

実測データを用いた強風時の免震建物の振動特性と地震応答との比較

横浜国立大学 学生会員 ○櫻井 雅人

正会員 シリングゴリンゴ ディオン

フェロー 藤野 陽三

1. 背景と目的

免震構造は、1995 年兵庫県南部地震で安全性、有用性が実証されたことで普及し、現在までに地震応答性状の研究が進んでいる。それに対し、台風等の強風時の風応答性状の研究が進んでおらず、非対称構造物を対象とした実挙動観測事例が存在していない現状である。そこで、2010 年に藤野らにより、免震建物の振動特性を評価するために加速度センサが取り付けられ、現在までに地震、台風等による振動を 1000 以上観測している貴重な施設である非対称免震建物、芝浦工業大学豊洲キャンパスを対象建物として、2011 年から 2012 年にかけて平均風速 30m/s 程度の風速を記録した台風 15 号(2011 年 9 月 21 日)、爆弾低気圧(2012 年 4 月 3 日)、台風 4 号(2012 年 6 月 19-20 日)の 3 つの強風データを用いて建物挙動を解析していくことで風応答特性を解明していくこととした。

目的は以下の二つである。

- ①実測データを用いて、強風時の免震建物の振動特性を明らかにする。
- ②強風と地震時の免震建物の振動特性を比較する。



図 1 芝浦工業大学豊洲キャンパス外観

2. 研究内容

対象建物の最寄りの気象観測所である、アメダス江戸川臨海観測所の風速データと、対象建物に設置された加速度センサの値から風応答性状の分析を行い、SRIM 法を用いたシステム同定結果と照査することで挙動を把握した。データの妥当性を確認するため、近接のアメダス東京観測所との風速データの比較、現地観測による風向の照合を行った。

○平均風速と支配的モード形の関係

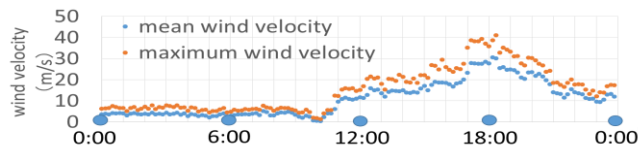


図 2 台風 15 号の風速

まず、平均風速と建物に設置されたセンサによる加速度波形に FFT 解析を行った結果の関係を見る。図 3、図 4 のように卓越する振動数が変化している事が分かる。

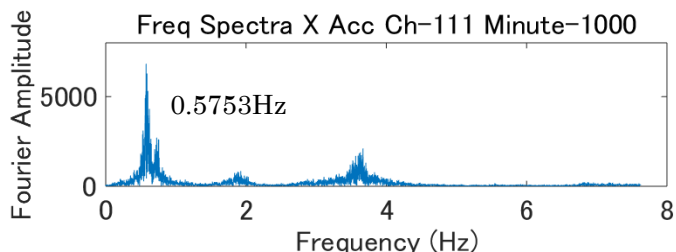


図 3 平均風速 30m/s 時の FFT 解析結果

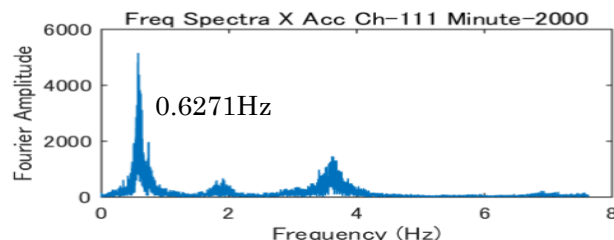


図 4 平均風速 15m/s 時の FFT 解析結果

平均風速の上昇に伴う固有振動数の減少に伴い、本建物の支配的なモード形である 1 次モード形が変化することが分かった。

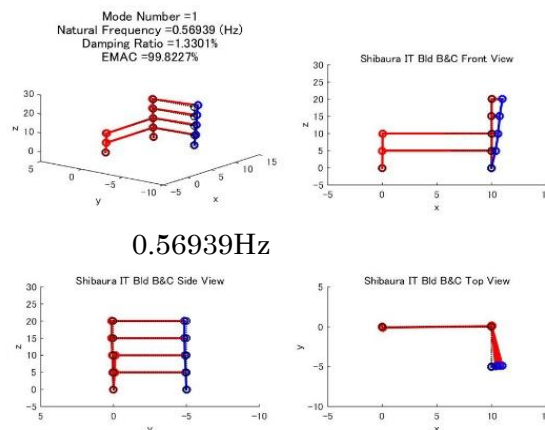


図 5 強風時の 1 次モード形

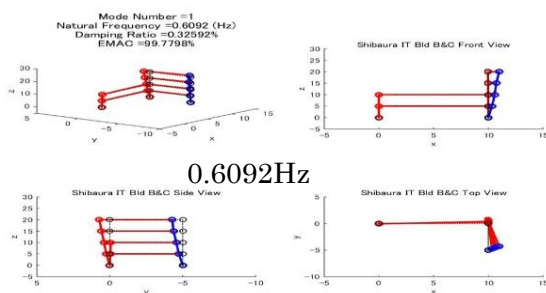


図 6 中風時の 1 次モード形

図 5 のように平均風速 30m/s 程度の強風時は、研究棟がねじれるモード形で、図 6 のように平均風速 15m/s 程度の中風弱風時には研究棟がねじれるモードと免震層による建物形状を保ったまま並進するモードの組み合わせの形をとることを確認した。

同建物の東日本大震災時の支配的モード形はのように研究棟がねじれるモード形であったことから強風時には地震時と同形のモード形をとっていることに対し、中風弱に風応答性状特有の性質を示すことが明らかとなった。

○平均風速と固有振動数の関係

続いて、システム同定結果を用いて平均風速と固有振動数の関係について時系列を合わせたものを図 7 に示す。既往研究より、東日本大震災時には本震後固有振動数が低下し、元の値に戻るのに約 9 か月を要したのに対し、台風時には図 7 より、平均風速が上昇するとともに固有振動数が低下し、平均風速が 20m/s 程度まで収まってくると元の固有振動数にすぐに戻ることが明らかとなった。

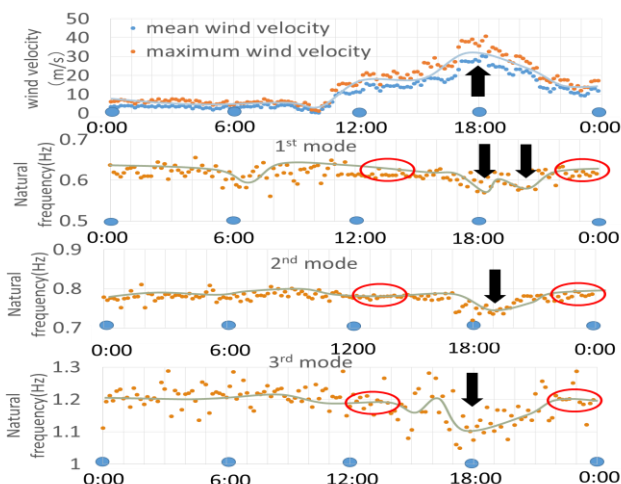


図 7 平均風速と固有振動数の推移

この短時間での固有振動数の復元は、本震後に Mullin's Effect と呼ばれる免震支承のゴムの性質による影響を受けているものとは違う要因が考えられる。

免震層トリガーが地震用に設定されているため、強風時の免震層の挙動を本研究でモニタリングすることは出来ていないが、対称免震建物である東京工業大学すずかけ台キャンパスを対象とした、風応答についての既往研究において、風圧による一方向変位によって免震層に横ずれが生じたことによって固有振動数が低下することが示されている。この事例と同様の現象を非対称建物を対象としている本研究でも得られたことにより、強風時に免震層のずれにより固有振動数が減少することが明らかとなった。

3. 結果と考察

- 平均風速によって 1 次モード形に変化が生じることが分かった。2 次、3 次モード形は本震時同様に、それぞれ研究棟がねじれるモード、教室棟がねじれるモードであることを確認した。

- 免震建物の形状によらず、免震層のずれ、変形によって免震層の剛性が低下することで、強風時に固有振動数が減少することが分かった。

○参考文献

- 紺野克昭，西川貴文，藤野陽三：
2011 年東北地方太平洋沖地震における不整形な立面・平面を持つ免震構造物の免震層における並進，回転成分の推定，日本地震工学会論文集，Vol.13，No.3，2014
- 西川貴文，紺野克昭，藤野陽三，中山雅哉：
高層免震建物における既設ネットワークを利用した高密度振動観測システムとデータの利活用，日本地震工学会論文集，Vol.14，No.2，pp.242-248，2014
- 佐藤大樹，鈴木勇人，田村哲郎，普後良之，中村修，笠井和彦，北村春幸：
超高層免震建物の観測記録に基づく風応答の分析，第 22 回風工学シンポジウム，2012