

## 제연구역 피난확보를 위한 출입문해정장치 개발연구

김동철 · 노삼규 · 함은구 · 김현주 · 김경식

광운대학교

### A Study on the Development of a Device that Prevents the Door Stop for Secure Evacuate in Smoke Control Zone

Kim, Dong Cheol · Roh, Sam Kew · Ham, En Goo · Kim, Hyun Ju · Kim, Kyung Sic  
Dept. of Architecture, KwangWoon University

#### 요 약

본 연구는 11층 이상의 고층 건축물 화재 시 피난로를 확보하기 위해 급기가압 제연설비가 작동하게 되는데, 이로 인하여 제연구역에 양압이 형성되면서 출입문 개폐장애라는 문제점이 발생하여 오히려 피난로를 가로막는 장애요소가 될 수 있다. 따라서, 이러한 현실을 해결하기 위하여 출입문 해정장치를 개발하고 이를 장착한 출입문을 제안한다. 본 개발의 목표는 시스템적인 문제점으로 인하여 발생하는 제연구역의 과압에 대한 대책이며, 현행법에서 요구하고 있는 출입문 개방력 110N이라는 임계수치로 인하여 현저하게 신체능력이 낮은 노약자의 화재 시 출입문을 통한 대피 장애를 극복하기 위함이다. 본문에서는 해정장치의 기계적인 시스템적 구조를 단순하게 구성함으로써 작동상의 신뢰도가 높은 장치를 설계하며, 해정장치의 배치와 개구부의 크기 및 누설 틈새에 대한 설계를 제안한다.

#### 1. 서론

고층 건축물 화재로 인한 인명피해를 방지하기 목적으로 계단을 특별히 화재로부터 방호하기 위하여 국내법에서는 계단으로 들어가는 진입로에 부속실을 설치하고, 이곳에 급기가압 함으로써 연기의 침투를 방지하여 피난로를 확보하도록 규정하고 있다. 그러나 급기가압에 따른 압력차에 따라 출입문을 개방하기 위한 개방력도 증가하게 되어 피난하는데 있어서 출입문 개폐장애가 발생하게 된다. 따라서, NFSC 501A에서는 압력차의 상한선을 출입문 개방력 110N이하라고 명시하여 급기가압의 상한선을 규정하였다. 그런데, 여기에는 다음과 같은 두 가지 문제점이 있다. 하나는 신체기능상 출입문 개방력인 110N의 기력에 미치지 못하는 노약자에 대한 출입문 개폐문제이며, 둘째는 과압방지 장치의 고장으로 출입문 개방력이 110N을 초과하는 경우의 출입문 개폐문제이다. 본 연구의 목적은 급기가압제연설비의 가동에 따라 계단실 및 부속실에 과압이 발생하여 출입문이 폐쇄되는 것을 방지하는 것과 출입문 개방력을 110N 이하로 낮추어서 일반인보다 상대적으로 신체기능이 낮은 노약자의 피난 안전성을 높이는데 있다.

#### 2. 연구 범위 및 방법

급기가압과 같은 인위적인 결과 또는 연돌효과와 같은 자연현상의 결과에 의하여 출입문 양단간

의 압력차가 발생하며, 이 때 양압이 형성되어있는 방향으로 출입문을 개방하기 위해서는 물리적인 힘이 요구된다. 따라서 본 연구의 범위는 가압된 공간에 과압이 형성된 경우의 출입문 개방과 신체 기능이 낮은 노약자를 대상으로 출입문의 기본적인 요구성능을 유지하면서 차압이 발생하는 출입문 개방을 위한 실질적인 대안을 개발한다. 이러한 문제점에 대한 해결방안은 출입문의 양단간의 압력차를 해소할 수 있는 출입문 해정장치를 개발하여 압력이 발생하는 출입문에 설치하는 것이다.

### 3. 계단실 및 부속실의 과압원인과 노약자 신체능력

#### 3.1. 계단실 및 부속실의 과압원인과 문제점

급기가압제연 시스템에서 풍량 산정은 누설량과 보충량의 합으로 구성되어지며, 보충량은 출입문이 개방되었을 때 추가로 요구되는 풍량으로 누설량과 함께 부속실에 급기함으로써 과압발생의 주원인이 된다. 여기서 출입문 개방력의 크기는 출입문 양단면 사이의 압력 차에 의한 힘과 정지되어 있는 관성력을 극복하고 출입문을 움직이는 순간의 힘이다. 여기서 법적 기준치인 출입문 개방력 110N의 기력을 가지지 못하는 노약자는 독자적으로 피난할 수 없게 된다. 그리고 출입문 개방력의 법적 기준치를 초과하는 건축물도 많다.

#### 3.2. 노약자의 신체능력

노약자의 경우에는 정상인보다 신체적인 능력이 낮아 낮은 평균보행속도와 기력을 가지고 있다. 노약자의 낮은 보행속도는 정상인보다 늦게 대피하게 됨으로 고립되어 자력으로 피난할 수 있는 능력이 요구되기도 한다. 또한 고립되었을 때 자력으로 피난하기 위한 신체능력을 확인하기 위해 Read와 Shipp(1979)가 어린이와 노인을 대상으로 실시한 문의 개방력에 관한 연구 결과를 살펴보면 상당수가 자력으로 출입문을 개방하기 어려운 것으로 나타났다.

### 4. 계단실 및 부속실의 출입문 해정장치 설계

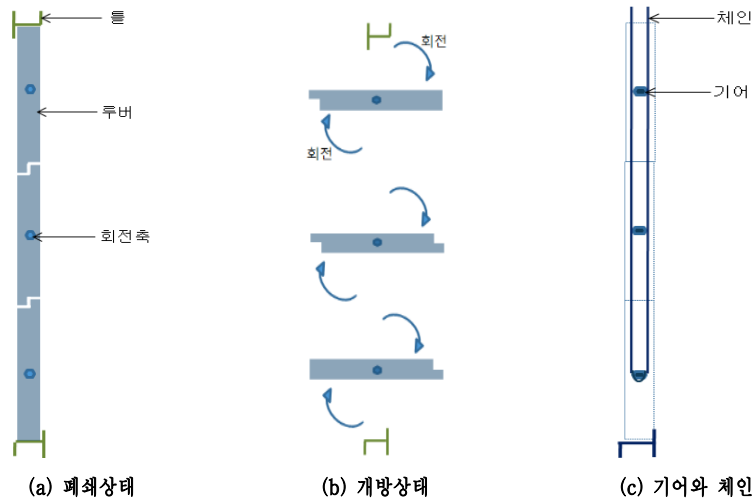
#### 4.1 해정장치의 작동원리

제연구역에 급기가압을 하게 되면 제연구역의 출입문에는 가압된 면과 비가압된 면이 생기게 되고, 출입문 개폐장치의 발생은 제연구역의 양압이 출입문에 가하는 압력에 의하여 발생한다. 기류는 압력이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하므로 위와 같은 문제를 해소하기 위하여 출입문에 수동으로 개방할 수 있는 개구부를 만들어 주면, 출입하는 사람이 개구부를 수동으로 개방시켰을 때 가압된 기류가 개구부로 유출됨으로 압력차가 줄어들게 되어 출입문 개폐장치가 해소되는 원리이다.

#### 4.2 해정장치가 부착된 출입문 설계

##### (1) 기계장치 계통

피난하는 사람이 출입문을 열기 위해 손잡이를 움직이는 순간 해정장치의 개구부가 열리도록 설계하였다. 손잡이와 루버 사이에는 와이어, 도르래, 회전축, 체인과 기어 등이 있어, 바형 손잡이가 눌러졌을 때 받는 유격에 따른 움직임이 루버를 개방시키는 역할을 하게 된다. 즉, 손잡이를 움직이면 그 유격에 따라 와이어가 움직이게 되고 이와 연결된 체인이 움직인다. 이는 회전축의 측면에 부착되어 있는 기어를 회전시키게 되며, 따라서 루버가 회전하게 되어 개구부가 개방되도록 설계된 장치로 아래 그림과 같이 구성된다.



<그림> 해정장치 측면

### (2) 개구부의 크기 산정

해정장치의 개구부 면적과 출입문 개방력과의 함수관계는 상호 비례관계이지만, 물리적으로 개구부 면적은 출입문 면적의 일부로 국한된다. 해정장치의 개구부 면적을 좌우하는 변수는 출입문 개방력, 출입문 양단면 사이의 차압 등이다. 이 중 출입문 양단면 사이의 차압은 급기가압이나 자연적인 현상에 의하여 발생되며, 이로 인한 과압의 범위가 적절하게 설계되어야 한다. 또한 출입문 개방력은 건축물 수용인원의 특성을 파악하여 가능하면 최대한의 수용인원이 출입문을 개방할 수 있도록 신체가능이 부족한 사람의 특성에 맞추어 결정되어야 한다. 출입문 개방력과 출입문 양단면 사이의 차압에 관한 상관관계를 바탕으로 해정장치 개구부 면적의 산정은 다음 식에 의하여 구한다.

$$A = \frac{Q}{K_f \cdot \Delta P^{1/2}}$$

여기서, A : 해정장치의 개구부 면적                      Q : 개구부를 통과하는 체적유량  
 ΔP : 출입문 양단면 사이의 압력차                    K<sub>f</sub> : 유동계수(0.827)

### (3) 틈의 기밀도

본 출입문 해정장치는 과압이 형성되어도 출입문을 개방할 수 있는 장치설계이다. 따라서 기밀도에 있어서 폐쇄시의 제연뎀퍼보다 한 단계 낮은 기밀도로 제연과 출입문 개방 성능을 유지할 수 있다. 그러나 출입문 틈새로 과도한 공기흐름을 방지하기 위하여 다음과 같은 방식을 적용하였다. 가, 루버와 틀이 맞닿은 면의 틀 내부에 자석을 설치하고, 그 외부 면과 맞닿은 루버 면에 순간온도 1700℃에 견디는 Silica Fiber를 부착함으로써, 루버와 틀이 맞닿은 면의 틈새를 차단한다. 나, 루버 회전축의 높낮이에 따른 위치에 의해 개구부의 기밀도와 출입문 개방력 사이 상관관계를 통해 두 가지 설계의 적용이 가능하다. 우선 회전축의 위치를 루버의 중심부에 놓았을 경우이다. 이 경우에 루버는 손잡이 내부의 스프링 장력에 의해 틀에 밀착하게 되어 기밀도가 유지되지만 그 성능은 낮다. 그러나 출입문 개방력은 최소화 된다는 장점이 있다. 그에 반해 루버 중심부보다

회전축의 위치를 높이면 회전축 하부는 상부에 비하여 가압에 의한 힘이 크게 작용한다. 루버 무게 중심에 의해 중력이 작용하여 기밀도가 높아진다. 그러나 출입문 개방력은 커지게 된다.

#### (4) 해정장치 배치

해정장치를 출입문의 어느 부위에 장착하는 것이 출입문 설계상 좋은가 하는 점을 고려해야 한다. 우선 해정장치는 출입문의 기본 틀을 유지하면서 본 장치의 목적인 피난성능을 가장 효율적으로 달성할 수 있는 위치에 설계되어야 한다. 화재 시에 발생하는 고온의 연기는 밀도가 감소되어 부력을 가짐으로 상부로 향하는 특성을 지니고 있다. 따라서 이러한 연기의 이동 특성을 고려하여 본 연구개발의 해정장치는 출입문의 하부에 설치한다.

### 5. 결론

최근 병원, 실버타운 등 신체능력이 약한 노약자를 위한 건축물도 다른 건축물과 같이 고층화 추세이다. 고층 건축물 화재 시에 급기가압제연 시스템이 작동되어 제연구역에 양압이 형성되어 출입문이 폐쇄되는 것과 노약자의 피난장애에 대한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 개발된 출입문 해정장치를 제안하였다. 본문에서 제안하고 있는 해정장치는 구조가 단순하여 고장율이 낮고, 설치·유지관리 및 보수가 용이하며, 기밀도에 대한 문제 발생이 없으며, 경제적인 측면에서 장점을 가지고 있다. 해정장치의 배치는 화재 시 부력을 지니고 있는 연기로부터의 피난 성능을 향상시킬 수 있도록 출입문의 하단에 배치하였다.

본 연구에서는 고층건축물로써 급기가압제연 시스템이 작동되는 제연구역에 노약자의 신체능력에 적합한 출입문 해정장치를 연구개발 하는 것이다. 또한, 급기가압제연 시스템 설계에 유연성과 탄력성을 제공할 것이며, 나아가 화재에 대한 인명피난기술과 그 밖의 건축기술의 대안이 된다. 그리고 안전성이 보다 높은 연기제어 설계를 통한 신뢰성과 안정성이 향상된다.

### 참고문헌

1. 이동명·손봉세·박용환, 제연공학, 개정1판, 성안당출판사, 2009.
2. 추병길·김선정·김철·차규석, 방제연설비, 초판, 동화기술출판사, 2010
3. 김종범·김자옥·백은선, 일개 노인요양병원의 피난안전성능 평가에 관한 연구, 한국화재소방학회 논문지, 제24권 제3호, 2010년.
4. 지식경제부 기술표준원고시 제2009-0806호, 문 세트(KS F 3109), 2009.
5. 소방방재청고시 제2008-47호, 특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비 설치의 화재안전기준 (NFSC 501A), 2008.
6. BS 5588 : Fire Precaution in the Design, Construction and Use of Building, Part 4 : Code of Practice for Smoke Control Using Pressure Differentials, 1998.
7. NFPA 92A, Recommend Practice for Smoke Control System, 2003.
8. NFPA 101, Code for Safety to Life from Fire in Buildings and Structures, 2003.
9. R. E. H. Read and M. P. Shipp, An Investigation of Fire Door Closer Forces, BRE Report, Fire Research Station, Borehamwood, Herts, U.k., 1979.
10. The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd ed. Chapter 4-12 : Smoke Control, John H. Klote, 2002