

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	風洞実験に基づく超高層建物の多層層風力による風応答特性(その1) 風洞実験により得られた風力性状の評価
Title(English)	
著者(和文)	佐藤大樹, 吉江慶祐, 平井宏幸, 安田憲史, 早田友彦, 北村春幸
Authors(English)	daiki sato, Haruyuki Kitamura
出典(和文)	日本風工学会誌, Vol. 36, No. 127, pp. 151-152
Citation(English)	, Vol. 36, No. 127, pp. 151-152
発行日 / Pub. date	2011, 4

風洞実験に基づく超高層建物の多層層風力による風応答特性

(その1) 風洞実験により得られた風力性状の評価

Wind Response Characteristics of High-rise Building Subjected to Multi Layer Wind Forces based on Wind Tunnel Experiment

Part 1. Evaluation of Characteristics of Wind Force Coefficient obtained from Wind Tunnel Experiment

○佐藤大樹¹⁾ 吉江慶祐²⁾ 平井宏幸³⁾

Daiki SATO¹⁾ Keisuke YOSHIE²⁾ Hiroyuki HIRAI³⁾

安田憲史⁴⁾ 早田友彦⁵⁾ 北村春幸⁶⁾

Norifumi YASUDA⁴⁾ Tomohiko HAYATA⁵⁾ Haruyuki KITAMURA⁶⁾

1. はじめに

現在、建物は風荷重に対して弾性範囲で設計が行われている。しかし近年、免震建物の高層化や低降伏点鋼を用いた履歴型制震部材の普及や実用化に伴い、風荷重に対して、弾塑性範囲における時刻歴応答解析に基づく評価の必要性が高まっている。時刻歴応答解析による風応答評価は、定常確率過程のモンテカルロ法による評価であり、応答値は多数の統計量として扱う必要がある。風応答評価手法として、文献 1,2 では、三角級数モデルによりシミュレートして作成した模擬風力波形を用いて、アンサンブル数が応答のばらつきに及ぼす影響について検討している。しかし、風力のばらつきが応答およびエネルギー入力に及ぼす影響を詳細に検討した例は少なく、不明な点も多い。また、信頼性の高い風応答評価を行うためには、模擬風力波形に比べ、空間的な相関の分布が自然風により近い風洞実験結果を用いる必要があると考えられる。本研究は、風洞実験により得られた風力データを直接用いて、風力のばらつきが応答に与える影響を検討し、時刻歴風応答解析による風応答評価を行うための基礎資料を提示することを目的とする。本報その1では、風洞実験により得られた層風力からモーダル風力を算出し、その性状を調べる。

2. 風洞実験概要および検討対象建物

実験気流は「建築物荷重指針」³⁾の地表面粗度区分Ⅲの気流を目標に作成された。図1に平均風速、乱れ強さの鉛直分布を荷重指針値と共に示す。実験模型は高さ $H=50\text{ cm}$ 、平面積 $A=100\text{ cm}^2$ の角柱模型を用いて、辺長比 D/B (D : 奥行き, B : 幅) は 1.0, 1.5, 2.0, 3.0 の4種類とした。層風力は10層分測定し、サンプリング周波数を1000 Hzとした。風洞実験の実験風速 U_0 は、建物頂部高さにおいて10m/sとした。なお、設計風速 U_H (建物頂部

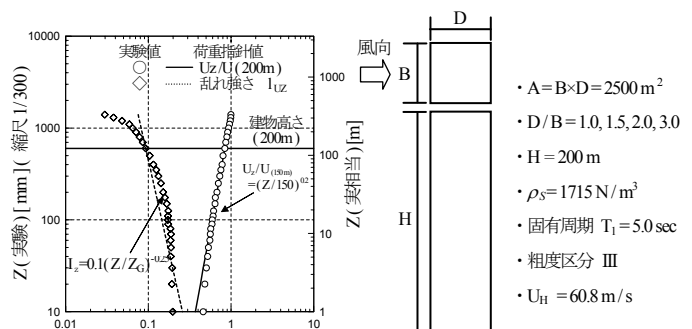


Fig.1. Vertical profiles of average wind velocity, turbulence intensity

Fig.2. Target building

60.8m/sとした。本研究におけるその他の実験方法および実験条件については文献4を参照されたい。図2に本検討に用いる対象建物を示す。本研究では、対象建物を高さ $H=200\text{ m}$ 、幅 $B=50\text{ m}$ 、奥行き $D=50\text{ m}$ 、地上部質量は87500 ton (高さ方向に一様)、固有周期 $T_1=5.0\text{ sec}$ と想定した。

3. モーダル風力性状

本検討に用いる風力は風洞実験結果の風向 0° 、粗度区分Ⅲ、 $D/B=1.0, 1.5, 2.0, 3.0$ の風方向、風直交方向の風力時刻歴波形から1次モーダル風力を作成して直接用いた。振動モード形は、高層建物の代表として逆三角形分布(以下、 $\beta=1$)と、免震構造のような一様分布(以下、 $\beta=0$)の2種類とした(図3参照)。ここで、1次モード ${}_1u_i$ は次式で表せる。

$${}_1u_i = \left(\frac{Z_i}{H} \right)^\beta \quad (i=1\sim 10) \quad (1)$$

図4に辺長比 $D/B=1.0$ 、振動モード形 $\beta=1$ のモーダル風力時刻歴波形例を示す。また、図5に $D/B=1.0, 1.5, 2.0, 3.0$ における $\beta=1$ でのモーダル風力のパワースペクト

¹⁾ 東京理科大学工学部建築学科 助教

Assistant Professor, Tokyo University of Science

³⁾ 東京理科大学工学部建築学科 大学院生

Graduate Student, Tokyo University of Science

⁵⁾ (株)日建設計 構造設計部門

Structural Engineer, Nikken Sekkei Ltd.

²⁾ (株)日建設計 構造設計部門 主管

Senior Structural Engineer, Nikken Sekkei Ltd.

⁴⁾ 東京理科大学工学部建築学科 学部生(研究当時)

Undergraduate Student, Tokyo University of Science

⁶⁾ 東京理科大学工学部建築学科 教授

Professor, Tokyo University of Science

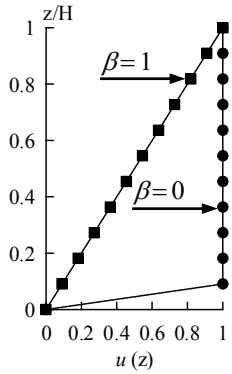


Fig.3. Vibration mode shape

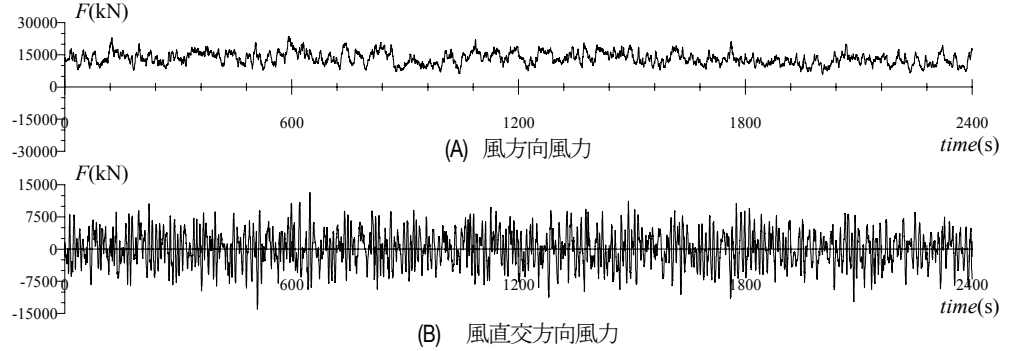


Fig.4. Time history of modal wind ($\beta=1, D/B=1.0$)

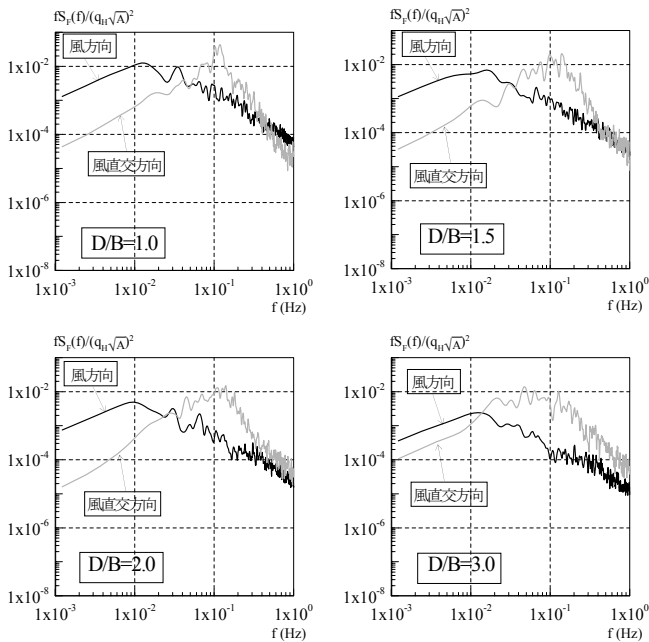


Fig.5. Power spectral density of modal wind ($\beta=1$)

ル密度を風方向, 風直交方向それぞれ示す。

本研究で用いる評価時間は, 検討対象建物の固有周期 $T_1 (= 5.0\text{sec})$ の 120 倍の評価時間 $t_e = 600\text{sec}$ (10 分間) と 240 倍の $t_e = 1200\text{sec}$ (20 分間) とし, それぞれ $600\text{sec} \times 70\text{ case}$, $1200\text{sec} \times 30\text{ case}$ を取り出した。本研究では, 風力係数 (変動成分) のばらつきを変動係数を用いて評価する。(2) 式よりモーダル風力の風力係数 C_{F1} (以下, 風力係数とする) を算出する。

$$C_{F1}(t) = \frac{F_1(t)}{q_H \cdot \sqrt{A} \cdot H} \quad (2)$$

ここで, $F_1(t)$: 1 次モーダル風力, q_H : 建物高さ相当における速度圧を表す。

(3) 式より風力係数の変動係数 $Cv(\sigma_{CF1})$ を算出する。

$$Cv(\sigma_{CF1}) = \frac{rms(\sigma_{CF1})}{\mu(\sigma_{CF1})} \quad (3)$$

ここで, $rms(\sigma_{CF1})$: 風力係数の標準偏差のばらつき, $\mu(\sigma_{CF1})$: 風力係数の標準偏差の平均値を表す。

なお, 変動係数は評価時間 $t_e = 600\text{sec}$ では 70 case, $t_e = 1200\text{sec}$ では 30 case での風力係数のばらつきを評価している。図 6 に辺長比 $D/B = 1.0, 1.5, 2.0, 3.0$ 時の風力方向 (風方向, 風直交方向), 振動モード形 ($\beta = 0, 1$), 評価時間 ($t_e = 600\text{sec}, 1200\text{sec}$) 毎にモーダル風力の変動係数を比較したものを示す。モーダル風力の風力係数は, 風力方向 (風方向, 風直交方向) \cdot 辺長比 $D/B \cdot$ 振動モード形 β によらず, 評価時間 $t_e = 600\text{sec}$ では 5~6% (図 6 (A) 参照), $t_e = 1200\text{sec}$ では 4% 程度となっていることが分かる (図 6 (B) 参照)。これらから, 風力方向 \cdot 辺長比 \cdot 振動モード形の違いは風力のばらつきに与える影響が小さいと考えられる。

■ 風方向 ◆ 風直交方向

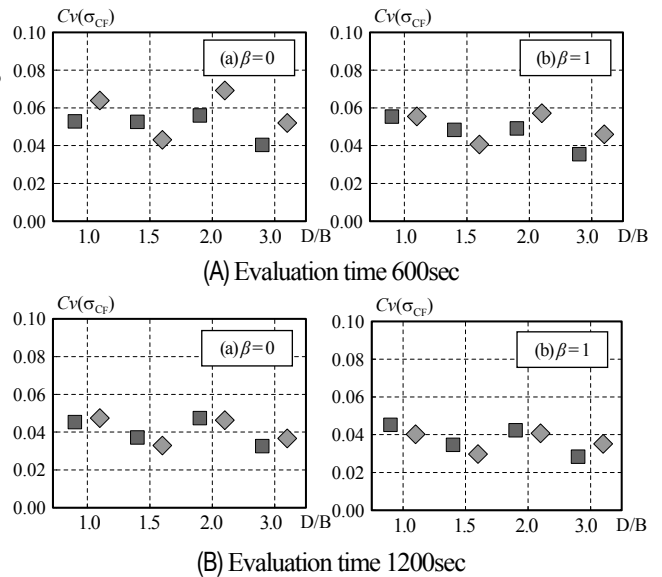


Fig.6. Coefficient of Variation of modal wind force coefficients

5. まとめ

本報その 1 では, 風洞実験により得られた層風力からモーダル風力を算出し, その性状を調べた。風力方向 \cdot 辺長比 \cdot 振動モード形の違いが風力のばらつきに与える影響は小さいことを確認した。

参考文献

その 2 にまとめて記す。