

## IV-33

### 地震時におけるライフラインの信頼性：仙台市の上水道システムを事例として

東北大学 学生員 ○若井 亮太  
 東北大学 増田 聡  
 東北大学 正会員 稲村 肇

#### 1. はじめに

1978年6月の宮城県沖地震は建物や都市インフラなどに大きな被害をもたらした。上水道に関しては、旧仙台市内で約7,000戸の断水が発生し、市民生活に大きな影響を与えた。この震災をきっかけに、管路や施設などの耐震化や配水系統のブロック化など様々な地震対策が行われてきた。上水道の信頼性は管路・浄水場・配水所・ポンプ場などの施設の耐震性や浄水場・配水所などの給水能力、プライオリティを考慮した復旧作業など地震時の上水道システム全体を総合的に評価すべきである。

ここで本研究は、仙台市の上水道の現状を把握すると共に管線部を対象としその信頼性を評価することを目的とする。具体的には、管路の物理的連結性という各リンクとネットワークの信頼性を評価している。

#### 2. 従来の研究

地震時におけるライフラインシステムの信頼性に関しては様々な分析・研究がなされてきた。例えば小林<sup>1)</sup>はガス、水道システムの構造・地震時被害発生形態の特徴から、信頼性向上のためのブロック化の基準、成立条件を論じ、最適ブロック化探索の方法論を示している。片山ら<sup>2)</sup>は、水道局担当者の意見を考慮して、人為的な配水調整についても解析し、複雑な上水道ネットワークの地震後数日間の供給機能をシステム全体として評価している。朱牟田ら<sup>3)</sup>は、電力供給システム全体の地震時における供給信頼度を発電所と変電所の物理的連結性、電気的特性および復旧の効果などを定量的評価し、信頼性を評価している。

#### 3. 宮城県沖地震後の対応と現状

仙台市で行ってきた対策は次の通り。

#### (1) 施設の耐震化

施設の耐震化として、耐震性の低い石綿セメント管・塩化ビニル管などから耐震性に優れたダクタイル鋳鉄管への変更。特に配水幹線などの主要管路や地盤沈下防止地域においては、離脱防止機能を併せ持つダクタイル鋳鉄管などの一体構造型の鋼管の採用している。

#### (2) 被災時の応急処置

被災時の被害を減少・分散させるために市内の配水管網をブロック化させている。現在は6つの水系（図1：1～9は大ブロック）、63の中ブロック、200の小ブロックからなる。

また、上水道間・各配水所間で相互融通できるように配水管網を整備を行っている。例えば、仙台共同溝、中央配水幹線網などである。



図1 水系の大ブロック図

#### 4. ネットワークの接続性からみた上水道システム信頼性

##### (1) 分析の方法

① ここで、仙台市水道局によると、管路被害は以下の解析式で示される。

$$R_{fm} = C_g \times C_p \times C_d \times R_f$$

$R_{fm}$ ：管路被害率（ヶ所/km）  $C_g$ ：地盤係数  
 $C_p$ ：管種係数  $C_d$ ：管径係数

$R_f$  : 標準被害率       $R_f : 1.7 \times A^{6.1} \times 10^{-10}$   
 $A$  : 地表最大加速度 (gal)

これを利用して本研究では、以下の手順で信頼性を分析した。

管径・管種・管が埋設する地盤により水道管を分類し、分類ごとに単位当りの被害件数(被害線密度)を求め、それぞれ総延長から被害件数を算定。

分類した管ごとに求めた被害件数、水道管ネットワーク上でランダムにきる。

水源と各配水ブロックの連結性の判定。

以上の繰り返し。

n回繰り返し後、各配水ブロックが水源と接続確率で信頼性を評価。

### (3) 前提条件

- ・管線水道管は現状のものを用いた。
- ・今後仙台市水道局で耐震性のあるダクタイル鋳鉄管に代えていくということで管種は全てこれであるものとして係数0.2を用いた。
- ・地表最大加速度(A)は、400galとした。
- ・各ブロックへのつながりを判定する点は、基本的にそのブロックに水を供給している管路と配水ブロックの境界線とした。

### (4) 結果

各配水ブロックにおける信頼性は、図2のようになる。

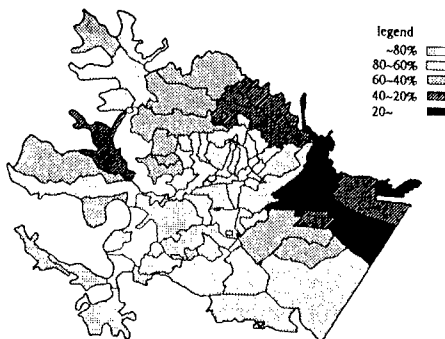


図2 配水ブロック信頼性マップ

図2から各大ブロックで上流域から下流域になるにつれ信頼性が低くなり、特にブロック2の下流部は軟弱地盤で、この傾向が強くなっている。しかし、

ブロック1ではこの傾向はなく、全域で信頼性が高めている。これは、このブロック1が複数の水系から給水されているからである。

## 5. 結論

今回の分析により、2図のように仙台市の水道管ネットワークの水源から配水ブロック間の接続性という各リンクとネットワークの信頼性の評価はできた。また、緊急時に用いる管路がない、つまり、ブロック間の相互融通性がないものとして同様に分析を行い、二つの結果から、ブロック化の有効性の分析を試みた。しかし、これらの結果に差はほとんどみられず今回の分析ではブロック化の有効性を調べることはできなかった。

また今回は浄水場の給水能力、水圧などについて無視したわけであるが、このため、本来これらを考慮したときに水がとどかない判定地点まで、とどき、緊急時用の水道管の重要性が低くなってしまったために、ブロック間の相互融通を考慮したときとしないときで差がなかったものと考えられる。

## 6. 今後の展開

今後の課題は、今回考慮しなかった上水道の給水能力、水道管内の水圧を考慮し、信頼性とブロック化の効果についての分析法を提案することである。

### <参考文献>

- (1) 小林正美：「地震に対するライフラインのブロック化に関する基礎的研究」、第17回日本都市計画学会学術研究発表会論文集、1982
- (2) 朱牟田善治、竹中清、石田勝彦、桃井直美：「地震時における電力基幹系統の信頼性評価法」、土木学会第49回年次学術講演会、1994. 9.
- (3) 大森俊太郎、片山恒雄：「水道局担当者の意見を考慮した上水道システムの地震時信頼性解析法の改良」
- (4) 高田至郎：「ライフライン地震工学」、共立出版株式会社、1991. 9.
- (5) 古林隆：「ネットワーク計画法」、培風堂、1984. 10.