

温度差を考慮した自然風による非定常換気に関する研究 縦シャフトを有する高層建物モデルの換気性状

山崎 真梨 指導教員 有波 裕貴 助教

1 研究目的

近年、建物の省エネルギーを目的とし、室内環境の快適性を保ちながら、自然エネルギーを有効利用する手法の一つとして自然換気が用いられている。自然換気を利用することで冷房使用頻度を低下させ、冷房用エネルギーの削減が見込まれるため、オフィスビルや公共施設等に採用されている。

本研究では、既往の研究^{x1)}において Large-Eddy Simulation (以下:LES) により算出された壁面及び屋上面風圧係数の時系列データを用い、風圧係数及び室内外温度条件を基に、建物内に縦シャフトを設置したモデルを対象に各階壁面開口部と縦シャフトの屋上開口部間の圧力差を算出し、室内外温度差による圧力差と風力による圧力差が同時に作用した場合の換気量の計算を行う。合計した平均圧力差及び瞬時圧力差による換気量を比較・検討することで、風圧変動及び室内外温度差による自然換気性状を明らかとする。

2 数値解析の概要

2.1 解析対象: 図1に解析対象モデル^{x1)}を示す。建物モデルは、50[m](x) × 50[m](y) × 100[m](z)とする。モデルAは建物単体、モデルBは風上側と風下側に建物モデルを風向に対して直列に配置し、風上側建物モデルと風下側建物モデルの隣棟間隔は25[m]である。モデルCは市街地を模擬して建物モデルを4 × 4棟に整列配置し、各建物モデルの隣棟間隔はxy方向共に25[m]とする。モデルBでは風下側、モデルCでは風上から3列目の建物モデルを解析対象とする。

2.2 LES解析の概要: 本研究で使用するLES解析結果は汎用数値流体解析ソフト STREAM ver.13 を使用し

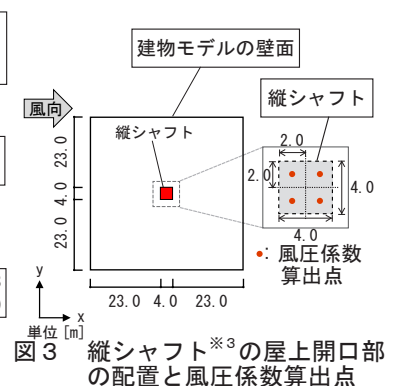
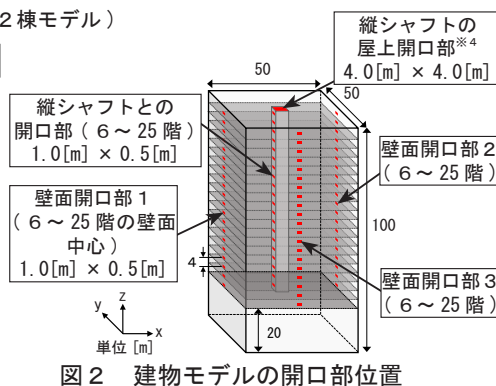
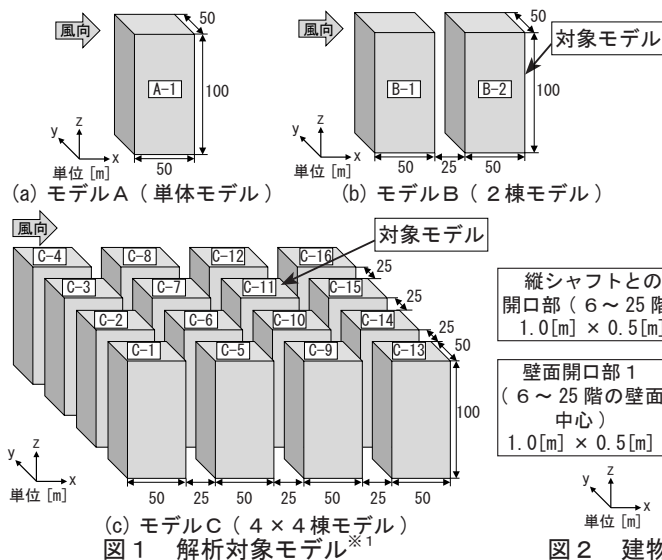
て算出されている。subgrid scale モデル (SGS モデル) は Dynamic 型 Smagorinsky モデルを使用し、等温で解析を行っている。壁面境界条件には壁面对数則を用いた。流入変動気流はドライバー領域^{x2)}により作成された。解析開始からの経過時間をtとして解析開始後t=2,000[s]までを流入変動気流作成のためのプレ解析とし、t=2,000 ~ 5,000[s]までの計3,000[s]間を本解析の結果として用いた。基準流入プロファイルは市街地を想定し、 $U \propto Z^{1/4}$ (U:流速、Z:高さ)としている。

2.3 換気回路網モデルの概要: 図2に建物モデルの開口部位置、図3に縦シャフト^{x3)}の屋上開口部の配置と風圧係数算出点を示す。壁面開口部は風上、風下及び風向と平行な壁面中心に6階(地上22[m])から25階(地上98[m])まで4[m]毎に設置し、寸法は1.0[m](幅) × 0.5[m](高さ)、流量係数 α は0.6[-]とする。建物モデル内に4.0[m](幅) × 4.0[m](奥行) × 80[m](高さ)の縦シャフトを設置し、縦シャフトの屋上開口部^{x4)}は、4.0[m](幅) × 4.0[m](奥行)とする。

2.4 換気量の算出: 表1に換気量の計算caseを示す。モデルA、B、Cにおいて壁面開口部1~3をそれぞれの計算条件で1方向ずつ開放する。室温25[°C]・外気温15[°C](中間期)、室温27[°C]・外気温35[°C](夏季)、室温20[°C]・外気温0[°C](冬季)の3パターンの温度条件を設定する。換気回路網計算ソフトCOMISを用いてLES解析で得られた各開口部及び屋上

表1 換気量の計算 case

計算case	温度[°C]			壁面開口条件	風速
	室内	室外	温度差 (室内-室外)		
case1	case1-0	20	20	0(等温)	基準風速(軒高、地上100[m])を1、3、5、10[m/s]とする
	case1-1	25	15	10	
	case1-2	27	35	-8	
	case1-3	20	0	20	
case2	case2-0	20	20	0(等温)	
	case2-1	25	15	10	
	case2-2	27	35	-8	
	case2-3	20	0	20	
case3	case3-0	20	20	0(等温)	
	case3-1	25	15	10	
	case3-2	27	35	-8	
	case3-3	20	0	20	



開口部の風圧係数と室内外温度を設定し、換気量の計算を行う。また風圧係数には瞬時風圧係数と時間平均風圧係数を用い、両者から求めた換気量を比較することで非等温条件における風圧変動による換気量の検討を行う。

3 解析結果

3.1 時系列換気量の算出結果：図4に各壁面開口部における時系列換気量^{※5}を示す。代表 case としてモデルB、9階、基準風速（基準高さ：軒高・地上100[m]）5[m/s] の場合の換気量を示す。壁面開口部に対して流入する量を正 (+)、流出する量を負 (-) とする。

(1) 壁面開口部1：図4(a)では case1-0(室温20[°C]、外気温20[°C]、等温)の場合、常に壁面開口部から流出する。case1-2(室温27[°C]、外気温35[°C])では、室内外温度差による圧力差に外部風による圧力差が加算され、等温時と比較して換気量が増加する。一方、case1-3(室温20[°C]、外気温0[°C])では、室内外温度差と外部風によって生じる圧力差が逆向きとなり、壁面開口部から気流が流入する。

(2) 壁面開口部2：図4(b)では、換気量の傾向は壁面開口部1の場合と同様である。壁面開口部2は風下側にあるため、外部風による影響が少なく、case1と比較して換気量の変動が小さい。

(3) 壁面開口部3：図4(c)では case3-0(室温20[°C]、外気温20[°C]、等温)の場合、壁面開口部から気流の流入出が生じる換気性状となる。case3-2(室温27[°C]、外気温35[°C])では常に壁面開口部から流出する。一方、case3-3(室温20[°C]、外気温0[°C])は常に壁面開口部から流入する。

3.2 外部風及び室内外温度差による圧力差と換気量の比の関係：図5に外部風及び室内外温度差による圧力差と換気量の比^{※6}(室温27[°C]、外気温35[°C])を示す。外部風による圧力差と室内外温度差による圧力差が同程度かつ逆向きの場合、風圧変動によって壁面開口部から気流の流入出が生じる換気性状となるため、モデルA(図5(a)壁面開口部1、図5(b)壁面開口部2)においては換気量の比が増加する。今回設定した外部風速では、周囲に同程度の高さの建物がある場合、室内外温度差による圧力差が支配的となる傾向があるため、モデルC(図5(c)、図5(d))においては、全ての壁面開口部の換気量の比が1.0[-]となる。

4 まとめ

- ①室内外温度差を考慮した場合、平均圧力差から算出した換気量に対する変動を考慮した換気量の比は、外部風による平均圧力差と室内外温度差による圧力差が同程度で逆向きに生じた場合に大きくなる傾向がある。
- ②周囲に同程度の高さの建物がある場合、外部風によって壁面で生じる圧力が小さくなるため、室内外温度差による圧力差の影響が大きい。

注釈
※1 グロス建ぺい率は約38[%]である。
※2 ドライバー領域は、周期境界条件で変動気流流入境界条件を計算するために、建物風上側に設けた領域である。
※3 縦シフトの各階との開口部は1.0[m](幅)×0.5[m](高さ)、開口の流量係数αは0.6[-]とする。
※4 屋上面では同一開口面内に圧力分布が生じる箇所があるため、開口面を4分割して風圧係数を算出する。屋上開口面の流量係数αは1.0[-]とする。
※5 瞬時風圧係数を用いて各時刻ごとに算出した換気量に対する変動を考慮した換気量の比である。変動を考慮した換気量は瞬時換気量の絶対値を積算し、時間平均した値である。
参考文献
文1) 王、赤林、有波：「風力による非定常換気に関する研究 その3 単体と複数の縦シフトを設置した高層建物モデルを対象とした換気性状」、空調衛生学会学術講演梗概集、2021年

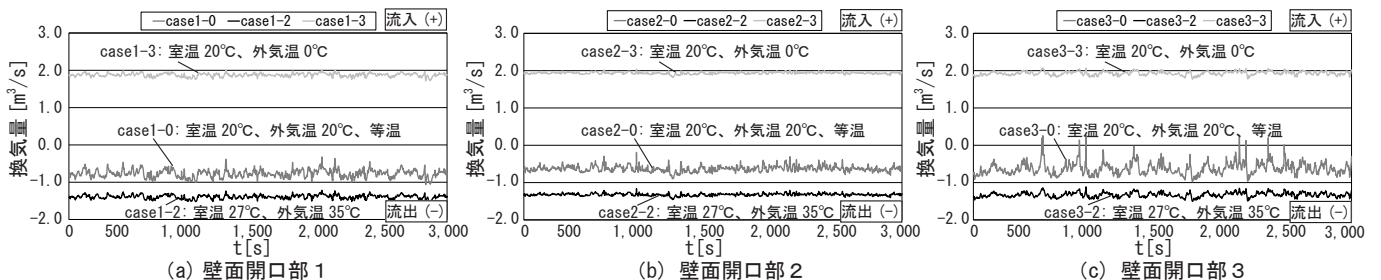


図4 各壁面開口部における時系列換気量^{※5}(モデルB、風速5[m/s]、9階)

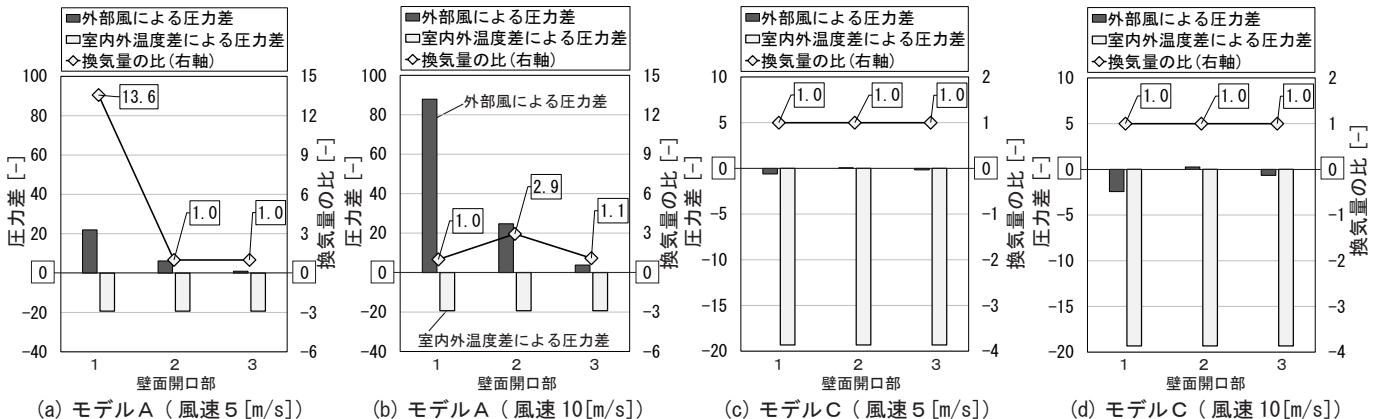


図5 外部風及び室内外温度差による圧力差と換気量の比^{※6}(室温27[°C]、外気温35[°C])