

B-07

## 질량손실측정에 의한 열방출율 측정 연구

노호성, 이준석, 진영화, 짝지현, 김성윤  
방재시험연구원

### Study of Heat Release Rate Measurement by Mass Loss Measurement

H.S Ro, J.S Lee, Y.H Jin, J.H Kwak, S.Y Kim  
Fire Insurers Laboratories of Korea

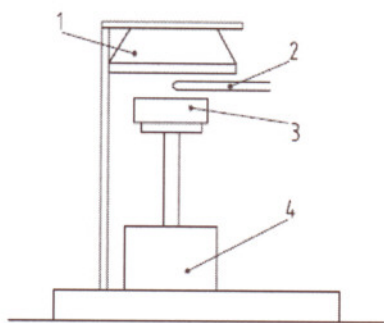
#### 1. 서론

산업화, 도시화가 급진전 되면서 건물들은 고층화 대형화되고 이에 따르는 건축물 화재도 경광화 되거나 다양해져서 수많은 신소재를 이용한 새로운 재료들이 등장하고 있다. 또한 최근에는 기능성과 함께 미관상 아름다움을 추구하려는 경향이 커서 보다 다양한 내장재나 마감재들을 시도하고 있는데, 이들은 화재발생시 고온의 열과 연기 등을 발생할 수 있는 높은 화재위험성을 가지고 있다. 단위시간당 발생하는 열방출량을 의미하는 열방출율은 화재발생시 재료의 화재안전성을 가늠해줄 수 있는 유용한 인자이다. 이에 따라 국내에서도 벤치스케일의 콘칼로리미터를 사용하여 열방출율을 구하는 시험방법이 한국산업규격으로 제정되었다. 그런데 콘칼로리미터를 이용하는 방법은 정확하고 신뢰성이 높으나 장치가 워낙 고가이며 유지관리가 어려워 쉽게 적용하기가 곤란하다. 따라서 이를 대체할 수 있는 방법이 단위시간당 질량감소량을 나타내는 질량손실율을 측정하는 것인데, 이는 열방출율을 간접적으로 측정할 수 있는 간편하고 유용한 방법으로 평가되고 있다. 이러한 측정장치는 비교적 간단하며 구해진 질량손실율에 재료의 발열량을 곱해서 열방출율을 계산할 수 있는 성능위주의 측정기법이라 할 수 있다. 본 고에서는 실내에 많이 사용되는 13가지 종류의 재료를 연소시켜 질량손실율을 측정하여 열방출율을 계산해보고 콘칼로리미터로 실제 열방출율을 측정하여 비교해보았다.

#### 2. 실험

##### 2.1 실험개요 및 실험장치의 구성

환기가 잘되는 상태에서 외부 점화장치를 이용해 세기 조절이 되는 복사열을 수평방향으로 편평한 시편에 노출시켜 시편이 연소될 때의 무게를 측정하여 질량감소율을 측정하였다. 질량감소율을 측정하기 위한 시험장치는 ISO/FDIS 17554 Reaction to fire tests - Mass loss measurement 에 나와 있는 시험 장치를 준용하였으며 그 시험장치의 개략도는 그림1에 나타내었다. 비교평가를 위한 열방출율 측정장치인 콘칼로리미터는 그림2에 나타내었다. 이 실험에서는 복사강도와 외부 점화원에 관해선 논의하지 않았다. 이것들은 평가할 각 재료에 대해서 각각 결정되어야 하지만 실험을 위해 복사열의 강도는 50 kW/m<sup>2</sup>를 주고 실험은 5분간 실시하였다.



1 콘히터      2 점화 장치  
3 시편 홀더    4 로드셀

그림 1 시험장치 개략도

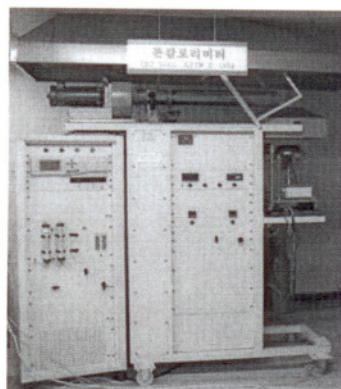


그림 2 콘칼로리미터

## 2.2 실험체 구성

이번 실험을 위해 사용한 실험체의 종류 및 크기는 표1에 나타내었다.

표1. 시험체의 종류 및 무게

시험체명	크기(mm)	무게(g)
MDF	100×100×10	51.3
합판	100×100×10	53.4
PB	100×100×15	88.4
흡음판	100×100×9.5	28.1
카펫	100×100×7	15.7
방염카펫	100×100×7	20.7
원목마루	100×100×8	48.9
강화마루	100×100×7.5	76.2
플라스틱 장판	100×100×3	55.1
HDPE	100×100×10	90.3
PP	100×100×10	87.1
POM	100×100×10	152.1
UHMWPE	100×100×10	90.1

### 2.3 실험방법

선정된 실험체를 시험장치를 이용하여  $50 \text{ kW/m}^2$ 의 복사열을 가열원으로 하여 5분간 연소시킬 때 측정된 초기 시편무게로부터 연소 종료 시까지 지속적인 무게 변화를 측정하여 그 값을 얻었다. 그런 다음 얻어진 질량손실율을 문헌상에 나오는 각 재료의 발열량을 곱해서 구해진 값과 실제 콘칼로리미터를 이용해서 실험한 값과 비교하였다.

## 3. 실험결과

### 3.1 질량손실율

13종의 가연물에 대한 질량손실율을 측정한 결과는 표2와 같다.

표2 질량손실율

시험체	질량손실측정(g/s)	
	평균 질량손실율	최대 질량손실율
MDF	0.138	0.233
합판	0.117	0.283
PB	0.117	0.220
흡음판	0.078	0.462
카펫	0.103	0.285
방염카펫	0.109	0.253
원목마루	0.127	0.246
강화마루	0.152	0.254
플라스틱 장판	0.088	0.234
HDPE	0.148	0.512
PP	0.145	0.287
POM	0.173	0.686
UHMWPE	0.131	0.305

또한 문헌상에 나온 각 재료의 발열량은 표3과 같다.

### 3.2 실제 열방출률 측정값

질량손실율과 문헌상에 나온 발열량 값에 의한 열방출률을 추정하고 그 값을 비교하기 위해서 실제 콘칼로리미터를 이용하여 측정한 열방출율 값은 표4에 나타내었다.

표3. 문헌상에 나온 발열량값

시험체	발열량(kJ/g)
MDF	13
합판	12
PB	10.7
흡음판	16
카펫	40
방염카펫	38
원목마루	13
강화마루	11
플라스틱 장판	15
HDPE	43.6
PP	43.4
POM	15.4
UHMWPE	41

※ 발열량 출처 : SFPE 방화공학핸드북 제3-4장 화재시 발생하는 열과 화합물

표4. 콘칼로리미터에 의한 열방출률 측정값

시험체	열방출률 측정(kW/m <sup>2</sup> )	
	평균 열방출률	최대 열방출률
MDF	189.64	325.70
합판	151.67	396.23
PB	143.55	287.04
흡음판	141.03	641.58
카펫	215.70	422.32
방염카펫	457.77	1087.68
원목마루	181.99	345.48
강화마루	177.60	239.59
플라스틱 장판	143.99	279.21
HDPE	690.61	1210.96
PP	662.26	1129.90
POM	259.62	324.20
UHMWPE	606.75	1308.51

3.3 열방출률값 비교

위 질량손실측정에서 얻어진 평균 질량손실율에 각 재료의 발열량을 곱해 열방출율을 계산하고, 이를 콘칼로리시험에서 얻어진 실제 열방출율과 비교한 값을 표5와 그림3에 나타내었다.

표5 질량손실율과 열방출율과의 비교

시험체	평균질량손실율 (g/s)	발열량 (kJ/g)	계산된 단위면적당 열방출율 (kW/m <sup>2</sup> )	실제 열방출율 (kW/m <sup>2</sup> )
MDF	0.138	13	202.9	189.6
합판	0.117	12	158.8	151.7
PB	0.117	10.7	141.6	143.6
흡음판	0.078	16	141.2	141.03
카펫	0.130	40	588.2	570.2
방염카펫	0.109	38	468.6	457.8
원목마루	0.127	13	186.8	182.0
강화마루	0.152	11	189.1	177.6
플라스틱 장판	0.088	15	149.3	143.99
HDPE	0.148	43.6	730.0	690.6
PP	0.145	43.4	711.9	662.3
POM	0.173	15.4	301.4	259.6
UHMWPE	0.131	41	607.6	606.8

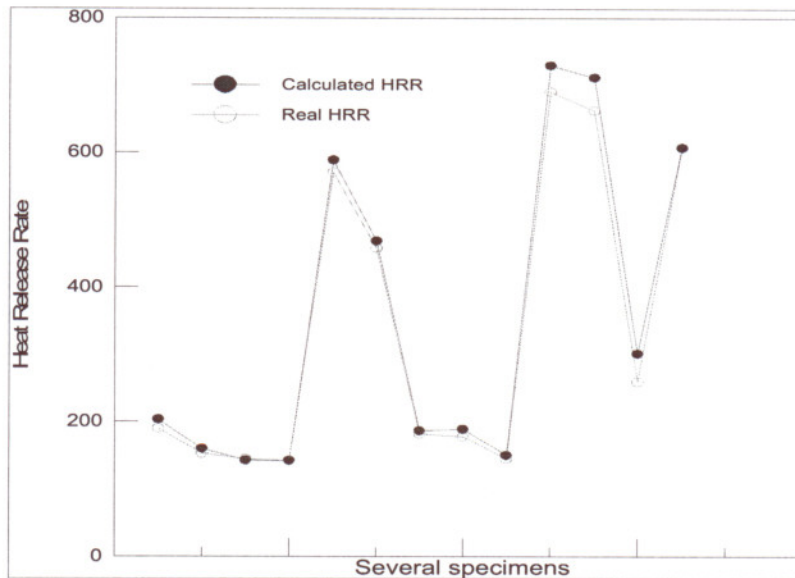


그림3 계산된 열방출율과 실제 열방출율의 크기 비교

#### 4. 결론

질량손실에 의한 열방출률을 측정 한 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 질량손실율로부터 발열량과의 곱으로 계산되어 얻어진 열방출율은 콘칼로리미터로 측정 한 실제 열방출율과 약간의 차이를 가진다는 것을 알 수 있었다.

둘째, 열방출율값의 차이는 각 재료가 함유하고 있는 수분 및 실제 재료의 제조 공정상 순도 차이 등으로 인해 문헌에 주어진 발열량과 정확히 일치하지는 않기 때문에 사료된다.

셋째, 그림에도 불구하고 상당히 비슷한 결과를 나타내고 있어 이 질량손실측정에 의한 열방출율의 계산은 유효하다고 사료된다.

#### 5. 참고문헌

1. ISO/FDIS 17554 Reaction to fire tests - Mass loss measurement
2. KS F ISO 5660-1 연소성능시험 열방출, 연기 발생, 질량감소율 Part 1 : 열방출률 (콘칼로리미터법)
3. ISO 5660-1, Reaction-to-fire tests — Heat release, smoke production and mass loss rate — Part 1 : Heat release(cone calorimeter method)
4. SFPE 방화공학핸드북 제3-4장 화재시 발생하는 열과 화합물