

高層 RC 造建物における少数加速度センサによる非観測層の応答推定手法に関する検討

正会員 ○菊池 友介*1 同 梨本 優也*1
同 鈴木 裕介*2 同 前田 匡樹*3

加速度センサ 非観測層 フィルタリング
応答推定 モード形

1. はじめに

加速度センサにより観測された応答から建物の残存耐震性能を高精度に評価することで、被害推定の大幅な省力化を期待することができる。既報、文献 1)、2) においては設計慣行に基づいて作成された解析モデルを用いた縮小 20 層 RC 造建物の即時損傷推定と耐震性能評価手法の検討がなされた。しかしこれは、全層の応答加速度記録が得られる場合のみ適用されるため、被災建物の残存耐震性能を評価するには加速度センサ非設置層の応答を精度良く推定することが重要であると考えられる。

そこで本研究では観測層の加速度データを用い、非観測層の応答推定手法について検討することを目的とする。

2. 非観測層応答推定手法の概要と各推定手法の説明

2.1 非観測層応答推定手法の概要

観測層の加速度データを用いてセンサ非設置層の応答を推定するにあたり、最も端的な手法としては、センサ設置層の応答値をそのまま使用して線形（または二次曲線など非線形）補間し、非観測層の応答を表す方法が考えられる。しかし、高層建物の応答変形には高次の振動モードが大きく影響するため、簡略的な補間による非観測層の応答推定では精度および汎用性が乏しくなる可能性がある。そこで、図-1 に示すように観測層の時刻歴応答加速度について周波数領域でフィルタリングを行い、モードごとに分解することで各モードにおいて非観測層の応答推定を行う。本手法では観測値から平均的な相対変位分布を抽出し、フィルタリングを行った後の相対変位の形状が最も近づくような周波数境界位置を検出した。

1 次、2 次、3 次モードそれぞれにおいて算出した観測層での時刻歴加速度波形を、時間領域における累積台形数値積分により二階積分し絶対変位を求め、時刻歴相対変位波形を算出した。本検討ではこれらを時刻歴中の各ステップにおいて線形補間推定、スプライン補間推定、モード形推定といった三種類の推定手法を用い、各モードの応答を推定し、モードごとの応答を合成することにより全層の相対変位を算出する。

2.2 各推定手法の説明

(1) 線形補間推定

観測層間の相対変位を線形で補間することにより非観測層の応答推定を行う。

(2) スプライン補間推定

スプライン補間³⁾は補間する領域をデータ間隔に区切り、その近傍の値を使い低次の多項式で区分的に近似関数を用い、導関数が連続になるように近似を行う。

(3) モード形推定

モード形推定では任意のステップにおける層ごとの相対変位分布が各モード形状と同様であると仮定し、解析モデルの固有値解析から算出した刺激関数を推定用のモード形として用い、図-2 に示すように刺激関数を比例倍し、最小二乗法により観測層における誤差が最も小さくなるように推定を行った。

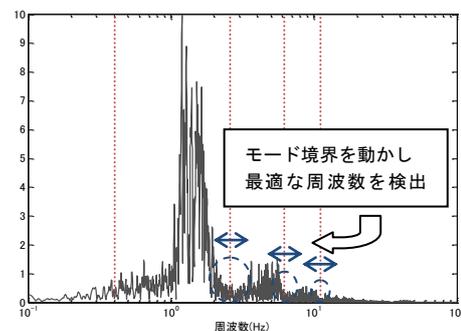


図-1 フーリエスペクトルのモード境界設定

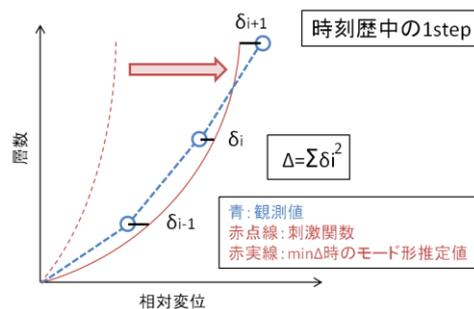


図-2 最小二乗法によるモード推定概念図

表-1 加振ケース () 内は実験時の呼称

加振ケース	基本波形	入力倍率	目標応答層間変形角	実層間変形角
Run.1 (1-5)	東京観測波	100%	1/200	1/234
Run.2 (2-2)		200%		1/137
Run.3 (2-6)		300%		1/86
Run.4 (3-2)	津島波	150%	1/50	1/64
Run.5 (3-5)		200%		1/35

3. 検討に用いる実験の概要

本研究において解析対象とする実験は、2012年にE-defenseで実施された、1/4縮小20層RC造試験体の振動台実験である。詳細については文献4)を参照されたい。

表-1に主な加振ケースを示す。Run.1, 2ではひび割れは発生したが降伏箇所は確認されず、Run.3で梁が降伏し始めRun.4, 5では柱も降伏した。Run.5では層間変形角1/35の大変形であったが倒壊には至らなかった。主に梁部材に降伏ヒンジが形成されているため、建物の崩壊形式は梁降伏先行の全体崩壊型であると考えられる。

4. 応答推定手法の実験への適用と推定結果の精度の検証

4.1 観測点数による各推定手法の精度の比較・検討

図-3に示した推定誤差割合より、相対変位は観測点数が少数の場合についてモード形による推定の推定誤差割合が最も小さいことがわかる。観測点数が多数の場合は線形、スプラインによる補間がより精度良く推定できており、モード形による推定は観測点数が増えても推定誤差割合が減少しない。

4.2 最大層間変形に関する検討

図-4に示した推定結果より、最大層間変形は線形で推定した場合層間変形が一定となり、観測点数が少数時の層間変形の推定には適さない。スプライン補間は観測点数が増えるにつれ概ね最大層間変形を包括しているが、スプライン補間の場合層間変形が滑らかになってしまう傾向にあり、最大層間変形のピークを抽出できない。これらに比べ、モード形による推定は低層こそ観測値を下回っているが、観測点数が少ない場合、層間変形を良く捉えられており、線形、スプライン補間に比べ、最大層間変形のピークも捉えることを確認した。

5. まとめ

対象とした実験において、非観測層の応答を推定する際、観測点数の少ない場合にはモード形推定が、観測点数の多い場合には線形補間やスプライン補間推定が有用であることが示された。また、最大層間変形についても観測

点が少なくなるほどモード形推定の方が良い推定結果が得られる傾向が示され、最大層間変形のピークを捉える点に課題は残るが、全層の観測データによる結果と概ね整合しており、損傷推定への適用の可能性を示唆した。

参考文献

- 1) 梨本優也 ほか：縮小20層RC造架構の震動実験を用いた損傷推定手法の検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.36，No.2，pp.259-264，2014
- 2) 梨本優也 ほか：中小地震観測データを用いたRC造建物の即時損傷推定と耐震性能評価手法の検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.37，No.2，pp.679-684，2015
- 3) 高橋大輔：数値計算，岩波書店，1996
- 4) (株)大林組 ほか：平成24年度国土交通省 建築基準整備促進事業：27-1：長周期地震動に対する鉄筋コンクリート造建物の安全検証方法に関する検討，平成25年3月

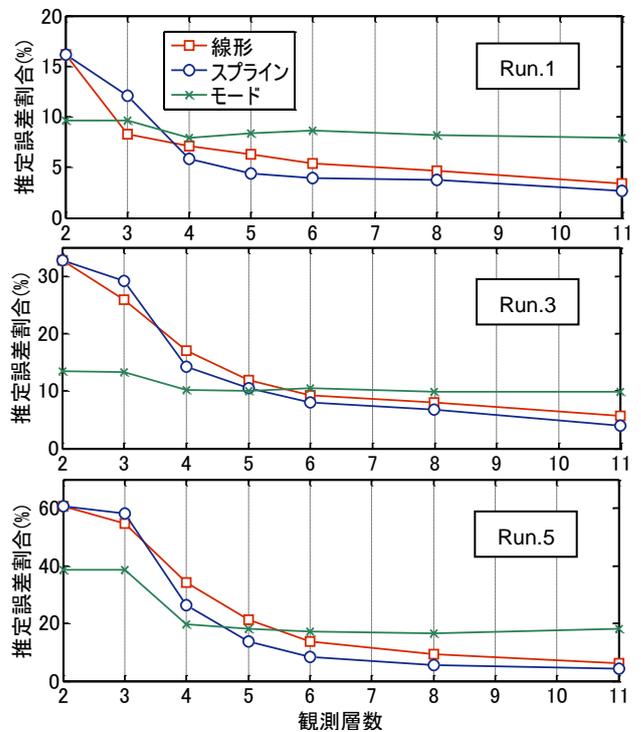


図-3 相対変位における推定誤差割合

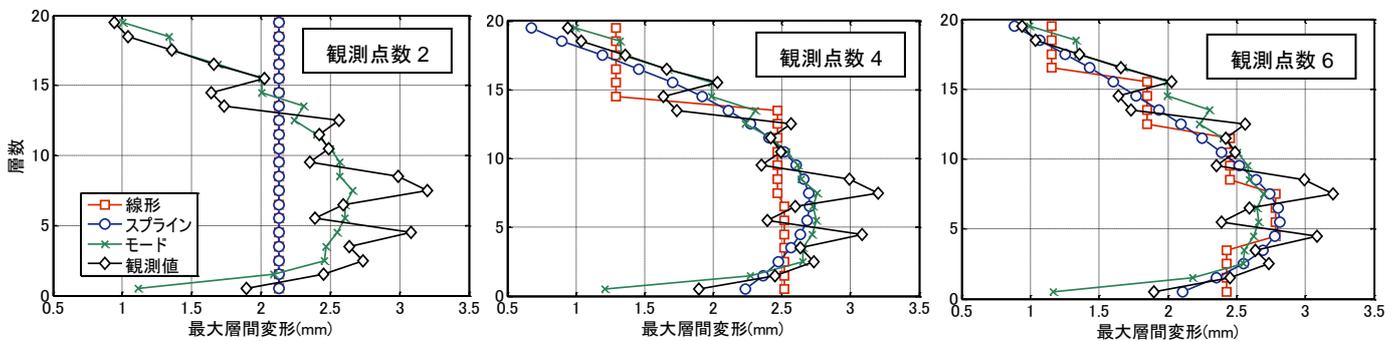


図-4 Run.1における最大層間変形

*1 東北大学大学院工学研究科 博士前期課程
 *2 大阪市立大学大学院工学研究科 助教・博士(工学)
 *3 東北大学大学院工学研究科 教授・博士(工学)

*1 Graduate Student, Graduate School of Eng., Tohoku Univ.
 *2 Assistant Professor, Graduate School of Eng., Osaka City Univ., Dr. Eng.
 *3 Professor, Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Dr. Eng.