

FLASHOVER現象과 消防活動

본 내용은 “近代消防” 최근호에 게재된 것으로서 Flashover가 발생하는 3단계, Flashover발생시의 소방활동, Flashover의 발생예측, 피난을 위한 환기 등에 관한 내용을 번역하여 소개하는 것이다.

Flashover는 화재중에 갑자기 방 안에서 불이 퍼지는 현상으로 화재의 발전에 있어서 가장 위험한 단계이다. Flashover는 복사열의 Feed-Back에 의해서 발생한다. 실내 화염층 열은天井이나 壁의 상부에 흡수된 후 아래를 향해 복사하여 내부의 가연성가스나 물질의 온도에 달하면 내용물이 일제히 타 들어가는 것이다.

1. Flashover의 3단계

Flashover에는 發展期, 最盛期 및 襄退期の 3 단계가 있다.

1) 發展期

발전기는 화재가 작은 화재에서 실내 전체의 화재로 확대하는 단계이고 이것이 발생함에는 수초에서 수시간이 걸리는 것도 있다.

화재의 발전에 요하는 시간은 가연성 내용물 및 방의 크기에 따라 결정된다. 산소공급 및 발전단계의 상황은 화재의 시간온도곡선에 의해서 나타내어진다.

2) 最盛期

이 단계에서는 실내 전체 및 내용물의 전부가 연소하고 온도는 최고에 달하며 최성기의 시간은 주로 실내의 가연물량에 의해서 결정된다. 최성기는 화재곡선 중앙의 수평부분이다.

3) 襄退期

화재 및 온도는 최종단계의 쇠퇴기에 감소한다. 이 시간까지 실내에 있는 가연물은 대부분이 연소해 버리며 쇠퇴기는 화재곡선 최후의 하강곡선부분이다.

Flashover는 화재발전의 최종단계 가까이에서 발생하는 화재곡선의 급격한 상승에 의해서 나타나며 이때의 온도는 약 538℃에서 1,500℃에 달한다.

2. Flashover와 消防活動

화재는 Flashover에 의해 燄燒火災에서 최성기의 화재로 그 양상이 변한다. 실내 전체에 불이 퍼져 있으므로 각종의 문제가 발생하여 소화활동은 한층 곤란하게 된다.

1) 인명 검색과 구조

Flashover가 발생한 후 실내는 특히 高溫이 되어 진입할 수 없으므로 인명검색 및 구조작업은 注水없이 행할 수 없다. 호스를 연장하여 소화하면서 인명검색 및 구조작업을 재개해야 한다.

Flashover가 발생할 때에 실내에 있는 사람은 생존할 수 없으며 전부 사망하고 만다.

2) 소화작업

만약 소방대원이 Flashover발전전에 현장에 도착하였다면 소화작업은 비교적 용이하며 소방대원 1인 또는 2인으로 소화기라든가 소구경의 소화호스로 소화할 수 있다. 그러나 Flashover가 발생한후는 몇사람의 소방대원이 호흡기 등의 개인장비를 착용하고 대구경호스를 연장하여 화재진압을 하지 않으면 안된다. 이 경우 창유리를 파괴하여 실내를 환기하지 않으면 안된다.

화재가 몹시 고온이 되고 확대되어 진압되지 않는 것도 있으며 그 경우 건물 전체가 연소확대되어 全燒하고 만다.

3) 건물의 붕괴

Flashover가 발생하기까지는 내용물이 연소하는 것 뿐이지만 발생한 후는 건물의 지지 구조부분이 최성기가 되어 빨리 소화하지 않으면 건물이 붕괴할 위험이 있다. 천정이나 벽체의 회반죽은 떨어지기 시작하며 火點上部에 있는 목재의 바닥이나 지붕의 보가 노출되게 되고 耐力側壁이 연소하여 약체화한다. 만약 화재가 지속되면 건물의 붕괴위험

은 한층 커지게 되고 지붕이 붕괴하여 내력벽이 무너진다. Flashover는 붕괴가 임박했다는 신호이고 그 위험은 최성기에 높아지기 시작하여 쇠퇴기에는 더욱 높게 된다.

3. Flashover의 발생

Flashover가 언제 발생하는가를 예측하는 것은 불가능하다. 어떤 경우에는 실내에 진입한 순간에 Flashover가 발생하여 방 전체가 불바다가 되며 어떤 경우에는 전혀 발생하지 않는 것도 있다. “Flashover가 발생하기까지의 4분간”이라고 시민을 지도하고 있는 것은 Flashover의 위험성에 대해서 경고를 목적으로 하는 것이므로 소방대원은 인명검색 및 구조활동시에 이것이 안전기준이라고 생각해서는 안된다.

더구나, 현장에 도착한 소방대원은 도착하기 얼마 전부터 연소하여 왔는가 알지 못하므로 더욱 그러하다.

실제 경계신호는 다음의 3가지이다.

1) 연기가 충만한 실내에 있어서 고열의 축적

실내의 연기가 低溫이라면 Flashover가 발생할 위험은 거의 없지만 진입할 때에 포복하지 않으면 안될 정도로 연기가 高溫이라면 Flashover의 발생 위험이 있다. 베타랑 소방대원은 연기가 충만한 방에 진입할 때 위험한 온도를 알고 있다. 몸을 낮게 하지 않으면 안되는 정도는 Flashover의 위험성이 큰 것이다.

2) Roll over

이것은 Flashover가 발생하기 직전에 연기에 섞여서 작은 불이 散在하는 상태이다. 산재하는 작은 불은 고열의 연기가 충만한 방의 천정부근 및 열린 문 또는 창 상부에서 뿜어 나오고 있는 연기에 섞여서 나타나는 것이지만 이것은 실내에서 Flashover가 발생하기 직전에 나타나는 위험신호인 것이다.

4. 피난불능 지점

고열의 연기가 충만한 방의 내부에서 Flashover가 발생하면 소방대원이 피난 가능한 것은 피난 불능지점 이내이고 그 이상 진입했다면 이미 되돌아가는 것이 불가능하다. 현재는 개인장비가 좋아졌으므로 Flashover발생전의 상태에서도 이전보다 훨씬 깊게 내부로 진입할 수 있다. 만약 Flashover가 발생해도 문에서 약 1.5m이내의 장소에 있으면 문에서 뛰어나와 불을 피할 기회가 있다.

그러나, 현재는 공동주택 화재에서 Flashover발생전의 상태에서도 소방대원은 6~9m를 진입하고 있다. 이와 같은 경우 실내가 갑자기 타오르면 화재를 피하기 위하여 가장 가까운 창을 파손하고 뛰어나오지 않으면 안된다.

그러나, 외부에 사다리나 피난계단이 있으면 그렇지 않다. Flashover가 발생하면 온도는 538℃ 이상이 되며 실험에 의하면 노출된 피부는 138~160℃에서도 격렬한 통증과 함께 열상이 발생한다. 중량 27kg의 개인장비를 장착한 소방대원이 포복하는 속도는 매초 약 76cm이다. 문에서 1.5m내부에서 Flashover에 직면하는 소방대원은 538℃~1,500℃의 고온에 약 2초간 노출되게 된다. 만약 문에 고통없이 진입한 문이나 창에서 피난하였다해도 그 사이에 호흡기나 얼굴이 화상을 입는다거나 방화피복이着火될 지도 모른다. 그러므로 往水없이 초고열의 연기가 충만한 방에 포복으로 진입하여 생활할 수 있는 거리는 최대한 1.5m이다.

5. 천장이 높은 방

상업용 건물이 방화구획이 안된 넓은 공간으로서 천장고가 4.6~6m인 장소에서 Flashover의 상황 판단을 잘못된 일이 있었다. 공동주택과 같이 각 방이 구획되어 있고 천장고가 2.4~3m라면 화재에 의한 濃燒熱氣는 단시간에 방안으로 축적하여 하강하고 Flashover의 위험신호가 난다. 소방대원은 내부에서 뿜어 나오는 농연열기 때문에 현관에서부터 1~2m의 위치에서 발이 멈추어져 버렸다.

소방대원이 출장하는 화재는 주택화재였으므로 상황판단의 경험은 주택화재에 의한 것이고 그것이 화재의 연소확대에 대하여 이해하는 기초가 되어 있다. 그러나 주택화재의 경험은 특히 넓은 Open Space나 높은 천장을 갖는 사무실 등에는 반드시 적용되지 않는다.

연소하는 방이나 공간에 진입한 소방대원은 천장 아래 축적된 농연열기에 의해 자세를 낮출 필요가 없으므로 무의식적으로 화재위험이 낮다고 생각해 버리지만 이것은 치명적인 판단미스이다. 천장이 높은 상업용 빌딩에서는 소방대원의 머리위에서 천장까지의 공간에 초고열의 연기가 축적되어 있어도 바닥면 부근은 통상 Flashover의 위험신호가 되는 상태로는 존재 되지 않는다.

그래서 소방대원은 선채로 빌딩의 깊숙한 곳까지 진입하고 천장부근에서 Flashover가 발생하여 피난장소를 잃어버리는 것이다.

만약 그 구역이 특히 넓고 개방적이라면 고열은 축적하지 않으므로 Flashover는 발생하지 않지만 천장으로 화재가 연소확대되어 화재건을 깊숙한 곳에서 피난장소를 잃게 된다. 천장 부근에서 Flashover라든가 급속한 연소확대가 발생했다고 하면 연소속도보다 빠르게 피난하는 것은 불가능하다.

6. 排煙을 위한 換氣

1) 換氣의 결정

현장 지휘자는 언제 환기시킬 것인가, 않을 것인가를 결정하는 것이 가장 중요한 것이다.

예를 들면 소방대원이 진압을 위해 건물에 진입하기 전에 연속된 점포의 상부에 있는 Sky Light (채광용의 창)를 조기에 열면 Flashover나 煙煤發의 발생에 필요한 고열의 연기를 排除할 수 있을 지도 모르며 발생하였다고 해도 화재 및 충격파는 상방향으로 빠져나가 버린다. 이것은 부근에 연소 위험 건물이 없으면 좋은 방법이지만 수직의 환기는 때에 따라서는 이루어지지 않는 것도 있다.

2층의 목조주택내 1층방의 환기는 창이나 문을 여는 것에 의해서만 가능하다. 훈소가 계속되고 있는 건물을 환기하면 화재진전의 정도에 따라 Flashover를 지연시킬 수도, 발생시킬 수도 있다. 그러므로 환기를 하기 전에 어떤 결과가 오는가 또는 화재가 어떠한 상태로 변하는가를 고려하지 않으면 안된다. 신속하게 인명검색을 하기 위해서나 제일선호스를 연장하기 위해 Flashover를 지연시키는 것이다. 그 외에는 Flashover가 문제가 되지 않으며 환기를 하여 화재진압대가 전진하는 반대 방향으로 高熱의 가스, 연기 및 화재를 방출하면 좋은 경우도 있다.

Flashover를 지연시키기 위하여 환기가 최선인 경우가 있고 그렇지 않은 경우도 있다.

2) Flashover를 지연시키기 위한 환기

주택의 밀폐된 침실중에서 작은 화재가 발생하였다 가정하자.

고열은 축적되지 않았으나 濃煙이며 가장 먼저 도착한 소방대원은 피난이 지체된 사람 및 火源을 검색함에 필요한 수조를 벌기 위하여 Flashover를 지연시키고자 한다.

급히 수개소의 창을 개방하여 연기를 방출, 視界를 좋게 한다.

실내의 열을 배제하므로써 복사열의 Feed-Back과 Flashover에 필요한 열의 축적을 일시적으로 미루게 하는 것이다.

3) Flashover를 지연시키는 환기 불실시

동일하게 밀폐된 침실중에서 소방대원의 도착전에 꽤 장시간 연소하고 있는 실내에 고열이 축적되어 있다고 가정하자.

농연과 연기는 바닥위 30~60cm까지 내려올 수 있으므로 소방대원은 실내에 진입하는 것이 불가능하다.

호스를 연장하여 주수하는데에 필요한 수조간 Flashover를 지연시키기 위해서는 연소하는 방문을 닫고 창을 개방하지 않는 쪽이 좋다.

이것은 전체의 재실자가 피난하고 환기를 호스의 연장과 시기적절하게 행하고자 할 때 유효하다.

환기를 하지 않으면 화재에 필요한 산소의 공급을 중지하고 열의 축적과 Flashover를 지연시킬 수 있다.

7. 煙氣感知器

미국에서는 많은 가정에 연기감지기를 설치하여 주택화재를 조기에 발견하도록 하고 있다.

화재는 조기에 소방서에 통보되고 소방대는 이전보다 빨리 현장에 도착한다. Flashover의 발생전에 소방대가 현장에 도착하는 것은 利害의 양방향이 있다. Flashover가 발생하는 상태에 이르지 않으면 소화는 용이하며 인명을 구조하고 재산손해를 경감시킬 수 있다. 그러나, Flashover전에 현장에 도착하여 특히 인명검색 및 소화활동을 행하고 있는 소방대원에게는 위험이 따른다.

소방대원은 Flashover의 발전기에 현장에 도착하여 자주 Flashover를 만난다. 농연연기의 실내에서 인명검색을 행하고 있는 소방대원에게 더욱 위험한 것은 소화전의 고장, 호스의 파손, 火源確認의 지연, 소방용 원심펌프의 고장 등의 눈에 보이지 않는 결함들이다.

8. 可燃性的 什器

합성물질 제품의 커튼, 주단, 테이블, 의자, 베드 등은 30년전의 것에 비해 위험하다. 그 때의 가구는 나무, 종이 및 천연섬유의 生地로 만들어졌지만 현재는 커튼, 주단, 충전물을 넣은 의자 및 메트레스가 일부 또는 전부가 합성물질로 만들어지고 있다. 이와 같은 가구가 연소하면 목재나 면보다 빠르게 연기를 발생하고 농연을 발생하여 단시간에 視界가 악화된다.

1파운드(453g)의 합성물질은 동량의 목재 또는 종이보다 많은 열을 발생한다. 예를 들면 1 파운드

의 목재 또는 종이 가 연소하면 7,000~8,000Btu의 열을 발생하나 1파운드의 합성물질은 18,000Btu의 열을 발생한다.

단단한 합성물질인 Polystyrene은 1 파운드로 18,000Btu의 열을 발생시키며 쇼파나 베드의 충전물로서 잘 사용되는 Polyurethane 1 파운드는 12,000Btu의 열을 발생시킨다.

어떤 종류의 합성물질 가구가 연소하면 급속하게 농연과 고열외에 가연성 가스도 발생한다. 어떤 종류의 Plastic Foam은 고열의 연기에 섞여서 가연성의 Pentane 가스를 발생하지만 이것은 더욱 위험성이 큰 것이다. Pentane 가스는 Gasoline과 유사한 성상으로 인화점은 영하 40℃이며 공기와 혼합한 연소범위는 1~7%이다.

합성물질이 연소하면 급속하게 농연이 발생하므로 많은 소방대원이 방향감각을 잃고 Flashover를 만난다.

또한, 고열이 발생하기 때문에 Flashover가 발생하기까지의 시간이 짧아져서 인명검색의 시간이 단축된다.

9. 방의 구조

1) 방의 규모

만일 大小 2개의 방에서 각각 같은 강도로 문 1개소로부터 산소공급을 받아 연소하고 있다면 적은 방안에서 먼저 Flashover가 발생한다. 보통상태에서 Flashover가 발생함에는 연기가 실내높이의 50% 이상을 채워서 고열에 의해 재복사가 발생하기 시작하지 않으면 안된다. 연기와 고열이 없더라도 Roll Over는 발생하지만 Flashover는 발생하지 않는다. 그러므로 주택과 같은 소규모의 방에서는 Flashover가 발생하기 쉽다.

2) 斷熱材

1970년대에 일어난 Oil Shock시대에는 많은 주택이 에너지를 절약하기 위해 천장속이나 벽의 공간에 단열재를 넣었으나 단열재가 사용되어진 방은 사용되지 않은 방보다 빨리 Flashover가 발생한다. 단열재가 사용되고 있는 천장이나 벽은 열을 전달하기 어렵기 때문에 보다 많은 열이 연소하는 실내에 복사하여 조기에 Flashover가 발생된다.

3) 가연성의 벽면

목재판넬이나 천장타일에는 가연성의 플라스틱이 피복되어 있거나 가연성의 접착제로서 장식 카바가

붙어 있다.

화재중 천정과 벽의 상부는 용이하게 연소하기 시작하여 밀폐된 방과 같은 상황이 된다. 연소하는 천장이나 벽에서 외부로의 열전달은 거의 없으므로 화재의 발전, 방의 크기 및 개구부가 같다고 가정할 경우, 보다 빨리 Flashover가 발생한다.

10. 生存技術

1) 고열 및 Roll Over라는 Flashover의 경계신호를 찾아낼 것.

2) 피난불능 지점을 인식할 것.

注水없이 소방대원이 초고열 및 농연이 충만한 방에 포복, 진입하여 Flashover 발생후에 무사귀환할 수 있는 거리는 약 1.5m이다.

3) Flashover로부터 몸을 지키기 위하여 자위수단을 가질 것.

농연열기가 충만한 방을 통하는 문에는 최초의 문상부에서 뿜어 나오는 연기에 Roll Over가 보이는가 어떤가를 확인한다. 만약 Roll Over가 없다면 진입을 시도할 수 있지만 방 높이의 절반이하로 구부려야 한다면 Flashover가 발생할 가능성이 있다. 그런 경우에는 피난불능지점보다 깊숙이 진입하여서는 안된다.

문의 배후에 의식을 잃고 넘어져 있는 사람이 없는가 조사하고 농연열기의 실내에 1.5m까지는 진입하여 문 주변의 바닥면을 用具라든가 손으로 더듬어서 조사하여 방밖으로 나와 문을 닫는다. 호스선이 도착했다면 문을 열어 주수를 받으면서 재차 진입하여 인명검색을 계속한다.

실내에 뒤쳐진 사람이 있다는 통보가 있고 창을 연 때에 상부에서 火煙이 폭발적인 형세로 불거나 연기가 고온으로 Flashover의 위험이 있으면 진입해서는 안된다. 그 경우에는 낮은 자세로 방내측의 창문턱 바로 아래를 용구 또는 장갑끼 손으로 잡는다. 때에 따라서는 문턱 바로 아래에 넘어져 있는 생존자를 발견할 수 있다.

문턱하부의 부근을 조사한 후 진입할 수 없는 경우에는 인접방의 창을 열고 진입하여 인명검색을 한다. 그리고 진화한 후에 최초의 방에 진입하여 검색을 계속할 수 있다.

4) 방향감각 상실의 방지

방향감각 상실을 방지하는 가장 효과적인 방법은 조직적인 인명검색이다. 소규모의 방을 검색하는경

우에는 시계방향 또는 반시계방향으로 전진하여 벽에서 떨어지지 않도록 해야 한다. 복도를 전진하는 경우에는 한쪽 어깨를 벽에 대고서 진행하고 귀로는 반대쪽 어깨를 벽에 대면서 피난한다.

약 7m² 이상의 방의 내부를 검색하는 경우에는 검색로프의 일단을 진입구 가까이 매어 놓고 연기 때문에 아무것도 보이지 않게 된 때에도 로프를 따라 되돌아 올 수 있게 해야 한다.

5) 현장에 있어서 사전계획의 수립

소방대원에게 평면도 및 실내의 배치를 연구시킬 것. 그렇게 함으로서 방향 감각을 잃고 Flashover에 의해 피난장소를 잃을 위험성을 줄이게 된다. 공동주택, 대규모의 주택개발, 시영주택 등의 건물은 통상 실내가 동일하게 배치되어 있다.

소방대원은 일반주택의 비상구, 창, 막다른 복도, 옥내 피난계단, 2층의 침실에 통하는 계단 등의 위치를 평면도에서 검토해 둘 필요가 있다.

소방대원은 이와 같은 지식이 있으면 자신을 갖 고서 인명검색에 임하고 Flashover를 만날 위험도 적게 된다.

6) 진입한 문에서의 피난

많은 주택은 도둑의 침입을 방지하기 위해 비상구를 1개밖에 설치하지 않는다. 20~30년전 소방대원은 주택화재시 현장에 도착하여 진입하기 전에 Flashover가 발생한 경우 바로 피난하기 위한 정면현관, 베란다 및 옥외 피난계단이 사용될 수 있는가를 확인하여 왔다. 피난로가 확인되면 위험을 무릅쓰고 들어 가 뒤쳐져 있는 사람을 구출하는 것을 검토하였다. 그러나 현재는 이와 같은 피난방법은 통용되지 않는다.

베란다나 옥외 피난계단에 통하는 창에는 철제의

Scissors Gate(도둑의 침입을 막는 끼우는 式의 샷다)나 철판이 부착되어 열 수 없으므로 종종 내부의 사람이 피난을 못하게 된다.

또한, 창이 소방용의 도끼나 쇠지렛대로도 파괴되지 않는 것도 있고 창을 여는데에 금속프레임 전체를 벗겨야 하는 경우도 있다. 그 경우 Flashover를 만난 소방대원은 창유리를 깨고 빠르게 옥외로 피난할 수 없다.

만약 위험을 무릅쓰고 불을 뚫고 사람을 구출하는 경우는 진입한 문에서 요구조자와 함께 되돌아 와야 한다.

7) 손전등의 상시 휴대

때에 따라서는 바닥이 꺼져서 소방대원이 아래층으로 떨어져 Flashover를 만나는 일이 있다. 손전등을 휴대하고 있으면 대개 화재로 약해진 장소를 발견할 수 있으므로 낙하할 위험이 적게 된다.

8) 개인장비

현장에서 Flashover를 만난다고 생각하고 출장하는 소방대원은 거의 없지만 그것은 매년 발생하고 있다. Flashover를 만나 생존할 수 있는가 어떤가는 개인장비 여하에 달려 있다. 헬멧 및 장갑을 끼고 장화를 끝까지 올리며 방화피복의 착용을 확실히 하고 호흡기를 착용하는 것이 Flashover에 대처하는 최후의 방어선이다.

개인장비는 번거롭고 더워서 인명탐색에 시간이 걸리지만 개인장비의 설계, 몸에 맞는 상태 및 완비도가 Flashover에서 살아 남을 수 있는가를 좌우하며, 살아 남은 경우는 부상정도의 결정적인 요소가 된다.