

반복되는 공사현장의 화재, 막을 방법은 없는가

- 이천물류창고 신축공사화재를 중심으로 -

이영주 교수 _ 서울시립대학교 소방방재학과



지난 4월 29일 이천물류창고 공사현장에서 화재가 발생하여, 38명의 사망자가 발생하였다. 이 화재로 인해 온 국민이 충격을 받은 것은 제천스포츠센터 화재(2017)보다 더 많은 38명의 사망자가 발생했다는 점보다는 이미 10년 전 경험했던 ‘이천냉동창고’ 화재(2008)와 매우 유사한 화재가 반복되었다는 점이다. 당시 해당건물에서 공사 중에 발생한 화재라는 점, 용접불꽃에 의해 최초 착화되었다는 점, 내부 우레탄폼이 연소되면서 급격하게 화재가 확대되었다는 점, 피난로가 충분히 확보되지 않아 인명피해가 커졌다는 점, 그리고 창고라는 용도와 발생한 지역까지 같은 화재로 착각될 만큼 닮았다.

우리는 왜 이런 똑같은 화재를 다시 경험해야 했을까? 우리의 화재안전의 시계는 2008년에 멈춰있는 것일까? 당시 다양한 화재안전대책들이 쏟아졌고, 그중 상당부분은 법제도화 되었다. 그렇다면 무엇이 잘못되었을까? 이번에 발생한 이천물류창고의 화재원인 및 피해 확대요인을 토대로 공사현장의 화재위험, 그리고 대책을 되짚어 보고자 한다.

1) 이천물류창고 화재 (2020. 4.29) 의 화재원인 및 피해 확대요인

2020년 4월 29일 오후 1시 30분 경 이천시 모가면에 위치한 물류창고 공사현장 지하에서 폭발음과 함께 불꽃과 연기가 치솟았다. 화재가 발생한 곳은 물류창고 신축 공사현장으로, 완공을 2개월 앞둔 상황이었다. 화재발생 5시간 후인 오후 6시 42분에 화재가 진압되었으나, 화재발생과 동시에 급격한 연소확대 및 다량의 연기발생으로 인해 현장 내의 작업자 38명이 사망하고 10명이 부상을 당하는 피해가 발생하였다.

화재 이후 2개월 가까이 화재원인조사가 이루어졌으며¹⁾, 그 결과 용접작업에 의해 발생한 불티로 인해 이미 시공되어 있던 단열재(우레탄폼)에 착화되면서 화재가 발생한 것으로 밝혀졌다.²⁾



김영은. 김토일 기자 / 20200429 / 트위터 @yonhap_graphics 페이스북 tuneey.kr/LeYN1

[그림 1] 이천물류창고 신축공사공사현장 화재발생 지점

이와 같은 용접작업에 의한 화재는 최근 5년(2014~2018)동안 전국적으로 1,853건이 발생하였고, 이로 인한 사망자는 20명, 부상자는 268명이 발생했다.

이천물류창고 신축공사현장 화재도 원인 측면에서는 다른 공사현장에서의 화재와 큰 차이점은 없음에도 사망자가 38명이나 발생하여 최근 5년간의 공사현장의 용접작업에 의한 화재로 발생한 사망자보다 많은 사망자가 발생한 원인은 무엇일까?

그 원인은 발화위치와 공사현장의 특수성으로 설명할 수 있다.

화재가 발생한 지하 2층의 경우 해당 현장의 가장 낮은 층으로, 화재발생시 연기와

1) 화재이후, 경찰 소방과 전기 및 가스 전문기관 등이 참여하여 화재감식 및 원인조사가 진행되었으나, 최초 화재가 지하에서 발생하였고, 화재시 급격하고 강한 화세로 전소되었고, 화재진압과정에서 잔해 등으로 인한 화재 현장 훼손이 당상하여, 4차에 걸친 현장 감식을 진행하였다.

2) 화재 발생 당시에는 화재현장 근무자 및 목격자 진술에서 “폭발음이 들렸고, 이후 화염 및 불꽃이 치솟았다”, “지하공간에서 우레탄폼 작업이 진행 중이었다”는 내용은 근거로, 화재원인이 지하공간에서의 우레탄폼 작업 등에 의한 유증기 폭발로 추정되었으나, 화재조사 결과 당시 최초 발화공간인 지하 2층에서 당일 우레탄폼 도포 작업은 없었던 것으로 확인되었으며, 인접한 차량블랙박스에 녹화된 화재당시 영상에서 폭발 이전에 천장면을 따라 화염이 급격하게 연소되는 것이 확인됨.

화염이 부력에 의해 수직으로 빠르게 확산하게 되는데, 당시 해당 현장의 계단실이나 엘리베이터실은 방화구획이 되어 있지 않은 상태로, 이곳을 통해 상층부의 다른 층으로 빠르게 화염과 연기가 확산되었고, 정작 피난을 해야 하는 피난계단은 화염과 연기로 인해 사용이 불가능한 상황으로, 사실상 건물 내의 작업자들은 대피가 불가능한 상태가 될 수밖에 없다. 여기에 해당공간의 시공된 단열재(우레탄폼)이 타면서 매우 강하고 빠르게 연소가 되면서 대피할 시간적 여유도 충분하지 않았을 것으로 보인다.

다만, 화재 발생 당시 화재원인으로 지적되었던 우레탄폼 발포작업에 의한 유증기나 샌드위치 패널의 가연성 등은 본 화재와의 직접적 연관성이 있다고 보기는 어렵다. 화재 발생 당일 발화층 주변에서의 포우레탄폼 발포작업 자체가 없었던 데다가 발포작업이 있다 하더라도 발생하는 유증기량은 극소량이고³⁾, 최초발화지점이 지하 2층 이기는 하나 외기에 일부분이 개방된 공간이었기 때문에 유증기에 의한 폭발 가능성은 매우 낮다. 샌드위치 패널의 경우에도 2008년 이천냉동창고 화재 당시에는 가연성 샌드위치 패널의 사용이 화재피해 확대의 원인이 되었으나, 이후 국내에서는 창고 외벽기준 및 내장마감재료 기준이 강화되면서 난연 성능 이상의 샌드위치 패널이 적용되고 있으며, 이번 화재가 발생한 공사현장의 경우에도 난연 성능의 샌드위치 패널이 적용되어 있었으며, 이로 인해 건물의 외벽붕괴는 발생하지 않았고, 외벽탈락이나 변형도 크지 않았다.

3) 냉동창고 등의 단열을 위해 현장에서 타설하는 경질우레탄은 그 주원료로 이소시아네이트와 폴리올과 발포제인 HCFC-141b를 사용한다. 과거에는 발포제인 C-Pentan을 주로 사용하여 유증기에 의한 폭발 위험성이 높았으나, HCFC-141b를 사용하면서, 사실상 유증기에 의한 폭발위험성은 거의 없다고 볼 수 있다. HCFC-141b는 상온에서 액상으로 존재하지만 비점(b.p 32℃)이 낮아 발포시 발생하는 열에 기화되어 발포체를 형성하고 발포 성형후 조직 내에 남아 단열성능을 유지시키는데, 발포시 기화되어 유증기화되는 양은 극히 적기 때문에 타설현장에서 해당물질의 폭발(연소범위)범위 6.4~17.7에는 이르지 못한다.



[그림 2] 화재발생에 따른 건물 외벽 변화

(좌-2008년 이천냉동창고 화재, 우-2020 이천물류창고 신축공사현장 화재)]⁴⁾

* 출처: 소방방재신문

http://www.fpn119.co.kr/imgdata/fpn119_co_kr/200812/2008122356425048.jpg

http://www.fpn119.co.kr/imgdata/fpn119_co_kr/202005/2020050801167831.jpg

다른 한편으로는, 이러한 공사현장의 화재가 발생하게 된 근본적인 원인으로서는 화기를 직접 사용하는 공정이 이루어지기 전의 안전조치가 충분하지 않았음이 확인되었다. 화재 당시 용접 작업시 시켜져야 하는 방화포 설치, 2인1조 작업, 화재감시인 배치 규정 등이 지켜지지 않은 상태에서 천장에 인접하여 실내기 배관용접이 이루어졌고, 당시 작업에서 상부로 튕 불티가 우레탄폼이 도포된 천장으로 튀면서 화재가 시작된 것으로 파악되었다. 더욱이 해당현장은 화재 이전에 한국산업안전보건공단의 수차례에 걸친 화재위험성 개선 요구가 있었음에도 현장작업 여건의 개선없이 공사를 진행했던 점 등으로 볼 때 현장의 화재안전관리가 거의 이루어지지 않고 있었음을 알 수 있다.

2) 공사현장의 화재위험 특성

이천물류창고 신축공사현장 화재의 경우 앞서 언급한 바와 같이 건축물 화재가 아닌 공사현장의 화재로 접근을 해야 할 필요가 있다. 그 이유는 화재원인과 피해확대요인, 대책을 접근하는데 매우 큰 차이가 발생하기 때문이다.

공사현장 또는 공사현장에 건축 중인 건축물은 이미 완공되어 사용되는 건축물과는 달리 만들어지는 과정에 있기 때문에 소방법과 건축법상의 화재안전시설 아직 설치되지 않거나 작동하지 않는 자체적인 방호능력이 없는 상태이다.⁵⁾

4) 2008년 이천냉동창고의 경우 화재로 인해 외벽 등이 모두 붕괴되거나 변형이 심하게 발생한 것을 확인할 수 있다.

화재 원인적 측면에서도 일반건축물의 경우 부주의, 전기적 요인에 의한 화재 비율이 가장 높고, 가연물의 양도 공간 내에서 화재가 진압 가능한 수준이나, 공사현장의 경우에는 용접, 용단작업에 의한 화재비율이 가장 높으며, 건축자재의 적치 등으로 인해 가연물이 과다한 경우도 많다.

[표 1] 일반 건축물과 공사현장의 화재특성 비교

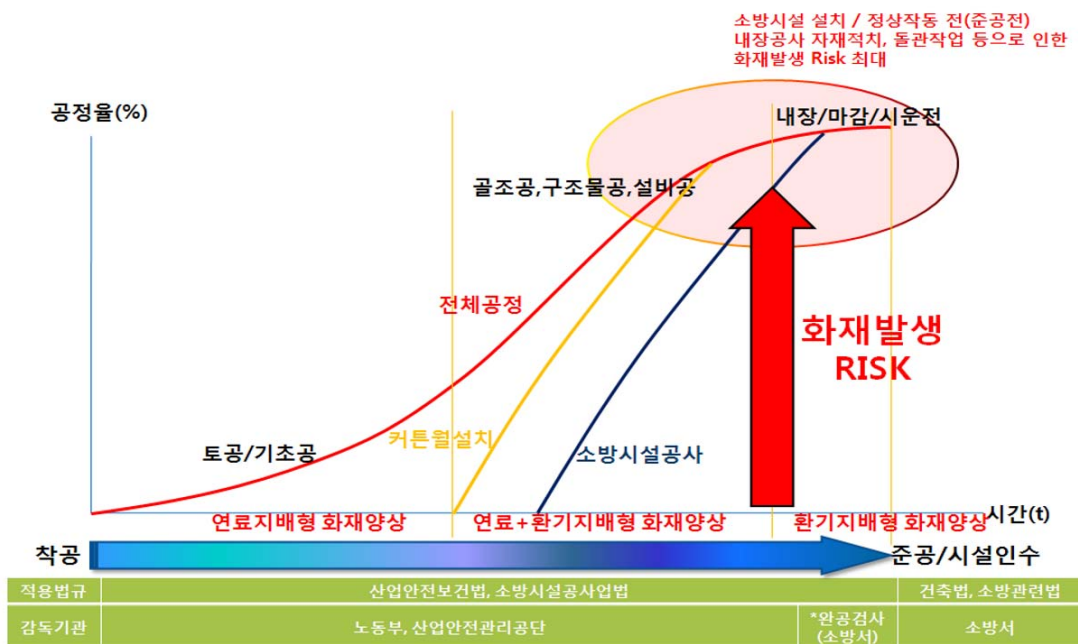
| 구분 | 일반건축물 | 공사중 건축물(현장) |
|-----------|---|--|
| 피난 및 방화여건 | <ul style="list-style-type: none"> - 건축법상의 피난시설(직통계단, 피난계단, 출구 기준 등) 사용 가능 - 피난유도표지, 피난출구표시 - 피난안내도 게시 - 수평,수직 방화구획 적용으로 화재시 연소 확대 방지 - 내화구조 적용을 통한 붕괴방지 | <ul style="list-style-type: none"> - 계단 등의 설치 완성 이전 - 가설계단, 임시피난로 - 건축자재 적치, 비계, 공사관련 설비 시설 등으로 인한 피난동선 확보 곤란 - 피난유도표지, 피난안내도 부재 - 방화구획 형성 이전으로 화재시 확대 방지 기능 없음 - 주요구조부가 시공된 상태인 경우 내화구조 성능 낮춤 |
| 소방설비 | <ul style="list-style-type: none"> - 소방법상의 소화설비, 감지설비, 제연설비 등 항시 작동상태 (화재방호성능 확보 유지) | <ul style="list-style-type: none"> - 소방설비 미설치상태 - 소방설비 설치상태라 하더라도 준공전으로 미작동상태 - 임시소방시설 설치 (적극적 화재대응 한계) |
| 화재위험 | <ul style="list-style-type: none"> - 부주의, 전기적 요인에 의한 화재원인 비율 높음. - 가연물의 양 적정 (공간 내에서 화재시 진압가능한 수준) | <ul style="list-style-type: none"> - 용접, 화기작업에 의한 화재원인 비율 높음. (화기작업,담배꽂초,전기적요인 순) - 건축자재 적치 등으로 인한 비정상적 가연물 과다 |
| 화재양상 | <ul style="list-style-type: none"> - 환기지배형 화재 | <ul style="list-style-type: none"> - 연료지배형 화재 |

공사현장에서는 건축물이 완공되는 시점까지 다양한 공정들이 연속적으로 이루어지게 되며, 이러한 각각의 공정과정에서 화재위험에 변화하게 된다. 이는 각 공정별로 화기를 사용하는 작업 여부, 사용하는 재료의 가연성 및 양, 타 공정과의 중첩 또는 분리 등의 여건이 달라지기 때문이다.

공사현장의 전체공정중 화재위험이 높아지는 단계는 1차적으로 외벽공사가 진행된 시점으로 볼 수 있으며, 그 이유는 외벽공사 이전까지는 대부분 토공사 및 골조공사

5) 공사현장의 건축물에 적용되는 소방설비의 적용이 되기 이전시점이기 때문에 2015년부터 소방법에서는 공사현장의 임시소방시설 설치를 의무화하고 있다 그 내용으로는 공사현장에 소화기 및 간이소화장치를 배치하고, 비상경보기, 간이피난유도선 등을 설치토록 하고 있으나, 공사현장에서의 이번화재와 같이 다량의 가연물이 급격하게 연소하는 경우 소화기나 간이소화장치로는 화재진압이 사실상 한계가 있다.

중심으로 화재위험작업이 없으며, 공사현장도 외부공간이기 때문에 설령 화재가 발생한다고 해도 인명피해의 발생가능성도 거의 없다. 그러나 외벽공사가 이루어진 이후부터는 작업현장이 실내화 되고, 화기를 사용하는 다양한 작업들이 시작된다. 가장 중요한 것은 실제로 공사현장에서의 화재위험이 가장 높아지는 시기는 건물의 완공을 바로 앞둔 시점으로, 해당시기에는 내장작업, 마감작업, 시운전 등 다양한 공정이 집중되고, 작업인력도 가장 많이 투입된다. 이러한 이유로 현장에서의 안전관리나 공정관리가 제대로 이루어지기 어려운 시기이기도 하다. 즉, 화재위험은 가장 높아지면서도 안전관리는 소홀하기 쉬운 시기로 볼 수 있으며, 이천물류창고 공사현장 화재도 완공을 2개월 앞둔 시점에서 화재가 발생한 점을 볼 때 해당시기의 화재안전의 각별한 관리가 필요하다.



[그림 3] 공사현장의 공정단계별 화재위험 변화

3) 공사현장의 화재안전을 위한 대책 및 제언

앞서 살펴본 이천물류창고 신축공사현장 화재의 원인 및 피해확대요인과, 건축공사현장의 화재위험 특성 등을 고려할 때 공사현장의 화재안전은 일반건축물과 같이 시설적 규제로는 어렵다. 공사현장은 아직 완성되지 않은 상태이고, 공사 진행과정에서 공간 및 작업환경의 가변성이 항상 있을 수 있음을 고려할 때 소화설비와 같은 시설보

강을 통한 안전 확보는 비용적 측면이나 효과성 측면에서도 한계가 있다. 따라서 공사현장의 화재안전은 관리적 측면과 작업안전 측면에서 접근하는 것이 바람직하다.

공사현장의 화재위험이 있는 공정이나 작업은 이미 파악되어 있으며 그 유형도 정해져 있으므로, 이러한 위험공정이 이루어지는 시기에 위험에 영향을 받을 수 있는 타 공정은 시기적으로, 공간적으로 분리하여 진행할 수 있도록 하는 공정관리가 핵심이다. 도장도색작업, 우레탄폼 발포작업 등은 화기를 직접 사용하는 작업과 동시에 이루어지지 않도록 공정을 분리해야 하며, 해당공정이나 작업과정에서 이미 의무화되어 있거나 지침화되어 있는 조치들이 작업현장에서 이행되고 있는지를 관리 감독하는 현장 중심의 관리가 필요하다.

작업시 해당 작업에 필요한 안전조치의 이행은 관리자의 책임이기도 하나 작업자의 의무이기도 하다. 따라서 위험작업에 대한 안전조치에 대한 충분한 교육과 현장에서의 이행이 필요하다. 용접작업과 같은 화기 작업의 경우 작업전 작업승인, 화재감시자 배치, 작업 공간 내 방화포 설치, 소화기 비치, 불티가 비산될 가능성이 있는 주변에 물을 뿌리는 등의 안전조치가 필요하다. 또한 작업 공간 주변의 가연물을 충분히 이격시키고, 다른 공정의 작업자들에게 화기작업이 이루어짐을 사전에 알려야 한다. 화재 상황을 대비하여 작업 전 주변의 피난로 등에 대한 확인도 필요하다. 또한 화기작업 이후에는 화재현장의 화재위험이 없는지에 대한 확인 및 작업완료에 대한 보고가 이루어져야 하며, 화재감시자는 현장에 남아 작업 이후의 발화위험을 점검해야 한다. 특히 용접작업의 경우에는 작업완료 이후 1~2시간 이후에도 가열된 용접부위로 인해 뒤늦게 화재가 발생하는 경우도 많아 작업후 확인과정이 반드시 필요하다. 도장작업의 경우 유증기에 의한 화재위험이나 작업자의 중독 질식 위험을 해소하기 위해 환기가 충분히 이루어져야 하며, 작업공간이 지하공간과 같은 밀폐공간이거나 비닐 등으로 보양이 되어 밀폐가 우려되는 공간의 경우 별도의 환기설비를 설치하여 작업해야 한다. 또한 작은 불티에도 폭발(화재)로 이어질 수 있어 화기작업과 동시에 이루어져서는 안 되며, 전기 스파크가 발생할 수 있는 전기공사, 조명공사나 콘센트 공사와의도 함께 진행해서는 안 된다.

공사현장은 다양한 전기기기나 장비의 사용 등으로 전기 사용이 증가하고 있으며, 이

에 따라 전기적 요인에 의한 화재도 증가하고 있다. 따라서 공사현장 내의 가설전기의 인입 및 사용과정에서 분배전반, 전선 등의 적정용량 확보 사용과 설치상태 확인 등이 필요하며, 현장 내에서의 전기 냉난방기기의 과다사용 등에 대한 관리도 철저히 할 필요가 있다.

가연물의 관리측면에서는 현장 내 가연물을 최소화하여 관리하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 건축자재 및 건축폐기물의 반입 및 반출주기를 최대한 짧게 하여 현장 내에 가능한 한 적치되는 건축자재나 폐기물이 최소화되도록 해야 하며, 단열재와 같이 가연성이 높은 자재는 현장 내 적치를 금지하거나 방화포 등으로 포장하여 적치토록 해야 한다. 위험물의 경우 현장 외부에 별도로 관리하고 보관 상태를 항시 확인해야 하며, 현장에는 필요한 양만큼 만을 관리자의 승인하여 반입하여 사용해야 한다.

끝으로 공사현장의 화재는 그 원인과 대책이 명확한 만큼 새로운 안전관리대책이나 제도가 필요한 것은 아니다. 따라서 확인된 예방조치와 대책이 현장에서 제대로 이행되고 관리될 수 있는 체계를 갖추는 것이 중요하다. 또한 화재안전에 가장 중요한 위험공정의 분리, 안전조치 절차 이행 등은 충분한 공사기간과 공사비용이 전제 되어야 하므로, 큰 틀에서는 적정 공기와 비용에 대한 확보로 이어질 필요가 있다.