

# 적층식 랙 및 가연물에 따른 물류창고 화재·피난 안전성 분석

김봉찬\*, 서동구\*, 염태준\*, 김한샘\*, 황은경\*

\*한국건설기술연구원 건축도시연구본부

e-mail: bongchankim@kict.re.kr

## Analysis of Fire and Evacuation Safety in Logistics Warehouses by Mezzanine Ratio and Combustible Type

Bong-Chan Kim\*, Dong-Goo Seo\*, Tae-Jun Yeom\*, Han-Saem Kim\*, Eun-Kyoung Hwang\*

\*Dept. of Building and Urban Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

### 요약

본 연구는 적층식 랙(부분 중이층, Mezzanine)이 적용된 물류창고를 대상으로 화재 및 연기거동 특성과 피난 안전성을 정량적으로 분석하고자 하였으며, 적층식 랙 적용 비율과 가연물 유형을 변수로 하는 총 8개의 시나리오를 구성하여 FDS 기반 화재 시뮬레이션과 Pathfinder 기반 피난 시뮬레이션을 수행하였다. 분석 결과, 적층식 랙 면적이 증가할수록 피난 소요시간은 323초에서 349초까지 증가하였으며, 배터리 화재 시나리오에서는 모든 시나리오에서 피난 완료시간 이전에 인명안전 한계값을 초과하는 것을 확인할 수 있었다.

### 1. 서론

물류창고의 적층식 랙(부분 중이층 형태, Mezzanine)은 개방형 다층 구조라는 특성상 화재 발생시 상·하부 층 간 열·연기의 복합적 이동, 부력에 의한 고온 연기의 상층부 급속 확산, 시야 확보 저하 등으로 초기 화재 진압과 피난 효율성을 크게 저감시킨다고 할 수 있다. 본 연구에서는 적층식 랙 비율과 가연물의 유형에 따른 화재·연기 거동과 피난 안전성을 정량적으로 분석하였으며, 이는 향후 물류시설 화재 안전 설계 및 대응 전략 수립을 위한 기초자료로서 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

### 2. 시뮬레이션 개요

본 연구의 시뮬레이션 대상인 물류창고는 가상의 모델로서 3,000㎡의 바닥면적을 가지고 직통계단까지의 최대 보행거리가 50m이다. 바닥면적 대비 적층식 랙의 비율(0, 1/3, 1/2, 2/3)과 가연물 조건을 고위험(PMMA)과 배터리(18650셀)로 구분하여 총 8개의 시나리오로 구성하였으며, 모든 시나리오에서 스프링클러 및 제연설비는 작동하지 않는 보수적인 조건을 가정하였다.

화재 시뮬레이션은 NIST[1]에서 개발한 FDS(Fire Dynamics Simulator)를 활용하였으며, NUREG-1824 Mesh 민감도 수용 범위를 검토하여 격자의 크기를 0.4m로 적용하였다. 가연물의 HRR은 PMMA의 경우 약 700초에서 7,594kW, 배터리의 경우 약 700초에서 3,800kW의 최대 열방출률을 갖는 실물실험 기반

데이터를 적용하였다. 피난 시뮬레이션은 Pathfinder를 사용하였으며, 인명안전 기준은 「성능위주설계 평가 운영 표준 가이드라인」에 기준 온도, 가시거리, 일산화탄소, 이산화탄소 농도를 적용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

적층식 랙 면적이 증가할수록 피난시간은 323초에서 342초, 345초, 349초로 점진 증가하여 그 영향은 약 26초로 제한적이라고 할 수 있다. 반면 가연물의 유형에 따라 화재 및 연기 거동은 뚜렷한 차이를 나타냈는데, PMMA 시나리오는 모든 조건에서 600초 내 인명안전 기준을 초과하지 않은 반면, 배터리 시나리오에서는 모두 피난 완료 이전(온도 199~319초, 가시도 224~372초 도달)에 한계값을 초과하는 것을 확인할 수 있었다. 이에, 배터리를 적재하는 물류시설에서는 별도의 화재안전 설계 기준과 초기 대응 전략이 필요할 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

[1] NIST, "Fire Dynamics Simulator User's Guide", NIST Special Publication 1019-6, 2025년.

#### 감사의 글

본 연구는 국토교통과학기술진흥원의 연구비 지원에 의한 결과임(과제번호: RS-2022-00156237, 과제명: 물류시설 화재 안전성 및 위험도 관리 기술 개발)