

上水道システムの地震災害に対する広域復旧戦略シミュレータの開発（その1）

株式会社イー・アール・エス 正会員 ○永田 茂
 武蔵工業大学総合研究所 正会員 山本 欣弥
 株式会社イー・アール・エス 景山 耕平

1. はじめに

近年の地震では、建物に限らず水道施設も大きな被害を受け、完全復旧までに時間を要し地域住民に多大な影響を及ぼす結果となっている。水道施設の地震対策としては地下埋設管で構成される管路網を耐震化することが重要ではあるが、実際には相当の時間とコストが必要となることから思うように進んでいないのが現状である。このため、現在は地震発生直後の応急復旧対応能力を普段から訓練することが重要な対策の一つとして考えられている。

本研究では、上水道管路網の地震被害予測をもとに、過去の被害地震の復旧作業の分析結果から得られた復旧歩係りと広域ネットワークの経路探索シミュレーションを応用することにより、配水管路網の応急復旧戦略を検討できるシステムを構築したので、その概要に関して報告する。^{1),2)}

2. 広域復旧戦略シミュレータの概要と特徴

本シミュレータは、水道事業者が保有する配水管路網の電子データから構築したノード・リンク型の詳細なネットワークモデルを対象としている（図-1 参照）。このモデル化された配水管路網の地震被害想定結果に対して応急復旧戦略と投入復旧班数を設定し、全ての被害箇所の応急復旧が完了するまでの時間経過を評価することにより、最適な応急復旧計画の策定を支援することを目的としている。

本システムの解析上の条件を整理すると以下のようなになる。①配水管路網の全てのノードが配水拠点（配水池やタンク）と繋がることを応急復旧と定義している。②各時点において復旧作業が実施可能な箇所を選択する場合には、上流側（配水池側）の被害箇所の応急復旧が完了しているものとするとともに、復旧作業が可能な複数箇所の中から、投入復旧班数に応じて復旧戦略指標を最適化する箇所を選択している。本システムの特徴を整理すると以下のようなになる。

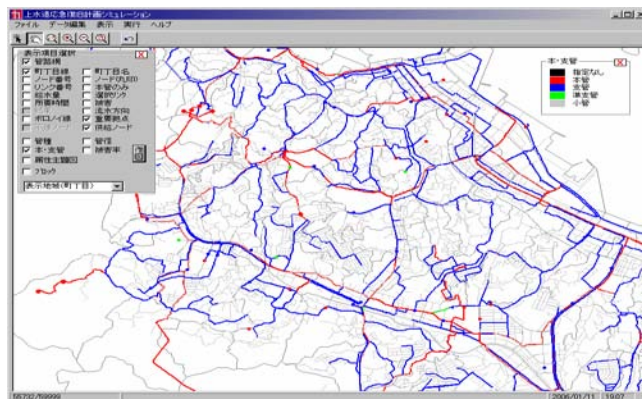


図-1 広域復旧戦略シミュレータで対象とする配水管路網データの例

(1) 配水管路網の地震被害予測機能

中央防災会議や防災科学技術研究所³⁾によって公開されている地震動評価結果（メッシュ形式）を取り込むことにより、配水管路網の被害（被害率・被害箇所数）の予測を行うことができる。地震被害予測手法は日本水道協会の方法を使用している。

(2) 管路網の被害状況を考慮した復旧戦略の検討

上記の地震被害予測結果を用いて応急復旧戦略ごとの復旧期間の検討を行う。応急復旧戦略として、①給水量の増分が最大となるような被害箇所を選択して復旧する戦略、②被害箇所数が最小の被害箇所を選択して復旧する戦略、③単位作業時間当りの給水量の増分が最大となる被害箇所を選択して復旧する戦略、④被害率が最小となる被害箇所を選択して復旧する戦略、⑤任意に被害箇所を選択（ランダム選択）して復旧する戦略、⑥配水拠点に近接する被害箇所から復旧する戦略、⑦冗長性指数が最大となる被害箇所を選択して復旧する戦略²⁾の7種類が用意されている。これに加えて、管径の大きさに応じた優先順位を設定することができる。

(3) 優先復旧拠点を考慮した復旧戦略の検討

(2)の管路の被害状況に応じた応急復旧戦略に加え、重要防災拠点（病院、避難所等々の施設）の復旧優先度を個別に指定して、応急復旧戦略を検討することができる。

キーワード 上水道システム、応急復旧、配水管路網、復旧戦略シミュレータ、応急復旧曲線

連絡先 〒107-0052 東京都港区赤坂 3-11-15 赤坂桔梗ビル (株)イー・アール・エス TEL.03-3568-8152

(4) 検討結果

配水地域全体の復旧戦略ごとの復旧曲線(図-2)に加え、①経過日ごとの応急復旧作業の推奨箇所、②町丁目ごとの応急復旧終了時期(別途町丁目データを与えておく必要がある)、③配水地域内の地区ごとの応急復旧終了時期、④ノードごとの給水管復旧終了時期(別途給水管の延長・被害計算が必要である)を用意している。

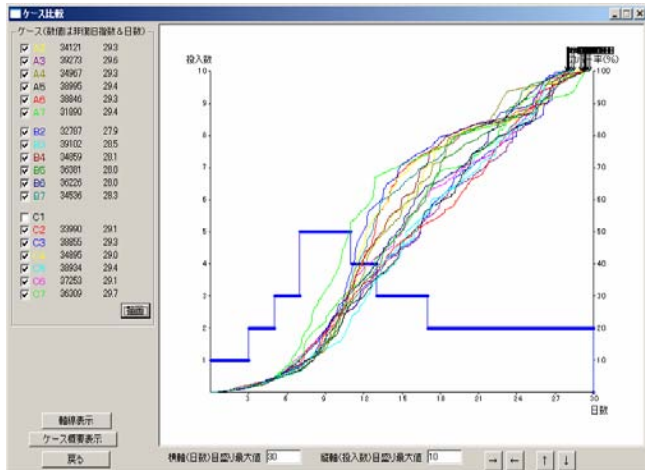


図-2 投入作業班数と復旧戦略別の復旧曲線の比較

3. 数値計算例

ある地域の配水管路網を対象として、上述した複数の応急復旧戦略の中から以下の2つの戦略を設定し、応急復旧期間シミュレーションを行った。

◆戦略① 各地点への給水量の増分が最大となる被害箇所を選択して復旧する戦略

◆戦略② 重要防災拠点(A, Bの2箇所)と大口径管及び中口径管の復旧を優先しつつ、各地点への給水量の増分が最大となる被害箇所を選択して復旧する戦略

戦略①及び②に従って、応急復旧シミュレーションを実施し、配水地区内の応急復旧完了日数の分布を図-3、4に示した。これらの図から分かるように、複数の応急復旧戦略の中から適切な戦略を選択して復旧作業を行うことにより、地区ごとの応急復旧期間を制御することが可能であることが分かる。さらに、地域全体としての応急復旧期間を最適化するための戦略の検討が可能になると共に、被災後の応急復旧戦略だけでは対応しきれない配水管路網のハード的な弱点の抽出が可能になるものと考えられる。

4. おわりに

従来の上水道管路網の応急復旧戦略に関する検討では、小規模な仮想ネットワークモデルを対象としたものがほ

とんどであった。これに対して、今回開発した広域復旧戦略シミュレータでは、一つの水道事業者が管理する配水管路網全体を検討対象として、広域の被害情報、被害状況別の復旧歩掛り、復旧作業班数、応急復旧を優先する防災拠点、応急復旧戦略などの情報を入力として、経過時間、場所(地区)、管路ごとの応急復旧日数の検討を可能にしており、上水道管路網の防災力の向上に寄与するものと考えられる。

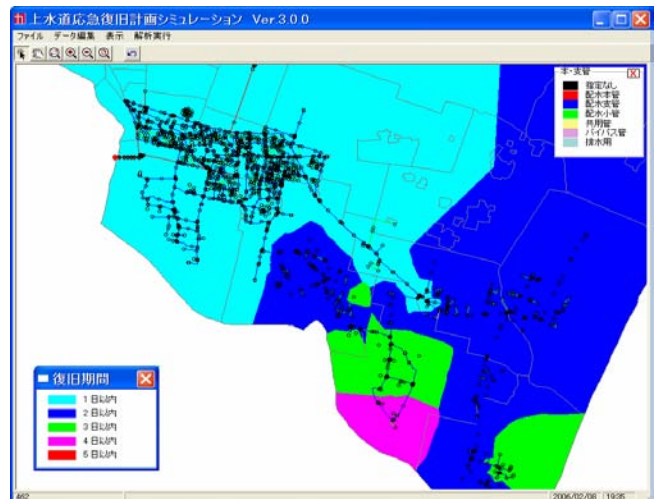


図-3 戦略①の応急復旧日数分布図

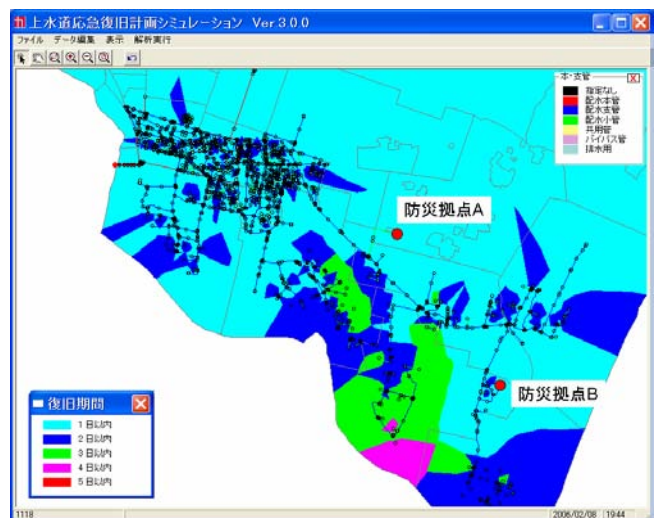


図-4 戦略②の応急復旧日数分布図

謝辞 本研究は、文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト(通称 大大特)Ⅲ. 3シミュレーション活用手法(応用技術)の開発」のサブテーマとして実施したものである。^{1),2)}

参考文献 1) 京都大学防災研究所: 巨大地震・津波による太平洋沿岸巨大連担都市圏の総合的対応シミュレーション活用手法の開発, <http://www.ddt33.dpri.kyoto-u.ac.jp/>. 2) 文部科学省研究開発局・京都大学防災研究所: 大都市大震災軽減化特別プロジェクトⅢ 被害者救助等の災害対応戦略の最適化 3. 巨大地震・津波による太平洋沿岸巨大連担都市圏の総合的対応シミュレーションとその活用手法の開発 平成14～17年度成果報告書, 2003.5～2006.5. 3) 防災科学技術研究所: 地震ハザードステーション J-SHIS, <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>.