

金沢大学大学院
金沢大学工学部
金沢大学工学部
金沢大学工学部
金沢大学大学院

○奥村 智憲
松原 美穂
正会員 宮島 昌克
正会員 北浦 勝
学生員 川畑 公義

1. はじめに

大地震時におけるライフラインの被害は、震後も日々の生活に支障をきたすことになる。ライフラインシステムの耐震化は重要な課題の一つであるが、限られた財源の中でいかに対策効果を上げるかが重要になってくる。本研究では地震時の上水道管路網に求められる機能として特に医療用水に注目し、地震被害を受けた状態で上水道の流量解析を行い、住民に供給される水量を基にした指標である困窮度を耐震化の効果を見る指標として提案する。

2. 困窮度算出の流れと耐震対策評価

困窮度（Distress Intensity）算出のフローを図-1 に示す。困窮度は被害設定、流量解析、応急給水モデル、復旧モデルという順を経て算出される。

被害設定と流量解析

対象地域の被害予測フロー¹⁾を図-2 に示す。対象地域の管路網はノードとリンクでモデル化される。想定地震を定め、フローに示す手順で対象地域の上水道管路のそれぞれの被害確率を算出し、各管路に乱数を与え管路に破壊状態を与えた上で流量解析を行う。流量解析には圧力不足時の管網にも適用でき、漏水の考慮が容易な節点エネルギー法²⁾を用い、上水道管路網が上記の被害確率に準じた被害を受け、管路が破損している状態で流量解析を行い、各地区に管路より供給される水量を算出する。節点取り出しモデルを用いて地域ごとにまとめた水量を管路から取り出すものとする。

応急給水計画モデルと復旧モデル

ライフラインが途絶した状態で水を確保するためには、主として自治体や自衛隊が行う応急給水に頼ることになる。中でも上水道は生命線と生活線という 2 つの側面を持っていると考えられるが、地震後には生命に関係する消火用水・医療用水が重要になる。消火用水に関しては水質の制約が少ないので、上水道では手術や人工透析に必要な医療用水を確保することが最優先になると考え、表-1 に示す応急給水計画を用いる。必要水量を表-2 に示す。これは地震後 1 人あたりに必要とされる水量であり、需要水量とは平常時に 1 人あたりが使用しているとされる水量で、第 1 段階としては必要水量を、第 2 段階として需要水量の供給を達成することを目標にする。応急給水モデルは給水車による水の配給のみを考え、給水車数、給水車稼働時間、配水に要する時間をパラメーターとして与える。仮設給水栓による給水は考慮せず、流量解析時に節点で水量を取り出すモデルを用いていることから、連結が確保されたノードでは仮設給水栓によらずに水が自由に取り出せると仮定する。配水本管の復旧は上流の管路より順に行われ、1 日に数カ所ずつ復旧されていくとする。

困窮度の算出と耐震化の評価

流量解析の結果と応急給水モデルにより、最終的に住民が得ることのできる水量を算出した上で、各ノード別の困窮度は式 (1) を用いて計算される。地震直後では上水の価値は高く、日数が経過することによって価値が通常に戻っていくと考え、経過日数による水の価値の違いを表-2 のように与え、式 (1) の項として水量に乗ずることによって地震後の水の価値を考慮することにする。式 (2) によりノード別に算出した困窮度の総和を算出することにより、対象都市全体の総困窮度が求まる。対象都市における多様な被害パターンを想定するためにモンテカルロシミュレーションを行い、困窮度の平均値をとることとする。耐震化の効果は式 (3) に示すように、対策前の総困窮度と、管路の敷設替え等の対策を行った後の総困窮度の差を取ることで評価できる。

3. 金沢市におけるケーススタディー

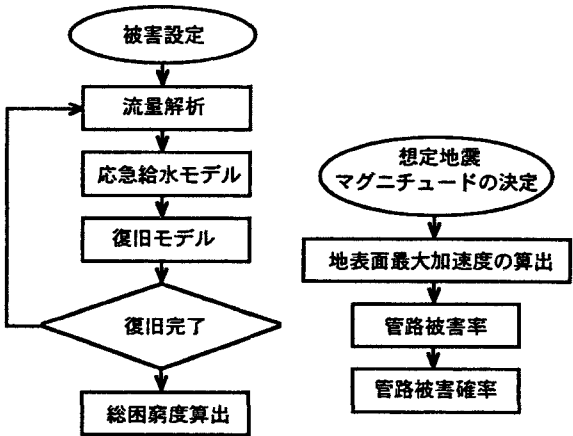


図-1 困窮度算出フロー 図-2 被害設定フロー

$DI_{d,i} = (Q_{n,i}(d) - Q_{s,i}) \times WV(d)$ (1)

$TDI = \sum_d \sum_i DI_{d,i}$ (2)

$CE = TDI_{before} - TDI_{after}$ (3)

$DI_{d,i}$: 地震発生 d 日後のノード i における困窮度

$Q_{n,i}(d)$: 地震発生 d 日後におけるノード i の必要水量

$Q_{s,i}$: 地震発生 d 日後におけるノード i の供給水量

$WV(d)$: 地震発生 d 日後における水の価値

表-1 給水計画優先順位

優先順位	給水する状況	水配布場所
1	病院ノードで必要水量が不足	病院
2	一般ノードで必要水量が不足	防災拠点
3	一般ノードで必要水量が不足	配水拠点

表-2 地震後の水の価値

経過日数 (日)	必要水量 (ℓ/人・日)	水の価値 (円/1000ℓ)
震災当日～ 3日目	3	100,000
4日目～ 7日目	20	1,845
8日目～ 20日目	100	369
21日目～ 60日目	300	123
通常時	(需要水量＝) 300	123

表-3 金沢市における想定断層

CASE	想定断層	マグニチュード
1	森本断層	6.7
2	富樫断層	6.4
3	森本+富樫断層	7.1

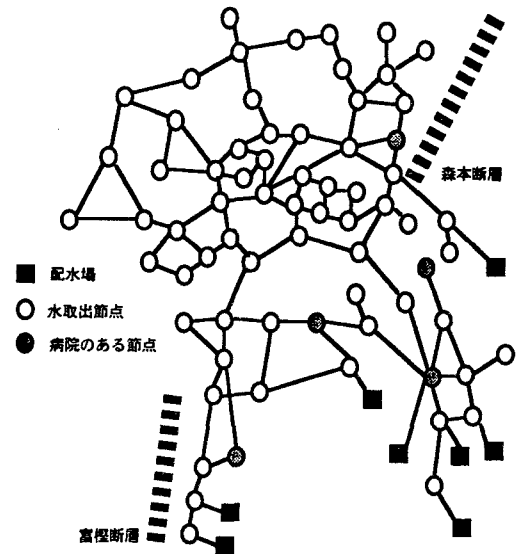


図-3 金沢市配水本管路網図

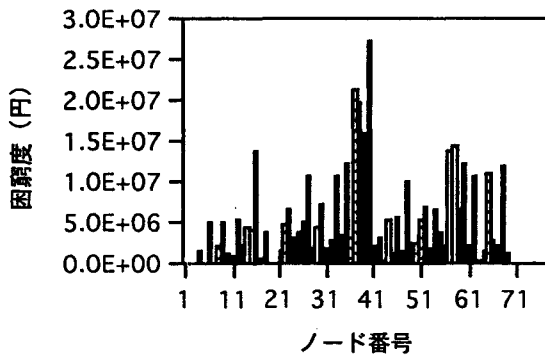


図-4 ノード毎の困窮度 (M7.1)

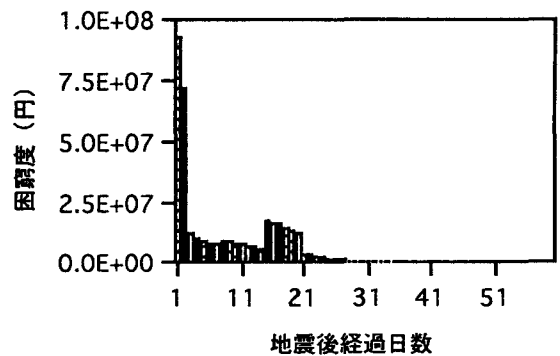


図-5 経過日数による困窮度の変化 (M7.1)

前節で述べた手法を用いて、金沢市においてケーススタディーを行った。金沢市の配水本管路網モデルを図-3に示す。金沢市には市中心部より北東に森本断層、南に富樫断層が確認されている。それぞれによる想定マグニチュードを表-3に示す。応急給水と復旧の両モデルで用いるパラメーターについて、給水車台数と復旧速度の地震後経過日数ごとの推移に関しては、給水車台数は神戸市の実績³⁾を用い、給水車1台あたりの運搬水量は2.0m³とした。復旧は金沢市の管路網が大まかに見て2系統に分かれることから、2方向から復旧を開始し、約1ヶ月で復旧されるとした。応急給水の配水場所は金沢市の拠点避難場所⁴⁾を中心に概ね半径500mに1箇所の割合で設定し、優先的に水供給を受ける医療施設は金沢市内の公立病院としたが、これら以外に優先病院を指定するかどうかは検討が必要だと考える。結果の一例として、ケース3の場合のノード毎の困窮度を算出した結果を図-4に、地震後経過日数による困窮度の変化を図-5に示す。M7.1の時は金沢市内の配水管路網はほぼ全域において被害を受けており、現段階での総困窮度は約370,710,000円となった。14日目において困窮度の数値が上昇しているのは、住民の要求する水量が上昇したこと起因している。現状に対して何らかの対策を講じた場合は総困窮度が減少するので、対策後の困窮度と現状の困窮度との比較を行うことにより対策効果を検討できる。

4. まとめ

上水道管路網が被害を受けることによる地震時の水供給不足による住民困窮度を算出する方法について検討した。地震時には医療用水が重要になるという前提で住民困窮度を算出し、これをできるだけ小さくなれば良いという観点から対策案の評価する方法に注目した。耐震化の経済性も考慮する場合には、地震により被害を受けた上水道管路網の被害額を算出し、考慮することが必要である。今後は消火用水などについても検討していく予定である。

<参考文献>

- 1) 宮島昌克・伊藤真美：地震後の機能性能を考慮した上水道管路の耐震補強に関する研究，第25回地震工学研究発表会論文講演集，pp.1069-1072，1999.7.
- 2) 高桑哲男：配水管網の解析と設計，森北出版，1978.8.
- 3) 神戸市水道局：阪神淡路大震災水道復旧の記録，pp.43-46，1996.
- 4) 金沢市防災会議：金沢市地域防災計画，1997.8.