

## 実大振動台実験結果を用いた木造住宅の残留変形角と最大層間変形角の関係

正会員	○小谷菜央	*1
同	平井敬	*2
同	永野康行	*3

地震動  
木造建築物

残留変形角  
被害調査

最大層間変形角

## 1. 序

応急危険度判定マニュアル<sup>1),2)</sup>によると、木造建築物の場合、一般に残留変形角は地震時の最大層間変形角の半分程度であるとしているが、わずかに数件の E-Defense 実験結果を用いた基準であるために、いまだ十分に立証されていないと言える。また、鋼構造における柱の損傷と残留傾斜角の関係について、既往研究では、伊藤ら<sup>3)</sup>は、局部座屈による柱部材の耐力劣化を考慮した骨組みに対し地震応答解析を行い、部材の損傷と残留傾斜角の関係を調査した。柱上端に着目した際に、ダメージと残留傾斜角が関連した関係にあるとしたが、建物全体への被害程度や残留変形角については言及されていない。そこで、残留変形角の推定により、最大層間変形であるダメージを推定する必要があると考える。

そこで、本研究では、木造住宅を対象に E-Defense<sup>4),5),6),7)</sup>の実大振動台実験の結果を用いて、残留変形角と最大層間変形角との対応関係を検討及び考察した。

## 2. 研究方法

## 2.1. 検討対象の試験体

検討対象とした試験体と加振内容を表 1 に示す。実験防災科学技術研究所の E-Defense 実験データを参照し、外壁損傷の見られた木造建築物の実験 5 件<sup>4),5),6),7)</sup>を対象とした。各試験体について複数回の加振が行われているが、表 1 にはそのうち最終の加振方向に関する情報を掲載している。

## 2.2. 最大層間変形角と残留変形角の算出

実験試験体の各構面に設置された変位計の記録から、残留変

形角と最大層間変形角を求め、最大層間変形角 / 残留変形角の比を求めた。層間変形角  $\gamma$  は、変位計の記録  $D$ 、1 層の階高  $H$ 、変位計取付部の水平方向の長さ  $B$  をもとに文献<sup>5)</sup>と同様に次式により算出した。

$$\gamma = \frac{\{(D+L) - H^{0.2}\}^{0.5} - B}{H} \quad (1)$$

ここで、 $D$ 、 $L$ 、 $H$ 、 $B$  は単位 mm での値を用いる。 $L$  は下記のように定義される量である。

$$L = \sqrt{H^2 + B^2} \quad (2)$$

## 3. 分析結果

## 3.1. 最大層間変形角と残留変形角の比

図 1 に試験体の構面ごとに最大層間変形角と残留変形角の関係を示す。グラフにプロットされている 43 個の点すべてを対象に、最大層間変形角が残留変形角に比例するとして最小二乗法により比例係数を算出すると、1.24 であった。これは、最大層間変形角は平均的には残留変形角の 1.24 倍程度であることを示しており、応急危険度判定マニュアル<sup>2)</sup>において説明されている 2 倍よりも安全側の値である。

## 3.2. 各構面における最大層間変形角と残留変形角

図 1 では、傾き 1.24 の比例直線付近に分布する点と、残留変形角をほとんど生じておらず縦軸付近に分布する点がある。ここで、試験体 D の平面中央部 (図 1 に示した D-5-1)、および試験体 C の平面中央 (図 1 の C-5-1) に注目する。表 1 に示した通り、両試験体は同じ構造で、

最終の加振内容も同じであるにもかかわらず、残留変形角が大きく異なっている。図 2 に D-5-1、図 3 に C-5-1

表 1 試験体の諸元と最終加振内容

試験体名	工法	階数	入力地震動	加振方向	倍率	H / mm	B / mm
A	枠組工法	3	JMA 神戸	X, Y	1.0	2775	2730
B	軸組工法	3	人工地震波(2種地盤)	Y	1.6	2800	2730
C	軸組工法	2	JMA 神戸	3方向	1.0	3000	2959
D	軸組工法	2	JMA 神戸	3方向	1.6	3000	2959
E	軸組工法	2	KiK-net 益城波(本震2回目)	X, Y	1.0	2959	2800

Relationship between residual deformation angle and maximum interstory deformation angle of wooden houses using full-scale shaking table experiment results

KOTANI Nao, HIRAI Takashi and NAGANO Yasuyuki

の履歴ループをそれぞれ示す。いずれも力-変位関係が塑性領域に達している。

#### 4. 結

本論では、木造建築物を対象とし、E-Defense で行われた振動実験の結果の分析を行い、最大層間変形角と残留変形角との比率を検討した。試験体の各構面に設置された変位計の記録をもとに1階部分の外壁各4面とその中央での層間変形角を求め、最大層間変形角と残留変形角の比は、約1.24倍であった。

残留変形角は開口部の有無などの建築物自体が持つ構造特性や地震の振動特性に依存することから、検討を行う試験体を選定し、あらゆる地震波による影響を考慮した建物の挙動推定に着目した最大層間変形角と残留変形角の比率において検討する必要がある、今後の課題である。

#### 謝辞

本論の作成にあたっては、国立研究開発法人防災科学技術研究所地震減災実験研究部門契約研究員 藤原淳氏の協力を得た。E-Defense 実験データアーカイブ (ASEBI)<sup>4), 5), 6), 7)</sup>において公開されている E-Defense の実験データを使用する。それぞれ、ここに記し謝意を表す。

本研究の遂行にあたり、ひょうご震災記念 21 世紀研究機構による研究調査助成事業「演繹と帰納の両面からのアプローチによる減災都市に向けた革新的建築設計法」の助成を受けた。

#### 参考文献

- 1) 内閣府防災担当：災害に係る住家被害の被害認定基準運用指針，内閣府防災ホームページ，2021.3.，[https://www.bousai.go.jp/taisaku/pdf/r303shishin\\_all.pdf](https://www.bousai.go.jp/taisaku/pdf/r303shishin_all.pdf) (2023/6/30 参照)
- 2) 被災建築物応急判定研究会：被災建築物応急危険度判定マニュアル，日本建築防災協会，1998.4
- 3) 伊藤慶彦，石田孝徳，松本由香：鋼構造剛接骨組みにおける柱の損傷と残留傾斜角の関係，鋼構造年次論文報告集，vol.31, pp.639-647, 2023.11
- 4) 防災科学技術研究所：ASEBI E-Defense 実験データアーカイブ，課題名「耐震等級の異なる木造住宅の耐震性能検証に関する実験」，<https://asebi.bosai.go.jp/viewer/2017/13> (2024/03/04 参照)
- 5) 防災科学技術研究所：ASEBI E-Defense 実験データアーカイブ，課題名「3 階建て木造軸組工法の設計法検証に関する実験」，<https://asebi.bosai.go.jp/viewer/2009/134> (2024/03/04 参照)

6) 防災科学技術研究所：ASEBI E-Defense 実験データアーカイブ，課題名「2 階建て木造住宅（大安心の家）の耐震性能検証に関する実験」，<https://asebi.bosai.go.jp/viewer/2007/137> (2024/03/04 参照)

7) 防災科学技術研究所：ASEBI E-Defense 実験データアーカイブ，課題名「地盤配管設備等の非構造部材を含む3階建て木造住宅の機能を検証する E-ディフェンス実験」，<https://asebi.bosai.go.jp/viewer/2018/102>(2024/03/04 参照)

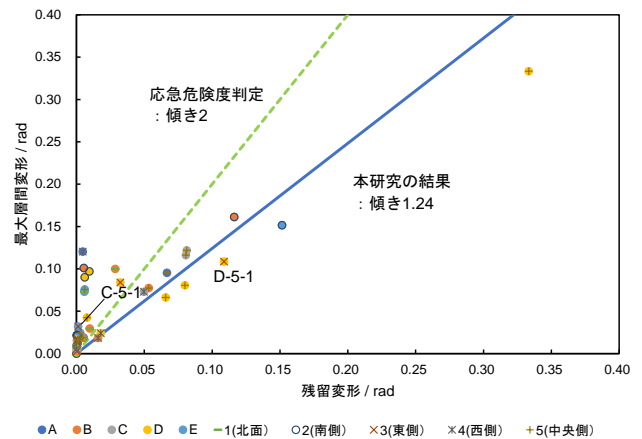


図1 残留変形と最大層間変形の関係，試験体の挙動の分類，および力-変位関係算出の対象とした試験体Dの記録

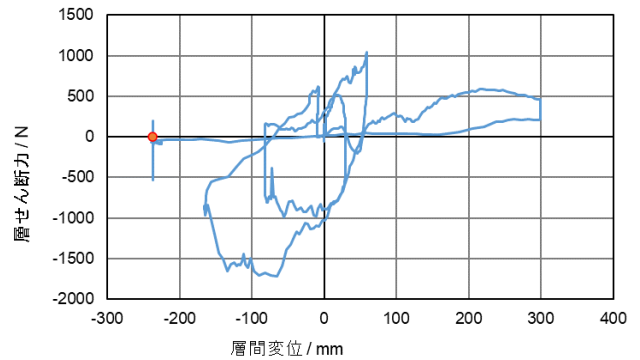


図2 試験体Dの1階平面中央の力-変位関係

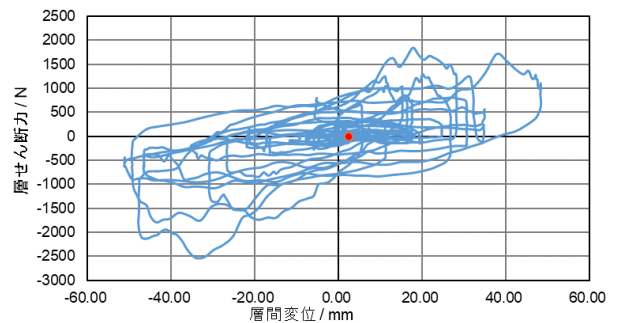


図3 試験体Cの1階平面中央の力-変位関係

\*1 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科 博士前期課程

\*2 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科 准教授・博士(工学)

\*3 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科 教授・博士(工学)

\*1 Graduate student, Grad. Sch. Dis. Res. and Gov., Univ. Hyogo

\*2 Assoc. Prof., Grad. Sch. Dis. Res. and Gov., Univ. Hyogo

\*3 Prof., Grad. Sch. Dis. Res. and Gov., Univ. Hyogo