

2000年鳥取県西部地震の米子市被害調査結果における 木造住宅被害の特性

Characteristics of Wooden Housing Damage Based on Damage Survey Data of Yonago City in the 2000 Tottori-ken Seibu Earthquake

久美田 岳¹, 小檜山 雅之², 山崎 文雄³

Takashi KUMITA, Masayuki KOHIYAMA², and Fumio YAMAZAKI³

¹ 日本アイ・ピー・エム株式会社
IBM Japan, Ltd.

² 東京大学生産技術研究所
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

³ アジア工科大学院
Asian Institute of Technology

The wooden housing damage due to the 2000 Tottori-ken Seibu Earthquake was analyzed using the damage survey data investigated by Yonago City. It was clarified that the actual housing damage ratios are lower than estimated results based on simulated peak ground velocity and fragility curves that were derived from the data of the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake. Damage mode, which is combination of roof, wall, and structure damage ratios and tilting levels, were calculated for each topographically classified area, and its regional trend was revealed.

Key Words : The 2000 Tottori-ken Seibu Earthquake, building damage, Yonago City, wooden housing, damage mode

1. はじめに

2000年10月6日に鳥取県西部、深さ10kmを震源とする気象庁マグニチュード7.3の鳥取県西部地震が発生し、鳥取県境港市、日野町では震度6強を記録した。この地震によって、2001年10月10日現在¹⁾で全壊434棟、半壊3,094棟の住家被害が報告されている(死者数0名)。しかし、1995年兵庫県南部地震と同等の地震規模であったのに対して、被害の規模は比較的小さく、政府の地震防災情報システムの被害推定結果は建物倒壊約8,000戸、死者約200名と、実際の被害を大きく上回り²⁾、推定手法の改善が必要という課題を残した。その原因としては、兵庫県南部地震と比較して鳥取県西部地震は地震動の破壊力が弱かったことや、木造建物の耐震性能に差があったことなどが考えられている^{3), 4)}。今後、より正確な地震被害推定、より現実的な被害想定を行うためには、これらの原因による影響を定量的に評価して取り入れていく必要があるといえよう。

一方、阪神・淡路大震災で行政上の大きな混乱を生じた住家の被害認定作業について、基準の改定⁵⁾と新たな運用指針の策定⁶⁾が行われた。運用指針の参考資料では住家被害調査表が例示されており、今後災害時には同表が自治体で活用されていくと予想される。米子市では鳥取県西部地震の被害調査に、神戸市が兵庫県南部地震の際に用いた建物被害調査表を概ね踏襲して用いた。米子市の

調査表は、運用指針参考資料の調査表とは損害割合を算定するための屋根・柱・壁などの部位別の構成比がことなっている(2節参照)。しかし、今後用いられる調査表が部位別の損傷程度から全体の損害割合を合算する方法をとるのであれば、地形条件、地震動入力と被害モードの関係を明らかにすることは、今後の被害推定精度の向上のために非常に重要である。

本論文では、鳥取県西部地震で比較的多くの建物被害が発生した米子市に着目し、まず被害認定調査データを集計し、町丁目単位で木造住家の全壊率、全半壊率を明らかにする。次に、ポーリングデータ等をもとに米子市内の地盤モデルを構築し、一次元等価線形解析を用いて鳥取県西部地震の地震動分布を推定する。そして、求められた町丁目ごとの建物被害率と推定地震動との関係を、兵庫県南部地震の建物被害データをもとに構築された建物被害関数と比較を行う。最後に米子市の調査結果による部位別の被害率をもとに地形区分と住家の被害モードの関係を明らかにする。

2. 米子市建物被害

(1) 被害認定調査

鳥取県西部地震後に米子市によって実施された被害認定調査「罹災証明書発行のための損害割合判定」は、震災発生9日後の2000年10月15日から始まった。被害認

定調査には、外観目視調査のみで屋内被害については推定を行う第一次調査と、屋内被害を含めて詳細に調査を行う第二次調査が存在した。当初は第一次調査の判定結果に不満がある場合のみ再調査として第二次調査を行っていたが、11月1日からは最初から第二次調査が実施された⁷⁾。

調査対象建物に応じて、木造・プレハブ用と非木造用の判定表が存在し、判定基準が異なっている。木造・プレハブ用の判定では、建物を屋根15%、壁45%、構造体40%という構成比で3つの部位に分け、それぞれの部位の損傷率と構成比を掛け合わせた値をその部位の損害割合とし、それらの和を建物の損害割合として、50%以上を全壊、20%以上50%未満を半壊、20%未満を一部損壊と判定している。二次調査ではさらに、壁を外壁、内壁、建具、天井に、構造体を柱・軸組壁、基礎、床に分けている。傾斜による被害は、一次調査では傾き 3° ($5/100$ rad) 以上を全壊とするだけであるが、二次調査では、傾斜箇所数と傾きの大きさから50%を最大として損害割合を計算し、構造体の損害割合と比較して大きい方を建物全体の損害割合の算出に用いている(表1)。

被害調査結果のデータ入力は2001年6月11~15日と7月17日に米子市役所において行った。入力項目は、第一次調査、第二次調査、調査対象建物によって若干異なるが、共通項目は、整理番号、所在、用途、建物部位ごとの損害割合、判定結果である。入力を行ったデータの内訳を表2に示す。この表に示されている一部損壊の棟数は被害認定調査の上で一部損壊と判定された建物の棟数であり、自己申告により窓口での聞き取り調査の上、被害認定調査を行わずに認定された建物の棟数は含んでいない。用途が住家、構造が木造・プレハブで、全壊または半壊の判定を受けた建物のデータの内訳を表3に示す。第一次調査、第二次調査ともに受けずに判定されている建物が30棟存在するが、これらは既に取り壊されているなど、被害認定調査を行うことができなかった建物である。また、第一次調査、第二次調査ともに実施されている54棟については、第二次調査の結果を優先した。

(2) 建物被害率

用途が住家、構造が木造・プレハブで、全壊または半壊の判定を受けた建物のデータ1,182件を用いて、米子市内の町丁目ごとの建物被害率を算出した。ここで、埋立地に造成された安倍彦名団地と富益団地では液状化によって局所的な被害が生じているため、独立した町丁目として扱った。また、町丁目ごとの木造住家棟数を求めるために、住宅地図⁸⁾を用いて、集合住宅や店舗などを除いた戸建て住宅棟数を数えた。その結果は42,395棟であったが、平成10年住宅・土地統計調査⁹⁾では米子市の木造住家棟数は35,160棟である。この違いは、住宅地図からは非木造建物の区別が困難であること、住宅・土地統計調査はサンプリング調査であることに起因している。ここでは市内の大まかな被害率分布傾向を把握するため、求められた町丁目ごとの戸建て住宅棟数に $35,160/42,395 \approx 0.83$ を乗じて、町丁目ごとの推定木造住家棟数とした。

表4に米子市の木造住家の全壊棟数、半壊棟数、推定全壊棟数、全壊率、全半壊率を町丁目ごとに示す。

図1に米子市内の町丁目ごとの被害率分布を示す。ここで、被害率は(全壊棟数+半壊棟数 $\times 0.5$)/全棟数で定義される。図より、米子市内においても地域ごとに被害率に大きな差があり、被害の全く発生していない地域もある一方で、震源に近い市南部地域や、液状化被害の発生した安倍彦名団地を含む弓ヶ浜半島の中海側のように被害率の高い地域があることが分かる。

表1. 建物被害判定

第一次調査		第二次調査	
屋根	15%	屋根	15%
壁	45%	外壁	18%
		内壁	12%
		建具	10%
		天井	5%
構造体	40%	柱・軸組壁	15%
		基礎	15%
		床	10%
傾斜	3° ($5/100$ rad) 以上は全壊	傾斜	最大50% ※構造体と比較して大きい方を採用

表2. 建物被害調査データの内訳棟数

用途	構造	全壊	半壊	一部損壊	計
住家	木造	108	1,074	701	1,883
	非木造	0	22	50	72
離れ	木造	13	58	42	113
	非木造	0	0	1	1
蔵	木造	25	66	39	130
	非木造	0	2	2	4
車庫	木造	33	67	35	135
	非木造	0	2	2	4
店舗	木造	2	15	5	22
	非木造	2	16	8	26
その他	木造	42	107	26	175
	非木造	1	15	11	27
合計	木造	223	1,387	848	2,458
	非木造	3	57	74	134
	計	226	1,444	922	2,592

表3. 全壊・半壊と判定された木造住家データの内訳棟数

		第二次調査		計
		あり	なし	
第一次調査	あり	54	480	534
	なし	618	30	648
計		672	510	1,182

表4(a). 米子市の木造住家被害データ

町名	全壊 (棟)	半壊 (棟)	推定 全棟数 (棟)	全壊率 (%)	全半壊率 (%)
青木	0	12	91	0.0	13.2
赤井手	0	0	56	0.0	0.0
朝日町	2	0	176	1.1	1.1
愛宕町	0	0	26	0.0	0.0
安倍	0	23	335	0.0	6.9
安倍(安倍彦名団地)	9	79	94	9.6	93.9
石井	0	28	234	0.0	12.0
泉	0	3	143	0.0	2.1
一部	0	0	46	0.0	0.0
今在家	0	1	80	0.0	1.2
岩倉町	0	9	55	0.0	16.4
陰田町	1	25	170	0.6	15.3
内町	1	11	114	0.9	10.6
浦津	0	0	69	0.0	0.0
榎原	0	20	192	0.0	10.4
大崎	3	7	432	0.7	2.3
大崎(富益団地)	0	0	108	0.0	0.0
大篠津町	2	12	630	0.3	2.2
大谷町	0	3	140	0.0	2.1
大袋	0	1	22	0.0	4.5
岡成	1	0	141	0.7	0.7
奥谷	2	21	148	1.4	15.6
尾高	0	4	571	0.0	0.7
尾高町	0	10	138	0.0	7.3
皆生1丁目	0	0	46	0.0	0.0
皆生2丁目	0	0	0	0.0	0.0
皆生3丁目	0	0	150	0.0	0.0
皆生4丁目	0	0	80	0.0	0.0
皆生5丁目	0	0	372	0.0	0.0
皆生6丁目	0	2	136	0.0	1.5
皆生温泉1丁目	0	1	160	0.0	0.6
皆生温泉2丁目	0	0	168	0.0	0.0
皆生温泉3丁目	0	0	75	0.0	0.0
皆生温泉4丁目	0	0	157	0.0	0.0
皆生新田1丁目	0	0	95	0.0	0.0
皆生新田2丁目	0	1	72	0.0	1.4
皆生新田3丁目	0	0	137	0.0	0.0
角盤町1丁目	1	0	168	0.6	0.6
角盤町2丁目	0	1	98	0.0	1.0
角盤町3丁目	0	4	159	0.0	2.5
角盤町4丁目	0	8	141	0.0	5.7
兼久	0	21	53	0.0	39.6
上安曇	3	9	38	7.9	31.5
上後藤1丁目	0	0	103	0.0	0.0
上後藤2丁目	0	0	115	0.0	0.0
上後藤3丁目	0	1	140	0.0	0.7
上後藤4丁目	0	0	148	0.0	0.0
上後藤5丁目	0	0	198	0.0	0.0
上後藤6丁目	5	11	131	3.8	12.2
上後藤7丁目	2	3	94	2.1	5.3
上後藤8丁目	0	1	51	0.0	1.9
上新印	0	0	51	0.0	0.0
上福原	0	1	264	0.0	0.4
上福原1丁目	0	0	57	0.0	0.0
上福原2丁目	0	0	179	0.0	0.0
上福原3丁目	0	0	194	0.0	0.0
上福原4丁目	0	1	89	0.0	1.1
上福原5丁目	0	0	163	0.0	0.0
上福原6丁目	0	0	186	0.0	0.0
上福原7丁目	0	0	122	0.0	0.0
加茂町1丁目	1	7	109	0.9	7.3
加茂町2丁目	0	1	45	0.0	2.2
蚊屋	0	3	253	0.0	1.2

表4(b). 米子市の木造住家被害データ(続き)

町名	全壊 (棟)	半壊 (棟)	推定 全棟数 (棟)	全壊率 (%)	全半壊率 (%)
河岡	0	2	535	0.0	0.4
河崎	0	12	1,137	0.0	1.1
勝田町	0	8	173	0.0	4.6
観音寺	0	9	90	0.0	10.0
錦海町1丁目	0	0	97	0.0	0.0
錦海町2丁目	0	0	86	0.0	0.0
錦海町3丁目	0	0	48	0.0	0.0
祇園町1丁目	0	7	45	0.0	15.6
祇園町2丁目	2	12	243	0.8	5.8
義方町	0	15	94	0.0	16.0
日下	0	0	80	0.0	0.0
車尾	0	3	259	0.0	1.2
車尾1丁目	0	1	80	0.0	1.3
車尾2丁目	1	4	196	0.5	2.6
車尾3丁目	0	0	102	0.0	0.0
車尾5丁目	0	5	158	0.0	3.2
熊党	1	5	116	0.9	5.2
久米町	0	2	28	0.0	7.1
糶町1丁目	0	2	107	0.0	1.9
糶町2丁目	0	8	114	0.0	7.0
紺屋町	0	1	84	0.0	1.2
古豊千	0	2	173	0.0	1.2
三本松1丁目	0	1	159	0.0	0.6
三本松2丁目	0	0	197	0.0	0.0
三本松3丁目	0	0	182	0.0	0.0
三本松4丁目	0	0	112	0.0	0.0
塩町	0	0	32	0.0	0.0
下安曇	1	3	16	6.3	25.4
下新印	0	3	96	0.0	3.1
下郷	0	0	55	0.0	0.0
昭和町	0	1	146	0.0	0.7
新開1丁目	0	0	74	0.0	0.0
新開2丁目	0	0	187	0.0	0.0
新開3丁目	0	1	63	0.0	1.6
末広町	0	1	60	0.0	1.7
諏訪	0	0	148	0.0	0.0
石州府	0	0	36	0.0	0.0
高島	0	2	45	0.0	4.5
立町1丁目	3	5	56	5.4	14.4
立町2丁目	2	3	48	4.2	10.4
立町3丁目	1	1	82	1.2	2.4
立町4丁目	0	1	64	0.0	1.6
大工町	0	0	32	0.0	0.0
茶町	0	2	44	0.0	4.6
寺町	0	3	55	0.0	5.5
天神町1丁目	0	0	40	0.0	0.0
天神町2丁目	1	3	21	4.8	19.3
富益町	1	11	1,057	0.1	1.1
富益町(富益団地)	2	13	158	1.3	9.5
道笑町1丁目	2	0	65	3.1	3.1
道笑町2丁目	0	4	107	0.0	3.7
道笑町3丁目	3	1	173	1.7	2.3
道笑町4丁目	0	1	131	0.0	0.8
中島1丁目	0	0	173	0.0	0.0
中島2丁目	0	0	218	0.0	0.0
中町	0	4	49	0.0	8.2
永江	4	20	564	0.7	4.3
長砂町	0	5	299	0.0	1.7
奈喜良	0	32	103	0.0	31.1
灘町1丁目	2	11	54	3.7	24.1
灘町2丁目	4	13	172	2.3	9.9
灘町3丁目	0	8	144	0.0	5.5
新山	0	17	51	0.0	33.6

表 4 (c). 米子市の木造住家被害データ (続き)

町名	全壊 (棟)	半壊 (棟)	推定 全棟数 (棟)	全壊率 (%)	全半壊率 (%)
錦町 1丁目	0	6	134	0.0	4.5
錦町 2丁目	1	11	257	0.4	4.7
錦町 3丁目	0	0	79	0.0	0.0
西倉吉町	1	3	91	1.1	4.4
西町	0	2	58	0.0	3.4
西福原	0	1	349	0.0	0.3
西福原 1丁目	0	0	51	0.0	0.0
西福原 2丁目	0	1	104	0.0	1.0
西福原 3丁目	0	2	120	0.0	1.7
西福原 4丁目	0	0	165	0.0	0.0
西福原 5丁目	0	0	92	0.0	0.0
西福原 6丁目	0	0	191	0.0	0.0
西福原 7丁目	0	1	177	0.0	0.6
西福原 8丁目	0	0	179	0.0	0.0
西福原 9丁目	0	1	169	0.0	0.6
二本木	1	2	153	0.7	2.0
橋本	2	22	90	2.2	26.8
旗ヶ崎	0	0	88	0.0	0.0
旗ヶ崎 1丁目	1	19	312	0.3	6.4
旗ヶ崎 2丁目	0	13	172	0.0	7.6
旗ヶ崎 3丁目	0	5	221	0.0	2.3
旗ヶ崎 4丁目	0	4	223	0.0	1.8
旗ヶ崎 5丁目	0	3	168	0.0	1.8
旗ヶ崎 6丁目	0	6	173	0.0	3.5
旗ヶ崎 7丁目	1	15	192	0.5	8.3
旗ヶ崎 8丁目	4	20	147	2.7	16.3
旗ヶ崎 9丁目	12	5	256	4.7	6.6
花園町	0	10	128	0.0	7.8
博労町 1丁目	0	3	128	0.0	2.3
博労町 2丁目	0	3	135	0.0	2.2
博労町 3丁目	1	3	148	0.7	2.7
博労町 4丁目	0	3	173	0.0	1.7
東倉吉町	0	0	76	0.0	0.0
東町	0	6	114	0.0	5.3
東福原 1丁目	0	0	55	0.0	0.0
東福原 2丁目	0	1	181	0.0	0.6
東福原 3丁目	0	1	119	0.0	0.8
東福原 4丁目	0	1	152	0.0	0.7
東福原 5丁目	0	0	110	0.0	0.0
東福原 6丁目	0	0	135	0.0	0.0
東福原 7丁目	0	3	211	0.0	1.4
東福原 8丁目	0	0	294	0.0	0.0
東山町	0	0	118	0.0	0.0
東八幡	0	3	61	0.0	4.9

表 4 (d). 米子市の木造住家被害データ (続き)

町名	全壊 (棟)	半壊 (棟)	推定 全棟数 (棟)	全壊率 (%)	全半壊率 (%)
彦名新田	0	0	0	0.0	0.0
彦名町	3	81	1,028	0.3	8.2
彦名町 (安倍彦名団地)	2	24	43	4.6	60.3
日ノ出町 1丁目	0	0	144	0.0	0.0
日ノ出町 2丁目	0	0	1	0.0	0.0
日野町	0	2	49	0.0	4.1
日原	1	5	93	1.1	6.5
福市	2	36	624	0.3	6.1
福万	0	4	245	0.0	1.6
富士見町	0	1	121	0.0	0.8
富士見町 1丁目	0	0	92	0.0	0.0
富士見町 2丁目	0	0	114	0.0	0.0
古市	1	21	37	2.7	58.9
別所	1	6	36	2.8	19.6
法勝寺町	0	5	48	0.0	10.4
万能町	1	1	61	1.7	3.3
水浜	0	0	17	0.0	0.0
三旗町	0	2	50	0.0	4.0
美吉	0	7	153	0.0	4.6
宗像	1	3	210	0.5	1.9
明治町	0	0	66	0.0	0.0
目久美町	0	5	186	0.0	2.7
弥生町	0	0	10	0.0	0.0
八幡	0	0	114	0.0	0.0
陽田町	0	0	129	0.0	0.0
吉岡	0	0	193	0.0	0.0
吉谷	5	20	91	5.5	27.4
葭津	1	4	218	0.5	2.3
四日市町	0	1	57	0.0	1.7
米原	0	0	36	0.0	0.0
米原 1丁目	0	0	174	0.0	0.0
米原 2丁目	0	2	79	0.0	2.5
米原 3丁目	0	0	119	0.0	0.0
米原 4丁目	0	0	61	0.0	0.0
米原 5丁目	0	0	56	0.0	0.0
米原 6丁目	0	1	125	0.0	0.8
米原 7丁目	0	1	183	0.0	0.5
米原 8丁目	0	1	142	0.0	0.7
米原 9丁目	0	0	92	0.0	0.0
夜見町	1	24	1,354	0.1	1.8
流通町	0	0	0	0.0	0.0
両三柳	1	13	2,111	0.0	0.7
和田町	1	12	832	0.1	1.6
計	108	1,074	35,160	0.3	3.4

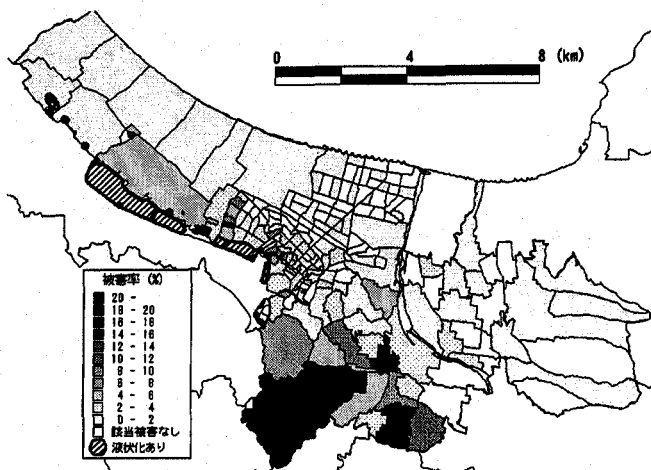


図 1. 米子市の木造住家被害率分布

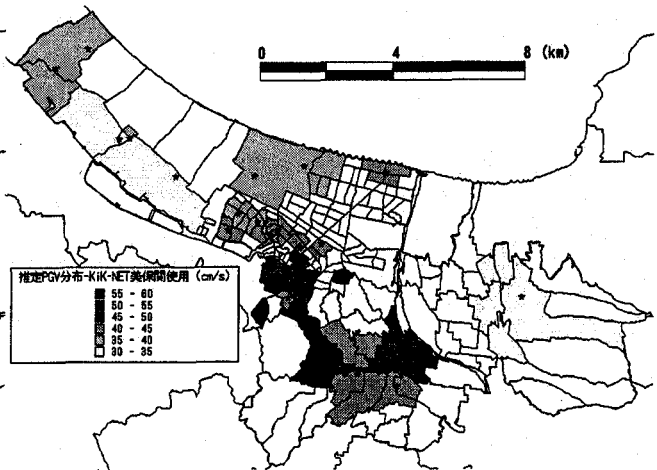


図 2. 米子市の地表面最大速度分布の推定結果

3. 地震動分布推定

米子市から提供された34地点(図2の星印)のボーリングデータから、米子市周辺地盤の地盤地質区分と地形成立要因にもとづいた地形区分^{10), 11)}を参考に、重複反射理論に基づく次元等価線形解析の地盤モデルの構築を行った。モデル各層のせん断波速度は、田村・山崎¹²⁾の式より土質分類、地質分類、N値から推定した。共通基盤は基盤岩とし、せん断波速度 $V_s=600\text{m/s}$ とした。ボーリングデータが基盤岩まで達していない地点については、周辺のボーリング記録から基盤岩までの構造を推定した。地盤の動的非線形特性は安田・山口¹³⁾のモデルを用いた。

構築した各地点の地盤モデルに、防災科学技術研究所のKiK-NET美保関の地表における観測波形を基盤入力地震動として、次元等価線形解析による地震動推定を、吉田・末富¹⁴⁾の解析プログラムを用いた。ここで、各地点の震源からの距離の違いによる影響を除くため、Shabestariら¹⁵⁾による鳥取県西部地震のK-NET, KiK-NET観測記録から構築された基盤波の距離減衰式を用いて、KiK-NET美保関と各解析点の最短断層距離から求まる距離減衰比に応じて、入力波形を1.02~1.52倍して基盤入力地震動とした。同じ手法によるK-NET米子と気象庁米子測候所の2地点の解析結果は、加速度応答スペクトルが観測記録と概ね一致することを確認している。

次元等価線形解析はボーリング地点という点の情報であるため、常時微動観測結果と表層地質、地形を考慮して、解析点と同程度の地震動であると思われる町丁目を選定し、推定地震動を町丁目に適用した。地表面最大速度の分布図を図2に示す。なお、次元等価線形解析は地盤の液化化過程までは再現していないため、液化化の生じた町丁目においては注意が必要である。

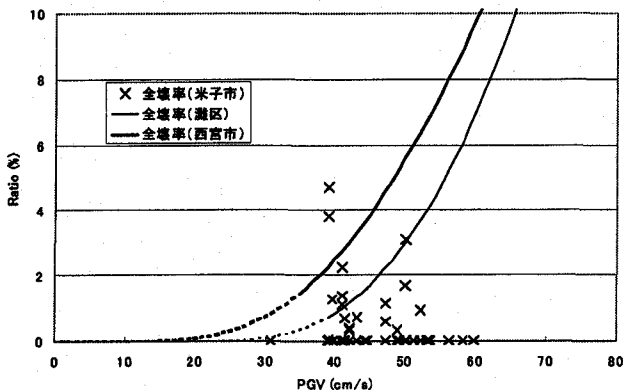
4. 兵庫県南部地震被害関数との比較

1995年に発生した兵庫県南部地震では多くの建物被害データと地震動観測記録が得られ、それに基づき多くの建物被害関数が提案された。村尾・山崎¹⁶⁾は、強震観測

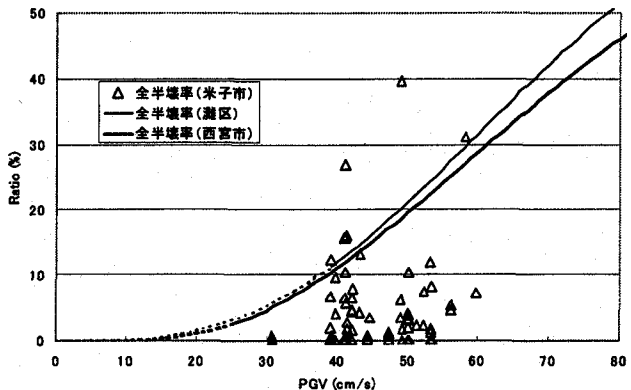
記録と低層独立住宅被害データから再推定された阪神地域の最大速度分布を、神戸市が行った灘区の建物被災度調査結果を用いて灘区に関して再推定し、この推定最大速度分布と灘区の被災度調査結果から、構造・建築年代別の建物被害関数を構築した。また、山口・山崎¹⁷⁾は、西宮市に関して再推定した地震動分布と西宮市の建物被災度調査結果を用いて、地表面最大加速度、最大速度、SI値、計測震度について、構造・建築年代別の建物被害関数を構築している。2節で求めた町丁目ごとの木造建物被害率と3節で求めた推定地震動分布を用い、兵庫県南部地震の被害データから構築されたこれらの建物被害関数と、鳥取県西部地震における建物被害率-地震動関係の比較を行う。

灘区、西宮市においては建築年代ごとの建物被害関数が構築されているが、米子市の建物被害データには建築年代の情報がなく、建築年代を用いた分析ができない。また、鳥取県西部地震は兵庫県南部地震のおよそ5年9ヶ月後に発生しているため、建物の経年劣化も考えられる。灘区、西宮市の建物被害関数の建築年代区分は建築基準法の改正年を参考に設定されたと考えられるものの、ここでは、平成10年住宅・土地統計調査報告⁹⁾を用いて米子市の木造住宅の建築年代の構成比(表5)を調べ、建築年代ではなく地震発生時の築年数に換算して、灘区、西宮市の建物被害関数から各築年区分の被害率を求め、構成比から全体の被害率を算出し、実際の建物被害と比較を行った。鳥取県西部地震の液化化が発生していないと考えられる町丁目における木造住宅被害率と地震動推定値の散布図と、兵庫県南部地震の灘区と西宮市における建物被害関数との比較を全壊率、全半壊率それぞれ図3(a), (b)に示す。

図より、米子市における建物被害が、いくつかの町丁目において、灘区、西宮市における建物被害関数を上回っているものの、全体の傾向としては全壊、全半壊ともに建物被害関数を下回っており、鳥取県西部地震の米子市における建物被害は、その地震動の大きさに対し、兵庫県南部地震の被害と比較して小さかったと言える。



(a). 全壊率



(b). 全半壊率

図3. 鳥取県西部地震の建物被害と兵庫県南部地震の被害関数との比較(被害関数は実線部が適用範囲)

表 5. 米子市の木造建物建築年代

建築年代	木造 (棟)	防火木造 (棟)	合計 (棟)	構成比 (%)
-1944	1,910	150	2,060	5.92
1945 - 1970	8,190	1,360	9,550	27.43
1971 - 1980	7,580	2,530	10,110	29.04
1981 - 1990	5,020	2,850	7,870	22.6
1991 - 1995	1,800	1,620	3,420	9.82
1996 - 1998	1,130	680	1,810	5.2
計	25,830	9,330	34,820	100

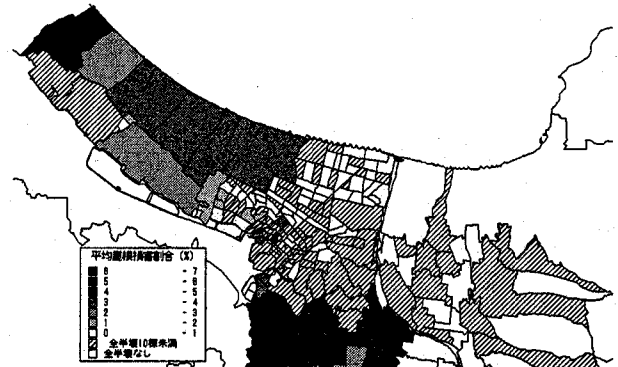
5. 部位別損害割合の分析

表 1 に示したように、米子市によって行われた被害認定調査では、建物全体を屋根・壁・構造体の3つの部位に分けて損害割合が計算されており、第二次調査では傾斜についても計算されている。地域による被害部位の傾向を調べるために、町丁目ごとに半壊以上の被害を生じた木造住家について各部位の損害割合の平均を求めた。全ての木造住家について被害認定調査が行われていないため、半壊以上の被害を生じたデータのみを用いて算出しているが、部位別損害割合の傾向を表す指標としては適していると考えられる。第一次調査は外観目視調査のみ、第二次調査は屋内調査も行っているが、両調査における部位別の損害割合は等価なものとして扱い、両調査ともに行われた場合は第二次調査結果を用いた。町丁目ごとの部位別の平均損害割合をそれぞれ図 4 (a)~(d) に示す。

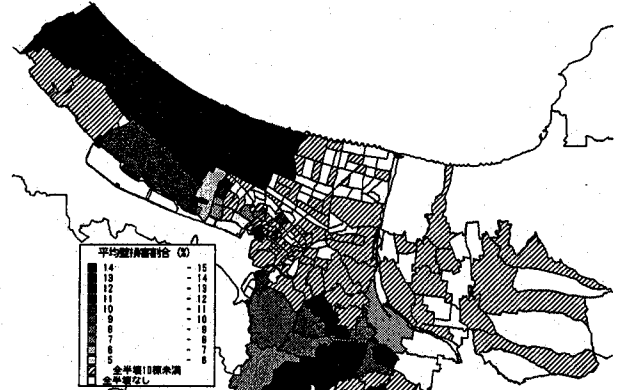
米子市の沖積平野はその成因から日野川・佐陀川の扇状地、弓ヶ浜の砂州・砂丘、加茂川河口低湿地の3地域に大別される¹⁰⁾。米子市全体はそれら3地域に山地と埋立地¹¹⁾を加え、全部で5地域に大別される。図 5 (a)~(e) に砂州・砂丘、河口低湿地、扇状地、埋立地、山地の5地域における、被害の大きかった町丁目について平均部位別損害割合をそれぞれ示す。ここで、軸は、部位別平均損害割合をその部位の構成比で除して正規化した値（たとえば屋根であれば0.15で除した値）である。

各地域ごとに平均部位別損害割合に傾向があり、例えば、山地では「屋根」の損害割合が高く、「傾斜」の損害割合は小さいのに対して、大規模な液状化の生じた埋立地の安倍彦名団地では「傾斜」の損害が高く、「屋根」の損害割合は小さくなっている。

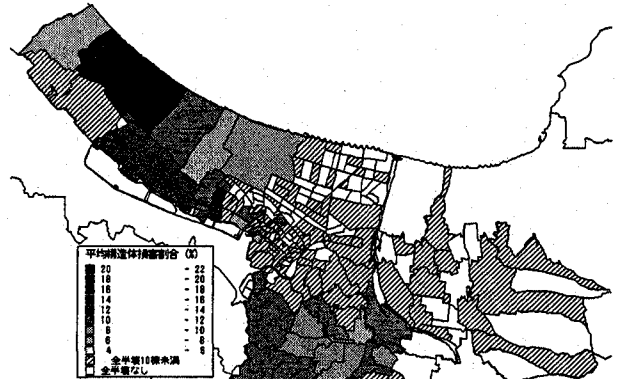
これは、地盤条件のよい山地では短周期の地震動が卓越するため、屋根瓦が落ちるなどの被害は生じるが、建物を倒壊させるにはいたらなかったと考えられる。一方、埋立地で液状化の生じた地域では地震動の短周期成分が伝達されにくくなるため、屋根瓦や建具などには被害を生じないが、地盤沈下によって建物全体が傾く被害が生じている。また、河口低湿地では「傾斜」の損害割合が他の部位と同様に高い。地域内で液状化被害と震動被害が混在し平均化されたとすれば、平均値は小さくなるはずであるが、比較的值が大きいことから、この被害モードは河口低湿地特有の傾向であると考えられる。



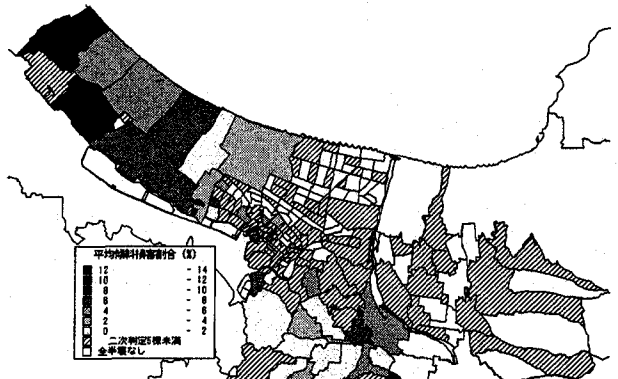
(a). 屋根



(b). 壁

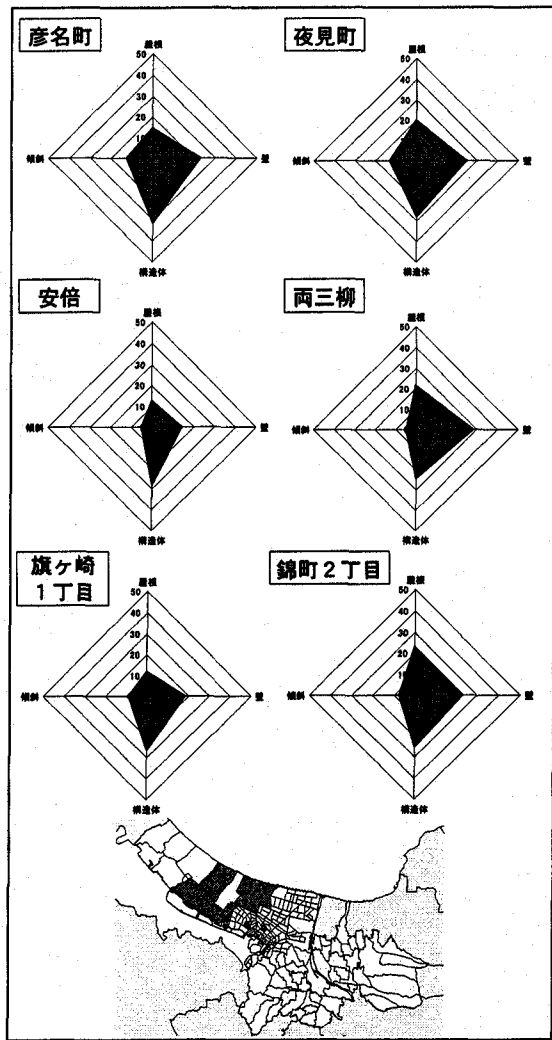


(c). 構造体

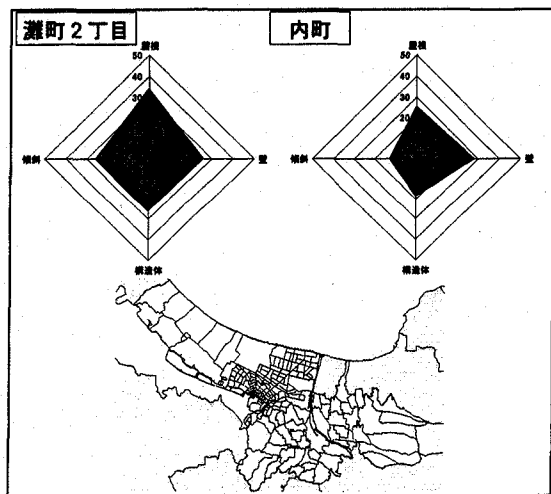


(d). 傾斜

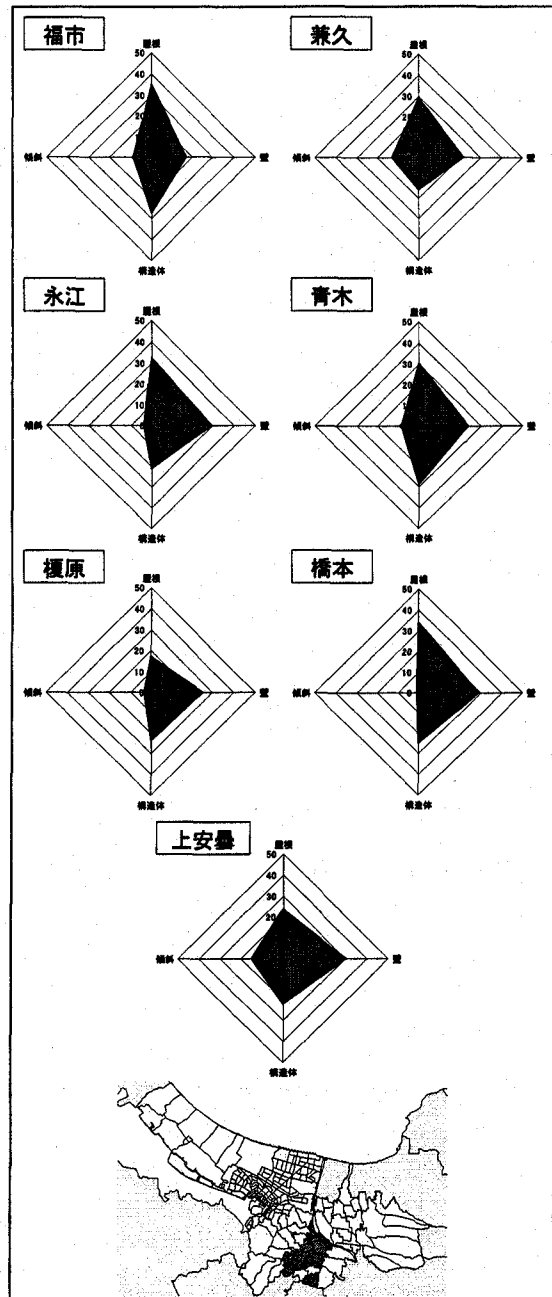
図 4. 部位別の平均損害割合の分布



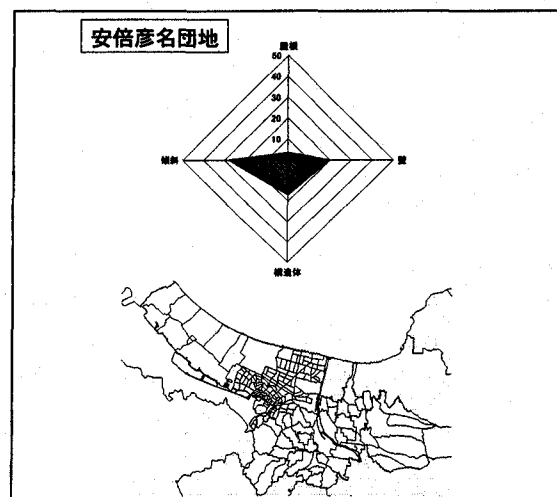
(a). 砂州・砂丘



(b). 河口低湿地

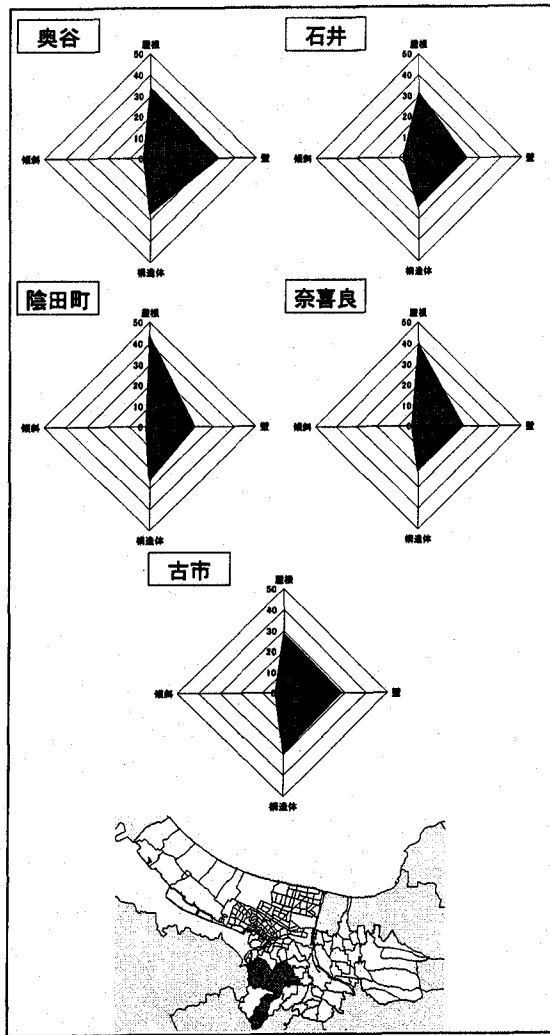


(c). 扇状地



(d). 埋立地

図5. 地形別の各地域における部位別の平均損害割合



(e). 山地

図5. 地形別の各地域における部位別の平均損害割合 (続き)

6. まとめ

鳥取県西部地震における住家被害の傾向について、米子市の被害調査データをもとに分析を行った。その結果、重複反射理論に基づく次元等価線形解析より求められた推定地表面速度と全壊率、全半壊率の関係は兵庫県南部地震の建物被害関数よりも被害率が小さいことが定量的に示された。また、町丁目ごとの建物部位別の平均損害割合を明らかにし、砂州・砂丘、河口低湿地、扇状地、埋立地、山地の5地域での被害モードの特徴を明らかにした。これまで被害関数の構築は全壊率、全半壊率といった被害統計に基づくことが多かった。しかし、地震動入力とそれにより生じる被害モードには相関があり、本論で示される被害率分布、部位別の平均損害割合は、今後の建物被害推定精度の向上のための研究に資するものと考えられる。

謝辞

本論文の作成に当たっては、米子市調査による建物被

害データを用いた。被害データ収集にあたっては米子市役所岩崎豪係長の協力を得た。また、独立行政法人防災科学技術研究所の地震観測網 K-NET, KiK-NET による観測データおよび気象庁による地震観測記録を利用した。地震動分布解析では佐藤工業株式会社中央技術研究所末富岩雄博士の助言を頂いた。記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 消防庁：平成 12 年 (2000 年) 鳥取県西部地震 (第 64 報), <http://www.fdma.go.jp/html/infor/121006tottori.htm>, 2001.
- 2) 国土庁・気象庁：第 1 回地震被害に関する検討委員会資料 1, 地震被害に関する検討委員会について, p. 1, 2000.
- 3) 林康裕・北原昭男・平山貴之・鈴木祥之：2000 年鳥取県西部地震の地震動強さの評価, 日本建築学会構造系論文集, 第 548 号, pp. 35-41, 2001.
- 4) 水越薫・石田寛・鳥澤一晃：平成 12 年鳥取県西部地震による建物被害の分析その 2：木造建物被害の地域性, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 167-168, 2001.
- 5) 宇野雅憲：災害に係る住家の被害認定基準の改定について, 都市政策, (財)神戸都市問題研究所, No. 105, pp. 26-35, 2001.
- 6) 内閣府：災害に係る住家の被害認定基準運用指針, 2001.
- 7) 堀江啓・牧紀男・重川希志依・田中聡・林春男：液状化を誘因とする木造戸建住宅の被害に関する調査手法の開発—鳥取県西部地震における被害形態と補修費用—, 地域安全学会論文集, No. 3, pp. 73-80, 2001.
- 8) ゼンリン：ゼンリン住宅地図2001, 鳥取県米子市No. 1&2, 2001.
- 9) 総務庁統計局：平成 10 年住宅・土地統計調査報告, 第 5 巻都道府県編その 31 鳥取県, 2000.
- 10) 中国地方基礎地盤研究会：山陰臨海平野地盤図, 1995.
- 11) 経済企画庁：土地分類基本調査 (縮尺 1/5 万) 「米子」, 1967.
- 12) 田村勇・山崎文雄：K-NET と横浜市強震計ネットワークの地盤調査データに基づく S 波速度推定式, 土木学会論文集, No. 696/I-58, pp. 237-248, 2002.
- 13) 安田進・山口勇：種々の不攪乱土における動的変形特性, 第 20 回土質工学研究発表会概要集, pp. 539-542, 1985.
- 14) 吉田望・末富岩雄：DYNEQ：等価線形法に基づく水平成層地盤の地震応答解析プログラム, 佐藤工業 (株) 技術研究所報, pp. 61-70, 1996.
- 15) Shabestari, K. T., Yamazaki, F., Saita, J., and Matsuoka, M.: Estimation of Spatial Distribution of Ground Motion Parameters in the October 6, 2000 Tottori-ken Seibu, Japan Earthquake, IAGA-IASPEI Joint Scientific Assembly, CD-ROM, 2001.
- 16) 村尾修・山崎文雄：自治体の被害調査結果に基づく兵庫県南部地震の建物被害関数推定, 日本建築学会構造系論文報告集, No. 527, pp.189-196, 2000.
- 17) 山口直也・山崎文雄：西宮市の被災度調査結果に基づく建物被害関数の構築, 地域安全学会論文集, No. 2, pp. 129-138, 2000.

(原稿受付 2002. 6. 3)