

防衛大学校 学生会員 江田 智  
 防衛大学校 学生会員 長屋 秀和  
 防衛大学校 正会員 佐藤 紘志

1. はじめに

配水管路網の更新計画を立案する場合、要素の危険度と重要度を同時に考慮して更新優先度を定めることが重要である。普通は、埋設時期の古い管から順次更新していくことが多い。また、防災 GIS の活用の一環として、地震危険度を考慮した管路更新を考えている事業体もある。本研究では、水道が生活に不可欠であることを考慮して、震災時にも有効に活用可能なシステムを目指した更新計画を考える。水道管が果たす機能には、通常の給水のほかに消防水利としての機能も含まれる。このことから、本研究は消防水利としての配水管路網が震災時にも広範囲に活用可能なより安定したシステムとなるように考慮した。本論では、震災時における消火活動に着目し消防水利の総合的な活用を念頭に置きながら、人口分布、重要施設の配置状況、用途指定地域等の地域事情を考慮した水道管路網に対する更新計画(更新優先度の決定法)の立案について考察した。

2. 兵庫県南部地震後に示された危険度評価法の基本公式

水道システムを構成する管路要素の危険度の評価は、被害状況を調査し数学的解析に基づき数式化したものが用いられている。わが国における最初の被害想定式は昭和 53 年の東京都区部の被害想定に用いた式である。この式は、過去の被害データに基づく経験式であり、①適用が容易なこと、②新しいデータによる修正が容易であることから、現在でも基本とされている。兵庫県南部地震以前によく用いられていた式は、San Fernando 地震や宮城県沖地震の最大加速度と被害率を回帰分析した式(1)であった。しかし、この式は図-1に示すように加速度の増大とともに発散するという欠点を持っていたので、兵庫県南部地震における水道管の被害データを基に式(2)のように修正された。

今回は、この式を基に非破壊確率  $P$  (式(3))を求める。

(従来の被害想定式)

$$R(\alpha) = 1.689 \times 10^{-16} \alpha^{6.06} \quad (1)$$

$$R_m(\alpha) = C_p C_d C_g C_l R(\alpha)$$

(兵庫県南部地震後の被害想定式)

$$R(\alpha) = 2.88 \times 10^{-6} (\alpha - 100)^{1.97} \quad (2)$$

$$R_m(\alpha) = C_p C_d C_g C_l R(\alpha)$$

$C_p$  : 管種係数  $C_d$  : 管径係数

$C_g$  : 地盤係数  $C_l$  : 液状化係数

$C_s$  : 地形係数

(非破壊確率)

$$P = e^{-LR_m(\alpha)} \quad (3)$$

$L$  : 管路の長さ

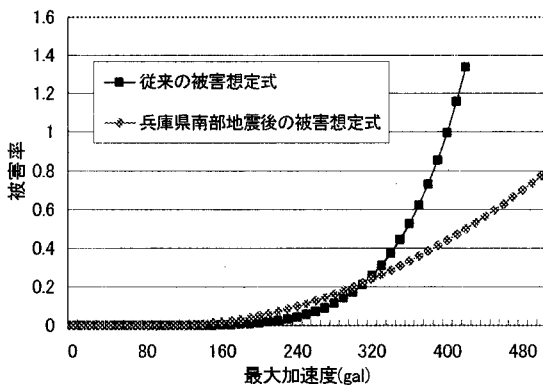


図-1 危険度評価法の基本公式の比較

3. 更新順位の決定法

2. で述べたような管路網を構成する非破壊確率から各々の管の危険度が求められるので、次に管路要素の重要度を考慮した更新優先度の考え方を述べる。その流れを、図-2に示す。

(1) (消火栓必要度の定義) 対象地域をメッシュ分割(消火活動の制約から 400m×400m)し、各メッシュ毎に以下のような“消火栓必要度”という指標を導入する。

キーワード：管網解析、消防水利、耐震化計画、ライフラインシステム、地域防災計画

連絡先 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校土木工学教室 電話 0468-41-3810 FAX 0468-44-5913

$$\text{消火栓必要度} = \frac{\text{人口係数} \times \text{施設重要度係数} \times \text{都市計画用途係数}}{\text{消火栓以外の消防水利カバー率}}$$

ここで、人口係数はメッシュ内の人口に関する係数であり、人的な被害に関わるものである。施設重要度係数は、震災時に重要な役割を果たすべき施設の数による重み係数である。さらに、都市計画用途係数は、地区の用途区分毎に各種の規制があり、その規制が火災の発生頻度に関わっていると考えて設定した。また、消火栓以外の消防水利カバー率は、図-3に示すように防火水槽等による消火活動が可能な割合を示すもので、この数値で割ることで消火栓による消火の必要度を示すと考えたからである。例えば、この図の場合、A,Bは6/16、C,Dは2/16である。これらの係数は、更新地域の特性により変化する。

(2) (ラインの選択) (1)において求めた消火栓必要度に応じて、消火栓による活動が確保できるように更新計画を立案する。最初に消火栓必要度を5段階にレベル分けする。それを消火栓必要度の高い順にレベル5、レベル4、3、2、1と定義する。次にレベル5の中で最も消火栓必要度が大きいメッシュに供給できるラインを選ぶ。その際、その管がメッシュに流入している管か、流出している管かを管網解析により調べる。複数の管網から供給されている場合には、配水池からの経路上のメッシュに  $L5 > L4 > L3 > L2 > L1$  となるような係数をつけ、そのメッシュに至るまでの係数の平均が大きい経路を選択する。図-4ならば管路A-Bの係数の平均が管路D-Eより小さくなり、このケースでは管路D-Eを選択する。平均が同じ場合には、流量の多いものを選択する(図-5)。また、図-4において、Cの管路については、目標メッシュから流出しているので選択しない。

(3) (更新管の選択) 消火栓必要度のレベルごとに目標非破壊確率を設定して、目標に達していない管の非破壊確率の最も低い管から更新する。最初にL5のメッシュ全てに対して目標非破壊確率に到達するように更新し、L5全てのメッシュが終わったならば、L4について更新し、以下L3,L2,L1の順で行う。なお、この目標非破壊確率はメッシュのレベルが下がるにしたがって下げる。

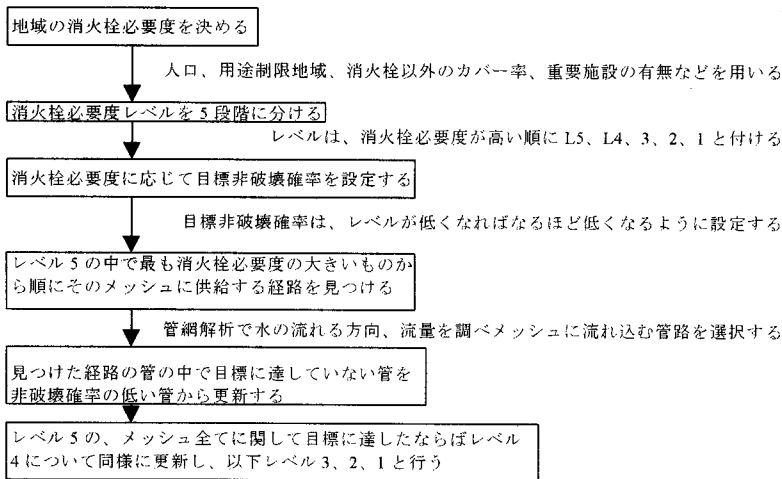


図-2 更新優先度決定の流れ

#### 4. あとがき

ここでは、震災時の消火活動に着目し、消防水利の総合的な活用を念頭に置きながら、人口分布、重要施設の配置状況、地区の用途区分等の地域事情を考慮した水道管網に対する更新計画の立案法について述べた。

この方法を富山県水見市の水道システムに適用した結果については、講演時に述べる。

参考文献：水道管路の地震被害予測に関する研究(水道協会雑誌 H10. 2) 消防水利実務基準(東京消防庁)

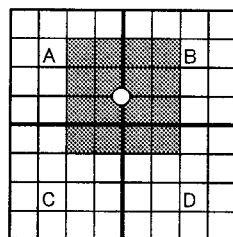


図-3 消火栓以外の消防水利のカバー率  
■カバー率 ○消防水利

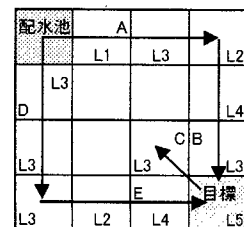


図-4 経路の選択(1)

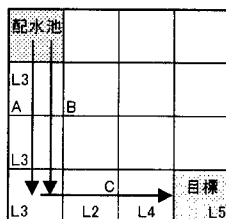


図-5 管路の選択(2)