

上水道配水管路の機能評価法の検討

福山大学工学部 正員 千葉 利晃
(株) ウェスコ 正員 ○ 三木 康弘

1. まえがき

管路の重要度評価については先に報告した^{1), 2)}。この中では管路の重要度評価のみを簡単なモデルを用いて検討するに止まっている。今回は同じ簡単なモデルを用いて、まず管路の感度（影響度）の評価が同じ手法で行えることを示したのち、本手法を用いて、これら重要度と感度の評価が実管路にも応用可能であることを示した。上水道管路の重要度を評価しておくことは、耐震性の低い管路を耐震化する場合とか、地震などにより大被害を被った場合の復旧時の優先順位の決定などに必要となる。また、感度の評価は、感度（影響度）の高い管路に圧力センサーを設置しておき被害個所の推定に役立てることができよう。なお、本報告で用いた機能評価法は、流量や動水位などを出力とし、管路の流速係数などを入力としたネットワークの入出力を考え、出力を入力の変動量の1次近似としたネットワークの表現法を使用している。簡便であるのみならず復旧対策や将来計画の検討など、応用範囲は広いものと思われる。

2. 配水管の機能評価法

ネットワークが m 個の節点および n 個の管路より構成されているものとし、各管路の機能を表す動水位を出力 y_i とする。また、流速係数を入力 α_{ij} とし、この入力が x_{ij} だけそれぞれ変動するものと考え、出力を式(1)に示すように入力の変動量の1次式で表せるものとする。ここで、 y_0 はすべての i, j に対して $x_{ij} = 0$ のときの出力、すなわち、平常時のネットワークの出力である。詳細は文献2を参照頂きたい。

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} y_{10} \\ y_{20} \\ y_{30} \\ \vdots \\ y_{n0} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \partial y_1 / \partial x_{11} & \partial y_1 / \partial x_{12} & \partial y_1 / \partial x_{13} & \cdots & \partial y_1 / \partial x_{1n} \\ \partial y_2 / \partial x_{11} & \partial y_2 / \partial x_{12} & \partial y_2 / \partial x_{13} & \cdots & \partial y_2 / \partial x_{1n} \\ \partial y_3 / \partial x_{11} & \partial y_3 / \partial x_{12} & \partial y_3 / \partial x_{13} & \cdots & \partial y_3 / \partial x_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \partial y_n / \partial x_{11} & \partial y_n / \partial x_{12} & \partial y_n / \partial x_{13} & \cdots & \partial y_n / \partial x_{1n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{11} \\ x_{12} \\ x_{13} \\ \vdots \\ x_{1n} \end{bmatrix} \quad (1)$$

j 列は j 管路の入力が変化したときの、各管路の出力 $y_i; i=1, 2, \dots, n$ の変化の割合を示している。したがって、 j 列の縦ノルムを $N_{c,j}$ とすれば、 $N_{c,j}$ の大きい列（管路）ほど重要な管路と考えることができる。一方、 i 行は各管路の入力が $x_i; i=1, 2, \dots, n$ だけ変化したとき、対象とする行の出力の y_i の変化の割合を示している。したがって、 i 行の横ノルムを $N_{r,i}$ とすれば、の大きい管路ほど他の管路の影響を受け易い（感度の高い）ことを示していると考えることができる。

$$N_{c,j} = \sqrt{\left(\frac{\partial y_1}{\partial x_{1j}}\right)^2 + \left(\frac{\partial y_2}{\partial x_{1j}}\right)^2 + \cdots + \left(\frac{\partial y_n}{\partial x_{1j}}\right)^2} \quad (2) \quad N_{r,i} = \sqrt{\left(\frac{\partial y_i}{\partial x_{k1}}\right)^2 + \left(\frac{\partial y_i}{\partial x_{k2}}\right)^2 + \cdots + \left(\frac{\partial y_i}{\partial x_{kn}}\right)^2} \quad (3)$$

これらより、式(1)の係数を求めておけば、簡単に各管路の重要度および感度を評価することができよう。管網解析を用いて管路の重要度を評価しようとすると、被害を受けた管路を削除して行なわなければならない。ある管路を削除した場合、孤立管路が存在する場合には、これらの孤立管路を総て削除して管網解析を行なう必要がある。上記機能評価法も管網解析を用いて係数を求めることになるが、管路を削除する代わりに、管路の能力が低下したものとみなして解析を行なっているので、管路を削除する必要が無く、一度求めておけばよいという大きな利点がある。

3. 配水管の機能評価結果

配水池が2つあり、28の管路よりなる簡単な管網のモデル（図-1）を用いて、上記評価法の妥当性を検討す

る。2つの配水池の地盤高はそれぞれ45m、40mであり、その容量は1つの配水池のみからでも必要水量を満たすことが可能な容量をもつものとしている。図-2に横Norm; N_{ri} を大きい順（感度降順）に上位12まで示し、これらの管路を示したものが図-3である。このモデルの場合、末端の管路に影響が大きく現れることが分かる。これらの管路に圧力センサーを設置しておけば、管網の圧力把握をより容易に行えるであろう。このように、管網全体の圧力把握にも本手法は利用可能である。複数の配水池より水を供給しているような、より複雑な実管路網についての結果は紙面の都合で省略するが、実管路についても良好な管路の重要度および感度の解析結果が得られている。したがって、本手法の有用性は高いものといえよう。

〔参考文献〕

- 1) 千葉、西崎、浅埜「入力変動を考慮したネットワークの機能評価法による配水管の重要度評価」、第24回地震工学研究発表会、pp.20～28、1996.8 2) 千葉：「上水道施設の地震被害予測と管網の評価方法について」、中国支部研究発表会、pp.20～28、1996.8 3) 丸山、西崎、浅埜、千葉：「入力変動を考慮したネットワークの機能評価法」、水道協会雑誌、pp.20～28、1996.8

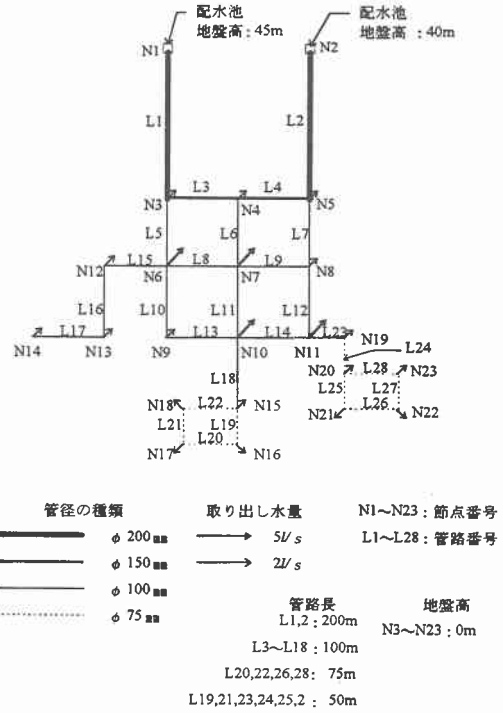


図-1 モデル管網図

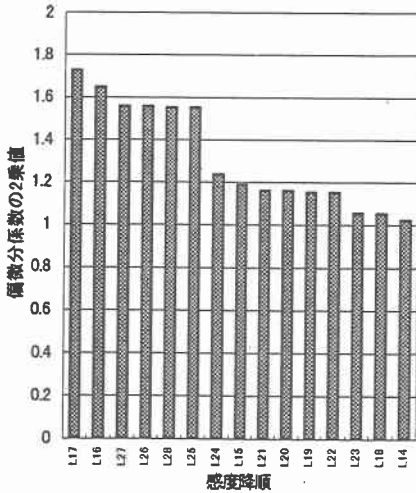
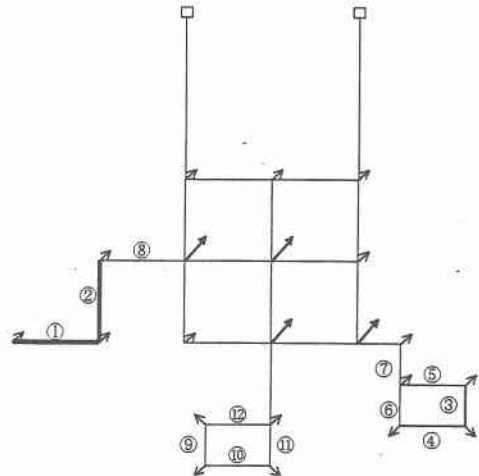


図-2 横Norm;感度降順



①～⑤：本手法による感度（上位12位）

図-3 感度の評価結果