

# 목조건축문화재 연소특성 및 화재성상에 관한 연구

노삼규\* · 함은구\*\* · 김종성\*\*\*

## A study on the combustion characteristics and fire behavior of the wooden cultural properties

Roh, Sam Kew · Ham, Eun Gu · Kim, Jong Sung

### 요 약

문화재는 민족단위의 공동체적 문화자산이며 이를 보호해야할 의무가 있음에도 불구하고 2000년부터 2005년까지 사찰 및 문화재에서만 324건의 화재가 발생, 평균 60건 이상의 화재가 발생하고 있으며 그 중 전기화재가 124건, 방화 화재 20건이라는 화재 피해가 도출되었다. 그럼에도 불구하고 아직 목조건축문화재의 화재성상에 관한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 목조건축문화재의 화재예방을 위하여 2008년 일어난 승례문 화재 등을 토대로 목조건축문화재의 연소특성 및 화재성상에 관하여 살펴보았다. 이 후 실물화재 실험 등의 화재실험을 통하여 목조건축문화재의 연소특성 및 화재성상을 살펴볼 필요가 있다.

### 1. 서 론

문화재는 역사성 · 예술성 · 학술성 등의 정신적 가치를 가진 민족단위의 공동체적 산물로서 한 민족의 정체성을 표출함과 아울러 인류의 가장 보편적인 성격을 가지고 있는 인류생활을 이해할 수 있는 문화자산이다. 이는 우리 겨레의 삶의 예지와 숨결이 깃들어 있는 민족문화의 정수이자 인류의 자산인 문화재를 우선적으로 보호해야 할 의무가 있음이다. 그러나 통계에 의하면 2000년부터 2005년까지 사찰 및 문화재에서만 324건의 화재가 발생, 평균 60건 이상의 화재가 발생하고 있으며 그 중 전기화재가 124건, 방화 화재 20건이라는 화재 피해가 도출되었다. 이는 우리나라의 목조건축문화재의 화재예방의 문제점을 여실히 보여주는 상황으로써, 전국의 3,092개소나 되는 문화재의 현실을 나타낸다. 또한 가까운 일본 교토 소방국 자료를 보면 교토 시내의 문화재 건축물에 대한 1948년 ~ 1996년 사이에 발생한 96건의 화재에 대하여 살펴보면 방화 47.9%, 불장난 8.3%, 아궁이 7.3%, 모닥불 5.2%, 담배 5.2%, 전기 4.2%, 주방기구 3.1% 촛불 2.1%, 기타 16.7%를 나타내고 있다. 방화로 인한 발생비율이 높은 것은 문화재 건축물 화재 원인의 특이한 상황이

\*중신회원·광운대학교 건축학과 교수 roh@kw.ac.kr

\*\* 학생회원·광운대학교 건축공학과

\*\*\* 학생회원·광운대학교 건축학과

라 말할 수 있다. 국내의 경우에도 방화로 인하여 2006년 4월 26일에는 서울 창경궁 문정전과 수원 화성에서 화재가 두 건씩이나 발생하였음에도 불구하고 그에 따른 미흡한 대처로 인해 2008년 2월에는 국보 1호 송례문이 방화로 인하여 전소되는 비극이 일어나 사회적 전반에 큰 충격을 안겨주었다. 많은 사람들은 초기에 화재의 진압 가능성에도 불구하고 이런 비극이 일어난 문제점으로 목조건축문화재의 화재성상에 대한 전반적인 이해의 부족함을 지적하였다. 따라서 본 연구에서는 목조건축문화재의 연소특성과 화재성상에 대해 살펴보도록 한다.

표 1. 최근 3년간 목조건축문화재 화재사례

화재발생장소	화재일자	화재원인	사고내용
전남 구례 화엄사	2003.03.06	원인 미상 화재	목조건물, 소실
경북 울진 지장사	2003.04.16	아궁이 취급 부주의 추정	화기취급 부주의로 소실
경북 문경시 문수사	2003.04.17	전기 과부하	발화지점이 대웅전 우측천정부분
원주 구룡사 대웅전	2003.09.30	전기 누전 추정	대웅전 전소
무안 약사사 지장전	2004.01.01	방화	정신질환자가 방화로 인해 화재·금동지장불 500불, 칠성탱화 피해
양양 낙산사	2005.04.04	실화, 방화 추정	낙산사 동종 등 국가문화재 2점, 지방문화재 3점 등 소실
창경궁	2006.04.26	방화	문정전 문 1쪽 그을림
수원 화성 서장대	2006.05.01	방화	2층 누각 소실
수원 화성 서북각루	2008.01.17	방화	인근 역세 발 방화
서울 송례문	2008.02.10	방화	2층 누각 전소

## 2. 본 론

### 2.1 목조건축물의 연소특성 및 화재성상

화재가 많이 발생하고 사망자가 증가하는 현상은 건축물의 대형화, 구조의 전문화, 세분화 및 용도가 다양화되면서 새로운 재료들이 많이 개발되고 특히 건축구조 및 용도 등의 다변화에 따라서 내화재 등 그 종류도 상당히 다양해졌기 때문이다. 그러나 목재, 섬

유, 종이, 플라스틱 등 여러 내화재 중에서도 목재는 일반적인 가연물과는 달리 가연성이 뛰어나고 화재시 진압이 어려운 점이 많다. 보통 목조건물에서는 내장재가 타기 쉬운 가연물로 되어 있으므로, 순간적으로 최성기에 도달해서, 최고온도까지 급구배로 상승한다. 그리고 골조가 목조이고 개구부가 많으므로 공기의 유통이 좋기 때문에 격렬하게 연소하고, 최성기에 달하는 10분 내에 최고 약 1,100℃가 된다. 전체 화재소요시간이 20-30분에 불과하다. 이에 비해서 내화구조의 표준가열곡선을 살펴보면, 기밀성이 높기 때문에 비교적 낮은 800℃ 정도의 온도에서 화재계속시간이 평균 수시간으로 장시간 연소하게 된다. 따라서, 목조건축물의 경우에는 주요구조부가 목조로 되어 있어서 타기 쉬운 구조인 것이 많고, 출화하면 연소(延燒)확대가 빠른 것이 특징이라고 할 수 있다.

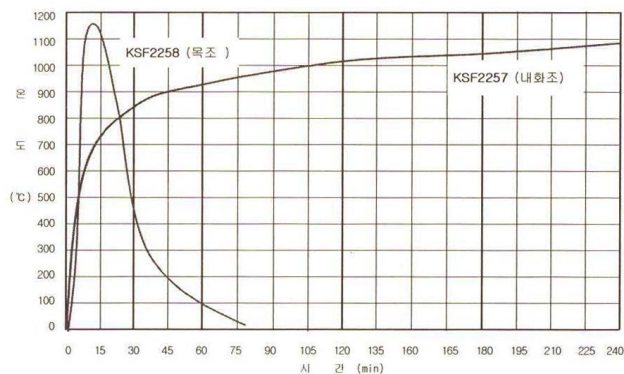


그림 1. 건축물 화재성장곡선 비교

## 2.2 목조건축물화재의 연소특성 및 화재성상

목조건축물화재의 경우, 일반적인 목조건축물과 비슷한 양상을 보이지만 승레문 화재로 보아 목조건축물화재만의 화재요인이 뚜렷이 나타난다. 그 중 적심부의 훈소 상태과정을 확인할 수 있다. 지난 2008년 2월 11일 새벽 승레문 화재사고 당시 외부 화재 진압은 이루어 졌으나, 지붕 내에 속하는 적심 아래쪽에 자칫밥(대팻밥)이 가득하여 작은 불씨가 연소와 훈소를 반복하면서 지붕위에서 화재를 전파하였다. 당시 외부에서는 불꽃을 볼 수는 없었고 단지 연소되는 연기만이 시야에 보일 뿐이었다. 화재원인의 유형에 따라 초기 연소의 확산 속도가 다소 다르지만 승레문 화재의 경우 다음과 같은 특징을 보인다.

- (1) 인화성 물질을 이용한 방화로 초기에 방화물질 자체가 연소하여 천정부에 순간적으로 이르러 불길의 개관과 서까래 사이의 틈에 스며들어 적심층에 자칫밥을 태워 장시간(2시간여) 연기를 방출하는 상황(훈소)으로 발전하여 화재성기에 이르러 불꽃을 천정부와 주포사이로 확산시켜 서까래가 무너지며 지붕 상부가 붕괴되는 현상으로 발전된 상태이다.
- (2) 목재의 종류에 따라 다소 차이가 있으나 가장 보편적인 목자재로서 적심의 경우

460~435℃에서 발화하며, 느티나무의 경우 426℃에서 발화한다. 단, 부재의 크기, 화면, 지속시간에 따라 본격적인 탄화가 가능한 지는 판단이 복잡하다.

(3) 지붕 내부의 구조는 개관 위 적심목과 자칫밥으로 구성되어 지붕 내 화염전파조건이 용이하다고 판단되나, 두터운 층으로 메워진 개흙과 강회층이 지붕상부로부터 공기 유입을 차단하기 때문에 훈소상태가 오랫동안 유지된 것으로 볼 수 있다. 시간대별로 보면 발화추정시간으로부터 연기가 확대되는 화재비상2호 발령까지 약 65분에 걸쳐 훈소상태로 화재초기에서 성장기로 볼 수 있고 불길이 처마외각부분으로 번지기까지 105분 화재최성기가 약 40분간 지속되었고 그 후, 지붕 붕괴시각까지 총 230분(3시간 50분)이 소요되었다.



그림 2. 적심부로의 화재 진행



그림 3. 목조건축문화재의 지붕구조

따라서 구조에 있어서 목조건축문화재의 특성을 살펴볼 필요가 있다. 현대의 건축물과는 다르게 건축물의 지붕 구조에 많은 중점을 두고 있어 가연물이 주로 위에 배치되는 현상이 나타난다. 이에 출화장소가 보편적으로 천장 부근에서 가장 많이 일어나고 외벽이나 바닥이 보조를 이룬다. 보통의 목조건축문화재가 그렇듯이 이번 승례문 또한 지붕에 많은 구조체를 가진 2층의 우진각지붕이었으며 화재로 인한 피해 역시 1층의 경우 약 10%정도 물리적 붕괴를 이루었지만 연소에 의한 피해는 거의 없는 상태로 양호한 상태로 2층과는 확실한 대조를 이룬다. 2층의 경우, 대부분이 소실 및 파손이 되어 1층으로 잔해물이 떨어진 상태이며 화재로 인한 피해 역시 크지만 붕괴로 인해서도 상당히 많은 피해를 입었다. 이를 살펴보면 목조건축문화재는 화재시 진행방향의 주가 되는 천정부로의 화재에 매우 취약하며 결과적으로는 화재시 심각한 피해를 이루게 된다는 것을 알 수 있다. 이에 지붕 구조에 대해 중점적으로 살펴볼 필요가 있는데 국내 목조건축문화재의 경우 크게 맞배지붕형식, 팔각지붕형식, 우진각지붕형식, 모임지붕형식으로 나뉘며 각기 다른 공포나 가구형식을 가진다. 적심부가 들어갈 경우 승례문 화재와 유사한 화재성상을 나타낼 것이라 예상된다. 즉, 적심부의 훈소과정이 일어나리라 판단되며 이를 위해 실험대형의 화재실험이 이루어져야 한다고 생각한다. 관계기관의 연구가 있긴 하지만 훈소과정을 검출해내기

위한 소방설비의 선택적 사양을 고려한 실험이 수행되어야 한다고 본다. 두 번째로 목재 부분에 주목할 필요가 있다. 목재의 수분 함수량이 증가하면 할수록 같은 온도를 상승시키는데 필요로 하는 열량이 많아진다. 일반적으로 가연물질의 15%이하인 경우 작은 불로도 화재가 일어날 수 있지만 이외의 경우에는 힘들다고 보아야 한다. 또한 적심부분의 목재는 고르지 못하고 개보수시 교체도 고려하는 바 이 부분 또한 고려해야 한다고 본다. 마지막으로 연소시간대별로 보면 발화 이후 초기 대응시까지 5~10분 정도 시간이 있는데 이 부분의 화재 대응을 위한 설비적인 방법론을 제시해야한다. 화재가 일어나더라도 방염체나 초기대응시스템 등 외부 억제 요인으로 어느 정도까지의 화재 대응이 가능한지의 판단이 필요하다.

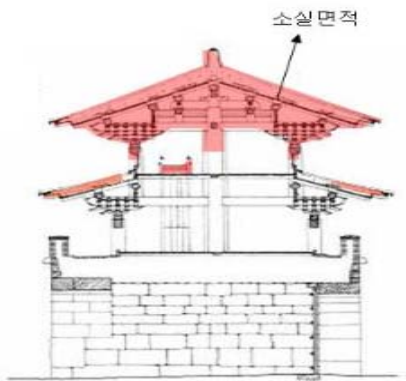


그림 4. 승례문 소실부분



그림 5. 목조건축문화재의 지붕의 종류

### 3. 결 론

목조건축문화재의 화재예방을 위하여 국내 목조건축문화재의 연소특성 및 화재성상을 파악하고자 본 연구를 통하여 다음과 같은 연구 결론을 얻었다.

- (1) 목조건축물의 경우 주요구조부가 목조로 되어 있어서 타기 쉬운 구조인 것이 많고, 출화하면 연소(延燒)확대가 빠른 것이 특징이라고 할 수 있었다.
- (2) 목조건축문화재 중 일부 구조물은 적심부를 가지는데 화재시 이 부분에 화염이 침투할 경우 훈소상태로 전환되어 다른 화재성상을 보였다.
- (3) 구조에 있어서도 목조건축문화재는 현대의 건축물과는 다르게 건축물의 지붕 구조에 많은 중점을 두고 있고 지붕구조에 대한 실험이 필요하리라 예상된다.

따라서 이러한 특징을 기반으로 향후 실물화재실험을 추진하여 목조건축문화재의 연소 특성 및 화재성상을 규명해야한다.

## 참고문헌

1. 문화재청 (2008). “목조문화재 화재예방 및 진화시스템 개발 연구” 연구보고서.
2. 문화재청. “알기쉬운 목조 고건축 구조” 단행본.
3. 김은진 (2002). “목조건축 문화재의 방재에 관한 연구” 경남대학교 학위논문.
4. 유용호, 권오상, 김홍열 (2008). “승례문 화재사고 실물 재현실험” 연구논문.
5. 소방재난본부 (2008). “서울 승례문 방화사건 종합보고서” 연구보고서.