

風力による非定常自然換気に関する研究

換気用シャフトを設置した高層建物モデルを対象とした自然換気特性

曾我 仁誠 指導教員 赤林 伸一 教授

1 研究目的

近年、オフィスビル等では夏季の夜間や中間季に換気口を開放し自然換気を行い、冷房や機械換気に必要なエネルギー消費の削減が行われている。従来、風力による自然換気量の計算には時間平均圧力差が用いられており、外部風の変動による圧力変動は考慮されていない。圧力差の時間平均値がほぼ0でも、圧力変動を考慮することで、ある程度の換気量^{文1)}を確保できる可能性がある。

本研究では、単体の高層建物モデルを対象に数値流体解析(LES^{※1)}により風圧係数を算出し更に、自然換気量の検討を行い、建物内に換気用縦シャフトを設置した場合の風圧変動による非定常自然換気の検討を行う。

2 研究概要

2.1 解析概要：表1にLES解析条件を示す。高層建物モデルは50(x) × 50(y) × 100(z) [m]とする。

2.2 換気経路の概要：図1に建物モデルの開口部位置、図2に縦シャフトの屋上開口部、表2に換気量の計算条件を示す。建物モデルは25階建てとし、階高を4.0[m]とする。換気用シャフトを、図2に示す①～③の1ヶ所に、6階の床(地上20[m])から屋上まで連続した縦シャフトとして設置する。風上側壁面に設置した開口部Aを開放したモデルをcase1、風下側壁面の開口部Bを開放したモデルをcase2、風向に平行な壁面の開口部Cを開放したモデルをcase3とする。壁面及び縦シャフトの開口部の大きさは1.0 × 0.5[m]、流量係数 α は0.6[-]とし、6階(中心高さ22[m])から4.0[m]毎に25階まで設置する。縦シャフトの屋上開口部(4.0 × 4.0[m])はa～dの4つのエリアに分割し^{※2)}、それぞれの中心の風圧係数を用いる。

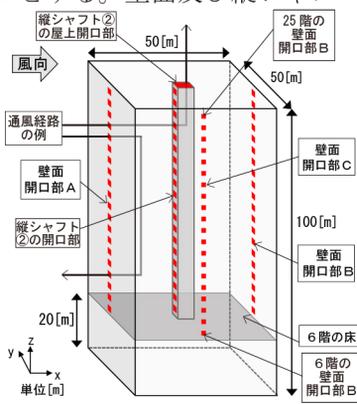


図1 建物モデルの開口部位置

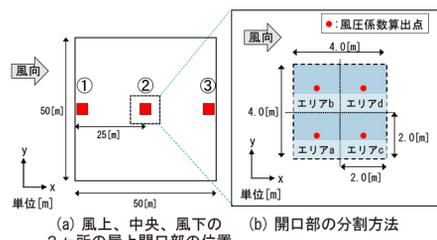


図2 縦シャフトの屋上開口部

表1 LES解析条件

SGSモデル	Dynamic型 Smagorinskyモデル		
解析対象領域	3,900(x) × 900(y) × 900(z) [m]		
解析対象領域	建物モデル 50(x) × 50(y) × 100(z) [m]		
境界条件	流入	ドライバ領域で流入変動気流を作成する	
	流出	自然流出	
	壁境界	Ymin, Ymax, Zmax面	フリースリップ
		Zmin面	拡張型
解析時間 t	プレ解析：t=0~2,000[s]、本解析：t=2,000~5,000[s]		
瞬時データ	1.0[s]		
サンプリング間隔	1.0[s]		
温度	等温		
最小メッシュ幅	0.2[m]		
解析領域メッシュ数	260(x) × 197(y) × 103(z) = 5,275,660		

た換気量と圧力変動を考慮し

表2 換気量の計算条件

計算case	壁面開口	縦シャフト	開口部の面積
case1-1	風上側壁面開口部を開放した場合	①	壁面開口部 1.0[m] × 0.5[m] 縦シャフトの開口部 1.0[m] × 0.5[m] 屋上開口部 4.0[m] × 4.0[m]
case1-2	(開口部A)	②	
case1-3	(開口部B)	③	
case2-1	風下側壁面開口部を開放した場合	①	壁面開口部 1.0[m] × 0.5[m] 縦シャフトの開口部 1.0[m] × 0.5[m] 屋上開口部 4.0[m] × 4.0[m]
case2-2	(開口部B)	②	
case2-3	(開口部C)	③	
case3-1	風向に対して平行な壁面開口部を開放した場合	①	壁面開口部 1.0[m] × 0.5[m] 縦シャフトの開口部 1.0[m] × 0.5[m] 屋上開口部 4.0[m] × 4.0[m]
case3-2	(開口部C)	②	
case3-3	(開口部C)	③	

2.3 換気量の算出方法：LESにより算出した、壁面開口部(6~25F)の風圧係数と、屋上開口部(エリアa~d)の風圧係数の時間平均値の差により、平均圧力差による換気量を換気回路網計算ソフトCOMISを用いて算出する。一方、各時刻の壁面開口部(6~25F)と、屋上開口部(エリアa~d)の風圧係数の差により、瞬時圧力差による換気量の算出を行う。平均圧力差から算出した換気量と圧力変動を考慮した換気量の比較を行う。圧力変動を考慮した換気量は、瞬時圧力差から算出した換気量の積算値の平均値とする。

3 換気量の算出結果

3.1 case1-2、2-2、3-2 流入出量の時系列データ：図3に壁面開口部(6~25Fの合計、6F、15F、25F)と縦シャフトの屋上開口部の流入出量の時系列データ、図4に6F、15F、25Fの壁面開口部の流入出量の時系列データを示す。尚、流入出量は建物に対して流入量を正、流出量を負とする。

(1) case1-2(壁面開口部Aを開放、縦シャフト②)：壁面の開口部から流入し、縦シャフトの屋上開口部から流出する。6F、15Fの壁面開口部では常に流入し、25Fの壁面開口部では流入と流出が生じる。屋上開口部からは常に流出する。

(2) case2-2(壁面開口部Bを開放、縦シャフト②)：壁面の開口部と縦シャフトの屋上開口部で流入と流出が生じる。殆どの時刻で、6F、15F、25Fのどの壁面開口部でも流入するが、流出する時刻もある。屋上開口部からはほぼ流出するが、流入する時刻もある。

(3) case3-2(壁面開口部Cを開放、縦シャフト②)：壁面の開口部と縦シャフトの屋上開口部で流入と流出が生じる。瞬間的に6F、15F、25Fの壁面開口部の流入出が頻繁に変化する。また、屋上開口部の流入出も頻繁に変化する。

3.2 平均圧力差から算出した換気量と圧力変動を考慮した換気量の比較：図5に各caseの平均圧力差から算出した換気量と圧力変動を考慮し

た換気量を示す。尚、換気量は基準風速^{※3}(3.34[m/s])で除し、外部平均風速1.0[m/s]の時の換気量で示す。

(1) case1(壁面開口部Aを開放): 平均圧力差から算出した換気量は3.99~5.44[m³/s]、圧力変動を考慮した換気量は3.97~5.37[m³/s]であり、全caseで平均圧力差から算出した換気量と圧力変動を考慮した換気量はほぼ同様である。

(2) case2(壁面開口部Bを開放): case2-1、2-2(縦シャフト①、②)の場合、平均圧力差から算出した換気量は3.75、2.18[m³/s]、圧力変動を考慮した換気量は3.82、2.15[m³/s]であり、平均圧力差から算出した換気量と圧力変動を考慮した換気量はほぼ同様である。case2-3(縦シャフト③)の場合、平均圧力差から算出した換気量は0.78[m³/s]、圧力変動を考慮した換気量は1.36[m³/s]であり、圧力変動を考慮した換気量は平均圧力差から算出した換気量に比較して約1.7倍になる。

(3) case3(壁面開口部Cを開放): case3-1、case3-3(縦シャフト①、③)の場合、平均圧力差から算出した換気量は3.09、1.99[m³/s]、圧力変動を考慮した換気量は3.36、2.00[m³/s]であり、平均圧力差から算出した換気量と圧力変動を考慮した換気量はほぼ同様である。case3-2(縦シャフト②)の場合、平均圧力差から算出した換気量は0.93[m³/s]、圧力変動を考慮した換気量は1.71[m³/s]であり、圧力変動を考慮した換気量は平均圧力差から算出した換気量に比較して約1.8倍になる。

4 まとめ

①風上側壁面の開口部を開放した場合、縦シャフトが①~③のどの位置でも、平均圧力差から算出した換気量と、外部風の変動による圧力変動を考慮した場

合の換気量はほぼ同様である。

②風下側壁面の開口部を開放した場合、縦シャフト③では平均圧力差から算出した換気量に比較して、外部風の変動による圧力変動を考慮することで、流入出が非定常的に変化し、約1.7倍の換気量が得られる。

③風向に対して平行な壁面の開口部を開放した場合、縦シャフト②では平均圧力差から算出した換気量に比較して、外部風の変動による圧力変動を考慮することで、流入出が非定常的に変化し、約1.8倍の換気量が得られる。

④時間平均圧力差がほぼ0でも、瞬時的には圧力差が生じ、圧力変動を考慮した換気量は平均圧力差から算出した換気量に比較して大きくなる。

注釈
※1 LES解析では、風速、風圧の時間変動を解析することができる。
※2 開口面内に圧力分布が生じるため、4分割する。
※3 基準風速は気流が建物の影響を受けない上空(x=750[m]、y=450[m]、z=800[m])の時間平均値を1/4乗則を基に軒高(100[m])に換算した風速とする。
参考文献
文1) 赤林、有波「風速変動を考慮した自然換気・通風性能評価手法の提案:LESによる住宅の自然換気・通風性状に関する研究 その2」日本建築学会環境系論文集、2016年

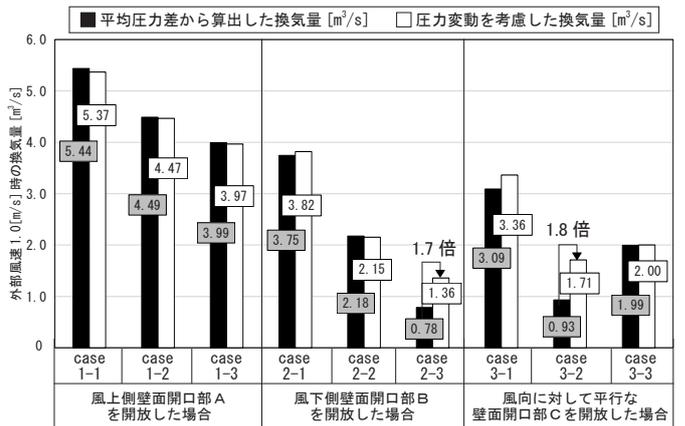


図5 平均圧力差から算出した換気量と圧力変動を考慮した換気量

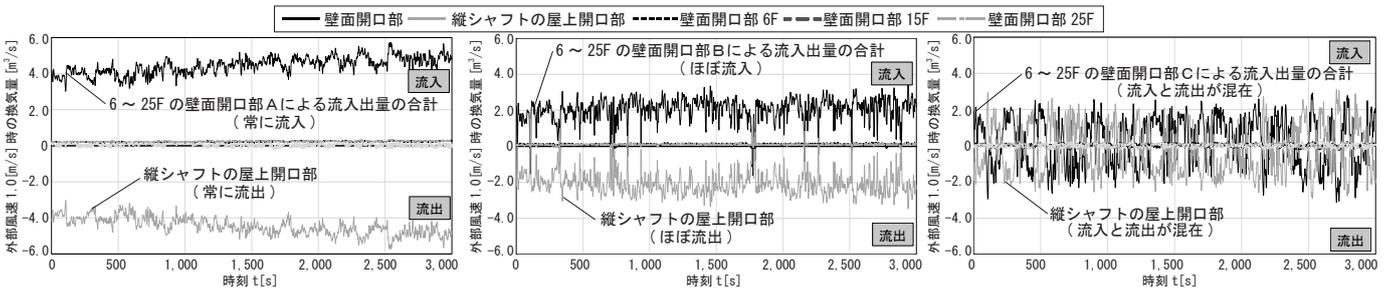


図3 壁面開口部(6~25Fの合計、6F、15F、25F)と縦シャフトの屋上開口部の流入流出の時系列データ

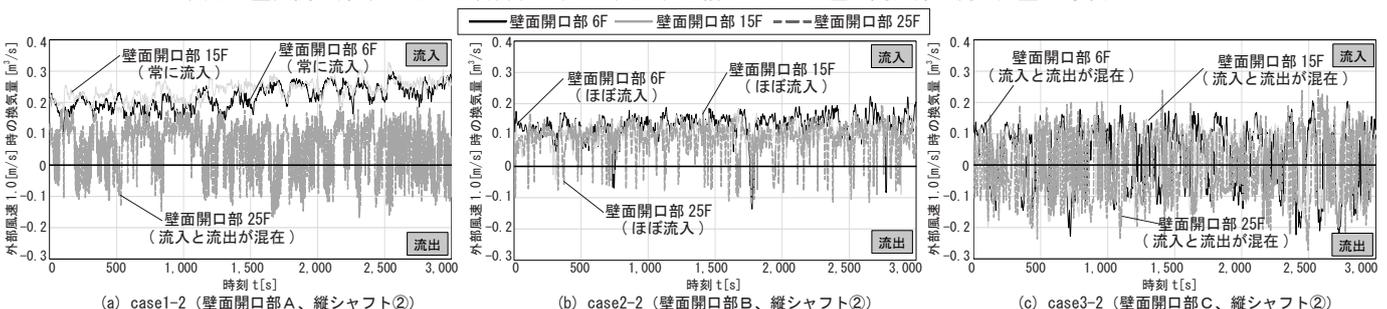


図4 6F、15F、25Fの壁面開口部の流入流出の時系列データ