

スロット・モデルの適合性の向上に関する2, 3の考察

愛媛大学大学院	学生員	○岡 佳宏
愛媛大学大学院	非会員	Pandit Saroj Kumar
愛媛大学大学院	学生員	筒本 恭実
愛媛大学大学院	正 員	渡辺 政広

1. はじめに

近年, わが国の多くの都市では, 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, 駐車場等の不透透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, 下水管渠への雨水の流入量が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精度高くシミュレートできる流出解析モデルが必要となる.

本研究では, このような流出解析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(圧力波伝播速度を小さくして)流出計算がなされることがある. しかし, スロット幅を広くする(圧力波伝播速度を小さくする)につれ, 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.

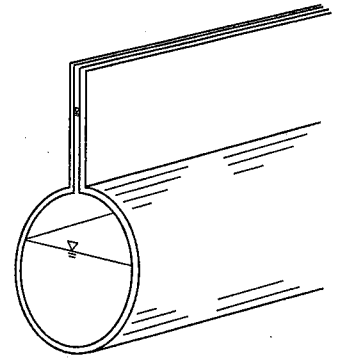


図-1 スロット・モデル概念図

2. スロット・モデルの基礎式

スロット・モデルでは, 実状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一体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.

これより, 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.

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

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

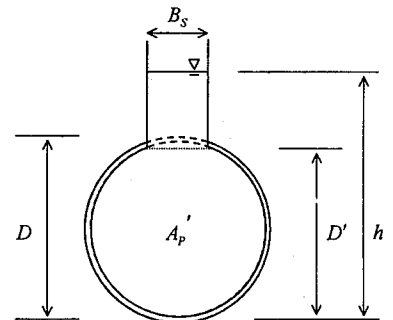


図-2 スロット・モデルの縦断面図

ここで, V :流速, h :水深, 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 参照), D :下水管渠の直径, R' :スロット部を除く径深, 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. 水位低下補正係数

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(圧力波伝播速度が小さくなる)につれ, 計算水位が大幅に低下するようになる. そこで, こうした点を改善するため, スロット・モデルの運動方程式((1)式)の摩擦項に水位低下補正係数 Γ を乗じて水位低下を補正する. 水位低下補正係数 Γ 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¹⁾のそれと一致する条件

より、次のように求められる。

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

ここで、 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、 A_p : 満管状態での流水断面積である。

4. 水位低下補正係数の適用性に関する検討

スロット幅を種々に変え、水位低下補正係数導入前と導入後での水位の変動にどのような差が見られるか、流出シミュレーションを行って検討した。

流出シミュレーションでは、全長 420 m(60m×7本)の管渠システムを用い、図-3 の流量ハイドログラフを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 参照)。

表-1 流出シミュレーション諸量

下水管渠直径(m)	1.0
マンホール断面積(m ²)	1.767
管渠長(m)	60
土被り(m)	2.0
勾配	0.0035
管渠数(本)	7
ベースフロー(m ³ /s)	0.1
ピーク流量(m ³ /s)	1.8
マンニングの粗度係数	0.015

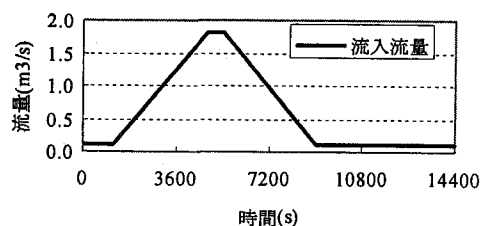


図-3 流量ハイドログラフ

水位低下補正係数導入前の上流端水位の変動を図-4 に、水位低下補正係数導入後の上流端水位の変動を図-5 に示す。ここで、本シミュレーションにおいて、通常採用すべき圧力波伝播速度は、 $a=120\text{m/s}$ である。図-4 より圧力波伝播速度を 120m/s より小さくすると($a=30 \sim 10\text{m/s}$)、スロット部に摩擦がないため、著しい水位の低下が起こっていることがわかる。なお、圧力波伝播速度を 120m/s より大きくした場合には、水位ハイドログラフの違いは見られない。このことより、圧力波伝播速度が通常採用すべき値より大きくなる場合には、水位の低下は発生しないといえる。図-5 では、水位低下補正係数 Γ の導入により、圧力波伝播速度が 120m/s より小さい場合においても、水位の低下が発生していないことがわかる。

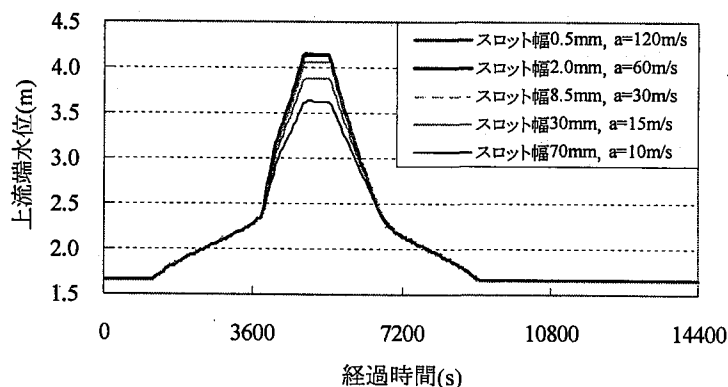


図-4 水位低下補正係数導入前の上流端水位変動

5. おわりに

水位低下補正係数 Γ の導入により、スロット幅を広げる(圧力波伝播速度を小さくする)ことにより生ずる、水位の低下を防げることを明らかにした。これにより、スロット・モデルにおいて、従来は、計算精度を保つために、圧力波伝播速度に十分大きな値($100 \sim 1000\text{m/s}$)を採用する必要があったが、今後は、圧力波伝播速度を1オーダー程度小さくし、計算時間間隔を短縮することが可能となる。

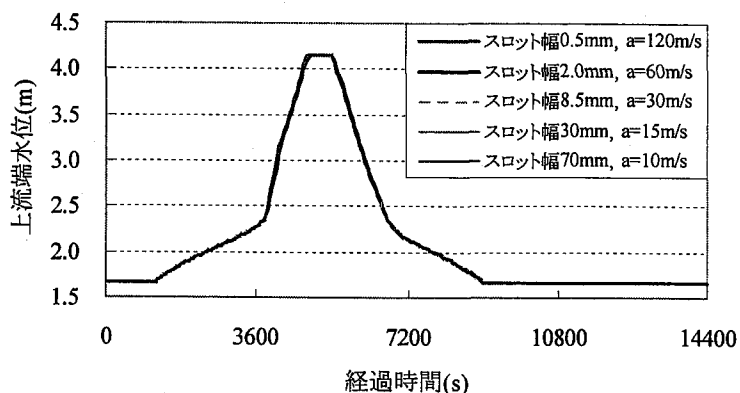


図-5 水位低下補正係数導入後の上流端水位変動

参考文献

1) 渡辺政広 : 都市下水道流域の流出解析と流出抑制に関する基礎的研究, pp.104-108, 1989 年