

雨水管路における流出モデルの開発

九州大学 大学院 学生員○山下 孝光
九州大学 工学部 正 員 森山 克美

九州大学 工学部 正 員 楠田 哲也
九州共立大学 工学部 正 員 荒尾 慎司

1. はじめに

近年、豪雨による浸水が、都市基盤施設の集中した都市部において顕在化しており、問題となっている。下水道の普及している都市域において、雨水排除システムとして下水道が重要な役割を担っており、その流下能力の把握が望まれる。特に雨水管路は樹枝状構造をしており、また、降雨の時間的・空間的非一様性から、管路網内の非定常流れとして取り扱わなければならない。

そこで本研究では、管路網の流下能力を把握するためのシミュレーションを行う際の基本となる単一管路の計算法の開発を試み、若干の知見を得たので報告する。

2. マンホール部で浸水する時の単一管路の流況

マンホール部で浸水すると思われる雨水管路内の非定常流の流況を表・1に示す。

表・1 雨水管路内の流況条件

流入口	A. 常流	B. 射流	C. エアー ポケット	D. ウォータ ポケット	E. 満管流
1. 段落ち	×	×	×	×	×
2. 連続(常流)	×	×	×	×	×
3. 連続(射流)	×	×	×	×	×
4. エアーポケット	×	×	○	○	○
5. ウォータポケット	×	×	○	○	○
6. 満管流	×	×	○	○	○

○… 浸水する
×… 浸水しない

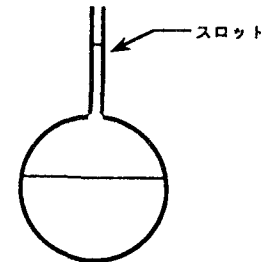
3. 単一管路の流出モデル

雨水管内の非定常流れでは、開水路流、管路流、遷移流(開水路流から管路流に遷移する過程)が存在するために、流況によっては、解法が非常に厄介な問題となる。そこで、本研究では、Preissmannの提案したスロットモデル¹⁾(管頂部に微小なスロットを考え、管路流の時、スロットに水が入っているものと仮定し、流れを開水路流として取り扱ったモデル、図・1参照)を適用し、単一管路内の流れを解くことを試みた。また、開水路流と管路流では圧力伝播速度が異なるため、遷移流において、圧力伝播速度が急変する。しかしながら、渡辺¹⁾によると満管流の圧力伝播速度は数10m/s程度の値になるという報告があり、本モデルでもその値を適用しスロット幅を算定した。

単一管路の基礎式を流況に対応させたものを表・2に示す。

表・2 雨水管路の基礎式

流入口	開水路流				管路流
流出口	A. 常流	B. 射流	C. エアー ポケット	D. ウォータ ポケット	E. 満管流
1. 段落ち	①	①	④	④	②
2. 連続(常流)	①	①	④	④	②
3. 連続(射流)	①	①	④	④	②
4. エアーポケット	④	④	④	④	④
5. ウォータポケット	④	④	④	④	④
6. 満管流	③	③	④	④	⑤



図・1 スロットモデルの概念図

表中の①では1次元開水路流の基礎式、②、③ではスロットモデルの適用によって1次元開水路流の基礎式、④では3次元開水路流の基礎式、⑤では管路流の基礎式を用いる。

*④では断面平均流速として取り扱うと、流れを正確に表現できない。

**⑤では取付管を考慮する場合、ラテラルモデル¹⁾あるいはスロットモデルを用いる。

4. 計算手法

4・1 特性曲線法

特性曲線法は式(1)、(2)を使って解くことができる。

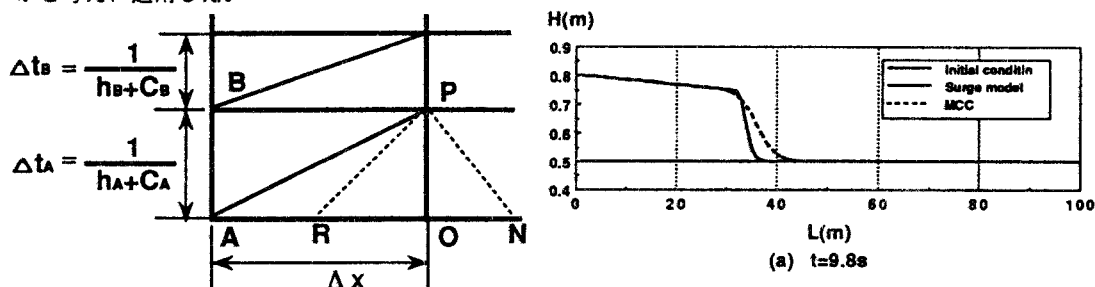
$$\frac{dx}{dt} = v \pm c \quad \dots (1)$$

$$\frac{dh}{dt} \pm \frac{c}{g} \frac{dv}{dt} \pm c(s_f - s_0) = 0 \quad \dots (2)$$

しかしながら、特性曲線法は式(1)の安定条件を満たさねばならず、計算に多大な時間を要する。また、遷移流の際には圧力伝播速度が急変しサージを生じるため、特性曲線法では現象をうまく表現できない。

4・2 特性曲線法にサージを考慮したモデル

以上のような理由と管路網への適用も考慮に入れば、遷移流の現象をよく表現できるモデルの開発を必要とする。そこで、式(1)の安定条件に着目し、図・2に示すように、 Δx を一定にし、点Aからでた特性曲線が点Pに交差するように時間ステップ Δt を決定することで、うまく現象を表せるのではないかと考え、適用した。



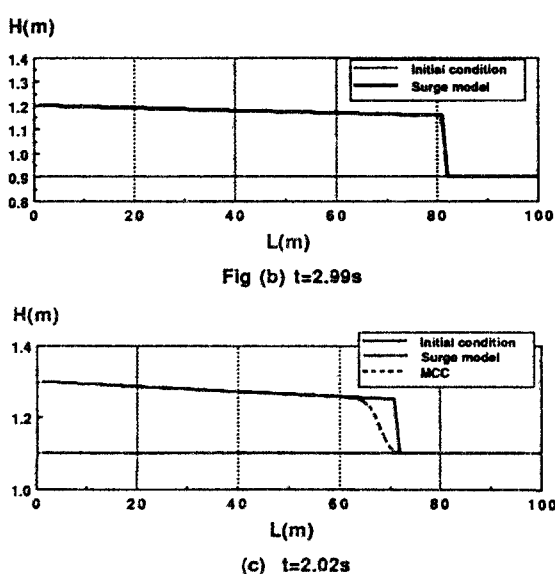
図・2 特性曲線法にサージを考慮したモデルと特性曲線法の概念

5. 計算結果及び考察

水路条件は管長100m、管勾配1/1000、管径1.0m、である。

図・3に特性曲線法による計算結果とサージを考慮したモデルによる計算結果を示す。

図・3からサージを考慮したモデルによる計算結果は、開水路流(図・3(a))、スロットモデルを用いた満管流(図・3(c))共に、特性曲線法の計算結果とよく一致しており、サージのような波をうまく表現できると思われる。また、遷移流の場合、特性曲線法で解くことが困難であるため比較できないが、ほぼ現象を表現できるのではないかと推論される。



図・3 計算結果

6. おわりに

表・2に示されるエアポケット・ウオータポケットの基礎式の定式化(④で表されている部分)、および雨水管路網への適用を行っていく予定である。

7. 参考文献

1) 渡辺政広、江藤剛治、室田明：“取付管の調圧効果を考慮した下水管路網内の遷移流計算”，土木学会論文集，第411号／Ⅱ-12，pp81-90，1989