

**B-15**

## 방연벽의 성능시험방법 표준화를 위한 성능평가연구

곽지현, 김동석, 박용환\*

방재시험연구원, 호서대학교 소방방재학과\*

### Evaluation of performance for standardization of the test method of a smoke barrier

Ji-Hyun Kwark, Dong-Suk Kim, Yong-Hwan Park\*

Fire Insurers Laboratories of Korea, Hoseo Univ.\*

#### 1. 서론

화재발생시 가장 주요한 사망원인인 유독가스의 제어와, 소방관의 소화활동을 돕기 위한 제연설비는 각 구성품이 유기적으로 동작하는 시스템을 이루기 때문에 전체의 조화도 중요하지만, 기본적으로 각 설비요소가 제 기능을 발휘할 때 전체 시스템의 제연 성능을 확보할 수 있게 된다.

본 연구의 목적은 화재발생시 가장 주요한 사망원인인 유독가스와의 연기의 효과적인 제어와 배출을 위한 제연설비의 주요 구성품인 방연벽의 성능평가기술을 개발하고 성능시험방법을 표준화하기 위해 성능시험장치의 구성과 각 항목별 성능시험을 실시하여 평가방법의 적합성을 검토하고 국가표준규격을 만들기 위한 기초자료로 제공하는데 있다.

#### 2. 성능평가 항목

이 연구에서 고정식 및 가동식 방연벽의 성능을 확인하고 평가하기 위해서 적용한 네 가지 시험항목과 각 시험의 요구사항 및 시험방법은 ISO 규격의 내용을 바탕으로 다음과 같이 선정하였다.

- 1) 반복작동시험
- 2) 응답특성시험
- 3) 연기누설시험
- 4) 내열시험

#### 3. 실험결과 및 고찰

##### 3.1 반복작동시험

반복작동시험은 가동식 방연벽의 신뢰성 및 내구성을 시험하기 위한 항목이다. 표준

시험체인 3m×3m 크기의 시험체 2대와 10m×3m 시험체 1대에 대하여 주동력으로 1000 사이클 반복 가동하였다. 이 때 반복가동에 의한 전동기의 과열을 방지하기 위하여 한 사이클 수행 마다 2분간 정지한 뒤 다시 동작하도록 컨트롤러를 조정하여 시험하였다.

가. 3m×3m 시험체

반복작동시험을 위해 표준시험체인 3m×3m 가동식 시험체 2대를 제작하여 신뢰성 및 내구성을 비교 시험해 보았다. 스크린의 작동거리는 1m 이며 아래 그림과 같이 헤드상자 안에 숨어 있는 상태에서 화재 시 작동위치(화재위치) 까지 동작한다.

본 연구에서 1000 사이클 반복작동시험을 하는 동안 살펴본 결과 시험체는 500회 이상 동작이 반복되면서 가이드레일 쪽 스크린에 약간 구김이 가는 현상이 발견되었으나 두 회사 시험체 모두 균열이나 파손, 부속품의 탈락은 없었으며, 6mm 직경의 불이나 15mm×2mm의 줄이 통과할만한 균열은 발생하지 않아 1000회 반복시험을 무난하게 완료하였다.

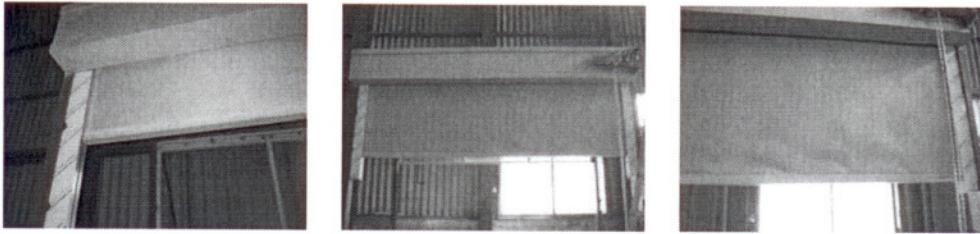


그림 1 반복작동시험 장면(3m×3m)

나. 10m×3m 시험체

최대폭을 가지는 가동식 방연벽의 내구성을 살펴보기 위해 제작이 가능한 회사의 폭 10m 짜리 시험체 1대를 제작하여 1000 사이클 반복작동시험을 수행하였다. 스크린 폭 10m의 가동식 방연벽은 자중의 증가에도 불과하고 같은 속도로 동작을 반복하였기 때문에 스크린의 구김 현상이 좀 더 일찍 발생하였다. 2분 간격으로 한 사이클을 동작하는 시험은 전동기의 과열을 초래하여 100회 반복 후 가이드레일 주위에 구김이 발생하였다. 그래서 사이클 사이 휴지기간을 좀 더 길게 5분으로 재설정하여 반복작동시험을 수행한 결과 1000 사이클 반복작동을 무난히 완료하였으며, 내구성의 한계를 시험하기 위해 반복작동시험을 계속 실시한 결과 5000 사이클의 반복작동에도 문제가 없는 것으로 나타나 국내 제품의 내구성 및 신뢰성이 우수한 것으로 판단된다. 시험결과를 정리하면 아래와 같다.

표 1 반복작동시험 결과

시험체	Y사	D사
시험결과	균열, 파손 없음 6mm 직경의 불이나 15mm×2mm의 줄 통과하지 않음	좌동

3.2 응답특성시험

가동식 방연벽의 응답특성을 평가하기 위해 앞 절의 반복작동 시험체에 대하여 방연벽을 수동으로 조작하여 하강시의 동작시간을 측정하고 이로부터 동작속도를 계산하였다. 각 시험체에 대하여 시험초기 및 1000사이클 반복시험 후의 동작시간과 평균동작속도는 아래 표와 같다.

시험 결과 3m×3m 시험체의 동작속도는 두 제품 모두 0.06m/s 이상으로 규정치 안에 들어 적합하였으나 거의 최저값에 근접해 있는 것으로 나타났다. 따라서 전동기 감속비를 조절하여 동작속도를 좀 더 빠르게 하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

폭 10m 시험체도 초기 작동시험결과 동작속도가 폭 3m 시험체와 같은 결과가 나왔다. 따라서 현재 전동기 성능으로 가동식 방연벽의 구동에는 문제가 없는 것으로 판단된다.

표 2 반복시험 전후의 동작시간 비교(3m×3m)

회수	반복시험전		반복시험후	
	Y사	D사	Y사	D사
1	16초 5	12초 1	16초 4	12초 1
2	16초 4	12초 0	16초 4	12초 2
3	16초 5	12초 2	16초 6	12초 2
4	16초 6	12초 1	16초 5	12초 2
5	16초 5	12초 2	16초 5	12초 1
6	16초 3	12초 1	16초 6	12초 2
7	16초 5	12초 1	16초 6	12초 2
8	16초 5	12초 1	16초 4	12초 2
9	16초 6	12초 1	16초 6	12초 2
10	16초 4	12초 1	16초 5	12초 2
평균시간	16초 5	12초 1	16초 5	12초 2

주) 작동거리 : Y사 - 1m, D사 - 0.8m

표 3 평균 동작속도(3m×3m)

반복시험전(m/s)		반복시험후(m/s)	
Y사	D사	Y사	D사
0.06	0.07	0.06	0.07

### 3.3 연기누설시험

연기누설시험은 방연벽 전체의 연기누설량을 측정하고, 또한 스크린 재료의 투과성을 평가하기 위한 시험으로 이를 위해 본 연구에서는 연기누설량시험과 침투성시험을 각각 수행하였다.

#### 가. 연기누설량시험

방연벽의 연기누설량을 측정하기 위해 우선 연기누설시험실(챔버)을 제작하였다.

챔버의 크기는 3m(W)×3m(H)×1m(D)로 3m×3m 표준크기의 방연벽 시험체를 부착하여 밀봉한 후 연기누설량을 측정할 수 있도록 하였다.

표준크기의 방연벽은 가동식 시험체 2대를 만들어 성능을 비교 시험하였으며, 고정식 망입유리 방연벽은 불침투성 재질이라 시험이 필요 없으나 연구결과의 참고자료로 삼기 위하여 1대를 제작해 시험하였다.

나. 시험결과 분석

1) 고정식 방연벽

연기누설시험실의 연기 출입구의 직경은 0.105m이고, 면적은 0.00865㎡이다. 먼저 망입유리로 된 고정식 방연벽의 누설시험 결과 입구 쪽 평균 연기유속은 1.4%이고 출구의 평균유속은 1.3%로 나타나 평균 유속차는 0.1% 즉 360m/h로 나타났다. 여기에 출입구 면적을 곱하면 시간당 3.1㎡의 누설량이 계산되며 스크린 면적 3㎡로 나누어 주면 1.0㎡/h·㎡의 최종 누설량이 산출되어진다.

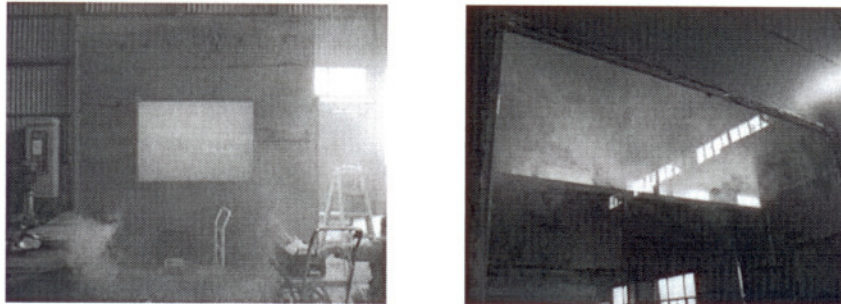


그림 2 연기누설시험

표 4 연기누설량 시험결과(고정식 방연벽-Y사)

회수	입구(%)	출구(%)	유속차(%)	누설량(㎡/h·㎡)
1	1.2	1.0	0.1	1.0
2	1.6	1.5		
3	1.4	1.2		
4	1.4	1.3		
5	1.5	1.3		
평균	1.4	1.3		

고정식 방연벽은 불침투성 재료이나 소량의 누설이 있는 이유는 방연벽 통과 시험실(챔버)과의 틈새에서 발생하는 것으로 보인다.

2) 가동식 방연벽

가동식 방연벽은 평소에 천장 내부에 숨어 있어 미관상 드러나지 않는 장점이 있으나 고정식과 달리 가이드레일을 따라 스크린이 움직이므로 기밀성이 약한 단점이 있다. 이를 살펴보기 위하여 그림과 같이 연기누설시험을 실시하고 아래 표 5와 같은 결과를 얻었다.

표 5 연기누설량 시험결과(가동식 방연벽)

시험체	Y사				D사			
	입구 (㎍/s)	출구 (㎍/s)	유속차 (㎍/s)	누설량 (m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup> )	입구 (㎍/s)	출구 (㎍/s)	유속차 (㎍/s)	누설량 (m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup> )
1	1.4	0.6	0.9	9.3	4.0	2.5	1.5	15.6
2	1.5	0.6			4.1	2.7		
3	1.8	0.7			3.8	2.3		
4	1.6	0.7			4.0	2.5		
5	1.6	0.7			3.9	2.5		
평균	1.6	0.7			4.0	2.5		

Y사 제품은 측벽에 미리 설치된 가이드레일을 따라 움직이는 방식이나, D사 제품은 가이드레일 자체도 천장 내부에 스크린과 같이 숨어있다가 화재시 동시에 내려오며 동작한다. 따라서 측벽과 가이드레일 사이에도 틈새가 생기게 되므로 Y사 제품에 비해 누설량이 좀 더 많은 것으로 나타났다. 그러나 두 회사 제품 모두 규정치(25m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>) 이내에 들어 기준에 적합한 것으로 나타났다.

방연벽 재료의 침투성 시험을 위해 그림과 같이 장치를 구성하고 내부에 상온의 공기로 25Pa의 압력을 가하여 누설량을 측정하였다. 이 시험은 시험체가 작고 구조가 간단하므로 세 회사의 시험체를 모두 제작하여 성능을 비교해 보았으며, 고정식 망입유리는 불침투성 재질이므로 시험을 생략하였다. 시험결과 Y사의 가동식 내화스크린은 내부압력 25Pa일 때 누설량 56m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>의 높은 수치를 나타내었으나 다른 두 시험체는 각각 1.1m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>과 1.0m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>의 낮은 누설량을 보여 기준에 적합하게 나타났다. Y사의 시험체가 많은 누설량을 보인 것은 스크린 재질 자체의 불량 보다 시험체 제작시 스크린틀과의 접합에 문제가 있었던 것으로 추측된다.

시험체	Y사	D사	S사
누설량(m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup> )	56	1.1	1.0

### 3.4 내화시험

가동식 방연벽의 경우 S사의 시험체는 시험기간 60분 동안 결정적인 균열이나 파손, 부속품의 탈락이 없이 시험이 진행되었다. 그러나 Y사의 시험체는 시험 시작 36분 경과시 스크린 하단의 무게막대가 탈락되어 스크린이 고정되지 못하고 열기에 필력거려 더 이상 시험을 진행할 수 없었다.

한편 상대적으로 내화성이 떨어지는 고정식 방연벽의 경우 S사의 망입유리는 시험시작 후 3분이 지나며 금이 가기 시작하였고, 5분 경과시 500℃가 넘으며 검게 탄화 되었으며, 채 10분을 버티지 못하고 한 쪽 유리가 파손되어 틀에서 이탈되고 말았다. 그러나 Y사의 시험체는 620℃ 까지 가열하는 동안 약간의 금이 갈뿐 이상이 없었고, 이후 60분 동안 이 온도를 계속 유지한 결과 견디어 내었다.

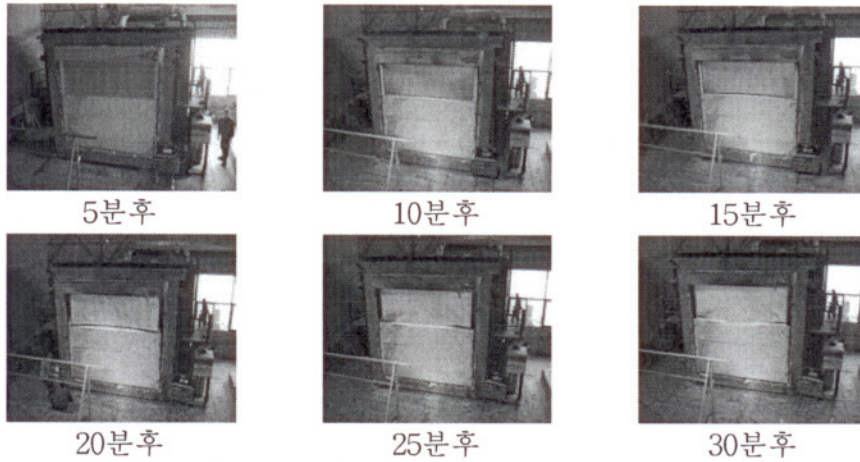


그림 3 내화시험 장면(가동식 방연벽-Y사)

#### 4. 결 론

##### 1. 반복작동시험

1000 사이클 반복작동시험 결과 내구성 및 신뢰성에는 문제가 없는 것으로 나타남

##### 2. 응답특성시험

시험체의 제작 환경에 따라서는 기준값 미달의 위험성이 상존하고 있으므로 제품 구동장치의 동작속도를 약간 상향시킬 필요가 있음.

##### 3. 연기누설시험

찬 공기의 풍압을 이용한 침투성 시험과 고온연기를 이용한 실제 누설량 시험에서 모두 기준치 이하의 누설량을 보여 문제가 없는 것으로 나타남.

##### 4. 내화시험

D 또는 DH 등급의 획득은 제품의 응용 분야에 따라 제조자 사양에 의해 결정될 수 있으며, 따라서 설치장소 및 조건에 따라 요구되는 등급에 대한 규정이 별도로 필요하다고 생각됨. 현재 가동식 방연벽의 경우 스크린 자체보다 이를 지지하는 고정틀의 내화성능 개선이 요구되며, 고정식 방연벽의 망입유리는 내화성이 뛰어난 강화유리나 이중 유리를 사용하는 것이 바람직하겠다.

#### 감사의 글

본 연구는 산자부의 2006년도 표준화기술개발사업의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 화재안전기준(NFSC 501) - 제연설비의 화재안전기준 : 행자부고시 제2006-35호
2. 화재안전기준(NFSC 501A) - 특별피난계단의계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준 : 행자부고시 제2006-36호
3. KS F 2815 배연설비의 검사표준
4. KS F ISO 8421-5 화재용어 - 제연
5. ISO/FDIS 21927-1 Smoke and Heat control Systems