차열 방화문의 내부충진재 성상에 따른 이면 온도 상승 경향성 분석에 관한 연구

Study on the Analysis of the Temperature-Rise Tendencies of Insulated Steel Fire Doors According to the Properties of the Core Materials

김민재* · 민세홍**

Kim, Minjae*, and Min, Sehong**

Abstract

In this study, the relationship between the temperature-rise tendencies and properties of mineral wool was analyzed for cases of mineral wool being used as a filler inside insulated fire doors installed in the evacuation space of apartments. The density and thickness of the mineral wool were separately analyzed; as a result, it was found that the higher the density and the greater the thickness, the more suppressed the temperature rise. However, the difference in the rising temperature between the highest density (150 kg/m³) and lowest density (100 kg/m³) mineral wools was 10 K, which did not appear to be significant. The temperature difference between the highest thickness (60 mm) and lowest thickness (45 mm) mineral wools was 60 K, indicating that the temperature rise was more affected by the thickness than the density of the mineral wool. In addition, it was suggested that the performance tests of fire doors, which are currently performed on both sides of a door in accordance with the fire resistance test method, are performed twice on the side from which the door is pulled, which corresponds with the direction in which insulated fire doors are actually installed.

Key words : Fire Steel Door, Evacuation Space, Fire Safety, Insulate Performance

요 지

본 연구에서는 아파트의 대피공간에 설치되는 차열 방화문 중 내부충진재를 미네랄울로 하는 경우에 대하여 그 성상에 따른 온도 상승 경향성을 분석하였다. 실제 미네랄울을 사용한 차열 방화문의 시험 데이터를 분석, 미네랄울의 밀도와 두께에 차이에 따른 온도 경향성을 도출하였다. 분석결과, 최고 밀도(150 kg/m³)와 최저 밀도(100 kg/m³)의 상승 온도 차이는 10 K, 최고 두께(60 mm)와 최저 두께(45 mm)의 상승 온도 차이가 60 K로 나타났다. 이 결과를 통해 차열방화문에 있어서 내부충진재의 밀도는 일정 수준 이상이면(100 kg/m³ 이상) 이면 온도 상승에 크게 영향을 주지 않는 것으로 볼 수 있으며, 두께는 두꺼워질수록 이면 온도 상승을 억제하는데 유리한 것으로 나타났다. 이와 더불어, 차열 방화문의 성능시험 실효성을 재고하기 위한 방안으로, 현재 방화문의 내화시험방법에 따라 양면에 대하여 성능시험 하고 있는 것을 차열 방화문에 한하여 실제 설치되는 방향인 ‘당기는 문’ 방향으로 2회 성능시험 하는 것을 제안하였다.

핵심용어 : 방화문, 대피공간, 화재 안전, 차열 성능

*정회원, 가천대학교 일반대학원 설비·소방공학과 박사과정(E-mail: menduri@kcl.re.kr)

Member, Ph.D. Candidate, Department of HVAC & Firefighting Engineering, Gachon University

**교신저자, 정회원, 가천대학교 설비·소방공학과 교수(Tel: +82-31-750-5714, Fax: +82-31-728-0012, E-mail: shmin@gachon.ac.kr)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of HVAC & Firefighting Engineering, Gachon University

1. 서 론

국내 법규에서는 「건축법 시행령」 제46조(방화구획 등의 설치)에 따라 공동주택 중 아파트로서 4층 이상인 층의 각 세대가 2개 이상의 직통계단을 사용할 수 없는 경우에는 발코니에 인접 세대와 공동으로 또는 각 세대별로 대피공간을 하나 이상 설치하도록 하고 있다. 대피공간으로 통하는 출입문에는 제64조(방화문의 구분)에 따라 60분 비차열 성능 및 30분의 차열 성능을 확보한 방화문(60분 + 방화문)을 설치하도록 하고 있으며, 이는 좁은 대피공간(2~3 m²) 내에 대피한 재실자가 복사열에 의해 화상 등의 피해를 입는 것을 방지하기 위하여 2016년 4월 6일부터 적용되고 있는 기준이다(Ordinance of President No.32102, 2021).

성능이 인증된 차열 방화문을 살펴보면 대부분이 철판과 철판 사이에 미네랄울을 삽입하여 조립되어있으며, 그 미네랄울의 밀도, 두께 등의 차이를 제외하면 전체적인 구성은 거의 같다.

그러나, 차열 방화문을 생산할 기술력을 가진 업체는 약 10여 곳으로 전체(약 100여 업체)에 비하면 국내에 차열 방화문을 생산할 수 있는 기술력을 가진 업체는 업계의 10%가량 밖에 되지 않는다. 이처럼 업계 전반에 기술력이 확보 되지 않은 이유는, 지금까지의 방화문 성능인증 제도 하에서는 반복시험에 의한 경험을 통해 기술력을 확보 해야 하였고, 수백만원에 달하는 성능시험 비용을 감당할 여력이 없는 영세한 업체들은 차열 방화문을 개발 시도조차 하지 않기 때문이다.

본 연구에서는 국내 공인 시험기관에서 진행된 차열방화문 중 내부충진재가 미네랄울만으로 구성된 방화문의 이면 온도 상승 데이터를 분석, 미네랄울 소재의 밀도와 두께에 따른 온도 상승 경향성이 있는지 판단해 보고자 한다. 또한, 이를 차열방화문 개발의 초석으로 활용할 수 있도록 하여, 국내 방화문 업계 전반의 품질 향상을 제고하고자 한다.

2. 대피공간

2.1 설치배경

Fig. 1과 같이 아파트의 대피공간은 1992년 건축법 개정 후 건축허가를 받은 아파트는 3층 이상 세대 간 발코니 경계벽을 경량 칸막이로 설치하게 되었다. 다만, ‘임의조항’으로 꼭 설치해야 하는 것은 아니어서 1992년부터 2005년 사이에 건축허가를 받은 아파트의 65% 가량에만 경량 칸막이가 설치되어 있는 것으로 추산된다고 한다. 2005년 건축법 재개정 때는 화재시 1시간 이상 버틸 수 있는 방화문을 설치한 ‘대피공간’을 설치하도록 의무화하였으며, 이 ‘대피공간’이 설치되어 있다면 세대 간 발코니 경계벽을 경량 칸막이로 설치하지 않아도 된다. 그리고 2015년 4월 6일을 기준으로 ‘대피공간’에 설치되는 방화문은 30분의 차열성능

Fig. 1. Evacuation Space in Apartment Buildings

을 추가로 확보하도록 개정되었고, 이는 1년의 유예기간을 두고 2016년 4월 6일 이후 건축허가를 받은 공동주택의 ‘대피공간’에는 60분의 비차열 성능과 30분의 차열성능을 가진 ‘차열 방화문’이 설치되고 있다(Seo et al., 2014; Kim et al., 2018).

2.2 대피공간 설치 기준

아파트의 대피공간은 건축법 시행령 46조에 따라 다음 4가지의 기준을 만족해야 한다.

- ① 대피공간은 바깥의 공기와 접할 것
- ② 대피공간은 실내의 다른 부분과 방화구획으로 구획될 것
- ③ 대피공간의 바닥면적은 인접 세대와 공동으로 설치하는 경우에는 3 m² 이상, 각 세대별로 설치하는 경우에는 2 m² 이상일 것(실제로 인접세대와 공동으로 설치되는 경우는 거의 없고, 대부분 세대별로 설치된다)
- ④ 국토교통부 장관이 정하는 기준에 적합할 것

국토교통부장관이 정하는 기준은 ‘발코니 등의 구조변경절차 및 설치기준’의 제3조(대피공간의 구조)이며 아래의 기준에 적합하게 설치되어야 한다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport Notice No.2018-775, 2018).

- ① 건축법 시행령 제46조제4항의 규정에 따라 설치되는 대피공간은 채광방향과 관계없이 거실 각 부분에서 접근이 용이하고 외부에서 신속하고 원활한 구조활동을 할 수 있는 장소에 설치하여야 하며, 출입구에 설치하는 갑종방화문은 거실쪽에서만 열 수 있는 구조(대피공간임을 알 수 있는 표지판을 설치할 것)로서 대피공간을 향해 열리는 밖여단으로 하여야 한다.

- ② 대피공간은 1시간 이상의 내화성능을 갖는 내화구조의 벽으로 구획되어야 하며, 벽·천장 및 바닥의 내부 마감 재료는 준불연재료 또는 불연재료를 사용하여야 한다.
- ③ 대피공간은 외기에 개방되어야 한다. 다만, 창호를 설치하는 경우에는 폭 0.7미터 이상, 높이 1.0미터 이상 (구조체에 고정되는 창틀 부분은 제외한다)은 반드시 외기에 개방될 수 있어야 하며, 비상시 외부의 도움을 받는 경우 피난에 장애가 없는 구조로 설치하여야 한다.
- ④ 대피공간에는 정전에 대비해 휴대용 손전등을 비치하거나 비상전원이 연결된 조명설비가 설치되어야 한다.
- ⑤ 대피공간은 대피에 지장이 없도록 시공·유지관리되어야 하며, 대피공간을 보일러실 또는 창고 등 대피에 장애가 되는 공간으로 사용하여서는 아니 된다. 다만, 에어컨 실외기 등 냉방설비의 배기장치를 대피공간에 설치하는 경우에는 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.
 1. 냉방설비의 배기장치를 불연재료로 구획할 것
 2. 제1호에 따라 구획된 면적은 건축법 시행령 제46조 제4항제3호에 따른 대피공간 바닥면적 산정시 제외할 것

3. 차열 방화문

3.1 차열 방화문의 구조적 특징

차열방화문과 비차열 방화문의 가장 특징적인 차이점은 내부 충진재에 있다. 비차열 방화문의 내부 충진재로 사용되는 소재는 대표적으로 종이하늬컴, 글라스울, 미네랄울이 있다. 차열 방화문의 경우, 이면 온도 상승을 억제하기 위하여

Fig. 2. Example Drawing of Insulated Fire Steel Door Horizontal Section

Fig. 3. Mineral Wool Insulation

차열성능이 뛰어난 미네랄울을 주로 사용한다. 이때 사용되는 미네랄울의 밀도는 대부분의 경우 140 kg/m³ 이상을 사용하며, 그 두께는 50 mm 이상이다. 업계에서는 방화문의 두께 감소 및 단가 절감 등을 위해 미네랄울 가공(미네랄울 중앙에 마그네슘 보드 삽입 등) 및 이를 대체할 수 있는 다른 소재(무기질 보드 등)를 찾아 대체 시도하고 있으나, 여전히 대부분의 차열방화문은 고밀도의 두꺼운 미네랄울을 적용하고 있다. Fig. 2는 방화문의 수평단면도 예시이다.

3.2 미네랄울 단열재의 특징

미네랄울(Fig. 3)은 명칭에서 나타나는 것처럼 암석을 인공으로 제조한 내열성이 높은 광물 섬유이다. 불연성, 경량성·단열·흡습성, 내구성의 특징을 갖춰 건축설비, 플랜트설비의 단열재 및 방·내화 재료로서 널리 사용되고 있다(KCC, 2013). 방화문에 있어서도, 단열과 내화 2가지 성능을 만족할 수 있어 단열 및 결로방지 성능이 요구되는 현관 방화문과 차열성능이 요구되는 대피공간 차열방화문의 내부충진재로 널리 사용되고 있다.

4. 시험 방법

4.1 시험 표준(KS F 2268-1)

시험은 KS F 2268-1:2021 (2021)에 따라 3 m × 3 m 크기의 수직가열로에 방화문을 설치, 1시간 동안 표준가열 온도곡선에 따라 가열하여 진행되며, 앞의 30분간 이면 열전대를 통해 방화문의 비가열면 온도를 측정한다. 표준가열 온도 곡선은 Fig. 4와 같으며 관계식은 다음과 같다(KS F 2257-1:2019, 2019).

$$T = 345 \log_{10}(8t + 1) + 20$$

이때 가열로의 압력은 시험체 하단면에서 위로 500 mm 높이에서 압력이 0 (Zero) Pa이 되도록하고 시험체 상단면에서의 압력이 20 Pa 이하가 되도록 조정한다.

Fig. 4. Time-temperature Curve of Fire Resistance Test

방화문은 시험체 A, B로 구분하며, 각각 바라보는 방향을 기준으로 당기는 방향(시험체 A), 미는 방향(시험체 B)으로 설치한다(Fig. 5). 이는 방화문으로 구획된 공간 중 어느 방향에서 화재가 발생할지 예측할 수 없으므로 양 면에 대하여 성능을 확인하기 위함으로 KS F 2268-1 6.2에 따른 것이다.

Fig. 5. Horizontal Section of Test Specimens

Table 1. Integrity Performance

Factor	Integrity performance
Cotton pad	There should be no ignition, i.e. flaming or glowing, of the cotton pad from any openings or cracks on the unexposed surface of the test specimen for 30 seconds.
Gap gauge	The 6 mm gap gauge should not be passed through the specimen such that the gap gauge projects into the furnace and be moved a distance of 150 mm along the any crack or the 25 mm gap gauge should not be passed through the specimen such that the gap gauge projects into the furnace along the any openings.
Flame on the exposed face	There should be no flaming that is visible with the naked eye and that remains visible for an uninterrupted period of not less than 10 seconds on the unexposed surface of the test specimen.

Table 2. Insulation Performance

Factor	Insulation performance
Average temperature rise	The average temperature rise on the unexposed face of the specimen should not be more than 140 K above the initial temperature throughout the fire test.
Maximum temperature rise	The temperature rise recorded at any of the individual unexposed face thermocouples should not be more than 180 K above the initial temperature throughout the fire test.

4.2 방화문의 성능기준

방화문의 성능기준은 차열성과 차염성으로 구분할 수 있다. 차염성은 일반적으로 비차열이라고 말하기도 하며, 비가열면으로 화염 발생 유무, 균열게이지에 의한 관통여부 및 면패드에 의한 착화 여부로 성능을 판단한다. 차열성은 방화문의 이면 온도 상승 정도로 성능을 판단한다. 차열 방화문은 차열성과 차염성 두가지 기준 모두를 만족해야 하며 비차열 방화문의 경우 면패드 착화유무를 제외한 차염성으로 성능을 판단한다. 해당 성능기준은 Tables 1과 2에 나타내었다.

Fig. 6은 방화문의 차염성 시험 시 불합격 요인인 화염 발생 및 틈새 발생에 의한 균열게이지 관통에 대한 예시이다.

차열 방화문의 이면온도 측정 위치는 Figs. 7, 8과 같이 각 15개씩이며 시험체 A를 기준, ch 1~5 (ch 16~20) 까지는

(a) Gap gauge penetrated through the gap

(b) Flame occurred

Fig. 6. Integrity Performance Test Failure Causes

Fig. 7. Channel Number & Location of Thermocouples

평균 온도, 평균 온도 측정 위치를 포함한 ch 1~10 (16~25)은 최고온도, ch 11~15 (ch 26~30)는 문틀의 온도를 측정한다. 여기서 평균온도(ch 1~5 / ch 16~20)는 초기온도보다 140 K

이상, 최고온도(ch 1~10 / ch 16~25)는 초기온도보다 180 K 이상, 문틀의 최고온도(ch 11~15 / ch 26~30)는 초기온도보다 360 K 이상 상승하지 않도록 하고 있다. 다만, 본 연구에서는 문짝의 내부 충전재 성상에 따른 온도 상승 경향성을 분석하기 위하여 문틀의 상승온도는 고려하지 않았다.

(a) Before

(b) After

Fig. 8. Fire Resistance Test of Insulated Fire Steel Door

5. 시험 결과 및 분석

5.1 시험 결과

2018년부터 2020년까지 3년간 수행된 차열방화문의 내화 성능시험에서, 내부 충전재가 미네랄울로만 구성된 총 32건의 시험 결과를 시험체 크기, 내부충진재의 두께 및 밀도 등을 구분하고, 시험체 각 면의 평균상승 온도와 최고상승온도를 분석하였다(Table 3).

Table 3. Test Results

No.	Size (mm)	Density (kg/m ³)	Thickness (mm)	Average Temperature (Specimen A)	Average Temperature (Specimen B)	Max Temperature (Specimen A)	Max Temperature (Specimen B)
1	1,000 × 2,100	140	60	57.5	66.1	107.8	129.7
2	700 × 2,100	140	60	84.5	86.7	141.7	141.4
3	900 × 2,100	140	60	102.6	108.0	156.6	170.6
4	850 × 2,100	140	60	73.9	76.9	114.7	142.9
5	900 × 2,200	140	60	73.9	88.4	117.4	146.5
6	1,000 × 2,100	120	60	60.0	68.3	70.5	73.1
7	1,100 × 2,200	120	60	100.5	76.4	144.3	138.2
8	900 × 2,200	100	60	117.7	112.5	128.6	146.7
9	1,100 × 2,200	120	52	87.2	101.3	135.5	178.3
10	1,000 × 2,100	120	48	82.4	84.6	102.0	108.6
11	1,000 × 2,100	140	52	121.6	132.9	141.7	153.1
12	800 × 2,100	150	48	88.8	80.1	160.4	156.3
13	800 × 2,110	140	45	133.0	133.3	157.7	174.2
14	800 × 2,110	140	52	81.8	81.4	133.8	120.7
15	700 × 2,100	140	52	61.8	88.3	94.5	128.8
16	700 × 2,100	150	48	95.4	110.0	163.3	177.7
17	800 × 2,100	100	62	68.4	79.4	137.3	116.4
18	800 × 2,100	120	60	87.3	106.3	128.5	152.0
19	850 × 2,115	120	60	94.4	101.2	156.2	151.5
20	800 × 2,200	140	60	80.6	85.2	160.2	146.0
21	750 × 2,100	140	60	73.4	64.0	130.5	113.3
22	700 × 2,100	140	60	79.0	87.5	146.0	179.4
23	750 × 2,100	140	60	63.7	76.2	93.0	132.6
24	800 × 2,200	140	60	73.4	82.2	128.1	125.4
25	800 × 2,100	140	60	80.7	89.7	133.5	157.5
26	700 × 2,100	140	60	85.4	106.5	173.4	160.2
27	750 × 2,100	140	60	72.0	73.3	118.8	141.6
28	750 × 2,000	140	60	63.1	69.4	128.7	159.2
29	750 × 2,000	140	60	63.7	68.8	116.3	162.8
30	800 × 2,155	140	60	78.5	92.9	109.2	142.8
31	750 × 2,005	150	60	59.4	73.9	128.6	135.6
32	750 × 2,000	150	60	73.3	88.1	133.2	150.7

Table 4. Temperature Increase in Accordance with Thickness of Mineral Wool

Thickness	45 mm	52 mm	60 mm
Average Temp. (K)	133	95	83
Max Temp. (K)	166	129	138

Fig. 9. Graph of Temperature Increase in Accordance with Thickness of Mineral Wool

5.2 미네랄울 두께에 따른 온도 상승 경향성 분석

미네랄울의 두께에 따른 온도 상승 경향성 분석을 위해 140 kg/m³ 밀도의 미네랄울을 사용한 방화문의 두께별 평균 및 최고 상승온도의 평균값을 비교해 보았다. 먼저 45 mm의 경우 평균 133 K, 최고 166 K의 온도 상승 경향을 보였으며, 52 mm의 경우 평균 95 K, 최고 129 K, 그리고 60 mm의 경우 평균 83 K, 최고 138 K의 온도 상승 경향을 보였다(Table 4 and Fig. 9). 평균온도의 경우 45 mm와 60 mm를 비교해보면 약 60 K의 차이가 나는 것을 알 수 있고, 방화문의 두께가 두꺼워질수록 온도 상승을 확실히 억제할 수 있는 것으로 판단되었다. 그러나, 최고온도의 경우 그 차이가 약 20 K 정도이고, 오히려 52 mm 보다 60 mm의 최고 상승온도가 약 10 K 정도 높았다. 이는 최고온도의 경우 측정점이 방화문의 변형이나 철재 보강물에 의한 국부적인 온도 상승에 더 큰 영향을 받는 위치에 설치됨에 따른 것으로, 방화문의 두께보다는 각각의 구조적인 차이에 더 큰 영향을 받는 것으로 판단된다.

5.3 미네랄울 밀도에 따른 온도 상승 경향성 분석

미네랄울의 밀도에 따른 온도 상승 경향성 분석을 위하여 밀도를 100 kg/m³, 120 kg/m³, 140 kg/m³, 150 kg/m³으로 구분하여 각각의 밀도에서 평균상승온도 및 최고상승온도를 비교해 보았다. 분석결과 100 kg/m³의 경우 평균 94 K, 최고 132 K, 120 kg/m³의 경우 평균 87 K, 최고 128 K, 140 kg/m³의 경우 평균 84 K, 최고 138 K, 150 kg/m³의 경우 평균 84 K, 최고 151 K의 온도 상승 경향을 보였다(Table 5 and Fig. 10). 평균온도의 경우 가장 낮은 밀도인 100

Table 5. Temperature Increase in Accordance with Density of Mineral Wool

Density	100 kg/m ³	120 kg/m ³	140 kg/m ³	150 kg/m ³
Average Temp. (K)	94	87	84	84
Max Temp. (K)	132	128	138	151

Fig. 10. Graph of Temperature Increase in Accordance with Density of Mineral Wool

kg/m³와 150 kg/m³의 차이가 약 10 K 정도이며, 최고 상승온도의 경우 오히려 가장 높은 밀도인 150 kg/m³가 약 20 K 정도 높은 것으로 분석되었다. 분석결과를 고려하였을 때 미네랄울의 밀도는 일정 수준 이상(100 kg/m³ 이상)이 적용된다면 방화문의 이면 온도 상승에 크게 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.

5.4 설치 방향에 따른 온도 상승 경향성 분석

시험방법에 서술한 바와 같이 방화문의 성능 시험은 방향을 달리하여(당기는 방향, 미는 방향) 2회의 내화시험을 해야 한다. 당기는 방향을 A면, 미는 방향을 B면으로 구분하고, 각 면에서의 평균 상승 온도를 비교해본 결과, 대부분 A면이 B면보다 적게 상승하는 경향성을 나타내었다. Fig. 11과 같이 32건의 사례중 27건에서 B면이 더 많이 상승하였으며, 그 차이는 작게는 0.3 °C에서 크게는 26.5 °C까지의 편차를 보여주었다.

이러한 경향성이 나타나는 대에는 2가지 요인이 있는 것으로 판단된다.

첫 번째는 설치 방향에 따른 문짝의 가열 면적의 차이이다. Fig. 12는 차열방화문의 수평단면도 중 프레임 부분을 확대하여 나타낸 것이다. 그림과 같이 가열면을 기준으로 당기는 문 방향에서는 프레임에 의한 간섭이 없으나, 미는 문 방향에서는 프레임에 의해 문짝의 일부가 가려지게 된다. 이때 가열면에 노출되는 면적은 당기는 문 방향 대비 85~95% 감소하며, 가열면에 노출되는 문짝의 면적이 작아지는 만큼 온도 상승 속도가 감소하는 것으로 추정된다.

두 번째 요인은 설치 방향에 따른 가열로와 이격 정도의

Fig. 11. Average Temperature Difference Between Specimen B and A

Fig. 12. Horizontal Section Drawing of Fire Steel Door Frame

차이가 있다. 방화문의 구조상 A면과 B면의 가열로와 이격 거리에 차이가 있으며, 이는 약 5~10 cm 정도이다. 다만, 그 차이가 크다고 할 수는 없어 해당 요인이 온도 상승에 큰 영향을 준다고 할 수는 없으나, A면의 경우 가열면적이 상대적으로 작으면서 가열로와의 이격 또한 더 많이 되어있어 B면 대비 온도 상승이 적게 되는 것으로 추정된다.

5.5 결과에 대한 고찰

방화문의 두께 및 미네랄울의 밀도에 따른 평균, 최고 상승온도 경향성 분석 결과, 미네랄울의 밀도보다는 두께에 따른 영향이 더욱 큰 것으로 판단되었다. 가장 낮은 두께인 45 mm와 가장 높은 두께인 60 mm의 평균 상승온도 차이는 약 60 K로, 가장 낮은 밀도인 100 kg/m³와 가장 높은 밀도인 150 kg/m³의 평균 상승온도 차이 약 10 K 보다 매우 큰 온도 영향성을 가지는 것으로 판단되었다. 다만, 최고 온도의 경우 밀도나 두께에 따른 뚜렷한 경향성이 있다고 판단하기 힘들었다. 두께나 밀도에 따른 차이가 거의 없었고, 오히려 밀도가 높아지거나 또는 두께가 두꺼워 졌을 때 더 높은 온도 상승 경향을 보여주었기 때문이다. 이는 앞서 언급했듯이 최고온도를 측정할 때 부착하는 이면 열전대의 위치가

방화문의 변형이나 구조 보강 등에 영향을 받기 쉬운 곳에 있기 때문으로 판단된다.

또한, 방화문의 설치 방향에 따른 온도 상승 경향성을 분석한 결과 대부분의 경우에서 A면이 B면보다 더 낮은 온도 상승 결과로 나타났다. 이는 비대칭인 방화문의 구조에 따른 차이로 판단된다.

이와 관련하여 대피공간에 설치되는 차열 방화문의 내화 시험방법에 대해 1가지 제언을 하고자 한다. 앞서 말한 바와 같이 대피공간에 설치되는 방화문은 관련 규정에 따라 항상 거실에서 대피공간으로 열리는 방향으로만 설치할 수 있게 되어있다. 이를 내화시험과 관련하여 생각하면 대피공간에 설치되는 차열방화문의 가열면은 항상 한쪽 방향으로, 즉 2개의 시험체를 같은 당기는 문 방향(A면)으로 설치하는 것이 합리적이라 생각된다. 아파트의 대피공간은 내화구조로 별도의 방화구획이 되어있기 때문에 B면에 대한 내화시험은 사실상 의미가 없을 것이다. 그러므로, A면에 대하여 2회 내화시험을 한다면, 해당 방화문의 차열성과 차염성능에 대하여 좀 더 실효성있는 평가가 가능하리라 판단된다.

6. 결 론

본 연구에서는 미네랄울을 사용한 차열 방화문의 온도 상승 데이터를 분석하여, 미네랄울의 두께와 밀도에 따른 온도 상승 경향성에 대하여 알아보았다.

- (1) 미네랄울을 사용한 대피공간 방화문의 내부충진재 두께에 따른 온도 상승 비교 결과, 미네랄울의 두께가 두꺼워질수록 평균상승온도는 감소하는 경향이 있는 것으로 나타났다. 45 mm와 60 mm의 평균상승온도 차이는 약 60 K로 뚜렷한 차이를 보여주고 있다.
- (2) 미네랄울의 밀도에 따른 온도 상승 비교결과 밀도에 따른 뚜렷한 온도 상승 경향성을 볼 수 없었다. 가장 낮은 밀도인 100 kg/m³와 가장 높은 150 kg/m³의 평균 상승 온도 차이는 약 10 K로, 유의미한 차이로 볼 수 없었다.
- (3) 최고 상승 온도의 경우, 내부 충진재의 성상에 따른 경향성이 없는 것으로 판단된다. 오히려 두께가 두꺼울수록, 밀도가 높을수록 상승폭이 더 큰 것으로 분석 되었으며, 이는 방화문의 변형이나 구조 보강 등, 방화문 자체의 구조적인 차이에 영향을 받는 것으로 판단 된다.
- (4) 방화문의 설치 방향에 따라 온도 상승에 차이가 존재하였다. 대부분의 경우 A면이 B면보다 낮게 상승하였으며, 이는 방화문의 비대칭 구조에 따른 것으로 판단된다. 이와 관련하여, 관련 기준에 따라 대피공간 방화문은 항상 대피공간으로 열리는 방향으로 설치되는 것을 고려하여, 내화시험시에도 동일한 방향에 대하여 2회 시험하는 방안을 제안한다.

- (5) 본 연구 결과에 따라 차열 방화문 개발 시 문작의 두께를 일정 수치 이상으로 확보할 수 있다면, 미네랄 울의 밀도를 상대적으로 낮게 해도 무방할 것으로 보인다.
- (6) 향후에는 방화문의 구조 및 보강재등에 따른 변형 등을 분석하여, 이에 따른 온도 상승 경향성을 파악하고 최적의 방화문 설계에 반영할 수 있도록 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

References

KCC. (2013). *The handlings & characteristics of glass wool / mineral wool*.

Kim, Y.H., Kim, K.K., An, C.H., Lee, J.M., Park, E.S., and Min, S.H. (2018). Suggestions for fireproof door testing and legal improvement. *Proceedings of 2018 Spring Annual Conference*, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 223-224.

KS F 2257-1:2019. (2019). *Methods of fire resistance*

test for elements of building construction-general requirements.

KS F 2268-1:2021. (2021). *Fire resistance test for door assemblies*.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport Notice No.2018-775. (2018). *Procedures for changing the structure of balconies, etc. and installation standards*.

Ordinance of President No.32102. (2021). *Enforcement Decree of the Building Act*.

Seo, H.W., Kim, D.H., Wang, N.W., An, J.H., and Choi, D.H. (2014). A study on securing fire of the evacuation space in apartment buildings. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 14, No. 1, pp. 269-276.

Received	December 29, 2021
Revised	December 30, 2021
Accepted	January 10, 2022