

雨水管網の水理解析に関する基礎的研究

佐賀大学 理工学部 学生員 宮平 宣彦
 同 上 正 員 渡辺 訓甫
 同 上 正 員 古賀 憲一
 同 上 学生員 橋本 奈保子

1. はじめに

雨水排水システムとしての下水道は樹枝状構造をなしていることから、山下ら⁽¹⁾によってグラフ理論の概念を用いた管路網のモデル化の研究が行われている。著者らも水路をブランチとノードでグラフ化した水理モデルで開水路網の解析を行っており⁽²⁾、本研究はその管路網への適用を試みたものである。出水時には排水システムとして管網末端でポンプによる水位制御が行われており、ここではモデル管路網において降雨による流入とポンプによる強制排水とを考慮した非定常流の解析結果について述べる。

2. 解析モデル

本研究で用いた管路網の解析モデルは開水路網を対象として開発されたブランチ・ノードモデルを基本としており、水位が管路の上端を越えた時点で満管状態として水理量を算定することで管路としての取り扱いを行っている。ポンプは堰や水門と同様の手法で水理構造物としてブランチ・ノードモデルの中に組み込み、ポンプ場の管理水位によってポンプ作動スイッチのON-OFFを行った。降雨による流出量は、マンホールと見なしたノードに流入させた。

3. ポンプの組み込み

ポンプは水理構造物とみなして次のように構造物ブランチに組み込むことができる。1本のブランチについては図-1の記号を用いて次の式が成立する。

$$Q_{m,1}^+ = N_{m,1}H_{I(m)}^+ + N_{m,2}H_{J(m)}^+ + N_{m,3} \cdots \cdots (1)$$

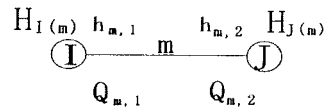
$$Q_{m,2}^+ = N_{m,4}H_{I(m)}^+ + N_{m,5}H_{J(m)}^+ + N_{m,6} \cdots \cdots (2)$$

ポンプブランチの場合は、そこでの流量が水位の影響を受けないことを考慮して

$$Q_{m,1}^+ = Q_{m,2}^+ = Q_p \cdots \cdots (3)$$

$$N_{m,1} = N_{m,2} = N_{m,4} = N_{m,5} = 0, \quad N_{m,3} = N_{m,6} = Q_p \cdots \cdots (4)$$

となる。



$H_{I(m)}, H_{J(m)}$: ノード水位
 $Q_{m,1}, Q_{m,2}$: ブランチ両端流量

図-1 ブランチ・ノードモデル

4. 計算条件

計算に用いた雨水管網を図-2に示す。図中丸印はノードで、●はマンホールとみなしたノードである。ノード番号23を挟むブランチはポンプ場(50m×50m)である。ポンプ場より上流側は粗度係数0.014の円管で、管径は上流部より0.3、0.6、1.0、1.6、2.0mの5種類とし、ブランチ長はいずれも500mとした。勾配は1/500、1/1000の2種類である。ポンプ場下流側では、出水以前

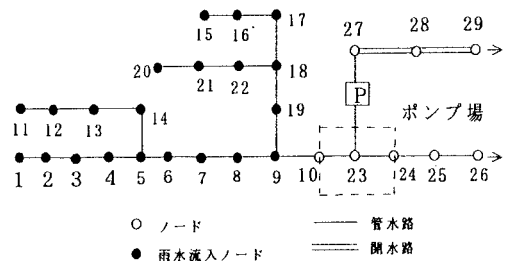


図-2 モデル管路網

の定常流計算時には管径 1.0m の円管のみで流下させ、出水時にはポンプで幅 50m の開水路に放流するようにしている。マンホールへの降雨による流入量は、図-3 に示すような三角形分布降雨で与えた。ノード番号 11、12 には他のノードの 5 倍程度の流入量を与えた。

ポンプ場の管理水位及びポンプ容量は、ポンプを全く作動させないときの計算結果を参考にして次のように設定した。すなわち、ポンプ場の水位が $H_{\max} = 3.0\text{m}$ に達するとポンプを作動させてポンプ容量 $Q_p = 5.0\text{m}^3/\text{sec}$ の流量を強制排水させ、 $H_{\min} = 1.5\text{m}$ まで下がるとポンプを止めて排水を中止するようにした。ポンプ作動中のポンプブランチ流量は常に Q_p であり、停止しているときは 0 である。

5. 計算結果と考察

図-4 はポンプを全く作動させないときと、ポンプの ON-OFF 操作を行ったときのノード番号 5、9 及びポンプ場（ノード番号 23）での水位ハイドログラフを、図-5 はノード 5、9 直下ブランチの流量ハイドログラフ示したものである。

ポンプを作動させないとき、ノード 9 より下流での水位が 200 分程度までは同水位に近づきながら上昇を続け、管内流量も 80 分あたりから直線的に減少して通水能力が低下していく様子がうかがえる。一方、ポンプの ON-OFF 操作を行うと、ポンプ場での水位は ON-OFF に応じた増減を繰り返して管理水位内に制御され、ノード 9 の水位も低く押さえられる。それに伴ってポンプ作動中にはノード 9 の流量が増大し、強制排水の効果が現れていることがわかる。しかしながら、ポンプ場から遠いところではその効果は僅かであって、ノード 5 のピーク水位にもその影響が及んでない。

6. おわりに

ポンプ場の管理水位設定を考慮した雨水管網の水理モデルを構築し、簡単なモデル管路網でその検証を行った。今後は、実測資料での検証とともに、ピーク流量カットのために設けられるバッファ管の効果や増強管による雨水排水のための分流などについても検討をすすめる予定である。

参考文献

- (1) 山下ら：土木学会西部支部研究発表会、1993.
- (2) 尾塚ら：土木学会西部支部研究発表会、1996.

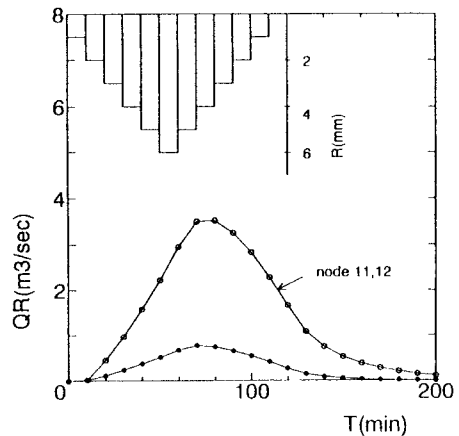


図-3 降雨とマンホールノードへの流入量

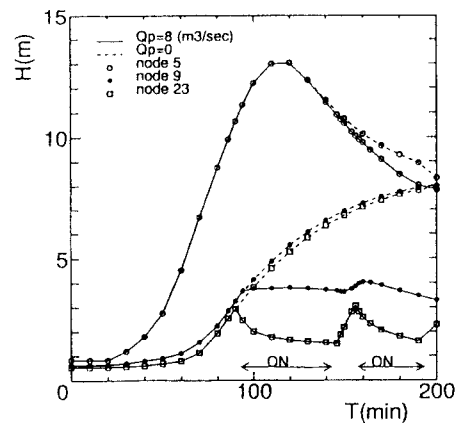


図-4 水位ハイドログラフ

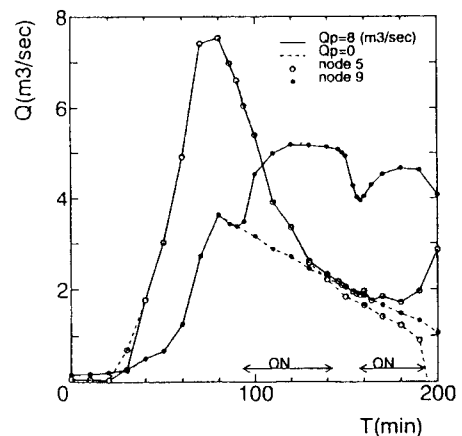


図-5 流量ハイドログラフ