

2011 年東北地方太平洋沖地震による下水道污水管の被害とそれを踏まえた被害率曲線の構築

筑波大学 正員 庄司 学 元筑波大学 那波 悟志 筑波大学 学生員 ○寺嶋 黎 築地 拓哉
鹿島技研 正員 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し, 管種, 管径, 地形区分および液状化の観点から被害率間の関係を明らかにし, 標準被害率曲線を構築する。

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 241km, 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 16km, 10km, 12km であった。地震動強さとしては計測震度 IJ を採用した上で, K-NET, KiK-net および気象庁において公開されている強震観測波形ならびに震源データに基づき空間補間を適用した結果¹⁾を用いている。図 1 には分析対象地区の下水道污水管ネットワークと推定された計測震度の空間分布を示す。地形区分としては J-SHIS により公開されている微地形のメッシュデータを用いた。液状化範囲の判定には地盤工学会・関東地方整備局による報告書²⁾によって示された領域を用いた。さらに神栖市に関しては液状化被害の罹災証明が申請された建物の情報を入手し, 液状化建物を含む 250m メッシュを液状化したと判定した。以上のデータから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 $L_d[\text{km}]$ を敷設延長 $L[\text{km}]$ で除した被害率 R_L を定義し, 管種, 管径, 地形区分および液状化の観点からそれぞれの被害率 R_L を算出した。

3. 管種, 管径, 地形区分および液状化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³⁾を参考に, 式(1)に示す配水管の被害推定式を適用し, 多変量解析により被害率間の関係を明らかにした (図 2)。

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

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, 地形区分および液状化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 $\phi < 300\text{mm}$, 地形区分および液状化の観点からは沖積平野[液状化なし]とした。それらの被害率を基準とすると管種においてはヒューム管 HP が 0.70, コンクリート管 CP が 2.02 となり, 管径においては $300 \leq \phi < 600\text{mm}$ が 1.93, $600 \leq \phi < 1000\text{mm}$ が 0.97, 大口径である $1000\text{mm} \leq \phi$ が 0.30 となった。地形区分および液状化の観点からはローム台地が 1.00, 沖積平野[液状化あり]が 8.88, 埋立・干拓地[液状化なし]が 0.27, 埋立・干拓地[液状化あり]が 2.48 となった。

4. 標準被害率曲線の構築: 基準とする管種, 管径, 地形区分および液状化に関しては先述した被害率の基準と同じものを用いる。被害率は計測震度の区間幅 0.1 ごとに算定した。被害率曲線のモデルとしては, 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って導出した。

$$R_L(IJ) = C \cdot \Phi\left(\frac{IJ - \mu}{\sigma}\right) \quad (2)$$

図 3 より, 標準被害率曲線は非液状化領域において $IJ=5.1$ 付近で R_L が 10^{-3} のオーダーを越え始め, $IJ=5.7$ で $R_L=0.101$ に漸近する。液状化領域においては, R_L は同様に $IJ=5.1$ 付近で 10^{-3} のオーダーを越え始め, $IJ=5.3$ において $R_L=0.220$ に漸近し, 非液状化領域の 2 倍以上の大きな被害率を示した。非液状化領域において, 管種は VP, 管径は $300 \leq \phi < 600\text{mm}$ の被害率が高く, $IJ=5.7$ 付近でそれぞれ $R_L=0.101$, 0.195 に漸近した (図 4(a))。液状化領域において, 管種は CP, 管径は $300 \leq \phi < 600\text{mm}$ の被害率が高く, $IJ=5.4$ 付近でそれぞれ $R_L=0.444$, 0.363 に漸近しており, 液状化領域において管種 VP は 2.18 倍, 管径 $300 \leq \phi < 600\text{mm}$ は 1.86 倍の被害率を示した (図 4(b))。図 4(c) より, 沖積平野[液状化あり]の被害率が高く, 準じてローム台地が大きな被害率を示した。

5. まとめ: 東北地方太平洋沖地震において下水道污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明らかにし, 被害率曲線を構築した。

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

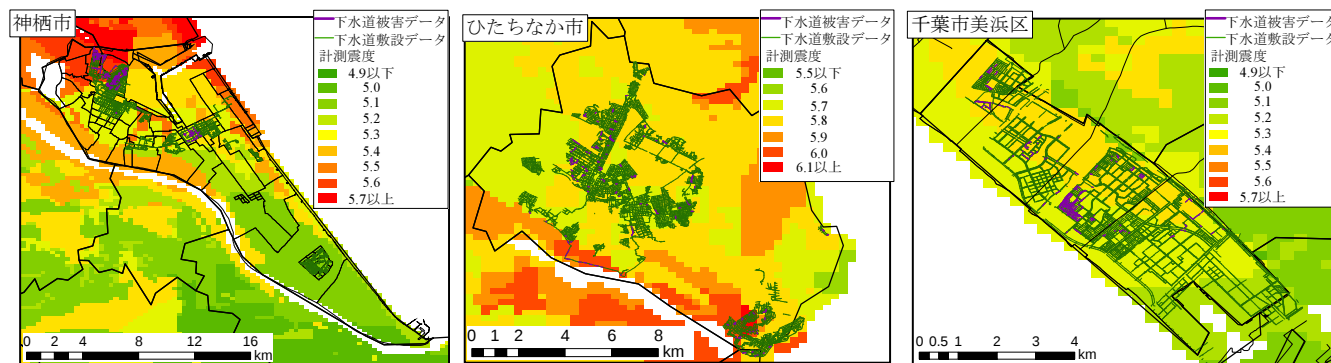


図1 分析対象地域の下水管汚水管ネットワークと空間補間によって推定された計測震度分布

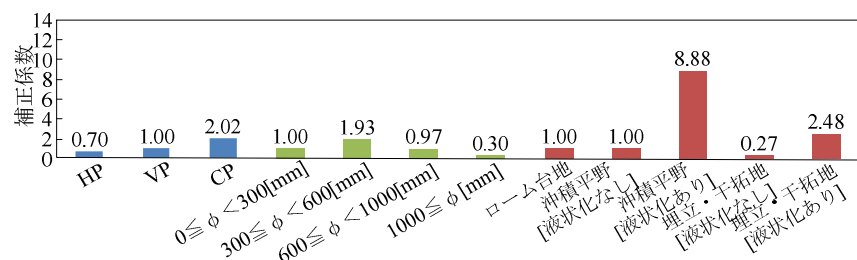


図2 管種, 管径, 地形区分および液化化の観点から見た被害率間の関係

表1 標準被害率曲線のパラメータ

	C [km/km]	μ	σ
非液化化領域	0.101	5.400	0.100
制約条件: $\mu \geq 5.4, \sigma \leq 0.1$			
液化化領域	0.220	5.176	0.025
制約条件: なし			

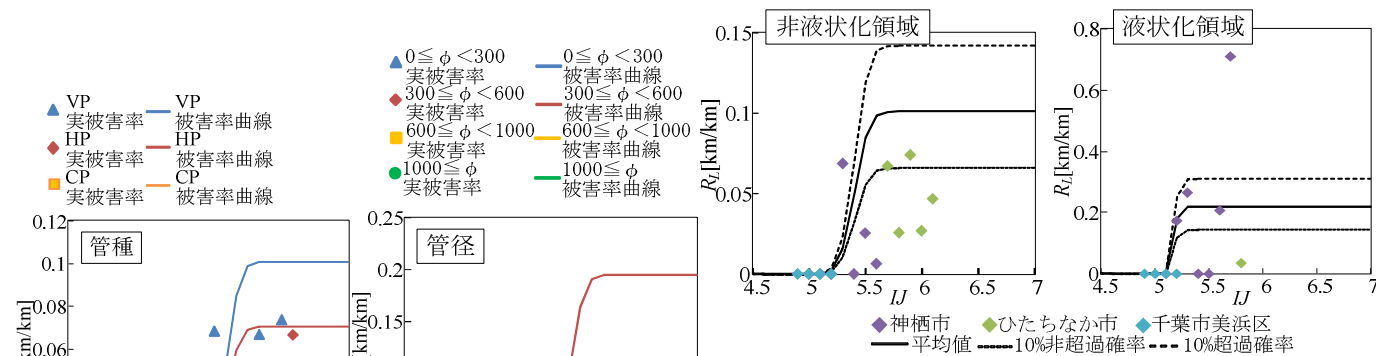


図3 実被害率と被害率曲線

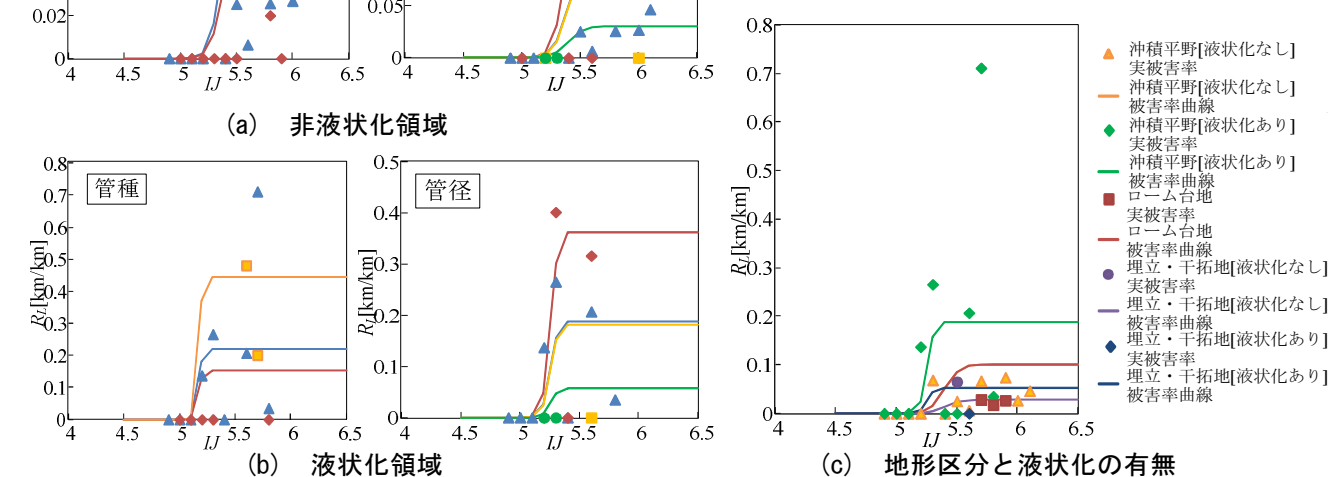


図4 管種, 管径, 地形区分および液化化の観点から見た実被害率と補正係数を掛け合わせた被害率曲線との比較

謝辞: 本研究を実施するに当たり, 当該市の関連部局の皆様方には多大なご協力を得ました。また, 本研究は筑波大学と被災自治体の震災復興連携協定等の締結に基づき, 筑波大学プロジェクト「巨大地震による複合災害の総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: 庄司学) の助成を得て実施されました。

参考文献: 1) 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.1315-1325, 2012. 2) 地盤工学会・国土交通省関東地方整備局: 東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液化化現象の実態調査結果について, <http://www.ktr.mlit.go.jp/bousai/bousai00000061.html>, 3) 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.