

実測による立体骨組みの振動特性推定手法の検討(その1) RC 超高層集合住宅への適用

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

立体振動モード 立体応答解析 常時微動測定
東北地方太平洋沖地震 RC 超高層集合住宅

1. はじめに

実在建築物の地震時の挙動を検討するとき、その固有周期とともに振動モードを正確に把握する必要があり、筆者らは実測により建築物の立体振動特性を把握する方法および、解析結果と直接比較する方法を提案してきた。^{[1][2]}

本報告では地震の前後に常時微動測定を実施した RC 超高層集合住宅について、測定結果による地震前後の建築物の振動特性の変化に着目し、立体骨組モデルによる固有値解析結果と応答解析結果との比較、実測と解析の比較により、提案手法の妥当性と精度の検討結果を示す。

その2ではこの手法の精度向上と測定の簡便化の検討および免震建築物への適用例、その3ではこの手法の不安定要因の抽出とこれに対する検討を報告する。

2. 提案手法概要

本手法では、各測定点の直交する2方向測定波形から、各方向成分波を合成し(図1①)、各方向成分波の平均スペクトルを求め(③)これらより各方向の振動数、スペクトル振幅からなる等高線図(④)を求める。この図からその測定点の各卓越振動数における運動方向を求める。また、同様の手法により位相差についても平均化により明瞭に得られる(②)^[1]。

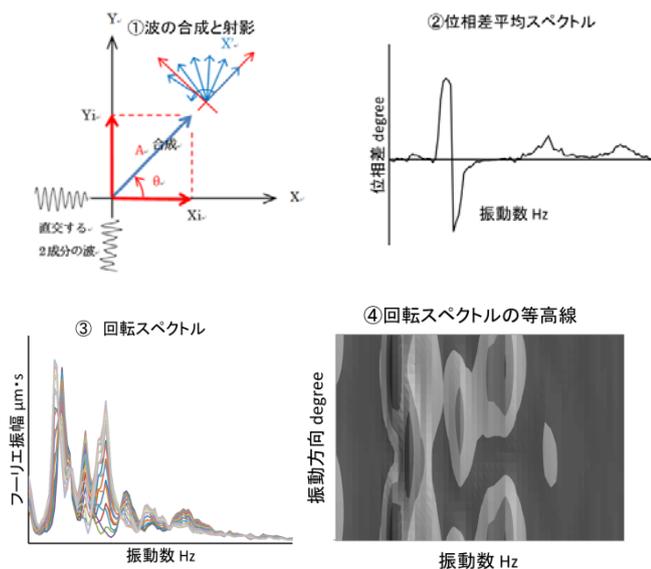


図1 提案手法による各スペクトル

各測定点の運動方向が求められると、この運動方向に対する垂線上にこの運動の回転中心が存在する。床板を剛床と仮定すれば、各測定点の運動方向に対する垂線の交点が床板の回転運動の中心と推定できる。

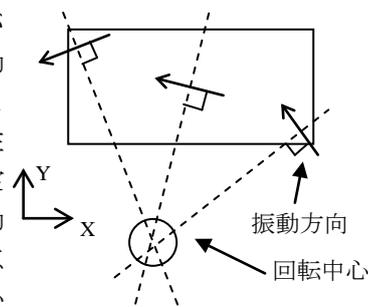


図2 回転中心の作図例

また固有値解析結果においても同様の手順で床板の回転(運動)中心を求めることができ、実測結果と解析結果の直接比較が可能となる(図3)。

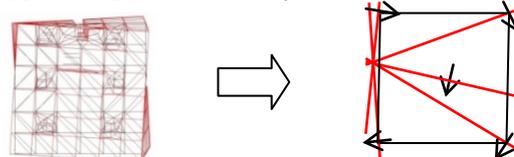


図3 固有値解析結果の可視化例

3. 提案手法の妥当性と精度に関する検討

立体数値モデルによる応答解析を行い、その応答値に対し本手法を適用する。複数の建物について、この結果と、立体数値モデルの真値である固有値解析結果に、同様の表示方法を用いた双方の図の類似性により本手法の精度検証を試みる。

数値モデルとして各層の位相差・応答情報が把握しやすい剛性偏心型3層立体数値モデル(4本のH型鋼柱のうち、1本90°回転)の固有値解析による固有モード図(1、4、7次モード)を示す。

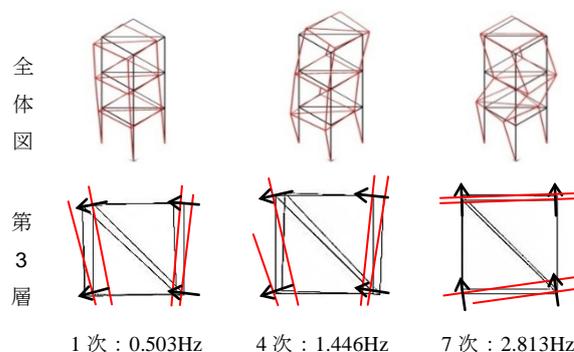


図4 固有値解析による固有モード図

A study to experimental estimation of vibration characteristics of three-dimensional structure.

Part1 : Applying our method to a RC superhigh-rise condominium

NAKAMURA Ryota,
TAKAHASHI Yuto,
And NAKAMURA Satoshi

次に本手法による第3層に対する各層位相差(表1)と第3層回転中心図(図5)を示す。

表1 本手法による各層位相差

	第1層	第2層	第3層
1次: 0.488 Hz	2.323 (正相)	0.942 (正相)	-
4次: 1.465 Hz	153.4 (逆相)	131.7 (逆相)	-
7次: 2.783 Hz	-11.97 (正相)	-109.6 (逆相)	-



図5 数値モデルの応答解析結果から求めた回転中心図

数値モデルにおける固有モードと屋上階の各節点の応答を本手法へ適用して求めた回転中心の位置(振動モード)は概ね一致した(図4、5)。

4. RC 超高層集合住宅への適用例

4.1 測定結果

2011年の東北地方太平洋沖地震前(2010年)および後(2012年)に常時微動測定を行った30階建てRC集合住宅の検討結果を例示する。同地震前後の実測から得られた屋上階の回転中心を示す(図6)。

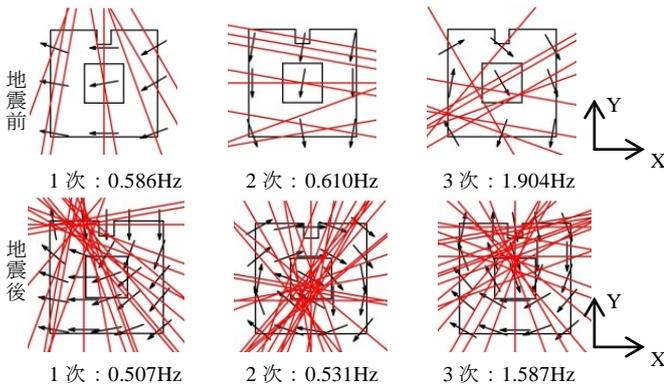


図6 微動測定による地震前後の回転中心図

地震前の振動モード(図6上)は1次モードでX方向の並進、2次モードでY方向の並進、3次モードではねじれを含む振動特性となった。また地震後(図6下)では1次モードから3次モードにかけてねじれ特性を含む振動特性となった。両結果を比較すると地震後の卓越振動数の変化率が低下(13~16%)し、ねじれ挙動が増幅したことが確認された。卓越振動数、回転中心の位置(振動モード)ともに地震の前後で大きく変化していることが確認できた。

4.2 数値モデルによる検討

本建物は東北地方太平洋沖地震により中央の階段室のPC階段の取り付け部に損傷が生じた。

そこで2010年測定時点の地震前数値モデルと2012年測定時点(被災後)の地震後数値モデル作成し、地震による建物の振動特性の変化の有無を探るため両数値モデルの固有値解析結果の比較・検討を行った(図7)。

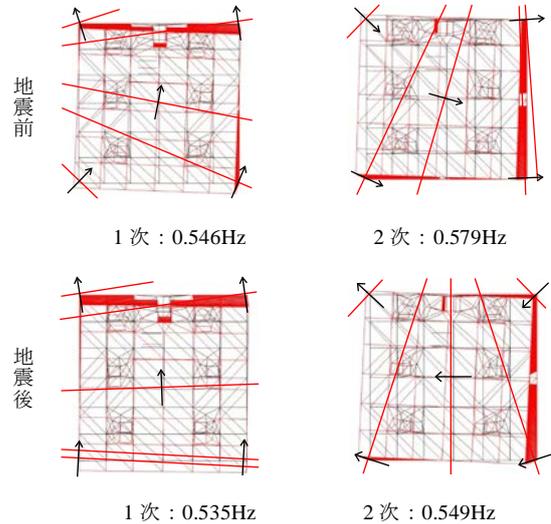


図7 各モデルの固有値解析結果による固有モード図
検討結果を以下に示すと、

- ・固有振動数、ねじれ運動の傾向ともに実測結果ほどの変化は確認できなかった。
- ・階段部の損傷のみが振動特性変化の主要因ではなく、他の部位の損傷により建物の剛性が変化した可能性が高い。
- ・各数値モデルにおいて固有値解析結果と応答波形の回転スペクトルから得られる振動モードを比較し、概ね一致することを確認した。

5. まとめ

実測結果、および立体数値解析モデルの固有値および応答解析より得られた各部の運動から求めた運動中心の比較から提案手法により実在建物の立体振動モードを把握することが可能であることを確認した。

また本手法により地震前後の実測値の比較から建物の被災による動的特性の変化の把握が可能であると考えられる。

参考文献

- [1] 松岡知亮, 山口洋平, 林正司. 実測値の位相情報を用いた建物の立体振動モード推定手法の検討. 学術講演会梗概集, 2011. 379P-380P.
- [2] 大橋信之, 林正司, 太田勤, 田子茂. 既存RC中層建物の耐震補強効果の検討(常時微動測定及び固有値解析結果による補強効果の評価検討). 学術講演梗概集, 2000. 1083P-1084P

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

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