

초고층 건축물의 수직 구획화에 따른 급기가압제연시스템 성능평가에 관한 연구

A Study on the Smoke Control Performance Evaluation of High-rise Buildings under Smokeproof Enclosure Design Scenarios

배상환(Sang-Hwan Bae)[†], 류형규(Hyung-Kyou Ryu), 이병석(Byung-Seok Lee)

대림산업(주) 기술개발원

Technology Research and Development Institute, Daelim Industrial Co., Ltd., Seoul 110-150, Korea

(Received April 16, 2014; revision received June 13, 2014; Accepted: June 16, 2014)

Abstract Regardless of the building design scenarios, evaluation of high-rise buildings required to have smoke-proof enclosures that are provided with a smoke management system. The goal of the smoke management system design is to make sure the pressure differentials at every story within the building fall within the allowable pressure range. If the minimum design pressure is not met, smoke may enter the stair. If the provided pressure is too great, it becomes difficult for occupants to open the doors, while attempting to egress. Ensuring that the pressure differential between the vestibule and the floor is within the prescribed range becomes challenging, due to natural effects on the building, such as the stack effect. In this research, smokeproof enclosure design scenarios were evaluated; and as a result, separation levels for compartmentation were deduced, in the balancing of pressurized-vestibule smoke control systems.

Key words High-rise Building(초고층 건축물), Stack Effect(연돌현상), Smoke Control(연기 제어),
Pressurized-vestibule Smoke Control Systems(급기가압제연시스템)

[†] Corresponding author, E-mail: sanghwan@daelim.co.kr

기호설명

P_{out}	: 건물 외부의 압력 [Pa]
P_{in}	: 건물 내부의 압력 [Pa]
P_{ref}	: 중성대에서의 압력 [Pa]
ρ_{out}	: 건물 외부 공기의 밀도 [kg/m^3]
ρ_{in}	: 건물 내부 공기의 밀도 [kg/m^3]
g	: 중력가속도 [m/s^2]
H	: 중성대로부터의 거리, [m]
ΔP	: 건물 내·외부의 압력차 [Pa]
$\Delta \rho$: 건물 내·외부 공기밀도차 [kg/m^3]

1. 서 론

현대 도시는 고층화, 고밀도화와 지하공간을 이용한 복합화를 추구하면서 그 구조와 형태가 다양하게 변화하고 있다. 특히, 초고층 건물은 많은 인구가 밀집되고 불특정 다수인이 이동 및 거주하는 공간으로 경제적 활성화가 되는 반면, 그 반대급부로 화재와 같은 재난

시 그에 따른 대응과 안전성 확보 및 피난에 많은 어려움이 있다.⁽¹⁾

초고층빌딩의 물리적 특성은 공간의 수직적 분포로 인하여 화재확산에 있어서 타 건축물에 비하여 불리하며, 이러한 재난을 예방하기 위하여 국가 화재안전기준에서는 안전한 피난 동선을 확보하기 위하여 제연설비에 대한 구체적인 설계기준이 마련되어 있으나, 연돌효과를 고려할 경우 초고층 건축물의 가압시스템의 압력제어 기능이 어려움에 부딪치게 된다.⁽²⁾

특히, 우리나라의 경우 동절기 실내외 온도차가 크게 발생하여 초고층 건물에서 연돌현상에 의해 층별 압력차가 발생되며, 이는 평상시 건축물의 사용성에 문제가 될 뿐만 아니라 화재시에는 수직적으로 연기가 확산되고 특히 급기가압 제연시스템을 적용한 건축물의 경우 공간별 압력차로 인해 제연성능 발현에 문제가 예상된다.

이러한 배경에서, 초고층 건축물에서 수직연기확산에 영향인자가 큰 연돌현상과 관련하여 피난대피층과 연계하여 계단실 수직구획화를 통한 연기제어 효과를

검토하고 성능위주 설계를 위한 개선방안을 제시하고자 하였다.

2. 국내외 제연설계 화재안전기준

제연설비 설치목적은 화재시 발생하는 연기로부터 피난상의 안전확보와 소방활동을 위한 시계 확보 및 유독가스 배출, 그리고 공기의 흐름을 조정하여 화재 연소 경로를 유도하기 위한 목적이다. 초고층 건축물의 경우 수평적 피난거리(시간)보다는 계단 등을 통한 수직적 피난거리가 상대적으로 길게 되며⁽³⁾, 이에 따라 수직적 피난거리 단축을 위해 우리나라를 포함한 여러 국가에서는 피난 대피층을 설치하도록 규정하고 있다.

미국에서는(NFPA 101)⁽⁴⁾ 초고층 건축물의 경우 신체장애자를 위한 휠체어 대피공간을 포함하여 최소 3 ft² 이상의 대피공간을 계획하되, 소요면적은 거주밀도의 25% 수준 또는 피난시간 산출결과에 따라 계획하도록 규정하고 있다. 또한, 인도에서는(Indian National Building Code) 전체층은 아니더라도 최소 7개 층마다 대피공간을 설치하도록 규정하고 있으며, 설치되는 면적은 거주공간에 따라 다르게 규정하고 있다. 중국에서는 100 m를 초과하는 공공 건축물에 대해 피난대피층을 강제하되 15개 층마다 1개의 대피층을 설치하도록 규정하고 있으며, 홍콩은 20~25층마다 1개층의 대피층 설치를 의무화 하고 있다. 반면, 우리나라에서는 건축법시행령 제34조에서 초고층 건축물에는 피난층 또는 지상으로 통하는 직통계단과 직접 연결되는 피난 안전구역을 지상층으로 부터 최대 30개 층마다 설치하도록 규정하고 있다. 세계 각국의 피난 대피층 설치기준 중 공통적인 사항은 Table 1과 같다.

한편 고층 건물의 피난안전 확보를 위하여 국내외에서는 Fig. 1과 같이 제연구역의 기압을 화재가 발생한 거실보다 높게 유지시켜 제연구역내로 연기의 침투를 방지하도록 하고 있다. 급기가압제연시스템 적용에 있어 대부분의 건물에서는 제연구역으로 설정되는 부속실의 압력이 설계치 이하로 하강되면 연기가 침투되어 최종 피난로인 피난계단의 연기 안전성 확보가 어려울 수 있으며 반대로 부속실의 압력이 너무 큰 경우에는 대피자가 출입문을 개방하기 곤란할 수 있기 때문에 부속실과 거실 사이의 압력차가 상한 값과 하한 값을 갖는 일정범위 내에서 유지되어야 한다. NFSC 501A에서는 부속실과 거실 사이에 40 Pa 이상의 차압을 유지하고, 출입문의 개방에 필요한 개방력이 110 N 이하가 되도록 기준을 제시하고 있다. 각국의 제연관련 규격은 Table 2와 같다.

Table 1 Accommodations for refuge area

Common requirements for refuge area	
•	Provision of two-way communications for contact between occupants and emergency responders and building management
•	Windows in doors that allow occupants in the area of refuge to see what conditions are like outside the protected area
•	Appropriate signage to allow the area of refuge to be found
•	Emergency lighting on standby power
•	The ability to maintain a smoke free environment
•	Proper integration with building fire safety systems, maintenance procedures, and procedures for evacuation and emergency response
•	Contain or have access to an elevator, if above a certain height

Table 2 Comparison of various code⁽⁵⁾

Country	Code	Pressure		Door Velocity	No. of effective opening doors
		Min.	Max.		
U.K.	BS5588 Part4	50	60	0.75 m/s	1
	BS5588 Part5	Not Relevant		2.0 m/s	3
Australia	AS1668 P.1	50	110	1.0 m/s	3
Singapore	CP13	50	110	1.0 m/s	3
Canada	N.B.C.C 1990	No Mention		4.72 m3/s	4
	U.B.C. 1988	37	-	-	-
U.S.A.	NFPA 92A	45	133	-	-

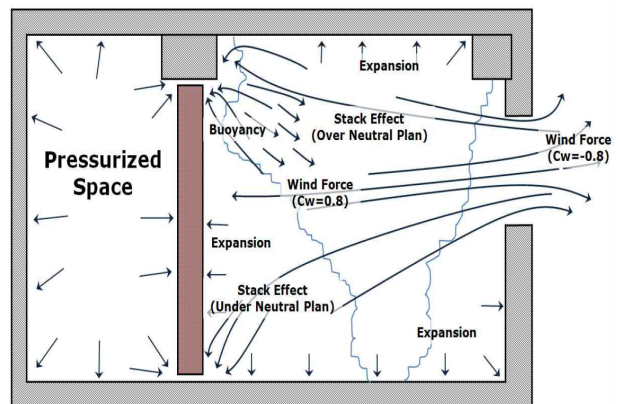


Fig. 1 Pressurization concept.

3. 연돌현상에 관한 예비적 고찰

3.1 연돌현상의 정의⁽⁶⁾

연돌효과(stack effect)란 겨울철에 건물 외부의 공기에 비해 온도가 높아 상대적으로 밀도가 낮은 건물 내부의 공기가 부력에 의해 상승하는 현상을 말한다. 이는 굴뚝에서의 기류의 흐름과 유사하여 연돌효과 또는 굴뚝효과라 하며, 여름철에는 건물 외부의 공기가 더 따뜻하여 겨울철과는 반대로 건물 내에서 기류가 하강하는 현상이 나타나는데, 이를 겨울철의 연돌효과와 구분하여 역 연돌효과(reverse stack effect)라고 한다(Fig. 2 참조). 그러나 연돌효과의 영향은 건물내외 온도차에 비례하여 커지므로 여름철은 겨울철보다 상대적으로 연돌효과의 영향이 작다.

3.2 연돌현상으로 인한 압력차

건물 내·외부의 압력은 건물 내부와 외부에서의 각 공기밀도와 중성대로부터의 수직거리에 따라서 변하며, 다음 식(1), 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{out} = P_{ref} + \rho_{out}gH \quad (1)$$

$$P_{in} = P_{ref} + \rho_{in}gH \quad (2)$$

$$\Delta P = g\Delta\rho H \quad (3)$$

임의의 높이에서의 압력차는 $P_{out} - P_{in}$ 로, 식(1)과 식(2)의 차로 얻을 수 있으며, 이는 식(3)과 같다.

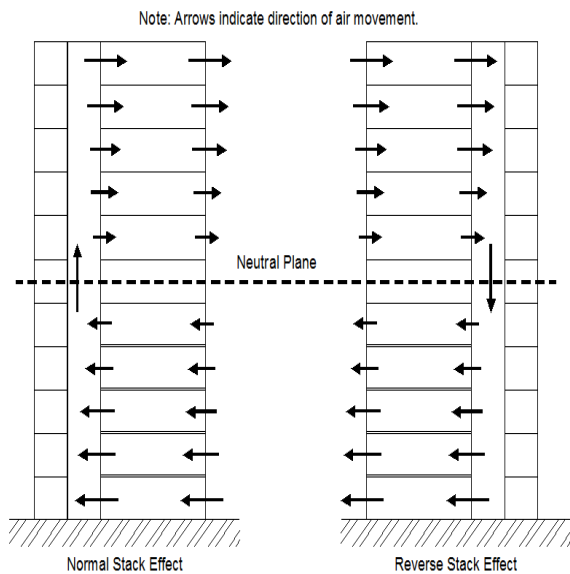


Fig. 2 Airflow diagram in buildings.

4. 연돌현상을 고려한 초고층 건축물의 급기가압제연시스템 성능평가

4.1 성능평가 모델개요

건축물에서 연돌현상 등에 의한 수직적 유동은 초고층 건축물에서 화재발생시 필수적으로 검토되어야 하는 영향인자이다. 이에 따라 본 연구에서는 연돌현상 등에 의한 초고층 건축물 수직유동특성 분석 및 수직적 연기확산 제어를 위해 네트워크 시뮬레이션 모델로 개발된 Contam 3.0을 활용하여 분석을 수행하였다. 평가대상 모델은 75층 규모의 초고층 건축물을 대상으로 피난 대피층과 연계하여 수직 구획화에 대한 급기가압제연시스템의 압력분포 및 피난문의 개폐력을 평가기준으로 선정하였다.

평가대상 모델은 75층 규모의 가상의 초고층 건축물로서 서울에 위치(해발고도 87 m)하는 것으로 가정하였고, 각층은 3.6 m의 층고를 갖는 총 270 m 규모로

Table 3 Model details and evaluation criteria

Model Details and Evaluation Criteria	
Simulation Model	- Floors : 75 story - area : 3,600 m ² (Typical Floors) - Floor Height : 3.6 m(Building Height : 270 m) - Exit door size : 2.1 m×1.2 m
Simulation Conditions	- Vestibule and Stairway pressurization - Winter climate(Seoul, Korea) - Separation floors; 25, 30, 40, 50
Evaluation Criteria	- a pressure differential 40~60 Pascal(Pa) - door opening force not to exceed 110 Newtons(N)

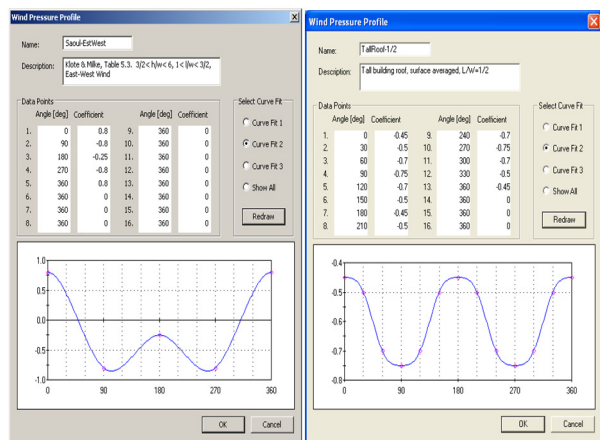


Fig. 3 Wind pressure coefficients(walls-roof).

기준층의 면적은 60 m×60 m로 설정하였다. 건축적인 평면구성은 외기에 면하는 계단실 코어 및 실내에 위치하는 코어 등 2개의 코어로 구성되어 있으며, 중앙에는 6개의 승강기를 설치하는 것을 가정하였다.

평가대상 모델 및 수직연기거동 영향인자는 Table 3과 같이 연돌현상(Stack Effect), 실내의 기후조건, 화재 온도에 따른 온도보정 등을 고려하였으며, HAVC시스템은 화재 시 운전이 정지되는 점을 고려하여 영향인자에서 제외하였다.

실내온도 설정은 계절에 따라 동절기에는 20℃, 하절기에는 26℃로 설정하였고, 외부 온도조건은 -11.3℃로 가정하였으며, 건축물 외벽 및 지붕면에 작용하는 풍압은 Fig. 3과 같이 설정하였다.⁽⁷⁾

급기가압제연시스템의 성능평가 기준은 NFSC 501A에서는 ‘부속실과 거실 사이에 40 Pa 이상의 차압을 유지하고, 출입문의 개방에 필요한 개폐력이 110 N 이하가 되도록 기준’을 제시하고 있는 점을 고려하여 Table 3과 같이 부속실 공간의 차압이 40~60 Pa을 유

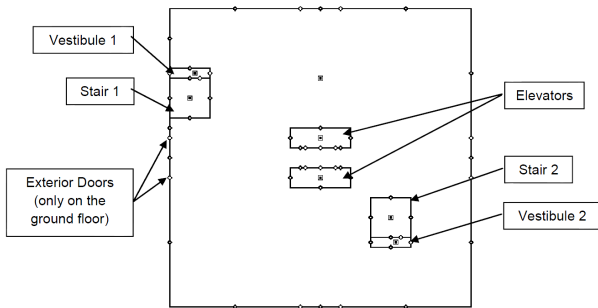


Fig. 4 Building floor plate in Contam.

Table 4 Prescribed leakage area ratios

Construction elements	Leakage Area Ratio(A/Aw)
Interior walls	1.00×10^{-3}
Exterior walls	0.17×10^{-3}
Exit enclosures	0.11×10^{-3}
All other shafts	0.84×10^{-3}
Floors and roofs	0.52×10^{-4}

Note) A = total leakage area
Aw = unit wall, floor or roof area of barrier.

Table 5 Model Scenarios

Scenario No.	Separation floors	Pressurization Method
CASE A	-	
CASE B	50	Vestibule
CASE C	40	Pressurization
CASE D	25 and 50	

지하는지 여부 및 피난통로의 방화문 개폐력 110 N 초과여부를 검토하였다.⁽⁸⁾ 방화문의 크기는 1.2 m(W)×2.1 m(H)로 가정하였다.

성능평가를 위해 평가대상 건축물 모델링 자료는 Fig. 4와 같다.

4.2 수직연기 확산 영향인자 및 분석조건

연돌현상은 실내의 온도차에 의해 발생되며, 화재로 인한 유동확산 방지를 위해서는 제연시스템의 용량 및 설계방안이 연돌현상에 의해 발생하는 층별, 공간별 압력차 이상으로 고려되어야 한다. 연돌현상은 건축물의 높이, 고도 및 실내의 온도조건에 따라 달라지며 본 연구에서는 이를 고려하여 모델링을 수행하였다.

외부 기상조건 중 바람에 의한 영향은 서울지역 기상데이터를 근거로 풍압에 의한 압력계수를 벽체 및 지붕면에 적용하였다.⁽⁷⁾

연돌현상 및 급기가압제연시스템의 공간별 압력차 발생은 부위별 기밀도에 따라 달라지며, 본 연구에서는 평가대상 건축물의 부위별 기밀성능을 Contam 모델에서 제공하는 부위별 누기율을 적용하였다(Table 4). 시뮬레이션 조건은 Table 5와 같다.

4.3 수직 구획화에 따른 수직연기제어 성능평가 결과

초고층 건축물에서 연돌현상에 의한 공간별 압력차 발생을 고려한 급기가압제연시스템의 성능평가는 동절기와 하절기 환경조건을 고려하여 시뮬레이션을 수행하였다. Fig. 5~Fig. 8은 하절기 급기가압제연시스템 가동시 공간별 압력분포를 산출한 결과이며, 동절기 시뮬레이션 결과는 Fig. 9~Fig. 11에 결과를 수록하였다.

하절기 및 동절기 평가대상 건축물에 대해 연돌현상을 고려한 조건에서 급기가압제연시스템에 대한 시뮬레이션 결과 하절기에는 공간별 압력차의 영향이 크지 않은 것으로 나타나 급기가압제연시스템의 성능에 문제가 없는 것으로 분석되었으나, 동절기에는 수직적 분절을 하지 않거나 50층 1개소에서 수직적 분절을 계획하는 경우 설정차압유지가 어려운 것으로 나타났으며, 40층 이내에서 수직적 분절을 계획하는 경우 설정차압 40~60 Pa 유지가 가능한 것으로 분석되었다.

4.3.1 하절기 기상조건 시뮬레이션 결과

하절기 기상조건에서 시뮬레이션 결과는 Fig. 5~Fig. 8과 같다. 그림에서 볼 수 있듯이, 외기온보다 상대적으로 낮은 실내온도로 인해 하절기 연돌현상은 고층부가 저층부보다 상대적으로 낮은 압력분포를 나타내고 있으며, 실내의 온도차가 동절기보다 크지 않아

연돌현상 발생량이 크지 않음을 알 수 있다. 이에 따라 분석조건 모두에서 부속실 급기가압제연시스템 설계차압 형성(40~60 Pa)이 가능한 것으로 분석되었다.

4.3.2 동절기 기상조건 시뮬레이션 결과

동절기에는 하절기와 달리 실내의 온도차가 크게 형성됨에 따라 연돌현상 발생량은 매우 큰 것으로 나타났다. 이에 따라 급기가압제연 시스템의 설계차압 유지에 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 동절기 설계조건별 해석 결과는 Fig. 9~Fig. 12와 같다.

계단실 구획이 계획되지 않은 'CASE A'의 경우(Fig. 9), 급기가압제연시스템의 설계차압 유지를 위한 공급유량은 680 m³/h로 산출되었고, 이때 1층 부속실 차압은 37.8 Pa 수준으로 나타났다. 그러나, 40층 이상에서

는 설계차압 60 Pa을 초과하는 하며, 74층 및 75층 부속실 차압은 각각 82.6 Pa, 108.0 Pa로 나타나 설계기준을 충족하지 못하였다.

50층에서 계단실을 1회 분절한 'CASE B'에는 차압 유지를 위한 공급유량은 680 m³/h로 산출되었고, 이때 1층 부속실의 차압은 41.8 Pa로 설계차압을 유지하나 27~50층, 70~75층 구간에서는 최대 설계차압을 초과하는 것으로 산출되었다. 74층 및 75층의 부속실 차압은 각각 70.6 Pa, 96.8 Pa로 나타났다(Fig. 10).

반면, 40층에서 계단실을 수직적으로 분절한 'CASE C'와 25층 및 50층에서 계단실을 수직분절한 'CASE D'의 경우 설계차압유지를 공급유량은 640 m³/h로 산출되었고, 이때 모든 층에서 40~60 Pa의 차압형성이 가능한 것으로 분석되었다(Fig. 10~Fig. 11).

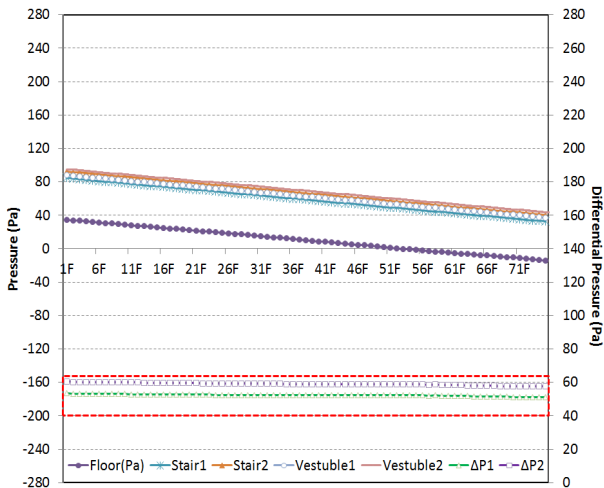


Fig. 5 'CASE A' Simulation results(summer).

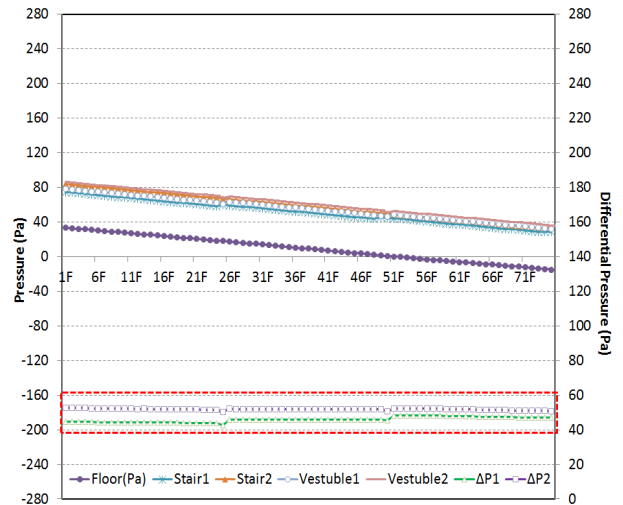


Fig. 7 'CASE C' Simulation results(summer).

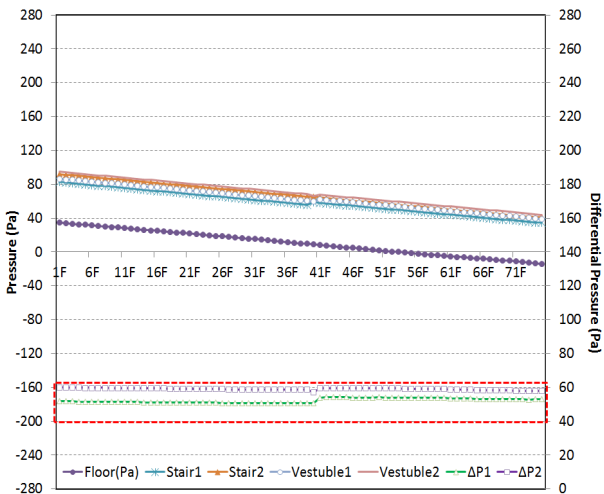


Fig. 6 'CASE B' Simulation results(summer).

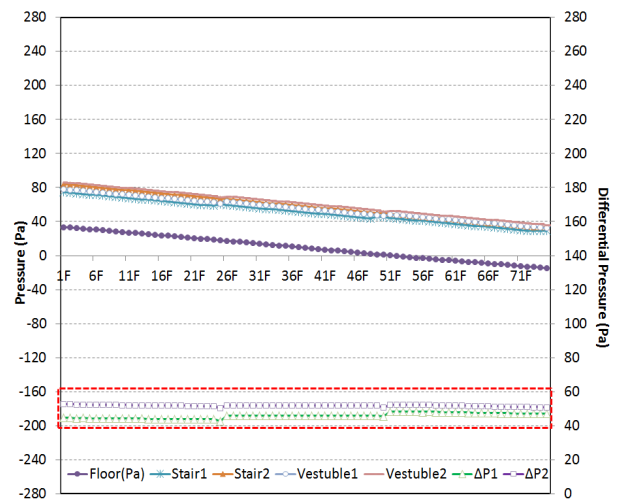


Fig. 8 'CASE D' Simulation results(summer).

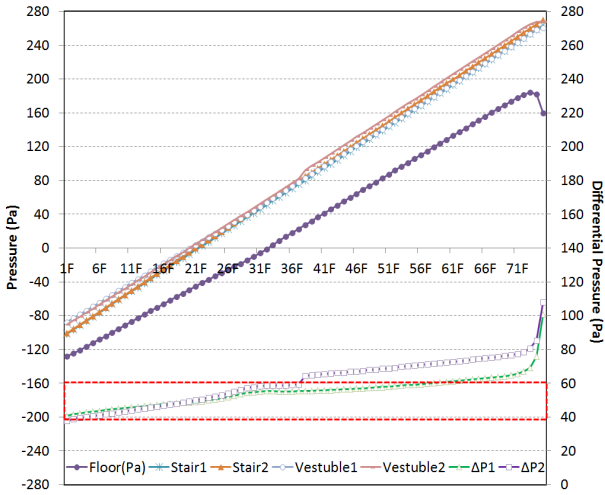


Fig. 9 'CASE A' Simulation results(winter).

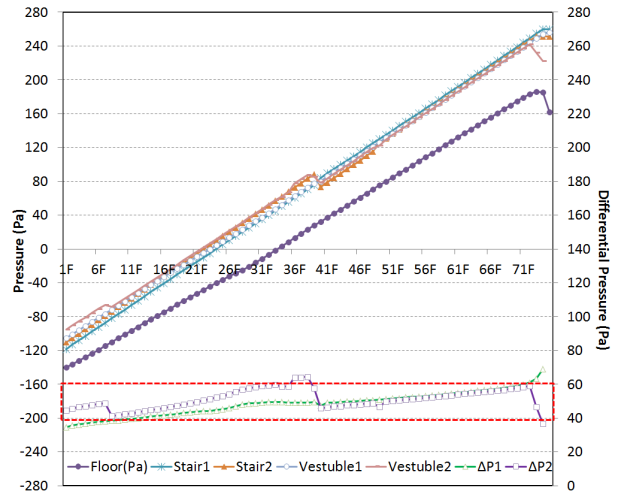


Fig. 11 'CASE C' Simulation results(winter).

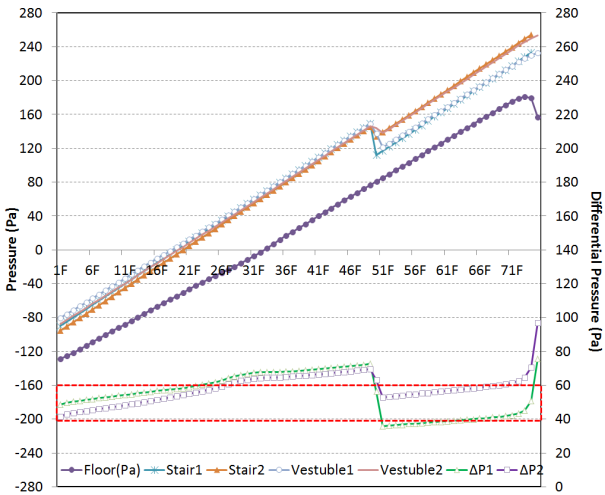


Fig. 10 'CASE B' Simulation results(winter).

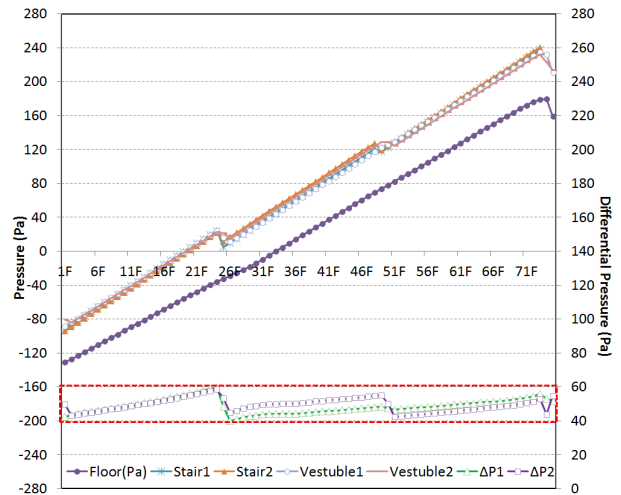


Fig. 12 'CASE D' Simulation results(winter).

Table 6 Simulation results summary

	Separation Floors	Supply Capacity (m ³ /hr)	Pass/Fail (Levels)
Case A	-	680	Fail ¹ (40 and above)
Case B	50	680	Fail ¹ (27~50, 70~75)
Case C	40	640	Pass ²
Case D	25 and 50	640	Pass ²

- 1) Scenario fails due to the maximum allowed pressure differential being exceeded at the noted levels.
- 2) Scenario passes assuming minimal field balancing to achieve required pressures.

이상의 결과를 요약하면, 우리나라와 같이 동절기 실내의 온도차가 크게 발생하는 지역에서 급기가압 제연시스템을 적용한 초고층 건축물의 경우 연돌현상에 의해 고층부에서 과도한 압력이 형성되어 피난문 개방의 문제 등이 발생할 수 있는 것으로 나타났고, 개선 방안으로 계단실 등을 최대 40층마다 분절하는 경우 연돌현상 발생량을 억제함으로써 급기가압 제연시스템의 실성능 확보가 가능한 것으로 분석되었다.

이상의 결과를 요약하면 Table 6과 같다.

5. 연돌현상을 고려한 초고층 건축물의 급기가압제연시스템 설계개선방안

우리나라와 같이 동절기 실내의 온도차가 크게 발

생되는 지역에서 급기가압제연시스템을 적용한 초고층 건축물의 경우 연돌현상에 의해 고층부에서 과도한 압력이 형성되어 피난문 개방의 문제 등이 발생할 수 있는 것으로 나타났다.

그러나, 75층 건축물을 대상으로 개선방안으로 계단실 등을 최대 40층마다 분절하는 경우 연돌현상 발생량을 억제함으로써 급기가압 제연시스템의 실성능 확보가 가능한 것으로 분석되었다. 이에 따라 본 연구에서는 초고층 건축물의 연돌현상 등에 의한 수직 유동 제어 방안으로 다음과 같이 피난 대피층 과 연계한 수직구획화 방안을 제안하였다. 수직 구획화는 Fig. 13과 같이 계단실에 격벽을 설치하여 구성이 가능하며, 피난 대피층과 연계하여 피난자에게 대피공간으로 동선을 유도할 수 있을 것이다.

연돌현상 등에 의한 유동발생량 제어를 위해서는 시뮬레이션 결과 40층마다 수직 구획화를 계획하는 경우, 급기가압제연시스템의 실성능 확보가 가능한 것으로 나타났으나 우리나라에서는 건축법시행령 제34조에서 초고층 건축물에는 피난층 또는 지상으로 통하는 직통계단과 직접 연결되는 피난안전구역을 지상층으로부터 최대 30개 층마다 설치하도록 규정하고 있는 점을 고려하여 다음과 같이 피난 대피층과 연계하여 매 30층마다 수직적 분절을 반영하는 것이 바람직한 것으로 사료되며, 이를 통해 화재 시 수직적 연기확산 방지 및 평상시 연돌현상에 의해 발생하는 제반 문제점 개선에도 기여할 것으로 사료된다.

Fig. 13은 기존 피난 대피층의 설계개념도 본 연구에서 개선안으로 제안한 수직연기 및 유동 확산방지를 위한 수직 구획화 방안을 도식화한 자료이다.

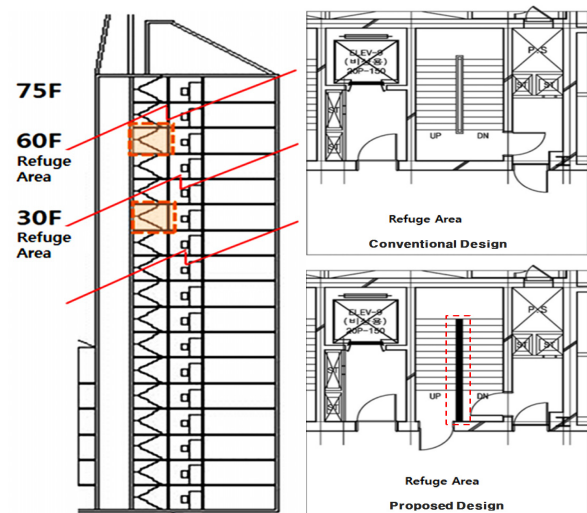


Fig. 13 Design proposal for vertical smoke movement control.

6. 결 론

초고층빌딩의 물리적 특성은 공간의 수직적 분포로 인하여 화재확산에 있어서 타 건축물에 비하여 불리하며, 이러한 재난을 예방하기 위하여 국가 화재안전기준에서는 안전한 피난 동선을 확보하기 위하여 제연설비에 대한 구체적인 설계기준이 마련되어 있으나, 연돌효과를 고려할 경우 초고층 건축물의 가압시스템의 압력제어 기능이 어려움에 부딪치게 된다.

특히, 우리나라의 경우 동절기 실내외 온도차가 크게 발생하여 초고층 건물에서 연돌현상에 의해 층별 압력차가 발생되며, 이는 평상시 건축물의 사용성에 문제가 될 뿐만 아니라 화재 시에는 수직적으로 연기확산이 수반되고 급기가압 제연시스템을 적용한 건축물의 경우 공간별 압력차로 인해 제연성능 발현에 문제가 예상되고 있다.

이러한 배경에서, 초고층 건축물에서 수직연기확산에 영향인자가 큰 연돌현상과 관련하여 피난대피층 계획을 통한 수직 구획화를 통한 수직연기제어 효과를 검토하고 성능위주 설계를 위한 개선방안을 제시하고자 하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 급기가압제연시스템 가동 조건에서 하절기 연돌현상을 고려한 공간별 압력 및 부속실 차압 시뮬레이션 결과, 외기온보다 상대적으로 낮은 실내온도로 인해 하절기 고층부에서 저층부보다 상대적으로 낮은 압력분포를 나타냈으며, 실내외 온도차가 동절기보다 크지 않아 연돌현상 발생량이 크지 않음에 따라 모든 분석조건에서 부속실 급기가압제연시스템 설계차압 형성이 가능한 것으로 분석되었다.
- 2) 반면, 동절기에는 하절기와 달리 실내외 온도차가 크게 형성되어 연돌현상 발생량이 매우 큰 것으로 나타났고, 이에 따라 급기가압제연시스템의 설계차압유지에 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다.
- 3) 75층 규모의 초고층 건축물을 대상으로 계단실이 구획이 계획되지 않은 조건에 대해 동절기 환경 조건에서 시뮬레이션 결과, 급기가압제연시스템 가동시 40층 이상에서는 설계차압 60 Pa을 초과하는 것으로 산출되었다.
- 4) 반면, 40층에서 계단실을 수직적으로 분절한 경우와 25층 및 50층에서 계단실을 수직 분절한 경우 모든 층에서 40~60 Pa의 차압형성이 가능한 것으로 분석되었다.
- 5) 연돌현상 등에 의한 유동발생량 제어를 위해서는 시뮬레이션 결과 40층마다 수직 구획화를 계획하는 경우 급기가압제연시스템의 실성능 확보가 가

능한 것으로 나타났으나 우리나라에서는 건축법 시행령 제34조에서 초고층 건축물에는 피난층 또는 지상으로 통하는 직통계단과 직접 연결되는 피난안전구역을 지상층으로 부터 최대 30개 층마다 설치하도록 규정하고 있는 점을 감안하여 본 연구에서는 피난대피층과 연계하여 매 30층마다 수직 구획화 방안을 제안하였다.

후 기

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 일환으로 한국건설교통기술평가원이 관리하고 있는 초고층 빌딩시공기술연구단의 지원으로 이루어진 것으로서 이에 감사를 드립니다.

References

1. Bae, S. H., 2013, A study of vertical airflow and smoke control technique for high-rise building, Daelim Technical Review.
2. SFPE, 2012, Guidelines for designing fire safety in very tall buildings, SFPE, pp. 51-52.
3. Wild, J. A., 2000, Smoke control by pressurization, Flakt Woods, 2000, p. 6.
4. NFPA, 2009, NFPA 101 : Life safety code, NFPA, Quincy, Massachusetts.
5. Walton, G. N. and Dols, W. S., 2010, CONTAM user guide and program documentation, NISTIR 7251, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland.
6. Jo, J. H. and Yeo, M. S., 2004, Field measurement and evaluation of impacts of stack effect in high-rise buildings; case study, Proceedings, 7th International Symposium on Building and Urban Environmental Engineering.
7. Klote, J. H. and Milke, J. A., 2002, Principles of smoke management, ASHRAE, Inc., Atlanta, pp. 63-78.
8. Korean Building Fire Protection, 2012, Regulation of the standards of egress and fire protection construction in buildings (RSEFPCB), 2012 ed., Korean Building Fire Protection.