

◇技術紹介 Technical Report

耐風設計支援システム Windy Wind-Resistant Design Support System -Windy

浅野 和則 Kazunori Asano
飯田 有未 Yumi Iida
後藤 晓 Satoru Goto
小野 佳之 Yoshiyuki Ono

1. はじめに

近年、都市部の大規模再開発等により、高層建築物が多数計画されている。一般的に中高層建築物の耐風設計では、「設計用風荷重の評価」と「風揺れ居住性能評価」の2点について検討が行われる。これらは建築基準法や建築物荷重指針・同解説(2015)¹⁾(以下、荷重指針とする)を用いて算定される。しかし、建築基準法や荷重指針で想定されている形状は限定的であり、計画建物の類似形状のない場合、設計者が設計用風荷重の設定や風揺れ居住性を評価することは困難である。

基本設計段階では、設計用風荷重の設定や居住性評価の実施が必要であり、この時に過去の類似した風洞実験結果から、空気力を予測することは有効な手段である。大林組では、風洞実験結果をデータベース化した「Winds」²⁾が作成されたが、データベースは風力実験をもとにしており、実験の特性上、高周波数側の風力のパワースペクトル密度の正しく算定ができず、居住性能評価を行うことが困難であった。そこで、風圧実験及び新たにAerodyn[®]による数値流体解析を実施し、設計者にとって需要の高い主要な形状データ30ケースの解析結果をデータベースに追加した。また、以前のWindsから、Excelのマクロを利用したWindyに改修を行ったことで、利用者の使用性を改善し、風力のデータベースへのデータの追加及びシステムメンテナンスが容易になった。本報では、改修したWindyのシステムの特徴及び、データベースに作成の方法と追加形状、計算例について紹介する。

2. システムの特徴

Windyのシステム構成をFig. 1に示す。入力部は、風力データの選択、構造物の規模・振動特性の設定、設計風速の設定の3つからなる。これらの情報を入力し、結果出力部で取得するデータを選択することで、各データの表及び、グラフを出力できる。各入力部と出力部の機能をa)~d)に記す。

a) 風力データの選択

データベースから、計画建物と類似形状の風力データの選択を行う。選択画面では、実験模型の写真及び形状が表示され、計画建物の類似形状の検索が容易にできる。

b) 構造物の規模・振動特性の設定

計画建物の幅(m)×奥行(m)×高さ(m)及び振動特性、質点数と総重量を入力する。この時、入力した質点数と総重量より、直線モードを仮定した一般化質量と慣性

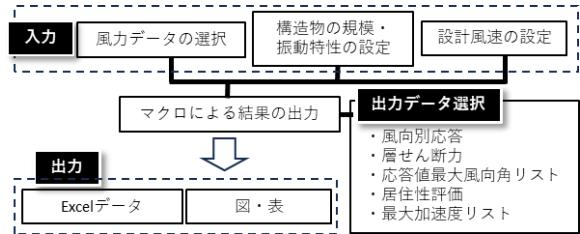


Fig. 1 Windy のシステム構成

System Configuration of Windy

モーメント、モード補正係数は自動で作成可能である。

c) 設計風速の設定

建設省告示平成12年第1454号³⁾及び荷重指針に基づいて設計風速を設定する。告示の値を利用する場合は、建設予定地の都道府県及び市町村をタブより選択する。荷重指針の値を利用する場合は、再現期間100年の風速、再現期間500年の風速の値を入力する。また、居住性の評価を行う際は、再現期間1年の風速の値を入力する。

d) 結果出力

適用する法令を建築基準法のレベル1(再現期間50年相当)、レベル2(再現期間500年相当)、荷重指針の3つより選択し、出力する帳票を風向別応答(基部せん断力、基部転倒モーメント、頂部加速度)、層せん断力、応答値最大風向角リストより選択する。マクロによる結果の出力をを行うと上記の入力部の条件を反映した表及びグラフをExcelで出力可能である。また、居住性評価も同様に再現期間1年風速の風向別応答と居住性評価、最大加速度のリスト及び表をExcelで出力可能である。

3. データベースの作成

3.1 風洞実験

風揺れ居住性等の改善効果や抗力の低減効果が高いと見込まれる隅切り、隅欠き形状の隅角部サイズを変更して、風洞実験を行った。模型の断面形状とx軸、y軸の定義をFig. 2に示す。隅切り、隅欠き形状のそれぞれについて隅角部のサイズ $e/B = 0.15, 0.1, 0.05, 0.027$ の4ケースについて風洞実験を実施し、実験データをWindyのデータベースに追加した。ここで、Fig. 2に示したx軸方向に作用する風力を C_{Fx} とし、風向 $0^\circ \sim 90^\circ$ の隅欠き形状のサイズを変化させた場合の風力係数 C_{Fx} の比較をFig. 3に示す。隅角部サイズのわずかな変化が C_{Fx} に与える影響がわかる。告示等では、このような隅角部の形状及びサイズが風応答に与える影響を考慮することは難しいが、Windyを利用することにより基本設計段階で、隅角部の影響を加味した風応答の検討が可能になる。

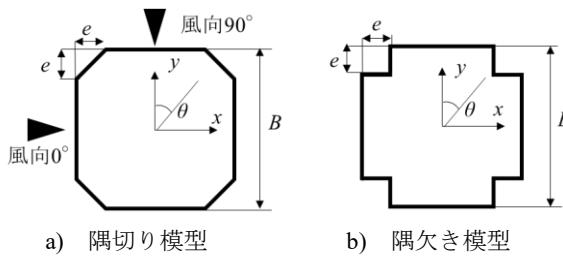


Fig. 2 模型断面形状
Cross-sectional Shapes of the Model

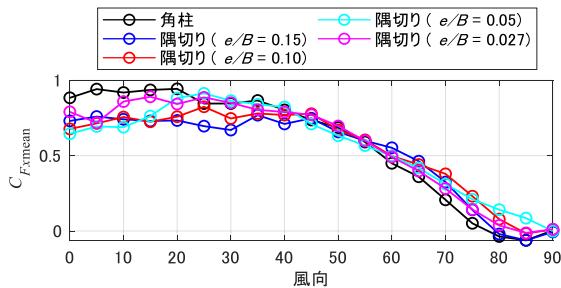


Fig. 3 隅切り形状と角柱の $C_{F,x}$ の比較
Comparison of $C_{F,x}$ for Corner-Chamfered Models and a Square Model

3.2 数値流体解析

今回風洞実験に加え、数値風洞「Aerodyna」による数値流体解析を実施し、データベースの拡張を行った。数値流体解析は、風洞実験と比較して、風圧模型等の製作が不要なため、コスト面、時間面にメリットがあり、形状データの追加が容易である。今回、数値流体解析により、建物のアスペクト比（高さと見付幅の比率）が4~5と大きく、居住性への影響が懸念される形状や、風力低減効果が見込まれる形状の解析を実施した。解析を実施したモデルの一例を Fig. 4 に示す。解析状況として、開口モデルの断面 A-A' の瞬間流速場の図を Fig. 5 に示す。

4. 実際に居住性能評価を行った例

ここでは、Windy を使用して実際に居住性能評価を行った例を示す。計算にあたり、以下の条件を設定した。

- 建物形状：①角柱、②隅切り($e/B = 0.15$)
- 地表面粗度区分：III
- 建物寸法：幅×奥行×高さ = 65 m × 65 m × 200 m
- 減衰定数：1%
- 建物重量：100,000ton
- 固有振動数： $x, y, \text{ねじれ}$ 方向ともに 0.4Hz
- 建設地：東京都（23 区内）

Windy により出力した居住性能評価の結果を Fig. 6, a), b) に示す。居住性の評価は、建築物の振動に関する居住性能評価基準・同解説⁴⁾を適用して Table. 1 に示す定常的な水平振動評価レベルにより評価した。角柱と隅切りの結果を比較すると、角柱では H-V の評価となるが、隅切り形状では、H-IV に改善していることが確認できる。このように Windy を用いることで、建物形状の影響を反映した居住性能評価結果を容易に確認することができる。

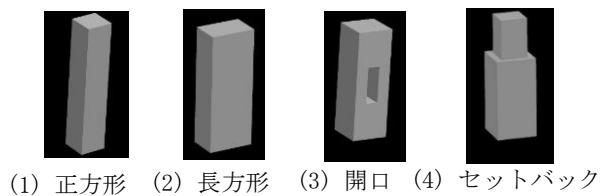


Fig. 4 解析モデルの例

Example of Analytical Model

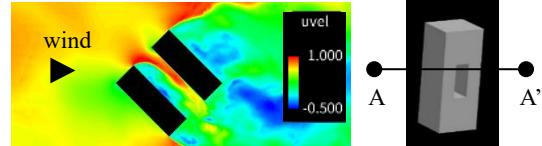


Fig. 5 穴あきモデル瞬間流速場 (A-A'断面)

Flow Field of Opening Model

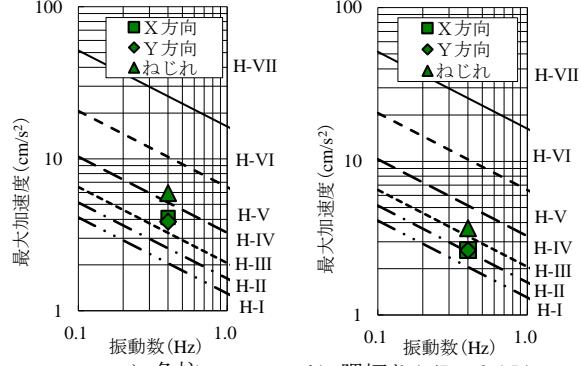


Fig. 6 居住性評価の比較

Comparison of Residential Evaluation

Table. 1 定常的な水平振動評価レベル
Steady Horizontal Vibration Evaluation

評価の視点 評価のレベル	不安感	不快	知覚
H-VII	かなり不安を感じる	かなり不快である	ほとんどの人が知覚する
H-VI	わりと不安を感じる	わりと不快である	
H-V	あまり不安を感じない	あまり不快でない	
H-IV	まったく不安を感じない	まったく不快でない	大半の人が知覚する
H-III	まったく不安を感じない	まったく不快でない	大半の人が知覚しない
H-II	まったく不安を感じない	まったく不快でない	わずかな人しか知覚しない
H-I	まったく不安を感じない	まったく不快でない	ほとんどの人が知覚しない

5. まとめ

耐風設計の実務効率化を目的に Windy の改修を行った。システムの Excel 化と風力データベースの拡張により、Windy の使用性が向上し、適用範囲が広がった。Windy を利用することで、基本設計段階において精度良く風応答を検討可能になった。今後も風力データベースを拡張し、適用範囲の拡大を行う予定である。

参考文献

- 日本建築学会：建築物荷重指針・同解説、2015
- 佐々木晶邦：耐風設計支援システムについて、大林組技術研究所報、No.67、2003
- 平成 12 年 5 月 31 日建設省告示第 1454 号
- 日本建築学会：建築物の振動に関する居住性能評価基準・同解説、2018