

雨水管路網における流れのモデル化

九州大学工学部 学生員○藤 隆利 学生員 山下 孝光
 正 員 楠田 哲也 正 員 森山 克美
 九州共立大学 正 員 荒尾 慎司

1. はじめに

現行の雨水排除システムの計算方法にはいくつかの問題点がある。それらは、1) 計画流入量の算定方法に曖昧さがあること、2) マンホール部におけるエネルギー損失が考慮されていないこと、3) 管渠の設計時における流況仮定と実際との間にかなりの相違があること、等があげられる。一方、都市部では道路の舗装率の上昇に伴い、雨水の地下浸透率が低下し、雨水管路網に直接流入する量が増加するため、計画降水量以下でも浸水を引き起こすことがある。これは先にあげた問題がその原因になっていると考えられ、雨水排除網のより適切な設計法の確立が必要である。そこで本研究は、グラフ理論によりマンホール部でのエネルギーロスを考慮した雨水管路網の水理計算手法を提示し、これを川崎市荏苒地区に適用することにより流下能力の検討を行った。

2. 雨水排除シミュレーションのための基礎式

マンホール部における連続の式

$$\Sigma Q_i = A_{ma} \frac{dh}{dt} \quad (h \leq h_c)$$

$$\Sigma Q_i = Q_0 \quad (h \geq h_c)$$

ここで、 Q_i : 接合部への流入出量、 Q_0 : 接合部での流出量

t : 時間、 A_{ma} : 接合部の断面積

h : 接合部の水位、 h_c : 接合部の限界水深

D_a^k は、雨水管路網を有向連結表示したものであり、接合部から出る矢印を出連結

(+1)、接合部に入る矢印を入連結 (-1) とした。また、雨水排除シミュレーションのための基礎式を以下に示す。

$$\frac{1}{g} \frac{dv}{dt} - \Phi_k^T H = s_k l_k - k \frac{v^2}{2g}$$

$$v^{n+1} = v^n + \frac{g \Delta t}{l} \left(\Phi_k^T H + s_k l_k - k \frac{v^{n2}}{2g} \right)$$

$$-\Psi_a Q = A_{ma} \frac{dh}{dt}$$

$$h^{n+1} = h^n - \frac{\Delta t}{A_{ma}} \Psi_a Q$$

$$H = \begin{bmatrix} h_1 \\ \vdots \\ h_a \end{bmatrix} \quad Q = \begin{bmatrix} q_1 \\ \vdots \\ q_k \end{bmatrix}$$

ここで、 l : 管長、 s : 管勾配、 A_m : マンホール断面積

t : 時間、 g : 重力加速度、 v : 流速、 q : 流量

H : 水位ベクトル、 Q : 流量ベクトル

n : 時間ステップ、 D_a^k : 有向連結行列

a : ノード番号、 k : ブランチ番号

Ψ_a : 行ベクトル、 Φ_k : 列ベクトル

	TYPE 1	TYPE 2
No.1への流量	図-2のハイドロを与える	
管の損失係数	0.03	0.03
入口損失係数	0.00	0.00
出口損失係数	0.00	0.37
No.12の水深	1.2 m	1.2 m

表-1 計算条件

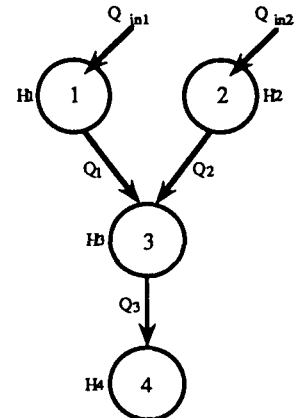


図-1 (a) 雨水排除シミュレーションの基本図

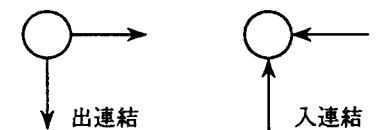


図-1 (b) 有向連結行列の基本図

3. 対象地域および諸条件

今回、対象地区として最近の降雨で浸水実績があり、マンホール部での洪水痕跡が比較的整理されている川崎市荏宿地区を選定した。対象降雨は、平成元年8月1日降雨を採用し、準線形貯留型モデルにより算定された流入ハイドログラフを上流端の境界条件とした。

また初期条件として、管路内は全て満管状態であるとした。計算条件を表-1に示す。損失係数は、TYPE 1では入口損失係数と出口損失係数をともに0.0とし、TYPE 2では、入口損失係数を0.0、出口損失係数を0.37とした。前者は、マンホール部での損失がないものとし、後者は、実験により得られた段差なしのマンホール部での損失係数0.37を、便宜上、出口損失係数として与えた。また、本研究では、浸水域への溢水は考慮しておらず、マンホール部から溢水した場合は、計算水位を地盤高と同じに設定した。

4. 計算結果および考察

特に、流入ハイドログラフより浸水していると思われる時間帯(4~9時間目)を抽出した。図-3と図-4を比較すると、マンホールの浸水した箇所は上流部(No. 1~4)で同一である。しかし、TYPE 2はTYPE 1より、マンホール部のエネルギーロスの影響で、水位の上昇速度がかなり大きくなることがわかる。

次に、マンホールNo. に着目し、時間-水深図を図-5に示す。図-5において、TYPE 1とTYPE 2では、水位のピーク発生時刻は、同一であるが、マンホール部でのエネルギーロスを考慮したTYPE 2では、6時間後に上流端流入量が減少しているにもかかわらず、水位の減少が認められない。これは、マンホール部のエネルギーロスが影響を及ぼしているものと考えられる。

以上より、通常の雨水管路網の設計においては、マンホール部でのエネルギーロスは考慮されていないが、本計算結果よりマンホール部のエネルギーロスを考慮した場合、浸水区域の浸水箇所、浸水深、浸水時間等に影響を及ぼすことは明らかである。

5. おわりに

マンホール部でのエネルギーロスの考慮は重要であり、今後浸水域を考慮したモデルを作成し、このエネルギーロスを考慮して管路網の様々な流況に応じた解析を行っていく必要がある。

<参考文献>

1) 金本ら、'グラフ理論による河川網不定流の水理解析'、土木学会論文集、第429号、pp. 67-75、1991年5月

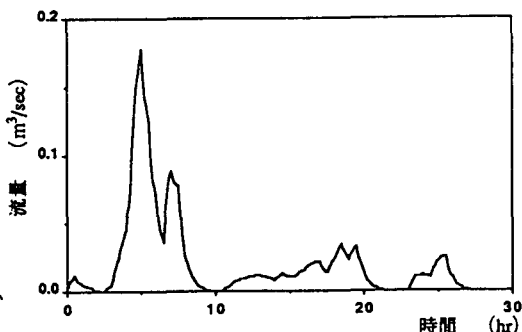


図-2 川崎市荏宿地区のハイドログラフ

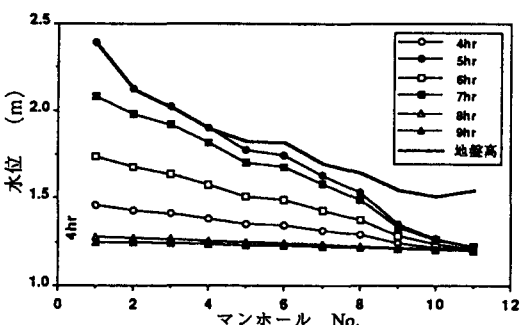


図-3 マンホールの水位 (TYPE 1)

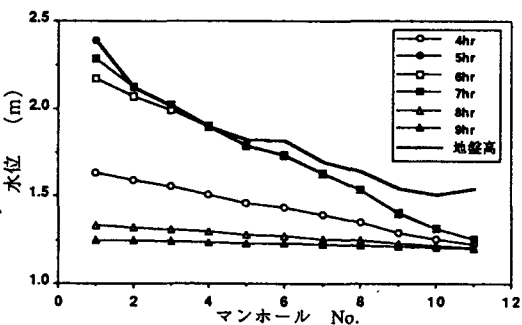


図-4 マンホールの水位 (TYPE 2)

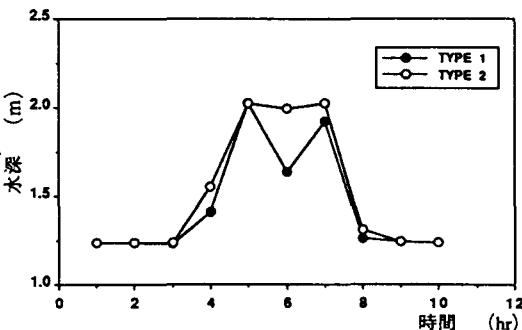


図-5 マンホールNo.3における時間-水深図