

2011年東北地方太平洋沖地震による下水道污水管被害を踏まえた被害率曲線の高精度化

筑波大学大学院 学生会員 ○寺嶋 黎 筑波大学 正会員 庄司 学 鹿島建設技術研究所 正会員 永田 茂

1. 目的: 本研究では、強震動と液状化による下水道污水管の被害が顕著であった茨城県神栖市、ひたちなか市および千葉市美浜区を分析対象とする。文献1)より示された被災データを基に管種、管径、液状化を含む地形区分の観点から被害率間の関係を再評価し、空間補間によって推定した地震動分布より標準被害率曲線の高精度化を行う。

2. 分析対象データ: 被害データは管体や人孔の継ぎ目の破損によって滞水が発生し、応急復旧を要した污水管延長を表す。各対象地区における総敷設延長は神栖市が242km、ひたちなか市が452km、千葉市美浜区が412kmであり、被害延長はそれぞれ16.216km, 10.362km, 12.336kmであった¹⁾。地震動強さとしては計測震度 IJ を採用した。 IJ の空間分布の推定に当たっては、文献2)の手法を参考に K-NET, KiK-net, 気象庁, 地方公共団体, および国土技術政策総合研究所より得られた1,114観測点の強震観測波形ならびに気象庁の震源データに基づき Kriging による空間補間を適用した。図1には分析対象地域の下水道污水管網と推定した IJ の分布を示す。地形区分としては J-SHIS の微地形の250mメッシュデータを用いた。液状化領域については国土交通省関東地方整備局・地盤工学会による報告書³⁾により示された領域を用いた。更に、神栖市については液状化被害の罹災証明が申請された家屋・建物データより同定された液状化領域を加えた⁴⁾。以上のデータより、分析対象地域を非液状化領域、液状化領域に切り分けた。分析の際には被害延長 L_d [km] を敷設延長 L [km] で除した被害率 R_L を定義し、管種、管径、液状化を含む地形区分の観点からそれぞれの被害率を算出した。

3. 管種、管径、液状化を含む地形区分の観点からみた被害率間の関係: 配水管の被害推計に係る研究⁵⁾を参考に、式(1)に示す配水管の被害推定式を援用し、多変量解析により被害率間の関係を明らかにした(表1)。

$$R_L^*(IJ) = C_p C_d C_g R_L(IJ) \quad (1)$$

なお $R_L^*(IJ)$ は計測震度 IJ を関数とした補正後の予測被害率、 $R_L(IJ)$ は標準被害率、 C_p , C_d , C_g はそれぞれ管種、管径、液状化を含む地形区分に関する補正係数を表す。基準とする被害率(1.00)は管種が塩化ビニル管 VP、管径が $\Phi < 300$ mm, 液状化を含む地形区分においては沖積平野[液状化なし]とした。それらの区分を基準とすると補正係数は、ヒューム管 HP が0.71, コンクリート管 CP が1.99 となり、管径においては $300 \leq \Phi < 600$ mm が1.93, $600 \leq \Phi < 1000$ mm が0.97, $1000 \text{mm} \leq \Phi$ が0.30であった。液状化を含む地形区分に関しては、ローム台地が1.01, 沖積平野[液状化あり]が9.21, 埋立・干拓地[液状化なし]が0.28, 埋立・干拓地[液状化あり]が2.52 となった。管径に関して、 $300 \leq \Phi < 600$ mm の補正係数が1.93と既往の値よりも高くなった理由は、神栖市でこの管径の被害が液状化領域のみに甚大に生じたためである。

4. 標準被害率曲線の高精度化: 基準とする管種、管径、液状化を含む地形区分に関しては、先述の補正係数の基準と同じものを用いる。被害率は IJ の区間幅0.1ごとに算出した(図2)。標準被害率曲線の平均値のモデルとしては、式(2)に示す標準正規分布を適用し、 C , μ , σ のモデルパラメータは最尤法により決定した。

$$R_L(IJ) = C \cdot \Phi((IJ - \mu)/\sigma) \quad (2)$$

その際、更に同一の計測震度 IJ におけるばらつきを対数正規分布で仮定し、10%非超過確率および10%超過確率として平均値とともに図2に示す。図2においては有効範囲を黒線で表し、白抜きのプロットは曲線への寄与度の低い敷設延長5km未満の被害率を示す。また、各パラメータには計算の収束性の観点から、最低限の制約の幅を設けた(表2)。

図2より、標準被害率曲線は非液状化領域において、 $IJ=5.2$ で平均値が 10^3 [km/km] を越え立ち上がり始め、5.2以上で0.040[km/km]に漸近した。液状化領域においては、 $IJ=4.1$ で平均値が 10^3 [km/km] を越え、5.1以上で0.239[km/km]に漸近した。曲線の平均値が 10^3 [km/km] を越える点は非液状化領域のデータにおいては $IJ=5.2$ に対し、液状化領域の被害データにおいては $IJ=4.1$ となった。これは、液状化領域のデータにおいては被害データが得られた区間が少ないことが原因である。曲線が漸近する被害率 C の値は非液状化領域で0.040[km/km]に対して液状化領域で0.239[km/km]と6.0倍となり、液状化による被害率の高さを反映するモデルとなった。表1に示した補正係数により、液状化領域の標準被害率曲線を補

キーワード 2011年東北地方太平洋沖地震, 下水道污水管, 液状化, 被害率曲線

連絡先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1 筑波大学大学院システム情報工学研究科 TEL029-853-7368

正した結果を図3に示す。実被害率は概ね補正した曲線の近傍に存在したが、地形区分の観点から見ると $IJ=5.6$ において実被害率が曲線を大きく上回っている。これは液状化被害が特に甚大であった神栖市の堀割地区の被害を反映している。

5. まとめ：東北地方太平洋沖地震において下水道汚水管の被害が甚大であった茨城県神栖市、ひたちなか市および千葉市美浜区の被害の傾向を管種、管径、液状化を含む地形区分の観点から再評価し、高精度な被害率曲線を再構築した。

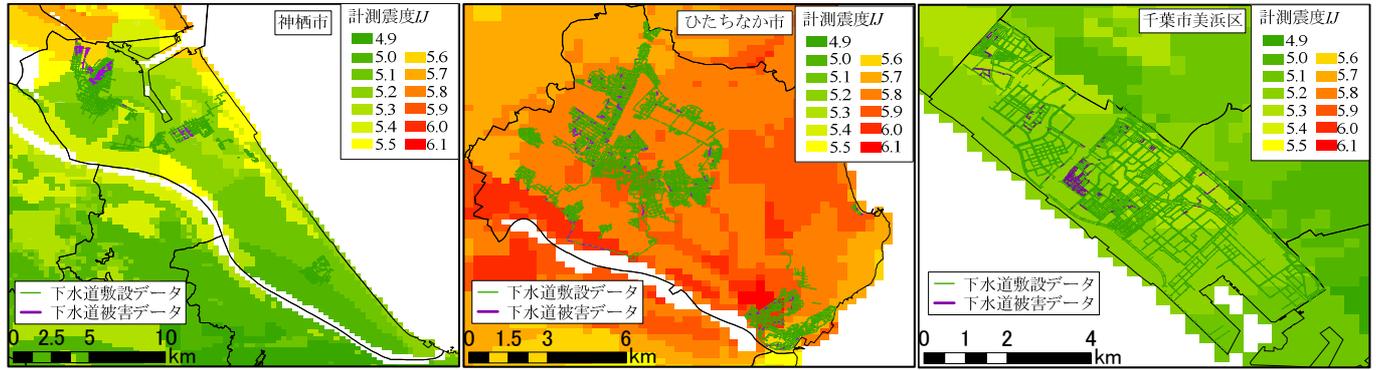


図1 分析対象地域の下水管汚水管ネットワークと空間補間によって推定された計測震度分布

表1 補正係数

C_p	HP	0.71
	VP	1.00
	CP	1.99
C_d	$0 \le \phi < 300\text{mm}$	1.00
	$300 \le \phi < 600\text{mm}$	1.93
	$600 \le \phi < 1000\text{mm}$	0.97
	$1000\text{mm} \le \phi$	0.30
C_g	ローム台地	1.01
	沖積平野 [液状化なし]	1.00
	沖積平野 [液状化あり]	9.21
	埋立・干拓地 [液状化なし]	0.28
	埋立・干拓地 [液状化あり]	2.52

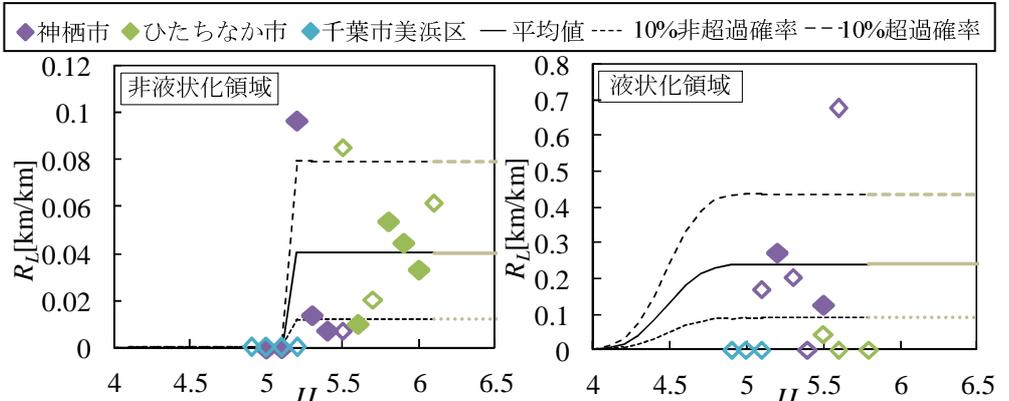


図2 実被害率と標準被害率曲線

表2 標準被害率曲線のパラメータ、拘束条件および適用範囲

	C	μ	σ	ζ	適用範囲
非液状化領域	0.040	5.127	0.010	0.745	$0 \leq IJ \leq 6.1$
液状化領域	0.239	4.475	0.179	0.622	$0 \leq IJ \leq 5.8$

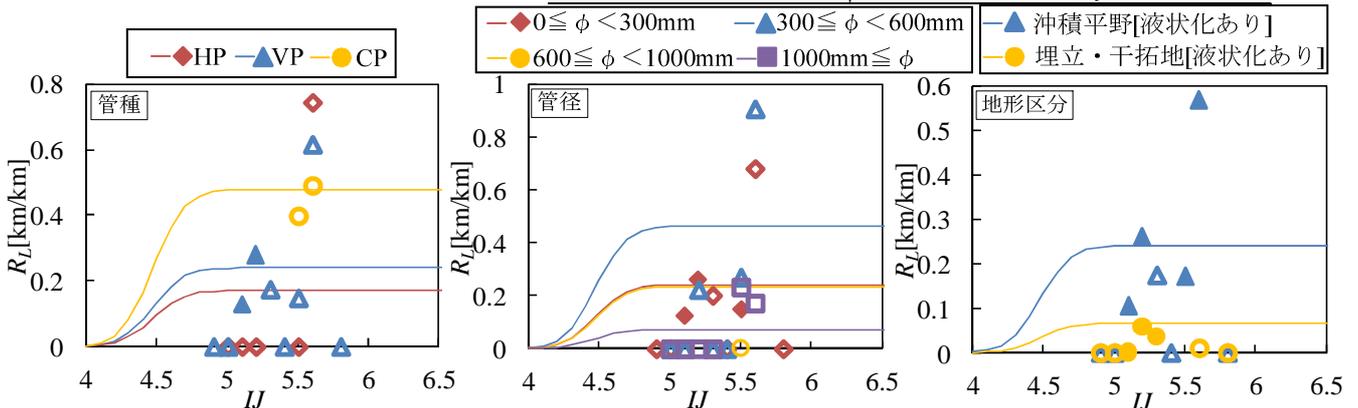


図3 管種、管径、地形区分の観点から見た実被害率と補正係数を掛け合わせた被害率曲線との比較 (液状化領域)

謝辞：本研究ではデータの収集や地震動強さの推計において、元筑波大学の那波悟志氏、水野陽介氏、築地拓哉氏、および岸太陽氏より多大なご協力を頂きました。また、被害データの収集に関して当該自治体の下水道関連部局の皆様にはデータの提供のみならず貴重なご助言を頂きました。本研究は、筑波大学プロジェクト「巨大地震による複合災害の統合的リスクマネジメント」(研究代表者：八木勇治准教授、研究分担者：庄司准教授)の一部助成を得て実施されたものです。

参考文献：1)庄司学, 那波悟志, 寺嶋黎, 永田茂: 2011年東北地方太平洋沖地震による下水道汚水管の被害とそれを踏まえた被害率曲線の構築, 土木学会第68回年次学術講演会CD-ROM, I-143, pp.285-286, 2013. 2)櫻井俊彰, 庄司学, 高橋和慎, 中村友治: 2011年東北地方太平洋沖地震における斜面に関わる道路構造物の被害分析, 土木学会論文集A1(構造・地震工学), Vol.68, No.4(地震工学論文集第31-b 巻), pp.I_1315-I_1325, 2012. 3)国土交通省関東地方整備局・地盤工学会: 東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態調査結果について, <http://www.ktr.mlit.go.jp/bousai/bousai0000061.html> 4)築地拓哉, 寺嶋黎, 庄司学, 永田茂: 2011年東北地方太平洋沖地震において被災した上水道配水管網の被害の傾向—茨城県潮来市および神栖市の事例分析—, 土木学会論文集A1(構造・地震工学), Vol.69, No.4(地震工学論文集第32 巻), pp.I_260-I_279, 2013. 5)磯山龍二, 石田栄介, 湯根清二, 白水暢: 水道管路の地震被害予測に関する研究, 水道協会雑誌, 第67 巻, No.2, pp.25-40, 1998.