

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	風洞実験および CFD の風力を用いた超高層建物の応答比較 その 2 時刻歴応答解析による応答の比較と分析
Title(English)	Comparison of response of high-rise buildings using wind tunnel tests and CFD wind forces Part 2 : Comparison and analysis of response by time history response analysis
著者(和文)	沖村 将大, 佐藤 大樹, 田中 英之, 曾根 孝行, 渡井 一樹, 今野 大輔
Authors(English)	Masahiro Okimura, Daiki Sato, Hideyuki Tanaka, Takayuki Sone, Kazuki Watai, Daisuke Konno
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 143-144
Citation(English)	, , , pp. 143-144
発行日 / Pub. date	2023, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

## 風洞実験およびCFDの風力を用いた超高層建物の応答比較 その2 時刻歴応答解析による応答の比較と分析

風洞実験                      CFD                      超高層建物  
時刻歴応答解析

正会員    ○沖村 将大\*1                      正会員    佐藤 大樹\*2  
同                      田中 英之\*3                      同                      曾根 孝行\*3  
同                      渡井 一樹\*3                      同                      今野 大輔\*3

### 1. はじめに

本報その1では検討に用いる数値流体計算（以下、CFD）の気流特性および風力特性について荷重指針および風洞実験の値と比較し、その大小関係を確認した。その2では比較した CFD および風洞実験の風力による応答について比較したのち、応答の差について風力からの分析を行う。その際、風洞実験の値を基準として CFD の値の大小関係を評価し、最上層での CFD の値と風洞実験の値の比（CFD の値/風洞実験の値）も明記する。本報その2においても添え字の  $C$  は CFD の値、 $T$  は風洞実験の値を表す。

### 2. 解析モデル概要

図1に示す、高さ  $H = 200$  m である正方形断面を有する辺長比  $B/D = 1.0$ 、アスペクト比  $H/B = 5.0$  ( $D, B$ : 建築物の奥行, 幅,  $D = B = 40$  m) の超高層建物を対象とした10質点せん断型モデルを用いる。フレームの1次固有周期を  $1T_f = 5.0$  s (1次固有振動数  $1f = 1/1T_f$ )、建物密度を  $\rho_f = 175$  kg/m<sup>3</sup> とし、質量  $m_i$  は高さ方向に一様と想定した。構造減衰を剛性比例型として、 $1T_f$  に対して1次減衰定数  $1\zeta_f = 2\%$  を用いる。また、フレームの剛性  $k_{fi}$  は建物の1次固有モードが直線となるように設定した。(図2参照) なお、フレームは弾性状態を保つものとする。

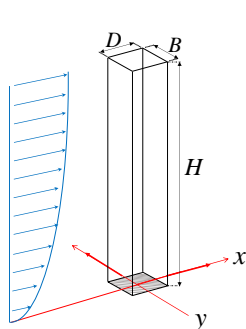


図1 建物概要

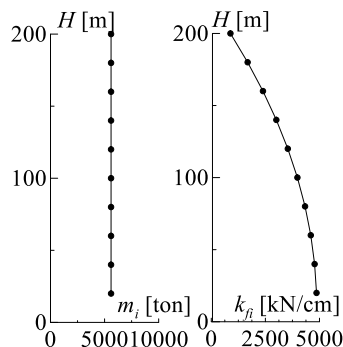


図2 モデル概要

### 3. 応答比較

#### 3.1 風方向変位の平均値

図3に風洞実験<sup>1)</sup>およびCFD<sup>2)</sup>から作成した風力による各層の風方向変位の平均値  $\bar{D}$  をそれぞれ示す。応答評価は5波それぞれを入力した場合のアンサンブル平均 (Ave.) とし、エラーバーは5波の標準偏差 (Std.) を表す。

図3から、CFDの風力による風方向変位の平均値は風洞実験の値より小さいが、最上層の比 ( $\bar{D}_C/\bar{D}_T$ ) は0.96であり、差はほとんどないと考えられる。これは本報その1の5.2節に示す風方向風力の平均値と同様の大小関係であり、風方向において、変位の平均値は風力の平均値の影響を受けることが考えられる。

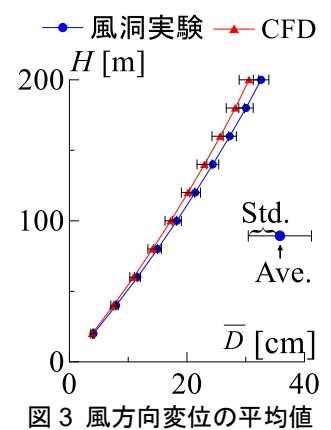


図3 風方向変位の平均値

#### 3.2 応答の標準偏差

図4(a)~(c)に風洞実験およびCFDから作成した風力による、ある振動数  $f$  での最上層の応答のパワースペクトル密度 ( $S_{OD}(f)$ : 風方向,  $S_{OL}(f)$ : 風直交方向), 図5(a)~(c)に各層の応答の標準偏差  $\sigma$  をそれぞれ示す。図4中には破線で  $1f$  を示し、添え字は  $D$  が変位,  $V$  が速度,  $A$  が加速度を表す。風方向において図5(a)(i)より,  $\sigma_{DC}$  は  $\sigma_{DT}$  より大きいことが分かる。次に図5(b)と(c)(i)より,  $\sigma_{VC}$  および  $\sigma_{AC}$  は, それぞれ  $\sigma_{VT}$  および  $\sigma_{AT}$  より小さいことが分かる。また, それぞれの最上層における比 (CFD の値/風洞実験の値) は, 変位で 1.09, 速度で 0.86, 加速度で 0.82 である。本報その1の5.3節にて, CFDの風方向風力の標準偏差は風洞実験の風方向風力の標準偏差より大きいことを確認した。つまり, 風方向の応答の標準偏差は応答変位の標準偏差に限り, 風方向風力の標準偏差と同様の大小関係である。このことから, 風方向では変位の標準偏差は風力の標準偏差の影響を受けることが考えられる。一方で風直交方向では図5(a)から(c)(ii)より, CFDによる全ての応答の標準偏差は風洞実験による全ての応答の標準偏差より小さいことが確認できる。また, それぞれの最上層における比 (CFD の値/風洞実験の値) は, 変位で 0.67, 速度で 0.63, 加速度で 0.62 である。本報その1の5.3節にて, CFDの風直交方向風力の標準偏差は風洞実験の風直交方向風力の標準偏差より小さいことを確認した。つまり, 風洞実験およびCFDによる風直交方向の全ての応答の標準偏差は風直交方向の風力の標準偏差と同様の大小関係であり, 風直交方向では全ての応答の標準偏差は風力の標準偏差の影響を受けることが考えられる。

#### 4. まとめ

本報その2では、CFDの風力による応答と風洞実験の風力による応答を比較し、風力からの分析を行った。以下にまとめを示す。

- ・CFDの風力による風方向変位の平均値はCFDの値より小さいが、差はほとんどない。
- ・風方向の変位の平均値は風力の平均値の影響を受ける。
- ・風方向においてCFDの風力による変位の標準偏差は風洞実験の値より大きく、速度および加速度の標準偏差は風洞実験の値より小さい。
- ・風方向において風力の標準偏差は変位の標準偏差に影響する。
- ・風直交方向においてCFDの風力による全ての応答の標準偏差は風洞実験の値より小さい。
- ・風直交方向において風力の標準偏差は全ての応答の標準偏差に影響する。

本報では弾性応答のみに着目したが、今後は制振構造や免震構造などの弾塑性応答についても検討予定である。

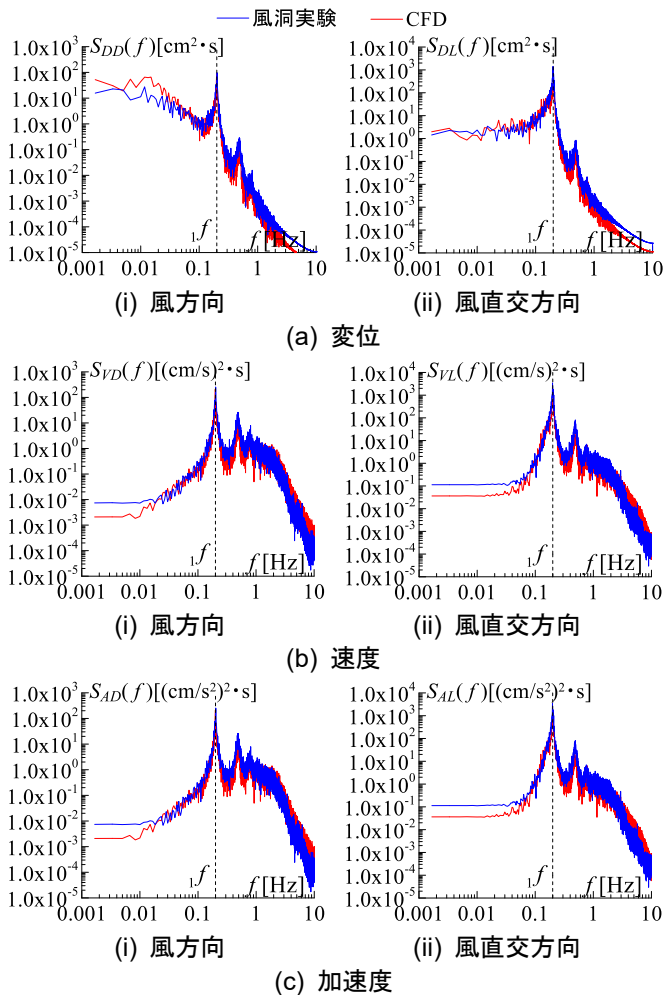


図4 応答のパワースペクトル密度（最上層）

#### 謝辞

本報告は、株式会社竹中工務店、東京工業大学佐藤研究室との共同研究であり、本研究の一部は、文部科学省「富岳」産業機動的課題の一環としてスーパーコンピュータ「富岳」の計算資源の提供を受けて実施しました。（課題番号：hp210292）ここに記して感謝の意を示します。

#### 参考文献

- 1) 平塚紘基, 佐藤大樹, 田中英之: 変動風力を受ける超高層制振建物の弾塑性風応答予測 その1 風洞実験気流特性および風力特性に関する検討, 日本建築学会関東支部研究報告集, pp.313-316, 2021.3
- 2) 沖村大将, 佐藤大樹, 田中英之, 曾根孝行, 渡井一樹, 畔上泰彦: 風洞実験およびCFDより得られた風力を用いた超高層建物の時刻歴応答解析 その1 気流特性および風力特性の比較, 日本建築学会関東支部研究報告集, I, pp.493-496, 2023.2

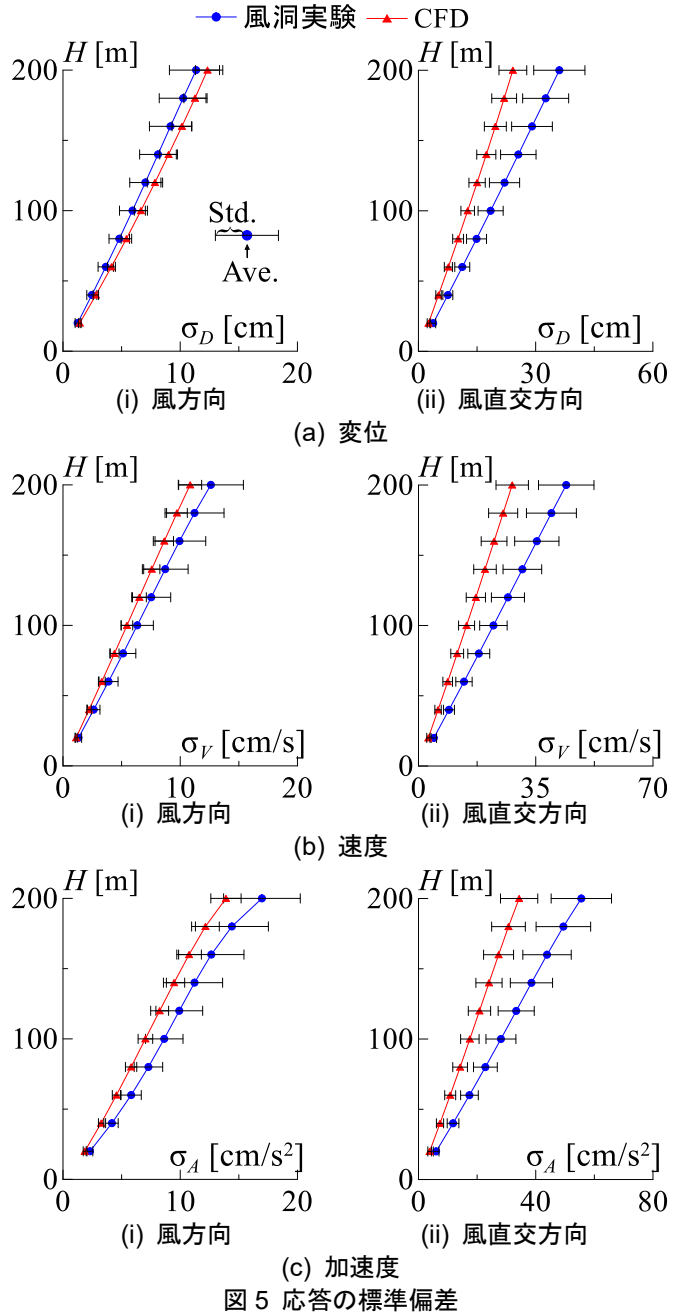


図5 応答の標準偏差

\*1 東京工業大学 大学院生

\*2 東京工業大学科学技術創成研究院 准教授・博士(工学)

\*3 株式会社竹中工務店

\*1 Graduate Student, Tokyo Institute of Technology

\*2 Associate Prof., IIR, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

\*3 Takenaka Corporation