

実測による立体骨組みの振動特性推定手法の検討 (その3) 精度向上に向けた各種検討

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

立体振動モード 立体応答解析 スペクトル分解能
面内曲げモード 必要測定波長 常時微動測定

1. はじめに

その3では、立体振動モード把握手法の精度向上に関する各種検討を行う。実測による面内曲げ卓越モードの推定、スペクトル分解能の適切範囲決定による隣接振動モードの判別精度向上及び平均スペクトルを用いた測定波形長さの妥当性の実証について検討を行った。

2. 提案手法に関する各種検討

2.1 面内曲げ卓越モードに関する検討

その1で述べた実測による立体振動モード作成手法では回転中心が定まらない卓越振動数が存在し、この原因の検討を行った。実測と、立体数値モデルの立体応答解析結果への本手法の適用結果と固有値解析結果との比較を行った。提案手法では床スラブの回転中心が得られない14階建SRC造集合住宅の例を示す(図1から図3)。低次の固有振動数では良好な結果が得られた(図7)が、4次モードでは回転中心を読み取る事は全く不可能であったが、運動中心を示す垂線は同じ傾向を示していた。一方、立体数値モデルによる固有値解析結果では床の曲げ運動が現れていた(図4)。これより、このような図が得られた場合は床の面内曲げの結果と推定出来る。

2.1.1 フーリエ振幅分布による面内曲げ運動の検討

数値モデルの立体応答解析より得た2次のフーリエ振幅分布図及び固有値解析より得た立体振動挙動を示す(図6, 図7)。同一振動数でのフーリエ振幅の値は測定点毎の振動の強さを表している。ここで、振幅値が最小の解析点5付近に回転中心が確認でき、また回転中心から離れる程、振動が強くなっている事が両図から確認された。この結果から、床スラブが剛床として運動している立体振動時において、本推定手法は立体振動モードを推定する事が可能であると確認された。

実測及び応答解析から得たフーリエ振幅を、図5に示す位置毎に表す(図8, 図9)。ここで、実測で得たフーリエ振幅の値の推移が、解析で得た値の推移と類似している事が確認できた。この結果から、実測による測定結果からも面内曲げ卓越モードが生じている事が推定された。また、立体振動挙動を推測し易くする為に解析結果のフーリエ振幅の最も小さい値を0とし、その前後で振動方向が逆転したと仮定したグラフを示す(図10)。この結果から面内曲げ卓越モードのように床スラブが剛床として運動をしていない立体振動時においても建物の立体振動特性を推定する事が可能となった。

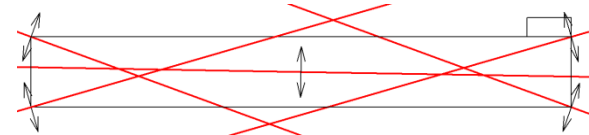


図1 実測による立体振動モード4次3.56Hz

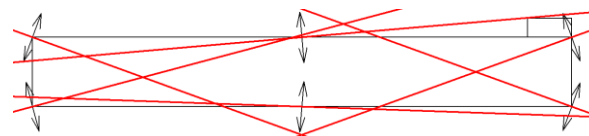


図2 固有値解析による立体振動モード4次5.34Hz

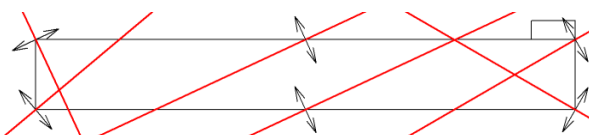


図3 地震波応答解析による立体振動モード4次5.34Hz

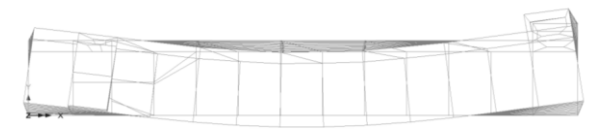


図4 固有値解析による面内曲げ卓越モード4次5.34Hz

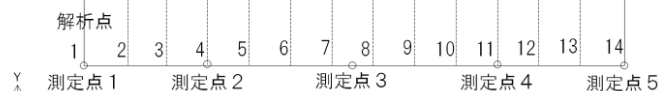


図5 測定点位置及び解析点位置

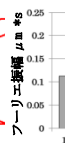


図6 地震波応答解析によるフーリエ振幅分布 2.64Hz

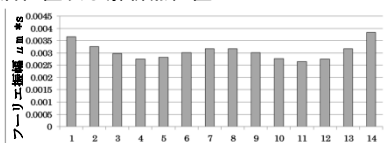


図8 解析によるフーリエ振幅分布 5.34Hz

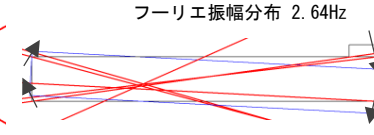


図7 固有値解析による2次2.64Hz

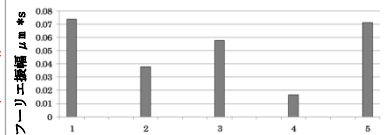


図9 実測によるフーリエ振幅分布 3.56Hz

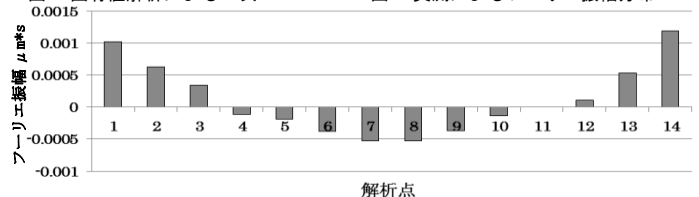


図10 面内曲げ卓越モード時のフーリエ振幅分布4次5.34Hz

2.2 必要スペクトル分解能の検討

超高層純ラーメン RC 造建物において、隣接する振動モードのスペクトル分解能の低下に伴い判別精度が低下する現象が確認された。よって、実測結果及び立体数値モデルの立体応答解析結果から適切なスペクトル分解能範囲を検討した。ここで、回転スペクトル上の隣接する2つの卓越ピーク間のデータ数を分解間隔 ds と定義する。分解間隔 ds は、その2つの卓越ピーク振動数 f_1, f_2 とスペクトル分解能 df により字式で表される。

$$ds = (f_1 - f_2)/df \quad (1)$$

$$df = 1/(N \times dt) \quad [\text{Hz}] \quad (2)$$

これを回転スペクトル上で表すと図11のようになる。波形時間刻み $dt = 0.01$ [s]で一定とし、解析スパン N をパラメータとした。各ケース別の固有振動数と振動モードの判別可否による検討結果(表1)を示す。

このとき① $ds = 1$: 固有振動数判別、振動モード判別共に判別不可② $ds = 2$: 固有振動数判別は可、振動モード判別は可又は不可③ $ds \geq 5$: 双方で判別可となった。したがって、分解間隔 $ds \geq 5$ を満たすスペクトル分解能 df の設定で本手法が有効となると判断した。

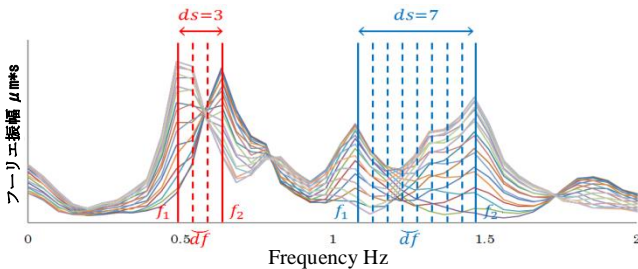


図11 回転スペクトル上の分解間隔 ds

表1 各ケース別検討結果一覧

解析スパン	分解能 [Hz]	近接ピーク振動数差	分解間隔	振動数判別	モード判別
実測結果	2048	0.04883	1	NG	NG
	4096	0.02441	1	NG	NG
	8192	0.01221	2	OK	OK
数値モデル応答結果	16384	0.006104	2	OK	NG
	16384	0.006104	5	OK	OK
	16384	0.006104	5	OK	OK
	16384	0.006104	8	OK	OK

2.3 必要測定波形長さの検討

これまで本手法における必要測定波形長さは300秒程度としてきたが、その妥当性の検討はされてこなかった。

そこで、平均スペクトルの時間別推移から、本手法における必要測定波形長さの妥当性の実証及び決定を目的として平均スペクトル安定時間の検討を行った。本研究では各種実在建物による検討結果のうち、超高層純ラーメン RC 造建物の例を挙げる。1次及び2次ピーク平均振幅と両ピーク平均振幅比の時間別推移を示す(図12)。

本例では平均スペクトルが200秒以降で安定推移へと移行することが確認された。また、他建物の検討結果からも同様の傾向が得られた事により、本手法における必要測定波形長さは300秒程度であると判断した。

2.3.1 測定波形長さによる回転スペクトル分解能の向上

本研究により測定波形長さを多くとる事によって、振動数分解能が向上する事が確認された。ここでは、S造純ラーメン建物の例を挙げる。測定波形長さの異なる回転スペクトルを確認すると、300秒の測定波形長さでは60秒の回転スペクトル図に比べ、1.8Hz、1.9Hz及び3.1Hzにおいて卓越が確認出来るようになった(図13)。

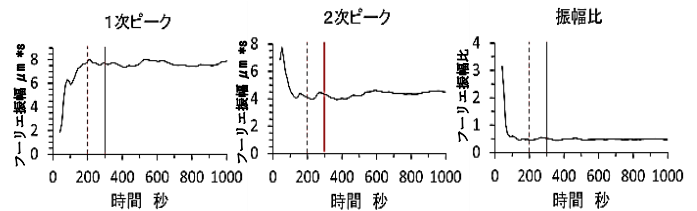


図12 平均スペクトルの時間別安定性推移

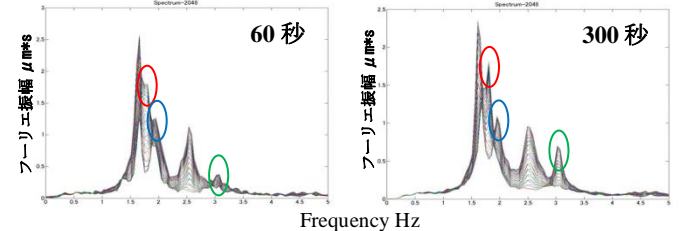


図13 平均スペクトル長さによる回転スペクトル分解能の向上

3. まとめ

実測結果で不明瞭な結果を生じる床スラブの面内曲げモードの確認と、振幅分布の検討を加えることによりこのモードの推定が可能となった。また、安定した結果を得るために必要な波形記録時間の長さを確認することができた。以上の検討により、提案している実測による建物の立体振動特性把握手法の制度を向上させ、その有効性を示す結果を得た。

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】松岡知亮, 山口洋平, 林正司, 常時微動測定を用いた3次元立体振動モード推定手法の検討, 学術講演会梗概集, 2011, 377P-378P.

*1 東京工業大学大学院 修士課程
 *2 芝浦工業大学大学院 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建築学科准教授

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