

국내 고층건물의 피난성능확보를 위한 급기가압방연(제연) 시스템의 제도개선연구

A Legal Alternative for Effective Application of Pressurized Smoke Control System to Provide 'Smoke-free' Access for Escape Shafts Used in High-Rise Building

박형주[†] · 김상욱*

Park, HungJoo[†] · Kim SangWook*

경원전문대학 소방안전관리과

*화재공학연구원

(2001. 09. 27. 접수/2001. 11. 07. 채택)

요 약

화재시 특별피난계단의 부속실의 연기침입을 방지하기 위해 적용하고 있는 급기가압방연시스템의 효능에 대한 논란이 증가하고 있는 바, 국내 고층 건축물의 특별피난계단에 설치·운용 중인 급기가압시스템의 설계시 핵심요소인 가압공간의 누설특성, 계단실과 부속실 또는 부속실과 거실공간사이의 출입문을 통한 방연풍속과 출입문의 자동폐쇄를 보장하는 도어 개폐장치등에 대한 문제점을 조사연구하여 실질적인 효과를 보장할 수 있는 기준을 설정하고, 안전성확보를 보장하면서 경제성을 고려한 설계안을 세부적인 사례를 들어 구체적으로 제시하였다.

ABSTRACT

There have been the current controversy over effectiveness of the pressurized smoke control systems, which are installed within escape shaft to provide 'smoke-free' access for escaping peoples. Therefore, many effective measures were given in this paper by means of the production of a design guide for various types of escape routes used in domestic buildings. The solutions were established on basis of both an investigating current door closing device application in existing facilities and global standardization for pressurized smoke control system, especially in British Standard. Finally, the design guidance for open door air velocity with introduction to three door protection clauses was presented on the basis of consideration of the safety and economical factor.

Keywords : High-rise building, Escape, Smoke control

1. 연구의 필요성 및 목적

최근 빈번히 발생하고 있는 화재참사를 살펴보면 희생자의 대부분이 화염에 의한 열에 의한 사망이 아닌 수직통로인 계단이나 덕트 등으로 확산되는 연기에 의해 질식사로 판명되고 있는바, 연기 및 유독가스의 확산방지가 중요한 제어요소로 부각되고 있다. 특히 국내에서 발생한 사망자의 대부분이 연기에 의한 질식사

로 조사되고 있고⁷⁾ 미국방화협회(NFPA)의 통계에 의한 미국내 질식사보다 높은 점은 시사하는 바가 크다

국내건축물에서 적용하는 제연시설은 연기를 배출하는 배연시스템과 연기가 확산되지 못하게 하는 방연시스템으로 구분되며, 그중에서도 일정규모 이상의 고층건물에 위치한 피난계단에 의무적으로 적용하는 방연시스템은 외부공기를 강제로 불어넣어 일정공간의 압력을 높여 인접하고 있는 공간으로부터 연기침입을 막는 급기가압방연방식이 적용되고 있다.

급기가압에 의한 방연시스템은 일시대피장소(Egress

[†] E-mail: firepark@kwc.ac.kr

Route)인 피난계단이나 특별피난계단실의 계단실 또는 부속실등에 주로 적용하고 있는 시스템으로서 건축법 기준에 의해 배연창이 설치된 곳을 제외한 자연배연이 어려운 공간에 설치되어 화재시 가압되도록 운영되고 있으며, 사후관리 및 그 성능유지를 위해 필수적으로 요구되는 제반기준을 철저히 지켜야만 설치목적의 달성이 가능하다.

국내 소방법에 의하여 현재 고층건물의 특별피난계단에 적용하고 있는 급기가압시스템은 설치취지에 비하여 적용상의 문제점과 유지관리상의 미흡으로 말미암아 성능확보에 큰 어려움을 갖고 있기 때문에 고층건물의 화재시 효과적인 피난확보가 이루어질 수 있을지는 미지수이다. 또한 관련기준도 선진국에서 설정하고 있는 레벨과 비교하여 보완할 점이 적지않아 제도상의 불합리한 점을 시급히 개선할 필요가 있다.

2. 연구의 목표

현재 국내에서 적용·설치되고 있는 특별피난계단 부속실(이하 부속실이라 칭한다)이나 계단실에 적용되고 있는 급기가압방연(제연)시스템의 실효성에 대한 문제점을 발췌하여 그 해결책을 제시함으로써 전문가들의 우려를 불식시키는데 연구의 목표를 두며 세부목표는 다음과 같다.

- 국내 급기가압방연시스템의 적용시 제도적 미비점에 따른 방재성능에 대한 실효성 검증
- 실효성 확보를 위한 선진국 기준에 입각한 대안제시에 의한 실효성있는 제연성능 확보

3. 급기가압시스템의 설계원리

3.1 급기가압시스템의 제연원리 및 설계원칙

피난계단 또는 특별피난계단의 부속실이나 계단실 또는 비상용승강기의 승강장에 주로 적용하는 일종의 강제적인 시스템으로서, 내부로 흘러들어온 연기를 흡입하여 배연시키는 방식과는 달리 강제적으로 외부공기를 급기하여 내부압력을 상승시킴으로써 인접공간(복도 등)에서 흘러들어오는 연기의 침입을 방지하는 원리를 이용하는 방연시스템이다.

인접공간과의 차압을 이용하는 시스템으로서 압력상승이 비교적 용이한 소공간구획에서 효과적이므로 피난경로상의 공간에 주로 사용되며, 재실자의 피난뿐 아니라 화재시 위험을 무릅쓰고 진압활동을 하여야 할 소방대를 위한 공간이 되는 비상용승강기의 승강장에서도 사용되며 적용공간은 다음과 같이 다양하게 분류

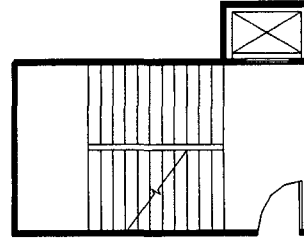


그림 1. 계단실 단독가압설비를 가진 피난계단 예.

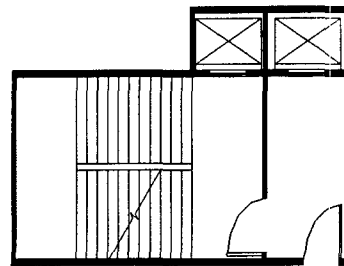


그림 2. 계단실 및 부속실 개별가압설비를 가진 피난계단 예.

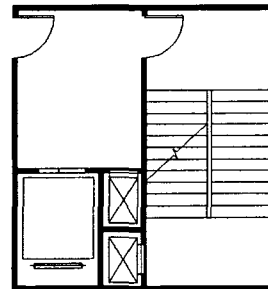


그림 3. 계단실 및 비상용승강장에 개별가압 설비를 가진 특별피난계단 예.

할 수 있다.

- 계단실 단독가압(그림 1 참조)
- 부속실 단독가압
- 계단실 및 부속실의 동시가압(그림 2 참조)
- 비상용승강기의 승강장(부속실과 겸용하는 경우도 포함)가압(그림 3 참조)

상기 적용공간에 외부공기를 강제로 불어넣어 지속적으로 일정압력을 유지하기 위해서는 그 공간의 구조가 가지는 특성을 고려하여 불어넣어야 할 급기풍량을 결정하여야 한다. 즉 층별피난경로에 적절한 압력을 증가시켜 피난시에도 연기의 침입을 방지하기 위해서는

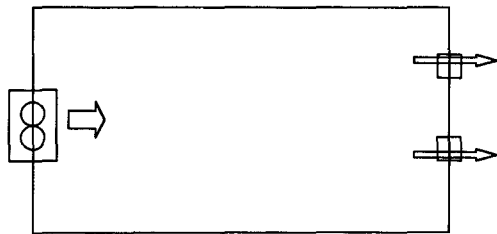
어떤 조건하에서도 적절한 차압이 유지되도록 급기풍량이 공급되어야 하므로, 다음과 같은 항목을 고려하여 적절한 풍량산정을 하여야 한다.

- 일정차압을 유지하기 위한 급기풍량
- 제연구역에서 필연적으로 누출되는 누설풍량(출입문, 창문, 승강기문 등의 누설틈새)
- 출입문의 일시개방시 연기의 유입방지를 위해 비가압공간으로 주는 풍속(이하 방연풍속이라 칭함)
- 출입문이 일시개방후 원위치로 닫힐시 과압방지
- 급기풍도의 풍도내 누설량

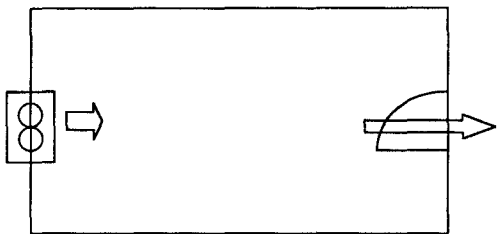
3.2 피난공간특성에 따른 단계적 설계안 제시

가압되어야 할 공간의 구조상태 및 피난상황에 맞게 계속적으로 적절한 차압을 유지하기 위해서는 외부공기의 유입량을 먼저 결정하여야 하며, 유입된 외부공기가 공간내의 틈새로 어느정도 빠져나가는지를 계산하여야만 한다. 그러나 출입문이 개방되는 경우에는 출입문의 일시개방에 따라 요구되는 방연풍속을 고려하여야 하며, 마지막으로 발생가능한 일시적 과압에 의한 출입문의 개방장태가 일어나지 않도록 고려하여 다음과 같이 단계적으로 설계하여야 한다.

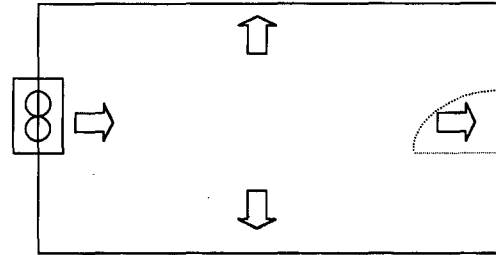
1) 제1단계 : 차압유지시 누설공기량 만큼의 급기량 산정



2) 제2단계 : 화재시 문이 일시개방되는 경우 연기 침입방지를 위한 방연풍속유지를 위한 보충급기량 산정



3) 제3단계: 과압방지설계 즉 과압배출용 댐퍼설치 또는 과압조절용 자동급기댐퍼 설치



3.3 적용공간 유니트별 필요송풍용량 산정식

1) 차압을 부여하기 위한 급기량 산출 기본식

$$Q = 0.827 \times A \times (\Delta P)^{1/N}$$

Q는 체적 급기율(m³/s), A는 누설틈새 면적(m²), ΔP는 인접공간과의 차압(Pa), N은 지수(1 < N < 2) (BS 5588 Part 4 기준에 따라, 출입문은 N=2, 창문은 N=1.6임)

단, 승강기 문의 틈새를 통한 승강장(로비)으로부터의 누설공기량은

$$Q_E = 0.827 \frac{A_E \times A_V}{(A_E^2 + A_V^2)^{1/2}} (\Delta P_{EL})^{1/2}$$

Q_E : 승강기샤프트로 누설되는 총 누설공기량(m³/s)

ΔP_{EL} : 승강장의 가압레벨(Pa)

A_E : 승강장과 승강로간의 누설틈새면적 합(m²)

(A_E는 일반적으로 n_LA₀와 같음, n_L: 가압되는 승강장로비의 승강기 문의 개수, A₀: 승강기 문 한개소당 누설틈새 면적)

A_V : 승강로상부 공기배출구의 면적(m²)

2) 출입문 개방시 요구되는 방연풍속유지를 위한 보충급기량 산정

화재시 재실자의 피난이 이루어지는 동안 모든 문은 간헐적으로 열리므로 이에 따른 연기의 유입을 고려해야 하는데 이를 위하여 열린 문을 통하여 피난의 역방향으로 풍속을 유지할 필요가 있다. 단, 저항인자(Resistant factor)를 고려하여 실제풍속은 이론치의 60%만 성능이 발휘되므로 0.6으로 나누어야하며, 편개문을 기준으로 하되 양개문인 경우에는 하나의 문만 열리는 것을 원칙으로하여 방연풍속을 산정하는 것이 통례이다. 다만, 가압공간의 특성에 따라 방연풍속기준을 선진국에서는 다음과 같이 규정하고 있다.¹⁾

□ 계단실 단독 가압시(Staircase only pressurised)

최소 방연풍속은 0.75 m/s 이상 요구되며, 10층이

하의 건물인 경우 전체 급기량은 방연풍속을 유지하는데 충분한 반면에 10층을 초과하는 건물에서는 방연풍속의 유지에 필요한 보충급기량은 누설 틈새를 고려하여 추가되어야 하며, 20층이 넘는 건물인 경우 최소방연풍속을 유지하기 위해서는 서로 다른 층의 2개소의 문(4개의 문)에서 방연풍속이 유지되도록 요구하고 있음.

- 부속실 단독 가압시(Lobby only pressurised)
각층의 부속실이 가압되는 경우 부속실의 2개 문(부속실과 계단실간의 문, 부속실과 거실부와의 문)이 개방시 요구되는 방연풍속은 0.7 m/s 이상이 요구되며, 20층을 초과하는 건물에서는 최소방연풍속을 유지하기 위해 서로 다른 2개층에 위치한 2개소의 문(4개의 문)을 동시에 개방하는 것으로 간주함.
- 계단실과 부속실 동시가압시(Staircase & Lobby separately pressurised)
계단실과 부속실 동시 가압인 경우에 있어서는 계단실/부속실간 출입문이 닫혀있고 부속실/거실간 출입문이 개방시 개방된 부속실/거실간 출입문의 방연풍속은 최소 0.5 m/s 이상이어야 하고, 계단실과 부속실간의 차압은 5 Pa 이내가 되도록 계단실의 가압수준을 맞추어야 함.
- 인접된 3개 안전구역내 문이 전부 방화문인 경우 계단실과 부속실이 동시가압되고 부속실이 내화 성능 30분 이상의 벽체로 구획되어 형성된 복도와 인접하면서 계단실/부속실간 출입문, 부속실/복도간 출입문 및 복도에 연결되는 거실의 문이 내화 성능 30분 이상을 가진 울중방화문으로 구성될 경우 '안전구역 3개소 문방호' 개념에 의해 복도/거실간 출입문의 방연풍속은 요구되지 않는 것이 상례임.

상기의 출입문에 요구되는 방연풍속을 유지하기 위해서는 차압유지만의 필요급기량에 더하여 급기량을 보충하여야 한다. 따라서 출입문의 면적에 상기의 필요방연풍속을 곱하여 방연풍속을 유지하는데 필요한 보충급기량을 산정하고, 차압유지상태에서 출입문 개방시 옥내쪽으로 유입되는 공기량을 일일이 산출하여 그 산출된 공기량을 방연풍량에서 감한 값을 보충급기량으로 설정하여야 한다. 다만, 실제요구되는 급기풍량은 마찰손실 등에 의해 이론상 계산되는 급기풍량($Q_{Tn} = 0.827 A(\Delta P)^{1/4}$)의 60% 정도밖에 나오지 않으므로 급기량 계산시 0.6으로 나누어 산정하여야 충분한 풍량을 기대할 수 있다.

한국화재·소방학회, 제15권 제4호, 2001년

4. 국내적용 급기가압시스템 적용상 문제점

4.1 법규기준상 문제점

제연방식이나 적용공간은 선진국과 비교하여 큰 차이가 없으나 세부적으로 방연풍속기준등이 일부 합리적이지 못하며, 계단실 단독가압도 최근에야 허용함으로써 피난상 상대적으로 가장 중요한 계단실의 연기제어 효과를 극대화하지 못하고 있는 실정이다.

특히 선진국과는 달리 제연구역에 설치되는 출입문에 대한 기준이 구체화되어 있지 않고 성능확인을 위한 시험기준 등이 의무화되어 있지 않아 효과의 극대화를 기하기 어려우며, 그 또한 건축법, 소방법 등의 관련 법규에서 분산되어 관리되고 있다. 또한 평상시 자동 폐쇄장치에 의하여 정상적인 닫힘상태를 유지하도록 의무화하고 있으나, 예외적으로 연감지기 연동 자동폐쇄장치에 의해 닫히는 방식으로 개방상태유지를 허용하고 있어, 만의 하나 닫히지 않을 경우 인명피해 방지가 사실상 어렵다고 사료된다.

더욱이 급기풍량을 결정하는데 가장 영향을 미치는 방연풍속은 피난시의 상황을 고려하지 않은 상태에서 완화규정없이 일률적으로 적용함에 따라 선진국에 비하여 상당히 강화되어 있는 상태로서 합리적인 풍속기준의 연구가 필요하다.

4.2 운용상 분석

현재 급기가압 방연설비를 특별피난계단에 적용하고 있는 고층건물을 방문하여 현행소방법에 의해 설계되어 운영하고 있는 현황이 당초의 설계 목적에 부합하도록 되고 있는가를 조사하였다.

○ 출입문 관리 부실로 인한 초기 차압유지 보장이 불확실함.

- 급기가압 시스템이 적용되는 특별피난계단의 부속실과 옥내와의 사이에 있는 출입문의 상시폐쇄 상황이 이루어지고 있지 않아, 화재시 확실한 구획 방연 효과를 기대할 수 없는 실정임.
- 복합건축물인 경우 편개문보다는 양개문의 설치가 보편화되어 있고, 피난시 다량의 피난자가 연속적으로 이어짐에 따른 양개문의 양쪽 문짝이 완전히 개방될 것으로 판단할 때 방연풍속 유지가 어려워 연기 침입이 쉽게 일어날 것으로 예상됨.
- 평상시 개방상태로 장시간 보존됨에 따른 도어클로저의 편심과중 발생으로 인한 피로누적으로 이 탈이 빈번히 발생하여 화재시 폐쇄가 되지 않을

표 1. 조사대상 건축물 개요

건물명	소재지	규모 및 용도	제연시설	출입구 관리상태
테크노마트	서울시 광진구 구의동 소재	· 지상 39층 · 지하 4층 · 복합용도건축물(판매, 업무, 집회 및 관람)	· 특별피난계단부속실 단독급기압방연	· 부속실과 복도와의 출입문: 도어클로저에 의한 상시폐쇄 · 부속실과 계단실간 출입문: 도어클로저에 의한 상시폐쇄
시네하우스	서울시 강남구 논현동 소재	· 지상 10층 · 지하 3층 · 복합용도건축물(집회 및 관람·업무시설)	· 지하층의 특별피난계단 부속실에 강제급배기 동시배연시스템	· 배연구는 벽체상부(배풍량: 59 m ³ /분), 급기구(송풍량: 300 m ³ /분)는 벽체하부에 위치하여 강제로 배연하는 시스템(연감지기 연동) · 부속실과 복도와의 출입문: - 평상시에는 상시 개방하나 비상시에는 휴즈형 도어클로저에 의한 자동폐쇄 · 부속실과 계단실간 출입문: 도어클로저에 의한 상시폐쇄
거평프레이타운	서울시 중구 을지로6가 소재	· 지상 22층 · 지하 6층 · 복합건축물(판매, 업무, 집회 및 관람시설)	· 특별피난계단부속실 단독급기압방연 · 비상용승강기승강장: 배연창	· 부속실과 복도와의 출입문: - 평상시: 상시 개방 - 비상시: 열감지기 내장 도어클로저에 의한 자동폐쇄 · 부속실과 계단실간 출입문: 도어클로저에 의한 폐쇄

사태가 예상된다.

- 휴즈식 센서내장 도어클로저(door closer)에 의한 자동폐쇄방식은 연기의 침입후에야 닫히는 경우가 발생가능하므로 그 실효성이 의문시됨.
- 급기덤편 위치의 부적절함에 따른 연기 침입의 용이성으로 부속실의 오염발생 예상
- 상층부부터 가압함에 따른 침입된 열류나 연기가 하부로 하강될 우려도 있어 피난지대에 피난 장애 요인으로 작용할 소지 큼.

그림 4, 그림 5, 그림 6의 출입문은 표 1 조사대상 복합건축물의 현황임.



그림 4. 특별피난계단의 부속실과 복도사이의 상시 개방된 출입문.

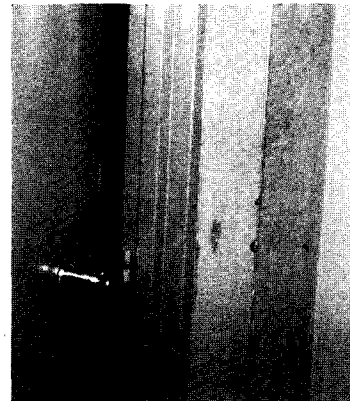


그림 5. 완전폐쇄가 되지 않은 상태로 관리중인 부속실과 복도와의 출입문.

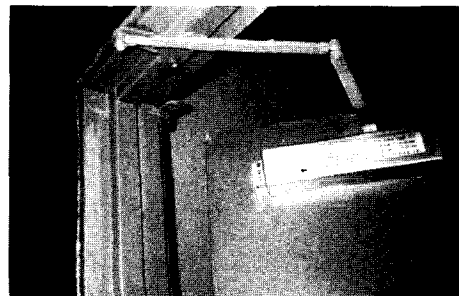


그림 6. 파손된 상태로 관리되고 있는 부속실과 복도와의 출입문.

5. 개선안

급기가압방연시스템 운용에 의한 채류자의 피난성능 확보를 위하여는 우선 특별피난계단에 설치되는 출입문의 개방조건에 적합한 효율적인 자동폐쇄장치의 부착강화가 필수적으로 수반되도록 소방법상의 피난방화시설규정을 개정하여야 하며, 적용공간의 특성에 맞추어 경제적인 방연풍속의 설정이 합리적으로 개정되어야 한다.

궁극적으로 국내 건축물의 특별피난계단에 적용중인 급기가압방연시스템의 제연성능에 대한 소방 방재전문가의 우려를 불식시키기 위해서는 건축물의 용도에 따른 특별피난계단의 관리실태를 조사하여 국내실정에 적합한 관리기준의 수립과 동시에 다음과 같은 제도적 기준 및 운영방안의 재고가 수반되어야 한다.

- 출입문의 개방조건에 적합한 효율적인 자동폐쇄장치의 부착을 강화하고 관리 부실 상태의 초래를

근본적으로 방지가능한 시스템 구축이 시급

▷ 복합용도 건축물(판매 관람집회 아파트 복합용도 등)

- 특별피난계단이 유일한 수직피난통로이므로 화재시 불특정 다수군중이 한꺼번에 몰릴 우려가 커 연기오염시 대량의 인명피해발생이 예상되므로, 선진국기준 수준의 출입문관리가 선행되어야 성능의 확보가 가능함.

▷ 업무용도 건축물

- 특별피난계단이 유일한 수직피난통로이지만 사용상 상시 개방을 요하는 출입문(부속실/복도 또는 거실간 출입문의 예)의 경우가 있으므로 연감지기 연동 릴리져 등의 해정기구의 사용에 의한 상시개방을 허용하되, 그 성능을 관련시험기관의 검증을 받도록 조치하여 사용토록 해야 함.

- 업무용도 건축물은 계단실과 부속실이 동시에 가압되는 특별피난계단에서 특별피난계단이 내

표 2. 제연방식별 방연풍속기준 개선안

구분	구조		도해	방연풍속		비고
				현행	개선안	
Case 1	부속실 단독 가압시	a. 부속실의 출입문에 방화구획된 복도 or 로비가 연결시		0.5	0.5	
		b. 부속실의 출입문에 거실이 직접 연결시		0.7	0.7	
Case 2	부속실과 계단실동시가압시(개별급기 풍도 방식)	a. 부속실의 출입문에 방화구획된 복도 or 로비가 연결시		0.5	0	3차 안전구획 확보시 불필요
		b. 부속실의 출입문에 거실이 직접 연결시		0.7	0.5	2차 안전구획 확보시 완화가능
Case 3	계단실 단독가압시	a. 부속실의 출입문에 방화구획된 복도 or 로비가 연결시		0.7	0	계단실 단독가압 허용의 기준필요
		b. 부속실의 출입문에 거실이 직접 연결시			0.5	

화구조의 복도에 의해 거실로 연결되고 복도/거실간 출입문이 을종방화문 이상인 경우 국제적 기준인 '3개소 출입문 방호' 원칙에 의해 부속실/복도간 출입문에 요구되는 방연풍속이 면제될 수 있는 방향으로 개정하여 과잉보호에 의한 경제적 손실을 줄여야 함.

- ▶ 아파트용도 건축물
 - 고층아파트에 위치하는 특별피난계단은 그 특성상 부속실이 승강장을 겸하면서 거실로 직접 연결되는 구조를 가지므로 부속실/계단실 간 출입문의 상시 닫힘은 이루어지나, 부속실/계단실 간 출입문의 상시 닫힘은 관리수준을 살펴볼 때 현실적으로 기대하기 어려우므로 부속실/계단실 간의 출입문을 선진국 수준의 방연기능을 확보하도록 그 성능을 보완할 필요가 있음.
 - 2세대만을 공유하는 특별피난계단인 경우 부속실의 규모가 계단실에 비하여 상대적으로 작으므로 부속실의 가압보다는 계단실의 가압이 효과적으로 판단되며, 예기치 않게 부속실/계단실 간의 출입문이 개방될 경우를 고려하여 가압하여도 크게 무리가 되지 않음.
- 적용공간의 안전성 및 재실자의 피난특성을 고려하여 적절한 방연풍속기준이 국제기준에 맞게 개

선될 필요가 있음.

- 고층 건축물의 특별피난계단에 적용되는 현행 급기가압제연시스템의 방연풍속 유지기준이 합리적 이고도 경제적인 대안으로 개정되어야 하며, 특히 계단실 단독가압방식이 추가됨으로써 그 방식에 적합한 방연풍속기준 설정이 시급함(표 2 참조).
- 또한 국내 고층아파트의 직통형 특별피난계단과 같이 인접세대간 방화구획이 설정되어 있는 안전구획특성을 갖는 구조에서는 방연풍속보다는 거주자의 피난에 초점을 맞추는 선에서 방연풍속을 재고할 필요가 있음(표 3 참조).

마지막으로 급기가압설비를 소방법상 “소화활동상 필요한 설비의 설치목적에 부합하려면 비상용승강기의 승강장에서 소방대의 출입문 고정개방시 안전성확보를 위하여는 방연풍속이 2m/s 이상이 될 수 있도록 구성할 필요가 있으며, 따라서 부속실의 출입문 상단공간에서 연기를 별도로 배출할 수 있는 배연구를 설치하는 방식에 대하여도 고려해야할 사항이다.

참고문헌

1. BS 5588 : Fire precautions in the design,

표 3. 국내아파트 전용 직통형 특별피난계단에 적용가능한 가압방연방식 설계안

구분	도 해	현 행	개선안	비고
Case 1: 계단실이 외기와 면 한 경우		<ul style="list-style-type: none"> · 부속실단독 · 부속실+계단실동시가압 · 계단실단독 가압(창문유무와무관) 	<ul style="list-style-type: none"> · 창문이 수동개방 환기장치인 경우 부속실 단독가압이 실효율 큼 · 창문이 불박이 채광창(Fix)인 경우 계단실 단독가압이 실효성 큼 - 방연풍속은 계단실문만 적용 	문의 평상시 개방이 불가피함을 고려
Case 2: 계단실이 외기와 면 하지 않은 경우		<ul style="list-style-type: none"> · 부속실단독 · 부속실+계단실동시가압 · 계단실단독 가압(창문유무와무관) 	<ul style="list-style-type: none"> · 계단실+부속실 동시 가압하고 방연 풍속 면제 	3차원 안전 구획화 구조임
		<ul style="list-style-type: none"> · 부속실단독 · 부속실+계단실동시가압 · 계단실단독 가압(창문유무와무관) 	<ul style="list-style-type: none"> · 계단실+부속실 동시가압이 효과적 · 방연풍속은 면제 가능 	2차원안전구획 이나 거실이 상대적으로 크고 문의 피난 방획수가 적어 방연풍속 불필요(방화구획된 독립 유닛형)

- construction and use of buildings, Part 4: 1996, Code of practice for smoke control in protected escape routes using pressurisation (London:British Standards Institution)(1996).
2. CIBSE Guide E "Fire Engineering" The Chartered Institution of Building Services Engineers Delta House, London(1997).
 3. 박형주 저, "대규모 건축물의 방·배연(제연)설비기술지침", 지인당(1997).
 4. Morgan H. P and Gardner J. P., Design Principles for smoke ventilation in enclosed shopping center, BRE report BR186(Garston:Building Research Establishment)(1990).
 5. 한용식, 김명배, "건물의 기압방연시스템 설계를 위한 유동해석에 관한 연구", 한국화재·소방학회 논문집 제14권, 제2호(2000).
 6. 소방법령: 특수장소에 부설된 특별피난계단 및 비상용승강기 승강장의 제연설비설치에 관한 기술기준, 대한민국 행정자치부법령집(2001).
 7. 화재통계연보, 행정자치부(2001).