

兵庫県南部地震の被災データに基づく下水道管路網の地震脆弱性評価

筑波大学 学生会員 ○那波 悟志 筑波大学 正会員 庄司 学 鹿島技術研究所 正会員 永田 茂

1. 目的 水処理系のライフライン施設の地震脆弱性評価については、上水道管路に対しては数多くの研究実績が挙げられるが[1][2]、下水道管路に関しては研究事例が少なく[3][4]、より精密な被害の推定式の構築が求められている。本研究では、兵庫県南部地震による神戸市全域における下水道管路被害データに基づき、それらの地震被害率曲線の構築を試みた。

2. 分析対象とするデータ 下水道管路の被害データおよび噴砂の発生データに関しては、神戸 JIBANKUN[5]を活用した。下水道管路のデータに関しては、数値地図 2500 に基づく道路データで代用した。地震動分布に関しては、11 点の強震観測点データより工学的基盤面における地震動分布を推計し、表層の地質構造を反映した上で地表面上の計測震度、PGV, PGA を求めた。微地形区分に関しては、J-SHIS[6]によるテキストデータを活用した(図 1)。下水道管路の被害データは、被害箇所と被害スパンの 2 種類であり、それぞれポイントデータとラインデータとして記述されている。これらの被害データとラインデータである下水道管路をポリゴンデータである 250m メッシュの推定地震動分布および微地形区分、噴砂データと統合した(図 2)。被害箇所は下水道管路に物理的な被害が発生した箇所を、被害スパンは下水道管路で滞水が発生し下水機能が停止した長さを示し、被害箇所の総数は14,465件、被害スパンの総延長は 86,207m であった。

3. 下水道管路被害と地震動強さの関係 被害箇所数 x 、被害スパン数 n 、滞水長さ L_d 、管路長さ L と地震動強さの関係を被害形態、管径、管種、微地形区分、噴砂の発生の有無の観点から集計した。図 3 には、被害箇所数 x の計測震度に対する累計値を一例として示す。被害形態の観点から x の値を見ると、クラックの場合が最も大きく、次いでたるみ・蛇行、破損、浸入水の順に小さくなっている。また、被害形態によらず、計測震度 5.8 付近から被害が生じ始め、計測震度 6.2 付近から急激に被害箇所数が大きくなっている。管径に関しては、250mm の場合に x の値が最も大きく、次いで 200mm, 300mm の順に小さくなっている。また、管径 250mm の場合には、先述した被害形態における特徴と同様に、計測震度 5.8 付近から被害が生じ始め、計測震度 6.2 付近から急激に被害箇所数が大きくなっている。管種に関しては、ヒューム管の場合に x の値が最も大きく、次いで陶管、VP 管の順に小さくなっている。また、ヒューム管の場合には被害の生じる計測震度が管径 250mm の場合と同様であるのに対して、陶管においては、計測震度 6.2 付近で大きな被害が生じるがそれ以上では大きな被害が現れない。微地形区分に関しては、扇状地の場合に x の値が最も大きく、次いで三角州・海岸低地、埋立地、砂礫質台地の順に小さくなっている。また、微地形区分によって被害の発生する計測震度に相違があり、扇状地においては計測震度 6.2~6.3、三角州・海岸低地においては計測震度 6.4 付近、埋立地においては計測震度 6.3 付近、砂礫質台地においては計測震度 5.7~6.0 となっている。噴砂の発生に関しては、発生ありの場合に計測震度 6.3 付近に被害が集中している。

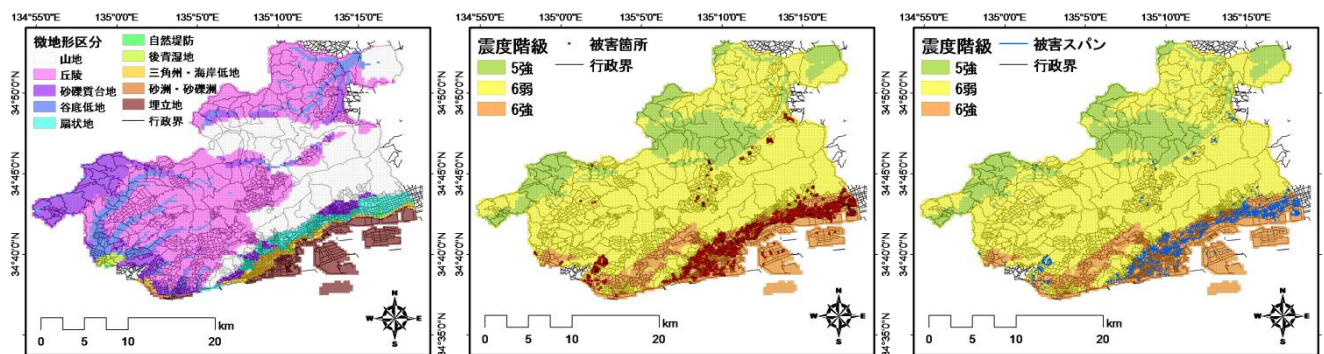


図 1 微地形区分

a) 被害箇所

b) 被害スパン

図 2 下水道管路被害と推定地震動分布

キーワード 下水道管路, 兵庫県南部地震, 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

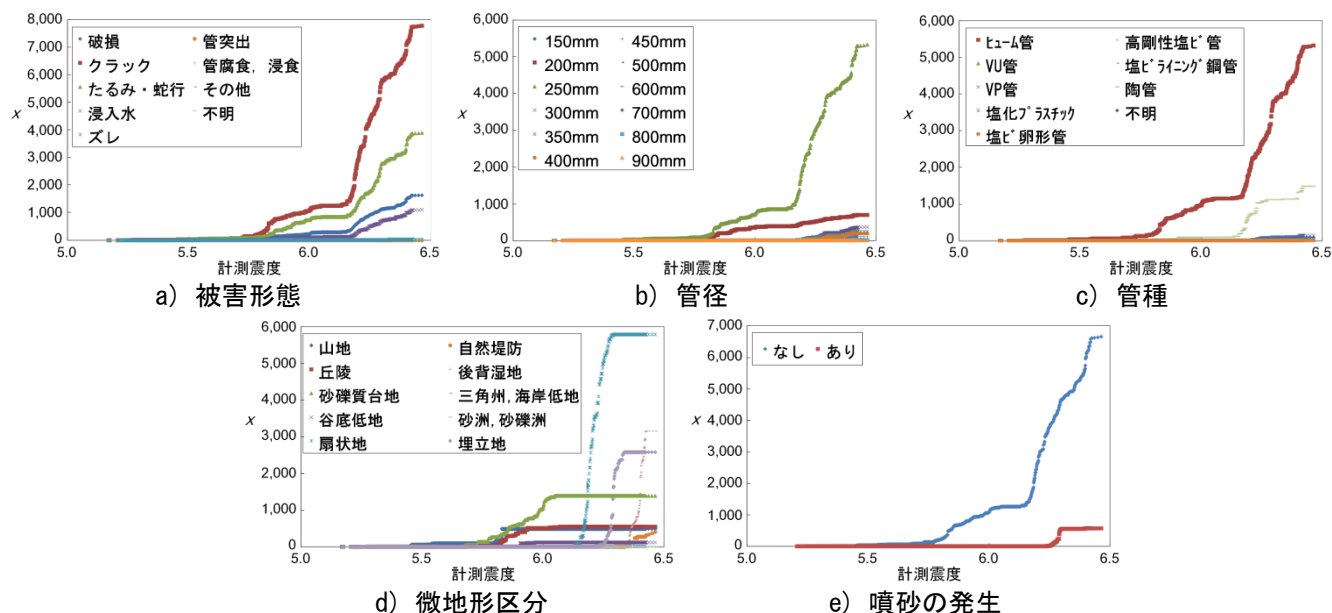
図3 被害箇所数 x と計測震度の関係

表1 地震被害率曲線の算定式の回帰定数

	C [件/km]	λ	ξ	μ	σ
計測震度	33.25	-	-	6.71	0.63
PGV	27.72	5.24	0.779	255.61[cm/s]	233.55[cm/s]
PGA	9.15	6.71	0.031	818.33[cm/s ²]	25.26[cm/s ²]

4. 地震被害率曲線の構築 被害率を x/L と定義し、その地震動強さとの関係を地震被害率曲線として求めた(図4)。地震被害率曲線は、丸山・山崎[7]による手法に倣い、地震動強さ a に対して、正規分布および対数正規分布により式(1)のようにモデル化した。地震動強さとして計測震度を用いる場合は正規分布, PGV および PGA を用いる場合は対数正規分布でそれぞれモデル化した。その際、地震動強さ a に対応した管路長さ $\hat{L}_a$ による重み付き最小二乗法を適用し(式(2)), 被害率データに対してフィッティングを行った。

$$R(a) = C\Phi\{(a - \mu)/\sigma\}, \quad R(a) = C\Phi\{(\ln a - \lambda)/\xi\} \quad (1)$$

$$\varepsilon = \sum_a \left\{ \left(\frac{\hat{x}}{\hat{L}_a} \right) - R(a) \right\} \hat{L}_a \quad (2)$$

被害率データとしては、扇状地、自然堤防、三角洲・海岸低地、後背湿地の微地形区分に該当し、さらに、噴砂の発生なしのデータを用いた。なお、表1には地震被害率曲線の算定式の回帰定数をそれぞれ示す。

5. まとめ 本研究では、兵庫県南部地震における下水道管路被害データと計測震度、PGV および PGA との関係を被害形態、管径、管種、微地形区分、噴砂の発生の有無の観点から分析した。その上で、被害箇所数 x を管路長さ L で除した x/L を被害率と定義し、地震被害率曲線の構築を試みた。

謝辞 本研究は、平成21年度国土交通省・建設技術開発助成「下水道システムの地震被害応急復旧戦略シミュレータの開発」(研究代表者、鹿島建設株式会社技術研究所・永田茂博士)の助成を得て実施されたものです。また、そのプロジェクトの一環として、「神戸 JIBANKUN」データを活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] 磯山龍二, 石田栄介, 湯根清二, 白水暢: 下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, 第2号, pp.25-40, 1998 [2] 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70巻, 第3号, pp.21-37, 2001 [3] 大規模地震による下水道被害想定検討委員会: 大規模地震による被害想定手法及び想定結果の活用方法に関するマニュアル, 2006 [4] 加藤篤史, 濱田政則: 新潟県中越地震による上下水道埋設管路の被害データベースの構築と分析, 土木学会第63回年次学術講演会講演概要集, pp.669-670, 2008 [5] こうべまちづくりセンター: JIBANKUN とは, <http://www.kobe-toshi-seibi.or.jp/matise/n/jibankun/jibankun.htm> [6] 防災科学技術研究所: J-SHIS, <http://www.j-shis.bosai.go.jp/> [7] 丸山喜久, 山崎文雄: 近年の地震データを考慮したマクロな配水管被害予測式, 第30回土木学会地震工学研究発表会論文集, CD-ROM, 2009

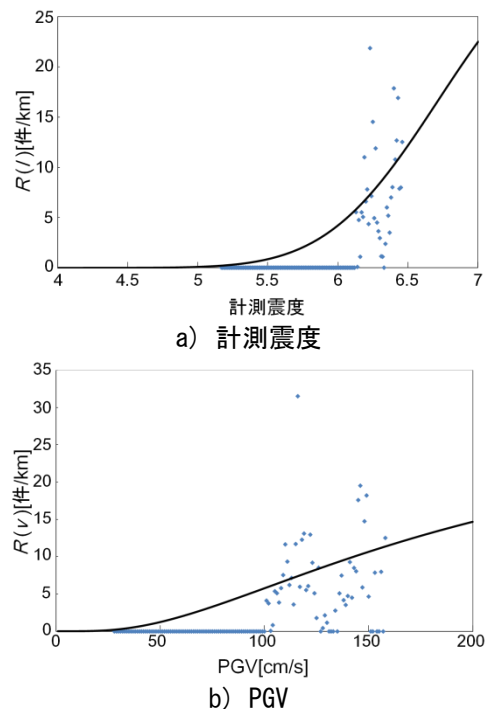


図4 地震被害率曲線