

건물 내장재의 화재위험성 평가 방법

A Fire Hazard Assessment of Interior Finish Materials

김 운 형*

James G. Quintiere**

Abstract

To propose a new fire hazard assessment criteria of interior finish materials, the properties and incident heat flux of interior finish materials in a compartment fires are investigated and compared by using flame spread model developed by Quintiere. The properties considered on which fire growth depend are including flame heat flux and thermal inertia, lateral flame spread parameter, heat of combustion and effective heat of gasfication. ISO Room Corner Test (9705) is applied in the model and the time for total energy release rate to reach 1MW is examined. The results are compared for the 24 different materials tested by EUREFIC. Dimensionless parameter a, b and τ_b are used to develop a new method in which fire hazard of interior finish materials can be classified resulting from correlation between b and flashover time. Results show that if b greater than about zero, flashover time in the ISO Room-Corner Test is principally proportional to ignition time only.

국문요약

건물 화재시 예상되는 내장재의 실제 화재성능을 기준으로 한 위험성 평가방법을 제시하였다. 이를 위해 ISO Room Corner Test (9705)를 기준으로 Quintiere의 화재확산 모델을 이용하여 내장재의 열적 특성과 플래쉬 오버 도달시간과의 상관성을 유도하고 스웨덴의 실제 시험결과와 비교 분석하였다. 이 결과, 내장재의 상대적인 화재위험성은 화재확산 변수 b를 기준으로 평가될 수 있었다.

1. 서론

국내에서 화재로 인한 직접피해의 약 70% 이상은 건물에서 발생되고 있으며 그 피해 정도는

공간내 모든 가연물이 연소에 관련되는 소위 플래쉬 오버(Flash-over)가 발생하는 순간에 절정에 이르게 된다. 플래쉬 오버현상은 내장재를 포함하여 공간의 크기, 개구부 특성 및 화원의 크기 등 여러 요인의 상호 작용에 따라 결정된다. 여기서 내장재는 공간내부에 노출된 벽, 천장 및 바닥의 마감재료를 말한다. 화재시 가연성 내장

* 경민전문대학 소방안전관리과
** Department of Fire Protection Engineering, University of Maryland, U.S.A

재는 화재하중을 증대시키며 연소확대를 통해 플래쉬 오버를 발생시킬 수 있다.

또한 연소시 발생하는 연기나 유독성 가스로 인한 인명피해 등 공간내 화재위험성을 크게 증가시키게 된다. 따라서 적절한 피난시간 확보 및 플래쉬 오버 도달시간의 지연을 위한 내장재의 사용은 인명 안전상 매우 중요하다.

내장재의 화재위험성은 착화성, 난연성, 표면의 화염확산 및 방출열량, 방출 연기량 등 여러 가지 기준으로 평가될 수 있으며 나라마다 시험 방법과 기준이 다르다. 대다수의 관련규정은 재료의 등급이나 상대적인 수치로 분류하는 소위 bench-scale test를 이용하고 있다. 국내에서는 재료의 가연성(flammability) 또는 불연성을 평가하는 표준시험(KS F 2271)에 통과 여부를 기준으로 불연재료, 준불연재료 및 난연재료 등 상대적인 분류 등급을 임의적으로 정하여 법적 기준을 적용하고 있으나 이는 시험방법 및 장치의 한계상 시험결과가 재료의 실제 화재성능(Full-scale performance)을 충분히 반영할 수 없다. 따라서 현재 널리 사용되는 bench-scale test의 결과를 통하여 full-scale 공간에서의 화재위험성을 정확히 예측할 수 있다면 이러한 한계를 극복하고 시간과 경비절감을 기대할 수 있다.

이러한 배경에서 실내 벽 및 천장재료의 화재 확산 위험성을 평가할 수 있는 컴퓨터 모델이 미국 오하이오 대학에서 Smith(1980)가 최초로 개발한 이후 이를 수정한 Janssen의 MOSURF 모델과 스웨덴의 Karlsson(1992), 미국의 Quintiere(1993) 등에 의해 개발되었다. 이 중에서 Quintiere는 내장재의 열적 특성 평가를 위한 시험방법(예로서 Small scale cone calorimeters, LIFT flame spread apparatus)의 결과를 기준으로 가연성 내장재의 실제 화재성능을 예측하는 컴퓨터 모델을 개발하였으며 모델의 특성 및 검증은 관련 논문에서 잘 설명되어 있다¹⁻²⁾. 한편, 공간내 열 방출 비율과 플래쉬 오버 도달시간을 기준으로 내장재의 화재위험성을 평가하는 Full-scale test인 ISO Room Corner Test (9705)가 각국의 서로 다른 시험방법의 새

로운 대안으로 인식되면서 유럽을 중심으로 점차 여러 나라에 널리 적용되고 있다.

본 논문에서는 ISO 9705 시험의 화재 시나리오를 기준으로 Quintiere의 컴퓨터 모델과 Small scale test 시험(Cone test, LIFT test)의 결과를 이용하여 내장재의 실제 화재 위험성을 평가하였다. 이를 위해 재료의 열적 특성(Thermal Properties)과 화원(Burner Heat Flux)의 특성을 분석하였으며 스웨덴의 실제 화재 실험결과와 비교 검토하였다. 또한 재료 특성에 따른 플래쉬 오버와의 상관성 분석을 통하여 새로운 내장재료의 화재위험성 평가 기준을 제시하였다.

2. 내장재의 화재위험성 평가

2.1 평가방법

ISO 9705 Room-corner standard test는 유럽을 중심으로 사용되는 대표적인 내장재의 성능 평가 시험이다. 폭 2.4 m 길이 3.6m 천장 높이 4 m의 실내 한쪽 벽면 중앙에 폭 0.8 m 높이 2.0 m의 문이 있으며 화재는 가장 불리한 상황을 고려한 Corner fire로 가정한다. 화재는 문 반대쪽 우측의 양쪽 벽 사이에 위치한 0.17 m 정방형 화원(Burner)에서 발생되어 처음 10분간은 100 KW, 이후 10분간은 300 KW의 열 방출을 갖는 벽 및 천장 마감재의 화재성능 평가방법이다.

평가기준은 공간내 열 방출열량이 1 MW에 이르면 플래쉬 오버에 도달한 것으로 보고 소화하며 1 MW 이하의 경우는 시험중의 최대 열 방출열량(Heat release rate)을 기준으로 평가한다. 화원의 flame heat flux는 60 KW/m²를 적용한다.

2.2 Quintiere 모델

본 연구에 적용한 Quintiere 모델은 단일 개구부를 갖는 건물 화재시 벽 및 천장 마감재의 화원에 의한 발화, 화염확산, 연소비율 및 연소완료를 평가하는 수학적 모델로서 FORTRAN으로 작성되었으며 총 29개의 입력자료를 요구한

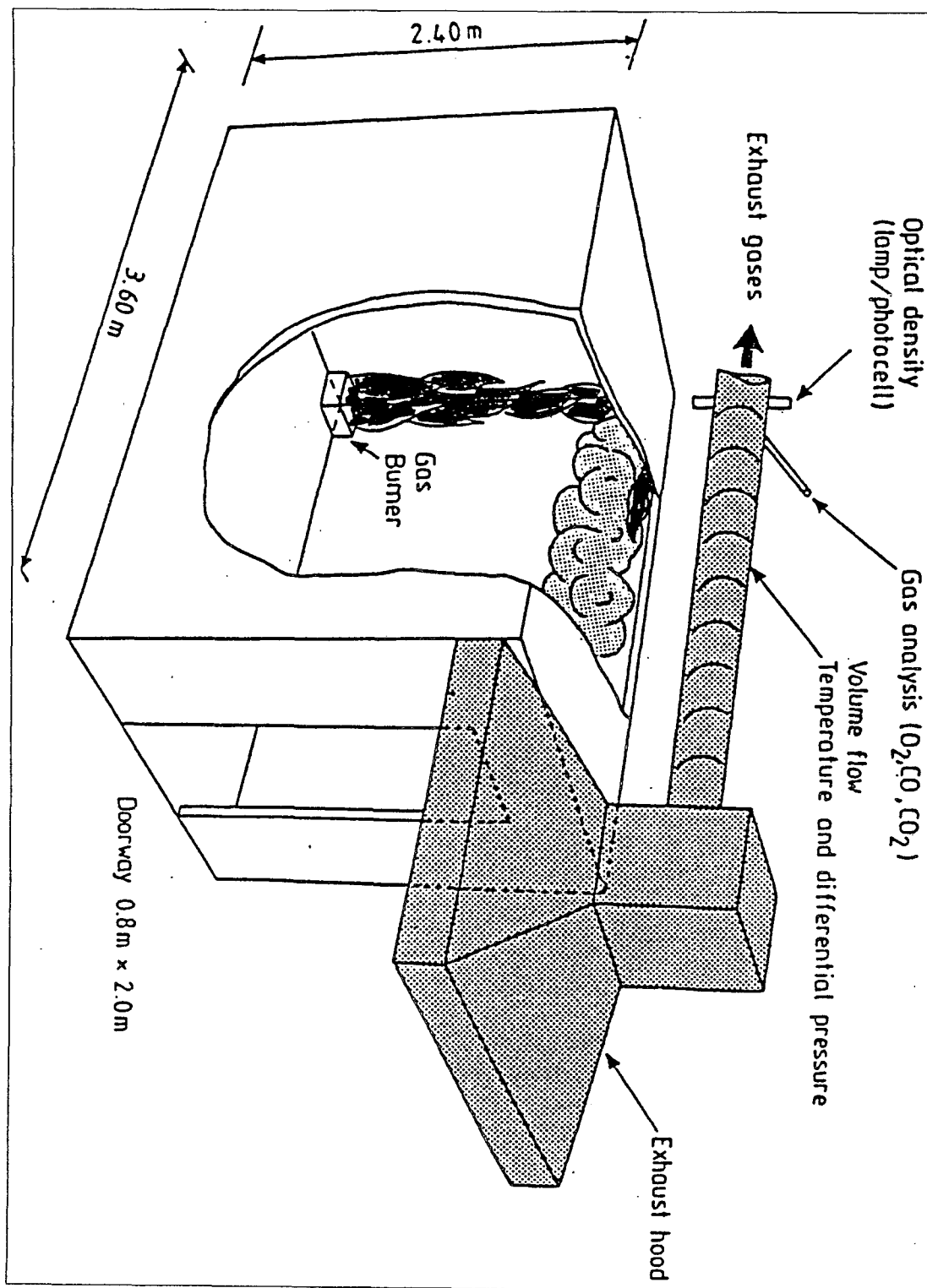


그림 1. ISO Room Corner-Test(9705).

다. 이 모델은 화염(Flame spread)이 벽 상부로 진행되어 천장으로 확산되는 경우(Wind-aided or upward mode)와 화원의 양쪽 벽 및 천장에서 바닥으로 확산되는 경우(Lateral or downward mode)로 구분하여 화염의 열분해 선단(Pyrolysis) 및 연소거리(Burn-out front)를 계산한다. 화염확산은 발화점 이상으로 가열된 내장재의 표면에서의 열분해 선단의 이동을 의미하며 화염확산 속도는 이 선단의 열확산으로 정의된다. 단위 면적당 열 방출 비율은 열분해 표면의 순수 열 유속(Net heat flux)으로 계산하며 이는 열분해 표면 및 화염확산 길이(extended flame length)에 걸쳐 일정하다고 본다. 연소거리 및 열분해 길이를 화원의 열속 및 벽면의 표면의 면적은 20 KW/m^2 을 적용하여 계산하므로써 확산을 결정하는 화염확산선의 두께는 80 KW/m^2 로 적용한다.⁶⁾

이러한 모델의 장점(열분해 선단과 벽면 및 천장 구조체의 열전달을 위하여 계산한다.

- $$Q(t) = Q_{\text{gas}} + Q_{\text{sp}}(t) \quad (1)$$
- $Q(t)$: 동적 열 방출률
 Q_{gas} : 화원의 열 방출률
 $Q_{\text{sp}}(t)$: 재료의 단위 면적당 열 방출률
 t : 열분해 시간

이들 천장 및 바닥으로의 화염확산 및 연소거리 계산은 시뮬레이션의 비분해적과 선형분해적 선형분해적, 열기류의 온도계산과 열 방출률 계산을 아래의 값으로 하여, 실험 결과는 장단 면의 관찰되어 있다.²⁾

- (1) Wind-aided flame spread position, y_0
- (2) Wind-aided burn-out front position, y_b
- (3) Opposed-flow flame spread position, y_0
- (4) Opposed-flow burn-out front position, y_b
- (5) Gas temperature, T
- (6) Surface temperature, T_s

본 모델은 여러 실제 화재 실험결과(Room-corner tests)와 비교를 통한 모델의 적용 가능성과 타당성이 검증되었으나^{6,7)} 상부 고온 층의 온도계산, 열분해 및 화염전달면적에 일정한 열

플럭스 가정 등 존 모델로서의 한계를 갖고 있다. 특히 모델의 정확도와 신뢰성은 Cone test 및 LIFT test의 시험분석 과정을 통한 재료특성에 크게 좌우되므로 향후 이에 대한 연구 및 시험 결과론 통해 개선될 필요가 있다.

2.3 내장재의 열적 특성(Thermal Properties)

내장재의 화재위험성은 화재시 예상되는 발화 시간, 화염확산 속도 및 열 방출량 등을 통해 판단할 수 있다. 이 중에서 열 방출비율은 연소과정을 결정하며 화재위험을 평가하여 화재 위험을 평가하는 ASTM E803 (OSU Calorimeter) 시험과 ASTM E854 (Cone Calorimeter) 시험으로 평가하는 방법 모두 동일한 열 방출비율 값을 사용하여 화재 위험도를 평가하여 Full-scale test에 사용되는 재료의 열 방출비율을 계산한다. 그러나 이 경우 시험의 크기는 $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 크기의 열 방출비율 표본 20 W/m^2 에 해당한다. 실험결과 각 열 플럭스에 따른 발화 시간, 발화 지연 및 열 방출비율을 결정하며 이를 사용하여 재료의 전소 시간의 발화 온도, 열 방출률, 화재 지연 등을 결정한다. 한편, ISO와 ASTM 시험으로 발화 시간과 화염확산 성능을 평가하는 방법 방법인 ASTM E1321 (LIFT test) 실험이 있으며 이는 TIMC의 시험방법을 기준으로 하고 있으나 시험결과의 분석방법은 ISO E803의 화염확산 이론을 적용한다.

Caliber 모델은 Full-scale 화재성능을 예상하기 위해 두 가지 Small-scale 시험인 ASTM E854 "Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rate for Materials and Products Using an Oxygen Consumption Calorimeter"와 ASTM E1321 "Standard Method for Determining Material Ignition and Flame Spread Properties"를 이용하여 아래와 같은 재료의 열적 특성치를 결정하며 이를 입력 자료로 사용한다.

1. 발화점 (Ignition Temperature, T_{ig}) - Cone or LIFT

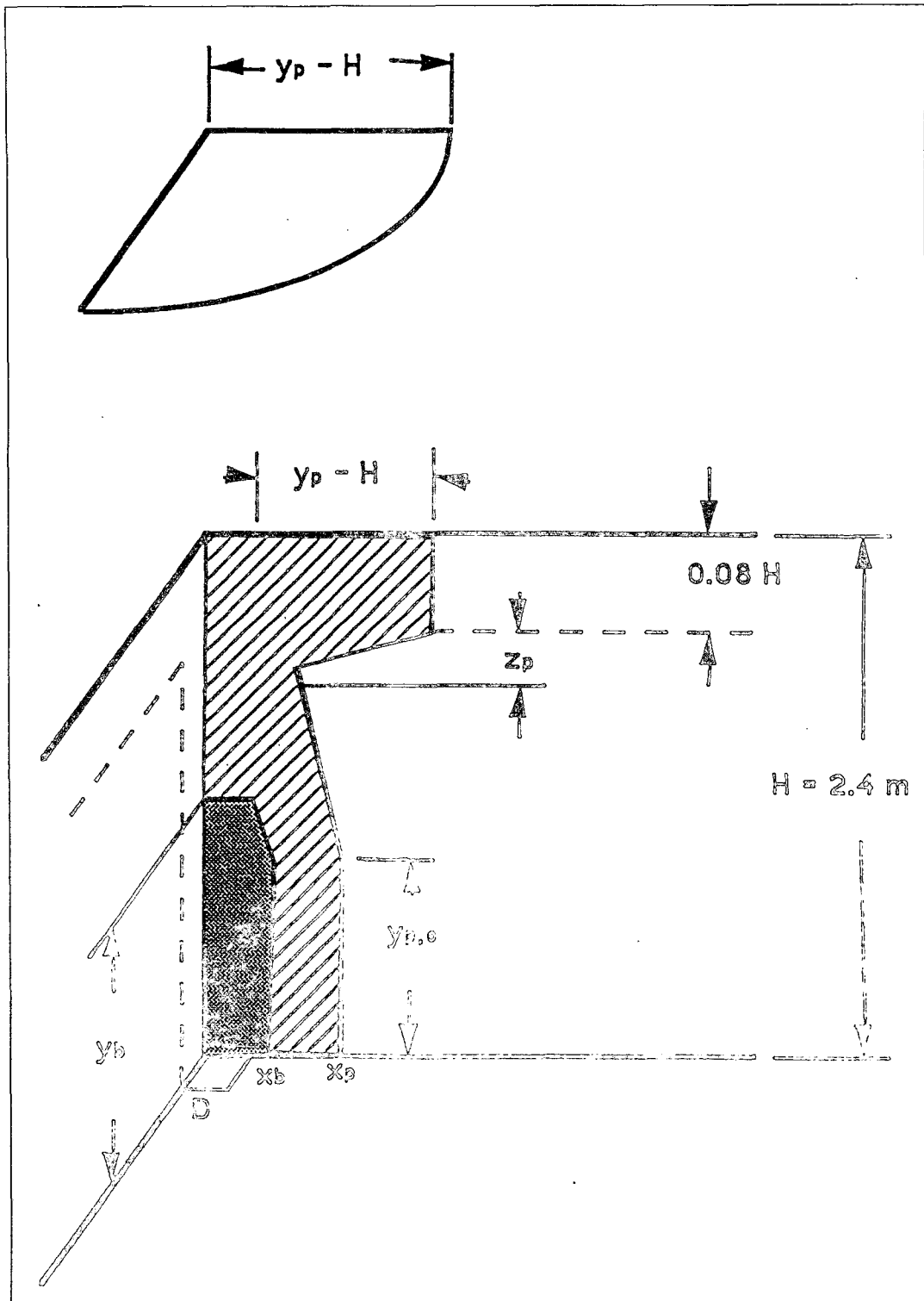


그림 2. Quintiere의 Flame Spread Model.

2. 재료의 열 관성 (Thermal inertia, $k\rho c$)
-Cone or LIFT
3. 수평 화염확산 변수 (Lateral Flame Spread Parameter, Φ)-LIFT
4. 수평 화염확산 최소온도 (Minimum Temperature for Lateral Spread, $T_s, \text{min.}$)
-LIFT
5. 연소열 (Heat of Combustion, ΔH_c)
-Cone
6. 기화열 (Effective Heat of Gasification, L)-Cone
7. 단위면적당 발생열량 (Total Energy per Unit Area, Q'') - Cone

한편, 위의 시험방법은 실제 화재시 발생될 수도 있는 내장재의 용융, 축소 변형 및 박락 등으로 인한 영향은 반영할 수 없으므로 화재시 이러한 현상이 중요한 역할을 하는 재료의 경우는 적용상 한계가 있다.

본 연구에서는 위의 7가지 재료의 열 적 특성을 기준으로 현재 사용되는 내장재의 특성을 고려한 평가기준과 범위를 정한 후(표 1) Quintiere의 모델을 적용하여 각 재료가 1MW에 도달하는 플래쉬 오버 시간을 구하여 예상되는 화재 위험성을 분석하였다.

표 1의 7개의 변수가 플래쉬 오버발생에 미치는 영향은 각기 독립적이므로 연구자가 평가기

준으로 정한 재료에서 6개의 열 적 특성 변수를 고정하고 나머지 1개를 차례로 변화시키면서 모든 재료범위에 대하여 모델링 하였다. 또한 공간의 크기 및 화원선정은 ISO 9705 시험방법과 동일한 최초 10분간은 100KW, 이후 10분간은 300KW를 적용하였고 실내온도는 20°C, Heat flux는 60KW/m²를 기준 하였다.

3. 화재위험성 평가변수, a, b, τ_b

3.1 이론적 배경

화재초기에 가연성 내장재로 인해 화염이 벽에서 천장으로 계속 확산되는 경우, 화재시간에 따른 내장재의 열 방출 비율(무차원)을 표현하는 이론식이 Cleary 와 Quintiere에 의해 제시되었다¹⁾.

$$Q/Q_0 = [(1+a)^2 e^{a(\tau-1)} - 1] / a \quad (2)$$

$$1 \leq \tau \leq \tau_b + 1$$

$$Q/Q_0 = [(1+a)^2 (e^{a\tau_b} - 1) / a] e^{b(\tau-1-\tau_b)} \quad (3)$$

$$\tau \geq \tau_b + 1$$

여기서 Q 및 Q₀은 각각 내장재 및 화원의 열 방출 율이며 τ 는 무차원 시간상수 (t/t_{ig}), τ_b 는 무차원 소멸시간 (t_b/t_{ig})이다.

표 1. 내장재의 평가범위.

Tig (°C)	$k\rho c$ (kw/m ² k) ² s	Φ (kw ² /m ³)	T _{s,min} (°C)	ΔH_c (KJ/g)	L (KJ/g)	Q'' (KJ/m ²)	비 고
				4		1,000	
	0.05	0.5		6	0.5	3,000	
200	0.1	1	20	8	1	5,000	
300	0.3	2	100	10	2	7,000	
400	0.5	4	150	15	4	10,000	평가기준
500	0.8	6	250	25	6	30,000	
600	1.0	10	350	35	10	50,000	
	1.2	20	450			70,000	
	1.5					100,000	
	1.8						
	2.0						

박미경(sb10-20 : 화재 · 소방)

위 식에서 $a = k_f Q''^{-1}$ 로 표현되며 Q'' 는 단위 면적당 열 방출율이며 k_f 는 화염길이 상수로서 $0.01 \text{ m}^2 / \text{KW}$ 이다¹⁾.

$$\text{또한 } Q'' = \Delta H_c / L (\dot{q}_f'' - \sigma T_{ig}^4 + \sigma T^4) \quad (4)$$

- 여기서 ΔH_c : 연소열
- L : 기화열
- \dot{q}_f'' : 열분해면적의 화염 밀도
- σ : 스테판-볼츠만 상수
- σT_{ig}^4 : 재방사 손실 열 유속
- σT^4 : 공간에서의 화염 열 유속

$$\text{여기서 } \dot{q}_{net}'' = \dot{q}_f'' - \sigma T_{ig}^4 \quad (5)$$

$$\text{한편, } b = a - 1 / \tau_b \quad (6)$$

$$t_b = Q'' / Q' \quad (7)$$

따라서

$$b = 0.01 (\Delta H_c / L) \dot{q}_{net}''^{-1} - t_{ig} / t_b \quad (8)$$

내장재의 발화시간

$$t_{ig} = \pi / 4 k \rho c (T_{ig} - T_s / \dot{q}_f'')^2 \quad (9)$$

여기서 $k\rho c$ 는 재료의 열 관성, T_{ig} 는 발화점, T_s 는 재료 표면온도 \dot{q}_f'' 는 화염위 복사 열 유속이며 Quintiere는 30 KW/m^2 으로 가정하였다²⁾. 위 식에서 내장재의 열 방출 비율은 화원의 열 방출 비율에 직접 비례하며 변수 a, b 의 부호에 따라 화재시간과 더불어 지수함수의 형태로 열 방출 비율은 증가하거나 감소하게 됨을 알 수 있다. 이는 내장재의 단위면적당 방출열량, 발화시간 및 소멸(burn-out) 시간 등 화재확산 특성과 화염의 열유속조건에 따라 결정됨을 알 수 있다. 소멸 이후는 변수 b 가 중요한 역할을 한다. 이론적으로 $b > 0$ 의 경우, 내장재의 화재확산이 지속되어 공간내 열 방출율이 증대되며 결국 플래쉬 오버에 도달하게 된다. 만일 소멸시간이 발화시간에 비해 짧은 경우, $b < 0$ 가 되며 더 이상의 화재확산은 불가능하게 되어 화재위험성은 크게 감소한다.

3.2 모델링 결과

표 1의 모델링의 결과, 플래쉬 오버 도달시간과 변수 b 와의 관련 식은 그림 3과 같다. 그림에서 $b \geq 0$ 의 값을 갖는 재료의 경우, 플래쉬 오버 도달시간은 100 KW 화원에서 모두 200 초 이하로 나타나 잠재적인 화재위험성이 상대적으로 매우 높다고 볼 수 있다.

한편 $b \leq -1.29$ 인 경우, 모든 내장재는 100 KW 에서 300 KW 로 화원이 바뀌는 600 초 이후에 플래쉬 오버에 도달하고 있어 화재확산의 위험도가 $b > 0$ 의 경우보다 상대적으로 낮게 나타났다. 또한 $-1.29 < b < 0$ 의 경우는 재료에 따라 플래쉬 오버 도달시간이 200 초 이하 또는 600 초 이상으로 폭넓게 분포하고 있어 변수 b 와 직접적인 상관 관계가 없는 것으로 판단된다. 한편, 화원의 열 유속을 $40, 50, 70 \text{ KW/m}^2$ 로 다르게 하여 모델링 한 경우에도 위와 같은 특성은 동일하게 나타났다⁸⁾.

3.3 실험결과와의 비교

본 연구에서 제시된 내장재의 이론적인 화재 위험성 평가방법과 실제로 ISO 9705 시험을 이용한 스웨덴의 Room corner test 및 EUREFIC Test 결과와 비교하였다. 위 시험에서 열 유속은 60 KW/m^2 를 적용하였다^{4,5)}. 표 2 및 표 3은 시험에 사용된 24종류의 내장재의 열적 특성을 표시하며 본 연구에서는 이를 이용하여 이론적인 변수 b 값을 구하였다. 그림 4는 EUREFIC Test에 의한 플래쉬 오버 도달시간과 이론적으로 계산된 변수 b 값과의 상관 관계를 보여준다. 본 연구의 모델링 결과 (그림 3)와 비교할 때 플래쉬 오버와 변수 b 와의 상관 관계가 매우 유사함을 나타내어 변수 b 값을 기준으로 한 내장재의 이론적인 평가 방법의 적용 가능성이 확인되었다.

3.4 내장재의 플래쉬오버 도달시간(t_{ro})과 발화시간(t_{ig})

건물 화재시 실의 용적 및 개구부 조건등 화재 확산에 관련된 요인이 일정한 경우, 가연성 내장재의 화재확산으로 인한 지속적인 열방출량의

Flashover Time ISO Room-Corner Test (s)

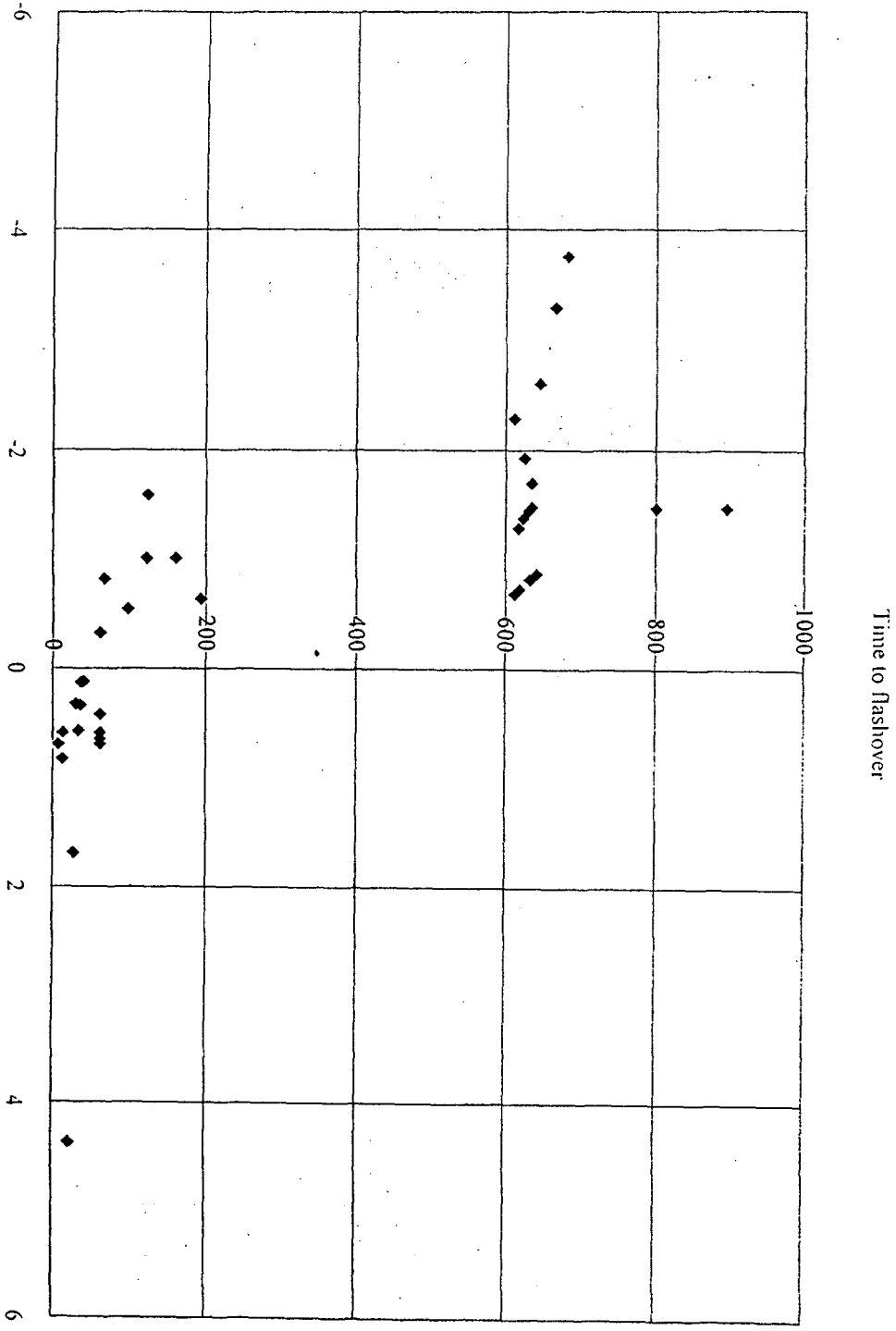


그림 3 플래쉬 오버 도달시간과 변수 b(모델링).

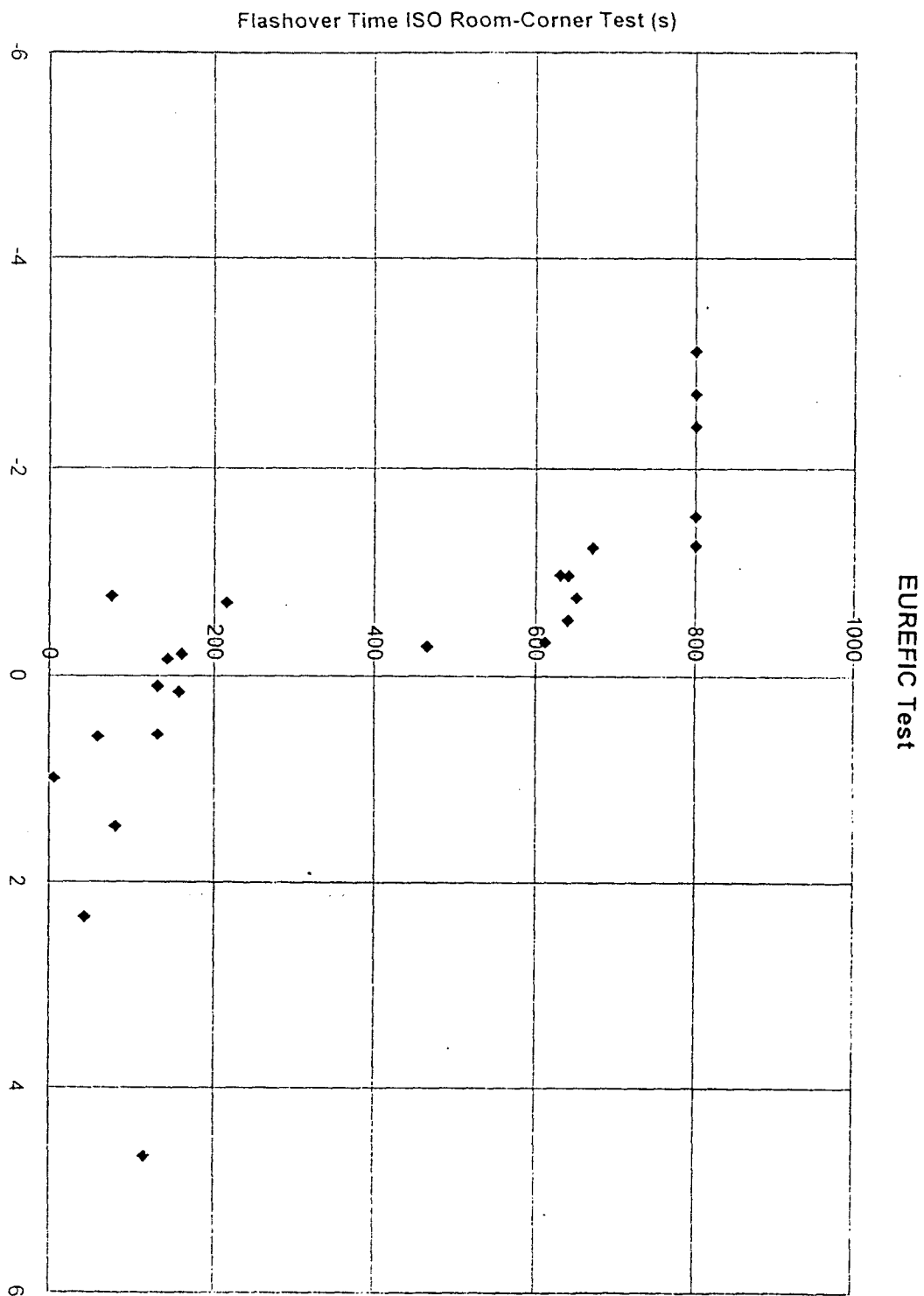


그림 4. 플래쉬 오버 도달시간과 변수 b(EURUFIC Test).

박미경 (sb10-23 : 화재 · 소방)

표 2 스웨덴의 내장재 시험.

내장재 종류	T_{ig} ($^{\circ}C$)	$k\rho c$ (KW/m^2K) 2S	Φ (kw^2/m^3)	$T_{s,min}$ ($^{\circ}C$)	ΔH_c (KJ/g)	L (KJ/g)	Q'' (MJ/m^2)
Insulating Fiberboard	381	0.229	14	90	14	4.2	≥ 68
Medium Density Fiberboard	361	0.732	11	80	14	4.2	≥ 100
Particle Board	405	0.626	8	180	14	5.4	≥ 120
Gypsum Board	469	0.515	14	380	7	4.8	2.8
PVC Covered Gypsum Board	410	0.208	25	300	13	3.7	4.6
Paper Covered Gypsum Board	388	0.593	0.5	300	10	4.8	7.2
Textile Covered Gypsum Board	406	0.570	9	270	13	1.5	8.3
Textile Covered Mineral Wool	391	0.183	6	14	25	2.8	9.3
Melamine Covered Particle Board	483	0.804	< 1	435	11	4.8	≥ 60
Expanded Polystyrene	482	0.464	31	130	28	1.5	32
Polyurethane Foam	393	0.031	3	105	13	3.1	14
Wood Panel	389	0.569	24	155	15	6.3	≥ 120
Paper Covered Particle Board	426	0.680	13	250	13	6.5	≥ 100

표 3 EUREFIC의 내장재 시험.

내장재 종류	T_{ig} ($^{\circ}C$)	$k\rho c$ (KW/m^2K) 2S	Φ (kw^2/m^3)	$T_{s,min}$ ($^{\circ}C$)	ΔH_c (KJ/g)	L (KJ/g)	Q'' (MJ/m^2)
Painted Gypsum Paper Plaster Board	551	0.73	3.3	478	4.1	3.6	3.3
Ordinary Birch Plywood	392	0.99	13	164	11.9	6.2	75.5
Textile Covering on Gypsum Board	387	0.97	7.7	189	7.5	3.1	9.5
Melamine faced High Density Non-Combustible Board	631	0.32	12.7	527	8.5	3.5	7.0
Plastic faced Steel Sheet on Mineral Wool	582	0.60	44	472	11.0	3.4	2.5
FR Particle Board Type B1	482	0.29		482	3.9	1.4	5.5
Combustible faced Mineral Wool	357	0.11	0.86	263	11.0	9.2	1.7
FR Particle Board	678	1.8		678	6.0	4.0	6.0
Plastic faced Steel Sheet on Polyurethane Foam	494	0.60	22	326	12.0	5.1	17.0
PVC Wallcarpet on Gypsum Board	391	0.69	8.2	367	6.5	3.3	11.0
Extruded Polystyrene Foam	482	0.44	11.5	354	27.0	2.7	20.0

중대는 플래쉬 오버에 이르게 된다.

따라서 식(3)으로부터 무차원 플래쉬 오버 시간 $\tau = t_{ro}/t_{ig}$ 는 변수 a, b 및 τ_0 의 함수로 표현될 수 있으며 여기서 $b(\tau - 1 - \tau_0)$ 값이 거의 일정한 경우, 플래쉬 오버에 이르는 열방출율을 예상할 수 있다.

표 1의 내장재에 대한 모델링의 결과는 그림 5

와 같다. ($\dot{q}'' = 40KW/m^2$)

한편, 열 유속이 $40KW/m^2$ 에서 $50KW/m^2$, $60KW/m^2$, $70KW/m^2$ 로 증대되는 경우의 모델링 결과는 전체적으로 약간 우측으로 이동함을 알 수 있었다.

그림 5에서 t_{ro}/t_{ig} 는 변수 b에 대해 쌍곡선의 형태로 τ_0 가 감소함에 따라 좌측으로 이동하게

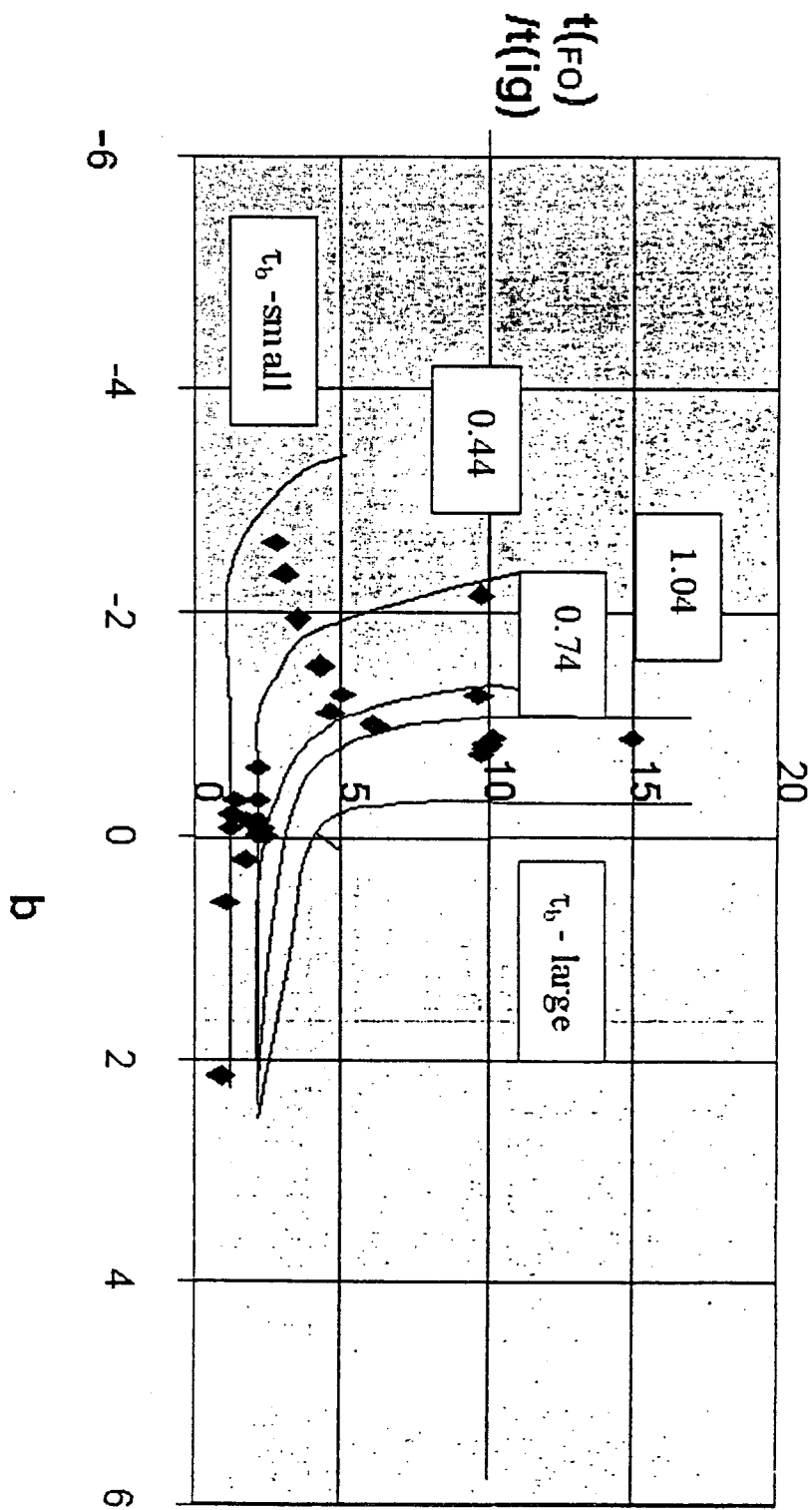


그림 5. (플래쉬 오버 도달시간/ 발화시간)과 변수 b.

된다. 변수 $b > 0.7$ 의 경우, t_{FO}/t_{ig} 는 1.7에서 2.4 사이에 분포하며 상대적으로 b 와 τ_0 와 관련성이 적음을 알 수 있다. 따라서 내장재의 b 값이 이 범위에 있는 경우, 플래쉬 오버 도달시간은 열 방출율이나 기타 재료의 열적 특성에 무관하며 오직 발화시간에 비례한다고 볼 수 있다. 따라서 100KW의 화원시험에서 내장재의 화재 위험성은 플래쉬 오버 시간을 결정하는 재료의 발화시간을 기준으로 평가할 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 ISO 9705 Room-Corner Test를 기준으로 Quintiere의 화염확산 모델을 이용하여 내장재의 화재위험성 평가방법을 제시하였으며 스웨덴의 실제 실험과 비교한 결과는 다음과 같다.

- 1) 내장재의 화재위험성은 재료의 열적 특성, 화원의 열 유속 및 지속시간의 변화에 따른 실내 열방출율과 플래쉬 오버 도달시간을 기준으로 Quintiere의 모델을 이용하여 평가할 수 있다.
- 2) 내장재의 화재위험성은 이론적 변수 b 값에 의존하며 $b > 0$ 의 경우는 화재가 확산되어 위험성이 증대되고 $b < 0$ 의 경우는 화재가 감소하게 된다.
- 3) $b > 0$ 의 경우, 공간내 플래쉬 오버 도달시간은 오직 내장재의 발화시간에 의해 결정됨을 알 수 있다.
- 4) 플래쉬 오버 도달시간과 변수 b 와의 상관성 분석 결과, 내장재의 상대적인 화재위험성은 플래쉬 오버 도달시간을 기준으로 200초 이내의 상급 위험도, 200초 내지 600초 이하의 중급 위험도 및 600초 이상의 하급 위험도 등으로 분류하여 평가될 수 있다.

본 평가방법의 적용을 위해 향후 국내에서 사용되는 내장재의 시험 및 재료특성 평가를 통한 검증과 더불어 공간의 크기 및 개구부의 조건 등

플래쉬 오버에 관련된 건축적인 요인들이 내장재의 화재 위험성에 미치는 영향을 종합적으로 분석할 필요가 있다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. Cleary, T. G. and Quintiere, J. G., A Framework for utilizing Fire Property Test, Fire Safety Science Proc. of the 3rd Inter. Symp., ed. G. Cox and B. Langford, Elsevier Applied Science, London, 1991.
2. Quintiere, J. G., A Simulation Model for Fire Growth on Materials Subject to a Room-Corner Test, Fire Safety Journal, Vol. 18, 1992.
3. Karlsson, B. Modeling Fire Growth on Combustible Lining Materials in Enclosures, Report TVBB-1009, Lund University, Department of Fire Safety Engineering, Lund, Sweden, 1992.
4. Sundstrom, B., Full-Scale Fire Testing of Surface Materials, Tech. Rept. SP-RAPP 1986 : 45, Swedish Nat. Testing Inst., Boras, Sweden, 1986.
5. Soderbom, J., EUREFIC-Large Scale Tests according to ISO DIS 9705, SP Report 1991 : 27, SP Swedish National Testing and Research Institute, Boras, Sweden, 1991.
6. 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, 1995.
7. Quintiere, J. G., Estimating Fire Growth on Compartment Interior Finish Materials, Dept of Fire Protection Eng, U. MD, College Park, MD, 1995.
8. 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.