

A-1

건물내장재(석고보드, 합판)의 화재성능평가

이상준, 김충환, 하동명*, 이수경

서울산업대학교 안전공학과, 세명대학교 안전공학과

**The Evaluation of Fire Safety Performance on Interior Finish Materials
(Gypsum Board, Plywood)**

Sang-Joon Lee, Chung-Hwan Kim, Dong-Myeung Ha*, Su-Kyung Lee

*Dept. of Safety Eng., Seoul National University, *Dept. of Safety Eng. Semyung University*

1. 서론

건축물의 내장 재료는 건물의 화재하중을 증대시킬 뿐만 아니라 인명피해의 주 원인이 되므로 건물 내장재의 화재성능을 평가하는 것은 매우 중요하다고 할 수 있다. 현재 내장재의 화재 위험성 평가 기준은 대부분의 경우 재료의 착화성, 난연성, 표면의 화염 확산, 방출열량, 연기 생성량 등의 요소를 기준으로 등급이나 상대적인 수치로 분류하는 Bench-scale test를 이용하고 있다. 외국에서는 실대 화재 성능을 예측하기 위한 평가방법에 관한 연구와 Cone calorimeter 실험결과를 이용하여 평가기준을 설정하려는 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 연구에서는 ROOM CORNER TEST를 통한 내장재의 난연성 평가와 함께 컴퓨터 모델인 BRANZFIRE와 실험 결과를 비교 분석하여 그 적용성을 밝히고 이러한 내장재의 화재 위험성 평가가 건축설계상 필요한 것임을 제시하고자 한다.

2. 국내 내장재분류 및 시험

현재 국내의 경우는 용도 및 규모에 따라서 재료의 시험법에 대하여 건축법, 소방법에서 규제하고 있다. 평가 방법으로 건축물 벽과 천장에 사용되는 실내 내장마감재에 대해서는 한국산업규격에 따른 재료의 연소성, 발연성, 연소유독가스의 시험방법에 따라 평가하고 있다.

3. 국외 내장재 분류 및 시험

3.1. 미국의 내장재분류

미국의 내장재 규정은 NFPA에서 제정한 National Fire Code(NFC)을 기본으로 한다.

또한 최근 제정된 International Building Code(IBC) 또는 International Fire Code(IFC)를 적용하며 주 정부에 의하여 규제된다.

3.2 유럽의 내장재 분류

일반적으로 유럽에서 사용하는 표준은 ISO의 규격과 유사하다. 제품의 등급에 대한 기초는 Fire Growth Rate(FIGRA)지수이다.

4. Computer Simulation의 적용

가연성 내장재의 화재위험성 평가를 위하여 방출 열량 및 연기유독성 예측을 할 수 있는 BRANZFIRE 모델을 적용하여 컴퓨터 시뮬레이션을 진행하였다. BRANZFIRE 모델은 재료의 화염확산과 화재 성장과정과 단일 공간의 존 모델을 결합한 모델로 중앙 화재, 구획화재에 시나리오를 적용할 수 있고, 공간화재시 가연성 내장재가 화재 성장에 미치는 화재 위험도를 정량적으로 평가가 가능한 컴퓨터 화재 모델이다.

4.1. 컴퓨터 시뮬레이션의 결과

4.1.1 입력자료

입력자료는 다음과 같으며, Quintiere모델(Fire Growth)을 사용하였고, 화재버너에서 발생한 Flume은 McCaffrey의 이론에 입각하여 진행하였다.

4.1.2 화재성능 평가 기준

1) 화재위험성

- 공간의 플래쉬오버 도달에 이르는 상부층 온도 : 500℃로 가정

표 1. 컴퓨터 시뮬레이션의 입력자료

입력 자료	특 성
화재실의 크기	Room Length(m) = 2.4, Room Width(m) = 3.6, Room height(m) = 2.4
Gas Burner	Energy Yield(KJ/g) = 43.7 CO2 Yield (kg/kg fuel) = 1.2 H2O Yield (kg/kg fuel) = 1.0 Fire Location (m) = Corner Smoke Emission Coefficient (1/m) = 0.80 Quintiere's Room Corner Model is used. Flame length power = 0.667 Burner flame heat flux (kW/m ²) = 53.2 Heat flux ahead of flame (kW/m ²) = 30.0
석고보드	Wall Density (kg/m ³) = 760.0 Wall Thickness (mm) = 13.0 Ceiling Density (kg/m ³) = 760.0 Ceiling Thickness (mm) = 8.0 Floor Surface is Concrete
Plywood 4 mm	Plywood Property Wall Density (kg/m ³) = 580.0 Wall Thickness (mm) = 4.0 Ceiling Density (kg/m ³) = 580.0 Ceiling Thickness (mm) = 4.0

- 주변 가연물로의 복사 플럭스 최소 값 : 2.5 kW/m²로 가정
 - 바닥 위 1.5m에서 대류에 의한 최소 온도 : 80℃를 가정
- 2) 연기 유독성
- 가시거리 한도 : 바닥 위 1.5m 높이를 기준으로 10m를 가정
 - 공간의 체류한도 : FED >1을 기준으로 가정

4.2 시뮬레이션의 결과

컴퓨터 Simulation에 의한 주요 결과는 다음과 같다.

4.2.1 석고보드의 시뮬레이션 결과

상부층의 온도가 500℃에 도달하지 않고 가시거리가 10m 이상을 유지하고 있어 난연성이 우수한 것으로 판단된다. 또한 산소의 농도도 시간이 지남에 따라 일정한 곡선을 유지(15% 이상)하는 것으로 보아 난연성이 우수한 것으로 판단된다.

4.2.2 합판의 시뮬레이션 결과(Plywood 4mm)

합판의 경우에는 약 1분 20초 경에 500℃를 넘었고 유독성 연기도 약 31초만에 가시거리의 한계인 1.5m까지 내려왔다. 인간에 치명적일 수 있는 일산화탄소의 농도는 약 5% 정도 나타나 화재 위험도가 매우 큰 것으로 판단된다.

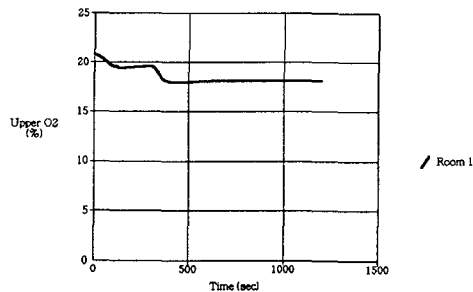


그림 1. 석고보드 8mm의 상부 온도

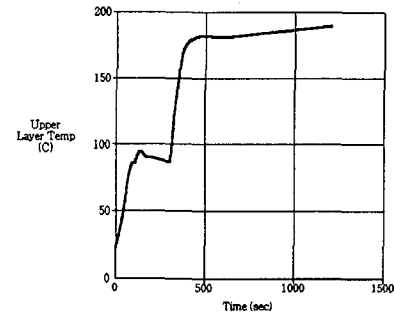


그림 2. 석고보드 8mm의 산소의 농도

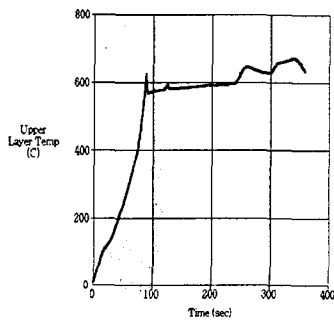


그림 3. 합판 (4mm)의 상층부 온도

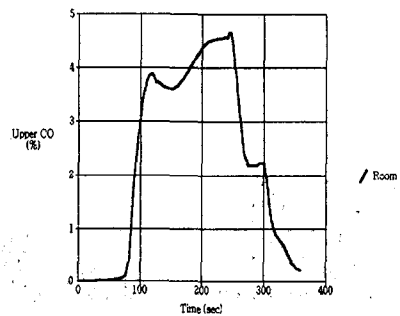


그림 4. 합판 (4mm)의 상층부 CO(%)의 농도

5. 모델적용성 검토를 위한 실대 화재 실험

5.1. 석고보드에 대한 NFPA 265 적용실험

5.1.1 실험의 개요

난연성 석고보드(두께 8mm)를 이용하여 Room Corner Test를 실시하였다. 화재실은 NFPA 265를 적용하여, 내화벽돌과 케스타블로 되어있는 벽 위에 시료를 부착하였다. 실험에 사용하는 화원은 0.3m×0.3m의 정사각형 가스버너를 사용하였다.

5.1.2 실험진행 및 결과

연기의 생성은 약 2분 30초 정도에 미약하지만 육안으로 관찰이 가능하였고 약 2분 5초경에 석고보드의 오른쪽이 그을기 시작하였다. 2분 30초 정도에는 화염의 높이가 화재실의 중간까지 도달하였고 5분 이후 150kW로 증가시킨 이후에는 그 높이가 간헐적으로 천장에 달하였다. 약 6분 30초경에는 그을음의 면적이 모서리를 중심으로 좌/우 대칭적으로 나타났으며 연기층은 약 7분 이후에 일정한 높이를 유지하였다. 실험은 총 27분간 실시하였고 처음에 5분동안 약 40kW의 열량을 가지고 화재실험을 하였다. 그리고 5분 이후서부터는 68kW로 지속하여 실험을 하였다. 27분 이후에는 실험을 중지하였다.

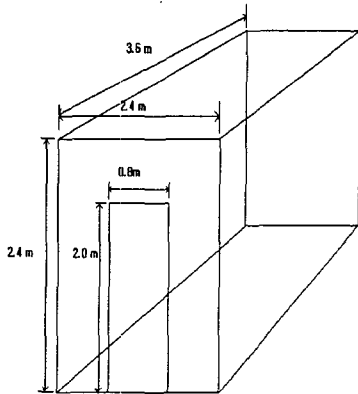


그림 5. 화재실의 구조

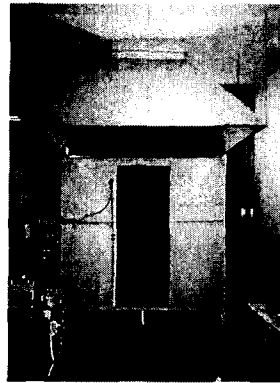


그림 6. 화재실의 모습



그림 7. 화재실의 모습 (3분 38초 7분 28초)



그림 8. 화재실험의 결과

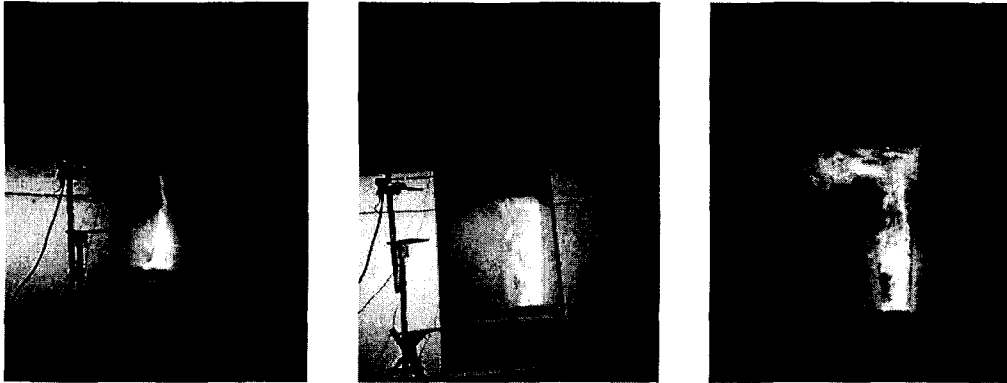


그림 9. 합판실험의 진행모습

5.2. 합판에 대한 ISO 9705 적용실험

5.2.1 실험의 개요

합판(두께 4mm)를 이용하여 ISO 9705 Room Corner Test를 실시하였다. 화재실은 2.4m× 3.6m×2.4m(H)의 공간이며, 내화벽돌과 케스타블로 되어있는 벽 위에 시료를 부착하였다. 실험에 사용하는 화원은 0.3m×0.3m의 정사각형 가스버너가 사용하였고, ISO 9705에 준하여 설계되었다.

5.2.2 실험진행 및 결과

실험 시작 후 약 48초경에는 가연성 연기가 육안으로 관찰되기 시작하여 개구부 쪽으로 나오기 시작하였다. 시간이 지남에 따라 연기층의 두께도 점점 두꺼워져 약 2분 40초경에는 일정한 높이를 유지하였다. 40kW의 열량을 유지하는 시간동안 플래시 오버라고 생각되는 구간이 측정되어 실험을 더이상 진행하지 않았다. 실험 진행과정에 일어난 모든 연기의 평균 온도는 139.9℃를 나타내었지만 이번에도 약 2분 이후의 온도는 약 227℃를 나타내었다.

6. 실험결과와 시뮬레이션결과와의 비교

6.1 석고보드의 비교

석고보드의 경우 시뮬레이션의 온도분포치와 실제 실험의 결과분포치는 평균 약 180℃에서 비슷하게 형성되었다. 일산화탄소의 농도값은 실제 실험과 시뮬레이션값을 비교했을 때 차이가 있지만 그래프의 형태는 유사하게 굴곡곡선을 보이고 있다.

6.2 합판의 비교

합판의 경우 시뮬레이션의 온도와 실제 실험의 결과치는 평균 약 600℃에서 일정한 그래프를 형성하였으나 시간차이를 보였다. 이는 실험재료의 물성치와 합판의 수분함유량에 대해 고려해야 된다고 생각한다.

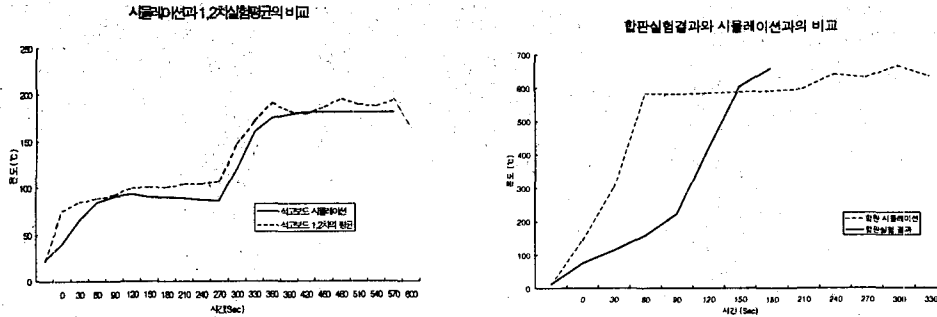


그림 10. 실제 실험과 시뮬레이션과의 비교(석고보드, 합판)

7. 결론

(1) 국내 규정에 의한 내장재의 화재성능평가는 Bench-Scale Test에 의존하고 있으나, 외국의 규정들은 Bench-Scale Test 뿐만 아니라 Full-Scale Test도 도입하여 실질적인 재료의 화재성능평가를 하기 위한 방안을 마련하고 있다.

(2) NFPA 265를 적용한 석고보드(8mm) 실험에서 평균 유지온도가 약 230°C를 나타내고 있다. 실험 결과 플래시오버라고 판단되는 기준인 500°C의 실내온도나 기타 징후가 보이지 않았다. 한편 ISO 9705를 적용한 합판(4mm)의 실제 실험에서는 160초경에 약 535°C가 되었고 약 120초부터 온도가 급격히 상승하는 것으로 보아 이후 이 시간부터 플래시오버가 발생했다고 판단된다. NFPA 265와 ISO 9705의 두 가지 Full-Scale Test 결과, 평가조건에 양호한 것으로 판단되었다.

(3) 국내 내장재에 적용되는 등급분류 기준과 평가방법은 재료의 화재시 성능을 평가하는데 한계가 있으므로 Room Corner Test와 같은 실대 화재 성능 평가방법의 다양화와 더불어 Bench-Scale Test 결과를 토대로 화재성능을 예측하는 화재 모델링 평가방법의 도입이 필요하다고 본다.

참고문헌

1. Quintiere, J. G., Haynes, G., Rhodes, B. T., "Applications of a Model to Predict Flame Spread Over Interior Finish Materials in a Compartment", Journal of Fire Protection Engineering, Vol. 7, pp. 1-13, (1995)
2. 김충환, 김종훈, 이수경, 김운형, 하동명, "석고보드의 화재성능평가", 한국화재소방학회 1999년도 추계 학술대회 논문 초록집, pp. 137-142, (1999)
3. Woon Hyung, Kim., Quintiere, J. G., Application of a Model to Compare a Flame Spread and Heat Release Properties of Interior Finish Materials in a Compartment, International Symposium on Fire Science and Technology, Seoul, Korea (1997)
4. Thureson, Per, "Fire Tests of Linings According to Room/Corner Test, ISO 9705", Swedish National Testing and Research Institute, Fire Technology, Report 95R22049 (1996)
5. S. E. Dillon, J. G. Quintiere & Woon Hyung Kim., "Discussion of a Model and Corre-

- lation for the ISO 9705 Room-Corner Test”, 6th International Symposium on Fire Safety Science, IAFSS, France, (1999)
6. NFPA, “NFPA 265, Textile wall Coverings, Evaluating Room Fire Growth Contribution”, NFPA, (1994)
 8. 김운형, “A Room-Corner Fire Model을 적용한 건축내장재의 화재확산 특성평가(I, II)”, 방재기술, 한국화재보험협회, 제 24-25호, (1998)