Fire Sci. Eng., Vol. 33, No. 4, pp. 105-111, 2019
DOI: https://doi.org/10.7731/KIFSE.2019.33.4.105
ISSN : 2508-6804 (Online)
ISSN : 1738-7167 (Print)

[Research Paper]

국내 고층건축물의 제연설비 성능 개선을 위한 국내·외 급기량 관련 기준 비교연구

김혜원 · 이병흔 · 진승현 · 이수각[*] · 김정엽[*] · 권영진[**†]
호서대학교 소방방재학과 대학원생 , [*]한국건설기술연구소 연구원, [**]호서대학교 소방방재학과 교수

A Comparative Study on Domestic and Foreign Standards for Air Supply for the Improvement of a Smoke Control System for High-Rise Buildings

Hye-Won Kim · Byeong-Heun Lee · Seung-Hyeon Jin · Su-Gak Lee[*] · Jung-Yup Kim[*] · Young-Jin Kwon[**†]
Graduate Student, Dept. of Fire Protection, Hoseo Univ.,
[*]Researcher, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology,
[**]Professor, Dept. of Fire Protection, Hoseo Univ.

(Received June 24, 2019; Revised July 15, 2019; Accepted July 22, 2019)

요 약

한국의 경우 화재안전기준인 NFSC501와 NFSC 501A에 따라 제연설비 설계를 실시하고 있다. 하지만 기준상에 기재된 누설틈새 면적 산정기준으로 설계 및 시공 이후 제연설비의 성능을 측정한 결과 설계 값과 맞지 않는 문제점이 발생하고 있다. 이에 따라 한국, 일본, 영국 각각의 제연설비 기준을 비교하고 이에 대한 계산을 실시하였다. 국내의 경우 NFPA501A와 해설서에서 규정된 내용을 통해 일률적인 설계를 실시하고 있다. 하지만 국외의 경우 연기층 온도, 화재층 급기량, 덕트 손실율을 고려하여 급기량 값이 한국보다 더 크게 도출되었다. 따라서 국내 실정에 맞는 데이터가 구축되어야 할 것으로 판단된다.

ABSTRACT

In South Korea, smoke control systems are designed according to the fire safety standards NFSC501 and NFSC 501A. However, there is a problem in that the design values are incompatible when measuring the performance of the system after the design construction for calculating the leakage crack area described in the standards. Therefore, we compared the standards for smoke control systems from South Korea, Japan, and the United Kingdom. In South Korea, designs are conducted uniformly according to the NFSC 501A Manual, but in Japan and the United Kingdom, designs consider smoke temperature, duct loss, and fire floor air supply. Furthermore, they use larger values than in South Korea.

Keywords : Smoke control, Air supply, Air leakage rate

1. 서 론

한국 건축물의 경우 점점 고층화 되어가고 있는 추세이다. 이러한 고층 건축물은 연돌효과 발생으로 인해 연기가 상층부로 빠르게 확산되어 화재 시 연기흡입으로 인해 대형 인명피해가 발생할 것으로 판단된다. 연기의 확산을 제어하기 위해 1995년에는 특별피난계단의 부속실 및 비상용승강기 승강장에 급기가압방식을 도입하고, 2010년에는 승강로의 급기가압 방식에 관한 기준을 고시하였으며 2016년에는 아파트에도 승강로 가압방식을 허용하는 등 제연설비의 급기가압 방식에 관한 기준의 변경이 지속적으로 이루어졌다. 하지만 한국의 제연설비 기준인 NFSC 501A의 경우 국내 실정에 맞는 실험 및 검증 없이 국외의 기준만을 인용하여 적용하고 있어 기준에 대한 신뢰성이 부족하며

† Corresponding Author, E-Mail: Jungangman@naver.com. TEL: +82-41-540-5497, FAX: +82-41-540-5497
ⓒ 2019 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

적용규정이 일률적으로 되어 있지만 누설틈새면적이나 연돌효과 등의 영향으로 오차가 심하게 나타나고 있다. 또한 급기량 계산 시에도 해설서에 따라 설계를 실시하고 있지만 현장 여건에 따라 누설틈새 면적 산정 공식을 수계산으로 풀 수 없는 등 다양한 문제가 발생하고 있다[1]. 일례로 최근 준공된 20개 현장의 제연설비 조사에 따르면 화재안전기준 상에서 요구하는 제연설비의 성능 및 누설값이 명확하지 않고, 실제 TAB결과에서는 실측값이 누락되는 문제가 확인되었다[2]. 이러한 문제점을 해결하기 위해 국내에서는 차압, 방연풍속, 댐퍼 관련 연구가 지속적으로 이루어지고 있지만 설계 기준에 대한 개선은 미비한 실정이다. 따라서 이러한 급기량 산정 설계 기준의 문제점 해결을 위해서는 계산 방식에 관한 개선이 필요할 것으로 사료된다. 이에 따라 본 연구에서는 한국, 영국, 일본의 제연설비 급기량 산정 관련 기준을 비교하여 국내 제연설비 성능개선을 위한 기초 자료를 제시하고자 한다.

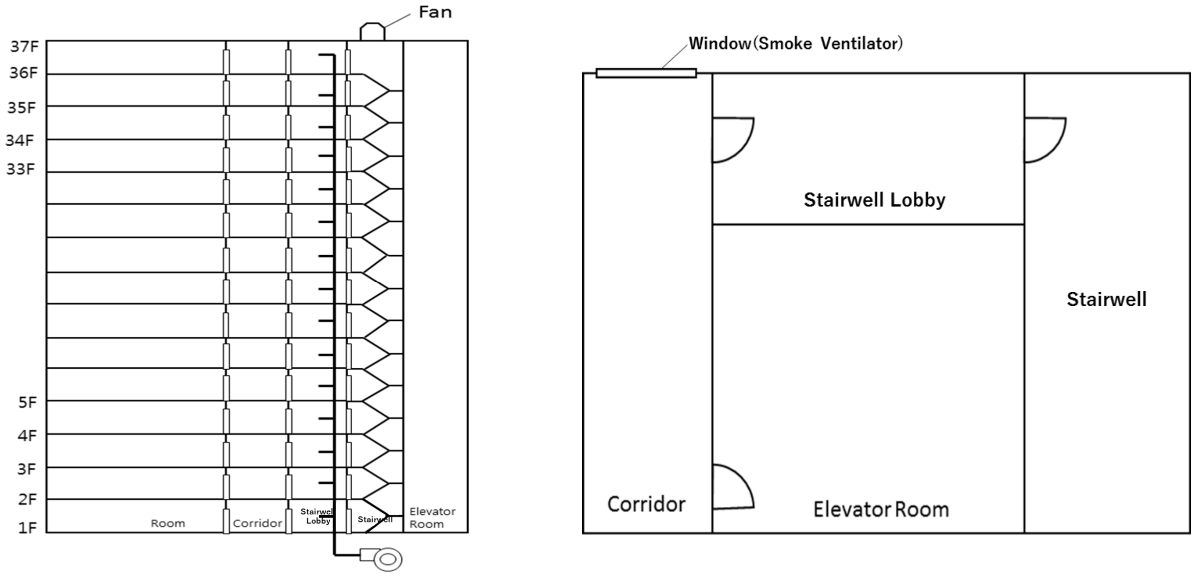
2. 국내·외 제연설비 기준비교

국내의 제연설비 관련 기준의 경우 영국, 일본의 기준을 많이 준용하여 사용하고 있다[3]. 따라서 본 장에서는 한국과 일본, 영국과의 기준과 설계 시 사용하는 계산 공식 등을 비교하여 Table 1에 나타내었다.

국내·외 제연설비 관련 기준을 비교한 결과 한국, 일본,

Table 1. Comparison of Supply Pressure Standards of Domestic and Abroad

	Korea[4]	Japan[5]	UK[6]
Pressurization Method	Pressurization	Pressurization & Exhaust	Pressurization, Depressurization
Pressurized Space	Stairwell and lobby, Lobby only, Stairwell Only, Evacuation Elevator lobby	Lobby, Stairwell, Evacuation Elevator, Fire Fighting Space	Stairwell, Evacuation Elevator, Refuge, Lift Shaft, Fire fighting Space
Differential Pressure	Minimum Differential Pressure: 40 Pa (Case of Installation Sprinkler: 12.5 Pa)	Minimum Differential Pressure: 50 Pa	Minimum Differential Pressure: 50±10 Pa or ±10%
Door Opening Force	110 N	Less than 100 N	Less than 100 N
Airflow Criterion	• Stairwell and lobby, Stair well only: More than 0.5 m/s • Looby or Living room where the platform avoid: More than 0.7 m/s	• Fire resistance performance walls, Fire door compartment: $v=2.7\sqrt{h}$ • Non-Combustible material walls and Fire Door compartment: $v=3.3\sqrt{h}$ • Others: $v=3.8\sqrt{h}$ v = Airflow of Opening m/s, h = Height of Opening m	0.75~2 m/s It defined differently according to Class. (Class system is refer to page 15-60 of BS EN 12101-6)
Air Leakage Crack Area	• See Article 12 of NFSC 501A • See Page 47 of NFSC 501A Manual: Parallel leakage paths: $A_e = A_1 + A_2 + \cdots$ Series leakage paths: $A_e = \frac{A_1 + A_2 + \cdots}{(A_1^2 + A_2^2 + \cdots)^{1/2}}$	$A_p = (vh - V_e)/7$ A_p= Leakage Area of Opening m^2 v = Airflow of Opening m/s h = Height of Opening m V_e= Exhausting Machinery Capacity m^3/s	• Parallel leakage paths: $A_e = A_1 + A_2 + \cdots$ • Series leakage paths: $A_e = \frac{A_1 + A_2 + \cdots}{(A_1^2 + A_2^2 + \cdots)^{1/2}}$
Air Supply	• Air leakage: See page 45 of NFSC 501A Manual • Supplementation: Door Area×Airflow • The amount of air supply shall be the sum of the leakage and Supplementation	• The amount of air supply is sum of Opening airflow amount and Crack leakage amount • Opening airflow amount: $Q_1 = \alpha \times 0.4 \times v \times h$ • Crack leakage amount: $Q_2 = \sqrt{(v^2 + 2\Delta P_o/\rho)} \times A_p$	• $Q_x = 0.83 \times A_x \times P^{1/2}$ • Add 50% to the sum of all the leakage as Door, window, Elevator, Exhaust ventilator, Other Space Q_S m^3/s • Add 15% for Duct Loss Ratio to Crack of Fire Floors door Q_{SD} m^3/s • Total Air Supply: Larger Value amond Q_S and Q_{SD}
Air Release	• Vertical Route exhaust: Natural Exhaust, Machinery Exhaust • Exhausting by Exhaust ventilator • Exhausting by Smoke control system	• More than 240 m^3/min (Special Escape Stair Lobby and Route) • More than 360 m^3/min (Using with Elevator Lobby)	Exhaust by machinery or Vertical shaft
Calculation Standard	NFSC 501A Manual	Smoke control Manual, Design Guide	BS EN 12101-6 Annex A~H
Others	-	Consider Temperature in case of fire	Consider Duct Loss



Cross-sectional diagram　　　　Floor plan

Figure 1. Cross-sectional diagram and floor plan of target construction.

Table 2. Outline of Target Construction

Division	Contents
Floors	Underground Floors: 4, Ground Floors: 37
Corridor-Ancillary Room door Area	1.1 $m \times$ 2.2 m (Width × Height) (Fire Door According to KS)
Ancillary Room-Stair Door Area	1.1 $m \times$ 2.2 m (Width × Height) (Fire Door According to KS)
Window Area (Smoke Ventilator)	1.0 $m \times$ 0.9 m (Width × Height)
Elevator Door Area	1.0 $m \times$ 2.1 m (Width × Height)
Pressurization Zone	Stairwell Lobby Only

미국, 영국 모두 설계 시 최소 차압이나 폐쇄력의 값을 기준에서 규정하고 있다. 하지만 국내의 경우 방연풍속, 누설틈새 면적 및 급기량 산정에 있어 건축물의 구조나 화재성장률 등을 고려하지 않고 기준에서 주어진 규정을 통한 일률적인 설계를 실시하고 있어 실제 건축물에서 사용할 수 없는 문제가 발생하고 있다[7]. 반면 일본의 경우에는 건축물의 특성 중 개구부, 압력, 밀도 등에 따라 규정이 다르게 나타나고, 국내에서 특별피난계단 제연설비 설계에 가장 많이 준용되어 사용되고 있는 영국의 제연설비 기준의 경우에는 누설틈새 면적, 급기량 산정 등에 있어 국내와 유사한 공식을 사용하고 있지만 건축물의 구조에 따라 방연풍속을 다르게 규정하고 있다. 합리적인 설계를 위해서는 공식의 절대적인 준용이 아닌 현상학적 해석과 역학적 이론에 기반을 둔 공식의 합리성이 수반되어야 한다[8]. 이에 따라 국내의 경우 급기량 산정 시 건축물의 구조, 개구부 특성, 화원설정에 관하여 추가적인 검토가 필요할 것으로 판단된다.

3. Case Study를 통한 제연설비 성능 개선방안 도출

3.1 대상 건축물의 개요

국내의 제연설비의 성능 개선을 위해 국내·외 기준에서 규정하고 있는 급기량을 각 국가에서 제시하고 있는 내용을 바탕으로 계산을 실시하였다. 이때 대상건축물은 Figure 1과 같다. 단면도에서 보는 바와 같이 급기가압 방식은 부속실 단독가압 방식을 사용하고 있으며, 계단실에 배연팬이 설치되어 있다. 또한 평면도를 통해 복도와 부속실, 계단실은 직렬경로의 형태를 가지고 있으며 엘리베이터 룸과 부속실은 병렬경로인 것을 확인할 수 있다. 또한 복도의 오른쪽 끝부분에는 배연창이 설치되어있다. 건축물에 대한 실의 바닥면적 및 문면적은 Table 2에서 나타낸 바와 같다.

3.2 한국의 제연설비 급기량 계산

현재 한국 제연설비의 급기량 계산은 NFSC 501A와 해설서 기준에 따르고 있다. 국내 급기량 계산은 누설틈새를 통해 빠져나가는 누설량 Q_L와 방연풍속을 유지하기 위해

필요한 보충량 Q_s를 합한 값으로 규정하고 있다. 해당 건축물에 대한 누설량을 구하기 위해 먼저 누설틈새 면적을 산정하여야 한다. 국내의 경우 KS F 2846의 규정에 따라 방화문인 경우 차연량은 '25 Pa에서 0.9 $m^3/\min \cdot m^2$을 초과해서는 안된다.'는 규정이 명시되어 있다. 따라서 복도에서 부속실, 부속실에서 계단실로 향하는 누설틈새 면적은 식(1)을 사용하여 구할 수 있다.

$$Q = 0.827 A_d \sqrt{P} \tag{1}$$

여기서 Q는 누설량 m^3/s, A는 누설면적, P는 차압 Pa을 의미한다.

두 개의 방화문은 모두 $1.1\,m \times 2.2\,m$ (폭*높이) 이므로 $0.9\frac{m^3}{\min \cdot m^2}\frac{\min}{60\,s}\frac{1.1\,m \times 2.2\,m}{} = 0.0363\,m^3/s$ 위에서 계산된 누설량은 $25Pa$에서 시험되었기 때문에 식(1)에 적용 되는 차압은 $25Pa$을 적용하여 계산한다. 이를 계산하면 누설틈새 면적은 $0.0363 = 0.827A\sqrt{25}$ 이므로 $A_d = \frac{0.0363}{0.827\sqrt{25}} = 0.00877\,m^2$으로 구할 수 있다. 또한 승강기의 누설틈새 면적과 창문의 틈새면적은 NFSC 501A 제12조의 규정에 근거하여 면적과 수치를 대입하여 나타내면 승강기 출입문 1개소의 누설틈새면적은 0.0027 m^2, 미닫이 형태의 배연창은 NFSC 501A의 제12조에 따라 $1.00 \times 10^{-4} \times$틈새의 길이 m를 통해 산정할 수 있다. 여기서, 창문의 전체 틈새길이는 150 m이므로 창문의 누설틈새 면적은 0.015 m^2으로 계산할 수 있다. 또한 건축물에 관련된 모든 누설틈새면적의 값을 구하면 식(2)를 통해 총 누설량을 구할 수 있다.

$$Q = 0.827 A_e \triangle P^{1/2} \times 1.15 \times N \tag{2}$$

여기서 A_e는 총 누설틈새면적 m^2, $\triangle P$는 차압 Pa, N은 층수를 의미한다.

누설량을 계산하기 위해 차압은 현행 기준에서 규정되어있는 50 Pa을 적용하고, 모든 누설 틈새면적을 더해 값을 계산하면, $Q = 0.827 \times 40 \times (0.00877 \times 2 + 0.0027 + 0.015) \times 50^{1/2}$ 값의 대입으로 $8.24\,m^3/s$의 누설량을 구할 수 있다. 또한 건축물의 부속실에 유입해야 하는 보충량은 방연풍속을 유지하기 위해 보충해야할 급기량에 부속실에서 누설되는 양을 뺀 값으로 산정한다. 이에 따라 보충량은 식(3)과 같이 계산할 수 있다.

$$Q_s = \frac{S \times V}{0.3} - 0.827 \times \left(\frac{(A_1 + A_d A_2) \times (NA_2 - A_2 + 2A_1}{A_1 + A_2} + \frac{(A'_1 + A_d A'_2) \times A'_2}{A'_1 + A'_2} \right) \times \triangle P^{1/2} \times 1.25 \tag{3}$$

여기서 Q_S는 보충량 m^3/s, S는 부속실과 옥내사이 출입문 한쪽의 면적 m^2, V는 NFSC 501A 제5조에 따른 방연풍속 m/s, A_1은 부속실과 옥내사이의 출입문 누설틈새 면적 m^2, A_2는 부속실과 계단실 사이 출입문 누설틈새 면적 m^2, A_d는 식(4)에 따라 결정된 누설틈새 면적 m^2, N은 층수(부속실의 수), $\triangle P$는 차압 Pa을 의미한다. 또한 A_d를

$$A_d = \frac{A_3}{\left[((N-1) \times A_2 + A'_2)^2 + A_3^2\right]^{1/2}} \tag{4}$$

여기서 A_3는 계단실과 옥외사이의 출입문의 누설틈새면적 m^2을 의미한다.

먼저 식(3)을 통해 보충량을 계산하기 전, 식(4)를 산정하기 위해 옥내에서 부속실, 부속실에서 계단실로 향하는 누설틈새면적은 산정된 방화문 값을 대입하여 풀면, $A_d = \frac{0.00877}{\left[((37-1) \times 0.00877 + 0.00877)^2 + 0.00877^2\right]^{1/2}} = 0.0218\,m^2$ 이 된다.

이를 식(3)에 대입하여 총 보충량을 구하면,
$Q_s = \frac{(1.1 \times 2.2) \times 0.7}{0.3} - 0.827 \times 0.035 \times 50^{1/2} \times 1.25 = 5.39\ m^3/s$ 이 된다. 이에 따라 앞에서 산정된 누설량 Q_L과 보충량 Q_S를 합하여 주면 총 급기량은 13.63 m^3/s값으로 구할 수 있다.

3.3 일본의 제연설비 급기량 계산[9]

일본의 제연설비 급기량 계산은 소방법 성령 및 고시에서 규정된 내용에 따라 산정하도록 규정하고 설계 매뉴얼을 통해 세부적인 내용을 확인할 수 있다. 일본의 경우 급기풍량 산정 시 초기화재와 최성기 화재를 나누어 계산하고 있다. 일반적으로 초기 화재의 경우 재실자들의 원활한 피난을 위한 급기를 목적으로 하고 있고, 최성기 화재의 경우에는 화재가 발생한 이후 소방관의 안전 및 원활한 소방활동을 돕기 위한 목적으로 하고 있다. 본 연구에서 진행하고 있는 급기량은 피난 활동을 돕기 위한 목적을 가지고 있으므로 초기화재 시 급기 산정 공식을 대입하여 계산하였다. 급기량은 일본의 소방법 고시에서 규정하는 바에 따라 식 (5), (6), (7)을 통해 계산할 수 있다.

$$Q_1 = \alpha \times 0.4 \times v \times h : \text{문통과풍량} \tag{5}$$

여기서, α는 문의 유량계수, v는 개구부의 통과풍속 m/s, h는 개구부 높이 m를 의미한다. 유량계수의 경우 문이나 창문의 단순 개구부인 경우 0.7로 한다[10].

$$Q_2 = \sqrt{(v^2 + 2\triangle P_O / \rho} \times A_L : \text{틈새누기량} \tag{6}$$

여기서, v 는 개구부의 통과풍속 m/s, $\triangle P_O$는 인접실과의 차압 Pa, ρ는 화재실 밀도 kg/m^3, A_L는 틈새면적 m^2을 의미한다.

$$Q_1 + Q_2 : \text{총 급기량} \tag{7}$$

여기서, 개구부의 통과풍속을 구하기 위해 소방법 고시에서는 준내화구조의 벽 및 방화문 구획인 경우 $v=2.7\sqrt{h}$, 불연재료의 벽 및 방화문 구획인 경우 $v=3.3\sqrt{h}$, 기타는 $v=3.8\sqrt{h}$ 으로 규정되어 있다. 대상건축물의 경우 준내화구조의 벽으로 구성되어 있고, 문은 방화문으로 되어 있기 때문에 본 계산에서는 $v=2.7\sqrt{h}$ 을 적용하였다. 또한 개구부의 높이 h는 부속실로 향하는 문의 높이를 적용하여 2.2 m로 하여 $v=2.7\sqrt{2.2}=4.00\ m/s$ 값이 도출되었다. 또한 틈새 누기량 산정 시 차압량 $\triangle P_O$는 일본의 가압방배연 가이드라인에 제시된 바에 따라 방화설비의 시험압력인 19.6 Pa을 적용하고, 밀도는 식(8), 틈새면적 A_L는 식(9)에 따라 계산을 실시하였다.

$$\rho = \frac{353}{T} \tag{8}$$

여기서 T는 연기의 온도 K를 의미한다. 연기의 온도는 평균 연기층의 온도 74 ℃(347 K)로 하였다[11].

$$A_p = (v \times h - V_e)/7 \tag{9}$$

여기서 V_e는 배연기의 성능을 의미한다. 규정된 배연기의 성능은 240 m^3/min이므로 다음의 값을 대입하여 계산하면, $A_L = (4.00 \times 2.2 - 4)/7 = 0.68\ m^2$ 이에 따라 문 통과풍량 $Q_1 = 0.7 \times 0.4 \times 4.00 \times 2.2 = 2.464\ m^3/s$, 틈새 누기량 $Q_2 = \sqrt{(4.00^2 + 2 \times 19.6/1.02} \times 0.68 = 5.02\ m^3/s$ 로 총 급기량은 7.48 m^3/s로 도출되었다.

3.4 영국의 제연설비 급기량 계산

영국의 제연설비의 급기량 계산을 위해서는 Class A～Class F에서 해당되는 조건을 선정하여 방연풍속과 차압량을 선정하고 BS 12101-6의 Annex A에서의 식을 통해 계산을 하게 된다. 건축물의 Class 기준은 Table 3에서 나타낸 바와 같다.

대상 건축물은 일반적인 경우를 나타낸 것으로 Class A에 해당하므로 차압은 50 Pa을 적용하였다. 영국의 급기량 계산은 식(10)에 따라 계산할 수 있다.

$$Q_S = Q_{DC} \times 1.5 \tag{10}$$

여기서, Q_S는 급기량 m^3/s, Q_{DC}는 총 누설량 m^3/s을 의미하며 1.5는 덕트손실율 50%의 가산에 의해 곱해 주게 된다.

또한 총 누설량 Q_{DC}는 식(11)에 따라 계산할 수 있다.

$$Q_{DC} = Q_{window} + Q_{Elev} + Q_{door} + Q_{other} \tag{11}$$

여기서. Q_{window}는 창문의 누설량 m^3/s, Q_{Elev}는 승강기의 누설량 m^3/s, Q_{Door} 출입문의 누설량 m^3/s, Q_{other}은 기타 누설량 m^3/s을 의미한다.

각각의 누설량을 구하는 공식은 식(12)에 따라 계산 할 수 있다.

$$Q_x = 0.83 \times A_e \times \triangle P^{1/R} \tag{12}$$

여기서, Q_x는 공간의 누설량 m^3/s, A_e는 누설면적 m^2, $\triangle P$는 차압량 Pa을 의미한다.

또한 세대와 부속실, 계단실의 누설틈새는 직렬누설경로로 식(13)에 따라 산정하고 값에 대입해야 한다.

$$A_e = \frac{A_1 \times A_2}{(A_1^2 + A_2^2)^{1/2}} \tag{13}$$

여기서 A_1은 복도-부속실의 누설면적, A_2는 부속실-계단실의 누설면적을 의미한다.

위의 식에 값을 대입하면,

$A_{e(Door)} = \frac{(1.1 \times 2.2) \times 0.02}{(0.02^2 \times (1.1 \times 2.2)^2)^{1/2}} = 1.00\ m^2$, 승강기를 통한 누설면적은 닫혔을 경우의 누설면적임을 고려하여 식(14)에 따라 값을 산정할 수 있다.

$$A_{e(Elev)} = 0.83 \times \left(\frac{1}{A_t^2 + A_F^2}\right)^{-1/2} \times P_L^{1/2} \tag{14}$$

여기서 A_t는 식(15)에 따라 산정할 수 있는 로비와 승강로 사이 총 누설면적 m^2, A_F는 승강로와 외부사이 누설면적 m^2, P_L은 승강장 또는 다른공간과 외부사이 차압을 의미한다.

Table 3. Classes of Systems by BS 12101-6

System Class	Example of Use
Class A System	For Means of Escape. Defend in Place
Class B System	For Means of Escape and Firefighting
Class C System	For Means of Escape by Simultaneous Evacuation
Class D System	For Means of Escape. Sleeping Risk
Class E System	For Means of Escape by Phased Evacuation
Class F System	Firefighting System and Means of Escape

Table 4. Comparison the Air Supply Calculation Result of Each Countries

	Korea	Japan	UK
Calculation Procedure	1) Calculation of Leakage Crack Area 2) Calculation of Air Leakage Amount 3) Calculation of Supplementation Amount 4) Total Air Supply is Sum of Air Leakage and Supplementation Amount	1) Calculation of Opening Velocity 2) Calculation of Leakage Crack Area 3) Calculation of Opening Leakage 4) Calculation of Crack Leakage amount 5) Total Air supply is Sum of Opening Leakage and Crack Leakage Amount	1) Calculation of Leakage Crack Area 2) Calculation of Leakage Amount of each Space 3) Total Air supply is add 50% to Sum of all Leakage Amount
Consideration	• When the Calculation of Leakage Crack Area, it is Different Fire Door by KS Standards and Parallel, Series Leakage Paths. • When the Calculation of Supplementation, Check the Airflow	• When the Calculation of Opening Velocity, Check the wall Material • The Smoke Temperature must be Determined Appropriately in Order to Obtain the Density Value when Calculating the Crack Leakage Amount.	• Add 50% considering Duct loss Rate • When the Calculation of Leakage crack area, check Series, parallel path
Problem	Two Formulas are used to Calculate the Leakage Crack Area, but the Formulas other than Fire Doors are Difficult to Calculate.	Since the Density Value is Depending on the Smoke Temperature, it is Necessary to have a Clear value Regarding the Smoke Temperature	After Calculating the Amount of Air Supply, 50% is Added Considering the Duct Loss Rate, Resulting in a Large Value.
Calculation Value	13.63 m^3/s	7.48 m^3/s	13.29 m^3/s

$$A_t = n \times A_d \qquad (15)$$

여기서 n은 가압 승강로비의 수, A_d는 하나의 승강기 문의 누설면적 m^2을 의미한다. 하나의 승강기 문의 누설면적은 한국과 유사한 방식으로써 같은 값을 적용하였다. 또한 접하는 가압 승강로비의 수는 1개이므로 식에 값을 대입하여 풀면, $A_t = 1 \times 0.0027 = 0.0027\,m^2$가 된다. 이를 식(14)에 대입하고 다른 공간과의 차압은 승강로비로써 적용되고 있으므로 45 Pa을 적용하여 나타내면 $A_{e(Elev)} = 0.83 \times \left(\frac{1}{0.0027^2 + 0.00877^2}\right)^{-1/2} \times 45^{1/2} = 0.511\,m^2$이 된다. Q_{Window}는 BS 12101-6의 Annex A의 데이터에 따라 미닫이 창으로써 0.95×10^{-3}값을 도출할 수 있으며, $Q_{Elev} = 0.83 \times 0.511 \times 50^{1/2} = 3.00\,m^3/s$, $Q_{Door} = 0.83 \times 1.00 \times 50^{1/2} = 5.86\,m^3/s$의 값을 도출하여 총 급기량 Q의 값이 도출되었다.

3.5 각 국의 건축물 대상 급기량 계산 결과 비교

각 국가별로 급기량을 계산한 결과 한국은 13.63 m^3/s, 일본은 7.48 m^3/s, 영국은 13.29 m^3/s의 값이 도출되었다. 한국의 경우 누설틈새면적 산정 공식이 방화문인 경우와 영국의 기준을 인용한 직렬, 병렬의 경로 따른 틈새면적 공식이 규정되어 있다. 하지만 직렬, 병렬 경로의 틈새면적 공식은 건축물의 형태나 구조의 명확한 근거가 부족하여 현장 여건에 따라 값을 적용하기 어려운 문제가 있다. 본 장에서 언급된 내용을 Table 4에 정리하여 나타내었다.

4. 결 론

본 연구에서는 각 국의 제연설비의 기준개선을 위해 급기량 산정관련 기준을 비교분석하고 실제 국내의 건축물을 대상으로 계산을 실시하여 차이를 분석하였고 다음과 같은 결론을 도출하였다.

각 국의 기준을 비교한 결과 한국의 경우 차압, 틈새면적 산정, 방연풍속에 관하여 기준에 명시되어 있다. 하지만 화재층 또는 화재 시 온도 상승에 관한 부분에 대해 고려하지 않고 있고 일률적으로 규정되어 있는 문제가 있었다. 일본의 경우 화재 시 연기의 온도, 건축물의 재료에 따라 값을 규정하고 있으며 영국의 경우에는 피난을 위한 시스템을 나누어 구분하고 덕트손실율과 화재층을 고려한 기준을 명시하고 있다.

각 국의 기준을 통해 국내 건축물을 대상으로 급기량 계산을 실시한 결과 한국의 급기량이 가장 작게 도출되었다. 한국의 경우 누설틈새면적 산정 시 방화문인 경우 KS F 2846규정에 따라 ‘25 Pa에서 0.9 m^3/min • m^2을 초과해서는

안된다.’는 규정에 따라 틈새면적을 산정 시 값이 작게 도출되어 전체 누설량 값이 작아진다. 또한 영국의 BS 5588에서 인용된 직렬, 병렬 경로의 규정으로 계산 시에는 건축물의 특성에 대한 규정이 명확하지 않아 전체 누설경로를 판단할 수 없어 수계산에 활용할 수 없는 문제점이 있다. 일본의 경우 실의 개구부와 연기층의 온도, 배연기의 성능에 따라 틈새 누기량을 산정하고 문 통과풍량 계산 시 문의 통과 유량계수와 개구부에 의한 통과풍량 계산을 실시하고 있어 두 값을 계산하여 실의 급기량을 판단할 수 있다. 영국의 경우에는 국내와 비슷한 방식으로 직렬, 병렬경로에 따른 누설틈새 면적을 산정한다. 영국의 경우에는 건축물의 피난 특성에 따라 Class를 규정하고 있어 방연풍속이나 틈새면적 산정에 적용이 가능하다. 또한 계산을 통해 구해준 총 누설량에 덕트손실율 50%를 가산하여 계산 시 큰 값이 도출되었다.

현행 한국의 제연설비의 성능개선을 위해서는 누설틈새면적 산정공식이 명확한 값을 가질 수 있도록 공학적인 계산방식 도입이 필요하다. 또한 화재 시를 고려한 화재안전설계가 밑받침 되어야 한다. 따라서 향후 연기층의 온도 값과 유동에 관한 공학적인 분석을 실시하고 국내 실정에 맞는 데이터를 확보해야 할 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 국가과학기술연구회 융합연구단사업의 연구비 지원(CRC-16-02-KICT)에 의해 수행되었습니다.

References

1. S. H. Choi, “The Improvement of Smoke Control System inthe Super High-rise Builidng”, Master’s Thiesis, Chung-ng University, pp. 19-25 (2008).
2. K. H. Jang, “A Study on Leakage Volumes and Differential Pressure of Inlet Air Exhaust Dampers in a Smoke Control System”, Doctoral thesis, Kyonggi University, pp. 53-57 (2019).
3. K. C. Choi, “Development of Design Technique for the Performance Improvement of Pressurized Smoke Control System - Focused on Vestibule of Special Escape Stairs -”, Doctoral Thesis, Konkuk University, pp. 29-34 (2010).
4. NFSC 501A, “Smoke Control System of Special Escape Stair” (2017).
5. Japan Fire Equipment Safety Center, “Guidelines for Designing and Reviewing Pressurized Smoke Control System” (2012).
6. BS EN 12101-6, “Smoke and heat Control Systems part 6: Specification for Pressure Differential Systems-Kits” (2005).
7. I. Y. Kim, “A Study on Improving Performance of Pressurization System for Smoke Control”, Master’s Thiesis, University of Seoul, pp. 14-39 (2011).
8. B. S. Son, “A Study on Performance Improvement Measures of Pressurized Smoke Control Systems for Exit Passageways of High-rise Buildings”, Journal of The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, Vol. 21, No. 12, pp. 703-714 (2009).
9. Architectural Institute of Japan, “Building Smoke Control Design Guide” (2014).
10. Japan Building Center, “Introduction to Building Fire Safety Engineering” (2002).
11. M. Kishihue, J.-I. Yamaguchi, S. Okinaga, K. Matsuyama and T. Masushita, “Influence on Smoke Shield Performance which the Difference of the Air Supply Systems Causes in Pressurized Smoke Control”, Bulletin of Japan Association for Fire Science and Engineering, Vol. 67, No. 1, pp. 39-48 (2017).