

神戸大学工学部 非会員 大野 顕大
 神戸大学大学院工学研究科 正会員 ○ 楢田 泰子

1. はじめに

上水道の地震被害想定では、地震動に対する標準的な管路被害率に管路の脆弱性や地盤の良し悪しを表わす補正係数を乗じることで当該地域の管路被害率が評価される。兵庫県南部地震時には磯山ら¹⁾や高田ら²⁾が配水管被害データをもとに水道管路の地震被害予測手法を提案している。前者の結果は(社)日本水道協会³⁾の被害予測手法としてまとめられ、地震被害想定で広く用いられている。しかし、近年では標準被害率曲線の変形式が用いられることもある。また、兵庫県南部地震以降、配水管に被害をもたらす地震が多々発生していることから、単一地震の被害データのみから構築された被害推定式では、他の地震には容易に適用できないことが考えられる。そこで、本研究では、東北地方太平洋沖地震における宮城県北西部の管路被害を分析し、その被害要因の数量化を行う。さらに、得られた係数と既往の管路被害予測式の補正係数を比較し、新しい補正係数を提案することを試みた。

2. データベースの構築

分析対象地域は、本地震の強震地域である宮城県大崎市・美里町・松島町・栗原市・塩釜市の5市町とする。分析方法は、当該地域の水道管路被害データを収集し、地理情報システム(GIS)において管種・口径の属性を持つ管路網と被害点のデータベースを構築する。そして、管路の管種・口径による脆弱性の要因を数量化理論第I類による多変量解析で分析し、データの多少や従来の値も考慮して、管路の脆弱性を定量化させる。

GISでの管路データの構築については、まず、各自治体から管路図をスキャナで読み込み画像データとする。その画像データをラスターレイヤとしてGIS上で重ね合わせ、道路のベクトルデータを基にラインを消去、追加して管路データを作成した。被害点のデータは、管路データと同様にラスター地図にあるポイントを重ねてデータを作成した。管路、被害点のデータにはそれぞれ、管種、口径、その他(市町により被害時や被害モードなど)の属性を与えた。作成したデータの一例を図1に示す。作成したデータベースは一部の簡易水道を除き2,519kmの管路延長のデータベースとなる。これは、高田らの2,716kmの管路データや磯山らの2,114kmの管路データと匹敵するもので、統計的にも十分な延長といえる。さらに、これまでの都市域のデータと比べて、対象地域が中間地のためダクタイル鉄管と塩化ビニル管がほぼ同量ある。

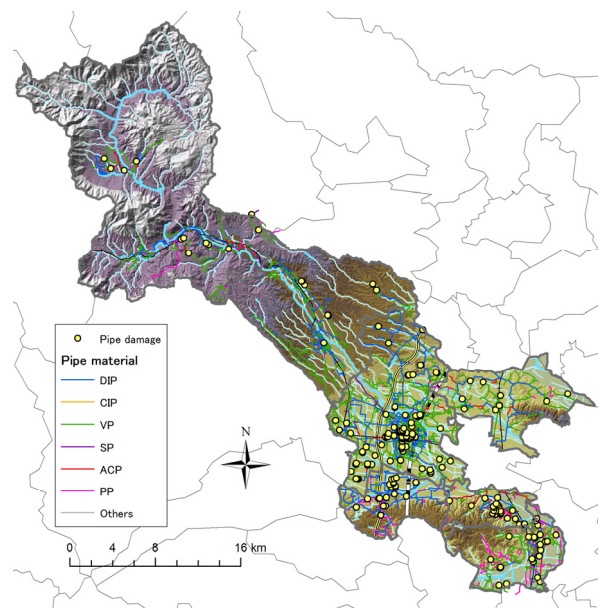


図1 大崎市管路データと被害点

3. 被害要因分析

まず、対象地域の管路被害データをまとめ、管種・口径ごとに被害を分析した。図2に各市町のダクタイル鉄管(DIP)の口径100-150mm(以下、DIP100-150)の被害率と全管路の平均被害率を比較したものを示す。各市町でDIP100-150の被害率には多少ばらつきがある。松島町の平均被害率は0.34(件/km)と高いが、これは、谷底低地や海岸低地における管路被害であり、軟弱な地盤による影響を受けていると考えられる。

Akihiro OHNO, Yasuko KUWATA

kuwata@kobe-u.ac.jp

塩釜市の DIP100-150 の被害率と平均被害率との差が非常に小さいのは、塩釜市の管路総延長 290km の内 190km が DIP となっており他の管路の影響が少ないためと考えられる。美里町、松島町の平均被害率が DIP100-150 と比べて非常に高いのは軟弱な地盤の影響と铸铁管 (CIP)、石綿管 (ACP) などの脆弱な管路が多く埋設されているためである。

本研究では、日水協³⁾から示されている配水管路被害予測式である式(1)を参考に今回の地震の被害に合った被害要因の補正係数を求める。まず、管種(6種)、口径(4種)のそれぞれ(6×4=24通り)について被害件数・管路延長を集計し被害率を求めた。さらに、この被害率を元に対数場での数量化理論第I類による多変量解析を行った。

$$R_m(\alpha) = C_p \cdot C_d \cdot C_g \cdot C_l \cdot R(\alpha) \quad (1)$$

ここで、 $R_m(\alpha)$ ：地震動 α に対する被害率(件/km)、 C_p 、 C_d 、 C_g 、 C_l ：管種、口径、地盤、液状化に関する補正係数、 $R(\alpha)$ ：標準被害率(件/km)

多変量解析では、管種は DIP、口径は $\phi 100-150$ を基準属性 (=1.0) として、基準属性の被害率に対する管種・口径の組み合わせの被害率の比を目的変数、その管種・口径を説明変数として、市町ごとに被害率の比のデータセットを設定した。基準属性の選定理由は DIP の延長が十分得られており、敷設口径の範囲も広く、市町の全管路の平均被害率と DIP の被害率との相対関係に大きな差異がないと考えられたためである。分析には、250m メッシュよりも詳細な微地形データを有していないことと液状化箇所の確認ができないことから、液状化と地形の係数は省いた。ただし、100m 程度の管路延長に連続して被害点がある場合は、液状化等の地盤変状によるものと考え、工学的な解釈に基づき一か所の被害点と見なしてデータベースの加工を行い、省いた補正係数に対応する管路被害点の処理を行った。これにより、被害件数がある口径・管種の組み合わせのデータセットは管路延長 2,315km、被害数 455 件となった。

回帰分析の結果、相関係数は 0.76 が得られた。分析結果をもとに提案する補正係数を表 2 に示す。補正係数の設定には、回帰分析の結果の他に、クロス集計結果や日水協の補正係数を参考にした。東北地方太平洋沖地震での管路被害と既往の管路被害補正係数を比較すると、口径に関しては、従来の知見とほぼ同様な数値で口径が大きくなるほど被害率は小さくなる傾向を示した。50mm 以下の管路の脆弱性が定量的に明らかになった意義は大きい。管種に関しては、塩化ビニル管 (VP) が従来よりも丈夫な管路として算出された。ACP も同様に従来よりも丈夫な管路として算出されたが、管路延長は他の管路に比べて少なく敷設地域に偏りがあるためさらに検討が必要である。また、十分な微地形データがあれば、地形等の係数の検討も今後可能になる。

謝辞：本研究の遂行にあたり、宮城県の 5 市町の水道事業者の皆様にはお忙しい中、貴重な資料の提供を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 磯山龍二, 石田栄介, 湯根清二, 白水暢：水道管路の被害予測に関する研究, 水道協会雑誌, pp.25-40, 1998
- 高田至郎, 藤原正弘, 宮島昌克, 鈴木泰博, 依田幹雄, 戸島敏雄：直下型地震災害特性に基づく管路被害予測手法の研究, 水道協会雑誌 第 789 号, pp.21-37, 2001.7
- (社) 日本水道協会：地震による水道管路の被害予測, 1998.11

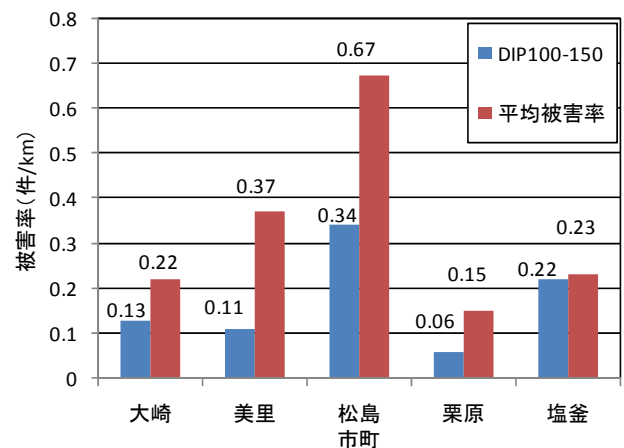


図 2 各市町のダクタイルと全管路の被害率

表 1 補正係数の設定

	属性	分析結果	提案する補正係数	日水協の補正係数
管種	DIP	1.00	1.0	1
	CIP	3.61	3.6	3.3
	VP	1.57	1.6	3.3
	SP	5.12	5.0	1(3.3*)
	ACP	2.81	2.8	4
	PP	0.42	0.4	—
口径	~ $\phi 50$	1.97	2.0	1.6**
	$\phi 75$	1.57	1.6	1.6**
	$\phi 100 \sim 150$	1.00	1.0	1
	$\phi 200 \sim 450$	0.94	0.9	0.8
	$\phi 500 \sim$	—	0.3	0.5

注) *：ねじ形継手の場合

**：口径 $\phi 75$ 以下の管路の係数