

近年の地震被害データを用いた上水道管路の被害予測式の改良に関する研究

金沢大学大学院 学生会員 ○星野 愛子
金沢大学理工研究域 正会員 宮島 昌克

1. はじめに

水道は我々の健康な生活を維持していくうえで必要不可欠である。しかし、送配水管・浄水・配水施設などの水道施設は近年発生した地震により大規模な被害を受けた。水道施設の被災に伴う断水を軽減する方法の一つとして管路の耐震化が挙げられるが、人員、財源不足等の理由からなかなか進んでいないのが現状である。効率よく耐震化を進める方法として、被害件数や被害率を予測し、被害の起きやすい個所を優先的に耐震化していくことが挙げられる。このような観点から耐震化のための被害予測の精度を上げることが重要な課題となっている。

2. 水道技術研究センターによる被害予測式

図-1 に本研究で参考にする、水道技術研究センターによる被害予測式(液状化の情報を有していない場合)¹⁾を示す。この予測式は、1995 年兵庫県南部地震における神戸市・西宮市・芦屋市、2004 年新潟県中越地震における長岡市・小千谷市、2007 年新潟県中越沖地震における柏崎市・刈羽市の管路被害データをもとに構築されており、管種や管路の継手、口径などをパラメータとしている。標準被害率とは、地震動の強さから基準となる管路の被害率を求めるものである。

本研究では、これらの管路被害データに加え、2011 年東北地方太平洋沖地震における宮城県登米市・石巻市・仙台市、千葉県旭市・浦安市の管路被害データも考慮し、予測式の精度向上を図る。

$$R_m(v) = C_p \times C_d \times C_g \times R(v)$$

$R_m(v)$: 被害率(件/km)
 C_p : 管種・継手補正係数
 C_d : 口径補正係数
 C_g : 微地形補正係数
 $R(v)$: 標準被害率(件/km)
 $R(v) = 9.92 \times 10^{-3} \times (v - 15)^{1.14}$
 v : 地震動の地表面最大速度(cm/s)
($15 \leq v < 120$)

図-1 被害予測式¹⁾

3. 標準被害率の検討

水道技術センターの被害予測式で用いられている標準被害率は、兵庫県南部地震における標準管路被害データをもとに作成されている。250m メッシュごとに被害件数を管路延長で除し、被害率を算出する。そしてメッシュごとに推定されている地表面最大速度²⁾とその被害率との関係を最小二乗法による累乗近似によって求めたものである。しかし、この式は地表面最大速度が 120cm/s までのデータを対象としているため、それを超えた場合は正しい予測結果が算出されない場合があるという問題点がある。実際は、地震動強さが大きい場合、被害率は飽和すると考えられるが、既往の標準被害率の式ではそれが考慮されていない。また、既往の予測式は被害予測件数が大きめに算出される傾向にあるが、その原因として既往の予測式における標準被害率曲線が、メッシュごとの被害率をもとに作られているためであることが考えられる。1 メッシュあたりの管路延長は短く、そのため被害率も大きな値となってしまう。

そこで既往の予測式に用いられている、兵庫県南部地震の被害データに加え新潟県中越地震・中越沖地震、東北地方太平洋沖地震の被害データを考慮した標準被害率をロジスティック曲線(式(1))で求めることにした。

$$y = \frac{a}{1 + b \times \exp(-cx)} \quad (1)$$

標準被害率が大きくなるのを防ぐために、それぞれの地域の管路データから被害が発生しなかった管路も含め、標準管路のデータを抽出し、地表面最大速度と被害率の関係を求めた。なお、地表面最大速度ごとに管路延長が大きく異なるので、類似の地表面最大速度の管路延長 100km ごとに被害率(件/km)を算出し、地表面最大速度の中間値を、求めた被害率の地表面最大速度とし、データをプロットした。ロジスティック曲線により標準被害率曲線を作成した結果を図-2 に示す。式は以下ようになった。

$$R(v) = \frac{0.54}{1 + 1.82 \times 10^{13} \exp(-0.6v)} \quad (2)$$

v : 地表面最大速度(cm/s)

4. 精度検証

精度検証の結果を図-3 に示す。地表面最大速度 10cm/s 毎に標準管路の被害件数と管路延長を集計し、新たに検討した標準被害率式(2)を用いた予測被害件数と比較する。既往の式よりも式(2)を用いた方が、実際の被害件数より極端に大きな予測件数になることが減少した。また、実被害件数が予測被害件数の 1/2 以上 2 倍以下となるデータが 20%から 50%まで増加し、精度の高い予測ができるようになった。

5. まとめ

メッシュごとではなく、地表面最大速度ごとに求めた被害率から標準被害率曲線をロジスティック曲線で近似することで、予測被害件数が極端に大きくなることが減少し、既往の予測式よりも実際の被害に近い値で予測件数を算出できるようになった。今回は、標準管路についてのみ精度検証を行ったので、今後、その他の管路についても精度検証を行い、標準被害率曲線の再構築を図る。

謝辞：本研究における水道管路被害データは、(財)水道技術研究センターが収集したものを使用させていただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 公益財団法人水道技術研究センター：地震による管路被害予測の確立に向けた研究報告書，2013
- 2) 産業技術総合研究所：QuiQuake-地震動マップ即時推定システム-，
<http://qq.ghz.geogrid.org/QuakeMap/20110311.html#20110311144600> (2012 年 11 月 12 日アクセス)

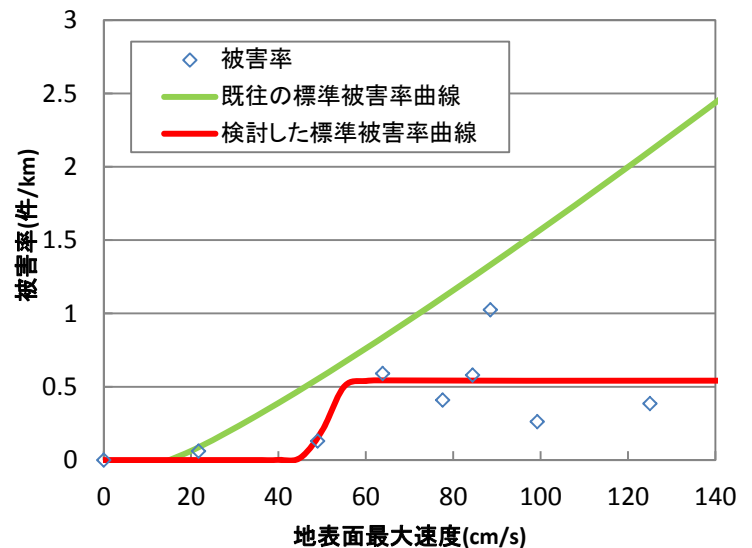


図-2 標準被害率

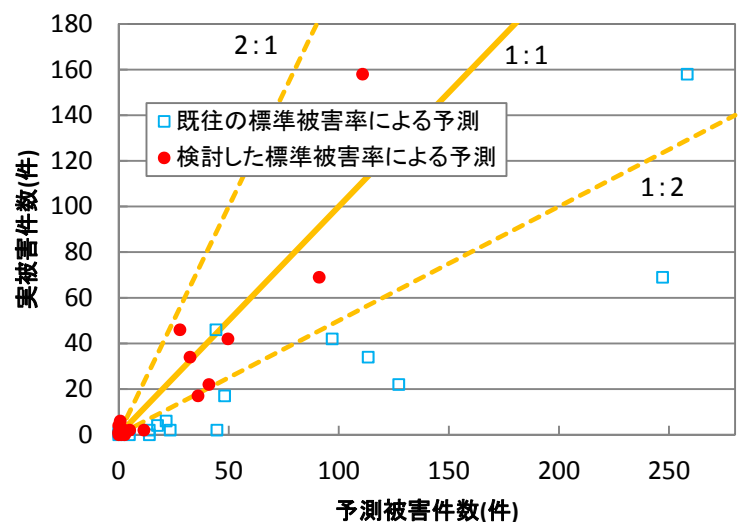


図-3 精度検証