

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

RE-ESTIMATION OF STRONG GROUND MOTION IN NADA WARD BASED ON INVENTORY AND BUILDING DAMAGE DATA

村尾 修*, 山崎文雄**
Osamu MURAO and Fumio YAMAZAKI

The number of recorded ground motion in the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake was not large enough to estimate the detailed spatial distribution of ground motion. Yamaguchi and Yamazaki (1998) estimated the PGV distribution using the BRI's building damage data and the recorded strong indices. However the estimated PGV might be affected by the inventory characteristics of buildings in each district. Hence in this study, the PGV distribution was re-evaluated using the building damage data surveyed by Kobe City, in which structural type and construction period are provided. Using the re-evaluated PGV distribution, fragility curves considering detailed building information can be developed.

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

兵庫県南部地震, 建物被害, 地震動, 灘区, 被害関数, 地理情報システム

1. はじめに

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震では、全壊が約11万棟、半壊が約14万7千棟という多大な住家被害が発生した。地震による構造物被害を評価するためには、被災地域での地震動強さの面的分布を推定することが重要である。しかし今回の地震についての強震記録は、これのみからその地域の地震動分布を求めるに充分なほどは得られていない。

兵庫県南部地震の被災地域における地震動分布推定および建物被害関数に関する研究としては、これまでに、翠川・藤本²⁾が地形条件と被災地域での墓石転倒率の分布から神戸市およびその周辺での最大速度分布を推定し、藤本・翠川³⁾は各種被害データを重ねて阪神・淡路地域での震度6の分布を推定している。また、林ら⁴⁾は地盤モデルのFEM解析による再現地震動と建築研究所によってまとめられた建物被害調査データ⁷⁾を用いて、最大地動速度と低層独立住宅被害との被害関数⁸⁾を構築し、同調査の建物被害率から被害地域全域での最大地動速度分布を推定している。さらに長谷川・翠川ら⁹⁾は、同データ⁷⁾と東灘区西部地区の建物について村上・田原ら¹⁰⁾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。

筆者らの研究グループは、地震動強さと建物被害との詳細な被害関数を構築することを目的として、これまでに兵庫県南部地震によ

る建物被害データを各自治体から収集し、分析を行ってきた^{10)・16)}。図1に建物被害関数を構築するまでのフローチャートを示す。まず強震観測記録とその周辺地域の低層独立住宅被害データ⁷⁾を用い

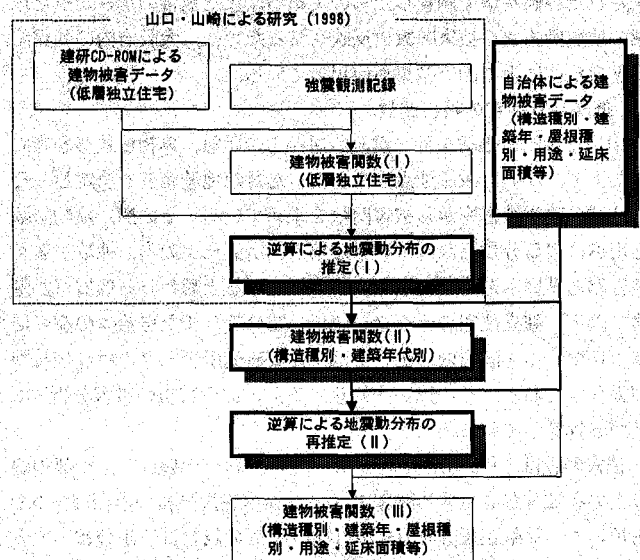


図1 詳細な建物被害関数構築までのフローチャート

* 東京大学生産技術研究所 助手・工修
** 東京大学生産技術研究所 助教授・工博

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

て低層独立住宅の被害関数 (I) を求め、その関数を同データのもととなった調査地域に適用し、阪神地域の地震動分布を推定する。ここまでは山口・山崎によりまとめられており、次節で詳しく述べる。本研究 (図中、陰影をつけて示した部分) では、この地震動分布の推定結果と神戸市から提供された灘区の建物被害データ¹⁰⁾の中から最も被害率が高く、絶対数も多い木造のデータを用いて木造建物の年代別被害関数 (II) を構築し、それぞれの関数を再度灘区に適用することにより地震動分布を再推定し、地震動推定の精度を高めることを目的としている。以上の過程を経ることにより、地震動分布の推定範囲も広がり、構造、建築年、屋根種別など詳細な属性を含む自治体データとともに用いることにより、詳細な建物被害関数 (III) を構築することが可能となる。

2. 山口・山崎による地震動分布推定の概要

山口・山崎は強震記録数が不足している兵庫県南部地震の地震動分布の推定法として、いくつかの観測値と被災地域全域にわたって同一基準で被災度判定を行っている建物被害調査結果を用いて、低層独立住宅と最大加速度、最大速度などの地震動強さとの関係を調べ、地震動強さに対する低層独立住宅の被害関数を構築し、建物被害率による地震動強さの面的分布の逆推定を行っている。

本研究では、この推定結果を前提として分析が行われているため、以下にその概要を示す。

(1) 使用したデータ

山口・山崎の研究では、被害関数を構築するための地震動強さの値として、公表されている17地点 (図2) の地盤上での記録 (振り切れた記録についても、復元によって最大値が予測されたものは含まれる) を用いている。建物被害データとしては、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) および兵庫県都市住宅部計画課が行った建築物被災度調査結果を、建設省建築研究所が数値化したデータ⁷⁾ (以下、建築研究所データ) を使用している。この調査は阪神地域全域を統一された評価基準で調査したものである。また被害の小さかった地域の地震動強さを被害関数に反映させるために、大阪府内の強震記録と自治体による調査結果も使用している。

(2) 低層独立住宅の被害関数

山口・山崎は地盤条件、震源断層からの距離、建物棟数等を考慮した上で、地震計設置地点を中心とした対象地域範囲を決定し、その地域の建物被害率から被害関数を求めている。その際、建物階数と用途による分類となっている建築研究所データの内、棟数が多く被害率も高い木造建物と最も傾向が似ていると思われる低層 (2階建て以下) 独立住宅のデータを使用している。また自治体の調査に基づいている大阪府内のデータは、建築研究所データとは評価基準が異なっており、その違いを修正するために西宮市の被害分析¹³⁾に基づき換算している。

被害関数は、「ある地震動 x のときに全壊、半壊以上、一部損壊以上の各被害が発生する確率 $P_R(x)$ は、標準正規分布の累積確率 $\Phi(x)$ を用いて、対数正規分布 (x が計測震度 I の場合は正規分布) で表せる。」という仮定から、確率紙を用いた最小二乗法により求められた。最大速度に関する被害関数を図3に示す。

(3) 兵庫県南部地震における地震動分布

(2) で求められた被害関数と建築研究所データから兵庫県南部地震における地震動分布が推定された。その過程を以下に示す。

はじめに、火災による損傷等を除いた有効棟数を考慮した上で、建物棟数町丁目単位 (神戸市内は町丁目面積が小さく、有効棟数が少なくなってしまうため町単位) ごとの低層独立住宅に関する全壊率、全半壊率、一部損壊以上の比率が計算された。次に図3の被害関数から3種の被害率による最大速度値を計算し、それぞれ西宮市の町丁目について比較し、分布傾向が似ていることを確認した上で、町丁目ごとの推定地震動分布が決定された。これは気象庁が発表した震度7の帯¹⁰⁾と似た分布となっている。また低層独立住宅の棟数が少ないなどの理由により地震動の推定が難しかった地域については、低層建物全体の被害率を代替して補正している。阪神地域における地震動分布 (最大速度) の推定結果を図4に示す。

山口・山崎は以上の研究の中で、この推定法は「全体的な分布を

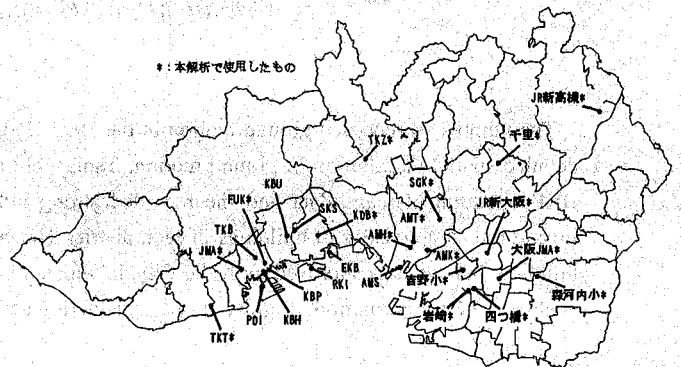


図2 解析に用いた地震記録の観測位置

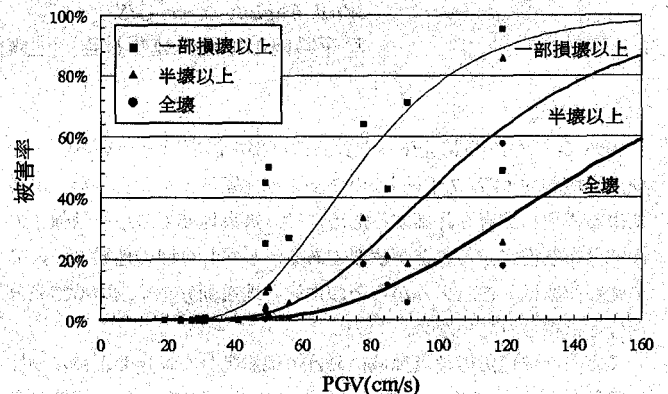


図3 低層独立住宅の被害関数

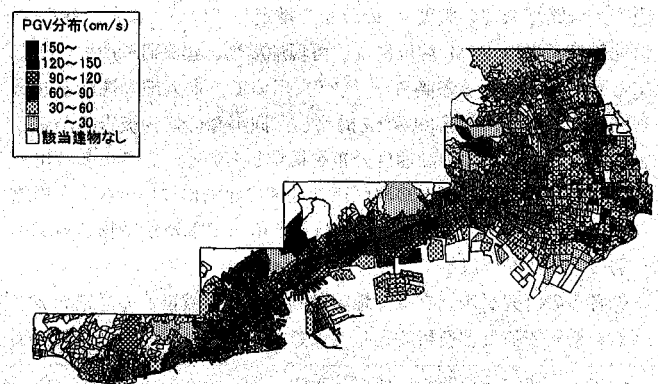


図4 山口・山崎により推定された地震動分布 (最大速度)

把握するのに有効である」としながらも、今後の課題として「建築研究所データの無い地域の取り扱い」や、「被害率が大きい地域で発生する著しく高い地震動推定値の補正」を挙げている。

3. 自治体の建物被害調査に基づく灘区の建物被害関数

ここでは山口・山崎により推定された兵庫県南部地震の地震動を用いて、自治体の調査に基づく灘区の建物被害関数（フラジリティカーブ）を求める。

(1) 兵庫県南部地震における灘区の被害の概要

まずは兵庫県南部地震における灘区の被害の概要を述べる。良好な環境の住宅地である北部は被害が比較的少なかったが、中央部以南では、焼失した地区や、ほとんどの住宅が倒壊してしまった地区もある。区全体では全壊約13,000棟、半壊約6,000棟、全焼327棟、半焼43棟、死亡者924人という被害を受けた¹⁹⁾。神戸市内においては、全壊数では長田区(15,521棟)、東灘区(13,687棟)について、全焼数では長田区(4,759棟)、兵庫区(940棟)について、死亡者数では東灘区(1,461人)について被害が大きかった。

筆者らはこれまでに神戸市により調査された建物被害データを用いて、建物被害分析を行ってきた¹⁰⁾。その結果、建築構造別の被害率では木造が最も高く、鉄筋コンクリート造が最も低く、建築年代別ではそれぞれの構造において建築年代が新しくなるほど被害率が低かったことがわかった。

(2) 使用したデータと山口・山崎による灘区地震動分布

本研究で使用したデータは、神戸市が兵庫県南部地震後に実施した調査に基づく約31,000棟の灘区内の建物被害データである。被害項目は全壊・半壊・その他（一部損壊を含む全壊・半壊以外のもの）の3区分となっており、建築研究所データのものとは定義が異なっている²⁰⁾。また各データには、町丁目、建築構造、建築年、床面積、屋根種別等の属性が含まれている。

山口・山崎により建築研究所データを用いて推定された灘区地震動分布を図5に示す。本研究では、液状化の影響による被害が大きかった臨海部と、被害が著しく少なかった山麓地域以外を対象地域としている。これを見ると地震動の大きい地域が東西方向に帯状に伸びており、震度7の帯¹⁶⁾の存在が読み取れる。白い部分は町丁目全てが公園であるため建物がなかったり、建築研究所データのもとなつた調査の対象地域外であるなどの理由から推定できなかった地域である。また灘区内には3つの川が流れており、町丁目ごとに微地形分類などが違うが、山口・山崎の研究では神戸市内の地域は、町丁目ごとの建物棟数が比較的少ないという理由で、町単位で処理されているため、微地形分類は考慮されていない。この地震動推定のもとなつた建築研究所データの低層独立住宅は、建築年代の区分がないため、地域によって建築年代ごとの建物分布が異なることの影響を受けていると思われる。この推定地震動を30cm/sごとにランク分けし、木造建物の建築年代ごとの棟数率を比較したものを図6に示す。最も被害率の高い1951年以前の建物は、PGVの最も大きな150-180cm/sで半数以上を占め、0-30cm/sでは30%に満たない。また被害率の低い1972年以降に建てられた比較的新しい建物の割合は、PGVが大きくなるにつれ、減少しているのがわかる。建築年代を考慮した被害関数を用いて、地震動の再推定を行い、それらと比較検討することにより、建築年代ごとの建物分布の影響を除去することが可能となろう。

(3) 灘区の建物被害関数

ここでは、(2)で得られた灘区対象地域内の推定地震動（町丁目単位の最大速度）を用いて、神戸市の実施した建物被害調査に基づく建物被害関数（フラジリティカーブ）の構築を試みた。

表1に対象地域内の建物被害棟数を示す。被害関数構築の対象としたのは構造別には、木造、鉄筋コンクリート造（以下、RC造）、鉄骨造（以下、S造）、軽量鉄骨造（以下、軽量S造）の4種である。また木造は灘区全体の約4分の3を占めている¹⁰⁾ため、建築年に応じて5区分し^{注1)}、建築年代ごとの被害関数構築も試みている。

被害関数を構築するためには、被害率算定のためにある一定数以下

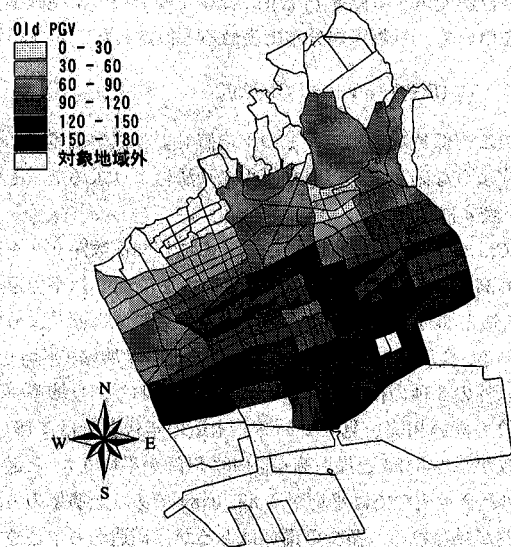


図5 山口・山崎による灘区地震動分布（最大速度）

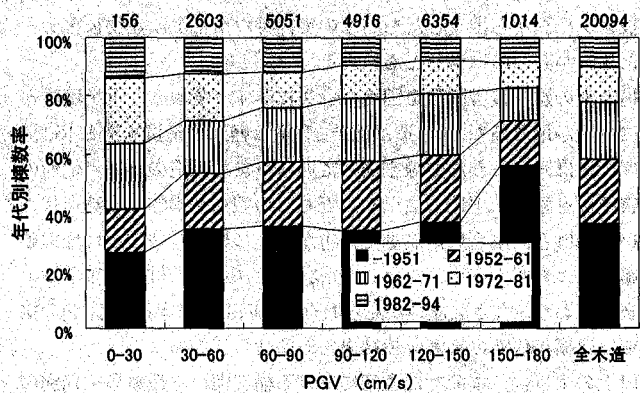


図6 山口・山崎による推定PGVのランク別建築年代別棟数率

表1 灘区の対象地域内（臨海・山麓地域以外）の建物被害棟数

		全壊	半壊	その他	計	区分数	区分棟数
		木造	-1951	4,987	1,474	834	7,295
	1952-61	2,854	822	714	4,390	20	220
	1962-71	2,531	773	629	3,933	20	200
	1972-81	991	675	779	2,445	20	120
	1982-94	384	512	1,135	2,031	20	100
	小計	11,747	4,256	4,091	20,094	20	1,000
	RC造	358	496	2,033	2,887	20	140
	S造	502	408	848	1,758	17	100
	軽量S造	255	142	543	940	10	100
	その他構造	98	48	111	257	-	-
	計	12,960	5,350	7,626	25,936	-	-

上の建物データ集合が必要である。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、表2のように地震動指標の大きさを町丁目を並び替えた上で、被害率算定のための十分な棟数が得られるよう、棟数に応じて区分した。各構造・建築年代分類ごとの区分数と区分棟数は表1に示した通りである。尚、被害データを区分した際には、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（最大速度）と被害率の関係から、調査ごとの建物被害推定式を求める。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、図7に示すような確率紙を用いた最小二乗法により求めた。その結果を表3、表4に示す。

構造別では木造が全壊率、全半壊率ともに相関係数が0.9を超えており最も高く、S造は全壊率、全半壊率ともに0.8以下で最も低い。軽量S造とRC造では、前者の方がやや高いがほぼ同じような値となっている。全壊率と全半壊率を比べると、全半壊率（平均0.88）ではS造以外の3種の相関係数が0.9を超えており、全壊率（平均0.84）よりも高い相関を見せている。木造の年代別では、1972-81の相関係数が平均0.93と最も高く、1982以降が平均0.84と最も低い。全壊率と全半壊率では平均が0.89、0.86であり全壊率の方がやや高い相関が見られる。多少の違いはあるが、構造別も木造建築年代別も相関係数が平均0.86、0.88と比較的高いといえよう。しかし、ここで回帰分析に用いた地震動はもともと建築研究所の低層独立住宅被害データから推定したもので、神戸市による建物被害データと相関が高いのは当然ともいえる。

構造別の建物被害関数を図8、図9に示す。全壊率、全半壊率ともに木造が最も高く、RC造が低い。S造と軽量S造は木造とRC造の間でほぼ同じような曲線を描いている。また木造の建築年代別の被害関数を図10、図11に示す。どちらの図も基本的に建築年代の早い建物ほど、小さい地震動で被害が発生し始め、被害率は地震動の範囲によらず大きい。ただし1952-61と1962-71はほぼ重なってしまっており、大きな違いが見られない。以上の結果は文献(10)の構造別、建築年代別の被害分析結果とも整合している。

以上のように、本節では灘区における構造別、木造建築年代別の被害関数(Ⅱ)を構築した。しかし、ここで用いた地震動データの対象地域は建築研究所データに基づいているため、建物年代分布が地域によって異なることの影響を受ける。また図5に示されているように地震動が推定されていない地域の建物被害データを用いることはできなかった。ここで構築された被害関数(Ⅱ)をもとに地震動を再推定することより、建築年代分布による地震動推定分布の誤差を取り除くことができ、また今回使われなかった建物被害データも使うことができるため、より精度が高く詳細な被害関数(Ⅲ)を構築することが可能となる。

4. 灘区における地震動分布の再推定

(1) 地震動分布再推定の方法

次に前節で求めた被害関数を用いて、灘区地震動分布を推定し

表2 統合された区分の例 (140棟ごとに統合されたRC造の場合)

区分コード	町丁目コード	町丁目名	PGV	RC造棟数	区分棟数
17	:	:	:	:	140
	211	天城通八丁目	64.6	10	
	10	寺口町	61.9	8	
18	〃	〃	61.9	14	140
	9	六甲台町	60.1	60	
	45	宮山町一丁目	58.4	7	
	46	宮山町二丁目	58.4	17	
	47	宮山町三丁目	58.4	17	
	199	畑原通一丁目	55.4	5	
	201	畑原通三丁目	55.4	13	
	203	畑原通五丁目	55.4	7	
19	〃	〃	55.4	1	140
	291	青谷町二丁目	52.9	19	
:	:	:	:	:	140

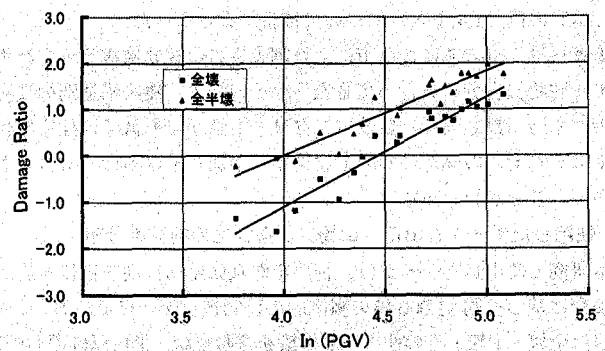


図7 最大速度と木造建物被害率の関係の確率紙表示

表3 建物被害関数の回帰係数 (構造別)

建築構造	全壊			全半壊		
	λ	ζ	R^2	λ	ζ	R^2
木造	4.47	0.42	0.93	4.00	0.55	0.91
RC造	5.40	0.64	0.80	4.99	0.79	0.90
S造	5.04	0.53	0.78	4.65	0.62	0.77
軽量S造	5.06	0.65	0.83	4.71	0.61	0.92

表4 建物被害関数の回帰係数 (木造建築年代別)

建築年代	全壊			全半壊		
	λ	ζ	R^2	λ	ζ	R^2
-1951	4.32	0.42	0.91	3.69	0.62	0.83
1952-61	4.40	0.36	0.88	3.95	0.49	0.85
1962-71	4.39	0.37	0.92	3.93	0.48	0.86
1972-81	4.69	0.34	0.92	4.23	0.42	0.94
1982-94	5.01	0.40	0.84	4.60	0.46	0.83

た。ここでは最も建物棟数が多く、最も被害関数の相関が高い(表3参照)木造建物の建築年代ごとの被害関数(図10、図11)を用いて、以下のような方法で推定した。

- ①対象地域内の346町丁目について、それぞれの建築年代(5区分)ごとの被害関数(全壊率と全半壊率)から地震動を推定する。
- ②微地形ごとに建物被害率は異なっている¹⁰⁾ため、各年代ごとの建物の全棟数が15未満の町丁目については、図12に示すような微

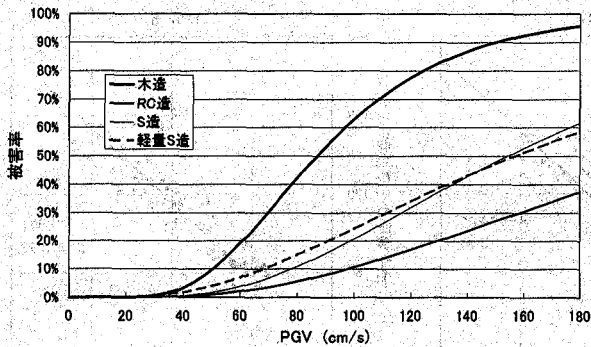


図 8 構造別被害関数 (全壊率-最大速度)

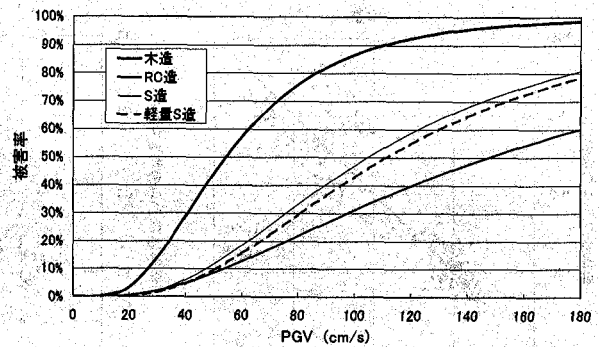


図 9 構造別被害関数 (全半壊率-最大速度)

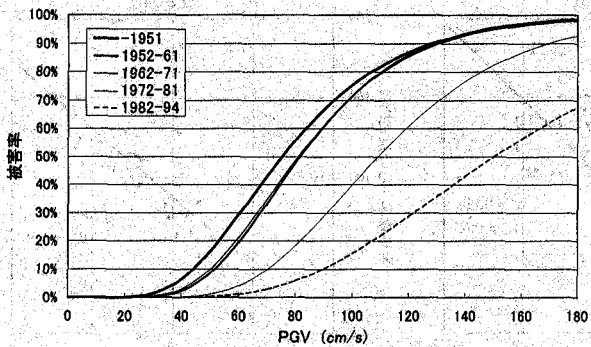


図 10 木造建築年代別被害関数 (全壊率-最大速度)

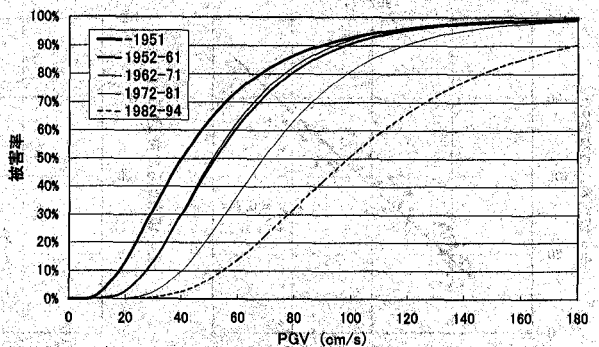


図 11 木造建築年代別被害関数 (全半壊率-最大速度)

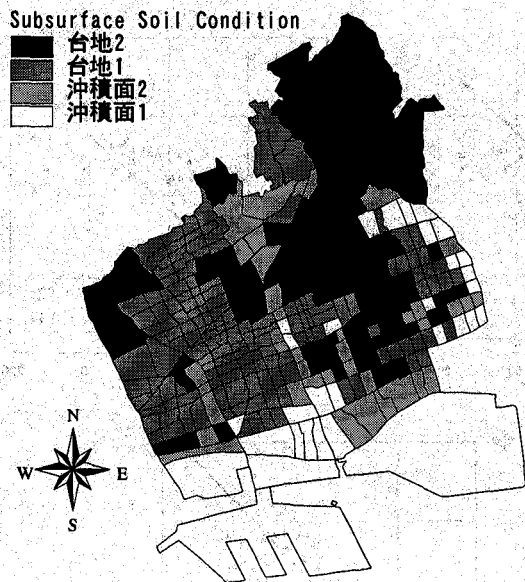


図 12 灘区の微地形分類

地形分類を考慮したうえで、15棟以上となるように周辺の町丁目と統合する。さらに全壊率と全半壊率がともに0%または100%となる地域は、地震動が0または著しく高い数値となってしまうため、同様の方法で統合する。

③②の結果得られたに10通りの推定地震動(5建築年代ごとの全壊率、全半壊率)を比較検討し、最終的な推定地震動を決定する。

(2) 全壊率、全半壊率による地震動推定の比較

(1)の結果、各建築年代ごとに全壊率と全半壊率の被害関数による

2通りの地震動が推定された。図13に各建築年代ごとの全壊率と全半壊率により推定されたPGVの比較を示す。ただし全壊率と全半壊率のどちらか一方が0%または100%となる場合は除外している。表1に見られるように建物棟数は新しくなるほど減少しているため、推定のために統合された後の地域数も建築年が新しくなるほど少なくなっている。また地域数の少ない1972-81と1982-94の相関が比較的低くなっている。全壊率と全半壊率の傾きに関しては、最も相関の低い1982-94以外はどれも0.9と1.0の間にあり、全体的には全壊率による推定値と全半壊率による推定値はほぼ等しいと言えよう。

(3) 建築年代ごとの地震動推定の比較

次に、各建築年代ごとの地震動推定値を全壊率と全半壊率による推定値の平均から求めた。ここで全壊率と全半壊率のどちらかが0%または100%の場合は、もう片方の推定値を用いている。このようにして得られた5種の建築年代ごとの地震動推定値を、対象地域内の346町丁目について比較する。5つに区分された建築年代のうち、相関係数、建物棟数の点から最も平均的な指標(表1、表4参照)と思われる1962-71を基準として、他の建築年代および全木造による推定値と比較した。その結果を図14に示す。各相関係数は0.51(-1951)から0.68(1962-71)とそれほど高くはないが、傾きはどれも0.92から1.06の間でほぼ1.0に等しく、建築年代による推定値の差はそれほど異なっていないと言える。山口・山崎¹⁷⁾による研究では、建築年代ごとの建物被害関数ではなく使っているわけではないので、地震動分布を推定するうえで、建築年代ごとの建物分布の影響を受けてしまっている可能性がある(図6参照)。しかし本研究において、各建築年代ごとの被害関数を用いることにより、それらの影響が解消されていることを図14は示している。

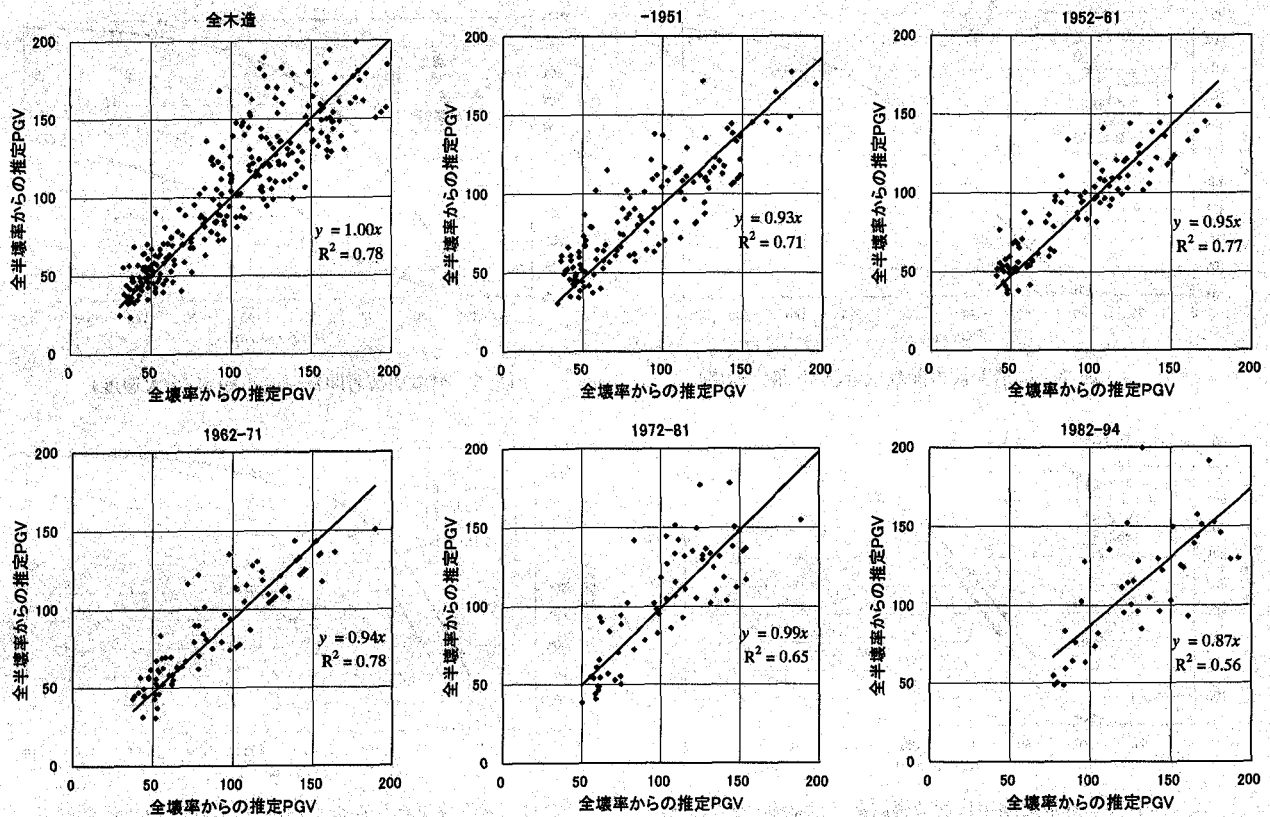


図 13 各建築年代ごとの全壊率と全半壊率により推定された最大速度値の比較 (単位: cm/s)

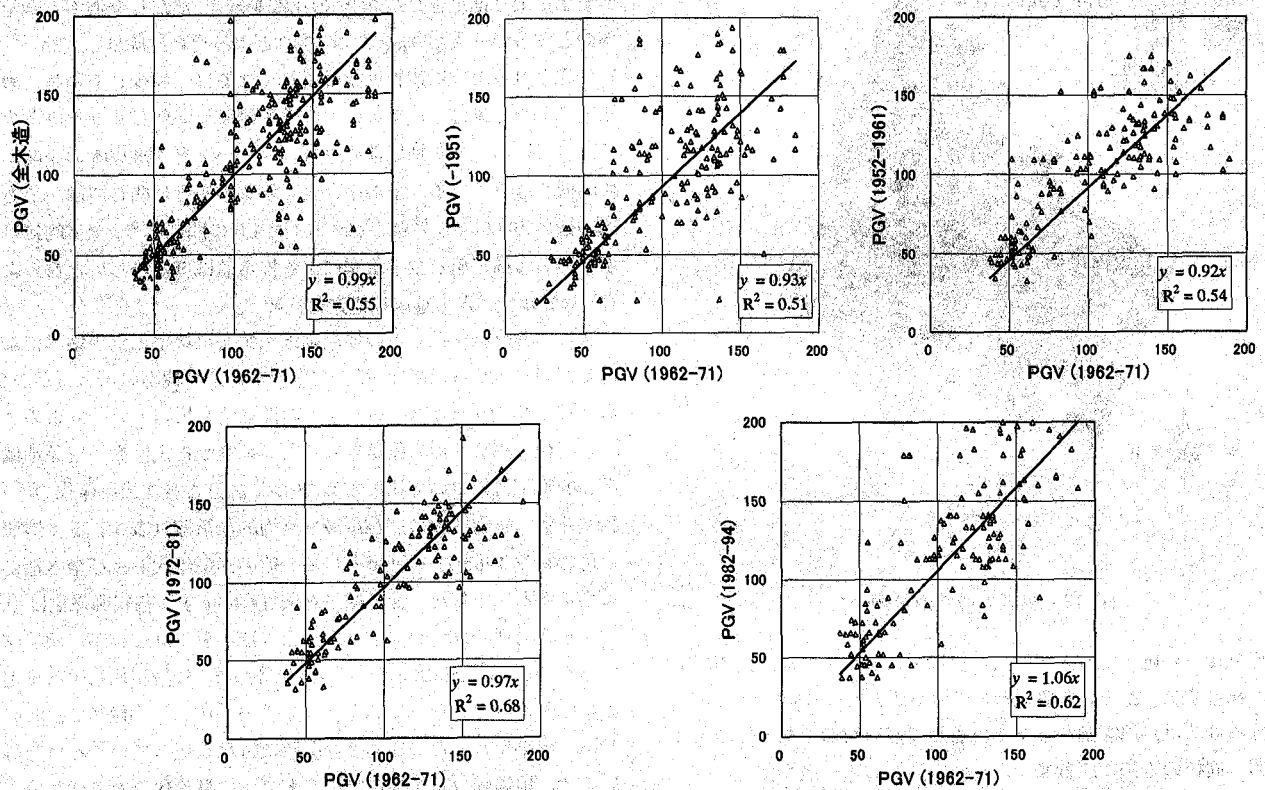


図 14 各建築年代ごとの被害データから推定された最大速度値の比較 (単位: cm/s)

(4) 灘区における地震動の再推定

ここでは、これまでの結果をふまえて、木造建物の被害関数を用

いた灘区における地震動の再推定値を決定する。0で求めた各年代により推定された地震動値の最大差を町丁目ごとに調べたところ、346

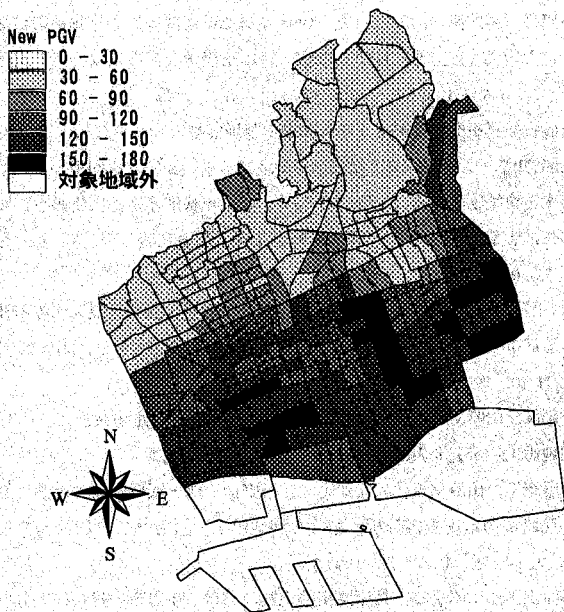


図 15 再推定した灘区の地震動分布 (最大速度)

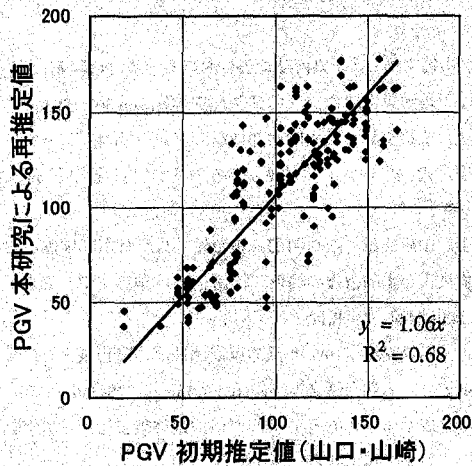


図 16 再推定値と初期推定値との比較 (単位: cm/s)

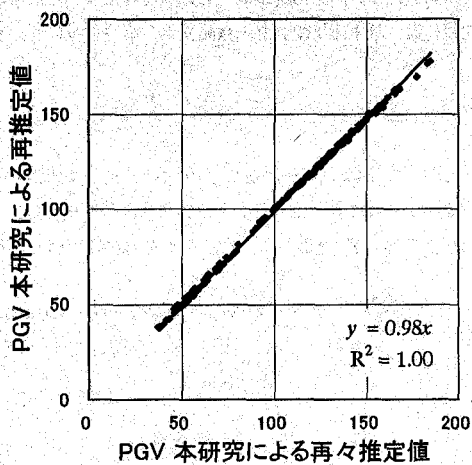


図 17 再推定値と再々推定値との比較 (単位: cm/s)

町丁目の平均は 46 cm/s で、最も大きかったのは、対象地域内北東部に位置する土山町と桜ヶ丘町で、約 130cm/s であった。

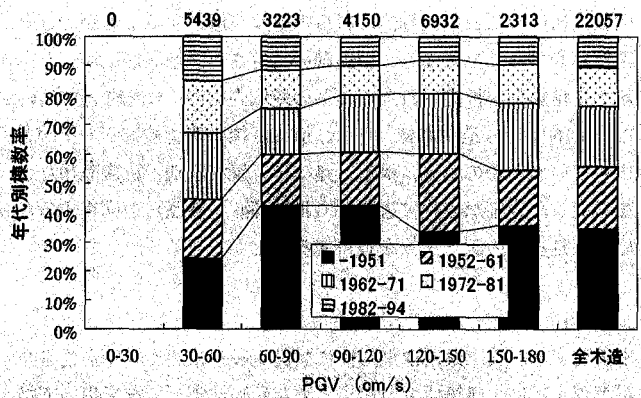


図 18 再推定 PGV のランク別建築年代別棟数率

これらの地域のデータを調べたところ、著しく大きな差が出てしまった理由として、建物棟数の少ないことなどが考えられる。このような各年代ごとの被害関数による推定値の差を補正するために、各年代ごとの推定値の平均をとることとする。ただし 1951 以前に建築された建物の中には、明治時代に建てられた古いものも含まれており、ばらつきが多いと考えられるので除外する。

以上のような方法で再推定した灘区の地震動分布を図 15 に示す。この結果と山口・山崎により推定された灘区の推定地震動分布 (図 5) を町丁目ごとに比較したものを図 16 に示す。ばらつきがあるが、全体的には傾きが 1.06 であり、大まかな分布傾向は近似している。また再推定した地震動分布をもとに、再度、木造建築年別の建物被害関数を構築し、その結果を同様の方法を用いて計算し、地震動の再々推定を行った。なお、新しく構築された被害関数は、図 10、図 11 のものと傾向はほぼ同じであるが、より実被害を再現しているものとなっている。図 17 に地震動分布の再推定値と再々推定値の比較を示す。図 16 に比べ、ばらつきがほとんどなくなり、本研究により地震動推定値が収束していることがわかる。

次に 3 (2) で行ったように、新たに得た再推定地震動を 30cm/s ごとにランク分けし、木造建物の建築年代ごとの棟数率を比較したものを図 18 に示す。再推定では 30cm/s 以下の PGV が得られなかったため、それよりも上のランクについて示してある。図 6 と比較すると 150-180cm/s における 1951 年以前の建物の比率が 20%ほど下がっている。各ランクをみると 30-60cm/s でやや古い建築年代の比率が小さいが、全体的に図 6 に比べて平均化されており、PGV 各ランクの建築年代による影響が除かれていると思われる。地震動を再推定したことによる成果を以下に述べる。

- ① 建築年代ごとの被害データから推定された地震動を比較検討し、平均値をとることにより、建築年代ごとの棟数分布が地域によって異なることの影響を取り除くことができた。
- ② 建築年代および全壊率、全半壊率ごとの 10 通りの地震動推定値を比較検討することにより、建物棟数が著しく少ないことよって発生する極端な地震動推定値を補正することができた。
- ③ 兵庫県南部地震後に実施した各自自治体の建物被害調査²⁰⁾は、調査方法、判定基準等がそれぞれ異なっていたため、山口・山崎¹⁷⁾は広域にわたって調査方法が統一されていた建築研究所データを使い、被災地域全域の地震動分布推定を行った。その中で「建築研究所データのない地域の取り扱い」等を今後の課題として挙げている。本研究では、棟数の多い木造建物の建築年代ごとの被害

関数を用いることにより、これらの課題を解消することができた。

④再推定をすることにより、地震動の推定された地域が広がった。

新たに地震動が推定されたこれらの地域内には、木造約2,000棟、RC造700棟、S造100棟、軽量S造200棟の建物被害データが含まれている。この結果、構造、建築年、屋根種別、延床面積などを考慮した詳細な建物被害関数(Ⅲ)(図1参照)を構築するためのより多くのデータ数を獲得することができる。

5. まとめ

本研究では、兵庫県南部地震後に震災復興都市づくり特別委員会等が調査を行い、建築研究所がまとめた建物被害データを用いて推定した地震動分布と、神戸市により実施された調査に基づく建物被害データを用いて、構造・建築年代を考慮した建物被害関数を求めた。その結果、構造別の被害関数では、地震動の大きさに関わらず、全壊率、全半壊率ともに木造が最も高く、RC造が低いことがわかった。S造と軽量S造の被害率は、木造とRC造の間にあり、ほぼ同じような被害率曲線を描いていた。また木造の建築年代別の被害関数では、全壊率、全半壊率とも建築年代の早い建物ほど、小さい地震動で被害が発生し始め、被害率は地震動の範囲によらず大きかった。1952-61と1962-71は、大きな違いが見られなかった。ただし、これらの被害関数は本研究で地震動を再推定するために用いたものであり、さらに改良していく必要がある。

この被害関数を用いて、灘区における地震動分布を再推定した。木造建物の建築年代ごとの被害関数から推定された地震動を比較検討することにより、建築年代ごとの棟数分布が地域によって異なることの影響を取り除くことができ、町丁目ごとの微地形も考慮した精度の高い地震動を推定することができた。

本研究で推定された地震動分布と詳細な建物被害データを用いることにより、構造、建築年、屋根種別、延床面積などを考慮した建物被害関数を構築することが可能となる。それらを各自治体の所有する固定資産管理のための建物データ等に適用することにより、被害想定や大地震直後の対応などに役立てることができると思われる。

謝辞

本研究においては、兵庫県南部地震後に神戸市が調査した建物被害データを利用させていただいた。記して謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 国土庁：防災白書平成9年版，1997。
- 2) 翠川三郎，藤本一雄：墓石の転倒調査から推定した兵庫県南部地震の際の神戸市およびその周辺での震度分布，日本建築学会構造系論文報告集，第490号，pp.111-118，1996.12。
- 3) 藤本一雄，翠川三郎：被害分布から推定した兵庫県南部地震の震度分布とその解釈，第2回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集，pp.97-100，1996.11。
- 4) 林康裕，宮腰淳一，田村和夫，渡辺宏一：兵庫県南部地震の建物被害に基づく地震動強さの評価，第1回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集，pp.89-92，1996.11。
- 5) 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報告集，第494号，pp.59-66，1997.4。

- 6) 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報告集，第502号，pp.61-68，1997.12。
- 7) 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。
- 8) 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被害予測 —その2 建築年代別木造建築物の被害関数の作成と被害予測例—，日本建築学会構造系論文報告集，第505号，pp.53-59，1998.3。
- 9) 村上雅英，田原賢，藤田宣紀，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報告集，第481号，pp.71-80，1996.3。
- 10) 村尾修，山崎文雄：兵庫県南部地震における灘区の建物被害分析，第24回地震工学研究発表会論文集，pp.1261-1264，1997.7。
- 11) 後藤寛子，山崎文雄，若松加寿江，浅野進一郎：兵庫県南部地震における尼崎市の建物被害分析，第24回地震工学研究発表会講演論文集，pp.1233-1236，土木学会，1997.7。
- 12) 杉浦正美，山崎文雄：兵庫県南部地震における伊丹市の建物被害分析，第24回地震工学研究発表会講演論文集，pp.1257-1260，1997.7。
- 13) 山口直也，山崎文雄，若松加寿江：兵庫県南部地震における西宮市の建物被害分析，第24回地震工学研究発表会講演論文集，pp.1237-1240，1997.7。
- 14) 村尾修，山崎文雄：兵庫県南部地震における北淡町の建物被害分析，第2回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集，pp.367-370，1997.11。
- 15) 杉浦正美，山崎文雄：兵庫県南部地震の宝塚市域被害データに基づく建物被害推定式，第10回日本地震工学シンポジウム論文集，pp.3385-3390，1998.11。
- 16) 杉本寛子，山崎文雄，西村明儒，佐藤修：兵庫県南部地震における芦屋市の建物被害と人的被害の関係，第10回日本地震工学シンポジウム論文集，pp.3439-3444，1998.11。
- 17) 山口直也，山崎文雄：1995年兵庫県南部地震の建物被害率による地震動分布の推定，土木学会論文集，No.612/I-46，pp.325-336，1999.1。
- 18) 気象庁：平成7年(1995年)兵庫県南部地震調査報告—災害時自然現象報告書—，気象庁技術報告，第119号，1997。
- 19) 神戸市：神戸市統計要覧1996，1996。
- 20) 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報告集，第515号，pp.187-194，1999.1。

注

- 1) 1971年，1981年に，建築基準法に基づくRC造，S造等の耐震基準が改正された。文献10)ではこれらを考慮した建築年代区分に統一し，各構造の建物被害分析を行ったが，本研究の年代区分もそれに基づいている。

(1998年12月10日原稿受理，1999年4月22日採用決定)