

I - B 493 阪神・淡路大震災における建物被害と地盤・地震動・建築構造・建設年代の相関

広島工業大学工学部	正会員	岩井 哲
京都大学防災研究所	フェロー	亀田弘行
京都大学大学院工学研究科	学生員	白木信彦

1. はじめに GIS (地理情報システム)を用いて、1995 年阪神・淡路大震災における西宮市の建物被害状況を、地形・地質、建物構造、建設年代、推定地震動などから分析し、建物被害の主要因を考察した。

2. 地形・地質ならびに地盤の変状 住宅地として広がっている西宮市南部を対象とした地形・地質区分を図 1 に示す。ここでは地形を「山地」、「丘陵地」、「沖積平野」、「臨海部軟弱地盤地帯」、「埋立地」の 5 種に分類して取り扱った。以上の分類は、おおまかな地質区分に従ったものとなっている。また西宮市教育委員会から提供されたボーリングデータを用い、地表面から 15~20m 程度の深さまでの地盤の軟弱さを表す指標 S_v を図 1 の地形分類に重ねて示している。 S_v は、-0.6~-0.2 程度でよく締まった地盤、-0.2~0.2 程度で普通の地盤、0.2~1.0 程度で軟弱地盤とされる。西宮市より提供された道路被害状況図をもとに、道路の修理箇所を図 1 に重ねて黒線で示した。道路面の変状は、液状化、地盤の移動、地盤震動による地盤変状の有無を示す指標として用いることができる。

3. 建物の被害分布と建設年代の関連 木造・コンクリート系(鉄筋コンクリート造と鉄骨鉄筋コンクリート造)・鉄骨系(軽量鉄骨造を含む)の各構造に分けた西宮市における町丁目別の建物全壊率分布を図 2 に示す。各構造とも、建物被害の集中域が丘陵地に近接する沖積平野部で帯状に分布している点で類似している。構造別で被害レベルの分布が明らかに異なっていることがわかる。木造家屋の棟数は全建物の半数以上を占めるが、被害のレベルも分布の広がり具合も他の構造に比べて大きい。一方、液状化の発生した臨海部軟弱地盤での建物被害はあまり目立っていない。建設年代別に木造建物の分布状況を調べると、全建物の中の木造の建設棟数割合は図 3 に、木造建物全壊率分布は図 4 に示すようになった。木造においては建設年代が 1960 年代や 1970 年代で、建てられてから 20~30 年経ったものが量的に多く、築後 40 年から 50 年を経た古い建物も他の構造に比べると数多く存在する。木造被害率は図 5 に示すように 1960 年あたりまで古い建物ほど比例的に高くなる傾向が明確に現れている。1970 年以前の建物では全壊・半壊の被害割合が 65%以上と極めて大きい。鉄筋コンクリート造や鉄骨鉄筋コンクリート造などのコンクリート系建物や鉄骨造建物の棟数は 1981 年の新耐震設計以前のものが 60%程存在するが、1960 年以前の建物数は少ない。被害は同様に古い年代の建物に多い傾向があり、特に 1960 年代に建設されたものが比較的高い全壊率を示した。以上のように特に建物被害は建設年代と強い相関があることが認められた。

4. 建物被害と地震動の推定分布の関連 しかしながら、西宮市域の建物被害の主要因は、地震動の強さにあると考えられる。その理由として、次の 4 点が挙げられる。①図 2(a)の木造建物全壊率分布は、図 4 の年代別分布と似ているが、図 3 の建設割合分布とは必ずしも量的に対応していない。建設年代の影響は大きい、必ずしも古い建物の多い地域が大きな被害を受けたわけではない。②上水道やガスの埋設管の被害は道路被害と強い相関がある。²⁾ 埋設管の被害は、丘陵地と沖積平野の境界の緩傾斜地形の帯状の地域と、海岸沿いの埋立地で多いが、建物被害の分布傾向とは異なる。③西宮市では市域を甲陽断層が南西から北東にかけて横切っており、脈動(周期が 1~10 秒程度のやや長周期微動)を用いた深部基盤構造の調査によって、甲陽断層を挟んで、南側の基盤岩が北側に比べて約 500m 深いところにあることが推定されている。³⁾ 断層によって基盤岩深さが急激に変化している地域の周辺では、被害の集中域が発生する可能性があることが報告されている。④西宮市南部における地震動の推定で得られた地表面応答加速度の分布⁴⁾は図 6 に示すように建物被害分布とかなり良く対応している。この地震動解析では、地盤資料によるデータに基づいて水平多層構造地盤のモデル化を行い、周波数特性を考慮できる地震動応答解析(FDEL⁵⁾)を用いて推定を行った。地震動入力には、ポートアイランドの地下 83m 深さにおいて観測された地震動をもとに、基盤での応答加速度を求め、それを西宮市の基盤面での地震動加速度として用いた。

5. 結論 建物被害に構造・建設年代の影響は確かに認められたが、必ずしも古い建物の多い地域が大きな被害を受けた訳ではない。地下埋設管被害が建物被害の分布傾向とは異なっていること、推定された地震動の地表面応答加速度分布は建物被害状況とかなり良く対応することなどから、被害の主要因が地震動の強さにあると考えられた。

参考文献 1) 亀田・神田・杉戸(1990)、構造工学論文集, Vol.36A, pp.813-825. 2) 岩井・亀田・碓井・盛川(1996)、GIS-理論と応用, Vol.4, No.2, pp.63-73. 3) 土木学会関西支部(1998):大震災に学ぶ, 第Ⅱ巻, pp.110-111. 4) 白木, 篠塚, 亀田, 田中, 鶴澤(1999), 土木学会関西支部年次学術講演概要. 5) 杉戸・合田・増田(1994), 土木学会論文集, No. 493, pp. 49-58.

キーワード: 兵庫県南部地震, 地理情報システム, 都市地震防災, 建物被害分析, 解析地震動分布

(岩井 哲) 〒731-5193 広島市佐伯区三宅 2-1-1

Tel. 082-921-3121 Fax. 082-923-7083

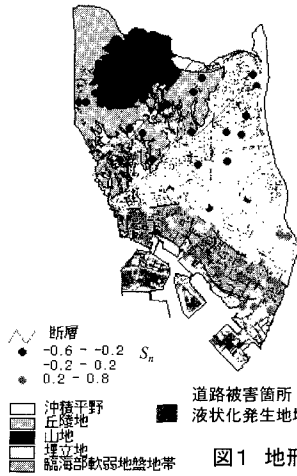


図1 地形・地質区分



(a) 木造建物 (b) コンクリート系建物 (c) 鉄骨系建物
図2 各種構造物の町丁目別全壊率分布
(各種構造ごとの建物全棟数に対する全壊棟数の比; %表示)

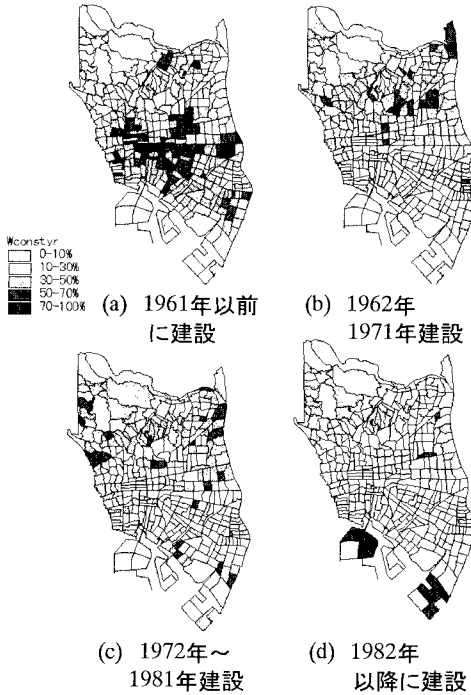


図3 建設年代別の木造住宅建設状況

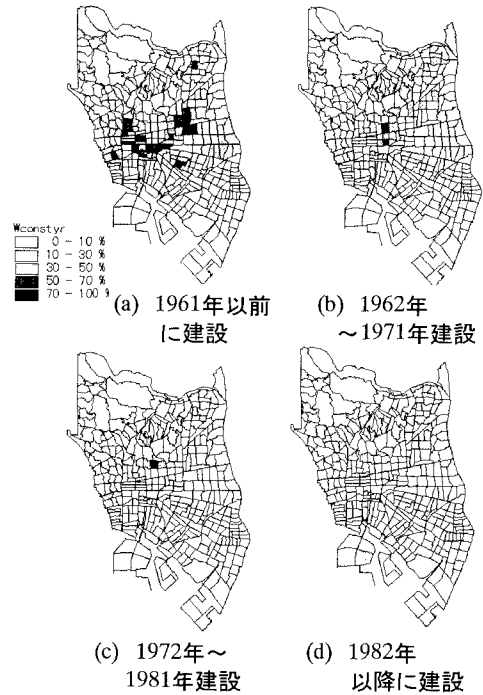


図4 建設年代別の木造住宅全壊率分布

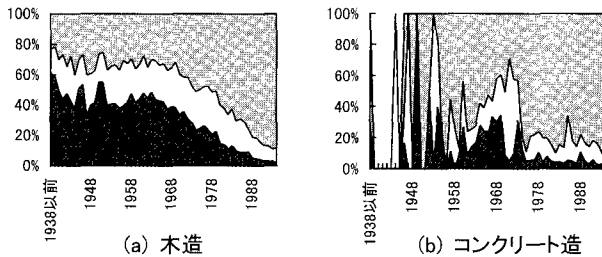


図5 建物の建設年代と被害レベルの関係

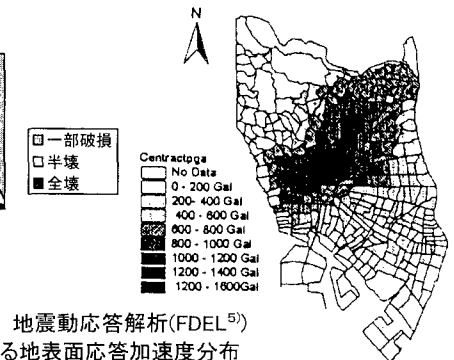


図6 地震動応答解析(FDEL⁵⁾による地表面応答加速度分布