

木造住宅の地震応答における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

木造住宅	振動	残留変形角
最大層間変形角	地震	被害認定調査

1.はじめに

大規模な地震が発生し、建築物に被害がもたらされたときに、建築物の損傷程度を適切に評価することは重要である。「震災建築物の被災度区分判定基準」によると、木造建築物の被災度区分は、非構造部材・二次部材の被災度区分により無被害、軽微、小破、中破、大破、倒壊の6区分に判定される¹⁾。被災度を判定する項目の一つに、柱の残留変形角がある。また、被災建築物応急危険度判定マニュアル²⁾では、最大層間変形角は残留変形角の2倍程度と見積もられるとしている。しかし、これはわずかに数件の木造建物の実大震動台実験結果を根拠としており、実際の建築物の被害程度を正確に表しているかどうかは明らかとなっていない。より現実的なモデルによる検討に基づく基礎的な知見の蓄積が必要であると考える。

以上の背景を踏まえ、本研究では木造住宅倒壊解析用ソフトウェアwallstat³⁾を使用し、2階建て木造住宅を対象とし、活断層近傍での地震動を模擬したRicker Waveletを用いて時刻歴応答解析を行い、木造住宅の地震応答における残留変形角と最大層間変形角の関係を明らかにすることを目的とする。

2.解析方法

2.1.試験体について

解析モデルを図1に示す。解析モデルデータは、京都市大学生存圏研究所生存圏開発創成研究系の中川貴文准教授より提供されたものを使用した。解析モデルは、耐震等級1の耐震性となるように耐力壁を調整して作成した。1階と2階の階高がそれぞれ2.8mの2階建ての在来軸組構法の木造住宅である。なお、耐力壁や水平構面、接合部のモデル化についてはwallstatに標準装備されている設定を用いた。解析モデルは壁率比1.0, 1.3, 1.5の3種類を設定した。それぞれ耐震等級1, 2, 3相当である。壁率比1.0のモデルの固有振動数は、X, Y方向についてそれぞれ2.56 Hz, 2.13 Hzである。

2.2.入力地震動について

時刻歴応答解析の入力加速度波形として使用したRicker Waveletは、卓越振動数0.6・1.0・1.4・2.0 Hzのものを使用した。一例として卓越振動数1.0 Hz、加速度の絶対値の

最大値（以降、入力加速度と表記する）1 cm/s²の加速度波形を図2に示す。ここで、卓越振動数とは、図2に示した加速度波形のフーリエ振幅スペクトルがピークを持つ振動数のことである。地震動はX方向に入力し、入力加速度による最大層間変形角と残留変形角の違いを考察した。

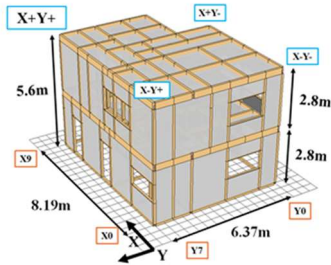


図1 解析モデルの外観

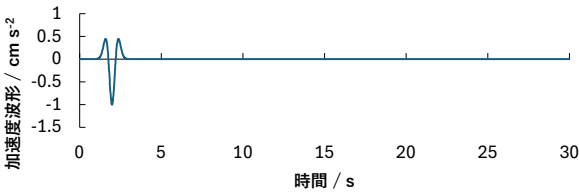


図2 卓越振動数1.0 HzのRickerWavelet

3.応答結果

3.1.壁率比による残留変形角と最大層間変形角の関係

壁率比1.0のモデルに対し入力地震動を卓越振動数1.0 HzのRicker Waveletとした解析結果を図3に示す。横軸に残留変形角、縦軸に最大層間変形角を示す。青点データは残留変形角が1/120 rad以上となった応答結果について示す。黒色の実線は被災建築物応急危険度判定マニュアルの記述に対応する傾き2の直線であり、黒色点線は傾き1.5および2.5の直線である。この解析モデルと入力地震動波形の組合せに対しては、残留変形角0.04 radのとき最大層間変形角は0.07 radと0.09 radの2つの候補が存在することになる。

図3では、最大層間変形角が残留変形角の1.5倍から2.5

倍までに収まる区間がある。この範囲において、被災建築物応急危険度判定マニュアルの記述は、有効数字1桁の精度で一応成り立っているといえる。表1に、この関係が成り立つ範囲の下限と上限の層間変形角を、3種の壁率比についてそれぞれ示す。壁率比の増加に伴い、この範囲の残留層間変形角・最大層間変形角の下限と上限はいずれも増大した。

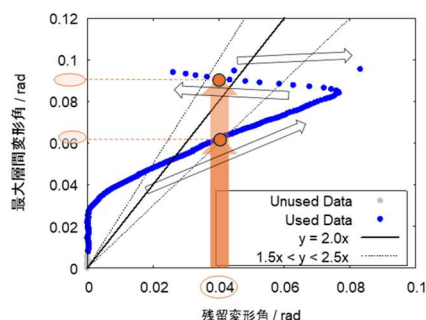


図3 残留変形角と最大層間変形角の関係

表1 最大層間変形角が残留変形角の1.5倍～2.5倍に収まる範囲

壁率比	残留変形角 / rad		最大層間変形角 / rad	
	下限	上限	下限	上限
1.0	1/52	1/25	1/21	1/14
1.3	1/52	1/18	1/21	1/12
1.5	1/43	1/13	1/17	1/8

3.2.入力地震動の卓越振動数による残留変形角と最大層間変形角の関係

壁率比1.0のモデルに対し入力地震動を卓越振動数0.6, 1.4, 2.0 Hzの Ricker Wavelet とした解析結果を図4に示す。入力地震動の卓越振動数0.6, 1.4, 2.0 Hzに対して、それぞれ入力加速度 971 cm/s², 1051 cm/s², 1481 cm/s²で倒壊した。また、すべての結果に共通の傾向として、入力加速度の増加に伴い、ある大きさまでは残留・最大層間変形角ともに増加した。しかし、さらに大きな入力加速度に対しては、最大層間変形角の増加につれて残留変形角が減少する傾向が見られた。卓越振動数1.4 Hzにおいては入力加速度 961～1001 cm/s²の区間においてこの傾向がみられた。

4.まとめ

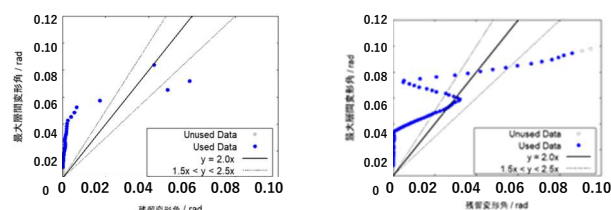
本研究では、木造住宅の地震応答における残留変形角と最大層間変形角の関係及び被災建築物応急危険度判定

マニュアルとの対応について検討した。

・卓越振動数1.0 Hzの Ricker Wavelet 入力に対して、壁率比1.0のモデルでは残留変形角 1/52～1/25 rad, 最大層間変形角 1/21～1/14 radの範囲で被災建築物応急危険度判定マニュアルの記述が有効数字1桁の精度で一応成り立つ。

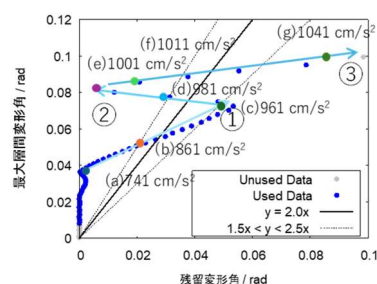
・壁率比の増加に伴い、この範囲の残留層間変形角・最大層間変形角の下限と上限はいずれも増大した。

・入力加速度の増加に伴い、ある大きさまでは残留・最大層間変形角ともに増加した。しかし、さらに大きな入力加速度に対しては、最大層間変形角の増加につれて残留変形角が減少する傾向が見られた。



(a) 卓越振動数 0.6 Hz

(c) 卓越振動数 2.0 Hz



(b) 卓越振動数 1.4 Hz

図4 入力地震動による残留・最大層間変形角の関係

参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策研究所, 国立研究開発法人研究所: 震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針[木造編], 一般財団法人 日本建築防災協会, 2016.3, p.IV-5
- 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, p.23
- 3) 木造住宅 倒壊解析用ソフトウェア wallstat(ver5), <http://www.nilim.go.jp/lab/idg/nakagawa/wallstat.html>

謝辞

本研究は、公益財団法人ひょうご科学技術協会より「企業・大学院連携研究」として助成を受けたものである。連携企業である株式会社明神総合建設の皆様には大変お世話になった。使用した解析モデルの元データは、京都大学生存圏研究所生存圏開発創成研究系准教授 中川貴文 博士より提供されたものである。ここに記し、謝意を表す。

*1 株式会社東畑建築事務所 修士(学術)

*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 Tohata Architects and Engineers Co., Ltd., MPhil.

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

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