

[Research Paper]

CONTAM을 이용한 직렬형태 구조의 제연성능 구현에 관한 연구

김미선 · 서동길 · 구선환* · 유명민** · 송영주***†

에이원 소방 이사, *에이원 소방 연구원, **에이원 소방 소장, ***동신대학교 소방행정학과 교수

Smoke Control Performance of a Serial Structure Using "CONTAM"

Mi-Seon Kim · Dong-Gil Seo · Seon-Hwan Gu* · Young-Min Yoo** · Young-Joo Song*†

Director, A-ONE Fire Protection,

*Researcher, A-ONE Fire Protection,

**Chief Executive Officer, A-ONE Fire Protection,

***Professor, Dept. of Fire Administration, Dongshin Univ

(Received November 11, 2019; Revised November 20, 2019; Accepted November 25, 2019)

요 약

최근 건축물은 대지 이용의 효율성을 높이기 위해 주상 복합화·고층화되는 추세이며, 이에 따른 화재의 발생빈도 및 잠재적인 위험요소도 증가하고 있다. 특히, 고층 공동주택의 경우 비상용승강기와 별도로 승용승강기 중 1대 이상을 피난용승강기로 설치하게 되어 특별피난계단 부속실, 비상용승강기 승강장 겸용의 경우 피난용승강기 승강장과 직렬형태 구조가 되어 새로운 형태의 제연구역 이 발생한다. 따라서 비상용승강기 승강장과 피난용승강기 승강장의 직렬형태 구조에 대한 제연구역 선정의 제시가 필요하며, 새로운 형태에서 제연성능을 달성하는 것에 대한 문제가 대두되고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 CONTAM을 이용하여 각 제연구역 형식(비상용승강기 승강장 단독제연, 피난용승강기 승강장 단독제연, 비상용승강기 승강장과 피난용승강기 승강장 동시제연 누설틈새 적용·미적용)의 방연풍속, 차압을 확인하고, 직렬형태 구조에 대해 제연성능을 확보하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

ABSTRACT

A recent trend shows that more buildings are being constructed as mixed-use (residential and commercial) properties for efficient land use. This has led to an increased frequency in the occurrence of fires and the associated potential risks. In particular, in case of high-rise apartments, at least one of the elevators in each building is installed for evacuation purposes separately from the emergency elevator; therefore, for a combined ancillary room and emergency elevator platform situation, the structure is inevitably in series with the evacuation elevator platform. Thus, a proposal for a new type of ventilation zone based on existing national fire safety codes is required to achieve smoke control performance. To this end, the air egress velocity and differential pressure of each ventilation zone are checked using the "CONTAM" software; further, an alternative is proposed to secure smoke control performance for series structures.

Keywords : CONTAM, Serial structure, Air egress velocity, Differential pressure

1. 서 론

오늘날의 건축물은 인간의 삶의 질 향상은 물론 다양한 욕구를 충족시키기 위해 빠른 속도로 발전하고 있으며, 이것을 반영하듯 건축물의 형태는 고층화, 초고층화, 지하화 및 복합화 되고 있다. 이러한 건축물에서 원활한 소화활동과 피난을 위해 비상용승강기와 피난용승강기가 적극 활용

되고 있고, 안전을 확보하기 위해 다양한 방법이 법적으로 제시되고 있지만 실질적으로 기술적인 한계에 부딪히는 경우가 종종 발생되고 있다.

특히, 공동주택은 타 용도의 건축물보다 공간이 협소하여 여러 가지 대책을 적용하기에 매우 어려운 점이 있다. 따라서 특별피난계단의 부속실과 비상용승강기 승강장을 겸용할 수 있는 예외 조항을 통해 공간의 협소함과 기술적

†Corresponding Author, E-Mail: dewangel1@naver.com, TEL: +82-61-330-3563, FAX: +82-61-330-3568

© 2019 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

한계를 극복하여 왔으나, 최근 피난용승강기를 고층건축물 이상의 공동주택에도 적용하면서 문제점이 나타나고 있다. 즉 특별피난계단의 부속실과 비상용승강기 승강장이 겸용으로 사용되고, 그곳에 피난용승강기의 승강장이 직렬형태 구조로 설치되면서 공간적 협소함은 해결될 수 있으나 제연설비를 적용함에 있어 과압 등 예상치 못한 문제점이 야기되고 있다. 현재 특별피난계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준에는 비상용승강기 승강장과 피난용승강기 승강장이 직렬형태 구조일 경우 적용 가능한 기준이 마련되어 있지 않으며, 두 승강장에 제연설비가 작동하여 동시 가압할 경우 제연구역내 급기량이 합산되므로 출입문 개방, 방연풍속, 급기량 등의 적정성 등이 확보되는지 여부를 검증할 필요성이 있다.

따라서 본 연구는 이러한 문제점을 해결하기 위해 제연 시뮬레이션(CONTAM)을 이용하여 비상용·피난용 승강기 승강장 단독제연, 비상용·피난용 승강기 승강장 동시제연 등을 구현하여 방연풍속, 차압의 적정성을 확인하고, 직렬 형태 구조의 제연성능을 확보하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 직렬형태 구조

2018년 4월 17일 이전의 고층건축물 공동주택의 경우 피난용승강기가 적용되지 않아 공간의 제약을 받지 않는다면 특별피난계단 부속실과 비상용승강기 승강장을 겸용하는 Figure 1 우측과 같은 병렬형태의 구조를 가질 수 있으나, 이후에는 법령에 의해 피난용승강기가 적용됨에 따라 공간의 제약을 받으므로 특별피난계단 부속실과 비상용승강기 승강장 겸용의 구조에 피난용 승강기 승강장이 추가 배치되는 Figure 1 좌측과 같은 직렬형태의 구조가 된다.

고층건축물 공동주택에서 공간의 협소함과 함께 법적으로 직렬형태 구조가 갖춰질 수 밖에 없는 상황은 다음과

같다. 첫 번째는 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」 제10조(비상용 승강기의 승강장 및 승강로의 구조) 2항 가호에 “공동주택의 경우 승강장과 특별피난계단의 부속실과의 겸용 부분을 특별피난계단의 계단실과 별도로 구획하는 때에는 승강장을 특별피난계단의 부속실과 겸용 할 수 있다.”라고 겸용 가능한 법규가 제시되어 있기 때문이다.

두 번째로는 「건축법」 제64조(승강기) 3항에 “고층건축물에는 제1항에 따라 건축물에 설치하는 승용승강기 중 1대 이상을 대통령령이 정하는 바에 따라 피난용승강기로 설치하여야 한다.”라고 2018년 4월 17일에 신설되었기 때문이다.

즉, 30층 이상의 공동주택을 제외한 일반건축물은 상기의 첫 번째 겸용 규정이 없어 공간의 제약을 받지 않으므로 특별피난계단 부속실, 비상용승강기 승강장, 피난용승강기 승강장을 복도와 병렬형태의 구조로 구성한다. 하지만, 30층 이상의 공동주택은 공간의 제약을 받으므로 상기의 첫 번째 겸용 규정을 적용하여 특별피난계단 부속실과 비상용승강기 승강장을 겸용 가능하게 구성하고, 두 번째 규정에 의해 추가로 피난용승강기 승강장이 설치되어야 하므로 공간의 협소함과 함께 직렬형태의 구조를 갖게 된다.

2.2 공동주택에 적용되는 제연설비

상기의 구조(특별피난계단, 비상용 승강기, 피난용 승강기) 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」 제 14조의 배연설비를 설치하여야 하며, 「소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」 별표 5 제5호 가목에 따른 제연설비를 설치하는 경우 배연설비를 설치하지 아니할 수 있다. 따라서 이들 구조는 제연설비를 설치할 경우 일반적으로 「특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501A)」(이하 NFSC 501A)의 기준에 따르고 있다.

공동주택에 적용되는 제연설비는 일반적으로 급기가압 제연설비를 적용하고 있다. 이는 제연구역을 급기 가압하여 압력을 비제연구역보다 높게 형성함으로써 연기의 유입

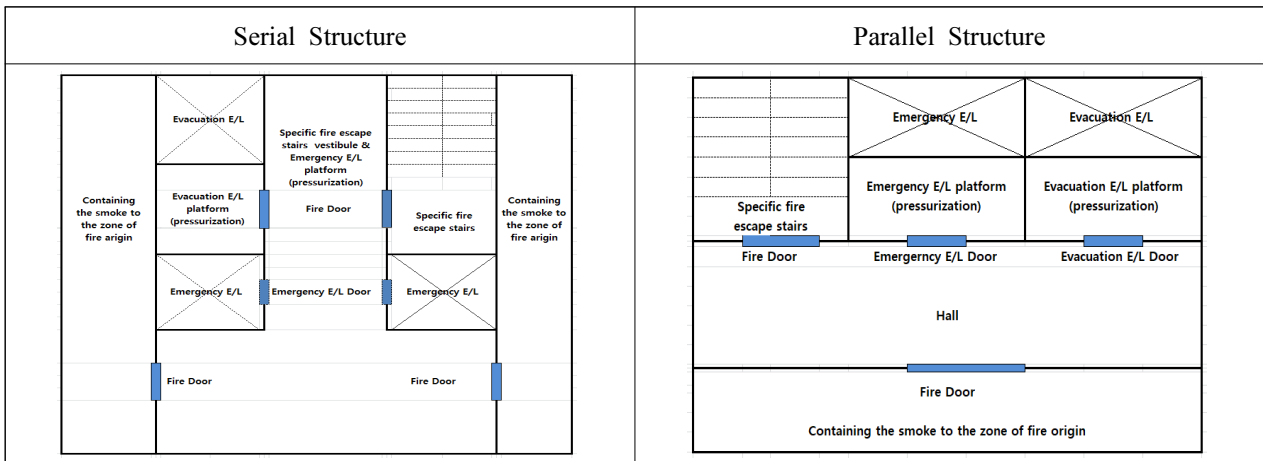


Figure 1. Serial structure and parallel structure.

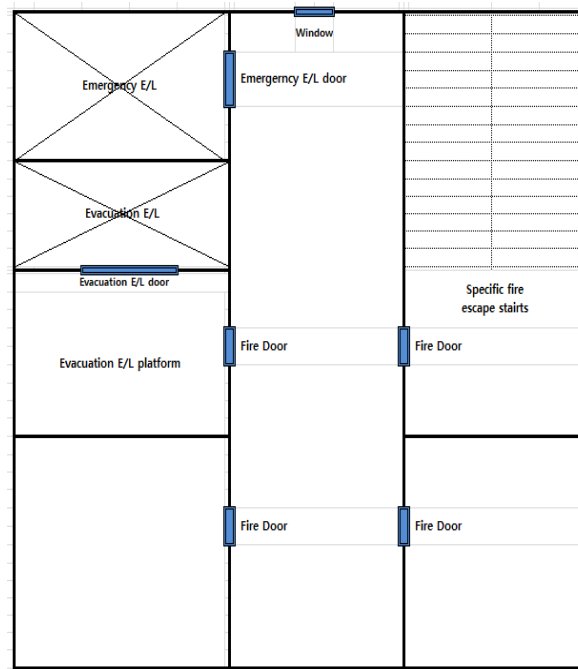


Figure 2. Structure of emergency and evacuation elevator.

을 차단하는 것이 목적이다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 「NFSC 501A」에 제시되어 있는 차압, 방연풍속, 과압 방지의 성능이 확보되어야 한다⁽¹⁾.

「NFSC 501A」 제5조(제연구역의 선정)에 따르면 제연구역은 계단실 및 그 부속실을 동시에 제연, 부속실만을 단독으로 제연, 계단실 단독제연, 비상용승강기 승강장 단독 제연 중 하나를 따라야 한다. 그러나 피난용승강기가 적용되어 직렬형태의 구조가 될 경우 적용할 제연구역이 없는 문제점이 있고 지금까지 적용되지 않은 구조이기 때문에 기술적인 적용의 적정성 여부와 성능 확보의 검증이 매우 중요하다.

Figure 2에서 보는 바와 같이 비상용승강기 승강장의 경우 창을 둘 수 있고 가압 시 각 세대의 출입문, 계단 출입문, 승강기 출입문, 창호 등으로 누설되는 반면, 피난용승강기 승강장의 누설은 승강기 문을 통한 승강로 및 권상기실의 환기를 위한 창의 누설만이 존재하게 된다. 따라서 각각의 제연구역의 차압과 방연풍속을 확인하고, 제연설비가 동시에 가동되는 경우의 직렬형태 구조의 차압, 방연풍속의 확보를 검증할 필요가 있다.

2.3 제연설비 시뮬레이션 프로그램(CONTAM)

CONTAM은 NIST가 개발한 실내 공기질 환기분석 컴퓨터 프로그램으로 기류 흐름, 압력 및 건물 외부에서 작용하는 풍압, 실내의 공기온도 차이의 부력효과, 기류에 의한 공기 오염물질 등의 이동을 확인할 수 있는 프로그램이다. 건물의 공기흐름 속도와 건물의 구역간 상대적 압력을 계산하여 건물 내부의 환기율 변화를 판단하고 건물 내부의 환

기공기의 분포를 예측하는데 유용하며 연기관리시스템의 설계와 분석을 위하여 광범위하게 사용되고 있다. 본 연구는 CONTAM W 3.2.0.2 및 CONTAM RV 3.0을 사용하였다.

3. 시뮬레이션의 구성과 설정 값

3.1 제반 조건

본 연구의 시뮬레이션 대상은 지하 2층~지상 32층으로 용도는 주상복합 건축물이며, 공동주택은 10층부터 구성되어 있고 각 층당 3세대 조합이다. 특별피난계단 부속실과 2대의 비상용승강기 승강장을 겸용하는 구조이며, 여기에 직렬형태 구조로 피난용승강기 승강장이 추가로 설치된 형태이다. 이것을 나타내면 Figure 3과 같다.

비상용승강기 승강장 및 특별피난계단 부속실 겸용 제연용 FAN은 지하 1층(저층부용)과 지상 21층 피난안전구역(고층부용)에 설치하였으며, 덕트를 저층부와 고층부로 분리하였다. 또한, 피난용승강기 승강장 제연용 FAN은 지하 1층에 설치하였다.

시뮬레이션을 수행하기 위한 조건은 다음과 같다.

- 1) 계단실 및 세대출입문, 승강기 출입문의 누설틈새는 특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비 화재안전기준(이하 '기준')을 준용한다.
- 2) 누설량 및 보충량 산정 시 누설등가면적을 적용하여 풍량을 산정하고 송풍기 풍량은 정풍량을 적용한다.
- 3) 덕트의 조도는 0.18⁽²⁾, 유량계수는 0.6415⁽³⁾를 적용한다.
- 4) 지하층과 지상1층 공용 홀 출입문은 자동유리방화문으로서 화재 시에 방화문과 같이 개방한다.

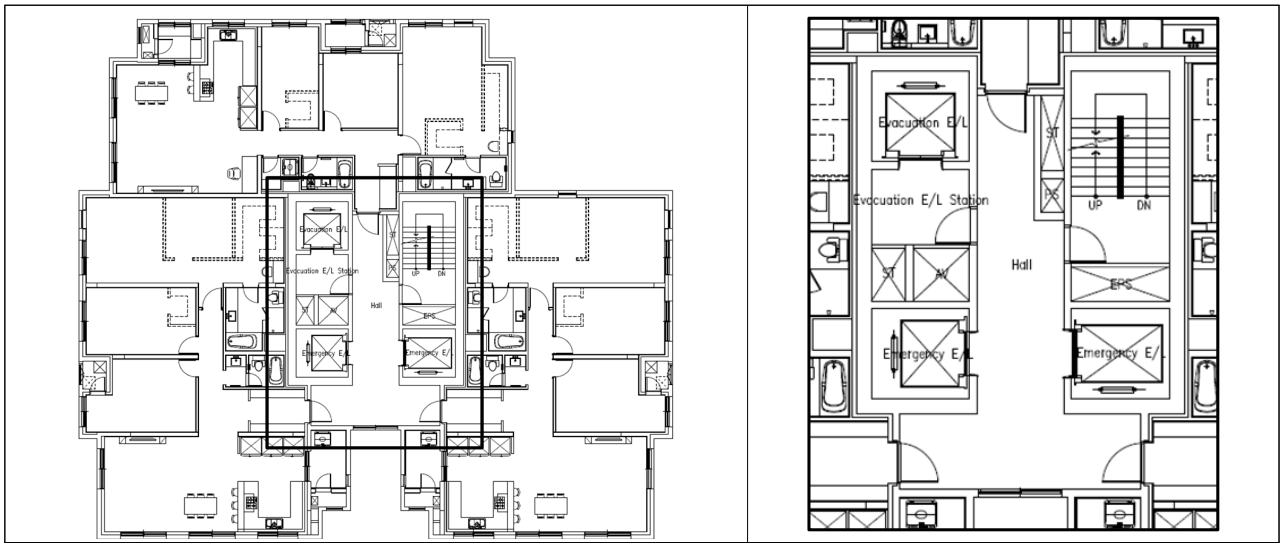


Figure 3. Configuration and specifications of the experimental model.

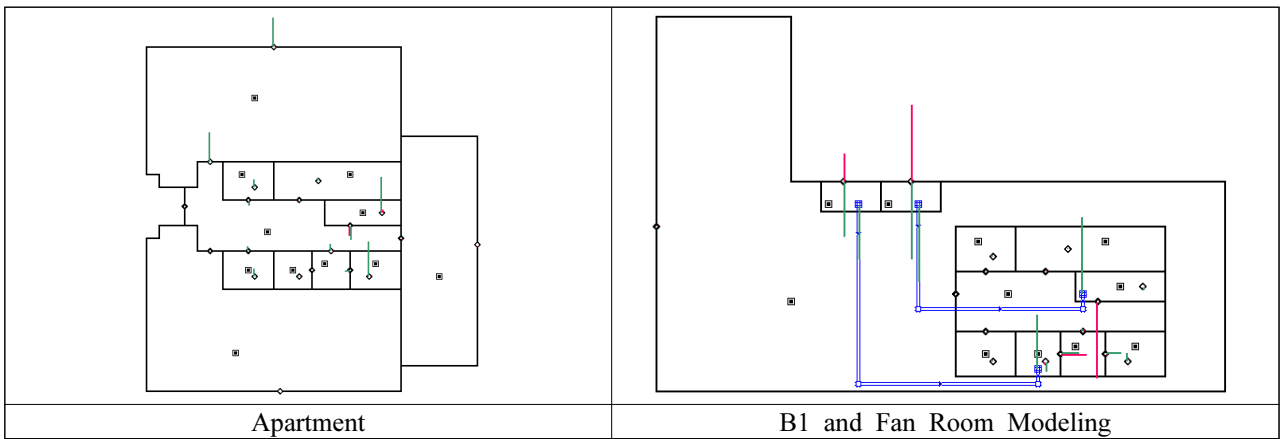


Figure 4. Apartment and B1 and fan room modeling.

5) 자동차압과압조절형 급기댐퍼는 차압 유지 시 센서에 의해 차압을 유지하므로 개구부 크기는 층 에 따라 적용하며, 시행착오법(Trial and Error)에 의해 보정한다.

6) 특별피난계단 부속실 및 비상용승강기 승강장은 피난 안전구역을 기준으로 저층부(지하 2층~20층), 고층부(21~32층) 덕트를 분리하였으며, 피난용승강기 승강장은 지하 2층~32층 하나의 덕트로 제연설비를 구성한다.

7) 제연설비의 동작은 각각의 제연구역 및 비상용승강기 승강장과 피난용승강기 승강장이 동시에 작동하는 것으로 한다.

8) 제연풍량 계산식⁽⁴⁾은 식(1)~식(3)과 같다.

- 누설량(차압확인) : $Q = 0.827 \times A \times P^{1/2}$,
 P 는 50 Pa적용
- 보충량 : $q = k(S \times V) - Q_0$
- 급기풍량(방연풍속 및 출입문 개방력 확인) :

$$Q_T = Q + q \tag{3}$$

여기서 Q_0 : 유입풍량(m^3/s) A : 누설틈새면적(m^2),
 q : 보충량(m^3/s), Q_T : 급기풍량(m^3/s),
 S : 방화문면적(m^2), V : 방연풍속(m/s), k : 20층 이하 1, 20층 초과 2

9) 과압을 확인하기 위한 계산식은 식(4)와 같다.

- 뉴턴(N)은 힘의 단위로 :

$$F = P \times A, 110$$

$$N = X \times 1.89, X = 58.2 Pa \tag{4}$$

여기서, F : 힘(N), P : 압력(N/m^2), A : 방화문 면적(m^2)

3.2 풍량계산 및 시뮬레이션 입력 값

Figure 4는 풍량 계산 및 시뮬레이션을 입력하기 위해 공동주택의 기준층과 지하 1층의 Fan room을 모델링 한 것이다.

Table 1은 제연설비가 가동되는 경우 제연구역의 차압

Table 1. Airflow Calculation and Simulation Input Value

Division		Smoke leakage (confirmation between ventilation area and non-ventilation area)		Supply air (air egress velocity and differential pressure of unopened floor)	
		Calculated value (m^3/h)	Input value (m^3/h)	Calculated value (m^3/h)	Input value (m^3/h)
A	Emergency E/L low floor	15,186	15,186	23,388	24,000
	Emergency E/L high floor	8,509	8,509	14,400	15,000
B	Evacuation E/L platform	8,665	8,665	16,400	17,000
C	Emergency E/L low floor	15,186	15,186	23,388	24,000
	Emergency E/L high floor	8,509	8,509	14,400	15,000
	Evacuation E/L platform	8,665	8,665	16,400	17,000
D	Emergency E/L low floor	15,186	15,186	23,388	24,000
	Emergency E/L high floor	8,509	8,509	14,400	15,000
	Evacuation E/L platform	250	250	1,200	1,200

A. Specific fire escape stairs & Emergency E/L platform comband smoke control system

B. Evacuation E/L platform smoke control system

C. Specific fire escape stairs & Emergency E/L platform and evacuation E/L platform simultaneous action (Door gap between platforms)

D. Specific fire escape stairss & Emergency E/L platform and evacuation E/L platform simultaneous action (No door gap between platforms)

형성을 확인하기 위한 누설량과 비제연구역의 방연풍속 및 피난을 위하여 출입문이 개방되는 경우 화재층의 방연풍속과 비개방층의 차압을 확인하기 위한 급기량으로 3.1의 조건 8)의 제연풍량 계산식에 의거하여 산정하였다.

- 차압 및 방연풍속(저층부 10층, 20층, 고층부 32층 세대출입문 및 승강장 사이 출입문 개방)

4. 결과 분석

3.3 시나리오 설정

시나리오는 비상용승강기 승강장, 피난용승강기 승강장 단독제연 하는 경우와 동시제연 시 출입문 누설틈새 적용여부에 따라 다음 4가지 형태로 구성하였다.

- 비상용승강기 승강장 제연설비만 작동하는 경우
 - 차압 및 방연풍속(저층부 10층, 20층, 고층부 32층 세대출입문 개방)
- 피난용승강기 승강장 제연설비만 작동하는 경우
 - 차압 및 방연풍속(지상 10층, 지상 32층 세대출입문 및 비상용승강장과 피난용승강장 사이 출입문 개방)
- 특별피난계단 부속실 및 비상용승강기 승강장 겸용과 피난용승강기 승강장 제연설비가 동시에 작동하는 경우(피난용승강기 승강장 출입문 누설틈새 적용)
 - 차압 및 방연풍속(저층부 10층, 20층, 고층부 32층 세대출입문 및 승강장 사이 출입문 개방)
- 특별피난계단 부속실과 비상용승강기 승강장 겸용과 피난용승강기 승강장 제연설비가 동시에 작동하는 경우(피난용승강기 승강장 출입문 누설틈새 미적용)

시뮬레이션 결과는 특별피난계단 부속실 및 비상용승강기 승강장과 피난용승강기 승강장의 제연설비가 각각 동작하는 경우와 두 개의 제연구역 설비가 동시에 작동될 때 특별피난계단 부속실과, 비상용승강기 승강장과 피난용승강기 승강장 사이의 출입문의 누설틈새 적용여부(적용, 미적용)에 따라 각각의 차압, 방연풍속, 과압 등을 확인하였다. 두 개의 제연구역에서 누설틈새 적용유무는 제연설비가 동시개압의 형태로 두 승강장 사이의 출입문이 개방됨에 따라 누설틈새의 적용유무가 제연구역의 과압발생에 영향을 미치는 것을 확인하기 위한 것이다. 따라서 승강장 사이 출입문의 누설틈새를 미적용한 경우의 차압 및 비개방층 차압(세대출입문 개방), 방연풍속 및 승강장 사이 출입문을 적용한 경우의 비개방층 차압(세대출입문 + 피난용승강기 출입문 개방)을 분석한 결과이며, 출입문 개방층은 공동주택이 시작되는 10층, 피난안전구역의 직하층, 그리고 Fan Room으로부터 가장 먼 32층을 개방하여 분석하였다.

Table 2. Differential Pressure and Air Egress Velocity Result

Differential pressure		Air egress velocity at the door opening and differential pressure of unopened floor		
Classify	Differential pressure (pa)	Air egress velocity		Etc.
		Air egress velocity (m/s)	Differential pressure of unopened floor (Pa)	
B1	47.6	-	28.6	FAN Room
1F	47.2	-	31.2	
7F	47.5	-	30.3	
8F	49.8			
10F	46.4	0.86	-	Open
20F	47.5	1.0	-	Open
32F	46.5	0.8	-	Open
11F, 29F, 30F	45.5	-	28.5~30.6	

4.1 특별피난계단 부속실과 비상용 승강기 승강장 겸용 제연설비만 작동하는 경우

4.1.1 차압 및 방연풍속(저층부 10층, 20층, 고층부 32층 세대출입문 개방) 결과

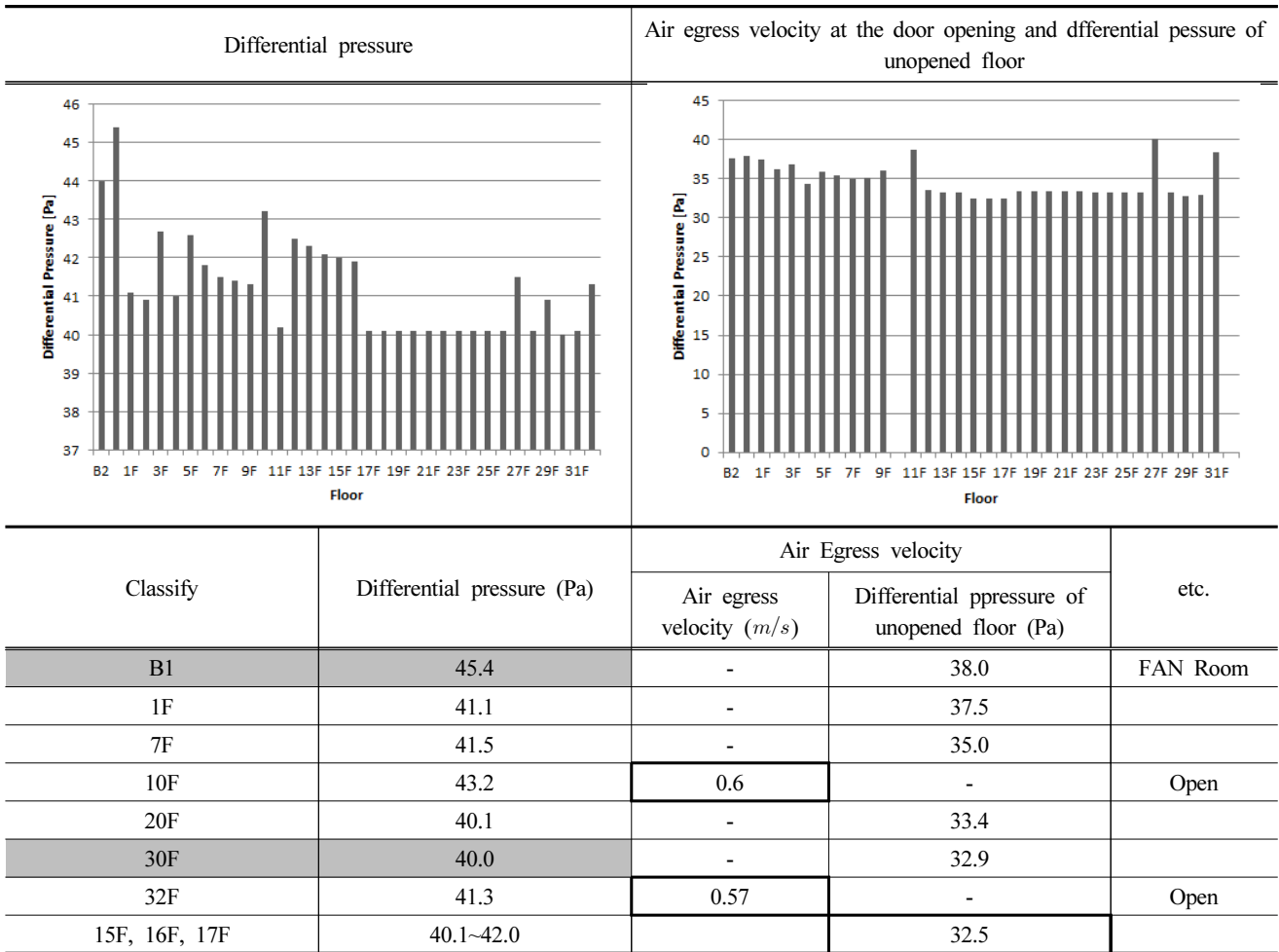
Table 2은 특별피난계단 부속실 및 비상용승강기 승강장에 겸용 제연설비만 작동한 결과로 최소차압은 11층, 29층, 30층에서 45.5 Pa로 나타났으며, 최대차압은 8층에서 49.8 Pa로 나타났다. 이는 기준에서 정의하고 있는 차압기준인 40 Pa 이상을 만족하는 결과이다. 또한, 피난 등의 이유로 인해 10층, 20층 30층에서 출입문이 개방되었다고 가정할 결과 10층에서는 0.86 m/s, 20층에서는 1.0 m/s, 30층에서는 0.8 m/s의 방연풍속이 측정되었으며, 이것은 기준에서 정의하고 있는 방연풍속 기준인 0.7 m/s를 상회하는 만족하는 결과이다. 이때 비개방층의 차압은 28.5 Pa 이상으로 동 기준에서 기준한 최소차압의 70%미만이 되어서는 안되는 조건도 만족하였다.

4.2 피난용 승강기 승강장 제연설비만 작동되는 경우

4.2.1 차압 및 방연풍속(지상 10층, 지상 32층 세대출입문 및 비상용승강장과 피난용승강장 사이 출입문개방) 결과

Table 3은 피난용승강기 승강장에서만 제연설비가 작동하는 경우로 최소차압은 30층에서 40 Pa로 나타났으며, 최대차압은 지하 1층에서 45.4 Pa로 측정되었다. 또한 10층과 32층에서 피난용승강기를 이용하는 세대 출입문이 개방된다고 가정하였을 때, 방연풍속은 10층에서 0.6 m/s, 32층에서 0.57 m/s로 측정되었다. 이것은 기준에서 정의하고 있는 부속실 또는 승강장이 면하는 옥내가 복도로서 그 구조가 방화구조(내화시간이 30분 이상인 구조를 포함한다.)인 경우의 방연풍속 기준인 0.5 m/s를 상회하는 만족하는 결과이다. 이때 비개방층에서 가장 낮게 측정된 층과 차압은 15층, 16층, 17층에서 32.5 Pa로 나타났다. 피난용승강기 승강장만 제연설비가 작동한 결과 기준에서 기준하는 최소차압과 비개방층의 차압, 방연풍속을 모두 만족하는 것으로 나타났다.

Table 3. Differential Pressure and Air Egress Velocity Result



4.3 특별피난계단 부속실, 비상용 승강기 승강장 검용과 피난용 승강기 승강장 제연설비가 동시에 작동하는 경우(승강장 사이 출입문 틈새 미적용)

4.3.1 차압 및 방연풍속(저층부 10층, 20층, 고층부 32층 세대출입문 및 승강장 사이 출입문 개방) 결과

Table 4는 특별피난계단의 부속실 및 비상용승강기 승강장 검용과 피난용승강기 승강장에 모두 제연설비가 작동하고 누설틈새를 적용하지 않은 결과이다. 화재실과 비상용승강기 승강장의 차압은 10층에서 46.4 Pa로 가장 낮게 나타났으며, 7층에서 50.8 Pa로 가장 높게 나타났다. 또한 피난을 위해 10층 20층, 30층에서 출입문이 개방된다고 가정하였을 때, 방연풍속은 10층에서 0.9 m/s, 20층에서 0.7 m/s, 30층에서 0.8 m/s로 측정되었다. 이때 비개방층 차압은 8층과 19층에서 최소 28.5 Pa를 나타내었으며, 31층에서 35.6 Pa로 최대 차압이 측정되었다. 이 결과는 두 승강장 사이 출입문이 열리더라도 각 각의 공간을 가압하므로 동압이 형성되기 때문에 출입문 틈새를 풍량 산정 시 제외한 것이다.

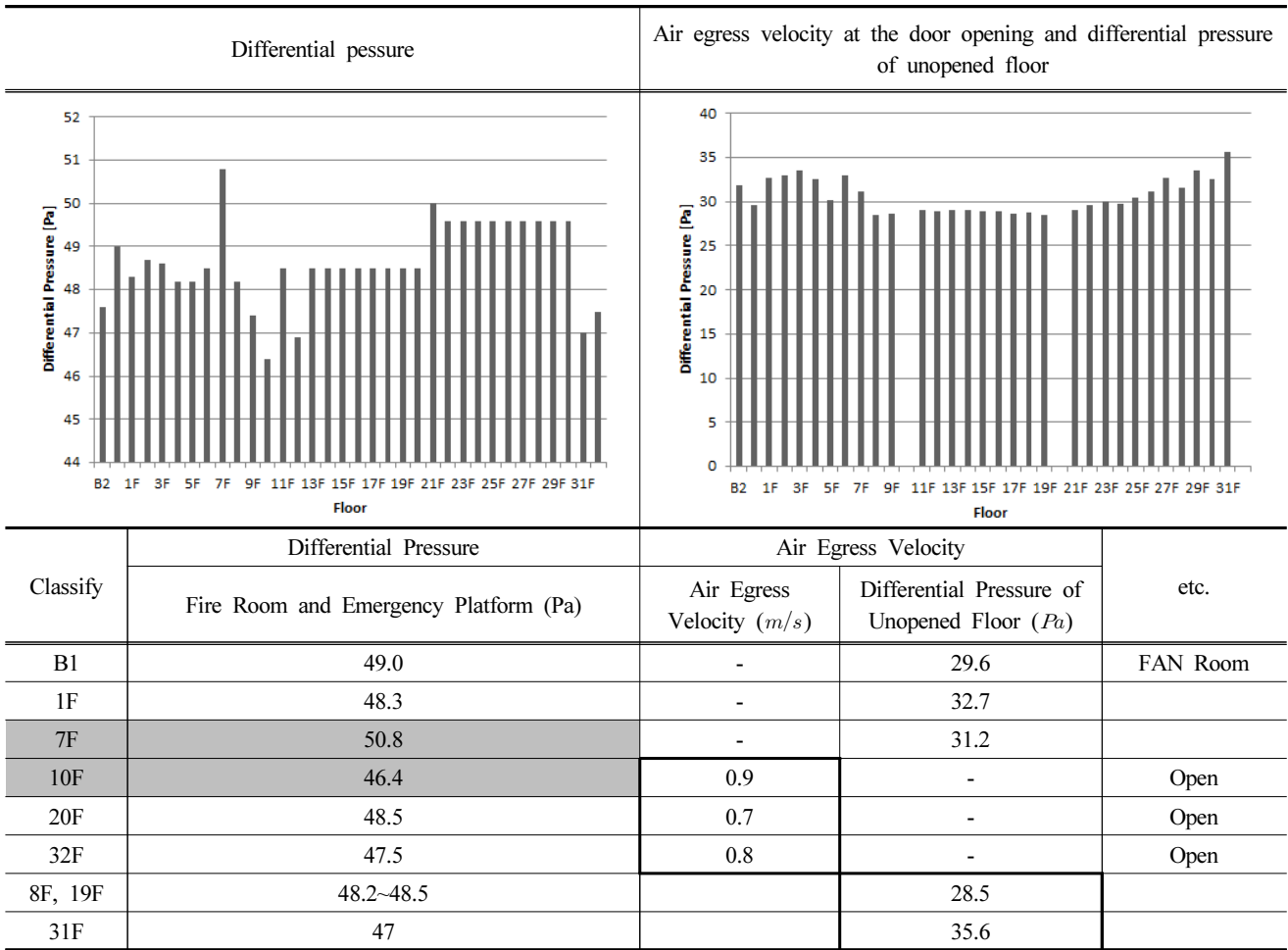
4.4 특별피난계단 부속실, 비상용 승강기 승강장 검용과 피난용 승강기 승강장 제연설비가 동시에 작동하는 경우(승강장 사이 출입문 틈새 적용)

4.4.1 차압 및 방연풍속(저층부 10층, 20층, 고층부 32층 세대출입문 및 승강장 사이 출입문 개방) 결과

Table 5는 특별피난계단의 부속실 및 비상용승강기 승강장 검용과 피난용승강기 승강장에 모두 제연설비가 작동하고 누설틈새를 적용한 결과이다. 화재실과 비상용승강기 승강장의 차압은 8층에서 70.9 Pa로 최소차압을 형성하였으며, 9층에서 83.6 Pa로 최대차압을 형성하였다. 또한 10층, 20층, 30층에서 문이 개방된다고 가정하였을 때, 방연풍속은 10층에서 1.2 m/s, 20층에서 1.4 m/s, 30층에서 0.95 m/s로 측정되었다. 이때 비개방층의 차압은 최소 76.1 Pa 최대 81.6 Pa로 나타났다.

이러한 결과는 기준의 비가압공간과 가압공간의 최소차압 기준인 40 Pa를 모두 확보하는 것으로 나타났으며, 화재실의 출입문이 개방되었을 경우의 방연풍속은 0.7 m/s 이상을 모두 만족하는 것으로 나타났다. 그러나 피난을 위

Table 4. Differential Pressure and Air Egress Velocity Result



하여 출입문을 개방하는 개방력의 경우 110 N (약 60 Pa) 을 초과하여 과압으로 인하여 출입문 개방에 어려울 것으로 나타났다.

4.5 종합분석

4.5.1 차압

Table 6은 시뮬레이션한 4개의 시나리오에 대한 차압을 비교 종합 분석한 것으로 Case 1과 Case 2는 각각의 제연설비만 작동되었을 때의 가압공간과 비가압공간의 차압으로 기준에서 정하는 40 Pa 이상을 만족하였고 Case 3과 Case 4는 특별피난계단 및 비상용승강기 승강장과 피난용승강기 승강장의 제연설비가 동시에 작동하는 것으로 동시가압의 누설틈새를 감안한 Case 3은 기준인 40 Pa 이상을 만족하였으나, 두 승강장 사이의 출입문의 누설틈새를 감안하지 않은 Case 4에서는 기준인 40 Pa 이상을 만족하였으나 출입문 개방을 위한 60 Pa 이하는 만족하지 못하는 결과를 나타내었다.

4.5.2 방연풍속 및 비개방층 차압

Table 7은 시뮬레이션한 4개의 시나리오에 대한 개방층의 방연풍속과 비개방층의 차압을 비교 종합 분석한 것으로 Case 1과 Case 2는 각각의 제연설비만 작동되었을 때의 상태로 기준에서 정하는 방연풍속 0.7 m/s 와 0.5 m/s, 비개방층의 차압 기준인 28 Pa 이상을 만족하였고 Case 3과 Case 4는 특별피난계단 및 비상용승강기 승강장과 피난용승강기 승강장의 제연설비가 동시에 작동하는 것으로 동시가압의 누설틈새를 감안한 Case 3은 기준의 방연풍속과 비개방층의 차압 및 출입문 개방을 위한 개방력 모두 만족하는 결과를 나타내었으나, 두 승강장 사이의 출입문의 누설틈새를 감안하지 않은 Case 4에서는 기준의 방연풍속 0.7 m/s와 0.5 m/s를 만족하고 비개방층의 차압도 설계차압의 70% 이상을 만족하였지만 피난을 위하여 출입문을 개방하기 위한 60 Pa 이하의 기준은 만족하지 못하는 결과를 나타내었다.

Table 5. Differential Pressure and Air Egress Velocity Result

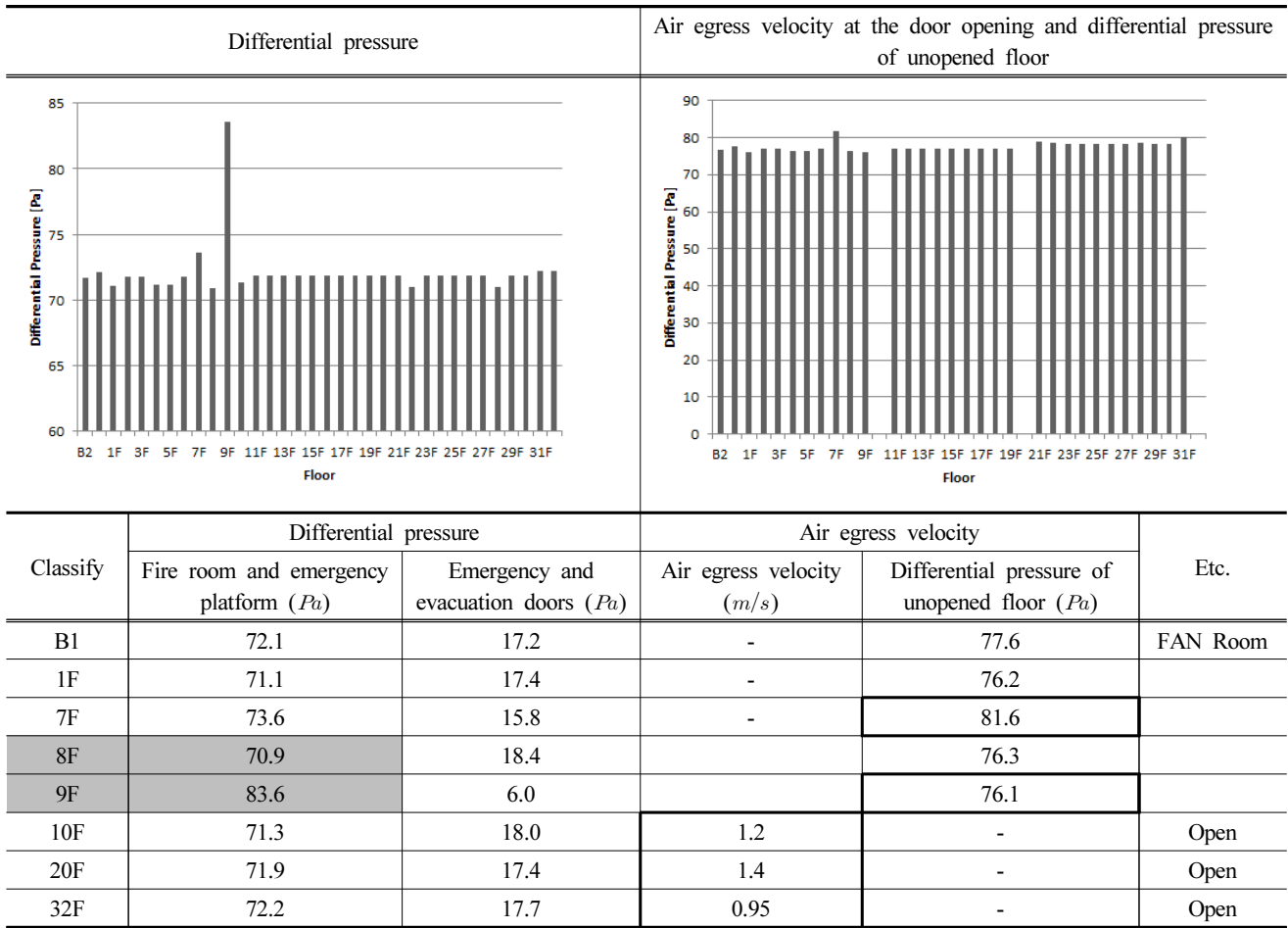


Table 6. Differential Pressure

(Unit : Pa)

Classify	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
B1	47.6	45.4	49	72.1
1F	47.2	41.1	48.3	71.3
7F	47.5	41.5	50.8	73.6
8F	49.8	41.4	48.2	70.9
10F	46.4	43.2	46.4	71.3
20F	47.5	40.1	48.5	71.9
32F	46.5	41.3	47.5	72.2

5. 결 론

본 연구는 고층건축물 공동주택에서 제연구역 선정이 직렬형태의 구조를 가질 때 제연성능을 확인하기 위한 목적에서, 각 각의 제연설비만 작동하였을 경우와 동시에 작동하였을 경우에 제연성능이 확보되는지 확인하기 위한 연구이다. 연구를 위해 사용한 시뮬레이션 프로그램은 CONTAM을 활용하였으며, 다음과 같은 결과를 확인하였다.

첫 번째, 특별피난계단 부속실과 비상용승강기 승강장

겸용 제연설비만 작동하는 경우 차압은 45.5 Pa~49.8 Pa까지로 나타났으며, 이는 기준의 스프링클러설비가 동작하지 않았을 경우의 차압인 40 Pa이상의 기준을 만족하는 결과이다. 또한 제연구역 내 세대 출입문이 일시 개방되었을 경우, 개방층 방연풍속은 0.8 m/s 이상. 비개방층 차압은 28.0 Pa~31.0 Pa로 나타났으며, 기준의 방연풍속 0.7 m/s 이상, 비개방층 차압 28 Pa 이상을 만족하였다.

두 번째, 피난용승강기 승강장만 제연설비가 작동하는 경우 차압은 40 Pa~45.4 Pa로, 기준의 스프링클러가 동작

Table 7. Air Egress Velocity & Differential Pressure of Unopened Floor

Classify	Case 1		Case 2		Case 3		Case 4	
	Air egress velocity (m/s)	Differential pressure of unopened floor (Pa)	Air egress velocity (m/s)	Differential pressure of unopened floor (Pa)	Air egress velocity (m/s)	Differential pressure of unopened floor (Pa)	Air egress velocity (m/s)	Differential pressure of unopened floor (Pa)
B1		28.6		38		29.6		77.6
1F		31.2		37.5		32.7		76.2
7F		30.3		35		31.2		76.9
8F		28.7		35.1		28.5		81.6
10F	0.86		1.26		0.95		1.26	
11F		28.5		38.7		29.1		77
20F	1.0			33.4	0.7		1.4	
21F		28.4		33.4		29		80.3
32F	0.8		0.57		0.77		0.88	

하지 않았을 경우의 차압인 40 Pa 이상의 기준을 만족하였다. 또한 제연구역 내 세대 출입문이 개방되었을 경우, 개방층의 방연풍속은 0.57 m/s 이상으로 화재실과 접하지 않는 경우인 0.5 m/s 이상을 만족하였다. 또한 비개방층의 차압은 32.5 Pa~40.2 Pa로 기준을 만족였다.

세 번째, 특별피난계단의 부속실과 비상용승강기 승강장 겸용과 피난용승강기 승강장에 제연설비가 동시에 작동하고 비상용승강기 승강장과 피난용승강기 승강장 사이 출입문 틈새를 미적용한 경우, 차압은 46.5 Pa~50.8 Pa로 기준인 40 Pa 이상을 만족하는 것으로 나타났다. 또한 비개방층의 차압은 28.7 Pa~33.5 Pa로 40 Pa의 70% 이상의 기준(28 Pa 이상)을 만족하였고, 세대 출입문 개방층의 방연풍속은 0.7 m/s로 기준을 만족하였다.

네 번째, 특별피난계단의 부속실과 비상용승강기 승강장 겸용과 피난용승강기 승강장에 제연설비가 동시에 작동하고 비상용승강기 승강장과 피난용승강기 승강장 사이 출입문 틈새를 적용한 결과 차압은 71.0 Pa~83.6 Pa로 기준을 만족하였으나 제연구역의 출입문을 열기 위한 110 N 이하를 만족하지 못하는 결과를 확인하였다. 또한 비개방층의 차압은 77.0 Pa~80.3 Pa로 40 Pa의 70% 기준(28 Pa 이상)을 만족하는 것으로 나타났으며, 개방층의 방연풍속은 화재 안전기준의 0.7 Pa 이상인 0.95 Pa 이상을 만족하였다. 그러나 출입문의 개방력은 110 N 이하를 만족하지 못하였다.

CONTAM을 이용하여 확인하였듯이 각 각의 설비가 단

독 작동하는 경우에는 차압, 방연풍속, 출입문 개방력은 만족하는 것으로 확인되었고, 제연설비가 동시에 작동하는 경우에는 비상용승강기 승강장과 피난용승강기 승강장 사이 출입문 누설틈새의 적용여부에 따라 과대풍량으로 인한 제연구역과 비제연구역과의 압력이 과압이 되는 것으로 확인되었다. 이 결과를 토대로 고층건축물 공동주택의 경우 특별피난계단의 부속실, 비상용승강기 승강장 겸용과 피난용승강기 승강장이 직렬형태의 구조를 가지는 경우 기준에서 제연구역 선정 시 급기량을 산정하는 기준의 명시가 필요(예를 들어, 동시제연 시 승강장 사이의 출입문 틈새 미적용)하고, 성능(자동차압과압 조절형 급기댐퍼의 성능 등)을 확인하는 방법에 대한 제시가 필요하다고 사료된다.

References

1. National Fire Safety Code, “NFSC 501A”, Korea (2019).
2. Korean Society of the Fire, “Performance-oriented Smoke Control Design Techniques and Cases”, Fire Protection Engineering Handbook, New Enlarged Edition, p. 635 (2015).
3. S. W. Nam, “Design & Construction of Fire Protection System”, pp. 4-98-4-106 (2015).
4. Fire Department, “Fire Safety Standards for Staircases and Attached Rooms of Special Evacuation stairs”, p. 52 (2016).