

1 台の加速度計による中高層 RC 造集合住宅の建物全体変形角の推定

Estimation of the Overall Drift Angle of Mid- to High-Rise RC Residential Buildings Using a Single Accelerometer

○吉野峻¹, 佐藤萌¹, 扇谷匠己², 北嶋圭二³
 *Syun Yoshino¹, Moe Sato¹, Narumi Ougiya², Keiji Kitajima³

Abstract: This study investigates a method for estimating a building's global drift angle using only a single accelerometer record. The proposed approach employs the approximate Sa-Sd relationship. To validate the method, time-history response analyses were performed for both a single-degree-of-freedom system and multi-story models. The results indicate that the global drift angle can be estimated from a single accelerometer record.

1. はじめに

近年、応急危険度判定に代わる判定方法として、構造モニタリングシステムを用いた方法が注目されている。本研究室では、低コストでの構造モニタリングシステムの開発を目的として、事前解析を必要とせず、等価高さ位置付近の床(以後、上屋床)と1階床の2台の加速度計から得られる加速度記録のみから推定した全体変形角により、建物の損傷程度が判定可能な手法を提案し、その有効性を示している¹⁾。しかしながら、加速度計を2台設置する場合であっても、配線工事等に費用を要してしまう。そのため、加速度計1台のみで建物の損傷程度を判定可能となれば、さらなるコスト低減につながる。

そこで本研究では、上屋床に設置した1台の加速度計から得られる加速度記録(以後、単点加速度記録)のみから建物の全体変形角を推定可能か検討することを目的とする。

2. 全体変形角推定手法

本研究では、式(1)に示す加速度応答スペクトルと変位応答スペクトルの近似的関係式を用いて、単点加速度記録のみから建物の全体変形角を推定する(以後、提案手法)。

$$S_D = S_A \times \left(T_d / 2\pi \right)^2 \quad (1)$$

S_D : 最大応答変位 S_A : 最大応答加速度 T_d : 卓越周期

以下に提案手法のフローを記す。

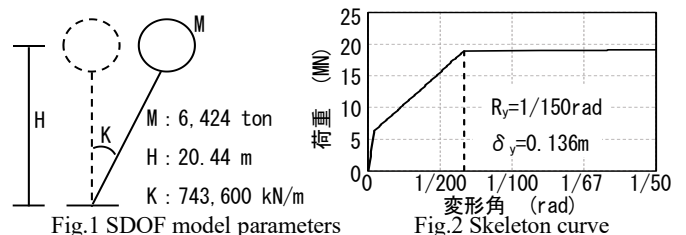
- ① 上屋床の加速度記録を計測
- ② 単点加速度記録より、卓越周期 T_d を推定(卓越周期推定方法の詳細は3章で検討)
- ③ 式(1)を用いて最大応答変位を推定
- ④ 推定した最大応答変位を最下階床から上屋床位置までの高さで除し、最大全体変形角を算出

3. 1 質点系モデルの応答解析結果を用いた検討

本章では、2章で提案した単点加速度記録を用いた全体変形角推定手法の適用性について1質点系モデルの応答解析結果を用いて検討する。提案手法では、卓越周期 T_d の推定が全体変形角の推定精度に大きく影響するため、まずは単点加速度記録から建物の卓越周期 T_d を推定する方法について3つの方法を比較する。次に、推定した卓越周期 T_d を用いて算出される全体変形角と、解析結果から得られる全体変形角の関係を比較することで、提案手法の適用性を評価する。

3.1 モデル概要および解析概要 10階建てRC造建物を想定した1質点系モデル諸元をFig.1、骨格曲線をFig.2に示す。履歴特性は武田モデル(除荷剛性係数0.4倍)とした。時刻歴応答解析は、Newmark β 法($\beta=0.25$)の数値積分法で積分刻みは1/1000秒と設定し、構造減衰は瞬間剛性比例型で3%とした。入力地震波は、日本建築センター、気象庁、KIK-net、K-NETの地震記録からランダムに30波を抽出した。

3.2 検討方法 卓越周期 T_d の推定方法として、全時刻の加速度記録のフーリエ振幅から推定する方法(以後、方法A)、最大加速度発生時刻以降の加速度波形のフーリエ振幅から推定する方法(以後、方法B)、そして加速度波形を1秒おきに5秒間の区間に分割してランニングスペクトルを計算し、最大加速度発生時刻以降の区間で平均する方法(以後、方法C)の3つの方法を比較した。検討には誤差((推定結果の周期/正解値)-1)および平均誤差(\sum |各ケースの誤差|/検討ケー



1: 日大理工・院(前)・海建 2: 長谷工コーポレーション・客員研究員 3: 日大理工・教員・海建

ス数)を用いる。なお、誤差評価の基準となる正解値は、解析結果の加速度記録のフーリエ振幅比(上屋加速度記録/地動加速度記録)から推定した卓越周期 T_d とする。また、各方法で推定した卓越周期 T_d を用いて算出した全体変形角(以後、 Re_1)と解析結果の全体変形角(以後、 Ra_1)の関係についても併せて確認する。

3.3 検討結果 3つの方法で評価した誤差をFig.3, 平均誤差をTable1に示す。また、 Re_1 と Ra_1 の関係をFig.4に示す。Fig.3より、各方法で大きなばらつきは見られないものの、平均誤差は方法Cが最も小さいことが確認できる(Table1)。さらに、方法Cにより算出した Re_1 が Ra_1 に対し、概ね $\pm 20\%$ の誤差で推定できていることが確認できる。

以上の検討より、単点加速度記録から卓越周期 T_d を推定する方法は加速度波形を1秒おきに5秒間の区間に分割してランニングスペクトルを計算し、最大加速度発生時刻以降の区間で平均する方法が有効であった。また、単点加速度記録より算出した Re_1 は Ra_1 に対し、概ね $\pm 20\%$ の誤差で推定可能であることから1質点系モデルに対する提案手法の適用性を確認した。

4. 多層建物モデルを用いた全体変形角の推定

本章では、多層建物モデルの時刻歴応答解析結果を用いて、提案手法が多層建物にも適用可能であるか検討する。比較対象として、文献2)を参考に各階の応答加速度と相対変位を用いて算出した動的縮約を正解値として用いる。

4.1 時刻歴応答解析概要 検討建物は10・15・19層の板状RC造高層集合住宅3棟である。平面形状は長辺方向が純ラーメン、短辺方向が耐震壁付きラーメン構造でスパン7×1で同一形状とした。建物モデル概要の詳細については文献1)を参照されたい。入力地震波は、最大地動速度を50cm/sに基準化した観測波4波(El-Centro, Taft, Hachinohe, JMA-kobe)のNS・EW波を用い、入力倍率を0.25刻みで0.5倍から2.0倍までとした計28波を用いた。入力は2方向同時入力とした。なお、本報では純ラーメン方向のみを検討対象とする。

4.2 全体変形角の推定 単点加速度記録より算出した全体変形角(以後、 Re)と動的縮約の全体変形角(以後、 Ra)の関係をFig.5に示す。Fig.5a)は先行研究¹⁾を参考に卓越振動数成分を抽出するためのフィルタ処理を行った単点加速度記録を用いて算出した結果、Fig.5b)はフィルタ処理前の単点加速度記録を用いて算出した結果である。使用するフィルタは6次のbutterworthフィルタとし、フィルタ幅は0.2Hzから卓越

振動数 $f_d(=1/T_d)$ の1.6倍までとした。その結果、 Re は Ra に対し、概ね $\pm 20\%$ の誤差で推定可能であった(Fig.5a)。一方、フィルタ処理前(Fig.5b)では、 Re は Ra に対して20%以上の過大評価になることが確認できる。

以上の検討より、多層建物においても卓越振動数成分を抽出するためのフィルタ処理を行うことで、単点加速度記録から建物の全体変形角が推定できることを確認した。

5. まとめ

限られた検討ケースであるが、本検討により得られた知見を以下に示す。

- 卓越周期 T_d を推定する方法は加速度波形を1秒おきに5秒間の区間に分割してランニングスペクトルを計算し、最大加速度発生時刻以降の区間で平均する方法が有効である。
- 多層建物においても卓越振動数成分を抽出するためのフィルタ処理を行うことで、1台の加速度計から得られる加速度記録のみから建物の全体変形角を推定可能である。

6. 参考文献

- 1) 扇谷, 北嶋ほか: 観測加速度記録に基づくRC造建物の応急危険度判定法の適用性に関する研究(その1~8), 日本建築学会学術講演梗概集, 2022~2025
- 2) 星, 倉本: 多層偏心建築物における等価1自由度系の地震応答特性と高次モード応答の予測, 日本建築学会構造系論文集, pp.89-96, 2007.6

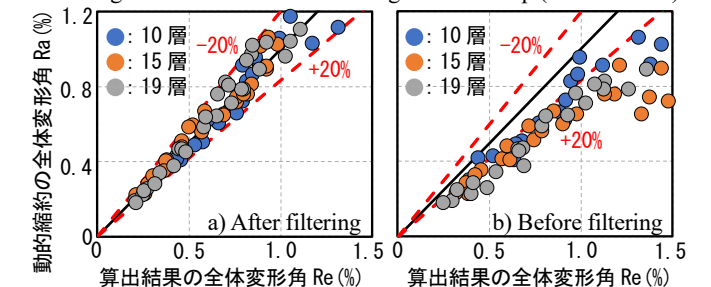
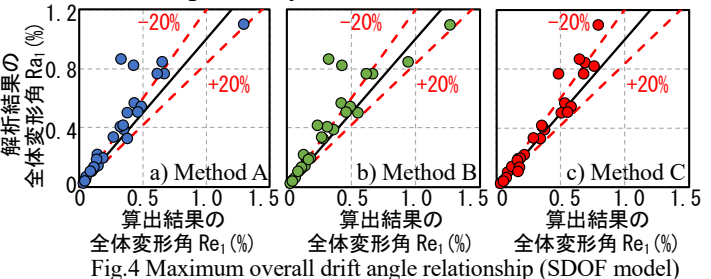
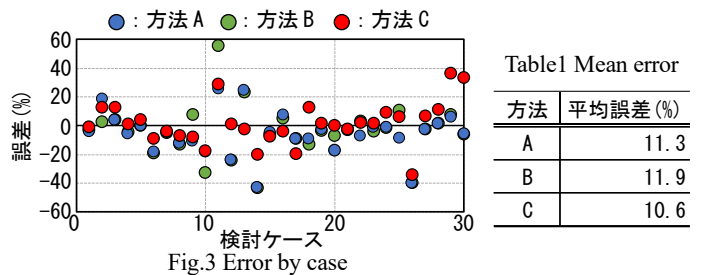


Fig.5 Maximum overall drift angle relationship (Multi-Story model)