断水影響度を指標とした水道管路の更新優先順位付け手法の研究

○小林　優一（クボタ）　　藤井　宏明（クボタ）

１．はじめに

国内の水道管の老朽化が急激に進行しており、各地で発生する漏水事故は地域の経済活動や住民生活に影響を及ぼしているケースも出てきている。昨年発生した能登半島地震による大規模断水の発生など、水道管路のリスクと重要性がより浮き彫りになってきている。

いつでも水にアクセスできる強靭な水道管路を維持するためには管路の重要度、老朽化状況や耐震性、漏水時の影響の大きさ等を考慮し、効果的な管路の更新計画の立案・更新工事を行うことが求められている。これまで、管路の老朽度評価においては従来よりも高精度に評価が可能な方法（以下、AI 老朽度評価）を研究し、掘上げ管との対比等を行い高い予測精度を確認してきた[1)]。加えて、耐震性評価においてはAI 技術を活用してピンポイントで管路の地震被害予測を行う方法（以下、AI 地震被害予測手法）の研究を行ってきた[2)]。

本報告ではこれらのAI 技術を用いて予測した管路の事故の発生確率と事故影響を考慮した断水影響度を指標として、管路の耐震化更新の効果を最大化させる管路の更新優先順位を決定する手法について報告する。

２．断水影響度を考慮した更新優先順位の決定

本手法では、水道事業の運営では断水の発生を抑制し水道供給を維持し続けることが重要と考え、漏水事故の発生確率とその事故による断水戸数の大きさ(戸)、その断水の復旧日数(日)の積を断水影響度として定義し、管路の更新優先順位付けの指標とした。

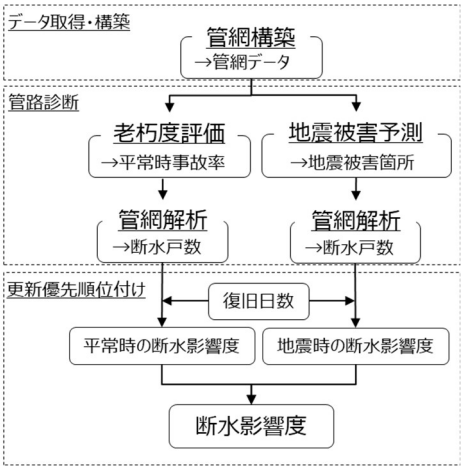


図１　断水影響度の算出フロー

図１に断水影響度の算出フローを示す。まず、管網を構築し管網解析が可能な管網データを取得する。次に、老朽度評価を行い老朽化による平常時事故率(件/年/km)を予測し、加えて地震被害予測で予測された被害率(件/km)から地震被害箇所を推定する。その後、管路が漏水した場合の断水戸数を管網解析を用いて算出する。最後に復旧日数を考慮して管路毎に老朽化起因の平常時の断水影響度と地震時の断水影響度を算出する。

平常時と地震時の断水影響度は同じ単位であるため、平常時と地震時の断水影響度の和から両方を考慮した更新優先順位付けが可能である。

（１）　平常時の断水影響度の算出

老朽化により発生する漏水を想定した平常時の断水影響度E_n(戸・日/年/km)の算出方法を式(1)，(2)に示す。

$$E_n = H_n \cdot R_n \cdot P_n \qquad \cdots(1)$$

$$P_n = f(t) \cdot C_p / 100 \qquad \cdots(2)$$

ここでE_n：平常時の漏水による断水影響度(戸・日/年/km)、H_n：漏水一件あたりの断水戸数(戸/件)、R_n：復旧日数(日)、P_n：断水に至る漏水事故が発生する確率(件/年/km)、$f(t)$：平常時事故率(件/年/km)、C_p：断水発生割合(%)

断水影響度を指標とした水道管路の更新優先順位付け手法の研究

漏水一件当たりの断水戸数（H_n）は、管網解析を用いて漏水事故が発生した管路を不通としたときに水圧が規定値以下になる管路（以下、断水管路）を抽出し、断水管路の供給水量から断水戸数を算出した（図 2）。また、断水に至る漏水事故が発生する確率（P_n）は、AI 老朽度評価により算出した管路の平常時事故率と実績値を基にした断水発生割合（C_p）（断水発生件数/漏水事故件数）の積で算出した。

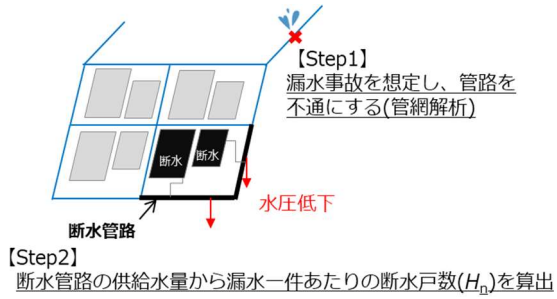


図 2　平常時の断水戸数の予測

（２） 地震時の断水影響度の算出

地震により発生する漏水を想定した地震時の断水影響度 E_d(戸・日/年/km)の算出方法を式(3)に示す。

$$E_d = H_d \cdot R_d/100/Y_d/L \quad \cdots(3)$$

ここで、E_d：地震時の漏水による断水影響度(戸・日/年/km)、H_d：管路更新前後の断水戸数の差(戸)
R_d：断水被害度(日・%)、 Y_d：地震発生間隔(年)、L：管路長(km)

地震時は複数の管路が同時に漏水して流量が流出し断水管路が発生するため、どの管路がどの程度の断水管路を発生させているか把握する必要がある。そこで、AI 地震被害予測手法の予測結果に基づいて地震被害シナリオを設定し、管網の断水戸数と被害管路 n を耐震化した後の管網の断水戸数の差を算出し、管路更新前後の断水戸数の差を被害管路の断水戸数（H_d）とした。

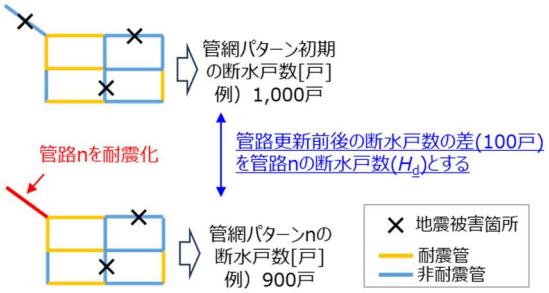


図 3　地震時の断水戸数の予測

また、断水被害度（R_d）は、被災直後の断水率と復旧日数を掛け合わせて算出した。地震発生間隔（Y_d）は、当該地域の想定地震が発生すると予測される間隔とした。

３． 管路の更新優先順位と更新効果の分析

更新効果を比較するために、断水による影響（断水戸数(戸)と復旧日数(日)の積）を比較した。具体的には、管路延長が約 580km の A 市で平常時事故率及び地震被害率を基にランダムに漏水箇所を設定し断水による影響を算出、経年順で更新する場合と本手法のそれぞれの更新優先順位上位 10%を更新したときの断水の影響を比較し、本手法の方が断水による影響を大幅に低減できることを確認した。

４． おわりに

漏水事故の発生確率と漏水事故が配水管網に及ぼす影響を考慮して、断水影響度を指標として更新優先順位を設定する方法を検討した。また、想定シナリオにおいて断水戸数を経年順の更新より低減させることができた。今後、複数の地震被害シナリオを考慮した断水影響度の算出方法の検討や断水影響度に基づいて管路の更新を繰り返したときの投資対効果を定量化し、効果的な管路更新計画の立案に貢献していく。

【参考文献】

1）小林優一ら，令和 6 年度水道研究発表会，pp184-185(2024)，日本水道協会
2）金子正吾ら，令和 6 年度水道研究発表会，pp904-905(2024)，日本水道協会