

고층건물에서 연돌효과 및 외기풍속에 따른 배연창의 배연성능 평가 The Performance Evaluation of Natural Smoke Ventilators Due to Stack Effect and Wind Velocities in High-rise Buildings

임채현* · 김범규** · 박용환†

Chae-Hyun Lim* · Bum-Gyu Kim** · Yong-Hwan Park†

*울산광역시시설관리공단, **호서대학교 대학원, 호서대학교 소방방재학과
(2009. 9. 7. 접수/2009. 12. 11. 채택)

요 약

본 연구에서는 화재 시 효과적인 연기배출을 위해 국내 건축법에서 규정하고 있는 배연창이 고층건물의 연돌효과 및 배연성능에 미치는 영향을 분석하기 위해 현장실험과 모델링 해석을 병행하였다. 현장실험은 배연창이 설치된 고층건물을 대상으로 정상조건 및 배연창 개방조건에서 외기온도에 따른 계단실, 부속실 및 복도에서의 압력분포 측정을 통해 연돌효과를 분석하였다. 모델링 해석에서는 연기유동 해석용 네트워크모델인 CONTAMW를 이용하여 모델링결과 및 실험결과와의 비교분석을 통한 보정기밀도를 적용하여 이상적인 대상건물을 구현하고 배연창의 배연성능을 평가하였다.

ABSTRACT

Natural smoke ventilator is one of domestic prescriptive methods to be used to exhaust smoke in case of fire in a high-rise buildings. The goal of this study is to evaluate the stack effect and the smoke exhaust performance in high-rise buildings with the opening of natural smoke ventilators using computer modeling technology, thus to estimate its effectiveness as a tool of smoke exhaust. For this purpose, the pressure differential in a domestic high-rise building with natural smoke ventilators was experimentally measured to analyze the stack effect with the closure or the opening of natural smoke ventilators and to calculate compensated air leakage of the building. Computer modeling based on experimentally measured data was carried out to estimate effectiveness of natural smoke ventilators in high-rise buildings using CONTAMW network program.

Key words : Stack effect, High-rise building, Neutral plane, Smoke ventilator, Differential pressure

1. 서 론

연돌효과에 관한 연구는 주로 추운 겨울이 있는 북미지역이나 북유럽 등지에서 연구가 활발히 진행되어 왔는데 연구의 초점은 건축적인 측면, 설비적인 측면 및 소방방재적인 측면으로 구분할 수 있다. 먼저 건축적인 측면은 1967년 Tamura와 Wilson¹⁾이 세 개의 고층건물에 대한 압력분포 실측으로 TDC(Thermal Draft Coefficient)의 관계를 도입하여 외벽의 기밀도가 연돌효과에 미치는 영향을 분석하였으며, 설비적인 측면으로 1991년 Tamblyn²⁾은 기계적 환기시스템을 통한 연

돌효과 저감방안을 제안하였고 소방방재적인 측면에서 1995년 Klote³⁾가 화재 시 피난수단으로 비상용승강기 피난시스템(EEES, Emergency Elevator Evacuation System)을 고안하여 연돌효과 및 외기 풍속에 의한 연기침입을 방지하기 위한 승강기제연시스템을 제안하였다. 그러나 국내의 연구는 1990년대부터 일부 연구자에 의해 건축 및 설비적인 측면에서 거주환경 개선을 위한 연구에 집중되어 있고 소방방재적인 측면에서는 최근부터 문헌연구, 현장실험, 모델링해석 등의 연구가 진행되고 있다.^{4,7)}

또한, 배연창에 관한 연구는 국내·외 거의 전무하여 건물 내에서 발생하는 연돌효과와 외기 풍속이 개방된 배연창의 배연성능에 미치는 연구가 선행되어야

† E-mail: yhpark@hoseo.edu

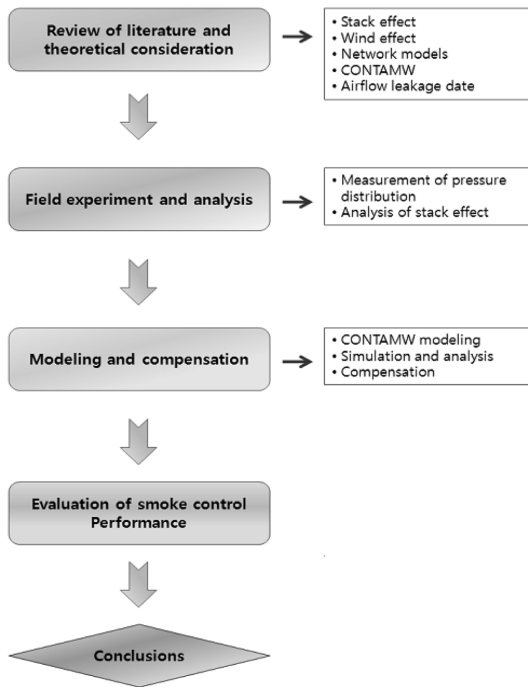


Figure 1. Flow chart for the process of this study.

건축물 제연성능 및 피난안전성 확보가 이루어 질 것으로 판단된다.

본 연구에서는 국내 건축설비의 설비기준 등에 관한 규칙 제14조에서 규정하고 있는 배연창이 고층건물의 연돌효과 및 배연성능에 미치는 영향을 분석하기 위해 문헌연구, 현장측정 대상건물 선정 및 실험, 대상건물 모델링해석 및 배연창의 배연성능평가를 실시하였으며 연구의 범위 및 방법은 Figure 1과 같다.

2. 이론적 배경

2.1 연돌효과

연돌효과는 건물 내·외부 간의 온도차로 인한 부력으로 공기가 건물 수직방향으로 유동하는 현상을 말하는데, 고층 건축물의 경우 건물높이가 매우 높기 때문에 연돌효과에 의한 차압이 상대적으로 크게 발생한다. 연돌효과로 인해 발생하는 차압은 일반적으로 식 (1)과 같이 나타낸다.

$$\Delta P_{so} = K_s \left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_s} \right) h \quad (1)$$

여기서 ΔP_{so} 는 연돌효과에 의한 차압(Pa), K_s 는 계수

(3,460), T_o 는 외기의 절대온도(K), T_s 는 샤프트 내부의 절대온도(K), h 는 중성대로부터 높이(m)를 나타낸다.

2.2 풍압효과

풍압효과는 외기풍속에 의해 건물주위에 복잡한 기류가 발생하여 건물 표면을 따라서 다양한 압력분포를 나타내는 효과를 말한다.

바람은 건물의 높이, 형상 및 지형 등에 따라 다양한 변화를 가지는데 바람이 건물에 미치는 차압은 식 (2)와 같이 나타낸다. 이러한 바람은 지면에서 높아질수록 증가하다 일정높이 이상이 되면 일정해지는 경계층을 가지는데, 경계층 내의 유동은 지표면의 불균형성과 건물, 나무 등의 장애물에 영향을 받아 풍속과 높이 간에는 식 (3)과 같이 지수법칙을 따른다.

$$\Delta P_w = \frac{1}{2} C_w \rho_o V_H^2 \quad (2)$$

여기서 ΔP_w 는 표면에 미치는 풍압(Pa), C_w 는 압력계수, ρ_o 는 외기밀도(Kg/m³), V_H 는 높이 H에서의 풍속(m/s)을 나타낸다.

$$V_H = V_o A \left(\frac{H}{H_o} \right)^B \quad (3)$$

여기서 V_H 는 높이 H에서의 풍속(m/s), V_o 는 관측소에서 측정된 풍속(m/s), H는 구하고자하는 높이(m), H_o 는 관측소에서 측정된 지점의 높이(m), A, B는 지형계수를 나타낸다.

2.3 중성대의 위치

상하 2개의 개구부를 가진 샤프트에서 발생되는 연돌효과를 보여주고 있는데 유출되는 개구부(A_u)와 유입되는 개구부(A_b)는 중성대를 기준으로 상부와 하부에 각각 존재하게 되므로 두개의 개구부를 가지는 샤프트에서의 중성대의 위치는 식 (4)와 같이 구할 수 있다.

$$H_n = \left\{ \frac{1}{1 + (T_s/T_o)(A_b/A_u)^2} \right\} \times H_s \quad (4)$$

여기서 H_n 는 바닥으로부터 중성대까지의 거리(m), H_s 는 샤프트의 높이(m), T_s 는 샤프트내부의 절대온도(K), T_o 는 외기의 절대온도(K), A_u 는 중성대 상부 개구부면적(m²), A_b 는 중성대 하부 개구부면적(m²)을 나타낸다.

3. 연돌효과의 실험

측정 건물은 최근 건립이 급증하고 있는 고층건물

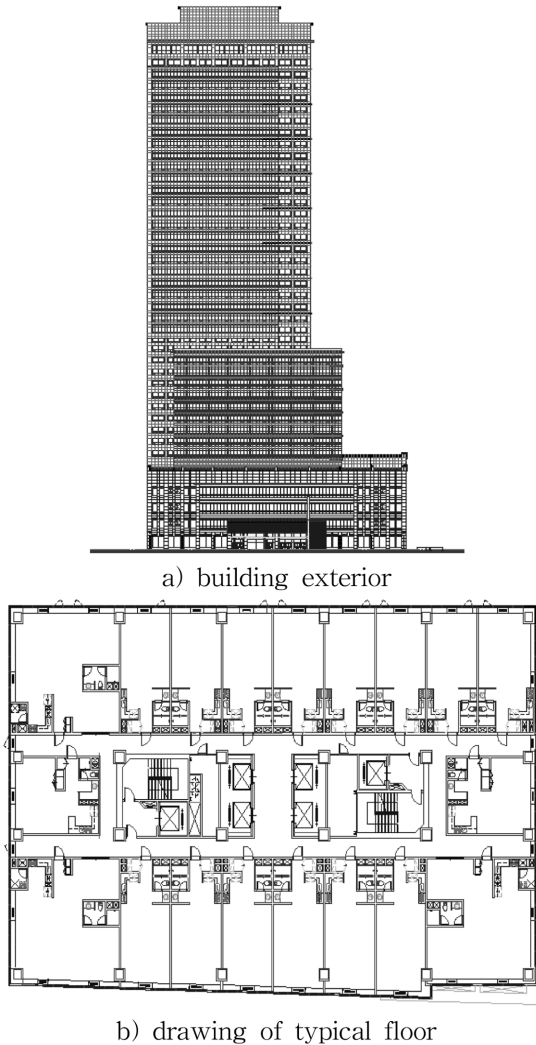


Figure 2. Structure of the building.

중 배연창이 설치된 서울소재 건물로서 지하 6층, 지상 40층, 높이 168m 규모로 지하 6층~지하 2층은 주차장, 지하 1층~5층은 판매시설, 6층~39층은 오피스텔, 40층은 판매시설로 운영되고 있는 주상복합 건물이다.

건물의 구조는 Figure 2와 같이 2개의 코어(Core)를 중심으로 복도가 있고 외부와 면하여 전용공간이 배치된 중앙코어방식의 건물로서 외벽은 커튼월(Curtain wall) 방식으로 되어있다. 코어 내에는 피난을 위한 특별피난계단 및 비상용엘리베이터가 배치되어 지하 6층에서 40층까지 직통구조로 되어있다.

부속실에는 급기압제연설비가 설치되어 있고 오피스텔층인 6층에서 39층까지의 거실에는 배연창이 설치

Table 1. Indoor and Outdoor Temperature Conditions

Description		Temperature
Indoor	Room	22°C
	Corridor	21°C
	Lobby	20°C
	Stairway	19°C
Outdoor	Case 1	5°C
	Case 2	-1°C
	Case 3	-5°C

Table 2. Scenario of Experiment

Scenario	Fire Floor	Status of Natural Smoke Ventilators
Scenario 1	None	All closed
Scenario 2	38F	Upper Story (38F, 39F) Open
Scenario 3	19F	Middle Story (19F, 20F) Open
Scenario 4	1F	Lower Story (1F) Open

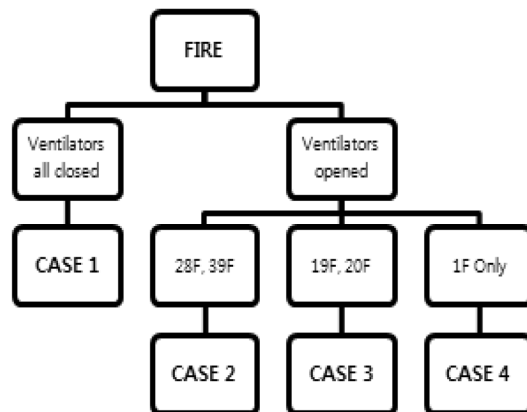


Figure 3. Flow chart for experiment.

Table 3. Specification of Natural Smoke Ventilators

Open Story	Size (m)	Valid Area (m ²)	Quantity (EA)	Total Valid Area (m ²)
38, 39F	1 × 1.3	0.65	8	8.32
	0.3 × 1.3	0.39	8	
19, 20F	1 × 1.3	0.65	8	8.32
	0.3 × 1.3	0.39	8	
1F	0.9 × 2.1	1.89	5	9.45

되어 있으며 이 배연창은 화재 발생 시 화재층 및 직상층을 개방하는 방식으로 구성되어 있다.

연돌효과의 실험은 2008년 12월 빌딩 이용객이 적

은 새벽시간대에 이루어졌으며 실내 및 외기온도조건은 Table 1과 같고 외기풍속은 1m/s 이하로 비교적 안정적일 때 측정하였다.

실험 시 측정시나리오는 Table 2와 같이 배연창의 개방조건에 따라 4개의 시나리오를 가지고 외기온도조건에 따라 각각 계단실, 부속실, 복도에서의 압력을 39층, 29층, 19층, 9층, 1층에서 절대압력계로 측정하였으며 실험계통은 Figure 3과 같다.

여기서 배연창 개방조건은 심야시간대 오피스텔의 특성상 세대 내의 배연창은 개방하지 못하고 화재 층 및 직상 층의 복도 양 끝에 설치된 4개의 배연창과 피난을 가정한 부속실 및 계단실의 문을 개방하여 절대압력을 측정하였으며 하부 층 개방조건에서는 1층이 배연창 설치대상이 아니므로 2개 층의 배연창 개방면적에 상당하는 유효면적의 출입문을 개방하여 절대압력을 측정하였다. 배연창에 대한 세부사항은 Table 3과 같다.

Figure 4는 외기온도조건에 따른 측정시나리오별 계단실과 대기와의 차압을 나타낸 그래프로써 대기온도가 낮아질수록 연돌효과에 의한 차압은 증가하고 중성대는 배연창 개방층 쪽으로 이동하는 압력분포 특성을 볼 수 있다. 여기서 상부층(38층, 39층) 배연창 개방조건에서는 이하 전층의 계단실 압력이 부압(Negative pressure)영역으로 형성되고 하부층(1층) 개방조건에서는 이상 전층의 계단실 압력이 양압(Positive pressure)영역으로 이동되는 것을 확인할 수 있었다.

4. 시뮬레이션 및 데이터 보정

본 장에서는 현장측정에서 나타난 측정한계(외기조건, 배연창개방조건 등)를 시뮬레이션을 통해 분석하기 위해 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology)에서 개발되어 연돌효과 및 연기유동에 관한 많은 연구(Joetal., 2007; Khoukhal., 2006; Jacques, 1996; Lovatt and Wilson, 1994)에 사용되고 검증된 공기유동해석 프로그램인 CONTAMW를 사용하였으며, 본 프로그램 활용에 대한 제반 사항은 해당 매뉴얼을 따르도록 하였다.

모델링의 입력데이터는 현장에서 측정된 데이터(외기, 실내온도조건, 구획 및 규격 등)를 바탕으로 작업하였다. 여기서 출입문의 누설틈새는 국내 연구데이터⁸⁾인 Table 4를 활용하였으며, 외벽기밀도는 ASHRAE 코드⁹⁾를 입력데이터로 사용하였다. 분석결과에서 나타난 현장측정 및 시뮬레이션 결과의 차이는 일률적으로 적용한 외벽의 기밀도에서 기인한 것으로 판단되어 외벽

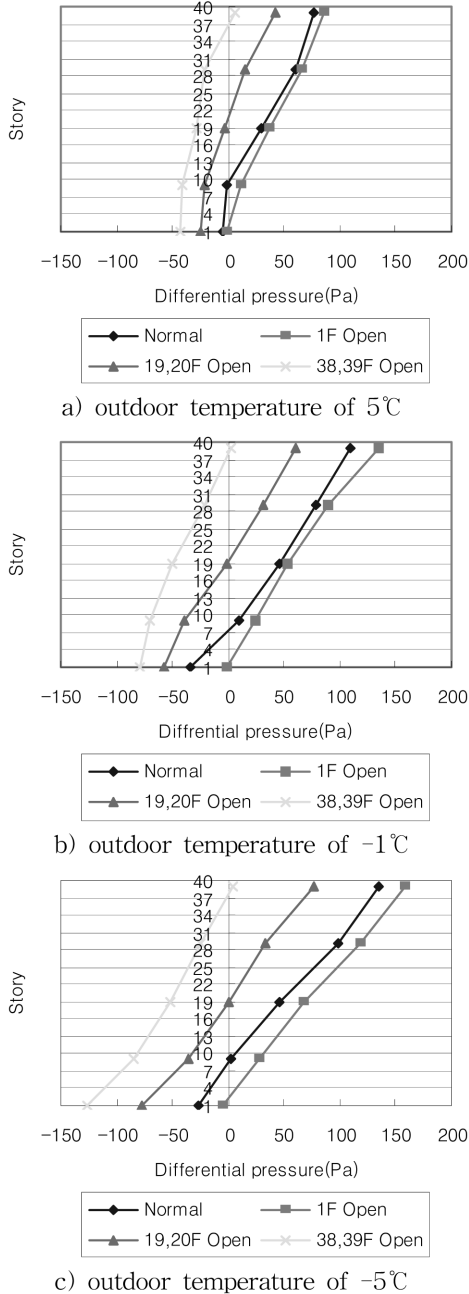


Figure 4. Stack effect with natural smoke ventilators in open mode. (Differential pressure between ambient and stair)

Table 4. Air Leakage Area of the Doors

Type of Door	Leakage Area (m ²)	Condition
Residential Entrance Door	70cm ² /item	$\Delta P = 10\text{Pa}$, $C_D = 0.6$
Stairwell Door	120cm ² /item	$\Delta P = 10\text{Pa}$, $C_D = 0.6$
Elevator Door	323cm ² /item	$\Delta P = 10\text{Pa}$, $C_D = 0.6$

Table 5. Compensated Leakage Areas of Exterior Walls

Tightness	Area Ratio (A/A _w)	Condition
Tight	0.5×10^{-4}	$\Delta P = 75\text{Pa}$, $C_D = 0.65$
Average	0.17×10^{-3}	
Loose	0.35×10^{-3}	
Compensated	0.12×10^{-3}	

의 기밀도를 보정한 보정기밀도를 적용하여 시뮬레이션 예측결과의 신뢰도를 높일 수 있었다.

Table 5에서는 ASHRAE 코드에서의 외벽기밀도 및 본 연구에서 적용한 보정기밀도를 나타내고 있다.

5. 분석결과

5.1 외기조건이 연돌효과에 미치는 영향

외기온도는 최근 10년간(1996년~2005년)의 기상데이터를 바탕으로 작성한 표준기상데이터의 겨울철(12월~2월) 서울지역 TAC(Technical Advisory Committee) 2.5%인 -11.1°C를 적용하였으며 외기풍속은 한국기후표에 의한 서울지역 평균풍속 2.4m/s와 최대풍속 16.7m/s로 구분하여 적용하였다. 여기서 외기풍속은 건물의

Table 6. Terrain Coefficient and Exponent

Terrain Type	Coefficient (A ₀)	Exponent (a)
Urban	0.35	0.40
Suburban	0.60	0.28
Airport	1.00	0.15

Table 7. Wind Pressure Coefficient (C_w)

Plan	A	B	C	D
C				
Wind ⇒ A □ B	0.8	-0.25	-0.8	-0.8
D				

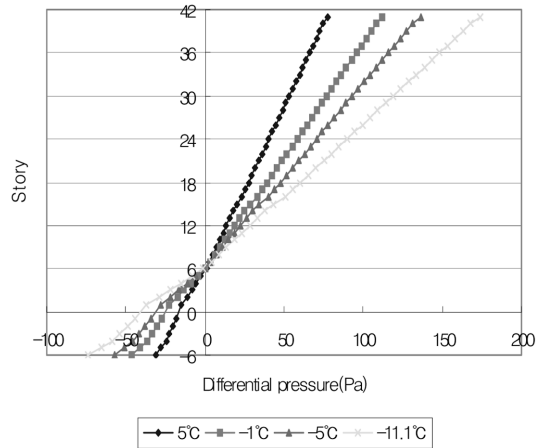


Figure 5. Stack effect in the stairway with different outdoor temperatures.

지형에 따라 Table 6과 같이 입력되는 지형계수와 바람지수가 달라지는데 본 모델링에서는 서울도심에 있는 건물로서 Urban을 적용하였다.

건물의 외벽에 작용하는 풍압계수로는 Table 7과 같이 벽면 전체를 평균압력값으로 산출한 평균풍압계수인 MacDonald 계수를 적용하였다. 여기서 바람을 받는 위치에 면한 벽의 풍압계수를 A, 바람이 불어오는 반대편에 면한 벽의 풍압계수를 B, 기타 측면에 면한 벽의 풍압계수는 C, D라고 한다.

Figure 5는 정상조건에서 외기온도가 연돌효과에 미치는 영향을 나타낸 그래프이다. 연돌효과에 의한 차압은 외기온도 5°C에서 109Pa, -1°C에서 159Pa, -5°C에서 193Pa, -11.1°C에서 248Pa로 TAC 2.5%인 -11.1°C에서는 5°C에 비해 차압이 3.3배나 크게 발생하는 것을 볼 수 있다. 또한, 형성되는 중성대의 위치는 외기온도 5°C의 경우 계단실 수직샤프트 높이의 28.1%, -1°C 28.7%, -5°C 28.9%, -11.1°C 29.3%로 5°C에 비해 -11.1°C에서 1.2% 상승하는데 그쳤다.

이같이 낮게 형성되는 중성대는 최근 건립이 급증하고 있는 주상복합건물의 공통된 문제점으로 저층부에는 화재의 위험성이 상대적으로 높은 판매시설이나 위락시설이, 중·상층부에는 주거시설이 배치되어 판매시설이나 위락시설에서의 화재발생 시 중성대 이상층인 주거시설 전체가 연기로 오염될 수 있으며 연돌효과에 의한 차압이 상·하부 층으로 분산되지 아니하고 상부 층에 집중되어 출입문 개방장애 등 피난장애를 가져올 수 있음을 알 수 있다.

Figure 6에서는 정상조건에서 외기온도 조건별 외기

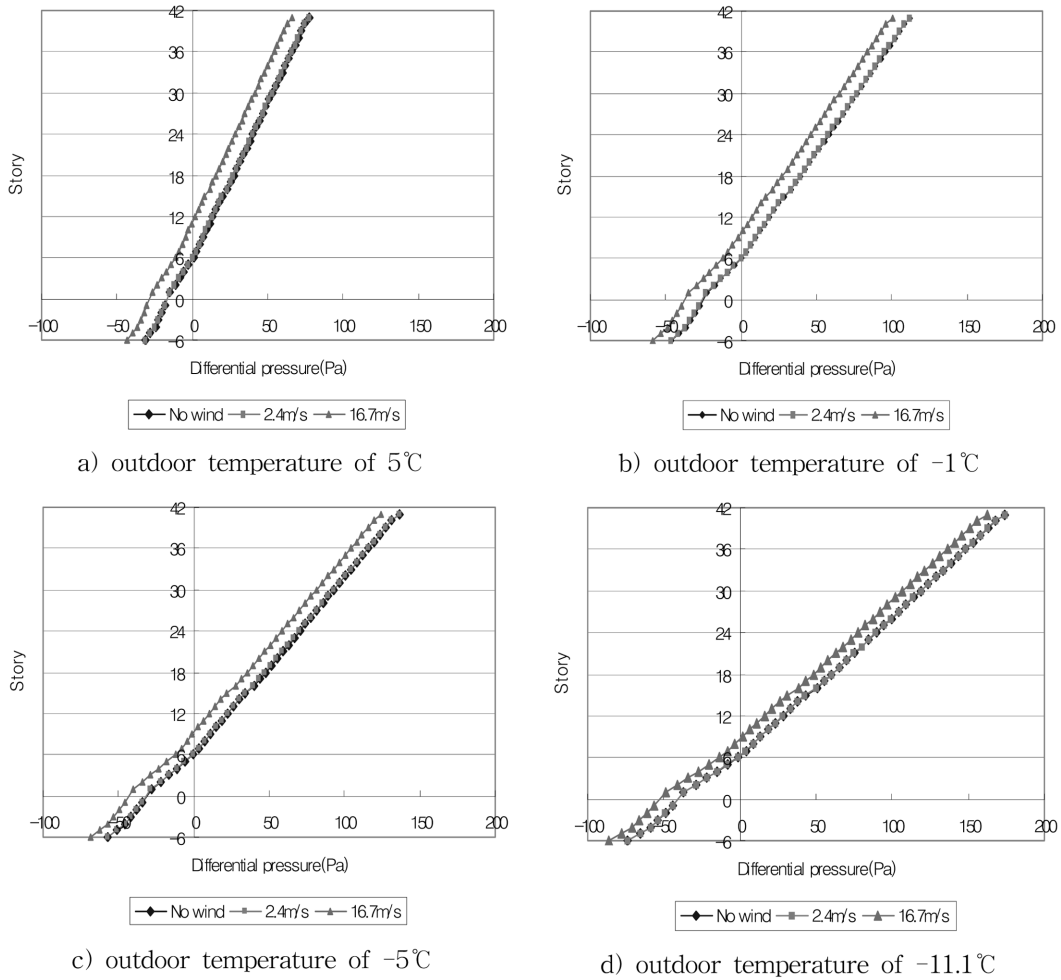


Figure 6. Stack effect with various wind velocities in outdoor temperature.

풍속이 연돌효과에 미치는 영향을 나타낸 그래프로서, 외기풍속은 연돌효과의 차압에는 영향이 없고 중성대의 위치형성에 영향이 있음을 알 수 있었다. 외기 풍속이 중성대의 위치형성에 미치는 영향을 살펴보면 비교적 바람이 약한 평균풍속(2.4m/s)에서는 중성대의 상승폭이 적었으나 최대풍속(16.7m/s)에서는 상승폭이 크게 발생하였다. 먼저, 5°C의 경우 무풍에서 중성대가 계단실 수직샤프트 높이의 28.1%에 형성되었으나 평균풍속에서는 28.4%, 최대풍속에서는 38.8%로 증가하였으며, -1°C의 경우 무풍에서 28.7%, 평균풍속에서 28.8%, 최대풍속에서 36.0%, -5°C의 경우 무풍에서 28.9%, 평균풍속에서 29.1%, 최대풍속에서 35.0%, -11.1°C의 경우 무풍에서 29.3%, 평균풍속에서 29.3%, 최대풍속에서 34.0%로 증가하는 것을 볼 수 있다.

이렇게 최대풍속에서 중성대의 상승폭이 큰 이유는 외벽의 기밀도가 기밀하여 낮은 외기풍속에서는 외기가 유입되지 않고 강한 외기풍속에서 외기가 유입되어 중성대가 상승하는 것으로 판단된다. 이러한 외기의 유입은 단순한 중성대의 상승뿐만 아니라 건물내부의 압력분포에도 영향을 미쳐 수평 및 수직적인 기류흐름을 형성하므로 고층화에 따른 외기풍속을 고려한 외벽의 기밀도 확보가 필요하다고 판단된다.

5.2 배연창 개방이 연돌효과에 미치는 영향

배연창 개방방식은 비상방송설비와 연동하여 화재층 및 직상층을 동시에 개방하는 2개층 개방방식과 화재층만을 개방하는 1개층 개방방식이 일반적으로 사용되고 있다. 현재 국내 관계법규에는 배연창 개방방식

에 대한 명확한 규정이 없으므로 설계자의 의도나 현 장여건에 따라 시공방식이 결정되고 있다.

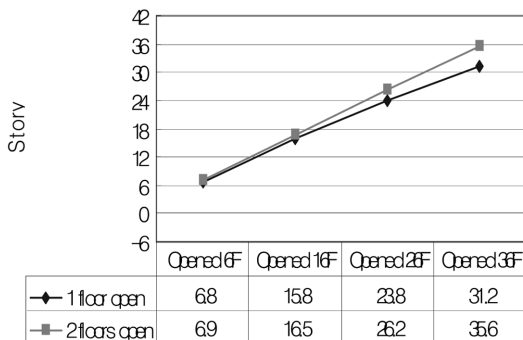
본 연구에서의 배연창 개방방식은 측정건물과 같은 방식인 2개층 개방방식과 화재층만을 개방하는 1개층 개방방식으로 구분하여 분석하였으며 배연창 개방층에 서는 재실자의 피난을 가정하여 세대의 출입문은 간헐

적으로 개방되고 부속실과 계단실의 출입문은 상시 개 방되는 조건으로 모델링을 하였다.

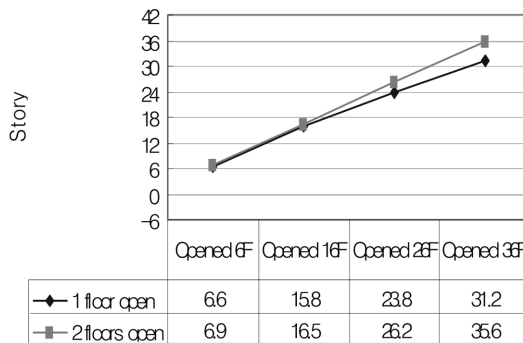
Figure 7은 TAC 2.5%(-11.1°C) 조건에서 배연창 개 방방식에 따라 계단실에서 형성되는 중성대의 위치를 층수로 나타낸 그래프로서 모든 외기 풍속조건에서 1 개층 개방방식이 2개층 개방방식보다 중성대가 낮게 형성되는 것을 볼 수 있다.

배연창 개방시 중성대의 위치는 배연창의 배연성능 에 많은 영향을 미치는데 배연창 개방층보다 하부에 중성대가 형성될 때 연돌효과에 의한 배연성능을 기대 할 수 있다.

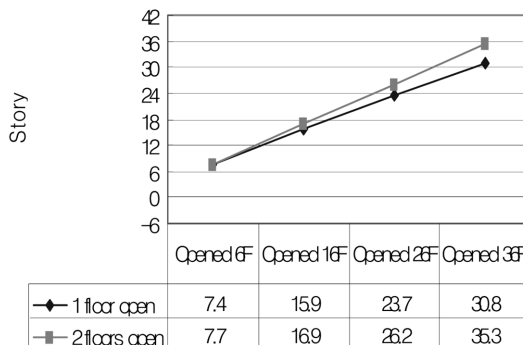
그러므로 배연창의 배연효용성을 높이기 위해서는 2 개층 개방방식보다 1개층 개방방식의 적용이 필요하 다고 판단되며 이러한 중성대의 이동은 배연창의 개구면 적과 관련되므로 확실적인 배연창의 면적 산정보다 가 연물의 종류나 양을 고려한 건물의 용도에 맞는 배연 창 의 개구면적의 산정기준을 마련하는 것이 필요하 다고 판단된다.



a) no wind



b) wind velocity of 2.4 m/s



c) wind velocity of 16.7 m/s

Figure 7. Neutral plane with various opening mode of natural smoke ventilators. (T=-11.1°C)

5.3 배연창의 배연성능 평가

배연창의 배연성능은 건물 내부에서 발생하는 연돌 효과와 건물 외부에서 작용하는 외기풍속에 영향을 가 장 크게 받는다.

연돌효과는 건물의 내·외부 온도차와 높이에 따라 결정되는 차압과 외벽의 기밀도나 개구조건에 따라 형 성되는 중성대의 위치로 나타나는데 건물 내에서 수직 및 수평적인 압력분포를 형성하게 된다. 이러한 압력 분포는 배연창이 개방될 경우 개방층의 개구면적 증대 로 중성대의 위치이동 및 압력분포의 변화를 가져오고 개방된 배연창으로 작용하는 외기풍속의 풍압이 새로 운 압력분포를 형성하게 되는데 이러한 변수들의 상관 관계에 따라 배연창의 배연성능이 결정된다.

본 연구에서의 배연창 배연성능 평가는 개방된 배연 창에서의 질량유량(Mass flow rate, kg/s)의 유동으로 분석하였는데 질량유량이 (+)는 외기가 실내로 유입되 고 (-)는 실내공기가 대기로 배출되는데 이러한 공기 의 유동은 화재발생 시 연기의 거동과 같아서 (+)는 외 기가 실내 로 유입되어 배연성능을 기대 할 수 없고 (-)는 실내공기가 대기로 배출되어 배연성능이 있다고 분석하였다.

Figure 8은 측정건물의 보정기밀도를 적용한 보정모 델을 이용하여 외기온도 TAC 2.5%(-11.1°C) 조건에서 외기풍속이 무풍, 평균풍속(2.4m/s), 최대풍속(16.7m/s) 일 때 배연창에서의 질량유량을 나타낸 그래프이다. 배 연창 개방 방식은 측정건물과 동일하게 화재층 및 직

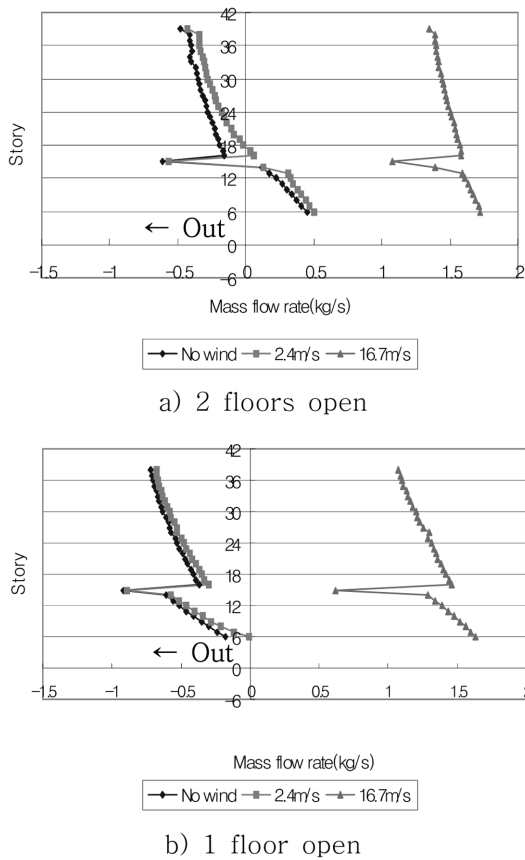


Figure 8. Mass flow rates with natural smoke ventilators open. (T = -11.1°C)

상층의 배연창을 동시에 개방하는 2개층 개방방식과 화재층 배연창만을 단독으로 개방하는 1개층 개방방식으로 구분하여 적용하였으며 배연창 개방과 함께 거주자의 피난을 가정한 세대의 출입문은 간헐적으로 개방되고 계단실과 부속실의 출입문은 상시 개방되는 조건으로 모델링 하였다.

분석데이터는 배연창이 설치된 6층부터 39층까지 매 층마다 개별적으로 화재조건을 지정하였을 때 개방된 배연창을 통해 유동되는 질량유량을 나타낸 것으로 화재층의 배연창 중 외기풍속의 영향을 가장 크게 받는 풍향방향에 위치한 배연창에서 유입/유출되는 질량유량을 분석에 사용하였다.

분석결과, 2개층 개방방식보다 1개층 개방방식에서 유입되는 질량유량은 20% 정도 감소하였고 유출되는 질량유량은 100% 정도 증가하여 배연범위 뿐만 아니라 배연능력 또한 1개층 개방방식이 우수한 것으로 판

Table 8. Performance Range of Smoke Control with the Natural Smoke Ventilators in Open Mode. (Classified by Wind Velocity)

Open Mode	No Wind	V = 2.4m/s	V = 16.7m/s
1 Floor Open	Over 15F (46%)	Over 18F (51%)	None
2 Floors Open	Over 3F (21%)	Over 6F (29%)	None

단된다. 그러므로 측정건물에 현재 적용 중인 2개층 배연창 개방방식은 평균풍속을 고려할 경우 계단실 수직 샤프트 높이 53% 정도인 16층 이상층의 배연창 개방만이 배연성능을 기대 할 수 있었으나, 1개층 개방방식을 적용할 경우 29% 이상 층인 6층 이상층 전층(6층~39층)의 배연창이 배연성능을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

본 데이터의 분석 중 14층, 15층 화재조건에서 질량유량의 유동폭이 크게 발생하였는데 이는 6층부터 15층까지 건물 중앙을 관통하는 중정(10.8m × 36m)에서의 상승기류가 개방된 배연창으로 유출되면서 발생하는 현상으로 판단되며 본 연구의 정성적인 평가에서는 의미를 부여하지 않았다.

다음으로 배연창 개방방식 및 외기풍속에 따른 배연창의 배연영역을 분석하여 보면 Table 8에서 보는 바와 같이 2개층 개방방식은 무풍조건에서 계단실의 수직 샤프트 높이 46% 이상층인 15층 이상층에서, 평균풍속 조건에서는 51% 이상층인 18층 이상층에서 배연성능을 발휘하였으나 최대풍속 조건에서는 전층에 걸쳐 배연성능을 기대할 수 없었다.

1개층 개방방식에서는 무풍조건에서 계단실의 수직 샤프트 높이 21% 이상층인 3층 이상층에서, 평균풍속 조건에서는 29% 이상층인 6층 이상층에서 배연성능을 발휘하였는데 본 측정건물은 6층 이상층부터 배연창이 설치되어 있으므로 전층에 걸쳐 배연성능을 발휘하였으며 최대풍속 조건에서는 2개층 개방방식과 동일하게 외기의 유입으로 배연성능이 없는 것으로 분석되었다.

6. 결 론

본 연구에서는 현장실험을 통한 분석결과를 토대로 연기유동 해석프로그램인 미국 NIST사의 CONTAMW를 이용하여 모델링결과 및 실험결과와의 비교분석을 통한 보정기밀도를 적용하여 이상적인 대상건물을 구현하고 배연창의 배연성능을 평가하였다.

(1) 배연창의 개방방식에 따른 배연성능을 분석하여

보면 화재층 및 직상층을 개방하는 2개층 개방방식보다 화재층만을 단독으로 개방하는 1개층 개방방식이 배연성능이 우수한 것으로 분석되었다. 배연창의 배연범위는 평균풍속조건에서 2개층 개방방식은 계단실의 수직샤프트 높이 51% 이상층에서 배연성능을 보였으나 1개층 개방방식은 29% 이상층에서 배연성능을 보였으며, 배연능력은 2개층 개방방식보다 1개층 개방방식에서 유입되는 질량유량은 20% 정도 감소하였고 유출되는 질량유량은 100% 정도 증가하여 배연범위 뿐만 아니라 배연능력 모두 우수한 것으로 나타났는데, 이는 배연창의 개방이 많을수록 외벽의 기밀도가 낮아져 중성대가 개방층 가까이로 이동되고 배출되는 질량유량이 분산되어 배연성능이 오히려 떨어지는 것으로 분석되었다.

(2) 외기풍속이 배연창의 배연성능에 미치는 영향은 크게 나타났는데 외기풍속이 강할수록 배연창의 배연성능이 떨어지는 것으로 분석되었다. 1개층 개방방식에서 무풍조건에서는 계단실의 수직샤프트 높이 21% 이상층인 3층 이상층에서, 평균풍속 조건에서는 29% 이상층인 6층 이상층에서 배연성능을 발휘하였는데 본 대상건물은 6층 이상층부터 배연창이 설치되어 있으므로 전층에 걸쳐 배연성능을 발휘하였으며 최대풍속 조건에서는 전층에서 외기가 유입되어 배연성능이 없는 것으로 분석되었다.

참고문헌

1. G.T. Tamura and A.G. Wilson, "Pressure Differences

- Caused by Chimney Effect in the Tall Buildings", ASHRAE, Vol.73, Part2(1967b).
2. R.T. Tamblin, "Coping with Air Pressure Problems in Tall Buildings", ASHRAE, Vol.97, Part1, pp.824-837(1991).
3. J.H. Klotz, "Design of Smoke Control System for Elevator Fire Evacuation Including Wind Effects", Proceedings, 2nd symposium, ASME, pp.59-77 (1995).
4. 김진수, "초고층 건물에 나타나는 연돌효과", 한국화재소방학회지, Vol.1, No.1, pp.14-20(2007).
5. 김정엽, "연돌효과가 급기압 제연시스템에 미치는 영향에 대한 현장실험", 한국화재소방학회 논문지, Vol.22, No.3, pp.194-200(2007).
6. 임채현, 김범규, 여용주, 박용환, "배연창 및 외기풍속이 초고층건축물의 연돌효과에 미치는 영향", 한국화재소방학회 논문지, Vol.22, No.4, pp.20-26(2008).
7. 임채현, 김범규, 박용환, "초고층주상복합건물에서 배연창 개방이 연돌효과에 미치는 영향에 대한 실험적 연구", 한국방재학회논문집, Vol.9, No.3, pp.89-94 (2009).
8. 조재훈, "고층 주거건축물에서 연돌효과로 인한 압력 분포 예측 및 평가", 서울대학교 대학원 박사학위논문(2005).
9. ASHRAE, "ASHRAE Handbook Fundamentals Ch.26 Ventilation and Infiltration", American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc.(2001).