

## スロット・モデルにおける水位低下補正係数について

愛媛大学大学院 学生員  
愛媛大学大学院 学生員  
愛媛大学大学院 正 員  
愛媛大学大学院 正 員

○岡 佳宏  
Pandit Saroj Kumar  
藤森 祥文  
渡辺 政広

**1. はじめに** 近年、日本の多くの都市では、人口の集中、都市機能の高度化、また、周辺地域の開発など、都市化現象が急速に進展してきた。こうした都市化の進展に伴い、地表面の大部分は、舗装道路や建造物、駐車場等の不透水域で覆われるようになった。これにより、保水機能が低下し、雨水の排除を主に下水道で行っている都市域では、下水道への雨水の流入量が当初の計画よりも大幅に増加するようになり、下水道流域では、しばしば、浸水氾濫が発生するようになってきている。

そこで、こうした浸水氾濫を軽減、防止するための対策を早期に確立し、実施に移す必要がある。そのためには、浸水氾濫を伴う出水を、実用的に、かつ精度高くシミュレートできる流出解析手法が必要である。

本研究では、このような流出解析手法の一つであるスロット・モデル(図-1)に着目した。スロット・モデルでは、計算時間短縮のため、しばしば、スロット幅を広げて(圧力波伝播速度  $a$  を小さくして)流出計算がなされる。しかし、スロット幅を広くする( $a$  を小さくする)につれ、スロット・モデルでは、スロット壁面の摩擦を無視しているため、計算水位が実用上問題となる程度まで低下してくることがある。ここでは、そういった水位低下を補正する方法について検討、考察を行った。

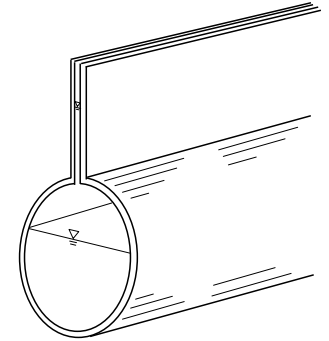


図-1 スロット・モデル概念図

**2. スロット・モデルの基礎式** スロット・モデルによる流出解析を行う場合、実際の圧力流れを見かけ上の開水路流れに変換するため、スロット部の流れに対し、次の仮定をおく。

- ① スロット断面は下水管渠と同一の流水断面として作用する。
- ② スロット壁面は流れに対して摩擦抵抗を及ぼさない。

スロット・モデルの運動方程式、連続式は次式のように表される。

$$\frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} - S_0 + S = 0 \quad ; \quad S = \frac{n^2 |V| V}{R'^{\frac{4}{3}} \left\{ 1 + \frac{B_s}{A'_p} (h - D') \right\}} \quad (1)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + V \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{c^2}{g} \frac{\partial V}{\partial x} = 0 \quad ; \quad c = \sqrt{g \frac{A'_p + B_s (h - D')}{B_s}} \quad (2)$$

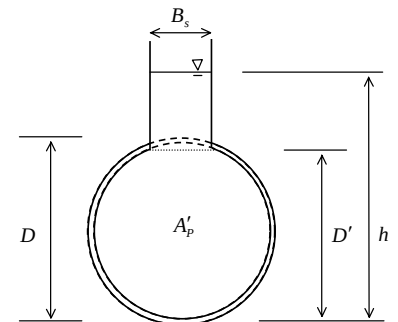


図-2 流水断面(スロット・モデル)

ここに、 $V$ ：流速、 $h$ ：水深、 $S$ ：摩擦勾配、 $c$ ：圧力波伝播速度、 $S_0$ ：管渠勾配、 $B_s$ ：スロット幅、 $A'_p$ ：スロット部を除く下水管渠の流水断面積、 $D'$ ：管渠底からスロット接合部までの高さ(図-2)、 $D$ ：下水管渠の直径、 $R'$ ：スロット部を除く下水管渠の径深、 $n$ ：マンニングの粗度係数、 $g$ ：重力加速度、 $x$ ：距離、 $t$ ：時間である。

**3. 水位低下補正手法** スロット・モデルでは、スロット壁面に摩擦がないものと仮定しているため、スロット幅が広がる( $a$  が小さくなる)につれ、圧力流れ時の計算水位が大幅に低下するようになる。そこで、こうした精度低下を改善するため、スロット・モデルの運動方程式(1)式の摩擦項  $S$  に水位低下補正係数  $\Gamma$  を付加する方法を考えた。

水位低下補正係数  $\Gamma$  は、スロット・モデルにおける定常圧力流れの基礎式がラテラル・モデル<sup>1)</sup>のそれと一致する条件より、次のように求められる。

$$\Gamma = \left\{ \frac{A'_p + B_s (h - D')}{A_p} \right\} \left( 1 - \frac{V_s}{c_s} \right) F \pm \frac{V_{full}}{c_s} F \quad ; \quad F = \frac{R'^{\frac{4}{3}} \left\{ 1 + \frac{B_s}{A'_p} (h - D') \right\}}{R_{full}^{\frac{4}{3}}} \quad (3)$$

キーワード 下水管渠、スロット・モデル、スロット幅、圧力波伝播速度、ラテラル・モデル

連絡先 〒790-8577 松山市文京町3 愛媛大学大学院理工学研究科生産環境工学専攻 Tel 089-927-9828

ここに、 $V_s$ ：スロット・モデルにおける流速、 $c_s$ ：スロット・モデルにおける圧力波伝播速度、 $V_{full}$ ：満管等流流速、 $R_{full}(=D/4)$ ：満管状態での径深である。

#### 4. 水位低下補正手法の適用性に関する検討

水位低下補正係数  $\Gamma$  導入前と導入後での水位にどのような変化が見られるか、流出シミュレーションを行って検討した。ここで、通常用いべき圧力波伝播速度  $a$  に十分大きな値  $a=124\text{m/s}$  ( $B_s/D \cong 0.0005$ ) を採用した。この圧力波伝播速度を 1 オーダー小さくした  $a=12\text{m/s}$  ( $B_s/D \cong 0.05$ ) の場合との比較を行った。また、氾濫域(=6000 $\text{m}^2$ )がある場合と、ない場合についての比較も併せて行った。

流出シミュレーションでは、全長 420m(60m $\times$ 7 本)の管渠システムを用い、周期 3600s、ピーク流量 2.0 $\text{m}^3/\text{s}$  のサインカーブの流量ハイドログラフが最上流端のマンホールから流入するように設定している(表-1)。

水位低下補正係数  $\Gamma$  導入前の氾濫域がある場合の上流端水位変動を図-3 に、氾濫域がない場合の上流端水位変動を図-4 に示す。また、水位低下補正係数  $\Gamma$  導入後の氾濫域がある場合の上流端水位変動を図-5 に、氾濫域がない場合の上流端水位変動を図-6 に示す。

表-1 流出シミュレーション諸量

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| 下水管渠直径(m)                       | 1.0    |
| 管渠長(m)                          | 60     |
| 勾配                              | 0.0035 |
| マンシングの粗度係数                      | 0.015  |
| マンホール断面積( $\text{m}^2$ )        | 1.767  |
| 土被り(m)                          | 2.0    |
| 管渠数(本)                          | 7      |
| 満管流量( $\text{m}^3/\text{s}$ )   | 1.226  |
| ベースフロー( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 0.1    |
| ピーク流量( $\text{m}^3/\text{s}$ )  | 2.0    |

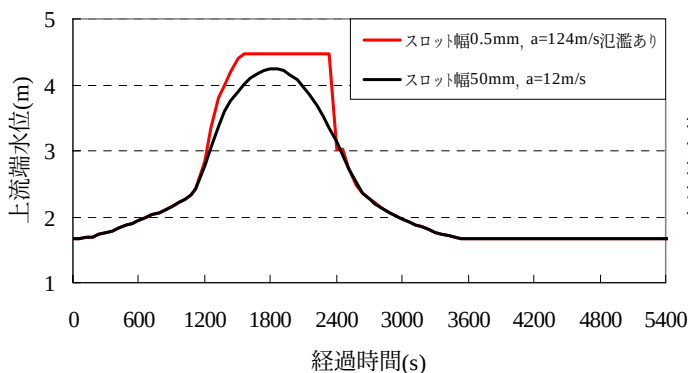


図-3 水位低下補正係数導入前の上流端水位変動(氾濫域あり)

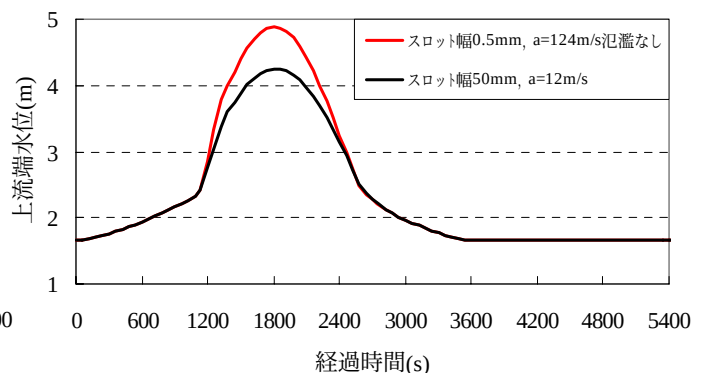


図-4 水位低下補正係数導入前の上流端水位変動(氾濫域なし)

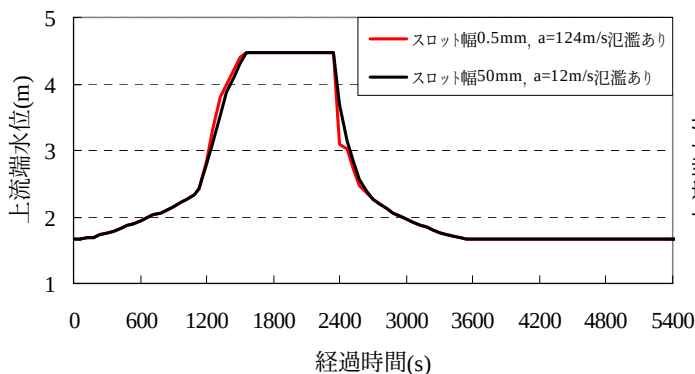


図-5 水位低下補正係数導入後の上流端水位変動(氾濫域あり)

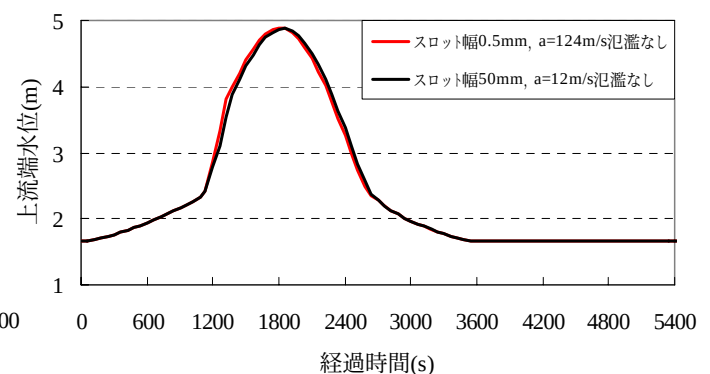


図-6 水位低下補正係数導入後の上流端水位変動(氾濫域なし)

図-3 より、 $a=124\text{m/s}$  の場合、氾濫が発生しているが、 $a=12\text{m/s}$  の場合では、水位低下により氾濫は発生していない。また、図-4 より、氾濫域を設定しない場合で  $a=124\text{m/s}$  の場合、上流端水位は 5m 近くまで上昇するが  $a=12\text{m/s}$  では 4m 程度に止まっている。これらより、スロット幅を広げることによる水位の低下が著しいことがわかる。図-5、6 より、水位低下補正係数  $\Gamma$  の導入により、氾濫域がある場合、氾濫域がない場合の両方について、 $a=12\text{m/s}$  のときの水位の低下が補正され、 $a=124\text{m/s}$  (氾濫あり、氾濫なし) の結果と同様な水位を示していることがわかる。

**5. おわりに** スロット幅を広げる( $a$  を小さくする)と、計算時間は短縮されるが、本来は氾濫が発生しているにもかかわらず、計算精度の低下により、氾濫が起らないという誤った予測をしてしまうことがある。しかし、こういった問題を水位低下補正係数  $\Gamma$  の導入により防止することが可能であることを明らかにした。今後は計算精度を保ったまま、圧力波伝播速度  $a$  を 1 オーダー程度小さくし、計算時間を短縮することが可能である。

**参考文献** 1) 渡辺政広・永吉光一・岡田将人：環境工学研究論文集，第 35 巻，pp.78-79，1998 年。