

ファジィ制御応用による雨水排水の評価用シミュレータ

社本 孝寛* 寺尾 行喜* 若杉 泰宏* 渡辺 進*
長岩 明弘** 初鹿 行雄** 今井 紀夫** 名里 敦司**

* 名古屋市下水道局
名古屋市中区三の丸三丁目1-1
** 株式会社 東芝
東京都港区芝浦1-1-1

概要

本市は、篠原ポンプ所の雨水ポンプ自動制御に、ファジィ演算を使いポンプの運転/停止水位を自動補正する制御を導入した。そこで、その導入効果を検証するためや、この制御の機能を最大限に引出すために必要となるパラメーターの調整などに役立てるため、シミュレータ機能を有した制御評価支援ツールを開発した。

本発表は、このツールが持つシミュレータ機能について述べるものである。

キーワード

雨水排水、ファジィ、シミュレータ、ポンプ制御

1、まえがき

雨水ポンプの制御は、ポンプ井水位をもとにしたレベル制御による自動運転が一般的である。この制御では、近年の局所的な豪雨と都市化の進展による流出形態の尖鋭化による流入量の急激な変動に、ポンプ制御が対処しきれず、運転員による手動運転が必要となる場合がある。

このため、調整池や滞水池などの雨水排水施設の拡充と共に、先行待機ポンプ化やポンプ運転制御の機能向上など既存の施設の機能を最大限に生かす施設改善が図られている。

篠原ポンプ所においても施設改善が求められ、ファジィ制御の導入を行った。この導入効果を検証するため、実排水でのファジィ制御プロセスデータ(ポンプ運転、ポンプ井水位など)と、制御評価支援ツールのシミュレータ機能を使ったレベル制御によるプロセスデータとを比較し効果の検証を行った。

また、ファジィ制御のパラメーターを調整するのに、このツールが持つシミュレータ機能を使い、シミュレーション上で種々変更させて最適値を選んだ。

以下は、この制御評価支援ツールが持つシミュレータ機能について述べる。

2、対象システムと制御概要

図1にシステム構成を示す。

篠原ポンプ所の排水区に降った雨は、下水管をとおり雨水ポンプ所のポンプ井に流入し、4台の雨水ポンプにより荒子川へと排水される。通常の降雨時、PCS(プロセス・コントロール・ステーション)は起動/停止水位設定値とポンプ井水位との比較により雨水ポンプ台数制御を行うが、篠原ポンプ所に設置された雨量計により計測された雨量情報と流入渠水位とその変化率から降雨状況が大雨、豪雨のいずれかであると

判定された場合には、ファジィ演算によりポンプの起動/停止水位の補正を行い、降雨状況に即したポンプ起動を行う。

ファジィ演算の入力は、ポンプ井水位およびその変化率であり、出力は、ポンプの起動/停止水位補正量である。

また、ルールテーブルは、大雨、豪雨で別々に用意されており、降雨状況判定により自動的に切り替わる。

制御評価支援ツールは、支援 PC (パソコン) 上に構築されており、NTT 回線を介して遠方監視制御局(親局)である当知ポンプ所のデータサーバに蓄えられたプロセスデータを入力して雨水ポンプ制御のシミュレーションを行う。

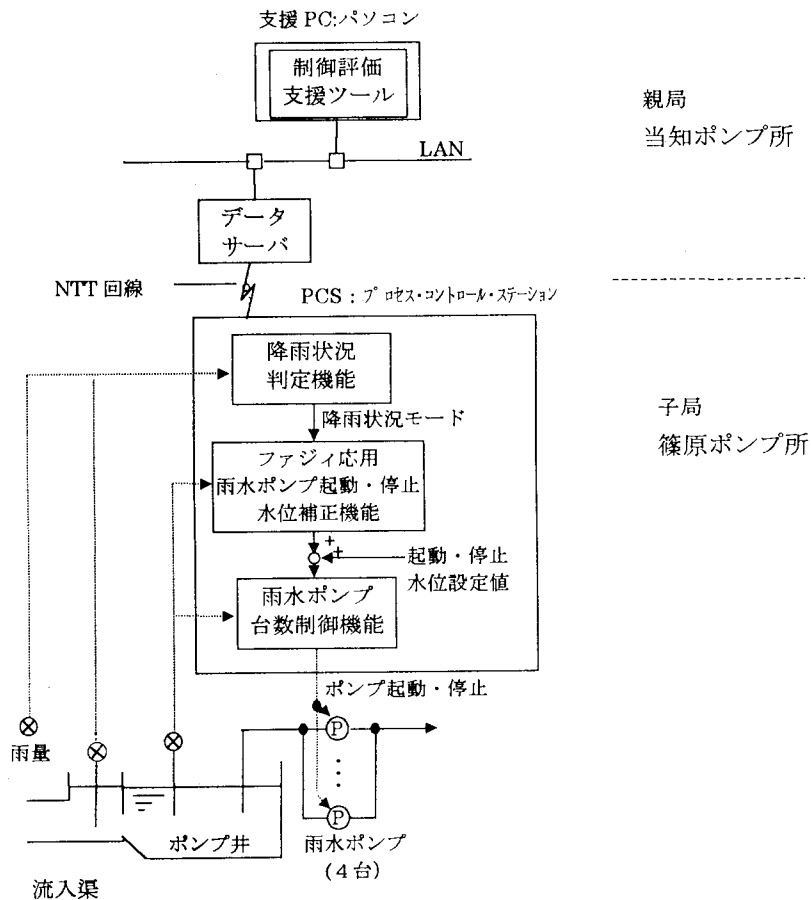


図1 システム構成

3. 制御評価支援ツール

図2に本支援ツールの機能ブロックを示す。

流入流量演算機能では、データサーバに蓄えられたプロセスデータをもとに、雨水ポンプの Q-H 特性とポンプ井、流入渠の構造からシミュレーションの入力となる流入渠流入量を演算する。

雨水ポンプ運転台数シミュレータは、プロセスシミュレータよりポンプ井水位を入力してポンプ運転台数を演算する。

プロセスシミュレータは、流入渠流入流量とポンプ運転台数を入力し、流入渠水位、ポンプ井流入流量、ポンプ井水位を演算する。

シミュレーションにより得られる流入渠水位、ポンプ井水位、ポンプ運転台数、排水流量は、支援情報としてヒューマン・インタフェースより表示される。

ポンプ起動/停止水位、ファジィパラメータはヒューマン・インタフェースを介して設定できるようになっている。

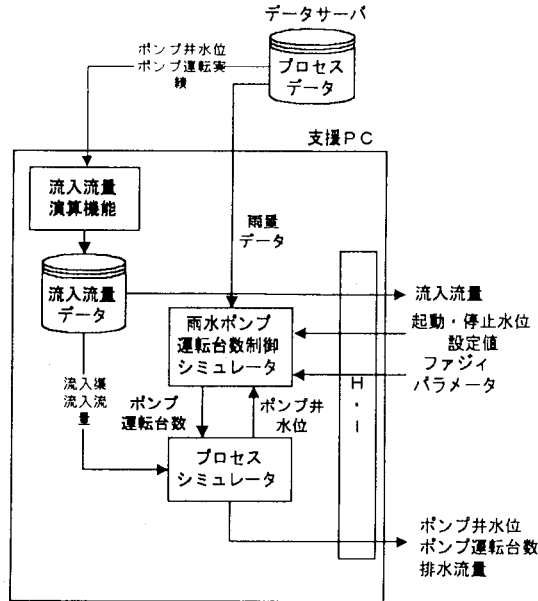


図 2 制御評価支援ツール機能ブロック

4. プロセスシミュレータ

ここでは、雨水ポンプ制御評価支援ツールの基本機能であるプロセスシミュレータの動作を図3に示す雨水ポンプ所プロセス構成を用いて説明する。

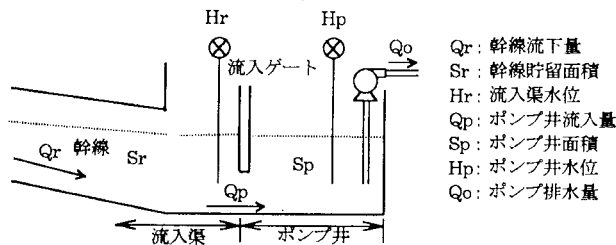


図 3 雨水ポンプ所プロセス構成

(1) 幹線流下量の算出

ファジィ制御によるプロセスデータ(Hr, Hp, Qo)から、流入流量/流出流量の収支を表現した次の2式によりシミュレーションの入力に使用する Q_r を求める。

はじめに、ポンプ井周りのプロセスを考える。ポンプ井流入量 Q_p とポンプ排出量 Q_o との差は、ポ

ンプ井の水位変化となって現れることから、 Q_p は Q_0 とポンプ井の水位変化した体積分の和となる。

$$Q_p(t) = \{H_p(t) - H_p(t - \Delta t)\} \times S_p + Q_0(t) \quad \dots (1)$$

次に、流入渠周りのプロセスを考えると、幹線流下量 Q_r とポンプ井流入量 Q_p との差は、流入渠の水位 H_r の変化となって現れることから、(2)式の関係となる。

$$Q_r(t) = \{H_r(t) - H_r(t - \Delta t)\} \times S_r + Q_p(t) \quad \dots (2)$$

この求められた Q_r により同じ降雨 (流下量) でのシミュレーションが可能となる。

(2) プロセスシミュレータによるシミュレーション

求められた Q_r から、流入渠およびポンプ井周りのプロセス演算を行う。

H_r , および H_p については、(1),(2)式の関係が保たれることから、次の様に求められる。

$$H_r(t) = \frac{Q_r(t) - Q_p(t)}{S_r(t)} + H_r(t - \Delta t) \quad \dots (3)$$

$$H_p(t) = \frac{Q_p(t) - Q_0(t)}{S_p} + H_p(t - \Delta t) \quad \dots (4)$$

この値を求めるには、1つ前の時刻の値が必要となるが、 Q_p については、流入渠水位とポンプ井水位のヘッド差の関数として取扱い、次式で表す。

$$Q_p(t) = f\{H_r(t - \Delta t) - H_p(t - \Delta t)\} \quad \dots (5)$$

なお、篠原ポンプ所の流入ゲート通常使用開度で、プロセスデータにより解析すると、

$$Q_p(t) = 62 \times \{H_r(t - \Delta t) - H_p(t - \Delta t)\} - 0.5$$

の式が得られた。

(3) 式中の S_r は、幹線管渠内に雨水が滞水し、水位が上昇した場合の水面の投影面積(幹線貯留面積)、そして、 Q_0 は、1つ前の時刻でのポンプの運転台数によりその時刻までの排水量として求まる。これによりシミュレーションによるプロセス演算が可能となる。

なお、幹線貯留面積は、図4に示すモデル化した幹線の縦断面図を用いて示すことができる。ここで、動水勾配は、これまでの実績データより求めた。 l_1, l_2 は、流入渠の水位が H_r の時、その管渠内水面を動水直線(a)で表し、(a)と管底の勾配データより雨水の貯留距離 l_1 を求める。同様に(a)と管上部の勾配データより満管距離 l_2 を求める。 l_1, l_2 を用いて S_r は以下のように表現される。

$$S_r = (l_1 - l_2) \times \text{管幅} \quad \text{なお、管幅は幹線の平均管渠幅}$$

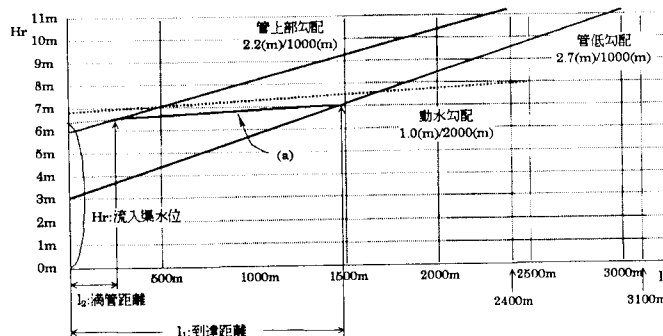


図 4 モデル化した幹線の縦断面図

5. 結果および考察

レベル制御による運転実績データを使用して、シミュレータによるプロセスの再現性の検証を行った。検証はポンプ井水位の実績値とシミュレーションによるポンプ井水位の比較で行った。

また、これにより雨水ポンプ台数制御シミュレータの動作確認も兼ねた。

図5に運転実績データを、図6にシミュレーション結果を示す。

18:10:00 過ぎからの水位の増加傾向、それに伴う1台目ポンプ、2台目ポンプの起動時刻、水位最高値、また最高値に達した時刻、水位減少傾向、ポンプ停止時刻等、雨水ポンプ制御時のプロセスの特徴的な動きをいずれも模擬できている。

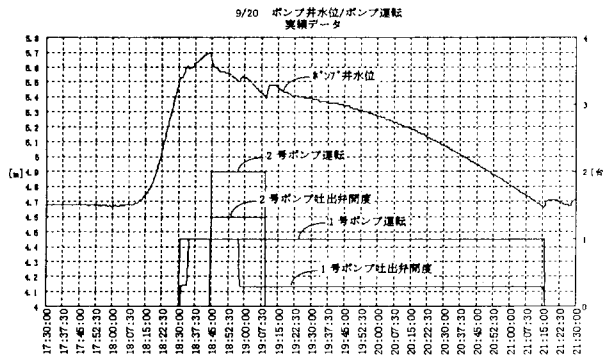


図5 運転実績データ

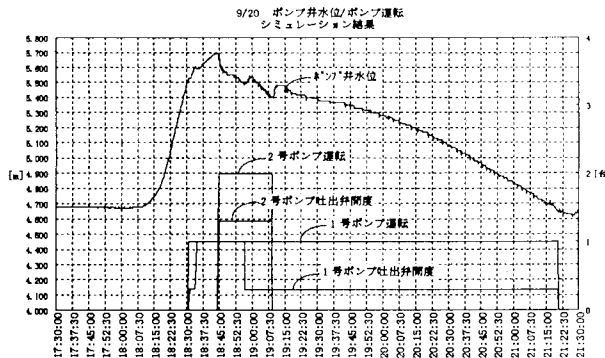


図6 シミュレーション結果

6. 結論

ファジィ制御を用いた雨水ポンプの自動制御で、その制御効果の確認を行うとともに制御パラメータの調整を行うため、制御評価支援ツールの基本機能であるプロセスシミュレータの開発を行い、その精度が、検証や調整を行う上で充分であることが確認できた。

なお、図5の運転実績データは、雨水ポンプが2台運転の時のデータであるため、近々、3～4台のレベル制御による運転実績データで同様な再現性の検証を行い精度の再検証を行う予定である。

今後は、雨水ポンプのファジィ制御の検証や調整のために本プロセスシミュレータを活用していくばかりでなく既設ポンプ所の施設改善の事前検討等に役立てていく考えである。