

화재하중을 고려한 대공간 제배연 용량 최적화 연구

안찬솔 · 김아람
한국건설기술연구원

Optimization for Ventilation Capacity of Large Enclosure Considering Fire Load

Ahn, Chan-Sol · Kim, A-ram
KICT

요 약

This study is intended to evaluate and optimize the characteristics of smoke spreading and the appropriateness of evacuation time extended by operation of smoke control system during fire within the underground space of the building structured in compliance with the smoke control system performance criteria from the local fire safety standard, which has been currently applied to the buildings in Korea. Using the heat release per unit weight of the combustibles, a numerical analysis both in case of smoke control system in operation and the system not in operation was carried out at the several different shopping malls. From the viewpoint of securing the evacuation time, the results were compared in an attempt to assess the appropriateness of the fire safety criteria.

1. 서 론

지하건축물은 지상구조물과 달리 밀폐성이 높아 외부공기와 내부공기의 교류가 원활하지 못한 특징이 있으므로 지하건축물에서 화재가 발생하였을 경우 현재의 화재안전기준이 재실자의 안전한 피난시간을 확보하는데 충분한 성능을 제시하고 있는지 그 적정성을 검토하고 이에 대한 성능설계 개념을 도입한 최적화가 필요하다.

본 연구의 선행 연구¹⁾로 국내 16개 지하상가를 대상으로 제연설비의 성능기준의 적정성을 검토한바 있으며, 현장조사를 통해 각 지하상가들의 전체 구조 및 입주한 점포들의 위치, 업종, 면적, 천정 높이를 조사하였고 지하상가 내부를 구성하는 고정가연물 및 유동가연물의 종류를 조사하였다. 지하상가 전체의 발열량을 산출하기 위해 사무용품, 진열장, 내부 장식품과 같은 고정가연물과 판매상품인 유동가연물의 종류, 수량, 중량, 원자재 종류를 조사하였다. 그리고 원자재의 단위중량당 발열량을 이용하여 현장조사에서 수집된

각 상가별 총발열량을 추정하였다. 이렇게 추정된 가연물의 고유 발열량을 검증하기 위하여 임의의 점포를 모델링 하였고 이를 실험으로 구현하여 실험화재실험과 수치해석을 하여 그 결과를 점포의 발열량 추정값과 비교하였다.

이번 연구에서는 선행연구에서 제연설비의 성능은 기준을 준수하고 있으나 재실자의 피난속도에 비해 제연성능이 적정하지 못해 문제가 되는 지하상가를 선정하여 단위 방화구획에 대한 제연용량을 최적화 하였다.

2. 실험방법 및 결과

2.1 지하상가 선정

선행연구를 통해 16개 지하상가의 제연용량의 적정성을 평가한 결과 3개 지하상가에 대하여 지하상가 전 구역에서 연기의 확산속도가 재실자의 피난속도 보다 빠른 것으로 예측되었다. 이중 가장 문제가 되는 1번 지하상가를 선택하여 제연설비를 최적화 하였다.

Table 1. 피난시간과 연기확산시간 비교

지하상가 번호	연기 확산시간(s/m)		피난시간 (s/m)
	비제연	제연	
1	3.6	4.4	6.5
2	4.1	4.0	5.1
3	3.1	3.2	3.6

2.2 원자재의 중량당 발열량 측정 (kJ/kg)

원자재의 발열량을 측정하기 위해 현장조사를 통해 조사된 953 가지의 가연물을 주 원자재 별로 재 분류하여 49종의 원자재를 결정하였는데, 원자재 별로 목재류 8종, 종이류 3종, 섬유류 9종, 합성수지류 12종, 무기질류 13종, 복합재료 4종으로 구분한 다음, 실험방법 ISO 5660-1에 의하여 원자재의 단위중량당 발열량을 측정하였다.

2.3 업종별 화재하중 추정 (kW/m²)

모집단의 점포를 32개 업종으로 분류하고 업종 내에서 무작위로 1~3개의 점포를 선택하여 총 70개의 표본점포를 선정하였고, 각 점포에서 조사된 고정가연물과 유동가연물을 기준으로 각 업종별 평균발열량과 평균화재하중을 추정하였다.

2.4 제연설비 성능기준

국내 화재안전기준의 제연설비 성능기준에 따른 방화구획과 배출성능은 Table 2와 같다. 공기유입방식은 자연유입방식을 선택하였고 지하상가 공간을 소방법에 의한 제연설비 기준에 따라 제연구역을 나누어 이것에 맞는 배출 성능을 산출하였다.

Table 2. 지하상가 제연용량 및 발열량

상가면적(m ²)	점포수	방화구획 수	배출성능(m ³ /hr)	상가총발열량(x10 ⁶ kJ)
3,676	82	3	55,000	1,774.98

2.5 피난시간 산출

지하상가에 대한 피난시간을 산출하기 위하여 피난해석 범용 프로그램인 Simulex를 사용하여 계산하였다. NFPA 101에 따른 수용인원 계수 2.8(m²/인)를 환산하여, 0.35(인/m²)를 재실자 밀도로 설정하였고 피난개시시간은 1997년 영국표준연구소에서 발표한 DD240에 따라 계산하였다.

2.6 제연용량 최적화 계산

제연용량 값을 재실자의 피난안전성을 확보한 영역에서 최적화 하기위해 반응면 기법(Response Surface Method)을 사용하였고, 지하상가의 화재 수치해석은 FDS5를 사용하여 해석하였다. Rectangle multi-block을 사용하여 1328×258×28 격자로 구성하였고 64CPU를 이용한 병렬연산으로 수행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Figure 1에서 보이는 바와 같이 지하상가에서 화재가 발생하였을 때 재실자의 대피 보행속도 보다 화재연기의 이동속도가 2배 이상 빠르고, 기존 기준에 의해 설계된 제연설비에 의해 제연이 시도된다 하여도 피난하는 재실자의 안전을 확보에 전혀 도움을 주지 못하고 있음을 확인하였다. 이에 대하여 성능설계 개념을 도입한 최적설계의 결과, 기준에 의한 제연용량의 8배에 해당하는 제연용량을 요구하는 것으로 예측되었다.

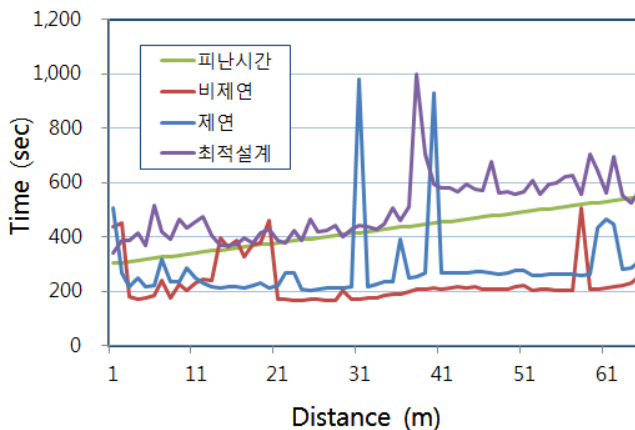


Figure 1. Result of optimization for ventilation capacity

4. 결론

선행 연구에 의해 현재 적용되고 있는 국가화재안전규정에 의한 지하상가의 제배연 용량 산출 방법은 경우에 따라 재실자의 피난안전을 확보해 주지 못하는 경우가 있음을 확인하였다. 이에 성능설계 개념을 도입하여 제연설비의 용량을 최적화 하는 연구를 수행하였고, 재실자의 안전한 피난을 확보할 수 있는 수준의 제연용량을 산출하였다.

Table 3. 피난시간과 연기확산시간 비교

연기 확산시간(s/m)			피난시간 (s/m)
비제연	제연	최적설계	
3.6	4.4	6.9	6.5

후 기

본 연구는 지식경제부에서 지원하는 한국건설기술연구원의 주요사업인 “(11주요) 성능 기반 화재안전 선진화 연구”과제와 관련한 연구에 의해 수행되었습니다..

참고문헌

1. 안찬술, 김홍열, 유용호, 전규엽, “지하공간에 대한 제연설비 성능기준의 적정성 고찰”, 대한설비공학회, 동계학술발표대회논문집, pp.103, 2008.
1. Chae H.S., Suk C.M., Kim I.S., Lee J.H., Kim W.J., “Prediction of the Fire Behavior According to the Fire Load in an underground Life Space”, KIESE, Vol.21, No.1, pp51., 2007.
2. Cooper L.Y., “Smoke Movement in Rooms of Fire Involvement and Adjacent Spaces”, Fire Safety Journal, Vol. 7, No. 11, pp.33, 1984.
3. Hwang E.K., Kim D.H., Cho J.H., Hwang K.S., “A Suggestions for Building Regulation through the Analysis of Problems among the Building Evacuation Laws”, KIESE, Vol.21, No.4, pp105, 2007.
4. Kwark J.H., “Standardization of the Performance Test Procedure for Smoke Control System”, KIESE, Vol.20, No.3, pp21, 2006.
5. Lee E.P., “Analysis in the Actual Conditions of Death due to Fires based on Annual Report on the cause of Death Statistics in Korea”, KIESE, Vol.20, No.1, pp83, 2006.
6. McCaffery B.J., Quintiere J.C., Harkleroad, “Estimating Room Temperatures and the Likelihood of Flashover Using Fire Test Data Correlations”, Fire Technology, Vol.17, No.2, pp.98, 1981.