

# 공학적인 화재안전 개요

화재안전공학이란 무엇인가? 다음은 더욱 안전한 방화대책을 마련하기 위하여 공학적인 해답을 활용하는 방법을 소개한 내용으로 영국 방화협회(FPA)의 Fire Prevention 최근호에 실린 것이다. -편집자 주-

## 1. 개 요

어린이가 사망하거나 또는 한두사람 이상이 사망하는 화재가 발생할 때마다 각종 언론매체에서는 특종감으로 취급하고 기존의 방재설비와 이의 관리에 대한 심한 비평을 한다. 그리고 이에 대한 국민들의 우려와 다시는 이러한 사고가 나지 않기를 바라는 소망을 표시한다.

화재위험을 감소시키고 그렇지 못할 때는 최소한 이의 피해만이라도 최소화시키기 위한 법규와 규정을 만드는 책임은 정부에게 있다. 많은 영국법규의 원류를 찾아보면 런던 대화재 후에 도입되었던 법에서부터 시작된다. 그 당시는 거주자들의 안전에 영향을 주는 제요인들에 대하여 완전한 이해를 하고 있지 못하였으며 법규는 주로 건축 구조만을 규정 - 이러한 사항은 현재도 유사하다 - 하였다.

많은 국가들이 화재에 대한 통계를 수집한다. 영국에서는 이러한 통계가 영국 내무성(Home Office)에 의해 매년 발행되고 있다. 이 통계에는 화재 건수 및 이의 분포와 건물용도별 인명피해 현황이 포함된다. 또한 이 통계를 통하여 화재성상, 일반적인 발화원인, 화재확산정도 등도 파악할 수가 있다.

이러한 정보는 각기 다른 용도의 건물이 지니고 있는 문제점에 대한 어느정도의 상관관계를 인지하는데 도움이 된다. 화재로 인한 금전적인 손실에 대한 통계는 Fire Prevention지에 더욱 잘 요약되어 발행되고 있지만 각각의 소방설비와 화재손실과의 상관관계를 분석하기에는 부족하다.

모든 방재설비를 설치하는데는 다음과 같은 두가지의 목적을 가지고 있다: 인명안전과 재산손실 방지. 정부기관에서는 인명안전을 위한 적정한 법규를

마련하는데 최우선적으로 역점을 둔다. 반면에 재산 보호는 소유주 / 거주자와 보험자 사이의 개별적인 대처 사항으로 여겨지는 것이 일반적이다.

그러나 최근의 연구결과에 의하면 각기 다른 종류 및 용도의 건물에 필요할 것으로 여겨지는 또 다른 화재안전 목적이 존재하는 것으로 나타났다. 이는 거주자나 또는 지역사회가 필요로 하는 고유한 요망 사항을 나타낸다. 각기 다른 주어진 여건을 고려하여야 할 간단한 목록은 다음과 같다.

- 대형화재의 예방
- 고유 수행기능의 연속성
- 건축물의 신속한 복구능력
- 환경피해의 감소
- 사회에 미치는 결과(사회적 영향)

현재의 법규와 기타 권장사항에서 나타나 있는 것과 같이 화재안전에 대한 지금까지의 접근방법은 많은 재난적인 화재경험을 바탕으로 수년동안에 걸쳐서 개발되어진 것이다. 런던 대화재의 결과로 건물 구조에 대한 몇가지 훈령이 내려졌으며, 특히 건물 상호간의 방화구획에 대하여 엄하게 규정하였다.

각종의 여러 화재를 연구하고 건물에 대한 실험으로부터 더욱 많은 정보가 얻어짐에 따라 경험적인 규정은 개정되고 점차적으로 설비들은 복잡해져 갔다. 백년전에 영국화재예방위원회(British Fire Prevention Committee)가 처음으로 시험 업무를 시작하였으며 이것이 표준 화재시험 및 조사연구로 이어졌다.

안전을 위한 요건은 초창기에 건축물의 구조특성, 구획실의 규모, 지붕의 종류, 및 화기사용설비나 연도로부터 가연성 물품의 이격여부 등에 의해 결정되었다.

시간이 지남에 따라 화재로부터 대피할 수 있는 피난대책에 대한 간단한 규정이 추가되었다. 이들 규정의 중요특성은 명령형식이였다. 여기에서는 사용해야 할 재료의 종류와 두께를 명시하고 구획실 크기에 제한을 두고 있었다.

예를 들어서, 건물 상호간의 구획벽은 최소 225mm 두께의 벽돌벽구조를 갖도록 규정하였다. 다른 종

류의 재료를 이용할 수 있게 되었을때는 이 재료의 두께를 벽돌벽을 기준으로 산정하였다.

화재시험의 이용이 가능해지자 어느정도의 성능 기준이 도입되었으며 항상 이전의 규정과 새로운 사양과의 적합성이 유지되어 왔다. 최초의 기준(Standard)이 미국에서는 1920년대에 마련 되었으며 영국에서는 FOC의 시험소가 1935년 이후에야 설립되었음에도 불구하고 1932년에 처음으로 마련되었다. 이 시험소에서의 화재연구는 세계대전 후 1947년부터 시작되었다.

역사적인 연구결과는 영국과 미국에서 사용되고 있던 화재안전설비를 검사한 내용의 화재등급 보고서(Fire Grading Report)로서 1946년에 발표되었고, 이는 지금까지 규정되어 왔던 규정요건의 정도를 확인해 주었다. 이 보고서는 미국 표준국(NBS)에서 수행되었던 연구에 중점을 두고 이를 영국의 화재시험과 비교하였다. 영국화재예방 위원회는 전반적인 화재안전 문제를 고려하고 안전도를 얻기 위한 합리적인 접근방법의 필요성을 인정하였다.

건물에서의 화재성상과 건물의 반응에 대한 연구는 소규모의 실험실에서부터 화재강도에 이르는 분야에 대해 더욱 기본적인 실험연구가 이루어졌던 1950년대와 1960년대 까지는 많은 관심을 불러 일으키지 못했다.

이러한 연구로 인하여 재료의 특성에 대하여 더욱 많은 이해를 하게 되었으며 어느 정도의 시험성능과 화재성상과의 상관관계가 밝혀지게 되었다. 결과적으로 더욱 잘 된 제품의 사양이 이루어졌지만 아직까지 안전설비는 대부분이 바뀌지 않았다.

## 2. 접근방법의 변화

새로운 접근방법의 필요성이 제기된 것은 1960년대 후반기와 1970년대 초반의 새로운 제품과 건물 설비의 도래와 건물화재에 대하여 더욱 잘 이해할 수 있게 된 때문이다. 이를 만족시키기 위해서는 화재안전에 영향을 주는 절대적인 요인을 찾아내어야 하는 것이 필수적이었다. 반면에 대형의 복잡한 공공장소와 고층빌딩용으로 사용되는 새로운 설계 방법의 적용을 곤란하게 하는 제어설비의 비용통성에 대하여 설계자들은 불만을 가졌었다.

개방사무실, 쇼핑몰 및 다용도의 유기장이 기존의 개념만으로는 충분하지 못한 장소중의 일부이다. 이러한 비평의 결과로 안전의 필요성을 기능적으로 표현한 새로운 규정제도가 1985년에 도입되었다.

기존의 방법론은 Approved Document B의 권

고사항으로 남겨두어 화재안전을 위한 하나의 방법으로 이용할 수 있도록 하였다. 그렇지만 이 제도는 설계자로 하여금 이 권고 사항을 따르거나 또는 주어진 상황에 대한 특정요건을 검토하여 인지된 위험에 대처할 수 있는 화재안전대책을 마련하면 되도록 하였다.

설계자는 자기의 설계가 필요한 화재안전 수준을 충분히 얻을 수 있다는 증명을 해야 한다. 이러한 이유로 하여 1980년대 말에 화재안전공학재단이 설립되었다. 이 이후로 안전전문가, 화재관련 당국자, 설계자 및 연구학자들은 필요한 개념과 기법을 개발하고자 노력해 왔다. 이것이 하나의 개념으로서 그리고 인정된 기술활동으로서의 화재안전공학의 시초가 되었다.

화재안전공학의 일반적인 정의는 건물이나 기타 건축물에서 화재안전을 달성할 목적으로 공학적 개념과 기술을 적용하는 것을 말한다. 현실적인 개념으로 말한다면 이것은 화재안전의 필요성을 만족시키기 위해 개발된 화재안전조치와 확립되어 있는 제도를 활용하여 화재안전수준이 달성될 수 있다는 것을 의미한다.

그러므로 대책이 필요한 화재위험을 정의하고 정량화 시킬수가 있으며 필요한 화재안전을 달성하기 위한 일련의 종합적 대책을 마련할 수가 있어야 한다.

이러한 전체적인 절차를 위해서는 위험, 대상, 기준 및 대책을 정량화시켜야 한다. 비록 전체설비의 개발이 궁극적인 목표이긴 하지만 설비의 일부에만 이 방법론을 적용시키는 것이 현실적으로 가능하다.

지금까지의 내용을 하나의 예를 통하여 설명하면 화재안전공학을 적용시키는데는 4단계의 활동이 이루어져야 한다.

- 화재위험의 판단
- 화재위험의 평가
- 화재안전 대상의 인지
- 종합적인 화재안전대책의 수립

이들의 각각 단계들에 대해서는 지금까지의 지식을 활용하여 해결방법을 개발하여야 한다. 여기에는 화재통계자료의 이용, 실험적 화재연구 결과의 활용, 특정위험에 대한 이론적 분석 및 관련 연구자료 등의 이용이 필요하다.

안전문제가 깊이 있는 분석을 필요로 하는 특정위험분야 - 예를 들어 핵시설물 - 예서는 이러한 접근방법이 성공적으로 시도되어 졌다.

일반적인 건물에서는 이러한 개발과정이 상당히

느리게 진행되는데 이 이유는 설계자들이 사용하기에 용이한 법규의 기준만을 사용하는 경향이 있기 때문이다. 많은 경우에 있어서 화재공학의 이점이 그리 많지 않을 것이라는 생각때문에 규정에 의해 마련되어 있는 단순한 접근방법이 이용된다.

규정은 설계와 용도의 개념으로 볼때 복잡한 구조에는 적합하지 못하였기 때문에 이러한 경우가 화재안전공학을 적용시킬 수 있는 최적 - 최소한 초기에는 - 의 기회이다. 이는 일부 대형건물과 복잡한 건물에 적절한 화재안전기준을 얻기 위한 유일한 방법은 화재안전공학적인 접근이라고 제한하고 있는 개정된 Approved Document의 서론부에 의해 알 수 있다.

### 3. 정보의 이용

위험분석을 위한 주요 정보자료원은 영국 내무성의 통계와 영국보험협회 (Association of British Insurers)의 자료를 들 수 있다(이는 영국의 경우임). 이 자료를 이용하여 사용용도에 따른 인명 및 재산에 대한 위험의 정도, 소방사에서 경험한 화재의 전개과정 및 각종 방재대책의 효과를 알 수가 있다. 연구조사자들은 상세한 자료를 자유롭게 이용할 수 있으므로 정량적 평가를 할 수가 있을 것이다.

전체 건물들이 위험에 직면하고 있을때와 같은 특정한 조건 - 대부분의 시설물들이 남아 있는 경우와 같이 - 의 경우에는 신축건축물에 이러한 정보자료를 적용시키는데 어느정도의 주의를 기하여야 한다. 이러한 경우에는 개별적인 연구를 하는 것이 바람직하다.

화재안전대상에 대한 일반적인 목적은 정량화를 하지 않은채 오직 목적만을 정의하기 때문에 비판의 대상이 되지 않는 것이 일반적이다. 예를들어 화재안전규정의 목적은 인명안전과 대형화재의 예방이다. 그렇지만 이들 규정이 달성하려고 하는 인명안전의 정도에 대한 지침은 주어져 있지 않다.

또한 100%의 인명안전을 달성한다는 것은 거의 불가능하다는 것을 인식은 하고 있지만 설계의 기본이 되는 사상자의 정도에 대한 언급은 없는 것이다. 다른 분야 - 수송분야와 같이 - 에서는 평가를 하여 해당 설비의 적정성 여부를 판단하는데 이용되곤 한다.

이 문제를 다루는 한 방법은 추가적인 조치를 하는데 소요되는 비용과 이로 인하여 구할 수 있는 인명과를 비교평가해 보는 것이다. 예를 들면 Appr-

oved Document의 개정 내용에는 모든 주거 건물에 화재감지설비를 설치하도록 권고하고 있지만 이로 인하여 예상되는 인명안전혜택에 대해서는 정보자료가 없는 것이다.

재산보호분야에 대해서는 스프링클러설비나 방화벽과 같은 설비에 의해 얻어지는 효과를 판단해 보는 것이 그리 어렵지 않다. 보험회사는 광범위한 화재손실자료를 이용하여 각종 설비의 효과를 판단하며 보험요율을 결정한다.

화재안전 엔지니어는 이러한 자료를 이용하기가 어렵기 때문에 다양한 설비 및 제도의 가치를 판단할 수가 없다. 장기적인 안목으로 볼때 안전관련단체에서 이들 설비들의 가치를 더욱더 현실적으로 평가할 수 있는 적절한 시스템을 개발할 수 있도록 정보자료를 보유해야 한다.

### 4. 종합적인 화재안전

화재안전공학의 주요 장점중의 하나는 설치되는 모든 화재안전대책으로부터 최적의 효과를 유도해 낼 수 있다는 점이다. 이러한 최적의 효과는 화재안전대책을 발화에서부터 이를 제어하기까지의 조치, 수동적 및 능동적 대책과 통제관리대책 등의 모든 분야를 망라하는 통합된 패키지로 고려함으로써 거둘 수가 있다. 여기에 포함되어야 할 내용은 다음과 같다.

- 화재예방
- 화재감지
- 화재성장속도 제어
- 피난설비 설치
- 연기확산 방지
- 구조의 안정성
- 방화구획의 관리
- 화재제어
- 외부연소 방지
- 소방대의 조직
- 방화관리

상기의 내용중 모든 단계에서 이루어져야 하는 방화관리를 제외하고는 화재가 발생하여 진압될 때까지 각 단계별로 취해야 하는 주요내용을 순서대로 열거한 것이다.

#### ● 화재예방

화재예방은 위험도를 감소시키는 것이며 완벽하게 이루어진다면 다른 어떤 설비보다도 효과적이다. 그러나 부주의한 행동이나 관리제도의 부적합성에 의

해 위험을 증가시키는 인간요인(Human Factor) 때문에 이의 성공율은 높지 않다.

실제 적용시의 화재예방은 부적절한 제품이나 행위 - 가연물질의 제한, 열발생장치 및 기타, 에너지원의 적합한 설치와 흡연과 같은 안전하지 못한 행위의 통제 등-에 의한 위험을 제거하는 것을 일반적으로 의미한다.

#### ● 화재감지

화재감지는 거주자 및 관리자에게 신속히 경보를 발하여 위험장소로부터 안전한 장소로 이동할 수 있는 시간을 최대로 확보해주고 화재를 진압할 수 있는 능동적인 행위를 취할 수 있도록 한다. 조기화재감지는 인명 및 재산손실을 감소시키는 역할을 해주는 셈이다.

#### ● 피난설비

화재시의 피난설비는 거주자들이 화재로부터 위협받지 않고 안전한 장소로 용이하게 이동할 수 있는 구조로 설계하여야 한다. 가장 안전한 장소는 건물의부가 되겠지만 건물내의 안전장소도 임시로 이용될 수 있다.

피난설비로는 안전장소까지 도달하는데 소요되는 시간과 보행거리를 고려하여 적절하고 안전하게 설계된 피난통로 및 피난구와 피난구의 위치선정 및 피난계단, 피난방향표시, 비상조명 등 다양하다.

#### ● 연기확산 방지

연기제어는 피난설비와 직접적으로 관계를 가지고 있는데 그 이유는 피난시 거주자의 안전한 피난을 위해서는 연기를 제어해야만 하기 때문이다. 또한 소방대의 원활한 소화활동을 도모한다. 이를 위한 설비로는 적합한 방연문의 설치와 피난구역에 연기유입을 방지할 수 있는 기계적 장치의 설치 또는 유입된 연기를 효과적으로 희석시킬 수 있는 장치 등이 있다.

#### ● 구조의 안정성

내화구조는 완전히 성장한 화재에 의해서 건물의 구조체와 화재확산을 방지하는 방화벽 등이 붕괴되는 것을 방지하는데 그 목적이 있다. 내화도는 예상되는 화재강도와 구조체의 역할 및 재사용 여부 등과 같은 추가적인 조건에 따라 결정된다.

#### ● 방화구획의 관리

구획은 건물을 여러 구역으로 분리하여 각각의 구역내에서 발생한 화재는 그 구역내로만 국한시키며

타구역으로 연소가 확대되는 것을 방지한다.

구획에는 두가지 형태를 고려해야 되는데 하나는 화재에 의한 위험을 방지해주는 구획(예, 피난계단의 구획)과 다른 하나는 큰공간을 작은공간으로 나누어 주는 구획이다. 후자의 구획은 화재의 규모를 줄이고 이에 따른 피해를 감소시키기 위한 것이다. 또한 소화활동도 도모한다.

#### ● 화재제어

화재제어는 이동설비나 또는 고정설비에 의해 이루어진다. 소화기와 호스릴은 화재초기에 거주자나 직원이 소화활동을 하기 위해 사용하는 설비이다.

소화기는 예상화재에 적합하고 유사시 즉각적으로 사용할 수 있도록 준비를 하고 있어야만 효과적이다. 소화기는 사용할 수 있는 시간이 제한되어 - 약 2~3분 - 있으므로 신속하고 효과적으로 사용해야 한다. 좋은 예로서 스프링클러와 같은 고정 소화설비는 화재가 완전히 성장하기 전에 작동하여 이를 소화하도록 하기 위한 설비이다. 이들 설비는 특정한 위험의 종류에 따라 해당 설비를 설치한다. 연소물의 종류에 따라 적용시킬 수 있는 소화매체는 다양하다.

#### ● 소방대의 조직

소방대는 화재현장에 도착했을때 - 특히 건물이 대형이고 복잡한 경우- 특정한 설비를 필요로 한다. 충분한 소화급수와 건물의 배치도를 확보하고 고층 건물일 경우 안전한 통로를 인지한다면 소방대의 소화활동효과가 배가될 것이다. 비상용 승강기가 설치되어 있다면 별도의 제어장치를 갖추어야 한다.

#### ● 방화관리

대부분의 건물에 방화관리가 필요하지만, 특히 공공장소로 이용되는 장소와 계속적인 감시가 필요한 장소에서는 필수적이다. 방화관리는 화재를 방지하고 발화시 이에 대처하기 위한 많은 업무를 가지고 있다. 3대 주요업무는 능동적 및 수동적 화재안전설비의 유지관리, 직원에 대한 교육 및 훈련, 화재시 대책이다. 화재시 대책의 세부사항은 건물의 복잡성의 여부에 따라 다르며 소방조직과 연계되어 있어야 한다.

## 5. 화재공학 방법론

많은 화재안전분야에서 화재안전기법을 활용하기 위한 여러 방법들이 개발되어 오고 있다. 앞으로도 계속하여 새로운 방법들이 개발되어 활용될 것이다. 이들 중에는 화재위험의 평가방법과 방재설비 효과

의 평가방법도 포함될 것이다.

가장 많이 발전된 분야는 내화 및 구조 분야이지만 기타 분야도 초점의 대상이 되어오고 있다. 어떤 방법은 어느정도의 기본적인 화재안전지식을 가진

사람들이 이용할 수 있는 형태로 되어 있는 반면, 어떠한 방법은 연구도구와 유사하기도 하다. 궁극적으로는 새로운 설계를 설계자나 관계자들이 검토할 수 있는 완전한 방법이 나올 것으로 기대된다.

## 영국의 소화기 사용통계 (1990)

다음은 영국의 소화기구협회(Fire Extinguishing Trade Association : FETA)에서 발표한 1990년도의 소화기 사용에 대한 통계이다.

분 류/월 별	1 - 3	4 - 6	7 - 9	10 - 12	합 계
<b>1. 화 재</b>					
보고건수	228	374	113	212	927
소방서 신고건수	62	78	43	52	235
비신고 비율	73	79	62	76	75
소방서 진화건수	28	34	16	25	103
소방서 진화비율	12	9	14	18	11
<b>2. 사용소화기구</b>					
호스릴	2	5	7	4	18
모래/물(용기)	12	9	11	3	35
방화담요	9	9	5	8	31
CO <sub>2</sub> 소화기	276	244	78	150	748
할론소화기	27	62	34	36	159
분말소화기	151	241	90	148	630
물소화기	136	261	60	74	531
포말소화기	43	66	47	52	208
소화기구합계	633	874	309	460	2276
화재 1건당					
평균 소화기구수	2.7	2.3	2.7	2.1	2.4
<b>3. 건물용도</b>					
사무실	8	7	1	2	18
공장/사업장	93	133	46	70	342
점포/창고	6	21	4	7	38
판매장	9	18	5	9	41
유기장	11	23	5	5	44
농업용건물	2	10	5	6	23
옥 외	10	27	10	17	64
일반가정집	5	8	2	6	21
거주용건물	8	16	3	4	31
차량/주차장	56	82	21	67	226
주 방	11	13	2	11	37
기 타	9	16	9	8	42

\* 자료출처 : Fire Prevention, vol. 240, '91. 6.