

P-02

승례문 화재사고 실물 재현 실험

The Real-Scale Reproduction Experiments of Sungnyemun Fire Accident

유용호*, 권오상**, 김흥열***

Yoo, Yong Ho · Kwon, Oh Sang · Kim, Heung Youl

요 약

본 연구에서는 승례문 화재를 재현하기 위한 실물 모형을 제작하여 화재의 전이과정 및 붕괴에 이르는 과정을 추론하여 보고자 하였다. 실험결과 시너의 폭발력에 의한 화염이 천정의 적심부분에 직접적인 화재 원인임을 예측 할 수 있었으며, 이에 따른 적심부의 지속적인 훈소과정을 거쳐 승례문의 천정내부에 화재가 성장하였을 것으로 판단되었다.

1. 서론

국가의 중요 문화재는 그 나라의 전통과 역사성을 대표하는 지표로 국가의 어떠한 시설보다 안전하게 관리되고 보호되어야 한다. 특히 중요 문화재중 고건축물들은 대부분이 목조로서 연소성이 매우 높기 때문에 일단 착화되면 매우 빠른 속도로 화재전파 및 확산이 일어나기 용이하므로 화재안전대책을 일반 소방대상물에 비하여 강화하여야 한다. 최근 발생한 승례문 화재사고에서 보는 바와 같이 문화재에서의 화재는 단순한 화재사고의 개념을 넘어서 국보 1호를 잃어버렸다는 커다란 국민적 충격을 안겨주게 된다. 표 1에는 최근 3년간 문화재 화재사고 사례를 보여주고 있으며, 대부분의 화재가 방화에 의한 사고임을 확인 할 수 있다. 본 연구에서는 승례문화재사고를 재현하여 화재의 전이과정 및 붕괴에 이르는 과정을 추론해 봄으로써 추후 유사한 화재로 인한 소중한 문화재의 소실을 막기 위한 교훈으로 삼고자 한다.



그림 1. 승례문 화재 사진¹⁾

표 1. 최근 3년간 문화재 화재사고

일시	화재사고	기타
2006. 4. 26	창경궁 '문정전' 방화	60대 범인, 신상비관(토지개발 보상관련 불만)
2006. 5. 1	수원 화성 '서장대' 방화	20대범인, 신상비관(카드빚 등)
2007. 3. 9	강북구 '도선사' 방화	30대 범인, "도선사 방화는 신의 계시" 운운 등 정신병적 행동(정신 이상에 따른 범행유형)
2008. 1. 15	수원 화성 '서북각루' 갈대밭 방화	10대 여중생들의 휴대전화 찾기 위한 갈대밭 초목 제거 등 이유
2008. 2. 10	국보 제1호 '승례문' 방화	60대 범인, 신상비관(토지개발 보상관련 불만)
2008. 3. 2	연천 승의전 '고직사' 화재	원인불명, 경찰수사중

* 정희원, 한국건설기술연구원 화재및설비연구센터, 선임연구원 E-mail:yhyoo@kict.re.kr

** 정희원, 한국건설기술연구원 화재및설비연구센터, 연구원

*** 정희원, 한국건설기술연구원 화재및설비연구센터, 선임연구원

2. 목조건축물의 화재위험성

일반적인 목조 문화재의 주 구조재인 목재는 화재가 발생할 경우 내부에 열이 전달되어 100℃에서 수분을 방출하여 건조상태에 이르게 되며, 화재가 지속되면 내부에서 빠른 열분해가 진행되어 일산화탄소, 수소, 메탄, 아세틸렌 등의 가연성 가스가 발생하기 시작하고 복잡한 유기물이나 타르와 같은 가연성 기체나 액체가 생성된다. 이때, 열분해는 고온에 이르게 될 수록 가속화하여 분해 생성된 가스는 공기와 혼합된 가연성 혼합기체가 되어 화원을 가까이 하면 인화하게 되는데 이때의 온도가 일반적으로 240~270℃로서 이를 목재의 인화점이라고 한다. 인화점을 지나 가열이 계속되면 400~470℃ 부근에서 화원을 가까이 하지 않아도 불이 붙게 되는데 이 온도를 목재의 발화점이라고 한다. 한편, 목재의 함수량과 화재는 매우 밀접한 관계를 나타내게 된다. 일반적으로 물은 비열이 크기 때문에 목재가 수분을 많이 함유하고 있으면 목재의 온도를 높이기 위하여 많은 열을 필요로 하게 된다. 건조한 목재의 비열은 0.33인데 물의 비열은 1.00으로 물의 비열이 건조한 목재의 비열의 3배에 달한다. 따라서 목재의 함수량이 증가하면 증가될수록 같은 온도를 상승시키는데 필요로 하는 열량이 많아진다. 즉, 목재가 수분을 함유하게 되면 목재의 온도를 높일 때 수분의 온도를 함께 높일 뿐만 아니라 수분을 증발시키기도 하여야 하기 때문에 더욱 많은 양의 열이 소모된다. 일반적으로 가연물질의 함수량이 가연물질 전체 중량의 약 15% 이하인 경우에는 성냥불과 같은 작은 불씨로도 불을 붙일 수 있지만 함수량이 15% 이상이 되면 작은 불씨로는 붙일 수 없다. 그러나 일단 큰 화재가 시작되면 함수량 자체는 중요하지 않게 되어 50% 이상의 함수량 일 때에도 연소는 잘 이루어진다²⁾. 따라서 승례문과 같이 수백년의 역사를 가지는 고목재 건축물의 경우 매우 낮은 함수율을 가지게 되므로 작은 불씨에도 화재를 발생할 수 있는 개연성을 가지게 되는 것이다.

3. 실험모델 및 방법

승례문 화재시 최초 신고 3~4분여이후 소방관이 도착하여 누각 2층바닥 진화까지 5~6여가 소요 되었다고 전해지고 있으며, 이후 누각의 천정부에서 계속적으로 연기가 새어나오고 있었다고 진술되어졌다. 본 연구에서는 방화범이 사용한 패트병에 담긴 시너 3통으로 4.8m 높이의 누각 천정부에 화염을 전파시킬 수 있을지 여부를 판명하기 위하여 SBS “그것이 알고 싶다”팀과 공동으로 승례문을 재현하기 위한 실험체를 제작 하였으며, 그림 2에 보는 바와 같이 천정부에서의 화재전과과정을 파악하기 위한 열전대를 설치하였다.

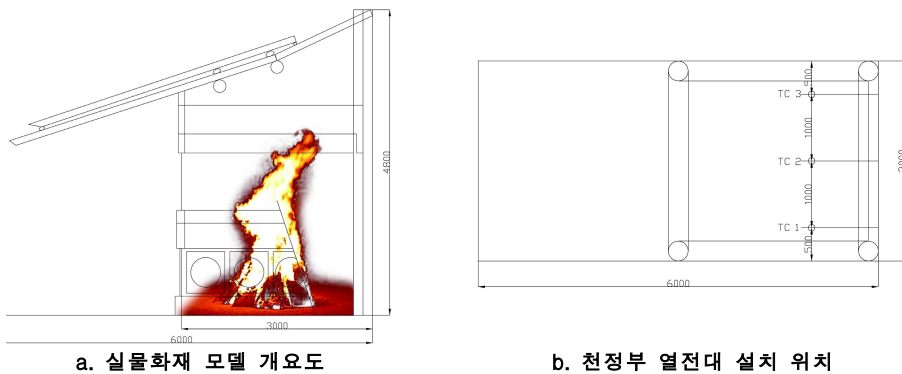


그림 2. 승례문 화재 모델

특히, 고목조건축물의 천정 구조와 동일한 전통 목조건축 양식을 그대로 재현하였으며, 실험 모델을 그림 3에 나타내었다. 전통 목조건축 양식은 지붕 위쪽부터 기와와 보토(진흙)층, 석회층, 적심(지붕에 넣은 원목), 개판(널판지), 서까래(통나무)로 된 6겹 구조를 가지는 특징이 있으며, 문화재 전문가들에 따르면 지난 1961~1963년 승례문 보수공사를 할 때, 기와 바로 밑에 있는 보토층에 석회 성분을 많이 넣었다고 전해지고 있으며, 이는 진흙에 석회를 섞은 것은 외부에서 들어오는 물과 습기를 차단하기 위해서이다. 특히, 서까래를

눌러주고 지붕물매를 잡아주기 위해 중도리 부근에 잡목등을 채워 넣은 적심부분을 주목하였으며, 이 부분이 승례문 화재를 전이 시킨 주요 부분으로 예측하였다.

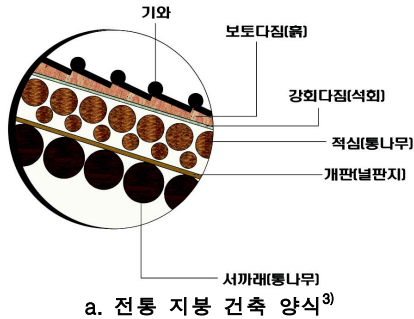


그림 3. 천정부 상세도

4. 실험결과 및 논의

실험결과를 그림 4 ~그림 6에 나타내었다. 시너가 담긴 페트병 3개에서 화재가 발생한 이후 20여초가 경과하고 나서 바로 천정부 적심부근에 화재가 전이됨이 확인 되었으며, 이때 열화상 카메라에 의한 표면의 온도는 약 1,000℃를 상회하였다. 천정의 적심부근도 화재 발생후 약 1분이 지난 후 약 600℃의 고온상태에 이르게 됨이 관찰되었으며, 1분 30여초후 최성기에 도달하여 바로 누각부분의 소화를 진행하였다.

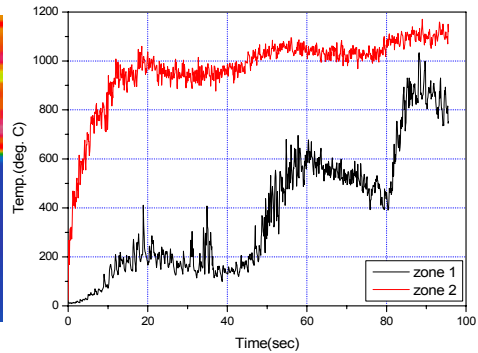
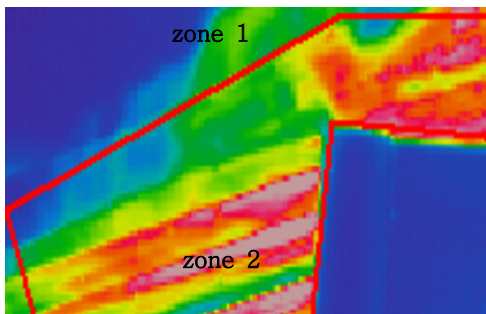
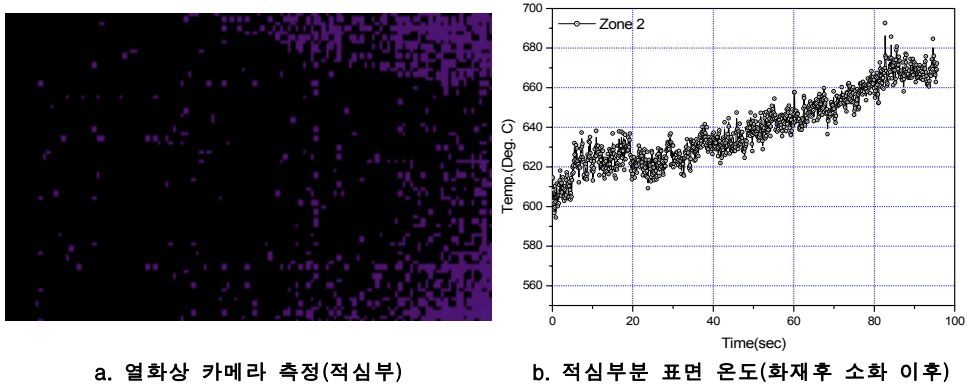


그림 4. 열화상 측정 결과(화재발생 이후 누각 내부 소화 이전)

이후 그림 5에서 보는 바와 같이 누각에 완전한 소화가 이루어진 이후에도 적심부근에서는 계속적인 화재가 진행되어 표면온도 600~680℃를 유지하는 것을 볼 수 있었으며, 화재가 지속적으로 천정내부의 적심을 따라 진행되어 2차적으로 적심부분의 소화를 실시하였다. 적심 내부의 화재 전이 양상은 그림 6에 보이는 내부 열전대 결과를 보면 확실히 알 수가 있다. 전면의 설치한 열전대(TC 1)의 경우 진화작업의 진행에 따라 800℃까지 상회하던 천정 내부 온도가 소화작업후 20℃까지 감소하였다가 다시 적심 내부의 훈소상태에 있던 화재가 재전이 되어 다시 수분후 500℃까지 상회하고, 다시 재소화작업후 감소하였던 온도가 다시 소화작업 종료후 800℃까지 상승하는 패턴을 보여주고 있다. 또한, 적심 중앙부에 설치한 열전대(TC 2)의 경우 천정부의 기와 및 석회성분으로 인한 수분의 차단을 모사하기 위하여 설치한 내화보드 때문에 소화작업에 의한 물이

직접적으로 전달되지 않고 계속적으로 훈소상태를 유지하고 있음을 확인 할 수 있다. 즉, 승례문의 화재는 시너의 폭발력에 의한 불길의 천정 내부의 적심부근에 닿음으로써 천정 내부의 화재로 전이가 되었을 것이며, 적심에 옮겨 붙은 화재가 훈소상태를 유지하면서 계속적으로 성장하였을 것으로 예측되었다.



a. 열화상 카메라 측정(적심부)

b. 적심부분 표면 온도(화재후 소화 이후)

그림 5. 열화상 측정 결과(화재발생 이후 누각 내부 소화 이후)

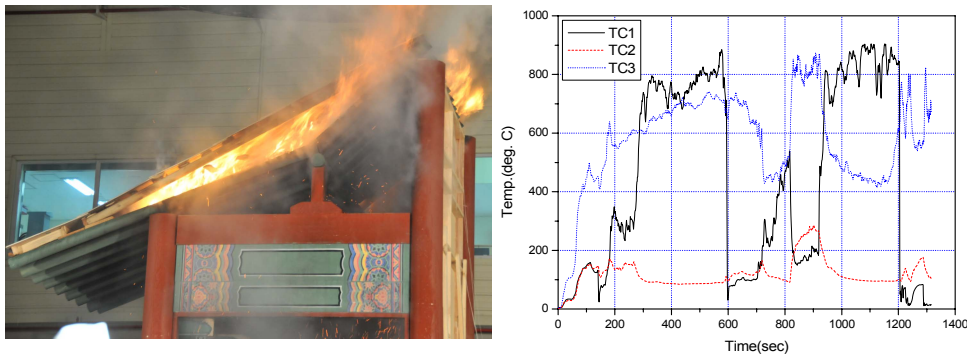


그림 6. 적심부 열전대 온도 계속 결과

끝으로 역사적 가치를 가지는 문화재의 경우 일반적인 건물코드와 화재개념과는 다른 관점에서 소방대책을 세우는 것은 매우 중요한 작업일 것이다. 특히 실험에서 보는 바와 같이 화재가 발생하고 난후 수분이 지나게 되면 이미 소화자체가 힘들어지는 특성을 가지는 목조건축양식의 문화재의 경우는 더욱더 초기 감지 및 초기 대응시스템이 절실히 요구될 것이며, 이러한 노력을 통하여 우리의 자랑스러운 문화유산이 후대에 온전하게 전달 될 수 있도록 하는 국가적인 헌신이 절실히 필요한 시점이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 2007년도 첨단도시개발사업(과제번호:07도시재생B04) 지원 사업으로 이루어진 것으로 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 연합뉴스, 2008년 2월 11일 송고기사
2. 송재철, “화재조사를 위한 기초연소과학과 화재지식”
3. 세계뉴스, “발화지점 적심인가 지붕 아래인가”, 2008년 2월 11일 기사