

# 連続振動モニタリングに基づく建物の振動特性の変動と風速の関係

○栗田 哲<sup>1)</sup>, 森本 淳<sup>2)</sup>, 木村 仁紀<sup>3)</sup>, 千葉 一樹<sup>4)</sup>

- 1) 東京理科大学 工学部第一部建築学科, kurita@rs.kagu.tus.ac.jp
- 2) 東京理科大学 工学部第一部建築学科, j\_morimoto@ed.kagu.tus.ac.jp
- 3) 東京理科大学 工学部第一部建築学科, m\_kimura@ed.kagu.tus.ac.jp
- 4) 東京理科大学 工学部第一部建築学科, sennoha@rs.kagu.tus.ac.jp

## 1. はじめに

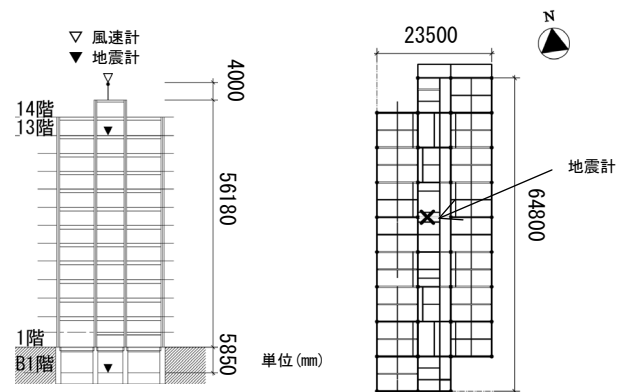
建物の長寿命化が進行している現在において、既存建物の構造健全性を診断し、必要に応じて補修・補強を行って都市の震災低減を図ると同時に、建物の使用を可能なかぎり持続させることが肝要である。

建物の構造健全性の診断法の一つに、常時微動観測で得られた建物の振動特性の変化から診断する方法がある。常時微動観測から得られる建物の振動特性は風外力の影響を受けることが報告されている。常時微動観測データを用いて建物の構造健全性診断を行う場合には、風外力の影響を適切に評価する必要がある。

常時微動データから得られる建物の振動特性で、減衰定数は風速によって変化することが観測されているが<sup>1),2)</sup>、固有振動数の変化と風速との関係については殆ど明らかにされていない。そこで、本研究では、建物の常時微動と風速を同時に連続観測した長期間のデータを用いて、建物の振動特性の変化を10分間隔で逐一調べ、得られた膨大なデータから建物の固有振動数の変化と風速の関係について検討を行う。

## 2. 対象建物と観測システムの概要

対象建物は宮城県仙台市にある東北大学工学系総合研究棟である。この建物は、地下1階・地上14階・塔屋1階の高層建物で、構造形式はCFT構造(1



(a) 軸組図 (b) 13階梁伏図

図1: 建物と観測システムの概要

階以上は柱がCFT造、梁がS造、地下部分は柱・梁共にRC造、杭支持)である。図1に示すように、加速度計と風速計を設置して風速と建物の振動の同時連続モニタリングを実施している。加速度計は増幅器を取り付けて、微振動も測定できるようにしている。

本研究では震度3以上の地震が発生していない2007年12月29日から2008年5月6日までの130日間の観測データを使用する。

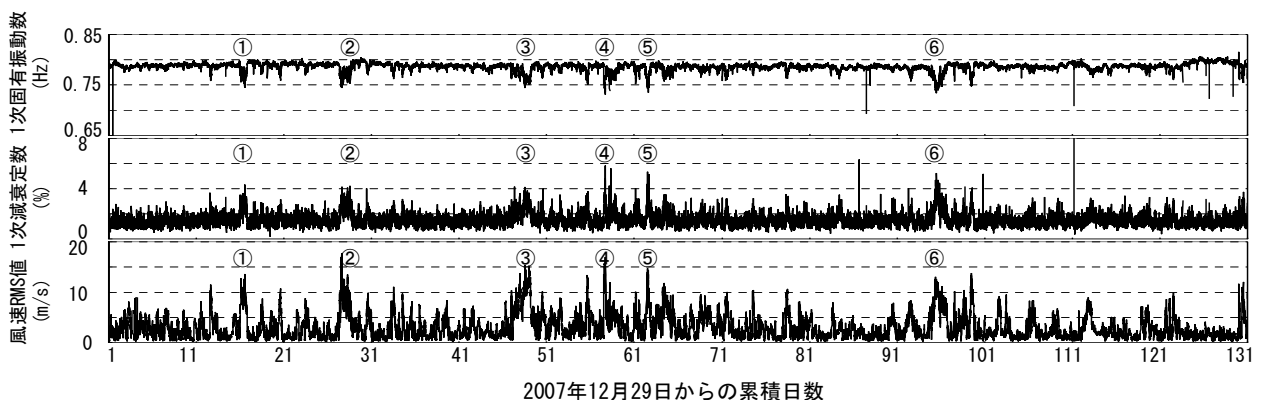


図2: 短辺方向の1次固有振動数、1次減衰定数、風速RMS値の130日間の経時変化

### 3. 振動特性の同定と分析

#### 3.1 固有振動数と減衰定数の同定

130 日間の全データを 10 分間の小区間に連続的に分け、13 階の加速度記録のパワースペクトルから ARMA モデルを用いて建物の短辺方向 (EW 方向) の 1 次固有振動数と 1 次減衰定数を小区間毎に同定した。1 点の記録を用いた理由は、文献 2) で指摘されている振動特性の見かけ上の変化を避けるためである。同定結果を時系列に並べて図 2 に示す。同図には、小区間における短辺方向の風速の二乗平均平方根 (以後、風速 RMS 値と呼ぶ) も示す。固有振動数及び減衰定数とも常に変動しているが、風速が大きくなる①～⑥においては、風速の変化に連動して減衰定数だけでなく固有振動数も大きく変化している。なお、130 日間の平均値 (以後、単に平均値と呼ぶ) は 1 次固有振動数が 0.786Hz、1 次減衰定数が 1.49%、風速 RMS 値が 3.92m/s である。また、最大風速 RMS 値は 17.7m/s である。

#### 3.2 固有振動数の日変動と風速の関係

風速 RMS 値が平均値を大きく上回っていた 2008 年 2 月 28 日 (⑤) と 4 月 1 日 (⑥) について、同定した 1 次固有振動数と風速 RMS 値の 1 日間の経時変化を図 3 に示す。また、1 次固有振動数の履歴を示す。履歴は時間幅を 2 時間とした移動平均法を用いて平滑化を行っている。図 4 の実線と破線は、それぞれ午前の履歴と午後の履歴を表す。両日ともに、風速が大きくなるに従って固有振動数が低下し、風速 RMS 値が最大となった正午付近で固有振動数が最低値 0.73Hz (平均値と比べて 7.1%だけ低い値) となる。その後、風速が弱まるに連れて、固有振動数が上昇し、元の固有振動数に戻っている。固有振動数の低下量と風速の強さとの間には、概ね線形的な関係が認められる。

#### 3.3 固有振動数と風速 RMS 値の回帰特性

風速による 1 次固有振動数の変化が顕著にみられた図 2 の③、④、⑤、⑥のそれぞれについて、1 日間のデータから固有振動数と風速 RMS 値の回帰直線

$$y = ax + b$$

ここに、 $y$ :1次固有振動数(Hz)、 $x$ :風速RMS値(m/s)

を求め、風速に対する固有振動数の変化率 (回帰係数  $a$ ) を調べた。その結果を表 1 に示す。③～⑤の  $a$  はほぼ同一の値となっている。図 5 に 130 日間の 1 次固有振動数と風速 RMS 値の相関を示す。図中に⑤のデータから得られた回帰直線も示す。回帰直線は 1 次固有振動数の低下を良く表現している。

### 4. まとめ

10 分間の風速 RMS 値が 18m/s 以下で観測した常時微動データを分析した結果、常時微動観測から得られる建物の固有振動数は風速に対してほぼ線形的に低下することが明らかになった。

### 謝辞

建物の連続観測に当たり、東北大学の源栄正人教授、植松康教授、持田灯教授、電力中央研究所の金澤健司博士からご協力を賜りました。ここに記して、心より御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 石橋敏久, 内藤幸雄: 常時微動による高層構造物の振動特性推定に及ぼす風の影響, 日本建築学会構造系論文集, No. 464, 71-80, 1994
- 2) 内藤幸雄, 石橋敏久: 常時微動から求めた建物の伝達関数が風の影響で見かけ上変化するメカニズムの検討, 日本建築学会構造系論文, No. 497, 57-64, 1997

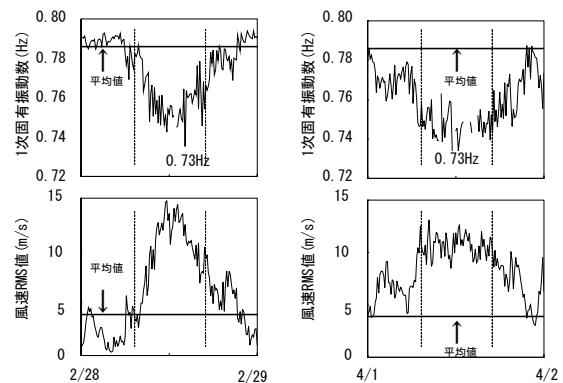


図 3: 2 月 28 日 (⑤、左) と 4 月 1 日 (⑥、右) の短辺方向の振動特性と風速 RMS 値の日変動

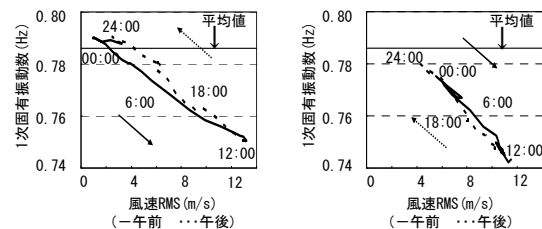


図 4: ⑤と⑥の短辺方向の 1 次固有振動数と風速 RMS 値の関係

表 1 1 次固有振動数と風速 RMS 値の回帰係数

	2008/02/14 (図 2 の③)	2008/02/23 (図 2 の④)	2008/02/28 (図 2 の⑤)	2008/04/01 (図 2 の⑥)
回帰係数	-0.0033	-0.0031	-0.0036	-0.0053

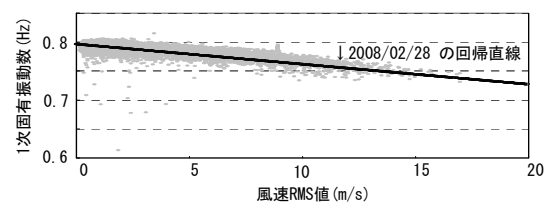


図 5: 短辺方向の 1 次固有振動数と風速 RMS 値との相関

