

건축물 실내화재의 단계에 대한 연구

Study on building room fire development stages

차종호*
Jongho Cha

기존의 문헌들은 화재시 화재단계, 피난, 건물구조, 화재감지 등을 별개의 개념으로 정리하였으나 이 논문에서는 건축물 실내화재의 단계를 초기-성장기-Flash Over-감쇠기로 나누고 그에 해당되는 화재의 단계, 연소의 진행특성, 인간의 대응 특성, 화재의 동적방호, 화재감지를 정리하고 그로 인하여 인명보호, 재산보호를 실현할 수 있고, 나아가 경제성 측면에서도 검증할 수 있도록 연구를 하였다.

The purpose of this paper is to summarize characteristics of fire growth stages, combustion proceeding, human behavior factors against fire, fire active protections, fire alarms in order to perform public safety and protection, personnel property protection, with identification of economic analysis aspects based on respective stages classified as fire generation- fire growth- flashover- fire extinction, which is differ from previous studies that based on distinct concepts such as fire stages, escapes, building construction, fire sensing.

1. 서론

현재 우리나라에서 발생하는 화재의 건수는 작년(2006년)을 기준으로 31,778건¹⁾이 발생하였으며 이중 건축물화재는 약 52%인 16,000건으로 나와 있다. 건축물 실내화재의 단계는 이전에도 많은 연구가 되어 있고 어느 정도는 확립이 되어 있는 상태이나 인간의 대응, 화재감지, 화재의 방호 수단 등과 연계하여 정리되었는 것이 없어 여러 문헌 등을 참조하고 경험 등을 정리하고자 한다.

2. 화재 성장 단계

건축물의 실내화재는 진행과정에서 화염의 크기나 열방출속도 또는 진행시간 등에 관계없이 대개 뚜렷한 몇 단계의 공통적인 패턴을 나타내는데 표 1은 진화작업이 개입하지 않은 상태에서 일어나는 전형적인 화재의 진행상황을 보여준다.

2.1 초기

2.1.1 초기화재

- 화재의 단계 : 가연물이 발화하기 위해서는 반드시 가연물에 대한 가열이 선행되어야 하는바 이 과정이 화재의 초기단계에 해당한다. 즉 발화 이전의 가열단계이다.
- 연소의 진행 특성 : 이때는 인간의 오감으로는 감지할 수 없는 단계로서 직접적인 화염이나 연기의 발생이 없고 연료가 열분해되는 과정이다.
- 인간의 대응특성 : 이때는 화재가 발생하기전의 단계로 화재시에 발생하는 인간의 대응은 없는 단계이다.
- 화재의 동적 방호 : 이때는 직접적인 화염이나 연기가 없으므로 이 기간에 사용되는 소방 설비는 없다.

* 정회원 · 건원엔지니어링 소방사업팀
1) 소방방재청 2006년 화재통계연감

- 화재의 정적 방호 : 화재로 전이가 되기 전의 단계로 화재로의 전이를 방지하기 위한 조치로 가연물의 사용을 줄이고 가연물에 난연처리, 방염처리를 하여야 한다.
- 화재감지 : 초기화재는 이때는 인간의 오감으로는 화재의 발생을 알 수 없고 화재가 본격적으로 발생하기 전에 열분해과정으로 일반적인 감지기로는 감지를 못하고 특수감지기인 공기흡입형감지기 등으로 감지 할 수 있다.

온도	초기화재 단계	눈에 보이는 단계	화염발생 단계	격렬한 열발생 단계	최대 열방출 단계	열 소멸단계
단 계	초 기		성 장 기		최 성 기(번 성 기)	감 쇠 기
연소의 진행특성	연료의 가열		연료 지배형 화재		환기 지배형 화재	연료지배형 화재
인간의 대응특성	발화방지		수동조작 진화시도, 피난		사망(화재실의 사람 피난)	사망
화재의 동적 방호	-		자동소화설비 또는 소방대의 진화		소방대의 진화	소방대의 진화
화재의 정적 방호	가연물의 처리 (난연, 방염)		가연물의 난연, 방염처리, 화재하중의 완화		건축구조재의 내화성 부여, 방화구획, 건축물의 붕괴방지	
화재감지	징후감지기	연기감지기	불꽃감지기	열감지기	연기, 화염 분출로 화재상황 감지	

표 1. 화재의 진행 상황

2.1.2 눈에 보이는 단계

눈에 보이는 단계는 가연물이 열분해하고 점화원이 있을 때 직접적인 화염이 발생하기 전 즉 누전이나 혼소화재처럼 화염으로부터 시작되지 않는 화재를 의미하고 초기단계에서의 미미한 방출열만으로는 열감지기나 자동식 소화설비의 작동을 일으키지 못한다. 이때는 연기감지기로 감지가 어느 정도는 가능하다. 이 시기는 전 단계인 초기화재와 함께 불꽃감지기나 열감지기로 감지하기에는 발생하는 에너지의 양이 적어서 Low Energy Fire라고도 한다.

2.2 성장기

건축물 실내에서 발화의 시점부터 Flash Over가 일어나기까지 진행되는 화재상황이 화재의 성장단계에 속한다. 성장단계에서 발생하는 열과 연기는 인명에 대한 초기 위험요소가 되므로 이단계의 상황에 대해 숙지하는 것이 매우 중요하다.

2.2.1 화염 발생 단계

- 화재의 단계 : 화재의 성장단계에서는 가연물의 발화부위에 일차적으로 불꽃연소가 일어나면서 그 불꽃의 고열에 의해 인접 가연물에도 불꽃연소가 일어나는 상황이 주위 가연물에 연속적으로 전개되어 감으로서 화재의 성장이 시작된다. 이때는 화재가 본격적으로 시작하는 시기로 열분해단계 및 혼소화재 등의 과정을 지나서 불꽃이 보이는 단계이다. 즉 착화의 시기다.
- 연소의 진행 특성 : 이때는 연소가 시작한 시점으로 연소를 지배하는 인자는 연소에 필요한 산소와 연료 중에서 연료이다. 화재 초기이어서 화재실에 산소는 풍부한 상태이고 연료는 적은 상태이기 때문에 연소를 지배하는 인자는 연료이다. 즉 이 시기의 연소특성은 연료지배형 화재이다.
- 인간의 대응특성 : 이 시기는 인간의 대응은 두 가지로 생각할 수 있다. 첫 번째는 화재의 진화이다. 화재초기인 만큼 관계자 등은 화재를 수동소화설비인 옥내소화진, 소화기 등을 이용하여 진화를 시도한다. 두 번째는 피난하는 것이다. 화재초기에는 화재를 직접적으로 본 사람들도 피난을 하지 않고 하

던 일에 몰입하는 경향이 있고 직접적으로 위협을 느낄 때 비로소 피난을 시작한다.

- 화재의 동적 방호 : 이 시기의 화재의 방호는 첫 번째 앞에서 언급한 것처럼 관계자 등에 의한 수동진화가 있고 두 번째 자동소화설비에 진화가 있다. 세 번째는 소방대에 의한 진화가 있다.
- 화재의 정적 방호 : 이 시기는 화재초기로 화재의 확산의 방지와 인간의 피난을 원활한 피난을 위해 가연물을 최대한 줄여야 한다. 그 방법으로는 가연물의 난연, 방염처리 그리고 화재하중의 완화가 있다.
- 화재의 감지 : 화염발생단계에서는 불꽃이 보이는 단계로 화염의 크기가 크지 않아 천장에 있는 열감지기가 동작하지는 않고, 대규모 공간의 경우 불꽃감지기가 감지할 수 있다.

2.2.2 격렬한 열발생

화염발생단계와 격렬한 열발생단계를 성장기라 한다. 이 단계는 화염발생단계와 같고 화재감지에서 열감지기가 화재를 감지할 수 있는 단계이다. 화재가 초기에 불꽃을 내며 화점부근에 머물러 있던 것이 점점 커지면서 다른 가연물로 연소되는 시기로 발생하는 열이 Ceiling Jet Flow를 형성하여 열감지기에 에너지를 전달하여 열감지기가 에너지의 변화를 감지하게 된다.

화염발생단계와 격렬한 열발생 단계를 합하여 High Energy Fire라 한다. 이는 화재초기단계에는 에너지의 양이 매우 적었으나 이시기는 에너지의 양이 많다는 것을 의미한다.

2.3 Flash Over

화재의 성장이 계속되면 화재실 내부의 온도는 당연히 올라가게 될 뿐 아니라 화염과 기타의 고온 표면 그리고 특히 상부의 연기 및 고온 가스층 등에서 나오는 복사열에 의해 화재실 내부에 존재하는 가연물의 모든 표면에 대한 가열이 계속된다. 그리하여 고온의 상부층 온도가 대체로 600℃ 정도까지 되면서 바닥이 받는 복사열이 20 Kw/m² 정도로 되면 가연물의 모든 노출표면에서 빠르게 발화하게 되면 그때부터 가연물 모두가 격렬하게 타기 시작한다. 이와 같은 급격한 변화현상을 Flash Over라 한다.

2.3.1 화재의 단계

실내에서 부분적으로 타고 있던 불길의 즉 성장기의 화재가 실내 전체로 퍼지는 최성기로 넘어가는 전환기적 단계이다.

2.3.2 연소의 진행 특성

Flash Over 이전까지는 가연물의 열분해속도가 화재성장속도의 주요 지배인자 즉 연료지배형 화재이다. 그러나 Flash Over 이후부터 실내에 형성되는 화재의 최대크기는 통상적으로 환기량에 좌우된다. 즉 환기지배형 화재이다.

2.3.3 인간의 대응 특성

이때부터 화재실에서의 인간의 생존할 수 없는 환경이 조성된다. Flash Over이전까지는 화재가 화재실의 한정된 부분에서 발생하지만 Flash Over가 발생되면 화재가 화재실전체로 번져 화재실에 인간의 생존이 불가능한 환경으로 된다. 그러므로 인간이 피난을 하려면 Flash Over이전에 완료를 하여야 한다. 일반적으로 Flash Over이전시간 (성장기)을 피난허용시간으로 본다.

2.3.4 화재의 동적 방호

Flash Over를 기점으로 화재 진화에 있어 소방대의 장비를 주축으로 화재를 진화한다.

2.3.5 화재의 정적 방호

Flash Over를 기점으로 인명의 보호 관점에서 재산의 보호 관점으로 넘어가는 시기이다. 그러므로 Flash Over이전에는 피난시간을 확보하려고 연소의 확산을 방지하기위한 난연 또는 방염 등의 조치였지만 Flash Over이후에는 인명의 보호가 아닌 재산의 보호 관점에서 건축구조재의 내화성 부여, 방화구획 등을 한다.

2.3.6 화재감지

실내에 부분적으로 타던 불길이 실 전체로 번지면서 창 등 개구부로 연기와 화염이 분출되어 이것을 보고 화재를 감지한다.

2.4 최성기

2.4.1 최대 열 방출 단계

- 화재의 단계 : 이 시기의 화재는 화재실 전체로 화재가 확산되어 화재실에서 방출할 수 있는 최대 열 방출을 내고 있다. 이때를 최성기라하고, 인간이 생존할 수 없는 조건으로 이때부터는 인명의 보호보다 건축물의 붕괴 등의 재산의 보호가 이루어져야 한다.
- 연소의 진행특성 : 이때는 연소가 가장 격렬한 시기이다. 이시기에는 화재실에 연료가 가득 차 있고 건축물화재의 특성상 개구부의 면적이 작아 공급되는 산소의 양이 연료에 비해 매우 적어 이때는 연료가 연소를 지배하는 연료지배형 화재이다.
- 인간의 대응특성 : 최성기때에는 화재실은 인간이 생존할 수 있는 조건이 되지 않아 화재실에서의 인간 대응은 없다. 그러나 화재실외에서의 장소에서는 피난을 할 수 있다.
- 화재의 동적 방호 : 성장기에서는 수동식 소화설비, 자동식 소화설비, 소방대가 화재를 진화하였으나 화재가 최성기로 접어들면 수동식·자동식 소화설비는 화재가 격렬하여 진화에 사용되지 않는다²⁾.
- 화재의 정적 방호 : 이때는 건축물이 화재 후에 약간의 보수로 재사용이 가능하도록 재산보호에 중점을 둔다. 그래서 건축구조재의 내화성 부여, 방화구획, 건축물의 도피방지 등을 한다.
- 화재감지 : 최성기때의 화재감지는 화재실에서 나오는 연기나 화염을 보고 소방서에 신고한다.

2.5 감쇠기

2.5.1 열소멸 단계

- 화재의 단계 : 이 시기의 화재는 화재실의 연료를 거의 연소시키고 약간의 남은 연료가 타는 시기로 최성기 때의 20% 정도의 열량을 발생한다.
- 연소의 진행특성 : 이때는 개구부로 들어오는 산소의 양이 연료의 양보다 훨씬 많은 시기이다. 최성기 때는 환기지배형 화재였지만 감쇠기로 되면서 다시 연료지배형 화재로 변한다.
- 인간의 대응특성 : 최성기 이후에는 인간이 생존할 수 없는 상황이므로 인간의 대응은 있을 수 없다.
- 화재의 동적 방호 : 이때도 소방대의 진화만이 가능하다.
- 화재의 정적 방호 : 그래서 건축구조재의 내화성 부여, 방화구획, 건축물의 도피방지 등을 한다.
- 화재의 감지 : 이때는 화재의 감지는 의미가 없다.

3. 결 론

앞에서 논의 한 것처럼 건축물의 실내화재의 단계는 초기-성장기-Flash Over-최성기-감쇠기로 나눌 수 있다. 기존의 문헌들은 화재의 단계와 인간의 대응 특성, 화재의 동적 방호, 화재의 정적 방호, 화재감지 등을 별도로 다루어 하나의 개념으로 생각이 되지 않고 별개로 인식되는 부분이 많아 이 논문에서는 이것을 하나의 개념으로 설명하였다. 이것이 인명 보호, 재산보호 등을 다룰 때 보다 편리하다고 할 수 있다. 이를 통해 인명보호, 재산보호에 구체적 목표를 설정하고 화재제어 시점을 설정하여 그에 맞는 자동화재탐지설비 계획을 세워야 하며 경제성을 고려하여 화재초기단계에서 진압할 수 있도록 건축적, 설비적 방재설비를 투자해야 할 것이다.

참고문헌

1. 이강훈 “건축방재계획론” 경남대학교출판부 1999
2. 이수경, 정용기, 고한목, “신판 건축방화”의제 1998
3. 한국화재보험협회 “SFPE 방화공학 핸드북” 한국화재보험협회 2005
4. 한국소방안전협회 “소방기술자료집” 한국소방안전협회 2000
5. 조호성 “성능위주소방설계” 기다리 2006
6. 서울대학교 안전 및 방재연구센터 “성능위주소방설계” 함무라비 2006

2) 소화설비는 화재를 진화하는 설비가 아닌 확대방지를 위한 설비이다.