

ISO 착화성 시험 방법에 의한 목재 시료의 착화 특성 연구

임 홍 순

〈방재시험연구소 연구원〉

1. 머리말

최근 목재의 안락한 느낌과 따뜻한 질감, 음향 등에 대한 반사나 잔향이 적다는 장점 때문에 쾌적한 주거 환경을 도모하기 위해 많이 사용되는 중요한 건축 재료가 목재이다. 그러나 건축 재료로서의 목재는 연소되기 쉬워 방화상 충분한 안전성 고려가 필요하다.

2. 시험 방법

ISO 착화성 시험 장치의 주요부는 〈그림 1〉에 나타난 바와 같이 라디에이터형의 전열 히터, 시료를 지지하는 기구, 시험체 표면부분으로 일정 시간 간격으로

Pilot Flame을 점염시키는 기구 등으로 구성된다.

또한 〈그림 2〉와 같이 알루미늄으로 포장된 165mm×165mm 크기의 석면판 위에 목재 시료를 놓고 중앙부에 140mm 직경의 원을 도려낸 알루미늄 호일로 전체를 포장하여 시험체를 만든다.

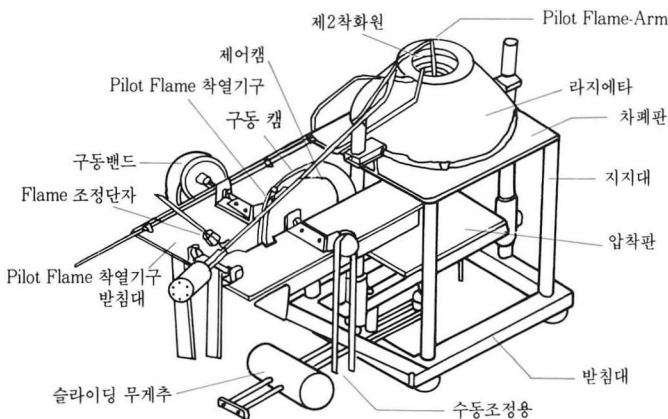
시험체는 전열 히터 아래에 설치하고 그 목재 시료 표면에 일정 강도(2W/cm²)의 방사열을 가하고 이때부터 시료 표면 위 1cm 위치에 4초 간격으로 Pilot Flame을 점염시킨다. 이것을 지속적인 착화가 일어나거나 가열 시작후 15분이 경과할 때까지 계속한다. 시험 도중에 Flash(지속적이지 아닌 일시적인 불꽃 착화 현

상)의 발생, 기타 변화 특성을 관찰한다.

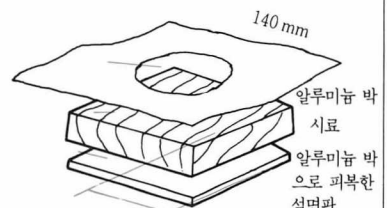
시험체에 가하는 방사열의 강도는 전열 히터에 공급하는 전력을 가감하여 조정하며 Pilot Flame 버너에는 공기 200ml와 프로판 가스 20ml가 각각 공급된다.

하나의 시험이 끝난후 다음 시험까지의 간격은 약 40초 정도의 시간을 두어 방사열 강도가 일정하게 되도록 충분히 안정시킨다.

금번 ISO 착화성 시험을 실시한 목재 시료는 두께 13mm의 소나무, 잣나무, 입쌀나무, 리기다, 상수리 나무, 해송, 잣나무, 이태리나무 등 8수종으로 모두 국내 산림에서 생산된 것이며, 무처리된 것을 표면을 평활하게 마무리하였다. 이 목재 시료는 시험에 앞서 100℃의 건조로에서 72시간 완전 건조후, 20℃, RH 30%에서 120시간과 20℃, RH 90%에서 172시간 각각 양생하였으며 이 때 목재 시료의 비중과 함수율



〈그림 1〉 ISO 착화성 시험 장치 주요부



〈그림 2〉 시험체 제작 조립도

〈표 1〉

| 시료명 | 습도 | 비 중 | 함수율 (%) | 착화시간(초) | Flash(회) |
|--------|-----|-------|---------|---------|----------|
| 소나무 | 30% | 0.382 | 7.5 | 140 | 2.2 |
| | 90% | 0.476 | 23.3 | 412 | 4.6 |
| 잣나무 | 30% | 0.424 | 7.1 | 151 | 2.0 |
| | 90% | 0.513 | 20.1 | 503 | 14.6 |
| 입갈나무 | 30% | 0.703 | 10.3 | 309 | 10.2 |
| | 90% | 0.764 | 21.5 | 683 | 19.2 |
| 리기다 | 30% | 0.531 | 9.7 | 267 | 4.8 |
| | 90% | 0.599 | 20.4 | 575 | 6.8 |
| 상수리 나무 | 30% | 0.714 | 2.7 | 207 | 5.2 |
| | 90% | 0.762 | 9.3 | 598 | 20.0 |
| 해송 | 30% | 0.379 | 5.0 | 126 | 1.6 |
| | 90% | 0.417 | 16.7 | 303 | 5.6 |
| 젓나무 | 30% | 0.374 | 5.9 | 174 | 2.2 |
| | 90% | 0.409 | 18.3 | 291 | 2.6 |
| 이태리 나무 | 30% | 0.393 | 5.1 | 114 | 2.2 |
| | 90% | 0.434 | 17.2 | 311 | 1.8 |

註 1) 상기 습도는 20℃일 때의 상대습도(RH%)의 양생 조건을 나타냄.

註 2) 상기 시험 결과 값은 각각 5회의 평균값을 나타냄.

도 함께 산출하였다.

이번 실험에서 설정한 방사열 강도는 방화 공학상 ‘목재 출화위험 온도’인 260℃ 이상의 온도로서 본 ISO 착화성 시험 가열 단계(1~5W/cm²) 중 가장 근접된 강도인 2W/cm²로 정하였다.

3. 시험 결과 및 분석

ISO 착화성 시험 방법에 따라 시험을 행한 결과, 〈표 1〉과 같이 나타났으며 이를 내용별로 세부 분석·검토하였다.

가. 착화 연소 현상 관찰

시험체 표면에 방사열(2W/cm²)를 가하면 청백색의 연기 형태로 열분해 생성물이 발생한 후, 그 목재 표면이 다갈색으로 변색되며, 이후 착화할 때까지 또는 15분이 경과할 때까지 시험체 표

면에는 큰 갈라짐, 박리현상 등은 생기지 않았으며 다만 작은 갈라짐이 생긴다든가, 소량의 수분이

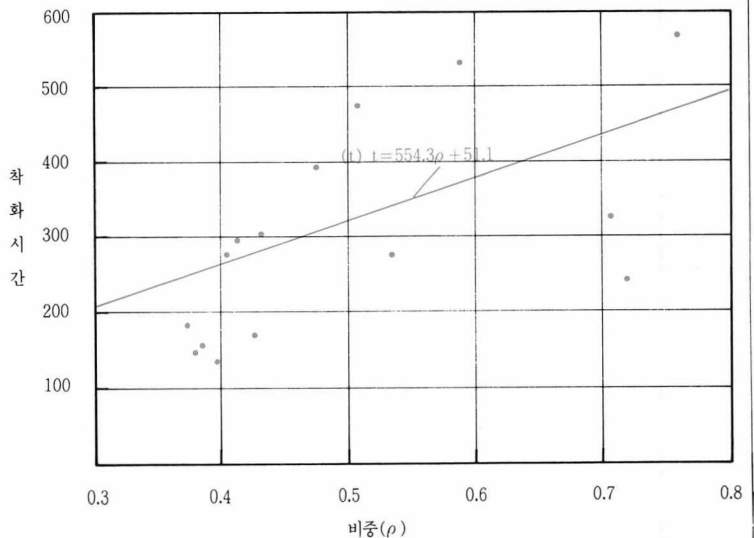
스며나오는 것이 발견되는 정도였다. 시험 종료 후 시험체 표면에 남은 탄화 깊이는 그 경계가 명확치 않아 정확한 수치를 나타낼 수 없으나, 금번 실험에서 방사열 강도인 2W/cm² 조건하에서의 최고 깊이는 2mm 정도였다.

한편, 시험된 목재시료중 침엽수가 활엽수보다 착화시간에 대체로 길게 나타났는데, 이는 침엽수의 목질세포가 활엽수보다 치밀하여 비중이 상대적으로 높아진 때문으로 비중에 관련된 착화특성은 다음 항에서 기술하였다.

나. 목재 비중과 착화 시간

목재 시료 8종류에 대한 비중(ρ)과 착화 시간(t)의 상관 관계를 도식하여 보면 〈그림 3〉와 같으며, 표시된 각각의 점들의 분포 관계를 회귀함수로 계산하여 나타내면

$t = 554.3\rho + 51.1$ 로 나타낼 수 있다.(t : 착화시간(초), ρ : 양생후 목재 비중)

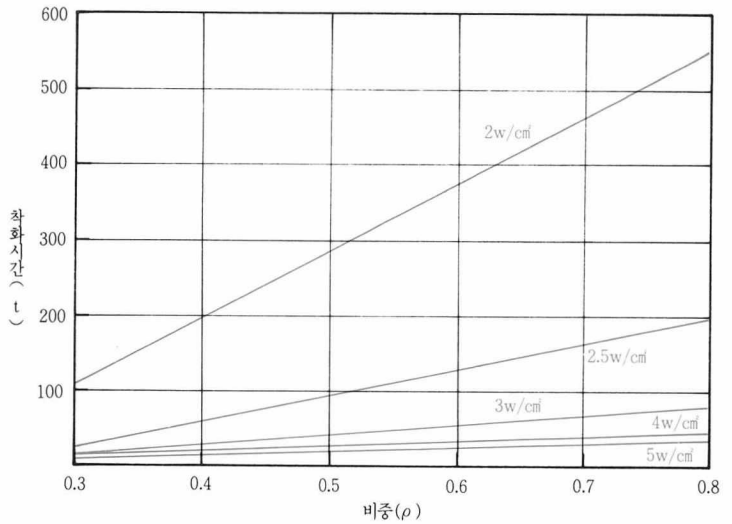


〈그림 3〉 목재 비중에 따른 착화시간 (방사열 : 2W/cm²일 때)

이는 착화시간(t)이 비중(ρ)에 따라 일정 구배를 가지고 변화하는 것을 보여주고 있으며 다만, 각 점간의 분산폭이 크게 나타난 것은 방사열 강도가 $2W/cm^2$ 로 비교적 낮은 수준이기 때문으로 판단된다. 이미 건재 시험 센터에서 시험 보고한 내용(건재시험정보 v.11,1988)에 따르면 방사열 강도가 커질수록 일정 구배를 가진 회귀함수에 근접하여 나타나는 것으로 보고하고 있다. 따라서 방사열 강도가 커짐에 따라 착화 시간의 비중에의 의존도가 커지며, 특히 목재류의 착화성의 차이는 그 비중에 영향을 받는 것으로 생각할 수 있다.

한편 이번 실험에서는 방사열로서 $2W/cm^2$ 만을 사용하였지만 이미 보고된 바에 따르면 방사열 강도의 변화에 따라 착화·비중관계 회귀함수의 구배가 달라지는데 이를 도식하여 보면 <그림 4>와 같다.

위 <그림 4>에 나타난 결과에



<그림 4> 방사열 강도($2W/cm^2$)에 따른 착화·비중관계 곡선

서 방사열 강도가 높을수록 비중의 착화 시간에 미치는 영향을 적어지며, 방사열 강도가 낮아질수록 목재의 비중이 커질수록 방화적으로 안전하다고 판단된다.

다. 목재 함수율과 착화 시간

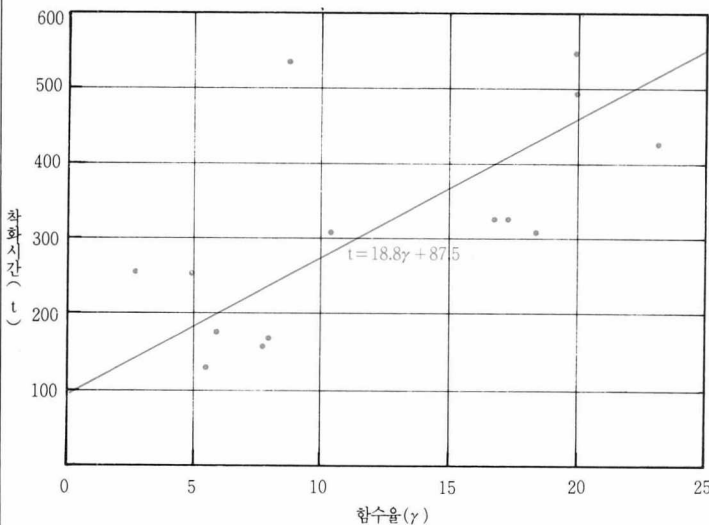
목재 시료 8종류에 대한 함수율(γ)과 착화 시간(t)의 상관 관계를 도식하여 보면 <그림 5>와

같으며, 표시된 각각의 점들의 분포 관계를 회귀함수로 계산하여 나타내면

$t = 18.82\gamma + 87.5$ 로 나타낼 수 있다.(t:착화시간(초), γ :함수율(%))

위의 <그림 5>에서도 목재 비중·착화 시간 관계에서와 같은 특성을 보여 주고 있으며, 함수율이 커질수록 착화시간이 커진다. 더욱이 이번 실험에서 나타난 상대 습도에 따른 함수율의 변화를 보면 $20^\circ C$, RH 30%일 때 평균 함수율은 6.6%이고, $20^\circ C$, RH 90%일 때 평균 함수율은 18.3%로서 큰 영향을 보이고 있다. 이는 날씨가 건조한 봄에 산불 화재 등 목재 화재가 많은 것은 목재 함수율과 관련하여 판단하면 이해할 수 있는 일이다.

한편 가열 강도에 따른 함수율과 착화 시간의 관계를 기보고된 내용에서 보면 <그림 6>과 같다. 이 결과에서 가열 강도가 높을수록 함수율이 착화시간에 미치는 영향은 적어지는 것으로 나타났



<그림 5> 함수율

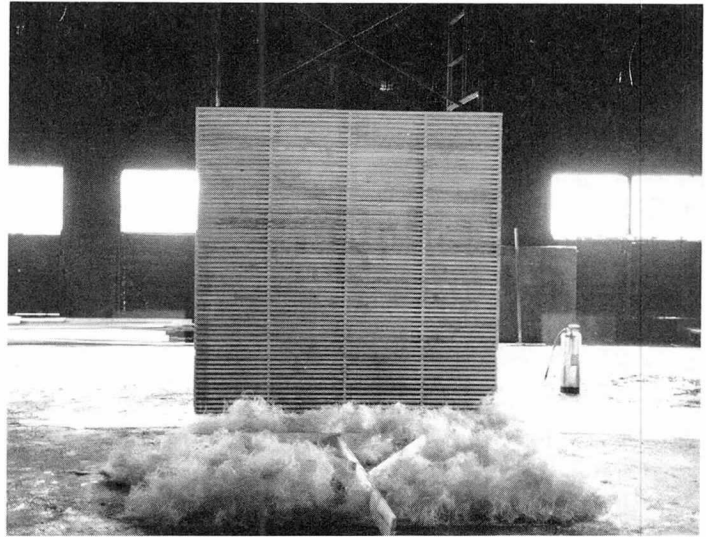
다.

라. 목재 비중과 함수율과의 상관 관계

앞서 서술한 목재 비중과 함수율이 착화 시간에 미치는 영향은 유사한 특성을 보이고 있는데, 이는 목재 비중과 함수율이 어떠한 상관관계를 가지는 것으로 생각된다. 이를 파악하기 위하여 비중에 따른 함수율 분포를 도식하여 보면 <그림 7>와 같이 일정 구배를 가진 직선을 중심으로 분포되었다. 이는 목재 비중이 함수율의 증감에 크게 영향을 받는 것을 나타내 주는 것으로 판단된다. 고로 목재 비중과 함수율은 모두 목재의 착화 특성을 결정하는 중요한 요인이다.

4. 결 론

국내 산림에서 생산된 목재 8 종류에 대한 ISO착화성 시험을 실시한 결과, 가열 조건 및 시료 등의 극히 한정된 조건하에서 그 착화 특성을 충분히 밝혀내는데는 아쉬움이 남지만 금후 목질 재료



의 착화 특성 연구와 난연화 효과 등에 대한 기본 발판이 되었으면 한다.

그 실험 연구 결과를 요약하면

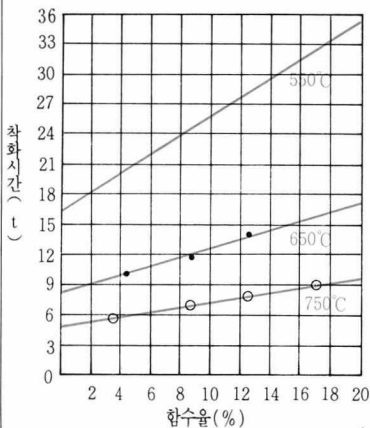
① 목질 재료의 착화 시간은 목재 비중에 크게 영향을 받으며, 목재 종류에 따른 차이는 그 비중의 차이로 인해 일어난다고 볼 수 있다.

② 목재 비중은 함수율에 의해 영향을 받으며, 함수율에 따른 착

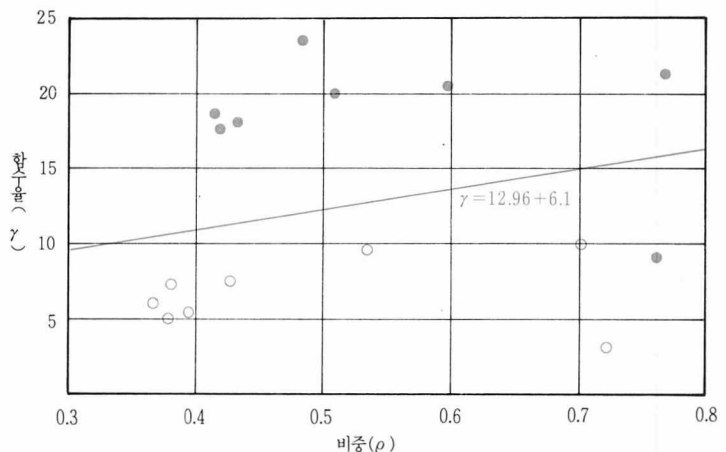
화 시간의 차이는 함수율에 의한 목재 비중의 증감이 착화 시간에 영향을 주므로 인해 생기는 차이로 볼 수 있다.

③ 목재 함수율은 대기중 습도에 따라 크게 영향을 받는다. 따라서 대기 중 습도의 변화에 따라 착화 특성도 변한다.

④ 가열 강도가 높을수록 목재 비중 및 함수율이 착화 시간에 미치는 영향은 줄어든다. (㉞)



<그림 6> 가열 강도에 따른 함수율의 착화 시간과의 관계



<그림 7> 목재 비중에 따른 함수율 분포