

## 脱水機自動制御システムについて

荻島 美住<sup>\*</sup>、佐藤 正<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup> 東京都下水道局施設管理部施設保全課長

<sup>\*\*</sup> 東京都下水道局施設管理部施設保全課設備設計指導係次席  
東京都新宿区西新宿二丁目8番1号

### 概要

ベルトプレス型脱水機は、高価な高分子ポリマーを多量に使用すること。また、脱水ケーキ含水率やろ過速度が安定せず焼却炉の運転管理を難しくしていることなどの問題をかかえている。

そこで、ベルトプレス型脱水機の安定した効率の良い運転を行うために、ポリマー添加部における汚泥の凝集状態とベルトプレス型脱水機本体部におけるろ過圧搾条件に着目し、ポリマー添加制御システムと脱水機本体制御システムを新たに開発した。

### キーワード

ベルトプレス型脱水機、反発粘度計、CST計、含水率計、ろ過速度、重ろ過部汚泥厚み、ポリマー

### 1 はじめに

現在、東京都では下水処理場で発生する汚泥の全量を脱水処理しており、その処理量は年間約100万トンに達し、このうち約80%を焼却炉にて焼却処理している。

東京都では、汚泥を脱水するためにベルトプレス型脱水機が最も多く使用されているが、脱水ケーキ含水率が安定しないこと等により焼却炉に悪影響を与えている。

また、ベルトプレス型脱水機は、高価な高分子ポリマーを多く使用するという点でも改善が求められていた。

本研究では、ベルトプレス型脱水機の安定運転及び効率の良い運転を行うため、ポリマー添加部における汚泥の凝集状態とベルトプレス型脱水機本体部におけるろ過圧搾条件に着目し、ポリマー添加制御システムと脱水機本体制御システム（図-1）を開発し、良好な結果を得たので報告する。

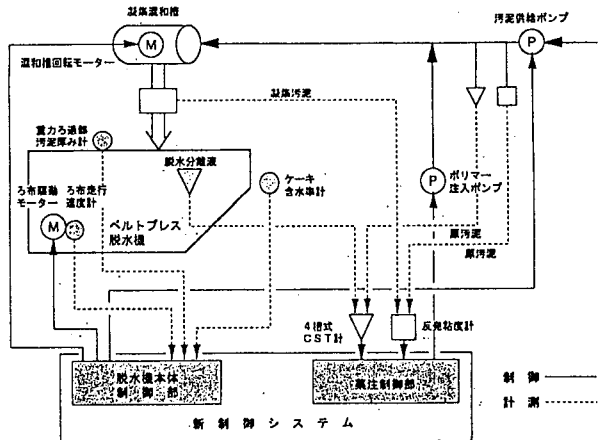


図-1 ベルトプレス脱水機制御システム

## 2-1 ポリマー添加制御システムの開発

### (1) 開発の背景

ポリマー添加制御は、後段のろ過圧搾工程の効果を最大限に発揮するために、精度の高い制御が必要となる。

従来の制御では、汚泥の供給量及び固形物濃度から固形物量を計算し、この固形物に対して一定比率でポリマーを注入する方式であった。

しかし、適正添加率は単に固形物量に比例するものではなく、汚泥性状によって変化するため、この固形物一定比率制御方式では、精度の高いポリマー添加制御は困難であった。

今回の研究では、適切な制御を行うために、実際の上汚泥・凝集汚泥の性状等に注目した。

### (2) 測定器の検証・開発

原汚泥と凝集汚泥の性状を測定する装置としては反発粘度計が、原汚泥と重力ろ過部の脱水分離液（以下脱水分離液という）を測定する装置としてはCST計が最適であることが調査の結果確認できたので、両測定器を組み合わせ、それぞれの特性を生かし、ポリマー添加制御を行うことに決定した。

#### ア 反発粘度計

反発粘度計は、汚泥中でトルクセンサーを回転させたときの剪断ストレス値（以下トルク値という）を測定し、原汚泥の性状変化と凝集汚泥の凝集状態を検知するもので、すでに汚泥用に開発された測定器を使用した。

#### イ CST計

CST計は原汚泥と脱水分離液がろ紙上を移動する時間を測定し、原汚泥の性状変化と脱水分離液中の残留ポリマー及びSSリーク状態を検知するもので、自動制御に利用できる装置がなかったため、この研究において、連続測定可能な装置を開発した。

### (3) ポリマー添加量と脱水性の関係

A処理場の消化混合汚泥をベルトプレスで脱水する際のポリマー添加率（%/TS）と凝集汚泥トルク値、脱水分離液のCST値、脱水ケーキ含水率との関係は、実験の結果それぞれ図-2の曲線a、b、cのようになった。この3曲線の位置関係は、汚泥の性状に関係なくほぼ同じであることがわかった。

また、A線は凝集性・含水率とポリマー添加率の値を考慮して決定した。一方B線は脱水ケーキの含水率最低のポリマー添加率の値によって決定した。

#### ア 曲線aについて

凝集汚泥トルク値（曲線a）は、添加量が不足する点（A線）から、添加量過剰の点（B線）まで、添加率に対応して直線的に変化している。

したがって、添加率が脱水良好範囲であるA-B領域にある場合には、凝集汚泥トルク値によって制御が容易に行うことができる。

#### イ 曲線bについて

脱水分離液のCST値（曲線b）は、下に凸の曲線であり、最低点より左側では、添加量が不足してSSがろ布からリークするため上昇し、右側では、添加量が過剰でポリマーが残留するため、上昇していく。

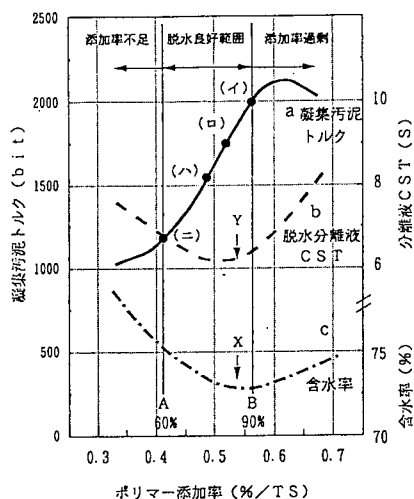


図-2 ポリマー添加率と測定値の関係

最低点の左側ではポリマー添加量が少ないため、凝集されなかったSS分がろ布からリークし、SS回収率が悪くなる。また、右側では残留ポリマーがろ布を目詰まりさせることにより、剥離性が悪くなり、ろ布洗浄廃液にSSが含まれるためSS回収率が悪くなる。

ウ 曲線cについて

脱水ケーキ含水率（曲線c）は下に凸の曲線であり、ポリマー添加量が少な過ぎても多過ぎても含水率は高くなる傾向にある。

(4) ポリマー添加制御方法

制御方法は、反発粘度計によるポリマー添加量の演算結果に対し、CST計の演算結果で補正を加える方法をとった。（制御フローを図-3に示す）

これにより、CST計で脱水分離液の状態を連続的に測定し、ポリマー添加量が補正できるので、粘度計の目標をA線、B線ぎりぎりに設定しても安定した運転が可能になる。

ことにより次の3つの制御を可能にしている。

ア 含水率を最低にする制御

直接埋立て処分する場合には、脱水ケーキ運搬量や埋立て処分量を削減するため、できるだけ低い脱水ケーキ含水率で運転する必要がある。

この場合の制御方法は、凝集汚泥トルク値をa線、B線の交点になるように制御値を設定する。

（例 1980を設定する。図-2のイの点すなわち1980にトルク値を設定します。）なおかつ脱水分離液CST値をb、B線の交点の値より下になるようにポリマー添加量の補正を行う制御である。

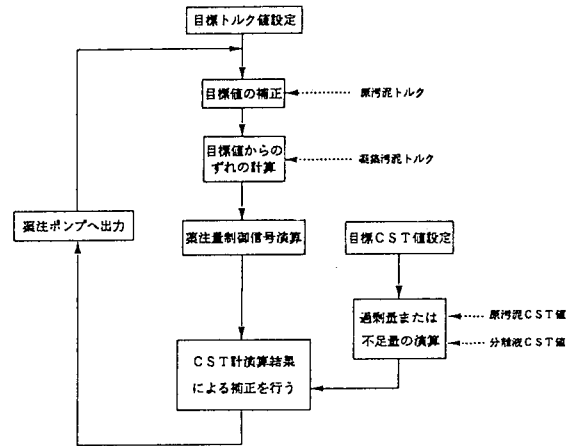


図-3 ポリマー添加制御フロー

イ SS回収を最大にする制御

循環汚泥が増加し水処理工程の水質が悪化した場合には、水処理工程にもどる固形物を低く運転する必要がある。

この場合の制御方法は、凝集汚泥トルク設定値をCST値が最低になるポリマー添加率のトルク値に設定し、CST値が最低になるようにポリマー添加量の補正を行う制御である。

ウ ポリマー使用量を低減する制御

ポリマーは、高価なため使用量を極力減らして運転したい場合がある。この場合の制御方法は、凝集汚泥トルク値をa線、A線の交点になるように制御値を設定する。（図-2のニの点にトルク値を設定します。）なおかつ脱水分離液CST値をb、A線の交点の値より下になるようにポリマー添加量の補正を行う制御である。

さらに、今回は汚泥の凝集性をより安定させるために、汚泥処理量に比例して攪拌強度（凝集混和槽の回転数）を変更する機能を付加した。

2-2 脱水機本体制御システムの開発

汚泥脱水機に要求される性能は、脱水ケーキ含水率が低めで安定していること、ろ過速度が多めで安定していること、更に、自動制御運転ができることである。

ベルトプレス型脱水機本体の制御因子として、従来は、汚泥供給量、ろ布速度及びろ布緊張圧があげられていた。

今回都内の3処理場において行った実験結果から、さらに重力ろ過部の汚泥厚さが脱水ケーキ含水率及びろ過速度に関係があることが明らかになった。

### (1) 脱水機本体制御方法

本研究における脱水機本体制御方法は、ろ過速度と脱水ケーキ含水率の両目標を可能な限り両立させるものとした。その制御フローを図-4に示す。

脱水ケーキ含水率を目標値で安定させるために、連続測定可能な含水率計を用い、汚泥供給量とろ布速度に対しフィードバック制御を行っている。

また、事前調査から、重力ろ過部の汚泥厚みを測定するには、非接触型のセンサーが望ましく、検討の結果、超音波センサーが有効であった。

### (2) 脱水機本体制御結果

ポリマー添加制御システムを用いて最適に調質された汚泥を使用し、ろ過速度と脱水ケーキ含水率の両方を安定させる制御を行った結果は下記のとおりである。  
【この時、ろ過速度目標を、 $150 \sim 170 \text{ kg-DS/m/hr}$ 、脱水ケーキ含水率目標を74%付近に、重力ろ過部の汚泥厚みを50mmに設定した。】

#### ア ろ過速度

通常運転機が $125 \sim 140 \text{ kg-DS/m/hr}$ に対し、新制御システムを用いた場合、 $150 \sim 170 \text{ kg-DS/m/hr}$ であった。通常運転機に対し20%アップした。また、その変動は±10%以内であった。

#### イ 脱水ケーキ含水率

通常運転機が75~78%に対し、新制御システムを用いた場合、74~75%であった。通常運転機に対し1から2ポイント低下できた。含水率変動は、ろ過速度を高く維持したまま、目標とする脱水ケーキ含水率の±1.0ポイント以内に安定させることができた。

#### ウ ポリマー添加率

通常運転機が0.5~0.6%に対し、新制御システムを用いた場合、0.45~0.5%であった。通常運転機に対し10%少なかった。

## 3 結論と要約

- (1) ポリマー添加制御は、反発粘度計による制御にCST計による補正制御機能を追加した、精度の高いシステムとなった。
- (2) ろ過圧搾時間(ろ布速度)・汚泥供給量にて脱水機本体を制御することにより、ろ過速度と脱水ケーキ含水率の安定化が可能となった。
- (3) ポリマー添加制御と脱水機本体制御を行ったことにより、安定したベルトプレス型脱水機の自動制御が可能となった。

以上のように大変良好な制御システムを開発することができ、A処理場に設置してある15台の脱水機のうち、3台(1系列分)に実機システムを組み入れ自動制御運転を開始した。

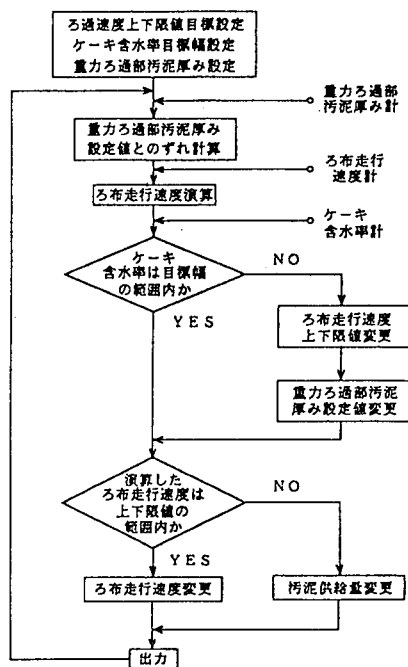


図-4 脱水機本体制御フロー