

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2) 時刻歴風応答解析におけるアンサンブル平均のばらつき
Title(English)	
著者(和文)	平井宏幸, 吉江慶祐, 佐藤大樹, 安田憲史, 早田友彦, 北村春幸
Authors(English)	Keisuke Yoshie, Daiki Sato, Haruyuki Kitamura
出典(和文)	日本風工学会誌, Vol. 36, No. 127, pp. 153-154
Citation(English)	, Vol. 36, No. 127, pp. 153-154
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2) 時刻歴風応答解析におけるアンサンブル平均のばらつき

Wind Response Characteristics of High-rise Building Subjected to Multi Layer Wind Forces based on Wind Tunnel Experiment
Part2. Dispersing Ensemble Average of Response obtained from Time-history Analysis Subjected to Fluctuating Wind Force

○平井宏幸¹⁾ 吉江慶祐²⁾ 佐藤大樹³⁾
Hiroyuki HIRAI¹⁾ Keisuke YOSHIE²⁾ Daiki SATO³⁾
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

前報(その1)では、風洞実験により得られた層風力から1次モーダル風力を算出し、その性状を調べた。引き続き、本報では、前報(その1)で算出されたモーダル風力を用いて、時刻歴弾性応答解析を行い、アンサンブル平均に用いる風力時刻歴波形数の違いによる応答値のばらつきを調べる。

2. 解析モデルと検討用風力

検討対象建物および想定振動モード形は、前報(その1)と同様とする。解析には1次モードのみの風応答に注目し、水平1自由度の1質点系モデルとする(図1)。本研究での解析パラメーターは、辺長比D/B、振動モード形 β 、減衰定数 ζ とする(表1)。風外力は、風洞実験結果から前報(その1)で作成したモーダル風力時刻歴波形を直接用いる。なお、解析モデルのモーダル質量も $\beta=1, 0$ のモーダル風力に対応するように設定した。検討用風力波形のサンプリング間隔は0.05 secとし、風洞実験結果から応答の評価時間部分が重ならないように650 sec \times 70波を取り出した。本報では、解析開始時の過渡応答の影響を避けるため、各風力波形の先頭50 secにエンベロープを設けた後、固有周期 $T_1=5.0$ secの120倍の600 sec(10分間)で応答を評価する。

3. アンサンブル数の違いによる応答のばらつき

本章では、アンサンブル平均に用いる風力時刻歴波形数の違いによる応答値のばらつきを評価する(表2)。なお、風力方向(風方向、風直交方向風力)によるアンサンブル平均のばらつきに変化は見られなかったため、以降は、風方向風力入力時の応答のばらつきに注目していく。

図2に風方向風力入力時の振動モード形・減衰定数別のアンサンブル数 n の違いによる応答速度、変位の標準

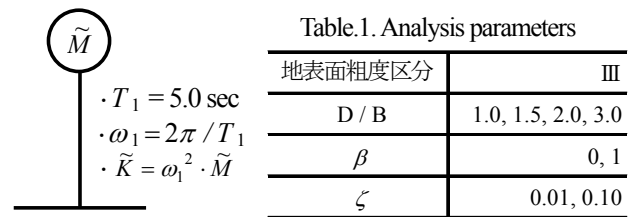


Fig.1. Analysis model

Table.2. Ensemble number and case (evaluation time 600 sec)

アンサンブル数 (n)	1	5	10	20	30	40	50	60	70
case (m)	70	14	7	4	3	2	2	1	1

偏差及びエネルギー入力量のばらつきを示す。X軸はアンサンブル数 n 、Y軸は基準となる応答値($n=70$ でのアンサンブル平均値)とのばらつき(1式)を示す。なお、エネルギー入力量のばらつきは、他の応答値の2倍となっている。図中の白いプロット \bar{R}_i は、(2)式により求められ、各アンサンブル数でのばらつきの平均値を示す。

$$R_i^{(j)} = \frac{|\bar{x}_i^{(j)} - \bar{x}_{70}^{(j)}|}{\bar{x}_{70}^{(j)}}, \quad \bar{R}_i = \frac{\sum_{j=1}^m R_i^{(j)}}{m} \quad (i=1 \sim n) \quad (1), (2)$$

ここで、 $\bar{x}_i^{(j)}$: i 波でのアンサンブル平均値(j 番目のcase)である。なお、 n と m の組み合わせについては表2参照のこと。

図2より辺長比の違いはアンサンブル平均値のばらつきに与える影響は小さいことが分かる。図2(a)より、 $\zeta=1.0\%$ 、 $\beta=1$ の応答速度に関して、 $n=1$ だけでは、最大で $R_1^{(j)}=50\%$ 、平均で $\bar{R}_1=10\sim 15\%$ 程度のばらつきを含む可能性があることが分かる。しかし、 $n=5$ では最大で $R_5^{(j)}=25\%$ 、平均で $\bar{R}_5=5\sim 10\%$ 程度となり、 $n=1$ の半分程度のばらつきに収束している。アンサンブル数 $n=10$ で評価すると、最大で $10\sim 15\%$ 、平均で 5% 程度のばらつきとなることが分かる。エネルギー入力の場合、 $n=1$

¹⁾ 東京理科大学工学部建築学科 大学院生

Graduate Student, Tokyo University of Science

³⁾ 東京理科大学工学部建築学科 助教

Assistant Professor, 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

だけでは最大で $R_1^{(j)} = 270 \sim 98\%$, 平均で $\bar{R}_1 = 30\%$ 程度のばらつきを有するが, $n=5$ では最大で $R_5^{(j)} = 60\%$, 平均で $\bar{R}_5 = 15 \sim 20\%$ 程度となり, 応答速度と同様, $n=1$ の半分程度のばらつきに収束していることが分かる. エネルギー入力の変動係数は応答速度と比較して, 2.0~2.5 倍程度大きくなっていることが分かる. エネルギー入力は応答速度の標準偏差の 2 乗に比例する⁵⁾ ので, この関係からエネルギー入力の変動係数が応答速度の変動係数より大きくなったと考えられる. アンサンブル数 $n=10$ では, 最大で $R_{10}^{(j)} = 30 \sim 40\%$, 平均で $\bar{R}_{10} = 10\%$ 程度のばらつきとなることが分かる. 応答速度, 変位はアンサンブル数 $n=20$ 以上, エネルギー入力は $n=30$ 以上で, 基準となる $n=70$ でのアンサンブル平均値とほぼ 5% 程度以内に収まることが分かる.

図 2 (a), (b) より, 振動モードの違いはアンサンブル平均値のばらつきに影響しないことが分かる. 図 2 (a), (c) より, 減衰定数 $\zeta = 10.0\%$ の応答速度, 変位およびエネルギー入力の最大, 平均でのばらつきは, アンサンブル平均に用いる風力波形数が同じ場合, $\zeta = 1.0\%$ に比べて, 半分程度に収束することが分かる. 以上の傾向は, 風直交方向風力入力時でも確認することができた.

4. まとめ

時刻歴風応答解析を行う場合, 5 波のアンサンブル平均により応答評価することで, 1 波の半分程度のばらつきに収束することを確認した. また, 辺長比および振動モード形状の変化は応答のアンサンブル平均値のばらつきに与える影響は小さいことを確認した.

謝辞

本研究は, 神奈川大学大熊武司教授, (株) 泉創建エンジニアリング, (株) 日建設計, 東京理科大学による新耐風設計法研究会の成果の一部です. 特に, 本研究を進めるにあたり, 大熊武司教授, (株) 泉創建エンジニアリングの丸川比佐夫様, 片桐純治様, 鶴見俊雄様からご指導を賜りました. ここに記して, 感謝の意を表します.

参考文献

- 1) 吉江慶祐, 北村春幸, 大熊武司, 和田章: 時刻歴風応答解析におけるアンサンブル平均のばらつき, 日本建築学会学術講演梗概集 pp.233-234, 2005.9
- 2) 佐藤大樹, 鈴木悠也, 吉江慶祐, 北村春幸: 変動風力を受ける超高層免震建築物の応答評価に関する研究 (その 1), 日本建築学会学術講演梗概集 pp.927-928, 2009.9
- 3) 日本建築学会: 建物荷重指針・同解説(2004), 2004
- 4) 丸川比佐夫, 大熊武司, 北村春幸, 吉江慶祐, 鶴見俊雄, 佐藤大樹: 風洞実験に基づく高層建物の多層層風力によるエネルギー入力性状 (その 2) 日本建築学会学術講演梗概集 pp.193-194, 2010.9
- 5) 吉江慶祐, 北村春幸, 大熊武司, 和田章: エネルギーの釣合に基づく平均成分を有する広帯域性変動風力を受ける弾塑性構造物の応答予測手法, 日本建築学会構造系論文集第 608 号, pp.21-28, 2006. 10

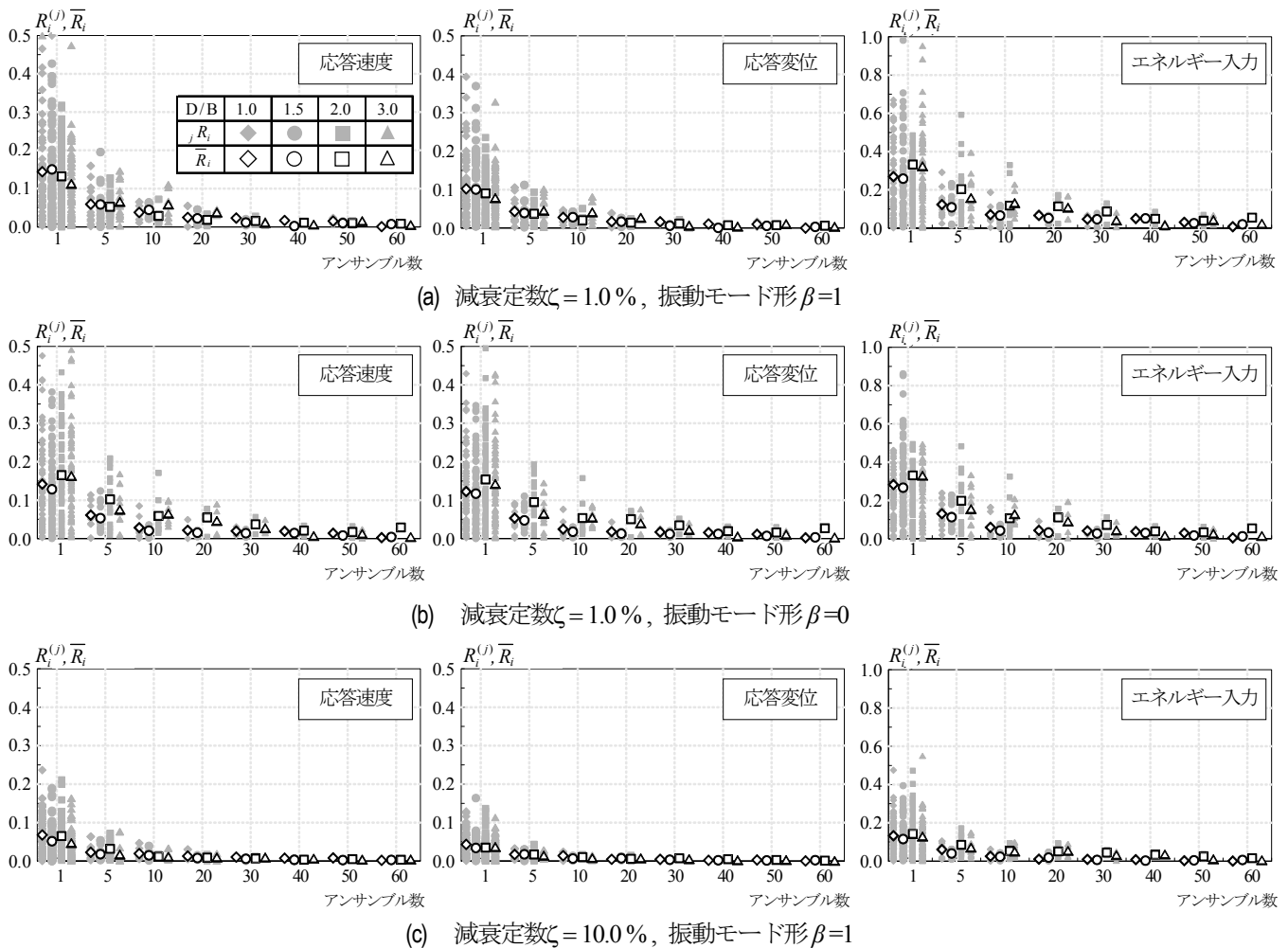


Fig.2. Dispersing ensemble average of response and energy input