

既設水道ライフラインシステム耐震化投資のための耐震性能指標

東京都市大学 和田 脩平

京都大学 小池 武

東京都市大学 丸山 収

1. はじめに

日本の既設水道管網の多くが建設以来半世紀以上経過して、システムの一部に劣化が進行し、災害時に多大の被害を起こす懸念があり、その被害を軽減するために、水道システムの地震防災事業の推進が望まれている。現在、各事業体で老朽管更新事業は行われているが、防災投資をする際、ユーザーに対して投資した費用の分管路を耐震化・更新した場合、被害の軽減効果を定量的にわかりやすく指標で示す必要がある。しかし、現行の老朽管更新事業の計画書には示されていないのが現状である。

そこで、本研究では、地震防災事業による管路の耐震化・更新が断水率改善に及ぼす影響を定量的に評価する手法を開発し、定量的なわかりやすい指標を作成する。

2. 既設水道事業体の耐震化管路更新計画

ここでは、横浜市の管路の劣化と耐震化の進捗状況を例にとる¹⁾。横浜市全体の水道管総延長約 9000km に対して、老朽化した管路の延長は H12 年時点で 755km とされ、表 1 のように更新が進められている。しかし、高度経済成長期に整備した約 2900km の管が順次、法定耐用年数（40 年）を迎えようとしており、継続的な管路更新が望まれる。

表 1. 劣化管路更新状況(単位: km)

	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
改良延長	66	68	69	66	71	81	85	85	85	80	65
改良済み延長	66	134	203	269	340	421	506	591	676	756	821
残延長	755	687	618	552	481	400	315	230	145	65	0

このように、今後は水道施設の大規模更新が行われていく中で、その事業推進をはかるためには管路更新事業の妥当性を市民へ説明する必要があるが、現在の更新計画案では一般市民では理解しにくい内容となっている。

3. 性能明示型耐震性能

そこで、本研究では水道ライフラインネットワークの耐震性能を表す指標として以下を用いる。

(1) 物理的損傷

現在、管路の物理的損傷を表す指標である被害率は以下の式(1)より算定される²⁾。

$$v(D, V) = C_1 C_2 C_3 C_4 v_0(D, V) \quad (1)$$

ここで、

D : 管径, V : 地震動応答速度

C_1 : 管種補正係数, C_2 : 管径補正係数

C_3 : 地形補正係数, C_4 : 液状化度合係数

v_0 : 標準被害率

しかし、式(1)は管路の一部が劣化した場合や逆に管路の一部を更新して耐震化補強を実施した管路の被害予測を適切に評価することはできない。ここでは、劣化状態にある管路や更新後の管路の地震時被害発生確率に基づいて被害率を算定する次式を採用する。

$$v(D, V) = \lambda_0 \cdot p_f(D, V) \quad (2)$$

ここで、

λ_0 : 単位長さ当たりの潜在危険度発生確率

p_f : 管路の地震時被害発生確率

(2) 機能的損傷

震災時の機能的損傷を表す指標として、断水率があるが、本研究では以下の式より算定する。

$$\text{震災時給水人口} / \text{平常時断水人口} \quad (3)$$

4. 地震被害予測手法の開発

4.1 基本モデルの構成

被害率・断水率の関係を導くための配水管基本モデルとして、図 1 に示すものを採用する。基本モデルの基本となる地区の面積を一辺が 1km の正方形として構成され、管径は、600, 300, 200, 100mm とする。各管径毎の管種、延長距離は表 2 に示す。

表 2. 基本モデルの管径, 管種, 延長

管径(mm)	管種	延長(km)
600	DIP	1.2
300	DIP	2.1
200	DIP	4.0
100	CIP	13.7

ここで, DIP:ダクタイル鉄管, CIP: 鋳鉄管

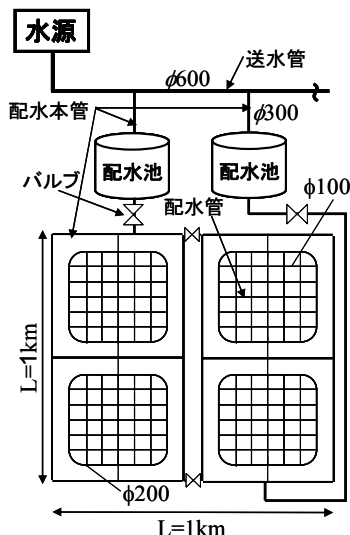


図 1. 配水管基本モデル

4. 2 断水率の算定

既往の研究などの配水管網の地震時被害予測は、ネットワーク全体で考えられるため、必要以上に複雑になり、予測が困難である。

そのため、本研究で提案する予測手法では、階層からなるネットワークを配水池以上、以下でわけて考えるものとする。

(2)断水率の算定

管路被害が配水管網のどの箇所が発生するかにより給水制御システムの閉止作動方法が変化し、断水発生手順領域が異なる。ここでは、以下の手順で断水人口を特定する。

- 1) 配水管敷設街路で管路破壊が発生した時、街路両端の配水バルブが自動閉止するものとして、当該街路に所属する人数が断水人口となる。
- 2) 配水池より下流側の配水管で管路破壊が発生した場合は、配水池が受け持つ配水区域全域が給水停止すると仮定する。
- 3) 配水池より上流側で管路破壊が発生した場合は、当該給水区域全域が断水すると判定する。

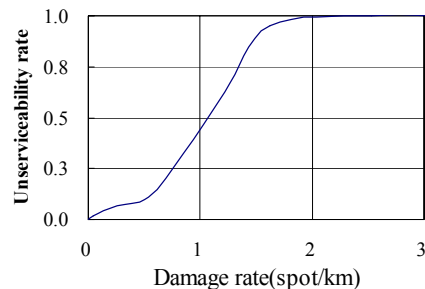
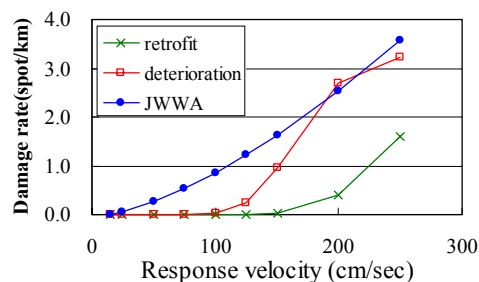
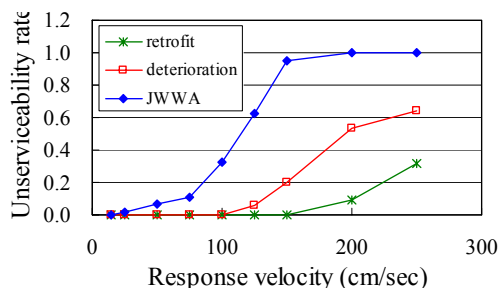


図 2 被害率と断水率の関係 (JWWA)



(a) 被害率



(b) 断水率

図 3 応答速度に対する被害率, 断水率の関係 (劣化・更新状態, JWWA)

4. 3 数値計算結果

被害率は管径ごとに値が異なるため、ここでは全管径に対する平均被害率を用いることにする。図2は、本手法に基づいて、JWWAの地震時管路被害率の平均被害率に対する断水率を算定した結果である。一方、図3は劣化状態の管路および更新後の管路の断水率に関する算定結果である。

5. 今後の展望

- ・上位ネットワークモデルでの検討
- ・本研究で提案した予測手法を用いていくつかの既存の配水管ネットワークに適用し、評価を行う。

参考文献

- 1) 横浜市水道局: 老朽管改良計画, 2009.2,
- 2) 日本水道協会: 地震による水道管路の被害予測, 1998