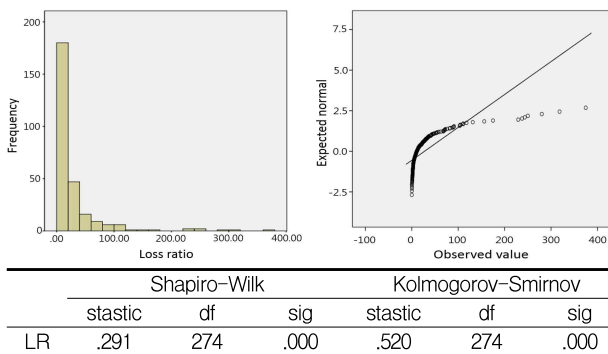


Figure 3. Check for normality of original value

이에 식(2)과 같이 가변수 설정을 하였으며, 종속변수인 피해율을 로그화시킨 후 데이터를 다시 정규성 검토를 수행하였다. 그 결과, Figure 4와 같이 유의확률이 0.05이상으로 귀무가설이 채택되었으며, 이는 표준화 잔차가 정규분포를 따른다는 것을 나타낸다. 또한, Figure 4의 히스토그램

및 P-P도표 그래프 모양을 통해서 표준화 잔차가 정규성을 나타냄을 확인할 수 있다.

$$\text{Transformed LR} = \ln(\text{LR}) \text{ ----- (2)}$$

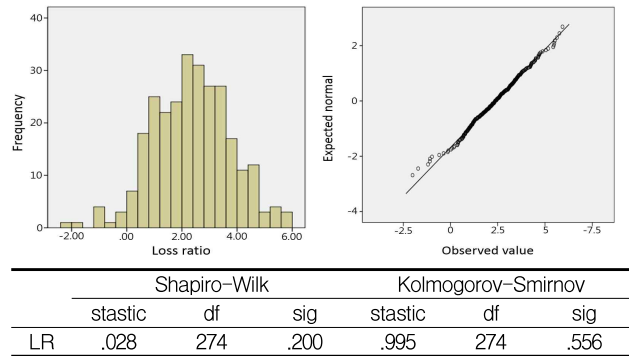


Figure 4. Check for normality of transformed value

3.4 독립변수

본 연구에서는 선행연구를 통해 독립변수를 선정하였으며, 크게 자연 재해 요인과 지리 정보 요인, 시공방법 및 능력 요인, 프로젝트 규모 요인으로 분류하였다.

첫째, 자연재해요인에서는 독일 B 보험사에서 제공하는 Natural hazard map을 이용하였다[16]. Natural hazard map에서는 지형조건을 통해 지진, 화산폭발, 쓰나미 등 재해 수준을 분석하고 있으며, 본 연구에서는 이를 재해특성에 따라 지형적, 기상학적, 수문학적 분류하여 Table 3과 같이 국내 특성에 맞는 지진, 태풍, 홍수와 같은 요인을 이용하였다.

Table 3. Independence variables for natural hazard

	Factor	Unit	Description
Natural Hazard	Flood	zone	Risks of flood in site
	Earthquake	zone	Risks of earthquake in site
	Typhoon	zone	Risks of typhoon in site

Table 4. Descriptive analysis of natural hazard

statistics	Flood	Earthquake	Typhoon
N	274	274	274
Averages	4.81	1.11	1.43
Std. Deviation	0.56	0.35	0.92
Range	4.00	3.00	4.00
Minimum	2.00	1.00	0.00
Maximum	6.00	4.00	4.00
Skewness	-1.47	3.71	1.84
Kurtosis	4.05	18.57	1.95

또한, Table 4와 같이 독립변수인 자연재해요인을 기술통계 분석한 결과, 본 연구의 건설 프로젝트에서는 홍수, 지진, 태풍이 각각 평균 zone 4.81, 1.11, 1.43로 나타났다.

둘째, 지리정보요인에서는 Table 5와 같이 국내 부동산포털정보 사이트를 통해 실제 시공이 이루어지고 있는 공사 현장의 지역 및 고도를 수집하였다[17]. 또한, Table 6과 같이 독립변수인 지리정보요인을 기술통계 분석하였다. 현장 지역의 범위는 1) 교외, 2) 도시, 3) 대도시이며, 주로 대도시에서 주로 사고가 발생하였다. 사고가 발생한 현장의 고도는 평균적으로 47.40m이며, 표준편차가 58.92m로 나타났다.

Table 5. Independence variables for geography

Factor		Unit	Description
Construction Information	Geography	Location	1.Suburban 2.Urban 3.Metropolitan
		Elevation	m Height of construction site

Table 6. Descriptive analysis of geography

statistics	Location	Elevation
N	274	274
Averages	2.39	47.40
Std. Deviation	0.75	58.92
Range	2.00	792.00
Minimum	1.00	0.00
Maximum	3.00	792.00
Skewness	-0.79	8.19
Kurtosis	-0.80	94.98

셋째, Table 7과 같이 사고로 피해가 발생한 시공사의 시공방법 및 능력을 수집하였다. A보험사의 데이터를 활용하여 수집하였으며, 구조 타입 및 시공능력 순위를 수집하였다.

또한, Table 8과 같이 독립변수인 시공 방법 및 능력 요인을 기술통계 분석하였다. 시공 방법인 구조 타입은 1) 철근콘크리트, 2) 철골, 3) 기타이며, 주로 철근콘크리트에서 주로 사고가 발생하였다. 사고 발생으로 피해를 입은 국내 시공사의 ENR ranking은 평균적으로 46.12로 나타났다.

Table 7. Independence variables for construction method & ability

Factor		Unit	Description
Construction Information	Construction method & ability	Structure type	1. Reinforced concrete 2. Skeleton construction 3. etc
		ENR	rank Engineering news record

Table 8. Descriptive analysis of construction method & ability

statistics	Structure type	ENR
N	274	274
Averages	1.61	46.12
Std. Deviation	0.87	43.10
Range	2.00	99.00
Minimum	1.00	1.00
Maximum	3.00	100.00
Skewness	0.86	0.27
Kurtosis	-1.13	-1.74

넷째, 프로젝트 규모 요인에서는 Table 9와 같이 사고가 발생한 건축물의 지상층수, 지하층수, 총공사기간 및 사고가 발생한 시점의 누적공정률을 변수로 선정하였다.

또한, Table 10과 같이 독립변수인 프로젝트 규모요인을 기술통계 분석을 수행하였다. 분석한 결과, 사고가 발생한 건축물의 평균 지상층수는 18.22층이며, 지하층수는 3.38층으로 나타났다. 평균 총 공사기간은 26.31개월, 공정률은 평균적으로 0.43으로 나타났다.

Table 9. Independence variables for project scale

Factor		Unit	Description
Construction Information	Project scale	Floors	floor Number of stories
		Under ground	floor Number of basement
		Total Months	months Total construction period
		Accumulate rate	% Accumulated progress rate when the accident occurred

Table 10. Descriptive analysis of project scale

statistics	Floors	Under ground	Total months	Accumulate rate
N	274	274	274	274
Averages	18.22	3.38	26.31	0.43
Std. Deviation	12.49	2.16	15.20	0.30
Range	79.00	7.00	121.00	0.99
Minimum	1.00	0.00	5.00	0.00
Maximum	80.00	7.00	126.00	0.99
Skewness	1.78	0.34	2.38	0.32
Kurtosis	5.66	-1.19	12.31	-1.23

4. 상관분석

상기분석을 토대로 분류한 11개의 항목을 피어슨 상관관계분석을 이용하여 독립변수로, 종속변수인 로그피해율과 관계를 분석하고자 한다.

4.1 자연재해요인

Table 11과 Figure 5는 자연재해요인과 상관관계를 분석한 결과이며, 지진은 유의확률이 0.05이하로 지진과 로그피해율이 상관관계가 없다는 귀무가설을 기각하였다. 또한 태풍, 홍수는 유의확률이 0.05이상으로 피해율과 상관이 없는 것으로 나타났다.

Table 11. Correlation for natural hazard

statistics	Flood	Earthquake	Typhoon
Coef.	-.027	.172	.023
Sig.	.651	.004	.706
N	430	430	430

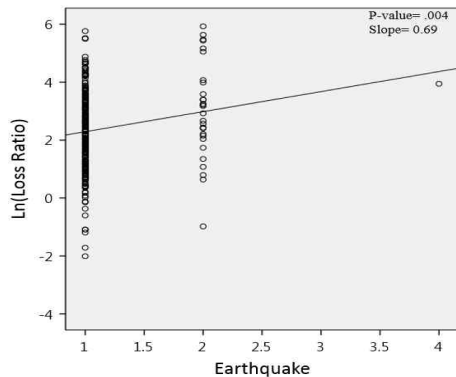


Figure 5. Correlation for natural hazard(earthquake)

4.2 지리정보요인

분석한 결과, Table 12와 같이 지리정보요인의 지역 및 현장 고도는 p-value가 0.05이상으로 귀무가설이 채택된 것으로 나왔다. 따라서 로그피해율과 지리정보요인의 관계성이 낮은 것으로 판단된다.

Table 12. Correlation for geography

statistics	Location	Elevation
Coef.	.112	.034
Sig.	.064	.573
N	430	430

4.3 시공사의 시공 방법 및 시공 능력

Table 13과 Figure 6은 시공방법 및 능력 요인과 상관관계를 분석한 결과이다. 분석결과, 구조 타입과 시공 능력 순위가 모두 p-value가 0.05이하로 로그피해율과 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

Table 13. Correlation for construction method & ability

statistics	Structure type	ENR
Coef.	-.176	.239
Sig.	.003	.000
N	430	430

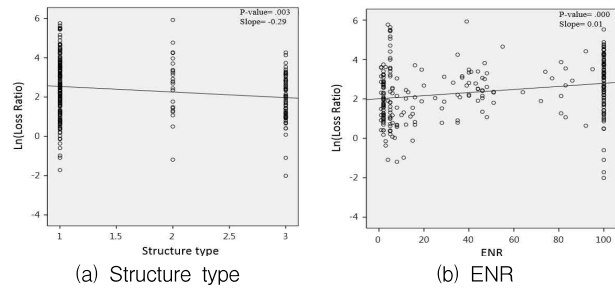


Figure 6. Correlation for construction method & ability

4.4 프로젝트 규모

Table 14와 Figure 7은 프로젝트 규모요인과 상관관계를 분석한 결과이며, 분석 결과는 다음과 같다. 지상층수, 지하층수, 총공사기간은 로그피해율과 상관관계가 있는 것으로 분석되지만, 사고 발생시 공사 현장의 누적공정률은 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

Table 14. Correlation for project scale

statistics	Floors	Under ground	Total months	Accumulate rate
Coef.	-.454	-.269	-.559	-.049
Sig.	.000	.000	.000	.418
N	430	430	430	430

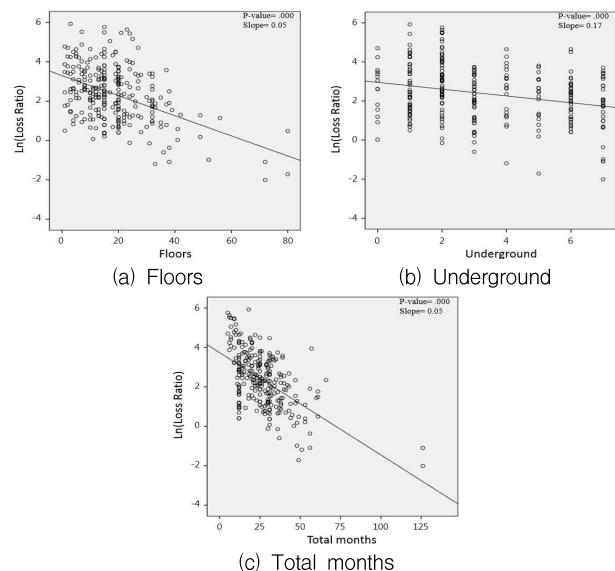


Figure 7. Correlation for project scale

각 요인별 상관 분석 결과는 다음과 같다.

- 1) Natural hazard map에서 제시한 지진 위험 등급이 한 단계 올라갈 때, 로그피해율은 0.69씩 증가한다.
- 2) 시공방법이 철근콘크리트에서 철골로, 철골에서 기타로 변할 때, 로그피해율은 0.29씩 감소한다.
- 3) 시공사의 ENR 랭킹이 1 증가할 때(순위가 내려갈 때), 로그피해율은 0.01씩 증가한다.
- 4) 건설 프로젝트에서 계획된 지상층수가 1층씩 증가할 때, 로그피해율은 0.05씩 감소한다.
- 5) 건설 프로젝트에서 계획된 지하층수가 1층씩 증가할 때, 로그피해율은 0.17씩 감소한다.
- 6) 건설프로젝트에서 계획된 총공사기간이 1달씩 증가할 때, 로그피해율은 0.05씩 감소한다.

상기분석은 단순한 기술 통계 분석 및 상관분석으로 변수의 관계를 분석했지만 피해를 발생에 대한 정량적인 수치를 나타내기엔 한계가 있다. 이에 회귀분석을 수행함으로써 보상금 지급액을 확률론적인 추정방법으로 분석하고자 한다.

5. 회귀분석

5.1 분석 개요

본 연구는 A보험사의 데이터를 총공사금액에 따른 보상금 지급액을 정량적으로 분석하는데 있다. 이를 위해 선행연구 분석 및 상기 분석을 토대로 식(3)과 같은 회귀모형을 구축하였다.

$$\ln(LR) = \beta_0 + \beta_1 \cdot EQ + \beta_2 \cdot ST + \beta_3 \cdot EN + \beta_4 \cdot FL + \beta_5 \cdot UN + \beta_6 \cdot TO \quad (3)$$

여기서,

LR : 피해율 (Loss ratio)

EQ : 지진 (Earthquake)

ST : 구조 타입 (Structure type)

EN : 시공 능력 (ENR)

FL : 지상층 (Floors)

UN : 지하층 (Underground)

TO : 총공사기간 (Total months)

5.2 분석 결과

Table 15는 본 모형으로 ANOVA 분석 및 수정된 R²을 분석하였다.

Table 15. ANOVA and adjusted R square

Model	Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.	Adj.R ²
Regression	264.264	11	24.024	22.572	.000	.465
Residual	278.848	262	1.064			
Total	543.111	273				

a. Dependent variable: Ln(LR)

분석결과, F검정 통계량의 유의확률이 0.05이하로 회귀모형이 적합하다는 대립가설이 채택되었으며, 수정된 R²의 값이 0.465으로 나타났다. 이를 통해 본 회귀모형은 유의미하다고 결론을 내릴 수 있다.

Table 16은 분석된 회귀모형의 계수를 나타낸다. 계수로 이용되는 변수들은 모두 p-value가 0.05이하로 귀무가설을 기각하며, VIF(Variance of Factor)가 11이하로 독립변수간의 상관관계가 없기 때문에 다중공선성의 문제는 없는 것으로 분석된다. 따라서 Table 16의 계수를 이용한 본 모형은 유의미한 것으로 판단할 수 있으며, 이를 토대로 식(4)와 같은 회귀모형을 개발하였다.

Table 16. Coefficients

Model	B	Std. Error	t	Sig.	VIF
(Constant)	3.916	.655	5.979	.000	
EQ	.784	.198	3.963	.000	1.230
ST	-.171	.084	-2.027	.044	.723
EN	.004	.002	2.289	.023	.821
FL	-.020	.006	-3.063	.002	.596
UN	-.083	.039	-2.169	.031	.555
TO	-.043	.005	-9.138	.000	.754

a. Dependent variable: Ln(LR)

$$\ln(LR) = 3.916 + .784 \cdot EQ + (-.171) \cdot ST + .004 \cdot EN + (-.020) \cdot FL + (-.083) \cdot UN + (-.043) \cdot TO \quad (4)$$

5.3 검증

최종적으로 회귀모형을 검증하기 위해 예측값과 실측값의 비교 및 검증을 수행하고자 한다. 먼저, 식(4)의 모형은 종속변수가 로그화된 변수를 이용하였으므로, 실측값과의 비교를 위해 식(5)와 같이 지수화를 통해 변환하였다.

$$\text{Predicted LR} = e^{\ln(LR)} \quad (5)$$

Figure 8과 같이 본 연구의 회귀모형을 이용한 예측값과 실측값을 비교하였다. 그 결과, 상기분석과 같이 본 모형은 46.5%정도 실측값에 대한 설명력이 있는 것으로 나타났으며, 나머지 53.5%의 설명할 수 없는 변수에 대한 후속연구가 필요하다.

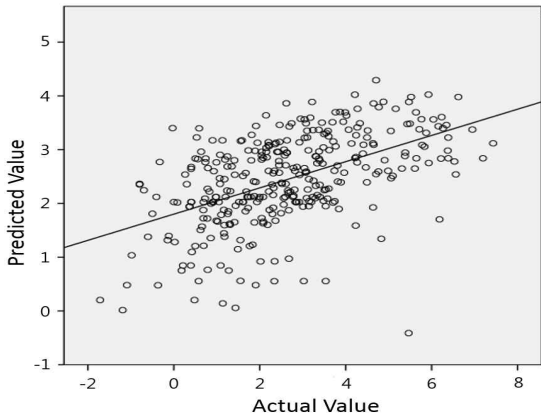


Figure 8. Actual value vs. predicted value

6. 결 론

최근 산업 전반적으로 재해가 감소하고 있으나 건설 부문은 반대로 증가하고 있다. 국내 건설 공사의 리스크 관리 방안에 대한 연구가 매우 중요한 시점이다. 이에 본 연구는 A보험사에서 12년간 발생한 건설 현장의 사고데이터를 토대로 피어선상관 분석 및 다중회귀분석을 수행하여 예측모형을 개발하였다. 먼저, 선행 연구를 통해 리스크 인자를 자연재해, 현장조건, 시공사의 시공 방법 및 시공 능력, 프로젝트 규모로 선정하였으며, 피해율을 종속변수로 가변수 설정하여 정규성 검토를 수행하였다.

상관분석 결과, 피해율에 상관관계가 나타난 영향요인이 5개가 도출되었으며, 지진, 구조 타입, 시공 능력, 지상층수, 지하층수, 총 공사 기간이 p-value가 0.05이하로 대립가설인 리스크 요인과 피해율의 상관관계가 있다는 채택하였다.

상기분석을 토대로 회귀분석을 수행하였다. 그 결과, 본 회귀모형이 46.5%의 설명력을 가진 건설 프로젝트의 피해를 예측모형을 개발하였으며, 이를 실제 데이터와 비교 및 검증하였다. 하지만 본 모형의 데이터는 274개 데이터만 수집한 한계가 있다. 본 연구의 데이터는 대수의 법칙에 따라, 향후 지속적인 피드백을 통해서 데이터의 축적 및 효과검증을 통해 발전해 나갈 수 있으리라 기대된다. 또한 날씨, 온도

와 같은 본 연구에서 선정하지 않은 나머지 53.5%의 영향요인을 도출하여 분석하고, 이를 반영한다면 보다 효과적인 예측모형을 개발할 것이라 기대된다.

요 약

보험통계포털에 따르면 건설 부문의 사고로 인한 손실액이 최근 10년 동안 크게 증가하였다. 이처럼 국내 건설 공사의 리스크 관리 방안에 대한 연구가 매우 중요해지고 있으며, 이를 위해서는 내재된 리스크 요인을 도출하고 분석해야 하며, 불확실성을 다루기위한 통계학적인 기법이 요구된다. 하지만 건설 리스크에 관한 연구는 대부분 정성적이며 포괄적으로 진행되었으나, 신뢰성있는 리스크 분석을 위해서는 영향이 큰 리스크 인자에 집중하고 정량적인 분석이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 공사 현장에 집중된 리스크 요인을 수집하기 위해 A보험사의 건설 현장 사고 데이터를 이용하였다. 이를 토대로 피해율과 상관 관계있는 인자를 분석하기 위해 상관분석을 수행하였다. 또한 본 연구의 목적인 건설 현장의 사고데이터를 활용한 적정 피해액 정량화 모델을 개발하고자 회귀분석을 수행하였다. 본 연구의 결과는 향후 지속적인 피드백을 통해서 데이터의 축적 및 효과검증을 통해 발전해 나갈 수 있으리라 기대된다.

키워드 : 건설 공사, 정량화 모델, 상관분석, 회귀분석

Acknowledgement

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning(2014R1A1A1004288)

References

1. Online Archive of Korea Statistical Yearbook [Internet]. Daejeon(Korea): Statistics Korea, 2005 [cited 2016 May 1]. Available from: <http://www.kostat.go.kr/>.
2. Online Archive of Insurance Statistical Monthbook [Internet]. Seoul(Korea): Korea Insurance Development Institute; 2006-[cited 2016 May 1]. Available form: <http://www.insis.or.kr/>.

-
3. Ministry of Employment and Labor, Analysis of state industrial accidents, Sejong(Korea): Munjung; 2015 Nov, Chapter 2, Total of state industrial accidents; p. 9–32.
 4. Kim CH, Kang LS, Park HT. Development of a Risk Management Procedure Model for the Construction Project Using Construction Risk Management System, Journal of Korean Society of Civil Engineers, 2010 Jul;30(4):423–32.
 5. Vaughan EJ, Vaughan TM, Essential of Insurance : A Risk Management Perspective, NewYork: John Wiley & Sons, inc.; 1995, p. 43–78.
 6. Smith NJ, Merna T, Jobling P. Managing risk in construction projects, 2nd ed, Oxford: Blackwell publishing; 2006, 233 p.
 7. Lee HS, Kim HS, Park MS, Lee KP, Lee SB, Construction Risk Assessment Methodology Using Site Risk Influence Factors, Korean journal of construction engineering and management, 2009 Nov;10(6):117–26.
 8. Choi HH, Mahadevan S. Construction Project Risk Assessment Using Existing Database and Project-Specific Information, Journal of Construction Engineering and Management, 2008 Nov;134(11):8984–903.
 9. Yin YJ, Li Y. Probabilistic loss assessment of light-frame wood construction subjected to combined seismic and snow loads, Engineering Structures, 2011 Feb;33(2):380–90.
 10. Munich Re, NATHAN world map of natural hazards, München (Germany): Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft; 2011, p. 1–7.
 11. Kangari R, Riggs LS. Construction risk assessment by linguistics, IEEE transactions on engineering management, 1989 May;36(2):126–31.
 12. Chan DWM, Chan APC, Lam PTI, Yeung JFY, Chan JHL, Risk ranking and analysis in target cost contracts: Empirical evidence from the construction industry, International Journal of Project Management, 2011 Aug;29(6):751–63.
 13. Sameh ME, Risk assessment and allocation in the UAE construction industry, International Journal of Project Management 2008 May;26(4):431–8.
 14. Bing L, Akintoye A, Edwards PJ, Hardcastle C. The allocation of risk in PPP/PFI construction projects in the UK, International journal of project management, 2005 Jan;23(1):25–35.
 15. Hsueh SL, Perng YH, Yan MR, Lee JR, On-line multi-criterion risk assessment model for construction joint ventures in China, Auto in construction, 2007 Aug;16(5):607–19.
 16. Akintoye AS, MacLeod MJ, Risk analysis and management in construction, International Journal of Project Management, 1997;15(1):31–8.
 17. Online Archive of Onnara information Service [Internet], Jinju(Korea): Korea Land and Housing Corporation, 2015 [cited 2016 May 1], Available from: <http://www.onnara.go.kr/>.