

초고층 건물의 연돌효과와 제연설비 개발방향

■ 최준호 / 경북대학교 대학원, kissist@knu.ac.kr

■ 홍원화 / 경북대학교 건축공학과, hongwh@knu.ac.kr

최근 우리나라에서도 제2롯데월드의 건축이 허용되는 등 서울, 부산, 송도 등을 중심으로 수많은 초고층 빌딩 건설 프로젝트가 계획 또는 진행 중에 있다. 전 세계적으로 현재 50층 이상 초고층 건축물의 세계시장 규모는 약 50조원 정도이며 2015년까지 560조원 정도로 급속히 성장할 것으로 예측되고 있다.

그러나 방재의 관점에서 볼 때 건축물의 고층화는 화재발생에 따른 위험성을 더욱 가중시키고 있음은 물론이고, 재난발생시 대규모 인명 및 재산피해가 발생할 우려가 충분하다. 특히 초고층 건축물의 문제점 가운데 하나로 제기되고 있는 연돌효과는 특히 겨울철에 더 두드러지게 나타나는데 이는 건물 내·외부의 온도차와 공기의 밀도차로 인한 것이다. 조재훈(2000) 등에 의하면 외피의 기밀도가 평균 정도이고 건축물의 높이가 약 100미터 이상이 되면 연돌효과로 인해 소음을 발생시키고 출입문의 개폐가 어려울 수 있거나 엘리베이터의 오작동도 초래할 수 있는 것으로 나타났다.

연돌효과로 인해 건물내 수직 샤프트와 외기 사

이에서 발생하는 전체 압력차의 크기(ΔP_s)는 실내외 온도차와 중성대로부터의 거리에 따라 결정된다. 높이 H에서 전체 압력차의 크기는 다음 식을 통해 계산할 수 있다.

$$\Delta P_s = \rho_0 \left(\frac{T_0 - T_i}{T_i} \right) g (H_{NPL} - H)$$

T_0 : 외기 절대온도(K)

T_i : 실내 절대온도(K)

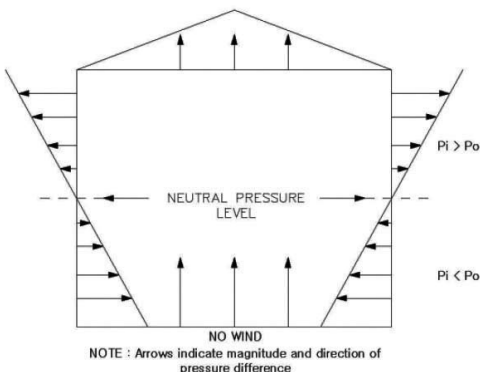
ρ_0 : 외기 공기밀도(kg/m³)

H_{NPL} : 중성대의 높이(m)

g : 중력가속도, (9.8m/s²)

현행 건축법상 6층 이상의 건물로서 관람집회시설, 판매시설, 숙박시설, 업무시설 및 위락시설 등의 거실에는 바닥면적의 1/100 이상의 유효면적을 가진 배연구를 설치하거나 기계식 배연설비를 소방관련법의 기술기준에 맞추어 설치하도록 규정하고 있다. 미국의 경우에는 화재 발생층에서 배기를 하여 부압을 형성시키고 그 위층과 아래층에는 급기를 하여 연기가 들어올 수 없도록 하고 있다. 또한 11층 이상의 건축물은 특별피난계단을 설치하도록 하고 있는데 그 부속실에 대해서는 급기압방식의 제연설비를 설치해야 한다. 그러나 스프링클러를 설치할 경우 그 기준을 완화할 필요성도 대두되고 있다. 최상부에는 연기를 배출하기 위한 배기구를 설치하거나 일정 간격으로 층간 구획이 된 특별피난계단 또한 필요할 것으로 판단된다.

한편 1964년 영국의 소방연구소에서 실시한 화재실험에서 5 Pa의 압력차는 문틈 사이의 연기 침입을 막을 수 있다는 것을 확인하면서 건축물 내 재실자들의 피난을 위해 차압제연방식을 이용하는 연구들이 활발히 이루어졌다. 연기의 유동을 일



[그림 1] 중성대와 기압분포



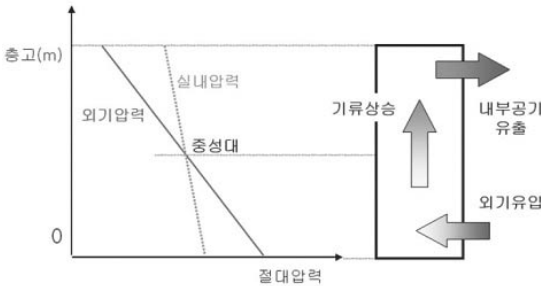
으키는 주요 인자는 연돌효과, 바람의 영향, 화재 실의 부력, 건물 내 공기설비들이며 각 인자들이 건축물에 미치는 영향은 그림 3과 같다.

연기는 재실자들의 피난을 방해하는 주된 요소이다. 그러므로 계단실을 안전공간으로 유지할 수 있도록 제연설비 등을 설치하여 계단실과 옥내실의 기압차를 이용한 차압제연은 필수적인데 이 때의 안전공간은 특별피난계단, 특별피난계단 부속실, 피난통로, 비상용승강기 승강장 등이다. 또한 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙에는 방화구획용 갑종방화문은 항상 닫힌 상태를 유지하거나 화재 시 연기발생 또는 온도상승에 의하여 자동으로 닫히는 구조로 설치하도록 명시되어 있다.

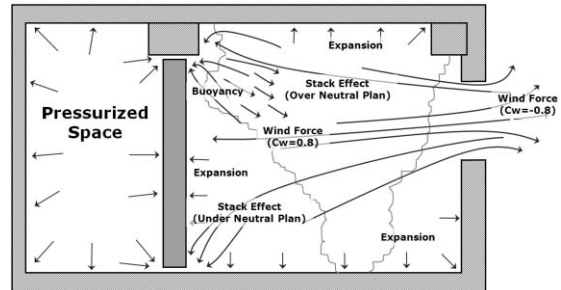
그림 4는 방화문이 닫혀있는 상태로 옥내실의 압

력이 계단실의 압력보다 낮기 때문에 계단실로의 연기유입이 전혀 없는 상황을 묘사하고 있다. 하지만 그림 5와 같이 방화문이 열려 있는 상태가 되면 계단실과 옥내실의 압력이 같아져 연기의 유동이 자유로워 계단실이 재실자의 안전을 보장할 수 있는 피난성능을 가지지 못하게 된다. 그래서 재실자들이 계단실 문을 열었을 경우 계단실의 압력이 급속하게 감소함에 따라 연기가 유입되는 것을 방지하기 위해 전실이 설치된 특별피난계단을 설치한다. 하지만 현실적으로 옥내와 계단실 사이 구획벽체 및 방화문의 기밀성을 확보하기 어렵고 계단실의 제연이 실패할 경우 곧바로 계단실로 연기가 유입될 수 있으며 일단 계단실로 유입된 연기는 외부로의 배출이 어려우므로 방화문의 성능향상을 위한 대책마련도 시급하다.

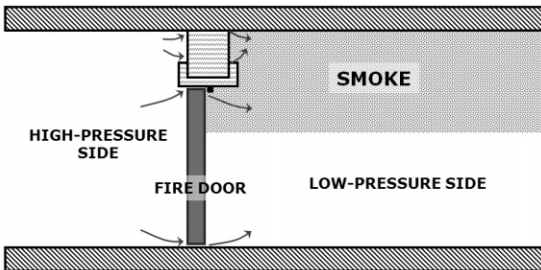
특히 건축물의 저층부에서 기밀성을 유지하지 못하면 수직적 개방공간에서의 연돌효과는 더욱 심해지게 되는데 이는 유지관리적인 측면도 강하기 때문에 안전의식이 부족한 일반 거주자들을 대상으로 화재 발생층에서 계단실로 연기가 유입되지



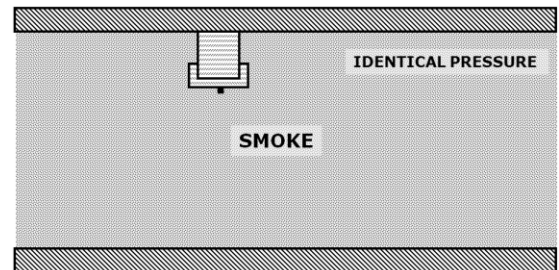
[그림 2] 연돌효과의 발생모습과 발생원리



[그림 3] 계단실에 방화문이 설치되어 있을 때의 공기 유동



[그림 4] 방화문이 닫혀있을 때의 연기 유동

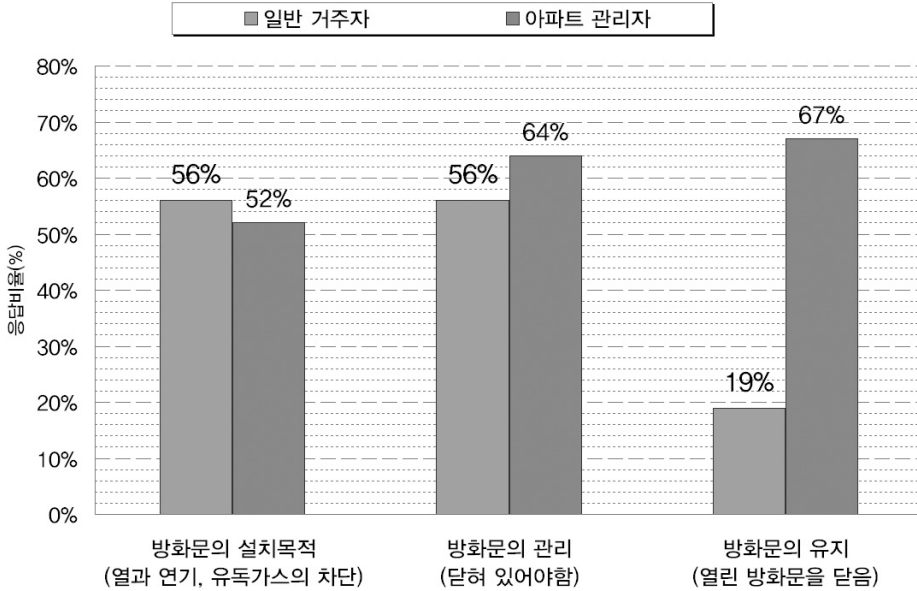


[그림 5] 방화문이 열려 있을 때의 연기 유동

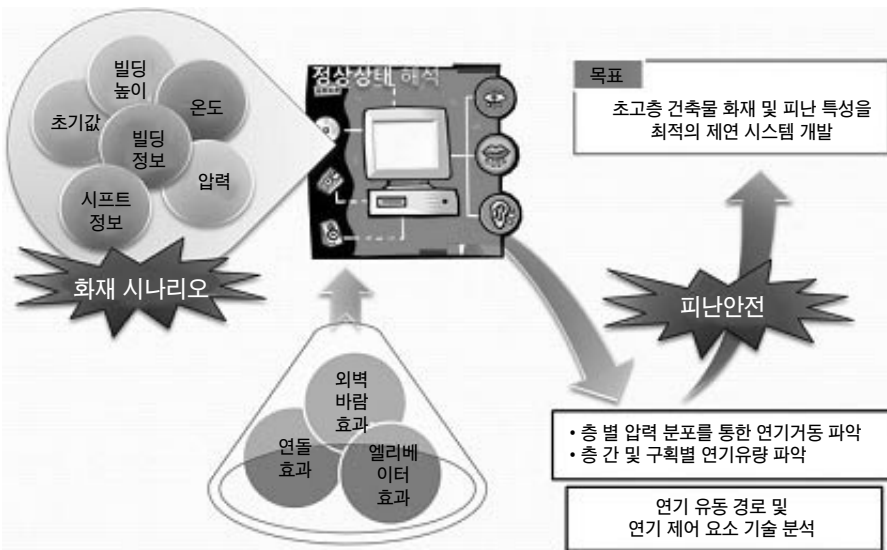
못하도록 하는 방화문의 관리에 대한 교육도 이루어져야 한다. 뿐만 아니라 화재발생시 재실자들이 피난을 위해 통과할 수 있으면서도 자동으로 닫혀 연기의 확산을 방지할 수 있는 방화문의 설치 또한

필요하다.

2009년부터 30층 이상 건축물에 의무적으로 실시해야 하는 성능위주 소방설계(PBD) 시행으로 과거 범규위주의 설계보다 더욱 합리적인 방재계



[그림 6] 일반 거주자와 아파트 관리자의 항목별 인지수준 비교



[그림 7] 초고층 건축물 제연 시스템 개발 방향



획을 수립할 수 있게 되었다. PBD설계에서는 화재 시나리오를 예측하고 그에 따라 최소한의 피난시간을 확보할 수 있는 피난계획을 수립하게 된다. 초고층 건축물에서는 피난계단과 엘리베이터 등을 통한 연돌효과의 발생 가능성으로 인해 재실자의 피난에 큰 위협을 줄 수 있기 때문에 연돌효과의 피해를 억제하기 위한 제연설비의 설계를 위해서는 우선적으로 연기유동에 의한 재실자들의 피난행동과 피난전략에 따른 피난 예상시간을 고려해야 한다. 왜냐하면 제연설비의 설치목적은 연기의 확산을 억제하여 화재상황에서 재실자들이 충분히 안전하게 건물 밖으로 피난할 시간을 벌어주는 것이기 때문이다.

참고문헌

1. 황현수, 윤명오, 박재성, 초고층 빌딩의 최적 방재설계 방안, 대한설비공학회 자동제어부문 강연회, 2004. 10
2. 구성한, 조재훈, 여명석, 김광우, 실측과 시뮬레이션을 통한 초고층 주거건물에서의 연돌효과 문제의 해결, 한국주거학회 논문집 제16권 제4호, 2005. 4
3. 유정연, 초고층 건축물의 화재발생시 연돌효과와 연기확산 차단방안, 설비저널 제37권 제11호, 2008. 11
4. 송두삼, 고층건물의 연돌효과에 대한 개요 및 대책방안, 설비저널 제37권 제11호, 2008. 11
5. 김규석, 최준호, 황현승, 홍원화, 고층 아파트의 특별피난계단 방화문 관리실태 조사를 통한 피난안전성 향상방안에 관한 연구, 한국화재소방학회 추계학술발표대회 논문집, 2009. 11
6. 황현승, 최준호, 홍원화, 시뮬레이션을 활용한 초고층 공동주택의 피난 모델링: 현장 피난실험의 결과와 비교하여, 대한건축학회 논문집, 2009. 9

1. 황현수, 윤명오, 박재성, 초고층 빌딩의 최적 방재설계 방안, 대한설비공학회 자동제어부문