

# 神奈川大学 23 号館(免震棟)の風応答性状に関する研究 (その 4 風応答観測結果)

○ 正会員 小賀伸一<sup>\*1</sup> 同 大熊武司<sup>\*2</sup>  
同 安井八紀<sup>\*3</sup> 同 下村祥一<sup>\*4</sup>

免震建物 風応答観測 揺れ振動  
応答加速度 固有振動数 減衰定数

## 1. はじめに

その<sup>3)</sup>に続いて、風応答観測結果について報告する。

## 2. 風観測結果

2.1 対象データ 2001年9月10, 11日に0115号台風が接近し、9月11日に最も高い最大瞬間風速32.0m/s、最大の応答加速度として6.9mm/s<sup>2</sup>を記録した。0115号台風接近時の10分統計時系列を図1に示す。なお、本研究において示す風速は、その<sup>3)</sup>図1に示す風向風速計の観測高さでの風速である。

2.2 応答加速度の時系列とパワースペクトル密度 図1に示す最も大きな応答加速度を記録した台風時の時刻Aと、台風の影響を殆ど受けていない時刻Bについて、Y方向2観測点(その<sup>3)</sup>図1参照)の時刻歴波形の一部を図2に示す。風速が低く、応答加速度が小さい時刻Bにおいては、2点の加速度の方向と大きさが概ね一致して時々刻々と振動している。一方、風速が高く、応答加速度が大きい時刻Aにおいては、2点の加速度の方向および大きさ共に一致しておらず、揺れ振動が顕著である。

時刻Aおよび時刻BのX1、Y1およびY2の応答加速度のパワースペクトル密度を図3に示す。時刻Aについては、2点のY方向の応答加速度から次節に示す方法で推定したY方向の並進成分および揺れ成分のパワースペクトル密度を併せて示している。時刻BのY2成分においては、並進成分と揺れ成分の明確なピークが見られるが、時刻Aでは明瞭なピークが認められない。両時刻共にY2成分には、並進成分と同等以上の揺れ成分が含まれていることがわかる。さらに、時刻Aと時刻Bのピーク振動数を比較すると、応答加速度の大きい時刻Aの方がピーク振動数が低い。また、その<sup>3)</sup>の図3に示す地

震時の応答加速度のパワースペクトル密度と比較すると、地震時にはサンプリング数が少ないためスペクトル推定上の問題はあるが、風観測では認められた揺れ振動のピークが地震時のパワースペクトル密度には認められない。

2.3 揺れ中心の推定 単位時間10分に対して揺れの中心が、一定の点 $x_0$ に位置すると仮定する。この時、 $x_0$ からX軸方向に $L_1$ 離れた点 $x_1$ のY方向の応答加速度を $Y_1(t)$ とすると、揺れ成分の応答角加速度 $\theta(t)$ は(1)式のように2点の応答加速度から求まる。さらに、この応答角加速度 $\theta(t)$ を用いて(2)式より、並進成分 $Y_0(t)$ を求めることができる。

$$\theta(t) = \frac{Y_1(t) - Y_2(t)}{L_1 + L_2} \quad \dots(1)$$

$$Y_0(t) = Y_2(t) - \theta(t)(L_1 - L_2) \quad \dots(2)$$

本研究では、 $L_i$ を徐々に変化させて $Y_0(t)$ を評価し、この $Y_0(t)$ に関するパワースペクトル密度を求め、揺れ成分のハーフパワーに相当する部分(図3の $\Delta n$ 部分)の占める割合が、パワースペクトル密度全体に対して最も小さくなる場合をもって $x_0$ の位置を決定した。

応答加速度の大きい時刻である9月10日10時~17時ならびに11日6時~13時を対象(86データ)としてねじれ中心を推定した結果、その平均値は、設計時に想定した免震層の剛心

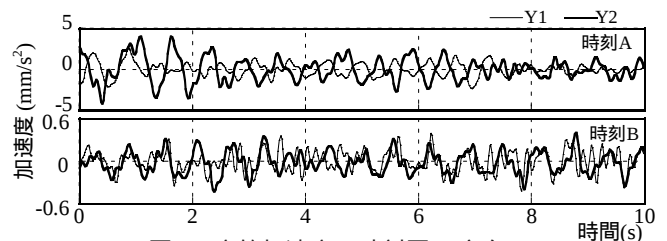


図2 応答加速度の時刻歴(Y方向)

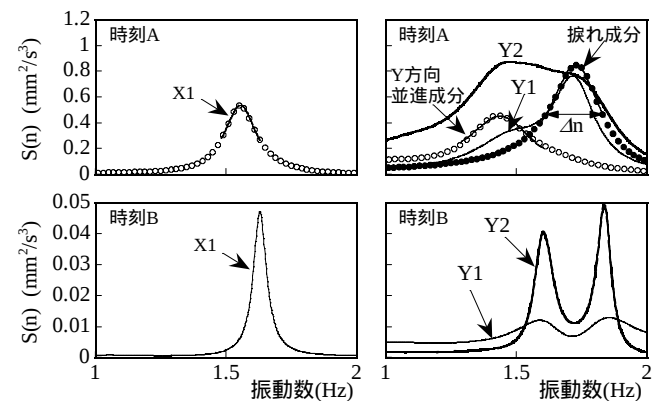


図3 応答加速度のパワースペクトル密度

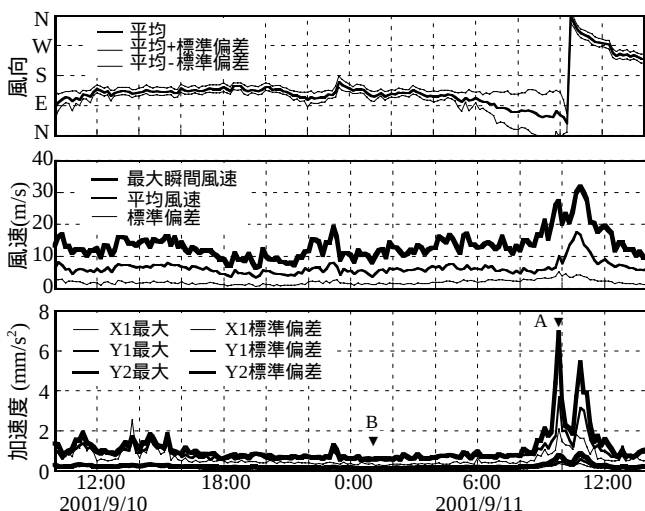


図1 風向風速および応答加速度の観測結果

から約 12m 北側となった。なお、以降では、ここで用いた記録を対象に議論を進めることとする。

**2.4 応答加速度のピークファクター** 応答加速度とピークファクターの関係を X および Y 方向の並進成分と揺れ成分について図 4 に示す。なお、揺れ成分は P2 の位置 (その 3<sup>1)</sup> 図 1 参照) に換算した Y 方向の加速度である。ピークファクターは、3.7 ~ 8.8 の範囲で大きくばらついているが、平均的には 4 ~ 5 程度の値である。

**2.5 平均風速と応答加速度の関係** 平均風速と Y 方向および揺れ成分の応答加速度の標準偏差との関係を図 5 に示す。なお、揺れ成分の加速度は P2 の位置 (その 3<sup>1)</sup> 図 1 参照) に換算した Y 方向の加速度である。いずれの成分共に風速の増加に伴って応答加速度が大きくなっている。高い風速域では、揺れ成分の応答加速度の標準偏差が並進成分の標準偏差より若干上回っている。

文献 2) において予測に用いた平均風速 22.8m/s (風向: E) に比較して観測された平均風速が小さいため、観測値と予測値の直接の比較は難しいが、1 次の固有振動モードを直線、固有振動数を微小振動時の値、減衰定数を 2% と仮定した場合の応答加速度の標準偏差の予測値は Y 方向で 5.5mm/s<sup>2</sup>、揺れ成分で 4.7mm/s<sup>2</sup> であり、観測値より大きな値である。これは、次節からも明らかなように、減衰定数を過小に評価しているためで、減衰定数として 10% を見込んだ場合には、Y 方向で 2.4mm/s<sup>2</sup>、揺れ成分で 2.1mm/s<sup>2</sup> となる。

**2.6 固有振動数および減衰定数** 観測された応答加速度の時系列データならびに前述した方法で揺れ応答成分および揺れを除去した応答成分について 10 分を単位にパワースペクトル密度を求め、このパワースペクトル密度から固有振動数、減衰定数を推定した。X 方向は X1 成分を用いて並進成分とし、揺れ成分の加速度は P2 の位置 (その 3<sup>1)</sup> 図 1 参照) での Y 方向の

加速度に換算した。応答加速度と 1 次の固有振動数ならびに減衰定数の関係を図 6 および図 7 に示す。なお、同図にはその 3<sup>1)</sup> で示した地震時および文献 3) の振動実験結果も併せて示している。

固有振動数は、いずれの方向においても応答加速度が大きくなるに従って低くなる傾向が認められる。最大応答加速度が 1.0mm/s<sup>2</sup> 以下では、常時微動時の固有振動数と一致し、X および Y 方向共に約 1.6Hz である。今回得られた風応答の大きさの範囲では、Y 方向の固有振動数は 1.5Hz を若干下回る程度まで低減している。さらに、最も大きな最大応答加速度 (X 方向 65.4mm/s<sup>2</sup>、Y 方向 75.2mm/s<sup>2</sup>) が記録された地震時には、X、Y 両方向共に約 1Hz まで固有振動数が低下している。

減衰定数は固有振動数とは逆に、応答加速度が大きくなるに従って大きくなる傾向が認められる。また、固有振動数に比較して推定値のばらつきが大きい。減衰定数の値としては、最大応答加速度が 1.0mm/s<sup>2</sup> 以下では、X 方向では 2% 前後、Y 方向および揺れで 2 ~ 8% であり、常時微動時と同程度以上の値となっている。今回得られた風応答の大きさの範囲では、Y 方向で 10% を上回る程度まで増加している。さらに、地震時には 18 ~ 20% の減衰定数となっている。

### 3. おわりに

神奈川大学 23 号館を対象とした風応答観測結果について検討し、揺れ振動が無視し得ないこと、応答加速度が大きくなると固有振動数が低くなり、減衰定数が大きくなることを指摘した。

#### 参考文献

- 1) 下村祥一他; 神奈川大学 23 号館 (免震棟) の風応答性状に関する研究 (その 3), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2002.8
- 2) 大熊武司他; 神奈川大学 23 号館 (免震棟) の風応答性状に関する研究 (その 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.199-200, 2001.9
- 3) 安達直人他; 神奈川大学 23 号館 (免震棟) および新 1 号館の振動実験 (その 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.809-810, 2001.9

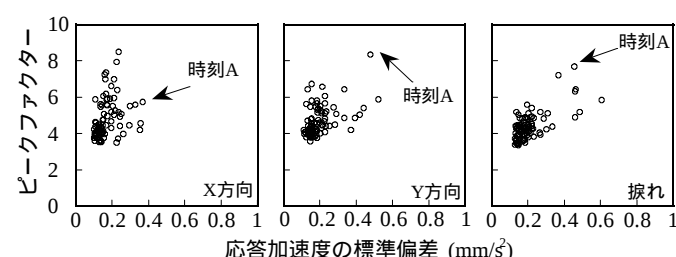


図 4 応答加速度とピークファクターの関係

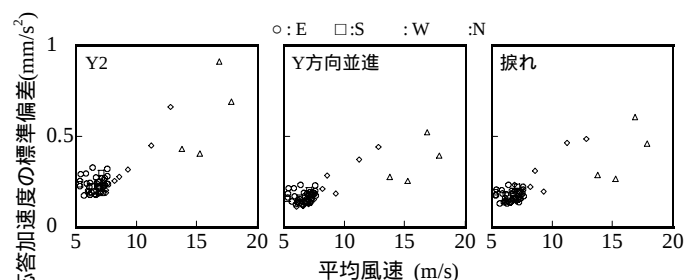


図 5 平均風速と応答加速度の関係

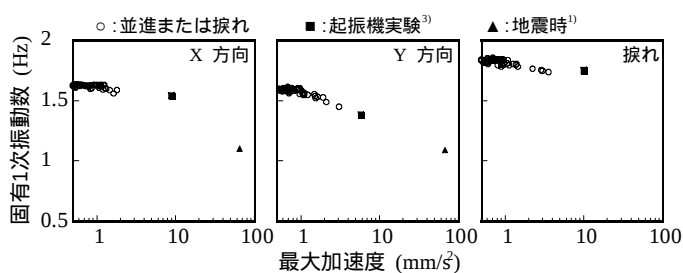


図 6 応答加速度と固有 1 次振動数の関係

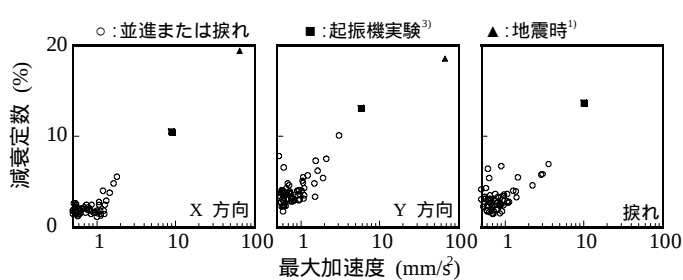


図 7 応答加速度と減衰定数の関係

\*1 神奈川大学大学院生

\*2 神奈川大学工学部建築学科 教授・工博

\*3 (株) 泉創建エンジニアリング (神奈川大学大学院生)

\*4 神奈川大学工学部建築学科 助手

Graduate Student, Dept. of Arch., Faculty of Eng., Kanagawa Univ.  
Professor, Dept. of Arch., Faculty of Eng., Kanagawa Univ., Dr. Eng.  
Chief Research Engineer, Urban Environment Research Center, ISEC  
Research Associate, Dept. of Arch., Faculty of Eng., Kanagawa Univ.