

常時微動測定による東北大学青葉山免震建物群の振動特性*

東北大学 大野晋・上野山裕之・鶴田涼介・石塚博基・小池悟

1. はじめに

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震により、東北大学青葉山キャンパスでは人間環境系、電子情報システム・応物系、マテリアル・開発系3系の建物が大破となり、解体され本年免震建物として建設された。また、災害科学国際研究所の新棟も免震構造で建設された。これらの新設建物の竣工時の振動特性を把握するために、常時微動測定と人力加振による振動計測を本年度実施中であり、ここでは計測済みの3建物について測定概要と基本的な振動特性を報告する。

2. 対象建物と常時微動測定

今までに計測済みの建物は表1の3建物である。いずれも地上5-6階建のRC,SRC造基礎免震建物で、竣工直後、什器や実験機器搬入前に計測した。このうち災害研新棟については地震観測装置も設置しており、什器搬入後に再度計測予定である。

各建物の常時微動の計測点を図1から図3に、表2に測定概要を示す。3成分一体型ロガー内蔵加速度計（応用地質 McSEIS-MT-NEO）を5台用い、1F中央を基準点（共通観測点）、他4点を同一階におくパターンを基本ケースとし、各ケース20分間で階を移動する計測を行った。上記の他、電子情報システム・応物系と災害科学国際研究所では最上階での人力加振を行っている。

3. 伝達関数の算定

本稿では、基礎階から最上階までの建物中央での同時計測と、最上階での平面内の同時計測の結果を用いて、並進モードとねじれモードについて基本的な検討を行った。伝達関数算定の際は、表2に示した通り、20分間のデータから20.48s1区間を10.24sずつオーバーラップさせて各区間を切り出し、FFTとアンサンブル平均によりパワースペクトルとクロススペクトルを求めた。伝達関数の算定にはいくつか方法があるが、ここでは振幅をパワースペクトルの比、位相をクロススペクトルで定めるHVもしくはHR¹⁾と呼ばれる方法で算定した。

4. 建物の振動特性

マテリアル・開発系新棟において、建物中央の短辺・長辺・上下成分間の伝達関数を図4に示す。左は1Fに対する上部の、右は基礎階に対する上部の伝達関数であり、それぞれ免震層固定時と基礎固定時に対応する。図にはいくつかのピーク周波数の値を示した。上部構造では

* Vibration characteristics by microtremor measurements at new base isolation buildings in Aobayama campus of Tohoku University, by Susumu Ohno, Hiroyuki Uenoyama, Ryosuke Tsuruta, Hiroki Ishizuka, and Satoru Koike

短辺の方が長辺よりもピーク周波数が高いが、これは短辺方向の耐震壁の影響と思われる。免震層からの伝達関数では方向による差は小さくなっている。図5には5F(最上階)の平面内4点のパワースペクトルと向かい合う2辺間の伝達関数を示した。2.4Hzで位相が反転しており、ねじれモードが確認できる。

電子情報システム・応物系新棟において、同じく建物中央各階間伝達関数と最上階平面内の伝達関数を求めた結果を図6、図7に示す。特徴的な点としては、マテリアル・開発系よりも短辺方向でねじれ成分(2.5Hz)の振幅が大きく、かつ東側の方が西側よりも大きく揺れている。これは、図2平面に示すように、新棟西側が階段を介して既存建物とつながっているためと思われる。

災害科学国際研究所新棟において、同じく建物中央各階間伝達関数と最上階平面内の伝達関数を求めた結果を図8、図9に示す。この建物は不整形な平面をしており、建物中央の伝達関数にも1.6-1.7Hzと1.9Hzの2つの隣接したピークが見られる。図9の平面内伝達関数の位相特性から、前者が長辺に対して短辺が同位相で大きく揺れる並進(片揺れ)モード、後者が逆位相で揺れるねじれモードであると確認できる。

5.まとめ

東北大学青葉山キャンパスに建設された免震建物3棟について、常時微動測定から求めた低次モードについて報告した。得られた固有振動数を表3に示す。免震層を含む1次周期は、マテリアル・開発系と電子情報システム・応物系で2Hz程度、災害研で1.7Hz程度であり、微小振幅であるため大地震時の設計固有周期(3-4s)よりも高周波である。今後は計測済みの建物について立体振動特性の検討及び減衰を含むモードパラメータ評価を進めるとともに、未計測の建物や什器搬入後の再測定、地震観測との比較を行う予定である。

表3 常時微動測定から求めた低次固有振動数

		免震層固定時 (上階/1F)	基礎階固定時 (上階/BF)	
		並進	並進	ねじれ
マテリアル・ 開発系	短辺	3.0Hz	2.05Hz	2.4Hz
	長辺	2.6Hz	2.0Hz	
電子情報システム ・応物系	短辺	3.1Hz	2.15Hz	2.5Hz
	長辺	3.0Hz	2.1Hz	
災害科学 国際研究所	南北	2.2Hz	1.7Hz	1.9Hz
	東西	2.2Hz	1.6Hz	

謝辞 測定の際には、東北大学工学研究科小野一隆特任准教授および古川幸助教にご協力いただきました。

参考文献

- 1) 理論地震動研究会：地震動—その合成と波形処理－，鹿島出版会，1994

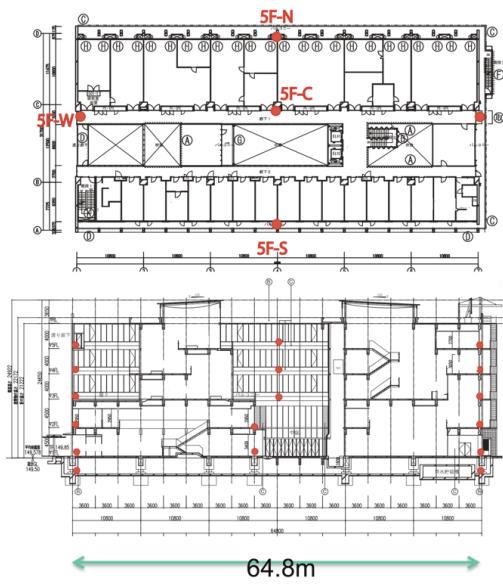


図1 マテリアル・開発系新棟の計測点

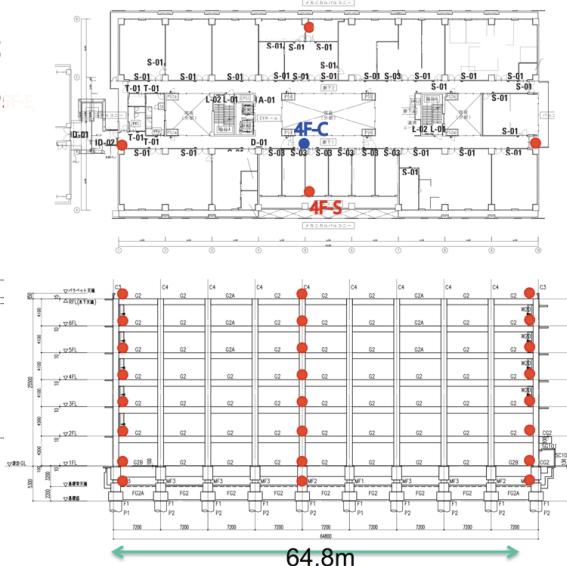


図2 電子情報システム・応物系新棟の計測点



図3 災害科学国際研究所新棟の計測点

表1 計測建物概要

	階数	構造	基礎
マテリアル・開発系新棟	地上5階建+基礎免震	RC,SRC造 短辺:ラーメン構造 長辺:耐震壁付 ラーメン構造	杭基礎+基礎免震 (RB+LRB+OD+CL)
電子情報システム・応物系新棟	地上6階建+基礎免震	RCラーメン構造	杭基礎+基礎免震 (SB+RB)
災害科学国際研究所新棟	地上5階建+基礎免震	RCラーメン構造	地盤改良基礎+基礎免震 (RB+SB+OD+CL)

RB:天然ゴム系積層ゴム支承 LRB:鉛プラグ入り積層ゴム支承
SB:錫プラグ入り積層ゴム支承 OD: オイルダンパー CL: 直動転がり支承

表2 計測・伝達関数算定概要

機器	応用地質McSEIS MT-NEO (携帯型加速度計3成分)
時刻	GPSロック後内部時計
計測	100Hz sampling, 1ケース20分間。 1F中央を基準点とした移動計測
伝達関数	1区間20.48s, 半区間オーバーラップで, 振幅をHV (パワースペクトル比), 位相をクロススペクトルから計算
計測時期	竣工直後 (機器・什器搬入前)

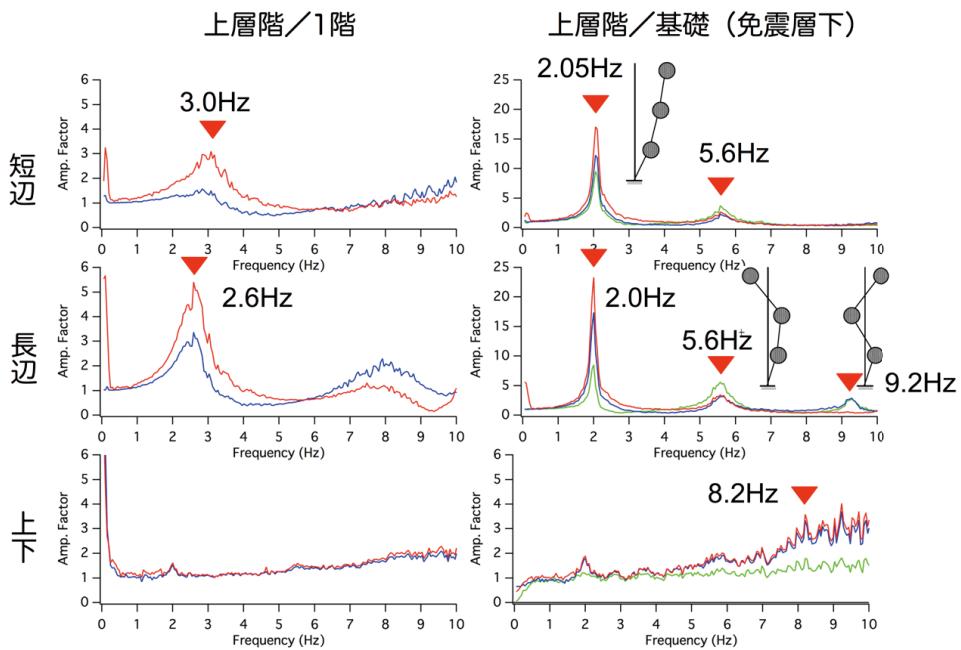


図4 マテリアル・開発系新棟の建物中央部の伝達特性（赤：5F、青：3F、緑：1F）

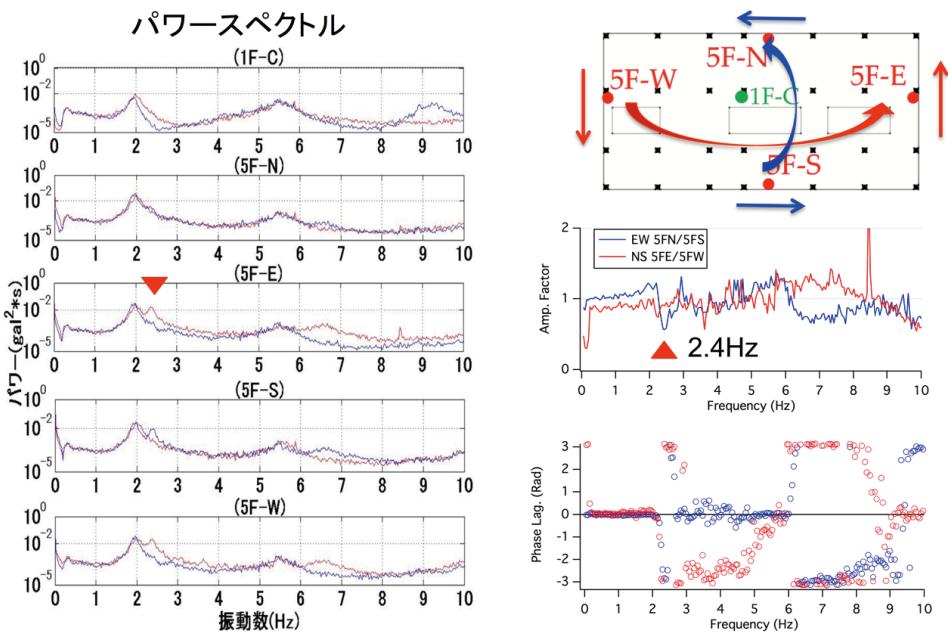


図5 マテリアル・開発系新棟の建物 5F 平面内の伝達特性

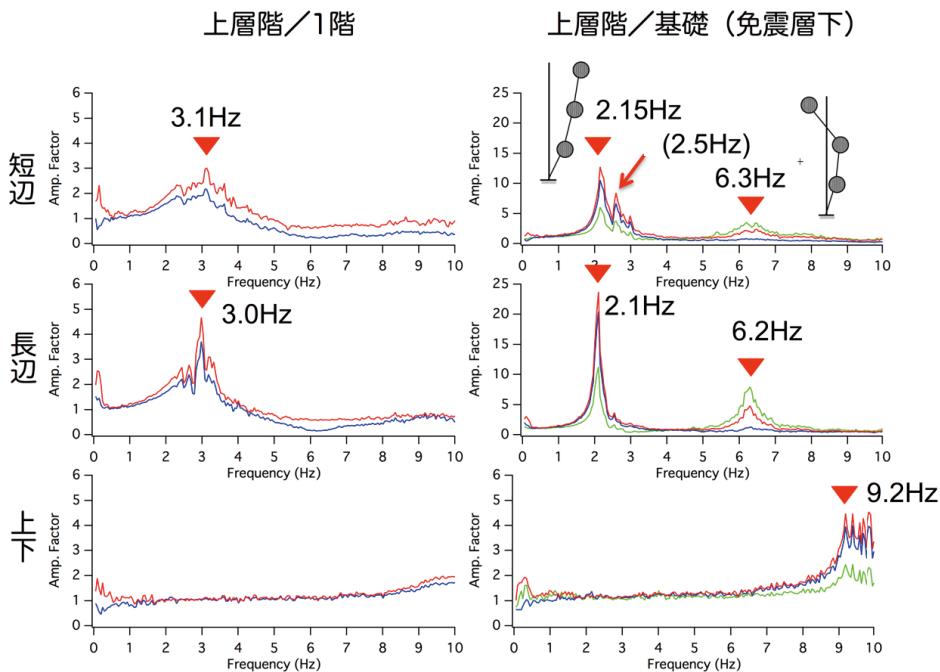


図 6 電子情報システム・応物系新棟の建物中央部の伝達特性（赤：6F、青：4F、緑：1F）

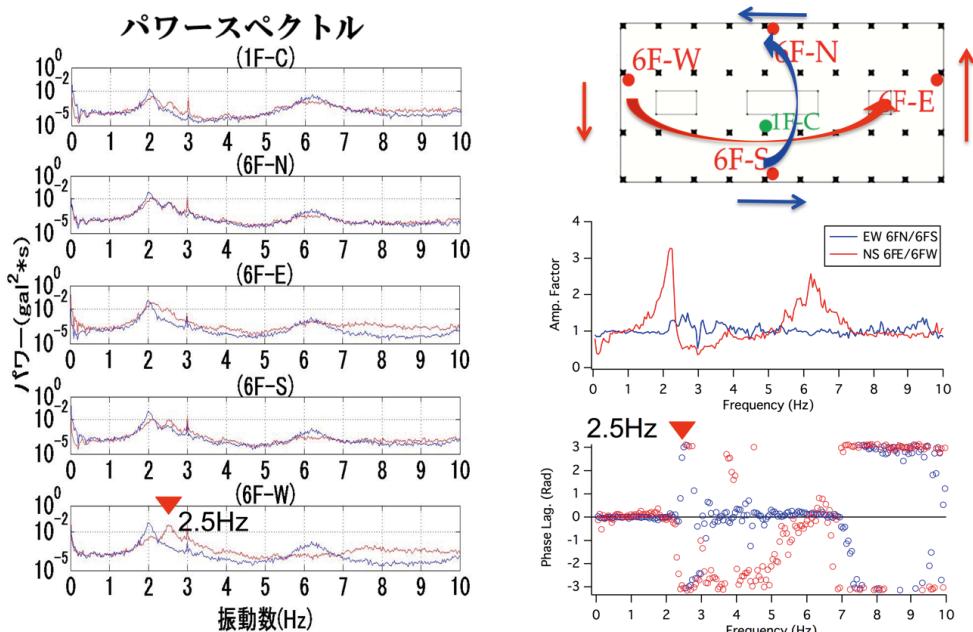


図 7 電子情報システム・応物系新棟の建物 6F 平面内の伝達特性

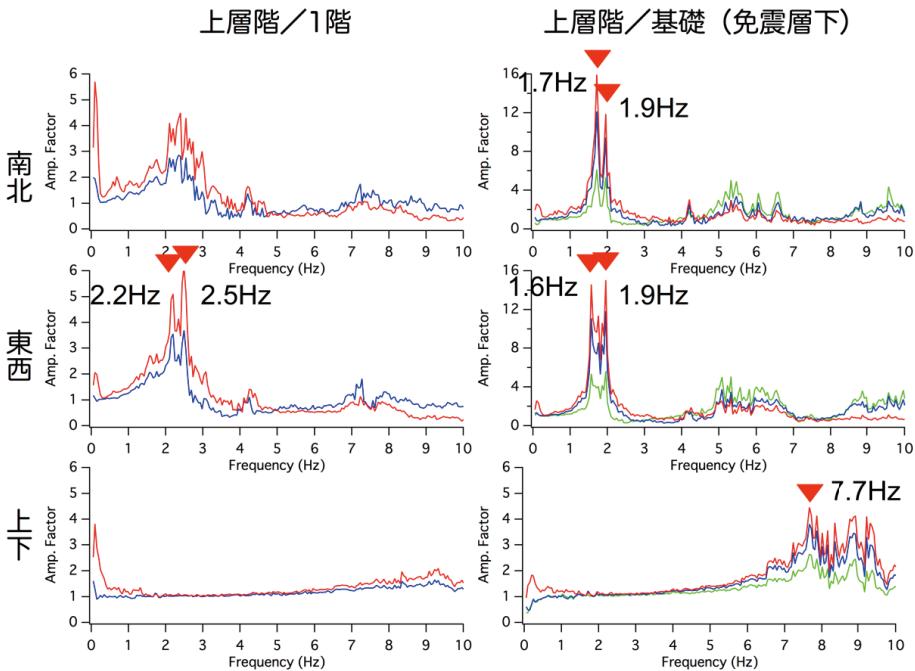


図8 災害科学国際研究所新棟の建物中央部の伝達特性（赤：5F、青：3F、緑：1F）

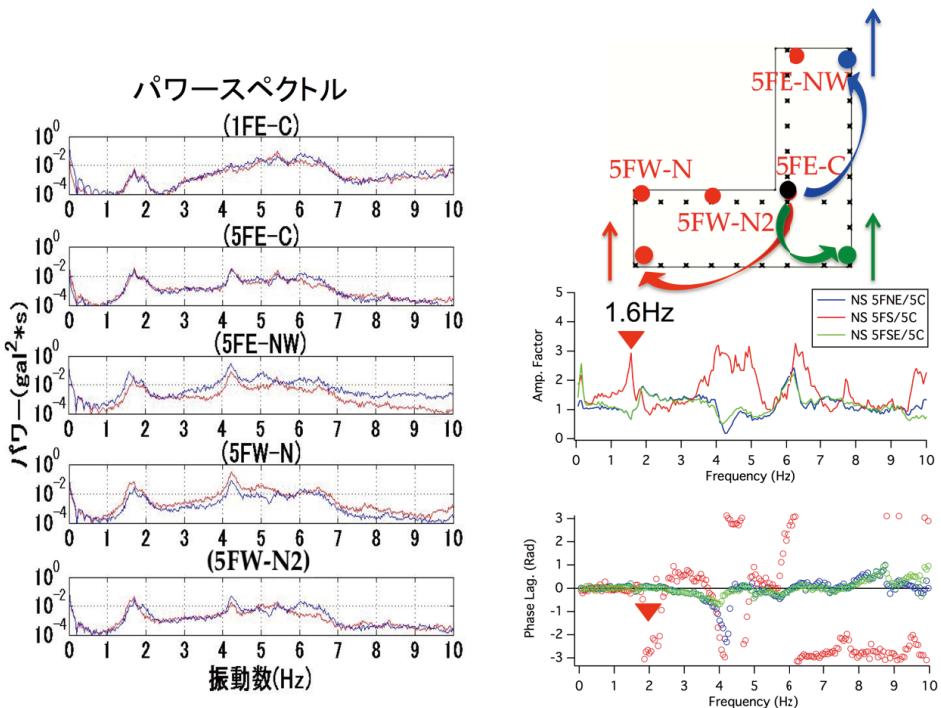


図9 災害科学国際研究所新棟の建物5F平面内の伝達特性