

2016 年熊本地震における下水道管路網の被害と入力地震動の関係

筑波大学大学院 学生会員 ○原 昌弘 筑波大学 正会員 庄司 学
鹿島技術研究所 正会員 永田 茂

1. はじめに：2016 年熊本地震により下水道管路網に甚大な被害が発生した^{例え1)}。本研究では熊本市の下水道管渠被害と地震動強さの関係について考察し、被害率曲線を構築する。下水道管渠被害の概要を表 1 に示す。なお、管渠の被害率 R_p は被害延長 $L_d[\text{km}]$ を敷設延長 $L[\text{km}]$ で除し、 $R_p=L_d/L[\text{km/km}]$ で定義する。

2. 地震動分布：文献 3) では九州全域の K-NET・KiK-net 観測点⁴⁾、気象庁観測点⁵⁾および愛媛県、福岡県、佐賀県、熊本県、熊本市、大分県、宮崎県、鹿児島県の観測点における本震の地震動強さを空間補間することで、対象地域における地震動強さの分布を 250m メッシュで推定している。地震動強さの指標として地表面最大速度 PGV 、計測震度 IJ 、スペクトル強度 SI を採用している。文献 3) のデータを用いて、対象地域における地震動分布と下水道管路網を図示すると図 1 のようになる。

3. 被害率曲線の構築：地震動強さを表す各指標について一定区間毎に被害率を集計し、それらのデータに基づき被害率曲線 R をモデル化する。被害率曲線 R は式 (1) に示す対数正規分布の累積確率分布と同型の関数を用い、目的関数 ε を最小とする重み付き最小二乗法によりモデルのパラメータ C および λ 、 ζ を求める。被害率は 1 を超えないため $0 \leq C \leq 1$ である。重み w_i は敷設延長とした。

$$R = C\Phi\left(\frac{\ln x - \lambda}{\zeta}\right) \quad (1)$$

$$\varepsilon = \sum w_i (R_i - R_{pi})^2 \quad (2)$$

4. 考察：各地震動強さに対して被害率データと被害率曲線を示すと図 2 のようになる。また、これらの図には 1995 年兵庫県南部地震の際の下水道管渠の被害率データとそれに基づいて求められた被害率曲線⁶⁾も併せて示す。白抜きの点は敷設延長が相対的に短く、重みが小さいデータである。各モデルのパラメータを表 2 に示す。また、それぞれの被害率曲線により算出される予測被害延長と実被害延長の比較を図 3 に示す。

表 1 下水道管渠被害の概要

(a) 管渠区分		(c) 微地形区分 ²⁾	
管渠区分	被害率 R_p	微地形区分	被害率 R_p
幹線	0.1088	ローム台地	0.0173
枝線	0.0146	火山山麓地	0.0073
不明	0.0214	火山性丘陵	0.0031
		火山地	0.0077
(b) 区間距離		干拓地	0.0860
区間距離	被害率 R_p	丘陵	0.0000
0-200	0.0210	旧河道	0.1555
200-400	0.0666	後背湿地	0.0469
400-600	0.0565	砂礫質台地	0.0013
600-800	0.0000	山地	0.0787
800-1000	0.3475	自然堤防	0.0294
1000-	0.0000	扇状地	0.0064
		谷底低地	0.0171
		三角州・海岸低地	0.0032
		埋立地	0.0000

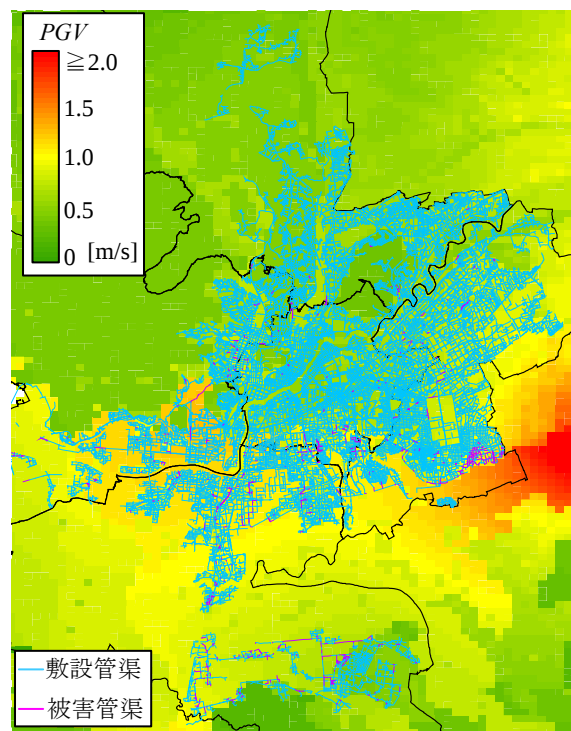


図 1 対象地域における下水道管路網と地震動分布

キーワード 2016 年熊本地震, 下水道管渠被害, 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 TEL 029-853-7368

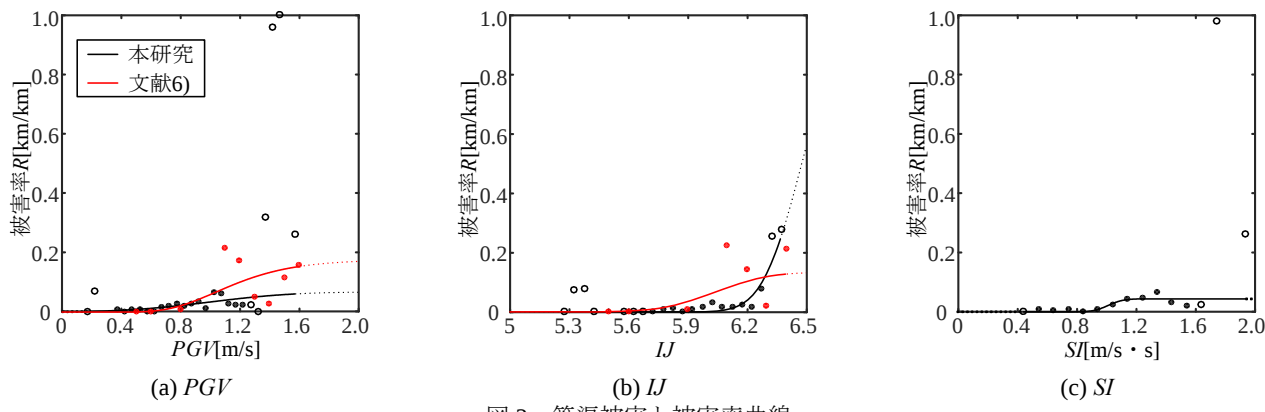


図2 管渠被害と被害率曲線

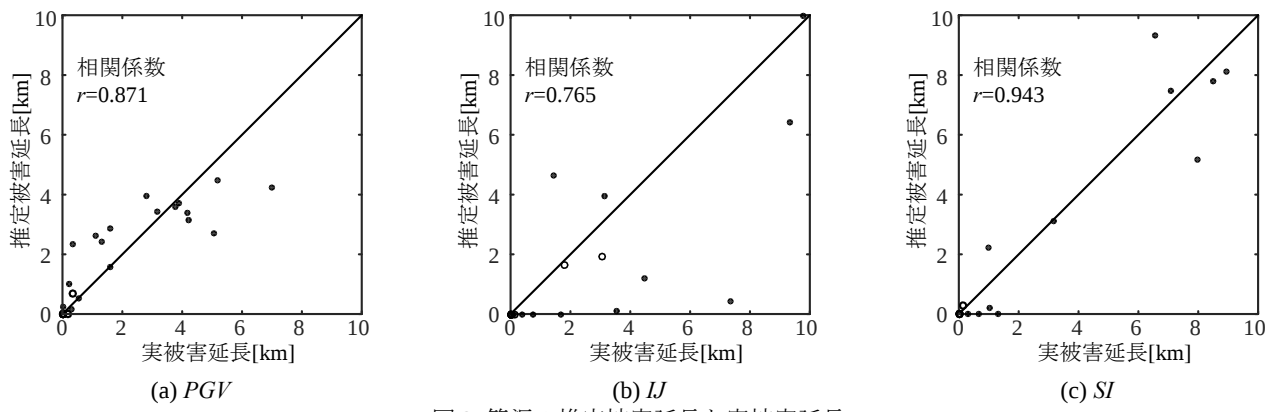


図3 管渠の推定被害延長と実被害延長

PGV に関しては、区間幅を 0.05m/s として被害率曲線を構築した。図 2(a)より、被害率曲線は $PGV=0.40\text{m/s}$ 程度で立ち上がり、 $C=0.0679$ に漸近する。 $PGV=0.80\text{m/s}$ 以下の領域では、文献 6)による被害率曲線とトレンドが類似しているが、熊本地震の被害率データは兵庫県南部における被害率データに比してその値が $1/3$ 程度である。図 3(a)より相関係数 $r=0.871$ と精度は比較的良好とも解

IJ に関しては、区間幅を 0.05 として被害率曲線を構築した。図 2(b)より、被害率曲線は $IJ=6.1$ 程度で急激に立ち上がり、モデルの適合度は良好に見える。しかし、図 3(b)に示すように、相関係数 r は相対的に小さく、 IJ による被害率曲線の適用には留意が必要となろう。

表 2 管渠の回帰定数

	C	λ	ζ
PGV	0.0679	100	44.9
IJ	0.987	6.48	0.156
SI	0.0437	102	7.96

SI に関しては、区間幅を $0.10\text{m/s} \cdot \text{s}$ として被害率曲線を構築した。 $SI=1.0\text{m/s} \cdot \text{s}$ 程度で立ち上がり、 $SI=1.2\text{m/s} \cdot \text{s}$ 程度で $C=0.0437$ に漸近する。 $SI=1.6\text{m/s} \cdot \text{s}$ 以上の白抜きの 3 点のデータを精査し、より適合度の高いモデル構築が必要である。

5.まとめ: 2016 年熊本地震の下水道管渠被害データに対して PGV , IJ , SI に対する被害率を算定し分析を行った。今後は管渠、口径、微地形区分などの観点からデータを精査し、より高精度な被害率曲線を構築する予定である。

謝辞 熊本市上下水道局・計画整備部・部長の田川浩氏、同・計画整備部・下水道整備課・課長の石原元晃氏をはじめ、熊本市上下水道局の関係各位におきましては、本報告及び分析の基礎となる熊本市下水道管渠の被害データを御提供いただきました。ここに、記して関係各位に謝意を表し、深く御礼申し上げます。

参考文献 1) 国土交通省: 熊本地震における水管理・国土保全局の対応, <http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/kumamotojishin.html> (2017/02/12 閲覧) 2) 若松加寿江, 松岡昌志: 全国統一基準による地形・地盤分類 250m メッシュマップの構築とその利用, 日本地震工学会誌, No.18, pp.35-38. 2013. 3) 水越湧太, 庄司学: 2016 年熊本地震における強震動の作用を受けた道路ネットワークの被害分析, 土木学会第 72 回年次学術講演会概要集(DVD-ROM), 2017.9 4) 防災科学技術研究所: 強震観測網(K-NET, KiK-net), <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/> (2017/2/12 閲覧) 5) 気象庁: 強震波形 (熊本県熊本地方の地震), http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/jishin/1604160125_kumamoto/index.html (2017/02/12 閲覧) 6) 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.I_921-I_946, 2014.