

数値解析による外断熱建物の空調用エネルギー消費量と室温変動に関する研究

正会員 ○横山 智恵*1 正会員 絵内 正道*2 正会員 羽山 広文*3
正会員 森 太郎*4 正会員 鈴木 憲三*5

キーワード： 外断熱建物 熱源動力 搬送動力 空調用エネルギー消費量

1. はじめに

日本では全CO₂排出量のうち、建築関連が36%を占め、さらに空調・照明・給湯設備等の運用エネルギーが、その内訳の67%を占める。日本建築学会は、LCCO₂排出量30%削減と、耐用年数の3倍増(100年以上)を目指すという学会声明を発表している。また、2000㎡以上の住宅を除いた全建物においては、省エネルギー基準に基づく必要な措置を行政側に届け出ることが義務付けられるようになった。

建築物の「長寿命化」と「省エネルギー化」は、今後の重要な設計指針となるであろう。その解決策の一つが、建物の外断熱化である。外断熱建物は、断熱材が外側にあることによって、構造体の長寿命化と建物全体の熱損失を削減を期待できる。

本研究では、外断熱建物の省エネルギー性と温熱環境を明らかにすることを目的とする。逐次積分法を使った数値解析により、RC造事務所建物の空調用エネルギーと室温変動の把握を行った。

2. 平均負荷計算法

空気調和・衛生工学会北海道支部・設備技術研究会「実用レベルの外断熱建物の熱負荷計算法の策定」小委員会では、外断熱建物の熱負荷計算法として、平均負荷計算法を提案している。平均負荷計算法とは、最暑期、あるいは、最寒期の日必要熱量の日平均値を用いて算出する計算法である。

24時間運転の場合、熱源容量 Q_{24h} [W]は日平均負荷そのものとなる。間欠運転の場合、必要負荷の積分的平衡を満たすため、空調時間 T に日必要熱量を供給する必要がある。熱源容量 Q_T [W]は(i)の式で表せる。

$$Q_T = Q_{24h} \times \frac{24}{T} \dots(i)$$

図1と表1に冷房時の平均負荷計算法と最大負荷計算法の熱源負荷と室温変動の比較を示す。

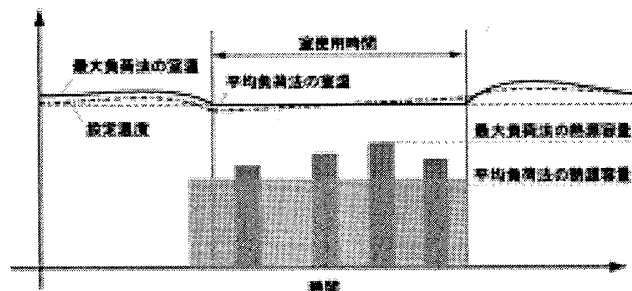


図1 冷房時の平均負荷計算法と最大負荷計算法の概念図

3. 計算概要

(1)計算対象建物

計算対象建物は、3000㎡標準庁舎モデルの2階平面図を標準階とし、4階建の建物を想定した。延床面積は3168.0㎡である。基準階平面図を図3に示す。

(2)パラメータ

地域(東京,札幌),空調方式(空気系,水系),空調時間(24h,10h),夜間換気(有,無),外気冷房(有,無),断熱位置(内,外),断熱厚さ(30mm,50mm,100mm)をパラメータとして計算を行った。なお、外気冷房とは、空調時間中に、夜間換気とは、10h運転時の夜間0:00~4:00に、外気温が空調室温よりも低い場合、戻り空気の代わりに外気を取り込む運転とする。

(3)空調機器の制御

空調機器の制御については、空調時間内で一定熱を除去する平均負荷法の考え方に基いて行った。

空調時間内の除去熱量を一定とするためには、(ii)式において、空調時間内の送風量 V と送風温度差 $\Delta\theta$ が一定になればよい。しかし、実際に送風量 V と送風温度差 $\Delta\theta$ を同時に一定とするのは不可能である。そこで、除去熱量一定の状況になるべく近づけるため、一日の送風量と送風温度を一定とする制御を行った。

$$H = c \times \rho \times V \times \Delta\theta \dots(ii)$$

ここに、

H : 除去熱量 c : 空気の比熱 ρ : 空気の密度

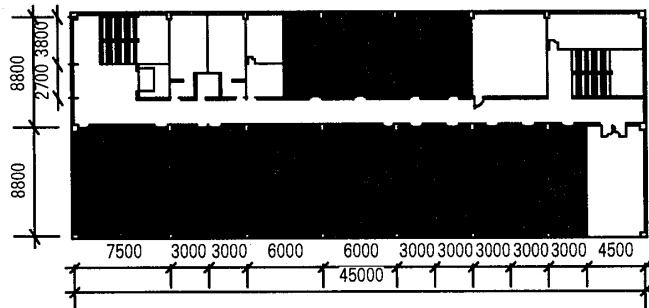


図2 計算対象建物 基準階平面図

表1 冷房時の平均負荷計算法と最大負荷計算法の特徴

熱源負荷	
最大負荷法	9:00, 12:00, 14:00, 16:00各時刻の冷房負荷のうち、最大値を熱源容量とする。
平均負荷法	夜間の蓄熱負荷も含めた、日積算冷房負荷の空調時間平均値を熱源容量とする。
室温変動	
最大負荷法	室使用時間内では、温度制御により室温は設定温度一定である。
平均負荷法	室使用開始時は室内取得熱が小さいため設定温度を下回るが、やがて内部発熱や日射取得熱により室温は上昇し、室使用終了時には設定温度を上回る。

4. 計算結果

図3に年間PALと年間熱源動力を示す。空調時間では、24h運転の方が10h運転より、熱源動力が大きい。これは、予測負荷に基づいた運転を行った結果、24h運転の方が10h運転より日平均室温が低くなるためと考えられる。外気冷房では、外気冷房なしの方がより、熱源動力が大きい。また、外気冷房ありの場合、PAL値に比べ、熱源動力の増加率は小さい。これは、外気導入が室温によって制御されており、高断熱化に伴う室温上昇の際、外気導入が行われることによって、全体的な負荷は増大しないためと考えられる。空調方式や断熱位置による熱源動力の差は見られない。PAL値が小さくなるにつれ、熱源動力は大きくなっている。

図4に年間搬送動力を示す。空調時間では、24h運転の方が10h運転より、搬送動力が大きくなる。外気冷房、断熱位置による搬送動力の差は見られない。空調方式では、水系の搬送動力は空気系の約30～40%削減となった。

図5に年間空調用エネルギー消費量と室使用时间平均室温を示す。空調用エネルギー消費量とは、熱源動力と搬送動力の和とする。年間空調用エネルギー消費量を見ると、空調時間では、24h運転の方が10h運転より、エネルギー消費量が多い。外気冷房では、外気冷房ありの方がより、エネルギー消費量が少ない。これは、外気冷房ありの熱源負荷が、外気冷房なしより小さいためである。断熱位置によるエネルギー消費量の差は見られない。空調方式では、水系のエネルギー消費量は空気系の約20%～25%削減となった。

室使用时间平均室温を見ると、空調時間では、24h運転の方が10h運転より、平均室温が高くなっている。10h運転では、空調時間に集中して熱除去を行うためと考えられる。外気冷房では、外気冷房ありの方がより、平均室温が低い。断熱位置では、内断熱より外断熱の方が、平均室温が低い。これは、外断熱建物では、室温変動に寄与する熱容量が大きく、日中の室内取得熱による室温上昇が穏やかであるためと考える。空調方式では、空気系の方が水系より、平均室温が低い。これは、床パネルの方が外調機コイルより熱伝達率が小さいためと考える。

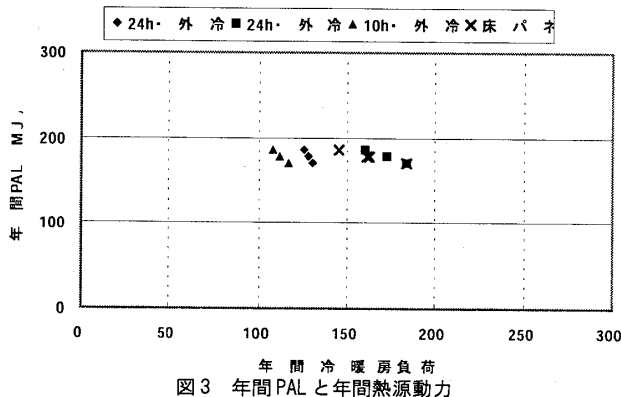


図3 年間PALと年間熱源動力

- *1 株式会社NTTデータ 工修
- *2 北海道大学大学院工学研究科 教授・工博
- *3 北海道大学大学院工学研究科 助教授・工博
- *4 釧路工業高等専門学校 助教授・工博
- *5 北海道工業大学 教授・工博

5. まとめ

(1) 空調時間について

・省エネルギーのみを考えれば、間欠運転を行い、室使用時間の集中的な熱除去が好ましい。

・間欠運転による最大負荷の増大が懸念されるが、夜間換気の導入により、その軽減が可能である。

(2) 外気導入について

・熱源負荷を軽減するが、搬送動力を増大させる可能性があり、温度差の大きい時間帯に短時間導入するのが望ましいと考える。

(3) 断熱位置について

・外断熱は時間的、空間的な温度変動を小さくする。

(4) 空調方式について

・外気導入によってエネルギー消費量の軽減が可能であることから、本計算の範囲において、空調方式は空気系が望ましいと考える。

(5) 断熱厚さについて

・東京における建物の高断熱化は、冷房負荷を増大させる結果となった。

・平均室温は、高断熱建物の方が低くなっていた。

・今後、制御方式等のパラメータを導入して、更なる検討が必要と考えられる。

謝辞：調査研究に際し、(財)住友財団2003年度の援助をいただいた。

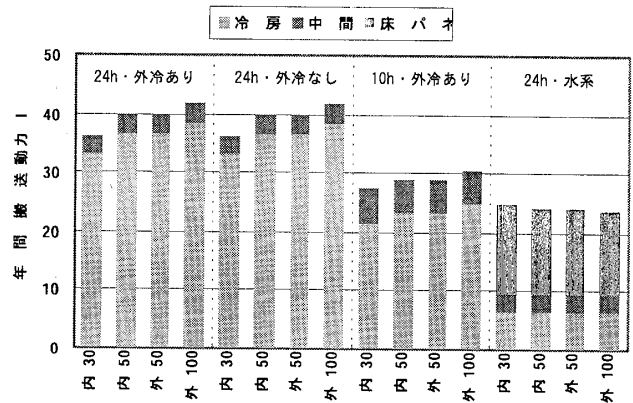


図4 年間搬送動力

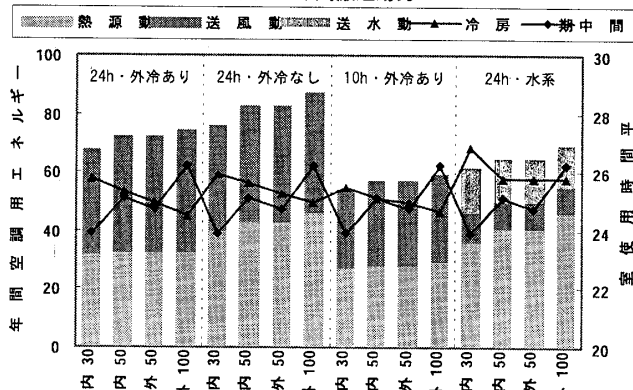


図5 年間空調用エネルギー消費量と室使用时间平均室温

- *1 NTT DATA Corp., M. Eng.
- *2 Graduate School of Hokkaido Univ., Prof., Dr. Eng.
- *3 Graduate School of Hokkaido Univ., Assistant Prof., Dr. Eng.
- *4 Kushiro Technical Junior College, Assistant Prof., Dr. Eng.
- *5 Hokkaido Institute of Technology, Prof., Dr. Eng.