부속실 급기가압 시 압력특성 변화에 관한 연구

김범규 · 박용환[†] · 김홍식^{*}

호서대학교 소방방재학과, *소방방재청 소방과학연구실

A Study on the Pressure Change during the Pressurization to the Elevator Lobby

Beom-Kyue Kim · Yong-Hwan Park[†] · Hong-Sik Kim^{*}

Dept. of Fire Protection and Disaster Prevention Engineering, Hoseo Univ.

*National Fire Service Academy

(Received September 5, 2012; Revised October 12, 2012; Accepted October 12, 2012)

요 약

본 연구에서는 공동주택 화재 시 피난시나리오 및 화재실 배연개구부 유무에 따른 부속실 급기가압 시스템의 성능 및 효율성을 평가하기 위해 각 실의 압력변화 특성을 실험적으로 측정하였다. 그 결과, 화재실문과 계단실문 개폐 시나리오 및 배연개구부의 유무에 따라 압력변화 특성이 크게 달라졌으며 최저설계차압으로 재안정화 되기 전에 부속실 과압 또는 부압 발생, 도어클로저 닫힘 기능 저하 등의 현상이 나타났다. 또한, 급기땀퍼의 설치위치보다는 화재실 배연개구부의 존재가 규정방연풍속 유지에 필수적인 것으로 나타났다.

ABSTRACT

This study investigated the pressure change in the fire room and elevator lobby during the air pressurization to the Elevator lobby with the various egress scenarios and the existence of vent holes in the fire room. The experiments revealed that pressure change was significantly affected by the open/closure scenarios of the front door and stairway door resulting in over pressure, under pressure and performance drop of the door closure. It also revealed that the required smoke defensive air velocity can be obtained only with the existence of vent holes in the fire room by the removal of back pressure in the fire room.

Keywords : Pressure change, Elevator lobby, Air pressurization, Vent holes, Smoke defensive air velocity

1. 서 론

최근 직통계단식 공동주택의 경우 고층화되어 가고 있으며, 다른 건물과 달리 유아, 노인 등 다양한 거주자들로 구성되어 있어 화재발생건수에 비해 인명피해가 높게 나타나고 있으므로 화재발생 시 신속한 경보 및 안전한 피난로의 확보를 통해 거주자의 안전을 보장하는 것이 가장 중요하다^(1,2).

현 화재안전기준에서는 직통계단식 공동주택 부속실 급기가압 시 부속실과 화재실의 차압을 40 Pa 이상(스프링클러 미설치)으로 유지하도록 하고 있다⁽³⁻⁵⁾. 그러나 부속실의 차압 특성은 화재실 내의 압력변화 및 피난자의 수나 행동 특성에 따른 화재실문과 계단실문의 개폐 상태에 의해 많이 달라질 수 있다. 이로 말미암아 급기가압에도 불구하고

화재 시 피난안전공간인 부속실로의 연기침투가 발생할 가능성이 높다⁽⁶⁻⁸⁾. 이에 본 논문에서는 현 공동주택 부속실 급기가압 제연방식에 대한 성능평가 및 개선방안 도출을 위해 실험모형을 구성하여 부속실 차압변화 및 방연풍속을 시나리오별로 측정하여 공동주택 화재 시 효율적인 피난계 획수립을 위한 개선 방안을 제공하고자 한다.

2. 실험장치 및 측정장비

2.1 실험장치

실험동은 2층의 고정식 건축물로서 7.9 m(가로)×3.9 m(세로)×4.0 m(높이)로 구성하였다. 실험동내 실험장치 구성은 NFSC 501과 501A를 근거로 하여 직접 구성, 제작하였다. 실험동 1층은 Figure 1(a)와 같이 설계하였으며 각

[†]Corresponding Author, E-Mail: yhpark@hoseo.edu
TEL: +82-41-540-5737, FAX: +82-41-540-5728

Figure 1. Plane drawing of the floors.

a) vent hole (open/close)

b) door closure

c) dampers

d) front door

e) stairway door

f) blower

Figure 2. Experimental apparatus.

실의 크기는 화재실 2.5 m×1.4 m×2.0 m, 부속실 2.5 m×2.5 m×2.0 m, 계단실 5.4 m×2.5 m×2.0 m의 크기로 각각 구성하였다⁶⁾. 풍도는 화재안전기준 및 실험조건에 맞춰 1.0 m×1.0 m×4.0 m의 크기로 설치하였다. 2층의 평면도는 Figure 1(b)와 같으며 2대의 송풍기를 각각의 풍도에 연결하여 풍도 위치에 따른 방연효과를 검토하였다.

화재실문 및 계단실문은 감충방화문으로 설치하였으며 방화문의 크기는 0.8 m×2.0 m로 화재실에 1개, 계단실에

a) pressure difference monitoring device

b) data logger

Figure 3. Measuring devices for pressure difference.

Figure 4. Velocity meter (thermal type).

2개 각각 설치하였다. 화재실에는 Figure 2-a)와 같이 0.2 m²의 덮개로 개폐 가능한 배연개구부(Vent hole)를 설치하였다. 화재 시 부속실 급기압을 위해 일정 설계차압(40~60 Pa)으로 자동제어해주는 자동차압과압조절형담퍼(Figure 2-b)와 자동으로 문이 닫히도록 하는 저압용 도어클로저(Figure 2-c)도 설치하였다. 화재실과의 차압측정을 위해 천정 중앙부에 차압측정공을 설치하여 계단실에 설치된 차압계를 통해 차압 크기를 확인할 수 있게 하였다.

2.2 측정장비

차압을 측정하기 위해 풍도, 부속실과 화재실에 각각 차압계(ULFA Tech., PLT-1000PA)를 설치하였다.

차압측정은 급기풍도의 경우 1,000 Pa, 화재실과 부속실은 200 Pa까지 측정할 수 있도록 설정하였고, 데이터(차압) 수집은 저항, 전압, 온도를 초당 최대 250채널까지 스캔이 가능한 데이터 로거(Agilent 34970A-20)를 사용하였다. 화재실과 계단실문의 폐쇄력 측정을 위해서는 폐쇄력측정기(IMADA DPSS-50)를 사용하였으며, 방연풍속은 열선 풍속계(TSI-8386)를 사용하여 측정하였다. 측정장비는 Figure 3과 Figure 4에 나타나 있다.

3. 실험방법

3.1 피난시나리오 및 차압 측정

차압측정 실험은 화재실 내 배연개구부가 부속실 차압

Table 1. Egress Scenario

Venthole closed	Venthole open
· Step 1: all door closed	
· Step 2: open/close front door	
· Step 3: open/close stairway door after 15 sec	
· Step 4: open/close stairway door at 15 sec and open/close front door at 18 sec consecutively	
· Step 5: open/close stairway door at 15 sec and open front door at 18 sec for a while

Figure 5. Measurement points of smoke defensive air velocity (unit: mm).

변화에 미치는 영향을 알아보기 위해 Table 1과 같은 피난 시나리오를 설정하여 부속실 차압변화를 관찰하였다. 차압 측정은 피난상황별로 실험자가 직접 행동을 취하면서 피난 상황을 모사하였으며 그 때의 부속실과 화재실의 차압을 약 30초간 측정하였다.

3.2 방연풍속 측정

방연풍속은 화재실문을 90° 이상으로 개방하고 규정 방연풍속 평균값인 0.7 m/s 이상 값이 형성 되는지 여부를 측정하였다. 이 때, 방연풍속의 측정점은 Figure 5에 준하여 10개 지점에서 측정된 평균값을 산출하였다⁽⁷⁾.

4. 결과 및 고찰

4.1 차압 측정

4.1.1 화재실문/계단실문 미개방 시-Step 1

Figure 6은 화재실문과 계단실문이 모두 미개방되었을 경

a) vent hole closed

b) vent hole open

Figure 6. Pressure change with all door closed.

우의 차압분포를 나타낸 그래프이다. 두 그림 모두 댐퍼 작동 후 약 4초가 경과하였을 때 부속실 압력이 약 250 Pa까지 최대 올라갔다가 자동으로 최소설계차압 40 Pa를 유지함을 보이고 있다. 이후 부속실과 화재실 차압이 40~60 Pa로 안정되기까지의 시간은 약 5초 정도여서 피난에 큰 문제가 없을 것으로 예상되었다. 이 구간 화재실내에서는 Figure 6-a)가 Figure 6-b)보다 약 120 Pa 정도 압력이 더 높게 형성되는 것을 알 수 있는데 이는 화재실내에 배연 개구부가 열려 있어 부속실 급기가압 시 화재실로 기류가 쉽게 유입될 수 있으며, 따라서 연기가 화재실문 외부로 유출되기 어렵다는 것을 나타낸다. 반면 부속실에서의 일시적 차압 증가로 인하여 초기(댐퍼 작동 10초 이내)피난 시 화재실문 개방에 다소 어려움이 있을 수 있다.

4.1.2 화재실문 개방 후 폐쇄 시-Step 2

Figure 7은 댐퍼 작동 약 15초경과 후 피난에 의해 화재실문을 열고 닫는 시간대의 부속실과 화재실의 차압특성을 나타낸 그래프이다. Figure 7-a)은 화재실문이 열리는 순간(약 16초경)부터 부속실 및 화재실 압력이 바로 최대

a) vent hole closed

b) vent hole open

Figure 7. Pressure change with front door open/close.

250 Pa까지 상승하고 약 18초경에 문이 닫혀도 약 2초 정도 과압 상태를 유지한 뒤 점차 재안정화되는 것을 보여 준다. 부속실 압력이 재안정화되는 소요시간이 화재실보다 길게 나타나는 이유는 화재실에 배연개구부가 없어 화재실에 체류하는 공기의 압력으로 인해 설계차압 유지 소요시간이 길어지기 때문으로 분석된다. Figure 7-b)의 경우 Figure 7-a)와 달리 화재실문이 열리는 순간(15초경) 바로 부속실 압력이 급격히 0 Pa로 떨어지다가 문이 닫히면 압력이 다시 150 Pa까지 급격히 올라가는 것을 알 수 있다. 이러한 부속실의 압력저하는 화재실의 배연개구부를 통해 빠져나가는 연기누설 때문인 것으로 판단된다.

이상의 결과, 설계차압 회복시간이 차이나는 점을 제외하고는 약 150 Pa 정도의 과압 차압으로 인해 약 2~3초 정도의 출입문 개방 장애가 발생할 수 있을 것으로 판단된다.

4.1.3 계단실문 개방 후 폐쇄 시-Step 3

Figure 8은 댐퍼작동 약 15초 후 계단실문을 개방 후 폐쇄 하였을 경우 부속실과 화재실의 차압분포를 나타낸 것이다.

a) vent hole closed

b) vent hole open

Figure 8. Pressure change with open/close of stairwell door at 15 sec.

그림에 나타난 바와 같이 댐퍼 작동 후 약 15초경에 계단실문을 열게 되면 부속실 압력이 급격히 0 Pa로 하강하였으며 계단실문이 닫히는 약 18초경에 다시 상승하는 패턴을 보였다. 배연개구부 폐쇄의 경우가 화재실내 압력 상승으로 인해 적정 차압을 유지하기 위해서 부속실 압력이 훨씬 큰 양상을 나타내고 있다. 이때, Figure 8-a)의 경우 8-b)에 비해 계단실문의 도어클로저가 원활히 작동하지 않는 것이 관찰되었다. 이는 화재실 배연개구부로 빠져나가는 누설량이 없어 급기풍량이 증가함에 따라 계단실문에 미치는 힘이 크게 작용되었기 때문으로 추정된다.

4.1.4 화재실문 개방/폐쇄 즉시 계단실문 개방/ 폐쇄 시-Step 4

Figure 9는 댐퍼작동 약 15초경 화재실문 개폐 후 연속적으로 계단실문을 개폐하였을 때의 부속실과 화재실의 압력 변화를 나타낸다. Figure 9-a)의 경우 약 15초경 화재실문 개폐 시에는 부속실 압력이 화재실에 직접적인 영향을 미쳐 두 실 모두 최대 250 Pa까지 상승하였다. 계단실

a) vent hole closed

b) vent hole open

Figure 9. Pressure change of stairway door/front door with open/close consecutively.

문 개방과 함께 두 실 모두 압력이 0 Pa로 급격히 떨어졌으며, 이후 부속실에는 약 2초간의 부압이 발생하였는데, 이는 급기시 화재실내 배연개구부가 없어 건물외부로의 공기 유출이 되지 못하고 오히려 부속실과 계단실로 역유입되기 때문으로 분석되었다. 따라서 실화재시에는 짧은 시간이나마 화재실의 연기가 출입문을 통해 부속실과 계단실로 유입될 수 있음을 나타낸다. 배연개구부가 설치되어 있는 Figure 9-b)의 경우에는 9-a)에 비해 부속실의 최대압력이 약 100 Pa 정도 낮았으며, 부압도 발생하지 않았다. 이때에는 부속실 급기공기가 개방된 화재실 출입문을 통해 순간 유입되면서 화재실내 연기가 배연개구부를 통해 배출되는 것이 관찰되었다.

4.1.5 화재실문/계단실문 일시적 동시개방 후 폐쇄 시-Step 5

Figure 10은 화재실문과 계단실문을 동시에 일시적으로 개폐하였을 경우의 부속실과 화재실의 압력분포를 나타낸 그래프이다. 약 15초경 화재실문과 계단실문이 동시에 열

a) vent hole closed

b) vent hole open

Figure 10. Pressure change with stairway door/front door open/closed simultaneously.

리게 되면 부속실 급기 기류가 화재실과 계단실로 각각 유입되는데 배연개구부의 유무에 따라 화재실내 압력이 최대 100 Pa 차이남을 나타낸다.

4.2 방연풍속

덤펀 A(화재실문과 마주봄)를 작동시키고 방연풍속 측정 결과 Figure 11과 같이 화재실내 배연개구부 유무에 따라 큰 차이를 보였다. 화재실내 배연개구부 미설치 시 화재실문 상, 중, 하부에서의 평균방연풍속은 각각 약 0.52, 0.58, 0.38 m/s로 측정되었으며, 전체 평균방연풍속 값은 약 0.5 m/s로 규정방연풍속 값에 약 30 % 미달되었다.

그러나 배연개구부 설치 시 화재실문 상, 중, 하부에서의 평균방연풍속은 각각 약 0.72, 0.75, 0.65 m/s로 나타났으며, 전체 평균방연풍속 값은 약 0.71 m/s로 규정방연풍속 값을 만족하였다.

이러한 차이는 화재실내 배연개구부가 없을 경우 부속실의 급기량 만큼 화재실 기류가 외부로 배출되지 않고 화재실내에서 압축되어 체류하기 때문에 나타나는 현상으로

Figure 11. Smoke defensive air velocity.

분석되었다.

댐퍼 B(화재실문에 수직)를 작동시키고 방연풍속 측정 한 결과 배연개구부 유무에 관계없이 댐퍼 A보다는 중앙부에 편중되지 않는 비교적 균일한 방연풍속이 형성되었다. 다만, 이 경우에도 배연개구부 미설치시에는 약 30 % 정도 규정 방연풍속에 도달하지 못하였다.

따라서 댐퍼의 설치 위치보다는 배연개구부의 유무가 방연풍속 유지에 훨씬 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

5. 결 론

공동주택 화재에 따른 부속실 급기가압 시 피난시나리오 별로 부속실과 화재실의 압력변화 및 방연풍속 특성에 대한 실험을 수행하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 화재실내 배연개구부의 유무에 따라 부속실 및 화재실의 압력크기가 상호 다르게 형성된다. 배연개구부가 있는 경우가 없는 경우에 비해 부속실과 화재실간의 최대 차압이 약 120 Pa 정도 더 크게 형성되나 유지시간이 5초 이내여서 피난에 큰 문제가 되지 않을 것으로 판단된다.

둘째, 배연개구부 미 설치시 피난으로 인해 화재실문 개폐후 부속실의 설계차압 재안정화 소요시간이 약 2배인 4초 이상 길어지며, 최대차압도 150 Pa 정도 과압이 발생하여 차기 피난자의 출입문 개방에 어려움이 있을 것으로 판단되었다.

셋째, 피난으로 계단실문이 개폐될 때 화재실 배연개구부 미 설치시에는 설계차압 유지를 위한 부속실 압력 증가로 계단실문의 도어클로저 닫힘 기능이 저하되었다. 또한, 피난시나리오(Step4)에 따라 부속실내에 부압이 발생할 수 있으며, 이는 화재실의 연기가 부속실로 유입될 수 있음을 나타낸다.

넷째, 댐퍼의 설치 위치보다는 화재실 배연개구부 유무가 출입문에서의 방연풍속 크기 및 균일 분포에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. G. T. Tamura, Smoke Movement and Control in High Rise Building (1994).
2. J. H. Klotz and J. A. Mike, "Principles of Smoke Management", ASHRAE (2002).
3. NFSC 501A, "Standard for Smoke-Control Systems Utilizing Pressure Differences in the Stairwell", National Emergency Management Agency (2011).
4. NFSC 501, "Standard for Smoke-Control Systems", National Emergency Management Agency (2011).
5. NFPA 92A, "Standard for Smoke-Control Systems Utilizing Barriers and Pressure Differences" (2009).
6. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, No 34 "The Installation of Stairwell" (2011).
7. FIS 001, Korea Institute of Fire Industry & Technology (2009).
8. Y. H. Park, "Pressure Differentials in the Elevator Lobby Depending on the Reference Pressures of the Pressurizing Dampers", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 21, No. 4, pp. 12-17 (2007).