

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 その2

戒能 慧邦¹⁾, 高田 暁¹⁾, 牛尾 智秋²⁾, 松下 敬幸¹⁾

1)神戸大学大学院工学研究科 2)日建設計

A Study on Prevention of Stack Effect in Elevator Shaft of High-Rise Building due to Opening of Entrance Part 2

Keihou KAINOU¹⁾, Satoru TAKADA¹⁾, Tomoaki USHIO²⁾ and Takayuki MATSUSHITA¹⁾

1)Graduate School of Engineering, Kobe University and 2)Nikken Sekkei Ltd.

Abstract: For the prevention of the stack effect in a high-rise building in winter, the authors proposed a method to cool the shaft by natural ventilation through the opening between the elevator shaft and out air, and showed its effect by using a numerical model of a fifteen-storied office building. In this paper, the possibility of the dew condensation around the elevator shaft, and the change in the heat loss through the walls and doors between the elevator shaft and the air-conditioned rooms due to the introduction of this method are studied numerically. As the results of calculation based on the airflow network model and the steady heat balance analysis, it is shown that the possibility of the occurrence of the dew condensation is not high around the elevator under the conditions in this paper, but that it is necessary to pay attention for it in the humidified cases. Furthermore, the change in the heat load (by the transmission between the elevator shaft and the air-conditioned rooms and by the natural ventilation) due to the introduction of the proposed method is studied quantitatively.

Key Words: Stack Effect, Natural Ventilation, Cooling with Outside Air, Dew Condensation, Heat Load

要旨：既報において、冬季の高層ビルにおける煙突効果の抑制対策として、EV シャフトに外部開口を設け、EV シャフトを自然換気により外気冷房する対策を提案し、15 階建のオフィスビルを対象とした換気回路網計算によりその有効性を示した。本報では、EV シャフトの外気冷房対策時の、EV シャフト周辺における結露の有無、EV 扉やEV シャフト壁からの熱損失の影響について検討を行った。換気回路網計算と定常熱収支計算からEV シャフト温度を求めるモデルで検討した結果、本報の条件下で、対策時にEV 扉・シャフト壁で結露発生の可能性は高くないことを明らかにした。但し、通常より高湿の条件が想定される場合、注意が必要であることを示した。また、提案している対策を行った場合の、居室のEV 扉・シャフト壁からの貫流負荷と、自然換気による熱負荷の変化を定量的に把握した。

キーワード：煙突効果、自然換気、外気冷房、結露、熱負荷

1. はじめに

冬季の高層ビルでは、EV シャフト等の堅穴空間で煙突効果が生じ、様々な障害を引き起こす。特にエントランス開放時に多量の外気が侵入し、EV 扉隙間での音鳴り、空調負荷の増大等の問題が顕著となる。煙突効果の対策としては、回転式扉によるエントランス気密化や外壁の気密化の他、シャフト内外の温度差を低減するために外気導入ファンでシャフト冷房する対

策、空調運転で居室やホールの圧力を制御する対策等が提案されている。これらに対し、筆者らはシャフトに外部開口を設け、自然換気によりシャフトを外気冷房する対策を提案した。この対策は設備機器を導入する他の対策に比べ、イニシャル・ランニングともコストを抑えられ、広く普及することが期待できる。既報ではこの対策に関して、冬季の15 階建ビルを対象とした換気回路網計算を行い、効果的にシャフトを冷却で

きる外部開口の条件を検討した。その結果、シャフトの下層部に外部開口を設ける事がシャフト冷却に有効であり、煙突効果の抑制に効果的であることを示した。

本報では、EV シャフトを外気冷房する対策を行う場合、EV シャフト周辺で結露する可能性があることや、EV 扉やEV シャフト壁からの熱損失が増大することが懸念されるため、これらの問題について検討する。具体的には、冬季の15階建ビルを対象として、換気回路網計算と定常熱収支計算(換気による熱移動、EV 扉・シャフト壁の伝熱を考慮)からEV シャフト温度を解くモデルにより、提案している対策を行った場合の結露発生の検討、EV 扉・EV シャフト壁からの熱損失の定量的な把握を行う。さらにEV 扉の断熱性、EV シャフト位置を変更した計算を行い、それらが対策の効果や結露、熱負荷の問題に及ぼす影響を検討する。

2. 計算概要

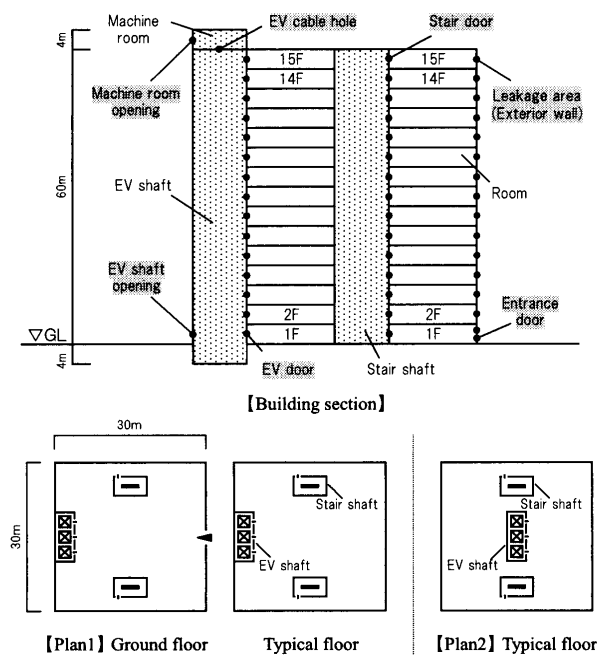


図1 計算対象ビル

計算対象ビルを図1に示す。対象ビルは1階～15階居室、EV シャフト(1箇所・EV3基)、階段室(2箇所)、EV 機械室で構成されている。EV シャフトの位置は、シャフトの一部が外気に面している Plan1 と、居室中央にある Plan2 の2通りを想定した。換気回路網計算は Ventsim によって行った。各開口部の条件を表1に示す。すべての開口は単純開口とした。エントランスドアは開放時を想定し、有効開口面積 2.4m^2 として、1階床面から高さ 0.5m と 1.5m の2点に分けて表現した。EV 扉と階段室扉は早川ら(1990)を参考に、それぞれ1枚当りの有効開口面積を 0.034m^2 、 0.01m^2 として、

各階床面から 1m の高さの開口とした。外壁隙間は Tamura ら(1976)による外壁気密性 Average の値を参考に、外壁 1m^2 当り 1.4cm^2 として各階床面から 2m の高さの開口とした。また、本報で提案する対策のためのシャフト外部開口は、有効開口面積 0.6m^2 として、1階床面から 2m の高さとした。外気温、室温は早川ら(1990)、石野ら(1995)を参考として外気温 0°C 、室温 22°C とした。階段室と EV 機械室は 22°C とし、EV シャフト温度は非空調として、換気回路網計算と定常熱収支計算(換気による熱移動と EV 扉・シャフト壁の伝熱を考慮)から決定した。EV シャフト壁は間仕切り壁、外壁ともに ALC150mm を想定した(間仕切り壁の熱貫流率 $0.91\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 、外壁 $1.03\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)。EV 扉はステンレス 1.5mm (熱貫流率 $4.64\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) と、ステンレス 1.5mm に断熱材 25mm を貼付した場合(熱貫流率 $0.79\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) の2通りを想定した。EV 籠、外部風の影響は無視した。以上の条件で表2の様に EV 扉仕様、EV シャフト位置、対策の有無の組み合わせを変えて計算を行った。

*居室の暖房負荷を検討する観点から、仮想的に設定した条件であり、具体的な製品の存在は確認していない。

表1 開口部条件

Opening	αA
Entrance door	2.4m^2 (top 1.2m^2 , bottom 1.2m^2)
Elevator door (3doors)	$0.034\text{m}^2 \times 3 = 0.102\text{m}^2$
Stair door (2doors)	$0.01\text{m}^2 \times 2 = 0.02\text{m}^2$
Leakage area of exterior wall (every floor)	$1.4\text{cm}^2/\text{m}^2 \times 480\text{m}^2 = 0.0672\text{m}^2$
EV cable hole	0.3m^2
Machine room opening	0.5m^2
EV shaft opening	0.6m^2

表2 計算条件

Case	Specification of EV door	Plan	EV shaft opening
Case1	Stainless 1.5mm $K=4.64\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	Plan1	-
Case2	Stainless 1.5mm $K=4.64\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	Plan1	○
Case3	Stainless 1.5mm + Insulation 25mm $K=0.79\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	Plan1	-
Case4	Stainless 1.5mm + Insulation 25mm $K=0.79\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	Plan1	○
Case5	Stainless 1.5mm $K=4.64\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	Plan2	-
Case6	Stainless 1.5mm $K=4.64\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	Plan2	○

3. 計算結果

3.1 対策の効果(EV 扉の音鳴り)

EV 扉前後の圧力差(シャフト側－居室側の圧力)について、Case1 と Case2 の結果を図2に、Case3 と Case4 の結果を図3に、Case5 と Case6 の結果を図4に示す。EV 扉の音鳴りに関しては、早川ら(1988)が EV 扉前後

の圧力差と騒音レベルの関係を実験で求めており、騒音レベル 55dBA 程度、圧力差にして 19.6Pa 程度が苦情の出る目安としている(EV 扉のサイズ 1000mm×2130mm、隙間の幅平均 3~4mm)。この圧力差と騒音レベルの関係は、EV 扉の隙間量や隙間形状に依存するため、測定された EV 扉固有の関係であるが、ここでは一応の目安とした。図 2 から、基準の Case1 では 1 階の EV 扉前後の圧力差が 29Pa で最大であるが、本報で提案する対策を行うことで、最大値が 7.8Pa(約 73%低下)となり、目安となる圧力差 19.6Pa を下回っていることが分かる。この時のシャフト温度は Case1 で 19.2℃、Case2 で 8.3℃となった。次に EV 扉の断熱性を高めた場合、図 3 から、Case3 では EV 扉前後の圧力差の最大値が 28.8Pa であり、対策を行う(Case4)と最大値は 7Pa(約 76%低下)となる。この時の EV シャフト温度は Case3 で 19℃、Case4 で 7.3℃となった。EV 扉の断熱性が高いと居室から EV シャフトへの熱損失が抑えられるため、EV シャフト温度が低下しやすく、対策の効果が大きいと考えられる。図 4 から、EV シャフトが居室中央にある場合、Case5 では EV 扉前後の圧力差の最大値は 32.9Pa であり、対策を行う(Case6)と最大値は 9.7Pa(約 71%低下)となる。この時の EV シャフト温度は Case5 で 22℃、Case6 で 10.5℃となった。EV シャフトが居室中央にある場合、EV シャフト温度が低下しにくくなり、対策の効果が小さくなる。

3.2 対策時の結露の有無

図 5 に各ケースについて、EV シャフト温度、EV 扉の居室側と居室裏側の表面温度、EV シャフト壁の居室側と居室裏側の表面温度を示す。本報で提案する対策を行った場合の結果に着目すると、基準の Case1 に対して、対策を行った Case2 では、EV シャフト温度は 8.3℃、EV 扉の居室側は 15.2℃、居室裏側は 15.1℃、EV シャフト壁の居室側は 20.7℃、居室裏側は 9.6℃となった。冬季のオフィス環境について、猪股ら(2005)が行った建物・空調条件の異なる 6ヶ所のオフィスを対象とした実測によれば、室温 24.1~26.3℃、相対湿度 24.3~32.4%であり、絶対湿度が等しいと考えて換算すると、本報の設定室温 22℃の場合、相対湿度 28.9~41.9%となる。つまり、冬季のオフィスを 22℃と想定した場合、40%RH 以上のオフィスは少ないのが現状であると考えられる。このことから、居室空気 22℃・40%RH を目安とすると、対策時(Case2)にも EV シャフト周辺で居室空気の露点温度を下回る箇所は無く、結露発生の可能性が高いとは言えないが、EV シャフト壁裏側や EV シャフトの温度は低く、注意が必要である。EV 扉を断熱化して対策を行った Case4 では、EV シャフト温度は 7.3℃、EV 扉の居室側は 20.7℃、居室裏側は 8.6℃、EV シャフト壁の居室側は 20.6℃、居室

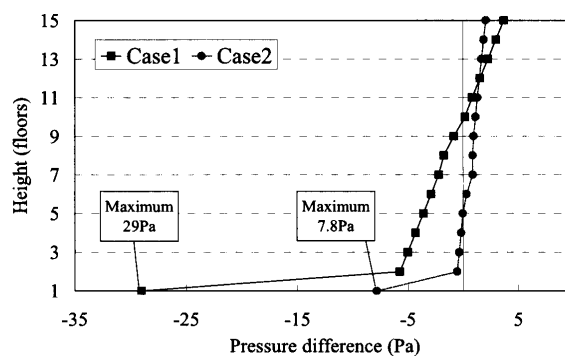


図 2 EV 扉前後の圧力差(Case1 と 2、対策無しと有り)

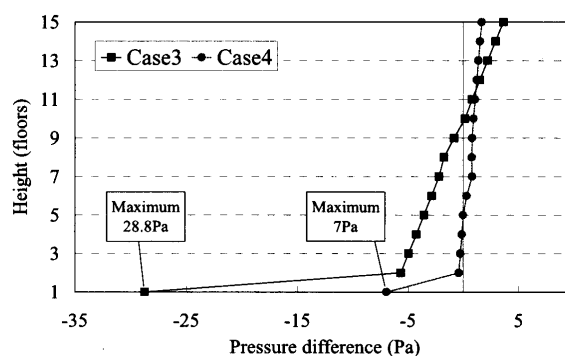


図 3 EV 扉前後の圧力差(Case3 と 4、EV 扉の断熱性が高い場合・対策無しと有り)

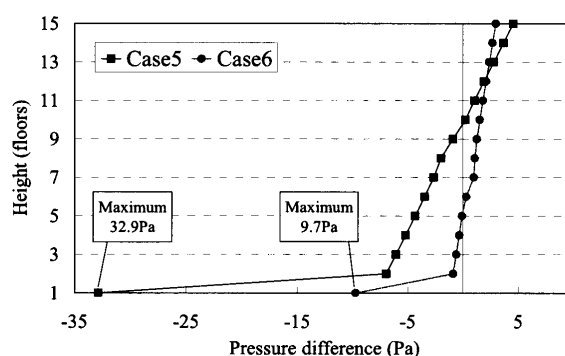


図 4 EV 扉前後の圧力差(Case5 と 6、EV シャフトが建物中央にある場合・対策無しと有り)

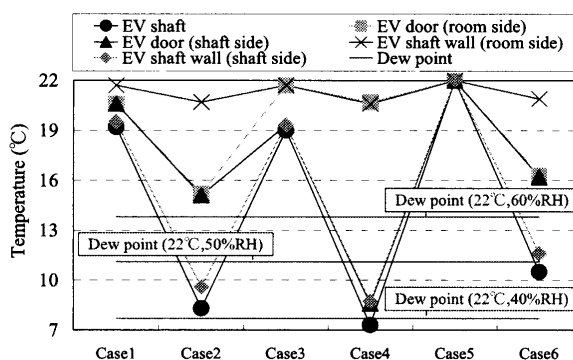


図 5 EV シャフト周辺の温度(Case1~Case6)

裏側は8.7℃となった。EV シャフトが居室中央にある条件で対策を行った Case6 では、EV シャフト温度は10.5℃、EV 扉の居室側は16.3℃、居室裏側は16.2℃、EV シャフト壁の居室側は20.9℃、居室裏側は11.6℃となった。次に、加湿を積極的に行うなど、より高湿のオフィスを想定(22℃・50%RH～60%RH)した場合を考えると、図5に示すように、対策時にEV扉やEVシャフト壁の裏側等で、居室空気の露点温度以下となる箇所があり、注意が必要であると考えられる。

3.3 対策時の熱負荷(暖房負荷)

図6に各ケースについて、煙突効果によって居室に流入する外気とEVシャフト空気の換気負荷と、居室のEV扉・シャフト壁からの貫流負荷を示す。また、図7、8にCase1とCase2の居室の流量収支を示す。基準のCase1と対策を行ったCase2の結果を比較すると、図6より、対策時にはシャフトが冷却され、シャフト空気流入による換気負荷と、EV扉・シャフト壁からの貫流負荷は増加するが、外気流入による換気負荷が大幅に減少し、トータルの熱負荷は減少する(8.9kW、約8.4%減少)*。図8から、対策時に居室への外気流入量が大幅に低減されていることが確認できる。EV扉を断熱化したCase3とCase4を比較すると、対策を行うことで熱負荷は13kW、約12.9%の減少となった。またEVシャフトが居室中央にある場合(Case5、Case6)は、対策の有無で0.6kWの差となった。対策時に着目すると、Case2とCase4の結果から、EV扉の断熱性を高めると、煙突効果による換気負荷とEV扉からの貫流負荷が低減されるため、EV扉やEVシャフト壁の断熱化は熱負荷の面では有利であると考えられる。逆にCase2とCase6の結果から、対策時にはEVシャフトが居室中央の場合は、EVシャフトの一部が外気に面している場合に比べて熱負荷の面では不利になる。

*シャフトの開口部の条件を変えて計算したところ、対策を行うことで、トータルの熱負荷が増加するケースがあることも確認しており、適切なシャフト開口部の条件を検討中である。

4. まとめ

冬季の煙突効果の抑制対策として、EVシャフト下部に外部開口を設け、EVシャフトを外気冷房する対策について、EVシャフト周辺での結露の有無、EV扉・シャフト壁からの熱損失の影響を、換気回路網計算と定常熱収支計算に基づくモデルで検討した。冬季のオフィスを22℃・40%RHと想定すると、本報の条件下では、対策時にEV扉・シャフト壁で結露する可能性は高くないが、より高湿な状況を想定すると注意が必要であることを示した。また、本報で提案する対策時の、居室におけるEV扉・シャフト壁からの貫流負荷と、自然換気による熱負荷の変化を定量的に把握した。

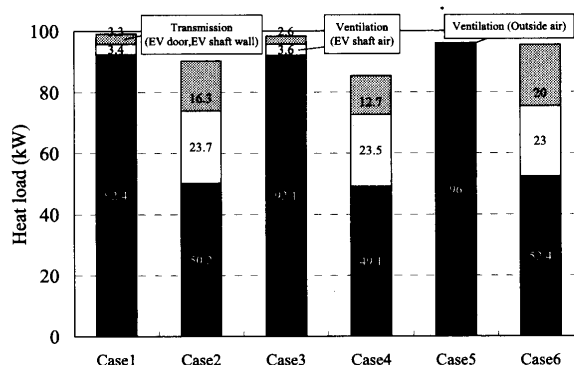


図6 熱負荷(Case1～Case6)

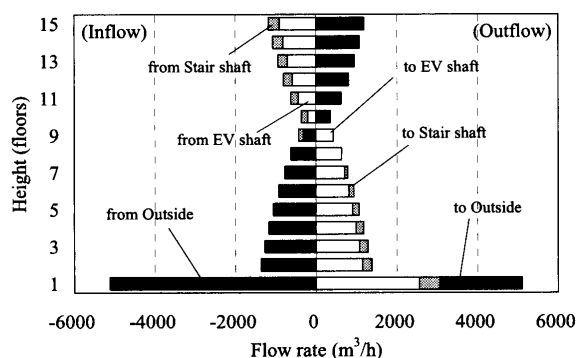


図7 居室における流量収支(Case1)

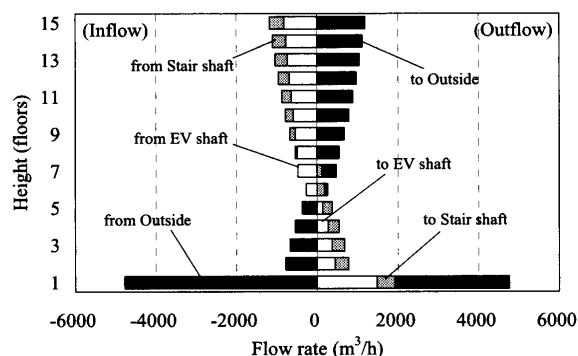


図8 居室における流量収支(Case2)

5. 文献

- 早川ら, 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
- 早川ら, 1990: 煙突効果と風力による漏気量の予測, 日本建築学会計画系論文報告集, 407, 47/56
- G. T. Tamura et al, 1976: Studies on exterior wall air tightness and air infiltration of tall buildings, ASHRAE Trans., 82, Part1, 122/134
- 石野ら, 1995: アトリウムをもつ建物の煙突効果に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 470, 29/36
- 新村ら, 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
- 猪股ら, 2005: オフィスにおける温熱適応性に関する長期実測調査, 日本建築学会東北支部研究報告集 計画系, 68, 107/110
- 戒能ら, 2009: 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, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 677/678

<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