

計算機による配水コントロールの実施例

富士電機製造㈱公共事業部技術第二部 ○守本 正範

1. はじめに

上水道の水運用において、配水圧力を適正にすることにより漏水を防止し有効率を向上することを目的とした配水制御が注目されている。従来は計算機の演算速度、記憶容量の制約などによりオンラインで管網計算を行ない、配水制御を実行することは困難であった。しかし、近年情報処理の技術の進歩が目ましく、特に計算機において高速・大容量の32ビットスーパーミニコンの出現とソフトウェア技術、例えばシミュレーション技法の進歩が著しく、これらの技術と水道のノウハウ蓄積により、管網計算を制御系にくみ込んだ形での配水制御が可能となった。本稿では、実施例を二例報告する。

2. 配水コントロールの諸条件

(1) 水運用制御と配水制御

配水制御は水運用制御の中に含まれ、その構成は図1である。水運用制御の大筋を示すと、①需要予測により翌日24時間の時間配水量を予測する、②それに基き、複数の取水源、浄水場の取水可能量等を加味した最適配分量を決定し、③予測された配水量に対して浄水場からの送水量の変動を最小化するように配水池運用を行い、④漏水量を最小化するために配水量にみあった配水圧力を算出し、配水制御を実行する。

(2) 配水制御実施のための準備

配水制御とは、配水管網内の水圧を制御することであり、そのためには次の三条件を満足させておく必要がある。①給水地区内の地勢、面積などに応じて適正に配水ブロック化が行われていること、②ブロック間の水の移動を制御するポンプ、弁などの操作点位置が適正に決定されること、③各ブロックの圧力変動を代表的に示す監視点を正しく決めること、の三点である。即ち、配水制御を実行するには、事前にこれらの調査検討を行ったうえで、施設を計画実施することが重要である。

(3) 管網計算

管網計算をオンラインで実行するには、次の基礎方程式をいかに効率よく短時間で解くかがポイントとなる。基礎方程式は、①管網を構成する各管路の流れについて、口径 D 、長さ L 、摩擦係数(流速係数) C と流量 Q 損失水頭 H が満たすべき損失水頭式、②節点における流量の連続方程式、③閉ループにおけるエネルギー平衡式、から成る。

この管網計算の解法については多くの研究がなされている。本報告で実行している計算手順の概略フローチャートを図2に示す。

3. 配水コントロールの実施例

実施例として、末端圧力を規定の範囲内におさめるためにオンラインで管網計算を行いブロック毎に設置された圧力調整弁の圧力設定値を算出する例と、需要予測を実行しそれに基き最適な配分計画、配水池運用を行う例を示す。

3.1 管網計算を取入れた配水コントロール(例1)

システムの基本構成を図3に示す。本施設は、総供給能力 $100,000\text{ m}^3/\text{d}$ の浄水場4か所と配水区域6区(将

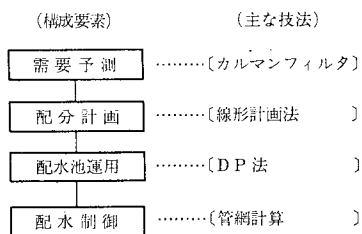


図1 水運用制御の構成

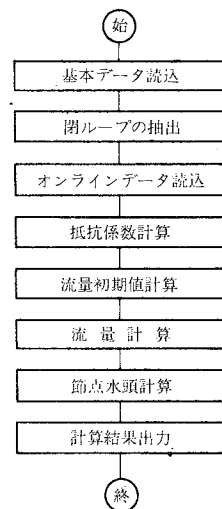


図2 フローチャート

来10区)で構成されている。配水区ごとに配水池が存在し、各配水区は圧力調整弁によりブロック化されている。ブロック化の数は、配水区によって異なり二ブロックから六ブロックとなっている。表1に4配水区の管網条件を示す。その内、№1配水区の圧力分布のシミュレーション結果を図4に示す。計算条件は、需要量合計273ℓ/S、配水池水位94m、監視点圧力20mである。

(1) 管網計算の種類と目的

管網計算の種類を図5に示す。簡易シミュレーションは、オンラインデータ群による各配水区の簡易シミュレーションを行うことを目的とし、計算条件の設定変更はコンソール端末より行なう。水圧調整シミュレーションは、オンラインデータ群による各配水区の水圧調整のためのシミュレーションで、CRT装置からの設定変更及びオペレータの任意起動を行う。

水圧調整システムは、プロセス監視制御用モデルであり、水圧調整を行うことを目的とする。各配水区の調整ブロック内の圧力監視点の圧力(末端圧)の目標値に対する水圧設定値(水圧調整弁2次圧)を管網計算により算出し、テレメータを介して現場の調節計に設定値を与える。目標値は、オペレータ設定で毎正時24時間分の設定を行う。さらに、給水区単位の推定最大圧、推定最少圧、推定平均圧と無減圧時(減圧弁開度100%)から減圧時の推定減圧幅の算出を行う。プロセス制御モードは上記以外にバックアップモードとして、末端圧力から2次圧換算の圧力設定モードと実流電対応の圧力設定モードがある。また、渇水時の均等配分を行うために止弁操作による調整ブロックの変更を可能とした渇水対策用シミュレーションと、配水区間の経済運用を行うための経済運用シミュレーションがある。

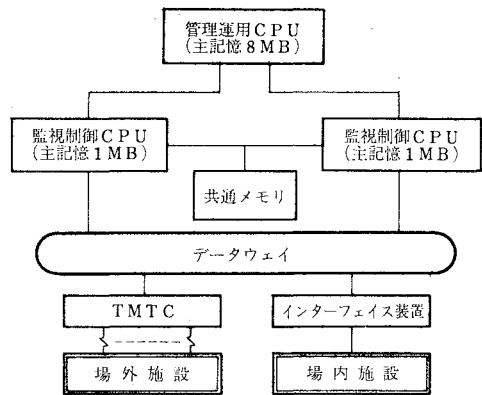


図3 システム構成図(例1)

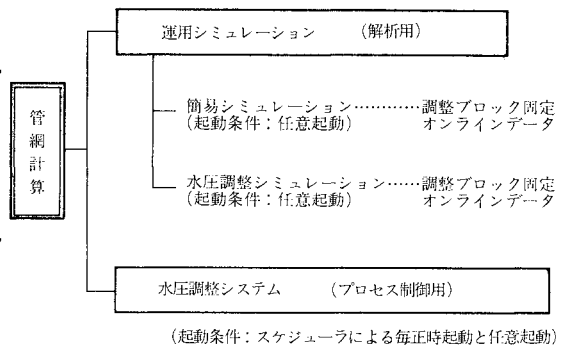


図5 管網計算の種類

表1 配水区の管網条件

配水区	配水池	水圧調整所	調整ブロック	圧力監視点	制水弁閉止	管路数	節点数	閉ループ数
1	A	3	4	3	0	56	49	8
2	B	5	6	5	23	180	132	25
3	C	2	3	2	11	103	72	21
4	D	2	3	2	11	77	56	11

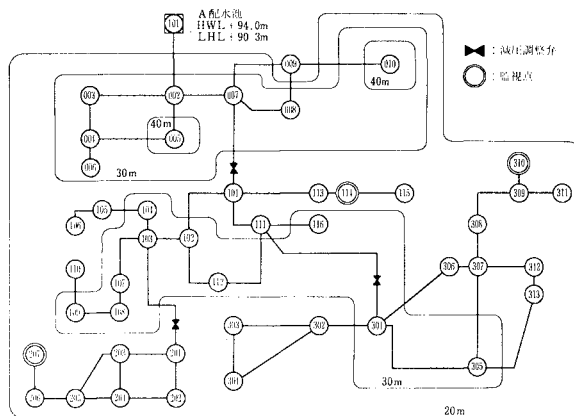


図4 管網圧力分布

(2) デジタル調節計の採用

管網の圧力制御は、ブロック給水区対応に圧力調整弁を設置し、現場のデジタル調節計によりマイナー制御を行っている。制御機能を図6に示す。通常時は、中央CPUからの圧力設定値により制御を行うが、中央CPU、テレメータなどの異常により中央より設定値が届かない場合に備え、推定末端圧制御と圧力設定演算の現場自動制御モードをもち、配水制御を中央の計算機だけにたよらない、タフなシステムとしている。

圧力設定演算は下式によっている。

$$SV = R1(Q(t) - Q0)(Q(t) + Q0) + SVO$$

SV: 圧力設定値 R1: 変更係数 Q(t): 時間tの流量

Q0: テレメータ伝送断時の流量

SVO: テレメータ伝送断時の圧力設定値

圧力調整弁の動作頻度をできるだけ少なくし、安定した動作特性を得るために不感帯制御と可変ゲイン制御を行っている。また、夜間の最少流量時の異常閉動作の防止と、漏水調査時のために弁開度固定制御を兼せて行っている。

(3) 管網計算モデルの検証

消化栓を利用して自記録式圧力測定器により管網内の圧力測定を行い。モデルの管路抵抗定数を検証することにより管網モデルの精度向上を図っている。

(4) 今後の発展

現在、図1に示す一連の水運用制御を行うためにデータ蓄積を行っている。配水制御については最適計算(漏水最小等)による自動設定を計画している。

3.2 需要予測に基づく配水コントロール(例2)

システムの基本構成を図7に示す。本施設は、自己供給能力110,000m³/dの水源19か所、大小25か所の配水池、28か所のポンプ場設備で構成される。また、県水受水量は6か所の県配水池で65,000m³/d一定受水され、水圧の均等化を図るため圧力等高線により分類された19か所の給水ブロックに流量調節弁を通じて相互配水される。水系運用図を図8に示す。

(1) 計画演算

計画演算は1日1回行い、給水量予測に基づいて流量調節弁の流量設定、水源の予定配水量の決定を行う。図9に基本フローチャートを示す。

給水区別前日給水量演算は、水系運用図より前日の各配水量、流調所流量から収支計算を行う。給水量予測は、カルマンフィルタにより日量予測値の算出し、配水パターンの選択により時間配水量予測値を演算する。流調弁設定水量演算は、下流給水区の時間配水予測値にあわせて設定する。ただし、前日の配水池の予測誤差による貯水量変動分を上乗せする。自己水源地別予定配水量演算は独立した自己水源給水区について行い、自己給水量の予測値を予定配水量とする。配水池別水位変動曲線演算は計画する給配水量により配水池水位がどのように変動するか算出し、上下限をチェックするものである。

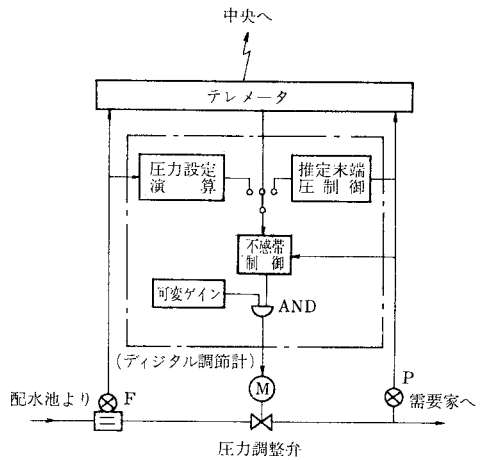


図6 デジタル調節計の制御機能

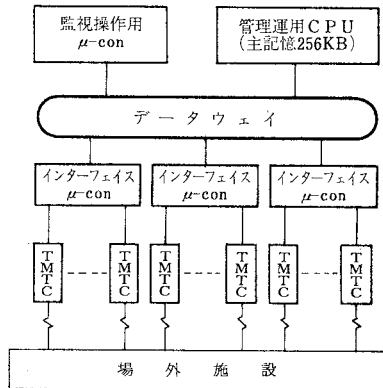


図7 システム構成図(例2)

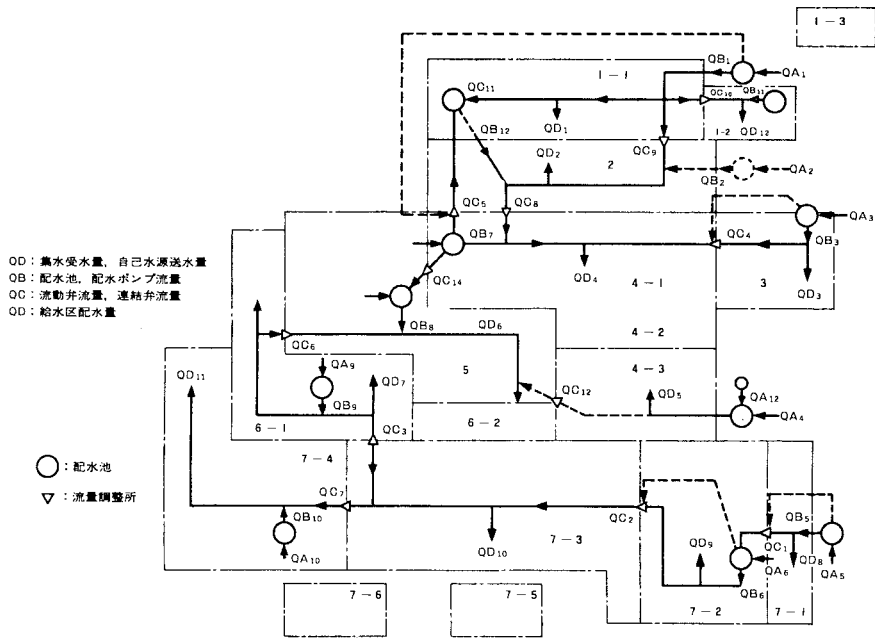


図 8 水系運用図

(2) 検定演算

検定演算は、毎正時に行うもので、現時刻から任意時刻までの予測時間帯において配水池水位と給水量の検定を行い、流調所流量等の必要な修正を行う。基本フローチャートを図 10 に示す。

4. おわりに

以上、配水コントロールの実施例について報告した。今後とも、この例に示すように理論面での研究成果が実プラントに適用され、その成果が着実に実証されていくものと思う。終わりに、実施にあたり御指導頂いた関係各位に深く感謝の意を申し上げるものである。

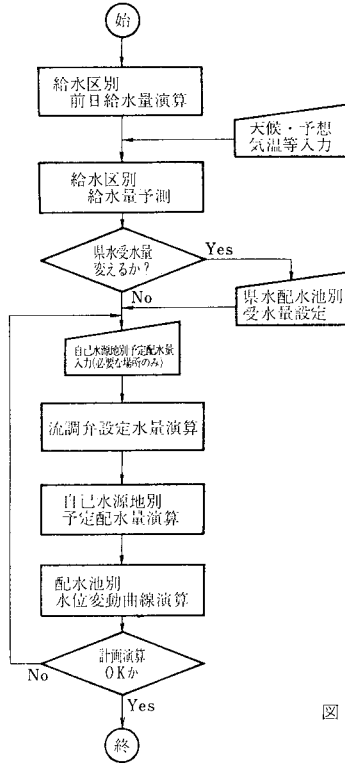


図 9 計画演算フローチャート

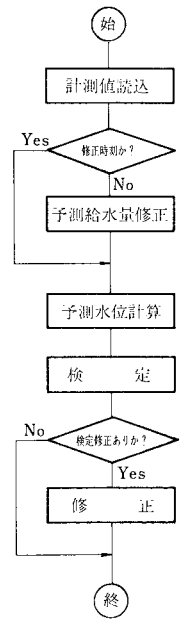


図 10 検定演算フローチャート