

방화댐퍼의 방화시험방법 연구

최 동 호 / 건축구조부 연구원

1. 연구의 필요성

최근에 건축되는 대형건축물에는 그 내부에 다양한 종류의 덕트(Duct)가 설치되어있다. 이들 덕트는 건축물의 방화구획, 방화벽 또는 세대간 경계벽 등을 관통하여 시공되므로 화재시 관통되는 벽, 바닥 및 덕트와의 틈새나 덕트의 내부를 통하여 화염이나 고온의 유독성 연기 등을 인접실이나 상층부로 확산시키는 요인이 되고 있어 건축물의 방화대책 수립에 있어서 필히 고려하여야 할 항목으로 간주된다.

이에 따라 건축법규에서는 건축물의 층별·면적별 방화구획을 관통하는 덕트에는 그 내부에 일정시간동안 화염이나 유독성 연기의 확산을 방지할 수 있도록 방화댐퍼(Damper)를 설치하도록 의무화하고 있으나 현재 이들 방화댐퍼의 경우 화재시 요구되는 내화성능을 측정하기 위한 시험방법이 수립되어 있지 못한 실정으로 이에 따라 현재 국내에서 생산되는 제품의 품질수준이 서로 상이하고, 덕트 등 관련부재와의 일체성의 확보여부를 확인하지 못하는 등의 문제점이 나타나고 있어 화재발생시 인명 및 재산상의 피해를 증가시키는 요인이 되고 있다.

이에 따라 건축물의 방화구획 등을 관통하는 덕트 내에 설치하는 방화댐퍼가 화염을 효과적으로 차단할 수 있는지 여부 및 덕트 등과의 결합성 등을 평가할 수 있는 시험방법의 제정이 필요하다.

2. 연구 내용

(1) 방화댐퍼의 종류

방화댐퍼는 건축물의 방화구획을 관통하는 덕트 및 개구부 등을 통한 연소확대의 방지를 위하여 열 또는 연기를 감지하여 당해 덕트 및 개구부 등을 폐쇄하는 장치를 말하며, 그 작동원리에 따라 기계식과 전기식으로 분류된다.

국내에서 생산되는 댐퍼(방화·방연댐퍼)의 종류는 대략 [표 1]과 같다.

[표 1] 방화댐퍼의종류

종 류	사용목적	설치위치	조작방법
온도휴즈식 FD HFD (배연용)	덕트를 통한 화염 및 연기가 동 방지	· 방화구획 관통덕트 내부 · 연소우려 있는 외벽 개구부 · 주방용 배기덕트 후드부	덕트내 기류온도 72℃이상시 자동폐쇄 (HFD는 280℃)
연감지기 연동식 SD	수직덕트를 통한 화염·연기 확산방지, FD와 겸용시 SFD로 설치	· 덕트의 슬래브 관통부 및 덕트 내부 · 샤프트내 주덕트에 보조 덕트 접속부	연감지기 신호로 전기· 공기식으로 댐퍼 폐쇄.
열감지기 연동식 MFD	온도휴즈식과 동일	· 방화구획 관통덕트 내부 · 연소우려 있는 외벽 개구부	열감지기 신호로 전기· 공기식으로 댐퍼 폐쇄.

(2) 관련 국내외 법규 및 기준

① 국내 관련법규 및 시험기준

방화댐퍼의 성능 및 설치 등에 대한 국내 관련규정중 건축법의 경우는 다음 [표 2]와 같으며, KS F 2815(배연설비의 검사표준)에서 정하는 방화댐퍼의 성능기준은 [표 3]과 같다.

현재 우리나라는 방화댐퍼에 대한 방연시험방법을 KS F 2822(방화댐퍼의 방연시험방법)에 규정하고 있으나, 방화시험에 대하여는 현재까지 그 시험방법 및 성능기준이 규정되어 있지 않은 실정이다.

[표 2] 방화담퍼 관련 국내규정(건축법)

구 분	설치 및 성능 기준
건축물의 피난·방화기준 등의 기준에 관한 규칙 제14조(방화구획의 설치기준) 제2항	<ul style="list-style-type: none"> - 철재로서 철판의 두께가 1.5mm 이상 - 화재가 발생한 경우에는 연기의 발생 또는 온도의 상승에 의하여 자동폐쇄 - 폐쇄시 방화상 지장이 있는 틈이 생기지 않을 것 - 산업표준화법에 의한 한국산업규격상의 방화담퍼의 방연시험방법에 적합할 것

[표 3] KS F 2815(배연설비의 검사표준)의 방화담퍼 성능기준

구 분	성 능 기 준
검사 및 판정기준	<ul style="list-style-type: none"> - 재질은 1.5mm이상의 철판일 것. - 폐쇄시 누출량은 20℃에서 1㎡당 2kgf의 압력으로 매분 5㎡ 이하일 것. - 접동부는 열팽창, 녹, 먼지 등에 의해 작동에 영향이 없는 구조일 것. - 점검구가 적절한 위치에 설치될 것. - 구조체에 견고하게 설치되어 화재시 덕트의 탈락, 낙하에 영향이 없을 것. - 배연기 압력에 의해 방재상 유해한 진동, 간격이 생기지 않는 구조일 것. - 온도휴즈는 녹, 먼지 등에 성능저해가 없을 것. - 온도휴즈의 교환이 용이할 것. - 작동에 이상이 없고 작동후 배연기의 압력에 견디며 적정폐쇄상태 유지

② 해외 관련법규 및 시험기준

(가) 일본

일본의 경우에는 건축기준법 시행령 제112조 제16항, 건설성고시(제 1097호-1981년, 제 2565호-1973년)에서 구조 및 세부기술기준과 일부 시험방법에 대하여 규정하고 있으며, 일본건축센터의 방재설비·기기에 관한 성능평정기준에 방화담퍼에 대한 내화성능 시험기준이 규정되어 있다.

[표 4] 방화담퍼 구조 및 설치 기준 (일본)

구 분	주 요 구 조 및 설 치 기 준
건축기준법 시행령 제112조 제16항	<ul style="list-style-type: none"> - 철재로 판두께 1.5mm이상일 것. - 연기 또는 열의 발생에 의하여 자동폐쇄되는 구조로 건설대신이 정하는 기준에 적합한 것일 것. - 폐쇄되는 경우 방화상 지장이 있는 틈이 생기지 않을 것. - 건설대신이 담퍼의 기능확보를 위해 정하는 기준에 적합할 것.
건설성고시 제 1097호 (화재시 자동폐쇄되는 담퍼의 구조 기준)	<ul style="list-style-type: none"> - 연기의 발생에 의해 자동폐쇄되는 담퍼는 연기감지기, 연동제어기, 자동폐쇄장치 및 예비전원을 구비한 것일 것. - 온도가 급격히 상승한 경우에 자동폐쇄되는 방화담퍼는 열감지기, 연동제어기, 자동폐쇄장치 및 예비전원을 구비한 것일 것. - 온도휴즈 작동시험방법에 합격된 것일 것.
건설성고시 제 2565호 (담퍼로서 기능확보를 위한 구조 기준)	<ul style="list-style-type: none"> - 누연시험방법에 합격된 것일 것. - 가열에 의해 심한 변동이 생기지 아니할 것. - 담퍼에 사용하는 스프링 등 가동부재는 잘 부식되지 않을 것. - 주요구조부에 견고하게 부착될 것. - 방화구획과 담퍼에 근접설치시 풍도는 1.5mm 이상의 철판 또는 기타 불연재료로 보완할 것. - 1번 45cm 이상의 점검구를 설치할 것.

[표 5] 방화댐퍼 시험기준 (일본건축센터 평정기준)

시험 항목	시험 방법
누연 시험	건설성고시 제2565호의 압력차 2 kgf/m ² 에서 누연량이 분당 5 m ³ 이하. (가열시험전 실시)
온도 휴즈 작동 시험	건설성고시 제1097호의 50℃에서 5분이상 부작동, 90℃에서 1분이내에 작동할 것. (가열시험전 실시)
가열 시험	JIA A 1304의 1시간 가열시험시 댐퍼차단면(blade) 폐쇄상태가 유지되고, 시험 중 또는 시험 종료 후 부품간 유해한 틈이 발생하지 않을 것.
반복 동작 시험	실제와 동일한 기계적부하에서 자동폐쇄상태를 반복 및 개폐 2,000회 이상(자동복귀형 20,000회이상)으로 성능조사시 그 성능에 지장 없을 것.
염수분무시험	화재감지설비기술규격 제40조로 시험시 기본성능에 지장 없을 것.
아황산가스 내식 시험	화재감지설비에 따른 기술규격 제40조로 시험시 성능에 지장 없을 것.
절연 시험	JIS A 1171(주택용 설비 유니트 전기절연시험방법)에 준함. - 절연저항 : 1 M Ω 이상(직류 500 V), 절연내력 : 정상작동(AC 1,000 V)
내습 시험 (JIS A 1711)	자동폐쇄장치를 45 \pm 3℃에서 4시간 동안 예열하고 상대습도 88~92%에서 24시간 보관후 표면의 수분을 제거하고 직류 500 V에 의한 절연저항 측정시 0.3 M Ω 이상일 것.
내열 시험	JIS C 5022(전자부품의 내열성시험)로 시험시 기본성능에 지장 없을 것.

(나) 미국

미국은 NFC(National Fire Code) 및 UBC(Uniform Building Code), UL(Underwriters Laboratories) 등에서 방화댐퍼의 성능, 설치기준 및 시험방법을 규정하고 있으며, 방화댐퍼의 성능측정은 주로 UL 555(Fire Damper) 및 UL 555S(Leakage Rated Dampers for Use in Smoke Control Systems)의 시험방법에 따르도록 되어 있다. [표 6]은 NFC, UBC 및 UL에서 규정하고 있는 방화댐퍼의 성능 및 설치기준을 나타낸 것이며, [표 7]은 UL 555, UL 555S에서 규정하는 방화댐퍼의 시험항목 및 성능기준을 나타낸 것이다.

[표 6] 방화댐퍼 성능기준(NFC, UBC, UL)

구분	주요 구조 및 설치 기준
NFC	<ul style="list-style-type: none"> - 내화도 3시간 미만 및 이상의 벽, 바닥의 개구부에 설치되는 방화댐퍼는 UL 555에 의한 각각 90분 및 3시간의 내화도를 가질 것. - 모든 방화댐퍼는 자동작동이며, 퓨지블 링크, 기타 열작동장치로 개방상태 유지 - 댐퍼 폐쇄온도는 상온의 28~71℃ 이상. 단, 기계식 제연설비내 설치되는 방화댐퍼의 경우는 141℃이하일 것. - 연기제어를 위하여 방화·방연댐퍼가 조합설치된 경우는 원격개폐가 가능하여야 하며, UL 555에 따른 온도 도달시 자동으로 폐쇄될 것. - 댐퍼는 설치되는 덕트의 최대기류하에서 작동 가능하며 UL 555 시험기준에 적합할 것, 단 천장댐퍼 및 팬 또는 기류차단설비가 있는 경우는 예외로 한다. - 댐퍼의 퓨지블 링크는 가능한 한 4년마다 교체, 수시로 작동여부 확인
UBC	<ul style="list-style-type: none"> - 댐퍼 폐쇄온도는 주위온도보다 28~71℃ 이상일 것. 단, 기계식 제연설비용 방화댐퍼의 경우는 141℃이하일 것.

구분	주요 구조 및 설치 기준
UL 555	<ul style="list-style-type: none"> - 효과적으로 폐쇄되는 구조일 것. - 1.5시간 또는 그 이하 등급의 방화댐퍼의 작동여유를 위한 수직부의 틈새는 9.5 mm, 수평부의 틈새는 0.8 mm 이하일 것. - 저용융합금의 휴지블랭크 하중은 설계하중의 범위 내에 있을 것. - 스프링은 크롬-니켈스텐레스 및 내열성 와이어와 동일성능을 지닐 것.

[표 7] 방화댐퍼 시험항목 및 성능기준(UL 555, UL 555S)

시험항목	시험 방법 및 성능 기준
가열 및 주수 시험	규정된 내화등급(1.5시간 이하, 3시간)의 가열 및 주수시험 후 댐퍼의 변형, 탈락, 틈새 발생 등 외관상의 물성변화와 열감지설비 등의 작동상태를 조사하여 그 성능에 적합할 것.(가열후 1분 이내에 댐퍼가 폐쇄될 것)
반복 시험	반복시험장치 또는 수동으로 각기 일정 횟수를 개폐하여 예정된 성능기준에 적합할 것. (1,000회/250회, 5,000회/250회)
누연 시험	반복시험을 실시한 댐퍼에 대하여 규정된 누연시험을 실시하여 그 산출 통기량으로 누연 등급을 구분.(AMCA No 500-83 기준)
작동 시험	최대 허용통기상태에서 반복시험장치 사용 또는 수동으로 댐퍼를 3회 반복시험하여 완전히 개폐될 수 있을 것.
분진적하시험	공기를 발생 순환시키는 송풍기에 7시간 노출시키고 예정된 위치에 설치하여 자동적으로 폐쇄가 가능할 것.
염수분무시험	염수분무에 일정시간 노출 후 상온에서 일정시간 건조시키고 예정된 위치에 설치하여 자동폐쇄가 가능할 것.
스프링 강도 시험	정적시스템에 사용하는 스프링 작동댐퍼에 대하여 스프링이 폐쇄 및 잠김시 필요한 힘의 2.5배의 강도를 지닐 것.
온도 강하 반복 시험	상온 이상 또는 감지기가 부착된 배연설비에 사용되는 댐퍼에 대하여 선정된 온도에서 30분간 노출 후 3회 반복시험을 실시시 예정된 기능유지.

(㉔) 영국

영국은 건축법규(Building Regulation, 1991)와 시험규격인 BS 5588 part 9(Fire precautions in the design and construction of buildings)에서 방화댐퍼의 성능 및 설치기준에 대하여 [표 8] 및 [표 9]와 같이 규정하고 있다.

[표 8] 방화댐퍼 구조 및 설치기준 (BR)

- 철재로 두께 1.6 mm 이상일 것.
- 가열시 뒤틀림에 견디도록 설치되고, 댐퍼 주변 모서리와 개구부 각면 사이에는 댐퍼의 직경 또는 댐퍼면 길이의 100 mm당 1 mm의 여유를 둘 것.
- 각 면에서 19 mm 이상 후레임과 겹치도록 하여 고정설치 될 것.
- 설치된 휴지블랭크는 70 ℃를 초과하지 않는 온도에서 작동될 것.
- 댐퍼를 점검, 시험하고 휴지블랭크의 교체가 용이한 점검구를 갖추 것

[표 9] 방화댐퍼 시험항목 및 성능기준(BS 5588 part 9, 1989)

시험항목	성능 기준
차염성능	BS 476 part 20에 의한 60분 이상의 차염성능이 있을 것
작동성능	단순작동 및 열감지기에 의하여 74 ℃에서 작동. 또한 호텔, 병원 등에 설치되는 경우 추가로 열감지기에 의한 폐쇄가 가능하여야 함.

시 험 항 목	성 능 기 준
내 부 식 성 능	부식방지를 위한 아연도금 또는 적절한 페인트칠을 하여야 함.
기 타	점검 및 유지관리가 용이하도록 점검구를 설치하여야 함.

(라) ISO

ISO 10294 part 1~3에서는 공조설비내에 설치되는 방화댐퍼에 대한 시험항목 및 그 성능기준을 [표 10]과 같이 규정하고 있다.

[표 10] 방화댐퍼 시험항목 및 성능기준(ISO 10294)

시 험 항 목	시 험 방 법 및 성 능 기 준
반 복 작 동 시 험	댐퍼를 50회에 걸쳐 개폐한 후 폐쇄상태에서의 기계적 손상여부 확인.
누 설 시 험	댐퍼를 폐쇄한 후 연결덕트에 300 Pa의 부압을 가하여 20분 주기로 2분 이내마다 덕트와 가열로 간의 차압을 측정하고 ISO 5167-1 및 ISO 5221에 주어진 체적유량 공식을 사용하여 댐퍼의 누설을 판정
가 열 시 험	<ul style="list-style-type: none"> - 댐퍼는 가열 후 2분 이내에 폐쇄되어야 함. - 댐퍼 폐쇄 후 시험 중 로내와 댐퍼 간 차압을 300 Pa로 유지. - 시험중 2분 간격으로 차압 및 국소적인 가스압력을 확인 - 가열에 의한 댐퍼의 누설량, 차열성 및 차열댐퍼인 경우 차열성측정.(차열성과 차열성 판정기준은 ISO 834에 의함)

③ 방화댐퍼 시험기준 비교

일본, 미국, 영국 및 ISO에서 규정하고 있는 방화댐퍼의 성능시험방법을 비교한 결과는 [표 11]과 같다.

[표 11] 방화댐퍼 성능시험항목 비교

시 험 항 목		일본(평정기준)	미국(UL)	영국(BS)	ISO
누 연 시 험		○	-	-	○
작 동 시 험	온도휴즈	○ (가열후 1분내 작동)		○ (74 ℃에서 작동)	○ (가열후 2분내 작동)
	기 능	-	○		
가 열 시 험		○(1시간 이상)	○(1.5~3시간)	○(1시간 이상)	
주 수 시 험		-	○	-	-
반복개폐시험		○(2,000회)	○(1,000회)	-	○(50회)
부 식 시 험		○(부품에 한함)	○(본체 포함)	○	-
분진적하시험		-	○	-	-
스프링강도측정		-	○	-	-
절연·내습시험		○(부품에 한함)	-	-	-

3. 방화댐퍼의 방화시험방법 설정

방화댐퍼의 내화성능 평가를 위한 각국의 성능기준 및 시험항목을 비교검토한 결과 방화댐퍼의 내화성능시험항목은 대략 가열시험, 누연시험, 부식시험, 분진적하시험 및 기타 작동시험 등으로 되어 있으며 각국마다 실시하는 항목과 요구하는 성능 및 판정기준에는 약간의 차이가 있는 것으로 나타났다.

각국 시험기준의 차이점을 보면 미국의 경우에는 댐퍼를 용도에 따라 방연·방화댐퍼로 구분하여 시험을 실시하고 있으며, 기타의 나라에서는 이를 구분하지 않고 방화 및 방연댐퍼를 모두 포괄하는 용도로서의 댐퍼부재를 시험하고 있다.

각국의 시험항목에서 나타나는 공통적인 시험항목은 작동·가열시험 등이며 영국을 제외한 일본, 미국, ISO의 시험규정에서는 누연 및 반복개폐시험도 필수적인 시험항목으로 규정하고 있다. 부식시험의 경우 일본은 부품에 한정하여 시험을 실시하며 미국은 댐퍼부재 전체에 대하여 시험을 실시토록 하고 있고, ISO에서는 이를 적용하지 않고 있다. 또한 분진적하시험은 미국에서만 시험항목으로 규정하고 있으며, 그밖의 국가에서는 적용하지 않고 있다.

즉 각국에서 공통적으로 실시하고 있는 방화댐퍼의 시험항목은 누연, 작동, 가열, 반복개폐시험이며, 그밖의 시험항목은 각국마다 선택적으로 적용하고 있다.

이와 같은 각국의 시험규격을 검토한 결과, 방화댐퍼 내화성능평가를 위한 시험방법을 제정하기 위해서는 ISO 규격(ISO 10294 part 1~3)을 기준으로 검토하는 것이 합리적인 것으로 나타났다. 이는 ISO 규격이 각국에서 방화댐퍼의 내화성능을 평가하기 위하여 공통적으로 적용하고 있는 누연·작동·가열 및 반복시험을 포함하고 있으며 가열시험의 경우는 이미 ISO 834를 기초로 하는 KS F 2257(건축구조부재의 내화시험방법)과 그 시험장비 및 판정기준 등에서 정합되는 점이 있어 시험 및 성능판정이 용이한 것으로 판단되기 때문이다. 또한 현재 국내에서 추진되고 있는 시험규격의 국제화 추세에 부응하고자 하는 의미도 있다.

다만, 누연시험의 경우 이미 제정되어 있는 KS F 2815(배연설비의 검사표준)와 KS F 2822(방화댐퍼의 방연시험방법)을 적용하여도 영향이 없을 것으로 판단되며, 댐퍼의 누설량 측정에 의한 ISO 시험기준의 기밀성능측정 등에 대하여는 향후에 검토하여 보완할 필요가 있는 것으로 나타났다.

또한 방화댐퍼의 화재안전성을 검증하는 시험규격이 적용의 현실성을 갖기 위해서는 현재의 건축법 등 관련 법규정의 보완을 통하여 국제적인 성능기준에 부합되는 방화댐퍼가 건축물에 설치될 수 있도록 해야 할 것으로 판단된다.