

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
降伏判定条件に関する検討

Study on Quick Inspection of RC Structures with Recorded Accelerations
Yield Judgment Condition

○江口琢茉¹, 扇谷匠己², 北嶋圭二³

*Takuma Eguchi¹, Narumi Ougiya², Keiji Kitajima³

Abstract: The purpose of the study is to establish the conditions for determining the yield displacement to be equivalent to the experimental damage conditions and the same level of plasticity, and the results of a full-scale experiment conducted at E-defense will be used for the study. As a result of the study, plasticity rates comparable to the damage conditions were calculated.

1. はじめに

近年、応急危険度判定の有効な手段として、構造ヘルモニタリングシステムが注目されている。筆者らは、事前解析を行わず、2箇所の加速度記録のみから塑性率を推定し、損傷度の判定を行う手法(以後、本手法)を提案している。本手法のフローを Fig.1 に示す。先行研究では、塑性率を算定する上で必要な損傷に寄与する1次モード応答相当の履歴曲線を算出可能であり、最大相対変位も精度よく推定可能であることが示されている¹⁾。次に本手法は塑性率を用いて損傷評価を行うため、降伏変位を推定する必要がある。しかし、立体多層建物における建物全体の降伏点は明確ではない。そこで本研究では、実験結果の損傷状況と、同程度の塑性率となるような降伏変位の判定条件について検討を行う。検討対象実験はE-ディフェンス実験データベース(ASEBI)で公開されている実大10層実験(以後、10層実験)と実大5層実験(以後、5層実験)の実験データを用いる^{2) 3)}。Fig.2 に各実験の等価1質点への縮約結果(以後、実験結果)と本手法により算出した履歴曲線(以後、算出結果)を示す。

2. 実験概要

2.1 10層実験

試験体は、RC造で耐震壁付きラーメン構造である。本検討では純フレーム構造となる長辺方向のデータのみ用いる。実験では、兵庫県南部沖地震の観測波を10%、25%、50%、100%の順に3方向入力を行っている。本検討では、10%~100%までの波形を繋ぎ合わせ、1連の地震動と想定する。試験体の損傷状況²⁾は、50%加振時で梁端部や柱梁接合部に幅0.15mm程度のクラックが生じ、100%加振時でかぶりコンクリートの剥落が生じた。参考文献⁴⁾に示されている部材の損傷状況と塑性率の関係を Fig.3 に示す。Fig.3 より部材の塑性率

は50%加振終了時点で1.5程度、100%加振終了時点で2.5程度と推定できる。部材の塑性率と建物全体の塑性率が同程度であると仮定し、検討を行う。

2.2 5層実験

試験体は、RC造の純フレーム構造である。実験ではEl-Centro NS位相の模擬地震動を加速度波形とし、60%、100%、125%の順に長辺方向に1方向入力を行っている。本検討では、60%~125%までの波形を繋ぎ合わせ、1連の地震動と想定する。試験体の損傷状況³⁾は、100%加振時で1階脚部、2、3階の床梁の主筋の大半が降伏した。さらに5階床梁まで明瞭な残留ひび割れが確認されている。125%加振時では4、5階の主筋がさらに降伏した。Fig.3 より100%加振終了時点の部材の塑性率は1.5程度と推定できる。125%加振終了時点の部材の塑性率は、参考文献³⁾より100%加振時の約2倍の変形であったため、3.0程度と推定した。部材の塑性率と建物全体

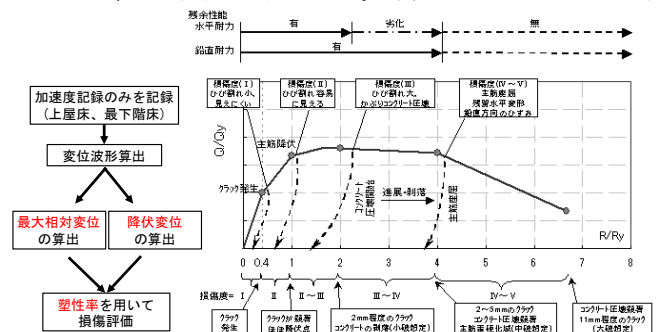


Fig.1 Method Flow Fig.3 Damage condition and plasticity rate

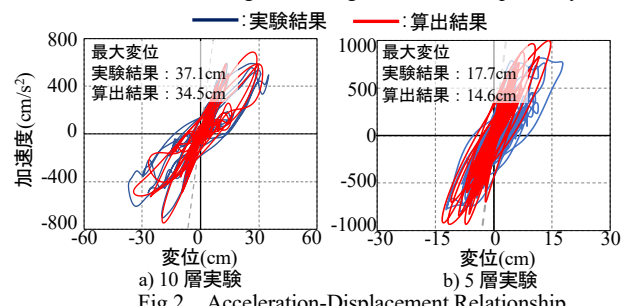


Fig.2 Acceleration-Displacement Relationship

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

の塑性率が同程度であると仮定し、検討を行う。

3. 降伏判定条件

Table 1 に本手法の降伏判定条件の項目を示す。Table 1 より全体変形角は、加速度計設置高さでの変形角である。これは微小な繰り返し挙動時に降伏判定が行われないようにするものである。また、純ラーメン構造は変形角 1/200 以下で降伏しないことから、全体変形角は 1/200 以上と設定する。 ω^2 比は履歴曲線上の初期剛性に対する瞬間接線剛性の低下率である。なお、負勾配の値は-1/50 とした。残留変形角は履歴曲線上で加速度が 0 時点の全体変形角である。通常、建物が降伏すると残留が生じるため、判定項目とした。Fig.4 に降伏判定条件の概念図を示す。

4. 降伏判定結果

前章で示した降伏判定条件式の内、 ω^2 比および残留変形角の閾値は定められていない。そのため本章では、 ω^2 比および残留変形角の閾値を変数として判定を行う。判定条件の組み合わせを Table 2 に示す。また、2章で仮定した建物全体の塑性率と比較を行う。

10 層実験の実験結果および算出結果に降伏判定を行った結果を Fig.5, 降伏判定結果の諸数値を Table 3 に示す。2章で仮定した塑性率(～50% : 1.5, ～100% : 2.5)と比較すると実験結果では、④以外のケースで大きな差異はなく仮定した塑性率に近い塑性率を示した。算出結果では各ケースで塑性率にばらつきが見られ、①のケースが仮定した塑性率に最も近い塑性率を示した。

5 層実験の実験結果および算出結果に降伏判定を行った結果を Fig.6, 降伏判定結果の諸数値を Table 4 に

示す。2章で仮定した塑性率(～100% : 1.5, ～125% : 3.0)と比較すると、実験結果では②, ④のケースでは、～100%で降伏判定が行われていない。一方、①のケースでは、～100%, ～125%ともに仮定した塑性率に近い値を示した。算出結果では、①と②のケースが仮定した塑性率に最も近い塑性率を示した。

5. まとめ

以上の検討より、10 層実験および 5 層実験においては、全体変形角が 1/200 以上、 ω^2 比が-1/50 以上、1/5 以下、残留変形角が 1/1000 以上の判定条件が最も実験結果と近い塑性率を推定可能な条件であった。

6. 参考文献

- 江口, 扇谷, 北嶋: 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3), 日本建築学会学術講演梗概集, pp.197-198, 2023.9
- 国立研究開発法人防災科学研究所「E-Defense 実験データアーカイブ(ASEBI)」, 「現行耐震設計基準に基づく 10 層 RC 造骨組の崩壊メカニズムと普及型高耐震技術に関する実験」, <https://doi.org/10.17598/nied.002>
- 国立研究開発法人防災科学研究所「E-Defense 実験データアーカイブ(ASEBI)」, 「5 階建て鉄筋コンクリート造建築物の降伏点・減衰評価実験」, <https://doi.org/10.17598/nied.0020>
- 横内, 薄田, 北嶋ほか: 既存 RC 造校舎の耐震性能および損傷評価に関する実験的研究, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.895-896, 2002.8

Table 1 Yield judgment Condition Item

項目	条件式
全体変形角	$R \geq \frac{1}{200}$
ω^2 比	$-\frac{1}{50} \leq \frac{\omega_t^2}{\omega_0^2} \leq \frac{1}{5}$ or $\frac{1}{10}$
残留変形角	$d \geq \frac{1}{500}$ or $\frac{1}{1000}$

Table 2 Yield judgment case

ケース	ω^2 比	残留変形角
①	$-\frac{1}{50} \leq \frac{\omega_t^2}{\omega_0^2} \leq \frac{1}{5}$	$d \geq \frac{1}{1000}$
②	$-\frac{1}{50} \leq \frac{\omega_t^2}{\omega_0^2} \leq \frac{1}{5}$	$d \geq \frac{1}{500}$
③	$-\frac{1}{50} \leq \frac{\omega_t^2}{\omega_0^2} \leq \frac{1}{10}$	$d \geq \frac{1}{1000}$
④	$-\frac{1}{50} \leq \frac{\omega_t^2}{\omega_0^2} \leq \frac{1}{10}$	$d \geq \frac{1}{500}$

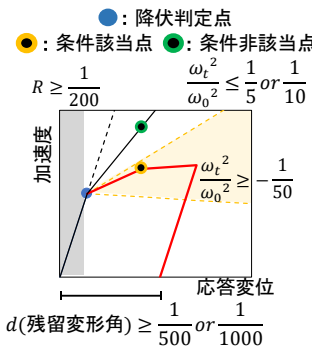


Fig.4 Yield Judgment Condition

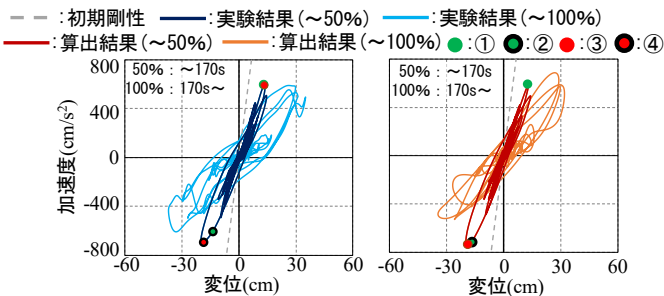


Fig.5 Yield point(10 layer experiment)

Table 3 Yield judgment result (10 layer experiment))

ケース	判定時刻 (s)	変位 (cm)	ω^2 比	R	μ (～50%)	μ (～100%)
①	125.86	13.1	1/8	1/140	1.53	2.84
②	126.22	13.9	1/5	1/131	1.44	2.66
③	125.87	13.3	-1/154	1/137	1.50	2.79
④	126.29	18.7	1/11	1/98	1.07	1.98

b) 算出結果(10層実験)

ケース	判定時刻 (s)	変位 (cm)	ω^2 比	R	μ (～50%)	μ (～100%)
①	125.87	12.9	1/9	1/142	1.54	2.68
②	126.26	16.7	1/5	1/109	1.18	2.06
③, ④	126.29	18.5	1/16	1/99	1.07	1.86

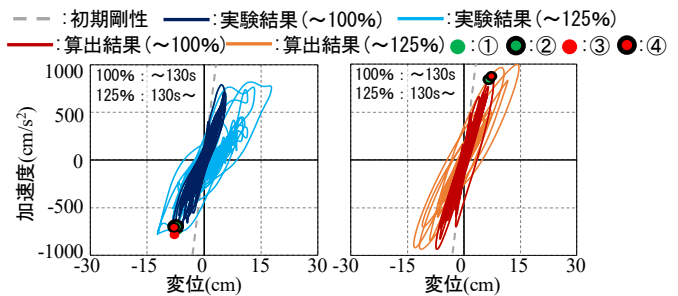


Fig.6 Yield point(5 layer experiment)

Table 4 Yield judgment result (5 layer experiment)

ケース	判定時刻 (s)	変位 (cm)	ω^2 比	R	μ (～100%)	μ (～125%)
①	85.65	7.0	1/6	1/143	1.25	2.53
②	142.41	7.3	1/7	1/136	—	2.42
③	85.67	7.8	1/10	1/127	1.12	2.26
④	142.42	7.7	1/68	1/130	—	2.30

b) 算出結果(5層実験)

ケース	判定時刻 (s)	変位 (cm)	ω^2 比	R	μ (～100%)	μ (～125%)
①, ②	76.69	6.5	1/5	1/153	1.20	2.23
③, ④	76.71	7.2	1/70	1/139	1.09	2.02