

2016年熊本地震による宇城市での被害情報に基づく水道管ネットワークの被害関数の構築 Development of a damage function for water networks based on the damage information in Uki City during the 2016 Kumamoto Earthquake

○松島信一・Pierre GEHL
○Shinichi MATSUSHIMA, Pierre GEHL

In order to mitigate damage due to earthquakes, it is necessary to estimate the damage to structures and infrastructures and take measures according to the estimation. Due to the 2016 Kumamoto earthquake, around 50 repair operations on various locations of the underground water pipeline system in Uki City were conducted. This study focuses to derive repair-rate functions of water pipelines based on the collected data from Uki City. A Bayesian updating framework is adopted to estimate the ground motion during the earthquake as well as the repair-rate functions. The results show that the derived repair-rate equation is consistent with some existing functions for ductile pipelines.

1. はじめに

地震による災害を軽減するためには、構造物やインフラストラクチャーの地震時被害を予測し、耐震化などの対策を講じることを検討する必要がある。よりの確な対策をするためには、高精度な被害予測が必要であり、そのためには高精度な被害関数が必要となる。本研究は、平成28年(2016年)熊本地震の際に熊本県宇城市において発生した水道管ネットワークの被害に基づいて、被害関数を構築することを目的とした(Gehl et al., 2020)。

2. 水道管ネットワークと被害について

宇城市土木部上下水道課水道施設係から提供頂いた水道管ネットワークをデジタル化し、要素ごとに属性を与えた。水道管は管径によって3つに分類され、管径の割合は、50~100mm、125~450mm、500~1200mmがそれぞれ73.5%、26%、0.5%である。宇城市全体の管長は約508kmで、松橋・小川地区だけで約378kmと推定される。図1に松橋・小川地区での水道管ネットワークモデルのグラフを示す。グラフは2350の節点(ノード)と2848の辺(エッジ)で構成される。図中の●は貯水池・タンク、●は配水ノード、●は交点ノードを示し、エッジは管径によって色分けをしている。

2016年熊本地震による宇城市松橋・小川地区における水道管ネットワーク被害については、資料(宇城市土木部上下水道課水道施設係, 2017)か

ら被害箇所と被害状況を50箇所について読み取り、被害状況から被害程度を推定した。被害は小管径の延性鉄製やポリ塩化ビニル管製に限定されていた。



図1 宇治市松橋地区の水道管ネットワーク
(●:貯水池・タンク、●:配水ノード、●:交点ノード、管径 —:500~1200mm、—:125~450mm、—:50~100mm)

3. 宇城市における地震動分布の推定

2016年熊本地震による地震動分布は最大速度(PGV)を対象とし、QuiQuake(松岡・山本, 2009)と米国地質調査所(USGS, 2016)による推定PGV

分布を用いる。また、Chiou and Youngs (2008)および司・翠川(1999)の地震動予測式を、USGS (2006)、Kubo et al. (2016)、Asano and Iwata (2016)の3つの震源断層モデルと組み合わせて、6つの推定 PGV 分布を考慮する。地盤増幅については、Chiou and Youngs (2008)では J-SHIS (NIED, 2011) の AVS30 をパラメータとし、司・翠川(1999)では J-SHIS の地盤増幅率を直接用いた。合計 8 ケースの推定 PGV 分布を対象とした。推定 PGV 分布は、Gehl et al. (2017)によって開発されたベイズネットワーク手法を用いて、K-NET と KiK-net (Aoi et al., 2004)での観測記録に基づくベイズ更新を行って求めた。

4. 水道管ネットワークの被害関数の構築

図 2 に資料から読み取った被害箇所を水道管ネットワークのグラフおよびケース C23 (司・翠川(1999)+Asano and Iwata (2016))の推定 PGV 分布と比較して示す。被害は PGV が比較的大きい箇所が発生しているものの、同じような PGV でも被害が発生していないことが分かる。

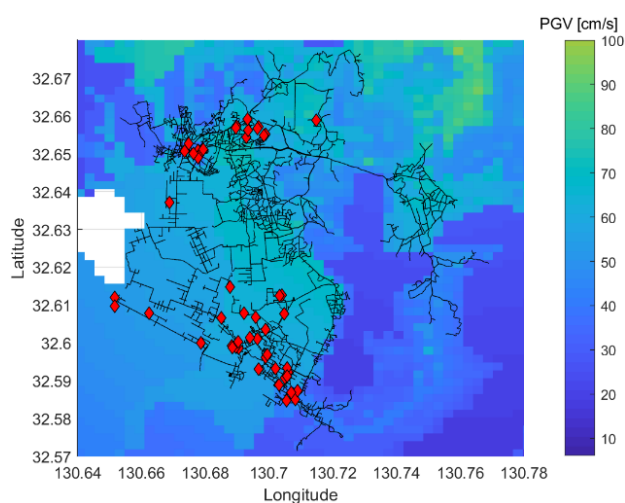


図 2 水道管ネットワークの被害箇所 (PGV 分布はケース C23 (司・翠川(1999)+Asano and Iwata (2016)による) (◆:被害箇所、—:水道管)

既往の研究と同様な関数形を仮定して被害関数の推定を試みたが、ノードの数に対する被害データが少なすぎるため、安定した解が得られなかつ

た。次に、既往の被害関数から推定されるパラメータ分布を考慮し、各推定 PGV 分布に対してベイズ更新(Gehl et al., 2017)によって被害関数を推定したところ、既往の被害関数と同様な結果が得られたものの、ばらつきが大きい結果となった。そこで、全 8 ケースの PGV 分布を用いたベイズ更新によって被害関数の推定を行ったところ、図 8 のような関数が得られた。

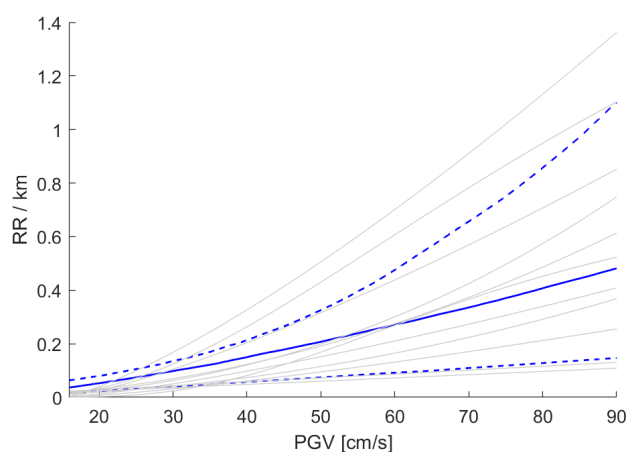


図 3 全地震動予測モデルを考慮して推定した水道管ネットワーク被害関数 (実線:平均、破線:5~95%信頼区間)

5. まとめ

2016 年熊本地震の際に宇城市で発生した水道管ネットワークの被害に基づいて被害関数を推定する方法について検討し、延性素材の小管径の水道管の被害関数を推定した。今後は、PGV 分布の空間相関や表層地質との関係を考慮することにより、より確からしい被害関数を構築することを目指す。

謝辞：資料の提供に関し、宇城市土木部上下水道課水道施設係および京都大学防災研究所丸山敬教授と熊本大学大学院先端科学研究部物質材料化学部門建築構造・防災分野友清衣利子准教授の協力を得た。また、本研究を実施するのに、東大地震研一京大防災研拠点間連携共同研究と French Institute Carnot Mobility Fund の支援を得た。記して感謝の意を表す。