

화재안전 분야에서 방재공학의 역할

— 대형 할인매장 사례를 중심으로 —



안병국 | 소방기술사
(사)한국소방기술사회
회장

1. 머리말

인류의 역사가 시작된 이래 불의 발견은 일상생활에 가장 필수적인 것이지만, 그것이 인간의 실수, 부주의 등으로 잘못 취급되었을 때에는 생명과 소유한 것을 앗아가는 큰 재앙이 되기도 하였다. 앞으로 문명이 아무리 발전한다 할지라도 인간들에 의해 반복되는 실수를 완벽하게 방지할 수 없는 것처럼, 화재라는 재앙은 인간에 의하여 의도되었거나 의도되지 아니한 실수에 의해서 또한 계속될 것이다.

화재로 인한 피해는 대부분 생명과 재산손실을 수반하기 때문에 이를 저지하려는 사람들의 끊임없는 관심은 이제 화재가 발생하는 과정을 파악하여, 이를 미리 예측하고 사전에 감지도 하여, 재앙으로 발전하지 못하도록 하는 것과 화재가 발생하였을 경우에 어떻게 대처하여야 피해를 최대한으로 줄일 수 있는지에 대한 방법도 제시하기에 이르렀다.

2. 화재안전 분야에의 관심과 방재공학

불과 얼마 전까지만 해도 '화재' 하면 소방대를 연상하는 것이 일반적인 인식이었다. 그러나 사람들이 안전과 환경 쪽에도 관심을 기울이게 되면서부터 자연스럽게 화재라는 현상을 파악하고 이를 다루는 화재안전 분야가 하나의 전문 분야로 등장하게 되었다.

넓은 뜻의 화재안전은 말 그대로 화재현상과 관련되는 안전에 대한 총칭으로, 화재를 유발, 지속, 억제 또는 소화하는 것 등과 관련 있는 모든 현상과 다양한 에너지군을 망라하는 안전을 뜻한다.

화재안전 분야의 연구에 공학적인 접근이 시도되면서 방재공학이라는 새로운 화재관련 공학 분야가 탄생되었다. 방재공학은 파괴적인 화재로부

터 인명과 그 주변환경을 보호하기 위하여 과학과 공학적인 원리를 적용하는 것으로서 화재위험도를 분석하고 적절한 설계, 시공, 배치 및 건물, 자재, 구조물, 산업공정 및 운송설비로 화재손상을 경감시키고, 소방시설 및 통신시설의 설계, 시공 및 유지관리와 화재발생 후 화재조사 및 분석 등을 포함하는 것으로 정의하고 있다.

방재공학의 특징은 화재의 구성 요소인 가연물, 에너지원 및 산소와 관련된 여러 분야의 공학-건축공학, 재료공학, 전기공학, 기계공학, 화학공학 등 다양한 분야의 종합적인 학문으로, 실증적인 이론을 근간으로 한 실용적인 측면이 보다 절실하게 요구된다.

3. 대형 할인매장 사례를 중심으로 본 방재공학의 역할

가. 통상적인 방재설계기준의 적용

방재공학의 역할을 보다 쉽게 설명하기 위해서 창고형 할인매장 사례를 들어보기로 한다.

할인매장을 방재적인 측면에서 볼 때 그 특성은 많은 사람이 매장 내에 있다는 점, 랙크(rack)식 창고 형태의 상품보관으로 화재하중이 크다는 점, 상품의 종류가 다양하고 합성수지류도 많다는 점을 들 수 있다. 또 최근 할인매장에서 화재가 발생하여 여러 명의 사망자를 냈으며, 화재가 발생한 경우 소방법규에 적합하게 설치된 스프링클러설비가 거의 무용지물에 가까웠다는 사실은 시사하는 바가 크다.

다음과 같은 할인매장이 신축된다고 가정하자.

2개 층으로 되어 있고, 각 층의 높이는 8m, 각 층은 3개의 방화구획(방화셔터)으로 분할되어 있고, 제연설비는 공기조화설비와 덕트를 겸용으로 사용하며, 덕트가 방화구획을 관통하는 부분에는 방화댐

퍼를 설치한다.

입면도

1 층 : 층고 8m / 상품적재높이 6m (4 단)
지하1층 : 층고 8m / 상품적재높이 6m (4 단)

평면도

Zone 1	Zone 2	Zone 3
Floor Area	Floor Area	Floor Area
2,500m ²	2,500m ²	2,500m ²

이에 대한 국내 소방기술기준규칙을 적용하면, 우선 표준형 스프링클러헤드 20개를 적용하는 스프링클러설비, 자동화재탐지설비, 자동화재감지기와 연동되는 제연설비 등을 들 수 있다. 소방기술기준규칙은 어디까지나 최소 기준만을 강제 규정한 것으로서 다양한 환경에 대응할 수 있도록 제정되지 않았다는 점을 명심하여야 한다.

위 할인매장에 국내 소방기술기준규칙을 방재공학적인 접근 없이 단순히 설비만을 적용할 경우, 파생되는 문제점을 우선 지적하여 보면 다음과 같다.

(1) 자동화재감지기와 연동으로 제연설비를 가동하는 경우

연기는 빨리 배출될 수 있으나, 천장부에 축열이 되지 않아 스프링클러헤드 동작지연으로 인해 오히려 화재의 크기가 커질 수 있다.

(2) 휴지블링크의 동작온도가 낮은 방화댐퍼(72℃ 또는 121℃)를 사용할 경우

- 방화댐퍼가 미리 닫혀 정작 화재의 성장으로 발생하는 다량의 연기를 배출하고자 할 경우, 연기의 배출경로를 막아 제연설비의 정상적인 작동을 방해하여 오히려 피난장애 및 질식으로 인한 인명피해를 초래할 수 있다.

- 대부분의 매장 또는 지하 판매장의 제연설계에 연기의 온도를 고려하지 않고 사용하고 있는 휴지

블링크(동작온도 72℃)는 제연설비의 취지와는 반대로, 제연설비의 정상적인 작동을 방해하여 피난장애를 유발하는 심각한 문제를 안고 있다.

(3) 표준형헤드를 사용하는 경우

창고의 형태 및 저장상품의 종류에 따라 다르기는 하나 대부분의 창고화재, 특히 랙크식 창고화재에서의 표준형스프링클러헤드(Standard orifice sprinkler)의 사용은 소방법규의 충족여부와는 별개 문제로 화재진화에 거의 성공한 사례가 없다.

(4) 화재감지기와 연동으로 방화셔터가 작동하여 매장이 구획될 경우

충분한 피난구가 확보되지 않고 피난경로에 대한 안내가 명확하지 않으면 오히려 피난장애를 유발하며, 갑작스런 환경변화로 인해 패닉현상을 초래할 수도 있다.

위와 같은 사례의 경우, 소방법규를 충족하므로 아무런 문제가 없다고 주장할 것인지, 아니면 문제점을 인식하고 이의 해결을 위한 새로운 접근을 시도할 것인지를 선택은 매우 다른 결과를 가져올 것이다. 이미 지적한 바와 같이 소방법규는 충족하나, 그 결과가 본래 기술기준이 목적하는 인명안전과 재산보호와 정면으로 배치된다면, 이는 심각한 사안이 아닐 수 없다.

나. 방재공학적인 접근

앞의 사례에서, 소방기술기준 적용 시의 문제점을 해결 또는 보완하기 위해서는 다음과 같은 고민을 해 볼 필요가 있다.

(1) 스프링클러를 동작시키기 위해서 제연설비의 기동을 지연시킨다면 그 시점은 언제인가?

제연설비의 기동지연은 스프링클러헤드를 충분히 동작시키고, 또한 매장의 고객들이 피난하는데 지장이 없도록 피난시간을 고려하여 결정되어야

한다.

(2) 방화담퍼가 닫히는 일 없이 연기를 배출하고 인접구역으로 화재전파 시에 방화담퍼를 닫히게 하려면 방화담퍼의 휴지블링크 온도는 몇 ℃를 사용해야 하는가?

방화담퍼의 휴지블링크 온도는 천장면에서의 연기온도를 예측하여 덕트를 통하여 연기가 배출되는데 지장이 없도록 선정되어야 한다.

(3) 발생하는 연기의 양은 얼마나 되며, 청결층까지 연기가 하강하는데 걸리는 시간은 얼마인가?

발생하는 연기의 양 산출은 곧 제연팬의 용량 선정으로 이어지며 연기가 청결층까지 하강하는 데 걸리는 소요시간의 산출은 피난시간을 결정하는 인자가 된다.

(4) 피난에 소요되는 시간은 얼마인가?

피난동선에 계획된 피난구를 경유하여 대피할 때 피난시간이 충분하지 못할 경우, 피난구의 폭을 늘리거나 피난구의 수를 늘릴 필요가 있다.

(5) 스프링클러헤드는 어떤 종류 및 동작온도는 어떤 것을 사용해야 하는가?

스프링클러헤드에 의해 방사되는 물이 증발되지 않고 화원에 직접 도달될 수 있는 침투력과 불필요하게 많은 헤드가 개방되어 비화재지역의 저장 상품에 수손을 발생하지 말아야 한다.

다. 화재모델링(Fire Modeling)의 활용

문제를 해결하기 위한 가장 좋은 방법은 실제의 화재실험을 통하여 결과치를 얻는 방법이다.

외국의 경우에는 특수한 용도의 스프링클러헤드에 대하여는 보험사 부설연구소 등에서 실험규모화재실험(Full Scale Fire Test)을 통한 스프링클러설비의 설치기준을 도입, 활용하고 있다. 그러나 모든 방호환경에 대하여 이를 실행한다는 것은 소요되는

비용이나 환경적인 측면을 고려할 때 사실상 불가능하다. 따라서 실제적인 적용에서는 이를 대신하여 수학적인 화재모델이 다양하게 개발되어 활용되고 있다.

이 수학적인 화재모델에서는 이미 개략적인 실험치로서 나와 있는 자료를 활용하여 화재의 크기를 예측하고, 화재실의 크기 및 여러 가지의 매개변수를 입력하여 화재의 진행과정 및 그에 따른 결과치를 예측한다. 한 예로 국내의 할인매장 한 곳에 대하여 화재모델링을 실시하여 보았다. 다음과 같이 입력치를 주고서 화재프로그램을 실행하여 그 결과치를 분석하였다.

[입력자료]

- ▶ 화재실의 크기
- ▶ 제연구역 및 방화구역의 크기
- ▶ 제연경계의 폭(0.6m)
- ▶ 방화담퍼 휴지블링크의 작동온도(200℃)
- ▶ 화재의 크기(5MW , Steady Condition)
- ▶ Sprinkler Head
 - Cd Factor (0.7) - K Factor (161.0)
 - RTI (100m^{1/2} s^{1/2}) - Spray Angle (80 °)
 - Operating Temperature(141℃)
 - Operating Temperature(93℃)

[사용프로그램]

Fire Dynamic Simulator

화재모델링 결과, 화재발생 후 약 3분 후에 141℃에 도달한 화원 직상부에서 한 개의 스프링클러헤드만 작동하고 나머지 헤드는 동작온도 미만을 유지하였다. 그러나 헤드의 동작온도가 93℃인 경우, 8분 이내에 5개의 헤드가 개방되는 것으로 예측되어 점차 화세 억제 및 연기온도 제어가 기대된다. 또한 천장 상부의 방화담퍼 온도는 화재발생 후 10분

이 경과하기 전에 160℃에 근접한다.

이러한 시뮬레이션(Simulation) 결과에 의해, 방재시스템의 각 설비를 어떻게 상호 동작시켜야 할 것인가를 생각해 보아야 할 것이다. 그리고 각 설비에 적합한 사양의 기구나 장비를 선택해야 할 것이다. 즉, 연기감지기의 동작과 연동하여 방화셔터 및 제연경계(가동식일 경우)가 동작하고, 화염에 의한 실의 온도상승으로 스프링클러헤드가 동작해야 할 것이다. 스프링클러헤드가 충분히 감열되어 동작하면, 곧 이어 제연시스템이 동작해야 할 것이다. 이와 같이 화재 시뮬레이션에 근거하여 당해 화재특성에 맞는 감지기와 스프링클러헤드를 선택하여야 한다. 그리고 제연덕트가 방화구획을 관통하는 장소의 방화담퍼의 작동온도를 몇 ℃의 것으로 선정해야 할 것인지, 더 나아가 방화담퍼의 유용성과 효용성을 고려해 볼 때 방화담퍼를 설치하는 대신, 방화구획을 관통하는 부분의 제연덕트의 내부에 스프링클러헤드를 설치하는 것이 오히려 제연설비의 기능장애틀 초래하지 않을 것으로 생각된다.

4. 맺음말

앞의 사례에서 보는 바와 같이 방재공학적인 접근없이 단순하게 소방법규에 명시된 기준만을 적용할 경우, 인허가 사항의 요건은 충족할 수 있을지 모르나, 본래 소방기술기준이 달성하고자 하는 목적, 즉 인명안전과 재산보호와는 거리가 먼 것임을 알 수 있다. 방재공학의 역할은 다양한 환경에 일일이 대응하여 제정될 수 없는 소방기술기준이나 코드의 약점을 보완하기 위하여 방재공학적인 접근을 통해 소방시설이 본래 목적하였던 바를 달성할 수 있도록 하는 것이다. ☞