

建設年代を考慮した木造建物群被害予測モデルの構築

木造建物 建物耐力 兵庫県南部地震  
被害判定基準 被害率関数 被害推定

正会員 吉田 研史\*<sup>1</sup>  
同 久田 嘉章\*<sup>2</sup>  
同 川瀬 博\*<sup>3</sup>

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震以降、建物被害データと推定地震動分布を用いて統計的手法を用いた様々な検討がなされている。長戸・川瀬<sup>1)</sup>は、兵庫県南部地震の建物被害データと再現波に基づく地震応答解析の結果から、木造、RC 造、S 造についての耐力分布を推定し、被害予測用数値解析建物群モデルを構築している。この建物群モデルに様々な地震動を入力することにより被害予測を行うことが可能となる。しかし、木造建物群については、建設年代は考慮されていない。そこで本報では、より詳細な被害予測を可能とするために、建設年代を考慮した木造建物群の耐力を推定する。

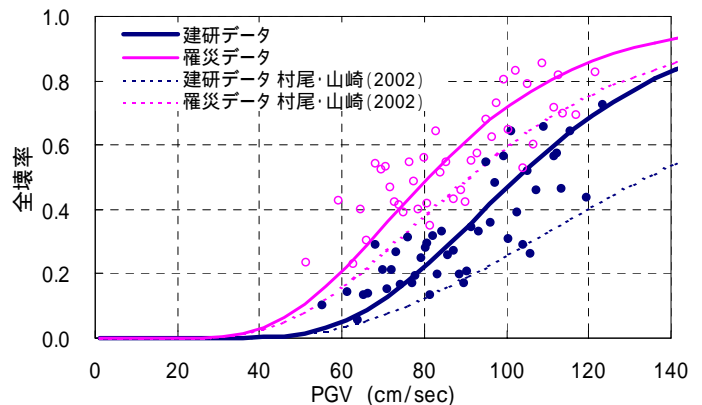
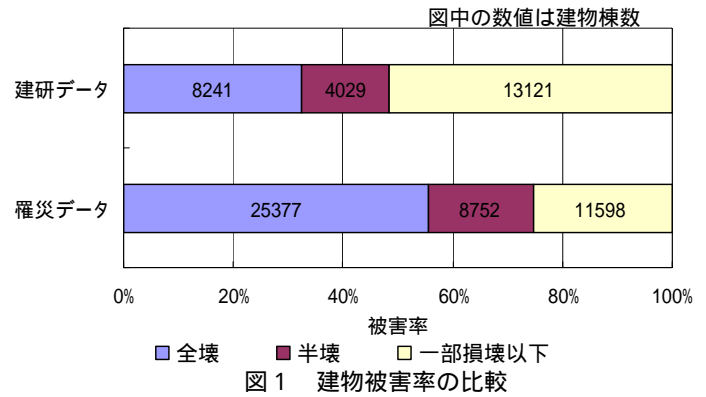
2. 建物被害データ

長戸・川瀬の木造建物群モデルの建物被害データは、震災復興都市づくり特別委員会及び兵庫県都市住宅部計画化が行った建物被災度調査結果、ならびに独立行政法人建築研究所が行った火災調査の結果を、建築研究所がデータ化<sup>2)</sup>(以後、建研データ)したものである。本報が対象とする建物被害データは、神戸市による罹災証明のための調査<sup>3)</sup>(以後、罹災データ)から得ている。これらの建物被害データの灘区と東灘区、495 町丁目で求めた建物被害率を図 1 に示す。被災度を表す名称は、地震動による建物被害を対象とするために、「一部損壊以下」に「一部損壊」、「無被害」、「全焼」を全て含めて、「全壊」、「半壊」、「一部損壊以下」に置き換えた。罹災データは建研データに比べて、全壊率が大きく明らかに被害判定基準が異なっていると予想される。

ここで、これらの建物被害データと、松島ら<sup>4)</sup>による 3 次元有限差分法を用いた強震動シミュレーションによる再現波を用いて、被害率関数を構築することで建研データと罹災データを比較する。被害率関数を構築する上で、建物棟数が少ない町丁目での全壊率のばらつきを考慮して、PGV (地表最大速度) が同程度の町丁目を 1 グループとし、そのグループ内の建物全壊率を算定した。グループ内の建物棟数は 1000 棟程度に、グループ数は 40 前後となるようにした。全壊率と X (PGV) の関係は対数正規分布に従うと仮定すると全壊率 P(x) は(1)式で表される。

$$P(x) = \Phi\left\{\frac{\ln X - \lambda}{\zeta}\right\} \quad (1)$$

ここで  $\Phi$  は標準正規分布関数で  $\lambda$  と  $\zeta$  は  $\ln X$  の平均値と標準偏差である。この  $\lambda$  と  $\zeta$  は確率紙を用いて求めた。



このようにして構築した被害率関数と、村尾・山崎<sup>5)</sup>の被害率関数を図 2 に示す。村尾らが指摘しているように税の減免等を考慮していることから、罹災データの方が建研データの被害率よりも全壊率が 2 倍から 3 倍程度大きい。また、村尾らの被害率関数と比べると、被害率が大きくなっているが、これは本報の PGV には表層地盤の増幅が考慮されていないことが一因として考えられるが、村尾らの PGV も被害からの推定値であり、この違いについては今後の吟味が必要である。

学術的貢献を目的とした建研データの信頼性は高いが、木造建物に関しては建設年代別のデータが存在しない。一方、罹災データは構造的な被災度としては被害判定基準が甘くなってきているが、東灘区では建設年代別の被害棟数を求めることができる。そこで本報では、建研データの全建設年代の全壊率を再現する長戸らの木造建物群モデルを基に、罹災データの建設年代別の建物被害を説明する建物群の耐力を推定する。

### 3. 木造建物群モデル

長戸・川瀬は前述の建研データと再現波を用いて木造建物群モデルを構築している。建物群の耐力は現在の標準的な設計耐力を持つ標準建物モデルを仮定し、その耐力にばらつきを与えることで推定している。解析には一般の2階建木造住宅を想定した2質点系モデルを用いている。また、破壊クライテリアとして最大相関変形角が1/10 Rad.で全壊以上の被害を受けたものとしている。標準建物モデルのせん断パネの非線形特性は鈴木ら<sup>6)</sup>の木造軸組構造実大振動実験を追従できるように、Slip型とTri-linear型を組み合わせ、各パラメーターを同定している。1/120rad変形時のベースシア係数0.2を降伏耐力とし、2階の降伏耐力はAi分布から0.28としている。次に耐力分布に関しては木造建物31棟の詳細調査<sup>3)</sup>における強度係数(有効壁量/必要壁量)及び2階と1階の強度係数の比に基づき推定している。このように仮定したモデルに再現波を入力して地震応答解析を行い、全壊率を算定する。この全壊率が建研データから算定した全壊率と一致するまで、同定耐力の標準建物耐力に対する比(耐力比)をと定義し、を変動させ解析を繰り返した。結果、全建設年代の全壊率が=1.95において一致した。このことから、既存木造建物は現在の設計基準に比べて2倍程の耐力を持つと推定される。

### 4. 建設年代を考慮した木造建物群の耐力の推定

建研データと罹災データは被害判定基準が異なっていると予想されるため、耐力比=1.95は変更せずに、破壊クライテリアを変動させ、長戸らの木造建物群モデルに再現波を入力して解析を繰り返したところ、1/30 Rad.で罹災データにより算定した全年代の全壊率に一致した。次に、算定した破壊クライテリア1/30 Rad.を用いて、耐力比を変動させて、罹災データの建設年代別の全壊率に一致するまで解析を繰り返し、建設年代別の耐力を推定する。ここで、東灘区のみ建設年代別の被害棟数が得られるため、東灘区の建設年代別全壊率に一致させた。解析を繰り返した結果、図3に示すの値を用いると、図4に示す各モデルの全壊率に良く一致した。ここで推定したはすべてのモデルで1.0よりも大きく、既存木造建物は設計基準で考慮されているよりも大きな耐力を持つものと推定される。特に建設年が1982年以降のモデルは=3.75であり、1981年以前に建築されたモデルに比べ、優位であることが推定される。また、全建設年代のモデルは=1.80であり、灘区を含む場合より小さい値になっていることから、東灘区の建物耐力の方が灘区よりも若干小さいと考えられる。ここで示したの値は、推定した耐力分布の最頻値であることに留意されたい。

### 5. まとめ

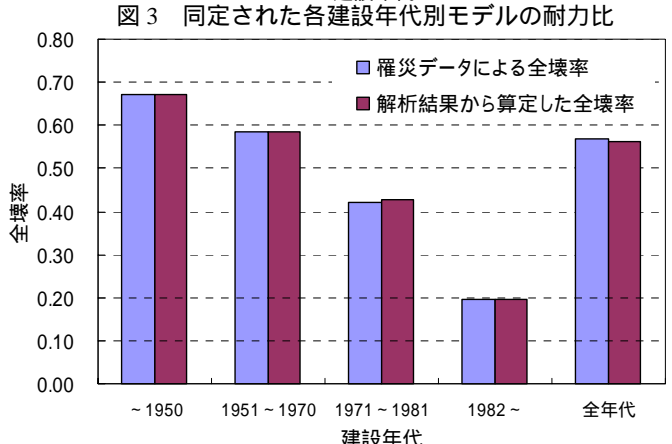
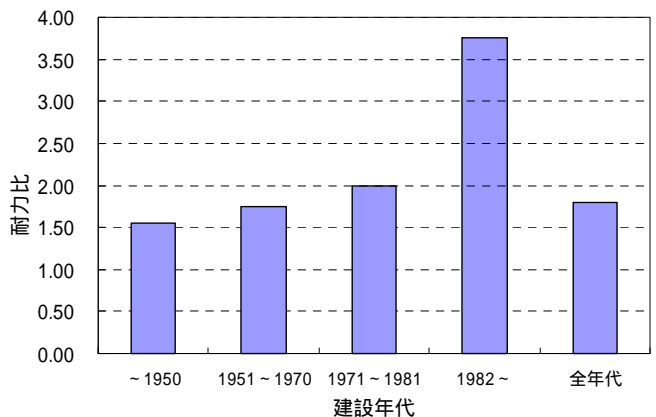
長戸・川瀬の木造建物群モデルの1/10 Rad.と仮定された破壊クライテリアを変動させて、罹災データの全壊率を再現する破壊クライテリアを1/30 Rad.と算定した。さらに、この破壊クライテリアを用いて、建設年代別の耐力を推定した。結果、既存木造建物は設計基準で考慮されているよりも強い耐力を保持していることがわかった。しかし、推定した建物群の耐力は、地震動特性や地域性等に依存するので検証が必要である。今後は建物のP-効果や表層地盤の増幅、地盤と建物の相互作用、階数別モデルなども取り入れる予定である。

【謝辞】

本研究においては、神戸市の固定資産税家屋課税台帳及び罹災証明書に関する資料を日本建築学会建築経済委員会固定資産評価小委員会WGが纏めたデータを小山高専建築学科高橋純一氏より提供いただきました。また、文部科学省研究開発局「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」の助成を受けました。記して感謝致します。

【参考文献】

- 1) 長戸健一郎,川瀬博:強震動特性と構造物の被害,月刊地球/号外 No.37,203-211,2002年
- 2) 建築省建築研究所:平成7年兵庫県南部地震被害調査最終報告書,建設省建築研究所,1996
- 3) 日本建築学会建築経済委員会固定資産評価小委員会WG:1995年阪神・淡路大震災における神戸市東灘区、灘区及び淡路島北淡町の建物被害に関する実態調査,1998年3月
- 4) 松島信一,川瀬博:1995年兵庫県南部地震の複数アスペリティモデルの提案とそれによる強震動シミュレーション,日本建築学会構造系論文集,第534号,333-40,2000年8月
- 5) 村尾修,山崎文雄:震災復興都市づくり特別委員会調査データに構造・建築年を付加した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555号,185-192,2002年5月
- 6) 鈴木祥之,中治弘行,北原昭男:実大振動台実験による木造軸組構造の強震動特性,第4回都市直下地震災害総合シンポジウム,219-222,1999年



\*1 工学院大学大学院工学研究科 修士課程

\*2 工学院大学建築学科 教授・工学博士

\*3 九州大学人間環境学研究院 教授・工学博士

\*1 Graduate Student, Dept. of Architecture, Kogakuin Univ.

\*2 Professor, Dept. of Architecture, Kogakuin Univ., Dr. Eng

\*3 Professor, Faculty of Human-Environment Studies, Kyusyu Univ., Dr. Eng