

京都大学大学院工学研究科

○学生員 白木 信彦

南カリフォルニア大学土木工学科

正会員 篠塚 正宣

京都大学防災研究所

フェロー 亀田 弘行

京都大学防災研究所

正会員 田中 聡

大成建設株式会社

正会員 鶴澤 哲史

1. はじめに

兵庫県南部地震では、地震規模がM7を超え、都市直下で起きたことから、周知のように様々な建築物に対して大きな被害をもたらした。一方、この地震により、様々な被害情報が収集され、それらを分類整理する事により、有用な情報として利用できるようになった。特に、地震動の大きな地域の被害情報が得られたことから、地震動の大きさと被害の発生との関係を評価することが可能となった。しかしながら、同一の構造型式に分類されたデータの中には、異なった強度を持った建物が含まれ、また建物個々の応答も固有なものとなることから、地震動の大きさに対して建物の被害は当然ばらついたものとなる。従って地震動の大きさと被害の発生との関係を評価する際には、確率論的評価が必要になる。本研究は、兵庫県南部地震の際に収集された建築物の被害情報に対して、信頼性手法を用いて、地震動の大きさと被害の発生との関係、すなわち損傷度曲線を推定することを目的とした。

2. 建築物被災データ

本研究で使用した建築物被災に関する被害情報は、兵庫県南部地震の際に西宮市で作成された家屋被災データである。このデータより、建物形式、建築年、被害程度等を抽出した。抽出した建物形式は以下の8分類である。

- ① 木造：瓦屋根、スレート、亜鉛鉄板、木質プレファブ
- ② 非木造：鉄筋構造、鉄骨構造、軽量鉄骨構造、軽量鉄骨プレファブ

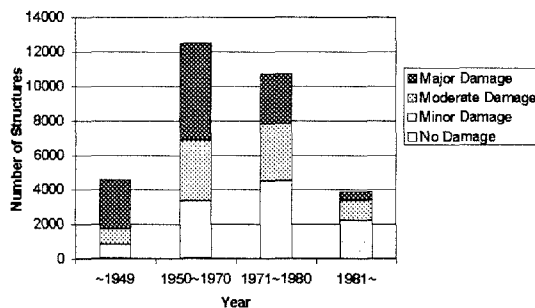


図-1 Damage State

また被害程度¹⁾は以下のように定義されている。

- ① 全壊：建て替えしなければ居住できないもの、改築した場合、建て替えと同等の費用を要すると思われるもの。
- ② 半壊：大修理をしなければ居住できないが、建て替えをしなくても居住できるもの。
- ③ 一部損壊：瓦屋根のずれ、排水口等破損など、大規模な修繕をせずとも住居が可能なもの。

図-1に木造瓦屋根に対して年代別に分類した物を示す。図-1に示すように、ほとんどの建物が一部損壊以上であるため、解析は、全壊、半壊以上の計2種類に対して行った。

このデータは、土地台帳を基本としているため、データは1つであっても、その土地に複数の建物がある場合がある。しかしながら、今回は、1つの土地に対して1つの被害情報しか無いことから、土地1つに対して1つの建物として扱った。

3. 西宮市南部における地震動分布の推定

本研究における地震動分布解析では、

地表部：109カ所のボーリングデータ(西宮市教育委員会)
 深層部：地盤データ(阪神活断層調査委員会)

より、図-2に示すような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(FDEL²⁾)を用いて推定を行った。その際、入力地震動として、ポートアイランド-83mにて観測された地震動を、上述の地震の応答解析手法を用いて基盤まで引き下げ、その応答加速度を西宮市の基盤面での応答加速度として用いた。解析によって得られた109点における最大加速度(PGA)を、GIS(ARC/INFO)を用いて、TINにより補間を行った。図-3に本解析で得られた町丁目における地表面応答加速度の分布を示す。

4. 損傷度曲線の推定

地震の応答解析によって得られた地表面地震動分布と、GIS上に展開された建物データを重ね合わせる事により、各建物被害の発生とPGAを対応させることができる。建

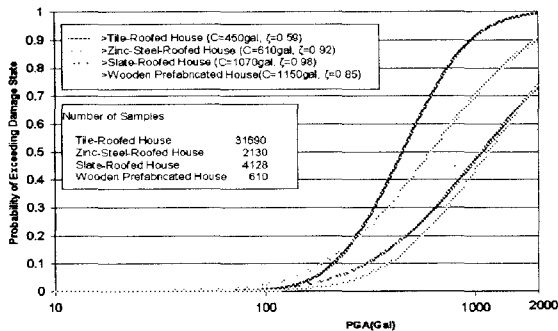
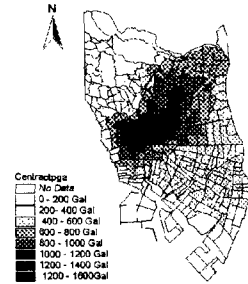
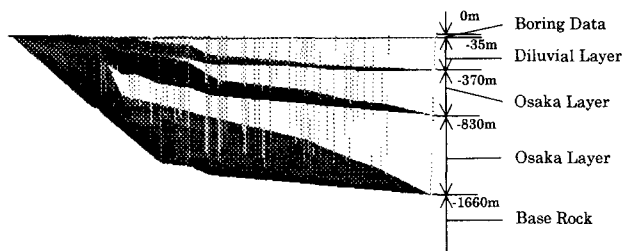


図-4 Wooden Structures Moderate Damage

物の被害発生に関する情報は、ある被害レベルが発生しているかしていないかの2値の情報である。この情報に対して、損傷度曲線が対数正規分布で近似できるものと仮定し、信頼性手法の一つである最尤法を用いることにより、中央値 C と対数標準偏差 ξ を推定することができる³⁾。まず本手法における尤度は次式のように表すことができる。

$$L = \prod_{i=1}^N [P(a_i)]^{q_i} [1 - P(a_i)]^{1-q_i} \quad (1)$$

ここで、 N はデータ数、 a_i は地震動の大きさ、 q_i は被害が発生した場合1、発生していない場合0である。また損傷度曲線を対数正規分布と仮定していることから、地震動 a_i に対する被害発生確率 $P(a_i)$ は以下のように表すことができる。

$$P(a_i) = \Phi \left[\frac{\ln(a_i/C)}{\xi} \right] \quad (2)$$

ここで Φ は標準正規確率分布関数である。最終的に、中央値 C 、及び対数標準偏差 ξ は次式によって算定する事ができる。

$$\frac{\partial \ln L}{\partial C} = \frac{\partial \ln L}{\partial \xi} = 0 \quad (3)$$

本評価手法を用いて算定した、損傷度曲線の一例を図-4及び図-5に示す。

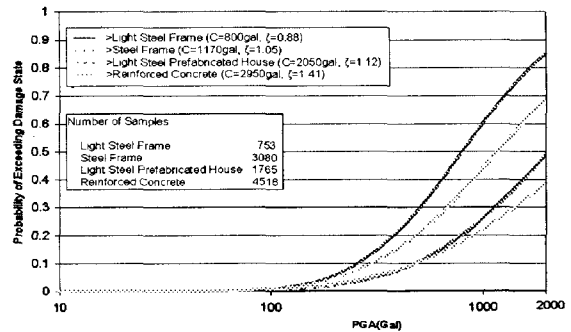


図-5 Other Structures Moderate Damage

上記の確率モデルに基づいて求められた対数正規分布の検定、及び C と ξ の信頼区間の計算については文献3を参照されたい。

5. まとめ

本研究の結果、確率論的な方法により、建築構造物の様々な構造型式に対する損傷度曲線を評価することができた。本研究で行った地震応答解析の結果では、実際の観測された地震動よりも大きく評価されている。今後、入力地震動、解析モデル、及び土地と構造物におけるデータ数の不一致の取り扱いなど、より現実に即したデータとすることにより、推定した損傷曲線はより確かな物になると考える。

参考文献

- 1) 福田博一、岩井哲、亀田弘行、碓井照子：阪神淡路大震災における西宮市域の建物の被災・撤去・復興に関するGIS分析、総合防災研究報告第3号、1997.4.
- 2) 杉戸真太・合田尚義・増田民夫：周波数特性を考慮した等価ひずみによる地盤の地震応答解析法に関する一考察、土木学会論文集 No.493 3-27, pp.49-58, 1994.6.
- 3) M. Shinozuka: Statistical Analysis of Fragility Curves, Proceedings of Asian-Pacific Symposium on Structural Reliability and its Applications, pp 1-18, February 1-3 1999, Taipei, Taiwan, R.O.C.