

高密度常時微動計測に基づく大規模 SRC 造事務所建物の振動特性

正会員 平田悠貴^{*1} 同 飛田 潤^{*2}
 同 福和伸夫^{*3} 同 護 雅史^{*4}
 同 大河内靖雄^{*5} 同 佐々木哲朗^{*5}

不整形建物 常時微動計測 高密度観測
 固有振動数 モード形 立体振動表現ツール

1.背景と目的

中低層建物は地盤と建物の相互作用が大きく、不整形で複雑な立体振動挙動を示す事が多い。よって、このような中低層建物に対して実測に基づき詳細な振動特性を捉え、耐震設計や地震被害予測に反映させることは極めて重要である。本研究では SRC 造 10 階建て大規模事務所建築物に対して高密度常時微動計測を行い、高次振動やねじれを含む詳細な立体振動特性の分析を行った。またその分析の際に Flash アニメーションによる立体振動表現ツールを用い、複雑な現象を効果的に捉えられることを示した。

2.常時微動計測の概要

対象建物について、表 1 に建物概要、図 1 に観測点配置、図 2 に建物外観、図 3、4 に平面図(1F 及び RF)及び断面図を示す。10 階建て部分は長辺 80m × 短辺 39m であり、壁の少ない整形なラーメン構造である。4 階以下は壁の多いホール部分が西側にエクスパンションジョイントなしで接続されている。これにより複雑な振動性状を示すことが予想される。高密度常時微動計測は図 1 のように 3ch 微動計 6 台と 1ch 微動計 19 台を用いて、建物内と地盤の計 25 地点 37ch で行った。また、計測は固有周期 1 秒の動コイル型微動計を速度計で用い、昼の時間帯で 30 分間行った。

3.地盤-建物の固有振動特性

図 5 に今回の計測で得られた各地点での平均フーリエスペクトルを示す。平均フーリエスペクトルは、常時微動記録をアンサンブル平均して求めている。図 6 に建物-地盤連成系(以下 RF/GL)、基礎固定系(スウェイ固定、以下 RF/1F)、基礎固定系(スウェイ・ロッキング固定、以下 RF/(1F+H0))の伝達関数を、図 7 に屋上中央の変形のフーリエスペクトルに対するスウェイ・ロッキング・弾性変形の各フーリエスペクトルの比を、表 2 にカーブフィット法により求めた RF/(1F+H0)の固有振動数及び減衰定数を示す。

並進 1 次のピークは、長辺方向は 1.6Hz 付近、短辺方向は 1.2Hz 付近に、また、短辺方向のねじれ振動は 1.5Hz 付近に存在する。鉄塔の固有振動数は長辺 1.7Hz 付近、短辺は 1.8Hz 付近であり、共に建物の 1 次固有振動数より高い。

伝達関数の RF/GL 及び RF/1F を比べると、RF/1F ではスウェイが除かれたことによって、1 次固有振動数が高くなっている。また、RF/1F 及び RF/(1F+H0)の伝達関数を比べると、あまり固有振動数に変化がない。これは 1 次固有振動数付近でロッキング率が低いことと整合性がある。

分析の際、常時微動記録をノイズの少ない定常状態での

表1 建物概要

竣工年	1963	軒高	38.9m
建築面積	3862m ²	用途	事務所
階数	地上10階	構造	SRC造ラーメン構造
	地下2階	基礎形式	直接基礎(GL-15m)

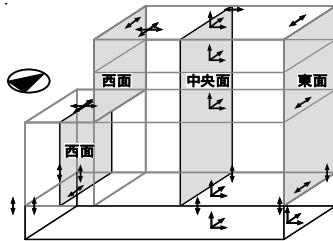


図1 観測点配置



図2 建物外観(北側より)

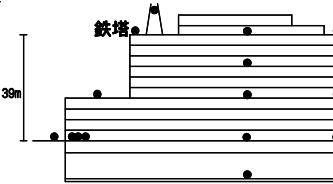


図3 断面図

図4 平面図

(1F及びRF)

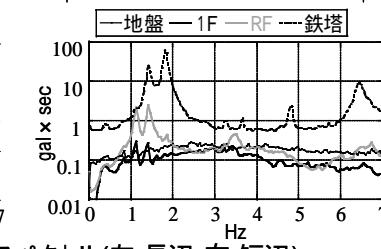
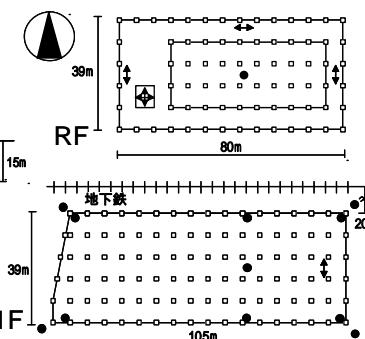


図5 平均フーリエスペクトル(左:長辺・右:短辺)

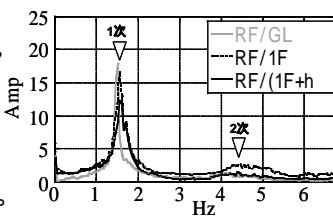


図6 伝達関数(左:長辺・右:短辺)

表2 固有周期及び減衰定数(RF・(1F+H0))

	長辺		短辺	
	固有振動数(Hz)	減衰定数(%)	固有振動数(Hz)	減衰定数(%)
1次	1.58	3.83	1.16	4.21
ねじれ1次			1.47	4.12
2次	4.3		3.3	

データとするため、建物北側地下を通過する地下鉄の影響について検討を行った。平均フーリエスペクトル及び伝達関数を電車通過時と静寂時で比較した結果、電車の影響は高振動数 12Hz 付近に出るのみで、1 次・2 次の振動付近の振動数帯域には大きな影響を与えていなかった。

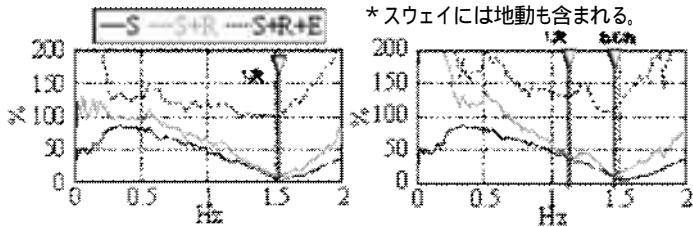


図7 スウェイ・ロッキング・弾性変形率(左:長辺・右:短辺)

4.モード形分析

ねじれ振動を分析するために振動成分を並進・ねじれの 2 成分に分けた。ねじれ成分は短辺方向の応答の屋上西端と東端の成分の差を 2 で除したもの、並進成分は東西端部と中央の 2 倍の和を 4 で除したものである。2 成分の速度フーリエスペクトルを図 8 に示す。1.2Hz 付近の並進 1 次にもねじれ成分が含まれ、1.5Hz 付近のねじれ振動にも並進成分が含まれることが分かる。更に詳細にモード形を求めるため、建物西端・中央・東端の各地点で 1 階を基準とした 5・8・屋上階の伝達関数を求め、各階での応答倍率から 1 次・2 次モード形を求めた。図 9、10 示す。また、1・5・屋上階の各階で、同一階内の建物中央成分を基準とし伝達関数を求め、ねじれ 1 次モード形を求めた。図 11 に示す。

1次・2次モード: 図 9、10 より、1 次・2 次モードは建物西側より東側が大きな振幅となった。建物東端が、建物西端のホールによる拘束が少ないと起因すると考えられる。

ねじれ 1 次モード: 図 11 より、ねじれ 1 次モードは建物東端と西端屋上が大きな振幅となっており、1 次・2 次モード同様に建物西端のホールによる拘束の影響が出ていると考えられる。

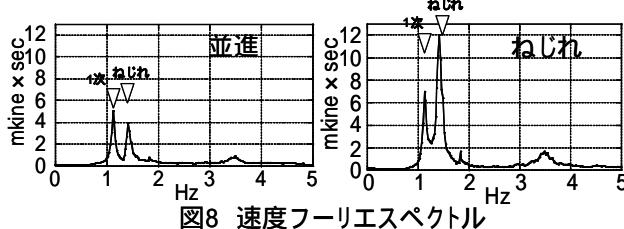


図8 速度フーリエスペクトル

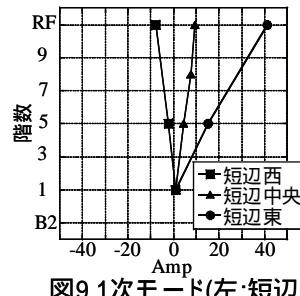


図9 1次モード(左:短辺・右:長辺)

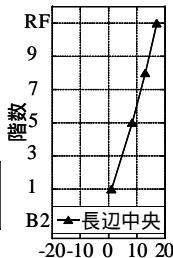


図10 2次モード(左:短辺・右:長辺)

1 次・2 次・ねじれ 1 次振動において床が面内変形し、必ずしも剛床として挙動していないことが分かった。今後このような偏心のある建物の耐震化や地震被害を考える場合、面内の変形も考慮に入れが必要と考えられる。

5.立体振動特性

複雑な挙動を示す不整形な建築物に対し高密度観測を行う場合、スペクトルや伝達関数のみから時間変化を含む立体振動挙動を正確に捉えることは難しい。よって、立体振動挙動をより直接的かつ視覚的に捉えることのできる立体振動表現ツールを開発し、分析に用いた。

作成したツールの画面例として、図 12 に短辺の 1 次・ねじれ 1 次のアニメーションのスナップショットを示す。ツール作成には Flash(Adobe 社)を用いた。着目したい任意の振動数範囲でバンドパスフィルタを施し、抽出した波形をアニメーションで見ることで、時刻歴の立体振動モードが確認できた。

6.まとめ

大規模 SRC 造 10 階建て建物に対し高密度常時微動計測を行い、基本的な振動特性を求めると共に、立体振動挙動を分析するツールを開発し立体振動モードの挙動を捉えた。これにより、整形な建物が、建物西に存在するホールの影響で大きく偏心を伴った振動をし、床が剛床として挙動していない場合があることが分かった。

今後、本研究の対象建物のねじれ振動の詳細な検討及び立体振動表現ツール機能の充実を図っていくと共に、周辺交通による入力の有無により、どのように建物応答が変化するのかについて詳細に検討していく予定である。

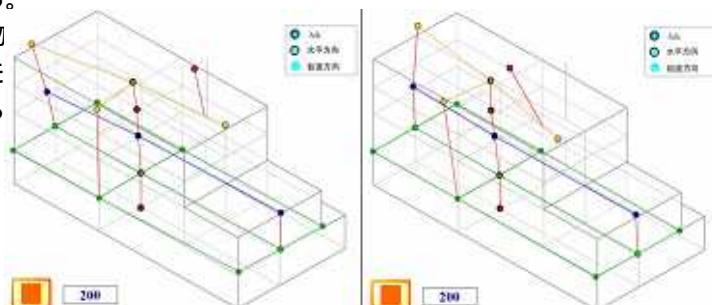


図12 立体振動挙動
(左:短辺 1 次 1.16Hz 右:短辺ねじれ 1 次 1.47Hz)

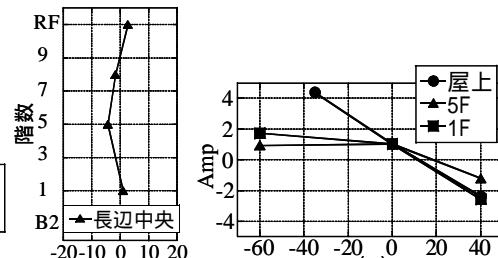


図11 短辺ねじれ1次モード

*1 名古屋大学大学院・大学院生

*2 名古屋大学環境学研究科准教授・工博

*3 名古屋大学環境学研究科教授・工博

*4 名古屋大学環境学研究科准教授・博士(工学)

*5 中部電力(株)

*1 Graduate Student, Nagoya Univ.

*2 Assoc.Prof., Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.

*3 Prof., Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.

*4 Assoc.Prof., Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.

*5 Chubu Electric Power Co.