

I - B416

水供給システムに対する地震リスクマネジメント

東日本旅客鉄道 正会員 嘉嶋崇志
 神戸大学大学院 学生員 田中良英
 神戸大学工学部 フェロー 高田至郎

1.はじめに

大都市はライフライン施設に深く依存しているために、地震時にそれら施設が被害を受けるとその影響は物理的な損失にとどまらず広く地域住民の生活まで及ぶことになる。従って、かかる施設を耐震的に建設したり、新たに耐震管を導入して耐震化を図るといった事前対策を行うことが求められる。しかし、非耐震的な既存施設が多数存在することや地震発生頻度が極めて低いためにすべての施設に対して高いレベルの耐震化を施すことは経済的にも技術的にも困難である。そこで、物理的な対策のみならず種々の防災対策を合理的に組み合わせ対象とする地震リスクを効果的に処理する工夫が必要である。以上のことを背景に本稿では、保険学の方針で体系化されたリスクマネジメント手法の水供給システムへの適用方法を示し、その問題点の検討を行った。

2.リスクマネジメント

リスクマネジメント手法は保険学で体系化された経営管理手法である[1]。リスクマネジメントのプロセスはリスク同定⇒リスク推定⇒リスク処理の決定という3段階を踏む。ここで、リスクの推定とは損失発生頻度と損失強度を推定することである。また、リスク処理の方法は大きくリスクコントロールとリスクファイナンスに大別できる。

3.水供給システムへの適用

(1)リスク同定：水供給システムに地震

よって発生するリスクを表-1に示す。

(2)リスク推定：基礎資料の蓄積に

より徐々に統計的に推定可能なものもあるが同定したリスクのうち、その損失発生頻度や損失強度が求められているものは少ない。ここでは配水管渠について述べる。対象としている地震リスクは地震発生のリスクと地震に伴う損失発生のリスクに分けて考える必要がある。地震発生リスクはCornell[2]の方法で当該地域のハザード曲線を求めれば推定可能である。管渠の損失発生頻度はポアソン過

表-1 水供給システムの地震リスク

損失の客体	ベリルと損失形態	ハザード
取水施設	地震動による設備の損傷	高いレベルの地震動
	地震動による施設の損傷	耐震性の不備
	液状化による施設の損傷	地盤改良の不備
ポンプ施設	停電による稼働停止	電力供給停止
	地震動による設備の損傷	高いレベルの地震動
	地震動による施設の損傷	耐震性の不備
浄水施設	液状化による施設の損傷	地盤改良の不備
	停電による稼働停止	電力供給停止
	地震動による設備の損傷	高いレベルの地震動
調整池施設	地震動による施設の損傷	耐震性の不備
	停電による稼働停止	電力供給停止
	地震動による設備の損傷	高いレベルの地震動
導水管渠	地震動による管体破損	耐震管の不導入
	地震動による継手破損	耐震継手の不導入
	地震動による風具破損	高いレベルの地震動
送水管渠	地震動による管体破損	耐震管の不導入
	地震動による継手破損	耐震継手の不導入
	地震動による風具破損	高いレベルの地震動
配水管渠	地震動による管体破損	耐震管の不導入
	地震動による継手破損	耐震継手の不導入
	地震動による風具破損	高いレベルの地震動
管理庁舎 管網図面	地震動による施設の損傷	耐震性の不備
	火災による焼失	消火設備の不備
	管庁舎の倒壊による滅失	二重保管の不備
データ類	コンピュータ転倒による滅失	耐震性の不備
	冠水による滅失	スプリンクラー破損
		スプリンクラーの誤作動
従業員	官庁舎倒壊による死亡	耐震性の不備
	超過勤務による過労死	復旧業務体系の不適切
	供給停止に伴う水道料金収入の減少	地震対策の不備
利益	復旧に伴う必要経費の増加	地震対策の不備

表-2 配水管渠の地震リスク処理手段

リスク処理手段		内容	
リスクコントロール	ロスコントロール	発生頻度を下げる	敷設距離を短くする
		損失強度を下げる	耐震管への敷設替え 液状化対策を施す
	リスクの組み合わせ	分離	漏水の早期発見機器開発 資材の備蓄や規格化 復旧工事における競争入札の導入
		管路の管理体制を特殊法人と共同管理とする	
リスクファイナンス	リスク保有	準備金の設定 国庫補助	
	リスク移転	地震保険に転嫁 管材メーカーと地震損害支払い契約締結	

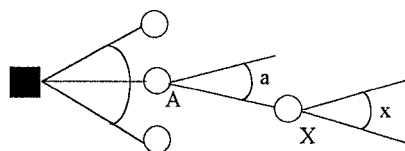


図-1 配水管渠地震リスク処理決定樹木

キーワード：リスクマネジメント、水供給システム、決定樹木、リスクファイナンス

連絡先：〒657 神戸市灘区六甲台町 TEL 078-803-1031 FAX 078-803-1040

程に従うものと仮定することで確率論的に求まる。しかし、損失強度は従来注視されてこなかったために推定できるほどの資料が蓄積されていない。

- (3)リスク処理：配水管渠を対象とした場合の処理内容を表-2に示す。ただし、従来、ここで示すロスコントロールおよび国庫補助の処理手段しか検討されてこなかったために、その他の手段は現在の処、具現化はされていない。最適な処理手段を決定するためには図-1に示すような決定樹木から決定分析を行えばよい。ここで、 I_i は各処理手段、 A は a の地震動強さが生ずる偶然手番、 X は a のときに x ヶの被害が生ずる偶然手番である。このような決定分析を(1)で同定したリスクすべてに対して行い、各リスクに対する合理的な処理手段を決定することで、事前対策にとどまらない幅広い地震対策を効果的に行うことが可能となる。

4.地震リスク分析法との位置づけ

従来、地震リスクの処理法として検討されてきた地震リスク分析法[3]は本稿で示す地震リスクマネジメントにおいてリスクの処理法がロスコントロールが最適であると決定された場合にどの対策が最も最適であるかを決定するものである。図-1の決定分析でロスコントロールが最適であると判断されたと仮定する。図-2に示すような事象樹木から地盤最大加速度[Gal]（以下PGA）による条件付き期待損失を求めることで対象管渠（管長1km、口径500mm）の地震動強さに依存した損失特性を的確に評価可能となる。具体的には図-2における側方流動と振動被害の発生確率が仮に図-3に示すフラジリティ曲線と与えられるものと仮定する。さらに、地盤改良（対策a）、耐震管導入（対策b）を行うことによってそれぞれの発生確率が図-3の1/3、1/2になると仮定すると、ある任意の管渠1本の条件付き期待損失は図-4に示すようになる。これよりPGA600[Gal]程度までは対策aが効果的でPGA600[Gal]以上には対策bが効果的であることが分かる。管渠網全体にこれらの手法を拡張するには各管渠の期待損失の総和をとればよい。

5.まとめ

本稿では、水供給システムに対する効果的な防災対策を推進するために、物理的な対策にとどまることなく幅広い観点から費用対効果の高い対策を採用することの必要性を述べ、それら対策を合理的に決定できるリスクマネジメント手法の適用方法を示し、地震リスク分析法との位置づけを明らかにした。今後、本稿で示したような処理手段を可能とするために現状の物理的な対策に加え、地震時の経済的な支援を念頭に水道地震共済などの検討を行い、リスクの処理手段としてリスクファイナンスを取り込んでいくことが必要であると考えられる。その際に掛金を一定にせず、各水道管理者の防災努力に応じて料率を変化させることで、地震防災のための明確かつ具体的な達成水準を設定することが可能となる。

参考文献 [1]南方哲也：リスクマネジメントの基礎理論，晃洋書房，pp.41-104，1993.4[2]Cornell,C.A.：Engineering Seismic Risk Analysis, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.58, No.5, pp.1583-1606, 1968.10[3]篠塚研究所：Seismic Risk Management 方法論及び適用例，（株）篠塚研究所，pp.1-48，1995.8

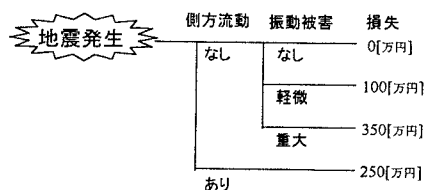


図-2 事象樹木

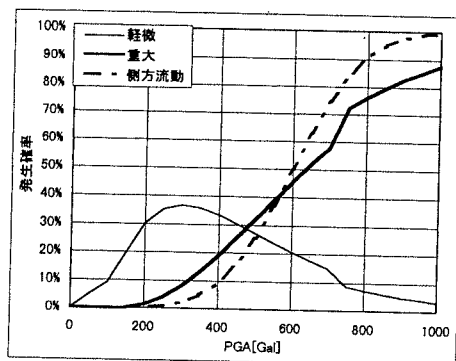


図-3 フラジリティ曲線

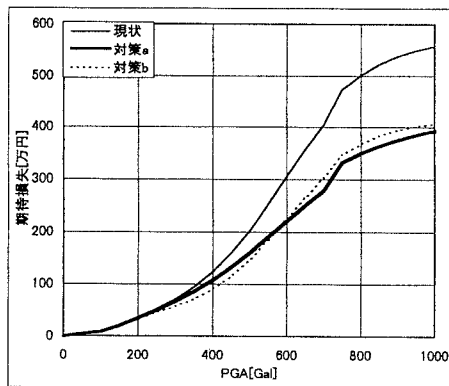


図-4 期待損失