

급기가압 제연시스템의 피난문 개방시 방연풍속 형성특성에 대한 현장실험

김 정 엽, 이 동 호*, 김 하 영*

한국건설기술연구원 화재 및 설비연구센터, *인천대학교 안전공학과

Field Experiments on Features of Airflow through Open Door in Pressure Differential System

Jung-Yup Kim[†], Dong-Ho Rie*, Ha-Young Kim*

Fire & Engineering Services Research Center, Korea Institute of Construction Technology, Koyang, 411-712, Korea

*Safety Engineering Dept., University of Incheon, Incheon, 402-749, Korea

ABSTRACT: The fact that the major cases of life casualties are from smoke in the fire accidents and the expected steep increase of skyscrapers, huge spaces, multiplexes and huge scaled underground spaces demand establishment of efficient smoke countermeasure. The field experiments on pressure differential systems for smoke management in two high buildings of 20 stories and 21 stories are carried out to evaluate the features of airflow through open door between accomodation and lobby. The procedures and results of experiments are presented.

Key words: Smoke management(연기제연), Pressure differential system(급기가압시스템), Motorized supply damper(차압조절형 급기댐퍼), Field experiment(현장실험)

1. 서 론

고층건물의 피난안전확보를 위하여 국내 화재안전 기준 NFSC501A의 “특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준”에서는 제연구역의 기압을 화재가 발생한 거실보다 높게 유지시켜 제연구역 내로 연기의 침투를 방지하도록 하고 있다.[1] 이러한 목적을 위해 국내에서 일반적으로 사용하고 있는 방법이 Fig. 1에서 설명하는 것과 같이 제연용 송풍기와 풍도 및 급기댐퍼를 이용하여 거실과 계단실 사이의 부속실내 기압을 높여주는 급기가압 제연시스템이다.

급기가압 제연시스템에서 대부분의 건물에서 제연

구역으로 설정되는 부속실의 압력이 설계치 이하로 하강되면 연기가 침투되어 최종 피난로인 피난계단의 연기안전성 확보가 어려울 수 있으며 반대로 부속실의 압력이 너무 클 경우에는 대피자가 출입문을 개방하기 곤란할 수 있기 때문에 부속실과 거실사이의 압력차가 상한값과 하한값을 갖는 일정범위내에서 유지되어야 한다. NFSC501A에서는 부속실과 거실사이에 40Pa이상의 차압(스프링쿨러 설치시 12.5Pa)을 유지하고, 출입문의 개방에 필요한 개방력이 110N 이하가 되도록 기준을 제시하고 있다.

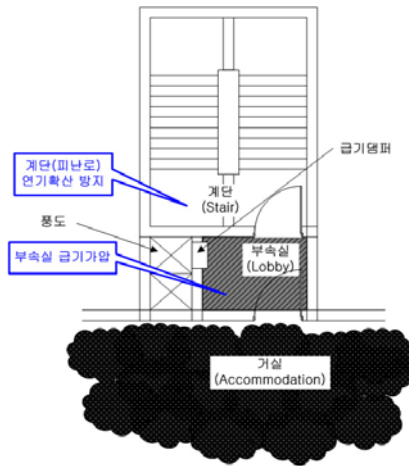
한편 급기가압제연시스템은 피난을 위하여 부속실의 출입문을 일시적으로 개방하는 경우 Fig. 2와 같이 부속실에서 거실방향으로 방연풍속을 유지하여 거실내 연기가 부속실로 침투하지 못하도록 해야한다. 이때 방연을 위한 공기유동이 출입문의 전체영역에서 기준 풍속이상을 유지하여

[†] Corresponding author

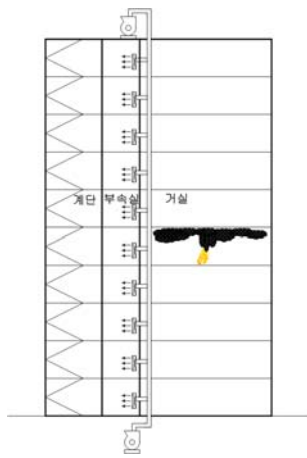
Tel.: +82-31-369-0506; fax: +82-31-369-0540

E-mail address: jykim1@kict.re.kr

야 하며, 일부지역의 풍속이 기준풍속 이하일 경우 일부 연기가 부속실로 침투할 수 있다. NFSC501A에서는 방연풍속으로 0.5m/s 이상을 제시하고 있다.



(a) Top view.



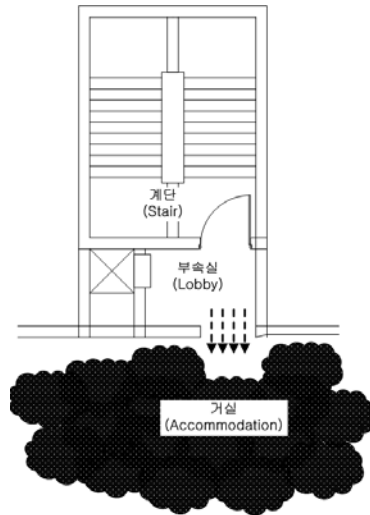
(b) Sectional view.

Fig. 1 Schematic diagram of pressure differential system.

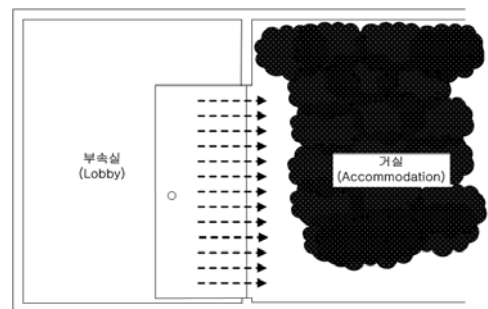
선진외국에서는 과거 대형화재사고인 MGM Grand 호텔, Roosevelt 호텔 및 Johnson City Retirement Center 화재에서와 같이 연기확산에 의한 질식사 사망의 주요원인이며, 이에 대처하기 위한 신뢰성 있는 제연시스템의 필요성을 오래전부터 인식하여, 연기생성·확산·제어 분야의 이론적 기반 확립과 다양한 실험을 통하여 제연시스템 설계기술을 개발하여 왔으며[2,3], 효율성과 적용성을 확보한 제기준정립에

지속적인 투자를 하고 있다. 특히 고층건물을 대상으로 실제적인 제연시스템의 설계인자 연구와 성능실험을 수행하여 왔다[4,5].

본 연구에서는 국내 고층건물에서의 화재시 피난안전을 확보하기 위해 화재안전기준에 의해 설계, 시공되어 적용되고 있는 급기가압 제연시스템에 대하여 2곳의 건물을 대상으로 부속실과 거실을 연결하는 피난문의 개방시 방연풍속의 형성특성을 측정하기 위한 현장실험의 수행과정과 실험 결과를 제시하였다.



(a) Top view.



(b) Sectional view.

Fig. 2 Ideal airflow through open door.

2. 연구방법

전장에서 언급한 바와 같이 제연시스템의 화재안전기준에 제시되어 있는 부속실-거실간 차압조건을 만족하기 위해 현재 대다수 건축물에 사용되고 있는 설비가 자동차압조절형 급기댐퍼이다.

Fig. 3은 건축물 부속실에 설치되어 있는 자동차압조절형 급기댐퍼를 보여주고 있다. 일반적으로 건축물에 설치되고 있는 자동차압조절형 급기댐퍼는 부속실 벽면과 풍도사이에 설치되어서 평상시에는 댐퍼날개가 닫혀있어 풍도와 부속실간 기류가 흐르지 않도록 하고 화재가 발생하면 댐퍼날개가 회전하면서 풍도의 공급공기가 부속실로 급기되도록 하고 있다. 이때 부속실과 거실사이의 압력차가 측정되고 이 차압이 일정범위내에 있도록 댐퍼날개의 개도가 조절되어 공급풍량이 자동조절된다.

이와같이 대부분의 자동차압조절형 급기댐퍼는 차압을 일정범위로 유지하기 위해 댐퍼날개의 개도를 조절하고 있으며 공급공기는 댐퍼날개 사이로 일정한 방향을 형성하며 부속실로 토출되고 있다. 이때 대다수의 경우 부속실의 바닥방향으로 공급공기가 불어지고 있는데, 이렇게 바닥방향으로 공기가 토출되면 부속실의 출입문이 개방되었을 경우 출입구의 하부 일부지역으로만 빠른 풍속이 형성되어 다른 지역으로 거실내 연기가 부속실로 침투할 수 있다.

본 연구에서는 Table 1과 같이 실제 운영중인 고층건축물 2개소를 대상으로 부속실과 거실을 연결하는 피난문의 개방시 상하 좌우 16개 지점에서의 풍속을 동시에 측정하는 방법으로 방연풍속의 형성특성을 검토하였다.

Fig. 4은 각 건물에 설치된 가압급기용 송풍기를 보여주고 있고, Fig. 5는 피난문에서의 방연속도를 측정하기 위해 4열,4행으로 균등하게 분할된 피난문의 각 위치에서의 속도를 측정하는 속도센서 및 데이터로거의 모습을 보여주고 있다.

3. 결과 및 검토

Fig. 6에서 Fig. 9는 건물A의 피난계단1에서 시간에 따라 생성되는 방연풍속을 측정한 결과를 도시하고 있다. 건물의 급기압제연시스템을 가동하고 11층의 부속실과 거실사이의 피난문을 열고 닫으면서 풍속을 측정하였다. Fig. 6은 속도센서 중에서 1행의 위쪽열부터 아래열까지 4개의 센서에서 측정한 결과이다. 처음에 문을 닫은 상태에서 시작하여 35초 정도에서 문을 개방하고 그 후 335초에서 다시 문을 닫으면서 측정한 결과이다. 문을 개방하였을 때 그림에서와 같이 가

장 상단(1st row)의 속도가 가장 느리고 하단으로 갈수록 속도가 증가하는 것을 알 수 있다. 한

Table 1 Conditions of experiment.

Building	Total number of floors	Number of stariwell	Measurement location
Building A	20	2	11 floor
Building B	21	2	11 floor

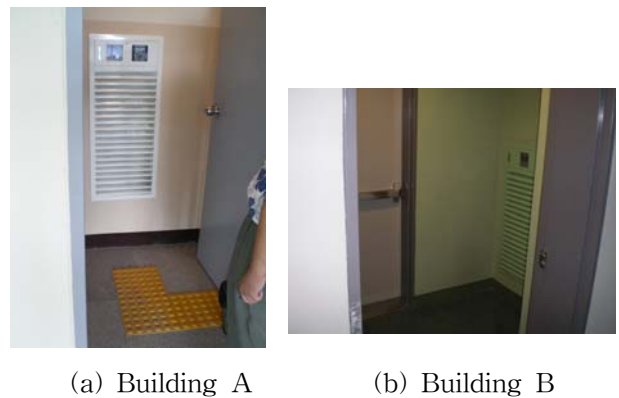


Fig. 3 Photographs of damper and lobby.

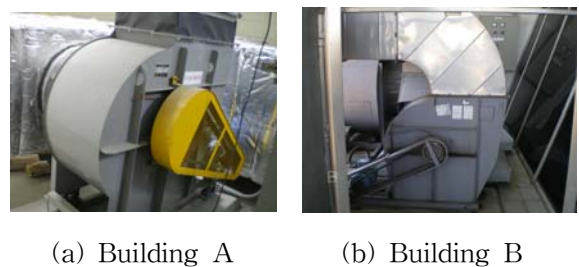


Fig. 4 Photographs of blower.

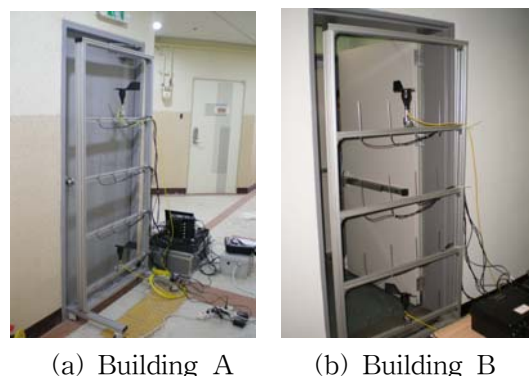


Fig. 5 Photographs of experimental apparatus.

편 가장 상단과 그 밑의 속도는 0.5m/s에 도달하지 않고 있다. Fig. 7에서 Fig. 9는 각각 2행에서 4행의 측정결과로서 1행과 유사하게 하단에서 방연속도가 크게 형성되고 상부로 갈수록 크기가 줄어드는 것을 알 수 있다. 이러한 측정결과는 앞에서 언급한 바와 같이 댐퍼의 안내날개가 아래로 향하고 이에 따라 부속실의 바닥방향으로 공기가 공급되기 때문인 것으로 생각된다.

Table 2는 건물A, 피난계단1에서 피난문 개방시 측정된 방연풍속의 평균값을 정리하여 제시한 것이다. 앞의 그림에서와 같이 일부지역을 제외하

고는 방연풍속이 0.5m/s에 미달하고 있음을 알 수 있다. Table 3에서 Table 5는 건물A, 피난계단2와 건물B, 피난계단1,2에서의 방연풍속 측정결과를 각각 보여주고 있다. 모든 경우에서 하단에서 풍속이 빠르고 중상부에서는 하부에 비해 속도가 적어지는 경향이 나타나고 있다. 건물A의 피난계단2를 제외하고 다른 계단에서는 피난문의 일부지역에서 방연풍속이 기준치를 만족하지 못하고 있으며 특히 건물B의 피난계단2의 경우 대부분의 위치에서 방연풍속이 적게 형성되고 있어 공급풍량의 증가가 필요하다고 생각된다.

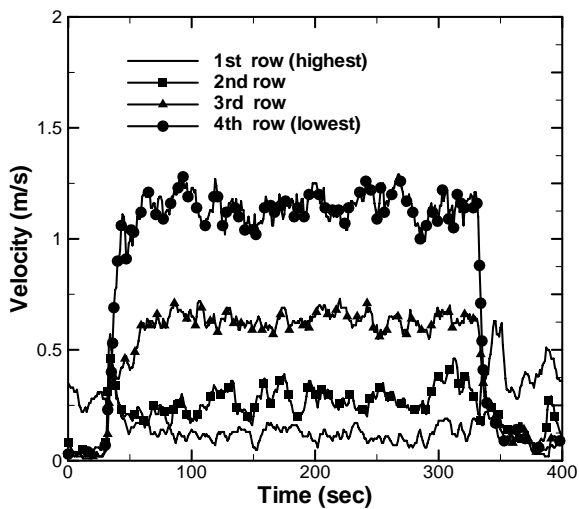


Fig. 6 Velocity variations in 1st column.

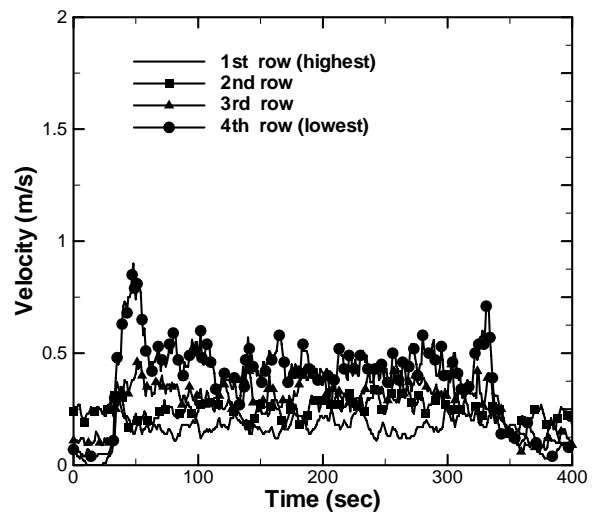


Fig. 8 Velocity variations in 3rd column

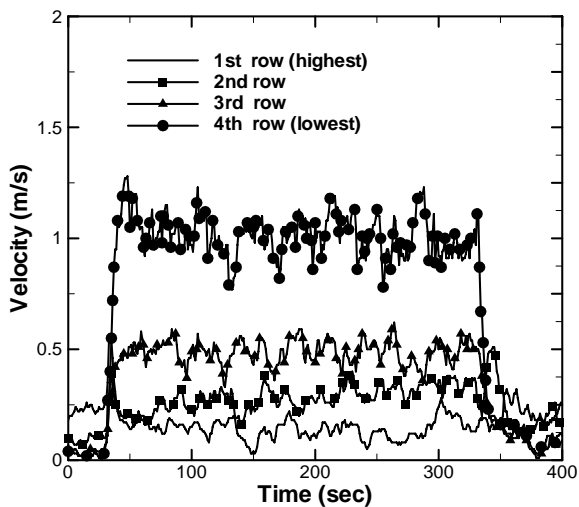


Fig. 7 Velocity variations in 2nd column.

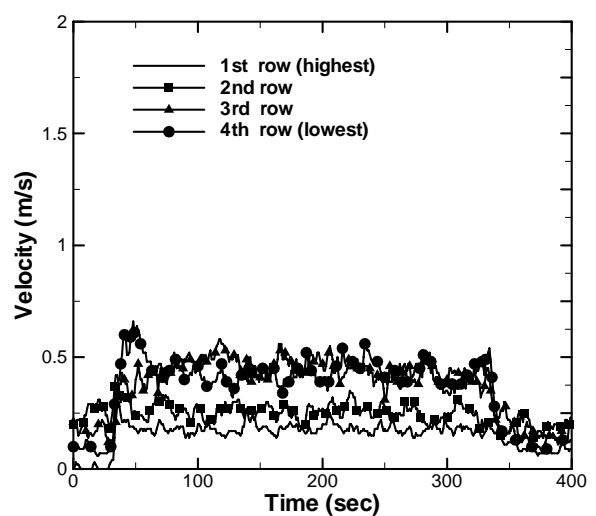


Fig. 9 Velocity variations in 4th column.

Table 2 Velocity distributions for Building A, Stairwell 1

Unit : m/s				
row \ column	1st	2nd	3rd	4th
1st	0.12	0.13	0.18	0.18
2nd	0.27	0.28	0.26	0.26
3rd	0.64	0.49	0.33	0.46
4th	1.15	1.01	0.43	0.42

Table 3 Velocity distributions for Building A, Stairwell 2

Unit : m/s				
row \ column	1st	2nd	3rd	4th
1st	0.65	0.68	0.73	0.48
2nd	0.78	0.81	0.78	0.36
3rd	0.86	0.94	0.80	0.43
4th	1.11	1.12	1.11	0.56

Table 4 Velocity distributions for Building B, Stairwell 1

Unit : m/s				
row \ column	1st	2nd	3rd	4th
1st	0.43	0.41	0.30	0.32
2nd	0.39	0.40	0.28	0.36
3rd	0.48	0.37	0.29	0.35
4th	1.01	1.03	0.80	1.09

Table 5 Velocity distributions for Building B, Stairwell 2

Unit : m/s				
row \ column	1st	2nd	3rd	4th
1st	0.29	0.21	0.25	0.51
2nd	0.20	0.20	0.17	0.20
3rd	0.18	0.17	0.18	0.32
4th	0.37	0.56	0.63	0.62

4. 결론

본 연구에서는 2곳의 고층건물에서 적용되고 있는 급기가압 제연시스템을 대상으로 부속실과 거실을 연결하는 피난문의 개방시 형성되는 방연 풍속을 측정하고 분석하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 피난문에서의 방연을 위한 공기유동이 출입문의 전체영역에서 기준 풍속이상을 유지하여야 하며, 일부지역의 풍속이 기준풍속 이하일 경우 일부 연기가 부속실로 침투할 수 있다.

(2) 방연풍속의 형성특성을 검토하기 위해 피난문의 해당면적을 균등하게 분할하여 4열×4행 형식으로 동시에 방연풍속을 측정하였으며 이를 통해 실질적인 검토가 이루어졌다.

(3) 4곳의 피난계단 모두에서 피난문 하단에서의 풍속이 빠르고 중상부에서는 하부에 비해 속도가 적어지는 경향이 나타났다.

(4) 건물A의 피난계단2를 제외하고 다른 계단에서는 피난문의 일부지역에서 방연풍속이 기준치를 만족하지 못하고 있으며 특히 건물B의 피난계단2의 경우 대부분의 위치에서 방연풍속이 적게 형성되고 있어 공급풍량이 증가되어야 한다.

참 고 문 헌

1. NFSC501A, 2007, 특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준.
2. BS 12101-6, 2005, Smoke and heat control systems - Part6 : Specification for pressure differential systems.
3. NFPA 92A, 2006, Standard for Smoke-Control Systems Utilizing Barriers and Pressure Differences.
4. Tamura, G.T., 1990, "Fire Tower Tests of Stair Pressurization Systems with Overpressure Relief", ASHRAE Trans. Vol.96.
5. Tamura, G.T., 1992, "Assessment of Stair Pressurization System for Smoke Control", ASHRAE Trans. Vol.98.