

제천스포츠센터 화재확산경로 추정을 위한 예측식 및 화재시뮬레이션 비교 분석에 관한 연구

A Study on the Comparative Analysis of Hand Calculations and Fire Simulation for Estimating Fire Spread Paths in Jecheon Sports Center

최윤주¹ · 김윤성² · 이병훈² · 권영진^{3*}

Choi, Yun-Ju¹ · Kim, Yun-Seong² · Lee, Byeong-Heun² · Kwon, Young-Jin^{3*}

Abstract : In previous studies, fire simulation was used to estimate the fire spread path. According to previous studies, the fire spread path was estimated to be the main staircase, but consideration of interior materials and internal bulkheads was insufficient. In this study, the ignition time of the 3rd layer was analyzed using the prediction formula considering the interior materials and internal bulkheads. As a result of referring to the architectural drawings, it was found that the interior material of the 3rd floor was made of polystyrene. The internal ignition time of the third floor using FDTs was calculated to be 14,070 seconds (about 234 minutes). The internal ignition time of the 3rd floor using the Handbook on Design Calculation Methods of Fire Behavior was calculated to be 3,104 seconds (about 51 minutes). As a result of calculating the ignition time through the predictive formula, there is a large difference in the ignition time, so it is necessary to review the condition of the variable as a result of the calculation in the future.

키워드 : 화재 시뮬레이션, 예측식, 화재확산경로

Keywords : fire simulation, hand calculations, fire spread paths

1. 서론

2017년 발생한 제천스포츠센터 화재로 인해 29명의 사망자와 40명의 부상자가 발생했다. 발화원인은 1층 주차장 천장 내부의 전기 합선으로 추정되며, 가연성 외장재 및 건물 내부의 방화구획 미비 등으로 화재가 확산되었다[1]. 특히 2층과 3층은 목욕탕 용도로 비슷한 구조이지만 화재로 인한 피해는 상이하게 나타났다. 2층의 경우 연기로 인한 그을음 피해가 컸으며, 3층은 내부가 전소하는 연소 형태가 나타났다. 선행 연구인 ‘제천스포츠센터의 수직 화재확산 해석을 위한 화재시뮬레이션 분석에 관한 연구’[2]를 통해 화재확산 경로를 주 계단으로 추정하였다. 본 연구에서는 선행연구에서 보완점으로 요구되는 3층 내장재 및 격벽 등을 고려한 예측식을 활용하여 착화시간을 계산하였다. 화재확산 및 다수의 인명피해 발생 원인에 대하여 추정하기 위해서는 다양한 화재성상 예측 방법을 적용하여 비교할 필요성이 있다. 국외에서는 화재시뮬레이션 뿐만 아니라 다양한 예측식을 활용하여 화재성상을 예측하고 있다. 예측식으로는 미국 원자력 위원회에서 개발하고 사용하는 FDTs[Fire Dynamics Tools][3] 와 일본건축학회에서 발간한 화재성상예측핸드북[火災性狀予測計算ハンドブック][4]을 활용하고자 한다. 앞서 전술한 예측식의 경우 필로티 구조의 건축물 특성을 고려한 화재성상 예측이 가능하다.

따라서 본 논문에서는 내장재 및 격벽 등을 고려한 예측식을 활용하여 주계단을 통한 화재확산 경로에 대하여 착화시간을 계산하고 화재사례와 비교하는 것을 목적으로 한다.

2. 주계단을 통한 화재확산경로 분석

2.1 FDTs[Fire Dynamics Tools]를 활용한 3층 착화시간 예측[3]

예측식을 활용하기 위해서는 화재확산경로에 대하여 간략하게 표현할 필요가 있다. 1층 주차장에서 발생한 화재는 1층 내부로 확대되고 이후 주 계단을 통해 3층으로 확대된 것으로 추정한다. FDTs에서는 화염으로 이격된 거리에서의 복사 열유속을 예측할 수 있으며 1층 주차장에서 3층 방화문까지 이격거리를 고려한 복사 열유속은 2.77kW/m²으로 계산되었다. 3층 내부 도면을 검토한 결과 바

1) 호서대학교 소방방재학과, 석사과정

2) 호서대학교 소방방재학과, 박사과정

3) 호서대학교 소방방재학과, 교수, 교신저자(jungangman@naver.com)

다 내장재는 압출법보온판 1호(T50)를 사용하였다. 압출법보온판은 폴리스티렌(Polystyrene) 수지를 압축·발포한 것으로 착화시간은 폴리스티렌에 착화되는 것으로 가정하였으며, 계산식은 식(1)과 같으며 착화시간은 14,070초(약 234분)으로 계산되었다.

$$t_{ig} = (\dot{q}_{critical}'' / b \dot{q}_e'')^2 \quad (1)$$

t_{ig} : 재료 착화 시간(sec)

$\dot{q}_{critical}''$: 최소 열 유속 (kW/m^2)

\dot{q}_e'' : 착화가 가능한 열 유속 (kW/m^2)

b : 화염확산 매개변수 ($s^{-1/2}$)

2.2 화재성상예측핸드북[火災性狀予測計算ハンドブック]을 활용한 3층 착화시간 예측[4]

화재성상예측핸드북은 필로티 구조의 특성을 고려한 화염높이를 계산하고 화염높이 따른 복사 열유속을 통해 착화시간을 계산한다. 필로티 구조의 특성을 고려한 화염높이는 간헐화염영역, 연속화염영역, 평균화염영역으로 구분되며 간헐화염영역의 화염높이는 12.64m로 3층 높이에 해당된다. 간헐화염영역에 해당하는 3층의 바닥부분 높이의 복사 열유속은 $5.9kW/m^2$ 으로 계산되었다. 복사 열유속을 통한 착화시간 계산식은 식(2)와 같으며 폴리스티렌(Polystyrene)의 착화시간은 3,104초(51분)으로 계산되었다.

$$t_{ig} = \frac{4}{\pi} kpc \left(\frac{T_{ig} - T_0}{q} \right) \quad (2)$$

t_{ig} : 착화시간 (sec)

kpc : 가연물의 열관성(kW^2s/m^4k^2)

T_{ig} : 착화 온도[K]

T_0 : 주위온도[K]

q : 복사 열유속 (kW/m^2)

3. 결론

예측식을 통한 3층 내부 착화시간을 계산한 결과 FDTs의 경우 14,070초(약 234분)계산 되었으며, 화재성상예측핸드북의 경우 3,104초(약 51분)으로 계산되었다. 예측식을 통한 착화시간을 비교한 결과 큰 차이가 나타났다. 예측식의 신뢰성보다 계산과정에 필요한 변수 및 조건 등을 검토하고 계산과정 등의 차이점을 비교할 필요성이 있다.

감사의 글

본 연구는 소방청 재난현장긴급대응기술개발사업(20015074)의 연구비 지원으로 수행 되었습니다.

참고문헌

1. 이의평. 제천 스포츠센터 화재의 다수 사상자 발생원인 분석- 건물과 설비의 구조적인 요인을 중심으로-. 한국화재소방학회논문지. 2018. 제32권 4호. p. 86-94.
2. 최윤주, 김윤성, 이병훈, 권영진. 제천스포츠센터의 수직 화재확산 해석을 위한 화재시뮬레이션 분석에 관한 연구. 한국건축시공학회 학술발표대회 논문집. 2022. 제22권 1호. p. 79-80.
3. 火災性狀予測計算ハンドブック. 日本建築学会. 2018.
4. Fire Dynamics Tools. Nuclear Regulatory Commission. 2004.