

1997年鹿児島県北西部地震における木造住宅の被害要因に関する考察

山本 剛

Damage Survey of Wooden Houses due to The 1997 Kagoshimaken-Hokuseibu Earthquake

Takeshi YAMAMOTO

(Accepted October 1, 2013)

Abstract The 1997 Kagoshimaken-Hokuseibu Earthquake caused severe damage of wooden houses, such as 70 major damage houses and 7328 slightly damage houses in Kagoshima prefecture. The cause of damage of the wooden houses are surveyed by the detailed investigation of 15 major damaged houses and the comparison of the slightly damage rate at large districts or small districts in Miyanojyo town and Tsuruda town. The damage ratios are greater than or equal to 30 percent along the estimated fault, greater than 50 percent near the east side edge of the estimated fault and smaller than 20 percent in another area. In Yuda district, the damage ratios classified by geomorphic type are greater than 60 percent on Shirasu(volcanic sandy soil distributed extensively in southern Kyushu) plateau, from 30 percent to 55 percent on sandy and gravelly plateau and smaller than 10 percent on valley plain.

Keywords [Wooden house, Kagoshima, Earthquake damage, Seismic diagnosis]

1 はじめに

平成24年8月に内閣府から南海トラフの巨大地震による被害想定が発表され、該当する各自治体では津波防災を強化する動きが見られる。一方、日本の陸域には約2000ヵ所の活断層があると推定されているものの、木造住宅の耐震化は依然として進んでおらず、直下地震の発生を想定した住宅の耐震化は地震防災上の喫緊の課題となっている。

1995年兵庫県南部地震では6400人を超える死者が発生したが、その3分の2以上が木造住宅の倒壊による圧死であった¹⁾。このような地震災害を減らすには、我が国の住宅の大半を占める木造住宅の地震被害の要因を解明して、木造住宅の耐震性能を向上させることが重要である。木造住宅の地震被害が地震動の特性や地盤の影響および建物の構法や耐震性能に大きく影響を受けることが知られているが、地震

被害の様相は地震の発生機構や地盤条件等により大きく異なる場合が多いことから、我が国の木造住宅の耐震性能を向上させていくためには、被害を受けた住宅の周辺で観測された強震記録と被害建物の構造および被害地点の地盤条件について総合的に分析し、それらの結果を蓄積していくことが必要である。

南九州にはシラスと呼ばれる火砕流堆積物が広く分布しているが(以下、シラスと記す)、シラスと地震被害の関係は明らかにされていない。南九州で木造住宅に被害をもたらした近年の直下地震には1968年えびの地震と1997年鹿児島県北西部地震があり、これらの地震の調査報告も幾つかあるが^{2)~12)}、いずれも地震動の分析または建物被害の詳細が不明であり、木造住宅の被害要因が詳しく分析されていない。

本研究は1997年鹿児島県北西部地震で被害を受けた木造住宅について調査し、その被害要因を分析

したものである。この地震は震源近傍で強震記録が得られているが、被害建物の詳細は明らかにされていない。過去の地震被害調査から木造住宅の被害要因として地形の影響や断層との位置関係の影響が大きいこと^{13~15)}が報告されているので、被害要因の分析を建物の構法の影響と地形の影響と断層との位置関係から行うことにする。

2 地震と建物被害の概要

1997年3月26日に鹿児島県北西部の紫尾山付近の深さ7kmを震源としてM6.5の地震が発生し、川内市、阿久根市、宮之城町で震度5強が観測された。4月3日に発生したM5.5の最大余震では川内市で震度5強、阿久根市、宮之城町で震度5弱が観測された。5月13日にはその南側の深さ9kmを震源としてM6.3の地震が発生し、川内市で震度6弱、阿久根市で震度5弱、宮之城町で震度5強が観測された。

地震断層は地表に現れなかったが、3月の地震ではWNW-ESE方向の長さ17kmの左横ずれ断層、5月の地震ではWNW-ESE方向の長さ10kmの左横ずれ断層とそれに直交するNNE-SSW方向の長さ10kmの右横ずれ断層が生じたと推定されている¹⁶⁾。これらの地震の余震分布を図1に点線で示す。断層はそれぞれの余震分布のほぼ中央に位置している。

震源は山地で人家は少ないため、建築物の被害は震源の北側の出水市、西側の阿久根市、南側の川内市や東郷町、東側の宮之城町や鶴田町で発生し、そのほとんどは木造住宅であった。木造住宅の被害は、全壊や半壊は少なく、瓦のずれや落下等の軽微な被害が多かった⁷⁾。鹿児島県の木造住宅の被害¹⁷⁾は全壊8棟、半壊62棟、一部破損7328棟であった。一方、鉄筋コンクリート造校舎も宮之城町や鶴田町を中心に大きな被害を受け、3月の地震では倒壊1棟、大破3棟、中破6棟の被害を受け、5月の地震では倒壊3棟、大破5棟、中破5棟の被害を受けた⁸⁾。

木造住宅の被害が特に大きかったのは、震源の東側に位置する宮之城町と鶴田町であった。そこで、本研究では両町の木造住宅の被害要因の分析を行なうことにする。鹿児島県の集計による住家の被害数¹⁷⁾と両町の木造住宅数¹⁸⁾を表1に示す。3月の地震では断層の終端部に近い鶴田町での被害が大きかった。地震動は図1の強震計Aで示す気象庁の強震計で南北方向が491(Gal)、東西方向が663(Gal)の最大加速度が記録された。一方、5月の地震では断層の終端部に近い宮之城町での被害が大きかった。地震動は図1の強震計Bで示すK-netの強震計で南北方向が902(Gal)、東西方向が901(Gal)の最大加速度が記録

された。

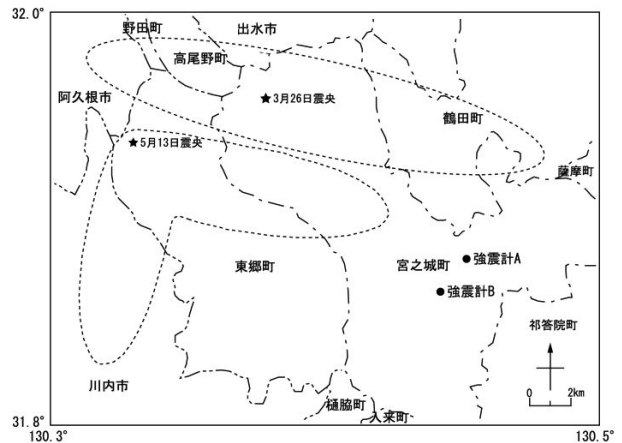


図1 震央および余震分布と震源の周辺の市町

表1 宮之城町と鶴田町の住家被害数

町	木造住宅棟数	3月26日~4月9日			5月13日		
		全壊	半壊	一部破損	全壊	半壊	一部破損
宮之城	5722	0	0	433	2	12	1001
鶴田	1602	2	11	1389	0	4	480

3 宮之城町と鶴田町の木造住宅の被害分布

宮之城町と鶴田町で全半壊した住宅は31棟と少ない。そこで、地点による被害の違いを調べるために大字と小字の一部破損棟数を世帯数で除した値を用いる。この値を以後一部破損率と呼ぶことにする。一部破損率の集計には、両町の被害台帳^{注1)}を用いた。

宮之城町の一部破損率を表2に、鶴田町の一部破損率を表3に示す。ここで、一部破損率の計は大字単位の一部破損率を示す。鶴田町の値は2つの地震の合計であるが、3月の断層の方が鶴田町に近いことと表1から被害の多くは3月の地震によるものである。図2に、大字の位置を名称で、小字の位置を表2と表3のNo.で、全半壊住宅の位置を×印で示す。

宮之城町で、3月の地震で一部破損率が大きいのは湯田の48%、泊野の20%で、断層の終端部に近い大字である。一方、5月の地震で一部破損率が大きいのは時吉49%、湯田43%、泊野37%、平川19%、虎居17%で、町の北部から中央で断層の終端部に近い大字である。

鶴田町の大文字の一部破損率は、柏原70%、鶴田52%、神子37%、紫尾35%と高い値を示すが、これは3月の断層の終端部付近にあり、さらに5月の地震の断層が進行した方向にあるためである。

小字の一部破損率をみると、宮之城町は大字湯田で湯田原、湯之元、上之一、宮下の一部破損率が40~99%と高く、大字佐志では池之野の一部破損率が40%および48%で高い。鶴田町では大字柏原の京塚

表 2 宮之城町の一部破損率

No.	大字	小字	世帯数	一部破損率(%)		No.	大字	小字	世帯数	一部破損率(%)		
				3月26日	5月13日					3月26日	5月13日	
1	椋野	椋野上	33	3.0	0.0	47	時吉	時吉新地	26	7.7	50.0	
2		椋野向江	27	3.7	0.0	48		時吉馬場	30	6.7	60.0	
3		椋野中間	23	0.0	0.0	49		時吉町	29	10.3	20.7	
4		椋野下	30	3.3	0.0	50		時吉向江	65	9.2	55.4	
		計	113	2.7	0.0		計	150	8.7	48.7		
5	泊野	泊野上	37	27.0	0.0	51	湯田	湯之元	188	52.7	53.7	
6		大平	12	0.0	58.3	52		上之一	42	64.3	47.6	
7		久木野	33	12.1	45.5	53		湯田原	47	99.0	68.1	
8		宮田	42	23.8	78.6	54		宮下	45	51.1	46.7	
9		高峯	43	23.3	16.3	55		湯田中	92	31.5	21.7	
		計	167	20.4	37.1	56	湯田下	71	8.5	21.1		
		計					計	485	48.2	43.1		
10	平川	上平川	74	4.1	13.5	57	佐志	池之野	40	40.0	47.5	
11		下平川	146	10.3	28.8	58		広瀬	51	11.8	29.4	
12		大薄上	70	2.9	2.9	59		新生	8	0.0	0.0	
13		大薄下	65	7.7	21.5	60		内小川田	16	0.0	0.0	
		計	355	7.0	19.2		仮屋瀬	53	3.8	0.0		
14	白男川	浅井野	59	0.0	10.2	61	篠田	36	13.9	13.9		
15		白男川中	98	2.0	8.2	62	上寺下	67	10.4	0.0		
16		梁原	25	0.0	0.0	63	豆漬	48	0.0	52.1		
		計	182	1.1	7.7	64	布田	49	6.1	59.2		
17	屋地	前岡後	58	3.4	6.9	65	舟木	仮屋原	48	4.2	0.0	
18		前岡中	49	4.1	0.0	66		前目	27	0.0	0.0	
19		川原町	110	0.9	1.8	67		田原	56	1.8	0.0	
20		東谷	89	0.0	0.0	68		中	51	0.0	0.0	
21		前岡前	118	4.2	2.5	69		大下	42	0.0	0.0	
22		屋地馬場	73	0.0	12.3	70		滝下	13	0.0	0.0	
23		愛宕	151	0.0	2.6	71		木洗	55	1.8	0.0	
24		下町	64	0.0	3.1	72		計	660	6.5	14.1	
25		本町	42	0.0	14.3	73		二渡	舟木東	150	0.7	4.0
26		八幡馬場	59	0.0	15.3	74			舟木西	118	0.8	4.2
27		仲町	40	0.0	22.5	75			旭	67	0.0	0.0
28		城之口	269	10.8	20.8	75		舟木下	113	0.9	0.0	
29		上町	61	0.0	26.2	76		計	448	0.7	2.5	
30		五日町	156	1.3	23.1	77		山崎	折小野	48	0.0	0.0
31	町頭	153	0.0	26.1	78	二渡	91		0.0	0.0		
	計	1492	2.7	13.1	79	二渡町	78		0.0	2.6		
32	虎居	一ツ木	74	0.0	67.6	80	須杭	115	1.7	0.0		
33		日当瀬	22	0.0	13.6	81	計	332	0.6	0.6		
34		甫立	48	0.0	54.2	82	久富木	山崎中	61	1.6	0.0	
35		海老川	28	0.0	0.0	83		山崎上	64	1.6	0.0	
36		大角	39	0.0	15.4	84		山崎町	40	0.0	0.0	
37		上向	59	0.0	10.2	85		草田	41	0.0	0.0	
38		上向中	74	0.0	25.7	86	古野	33	0.0	0.0		
39		東町	188	2.7	6.4	87	荒瀬	128	0.0	2.3		
40		西手西	64	0.0	9.4	88	計	367	0.5	0.8		
41		西手東	40	2.5	0.0	89	久富木町	30	0.0	0.0		
42		西町	119	1.7	7.6	90	大畷町	59	0.0	0.0		
43		虎居町	158	5.1	16.5	91	角郷	77	0.0	0.0		
44		虎居馬場	89	1.1	13.5	92	北原	90	0.0	2.2		
45		轟原	220	6.4	16.8	90	大長	39	0.0	0.0		
46	川口	40	0.0	15.0	91	計	295	0.0	0.7			
		計	1262	2.5	17.3							

表 3 鶴田町の一部破損率

No.	大字	小字	世帯数	一部破損率(%)	No.	大字	小字	世帯数	一部破損率(%)
92	鶴田	上場	17	29.4	114	神子	高嶺	68	32.4
93		山神	20	55.0	115		大野	33	54.5
94		大平	15	0.0	116		湯田原	88	64.8
95		浦川内	26	53.8	117		櫃ヶ迫	57	49.1
96		東	33	18.2		計	436	37.4	
97		麓	44	47.7	118	柏原	川口	77	53.2
98		城内	46	50.0	119		種子田	60	90.0
99		上手	19	26.3	120		市場	59	35.6
100		大角	42	35.7	121		諏訪下	42	61.9
101		東湯田原	63	90.5	122		小路下手	51	52.9
102		東善寺	18	55.6	123		大願寺	86	61.6
103		町	12	58.3	124		京塚原	65	99.0
104		迫川内	27	66.7	125		下京塚原	73	64.4
105		広南	23	69.6		計	513	70.4	
106		樋脇	28	64.3	126	紫尾	門前	34	41.2
		計	433	52.2	127		峠	15	40.0
107	大俣	25	24.0	128	仁田原		13	30.8	
108	平江	1	0.0	129	谷川		26	15.4	
109	栗野	24	37.5	130	岩之上		63	36.5	
110	上下大迫	55	12.7	131	小路		36	47.2	
111	柳野	8	37.5	132	井出原		24	12.5	
112	新田	28	28.6	133	下手	43	41.9		
113	中間	49	10.2		計	254	35.0		

原、種子田と大字鶴田の東湯田原の一部破損率が90～99%と特に高い。また、同じ大字内でも小字の一

部破損率は異なっており、全て同程度ではない。

これらの結果から、大字単位の被害は断層の破壊方向の終端部で被害が大きく、断層との位置関係が大きく影響していることが分かる。一方、同じ大字内でも小字単位での被害には差があるので、断層との位置関係以外の要因も関係していることが分かる。

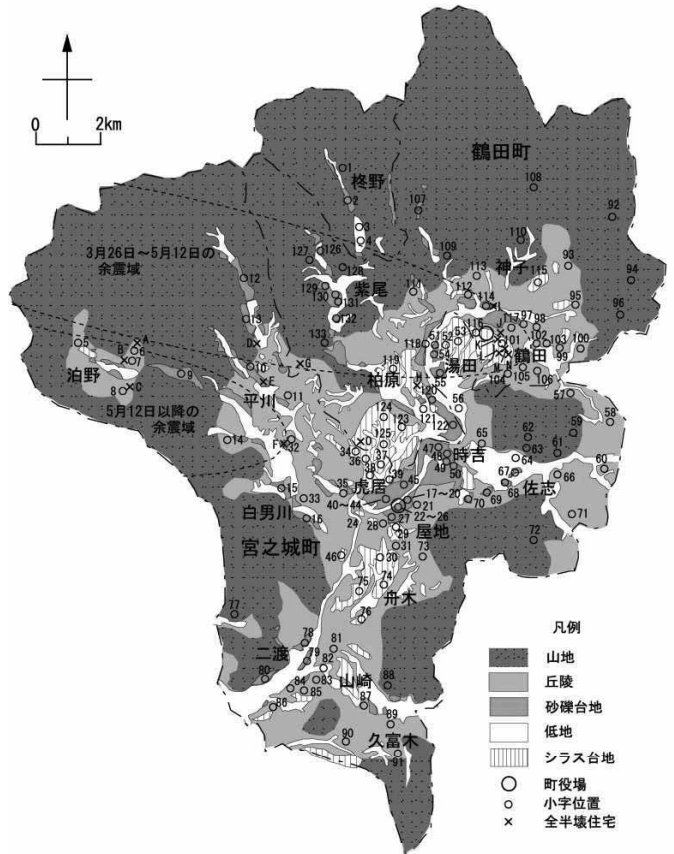


図 2 宮之城町と鶴田町で全半壊した住宅の位置 (図中の数字は表2、表3の小字位置を示す)

4 木造住宅の構造と被害との関係

4.1 構法の特徴および分布

宮之城町と鶴田町の木造住宅の建設年代、延床面積、屋根葺材、階数を大字毎に集計したものを表4に示す。築年数が40年以上の住宅が5割程度である、延床面積が100㎡を超える住宅が4割程度である、ほとんどが瓦葺である、平屋建てが宮之城町で8割程度、鶴田町で9割程度と多い、ことが特徴として挙げられる。なお、宮之城町で建設年代が不明なものは1927年以前に建設された住宅とした。両町の値は似ており、隣接していることを考慮すると両町の構法は同じとみなして良い。

両町の住宅の構法は2つのタイプに大別できる。一方は耐力壁がほとんど無く、玉石基礎からなる農家風の住宅である。これを以後古い住宅と呼ぶ。他方

は耐力壁が配置され、布基礎からなる専用住宅である。これを以後新しい住宅と呼ぶ。2つの構法の違いは主に建設年代に関係している。1950年の建築基準法で木造建物の耐震規定が制定されたことにより、その後に建設された住宅は新しい住宅の割合が徐々に大きくなっているため、1957年以前を古い住宅、それ以降を新しい住宅とし、その比率を表4に示す。

宮之城町では古い住宅の割合が高い地区と新しい住宅の割合が高い地区がほぼ半数ずつで、町の中心に近い大字屋地、湯田、舟木では新しい住宅の割合が63～71%と高く、周辺部の大字柘野、泊野、平川、白男川、二渡、久富木では古い住宅の割合が62～82%と高い。鶴田町では町の周辺部の大字紫尾で古い住宅の割合が高いが他の地区では新しい住宅の割合が55%程度とやや高い。延床面積との関係を見ると、古い住宅の割合が高い地区では延床面積が75㎡未満の割合が高く、125㎡以上の割合が低い傾向が見られる。

大字単位の一部破損率と構法を比較してみると、宮之城町で新しい住宅の割合が高い湯田71%や時吉60%では、5月の地震の一部破損率がそれぞれ43%、49%と高いのに、新しい住宅の割合が低い柘野18%や白男川28%では一部破損率は数%と低くなっている。古い住宅は、耐力壁が少なく、類似の構法の住宅が1968年えびの地震の際に大きな被害を受けている²⁾ことから耐震性能が低いことが推察されるが、湯田や時吉が断層破壊の終端部の近くに位置しているのに比べて柘野や白男川は断層終端部から南北に少し離れているために被害が大きくならなかったものと考えられる。

この結果から、構法の違いは大字単位の一部破損率に大きな影響を与えていないことが分かる。

4.2 全半壊した木造住宅の構造と被害との関係

4.2.1 調査した住宅と調査方法

全半壊した住宅は宮之城町で14棟、鶴田町で17棟あった。これらの住宅には宅地の亀裂や裏山の崩落など、建物の振動以外の要因で壊れた住宅が5棟あったので、これらを除いた26棟を調査の対象とした。

住宅所有者から調査の許可が得られた宮之城町の6棟、鶴田町の9棟について、木造住宅の耐震診断¹⁹⁾の手法に従い現地調査を実施した。調査項目は、(1)被害状況、(2)屋根の種類、(3)地盤の種類、(4)基礎の種類、(5)建設年度、(6)壁量、(7)偏心率である。調査時期は宮之城町が平成11年9月～10月、鶴田町が平成11年11月～12月である。

調査項目の(1)～(5)については住宅所有者からの聞き取りと目視により、項目(6)と(7)は作成した平面

図から求めた。ただし、壁の内部を調査することはできなかったため、壁の実長のみを調べた。

4.2.2 古い住宅の構造と被害

調査した古い住宅8棟の構造の概要を表5に示す。その典型的な建物である表5のH住宅の平面図を図3に、断面図を図4に示す。築年数は約80年で、軽微な増改築が数回行われている。建物は東側の住居と西側の牛舎からなり、屋根の形状は住居側が入母屋造りで、牛舎側は切妻造りである。柱断面の大きさは、居室と土間の境が16cm角、土間と牛舎の境が20cm角、その他は14cm角であった。基礎は玉石基礎であり一部が布基礎へ取り替えられている。壁は間仕切壁と住居外周部の羽目板張りの板壁のみであるが、板壁は腐朽しており、耐力壁としては評価できない状態であった。床束にも多少の腐朽が見られたが、柱梁には目立った腐朽は見られなかった。

表5の建物は全て平屋建ての在来構法の住宅で、構造は図3と図4に示す住宅とほぼ同じである。玉石基礎の一部を布基礎へ変更したものや、土間や牛舎の部分を改築して居室を設けたものがあり、E住宅では長辺方向に3m程度、短辺方向に8m程度、F住宅では両方向ともに18m程度の耐力壁の新設があった。全ての建物の板壁は腐朽しており耐力壁としては評価できなかったため、E、F以外の建物の耐力壁の長さは0mであった。被害はねじれにより床束のずれが発生して柱が傾斜した建物や、広い床面積に伴う大きな屋根に作用した地震力に抵抗できるだけの耐震要素が不足した建物が多かった。これらを総合的に判断すると、これらの建物の耐震性能はかなり低く、地震で大きな被害を受けた原因は耐力不足と偏心の影響と考えられる。

4.2.3 新しい住宅の構造と被害

半壊した新しい住宅の構造の概要を表6に示す。全て在来構法の住宅であり、屋根は全てセメント瓦で、基礎はMの一部に玉石基礎がある以外は布基礎である。被害は瓦の落下やずれ、内外壁仕上げ材の剥離や亀裂等の軽微なものが多く、一部に仕口部の折損や梁が抜けたものが見られた。

被害建物と平成6年～8年の間に両町で建設された在来構法の88棟について図面から住宅の1階部分の耐力壁の壁率を求め両者を比較した。ここで、水平長さ90cm以上の壁を耐力壁として算定した。被害建物の壁の構造は未調査なので壁倍率は1とし、その他の住宅の壁倍率には筋違いの倍率のみ考慮した。住宅の壁率と建築基準法施行令第46条で規定されている必要壁率²⁰⁾との比を求めた。以後、この値を壁量比と呼ぶ。壁量比を表6と図5に示す。

3棟の半壊建物の壁量比は0.75、0.93、0.95と1

より小さいが、壁倍率を 1 で評価していることを考えると実際の壁量比は必要壁率を超えている可能性が高い。それに加えて、半壊以外の建物と比べても被害建物の壁量比が特別に小さくはないので、被害の要因が耐力壁量の不足とは考えにくい。偏心率を

図 6 に示す。半壊建物の 3 棟は偏心率が小さく、ねじれ振動が問題とならないが、4 棟の偏心率は建築基準法施行令で耐力の割増を必要とする 0.15 を大きく超えている。半壊以外の建物でこれら 4 棟の偏心率を超えている建物もあるが、それは地震動の違

表 4 宮之城町と鶴田町の木造住宅の建設年代と延床面積と屋根と階数の比率 (%)

町	宮之城														鶴田						
	大字	梶野	泊野	平川	白男川	屋地	虎居	時吉	湯田	佐志	舟木	二渡	山崎	久富木	計	鶴田	神子	柏原	紫尾	計	
木造住宅棟数	116	190	368	200	1012	1129	223	466	731	465	410	316	333	5959	451	469	608	315	1843		
建設年代	1927年以前	79.3	66.3	67.1	71.0	35.2	43.7	39.0	27.7	52.5	35.7	61.2	55.4	61.9	47.9	25.7	28.1	30.4	37.5	29.9	
	1927~1937	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	6.2	4.9	3.3	6.3	4.9		
	1937~1947	0.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.2	0.0	0.2	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	6.0	3.2	3.6	4.1	4.2	
	1947~1957	2.6	1.1	1.4	0.5	1.0	1.3	0.9	1.3	0.0	0.9	0.7	1.9	3.0	1.1	9.8	8.3	7.1	9.2	8.4	
	1957~1967	0.0	0.0	1.1	1.1	0.5	2.9	4.0	0.9	0.9	1.0	1.9	1.2	1.6	2.1	2.0	10.0	8.3	6.7	8.6	8.2
	1967~1977	6.0	11.6	6.8	4.5	17.8	12.4	11.2	25.5	7.7	9.2	6.8	9.8	6.6	11.9	14.4	12.8	12.2	5.7	11.8	
延床面積	75㎡未満	44.0	42.6	43.2	37.0	26.1	35.3	26.5	33.5	32.4	27.3	38.3	35.4	35.1	33.4	23.9	28.1	25.3	23.5	25.4	
	75~100㎡	37.1	34.2	27.2	32.0	27.5	26.7	28.7	25.1	30.5	30.8	27.3	26.3	29.7	28.4	30.8	29.9	25.2	27.3	28.1	
	100~125㎡	15.5	16.3	14.4	19.5	23.7	17.5	18.8	21.9	21.3	22.4	20.7	19.6	22.5	20.2	25.5	27.3	22.5	25.7	25.0	
	125㎡以上	3.4	6.9	15.3	11.5	22.8	20.6	26.0	19.5	15.7	19.5	13.6	18.6	12.6	18.0	19.7	14.7	27.1	23.5	21.6	
屋根	瓦葺	94.8	98.4	94.8	98.5	96.9	96.0	97.3	97.4	96.6	95.9	98.0	98.1	97.0	96.8	96.9	97.9	98.5	98.7	98.0	
	その他	5.2	1.6	5.2	1.5	3.1	4.0	2.7	2.5	3.4	4.0	2.0	1.9	3.0	3.3	3.1	2.1	1.5	1.3	2.0	
階数	平屋建	98.3	95.3	92.9	94.5	66.9	73.7	79.8	86.3	89.1	86.5	86.8	87.3	93.4	82.4	91.4	94.0	92.6	92.1	92.6	
	2階建	1.7	4.7	7.1	5.5	32.8	26.1	20.2	13.7	10.9	13.5	13.2	12.7	6.6	17.5	8.6	5.8	7.4	7.3	7.3	
構法	古い住宅	81.9	67.4	68.8	71.5	36.6	45.3	39.9	29.2	52.7	36.6	62.2	57.3	64.9	49.2	47.7	44.6	44.4	57.1	47.4	
	新しい住宅	18.1	32.6	31.2	28.5	63.4	54.7	60.1	70.8	47.3	63.4	37.8	42.7	35.1	50.8	52.3	55.4	55.6	42.9	52.6	

表 5 全半壊した古い住宅の構造の概要

建物名	A	B	C	D	E	F	G	H
所在地	宮之城町大平	宮之城町宮田	宮之城町久木野	宮之城町大簿下	宮之城町下平川	宮之城町下平川	鶴田町下手	鶴田町市場
被害区分	全壊	全壊	半壊	半壊	半壊	半壊	半壊	半壊
建設年度	不明	1897	1941	1937	1897年以前	1897年以前	1932	1917年以前
屋根形式	セメント瓦葺	セメント瓦葺	セメント瓦葺	セメント瓦葺	セメント瓦葺	セメント瓦葺	セメント瓦葺	セメント瓦葺
基礎形式	玉石基礎	玉石基礎	玉石基礎	玉石基礎	玉石基礎	玉石基礎	玉石基礎	玉石基礎
床面積(m ²)	95	104	115	148	201	161	259	85

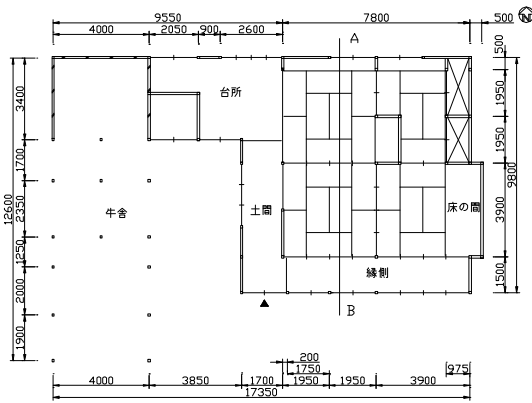


図3 半壊した古い住宅の平面図

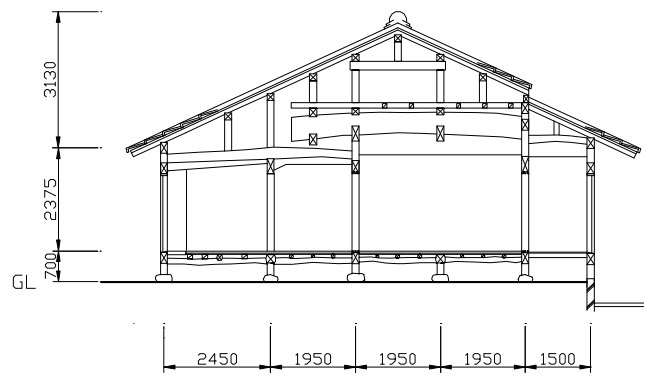


図4 図3の建物のA-B断面図

表 6 半壊した新しい住宅の構造の概要

建物名	I	J	K	L	M	N	O	
所在地	鶴田町東湯田原	鶴田町櫃ヶ迫	鶴田町東湯田原	鶴田町東湯田原	鶴田町東湯田原	鶴田町京塚原	鶴田町高嶺	
被害区分	半壊	半壊	半壊	半壊	半壊	半壊	半壊	
建設年度	1981	1981	1987	1980	1973	1986	1977	
屋根形式	セメント瓦葺	セメント瓦葺	セメント瓦葺	セメント瓦葺	セメント瓦葺	セメント瓦葺	セメント瓦葺	
基礎形式	無筋布基礎	布基礎	布基礎	布基礎	布基礎	布基礎	布基礎	
筋遣いの有無	不明	有り	不明	有り	有り	有り	不明	
床面積(m ²)	113	103	84	123	126	121	136	
壁量比	長辺方向	1.09	1.74	1.63	0.93	0.75	0.95	1.16
	短辺方向	1.81	1.36	2.24	1.25	1.07	1.08	1.02
偏心率	長辺方向	0.119	0.035	0.054	0.317	0.010	0.180	0.216
	短辺方向	0.311	0.080	0.002	0.295	0.029	0.242	0.234

いなどで応答が小さかったためであり、偏心率が大きい4棟の被害要因としては偏心が強く影響していると考えられる。

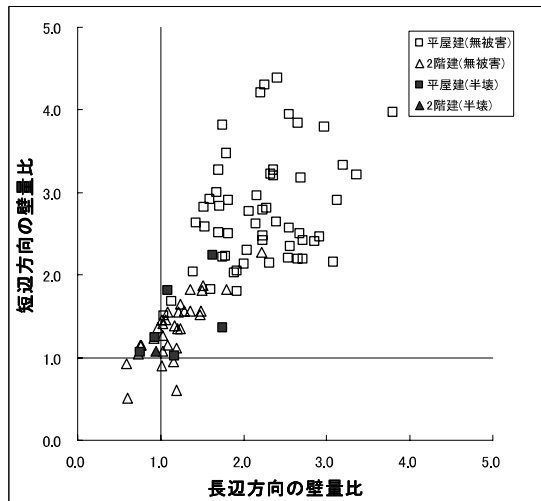


図5 壁量比の分布

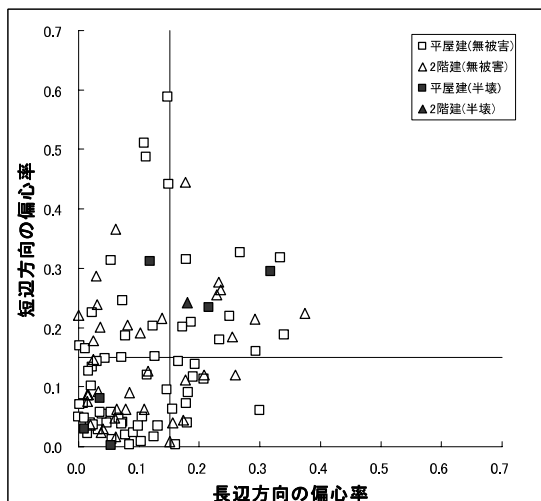


図6 偏心率の分布

5 木造住宅の被害と地形および断層位置との関係

宮之城町の小字について地形種の判別を行った。地形種の判別においては、文献21)に基づいて、小字ごとに丘陵、砂礫台地、シラス台地、山地、低地のいずれかの地形種を割り当てたが、小字内に複数の地形種がある場合は住宅が多く分布している地形種とした。地形種の分布と小字の位置関係は図2)に示している。地形種別毎に、推定断層との位置関係および一部破損率の大きさを示したのが図7)である。ただし、山地と低地は同じ図とし、低地には添字Tをつけて区別する。座標は推定断層の東側の終端位置^{注2)}を原点として、Dx軸を断層方向にとり、Dxの正を

ESE方向、Dyの正をNNE方向として表す。また、図中の●は宮之城町役場の位置を示す。

3月の地震では、一部破損率が30%を超える小字は丘陵、砂礫台地、シラス台地上ではDx軸、すなわち断層に沿って点在し、50%を超える小字は原点付近、すなわち断層の終端付近にあることが分かる。近年、断層破壊の進行方向で断層直交成分の長周期パルスが卓越するディレクティブティ効果が注目されているが²²⁾、一部破損のような軽微な被害を支配するのは比較的短周期の成分であり、このような被害分布になったのはディレクティブティ効果によるものではなく、短周期を多く発生させた強いアスペリティがこれらの断層終端部の浅い部分に存在していたためだと考えられる。しかしながら、地震学的な震源プロセスインバージョン結果²³⁾によると、これらの領域にアスペリティが存在していたことを裏付ける結果は見当たらない。地形による一部破損率の差はそれほど大きくなく、丘陵、砂礫台地、シラス台地では同程度である。また、同じ地形種で断層から同じような位置関係にあっても一部破損率が異なるケースが幾つかあり、被害の大きさが地形と断層位置の関係だけでは説明できないことが分かる。

5月の地震では、一部破損率が30%以上の小字は、山地以外の地形種において、Dx軸に沿った北側の0<Dy<6(km)の領域にあり、一部破損率が40%を超えるのは、これらの領域の中でDx>0の部分に多いが、3月の一部破損率の分布と同様、被害の大きさを地形と断層位置の関係だけでは説明できない。住宅の構法が小字で変わらないとすれば、被害に関するのは地震動の大きさであるが、それには断層との位置関係以外の要因も影響していることが分かる。

一部破損率の大きい地域が全体的に余震域の中心線から北側にずれている理由は、3月の地震で大きな地震力を受けた後に再度5月の地震で大きな地震力を受けたことが影響している可能性が考えられる。地形種による一部破損率を比較すると、地形による差はそれほど大きくなく、丘陵、砂礫台地、シラス台地では同程度の一部破損率であることが分かる。

加藤²⁴⁾はこの地震の本震および余震で得られたK-NET記録を用いてシラスの地盤増幅率を求め、シラス地盤が沖積層地盤と同等以上に大きな地盤増幅率を持つことを指摘しているが、地形種別の一部破損率の比較からはシラスの地盤増幅率が被害分布に及ぼす影響は見当たらない。

武村ら¹⁵⁾は明治以降に発生した内陸地震の震度VIIの分布を決める大きな要因は震源断層からの距離と地盤条件であると報告している。図7)の2回の地震での小字の被害と断層位置との関係をみると、大局的

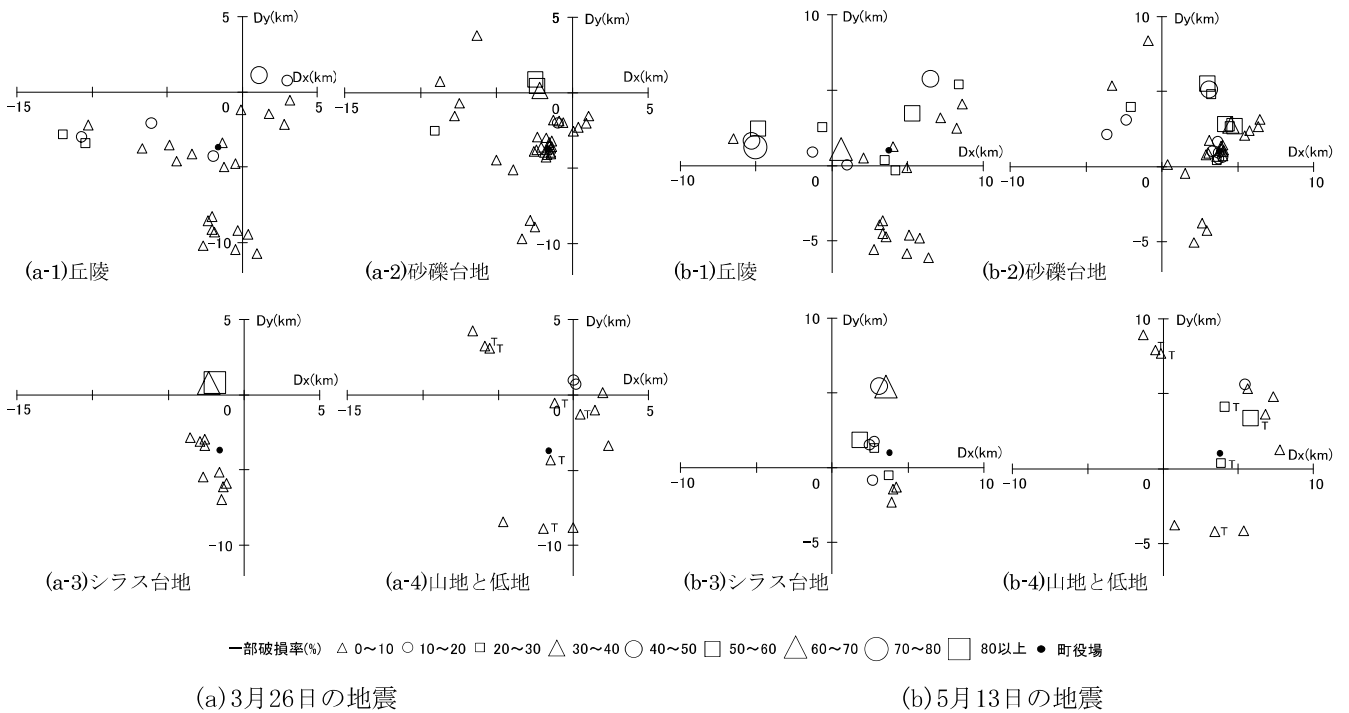


図 7 宮之城町の地形種別の一部破損率

には断層の破壊運動に伴う地震動の大きさの影響を大きく受けていることが分かる。一方、地形種の違いはそれほど顕著でなく、同じ地形種の小字でも被害が大きい地点と小さい地点が混在しているのは、判別した地形種よりも小さな規模で変化する地盤の特性が影響している可能性が考えられる。

1968年十勝沖地震では段丘の縁に建つRC造の建物が被害を受けている²⁵⁾が、表6の半壊したI、J、K、Oの住宅は崖地に建てられており、崖地で地震動が増幅した影響で被害が大きくなった可能性がある。また、表6の半壊したL、M、Nの住宅の周辺は緩斜面上の畑地を盛土して住宅が建てられており、これらの建物が盛土の影響で地震動が増幅して被害が大きくなった可能性が考えられる。

6 まとめ

1997年鹿児島県北西部地震での木造住宅の被害原因を明らかにするために、震源の東側で断層の破壊方向の終端部に位置して多数の被害が発生した宮之城町と鶴田町の木造住宅について、全半壊した住宅の被害状況を調査するとともに、大字および小字単位の住宅の構法と断層との位置関係および地形種と被害率の関係を調べた。

2つの地震の規模はM6.5とM6.3と大きくなかつ

たので、宮之城町と鶴田町では全壊4棟、半壊27棟であった。これらの中の15棟について現地調査し、構造の特徴から破壊の原因を考察した。また、耐力壁の壁量や偏心について無被害建物88棟を含めて比較した。

一方、全半壊住宅の数が少ないため、大字と小字の一部破損の被害率で定義する一部破損率を用いて、大字と小字での一部破損率の違い、断層との位置関係と一部破損率の関係および地形種と一部破損率の関係を調べた。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 全半壊した住宅は新しい住宅と古い住宅の2つの構法に大別できる。古い住宅の被害の原因は耐力壁の不足と偏心の影響で耐震性能が低いためと考えられる。新しい住宅については耐力壁の壁量は建築基準法の規定程度はあるが、その半数については偏心率が大きく、偏心の影響と考えられる。しかし、半壊以外の建物で偏心率が被害を超えている建物もあり、それらは地震動の違いにより応答が小さかった可能性がある。
- 2) 大局的には断層の破壊の終端部に位置する大字の一部破損率が大きく、断層より離れている大字の被害が小さい。しかし、同じ大字内でも小字ごとくの一部破損率は大きく異なっており、それだけでは被害率の違いは説明できない。

- 3) 一部破損率の高い小字は断層の破壊方向の終端部付近と断層に沿った地域に集中しており、断層との位置関係の影響が大きい。しかし、それらの地域でも一部破損率が小さい小字も幾つか見られるので、それだけでは全ての被害を説明できない。
- 4) 一部破損率と地形種の関係は顕著でなく、丘陵、砂礫台地、シラス台地では同じような関係が見られる。これらの地形種と比べると山地と平地では一部破損率が小さい。同じ地形種で断層との位置関係が似ている小字でも一部破損率が異なる場合があり、判別した地形種より小さい規模で特性が異なる地盤による地震動の違いも被害に影響している。
- 5) 全半壊した建物には崖地の上にあるものと畑地の盛土上にあるものがあつた。それらの建物では崖地や盛土による地震動の違いが被害に関係していると考えられる。

謝辞

旧宮之城町役場と旧鶴田町役場の方々には木造住宅被害に関して貴重な資料の提供ならびに調査の協力を頂きました。住宅所有者の方々には調査の協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

注

- 1) 宮之城町の資料は地震直後に調査された「H9.3.26地震調査票」および「地震被害状況調べ」を、鶴田町の資料は6月4日に実施された「応急危険度判定シート」を用いた。
- 2) 終端位置は3月26日の地震では北緯130°29'19.6"、東経31°55'48.7"、5月13日の地震では北緯130°25'8"、東経31°54'39.4"とした。

参考文献

- 1) 日本建築学会：阪神・淡路大震災調査報告，共通編-3 都市安全システムの機能と体制，1999
- 2) 大沢 胖，村上雅也，西川孝夫：1968年2月21日の宮崎県飯盛山付近の地震（えびの地震）による家屋被害，地震研究所集報，Vol. 46，pp. 1345-1354，1968
- 3) 気象庁：えびの地震調査報告，気象庁技術報告，第69号，1969. 12
- 4) 亀井幸次郎：えびの地震災害調査概要，建築雑誌，Vol. 83，pp. 827-836，1968
- 5) 右田健児，村橋久昭，瀧上政美，山田泰二：えびの地震調査報告，日本建築学会大会学術講演梗概

- 集，pp. 663-664，1968
- 6) 高橋 博：えびの・吉松地区地震のあらまし，防災科学技術研究報告，第26号，pp. 1-19，1971
- 7) (財)鹿児島県住宅・建築総合センター：鹿児島県北西部地震による木造住宅の被害調査報告書，1997. 12
- 8) 日本建築学会九州支部：1997年鹿児島県北西部地震災害調査報告書，1998
- 9) 熊本大学工学部環境システム工学科，九州東海大学工学部建築学科：1997年鹿児島県北西部地震被害調査報告書，1997. 12
- 10) 鹿児島大学自然災害研究会：「1997年鹿児島県北西部地震の総合的調査研究」報告書，1998. 3
- 11) 飛島建設株式会社：1997年5月13日鹿児島県北西部地震被害調査報告書，1997. 5
- 12) 松村和雄：1997年鹿児島県北西部地震の地震動の特性，日本建築学会構造系論文集，No. 512 pp. 75-82，1998
- 13) 大庭正八：1944年12月6日東南海地震に見られた遠江地方の家屋被害分布と地盤との関係，地震研究所集報，Vol. 35-1，pp. 201-293，1957
- 14) 瀨瀨一起：カリフォルニアの被害地震と兵庫県南部地震，科学，vol. 66，No. 2，pp. 93-98，1996
- 15) 武村雅之，諸井孝文，八代和彦：明治以降の内陸浅発地震の被害から見た強震動の特徴—震度VIIの発生条件—，地震，第50巻，pp. 485-505，1998
- 16) 角田寿喜他9名：地震活動の特徴，平成9年度建設技術講演会，鹿児島県北西部地震について，pp. 1-12
- 17) 鹿児島県消防防災課：鹿児島県薩摩地方を震源とする地震災害状況
- 18) 総務庁統計局：平成7年国勢調査報告，鹿児島県
- 19) 建設省住宅局：増補版 木造住宅の耐震精密診断と補強方法，1995
- 20) 建築基準法施行令，建設省告示，1980
- 21) 鹿児島県：北薩地域土地分類基本調査，宮之城町，5万分の1，国土調査，1976
- 22) 大野 晋，武村雅之，小林義尚：観測記録から求めた震源近傍における強震動の方向性，第10回日本地震工学シンポジウム，pp. 133-138，1998
- 23) 三宅弘恵，岩田知孝，入倉孝次郎：経験的グリーン関数法を用いた1997年3月26日及び5月13日鹿児島県北西部地震の強震動シミュレーションと震源モデル，地震第2輯，第51巻，第4号，pp. 431-442，1999
- 24) 加藤研一：K-NET強震記録に基づく1997年鹿児島県北西部地震群の震源・伝播経路・地盤増幅特性評価，日本建築学会構造系論文

集, No. 512, pp. 61-68, 2001

25) 日本建築学会：1968年十勝沖地震災害調査報告,
1968

本論は日本建築学会九州支部研究報告第 40 号および日本建築学会九州支部研究報告第 41 号で発表した内容を加筆・修正して新たに論文としてまとめたものである。