

## 무턱방화문의 내화성능 향상을 위한 이중가스켓 연구개발

원성호 · 이주원\* · 이해열\*\*

(주)동광명품도어 선임연구원, \*(주)동광명품도어 연구원, \*\*(주)동광명품도어 연구소장

### Double Gasket Research and Development to Improve the Fire Resistance Performance of a No Threshold Fire Door

Sung-Ho Won · Joo-won Lee\* · Hae-Yeol Lee\*\*

Senior Researcher, Dongkwang Masterpiece Door Co., Ltd.,

\*Researcher, Dognkwang Masterpiece Door Co., Ltd.,

\*\*Researcher Director, Dongkwang Masterpiece Door Co., Ltd.

(Received July 07, 2022; Revised July 29, 2022; Accepted August 16, 2022)

#### 요 약

건축물에 화재발생 시 화재의 확산을 방지하기 위하여 설치되는 방화문은 문틀과 문짝 사이에 다양한 재질과 형상의 가스켓을 사용하여 틈새를 차단하면서 성능충족을 위하여 노력하고 있으나 성능확보에 많은 어려움이 있다. 본 연구는 방화문 하부의 문틀을 없앤 무턱방화문에서 내화성능을 향상할 수 있는 이중가스켓에 대한 연구개발로, 도어 하부에 원통형의 주 가스켓을 설치하고 측면에는 일자형 보조 가스켓을 추가로 설치하여 상부 문틀의 가스켓과 끊어짐이 없도록 연결함으로써 무턱방화문에서 내화성과 기밀성이 향상되도록 개발했다.

#### ABSTRACT

Fire doors are installed to prevent the spread of fire in a building, whereby gaps between the door frame and door leaf are blocked using gaskets of various materials and shapes. However, there are many difficulties in ensuring the desired performance. This study focuses on the research and development of a double gasket that can improve the fire resistance performance of a no threshold fire door, in which the door frame under the fire door has been removed. This is a product that has been researched and developed to improve fire resistance and airtightness in no threshold fire doors by connecting it to the gasket to ensure there is no breakage.

**Keywords** : Auto door bottom, Double gasket, Fire resistance, Confidentiality, No threshold fire door

### 1. 서 론

#### 1.1 현황

방화문은 일반적으로 평상시 항상 닫혀있는 구조로 되어있지만, 홀, 복도, 계단실 등 평상시 상시 개방되어 있다가 화재 시, 자동으로 닫히는 구조인 상시개방형 방화문으로 구분되고 있으며, 또한 방화문은 일반적으로 4면이 문틀로 형성되어 있지만, 무턱방화문의 경우 문짝 하부에 문틀이 없는 3면이 문틀로 형성되어 있다.

방화문의 경우 일반적으로 방화용 가스켓으로 4면 문틀에 문짝과 문틀 틈새를 차단하고 있으나, 무턱방화문의 경우는 문짝 하부에 문틀이 없는 관계로 문짝에 가스켓을 일반적으로

설치하게 된다.

방화문은 강철재문의 기본성능인 문세트(개폐력, 개폐반복성, 내충격성, 비틀림 강도, 연직하중강도) 이외에 내화성능(차연성능, 비차열성능)을 확보하여야 함에 따라 방화문 하부에 문틀을 없앤 무턱방화문의 경우 문짝 하부에 가스켓만 설치하여 성능을 확보하기에 많은 어려움이 있다.

#### 1.2 문제점

무턱방화문은 도어 하부에 문틀이 없는 관계로 가스켓으로 성능을 충족하려고 하다보니 국내 기술로 내화성능의 확보의 어려움으로 인하여 3~4년 전만 하여도 독일, 일본 등으로 부터 수입에 의존할 수 밖에 없었다. 무턱방화문의 문짝의 하부

† Corresponding Author, TEL: +82-53-557-5555, FAX: +82-54-461-4485, E-Mail: hylee@dkdoor.net

© 2022 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

틈새를 막는 방법은 일반적으로 문짝 하부에 가스켓을 설치하여 틈새를 차단하는 방식과 문짝 하부에 상하 승강구조인 일명 오토도어버팀으로 불리는 장치를 설치하여 문짝이 닫히면서 문짝 하부의 틈새를 차단하는 방식의 2가지 방식이 널리 사용되고 있다.

가스켓은 재질 및 형상, 크기 등에 따라 방화문의 내화성능에 많은 영향을 미치고 있으며 일반적으로 문짝 하부에 설치되는 고정형 가스켓의 경우 도어의 개폐에 따라 가스켓이 바닥에 닿으면서 소음과 가스켓 마모로 제 기능을 발휘할 수 없어 승강식 구조인 오토도어버팀이 널리 사용되고 있다.

그러나 이전까지의 무턱방화문은 사용빈도가 많지 않은 상시개방형 방화문에 적용한 것이 일반적이었으나 최근에 방화구획상의 출입문에 해당되는 방화문에 건축 설계 시 무턱구조가 필요하다 보니 방화문 하부에 부착되는 가스켓의 내구성 문제 또한 이슈화 되고 있다. 특히 상시개방형 방화문의 경우 가스켓이 화재 시 온도가 상승하여 팽창하면서 화염을 차단하는 제품이 개발되어 사용이 늘고 있으나, 신축건물이 아닌 기존 건물의 방화문을 교체하는 경우 건물바닥이 고르지 않아 하부 틈새가 많이 발생되고 있다.

이상과 같이 무턱방화문은 문짝 하부에 설치되어 있는 가스켓이 문짝이 닫히지면서 마모로 성능이 지속적으로 유지될 수 없다는 점과 국내외 판매중인 승강형 구조인 오토도어버팀의 구조가 모두 중앙에 위치하여 상부 문틀과 연결되지 않고 끊어짐의 발생으로 무턱방화문으로써 제 기능이 발휘되지 않을 수 있는 문제점을 안고 있다.

1.3 개발의 필요성(개선방안)

산업이 고도화되고 경제가 성장할수록 국민들의 안전에 대한 요구는 증가하고 있으나, 안전을 위협하는 재난, 재해 등의 불안요소는 지속적으로 증가하고 있는 실정으로, 방화문은 건물 내 화재 시 연기의 차단 및 화재의 확산을 방지하고 안전하게 대피할 수 있도록 화재안전 규칙을 준수하는 데 중요한 역할을 수행하게 된다<sup>(1)</sup>.

방화문은 화재로부터 피해를 경감하기 위하여 층별, 면적별, 용도별로 건물을 구획한 방화구획에 설치하는 출입문을 말하며, 이러한 방화문은 단순한 출입기능 이외에 피난 통로, 화재의 확산방지, 화재의 지연 등 중요한 역할을 하고 있어 화재 시 귀중한 생명과 재산을 보호해주는 주요 기능을 가지고 있다.

그러나 이러한 방화문이 제 기능을 발휘하지 못하여 사회 이슈화가 되고 있으며, 이러한 시중에 무분별하게 설치되어 있는 무턱방화문에 대하여 기존의 방식으로는 내화성능을 담보할 수 없어, 화재 시 방화문의 내화성능을 극대화 할 수 있는 이중 가스켓을 연구개발하게 되었다.

방화문 하부의 가스켓 부착 구조인 경우 사용빈도에 따라 주기적인 교체 점검이 필요하며, 마찰에 대하여 자유로운 오토도어버팀은 바닥면이 평탄하지 못하면 기능상 성능저하가 있으므로 기존 오토도어버팀의 장점과 가스켓의 틈새를 차단하는 장점을 합친 이중가스켓 구조의 오토도어버팀의 개발이 필요하다.

2. 본 론

2.1 개발범위 및 방향

본 연구는 무턱방화문에 가장 많이 사용되는 자동승강형인 오토도어버팀 구조로 연구개발하고 방화문의 내화성능 및 기밀성능, 단열성능을 극대화하기 위하여 도어 하부에 이중가스켓을 개발 하고자 한다.

아울러 자동승강형 오토도어버팀 구조개발, 이중가스켓 개발, 방화문 시험체의 설계 및 시제품 제작, 무턱방화문 성능시험을 실시하여 무턱방화문에서 내화성능을 향상 할 수 있는 이중가스켓을 의 개발을 최종 목표로 하고 있다.

무턱방화문은 지하철, 학교, 병원, 백화점 등 다중이용시설에 많이 사용되는 관계로 화재 시 많은 인명피해가 예상되는 만큼 안정적인 성능을 확보할 수 있는 구조, 재질, 형상에 대한 연구로 내화성능을 극대화 하고자 한다.

아울러 신축건물은 물론 기존 건축물의 방화문의 하부 가스켓이 소실되거나 마모되어 제 기능을 발휘할 수 없는 경우 대체하여 사용이 가능하여야 하고, 향후 유지관리에 편의성을 도모할 수 있는 제품으로 연구개발 하고자 한다.

2.2 기존 제품 분석

2.2.1 오토도어버팀 분석

방화문은 화재 발생 시 화염이 번지는 것을 방지하기 위하여 철관 등 금속재로 제조되고 있음에도 불구하고, 문짝과 문틀사이 틈새로 인하여 완전한 기밀 또는 밀폐가 어려워 화염이 실내로 이동됨에 따라 인명피해가 발생하는 경우가 많이 있으며 관련 내용은 국가화재정보시스템 화재피해 사상원인분석표의 “Figure 1에서 확인할 수 있다”.

도어에서 하부 문턱을 없앤 도어에 사용하는 오토도어버팀의 구조 및 형상을 살펴보면 쉘형과 레버형으로 구분하고 도어에서 대부분 쉘형을 기본으로 사용하고 있으며 쉘형의 경우 본체에서 수평방향으로 이동되는 판스프링의 축이 힌지쪽을 향하여 설치되어 문이 닫힐 때 스프링이 휘어져 가스켓 고정바가 하강하며 열릴 때는 판스프링이 원상태로 복귀하면서 가스켓 고정바가 다시 올라가는 구조를 가지며 쉘형은 도어하단

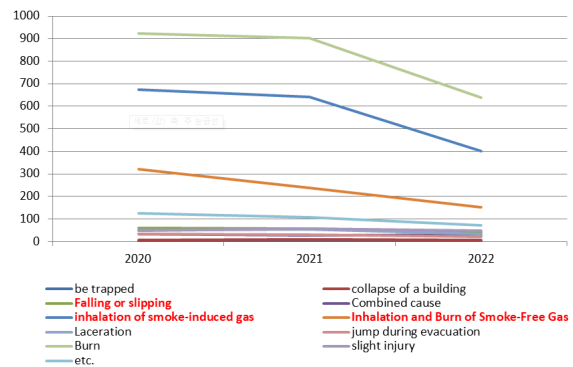


Figure 1. Analysis table of causes of fire damage and casualties.

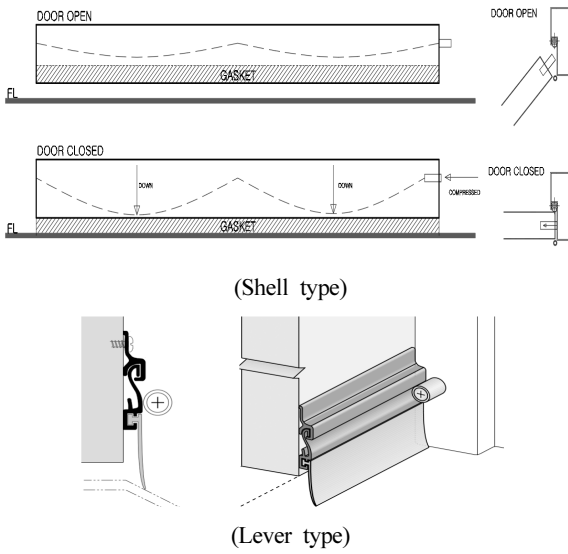


Figure 2. Auto door bottom type.

내부에 설치되나 레버형은 도어하단 외부에 노출되어 설치하게 됨에 따라 방화문에서 사용되지 않으며 “Figure 2와 같은 오토도어버팀의 종류 및 작동원리이다”.

오토도어버팀은 여러 종류의 구조로 되어 있으며 구조에 따라 사용수명, 다양한 도어 폭의 적용에 영향을 미치고 있으며, 단일 레버구조 더블레버구조, 다층레버 구조의 형태로 분류되며, 단일레버구조는 간단하고 안정적이지만, 너무 넓은 도어에는 적합하지 않으며, 더블레버구조는 복원력이 상대적으로 크고 무거운 도어에 적용할 수 있으며, 비대칭의 다층레버 구조는 바닥의 고저차가 심한 곳에 보다 유연하고 쉽게 작동할 수 있는 강점이 있으며 형태는 “Figure 3과 같다”<sup>(2)</sup>.

오토도어버팀은 철재문이나 방화문보다는 목재문 또는 합성수지문에 많이 사용되고 있으며 시중에 판매중인 제품의 대부분이 기밀성 및 단열성에 중점을 두다보니 내화성과 단열성능 사이에 상충하는 점이 있다<sup>(3)</sup>.

일반적인 무턱방화문에서 오토도어버팀의 소재의 대부분은 알루미늄을 주소재로 사용하고 있어 내화성능에 매우 취약한 구조이므로 방화문으로 사용할 수 없으며, 가스켓 또한 고무 가스켓이므로 내화성능이 취약하여 주소재는 steel 및 난연가스켓 등의 제품이 많이 방화문에 사용되고 있다.

오토도어버팀의 구조 및 형상은 제조사마다 차별화하면서 형상을 달리하고 있으나 구동방식은 판스프링장치에 의한 상하 구동하는 방식을 채택하고 있으며, 시중에 판매되고 있는 오토도어버팀의 경우 도어하부 중앙에 위치함으로써 문틀과 도어사이 틈새로 방화문의 경우 화염이 통과할 수 있는 치명적인 결함이 발생될 수 있는 구조로 되어 있으며, 오토도어버팀의 구조 및 형상은 “Figure 4에서 확인할 수 있다”.

2.2.2 가스켓 분석

방화문에 사용되는 가스켓의 종류는 고무가스켓, 세라믹 가

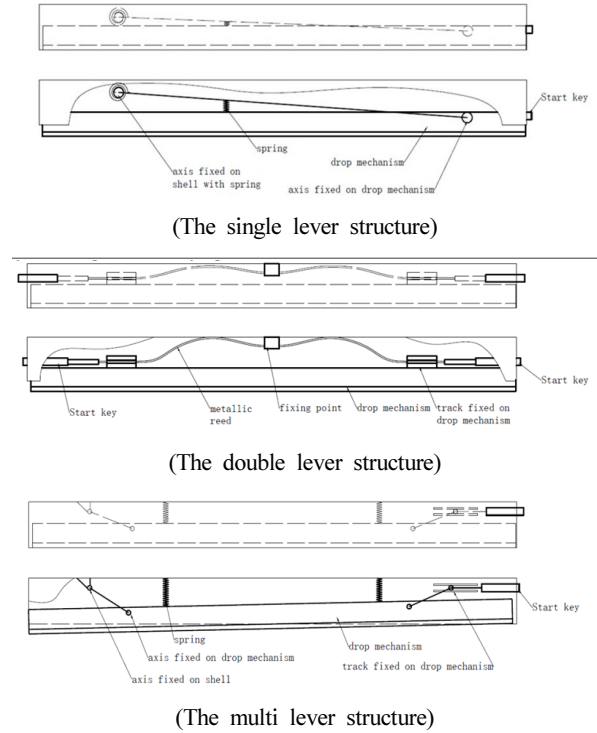


Figure 3. Auto door bottom lever structure.

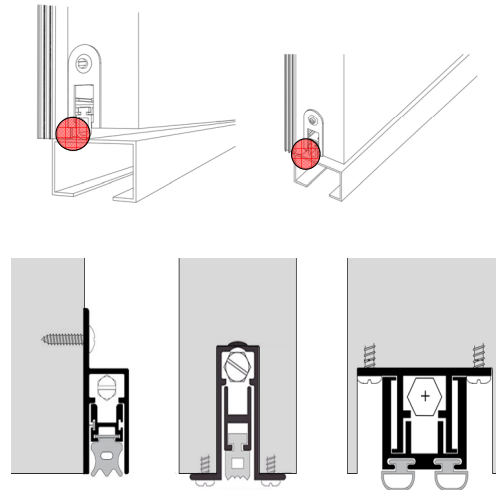


Figure 4. Auto door bottom structur and shape.

스켓, 난연 발포 가스켓, 난연 가스켓, 실리콘 가스켓 등 다양한 종류의 가스켓이 있으며, 가스켓의 재질은 철재문의 경우 연질의 고무가스켓이 일반적으로 사용되나, 방화문의 경우 세라믹 + 와이어, 합성고무(EDPM), 발포 실리콘, 난연 합성고무 (EPDM), 실리콘 + 그라파이트, EPDM + 그라파이트 등 다양한 재료로 구성되어 사용되고 있습니다. 가스켓 종류에 따른 형상 및 재질은 “Table 1에서 확인할 수 있다”.

**Table 1.** Common Gasket Types and Shapes

Title	Common Gasket	Soundproof Gasket	Soundproof Gasket
Shape			
Material	Synthetic Rubber (EPDM)	Synthetic Rubber (EPDM)	Synthetic Rubber (EPDM)
Use	Steel Door	Soundproof Door	Soundproof Door

상기와 같이 가스켓은 일반용이나 방화용 모두 모양, 재료, 크기, 강도, 쥘 압축 등 여러 요인에 따라 다르지만 가스켓에 사용되는 재질은 유사하며 대부분 문틀에 충전 되는 것을 특징으로 하고 있다<sup>(4)</sup>.

일반적으로 가스켓은 대부분 문틀에 설치되며 문짝에 사용되는 가스켓은 전무한 실정이며, 도어에 사용되는 가스켓은 세라믹 재질의 원통형 화이버글라스 제품이 간헐적으로 사용되고 있으며, 방화용 가스켓 종류에 따른 형상 및 재질은 “Table 2에서 확인 할 수 있다”.

**2.3 이중가스켓 연구개발**

방화문에서 문틀과 문짝 사이의 틈새를 차단하는 가스켓은 일반적으로 문틀에 고정되도록 문틀에 가스켓을 끼울 수 있도록 홈을 파는 구조이나, 방화문에서 하부문틀이 없는 무턱방화문의 경우 가스켓은 문짝하부에 설치되며, 가스켓이 도어하부에 바로 설치되는 고정식의 경우 상시개방형방화문에 주로 적용되고 있으며 승강식 구조인 오토도어버팀은 일반적인 방화문에 주로 사용된다.

방화문의 구조는 항상 닫혀있는 구조이어야 하나 건물구조상 엘리베이터홀, 복도 등 통행이 잦은 장소 나, 백화점, 극장, 병원, 학교 등 다중이용시설에서 통행의 불편을 최소화하기 위하여 방화문을 상시 열려 있는 구조로 하여야 하는 경우에는 상시개방형 방화문을 적용하고 있으며, 상시개방형 방화문의 경우 일반방화문과 달리 화재시에만 자동으로 닫히는 구조로써 도어의 개폐에 따른 가스켓의 마모가 없어 도어 하부에 고정식 가스켓을 설치하여도 방화문의 내화성능을 유지하는 데는 아무런 문제가 없으나, 사용빈도가 높은 일반적인 무턱방화문에서 문짝의 잦은 개폐로 인해 가스켓의 마모가 심하여 잦은 교체가 이루어 져야함에 따라 승강식 구조인 오토도어버팀을 적용하여 제 기능을 발휘 하도록 하고 있다.

이에 따라 무턱방화문에서 가스켓의 재질, 형상, 구조도 중요하지만 문짝하부에 설치되는 오토도어버팀의 재질, 형상, 구조 또한 매우 중요한 부분의 하나이므로 우선 기존 시중에 판매중인 제품에 대한 문제점을 찾아 이를 개선하고자 하였으며, 무턱방화문에서 내화성능은 물론, 기밀성능, 단열성능을 향상

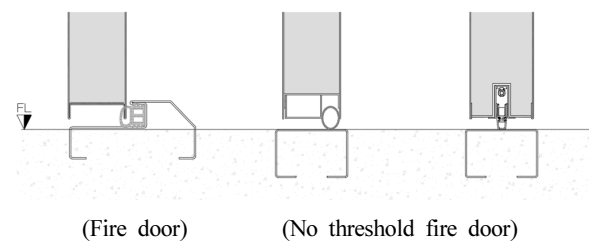
**Table 2.** Types and Shapes of Gasket for Fire Protection

Designation	Flat Gasket	Hiber Glass	Semicircuag Gasket
Shape			
Ingredient	Synthetic Rubber + Foam Silicon	Ceramic + Wire	Synthetic Rubber + Foam Silicon
Use	Fire Door	Fire Door	Fire Door
Designation	Foam Flame-retardant Gasket	Aflame-retardant Gasket	Flame-retardant Gasket
Shape			
Ingredient	Silicon + Graphite	Synthetic Rubber (EPDM)	Flame-retardant Synthetic Rubber (EPDM)
Use	Fire Door	Fire Door	Fire Door

시킬 수 있는 이중가스켓을 연구하게 되었다.

시중에 판매중인 오토도어버팀의 구조는 목재문에 주로 사용되며 방화문에서 사용하는 도어의 중앙부분에 위치하다보니 무턱방화문에서는 문틀의 3면에 설치되어 있는 가스켓과 도어하부에 설치된 가스켓과의 공차로 인하여 화염을 근본적으로 차단하기 어려운 구조인 관계로 안정적인 내화성능을 확보할 수 없는 구조이다. “Figure 5는 방화문에서 사용되는 일반적인 가스켓의 구조다”.

현재 사용되고 있는 오토도어버팀의 구조는 도어 하부에 부착되는 중앙에 가스켓이 위치하고 있으며, 구조상 가스켓의 길이가 문짝보다 짧게 되어있으며, 기밀, 단열성능을 높이는 데 한계가 있어 오토도어버팀의 구조개선과 이중가스켓을 적용하여 방화문의 틈새를 이중차단하기 위한 구조로 연구개발하게 되었으며, 오토도어버팀의 구조는 중앙에 설치함에 따른 공차를 없애기 위하여 좌우 문틀에서 가스켓이 단절되지 않고 연



**Figure 5.** Gasket structure for fire door.

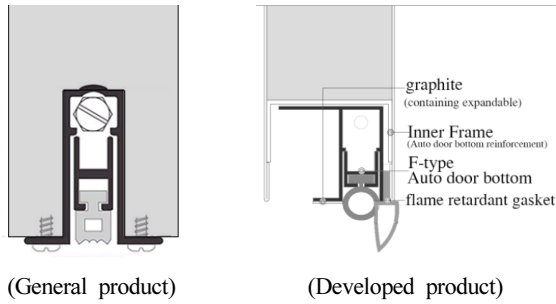


Figure 6. Gasket structure for fire door.

결될 수 있도록 도어의 중앙부가 아닌 가장자리로 위치한 F자형 구조로 하였으며 가스켓의 삽입부는 일자형으로 하여 밀폐 성능을 향상하도록 하였으며 삽입부는 내화성을 극대화 할 수 있도록 원형 구조로 했다<sup>6)</sup>.

이는 신축건물인 경우 바닥이 평탄하여 문짝이 닫히면서 틈새에 문제가 없지만 기존 건물에서 바닥면이 고르지 않는 경우에는 부분적으로 틈새가 벌어지므로 가스켓을 원형파이프의 구조로 가스켓의 중앙부분에 공간을 두었으며, 아울러 기밀성 및 단열성을 확보하기 위하여 원형가스켓 측면에 일자형 가스켓을 추가한 이중가스켓을 적용하여 무턱방화문에서 내화성, 기밀성, 단열성을 향상 시킬 수 있는 구조로 개발을 진행하게 되었다. “Figure 6의 도면은 방화문에서 일반적으로 사용 중인 이중가스켓 구조와 개발 제품의 구성도이다.”

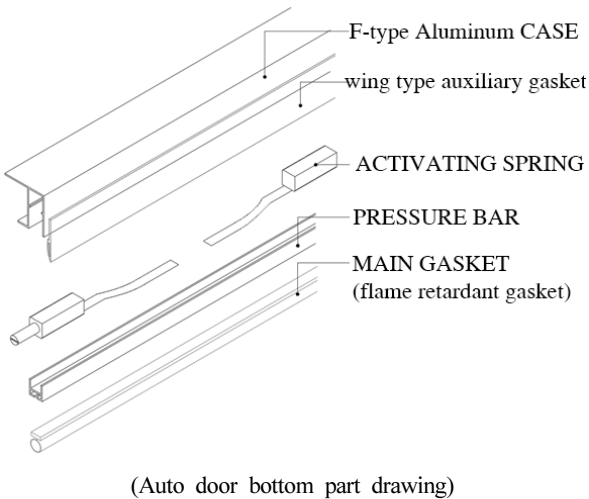


Figure 7. Auto door bottom parts drawing and assembly drawing.

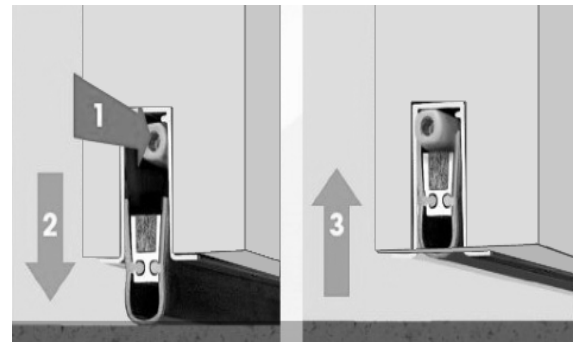


Figure 8. How auto door bottom works.

시제품의 구성은 오토도어버텀과 가스켓으로 구분하고 있으며, 가스켓은 주 가스켓과 보조 가스켓으로 구분하고 있으며 오토도어버텀은 F자형의 오토도어버텀 본체와, 판스프링 본체, 가스켓 고정바 등으로 구성되어 있으며 “Figure 7은 이중가스켓을 적용한 오토도어버텀의 부품도 및 조립완성도이다”.

오토도어버텀의 작동은 판스프링에 설치되어 있는 축이 문짝이 닫히면서 문틀에 의하여 작동되면서 가스켓 고정바가 하강하게 되면서 문짝 하부의 틈새를 차단하는 구조로 되어 있습니다. 이는 “Figure 8에서 확인할 수 있다”.

“Figure 9는 오토도어버텀의 작동원리에 대한 구성도이다”.

오토도어버텀의 시제품의 제작의 제작은 본체의 경우 알루미늄으로는 내화성 및 내구성 등의 문제로 철재로 시제품을 제작하였으며, 가스켓의 재질은 난연 발포 가스켓을 적용하여 화재 시 가스켓이 발포 하면서 틈새를 차단할 수 있는 재질로 하였으며 주 가스켓 및 보조 가스켓 모두 동일한 재료를 사용하여 시제품을 제작하였으며 “Figure 10에서 시제품의 부품을 확인할 수 있다”.

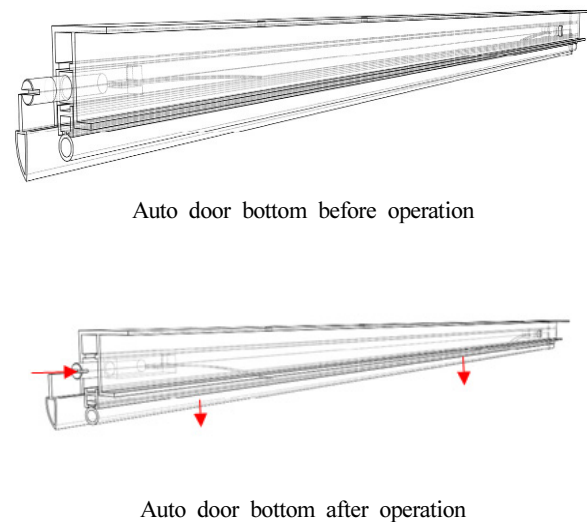


Figure 9. Working principle of auto door bottom developed product.

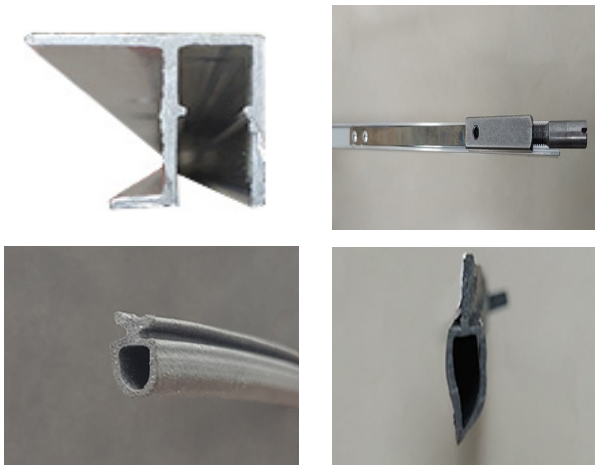


Figure 10. Auto door bottom developed product parts.

2.4 시제품 성능시험 및 결과분석

개발제품의 가스켓에 사용할 소재는 내화성능을 극대화하기 위하여 주 가스켓과 보조 가스켓 모두 동일한 소재인 난연 발포 가스켓을 사용하였으며, 이는 기밀성을 최대한 높임과 동시에 화재 시 가스켓이 발포 하여 틈새 차단을 극대화할 수 있기 때문에 사용하게 되었다.

가스켓에 대한 성능 시험은 가스켓 자체로는 성능시험을 할 수 없어 제조사에 의뢰하여 사용하게 되었으며, 난연 발포 가스켓 소재에 대한 시험기준은 ‘국토교통부고시 제2018-771호 (건축물 마감재료의 난연성능 및 화재 확산 방지구조 기준)’를 충족하는 재료로 가스켓의 시제품을 제작하였다.

기준에 의하면 총 방출열량 8 MJ/m<sup>2</sup>이하, 가스유해성 검사는 9 min 이상 등으로 규정하고 있으며, 개발제품에 소재로 사용한 가스켓의 성능시험결과 5 min (난연재료)이며 성능시험 결과는 “Table 3에서 확인할 수 있다”.

Table 3. Fire Gasket Performance Test Result

Sample Name	EPDM Foam Flame Retardant Gasket for Fire Protection		
Certificate Number	TAK-2019-095418		
Issuing Agency	Korea Testing & Research Institute (KTR)		
Issue Date	2019.08.01		
Test Standard	MOLIT Notification No.2018-771		
Test Results	Test Items	Performance Criteria	Test Results
	Heat Release Test	Less than 8 MJ/m <sup>2</sup>	Less than 3.0 MJ/m <sup>2</sup>
	Flame Resisting	No Cracks, Holes and Melting	Pass
	Gas Toxicity Test	More than 9 min	13.24 min

방화문의 성능시험은 한국산업표준 KS F 2268-1 방화문의 내화시험방법」에 따른 내화시험, KS F 2846 「방화문의 차연 시험방법」에 따른 차연시험 및 KS F 3109 「문세트」에 문세트 시험을 하여야하며, 문세트 시험은 KS F 2630에 의한 「비틀림강도시험」, KS F 2631에 의한 「연직하중강도시험」, KS F 2236에 의한 「내충격성시험」과 「개폐반복성시험」, KS F 2237에 의한 「개폐력시험」을 하여야 한다.

그러나 개발제품은 방화문의 기본성능 이외에 무턱방화문으로 무턱구조의 밀폐에 대한 안전성을 검증하기 위하여 KS F 2232에 의한 「기밀시험」을 추가로 실시하였으며 성능시험에 대한 결과는 “Table 4에서 확인할 수 있다”.

Table 4. Development Product Performance Test Result

Sample Name	GLASS SPHER OPENING FIRE DOOR		
Certificate Number	AMI-K-2021-00017 AMI-K-2021-00102		
Issuing Agency	Architecture Materials Test Institution (AMI)		
Issue Date	2021.09.27 ~ 09.28		
The Method of Examination, the Test Method	KS F 2268-1: Fire resistance test for door assemblies KS F 2848: Method for calculating fire protective thickness of structural steel according to section factor KS F 3109: Doorsets KS F 2292 : The method of air tightness for windows and doors		
Test Results	Test Items	Performance Criteria	Test Results
	Fire Resistance Test	Integrity 60 min	Integrity 90 min
	Air Leakage Test	Less than 0.9 m <sup>3</sup> /min · m <sup>2</sup>	0.38 m <sup>3</sup> /min · m <sup>2</sup>
	An Airtight Test	Less than 1.0 m <sup>3</sup> /h · m <sup>2</sup> (Grade 1)	0.84 m <sup>3</sup> /h · m <sup>2</sup> (Grade 1)
	Doorsets	Open/Close Test Opening/Closing Repeatability Torsional Strength Verical Load Strength Impact Test	Pass



Figure 11. Auto door bottom parts drawing and assembly drawing.

방화문의 내화성능 기준은 부재가 화재에 저항하는 성능으로 차열성과 차염성으로 구분하고 있으며, 일반적으로 차염성은 비차열 성능을 말하며, 시험로에 미는 문과 당기는 문 각 1세트를 고정시킨 후 비가열면의 화염 발생유무, 균열개이지에 의한 관통여부에 따라 성능을 판단하게 된다<sup>6)</sup>.

방화문의 차연 성능은 화재 시 연기확산 방지성능을 확인하는 시험으로 차압 25 pa에서의 단위면적당 공기누설량 0.9 m<sup>3</sup>/min · m<sup>2</sup>을 만족하여야 함에 따라 방화문에서 문틀과 문짝 사이 가장 많은 공기 누설량이 측정되어 가스켓이 반드시 설

치되어야 기밀성능을 확보할 수 있다<sup>7)</sup>.

방화문에서 화재안전기준에 의한 기밀성 확보는 누설틈새의 차단여부에 달려있으며 건물의 층수, 계절적인 요인, 환경변화에 많은 영향을 받고 있다<sup>8)</sup>.

그러나 본 연구개발은 환경적 요인을 고려하지 않고 본 제품의 최초 연구개발은 시중에 판매중인 오토도어버팀을 적용하여 내화시험결과 “Figure 11에서 확인할 수 있듯이 시험 44 min에 오토도어버팀으로 화염이 발생되어 도어하부에 문틀이 없는 무턱방화문의 경우 오토도어버팀의 구조 및 형상, 가스켓의 종류, 설치위치에 따라 방화문의 내화성능과 기밀성능에 많은 영향을 끼칠 수 있다는 것을 확인할 수 있다”.

그러나 연구개발제품에 대한 내화시험 및 기밀시험에 대한 결과는 내화성능의 경우 비차열 60 min의 성능기준을 크게 상회하는 비차열 90 min의 성능을 확보하였으며, 기밀성능 또한 성능기준 0.9 m<sup>3</sup>/min · m<sup>2</sup>을 크게 상회하는 0.38 m<sup>3</sup>/min · m<sup>2</sup>의 성능이 충족되는 결과를 보아도 무턱방화문에서 가스켓의 역할은 중요하다는 것을 확인할 수 있다.

또한 “Table 5에서 Types A~D의 분석결과를 확인해보면 이중가스켓을 적용하지 않았을 때의 내화성능은 70 min을 기록하였지만 이중가스켓을 적용하였을 때는 내화성능 90 min을 만족하는 결과를 가져왔다. 이상과 같이 Tables 5 및 6에서와 같이 가스켓의 설치위치 및 이중가스켓을 적용했을 때와 적용하지 않았을 때의 차이를 명확히 알 수 있으며 이는 지금까지 있었던 무턱방화문에서의 문제점을 보완하여 연구개발한 제품은 오토도어버팀의 구조를 개선하여 도어 하부에 원통형의 주 가스켓을 설치하고 측면에는 일자형 보조 가스켓을 추가로 설치하여 상부 문틀의 가스켓과 끊어짐이 없도록 연결함으로써 무턱방화문에서 내화성과 기밀성이 향상시킬 수 있는 이중가스켓 구조의 형상으로 연구개발하게 되어 무턱방화문에

Table 5. Development Product Gasket Performance Test Analysis Result

Division		TYPE “E”	TYPE “F”	TYPE “G”	TYPE “H”
Door Type		Glass Fire Door 45 T	Glass Fire Door 45 T	Glass Fire Door 45 T	Glass Fire Door 45 T
Door Size		1,000 × 2,130	1,000 × 2,130	1,000 × 2,130	1,000 × 2,130
Door Lock		Panic Device (3P)	Panic Device (3P)	Panic Device (3P)	Cylindrical Door Lock
How the Gasket Works		Up and Down	Up and Down	Up and Down	Up and Down
Gasket Installation Location		Side	Side	Side	Side
Main Gasket	Shape	Ceramic Gasket	Flame Retardant Gasket	Flame Retardant Gasket	Ceramic Gasket
	Texture	Fiber Glass	EPDM	EPDM	Fiber Glass
Auxiliary Gasket	Shape	Doesn't Exist	Flame Retardant Gasket	Doesn't Exist	Ceramic Gasket
	Texture	Doesn't Exist	EPDM	Doesn't Exist	Fiber Glass
Fire Resistance		70 min	90 min	68 min	90 min
Testing Institute		KCL	AMI	AMI	AMI
Test Date		2021. 09. 09	2021. 09. 28	2022. 01. 27	2022. 03. 24
Report Number		PC21-01783K-M1	AMI-K-2021-00017	AMI-K-2022-00026	AMI-K-2022-00081

Table 6. Development Process Flow Chart

Sortation	Type "A"	Type "B"	Type "C"	Type "D"
Shape				
Gasket Position	Center	Edge	Center	Edge
Autobottom Application	X	X	O	O
Fire Resistance	X	70 min	60 min	90 min
Key Cintents	Performance Not Met	Difficulty Getting Reliable Performance	Low Acceptance Rate	Meet Reliable Performance

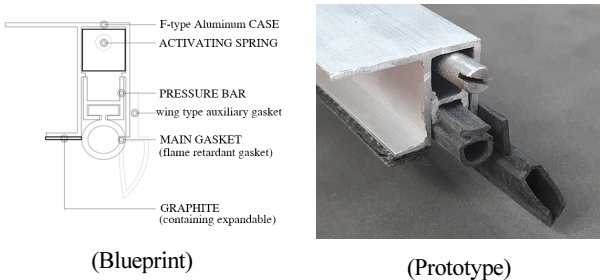


Figure 12. Development product design and prototype.

서 내화성능 및 기밀성, 방음성 등을 극대화 할 수 있다”.

### 3. 결론

방화문은 화재가 발생할 때 방화문과 하부틈새를 막아 연기와 열의 누설 도는 확산을 막을 수 있는 다양한 소재로 제조되고 있음에도 불구하고, 문짝과 문틀사이 틈새로 인하여 완전한 기밀 또는 밀폐가 어려워 화염이 실내로 이동됨에 따라 인명피해가 많이 발생되고 있으며, 틈새 차단은 방화용 가스켓을 사용하고 있으나 재료의 성질, 구조문제 등으로 내화성능에 치명적인 결함이 발생되고 있다<sup>9)</sup>.

무턱방화문의 도어 하부에 고정되는 가스켓의 부착방법은 일반적으로 고정식과 오토도어버팀의 두 가지 구조로 구분하고 있으며 고정식의 경우는 상시개방형 방화문에 주로 적용되고 일반적인 방화문에서는 승강식 구조가 많이 사용되고 있다.

두 가지 구조 모두 새로 신축하는 건물의 경우 사용에 지장이 없으나 기존 노후건물에 방화문을 교체하려고 하는 경우 건물의 바닥면의 수평이 맞지 않아 고정식을 사용하는 경우 하부에 틈새가 간혹 발생하는 경우가 있어 방화문의 내화성능 확보에 치명적일 수 있다.

시중에 판매되고 있는 승강식 구조는 가스켓이 도어 하부의 중앙에 위치함으로써 문틀과 문짝사이의 공간과 오토도어버팀이 작동하였을 때 오토도어버팀의 구조를 사이는 방화문의 내화성능 확보에 치명적인 결함이 발생되고 있으며, 승강식의 경우 도어하부 중앙에 하강장치가 설치되어 문틀과 공간이 발생되어 틈새를 막을 수 없는 단점이 있어 무턱방화문에서 오토도어버팀을 적용하여 방화문의 내화시험에서 문틀과 도어 사이의 공간이 밀폐되지 않아 틈새로 가스가 유출되면서 불꽃이 발생되어 방화문의 내화성능 확보에 치명적인 결함이 발생되고 있다.

승강형 구조 방식으로 안정적인 내화성능을 확보할 수 있어 문제점을 개선하기 위하여 문틀의 가스켓 부분과 공간이 발생하는 부분에 대하여 “Figure 12와 같이 팽창성 발포재인 탄소 섬유계 그래파이트를 적용하여 문짝 하부에 설치하여 성능을 향상시킬 수 있었으나 틈새 차단에는 한계가 있었으며, 이는 방화문의 구조상 문짝과 문틀사이 공차로 인하여 문짝을 문틀에 밀착하기 위하여 가스켓을 적용하고 있으나 가스켓을 문짝의 길이와 동일하게 설치할 수 없어 기밀성 확보가 어렵기 때문이다”.

팽창성 발포재인 그래파이트를 적용하는 경우 기존 승강식 구조의 오토도어버팀을 적용하여 문짝의 변형방지 및 내화성능에 대하여는 성능은 개선 할 수 있으나 승강식 구조의 오토도어버팀의 측면의 틈새로 인하여 기밀성 및 단열성은 확보되



지 않는 문제점이 대두 되었다.

이러한 문제점은 문틀과 도어 사이의 기밀성과 단열성을 높일 수 있는 새로운 방식에 대한 기술개발이 절실하게 되었으며 연구개발한 제품은 오토도어버팀의 구조를 개선하여 도어 하부에 원통형의 주 가스켓을 설치하고 측면에는 일자형 보조 가스켓을 추가로 설치하여 상부 문틀의 가스켓과 끊어짐이 없도록 연결함으로써 문턱방화문에서 내화성과 기밀성이 향상시킬 수 있는 이중가스켓 구조의 형상으로 연구개발하게 되어 하나의 가스켓이 소실되거나 마모되어도 다른 가스켓이 성능을 유지할 수 있어 문턱방화문에서 내화성능 및 기밀성, 방음성 등을 극대화 할 수 있다.

## 후 기

본 연구는 중소기업벤처부 2020년 착수 기술규제 연구개발 사업 과제연구비에 의해 지원 수행되었다(과제번호 S3035072).

## References

1. D. I. B. Sedlak and P. Sulik, "Thermal Insulation of Single Leaf Fire Doors", *Applications of Structural Fire Engineering*, (2016). <https://doi.org/10.14311/asfe.2015.077>.
2. D. Izydorczyk, B. Sedlak and P. sulik, "Fire Doors In Tunnels Emergency Exits - Smoke Control and Fire Resistance Tests", *IFireSS 2017 - 2nd International Fire Safety Symposium Naples* (2017).
3. J. S. Kim, S. W. Kim, Y. D. Cho and J. J. Kim, "Problems and Solutions for Securing Fire Resistance Performance in Fire Protection doors", *Korea Journal of Construction Engineering and Management*, Vol 21, No 2, pp. 22-29 (2020). <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2020.21.2.022>.
4. D. Dlhy and K. Minarovičová, "Door Bottom Joint Design and its Influence on Sound Transmission of the Door", *Advanced Materials Research*, Vol. 899, pp. 487-490 (2014). <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.899.487>.
5. P. G. Kim, M. Y. Ha, C. M. Son and S. H. Park, "Effective Design on the Inserting Part of Refrigerator Door Gasket Using Partial Analysis Method", *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 3, pp. 137-143 (2014). <https://doi.org/10.6110/kjacr.2014.26.3.137>.
6. H. W. Seo, D. H. Kim and D. H. Choi, "A Study on Related Materials Analysis and Validation Tests for the Selection of Check Points at the Quality Management in Construction Sites - Focused on Fire Doors and Fire Shutters -", *Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 16, No. 5, pp. 189-198 (2016). <https://doi.org/10.9798/kosham.2016.16.5.189>.
7. M. J. Kim and S. H. Min, "Study on the Analysis of the Temperature-Rise Tendencies of Insulated Steel Fire Doors According to the Properties of the Core Materials", *Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 22, No. 1, pp. 141-148 (2022). <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2022.22.1.141>.
8. I. Y. Kim and C. H. Kwon, "The Leakage Crack Calculation of the Fire Door and the Stack Effect Analysis", *Fire Science and Engineering*, Vol. 27, No. 2, pp. 46-53 (2013). <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2013.27.2.046>.
9. D. M. Lee, "A Study on the Displacements-Thermal Stress Analysis of Smoke/Heat Interception Screen in Fire Door", *Fire Science and Engineering*, Vol. 18, No. 2, pp. 73-78 (2004).