

最上階に設置した加速度計の観測記録を用いた損傷評価方法

Damage Evaluation Method using the Observation Record of the Accelerometer installed on the Top Floor

○森川葵¹, 北嶋圭二², 中西三和², 安達洋³

*Aoi Morikawa¹, Keiji Kitajima², Mitsukazu Nakanishi², Hiromi Adachi³

Abstract: This study proposes a damage assessment method using the observation records of accelerometer installed on the top floor. Furthermore, it aims to estimate the maximum ductility factor after experiencing an earthquake by using the results obtained from previous studies.

1. はじめに

一般的な構造ヘルスマモニタリングは、事前解析により建物の構造特性を把握し、解析結果と観測記録の比較から建物の損傷度を判定する^[1]。しかし、事前解析を必要とする方法では、解析データが無い建物に適用することは困難である。このような背景のもと、既報^[2]では、事前解析を行わずに、最上階床に設置した加速度計の観測記録のみから建物の損傷度を評価することを目的として、観測記録から得られる建物の固有周期比と塑性率の関係を示した。また、これらの関係から得られた塑性率の推定式を用いて、多層建物の平均塑性率を概ね推定可能であることを示した。そこで本研究では、次のステップとして、最大層塑性率と平均塑性率の関係について検討する。

2. 平均塑性率の推定方法

1質点系建物モデル18ケースと地震波10波の計180ケースのパラメトリックスタディから得られた、塑性率と固有周期比 $(T_F/T_y)^2$ の関係を表す回帰式が式(1)である。なお、式(1)中の T_F は地震後の加速度波形をフーリエ変換し算出し、 T_y は式(2)を用いて算出する。

$$s\mu' = 2.1795 \times (T_F/T_y)^2 - 0.575 \quad (1)$$

$s\mu'$: 推定塑性率, T_F : 地震後の固有周期, T_y : 降伏時の割線周期

$$T_y = 2\pi\sqrt{HR_y/a_{cc}} \quad (2)$$

H : 建物等価高さ(=0.7 H_0), R_y : 降伏変形角, a_{cc} : 応答加速度

3. 平均塑性率と最大層塑性率の関係

Fig.1 に、多質点系スタディにより得られた平均塑性率と最大塑性率の関係を示す。ケース1は、特定層1層のみに損傷が集中し、その他の層の塑性率は1となるケース、ケース2は、いずれか2層の塑性率が2となり、その他の層の塑性率は1となるケースである。なお、図中には、最大層塑性率($m\mu_{max}$)と平均塑性率(μ_{ave})の割合 $m\mu_{max}/\mu_{ave}$ (以下、塑性率比とする) を赤字で示す。

Fig.1 より、ケース1、ケース2ともに、質点数が多くなるに伴い塑性率比($m\mu_{max}/\mu_{ave}$)も大きくなることを確認できる。また、ケース1、ケース2ごとの塑性率比($m\mu_{max}/\mu_{ave}$)の比較より、塑性率が2となる質点が少ないほど、塑性率比が大きくなることを確認できる。

多質点系スタディにより、ケース1の塑性率比($m\mu_{max}/\mu_{ave}$)は、質点数(n)を用いて式(3)で表すことができる。

$$\frac{m\mu_{max}}{\mu_{ave}} = \frac{2}{\frac{(n-1)+2}{n}} = \frac{2n}{n+1} \quad (3)$$

μ_{ave} : 平均塑性率, $m\mu_{max}$: 最大層塑性率, n : 質点数

また式(3)中の平均塑性率(μ_{ave})は、既報^[2]で定式化された式(1)を用いて概ね推定可能であるため、最大層塑性率は式(1)と式(3)式を用いて式(4)で表すことができる。

$$m\mu_{max} = \left(\frac{2n}{n+1}\right) \times s\mu' \quad (4)$$

$s\mu'$: 推定塑性率, $m\mu_{max}$: 最大層塑性率, n : 質点数

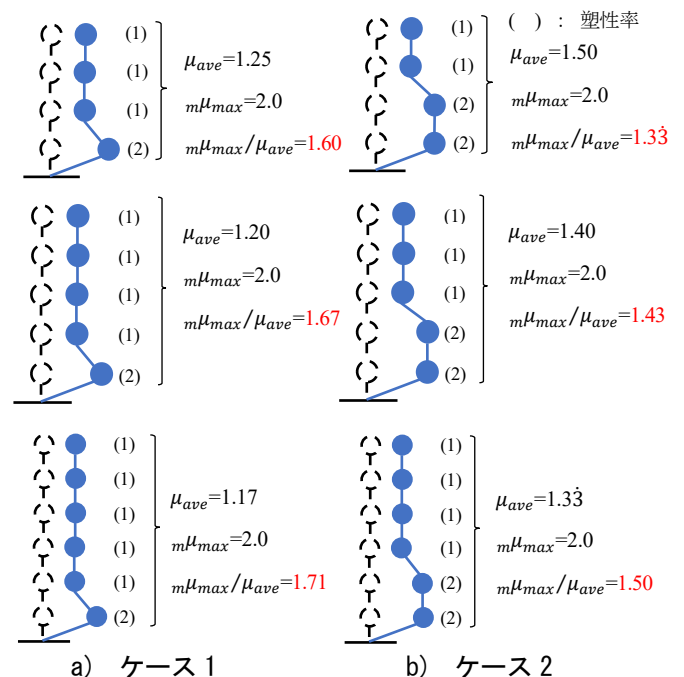


Fig.1 Relationship for maximum and average ductility factor

式(4)に式(1)を代入することで、最大層塑性率の推定式は、観測記録から得られる固有周期比 $(T_F/T_y)^2$ と質点数 (n) を用いて式(5)で表すことができる。

$$m\mu'_{max} = \left(\frac{2n}{n+1}\right) \{2.1795 \times (T_F/T_y)^2 - 0.575\} \quad (5)$$

上記に示した同様の手順を用いて、ケース2における最大層塑性率の推定式は、式(6)で表すことができる。

$$m\mu'_{max} = \left(\frac{2n}{n+2}\right) \{2.1795 \times (T_F/T_y)^2 - 0.575\} \quad (6)$$

4. 多層建物の最大層塑性率の推定

4.1 時刻歴応答解析結果と多質点系スタディの比較

検討対象建物は、全体崩壊形の6層SRC造建物^[2]と層崩壊形の4層RC造建物^[3]であり、立体骨組解析プログラムRESP-Dを用いて解析した。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秒と設定した。構造減衰は、初期剛性比例型減衰で5%と設定した。時刻歴応答解析で用いた入力地震動は、地動最大速度を50cm/secに基準化した観測波3波と模擬地震動1波の計4波である。

Fig.2, Fig.3に、検討対象建物2棟の層塑性率(解析結果)を示す。また、Table1, Table2には、時刻歴応答解析結果から得られた塑性率比と、多質点系スタディにより得られた塑性率比を示す。Table1(6質点), Table2(4質点)より、多質点系スタディで得られた塑性率比は、時刻歴応答解析結果から得られた塑性率比より大きな値となることを確認した。

4.2 最大層塑性率の推定結果

Fig.4 a)に、6層SRC造建物の検討対象建物の最大層塑性率(解析結果)と推定最大層塑性率の関係を示し、Fig.4 b)に、4層RC造建物の検討対象建物の最大層塑性率(解析結果)と推定最大層塑性率の関係を示す。Fig.4 a)より、式(5)を用いて推定した最大層塑性率と解析結果の最大層塑性率の相関係数は0.976となり、高い相関性が得られていることが確認できる。なお、変動係数は0.51であった。また、式(6)を用いて推定した最大層塑性率と解析結果の最大層塑性率の相関係数は0.972であり、高い相関性が得られている。なお、変動係数は0.50であった。次に、Fig.4 b)より、式(5)を用いて推定した最大層塑性率と解析結果の最大層塑性率の相関係数は0.964であり、高い相関性が得られている。なお、変動係数は0.36であった。また、式(6)を用いて推定した最大層塑性率と解析結果から得られる最大層塑性率の相関係数は、0.964であり、高い相関性を得られている。また、変動係数は0.34であった。Fig.4 a), b)より、4層RC造建物に式(6)を用いた場合に、変動係

数が一番小さくなることが確認できた。以上の結果により、式(5)、式(6)に、観測記録から得られる固有周期比 $(T_F/T_y)^2$ と建物階数を用いることで、検討対象建物の最大層塑性率を概ね推定可能であることが確認できた。

5. まとめ

- 最大層塑性率と平均層塑性率の関係を用いて、塑性率比 $(m\mu_{max}/\mu_{ave})$ と質点数 (n) の関係を示した。
- 定式化した最大層塑性率の推定式を用いて、検討対象建物の最大層塑性率を概ね推定し、解析結果との対応を確認した。

6. 参考文献

- [1]楠浩一:「建築物の構造ヘルスマニタリング」, コンクリート工学, Vol.58, No.9, pp.761-766, 2020
- [2]森本, 北嶋ほか:「地震前後の固有周期の変化率による建物損傷度の評価方法に関する基礎的研究」, 日本建築学会, pp.1061-1062, 2019
- [3]森川, 北嶋ほか:「最上階に設置した加速度計の観測記録を用いた損傷評価方法」(その1, その2), 日本建築学会, pp.71-74, 2021

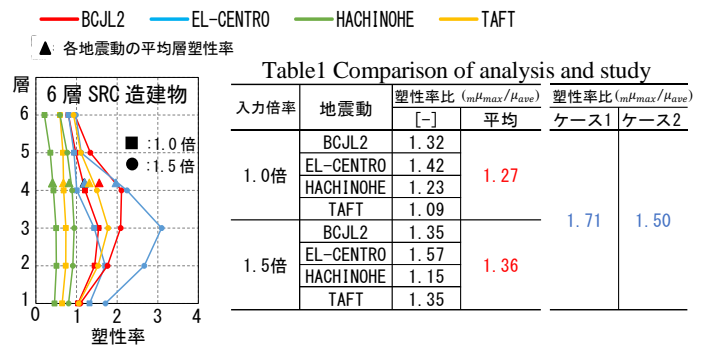


Fig.2 Story ductility factor

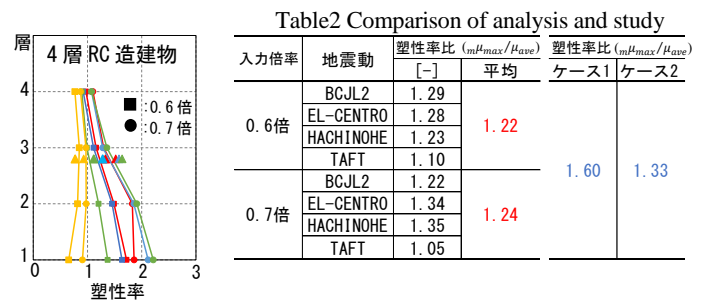


Fig.3 Story ductility factor

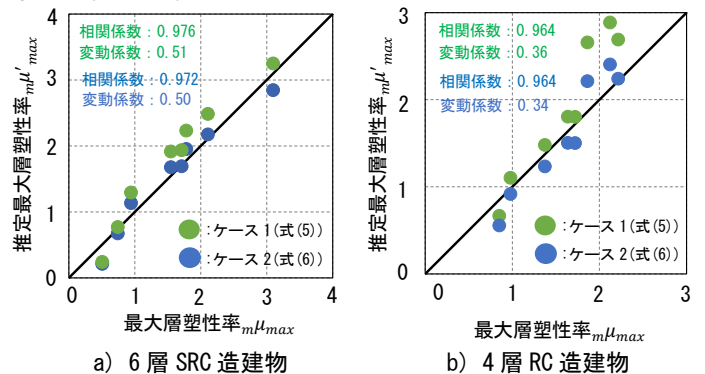


Fig.4 Relationship for analysis results - estimated results