

巨大地震による上・下水道埋設管路被害と地盤震動および液状化の関係

筑波大学大学院 学生会員 ○小林 怜夏 筑波大学 正会員 庄司 学

1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震により、上・下水道埋設管路システムに甚大な被害が生じた。本研究では、地盤の力学的特性を考慮した埋設管路被害の分析を目的とする。まず、液状化による埋設管路被害が顕著に現れた茨城県神栖市を対象として（図 1）、39 か所の解析地点を設定して表層地盤の地震応答解析を行う。その結果から地盤震動、地盤変状ならびに液状化の程度と埋設管路被害の関係を明らかにする。さらに、解析地点を地盤情報で分類することで、上述の関係を元にした既存の被害率曲線の高精度化を試みる。

2. 表層地盤の地震応答解析

地盤のモデル化の一例として、地点 1-1 における柱状図、地下水位深さ、標準貫入試験結果および地盤モデルを図 2 に示す。解析には 1 次元有効応力解析プログラム YUSAYUSA-2[2]を使用する。

図 3 において、解析で液状化した層と液状化抵抗率 FL を用いた液状化予測を比較すると、深さ 10m 以浅において液状化層の深さ、層厚ともに概ね一致した。また、解析地点が図 1 の液状化領域内にあるか否かと解析による液状化の有無が一致したのは 33 地点、不一致であったのは 6 地点である。不一致の理由として、地盤モデルの平均 N 値を線形補間して求めたことによる誤差や、液状化に至った層の厚さが 0.5m 以下と薄かったために地中で生じた液状化現象が地表から観測できなかった可能性が挙げられる。以上より、解析結果は妥当であると考え、これを被害率曲線の構築に用いる。

3. 既存の被害率曲線の高精度化

文献[3]を参考に、地震動強さの指標の一つである地表面最大速度 PGV を用いて、より高精度な被害率曲線の構築を目指す。まず、液状化危険度 $PL = 15$ で解析地点を分類する。次に、解析結果から求めた PGV と埋設管路被害率 R_w および R_s の関係（図 4）に対数正規累積分布関数で表す曲線でモデル化し、これを被害率曲線とする（図 5）。 R_w および R_s は、 $PGV = 3.0 \text{ cm/s}$ ごとに被害データを集計して算出する。

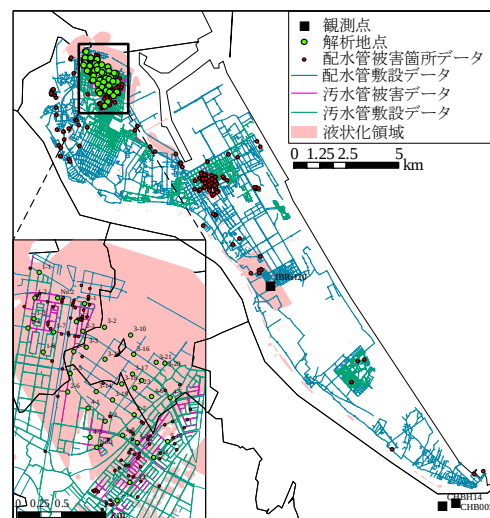


図 1 対象地域の埋設管路網（文献[1]に加筆）

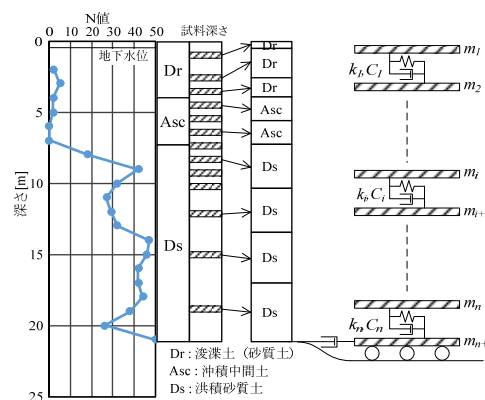


図 2 地点 1-1 における地盤モデル（文献[2]に加筆）

図 4(a)より、 $PL < 15$ において PGV と R_w には正の相関がみられる。 R_w が最も高い 2 地点は $PL \geq 15$ である。また、図 4(b)より、 $PL \geq 15$ の地点群は $PL < 15$ の地点群に比べて PGV が低いことから、 $PL = 15$ で地点を分類したことで被害データの取り得る範囲を分けられたことがわかる。以上より、 $PL = 15$ で地点を分類することは、地盤条件の違いに基づく被害の特徴を検討することに有効であるといえる。

図 5 に示すように、配水管の被害率曲線については、全地点による曲線と比較すると、 $PL \geq 15$ の曲線は立ち上がりが同程度であるが勾配が大きい。 $PL < 15$ の曲線は立ち上がりの PGV が 9.5 cm/s 大きく、曲線の勾配も

キーワード 上水道、下水道、東北地方太平洋沖地震、液状化、地震応答解析、有効応力解析

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

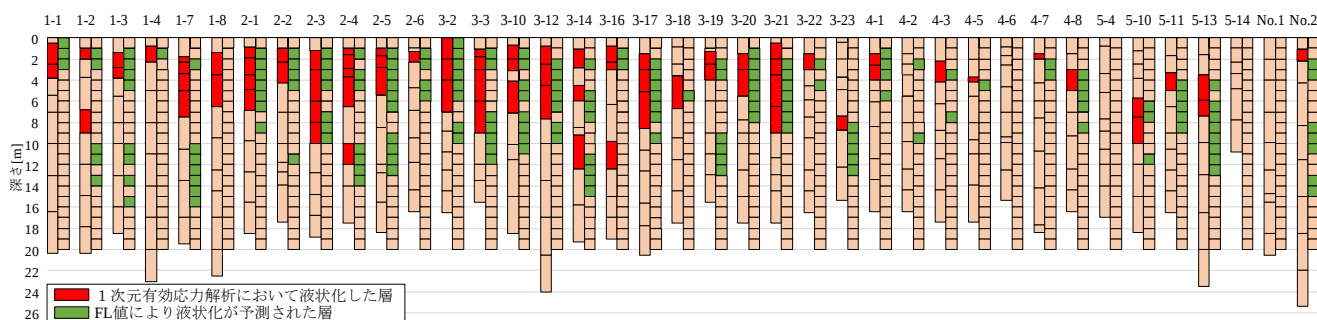


図3 解析結果

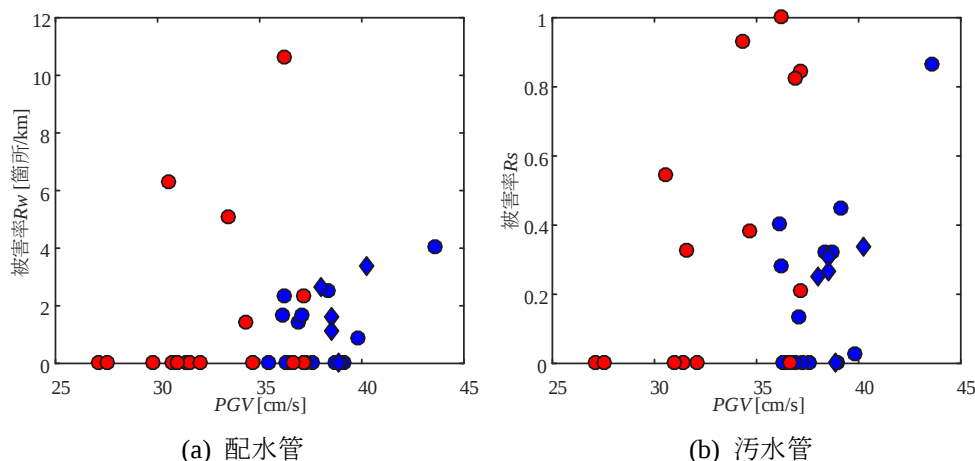
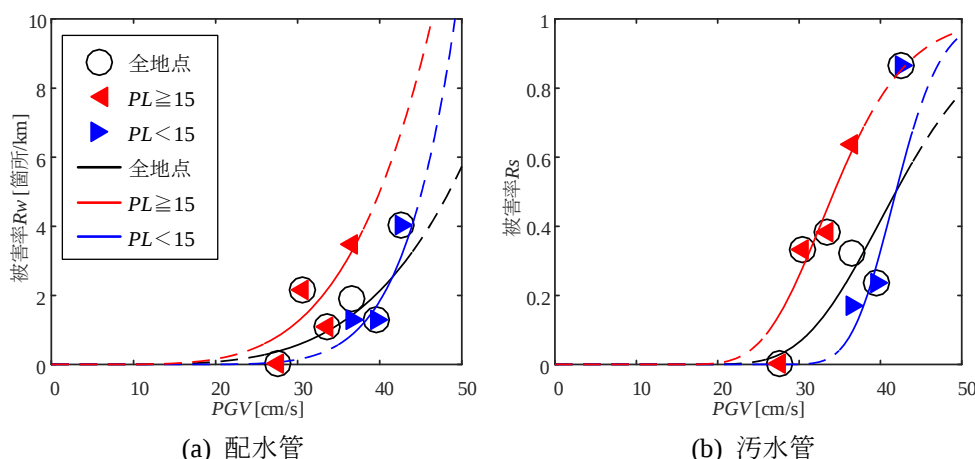
図4 被害率と PGV の関係

図5 被害率データと被害率曲線

大きい。汚水管の被害率曲線については、全地点による曲線に対して $PL \geq 15$ は立ち上がりの PGV が小さく、 $PL < 15$ は立ち上がりの PGV が大きい。曲線の勾配は、両者ともに全地点による曲線に比べて大きい。

4. まとめと今後の課題

$PL = 15$ を境界値として解析地点を分類することで、 PL を反映したより高精度な被害率曲線を構築することができた。 $PL \geq 15$ の地点は、 $PL < 15$ の地点に比べて被害率曲線の立ち上がりが 10.0cm/s 程度小さい。そのため、 PL を反映しない被害率曲線で被害率予測を行えば、被害率を過小評価してしまう可能性がある。今後は、 PGV 以外の地震動強さを表す指標を用いた被害率曲線の構築や、2011年東北地方太平洋沖地震とは異なる地域およびメカニズムで発生した地震（例えば2016年熊本地震）を対象とした被害率曲線の適用の可否の検討を行う。

謝辞 本研究を実施するにあたり、茨城県神栖市液状化対策検討委員会（委員長：安田進・東京電機大学教授）をはじめとする関連部局の皆様方に多大なご協力を頂きました。また、本研究内で行った解析には防災科学技術研究所より公開されている強震観測記録を使用させていただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献 [1]庄司学, 寺嶋黎, 永田茂: 下水道埋設管路の地震被害率曲線の構築, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.70, No.4 (地震工学論文集第33巻), pp.1_921-1_946, 2014. [2]吉田望, 東畑郁生: YUSAYUSA: 有効応力に基づく1次元地震応答解析, <http://www.civil.tohoku-gakuin.ac.jp/yoshida/computercodes/index.html>