

## FDS 모델링을 통한 실대화재시험 비교 분석

박계원 · 김운형\* · 정재군 · 임홍순

방재시험연구원, 경민대학\*

### The comparative analysis on Large scale fire tests through FDS simulation

Kye-Won Park · Woon-Hyung Kim\* · Jae-Gun Jeong · Hong-Soon Im  
FILK (Fire Insurers Laboratories of Korea), Kyung-Min College\*

#### ABSTRACT

On this study, The combustion properties in 3 kinds of sandwich panels based on ISO 13784-1(Room Corner Test for Sandwich panel building systems) using FDS Version 5 modeling method were tested and analyzed. Comparative analysis for those two results between FDS and real tests were made mainly concentrating on heat release rate.

#### 1. 서론

본 연구에서는 FDS Version 5를 이용하여, 3종의 자립형 샌드위치 패널 구조 시스템에 대한 연소성능(reaction to fire performance)을 평가하였으며, ISO 13784-1 실대화재시험을 적용한 실제 결과와 비교분석을 하였으며, 비교분석을 위한 기준 결과값은 Heat release rate을 중심으로 수행되어졌다.

#### 2. 본론

##### 2.1 FDS v.5 시뮬레이션 개요

FDS는 Fire Dynamic Simulator의 약자로 미국 NIST 부설 건축화재연구소(BFRL)에서 개발한 화재시뮬레이션 프로그램으로 광범위한 수치해석을 수행할 수 있다. 전산유체역학(CFD, Computational Fluid Dynamics) 모델을 근간으로 하며, Navier-Stokes 방정식(저속 열유동장) 이론을 기본으로 하여 작성된 공개

프로그램이다. 본 현재 Version 5(2008년 2월)가 출시된 상태로, Version 4에서는 프로그래밍 할 수 없었던, 복합자재에 대한 프로그래밍이 가능하게 되었으며, 실제 화재성상과 가장 유사한 열방출 특성을 구현할 수 있다고 평가되고 있다.

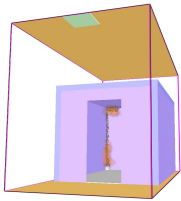
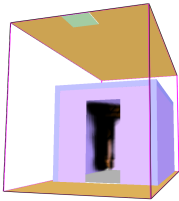
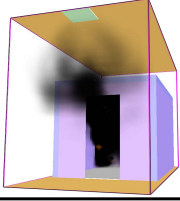
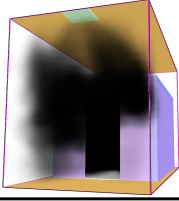
본 연구에서는 FDS Version 5를 이용하였으며 E, I, U 3개 종류의 샌드위치 패널에 대한 물성값(열전도율, 비열, 비중, 유효발열량 등)을 입력하여 시뮬레이션 평가를 수행하였으며, 동일 물성을 가진 ISO 13784-1 자립형 샌드위치 패널에 대해서, Heat release rate (HRR)의 실제 결과와 FDS 시뮬레이션 결과를 비교 검증하였다.

### 2.2 ISO 13784-1 시험 개요

ISO 13784-1 샌드위치 패널 화재시험은 ISO 9705 시험방법을 모태로 하며, 샌드위치 패널을 조립하여 구성된 소형실(2.4m×2.4m×3.6m)에 대하여 내부 한 모서리에 직접 불꽃을 노출시켰을 때, 샌드위치 패널 조립체의 화재성능을 시험하며, 구조물의 플래쉬오버까지의 화재성장에 대한 기여도, 내부화재가 외부공간 또는 인접건물로 전파될 잠재적 가능성, 구조물 붕괴의 가능성, 시험실 내부에서의 화재가스 및 연기의 발생과 같은 화재위험을 평가한다. (본 논문에서는 ISO 13784-1에 대해 간략한 개요만 소개하며, 상세 설명은 07년 한국화재소방학회 추계논문발표 ‘샌드위치 패널 연소특성 분석을 위한 실험규모 화재시험(ISO 13784-1) 적용, 박계원 외’를 참고)

### 3. FDS 및 ISO 13784-1 시험 결과의 비교 분석

Table 1. ISO 13784-1 U자립형 FDS 시뮬레이션 모습

	50초 경과	400초 경과
100 kW 가열 시		
300 kW 가열 시		

초기 입력 변수인 Density 및 Specific heat of Combustion 등은 ISO 5660-1에서 도출된 결과를 프로그래밍에 적용하였으며, FDS 초기 MESH size는 0.15 m × 0.14 m × 0.15 m로 따라서, Mesh ratio 1.06 : 1.00 : 1.04로 설정되었다.

### 3.1 E재료에 대한 FDS 및 ISO 13784-1 실험 화재 시험 결과 분석

- E재료 물성치에 대한 입력변수 요약
- . Reaction : C<sub>1,0</sub> H<sub>1,1</sub>
- . Specific heat of Combustion : 35 600 KJ/Kg
- . Yield Co : 0.06, Yield soot : 0.018
- . Density : 15 kg/m<sup>3</sup>
- . Specific heat : 1.4 KJ/(Kg · K)
- . Conductivity : 0.033 W/(m · K)

E재료 시뮬레이션(E fds)결과와 E재료에 대한 실제시험(E real) 결과를 비교하면, E fds는 열방출율(HRR)이 최대 600 kW(소요시간 850초)까지 출력되었으며, 실제 시험결과인 E real은 플래쉬오버가 발생하여 HRR이 1 000 kW(소요시간 384초)까지 방출되었다.

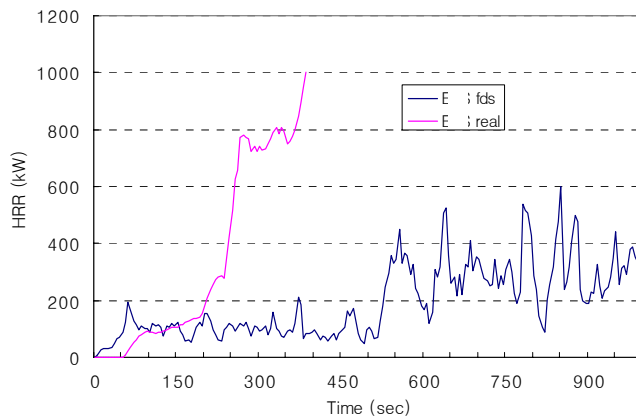


Figure 1. E재료에 대한 FDS 및 실제 시험 결과 비교

이를 FIGRA로 환산하면 E fds (0.35 kW/s) < E real (2.35 kW/s)의 순서로 나타났으며, 따라서 시뮬레이션의 결과가 실제 결과와는 큰 차이를 보였음을 알 수 있다.

### 3.2 I재료에 대한 FDS 및 ISO 13784-1 실대화재 시험 결과 분석

- I재료 물성치에 대한 입력변수 요약
- . Reaction : C<sub>1.0</sub> H<sub>1.1</sub> O<sub>0.19</sub> N<sub>0.11</sub>
- . Specific heat of Combustion : 14 000 KJ/Kg
- . Yield Co : 0.01, Yield soot : 0.001
- . Density : 50 kg/m<sup>3</sup>
- . Specific heat : 1.5 KJ/(Kg · K)
- . Conductivity : 0.023 W/(m · K)

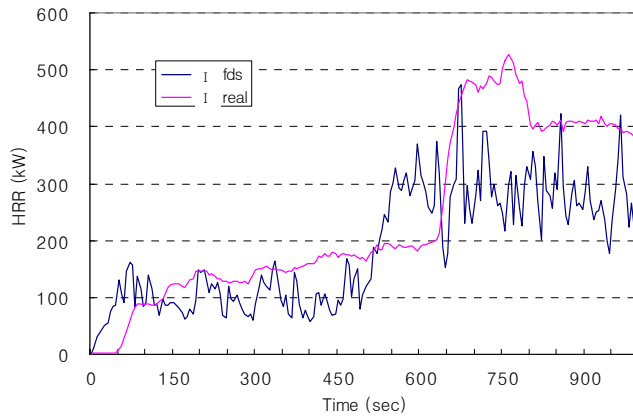


Figure 2. I재료에 대한 FDS 및 실제 시험 결과 비교

I재료 시뮬레이션(I fds)결과와 I재료 실제 시험(I real) 결과를 비교하면, I fds는 열방출율(HRR)이 최대 475 kW(소요시간 675초)까지 출력되었으며, 실제 시험결과인 I real은 HRR이 527 kW(소요시간 760초)까지 방출되었다. 이를 FIGRA로 환산하면 I fds (0.26 kW/s) < I real (0.29 kW/s)으로, 따라서 시뮬레이션의 결과와 다소 유사한 경향을 보임을 알 수 있다.

Table 2. I재료에 대한 상관계수표

		PIR fds	PIR real
I fds	Pearson 상관계수	1	.726**
	유의확률 (양쪽)		.000
	N	196	183
I real	Pearson 상관계수	.726**	1
	유의확률 (양쪽)	.000	
	N	183	185

\*\* . 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.

Correlation analysis(상관분석)의 정량적 분석을 시행한 결과 I fds 와 I real

간에는 다소 높은 상관관계(Pearson  $r = 0.726$ )가 존재함을 알 수 있었다.

### 3.3 U재료에 대한 FDS 및 ISO 13784-1 실대화재 시험 결과 분석

- U재료 물성치에 대한 입력변수 요약
- . Reaction :  $C_{6.3} H_{7.1} O_{2.1} N_{1.0}$
- . Specific heat of Combustion : 25 000 KJ/Kg
- . Yield Co : 0.038, Yield soot : 0.125
- . Density : 40 kg/m<sup>3</sup>
- . Specific heat : 1.8 KJ/(Kg · K)
- . Conductivity : 0.0185 W/(m · K)

U재료 시뮬레이션(U fds)결과와 U재료 실제 시험(U real) 결과를 비교하면, U fds는 열방출율(HRR)이 최대 405 kW(소요시간 905초)까지 출력되었으며, 실제 시험결과인 U real은 플래시오버가 발생하여 HRR이 1 000 kW(소요시간 787 초)까지 방출되었다. 이를 FIGRA로 환산하면 U fds (0.12 kW/s) < U real (0.89 kW/s)임. 따라서 시뮬레이션의 결과가 실제 결과와는 큰 차이를 보였음을 알 수 있다.

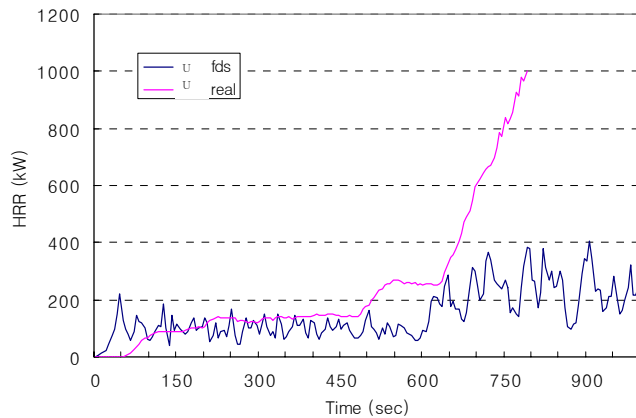


Figure 3. U재료에 대한 FDS 및 실제 시험 결과 비교

## 4. 결 론

E, I, U의 3가지 재료에 대한 시뮬레이션을 수행한 결과, 플래시오버가 발생한

E재료 및 U재료에 대해서는 실제 시험결과와 시뮬레이션결과 간에 열방출율의 차이가 크게 나타나 시뮬레이션을 통한 예측 및 검증이 수행되지 않았으나, 플래쉬오버가 발생하지 않은 I재료에 대해 시뮬레이션 수행시, 실제 시험결과와 다소 유사한 결과를 도출할 수 있었다. 그러나, 시뮬레이션 수행시 세가지 재료 공통적으로 Heat release rate의 그래프 파동이 심하게 나타났으며 강판과 심재로 이루어진 복합재료인 샌드위치 패널의 화재특성을 심도있게 반영하지 못한 것으로 나타났다. 즉, 실제 샌드위치 패널 화재 시험시 패널간 연결부위에서 누설되는 열량 등이 프로그래밍 되지 않으며, 강판과 심재 간에 열전달 특성이 정밀하게 해석되지 못하는 한계가 있는 것으로 파악되었다.

또한, FDS V. 5을 이용한 시뮬레이션에서는 샌드위치 패널의 붕괴 및 패널 틈새간 화염분출 등의 유관관찰을 할 수 없었으며, 따라서 샌드위치 패널에 대한 화재시 연소성능에 대해 측정을 하기 위해서는, ISO 13784-1과 같은 실대화재 시험을 실시하여야 플래쉬오버의 측정 및 열방출율 측정 등에 있어 더욱 정밀한 결과를 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 지식경제부 표준기술력향상사업의 지원으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. ISO 13784-1, Reaction to fire tests for sandwich panel building systems-Part 1:Test method for small rooms, ISO(2002)
2. V. Babrauskas, "Heat release rate in fires", Chapter 4, V. Babrauskas and S. J. Grayson Eds., Elsevier Applied Science, New York(1992)
3. B. Sundstrom, "European Classification of Building Products", Proceedings of the 8th International Fire Science & Engineering Conference (Interflam '99), Edinburgh, Scotland(1999)
4. Raymod Friedman, "An International survey of computer models for fire and smoke", Journal of fire protection engineering, 1992