

震災復興都市づくり特別委員会調査データに基づく兵庫県南部地震の建物被害関数

村尾 修¹・山崎文雄²

¹博士(工学) 筑波大学社会工学系講師(〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1)
²正会員 工博 東京大学生産技術研究所助教授(〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1)

兵庫県南部地震の実データを用いた建物被害関数は、これまでもいくつかの研究グループにより研究されてきた。しかしながら、これらの関数の構築に用いられてきたデータの多くは、罹災証明発行のための調査に基づくものであり、「自治体により調査法が異なる」、「構造的にあまり壊れていなくても全壊として判定された建物もある」など、実際の壊れやすさを表す尺度として使用するためにはいくつかの問題が含まれていた。本研究では、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神戸市灘区の建物被害データを用いて、建物被害関数の構築を試みている。

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

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¹⁾²⁾。筆者らの研究グループも、各自治体から収集したデータを用いて構築した建物被害関数を報告している³⁾⁴⁾。これらの被害関数はそのもととなった調査に依存するが、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、震災復興都市づくり特別委員会(以下「震特委員会」)が実施し、建築研究所がデータ化⁵⁾した被災記録のための「被害実態緊急調査」⁶⁾が挙げられる。自治体による調査データには、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⁸⁾。また税の減免が目的であったために被害判定の基準が緩いものとなっている。一方、震特委員会による調査は、学術的貢献を目的として被災地全域にわたって実施されたものであるが、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。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、構造・建築年を考慮することはできなかった⁹⁾。

このような背景から、本研究では被災地全域にわ

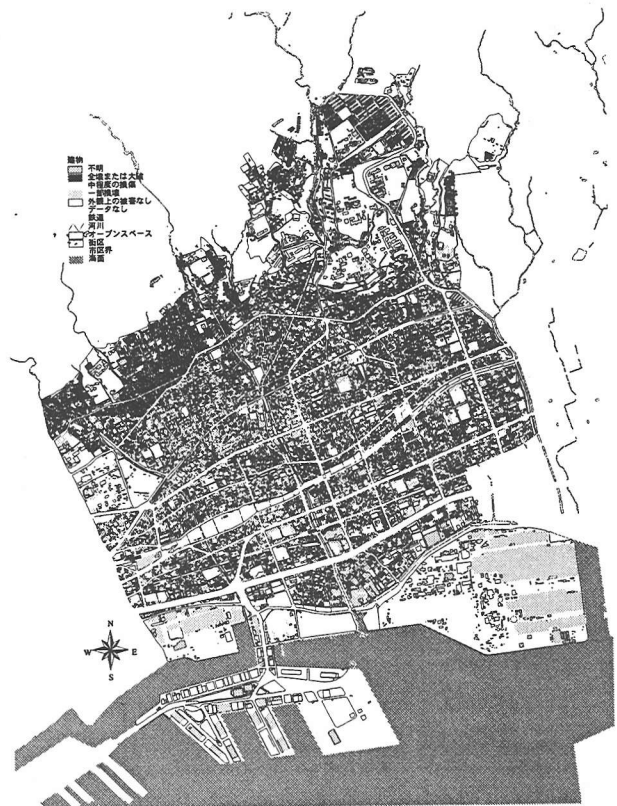


図-1 震災復興都市づくり特別委員会が調査し、建築研究所がデジタル化した灘区の建物被害分布

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っている。

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(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): 再使用不可/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): 軽微な損傷で使用可能/少しの修繕で住める可能性あり ・無被害: 見た目に被害がない
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, 柱の破壊)/屋根(破損, 瓦の落下)/外壁(剥離, 剥落), ガラス窓(落下)/隣棟等による破壊
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, 柱梁の破壊・座屈, 柱脚アンカーの破断, 沈下)/外壁(剥離, 剥落)

2. データの概要

既に報告している灘区の建物被害関数³⁾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, 震特委員会による「被害実態緊急調査⁷⁾」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(以下「大破」), ランクB: 中程度の損傷(以下「中破」), ランクA: 軽微な損傷(以下「軽微」), 無被害の4段階で評価している。

これまでに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(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マッチングした町丁目単位のものであり, 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³⁾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(表中, 建研と表示)との構造・年代区分と棟数を示す。震特委員会の調査は対象地域が限られており, また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少ない地域は除外されていたため, ここでは灘区内の293町丁目を対象となっている。

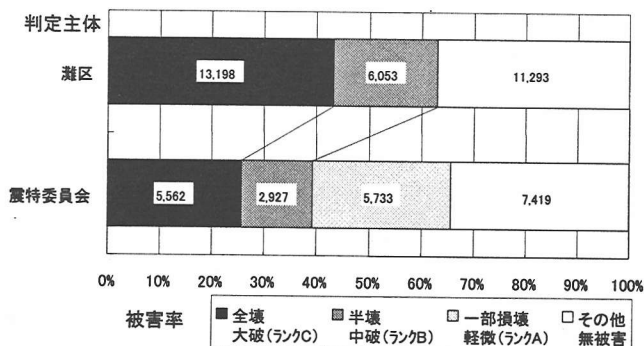


図-2 神戸市と震特委員会調査による灘区建物被害率の比較

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	246
建研	16298	13952	1233	1113	—	—	

木造	自治体	W-1951		W1952-61	W1962-71	W1972-81	W1982-
	建研	W-1944	W1945-50		W1951-70	W1971-81	W1982-
		7228	4288	3909	2426	1986	
		3030	520	6672	2275	1455	

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

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

3. 震特委員会調査に基づく建物被害関数

(1) 建物被害関数構築の方法と回帰係数

ここでは以前に推定した灘区の地震動分布¹⁰⁾(図-3)を用いて, 震特委員会調査に基づく構造別(木造については建築年代別)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するため, 地震動指標の大きさで並び替えた上で, 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(表-3)。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、

$$P_R(PGV) = \Phi((\ln PGV - \lambda) / \zeta)$$

となる。ここで係数 λ , ζ 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。その結果得られた回帰係数を表-4 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。木造の建築年代別でも、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。また木造を建築年代別に分類した結果、分散の値が大きくなってしまったものもいくつか見られた。

(2) 自治体調査による被害関数との比較

図-4に、両調査に基づく構造ごと(木造・RC造・S造)の全壊に関する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発生している。木造については、震特委員会の方が60 cm/sあたりから被害が発生しているのに対し、神戸市調査の方は、40 cm/sあたりから被害が出始めている。また構造毎の関係を見ると、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。

次に木造建築年代別の全壊に関する被害関数の比較を示す(図-5)。こちら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。

これまでの研究^{3),9)}で、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結果が出ているが、本研究により構築された

被害関数という観点からも同様の傾向が確認された。

4. まとめ

本研究では、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。また木造については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

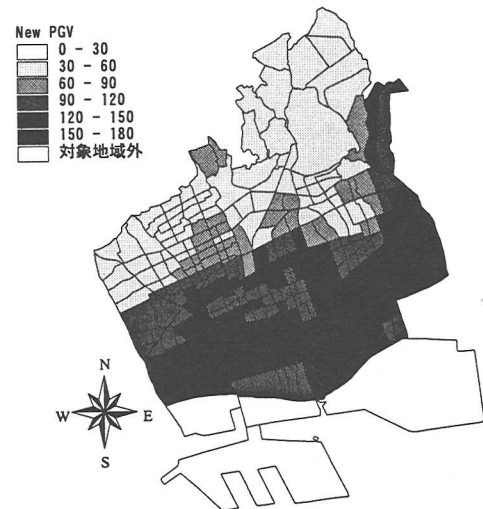


図-3 灘区の推定地震動¹⁰⁾

表-3 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	—	—	—	—
1971-81	2,275	113	—	—	—	—
1982-94	1,455	72	—	—	—	—
全体	13,952	700	1,233	120	1,113	110

表-4 灘区における震特委員会調査データ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	λ	ζ	R	λ	ζ	R
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	全年代	5.78	0.648	0.800	5.52	0.742	0.843	4.96	0.710	0.906
S造	全年代	5.44	0.541	0.761	5.26	0.683	0.771	4.78	0.603	0.834

は全年代よりも分散が大きくなってしまったもの

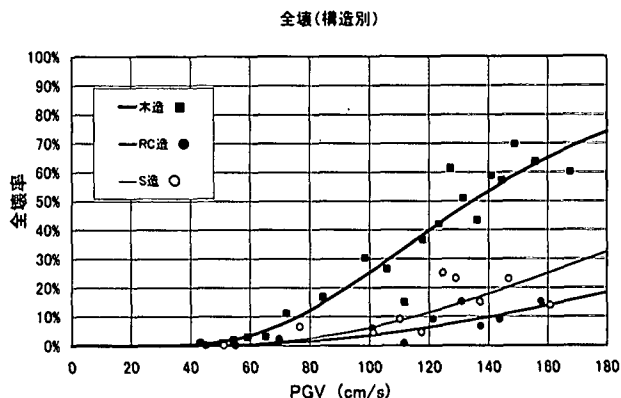
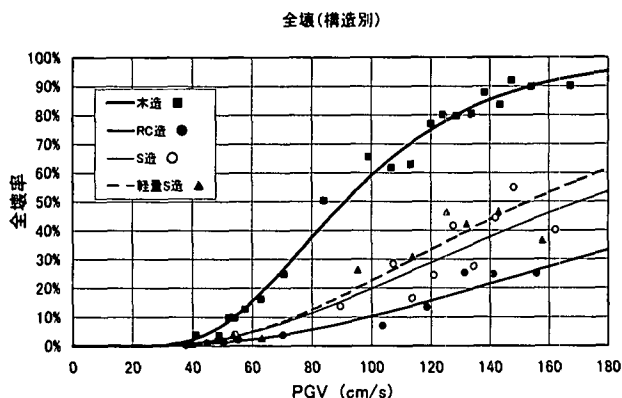


図-4 神戸市調査に基づく建物被害関数(左)と震特委員会調査に基づく建物被害関数(右) (構造別)

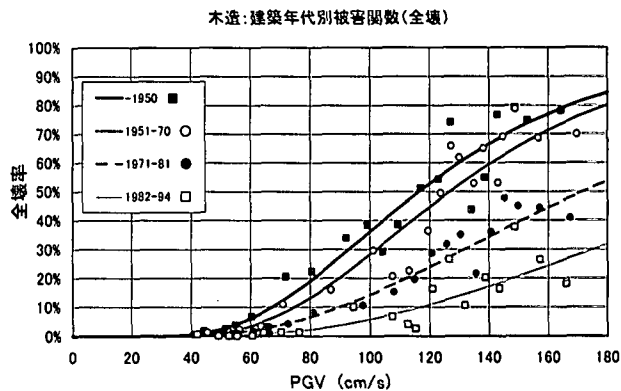
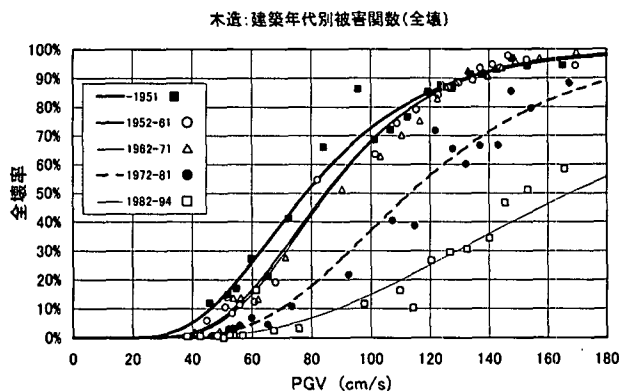


図-5 神戸市調査に基づく建物被害関数(左)と震特委員会調査に基づく建物被害関数(右) (木造・建築年別)

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、各地域で行ってきた調査の違いに依存していた。調査方法とその結果導かれた被害関数の関係を、本研究の結果である震特委員会被害関数によって明らかにすることが期待できる。またこの建物被害関数を用いることにより、建物被害に関してより実質的な被害推定を行うことが可能である。

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、属性データを付加した後に、神戸市から提供された建物被害データを利用させていただいた。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: 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, 61-68, 1997.
- 2) 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報告集, 第505号, 53-59, 1998.

- 3) 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, 日本建築学会構造系論文集, 第527号, 189-196, 2000.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 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.