

制震機能付き筋かい金物の耐震性能評価

その5 地震応答解析による最大層間変位の評価

在来軸組構法 筋かい 制震
高減衰ゴム 地震応答解析 壁量充足率

正会員 ○中尾 方人*
同 古田 智基**
同 申 吉峰***
同 新原 剛***

1. はじめに

前報で報告した振動台実験の結果を用いて耐力壁の復元力特性モデルを作成し、本金物および既存金物を筋かいの留め付けに用いた2階建の在来軸組構法木造住宅の地震応答解析を実施して、最大層間変位の評価を行った。

2. 耐力壁のモデル化

筋かい耐力壁(本筋かい金物、既存金物)、合板耐力壁は、骨格曲線が4折線で、最大耐力以降の負勾配、ピンチング効果を考慮できる、Wayne-Stewartモデルを用いた。モデルの各パラメータは、振動台実験で得られた層せん断力-層間変位関係を考慮し、応答変位の時刻歴が振動台実験の結果に近くなるように調整した。調整して得られた層せん断力-層間変位関係を図1に示す。

3. 2階建木造住宅の地震応答解析モデル

在来軸組構法の2階建木造住宅の2質点系地震応答解析モデルを作成するにあたり、「壁量充足率」、「壁量充足率比」、「合板負担率」および「床面積比」をパラメータとした。各パラメータの定義と値の範囲を以下に示す。ここで、たすき掛け二つ割り筋かい耐力壁の許容せん断耐力は、筋かい金物の種類によらず7.84kN/m、合板耐力壁は4.90kN/mとした。

- 壁量充足率：1階重量と2階重量の和の0.2倍に対する1階の耐力壁の許容せん断耐力の割合で、1.0~2.0、0.1刻みとした。なお、2階の壁量充足率は、2階の重量の(1.4×0.2)倍に対する2階の許容せん断耐力の割合とした。
- 壁量充足率比：2階の壁量充足率の1階の壁量充足率に対する割合で、1.0~2.0、0.2刻みとした。
- 合板負担率：各階の許容せん断耐力のうち、構造用合板が占める割合で、0~0.8、0.2刻みとした。
- 床面積比：1階の床面積に対する2階の床面積の割合で、0.7~1.0、0.1刻みとした。なお、2階の単位床面積あたりの重量は、1階の0.7倍とした。

解析モデルの1階には、壁長が1P(910mm)のたすき掛け二つ割り筋かい耐力壁を1箇所配置し、質点の重量と2階の耐力壁の量を調整することで、所定のパラメータとした。入力地震波はBCJ L2波とし、粘性減衰は瞬間剛性比例で5%とした。解析モデルの数は、本金物の場合、既

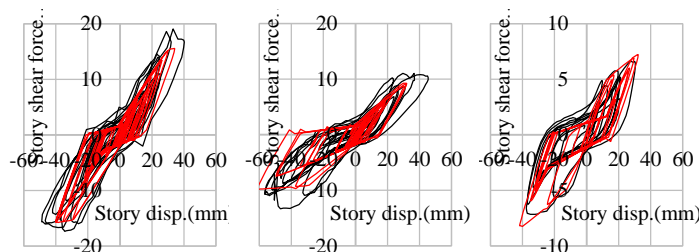


図1 振動台実験結果と解析結果との対応
(黒線：振動台実験、赤線：解析)

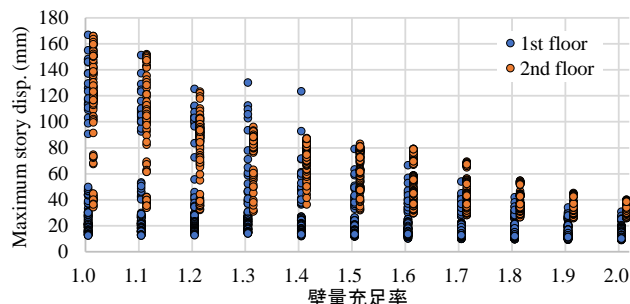


図2 最大層間変位の一覧

表1 各パラメータが変化した場合の最大層間変位の変動係数(標準偏差/平均値)の平均値

	1階		2階	
	本金物	既存金物	本金物	既存金物
壁量充足率	0.42	0.34	0.27	0.17
壁量充足率比	0.15	0.21	0.56	0.75
合板負担率	0.15	0.08	0.09	0.07
床面積比	0.02	0.03	0.03	0.04

存金物の場合とも $11 \times 6 \times 5 \times 4 = 1,320$ である。

4. 解析結果

図2は、本金物を使用した場合の壁量充足率と各階の最大層間変位との関係である。壁量充足率が高くなるにつれて、層間変位が小さく、また、最小値に対する最大値の比も小さくなる傾向である。最大値が1/30radを超えないようにするには、壁量充足率は1.5程度必要であるといえる。

各パラメータが最大層間変位に及ぼす影響を把握するため、当該のパラメータ以外の3つのパラメータの値を固定し、当該のパラメータが変化したときの最大層間変位の変動係数(標準偏差/平均値)を求め、その平均値を表1

にまとめた。

これによると、合板負担率と床面積比の変動係数の平均値はかなり小さいことが分かる。すなわち、これらのパラメータの値が変化しても、最大層間変位への影響は小さく、壁量充足率と壁量充足率比が大きく影響するといえる。

そこで、同一の壁量充足率と壁量充足率比のケースについて、最大層間変位の平均値を求め、図3のように、等高線図に表した。

本金物を用いた場合の1階については、壁量充足率比が1.2以上では、壁量充足率1.0で層間変位は110mm～145mm、壁量充足率1.5で64mm～69mm、壁量充足率2.0で33mm～34mmである。しかし、壁量充足率比が1.0の場合は、1階より2階の層間変位が大きくなる傾向であり、2階が1階に先行して最大耐力に達して復元力特性の下り勾配に達するため、2階に変形が集中し、1階の変形は小さくなる。そのため、壁量充足率比が1.0の場合、壁量充足率が1.0と2.0の場合の最大層間変位は、40mmと28mmであり、変動幅は小さい。

本金物を用いた場合の2階については、壁量充足率比が1.2以上のとき、壁量充足率1.0で層間変位は14mm～38mm、壁量充足率が1.5で13mm～24mm、壁量充足率2.0で9mm～18mmである。壁量充足率比が1.0のときは、上記の理由により、1階とは逆に、壁量充足率に対する変動幅が大きくなり、壁量充足率が1.0の場合は127mm、2.0の場合は25mmである。

既存金物の場合についても同様に、等高線図を作成した。傾向は、本金物の場合と同様であるが、層間変位は本金物の場合より大きく、1階については、壁量充足率比が1.2以上のとき、壁量充足率1.0で161mm～171mm、壁量充足率が1.5の場合で84mm～87mm、壁量充足率2.0で62mm～65mmであり、本金物の場合の1.2～1.9倍である。2階は、壁量充足率比1.2以上、壁量充足率1.0で14mm～37mm、壁量充足率1.5で15mm～28mm、壁量充足率2.0で13mm～22mmであり、本金物を用いた場合より、最大で1.4倍程度である。

5. まとめ

振動台実験の結果を用いて耐力壁の復元力特性モデルを作成し、2階建木造住宅の地震応答解析を行って、壁量充足率等のパラメータと最大層間変位との関係を把握した。この層間変位をデータベース化することで、簡単に、木造住宅の地震時の最大層間変位や損傷を把握できるシステムを構築する予定である。

謝辞

本研究は科学技術振興機構(JST)の研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)の支援を受けて行われました。ここに記して、感謝の意を表します。

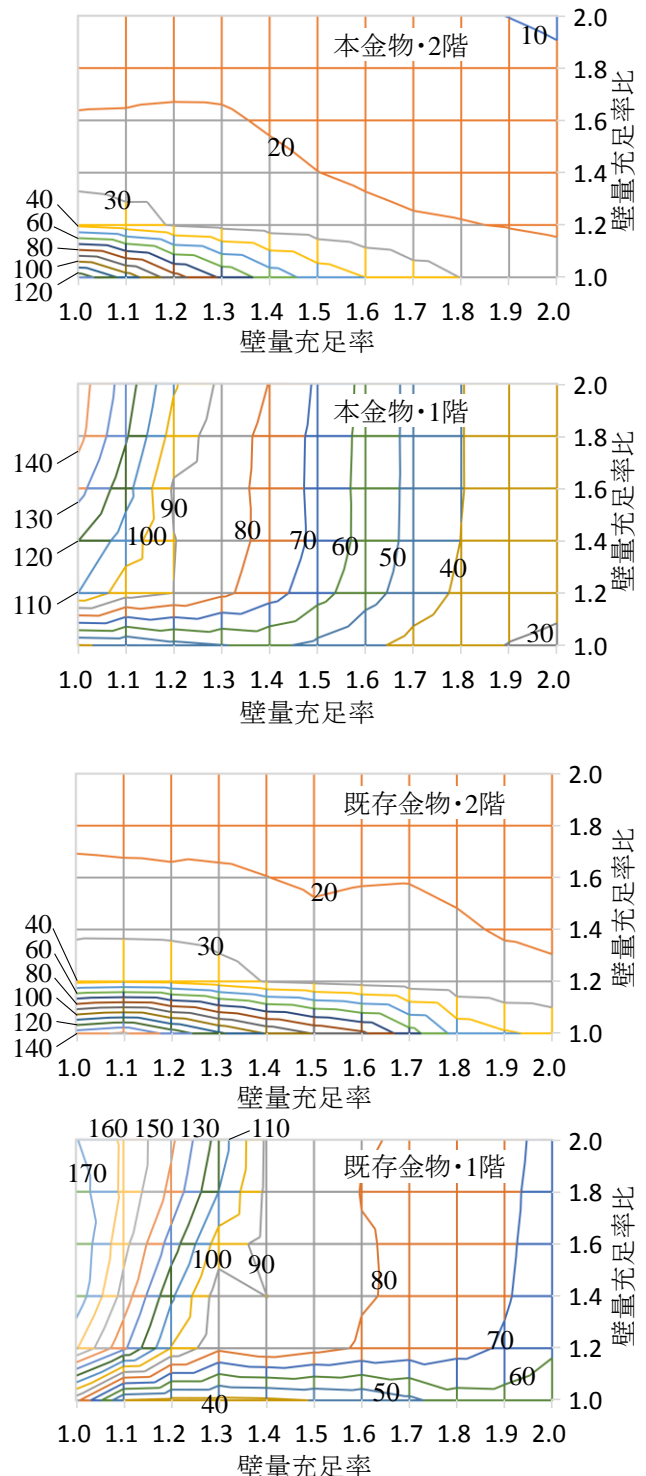


図3 地震応答解析による2階建木造住宅の最大層間変位 (図中の数値は最大層間変位 (単位: mm))

*横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院 博士(工学)
 **第一工業大学建築デザイン学科 教授・工博
 ***鎌田建設株式会社

* Yokohama National University, Dr. Eng.
 ** Professor, Daiichi Institute of Technology, Dr. Eng.
 *** Kamada Construction Co., Ltd.