

II-76

雨水管路内の流下モデルの開発

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必要である。特に雨水管路網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、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、特に問題となっている遷移流（開水路流れ⇄満管流）の解析に主眼を置き、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手法の開発を試みた。

2. 非定常流における雨水管路への流入・流出口の流況

雨水管路への流入・流出口の流況を図-1、2に示す。

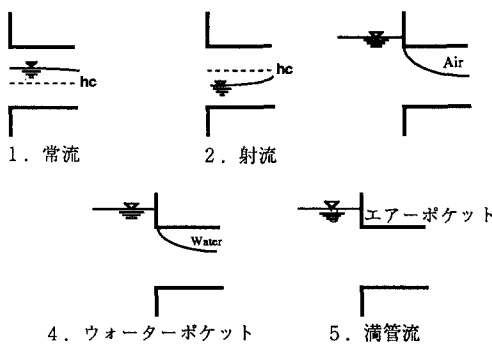


図-1 管路の流入口の流況

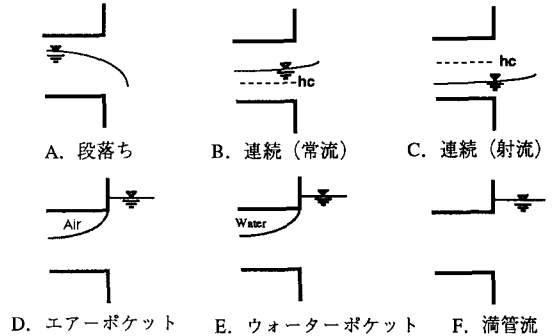


図-2 管路の流出口の流況

雨水管路への流入口の流況は5通り、雨水管路からの流出口の流況は6通りで、雨水管路内の流況は計30通り考えられる。

3. 雨水管路内の流下モデル

雨水管路内の非定常流れでは、開水路流、満管流、遷移流が存在するために、流況によって圧力伝播速度が急変する場合があります。解析手法が非常に厄介な問題となっている。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、満管流の時、見かけ上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-3参照）を適用し、雨水管路内の流れの解析を試みた。

上述の30通りの流況に、それぞれ基礎式を対応させたものを表-1に示す。

表-1 雨水管路の基礎式

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

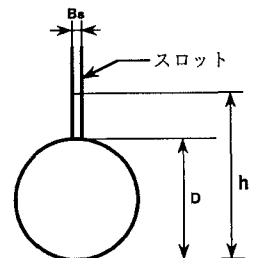


図-3 スロットモデルの概念図

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り、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（断面平均流速として取り扱うと、流れが正確に表現できないため）⑤では満管流の基礎式（取り付け管を考慮する場合、ラテラルモデル¹⁾あるいはスロットモデル）を適用すればよいと考えられる。

4. 計算手法

4・1 特性曲線法

本研究では、一次元開水路流の基礎式を解く際に、有力な手段となる特性曲線法を採用した。その式を(1)、(2)に示す。

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

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

しかし、 Δx 、 Δt を一定にする従来の特性曲線法では遷移流をうまく表現できないので、遷移流を考慮した特性曲線法の開発が必要である。

4・2 遷移流を考慮した特性曲線法

そこで、式(1)の安定条件に着目し、図-4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 を決定することにした。

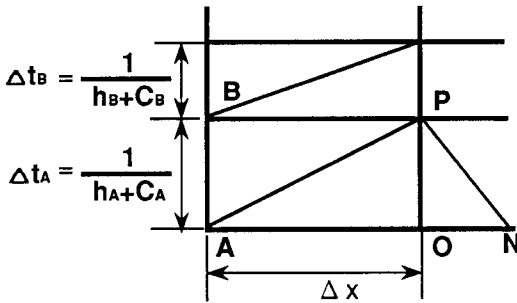


図-4 本計算手法の概念

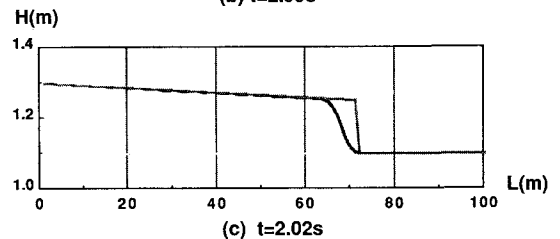
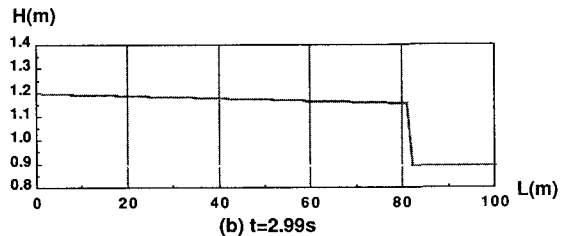
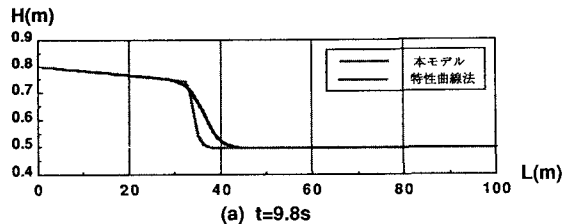


図-5 特性曲線法と本計算手法の計算結果

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。また、スロット幅は1cm、 $\Delta X=1.0m$ とした。

開水路流、遷移流、満管流の3ケースについて計算を実施し（上流端境界条件で水位を急激に上昇させた）、その結果を図-5に示す。

図-5より、開水路流（図-5(a)）、スロットモデルを適用した満管流（図-5(c)）共に、特性曲線法および本計算手法による計算結果はよく一致している。また遷移流の場合、従来の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、計算結果よりほぼ現象を再現できている。

6. おわりに

表-1に示されるエアークケット・ウオータバ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
- 2) 土木学会編，水理公式集，pp192-195，昭和46年
- 3) Fox, J.A., "TRANSIENT FLOW IN PIPES, OPEN CHANNEL AND SEWERS", Hasted Press, 1989