

既存木造家屋の建築年代別壁量充足率と耐震診断値の関係

近藤 皓彦*・岩井 哲**

(平成24年10月31日受付)

Relations between Superstructure-Score in the Earthquake-Proof Diagnosis and the Amount of Structural Walls of the Existing Wooden Houses against the Construction Year

Satoshi IWAI and Akihiko KONDO

(Received Oct. 31, 2012)

Abstract

In this study, the earthquake-resistant diagnosis scores of 43 existing wooden houses and the relations with the construction year are examined. The main results are as follows: positive correlation is recognized between the superstructure score and the construction year. There were some houses which did not have quantity of wall necessary for Japanese Building Code. Three types of joint specifications against columns and earthquake-resistant elements had relatively large effects on the superstructure score of the houses. It is shown that the house constructed after 2000 has a small eccentricity and well balance of the wall placement. However, among the houses constructed before 2000, there are some houses which are not consistent with a balance evaluation of the wall placement by the four division method and the eccentricity ratio.

Key Words: superstructure-score, amount of structural walls, ratio of eccentricity

1. はじめに

1981年の新耐震設計法導入から30年が経過し、新耐震基準による家屋でも建築年が20年を超えるものが増えてきている。2006年に耐震改修促進法が改正され、国の基本方針において、建築物の現状の耐震化率75%を2015年までに少なくとも90%にするという目標設定がなされたが、広島県の住宅における当時の耐震化率は72%と全国平均を下回っていた¹⁾。

筆者らは木造住宅の耐震診断と耐震改修に関する住民意識の質問紙調査²⁾として2010年末にアンケート調査を行った。その中で、耐震診断の希望を募ったところ、回答のあった233件中73件が希望した。希望者のうち、設計図書のある43件について耐震診断調査を行い、設計図書に基づく診断値を把握することにした。耐震診断調査を行う際、設計図書には接合部の仕様の不明なものも多くあるため、接

合部仕様が耐震診断値に及ぼす影響度を調べ、年代との関係を検討した。また、2000年の建築基準法施行令改正により、耐力壁の配置に四分割法もしくは偏心率の計算が必要となったが、改正前後での偏心率の存在の割合を把握し、四分割法と偏心率との耐力壁のバランス評価の整合性を調査した。

2. 耐震診断調査

2.1 調査対象家屋

調査を行った家屋の概要および建築年を構法別・年代順に表1に示す。耐震診断の対象としたのは、アンケート調査を行った広島県の広島市佐伯区屋代と廿日市市佐方の既存家屋43件である。家屋の建築年が新耐震設計法導入前の1969年から1981年までが12件、導入後の1982年から2009年までが32件である。構法別の内訳は、在来軸組構法34件、枠組壁工法8件、伝統的構法1件である。

* 広島工業大学大学院工学系研究科建設工学専攻

** 広島工業大学工学部建築工学科

表1 調査対象住宅概要

家屋名	建物概要一覧		
	建築年	構法	外壁材
TMN	1969	在来軸組構法	モルタル塗壁
OGW	1972		ラスシート
NSM2	1974		不明(耐力有)
OKD	1975		ラスシート
KBM	1976		モルタル塗壁
UEN	1977		モルタル塗壁
KTO	1978		きざり等釘打ち
NSU	1980		不明(耐力有)
TKH	1980		モルタル塗壁
OIE	1981		ラスシート
TBI	1982		ラスシート
NSM	1983		ラスシート
HJM	1983		ラスシート
YSK	1984		ラスシート
HYS2	1984		ラスシート
MYT	1984		不明(耐力有)
MYT2	1984		不明(耐力有)
WTN	1985		ラスシート
KIT	1985		不明(耐力有)
NKO	1986		ラスシート
YSO	1988		ラスシート
NSY	1988		不明(耐力有)
NKM	1989		不明(耐力有)
NSJ	1990		ラスシート
TKZ	1991		ラスシート
SSK	1991		サイディング張
STM	1993		ラスシート
SGN	1993		不明(耐力有)
IND	1993		不明(耐力有)
HNO	1994		不明(耐力有)
WTN2	2001	サイディング張	
SSK2	2005	きざり等釘打ち	
MYS	2006	サイディング張	
MKI	2007	ラスシート	
YSY	1976	枠組壁工法	ラスシート
NKT	1983		ラスシート
HKD	1983		ラスシート
HSD	1983		ラスシート
KWN	1985		ラスシート
DUM	1986		ラスシート
ITU	1995		構造用合板
KWN	2009		サイディング張
HYS	1969		※ 土塗壁(7~9cm)

※伝統的構法

2.2 診断方法

入手した設計図面を基に、「木造家屋の耐震診断と補強方法」(2004年改訂版)³⁾に準拠する耐震診断プログラムを用いて、壁量充足率、四分分割法による家屋平面の両端4分の1部分の壁量充足率の比、一般診断による上部構造評点、偏心率を算出した。上部構造評点は、外力に対して保有する水平耐力の安全率に相当し、各階・各方向について算出したものの最小値で表される。上部構造評点結果の判定基準は表2の通りである。診断は設計図書のみに基づいて行い、個別の建物に対する現地調査は実施していない。ただし、家屋重量の判断要因として外観から屋根の情報を入力した。なお、地盤・基礎は評価に入れていない。

表2 上部構造評点の判定基準³⁾

上部構造評点	判定内容	
1.5以上	倒壊しない	◎
1.0以上1.5未満	一応倒壊しない	○
0.7以上1.0未満	倒壊する可能性がある	△
0.7未満	倒壊の可能性が高い	×

3. 耐震診断結果

一般診断による上部構造評点、偏心率、壁量充足率、四分分割法による壁量充足率比を表3にまとめて示す。

3.1 壁量充足率と建築年の関係

建築年と壁量充足率の関係を検討するため両者の関係を図1に示す。必要壁量は新耐震基準の前と後で異なるため各家屋の建築当時の基準に基づいて算出した。在来軸組構法の家屋で、壁量充足率は建築年と正の相関がみられる。壁量充足率と建築年に比例関係があるとした時の相関係数は0.37であり、明確な関係とは言えない。1981年の新耐震以前の家屋は伝統的構法1件と在来軸組構法10件の計11件あるが、その内4件で壁量充足率が1.0を下回っている。建築年当時の基準を満足しない家屋が存在する。伝統的構法1件については、建築年は1969年と古い家屋ではあるが、壁量充足率は2.45と高かった。

1981年以前の家屋に対して現行基準に基づいて必要壁量を算出したものを図2に示す。建築基準法による各階床面積当たりの必要壁量の新旧基準の違いを表4に示す。現行基準によると、建築年が1981年以前の家屋では在来軸組構法の家屋11件中で7件と、半数以上で壁量充足率が1.0を下回った。建築年と壁量充足率に相関係数0.60の比例関係がみられる。在来軸組構法において、古い家屋では、壁量充足率が現行基準を満足しない家屋が多く存在することがわかる。

表3 診断結果一覧

家 屋 名	建 築 年	構 法	一 般 診 断				壁 量 計 算			
			上部構造評点				偏 心 率	壁量充足率		四分制法
			接合部金物仕様					建 築 年 時 基 準	現 行 基 準	壁 量 充 足 率 比
			年 代 に 対 応※1	仕 様 I	仕 様 II	仕 様 III				
TMN	1969	在 来 軸 組 構 法	0.64	0.93	0.82	0.64	0.05	1.02	0.74	0.65
OGW	1972		0.42	1.07	0.91	0.42	0.40	1.75	1.27	0.98
NSM2	1974		0.52	0.87	0.77	0.52	0.15	0.67	0.49	0.47
OKD	1975		0.94	1.49	1.21	0.94	0.14	1.44	1.05	0.47
KBM	1976		0.74	1.07	0.92	0.74	0.15	0.94	0.68	0.99
UEN	1977		0.47	1.14	1.00	0.47	0.36	1.57	1.14	0.82
KTO	1978		0.40	1.19	1.04	0.40	0.33	1.38	1.00	0.60
NSU	1980		0.51	0.76	0.76	0.51	0.35	0.73	0.53	0.67
TKH	1980		0.61	1.03	0.87	0.61	0.23	1.17	0.85	0.87
OIE	1981		0.56	0.48	0.82	0.56	0.18	1.11	0.81	0.33
TBI	1982		1.45	1.86	1.45	0.91	0.12	1.16	1.16	0.70
NSM	1983		1.06	1.45	1.06	0.63	0.01	1.36	1.36	0.77
HJM	1983		1.02	1.39	1.02	0.60	0.09	1.25	1.25	0.88
YSK	1984		1.20	1.60	1.20	0.71	0.13	1.36	1.36	0.29
HYS2	1984		1.45	1.72	1.45	0.54	0.05	1.57	1.57	0.45
MYT	1984		1.06	1.14	1.06	0.69	0.00	1.14	1.14	0.60
MYT2	1984		1.28	1.50	1.28	0.45	0.19	1.00	1.00	0.60
WTN	1985		0.79	2.12	0.79	0.59	0.30	2.04	2.04	0.42
KIT	1985		0.72	0.41	0.72	0.51	0.12	0.71	0.71	0.88
NKO	1986		1.22	1.39	1.22	0.84	0.06	1.16	1.16	0.83
YSO	1988		1.01	1.31	1.01	0.72	0.24	1.27	1.27	0.00
NSY	1988		0.51	1.29	0.51	0.35	0.40	1.21	1.21	0.66
NKM	1989		0.96	1.00	0.96	0.58	0.01	0.97	0.97	0.66
NSJ	1990		1.63	1.92	1.63	0.88	0.05	1.85	1.85	0.97
TKZ	1991		0.68	0.80	0.68	0.44	0.43	1.37	1.37	0.22
SSK	1991		0.63	0.75	0.63	0.47	0.32	1.89	1.89	0.71
STM	1993		0.94	1.36	0.94	0.53	0.31	1.78	1.78	0.22
SGN	1993		1.18	1.31	1.18	0.95	0.17	1.24	1.24	0.64
IND	1993		0.88	1.20	0.88	0.37	0.18	1.04	1.04	0.95
HNO	1994		0.64	0.76	0.64	0.33	0.46	1.22	1.22	0.00
WTN2	2001	1.82	1.82	0.77	0.52	0.06	1.38	1.38	0.46	
MYS	2004	1.93	1.93	1.57	1.12	0.10	1.57	1.57	0.68	
SSK2	2005	1.86	1.86	1.47	0.99	0.08	2.05	2.05	0.77	
MKI	2007	1.50	1.50	1.36	0.89	0.10	1.52	1.52	0.71	
YSY	1976	枠 組 壁 工 法	1.00	/	/	/	0.25	/	/	/
NKT	1983		0.69				0.31			
HKD	1983		0.74				0.19			
HSD	1983		1.02				0.17			
KWN	1985		0.58				0.11			
DUM	1986		0.63				0.21			
ITU	1995		1.27				0.13			
KWN2	2009		1.43				0.28			
HYS	1969		※2				0.59			

※1 設計図書に接合部仕様の情報がないため、表5の年代の仕様であったとして適用している。

※2 伝統的構法

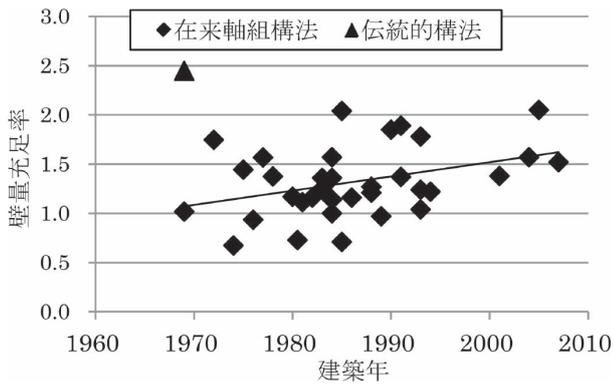


図1 壁量充足率と建築年

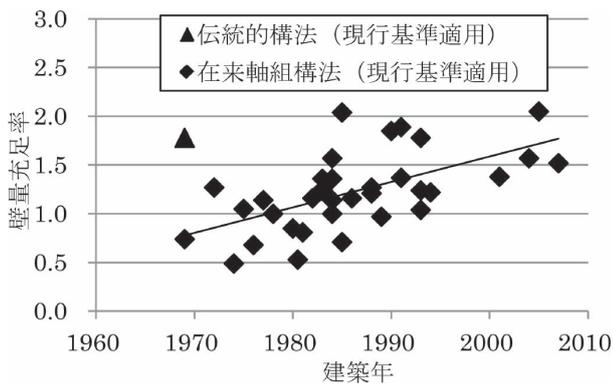


図2 壁量充足率と建築年 (現行基準適用)

表4 各階床面積当たりの必要壁量

2階建ての場合		屋根の重い建築物		屋根の軽い建築物	
		1階	2階	1階	2階
建築基準法	1950年制定	16	12	12	8
	1959年改正	24	15	21	12
	1981年改正	33	21	29	15

※単位は cm/m²

3.2 接合部金物仕様別の上部構造評点

接合部金物仕様の種別Ⅰ、Ⅱ、Ⅲを表5に示す。設計図書では接合部仕様が記載されていないため、仕様種別3通りの診断値を算出し、比較を行った。図3から図5に在来軸組構法の各種接合部仕様の上部構造評点を示す。図6に接合部仕様3種の評点の違いをまとめたものを示す。図3から図6の中の家屋は年代順に並べており、右に行くほど

表5 接合部金物仕様³⁾

種別	仕様
Ⅰ	平成12年建築基準法施行令告示1460号に適合する金物の仕様
Ⅱ	平成12年以前に一般的に使用されていた金物(羽子板ボルト、山形プレートなど)
Ⅲ	昭和56年以前に一般的に使用されていた金物金物が使用されていない場合も仕様Ⅲとする(ほぞ差し、かすがい打など)

建築年の新しい家屋となっている。接合部仕様に基づく上部構造評点の平均値は、図3の仕様Ⅲでは0.63であった。ほぼすべての家屋の評点が1.0を下回っており、倒壊の可能性が高いことを示す0.7を下回る評点の家屋も多く存在している。

図4の仕様Ⅱでは評点の平均値は仕様Ⅲの0.63から0.39ポイント上昇し1.02となった。1980年以前の古い家屋については評点のばらつきはあまり見られず、その評点は0.7~1.0付近である。1981年以降の家屋では評点が0.5~1.5程度とばらつきが大きい。図5の仕様Ⅰでは評点の平均値は仕様Ⅱの1.02からさらに0.26ポイント上昇し1.28となった。しかし、全体に評点は高い値をとっているが、ばらつきも大きくなっている。

図6の家屋ごとの上部構造評点の変動をみると、接合部仕様を仕様Ⅲから仕様Ⅰに変更した場合、平均値で0.65、最大のケースで1.53と非常に大幅な上昇がある。上部構造評点の判定基準は表1に示した通りであるが、接合部仕様の変更により評点が0.63ポイント上昇するということから、接合部仕様が上部構造評点に大きな影響を与えることがわかった。

接合部金物を仕様Ⅰに変更した場合でも逆に評点が下がる家屋が2件あった。この2件は、平面上の耐力壁の位置が偏っており、接合部仕様Ⅲで偏心率が0.30を超えたために、評点が下がったものである。

3.3 上部構造評点と建築年の関係

上部構造評点と建築年の関係を図7に示す。在来軸組構法の上部構造評点を算出する際、接合部金物の仕様は、ここでは各家屋の建築年当時の仕様であったとしている。在来軸組構法の家屋の上部構造評点と建築年に相関係数R=0.66の比例関係がみられ、上部構造評点にややばらつきのあることがわかる。枠組壁工法でも、建築年と正の相関がみられるが、診断件数が少ないためあまり明確ではない。

3.4 偏心率と建築年の関係

偏心率と建築年の関係を図8に示す。上部構造評点において、保有する耐力を算出する際、偏心率が0.3を超えると、耐力要素の配置による低減係数が乗じられる。耐力要素の配置による低減係数を表6に示す。偏心率が0.3を超えた家屋は、在来軸組構法で9件、枠組壁工法で1件ある。偏心率と建築年に相関は特に見られない。2000年の改正前の建築基準法では壁配置について、「つりあいよく」と記載されているだけで、定量的に規定されていなかった。このことが、偏心率のばらつきに影響したと考えられる。在来軸組構法、枠組壁工法ともに、建築年が2000年以降の家屋で偏心率が0.3を超える家屋はないからである。また、在来

既存木造家屋の建築年代別壁量充足率と耐震診断値の関係

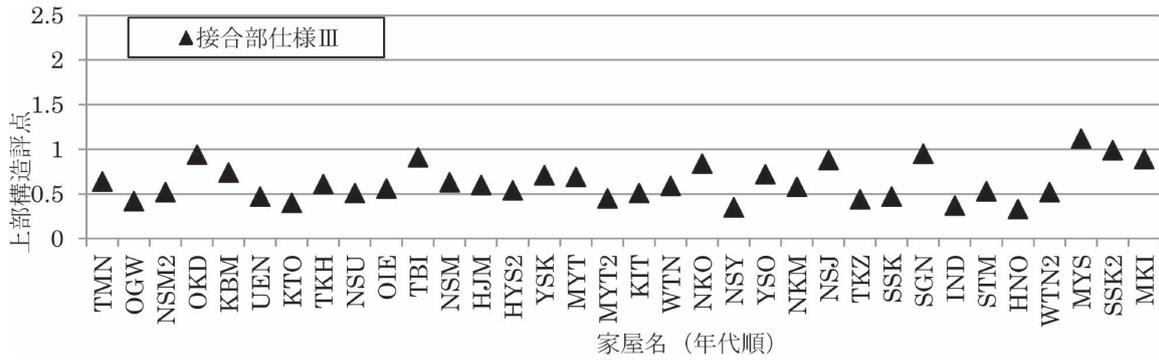


図3 接合部仕様Ⅲ上部構造評点 (在来軸組構法)

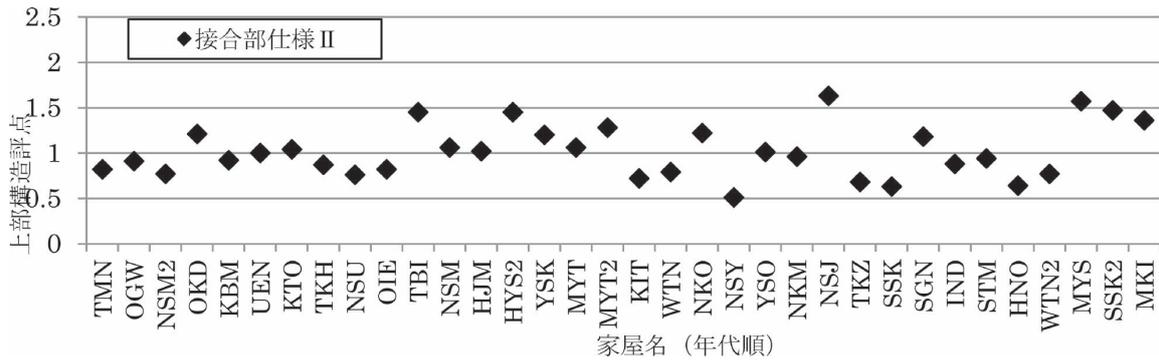


図4 接合部仕様Ⅱ上部構造評点 (在来軸組構法)

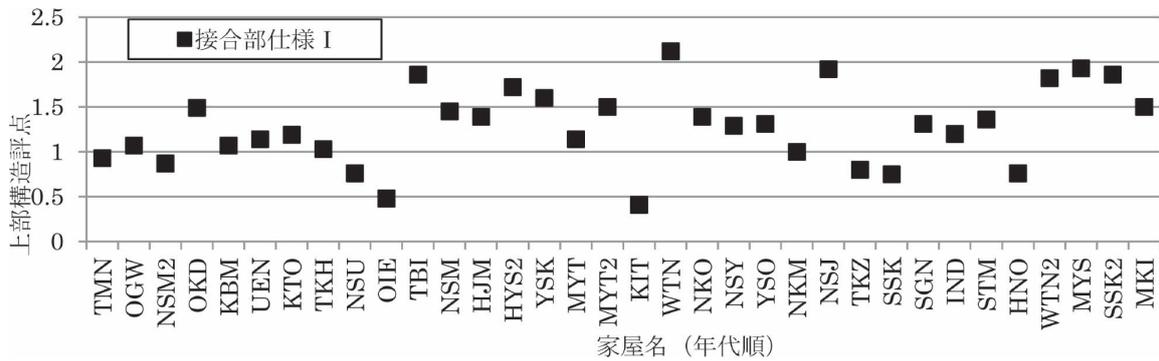


図5 接合部仕様Ⅰ上部構造評点 (在来軸組構法)

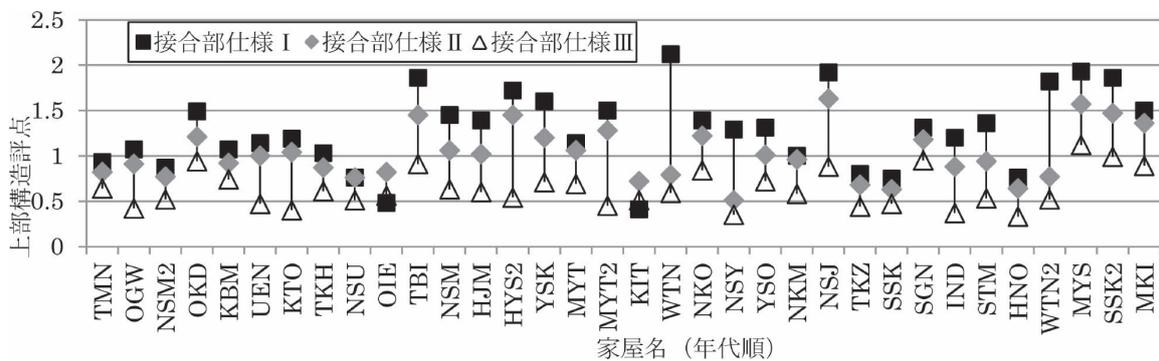


図6 接合部仕様別の上部構造評点の違い (在来軸組構法)

軸組構法の家屋では、建築年が2000年以降の家屋は偏心率が0.1以下であり、つりあいよい壁配置が実現されている。2000年の建築基準法施行令でのつりあいよい壁配置の定量化の効果が表れている。

3.5 上部構造評点と偏心率の関係

上部構造評点と偏心率の関係を図9に示す。在来軸組構法では、偏心率が0.3を超えると、表6に示す低減係数が乗じられるため、階段状に評点下がる。偏心率は0.3を超え

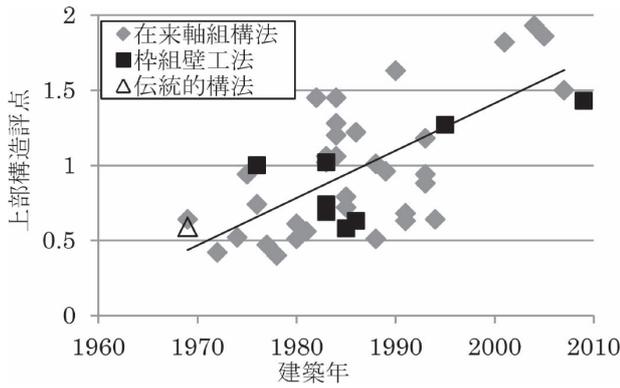


図7 上部構造評点と建築年

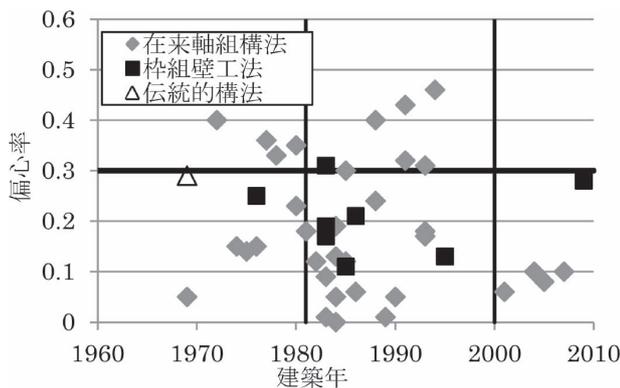


図8 偏心率と建築年

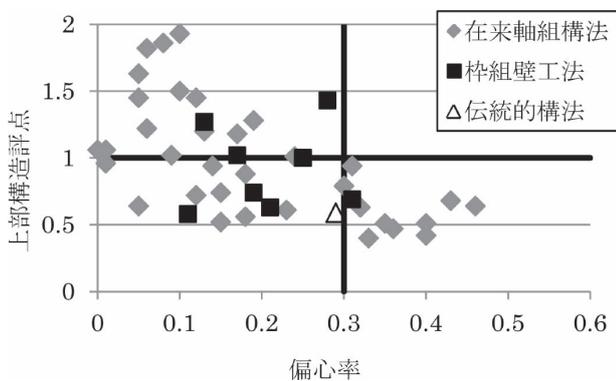


図9 上部構造評点と偏心率

なくても偏心の大きい家屋も存在する。しかし、これらの比較的偏心の大きい家屋では、偏心による評点の低減はないが危険側の評価となっている可能性がある。上部構造評点は偏心率に逆比例するように評価する事が望ましい。

3.6 偏心率と四分割法による壁量充足率比の関係

壁量計算での四分割法による壁配置のバランスと偏心率との整合性を調べた。在来軸組構法家屋の偏心率と、四分割法による壁量充足率の比の関係を図10に示す。壁量充足率の比とは、壁量計算において各階各方向の両端4分の1の部分の壁量充足率の比をとったものである。四分割法では壁量充足率の比が0.5以上であれば、つりあいよい壁配置がなされていると評価されることになる。しかし在来軸組

表6 耐力要素の配置による低減係数³⁾

床仕様	偏心率		
	0.00~0.30	0.30~0.60	0.60~
I - 合板	1.00	0.70	0.60
II - 火打ち+荒板	1.00	0.50	0.45
III - 火打ちなし	1.00	0.30	0.30

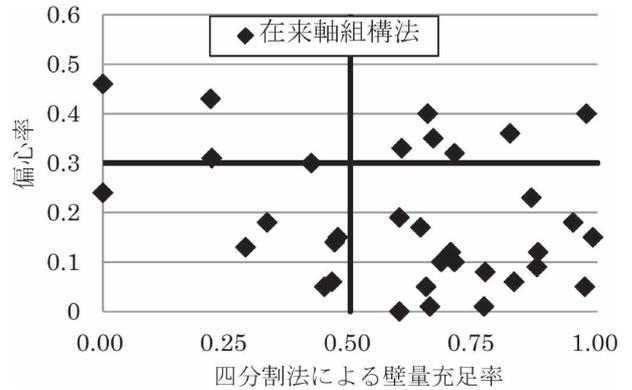


図10 偏心率と四分割法による壁量充足率比

構法34件中、壁量充足率の比が0.5以上で偏心率が0.3を超える家屋が6件ある。また、壁量充足率の比が0.5未満の家屋でバランスが悪いとされるものに、偏心率が0.3以下の家屋が8件ある。このように四分割法と偏心率との壁配置の評価の整合性がとれていない家屋が在来軸組構法34件中14件と多く存在している。これは、四分割法では家屋の平面における壁配置の評価が、うまくなされていないケースがあることを示している。

4. 結論

- 1) 壁量充足率は、建築年時点で当時の必要壁量を満足していない家屋が34件中5件あった。壁量充足率を現行の基準で算出した場合、必要壁量を満足していない家屋が8件となった。壁量充足率と建築年の正の相関が見られるが、相関係数 $R=0.60$ でありばつきはやや大きい。
- 2) 接合部金物仕様3種の上部構造評点を比較した。接合部の仕様が、上部構造評点に明らかに大きな影響を与えることが認められた。上部構造評点の平均値は、仕様Ⅲで0.63、仕様Ⅱでは1.02となり仕様Ⅲから0.39ポイント上昇、仕様Ⅰでは1.28となり仕様Ⅱから0.26ポイント上昇と大きく上昇した。上部構造評点の平均値で0.65ポイントと大きく上昇した。
- 3) 上部構造評点は、建築年と正の相関があるが、相関係数 $R=0.66$ でばつきはやや大きい。
- 4) 2000年以降に建築された家屋は偏心率が0.3以下で小さく、つりあいよい壁配置がなされている。2000年以前の家屋については偏心率と建築年、偏心率と上部構造

評点に相関は見られない。

- 5) 壁量計算での四分割法による壁配置のバランスの評価と、偏心率との整合性がとれていない家屋が34件中14件と多く存在している。これは、家屋の平面における壁配置のバランスの評価が、四分割法ではうまくなされていないケースがあることを示している。

謝 辞

家屋の耐震診断調査に際しては、広島市佐伯区屋代地区および廿日市市佐方地区の住民の皆様方にご協力を頂きました。また学部学生であった兼光秀樹君、木下純一君の卒

業研究として共に取り組んでいただきました。ここに記し、深く感謝致します。

文 献

- 1) 広島県：広島県耐震改修促進計画 資料編, 2007年.
- 2) 岩井 哲, 近藤 皓彦：木造住宅の耐震診断と耐震改修に関する住民意識の質問紙調査, 広島工業大学紀要研究偏, 第46巻, (2012), pp21-29.
- 3) 財団法人日本建築防災協会：木造住宅の耐震精密診断と補強方法 (改訂版), 2004年7月.