

석면해체 공사의 작업 위험성 기반 공정 계획 모델 개발

Development of Process Planning Model for Asbestos Dismantling Work Based on Performance Risk

이수민¹ · 노재윤¹ · 한승우^{2*}

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

Abstract : Asbestos is a durable and heat-resistant building material used in various building materials such as slate, ceiling tex, and spray paint. It has been banned since 2009 after found to be a first-class carcinogen that causes various cancers and asbestos lung disease. Since workers are likely to be exposed to asbestos in the process of dismantling and removal of asbestos-made building materials and facilities, laws and work standards are proposed by the Ministry of Employment and Labor to ensure the safety of asbestos dismantling work. In addition, prior studies on exposure levels and analysis methods have been conducted in this regard mainly for residents. However, the relation between the results of the risk assessment of the process conducted during the asbestos investigation and the work is still ambiguous for the safety of workers. Therefore, this study proposes a process model development methodology that considers work risk based on the results of a survey from asbestos dismantling companies.

키워드 : 석면해체 작업, 생산성, 시뮬레이션, 웹사이클론

Keywords : asbestos dismantling, productivity, simulation, web-cyclone

1. 서론

국내의 석면건축자재 등 대부분의 석면함유제품의 사용은 2009년 이후에 금지되었고, 2015년에 이르러 석면함유제품은 전면 금지 되었다[1]. 석면해체 작업건수와 석면해체 업체는 2010년과 2020년을 비교하였을 때 각각 14,078건에서 20,448건으로, 1,557개소에서 3,717개소로 증가하는 추세이며[2], 석면 해체 작업으로 인한 작업자의 질환 예방 및 관리가 강화되고 있는 실정이다[3]. 이에 따라 석면 해체 작업 시 발생하는 노출수준과 영향요인을 분석하는 연구[4]와, 석면함유 건축자재에서 발생하는 석유 및 물질의 특성을 분석한 연구[5]가 주요 연구로 진행되었다. 하지만 이는 석면해체 작업 시 도구를 활용한 작업 방법의 구체 제시에 한정되었으며, 석면건축자재의 위해성 정도에 따른 위해성 평가 등급이 존재하나 이는 ‘낮음’ 등급이여도 석면 해체 작업이 진행되기 때문에 실제 작업과의 연계성이 미흡하다. 따라서, 기존의 평가 방법론을 보완하여, 보다 신뢰성 있는 작업 계획에 대한 제안이 필요하다. 본 연구는 석면 해체의 빅데이터 기반 최적화 공정 모형을 도출하는 연구의 초기 단계로 석면해체 업체의 설문 결과를 토대로 석면해체 작업의 위험등급을 고려한 시뮬레이션 모델 개발 방법론을 제안하였다.

2. 연구 방법

본 연구는 데이터 수집, 데이터 분석, 시뮬레이션 모델링, 결과 분석으로 진행된다(그림 1). 데이터 수집 단계에서는 석면 해체 작업 지침 및 석면과 관련된 법률과, 현장 실무자 인터뷰를 통해 석면해체 계획서, 작업영상, 현장 설문지를 수집하였다.

데이터 분석 단계에서는 수집한 데이터를 바탕으로 공정 프로세스

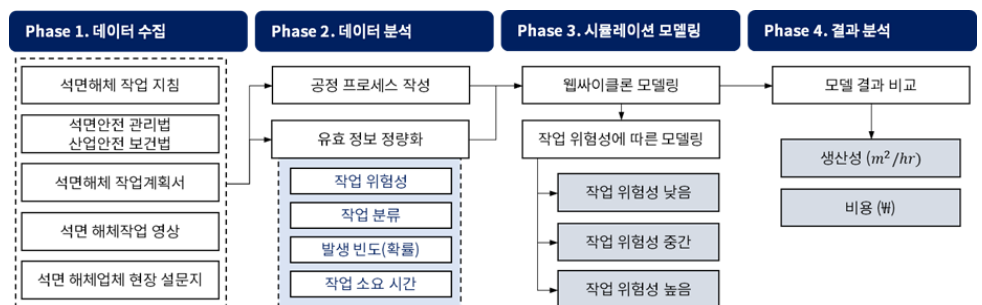


그림 1. 석면해체 공사의 작업 위험성 기반 공정 계획 모델 작성 프로세스

를 작성하였고, 인터뷰를 통해 수집한 지연요인과 작업 분류에 따른 작업 위험성, 작업 발생 빈도, 작업 소요 시간을 유효 정보로 정량

1) 인하대학교 건축공학과(건축공학)

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

화하였다. 시뮬레이션 모델링 단계에서는 Web-Cyclone을 통해 각 공종 별 발생 빈도와 기존 작업과 비교한 작업 소요 시간을 반영하여 7가지의 모델을 작성하였다. 모델 결과 분석 단계에서는 작업 위험성으로 분류된 모델별 생산성과 비용 결과를 비교 분석하여 위험성에 따른 공정 프로세스 모델을 제안하였다.

3. 연구 수행 결과

본 연구는 위험성 등급에 따른 시뮬레이션 모델 작성을 위해 석면해체 업체를 대상으로 발생 빈도와 사고심각성에 대한 설문을 진행하였으며, 작업의 위험성에 따른 발생 빈도 및 작업 소요 시간을 정리하면 표 1과 같다.

표 1. 작업 위험성에 따른 석면해체 작업 소요시간

작업 위험성	작업 분류	발생 빈도 (확률)	작업 소요 시간
낮음	기본 텍스 해체 작업	26%	기본 텍스 해체 작업 소요 시간
	텍스 위에 합판 시공	6.5%	기본 텍스 해체의 2~3배
	텍스 위에 도배 시공	6.5%	기본 텍스 해체의 1.5배
	텍스 위에 페인트 시공	61%	기본 텍스 해체의 1.5~2배
중간	고소 작업의 경우	10%	기본 텍스 해체의 3~4배
	보양 작업의 어려움	10%	기본 텍스 해체의 2~3배
높음	분진 형태 뽕칠재	1%	기본 텍스 해체의 10배

‘작업 위험성 낮음’에는 천장 텍스해체 작업이 주로 포함되며, 위험성은 높지 않으나 석면 분진의 추가 발생 위험이 있어 추가로 합판 등이 시공된 경우 작업 소요 시간이 증가함을 확인할 수 있다. ‘작업 위험성 중간’에 포함되는 고소작업의 경우와 보양 작업의 어려움의 경우 석면해체 공사의 주된 인적 사고인 추락의 위험이 있어 아래와 같이 작업 속도에 영향을 받는다. 마지막으로 ‘작업의 위험성 높음’ 등급을 받은 분진 형태의 뽕칠재의 경우 하나의 자재가 아니라 굵어서 제거해야 하므로 석면해체 노출 농도가 타 자재에 비해 높으며, 이동이 자유롭지 못한 특수 마스크의 착용으로 작업능률이 저하되어 기본 텍스 해체 소요시간의 10배 정도의 시간이 소요된다. 본 연구는 해당 작업 소요 시간 데이터의 분포를 시뮬레이션 입력값으로 투입하였고, 도출한 생산성 결과를 비교하였다.

4. 결론

본 연구는 석면해체 업체 설문 결과를 토대로 석면해체 작업의 위험등급을 고려한 시뮬레이션 모델 작성을 제안하였다. 이를 통해 위험성 평가등급은 있으나 실제로 작업과 연계가 불가능하여 등급에 따른 조치사항의 차이가 경미했던 석면해체 공사의 작업연계 가능한 작업 위험성 등급을 제안하였으며, 이를 고려한 시뮬레이션 모델은 석면해체 공사의 안전성을 고려한 공사계획 수립에 도움을 줄 것이다. 이후, 보다 사실적으로 현장을 반영한 시뮬레이션 모델 구축을 위해 보양작업 및 폐기물 반출 작업에서의 위험 요인을 추가로 고려하고, 작업 시 발생하는 비산 농도를 고려하여 이를 최소화 할 수 있는 방안을 고려한 연구가 수행될 것이다.

감사의 글

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

참고문헌

1. 환경부. 석면건축자재의 종류 및 특성. 2019. pp. 1-16.
2. 고용노동부·환경부. 석면해체·제거작업 제도개선. 2021. pp. 1-10.
3. 한국산업안전보건공단. 석면 해체 제거 작업자의 건강관리 지침. 2021. pp. 1-16.
4. 김지영, et al. 석면 해체·제거 시 공기 중 노출수준과 영향요인. 한국산업위생학회지. 2009. pp. 8-15.
5. 최성원, et al. 해체·제거 작업 시 석면함유 건축자재에서 발생하는 섬유 및 입자상 물질의 특성. 한국산업보건학회지. 2015. pp. 184-193.