

## I-365

中国上海市の震災危険度の評価  
建物倒壊の推定

岐阜市役所  
豊橋技術科学大学  
豊橋技術科学大学  
豊橋技術科学大学

正員 ○山川 明宏  
正員 栗林 栄一  
正員 新納 格  
学生員 京久野 渉

## 1. まえがき

中国上海市は、長江の河口に位置する中国最大の工業・商業都市である。上海市の中心地区上海市区は、歴史的要因から人口の集積が著しく、その平均人口密度は、 $19,889 \text{人}/\text{km}^2$ であり、なかには、人口密度 $64,591 \text{人}/\text{km}^2$ の区もある。東京都と比較すると人口密度最大の区においても $21,403 \text{人}/\text{km}^2$ である。(1985年の比較) また軟弱な地盤上に、1949年以前に建設され老朽化した煉瓦造住宅が、全住宅数の約半数を占めている。以上のことから、上海市区は、地震に対する耐災性が低く、大被害が生じ得ると考えられる。そこで、本研究は、既往の地震データを基に、確率論的手法を用いて、将来の地震動強度を推定し、層間部材角を破壊基準とした住宅の破壊確率より、上海市区における代表的な住宅の倒壊の推定を行ったものである。

## 2. 地震動強度の推定

地震発生回数をマグニチュードに対してGutenberg-Richter式で仮定し、経時的な地震発生をポアソン過程と考え過去の地震データより、地震動強度(最大地表面加速度、加速度応答スペクトル)を得た。この地震動強度を求めるに際し、川島らの距離減衰式<sup>1)</sup>を用いた。

地震資料は、中国地震目録(B.C.1831~A.D.1979)を用いた。上海市の地震動強度に対して影響する潜在震源域を400km以内と考え、地震発生状況より4つの面震源に分割した。(図-1)

Gutenberg-Richter式の係数は、最小二乗法により求められ、地震記録は、その充実度より1502年以降のものを用いた。最大マグニチュードは、各面震源の過去全記録の中で最大値を用いたが、最近の記録しかない海側の面震源では、Gutenberg-Richter式より推定し補正した。また最小マグニチュードは4.0とした。(図-2)

図-3には、再現期間と地表面加速度の関係を、図-4には再現期間100年に対する加速度応答スペクトルを示す。

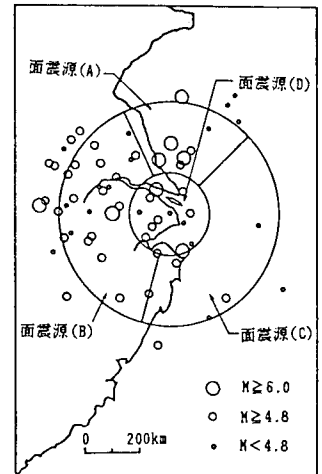


図-1 震源分布と面震源モデル

## 3. 建物の概要と分類とモデル化

代表的な建物として、次の3つの住宅を形式別にあげることができる。

- 旧式里弄住宅 : 2階建長屋、床木造、外壁煉瓦造、内部木造の混合構造住宅、解放前建設。
- 新式里弄住宅 : 3階建て長屋、床木造、外壁、内部とも煉瓦造。解放前建設。
- 新村の住宅 : 解放後建設の住宅団地、床プレキャストコンクリート。

これら3形式の住宅の延べ床面積の合計は、上海市区の全住宅の延べ床面積のおよそ9割を占める<sup>2)</sup>。

また、各住宅をせん断質点系とし、基礎の移動、回転は考慮しないものとする。

## 4. 破壊確率の計算

建て起こし不可能な状態の層間部材角を限界層間部材角、またそのときの変位を限界層間変位 $\delta_L$ と定義する。そして、応答層間変位 $\delta_{Lo}$ が限界層間変位を超える場合を破壊の定義とした。

応答層間変位は、2より得られた加速度応答スペクトルによる、

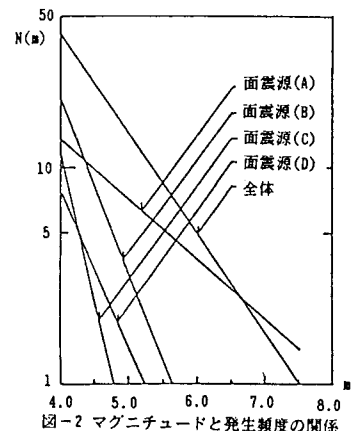


図-2 マグニチュードと発生頻度の関係

モード解析を行い各形式別住宅の応答層間変位 $\delta L_0$ の平均値を求めた。これは距離減衰式のばらつきにしたがって対数正規分布にしたがう。

限界層間変位は、エネルギー一定則に従って各形式別住宅の限界層間部材角そして降伏層せん断力にしたがって算定した。

$\delta L$ は、降伏層せん断力だけにしたがって対数正規分布にしたがうものとした。また剛性が小さく降伏層せん断力に達する以前に限界層間変位を超過する場合は変位一定則にしたがって算定し、この限界層間変位は確定量として扱った。

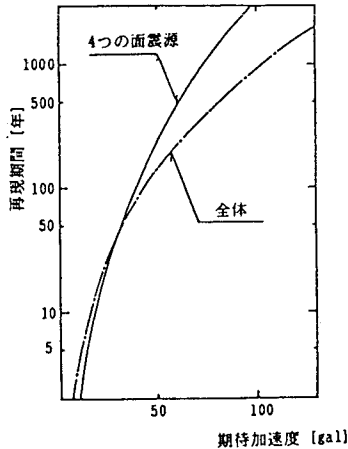
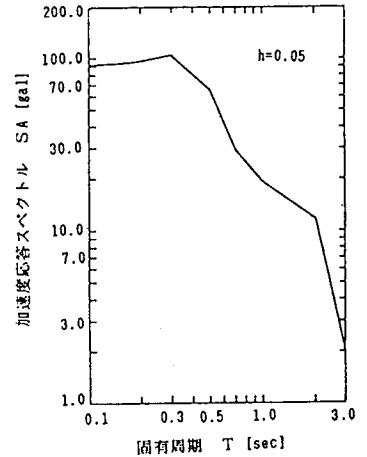
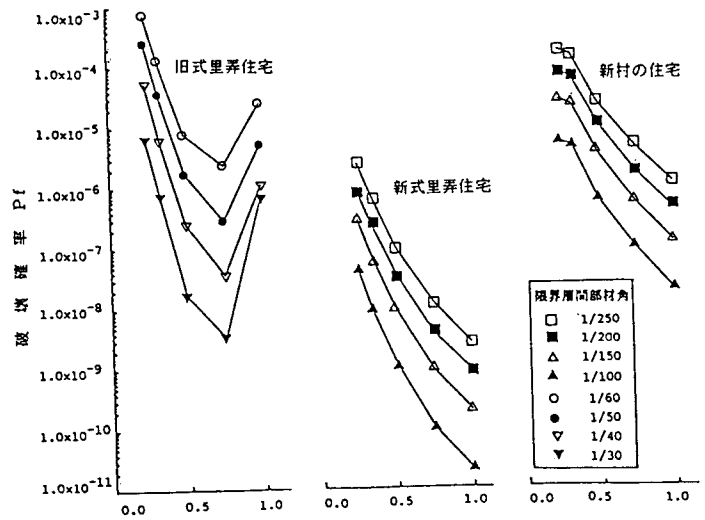


図-3 最大地震動の期待値

図-4 再現期間100年に対する  
応答スペクトル

### 5. 限界層間部材角および降伏時剛性低下率の破壊確率に及ぼす影響

煉瓦造及び木造住宅は、非線形の応答性状を有しており、降伏時の剛性は弾性剛性に比較して小さくなる。したがって弾塑性応答を推定するためには降伏時剛性低下率 $\alpha$ を決定する必要がある。また限界層間部材角も破壊確率に大きな影響を与えるのは明らかである。しかし現在の状況においては、これらを限定するのは困難である。したがって、これらを変化させ破壊確率への影響を見たのが図-5である。降伏時剛性低下率はRC構造物の一般値、 $1/1 \sim 1/4^{2)}$ とし、限界層間部材角は煉瓦造に対し $1/100 \sim 1/250^{3)}$ 、木造に対し $1/30 \sim 1/60^{4)}$ とした。

図-5 降伏時剛性低下率  $\alpha$ 

### 6. まとめ

(1) 上海市の再現期間100年に対する期待加速度は、40gal程度である。

(2) 上海市区の住宅の破壊確率は、限界層間部材角 $1/60$ 、また降伏時剛性低下率 $1/4.0$ とした場合の旧式里弄住宅において最大で、 $10^{-4}$ のオーダーとなった。さらに旧式里弄住宅は剛性低下にしたがって破壊確率の極小値が存在する。

(3) 今回の解析では、加速度応答スペクトルにおいて、震央距離の相違による地震動の周波数特性の違い、今回用いた距離減衰式の上海市への適用の妥当性、断層の影響等を考慮することが困難であった。また面震源の分割方法においては、主観性を拭えない状態にある。これらについて今後検討することが望まれる。

参考文献 1) 川島一彦他：最大地震動及びスペクトルの距離減衰式、土木研究所報告第166号、1985  
2) 柴田明德：最新耐震構造解析、1981 3) 同済大学 余 安東先生の見解 4) 日本建築学会：地震荷重と建築構造の耐震性(1986)、pp.633