



단일화재실험을 통한 FDS 신뢰성 분석 연구

김동은* · 김봉찬* · 서동구* · 이주희** · 권영진***

호서대학교 소방방재학과 대학원*, 호서대학교 메카트로닉스학과 교수**,
호서대학교 소방방재학과 교수***

A Reliability Analysis on FDS through Full Scaled Fire Experiment of a Sing Fire Area.

Dong Eun Kim* · Bong Chan Kim* · Dong Goo Seo* · Ju Hee Lee** ·
Young Jin Kwon***

Fire Disaster Prevention department of Hoseo Univ.*

Mechatronics of Hoseo Univ. Professor**

Fire Disaster Prevention department of Hoseo Univ. Professor***

요 약

최근 화재시뮬레이션을 이용한 화재위험성평가를 많이 실시하고 있다. 이에 따라 화재시뮬레이션에 대한 중요성도 강조되고 있으나, 국내에서는 화재시뮬레이션에 대한 신뢰성에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 단일구획의 화재실험을 실시하고 각 가연물의 연소 특성 실험을 적용한 FDS와 일반적으로 구동하는 FDS의 비교를 실시하여 FDS의 신뢰성을 알아보았다.

1. 서 론

최근 기술의 발전으로 인하여 건축물은 고층화 및 복합화가 되어가고 있는 추세이다. 이러한 건축물의 초고층화에 따른 화재위험성에 대하여 국내의 경우 초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법이 제정되었고, 또한 소방법의 성능설계 등의 그 대안으로 제시되고 있으나, 화재안전설계에 대한 구체적인 방법은 전무한 실정이다. 이러한 상황에서 화재성상의 예측 및 이를 통한 위험성의 평가는 화재안전설계 뿐만 아니라, PL법 및 소화법 등에 관계하는 화재조사와 밀접한 관련이 있으며, 이를 수행하기 위하여 최근 국내외적으로 CFD가 보급되기 시작하였으며, 특히 최근에는 컴퓨터기술의 발전에 따라 선진 외국의 경우 활발한 연구가 진행되고 있으나, 국내의 경우 아직은 매우 초보적인 단계에 머무르고 있다. 본 연구에서 주거시설을 대상으로 하여 단일 구획화재실험을 실시 후 두 가지 방식의 FDS를 구동하여 이에 대한 신뢰성 연구를 목적으로 하였다.

2. 주거공간의 단일 화재 실험

본 연구에서 실시한 단일화재 실험은 기존의 주거시설의 표준모델¹⁾을 바탕으로 다음 Figure 1과 같이 구성하였으며 실험에서 사용되는 가연물의 목록은 Table 1에 표기한 바와 같이 가연물을 선정하여 실험을 실시하였다. 측정범위에 있어서 Figure 2와 같이 K타입 열전대를 G1~G5로 구성하였으며 실내 내부에 화염전파를 측정하기 위해 CCTV 3대를 설치하였다.

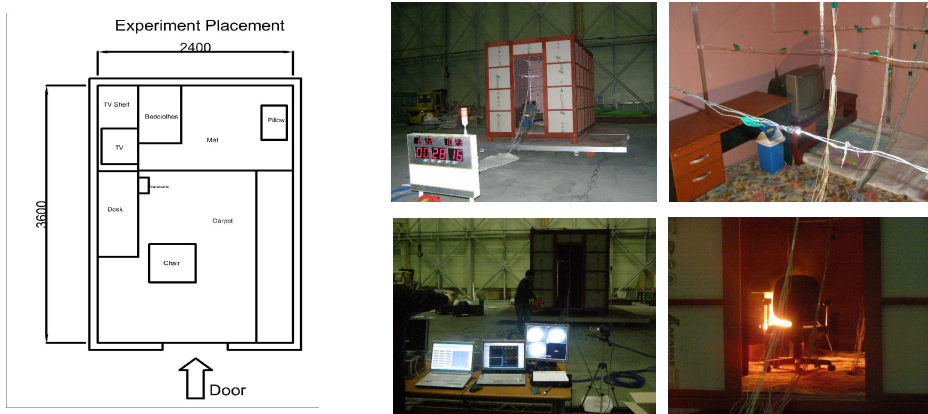


Figure 1. Experiment Placement (mm)

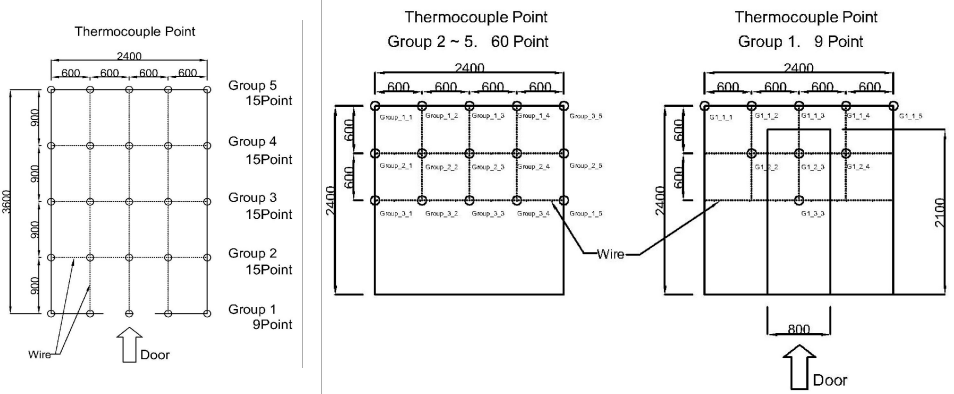


Figure 2. Thermocouple Point (mm)

Table 1. Experimental sample's conditions

가연물명	가로(mm)	세로(mm)	높이(mm)	중량(kg)	가연물명	가로(mm)	세로(mm)	높이(mm)	중량(kg)
TV	500	450	470	17.65	Mat	1190	2000	15	2.75
TV Shelf	1200	500	395	23.35	Bedclothes	810	530	25	1.7
Carpet	1950	2670	5	3.15	Pillow	480	310	70	0.4
Desk	1200	450	665	33.15	Wastebasket	220	220	410	0.75
Chair	535	570	770	9.4					

3. 실험에 대한 FDS 구성

실험결과와 비교를 하기 위하여 FDS는 NIST에서 제공하고 있는 가연물의 물성치²⁾와 기존연구^{1),3),4)}를 통한 가연물의 발열량을 대입한 Figure 3과 같이 모델링을 실시하였다. Table 2는 FDS모델링에 있어서의 변수를 나타내었으며 FDS CASE 1은 기존 범용적으로 이용하고 있는 FDS4 Data Base의 값을 이용하였으며, FDS CASE 2는 호서대학교의 퍼니처 칼로리미터 결과값 및 호서대학교 Data Base를 이용하여 모델링 하였다. 가연물 입력 데이터를 제외한 나머지 변수는 동일하게 구성하여 실험결과값의 비교를 실시하였으며 계산시간은 1600초로 동일하게 구성하며 착화원은 Wastebasket으로 선정하였다.

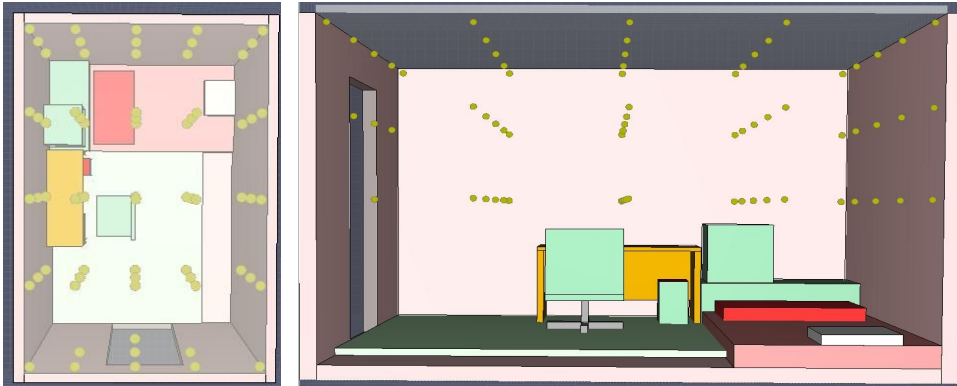


Figure 3. FDS Modeling

Table 2. FDS modeling variable

	FDS CASE1	FDS CASE2
Cell Size(m)	0.10(m)x0.10(m)x0.10(m)	0.10(m)x0.10(m)x0.10(m)
Number of cells for mesh	75,000	75,000
Combustibles input data	FDS 4 Database ²⁾	Hoseo Univ. Database
HRRPUA(kW/m ²)	10kW/m ² (Wastebasket)	10kW/m ² (Wastebasket)

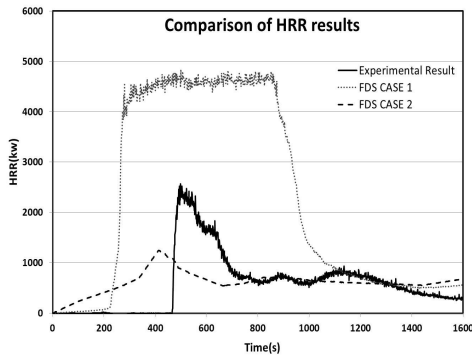


Figure 4. Comparison of HRR results

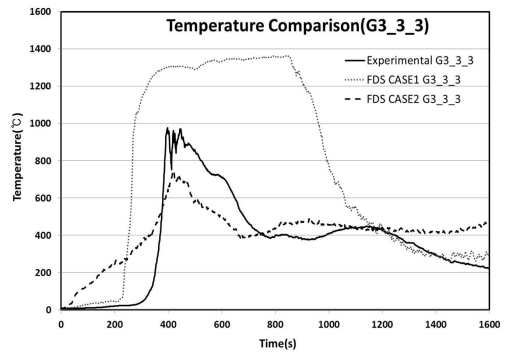


Figure 5. Temperature Comparison

4. 실험과 FDS결과와의 비교

Figure 4는 실험결과와 각 FDS의 HRR(kW)의 결과를 비교를 나타내었다. 기존적인 FDS Data base를 이용한 결과보다 퍼니처 실험결과를 이용한 FDS Case2가 실험결과와의 오차가 작았다. 또한 구획 공간 내에서 발생하는 Flash Over 시간을 살펴봄에 있어서 CASE1보다 실험결과와 데이터를 이용한 CASE2가 실험과 비슷한 시간에 발생하는 것을 알 수 있다. Figure 5는 실험 및 FDS의 측정 중앙부 열전대인 G3_3_3의 온도변화를 나타내었다. 실험의 결과를 토대로 온도의 상승범위(200초~400초)와 온도하강범위(460초~600초)에서의 온도 변화 및 온도 변화 기울기를 Table 3에 제시하였다. 온도상승구간에서는 Case1의 기울기와 실험 결과와의 오차가 적었으나 온도 하강구간에서는 Case2의 기울기가 오차가 적은 것을 알 수 있다. 초기온도의 차이에서는 온도 전파에 있어 Case2의 Data 중 착화온도에 대한 실험 결과 값이 부족하여 발생한 것으로 판단된다. 그러나 전체적으로 결과를 살펴본 결과 일반적으로 이용하는 FDS의 입력데이터의 결과보다 실제 실험을 통하여 이를 적용하였을 때의 FDS 결과의 신뢰도가 높은 것으로 판단된다.

Table 3. Comparison of Temperature Changes by Section

	Experimental	FDS Case 1	FDS Case 2
Temperature rise time (200s~400s)	19.9℃ → 944.8℃	44℃ → 1341℃	249℃ → 397℃
Temperature gradient (rise time)	4.6245	6.485	0.742
Temperature fall time (200s~400s)	890.5℃ → 709.6℃	1304℃ → 1333℃	685.1℃ → 497.6℃
Temperature gradient (fall time)	-1.292	0.207	-1.339

5. 결 론

FDS의 결과에 대한 신뢰성을 알아보고자 단일구획화재실험과 FDS의 입력데이터를 2가지 방법론으로 구분하였을 때 HRR의 범위에 있어서 실험결과와 FDS의 입력데이터와의 오차는 상당히 있으나 CASE 1의 경우보다 CASE 2의 경우가 시간적으로 비슷한 경향을 나타내고 있으며 오차범위도 적은 것을 알 수 있었으며, 동일한 지점에서의 온도 변화를 살펴보면 온도 상승범위에서는 CASE 1, 온도 하강범위에서는 CASE 2의 오차범위가 낮은 것을 알 수 있었다. CASE 2가 온도상승범위에서 오차범위가 큰 이유는 FDS의 입력 조건 중 가연물의 착화온도 및 TGA 분석을 통한 데이터를 입력하여야 하나 현재 보유하고 있는 DB에서는 부족함에 있어 오차범위가 커진 것으로 판단된다. 따라서 향후 FDS 결과 신뢰성 향상을 위해서는 각 가연물의 착화온도 데이터 및 연소 특성 데이터의 확보가 중요하다.

감사의 글

본 연구는 2011년 소방방재청 차세대 핵심소방안전기술개발 과제 1665005762 [NEMA-차세대-2011-3] 지원에 의하여 수행하였으며, 관계자들에게 감사드립니다.

참고문헌

1. 김동은, 住居施設의 火災分析을 위한 FDS 適用方案에 관한 基礎的 研究, 호서대학교 석사학위 논문 2011
2. NIST, Database file for FDS 4 (Version 4.0, July, 2004)
3. 김동은 외 4인, Cone Calorimeter와 Furniture Calorimeter를 활용한 주거시설의 대표적 가연물 연소 특성, 한국 화재소방학회 2011년 추계 학술 논문발표회 논문집, PP.193-196 2011
4. 서윤경 외 4인, 건축물 화재성상 시뮬레이션을 위한 주요가연물 연소특성 DB구축, 한국화재소방학회 2011년 춘계 학술 논문발표회 논문집, PP.73-76 2011