

고층건축물 수직 샤프트 연돌효과 해소방법에 대한 연구

The Study on the Solution of Stack effect in the Vertical shaft of High-rise Buildings

김진수· 장희철*

Kim, Jin Soo Chang, hee chul

Abstract

Stack effects occurred in the stairwell, an important evacuation means of the high-rise building, give a big impact on stairwell pressure difference distribution and it could obstruct evacuation from the building, so should be controlled within proper range. Computer simulation was conducted with CONTAMW2.4 to find the solution of stack effects of the high-rise building. It was able to solve the imbalance pressure difference with a pressurization and a depressurization supplied by fans on higher and lower parts of the stairwell.

key words : stack effect, pressure difference, high-rise building

초고층건축물의 주된 피난경로인 계단실에 발생하는 연돌효과는 계단실 차압분포에 큰 영향을 주고 피난에 장애가 될 수도 있으므로 적정 범위 내에서 억제되어야한다. 고층건축물의 연돌효과를 해소하는 방법을 찾기 위해 몇 가지 경우에 대해 시뮬레이션을 하고 계단실 상하부의 fan으로 가압과 감압을 적절히 병용한 결과 연돌효과에 의한 차압불균형을 해소할 수 있었다.

1. 서 론

급기가압제연방법은 고층 건축물의 피난계단의 제연방법으로 보편화되어있다. 그러나 지나친 가압으로 문을 열기 힘들게 되거나 가압의 부족으로 연기가 계단실로 스며드는 것을 방지하기 위해서는 계단실 압력을 일정범위 이내로 유지할 수 있는 범위 내에서 가압이 이루어져야한다. 초고층건축물에서는 계단실에서 발생하는 연돌효과(Stack effect) 때문에 계단실 최하부와 최상부 사이의 압력차가 가압범위를 벗어나는 경우가 있기 때문에 연돌효과를 해소 또는 감소시킬 수 있는 방법이 필요하다.

2. 연구의 배경

연돌효과에 의해 계단실 출입문 안쪽에 작용하는 차압은 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\delta P_s = g(h - h_{npl})\rho_i(T_i - T_o)/T_o \quad (\text{식 1})$$

Tamura는 NRCC에서 수행한 고층건축물 제연 실험에서 계단실 피난문 릴리프 방식으로 하부에서 급기할 경우 계단실의 높이에 따른 차압변화가 별로 나타나지 않았다고 보고하였으나 연돌효과에 따른 차압분포는 고려하지 않았다. 겨울철 연돌효과에 의해 건물의 하부층에 나타나는 부압은 거주공간의 연기를 계단실로 끌어들이 수 있기 때문에 가압을 하여야하나, 이 가압 때문에 고층부에서는 계단실 압력이 너무 높아져서 가압 범위를 초과하게 될 수가 있으므로, 초고층 건축물 방재 설계상 수직 샤프트의 연돌효과는 중요한 고려사항

* 정희원· 벽산엔지니어링(주)· 이사· E-mail : oksulki@daum.net

** 정희원· 중앙대학교 기계공학부· 박사과정· E-mail : changheechul@hotmail.com

이다. Lars Jensen(2003)은 흑한기 정적 가압의 높이 한계를 30-40m로 보았고, 그 높이 한계를 연장하기 위한 방법으로 기류가압방법을 제안하였다. 계단실 연돌효과를 검토할 때 거대 유로에 저속 유동이 발생하는 것으로 보고 보통 기류의 마찰 손실을 무시하지만, Lars Jensen은 이 마찰손실을 활용하여 연돌효과를 크게 완화시킬 수 있는 것으로 보았다. Lars Jensen의 새로운 방법은 계단실 최상부에 댐퍼를 설치하여 기류를 배출함으로써 연돌효과로 인한 압력상승을 일부 해소함과 동시에 계단실 하부에서 급기함으로써 계단실 하부의 가압효과를 얻으며, 그로 인하여 계단실에 발생하는 상승기류의 마찰 손실로 상층부의 압력상승을 예방하는 방식이다. 이런 방식으로 흑한기의 연돌효과를 고려한 건물 한계높이를 200미터까지 확장하였다. 이 논문에서는 그런 발상을 확대하여 최상부에서 강제배기를 실시하고, 중간부분에서 압력이 너무 저하할 경우에는 급기 가압함으로써 건물의 한계높이를 더욱 확장할 수 있는 가능성을 모색하였다.

3. 연구의 방법 및 제한사항

3.1 연구 방법 및 사용한 Tool

고층건물에서 흑한기 연돌효과에 의해 발생하는 압력분포를 여러 조건에서 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 Tool은 NIST에서 배포하는 CONTAMW2.4를 사용하였는데, CONTAMW는 NIST가 건축물 공기유동 시뮬레이션을 위한 Multi zone network program 들을 평가하고 그중에서 가장 우수한 것으로 평가된 AIRNET를 고층건물에 사용할 수 있도록 개량한 프로그램으로서 부력유동 및 계단실 마찰손실과 실내공기 오염도를 간편하게 시뮬레이션 할 수 있는 프로그램이다.

3.2 분석 대상 및 가정조건

- 건물 : 총고 4m 인 50층 건물을 가정하여 건물 전체높이를 200m로 하고, 옥탑층을 추가하였다. 각층 면적은 1000m²이며, 각층에 화장실 배기용으로 배기 샤프트에 연결된 배기구가 있고 배기 fan은 옥탑층에 설치하였다. 시뮬레이션의 단순화를 위하여 계단실은 하나만 설정하였으며 실제 건물의 조건과 유사하게 방풍실을 설치하였고, 1층에는 주현관이 있으므로 피난계단의 부속실을 생략하였다. 외벽의 누설면적은 BS5588의 Table D.3에서 Tight wall의 누설면적비인 0.7×10^{-4} 를 인용하였으며, 외기온은 -10℃, 실내온도는 20℃로 가정하였다.

- 문, 창호 개방조건 : 화재초기 실제 피난상황을 가정하여, 2개 층의 계단실 피난문이 동시에 개방되고 1층의 피난문도 동시 개방된 상황을 가정하였다. 문의 개방은 모든 위치에서 0.9m*2.1m의 도어가 완전 개방되며 피난인원의 몸으로 문이 가리는 조건은 고려하지 않았다. 기계식 제연설비를 고려하지 않았으며 창문은 평상조건에서의 누설과 화재로 인한 개방의 두 가지 조건을 고려하였다. 화재초기에는 실내의 배기구가 열려 있으므로 옥내배출 조건을 충족하는 것으로 보았다.

3.3 제한사항

시뮬레이션에서 바람의 영향을 무시하였고, 시뮬레이션 결과를 해석하기 편하도록 승강기도 무시하였다. 건물 구조체 누설도 무시하였으며, 계단실 내 기온을 293K의 정상상태로 가정한 것은 프로그램의 한계이다.

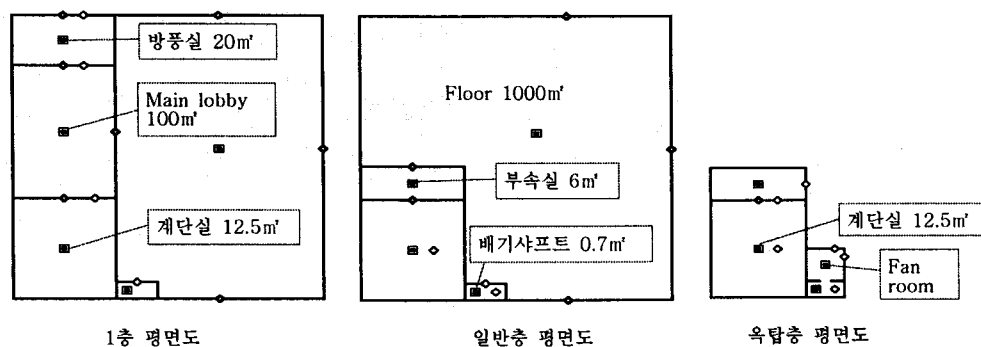


그림 2. 비가압 상태의 압력분포

4. 시뮬레이션 결과

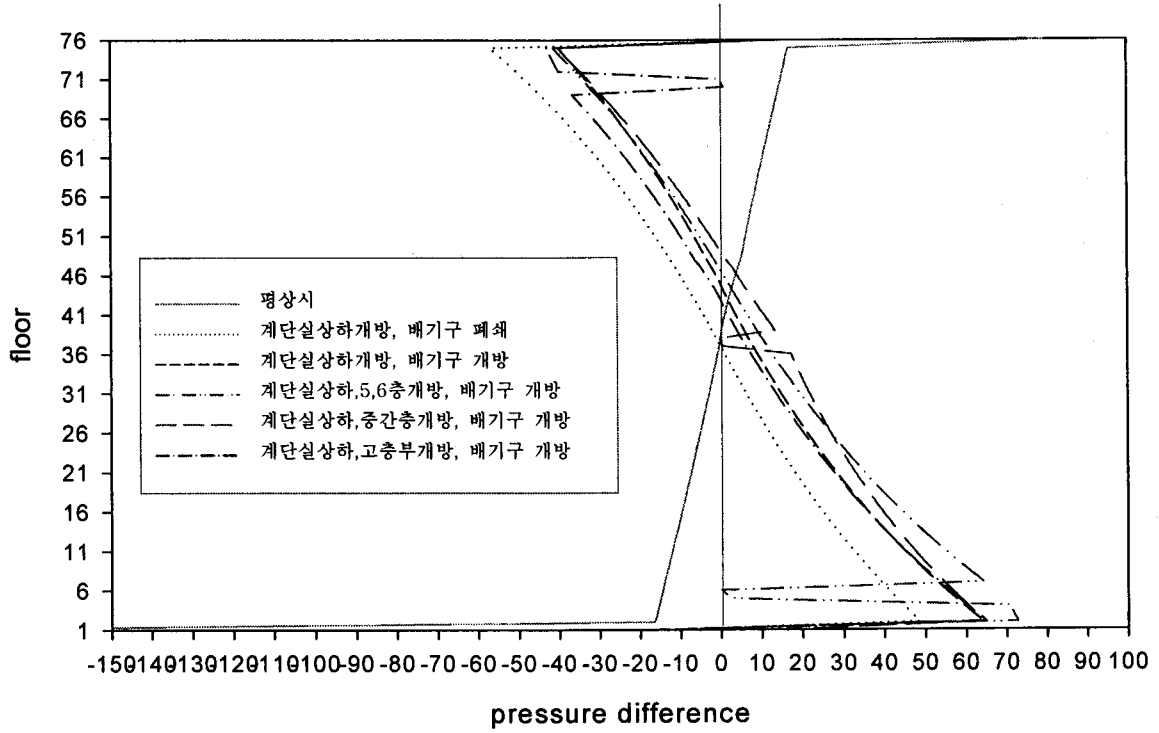


그림 3. 비가압 상태의 압력분포

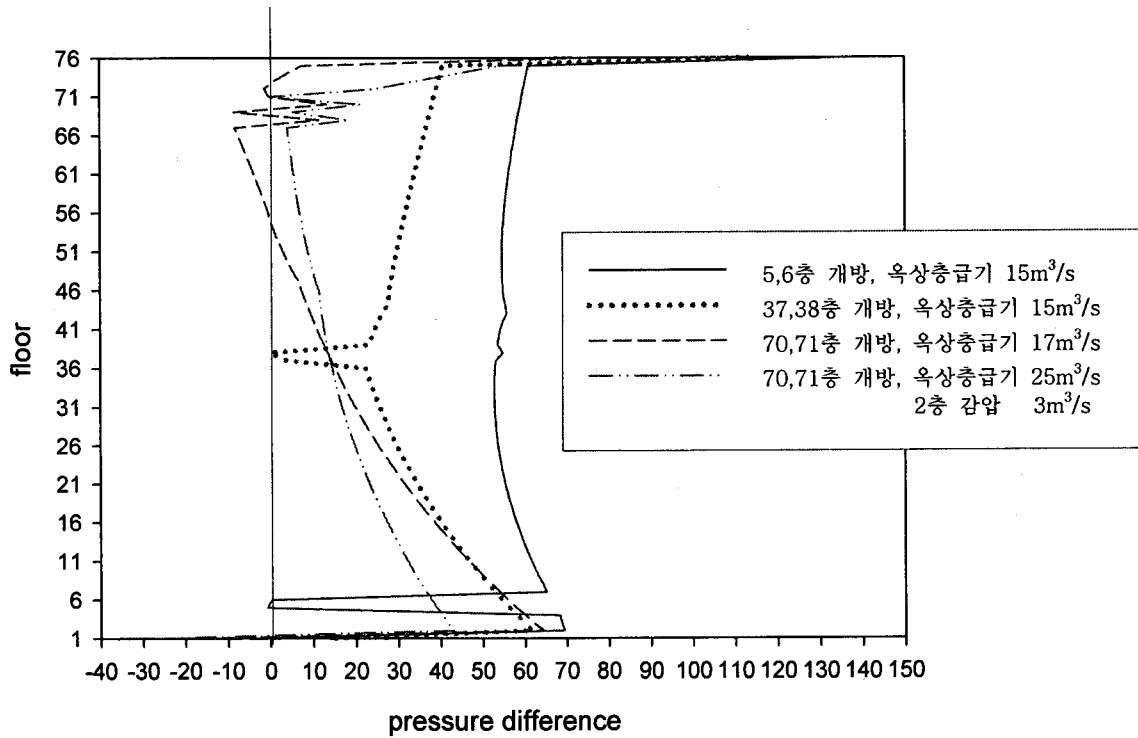


그림 3. 가압 상태의 압력분포

5. 분석 및 결론

5.1 비가압 상태에서의 차압분포

1) 계단실의 모든 출입문이 닫힌 정상상태에서는 건물 내외부 온도차에 따른 수직 압력분포가 형성되었다. 그러나 가장 큰 연돌효과가 옥내의 수직 환기샤프트에서 발생함으로써 계단실의 차압은 예상보다 훨씬 작았다. 1층과 옥상의 출입문을 열었을 때에는 외기의 압력이 바로 계단실로 소통되고 또한 옥내의 수직환기구 연돌효과가 강력하여 계단실 내부에는 오히려 reverse stack effect가 발생하였다.

2) 옥상의 수직환기 샤프트 개구를 닫은 경우에는 개방한 경우보다 계단실 차압이 약 10Pa 정도 낮았다.

3) 저층부와 중층부 그리고 고층부의 각 2개 층 출입문을 열었을 때에도 계단실 전체의 차압 분포는 크게 변하지 않았으나 개방한 층에서 계단실과 부속실 간의 차압은 0에 가까웠다. 화재가 발생하면 계단실로 연기가 자연스럽게 흘러갈 수 있다.

5.2 가압 상태에서의 차압분포

1) 옥상층에서 15m³/s의 공기로 가압할 때에는 저층부와 중층부의 출입문을 각 두 개씩 열었을 때에도 계단실 차압은 전체적으로 양호한 분포를 보였다. 개방층에서의 차압은 거의 0이므로 해당 층에서만 부속실을 가압해 주면 양호한 제연효과를 얻을 수 있다.

2) 고층부 출입문을 열었을 경우에는 옥상층의 가압만으로는 계단실 압력분포가 고르지 않았다. 옥상층에서 25 m³/s로 대규모 가압을 하고 2층에서 3m³/s로 배출하여 감압을 함으로써 계단실 압력을 양호하게 조성할 수 있었다.

5.3 결론

계단실 상하부에서 적절한 가압과 감압을 함으로써 초고층 계단실의 연돌효과를 극복할 수 있으며, 계단실 가압과 부속실 가압을 병용하면 안정된 제연효과를 얻을 수 있음을 보았다. 화장실 배기 샤프트는 자체 연돌효과로 계단실 차압에 큰 영향을 미치기 때문에 다른 제연설비의 설계 시 반드시 그 영향을 고려하여야 한다.

참고문헌

1. J. H. Klote, and J. A. Milke. Principles of Smoke Management Systems. ASHRAE. Atlanta, GA. 2002.
2. Lars Jensen, Stairwell Flow Pressurization - A New Method, Journal of Fire Protection Engineering. V13, Nov. 2003, SFPE, pp.251-274
3. G. T. Tamura, Smoke Movement & Control In High-rise Building,
4. BS5588-Part4, 1998
5. NFPA92A, 2005