

兵庫県南部地震の被害分析

—その10 建築年代を考慮した木造建物被害に基づく灘区の地震動分布—
 Analysis on Seismic Damage due to the Hyogoken-Nanbu Earthquake
 —Part 10 Estimation of Strong Ground Motion in Nada Ward based on Building Damage Data—

村尾 修・山崎 文雄

Osamu MURAO and Fumio YAMAZAKI

1. 研究の目的と位置づけ

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が、兵庫県南部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十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に関しては、これまでに、翠川・藤本¹⁾や林ら²⁾が、墓石の転倒率や地盤モデルのFEM解析等を用いて行っている。

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³⁾。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⁴⁾を用い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の推定(I)を行う。ここまでは山口・山崎⁵⁾によりまとめられている。

その後、筆者らは地震動分布(I)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(II)を求めた⁶⁾。その結果得られた建築年代別の建物被害関数を図2、図3に示す。本研究(図中、陰影をつけて示した部分)では、被害関数(II)と神戸市から提供された灘区の建物被害データを用いて、地震動分布の再推定(II)を行う。この高精度の推定地震動を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. 灘区における地震動分布の再推定

(1) 使用したデータと山口・山崎による灘区の地震動分布

本研究で使用した建物被害データは、神戸市が兵庫県南

*東京大学生産技術研究所 第5部

部地震後に実施した調査に基づくもので、被害項目は全壊・半壊・その他の3区分となっており、建築研究所データのものと定義が異なっている⁷⁾。

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の地震動分布を図4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。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となっ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小さいという理由で、町単位で処理されているため、地盤分類は考慮されていない。この地震動推定のもととなった建築研究所データは、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5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150-180 cm/sで半数以上を占め、0-30 cm/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新しい建物の割合は、PGVが大きくなるにつれ、減少し

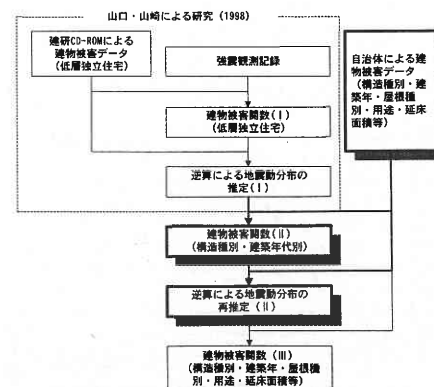


図1 詳細な建物被害関数構築までのフローチャート

研究速報

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、地震動再推定を行い、それらを比較検討することにより、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。

(2) 地震動分布再推定の方法

本研究では、図2、図3の建物被害関数を用いて、灘区地震動分布を以下のような方法で推定した。

まず対象地域内の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。次に各年代ごとに、建物の全棟数が15未満の町丁目については、地盤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。こうして得られた10通りの地震動(5建築年代ごとの全壊率、全半壊率)を比較検討し、最終的な地震動を決定する。

(3) 全壊率、全半壊率による地震動推定の比較

(2)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6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。建物棟数は新しくなるほど減少している³⁾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から1.0の間にあり、全体的には全壊率による

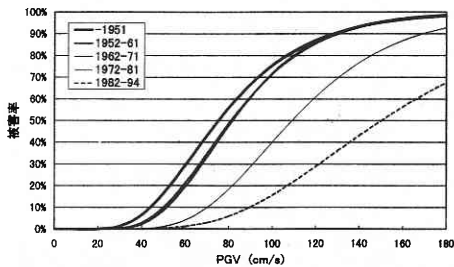


図2 木造建築年代別被害関数(全壊率-最大速度)

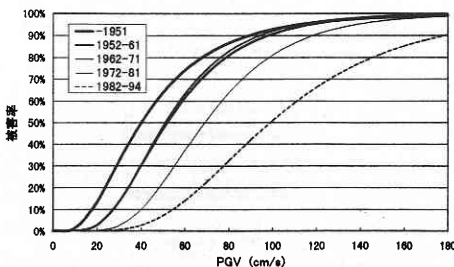


図3 木造建築年代別被害関数(全半壊率-最大速度)

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。

(4) 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7に示す。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。これは、全壊率の高い木造建物が多く集まっている地域の地震動推定値が、高くなっているわけではないことを示している。

(5) 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。(3)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町丁目の平均は46 cm/sで、

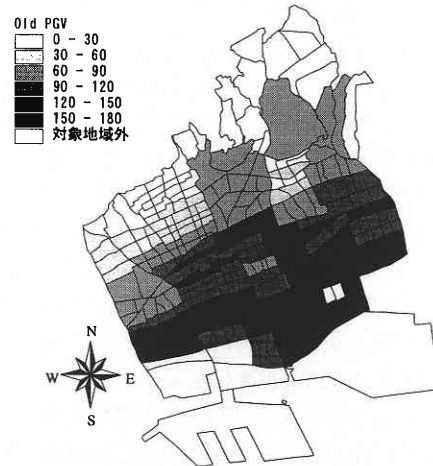


図4 山口・山崎による灘区の推定地震動分布(最大速度)

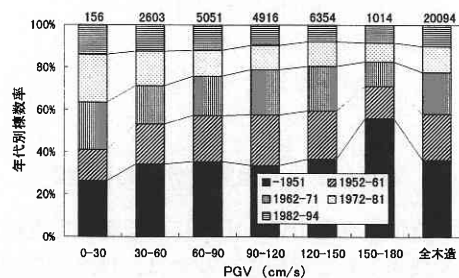


図5 山口・山崎による推定PGVのランク別建築年代別棟数率

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 130 cm/s であった。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き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。

この結果 (図 8) と山口・山崎により推定された灘区の推定地震動分布 (図 4) を町丁目ごとに比較したものを図 9 に示す。多少のばらつきはあるが、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。新たに得た再推定地震動を 30 cm/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 10 に示す。再推定では 30 cm/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。また地震動の推定された地域が増えたことにより、木造全体の棟数は約

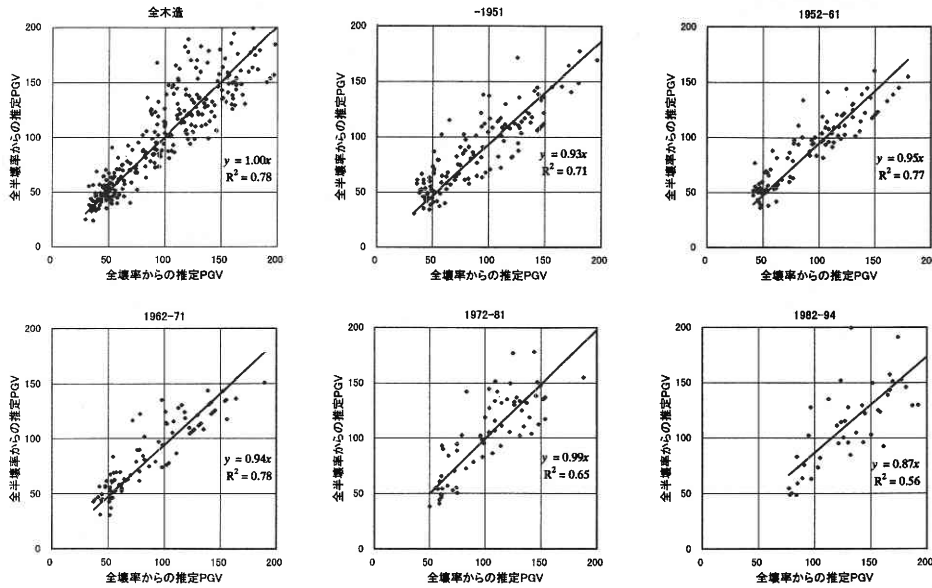


図 6 各建築年代ごとの全壊率と全半壊率により推定された最大速度値の比較 (単位: cm/s)

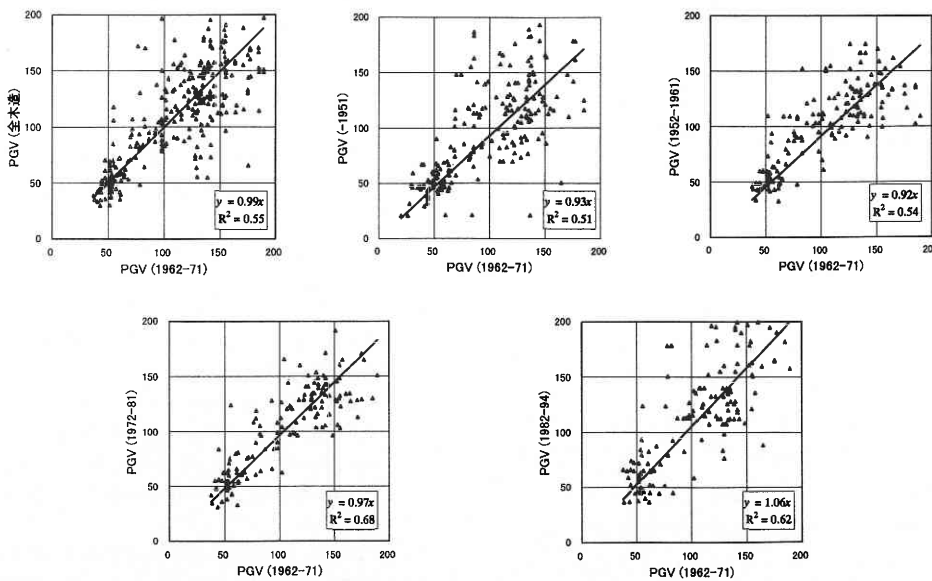


図 7 各建築年代ごとの被害データから推定された最大速度値の比較 (単位: cm/s)

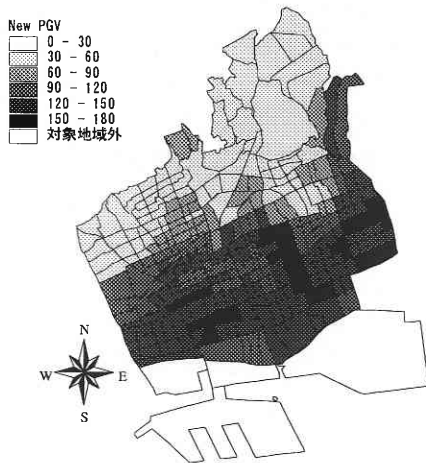


図8 再推定した灘区の地震動分布(最大速度)

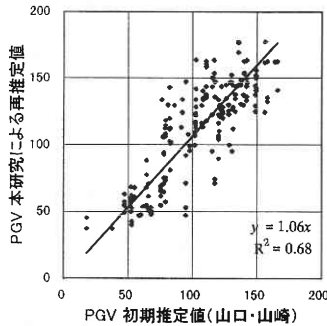


図9 再推定値と初期推定値との比較(単位: cm/s)

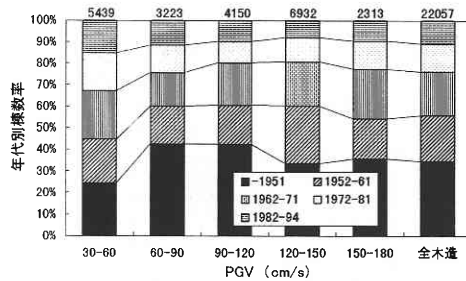


図10 再推定 PGV のランク別建築年代別棟数率

2,000棟増加している。図5と比較すると150-180 cm/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30-60 cm/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、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成果、建築年代ごとの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、建物棟数が著しく少ないことに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。また山口・山崎らによる地震動推定は灘区内では町単位であったが、本研究では棟数の多い木造建物を用いることにより、町丁目単位での

推定が可能となり、基礎地盤も考慮することができた。さらに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、約3,000棟の建物被害データが含まれている。この結果、詳細な建物被害関数(Ⅲ)(図1参照)を構築するための十分なデータ数を獲得することができる。

3. ま と め

本研究では、木造の建築年代別被害関数を用いて、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、町丁目ごとの基礎地盤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。

最後に、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。

(1998年12月11日受理)

参 考 文 献

- 1) 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, 111-118, 1996.
- 2) 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, 59-66, 1997.
- 3) 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, 1261-1264, 1997.
- 4) 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.
- 5) 山口直也, 山崎文雄: 兵庫県南部地震の建物被害による地震動分布の推定, 第10回日本地震工学シンポジウム論文集, 3395-3400, 1998.
- 6) Murao, O., and Yamazaki, F. (1999). "Development of Fragility Curves for Buildings Based on Damage Data due to the Hyogoken-Nanbu Earthquake," Proceedings of the Asian-Pacific Symposium on Structural Reliability and its Applications, Taipei, Taiwan.
- 7) 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.