

下水道雨水流入予測システムの機能開発に関する研究

山田富美夫、中島かねみ

（株）東芝府中工場
府中市東芝町1

概要

近年、下水道のポンプ運転支援システムにおいては、降雨による下水幹線の水位変化を把握し、ポンプ場や処理場の雨水流入量を精度良く予測することが浸水防除の観点から急務となっている。

特に、大都市部においては、レーダ雨量計や、流域にきめ細かに配置された地上雨量計の情報が、ポンプ場や処理場の情報管理センターにも集まってくるようになり、ポンプ運転支援システムにおいても、降雨予測からポンプ運転予測までスルーした予測システムの機能的環境が整いつつある。

本研究では、予測機能の中核をなす降雨流出量の算定に、周知の解析手法であるRRL法をベースにした開発を行っており、その機能開発において、実際の適用例を紹介しながら技術的課題を明らかにする。

キーワード

流入予測システム、降雨情報、流出解析法、ポンプ運転支援

1 はじめに

下水道のポンプ運転支援システムでは、過去の降雨の状況から、今後、降雨がどのように続き、降った雨がどれだけ管渠に流出し、いつ頃どれだけの雨水流入があり、現状のポンプ運転を継続した場合にポンプ井の水位上昇がどうなるか、あるいは、ポンプを追加起動した場合に水位上昇を抑えられるか、を予測できるものでなければならない。さらに、ポンプ場や処理場に近い流入幹線で、水位計や流量計が設置されていない場合には、時々刻々の水位の状況が推定できなければならない。

このような情報が過去、現在、将来にわたりリアルタイムに与えられて初めて、ポンプ運転員の総合的な判断が可能となり、集中豪雨時でも運転員は安心して操作できるようになる。

このため、降雨流出解析には、都市部のように管渠が整備され、流下の経路が明確な場所での算定に有効なRRL法をベースに研究開発を進めてきた。しかし、RRL法を適用するための作業と算定論理については、かなり明確になってきたとは言えるものの、適用流域の複雑な幹線構成への対応や手法適用上の前提条件については、実際に適用された経験が浅いこともあり、必ずしも技術的に解決されずに残っているものや、ノウハウの域に留まっているものもある。

この点に関し筆者らは、今後ますます多くの自治体での、降雨情報システムやポンプ運転支援システムの導入機運に対し、技術的に応えるための課題整理と検討を行ってきた。ここで、予測システムの機能開発における実際の作業内容を紹介しながら、その技術的課題を明らかにしたい。

2 流入予測機能の概要

流入予測機能の基本的な流れを図2.1に示す。

雨量計による計測からポンプ運転のための支援情報を出力するまで、降雨量の予測、流域管渠への流出量の予測、幹線流下量の予測機能が必要となる。

2.1 降雨予測

(1) 降雨予測の重要性

時々刻々変化する降雨を予測することは、本来、気象学的手法を取り込まなければ困難ではある。しかし、ポンプ運転支援に必要な、せいぜい30分程度先までであれば、過去の降雨の移動方向と降雨強度を外挿するだけでも、複雑に徘徊する雨雲でなければ、今後降雨ゼロとみなしてしまうよりはるかに予測精度は改善する。

降雨量予測がある場合とない場合の流入量の違いの算定結果を図2.2に示す。

降雨開始時から2時まで雨が降り、以後、降雨ゼロとみなした場合には、ハイドログラフ点線部分の流量となり、2時以降の降雨を図のように予測した場合、ハイドログラフの実線部分の流量となる。

斜線部分は、降雨量予測がある場合とない場合の流入量の差で、降雨量予測の重要性が認識される。

(2) 面雨量データの作成

レーダ雨量計の降雨情報はメッシュ単位で与えられるので、面雨量データとして流出量の算定精度の向上に大いに役立つものである。一方、地上雨量計のような点雨量データの場合には、何らかの方法で面雨量に変換する必要がある。

これには、周知のティーセン分割による方法が一般的で、図2.3に、ティーセン法による、流域に配置された地上雨量計の支配地域を示す。支配地域内は均一降雨とみなすため、流域に比して地上雨量計の配置数が少ないときには、局所的な降雨の場合に誤差になる。

雨量計の測定データが欠測した場合には、近傍の複数の雨量計測定データで補完してやることで対処する。

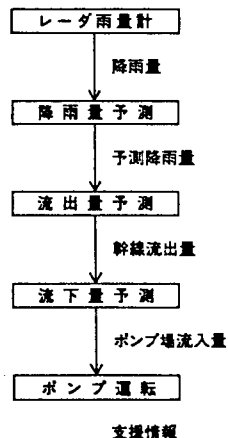


図2.1 流入予測機能の流れ

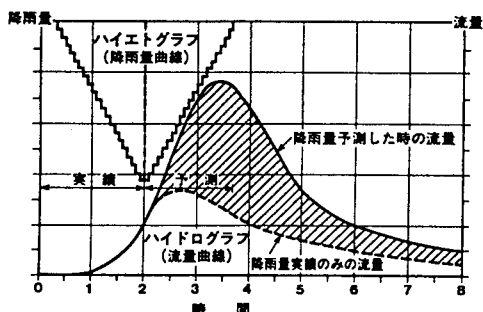


図2.2 降雨量予測の有無による流入量の違い

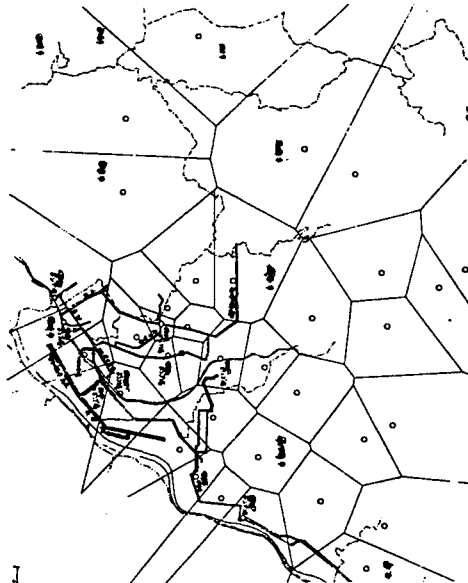


図2.3 地上雨量計による面雨量への変換

2.2 流出量予測

RRL法を流出解析で用いる場合には、計算に必要なデータを事前に用意しておく必要がある。

図2.4に示すように、多くの入力データは土地利用図や下水道土木図面の解析作業により求めることが中心となる。

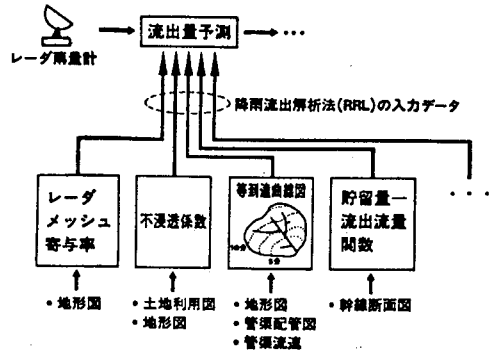


図2.4 RRL法の入力データ

(1) 不浸透係数の算定

流域に降った雨の内、地面に浸透するもの以外は管渠へ流出してくる。この割合を不浸透係数と呼んでいる。

一般に、有効降雨分としての値は土地利用形態毎に流出率が公表されているので、これを基に、図2.5のようにメッシュ単位に読み取り作業を行う。

通常、メッシュ内には複数の利用形態が混在するため、流出率に利用形態毎の面積率を掛け、平均値をそのメッシュの不浸透係数とみなす。

都市部では、土地利用の経年変化が大きいので厳密な係数管理が望ましい。

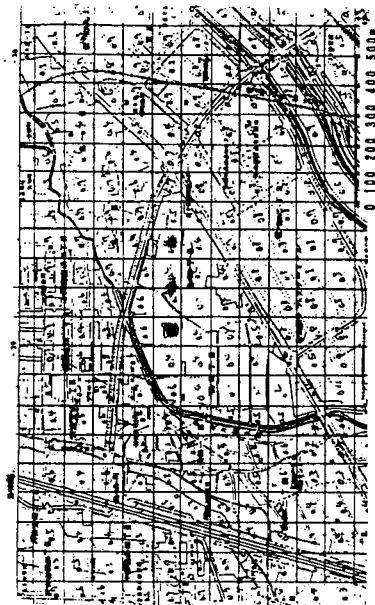


図2.5 不浸透係数の算定

(2) 等到達時間曲線の算定

RRL法の基本概念である等到達時間面積の考え方は、それ自体非常に明快なものであるが、面積の算定作業は、最も手間のかかる作業の一つである。

図2.6に流域分割を行った後、時間曲線を引いたものを示すが、一つの幹線だけを作業するのに約20時間かかっている。流域が大きくなればなるほど、また、幹線構成が複雑になればなるほど、作業に時間を要する。

さらに、敷設される公共管の接続図は計画図面の場合が多く、竣工時期に併せて見直しをかける必要がある。

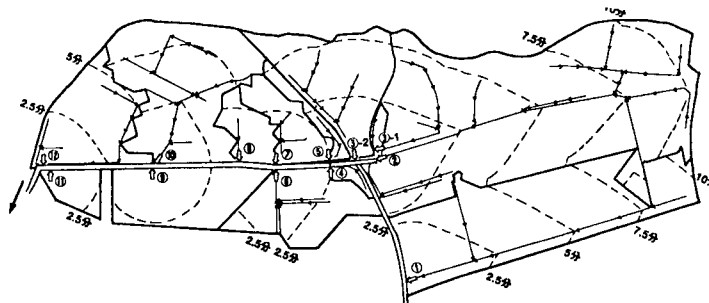


図2.6 部分流域分割と等到達時間曲線

図2. 7に等到達時間曲線の時間間隔2.5分ごとの部分流域毎の面積を示す。図中、右端に示す流域全体合計(積分面積)を時間軸で面積をつないだグラフを図2. 8に示す。

この図は、幹線の流出点間の流下時間を無視すれば、流域での大雑把な降雨流出応答波形と見ることもできる。実際には、流域内均一降雨の仮定が崩れ、貯留-流出による時間遅れが発生するので、関連のパラメータを検証段階で調整することになる。

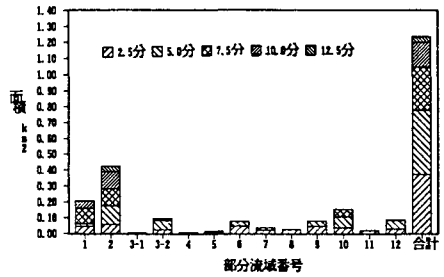


図2. 7 部分流域の等到達時間曲線面積

2.3 流下量予測

部分流域で流出する雨水は、さらに幹線距離をある速度で流下し、処理場やポンプ場へ流れ込む。この流下移送速度は、管の構造と水深がわかれば、図2. 9に示すようにマンニングの式で算定することが可能であるが、一般に、幹線途中に水位計が設置されることが少ないので、実用上、満管または半満管を仮定して算定している。

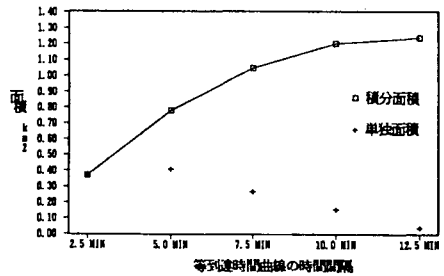


図2. 8 流域全体の曲線面積の時間変化

この仮定でどれくらいの流入波形に誤差が出るかをシミュレーションしてみたのが図2. 10である。(a)は半満管を仮定したときの流量である。これに対し、(b)のマンニングの式と等流式を用いて流量から移送時間を厳密に算出し、流量波形を作成したのが(c)である。これら2つを同じグラフに重ね合わせ比較したものが(d)である。

一般に、流量レベルの低いところ(半満管以下)では、水深に対する流速の変化量が大きい一方、半満管と満管の流速の違いは小さい。仮定水位が厳密解かはオンラインでの予測計算負荷とのかねあいで決まる。

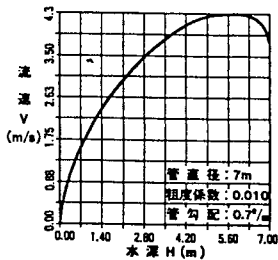


図2. 9 水深と流速の関係

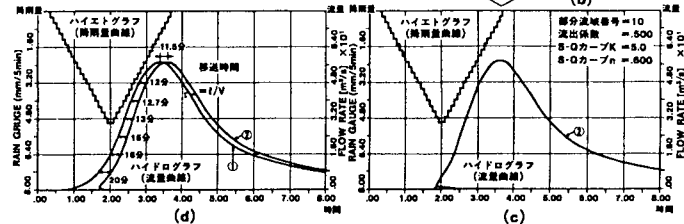
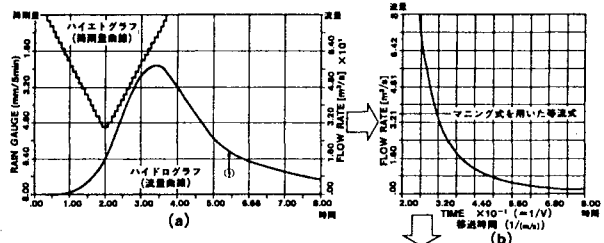


図2. 10 幹線流下移送時間の比較

4 あとがき

都市化の進行にともない下水道施設の整備が急ピッチで進められており、今後ますます、雨水流入量予測、さらには幹線やポンプ場の雨水排水能力評価技術へのニーズが高まってくるものと思われる。今回、流出解析手法の1つであるRRIL法を適用する上での機能的課題についていくつか整理した。今後、下水道流域への適用をはかり、予測システムの検証評価を行っていく。