

ファジィ制御による雨水ポンプ運転制御の自動化

山田文隆、○戸辺宏記
大島信夫、古畑良国、杉山利一

(株)明電舎

概要: 大阪府寝屋川流域下水道桑才ポンプ場は、計画雨天時排水能力1980m³/minの合流式ポンプ場で、汚水は鴻池処理場、雨水はφ1600横軸斜流エンジンポンプ6台で古川へ排水している。ポンプ場の雨水排水システムは、ポンプ井の大きさやポンプなどの機械能力の制約条件により自動制御が複雑になる場合がある。桑才ポンプ場では雨水流入量の急激な変化に対して操作員の経験と高度な判断による運転操作が必要であったが、操作性、安全性をさらに高め、同時に省力化を図る目的でファジィ制御を導入し、成果が得られたのでここに報告する。

キーワード: ファジィ制御、自動化、雨水排水

1 システム機能

当現場に導入したファジィ制御システムの構成を図-1、2に示す。このシステムでは、水位計装設備からリアルタイムで送信される情報をもとにファジィ演算を行い、雨水排水のための最適な目標水位を決定し、自動制御演算部に出力する。システムの特長は下記のとおりである。

- (1) PLC (プログラマブルロジックコントローラ) にファジィ演算モジュール機能を実装した。
- (2) 流入渠水位、流入量、ポンプ井水位を入力項目としメンバーシップ関数、ルールから目標水位を設定するシステムとした。
- (3) 雨水流量調整を円滑に行うため、吐出弁による手動の流量調節をやめ、ガバナによる回転数調節制御を追加した。

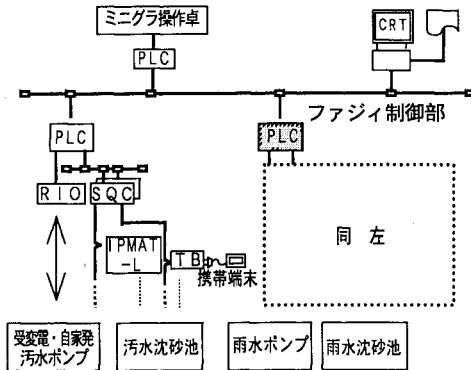


図-1 桑才ポンプ場システム

凡例	PLC : プログラマブルロジックコントローラ
	R I O : リモート入出力装置
	S Q C : シーケンスコントローラ
	I P M A T - L : 多機能形デジタル継電器
	T B : 端末中継装置

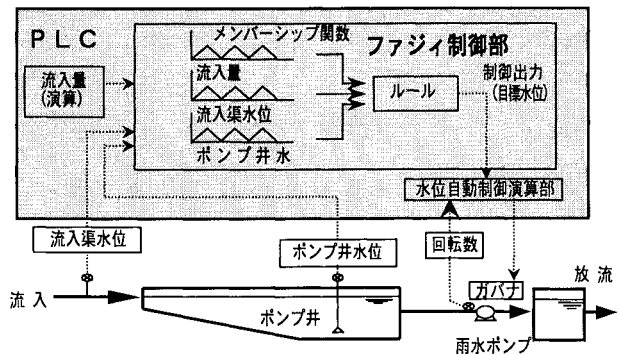


図-2 ファジィ制御概念図

2 ファジィ制御

ファジィ制御はルールの記述に厳密性が要求されないが、メンバーシップ関数には、プロセスの実態を正確に反映する必要があるため、形状の決定には工夫が必要である。今回のメンバーシップ関数、ルールはポンプ場のモデル化とシミュレーションにより妥当性を評価した。メンバーシップ関数、ルールの決定で考慮した主な内容を以下に示す。

(1) 土木構造に起因するポンプ井水位の異常上昇、異常低下を最小限に抑えること。

雨水流入量の急激な変化に対応するためのメンバーシップ関数は、雨水流入量と流入渠水位に適用した。入力項目の内、流入量は実測が不可能なため揚水量とポンプ井水位変化率から演算で求めた。ルールの基本事項として、エンジンポンプが1～2台運転状況では目標水位を高く、3台～4台運転状況では中間水位に、5～6台運転状況では目標水位を低く設定するようにした。主なルールを下記に示す。

- ・ IF 流入量小 AND 流入渠水位大 THEN 目標水位たくさん上げる。
- ・ IF 流入量中 AND 流入渠水位大 THEN 目標水位たくさん上げる。
- ・ IF 流入量大 AND 流入渠水位大 THEN 目標水位普通。
- ・ IF 流入量大大 AND 流入渠水位大 THEN 目標水位たくさん下げる。

(2) 雨水流入ゲートの介入操作でポンプが異常停止しないこと。

雨水流入量が急激に増大する状況で流入ゲートを手動操作し雨水流入量を制限すると、流入渠水位は上昇するがポンプ井の水位の変化率はゲート操作を行わない場合に較べて低く抑えられる。このような状況では、流入量の大きさに反してポンプ運転台数を減らし、引き過ぎによる低水位でポンプの異常停止にならないようにする必要がある。よって、流入渠水位とポンプ井水位変化率にメンバーシップ関数と下記のルールを適用した。

- ・ IF 流入渠水位大 AND ポンプ井水位変化率ネガティブ THEN 目標水位上げる。

3 シミュレーション結果ならび考察 (シミュレーションによるファジィ制御システムの検証)

3.1 シミュレーション結果

(1) ポンプの運転頻度について

図-3にファジィ制御「有り」と「無し」のファジィ制御出力値(目標水位)とポンプ運転台数の変化を示す。その結果は下記の表-1に要約され、「ファジィ制御有り」のポンプ台数の変化が少なくなる。

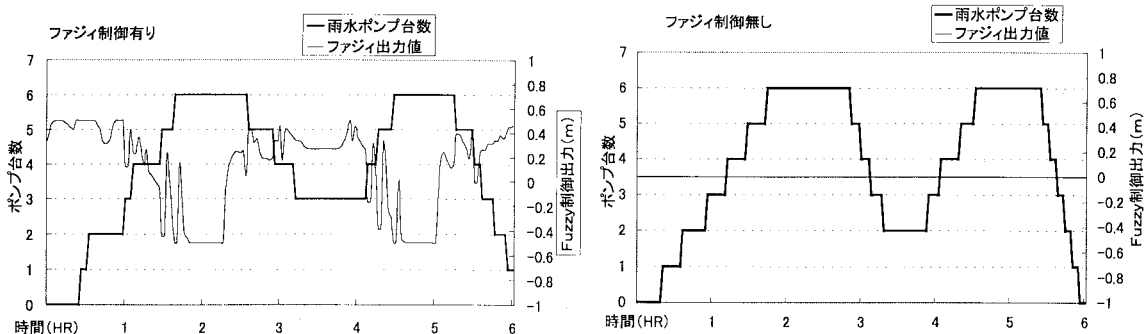


図-3 ファジィ制御出力値(目標水位)とポンプ運転台数

経過運転時間帯	ポンプ運転台数	
	ファジィ制御有り	ファジィ制御無し
2時間後→3.5時間後	6台→3台	6台→2台
5時間後→6時間後	6台→1台	6台→0台

表-1 ポンプ運転台数の変化比較

(2) 流入渠水位ならびポンプ井水位

図-4にファジィ制御「有り」と「無し」のポンプ井水位、流入渠水位の変化とポンプ運転台数の変化を示す。その結果は下記の表-2に要約され、「ファジィ制御有り」の水位変化幅が少なくなる。

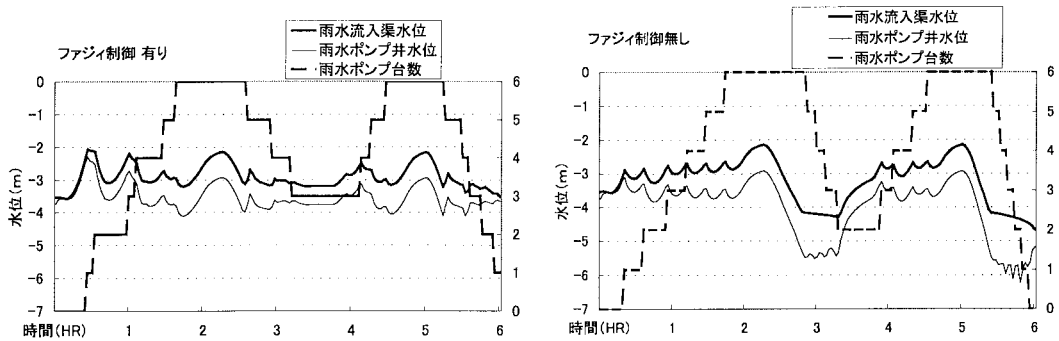


図-4 流入渠・ポンプ井の水位とポンプ運転台数

過運転時間帯	流入渠水位変化幅		ポンプ井水位変化幅	
	ファジィ制御有り	ファジィ制御無し	ファジィ制御有り	ファジィ制御無し
2時間後→3.5時間後	1m	2m	1m	2.5m
5時間後→6時間後	1m	2m	1m	2.5m

表-2 水位の変化比較

3. 2考察 (ポンプの運転頻度、流入渠水位、ポンプ井水位について)

図-3のファジィ制御の出力値(目標水位)は、流入量が多く流入渠水位が高くなる場合に目標水位を低い値に補正し、流入量が少なく流入渠水位が低くなる場合に目標水位を高い値に補正する機能を持ち、制御性を高めている。この結果としてポンプ運転台数の変化および流入渠水位、ポンプ井水位の変動幅が少なくなっていると考えられる。

4 まとめ

本報告では、当ポンプ場のモデル化を行いシミュレーションでファジィ制御による制御性を検討した。その結果、ポンプの運転頻度とポンプ井水位変動幅の低減効果を確認することが出来た。ファジィ制御導入後の平成12年、13年の2カ年間は実機での検証も行い、流入渠水位ポンプ井水位ともおおきな変動は見られずポンプの運転・停止も円滑に行われている。加えて、従来必要であった流入ゲートの手動介入も行なう必要が無くなっている。雨水流入量の変化に対しての複雑な自動制御手法が要求される都市部の雨水排水設備に対してはファジィ制御は有効な手法と考える。今後は場外の水位、流量、降雨条件についても検討を加えて機能向上をめざす所存である。最後に、本件に関わり、ご指導、ご協力を頂いた関係各位に深謝する次第である。

