II-115 小型コンピュータによる大規模管網モデルの作成と水理解析

東洋大学大学院　学生員　○池田 雅孝
東洋大学工学部　正 員　後藤 圭司
東洋大学(現・興和地下建設)　只野 信之

1. はじめに

近年、コンピュータの進歩は覚ましく、パソコンと言われる小型コンピュータの普及に伴ない配水管網の水理解析の研究も多く試みられている。しかし、大型コンピュータに比べ、メモリ容量や演算速度に限界があるため自ずと解析できる管網の規模が制限されるのは否めない。そこで筆者らは、主流となりつつある16ビットパソコンを用いて解析可能な管網の最大規模を調べることとした。但し、このためにはまず大規模な線形連立方程式と、管網のモデルが必要となるので、これらを作成するプログラムを開発した上で解析を試みたものである。

2. 線形連立方程式モデル

与えられた管網の個有の性質とその解析手法によって作られる連立方程式の係数マトリクス $A(I,J)$ の特徴が異なるので、次の三つのモデルを作成した。ここで、線形連立方程式の形は $A(I,J)*X(I)=B(I)$ とする。

1). 一般型係数マトリクスモデル：特別の制約を持たないもので、与えられた管網の配水基地以外の節点について工ネルギ位が既知のときに相当し、ガウスの消去法などの直接解法の検討に用いた。$A(I,J)$ は一様乱数。

2). 疎な係数マトリクスモデル：係数マトリクスが疎(スパース)な対角優位型のモデルで、配水基地と工ネルギ位既知の点が同じ場合や、流量法で解析を行なう場合に相当し、ガウスザイデル法などの逐次近似法の検当に用いた。$A(I,J)$ の各行の要素は正規分布に従って設定し、対角優位のチェックを行なった。またマトリクスのスケールが大きくなると要素ゼロの占める割合が増大するので、メモリ節約のためにマトリクスをコンパクト型で表わした。管網の一節点に接続する最大の管路数を6とすれば、節点工ネルギ位法では A の I 行の要素数はピボットを除けば6以下である。まずピボットの値を $P(I)$ とし、ピボット以外の値を $C(I,J)$、その場所を $JP(I,J)$ で表わした(図-1)。$C(I,J)$ の値は一様乱数で与え、$J=1,6$ の C マトリクスの総和を $P(I)$ とした。

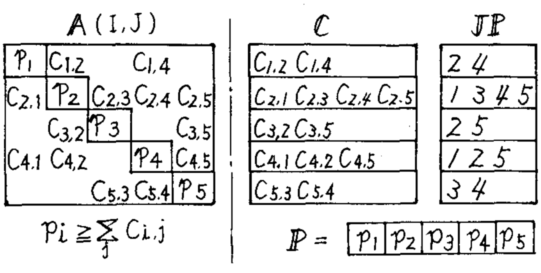


図-1 コンパクト型によるマトリクス表示

3). 疎な対称係数マトリクスモデル：2)の条件に対称性を加えたもので、コンパクト型で作成した。キングサイズの連立一次方程式の解法に有利なCG法などの検討に適用。まず $A(I,J)$ の上三角マトリクスのピボット以外の要素数を最大数3として与え、要素を乱数で設定し下三角マトリクスに変換した。$P(I)$ は2)と同様。(図-2)

以上のように設定した係数要素に、$X(I)=I/100$ を乗じて定数項 $B(I)$ を作った。表-1は2)によって作成した最大規模の連立方程式の元数と、SOR法による演算時間である。

表-1

方程式の元数	演算時間
13,359元	2時間45分50秒*

＊MS-DOS上のBASICコンパイラによる

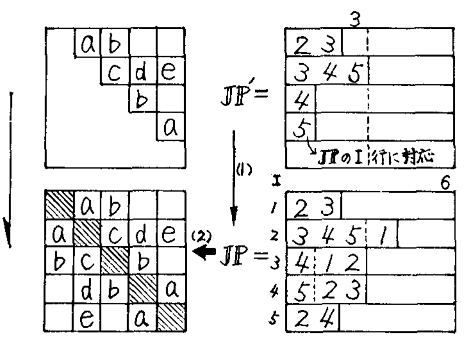


図-2 コンパク型による対称マトリクスの作成

3、管網モデル

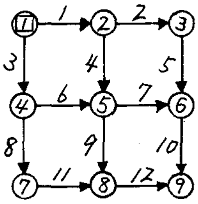
今回は、大規模管網の解析に有利な逐次近似法で節点エネルギ位法を採用したので、管網モデルは一点注入、注入点の全水頭を既知とした．しかしこれはブロック化された管網に相当し、一点注入はまさに実用的である．管網の形は矩形とし、その構成は管路の両端点マトリクス JS(I,J)で表現した（図-3）．

1)、節点流出量の配分：節点流出量は東京都内の現存管網における実測値を基準として配分した．

2)、管路口径の配分：流速を $V=2.0$ (m/sec) とし各節点の総流出量から最大口径を算定し、最小口径を $D_{min}=0.05$ (m) として、標準口径に従って等配分した．但し、0.5 (m) 以上は 0.1 (m) きざみで行なった．

3)、節点エネルギ位の仮定値：節点エネルギ位法での解析では、線形連立方程式の係数要素が節点エネルギ位の仮定値で決定される．逐次近似法で方程式を解く場合、その係数値、つまりはエネルギ位の仮定値がその収束に著しく影響を与えることになる．これは節点エネルギ位法で解析を行う上で重要な問題である．筆者らは次のような仮定値の設定を行ない比較的良い結果を得たものである．まず配水基地のエネルギ位を E0（既知）、隣接する節点とのエネルギ位差を $DE=0.01$ (m) とし、JS-マトリクスを使ってすべての管路について上流側が下流側節点より DE だけ大きいように設定した．なおこの計算はサブルーチン（EASSUME）として解析プログラムに含めた．

4)、その他のデータとして、管路長は 150～250 (m)、流量係数は 100 とした．なお作成したデータはシーケンシャルファイルとした．



□：配水基地

→：流方向（仮定）

$$JS=\begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 3 \\ 1 & 4 \\ 2 & 5 \\ 3 & 6 \\ 4 & 5 \\ 5 & 6 \\ 4 & 7 \\ 5 & 8 \\ 6 & 9 \\ 7 & 8 \\ 8 & 9 \end{vmatrix}$$

JS(I,1)：上流側節点
JS(I,2)：下流側節点

図-3 管網モデルと両端点マトリクス

4、管網水理解析

1)、解析は BASIC コンパイラで行なった．節点エネルギ位法の連立方程式の解法に SOR 法を用いたプログラム（ANALER）を開発し、作成したモデルデータを使って解析を行なった．また各マトリクスをできる限りベクトル化することで解析可能な管網規模の拡大を図り成果を得た．おもなベクトル化として JS(I,J) を JS1(I)、JS2(I) に C(I,J)、JP(I,J) を C1(I)～C6(I)、JP1(I)～JP6(I) にした．

2)、解析結果の検証には木探索を適用して全管径路（流れ方向）を捜し、最短および最長の管径路または任意の管径路で総損失水頭のチェックを行なうプログラムを開発して行なった．

5、まとめ

表-2 に結果を上げた．作成可能な管網モデルの最大規模に関しては実用に十分な結果が得られた．水理解析の場合も、主メモリのみを利用しても節点数 1000 点を越える大規模管網の解析が可能である．現在、外部記憶装置を使う外部メモリ法や RAM DISK の活用を試みており解析可能の管網規模をさらに拡大させる予定である．また BASIC での実行では解析に膨大な時間がかかり実用的でないので、パソコンで利用でき、より演算スピードの速い FORTRAN80 にプログラムを移植している．

表-2

作成可能な管網モデルの最大規模	節点数 15,376 点 管路数 30,504 本 一辺 124 点の正方モデル
解析可能な管網の最大規模（メインメモリのみ使用）	節点数 1,849 点 管路数 3,612 本 一辺 43 点の正方管網

・使用機種： PC-9801E （RAM 容量最大 640 kバイトまで増設、8087 素子装着）

・参考文献： 1). 高桑 哲男：配水管網の解析と設計 森北出版 1978.8 PP.89～127
2). 三嶋 武：統計計算入門 オーム社 PP.136
3). 後藤 圭司：配水管網における水質変化に関する研究 PP.110
4). 戸川 隼人：マトリクスの数値計算 オーム社 PP.8～22 PP.52～102