

第 III 部門

各エリアの地震リスク性状を利用したリスクマネジメント

明石工業高等専門学校 学生会員 ○納庄一希
明石工業高等専門学校 正 会 員 稲積真哉

1. はじめに

近年では、1995年に発生した阪神・淡路大震災や2011年に発生した東日本大震災により、我が国は多大な被害を被った。また、近い将来必ず起こると言われている南海トラフ巨大地震では、さらに多くの被害を被ることになると予想される。その他にも、南関東直下地震が挙げられる様に日本各地で地震が想定されており、それぞれに対して対策を取る必要がある。しかし、予算の限度や人員の不足等により、それぞれのエリアに対して同時に対策を取ることは非常に難しい。そのため、いずれのエリアを優先して対策を取るのか検討する必要がある。

そこで、本研究では各エリアの構造物の保有する地震リスクに着目し、その地震リスクを定量的に表すことで各エリアの地震リスクを比較することが可能となり、上記した事案について検討するための一つの指標になると考える。リスクを定量的に表す方法にはリスクカーブ法を採用する。

2. 地震危険度評価

対象エリアを選定した後、歴史地震記録を基に過去の地震統計の収集を行う。得たデータを基に地震動強度の年超過確率を算定し、地震ハザード曲線を作成する。

地震ハザード曲線は以下の手順において作成する。

(1) 対象エリアの選定

本研究では対象エリアとして東京都、兵庫県および島根県を採用している。以後、それぞれを順に A, B および C とする。対象エリアは各都県を含む長方形エリアとなっている。

(2) 過去の地震統計の収集

対象エリアを設定後、対象エリアにおける過去の地震統計（過去の地震の震央位置、規模、発生時期について）の収集を行う。本研究で収集した地震統計の期間は、90年間（1924～2014年）の範囲である。

(3) 地震発生モデル化

過去の地震統計の収集を行えば、次に地震発生モデル化を行う。ここでは、式(1)に示す、グーテンベルグ・リヒターの式を用いて地震発生モデル化を行う。

$$\log_{10} N(m) = a - bm \quad (1)$$

ここで、 m ：マグニチュード、 $N(m)$ ：マグニチュード m 以上の地震の総数、 a , b ：定数である。

計算を簡略化するために、地震規模は本来連続量であるが、マグニチュード 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 を持つ地震しか発生しないと仮定し、その上で、マグニチュード m 以上の地震の総数を得る。さらに、指定した規模を持つ地震の個数を算出し、年平均発生個数を計算する。

(4) 地震動の伝播モデル化

震源で発生した地震動から、観測地点の地震動を式(2)により予測する。

$$\log_{10} A_{max} = 0.51M - \log_{10}(R + 0.006 \cdot 10^{0.51M}) - 0.0034R + 0.59 + \varepsilon \quad (2)$$

ここで、 A_{max} ：観測地点の地動最大加速度(gal)、 M ：地震マグニチュード、 R ：震源と観測地点の最短距離(km)、 ε ：予測式の不確実性を表す確率変数で平均値 0、標準偏差 0.5 程度である。地震規模を固定し、地動加速度 A_{max} が指定した値を超えるための最短震源距離を算出、および求めた円の領域の全体領域に対する比率を得る。

(5) 地震ハザード曲線の算出

マグニチュード M を持つ地震の年平均発生個数と、それぞれのマグニチュード M に対応する、観測地点の地動最大加速度が指定した加速度を超えるために必要な最短震源距離によって描かれる円の、全体エリアに対する面積比率を掛けることによって、マグニチュード M を持つ地震により観測地点に指定した加速度を超える地震動をもたらす地震の年当たり平均個数、および年当たり平均総個数 $v(a)$ を算出することができる。さらに、式(3)により、地震動強さ a と年当たり地震動超過確率 $P(a)$ の関係を表し、地震ハザード曲線を作成する（図-1、図-2 および図-3 参照）。

$$Prob[A_{max} > a] = 1 - \exp\{-v(a)\} \quad (3)$$

3. 被害度予測

ある地震動強さを持った地震が生じたとき、いずれの程度の損失が生じるのかを予測することを目的としている。具体的には、本研究では、地震が生じたときに発生する構造物の被害額を、地震による損失としている。

地震動強さと、その地震動強さを持つ地震による被害額との関係を算定し、被害額の予測を行う。本研究では、阪神・淡路大震災による構造物の被害の観測データを基に、地震動強さと被害率の関係を近似し、得られた近似式により任意の地震動強さに対応する構造物の被害率を予測している。被害額は、構造物の被害数に新規構造物1棟あたり工事必要単価を掛けることにより算出する。

4. 地震リスク評価

3. で得られた被害額、つまり地震による構造物の損失額 C とその年超過確率 $G(C)$ との関係を表わした地震リスクカーブにより、地震による損失の危険度を定量的に評価し、各エリアの危険度を比較することができる。3. で作成した損失額関数は縦軸が地震動強さ、横軸が損失額となっているため、ここに、2. で作成した縦軸に年超過確率、横軸に地震動強さを持つ地震ハザード曲線、つまり地震動強さの年超過確率を組み合わせることにより、縦軸に年超過確率、横軸に損失額を持つ構造物の地震リスクカーブを作成する。作成した各エリアの地震リスクカーブを図4に示す。

図4より、対象エリアAが最も地震リスクが高く、対象エリアCが最も地震リスクが低いということがわかる。各対象エリアによって、地震リスクカーブの形状が異なる理由としては、①地震の超過確率の違い、②構造物の復旧額の違い、が考えられる。これは、算出した地震リスクカーブより判断される(図4参照)。

5. おわりに

本研究では、将来起こると予想されている地震について対策を取る際に、いずれのエリアを優先して対策を取る必要があるのかの検討を、地震リスクカーブを用いて実施した。地震リスクの大きなエリアを優先して対策を取ると考えれば、本研究では対象エリアA、対象エリアB、および対象エリアCの順にリスク対策を行うということになる。

【参考文献】

- 1) 遠藤昭彦, 吉川弘道: 鉄筋コンクリート橋脚に対する地震リスク評価手法の適用, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.49A, pp.435-446, 2003.
- 2) 鶴岡 弘: WWW を用いた地震活動解析システムの

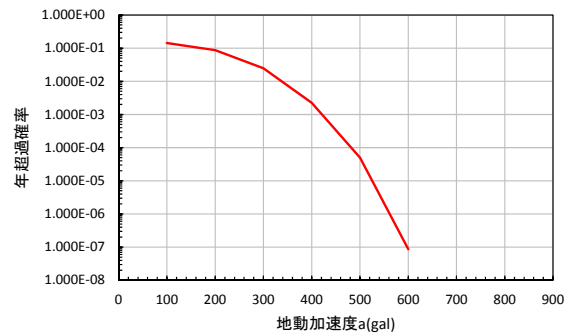


図-1 地震ハザード曲線 (対象エリア A)

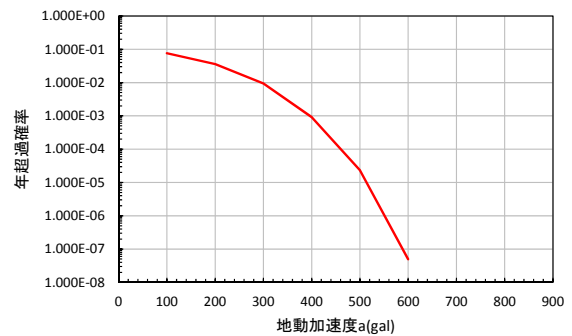


図-2 地震ハザード曲線 (対象エリア B)

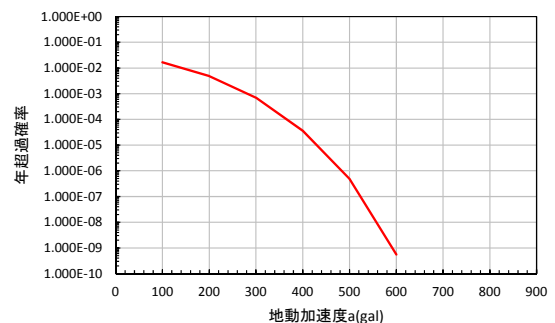


図-3 地震ハザード曲線 (対象エリア C)

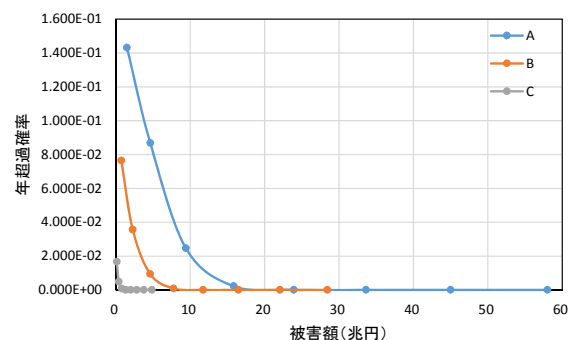


図-4 各エリアで推定された地震リスクカーブ

開発(2), 日本地震学会講演予稿集予稿集, 1997 年度秋季大会, p.04, 1997.

- 3) 山口直也, 山崎文雄: 1995 年兵庫県南部地震の建物被害率による地震動分布の推定, 土木学会論文集, 土木工学会, No.612/I-46, pp.325-336, 1999.