

건설공사 사고데이터 기반 평균공사일수 산출 및 재해발생 평균시점 추출 기초연구

김태훈, 한재영, 김기남, 이민재
충남대학교 토목공학과
e-mail:pah11240@o.cnu.ac.kr

A Basic Study on the Normal Distribution of Construction work and Mean Time of Disaster based on Accident data

Tae-Hoon Kim, Jae-Yeong Han, Ki-Nam Kim, Min-Jae Lee
Dept. of Civil Engineering, Chungnam National University

요 약

본 연구에서는 공정율에 따른 중첩공종을 추출하기 위하여 선행연구 분석과 국토안전관리원에서 관리하는 사고접수현황파일을 기반으로 건설현장에서 발생하는 건설재해의 실제 재해사례를 통해 평균 공기를 산출하고 사고발생확률이 높은 지점을 제안하고자 한다. 건축물을 대상으로 공중(소분류)의 3,351건의 재해사례를 대상으로 도출하였으며, 각 공종의 전체공사 시작일, 전체공사 종료일, 해당공종 공사시작일, 해당공종 공사종료일, 부상자, 작업프로세스를 활용하여 평균공기와 사고발생시점을 추출하였다. 추출결과 총 17건의 공종의 공사일수를 정규화하였으며, 이중 가설공사를 대상으로 공정율에 따른 재해발생 확률을 추출하였다.

1. 서론

국내 보급된 주택 중 62%는 아파트이고, 전 국민의 50%가 아파트에서 거주하고 있으며 2021년 공동주택(아파트)의 발주, 공사, 용역 계약금액은 7조 7000억원에 달하는 지표를 통해 지속적으로 공동주택공사가 진행됨을 알 수 있다. 통계청에서 발표한 자료에 의하면 2021년 건설업은 2,378,751명, 제조업은 3,959,780명의 근로자가 있었으나, 건설업의 사망만인율은 2.32‰이며 제조업은 1.29‰이다. 건설공사는 설계 및 시공이 복잡하고 위험수준이 타 산업과 비교하여 높으며, 현장에서 진행되는 다양한 공정들과 요인들로 인해 안전에 대한 대비가 반드시 필요한 산업군이다. 이에 정부는 건설재해 저감을 위해 지속적으로 노력하고있으며 다양한 관점으로 사고를 예측하고 분석하여 기존의 단편적인 현장중심의 안전관리에서 4차 산업혁명 산업기술을 기반의 안전관리를 필요로 한다.

특히, 2022년 개정된 산업안전보건법에 의하면 ‘기술지도 계약체결의무주체’ 주체변경과 공사금액(건설공사 1억~120억, 토목공사 150억)에 따른 명확한 명시를 통해 사고가 빈번하게 발생하였던 중·소규모의 공사에 대한 법적인 범주를 설정하고 관리 감독을 강화하고 있는 추세이다. 건설기술진흥법은 건설공사현장의 안전을 도모하기 위해 제63조(안전관리비

용), 시행규칙 제60조(안전관리비)에 명시하여 전체 공사비 금액에 따라 최소한의 금액을 반영할 수 있다. 하지만 중·소규모 현장의 경우 법규의 요율을 적용할 경우 안전을 위한 대책을 강구하기 어려운 현실이다.

따라서, 본 연구에서는 선행연구에서 구축한 공동주택(20층 아파트) 표준공정표를 기반으로 국토안전관리원의 사고접수 현황데이터 항목 중 공중(소분류), 전체공사 시작일, 전체공사 종료일, 해당공종 공사시작일, 해당공종 공사종료일, 사고발생시점, 부상자를 추출하여 공종의 진행율에 따른 재해발생 시기를 도출하고 타 공정에 기인해 발생한 사고유무를 파악하고자 한다.

2. 문헌고찰

건설재해를 예방하기 위한 선행연구들을 살펴보면 다음과 같다.

Kimi, H.N(2018)는 국내의 공사기간을 산정하는 실태를 조사하고, SPSS통계프로그램을 활용하여 도로터널 발파 및 굴착작업의 적정공와 공사기간에 영향을 주는 요소들을 추출하는 연구를 진행하였다. Ryu, H.G. & Son, S.H(2020)은 공동주택 건설현장의 산업재해를 안전보건공단(KOSHA)에서 제공하는 데이터를 활용하여 다중 상용 분석을 통해 추락재해의 빈도와 사망률이 높다는 것을 도출하였고, 재해는 안전교육 미실시, 경험 부족 그리고 안전불감증이 원인이 되어 사망

자가 많이 발생한다고 분석하였다.

Kim, Y.H.(2022)는 예방적 안전관리를 위해 안전관리 활동, 안전문화 핵심요소, 불안전 행동관리 등과 관계모형인 구조 방정식을 제시하고 관계모형의 경로를 통해 안전문화 핵심요소의 우선순위를 선정하고, 안전성과를 측정하고 개선하는 연구를 진행하였다.

Son, S.H.(2022)은 건축공사에서 12개의 주요 공정을 선정하고 공정별로 발생하는 유해요인을 추출하여 작업환경측정 대상을 선정하였고, 근로자들이 특수건강진단 시 실시할 항목을 세부적으로 선정 및 분석하였다.

기존의 연구들은 사고이력 데이터를 활용하여 다양한 분석 기법을 통해 사고원인과 심각성을 분석하거나 재해예방을 위해 공중별 유해요인 추출, 문화적 요인관점 등 과 같이 다양한 관점에서 재해의 원인요소 추출과 예방하기 위해 노력하였다. 또한 1~2개의 공정들의 최적공사일수를 산출하는 연구는 많았으나 중·소규모 현장에서 직관적으로 이해하고 활용하기에 한계가 있다. 본 연구에서는 Kim, T.H. et al(2022)은 국내 공동주택 공정표를 활용하여 공동주택 표준공정표를 기반으로 국내 사고 접수현황 데이터를 활용하고, 건설현장의 특성상 좁은 공간에서 다양한 공정들이 진행되는 점을 고려하여 투입되는 전체 공중들의 평균일수를 산출하고 이에 따른 부상자, 사망자 발생시점, 중첩공중사고를 도출하고자한다.

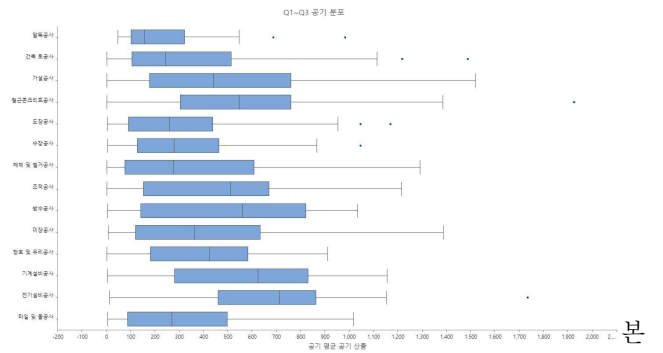
3. 공정기반 재해발생 연관성분석

3.1 정규분포 분석(Normal Distribution Analysis)

정규분포는 통계분야에서 가장 대표적인 연속 확률분포로서, 어떤 변수가 무작위로 가질 수 있는 실제 값에 관한 분포를 기술한다. 정규분포의 확률밀도함수(Probability Density Function)은 식(1)과 같이 나타나며, μ 는 확률밀도함수의 기댓값 혹은 평균값이고 σ 는 표준편차, σ^2 는 분산이다.

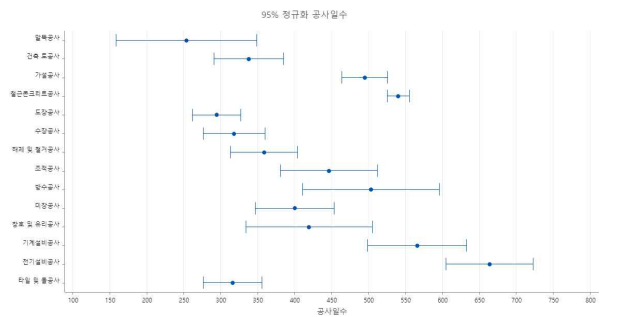
$$f(x|\mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\sigma^2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \dots\dots\dots(1)$$

논문에서는 사고접수현황데이터의 항목 중 시설물 대분류(대)-건축, 시설물 소분류-동주택, 근린생활시설, 단독주택 그리고 공중(소분류)를 선정하여 분석하였다. 공사기간을 추출하기 위해 해당공정 공사기간을 도출하여 사고접수현황데이터의 전처리 후 정규화하였다.



[그림 1] 중위수에 따른 Q1~Q3 산포도

[그림 1]은 14개의 공중(소분류)를 추출하여 공기에 따른 최소 공사일수와 최대 공기일수로 중위수와 데이터 값들을 기반으로 25%이상(Q1)과 75%이하(Q3)값을 기반으로 산포도를 작성하였다.

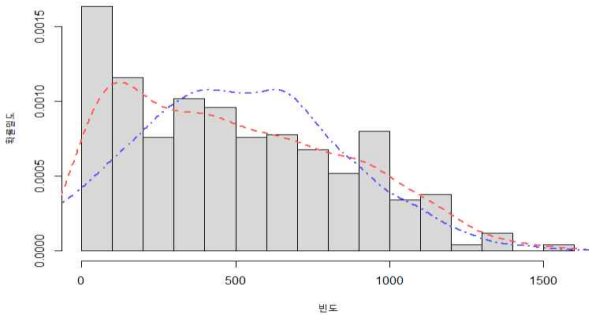


[그림 2] 공중별 정규분포 95% 이상 공사일수 산출

산출된 산포도는 사고접수현황데이터를 바탕으로 구성이 되어있으므로 Bar차트 이내에 혹은 추세선에서 사망 혹은 부상 사고가 발생하였다. 발생한 사고시점을 추출하기 위해서 정규분포와 공사일자를 기반으로 정규분포화하여 [그림 2]와 같이 95%이상의 정규분포를 따르는 도표를 작성하였다. 정규분포 기반으로 산출된 공사일수의 추세선이 짧을수록 해당공중은 비슷한 공사기간이 소요되는 것을 의미하고 추세선이 길수록 공사일수에 대한 편차가 크다는 점을 확인할 수 있었다.

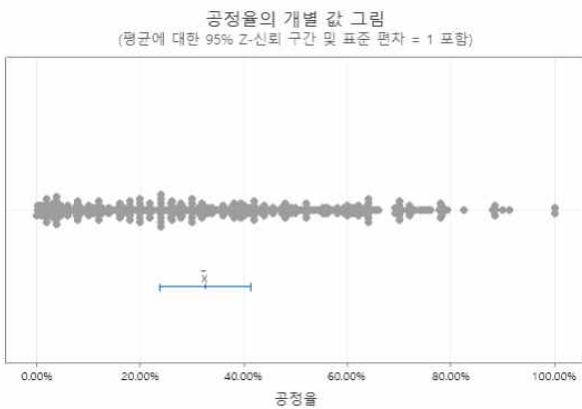
3.2 가설공사 재해데이터 분석

가설공사의 해당공중 공사일수를 기반으로 공사일수를 산출하고, 사고발생 시점을 통해서 [그림 3]의 재해발생 시점을 붉은색 그래프로 가시화와 파란색 그래프로 정규화하였다.



[그림 3] 공사일수에 따른 재해시점 히스토그램(가설공사)

가설공사는 32.56%의 공정율을 가졌을 때 사고발생 확률이 가장 높고, ±8.77%전후로 95%의 신뢰구간을 보유했으며 23.79%부터 41.32%의 공정율에서 사고가 빈번하게 발생하는 것을 도출하였다[그림 4].



[그림 4] 95% Z-신뢰 구간 및 표준편차(가설공사 500건)

3.3 가설공사 사고현황 재해분석

500건의 가설공사에서 발생한 인적사고는 21개로 구성되어 있었으며, 떨어짐 136건, 넘어짐 114건, 물체에 맞음 98건, 끼임 46건, 부딪힘 33건으로 빈번하게 발생하였다. 사고접수현황데이터의 구체적인 사고원인으로 공종별 중첩공종내용 추출하였고 [표 1]과 같다.

[표 1] 중첩공종 위험도 분류 예시

시설물분류	선행공종	후행공종	사고유형	사고유형상세
건축	설치작업 (철근콘크리트공사)	해체작업 (가설공사)	넘어짐	바탕보 및 바닥 해체작업 중 용벽배근 철근을 발견하지 못해 걸려 넘어짐
	설치작업 (가설공사)	행통 및 목공 (철근콘크리트공사)	떨어짐	설치된 가설 작업발판의 결속 불량으로 인한 후속공정 작업자의 추락사고
	조립작업 (철근콘크리트공사)	조립작업 (가설공사)	끼임	타 공정과의 간섭으로 인하여 가설물 일부를 임의해체하여 외벽 가꾸집 전도로 근처에서 작업중이던 비계작업자에 압착 사고 발생

4. 결론

본 연구는 국토안전관리원의 사고발생현황데이터를 기반으로 건축공사의 공동주택 4,342건을 활용하여 공종별 공사일수를 산출하였고 부상자, 사망자의 발생시점으로 가시화 하

여 중첩공종을 추출하였고 주요 연구결과는 다음과 같다.

1) 동시다발적으로 진행되는 공동주택의 다양한 공종들을 정규화하여 사고접수현황데이터를 통해 공종별 소요 공사일수 추출하였다.

2) 사고발생시점들을 정규화하여 공종율에 따른 재해가 빈번하게 발생하는 시점을 추출하고 시각화하였다.

3) 가설공사 500건의 사고현황을 분석하여 타공종에 의해 발생한 재해사례를 추출하였고, 떨어짐 사고가 빈번하게 발생하였고 중첩공종 사례도 추출하였다.

향후 연구에서는 본 연구에서 도출한 정규화된 공사일수와 일반공정표를 접목하여 현장 맞춤형 일반공정표를 수정과 작성할 수 있는 플랫폼을 구축할 수 있으며, 공종별 공사일수에 따른 사고발생시점들을 통해 사고접수현황데이터의 중첩공종들의 사고특성을 분석할 수 있을 것으로 기대된다. 이는 안전관리자와 현장 실무자들이 사용하는 공정표와 더불어 공정율에 따라 안전관리 우선순위를 판단할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국연구재단 이공분야기초연구의 연구비 지원(NRF-2022 R111A3068942)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 김하나, 김대영, 김대영, 정성춘, 허영기, “도로터널 굴착공사의 적정공기 판단기준”, 대한건축학회 논문집-구조계, 34(4), 59-64, 2018년.
- [2] 류한국, 손승현, “다중 상응 분석을 통한 아파트 건설현장 업무상 재해 유형 분석”, 한국건축시공학회, 20(3), pp. 269-278, 6월, 2020년.
- [3] 김용훈, “건설현장의 지각된 안전관리 활동과 안전성과의 관계에 대한 비재귀 경로모형분석”, 한국재난정보학회논문집, 18(4), pp. 786-794, 12월, 2022년.
- [4] 손서형, “건축공사의 공종별 유해요인 분석에 따른 작업환경측정 및 특수건강 진단 대상 분석에 관한 연구”, 한국재난정보학회논문집, 18(2), pp. 386-394, 6월, 2022년.
- [5] 김태훈, 김기남, 이민재, “건축공사 공정단계별 사고위험도 분석과 중첩공종 위험도 분석” 한국건설관학회 정기 학술발표대회논문집. pp 151-152, 11월, 2022년