

第 I 部門

水道事業規模による管路耐震化状況の定量的評価手法

神戸大学大学院工学研究科 学生員 ○安井 裕一
 神戸大学工学部 学生員 高士 直哉
 神戸大学大学院工学研究科 正会員 鉾田 泰子
 神戸大学大学院工学研究科 フェロー 高田 至郎

1. はじめに

近年、甚大な被害をもたらす地震が多発する中、水道事業体においても事業規模を問わず甚大な被害に見舞われている。各事業体では、管路更新および耐震化などの事前対策と、被災後の初動体制や連絡網の強化さらには地震時緊急対応マニュアルの整備などの事後対策の両面から地震防災対策が実施されている。事前対策を実施するためには、水道事業体の現状把握が必要不可欠となってくる。本稿では、管路耐震化状況を定量的に評価する手法を提案するとともに事業規模による耐震化低減効果について明らかにした。

2. 管種口径指数と被害率との関係性

本研究では、兵庫県南部地震の被害データに基づいて日本水道協会¹⁾により提案されている管路被害予測式の補正係数の内、地震被害に影響を及ぼすと考えられる管種補正係数と口径補正係数に着目した。各係数は値が大きくなるにつれて被害が受けやすいことを示している。それらを地震時における埋設管の潜在的被災危険度として捉え、新たに事業体ごとに地震被害危険度を示す指数として管種指数、口径指数を定義した。それぞれの算出式を式(1)～(3)に示す。

$$C_p' = \sum C_p L_p / \sum L_p \quad (1)$$

$$C_d' = \sum C_d L_p / \sum L_p \quad (2)$$

$$C_{pd}' = C_p' C_d' \quad (3)$$

ただし、 C_p' ：管種指数、 C_p ：管種補正係数、 L_p ：管路延長(km)

C_d' ：口径指数、 C_d ：口径補正係数、 C_{pd}' ：管種口径指数

口径、管種ごとに補正係数を管路延長で重み付けしたものの和の積を管種口径指数と定義した。一方、一般的な被害予測式では、それぞれの管路の管種、口径で補正された値を重み付け平均するものである。能登半島地震で被災した事業体の水道管路延長に基づいて管種、口径指数を算定したものを表-1に示す。また、管種口径指数と管路ごとに管種・口径で補正された値との関係を輪島市、門前町において比較する。輪島市では前者は1.26に対して後者は1.21、門前町では前者が1.12に対して後者は1.19との結果が得られ、それらの関係はほぼ整合的であることが確認できる。

次に、実際の管路被害率との関係について検討した。能登半島地震時の門前町、輪島市、穴水町、七尾市、志賀町の各市町村における管路被害率と、日本水道協会の地震動に応じた標準管路被害率（式4）に表-1の管種口径指数を乗じた推定管路被害率との関係を図-1に示す。

$$R(v) = 3.11 \times 10^{-3} \times (v - 15)^{1.30} \quad v : \text{最大速度(kine)} \quad (4)$$

図-1より、実際の管路被害率よりも推定管路被害率の方が被害を大きく評価している。これは、能登半島地震において、硬質塩化ビニル管がダクタイル鋳鉄管に対して補正係数に示されている比率ほど実際には被害を受けておらず、また、敷設管路の中で、硬質塩化ビニル管の占める割合が大きくなっていることが挙げられる。しかし、推定管路被害率と実際の管路被害率との間には比例的な関係が見られ、管種口径指数は実際の被害危険度を評価できるものといえる。

表-1 能登の事業体における指数

水道事業体	管種指数	口径指数	速度(kine)
穴水	0.38	1.20	98
富来	0.37	1.17	25
門前	0.54	1.38	48
志賀	0.47	1.23	33
輪島	0.69	1.21	90
七尾	0.74	1.07	39

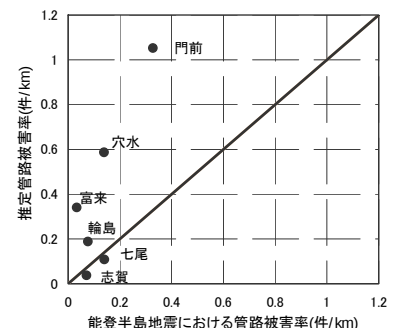


図-1 能登半島地震における管路被害率と推定管路被害率

3. 事業規模に応じた水道事業体の管路被害危険度

平成 16 年度の兵庫県水道統計資料²⁾を参考に、兵庫県下の 59 市町村における水道事業体を給水人口規模に応じて分類し、各給水人口規模における地震被害危険度を、管種指数、口径指数、管種口径指数で図-2 から図-4 に示すように算出した。事業体の給水人口規模が 10 万人以下の事業体では危険度に差異がなく、また給水人口が多くなるにつれて、各指数は減少傾向にあることがわかる。給水人口が多い事業体ほど耐震継手のダクタイル管路やその他のダクタイル管路の採用が多く、給水人口が少なくなれば塩化ビニル管が管路全体に占める割合が高くなるためといえる。給水人口が 100 万人以上の大都市事業体と比較して、給水人口の少ない事業体では、管種指数で最大 2.7 倍、口径指数で最大 1.3 倍、さらに管種口径指数で最大 3.5 倍の違いが生じている。つまり、中小規模水道事業体では地震被害に対して脆弱であるといえる。

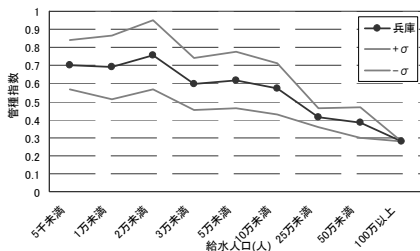


図-2 給水人口別管種指数

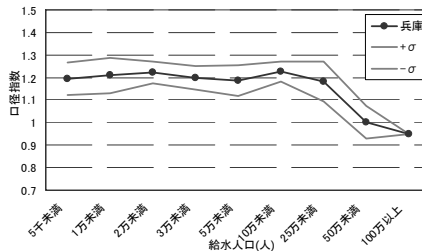


図-3 給水人口別口径指数

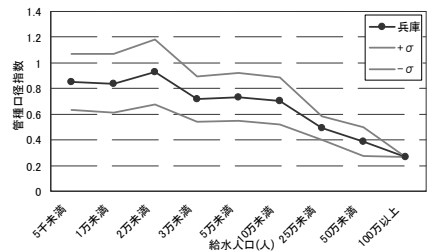


図-4 給水人口別管種口径指数

4. 水道事業規模に応じた管路更新による地震被害危険度低減効果

現在、耐震継手管路は口径φ75mm以上が対象となっている。そこで、管路システムを変化させないように口径は考慮せず、φ75mm以上の管路について管種を耐震管路に更新した場合の管種口径指数の変化について検討した。図-5に示す「全更新」とはφ75mm以上の管路を全て耐震管路に更新した場合の指数を示す。また、各事業体が年間に投資している配水施設費用を仮に全て管路更新に充てた場合の10年後、20年後、30年後の管路口径指数も併せて示している。

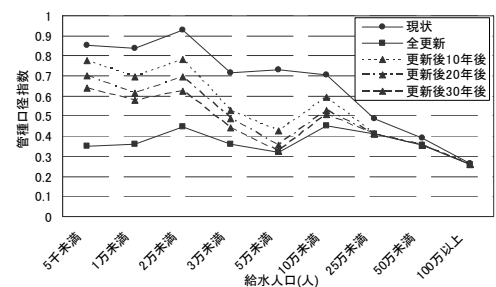


図-5 地震被害危険度の低減効果の様子

全更新すれば、水道事業体の規模を問わず、ほぼ同程度の水準まで危険度が軽減することが分かる。また都市水道事業体では更新前後で変化はほとんど見られないが、給水人口が2万人以上10万人未満の事業体では、年間に管路更新等の事業費に余裕があり、今後10年間の更新方法によって大都市事業体とほぼ同程度の指数にまで低減できることが明らかになった。一方、2万人以下の事業体においては、他の事業体と比べ配水施設費用が少ないため、単年度の管路更新可能延長が限定されることが原因であると考えられる。そのため、大都市水道事業体と比較しても早急な対策が要求されている小規模水道事業体の現状においては、管路更新もさる事ながら震後の緊急対応等で安定した水供給ができるように対策することが望まれる。

5. まとめ

本稿では、水道事業規模に応じた地震防災策の提言に向けて、水道事業体の管路地震被害危険度に関する定量的評価手法の提案を行った。給水人口規模が小さくなるほど地震に対して脆弱になることが分かった。また、給水人口2万人以上の事業体では、今後10年間の更新方法によって危険度を大幅に低減できることが明らかになった。それ以下の事業体では、管路の耐震化だけでなく、震後の緊急対応の充実化を図るなど事後対策と併せて対策すべきであると考えられる。本研究では、配水施設費用を全て管路耐震化に充当させた場合を想定しているが、配水施設費用と管路耐震化費用の比率について、さらに検討する必要がある。

<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，1998.11
- 2) 兵庫県：水道統計，内部資料