

エントランス開放に起因する高層ビルのエレベーターシャフトにおける 煙突効果抑制に関する研究

戒能 慧邦*, 高田 暁*, 牛尾 智秋**, 松下 敬幸*

*神戸大学大学院工学研究科, **日建設計

A Study on Prevention of Stack Effect in Elevator Shaft of High-Rise Building due to Opening of Entrance

Keihou KAINOU*, Satoru TAKADA*, Tomoaki USHIO**, Takayuki MATUSHITA*

* Graduate School of Engineering, Kobe University,

**Nikken Sekkei Ltd.

Abstract : For prevention of stack effect in elevator shaft of high-rise building due to opening of the entrance, this paper proposes a method to cool the shaft by natural ventilation by putting openings linking to out air in the shaft. By using a numerical model of fifteen-storied building, the behavior of air flow in the building is simulated based on the airflow network model. As the results, it was shown that by putting a large opening in the lower level in elevator shaft, the elevator shaft is effectively cooled and thus stack effect can be effectively prevented.

Key words : Stack Effect, High-Rise Building, Elevator Shaft, Cooling with Outside Air, Natural Ventilation

要旨 : エントランス開放に起因する高層ビルのエレベーターシャフトにおける煙突効果の抑制対策として、シャフトに外部と通じる開口を設けることで、自然換気によりシャフト内を外気冷房する対策について検討を行った。冬季、エントランスを開放している 15 階建てのビルを想定した換気回路網計算を行い、エレベーターシャフトの上層部と下層部に設置した開口について、シャフトを冷却する観点から効果的な開口の条件を検討した。このシャフトに開口を設け自然換気により外気冷房する手法では、シャフト下層部の開口を大きくすると、シャフトを効果的に冷却できることを明らかにした。

キーワード : 煙突効果、高層ビル、エレベーターシャフト、外気冷房、自然換気

1. はじめに

冬季、高層ビルのエレベーターシャフト等での煙突効果(外の冷気が建物下層部から流入し、建物内の暖気が煙突状空間で上昇気流を生じる現象)によって、扉隙間での風切音や隙間風による空調負荷、扉開閉の不自由などの障害が発生する。特にエントランス開放時には、エントランスから多量の外気が侵入し問題となっている。この問題の建築計画的対策として、回転式扉によりエントランスの気密性を確保する手法があるが、その適用が難しい場合もある。その他の対策としては、シャフトに設置した給排気ファンによりシャフト内を外気冷房するシャフト加圧冷却運転や、居室やホールを空調加圧するなど、煙突効果自体を抑制する対策が挙げられる。これに対し、本研究ではシャフトに外部

と通じる開口を設置することで、自然換気によりシャフトを外気冷房し、煙突効果を抑制する手法について検討した。これは対策のための設備機器の導入に比べてイニシャル・ランニングともコストを抑えられることから、より汎用性の高い手法であると考えられる。冬季、エントランスを開放している 15 階建てのビルを想定した換気回路網計算を行い、解析モデルのエレベーターシャフトの上層部と下層部に外部と通じる開口を設置し、シャフトを冷却する観点から効果的な開口の条件を検討した。

2. 基礎理論

冬季、高層ビルのエレベーターシャフトで煙突効果が生じている時、空気は下層部で居室側からエレベ

ターシャフトに流入、上層部でエレベーターシャフトから居室側へ流出する(図 1:A)。この時の居室側とエレベーターシャフトの差圧分布は図 1:B のようになる。この状態からシャフトを冷却すると差圧分布の勾配が図 C のように変化する。空気密度を一定とすると(ブシネスク近似)、中性帯位置は変わらないので、図 C のように下層部と上層部共に差圧が小さくなり煙突効果が抑制される。ここで、シャフトの上層部と下層部に外部と通じる開口を設けたとする。居室側の圧力・シャフト温度が変わらないと仮定すると、シャフト上層部の開口を大きくする(下層部開口を小さくする)と、図 1:D のように中性帯位置は上に移動し上層部で差圧が小さく、下層部で差圧が大きくなる(シャフト減圧変化)。シャフト下層部の開口を大きくする(上層部開口を小さくする)と、図 1:E のようにその逆の変化となる(シャフト加圧変化)。

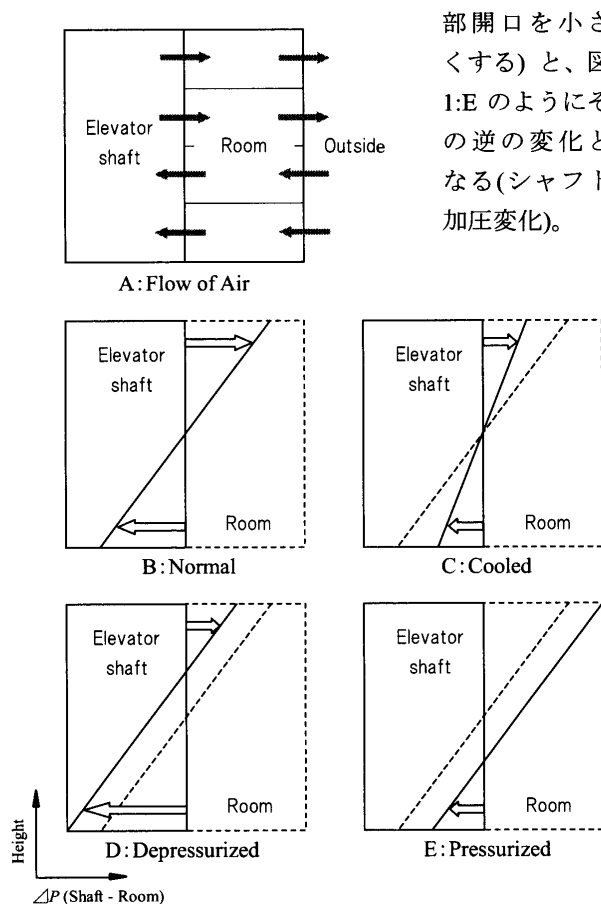


Figure 1 Diagrams of stack effect

3. 解析条件

3.1 解析対象ビル

本研究では図2に示す15階建のビルを想定して検討を行った。想定したビルは1～15階居室、エレベーターシャフト、エレベーター機械室で構成されており、各階の居室は執務室や廊下をまとめて1室と考えている。エレベーターシャフト1本、エレベーター3基(エレベーター籠は無視)とし、基準階床面積900m²の規模のビルとした。また、外部風は考慮していない。解析

には換気回路網計算ソフト Ventsim を用いた。壁面は外壁、間仕切りとも断熱とし、外気温を0℃、居室は空調制御されているとして20℃、エレベーター機械室は20℃とした。エレベーターシャフトは非空調と考え、換気回路網計算の結果から熱収支計算を行い、シャフト温度を決定した^{注1)}。各開口部の条件を表1に示す。文献値⁵⁾からビル外壁(外壁気密性:Average)の隙間面積を算出し、その隙間を各階居室に設置した換気口(床から2m)に置き換えて解析を行った^{注2)}。1階居室はエントランス(面積:4m²,床から1m)と換気口で外部と、2～15階居室は換気口で外部と通じている。また、各階居室はエレベーター扉隙間(床から1m)でシャフトと通じている。シャフトとエレベーター機械室は、面積1.5m²の開口で通じている。以上の開口の流量係数は0.6とした。エレベーター扉隙間については扉寸法2m×2mとし、文献値⁶⁾から有効開口面積を算出した^{注2)}。

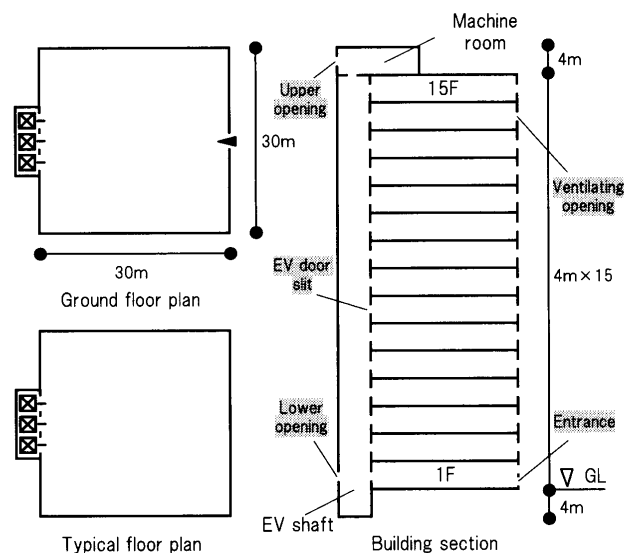


Figure 2 Building model for analysis

Table 1 Conditions of openings

Opening	Discharge coefficient(α)	Area(A)
Entrance	0.6	4m ²
Ventilating opening	0.6	0.1m ²
EV shaft - Machine room	0.6	1.5m ²
EV door slit	$\alpha A = 0.129\text{m}^2$	

3.2 エレベーターシャフト開口

図3に示すようにエレベーターシャフトの下層部と上層部(機械室)に外部と通じる開口を設置し、それぞれの開口面積をパラメータとして解析を行った。シャフト上層部・下層部開口の流量係数は0.6とした。表2に解析Caseを示す。Case-aを基準として、シャフト上層部の開口面積を大きくしていく場合(Case-b1→Case-b4)と、シャフト下層部の開口面積を大きくしていく場合(Case-c1→Case-c4)の2パターンの解析を行った。

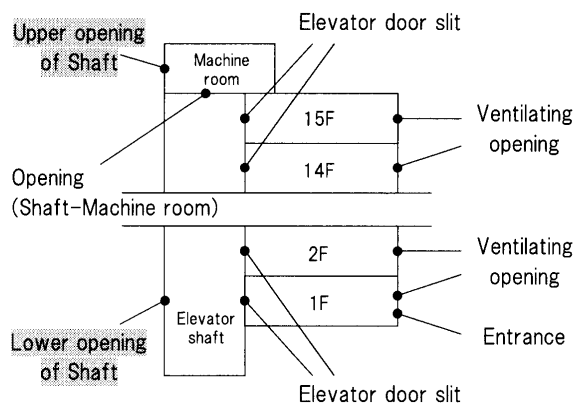


Figure 3 Condition of openings for calculation

Table 2 Area of openings of elevator shaft

Case	Lower opening	Upper opening
a	0.25m ²	0.25m ²
b1	0.25m ²	-
b2	0.25m ²	0.1m ²
b3	0.25m ²	0.5m ²
b4	0.25m ²	1m ²
c1	-	0.25m ²
c2	0.1m ²	0.25m ²
c3	0.5m ²	0.25m ²
c4	1m ²	0.25m ²

4. 解析結果

解析 Case - a と Case - b4 および Case - c4 について、エレベーターシャフト内の空気の出入りを図 4 に示す。1 階・15 階エレベーター扉隙間の流量、およびエレベーターシャフト温度を図 5、図 6 に示す。

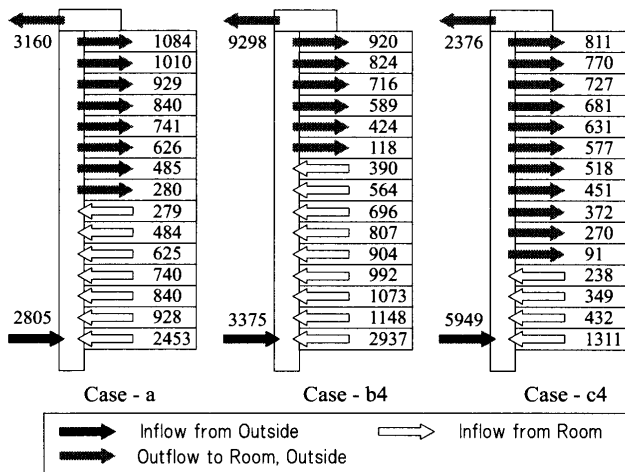
Figure 4 Inflow and outflow of air in EV shaft (m³/h)

図 4 からシャフト上層部の開口を大きくすると (Case - a → Case - b4)、中性帯位置が高くなり (シャフト減圧変化) エレベーターシャフトに流入する居室空気 (高温) と外気 (低温) の量は共に増加することが分かる。今回の解析では居室空気の流入量が上回り、シャフト上層部の開口を大きくしていくと、結果的にエレベーター

ターシャフト温度は高くなった (図 5)。一方シャフト下層部の開口を大きくする (Case - a → Case - c4) と、中性帯位置が低くなり (シャフト加圧変化) エレベーターシャフトに流入する居室空気 (高温) の量は減少し、外気の流入する開口が大きくなるので流入外気 (低温) の量は増加する (図 4)。従ってシャフト下層部の開口を大きくしていくと、シャフト温度は低下していく (図 6)。シャフトの温度変化がないと仮定すると、シャフト上層部の開口を大きくしていくことで、シャフト減圧変化により 1 階 EV 扉で居室とシャフト間の差圧は大きく、15 階 EV 扉で差圧は小さくなる。逆にシャフト下層部の開口を大きくしていくと、シャフト加圧変化により 1 階 EV 扉で差圧は小さく、15 階 EV 扉で差圧は大きくなる。しかし、シャフトの温度変化を考慮すると、シャフト下層部の開口を大きくしていくことで、シャフト温度低下により煙突効果が抑制され、シャフト加圧による 15 階 EV 扉での差圧増加分が打ち消された結果、差圧は低減された。またこの時、1 階 EV 扉ではシャフト加圧による差圧低減と温度低下の影響で大幅に流量が減少した (図 6)。一方でシャフト上層部の開口を大きくしていくと、シャフト減圧による 15 階 EV 扉での差圧低減は確認できるが、シャフト温度が上昇していくので煙突効果は抑制されず、1 階 EV 扉での流量は増加した (図 5)。

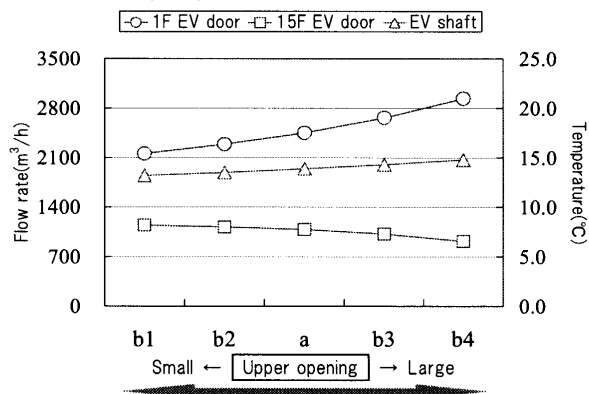


Figure 5 Flow rate (1F・15F EV door slit) and Temperature (EV shaft)

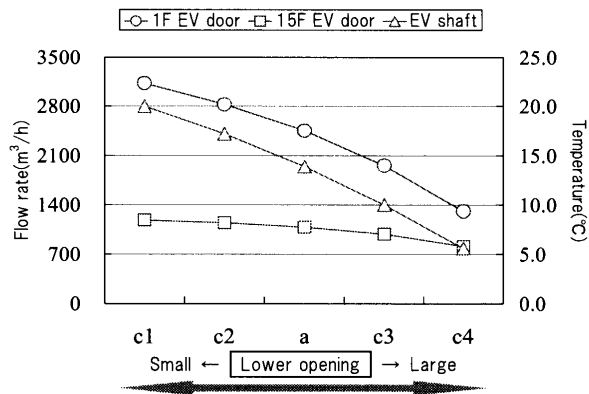


Figure 6 Flow rate (1F・15F EV door slit) and Temperature (EV shaft)

以上よりシャフトに外気を導入するための開口を設ける場合は、シャフト下層部に大きな開口を設置すると、シャフトを効果的に冷却できると考えられる。

5. 外壁隙間量に関する考察

外壁気密性によって煙突効果による外気侵入量や建物内部での漏気量は変化する⁴⁾が、この外壁気密性が今回の自然換気によるシャフト冷却手法に及ぼす影響を把握するため、外壁隙間面積を2倍(気密性:Loose⁵⁾)にして同様の解析を行った。シャフト上部・下部の開口面積は表2に対応してそれぞれCase-a'～Case-c4'とする。結果を図7、図8に示す。

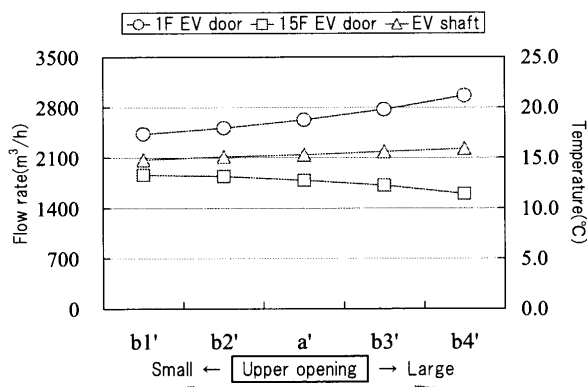


Figure 7 Flow rate(1F・15F EV door slit) and Temperature(EV shaft)

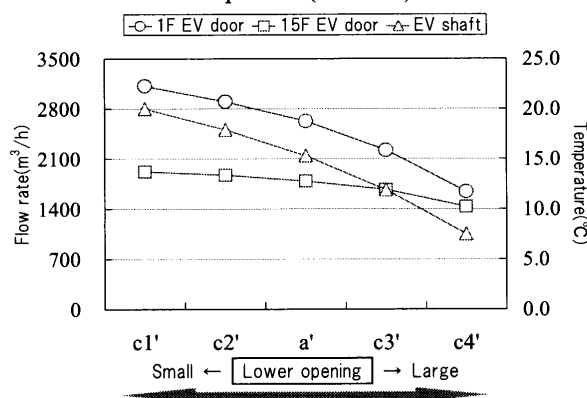


Figure 8 Flow rate(1F・15F EV door slit) and Temperature(EV shaft)

外壁隙間量を2倍にした解析においても、シャフト上層部の開口を大きくすると1階EV扉隙間の流量が増加、15階EV扉隙間の流量が減少するのに対して、シャフト下層部の開口を大きくすると、シャフト温度低下により1階・15階EV扉隙間の流量がともに減少する同様の結果となった。

6. まとめ

高層ビルのエレベーターシャフトでの煙突効果抑制対策として、シャフト上下部に開口を設け、自然換気により外気冷房する対策について検討した。冬季のエ

ントランスを開放した15階建てのビルを想定し、換気回路網計算によりシャフトに設けた開口について、効果的にシャフト冷却する条件を明らかにした。シャフトに開口を設けて直接外気を導入しシャフト冷却するには、シャフト下層部に大きな開口を設置する方法が効果的であると考えられる。

注

注1) シャフト温度 T_{shaft} (0.1K 刻み) を仮定し、換気回路網計算により流量を算出。算出した流量より下記の式でシャフト温度 T_{shaft} を計算。

$$T_{shaft} = \frac{Q_1 \cdot T_{in} + Q_2 \cdot T_{out}}{Q_1 + Q_2} \quad (1)$$

以下の条件を満たすまで T_{shaft} を修正し、最終的に得られた T_{shaft} をシャフト温度とした。

$$|T_{shaft} - T_{shaft}^*| \leq 0.05 \quad (2)$$

T_{shaft} : シャフト計算温度(K), T_{shaft}^* : シャフト仮定温度(K), T_{in} : 居室温度(K), T_{out} : 外気温度(K), Q_1 : シャフトへの居室空気流入量 (m^3/h), Q_2 : シャフトへの外気流入量 (m^3/h)

注2) 各階換気口面積とEV扉隙間の有効開口面積は以下のようにして算出した。

各階換気口

各階外壁面積: $30m \times 4m \times 4 = 480m^2$

外壁(気密性: Average) $1m^2$ 当たり隙間面積⁵⁾: $0.21 \times 10^{-3} m^2/m^2$

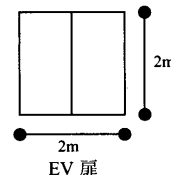
外壁隙間面積: $480 \times 0.21 \times 10^{-3} = 0.1008m^2$

EV扉隙間

隙間長さ: $10m$

隙間(幅 $4.8mm$) $1m$ 当たり αA ⁶⁾: $0.0043m^2/m$

扉1枚の隙間 αA : $10 \times 0.0043 = 0.043m^2$



7. 文献

- 1) 早川他. 1988. 煙突効果現象の解明と各種障害への対応. 日本建築学会計画系論文報告集. 387:42/52.
- 2) 新村他. 2005. 煙突効果の抑制対策に関する研究. 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集. 337/340.
- 3) 牛尾他. 2008. 高層エレベーターシャフトにおける煙突効果に関する研究(その2). 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集.
- 4) 吉野他. 2007. 煙突効果による高層住宅建築の環境障害の防除に関するCOMISモデルを用いた検討. 日本建築学会環境系論文集. 619:69/74.
- 5) John, H. K. and John, W. F. Jr. 1983. Design of Smoke Control Systems for Buildings. ASHRAE. 57.
- 6) 松下敬幸. 1993. 火災時における避難安全評価のための煙の伝播予測に関する研究. 149.

<連絡先>

著者名 戒能 慧邦

住所 神戸市灘区六甲台町1-1

所属 神戸大学大学院工学研究科建築学専攻

E-mail アドレス 087t016t@stu.kobe-u.ac.jp