

建築材料의 防火性能에 關한 새로운 評價 (燃燒時의 개스有害性)

尹在振

建設研究所建築資材科

나. 『가、에 의하지 아니하고 不燃材料, 準不燃材料, 難燃材料로 使用할 수 있는 材料 또는 工法은 建設部長官이 따로 정한다.

同・告示는 表面試驗, 基材試驗, 穿孔試驗(建築士誌 80. 4月号 『防火材料의 性能 및 評價、参照)을 통한 難燃性의 把握에 의한 防火性能基準으로 볼 수 있다.

현재 이러한 防火性能試驗을 위한 内裝材料의 難燃性試驗裝置가 國立建設研究所를 비롯한 國家機關에 既確保되어 있으며 몇몇 建築資材生產業體에서도 購入하여 自體品質管理에 利用되고 있다.

그러나 日本의 경우를 보면, 이미 1944년부터 日本建設省告示로서 準不燃材料, 難燃材料를 難燃性試驗結果에 따라 각각 지정하여 왔으며, 1976년부터는 準不燃材料 및 難燃材料의 指定에 있어 개스有害性試驗(Toxicity test for Combustion Products)를 추가해서 指定하기에 이르렀다.

즉, 準不燃材料 및 難燃材料에 대해서는 개스有害性의 檢討와 더불어 材料를 指定하고 있는 것이다.

이것은 火災時의 사망자의 75%이상은 화염이 채 미치기도 전에 煙氣 또는 有毒개스에 의해 질식한다는 統計(1973년 日本舊厚生省 建物火災試驗結果 한 전문가가 내린 結論)를 보더라도 개스有害性에 대한 檢討는 建築材料의 防火性能評價에 있어 무시 할수 없는 사항임을 대변해 주고 있는 것이다.

더불어, 火災時의 燃燒生成개스와 그 毒性에 대해서 살펴보면,

燃燒生成개스는 火災時에 避難行動을 저해하고 때로는 人命에 치명타를 주게된다. 燃燒生成개스의 조성이나 발생량은 물질의 화학조성, 온도, 공기(O_2) 공급량, 等의 조건에 따라 크게 다르지만 일반적으로 다음과 같이 말할수 있다.

● 有機質材料는 燃燒時에 일산화탄소(CO)와 탄산개스(CO_2)를 발생하는데 공기 공급량이 많으면 CO_2 의 발생량이 많고, 공급량이 적으면 CO 의 발생량이 많아 진다.

● 木材, 合板, 종이 等과 같이 셀룰로이스를 主性分으로 하는 材料의 燃燒生成개스는 주로 CO , CO_2 이며, 개스의 발생은 300°C 정도에서 시작된다.

● 플라스틱材料는 CO , CO_2 외에 化學組成에 따라 염화수소(HCl), 시안화수소(HCN), 암모니아(NH_3), 아황산개스(SO_2) 또는 황화수소(H_2S) 等 材料特有의 개스를 발생한다.

● 各種材料의 CO 개스 発生速度를 비교하여 보면, 條件에 따라 달라질 수 있으나, 삼목(杉木)에 대해서, 藥剤處理合板은 16배, 아크릴수지 11배, 목모시멘트판 및 경질염화비닐판 4배, 발포포리스틸렌(스チ로폼) 3배 정도라는 實驗報告도 나와 있다.

1. 머리말

建築法의 規定에 의한 不燃材料, 準不燃材料 및 難燃材料의 基準에 관하여 建設部告示 第94号(80. 4. 8)로 다음과 같이 告示되었다.

가. 韓國工業規格 KSF 2271 『建築物의 内裝材料 및 工法의 難燃性試驗方法』에 의하여 試驗한 결과

● 難燃 1級이라고 判定되는 材料를 不燃材料.

● 難燃 2級이라고 判定되는 材料를 準不燃材料.

● 難燃 3級이라고 判定되는 材料를 難燃材料로 한다.

다만 表面塗装이나 化粧材料의 貼付 또는 바탕재료에 따라 防火性能을 抵下하는 경우에는 그러하지 아니한다.

이와같이 有^フ害^ハ한 燃燒生成개스에는 많은 種類와 特性이 있는데 毒性의 세기, 発生量, 材料의 使用量 等으로 보아 CO, CO₂, HCl, HCN이 代表的이며 이들은 호흡곤란, 의식불명, 질식 等을 일으키며, 또한 부수적으로 O₂의 결핍은 安全避難上 큰 장애가 된다.

그러나, 建築材料의 燃燒時의 개스有害性評價에 대한面에서 再考해 본다면 :

燃燒時 各材料에서 発生한 개스의 分析은 그 材料의 性分을 把握한다는 점, 즉, 개스有害性의 要因을 分析하고 材料가 개선되어야 할 점을 찾아낸다는 점에서는 매우 重要하나, 多種多樣한 建築材料의 개스有害性을 評價하기 위해서 개개의 개스를 分析한다는 것은 매우 곤란하다. 왜냐하면 多種多樣의 建築資材에서 燃燒時에 생성되는 개스는 그 種類를 헤아릴 수 없기 때문이다.

따라서 有害性개스의 개스有害性判別은 實驗動物에 의하는 것이 통례이며 또한 가장 적절한 評價方法으로 認定받고 있다.

昨今, 이러한 方法에 의한 『建築材料의 개스 有害性試驗裝置』[日本建設省告示 第1231에 의한 裝置]가 建設部 日本理学工業(株)製 No.702

의 防火試驗裝備確保計劃에 따라 既購入되므로서, 금명간에 防火材料(準不燃材料 및 難燃材料)는 물론 建築材料全般에 걸친 개스有害性의 評價가 기대되고 있다.

本報는 本試驗裝置에 의하여, 各種 建築材料의 燃燒生成物質의 毒性을, 實驗動物의 行動不能을 指標로 하여 毒性의 程度를 標準試料(라왕목재)와 비교하여 評價하는 개스有害性試驗方法에 대하여, 앞서 말한 개스 有害性試驗裝置를 基調로 하여 記述한 것이다.

2. 試驗体

試驗体의 形狀 및 치수는 KSF2271의 表面試驗(Base material test)體와 같은, 즉 220mm×220mm板으로서 두께는 실제의 것과 같은 것으로 한다. 단 15mm가 넘을 때에는 防火性能을 증대시키지 않고 発煙을 감소시키지 않는 방법으로 그 두께를 15mm까지 감소 할 수 있다.

또한 試驗体는 製造後 통풍이 좋은 실내에 1개월 이상 방치한 것을 건조기에서 40±5℃로 24시간 이상 건조시킨후 데시케이터(Desicator)에 24시간 이상 방치하여 양생한 것으로 한다.

〈注意事項〉

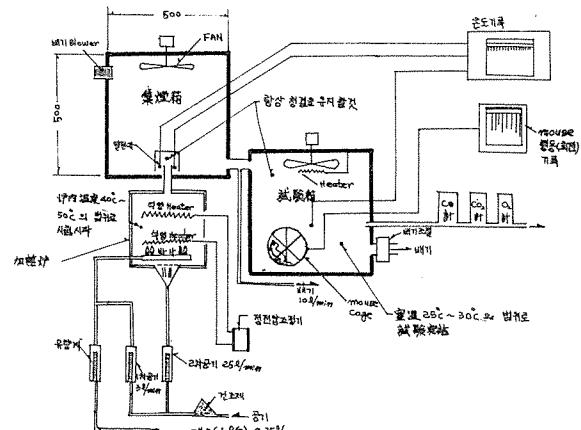
積専材料 等 충분히 乾燥할 필요가 있는 材料는 乾燥時間은 72시간 이상으로 하고, 데시케이터(Destcaior)에 48시간 이상 방치할 필요가 있다.

註(1) 주로 固体物体를 乾燥한 상태로 室溫에서 보존하

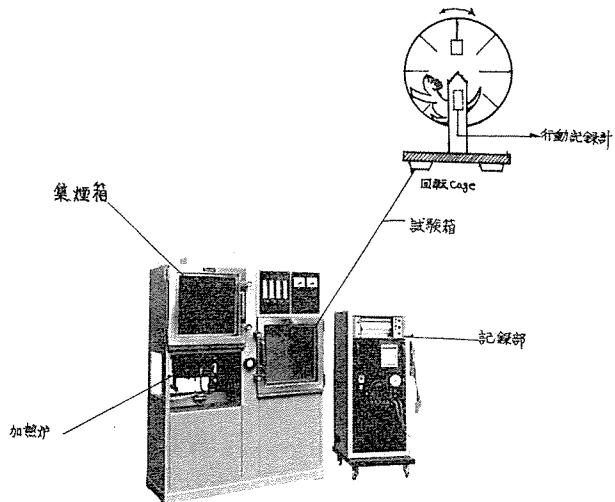
기 위한 容器로서 容器의 맨 밑에 무수염화칼슘, 시리카겔, 농황산, 기타의 건조제를 넣어 둔다. 데시케이터는 물기가 많은 試料를 乾燥하는 데는 적합치 않고, 加熱 等에 의하여 乾燥한 試料나 濕氣를 피해야 할 試料를 平衡 상태로 보존하기 위하여 사용한다.

3. 試驗裝置 및 試驗條件

가. 試驗裝置概要



개스有害性 試驗裝置概要



실물사진 : 燃燒개스 有害性試驗裝置

나. 試驗條件 및 注意事項

1) 煙道, 煙突, 集煙箱(Combustion Products Chamber), 試驗箱(Mice exposure chamber), 等은 試驗 때마다 매번 청소하여, 앞서 實施한 試驗時의 연기, 개스 혹은 그을음 等의 부착물을 제거한다.

2) 프로판개스(KSH2150 液化石油개스 R号)의 流量은 0.35 l/min로 한다.

3) 一次空氣의 流量은 $3.0 l/min$ 으로서 반듯이 除湿하여야 한다.

4) 二次空氣의 流量은 $25 l/min$ 으로서 供給하는 공기는 반듯이 除湿하여야 한다.

5) 試驗開始 때의 炉内温度는 $40\sim50^\circ C$ 의範囲로 한다.

6) 热電対(thermocouple)는 煙突 等을 청소할 때 그 위치가 이동하지 않도록 한다.

7) 中間排氣의 量은 $10 l/min$ 으로하고 필터(Filter)를 붙이며 시험할 때마다 잘아 끼운다.

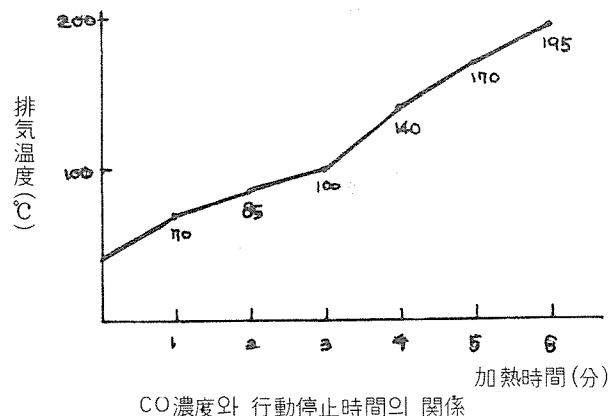
8) 試驗箱의 温度는 $25\sim30^\circ C$ 의 범위로 조정하고 시험을 실시한다. 이것은 試驗箱의 温度가 상승하면 쥐의体内新陳代謝가 활발하게 되고 発熱과 発汗에 따른 호흡회수가 증대하여 쥐의 行動停止時間이 변하기 때문이다. 또한 이것은 여러번의 試驗을 통하여 実證된 것이기 때문에 試驗箱의 温度에 각별히 주의를 할 필요가 있다.

9) 試驗開始後 6分 이후에는 개스, 공기의 供給, 中間排氣를 停止한다.

4. 試驗方法

다음과 같은 順序로 試驗을 実施한다.

1) 標準板(석면시멘트판)을 使用하여, 프로판개스 供給油量 $0.35 l/min$, 一次空氣 $3.0 l/min$, 二次空氣 $25 l/min$, 石英Heater $1.5 KWH$ 의 條件下에서 加熱試驗을 하며, 아래 그림에 표시하는 配氣溫度가 $10^\circ C$ 以內의範囲로 再現(Reprodu cibility) 될 수 있도록 試驗裝置를 조정한다.



2) 体重 $20 \pm 2 g$, dd系 또는 ICR系,

遇令 5의 쥐를 회전 Cage에 넣어, 試驗箱에 設置한 다음, 위에서 말한 加熱條件일 때, 標準材料(두께 10 mm, 겉비중 0.48 ± 0.05 의赤ラ왕)에서의 쥐의 平均行動停止時間(分)을 구한다.

(計算式은 4)에 의한다)

3) 2)의 方법으로 試驗體에 試驗을 2回 실시한다.

4) 쥐의 平均行動停止時間(X_s)을 계산한다.

$$X_s = \bar{X} - \sigma$$

\bar{X} : 쥐가 行動을 停止할 때 까지의 時間의 平均值(分)

σ : 쥐가 行動을 停止할 때 까지의 時間의 標準偏差(分)

즉 同 装置는 8개의 회전 Cage를 使用하므로 다음식으로 계산하면 된다.

$$X_s = \bar{X} - \sigma$$

$$= \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_8}{8} - \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{X})^2 + (x_2 - \bar{X})^2 + \dots + (x_8 - \bar{X})^2}{8}}$$

$(x_1, x_2, x_3 \dots x_8 = \text{行動停止까지의 時間})$

〈注意事項(1)〉

2)에 의하여 얻어진 標準材料에서의 平均行動停止時間이 2)와 같은 試驗을 10回 以上 실시하여 얻어진 경우, \bar{X} 및 R의 管理限界(KSA3202의 범위에 넣지 않는 경우)는 3)의 試驗体에 의한 試驗을 '実施하지 않는다.' \bar{X} 및 R의 管理限界는 다음식에 의하여 구한다.

\bar{X} 의 管理限界 $\bar{X} \pm 0.37R$

R의 管理限界 $(1 \pm 0.86)R$

$\bar{X} : \bar{X}$ 의 平均值

R : 最大值(最大行動停止時間)와 最小值(最小行動停止時間)의 差의 範囲

R : R의 平均值

〈注意事項(2)〉

本 試驗은 필요한 空氣, 프로판개스 및 石英Heater를 定量化하여 試驗体를 燃燒시켜 이때 발생한 연기와 유해개스 등을 試驗箱에 인도하여 쥐가 行動을停止할 때 까지의 時間을 측정하는 것이므로 試驗時 試驗機의 氣密에 注意를 할 것.

〈補充説明〉

管理의 限界(Control limit)란 보아넘기기 어려운 原因(: 测定値가 變動하는 原因中에서, 규명해서 제거하는 것이 경제적인 것)과 우연한 原因을 가려내기 위하여 設定한 限界를 말한다. 즉 쥐가 行動을停止할 때 까지의 時間의 平均值와 그 範囲(最大行動停止時間 - 最小行動停止時間)로 設定할 수 있는 限界를 말함,

예를 들어 $\bar{X} = 7.81$

$R = 1.73$, $X_s = 7.24$ 라고 하면

\bar{X} 의 管理限界($\bar{X} \pm 0.640$)…… $8.45 \sim 7.17$)

R의 管理限界($1 \pm 0.86)R$)…… $3.22 \sim 0.242$ 이 된다.

計算例

番号	mouse의 体重(g)	平 均	行動停止 時間(分)	平 均	備 考
1	22.0		6.52		赤らわの 重量
2	22.0		6.23		245.0g
3	21.0	Average =20.9g	6.94	Average $\bar{x}=6.92$	(中量 소66.0g)
4	21.0		6.42	$\sigma=0.482$	
5	18.5	(8=1.7	7.33	$X_s=6.44$	
6	19.5		7.58		
7	21.0		7.18		
8	22.0		7.18		

註(2) ICR (Institute of Cancer Research: philadelphia) mouse는 Dr. Hauschka에 의하여 育成된 것으로 Ha/I-ICR라고 명칭되고 있다. 이는 標準的 実験動物로서 세계적으로 광범위하게 쓰여지고 있다. 이밖에도 育成者, 用途, 飼育方法 等에 따라 dd系, SD, CF 等의 mouse가 있다.

5. 試験의 判定

2개의 試験体에서 얻어진 쥐의 平均行動停止時間의 값이 각각, 標準材料에서 얻어진 쥐의 平均行動停止時間의 基準값 (X_s) 보다 더 클 때 合格으로 한다.

6. 맷 음

종래의 建築材料의 燃燒性 (防火材料의 防火性能) 試験과 다른 점은 쥐를 사용하여 그의 行動을 測定하므로서, 材料가 燃燒할 때 인명에 피해를 주는 毒性气体를 발생하고 있는지의 與否, 즉 개스有害性을 把握하는 점이다.

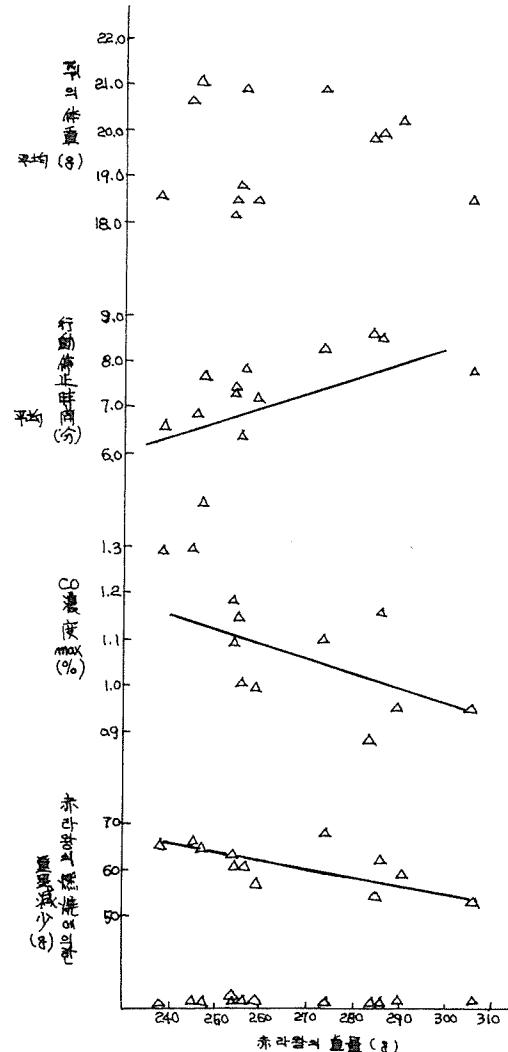
이 試験에서 가장 重要한 事項은 쥐의 健康管理이며 또한 쥐의 体重을 規格值 $20 \pm 2g$ 으로 유지하는 것이다.

이는 쥐의 정상적인 行動을 阻害하는 要因이 있다면, 試験結果에 대한 信賴性 및 再現性 (reproducibility) 을 기대할 수 없으며 아울러 建築材料에 대한 有害 개스의 評價도 再考해야 하기 때문이다.

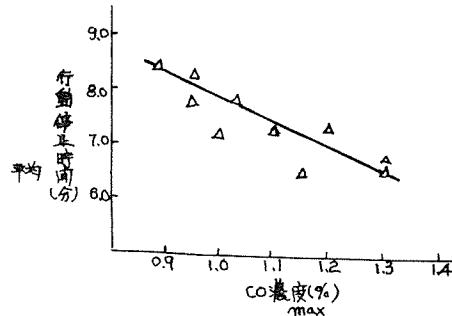
쥐는 일반적으로 搬入後 3日以上 飼育管理하여 環境과 順應시켜서 사용하거나, 搬入後 2日以内에 試験에 사용하는 것이 통례이다.

또한, 쥐의 管理 못지않게 중요한 점은 標準材料가 되는 赤らわ의 品質管理이다. 예를들면, 密度가 큰 赤らわ (두께 10mm) 을 사용하면, 燃燒量이 감소하고, 따라서 燃燒時에 발생하는 有害气体의 主성분인 일산화탄소 (CO) 가 감소하여 당연히 쥐의 行動停止時間은 反比例적으로 길어지는 경향이 있다(그림)

이와같이 標準材料가 되는 赤らわ의 品質管理도 쥐의 管理와 똑같이 세심한 주의를 기울리는 것이 이 試験의 信賴性을 높여주는 것이 된다.



赤らわ의 重量과 行動停止時間의 関係



CO濃度와 行動停止時間의 関係

防火材料에 要求되는 性能中에서 「피난상 현저한 有害气体의 발생이 없을것」이라고 하는 判定項目이 있지만, 이것은 그동안 判定項目에 関連시키지 않거나, 혹은 다른 여러 가지 방법으로 檢討되어 왔다.

그러나 앞서 記述한 바와 같은 判定方法이 確立 되므로서, 防火材料의 防火性能評價에 대한 새로운 体系가 確立되었다고 보며, 이를 利用한 防火材料의 研究와 関係者들의 評價方法에 대한 認識과 그 活用을 기대한다.