

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

(公社) 日本技術士会 近畿本部 防災研究会 正会員 ○常井 友也

1. はじめに

近年、多くの自治体で下水道管路施設の老朽化に伴う改築・更新事業計画であるアセットマネジメントが実施されているが、地震リスクを考慮したアセットマネジメントを実施していないのが現状である。本研究では、過去の地震による被災原因の中で、液状化に起因するものが多いことから、地震時の液状化に被害に関する地震リスクの影響を考慮した長寿命化計画の検討を行う。解析モデルとしてφ200mm(PVC)、φ250mm(HP管)、シールド工法により敷設されたφ1500mmを対象とし、被災した地中埋設管の補修・補強、再構築費用等の損失額、機能不全による営業損失、下水道施設を使用できないことにより生じるユーザー損失の情報を基に、地中埋設管の地震リスクアセスメントを行い、地震リスクを考慮したアセットマネジメントの事例検討を行う¹⁾。

2. 下水道管路施設の地震リスク評価

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。

さらに、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、図-3)、地震危険度解析、下水道管路施設の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。

2. 下水道管路施設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、FL値において、「液状化する」と判定した地盤層を液状化層とし、管路の沈下対象となる液状化層厚は、管路天端から液状化地盤下端までとし、「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。

また、地震リスクアセスメントを行うには、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、参考文献³⁾から加速度を求め、各加速度ごとに、沈下量の計算を行った(図-4)。ただし、ただし、解析対象地盤の固有周期は0.47sであり、参考文献⁴⁾から地盤の増幅率を1.5として基盤最大加速度の計算を行った。また、被害区分と補修方法は、下水道長寿命化支援制度に関する手引き⁵⁾を基に表-1～3に示す。

3. 年間地震リスク

地震リスク解析の結果、解析対象モデルの地震リスクカーブは、図-5に示すようなグラフとなり、アセットマネジメントに加味する地震リスクは、年間地震リスクを用いることとし、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。本研究では、「補修費＋ユーザー損失＋営業損失」の3つの項目を考慮し、管路の全延長の年間地震リスクは、4.1億円となった。

4. 地震リスクを考慮したアセットマネジメントの導入事例

地震リスクを考慮したアセットマネジメントを実施するために、導入事例として、国土交通省が公開している「長期的な改築需要見通しの検討例」⁵⁾で記載されているアセットマネジメントの分析結果を参考に、地震リスクを考慮したアセットマネジメントを実施する。

地震リスクを考慮したアセットマネジメントの算出方法としては、式(2)が示すように、点検費用、補修費用、年間地震リスクを足し合わせることで、評価することができる。

$$LCC = C_I + C_R + R \quad (2)$$

キーワード 地震ハザード曲線、耐震性能、FL値 損失関数、地震リスクカーブ

連絡先 〒550-0004 大阪府大阪市西区靱本町 1-9-15 TEL 06-6444-3722

ここで、 C_I ：点検費用、 C_R ：補修費用、 R ：年間地震リスク

アセットマネジメントを実施する際の改築・更新の手法としては、単純更新50年と予防保全型管理を行った2つのケースで実施している。図-6は、全てを標準耐用年数で単純に改築を行った場合、事業費としては10億～160億程度となり、事業費に対する地震リスクの額は、2%～40%程度となった。図-7は、健全度の低下した路線のみを改築（予防保全型施設管理）を行った場合、事業費としては20億～50億程度となり、事業費に対する地震リスクの額は、8%～20%程度となった。

参考文献

1) 常井 友也：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の検討事例、第53回下水道研究発表会講演集、PP107、2015.7
2) 社団法人日本下水道協会：下水道施設の耐震対策指針と解説、pp1-159、2014.
3) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説（上巻）、pp1-100、1999
4) 斎藤大樹：耐震・免震・制震のはなし、日刊工業新聞社、pp107-pp112
5) 国土交通省下水道部HP：http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/crd_sewerage_tk_000135.html

表-1 PVCφ200mmの被害区分と補修方法⁵⁾

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 HPφ250mmの被害区分と補修方法⁵⁾

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φ1500mmの被害区分と補修方法⁵⁾

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 (18.7cm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～18.7cm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	-

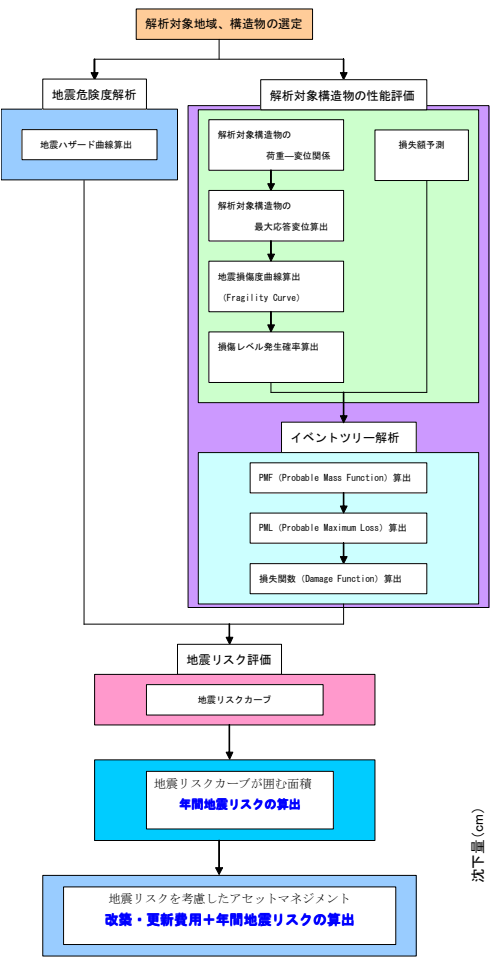


図-1 地震リスクを考慮したアセットマネジメントのフロー

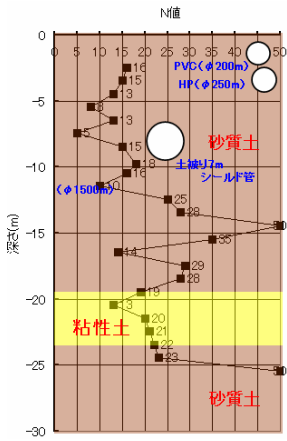


図-2 解析対象モデル

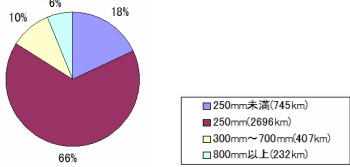


図-3 管路延長

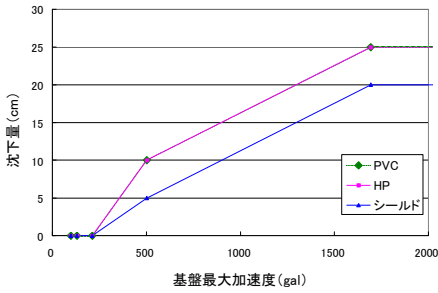


図-4 設計水平震度と地盤の液状化に伴う管路の沈下量の関係

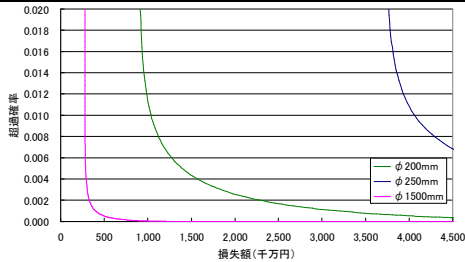


図-5 地震リスクカーブ

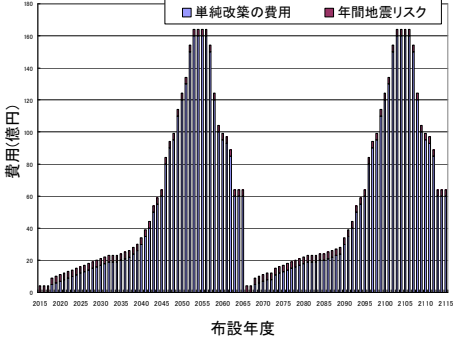


図-6 単純更新50年で改築したケース

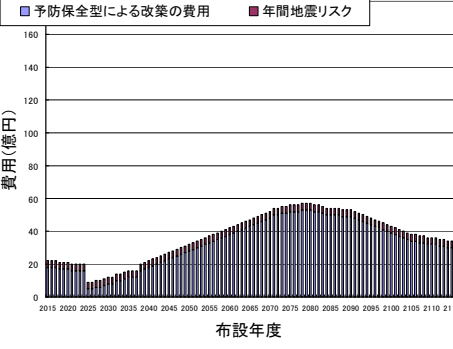


図-7 予防保全型で改築したケース