

보충량과 누설량을 고려한 급기가압 제연시스템의 수치해석 연구 Numerical Analysis on Pressurization System of Smoke Control in Consideration of Flow Rate of Supply and Leakage

김정엽[†] · 신현준

Jung-Yup Kim[†] · Hyun-Joon Shin

한국건설기술연구원 화재안전연구소
(2010. 8. 4. 접수/2010. 10. 8. 채택)

요 약

화재 시 피난 및 소화활동에 큰 지장을 초래하고, 인명안전에 가장 큰 위협이 되고 있는 연기의 제어를 위한 제연시스템의 중요성이 강조되고 있다. 국내에서는 고층 건축물의 화재 시 피난계단으로의 연기 침투를 방지하여 안전한 피난경로를 확보하기 위하여 화재안전기준 NFSC501A의 “특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준”이 제시되어 있으며, 이를 위하여 국내에서 일반적으로 사용하고 있는 방법이 제연용 송풍기와 수직풍도를 이용하여 거실과 계단실 사이에 위치하는 부속실에 외기를 급기함으로써 부속실을 단독으로 제연하는 급기가압 제연시스템이다. 본 연구에서는 20층 규모의 모델 건축물을 대상으로 NFSC501A 기준과 엔지니어링 설계방안을 바탕으로 급기가압제연시스템을 설계하였으며, 네트워크 모델의 수치해석기법을 사용하여 급기가압 제연시스템에 의해 형성되는 건축물 내 압력장을 분석하였다.

ABSTRACT

The fact that the smoke hinders evacuation and fire-fighting activities as well as becomes the major cause of life casualty emphasizes the importance of smoke control system. As one of the fire safety standards designed to secure the smoke safety, NFSC501A (Design Guide for Smoke Control System of Special Evacuation Stairwell and Lobby) has been proposed, preventing smoke from penetrating into the smoke-free escape route by raising the pressure of the smoke control zone higher than fire area. For model building of 20 stories, pressurization system was designed according to standard and pressure field of compartments in whole building induced by pressurization system was analyzed using the network model.

Key words : Smoke control system, Pressurization, Numerical analysis, Network model

1. 서 론

도시가 고도화·집적화되면서 건축물의 대형화, 고층화 및 복합화가 급격히 진행됨에 따라 화재에 취약한 건축물이 증가되고 있어, 인명안전에 대한 효과적인 화재대책의 필요성이 절실히 요구되고 있다. 특히 화재 시 피난 및 소화활동에 큰 지장을 초래하고, 인명안전에 가장 큰 위협이 되고 있는 연기의 제어를 위한 제연시스템의 중요성이 강조되고 있다.

선진외국에서는 과거 대형화재사고인 MGM Grand 호텔, Roosevelt 호텔 및 Johnson City Retirement Center 화재에서와 같이 연기확산에 의한 질식사 사망의 주요 원인이며, 이에 대처하기 위한 신뢰성 있는 제연시스템의 필요성을 오래전부터 인식하여, 연기생성·확산·제어분야의 이론적 기반 확립과 다양한 실규모 실험을 통하여 제연시스템 설계기술을 개발하여 왔으며,^{1,2)} 효율성과 적용성을 확보한 제기준 정립에 지속적인 투자를 하고 있다.^{3,4)}

국내에서는 고층 건축물의 화재 시 피난계단으로의 연기 침투를 방지하여 안전한 피난경로를 확보하기 위

[†] E-mail: jykim1@kict.re.kr

하여 화재안전기준 NFSC501A의 “특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준”이 제시되어 있다.⁵⁾ 상기 기준에서는 제연구역으로 연기의 침투를 방지하기 위하여 제연구역과 옥내 사이에 40Pa 이상의 차압(스프링클러 설치시 12.5Pa 이상)을 유지하고, 출입문 개방에 필요한 개방력을 110N 이하가 되도록 하고 있다. 또한 피난을 위하여 제연구역의 출입문이 일시적으로 개방되는 경우 0.5m/s에서 0.7m/s 이상의 방연풍속을 요구하고 있다.

이러한 목적을 위하여 국내에서 일반적으로 사용하고 있는 방법이 제연용 송풍기와 수직풍도를 이용하여 거실과 계단실 사이에 위치하는 부속실에 외기를 급기함으로써 부속실을 단독으로 제연하는 급기가압제연시스템이다.

국내에 급기가압제연시스템이 도입된 이후에 설계기술과 운전성능을 개선하기 위하여 지속적인 연구가 수행되었으며, 급기가압제연시스템의 핵심부품 개발 및 성능평가에 대한 개선이 수행되고 있다.⁶⁻⁸⁾

그러나 실제 건축물에 설치되어 운영되고 있는 급기가압제연시스템에 대한 현장 성능평가의 결과를 검토해보면 상당수의 건축물에서 급기가압제연시스템이 소기의 운전성능을 발휘하지 못하고 있음을 알 수 있다.^{9,12)} 즉, 제연구역인 부속실과 거실간의 차압이 기준치 이상의 과압으로 형성되거나 또는 반대로 기준치 이하의 저압으로 유지되는 경우가 있다. 특히 피난에 따라 부속실의 출입문이 개방되면, 출입문이 열린 층 이외의 층에서 개방 전에 적정한 수준으로 유지되고 있던 차압이 크게 하강하는 것을 알 수 있다.

이러한 상황이 발생하는 근본적인 원인으로는 급기풍량을 누설량과 보충량의 합으로 산출하고 이를 하나의 수직풍도로 공급하는 설계 개념에서 찾을 수 있다.^{13,14)} 즉, 적정한 제연차압을 형성하기 위한 정상 누설량 외에 방연풍속을 만족시키기 위한 보충량을 추가적으로 급기하기 때문에 전층의 출입문이 닫혀있을 경우 과다 급기가 발생한다. 또한 부속실의 출입문이 개방되면 출입문이 개방된 층에서 보충량과 함께 누설량 중 일부가 배출되기 때문에 다른 층에서는 정상 누설량보다 적은 풍량이 급기된다.

이상과 같이 실제로 현장에서 운영되고 있는 급기가압제연시스템 중 상당수가 화재시 연기안전을 확보하기 위해 요구되는 성능을 충족시키지 못한다면 이에 대한 개선책의 도출이 시급히 필요하며, 다양한 조건에 대하여 급기가압제연시스템의 설계 및 운전특성에 대한 다각적인 분석이 이루어져야 한다.

급기가압제연시스템은 외기를 건축물 내 제연구역에

급기하여 제연구역과 화재발생구역 간에 압력차를 발생시키는 것으로서, 이에 대한 효과적인 해석을 위해서는 송풍시스템, 압력제어장치, 수직풍도구성, 피난문담퍼 개폐조건, 틈새누기특성 등 건축물내 압력장 형성에 영향을 미치는 설비와 건축적 요인들을 모두 고려해야 한다.

한편 건축물 전체 영역에 대해서 공기의 유동에 의해 형성되는 구획실 내 압력장을 해석하기 위한 방법으로, 건축물 내 각 구획을 하나의 결점으로 구성하고 구획간의 유동저항에 따른 압력형성을 기본 알고리즘으로 사용하는 네트워크 기반 수치해석기법이 유용한 해석수단으로 활용되고 있다.^{15,16)}

본 연구에서는 20층 규모의 모델 건축물을 대상으로 NFSC501A 기준과 엔지니어링 설계방안을 바탕으로 급기가압제연시스템을 설계하였으며, 네트워크 모델의 수치해석기법을 사용하여 급기가압제연시스템에 의해 형성되는 건축물 내 압력장을 분석하였다.

2. 이론 및 연구방법

2.1 이론고찰

2.1.1 누설량 및 보충량 산정

급기가압제연시스템에서 부속실과 거실 사이에 기준치의 차압을 유지하기 위해서는 차압이 형성되었을 때 부속실에 설치된 출입문의 틈새를 통하여 부속실로부터 흘러나가는 공기량 만큼을 부속실로 공급하여야 하며 이를 누설량이라 한다. 건물 내 부속실의 출입문이 닫혀있는 층에서 각 층의 부속실에 공급하여야 하는 누설량 q_L 은 다음의 식(1)과 같이 구할 수 있다.

$$q_L = C A_D \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad (1)$$

여기서 C는 출입문의 유동계수, A_D 는 각 층의 부속실과 거실사이 출입문의 누설면적, ΔP 는 부속실과 거실사이 차압, ρ 는 공기의 밀도를 각각 의미한다.

식(1)을 살펴보면 부속실과 거실 사이에 ΔP 의 차압을 유지하기 위해서는 q_L 만큼의 누설량을 부속실에 공급해주어야 한다는 사실을 알 수 있다. 즉 모든 층의 부속실에 q_L 의 누설량이 공급되도록 시스템을 설계하면 모든 층에서 설계차압인 ΔP 가 부속실과 거실 간에 형성될 것이다.

각 층에 공급되는 누설량을 모두 합한 전체 누설량 Q_L 은 다음의 식(2)와 같이 구할 수 있다.

$$Q_L = q_L \times N \quad (2)$$

여기서 N은 건물층수이다

한편 부속실의 출입문이 일시적으로 개방되는 경우 거실로부터 부속실 내로 연기의 유입을 방지하기 위한 방연풍속을 유지하도록 외기를 부속실내로 공급하여야 하며 이를 보충량이라 한다. 피난계단에 옥상으로의 출입문이 없는 간단한 조건에 대하여 보충량 Q_s 는 다음의 식(3)과 같이 구할 수 있다.

$$Q_s = \frac{S \times V}{0.6} - Q_0 \quad (3)$$

여기서 S 는 출입문 면적, V 는 방연풍속, Q_0 는 거실유입풍량을 의미한다.

거실유입풍량인 Q_0 는 부속실의 출입문이 개방되면 계단에서 부속실을 거쳐 거실로 유입되는 풍량을 의미하는 것으로서 거실유입풍량이 생성되면 그만큼 방연풍속을 유지하기 위해 외부에서 송풍기를 이용하여 공급해야 하는 풍량을 줄일 수 있다. 거실유입풍량은 다음의 식(4)과 같이 구할 수 있다.

$$Q_0 = C A_D \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \times \left(1 + \frac{A_s}{A_s + A_D} (N - 1)\right) \quad (4)$$

여기서 A_D 는 부속실과 거실사이 출입문의 누설면적, A_s 는 부속실과 계단 사이 출입문의 누설면적을 각각 의미한다.

급기압제연시스템의 설계에서는 상기와 같이 누설량 Q_L 과 보충량 Q_s 을 계산한 후 제연용 송풍기의 급기량 Q 를 다음의 식(5)와 같이 누설량과 보충량의 합으로 계산한다.

$$Q = Q_L + Q_s \quad (5)$$

2.1.2 송풍기 정압 산정

송풍기의 정압 ΔP_F 는 송풍기의 급기풍량에 따른 수직풍도 직관부분에서의 압력손실과 급기뎀퍼, 연결관 등의 부속품에서의 국부저항 압력손실을 합한 수치가 되며 다음의 식(6)과 같이 구할 수 있다.

$$\Delta P_F = \Delta P_M + \Delta P_L \quad (6)$$

여기서 ΔP_M 은 수직풍도 직관부분의 압력손실, ΔP_L 은 국부저항 압력손실을 의미한다. 한편 수직풍도 직관부분의 압력손실과 국부저항 압력손실은 다음의 식(7), 식(8)과 같이 구할 수 있다.

$$\Delta P_M = \lambda \frac{L}{D} \frac{V_D^2}{2g} \gamma \quad (7)$$

$$\Delta P_L = \zeta \frac{V_D^2}{2g} \gamma \quad (8)$$

여기서 V_D 는 통과풍속, λ 는 관마찰계수, L 은 풍도길이, D 는 풍도직경, g 는 중력가속도, γ 은 공기 비중량, 은 국부 저항계수를 각각 의미한다.

2.2 모델 건축물

연구대상인 모델 건축물은 Figure 1과 같이 지상 20층의 건물로서 해석범위는 특별피난계단 1식에 대하여 부속실, 계단실, 급기압시스템을 포함하도록 하였다. 제연기능을 위한 부속실과 거실 사이의 설정차압을 50Pa로 하고 각 구획실간 출입문의 누설면적을 0.0107m²으로 가정하였을 때 앞의 계산식에 의해서 누설량은 1.2698m³/s, 보충량은 1.5384m³/s가 되며 송풍기에서 공급해야 하는 총풍량은 2.8082m³/s가 된다. Table 1에 주요한 설계값들을 정리하였다.

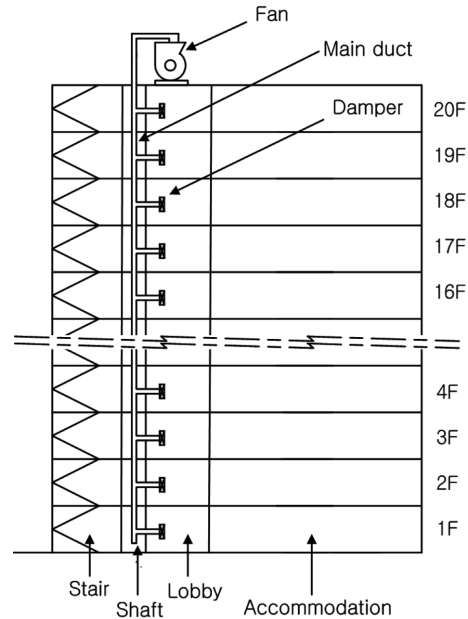


Figure 1. Schematic diagram of model building.

Table 1. Design Variables

Variable	Value
N	20 Stories
ΔP	50 Pa
A_D	0.0107 m ²
Q_L	1.2698 m ³ /s
Q_s	1.5384 m ³ /s
Q	2.8082 m ³ /s

부속실을 제연하는 급기가압제연시스템에 대한 화재 안전기준에 따라 동일수직선상의 모든 부속실은 하나의 전용수직풍도에 따라 동시에 급기를 수행하도록 하였다. 한편 수직풍도에서의 풍속이 20m/s가 되도록 풍도면적을 산정하고, 풍도의 거칠기는 아연도강판에 해당하는 0.15mm로 설정하였다.

2.3 네트워크 모델 수치해석

2.3.1 개요 및 전처리 구성

본 연구에서는 급기가압제연시스템에 의한 송풍작용과 이에 따른 건축물 내 각 구획에서의 압력형성을 분석하기 위해서 네트워크 모델에 기반한 CONTAMW 2.4 프로그램을 사용하였다.¹⁷⁾ 각 구획실 간 압력장은 송풍기류 및 구획실 간 공기유동 저항에 의해 영향을 받기 때문에 전체 건물 내 현상분석은 다중 네트워크 분석이 필요하며, 건물 내 각 구획실을 각각의 결점으로 고려하고 건물 전체를 이러한 결점으로 구성된 격자시스템으로 형성한 후 인근 결점 간의 유동저항을 고려하여 전체 건물 내의 압력장이 계산된다.

Figure 2는 해석모델에 대해서 CONTAMW로 분석하기 위해 작성한 한개층의 전처리 구성도이다. 그림에서와 같이 주요 구획실을 “Zone”으로 구성하고 각 구획실 간의 출입문은 “Airflow Element”로 처리하였다. 한편 송풍기, 풍도, 자동차압·과압조절형 급기뱀퍼로 구성되는 급기시스템은 “Duct Segment”와 “Duct Junction” 기능을 이용하여 처리하였다. 본 연구에서 각 구성요소에 대하여 적용한 상세 모델내용은 다음장에서 설명하였다. 한편 현 단계의 연구에서는 건축물 내

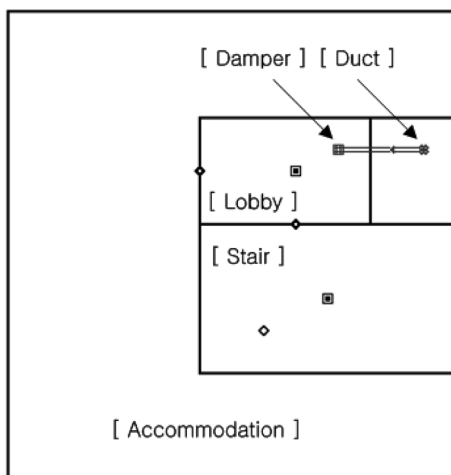


Figure 2. Floor plan of simulation model.

부와 외부의 온도차는 고려하지 않기 때문에 건축물 내부와 외부의 온도는 동일하게 가정하였다.

2.3.2 자동차압·과압조절형 급기뱀퍼 모델링

급기가압제연시스템에서 부속실과 거실사이에 차압을 기준으로 유지하는데 핵심적인 역할을 하는 설비가 자동차압·과압조절형 급기뱀퍼이다. 네트워크 모델의 수치해석기법으로 급기가압제연시스템의 가동현상을 타당하게 분석하기 위해서는 자동차압·과압조절형 급기뱀퍼의 기능을 효과적으로 모델링하는 것이 필요하다.

급기뱀퍼는 부속실 벽면과 풍도 사이에 설치되어서 평상 시에는 뱀퍼날개가 닫혀있어 풍도와 부속실 간 기류가 흐르지 않도록 하고 화재가 발생하면 뱀퍼날개가 회전하면서 풍도의 공급공기가 부속실로 급기되도록 하고 있다. 이때 부속실과 거실 사이의 압력차가 측정되고 이 차압이 일정범위내에 있도록 뱀퍼날개의 개도가 조절되어 공급풍량이 자동 조절된다. 이러한 동작은 급기뱀퍼 전후 단의 압력차와 유량과의 관계로 모델링될 수 있으며, 구체적으로는 다음의 식(9)과 같이 유동방정식으로 정의될 수 있다.

$$\Delta P_D = C_D \frac{\rho V_D^2}{2} \quad (9)$$

여기서 ΔP_D 는 급기뱀퍼 전후의 압력차, C_D 는 동적손실계수, V_D 는 급기뱀퍼를 통과하는 유동의 평균속도를 나타낸다.

CONTAMW에서는 “Duct Junction” 기능에 “Duct Terminal”의 모듈이 포함되어 있으며 Duct Terminal의 세부설정 단계에서 각 Duct Terminal의 동적손실계수를 설정할 수 있다.

본 연구에서는 각 층에 설치되어 있는 자동차압·과압조절형 급기뱀퍼를 Duct Terminal로 모델링하였으며 기본적으로 송풍기에서 공급되는 총풍량에서 각 층으로 동일한 풍량이 공급되도록 각 층의 Duct Terminal의 동적손실계수를 조절하였다.

2.3.3 출입문 모델링

구획실 사이에 위치하는 출입문은 다음의 식(10)과 같이 출입문 전후의 압력차와 누설유량의 관계식을 사용하여 정의할 수 있다.

$$Q = C A_d \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad (10)$$

여기서 Q 는 누설유량, C 는 출입문의 유동계수, A_d 는 출입문의 누설면적, ΔP 는 출입문 전후의 차압을 각각

Table 2. Variables of Door Model

Door condition	C	A _d
Close	0.65	0.0107 m ²
Open	0.35	1.89 m ²

의미한다.

출입문의 효과적인 모델링을 위해서는 출입문이 닫혀있는 경우와 열려있는 경우에 대해 유동계수와 누설 면적을 설정해야 하다. 본 연구에서는 출입문 유동계수에 대한 참고자료를 바탕으로 Table 2와 같이 적용 값을 산정하였다.¹⁸⁾

3. 결과 및 검토

고층건물에서 화재발생시 급기압제연시스템이 운전되는 조건은 다음과 같이 크게 두가지 경우로 상정될 수 있다. 첫번째는 모든 층의 부속실 내 출입문이 닫혀있는 상태에서 화재가 발생한 거실에서 연기가 부속실로 침투하지 못하도록 각 층의 부속실로 누설량을 공급하고 부속실과 거실간 차압을 형성하는 것이다. 두번째는 채실자의 피난과정에서 부속실의 출입문이 개방되는 경우로서 이 경우에는 출입문이 개방된 층에는 보충량을 공급하여 방연풍속이 형성되도록 하고 나머지 출입문이 닫혀있는 층에는 누설량을 공급하여 부속실과 거실간 차압이 계속 형성되어 있도록 하는 것이다. 본 연구에서는 각 경우에 대하여 앞장의 모델 건축물을 대상으로 네트워크 모델 프로그램으로 운영상황을 해석하였다.

3.1 모든 층의 출입문이 닫혀있는 상태의 해석결과

급기압제연시스템의 첫번째 운전조건은 모든 층의 출입문이 닫혀있는 상태에서 각 층의 부속실로 동일한 급기량이 공급되는 경우이다. 각 층의 부속실로 동일한 급기량이 공급되도록 하기 위해서 송풍기가 위치하는 옥상에서 가까운 20층부터 1층에 이르기 까지 댐퍼 날개의 개도가 차차 증가하여 개방율이 점차 증가하도록 한다. 이는 앞에서 언급한 바와 같이 CONTAMW에서 Duct Terminal의 동적손실계수를 조절하여 모델링할 수 있다.

모델 건축물의 급기압제연시스템에 대한 시스템 곡선을 얻기위해 송풍기의 급기풍량을 변화시켜가며 수치해석을 수행하였다. Table 3은 대표적인 송풍량에 대한 해석결과를 보여주고 있다. CASE 1-1은 누설량과 보충량을 합한 급기량에 대한 해석결과이고 CASE

Table 3. Results of Numerical Analysis

CASE	1-1	1-2	1-3
Air Flow Rate [m ³ /s]	2.8082	2.039	1.2698
Fan Pressure [Pa]	432.0	229.6	90.5
Lobby Pressure [Pa]	244.4	128.9	50.0
Operating Point (in Figure 4)	A	B	C

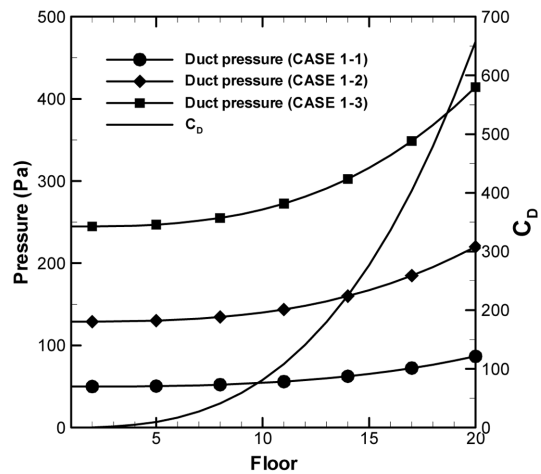


Figure 3. Distributions of duct pressure and C_D.

1-3은 누설량만을 급기하는 경우에 대한 결과이며 CASE 1-2는 CASE 1-1과 CASE 1-3의 중간풍량에 대한 해석결과이다. CASE 1-3과 같이 누설량 만큼만 송풍기를 통해 급기할 경우 부속실과 거실간 차압이 적정치인 50Pa로 유지되며, CASE 1-1과 같이 누설량과 보충량을 합한 풍량을 급기할 경우에는 모든 층의 부속실내 출입문이 닫혀 있다면 부속실과 거실간 차압이 약 244Pa로 상당히 높게 형성되는 것을 알 수 있다.

Figure 3은 층별로 Duct Terminal의 동적손실계수와 함께 각 경우에 대하여 수직풍도 내의 압력을 나타낸 그래프이다. 옥상에 위치하는 송풍기와 연결되는 수직풍도 내의 압력은 고층이 높고 저층으로 내려오면서 차차 감소하게 되며 1층에서는 부속실의 압력과 거의 동일하게 형성되는 것을 알 수 있다. 그림에서와 같이 송풍기의 급기량이 클수록 수직풍도 내의 압력도 상대적으로 상승한다. 한편 고층의 수직풍도 내의 압력이 높고 저층이 낮은 환경에서 각 층의 부속실로 급기하는 송풍량을 일정하게 유지하기 위해서는 고층의 자동차압·과압조절형 급기댐퍼의 날개 개방율이 적어야 하고 저층의 급기댐퍼의 날개 개방율이 커야 한다. 이

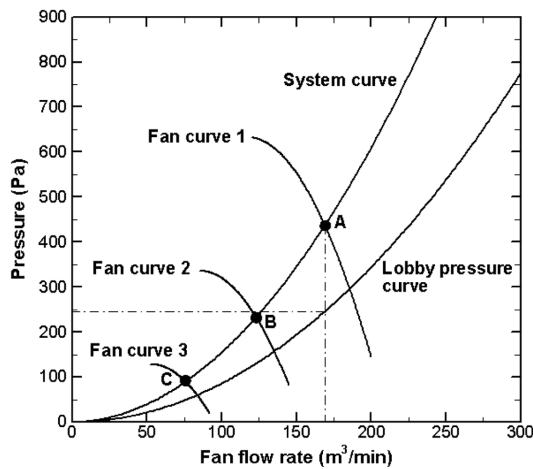


Figure 4. Analysis results for all door closed.

는 그림에서와 같이 고층의 Duct Terminal의 동적손실 계수가 크고 저층에서 낮게 설정함으로써 수치해석에 반영된다.

Figure 4는 급기량의 변화에 따른 해석결과를 송풍기 특성곡선과 함께 보여주고 있다. 그림에서 Fan curve 1은 정격 회전수에 대한 송풍기 특성곡선이고 System curve는 시스템 저항곡선이다. Fan curve 2와 Fan curve 3은 송풍기 임펠러의 회전수를 감소시켜서 송풍량을 줄인 경우에 대한 특성곡선이다. 또한 Lobby pressure curve는 부속실과 거실 간의 차압을 나타낸다. 그림에서 CASE 1-1과 같이 송풍기 설계풍량의 급기를 위해 정격 회전수로 운전하는 송풍기에 대해서 운전점은 송풍기 정격 특성곡선과 저항곡선이 교차하는 A 지점이 된다. 또한 CASE 1-2와 CASE 1-3의 운전점은 B와 C 지점이 된다.

그림에서와 같이 A의 운전상태에서는 부속실과 거실 간에 차압이 적정치인 50Pa을 훨씬 상회하고 있음을 알 수 있다. 이는 송풍기의 설계풍량이 누설량과 보충량의 합으로 결정되므로 적정한 차압을 생성하기 위해 공급해주어야 하는 누설량에 비해 송풍기의 풍량이 커져서 생기는 현상이다.

이와 같이 부속실과 거실간의 차압이 적정차압에 비해 증가하게 되면 재실자가 피난을 위하여 출입문을 개방하려고 할 때 문제가 될 수 있다. 즉, 급기가압제연시스템의 설계방안과 같이 고층건물의 제연시스템을 설치·운영하게 된다면 모든 층의 출입문이 닫혀있는 상태에서는 부속실과 거실 간에 차압이 적정한 범위를 넘어서 과압이 될 확률이 높으며 재실자의 피난이 곤란해 질 수 있다. 따라서 이를 방지하기 위해서는 각 층

의 부속실에서 누설되는 풍량만큼의 외기가 공급되도록 하는 방안의 제시가 필요하다.

3.2 부속실의 출입문이 개방되어 있는 상태의 해석결과

급기가압제연시스템의 두번째 운전조건은 부속실의 출입문이 개방되는 경우로서 본 연구에서는 모델 건축물의 10층의 부속실 출입문이 개방되었을 경우에 대해 해석을 수행하였다. 이 경우 급기풍량은 앞의 CASE 1-1과 같이 누설량과 보충량을 합한 설계풍량을 적용하였다.

Figure 5는 이에 대한 해석결과로서 부속실에서 출입문을 통해 거실로 유출되는 풍량과 부속실의 압력을 층별로 나타낸 그래프이다. 그림에서 알 수 있듯이 10층의 부속실 출입문이 개방되면 10층 출입문을 통해 $2.0571\text{m}^3/\text{s}$ 정도의 풍량이 거실로 흘러나가게 되며, 이는 앞에서 방연풍량으로 설계된 풍량인 $1.5384\text{m}^3/\text{s}$ 보다 증가된 양이다. 이로 인해 그림에서와 같이 옥상에 위치하는 송풍기로부터 외기공급이 시작되는 20층에서 10층 근처인 14층까지는 각 부속실로 누설량 만큼의 외기가 공급되어 부속실과 거실 간 차압이 설계치인 50Pa을 유지하게 되나, 13층부터는 부속실로 공급되는 풍량이 누설량에 미치지 못하여 부속실과 거실 간 차압이 50Pa 보다 낮게 형성되며 10층 이하에서는 차압이 크게 떨어지게 된다. 즉 부속실 출입문이 개방되는 층보다 송풍기에서 멀리 떨어진 층에서는 각 부속실로 공급되는 외기량이 적정 누설량에 비해 크게 떨어지게 되고 화재가 이러한 층에서 발생한다면 부속실 내부로 연기의 침투를 막기 곤란할 수 있다.

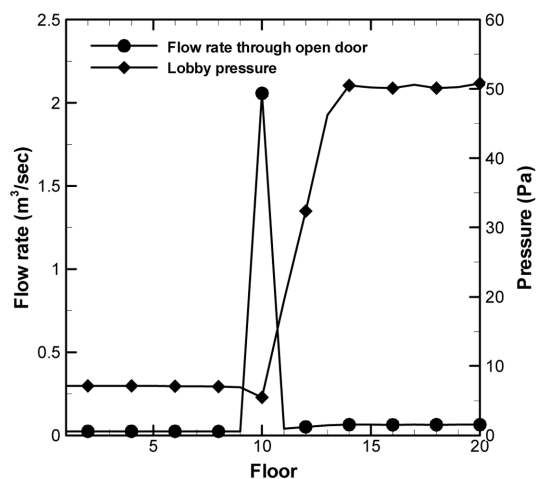


Figure 5. Analysis results for door opened at 10th floor.

4. 결 론

본 연구에서는 20층 규모의 모델 건축물을 대상으로 화재안전기준과 엔지니어링 설계방안을 바탕으로 급기가압제연시스템을 설계하였고, 네트워크 모델의 수치해석기법을 사용하여 급기가압제연시스템의 가동으로 건축물 내에 형성되는 압력장을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 고층건물에서 화재발생 시 급기가압제연시스템이 운전되는 조건은 크게 모든 층의 부속실내 출입문이 닫혀있는 상태와 재실자의 피난과정에서 부속실의 출입문이 개방되는 경우로 상정할 수 있다.
- 2) 모든 층의 부속실내 출입문이 닫혀있는 상태에서 누설량 만큼만 송풍기를 통해 급기할 경우에는 부속실과 거실간 차압이 설계차압인 50Pa로 유지되나, 누설량과 보충량을 합한 풍량을 급기할 경우에는 부속실과 거실 간 차압이 설계차압보다 상당히 높게 형성된다.
- 3) 10층의 부속실 출입문이 개방되면 10층 출입문을 통해 방연풍속으로 설계된 풍량보다 많은 풍량이 거실로 유출되며, 이로 인해서 13층 이하의 층에서는 부속실로 공급되는 풍량이 누설량에 미치지 못하여 부속실과 거실 간 차압이 설계차압보다 낮게 형성된다.
- 4) 현재의 급기가압제연시스템의 설계방안과 같이 한 개의 급기풍도를 통해 누설량과 보충량이 동시에 공급될 경우에는 부속실과 거실 간에 형성되는 차압이 설계기준에 미달하거나 과압이 될 가능성이 매우 높아져서 급기가압제연시스템의 설치목적은 달성하지 못할 수 있으므로 이에 대한 효과적인 개선방안이 필요하다.

참고문헌

1. G.T. Tamura, "Fire Tower Tests of Stair Pressurization Systems with Overpressure Relief", ASHRAE Trans., Vol.96(1990).
2. G.T. Tamura, "Assessment of Stair Pressurization System for Smoke Control", ASHRAE Trans., Vol.98(1992).
3. BS EN12101-6, Smoke and heat control systems - Part 6: Specification for pressure differential systems (2005).
4. NFPA 92A, Standard for Smoke-Control Systems Utilizing Barriers and Pressure Differences(2006).
5. NFSC501A, 특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준(2009).
6. 박형주, 김상욱, "국내 고층건물의 피난성능확보를 위한 급기가압방연(제연)시스템의 제도개선연구", 한국화재소방학회 논문지, Vol.15, No.4, pp.49-56(2001).
7. 박용환, "급기가압 댐퍼의 설정 기준압에 따른 부속실 차압 특성 연구", 한국화재소방학회 논문지, Vol.21, No.4, pp.12-17(2007).
8. 윤영민, 이민정, 김남일, 유홍선, "풍도 내 유동 교란과 자동차압 댐퍼의 성능 특성 기초 연구", 한국화재소방학회 논문지, Vol.23, No.6, pp.16-23(2009).
9. 허영준, 유철권, "기계 제연시스템의 문제점과 개선 대책에 관한 연구", 설비저널, Vol.32, No.1, pp.27-35(2003).
10. 이용재, 김운형, "고층 공동주택 제연설비의 안전성능에 관한 연구", 한국화재소방학회 추계학술논문발표회 논문집, pp.74-79(2000).
11. 김정엽, 이동호, 김하영, "급기가압 제연시스템의 현장 성능평가 연구", 한국화재소방학회 춘계학술논문발표회 논문집, pp.251-254(2008).
12. 김정엽, 신현준, "고층건물 제연시스템에서 피난문 개방이 미치는 영향에 관한 연구", 대한설비공학회 동계학술발표대회 논문집, pp.23-28(2009).
13. 김진수, "피난계단 제연설비의 과압배출 댐퍼에 대한 고찰", 대한설비공학회 설비건설부문 학술강연회 논문집, pp.51-61(2002).
14. 김상욱, "건축물의 제연설비", 한국설비기술협회지, Vol.22, No.8, pp.78-91(2005).
15. 김명배, 한용식, "건물의 가압방연시스템 설계를 위한 유동해석에 관한 연구", 한국화재소방학회 논문지, Vol.14, No.2, pp.14-20(2000).
16. 조재훈, "고층 주거건물에서의 압력분포 시뮬레이션 및 압력차 문제 해결", 대한건축학회논문집(계획계), Vol.21, No.11, pp269-276(2005).
17. NIST, CONTAMW 2.4 User Guide and Program Documentation(2008).
18. J.H. Klote and J.A. Milke, Principle of Smoke Management(2002).