

II-354

広域水道における連絡管効果の定量化に関する検討(2)

京都大学工学部 正会員 ○松岡 譲・住友 恒
環境庁 坂本弘道, 東京ガス 沢田和昌

1. はじめに

水道水の安定供給確保は、水道システムが抱えているもっとも大きな課題の一つである。その一つの方策として、複数の事業体を連絡管で結び水道の広域化を図ろうとする試みが、全国各所で行われている。著者らはこうした試みの効果の定量化手法の開発に努めてきたが、本発表もその一環であり、多数事業体間を連絡管により連結することによる震災時被害の軽減度を簡易なモデルによって算出する方法を示す。

一般に地震によって都市に被害が発生した場合、被災から復旧にいたるプロセスでは、発震直後の消火用水の確保に始まって、広域避難地など拠点への重点給水、都市生活可能水準程度の給水レベルへの復活など復旧段階に応じた需要が発生するが、本研究で対象とするのは、市民が家庭にもどり、都市全体の復旧が行われる段階であり、主要幹線破損による被害というよりも、中小配水管の破損、漏水を主因とする配水機能の低下を中心に扱うことにする。

2. 簡略モデルの概略

震災時における水道広域化の効果を、給水需要の充足率(=有効水量/需要水量)に焦点をあてて評価することにする。効果定量化の方法としては、各事業体実際管網を2次元流に置換する方法(住友, 1981)、比較的忠実に再現し詳細な管網計算にもとづく方法(住友ら, 1986)があるが、計算を行うにあたって準備しなければならないデータあるいは計算労力が膨大となり、様々な震災ケースを試みたり結果に対する見通しの良さ等から考えると、より簡便な手法を併用する方が都合よい場合が多い。そこで、1つの事業体を1つの節点とみなす簡略モデルの開発を試みた。まず、簡略モデルの各節点では水量収支から次式が成立する。

$$Q + \sum T_i - (L + S) = 0 \quad (1)$$

ここに、式(1)を構成する各要素は、次のように定式化した。

- 1) Q (事業体内配水量) : ハゼン・ウィリアムズ式にならない事業体内平均損失水頭 H_L により $H_L = C_{0H} Q^{1.85}$ と記述されるものとする。
- 2) T_i (第 i 隣接事業体からの連絡流量) : Q と同じように考え、当事業体内平均ピエゾ水頭 H 、隣接事業体内平均ピエゾ水頭 H_i 、加圧水頭 H_{0i} との間に $H_i - H + H_{0i} = C_{0i} T_i^{1.85}$ が成立するものとする。
- 3) L (事業体内漏水量) : 事業体内平均残存水頭 z 、破損・漏水個所数 N_L との間に $L = C_i z N_L$ の関係があるものとする。
- 4) S (事業体内有効水量) : 給水人口 p 、原単位 q 、給水充足率 f ($0 \leq f \leq 1$) との間の関係である $S = p q f$ を利用する。給水不足率 f は事業体内平均残存水頭 z の関数であると考えて、最小許容水頭 z_a との間に、 $f(z) = \max [0, \min \{1, (z/z_a)^{0.5}\}]$ の関係を仮定する。

式(1)に上記の 1)~4) の関係を導入することによって、1 節点(事業体)毎の H (あるいは z) に関する非線形方程式を得ることができ、それらを連立することによって全連絡事業体の平均残存水頭、ひいては有効水量、充足率を算出することが可能となる。

3. 簡略モデルの計算

簡略モデルを使って震災計算を行うには、1) モデル中に含まれる定数 C_{0H} (事業体内通水抵抗)、 C_{0i} (連絡管群通水抵抗) 及び C_i (漏水係数) の推定、2) N_L (破損・漏水個所数) の推定などの前準備が必要である他、当分の間は、簡略モデル自体の妥当性検討の意味から、3) 詳細な管網計算による震災被害計算を併用する必要がある。したがって、本研究においても、詳細管網計算と併用し、簡易モデル内の未知定数 C_{0H} 、 C_{0i} も詳細計算モデルの計算結果から算定した。 C_i は地震規模により、また N_L の算定法によっても異なるが、宮城県沖地震の例では $2.5 \times 10^{-4} \sim 1.5 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ 程度である。破損・漏水個所数は地震・地盤特性、管種・管径、埋設深等により異なるが、下に示す例では震害率(単位埋設管長あたりの破損個所数)の期待値を 1 (個所/km) とし管長に対しポアソン過程的に発生すると想定した。簡略、詳細計算モデルの計算結果比較の例として、下に示すような 20 事業体を 29~70 管路で連絡する場合、両モデルによる計算給水充足率間の相関係数として、0.88~0.93、回帰の傾き 0.80~0.99、回帰の切片 0.13~0.02 (連絡管径 150mm, $C_i = 3 \times 10^{-4} \sim 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, 14ヶ所) 程度の値となった。

4. 簡略モデルによる連絡管効果の呈示例

図-1はT県内20事業体を段階的に20事業体→全5ブロック→全3ブロック→全1ブロックと連絡管で連結したときの連絡管建設費用と、全20事業体内の充足率最小値の関係を示したものである。図中の疎連結とは各事業体間を1本の連絡管で、密連結とは複数管で連結することを意味し、数値はその管径を示す。図-2は災害時のT県中心都市であるT市と周辺町村の水のやり取りを示したもので、上段はT市震災-F町など周辺7事業体救援、下段はF町震災-T市など周辺4事業体救援の例である。縦軸の被害人口とは不足水量を原単位で割った値である。図-1,2はいずれも地震が500回生起した時の平均値を示したものであるが、図-3は500回の震災による最小充足率の分布が連絡管の有無によって変化する様子を示している。

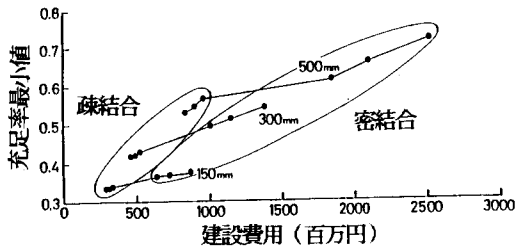


図-1 建設費用と充足率最小値の関係

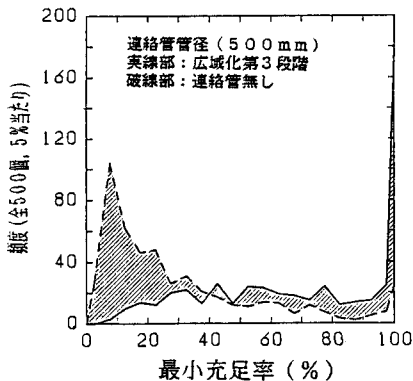


図-3 最小充足率の分布

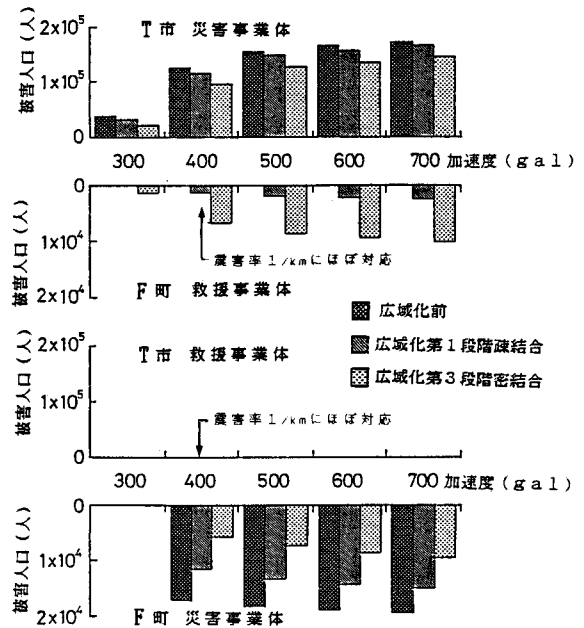


図-2 大都市と隣接町村の救援状況

5. おわりに

以上、広域水道の連絡管効果を簡便かつ定量的に提示する手法を提案した。水道システム広域化の論議を定量的、科学的に行う上で寄与するところがあれば幸いである。

引用文献 住友ら(1981):水協誌592号,2, 住友ら(1986):土木学会年講II-461