

## 화재안전 데이터베이스 구축을 위한 콘칼로리미터의 활용성 연구

홍화영\* · 이종성\* · 박수진\* · 권인규\*\*

\*강원대학교 소방방재공학전공 대학생, \*\*강원대학교 소방방재공학전공 교수

### Study on the Application of Cone Calorimeter for Building of Data-Bases for Fire Safety

Hwa-Young Hong\* · Jong-Sung Lee\* · Su-Jin Park\* · In-Kyu Kwon\*\*

#### 요 약

오늘날 대부분의 화재조사의 기본 원칙은 숫자를 찾는 데 목적이 있고, 화재의 중요한 양상을 묘사할 수 있는 물리학적으로 정확한 경험식과 하나의 모델로 바꾸는 데 가치를 두고 있다. 화재는 일반적으로 화재 초기에 발생하는 열이 상호작용 과정에 의해 성장하며, 이 간단한 과정이 화재 성장률을 결정하며, 그 예측을 어렵게 한다. 그러므로 화재성장에서 대부분의 모델은 경험으로부터 정해지게 되는데, 그 모델은 매우 제한적이다.

콘칼로리미터는 특별히 노출된 부분에서 중요한 재료 특성의 변화 수치를 얻을 수 있으며, 측정기준은 발화, 질량손실률, 열 발생률, 연기 발생률, 가스 분석 등이며, 이 모든 측정은 테스트의 시작에서 끝날 때까지 실행되며, 이는 발화 전, 발화 후를 모두 포함한다.

국내외 콘칼로리미터의 연구를 비교, 분석하여 화재안전 데이터베이스 구축에 활용되는 콘 칼로리미터의 중요성 평가를 본 연구의 목적으로 한다.

#### ABSTRACT

Fire has developed from the inter-action of heat at the early state and it is very difficult to estimate the magnitude of the fire. Cone Calorimeter can obtain the important material properties from the exposed part of it. It can be contained that ignition, loss of mass, heat release rate, smoke

generation, and gas analysis.

The purpose of this study is emphasize on the properties of structural steels in terms of physical, mechanical and that will be important way to build the databases of fire safety.

**Keyword** : Cone Calorimeter, Fire safety, Structural steel

## 1. 연구의 목적

대부분의 화재 성장 모델은 일반적으로 경험을 바탕으로 정해지고, 오직 한 종류의 연료와 오직 한 종류의 시나리오를 위한다. 물론, 설명할 수 있는 전형적인 화재양상을 예측할 수 있는 모델이 있지만, 점점 화재 상황은 더 다양해지는데 그러한 새로운 시나리오를 예측할 수 있는 모델은 거의 없다.

우리는 화재초기에 발생한 열과 그 상호작용에 따른 화재 양상을 예측하기 위해서, 구조용 강재 등의 물리적·기계적 특성을 밝히는 것이 필수적이라 생각하였다. 따라서 이 연구를 통해 그 특성을 파악하여 화재 양상의 예측을 용이하게 하고, 그 피해를 줄이고자 콘칼로리미터를 활용하는 것이 필수적임을 밝혔다.

## 2. 연구의 내용

### 2.1. 콘칼로리미터의 사용방법

콘칼로리미터의 근본적인 발상은 노출된 특정 지역에서 주어진 중요한 물질 특성의 양적 수치를 얻는 것이다. 테스트에 반영된 전기적 콘으로부터의 발광 때문에 표본 표면은 표면 위로 균등히 분배되고, 얻어진 수치는 구역 단위 당 주어진다.

콘칼로리미터에서 측정 기준은 발화, 질량손실률, 열 발생률, 연기 발생률, 그리고 가스 분석을 포함한다. 발화 측정은 단지 테스트 샘플 위에서 일어나는 불안정한 화염 또는 안정한 화염까지 시간의 시각적인 관찰이다. 측정의 나머지는 테스트의 시작으로부터 테스트가 끝날 때까지 얻어지는 측정의 시간에서 결정된다. 즉, 발화 전화 후 둘 다를 말한다. 발화 전의 값은 주로 매우 낮다. 이것은 소음으로부터 그것을 결정하기 매우 어려울 수 있다는 것을 의미한다. 생산 값은 후에 생산물 사이에서 측정된 값을 좀 더 쉽게 비교할 수 있기 위해, 특정한 시간 주기의 평균 값으로 환산하여 표현될 수 있다.

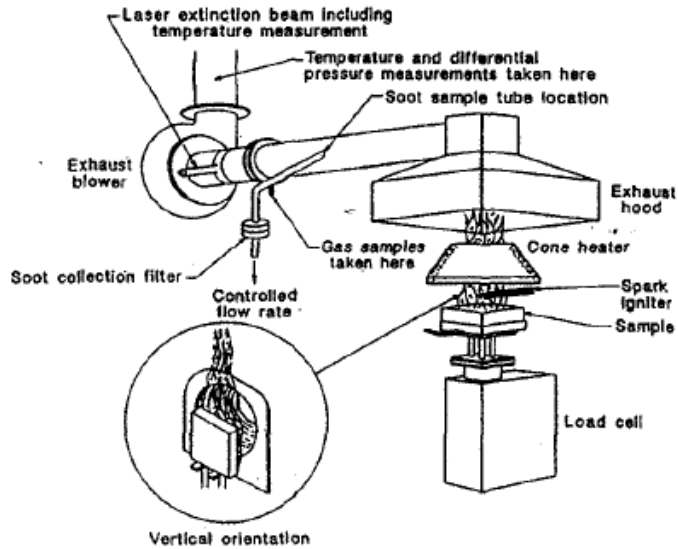


Figure 1. Construction of Cone Calorimeter.

## 2.2 국내 연구사례

### 2.2.1 콘칼로리미터법과 화염전과 시험법의 발열량 평가 비교

이 연구에서는 현재 발열량 평가방법으로 가장 보편적이며 신뢰성 있는 방법은 연소과정에서 사용되는 산소소비량을 측정하여 발열량을 계산하는 콘칼로리미터법이라고 하며, 온도검지기를 활용하여 온도상승률을 이용해 발열량을 계산하는 화염전과 시험법과 콘칼로리미터법을 비교하였다. 발열량 평가를 위하여 사용되는 산소소비량 측정법과 온도상승률 측정법을 상호 비교평가 하여 시험법의 신뢰성과 상관성을 다섯 종류의 동일 재질 시편을 두 가지 시험방법에 따라 평가해 보고, 그 결과를 통하여 두 장비에서 평가된 결과를 비교하고 상관성을 조사하였다.

결과적으로, 다섯 종류의 시편으로는 두 시험 간의 상관식을 유추할 수 없었으며, 콘칼로리미터의 경우 콘 히터에 설정된 복사열이 시험이 종료될 시점까지 일정하게 종료되지만, 화염전과 시험기의 경우 화염이 진행하면서 시편이 받고 있는 복사열이 감소하는 것이 그 이유였다. 이 시험을 통하여 장비 및 환경조건에 대한 보정이 필요하지 않은 콘칼로리미터 방법에 의한 평가의 재현성이 화염전과 시험법에 의한 평가보다 더 우수하다는 것을 확인하였다.

### 2.2.2 콘칼로리미터를 이용한 내장판용 복합재료의 화재특성

이 연구는 내장관에 적용된 재료별 화재성능을 콜 칼로리미터를 이용하여 발열량 및 연기 방출율을 측정하여 결과를 비교하였으며, 또한 재료특성에 따른 플래쉬 오버에 대한 경향을 예상하는 기준을 적용하여 콘칼로리미터를 이용하여 측정한 시편에 대한 화재 특성 평가에 새로운 기준을 적용하고자 했다

연구 결과, Petrella의 발열량(H.R.R)을 이용하여 플래쉬 오버에 기여하는 경향을 판단하는 기준을 적용하여 복합재료별 화재특성을 파악할 수 있었으며, 이를 이용하여 콘칼로리미터의 기준으로 활용할 수 있을 것으로 보였다. 이를 보아 콘칼로리미터로부터 얻어진 데이터가 화재특성 파악에 좋은 기준이 될 수 있다는 결론이 보였다.

## 2.3 국외 연구사례

### 2.3.1 질소공기에서 콘칼로리미터로부터의 질량 손실률 분석

이 연구에서 콘칼로리미터는 화재시험방법에 대해 가장 공통적으로 진보된 상호작용이므로 콘칼로리미터에서 실행된 시험으로부터의 시험결과는 비교적 쉽게 접근가능하며, 널리 퍼졌다고 했다.

그 데이터는 일반적으로 물질의 연소행동과 발화의 분석에 사용되나 현재 이러한 자료는 열분해 모델에서 경험주의적인 “범주모델”의 입력 데이터 또는 증명과 “조율”자료로써 사용되며, 만약 그 자료를 실제 열분해 모델에 사용하는 것이 가능하다면, 그것들은 더 쉬워질 것이다. 콘칼로리미터 자료에 기초를 둔 경험주의적 열분해 모델은 많은 이점을 가지고 있다. 모델의 발전은 이용 가능한 많은 데이터가 있기 때문에 더 쉬워질 것이고, 완전한 모델의 사용자에게 입력값이 바로 가까이에 있다는 것은 필수적이다. 널리 퍼진 장치로부터의 시험자료가 사용된다면 특정물질에서 이용 가능한 자료를 찾는 기회 또는 새로운 물질에서 새 실험을 수행할 수 있는 가능성은 물론 훨씬 더 높을 것이다.

### 2.3.2 구조용 강재-A의 물리적 특성에서의 온도의 영향

이 연구에서는 20~1000℃ 범위에서 온도와 함께 구조용 강재의 물리적 특성이 변하는 방법을 설명하는 데이터에 기술적인 문헌의 포괄적인 연구를 분석하여, 가열하는 동안, 여러 변형은 항상 약 900℃까지 완료되며 그 후 열팽창성, 비열, 열전도성은 온도 상승과 함께 천천히 증가하며, 밀도는 온도 상승과 함께 계속해서 작아진다는 결론을 얻었다.

이러한 결론을 얻기 위한 실험 데이터는 모두 콘칼로리미터를 이용한 실험으로부터 얻어졌으며, 그 열팽창성, 밀도, 비열 등은 구조용 강재의 특성을 밝혀 화재양상의 예측에 도움이 되는 특성/온도 관계가 얻어졌다.

### 3. 결론

화재 모델링에서 꽤 종종 상호작용하는 물질이 있는 방이나 다른 꼭 막힌 곳에서의 화재를 어림잡는 것을 바란다. 이것을 가능하게 하기 위해서 콘칼로리미터 시험에서의 상황을 화재 모델링 시나리오에서의 상황에 관련짓는 것을 반드시 가능하게 해야 한다. 콘칼로리미터 시험에서와 화재 모델링 시나리오에서의 상황이 무질의 연소와 가연 동안에 시간에 따라 변화하기 때문에, 물질의 행동은 잘 설명되고, 시간 또는 질량이 할 수 있는 물질에서의 상황을 설명하는 변수의 역할로써 주어지는 것이 필요하다.

국내에서는 건축·철도·자동차 기타 분야에서 콘칼로리미터를 활용하여 물질 특성 값을 얻는 연구를 통하여 화재를 예측하는 데 기여하고 있으며, 국외에서도 마찬가지로 콘칼로리미터를 활용한 온도에 따른 구조용 강재의 변화에 대한 여러 종류의 연구를 통하여 그것의 물리적·기계적 특성을 더욱 상세히 밝히는 논문이 발표되고 있다.

이와 같이 국내외에서 콘칼로리미터를 활용한 연구가 진행되고 있는 가운데, 앞으로는 콘칼로리미터의 활용방안을 개선하고 그를 이용한 연구를 끊임없이 해야 할 것이며, 이를 통해 현재보다 더 발전적인 화재안전 데이터베이스를 구축해야 할 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 논문은 2011년도 국토해양부 연구비지원(초고층복합빌딩사업단의 3핵심연구과제 PBD기반 내화설계기준 개발)에 의한 연구결과의 일부분입니다. 연구지원에 도움을 주신 모든 분께 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Ulf Göransson, "Determination of Material Properties for Fire Modelling", Doctoral Thesis, Lund (2005)
2. 조희기, 이철규, 이동우, 정우성, 이덕희, "콘칼로리미터법과 화염전파 시험법의 발열량 평가 비교", 한국철도학회, 추계학술대회논문집, pp.21~26(2005).
3. 이철규, 정우성, 이덕희, "콘칼로리미터를 이용한 내장판용 복합재료의 화재특성", 한국철도학회, 22호, pp140~144(2004).