

火災時における階段の煙制御に関する研究

Study of smoke control on staircase in fire

0040465 水野佳世子 Kayoko MIZUNO

1. 背景と目的

ビルにおける階段やエレベータ等の堅穴空間は、火災時に避難経路・消防活動の場として極めて重要であり、最も安全を確保すべき空間である。平成13年9月の新宿歌舞伎町の明星56ビル火災では44名が犠牲となった。唯一の避難経路である階段から出火し、死者の大半は発生した煙に含まれる一酸化炭素中毒により死亡した。

これを受け、階段に煙が入る或いは階段で火災が起こるといかなる危険があるかを実大実験により検証し、階段室を守る為の一つの技術として、階段に空気を供給して圧力を高める階段加圧方式の有効性を検討し、設計法、検証法を提示することが本研究の目的である。

2. 階段内の煙拡散性状に関する実験

2.1 実験目的

階段室が煙で汚染される際の挙動を実大実験により測定し、煙発生位置(火源位置)、開口の開閉により煙流動性状がどのように変化するかを調べ、階段が煙で汚染されるとどのような危険が生ずるかを把握するために実験を行った。

2.2 実験方法

独立行政法人建築研究所、実大火災実験棟内の屋内階段(7層)を用いた。建物は鉄筋コンクリート造で、階高は2.7m、階段幅は1.2mである。階段室は付室付の特別避難階段の仕様であり、階段室の総高は26mである。付室は廊下と小室を介してアトリウムに面している。階段の踊り場に450mm×450mmのアルコールパンを設置し、6割のメタノールを燃焼させた。火源の発熱速度は約100kWである。火源を設置する階を1, 4, 7階のいずれかとし、階段付室との間の扉の開閉条件を変えて9条件(合計10回)の実験を行った。実験条件を表1に示す。

表1 実験条件

No.	火源	1階扉	4階扉	7階扉
1	1F	開放	閉鎖	閉鎖
2	1F	開放	閉鎖	開放
3	1F	開放	閉鎖	閉鎖(途中から開放)
4	4F	開放	閉鎖	閉鎖
5	4F	開放	閉鎖	開放
6	4F	開放	閉鎖	閉鎖
7	4F	閉鎖	開放	開放

8A	7F	開放	閉鎖	閉鎖
8B				
9	7F	閉鎖	開放	閉鎖

2.3 結論

1) 火源よりも上部の階の扉が開いている場合

- 煙突効果による上昇気流に乗り上階へもの凄い勢いで煙が噴出する。その風速は1~2m程度となる。とくにこの傾向は、階段内の中性帯が下部に位置する下階の扉が開放された場合に、より促進されることになる。

3) 火源よりも上部の階の扉が全て閉鎖している場合

- 高温の煙は、行く手を阻まれるので、火災階の2~3層上までしか上昇しない。煙の上部には、火災前から存在していた空気が圧縮された状態で残る。煙と圧縮された空気の界面で、混合が起こり、界面はゆっくりと上昇する。

- 煙層の下端は、火炎の真ん中くらいに位置する。

すなわち、火炎の上半分は煙層の中に入ってしまう、不完全燃焼となる。

- 火災階の扉が開いていると、発生した煙の多くは階段の外に漏れる。

- 火源階よりも下部には、周壁に触れて冷却された煙が拡散して下降してくる。これは、実火災においては、階段下部にも独ガスを含む煙が降りてくることを意味し、地上からのアクセスを困難にする。

3. 階段の煙制御対策と日本における現状

実大実験の結論より、階段に煙が入った場合の危険性と階段の安全確保の重要性が明らかになった。

それでは階段に煙が入らない為にはどのような策を講ずるべきか。排煙設備はこれまでは強制排煙(機械排煙)が一般的であったが、この方式は吸引排煙することで逆に煙を引き込む恐れがある。

加圧防煙システムは、煙から守るべき空間に給気し、その部分の圧力を高めることにより煙の侵入を防ぐ手段である。特に階段に直接給気する階段加圧方式は守るべき堅穴空間に直接給気することから、最も合理的な加圧方式といえるもので、欧米ではすでに法律の中で内容が詳しく規定されるまでになっている。しかし我が国では建築基準法の性能規定化が進んだ現在においても、統一された設計方法は確立されていない状況にある。

4. 予測計算モデルによる階段加圧方式の検討

これまでに火災時の煙の伝播および煙制御効果を予測するための予測計算モデルはコンピュータを利用した2層ゾーンモデルプログラムから電卓程度で計算可能な簡易計算法まで、様々な手法が開発されている。ここでは各手法を用いた階段加圧方式の設計・検証方法の考え方を示し、共通モデル(図1)を用いて比較検討を行った。モデルは階高4.0m,天井高2.7m,7層の事務所ビルを想定した。

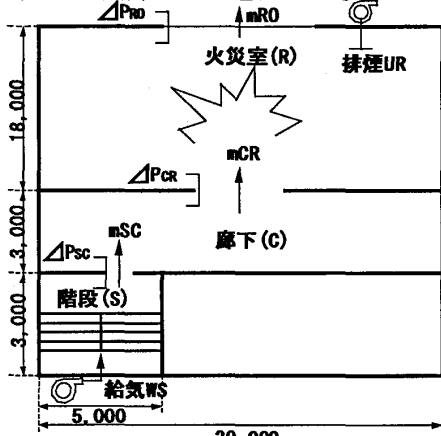


図1 共通モデル平面図

4.1 遮煙条件を用いた簡易計算による方法

階段加圧方式を採用する場合、初期火災における区画間での遮煙条件を設定する。遮煙条件を満たす給気量を算定し、盛期火災時においても安全性確保が可能であることを検証して、最終的な給気量として決定される。簡易計算では、遮煙条件を排煙量3.26kgとし、以下の流量・圧力関係が成り立つ。廊下-階段間は、式(1)に示す開口の正味流量が0となる中性帯高さ位置に生じる圧力差(近似平均圧力差)を用い、階段室への必要給気量を算定した。

$$\Delta P_{ij} = \frac{m_{ij}^2}{2\rho_i(\alpha_{ij}A_{ij})^2} \quad \dots(1)$$

	流量関係	圧力関係
火災室	$m_{CR} = m_{RO} + U_R$	$P_R = P_O + \Delta P_{RO}$
廊下	$m_{SC} = m_{CR} + m_{CO}$	$P_C = P_R + \Delta P_{CR}$
階段	$W_S = m_{SC}$	$P_S = P_C + \Delta P_{SC}$

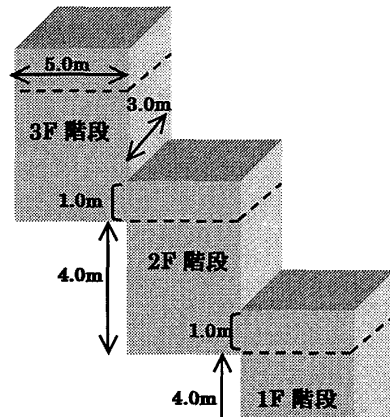
計算の結果階段への必要給気は3.42kg/sとなった。

4.2 2層ゾーンモデルプログラムによる方法

二層ゾーン煙流動性状予測プログラム(BRI2000)は、多数階多数室を対象とする非定常煙流動予測モデルである。指定されたフォーマットでデータ入力し、実行すると各室の煙温度,空気温度,圧力,室間の差圧,煙層高さ,室間及び層間の流量の結果が出力される。(図2)

共通モデルにおいて簡易計算で得られた階段への給気量を機械煙制御データとして入力し、プログラムを実行した。ただし、2層ゾーンモデルでは水平開口を取り扱えないので、竪穴である階段の上下階のつながりについては、図2のような架空の開口を想定し、水平開口を垂直開口に置き換えて入力する

という便宜を図っている。



ここでは3階まで示したが、同様に最上階まで続く。

図2 階段上下階水平開口の鉛直開口への変換

図3に煙層の高さの結果を示す。

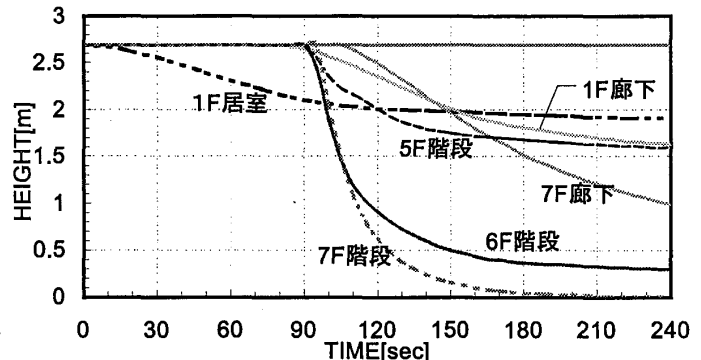


図3 煙層高さ

煙層高さ,温度,圧力,流量の各計算結果は、いずれも階段室の安全が確保されたものであり、簡易計算によって得られた給気量は適切なものであることが検証できた。

5. 総括

2層ゾーンモデルは、煙層の高さまでも予測しなければならない場合に適用するもので、階段加圧方式のように、煙汚染区画と安全区画とを明確に分離することを目的とした方式では、1層ゾーンモデル又は簡易計算で、煙制御対象となる建物内各部の気流を予測する方がより合理的である。また、簡易計算による手法は、設計の手順が明確であるのに対し、2層ゾーンモデルプログラムは計算過程がブラックボックス化してしまう。しかし、簡易計算で求めた給気量についてそれが安全を確保できるものかどうか検証するのに適している。階段加圧方式の設計手法を提示したが、これは必ずしも確実なものとは言い切れない。実験による結果との比較を行い、より確実な設計手法を確立することが今後の課題である。

[発表論文] (1)若松山名, 田中「加圧防排煙システムによる煙制御に関する研究」家政学会第52回大会, 2000, 東京 p. 245 (2)若松, 山名, 田中「加圧防排煙システムにおける必要給気量の算定方式に関する研究」建築学会大会学術講演梗概集, 2000, 郡山A-2, P. 207 (3)若松, 山名, 田中「加圧防排煙システムにおける給気量算定方式に関する研究—事務所ビルにおけるケーススタディー—」空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, 2000, 盛岡 P649 (4)若松, 山名, 田中「加圧防排煙システムにおける給気量算定方式に関する研究—採用動向と代表的プランにおけるケーススタディー—」生活工学研究 Vol. 3, 2001P. 152

(指導教官 田中辰明)