

석면해체 공사의 공정 리스크를 고려한 비용 산정 모델 개발

Development of Cost Estimation Model Considering Process Risk for Asbestos Dismantling Work

노재윤¹ · 이수민¹ · 한승우^{2*}

Noh, Jae-Yun¹ · Lee, Su-Min¹ · Han, Seung-woo^{2*}

Abstract : Asbestos is a building material that has been actively used because of its excellent durability and heat resistance until 2009, when it was found to be a first-class carcinogen and prohibited in Korea. Currently, asbestos dismantling is an essential process in demolition of old buildings. Workers are likely to be exposed to asbestos in the process of dismantling and removing them, which causes various occupational diseases, suggesting related laws and work standards to ensure the safety of asbestos dismantling process. Accordingly, prior studies have been conducted to analyze the level of asbestos exposure and influencing factors occurring during work, but most of them are mainly concerning health issue while research on process risks considering field characteristics and safety aspects of the work processes is still insufficient. Therefore, this study aims to derive the process risks affecting the safety of workers based on the survey results of asbestos dismantling companies, and further proposed a cost calculation model taking those risks into account.

키워드 : 석면해체 작업, 공정 리스크, 몬테카를로 시뮬레이션, 비용 리스크 관리

Keywords : asbestos dismantling, process risk, monte carlo simulation, cost risk management

1. 서론

석면은 뛰어난 내화성 및 내구성으로 1990년대 건설자재로 활발하게 사용된 자재이지만[1], 1급 발암물질로써 국내에서는 2009년부터 사용이 금지되었다. 이러한 석면 건축물의 해체·제거 시 작업자의 안전을 고려하기 위해 2003년 산업안전보건법의 석면해체·제거작업 허가제 및 조치 기준을 신설하였지만[2], 대부분 중소규모 현장인 석면 해체 공사의 경우[3] 해체 작업 전 시행되는 위험성 평가는 절차가 까다롭고 어려워 현장 작업과는 적합성이 낮다[4]. 이에 따라 안전성 평가와 석면 관련 제도의 문제점을 분석하고 개선 방안을 제안하는 연구[5] 등이 진행되었으나, 주로 보건적 측면에 대한 연구들이었으며 발암물질 제거 현장의 특성을 고려한 공정 리스크 분석은 부족한 실정이다. 이에 공정 리스크 분석으로는 석면해체의 사고 사례를 통해 작업 공정을 분류하고 위험성을 분석하는 연구[6]가 진행되었으나, 여러 건설자재 중 석면 슬레이트 해체 공정에만 한정되며 리스크 도출 및 개선 방안 제안에 국한된다. 따라서 본 연구는 석면해체 공사 중 작업자의 안전에 영향을 미치는 리스크를 도출하고, 이를 고려한 비용 산정 모델을 제안하였다.

2. 연구 방법

본 연구는 그림 1과 같이 데이터 수집, 공정 리스크 도출 및 리스크 비용 산정, 최적 대응 시나리오 도출 단계로 진행된다.

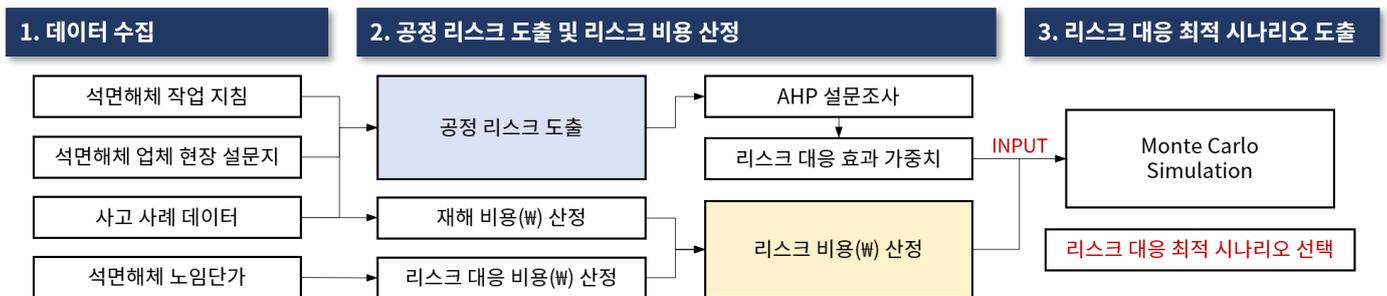


그림 1. 석면해체 공사의 공정 리스크를 고려한 비용 산정 모델 개발 프로세스

1) 인하대학교 건축공학과(건축공학)

2) 인하대학교 건축학부, 교수, 교신저자(shan@inha.ac.kr)

데이터 수집 단계에서는 석면해체 제거작업 지침과 사고 사례 데이터 등을 수집했으며, 3개의 석면해체 전문 업체를 대상으로 설문을 실시하여 현장 사례와 공사 비용 산정 자료를 수집했다. 이후 단계에서 수집한 데이터로 공정 리스크를 분석하여 도출했으며, 발생 가능한 사고 및 리스크 간의 중요도 비교를 위해 AHP 설문을 수행하여 리스크 및 리스크 대응 효과를 정량화하였다. 또한, 리스크 대응 비용은 사고 사례 보상 금액 등의 재해 발생 비용과 리스크 대응을 위해 추가되는 공기 지연 등을 고려하여 산정했다. 최적 대응 시나리오 도출 단계에서는 도출된 리스크 대응 효과 가중치와 산정된 리스크 비용을 입력값으로 활용하여 Monte Carlo 시뮬레이션을 수행하였고, 이를 통해 리스크 대응 최적 시나리오를 선택하여 리스크 대응 전후 발생 비용을 비교 분석했다.

3. 연구 수행 결과

본 연구는 석면해체 공사의 공정 리스크를 도출하고, 이에 대한 대응의 효과와 비용을 비교 분석하기 위해, 석면해체 작업 관리자를 대상으로 AHP 설문조사를 진행했다. 석면해체 공사에서 발생하는 사고로는 떨어짐과 무너짐 사고가 표 1과 같이 전체 사고의 50% 이상을 차지했으며, 대응 시나리오의 효과를 비교하기 위해 AHP 설문 결과의 평균 가중치를 도출한 결과 일부는 표 2와 같다. AHP 설문 결과의 일관성 지수 (CR) 값이 0.1 이하로 합리적인 일관성을 가지는 결과만 포함했으며, 이후 Monte Carlo 시뮬레이션 결과를 통해 평균 비용 대비 효과를 비교하여 최적 시나리오를 도출했다.

표 2. 리스크 대응 효과 가중치 도출

표 1. 석면해체 공사 사고 발생 빈도 및 심도

항목	빈도 평균 가중치	심도 평균 가중치
떨어짐	0.3105	0.4055
무너짐	0.1995	0.222
끼임	0.126	0.1035
부딪힘	0.161	0.107
물체에 맞음	0.124	0.0995
베임 및 찢림	0.083	0.0625

사고방지 대책의 효과 비교	항목	영향도 가중치			평균	일관성 지수 (CR)		
		이△△	황☆☆	이□□		이△△	황☆☆	이□□
	안전관리자 상주	0.138	0.215	-	0.1765	0.0313	0.0875	0.402
	작업방호 추가설치	0.235	0.11	-	0.1725			
	근로자 안전교육 강화	0.489	0.409	-	0.449			
	안전장비 개선	0.138	0.265	-	0.2015			
작업 방호 추가 설치 효과 비교	항목	영향도 가중치			평균	일관성 지수 (CR)		
		이△△	황☆☆	이□□		이△△	황☆☆	이□□
	안전대 및 지지로프 설치	0.3	0.275	-	0.2875	0.0603	0.05	0.1455
	비계 벽 연결	0.126	0.14	-	0.133			
	안전난간 설치	0.191	0.198	-	0.1945			
작업발판 설치	0.384	0.387	-	0.3855				

4. 결론

본 연구는 석면해체 전문 업체의 설문 결과를 토대로 작업자의 안전에 영향을 미치는 공정 리스크를 도출하고, 이를 고려한 비용 산정 모델을 제안했다. 이는 현장 특성을 고려하지 못해 작업 연계성이 낮았던 기존 석면해체의 안전성 평가를 보완하는 공정 리스크로 활용 가능하며, 이를 고려한 리스크 비용 산정 방법론은 현장 여건에 맞게 리스크에 대응할 수 있는 공정 계획 수립에 기여한다. 향후 모델의 범용적인 적용을 위해 다양한 현장 데이터를 추가하고, 현장 조건 별 리스크와 비용에 대한 연구가 수행될 것이다.

감사의 글

본 논문은 한국연구재단의 지원(과제번호 2021R1A2C1007467)으로 수행된 연구이며, 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 김현욱, 이승철, 임호주. 우리나라 건축물 내 석면사용 개관 및 석면해체·제거작업 문제점. 산업보건 No. 229. 2007. p. 31-33.
2. 정재원. 부산지역의 석면노출현황 및 위해도 평가. 부산대학교 대학원. 2013.
3. 심상효. 석면해체·제거업체의 작업현장 실태조사. 한국실내환경학회지. 2010. p. 166-178.
4. 장윤라, 고성석. 중·소규모 건설현장의 재해율 감소를 위한 위험성평가 방안. 한국건설관리학회 논문집 19(5). 2010. p. 90-100.
5. 장재필. 석면해체제거작업 관련제도와 안전성평가에 대한 개선방안 연구. 2020.
6. 오현수. 석면 슬레이트 해체작업의 공정분석 및 위험성평가에 관한 연구. 2014. p. 137-143.