

ライフライン系における 地震防災システムの基本構造

京都大学大学院 学生員 ○能島暢呂
京都大学防災研究所 正 員 亀田弘行
京都大学大学院 学生員 吉川徹志

1. はじめに

ライフラインシステムの地震対策は、システムの階層構造、ネットワーク性、広域性、災害時重要性やシステム間の連関性などのためにハード面からの対策だけでなくソフト面からの対策も重要となる。本研究では、ライフラインシステムの地震対策を共通の視点から分類し時間軸に沿って整理することにより従来個別に考えられてきた対策について横並びに比較し、地震対策の特徴づけを行った。それにより具体的な地震対策について共通の概念をつかむと同時に問題点の抽出を行った。

2. ライフライン系の地震防災対策

ライフライン系における地震対策は、①構造物被害の最小化 ②供給支障地域の最小化 ③二次災害の防止 ④復旧作業の安全・迅速化を目的としてとられる。本研究では、地震対策を (a)物理的被害軽減策 (b)ネットワーク形態面からの対策 (c)システムオートメーション (d)人間の対応・作業の4つの項目を考えこれらを共通の視点として地震対策の分類を行った。(a)は主に ①の被害への対策でありシステムの要素構造物に与えられる被害を最小にするためにとられる。しかしこの対策だけでは十分でなくシステムの現状に対応した (b)～(d)のようなソフト面からの対策がとられる。これらは主に②～④の被害への対策である。(b)はあらかじめ地震時の対応が行いやすいネットワークの形態をとっておくことであり、(c)は情報と対応の間に人間を介することなく自動的に供給遮断などを行うことである。(d)は人間の判断によって地震時の対応や作業を行うものである。表-1は上水道システムについて事業者がとっている地震対策について縦軸に(a)～(d)の対策を横軸に事前策、緊急対応、復旧作業という時間軸をとってマトリクスを作成したものである。同じ様な表を都市ガス、電力の供給システム、情報・通信システム、道路、鉄道の交通システムの各ライフラインシステムごとに作成し、考察を行った。

表-1 上水道事業者の地震防災対策

	事前策		緊急対応		復旧作業	
物理的被害軽減対策	地震耐力の強化	管強度の向上 (ダクタイル鉄管・鋼管) 留置継手(可とう性・伸縮性)	危険防止措置	運搬給水(給水タンク・ポリタンク) 拠点給水(消火栓・配水池)による給水	被害構造物の修理 漏水管、送水管・配水管の布設替え、継手部の移動戻し、継手部・移動箇所への漏水防止バンドの取り付け 取水・浄水・配水施設等、給水管・給水装置の修理	
	軟弱・液状化地盤対策	軟弱地盤強化	緊急供給			
	二次災害防止					
	既存施設の強化	老朽管の計画的布設替え 経年化施設の調査診断・補強				
ネットワーク形態	多量化	送水系統間連絡 受電・構内配線二重化 通信設備二重化				
	バックアップ	水源系統の多様化・水源開発 配水幹線の貯水池化 非常用貯水池の整備 配水池自然流化方式				
	ブロック化	層別・ブロック別給水 コンピュータブロック化				
システムオートメーション	自動制御	テレメータ・テレコントロールシステムによる集中管理体制	緊急供給遮断	震度感知方式による供給停止		
	情報収集システム		情報収集システム			
人間の対応・作業	想定復旧戦略の作成	相互応援計画・協定の作成 復旧資材の整備 日常維持管理情報のデータベース化	緊急修正作業	弁操作による配水系統切り換え 緊急遮断弁による供給停止	復旧手段の決定・指示 (現実対応・復旧戦略)	被害の軽微なブロックから順次復旧作業 相互応援体制による機材・人員の確保
	訓練	災害パンフレット・PR映画の作成	災害対応体制	災害対策機関の設置		

Nobuoto NOJIMA, Hiroyuki KAMEDA, Tetsushi YOSHIKAWA

その結果、異なるシステムにおいても(a)～(d)の対策を軸にした共通の流れとして地震対策を捉えられることが分かった。この流れを図-1に示す。

表-2は前述のマトリクスを基にライフライン系の特性を地震対策の効果に影響する特性、緊急時に考慮しなければならない特性に分け、上記の対策分類(b)～(d)との対応についてまとめたものである。この表により各ライフラインシステムが持っている迂回速度、災害時重要性などのフロー特性、システムの規模などのネットワーク特性について地震対策策定上大きな影響を持つものの存在が明らかにされた。

表-3はシステムの階層構造と地震対策との関連をまとめたものである。上位の施設については物理的対策を中心とした一系統強化をとり、下位ではネットワーク形態面からの対策が中心となっている。

3. 問題点

ライフラインシステムは階層構造のため下位のレベルにある要素は維持管理が中央でコントロールされにくく、被害も多くみられる。このためこの部分での地震対策が主要な課題である。また、対策として冗長要素を加える場合には、ネットワーク形態・維持管理体系の複雑化や建設コストに対する問題がでてくる。このため平常時の管理と緊急時の対応を両立させるようなネットワーク形態の形成が必要である。

加えて、ライフラインの相互影響性・依存性も地震対策策定に大きな影響を持つ要因の一つであり詳しい分析が必要である。

4. むすび

今後は、本研究で整理した共通の視点からライフライン系の地震対策をながめることによって、ライフライン系を最適システムにするための課題を工学的・経済的・人的側面などから見いだしていくとともに、ライフラインネットワークを包含した都市ネットワークの概念を構築したい。

表-2 ライフライン系の特性と地震防災対策との特徴

システム・フロー特性	地震対策	ネットワーク形態		システム・オートメーション		人間の対応・作業	
		広域ネットワークの系統制御	ブロック化	バックアップ	自動供給遮断	系統切替時の優先順位考慮	利用制限・代替サービス
平日に影響する特性	迂回速度が速い	電力情報通信					
	規模が大きい	電力情報通信					
	貯蔵機能がある		上水道 都市ガス				
緊急時に考慮すべき特性	二次災害の危険度が高い		上水道 都市ガス		上水道 都市ガス		
	緊急時重要性が高い			電力 情報通信		上水道 電力 情報通信	電力 情報通信 上水道 情報通信

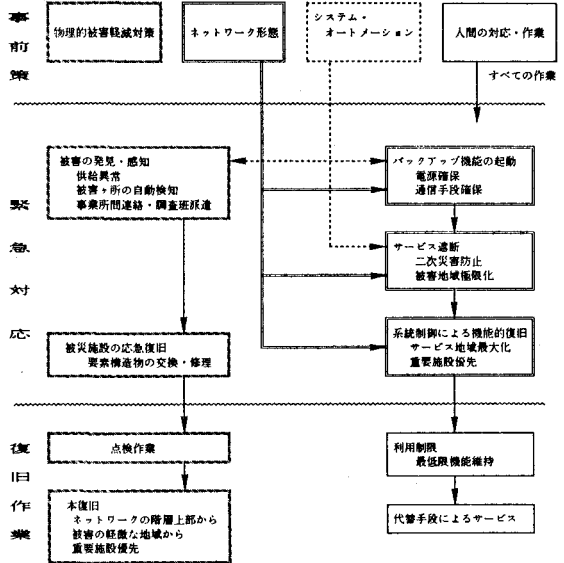


図-1 ライフライン事業者における地震防災対策の共通の流れ
注) 図中の枠は対策分類(a)～(d)に対応する

表-3 ネットワークの階層構造と地震防災対策

	構成要素	一系統強化	機能分散	多ルート化	ループ化	ブロック化
上水道	1-1' 取・浄水施設 ポンプ設備	○				
	2-2' 導水管 送水管 配水管 配水支管	○ ○ ○		○ ○	○	大ブロック 小ブロック
	1-2' 製造設備 配圧所 オペレーティング	○ ○ ○				
	2-2' 高圧導管 中圧幹線 中圧管網 低圧導管	○ ○ ○		○ ○	○	大ブロック 小ブロック
電力	1-1' 発電設備 変電設備	○ ○				
	2-2' 送電線 配電線 需要家	○		○ ○	○ ○	
通信	1-1' 市外交換機	○	○		○	
	2-2' 市外伝送路 市内中継機 需要家			○ ○ ○	○	