

시뮬레이션 분석을 통한 소규모 공간 화재위험성 평가에 관한 연구

A Study on Fire Risk Assessment of a Small Space using Fire Simulation

함은구* · 김동철** · 노삼규*** · 이창우**** · 고재선*****

Ham, Eun-Gu · Kim, Dong-Cheol · Roh, Sam-Kew · Lee, Chang-Woo · Ko, Jae-Sun

요약

본 논문에서는 소규모 공간을 규정하였다. 광의의 소규모 공간이란 바닥 면적이 300㎡ 미만으로서 소방관련법 상 소화설비 설치대상에서 제외되는 공간에 해당한다. 또한 협의의 개념으로 소방관련법 상 소화설비 설치대상에 해당하나 바닥 면적이 300㎡ 미만 중에 소화설비 설치가 제외되는 공간과 피트공간과 그 밖의 소방관련법 상 소화설비 설치대상에 포함되지 아니하는 주방을 의미한다. 소규모 공간이지만 사용 용도가 창고 등과 겸용으로 사용되어 화재하중을 예상하기 어려우며 소화설비가 요구되는 공간이다. 본 연구는 다양한 화재원인 중에 전기화재에 관한 것으로 전기설비의 안전성능 기준이 강화되고 제품의 질적 수준이 향상됨에 따라 발화요인별 화재 발생률이 다소 둔화되고 있으나 전기화재는 여전히 화재사고의 상당한 부분을 차지하고 있는 실정으로 소규모에서 발생할 수 있는 화재를 대상으로 하여 구획된 소공간유형의 EPS실에서 케이블 등의 가연성물질에 대한 화재위험성을 시뮬레이션 분석을 통하여 산정하였다.

keywords : 소규모공간, 소화설비, 시뮬레이션, 화재위험성

1. 서론

국민안전처의 통계자료에 의하여 2014년 1월 1일부터 2014년 12월 31일까지 발화요인별 화재발생건은 Table1.과 같이 나타났고, 이 표를 보면 2014년도 연간 총 화재의 발생 건수는 42,135건이었으며, 이중 전기적 발화요인은 9,445건으로 총 화재의 발화요인 중 22.42%로 나타났다.(MPSS, 2014) 오늘날 사용되는 에너지는 대체로 전기, 가스, 경유 등으로 구분되며 이 중에 사용의 편리성으로 인해 전기 사용이 증가하여 전기에 대한 사용의존도가 높아지게 되었으며, 이러한 추세가 발화요인 중에 전기화재의 발생 건을 가중시키는 주요 원인에 해당된다. 일반적으로 사용하고 있는 전기적인 에너지의 양은 발화에 필요한 에너지의 양에 비추어 상당히 높은 수준이며 따라서 비정

* 정회원 · 광운대학교 건축학과 외래교수 hameg@hanmail.net

** 정회원 · 광운대학교 건축학과 박사과정 cheol555@saeseoul.net

*** 정회원 · 광운대학교 건축학과 교수 roh@kwl.ac.kr

**** 정회원 · 숭실사이버대학교 소방방재학과 교수 lcw119@mail.kcu.ac

***** 정회원 · 호원대학교 소방행정학과 교수 119kjs@hanmail.net

상적인 전기의 흐름, 즉 어떤 요인에 의해서 과전류, 단락, 지락, 접촉불량 등이 세부적인 전기화재 발화요인으로 분류될 수 있다.

2. 본론

가연성 물질은 EPS실의 일반적인 구성요소인 케이블과 전기적인 장치로 보았으며, 실제로 그 밖의 여러 가지 화재하중에 관하여 본 연구에서는 연료의 총량에 합산한 것으로 계산하였다. 본 구성에 세부적인 사항은 케이블, 개폐기 등으로 구성된 전기적인 장치에 관하여 PVC 재질로 구성하였으며, 건축물 내의 케이블 및 전선 화재하중에 관한 LAPP GROUP(CANADA) 자료에 의하면 기본적인 물질이 PVC인 경우 평균 5.8kWh/kg으로 되어 있고, 연료의 총량은 케이블 0.6/1kV CV × 10 × 100m로 가정한 화재하중으로 모델을 구성하였다. 이 중 C0506T1의 부피는 0.476 m³으로 가정하였으며, 이 경우 C0506T1 중량은 714kg이고 구리를 제외하고 연료에 해당하는 부분에 관한 화재하중은 13.36 kg/m³에 해당하도록 설계하였다.(LAPP GROUP PRODUCTS, 2015)

연료에 관한 FDS 묘사는 다음과 같이 진행하였다.

```
&SPEC ID = 'C0506T1',          FORMULA = 'C2H3Cl'/
&SPEC ID = 'OXYGEN',          LUMPED_COMPONENT_ONLY = .TRUE./
&SPEC ID = 'NITROGEN',        LUMPED_COMPONENT_ONLY = .TRUE./
&SPEC ID = 'HYDROGEN CHLORIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY = .TRUE./
&SPEC ID = 'WATER VAPOR',     LUMPED_COMPONENT_ONLY = .TRUE./
&SPEC ID = 'CARBON DIOXIDE',   LUMPED_COMPONENT_ONLY = .TRUE./
&SPEC ID = 'CARBON MONOXIDE',  LUMPED_COMPONENT_ONLY = .TRUE./
&SPEC ID = 'SOOT',            LUMPED_COMPONENT_ONLY = .TRUE./
```

```
&SPEC ID = 'AIR', BACKGROUND=.TRUE.,
SPEC_ID(1) = 'OXYGEN', VOLUME_FRACTION(1) = 1 ,
SPEC_ID(2) = 'NITROGEN', VOLUME_FRACTION(2) = 3.76, /
```

```
&REAC FUEL = 'C0506T1'
SPEC_ID_NU = 'C0506T1', 'AIR', 'PRODUCTS', NU=-1, -1.830357143, 1,
HEAT_OF_COMBUSTION = 16533.33, CHECK_ATOM_BALANCE=.TRUE. /
```

소방 분과 발표

FDS 연소 모델은 가연성 물질을 스칼라 양으로 반응 및 계산하며, 연료와 산소의 반응이 반드시 순차적으로 완전하지는 않으나 환기 공간에서 특성에 의해 연소의 속도가 결정된다. 열방출율은 여러 종의 질량 생성율(\dot{m}''_{α})과 이에 해당되는 생성열($\Delta h_{f,\alpha}$)에 따르므로 질량반응물질과 생성물질 사이에 얻어지는 열방출률(\dot{q}''')은 식(1)과 같은 일반적인 열특성 공식에 따른다.(Hwang et al., 2008)

$$\dot{q}''' = - \sum_{\alpha} \dot{m}''_{\alpha} \Delta h_{f,\alpha} \quad \dots \text{식(1)}$$

유동장의 로컬 상태에 기초하여 상기 혼합 시간에 대한 본 모델에서의 고려사항은 물리적 과정과 하부 격자의 이류, 그리고 부력 가속 및 제어 흐름 시간 척도로서 그것은 LES(Large Eddy Simulation) 필터 폭의 변화에 따라 SGS(Subgridscale) 모델을 사용하였다. 본 연구에서는 일반적인 건축설계에 따라 구성된 EPS실내에서 화재가 발생하는 경우에 산소의 공급이 원활하지 않은 공간적 특성에 기인한 화재 성장과정을 Fig. 1와 같이 FDS6을 이용한 시뮬레이션을 통해 열의 발생과 전달에 관하여 확인하고자 한다.

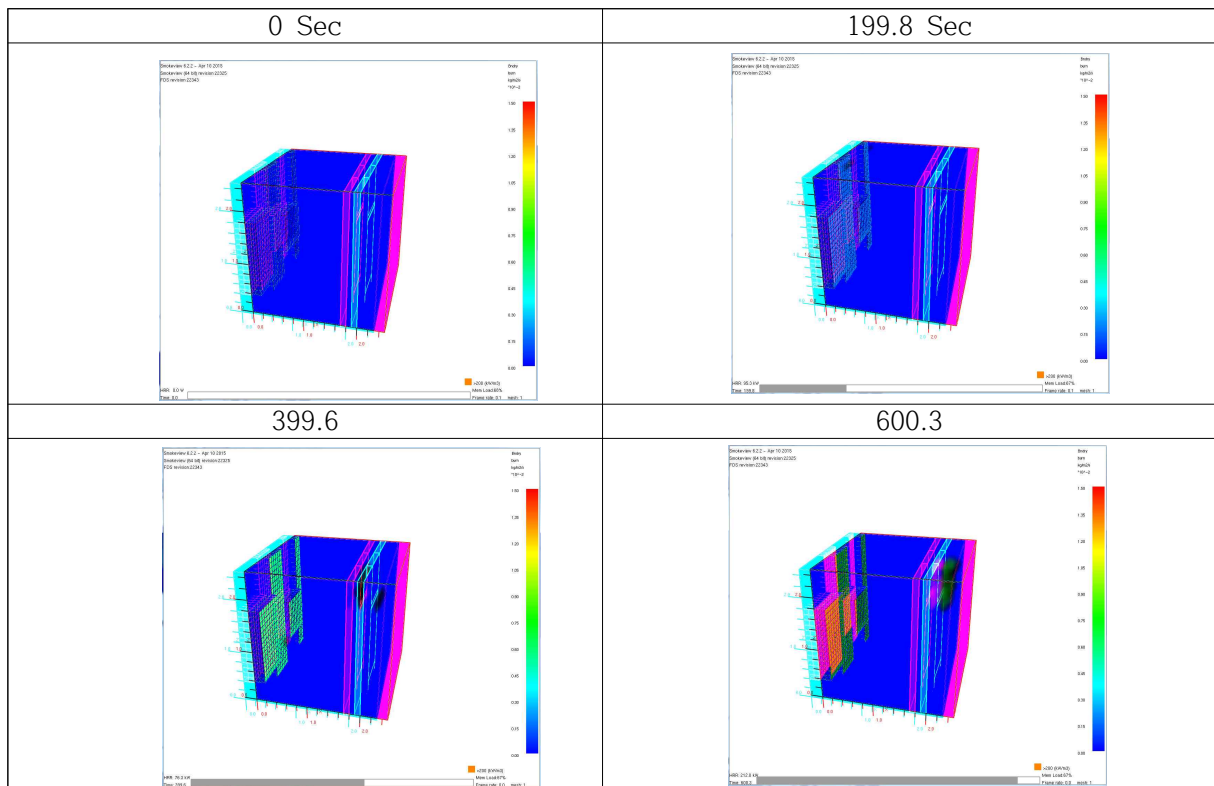


Fig. 1 열의 발생과 전달

3. 결론

본 논문은 시뮬레이션 화재모델에서 연기의 방출량은 틈새면적을 통해 EPS실의 외부로 유출되는 연기 방출량을 Volume Flow를 이용하여 Device 적분 측정방식을 이용하여 산정하였다. 연기 방출량은 발화 시점부터 급격한 증가추세를 유지하다가 약 100초부터 상승률이 다소 작아졌으며, 약 150초를 지나면서는 약 300초에 이를 때까지 완만하게 상승하여 초당 0.0427m³의 방출율을 보였다. 이 후에 약 500초에 이를 때까지 급격하게 하락하여 초당 0.0074m³의 방출율을 보였으며 이후에 다시 상승하여 약 650초에 초당 0.0492m³의 방출율을 보였고 이후에 약 700초에 이를 때까지 다시 하락하여 초당 0.0371m³의 방출율을 보였다가 다시 상승하는 추세를 나타냈으며 약 600초가 되었을 때에는 초당 0.0637m³의 방출율을 보였다.

연기 방출량의 변화가 열방출량의 변화와 동일하지는 않지만 약 300초에서 감소하고 약 500초에서 증가하는 경향을 볼 때 전체적인 흐름에 비추어서 유사성을 보이고 있다는 것이 확인되고 있다. 연기 방출량의 변화양상은 환기가 제한된 구획된 실이라 공간적인 특성이 일반적인 화재의 성장곡선에 따른 연기 방출량과의 차이점을 확인할 수 있었다. 또한 산소의 제한은 화재의 지속시간을 길게 유지하며 연기의 총 발생량이 증가하게 되는 요인으로 분석되었다.

감사의 글

본 연구는 2015년 국민안전처 재난안전기술개발 기반구축사업 “국가안전기준개발 및 실증연구” 지원사업으로 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

- NIST Special Publication 1018-1 Sixth Edition(2015), “ Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide”, The National Institute of Standards and Technology
- Hwang, Jun Ho, Jeong, Geo Seong, Gang, Dong Il. (2008). Explanation of the 3-D Fire Simulation. DongHwa Technology Publishing Co., Gyeonggi-do, Korea.
- MPSS(Ministry of Public Safety and Security). (2014). <http://www.mpss.go.kr> "Statistics of Fire Status"
- LAPP GROUP PRODUCTS. (2015). Appendix T27 : Fire Load Calculation of Cables. LAPP GROUP, Canada