

# 建築物火災 延燒現狀에 對한考察

韓 光 洙  
〈技術研究部 課長〉

## 序 論

지금까지는 火災發生原因이나 發火物質에 대한 性能에 關하여는 그런대로 關係書籍이 있어 나뉠대로의 知識은 갖고 있는 實情이나 發火하여 火災가 번져 나가는 火災現狀에 대한 理論의 인 뒷받침은 소홀한 감이 없지 않다. 이 機會에 火災의 燃燒狀態에 대한 몇 가지 面을 考察하여 防災業務에 다소나마 도움이 되고자 建築物防火 資料로서 엮어 보았다.

### 1. 擴大危險

火源에서의 火災擴大時間은 出火原因과 出火源의 種類에 따라 다르다. 特히 出火室의 狀況에 依하여 變化될 수 있다. 예들 들면 담배나 성냥 등의 小火源에는 一定의 展災性火災로 成長할 때까지는 比較의 長時間을 要한다. 전기다리미 또는 煙통이 있는 電氣設備의 過熱等의 高溫固體에 依한 火災擴大도 出火에 이르기까지의 時間은 길다.

그러나 可燃性의 氣體나 液體가 火源일 경우는 순식간에 本格的인 火災로 변진다. 그러므로

火源의 擴大危險에 對해서 檢討할 必要가 있다.

그래서 이 問題에 對해서는 火災統計를 基礎로 하여 確率論의 으로 究明을 해야 되고 火源의 擴大機構를 理論의 實驗의 으로 解析하는 方案이 不可缺한 要件이 된다.

다음으로 火源이 一定한 크기로 燃燒될 경우의 주위 可燃物로 的 着火可能性에 對해서 살펴 볼 것 같으면, 一般의 으로 火災에서 周圍 任意의 位置에 따른 輻射強度  $I$ 는 다음 式에 依한다.

$$I = 4.88\alpha\epsilon F \left( \frac{t_f + 273}{100} \right)^4 \text{ (kcal/m}^2\text{hr)}$$

여기서

$\alpha$  : 火災周圍의 吸收率

$\epsilon$  : 火災의 輻射率

$F$  : 受熱度에서 火災으로 的 形態係數

$t_f$  : 火災溫度(°C)

$\alpha$ 는 空氣中の  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , 먼지의 濃度에 따라 變化한다. 通常의 으로 安全率을  $\alpha=1$ .  $\epsilon$ 는 다음 式에 依하여 求한다.  $\epsilon = 1 - \exp(-yD)$  (Sharm-an 式)

여기서

$y$  : 擴散係數( $\text{m}^{-1}$ )

$D$  : 火災厚( $\text{m}$ )

y에 있어서는 代表的 燃料로서 求할 수 있다. 重油等の 燃料로는  $0.03 \sim 0.02 \text{cm}^{-1}$ 의 範圍로 한다.  $\epsilon=1$ 인 黑體로 하며, y의 값은 火災時의 火災의 輝발類와 비슷하면  $0.025(\text{cm}^{-1})$ 로 하여도 큰 차이는 없기 때문에 火災두께 D는 어느 程度 黑體에 비슷하게 접근시켜 檢討해 보면

$\epsilon=1$ 로 되는 것은  $\exp(-yD) \approx 0$ 일 때 즉  $y=0.025(\text{cm}^{-1})$ 로 해서

$$\exp(-0.025D) \leq \frac{1}{10} = 0.1$$

D는 90cm 以上,  $1/100=0.01$ 로 해보면 D는 182cm 이상으로 된다.

결국 火災두께가 1m 以上으로 되면 대개 黑體로 되는 것을 알 수 있다.

形態係數 아래는 火災의 形을 가정하는 것에 의하여 計算된다.

一般的으로 定常燃燒時에 의한 火災의 形은 燃燒의 水平面積과 燃燒速度에서 決定된다. 重油燒料일 경우는 다음 式과 같다.

$$H = 258d^{-0.699} R^{0.61} (d \leq 22.9 \times 10^3 \text{cm})$$

여기서

H : 火災의 높이(cm)

d : 燃料간의 直徑(cm)

R : 燃燒速度(cm/sec)

R은 各種 燃料에 있어서 實驗的으로 決定해야 할 必要가 있다.

液體燃料일 때는 대개 5mm/min로 된다. 그러나 d가 크게 되면 15mm/min쯤 되어 注意해야 한다.

또한 Thomas는 크립을 正方形으로 組立렸을 때의 火災의 높이 H를 求하는 式을 나타냈다.

$$\frac{H}{d} = 4.4 \left( \frac{R^2 \times 10^6}{d^5} \right)^{0.305}$$

여기서

R : 크립의 燃燒速度(g/sec)

d : 正方形의 1邊(크립의 길이)(cm)

以上으로 火災의 型態를 d와 H로 가정할 수 있다.

또한 火災의 有效두께 D도 d와 關聯된다.

$t_f$ (火災溫度)는 불꽃 色과 實測值를 參考하여 決定할 수가 있다. 一般的 計算의 경우는 橫井氏의 다음 式이 便利하다.

$$\theta = \frac{\Delta\theta r_0^{5/3}}{\sqrt[3]{\frac{Q^2 \theta_0}{C_p^2 \rho^2 g}}}$$

여기서

$\theta$  : 無次元溫度

$\Delta\theta$  : 火災溫度와 周圍空氣溫度와의 差( $^{\circ}\text{C}$ ).

$$\Delta\theta = t_f - t_0$$

Q : 發熱速度(cal/sec)

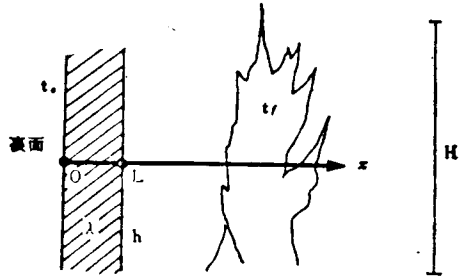
$C_p$  : 火災의 定壓比熱(cal/g $^{\circ}\text{C}$ )

$r_0$  : 燃料面の 等價半徑(cm)

$\theta_0$  : 周圍空氣의 絕對溫度( $^{\circ}\text{K}$ )

$$\text{따라서 } t_f = \theta \left( \frac{Q^2 \theta_0}{C_p^2 \rho^2 g} \right)^{1/3} r_0^{-5/3} + t_0$$

다음에 上記에서 求해진 火災으로부터의 輻射熱에 依해서 周圍可燃物의 溫度가 어떻게 變化하는가를 알 필요가 있다. 可燃物을 두께 L의 平板으로 하여 生覺할 경우의 例를 다음에 說明한다.



(圖 1-1) 火災에 의한 壁面の 着火危險

輻射熱에 依한 平板內의 溫度上昇 :

[條件]

平板의 두께를 L, 加熱面에 輻射熱傳達이 있음(熱傳達率 h). 裏面은  $t_0$  $^{\circ}\text{C}$ 의 外氣에 接할 것. 이러한 條件으로서 座標軸을 圖 1-1와 같게 하면 다음 式을 해결할 수 있다.

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = K \frac{\partial^3 \theta}{\partial x^2} \quad (\theta = t - t_0)$$

$$J=0, \theta=0$$

$$x=0, \theta=0$$

$$x=L, -\lambda \left( \frac{\partial \theta}{\partial x} \right)_{x=L} = h(\theta_L - \theta_1) (\theta^1 = t_s - t_o)$$

여기서

$K$ : 溫度傳達率

$\tau$ : 時間

$t_f$ : 火災平均溫度

$\lambda$ : 平板의 熱傳達率

답은

$$t = t_o + \frac{h(t_f - t_o)}{hL + \lambda} x + 2h(t_f - t_o)\phi n$$

$$\text{그러므로 } \phi n = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin kns \cdot e^{-kk^2 J}}{kn(hL + \lambda \cos^2 knL)}$$

$$\tan(knL) = -\frac{\lambda}{h} kn$$

輻射熱에 의한 着火의 有無에 대해서는 表面溫度가 適當한 時間  $J$ 에 있어서 어떤 特定值(예를 들면  $260^\circ\text{C}$ )을 넘지 않는 것으로 하여 判斷함이 좋다.

반대로 時間  $J$ 가 어떤 時間에  $t$ 를 그 材料의 着火溫度  $t_s$ 가 되는가를 보는 것이 좋다. 그 경우 着火에는 輻射熱이 支配的이라고 생각되기 때문에 熱傳達率  $J$ 는 다음에 의해서 求할 수가 있다.

$$Q = h(t_f - t_s)$$

$$= 4.88\epsilon_s \epsilon_f F \left\{ \left( \frac{t_f + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{t_s + 273}{100} \right)^4 \right\}$$

$$\therefore h = 4.88\epsilon_s \epsilon_f F \left\{ \left( \frac{t_f + 273}{100} \right)^2 + \left( \frac{t_s + 273}{100} \right)^2 \right\} \left\{ \left( \frac{t_f + 273}{100} \right) + \left( \frac{t_s + 273}{100} \right) \right\} 10^{-2}$$

여기서

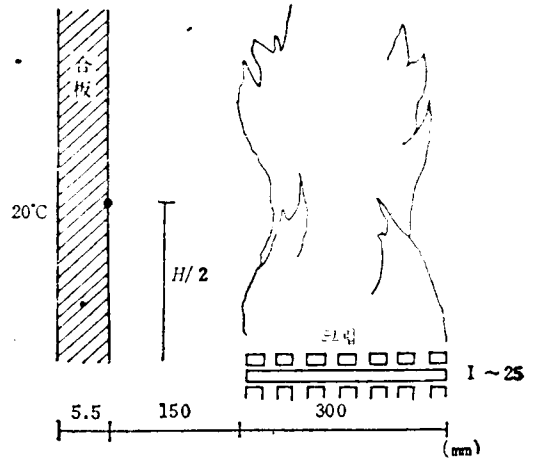
$\epsilon_s$ : 材料의 輻射率

$\epsilon_f$ : 火災의 輻射率

$t_s$ : 材料의 表面溫度( $^\circ\text{C}$ )

以上을 根據로 하여 크립의 燃料에 의한 內裝

材料의 着火危險을 計算할 수 있다(圖 1—2).



(圖 1—2) 크립과 內裝壁의 位置關係

計算例:

크립形狀:  $2.5 \times 2.5 \times 30\text{cm}$ (7本 10段積)

平均燃燒速度:  $5.0\text{g/sec}$ (스페이스輻  $2.5\text{cm}$ )

따라서 火災의 높이는

$$H = 30 \times 4.4 \left( \frac{5.0^2 \times 10^6}{30^3} \right)^{0.305} = 132\text{cm}$$

周圍空氣를  $0^\circ\text{C}$ 로 하여 火災가스, 定壓比熱 및 密度를 各各  $0,257\text{cal/g}^\circ\text{C}$ ,  $0.5 \times 10^{-3}\text{g/cm}^3$ 로 하면 크립의 築積半徑  $r_o = 17.0\text{cm}$ 이기 때문에 火災先端溫度는  $H/r_o = 132/17 = 7.76$

따라서  $\theta = 0.22$

$$\theta = 3,560\text{cal/g} \times 5\text{g/sec} = 1.78 \times 10^4\text{cal/sec}$$

$$\therefore t_f = 0.02 \left( \frac{1.78^2 \times 273 \times 10^8}{0,257^2 \times (0.5 \times 10^{-3})^2 \times 980} \right)^{1/3}$$

$$17^{-5/3} + 20 = 297.0 \approx 300^\circ\text{C}$$

火災中央의 溫度는  $7.76/2 = 3.9$

따라서  $\theta = 0.45$

$$t_{f_o} = \frac{0.45}{0.22} \cdot 300 = 600^\circ\text{C}$$

다음에 火災의 輻射率  $\epsilon_f$ 는  $y = 0,025$ ,  $D = 17.0$ 로 된다.

$$\epsilon_f = 1 - \exp(-yD) = 0.35$$

또한 內壁은 合板으로 해서

$$K = 0.9 \times 10^{-5}(\text{m}^2/\text{hr})$$

$$\gamma = 0.9 \times 10^{-1} (\text{kcal/mhr}^\circ\text{C}) \quad \epsilon_s = 0.9$$

火災中央에서의 距離가 30cm가 되는데서 그때의 形態係數  $F$ 는 火災을 132×34cm의 長方形으로 生覺한다. 火災높이의 1/2로 火災中央과 同一平面內에 있는 點에 있어서의 平面係數를 따라 그 點의 表面溫度變化를 보는 것이다. 그러면  $F=0.4$ . 또한 火災全體平均溫度는 앞의 計算에서 500°C 程度로 되기 때문에(그렇지만 火災의 外周部는 空氣와의 混合이 좋은 것으로 다시 한번 高溫으로 될 수 있다.) 그것을 가지고 熱傳導率  $h$ 을 앞의 式으로부터 計算한다

$$\left( t_s = \frac{280}{2} = 140 \text{으로 한다} \right)$$

$$h = 5.6 (\text{kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C})$$

다음 表面溫度  $t_s = 260^\circ\text{C}$ 가 되는 時間, 는 合板의 두께를 5.5mm로 해서 앞의 式에  $x=L = 5.5 \times 10^{-3}$ 로 하면

$$260 = 20 + \frac{5.6(480) \times 5.5 \times 10^{-3}}{5.6 \times 5.5 \times 10^{-3} + 0.9 \times 10^{-1}} + 2 \times 5.6(480)x_n$$

$$\therefore x_n = 0, 022$$

$x_n$ 에 포함되는  $k_n$ 은

$$\tan(KnL) = -\frac{\lambda}{h} k_n$$

$$\therefore (KnL) \cot(KnL) + \frac{hL}{\lambda} = 0 (n=1, 2, \dots)$$

에 根據로  $n=1$ 로 하면  $x_1 = 0.022$

로 풀면  $J_i = 0, 015$

그 값으로 각  $n$ 項까지 생각한다면  $n \geq 2$ 로,  $x_n < 0, 022$ 로 되기 때문에 上記를 答으로 해도 좋다.

따라서 260°C에 到達하는 것은  $0, 015 \times 3, 600 = 54$ 秒로 計算이 된다. 實際의 크립을 利用한 模型實驗例로는 30秒 前後로 着火가 되고 있다.

그러나 上記 計算例에는 크립과 壁面의 最短 距離가 15cm가 되는 것에 比較해서 實驗으로는 그의 距離를 5cm로 할 수 있다.

## 2. 建築火災現象

火災統計에 依하면 火災의 約 60%는 建物에서 發生하며 대부분은 一般家屋에서 發生하고 있다. 死傷者의 大部分은 木造火災가 차지하고 있다.

한편 耐火造의 火災에는 特征적인 事故가 最近에 이르러 發生하고 있다. 즉 煙氣, 가스에 依한 窒息死가 있다. 그것은 建物自體가 氣密構造로 되어 있기 때문이다. 發生한 煙氣, 가스가 外部로 나가지 못하고 發生量이 큰 出火室에서 高濃度를 維持하여 建物全域에 擴散되는 것 등이 主要因이 된다. 그러한 建築火災에서 人命 및 財産을 지킬 수 있는 對策을 檢討할 경우 火災現象自體의 糾明이 必要하게 된다.

### 2.1. 本造 火災

表 1—1은 木造家屋의 標準인 發生熱量이며 表 1—2는 實驗에 依한 發熱量이고 表 1—3은 燃燒時間을 나타낸 것이다. 出火에서 火盛으로의 時間은 7分 程度된다. 最盛期에서 불이 꺼질 때까지는 6~19分으로 되어 있다.

床面積 60m<sup>2</sup>의 木造一層의 경우를 生覺해보면 燃燒物量은 165×60=9,900kg, 火災主要期の 燃燒率은 80%로 되어 있고 主要期에 燃燒하는 燃燒物量은 9,900×0.8=7,920kg.

또한 主要期の 繼續時間은 出火(天井面에 着火)에서 盛火에 이르기까지는 4~14分, 盛火에서 불이 꺼질 때까지는 6~19分이 되며 木造家屋의 標準室內溫度曲線(圖 2—1)을 參考로 해서

表 1—1 木造家屋의 火災發生熱量

種	類	住宅	其他
바닥面積 1m <sup>2</sup> 當 燃燒物量(kg)		165	135
木材發熱量(kca/kg)		3560	3560
火災主要期の 燃燒率		0.8	0.8
火災主要期の 發生熱量(10 <sup>5</sup> kcal/m <sup>2</sup> )		4.7	4.8

表 1—2 木造家屋實驗의 發生熱量

(日本例)

試驗別 項目	東大	東大第2回		東大第3回		水戶實驗		
	第1回	2층建物	1층建物	第1次	第2次	1號	2號	3號
斗 斗 面 積 (m <sup>2</sup> )	28.9	57.9	34.7	182	182	65	65	145
燃 燒 物 量 (t)	3.35	9.12	5.11	20.2	30.9	4.85	5.44	20.1
燒 燃 量 (t)	1.08	1.84	1.06	2.26	2.24	1.40	1.45	3.48
1t當 發熱量 (10 <sup>6</sup> ×kcal/t)	3.74	3.45	3.45	3.79	3.21	3.45	3.45	3.45
總 發 熱 量 (10 <sup>6</sup> ×kcal)	9.2	25.1	14.1	106	92	11.9	13.8	57
床 1m <sup>2</sup> 當 發熱量 (10 <sup>5</sup> ×kcal/m <sup>2</sup> )	3.1	4.4	4.1	5.8	5.1	1.8	2.1	3.9

表 1—3 木造家屋燃燒時間 實驗

實驗別 項目	第1回	第2回			第3回, 第13			第3次, 第2回		
		2戶建		1戶建	小屋裏	2층	1층	小屋裏	2층	1층
		第1戶	第2戶							
點 火→出 火(分)	0	1	5	0~3	33	37	37	15	15	20
出火→最盛(1)(分)	6~8	6~7	6~9	5~6	8~11	4	5	13~14	12~13	8
最盛(2)→燒落(分)	6~8	16~17	11~15	1~9	5~8	11	16~19	2~3	9~10	13
出火(1)→燒落(分)	14	23	21	13~15	16	15	19~24	16	22	21

해서

$$H' = \frac{18.7R - (Dl + Bh + hD)}{B + D} \times$$

(처마 위의 높이)

여기서 R=8.8kg/sec D=B=7.75m h=3m (처마높이)을 代入하면

$$H' = 3.7(600^\circ\text{C 以上の 氣流部分})$$

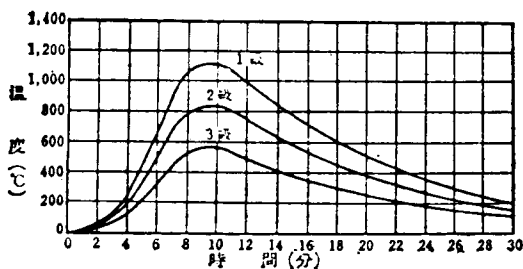
따라서 火災의 높이 H=3.7+3=6.7m

橫井氏의 計算에 의하면 平面이 12m×12m, 6m×6m의 木造家屋은 불꽃 위에 있을 때는 火災의 溫度가 300°C가 되는 높이 H/r<sub>0</sub>는 각각 3.2, 3.6로 報告된 것으로 여기에서 7.75m×7.75m의 경우로 換算하면

$$H = 3.4 \times 8.74 = 29.0\text{m}$$

각각의 값이 틀린 것은 火災을 上昇氣流中の 어떠한 溫度域으로 잡았느냐 하는 問題와 實測上의 誤差에 의한 것으로 생각할 수 있다.

輻射強度가 有効하게 効力을 나타내는 것은 火災의 先端溫度에 있어서 岡嶋·矢治 兩氏의



(圖 2—1) 木造家屋火災의 溫度時間曲線의 基準

約 15分이라면 平均燃燒速度 R는

$$R = 7,920/15 = 528\text{kg/min} = 8.8 \times 10^3\text{sec}$$

또한 建坪 60m<sup>2</sup>의 一邊을 7.75m로 하면 Thomas式에서 火災의 높이는 다음 式에 依해서 求할 수 있다.

$$H = 4.4d \left( \frac{R^2 \times 10^6}{d^5} \right)^{0.305} = 23.0\text{m}$$

또한 濱田氏의 式으로는 火災의 높이 H에 대

報告에서 300°C라는 값을 얻을 수 있다. 横井氏도 크립燃焼實驗으로 대개 같은 값을 얻고 있기 때문에 그것을 統合하면 그 程度의 建坪을 지닌 木造의 盛火期에는 火災높이  $H$ 와 火災의 平均溫度는 다음과 같은 分布을 지닌 것으로 生覺된다.

$$H = 10m + 15m$$

(600°C 部分) (400°C 部分)

**a. 室內溫度曲線**

30m<sup>2</sup>의 木造 1層을 風速 2.0m/sec로써 開口部를 閉鎖하여 石油로 點火한 것으로 點火 特別火災가 天井面에 到達하여 出火가 되는 狀態가 된다.

表 1-4 家屋規模·種類와 最高溫度 (日本例)

實 驗	最高溫度(°C)
東大第3回, 規模大, 材太	1340 (實測中の極大值)
水戸實驗, 規模大, 材普通	1254 (普通值)
南大第1回, 規模小, 住宅목양	1130
水戸家驗, 바닥天井없음, 小型工場 風모양	1102

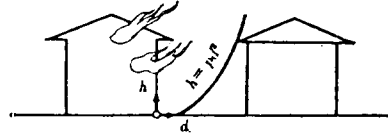
表 1-4는 家屋의 規模, 種類와 最高溫度의 關係를 나타낸 것이다.

高溫의 繼續時間은 建物規模에 그다지 關係가 없는 것은 主口할 만하다. 實驗結果에 의하면 30m<sup>2</sup>의 단층 58m<sup>2</sup>의 1層 延面積 145m<sup>2</sup>의 2層 建物 어느 것도 대개 비슷한 結果를 얻을 수 있다.

이 事實을 背景으로 하여 火災溫度의 時間的 變化의 基準을 定할 수 있다.

**b. 隣棟壁面の 溫度**

火災中の 對向壁面の 溫度는 前記의 溫度變化와 함께 變化한다. 그 曲線을 1級으로 하여 그 밑에 各時刻에 따른 1級曲線溫度의 3/4, 1/2, 260/1110 되는 溫度를 취하여 각각 2, 3, 4級되는 曲線을 만들면 그것이 燃焼家屋에서 어떤 位置에 있는 對向壁面の 溫度에 相當하는가를 檢討하는 것에 의해서 연소위험을 생각할 수 있다.



(圖 2-2) 等溫面

圖 2-2에 의한 座標軸을 가지고  $h=pd^2$  되는 放物面상의 各點을 等溫으로 가정하면 各級別曲線에 相當하는 파라메파  $p$ 의 값을 결정하기 좋다.

**c. 隣棟의 輻射受熱**

앞서 말한 建坪 60m<sup>2</sup>의 木造가 燃焼할 경우 6m 떨어진 隣棟家屋 처마밑의 中央部分(地上에서 3m)의 輻射受熱量은 火災의 높이 및 平均溫度는 앞서 記述한 바에 의해서

$H=10m$ (平均 600°C 部分)+ $15m$ (平均 300°C 部分)으로 되므로 火災의 有效幅을 60m<sup>2</sup>의 等積圓半徑 4.37m로 하면 불꽃 輻射率은 1.0으로 된다. ( $\because D>1m$ 로  $\epsilon=1-\exp(-yD)\approx 1.0$ )

또한 火災의 600°C 部分과 400°C 部分의 受熱點의 形態係數를  $F_{10}$ ,  $F_{15}$ 로 하면

$F_{10}=0.3$ ,  $F_{15}=0.04$ 이기 때문에 火災의 輻射量은

$$I = 4.88 \left\{ 0.04 \left( \frac{400+273}{100} \right)^4 + 0.3 \left( \frac{600+273}{100} \right)^4 \right\}$$

$$= 90.0 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \text{ hr}$$

이 輻射量에 의하면 表面의 下見板이 어느 때쯤의 時間이 되면 出火危險溫度가 되는 260°C가 되는가를 다음 計算을 통하여 알아본다.

輻射熱傳導率  $h$ 의 概算은 아래 式에 의한다.

$$h = 4.88 \epsilon_w F (t_f + t_w + 546)$$

$$\left\{ \left( \frac{t_f + 273}{100} \right)^2 + \left( \frac{t_w + 273}{100} \right)^2 \right\} \times 10^{-4}$$

여기서

$\epsilon_w = 0.9$  (下見板의 輻射率)

$t_f = 500^\circ\text{C}$  (火災平均溫度)

$$t_w = \frac{260+20}{2} = 140^\circ\text{C} \text{ (下見板의 溫度)}$$

$$F=0.2$$

$$\text{그래서 } h=10.0\text{kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$$

다음 壁面을 半無限固體로 하여 그 表面溫度  $t_s$ 를 求하는 式은 時間의 原點을 點火後 3分의 主要期 開始時에 두면

$$t_s = t_o + \frac{1}{h} [1 - \exp(-P^2)] [1 - \text{erf}(P)]$$

여기서

$$t_o = 20^\circ\text{C} \text{ (大氣溫度)}$$

$$I = 90.0 \times 10^2 \text{kcal/m}^2\text{hr}$$

$\text{erf}(P)$ 는 誤差係數

$$h = 10.0 \text{kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$$

$$P = \frac{h}{\lambda} \sqrt{KJ}$$

여기서  $\lambda$ ,  $K$ 는 木材의 物性으로

$$\lambda = 0.091 \text{ (熱傳導率 : kcal/mhr}^\circ\text{C)}$$

$$K = 0.0009 \text{ (溫度傳導率 : m}^2\text{/hr)}$$

이 式을 利用하여 表面溫度  $t_s$ 가  $260^\circ\text{C}$ 가 되는 時間  $J$ 을 求해보면

$$\exp(P^2)(1 - \text{erf}(P)) = 0.72$$

$$\therefore P = 0.29$$

$$\text{따라서 } T = \frac{1}{K} \left( \frac{P\lambda}{h} \right)^2$$

$$= \frac{1}{0.0009} \left( \frac{1.0 \times 0.091}{20.0} \right)^2$$

$$= 25 \text{ (sec)}$$

이 結果는 火災가 主要期에 들어가면 6m 떨어진 隣棟木造의 처마밑 部分이 곧바로 燃燒의 危險이 있는 것이다.

火災發生에서 3~4분에 盛火期를 맞기 때문에 全體로 보아 5分 程度에서 隣棟對外部分이  $260^\circ\text{C}$ 에 達하는 燃燒의 可能性이 있다고 判斷된다.

## 2.2. 耐火造의 火災

### a. 火災의 初期

出火에서 擴大되는 初期의 性狀은 木造와 大差없는 것으로 보는 것이 좋다. 火災가 天井面

을 타고 오를 때는 木造와는 다른 現狀을 나타내는 경우가 많다. 主된 理由는 氣密性이 다른 데에 있다. 耐火造의 경우는 室全體가 耐火構造로 區劃되어 있다. 燃燒에 必要한 空氣量이 消費되면 早期에 창이 파괴되거나 문이 열려지지 않는 限 燃燒를 계속한다. 木造의 경우는 初期 燃燒에 의해서 發熱하여 外部와의 區劃이 比較的 쉽게 연소된다. 耐火造에 있어서도 室容積이 크고 可燃物이 많은 경우에는 窓이 破壞되고 샷다 등의 傳熱性이 많은 區劃은 効力を 잃는 結果 木造와 유사한 性狀을 나타내는 경우가 있는 것에 留意해야 한다.

可燃物을 木材로 하여 必要空氣量을 計算하면 다음과 같다.

木材의 重量組成을  $C : 43.5$ ,  $H : 5.2$ ,  $O : 38.3$ , 含水量 :  $13.0(\%)$ 로 하면 木材 1kg을 연소시키는데에 必要한 空氣量  $L_o$ 는 空氣의 容積組成을  $N_2 79\%$ ,  $O_2 21\%$ 로 하여서

$$L_o = \frac{22.4}{0.21} \left( \frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) \\ = 3,975 \text{ (Nm}^3\text{/kg)}$$

實際에는 上記 必要空氣量의 몇 배의 空氣가 들어간다. 또한 約  $4\text{Nm}^3$ 의 最少空氣量으로 木材 1kg을 完全연소시킬 수 없는가. 일단 위에서 서술한 바에 따라 建坪  $60\text{m}^2$ 의 室內空氣容積을  $200\text{m}^2$ 로 하면 그 空氣로서 理論적으로는 約  $50\text{kg}$ 의 木材가 燃燒한다.

그와 같은 部室의 可燃物量은 事務所 建築의 경우  $60\text{kg/m}^2$ , 로서 約  $3,600\text{kg}$ 은 되므로 全體의  $1.5\%$  可量의 可燃物이 燃燒하는데 酸素不足이 되는 수가 있다. 內裝壁에  $3\text{mm}$  合板이 붙어 있다면 開口部를 除外한 壁面積이 대개  $25.8\text{m}^2 \times 3.5\text{m}$ 로 해서 木材의 比重량이  $340\text{kg/m}^3$ 이 되므로 內裝의 總重量은  $90\text{kg}$  程度가 된다. 따라서 氣密性이 完全한 房이라더라는 內裝室 중 2面이 燒失하는 것으로 보아 空氣量이 不足되는 것으로 된다. 그 사이에 문이나 窓이 開放되어 있으면 鎮火된다고 볼 수 있다.

건국 耐火造의 建物에는 開口部の 크기에 따라 火災時間이 짧을 수도, 길 수도 있다고 바꿔 말할 수도 있다.

實驗例를 볼 것 같으면 1차적으로 3칸 정도의 방에서 點火하여 室溫이 80°C를 넘고 15分 後에는 30°C로 떨어져 24分 後에는 불꽃이 소멸되어 內部の 이부자리 등이 無災·燃燒를 繼續한다. 42分 後에 窓를 열면 再燃한다. 그러다가 窓를 닫으면 漸次 불꽃이 줄어든다. 1시간 30分의 관측으로는 火災가 되기 전에 實驗을 中止한다.

2차적으로 窓과 出入口문을 열어 놓아 차차 불이 커져간다. 30分쯤 지나면 큰불이 되고 만다.

壁面에 접한 火災의 擴大時間은 木造의 경우와 大差가 없이 5分 以內다. 그 火災이 天井面을 휩싸게 되면은 天井에서의 輻射熱에 의해 다른 壁面과 바닥에서의 室內收納可燃物이 加熱되어 盛期火災에 이른다.

### b. 盛火期

初期의 時間은 條件에 따라 變動된다.

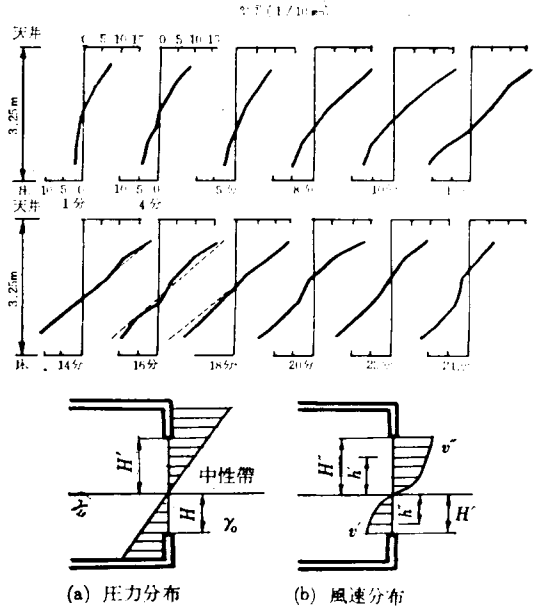
그러나 窓이 破壞되면 空氣의 流入이 始作되므로 燃燒는 점점 進行되어 室內에 可燃性 가스가 充滿된다. 이럴 때에 消火를 하기 위하여 窓를 破壞하게 되면 逆火를 일으킬 수 있다. 黑煙이 噴出하는 것은 처음에는 일시적이지만 여기에 곁들여 붉은 불꽃이 開口部 上部에서 나오게 되어 있다. 그 때에는 火災室의 開口部나 可燃物量에 따라 燃燒가 繼續된다. 차차로 煙氣가 희박해지며 火災의 噴出量이 增加된다. 室內은 火災이 充滿해지고 天井은 떨어지기 시작하며 콘크리트, 爆裂現象도 일어나는 경우가 있다. 특히 PS 콘크리트의 薄板 또는 打設後 공간이 있는 콘크리트 部材는 떨어져 나간다.

#### b.1 燃燒速度

室內의 火災繼續時間은 開口條件과 可燃物에 의해 決定됨은 記述한 바 있지만 그것을 관찰 日標로 하여 燃燒速度를 推定하는 方法이 있다.

圖 2-3을 살펴보면 開口部の 中央附近에 中性帶가 生진다. 그 경우의 壓力分布는 中性帶에서의 距離에 比例하는 直線에 接近한다.

圖 2-4는 實驗에 의한 實證이다. 그 때의 流入, 流出空氣의 流速은 다음과 같다.



(圖 2-4) 室內壓力分布의 點線은 室內로 計算한 것

$$\text{流入} : 1/2r_0v'^2 = gh'(r_0 - r_1)$$

$$\therefore v' = \sqrt{\frac{2gh'(r_0 - r_1)}{r_0}}$$

$$\text{流出} : 1/2r_1v''^2 = gh''(r_0 - r_1)$$

$$\therefore v'' = \sqrt{\frac{2gh''(r_0 - r_1)}{r_1}}$$

여기서  $r_0, r_1$ 은 外氣, 室內가스의 假定溫度에 의한 比重量이다.

즉 平均流速  $vm'$ ,  $vm''$ 은

$$vm' = \frac{1}{H'} \int_0^{H'} v' dh' = \frac{2}{3} \sqrt{2gH' \left( \frac{r_0 - r_1}{r_0} \right)}$$

$$vm'' = \frac{1}{H''} \int_0^{H''} v'' dh'' = \frac{2}{3} \sqrt{2gH'' \left( \frac{r_0 - r_1}{r_1} \right)}$$

여기서 木材單位重量當 流入空氣量을  $V_0'$ , 噴出가스量을  $V_1''$ 으로 하면



$$\frac{H''vm''}{H'vm'} = \frac{V_1'}{V_0'}$$

$$\therefore \frac{H''}{H'} = \left\{ \left( \frac{r_1}{r_0} \right)^{1/2} \cdot \frac{V_1'}{V_0'} \right\}^{2.3}$$

여기서 中性帶의 높이가 求하여진다. 또한 木材 1kg이 完全燃燒하는데 必要한 空氣量을  $L_0$ 로 하면 燃燒速度  $R$ 은

$R = a \cdot vm' BH' / L_0$  ( $a$ : 通氣抵抗,  $B$ : 開口幅)

流入·流出空氣量의 質量收支는  $a=0.8$ 로 해서  $r_1 V_1' = r_0 V_0' + R$

$$r_1 (vm'' BH'') = r_0 (vm' BH') + vm' BH' / L_0$$

$$\frac{H''}{H'} = \left\{ \frac{r_0 L_0 + 1}{L_0 \sqrt{r_0 r_1}} \right\}^{2/3}$$

$$H = H' + H'' \text{에서 } H' = H / 1 - \left( \frac{H''}{H'} \right)$$

$$\therefore R = \frac{a}{L_0} \cdot \sqrt{2g \left( \frac{r_0 - r_1}{r_0} \right)}$$

$$\left\{ 1 + \left( \frac{r_0 L_0 + 1}{L_0 \sqrt{r_0 r_1}} \right) \right\}^{-3/2} \cdot BH \sqrt{H}$$

外氣溫度를  $15^\circ\text{C}$ , 火災室溫度를  $800^\circ\text{C}$ 로 하면  $r_0=1.25$ ,  $r_1=0.350$ 이 된다.  $L_0$ 은  $4\text{m}^3/\text{kg}$  이면 前記  $R$ 은  $R=0.10BH\sqrt{H}(\text{kg}/\text{sec})$

$$\therefore R=6.0A\sqrt{H}(A\equiv BH)(\text{kg}/\text{min})$$

그 값은 實驗으로 얻어진  $5.5\sim 6.0A\sqrt{H}$ 와 대개 一致한다.

### b.2 火災繼續時間

燃燒速度가 일정하고 火災가 계속된다면 화재 繼續시간  $T$ 는

$$T = \frac{W A f}{6.0 A \sqrt{H}} = \frac{W}{6.0} \cdot \frac{A \sqrt{H}}{A f} (\text{min})$$

여기서

$W$ : 火災荷重( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

$A$ : 開口面積( $\text{m}^2$ )

$Af$ : 바닥面積( $\text{m}^2$ )

$H$ : 窓高( $\text{m}$ )

이 式에서 火災繼續時間은 火災荷重 뿐만 아니라 開口部와 바닥面積의 크기에서 決定되는 것이 豫想된다.

### b.3 火災溫度

木造의 火災에는 空氣供給 10分으로 最盛期에  $1,200^\circ\text{C}$  정도의 高溫이 되는 것이 耐火構造의 경우는  $800^\circ\text{C}$  정도 된다.

그러나 後者가 길지만 最近에는 큰開口部の 耐火構建造物도 많아져서 木造와 類似한 火災性狀을 나타내는 例도 增加되고 있다.

一般으로 木材 1kg이 燃燒되려면 約  $3,600 \text{ kcal}$ 의 發熱이 있다. 그러한 量은 室內로 全部 放出되는 것은 아니고 開口部에서 噴出되는 곳에도 發熱한다. 窓面에서의 火災가스分析結果에는 大體으로 7割 程度가 室內에서 放出되는 것으로 생각된다.

室內에서의 發生熱量을 區分하면 火災溫度를 推定하는 것이 可能하다.

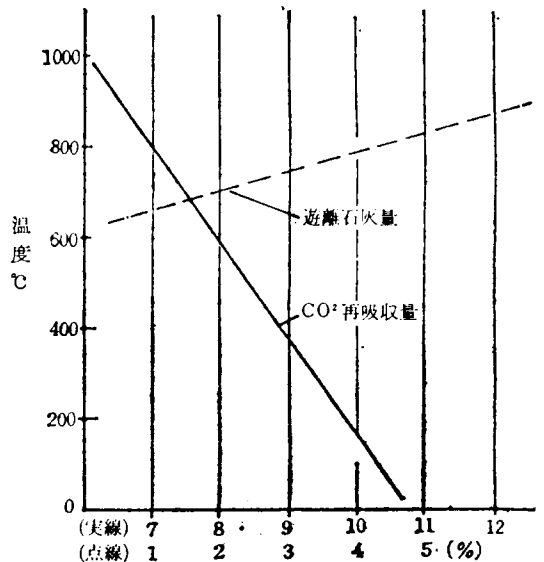
室內에서의 熱收支는 대개 下記에서 決定하여도 좋다.

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

여기서

$Q_0$ : 室內에서의 放熱量

$Q_1$ : 周壁의 吸熱量



(圖 2-5) 加熱溫度와 CO<sub>2</sub> 再吸收量 및 遊離石灰量의 關係

$Q_2$ : 窓에서 屋外로의 복사발열량

$Q_3$ : 噴出熱煙流가 지닌 소멸된 熱量

그 외에 火災를 입은 建物을 構成하는 素材를 化學的으로 分析하므로써 火災溫度를 推定하는 것도 可能하다.

圖 2-5는 炭酸가스의 再吸收量, 遊離石灰量, 石膏(보이드)의 組成變化를 目標로 한 溫度推定表이다.

#### b.4 空氣成分의 變化

다음  $n$ 배의 空氣를 함유한 木材中の 炭素  $c$ 중  $x$ 가 完全燃焼하고  $1-x$ 가 完全燃焼할 때의 排出가스量  $G$ 는

$$G = CO_2 + CO + H_2O + O_2 + N_2 \text{ (Nm}^3/\text{kg)}$$

$$\text{그래서 } CO_2 = 0,812 \times (m^3)$$

$$CO = 0,812(1-x)(m^3)$$

$$O_2 = (n-1)0,853 + (1-x)0,406n$$

여기서  $n$ 은 1.0~2.0,  $x$ 는 0~1.0까지 變化할 때까지의 排氣가스量을 求하면 된다. 이 計算으로 보면 火災溫度·完全燃焼率이 많기 때문에 一般的으로 700°C~800°C로 完全燃焼하는 것으로 假定해서 計算함이 옳다. 그러나 開口部の 通氣抵抗 및 過剩空氣率의 變動은 커지기 쉽다는 것에 注意해야 한다.

#### b.5 建物內의 煙氣暴動

建物內의 어떤 區劃에서 火災가 發生했을 경우 發生하는 煙氣는 窓等으로 屋外로 流出하는 것 외에는 火災區劃의 門, 닥트開口部, 에스카레이타, 피트 등에서 流出하여 建物內各部로 傳播·擴散한다. 建物內로의 傳播, 擴散經路는 流路, 開口條件과 建物 및 外氣의 溫度條件 및 外氣風 등의 모든 條件에 따라 다르다. 一般的으로 火災室門에서 南下, 階段室로, 피트(전선, 파이프, 에스카레이타)에서 上層으로, 더욱이 空調 닥트系 및 諸設備샤프트(파이핑, 에레베타等)에서 上下層으로 傳播하여 建物各部로 擴散한다. 火災室에서 發生하는 煙氣量, 各經路를 通過하는 煙氣量이나 煙氣의 流速은 火災室에서의 燃焼發煙性狀, 開口條件, 壓力條件等에 依한다.

또한 建物內 各部에서의 煙氣의 濃度는 火災室에서 發生하는 煙氣濃度와 上記의 煙氣量 및 換氣條件(開口, 壓力條件)에 依한다.

#### i) 火災室에서 噴出하는 煙氣

一般的으로 燃焼라 부르는 熱分解, 酸化反應은 有機質材料가 熱分解를 일으켜 揮發性 가스 및 遊離炭素를 放出(一次反應)한다. 그것은 酸化하는(二次反應) 一連의 化學反應을 가리킨다. 一次反應의 熱分解反應은 材料의 加熱溫度에 또한 二次反應의 酸化反應에는 熱分野에 의한 生成가스가 發火溫度에 接하여 酸素의 供給이 없으면 안된다.

따라서 酸素의 供給이 적어서 酸化反應이 充分히 行해지지 않으면 一次反應에서 生成되는 凝縮液滴이나 遊離炭素 등이 未酸化放出된다. 그것의 粒子와 浮遊되고 있는 氣體를 煙氣라 부른다.

따라서 材料의 燃焼에 의해서 發生하는 煙氣濃度 등의 性質은 溫도와 酸素의 供給條件에 의하게 된다.

結局 火災室에서 發生하는 煙氣는 火災室의 溫도와 開口部(酸素供給)條件에 의하게 된다. 濃度나 量은 火災의 進度過程에 따라 다르다.

火災初期의 煙氣는 材料內의 水分이 그 時期에 放出되기 때문에 그 濃度는 희박하고 白色이 아닌 灰色으로서 噴出하는 煙氣量도 적다. 후래쉬오바期에는 急激한 溫度上昇이 수반되어 火災室內가스의 熱膨脹에 의한 大量의 煙氣가 火室에서 噴出된다. 火災의 盛期에 대해서는 火災室開口부에 의해서 定해지는 給氣條件에 의해서 燃焼는 安定狀態로 들어간다. 그때의 煙氣는 燃焼面積에 比例하여 開口部가 적을 때는 濃도가 길고, 그 반대는 희박하다. 噴出하는 煙氣의 質量은 火災室溫度에 거의 無關하며(約 300~1200°C 範圍) 開口部條件에 支配된다.

煙氣의 噴出量을 概略的으로 推定하기 위해서 火災室에서 完全燃焼하는 것으로 가장하면, 木質系材料 1kg이 完全燃焼하는데 要하는 最小空

氣量  $L$ 은

$$L = 4Nm^3/kg \text{ 또는 } 5.2kg/kg$$

(空氣의 比重量  $ra = 1.3kg/Nm^3$ )

燃燒速度를  $R(kg/min)$ 로 하면 이 경우에 要하는 空氣量  $q_a$  및 發生煙量  $q_s$ 는

$$q_a = LR = 5.2R(kg/min)$$

$$q_s = (1+L)R = 6.2R(kg/min)$$

盛期火災에 의한 火災室의 燃燒速度  $R$ 은 火災室開口部의 面積  $A$ 와 높이  $H$ 에 의한다.

$$R = 6A\sqrt{H}kg/min \text{로 하면}$$

火災室에서 噴出하는 煙氣量은

$$q_s = 6.2 \times 6A\sqrt{H} = 37.2A\sqrt{H}(kg/min)$$

로 된다. 火災室開口部의 幅이 1m, 높이가 2m의 경우

$$q_s = 37.2 \times 2 \times 2 \times \sqrt{2} = 105(kg/min)$$

火災室에서 噴出될 때의 煙氣의 體積  $Q_s$ 는 그 溫度를  $Q_F$ 로 하면

$$Q_s = 37.2A\sqrt{H}(273+\theta_F)/353(m^3/min)$$

가 되므로 上記의 開口條件으로

$$\theta_F = 1000^\circ C \text{일 때}$$

$$\theta_s = 105 \times 1273 / 353 = 380(m^3/min) \text{가 된다.}$$

火災初期에 있어서는 燃燒가 局部的으로 되고 그 段階에는 燃燒에 必要한 空氣가 充分히 供給되어지므로 燃燒速度나 全煙氣量은 內裝을 包含한 可燃物의 種類나 配置 等に 의한다. 그 때의 發煙量은 盛火期의 그것보다 적은 것은 말할 것

도 없다.

후래쉬오바期에 있어서는 熱膨脹에 의한 流出이 支配의이다. 火災室의 氣積을  $V(m^3)$ , 후래쉬오바의 7分間의 火災室溫度가  $Q_1$ 에서  $Q_2$ 로 上昇하는 것으로 해서 그 間에 火災室에서 噴出하는 1分間當의 煙氣의 體積  $Q$ 는

$$Q = V(\theta_2 - \theta_1) / t(273 + Q_1)(m^3/min)$$

한편 天井開口  $A m^2$ 當에서 流出하는 煙氣量  $Q_c$ 는 火盛期에 있어서

$$q_c = 264A\sqrt{r_s \Delta r(H_c - y)}(kg/min)$$

$$Q_c = 264A\sqrt{\Delta r(H_c - y)/r_s}(m^3/min)$$

여기서  $r_s$ : 火災室가스의 比重量  $r_s = 353/(273 + \theta F) \cdot \Delta r - r_0 - r_s$ , 그러므로  $r_0$ 는 外氣(建物內)의 比重量  $= 353 \left( \frac{1}{273 + \theta_0} - \frac{1}{273 + \theta F} \right)$ .  $\theta_0$ 은 外氣溫  $H_c$ : 天井高(m)  $y$ : 火災室의 中性帶의 높이: 거의 門높이의 1/2 정도로 해도 좋다(安全側).

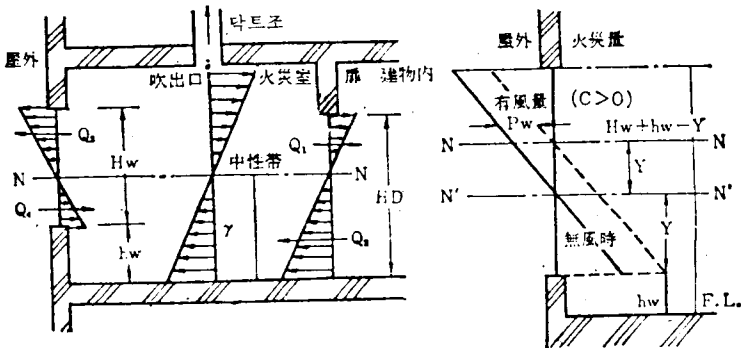
天井 높이  $H_c = 3m$ ,  $Y = 1m$ ,  $Q_0 = 20^\circ C$ 로 火災하면 災室溫度  $300 \sim 1200^\circ C$ 의 範圍에서

$$q_c = 160A(kg/min)$$

$$\theta_c = 0.45(273 + \theta F)A(m^3/min)$$

$\theta F = 100^\circ C$ 일 때  $1m^2$ 의 開口部에서 噴出하는 煙氣量은  $q_c = 160kg/min$   $Q_c = 570m^3/min$ 로 된다.

一般的으로 火災室은 2 以上の開口部를 가지



(圖 2-6) 火災室의 壓力分布와 空氣·煙氣의 流入流出

고 있다. 圖 2-6과 같은 경우 盛火期에 있어서는 各開口部에서 流入·流出하는 空氣 및 煙氣량은 다음과 같이 求할 수가 있다.

$$ad = \frac{2}{3} \alpha B_a \sqrt{2gJr} \times 60$$

$$\alpha_w = \frac{2}{3} \alpha B_w \sqrt{2gJr} \times 60$$

$$ac = \alpha' Ac \sqrt{2gJr} \times 60 \text{로 하면}$$

$$q_1 = ad(Hd - y)^{3/2} \sqrt{r_1} \text{ (kg/min)}$$

$$q_2 = ady^{3/2} \sqrt{r_0} \text{ (kg/min)}$$

$$q_3 = \alpha_w(H_w + h_w - y - \Delta y)^{3/2} \sqrt{r_1} \text{ (kg/min)}$$

$$q_4 = \alpha_w(y + \Delta y - h_w)^{3/2} \sqrt{r_0} \text{ (kg/min)}$$

$$q_5 = ac \sqrt{r_1} (Hc - y) \text{ (kg/min)}$$

여기서

$$\alpha_1 \alpha' : \text{流速係數} (\alpha = \alpha' = 0.8)$$

Ac : 天井開口面積

y : 中性帶의 높이 (m)

$\Delta y$  : 外氣側窓面에 의한 外氣風에 의한 中性帶의 變動높이 (m)

$$\Delta Y = CV^2 r_0 / 2g \Delta r \text{ (m)}$$

C : 風壓係數

V : 外氣速度 m/s

$q_1 + q_2 - q_3 + q_4 - q_5 = 0$ 의 根 y를 求한다. 上式( $q_1 \sim q_5$ )에 y를 代入하면 同流量  $q_1 \sim q_5$ 가 求해진다.

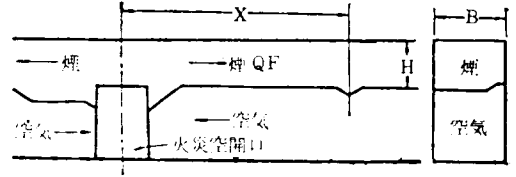
### ii) 火災層 복도의 煙氣

火災層 복도의 煙氣의 性質, 特히 그 溫度는 다른 層으로의 煙氣의 傳播, 擴散하는 경우에도 重要한 意味를 지닌다.

火災層 복도에서는 一般의 煙氣와 空氣의 2層流가 形成된다. 즉 火災室에서 噴出되는 煙氣가 空氣보다 高溫으로 가볍게 복도의 天井面을 흐른다. 煙氣層 밑에는 火災室의 燃燒에 供給되는 空氣層이 形成된다.

煙氣의 溫度는 火災室의 開口部에서의 距離와 時間에 따라 다르고 同一한 位置에서도 下方向으로 기울기를 가진다. 그래서 火災室內溫度가 定常狀態를 유지할 때 各 位置에서의 溫度의 時間的인 變化는 大개 없다. 여기서 火災室 開口

部에서의 距離에 따른 煙氣의 溫度가 變하는가 를 檢討하여 본다.



(圖 2-7) 火災層 복도에서의 煙流

理論的으로는 圖 2-7에 의한 幅 B, 높이 H의 煙層을 想定하고 周壁으로의 熱傳導率 h, 煙氣의 定壓比熱 Cp, 火災室溫度  $\theta F$ , 空氣溫度  $\theta_1$  및 噴出煙氣中 한 方向으로의 流量 a는 一定과 假定으로 하면 火災室開口部에서 x의 位置에 따른 煙氣의 溫度  $\theta$ 는 다음과 같이 表한다.

$$\theta = \theta_0 + (\theta F - \theta_0) \exp(-\alpha \phi x)$$

$$\text{여기서 } \alpha = 2(H\theta + W) / gG$$

$$\phi = h \exp(h^2 t / \lambda C \rho) \operatorname{erfch} \sqrt{t / \lambda C \rho}$$

t : 時間

$\lambda C \rho$  : 各周壁材의 熱傳導率比熱, 比重量

本來 h는 溫度의 關數다. 따라서 距離 x의 關數로 된다. 또한 周壁表面溫度가 時間에 따라 變化하는 것으로 火災室溫度가 定常狀態에 있으면 Q는 時間의 關數로 된다. 그러나 그의 時間的 影響은 一般의 大개 問題가 없다. 煙氣層의 높이 H는 最近의 若松氏의 近似值에 의해서 火災室開口部에서 流出된 煙氣가 2方向으로 等分되어 流出되는 것이다.

$$H = \left( \frac{B_D}{3_w} \right)^{2/3} \left( \frac{H_D}{\sqrt[3]{r_0 + \sqrt[3]{r_F}}} \right) \left\{ \frac{(T_F - T_0)(T_m - T_0)}{T_F [T_m - T_0 (1 - I_n) T_m / T_0]^2} \right\}^{2/3}$$

여기서

$B_D \cdot H_D$  : 各 火災室開口部의 幅, 높이

W : 복도幅

$T_F$  : 火災室의 絶對溫度

$T_0$  : 空氣層의 "

$T_m : T_y = T_0 + (T_m - T_0)y/H$  (y는 界面에서의 높이)로서 나타낸다. 煙層의 最高絶對溫度

$r_0 \cdot r_F$ : 各各 空氣 및 火災室內가스의 比重量  
따라서 煙層의 두께  $H$ 도 溫度 또는 位置의  
關數로 된다. 엄밀하게는 이 式을 利用하여 各  
位置, 各時間에 따른 값을 算出하지 않으면 안  
된다. 이 경우 一般的인 境遇를 想定하여 略算  
하는 方法은 다음과 같다.

周壁材를 콘크리트 時間을 20分으로 해서  
(時間은 5~30分으로서 대개 影響은 없다)  $\phi$ 을  
求하면  $h=40\sim 120\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ 의 範圍로  $\phi=17$   
 $\sim 23\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ 로 되므로  $\phi=20$ 으로 하면

$$\theta = \theta_0 + (\theta F - \theta_0) \exp\left(\frac{-160(1+w)}{q} x\right)$$

( $\because Cp=0.24\text{kcal/kg}^\circ\text{C}$ ,  $H=1\text{m}$ )

煙氣의 先端速度  $v$ 는  $t=0$ 로 하면  $\phi=h$ 가 되  
므로

$$v = \frac{q}{T_0 r_0 W} [T_0 + (\theta F - \theta_0) \exp(-ahx)]$$

煙氣의 溫度는 火災室에서 떨어진 곳일수록  
急速히 下降했고 煙氣層의 두께는 煙氣溫度가  
강하되어도 대개 變하지 않음을 알 수 있다. 그  
러나 煙氣層의 밑에 있는 空氣層은 후래시오바  
時에 煙氣層이 바닥近處까지 내려가며 周壁에서  
冷却된 煙氣가 降下하기 때문에 避難上 安全할  
수가 없다. 그러나 姿勢를 낮추어 도피하면 安  
全할 수도 있다. <끝>

#### 參考文獻

- 特殊建築物調査資格者講習テキスト
- 建築防火：日本科學防火協會著

### 新開發品

## 고속 소화기

시험을 하기위해 비행기의 한 隔室에 장치되어 있는 이 새로운 소화기는 불과 1,000분의 10초만에 작용할 수 있으며 이는 재래식 소화기보다 2천~3천배나 빠른 것이다.

영국의 더덜콘트론社와 왕립航空機公社가 공동으로 개발한 이 소화기는 작동을 시작하면 1,000분의 10초에서 1,000분의 15초 안에 불을 끌 수 있다.

코브라고 부르는 이 소화기의 근본원리는 과도한 열에 반응하는 것이 아니라 射出物의 충격에 대한 반응이다. 그리하여 이 장치는 발화의 初期段階에서 끌 수 있고 불이 제대로 붙는 것을 막아준다.

射出物이 燃料탱크를 때리면 水壓衝擊波가 생긴다. 이 衝擊波는 탱크속의 壓力感知器에 감지되어 조그만 電氣펄스가 생기고, 이 맥박이 起爆劑를 통해 消火液통에 전해지면 1,000분의 3초 이내에 燃料탱크주위에 消火液이 분출되는 것이다.

이 장치는 自己發電을 하며 비행기의 전기나 전지는 사용하지 않는다.

이 소화기는 지금 固定翼飛行機와 헬리콥터에 장치하여 試驗중인데, 영국공군에 납품할 物型치누크·헬리콥터에 장치하기 위해 벌써 미국에서 주문이 들어와 있다.