

코어재에 따른 철제 방화문의 내화성능에 관한 연구

서 희원/선임연구원

A study on the fire resistance performance of the steel fire doors depending on core material

1. 서론

화재시 인명 등 피해를 최소화하기 위하여 건물 주요구조부는 일정 성능의 내화구조로 시공되어야 하며, 이러한 내화구조로 구성된 방화구획 등에는 재실자의 이동, 설비류 시공 등을 위한 개구부가 설치되게 된다. 이러한 개구부에는 화재시 건물내의 화재확산방지를 위하여 방화문, 방화셔터, 방화담퍼 등과 같은 화재확산방지 설비가 설치되는데 건물에서의 화재확산은 주요 구조부의 붕괴 보다는 이와 같은 개구부를 통해 이루어지므로 설치되는 방화문 등 화재확산방지 설비에 대한 기준의 정비 및 보완이 중요하다.

화재확산방지설비 중 방화문의 경우 외국에서는 방화문이 설치되는 부위의 내화성능 등을 고려하여 내화성능을 최소 20분에서 최대 180분까지 구분하여 적용하고 있으나 현재 국내에서는 설치하는 모든 방화문에 대하여 일률적으로 비차열 1시간 성능만을 적용토록 하고 있어 화재시 충분한 화재확산방지를 기대하기 어려운 실정이다. 이에 국내에서도 방화문이 적용되는 위치에 따라 요구되는 내화성능을 강화하고, 차열성능을 확보토록 제도를 개선하여야 할 필요성이 있다.

이러한 제도 개선을 위해서는 기존 방화문의 성능 검증이 선행되어야 하고, 성능 확보를 위한 방화문의 개발 가능성이 검토되어야 한다. 이에 본 연구에서는 방화문으로 널리 사용되는 철제 방화문의 코어재 종류에 따른 내화성능을 평가하여 제도 개선을 위한 기초자료로 활용코자 하였다.

2. 요구 내화성능

표 1, 표 2는 우리나라와 일본, 미국, 영국 및 캐나다에서 규정하는 방화문에 요구되는 내화성능 등을 검토하여 기본적인 건물부위별로 요구되는 방화문의 내화성능을 비교하여 정리한 것이다. 표에서와 같이 우리나라와 일본은 설치 장소 및 벽체의 내화성능에 관계없이 방화문에 대해서 60분의 차열성능만을 요구하고 있는 반면에 미국, 영국, 캐나다는 방화문에 대해서 설치 장소 및 벽체의 내화성능에 따라 20분에서 180분까지의 내화성능을 요구하고 있으며, 차열성능 외 차열성능 까지도 규정하고 있다.

특히, 미국과 캐나다는 방화문 내에 설치되는 유리창에 대해서 면적 제한을 두어 방화문의 요구 내화성능에 따라 비차열성능 또는 차열성능을 확보하도록 하고 있다. 또한, 방화문에 대해서 이면상승온도 제한을 250℃로 하여 차열성능을 평가하도록 하고 있다.

표 1. 방화문의 요구 내화성능 기준 비교

구분	벽체 내화성능	한국	일본	미국		영국	캐나다
				IBC	NFPA 5000		
방화벽 (내화성능 1시간 초과)	240	60 (차열)	60 (차열)	180 (차열/차열)	180 (차열/차열)	60 (차열/차열)	180 (차열/차열)
	180			180 (차열/차열)	180 (차열/차열)		120 (차열/차열)

방화벽 (내화성능 1시간 초과)	120	60 (차염)	60 (차염)	90 (차염 /차열)	90 (차염 /차열)	60 (차염 /차열)	90 (차염 /차열)
	90			90 (차염 /차열)	-		60 (차염 /차열)
방화벽으로 구획된 샤프트, 피난계단, 승강기 승강로, 피난실, 피난복도, 램프	120	60 (차염)	60 (차염)	90 (차염 /차열)	90 (차염 /차열)	30 (차염 /차열)	-
	60			60 (차염 /차열)	60 (차염 /차열)		20 (차염 /차열)
방화칸막이벽 으로 구획된 복도	120	60 (차염)	60 (차염)	-	20 (차염)	30 (차염 차열)	45 (차염 /차열)
	60			20 (차염)	-		
	30			20 (차염)	20 (차염)		
기타 방화칸막이벽	60	60 (차염)	60 (차염)	45 (차염)	-	20 (차염 /차열)	45 (차염 /차열)
	30			20 (차염)	20 (차염 /차열)		
외 벽	180	60 (차염)	20 (차염)	90 (차염 /차열)	-	30 (차염)	-
	120			90 (차염 /차열)			
	60			45 (차염)			

방화벽으로 구획된 샤프트, 피난계단, 피난복도, 승강기 승강로, 램프	<ul style="list-style-type: none"> · 우리나라, 일본은 1시간 차염성능 규정 · 미국, 캐나다는 설치 부위 내화성능(1시간~2시간)에 따라 1시간~90분 차염 및 차열성능 규정 · 미국은 방화문내 유리창 면적제한(방화문 요구성능 90분 이내에서 최대 0.065 m², 0.065 m² 초과시 방화벽 내화성능에 따라 1시간 및 90분 차염 및 차열성능 요구) · 미국은 방화문 이면상승온도를 가열후 30분 이내까지 250 ℃로 제한 · 영국은 최소 30분의 차염 및 차열성능 규정
방화칸막이 벽으로 구획된 복도	<ul style="list-style-type: none"> · 우리나라, 일본은 1시간 차염성능 규정 · 미국은 20분 차염성능 규정, 방화문내 유리창은 20분 차염성능 확보 · 영국은 30분 차염성능, 차연성능 규정 · 캐나다는 45분 차염 및 차열성능 규정, 방화문 내 유리창 면적 제한, 0.065 m²
기타 방화칸막이 벽	<ul style="list-style-type: none"> · 우리나라, 일본은 1시간 차염성능 규정 · 미국, 캐나다는 설치부 내화성능(30분~1시간)에 따라 20분~45분 차염성능 규정 · 방화문내 유리창 면적제한(미국은 20분~45분 차염성능 확보, 캐나다는 방화문 요구성능 45분 이내에서 유리창 면적 제한, 0.065 m²) · 영국은 45분의 차염성능, 차연성능 규정
외 벽	<ul style="list-style-type: none"> · 우리나라는 1시간, 일본은 20분 차염성능 규정 · 미국은 설치 부위 내화성능(1시간~3시간)에 따라 45분~90분의 차염성능 규정 · 미국은 방화문내 유리창 면적제한(방화문 요구성능 2시간 이상시 최대 0.065 m², 0.065 m² 초과시 90분 차염성능 및 차열성능 확보) · 영국은 30분의 차염성능 규정

표 2. 방화문에 대한 내화성능 기준의 비교 결과

설치 장소	성능 비교
방화구획벽	<ul style="list-style-type: none"> · 우리나라, 일본은 1시간 차염성능 규정 · 미국, 캐나다는 방화구획벽의 내화성능(90분~4시간)에 따라 90분~3시간 차염 및 차열성능 규정 · 미국, 캐나다는 방화문내 유리창 면적 제한(방화문 요구성능 90분 이내 최대 0.065 m², 0.065 m² 초과시 방화문 성능 90분 이하에서 90분 차염 및 차열성능 요구) · 캐나다는 방화문 이면상승온도를 가열후 30분~1시간 내에서 250 ℃로 제한 · 영국은 방화구획벽에 준하는 내화성능 요구(최소 1시간의 차염성능, 차열성능)

3. 내화시험 방법

3.1 시험방법

- 3.1.1 시험체를 시험체틀에 각각 설치하여 방화문의 정상 개폐 여부를 확인 후 가열면적이 3 m×3 m인 수직가열로에 고정 시킴.
- 3.1.2 가열로내에 설치한 열전대 9개에서 측정된 온도의 평균값이 KS F 2268-1 : 2006의 시험방법에서 규정한 표준 가열온도곡선에 맞도록 하여 시험체를 2시간 동안 가열함.
- 3.1.3 가열시험중 가열로내 압력은 시험체 하단 면에서 위로 500 mm 높이에서 압력이 0(Zero) Pa이 되도록 하고 시험체 상단에

서의 압력이 20 Pa 이하가 되도록 조정함.

3.1.4 가열중 시험체의 변형, 파괴, 탈락 등 현상을 관찰하고, 면패드의 착화, 10초 이상 지속되는 시험체 이면에서의 화염발생, 균열게이지의 관통여부 등 시험체의 차염성을 측정함.

3.1.5 가열중 차열성 측정을 위하여 시험체 이면 8개소에 고정열전대를 설치하여 이면평균 및 최고상승온도를 측정하고, 고온이 예상되는 부위의 온도측정을 위하여 시험체 이면에 설치한 고정열전대 8개와 이동열전대를 이용하여 이면최고상승온도를 측정함.

3.1.6 이면의 복사열 측정은 복사열량계 시계가 시험체의 대각선을 포용하는 최소거리에서 복사열량계(Schmidt-Boelter type, 측정범위 0~100 kW/m², 시계각 60 °)를 사용하여 측정함.

3.2 성능기준

시험종료시까지의 KS F 2268-1 : 2006에서 정하고 있는 차염성 및 차열성 성능기준은 표 3 및 표 4와 같으며, 방화문의 내화성능은 차열성 방화문과 비차열성 방화문으로 구분하며, 차열성 방화문은 차염성 및 차열성 기준을 모두 만족하여야 하고, 비차열성 방화문은 면패드를 제외한 차염성 기준을 만족하여야 한다.

표 3. 차염성 기준

구 분	성 능 기 준
면패드 적용	시험체 표면에 발생한 구멍이나 화염에 30초 간 면패드 접촉시 착화되지 않을 것
균열게이지 적용	시험체에 6 mm 균열게이지가 시험체를 관통하고 150 mm 이동하거나, 25 mm 균열게이지가 시험체를 관통하여 가열로 내부로 삽입될 수 있는 구멍이 발생하지 않을 것
이면의 화염발생	시험체 이면에서 10초 이상 지속되는 화염이 발생하지 않을 것

표 4. 차열성 기준

구 분	성 능 기 준
이면평균 상승온도	가열중 시험체 이면 5개소에 설치한 고정열전대의 측정온도가 초기평균온도보다 140 K를 초과하여 상승하지 않을 것
이면최고 상승온도	가열중 이동열전대를 포함한 모든 열전대의 측정온도가 초기평균온도보다 180 K를 초과하여 상승하지 않을 것

4. 코어재에 따른 내화성능

4.1 시험체

시험체는 그림 1의 외여단이 철제 방화문으로 표 5와 같은 구성 및 재질로 제작이 되었으며, 코어재 만을 종이 하니콤(Paper honey-comb), 글라스울(Glass wool), 미네랄울(Mineral wool), 우레탄폼(Urethane foam) 및 방화석고보드와 미네랄울 조합으로 달리하여 각각 2개씩 제작하였다.



(a) 열리는 쪽면

(b) 닫히는 쪽면

그림 1. 방화문 시험체 모습

표 5. 시험체의 구성 및 재질

(단위 : mm)

구 성	재질 및 크기
문 짝	E.G.I강관(0.8 t) - 너비 932×높이 2 030×두께 40
	코어재 : 종이 하니컴(Paper honeycomb), 글라스울(Glass wool), 미네랄울(Mineral wool), 우레탄폼(Urethane foam), 방화석고보드+미네랄울
	손잡이부분 보강 Box : E.G.I강관(1.6 t) - 너비 120×높이 200×39
문 틀	E.G.I강관(1.6t) - 너비 1 000×높이 2 100×두께 120
주요 부 품	손 잡 이 Cylinder lock 또는 Handle lever
	개 스 킷 난연 개스킷
	Door hinge Butterfly type, 3개소 고정
	도어클로저 생략
주위벽체	경량기포 콘크리트

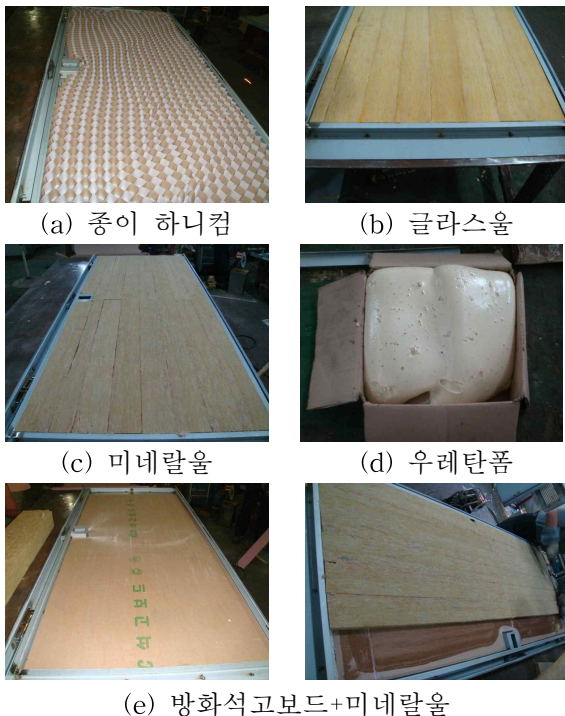


그림 2. 코어재 모습

4.2 시험실시

4.2.1 가열시험

그림 3과 같이 시험체를 가열로에 설치하고 2 시간 가열시험을 실시하였으며, 이면상승온도 측정을 위하여 그림 3의 (a)와 같이 방화문 문쪽에 5개, 문틀에 3개의 열전대를 설치하였고, 복사열 측정을 위하여 복사열량계 시계가 시험체의 대각선을 포용하는 최소거리(2 m 이격 거리)에 복사열량계(Schmidt-Boelter type, 측정범위 0~100 kW/m², 시계각 60°)를 설치하였다.



(a) 가열전 시험체 이면 모습 (b) 가열종료시 시험체 이면 모습

그림 3. 방화문 시험 모습

4.2.2 시험결과

모든 방화문 시험체는 시험동안 면패드 적용을 제외한 차열성 기준에 대해서는 비차열성 방화문의 성능기준을 만족하고 있는 것으로 나타났으며, 면패드 적용 및 차열성 기준에 대해서는 적은 시간의 차열성능을 갖는 것으로 나타났다. 한편, 방화문 시험체는 코어재에 따라 다양한 차열성능을 갖는 것으로 확인되었다.

(1) 비차열성 평가 결과

손잡이(Door lock) 불량으로 틈새가 발생한 글라스울(열리는 쪽면) 방화문 시험체를 제외한 모든 방화문 시험체는 시험동안 균열게이지가 관통하는 틈새 및 구멍 발생이 없었으며, 화염이 발생하지 않아 비차열성 방화문의 성능기준을 만족하고 있었다. 그림 4는 방화문 시험체의 설치 방향 및 코어재 종류에 따른 가열종료시

시험체 이면의 모습을 나타내고 있는데, 코어재가 하니컴, 글라스울 및 우레탄폼인 방화문 시험체의 이면에서의 변색 및 적열이 다른 시험체보다 심한 것을 확인할 수 있다.



(a) 하니컴
(닫히는 쪽면)

(b) 하니컴
(열리는 쪽면)



(c) 글라스울
(닫히는 쪽면)

(d) 글라스울
(열리는 쪽면)



(e) 미네랄울
(닫히는 쪽면)

(f) 미네랄울
(열리는 쪽면)



(g)
석고보드+미네랄울
(닫히는 쪽면)

(h)
석고보드+미네랄울
(열리는 쪽면)



(i) 우레탄폼
(닫히는 쪽면)

(j) 우레탄폼
(열리는 쪽면)

그림 4. 가열종료시(2시간 경과시)
방화문 시험체 이면 모습

(2) 차열성 평가 결과

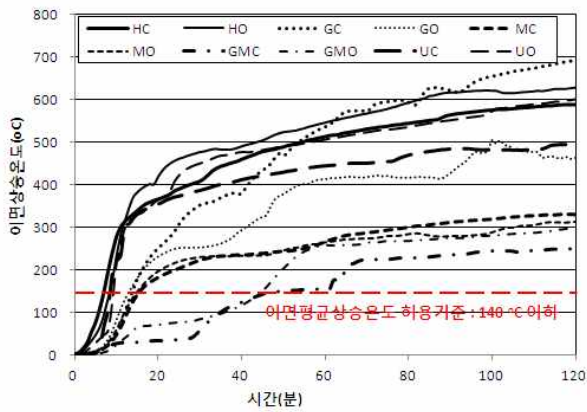
이면상승온도 측정결과에 의한 차열성 평가 결과는 표 6과 같다. 방화문 시험체의 설치 방향 및 코어재 종류에 따라서 문짝의 이면평균상승온도, 이면최고상승온도와 문틀에서의 이면최고상승온도를 성능기준 초과시점 및 최고온도 도달시점으로 구분하여 나타내었으며, 이를 바탕으로 차열성을 평가하였다. 한편, 문틀에서의 이면최고상승온도는 KS에서는 180 ℃ 이하를, ISO에서는 360 ℃ 이하를 성능기준으로 하여 참고값으로서 ISO 표준에 대해서도 차열성을 평가하였다. 또한, 참조값으로서 복사열을 측정하였다.

표에서 보는 바와 같이 코어재가 하니컴, 우레탄폼인 철제 방화문의 차열성능이 가장 낮았으며, 코어재가 석고보드와 미네랄울 혼합인 철제 방화문의 차열성능이 가장 높았다. 그러나, 코어재가 석고보드와 미네랄울 혼합인 철제 방화문의 닫히는 쪽면은 문틀의 이면최고상승온도의 KS 표준 및 ISO 표준 적용 여부에 따라 차열성능이 크게 차이가 났다.

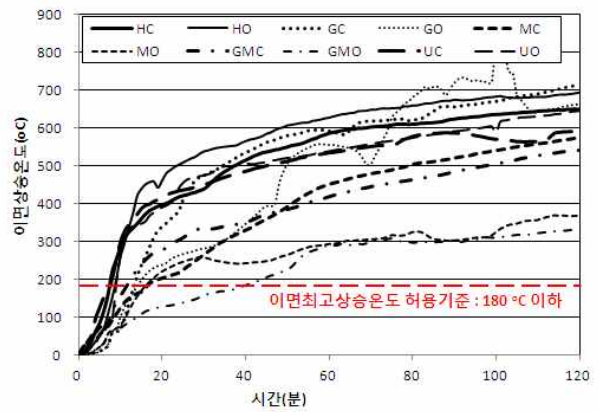
그림 5는 시험체의 설치 방향 및 코어재 종류에 따른 이면상승온도 측정결과를 나타내는데, 하니컴·닫히는 쪽면(HC), 하니컴·열리는 쪽면(HO), 글라스울·닫히는 쪽면(GC), 글라스울·열리는 쪽면(GO), 미네랄울·닫히는 쪽면(MC), 미네랄울·열리는 쪽면(MO), 석고보드와 미네랄울 혼합·닫히는 쪽면(GMC), 석고보드와 미네랄울 혼합·열리는 쪽면(GMO), 우레탄폼·닫히는 쪽면(UC) 및 우레탄폼·열리는 쪽면(UO)으로 구분하여 시간에 따른 이면상승온도를 나타냈다. 이면평균상승온도는 코어재가 하니컴, 우레탄폼 및 글라스울인 경우 높게 나타났으며, 미네랄울 및 석고보드와 미네랄울 혼합인 경우 낮게 나타났다. 이면최고상승온도도 이면평균상승온도와 비슷한 경향을 나타내었으며, 글라스울·열리는 쪽면의 경우 손잡이(Door lock) 불량으로 문짝 상부에 틈새가 발생하여 매우 높은 온도를 나타내는 것을 확인할 수 있다. 차열성능은 코어재가 석고보드와 미네랄울 혼합인 경우를 제외하고는

표 6. 차열성 평가 결과

구 분		닫히는 쪽면				차열 성능 [분]	열리는 쪽면				차열 성능 [분]
		이면상승온도 (시간) [°C, 분]					이면상승온도 (시간) [°C, 분]				
		문짝		문틀, 최고			문짝		문틀		
		평균	최고	KS	ISO		평균	최고	KS	ISO	
하니컴	성능기준	148	219	186	364	6	175	200	182	-	8
	초과시점	(7)	(8)	(14)	(41)		(9)	(9)	(48)	-	
	최고온도	588	650	519			628	694	326		
글라스울	성능기준	153	207	185	361	13	148	197	184	361	12
	초과시점	(14)	(14)	(24)	(62)		(13)	(15)	(44)	(88)	
	최고온도	693	713	476			504	817	493		
도달시점	(120)	(120)	(120)		(102)	(100)	(120)				
	성능기준	141	188	181	365	14	148	183	181	-	14
	초과시점	(15)	(17)	(17)	(46)		(15)	(16)	(44)	-	
최고온도	330	404	575		312		369	297			
도달시점	(117)	(117)	(120)		(119)	(114)	(120)				
	성능기준	142	187	191	364	11 (KS)	141	186	184	-	39
	초과시점	(45)	(38)	(12)	(43)		(44)	(44)	(40)	-	
최고온도	249	307	541		298		323	332			
도달시점	(119)	(69)	(120)		37 (ISO)	(120)	(118)	(120)			
	성능기준	191	201	182	363	7	213	188	181	-	8
	초과시점	(9)	(8)	(9)	(32)		(10)	(9)	(32)	-	
최고온도	495	594	472		601		645	309			
도달시점	(118)	(120)	(119)		(120)	(120)	(120)				



(a) 이면평균상승온도

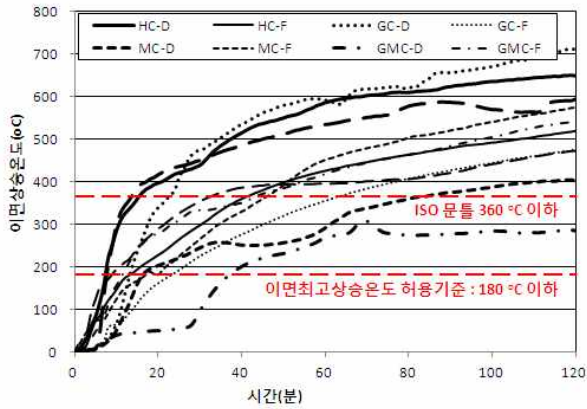


(b) 이면최고상승온도

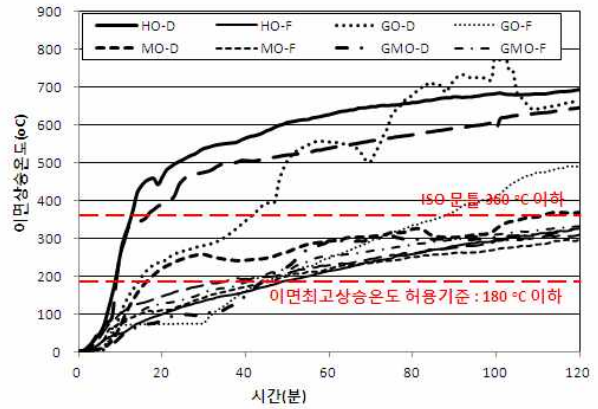
그림 5. 시험체의 설치 방향 및 코어재 종류에 따른 이면상승온도 측정결과

10분 안팎으로 나타났으며, 코어재가 석고보드와 미네랄울 혼합인 경우 닫히는 쪽면은 11분, 열리는 쪽면은 39분으로 크게 차이가 났다. 단, ISO 표준을 적용하면 닫히는 쪽면은 37분으로

열리는 쪽면과 비슷하게 나타났다. 그림 6은 시험체의 설치 방향 및 코어재 종류에 따른 문짝 및 문틀에서의 이면최고상승온도 측정결과를 나타내는데, 하니컴-닫히는 쪽면-문짝



(a) 닫히는 쪽면



(b) 열리는 쪽면

그림 6. 시험체의 설치 방향 및 코어재 종류에 따른 문짝 및 문틀에서의 이면최고상승온도 측정결과

(HC-D), 하니컴·열리는 쪽면·문틀(HO-F), 글라스울·닫히는 쪽면·문짝(GC-D), 글라스울·열리는 쪽면·문틀(GO-F), 미네랄울·닫히는 쪽면·문짝(MC-D), 미네랄울·열리는 쪽면·문틀(MO-F), 석고보드와 미네랄울 혼합·닫히는 쪽면·문짝(GMC-D), 석고보드와 미네랄울 혼합·열리는 쪽면·문틀(GMO-F), 우레탄폼·닫히는 쪽면·문짝(UC-D) 및 우레탄폼·열리는 쪽면·문틀(UO-F)으로 구분하여 시간에 따른 이면최고상승온도를 나타냈다.

닫히는 쪽면의 방화문 시험체는 코어재가 하니컴, 글라스울, 우레탄폼인 경우 문짝의 이면최고상승온도가 문틀의 이면최고상승온도보다 높았으며, 코어재가 미네랄울, 석고보드와 미네랄울 혼합인 경우 문짝의 이면최고상승온도가 문틀의 이면최고상승온도보다 낮았다. 이는 문틀의 이면최고상승온도는 크게 변하지 않으나 문짝은 코어재에 따라서 이면최고상승온도의 차이가 크기 때문인 것으로 판단된다.

그리고, 열리는 쪽면의 방화문 시험체는 코어재가 석고보드와 미네랄울 혼합인 경우를 제외한 모든 코어재에서 문짝의 이면최고상승온도가 문틀의 이면최고상승온도보다 높았다. 이는 문틀 대부분이 비가열면에 위치하여 가열면 노출면적이 적어지나, 문짝은 오히려 가열면에 위치하여 가열면 노출 면적이 커지기 때문으로 판단

된다.

또한, 손잡이(Door lock) 불량으로 틈새가 발생한 글라스울(열리는 쪽면) 방화문 시험체를 제외한 모든 시험체는 문틀의 이면최고상승온도가 닫히는 쪽면보다 열리는 쪽면에서 낮음을 확인할 수 있다. 이는 문틀이 가열면에 노출되는 면적이 닫히는 쪽면보다 열리는 쪽면이 적기 때문으로 판단된다.

참조값으로 측정한 복사열 측정결과도 코어재가 하니컴, 우레탄폼 및 글라스울인 경우 높게 나타났으며, 미네랄울 및 석고보드와 미네랄울 혼합인 경우 낮게 나타났다. 특히, 코어재가 글라스울인 경우 시험 초기에는 복사열이 적었으나, 시간의 경과에 따라 복사열이 급격히 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 가열온도의 증가에 따른 방화문 시험체 내부의 글라스울이 녹아 없어지면서 급격히 시험체의 이면상승온도가 커졌기 때문으로 판단된다.

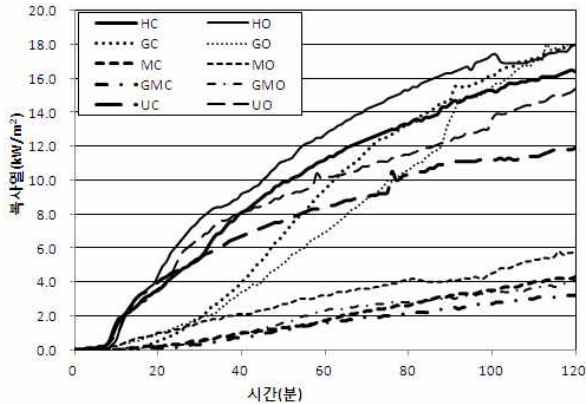


그림 7. 시험체의 설치 방향 및 코어재 종류에 따른 복사열 측정결과

5. 결론

건물에서의 화재확산방지에 있어 중요한 역할을 담당하는 방화문에 대해서 화재시 충분한 화재확산방지를 위해서는 외국에서와 같이 국내에서도 방화문이 적용되는 위치에 따라 요구되는 내화성능을 강화하고, 차열성능을 확보토록 제도를 개선하여야 할 필요성이 있다.

이에 본 연구에서는 방화문의 요구 내화성능에 대한 각국의 기준을 비교 분석하였으며, 방화문의 내화성능 평가를 위한 내화시험 방법 및 성능기준을 소개하였고, 다양한 코어재가 적용된 철제 방화문에 대해서 틈새 및 화염 발생 등의 변화를 관찰하고, 이면상승온도 및 복사열을 측정하여 내화성능을 평가하였다.

내화성능 평가 결과, 손잡이(Door lock) 불량으로 틈새가 발생한 글라스울(열리는 쪽면) 방화문 시험체를 제외한 모든 방화문 시험체는 시험동안 면패드 적용을 제외한 차열성 기준에 대해서는 비차열성 방화문의 성능기준을 만족하고 있는 것으로 나타났으며, 면패드 적용 및 차열성 기준에 대해서는 코어재에 따라 10분 안팎의 차열성을 나타내는 등 적은 시간의 차열성능을 갖는 것으로 나타났다. 한편, 문틀에 대한 이면 최고상승온도의 KS 표준 및 ISO 표준 적용 여부에 따라 차열성능이 크게 차이가 나는 것을 확인할 수 있었다.

비차열성 요구 내화시간의 증가 및 차열성능의 도입 등 방화문의 요구 내화성능을 향상하도록 제도를 개선하기 위해서는 새로운 방화문 구조의 개발 등 국내 제조업체의 대응 가능 여부를 검토하고, 관련 표준의 개정 등을 통하여 이면상승온도의 허용값을 조정하는 등 차열성능 기준의 재정립을 검토하는 등 다방면의 검토가 필요하다고 판단된다.

참고문헌

1. 최동호, 서희원, 건축물 방화문 성능기준 개선방향에 관한 연구, 한국방재학회논문집, 제 13권 1호, 2013.2.
2. 建築法令研究會, 建築關係法令集(平成15年度版), 井上書院, 2002. 12.
3. International Code Council, International Building Code, 2012.
4. Canadian Commission on Building and Fire Codes · National Research Council of Canada, National Building Code of Canada, 1995.
5. ABCB, Building Code of Australia Class 2 to Class 9 Buildings, 1999.
6. HM Government, The Building Regulations 2010, 2011.
7. NFPA(2007), NFPA 80, Standard for Fire Doors and Other Opening Protectives.
8. ODPM(2000), The Building Regulations, Llywodraeth Cynulliad Cymru Wesh Assembly Government
9. M. J. Billington, M. W. Simons, J. R. Waters, The Building Regulations Explained and Illustrated, Twelfth Edition, Blackwell Science, pp. 7.124 ~7.132.
10. NRCC(2012), National Building Code of Canada, Canadian Commission on Building and Fire Codes.
11. KS F 2268-1, 방화문의 내화 시험 방법, 한국표준협회, 2006.
12. ISO 3008, Fire-resistance tests — Door and shutter assemblies, 2007.