



に位置する明石市（図-1）について、同市が行った建物被災度調査結果を用いてデータベースを構築し、建物被害の分析と地震動分布の推定を行った。ここで、明石市には、強震観測点が1地点しかないため、市域の詳細な地震動分布をこの観測記録のみから推定することは難しい。そこで、神戸市灘区の建物被害データに基づいて構築された被害関数を用いて、明石市の建物被害から地震動分布の逆推定を試みた。

2. 明石市の建物被害分析

明石市における建物被害は 87,510 棟（99,378 世帯）¹⁶⁾のうち、全壊 2,938 棟（4,209 世帯）、半壊 6,668 棟（10,919 世帯）、一部破損 21,092 棟（34,833 世帯）であり、死者 8 名、負傷者 1,884 名が発生している¹⁷⁾。

(1) 建物被害データ

建物被害の分析に使用したデータは、固定資産税台帳の記載項目である建物の所在地、建築年、用途、主体構造、屋根構造、階数、建物被害程度をコード化したデータから構成されている。なお、このデータからは、プライバシー保護の観点から所有者等のデータは削除されている。建物の被害程度は、明石市が被災証明書の発行および固定資産税の減免措置を目的として行った現地調査に基づいている。このため、調査の主眼が資産価値におかれており、神戸市以東の被災地域の大部分を対象として、震災復興都市づくり特別委員会などが行った建物の再使用の可能性に主眼をおいた調査とは被害程度の判定基準が異なっている。被害程度は、固定資産税の減免率により、全壊（10 割減免）、半壊（5 割減免）、一部破損（1 割減免）に3区分されており、全壊、半壊以外の被害はすべて一部破損に含まれている。このため、一部損壊は被害なしとの区別ができないことから、本研究では“その他”として扱っている。

また、データは納税義務者単位になっていることから、分譲マンション等は同一建物でも、複数の建物として区分されている。このため、データベース化に際し、所在地と住宅地図に基づいて、1棟単位にとりまとめる処理を行っている。

(2) 建物被害分析

表-1 に明石市の構造別建築年代別の建物被害棟数を示す。ここで、建築年代区分は、非木造建物の耐震基準による影響を考慮して、1971年と1981年を境に10年単位に区分した。また、木造建物についても比較検討を行うため同様の区分を行った。明石市の建物の比率を構造別にみると、木造が全体の75%を占め、残りをRC造、S造、軽量S造がほぼ3分割している。

a) 構造別の被害

図-2 に構造別の被害率を示す。ここでは、構造種別間の被害の傾向をみるために、同様の被害分析が行われている神戸市灘区、西宮市、宝塚市、伊丹市との比較も行った。自治体による建物被害調査の判定基準は、政府の通達（「被害認定統一基準」）に基づいているものの各自治体により調査内容が異なっているため一概に論じることではできないが、明石市の建物被害は、比較した自治体の中では伊丹市と同程度の被害であったと考えられる。構造種別間の全半壊率をみると、他の自治体では木造に

表-1 明石市の構造別建築年代別の建物被害棟数

構造	建築年代	全壊	半壊	一部破損	小計	合計
木造	～S26	997	1,446	7,731	10,174	
	S27～S36	648	1,170	4,722	6,540	
	S37～S46	1,001	2,307	12,576	15,884	
	S47～S56	540	1,852	16,951	19,343	
	S57～	194	771	12,965	13,930	
木質系P造	～S26	2	0	0	2	
	S27～S36	0	0	0	0	
	S37～S46	0	0	2	2	
	S47～S56	1	5	135	141	
	S57～	2	10	470	482	66,498
SRC造	～S46	0	1	17	18	
	S47～S56	1	7	40	48	
	S57～	0	8	52	60	126
RC造	～S46	45	153	1,486	1,684	
	S47～S56	65	226	2,783	3,074	
	S57～	38	135	1,916	2,089	
RC-P造	～S46	0	0	1	1	
	S47～S56	1	2	263	266	
	S57～	3	1	162	166	7,280
S造	～S46	32	53	1,385	1,470	
	S47～S56	40	154	2,043	2,237	
	S57～	12	104	2,786	2,902	
S-P造	～S46	0	0	3	3	
	S47～S56	0	0	7	7	
	S57～	0	1	39	40	6,659
軽量S造	～S46	61	124	1,461	1,646	
	S47～S56	8	16	712	736	
	S57～	1	6	230	237	
軽量S-P造	～S46	0	1	22	23	
	S47～S56	17	49	1,588	1,654	
	S57～	11	31	1,928	1,970	6,266
CB造	～S46	39	103	1,148	1,290	
	S47～S56	9	27	604	640	
	S57～	3	6	322	331	2,261
煉瓦造	～S46	4	8	36	48	
	S47～S56	0	0	16	16	
	S57～	0	0	0	0	64
合計		3,775	8,777	76,602	89,154	89,154

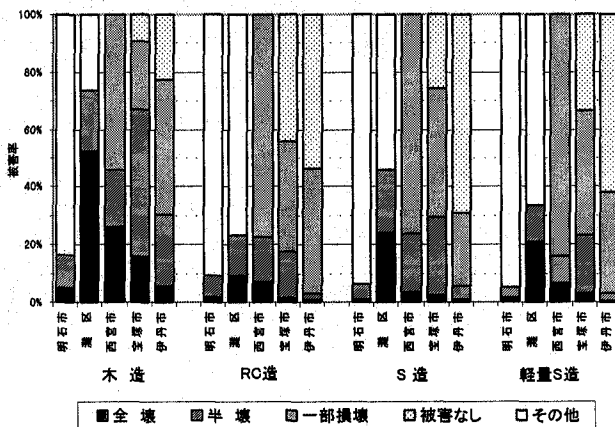
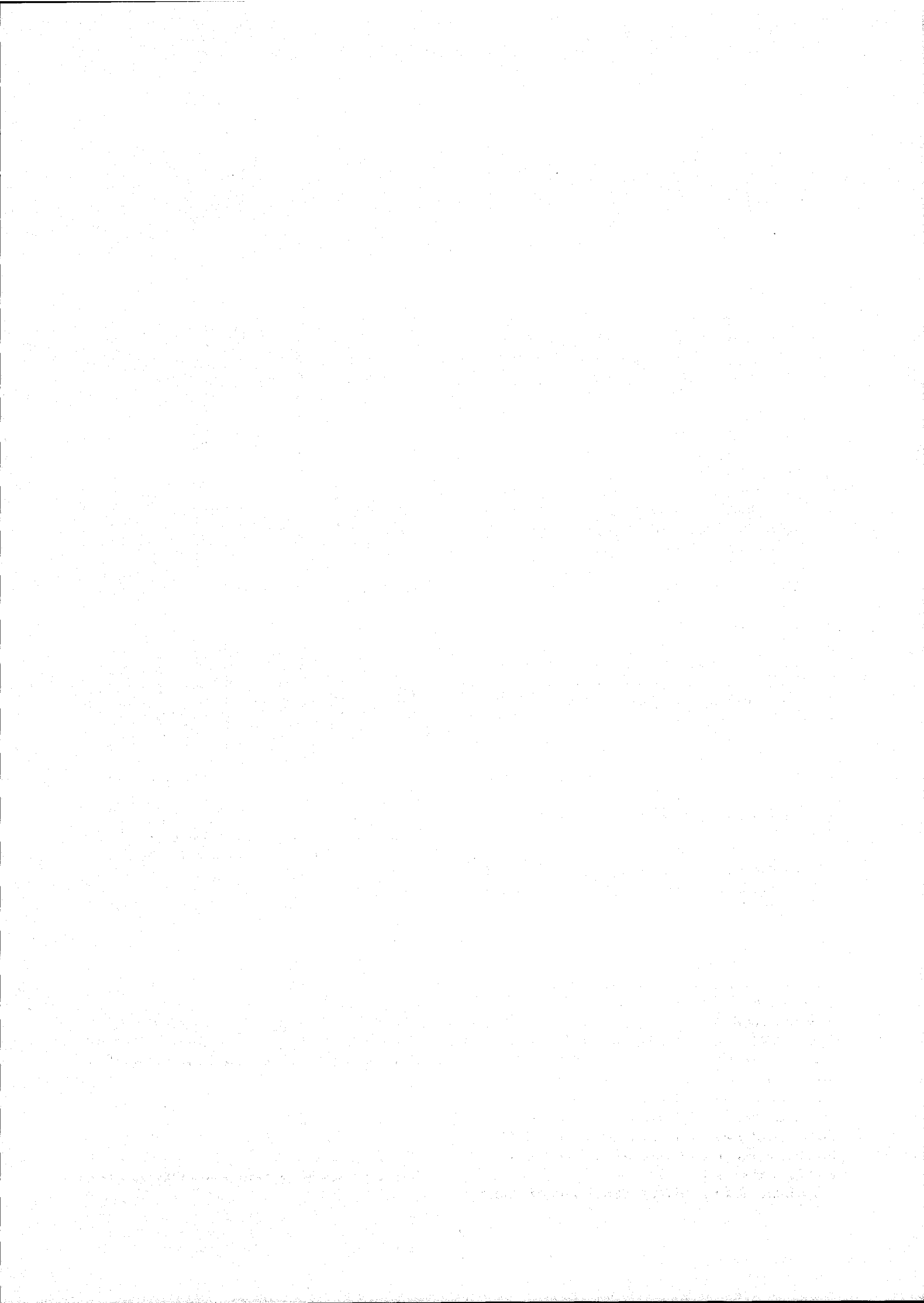


図-2 明石市と他の自治体との構造別被害率の比較

次いでS造が高いのに対し、明石市ではRC造が高くなっている。木造の全半壊率における全壊率の比率をみると、震災の帯がみられた灘区と西宮市では全壊率の割合が高いことがわかる。しかし、同様に震災の帯がみられた宝塚市では構造種別を問わず全半壊率に対する半壊率の割合が高くなっている。これは、宝塚市では震災の帯が局所的であったこと、また、建物被害の調査項目に対する被害判定比率の取り方が他の自治体と大きく異なっていることが考えられる。

b) 構造別建築年の被害

木造、RC造、S造、軽量S造の建築年代別の被害率は、どの構造種別とも概ね建築年代が新しくなるにつれ、被害率は小さくなる傾向を示した。また、耐震基準の被害への影響をみるために、構造別に被害の経年変化を比較



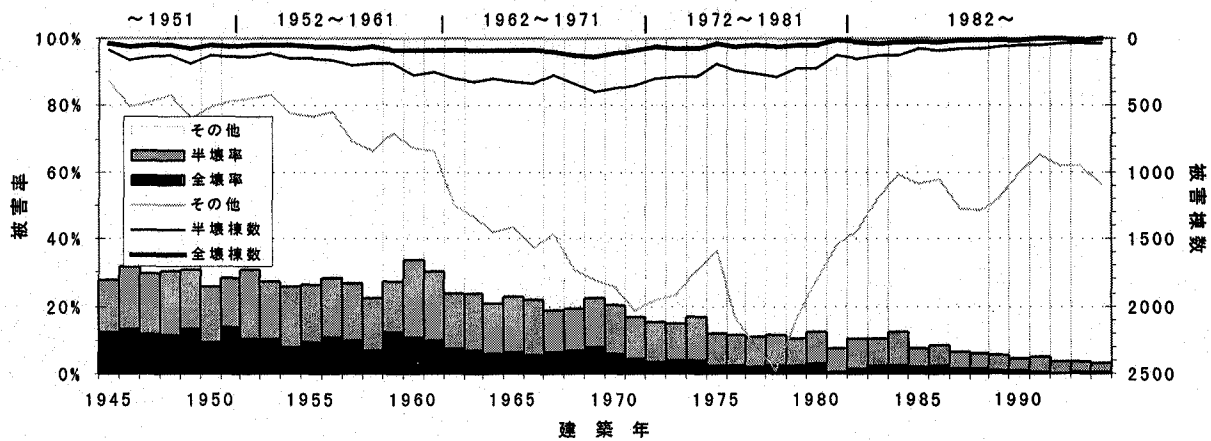


図-3 明石市の木造建物における被害の経年変化

した。図-3 に木造建物、図-4 に非木造建物（RC 造，S 造，軽量 S 造）における被害の経年変化を示す。なお，ここで示す被害棟数は積み上げ式の折れ線グラフである。また，RC 造，S 造，軽量 S 造の図は，市全体では被害率が非常に小さくなることから，後で述べる明石市において被害が大きい東側地域を対象としている。

木造建物における被害の経年変化をみると，建物棟数によらず全壊率，半壊率ともに建築年が新しくなるにつれて小さくなる傾向がみられる。また，全半壊率が小さくなる傾向は，1960 年前後を境に 1960 年以前に比べ 1960 以降の方がやや強い。これは，1959 年に建築基準法が改正され市街地建築物法が廃止された影響が考えられるが，変化の度合いが小さいためこの結果のみからは判断できない。

S 造，軽量 S 造では，建築年が新しくなるにつれて被害率が小さくなる傾向がみられるものの，RC 造の被害率の経年変化では，その傾向は不明瞭である。また，本研究の建築年代区分の基準とした 1971 年，1981 年の耐震基準の変化による影響は，図からは読みとれない。これは，RC 造，S 造，軽量 S 造は，市単独で集計した場合，建築年および耐震基準の変化による影響よりも，木造に比べ建物棟数が少なく分布に偏りがあるなどの地域差による影響が大きいためと考えられる。

c) 建物被害の分布

図-5 に木造建物の全壊率分布を示す。建物被害は市の東側の地域に集中していることがわかる。また，建築年代別，構造別にみた場合も木造建物とほぼ同様の分布状況を示していた。ここで，図-6 に示す代表的な地形を町丁目単位で割り当てた地形区分（文献¹⁸⁾より作成）と比較した。この地形区分は，地形を町丁目単位に割り当てているため，詳細な情報を得ることができない。しかし，明石市の地形は，大局的に見ると，東部に分布する主に明石川の氾濫堆積物（氾濫平野，自然堤防，後背低地）と人工改変地からなる沖積低地が卓越している地域と，西部に分布する中小河川により開析（谷底平野）されている段丘の卓越している地域の 2 つに分けられる。建物被害が集中している地域は，東側の沖積低地が卓越している地域とほぼ一致していることがわかる。このことから，木造建物について，地形区分をもとに沖積低地が卓越している東側地域と段丘が卓越している西部地域の 2 地域で再集計を行った。

この結果，全壊・半壊棟数の比率は被害の分布状況が

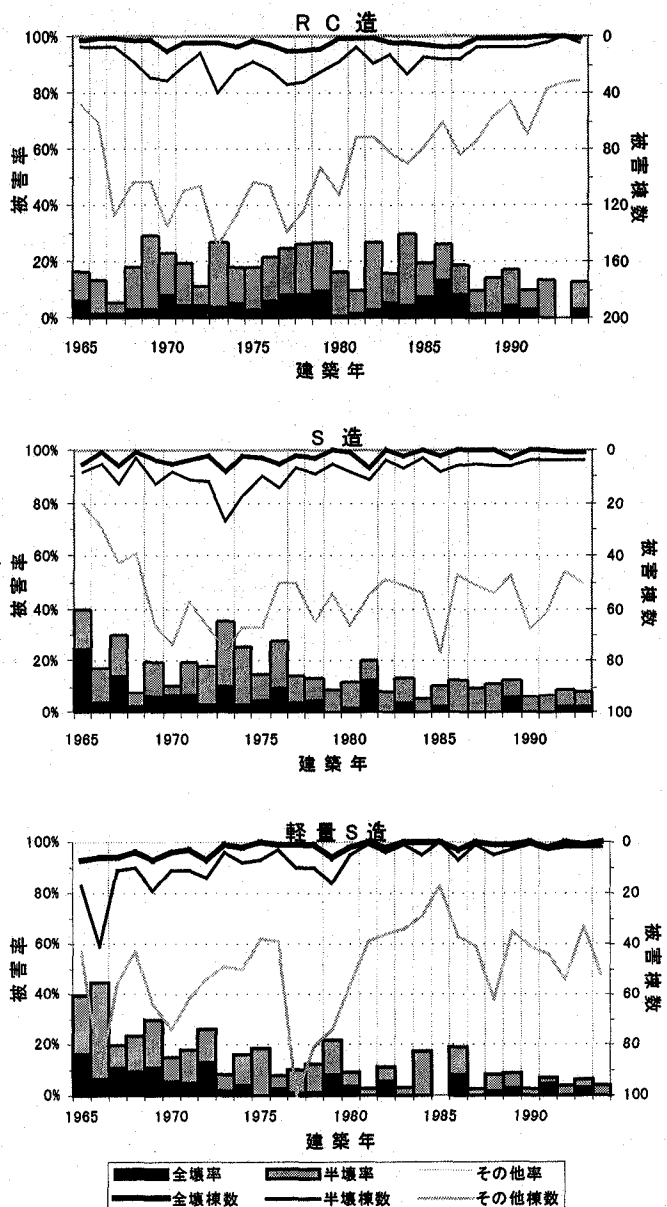


図-4 明石市東側地域の非木造建物における被害の経年変化



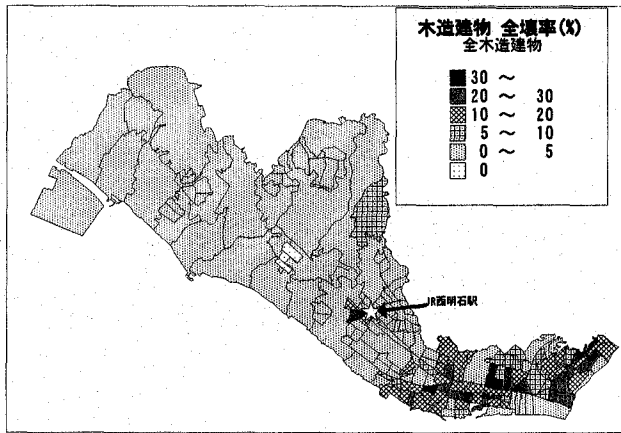


図-5 明石市の木造建物の全壊率分布

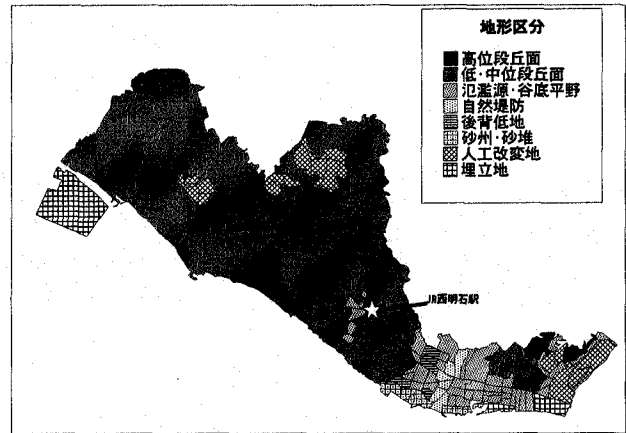


図-6 明石市の地形区分

らも明らかなように、東部地域の割合が高く、市全体での全半壊棟数 10,946 棟の内 79% を占めていた。ちなみに、各地域の木造建物棟数は、東部地域 21,714 棟、西部地域 44,784 棟であり、東部地域は西部地域の約 1/2 である。また、建築年代別の被害率をみると、市全体の評価と比較して、東部地域での全半壊率および全壊率は、建築年代が新しくなるにつれて低下する傾向が、より明瞭に現れていた。

3. 地震動推定に使用する建物被害関数

(1) 建物被害関数の選択

建物被害関数を使用する際には、建物被害調査の性格により被害の判定基準が異なっている可能性があるため、被害関数がどのような被害調査・基準に基づいているのかを把握する必要がある。村尾・山崎¹⁹⁾は、兵庫県南部地震で行われた建物被害調査方法について比較検討を行っており、明石市と神戸市は同じ基準で被害調査を行っていることが報告されている。

既往の建物被害関数は、大きく分けると建築研究所データに基づいているもの、自治体の被害調査に基づいているもの、および独自の被害調査に基づいているものの3つに分類されるが、建築研究所データに基づいているものが多く報告されている。また、自治体の被害調査に基づくものとしては、村尾・山崎²⁰⁾が、神戸市が行った灘区の建物被災度調査結果に基づいて被害関数を構築している。このことから、本研究ではこの被害関数を用いて、明石市の地震動分布を逆推定することにした。

(2) 灘区の建物被害関数

灘区の建物被害関数は、山口・山崎¹⁹⁾による神戸市以東の被災地域を対象とした地震動分布と神戸市の調査に基づく灘区の建物被害データを用いて構築されている。山口・山崎による地震動分布は、強震観測記録(17点)とその周辺地域の建築研究所データ(低層独立住宅被害データ)をもとに構築した被害関数から同データの全域を対象として逆推定したものである。

また、灘区の建物被害関数は、正規確率分布関数 $\Phi(x)$ を用いて、ある地震動 x の時に被災ランク R 以上の被害が発生する確率 $P_R(x)$ を以下のように求めるものである。

$$P_R(PGV) = \Phi(\ln PGV - \lambda) / \zeta \quad [1]$$

表-2 灘区の建物被害関数の回帰係数²⁰⁾

		全壊		全半壊	
		λ	ζ	λ	ζ
木造	-S26	4.36	0.411	3.66	0.674
	S27-S36	4.44	0.353	3.97	0.490
	S37-S46	4.45	0.342	4.02	0.456
	S47-S56	4.73	0.378	4.25	0.395
	S57-	5.12	0.496	4.61	0.474
	全年代	4.51	0.410	4.07	0.514
RC造	全年代	5.50	0.705	4.99	0.716
S造	全年代	5.14	0.628	4.69	0.672
軽量S造	全年代	5.03	0.564	4.73	0.601

ここで、係数 λ , ζ は、 $\ln x$ の平均値および標準偏差である。表-2 に回帰係数を示す。RC造、S造、軽量S造についても木造と同様に被害関数が求められているが、明石市については、建物棟数が不十分となる地域が多く考えられる。このため本研究では、建物棟数が多く、ほぼ市域全域に分布していることから、木造建物の被害関数を使用することとした。

4. 明石市の地震動分布推定

(1) 地震動の推定方法

地震動は以下の手順により推定した。

① 町丁目の統合

地震動は町丁目単位に推定しているが、建物棟数が不十分、被害が少ないあるいは無い町丁目が存在することから、地形区分と震源断層からの距離を考慮し、使用する建物被害関数ごとに建物被害データの統合を行う。

② 被害関数による地震動の推定

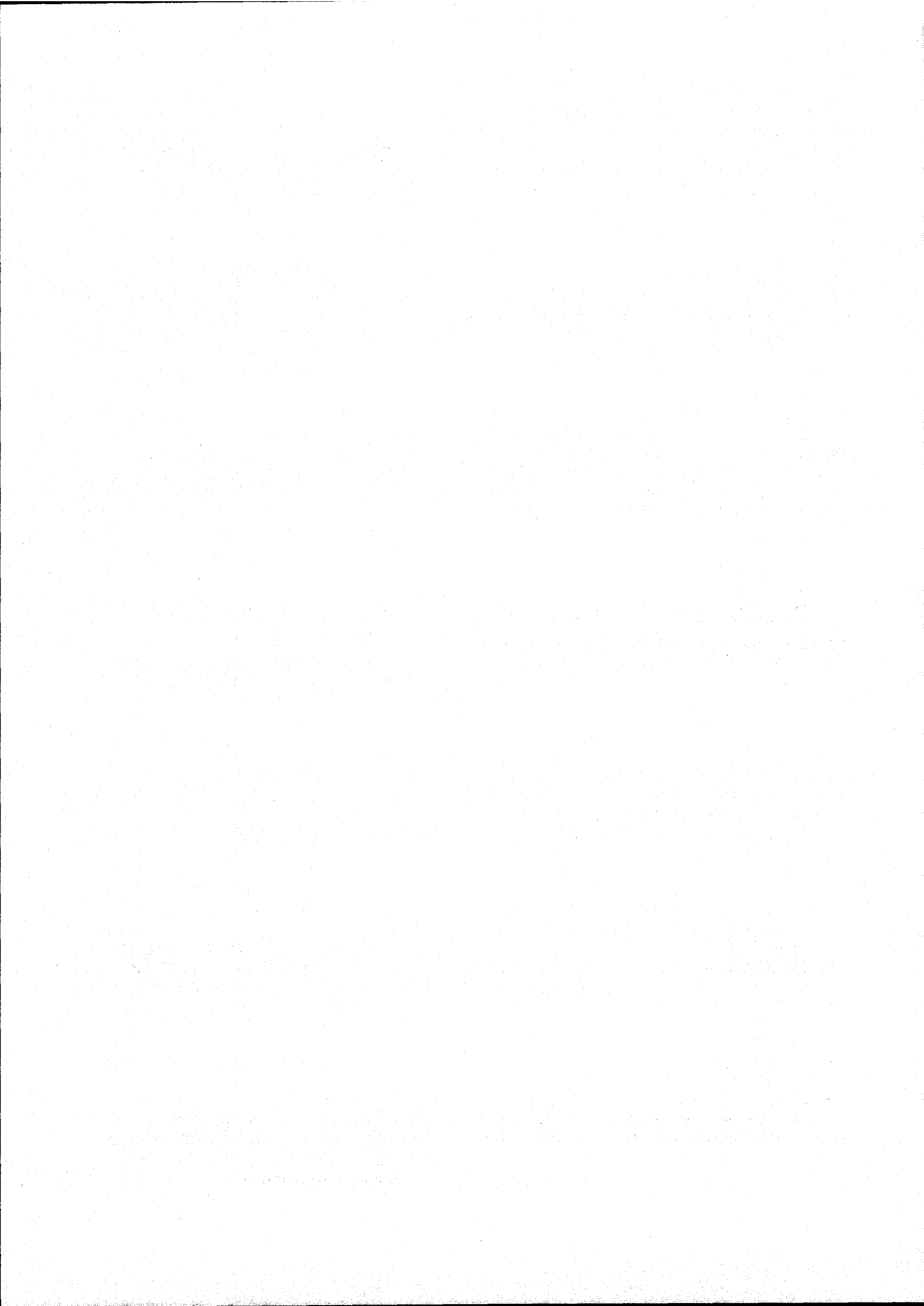
①で得られた被害率をもとに、構造別、建築年代別の全壊率および全半壊率の被害関数により地震動を推定する。

③ 地震動推定値の比較検討

③で得られた地震動の推定値を比較検討し、最終的な地震動の推定値を決定する。

④ 推定地震動の計測震度への変換

今回使用した灘区の被害関数は、地震動指標として最大速度を用いていることから、童・山崎²¹⁾が提案し



ている最大速度による計測震度の推定式を用いて計測震度を求める。

(2) 明石市と灘区における木造建物被害の比較

地震動を推定するに先立ち、明石市と灘区の木造建物被害を比較した。図-7 に建築年代別比率の比較を、図-8 に建築年代別の被害率の比較を示す。なお、明石市の建物被害は、これまでの分析の結果から東部の沖積低地の卓越している地域に集中していることが明らかとなっていることから、その地域の被害率もあわせて示す。

建築年代別の割合の比較をみると、明石市では1962年以降の建物が全体の75%を占め、1972~81年の建物が最も多く29%であることから、比較的新しい建物が多いことがわかる。これに対して、灘区では建築年代が古くなるに連れて、その割合が高くなる傾向を示し、1951年以前の建物が全体の35%を占めている。

建築年代別の被害率の比較をみると、明石市、灘区ともに建築年代が新しくなるにつれて被害率が小さくなる傾向がみられる。しかし、全半壊率における全壊率の割合をみると、灘区では明石市に比べ、全半壊率における全壊の割合が非常に高く、その傾向は建築年代が古いほど強い。このことから被害率の区分が同じ全半壊率でも、明石市と灘区ではそれを構成している被害程度が大きく違っており、灘区的全半壊率は、全壊の影響をかなり受けていることが明らかである。これは、明石市に比べ、灘区の被害が非常に大きいことによる影響と考えられる。

(3) 地震動の推定

木造建物の被害関数には、建築年代別の全壊率と全半壊率に対するものがあり、また、明石市と灘区の被害率の差、建物分布の地域性（例えば建築年代別の割合）による影響が推定した地震動に現れる可能性があることか

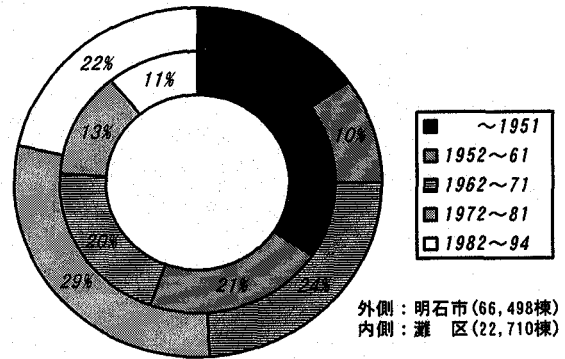


図-7 明石市と灘区における木造建物の建築年代別比

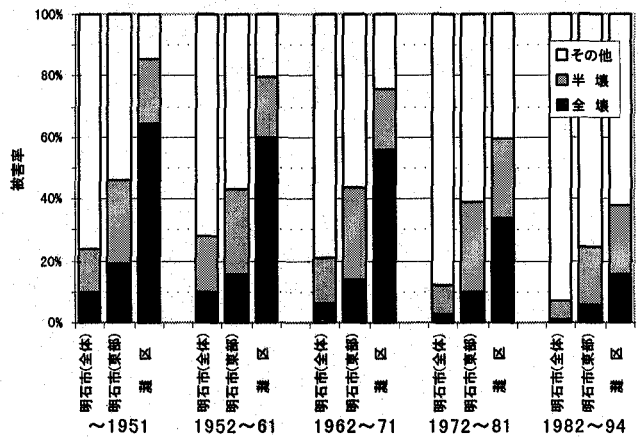


図-8 明石市と灘区における建築年代別被害率の比較

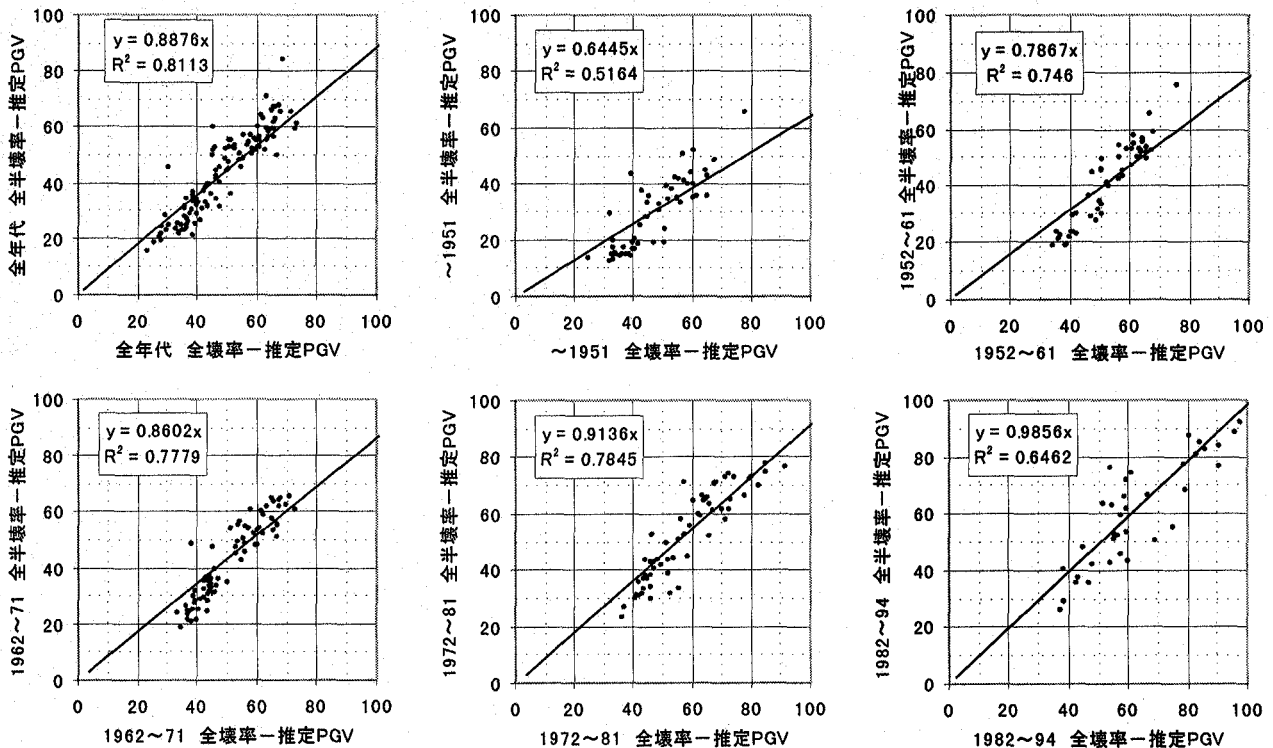
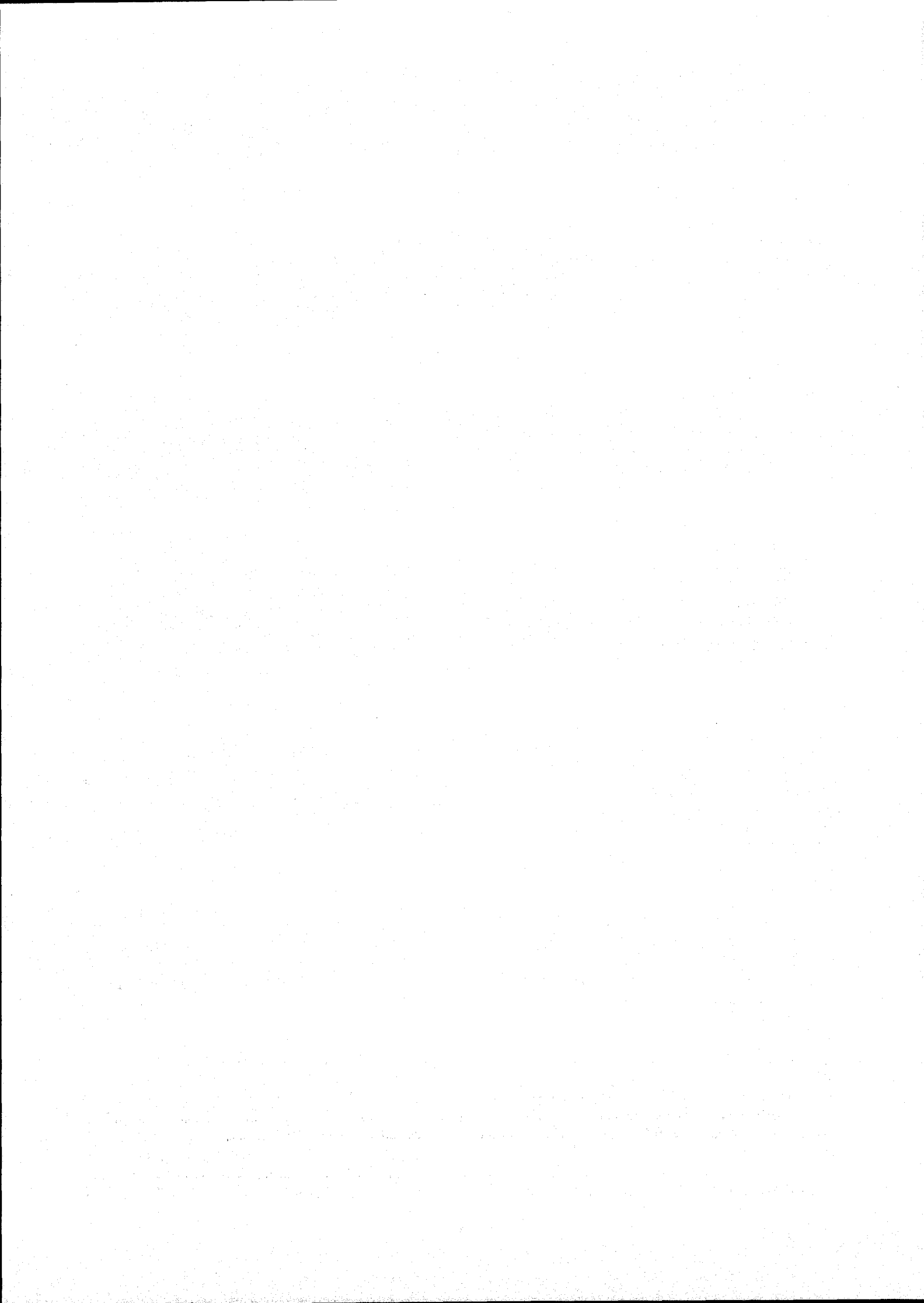


図-9 建築年代別の全壊率および全半壊率による地震動推定値 (最大速度) の比較



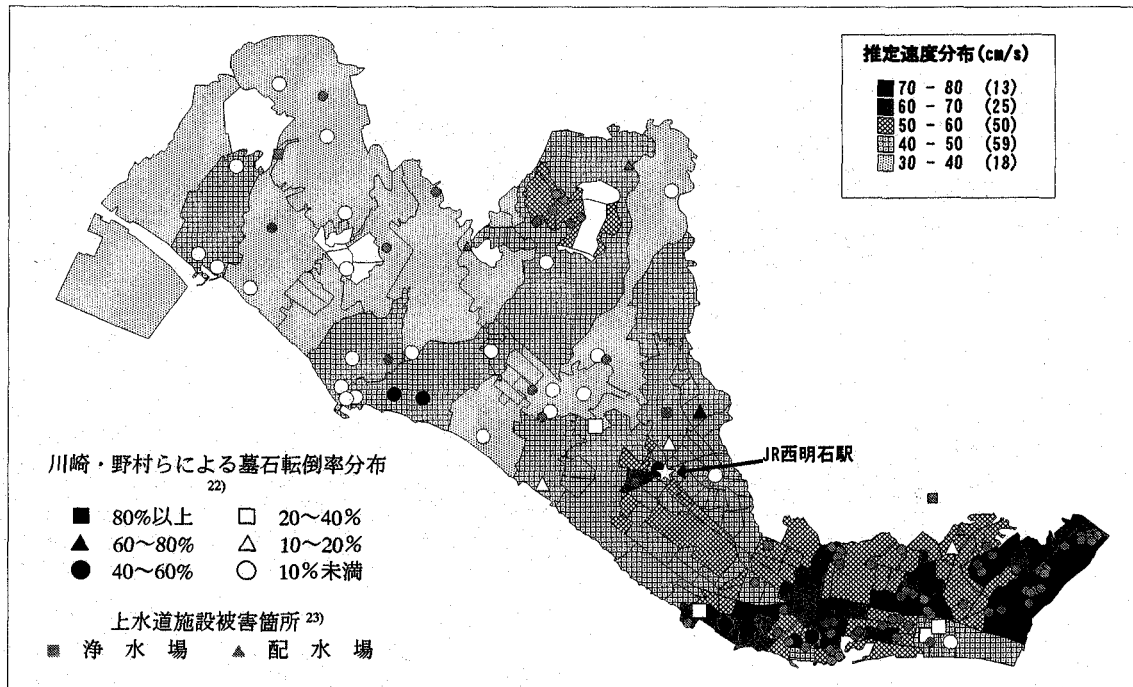


図-10 建物全壊率から逆推定した明石市の最大速度分布

ら、それぞれの関数ごとに地震動を推定して比較検討を行った。図-9 に建築年代別の全壊率および全半壊率による推定地震動の比較を示す。

どの建築年代をみても、近似式の傾きが1より小さいことから、全壊率に比べ全半壊率による推定値が小さいことがわかる。この傾向は、建築年代が古いほど強くなっている。これは、3 節で述べたように明石市に比べ、灘区の全半壊率が全壊の影響を強く受けているためと考えられる。また、地震動の推定値が小さいほど、全壊率による推定値と全半壊率による推定値の差が大きくなっている。これは、前述の影響に加え、灘区に比べ明石市の被害が非常に小さいため、被害率が小さい部分では推定値が外挿されているためと考えられる。

本来ならば、明石市の被害は灘区に比べ被害率が小さいことから、地震動の推定範囲の広い全半壊率による推定値の使用が考えられるが、以上の結果から、全半壊率での全壊の割合が低い明石市での使用は不適切と考えた。よって、最終的な地震動の推定値は、建築年代別の全壊率による推定値を平均したものとした。

(4) 推定地震動分布

図-10 に推定最大速度分布を、図-11 に推定値（最大速度）を計測震度に変換して得られた推定震度分布を示す。最大速度分布を大局的に見ると、建物被害分析から被害の大きい地域である市東部の明石川の氾濫堆積物からなる沖積低地が卓越している地域では、50cm/s 以上(50-80cm/s)、被害の小さい西部の段丘が卓越している地域では、50cm/s 未満(30-50cm/s)と推定され、地形区分で人工改変地に当たる町丁目では、周囲よりも大きい値で推定されている。また、震央に最も近い東側の地域の南東部で40-50m/s と推定されているが、この地域は埋立地が多いことから、液状化の影響を受けている可能性も考えられる。

震度分布を見ると、市域のほぼ中央から東側の地域はほぼ全域が震度6弱であり、最大速度で70-80cm/s と推

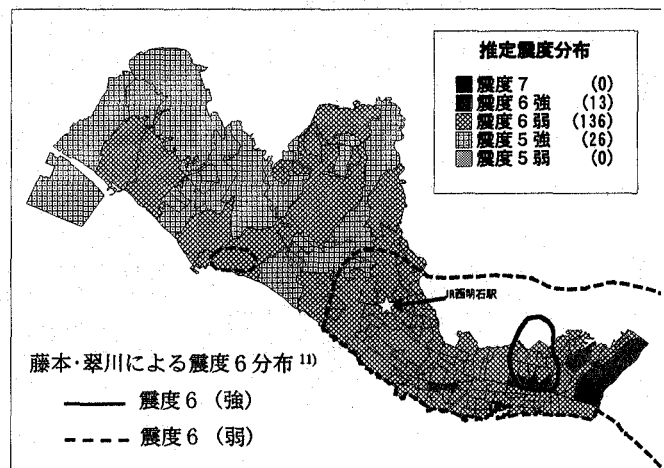


図-11 最大速度から換算した明石市の推定震度分布

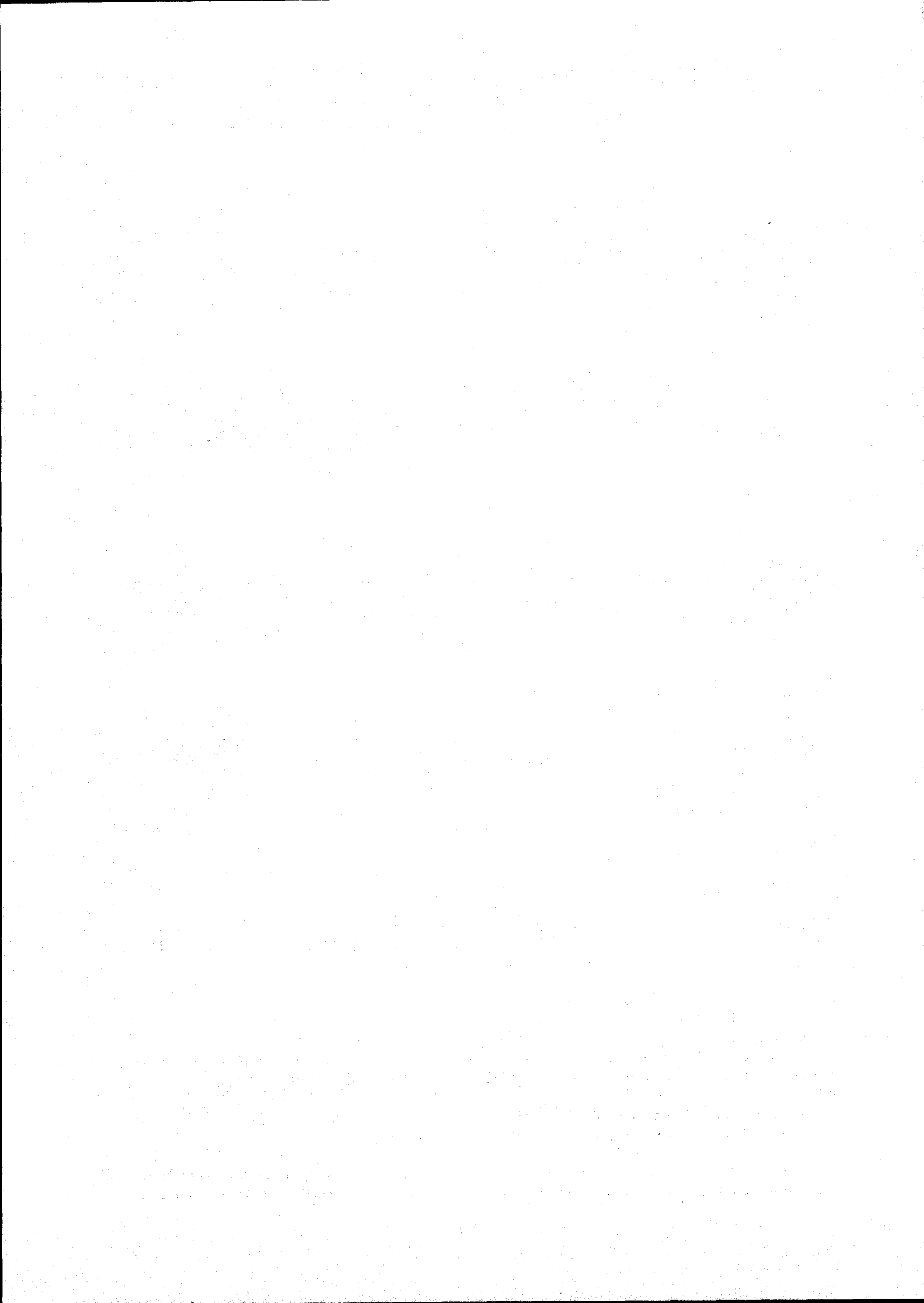
定された地域が震度6強となっている。西側の地域は震度6弱と震度5強が混在している。

4. 他の研究結果との比較

ここでは、3章で推定された地震動分布と他で行われている研究結果との比較を行った。

推定最大速度分布は、川崎ら²²⁾による墓石転倒率の分布および明石市調査による上水道施設被害箇所分布²³⁾と、推定震度分布は、高田・嘉嶋²⁴⁾によるアンケート震度分布(図-12)、藤本・翠川¹⁰⁾が各種の被害データをもとに推定した震度6の分布(図-11)と比較した、また、明石市の唯一の強震観測点であるJR西明石駅の強震記録²⁵⁾と該当する町丁目の推定値を比較した。

推定最大速度分布と墓石転倒率の分布を比較してみると、概ね調和的であり、最大速度が50cm/s 以上と推定された東部地域での転倒率は40%以上となっている。しか



し、速度 50cm/s 未満と推定された西部地域でも、一部 40% 以上の地点が見られている。また、水道施設被害箇所分布は東部地域への被害の集中がみられ、西部地域では被害が点在している。

推定震度分布とアンケート震度分布を比較して見ると、相対的に見て東側の地域の分布は、概ね傾向が一致しており、本研究で震度 6 強と推定された地域とアンケート震度で 6.0-6.5 の地域は、ほぼ同様の分布をしている。しかし、西側の地域では、東側に比べて分布にばらつきみられる。次に計測震度の推定値とアンケート震度の値を比較した。図-13 に推定計測震度とアンケート震度の比較を示す。近似式の傾きがほぼ 1 (0.99) であることから分布の傾向はほぼ一致しているが、決定係数が 0.36 であり値がばらついていることがわかる。

藤本・翠川による震度 6 の分布と比較してみると、藤本・翠川による震度 6 弱の分布境界より西側の地域でも、震度 6 弱と推定されている地域が存在している。また、震度 6 強の分布をみると、本研究の方が震度 6 強の地域が広く、市の最も東よりの地域でも震度 6 強と推定されている。

また、JR 西明石駅の強震観測点での比較では、JR 西明石駅(PGV: 46.8cm/s, 計測震度: 5.8)に対し、これに該当する町丁目では、推定値(PGV: 44.8cm/s, 計測震度: 5.6)でありほぼ一致していた。

以上、他の研究報告と比較してみても、推定地震動は、市域の東側の地域では概ね一致しているのに比べ、西側の地域では、あまり一致していないことがわかる。これは、町丁目の大きさ、町丁目の統合、および被害関数の 3 つの影響によるものと考えられる。町丁目の大きさによる影響としては、地震動の推定が町丁目単位であり、とくに西側の地域は町丁目の面積が大きく、局所的な地震動を推定できないことが考えられる。町丁目の統合による影響としては、地震動を推定するに当たり、被害が無い町丁目は周囲の被害がある町丁目と統合しているため、実際よりも大きい地震動が推定される可能性がある。特に西側の地域は東側の地域に比べ被害が小さいため、町丁目を統合する割合が高く、この影響が現れていると考えられる。また、使用した被害関数による影響としては、明石市に比べ地震動が大きく被害率も高い灘区のものを用いているため、被害率の大きいところと比べ被害率の小さいところでは、地震動の再現性が低いことが考えられる。

5. まとめ

本研究では、明石市が行った建物被災調査結果を用いて建物被害分析を行い、その結果から得られた町丁目単位の全壊率と神戸市灘区を対象として構築された建物被害関数を用いて、明石市の地震動分布を逆推定した。

建物被害分析からは、市全体でみた場合、これまでと同様の建物被害分析の報告がされている地域と比較して、全体的に被害率は低いものの、構造別、建築年代別の被害の関係を求めることができた。また、被害分布と概略の地形区分から、市東部地域の沖積低地が卓越している地域に被害が集中していることが確認された。さらに、市域を東部・西部地域に分割し、再集計することにより、より明瞭な被害の関係を求められるが確認された。

地震動分布の推定からは、最大速度で 30-80cm/s、震

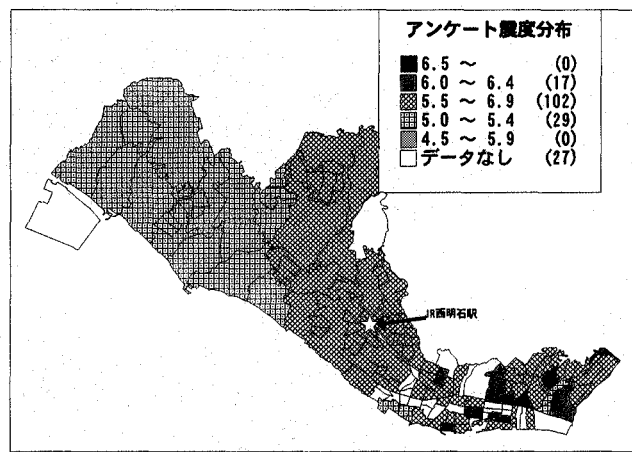


図-12 高田・嘉嶋²⁴⁾によるアンケート震度分布

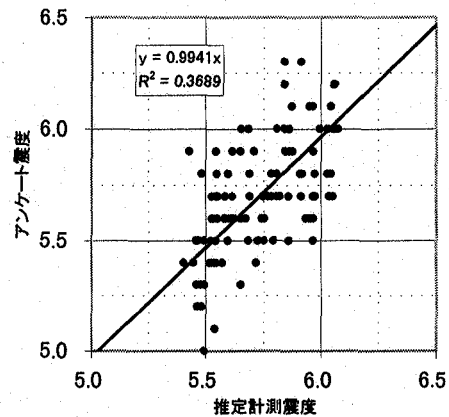


図-13 推定計測震度とアンケート震度²⁴⁾の比較

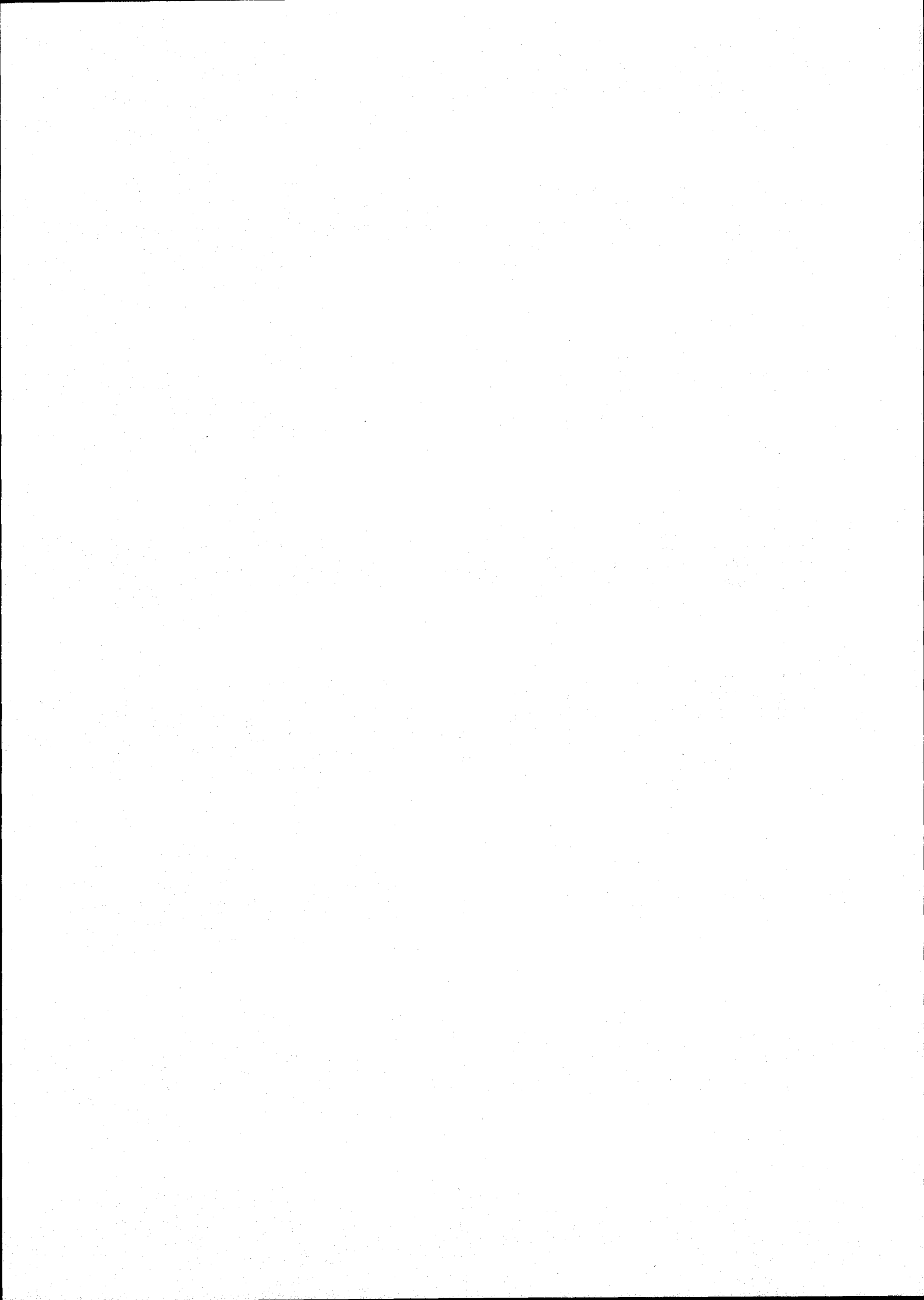
度で震度 5 強-震度 6 強の地震動分布が得られた。また、地震動分布は、市東部の被害率の高い地域では、他の研究結果や明石市内で得られた強震観測記録とも概ね一致しており、比較的精度の高い地震動分布が推定されたと考えられる。しかし、西部の被害率の低い地域では、東側の地域に比べ他の研究報告との整合性が悪く、町丁目の大きさ、被害データ統合した影響、および建物被害関数が、被害が非常に大きい神戸市灘区の被害データに基づいて構築されたものであるため、小さい被害率での地震動の再現性が低いことが考えられる。しかしながら、明石市のように強震観測点が少ない地域において、建物被害率から地震動分布を推定することは、被害の地域特性や建物被害関数の性格に注意して使用すれば有効な方法と考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたり、貴重なデータを提供いただいた明石市資産税課の関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 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.



- 2) 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.
- 3) 後藤寛子，山崎文雄，佐藤修：兵庫県南部地震における芦屋市の建築物被害，地域安全学会論文報告集，No. 6，pp. 155-160，1996.
- 4) 杉浦正美，山崎文雄：兵庫県南部地震における宝塚市の建物被害分析，地域安全学会論文報告集，No. 6，pp. 147-154，1996.
- 5) 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講演論文集，pp. 1261-1264，1997.
- 6) 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) 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. 1233-1236，1997.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 岩井哲，亀田弘行，碓井照子，盛川仁：兵庫県南部地震による西宮市の都市施設被害の GIS データベース化と多重分析，GIS 理論と応用，Vol. 4，No. 2，pp. 63-73，1996.
- 11) 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) 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. 97-100，1997.
- 13) 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.
- 14) 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.
- 15) 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
- 16) 明石市：明石市統計書 平成 9 年度版，1998.
- 17) 明石市：兵庫県南部地震 明石市の災害と復興への記録，1996.
- 18) 明石市：明石の地形・地質調査報告書，1997.
- 19) 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，pp. 187-194，1999.
- 20) 村尾修，山崎文雄：兵庫県南部地震の実被害データに基づく灘区の地震動分布と建物被害関数，第 25 回地震工学研究発表会講演論文集，1999.
- 21) 童華南，山崎文雄：地震動強さ指標と新しい気象庁震度との対応関係，生産研究，Vol. 48，No. 11，pp. 31-34，1996.
- 22) 川崎輝雄，野村亮太郎，大矢真也：墓石の転倒から見た兵庫県南部地震の被害分布とその地形環境，地理学評論，Vol. 69 (Ser. A)，No. 1，pp. 39-50，1996.
- 23) 明石市水道部：H7.1.17 水道の記録 - ライフラインの確保に向けて -，1997.
- 24) 高田至郎，嘉嶋崇志：兵庫県南部地震に関するアンケート調査 - 集計結果報告書 -，神戸大学工学部建設学科土木系教室耐震工学研究室 兵庫県南部地震アンケート調査分析グループ，1996.
- 25) 日本建築学会兵庫県南部地震特別研究委員会，日本建築学会近畿支部耐震構造研究会：1995 年兵庫県南部地震 強震記録集，1996.

(原稿受付 1999. 7. 1)

