

実測による立体骨組みの振動特性推定手法の検討 (その2) 多点時刻差測定 of 検証と免震建物の地震応答

正会員 ○高橋 勇人 *¹ 同 松岡 知亮 *⁴
同 中村 聡 *² 同 林 正司 *⁵
同 中村 亮太 *³ 同 紺野 克昭 *⁵

立体振動モード 立体応答解析 東北地方太平洋沖地震
免震構造 常時微動測定

1. はじめに

本提案手法では、一定時間の測定波形に含まれる情報を抽出するために平均スペクトルを用いている。平面運動を表わす回転中心の位置を示すためには最小 3 点の同時測定が必要であり、より安定した結果を得るためにできる限り多点の同時測定を行ってきた。しかし、その結果多くの機材の設置と確認に多くの時間が必要となった。本稿では平均スペクトルで安定した情報が得られるという前提を置けば、図 1 のように、少数の機材で時間を変えて測定した結果を重ね合わせても多点同時測定と同様の精度が得られると考えその精度を検証した。また、不整形平面をもつ免震建物の常時微動測定と地震観測結果を解析結果と比較し本手法の有効性を検証した。

2. 多点同時測定と多点時刻差測定 of 比較

測定は表 1 に示す 17 棟で行った。そのうち大学教室棟と旧耐震基準の高層住宅 1 棟では、多点同時測定と多点時刻差測定 of 両方を行い、両手法 of 解析結果から 1~3 次モード図を作成、比較する。旧耐震基準の高層住宅では多点同時測定を 7 回ずつ行った。そのため、図 6 のモード図には 7 回分の結果を重ねて載せる。図 2、3 は大学教室棟 of 両手法解析結果であるが、振動数、立体振動モードにおいて概ね of 一致が確認された。立体数値モデル応答解析結果との比較も行った結果、図 4 のように振動数、モードにおいて微動測定と概ね of 一致が確認された。この建物は EXPJ によって 2 棟が接続されているものであるが図 2 のように両方 of 建物を含むモードが現れた。

表 1 建物概要

建物名称	棟数	特徴
大学教室棟	2	S造 (CFT) 純ラーメン、EXPJ付き
中層免震建物	2	L形、免震構造
旧耐震基準 of 中高層集合住	12	SRC造、壁付ラーメン
新耐震基準 of 中層住宅	1	SRC造、三角形に近い形状

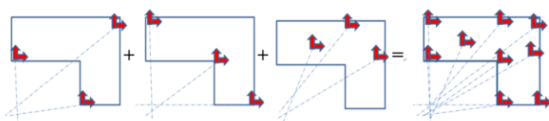


図 1 多点時刻差測定例

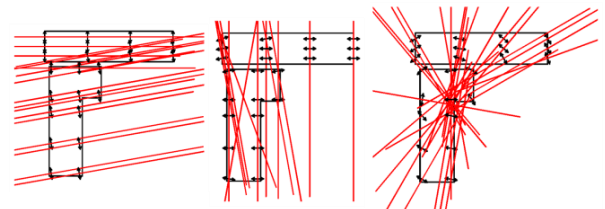


図 2 多点同時測定結果

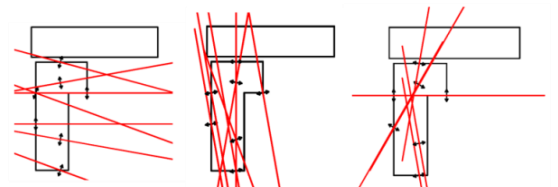


図 3 多点時刻差測定結果

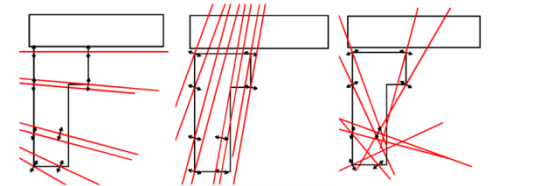


図 4 立体数値モデル応答結果

図 6 は旧耐震基準 of 高層集合住宅 of 両手法解析結果であり、こちらも概ね of 一致が確認された。また、他の旧耐震基準、新耐震基準 of 中高層集合住宅では多点時刻差測定のみを行った。その結果、1~3 次において概ね of モードが確認された。

3. 誤差 of 発生とその原因 of 推定

しかし、同一測定点において、異なる測定回により大きな誤差を生じる例が出た。図 5 は図 6 多点同時測定 1 次モードにおける右上 of 測定点拡大図で、ここでは最大 15° の誤差が生じた。ある測点 of 平均スペクトルで現れた卓越周波数について他の測点 of スペクトル of 同一周波数 of 運動方向を読み取るが、顕著なピークを示さない場合は誤差が

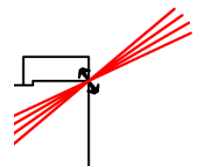


図 5 振動方向誤差例

大きくなる場合がある。特に回転中心に近い測点では方向を確定することは困難な場合が多く無理矢理読み取ると混乱を生ずる可能性が高い。また対称性の高い平面をもつ場合、複数の卓越周波数が近接し判別が困難になる場合もある。この問題についてはその3で検討する。

4. 免震構造建物における実測と立体数値モデルの比較

免震中層不整形建物について数値モデルの固有値解析、数値モデルの地震波と微動波の応答解析結果、常時微動測定結果、および地震観測結果の比較検討を行った。地震波には免震層の相対変形測定結果より免震層が明らかに機能していると確認された 3.11 地震波を使用した。図7は立体数値モデルの、固有値、地震応答解析、および常時微動波形に対する応答解析結果の比較である。ここでは両結果とも 0.2Hz 付近で 1~3 次モードが見られ、振動数、モードについて概ねの一致が確認された。図8は1階の地震観測波形から求めた卓越周波数とその回転運動からなる立体振動特性である。概ね図7の解析結果と一致しているが、地震観測結果では回転中心が建物中心にある3次モードは確認できなかった。図9の微動解析結果では、他の解析結果では得られていた 0.2Hz 付近のピークは確認できなかったが、強風時に実施した常時微動測定結果では安定した応答が確認でき、微動ではこの周波数域はセンサー感度の限界であった。

5. まとめ

多点同時測定と時間差測定の結果比較から少数機材による時間差測定でも本手法により良好な結果が得られ、さらに結果の信頼性も向上することを確認できた。

今後本手法の検討として、建物に同じ平面上で地震計を複数点設置する必要がある。

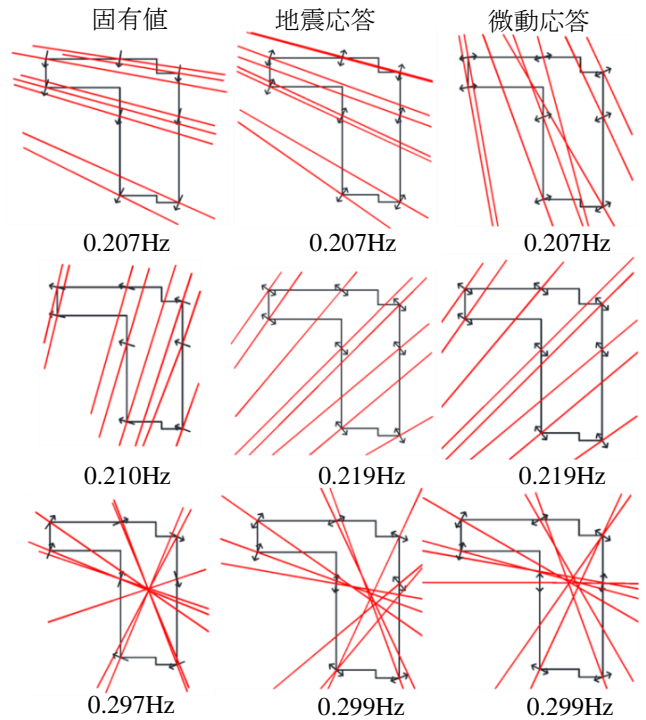


図7 固有値解析、モデル応答解析結果 (1F)

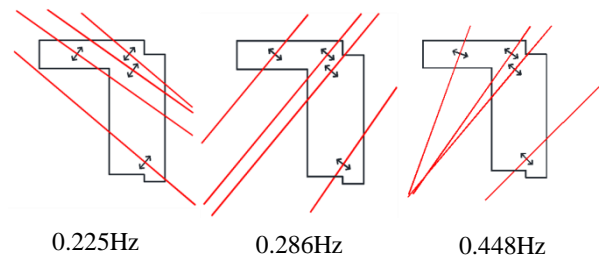


図8 地震観測結果 (1F)

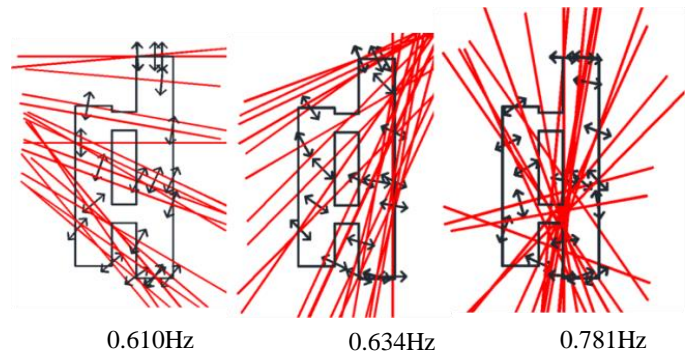


図9 多点時刻差測定結果 (RF)

参考文献

- [1] 新藤智記,林正司:不整形平面形状を持つ免震建物の立体振動性状の把握,学術講演梗概集,2012,771P-772P.
- [2] 大野恵理,林正司:既存建築物における耐震補強効果の3次元立体挙動による検討,学術講演梗概集,2009,573P-574P.

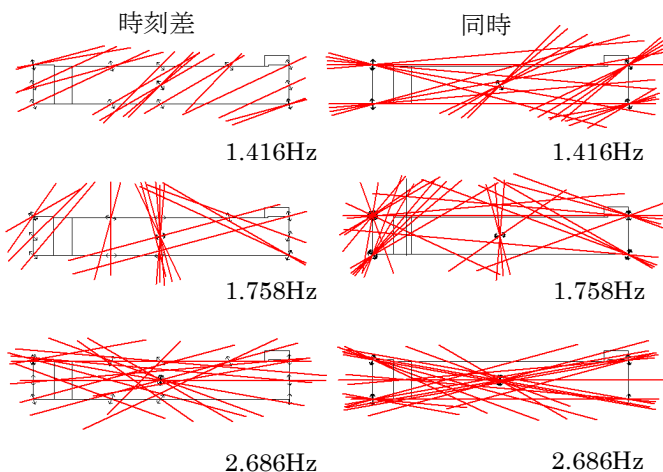


図6 旧耐震基準の高層集合住宅、微動測定結果

*1 芝浦工業大学大学院 修士課程
 *2 東京工業大学大学院 修士課程
 *3 えびす建築研究所
 *4 成田国際空港
 *5 芝浦工業大学工学部

*1 Graduate student, Shibaura Institute of Technology
 *2 Graduate student, Tokyo Institute of Technology
 *3 Ebisu Building Laboratory Co.
 *4 Narita International Airport Co.
 *5 Shibaura Institute of Technology