

下水道管路施設の地震リスクアセスメントに関する研究

兵庫県 正会員 ○常井 友也

1. 目的

高速道路や上下水道などのライフライン施設に潜在するリスク性状を定量的、客観的に評価する手法が、研究者たちによって提案され始めている¹⁾。しかし、ライフライン施設の地震リスクを実施する際、下水道管路の地震損失コストの算出が正確に評価されていないのが現状である。本研究では、図-1に示すような開削工法により敷設されたφ450mmの小口径管路とφ1800mmのシールド工法により敷設された大口径管路を対象とした下水道管路の地震リスクアセスメントを実施する。

2. 下水道管路施設の地震リスク評価

「リスク」とは、一般的に、「ある行動を行なうことにより、危険に遭遇する可能性や損失が発生する可能性」と解釈されている。本研究においては、リスクを「期待損失」として定義し、地震リスク分析を実施する。

3. 地震危険度解析

解析対象地域は、兵庫県神戸市（緯度 34.41 度、経度 135.11 度）とし、解析対象地域における歴史地震カタログは、抽出期間 1300 年、対象半径 300 k mを抽出条件とし、M5～7.5 までの歴史地震 102 個を分析対象とした³⁾。図-2に解析対象地域における水平最大加速度と年超過確率の関係を表す地震ハザード曲線を示す。

4. 下水道管路施設の解析対象モデルと耐震性能評価

解析対象構造物は図-1に示すようなモデルとし、小口径管路はφ450mm（土被り3m）の材質は鉄筋コンクリート管B型JSWAS A-1（有効長：2.43m、最大拔出し長：40mm）を解析対象モデルとした。大口径管路のシールドトンネルは、鉄鋼製のセグメント（セグメント幅：750mm、高さ：75mm）を使用した直径φ1800mm（土被り15m）を解析対象モデルとした。本研究では、鉄筋コンクリート管に関しては縦断方向の継ぎ手部の拔出し長を判定基準とし、シールド工法に関してはセグメントリングのリング継ぎ手に生じる目開きを判定基準とし、表-1、表-2の被害区分のように、a、b、cの3ランクの被害区分として設定を行った。また、表層地盤を1自由度系に置き換えて解析を行うことによって得られた下水道管路施設の耐力曲線を図-3に示す。

5. 下水道管路施設の地震損失コスト評価

本研究において考慮する損失コストは、「物理的損失」、「機能不全による営業損失」、「ユーザー損失」の3つの地震損失コストを考慮することにした。物理的損失は、地中埋設管の復旧コストつまり、補修費、補強費用、調査費用を評価することにする。機能不全による営業損失は下水道管路施設が地震により被災することで、下水道管路施設の機能不全により公営企業が得ることができなくなった営業収入つまり下水道使用料金収入とする。ユーザー損失は、下水道管路施設が地震により被災することで、下水道施設の利用者（ユーザー）が下水道を利用できなくなったことにより生じる経済損失とする。生活排水を下水道に排水できない状態を想定し、日常生活品の代替品・サービス購入代替行動を行うことによって、水道水を使用しない生活を行った場合に発生する費用を損失額とした。表-3、表-4、表-5にそれぞれの地震損失コストの算出結果を示す。

6. 解析対象地点における地震リスク分析

図-4、図-6は損失関数と呼ばれており、損失期待値NEL（Normal Expected Loss）、地震予想損失と基盤最大加速度の関係を表したものである。また、図-5、図-7は、地震ハザード曲線と損失関数から基盤最大加速度の関係を消去し、損失額の超過確率と損失期待値の関係を示している地震リスクカーブを示す。

7. 結論

「補修費」のみを考慮して地震リスク分析を行うと、すべての地震に対して小口径管路の方が、地震リスク

キーワード 地震ハザード曲線、耐震性能、損失関数、地震リスクカーブ

連絡先 〒650-8567 兵庫県神戸市中央区下山手通5丁目10番1号 TEL078-341-7711

が大きくという結果となるが、「補修費」、「機営業損失」、「ユーザー損失」の3つを考慮した場合、大口径管路の方が地震リスクが大きくなる。対象とする損失によって小口径管路の方が、地震リスクが大きくなる。

参考文献

- 1) 遠藤 昭彦・吉川 弘道：鉄筋コンクリート橋脚に対する地震リスク評価手法の適応、土木学会構造工学論文集、Vol. 49A、2003. 3
- 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) 間片博之：下水道工学、pp1-251、森北出版株式会社、1993.

表-1 鉄筋コンクリート管の被害区分²⁾

被害区分	鉄筋コンクリート管	補修の方法
a	4cm 以上	新規建設による改築を行う
b	2~4cm 未満	更生工法による補修を行う
c	2cm 未満	補修や改良は必要としない

表-2 シールドトンネルのセグメントの被害区分²⁾

被害区分	セグメント	補修の方法
a	5mm 以上	更生工法による補修を行う
b	2~5mm 未満	部分補修を実施する
c	2mm 未満	補修や改良は必要としない

表-3 地中埋設管の補修・補強費 (円/m)

被災区分	a ランク	b ランク	c ランク
φ 450mm	162, 000	92, 000	12, 000
φ 1800mm	444, 000	71, 000	12, 000

表-4 機能不全による営業損失 (30日)

管径	汚水量 (m ³ /s)	収入料金 (千万円)
φ 450mm	0. 070	3
φ 1800mm	2. 475	109

表-5 ユーザー損失額³⁾

管径	汚水量 (m ³ /s)	被害人口 (人)	被害日数 (日)	1 人 1 日 当り 被害額原単位 (円/人・日)	経済損失額 (千万円)
φ 450mm	0. 070	7838	30	4998	118
φ 1800mm	2. 475	277215	30	4998	4157

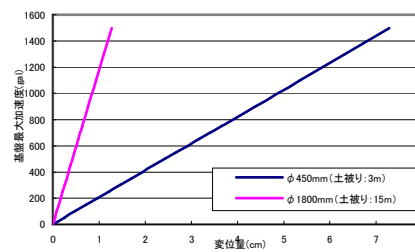
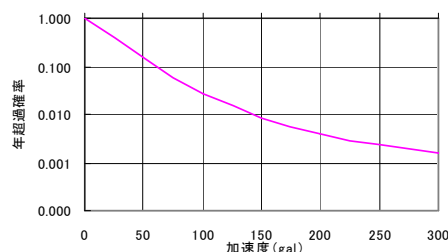
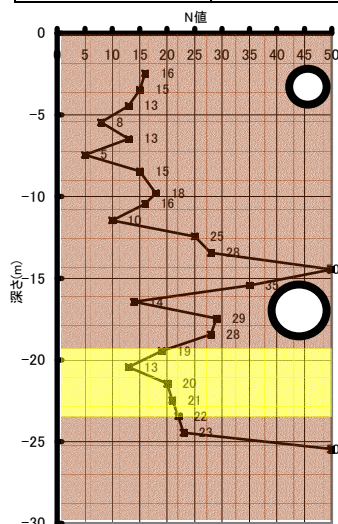


図-1 解析対象モデル

図-2 解析対象地地点の地震ハザード曲線

図-3 下水道管路施設の耐力曲線

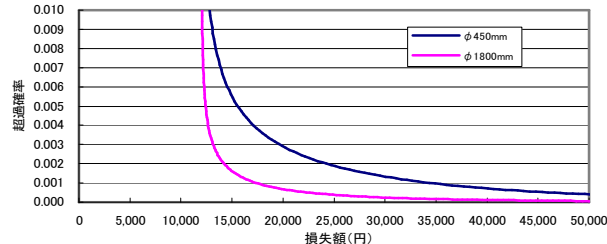
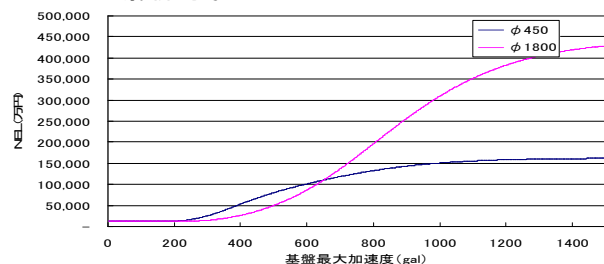


図-4 損失額: 1m 当たりの補修費のみ

図-5 地震リスクカーブ: 1m 当たりの補修費のみ

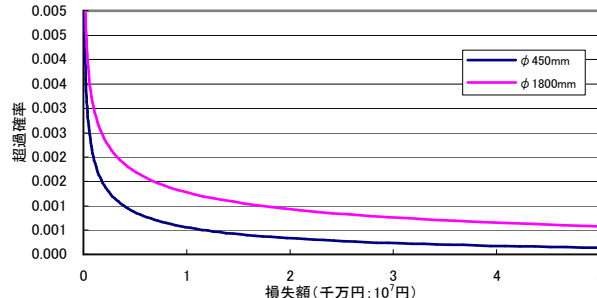
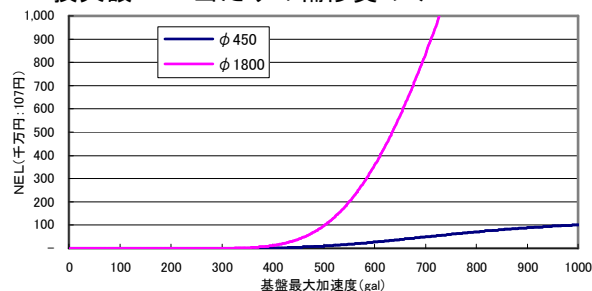


図-6 損失額: 補修費+ユーザー損失+営業損失

図-7 地震リスクカーブ: 補修費+ユーザー損失+営業損失