

建築エネルギー・環境シミュレーションツール BEST の開発

第93報 躯体蓄熱を活用した自然換気・ナイトパージの効果検証に関する研究

正会員 ○久保木 真俊^{*1} 同 石野 久彌^{*2} 同 郡 公子^{*3} 同 村上 周三^{*4}

BEST 躯体蓄熱 自然換気 ナイトパージ

1. 序

近年、高断熱・高气密化が進む建築物において、自然換気やナイトパージ機能を備えることは熱負荷を低減するとともに、省エネルギー性、快適性、健康性、さらには災害に備えた事業継続性の向上に寄与するものと考えられる。加えて本研究では、建築物の躯体を活用した躯体蓄熱に着目し、外気より得られる冷熱を躯体に蓄熱し、空調立ち上がり負荷の低減効果を検証する。研究対象は、これから新しく都市に建つオフィスで、設計段階の計画概要、BESTを用いたシミュレーション検証結果、竣工前の実測結果について報告する。

2. 計画概要

本研究対象であるオフィスの建物概要を表1に示す。平常時の光熱水費削減や快適性向上への寄与、非常時のBCP機能強化の一環として自然換気、ナイトパージが導入された。空調システムは躯体蓄熱放射冷暖房+床吹空調が導入され、天井レスの室内空間となっている。建物躯体が室内に露出することにより、中間期の冷涼な外気による躯体蓄熱効果を促進させ、空調の立ち上がり負荷低減、空調時間数の縮小による省エネルギー効果向上を目指した。図1に中間期における空調システム概要を示す。

表1 建物概要

建設地	東京都
建物主用途	事務所
建築面積	約500m ²
延床面積、階数	約2,000 m ² 、地上9階
構造	基礎免震 鉄骨造、一部RC造・SRC造



図1 中間期の空調システム概要

図2に基準階における自然換気の給気から排気までの流れを示す。給気窓は日中執務者が自由に開閉可能な手動の換気窓に加え、自然換気及びナイトパージ用の電動の自動開閉窓を設置した。自動開閉窓の形状は一般的な突き出し窓である。給気窓から執務室とEVホール間のパスガラリーを経由した後、

階段室最上部に設けられた自動開閉窓から排気される温度差換気を計画した。最上階の9階は中性帯より上部となり、空気の逆流の恐れがあるため、自然換気対象から除外した。

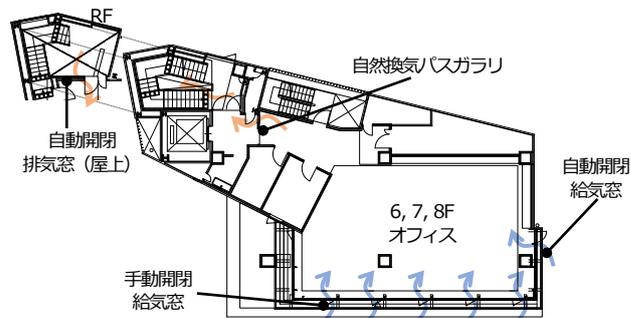


図2 自然換気ルート図

図3に設計時の自然換気予測性能曲線を示す。この図は外部無風状態で室内26°Cの時に期待される自然換気による換気回数を温度差換気の理論式から室内外温度差別、階別に算出したものである。目標性能としては内外温度差5°Cの時に3フロアの合計で2.5回/h以上を目指すこととした。

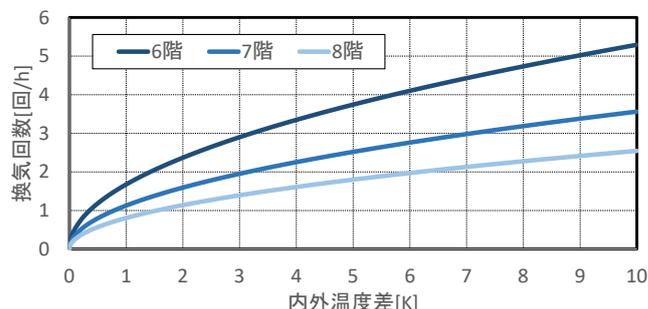


図3 設計時の自然換気予測性能

3. シミュレーションによる性能予測

2章で述べた躯体蓄熱とナイトパージの性能検証を建築物総合エネルギーシミュレーションツールであるThe BEST Program (Building Energy Simulation Tool、以下BEST)を用いて、建築・設備システムの連成計算により実施した。中間期を想定し、夜間はおおむね15°C以下の外気温で、冷熱源として有効な外気条件の基でシミュレーションを実施した。図4にナイトパージ時間別の冷房負荷変動を示す。ナイトパージ時間を長くするほど、早朝の空調立ち上がり負荷、日中の負荷共に低減傾向にあることが確認された。図5にナイトパージをしない条件を基準としたナイトパージ時間別のピーク負荷率、夜間負荷移行率を示す。ピーク負荷率は、最大25%、夜間負荷移行率は最大60%の結果となった。また、大半が外気の冷熱源により処理されているため、冷房負荷は、図6のように蓄熱時間を長くするほど、低減される傾向となり、最大23%削減の試算となった。

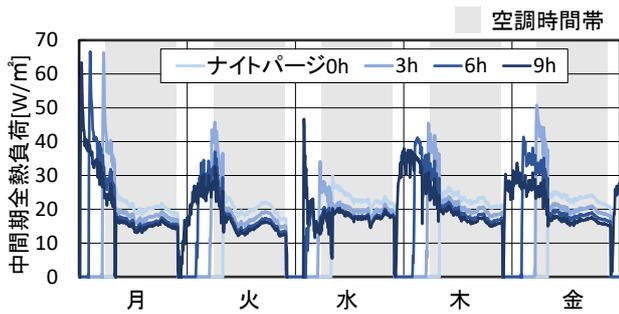


図4 ナイトパージ時間別冷房負荷変動

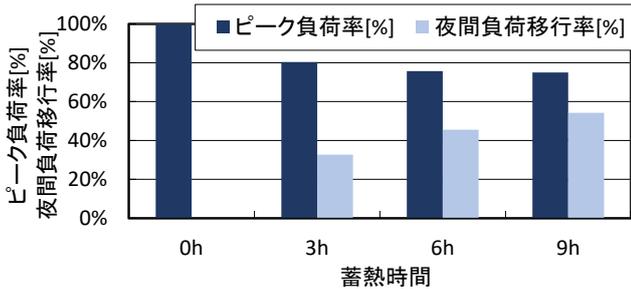


図5 ピーク負荷低減率、夜間負荷移行率

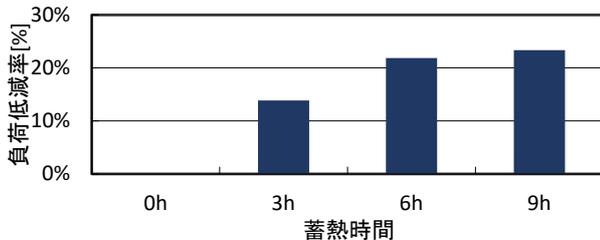


図6 ナイトパージによる負荷低減率

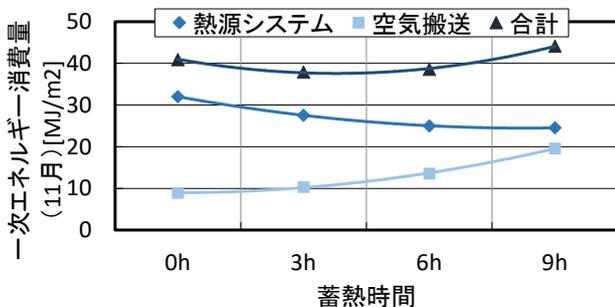


図7 中間期の躯体蓄熱時間別のエネルギー消費特性

図7に中間期夜間の躯体蓄熱時に搬送ファンも用いた場合のエネルギー消費量を示す。この場合搬送動力増加と熱源動力低減はトレードオフの関係にあり、躯体蓄熱による省エネルギー効果が最大となるのは蓄熱時間4時間程度の結果となった。搬送ファンにより安定した風量が得られる一方で蓄熱時間を極力増やしたい場合には効果を発揮しにくい。そこで、本建物では空気搬送を温度差、風力に依存し、機械動力を用いない自然換気・ナイトパージによる躯体蓄熱を試みることで、蓄熱時間を最大化することを優先したシステムを採用することとした。

4. 実測による性能検証

設計時に設定した目標性能が達成されていることを確認するために竣工前の2020年4月上旬に簡易的な実測調査を実施した。実測概要を図8に示す。測定フロアは7階で、給気窓部分の面風速を測定し、自然換気風量を算出した。室内には人体発熱を模擬したブラックライトを点灯し、約30W/m²の顕熱負荷を与えた状態で自然換気を実施した。

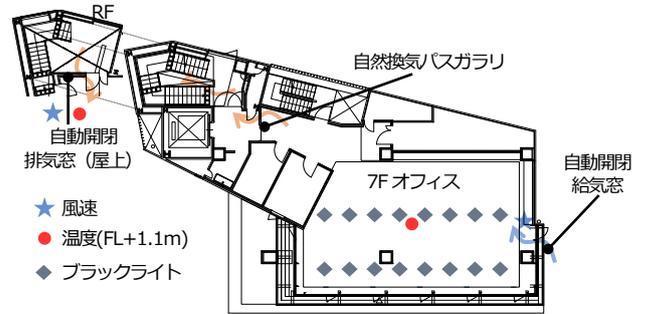


図8 自然換気実測概要

図9に実測結果を示す。実測値の換気回数と理論式から導いた予測値の換気回数を比較すると概ね実測値が予測値を上回る結果となった。測定時の外部風速はおおむね1m/s以下であり、温度差換気主体の結果であることが予測できる。また、室内温度は室内発熱を与えた条件下でも、自然換気開始と共に下がり始め、測定終了時には3.5℃程度の低下となり、自然換気による一定の冷却効果が見られた。ただし、実測は測定時間が短く、面風速法による測定のみで、測定精度は粗いと考えられるため、今後は、CO₂ 散布による濃度減衰法による換気量測定を実施し、測定精度の向上を目指す。

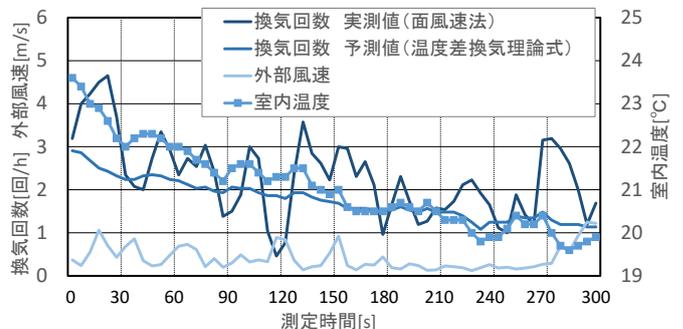


図9 自然換気実測結果

【謝辞】

本報は、(財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された「BEST コンソーシアム」・「BEST プログラム開発委員会(石野久彌委員長)」の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表する。

【参考文献】

- 1) 村松 宏、富樫英介、野部達夫：都市における自然エネルギーと躯体熱容量を活用した自律安定型環境建築の計画と基本性能検証、空気調和・衛生工学会論文集、pp.71-78、2018.5

*1 株式会社日建設
 *2 東京都立大学 名誉教授 工博
 *3 宇都宮大学 教授 工博
 *4 建築環境・省エネルギー機構 理事長 工博

*1 Nikken Sekkei Inc.
 *2 Emeritus Prof.,Tokyo Metropolitan Univ.,Dr.Eng.
 *3 Prof.,Utsunomiya Univ.,Dr.Eng.
 *4 Chief Executive, Institute for Building Environment and Energy Conservation, Dr.Eng.