

화재시 제연 및 피난을 위한 기능성 차압 조절장치 개발에 관한 연구

정기창[†] · 김정훈* · 이정윤*

호서대학교 안전시스템공학과 · *호서대학교 대학원 안전공학과
(2003. 11. 12. 접수 / 2004. 2. 23. 채택)

The Development of a Functional Pressure Controller in Smoke Management Systems for the Fire Safety of Buildings

Ki-Chang Jung[†] · Jeong-Hun Kim* · Jung-Yun Lee*

Department of Safety System Engineering, Hoseo University

*Department of Safety Engineering, Graduate School, Hoseo University

(Received November 12, 2003 / Accepted February 23, 2004)

Abstract : The smoke and toxic gases generated from the building fires are proved to cause human death. Therefore, the necessity and significance of smoke control have been emphasized, and lots of studies for developing improved smoke management system have been carried out. In this study, the experiments were conducted to evaluate a function and performance in newly developed smoke management system using mechanical pressurization. As a result of this experiment, the differential pressure was 40Pa~60Pa and the air velocity through the door was 0.7m/s between safety zone and fire zone. The functional pressure control equipment which could make proper pressure and maintain differential pressure between safety zone and fire zone was developed. And it will give a lot of helps to evacuation activity for peoples in building and fire fighting.

Key Words : smoke management, smoke control, evacuation

1. 서 론

최근 건축물 내장재의 종류가 다양해지고 사용되는 화학물질의 양이 증가됨에 따라 건물내 화재 발생시 방출되는 연소 가스 또한 종류 및 발생량이 현저히 증가되고 있다.

이들 연소 가스는 시야 차단에 의한 피난자의 Panic 현상 유발, 호흡곤란 및 질식 등의 복합 작용에 의해 피난자를 사망에 이르게 하는 직접적인 원인이 되고 있다.

따라서 거주밀도가 높은 아파트, 공동주택, 및 공공건물 등에는 화재 발생 시 연기 및 유독가스로부터 재실자의 안전을 효과적으로 확보하기 위한 제연 설비 및 구조가 필요하며 이러한 제연설비는 연기의 확산을 방지함과 동시에 재실자의 피난 행로

에 방해가 되지 않아야 한다. 제연설비는 제연방식에 따라 크게 자연제연설비와 기계제연설비로 구분할 수 있으며 자연제연설비는 건물의 외풍에 의한 영향과 화재시 방출되는 열에 의한 부력을 이용하여 배연을 행하는 방식이고, 기계식 제연설비는 옥내(화재실)상부에 배연기를 설치하여 옥외로 연기 및 유독가스를 배출시키는 방식으로 이때 충분한 양의 급기가 동시에 이루어져야만 효과적인 배연을 수행할 수 있다고 알려져 있다¹⁻³⁾. 이중 급기가압 제연 방식은 옥내(화재실)와 전실(피난구역)사이의 차압의 형성 및 유지를 통하여 옥내의 연기 및 유독가스에 의한 전실의 오염을 방지하는 것으로 재실자의 피난 활동에 의한 일시적인 전실 출입문의 개방시 내부 압력에 의하여 전실의 공기가 옥내로 일정 속도 이상의 풍속을 형성하여 이동함으로써 옥내에서 발생하는 연기 및 유독가스가 전실로 침투하는 것을 방지할 수 있다⁴⁾. 현재 국내 소방법에서는 이 풍속을 0.7m/s이상으로 정하고 있으며, 이를 방연풍

[†]To whom correspondence should be addressed.
kcjung@office.hoseo.ac.kr

속이라고 한다. 그러나 방연풍속이 필요 이상으로 강하거나, 정확한 제어를 하지 못한다면 출입문이 열리지 않는 등 피난활동에 오히려 지장을 초래할 수 있다⁵⁾.

따라서 본 연구에서는 급기가압 제연시스템 중 전실과 옥내사이에 형성되는 차압을 효과적으로 제어할 수 있는 기능성 차압조절장치를 개발하고자 하였다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1. 실험 장치의 설계 및 제작

본 연구에서는 차압조절 장치의 개발 및 성능 시험을 위하여 실물 크기의 제연 실험 건물을 자체 설계 제작하였고, 여기에 급기가압 제연 시스템을 전실에 설치하였다. 제작된 제연 실험동의 외관 및 개략적인 구조도는 Fig. 1과 Fig. 2와 같으며, 실험에 필요한 송풍기(Blower), 공기 급기 덕트(Air Supply Duct), 댐퍼(Damper) 등이 포함되어 있다.



Fig. 1. A photo of full scale experimental building for smoke management.

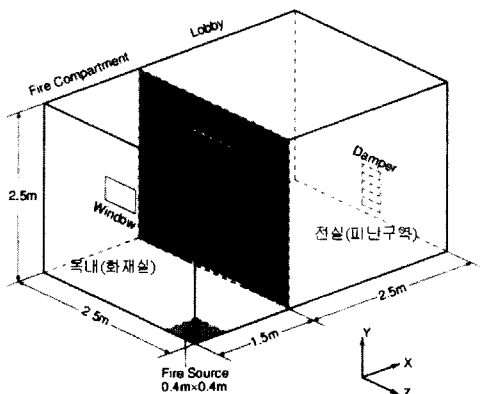


Fig. 2. The detail drawing in the building.

급기가압 제연설비는 전실내의 과압(60Pa)과 저압(40Pa)을 감지할 수 있는 자동 차압 감지 센서에 의해 댐퍼의 개구율(Opening Rate)을 조절함으로써 전실에 공급되는 풍량을 변화시켜, 차압을 60Pa~40Pa로 형성, 유지할 수 있도록 설계하였다. 또한 재실자의 피난 시 출입문이 일시적으로 열려 전실과 옥내의 차압이 급격히 감소하게 되는 경우 차압감지 센서에 의해 댐퍼의 개구율이 증가하도록 하였다.

재실자의 피난 후 출입문 밀폐시 급격한 내부 압력 상승으로 인하여 옥내에서 전실로 대피하고자 하는 피난자의 출입문 개방이 불가능할 수 있는 상황이 발생하는 것을 방지하기 위하여 출입문이 닫히면 제연설비의 Controller는 차압이 40Pa~60Pa로 형성되는데 걸리는 시간이 5초 이내가 되도록 하고 60Pa이상의 과압을 방지할 수 있도록 하였다. 이를 위해 설계, 제작된 차압 감지 센서의 단면도와 평면도는 Fig. 3과 Fig. 4와 같으며 자동 차압 조절을 위한 방식은 다이아 프레임에 의한 기계식과 전자광학센서(Electro-optical Sensor, 모델명 : SG-205, Kodenshi사)에 의한 자동 감지식을 병행하였다.

2.2. 실험 방법

본 연구에서는 자동 차압 센서의 작동 성능을 평가하기 위하여 Kanomax사의 다채널 풍속계(Multi-channel Anemomaster, Model 1550)를 사용하여 전실과 옥내의 압력 및 출입문에서의 공기 유속을 측정

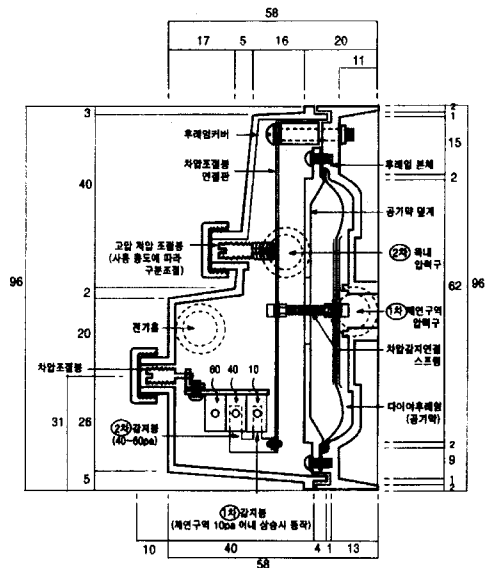


Fig. 3. Cross section of the pressure controller.

기의 영향에 따른 것으로 판단되며 또한 5초 이후 전실과 옥내의 압력이 주기적으로 변화된 원인은 차압 형성 장치의 감지센서에 의하여 댐퍼의 opening rate가 변화되었기 때문으로 사료된다. 제연설비 작동 후 약 4초 이내에 차압이 40Pa~60Pa이내에 도달하였다. 또한 이와 동시에 60Pa이상의 과압을 매우 효과적으로 방지하였다.

3.2. 출입문 개방 시의 압력 변화

제실자의 피난활동을 고려하여 설정한 상황에 대한 압력 변화를 측정하였는데 피난자 개개인의 특성이 모두 다르기 때문에 노약자의 경우 약 5초, 아주 빠른 경우 약 1초로 보아 출입문이 열려 있는 시간을 5초, 3초, 1초로 나누어 각각의 상황에 따른 압력 변화를 측정한 결과를 아래 Fig. 7~9에 걸쳐 나타내었다.

Fig. 7은 제연설비를 작동하여 전실과 옥내의 차압을 40Pa~60Pa로 유지시킨 후 출입문을 5초간 개방시켰을 때의 압력 변화를 나타낸 그래프로써 출입문 개방에 따라 전실의 압력이 급감한 것을 알 수 있었다. 이때 옥내의 압력이 전실보다 미세하지만 높게 측정된 원인은 실험 방법에서 거론된 바와 같이 옥내 중앙 창문에 별도 설치된 송풍기로 유입되는 외부 공기(40m³/h)의 영향 및 압력 측정 센서의 감지 원리가 공기의 순간 유속을 측정된 것에 기인한 것으로 사료된다.

이후 출입문 밀폐 후 약 2초경과 시 압력이 최대치인 290Pa에 도달한 후 3초간 감소하여 차압 40Pa~60Pa 범위 내에서 증가와 감소를 반복하는 것을 알 수 있다.

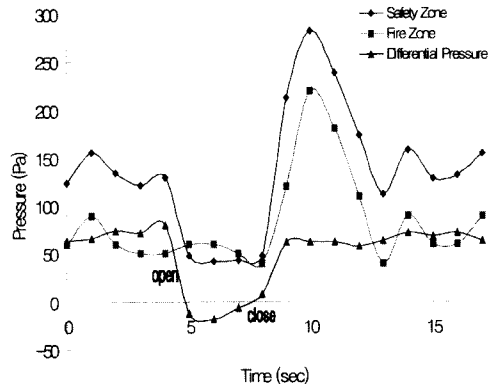


Fig. 8. The variation of pressure when the door was closed in a moment after it was opened for 3 seconds.

Fig. 8은 제연설비의 정상 작동 중 전실의 출입문을 약 3초간 개방 후 밀폐하였을 때의 압력 및 차압의 변화를 나타낸 그래프이다. 압력 및 차압의 변화는 Fig. 8과 같은 양상으로써 출입문 밀폐 후 약 2초 내에 최대치인 280Pa에 도달하였으며, 약 3초 후 차압 감지센서와 댐퍼의 작동에 의하여 압력을 일정 수준으로 감소 및 유지하는 것을 알 수 있다.

제연설비의 정상 작동 중 약 1초간, 순간적으로 개방시켰을 때의 압력 및 차압의 변화를 Fig. 9에 나타내었다. 출입문 개방 시 전실의 압력이 급감하였으며 그에 따라 차압이 일시적으로 음압으로 형성된 것을 알 수 있다. 밀폐 후 1초 이내에 차압이 50Pa로 복구하였으며 이후 차압 감지센서와 댐퍼의 작동에 의하여 차압을 일정수준으로 감소 및 유지하는 것을 알 수 있었다.

Fig. 10은 Fig. 7과 유사한 상황이며 출입문이 5초 동안 서서히 닫힐 때의 압력 및 차압변화를 나타낸 것이다. 두 그래프에서 알 수 있듯이 출입문이 닫히

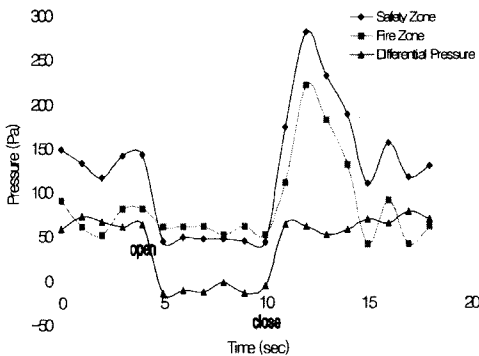


Fig. 7. The variation of pressure when the door was opened for 5 seconds.

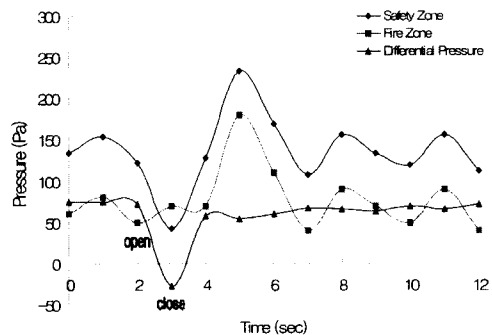


Fig. 9. The variation of pressure when the door was closed in a moment after it was opened for 1 second.

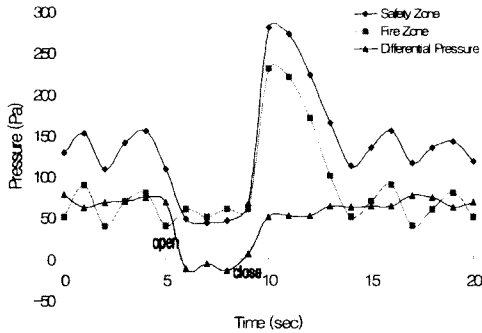


Fig. 10. The variation of pressure when the door was slowly closed for 5 seconds after it was opened.

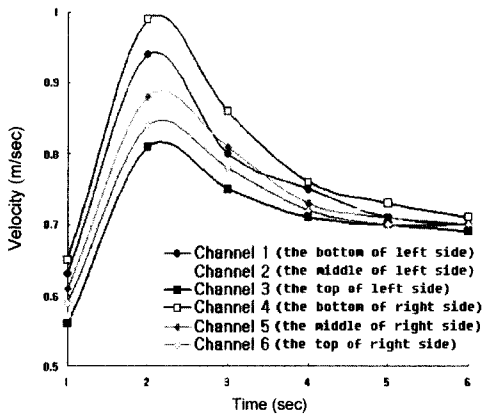


Fig. 11. The variation of air velocity between safety zone and fire zone when the door was opened.

는 속도에 관계없이 출입문이 닫히기 직전과 직후의 압력 변화는 같은 양상을 보였으며 Fig. 10은 출입문이 닫히는 동안에 차압이 서서히 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 본 연구에 의하여 개발된 자동 차압 조절장치가 누설 량의 영향에 관계없이 압력의 변화에 의존하여 작동한다는 것을 의미한다.

3.3. 방연풍속의 측정

Fig. 11은 출입문 개방 시 전실과 옥내 사이에 형성되는 공기의 유속을 나타낸 것이다. 제연설비 작동 중 출입문이 개방되면 전실과 옥내사이에 형성되어 있던 차압에 의하여 전실내 공기가 저압측인 옥내방향으로 이동하게 되는데 이때 생성되는 공기 흐름에 의하여 화재로부터 발생된 연기 및 유독가스가 전실 내부로의 침투하는 것을 방지할 수 있다.

시험 결과 상기한 그래프에서 보는바와 같이 각각의 유속 센서 위치에 따라 약간의 차이를 보였으나 그 양상은 일정하였고, 출입문 개방 후 2초 이내에 각 지점의 유속이 0.7m/sec 이상을 형성하였으며 최고 1m/sec의 유속을 기록한 후 시간이 지남에 따라 각 지점의 유속이 떨어져 5초 이후에는 0.7m/sec에 접근하는 안정된 값을 형성하였다.

4. 결론

본 연구를 통하여 개발된 급기가압 제연 시스템의 자동 차압 조절장치는 실물 크기의 제연 건물에서의 성능 실험 결과 전실 내 출입문의 개방에 따른 압력 및 차압의 변화에 일정하게 반응하여 각각의 실험에 대하여 유사한 압력 형성 양상을 나타내었다. 또한 출입문의 개방 시간이 전실 및 옥내의 압력 변화에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며 출입문 사이의 틈새를 통한 공기의 누설 양 차이에 관계없이 차압에만 의존하여 제연시스템이 작동하는 것을 알 수 있었다. 특히, 개방된 전실의 출입문 밀폐 후 약 2초 이내에 법정 수준 차압인 40Pa~60Pa을 형성하고 유지하였으며, 출입문 개방 시 전실과 옥내 사이에 형성되는 공기의 유속, 즉 방연풍속을 0.7m/s 이상으로 안정되게 형성하는 것을 알 수 있었다.

감사의 글 : 본 연구는 중점국가 연구개발사업(인위재해 방재 기술개발)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- 1) 박외철, "제연방식과 풍량에 따른 제연의 수치적 연구", 한국화재소방학회 춘계학술논문발표회 논문집, pp. 93~100, 2003.
- 2) JH. Klote, "Design of smoke management system", ASHRR and SFPE, pp. 55~64, 1992.
- 3) GT. Tamura, "Smoke movement & control in high-rise buildings", NFPA, pp. 145~179 1994.
- 4) 박승민 외 2, "급기가압제연설비의 개선에 관한 연구", 한국화재소방학회 춘계학술논문발표회 논문집, pp. 118~124, 2003.