

高層住宅の風圧発生予測システムの開発

中村 良平^{*1}・寺崎 浩^{*1}・樋渡 潔^{*2}・教誓 勉^{*3}

Keywords : high-rise housing, wind pressure on walls, frequency of occurrence, simple evaluation system

高層住宅, 壁面風圧, 発生頻度, 簡易評価システム

1. はじめに

高層建物は想定されている巨大地震だけでなく、数十年～数百年に一度の暴風にさらされても建物全体を支える柱やはり、ガラス等の外装材が壊れないように設計されている。たとえば、東京に建つ高さ 100m の高層ビルでは、ガラスの設計用風圧力は数千 N/m^2 程度となる。一方、このような極端な暴風でなくても、日常生活で発生する程度の強風が吹いた場合、風圧力により扉や窓が開きづらくなり、居住環境に影響を及ぼすことがある。このときの風圧は、設計用風圧力の数十分の一（数十 N/m^2 ）程度であり、このレベルの風圧に関する高層階の居住環境については、着目されることが少なかった。このようなレベルの風圧は建物が高層になるほど発生しやすく、また最近の気密性の高い建物ほど扉や窓への影響は起こりやすくなっている。このような風圧が発生する建物の発生部位や発生部位毎の発生頻度は、検討対象建物毎に異なる様々な条件の影響を受けるため、その発生を予測するためには風洞実験結果をもちいて建物建設地での風向・風速分布を考慮して評価する必要がある、検討には時間とコストがかかる。

そこで、指定する風圧力が建物壁面に発生する時間を、最小限の入力で評価することができる「風圧発生予測システム」の開発を行った。

システムは風圧実験データベースと気象統計データベースをもち、ユーザーの入力データを基にこれらのデータベースより、指定した風圧が発生する部位やその発生時間を算定するものである。

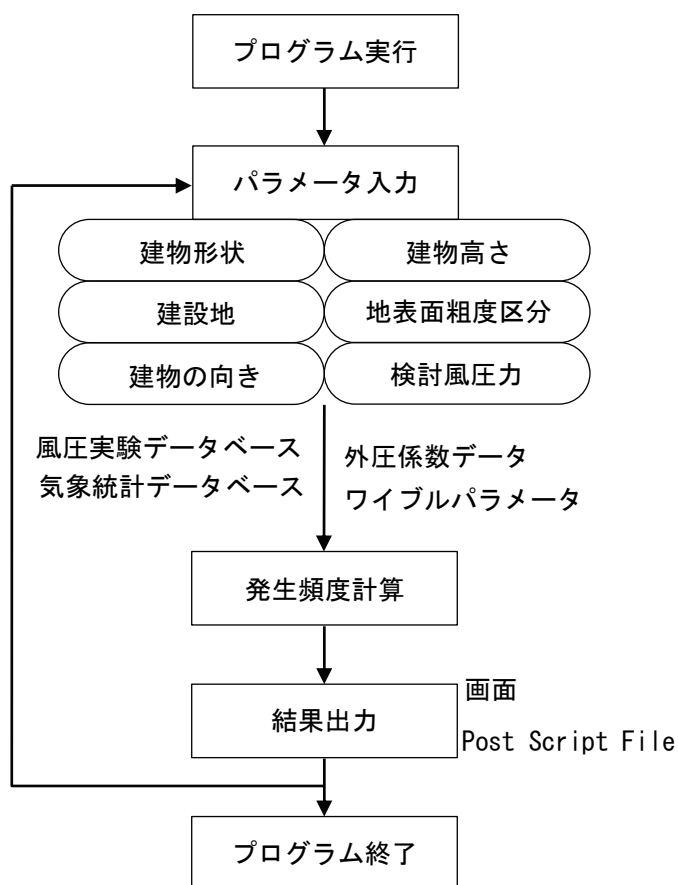


図-1 システムのフロー

Fig.1 System Flow Chart

2. システムの概要

2.1 システム構成

図-1 に本システムのフローチャートを示す。本シ

ステムは風圧実験データベースと気象統計データベースをもち、ユーザーの入力データを基にこれらのデータベースより、指定した風圧が発生する部位やその発生時間を算定するものである。

*1 技術センター建築技術研究所防災研究室
 *2 技術センター建築技術研究所環境研究室
 *3 設計本部建築グループ

響は別途入力する地表面粗度区分情報として風速への影響のみを考慮している。気象統計データベースは日本各地の気象台の10年間程度の観測結果を基に、各気象台の風速計位置における風向・風速の発生頻度を統計値（ワイブルパラメータ）として保持している。

2.2 システム利用方法

本システムは GUI 形式のプリプログラムから各パラメータを入力または選択する。図-2に各パラメータを入力するプリプログラム（データ入力画面）の実行例を示す。以下、各パラメータについて説明する。

①建物形状の選定

建物壁面に作用する風圧の性状は建物形状の影響を大きく受ける。本システムでは、風圧実験データベースに登録された建物形状の中から、実際に検討したい建物の形状に類似するものを選択する。

②建物代表高さ

検討する風圧力から建物頂部高さにおける風速を算出する際に用いる。建物高さが高いほど、検討する風圧力の発生頻度は高くなる。建物幅と奥行きは①建物形状と建物高さから自動的に計算される。

③建設地の場所（気象観測データの選択）

本システムでは、検討建物が建設される場所を、気象統計データベースに登録されている全国約50か所から選択する。気象観測地の地表面粗度区分は自動的に入力されるが必要に応じて変更することができる。

④建設地周辺の地表面粗度区分

建設地周辺が低層建物の散在する地域と高層建物の密集する地域とでは、風速の鉛直分布は異なってくる。本システムでは、日本建築学会の建築物荷重指針・同解説2004に示されている地表面粗度区分Ⅰ～Ⅴから選択する。建設地が海岸沿いに立地する場合など、風向により異なる地表面粗度区分を指定することも可能である。

⑤建物の向き

『③建設地の場所』により風向の頻度が異なり、同様に建物が配置される方位により建物各壁面に作用する風向の影響も変化する。本システムでは、真北方向に対して建物が配置される角度を入力すると、入力パネルに建物平面が図示される。

⑥検討風圧力

発生頻度を検討したい正および負の風圧力を直接指定する。本システムは詳細設定で扉をイメージした際の扉サイズやその開閉力、室内圧の取扱い、強制換気の影響を指定可能となっている。

図-2 データ入力画面

Fig.2 Data Input Panel

2.3 風圧発生頻度の算定

データ入力画面で各パラメータを入力し、実行ボタンを押してソルバーを起動させると、風洞実験データで建物外壁に多数存在する風圧計測点毎に発生頻度を算定する。

ユーザーが指定した検討圧力(正圧)を P とすると風向 a のときに着目している風圧評価位置に作用する風力(実験による外圧係数 $C_{pe}(a)$ とユーザーが指定する内圧係数 C_{pi} の差を考慮)は、建物頂部における基準速度圧 $q_H(a)$ が(1)式のときに P を超える圧力が発生する。

$$q_H(a) \geq \frac{P}{(C_{pe}(a) - C_{pi})} \quad (1)$$

ここで、 $q_H(a)$ は風向 a のとき当該測定点において検討風圧力が発生するときの建設地の建物代表高さにおける速度圧[N/m²]である。

(1)式の $q_H(a)$ に対応する風向 a 時の気象台風速計の風速は(2)式で表される。

$$V_{m1}(a) = \sqrt{\frac{q_H(a)}{0.6}} \cdot \frac{E_s(H_s)}{E_A(H)} \quad (2)$$

ここで、 $E(z)$ は鉛直方向分布係数で、 $E(z) = 1.7(z/z_g)^\alpha$ より求める。それぞれ $E_A(z)$ と $E_s(z)$ は建設地点の地表面粗度区分および気象観測地

点の地表面粗度区分に対応する。 H_g は気象観測点高さ[m]、 H は建物代表高さ[m]、 z_g および α は建築物荷重指針・同解説 2004 に示される、風速の鉛直分布を定めるパラメータで表-1による。

表-1 z_g および α Table 1 Value of z_g and α

地表面粗度区分	I	II	III	IV	V
z_g	250	350	450	550	650
α	0.1	0.15	0.2	0.27	0.35

(2)式の風速風速 $V_{ml}(a)$ の発生頻度(超過頻度)の計算には気象統計データベースのワイブル分布から(3)式をもちいて算定する。

$$P(a) = A(a) \cdot \exp \left[- \left\{ \frac{V_{ml}(a)}{C(a)} \right\}^{K(a)} \right] \quad (3)$$

ここで、 $P(a)$ は気象観測点の風向が a で、かつ、風速 $V_{ml}(a)$ を超える確率(超過頻度)、 $A(a)$ は風向 a の発生頻度、 $C(a)$ および $K(a)$ は風向 a のワイブルパラメータ、 $V_{ml}(a)$ は検討風圧力を発生させるときの気象観測点高さでの風速である。

以上より風向 a のとき風圧評価点で検討圧力 P を超える超過頻度が求まったので、この計算を風向毎に求めて総和した超過頻度が、全風向に対する超過頻度となる。本システムではこの超過頻度に1年間の時間数8760時間(=365日×24時間)を乗じて、一年間に発生する時間として評価している。さらに、実験で計測された全ての風圧検討位置について上記の計算を実施することにより建物壁面全体の発生時間分布を得る。

3. システムの計算例

ここでは、本システムを用いて計算した結果の例を示す。例題として各パラメータを①アスペクト比 4 の正方形平面形状、②建物高さ 80m、③地表面粗度区分 III、⑥検討圧力=正圧 50N/m²、負圧-50N/m²とした場合に他のパラメータを表-2のように変えた4ケースについて計算結果を示す。

表-2 検討例ケース

Table 2 Parameter of Example cases

検討ケース	③建設地	④地表面粗度区分	⑤建物方位	室内圧の仮定
ケース1	東京	III	0°	0
ケース2	東京	III	30°	0
ケース3	大阪	III	0°	0
ケース4	東京	III	0°	内圧係数 -0.4

ケース1の計算結果を図-3に示す。算定結果は1年間あたりの発生時間をコンターで示しており、正圧50N/m²以上は7時間/年、負圧-50N/m²未満は11時間/年発生するという結果を示している。年間あたりの発生日数を考える場合は、強風の一回当たりの継続時間を仮定する必要がある。例えば、継続時間を3時間と仮定した場合、同図の正圧の場合では7時間/3時間=2.33、すなわち、2~3日/年発生するということになる。東京における風向頻度はNNW(北北西)が卓越風向であるため、図-3の検討正圧の発生頻度においてはNNW方向の壁面が高くなる傾向がみられる。

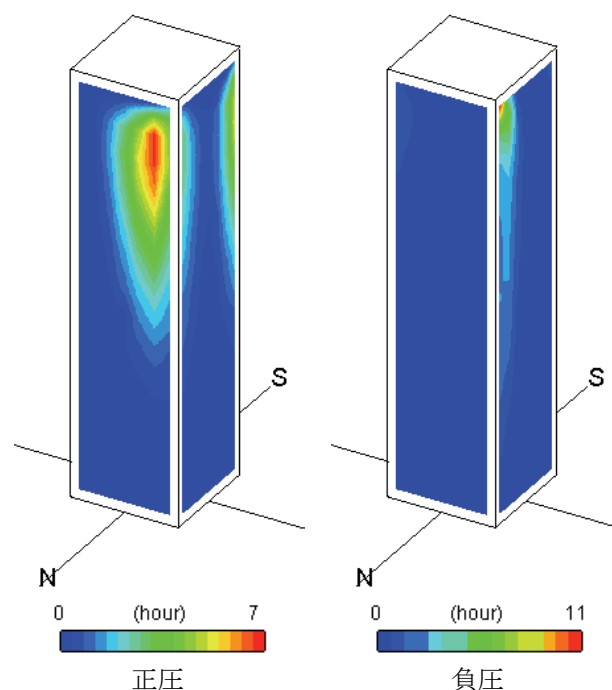


図-3 計算結果(ケース1)

Fig.3 Results of Example Case1

次に、ケース2の計算結果を図-4、ケース3の計算結果を図-5に示す。建物の向きおよび建設地によ

り、建物各壁面における検討風圧力の発生位置や発生頻度の性状は異なることがわかる。

室内圧が強風時に負圧になることを考慮したケース4の計算結果を図-6に示す。室内側の負圧の影響で正圧の発生時間がケース1より大幅に増えている。

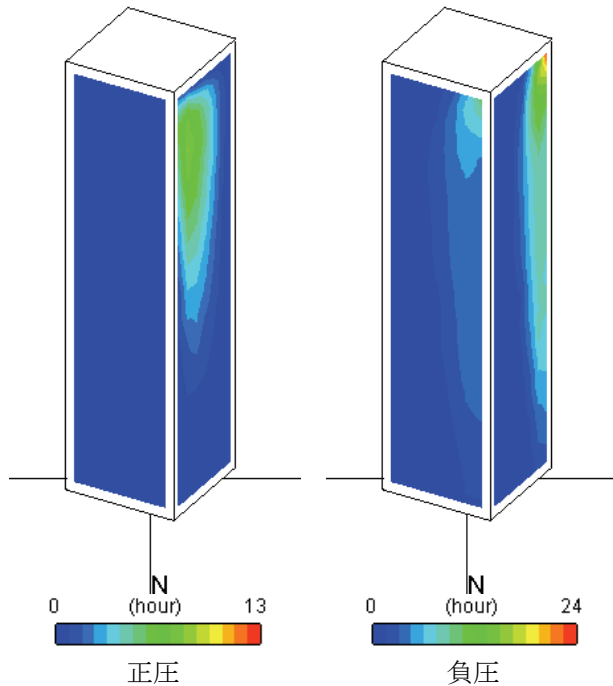


図-4 計算結果(ケース2)

Fig.4 Results of Example Case2

4. おわりに

本システムにより、設計者が簡便に壁面強風圧の発生時間を把握することが可能となった。今後、強風時の風環境変化を予測して適切な対応策を事前に施すなど、より快適な住環境を提案するために本システムを活用する予定である。

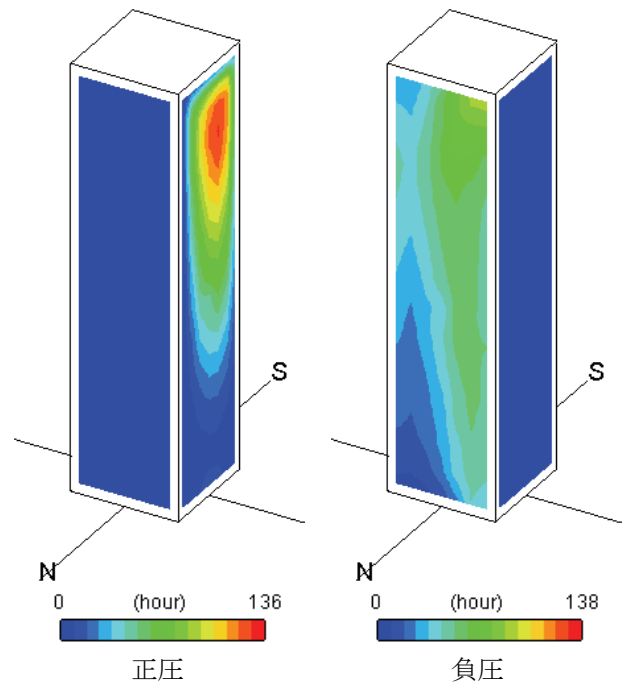


図-5 計算結果(ケース3)

Fig.5 Results of Example Case3

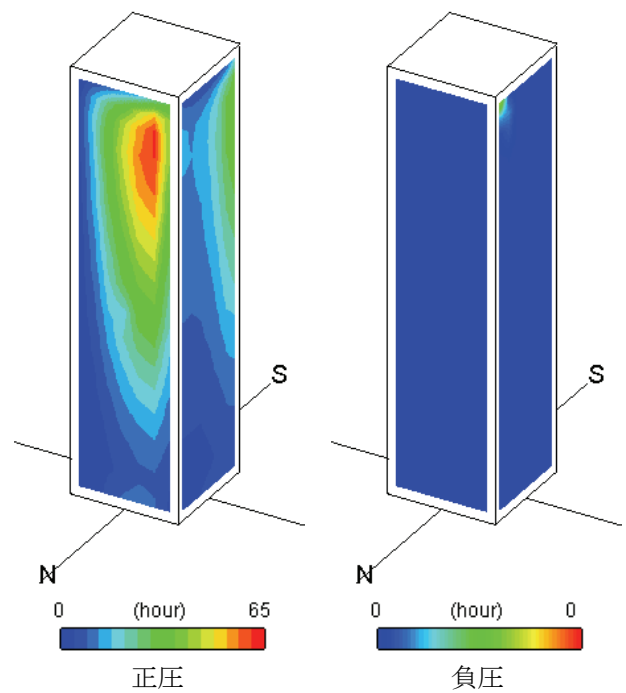


図-6 計算結果(ケース4)

Fig.6 Results of Example Case4