

水道施設損傷が水道管路システムの断水率に与える影響評価

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○村越 雄太
 京都大学大学院工学研究科 正会員 小池 武

1. はじめに

水道管の地震時被害を把握する指標として、管路被害率(管体の被害箇所数/水道管の布設延長)と断水率(断水戸数/給水戸数)がある。これらは、地震直後の被害状況を把握するために使用されるし、将来の地震防災対策を検討する際の被害想定指標としても用いられる。従来は、想定する地震動における管路被害率を求め、兵庫県南部地震の被害実績から作成された標準被害率曲線の被害率・断水率関係と比較することで断水率を推定してきた。しかし、この断水率推定方法は水道施設(たとえば、浄水施設、ポンプ施設、配水池など)の損傷が断水に与える影響は考慮していない結果、その推定精度は必ずしも良くない。(図-2)

本研究は、水道管路の被害に加えて水道施設の被害も考慮に入れた新しい断水率を推定する方法を提案する。

2. 水道管路システムの形状

水道管路システムは図-1に示すように一般的に送水管、配水本管、配水管から構成され、ノード(点)とリンク(線)からなる。送水管の始点ノードに浄水場、途中ノードにタンク、途中リンクにポンプ施設などの水道施設が配置され、配水本管中に配水池(タンク)が存在している。

3. 提案する断水率算定方法

断水率を次式で定義する。

$$\zeta = \frac{n}{N} \quad (1)$$

ここで、 n : 断水戸数、 N : 給水戸数であり、断水が発生するプロセスとして、次の3つのパターンが存在する。

- 1) 送水管の一部需要端が非連結状態となり、その需要端に連結する配水本管全てで断水が発生
 - 2) 配水本管の一部需要端が非連結状態となり、その需要端に連結する配水管全てで断水が発生
 - 3) 配水管の一部管路が損傷してその街路区間で断水が発生、あるいは配水管網内の非連結により断水が発生
- 以上3つのパターンを考慮した断水戸数算定式を示す。

キーワード 水道管路、水道施設、管路被害率、断水率
 連絡先 〒615-8530 京都市西京区京都大学桂

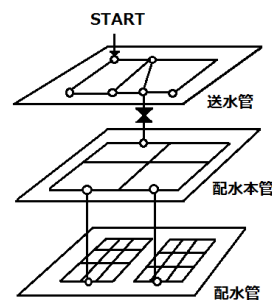


図-1 機能的に分離した水道管路システム

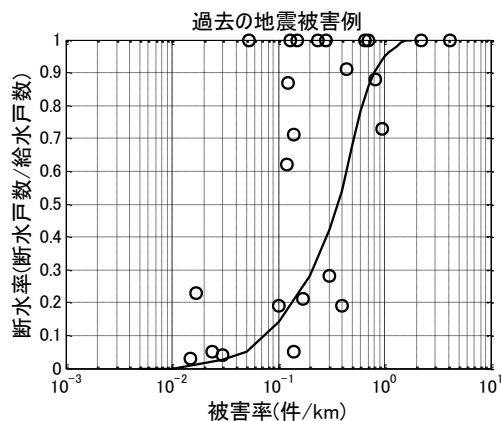


図-2 標準被害率曲線と過去の被害実績

$$n = \sum_{k=1}^j \{ (1 - P_{Sk})(1 - P_{Rk})P_{Hk}m_k + (1 - P_{Sk})P_{Rk}m_k + P_{Sk}m_k \} \quad (2)$$

ここで、 P_{Sk} : 送水管第 k ノード非連結確率、 P_{Rk} : 配水本管非連結確率、 P_{Hk} : 配水管断水率、 m_k : 送水管第 k ノード下給水戸数である。

非連結確率とは、始点ノードから需要端ノードまでの全てのルートが通行不可能となる確率である。各ルートにおいて、リンクもしくはリンク・ノード上の水道施設に損傷が発生した場合、そのルートは通行不可能とする。

リンクの損傷発生確率は、発生事象がポアソン過程に従うと仮定すれば次式で求めることができる。

$$p_f = 1 - \exp(-L \cdot R_m(v)) \quad (3)$$

ここで、 L : 管路延長距離[km]、 $R_m(v)$: 配水管被害率[件/km]であり、配水管被害率 $R_m(v)$ は管種、管径、地盤、液状化の各補正係数と日本水道協会¹⁾が定める標準被害率曲線 $R(v)$ の積である。

水道施設の損傷発生確率は、HAZUS99²⁾に記載されて

いる Fragility curve を使用した。

配水管断水率とは、一つの配水管網における給水戸数に対する断水戸数である。配水管網内の各リンクの給水先は一律であり、各リンクの給水範囲を図-3の灰色部分のように仮定した時、配水管断水率は、全リンク数に対する非連結状態であるリンク数となる。

4. 数値計算結果と考察

4.1 解析モデル

解析モデルを図-4,5に示す。図-4の二重四角ノードに浄水場、四角ノードにタンクが存在しており、各ノードから配水本管が連結している。図-5の配水本管の上流部には配水池が存在し、格子状の配水管へと連結している。

4.2 解析内容

解析モデルの被害率と過去の地震被害の被害率を示した結果を図-6に示す。水道施設の損傷が断水率に与える影響を考察するために、水道施設の損傷を考慮に入れて算定した断水率、水道施設の損傷を考慮に入れて算定した断水率と、過去の地震被害の断水率を図-7に示す。いずれの図においても、丸印が過去の地震被害例である。

4.3 解析結果の考察

図-6について、解析結果と過去の地震動における被害率との間には多少誤差があるが、これは地盤状況や水道管路ネットワーク形状の違いが原因であると考えられる。

図-7について、水道施設の損傷を考慮に入れると、管路のみから算定した場合に比べて断水率が大幅に上昇していることから、HAZUS99に記載されている Fragility curve を用いた場合水道施設の損傷が断水率に与える影響は大きいと考えられる。いずれの解析結果においても実際の地震被害と差異が生じているが、これは配水管被害における断水発生範囲を最小限の範囲と仮定して解析したためであると考えられ、断水発生範囲を考察することでより精度の高い推定が可能になると考えられる。

5. 結論

- ・水道施設損傷を含めた断水率の推定方法を提案した。
- ・HAZUS99に記載されている Fragility curve を使用した場合、水道施設の損傷が断水にもたらす影響が大きいことを確認した。

参考文献

- 1) 日本水道協会：地震による水道管路の被害予測、平成10年11月
- 2) FEMA: HAZUS99, 1999.

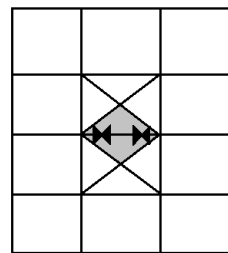


図-3 配水管断水率

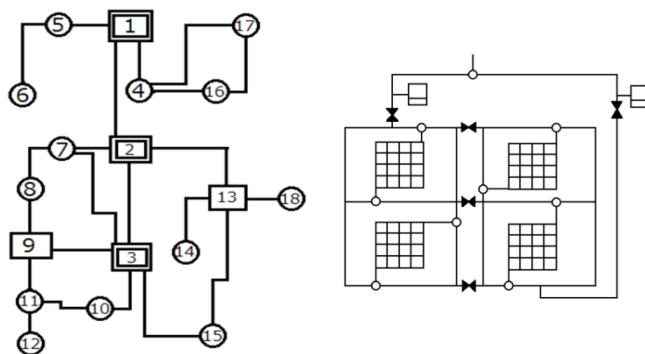


図-4 送水管モデル

図-5 配水本管・配水管モデル

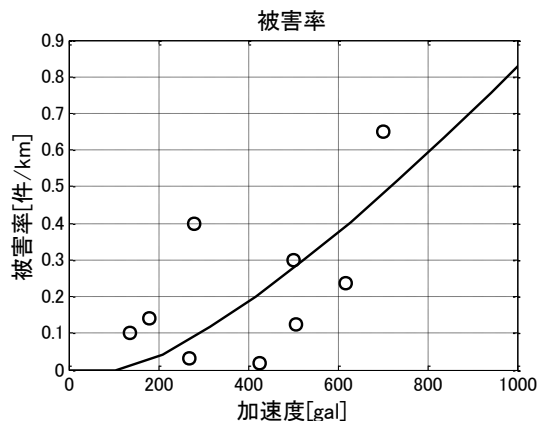


図-6 被害率に関する解析結果と被害例との比較

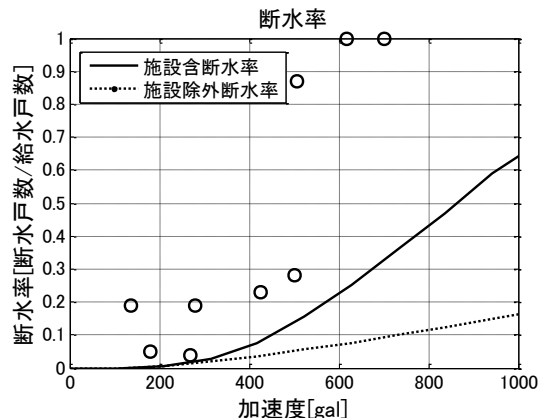


図-7 断水率に関する解析結果と被害例との比較