

震災復興都市づくり特別委員会調査データに構造・建築年を付加した 兵庫県南部地震の建物被害関数

BUILDING FRAGILITY CURVES FOR THE 1995 HYGOKEN-NANBU EARTHQUAKE BASED ON CPIJ & AIJ'S SURVEY RESULTS WITH DETAILED INVENTORY

村尾 修*, 山崎文雄**

Osamu MURAO and Fumio YAMAZAKI

A number of building damage surveys were carried out for different purposes after the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake. The damage surveys by local governments intended its use for property tax reduction while the survey by the CPIJ & AIJ group aimed to get technical records. This paper presents building fragility curves based on the CPIJ & AIJ damage survey data for Nada Ward, Kobe City, and the detailed building inventory, structural type and construction period, provided by Kobe City Government. This paper also compares them with the fragility curves based on the local government's survey for property tax reduction to clarify the relationship between the two evaluations.

Keywords: the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake, building damage evaluation, strong ground motion, Nada Ward, fragility curve

兵庫県南部地震, 建物被害評価, 地震動, 灘区, 被害関数

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震以来, その膨大な建物被害データと推定地震動分布を用いて, 構築された経験的な建物被害関数がいくつかの研究グループにより報告されてきた。林ら^{1), 2)}は, 地盤モデルのFEM解析による再現地震動と建築研究所がまとめた建物被害調査データ³⁾を用いて, 最大地動速度分布を推定し, 低層建物および中高層建物の用途別の被害関数を構築している。宮腰・林ら⁴⁾は, 同推定地動速度分布(町単位)¹⁾と神戸市の調査データから構造・建築年代別の被害関数を求めている。また長谷川・翠川ら⁵⁾は, 建築研究所データ³⁾と東灘区西部地区の建物について村上ら⁶⁾が行った建築年代別被害調査結果を用いて, 木造建築物の建築年代別被害関数を作成しているが, 他の構造については行っていない。岡田・高井⁷⁾は地震被害調査のために提案したパターンチャート⁸⁾に対応した木造建物の被害関数を写真記録等から構築している。筆者らの研究グループも, 自治体の調査データを用いて構築した建物被害関数を報告している^{9), 10)}。これらの被害関数は建物被害調査結果としての建物被害データによるところが大きいと思われる。地震後に実施された主なものとしては, 各自治体が減免および義援金補助のために行った「家屋被害調査」と, 都市計画学会および建築学会メンバーを母体とした震災復興都市づくり特別委員会(以下「震特委員会¹¹⁾」)が実施し, 建築研究所がデータ化³⁾した被災記録のための「被害実態緊急調査」¹²⁾が挙げられる。自治体による調査データには,

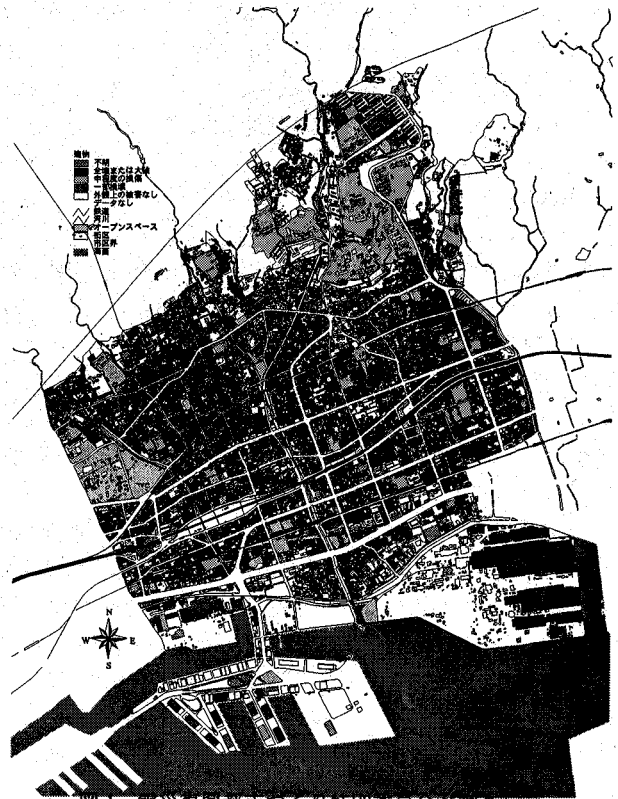


図1 震災復興都市づくり特別委員会が調査し, 建築研究所がデジタル化した灘区の建物被害分布

* 筑波大学社会学系 講師・博士(工学)

Assistant Prof., Institute of Policy and Planning Sciences, University of Tsukuba, Dr. Eng.

** 東京大学生産技術研究所 助教授・工博

Assoc. Prof., Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Dr. Eng.

構造・建築年・用途など詳細な建物属性が含まれているが、自治体ごとに調査方法が異なっていた¹³⁾ため、各地のデータを用いて構築された被害関数も地域ごとに異なっている⁹⁾¹¹⁾。また税の減免を考慮していたために、被害判定結果が震特委員会のものよりも緩くなっている¹³⁾。一方、震特委員会による調査は、学術的貢献を目的として¹²⁾被災地全域にわたって実施されているが、外観目視によるものであったため、構造・建築年などの属性は含まれてはいなかった。

現在でも、これらの経験的な建物被害関数は地震応答解析による被害関数と同様に被害推定等に使用されているが、地域性による建築構法の違い、地震動特性の違い、経験則と応答解析結果のずれなどいくつかの課題が残されている。このような背景から、山口・山崎¹⁴⁾は汎用的な被害関数を構築することを目的として、木造2階建てのモデルを構築し、実際の地震波形を入力して地震応答解析を行い、建物特性や入力地震動特性の違いによっても、被害関数が変化することを確認している。筆者らは自治体と震特委員会の調査による被害データの関係を探るため、芦屋市の約1万2千棟の建物を対象として、詳細な比較を試みているが、震特委員会データと自治体が所有する建物属性とのマッチングは困難であるとの理由により、構造・建築年を考慮することはできなかった¹⁵⁾。しかしながら、1999年から公開されている「地盤データベース「神戸 JIBANKUN (神戸の地盤研究会)」のために整備 (震特委員会データに自治体の属性をマッチング) された建物被害データを、2000年4月に神戸市から入手することができたため、芦屋市で出来なかった構造・建築年を考慮することが可能となった。本研究では以上のことをふまえ、被災地全域にわたって実施された震特委員会による建物被害データ (図1) に、構造・建築年の属性を加えた灘区内のデータを用いて、建物被害関数の構築を行い、罹災証明を目的としたデータに基づく既往の建物被害関数⁹⁾と比較し、建物被害関数の変換法を提案している。

2. 使用したデータ

(1) データの概要

既に報告している灘区の建物被害関数⁹⁾で用いた神戸市による調査と本研究の対象である震特委員会調査の比較を表1に示す。被災者に対する義援金の配分および固定資産税の減免措置は、各自治体によって実施される「家屋被害調査」の判定結果によって行われる。神戸市では「被害認定統一基準」に基づき作成された独自の被害調査票をもとに、調査を実施した。一方、震災復興都市づくり特別委員会による「被害実態緊急調査¹²⁾」は、日本都市計画学会学術委員会と日本建築学会都市計画委員会の間で、淡路島から阪神地域数十キロメートルに及ぶ市街地の、建築物被災の全体像を客観的にデータ化することを目的として実施された。構造種別は明確でないが、阪神地域というかなり広い範囲での調査である。判定基準は修理・再利用可能性の観点から設定されており、建物の被災度評価は、外観の目視により、ランクC:全壊または大破、ランクB:中程度の損傷、ランクA:軽微な損傷、無被害の4段階で評価している。

筆者らは、これまでも兵庫県南部地震における建物被害分析を行ってきたが、ほとんどの地域で自治体の方が震特委員会の判定基準よりも緩くなっている¹³⁾、注2) (図2)。

本研究で用いたデータは、震特委員会による調査データと神戸市が所有するデータを1棟ごとにマッチングした町丁目単位のもので

表1 神戸市と震特委員会による建物被害調査内容の比較

	神戸市	震特委員会
調査方法	市職員が目視により損害度合を調べ百分率で判定	専門家・学生等による外観目視
調査員	市職員約40人 (延べ約300人)	建築工学・土木工学・都市計画に関わる専門家・学生等
調査期間	1/30-2/5	2/1-2/9 2/10-3/13
目的	被災者に対する義援金の配分、固定資産税の減免措置、および復旧・復興施策のための被害実態把握	被災の全体像の把握と後の学術的貢献
評価基準	被害認定統一基準	—
評価方法	独自の調査票による百分率評価	調査票の定義 (構造別) に従って判定
被災度評価判定定義	・全壊: 住家滅失 (損害程度が50%以上) ・半壊: 損壊が甚だしいが、再利用可能 (損害程度が20%以上50%未満) ・その他: 全壊・半壊以外のもの	・ランクC (全壊または大破): 撤去済み/再利用不可/住める見込みが非常に少ない ・ランクB (中程度の損傷): 大幅な修理で再利用可能/大幅な修理で住める可能性あり ・ランクA (軽微な損傷): 軽微な損傷で再利用可能/少しの修繕で住める可能性あり ・無被害: 見た目被害がない
木造調査項目	全壊 (使用の可否) 判定/屋根 (棟瓦の損傷・瓦のゆるみ)/壁 (亀裂・浮き上・剥落)/構造体 (柱・基礎・床組)	全面的倒壊 (使用の可否、傾斜の有無、撤去の状況)/各階の倒壊/傾斜/構造材 (基礎の破断、モルタルの剥離・ひび割れ、柱の破断)/屋根 (破損、瓦の落下)/外壁 (剥離、剥落)、ガラス窓 (落下)/隣棟等による破断
非木造調査項目	全壊 (使用の可否) 判定/構造 (躯体・基礎)/仕上 (外装・屋根・外部建具・ガラス損壊)/設備	各階の倒壊/傾斜/構造材 (基礎の破断、柱梁の破断・座屈、柱脚アンカーの破断、沈下)/外壁 (剥離、剥落)

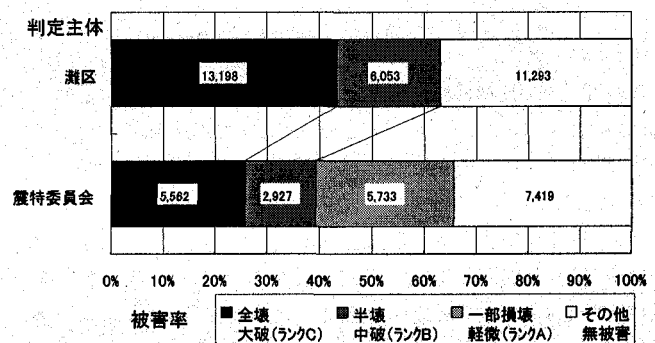


図2 神戸市と震特委員会調査による灘区建物被害率の比較

表2 建物被害データの属性と棟数の比較 (灘区)

全構造	全	木造	RC造	S造	軽量S	その他
	自治体	25663	19837	2872	1776	932
震特委員会	16298	13952	1233	1113	—	—

木造	自治体	W-1951	W1952-61	W1962-71	W1972-81	W1982-
	震特委員会 <td>7228</td> <td>4288</td> <td>3909</td> <td>2426</td> <td>1986</td> <td>—</td>	7228	4288	3909	2426	1986
	W-1950	W1951-70		W1971-81	W1982-	—
	3550	6672		2275	1455	—

RC造	自治体	RC-1971		RC1972-81	RC1982-
	震特委員会	707		960	1205
	RC-1944	RC1945-50	RC1951-70	RC1971-81	RC1982-
	0	0	195	481	557

S造	自治体	S-1971		S1972-81	S1982-
	震特委員会	458		494	824
	S-1944	S1945-50	S1951-70	S1971-81	S1982-
	0	0	223	261	629

調査範囲293町丁目内

表3 震特委員会調査に基づく灘区の建物被害棟数

構造	建築年代	全壊	半壊	一部損壊	その他	計
木造	-1950	1,418	614	921	597	3,550
	1951-70	2,570	1,053	1,746	1,303	6,672
	1971-81	443	263	797	772	2,275
	1982-94	144	115	438	758	1,455
	計	4,575	2,045	3,902	3,430	13,952
RC造	1951-70	25	23	44	103	195
	1971-81	37	41	96	307	481
	1982-94	15	31	97	414	557
	計	77	95	237	824	1,233
S造	1951-70	63	46	48	66	223
	1971-81	34	37	90	100	261
	1982-94	40	42	113	434	629
	計	137	125	251	600	1,113
全建物		4,789	2,265	4,390	4,854	16,298

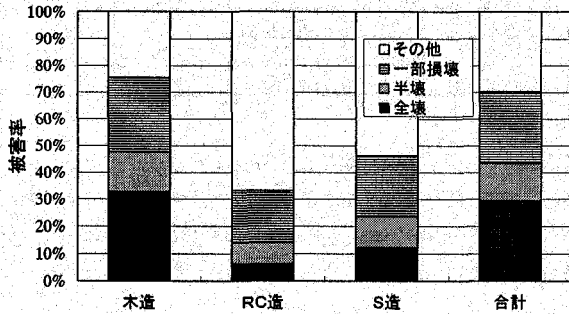


図3 震特委員会調査に基づく灘区の建物被害率（構造別）

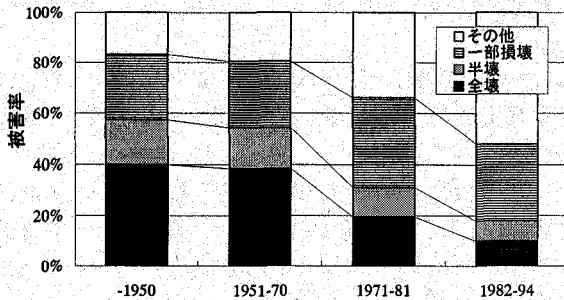


図4 震特委員会調査に基づく灘区の建物被害率（木造・年代別）

あり、修理・再利用可能性の観点から広域にわたって実施された震特委員会調査の長所と構造・建築年などの属性を持つという自治体データの長所を兼ね備えたものとなっている。表2に、神戸市調査に基づく建物被害関数⁹⁾に用いたデータ(表中、自治体と表示)と、本研究で用いた震特委員会データとの構造・年代区分、および棟数を示す。震特委員会の調査は対象地域が限られており、今回神戸市から提供されたデータはプライバシー確保のため、町丁目内建物棟数が3棟以下の地域は除外されている。また本研究では地震動による建物被害を対象としているため、液状化の発生した地域および山間部を除く灘区内の293町丁目を対象となっている³⁾。また表1に示してあるように被災度を表す名称が二つの調査で異なっているが、本研究では被災認定統一基準に合わせ、震特委員会データの「ランクC」、「ランクB」、「ランクA」、「無被害」をそれぞれ「全壊」、「半壊」、「一部損壊」、「その他」と置き換え、両調査による名称を統一している。

(2) 構造別・年代別による建物被害の傾向

震特委員会調査に基づく灘区の建物被害棟数と被害率を表3、図3、

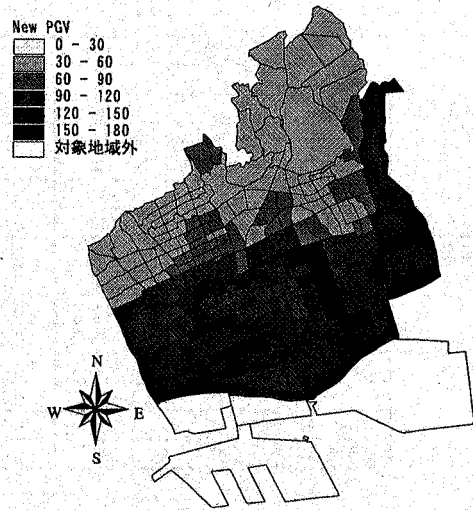


図5 灘区の推定地震動¹⁵⁾

表4 統合された地域区分の例（1972-81の木造の場合）

区分コード	町丁目コード	町丁目名	PGV	木造(1972-81)棟数	区分棟数
14	209	天城通六丁目	68.5	6	113
	185	上野通三丁目	68.3	4	
	
15	199	畑原通一丁目	68.2	14	113
	200	畑原通二丁目	68.2	9	
	103	篠原中町六丁目	67.2	19	
	8	一王山町	65.8	28	
	323	高羽町五丁目	65.0	15	
	193	赤坂通三丁目	62.8	17	
	
16	179	国玉通一丁目	62.3	10	113
	

表5 被害関数作成のための構造・年代区分の分類

	木造(20区分)		RC造(10区分)		S造(10区分)	
	建物棟数	区分棟数	建物棟数	区分棟数	建物棟数	区分棟数
-1950	3,550	180	-	-	-	-
1951-70	6,672	330	195	20	223	22
1971-81	2,275	113	481	48	261	26
1982-94	1,455	72	557	55	629	63
全体	13,952	700	1,233	120	1,113	110

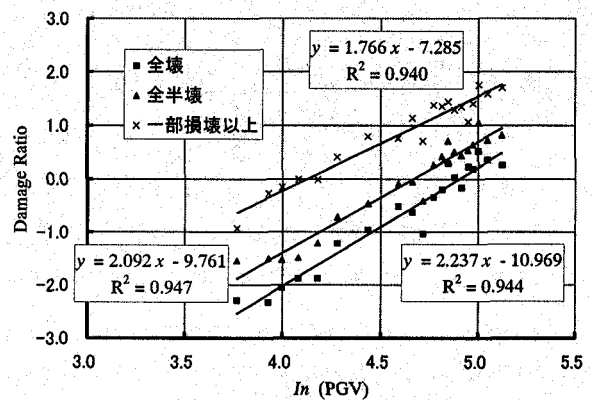


図6 最大速度と木造建物被害率の関係の確率紙表示

表 6 灘区における震特委員会調査に基づく建物被害関数の回帰係数

		全壊			全半壊			一部損壊以上		
		λ	ζ	R^2	λ	ζ	R^2	λ	ζ	R^2
木造	-1950	4.76	0.430	0.934	4.47	0.469	0.888	3.88	0.602	0.867
	1951-70	4.84	0.413	0.940	4.61	0.419	0.942	4.02	0.591	0.896
	1971-81	5.15	0.504	0.952	4.90	0.449	0.955	4.31	0.432	0.951
	1982-1994	5.45	0.534	0.840	5.18	0.521	0.876	4.58	0.508	0.938
	全年代	4.90	0.447	0.944	4.67	0.478	0.947	4.13	0.566	0.940
RC造	1951-70	5.52	0.666	0.757	5.19	0.707	0.746	4.68	0.641	0.720
	1971-81	5.79	0.708	0.754	5.42	0.726	0.818	4.87	0.615	0.865
	1982-94	6.25	0.792	0.778	5.97	0.904	0.890	5.15	0.693	0.818
	全年代	5.78	0.648	0.800	5.52	0.742	0.843	4.96	0.710	0.906
S造	1951-70	5.39	0.858	0.679	4.81	0.799	0.799	4.40	0.639	0.910
	1971-81	5.78	0.858	0.793	5.27	0.799	0.959	4.55	0.639	0.937
	1982-94	6.09	0.858	0.737	5.63	0.799	0.840	5.02	0.639	0.880
	全年代	5.44	0.541	0.761	5.26	0.683	0.771	4.78	0.603	0.834

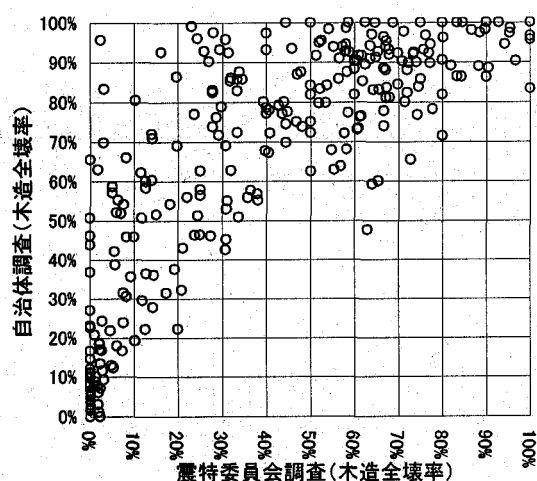


図 7 灘区 293 町丁目ごとの被害率の比較 (木造全壊率)

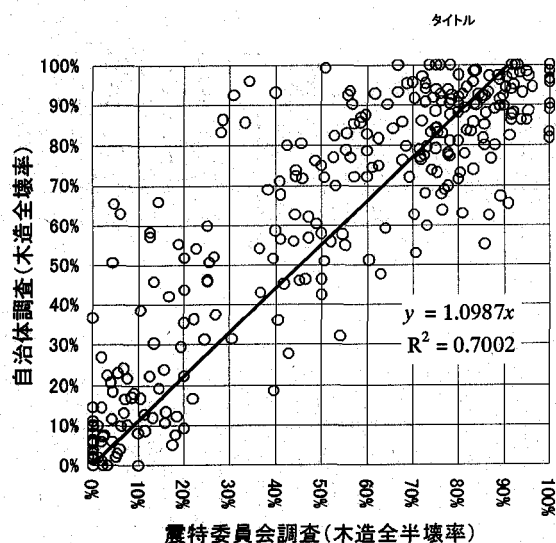


図 8 灘区 293 町丁目ごとの被害率の比較 (木造全壊率と全半壊率)

図 4 に示す。構造別の被害率は、全壊率、全半壊率ともに木造が最も高く、続いて S 造、RC 造の順になっている。また建築年代別の木造の被害率では、1950 年以前と 1951-70 ではそれほど差がないものの古い建物ほど全壊率、全半壊率が高くなっている。この傾向は

RC 造、S 造にも見られた。表 2 に示したように、本研究で用いた震特委員会のデータ数は同じ 293 町丁目内の神戸市調査データの 3 分の 2 程度であるが、神戸市調査データでも同様の傾向があることが、既往の研究で確認されている⁹⁾。

3. 震特委員会調査に基づく建物被害関数

ここでは以前に推定した灘区の地震動分布¹⁰⁾ (図 5) を用いて、震特委員会調査に基づく構造別および建築年代別の建物被害関数を求める。

ここで用いた建物被害データは町丁目を単位としているが、建物被害関数を構築するうえで、建物棟数が不十分であったり、被害の少ない町丁目が存在したりするため、表 4 に示すように地震動指標 (PGV) の大きさと並び替えた上で、十分な棟数が得られるよう、棟数に応じて被害データの統合を行った。つまり、PGV と建物被害率の相関を調べるために、PGV のレベルが同程度のいくつかの異なる地域を 1 グループにし、そのグループを代表する PGV とそのグループ内での建物被害率を導き出した。そのために用いた方法は以下の通りである。①構造ごと・各構造の建築年代ごとに行う。②図 6 のような PGV と建物被害率の関係を示す各グループ数は、データ数の多い木造に関しては 20、比較的データ数の少ない RC 造と S 造に関しては 10 となるようにする¹¹⁾。③構造ごと・各構造の建築年代ごとの全建物棟数を、②で設定されたグループ数で等しく分配 (区分) する¹²⁾。④建物棟数を上記のように区分する際に、同じ PGV の町丁目内で分けることになった場合 (例えば表 4 に示す「上野通り三丁目」や「赤坂通り三丁目」) は、1 つのグループが「区分棟数」となるように分ける。

各構造・建築年代ごとの棟数と区分分類は表 5 に示す通りである。また被害データを統合した際には、棟数による重みつき平均により区分ごとの地震動値を求めている。

ここで求めた地震動強さと被害率の関係から、建物被害関数を求める。ある地震動 x のときに被災ランク R 以上の被害が発生する確率 $P_R(x)$ は、標準正規分布の累積確率分布関数 $\Phi(x)$ を用いて、対数正規分布で表せると仮定した。すなわち、

$$P_R(x) = \Phi((\ln x - \lambda) / \zeta) \quad (1)$$

となる。ここで係数 λ , ξ は、 $\ln x$ の平均値および標準偏差であり、確率紙を用いた最小二乗法により求めた。ただしS造の建築年代別については、数量化理論I類を用いて傾き(1/ ξ)が等しくなるよう調整した^{注6)}。その結果得られた回帰係数を表6に示す。相関係数を構造別にみると、S造が全壊、全半壊ともに0.76, 0.77とではあるが、基本的に高い相関を示している。木造の年代別では、最も低いのが1982-94(全壊)の0.84であり全体的に相関が高いが、S造では0.68程度のももある。また建築年代別では、とくにRC造の各年代の全壊、およびS造全般で分散の値が大きくなってしまった。これは図3に示すように、堅牢建物の被害率が小さく、小さい値が欠落していたことなどが考えられる。

4. 調査目的に応じた建物被害関数の変換法

(1) 建物被害関数の比較

一般に、税の減免を目的とした各自治体による調査は、学術的貢献を目的として実施された震特委員会の被害判定基準よりも緩く、また大まかに見れば、各地域での自治体調査による全壊率と震特委員会調査による全半壊率(「ランクC」+「ランクB」)はほぼ等しいという結果が得られている¹³⁾。これは図7, 図8に示すとおり、本研究で用いた灘区内293町丁目のデータからも確認できる。ここでは、3で得られた結果と既往の研究結果(表7)⁹⁾を用いて、震特委員会調査と自治体調査に基づく建物被害関数を比較する。

図9から図12に両調査に基づく構造ごと(木造・RC造・S造, 神戸市調査については軽量S造も含む)の全壊に関する建物被害関数と、各構造の建築年代別建物被害関数を示す。減免を目的とした

神戸市調査の方が、全ての構造において、震特委員会調査よりも、地震動の小さいところで被害が発生している。また構造ごとの関係を見ると、常にどちらの調査においても、木造が最も高く、RC造が最も低い。これはこれまでに行ってきた他の研究結果とも同じ傾向を示している。全半壊、一部損壊以上の被害についても同様の傾向が見られた。各構造の建築年代別の全壊・全半壊に関する比較においても、震特委員会による調査結果の方が、自治体による調査よりも、地震動の大きいところで被害が出始める傾向が見られた。また両調査において、古い建物の方が新しい建物よりも小さな地震動で被害が出るという傾向が見られた。前述した自治体による建物被害調査の判定基準は、震特委員会調査のものよりも緩いという傾向は、本研究により構築された被害関数という観点からも確認された。

表7 灘区における自治体調査に基づく建物被害関数の回帰係数⁹⁾

		全壊			全半壊		
		λ	ξ	R^2	λ	ξ	R^2
木造	-1951	4.36	0.411	0.957	3.66	0.674	0.880
	1952-61	4.44	0.383	0.976	3.97	0.490	0.952
	1962-71	4.45	0.342	0.977	4.02	0.456	0.966
	1972-81	4.73	0.378	0.974	4.25	0.385	0.976
	1982-1994	5.12	0.496	0.881	4.61	0.474	0.969
	全年代	4.51	0.410	0.983	4.07	0.514	0.983
RC造	-1971	5.12	0.646	0.954	4.72	0.691	0.929
	1972-81	5.33	0.575	0.941	4.85	0.612	0.844
	1982-94	6.00	0.789	0.902	5.33	0.789	0.917
	全年代	5.50	0.705	0.968	4.99	0.716	0.924
	S造	-1971	4.64	0.619	0.718	4.25	0.712
	1972-81	4.87	0.490	0.941	4.49	0.549	0.797
	1982-94	5.64	0.731	0.893	5.01	0.733	0.824
	全年代	5.14	0.628	0.782	4.69	0.672	0.686
軽量S造	-1971	4.70	0.550	0.928	4.41	0.504	0.913
	1972-81	5.82	0.972	0.728	4.95	0.855	0.783
	1982-94	6.19	1.101	0.858	5.28	0.865	0.849
	全年代	5.03	0.564	0.944	4.73	0.601	0.970

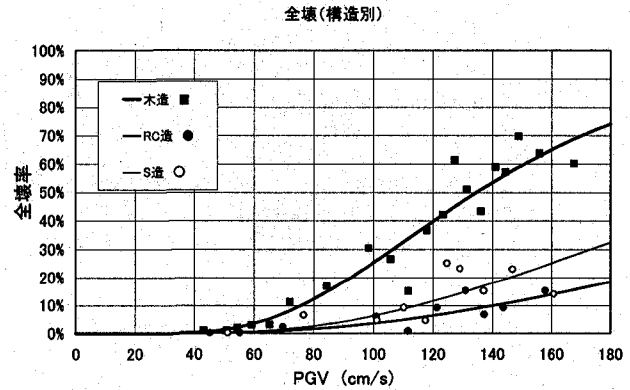
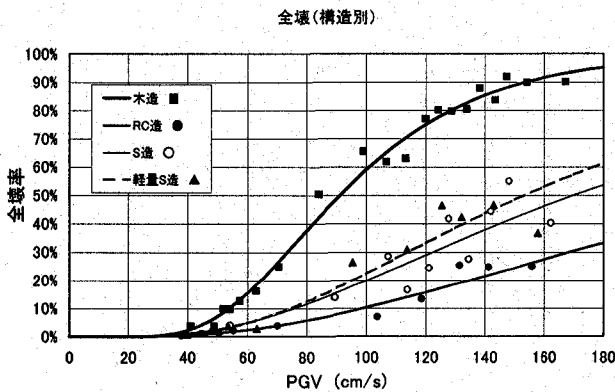


図9 神戸市調査に基づく建物被害関数(左)と震特委員会調査に基づく建物被害関数(右)(構造別)

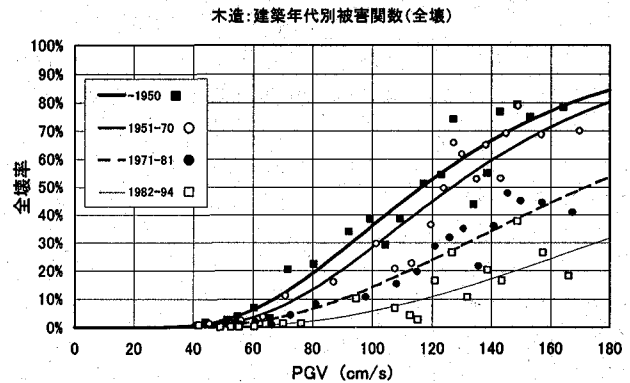
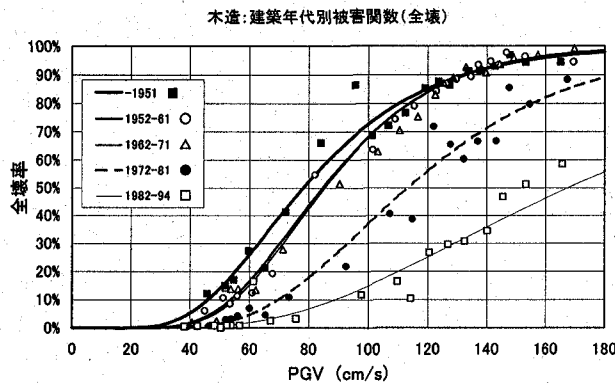


図10 神戸市調査に基づく建物被害関数(左)と震特委員会調査に基づく建物被害関数(右)(木造・建築年代別)

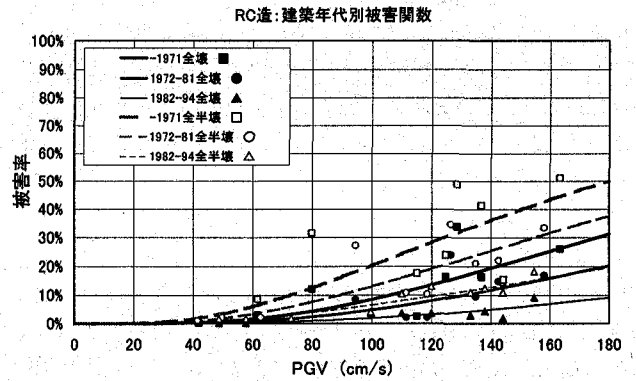
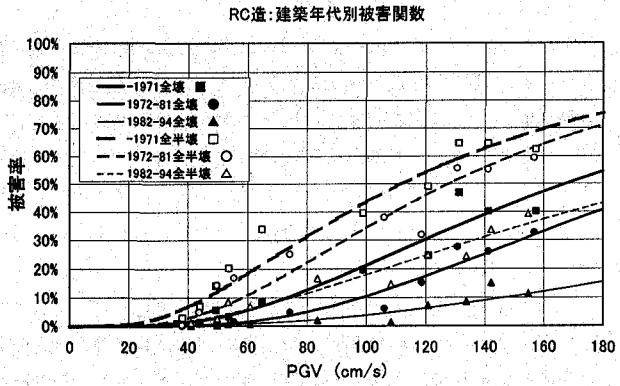


図 11 神戸市調査に基づく建物被害関数(左)と震特委員会調査に基づく建物被害関数(右) (RC造・建築年代別)

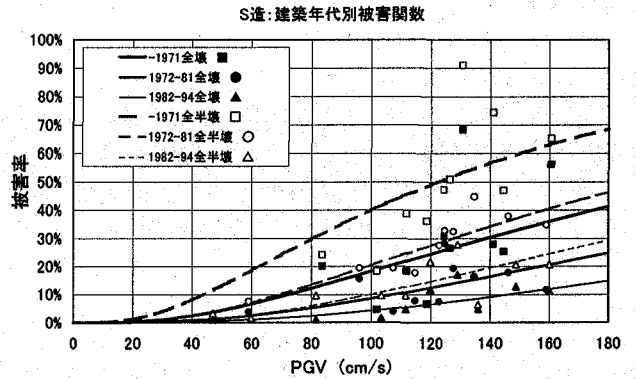
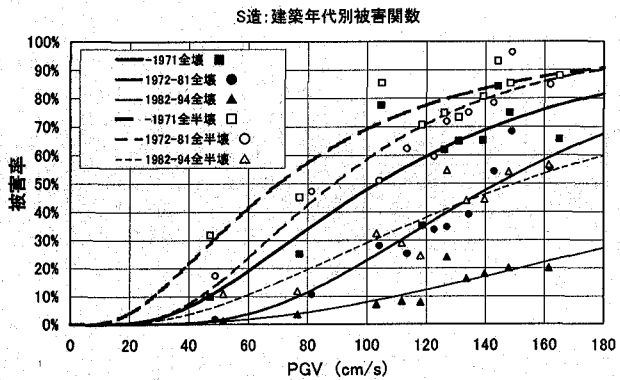


図 12 神戸市調査に基づく建物被害関数(左)と震特委員会調査に基づく建物被害関数(右) (S造・建築年代別)

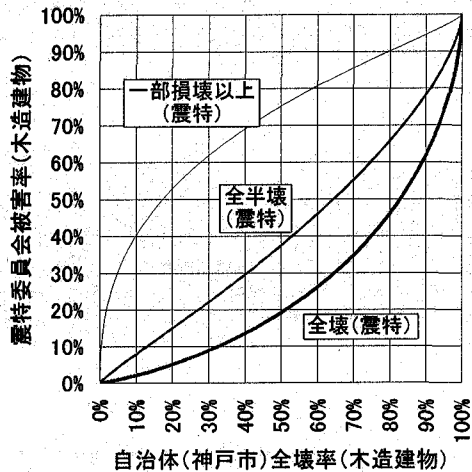


図 13 自治体(神戸市)全壊率から震特委員会被害率への評価変換

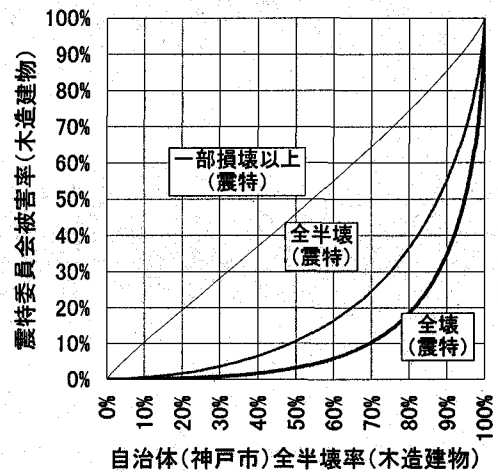


図 14 自治体(神戸市)全半壊率から震特委員会被害率への評価変換

(2) 建物被害関数の評価変換

本研究グループでは、兵庫県南部地震の被害データを用いてここでとりあげている神戸市⁹⁾、宝塚市¹⁰⁾、西宮市¹¹⁾による建物被害調査に基づく建物被害関数を構築してきた。これらの調査は被災者に対する義援金の配分、固定資産税の減免措置など同じ目的を持っているにもかかわらず、調査方法が異なっていたために、建物被害関数はそれぞれ異なっている。将来的には、自治体による建物被害調

査を統一する必要があると思われるが、そのために兵庫県南部地震直後に用いられた各自治体の調査票と実被害判定と関係性の比較を行うことも重要であろう。広域にわたり、統一された基準で実施された震特委員会調査データに基づく本研究の建物被害関数を共通の尺度として用いることによって、これらの比較が可能となる。

本研究で扱っている二つの建物被害関数の変換方法を次に述べる。同じ地震動 (PGV) が作用したと考えると、自治体データと震特委員会データにより構築された建物被害関数を用いて、二種類の建物

被害率が求められる。これらの建物被害率を比較することで、両者間の被害評価変換を行う。そのために二種類の建物被害関数

$$P_{R1}(x) = \Phi((\ln x - \lambda_1) / \zeta_1) \quad (2)$$

$$P_{R2}(x) = \Phi((\ln x - \lambda_2) / \zeta_2) \quad (3)$$

から地震動の項を削除して次の関係式を得る。

$$P_{R2}(x) = \Phi((\zeta_1 \Phi^{-1}(P_{R1}(x)) + \lambda_1 - \lambda_2) / \zeta_2) \quad (4)$$

図 13 と図 14 は自治体（神戸市）被害率から震特委員会被害率への評価変換（木造）をグラフで示したものである。自治体調査の全壊率と震特委員会調査の全半壊率（図 13）、自治体調査の全半壊率と震特委員会の一部損壊以上（図 14）が同程度であることがわかる。それ以外のものに関しては、被害率すなわち地震動の大きさによって変換の仕方が変化しているのがわかる。

5. まとめ

本研究では、兵庫県南部地震について、建物被害の全体像の把握と後の学術的貢献を目的として「震災復興都市づくり特別委員会」が被災地全域にわたって調査を行い、建築研究所がデジタル化し、さらに構造・年代などの建物属性をマッチングした灘区の建物被害データをを用いて、構造別（木造・RC造、およびS造）の建物被害関数を構築した。また各構造ごとの建築年代別の被害関数も作成した。今回構築した震特委員会の建物被害関数と、以前作成した自治体調査に基づく被害関数を比較したところ、既往の研究で指摘されてきた「自治体による建物被害調査の判定基準は、震特委員会調査のものよりも緩い」という傾向が確認できた。本研究により構築された震特委員会調査に基づく建物被害関数は、修理・再利用可能性の観点から広域にわたって実施された震特委員会調査の長所と、構造・建築年などの属性を持つという自治体データの長所を兼ね備えたものとなっている。筆者らは各地域の自治体データを用いていくつかの被害関数を構築してきたが、ここで見られた地域ごとの違いは、各地域で実施された調査方法の違いによるところも大きかったのではないと思われる。調査方法とその結果導かれた建物被害関数の関係を、本研究の結果である震特委員会の建物被害関数によ

て明らかにすることが可能であろう。

図 15 は、「地震が発生してから、目的に応じて建物被害調査が実施され、調査に基づく建物被害データの被害率と推定地震動分布により建物被害関数が構築され、目的に応じて社会的に活用される」という、一連の流れを示している。このようなプロセスの中で、建物被害調査と建物被害関数に関して、①自治体等による調査票フォーマットの統一^{注7)}、②罹災証明の発行を目的とした被害判定、応急危険度判定など複数にわたる被害調査の効率的な連携の検討、③耐震診断等と実際の破壊プロセスとの関係の解明、などの課題があげられよう。また経験式である建物被害関数を被害想定に用いる場合に、地域特性による建築構法の違いや地震特性の違いをどう考えるか、という問題も残されている。しかしながら、兵庫県南部地震が過去に例を見ない甚大な被害をもたらせたのも事実である。現在多くの自治体が保有している構造・建築年代の属性を持つ建物データを、想定地震時の住居としての使用可能性（修理・再利用可能性）という視点で、建物被害や生活支障の予測などの被害想定に用いる場合、本研究の成果である建物被害関数による想定結果をひとつの指標として活用することは有効であると思われる。

謝辞

本研究においては、震災復興都市づくり特別委員会（日本都市計画学会関西支部、日本建築学会近畿支部都市計画部会、兵庫県都市住宅部）が調査を実施し、建築研究所がデジタル化したデータに、その後、神戸市が建物属性データを付加した建物被害データを利用させていただいた。また筆者らの兵庫県南部地震に関する一連の研究は、各自治体および震災復興都市づくり特別委員会による調査抜きには実施することができなかった。地震直後の混乱した中で、全数調査の必要性を認識し指揮された日本都市計画学会・日本建築学会の関係者、調査にあられた学生ボランティア、そして各自治体の関係者に対し、記して謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 林康裕, 宮腰淳一, 田村和夫, 川瀬博: 1995年兵庫県南部地震の低層建物被害率に基づく最大地動速度の推定, 日本建築学会構造系論文集, 第494号, pp.59-66, 1997
- 2) 林康裕, 宮腰淳一, 田村和夫: 1995年兵庫県南部地震の建物被害に基づく最大地動速度分布に関する考察, 日本建築学会構造系論文集, 第502号, pp.61-68, 1997
- 3) 建設省建築研究所: 平成7年兵庫県南部地震被害調査最終報告書, 1996
- 4) Miyakoshi, J., Hayashi, Y., Tamura, K., and Fukuwa, N.: Damage Ratio Functions of Building using Damage Data of the 1995 Hyogo-Ken Nanbu Earthquake, Proceedings of the 7th International Conference on the Structural Safety and Reliability (ICOSSAR), pp.349-354, 1997
- 5) 長谷川浩一, 翠川三郎, 松岡昌志: 地域メッシュ統計を利用した広域での木造建築物群の震害予測 - その2 建築年代別木造建築物の被害関数の作成と震害予測例 -, 日本建築学会構造系論文集, 第505号, 53-59, 1998
- 6) 村上雅英, 田原賢, 藤田宜紀, 三澤文子: 阪神・淡路大震災にみる在来木造都市型住宅の問題点, 日本建築学会構造系論文集, 第481号, pp.71-80, 1996
- 7) 岡田成幸, 高井伸雄: 地震被害調査のための建物分類と破壊パターン, 日本建築学会構造系論文集, 第524号, 65-72, 1999
- 8) 岡田成幸, 高井伸雄: 地震被害調査のための建物分類と破壊パターン, 第10回日本地震工学シンポジウム, 3235-3240, 1998
- 9) 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

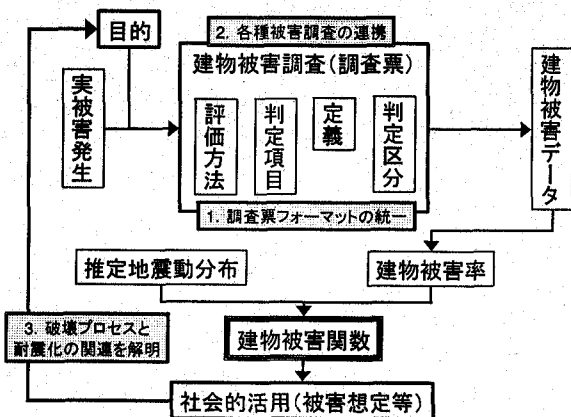


図 15 建物被害調査と建物被害関数に関する課題

- 物被害関数, 日本建築学会構造系論文集, 第 527 号, 189-196, 2000
- 10) 杉浦正美, 山崎文雄: 兵庫県南部地震の宝塚市域データに基づく建物被害関数の構築, 土木学会論文集, No. 647/I-51, 305-315, 2000
 - 11) 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, 129-138, 2000.
 - 12) 震災復興都市づくり特別委員会: 阪神・淡路大震災被害実態緊急調査 被災度別建物分布状況図集, 1995
 - 13) 村尾修, 山崎文雄: 兵庫県南部地震における建物被害の自治体による調査法の比較検討, 日本建築学会計画系論文集, 第 515 号, 187-194, 1999
 - 14) 山口直也, 山崎文雄: 地震応答解析に基づく建物被害関数の構築, 生産研究, Vol. 52, No. 8, 2000
 - 15) 村尾修, 山崎文雄, 目黒公郎: 芦屋市をモデルとした兵庫県南部地震による建物被害評価の変換法, 日本建築学会計画系論文集, 第 519 号, 203-210, 1999
 - 16) 村尾修, 山崎文雄: 構造・建築年を考慮した建物被害データに基づく灘区の地震動分布の再推定, 日本建築学会構造系論文集, 第 523 号, 141-148, 1999

注釈

注 1) 震災復興都市づくり特別委員会調査は, 本文中にも示してある通り, 日本都市計画学会学術委員会と日本建築学会都市計画委員会に所属する研究者・実務者が中心となり, 主に阪神地域にある大学の学生ボランティアの協力を得て実施された。調査を実施するにあたり大変な労力を費やしたことを考えると, 本来ならば略して記すべきではないが, 本論文では図表作成等の関係で便宜的に略称を使わせていただいた。主な部分では, 誤解がないよう正式名称を用いて説明しているつもりである。以上のことから, 関係者には「震特委員会」という略称を用いていることをご了承ください。

注 2) 震特委員会調査は, 神戸市による調査よりも遅い時期に実施されているが, 撤去済みの家屋も「ランク C (全壊または大破)」に定義づけられているため, 調査時期による影響はないものと思われる。また, 自治体等へのヒアリングにより, 「被災者の支援のために, 被害の判定を厳しくしなかった」ことが確認されている。

注 3) 図 2, 表 2 に示されている両調査の合計棟数がそれぞれ違うが, その理由として, 「図 2 の棟数は各調査で対象となった地域の全建物を対象としているが, 表 2 では地震動による被害関数を用いることを目的としているため地域を限定している」, 「本研究のために神戸市から提供された震特委員会データは, 木造, RC 造, S 造に限られており, それ以外の構造は含まれていない」, そして「同震特委員会データは, プライバシー確保のため, 町丁目内の各構造の建物棟数が 3 棟以下の地域は除外されている」などがあげられる。

注 4) データ数が最も多い木造について, 10 グループ, 20 グループ, 30 グループと試みたが, 図 6 のように近似させた際, 各結果において大きな差が見られなかったため, ここでは適当だと思われる 20 としている。一方, RC 造, S 造に関しては棟数が少ないため 10 グループに設定した。

注 5) 基本的に等しく分配 (区分) したが, 最後のグループについては過不足が生じるため適宜調整した。

注 6) 注 4 に示した通り, S 造について 10 グループで区分したところ, 図 6 のような確率紙表示上の近似直線が一部交わってしまった。これは PGV のある範囲で, 新しい建物が古い建物よりも被害率が高くなってしまふことを示している。これまでの研究から, S 造に関しても古い建築年代ほど被害率が高くなるということが確認されているため, このようになってしまった理由として, S 造 (1951-70) 22 棟, S 造 (1971-81) 26 棟というデータの少なさが影響してしまったと考えられる。これらのことからやむなく S 造の建築年代別に関して数量化理論 I 類を用いた。

注 7) この課題に関して, 2001 年に「災害に係る被害認定基準の改定」が行われ, 「被害認定基準運用指針」が作成された。

(2001年7月10日原稿受理, 2002年1月18日採用決定)