



동절기 고층건물에서 연돌효과로 인해 발생하는 엘리베이터문을 통한 기류 유입 및 외피를 통한 침기 저감을 위한 공조가압방안의 적용

Application of HVAC Pressurization Measures to Reduce Airflow through Elevator Doors and Infiltration through Envelopes due to Stack Effect in High-Rise Buildings in Winter

박지수* · 유정연** · 배상환***

Jisoo Park* · Jungyeon Yu** · Sanghwan Bae***

* Main author, Manager, Dept. of Technical Business 2, SUN&LIGHT, South Korea (jisoo.716@hanmail.net)

** Corresponding author, Postdoctoral Researcher, IAQRC, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, South Korea (starry1005@kict.re.kr)

*** Coauthor, Senior Researcher, IAQRC, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, South Korea (sanghwan@kict.re.kr)

ABSTRACT

Purpose: This study aimed to investigate optimization of mechanical pressurization using HVAC system to reduce airflow outflow of elevator doors and infiltration through envelopes due to stack effect in high-rise buildings in winter. **Method:** For this study, air leakage rate into office room through elevator door and building envelope in a high-rise office building were calculated through simulations in several pressurized and de-pressurized conditions. With a network simulation model(CONTAM 3.1), the effect of pressurization/de-pressurization positions was evaluated. As results of simulations, the pressurization method with differential pressurized air volume from the top floor to the final pressurized floor was concluded as the best solution to reduce the pressure difference across the elevator doors. **Result:** As a result of applying the differential pressurization method for each floor, the amount of inflow of indoor air flow through the elevator door before and after pressurization was reduced by 77% and the amount of infiltration through the skin by 92% under the design outdoor air condition in winter. However, it was found that the amount of additional outdoor air introduced through the air conditioner increased by 39% compared to the previous one, resulting in an increase in the cost of air conditioning heating energy.

© 2021. KIEAE all rights reserved.

KEYWORD

고층 사무소 건물
연돌효과
가압
감압
공조시스템

High-rise Office Building
Stack Effect
Pressurization
De-pressurization
HVAC System

ACCEPTANCE INFO

Received Dec. 4, 2020
Final revision received Dec. 15, 2021
Accepted Dec. 20, 2021

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

우리나라는 동절기 주풍향인 북서풍으로 인해 중국발 대기오염 물질의 영향을 받아 다른 나라보다 미세먼지농도가 매우 높게 나타나고 있다[1]. 외기온이 낮아지고, 건물의 높이가 높아질수록, 건물 외피의 기밀성능이 낮아질수록 고층건물에서는 발생하는 연돌효과는 증가하게 되어 건물 저층부에서 외피를 통한 침기량을 증가시키고 건물 내 수직 샤프트를 통한 기류 이동량을 증가시키게 되며[2] 건물의 고층부에서는 엘리베이터문 개방시 엘리베이터 문에서 실내로 과도하게 기류가 유입되어 사용자에게 불쾌감을 유발한다. 건물 저층부에서 외피를 통한 침기는 외피의 결로 및 곰팡이 발생, 침기로 인한 저층부 재실자의 불쾌감을 유발하는 문제가 있다.

이에, 본 연구에서는 동절기 고층건물에서 연돌효과로 인한 외피를 통한 침기 및 E/V문을 통한 과도한 실내 기류 유입을 저감시키기 위하여 공조시스템을 이용한 가압방안을 적용하고자 하였다. 이를 위하여 다양한 가압방안 적용시 건물외피 및 엘리베이터 문을 통해 이동하는 기류 유동량의 변화를 분석하였다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 동계 연돌효과 발생시 저층부의 침기 및 고층부 엘리베이터 문을 통한 기류 유출량을 저감시키기 위한 공조가압방안의 도출을 목적으로 고층건물에서 수평적으로 업무공간, 엘리베이터 (Elevator, E/V) 로비 및 E/V 샤프트 등 가압부위에 따른 기류 유동량 분석, 수직적 가/감압 조닝에 따른 기류 유동량 분석, 그리고 층별 동일/차등풍량 가압 등 가압량 변화에 따른 기류유동량 변화를 해석하였다.

2. 공조시스템 이용 연돌효과 제어 관련 이론

2.1. 선행연구 고찰

1) 연돌효과의 문제점

고층 건축물에서 연돌효과로 인한 문제점으로는 코어부분 출입문 개폐의 어려움, E/V 문의 오작동과 E/V 카의 흔들림으로 인한 불안감, 침기와 누기에 따른 소음, 결로, 건물 화재시 화재의 확산과 방화구획의 파괴, 강한 외기에 의한 불쾌감, 지하층 배기가스 및 냄새의 확산 등이 있으며 또한 에너지 손실량 증가에도 영향을 미치게 되어 종합적인 건물성능 및 실내 쾌적성의 저하를 초래한다[3].

2) 연돌효과 저감방안 관련 기존연구

연돌효과를 저감하기 위한 가장 효과적인 방안은 건물 외피의 기밀 성능을 높이고 내부를 다중구획하는 것이다[4]. 그러나 초고층 사무소 건물은 대부분 개방된 평면을 갖고 있어 다중구획을 적용하는 것이 쉽지 않다. 이에 Tamblin(1993)은 실측결과를 통해 초고층 사무소 건물에서 공조시스템을 이용 실내를 가압하여 연돌효과를 저감하는 방안을 제안하였고, 고층부에서는 배기 풍량을 줄여 실내를 가압하고 저층부에서는 배기풍량을 늘려 감압하여, E/V 문에 작용하는 차압이 전체적으로 감소하였다[5]. 그러나 실내 감압시 외피에서 침기가 증가하게 되므로 감압 방안은 현장적용에 한계가 있고, 가압부위 및 가압방법에 따라 층별로 작용하는 차압에 차이가 발생하게 된다.

Tamblin(1993)은 로비층 주출입문에 차압을 줄이기 위해 환기시스템을 조절할 경우 전반적인 E/V 샤프트의 차압이 증가한다고 나타내었고 Donald (2004)는 동절기에는 공조시스템 운영시 최소 5%이상 가압을 해야한다고 밝히고 있다[5][6]. Kim(2014) 및 Cho(2015)는 사례연구를 통해 고층존에서 층별 동일 풍량 가압으로 고층용 E/V 문의 차압을 저감시켜 연돌효과로 인한 오작동 및 소음문제를 해결하였다[7][8]. YU(2017) 및 YU(2021)는 공조가압을 방안 적용시 전층 가압보다 상부층을 가압하는 것이 효과적임을 밝혔으며[9][10], 박지수(2015)는 연돌효과로 인해 E/V 문에 발생하는 과도한 차압문제를 해결하기위하여 층별 차등가압방안을 제안하였고 시뮬레이션을 통해 다양한 가·감압 방안에 대한 평가를 수행하였다[11]. 제안된 연돌현상 제어기준은 ASHRAE 보고서에서 E/V 문의 오작동 및 소음 등의 문제가 발생하지 않는 E/V 문의 권고차압기준인 25Pa이었다[12].

2.2. 연돌현상 제어를 위한 차등가압방안 개요

기존 연구들은 주로 초고층 건물에서 E/V문의 오작동을 해결하

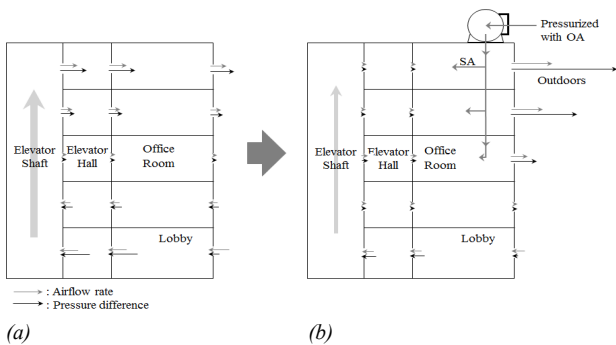


Fig. 1. Distribution of Pressure Differences caused by Stack Effect (a: Base case, b: Pressurization at High-rise Zone)

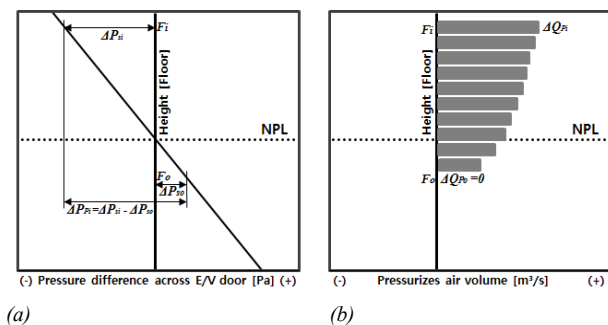


Fig. 2. Pressure Differences (a) & Pressurized Air Volume (b)

기 위한 연구에 집중되어 있고 저층부에서 외피를 통해 유입되는 침기 및 고층부 E/V 문을 통해 실내로 유출되는 기류로 인한 문제를 해결하기 위한 연구는 부족하다. 이에 본 연구에서는 이를 해결하기 위하여 박지수 (2015)에서 검토한 다양한 가·감압 조건 및 층별 차등 가압방안에 대하여 각각의 조건별 외피 및 E/V 문을 통한 기류 유동량을 평가하였다[11]. 제안된 층별 차등가압방안에서 가압전·후 차압 및 기류분포 개념도는 Fig. 1.과 같고, Fig. 2.는 각층별로 E/V문의 차압을 기준으로 산출된 가압량 분포로 층별 가압량은 (Eq. 1~3)를 통해 산출되었다[11].

$$Q_s = C_D A \sqrt{2 \frac{\Delta P_s}{\rho}} \tag{Eq. 1}$$

$$Q_{Pi} = K_P \sqrt{\Delta P_{Pi}} \tag{Eq. 2}$$

$$\Delta P_{Pi} = \Delta P_{si} - \Delta P_{so} \tag{Eq. 3}$$

여기에서, Q_s 는 연돌효과로 인한 유동풍량 [m^3/s], ρ 는 공기밀도, C_D 는 무차원 유동계수 0.65, A 는 개구부면적 [m^2], ΔP_s 는 연돌효과로 인한 차압 [Pa], Q_{Pi} 는 i 층 가압풍량 [m^3/s], K_P 는 가압상수, ΔP_{Pi} 는 i 층의 가압을 위한 차압 [Pa], ΔP_{si} 는 i 층 E/V문 차압 [Pa], ΔP_{so} 는 0층 E/V문 차압 [Pa]을 나타낸다.

3. 연돌현상 제어 평가방법 및 해석조건

3.1. 평가모델 개요 및 평가방법

평가대상 건물 모델 및 각 Case 별 설정조건은 박지수(2015) 논문에서 적용된 모델과 동일하게 가·감압 조건을 구현하였다[11]. 평가대상 건물 모델은 60층 규모의 초고층 사무소 건축물로 Fig. 3.과 같이 업무공간인 사무실, E/V 홀 및 E/V 샤프트로 모델을 단순화하여, 다양한 조건의 가압·감압 방식을 적용하였을 때의 건물의 외피를 통한 침기량과 E/V 샤프트에서 E/V 문을 통해 사무실로 유입되는 기류량을 산출하여 비교·분석하였다. 이를 통해, 최종적으로 외피를

Table 1. Simulation Conditions for Pressurization/De-pressurization

Location	Air Leakage data	References
Building Envelope	EqL _{A75} 2.1cm ² /m ²	[4]
Revolving Door	73m ³ /h at 50Pa	[15], [16]
E/V Hall Door	EqL _{A4} 2.1m ² /item (Open)	[4]
Elevator Door	EqL _{A10} 325cm ² /item (Closed)	[16]

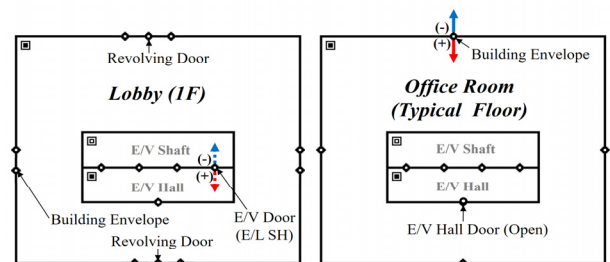


Fig. 3. Simulation Model (The 1st Floor and the Typical Floor)

통한 침기량과 E/V 문을 통해 사무실 내부로 유입되는 기류량을 동시에 최소화 할 수 있는 공조 운영방안을 찾고자 하였다.

각 방안별 평가는 미국 국립표준기술연구소(NIST)에서 개발한 다중층 유동기류 네트워크 해석프로그램인 CONTAM 3.1을 활용하였다[13]. Fig. 3.과 같이 평가대상 모델에 적용된 실내 온도는 22°C, 외기 온도는 -11.9°C(서울지역 설계외기온도, TAC 2.5%)이며[14], 건물의 외피 및 E/V 문의 기밀성능은 박지수 (2015)와 동일하게 Tamura(1994)를 기준으로 적용하였다[4][11]. 여기에서 E/V 홀 출입 문은 평상시 빈번하게 개방되므로 열린 것으로 가정하였다. 평가 모델의 기준층 층고는 4m, 1층의 층고는 8m, 사무실 바닥면적은 1,000㎡, E/V샤프트 및 E/V로비 바닥면적은 모두 100㎡이다[11]. 결과 분석시, E/V 문 및 외피를 통해 실내로 유입되는 기류량을 평가하기 위하여 E/V샤프트에서 E/V 문을 통해 실내로 유입되는 기류를 “+”값으로, E/V 문을 통해 E/V 샤프트로 유출되는 기류를 “-” 값으로 나타내었다. 건물 외피에서도 외부에서 실내로 유입되는 기류를 “+”값으로, 외피를 통해 실내에서 외부로 빠져나가는 기류를 “-”값으로 나타내었다.

3.2. 가·감압 위치 및 풍량별 압력분포 분석조건

평가에 적용된 Case는 Table 2.과 같다[11]. Basecase는 가압 또는 감압을 하지 않는 조건이며 Case1, 2 및 3는 각각 사무실, E/V로비, E/V샤프트를 가압하는 조건으로 건물 전층을 가압한다. Case4는 건물 로비인 1층을 가압하며, Case5는 31~60층 사무실을 가압하고, Case6은 1~30층 사무실을 감압하고, Case7은 31~60층 사무실은 가압하고 1~30층 사무실은 감압한다. 마지막으로 Case8은 31~60층, 26~60층, 19~60층 사무실을 가압하였으며 각층별로 Basecase에서 E/V문에 작용하는 차압을 기준으로 (Eq. 1~3)을 적용하여 가압량을 산출하여 적용하였다. 가·감압시 풍량변화에 따른 압력변화를 파악하기 위하여 층당 가압풍량(Q_{PI}) 및 층당 감압풍량(Q_{DFI})는 사무실 공간의 체적 4,000㎡를 기준으로 환기횟수 1.5회인 6,000CMH, 3회인 12,000CMH를 적용하였다. 단, Case7의 경우 E/V샤프트는 사무공간이나 E/V 로비공간에 비하여 공간부피가 작고 상대적으로 기밀성능이 높으므로 Q_{PI} 를 줄여서 3,000CMH, 6,000CMH로 설정하였다. 층별 차등 가압방안인 Case 8에서는 최상층 60층부터 하부층으로 가압범위를 확대하였으며 최종 가압이 완료된 층(F_o)을 기준으로 결과를 분류하였다. 최종 가압층은 31층, 26층, 19층까지 3가지 조건에 대해 분석하였고, 가압 총량은 3조건

모두 약 385,000CMH로 동일하게 설정하였다. 해당 가압 총량은 최종적으로 차압이 가장 크게 발생하는 1층 E/V문의 차압을 연료효과와 저감 기준인 25Pa 이내로 줄일 수 있는 최소 가압량이다[12].

층별 가압량(Q_{PI})은 (Eq. 2)를 적용하였고, 층별 가압량은 E/V문에 작용하는 차압에 비례하므로 차압이 가장 큰 60층에서 가장 큰 값을 나타내고 가압이 완료되는 층에서 가장 작은 값을 나타낸다. 31층까지 가압하는 경우 60층에서 31층까지 가압량은 13,700~8,600 CMH이며, 19층까지 가압하는 경우 가압량은 60층에서 19층까지 12,000~3,500CMH이다.

4. 결과 분석

4.1. 평가대상 모델에 대한 동절기 압력분포 해석결과

Fig. 4.는 시뮬레이션을 통해 평가대상 건축물인 60층 규모의 고층 사무소 건축 모델에 대하여 공조 가·감압이 없는 Basecase에 조건에서 주요층의 건물의 외피 및 E/V 문을 통해 사무실로 유출입되는 기류를 나타낸다. 여기에서 1층 외피의 기류 유동량은 2개의 회전문 및 외피를 통한 기류량을 모두 합한 값이며 E/V문을 통한 기류 유동량도 층별 4개의 E/V문에 대한 기류량을 모두 합한 값이다.

Fig. 5.는 Base Case에서 외피 및 E/V문을 통한 기류 유동량 분포를 산출한 결과이다. 본 건물은 중성대가 30층에 위치하고 그 이하에서는 외피를 통해 침기가 발생하는 것으로 나타났으며 1층에서 최대값인 9,334CMH이었다. 30층 이상에서는 E/V 문에서 실내로

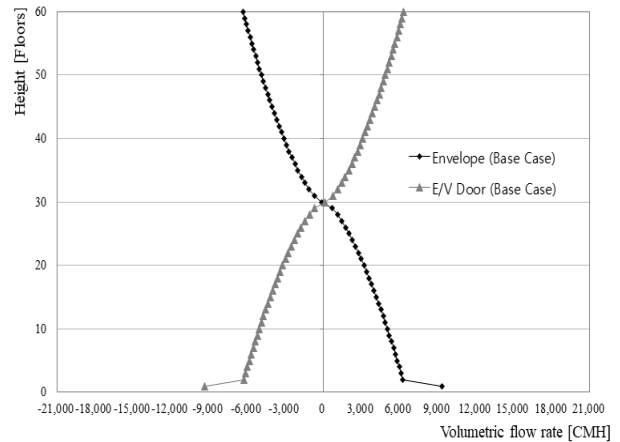


Fig. 4. Distribution of Airflow Rate in Base case

Table 2. Simulation Conditions for Pressurization/De-pressurization

Cases	Location	Floors	Q_{PI}	Q_{DFI}
Base case	None	None	None	None
Case1	Office Room	1-60	6,000, 12,000	None
Case2	E/V Hall	1-60	6,000, 12,000	None
Case3	E/V shaft	1-60	3,000, 6,000	None
Case4	Building lobby	1	6,000, 12,000	None
Case5	Office Room	31-60	6,000, 12,000	None
Case6	Office Room	1-30	None	6,000, 12,000
Case7	Office Room	31-60 1-30	6,000, 12,000 None	None 6,000, 12,000
Case8	Office Room	31-60, 26-60, 19-60	differential air volume per floor	None

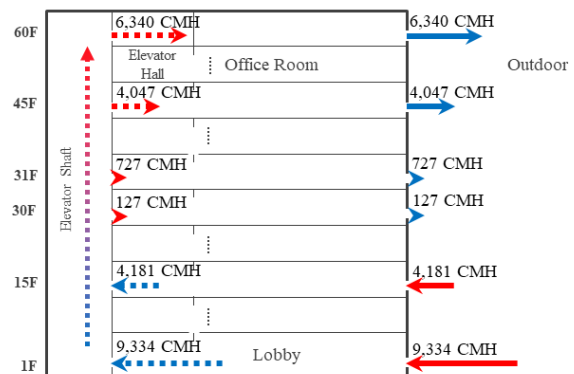
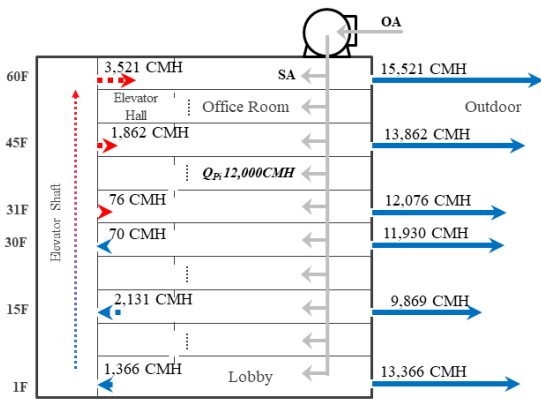
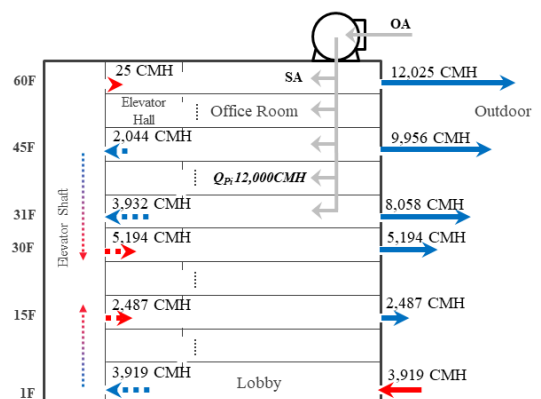


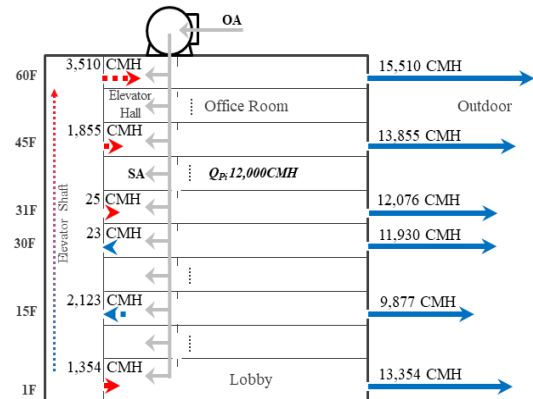
Fig. 5. Airflow Rate of Critical Floors in Base case



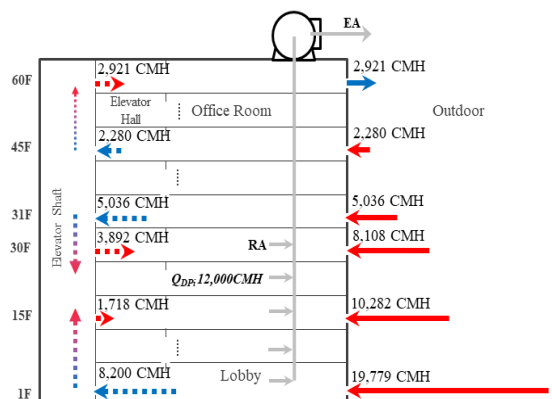
(a) Case1-12,000CMH(Q_{Pi})



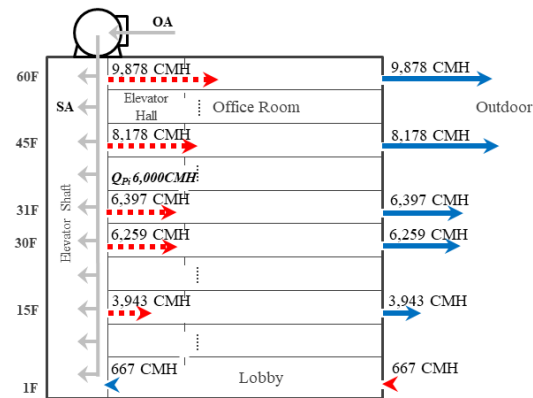
(a) Case5 12,000CMH(Q_{Pi})



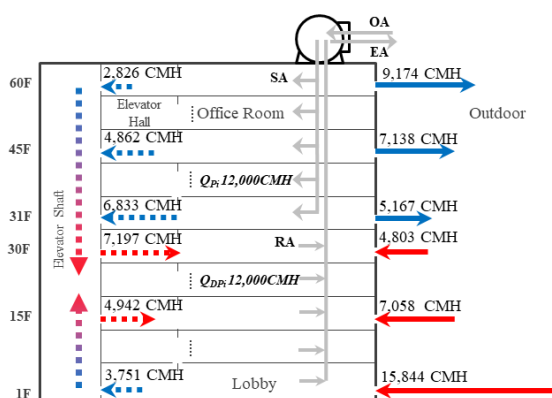
(b) Case2 12,000CMH(Q_{Pi})



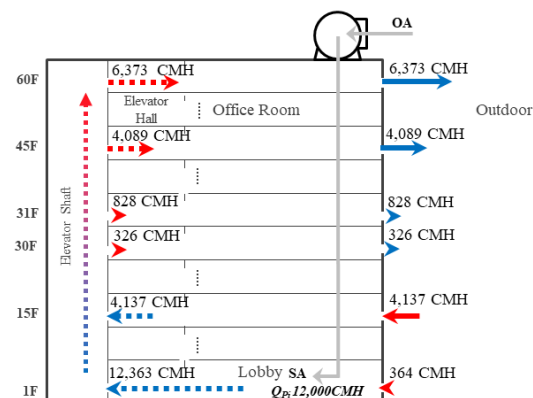
(b) Case6 12,000CMH(Q_{DPi})



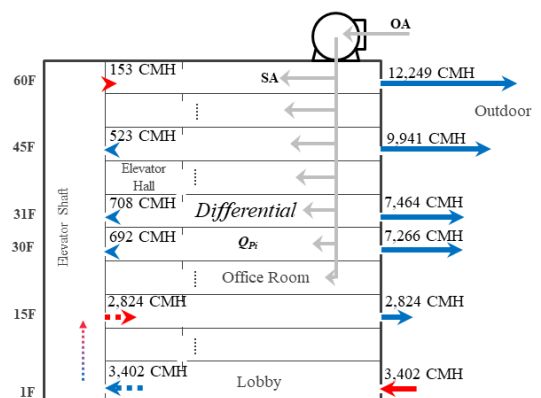
(c) Case3 6,000CMH(Q_{Pi})



(c) Case7 12,000CMH(Q_{Pi} & Q_{DPi})



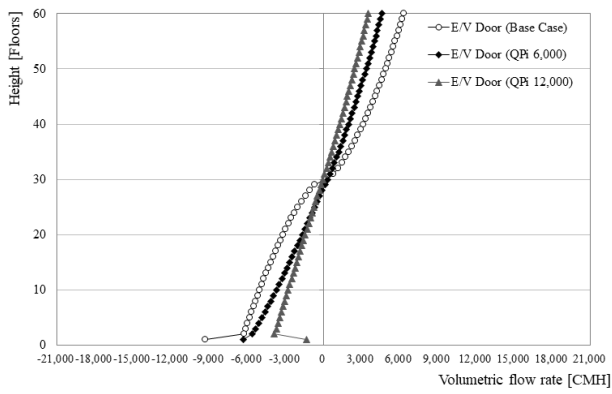
(d) Case4 12,000CMH(Q_{Pi})



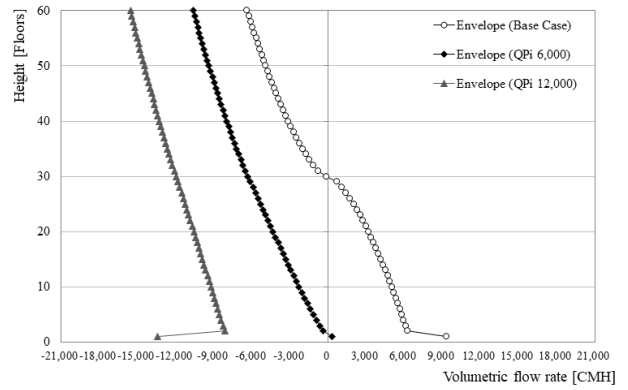
(d) Case8 Differential Q_{Pi} 19-60F

Fig. 6. Airflow Rate of Critical Floors in Case1~4

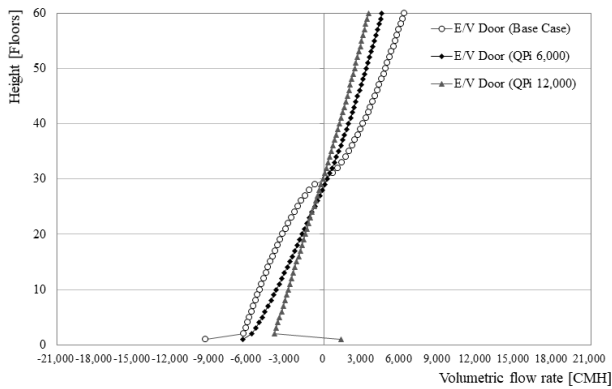
Fig. 7. Airflow Rate of Critical Floors in Case5~8



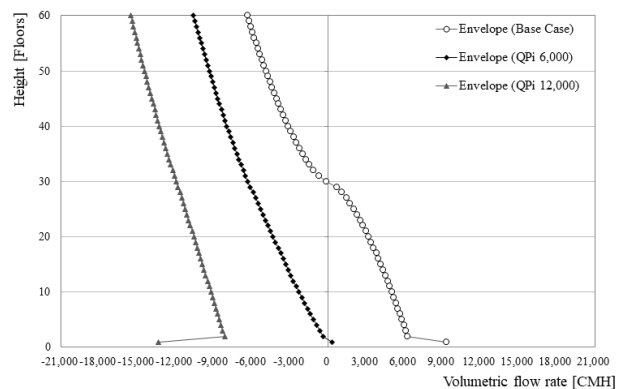
(a.1) E/V Door (Case 1)



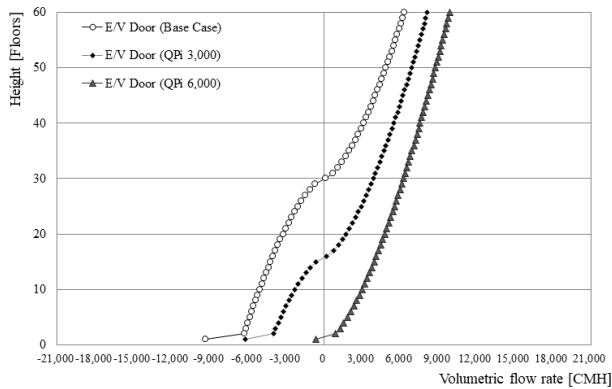
(a.2) Building Envelope (Case 1)



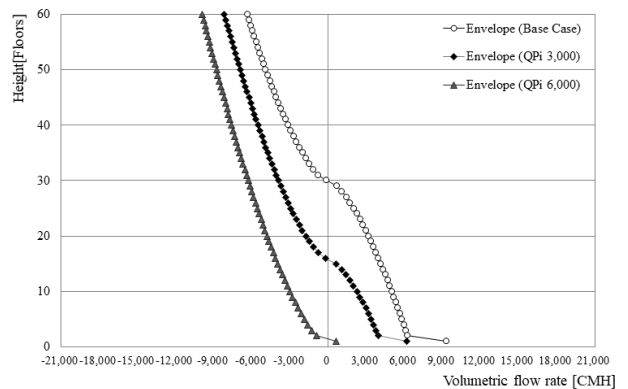
(b.1) E/V Door (Case 2)



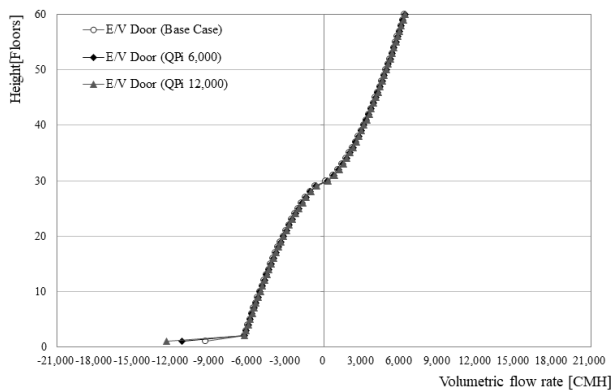
(b.2) Building Envelope (Case 2)



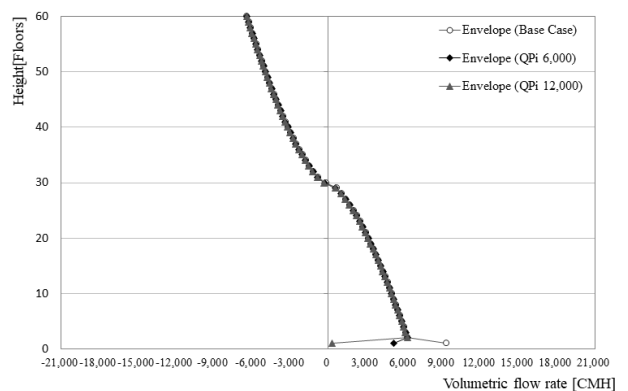
(c.1) E/V Door (Case 3)



(c.2) Building Envelope (Case 3)

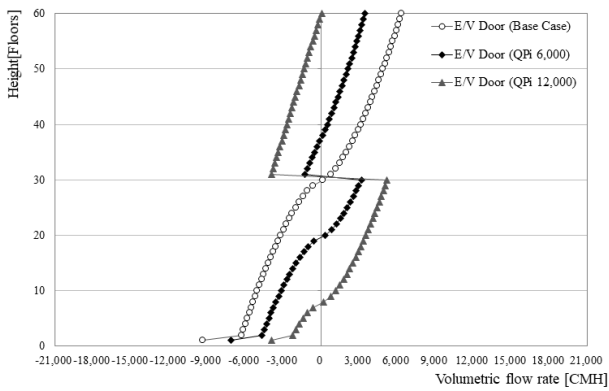


(d.1) E/V Door (Case 4)

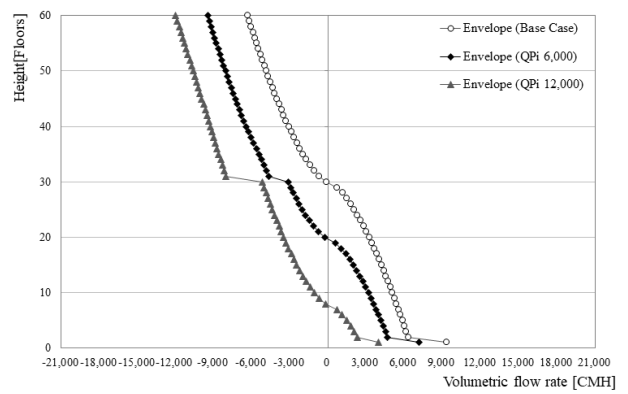


(d.2) Building Envelope (Case 4)

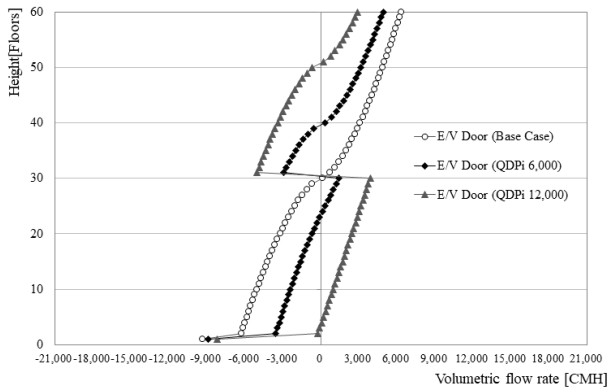
Fig. 8. Distribution of Airflow Rate in Case1~4



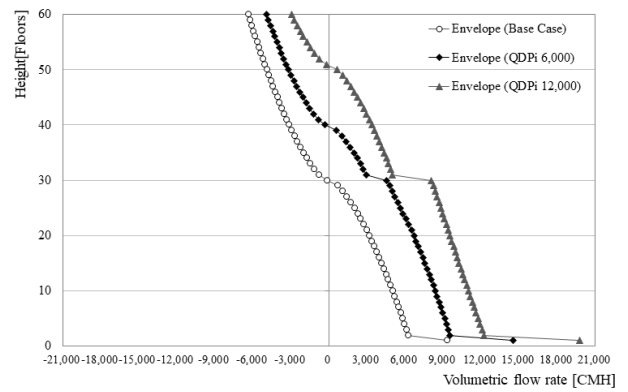
(a.1) E/V Door (Case 5)



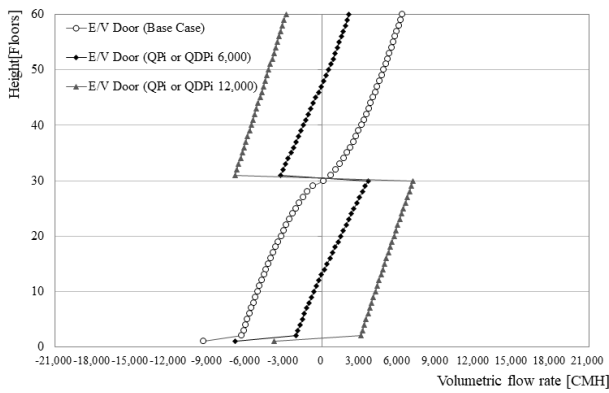
(a.2) Building Envelope (Case 5)



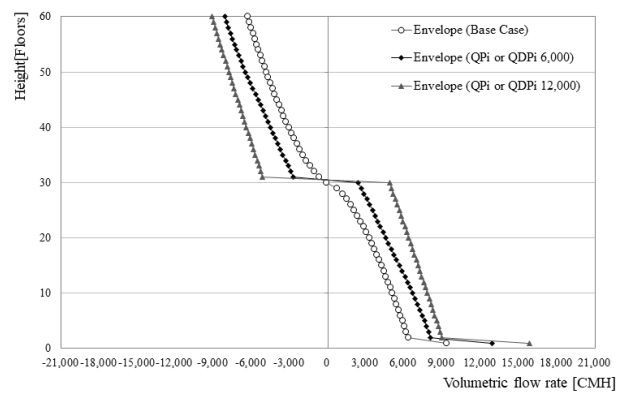
(b.1) E/V Door (Case 6)



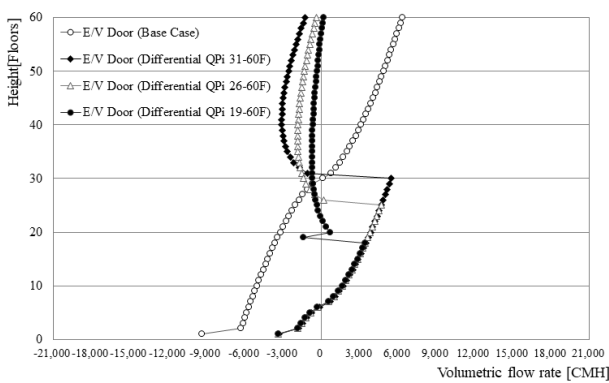
(b.2) Building Envelope (Case 6)



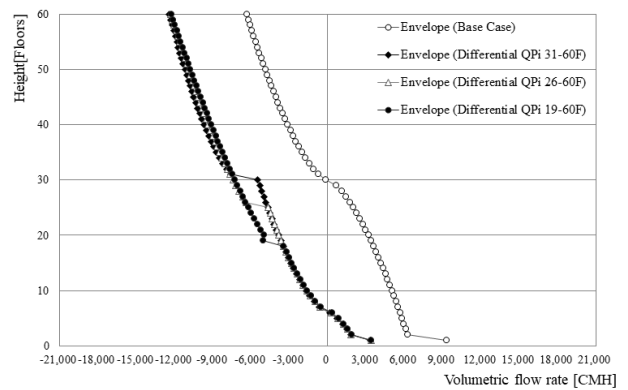
(c.1) E/V Door (Case 7)



(c.2) Building Envelope (Case 7)



(d.1) E/V Door (Case 8)



(d.2) Building Envelope (Case 8)

Fig. 9. Distribution of Airflow Rate in Case5~8

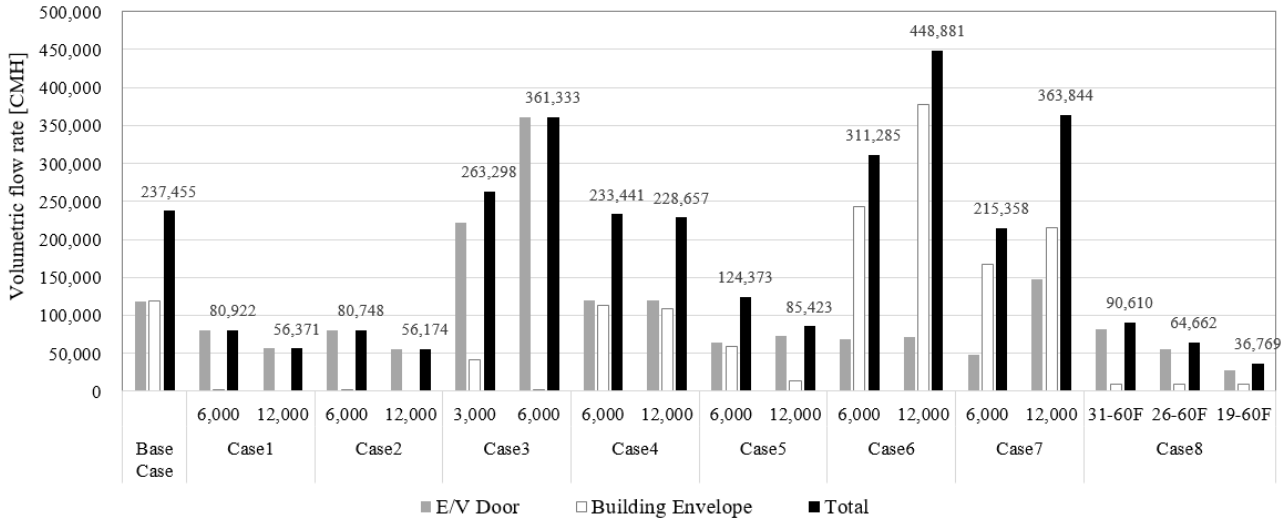


Fig. 10. Infiltration Airflow Rate into Office Room through Building Envelope and E/V Door according to Cases

기류가 유입되었고 60층에서 최대값이 6,341CMH이었다. 이때, E/V로비 출입문은 열린 것으로 가정하여 기류는 모두 실내로 유입 된다. 이때, 외피를 통한 침기 총량은 118,728CMH 이었고 E/V 샤프트를 통해 상승하여 고층부에서 실내로 유입된 기류총량도 118,728CMH로 같았다. 가·감압을 적용하지 않은 Base Case의 경우 중성대는 30층이었으며, E/V문에서는 중성대 이상의 모든 층에서 기류가 실내로 유입되었고 최상층인 60층에서 6,341CMH로 가장 많은 양이 유입되었다. 외피에서는 중성대 이하의 모든 층에서 기류가 실내로 유입되었고 1층에서 9,334CMH로 가장 많은 양이 유입되는 것으로 나타났다.

4.2 가압 및 감압 조건별 압력분포 평가 결과

Fig. 6.은 Case1~4, Fig. 7.은 Case5~8에서 주요층에 대하여 적용된 가·감압조건별 외피 및 E/V문을 통한 기류 유동량 및 기류 방향을 산출한 결과이다.

Fig. 8.은 Case1~4, Fig. 9.은 Case5~8에 대하여 사무실 내부로 유출입되는 기류량을 산출한 결과이다.

건물의 모든 층에서 사무실 내부를 가압하는 Case 1에서는 가압량 증가시 사무실로의 유입량이 줄어 각층을 12,000CMH로 가압하는 조건에서 유입량이 전체적으로 다른 Case보다 작게 나타났다. 이때, 60층 E/V문의 유입량 가장 큰 값으로 3,521CMH를 나타냈다. 건물의 모든 층에서 E/V로비를 가압하는 Case2에는 Case1과 동일한 패턴을 나타냈으며 60층 E/V문에서 최대 유입량인 3,510CMH를 나타냈다. 건물 전체에서 E/V샤프트를 가압하는 Case3에서는 가압량이 커질 수록 E/V문을 통한 유입량은 증가하고 외피를 통한 침기량은 감소하였다. 로비인 1층을 가압하는 Case4에서는 가압량이 증가할 수록 1층 외피의 침기량은 감소하였으나 다른 층에서는 모든 Case에서 Basecase와 거의 유사한 값을 나타냈다.

31~60층을 가압하는 Case5에서는 가압량이 늘어날수록 외피의 침기량은 감소하였으나 E/V문의 유입량이 30층 이하의 층에서 증가하였다. 1~30층을 감압하는 Case6에서는 감압량이 늘어날수록 31층 이상의 E/V문을 통한 유입량은 감소하였으나, 30층 이하의

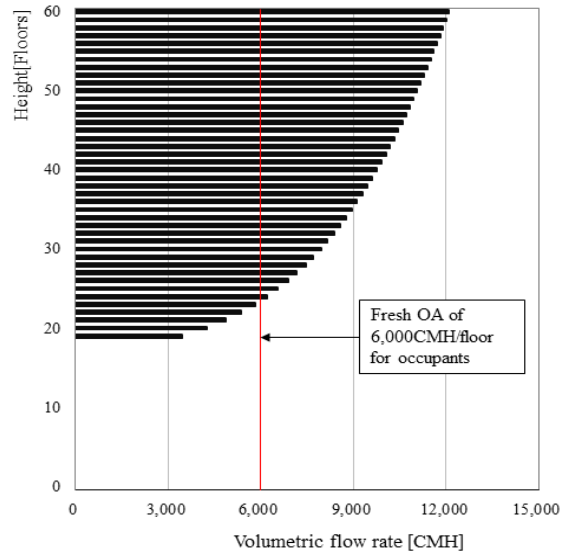


Fig. 11. Pressurized Air Volume (Case8 19-60F)

E/V문 및 전체 건물 외피의 침기량은 증가하였다. 31~60층은 가압하고 1~30층은 감압하는 Case 7에서는 가·감압량 6,000CMH에서 E/V문을 통한 유입량이 전체적으로 감소하였으나 외피의 침기량은 30층 이하에서 증가하였다. 마지막으로, E/V문의 차압에 따라 층별 가압량을 다르게 적용한 Case8에서는 19~60층까지 가압시 E/V문 및 외피의 침기량이 동시에 가장 많이 감소하는 것으로 나타났다.

4.3 가압 및 감압 조건별 사무실 내 유입기류량 평가 결과

최종적으로 각 Case 별로 E/V문 및 외피를 통해 사무실로 유입되는 기류량을 산출하였다. Fig. 10.에서와 같이 사무실 내부의 전체 또는 상부층을 가압하는 Case 1, Case 5 및 Case 8과 사무실과 같은 실내 공간인 E/V 홀을 전층 가압하는 Case 2에서 전반적으로 사무실내로 유입되는 기류량이 낮게 나타나 효과적인 운영 방안인 것으로 평가되었다.

그러나, 사무실 내부가 아닌 E/V 샤프트 내부를 가압하는 Case3의 경우 가압량이 늘어날수록 E/V문을 통해 실내로 유입되는 기류량이 증가하게 되고, 건물의 저층부를 감압하는 Case6 및 Case7은 가압량이 증가할수록 외피를 통한 침기량을 증가시키므로 적절치 않은 방안으로 평가되었다.

모든 Case 중 건물의 중성대 이상층을 각 층 E/V문에 작용하는 차압을 고려하여 가압하는 층별 차등가압방안인 Case8이 E/V문 및 외피의 침기량을 효과적으로 감소시키는 것으로 평가되었으며 건물 높이의 30%의 지점인 19층에서 가압을 시작하여 60층까지 가압하는 경우가 가장 침기량이 작게 나타났다. Basecase에서 E/V문을 통한 유입량은 118,728CMH, 외피의 침기량은 118,728CMH인 반면, Case8 19~60F에서는 E/V문의 유입량은 27,438CMH, 외피의 침기량은 9,331 CMH으로 산출되었다. 따라서, Case8 19~60F 조건에서 Basecase보다 E/V문의 유입량이 77% 저감되었고, 외피의 침기량은 92% 저감되어 해당 방안이 E/V문의 유입량 및 외피의 침기량을 저감시키는 데에는 가장 효과적인 방안으로 평가되었다.

그러나, Fig. 11.은 층별 가압량은 나타내는데 대상 건물에서 환기를 위한 공조시스템의 신선OA 도입량을 환기횟수 1.5회인 층당 6,000CMH로 가정시 건물 전체의 OA 도입량은 360,000CMH이 되는데, 층별 차등 가압방안 적용시 추가되는 OA도입량은 139,639CMH로 기존 공조운전시 OA 도입량 대비 약 39% 증가하며, 기존 연구[7]의 식(4)에 서울지역 설계외기온도 적용시 5290.6 MJ/h의 추가적인 에너지가 소요되는 것으로 나타났다.

5. 결론

동절기 초고층 건물에서 E/V 문을 통해 유입되는 기류와 외피를 통한 침기량을 저감시키기 위한 공조 가·감압방안에 대한 분석 결과는 다음과 같다.

첫째, 가/감압 조건별 분석 결과, 최상층에서부터 가압량을 줄여가며 가압하는 층별 차등가압방안(Case 8)이 E/V 문을 통한 기류유입량과 외피를 통한 침기량을 가장 최소화 할 수 있는 방안으로 평가되었다.

둘째, 설계외기조건에서 가압층은 건물 높이의 30% 지점에서부터 최상층까지 가압하는 것이 가장 효과적인 것으로 평가되었다.

셋째, 층별 차등 가압방안의 적용 결과, 설계외기조건에서 가압 전·후 E/V문을 통한 실내 기류 유입량은 77%, 외피를 통한 침기량은 92%만큼 저감되었다. 그러나, 공조기를 통한 추가적인 외기 도입량이 기존 보다 39% 증가하여 공조 난방에너지 비용이 상승하는 것으로 나타났다.

본 연구를 통해 건물 고층부에서 연돌효과로 인한 차압분포를 반영한 따른 차등 가압방법이 건물 저층부 외피에서의 침기 및 고층부 E/V문에서의 유입 기류를 효과적으로 저감시켜줄 수 있음을 밝혀내었다. 본 연구는 평균수준의 기밀성능[4]을 갖는 60층 규모의 초고층건물에서 서울지역 설계외기온도 조건에서의 산출한 한정된 결과로 외기온이 높아지거나 외피 기밀성능 향상될 경우 연돌효과가 감소되어 가압량 및 가압범위는 더 줄어들 것으로 추정되며 풍속 증가시에도 압력변화가 발생하므로 이에 대응토록 향후 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

Acknowledgement

본 연구는 한국건설기술연구원의 지원으로 수행되었습니다(과제번호: 20200655-001).

Reference

- [1] 백지민 외 5인, 겨울철 침기 따른 실내·외 미세먼지 농도 관계에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 2015, 제31권 제9호, pp.137-144. // (J.M. Back et al., A Study on the relationship between the indoor and outdoor particle matter concentration by infiltration in the winter, Journal of architectural institute of korea, 2015, 31(9), pp.137-144.)
- [2] 조재훈, 여명석, 김광우, 초고층 건물에서의 연돌효과로 인한 압력분포 및 문제점, 설비저널, 제35권 제5호, 2006, pp.6-17. // (J.H. Jo, M.S. Yeo, K.W. Kim, Pressure distribution and problems due to stack effect in high-rise buildings, The magazine of the SAREK, 35(5), 2006, pp.6-17.)
- [3] 최동탁, 손원득, 최영식, 초고층 주상복합 아파트의 연돌효과 특성에 관한 연구, 한국산업융합학회 논문집, 제14권 제1호, 2011, pp.37-43. // (D.K. Choi, W.T. Son, Y.S. Choi, A Study on the Stack Effect Characteristics in High-Rise Apartments, Journal of The Korean Society of Industrial Application 14(1), 2011, pp.37-43.)
- [4] G. T. Tamura, Smoke Movement and Control in High-rise Buildings, NFPA, 1994. p.41.
- [5] R.T. Tamblin, HVAC system effects for tall buildings [Part 2]. ASHRAE Transactions, 1993, pp.789-792.
- [6] E. R. Donald, HVAC design guide for tall commercial buildings, ASHRAE, 2004.
- [7] 김경진 외 4인, 초고층 사무소 건물 엘리베이터 홀에서의 연돌현상 저감을 위한 공조가압 방안의 적용, 대한건축학회논문집, 제30권 제6호, 2014, pp.239-246. // (J.J. Kim et al., Research on HVAC system operating schemes for pressurization to reduce stack effect problems in elevator halls of high-rise office building, Journal of architectural institute of korea, 30(6), 2014, pp.239-246.)
- [8] 조정훈 외 4인, 초고층 사무소 건물 연돌효과 저감을 위한 외기온별 공조가압방안의 적용 사례연구, 대한건축학회 논문집, 제31권 제11호, 2015, pp.231-238. // (J.H. Cho et al., A Case Study on Pressurization Method using HVAC System depends on Outdoor Conditions to Reduce Stack Effect in the High-rise Office Building, Journal of architectural institute of korea, 31(11), 2015, pp.231-238.)
- [9] J.Y. Yu, K.D. Song, D.W. Cho, Resolving Stack Effect Problems in a High-Rise Office Building by Mechanical Pressurization, Sustainability, 2017.
- [10] J.Y. Yu et al., HVAC Operation Schemes and Commissioning Process Resolving Stack Effect Problem and Adjusting According to Changes in the Environment: A Case Study in High-Rise Building in South Korea, Energies, 2021.
- [11] 박지수, 초고층 건축물에서 공조 가압 조건과 엘리베이터 샤프트의 조닝에 의한 연돌효과 점검 성능 분석, 석사학위논문, 한양대학교. // (J.S. Park, Analying Reduction Performances of Stack Effect by Ventilation Pressurization Conditions and Zoning of Elevator Shafts in High-Rise Buildings, Master's Thesis, Hanyang University.)
- [12] ASHRAE, ASHRAE Research Project 661; Field verification of problems caused by stack effect in tall buildings, 1993.
- [13] NIST, NISIR 7251 CONTAM User Guide and Program Documentation, 2013.
- [14] SAREK, SAREK handbook, The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, 2001.
- [15] Pederson CO, Fisher DE, Spitzer JD, Liesen RJ, (1998). Cooling and heating load calculation principles. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, pp.131-152.
- [16] J.H. Jo et al., Characteristics of pressure distribution and solution to the problems caused by stack effect in high-rise residential buildings. Building and Environment, 42(1), 2007, pp.263-277.