

## ファジィ応用配水末端圧力制御システムの開発

竹内 賢治\*, 新山 雅永\*, 黒川 太\*\*, 芦木 達雄\*\*\*, 小林 主一郎\*\*\*

\* (株) 東芝 府中工場

\*\* (株) 東芝 重電技術研究所  
東京都府中市東芝町1

\*\*\* (株) 東芝 本社  
東京都港区芝浦1-1-1

### 概要

上水道プロセスでは、プラントの運用上、オペレータの意志をくみ入れた非線形な制御が望まれる場合がある。例えば、配水管網内の圧力制御では、需要の多い昼は速やかな応答で、需要の少ない夜はゆっくりとした応答で制御を行うといった、需要（配水流量）に応じた制御が望まれる。このような非線形制御の実現にはファジィ応用技術の適用が有効である。今回、基幹配水管に複数の需要家が分布している配水管網内のある地点の圧力を制御するために、配水ポンプの吐出流量を入力に加えたファジィ応用配水末端圧力制御方式を開発したので報告する。

### キーワード

ファジィ、配水、末端圧力

### 1. はじめに

上水道における配水制御は、配水管網への直接給水のため、きめ細かい運用と制御が望まれている。配水需要量の変動は、人の活動パターンと密接な関係があり、人が活動している昼と活動していない夜とでは配水需要量は大きく異なる。一方、配水管網の管路損失は需要（配水流量）に対して非線形な関係にあり、需要量が多いときほど需要変動が配水管網内のある一点の圧力（末端圧力）に与える影響は大きい。

この配水末端圧力の一定制御を行う場合、流量が多いとき（昼）には流量の変動によって末端圧力も大きく変動するため、速やかな応答で制御を行い、流量が少ないとき（夜）には流量変動による末端圧力の変動はあまり大きくないため、末端圧力の制御応答を速くすることよりも、吐出圧力目標値の修正に伴う配水ポンプ回転数の変更を極力少なくすることを重視し、ゆっくりとした応答で制御を行うといった運用が望まれる。

このように、プラントの運転にオペレータの意志をくみ入れ、非線形な制御応答を得ようとする場合には、ファジィ応用技術の適用が有効である。

今回、基幹配水管に複数の需要家が分布している配水管網内のある地点の圧力を制御するために、配水ポンプの吐出流量を入力に加えたファジィ応用配水末端圧力制御方式を開発し、本方式を適用し



量計測値である。本システムでは2枚のルールテーブルを用いてファジィ推論を行っている。ファジィルールテーブル1は、配水ポンプ吐出流量と配水末端圧力偏差を入力とし、吐出圧力目標値修正量1を出力する。ファジィルールテーブル2は、配水ポンプ吐出流量と配水末端圧力偏差の変化率を入力とし、吐出圧力目標値修正量2を出力する。これらの和を吐出圧力目標値前回値に加算することによって吐出圧力目標値を演算する。

今回用いた2枚のファジィルールテーブルを図2に示す。このルールは、吐出流量が少ない時にはゆっくりとした応答で制御し、吐出流量が多い時には制御応答を速くするように設計したものであり、同じ配水末端圧力偏差あるいは偏差の変化率に対して、吐出流量が多いほど吐出圧力目標値修正量を大きくするようなテーブルとなっている。吐出圧力目標値修正量1を求めるファジィルールテーブルで、配水末端圧力偏差が非常に多い(PB)場合を例にとると、吐出流量が非常に少ない(NB)ときには吐出圧力目標値修正量1を正でやや小さく(PS)、吐出流量が普通(Z)のときには吐出圧力目標値修正量1を正でかなり大きく(PM)、吐出流量が非常に多い(PB)ときには吐出圧力目標値修正量1を正で非常に大きく(PB)なるように推論を行う。

		配水ポンプ吐出流量				
		PB	PS	Z	NS	NB
配水末端圧力偏差	PB	PB	PB	PM	PM	PS
	PS	PM	PM	PS	PS	Z
	Z	Z	Z	Z	Z	Z
	NS	NM	NM	NS	NS	Z
	NB	NB	NB	NM	NM	NS

		配水ポンプ吐出流量				
		PB	PS	Z	NS	NB
配水末端圧力偏差の変化率	PB	PB	PB	PM	PM	PS
	PS	PM	PM	PS	PS	Z
	Z	Z	Z	Z	Z	Z
	NS	NM	NM	NS	NS	Z
	NB	NB	NB	NM	NM	NS

(a)吐出圧力目標値修正量1を求める  
ファジィルールテーブル

(b)吐出圧力目標値修正量2を求める  
ファジィルールテーブル

P: Positive N: Negative Z: Zero S: Small M: Medium B: Big

図2. ファジィルールテーブル

#### 4. 結果と考察

ファジィ応用配水末端圧力制御システムを適用したプラントにおいて、ステップ応答試験(定常状態から末端圧力設定値をステップ的に変化させたときの制御応答試験)、外乱応答試験(定常状態から外乱要素である流量を一定量変化させたときの制御応答試験)を行った。

ステップ応答試験の結果を図3に、外乱応答試験の結果を図4に示す。

ステップ応答試験では、吐出流量が少ない場合(1500m<sup>3</sup>/h, 図3(a))の90%応答時間は43.8分、吐出流量が多い場合(3000m<sup>3</sup>/h, 図3(b))の90%応答時間は38.3分という結果であった。また、外乱応答試

験においても、応答時間は、吐出流量が少ない場合（1200-1500m<sup>3</sup>/h, 図4(a)）では27.3分、吐出流量が多い場合（2700-3000m<sup>3</sup>/h, 図4(b)）では19.0分という結果であり、ステップ応答試験、外乱応答試験共に、吐出流量が多いときは速い応答、吐出流量が少ないときはゆっくりとした応答で制御を行っていることが確認できた。

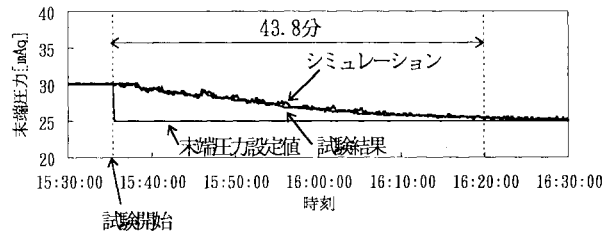
さらに、それぞれの試験結果とシミュレーション結果とを比較すると、応答時間についてはほぼ一致しており、本方式を適用したプラントが予想通りの制御を行っていることが確認できた。

5. あとがき

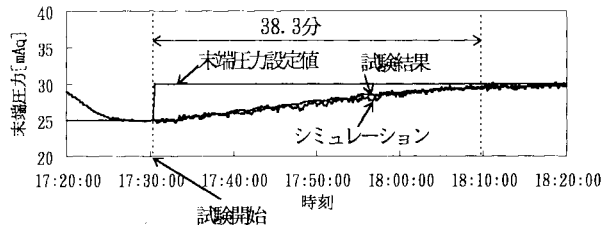
今回、配水末端圧力の制御に対し、ファジィ応用配水末端圧力制御システムを開発し、プラント運転開始前における試験を行った。その結果、本システムを用いることにより、プラントの制御運用において吐出流量に応じて制御応答を変えることができることが確認された。

参考文献

- (1) 菅野道夫：ファジィ制御，日刊工業新聞社，1988
- (2) 竹内賢治，黒川太，小林主一郎，芦木達雄，新山雅永，山本靖雄：ファジィ応用配水圧力制御システム，H7年電気学会全国大会，1995
- (3) 竹内賢治，黒川太，小林主一郎，芦木達雄，新山雅永，山本靖雄，平野健二：ファジィ応用配水末端圧力制御システムの開発，H8年電気学会全国大会，1996
- (4) 上山祐一，竹内賢治，黒川太，芦木達雄：ファジィ応用配水末端圧力制御システムの適用，第47回全国水道研究発表会，1996

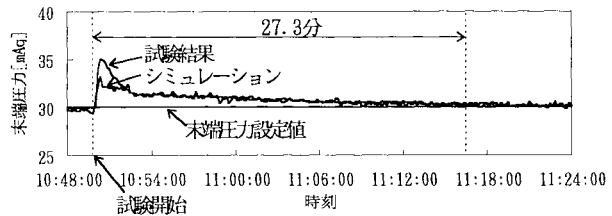


(a) 吐出流量：少 (1500m<sup>3</sup>/h)

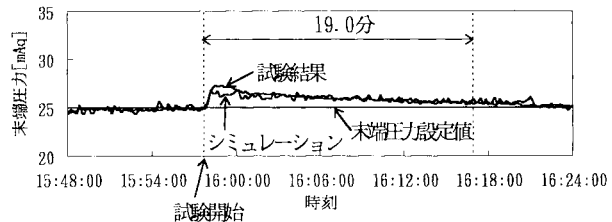


(b) 吐出流量：多 (3000m<sup>3</sup>/h)

図3. ステップ応答



(a) 吐出流量：少 (1200-1500m<sup>3</sup>/h)



(b) 吐出流量：多 (2700-3000m<sup>3</sup>/h)

図4. 外乱応答