

I-372 パソコン通信を用いたライフラインの 復旧支援システムの検討

五洋建設㈱ 正員 古川忠稔
京都大学工学部 正員 山田善一 家村浩和 伊津野和行

1. はじめに

一般にライフラインの復旧過程に関する研究は、多量のデータと計算時間を必要とする。そのため、大型計算機が利用されることが多い。しかし研究成果の実用化を計るためには、パソコン・ミニコンクラスで計算が行えるようにする必要も生じてくる。その際大きな問題となるのは、コンピューターの容量と演算速度である。その一手段としてLAN、パソコン通信で結ばれた数台のパソコンを用いて大型計算をする方法が考えられる。本研究はこのような考え方にに基づき、2台のパソコンをケーブルで接続することによって1台のパソコンでは解けないような大規模な連立一次方程式を解く手法を開発し、この手法を用いて管路の機能評価システムを作成した。例題として、水道網の復旧解析を行った。

2. 機能評価システムの作成

今回は2台のパソコンをRS-232Cリバースケーブルで結んだ簡単なシステムを用いた。数台を結ぶ場合はネットワークシステムのソフトウェアを利用する必要があるが、2台を結ぶだけならBASICで簡単なプログラムを組むだけで十分である。本研究では、上述の2台のパソコンを用いて仙台市茂庭地区の上下水道配水管路網を基にネットワークのモデル化を試みた（図1）。さて、管路網の定常流の解析は、①管路における抵抗則②管路の分岐・合流などにおける連続条件③Bernoulli式、の3条件の成立に基づいて行われる。ここでは、管路網内の独立なループ流量を未知数とするループ法を用いて解析を行った。管路における抵抗則は非線形であるので、上記の3条件はループ流量 f_1 と初期値 $f_1^{(0)}$ の差 Δf_1 を未知

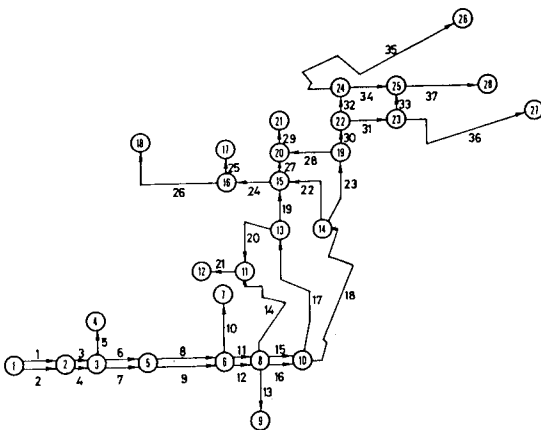


図1 仙台市茂庭地区配水管路網モデル

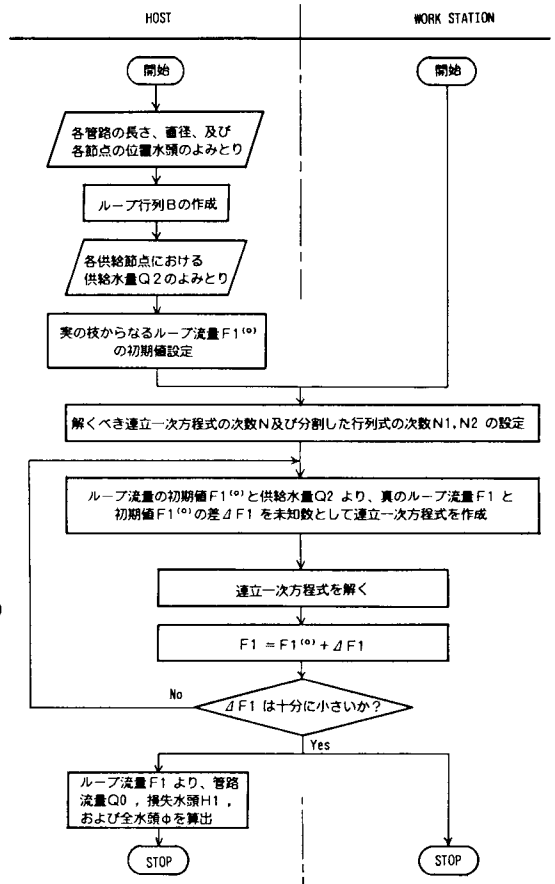


図2 機能評価システムのアルゴリズム

数とした連立一次方程式を繰り返し解くことに帰結する。解くべき連立一次方程式は、

$$[B_{10} R B_{10}^T] \Delta f_1 = -B_{10} R [B_{10}^T f_1^{(0)} + B_{20}^T Q_2]$$

となる。ここで、 B_{10} ：ループ行列のうち、実の枝に関する部分行列、 R ：管路の損失に関する項を対角成分とする行列、 B_{20} ：ループ行列のうち、実の枝と仮の枝に関する部分行列である。また、連立一次方程式を解く手法にはガウスの消去法を用いた。その際 $Ax = b$ という連立一次方程式の係数行列 A と、ベクトル b をそれぞれ2個に分割した。それぞれを2台のパソコンに分割して記録、管理させることによってパソコンのメモリを節約し、1台のパソコンを使用する場合よりも大規模な連立一次方程式の計算を可能にしている。上述の手法を用いて作成した機能評価システムのアルゴリズムを図2に示す。また、本機能評価システムを用いて求められた仙台市茂庭地区の平常時の平均配水量時とピーク配水量時の各供給接点における全水頭および位置水頭を図3に示す。

3. 復旧計算例

図2の管路網モデルにおいて、数カ所の接点で同時に漏水が発生したと仮定し、これに対して簡単な復旧解析を行った。本復旧例ではネットワークモデル内の管路の修理はすでに完了しており、漏水箇所は各接点よりも下位の管路で生ずるものとし、これを各接点における漏水量で定義した。本ケースにおいては、漏水は図5に示す接点で各々 $0.4 \text{ m}^3/\text{sec}$ 発生するものとし、復旧作業は1ステップで1ヶ所、 $0.2 \text{ m}^3/\text{sec}$ だけ修理されるものとする。また、復旧過程中の機能評価の尺度となる復旧度の評価関数 F_c は

$$F_c = \sum_{i=1}^{n_0} \frac{\text{接点 } i \text{ の人口}}{\text{全人口}} \cdot \frac{\text{そのステップにおける接点 } i \text{ のエネルギー水頭}}{\text{平常時のピーク供給水量時の接点 } i \text{ のエネルギー水頭}} \times 100 \quad (\%)$$

ただし、 $i=1, 2, 3, \dots, n_0$ n_0 ：総配水接点数である。これは、ある漏水接点の修理がネットワーク内のすべての接点に対してどの程度復旧効果を及ぼすかを求め、それに各接点毎の供給人口による重みを付け加えることにより復旧度を評価する。すなわち、できるだけ多くの人々にできるだけ大きなサービス水準の向上をもたらすことを評価関数の尺度として示そうと試みたものである。復旧はまず、ステップ0（初期設定状態、各接点で $0.4 \text{ m}^3/\text{sec}$ ずつ漏水）において、各接点 j で1ステップだけ作業を行ったものと仮定し、それぞれの評価関数 $F_c(j)$ を求める。これら全部の $F_c(j)$ の中で最大のものを選び、その接点 j の復旧を行う。以後、順次同様な作業を行い、各ステップ毎に最大復旧効果をもたらすようにシステム全体を復旧させた。評価関数より求められた復旧作業順を図4に示す。以上、本研究ではパソコンのメモリの増加を主目的として検討を進めてきた。ライフライン網の各部分をそれぞれ1台のパソコンで分担させ、それらを通信回線で結ぶことによって大規模ライフラインの復旧解析を行うという試みも検討中である。

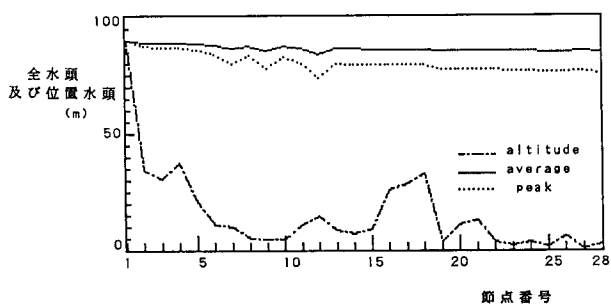


図3 各接点毎の全水頭及び位置水頭

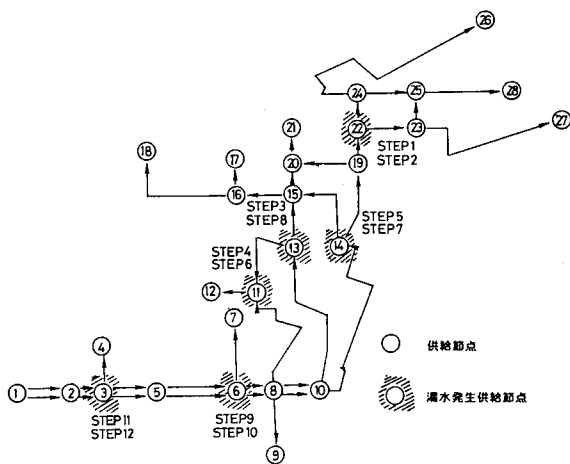


図4 漏水発生箇所と評価関数より求められた復旧順序