

地震リスクを用いた水系地盤埋設パイプラインの 耐震対策優先度分析手法に関する研究

常井技術士事務所 正会員 ○常井 友也

1. はじめに

近年、上下水道施設等のライフライン施設の耐震化事業が多くの施設管理者によって実施されている。現状の耐震化事業計画では、優先順位の決定、被害想定など検討する際、管種・管径・土被り等の管路情報から危険度の点数付けを行い、排水区をメッシュ単位で分割したPL値等を照査項目とした耐震化事業計画が実施されてきた³⁾。しかし、上記等の現状の耐震化事業計画では、管路の液状化による被害を想定しており、地盤に埋設されたパイプラインの液状化被害を耐震対策優先度を分析する場合、管路の土被り部の地盤情報が考慮されていること、また管路情報等から危険度の点数付けを行っているため、正確な耐震対策優先度分析が実施されていないのが現状である。本研究では、下水道管路施設を取り上げ、現状の耐震化事業計画で用いられている「管種・管径・地盤条件等」の管路情報からライフライン施設に潜在する被害特性を定量的、客観的に評価できる地震リスクを用いて、地盤埋設パイプラインの耐震対策優先度分析手法の検討を実施する。

2. 地盤埋設パイプラインの地震リスク評価

本研究においては、リスクを「期待損失」として下記のように定義する。

$$R = P \times C \quad (1)$$

ここで、 R は期待損失、 P は発生確率、 C は損失額を表す。また、本研究では、図-1に示すような地震リスクの算出フローに従って年間地震リスクの算出を行う。なお、解析対象地域の選定、解析対象構造物(図-2)、地震危険度解析、地震損失コストに関しては、参考文献¹⁾の値を参考に算出を行った。

3. 地盤埋設パイプラインの液状化による沈下量を照査項目とした耐震性能評価

各管路の液状化による沈下量の算出方法としては、参考文献²⁾を基に「液状化による沈下量＝液状化層厚×沈下率(0.05)²⁾」から、管路の沈下量の算出を行った(図-3)。また、地震リスク分析を行うには、解析対象地盤における基盤最大加速度と液状化による管路の沈下量の関係が必要である。本研究では液状化に対する抵抗率FL値を計算する際に用いる設計水平震度 k_{hgl} を変化させて、各設計水平震度ごとに、沈下量の計算を行った(図-4)。ただし、地盤の増幅率を1.5として基盤最大加速度の計算を行った。また、被害区分³⁾と補修方法を表-1～表3に示す。本研究では、平常時と大規模地震発生時に防災拠点が機能している2つのケース(図-5, 6)を考慮した耐震対策優先度分析を実施する。大規模地震発生時は、防災拠点が存在する処理区域の発生汚水量の4割を防災拠点に付与し、その他の管路施設には平常時の1割の汚水量を与えて分析を行う。

4. 年間地震リスク

本研究で評価する地震リスクは、地震リスクカーブが年超過確率と損失額の囲む面積で表される「年間地震リスク(図-7)」を用いることとし、年間地震リスクを算出することでライフライン施設に潜在する地震被害特性を定量的、客観的に評価することが可能となる。年間地震リスクが大きい施設から耐震対策を実施することで、効率的な耐震化事業を実施することが可能となる。図-8～10から各ケースにおける年間地震リスクは、表-4の結果となった。

5. 結論

本研究では、地震リスクを用いて地盤埋設パイプラインの耐震対策優先度分析手法のフローを提示した。地震リスクを用いた耐震対策優先度の分析結果から平常時、大規模地震発生時の両方のケースにおいて、大口径管路φ1800mmよりも、小口径管路φ200mmの耐震対策優先度が高くなる結果となった。

6. 最後に

本研究は筆者が個人研究で行ったものです。「出身大学・大学院の指導教員等、その他」、「過去の勤務先・所
キーワード 耐震化事業計画 地震ハザード曲線 耐震性能 FL値 地震リスクカーブ 年間地震リスク
連絡先(メールアドレス) tsunei.tomoya@gmail.com

属等」とは一切関係ありませんので連絡・問い合わせ等により、「当方に不利益等が生じる」、「私の現在及び将来への支障となる」可能性が高いため一切行わないで下さい。上記等が当方に関して関与等することはお断りです。

「兵庫県（市町等含め）、京都市、高槻市、上記0B等、日本技術士会等、その他等」が当方に関して関与等することは「当方に不利益等が生じる」、「私の現在及び将来への支障となる」可能性があるためお断りです。上記組織等からの連絡・問い合わせ等はお断りです。上記組織等、日本技術士会、地震工学委員会等とは一切関係ありません。

参考文献

- 1) 常井 友也：液状化による地震リスクを考慮した下水道管路施設のアセットマネジメントに関する研究，土木学会全国大会 第71回年次学術講演会，I-323，2016.9
 【※上記論文，及び当方が過去に執筆した「下水道管路施設・その他等の地震リスク」に関する全ての論文は、「論文に記載された所属」で実施した研究ではなく筆者が個人研究で行ったものであり、「論文に記載された所属」とは一切関係ありません。問合せ等は、本論文の上記メールアドレスへお願いいたします。】
- 2) 社団法人日本下水道協会：下水道施設耐震計算例 管路施設編 前編，pp1-141，2001.
- 3) 国土交通省下水道部HP：http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/crd_sewerage_tk_000135.html

表-1 PVC φ 200mm の被害区分と補修方法

判定基準	上下方向のたるみ	復旧方法	被災状況
a	管径の1/2以上 (10cm以上)	開削工法	被災
b	管径の1/5~1/2 (4cm~10cm)	更生工法	被災
c	管径の1/5以下 (4cm以下)	カメラ調査	-

表-2 HP φ 250mm の被害区分と補修方法

判定基準	上下方向のたるみ	復旧方法	被災状況
a	管径の1/2以上 (12.5cm以上)	開削工法	被災
b	管径5cm~1/2以下 (5cm~12.5cm)	更生工法	被災
c	5cm以下	カメラ調査	-

表-3 シールドトンネル φ 1800mm の被害区分と補修方法

判定基準	上下方向のたるみ	復旧方法	被災状況
a	管径の1/8以上 (22.5cm以上：水が流れている)	更生工法	被災
b	5cm以上~管径の1/8以上 (5cm以上~22.5cm以上：水が滲んでいる)	断面修復工法	被災
c	5cm以下	カメラ調査	-

表-4 年間地震リスク

管径	経済損失額 (円/m)		
	平常時	防災拠点地の処理区内	防災拠点地の処理区外
φ 200mm	108018	27794	5665
φ 250mm	40359	9772	2164
φ 1800mm	458	65	50

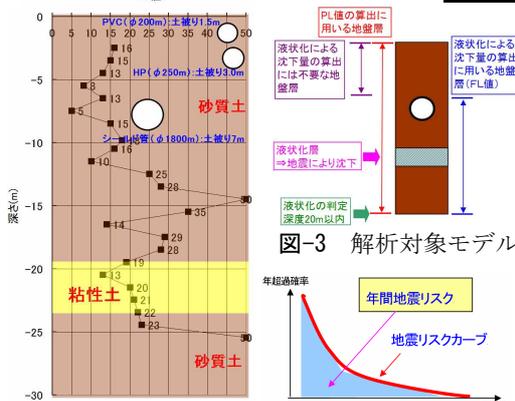


図-2 解析対象モデル 図-7 年間地震リスクの概念

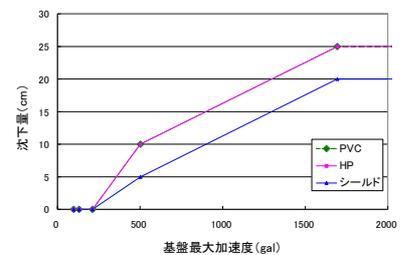


図-4 設計水平震度と地盤の液状化に伴う管路の沈下量の関係

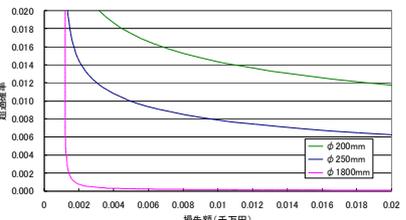


図-8 地震リスクカーブ (平常時)

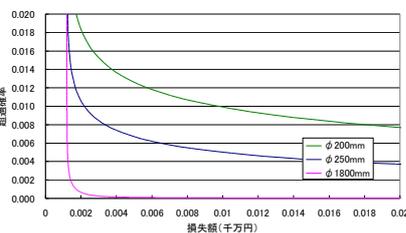


図-9 地震リスクカーブ (地震発生時・防災拠点の機能考慮：防災拠点地の排水区内)

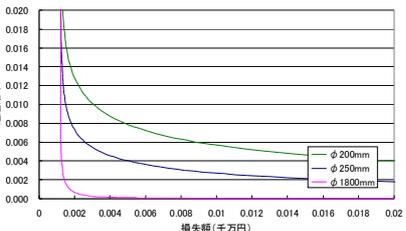


図-10 地震リスクカーブ (地震発生時・防災拠点の機能考慮：防災拠点地の排水区外)

解析対象地域、構造物の選定

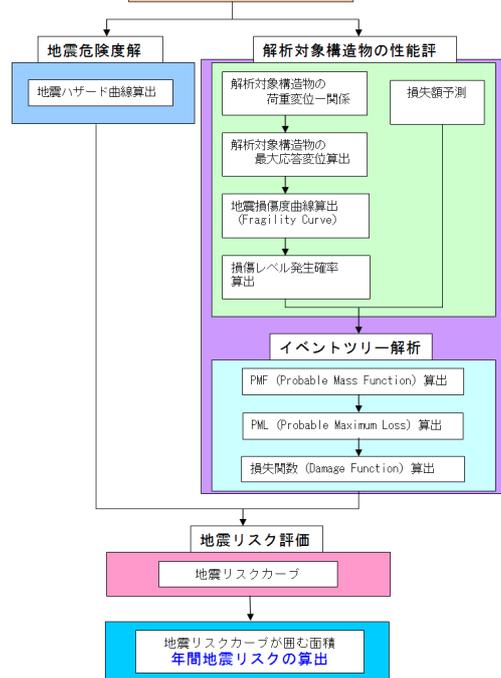


図-1 地震リスク評価のフロー

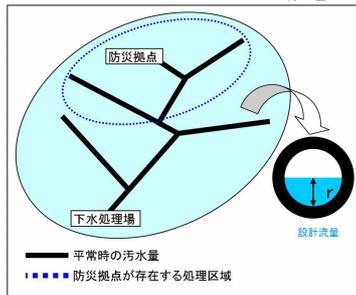


図-5 平常時のケース

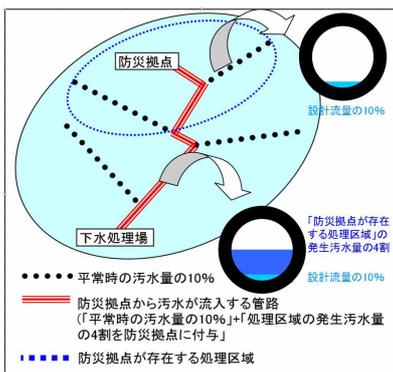


図-6 地震発生時に防災拠点が機能しているケース