

# 콘칼로리미터를 이용한 구조용 목재의 탄화 특성

## Charring Properties of Structural Timbers using Cone Calorimeter

홍성인<sup>1,2</sup> · 안재홍<sup>3</sup> · 최윤정<sup>3</sup> · 김병일<sup>4\*</sup>

Hong, Seong In<sup>1,2</sup> · An, Jae Hong<sup>3</sup> · Choi, Yun Jeong<sup>3</sup> · Kim, Byoung il<sup>4\*</sup>

**Abstract** : In this study, charring properties such as charring layer and mass change of wood with temperature were investigated through cone calorimeter test on douglas-fir, which is representative of various wood structures. the results showed that ignitions at 390 degrees and a charring layer is formed.

**키워드** : 콘 칼로리미터, 탄화 특성, 더글라스 퍼

**Keywords** : cone calorimeter, charring properties, douglas-fir

## 1. 서론

### 1.1 연구의 목적

2023년 7월, 국제연합(UN)은 지구온난화를 넘어선 ‘지구열대화’를 선언하였으며, 탄소배출 저감이 중요한 과제로 대두됨에 따라 건설시장은 철, 콘크리트 등의 기존 건설자재를 대체할 수 있는 목재에 주목하고 있다. 목재는 단위 입방 미터당 250kg의 탄소를 저장할 수 있으며, 이러한 특성을 통해 대기 중의 이산화탄소를 흡수 및 저장이 가능하나, 일정 기간이 지나면 탄소 흡수 능력이 저하된다. 노령화된 목재의 활용성을 향상하기 위해서는 탄소 저장 기간이 긴 건축재료로 이용이 확대되어야 하며, 특히 건축물의 구조 부재의 크기가 크기 때문에 다량의 목재를 소비할 수 있다는 장점이 있다.

국내 표준 규격인 KS F 1552[1]에 의하면, 화염에 노출된 목재 부분이 열 분해되어 탄화층을 생성하는 온도인 탄화 온도는 목재의 경우 200°C 부근에서 시작하며, 탈수 반응을 거쳐 무산소 조건에서 진행되는 것으로 명시되어 있다. 그러나 목재 특성상 성장하는 지역의 온도, 기후 조건 등 식생 환경에 따라 탄화 특성의 차이가 발생할 수 있다. 이러한 동일 수준의 기초적인 식생 환경에 따른 탄화 특성에 관한 연구가 매우 미미한 실정이다.

본 연구에서는 다양한 목구조에서 대표적으로 활용되는 미송인 더글라스 퍼(Douglas-fir) 제재목을 대상으로 콘칼로리미터법(KS F ISO 5660-1)[2]을 이용하여 온도에 따른 탄화 형태, 목재의 질량 및 함수율 변화 등과 같은 탄화 특성에 대하여 고찰하고자 한다.

## 2. 시험개요

### 2.1 시험체 선정

목재의 탄화 특성을 관찰하기 위하여 더글라스 퍼 제재목을 대상으로 진행하였으며, 100×100×50 mm(가로×세로×두께) 크기로 시험체를 제작하였다. 또한, 목재의 표면 온도 측정을 위하여 열원에 대한 노출 표면의 중앙부로부터 35 mm 이상 떨어진 위치에 K타입 열전대를 설치하였다. 시험체의 밀도(g/cm<sup>3</sup>) 및 질량(g), 함수율(%)은 표 1과 같다.

### 2.2 시험 방법

콘칼로리미터 시험은 한국산업규격 KS F ISO 5660-1에 의하여 수행하였다. 시험 조건은 온도 23 ±2°C, 상대 습도 50 ±5%로 유지하였으며, 각 온도별 탄화 특성 측정(열유속 50 kW/m<sup>2</sup>, 가열시간 600초)을 통하여 목재의 탄화 형태와 표면 온도 등을 데이터 로거를 활용하여 관찰하였다. 콘칼로리미터 시험 장비의 제원 및 시험 사진은 그림 1과 같다.

1) 한국건설기술연구원, 연구원

2) 서울과학기술대학교, 석사과정

3) 한국건설기술연구원, 수석연구원

4) 서울과학기술대학교, 부교수, 교신저자(bikim@seoultech.ac.kr)

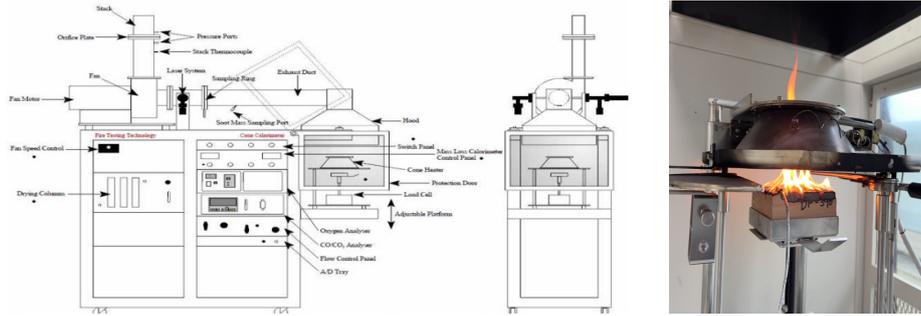


그림 1. 콘칼로리미터 시험장비 및 시험 사진

### 2.3 시험 결과

콘칼로리미터 시험 결과, 표면 형태의 변화를 확인하였을 때 그림 2와 같이 300°C부터 열분해 과정을 거쳐 390°C부터 착화가 발생되어 탄화층이 형성된 것으로 관찰되었다. 또한, 표 2와 같이 온도가 높아질수록 질량 변화율이 더 큰 것으로 확인되었으며, 함수량 변화에 대해서는 유의미한 차이를 보이지 않았다.

※ Douglas-fir 약자를 DF로 표기

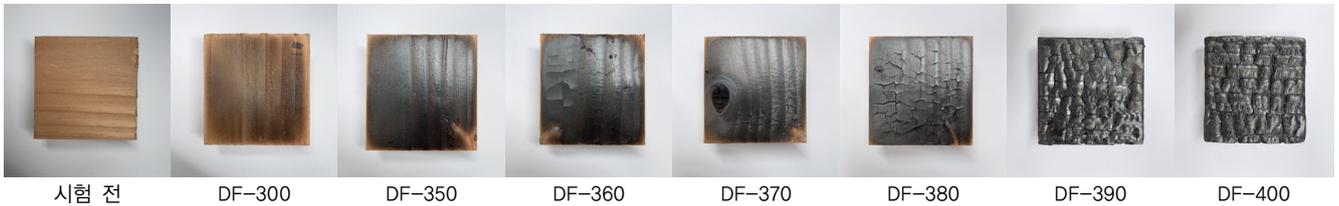


그림 2. 콘칼로리미터 시험 후 온도별 시험체의 탄화 형태

표 1. 시험체 선정 및 시험 조건

시험체명	설정온도 (°C)	밀도(g/cm³)	질량(g)	함수율(%)
DF-300	300	0.45	224.2	13.4
DF-350	350	0.46	227.5	13.9
DF-360	360	0.47	232.4	13.5
DF-370	370	0.54	265.3	12.3
DF-380	380	0.46	228.6	14.0
DF-390	390	0.48	240.2	13.4
DF-400	400	0.46	226.1	13.3

표 2. 설정온도별 콘칼로리미터 시험 결과값

시험체명	질량 변화율(%)	함수율 변화율(%)	착화 여부
DF-300	97.86	94.2	×
DF-350	96.97	93.6	×
DF-360	96.47	94.5	×
DF-370	96.65	95.3	×
DF-380	95.76	93.8	×
DF-390	93.09	94.4	○
DF-400	91.73	94.4	○

### 3. 결론

본 연구에서는 미송인 더글라스 퍼 제재목을 대상으로 콘칼로리미터 시험을 수행한 결과, 390°C부터 착화가 발생되면서 탄화층이 형성되는 것으로 나타났으며, 온도가 높아질수록 열분해 과정이 활발해지면서 질량 변화율이 커지는 것을 알 수 있었다. 본 연구를 토대로 향후 다른 국내산 목재에 대한 탄화 특성을 연구하는데 참고 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

1. KS F 1552. 목재 관련 용어-목조건축. 한국산업표준. 2022. 15 p.
2. KS F ISO 5660-1. 연소성능시험-열방출률, 연기발생률, 질량감소율-제1부: 열방출률(콘칼로리미터법) 및 연기발생률(동적측정). 한국산업표준. 2021.
3. 안재홍 외. 고온에 노출된 국내산 낙엽송 구조용 집성재 기둥의 탄화 특성. 한국건축시공학회지. 2023. p. 23-33.