

「限界耐力計算における応答変形角」と「精密診断における耐力の評点」との関係について

木造住宅 限界耐力計算 精密診断
応答変形角 評点 加速度応答スペクトル

正会員 ○横田 友行*
同 榎原 健一**

1. はじめに

地方公共団体の耐震改修助成制度のほとんどにおいて、木造住宅の耐震精密診断¹⁾の一般診断法あるいは保有耐力診断法(以下、精密法)の耐力の評点(以下、評点)が耐震改修後に1.0以上となる住宅が、対象となっている。しかし、限界耐力計算(以下、限耐法)による耐震設計・耐震補強設計法²⁾を用いて、改修される場合も少なくない。

そこで、限耐法がクライテリアとしている最大応答変形角 R と精密法における評点との関係について検証を試みる。

2. 地震力

精密法の地震力 Q_r は建築基準法施行令(以下、政令)第88条の地震層せん断力によっているが、限耐法の地震力は政令第82条の6および告示1457号の加速度応答スペクトル S_a によっている。

精密法が診断の基準としているのは極めて稀に発生する地震であり、 Q_r には0.2、保有する耐力 Q_d には $0.2/D_s$ を乗じて標準せん断力係数 $C_0=0.2$ レベルに調整している。しかし、ここでは限耐法の安全限界用の加速度応答スペクトル S_a と比較するために、 Q_d は $C_0=1.0$ レベルのままとし質量 m で除したものをを用いる。表層地盤種別を第2種地盤および第1種地盤としたときの精密法の Q_r/m と限耐法の S_a を図1に示す。

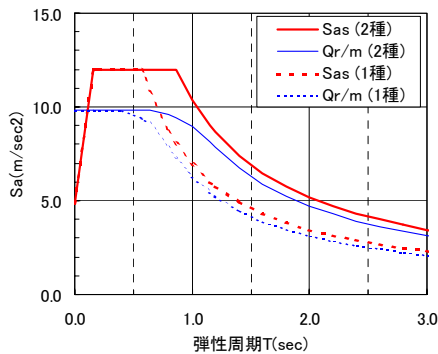


図1 Q_r/m ($C_0=1.0$) と S_a ($h=5\%$)

3. 検討ケース

限耐法における最大応答変形角 R を $1/30$, $1/15$, $1/10$ とし、それぞれの降伏変形角 R_y を $1/90$, $1/120$ とした計6通りについて検討した。減衰定数 h を下式より求めれば、塑性率 μ 、構造特性係数 D_s および加速度低減率 F_h は表1の値となる。

$$h = 0.05 + 0.20 \times \left(1 - \frac{1}{\sqrt{\mu}} \right)$$

表1 D_s と F_h

CASE	R	R_y	μ	D_s	h	F_h
1	1/30	1/90	3.00	0.447	0.135	0.640
2		1/120	4.00	0.378	0.150	0.600
3	1/15	1/90	6.00	0.302	0.168	0.559
4		1/120	8.00	0.258	0.179	0.537
5	1/10	1/90	9.00	0.243	0.183	0.529
6		1/120	12.00	0.209	0.192	0.513

4. 各検討ケースにおける地震力比較

精密法では Q_r に D_s を乗じるのではなく、 Q_d を D_s で除して評点 $= Q_d/Q_r$ を求めるが、ここでは比較のため Q_r に D_s を乗じる。また、精密法は壁量計算と同様の方法なので、 Q_r は耐震要素の降伏による等価周期 T_e に関係なく一定となる。CASE1~CASE6において、精密法の Q_r/m と限耐法の S_a を比較したものを図2, 3, 4に示す。

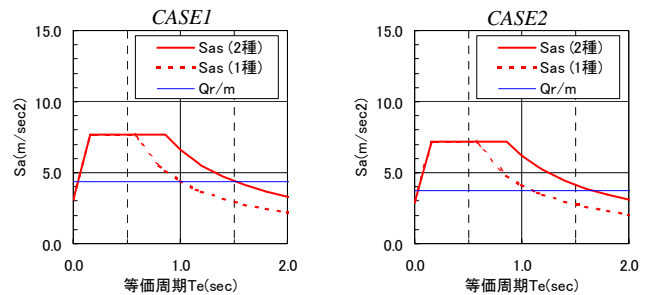


図2 $R=1/30$ の Q_r/m と S_a

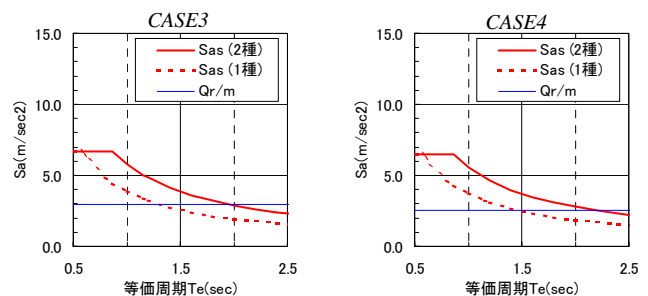


図3 $R=1/15$ の Q_r/m と S_a

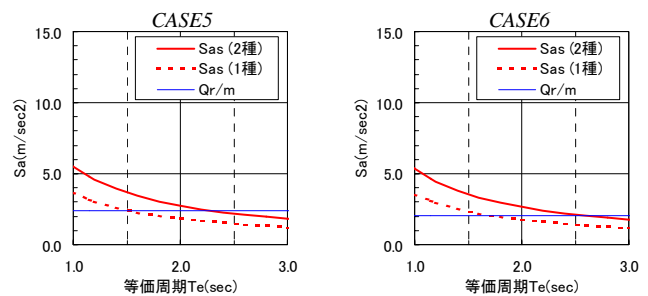


図4 $R=1/10$ の Q_r/m と S_a

5. 評点

精密法において $Q_d=Q_r$ のとき評点=1.0 となることから、限耐法における評点は $Sas/(Q_r/m)$ より求めることができる。CASE1～CASE6 における評点を表 2 に示す。

表 2 CASE1～CASE6 における評点

CASE	T_e (sec)	Q_r/m (m/sec ²)	Sas (m/sec ²) $h=12.8\%$		評点 $Sa/(Q_r/m)$	
			2種地盤	1種地盤	2種地盤	1種地盤
1	0.50	4.39	7.67	7.67	1.75	1.75
	0.70		7.67	6.32	1.75	1.44
	0.90		7.37	4.91	1.68	1.12
	1.10		6.03	4.02	1.37	0.92
	1.30		5.10	3.40	1.16	0.78
	1.50		4.42	2.95	1.01	0.67
2	0.50	3.71	7.20	7.20	1.94	1.94
	0.70		7.20	5.92	1.94	1.60
	0.90		6.91	4.61	1.86	1.24
	1.10		5.66	3.77	1.53	1.02
	1.30		4.79	3.19	1.29	0.86
	1.50		4.15	2.76	1.12	0.75
3	1.00	2.96	5.80	3.86	1.96	1.31
	1.20		4.83	3.22	1.63	1.09
	1.40		4.14	2.76	1.40	0.93
	1.60		3.62	2.41	1.23	0.82
	1.80		3.22	2.15	1.09	0.73
	2.00		2.90	1.93	0.98	0.65
4	1.00	2.53	5.57	3.71	2.20	1.47
	1.20		4.64	3.09	1.83	1.22
	1.40		3.98	2.65	1.57	1.05
	1.60		3.48	2.32	1.37	0.92
	1.80		3.09	2.06	1.22	0.81
	2.00		2.78	1.86	1.10	0.73
5	1.50	2.38	3.66	2.44	1.54	1.03
	1.70		3.23	2.15	1.36	0.91
	1.90		2.89	1.93	1.21	0.81
	2.10		2.61	1.74	1.10	0.73
	2.30		2.39	1.59	1.00	0.67
	2.50		2.20	1.46	0.92	0.62
6	1.50	2.04	3.55	2.36	1.73	1.16
	1.70		3.13	2.09	1.53	1.02
	1.90		2.80	1.87	1.37	0.91
	2.10		2.53	1.69	1.24	0.83
	2.30		2.31	1.54	1.13	0.75
	2.50		2.13	1.42	1.04	0.69

限耐法における評点は建物の等価周期により変化するが、表中の等価周期の範囲で平均すれば、概ね $R=1/30$ で 1.53(2種)1.17(1種)、 $R=1/15$ で 1.47(2種)0.98(1種)、 $R=1/10$ で 1.27(2種)0.84(1種)となる。

6. まとめ

一般の木造住宅においては、 $R=1/30$ の時 $T_e=1.0\sim 1.5$ sec 程度、 $R=1/15$ では $T_e=1.5\sim 2.0$ sec 程度になることから、表層地盤種別により異なるが、おおよその目安として $R=1/30$ で評点 1.5、 $R=1/15$ で評点 1.0 と考えてもよいと思われる。

精密法では評点が 1.0 以上を一応倒壊しない、1.5 以上を倒壊しないとしている。また、文献 4、5 では木造軸組構法建物の構造特性を図 5 のような荷重-変形関係として表している。今回の検証では、筋かいや面材が主な耐震要素となる住宅のように変形能力が小さく等価周期が 1.0sec 程度以下の場合、評点が 1.5 以上であっても倒壊 ($R=1/30$ 超) するの可能性がある、一方で土壁や貫が主な耐震要素となる住宅のように変形能力が大きく等価周期が 2.0sec 程度以上の場合では、評点が 1.0 未満であっても倒壊 ($R=1/15$ 超) しない耐震性能を有するという結果になった。例として、 $T_e=0.7$ sec、 $R_y=1/90$ とすれば、表 2 より第 2 種地盤で評点 1.75 以上、第 1 種地盤で評点 1.44 以上でない $R=1/30$ 以下とならない。また $T_e=2.0$ sec、 $R_y=1/90$ とすれば、第 2 種地盤で評点 0.98 以上、第 1 種地盤で評点 0.65 以上あれば $R=1/15$ 以下となる。

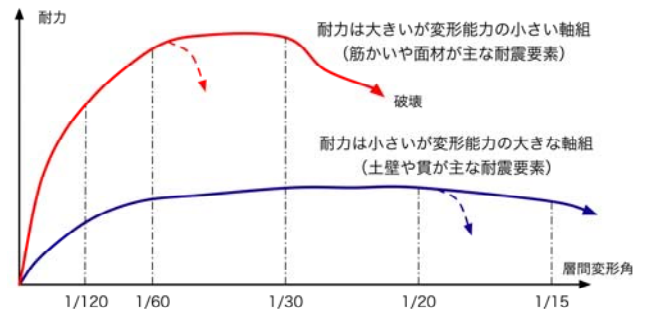


図 5 木造軸組構法建物の構造特性

謝辞

木造住宅の耐震診断および耐震補強設計全般について討論させていただいている、社団法人日本建築構造技術者協会関西支部技術委員会木構造分科会委員の皆様にご感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本建築防災協会：木造住宅の耐震診断と補強方法－木造住宅の耐震精密診断と補強方法（改訂版）、2004.7
- 2) 木造軸組構法建物の耐震設計マニュアル編集委員会：伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアル、学芸出版社、2004.3.30
- 3) 檜原健一：木造住宅の耐震設計－リカレントな建築をめざして、技報堂出版、2007.3
- 4) 大阪府建築指導室：住宅・建築物耐震 10 ヶ年戦略プラン、大阪府、2006.12
- 5) 日本建築構造技術者協会：京町家の限界耐力計算による耐震設計および耐震診断・耐震改修指針、京都市、2006.3

* 株式会社 能勢建築構造研究所

**株式会社 SERB

Nose Structural Engineering Inc.

Structural Engineering Research Bureau Inc., Build. Eng. Div.