

地盤における経験的地震損傷度確率の算定

東北工業大学 ○須藤 敦史

1. 目的

東北太平洋沖地震では、仙台市内の丘陵地に造成された宅地において地盤被害が数多く発生し、兵庫県南部地震をはじめとして中越沖地震・熊本地震や北海道胆振東部地震においても、斜面崩落などの地盤災害に加えて盛土による造成宅地に多くの被害が生じている。本研究では、地震リスクを基本とした防災計画における地震被害を評価するシステムの構築を目的として、過去の被害情報に基づいた地盤の地震損傷度曲線（フラジリティ曲線：Seismic Fragility Curve）の検討を行うとともに、阪神大震災（兵庫県南部地震）における水道管の損傷データより、地盤特性に応じた地震動による損傷確率を求めるとともに気象庁のデータより仙台地区の地震ハザードの算定も行っている。

2. 地盤における地震被災確率（フラジリティ曲線）

地震による地盤被害は、基盤の構造や性質・特性および盛土・切土などの造成状態や施工時期、また作用した地震動の大きさで発生確率が異なることにより、被害の発生確率は、類似した地震被害情報を統計的手法で求めるのが基本である。しかし、地震被害調査においては、地盤種類や作用した地震動などの情報が無いため、多くは数値解析により近似的に求めているのが現状である¹⁾。

一方、地盤における地震の被災確率を表す損傷確率（フラジリティ曲線）は、地震の大きさにより対象物がどの程度損傷するかという条件確率であるため、社団法人日本水道協会が1998年11月に兵庫県南部地震における水道管路の被災に関するデータの収集結果²⁾を基本情報として、本研究では水道管の被災を地盤被害や崩壊と仮定し、過去の統計的手法により算出している。

3. 地盤種別による震度別の被災確率の算定

兵庫県南部地震における水道管の地盤種別・管種・管径・震度毎の損傷箇所の集計データから、震度毎のヒストグラムを作成して損傷確率を求めている。

兵庫県南部地震における神戸市・芦屋市・西宮市の被

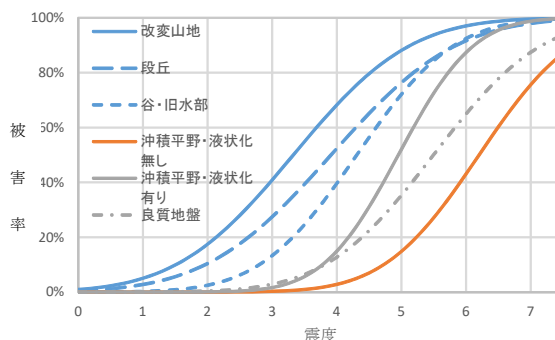


図-1 地盤種別のフラジリティ曲線

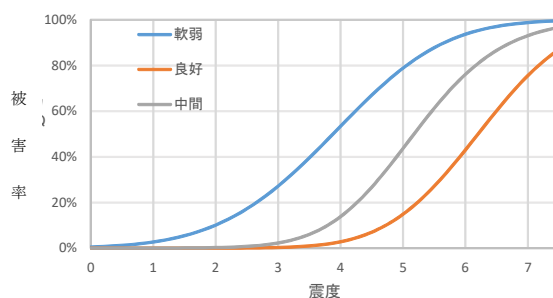


図-2 地盤特性別のフラジリティ曲線

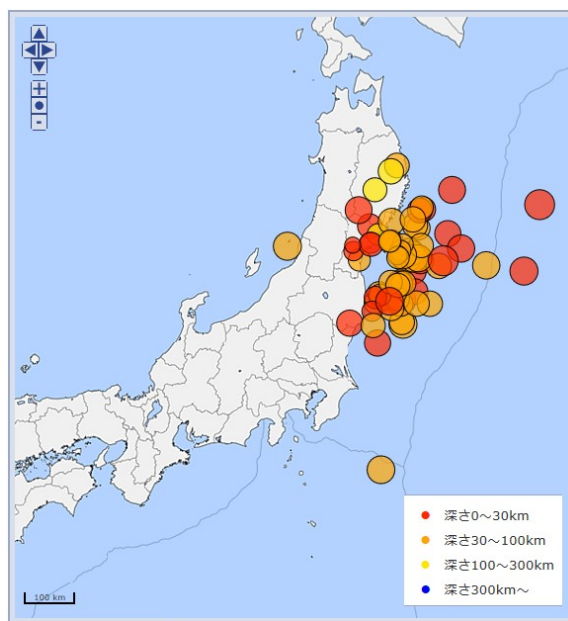


図-3 仙台市における地震発生と規模（1923～2017）

キーワード 地震リスク、被害想定、フラジリティ曲線、維持管確率・統計手法

連絡先 〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町 35-1 Tel:022-305-3507 E-mail: atsu-sutoh@tohtech.ac.jp

災集計から地盤種別における地震動の大きさに対して、どの程度損傷するかを示した fragility 曲線を図-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・旧水路部となっており、地盤の特性（硬軟）が被害率の大小に対する要因になっている。また液状化を伴わない洪積平野地盤では被害率が少ない結果が得られた。ここでは図-1 から、簡便化のために地盤特性より軟弱（段丘）、良好（沖積平野・液状化なし）、中間（谷・旧水路部）の3つに区別し、それらの損傷確率を求めたものを図-2 に示す。

図-2より、震度6の場合において軟弱、良好、中間の地盤における被害率はそれぞれ94%、43%、76%となる結果が得られた。

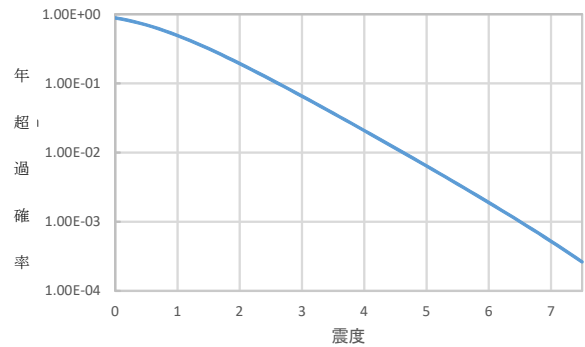


図-4 仙台地区における地震ハザード曲線

4. 仙台地域の地震ハザード化

地震ハザード（危険度）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³⁾より求めている。過去94年間に仙台市でマグニチュード5以上の地震結果を図-3に示す。ここで領域650km×600km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。

$$I = 1.36M - 4.03 \log_{10}(X + 0.00675 \cdot 10^{0.5M}) + 2.205 \quad (1)$$

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

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

年超過確率Pは時間間隔tの間に少なくとも1回地震が発生する確率、νは求めた年内の発生個数であり、これらを代入することで各震度における年超過確率が得られる。上記の手順より、求めた仙台地区における地震ハザード曲線を図-4に示す。

図-4より、仙台地区において1年間で計測震度6.0以上の地震が起きる確率（年超過確率）は0.19%となる。

5. まとめ

本研究では、地盤種別における震度別の損傷確率（fragility 曲線）および仙台地区における地震ハザードを算定し、以下に示す結論が得られた。地震リスクマネジメントや防災計画における地震被害想定では被害規模やその発生予測精度が重要であるため、兵庫県南部地震における水道管の損傷調査より、地盤性状別における地震時の損傷度曲線(Seismic Fragility Curve : SFC)を求めた。

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対応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・防災能力の向上に繋がると考える。

参考文献

- 1) 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.
- 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，1998.11.
- 3) 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>)