

【研究ノート】

建物の被害認定調査への活用を目指した残留変形の研究

小谷菜央¹，平井敬²，永野康行³

¹ 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科，大学院生

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)

本研究では，木造住宅が地震による被害を受けた際の最大層間変形と残留変形の関係を明らかにすることを目的とし，防災科学技術研究所の E-Defense 実験結果のデータを用いた分析を行い，建物の最大層間変形と残留変形との関係を考察した．対象建築物は 2，3 階建ての枠組工法(1 棟)と軸組工法(2 棟)の木造住宅 5 棟を対象とし，一階のみ 4 構面及び中央に設置された変位計を用い，それぞれの変位計における合計で 43 箇所を対象とした．各構面ごとにばらつきは見られるものの，分析から得られた一階平面中央の最大層間変形と残留変形の間には一定の相関を確認することができた．

キーワード：木造住宅，被害認定調査，残留変形，最大層間変形

1. はじめに

地震災害時，自治体による被害認定調査は住家の被害状況を調査し，災害による被害の程度を証明する罹災証明書を交付することに第一義的な目的がある．応急危険度判定マニュアル¹⁾では，木造建築物の場合，一般に残留変形は地震時の最大層間変形の半分程度であるとしているが，いまだ十分に立証されていない．被害認定調査における最大層間変形と被害区分の関係について，祖父江ら²⁾は，IES(統合地震シミュレーション)内での時刻歴応答解析による最大層間変形の推定及び分析し，その値と被害区分を対応させた閾値を設定し，被害区分の推定を行ったが，その根拠は明らかではない．

本研究では，木造建築物を対象に E-Defense³⁾⁴⁾⁵⁾の実大振動台実験の結果と時刻歴応答解析をもとに残留変形と最大層間変形との対応関係を明らかにし，被害認定調査における被害判定の適正化を目的とする．

2. 試験体と分析方法

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．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。表 2 にすべての加振履歴を示す。

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	
						階高	水平方向の幅
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

表 2 各試験体の加振の履歴

地震波	JMA 神戸波	JMA 神戸波	JR 鷹取波	JR 鷹取波	JMA 神戸波	JR 鷹取波	JMA 神戸波	JMA 神戸波	JMA 神戸波	JR 鷹取波	JMA 神戸波
レベル	25%	50%	25%	50%	100%	100%	25%	25%	100%	100%	100%
方向	X,Y	X,Y	X,Y	X,Y	X,Y	X,Y	X,Y	X,Y	X,Y	X,Y	X,Y
試験体	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
地震波	ステップ波	BSL	ステップ波	ホワイト ノイズ波	BCJ_L2	BCJ_L2	ステップ波	BCJ_L2	BCJ_L2	JMA 神戸波	JMA 神戸波
レベル	100%	160%	50gal	50gal	20%	20%	50gal	100%	100%	100%	100%
方向	Y	Y	X,Y,Z	X,Y,Z	Y	X	X,Y,Z	X,Y	X,Y	3 軸	3 軸
試験体	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C
地震波	ステップ波	ホワイトノ イズ波	BCJ_L2	BCJ_L2	ステップ波	BCJ_L2	BCJ_L2	JMA 神戸波	JMA 神戸波	JMA 川口波	ステップ波
レベル	50gal	50gal	20%	20%	50gal	100%	100%	100%	100%		
方向	X,Y,Z	X,Y,Z	Y	X	X,Y,Z	X,Y	X,Y	3 軸	3 軸	3 軸	X,Y,Z
試験体	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
地震波	JMA 輪島波	JMA 神戸 波	KiK-net 益城波 (前震)	KiK- net 益城 波 (本震)	KiK-net 益城波 (本震)						
レベル			100%	100%	100%						
方向	3 軸	3 軸	X,Y	X,Y	X,Y						
試験体	D	D	E	E	E						

3. 分析結果

3.1 最大層間変形と残留変形の比

図 1 に試験体の構面ごとに最大層間変形と残留変形の関係を示す。グラフにプロットされている 43 個の点すべてを対象に、最大層間変形が残留変形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、最大層間変形は平均的には残留変形の 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²⁾において説明されている 2 倍よりも小さな値である。

3.2 加振の履歴と最大層間変形の関係

図 1 において最大変形・残留変形ともに最大となっているのは試験体 D である。表 2 に示す通り、加振を経験した回数は試験体 D が最も多く 15 回であり、次に A, C, E, B の順となっている。そのため、試験体 D は他の試験体と比較して外壁並びに各構面の耐震性能が低下した状態であったことが推測される。試験体 D において非常に大きな最大層間変形ならびに残留変形が生じたのはこのためと考えられる。

3.3 各構面における最大層間変形と残留変形

図 1 では、傾き 1.24 の比例直線付近に分布する点と、残留変形をほとんど生じておらず縦軸付近に分布する点がある。大きな残留変形を生じた記録は、各試験体の平面中央部、試験体 D の東側構面、および試験体 E, B の南側構面のものである。一方、ほとんど残留変形を生じなかった記録は、各試験体の北側構面および試験体 C の側面のものである。こうした傾向は、各試験体とも北側に壁が多く、南側に大きな開口部があることによるものと推測できる。

図 3 に残留変形 0.01 以下の範囲について図 1 を拡大して示す。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 2 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、残留変形が大きく異なっている。表 2 に示した加振の履歴の違いが影響している可能性がある。図 3 に D-5-1、図 4 に C-5-1 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。このことから、試験体 C の残留変形がきわめて小さいことは力-変位関係が弾性範囲にあったためではなく、別の要因による結果であることが分かる。

4. まとめ

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、建物被害を示す最大層間変形と残留変形との関係を定義するとともに、実験画像をもとにした被害区分判定の分析結果と各最大層間変形との関係について検討した。以下に、本論で得られた結論を述べる。

- ・1 階中央床面の最大層間変形と残留変形の関係において、対象としたすべての試験体で各平面における変形角において、比較的残留変形が大きく、最大層間変形ともに大きな値になるという傾向は見てとれたが、各構面においての地震後の残留変形には試験体モデルの性能ごとのばらつきが大きかった。
- ・最大層間変形と残留変形の比は、約 1.24 倍であった。
- ・加振回数の多い試験体 D は多くの構面で複数回の地震動入力を受けることにより残留変形が大きく表れる傾向にあるといえる。

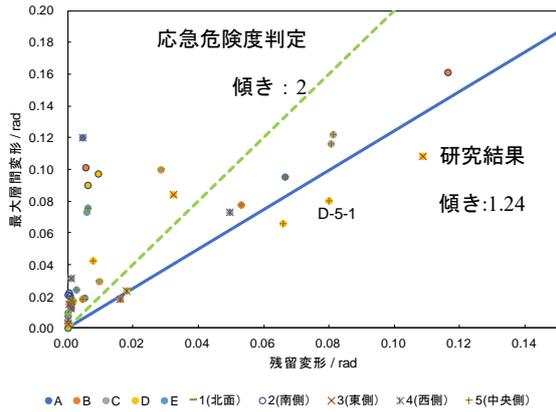


図 1 残留変形と最大層間変形の関係、試験体の挙動の分類、および力-変位関係算出の対象とした試験体 D の記録

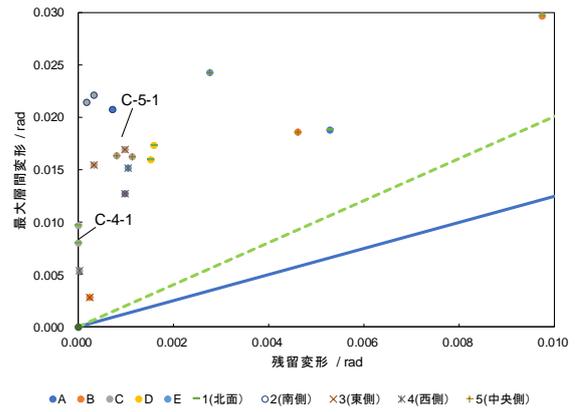


図 2 残留変形と最大層間変形の関係および力-変位関係算出の対象とした試験体 C の記録

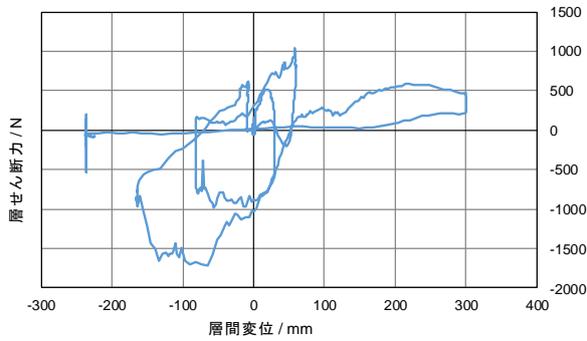


図 3 試験体 D の 1 階平面中央の力-変位関係

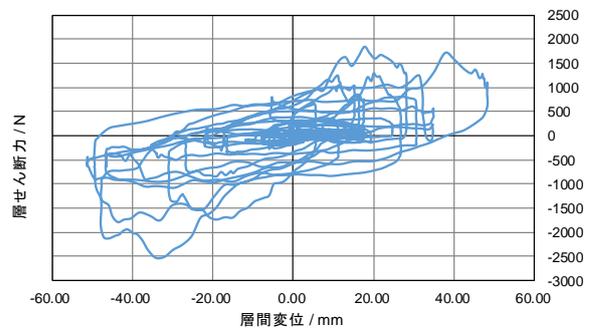


図 4 試験体 C の 1 階平面中央の力-変位関係

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ました。E-Defense 実験データアーカイブ (ASEBI)^{3),4),5),6)}において公開されている E-Defense の実験データを使用しています。それぞれ、ここに記し謝意を表します。

参考文献

- 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
- 祖父江俊介，筒井寛太，永野康行，浦川豪：地震時の最大層間変形角に設けた閾値の被害認定調査への適用，日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿），pp. 213-214，2023. 9
- 防災科学技術研究所：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>（参照 2023-6-30）
- 防災科学技術研究所：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>（参照 2023-6-30）
- 防災科学技術研究所：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>（参照 2023-6-30）
- 防災科学技術研究所：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>（参照 2023-6-30）

Note:

Research on residual deformation for use in building damage certification surveys

Kotani Nao¹, Hirai Takashi², Nagano Yasuyuki³

¹ Graduate School of Disaster Resilience and Governance, University of Hyogo, Graduate Student

² Graduate School of Disaster Resilience and Governance, University of Hyogo, Associate Professor, Dr. Eng.

³ Graduate School of Disaster Resilience and Governance, University of Hyogo, Professor, Dr. Eng.

Abstract

In the event of a disaster, the primary purpose of the damage certification survey by the local government is to investigate the damage status of houses and to issue a disaster victim certificate that proves the degree of damage caused by the disaster. In issuing the disaster certificate, a visual inspection was conducted by an unprofessional investigator, and we believe that there is a problem with the accuracy of the determination. In this study, we clarify the relationship between maximum story deformation and residual deformation when a wooden house is damaged by an earthquake. Analysis using the data of the E-Defense experiment results of the National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention was conducted, and the relationship between the maximum story drift angle and the residual drift angle of the building was considered. The target buildings are 5 two- or three-story wooden houses constructed by the frame construction method (one building) and the framework construction method (two buildings). A total of 43 points were targeted for each displacement gauge. Differences in the relationship between maximum interlaminar deformation and residual deformation are confirmed from differences in earthquake history for each structural surface and test.

Keywords: Wooden house, Damage assessment survey, Residual deformation, Maximum interlayer deformation