

# 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 . 23号館（免震棟）の振動実験結果

免震棟 常時微動測定 起振機加振実験  
固有振動数 減衰定数

正会員 引田 智樹\*1 正会員 安達 直人\*1  
同 内山 正次\*1 同 大熊 武司\*2

### 1 . はじめに

前報(その1)<sup>1)</sup>で報告した23号館(免震棟)において、振動性状の基本的データの収集を目的に常時微動測定、起振機による定常加振・自由振動実験を実施した。本報(その2)では、これらの実験概要と結果について報告する。

### 2 . 実験概要

積層ゴムアイソレーター、鉛ダンパー、鋼棒ダンパーが全て配置された状態で、常時微動測定と起振機加振実験を実施した。起振機加振ケースの一覧を表1に示す。起振機加振実験では、定常加振実験と自由振動実験を実施した。加振実験ではスライドマス式の長周期型起振機<sup>2)</sup>2台を8階に設置して最大加振力 19.6kN、最大加振モーメント 617.8kN・m の加振を行った。加振は最小振動数刻みが 0.025Hz、振動数によらず加振力が一定となるように NS、EW 方向及び捩れ方向加振を行った。また、NS 方向では加振力を表1に示す3段階(L1~L3)に変えて実験を行った。

振動計は速度計を用い、加振方向に合わせて NS 成分と EW 成分について独立に測定した。各方向の測定時の振動計と起振機の設置位置を合わせて図1に示す。振動計は各階中央部と、免震層・地下1階・3階・6階・屋上階の測定方向と直交する方向の両端部に水平成分を計22点配置し、免震層・地下1階・屋上階に上下成分を計14点配置して測定した。常時微動測定時と起振機加振実験時の測定点配置は同じである。なお常時微動測定時の風速は僅かであった。

### 3 . 常時微動測定結果

サンプリング振動数 40.96Hz で測定した 100 秒間のデータ 38 回分から、地下2階と屋上階のクロススペクトルのアンサンブル平均を地下2階のパワースペクトルのアンサンブル平均で除した伝達関数の振幅比と位相遅れを図2に示す。EW 方向では屋上階3点の結果を示す。NS、EW 方向の1次と2次モード及び捩れ方向の1次モードは位相遅れと振動モードより確認した。1.9Hz 付近のピーク周波数において北、南の位相はほぼ 180° ずれており捩れの性状を示している。EW 方向の屋上階3点における1次振動数の振幅の大小関係は、南<中央<北となっており、位置により異なる。この伝達関数と屋上階のパワースペクトルに対して1質点系の応答を近似<sup>2)</sup>して求めた固有振動数と減衰定数を表2に示す。評価位置はNS、EW 方向では中央、捩れでは南とした。また、表中には常時微動測定波形からRD法<sup>3)</sup>により15秒間の小サンプルを6000個重ね合わせて求めた減衰波形の最初の4周期から評価した結果も併記している。伝達関数、パワースペクトル及びRD法により得られた固有振動数と減衰定数は概ね一致しており、推定手法による差はほとんどない。

表1 加振ケース一覧

	加振位置	加振方向	加振力	測定成分
起振機加振実験 (定常加振実験) (自由振動実験)	8F	NS	4.9kN (L1)	NS,UD
			9.8kN (L2)	
			19.6kN (L3)	
		EW	19.6kN (L3)	EW,UD
捩れ	19.6kN (L3) [617.8kN・m]			

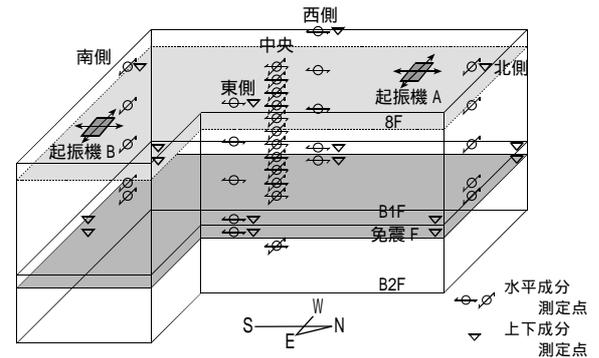


図1 測定点・起振機配置図

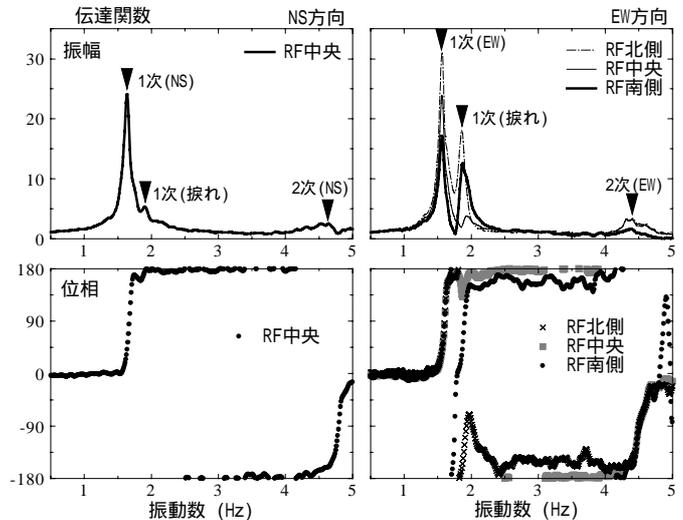


図2 常時微動測定結果による伝達関数

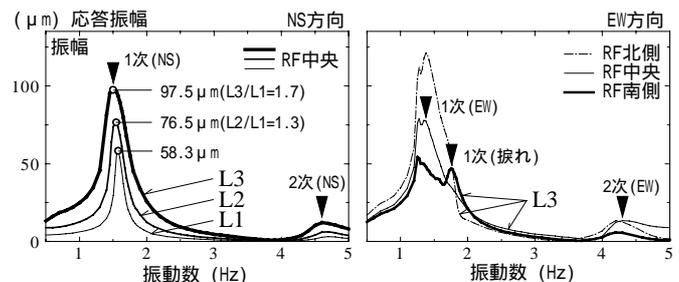


図3 定常加振実験結果による共振曲線

#### 4. 定常加振実験結果

定常加振実験における屋上階のNS、EW方向加振時の共振曲線を図3に示す。NS方向加振では加振レベルが異なる3ケースの結果を重ねて示す。L1加振に対して、L2加振、L3加振は加振力が2倍、4倍であるのに対し、1次固有振動数での応答変位の比率は1.3倍、1.7倍程度の変化である。EW方向の1次振動数付近では、常時微動時と同様の振幅関係があり、また、位置により振動数が異なり複雑な振動性状を呈している。この共振曲線の各ピークに対して1質点系の応答を近似して求めた固有振動数と減衰定数を表2に示す。評価位置は常時微動時と同様である。

定常加振実験結果から求められた固有振動数と減衰定数は、常時微動測定結果から求められた値よりも固有振動数は低く、減衰定数は大きい値を示している。NS方向の加振力を3ケース変化させて行った実験では、加振力が大きくなり応答レベルが増大するに従い、固有振動数が低く、減衰定数が大きくなる傾向が見られる。

#### 5. 自由振動実験

レベル3加振におけるNS方向1次の自由振動波形を図4に示す。自由振動波形からゼロクロス法により固有振動数を求め、波形の包絡線に対数減衰率を最小二乗法により近似して減衰定数を評価した。加振レベルを変えた共振曲線では、応答振幅により固有振動数・減衰定数に違いが見られ、また、自由振動波形の3~5秒付近では破線で示す包絡線と一致していないことから、振幅により固有振動数と減衰定数が変化していることが考えられる。そこで、各方向1次モードに対して、評価範囲を図に示すような任意の小区間に分けて評価を行った。得られた固有振動数と減衰定数について、図4には任意の小区間における値を、表2には最初と最後の区間における値を示す。求めた固有振動数と減衰定数は応答振幅が小さくなるに従い固有振動数が高く、減衰定数が小さくなる傾向が見られる。また、これらの値は常時微動測定結果と定常加振実験結果で得られた値の間を変化している。

常時微動測定と定常加振及び自由振動実験から推定された1次振動数・減衰定数と屋上階の変位振幅値との関係を図5に示す。振幅値は、常時微動では1次固有振動数を含む狭帯域のバンドパスフィルターをかけた波形の最大値を、自由振動では評価した区間内の平均振幅値を用いた。また、定常加振では応答の最大値を用いた。結果は振幅が大きくなるに従い、固有振動数は低下、減衰定数は増大する傾向が見られる。また、NS方向における定常加振と自由振動実験の結果は概ね整合している。

#### 6. まとめ

- 常時微動測定及び定常加振実験により振動特性を確認した。常時微動測定から求めた1次モードの固有振動数と減衰定数は推定手法によらず概ね同じ値を示した。
- 常時微動測定、起振機加振実験より得られた固有振動数及び減衰定数は、免震棟の応答振幅の増加に従い、固有

振動数は低下し、減衰定数は増加する傾向が見られた。

#### 参考文献

- 1) 吉田,大熊,常木: 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1), 建築学会2001年度大会(関東)投稿予定,
- 2) 石橋,他: 長周期型起振機を用いた超高層ビル振動試験, 鹿島技術研究所年報, 第45号, 1997.12,
- 3) 田村,他: RD法による強風時の構造物の減衰評価, 第12回風工学シンポジウム論文集, 1992

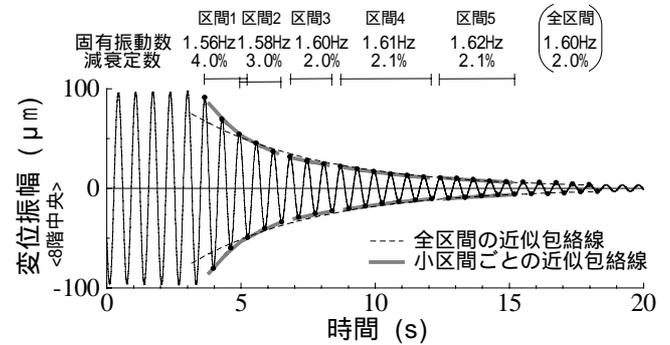


図4 自由振動波形と対数減衰率 (NS方向1次)

表2 実験から求められた固有振動数と減衰定数

		常時微動測定			起振機加振実験					
		伝達関数	ハワールベクトル	RD法	定常加振実験			自由振動実験 [振幅大 小]		
					L1	L2	L3			
NS	1次	固有振動数(Hz)	1.65	1.64	1.63	1.58	1.56	1.54	1.56	1.62
	減衰定数(%)	1.6	1.9	1.6	3.4	6.0	10.5	4.0	2.1	
EW	2次	固有振動数(Hz)	4.63	4.69	4.72	4.73	4.69	4.64	4.70	
	減衰定数(%)	(2.1)	(3.2)	(6.6)	3.3	3.9	3.6	(3.4)		
EW	1次	固有振動数(Hz)	1.56	1.56	1.57			1.38	1.41	1.55
	減衰定数(%)	1.7	1.6	1.3			13.1	5.4	1.5	
EW	2次	固有振動数(Hz)	4.39	4.40	4.43			4.38	4.49	
	減衰定数(%)	(1.9)	(3.8)	(3.5)			4.8	(3.4)		
抜け	1次	固有振動数(Hz)	1.88	1.88	1.89			1.75	1.76	1.87
	減衰定数(%)	1.2	1.3	1.3			13.7	5.5	1.4	

( )は参考値

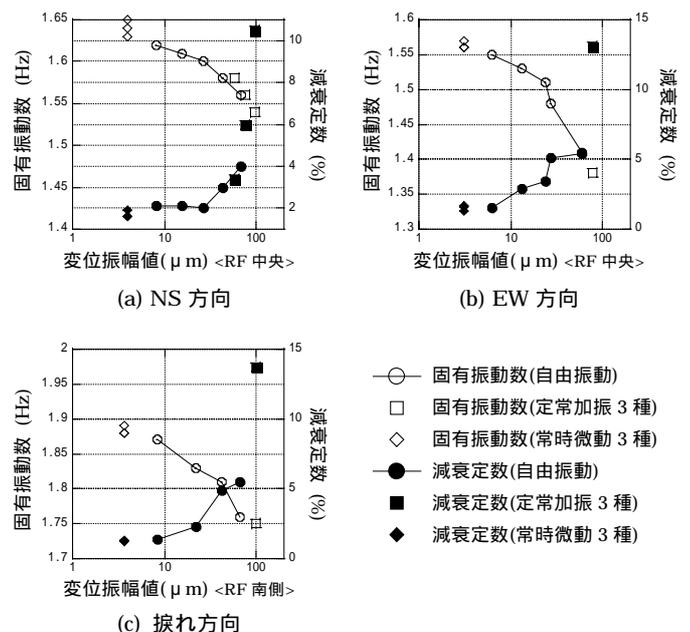


図5 各実験により推定した固有振動数、減衰定数と変位振幅値の関係

\*1 鹿島技術研究所  
\*2 神奈川大学教授

\*1 Kajima Technical Research Institute  
\*2 Prof. of Kanagawa University