

台風通過時の風向風速変化を考慮した風荷重に関する研究

日大生産工(院) ○中村遼太郎 長谷工コーポ 扇谷 匠己
日大生産工 神田 亮

1. 序論

兵庫県南部地震などの大地震により、免震構造の有効性が認められ、世間にも広く認識されるようになってきた。これまで免震構造は、戸建て住宅、中低層の建物に採用される事例が多かったが、近年では100mを超える超高層建物にも採用される事例が出てきている。しかし、高層建物に免震構造を採用する場合、耐震性能を向上させるメリットがある一方で、耐風性能の低下を招く恐れがある。

耐風性能低下の一因として、風外力が地震外力に比べて長時間にわたり建物に作用し続けることなどがあげられる。特に、台風の通過時は、接近して通過するまでに数時間かかることもあり、その間、建物には風外力が作用し続けることになる。そのため、外力が長時間作用することで温度上昇が起こる可能性のある免震部材については、履歴特性を詳細に把握することが耐風性能を評価するためには必要不可欠である。通常、風応答時刻歴解析では10分間の風力波形を用いて行うのが一般的である。しかし、この波形では温度依存性を有する免震部材の応答特性を検討するには十分な長さであるとは言い難く、長時間作用することを想定した風外力で検討することがより望ましい。

これまで、松井ら¹⁾により、台風シミュレーションによる年最大風速の予測手法が提案されているが、応答解析用の時刻歴波形の作成は行っていない。また、鈴木ら²⁾によ

り、各風向角での静止実験の結果をつなぎ合わせることで風向変化を再現し、時刻歴波形の作成方法が提案されている。

本研究では、台風通過時の風向変化を風洞試験により連続的に再現し、長時間にわたり建物に作用する時刻歴風力波形を作成することを目的とする。

2. 時刻歴風力波形の作成方法

本論文で行う時刻歴風力波形作成方法(以下、本手法)の手順を図1のフローチャートに示す。本手法は、台風の風向・風速変化を参考にモデル化し、模型を風洞内のターンテーブルに固定して回転させながら

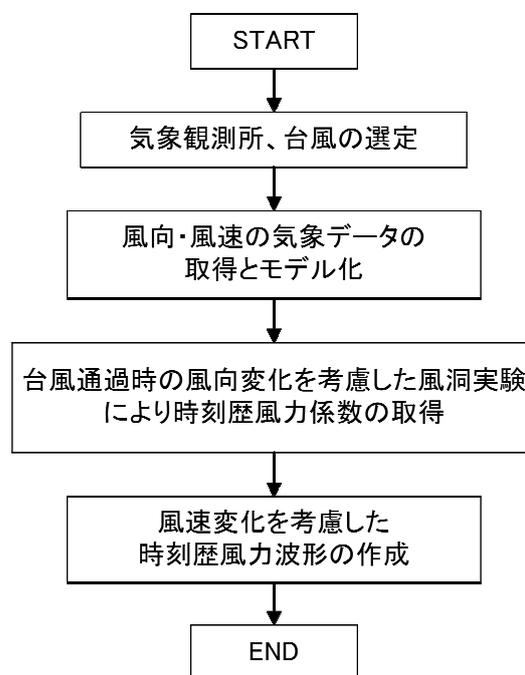


図1 時刻歴風力波形作成のブロックチャート

Study on the wind load in consideration of the wind direction and wind velocity change at the time of typhoon passage

Ryotaro NAKAMURA, Narumi OUGIYA and Makoto KANDA

風圧実験を行うことで、連続的に風向変化を再現している。また、風速変化を考慮すると相似則が変化するので時刻刻みを調整して再現している。

3. 台風通過時を想定した時刻歴風力波形の作成

3. 1 対象免震建物

対象とする建物は、地表面粗度区分Ⅱ相当の地域に建設されるアスペクト比5の正方形角柱形状で、建物高さ150mの超高層免震建物とする。表1に対象建物の詳細を示す。

表1 対象建物の構造諸元

単位体積質量	430 kg/m ³
建物高さ [模型]	150 m [500mm]
幅・奥行 [模型]	30 m [100mm]
アスペクト比	5
1次固有周期 (基礎固定時)	3.80 sec

3. 2 風速変化と風向変化の設定

本手法では、実台風の観測記録を参考に風向・風速変化をモデル化する。台風はそれぞれ風向・風速変化に差異があるため、モデル化する台風の選定にあたっては以下に示す条件を満足するものとした。

- i) 気象庁の定める台風のクラスの中で、「強い台風」以上の台風 (クラス5)
- ii) 過去に台風が観測所の右側、左側、中央を通過した記録があるアメダス観測所

上記に示した選定条件を満たすアメダス観測所として、福岡県の朝倉観測所を選定し、観測所の右側、左側、中央を通過する台風として台風199612号、台風200418号、台風199918号を選定した。尚、本論文では紙面の都合上、台風200418号について述べるものとする。図2に観測データの風向・風速の経時変化とそれをモデル化したものを示す。風速については、最大風速が再現期間500年 (レベル2) 相当になるように全体を基準化した。

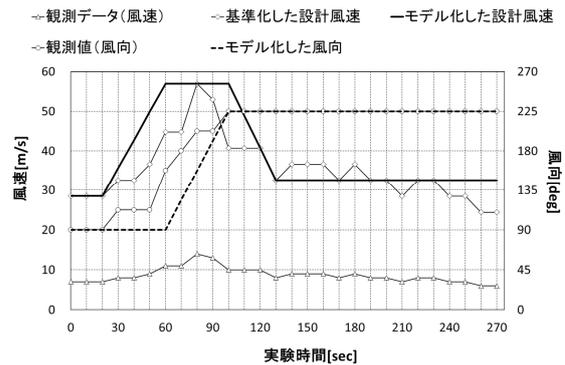


図2 風向・風速の経時変化

3. 3 風洞実験概要

風洞実験は、日本大学生産工学部所有の境界層風洞にて行った。実験模型は図3に示すように、縮尺1/300にて作成し、1面に50点の風圧測定点を設けた。風圧測定点は4面すべてに合計200点設けている。また、本手法では実験時に風向を変化させるため、図3に示すように構造軸のX方向とY方向に対して波形を作成する。風向変化は模型をターンテーブルに固定し、一定のスピードで回転させて再現した。

また、設計風速は図2に示すように変化させるが、実験風速は変化させることができないため、設計風速の変化に応じて時間軸を変化させ風速変化を再現する。風洞実験と実現象を結びつけるためには式(1)に示す相似比の関係を満足する必要がある。

$$\frac{T}{T'} = \frac{V'}{V} \times \frac{L}{L'} \quad \dots (1)$$

- T : 実時間 [sec]
- T' : 実験時間 [sec]
- L : 実建物の高さ [m]
- L' : 模型高さ [m]
- V : 設計風速 [m/s]
- V' : 実験風速 [m/s]

L/L' は幾何学スケールなので一定である。ここで、設計風速 V が変化し風速スケールが変化すると、式(1)より時間スケール T/T' も変化する。実験では計測するサンプリング周波数は400Hzと一定であるが、実時間での

時間刻みを変化させることで時間スケールを調整して、風速変化に対応している。そのため、実験ではすべて一定の時間刻みであるが、実スケールに変換すると風速変化に応じて実時間刻みは変化する。実時間で暴風時の継続時間40分を含む、4.5時間の波形を作成するためには、実験時間は209.2秒となり、サンプリング数は83680となる。

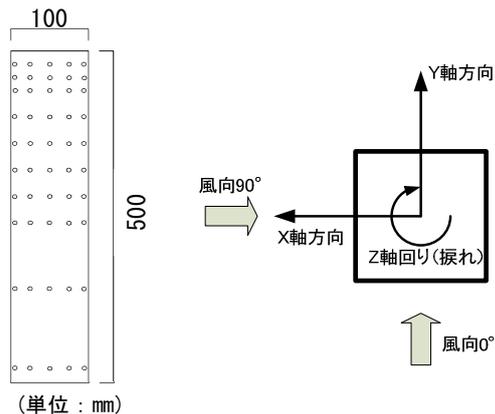


図3 風圧測定点位置及び構造軸と風向の関係

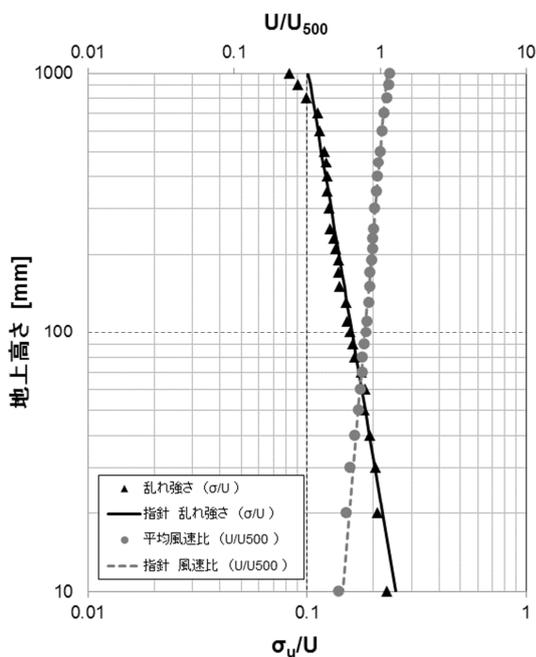


図4 風洞内の気流性状 (平均風速と乱れ強さの鉛直分布)

3. 4 風向風速変化を考慮した時刻歴風力波形の作成

風洞実験により得られた風圧波形より式(2)により風力係数を算定する。風力係数は、それぞれの軸で向い合う面の差圧を求め、負担面積をかけて算定した層風力を、基準速度圧から得られる風力で除して算定する。また、得られた時刻歴風力係数波形と設計風速から式(3)を用いて時刻歴風力波形を作成する。実時間に変換するにあたり、前節で述べた相似則の関係から時間刻みが一定とはならないが、線形補間により時間刻みを調整した。

$$C_{fj} = \frac{\sum_{k=1}^5 \{(P_k - P'_k) A_k\}}{\bar{q}_H \sum_{k=1}^5 A_k} \quad \dots (2)$$

- C_{fj} : 層風力係数
- $P(P')$: 速度圧 (向い合う面) [Pa]
- A : 負担面積 [m²]
- \bar{q}_H : 基準速度圧 [Pa]
- j : 層数 (1~10層)
- k : 層毎の各測定孔数 (5点)

$$F(t) = \frac{1}{2} \rho V_H^2(t) \cdot C_{fj}(t) \cdot A \quad \dots (3)$$

- F : 風力 [N]
- V_H : 設計風速 [m/s]
- C_{fj} : 層風力係数
- A : 負担面積 [Pa]
- t : 時刻 [sec]
- ρ : 空気密度 [kg/m³]

作成した時刻歴風力波形を図5に示す。図は、X軸方向、Y軸方向、振れモーメントの時刻歴風力波形を示している。また、図6には参考のため文献2)に示されている静止実験の風圧実験結果をつなぎ合わせて作成した風力波形についても示す。

図5より、X軸方向波形の90秒付近において、波形が正負の両方に振れる現象がみられるが、図6ではこのような現象は見られない。また、図5、図6を比較すると、連続的に風向変化を再現している本手法では風向変化が起こる部分において階段状にならず、

滑らかな波形になっていることがわかる。

4. まとめ

本論文では、風圧実験時にターンテーブルに固定した模型を回転させることで連続的に風向変化を再現し、建物に長時間作用する時刻歴風力波形の作成方法について述べるとともに、その一例を示した。

今後は作成した波形を用いた時刻歴応答

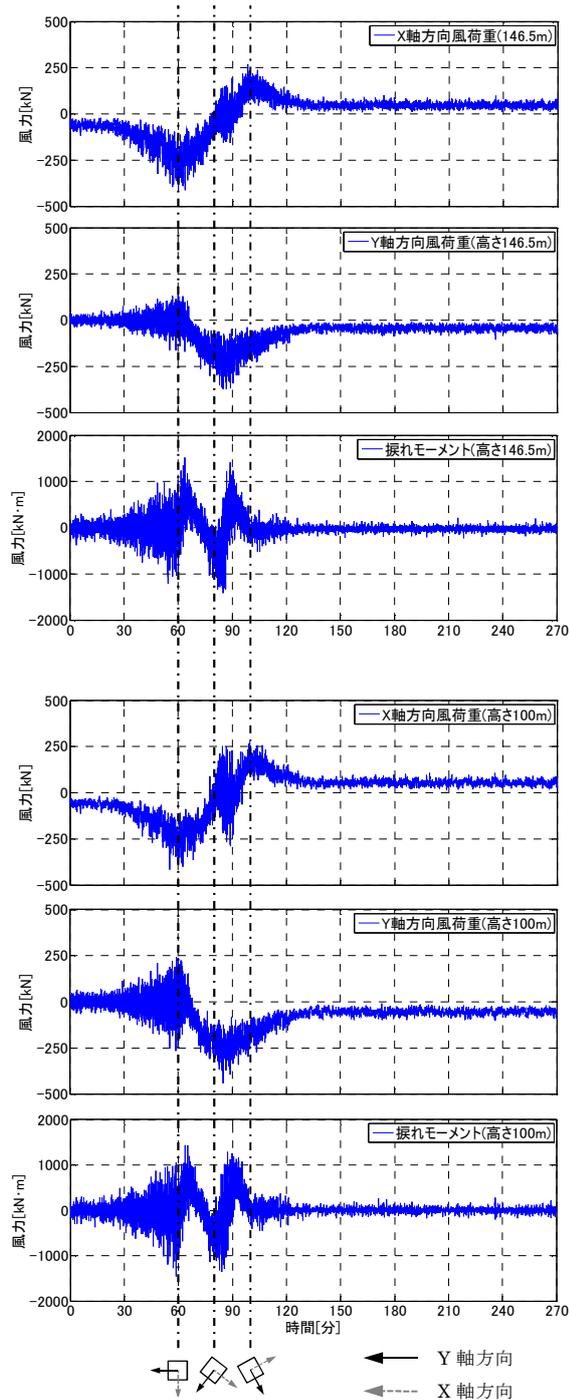


図5 本手法による時刻歴風力波形

解析などにより、波形が建物に与える影響などについて検討していく予定である。

参考文献

- 1) 松井正宏、孟岩、日比一喜：「実測と台風モデルの平均化時間の違いを考慮した台風シミュレーションによる年最大風速の予測手法」、日本建築学会構造系論文集，第506号，pp.67-74，1998年4月
- 2) 鈴木雅靖、竹中康雄、近藤明洋、飯場正紀、大熊武司、松井正宏：「高層免震建築物の風応答時刻歴解析による検討（その3 風向変化を伴う3方向風力時刻歴波形の作成）」、日本建築学会大会学術講演梗概集（関東），pp.613-614，2011年8月

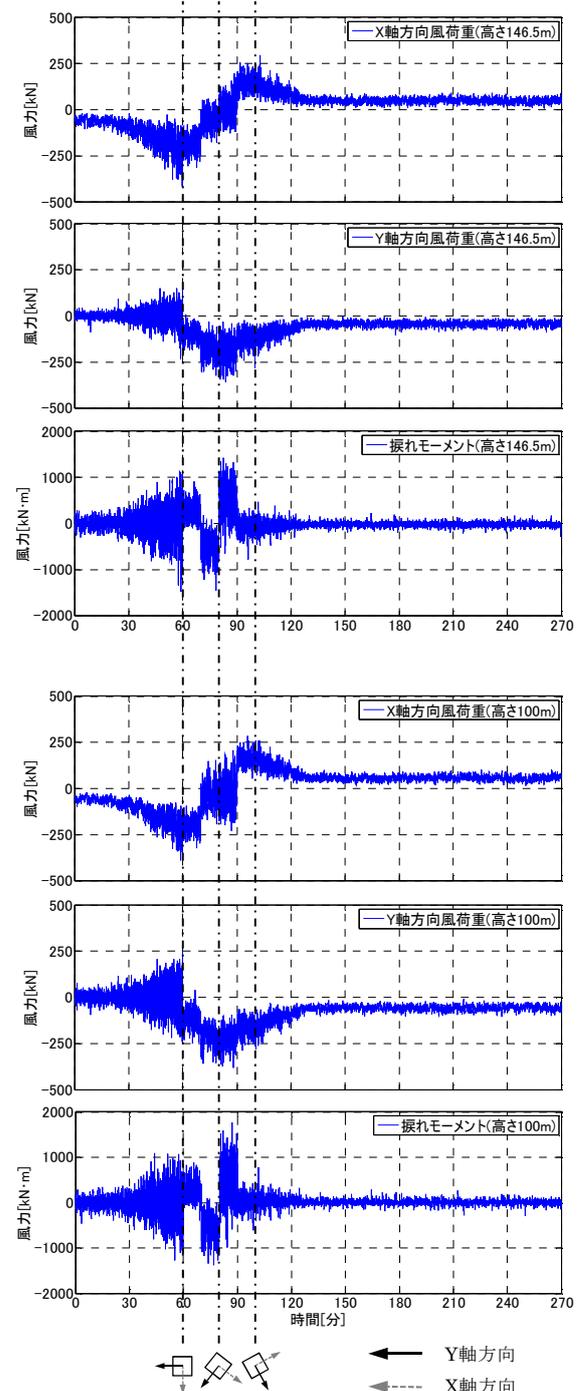


図6 文献2)による時刻歴風力波形