

ポンプ場運転支援システムの開発

○長岩 明弘, 山田 富美夫, 原 裕淳, 高嶋 英和, 小林 主一郎

(株) 東芝

概要

下水道の目的の1つに、大雨による浸水を防止するために雨水をポンプで川や海に排水することがある。この場合、ポンプ場への流入量を予測して操作員がポンプ運転を早めに行うことができる情報を提供できることが重要となる。同時に、幹線内の水位を把握することも重要である。このため、下水道幹線内の流量、水位をオンラインで計算できるモデルが必要となる。

ここでは、広域的な雨水排水システムの概要を述べる。また、オンライン計算向きで下水道幹線内の流量、水位の計算できるモデルについて述べる。さらに、ポンプ場運転支援システムについて、概要を紹介する。

キーワード

雨水排水, ポンプ場運転支援, 雨水流入予測, 流出解析, 幹線流下

1. はじめに

下水道の機能には、家庭や工場から排出される汚水を処理する汚水処理機能と、大雨による浸水を防止するために雨水をポンプで川や海に排出する雨水排水機能がある。雨水排水機能では、下水道設備の普及に伴う流域面積の増大や流域の都市化に対応した広域的な運用管理機能が要求されている。

ここでは、まず広域化する下水道運用管理の要求に対応する雨水排水システムの概要を述べる。さらに、ポンプ場運転支援に関して、オンライン流入予測技術とポンプ場運転支援システムの内容を紹介する。

2. 広域雨水排水システム

システム制御技術を主体に描いた広域雨水排水システムの例を図1に示す。¹⁾ 図1において、(1)まずレーダ雨量計を応用した雨量計測、降雨データの配信、降雨データ処理がサブシステムとなる。(2)次に(1)で得られた(あるいは地上雨量計)降雨データ情報からポンプ場や処理場への雨水流入を予測する。(3)この流入予測結果に基づいてポンプの運転を計画し、シミュレーションなどの手法で評価する。(4)さらに、流下モデルから得られる幹線内の水位、流量の情報によりポンプ場運用、運転を支援する。

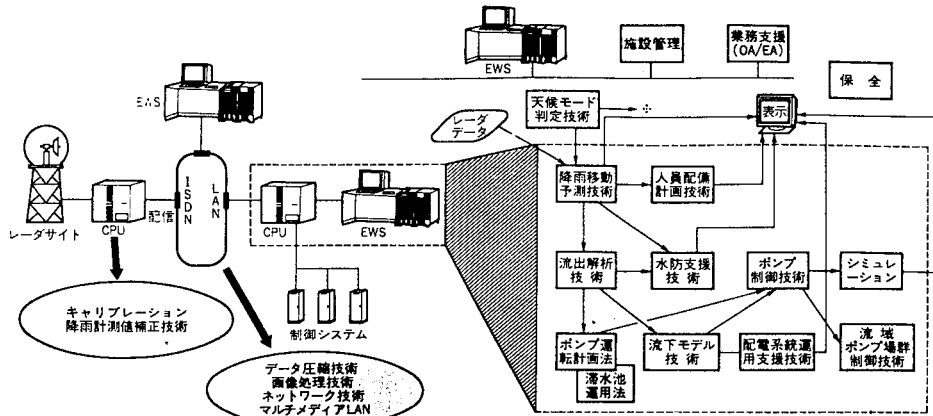


図1. 下水道広域雨水排水システムの例

3. 流入量予測機能

図2に雨水流入プロセスを示す。降雨は公共下水道を通して下水道幹線に入り、幹線を流下して下水処理場（ポンプ場）に流入する。ここで、雨水排水ポンプの運転支援機能として、ポンプ場への雨水流入量予測の機能がある。その機能には、(1)降雨量予測機能、(2)流出量予測機能、(3)汚水量予測機能、(4)流下量予測機能、(5)流入量予測機能5つの機能がある。（図3）

4. 各機能の概要

(1) 降雨量予測機能

降雨量予測機能では、ポンプ場への流入量を予測するために、対象流域での降雨量を予測する。例えば、対象流域に数カ所設置された地上雨量計から得られる降雨データをテーセン法を用いて面データに変換して使用する。図4の破線で囲まれた部分がテーセン法による地上雨量計の領域である。

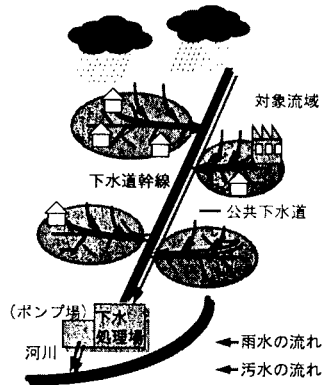


図2. 雨水流入プロセス

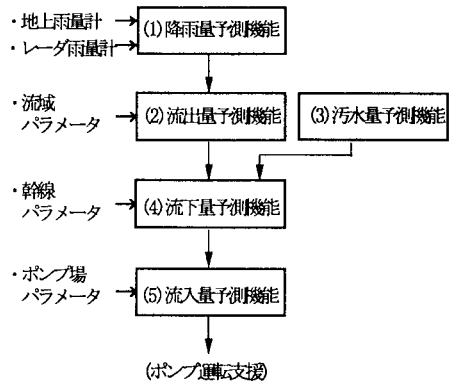


図3. 流入量予測機能

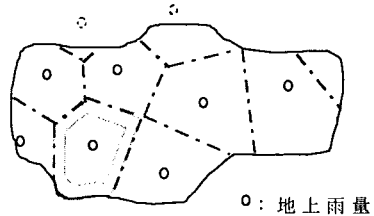


図4. テーセン法

(2) 流出量予測機能

流出量予測機能では、予測降雨量及び流域パラメータから幹線への枝線流出量(横流入量)を予測する。予測には、雨水流出解析手法の一種であるRRL法を拡張したモデルを使用する。²⁾

拡張RRL法では、対象流域をいくつかの部分流域に分割し、部分流域ごとの不浸透面積、貯留特性、流下時間などをもとに部分流域ごとの流出量を算出する。(図5)

流出量算定に用いる式を以下に示す。

運動方程式：

$$S(t) = KQ(t)^n \quad (K, n: \text{流域による定数}) \quad \dots(1)$$

連続方程式：

$$\frac{dS(t)}{dt} = P(t) - Q(t) \quad \dots\dots(2)$$

(S: 貯留量[m³], P: 仮想流入量[m³/s],
Q: 流出量[m³/s])

(3) 汚水量予測機能

汚水量予測機能では、生活排水、工場排水等の公共下水道への汚水量を考慮する。

(4) 流下量予測機能

流下量予測機能では、予測汚水量、予測流出量および幹線パラメータから幹線内の流下量を予測する。^{3), 4)}

流下モデルでは、幹線を管の形状変化や横流入点の位置等から計算点間隔がほぼ同じ長さになるようにいくつかに分け、各計算点での流量、水位を計算する。(計算時間間隔は一定)

移送モデルでは、上流から下流への流下量[m³/s]はある時間遅れて(流量[m³/s]は一次遅れ(遅れパラメータ: 時定数[s]))移送して計算する。

$$\text{移送時間} = \frac{\text{計算点間隔}}{\text{流速}} \quad \dots\dots(3)$$

$$\text{流下量(時刻, 計算点)} = \text{流下量(時刻 - 移送時間, 計算点 - 1)} \quad \dots\dots(4)$$

ただし、移送時間[s]が計算時間間隔T[s]の整数倍でない場合、流量Q[m³/s]をつぎの

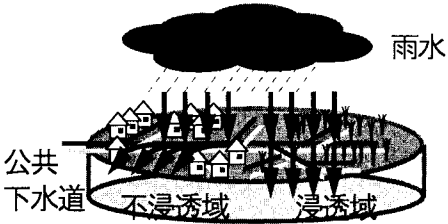


図5. 不浸透の考え方

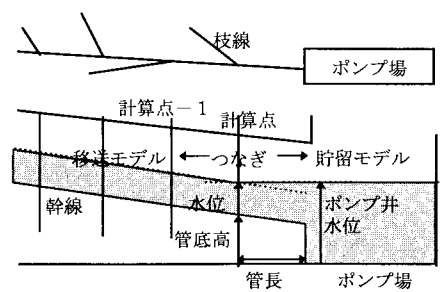


図6. 流下モデル

ように補間する。

$$Q(t) = Q(n \times T) + [Q((n+1) \times T) - Q(n \times T)] \times \left(\frac{t}{T} - n\right) \quad \dots(5)$$

(n: $\frac{t}{T}$ の整数部分)

水位 h [m]及び流速[m/s](流速パラメータ: 補正係数[-])は流量から計算する。

貯留モデルでは、貯留量[m³]は流下量と吐出量の差で変化すると計算する。(水位変化[m/s]は差分近似する)

$$\begin{aligned} \text{貯留量変化} &= \text{水面断面積} \times \text{水位変化} \\ &= \text{流下量} - \text{吐量} \quad \dots\dots(6) \end{aligned}$$

$$\text{水位変化} = \frac{h(t) - h(t - T)}{T} \quad \dots\dots(7)$$

(5) 流入量予測機能

流入量予測機能では、流下量予測機能で得られた流下量とポンプ場パラメータからポンプ場への流入量、ポンプ井水位などを予測する。

5. ポンプ場運転支援システム

ここでは、ポンプ場運転支援の概要を支援画面例を用いて紹介する。図7は幹線断面を示しており、流下量予測結果に基づいて幹線内の水位や流量の情報を得ることができる。図8は機場の運用状態や水位等がわかる。図9はポンプ運転支援ガイダンスを示しており、ポンプ運転予測やそれに基づいたポンプ井の水位変動をシミュレーションすることができる。

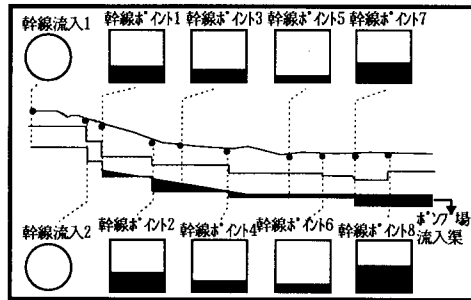


図7. 幹線内情報画面例

6. あとがき

今回、オンライン計算向きの下水道幹線内の流量、水位の計算できるモデルを開発した。ポンプ場運転支援システムについて、その概要を紹介した。

今後は、実績データを用いて、この流入予測機能の検証を行う予定である。

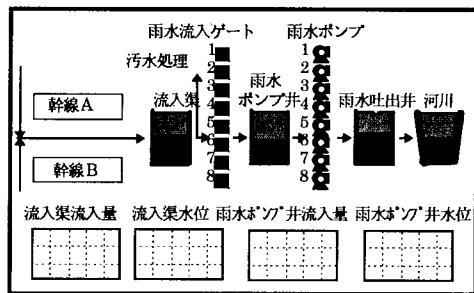


図8. 処理場（ポンプ場）情報画面例

参考文献

- 1) 金森他：下水道の広域化とシステム技術，東芝レビュー，1992，Vol.47，No.5
- 2) 渡並他：拡張RRL法を応用した雨水流入予測モデル構築手法，第31回下水道研究発表会(1994)
- 3) 渡並他：オンライン雨水流入予測モデルの開発，第32回下水道研究発表会(1995)
- 4) 渡並他：ポンプ場運転支援システムの開発ーオンライン流下モデルの開発ー，平成7年電気学会全国大会(1995)

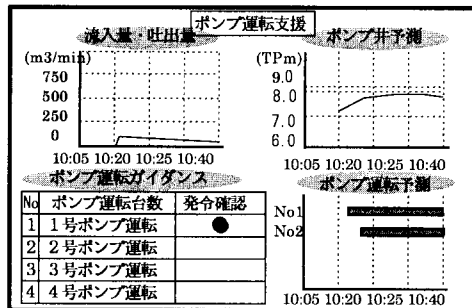


図9. ポンプ運転支援画面例