

4.2 해석 대상물

해석 대상 건축물은 중앙코어방식의 복합건물로 중앙에 두 대의 승강기가 있는 승강로(A)와 특별피난계단(C) 및 복도(E)가 있고, 복도를 거쳐 측면으로 사무실 8개(F~M)가 둘러싼 구조로서 층고가 4.2m, 지상 50층 규모의 초고층 건축물로 계획하였다. Figure 1은 모델링 대상 공간을 나타내고 있다. 화재안전기준 상의 출입문 누설특성에 대한 누설량은 Table 1에서와 같이 국내 건축법상의 기준인 차압 25Pa에서 공기 누설량이 0.9m³/min · m² 을 적용하였고, 외벽의 누설특성 비는 Table 2에서 보는 바와 같이 BS 5588-Part 4 기준에 있는 기밀(Tight) 조건을 적용하였다.

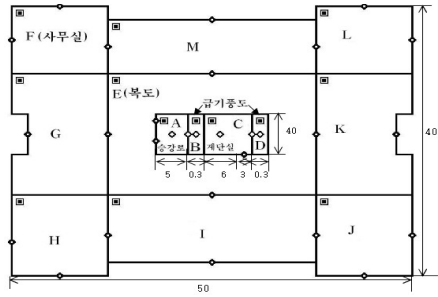


Figure 1. Description of the modeling space

Table 1. Air leakage of the doors

Type of door	size (m)	Leakage area(m ²)
Single-leaf door opening inward the room	0.9×2.1	0.01
Single-leaf door opening outward the room	0.9×2.1	0.02
Lift door	2.0×2.0	0.06

건축법상: 차압 25Pa에서 공기 누설량이 0.9m³/min · m²

Table 2. Air leakage ratio for walls

Construction element	Wall tightness	Leakage area ratio
Exterior building walls	Tight	0.7×10 ⁻⁴
	Average	0.21×10 ⁻³
	Loose	0.42×10 ⁻³
	Very loose	0.13×10 ⁻²

4.3 경계조건

날씨조건은 저층에서는 외부 바람의 영향이 없는 무풍 조건으로 하였으며, 온도조건은 연돌효과가 가장 크게 발생하는 동절기 조건으로 Table 3과 같이 적용하였다. 급기가 압은 건물 최상부에서 가압하는 것으로 하였고, 승강로 상부에는 승강기의 피스톤 효과를 감쇄시키기 위한 에어 홀개구부를 설정하였다. 급기용 송풍기 사양은 최대풍량 270CMM, 최대정압은 55mmAq 이며, 팬의 성능곡선은 Figure 2와 같다.

급기가압 조건은 화재안전기준 501A에 의거하여 계단실 급기가압 시의 최소 차압 40Pa 이상이 유지될 수 있도록 유입풍량과 유입구 크기를 결정하였다. Table 4는 본 모델링에 적용된 급기가압 조건을 표로 나타낸 것이다.

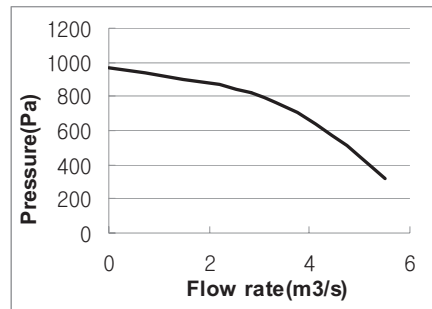


Figure 2. Performance curve of the supply fan

Table 3. Temperature conditions

Description	Temperature(°C)
Outside	-10
Office	22
Corridor	15
Elevator chute	10
Lobby	15
Stairwell	10

Table 4. Air supply conditions

Description	Condition
Inlet flow rate	1.0 m ³ /sec
Inlet damper size	0.6m x 0.4m
Inlet duct size	2m x 5m
Inlet air temp	10°C

5. 결과 및 고찰

5.1 평상 시

평상시 계단실 급기가압이 이루어지지 않는 경우, 계단실 또는 승강로에서 연돌효과에 의한 수직 압력분포는 **Figure 3**에서 보는 바와 같이 나타났다. 이는 연돌효과가 실내의 온도차 및 층고 높이에 의해서 발생되기 때문인데, 만약 승강이통로의 온도를 계단실보다 높게 할 경우에는 압력분포가 다르게 나타난다. 그림에서 중성대의 위치는 27층이고, 최대차압은 1층에서 약 100Pa 이며, 전체 차압 크기는 약 200 Pa인 것으로 나타났다.

5.2 평상 시 승강로 공조용 단독 급기가압 시

연돌효과 저감을 위한 방법 중에는 공조설비를 이용한 승강로 단독 급기가압 방법이 있다. 본 연구에서는 공조에 의한 급기가압 시 최저 차압이 5 Pa 이상이 되도록 설정하여 승강로 단독 급기가압이 연돌효과에 미치는 영향을 해석해 보았다. 그 결과 계단실 및 승강로 내의 수직적 압력분포는 **Figure 4**와 같이 나타났다. 승강로 가압을 함으로서 승강로 내의 압력은 전체적으로 양압이 되어 중성대는 형성되지 않는다. 전층이 양압이 걸리므로 저층부의 개구부 등으로부터 외부공기의 유입이 이루어지지 않게 되어 승강로 내에서의 연돌효과는 없어지게 되므로 화재발생시 연기가 수직 승강로를 통해 상층부로 확산되는 것을 예방할 수 있게 될 것으로 예상된다. 계단실의 경우 승강로를 통한 누설공기의 침입으로 인해 계단실 내부의 압력 상승이 발생, 평상시의 27층에 형성되던 중성대 위치가 25층으로 2개층 정도 이동하는 것으로 나타났다. 이에 따라 계단실의 경우 1층 출입문등 개구부를 통해 외부공기 유입이 쉽게 이루어질 수 있는 것으로 추정된다.

5.3 계단실 단독 급기가압 시

화재 시 연기의 침투를 방지하기 위해 계단실을 급기 가압할 경우 계단실 및 엘리베이터 통로에서의 수직 압력분포는 **Figure 5**와 같이 나타났다. 그림에서 보는 바와 같이 계단실의 경우 전 층을 통틀어 중성대 없이 양압이 형성되어 화재발생시 연기가 계단실로 침투되는 것을 방지하는 효과가 있는 것으로 볼 수 있다. 최저 양압의 크기는 1층에서 약 40 Pa인 것으로 나타났다. 하지만 고층부에서는 최대 양압의 크기는 50층에서 약 240Pa로 상당한 과압이 걸리는 것으로 나타나 이를 제어할 수 있는 적절한 방안이 필요한 것으로 분석되었다.

5.2절의 **Figure 4**에서 분석된 승강로 공조에 따른 승강로 누설틈새를 통한 누설공기 침입 시 계단실 중성대의 위치가 약 2개 층 정도 저층부로 내려간 것과 같이 승강로에서도 계단실 가압에 따른 누설공기의 침입으로 통로 내부의 압력 상승이 발생, 중성대의 위치가 약 2개 층 정도 평상시(무급기)보다 저층부로 이동하는 것으로 나타났다. 이에 따라 저층부에서는 외부공기의 유입으로 연기의 수평 확산은 억제되는 대신 승강기 통로를 통한 수직 확산은 더욱 심화될 것으로 추측된다.

5.4 계단실 및 승강로 동시 급기가압 시

계단실 및 승강로를 동시 가압을 하였을 경우 **Figure 6**과 같이 계단실과 승강로에서의 수직적 압력분포는 서로 비슷한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다. 승강로의 경우 압력분포가 약 5Pa정도 크게 나타나는 것을 알 수 있는데 이는 계단실 급기가압 시 저층부 엘리베이터 문의 누설틈새를 통해 유입되는 동압으로 인해 기류가 유입되어 상승기류로 작용되기 때문에 나타나는 현상이라고 판단된다.

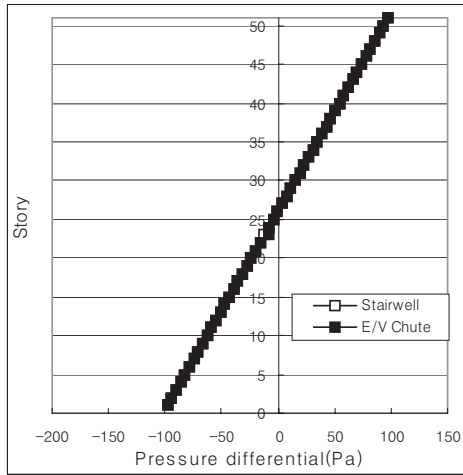


Figure 3 Stack effect at no pressurization

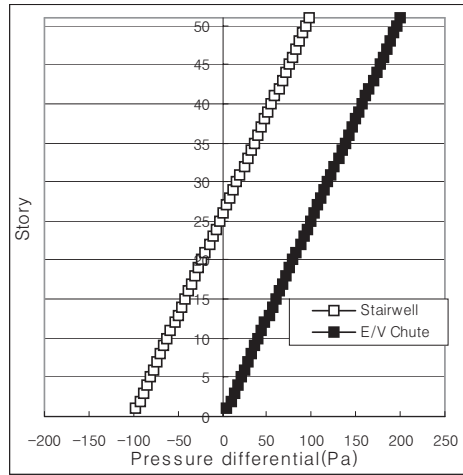


Figure 4 Stack effect with HVAC in the elevator chute

이러한 결과로 볼 때 계단실 및 승강로의 동시 급기가압은 저층부의 최저차압을 40Pa이상 유지하기 위해 필요한 송풍기의 용량 산정 및 성능확보 측면에서 좀 더 수월한 효과를 줄 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 중성대 미형성으로 저층부의 외기유입 및 고층부의 내기누출에 대한 영향을 줄일 수 있고 연돌효과 저감에도 어느 정도 영향을 미칠 수 있다는 것을 나타내고 있다. 단, 고층부에서의 과압으로 인해 발생하는 출입문 개폐시의 어려움, 소음의 문제 등을 고려해 볼 때 급기가압의 균등분할 산정 및 과압방지장치의 설치 등이 필요할 것으로 사료된다.

Figure 7은 지금까지 분석된 각 급기조건에 따른 승강기문과 외벽(외피)의 최대 차압 값을 종합적으로 나타낸 표이다. 차압 최대치는 모두 고층부에서 나타났고 평상시를 제외한 나머지 경우는 양압을 보였다. 최대 차압값은 평상시 약 98 Pa, 승강로 공조 시 95Pa, 계단실 급기 가압 시 200Pa, 계단실 및 승강로 동시 가압 시 235Pa으로 각각 나타났다. 또한, 승강로 공조 및 계단실 급기, 승강로 및 계단실 동시 가압을 할 경우에는 모든 층에서 양압을 나타내었는데 이는 건물 내 화재 시 저층부의 출입문등을 개방 하였을 경우 연돌효과로 인해 발생하는 개구부를 통한 외기의 유입에 따른 문제점 저감에 있어 큰 기대효과를 줄 수 있을 것으로 사료된다.

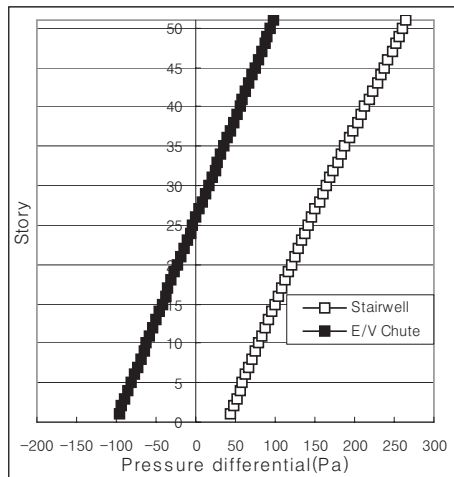


Figure 5. Stack effects with the stairwell pressurization

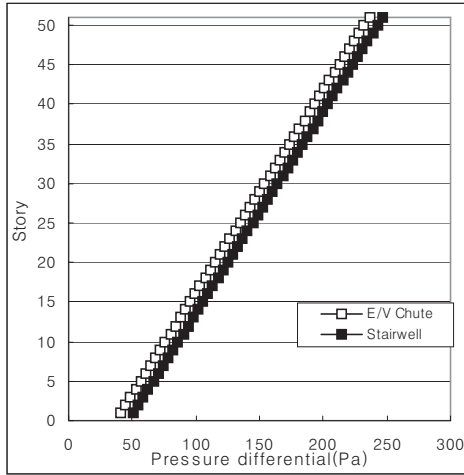


Figure 6. Stack effects with simultaneous pressurization in the stairwell and elevator chute

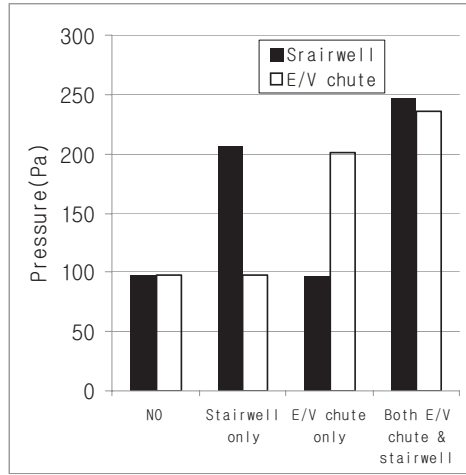


Figure 7. Maximum pressure differentials on the elevator door and stairwell door

6. 결 론

본 연구 결과에서 보는 바와 같이 50층 초고층 건물에 있어서 평상 시 동절기에는 연돌효과에 의한 수직 통로인 계단실 및 승강로 모두 최대 $\pm 100\text{Pa}$ 정도의 차압이 발생하던 것이 화재에 의하여 계단실 단독 급기가압이 이루어지게 되면, 계단실에는 약 $40\sim 270\text{Pa}$ 정도의 양압이 걸리고, 승강로에는 틈새 누설량에 의해 전층에서 약 8Pa 정도 상승하여 $-90\sim 110\text{Pa}$ 정도의 차압이 발생하는 것으로 나타났다. 이에 따라 승강로에서는 연돌효과가 그대로 발생하는 반면 계단실에서는 연돌효과가 발생하지는 않지만 계단실 상층부의 과압으로 인해 출입문의 개폐가 큰 영향을 받을 수 있는 것으로 분석되었다. 평상시 승강로에 급기 가압을 할 경우 승강로에서는 연돌효과가 발생하지 않는 것으로 나타났으며, 화재로 인해 계단실 급기가압이 동시에 이루어 질 경우에는 승강로와 계단실 모두 연돌효과는 발생하지 않는 대신 고층부에서 200Pa 이상의 과압이 발생하여 승강기문과 계단실 방화문 모두 개폐에 어려움이 있을 것으로 추정된다. 이에 따라 각 방호구역에서 과압을 조절할 수 있는 적절한 대책 수립이 필요한 것으로 판단된다.

참고문헌

- Walton, G. N.(2006), CONTAMW 2.4b User Guide and Program Documentation, NISTIR 7251, National Institute of Standards and Technology
- ASHRAE(2001), ASHRAE Handbook Fundamentals Ch. 25 Ventilation and Infiltration
- Hinkley, P. L. (1971). Some notes on the control of smoke in enclosed shopping centres. Fire Research Note No. 875. Fire Research Station, Borehamwood, England.
- Butcher, E. G., Fardell, P. J. and Clarke, J. (1969). Pressurization as a means of controlling the movement of smoke and toxic gases on escape routes. Paper 5, Fire Research Station Symposium No. 4, *Movement of smoke in escape routes in buildings*. Watford 1969. HMSO. 1971.
- Butcher, E. G., Parnell, A. C. (1979). *Smoke control in fire safety design*, William Clowes & Sons Ltd, Beccles and London.
- Klote, J. H. & J. A. Mike(2002), Principles of Smoke Management, ASHRAE, Atlanta GA.
- ASHRAE(2001), ASHRAE Handbook-Airflow Around Buildings, Atlanta GA.