

東京理科大学「火災安全科学研究拠点」

■研究成果概要報告書

研究課題		遮煙開口部における流量測定	実施年度
			平成24年度
研究代表者	所属	株式会社大林組 技術研究所	
	氏名	山口純一	
1. 研究の背景および目的 <p>加圧煙制御は、階段に隣接する付室に新鮮な空気を給気し、その圧力を高めることで、付室および階段への煙侵入を防止する煙制御方式である。</p> <p>現在の加圧煙制御は、給気空気が全て静圧上昇に寄与する（以後、静圧場）と見なして設計されるが、付室の火災室側開口部（以後、遮煙部）と給気口と距離が近いなどの場合には、給気空気の動圧のすべてが付室の静圧上昇に寄与するとは考えにくい。このような不完全な静圧場（以後、動圧場）において、給気空気の動圧が遮煙部での圧力差形成や遮煙性能に与える影響は明らかでない。</p> <p>一方、加圧煙制御の性能確認（竣工検査など）においては、非火災時（以後、常温）の給気状況下の遮煙部を流れる空気の風速を実測し、$[\text{実測値}] \geq [\text{基準値}]$であることを確認する。遮煙部の風速を正確に測定するためには多数の測定点で風速を測定することが理想的であるが、より簡易な測定方法があれば実務上有用である。</p> <p>そこで本研究では、火災時において給気条件の差異が遮煙効果に与える影響を把握することを目的として実大遮煙実験を行った。また、常温給気時において給気条件の差異が遮煙部の風速分布に与える影響を把握することを目的として、実大付室を用いて遮煙部の風速分布を把握するとともに簡易な測定方法について検討を行った。</p>			

2. 研究成果および考察（申請時の計画に対する達成度合いも含む）

※継続課題の場合は、前年度との関係性、進展度合いについても記載すること。

I. 火災時における給気条件の差異が遮煙効果に与える影響に関する検討

1. 実験概要

給気設備を有する付室(幅 2.7 m、奥行き 5.4 m、高さ 3.0 m)と空気逃し口(幅 0.85m、高さ 1.0 m)を有する火災室(幅 2.7 m、奥行き 2.7m、高さ 3.0 m)の 2 室から成る模型を用いた。2 室は扉を有する開口(幅 0.85m、高さ 2.0m、給気口から 1.85m : 以下、遮煙部)によって接続されている。

実験は、給気風量を 7000 m³/h で定常になるのを待った後、火災室中央に設置された 0.5m 角火源(メタノール 9ℓ)に着火し、着火 200 秒後から 120 秒間隔で給気量を 500 m³/h ずつ減少させてゆき、給気風量、付室温度、火災室温度、遮煙部扉口*1 温度、遮煙部直上*2 温度を測定した。また、発煙筒による可視化実験も実施した。

本検討では、①給気条件(静圧場、遮煙部の上部に動圧が作用する場合(動圧場-給気口上部)、遮煙部の下部に動圧が作用する場合(動圧場-給気口下部))、②開口位置(60°、45°、30°)をパラメータとした。なお、事前に可視化実験を行った結果、遮煙部以外からの給気空気の漏れはみられなかった。

2. 測定結果と考察

- (1)遮煙達成時においても扉口*1 から付室内に煙が侵入するが、扉口*1 から侵入した煙は、遮煙部の隘路となる垂線*3 面付近で必ず押し返される。
- (2)本実験の範囲内では、いかなる給気条件においても遮煙は必ず遮煙部上部面*4 から破られる。
- (3)遮煙が破られるときの給気量は必ず静圧場の方が小さい。しかし、そのときの火災室の温度分布は給気条件により異なり、一概に比較できない。
- (4)既往の理論式^{例えば*5}に遮煙が破られる(付室に煙が侵入する)直前の火災室温度を代入して得られる理論値と測定値を比較すると、静圧場の場合、測定値は理論値より必ず小さい。また、両者の比は扉開放角度によらずおおむね一定値(0.83 から 0.9)をとる。
- (5)動圧場の場合は、測定値は理論値より必ず大きい。また、両者の比は扉開放角度、動圧が作用する場所により大きく異なる(遮煙部の上部に動圧が作用する場合は 1.19 から 1.21、遮煙部の下部に動圧が作用する場合は 1.8 から 2.4)。

3. 結論

- (a)必要給気量は、給気条件により異なる。
- (b)遮煙に効果的な給気条件は順に静圧場、動圧場-給気口上部、動圧場-給気口下部である。

*1 : 開口の断面

*2 : 開口上端において付室側に 15mm 突き出した地点

*3 : 扉開放端から扉板に向かって下ろした垂線

*4 : 開口上端部分に形成される扉口と扉板と垂線*3で囲まれた三角形の部分

*5 : 久次米真美子, 松下敬幸, 田中哮義: 付室加圧煙制御システムにおける給気量の手計算方法, 日本建築学会計画系
論文集第 531 号, 1-8, 2000.5

II. 常温給気時における遮煙部風速と測定点に関する検討

1. 実験概要

実大付室(幅 2.7 m、奥行き 5.4 m、高さ 3.0 m)に給気(5600 m³/h 一定)を行い、付室に設置された扉を有する開口部(幅 0.85m、高さ 2.0m)において、垂線面*3を計 32 分割(縦 4 分割、横 8 分割)し、各分割面の中央を測定点として無指向性の風速計により風速測定を行った。また、そのときの給気風量、付室-外気間圧力差を測定した。

実験では、①給気条件(静圧場、動圧場-給気口上部、動圧場-給気口下部)、②開口位置(60°、45°、30°)、③扉開放方向(給気流れに向かって開く場合、給気流れに背を向けて開く場合)、④開口位置(給気口から 0.45m、1.75m)をパラメータとした。なお、可視化実験を行った結果、開口部以外からの給気空気の漏れはみられなかった。

2. 測定結果と考察

○静圧場

- (1)垂線面*3に対する流量係数 α は扉角度、開放方向、開口位置によらず 0.6 で一定となる。
- (2)動圧場に比べて、測定風速のばらつきが小さい。
- (3)測定風速から得られる流量は投入量より大きい。
- (4)垂線面測定平均風速 V_p を垂直風速 V_x に読み替えるための修正係数 $\xi (V_x = \xi V_p)$ は、おおむね一定(本研究では $0.69 \leq \xi \leq 0.83$)である。
- (5)測定風速を最大 8% 過小評価することを許容するなら、測定点数 8 点の平均風速 $V_{8点}$ に風速比率 0.84 を乗じた値は 32 点測定平均風速 V_p として扱える。

○動圧場

- (6)給気口の設置高さの影響を受け、測定風速のばらつきが大きい。
- (5)測定風速から得られる流量は投入量より大きく、かつ静圧場の場合より大きい。
- (6)修正係数 $\xi (V_x = \xi V_p)$ は開放方向、開口位置によって異なる(本研究では、 $0.46 \leq \xi \leq 0.67$)。
- (7)本実験の範囲内では、風速を最大 8% 過小評価することを許容するなら、測定点数を 8 点として得られた風速に補正係数 0.84 を乗じた値は 32 点測定風速として扱える。

3. 結論

- (a)同一給気量投入時に得られる垂線面測定平均風速 V_p は、静圧場より動圧場の方が大きい。
- (b)垂線面風速ベクトルは垂線面に対して必ずしも垂直ではなく、風速ベクトルの垂線面に対する傾きは静圧場より動圧場の方が大きい。
- (c)垂線面測定平均風速 V_p を垂直風速 V_x に読み替えるための修正係数 ξ は、静圧場の場合一定である。
- (d)大まかな風速分布を測定するには代表点 8 点での測定で十分である。

※スペースが足りない場合はページを増やしても構いません。

3. 経費の使用状況

消耗品費・会議費・印刷費等		旅 費		人 件 費	
事 項	金額(円)	事 項	金額(円)	事 項	金額(円)
・ ガラス被覆熱電対	186,532				0
・ 発煙筒(可視化用)	42,525				
・ 風速計(レンタル)	106,890				
・ 宅配便代(機材運搬)	7,350				
・ 実験用木材他	12,035				
・ メタノール	42,000				
・ パンチングメタル	63,336				
・ 共同研究者宿泊費	29,500				
計	490,168	計	0	計	0

4. 今後の展望(今後の発展性、見込み等についても記述)

具体的な今後の発展性、見込みは以下の通りである。

(1)火災時における給気条件の差異が遮煙効果に与える影響に関する検討

可視化実験結果より、遮煙が破れるときの煙の動きなどの貴重なデータが得られた。また、給気条件の差異が遮煙に大きな影響を与えることが明らかとなった。静圧場の場合は実験値と理論値がよく一致するが、動圧場は理論値では遮煙できない場合があることを示した。今後は、給気条件の差異が遮煙に影響を与える理由を理論的に明らかにする必要がある。

(2)常温給気時における遮煙部風速と測定点に関する検討

本年度の研究により、垂線面を対象として、静圧場あるいは動圧場における常温給気時の遮煙部風速分布を把握した。今後はデータ数の拡充(例えば、開放角度、給気風量の変更)による信頼性の向上が必要と考える。

また、同一給気量投入時に得られる平均風速測定値は静圧場に比べ、動圧場が大きい値を示した。この原因として風速ベクトルの傾きが考えられるが、可視化実験(例えば PIV 等)により裏付けが得られればよい。

(3)総括

給気条件の差異が遮煙性能あるいは常温確認時の風速分布に大きく影響を及ぼすことが明らかとなった。

火災時において、動圧場は理論値では遮煙できず、流量の上乗せが必要となる。どの程度の上乗せが必要であるかは、上記に示した給気条件の差異が遮煙に影響を与える理由を理論的に明らかにする過程で得られると考えられる。

一方で、常温確認時においては、同一給気量投入時に得られる平均風速測定値は静圧場 비해、動圧場が大きくなるため、常温確認時の評価手法を給気条件によって使い分ける必要がある。現状の評価手法は静圧場を主に構築されており、動圧場では①測定値と比較すべき基準風速を大きくする②測定風速を小さく補正するなどの操作が必要となる。また、評価手法を使い分けるためには、給気条件の差異を判別する仕組みも必要になると考えられる。

5. 成果の公表状況（学会への発表，学術誌への投稿等を記述。予定も含む）

実験結果の概要と考察を下記の研究集会への投稿を行った。

- 1) 岸上昌史，山口純一，沖永誠治，松山賢，松下敬幸，：中間的開放性状における開口部の流量係数に関する実験的研究，2012年度日本建築学会関東支部研究報告集，621-624，2013
- 2) 村岡宏，岸上昌史，山口純一，沖永誠治，松山賢，松下敬幸，：加圧防排煙における遮煙開口部の風速測定に関する実験的研究-その1 実験概要-，平成25年度日本火災学会研究発表会，2013年6月発表予定
- 3) 岸上昌史，山口純一，村岡宏，沖永誠治，松山賢，松下敬幸，：加圧防排煙における遮煙開口部の風速測定に関する実験的研究-その2 実験結果と考察-，平成25年度日本火災学会研究発表会，2013年6月発表予定
- 4) 岸上昌史，山口純一，沖永誠治，松山賢，松下敬幸，：加圧煙制御における給気条件の差異が遮煙に与える影響に関する実験的研究，2013年度日本建築学会学術講演会オーガナイズドセッション，2013年8月発表予定
- 5) 岸上昌史，山口純一，沖永誠治，松山賢，松下敬幸，：加圧煙制御における遮煙開口部中間的開放状態での風速測定および測定点に関する実験的研究，日本建築学会環境系論文集，審査中(2013年4月現在)