

스프링클러와 배연설비와의 관계

이 글은 Fire Protection '92년 6월호에 게재된 내용을 번역한 것으로 화재시 스프링클러와 배연설비의 상호 관계를 요약하고, 배연설비 설치는 스프링클러의 종류를 고려하여 설계하여야 하지만, 배연설비는 스프링클러 작동에 큰 영향을 미치지 않음을 기술하고 있다.

자동식 배연설비(Automatic Fire Ventilation System)의 사용이 점차 증가하고 있으며, 스프링클러와 함께 설치된 건물에서 수년간의 경험을 통하여 그 가치가 증명되었다.

이들 상호관계의 연구를 공동으로 한 Fire Research Station과 COLT International사가 제정한 기본원리가 20년 이상 널리 이용되었으나 최근 이들의 상호관계가 다시 연구되고 있다.

적성하게 설치된 배연설비는 소화활동을 돕고 Smoke Logging(煙氣의 停滯)을 방지하며, 건물내의 온도를 배연설비가 없는 건물보다 낮게 한다.

그러나 창고건물 화재는 매우 빠르게 연소되고, 배연이 된다해도 너무 늦게 연소하므로 건물안에서 소방관이 소화활동을 할 수 없게 할 것이다.

만약 스프링클러가 화재를 빠르게 진압하면 배연은 필요없겠지만 스프링클러가 작동되어도 즉시 진화되지 못하는 경우는 짙은 농도의 연기가 발생하게 된다.

배연설비는 소방관들이 원활한 소화활동을 하게 함으로써 손실을 줄이는데 크게 기여한다.

1. 설비의 작동순서는……

일반적으로 스프링클러가 작동되기 전에 배연설비가 작동된다면 스프링클러의 작동이 늦어질 것이므로 스프링클러가 작동되기 전에 배연구가 열리지 않도록 권장되고 있다.

배연구가 너무 늦게 열리게 되면 배연효과가 적을 수 있으므로 가능한 한 배연구가 빨리 열리도록 해야 한다.

배연설비는 쇼핑센터와 같이 사람이 많은 장소에서 그들을 연기로부터 방해받지 않고 피난시키려는 것이므로 스프링클러가 작동되기 전에 배연구가 열리게 해야 한다.

화재가 스프링클러에 의해 진압되는 쇼핑센터의 배연

설비에 관하여 많은 연구가 이루어져 왔음에도 불구하고 NFPA Code에는 스프링클러와 배연설비의 상호 관계에 대한 명확한 규정이 없다.

그것은 화재시 배연구가 열리면 더 많이 燃燒되고 水損도 늘어난다는 FM에서의 시험결과 때문이다.

스프링클러와 배연설비에 대한 논쟁은 Fire Protection지 '89년 12월호에 요약되어 있으며, 그 외에도 폭넓은 연구가 수행되었는데 '84년 AJM Heselden에 의해 출간된 Portsmouth Fire Test와 A Building Research Establishment 보고서도 그 한 예이다.

이 연구에서는 소방관의 소화활동에 대해서 무시했기 때문에 시험결과 분석에 대한 많은 논쟁이 있었다.

명확한 결과를 도출하기 위한 대규모의 시험은 비용이 많이 들며, 소규모 시험은 결과를 분석하는데 어려움이 있다.

이러한 어려움속에서 Heselden은 빌딩에 관한 수리적 모델(Numerical Model)을 제안하였는데 그것은 공학적 계산이 요구되는 배연설비(Roof Venting System) 설계를 간단한 계산식으로 나타낸 것이다.

배연설비에 관한 연구를 위해 Colt International사와 Fire Station사는 공동연구계획을 세웠다.

2. 초기시험 모델

배연설비의 설계원리에 대한 초기모델은 (그림1)에 나타나 있다.

주위공기를 끌어들이면서 불꽃(Plume)이 위로 솟아 오르듯이 화염과 뜨거운 연소가스가 위로 솟아 오른다.

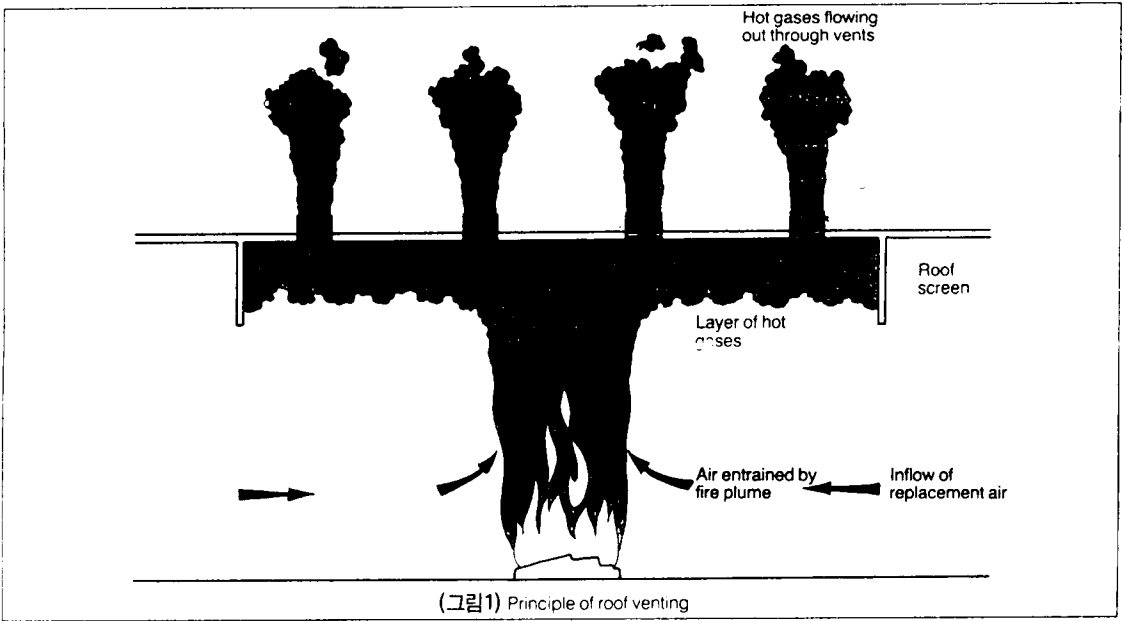
위로 솟아오른 연소가스의 부피는 팽창하게 되고 냉각된다.

연소가스가 천장에 도달하게 되면 찬 공기 위로 부유층을 형성하면서 퍼져 나가지만 찬공기와는 섞이지 않는다.

배연이 되지 않으면 그 방은 천장부터 뜨거운 연기로 채워지게 되지만, 배연이 되면 뜨거운 연기는 밖으로 빠져 나가게 된다.

뜨거운 연기층이 두꺼울수록 빨리 빠져 나간다.

연기층이 충분히 두꺼워지면 뜨거운 연기는 발생한 양만큼 빠져나가고, 대신 신선한 공기가 뜨거운 연기층 아래로 들어온다.



뜨거운 연기층의 수평크기는 배연 경계벽에 의해 조절된다.

실제로 배연설비를 설계하는데 이 모델은 매우 유용하지만, 스프링클러의 작동을 계산하는 데에는 도움이 되지 못한다.

이 모델에는 스프링클러 작동온도에 대한 개념이 없으므로 연기층의 순환형태를 고려해야 한다.

3. Plume Pattern & Ceiling Jets(불꽃과 천장 기류 형태)

(그림2)에서와 같이 뜨거운 불꽃은 천장에 도달한 때까지 연기층 안에서 계속 솟아 오른다.

뜨거운 연소가스는 사방으로 빛을 발산하면서 천장부근(천장면으로부터 방 높이의 1/10에 해당하는 거리 부분)에 빠른 기류를 형성한다.

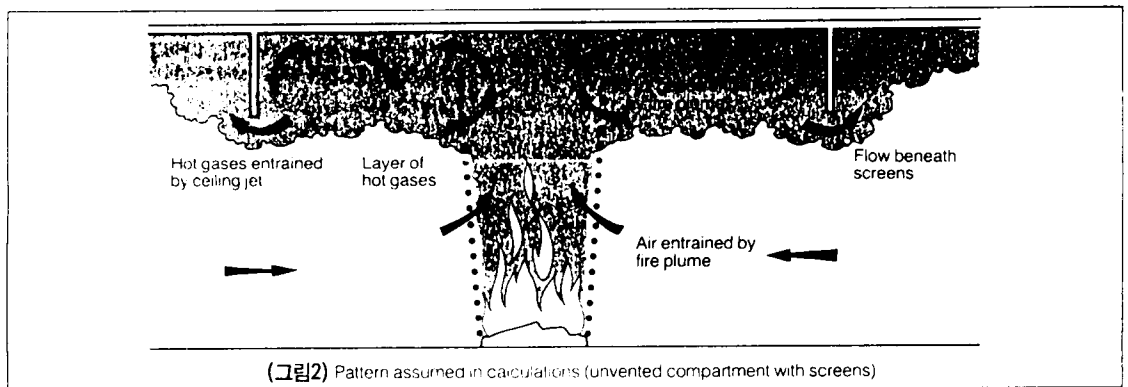
이 기류는 배연 경계벽까지 이동한 후 뜨거운 연기층과 섞이게 된다.

건물 내부 상태는 뜨거운 연기층의 온도, 두께, 성분 등에 의해 결정된다.

스프링클러의 작동시간은 국부적인 기류의 온도에 의해 결정되며, 스프링클러가 작동되면 뜨거운 연기는 냉각된다.

냉각되는 양의 계산 방법은 Fire Research Station에 의해 제안되었다.

Peter Hinkley의 연구는 Zone Model로서 다음과 같



이 요약될 수 있다.

* 화재는 하나의 스프링클러 헤드 바로 아래 있다고 가정하고, 다음 48개 스프링클러가 화재 주위 아홉개의 원에 배치된다.

하나의 원속에 있는 스프링클러 헤드는 동시에 작동되는 것을 가정한다.

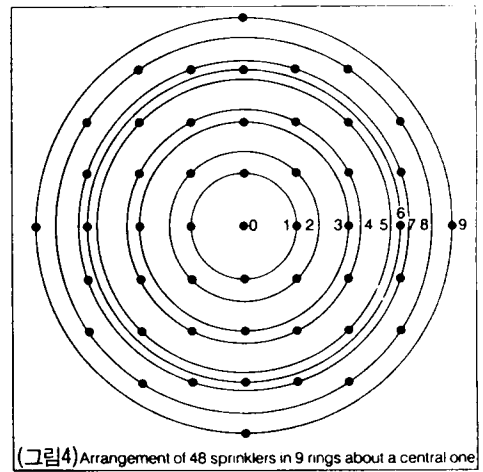
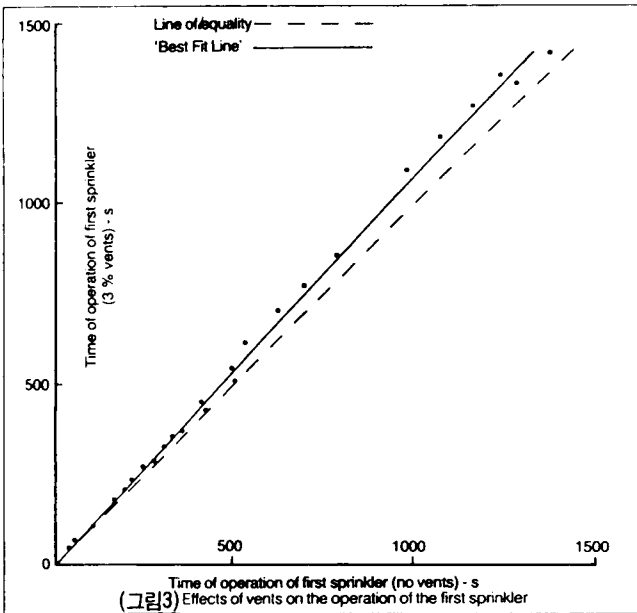
* 배연구는 계속 열려진 상태로 두거나, 연기감지기로 부터 신호를 받을 때 모두 열리는 것으로 간주한다.

* 계산은 느린 화재와 빠른 화재 양쪽에서 행해진다.

스프링클러의 작동에 대한 배연설비의 영향을 연구하기 위해서는 화재의 열 발생속도, 화재의 성장속도, 스프링클러의 특성, 천장높이, 배연 경계벽의 유무에 따른 배연구역의 면적 등에 관한 수치들이 조사되어야 한다.

연소실에 높게 적재된 물품의 화재성상과 낮게 적재된 물품의 화재성상 양쪽에 대한 화재전과 성상을 조사한다.

(그림4)는 대형빌딩에서 첫번째 스프링클러 헤드 작동 시간에 대한 화재반경을 나타낸다.



이 빌딩은 배연 경계벽이 설치되고 항상 농도 3%의 배연설비 지역이 되도록 하며, 같은 조건으로 배연이 되지 않는 빌딩과 비교한다.

배연이 스프링클러 작동에 영향을 미치지 않는다면 (그림3)에서 모든 점들이 정비례선 위에 놓여질 것이다.

(그림3)에서 보는 바와 같이 스프링클러 작동이 약간 지연된다는 것을 알 수 있지만, 실제로는 중요치 않다고 여겨지며, 다른 조건들이 동일하다면 스프링클러의 작동은 넓은 배연구역보다는 좁은 배연구역에서 빨리 작동한다.

초기 배연은 그러한 빠른 작동을 지연시키므로 넓은 배연구역보다는 좁은 배연구역에서 스프링클러의 작동에 더 많은 영향을 미친다.

그러나 이것은 단지 느린 화재에만 적용된다.

배연은 빠른 화재, 특히 박스로 높이 적재된 물품에서

의 화재에는 스프링클러의 작동에 크게 영향을 미치지 않으며, 이러한 화재에서는 스프링클러의 빠른 작동이 절대적으로 필요하다.

화재가 진압된 후 작동된 스프링클러 헤드 수는 스프링클러의 반응시간, 화재성장 속도, 단위 화재면적당 열 발생량 등의 영향을 받는다.

배연이 스프링클러의 작동 헤드 수를 증가시키는 유일한 상황은 천천히 반응하는 스프링클러 헤드가 설치된 좁은 배연구역에서 일어난다.

그 외의 배연은 스프링클러 작동 헤드 수를 감소시키거나 영향을 미치지 않는다.

이러한 연구 결과에도 불구하고 아직까지 배연설비와 스프링클러 중 어느 것이 먼저 작동되어야 하는가에 대하여 논쟁중이다.

3. 최근 연구결과는 배연설비를 인정하고 있다.

최근에 수행된 연구는 Ghent 화재시험으로 이 시험은 Building Research Establishment; Colt International; City of Ghent Fire Department와 VDS(독일소방위원회) 사이에서 수행된 국제 연구 프로그램이다.

시험중에 실측된 온도와 화재모델에 의한 예상온도를 비교한 결과 예상온도가 더 낮았으며, 이것은 화재모델이 스프링클러에 대한 배연설비의 영향을 과대평가한 것을 의미한다.

첫번째 시험에서는 화재가 일어났을 때 배연구를 개방하지 않은 상태에서 몇개의 헤드가 작동되었는지를 확인한 결과 55개의 헤드가 작동되었다.

배연구를 10개 개방하고 다시 시험한 결과 스프링클러 헤드 6개가 작동하였고 배연구를 20개 개방하였을 때에는 스프링클러 헤드 7개가 작동되었다.

이와 같이 화재시 작동되는 스프링클러 헤드 수는 배연구 개방으로 인하여 감소한다.

4. 결론

스프링클러와 배연설비에 영향을 미치는 요소들에 대해서는 더 많은 시험이 이루어져야 하겠지만, 일단 아래와 같은 결론을 내릴 수 있다.

첫째 : 단위 화재지역당 열 발생량
 둘째 : 배연구역의 체적
 셋째 : 스프링클러 헤드의 작동 특성
 넷째 : 배연설비의 작동
 화재시 스프링클러 작동 헤드 수를 결정하는 요소의 중요성은 다음 표의 순서와 같다.

순서	빠른 화재	느린 화재
1	스프링클러 작동시간	천장높이
2	천장높이	단위 면적당 열 발생량
3	단위 면적당 열 발생량	스프링클러 작동시간
4	스프링클러의 실제 작동온도	좌 동
5	배연구역의 면적	좌 동
6	배연설비의 작동	좌 동

위와 같이 스프링클러 작동에 영향을 미치는 요소는 배연설비보다 많음을 알 수 있으며, 배연설비가 스프링클러의 작동에 부정적인 영향을 미친다는 논쟁은 근거가 없고 무시될 수 있다.

배연설비의 설계는 함께 설치되는 스프링클러 종류를 고려하여 적절하게 설계되어야 할 것이나, 이 글은 배연설비가 스프링클러 작동에 별로 영향을 미치지 않는다는 것을 보여주므로 배연설비의 올바른 작동에 최선을 다해야 한다.