

방화댐퍼의 내화성능 평가

서회원/방내화팀 연구원

1. 머리말

일정 규모 이상의 건축물은 냉·난방 및 환기를 위하여 기계실 등에 공기조화기(AHU; Air Handling Unit) 등의 설비를 설치하고 고온·저온공기 및 신선·오염공기를 급기 및 배기 덕트를 통하여 각 실에 공급하거나 각 실로부터 회수하도록 하는 중앙공조방식을 적용하고 있다. 이러한 공조방식에서 덕트는 건물 전역에 걸쳐 수직 및 수평방향으로 뻗어 나가면서 불가피하게 방화구획을 관통하여 지나가게 되는데, 화재시 이러한 관통부는 화염 및 연기의 전파 경로가 될 수 있다. 이에 방화구획을 관통하는 덕트에는 화염의 전파 및 연소확대를 방지하기 위하여 방화댐퍼를 설치하도록 '건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙'에서 규정하고 있다.

현재 건축법에서는 방화댐퍼의 사양기준을 제시하고, 방연시험방법에 따라 성능을 확인하도록 하고 있으나, 정해진 성능기준이 없는 상태이며, 방화구획에 설치되는 방화설비에 있어 가장 중요한 내화성능에 대해서는 언급이 없는 등 개

정이 필요하다. 이에 방화댐퍼도 방화문과 같이 사양기준을 내화성능을 포함하는 성능기준으로 변경하여 성능을 확인하도록 관련 법규의 개정이 검토되고 있다.

이에 본 고에서는 방화댐퍼에 대한 일반적인 사항과 'KS F 2840(방화댐퍼의 내화시험방법)' 시험에 대해서 소개하고, 방화댐퍼의 내화시험 사례를 통해 성능 평가방법으로서의 적용 타당성을 검토하였다.

2. 방화댐퍼

2.1 개요

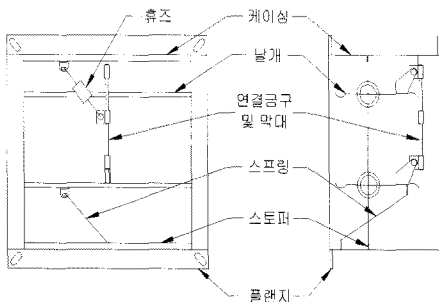
댐퍼(Damper)란 연돌·덕트(Duct) 등에서 공기·가스등의 유체를 이송할 때 유체의 유량을 조절하기 위해 사용하는 장치로서 풍량조절댐퍼(V.D; Volume Damper), 방연댐퍼(S.D; Smoke Damper), 방화댐퍼(F.D; Fire Damper) 등으로 구분된다. 이 중 방화댐퍼는

화재시 연소확대의 경로로 이용될 수 있는 공조·환기 덕트에 설치하여 화염이나 연기의 확산을 자동적으로 차단시키는 방화설비로서, 주로 휴즈 또는 전기신호에 의하여 스프링, 전기 및 중력의 힘에 의하여 작동된다. 닫히는 형태는 일반 댐퍼(Volume Control Damper)와 같이 날개가 회전하는 형태 및 슬라이딩 셔터(Curtain)처럼 닫히는 형태 등이 일반적이다. 외국의 사례를 보면 보통 화염에서 건널 수 있는 시간에 의하여 15시간용 및 3시간용으로 구분하며 연기누설량도 제한을 하고 있다.

2.2 방화댐퍼의 구조와 종류

2.2.1 방화댐퍼의 구조

방화댐퍼는 일반 댐퍼와 같이 케이싱(Casing), 플랜지(Flange), 날개(Blade), 축(Shaft), 스토퍼(Stopper), 핸들(Handle), 연결금구 및 막대 등으로 구성되며, 화재가 발생한 경우에 연기의 발생이나 온도의 상승에 의해 자동으로 닫히도록 휴즈, 스프링 및 전기모터와 같은 자동폐쇄장치를 포함하고 있다. [그림 1]은 기



[그림 1] 방화댐퍼 구조(기계식)

계식 휴즈 방식의 방화댐퍼의 구조를 나타내고 있다.

한편, 방화댐퍼는 [그림 2]와 같이 방화구획의 관통부분 또는 이에 근접한 부분에 설치되며, 고정철물 등을 이용하여 건물 구조체에 견고히 고정되도록 해야 한다.

2.2.2 방화댐퍼의 종류

방화댐퍼는 형상, 접속방식 및 작동방식에 따라 다음과 같이 구분한다.

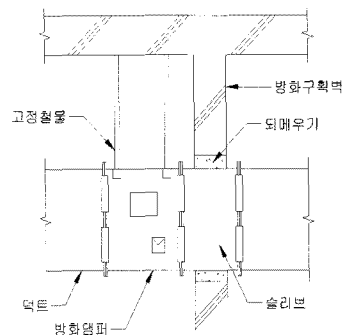
1) 형상에 따른 구분

① 각형

장방형(사각형) 댐퍼로서 가동 날개수는 댐퍼 높이에 따라 달라지는데, 날개가 1장이면 단익식, 2장 이상이면 다익식이라고 한다. 각 날개에는 연결 금구 및 막대가 설치되어 연결 동작을 하는 구조로 되어 있는데, 댐퍼 내·외부 설치 여부에 따라 내연결식 및 외연결식으로 구분하고 있다.

② 원형

원형 댐퍼로서 원칙적으로 날개수가 1장인 단



[그림 2] 방화댐퍼 설치도

익식 구조가 사용된다.

2) 접속방식에 따른 구분

① 플랜지 접속

댐퍼에 플랜지 부위를 만들어 접속하는 것으로 볼트, 너트로 접속하는 앵글 플랜지 공법과 코너 철물, 클립으로 접속하는 공판 플랜지 공법이 있다.

② 삽입 접속

댐퍼 본체 단부에 덕트 삽입 부분을 만들어 접속하는 것으로 주로 직경 300 mm 이하의 원형 방화댐퍼의 접속에 이용된다.

3) 작동방식에 따른 구분

① 전기식 솔레노이드 방식

전기식 방화 댐퍼는 전자식 폐쇄장치와 댐퍼 본체로 구성되는데, 열 또는 연기 감지기가 작동하면 감지기의 전기 신호에 의해 폐쇄장치 내의 솔레노이드가 작동하여 개방상태인 댐퍼를 폐쇄한다.

② 기계식 휴즈 방식

온도 휴즈 연동 방화댐퍼는 72 ℃ 정도의 온도에서 휴즈가 녹아 중력 또는 스프링의 장력에 의해 자동적으로 폐쇄된다. 공조 덕트의 방화댐퍼에는 72 ℃의 휴즈가 사용되며, 주방 및 가스보일러의 배기덕트에는 120 ℃ 이상의 휴즈가 사용된다.

③ 가스 압력식

가스압 방화댐퍼는 주로 CO₂소화설비가 설치된실에 사용되며, 감지기·수신반 등과 연동되어 가스압에 의해 자동적으로 폐쇄된다. 가스압

방화댐퍼는 댐퍼 작동 후 실외에서 댐퍼를 복귀시킬 수 있는 위치에 설치해야 한다.

3. 방화댐퍼의 성능기준 및 내화시험 방법

3.1 성능기준

방화댐퍼의 성능기준과 관련하여 각 국은 관련 기준을 갖추고 있는데, 미국의 경우는 IBC(International Building Code) 및 NFPA 90A(Standard for the Installation of Air Conditioning and Ventilating Systems)에서 방화댐퍼의 설치기준 및 시험방법을 규정하고 있으며, 일본의 경우는 건축기준법 시행령 및 고시에서 방화댐퍼의 성능 규정 및 예시 사양을 정하여 기준을 만족하는 방화댐퍼를 사용토록 하고 있다. 우리나라의 경우도 <표 1>에서와 같이 건축물의피난·방화구조등의기준에관한규칙 제 14조 3항 및 KS F 2815(배연설비의 검사표준) 5.1.4항에서 방화댐퍼의 설치 및 성능기준을 규정하고 있다.

한편, 내화성능과 관련해서는 미국만이 인용 시험규격인 UL 555(Fire Dampers)에서 방화댐퍼의 내화성능을 확인토록 하고 있으며, 국내 관련 기준에서는 방연성능만을 확인토록 하고 있다.

3.2 내화시험 방법

3.2.1 개요

〈표 1〉 방화댐퍼의 성능기준

| 건축물의피난·방화구조등의기준에관한규칙 | |
|--|--|
| 제14조(방화구획의 설치기준) | |
| 3. 환기·난방 또는 냉방시설의 풍도가 방화구획을 관통하는 경우에는 그 관통부분 또는 이에 근접한 부분에 다음 각목의 기준에 적합한 댐퍼를 설치할 것. 다만, 반도체공장건축물로서 방화구획을 관통하는 풍도의 주위에 스프링클러헤드를 설치하는 경우에는 그러하지 아니하다. | |
| 가. 철재로서 철판의 두께가 1.5밀리미터 이상일 것 | |
| 나. 화재가 발생한 경우에는 연기의 발생 또는 온도의 상승에 의하여 자동적으로 닫힐 것 | |
| 다. 닫힌 경우에는 방화에 지장이 있는 틈이 생기지 아니할 것 | |
| 라. 「산업표준화법」에 의한 한국산업규격상의 방화댐퍼의 방연시험방법에 적합할 것 | |
| 배연설비의 검사표준(KSF 2815) | |
| 5.1.4 방화댐퍼 | |
| a) 재질은 1.5 mm 이상의 철판일 것 | |
| b) 폐쇄시 누출량은 20 ℃에서 1 m ² 당 19.6 N의 압력으로 매분 5m ³ 이하가 되도록 할 것 | |
| c) 미끄럼부는 열팽창, 녹, 먼지 등에 의해 작동이 저해받지 않는 구조일 것 | |
| d) 검사구, 점검구는 적당한 위치일 것 | |
| e) 부착 방법은 구조체에 견고하게 부착시키는 공법으로 화재시 덕트가 탈락, 낙하해도 손상되지 않을 것 | |
| f) 배연기의 압력에 의해 방재상 해로운 진동 및 간격이 생기지 않는 구조일 것 | |

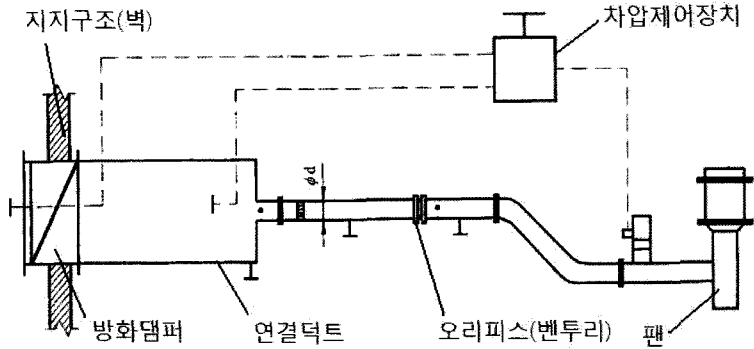
건축물의피난·방화구조등의기준에관한규칙 제14조 3항에서는 방화댐퍼의 방연성능에 대해서는 언급하고 있으나, '나. 화재가 발생한 경우에는 연기의 발생 또는 온도의 상승에 의하여 자동적으로 닫힐 것' 및 '다. 닫힌 경우에는 방화에 지장이 있는 틈이 생기지 아니할 것'에 대한 평가를 위한 구체적인 방법이 제시되지 않아 성능을 확인할 수 없는 실정이다. 한편, 방화댐퍼의 내화시험 방법은 2006년에 ISO 10294-1, 2(Fire resistance tests - Fire dampers for air distribution systems)를 기초로 하여 KS F 2840(방화 댐퍼의 내화 시험 방법)으로 이미 제정된 바 있는데, 이 시험방법을 통하여 화재시 방화댐퍼의 작동 유무 및 방화에 지장이 있는 틈

이 발생하는지 여부를 평가할 수 있어 상기된 '나' 및 '다'의 성능을 확인하기 위한 평가방법으로 사용 가능하다.

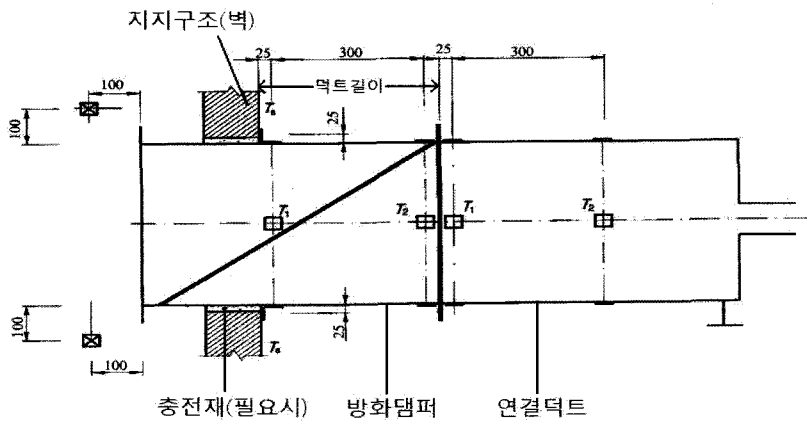
3.2.2 시험장치 및 방법

1) 시험장치

[그림 3]은 방화댐퍼 시험장치의 구성을 나타내고 있는데 지지구조, 방화댐퍼 및 연결덕트는 시험체이며, 오리피스(벤투리), 차압제어장치 및 팬 등은 시험장치로 구분이 된다. 이 중 연결덕트는 방화댐퍼 대각선 치수의 2배의 길이가 되도록 제작이 되어야 하며, 방화댐퍼의 작동을 관찰하기 위해 관측창을 포함할 수 있다.



[그림 3] 방화댐퍼 시험장치 구성도



- T_s : 지지구조에서의 최고온도 측정위치(각 면에 최소 1개)
- T₁ : 최고온도 측정위치-댐퍼(덕트길이 ≥ 50 mm의 경우), 연결덕트(각 면에 최소 1개)
- T₂ : 평균온도 측정위치-댐퍼(덕트길이 ≥ 350 mm의 경우), 연결덕트(각 면에 최소 1개)

[그림 4] 방화댐퍼 이면온도 측정위치

2) 시험방법

시험은 다음과 같은 절차에 따라 이루어지며, 방화댐퍼의 설치방향 및 설치위치에 따라 이면 온도 측정위치는 변경될 수 있다.

① 시험체를 시험체틀에 설치하여 댐퍼를 개

방 상태로 한 후 가열면적이 3 m × 3 m인 수직 가열로에 고정시키고 시험체에 필요한 모든 장치를 연결한다.

② 댐퍼를 완전히 개방한 상태에서 ±15 %의 정밀도를 유지하여 댐퍼 개구부를 통해 0.15 m/s의 기류가 생성되도록 배기팬을 조정 한 후,

〈표 2〉 차열성 성능기준

| 구 분 | 성능 기준 |
|----------|--|
| 면패드 적용 | 시험체 표면에 발생한 구멍이나 화염에 30초간 면패드 접촉시 착화되지 않을 것 |
| 균열게이지 적용 | 시험체에 6 mm 균열게이지가 시험체를 관통하고 150 mm 이동하거나, 25 mm 균열게이지가 시험체를 관통하여 내부로 삽입될 수 있는 구멍이 발생하지 않을 것 |
| 이면의 화염발생 | 시험체 이면에서 10초 이상 지속되는 화염이 발생하지 않을 것 |

〈표 3〉 차열성 성능기준

| 구 분 | 성능 기준 |
|-----------|---|
| 이면평균 상승온도 | 가열중 방화댐퍼 및 연결덕트에 설치한 열전대(T2)의 이면평균온도가 초기평균온도보다 140 K를 초과하여 상승하지 않을 것 |
| 이면최고 상승온도 | 가열중 방화댐퍼 및 연결덕트에 설치한 열전대(T1, T2, Ts) 및 이동 열전대 중 어느 한 부위의 이면온도가 초기평균온도보다 180 K를 초과하여 상승하지 않을 것 |

기류속도를 유지하며 배기팬의 작동을 중지시킨다.

③ 가열로내에 설치한 열전대 9개에서 측정된 온도의 평균값이 KS F 2257-1 : 2005의 시험방법에서 규정한 표준 가열온도곡선에 맞도록 하여 요구 내화시간동안 가열하고, 동시에 배기팬과 모든 측정장치를 작동시킨다.

④ 가열시험중 가열로내 압력은 시험체의 수평 중심선상에서 (15 ± 2) Pa이 유지되도록 조정한다.

⑤ 댐퍼가 닫히면 배기팬을 조정하여 연결덕트에 300 Pa 이상의 부압이 유지되도록 하고, 댐퍼가 닫히는 시간을 기록하되, 댐퍼가 가열로 점화로부터 2분 후에도 닫히지 않는 경우 시험을 중단한다.

⑥ 가열중 방화댐퍼 및 연결덕트의 이면온도

(T1, T2, Ts)를 1분 간격으로 측정한다.

⑦ 가열중 10초 이상 지속되는 시험체 이면에서의 화염발생, 균열게이지($\Phi 6$ mm, $\Phi 25$ mm)의 관통여부 등 시험체의 차열성을 측정한다.

3) 성능기준

방화댐퍼의 성능기준은 〈표 2〉 및 〈표 3〉과 같으며, 비차열 댐퍼는 차열성 기준을, 차열 댐퍼는 차열성 및 차열성 기준을 만족하여야 한다.

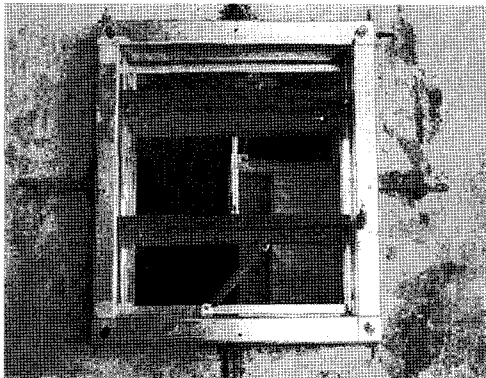
4. 방화댐퍼의 내화시험 사례

4.1 시험체

시험체는 가동 날개수가 2장인 장방형의 다익

〈표 4〉 시험체의 구성 및 재질

| 구 성 | 재질 및 크기 |
|------|--|
| 방화담퍼 | <ul style="list-style-type: none"> · St.(1.5 t) - 너비 360 mm × 높이 360 mm × 두께 200 mm (개구부 크기 : 너비 300 mm × 높이 300 mm) · 휴즈 : 작동온도 72 ℃ · 작동방식 : 스프링 작동 |
| 연결덕트 | <ul style="list-style-type: none"> · St.(1.5 t) - 너비 300 mm × 높이 300 mm × 길이 850 mm (연결접속구 크기 : 바깥지름 ϕ158 mm × 길이 100 mm) |
| 주위벽체 | 경량기포 콘크리트 |



(a) 방화담퍼(연결덕트 접속전)



(b) 연결덕트

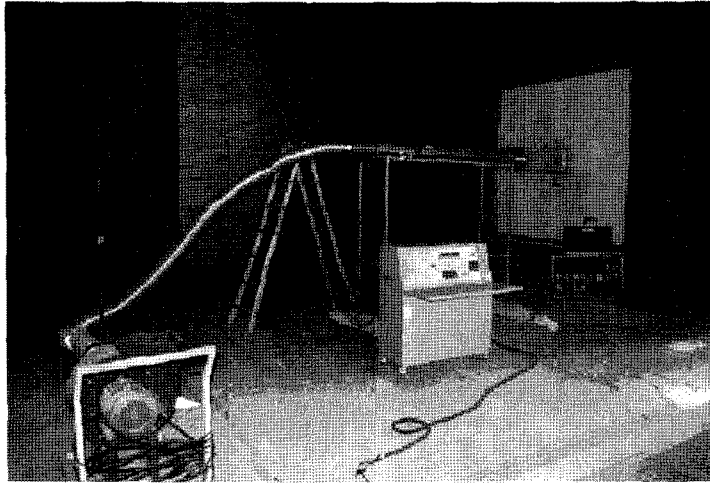
[그림 5] 시험체 모습(이면쪽)

식 댐퍼로서 온도 휴즈와 연동되어 스프링의 장력에 의해 작동되는 방화담퍼이다. 시험체의 요구 내화성능은 비차열 1시간으로 그 구성 및 재질은 〈표 4〉와 같으며, [그림 5]는 시험체의 모습을 나타내고 있다.

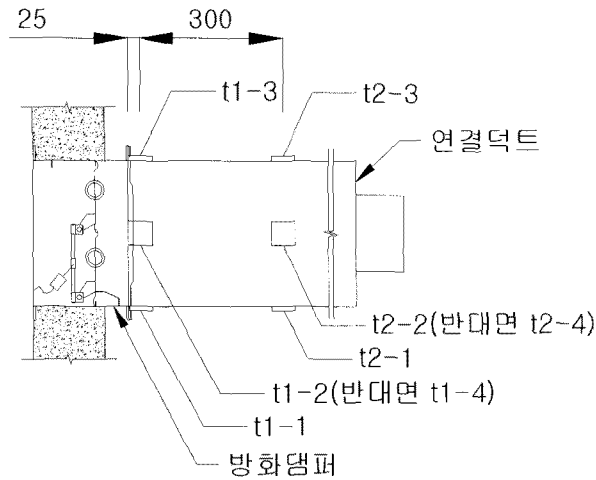
4.2 시험실시

4.2.1 가열시험

[그림 6]과 같이 시험체를 가열로에 설치하고 시험장치를 연결하여 시험체에 대한 1시간 가열 시험을 실시하였으며, 이면상승온도 측정을 위하여 지지구조를 제외하고 [그림 7]과 같이 연결덕트에 8개의 열전대를 설치하였다. 시험체는 비차열 댐퍼로서 차열성만을 성능판정 기준으로 하고, 이면온도는 참고적으로 측정하여 차열성



[그림 6] 방화담퍼 내화시험 모습



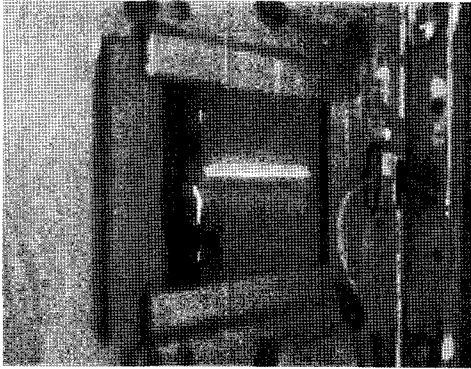
[그림 7] 이면상승온도 측정위치

을 평가하였다.

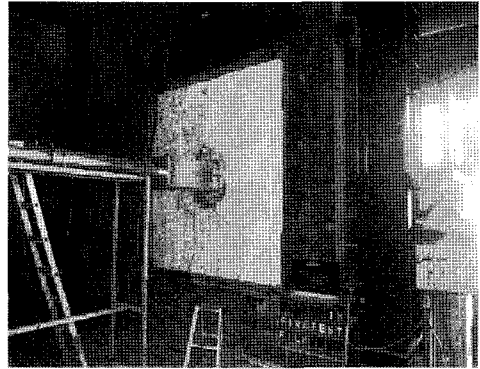
4.2.2 시험결과

가열시험을 실시한 이후 52초 경과시 담퍼가 폐쇄되었으며, 가열 10분 경과시부터 이면 담퍼

와 연결덕트 사이에서 연기가 새어나오기 시작하였고, [그림 8]에서처럼 이후 담퍼 날개에 적열이 시작되어 시험종료시까지 계속되었으나, 개구부 및 화염은 발생하지 않아 차염성 60분을 확보하고 있는 것으로 나타났다.

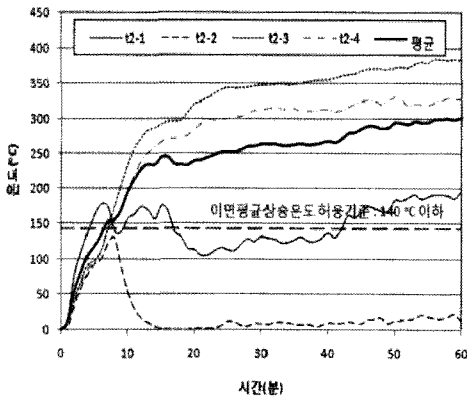


(a) 방화담퍼 날개 적열 모습

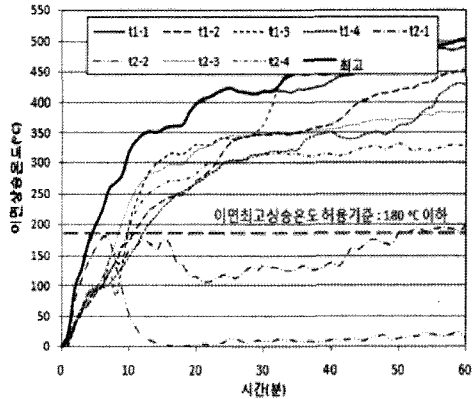


(b) 가열종료시 모습

[그림 8] 방화담퍼 시험 모습



(a) 이면평균상승온도



(b) 이면최고상승온도

[그림 9] 가열시간에 따른 이면상승온도 변화

한편, 이면상승온도 측정결과는 [그림 9]와 같으며, 이면평균상승온도 중 열전대 t2-2는 시험 중 탈락하여 이면평균상승온도 평가시 제외하였다. 그래프에서와 같이 이면평균상승온도 및 이면최고상승온도는 각각 7분과 5분에 차열성 허용기준을 초과하여 차열성 4분을 확보하고 있는

것으로 나타났으며, 시험종료시까지 이면평균상승온도는 303 °C, 이면최고상승온도는 503 °C까지 상승하는 것으로 나타났다.

V. 맺음말

방화뱀퍼는 방화구획을 관통하는 덕트에 설치되어 화재시 화염의 전파 및 연소확대를 방지하는데 사용되는 중요한 방화설비 임에도 불구하고 그 동안 현장에서 성능 확인없이 시공되어 왔다. 그러나, 최근 들어 그 중요성을 인식하여 관련 법규의 개정이 검토되고 있으며, 제조업체 및 건설현장에서 방화뱀퍼의 성능평가에 대한 문의가 증가하고 실정이다.

이에 본 고에서는 방화뱀퍼에 대한 일반적인 사항과 방화뱀퍼의 성능기준 및 내화시험 방법을 소개하였으며, 방화뱀퍼 시험체의 내화시험 사례를 통해 가열시 방화뱀퍼의 변화를 관찰하고 시간에 따른 이면상승온도의 변화를 확인 등 'KS F 2840(방화뱀퍼의 내화시험방법)'의 성능평가방법으로서의 적용 타당성을 검토하였다. 검토 결과, 건축물의피난·방화구조등의기준에 관한규칙에 규정된 기준에 대한 성능평가가 가능한 것으로 확인되어 추후 관련 법규의 개정시 성능평가 방법으로 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

한편, 방화뱀퍼의 화재시 정상적인 작동을 위해서는 일상적인 유지관리가 필수적이다. 성능을 확보하고 있는 방화뱀퍼가 설치된다고 하더라도 장기간 동안 유지관리가 이루어지지 않으면 녹, 고착 등으로 인해 화재시 작동하지 않아 심각한 인명·재산 피해를 초래할 수 있으므로 관련 법규 개정시 방화뱀퍼의 유지관리에 대한 기준도 마련할 필요성이 있다.

