

すべり支承を設けた免震木造住宅の壁量に関する研究

山本 享明

A Study on Quantity of Walls of the Wooden Houses Supported by Sliding Support Devices

Takaaki YAMAMOTO

緒言

「木造住宅の壁量に関する研究」¹⁾及び「木造住宅の壁量に関する研究 第2報」²⁾において、建築基準法施行令第46条第3項の壁量の規定によって設計した一般的な木造住宅（いわゆる耐震住宅）においては、壁量を大きくする必要があることを指摘した。

本稿においては、免震木造住宅としての壁量について、現行の法律がどの程度の安全性を持っているか検証する。尚、地震時のみを対象にし、台風時は考慮していない。

研究方法

図1から図4に表される矩形平面と切妻屋根を持つ整形な2階建て免震木造住宅を対象とする。建設地は積雪荷重を長期荷重として考慮しなくてもよい一般地域とする。



図1 1階平面図



図2 2階平面図

本モデルは、建築基準法施行令第46条第3項の壁量の規定によると、軽い屋根の場合で、地震により必要な総有効壁長（壁長×壁倍率の合計）は1階で16m、2階で9mとなる。これらの壁倍率に見合う壁量を設定し、3質点にモデル化し地震応答解析により壁量として必要な性

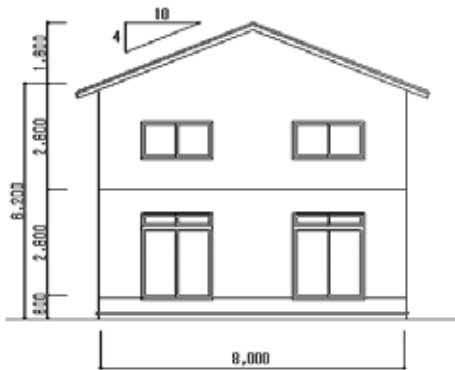


図3 南立面図



図4 西立面図

能を調べる.

免震装置はセイフティーテクノ型剛すべり支承材とセイフティーテクノ型復元材の組合せによるもので、その配置形状は文献「すべり支承を設けた木造戸建住宅の鉄骨架台の施工精度に関する考察」³⁾に倣う.

図5に示すように基礎固定とし、1階、2階及び屋根に質点を設け、水平バネとダッシュポットにより接合されていると考える. 免震層の荷重変形曲線は図6のようにバイリニアモデルとし、初期剛性は剛すべり支承材を用いているため無限大とし、すべり出し以降は復元材による剛性を考慮し、復元力特性は初期剛性を用いる. 1階及び2階の荷重変形曲線は図7のように完全弾塑性型のバイリニアモデルとし、復元力特性は初期剛性を用いる.

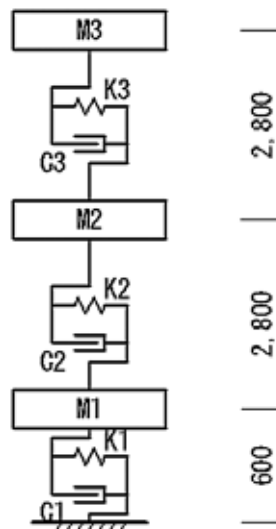


図5 3質点モデル図

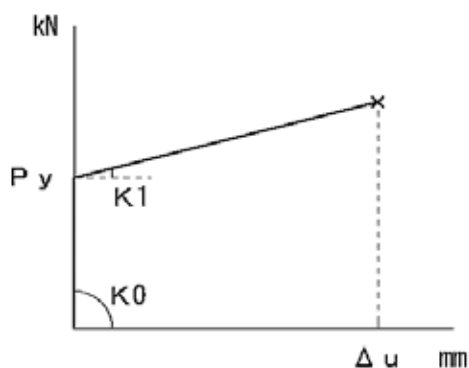


図6 免震層の荷重変形関係

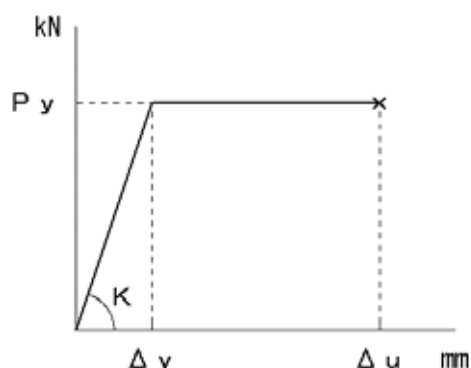


図7 各階の荷重変形関係

質点の質量 M_1 , M_2 , M_3 バネ定数 K_1 , K_2 , K_3 , 降伏荷重 P_y , 降伏変形 Δy は表1による。建築基準法施行令第46条第3項の壁量の規定による必要壁量程度 (Case1), その2倍の壁量 (Case2), その3倍の壁量 (Case3), その4倍の壁量 (Case4), その5倍の壁量 (Case5) のそれぞれについて, 弾塑性応答解析を行った。初期剛性は, 降伏変形角を $1/150$ とし, 減衰定数 C_1 , C_2 , C_3 は3%で初期剛性比例型とした。

表1 解析モデルの諸元

記号		層重量	層質量	
M1		171.7 kN	17.51 t	
M2		131.7 kN	13.43 t	
M3		111.7 kN	11.39 t	
免震層		K0	K1	P_y
		∞ kN/mm 注1)	0.175 kN/mm	48.12 kN
壁量	階	K2, K3	P_y	Δy
Case1	2	0.945 kN/mm	17.64 kN	18.67 mm
	1	1.680 kN/mm	31.36 kN	18.67 mm
Case2	2	1.890 kN/mm	35.28 kN	18.67 mm
	1	3.360 kN/mm	62.72 kN	18.67 mm
Case3	2	2.835 kN/mm	52.92 kN	18.67 mm
	1	5.040 kN/mm	94.08 kN	18.67 mm
Case4	2	3.780 kN/mm	70.56 kN	18.67 mm
	1	6.720 kN/mm	125.44 kN	18.67 mm
Case5	2	4.725 kN/mm	88.20 kN	18.67 mm
	1	8.400 kN/mm	156.80 kN	18.67 mm

注1) 計算上は 175 kN/mm とした。

応答解析に用いる加速度波形はEl Centro NS (1940), El Centro EW (1940), Hachinohe NS (1968), Hachinohe EW (1968), Taft NS (1952), Taft EW (1952), Tohoku Univ NS (1978),

Tohoku Univ EW (1978) の8波とし、それぞれ最大速度を20kine, 25kine, 50kine, 75kine として時刻歴応答解析を行った。解析に用いた地震波の諸元は表2に示す。

表2 入力地震波の最大加速度 [単位: gal]

地震名	原波	20kine	25kine	50kine	75kine
El Centro NS	341.70	204.34	255.25	510.84	766.09
El Centro EW	210.14	113.87	142.24	284.48	426.71
Hachinohe NS	229.65	133.43	166.73	333.45	500.18
Hachinohe EW	180.23	95.34	119.31	238.44	357.76
Taft NS	152.69	194.23	242.79	485.74	728.53
Taft EW	175.95	198.59	248.37	496.57	744.94
Tohoku Univ NS	258.10	142.73	178.35	356.69	535.30
Tohoku Univ EW	203.40	147.47	184.48	368.97	553.25

結果と考察

1. 解析結果

1階の応答結果を図8に、2階の応答結果を図9に示す。それぞれの図の中で、Case1からCase5までの荷重変形関係図に塑性率・層間変形角の最大応答値をプロットした。

1階の応答では、最大速度が20kineレベルにおいて塑性率がCase1で1.2~2.0, Case2で0.8~1.5, Case3で0.5~1.1, Case4で0.5~0.8, Case5で0.4~0.6の範囲にある。25kineレベルでは、Case1で1.4~2.7, Case2で1.0~1.8, Case3で0.6~1.4, Case4で0.6~0.9, Case5で0.4~0.7の範囲

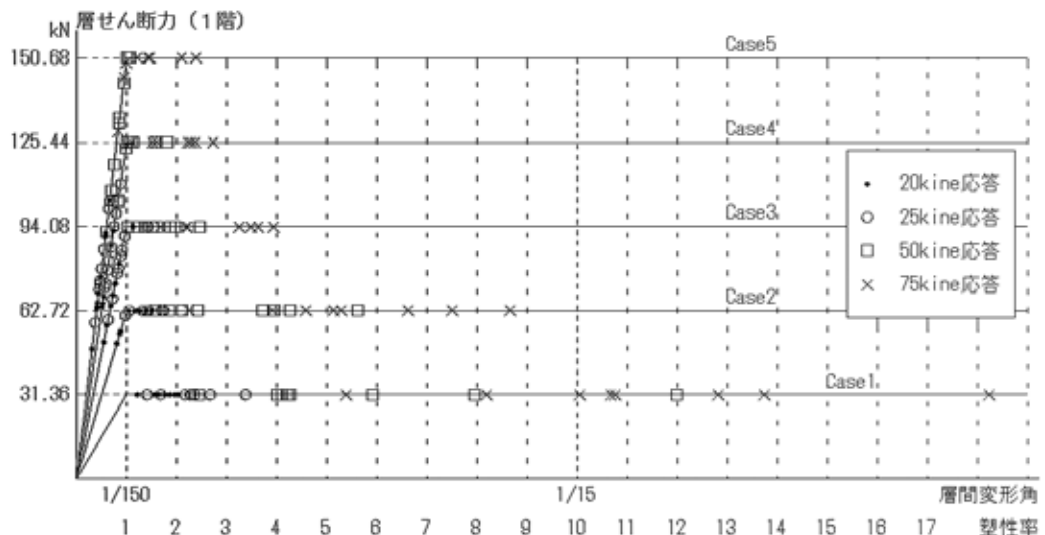


図8 1階層せん断力と層間変形角・塑性率の関係図

にある。50kineレベルでは、Case1で2.4～12.0、Case2で1.5～5.6、Case3で1.0～2.5、Case4で0.8～1.8、Case5で0.6～1.1の範囲にある。75kineレベルでは、Case1で5.3～18.2、Case2で2.3～9.7、Case3で1.4～3.9、Case4で1.0～4.1、Case5で1.0～2.4の範囲にある。

2階の応答では、最大速度が20kineレベルにおいて塑性率がCase1で1.1～4.7、Case2で1.0～2.2、Case3で0.6～1.3、Case4で0.5～0.9、Case5で0.3～0.7の範囲にある。25kineレベルでは、Case1で1.7～7.7、Case2で1.1～2.9、Case3で0.7～1.3、Case4で0.6～1.1、Case5で0.4～0.8の範囲にある。50kineレベルでは、Case1で5.0～11.2、Case2で2.6～5.3、Case3で1.4～4.2、Case4で0.9～2.6、Case5で0.8～1.5の範囲にある。75kineレベルでは、Case1で8.0～15.9、Case2で4.5～8.0、Case3で1.3～6.9、Case4で1.4～4.1、Case5で1.0～3.0の範囲にある。

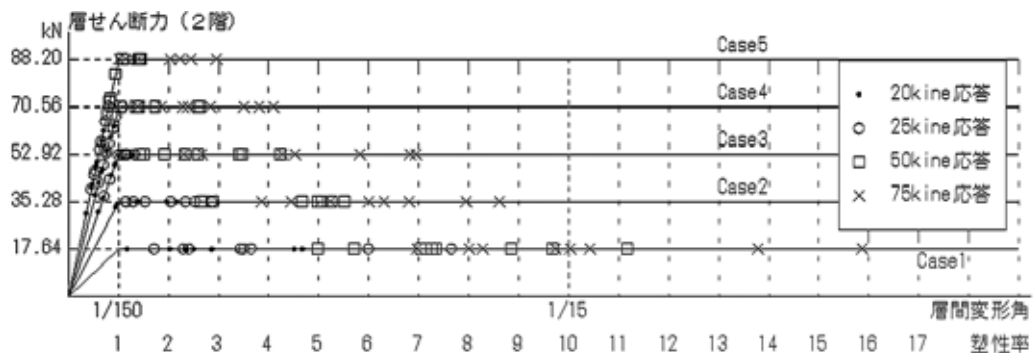


図9 2階層せん断力と層間変形角・塑性率の関係図

免震住宅としての各階の塑性率に対する耐震住宅としての各階の塑性率の比を塑性率比として、グラフに表したものが図10（1階）と図11（2階）である。縦軸については、壁量の比率について示したもので、応答層せん断力を便宜的に表示してある。

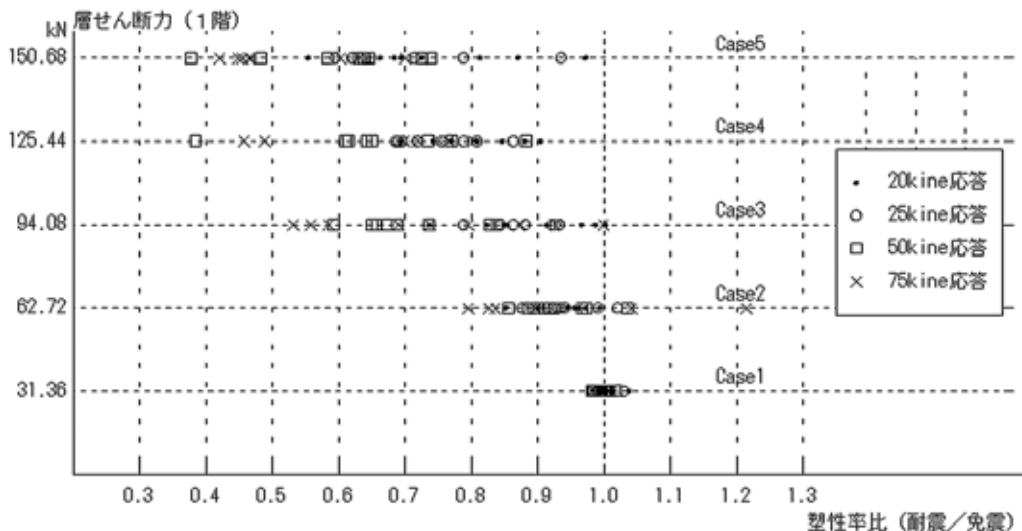


図10 1階塑性率比の図

1 階の応答では、最大速度が20kineレベルにおいて塑性率比がCase1でほぼ1.0、Case2で0.8～1.0、Case3で0.7～1.0、Case4で0.7～0.9、Case5で0.6～0.9の範囲にある。25kineレベルでは、Case1でほぼ1.0、Case2で0.9～1.0、Case3で0.8～0.9、Case4で0.7～0.8、Case5で0.6～0.9の範囲にある。50kineレベルでは、Case1でほぼ1.0、Case2で0.9～1.0、Case3で0.6～0.8、Case4で0.4～0.9、Case5で0.4～0.7の範囲にある。75kineレベルでは、Case1でほぼ1.0、Case2で0.8～1.2、Case3で0.5～1.0、Case4で0.5～0.8、Case5で0.4～0.7の範囲にある。

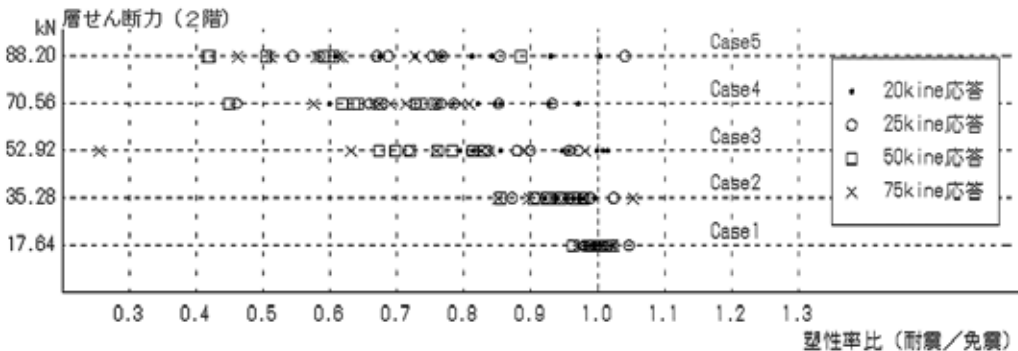


図11 2階塑性率比の図

2 階の応答では、最大速度が20kineレベルにおいて塑性率比がCase1でほぼ1.0、Case2で0.9～1.0、Case3で0.8～1.0、Case4で0.6～1.0、Case5で0.6～1.0の範囲にある。25kineレベルでは、Case1でほぼ1.0、Case2で0.9～1.0、Case3で0.7～1.0、Case4で0.5～0.9、Case5で0.5～1.0の範囲にある。50kineレベルでは、Case1でほぼ1.0、Case2で0.9～1.0、Case3で0.7～0.8、Case4で0.4～0.8、Case5で0.4～0.9の範囲にある。75kineレベルでは、Case1でほぼ1.0、Case2で0.8～1.1、Case3で0.3～1.0、Case4で0.6～0.8、Case5で0.5～0.8の範囲にある。

2. まとめ

基礎免震を採用する構造物は、本来上部構造が1質点に置換できることが大前提である。即ち剛体に近い剛性を持っていて、その地震入力エネルギーを殆ど免震層で吸収するというのが、いわゆる告示免震と呼ばれる技術である。RC造のように本来剛性が高い構造であれば、1質点に近い構造とみなすことができるであろう。しかし、木造住宅は本来柔かい構造であるので、その壁量がどの程度1質点とみなせるかを調査し、免震構造としての性能を発揮できるかを考えた。

- ① Case1の場合は1階においても2階においても耐震住宅の応答とほぼ変わらず、免震性能は確認されなかった。
- ② Case2の場合は塑性率比が平均で1階で6%、2階で5%低下して免震による効果が少し見られる。
- ③ Case3の場合は塑性率比が平均で1階で20%、2階で17%低下して免震による効果ははっきりと見て取れる。
- ④ Case4の場合は塑性率比が平均で1階で28%、2階で27%低下して免震による効果ははっきりと見て取れる。
- ⑤ Case5の場合は塑性率比が平均で1階で35%、2階で32%低下して免震による効果が

はっきりと見て取れる。

以上から本稿で取り上げた免震住宅の性能としてはCase3の3倍の壁量程度を確保することが望ましいといえる。文献2により耐震住宅としても同様に3倍程度の壁量を確保することが望ましいと記したが、免震住宅でも同じような結果となった。

しかし、同じような壁量を保持したとしても、耐震住宅は大地震時に倒壊をしないということが前提になっているのに対し、免震住宅の場合は上部構造自体は弾性範囲にあるということが前提となっているため、建物の安全性という面で考えると免震構造の方が大いに優れているといえる。

また、3倍程度の壁量の実現性については、本稿の計算モデルの建物の場合は壁倍率を4～5（構造用合板＋筋かい、または構造用合板両面貼り）程度確保すれば十分に可能である。

要約

多雪区域以外に建設される、整形な平面と立面をもつ小規模な剛すべり支承により支持された木造免震住宅をモデルとして、建築基準法施行令第46条第3項の壁量の規定を下に、壁倍率には地震時にどのような性能が必要かを調べた。その結果、以下の各点がわかった。

- ・建築基準法施行令第46条第3項の壁量の規定による壁量では、殆ど免震構造としての性能は発揮できない。
- ・免震構造の性能を確保するには、建築基準法施行令第46条第3項の壁量の規定による壁量の3倍程度以上の壁量が望ましい。

文献

- 1) 山本 享明：木造住宅の壁量に関する研究、『名古屋女子大学紀要』第59号家政・自然編 人文・社会編，P21－P27（平成25年）
- 2) 山本 享明：木造住宅の壁量に関する研究 第2報、『名古屋女子大学紀要』第61号家政・自然編 人文・社会編，P73－P77（平成27年）
- 3) 山本 享明：すべり支承を設けた木造戸建住宅の鉄骨架台の施工精度に関する考察、『名古屋女子大学紀要』第56号家政・自然編 人文・社会編，P 1－P 9（平成22年）

