

제연구역 출입문의 최적 설계를 위한 도어클로저의 기준 산정에 관한 연구

이재오 · 최충석[†]

전주대학교 소방안전공학과

Study on the Assessment of the Criteria on a Door Closer for the Optimum Design of the Access Door of a Smoke Control Zone

Jae-Ou Lee · Chung-Seog Choi[†]

Department of Fire Safety Engineering, Jeonju University

(Received April 10, 2013; Revised May 29, 2013; Accepted June 14, 2013)

요 약

본 연구의 목적은 제연구역 출입문의 최적 설계를 위한 플로어힌지(floor-hinge) 및 도어클로저(door closer)의 기준을 제시하는데 있다. 차압에 대한 개방력은 60 Pa일 때 60.75 N, 40 Pa일 때 40.5 N, 32.5 Pa일 때 32.91 N, 12.5 Pa일 때 12.66 N 등이다. KS F 2806의 기준을 적용한 플로어힌지 및 도어클로저의 개방력은 No.1은 27.5 N, No. 2는 40 N, No. 3는 75 N, No. 4는 100 N, No. 5는 125 N 등이다. 차압과 플로어힌지 및 도어클로저의 개방력을 NFSC 501A의 개방력 제한값과 비교한 결과 기준을 초과하는 것으로 확인되었다. 따라서 NFSC 501A 차압과 방연 풍속을 설계에 반영하는 것뿐만 아니라 개방력도 설계에 반영할 필요가 있다. 제연땀퍼의 종류에 따라 출입문의 플로어힌지 및 도어클로저의 설치 조건은 호칭에 따라 다르다. 저차압용의 경우는 No. 1, No. 2, No. 3의 설치가 가능하며, 일반 차압용의 경우에는 No. 1, No. 2의 설치가 가능하였다.

ABSTRACT

The purpose of this study is to assess the criteria on a floor hinge and door closer for the optimum design of the access door of a smoke control room. The door opening force due to differential pressure is 60.75 N, 40.5 N, 32.91 N and 12.66 N when the differential pressure is 60 Pa, 40 Pa, 32.5 Pa and 12.5 Pa, respectively. The door opening force of the floor hinge and door closer to which the criteria of KS F 2806 are applied is 27.5 N, 40 N, 75 N, 100 N and 125 N for the Nos. 1, 2, 3, 4 and 5 class floor hinges and door closers, respectively. This study compared the differential pressure and opening force limits of floor hinges and door closers with the values specified in NFSC 501A and found that they exceeded the criteria specified in NFSC 501A. Therefore, it is necessary to reflect the differential pressure and smoke control wind speeds as well as the opening forces specified in NFSC 501A on the design of floor hinges and door closers. The installation conditions of floor hinges and door closers of access doors differ depending on the type and name of a smoke control damper. This study found that Nos. 1, 2 and 3 floor hinges and door closers could be installed for access doors with low differential pressure and that Nos. 1 and 2 floor hinges and door closers could be installed for access doors with normal differential pressure.

Keywords : Door closer, Optimum design, Smoke control zone, Floor hinge, Opening force, Differential pressure

1. 서 론

최근 국내의 신도시 및 대도시 재개발 프로젝트를 중심으로 초고층 빌딩이 계획 또는 진행 중에 있다. 대도시의 인구 집중은 건축물의 초고층화를 유발시키고 있으며, 건축물의 초고층화는 재해에 대해 취약점을 많이 내포하고 있다^(1,2). 도심 건축물의 초고층화로 인해 화재로 부터의 피해를 최소화하기 위한 방재 설비에 대한 신뢰도에 대해 많

은 관심을 가지게 되었다. 건축 방화 시설 및 소방 시설의 법규 및 기술기준을 적절하게 준수했는데도 불구하고 화재가 발생하면 많은 피난자의 사상이 발생한다. 효율적인 피난 유도과 공간 위험성을 예측하기 위해서는 성능 위주의 화재 위험성 평가가 필요하다⁽³⁾. 건물의 화재 시 열 보다는 연기에 관한 대책을 고려하여야 한다. 비록 화재가 구획된 실내에서 발생한다고 하더라도 연기는 인접된 장소나 화재실에서 멀리 떨어진 장소까지 빠르게 확산된다⁽⁴⁾. 연기는

[†]Corresponding Author, E-Mail: enetek@naver.com
TEL: +82-10-3695-7460, FAX: +82-63-220-2056

ISSN: 1738-7167
DOI: <http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2013.27.3.066>

화재로 인해 발생하는 연소 생성물로서 열에너지에 의해서 생성된 압력에 지배를 받아 이동을 하게 된다^(5,6).

제연 설비의 설계는 기본적으로 연기를 제연구역 출입문의 누설 부위로의 침입을 방지하는 차압과 출입문의 일시적인 개방에 따른 연기의 이동을 방지하는 방연 풍속에 대한 연구에 집중되어 있다. 실제로 방화문의 개방력 (opening force) 기준은 명시 되어 있지만 설계 대응은 소홀하게 다루거나 반영 자체가 되고 있지 않다. 실질적으로 방화문의 개방력 제한값은 차압을 결정하는데 중요한 역할을 하기 때문에 차압의 설계는 최소 기준으로 보고, 이에 따른 제연구역 방화문의 개방력 기준을 잡아야 한다. 그러므로 차압에 의한 방화문의 개방력을 수동적으로 받아드리는 것이 아니라 개방력 제한 값에 의해서 차압의 설계를 과학적으로 수행해야 한다⁽⁷⁻⁹⁾.

따라서 본 연구에서는 차압에 따른 개방력과 플로어힌지 및 도어클로저의 호칭(normal name)에 따른 개방력 분석을 통해 일반 차압용 및 저차압용 댐퍼의 설치에 따라 플로어힌지(floor-hinge) 및 도어클로저(door closer)의 호칭을 다르게 적용하여야 한다는 것을 제시하고자 한다.

2. 관련 기준의 분석

국내의 NFSC 501A의 경우 특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비에 대한 기준이 1995년 5월 9일 내무부고시 제 1995-7호 “특별피난계단 및 비상용 승강기의 승강장 제연설비 설치에 관한기준”으로 최초로 도입되었다. 국

내의 화재안전기준의 참고로 적용되는 NFPA 및 EN Code에서 제연설비가 설치되는 공간에 대한 기준도 Table 1과 같이 각 국가의 특성에 따라 설치되는 공간 및 설치 방법 등이 다르다. 국내의 NFSC는 정확한 화재에 대한 분석 없이 외국의 기준을 인용하여 무분별하게 사용하여 왔으며 이 때문에 국내의 현실에 맞지 않는 부분이 많다.

제연구역 출입문에 설치되는 문은 자동으로 폐쇄가 되는 방화문이 설치되어야 한다. 계단에 설치하는 방화문이나 제연구역으로 들어가는 방화문의 경우 폐쇄된 상태를 유지하는 것이 화재 시 발생하는 열 및 연기의 이동을 방지하는데 유리하다. 자동폐쇄장치를 설치할 경우에는 개방된 상태를 유지하고 있다가 화재 시 폐쇄된다. KS F 2806의 방화문 개폐에 관련된 기술 기준인 플로어힌지 및 도어클로저의 여닫기 시험 방법의 적용 범위는 금속제 용수철과 완충유체의 조합 작용으로 도어가 자동적으로 닫히는 플로어힌지 및 도어클로저 등의 시험 방법에 대한 것이다. 시험의 종류는 초기 성능 시험 및 내구 시험을 실시한다. 그리고 다시 초기 성능 시험은 열리는 힘 시험, 닫히는 힘 시험, 닫히는 속도 시험 정지력 시험, 도어 폐쇄 위치 시험 및 작동 온도 범위 시험 등을 수행한다. 여닫기 시험 방법

Table 1. Comparison on Installations of a Smoke Control System for Escaping Routes

Installation standards	Smoke control objects
NFSC 501A	<ul style="list-style-type: none"> · Simultaneous smoke control of Stairwell and ancillary room · Smoke control of ancillary room · Stairwell pressurization systems · Smoke control of elevator platform
NFPA 92A	<ul style="list-style-type: none"> · Stairwell pressurization systems · Zoned smoke control · Elevator smoke control · Smoke refuge areas · Combination of systems
EN12101-6	<ul style="list-style-type: none"> · For means of escape · Defend in place · For means of escape and firefighting · For means of escape by simultaneous evacuation · For means of escape · Sleeping risk · For means of escape by phased evacuation · Firefighting system and means of escape

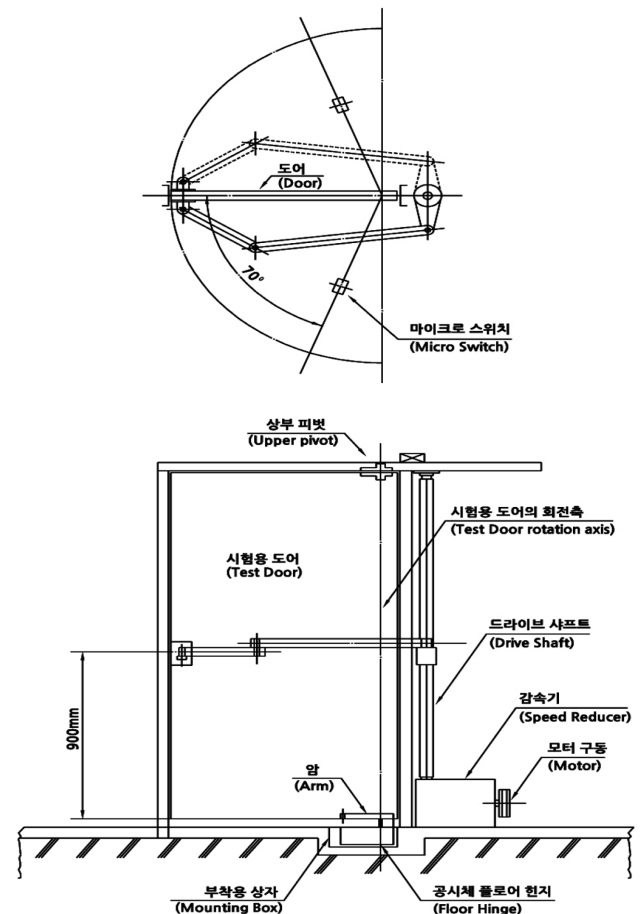


Figure 1. Test methods or checking floor-hinges and door method (KS F 2805).

Table 2. Test Door Type and Classifications

Classifications	Size & Mass
Width [mm]	900
Height [mm]	2000
Mass [kg]	25, 40, 60, 80, 100

Table 3. The Specified Value of the Opening Moment and Closing Moment (KS F 2806)⁽¹¹⁾

Normal name	Opening moment [N · m]	Closing moment [N · m]
No. 1	Less than 22	Less than 7
No. 2	Less than 32	Less than 10
No. 3	Less than 60	Less than 17
No. 4	Less than 80	Less than 27
No. 5	Less than 100	Less than 37

은 Figure 1과 같은 구조로 실시한다. 플로어힌지, 도어클로저 등의 종류에 대응하는 표의 시험용 도어, 이것을 여닫는 동력, 여닫기 횟수 측정계 및 각도를 표시하는 측정판을 장치하며, 용수철저울 등의 측정 계기를 갖춘 것으로 실시한다⁽¹⁰⁾.

플로어힌지 및 도어클로저에서 시험용 도어는 임의의 열림 각도에서 회전 모멘트가 1.0 N · m이어야 한다. 용수철저울은 국가 검정의 용수철식 지지 저울인 직선 눈금을 적용한다. 측정하는 최대 하중이 그 용량의 15~25 %에 상당하는 것을 사용한다.

플로어힌지 및 도어클로저의 초기 성능 시험은 열리는 힘, 닫히는 힘, 내구성 시험 및 작동 온도 KS F 2806의 시험 방법에 규정하는 시험 방법을 따르며, 시험 도어의 무게는 Table 2와 같다⁽¹⁰⁾.

방화문은 비차열 시간에 따라 갑종과 을종 방화문 등으로 구분된다. 건축적으로 방화구획을 하는 공간의 이동을 위해 설치하는 방화문은 화재 및 재해 방지를 위해 자동으로 문을 폐쇄하는 플로어힌지 및 도어클로저를 설치하여야 한다. 플로어힌지 및 도어클로저의 개방력은 Table 3과 같이 공칭에 따라 No. 1에서 No. 5까지 분류된다. 분류기준은 개방력과 폐쇄력(closing force)으로 구분하고 있으나, 이 값은 개방모멘트(opening moment)와 폐쇄모멘트(closing moment) 개념으로 분류하는 것이 적절하며, 최대 제한값에 의해 구분되어 지고 있다⁽¹⁰⁾.

일반적인 방화문의 개방력은 플로어힌지 및 도어클로저에 의한 힘을 고려해 개방력을 측정할 수 있다. 그러나 제연구역 출입문의 경우 자동폐쇄장치가 설치되기 때문에 화재가 발생된 것을 임의로 가정하여 플로어힌지 및 도어클로저에 의한 개방력에 추가적으로 제연설비가 가동될 때 방화문의 전면에 등분포로 작용하는 설계 차압을 추가적으로 고려하여야 한다.

Table 4. Comparison of Opening Forces of Fire Doors for Smoke Control Zones

Installation standards	Maximum force permitted to begin opening the door
NFSC 501A	Less than 110 [N]
NFPA 101	Not more than 133 [N]
EN-12101-6	Less than 100 [N]

국가별 최소 차압의 기준은 화재에 의해서 발생하는 열 에너지에 의해 발생하는 압력의 변화치에 따라 다르게 적용하고 있다. NFSC 501A에서의 최소차압은 40 Pa 이상으로 하고 있고, 스프링클러가 설치된 경우에는 화재에 의한 방출열량을 제어한다는 개념을 적용하여 저차압값인 12.5 Pa 이상으로 하고 있다. 개방력 제한값은 화재에 관련된 기준이 있는 나라별로 자국민의 평균체형을 고려하여 적용을 하고 있기 때문에 Table 4와 같이 개방력에 대한 최대 제한치는 국가별로 상이하다. 우리나라의 경우 자국민의 평균통계를 이용하는 것이 아니라 아시아 사람의 표준체형이라는 싱가포르 사람들의 미는 힘의 평균값을 적용한 110 N을 사용하기 때문에 현실적으로 우리나라 사람의 체형에 맞는 값을 적용하는 것도 고려하여야 할 것이다⁽⁸⁻¹⁰⁾.

3. 분석 및 고찰

제연구역 출입문의 개방력은 피난의 동선이 되는 Figure 2와 같이 저압측(low pressure side)인 화재실에서 고압측(high-pressure side)인 제연구역 방향으로의 이동을 위해 최소화 할 필요가 있다. 이론적으로 제연구역 출입문의 개방력을 계산하기 위해서는 식(1)과 같이 문의 개방방향 힘의 반대방향으로 작용되는 플로어힌지 및 도어클로저의 개방모멘트, 문의 폭, 문의 면적, 차압, 손잡이에서 문 끝까지 거리를 고려해서 구할 수 있다. 문의 공기 누설 틈새와 문의 개방 면적만을 고려하여 설계에 반영할 경우 피난약자인 장애우 및 노약자가 제연구역 출입문이 개방되지

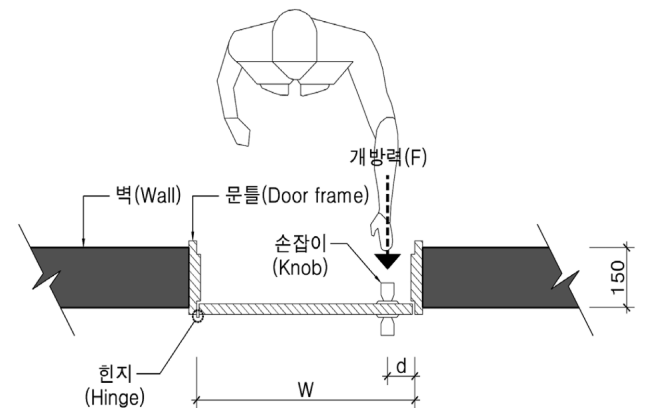


Figure 2. Door opening force when a smoke control system is operated.

않아 피난이 불가능한 상황이 발생 될 수도 있다.

NFSC 501A에서는 식(1)과 같이 개방력 제한값에 이론적 계산방법의 제시가 없고, 개방력 측정방법에 대한 측정 기준 또한 정확하게 제시되지 않고 있다. 또한 설계자는 건축허가 시 동의만으로 모든 업무가 종료 되고, 이후의 모든 책임은 시공자 및 감리자가 져야 하는 것으로 인식하고 있다. 그러므로 준공 검사 시 제연설비에 대한 개방력, 차압, 방연풍속 측정값을 준공서류로 제출하고, 확인을 통해 준공 처리를 해주는 것에 대하여무관심 할 수 밖에 없다. 개방력의 제한값이 설계에 반영되지 않을 경우 제연구역 출입문의 개방에 문제가 발생되어 피난이 불가능한 상황이 발생할 수 있다는 것을 설계자에게 충분히 인식시켜 이를 반영을 할 필요가 있으며, 설계방법에 대한 구체적인 기준 또한 NFSC 501A에 적용하는 것에 대한 기술적 검토가 필요하다.

$$F = F_{dc} + \frac{WA\Delta P}{2(W-d)} \quad (1)$$

F=도어의 개방력[N]

F_{dc}=도어클로저의 폐쇄력[N]

W=문의 폭[m]

A=문의 면적[m²]

ΔP=차압[Pa]

d=손잡이에서 문까지의 거리[m]

제연설비가 작동되지 않을 경우 플로어힌지 및 도어클로저의 개방모멘트의 측정을 위한 시험문의 크기를 KS F 2806에서 적용하는 폭(width) 0.9 m, 높이(height) 2.0 m, 손잡이(knob)의 위치가 문 끝에서 0.1 m 떨어져 있다고 보고 Table 3의 개방모멘트를 적용하여 문의 개방력을 구하여 보면, Table 5와 같이 호칭에 따른 개방력(opening force) 값을 구할 수가 있다.

NFPA 92A Smoke-control systems utilizing barriers and pressure differences 5.2.2는 문의높이를 7ft(2.13 m)로 규정한 상태에서 각 문의 폭을 32 inch에서 4 inch씩 증가시켰을 경우와 도어클로저의 폐쇄력을 6 lbf에서 2 lbf

Table 5. The Specified Value of the Opening Force

Normal name	Opening force [N]
No. 1	Less than 27.5
No. 2	Less than 40
No. 3	Less than 75
No. 4	Less than 100
No. 5	Less than 125

씩 증가시켰을 경우 Table 6과 같이 문의 크기와 차압의 크기를 다르게 적용하도록 하고 있다. 이는 식(1)을 이용하여 최대 차압을 역으로 계산한 것이다. 일반적으로 건축물에 사용하는 방화문의 높이가 층고에 의해서 결정되나 문의 폭의 경우 건축물의 용도 및 특성, 수용인원에 따라 변화의 폭이 크기 때문에 이를 적용한 것으로 볼 수 있다. 문 폭은 피난 시 인원이 피난하는 유동계수에도 많은 영향을 미치는 요소로 NFPA 101의 문 폭의 기준을 응용한 수이다.

국내의 플로어힌지 및 도어클로저의 개방모멘트 및 폐쇄모멘트의 경우 KS F 2806에 의해 제품 출고 시에 고정되어 나오는 값으로 임의로 변경을 시킬 수 있는 값이 아니다. Figure 3의 경우 문의 폭과 저압측과 고압측의 압력 차 값에 따른 문의 개방력을 식(1)을 이용하여 구한 값을 그래프로 나타낸 것이다⁹⁾.

제연구역 출입문에 설치하는 자동 폐쇄 장치의 성능시험은 자동차압·과압조절형 댐퍼의 성능시험기준 부속실 모형을 이용한다. 제연실의 차압을 NFSC 501A에 나온 값으로 적용해 놓고 자동차압·과압조절형 댐퍼의 성능과 자동 폐쇄 장치의 폐쇄 시간을 시험하는 방법이고, 나머지는 KS F 2806을 준용하여 시험을 하고 있다.

Figure 4의 부속실 모형에 NFSC 501A에 나온 차압을 방화문에 소방방재청고시 제2012-71호 자동폐쇄장치의 성능인증 및 제품검사의 기술기준 제4조(작동시험)의 2항 다호의 기준을 적용하였다. 부속실의 차압은 40 Pa에서 60 Pa으로 유지하였으며, 스프링클러가 설치된 경우 12.5 Pa에서 32.5 Pa로 유지시킨 상태에서 식(1)을 적용하여 문의 개방력을 계산해 본 결과 Table 7값을 구할 수 있었고, 이

Table 6. Maximum Pressure Differences Across Doors

Door-Closer Force	Door-Width				
	32in	36in	40in	44in	48in
6 lbs (26.4 N)	0.45in (112.5 Pa)	0.40in (100 Pa)	0.37 in (92.5 Pa)	0.34in (85.0 Pa)	0.31in (77.5 Pa)
8 lbs (35.2 N)	0.41in (102.5 Pa)	0.37in (92.5 Pa)	0.34in (85.0 Pa)	0.31in (77.5 Pa)	0.28in (70.0 Pa)
10 lbs (44 N)	0.37in (92.5 Pa)	0.34in (85.0 Pa)	0.30in (75.0 Pa)	0.28in (70.0 Pa)	0.26in (65.0 Pa)
12 lbs (52.8 N)	0.34in (85.0 Pa)	0.30 in (75.0 Pa)	0.27 in (67.5 Pa)	0.25in (62.5 Pa)	0.23in (57.5 Pa)
14 lbs (61.6 N)	0.30in (75.0 Pa)	0.27in (67.5 Pa)	0.24 in (60.0 Pa)	0.22in (55.0 Pa)	0.21in (52.5 Pa)

Notes: (1) Total door-opening force is 30 lbf

(2) Door height is 7 ft

(3) The distance from the doorknob to the knob side of the door is 3in

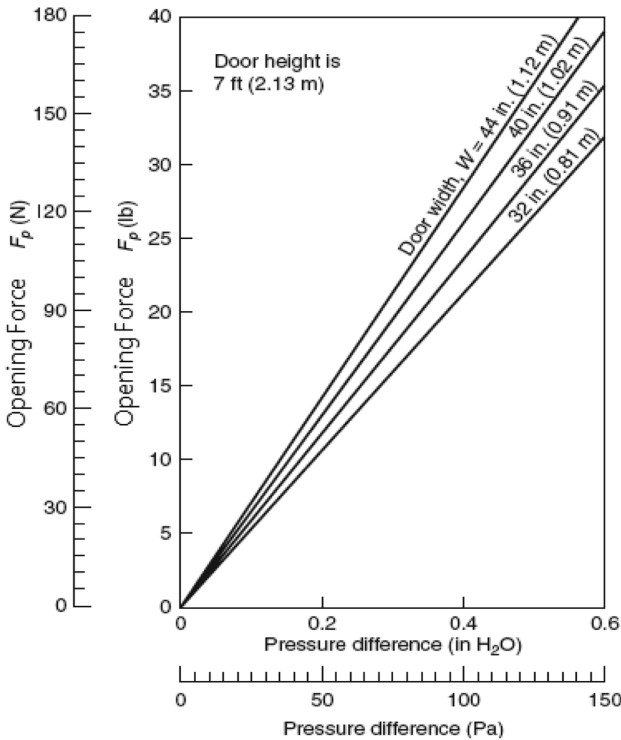


Figure 3. Door opening force when a smoke control system is operated.

를 Table 5와 상관관계를 제연구역 출입문의 개방력 제한 값인 110 N과의 관계를 분석해 보았다. 이를 통해 60 Pa를 적용한 경우에는 플로어힌지 및 도어클로저의 호칭 No. 1, No. 2를 사용할 수 있었다. 40 Pa를 적용한 경우에는 호칭 No. 1, No. 2의 플로어힌지 및 도어클로저의 사용이 가능하였다. 또한 저차압용 댐퍼를 적용하여 32.5 Pa를 적용한 경우에는 플로어힌지 및 도어클로저의 호칭 No. 1, No. 2, No. 3를 사용할 수 있었으며, 12.5 Pa를 적용한 경우에는 호칭 No. 1, No. 2, No. 3의 플로어힌지 및 도어클로저의 사용이 가능하였다. 이를 통해 제연구역 방화문에 적용되는 차압과 플로어힌지 및 도어클로저의 개방력 값을 종합하여 보면 차압에 따른 플로어힌지 및 도어클로저의 호칭에 관련된 기준 산정에 문제점이 있음을 확인할 수 있었다.

Table 7. Pressure Difference when Applying Opening Force

Applied pressure difference	Door opening force
60 Pa (Uninstalled sprinkler)	$F = F_{dc} + \frac{WA\Delta P}{2(W-d)} = 0 + \frac{0.9 \text{ m} \times 0.9 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} \times 60 \text{ Pa}}{2(0.9 \text{ m} - 0.1 \text{ m})} = 60.75 \text{ N}$
40 Pa (Uninstalled sprinkler)	$F = F_{dc} + \frac{WA\Delta P}{2(W-d)} = 0 + \frac{0.9 \text{ m} \times 0.9 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} \times 40 \text{ Pa}}{2(0.9 \text{ m} - 0.1 \text{ m})} = 40.5 \text{ N}$
32.5 Pa (Installed sprinkler)	$F = F_{dc} + \frac{WA\Delta P}{2(W-d)} = 0 + \frac{0.9 \text{ m} \times 0.9 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} \times 32.5 \text{ Pa}}{2(0.9 \text{ m} - 0.1 \text{ m})} = 32.91 \text{ N}$
12.5 Pa (Installed sprinkler)	$F = F_{dc} + \frac{WA\Delta P}{2(W-d)} = 0 + \frac{0.9 \text{ m} \times 0.9 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} \times 12.5 \text{ Pa}}{2(0.9 \text{ m} - 0.1 \text{ m})} = 12.66 \text{ N}$

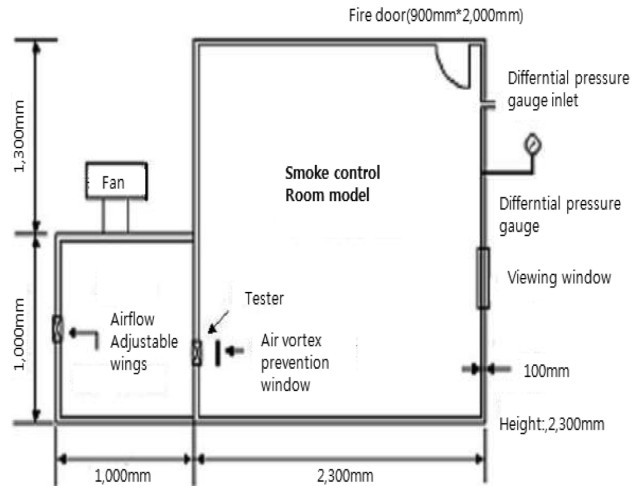


Figure 4. Smoke control system room model.

4. 결 론

화재실과 인접한 제연구역의 차압과 방화문의 도어클로저 및 플로어힌지에 의한 개방력의 값을 분석하여 제연구역 출입문의 개방력을 해석해 본 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- (1) NFSC 501A의 제연설비 설계시 차압과 방연풍속만을 연기 제어를 위한 풍량에 적용할 뿐 개방력에 대해서는 적용을 못하고 있다.
- (2) 제연구역의 출입문의 도어클로저나 플로어힌지 같은 부속품은 개방력 값에 영향을 미치며, 이들의 호칭에 따라 개방모멘트 값이 다르기 때문에 이 차이를 알아야 할 필요가 있다.
- (3) 제연설비가 설치된 출입문에 설치되는 자동 폐쇄 장치의 경우 자동 폐쇄 장치에 부속되어 설치되는 플로어힌지 및 도어클로저의 개방력 및 폐쇄력 측정방법을 KS F 2806에서 제시하는 문의 크기 및 시험방법을 준용하여 측정하도록 하고 있어 시험 방법의 실효성에 한계가 있음을 알 수 있다.
- (4) 제연설비 가동 시 일반 차압댐퍼를 사용할 경우 개

방력은 60 Pa의 경우 60.75 N, 40 Pa의 경우 40.5 N, 저차압 댐퍼를 사용할 경우 개방력은 32.5 Pa의 경우 32.91 N, 12.5 Pa의 경우 12.66 N의 개방력이 필요했고, 플로어힌지 및 도어클로저에 의해 발생하는 개방력을 계산한 결과 No. 1은 27.5 N, No. 2은 40 N, No. 3은 75 N, No. 4은 100 N, No. 5은 125의 값이 확인되었다.

이상의 결과에서 알 수 있듯이 제연구역에 설치된 출입문에 플로어힌지 및 도어클로저와 같은 부속품이 설치되지 않은 경우에는 차압에 의해 개방력만 고려하면 되지만, 제연설비 기동 시 출입문의 폐쇄를 위해 자동폐쇄장치를 출입문에 설치하므로 발생하는 추가적인 개방력을 고려하여 적용하여야 한다. 따라서 설계 차압값에 따른 자동폐쇄장치의 도어클로저의 호칭을 현실에 맞도록 제정이 필요하다.

References

1. H. J. Shin, J. H. Choi and W. H. Hong, "Guidelines on Performance based Egress Design Criteria Considering the Risk Factors of a High-rise Building", *Journal of Architectural Institute of Korea*, Vol. 25, No. 7, pp. 139-148 (2009).
2. J. O. Lee and C. S. Choi, "Study on the Analysis of Differential Pressure of the Access Door for a Smoke Control Zone and the Effectiveness of the Measurement Criteria of its Opening Force", *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol. 4, pp. 24-30 (2012).
3. S. H. Ro, S. W. Yoon and D. H. Rie, "Study for Using VR Techniques Performance Evaluation of the Elevator Evacuation", *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol. 1, pp. 13-18 (2011).
4. S. M. Park, B. K. An and M. K. Kim, "Study for Pressurized Smoke Control System", *Proceedings of 2009 Spring Annual Korean Institute of Fire Science & Engineering*, pp. 118-124 (2009).
5. SFPE, "SFPE Handbook of Fire Protection Engineering", Third Edition, Section 4, Chapter 12 "Smoke Control", Chapter 13, "Smoke Management in Covered Malls and Atria", pp. 274-310 (2002).
6. Dougal Drysdale, "An Introduction to Fire Dynamics", Second Edition, Chapter 11, The Production and Movement of Smoke, pp. 386-401 (2002).
7. NEMA, "National Fire Safety Code, NFSC 501A of Stair Cases of Specific Fire Escape Stairs and Smoke Control Systems of Ancillary Rooms", Administrator at National Emergency Management Agency (2012).
8. NFPA 92A, Standard for Smoke-Control Systems Utilizing Barriers and Pressure Differences (2005).
9. BS EN 12101-6, Smoke and heat control systems. Specification for pressure differential systems (2005).
10. Korean Industrial Standard, "KS F 2806 Test Methods or Checking Floor-hinges and Door-closers Method", Korean Standards Association (2005).
11. Korean Industrial Standard, "KS F 4505 Door Closer", Korean Standards Association (2005).