

터널 건설 프로젝트 리스크 분석 및 리스크 정량화 모델 개발에 관한 연구

Risk Factors Analysis and Quantitative Risk Assessment Model for Tunnel Construction Project

정승아¹ · 안성진^{2*}

Jeong, Seung-A¹ · Ahn, Sungjin^{2*}

Abstract : The tunnel construction projects is demanded more efficient risk management measures and loss forecasts to prepare for risk losses from an increase in the trend of tunnel construction. This study aims to analyze the risk factors that caused the loss of material in actual tunnel construction and to develop a quantified predictive loss model, based on the past loss record of tunnel construction projects.

키워드 : 교량건설, 리스크 분석, 정량적 분석

Keywords : tunnel construction, risk analysis, quantitative analysis

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 도시화의 가속화와 건설 프로젝트의 사업 규모가 커지고 건설 방식이 다양화 되어감에 따라 위험요소와 더불어 리스크의 불확실 요인이 증가하고 있다. 건설 산업분야에 다양한 프로젝트 관리 기법들이 도입되고 있으며, 대부분의 산업분야에서 프로젝트 리스크 관리를 수행하고 있다. 하지만 교량 및 터널 건설은 건설업의 옥외성 특성뿐만 아니라 내륙/평지, 산악지, 계곡/하천 및 해안, 상이한 지반 형태 등 다양한 외부 환경 조건, 프로젝트의 계약조건 등의 특수성으로 인하여 잠재적 리스크를 종합적인 관리 체계 개발로 하기엔 부족한 상황이다. 이러한 상황에서 교량/터널 건설 과정 중 예측하지 못한 리스크 조건을 조우하였을 때 적절한 판단 및 대처가 이루어지지 않는 경우 안전사고재해, 공기지연으로 인한 손실, 자연재해로 인한 손실, 3자 피해 손실보상 등이 발생함으로써 경제적 손실이 크게 발생하고 있다. 따라서 안전하고 경제적인 인프라 시설 건설을 할 수 있도록 건설공사의 설계·시공 등의 모든 단계에서 체계적인 리스크 관리가 필요한 실정이다. 건설업에서 효과적인 리스크 관리 활동을 위해서는 건설공사에서 발생할 수 있는 리스크 발생 방지를 위하여 공정별로 위험요인을 도출하고, 그에 따른 개선대책을 제시하는 것은 중요하다. 또한, 사전 안전성 평가를 통하여 문제점과 해결대책을 제시하고, 토공, 구조물공사 및 표층공사에 이르기까지 안전한 공정 수행 및 작업방법을 제시함으로써 손실 리스크를 감소시킬 수 있는 모델 제시가 요구된다.

인프라구조물 건설 프로젝트의 규모와 복잡성이 증가함에 따라 건설 사업에 대한 리스크 정보의 신뢰도를 높여 합리적 의사결정 및 전략수립의 도구로 활용하는 것이 중요하다. 건설 프로젝트의 현재 리스크 관리 패러다임은 전문가의 통찰력과 경험에만 의존할 것이 아니라 보다 객관적이고 정량화된 모델을 요구한다. 본 연구의 목적은 터널 공사의 특성이 가진 리스크 요인을 분석하고, 실제 발생한 손실 데이터를 통하여 터널공사 주요 통계적으로 정량화된 위험지수를 산정 및 제시함으로써 보다 체계적인 방법으로 터널공사 목적물 및 제 3자 피해 손실에 대한 리스크를 최소화하기 위한 기초자료를 제공함에 있다.

2. 데이터 분석

2.1 터널공사 프로젝트 Risk Indicators

수집된 손실 발생기록 정보를 통하여 분류한 터널공사리스크 지표 체계는 터널 기술요소, 자연재해요소 및 프로젝트 정보로 나누었다. 터널 기술요소는 교량 가설공법, 터널심도, 지반조건 구성되었고 자연재해요소는 홍수와 태풍을 포함하며 프로젝트요소는 공사기간과 총공사비 및 도급순위로 구분된다.

1) 계명대학교, 학부연구원

2) 계명대학교, 조교수, 교신전자(sjahn@kmu.ac.kr)

표 1. 터널공사 리스크 요인

요인		단위	설명
기술 요소	가설공법	명목척도	1: 개착식 공법, 2: 발파굴착(NATM)공법 3: TBM 공법 4. 침매공법
	터널 심도	명목척도	1: - 2D, 2: 5D - 20D, 3: 대심도(400m이상), 4: 20D - 40D, 4: 2D - 5D (D=터널직경)
	지반조건	명목척도	1: 연암(N≥50), 2: 풍화암(N≥30), 3: 풍화토(N≥10) 4. 연약지반(사질토) (N=표준관입시험 타격횟수)
자연재해 요소	홍수	Zone	Zone 1: 1, Zone 2: 2, Zone 3: 3, Zone 4: 4 Zone 5: 5 (회 발생/년)
	강풍	Zone	Zone 1: 21-40, Zone 2: 41-50, Zone 3: 51-60, Zone 4: 61-70, Zone 5: 71-80 (10m/s)
프로젝트 요소	총 공기	개월	터널공사 프로젝트 총공사기간
	총 공사비	금액(원)	터널공사 프로젝트 총공사비
	도급순위	순위	도급액에 따른 건설사 시공능력평가 순위

1)가설공법: 터널의 가설공법은 터널 공사 목적물 손해보상 분포에 의하여 개착식공법, 발파굴착공법(NATM: New Austrian Tunneling Method), TBM(Tunnel Boring Machine) 공법, 침매고업의 명목척도(nominal scale) 순으로 분류하였다. 2) 터널심도: 터널 심도는 손해배상 분포 평균을 기준으로 터널의 직경(D)대비 2D이하, 5D - 20D, 대심도(400m이상), 20D - 40D, 2D - 5D의 순으로 명목척도를 선정하였다. 3) 지반조건: 지반조건은 도로, 교량, 및 터널공사의 중요한 리스크분석 인자로서 본 연구에서는 연암(표준관입시험 N치≥50), 풍화암(N≥30), 풍화토(N≥10), 연약지반(사질토)의 명목척도 순으로 분류하였다. 4)홍수/태풍: 자연재해의 위험은 재보험사의 자연재해 평가 네트워크(NATHAN)를 이용하여 홍수 및 강풍의 지표에 의해 분류되었다. 5) 프로젝트 요소는 공사 정보를 통하여 총 공기, 총 공사비 및 건설사 도급순위가 사전 연구에서 유의미한 지표가 될수 있음을 확인하였으며 터널 공사 리스크의 주요 인자로 고려되었다.

2.1 교량건설 리스크 분석

정량적 터널건설 손실모형 개발을 위해 해당 손실액에 의한 손실 규모를 종속변수로 선정하였다. 표 2는 유의성을 가진 독립변수 의한 회귀분석 결과를 목적물 손실과 제 3자 피해에 의한 손실로 구별하여 나타낸다.

표 2. 회귀분석결과

터널 목적물 손실						제 3자 피해 손실					
변수	Coef.	Std. Error	Beta coef.	Sig.	VIF	변수	Coef.	Std. Error	Beta coef.	Sig.	VIF.
터널심도	.573	.349	.298	.009	1.004	홍수	4,246	1,680	.588	.010	1.098
지반조건	.382	314	.237	.041	1.006	강풍	2,355	1,272	.301	.048	1.043
Adj. R2	0,231					0,259					

터널 심도, 지반 조건이 터널 건설 프로젝트 목적물 손실 비율에 대한 유의한 리스크 인자였고 홍수와 강풍이 제 3자 피해에 의한 손실 비율에 영향을 미치는 지표로 나타났다.

3. 결론

인프라 건설 사업 규모와 복잡성의 증가로 인해 위험요인과 손실량이 증가하고 있으며 이에 따라 객관적이고 정량적 리스크 예측 평가 모델에 대한 개발이 크게 요구되고 있다. 본 연구에서 나타난 리스크 요인 연구는 터널 목적물 외 현장 외부 즉 제 3자 피해에 의한 손실요인은 목적물의 기술 요소와는 다른 자연재해가 유의미한 요소임을 밝히고 있다. 이에 보다 객관적인 터널공사 프로젝트 손실지표를 파악하고 손실평가 모델을 개발하기 위해서는 목적물 손실과 더불어 제 3자 손실에 대한 리스크 관리가 필요하다.

감사의 글

본 논문은 2023년 계명대학교 신입교원정착연구(과제번호: 20220647)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 유영진, 손기영, 김지명. 건설공사 위험 정량화 모델 개발을 위한 기초 연구. 대한토목학회논문집. 2016. 제16권 6호. pp. 487-485.
2. Kim JM, Kim T, Bae J, Son K, Ahn S. Analysis of plant construction accidents and loss estimation using insurance loss records. Journal of Asian Architecture and Building Engineering. 2019. Vol.18 No.6. pp. 507-16.