

免震レトロフィット前後における振動特性の比較

D1-07189 守屋 純人

1. はじめに

免震レトロフィットの効果を調べる一手法として免震化前後の建物の振動特性を比較するものがある。日本における医療施設で初めて免震改修工事が行われた県西部浜松医療センター¹⁾では、5棟あるうちの2棟をエキスパンションジョイント部で剛接し連結した後、免震化が行われた。そのため連結前と連結後に免震工事が計画された2棟を含む3棟で常時微動測定を実施し、この建物の振動特性の評価が行なわれている^{2) 3)}。本研究では免震化後の常時微動測定を実施し、免震化前に実施された2回の測定結果との比較を行うと共に、既往研究との比較を行い、免震レトロフィット前後の振動特性を評価する。

2. 対象建物概要

表1に建物概要を示す。免震化は旧耐震基準で設計されている1号館及び2号館を対象に実施された。2棟をエキスパンションジョイント部で圧着接合して構造的に一体化した後、免震化が行われた。

3. 測定概要

測定はサーボ型速度計を用いてサンプリング周波数100Hzとし、1測定毎に180秒間の常時微動測定を行った。免震化後の測定パターンは①～⑥の6種類である。
測定①：1号館9階の3点と2号館9階の1点の計4点
測定②：2号館9階の3点と1号館9階の1点の計4点
測定③：1, 2, 3号館, 1・2号館連結部9階の計4点
測定④：1号館9, 6, 3, 1, 地下1階の計5点
測定⑤：2号館9, 6, 3, 1, 地下1階の計5点
測定⑥：1, 2号館の1, 地下1階の計4点
ここで、測定①～③, ⑥は水平2成分の同時測定、測定④, ⑤においてはX方向, Y方向同時測定の2通り行った。図1に連結後と免震化後の測定③における測定点の配置を示す。解析方法は測定データから波形が安定している20.48秒間の区間を切り出し、そのスペクトルを求めた。また、卓越している周期に狭帯域のバンドパスフィルターをかけ、測定①～③, ⑥では粒子軌跡を描き、卓越した振動方向を調べた。また、測定④, ⑤ではモード図を描き、高さ方向の振動分布を調べた。

表1 建物概要

1・2号館	階数	: 地上9階、地下1階、塔屋3階
(免震化後)	延床面積	: 22089.45m ²
	構造形式	: 鉄骨鉄筋コンクリート造
	免震層位置	: 地下1階柱頭(一部地下及び1階基礎下)

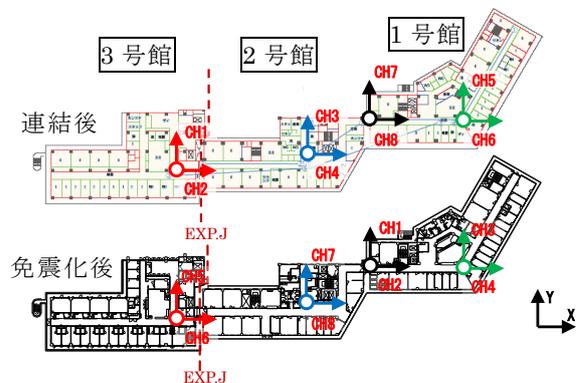


図1 測定③の測定位置及び方向(9階平面図)

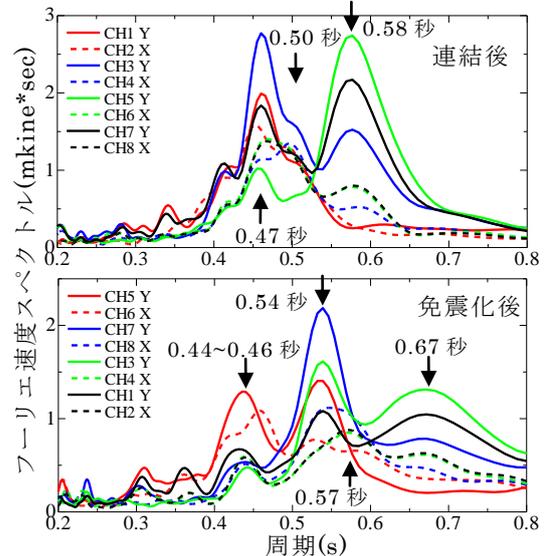


図2 測定③のフーリエスペクトル

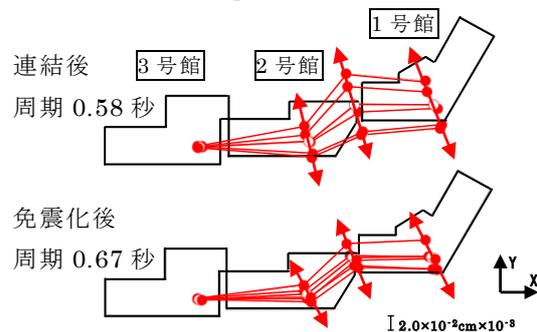


図3 測定③の粒子軌跡

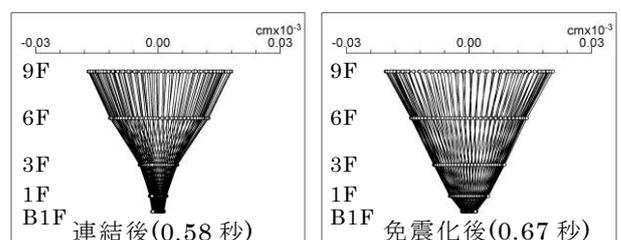


図4 測定⑤のY方向のモード図

4. 測定結果及び考察

図2に連結後、免震化後の測定③で得られた各フーリエスペクトルを示す。免震化後の測定③の結果に見られる固有周期は長い方から0.67, 0.57, 0.54, 0.44~0.46秒である。周期0.67秒ではX, Y方向のピーク周期が見られるが、1・2号館が共にX方向に比べY方向に大きく振動していることがわかる。周期0.57秒では1・2号館のX方向のピーク周期が見られる。周期0.54秒では1・2号館と共に3号館も振動していることがわかる。周期0.44~0.46秒では3号館の振動だと考えられる。スペクトル全体がX方向に対しY方向に大きな振幅を持っていることがわかる。なお、3号館の連結前後における固有周期はどちらも0.47秒であったが、今回の測定では3号館固有の周期0.44~0.46秒の他に0.54秒にピークが見られた。これは1・2号館の振動の影響を受けていることが考えられる。図3に連結後、免震化後の測定③の1次モードにおける粒子軌跡を示す。連結後の周期0.58秒と免震化後の周期0.67秒の振動方向を比較すると、共に1・2号館が一体となって同一方向に振動しており、並進1次モードの周期が免震化によって伸びたことがわかる。図4に連結後と免震化後の測定⑤のY方向における並進モード時の変位振幅分布を示す。連結後の周期0.58秒では内に凸の形状をしているが、免震化後の周期0.67秒では外に凸の形状をしており、地下1階と1階間の免震層が大きく変形していることがわかる。

5. 既往研究との比較検討

免震レトロフィットを行った既存建物の免震化前後の振動特性の把握を目的とした常時微動測定に関する報告は、①林・他(1990)⁴⁾、②寺坂・他(2001)⁵⁾、③野川・他(2003)⁶⁾、④年縄・他(2004)⁷⁾、⑤佐藤・他(2007)⁸⁾により研究がなされている。ここでは常時微動測定による免震化前後の振動特性の変化について、本研究と既往研究の比較検討を行う。既往研究の対象建物の特徴として、④年縄・他(2004)⁷⁾以外の対象建物は低層建物であり、構造種別は一部を除き、RC造である。なお、⑤佐藤・他(2007)⁸⁾は、ほぼ同じ上部構造で並設された免震棟(高減衰積層ゴムで支持)と非免震棟(直接基礎)の常時微動測定による振動特性の比較を行ったものである。表2より、対象建物の階高が高いほど、免震化前後の固有周期の伸び率が低く、免震化前及び非免震棟の固有周期は0.14~0.58秒とばらつきがあるのに対し、免震化後または免震棟の固有周期は0.42~0.67秒とばらつきが少ないことがわかる。これは、免震化前の固有周期は階数に依存して、低層建物は短く、中高層建物は長くなるのに対し、免震化後の固有周期は免震層の周期特性に依存するためであると考えられる。そこで、大地震時(レベル2)における対

象建物の設計固有周期が確認できた③野川・他(2003)⁶⁾、④年縄・他(2004)⁷⁾及び本研究で扱う各建物の免震化後の設計固有周期と常時微動測定における固有周期との比較を表3に示す。設計固有周期に対する常時微動測定による固有周期の比率を比較すると、19~21%でほぼ一定である。また、③野川・他(2003)⁶⁾及び④年縄・他(2004)⁷⁾では地震観測記録により、固有周期は常時微動測定時よりさらに伸びていることが確認されている。以上より、本研究における免震化後の建物の常時微動測定結果より、免震レトロフィット効果が確認できたとと言える。

表2 免震化前後の固有周期及び伸び率

	階数(免震化後)		固有周期(s)		伸び率(%)	
			短辺方向	長辺方向	短辺方向	長辺方向
①林・他	地上3階	免震化前	0.23	0.17	83	142
		免震化後	0.42	0.42		
②寺坂・他	地上5階、地下1階 搭屋3階	免震化前	×	0.26	×	63
		免震化後	×	0.42		
③野川・他	地上4階	免震化前	0.14	×	257	×
		免震化後	0.50	×		
④年縄・他	地上8階、地下1階 搭屋1階	免震化前	0.48	0.46	19	15
		免震化後	0.57	0.53		
⑤佐藤・他	地上3階	非免震棟	0.33	0.26	59	86
		免震棟	0.53	0.49		
本研究	地上9階、地下1階 搭屋3階	免震化前	0.58	0.58	16	16
		免震化後	0.67	0.67		

表3 設計固有周期との比較

		(1)設計固有周期(s)	(2)常時微動測定固有周期(s)	(2)/(1)(%)
		(レベル2)		
③野川・他	短辺方向	2.40	0.50	21
	長辺方向	2.76	0.57	21
④年縄・他	短辺方向	2.75	0.53	19
	長辺方向	3.16	0.67	21
本研究	短辺方向	3.15	0.67	21
	長辺方向			

6. まとめ

免震化後の常時微動測定を実施し、免震レトロフィット前後の振動特性の変化を評価した。その結果、免震化前後の1・2号館の並進モードは、微動レベルにおいて約16%伸びていること、モード図より免震層が変形を大きく分担していることがわかった。また、既往研究との比較より、本研究と既往研究の免震化前後の振動特性の変化には同様な傾向が見られた。以上より、本研究における免震化前後の建物の常時微動測定による解析結果より免震特性を捉えることができた。

参考文献

- 1) 鱒沢曜, 横河鉄弥, 西村嗣久: 既存医療施設の地震対策と高度利用計画, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 45-48, 2005. 9.
- 2) 年縄巧, 鱒沢曜: 近接した中層SRC建築物群の振動特性, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 73-74, 2005. 9.
- 3) 鱒沢曜, 年縄巧: 近接した中層SRC建築物群の振動特性(その2)棟連結時の振動特性, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 157-158, 2008. 9.
- 4) 林雅弘, 松島健一, 山本昌士, 加藤真人, 塩尻弘雄: 免震構造に関する研究(その2) 免震建物概要及び常時微動測定、強制振動実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 735-736, 1990. 10.
- 5) 寺坂美紀, 宮良光一郎, 星野昭雄: 「新耐震設計法」により設計された民間事務所ビルの1階柱頭免震レトロフィット その2. 常時微動測定による免震化前後の振動特性の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 713-714, 2001. 9.
- 6) 野川大輔, 福和伸夫, 飛田潤, 長谷川泰稔, 八木茂治: 柱頭免震による耐震改修前後における振動特性, 日本建築学会東海支部研究報告集, No. 41, pp. 265-268, 2003. 2.
- 7) 年縄巧, 鱒沢曜, 鹿嶋俊英, 久田嘉章, 小山信: 免震レトロフィットを施した山梨県庁舎本館の低ひずみレベルでの振動特性 その1 微動観測と地震観測による検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 309-310, 2004. 8.
- 8) 佐藤哲郎, 渡慶次建, CuadraCarlos: 常時微動観測に基づいた低層免震構造物の振動特性, 日本建築学会東北支部研究報告会, pp. 79-82, 2007. 6.