

脆弱性指数を用いた上水道管路の地震時脆弱性評価

岐阜大学工学部

安藤 騰志

岐阜大学工学部 正会員

能島 暢呂

岐阜大学大学院

袴田 健太

1. はじめに

わが国の水道は横浜市の給水開始(1887年)以来、水道法(1957年)の公布や高度成長期を経て、上水道普及率は97.2%に達している(平成17年度末)¹⁾。こうした施設拡充の一方で、水道事業は「老朽施設の更新」や「安全な水供給の確保」など多くの面で課題を抱えており、「災害時にも安定給水可能な施設整備」もその一つである¹⁾。水道施設の耐震化は、兵庫県南部地震を契機に重点的に進められてきた。しかし管路施設は膨大な施設よりなることから、耐震化はまだ低い達成水準にとどまり、かつ地域格差が大きいのが現状である。本研究は「水道統計(施設・業務編)²⁾」の統計資料に基づく簡便な評価指標を定義し、全国の現状と経年変化の状況について比較・考察したものである。

2. 脆弱性指数(V-factor)の評価

2.1 評価方法

管路施設の被害率(被害箇所数/埋設管延長距離)は、基準とする管を対象とした標準被害率に、相対的な被害の受けやすさを表す管径係数 C_{d_i} や管種係数 C_{p_j} 等に乗じて求められることが多い。鈴木ら³⁾は、管径・管種別の布設延長距離 L_{ij} でこれらの係数を重み付け平均した「脆弱性指数」を提案した。

$$V = \frac{\sum_i \sum_j C_{d_i} C_{p_j} L_{ij}}{\sum_i \sum_j L_{ij}}$$

多数の水道事業者を対象とする場合、管径・管種別のクロス集計値は入手困難であるため、本研究では、管種別脆弱性指数 V_p と管径別脆弱性指数 V_d を個別に評価し、その積により脆弱性指数を近似評価する。

$$V_{pd} = V_d \cdot V_p \approx V$$

$$\text{ここに、} V_d = \frac{\sum_i \left(C_{d_i} \sum_j L_{ij} \right)}{\sum_i \sum_j L_{ij}} \quad V_p = \frac{\sum_j \left(C_{p_j} \sum_i L_{ij} \right)}{\sum_i \sum_j L_{ij}}$$

これは、管種別布設割合と管径別布設割合を比例配分して管種・管径別布設延長距離を近似したことに相当する。

2.2 使用データ

管種・管径係数については表1を用いた。これは兵庫県南部地震を対象とした分析結果⁴⁾を基本として、他の評価事例を参考にしながら、部分的に補完したものである(*で表示)。

表1 水道埋設管の管径係数 C_{d_i} と管種係数 C_{p_j}

管径 (mm)	管径係数	管種	管種係数
～φ75	1.6	CIP 铸铁管	1.0
φ100～φ150	1.0	DIP ダクタイル铸铁管	0.3
φ200～φ250	0.9	DIP 同(耐震継手)	0.0
φ300～φ450	0.7	SP 溶接鋼管	0.3
φ500～φ600	0.5	SGP ねじ継手鋼管	4.0
～φ1000	0.4*	VP 硬質塩化ビニル管	1.0
φ1100～	0.2*	ACP 石綿セメント管	2.5

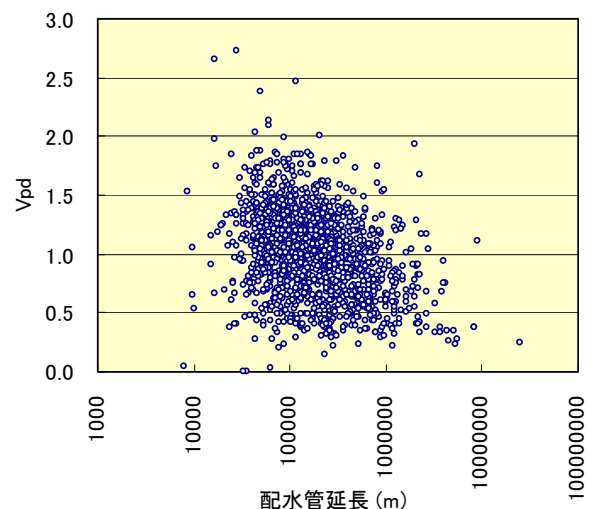
評価対象は、平成17年度「水道統計」に記載された全国1602の上水道事業体とした。管種は、铸铁管、ダクタイル铸铁管(耐震継手/それ以外)、鋼管(溶接継手/それ以外)、石綿セメント管、硬質塩化ビニル管、などに分類されている。本研究では、溶接継手以外の鋼管をねじ継手鋼管として扱った。また上記以外の管種(コンクリート管、鉛管、ポリエチレン管、ステンレス管、その他)については、延長距離が短かつ係数が未設定のため、以下の3.では評価対象外とした。

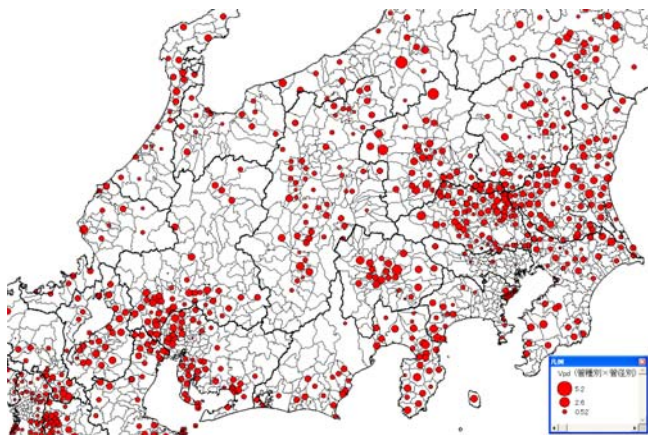
3. 評価結果と考察

本研究では、導水管、送水管、配水本管、配水支管について脆弱性指数の評価を行ったが、ここでは配水管(配水本管+配水支管を合算)に関する評価結果のみを示す。

3.1 V_{pd} と配水管延長距離の関係および地域分布

V_{pd} の全国平均値は0.8となった。事業体によるばらつきは非常に大きく、配水管布設延長距離との関係を示した図1によると、大規模な事業体ほど V_{pd} が小さくなる傾向が見受けられる。図2は全国の V_{pd} の地域分布を一部地域について示したものである。

図1 V_{pd} と配水管布設延長距離の関係

図2 V_{pd} 値の分布 (東海～関東地方)

3.2 配水管耐震化率と V_p の比較

耐震化率は、ダクトイル鋳鉄管（耐震継手）、鋼管（溶接継手）、ポリエチレン管（高密度・熱融着継手）の採用延長距離の総延長距離に対する割合で定義される。 V_p と耐震化率の関係を図3に示す。被害箇所数の総量削減という目標を掲げた場合には、耐震化率の向上のみならず、脆弱性指数の低減という方向性も重要といえる。

3.3 詳細評価と簡易評価の比較

個別調査により管径・管種別延長距離のデータが入手できた29事業体について、詳細評価による V と簡易評価による V_{pd} を図4に比較した。詳細評価の方が平均的に3%程度大きな結果を与えているが、相関はきわめて高いことから、簡易評価値から詳細評価値を推定することが可能である。

4. 脆弱性指数と耐震化率の経年推移

平成6～17年度の「水道統計」に基づいて、全国の V_{pd} と配水管耐震化率の経年推移を明らかにした。平成16年度以前の鋼管とポリエチレン管については、耐震継手と非耐震継手の区別がなされていないため、これらの2管種の耐震化率を平成17年度と同等の値とした場合（Case A）とゼロとした場合（Case B）で検討した。最近ではCase Aに、古い年代ではCase Bに近いと考えられる。図5に示すように、 V_{pd} はほぼ一定のペースで値が減少しており、日常的な管路更生との関連が示唆される。配水管耐震化率は平成8年以降の増加傾向が顕著で、兵庫県南部地震を契機とした耐震化推進の効果が見て取れる。

5. おわりに

本研究では、「水道統計」に基づいて、管路施設の脆弱性の全国比較および経年比較を行った。今後、地震対策（応援体制、バックアップ電源など）に関してもデータ分析を行う方針である。

参考文献

- 1) 厚生労働省健康局水道課：水道を取り巻く状況及び水道の現状と将来の見通し，水道ビジョンフォローアップ検討会，2007.4.
- 2) (社) 日本水道協会：平成6～17年度水道統計（施設・業務編）第77-1号～第88-1号，1996～2007年.

- 3) 鈴木康夫・佐藤寛泰・能島暢呂・杉戸真太：埋設管路網の脆弱性を考慮した地震時ライフライン機能の簡易評価モデル，第58回土木学会年次学術講演会，I-349，2003.9.
- 4) 高田至郎・宮島昌克・依田幹雄・藤原正弘・鈴木泰博・戸島敏雄：直下型地震災害特性に基づく管路被害予測手法の研究，水道協会雑誌，第70巻，第3号（第798号），pp.21-37，2001.3.

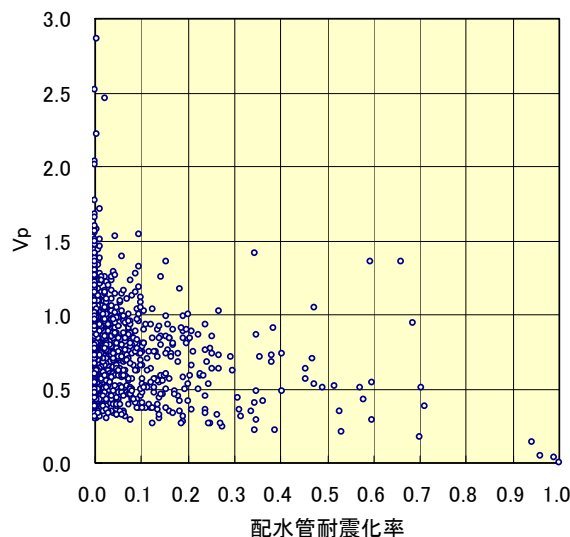
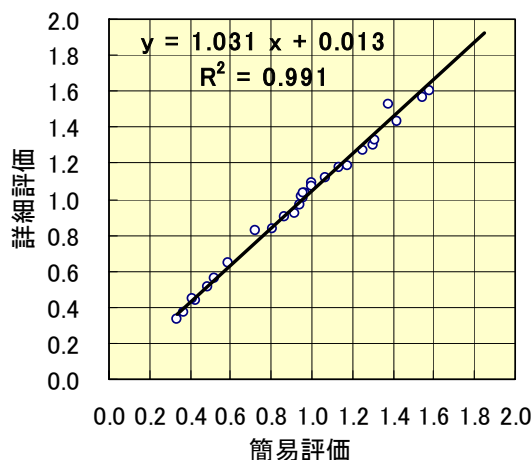
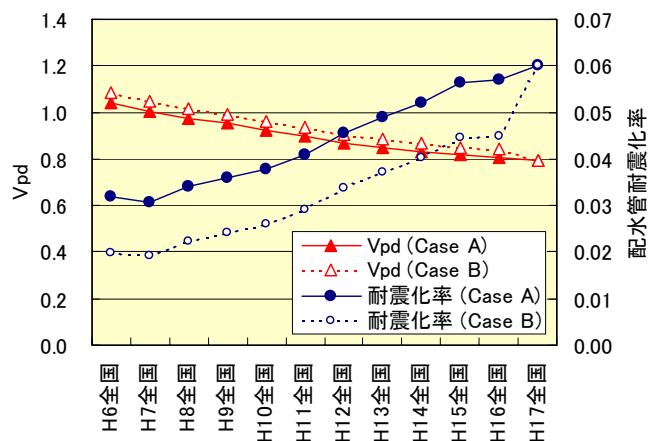
図3 配水管耐震化率と V_p の比較

図4 詳細評価と簡易評価の比較

図5 V_p と配水管耐震化率の経年推移