

連層耐震壁を有するRC造建物の残存耐震性能評価法に関する研究

その3 加速度センサ記録を用いたRC造建物のヘルスマonitoringに関する検討

正会員 ○田畑 佑* 同 藤田 起章*
同 三浦 耕太** 同 Hamood Alwashedi***
同 前田 匡樹****

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 残存耐震性能

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。既報の文献 9) 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に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場合、実用的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手法として、最も簡単な手法としては、センサ設置層の応答値をそのまま使用して線形(または2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、応答変形に高次の振動モードが大きく影響するような場合、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。

1次から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3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

観測した各層の(基礎に対する)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¹⁰⁾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う¹¹⁾。

3. 応答推定手法の適用と推定結果

検討対象とする試験体及び解析モデルはその1で示したものの短辺方向(Y方向)とし、表1に示す地震波を用いて地震応答解析を行い、応答推定を行った。

今回の検討における加速度センサの設置パターンとして、図3に示すような2通りについて応答推定を行った。

3.1 最大層間変形に関する検討

Run.2における各床の最大相対変位をモード形推定により推定した結果を図4に示す。本解析モデルでは1次モードによる振動が支配的であることがわかる。

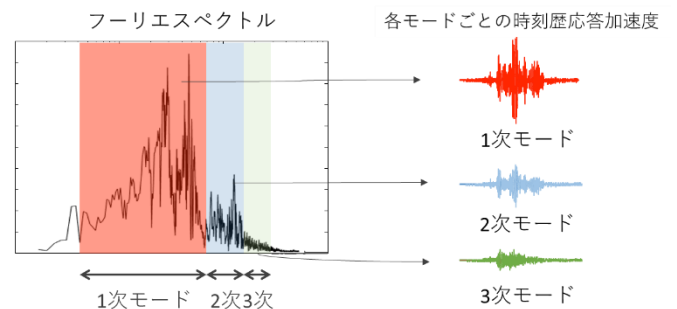


図1 加速度記録の各モード分解

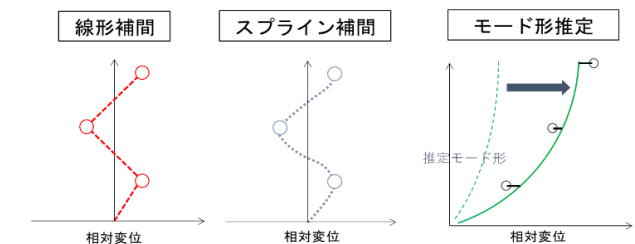


図2 非観測層の応答推定手法

Evaluation Method for Residual Seismic Capacity of RC Buildings with Multi-story Shear Walls

Part3 Study of Response Estimation Method of Unobserved Stories for RC Buildings based on Acceleration Sensors

TABATA Yu, FUJITA Kisho, MIURA Kota, HAMOOD Alwashedi and MAEDA Masaki

Run.1、Run.2における最大層間変形角を3種の推定手法により推定した結果を図5に示す。最大層間変形角は線形及びスプラインで推定した場合、観測点間の層間変形が一定となり、観測点数が少ない場合の推定には適さない。

3.2 推定精度に関する検討

各推定手法の妥当性を評価する指標として、層間変形角の正解値と推定値との誤差を式(3)により求めた。

$$r = \frac{1}{NI} \sum_{i=1}^{NI} \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \left| \frac{D_{obik} - D_{esik}}{D_{obik}} \right| \quad (3)$$

ここで、 D_{obik} は*i*層の*k*ステップにおける観測相対変位、 D_{esik} は*i*層の*k*ステップにおける推定相対変位、 NI は総層数、 n は総ステップ数を表す。ただし、小変形領域において精度良く推定を行うことは非常に困難であるため、推定値の平均誤差は層間変形角 1/200 以下の小変形領域時を取り除き、算出することとした。

図6に観測点数を変化させた場合の各推定手法による推定誤差割合を示す。少数観測の場合にモード形推定による推定誤差が低く、精度よく推定できていることがわかる。

4. まとめ

加速度センサの記録を用いて RC 造建物の残存耐震性能を評価することを目的として地震応答解析を行った。本解析モデルにおいては、非観測層の応答推定手法としてモード形を用いる推定法で、少数観測時に建物の最大層間変形角を概ね捉えることができる可能性を示した。

謝辞

本研究の一部は、JST 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム OPERA の支援によるものです。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本建築防災協会：震災建築物の被災度区分判定基準及び復旧技術指針，2016
- 2) 三浦耕太，前田匡樹：損傷前後の層間変形不変仮定に基づいた建物耐震性能に及ぼす各部材の影響度評価法の提案と RC 造梁曲げ降伏型全体崩壊形建物への適用性検討，日本建築学会構造系論文集，vol.83, No.747, pp.727-737, 2018.5
- 3) 三浦耕太他：架構耐震性能に及ぼす各部位の影響度に基づいた RC 造被災建築物の残存耐震性能評価法の高層建物への拡張，コンクリート年次論文集，

Vol.34, No.2, pp847-852, 2012.7

- 4) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説，1999.9
- 5) 松川和人，前田匡樹：地震応答スペクトルに基づく鉄筋コンクリート造建物の倒壊限界評価法，日本建築学会構造系論文集，vol.78.No.693, pp.1913-1921, 2013.11
- 6) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）・同解説，2004.7
- 7) 日本建築防災協会：既存鉄筋コンクリート造建物の耐震診断基準・同解説，2001，10
- 8) HAO LINFEI 他：破壊モード混在型被災 RC 造架構における構造性能低下を考慮した残存耐震性能評価法，コンクリート年次論文集，Vol.39, No.2, pp.721-726, 2017.7
- 9) 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
- 10) 高橋大輔：数値計算，岩波書店，1996
- 11) 菊池友介 ほか：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，コンクリート工学年次論文集，Vol.38, No.2, 2016

表 1 加振波

加振ケース	基本波形	入力倍率
Run.1	告示波（神戸位相）	50%
Run.2	EW成分	100%

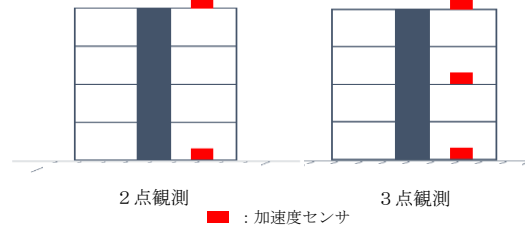


図 3 加速度センサの想定設置パターン

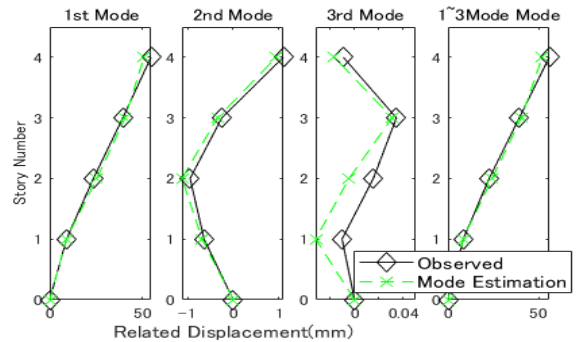


図 4 最大相対変位分布（モード推定）

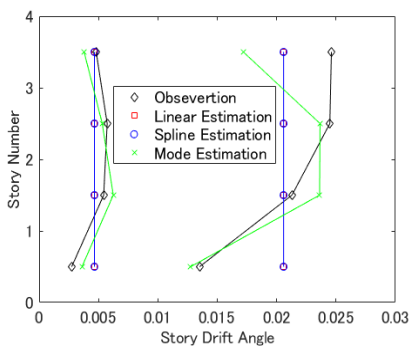


図 5.1 最大層間変形角（2点観測）

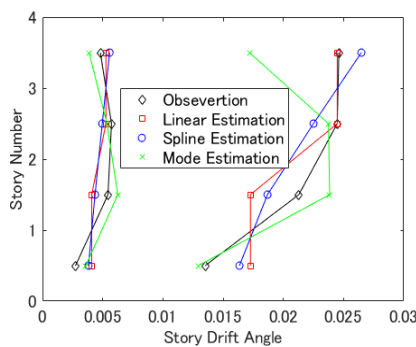


図 5.2 最大層間変形角（3点観測）

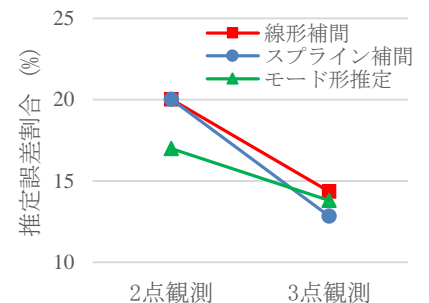


図 6 層間変形角の推定誤差割合

*東北大学大学院工学研究科 博士課程前期

**大林組

***東北大学大学院工学研究科 助教・博士（工学）

****東北大学大学院工学研究科 教授・博士（工学）

*Graduate Student, Graduate School of Eng., Tohoku Univ.

** Obayashi corporation

*** Assistant Professor, Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Dr. Eng.

**** Professor, Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Dr. Eng.