

## 고층건물용 제연댐퍼의 성능기준 및 시험평가연구

곽지현 · 김동석 · 김범규\* · 박용환\*

방재시험연구원 · 호서대학교\*

### Performance requirement and Evaluation of Smoke control damper for High rise building

Kwark, Ji-Hyun · Kim, Dong-Suk · Kim, Bum-Kyue\* · Park, Yong-Hwan\*  
Fire Insurers Laboratories of Korea, Hoseo Univ.\*

#### 요 약

화재시 발생하는 연기 및 유독가스를 효과적으로 제어하기 위한 제연설비는 일정한 성능이 요구되며 각 장치에 대한 성능시험방법과 평가기준이 마련되어 있어야 하지만 아직 국내 기준은 서류에 의한 예비검사나 부위검사 등으로 되어 있어 성능위주의 평가기준이 미비한 실정이다. 본 연구에서는 제연설비 주요 구성품 중 제연댐퍼에 대해 국내외 기준을 비교분석하고 정량적인 성능기준을 제시하여 이에 따른 평가와 적합성을 분석하고자 하였다.

#### 1. 서 론

화재발생시 가장 주요한 사망원인인 유독가스의 제어와 소방관의 소화활동을 돕기 위한 제연설비는 적절한 성능시험방법과 평가기준이 정립되어 있어야 하나 현재 법으로 규정된 국내기준은 각 구성품의 성능시험방법이 아니라 전체 시스템의 제연성능을 평가하는 정도이며, 한국산업표준인 KS F 2815 배연설비의 검사표준 등에도 성능위주의 시험방법이 아닌 서류에 의한 예비검사와 결모양 검사 등이 주를 이루고 있어 제연설비 주요 구성품의 성능을 제대로 평가할 수 있는 방법 및 기준이 없는 실정이다.

이러한 상황에서 제연설비 주요 구성품의 성능평가 기술과 시험방법의 개발은 각 장치의 성능 요구사항을 만족시키기 위해 낙후되어 있는 국내 제연설비의 품질 및 수준을 한층 업그레이드 시켜 줄 것이며 방연벽, 배연창, 제연팬, 배연풍도, 제연댐퍼 등 다양한 제품 관련 분야에 기술적 영향을 미칠 것이다. 또한 성능위주의 시험장치의 설계 및 개발 분야에도 큰 역할을 할 것이며, 성능시험방법의 표준화로 합리적이고 효과적인 제연시스템의 구축이 가능해질 것이다.

본 연구에서는 제연설비 중 핵심 구성품인 제연댐퍼의 성능평가기술을 개발하고 성능시험장치를 구성하여 항목별 성능시험을 실시하고 평가방법의 적합성을 검토하여 국가표준을 만들기 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

## 2. 제연땀퍼의 성능기준

### 2.1 국내 관련 기준

현재 제연땀퍼를 포함한 제연설비와 관련하여 제정되어 있는 국내 시험기준이나 한국산업표준, 법규 등은 다음과 같다.

- 화재안전기준(NFSC 501) - 제연설비의 화재안전기준 : 소방방재청고시 제2008-46호
- 건축법 시행령 제94조 배연설비
- 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙(국토해양부령 제33호) 제14조 배연설비

**KS F 2815** 배연설비의 검사표준

**KS F ISO 8421-5** 화재용어 - 제연

그러나 이들 법규는 제연구획에 따른 최저 배출량이나, 유입 및 배출구의 위치, 유입 및 배출구와 통로 내의 유속, 비상전원의 요건 등에 관한 것으로 제연설비 주요 구성품에 대한 정량적인 성능평가 기준은 없으며, 한국산업표준 중 제연설비에 관한 성능기준이 '**KS F 2815** 배연설비의 검사표준'으로 제정되어 있는데, 이는 서류에 의한 예비검사와 형식적이고 정성적인 부위검사 등으로 이루어져 있어 정량적이고 합리적인 성능을 평가하기에는 적절하지 못하다. **KS F 2815**의 내용 중 제연땀퍼에 대한 부분을 요약하면 아래와 같다.

가. 서류에 의한 예비검사기준

- 1.5mm 이상의 철판으로 제작할 것
- 폐쇄시 누출량은 19.6Pa, 20℃에서 5m<sup>3</sup>/min 이하로 할 것
- 가동식의 미끄럼부가 변형, 탈락되거나, 녹·먼지 등으로 작동이 저해되지 않을 것
- 화재시 풍도가 탈락, 낙하해도 손상되지 않을 것
- 송풍기의 압력에 의해 진동이 발생하거나 간격이 생기지 않을 것

나. 부위검사기준 - 결모양검사 및 성능검사 기준

- 검사구는 땀퍼 날개에 가깝게 하여 개폐작동 확인
- 점검구는 땀퍼에 근접하여 보수점검이 쉽도록 할 것
- 녹·먼지 등에 의한 온도 퓨즈 이상 없을 것
- 방향성 있는 감열부는 부착을 바르게 할 것
- 온도퓨즈 교환이 쉬울 것
- 작동시 배연기 압력에 견딜 것
- 적절한 폐쇄상태 유지할 것

### 2.2 해외 관련기준

제연설비에 관한 해외 기준은 유럽에서 일찍이 제정되어 EN(European Norm) 규격으로 사용되는 EN 12101 series Smoke and Heat control Systems, Part 1~10가 대표적인데, 영국과 독일에서도 그대로 도입하여 국가규격으로 활용하고 있으며, 최근에는 국제표준기구(ISO)의 소방설비 기술위원회(TC 21)에 상정되어 제연설비 분과위원회인 SC 11에서 작업반(WG)을 구성하여 국제표준규격의 제정을 추진하고 있다. EN에서 규정하고 있는 제

연댐퍼 관련 기준은 다음과 같다.

- (1) 성능요구시험 항목 규정 - 단일구획용과 다중구획용으로 구별
  - 시험순서 규정
  - 공기누설시험, 사이클링시험 규정
  - 내열시험항목 규정
  - 열림유지시험 - 자동작동 또는 수동조작 시스템에 대한 적합성
  - 수평덕트에 설치된 제연댐퍼의 시험방법
  - 수직덕트에 설치된 제연댐퍼의 시험방법
  - 염수분무시험방법
- (2) 판정기준 규정
  - 등급에 따른 댐퍼의 누설량
  - 고온 시험시 폐쇄상태 유지능력
  - 가압(부하작용)시 동작시간의 적절성
  - 개폐반복시험으로 결정된 시스템 수명 이상의 기능 유지능력

### 3. 성능요구사항 및 시험방법

#### 3.1 시험항목

제연댐퍼는 제연구획을 관통하는 풍도 내에 설치되어 화재로 연기가 다량 발생시 제연구획을 넘어가지 않도록 제어해주는 차단장치이다. 앞장에서 소개한 것처럼 현재 국내에는 제연댐퍼에 대한 기준이나 법규가 아직 없으므로 제대로 된 제연댐퍼가 없는 실정이다. 그래서 제연댐퍼가 필요한 경우 방화댐퍼를 대신 사용하는 경우가 많은데, **KS F 2815 배연설비의 검사표준**에 일부 기준이 제시되어 있으며 **KS F 2822 방화댐퍼의 방연시험방법**에 성능요구사항이 어느 정도 규정되어 있는 정도이다. 앞으로 국내에도 제연댐퍼의 적용이 필요하며 다음과 같은 시험항목 들에 대한 성능이 확인되어야 한다.

- 가. 공기누설시험
- 나. 반복작동시험
- 다. 고온시험
- 라. 염수분무시험

#### 3.2 항목별 요구사항 및 시험방법

가. 공기누설시험

댐퍼의 기밀(연기차단)성능을 확인하기 위함.

댐퍼 날개 즉, 블레이드의 누설시험과 케이스 누설시험으로 분류함.

1) 성능요구사항

대기와의 차압에 따른 누설량이 해당 등급의 범위 안에 들어야 함.

2) 시험절차 및 시험방법

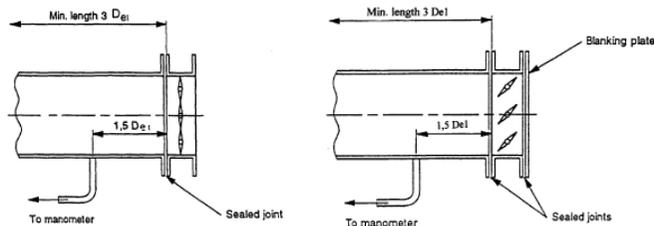
가) 블레이드 누설시험

- ① 댐퍼를 시험용 덕트 말단에 부착한다(부착면은 가스킷 등으로 밀착)

- ② 댐퍼날개를 폐쇄위치에 두고 차압계로 덕트 내외부의 차압에 따라 송풍기 유량을 조절한다.
- ③ 각 측정시마다 개폐동작을 10회 반복한 뒤 계측한다.
- ④ 누설량 측정은 측정 가능한 최대 차압까지 실시한다.

나) 케이스 누설시험

- ① 앞의 블레이드 누설시험과 같은 장치에서 댐퍼 케이스 바깥쪽 면에 판을 부착하여 밀봉한다.
- ② 블레이드는 개방위치에 두고 송풍기를 가동하여 차압에 따른 누설량을 측정한다.
- ③ 이 때 누설량은 압력을 60초간 유지한 후 계측한다.



(a) 블레이드 누설시험

(b) 케이스 누설시험

그림 1. 공기누설시험 장치 개략도

나. 반복작동시험

시험체의 반복작동에 따른 신뢰성 및 내구성을 확인하기 위함.

1) 성능요구사항

공칭작동부하를 가한 상태에서 100사이클 반복시험 후 동작시간이 60초 이하이어야 한다.

2) 시험절차 및 시험방법

가) 시험체를 지지틀에 고정 설치한다.

나) 작동시 댐퍼날개(블레이드)에 미치는 저항력(풍압)을 모사하기 위해 토크를 가할 수 있는 장치를 구성한다.

다) 댐퍼 각 날개에 가해지는 토크 및 공칭작동부하는 아래 식과 같이 정해진다.

$$T(Nm) = 34.4 \times \text{날개폭}(m) \times \text{날개높이}(m)^2 \quad 34.4(N/m^2) \text{은 기준값}$$

$$T = L \times g \times a \quad \text{이므로} \quad L(kg) = \frac{T}{9.81 \times a} \quad g=9.81 \text{ m/s}^2, \quad a=\text{중심에서 부하지점까지의 거리}(m)$$

라) 위에서 계산된 질량을 가지는 모래주머니를 각 날개에 부착하고 100회 반복시험을 실시하여 동작시간을 측정한다.

다. 고온시험

화재시 연기 및 열기류가 흐르는 고온의 환경조건에서 시험체의 동작여부 및 폐쇄유지 상태를 확인하기 위함.

1) 성능요구사항

등급에 따른 온도 및 기류조건에서 동작여부 확인 및 면적감소율이 10% 이내이어야 함.

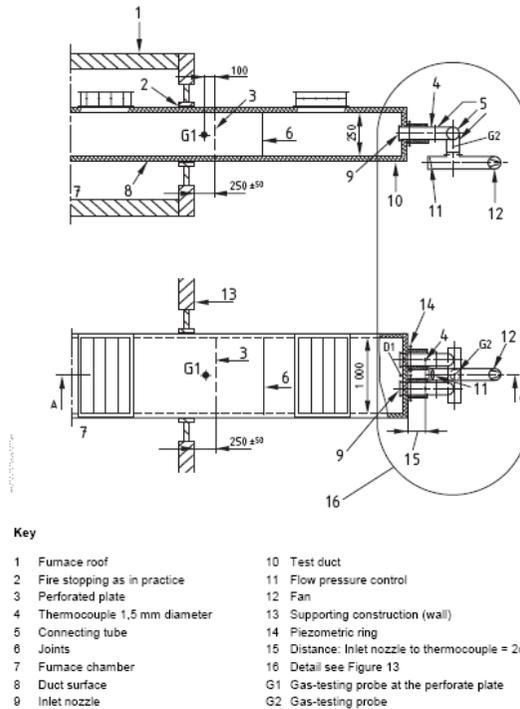


그림 2. 고온시험장치 개략도

2) 시험절차 및 시험방법

가) 공기누설시험 및 반복작동시험을 수행한 시험체를 사용한다.

나) 두 개의 시험체를 위 그림과 같이 시험용 덕트장치에 부착하고 가열용 챔버에 설치한 뒤 소형수직가열로에 연결한다.

다) 시험 시작 시 챔버 내부의 댐퍼 날개는 닫고, 챔버 외부의 댐퍼 날개는 열어둔다.

라) 송풍기를 가동하여 챔버에서 대기쪽으로 열기류가 흐르게 하며, 이 때 덕트 내외부 간의 차압은 다음 중의 한 값을 선택한다.(-150, -300, -500 Pa)

마) 표준가열곡선에 따라 챔버 내부를 가열한다. 최고온도는 300 °C, 또는 600 °C로 한다.

바) 시험시작 30초 후 챔버 내부의 댐퍼 날개는 개방하고 챔버 외부의 댐퍼 날개는 폐쇄한다.

사) 목표온도에 도달하면 남은 가열시간 동안 (+10%, -0) °C의 오차 내로 유지한다. 총 가열시간은 30분으로 한다.

라. 염수분무시험

시험체의 부식저항성을 확인하기 위함.

1) 성능요구사항

내식시험 후 정상적으로 동작하여야 하며, 동작시간이 60초 이하이어야 한다.

2) 시험절차 및 시험방법

가) 염수의 농도는 5 % Wt. 이다.

나) 염수분무 챔버 안에 시험체를 설치하고 2시간 동안 염수 분무 후 40 °C, 93 %의 환

경조건에 하루 동안 방치하는 것을 총 3사이클 반복한다.

다) 시험이 끝난 후 5~35 ℃의 수돗물로 5분간 세척하고 건조한다.

라) 동작시험을 실시하여 이상 유무를 확인한다.

### 3.3 시험장치 및 시험체

가. 시험체의 선정

앞장에서 설명한 것처럼 국내에는 연기제어 전용의 방연댐퍼가 없어 방화댐퍼를 구입하여 시험을 수행하였다. 방연댐퍼의 가장 큰 목적인 연기차단 성능을 우선시하면 기밀성능이 가장 좋은 ‘에어타이트’ 댐퍼 같은 것이 선택되어야 하지만 이 제품은 내열성능이 떨어지므로 기밀성능은 다소 떨어져도 내열성이 보장되는 방화댐퍼를 선택하였는데, 화재시 감지기 신호에 따라 바로 동작하여야 하므로 기존의 퓨지블링크 감열체의 기계식 방화댐퍼가 아니라 모터로 동작하는 전동식 방화댐퍼(MFD, Motorized Fire Damper)를 선정하였다.

시험체는 2개 회사(M사, S사)에서 각 두 개씩 제작하였으며 크기는 500 mm(W) × 500 mm(H), 재질은 아연도금강판을 사용하였다. 블레이드(날개)는 두 제품 모두 3개로 이루어져 있으며 블레이드 하나의 크기는 500 mm(W) × 170 mm(H) 이다.



그림 3. 제연댐퍼 시험체

## 4. 시험결과 및 고찰

### 4.1 항목별 시험결과

가. 공기누설시험

시험체의 누설량을 측정하기 위한 시험은 아래 그림과 같은 풍도장치에 송풍기로 일정 유량을 공급했을 때 풍도 내부와 대기와의 차압에 따라 시험체의 누설량을 산정하게 된다.



그림 4. 공기누설시험장치

누설유량은 오리피스 방식으로 산출하게 되는데 말단에 설치한 시험체의 누설이 전혀 없다면 오리피스를 통과하는 유량이 0이 되고 P1과 P2의 차이가 없게 된다. 그러나 누설이 생기게 되면 오리피스 전후의 유동이 발생하고 압력차가 나게 된다. 이 때 1차측과 2차측의 압력차를 가지고 다음 식과 같이 유량을 계산할 수 있다.

$$Q = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon \frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{2(P_1 - P_2)\rho}$$

여기서  $\beta$ 는 오리피스 직경과 풍도와의 직경비로  $\frac{D_{ori}}{D_{duct}}$ 를 나타내고, C는 유출계수,  $\varepsilon$ 은 기체팽창보정계수, D는 풍도직경,  $\rho$ 는 공기의 밀도이다.

위와 같은 방법에 의해 얻어진 댐퍼 내부와 대기와의 차압에 따른 시험체의 공기누설시험 결과의 다음과 같다.

1) 블레이드 누설시험

먼저 댐퍼 날개 사이로 누설되는 유량을 측정된 결과 두 회사 시험체의 누설량은 아래와 같이 나타났다.

표 1. 블레이드 누설시험 결과

구분	차압(Pa)	P1	P2	$\beta$	누설량( $\ell/s$ )	환산누설량( $\ell/s \cdot m^2$ )
M사	50	1230	-37	0.25	23	92
	100	2510	-75	0.25	33	132
	200	1418	41	0.35	48	192
	500	1565	285	0.45	78	312
	1000	1945	773	0.55	115	460
	1500	2245	1320	0.65	151	604
S사	50	1040	-22	0.25	21	84
	100	2100	-45	0.25	30	120
	200	1240	60	0.35	44	176
	500	1530	300	0.45	76	304
	1000	1940	790	0.55	114	456
	1500	2210	1320	0.65	148	592

여기서 얻어진 결과를 등급기준 그래프와 비교해 보면 이 연구에서 사용된 두 시험체는 모두 Class 1(Class 4로 갈수록 기밀성 좋음)에 드는 것으로 나타났다. 시험체가 연기차단 목적보다 화염차단을 위한 방화댐퍼 이어서 누설등급은 다소 떨어지는 결과를 나타내었으나 등급 외로 벗어나지는 않아 기밀성에 좀 더 신경 쓰면 더 나은 등급의 제품도 제작이 가능할 것으로 사료된다.

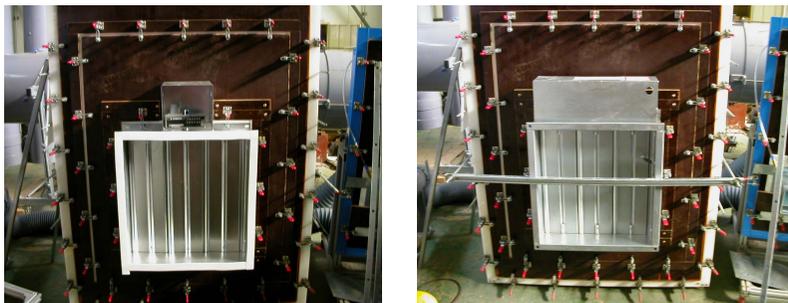


그림 5. 블레이드 누설시험

## 2) 케이스 누설시험

블레이드 사이가 아닌 케이스 자체 틈새로 누설되는 유량을 측정하기 위해 댐퍼의 바깥쪽 면을 막고 시험을 실시한 결과 케이스 틈새 누설량은 앞의 블레이드 누설량 보다 훨씬 적은 양으로 나타났지만 양사 시험체 모두 Class에 들지 못하는 것으로 나타났다. 이는 방화용도로 만든 시험체라 기밀성에 유의하지 않아서 나온 결과로 보이며 시험체의 접합 부분이나 용접처리 등을 좀 더 보완하면 향상된 등급의 제품을 만들 수 있을 것으로 사료된다.

### 나. 반복작동시험

시험체의 동작 신뢰성 및 내구성을 평가하기 위한 반복작동시험(일명 주기시험)은 먼저 무부하 상태에서 100사이클 왕복동작하여 동작시간이 60초 이하인지를 확인하였고, 또한 앞에서 설명한 방식으로 공칭작동부하를 계산하여 이에 따른 모래주머니를 매달고 100사이클 반복시험 후 동작시간을 측정하였다. 한 개의 블레이드에 가해진 모래주머니의 질량은 0.68 kg이다.

시험결과 두 회사 시험체 모두 내구성이 양호하였으며, 단일 블레이드 방식이 아닌 다단 형태의 블레이드 방식이라 동작시간이 짧게 나타났다. 또한 무부하 시 동작시간(블레이드 폐쇄시간)과 공칭작동부하에서의 동작시간을 비교한 결과 아래 그래프와 같이 거의 차이가 없어 부하에 대한 내구성 및 신뢰성이 양호한 것으로 나타났다.

표 2. 반복작동시험 결과

부하조건	구분	동작시간				비 고
		M사		S사		
무부하	회수	개방	폐쇄	개방	폐쇄	
	1	4s 3	4s 5	3s 9	3s 7	
	2	4s 2	4s 6	4s 0	3s 8	
	3	4s 2	4s 5	3s 9	3s 7	
	평균	4s 2	4s 5	3s 9	3s 7	
공칭작동부하	1	4s 3	4s 5	3s 9	3s 8	
	2	4s 3	4s 5	3s 9	3s 8	
	3	4s 3	4s 4	4s 0	3s 7	
	평균	4s 3	4s 5	3s 9	3s 8	

### 다. 고온시험

고온의 연기 및 열기류를 차단하는 제연댐퍼는 특히 내열성이 요구되므로 고온의 기류를 형성하여 실제와 유사한 조건을 만들어 줄 수 있는 시험장치를 구성하였다.



그림 6. 고온시험장치 구성품

시험 시 적용한 풍도 내부와 대기와의 차압은 -150 Pa로, 가열로 연소기에 의해 가열된 연소가스가 챔버 내부의 시험체로 들어가 풍도를 통과하여 송풍기를 통해 배출된다. 시험시간은 총 30분이며 KS F 2257-1의 표준가열곡선을 따라 최고 600 ℃ 까지 가열되고 이 과정에서 시험체의 동작여부와 열변형 등에 의해 누설이 생기는지 이상 유무를 단면적의 변화로 판단하였다. 양사 시험체의 고온시험시 동작여부와 개방면적의 차이는 다음과 같이 나타났다.

**표 3. 고온시험 결과**

구 분	5분경과후 동작여부		덮개 개방면적(cm <sup>2</sup> )		단면적 감소율(%)	비 고
	챔버안	챔버밖	시험전	시험후		
M사	동작	동작	2500(50×50)	2455(49.6×49.5)	1.8	단면적 감소율이 10% 이내일 것
S사	동작	동작	2500(50×50)	2485(49.8×49.9)	0.6	

이 연구에서 사용한 시험체는 방화덮개 용으로 제작된 것이어서 고온에 견디는 내열성능은 무척 양호한 것으로 나타났다.

**라. 염수분무시험(내식성시험)**

질량비 5 %의 염수 분무기에 일정기간 방치한 뒤 부식에 대한 저항성을 확인해 보기 위한 본 시험에서 아연도금 강판 재질의 시험체는 외관상 별다른 손상이 없었으며 동작에도 이상이 없었다. 아래 표는 각 시험체에 대해 염수분무시험 후 동작시간을 측정한 결과이다.

**표 4. 염수분무시험 후 동작시간**

횟수	동작시간				비 고
	M사		S사		
	개방	폐쇄	개방	폐쇄	
1	4s 4	4s 5	4s 0	3s 9	
2	4s 3	4s 5	4s 0	3s 8	
3	4s 5	4s 4	3s 9	4s 0	
평균	4s 4	4s 5	4s 0	3s 9	

위 결과를 부식시험 전의 동작시간(폐쇄시간)과 비교해 본 결과 거의 차이가 없이 나타나 내부식성에 문제가 없는 것으로 나타났다.

**4.2 성능확보 및 표준개발을 위한 적합성 검토 및 보완사항**

**가. 공기누설시험**

이 연구에서 두 가지 시험체에 대한 누설시험 결과는 예상한대로 낮은 등급으로 나타났다. 방화덮개 용도의 시험체를 선정하였기에 기밀성능이 많이 떨어질 것으로 예상하였으나 블레이드 누설시험 결과 ‘Class 1’ 등급 안에는 들어 방연성능이 전혀 없는 것은 아니었다. 따라서 블레이드가 겹치는 부분의 정밀도를 높이거나 또는 단일 블레이드로 설계하고, 내화 실링제를 채택한다든지 케이스의 용접부분을 더욱 정밀하게 한다면 향상된 등급의 제품도 공급이 가능할 것으로 사료된다.

**나. 반복작동시험**

시험체의 내구성 및 신뢰성 평가를 위한 반복작동시험은 덕트 내에 기류가 흘러 압력이 걸리는 상태에서 동작성능을 반복하여야 하므로 공칭작동부하를 계산 및 적용하여

100사이클 반복시험을 실시하였다. 반복시험 후 실시한 동작시간은 시험 전에 비해 거의 변화가 없어 양호한 성능을 나타내었다.

#### 다. 고온시험

고온의 연기와 열기류를 차단하는 용도의 제연뎀퍼는 기밀성과 함께 내열성이 핵심 요구항목이다. 이 연구에서는 국제기준에서 제시하고 있는 덕트 및 송풍장치를 제작하여 고온수직가열로에 부착한 뒤 실제 상황과 유사한 조건에서 고온시험을 실시하였다. 시험기간 동안 시험체는 일정한 차압에 의해 부하가 가해진 상태에서 고온의 기류에 노출되고, 이에 의한 동작여부와 변형이나 손상으로 인한 단면적에 변화가 있는지 관찰하였고, 예상한 바와 같이 원래 방화뎀퍼 용도의 시험체라 내열성능은 양호한 것으로 드러났다.

#### 라. 염수분무시험

제연뎀퍼도 오랜 기간 사용에 따른 부식에 대한 저항성이 필요하다고 판단되며, 이를 확인하기 위해 염수분무에 의한 내부식성시험을 실시하였다. 제연뎀퍼에 대해서 국제기준에서는 비교적 덜 엄격한 Severity 2 등급을 적용하고 있는데 이는 총 72시간 동안 염수분무기에 노출 시키는 것으로, 본 시험결과 외관상 특별한 손상은 없었으며 동작성능도 양호한 것으로 나타났다.

## 5. 결론

본 연구에서 제연뎀퍼의 성능을 평가하기 위한 표준화된 시험기준, 즉 시험항목과 요구사항, 시험방법 등을 개발하기 위해 국내외 관련기준을 조사하고 비교하여 문제점과 개선방안, 시험적용을 위한 적합성 및 타당성 등을 검토하였다. 이는 정립된 성능시험방법을 갖춤으로써 보다 과학적이고 효과적인 제연설비를 구축하는데 바탕이 될 것이며, 아울러 국가표준을 국제표준에 부합화하는 측면에서도 의미 있는 일이 될 것이다.

본문에서 제연뎀퍼에 대한 시험항목을 선정하고 성능시험을 실시한 결과 이러한 시험방법을 국내에 적용하는 것은 전반적으로 가능할 것으로 판단된다. 다만 일부 항목에 있어서 국내 시험기준으로 도입할 시 이에 대한 성능 보완이 필요한 것으로 나타났으며 이의 보완은 기술적으로 큰 어려움이 없을 것으로 사료된다. 또한 성능위주의 시험방법을 올바르게 적용하기 위해서는 각 시험항목에 대한 객관적이고 과학적인 근거의 마련을 위한 연구노력이 더욱 가속화 되어야 할 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 지식경제부의 표준기술력향상사업의 일환으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. EN 12101-8 Smoke and Heat control systems.
1. NFSC 501, "제연설비의 화재안전기준", 소방방재청고시 제2008-46호(2008)
2. KS F 2815, "배연설비의 검사표준", 한국표준협회(2006)