

北海道の地震における地盤崩壊リスクの算定

A Calculation on Seismic Asset Management for Hokkaido

(株)構研エンジニアリング ○正会員 鈴木健太郎 (Kentaro Suzuki)
 東北工業大学 正会員 須藤 敦史 (Atsushi Sutoh)
 (株)構研エンジニアリング 佐光 正和 (Masakazu Sako)
 (株)構研エンジニアリング 五十嵐隆浩 (Takahiro Igarashi)

1. はじめに

最近では、企業のリスクマネジメントや不動産の資産評価において地震リスクを考慮することが定着しつつある¹⁾。特に建設業界や不動産業界では地震危険度の指標としてPML(Probable Maximum Loss: 予想最大損失額)が広く用いられている。しかし現在求められているPMLは、地盤特性により地震動による損傷確率が異なるため、状況に即したPMLが求められていないのが現状である。

そこで本研究では、北海道において構造物の正確なLCCを求めるため阪神大震災(兵庫県南部地震)における水道管の地震損傷データ²⁾より、地盤特性に応じた地震動による地盤の損傷確率を求めるとともに札幌地区の地震PMLの算定を行っている。

2. 地震被災確率(フラジリティ曲線)

地盤における地震被害率を表す損傷確率(フラジリティ曲線: Seismic Fragility Curve)³⁾は、地震の大きさ毎に対象物がどの程度損傷するかという条件確率である。

本研究では日本水道協会は兵庫県南部地震において水道管の損傷を調査結果より統計的⁴⁾に求めたものを図-1に示す。

図-1より、改変山地が小さな震度で被害を受けやすく、次に段丘、谷・旧水部となっており、地盤の特性(硬軟)が被害率に対する要因になっている。また液状化を伴わない地盤では被害率が少ない結果が得られた。

次に図-1から地盤特性(軟弱,良好,中間)別の損傷確率を求めたもの図-2に示す。

図-2より、震度6の場合、軟弱,良好,中間の地盤における被害率はそれぞれ94%,43%,76%程度となる。

3. 北海道における地震ハザード

地震ハザード曲線は、ある地点で将来起こる可能性のある地面の揺れの大きさと発生確率の関係を示すものであり、気象庁における震度データベース⁵⁾より求めている。PML(Probable Maximum Loss: 予想最大損失額)は広く用いられているが、地盤特性により地震動による損傷確率が異なるため、状況に即したPMLが求められていないのが現状である。

ここで過去94年間に札幌市でマグニチュード5以上の地震結果を図-3に示す。図-3の領域955.5km×822.2kmにおける規模別の年平均発生個数を求め、式(1)

の距離減衰式より最大震源距離を求めている⁴⁾。

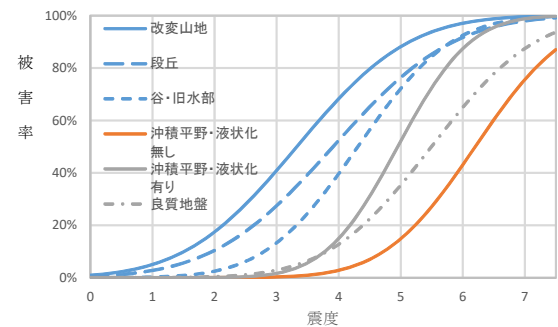


図-1 地盤種別による地震フラジリティ曲線①

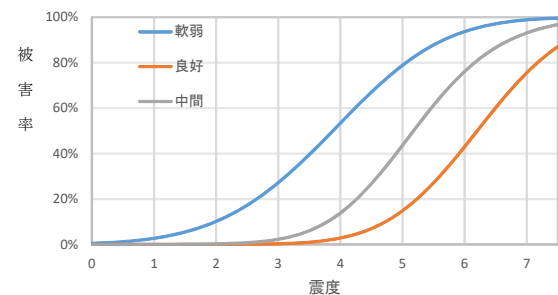


図-2 地盤特性別によるフラジリティ曲線②

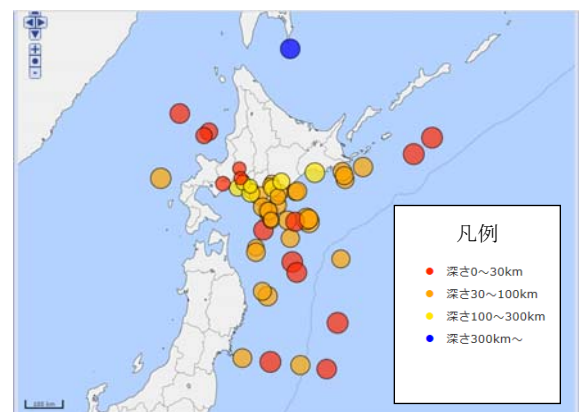


図-3 札幌市における地震発生と規模(1923~2017)

$$I = 1.36M - 4.03 \log_{10}(X + 0.00675 \cdot 10^{0.5M}) + 2.205$$

(1)

ここで、 I は地表における計測震度、 M はマグニチュード、 X は震源距離、また年超過確率 P は式 (2) より求められる。

$$P = 1 - \exp(-\nu t) \quad (2)$$

P は時間間隔 t の間に少なくとも1回地震が発生することで、 ν は求めた年内発生個数を代入することにより、震度における年超過確率が得られる。ここで求めた地震曲線を図-4に示す。図-4より、1年間で札幌において震度6の地震が起きる確率は約0.11%となる。

4. 地震 PML の算定

一般的に予想最大損失(PML)は非常にまれな地震損失であり、最大損失をもたらす再現期間475年相当の地震動が発生した時の最大損失と考えている。PML算定の前に札幌市の宅地価格より、損傷確率を損失率に変換した結果を図-5に示す。

ここで札幌市の平均宅地価格を117,584 (円/㎡)⁶⁾とし、またPMLは、再現期間475年の90パーセンタイル率に相当している。

ここで、表-1に地盤ごとのPMLと被害の程度の関係⁷⁾を示す。

図-4,図-5より求められるPMLを図-6に示す。

図-6より、地盤種別(軟弱,良好,中間)におけるPML値は53.4%,17.9%,38.5%となった。

また表-1から札幌市地区において軟弱および中間地盤では地震危険度では地盤大破の確率が高く、さらに良好地盤では局部的被害になる確率が高い結果が得られた。

5. おわりに

本研究では、地盤種別における震度別の損傷確率(脆弱性曲線)および札幌地区における地震による予想最大損失額:PMLを算定した。

これにより、道路構造のLCCにおける地震リスクマネジメントの定量化が改善される結果となった。

全国各地で地震リスクに対するタイムライン対応などが検討されているが、今後、地盤の揺れやすさや地形・地盤性状を認識・把握して、適切な早期対策を行うことで個人財産の保護とともに地域全体の減災・防災能力の向上になると考える。

参考文献

- 1) 損害保険料率算出機構研究部, 地震PMLの現状と将来, 『Risk(66)』, pp.6~12, pp.49~53, 2002.
- 2) 社団法人 日本水道協会, 地震による水道管路の被害予測, pp.40, 1998.
- 3) 望月智也, 中村孝明: 多項反応モデルによる地震時損傷度曲線の統計的推定, 第2回リアルタイム地震防災シンポジウム, pp.47-50, 2000.
- 4) 日本建築学会, Excelで学ぶリスク評価, 技報堂出版, pp.22~30, pp.40~47, 2011.
- 5) 国土交通省 気象庁, 震度データベース検索, <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>

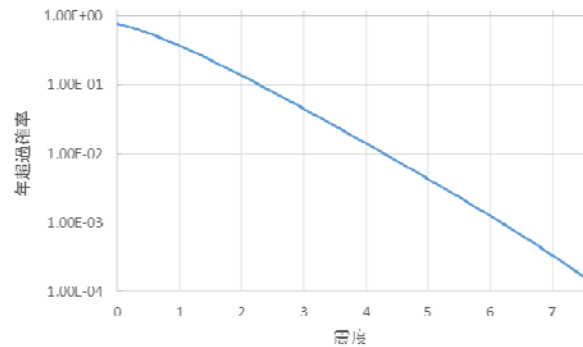


図-4 札幌地区における地震ハザード曲線

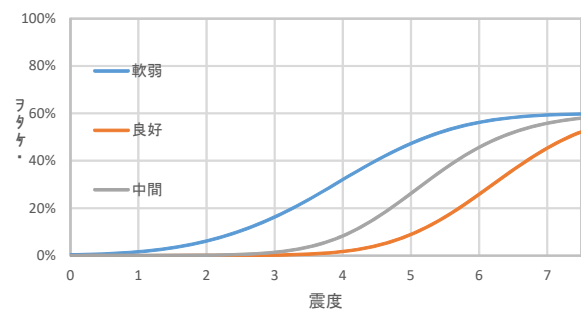


図-5 損失率曲線

表-1 PML と被害の関係

地盤特性	PML	被害の程度
軟弱	53.4%	大破
良好	17.9%	局部的被害
中間	38.5%	大破

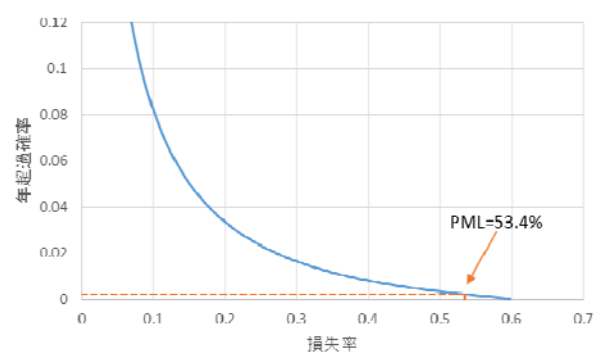


図-6 軟弱地盤における PML

(損失率と年超過確率の関係)

- 6) 土地価格相場が分かる土地代データ, <https://tochidai.info/>
- 7) 株式会社中央不動産鑑定所, 投資不動産評価用語集, https://www.chu-kan.co.jp/term/building_environment/