

초고층건물 샤프트의 수직구획이 연돌효과 및 급기가압 성능에 미치는 영향

김범규 · 김학중 · 여용주 · 임채현 · 박용환[†]

호서대학교 소방방재학과

The Influence of Zoning at Shafts of Super-tall Buildings on the Stack Effect and Stairwell Pressurization

Beom-Kyue Kim · Hak-Jung Kim · Yong-Ju Yeo · Chae-Hyun Leem · Yong-Hwan Park[†]

Dept. of Fire Protection and Disaster Prevention Engineering, Hoseo Univ.

(Received September 5, 2012; Revised October 10, 2012; Accepted October 12, 2012)

요 약

최근 개정된 초고층건물 특별법에서는 피난안전구역을 최소 30개층 마다 설정함과 동시에 계단실을 수직구획 하도록 규정하고 있다. 이에 본 연구에서는 중앙코어 방식의 80층 초고층건물 계단실 수직구획이 연돌효과 및 계단실 급기가압 성능에 미치는 영향을 시뮬레이션 해석을 통해 분석하였다. 해석결과, 계단실 수직구획이 없는 경우 연돌효과로 인해 최대 차압 250 Pa 이상이 발생하였으며, 계단실만 수직구획한 경우에는 10 Pa 정도만 감소하였으나 계단실과 승강기의 승강로를 동시에 수직구획한 경우 최대차압이 약 125 Pa로 낮아져 연돌효과가 약 50 % 감소하였다. 또한, 계단실을 급기가압 할 경우 계단실온도가 실내온도와 외기온도 차이의 약 1/2일 때가 소요급기풍량 측면에서 가장 효율적인 것으로 예측되었다.

ABSTRACT

This study analyzed the effect of zoning on the distribution of pressure differentials caused by stack effect and air pressurization in a center core type of 80 story super-tall building. The results showed that maximum pressure difference more than 250 Pa can be generated by stack effect without zoning. Zoning of stairwell only resulted in 10 Pa reduction of maximum pressure difference, however, zoning of both stairwell and EV shaft especially at the same floor revealed 50 % reduction in stack effect. It was also analysed that the minimum required air flow rate occurred when the stairwell temperature reached 50 % of temperature difference between indoor and outdoor.

Keywords : Zoning, Stack effect, Super-tall building, Stairwell pressurization, EV shaft

1. 서 론

초고층건물의 경우 연돌효과 및 외기풍속 등 내·외부적 인자로 인해 화재 시 미치는 피해규모가 일반 건물에 비해 매우 크다고 할 수 있다.

초고층 건축물의 화재 시에는 건물 내 계단실 및 EV샤프트 등의 수직통로를 통해 연기가 급속도로 확산되기 때문에 이로 인한 인명피해의 규모는 더욱 커질 수 있다. 고층 거주 피난자가 계단실을 통해 1층까지 피난을 완료하는 데에는 많은 시간과 체력이 소요된다. 이런 이유로 초고층건물의 화재 피해는 일반 건물에 비해 매우 크다고 할 수 있으므로, 보다 효율적인 화재안전 대책이 강조된다.

이러한 문제점을 해소시키기 위한 건축설계 계획으로 피난안전구역(Refuge Area) 설치, 피난용 승강기 운용 그리고 직통계단은 일정 층마다 수직구획(Zoning)하는 방법 등이 도입되고 있다. 피난안전구역의 경우 국내 초고층건물 특별법에 따르면 최대 30개 층마다 설치하도록 규정하고 있으며, 이 때 피난안전구역과 연결되는 특별피난계단을 상, 하층간 상호 수직구획 하도록 명시하고 있다⁽¹⁾.

피난용승강기의 경우는 초고층건물 특별법 및 건축법상의 의무적 시설로써 도입이 불가피한 실정이다. 하지만 수직샤프트라는 특성상 연돌효과로 인해 평상시는 물론 화재시에도 건물 내 기류유동에 큰 영향을 줄 것으로 예측된다. 특히, 계단실과 피난용승강로의 수직구획 형태는 화재

[†]Corresponding Author, E-Mail: yhpark@hoseo.edu
TEL: +82-41-540-5737, FAX: +82-41-540-5728

ISSN: 1738-7167
DOI: <http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2012.26.5.092>

발생 시 수평·수직방향 연기유동에 큰 영향을 줄 것으로 예상된다. 그러나 수직샤프트 수직구획 형태 및 그에 따른 기류특성에 대한 세부적 연구는 매우 부족한 실정이어서 이에 대한 정성, 정량적인 성능 평가가 절실히 요구된다.

본 연구에서는 건물 내의 기류 유동해석 관련 연구에 폭넓게 이용되고 있는 CONTAMW S/W를 사용하여 계단실 및 피난용승강기의 수직구획 형태에 따라 발생할 수 있는 건물내 수평적·수직방향 기류 유동특성을 설계시나리오 케이스별로 분석하고, 수직구획이 화재시 계단실 급기가압제연에 미치는 영향을 분석하였다. 또한, 계단실 및 EV 수직구획 시 계단실 단독 급기가압에 소요되는 풍량을 수치적으로 해석하여 설계 개선방안을 제시하고자 하였다.

2. 국내·외 관련 법적기준

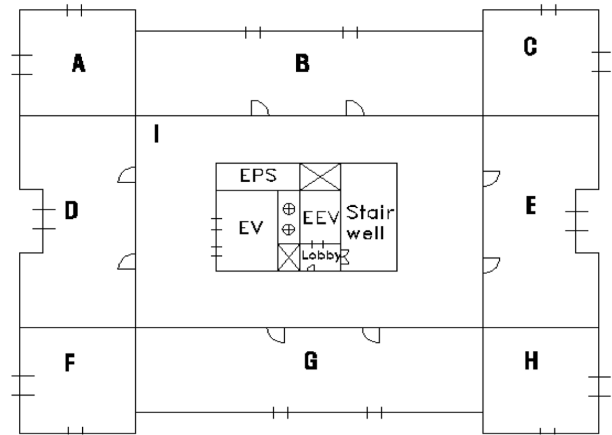
Table 1은 피난안전구역 관련 국내·외 설치기준에 관한 주요 내용을 요약한 것이다. 국내의 경우 지상층으로부터 최대 30개층마다 피난안전구역을 설치하고, 각 실을 내화성이 확보된 방화벽으로 구획하도록 하고 있다⁽¹⁾. 국외의 경우 25~30개층마다 설치되는 피난안전층 내에는 방화벽 외에도 스프링클러설비를 설치하도록 규정하고 있어 국내 기준과의 차이점을 보이고 있다⁽²⁾.

또한, 국내기준에서는 피난안전층 내에 배연설비를 설치하도록 규정하고 있으나 국외의 경우는 급기가압제연시스템을 적용하도록 하고 있다.

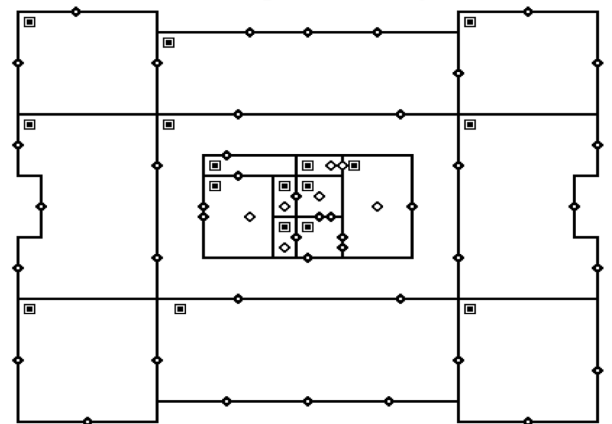
3. 시뮬레이션

3.1 해석 대상건물의 개요

시뮬레이션 해석 대상 건물은 주상복합건물의 대표적 구조인 중앙코어방식으로 지하 6층, 지상 80층 건물로 설정하였으며, 이 때 각 층고는 4.2m로 하였다. Figure 1은 해석 대상 건물의 평면도와 시뮬레이션을 위해 설계된 형상도를 나타낸 것이다. 건물 중앙부에는 일반용승강기



a) A plan drawing



b) A sketch pad for simulation

Figure 1. Schematic diagram of the building structure.

Table 2. Units Floor Area of the Rooms

Rooms	Floor area (m ²)
EV	8.2
EEV	4.2
Vestibule (Lobby)	4.0
Stairwell	10

(EV)와 비상용승강기(EEV), 부속실(Vestibule), 특별피난계단 및 EPS실 등으로 구성되어 있으며, 복도(I)를 거쳐 측면으로 사무실 8개(A~H)가 둘러싼 구조로, 사무실마다 1~2개의 창문이 설치되어 있다. 단, 중앙코어부에 배치된 실의 각 면적은 Table 1과 같이 일반용승강기(EV) 8.2 m², 피난용승강기(EEV) 4.2 m², 부속실 4.0 m², 특별피난계단 10 m²으로 하였으며, 기타 조건은 해당 건축도면에 준하였다.

3.2 해석도구

본 연구의 해석도구는 건물내 연기유동 및 연돌효과에 관한 많은 연구를 통해 그 신뢰성을 인정받고 있는 CONTAMW 프로그램을 사용하였으며, 본 프로그램 활용

Table 1. Codes for the Refuge Area

Class.	Definition of requirements
Domestics	<ul style="list-style-type: none"> Installed every 30 floors above the landing Spaces separated from each other by smoke-resisting partitions Connected to smoke exhauster in the vestibule
NFPA, ICC/ANSI	<ul style="list-style-type: none"> Installed approximately 20~25 floors above the landing A story in a building: Protected throughout supervised automatic sprinkler system No less than two accessible rooms or spaces separated from each other by smoke-resisting partitions Pressurized into the vestibule using Air supply

에 대한 제반 사항은 해당 매뉴얼을 참고하였다⁽³⁾.

3.3 해석 시나리오 및 경계조건

해석 시나리오는 크게 계단실 수직구획 유무, 수직구획 조건 및 급기가압 조건에 따른 수평적·수직적 차압분포 패턴을 분석하기 위하여 Figure 2와 같이 구성하였다.

연돌효과에 의한 수평적·수직적 공기거동 특성을 규명하기 위하여 우선 계단실 및 EV를 수직구획 하지 않은 구조에 대해 분석하고, 이후 피난안전구역 설치층의 계단실 및 EV 승강로가 수직구획된 것으로 설정하였다. 계단실의 지하층과 지상층은 서로 수직구획되는 것으로 가정하였으며, 계단실과 EV 샤프트 위치 등 건물의 구조적 특성 및 기하학적 형상에 따른 영향은 고려하지 않았다. 계단실 수직구획 조건은 피난안전구역 설정층인 30층과 60층의 경우로 가정하였다. 단, EV샤프트 수직구획이 계단실 차압분포에 미치는 영향을 확인하기 위하여 EV샤프트는 30층, 60층 그리고 건물 중간층인 40층에 각각 수직구획을 하는 두가지 경우를 설정하였다. 수직구획 구간은 편의상 A구간(지하층~30층), B 구간(31층~60층), C 구간(61층~79층)으로 명시하였다. 각 시나리오에서 상용승강기(EV)와 비상용승강기(EEV)는 상호 동시 수직구획되는 것으로 가정하였으며, 승강기 승강로를 EV샤프트로 통칭하였다. 또, 수직구획 시 계단실 단독급기가압에 따른 제연성능을 분석하기 위해 각 수직구획 구역에 급기가압되도록 설정하였으며, 급기가압 시 급기풍량은 시행착오법에 따라 급기팬의 풍량을 반복 보정하여 가압실(계단실)과 옥내와의 최저차압이 법적 기준인 40 Pa 이상이 형성되도록 하였다^(4,5). 이 때, 급기뎀퍼는 각 층마다 동일한 사이즈의 뎀퍼를 적용하였으며 하부급기방식으로 계획하였다. 급기덕트 내의 마찰손실은 무시하였으며, 각 층의 예상 차압분포를 얻기 위하여 과압배출장치는 사용하지 않는 것으로 하였다. 수직구획시 급기가압에 따른 계단실 차압분포의 영향을 알기 위하여 급기팬의 위치를 하부에 설정하여 해석을 수행하였다. 출입문 누설틈새에 대한 누설량은 Table 3에 제시된 문의 종류에 해당되는 값을 적용하였고, 외벽의 기밀도는 Table 4의 실험값 중 초고층건물의 특성상 외벽의 기밀

Table 3. Leakage Area of the Doors^(6,7)

Type of door	Leakage area (m ²)	Condition
Open door	0.9×2.1	ΔP=37.3 Pa, C _D =0.65
Residential entrance door	70 cm ² /item	ΔP=10 Pa, C _D =0.6
Stairwell door	120 cm ² /item	ΔP=10 Pa, C _D =0.6
Elevator door	323 cm ² /item	ΔP=10 Pa, C _D =0.6
Weatherstripped door	12 cm ² · ea	ΔP=4 Pa, C _D =1

Table 4. Air Ratio on Exterior Walls^(6,7)

Area ratio (A/A _w)				Condition
Tight	Average	Loose	Very loose	Condition
0.5*10 ⁻⁴	0.17*10 ⁻³	0.35*10 ⁻³	0.12*10 ⁻²	ΔP=75 Pa, C _D =0.65

Table 5. Temperature Conditions

Description	Temperature (°C)
Outdoor	-15
Office/Room	+24
Corridor	+22
Elevator shaft	+15
Vestibule	+18
Stairwell	+15 (w/o air supply)
	+15, +5, -5 (air supply)

도가 높은 것으로 가정하여 'Tight' 조건을 적용하였다⁽⁶⁾.

외기온도는 연돌효과가 가장 크게 발생하는 동절기로 가정하기 위해 -15 °C로 설정하였으며, 외기풍속의 영향은 반영치 않았다. 각 실내온도는 국내의 통상적인 공조난방 조건으로 가정하여 Table 5와 같이 적용하였다. 지하층은 사실상은 외기온도보다는 높을 것으로 예상되지만 지하주차장 등으로 외기와 연결되어 있다고 가정하여 외기온도와 동일조건으로 설정하였다. 중앙코어 방식 계단실의 경우 평상시에는 외기의 영향을 덜 받고, 급기 시에는 외기온도의 영향을 받는 것으로 가정하였는데 급기가압 후 계단실 온도는 외기에 따른 급기온도에 의해 시간경과 후 15 °C, 5 °C, -5 °C로 점차 낮아지는 현상을 가정하기 위해 각 온도조건별로 별도의 급기가압을 실시하였다. 외부 바

Table 6. Air Supply Conditions

Description	Condition
Inlet flow rate	1.0 (min.) ~2.5 (max.) m ³ /sec
Inlet damper size	0.6 m×0.4 m
Inlet duct size	1.5 m (W)×0.3 m (H)
Inlet air temp	+15, +5, -5

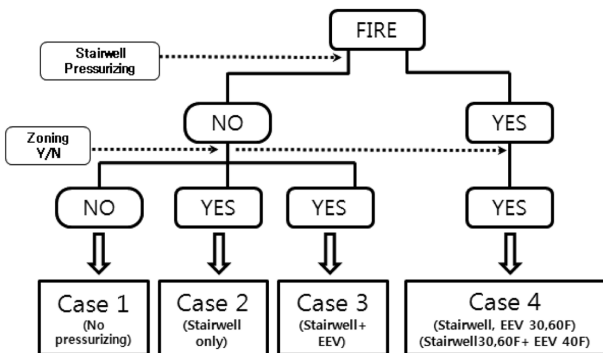


Figure 2. Flow chart for the scenarios.

람의 영향을 배제하기 위하여 저층에서는 무풍조건으로 하였다, 단, 고도에 따른 외기 온도변화는 시뮬레이션 S/W에 자동 반영되도록 지정하였다. Table 6는 본 시뮬레이션에 적용된 급기가압 조건을 표로 나타낸 것이다.

4. 해석결과 및 고찰

4.1 계단실 비수직구획 시-Case 1

Figure 3은 계단실 비 급기가압 시 수직구획 되지 않은 계단실과 EV샤프트에서 발생하는 연돌효과로 인한 수직적 차압분포 특성을 나타내는 그래프이다. ΔP_{SO} 는 계단실과 옥외, ΔP_{EO} 는 승강로와 옥외, ΔP_{SI} 는 계단실과 옥내, ΔP_{EI} 는 승강로와 옥내와의 차압을 나타내는데, 계단실과 EV샤프트에서 나타나는 차압분포 및 증성면의 위치가 매우 흡사한 양상을 보이고 있다. 이는 계단실과 EV 샤프트의 설정온도는 같으나 누설틈새 차이로 인한 것으로 파악된다. 증성면은 계단실에서는 약 39층, EV샤프트에서는 약 40층 높이에 형성되었으며, 각 샤프트와 옥외와의 차압분포는 계단실 약 $-260 \sim +220$ Pa, EV샤프트에서는 약 $-270 \sim +230$ Pa로 나타났으며, 각 샤프트와 옥내와의 차압분포는 $-65 \sim +70$ Pa, EV샤프트에서는 약 $-75 \sim +80$ Pa의 크기로 나타났으며, 이로 인해 최저층부와 최고층부에서의 각 샤프트와 옥외와의 차압이 약 200 Pa을 초과하는 구간이 발생하였다.

4.2 계단실 수직구획 후 차압분포

4.2.1 계단실 단독 수직구획 시-Case 2

Figure 4는 계단실의 30층, 60층을 수직구획하였을 경우 계단실과 외기, 계단실과 옥내의 차압특성을 나타낸 그래프이다.

비 수직구획시(Figure 3)와 달리 구획층에서 약간의 불연속적 패턴의 연돌효과가 발생하는 것으로 나타났다. 하지만 옥외, 옥내와의 차압분포 모두 수직구획층에서만 약

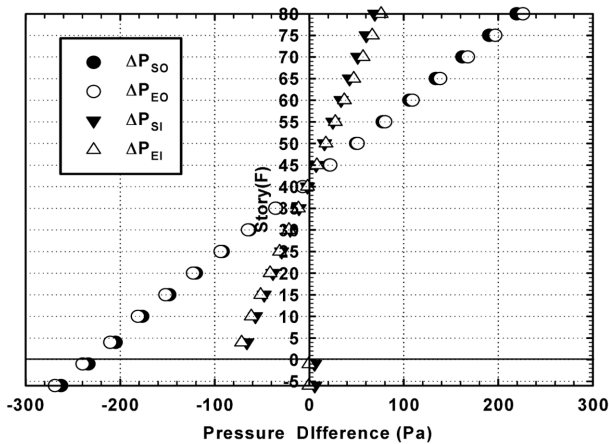


Figure 3. Differential pressures in a 80-story super-tall building due to the stack effect.

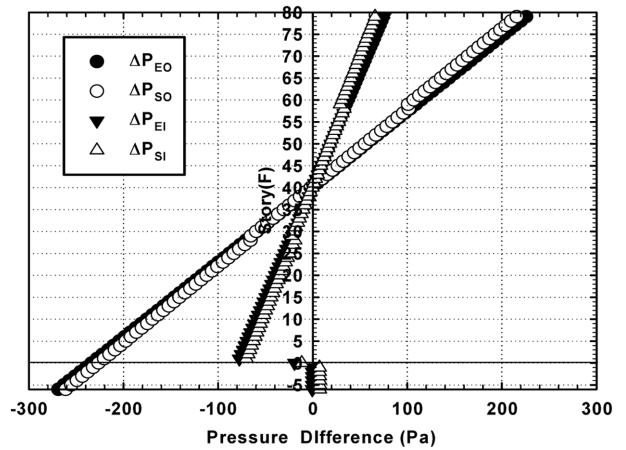


Figure 4. Pressure difference in a super-tall building with stairwell zoning only.

10 Pa 정도의 차압감소를 보였을 뿐 증성면의 위치나 최대 차압크기는 비 수직구획시와 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 비구획된 EV샤프트의 연돌효과에 의해 야기된 수직상승기류가 각층의 출입문과 급기댐퍼의 누설틈새 등을 통해 계단실에 유입되어 독립적 정압형성을 감쇠시킴에 따라 계단실만의 수직구획 효과를 저감시키기 때문으로 분석된다.

4.2.2 계단실 및 EV샤프트 동시 수직구획 시-Case 3

Figure 5는 계단실과 EV샤프트를 동시 수직구획 할 경우 옥외와의 차압특성을 나타내고 있다. a)는 계단실과 EV샤프트의 30층과 60층을 동시 수직구획 시, b)는 계단실은 30층과 60층, EV샤프트는 건물 중간층인 40층을 수직구획한 경우이다.

Figure 5a)에서와 같이 계단실과 EV샤프트를 동일층 수

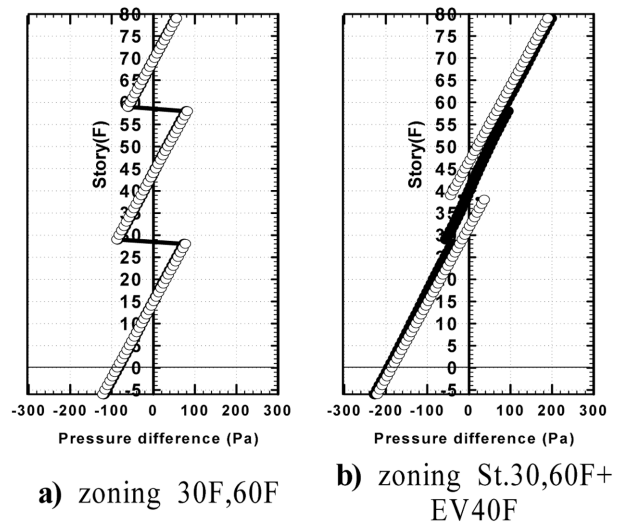


Figure 5. Pressure difference between stairwell and outdoors in a super-tall building with the zoning of stairwell and EV shaft [●: $\Delta P_{\text{Stairwell-Atm.}}$, ○: $\Delta P_{\text{EEL-Atm.}}$].

직구획한 경우 해당 구획층에서 상당히 큰 차압 불연속 구간이 발생하였으며, 이는 각 구간별로 중성면의 존재와 함께 독립적 차압분포 패턴이 형성되기 때문으로 추정되었다. 계단실 최대차압은 저층부 피난층의 약 125 Pa로 계단실 단독 수직구획 시보다 약 1/2 이상 낮은 값을 나타내어 연돌효과가 크게 저감된 것으로 분석되었다. 이때 EV샤프트(○)의 최대차압은 약 130 Pa로 계단실(●) 차압보다 약 5% 높은 것으로 나타났으며, 이는 EV샤프트의 누설 틈새면적이 계단실 출입문의 누설틈새면적보다 약 3배 커서 유,출입 공기량이 다르기 때문으로 추정된다.

Figure 5b)는 계단실과 EV샤프트의 수직구획층이 상호 다를 경우에는 차압분포 및 크기가 크게 달라짐을 보여준다. 계단실 수직구획층에서의 차압이 크게 떨어지지 않은 것은 출입문 누설틈새등을 통해 인근 30~40층 구간의 EV샤프트내 연돌효과 기류의 영향을 받기 때문으로 추정된다. 5a) 대비 계단실 최저층 차압과 최고층 차압의 크기가 각각 105 Pa, 150 Pa 증가하였으며, EV샤프트의 차압도 각각 100 Pa, 145 Pa 증가하여 오히려 연돌효과가 더 크게 나타났다. 이는 중앙코아 방식 건물의 경우 계단실과 EV샤프트가 동일층에서 수직구획되지 않으면 기류이동에 있어 상호간 직접적인 영향을 미쳐 연돌효과 저감 측면에서 훨씬 불리할 수 있다는 것을 나타낸다. 다만, 구획층을 달리하더라도 연돌효과에 의한 최대차압의 크기가 설계 허용범위 이내라면 건축 비용절감 측면에서는 검토될 수 있다고 본다. Figure 6은 계단실과 EV샤프트를 동시에 수직구획조건에서 옥내와의 차압특성을 해석한 결과이다.

Figure 6a)에 나타난 바와 같이 계단실과 EV샤프트를 동일층 수직구획(●)한 경우 계단실과 EV샤프트 모두 옥내와 불연속적이지만 비교적 균일한 차압분포를 나타내었다. 옥내와의 최대차압 범위는 약 -26~+27 Pa 정도로 상

당히 낮게 나타났다. 그러나 Figure 6b)에서의 같이 비동일층 수직구획(○)한 경우에는 옥내와의 차압분포가 매우 상이한 패턴을 보였으며, 최대차압 크기도 계단실 약 -96~+106 Pa, EV샤프트 -89~+98 Pa로 훨씬 크게 나타났다. 특히 계단실 30층~60층 구간의 경우 39층 중성면 직상하 구간에서 양압과 음압의 급격한 불연속 차압 패턴을 보였으며, 계단실 39층 이하층에서는 옥내보다 항상 낮은 압력을, 계단실 40층 이상층에서는 옥내보다 항상 높은 압력을 나타내었다. 이는 EV샤프트의 비동일층 수직구획 구간이 동일층 수직구획 구간보다 더 길어서 30층~40층 구간에서 연돌효과의 영향이 더 크게 나타나기 때문으로 추정된다.

4.3 계단실 및 EV샤프트 수직구획 후 급기가압시-Case 4

Figure 7은 계단실 수직구획구간을 정상 급기가압(하부 급기방식이며 최저차압은 40 Pa 이상 유지) 하였을 경우 계단실과 옥내와의 차압분포를 나타낸 그래프로써 계단실 온도 조건을 외기 급기시간 경과에 따라 각각 15°C, +5°C, -5°C로 가정하여 해석한 결과이다. 급기 초반(15°C)의 경우 하부급기가압에도 불구하고 연돌효과로 인한 차압크기는 약 +40~85 Pa로 나타났으며, 규정차압기준 +40~60 Pa을 약간 상회하는 것으로 나타났고, 따라서 별도의 과압배출장치가 필요할 것으로 분석되었다. 지속적 급기가압으로 계단실 온도가 5°C에 이르게 되면 외기와의 온도 차에 의한 연돌효과가 감소하여 구획 구간별로 약 +40~50 Pa의 비교적 균일한 분포를 나타내었다. 계단실 온도가 -5°C까지 내려갔다고 가정하였을 경우 지금까지의 차압 패턴과는 반대로 최고층부에서 약 +40 Pa, 최저층부에서는 이보다 큰 약 +60 Pa의 최대차압을 보이는 것으로 나타났다. 이는 하부 급기가압 특성은 그대로 유지되는 반면 계단실 온도가 외기온도에 가까워지면서 연돌효과가 더욱 감소한 때문으로 분석된다.

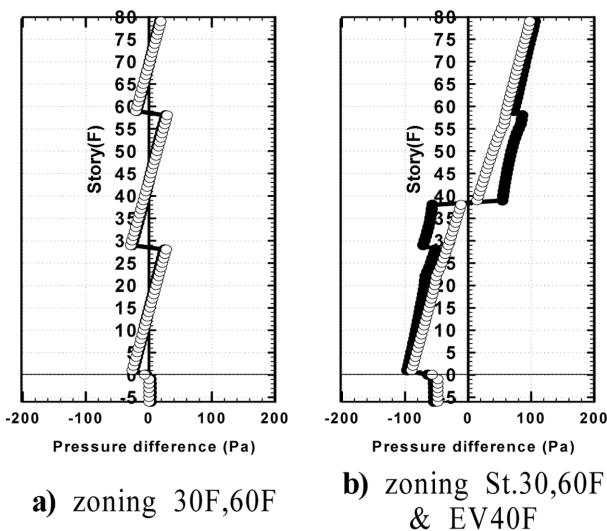


Figure 6. Pressure difference between stairwell and indoors in a super-tall building with the zoning of stairwell and EV shaft [●: ΔP_{Stairwell-indoor}, ○: ΔP_{EVshaft-indoor}].

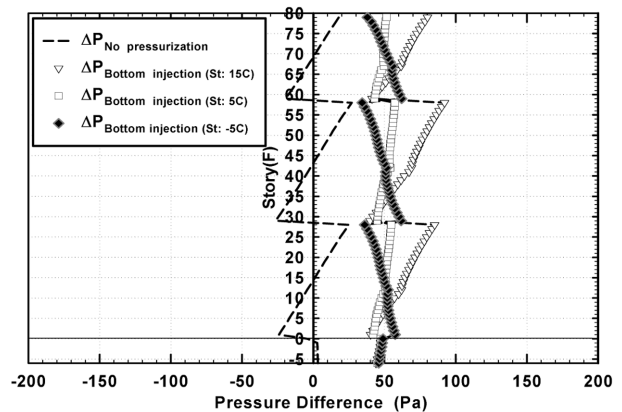


Figure 7. Pressure difference between stairwell and indoors with air pressurization in the stairwell zoned.

Table 7. Required Volume Flow Rate of the Blower Considering the Zoning Effect

		Required volume flow rate (m ³ /hr)			
Before Zoning	+15 °C	28,080			
	+5 °C	21,600			
	-5 °C	20,200			
After Zoning		Zone I	Zone II	Zone III	Total
	+15 °C	7,920	9,000	5,400	22,320
	+5 °C	6,840	7,200	4,680	18,720
	-5 °C	7,560	8,020	5,400	20,980

Zone I: 1F~30F, Zone II: 31F~60F, Zone III: 61F~80F.

상기 분석결과로부터 계단실 단독급기가압 시에는 실내와 옥외간 온도차의 대략 중간온도 값(실내온도-옥외온도/2)이 수직구획구역 전층에 비교적 균일한 차압분포를 형성시키기 위한 최적 온도조건임을 확인하였다. Table 7은 계단실 하부급기가압 시 수직구획 및 급기온도 조건 따른 최소 소요급기풍량을 계산하여 나타낸 것이다.

최소기준차압인 40 Pa을 유지하기 위한 비 수직구획 경우(15 °C)의 소요급기풍량은 약 28,080 m³/hr로 산출된 반면, 수직구획한 경우(15 °C) 각 수직구획구간의 소요급기풍량의 합은 약 22,320 m³/hr로 나타나 비 수직구획시보다 약 20 % 감소하는 것으로 예측되었다. 이는 EV 샤프트와 계단실 동시수직구획할 경우 비 수직구획시 보다 연돌효과 저감 측면 뿐만 아니라 소요급기풍량 산정 측면에서도 크게 유리할 수 있음을 나타낸다. 비 수직구획시 급기온도가 -5 °C인 경우에는 역연돌효과 특성이 최소차압을 형성시키기 위한 소요급기풍량을 감소시켜 5 °C의 경우보다 약 600 m³/hr 정도 작게 나타났다. 수직구획에 따른 계단실 급기가압 시의 경우에는 급기온도가 5 °C일 경우가 15 °C의 경우보다 약 3,600 m³/hr의 소요급기풍량 저감효율을 보였다. 이 때, 각 수직구획구간 별 급기량이 서로 상이하게 나타나는 이유는 수직구획 층수의 증감에 따라 소요급기풍량이 달라지게 되기 때문으로서 수직구획구간의 층수가 많을수록 많은 급기량을 필요로 하기 때문으로 분석되었다. 급기온도 -5 °C의 경우는 각 수직구획구간(계단

Table 8. Min. and Max. Pressure Difference in the Stairwell According to the Zoning

	$\Delta P_{St.-Atm.}$ (Pa)		$\Delta P_{St.-indoor}$ (Pa)	
	Min.	Max.	Min.	Max.
No zoning	-261	220	-65	70
Stairwell zoning only	-260	218	-64	68
Zoning St 30F,60F/EV 30F,60F	-125	91	-26	27
Zoning St 30F,60F/EV 40F	-230	198	-96	106
Air supply with zoning	.	.	41	92

실)에서의 역연돌효과 특성으로 인해 +5 °C일 때 보다 약 2,260 m³/hr 정도 증가하는 특성을 보였다. 이를 통해 급기온도 5 °C의 경우가 소요급기풍량측면에서 가장 효율적인 것으로 예측되었다. 각 Case 별 계단실과 옥외, 옥내와의 최소차압 및 최대차압 분포를 종합한 결과가 Table 8에 정리되었으며, 이를 통해 수직샤프트의 수직구획(Zoning)이 연돌효과 감소에 긍정적 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

5. 결 론

본 연구를 통해 중앙코어형 구조의 초고층건물에서 수직샤프트 수직구획 조건 및 급기조건에 따라 나타나는 특성은 아래와 같이 요약된다.

첫째, 샤프트 비수직구획 시의 각 샤프트와 옥외와의 최대차압은 약 260 Pa 정도로 최고층부, 최저층부 계단실 및 EV샤프트 문 개방에 장애가 발생할 것으로 예상되었다.

둘째, 계단실만 수직구획하였을 경우 샤프트와 옥내와의 차압 모두 수직구획된 층에서만 비 수직구획 시의 차압보다 약 10 Pa 정도 감소하였으며, 전체 차압크기 및 차압분포는 크게 변하지 않았다.

셋째, 계단실 및 EV샤프트를 동일층에 동시 수직구획하였을 경우에는 확연한 불연속적 패턴을 보이며 비수직구획시에 비해 약 50 % 이상 연돌효과가 감소하였으며, 계단실 내 큰 과압은 발생하지 않아 출입문 개방에 별 문제가 되지 않을 것으로 분석되었다. 그러나 계단실 및 EV 샤프트의 수직구획층이 서로 다를 경우 동일층 구획에 비해 옥내외와의 최대차압이 2배 이상 현저하게 증가하였다. 이에 따라 중앙코어형 건물의 경우 계단실과 EV샤프트가 동일층에서 수직구획되지 않을 경우 기류이동에 있어 상호간 직접적인 영향을 미쳐 화재시에는 연돌효과 증대로 인해 연기확산속도에 큰 영향을 줄 것으로 예측되었다. 다만, 구획층을 달리하더라도 연돌효과에 의한 최대차압의 크기가 설계 허용범위 이내라면 건축 비용절감 측면에서는 검토될 수 있다고 본다.

넷째, 동일층 수직구획의 경우 동절기 화재시 계단실 단독급기가압이 시작되면 외기에 의한 계단실 온도 저하로 인해 연돌효과도 점차 감소하는 것으로 나타났으며, 이로 인해 옥내와의 차압크기 변화 및 급기가압 소요풍량의 변화가 발생하는 것으로 나타났다. 계단실 온도가 실내온도와 외기온도 차이의 약 1/2의 경우가 설계차압 형성을 위한 소요급기풍량 측면에서 가장 효율적인 것으로 예측되었다.

본 논문을 통해 초고층건물의 샤프트 수직구획은 연돌효과 저감 및 화재시 급기가압 성능 측면에서 매우 긍정적 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 다만 초고층건물의 다양한 구조·형태 별로 최적의 수직구획 조건은 보다 세심한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, “Codes for Fire Resistant Structure of Buildings” (2011).
2. NFPA 101, “Life Safety Code”, pp. 101-126 (2011).
3. NISTIR 7251, “CONTAMW 2.4c User Guide and Program Documentation”, NIST (2010).
4. NFSC 501A, “Standard for Smoke-Control Systems Utilizing Pressure Differences in the Stairwell”, National Emergency Management Agency (2011).
5. NFPA 92A, “Standard for Smoke-Control Systems Utilizing Barriers and Pressure Differences” (2009).
6. C. H. Lim, B. G. Kim, Y. J. Yeo and Y. H. Park, “The Influence of Natural Smoke Ventilators and Wind Velocities on the Stack effect in High-rise Buildings”, Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 22, No. 4, pp. 20-26 (2008).
7. J. H. Klote and J. A. Milke, “Principles of Smoke Management”, ASHRAE (2002).
8. J. S. Kim and O. P. Lee, “Study on the Method of Stack Effect Mitigation by the Elevator Shaft Pressurization at High-rise Buildings”, Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 25, No. 6, pp. 178-183 (2011).