

실내가연물의 화재 성상에 관한 연구

김 흥 · 함상근

호서대학교 안전공학부

1. 서론

화재는 여러 가지 요인들에 의해 복합적으로 작용하는 현상이다. 특히 건물화재는 다분히 3차원적이고 무수히 많은 변수들에 의해 그 피해 규모가 급속히 커져가고 있는 추세에 있다. 건물화재는 각 국가의 고유한 사회 문화적 수준과 환경에 따라 큰 차이가 있으므로 선진국의 연구결과를 그대로 국내의 상황에 적용하는 데는 다소 무리가 있다. 따라서 좀 더 많은 실험을 통한 우리의 환경에 좀 더 가까운 실험 데이터 및 결과가 필요하다. 화재성상의 중요한 구성요소 중의 한가지인 화재하중 및 각 재료별 화재특성에 관한 연구는 화재의 규모를 예측하는데 중요한 요소중의 하나로써 이는 앞서 서술한 사회 문화적 수준 및 환경에 따른 종류 및 사용장소에 따른 종류가 상당히 많다. 따라서 건물의 내장재중 마감재로써 일반적으로 많이 쓰여지는 벽지, 목재 합판, 커튼, 장판 등을 NES 713의 측정방법으로 독성 평가 및 화염의 특성 등을 측정하였다. 우선 동일한 조건에서 각 시료의 무게를 달리하여 시료별 O₂(%) 및 CO(ppm) 농도를 측정하였으며, 밀폐시 온도 분포 및 배기시 유독가스 및 온도의 변화 등을 살펴보았다.

2. 실험 장치

시료의 유독가스 측정을 위하여 NES 713을 적용하여 내용적 110×80×80(0.704cm³), 화원은 LPG로 하였다. 그리고 연소의 진행에 따라 시료의 무게 감소율을 측정하여 각 시료의 열량을 서로 비교하기 위해 Quintiere의 Furniture Calorimeter를 응용하여 저울을 연소장치 내부에 장착하여 시간별 무게 감소율을 측정하였다. 또한 연소장치 내부 및 옆면, 상부, 배기 통로에 thermocouple을 설치하여 온도의 변화를 측정하여 각 시료의 열량 등을 서로 비교하였다. 배기부의 배기 용량은 약1.8 l/sec이고, 가스의 측정은 ENERAC 2000을 사용하였으며 가스농도 측정장치를 배기부에 설치하여 시간별 배기가스의 농도를 측정하였다.

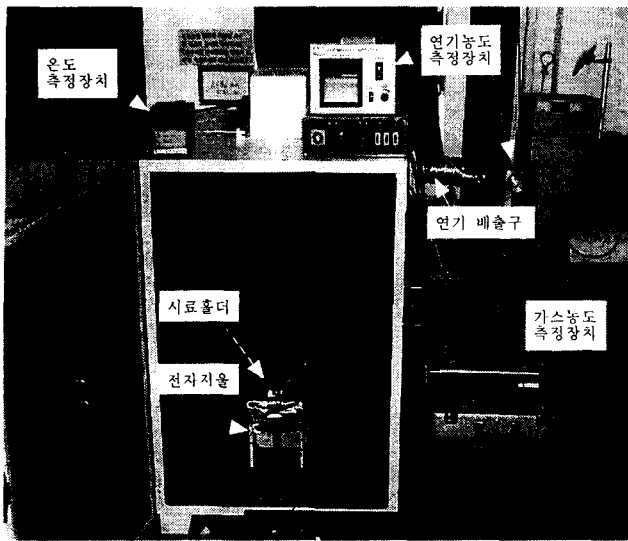


Fig. 1 실험장치.

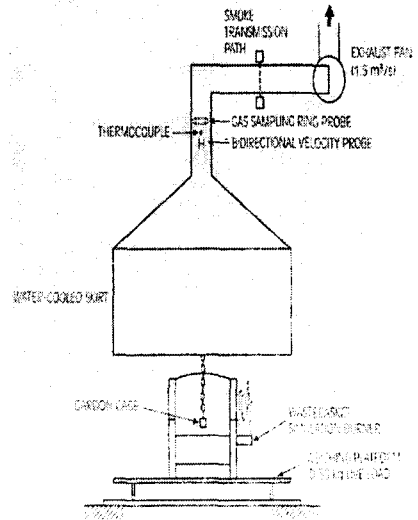


Fig. 2 The Furniture Calorimeter.

3. 실험 방법

시료는 목재 합판, 장판 및 벽지를 각각 5, 10, 15g씩 준비하였으며 각 시료는 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 24시간 이상을 건조한 후에 실험을 하였다. 먼저 시료를 제외한 Bunsen burner만의 온도에 의한 연소장치 내부 및 배기부의 온도변화를 측정하였으며 그 결과는 연소장치 내부의 평균 온도가 6분 후 약 43.4°C , 배기부의 온도가 약 67.5°C 로 상승되었으며 그 이후의 온도변화는 약 $0.2 \pm 1^\circ\text{C}$ 였다. 연소장치내부에서 시료가 완전 연소

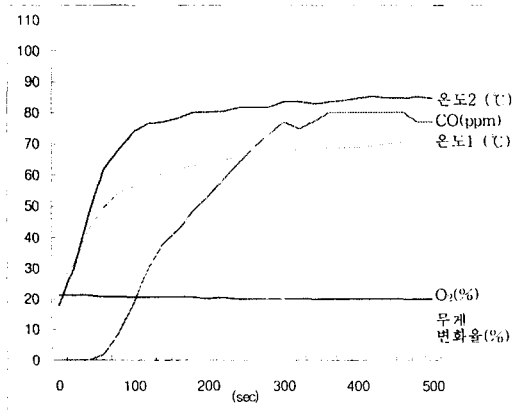


Fig. 3 목재합판 5g 연소

되는지를 측정하기 위해서 연소장치내부와 외부에서 시료 5g을 완전연소 시킨 결과 각 재료의 완전연소 후 무게가 동일하게 측정되었다. 우선 목재합판 5g을 약 1.8 l/sec로 강제배기 시키며 무게변화, 연기농도변화, 유독가스 및 온도변화 등을 측정하여 보았다.

온도1은 연소장치 내부의 온도이며 온도2는 배기구의 온도로서 약100초 까지 급격한 온도상승이 보여진다. 최대 CO농도는 80ppm이었으며 O₂는 300초에 20.1%까지 낮아졌다.

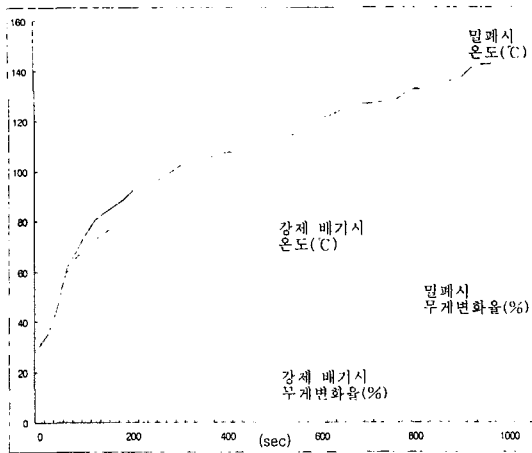


Fig. 4 목재 15g 연소

목재합판 10g의 경우 온도의 변화는 5g의 경우보다 약 3~5°C 높았지만 CO농도는 122ppm으로 높게 나타났다. 목재합판 15g의 경우 온도2가 108°C까지 상승했지만 온도1의 경우는 5g의 경우와 비교할 때 그리 크게 변하지는 않았다. 최대 CO농도는 133ppm, O₂농도는 20%였다.

다음으로는 목재합판 15g을 강제배기와 완전밀폐시킨 후 연소장치 내부온도와 무게변화를 측정하여 보았다. 실험결과 밀폐시 온도 및 무게변화는 완만한 온도상승과 무게감소를 보였으며 1,040초가 되자 O₂농도가 11.4%로 측정되며 스스로 연소가 멈추

었다. 이때의 온도는 143°C, 무게변화율은 37.3%(15g→5.55g), CO는 1,951ppm으로 측정되었다.

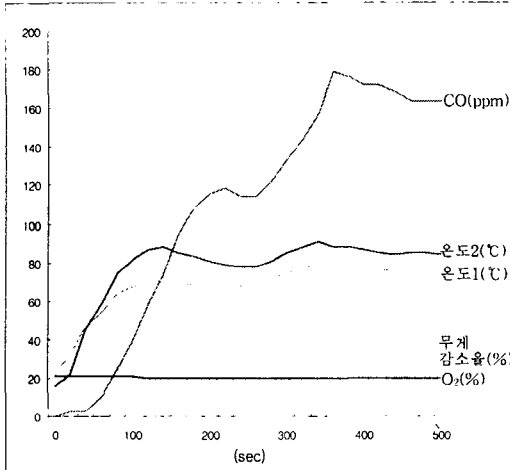


Fig. 5 장판5g+목재합판5g+벽지5g 연소

다음은 장판, 목재합판, 벽지를 각 5g씩 연소시킨 결과이다. 연소속도의 변화에 따라 무게 감소율 및 CO, 온도 등이 초기 100초를 전후하여 급격한 변화를 보이다가 다시 280초 이후 급격한 CO의 증가를 보였다. 이는 LOI가 다른 시료에 비해 상대적으로 높은 장판시료가 늦게 연소함에 따라 시간상의 차이로 인한 측정값의 변화가 발생함을 알 수 있다. 각 시료별 15g의 CO, 온도1, 온도2, O₂ 및 무게감소율과 3가지 혼합시료 15g(장판5g+목재합판5g+벽지5g)의 비교는 다음 Table. 1과 같다.

Table. 1 실험 시료별 측정값

시료	최대 CO(ppm)	최대 온도1(°C)	최대 온도2(°C)	최소 O ₂ (%)	무게 감소율(%)
장판 15 g	186	69.3	82.9	20.2	58.4
목재합판 15g	133	81.4	108.7	19.7	14.6
벽지 15g	205	78.8	99.4	19.9	29.8
혼합시료 15g	179	78	90.5	20	26.6

4. 결과

목재합판의 경우 무게감소율, 온도, O₂농도 등은 5g, 10g, 15g별로 크게 차이가 없었으나 최대 CO의 값은 88.3ppm, 122ppm, 133ppm으로 큰 차이를 나타내었다. 또한 목재합판 15g을 밀폐와 강제배기의 환경에서 실험한 결과는 밀폐시 연소장치 내부온도가 강제배기시 온도보다 63.5°C높게 측정되었으며 최종 연소 후 무게는 강제배기 2.19g, 밀폐 5.55g으로 측정되었다.

혼합시료 15g의 경우 단일시료와 비교해볼 때 일정하지 않은 연소속도를 보였으며 이것은 여러 혼합시료의 연소속도가 서로 다르기 때문인 것으로 보여진다. 특히 장판15g의 경우 LOI지수가 27로써 일반 공기중에서는 스스로 연소할 수 없기 때문에 화원이 직접 닿은 부분 또는 상당히 가까운 부분에서만 연소가 일어나므로 시료의 43.6%만이 연소되었으나 무게감소율대비 CO의 생성률은 기타의 시료에비해 약 2~3배가량 많은 것으로 측정되었다.

5. 고찰

- 각 단일시료의 무게별 무게감소율, 온도, O₂농도 등은 큰 차이가 없었으나 CO의 경우 무게가 증가할수록 더욱 높은농도가 측정되었다.
- 밀폐와 강제배기의 환경에서 동일 시료의 실험결과 합판목재의 경우 밀폐실험의 온도 상승률이 강제배기실험의 온도상승률보다 2배이상 높게 나타났으며 연소시간 또한 2배이상으로 측정되었다.
- 혼합시료의 경우 각 시료의 불규칙한 연소속도의 영향을 많이 받는다.

참고문헌

1. 'SFPE Handbook of Fire Protection Engineering.' First Edition. Philip J. DiNenno, Section 2/Chapter 1, BURNING RATES.
2. 'Principles of Fire Behavior.' James G. Quintiere. Chapter 6. BURNING RATES.
3. 'ASTM E 906-83' Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products.
4. 'NES 713에 의한 내장재료의 연소가스독성평가.' 박영근. 방재기술 제28호. P41~47.
5. 'NES 713' Issue3. Determination of The Toxicity Index of The Products of Combustion From Small Specimens of Materials. 1985.