

고층건물 계단실 제연에 관한 국내외 기준 연구

윤성욱, 조정훈*, 이동호**
GS건설, *한일 MEC, **인천대학교

Study of International Standards on the Smoke Control System at the Stairwell of Tall Buildings

Sung-Wook Yoon, Jeong-Hoon Cho*, Dong-Ho Rie**
GS E&C, *Hanil MEC, **Univ. of Incheon

1. 서 론

최근 초고층을 포함한 고층 건물은 국가나 도시의 이미지와 상징성에 있어서 매우 중요한 역할을 수행하고 있다. 따라서 경제적 여유가 있는 국가나 도시 혹은 기업은 홍보차원의 상징성을 높이는 용도로서 고층 건물의 계획 및 건설이 증가되고 있다. 특히 미국 World Trade Center의 911 테러 사고 이후 초고층 건축물의 안전성에 대한 관심이 높아지면서 화재 등 초고층 건물의 비상시 안전대책에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

고층 건물은 다중이용시설로 구성되어 실 밀도가 높아 화재 시 다수의 인명 및 물질 피해를 입을 수 있으며, 미국 재해발생통계연보에 따르면 화재 시 사망원인의 60%는 직접적인 열에 의한 피해보다는 연기와 유독가스에 의한 질식 사망인 것으로 분석하고 있다. 즉 연기와 유독가스의 제어가 인명안전을 확보할 수 있는 중요한 수단이라고 할 수 있으며 이에 따라 피난동선과 피난소요시간이 긴 초고층 건물에서 제연시스템의 역할이 더욱 증대된다.

고층 건물의 제연설비는 거실제연과 계단실 제연으로 구분할 수 있다. 거실제연의 경우 국내 기준이 외국기준과 거의 유사하나 계단실 제연의 경우 다른 측면이 있어 외국의 기준을 살펴봄으로써 향후 국내 초고층 건물의 계단실 제연설비를 설계하는데 많은 도움이 될 것이라 생각한다.

2. 국내 기준

현재 국내에서는 고층건물의 11층 이상 또는 지하 3층 이하의 층으로부터 피난층 또는 지상으로 통하는 직통계단은 특별피난계단으로 설치하여야 한다는 건축법 시행령 제35조 2항에 따라 계단실 또는 그 부속실에 제연설비를 설치하도록 하고 있다.

구체적인 제연설비 설치기준은 다시 NFSC 501A, 특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준에 따르는데 이 기준은 “제연방식은 제연구역에 옥외의 신선한 공기를 공급하여 제연구역의 기압을 제연구역 이외의 옥내보다 높게 하되 일정한 기압의 차이를 유지하게 함으로써 옥내로부터 제연구역내로 연기가 침투하지 못하도록

하며, 피난을 위하여 제연구역의 출입문이 일시적으로 개방되는 경우 방연풍속을 유지하도록 옥외의 공기를 제연구역내로 보충 공급하도록 할 것. 그리고 피난으로 인하여 일시 개방된 출입문이 다시 닫히는 경우 제연구역의 과압을 방지할 수 있는 유효한 조치를 하여 차압을 유지할 것” 이라고 제연설비의 목적 및 운영방식에 대해 설명하고 있다.

또한 제연구역의 선정에 있어서는 1. 계단실 및 그 부속실을 동시에 제연하는 것 2. 부속실만을 단독으로 제연하는 것 중 선택하여 적용하도록 하고 있으나 현재 국내 다수의 고층 건물의 제연설계가 부속실만을 단독으로 제연하는 방식을 주로 적용하고 있다. 이는 계단실 및 그 부속실 동시 가압 시스템을 적용했을 경우 건축공간이 축소되고 비용이 추가되므로 부속실 가압이라는 가장 최소한의 설비로 제연 시스템을 결정하는 것이 아닌가 추정된다.

제연구역과 옥내와의 사이에 유지하여야 하는 차압은 40Pa 이상 60Pa 이하로 규정하고 있으며 설계시에는 50Pa을 기준으로 하고 있다. 계단실과 부속실을 동시에 제연하는 경우 부속실의 기압은 계단실과 같게 하거나 계단실의 기압보다 5Pa 이상이 되도록 규정하고 있다.

방연풍속은 대부분의 고층건물에서 볼 수 있는 바와 같이 제연구역과 면하는 옥내가 복도이고 그 구획이 방화구조라면 0.5 m/s 이상이 될 것을 제시하고 있다.

3. 국외 기준

국내 소방법 중 제연시스템의 모태가 되었던 British standard나, 미국 NFPA code 그리고 프랑스 기준을 살펴보면 계단실 제연의 경우 국내와는 다소 상이한 시스템을 적용하고 있는 것을 알 수 있다.

3.1 영국

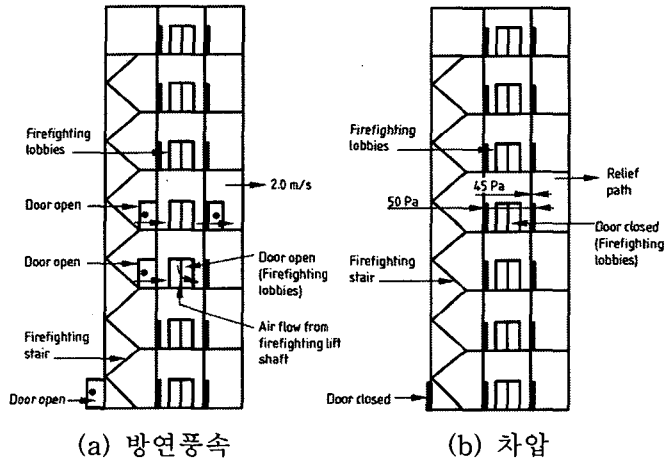
영국에서의 건물에 관한 제연기준은 British Standard 5488 part 4, Code of practice for smoke control using pressure differentials이다. 이 기준에서는 화재시 계단을 이용한 탈출로 확보를 목표로 우선 건물을 표 1과 같이 5개 등급으로 분류한 뒤 각각의 등급에 따른 시스템을 구체적으로 제시하고 있다.

표 1. 차압에 의한 제연 목적의 건물등급 분류

등급	예시
A	주거용 건물, 피난대피소 등
B	소방관용 계단 및 승강기실
C	상업용 건물 (동시 피난)
D	호텔, 호스텔, 관공서
E	단계별 피난이 적용되는 건물 (4단계 이상으로 한번에 2개층씩 피난)

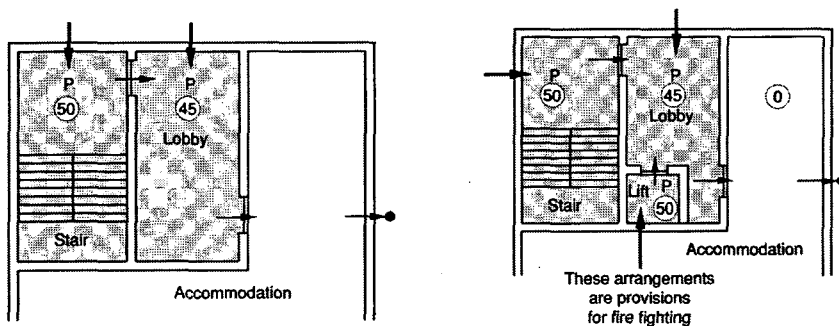
각각의 등급별로 풍량 및 차압에 관한 설계조건은 다르며 이 중 B등급을 예를 들어 설명하면 그림 1과 같다. 여기서 승강장 겸용 부속실(전실)로부터 홀로 향하는 방연풍속은 최소 2m/s 이상이 되도록 하고 있다. 이 조건이 적용될 때 다른 층 및 다른 곳에 있는 문의 개폐상황에 대해서도 자세하게 명기함으로서 잘못된 해석을 미리 예방하고

있다. 또한 승강장 겸용 부속실과 복도와의 차압은 45Pa 이상, 계단실과 복도와의 차압은 50Pa 이상을 유지하되 피난용 출입문을 열 때 드는 힘이 100N을 넘지 않도록 차압을 제한하고 있다.



(a) 방연풍속 (b) 차압
그림 1. B등급 건물의 방연풍속 및 차압조건

피난로 확보를 위한 가압 시스템은 (a) 계단실만 가압 (b) 계단실과 부속실 가압 (c) 계단실, 부속실 및 복도 가압의 형식이 가장 일반적으로 사용되고 있는데 (b) 계단실과 부속실 가압의 경우 그림 2의 (a)와 같이 구성이 가능하고 이 때 차압 조건은 국내 기준과 거의 동일하게 적용된다. 그림에서 굵은 화살표가 급기방향이고 얇은 화살표가 누기방향이다. 그림2의 (b)는 고층건물 내 소방용 승강기가 부속실(Lobby)과 함께 구비되어 있고 소방관의 안전을 위해 이를 가압할 필요가 있을시 가압조건을 나타내고 있다. 이 때 승강기 수직구의 차압은 50Pa로 계단실과 동일하다.



(a) 계단실과 부속실 가압 (b) 계단실과 부속실 및 승강기 수직구 가압
그림 2. 가압 시스템의 구성

이상에서 알 수 있듯이 영국기준은 국내 기준의 모태가 된 기준으로 그 내용이 상당히 유사하나 차이점은 영국기준이 국내 기준보다 더 다양한 시스템의 구성 및 적용의 길을 열어 놓고 설계자가 선택하도록 하고 있다는 점과 선택시 구체적인 설계기준을 제시하고 있다는 점이 주요 차이점이라 할 수 있겠다.

3.2 미국

미국 NFPA의 경우, 제연시스템에 관련된 기준은 NFPA 92A와 92B로 구성되어 있다. NFPA 92A는 smoke control에 대한 전반적인 사항이며, 92B는 mall, atria 그리고 대공간에 적용하는 smoke control system에 대한 내용을 담고 있다.

미국 NFPA92A 기준은 다른 나라의 제연기준과는 다르게 계단실 가압시 최소한으로 유지해야 할 차압기준을 다음의 표 2에서 나타난 바와 같이 스프링클러 설치 유무와 천정높이를 기준으로 구분하고 있다. 여기서의 차압기준은 계산실과 복도 사이의 피난문이 열려있는 상태를 가정한 것임에 유의하여야 한다. 차압에 대한 최대값은 NFPA 101, Life safety code에 정의된 피난용 출입문을 열기 위해 정의된 최대 힘을 초과하지 않는 정도이다. 초과할 경우를 대비하여 과압을 배출할 수 있는 relief damper를 설치하도록 하고 있는데 이것은 국내기준과 동일한 내용이다. 현재 NFPA 기준은 건물의 높이에 상관없이 전실 및 가압용 제연설비 설치여부를 설계자가 자율적으로 판단하여 설치하도록 있다. 하지만 9.11 테러에 의한 WTC 화재를 계기로 2009년 개정시에는 초고층 건물에 대한 소방 및 제연규정이 별도로 정해질 것으로 기대되고 있다.

표 2. 스프링클러 설치여부 및 천정높이에 따른 계단실과 복도사이 최소차압 조건

건물 유형	천정높이 (m)	차압(Pa)
스프링클러 설치시	any	12.5
	2.75	25
스프링클러 비설치시	4.58	35
	6.41	45

(위의 차압은 계단실과 복도 사이의 문 개방시 측정된 값임)

3.3 프랑스

프랑스의 securite incientie 기준을 살펴보면, 건물높이가 50m를 초과하는 주거용 건물과 28m를 초과하는 그 이외의 건물에서의 제연방식으로 solution A 또는 solution B를 제시하고 있다. 표 3과 그림 3에서 알 수 있듯이 두 방식 모두 계단실을 가압하여 부속실(전실)보다 높은 압력을 유지한다는 점에서는 동일하지만, Solution A는 계단실을 가압하고 부속실 및 부속실과 연결된 복도에서 급배기를 각각 수행하는 방법이며, Solution B는 계단실을 가압하고, 전실에서는 가압 그리고 연결된 복도에서는 배기를 수행하는 방법이라는 점에서는 차이가 있다.

표3. 제연방식 비교

방식	계단	전실	복도
Solution A	급기	급기 + 배기	급기 + 배기
Solution B	급기	급기 + transfer	배기

Solution A의 경우 보다 확실한 계단 및 전실의 차압유지가 가능하지만, solution B보다 많은 팬을 사용하게 되어 초기 투자비 및 보다 많은 공간이 필요하게 되며, Solution B의 경우 Solution A의 경우보다 차압유지가 상대적으로 취약한 부분이 있지만, 경제성에서는 다소 유리하다. 하지만 두 시스템 모두 계단실 및 전실의 동시가압을

통하여 전실 또는 계단실 중 어느 하나가 차압이 유지되지 못하더라도 나머지 하나에 의해 여전히 최종 피난로를 확보할 수 있도록 구성되어 있어 국내의 화재안전기준보다는 다소 높은 신뢰성을 가지고 있다고 볼 수 있다.

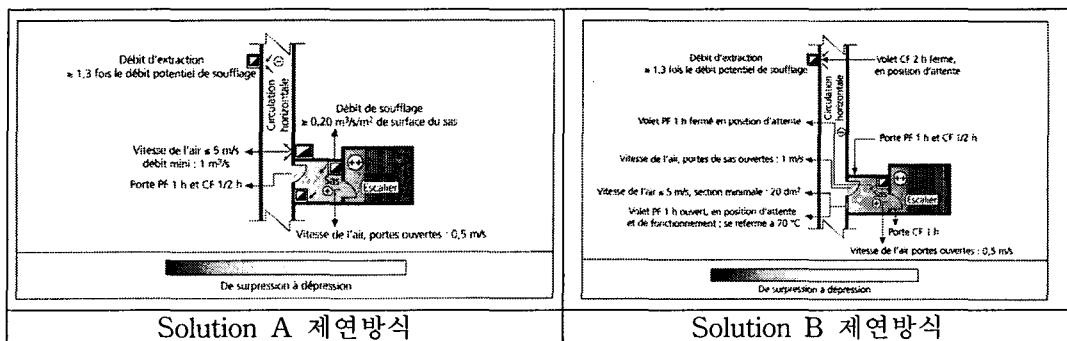


그림3. 프랑스 기준에 따른 두가지 계단실 제연방식

4. 결론

고층건물 계단실 제연에 관한 국내의 기준을 비교하여 향후 초고층 건물의 국내기준의 정립을 하기위하여 다음의 세부적인 제연기준 정립이 시급히 요구된다.

1. 피난로 확보를 위한 가압 시스템의 계단실 풍속은 대부분의 고층건물에서 볼 수 있는 바와 같이 제연구역과 면하는 옥내가 복도이고 그 구획이 방화구조라 할지라도 현재 0.5 m/s 이상으로 되어 있는 규정을 공간특성이 고려되고 자율적으로 적용가능한 제연풍속설계지침의 가이드라인 정립이 요구된다.
2. 고층건물 내 소방용 승강기가 부속실(Lobby)과 함께 구비되어 있고 소방관의 안전을 위해 승강기 수직구의 차압에 대한 가이드라인의 정립이 요구된다.
3. 계단실 가압시 스프링클러 설치 유무와 피난문 개폐 상태 기준으로 차압기준의 세분화가 요구된다.
4. 건물높이 및 주거/비주거에 따른 건물 용도별 높이에 따라 계단실 가압의 의무화가 요구된다.

참고문헌

1. 법제처, 건축법 시행령, 2006
2. NFSC 501A, 특별피난계단의 계단실 및 부속실제연설비의 화재안전기준, 2004
3. British Standard 5488 part 4, code of practice for smoke control using pressure differentials, 2006
4. Ladia Bourghoud, Guide pratique du désenfumage, 2004