

都市震災の合併危険度評価に関する研究

広島県庁 正員 ○京久野 渉
 豊橋技術科学大学大学院 学生員 飯吉 勝巳
 豊橋技術科学大学 正員 新納 格
 同上 正員 栗林 栄一

1. 序論 大都市における地震災害は、地盤や地形などの自然的条件の他、都市構造、都市機能などの社会的条件によって異なる。本研究では、2次的地震要因の評価手法および耐震化の方法を提案することを目的とし、上海市区を対象に地盤条件、都市構造に着目して、地震動強度を確率量として取扱い、住宅の倒壊確率、住宅室内における剛体のロッキングの確率、住宅地域の焼失確率、道路網の連結確率の推定を行い、市区地域を単位とした定性的な危険度評価を行った。

2. 地震動強度の推定 上海市周辺400kmまでを潜在震源と考え、震源地を面震源で仮定した(図-1)。面震源内において将来発生する地震の規模と発生頻度の関係をGutenberg-Richter式で表し、地震の発生をポアソン過程と考え、川島らの提案した地震動の距離減衰式¹⁾を用いて地表面最大加速度、加速度応答スペクトルの推定を行った。再現期間100年に対する地表面最大加速度の期待値は52galである。また、地盤条件を考慮するために堆積年代から上海市区を5つの地盤に分類し、各地盤に対する伝達関数を用いて地盤別加速度応答スペクトルの推定を行った。

3. 住宅の素因別危険度の推定 上海市区の全住宅の90%以上を占める3形式(旧式里弄住宅、新式里弄住宅、新村の住宅)について倒壊確率、室内における剛体のロッキング確率の推定、および住宅地域の焼失確率の推定を行った。

(1) 住宅倒壊確率²⁾ 住宅の倒壊は応答層間変位が限界層間変位を越えた場合に生じるものと定義した。地盤別加速度応答スペクトルを用いてモード解析を行い、地震動強度、部材強度のばらつきを考慮し倒壊確率を推定した。倒壊確率は、旧式里弄住宅、1200~1400年に堆積した地盤で大きな値となった。また、倒壊確率に住宅戸数を乗じ、住宅地域の単位面積当り倒壊戸数を求め、倒壊危険度として表した。倒壊戸数は、単位面積当り 0.52~91.27戸であり、50戸以上の住宅が倒壊する地域はPutuo区、Zhabei区、Hongkou区、Yangpu区それぞれの北側の地域およびWusong区であった。

(2) 住宅室内における剛体のロッキング確率 住宅各階の最大加速度応答と石山の提案した剛体の奥行き、高さから得られるロッキング限界加速度を用いて、剛体のロッキングの判定を行った。数量化理論Ⅱ類を用いて、要因(地震の規模、地盤、住宅形式、階数、剛体の大きさ(高さ/奥行き))に対する得点を求め、ロッキングに対する得点を正規分布で仮定し、ロッキング確率を求めた。ロッキング確率は、新村の住宅の5階、6階で大きくなり、倒壊確率と同様に、1200~1400年に堆積した地盤で大きな値となった。各階のロッキング確率に住宅戸数を乗じ、全フロア数に対するロッキングの生じるフロア数の比を求め室内危険度として表した。室内危険度は、 $1.06 \times 10^{-5} \sim 0.037$ の範囲であり、住宅の倒壊危険度と同様な地域において高い。

(3) 住宅地域の焼失確率³⁾ 住宅地域を幅員20m以上の道路、線路、河川、農地、公園等に囲まれたブロックに分割し、木造住宅の倒壊による出火を考え、延焼に対して最悪条件を仮定した。住宅地域の焼失確率をブロック焼失面積の和とブロック面積の和の比数で表した。焼失確率は0~42.3%の範囲で、市区平均焼失確率は、27.18%となった。同手法で計算された東京都三多摩地区の平均焼失確率51.2%と比べ小さ

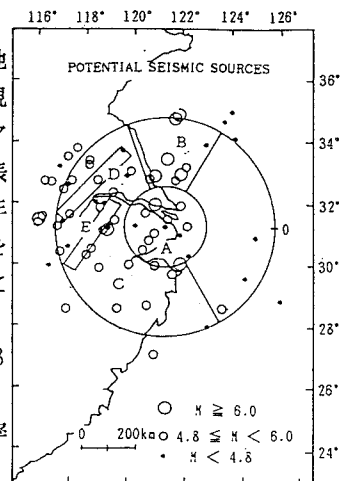


図-1 面震源モデル

い値となった。焼失確率は木造住宅の倒壊確率、木造建ぺい率、ブロック面積に応じ大きくなるが、特にブロック面積による影響が大きい。

4. 道路網の連結確率 道路構造本体の被害程度を推定し、市区を単位とする閉じられた道路交通網のなかで被害があっても通行止めがなく何とか目的地に到達できる確率を用いて連結確率の推定を行った。

(1) 道路構造本体の被害程度の推定 1983年日本海中部地震被害報告から、数量化理論Ⅱ類を用いて被害形態、被害程度に対する要因の得点を求め、被害形態、被害程度の得点分布を正規分布と仮定し、道路区間に対して被害大、中、小、軽微からなる被害程度の割合を推定した。

(2) 連結確率の推定 交差点(ノード)と道路区間(リンク)からなる道路網を考え、各リンクで交通規制を伴う被害が発生する確率をポアソン分布関数で仮定した。各被害程度の生じる割合を用いて、通行止め、片側交互通行、大型規制からなる各種交通規制をとる確率を推定し、交通容量の期待値を求めた。ノードでの被害はないものとし、各リンクの通行止め確率を用いて、1000回のモンテカルロシミュレーション⁴⁾を行い、ノード間の連結確率の推定を行った。非連結確率は1.2~7.7%の範囲であり、道路網の発達している市区中心部(Huangpu区、Nanshi区、Jingan区)においては、非連結確率は小さい。

5. 合併危険度 住宅の倒壊確率、室内の剛体のロッキング確率、住宅地域の焼失確率、道路網の非連結確率、および人口密度を要因としてクラスター分析を行い、市区地域を単位として定性的危険度を表した。(図-2)蘇州河の北側の1200~1300年に堆積した地盤における地域で全ての要因に対して危険度が高い。1300~1400年に堆積した地盤における地域では、上記の地域より人口密度、室内危険度は低い但し全体的に危険度が高い。Nanshi区A地域は他の要因に比して焼失危険度が極めて高く、蘇州河の北側の1000~1200年に堆積した地盤における地域とXuhui区では非連結危険度、焼失危険度が高い。黄浦江の東側の地域、Jingan区、Luwan区、及び、Changning区は全体的に危険度は低い但し焼失危険度がやや高い。Huangpu区A地域とMinhang区は、全ての要因に対して危険度の低い地域である。

6. 結論 地震による都市災害の特性は、複合性、波及性を持ち、その災害の拡大の過程の中で人的被害も増大していく点にある。特に火災および道路の機能低下は避難や復旧に大きな影響を与える。本研究は、住宅、道路の震災評価手法を示したものである。但し、多くの仮定条件が含まれており、今後より詳細な検討を行う必要がある。

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,昭和60年9月
- 2)T.Niino, A.Yamakawa, T.Jiang, E.Kuribayashi: A Comparative Study of an Assessment of Earthquake Disaster Risks in Shanghai, Proc. of 9WCEE, Vol.VII, pp637-642, Tokyo-Kyoto, 1988
- 3)水野弘之他:地震時の出火率と住宅全壊率の関係について,日本建築学会論文報告集,第247号,昭和51年9月
- 4)田村重四郎,川上英二:モンテカルロ法による地中埋設管システムの耐震性の評価手法,土木学会論文報告集,第311号,1981年7月

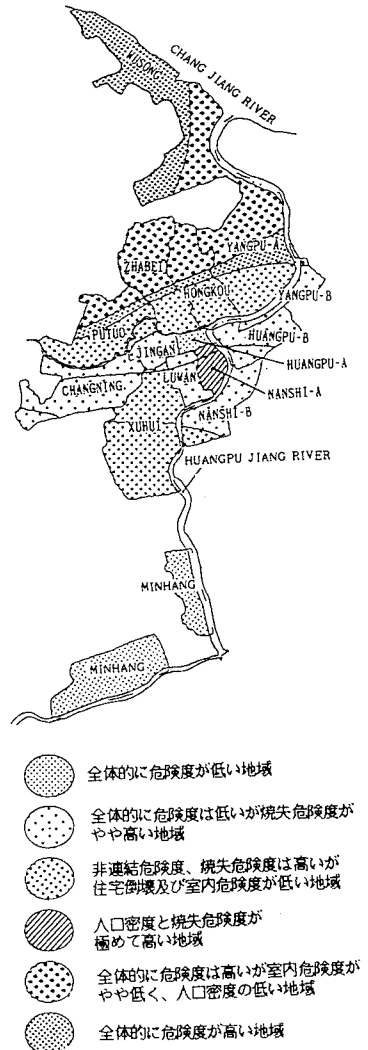


図-2 合併危険度