

## 내장재 화재성능에 대한 유로등급 예측모델 검토

박상규, 김종훈, 김운형  
경민대학 소방안전관리과

### A Review of Euro Class Prediction Model for Fire Performance of Interior Materials

Sang-Gyu Park, Jong-Hoon Kim, Woon-Hyung Kim  
Department of Fire Safety Management, Kyung Min College

#### 1. 서론

WTO/TBT 협정에 따라, 최근 여러 분야에서는 국가간의 기술적 장애를 제거하기 위한 범국가적 표준화가 요구되고 있으며, 방화시험법에 대해서도 ISO 시험법과 같은 기준들과의 조화와 도입이 중요한 과제로 인식되고 있다. 국내의 관련기관에서는 이러한 상황에 맞추어 국제적으로 논의되고 있는 새로운 방화성능평가 시험 결과를 도입하기위한 사업을 추진하고 있는 상황이다. 그러므로 이러한 규정들이 국제적으로 도입될 경우 국내 기관들과 관련 업체들은 이에 맞추어 제품의 등급을 평가하고 제조를 해야 하기 때문에, 방화성능의 시험과 등급의 구성에 관련된 ISO 기준들에 대한 연구는 매우 중요한 의미를 가지고 있다.

현재 건축물 내장재의 화재성능에 대하여 ISO 시험의 결과를 기반으로 등급을 구분하는 Euro Class에 의한 방법에 관한 연구와 검토가 심도 깊게 이루어지고 있으며, 각 시험 방법은 내장재의 화재 시 나타나게 될 성능을 측정하여 좀더 현실적인 화재안전의 수준을 구분해보고자 하는데 목표가 있다.

현재 내장재의 등급구분을 위한 화재시험방법으로 ISO 5660 (Cone Calorimeter Test, EN 13823 Single Burning Item Test(SBI), ISO 9705 Room Corner Test(RCT)가 널리 적용된다. 유럽을 중심으로 유관 기관들은 각 시험 결과 간의 상관성을 연구하고 있으며 Cone Test의 결과를 기반으로 SBI와 RCT의 결과와 유로등급을 예측할 수 있는 모델인 Cone tools을 개발하게 되었다. 이는 하나의 시험결과를 통해 다른 시험의 결과와 등급을 예측, 시간과 비용을 절감할 수 있는 실용적인 모델이라 할 수 있다.

본 연구에서는 내장재 관련 시험법에 대하여 살펴보고, 내장재 예측모델인 Cone Tools을 적용하여 국내 내장재료의 유로등급 평가를 수행하였다.

## 2. 내장재 시험방법

### 2.1 ISO 5660 (Cone Calorimeter Test)

Cone Calorimeter Test는 재료의 열 방출 특성을 연소생성물 흐름 속의 산소농도와 유속으로부터 유도된 산소소비량을 측정하여 평가하는 시험이다. 이 시험은 재료 및 제품의 열방출비율(Heat Release Rate), 유효연소열(Effective Heat of Combustion), 질량감소율(Mass Loss Rate)등과 같은 항목들을 측정할 수 있다.

표 1. ISO 5660 시험 내용

본 체	가열로 상부에 집연후드와 배연덕트를 사용하여 도중에 가스 샘플링과 오리피스를 사용하여 배출유량 측정
시험체	약 100mm 정사각형 3개
화 원	원추형히터, 상부 80mm, 하부 197mm, 가열강도 10~100kW/m <sup>2</sup> 시험체 중앙에 위치한 스파크 5kV
측정방법	산소농도와 질량유속으로 산소소비량을 산정하여 방출열량을 구한다. 또 착화한 시점에서 총발열량을 구한다.
평가방법	최고발열량, 착화 후의 3, 5분간의 평균발열량, 착화시간 등
기 타	중량감소, 연기농도, CO <sub>2</sub> , CO 등을 구할 수 있다.

### 2.2 EN 13823 Single Burning Item (SBI) Test

EN 13823 SBI 시험은 마감재의 등급분류를 위한 대표적인 시험으로 제품의 인접한 공간 구석에 위치한 단일 연소물의 연소조건에서 제품의 화재성장 기여도를 측정하는 것이다.

이 시험을 통하여 발화시간, 화염확산, 화염 용융 / 입자가 측정된다. ISO 9705와 동일하게 화재성장과 연기에 의한 감쇠도가 주요 시험결과가 되며 시간경과에 따른 열방출율(HRR), 연기생성 비율(SPR), CO<sub>2</sub> 생성 비율, 산소 소비 비율의 변수가 측정된다.

표 2. EN 13823 SBI 시험 내용

시 편	3번의 시험을 위한 시편. 각 시험마다 크기가 다른 2개의 시편 시편 0.5m × 1.5m, 시편 1.0m × 1.5m 이 필요하다. 시험공간은 3.0m × 3.0m × 2.4m (길이 × 폭 × 높이)
시편의 설치	수직으로 구석에 설치된다.
화 원	공간 구석에 위치한 30kW 가스버너 사용
시험시간	20분
비 고	등급분류는 FIGRA, THR600s, 최대 화염확산을 기준하여 결정된다. 부가적인 등급분류기준으로 SMOGRA, TSP600s, 용융 / 입자가 적용된다.

표 3. EN 13823 SBI 시험에 의한 유로등급

등 급	등급분류기준	부가 등급분류기준
A2	FIGRA ≤ 120W.s <sup>-1</sup> LFS < 시편의 단부 THR600s ≤ 7.5MJ	연기량에 의한 분류 <sup>주1)</sup> 불꽃 적하물에 의한 분류 <sup>주2)</sup>
B	FIGRA ≤ 120W.s <sup>-1</sup> LFS < 시편의 단부 THR600s ≤ 7.5MJ	
C	FIGRA ≤ 250W.s <sup>-1</sup> LFS < 시편의 단부 THR600s ≤ 15MJ	
D	FIGRA ≤ 750W.s <sup>-1</sup>	

- 주1) s1 = SMOGRA ≤ 30m<sup>2</sup>.s<sup>-2</sup> TSP<sub>600s</sub> ≤ 50m<sup>3</sup>  
 s2 = SMOGRA ≤ 180m<sup>2</sup>.s<sup>-2</sup> TSP<sub>600s</sub> ≤ 200m<sup>3</sup>  
 s3 = s1, s2 가 아닌 경우
- 주2) d0 = 최초 600초 이내에 불꽃 적하물이 발생하지 않는 경우  
 d1 = 최초 600초 이내에 불꽃 적하물이 10초 미만 발생하는 경우  
 d2 = d0, d1 이 아닌 경우,
- 약어)  
 FIGRA = 화재성장율  
 THR<sub>600s</sub> = 최초 600초까지의 총열방출량  
 LFS = 수평화염확산  
 SMOGRA = 연기발생비율

### 2.3 ISO 9705 Room-Corner Test

A Room-Corner Test는 공간의 건축제품(마감재)의 연소 성상을 측정하는 대규모 시험방법이다. 주 요소는 플래쉬오버의 발생여부 및 도달시간이다. 시험결과에는 시간경과에 따른 화재성장의 직접 측정값인 열방출율(HRR)과 연기에 의한 감쇠도(연기 발생율, SPR)등 다음의 변수가 포함된다.

- 열방출 비율 (HRR)
- 연기발생율 (SPR)
- CO 생성율
- CO<sub>2</sub> 생성 비율
- 산소 소비 비율

표 4. ISO 9705 RCT 시험 내용

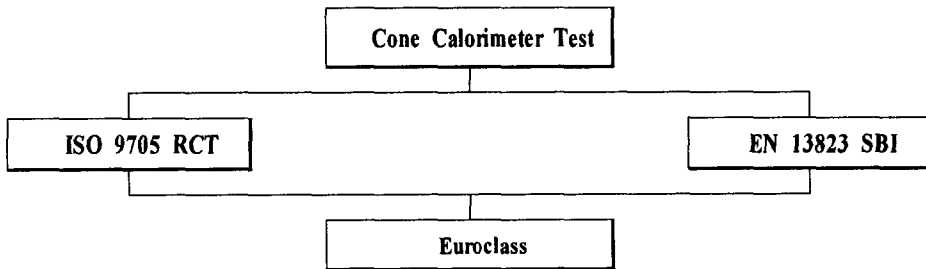
시 편	문이 설치되는 벽을 제외한 벽과 천장에 3개의 시편을 부착 시편은 실내의 마감재로 부착됨 시험공간 크기 : 2.4m × 2.4m × 3.6m (길이 × 높이 × 폭) 개구부 크기 : 0.8m × 2.0m (폭 × 높이)
화 원	점화원으로 프로페인 가스버너가 공간의 한쪽 구석에 설치되며, 버너의 출력은 최초 10분간은 100kW, 이후 10분간은 300kW
시험시간	20분 또는 플래쉬오버 발생시점까지
평가방법	공간의 열방출비율이 1000kW에 도달하면 화염이 개구부로 분출되는 플래쉬오버로 판단함
기 타	연기층의 온도, 화염확산, 복사플럭스, 일산화탄소, 이산화탄소, 산소 감소 등 공간화재에 관련되는 많은 변수들을 측정할 수 있다.

표 5. ISO 9705 시험의 플래시오버 발생을 기준한 유로등급

유로등급	화재성장지수 FIGRA(RC)(kW/s)	Room Corner 시험 시 예상되는 연소 정상
A2	≤0.16	플래시오버 발생 없음
B	≤0.5	플래시오버 발생 없음
C	≤1.5	플래시오버 발생 없음 (100kW)
D	≤7.5	플래시오버 발생 없음 (100kW에서 2분 이내)
E	>7.5	플래시오버 발생 (2분 이내)

### 3. Conetools 모델 개요

본 모델은 Cone Calorimeter Test에 의한 측정 결과를 기반으로 ISO 9705 Room-Corner Test(RCT)와 EN 13823 Single Burning Item(SBI) Test의 결과를 예측하고, 이를 토대로 유로등급을 평가할 수 있다.



모델의 입력에 필요한 데이터는 Cone Calorimeter 측정에 의한 결과 값으로 시간에 따른 HRR(Heat Release Rate), EHC(Effective Heat of Combustion), MLR(Mass Loss Rate), SEA(Specific Extinction Area), THR(Total Heat Release), TSR(Total Smoke Release) 등이다. 각각의 결과는 화재성장에 관련되는 FIGRA(Fire growth rate index) 지수이며, 이는 유로등급을 결정하게 된다.

ISO 9705 Room-Corner Test(RCT)와 EN 13823 Single Burning Item(SBI) Test의 각각의 결과 값은 다음과 같다.

- ISO 9705 RCT
- FIGRA(RCT)
- THR(RCT)
- Time to flashover(RCT)
- EN 13823 SBI Test
- FIGRA(SBI)
- THR<sub>600s</sub>(SBI)

### 4. 사례분석

Cone tools 모델의 사례분석 대상은 현재 국내에서 사용 중인 3가지의 내장재로 선정하였으며, 프로그램의 입력 자료는 Cone Calorimeter Test에 의해 측정된 결과이다. 각 재료별 열방출율(HRR)은 다음과 같다.

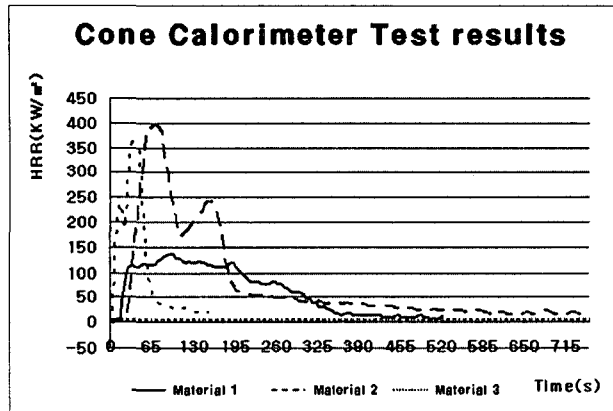
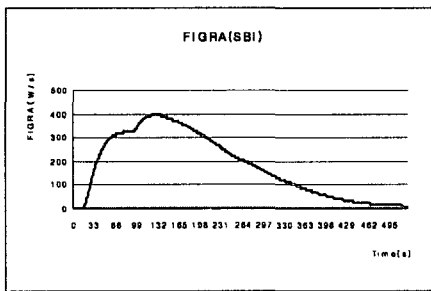
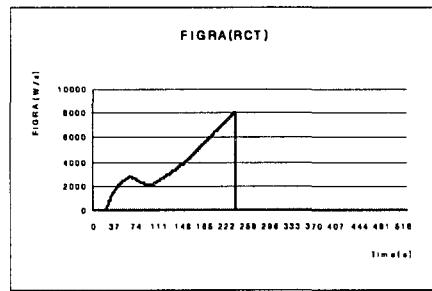


그림 1. Cone Calorimeter Test results

모델링의 결과는 유류등급분류 기준인 FIGRA 지수는 SBI와 RCT로 각각 생성되며 아래 그림과 같다.

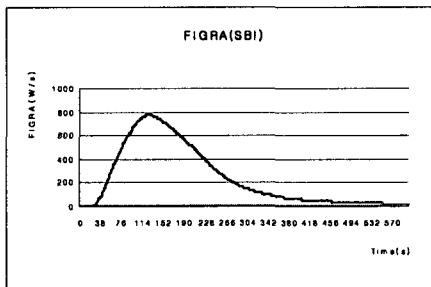


(a)

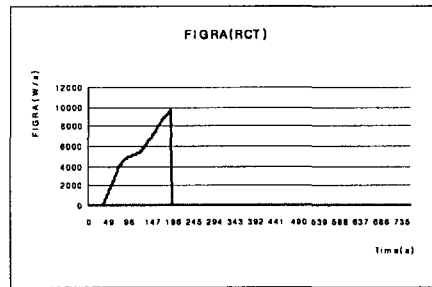


(b)

그림 2. Material 1의 FIGRA(SBI) (a) FIGRA(RCT) (b)

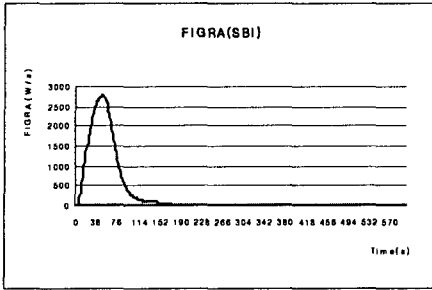


(a)

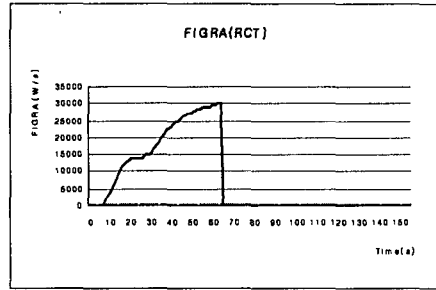


(b)

그림 3. Material 2의 FIGRA(SBI) (a) FIGRA(RCT) (b)



(a)



(b)

그림 4. Material 3의 FIGRA(SBI) (a) FIGRA(RCT) (b)

한편, 3가지 내장재료에 대한 주요 결과와 유로등급분류는 다음 표와 같다.

표 6. Conetool 모델링 결과

구 분	EN 13823 SBI Test			ISO 9705 Test		
	FIGRA (W/s)	THR600S (MJ)	유로등급	FIGRA (W/s)	플래쉬오버 발생시간(s)	유로등급
Material 1	394	17	C	8	178	E
Material 2	770	26	D	9	140	E
Material 3	2773	8	D	30	40	E

## 5. 맺음말

국내 내장 재료의 Cone Test 실험결과를 적용하여 Conetools 모델을 수행하였다. 그 결과 ISO 9705 Room-Corner Test와 EN 13823 Single Burning Item Test 결과를 예측하였으며 각 내장재별 FIGRA(Fire Growth RATE index) 지수를 통해 유로등급을 결정할 수 있었다. 유럽과 ISO 화재기준을 중심으로 연구되고 있는 내장재 성능시험과 등급을 예측할 수 있는 Cone tools 모델은 국내 내장재의 난연성능 평가와 관련하여 유용하게 사용될 수 있으며 이에 대한 연구를 지속적으로 수행할 예정이다.

## 참고문헌

1. ISO 9705 : 1993 Fire tests - Full scale room test for surface products
2. B. Sundstrom, P. van Hees, P. Thureson, Results and Analysis from Fire Tests of Building Products in ISO 9705, the Room/Corner Test, The SBI Research Programme, SP REPORT 1998 : 11
3. S.E Dillion, Quintiere, J. G., Woon Hyung Kim., Discussions of a Model and Correlation for the ISO 9705 Room-Corner Test, 6th International Symposium on Fire Safety Science, France, (1999,7)

4. B. Sundstrom, J. Axelsson, Development of a common European system for fire testing of a pipe insulation based on EN 13823(SBI) and ISO 9705(Room/Corner Test), SP REPORT 2002 : 21
5. 김운형, P. Van Hees, 샌드위치패널의 화재시험방법, 2004년 한국화재소방학회 추계 학술논문발표회 논문집