

水理構造物を有する開水路網の水理解析

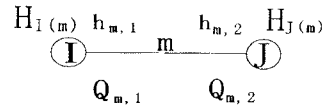
佐賀大学	理工学部	学生員	尾塚 卓司
同	上	正 員	渡辺 訓甫
同	上	正 員	古賀 憲一
同	上	学生員	橋本 奈保子

1. はじめに： 佐賀平野には用・排水を目的としたクリークが網目状に張り巡らされており、数多くの堰、水門等の水理構造物によって流水が管理・制御されてきた。しかしながら近年の農業水利事業の進展に伴って水利用形態が変化し、都市域に残されたクリークの汚濁進行による水環境の悪化が深刻化している。著者らは開水路網における水管理手法の確立を目的として、ブランチ・ノードモデル⁽¹⁾を基本とする不定流計算モデル⁽²⁾の開発を行ってきた。このモデルでは空間の量子化を1本のブランチで行うため、堰や水門などの水理構造物を解析モデルの中に組み込むことができる。本文は、佐賀市街地のクリーク網を対象として水理構造物を現地調査し、その流況をシミュレートした結果について述べたものである。

2. 解析モデル： 基礎式は次に示す運動方程式と連続方程式で、 $J(Q, H)$ は摩擦勾配、その他は通常の記号で表示している。

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(QV)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + J(Q, H) = 0 \quad \dots (1)$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \dots (2)$$



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

図-1 ブランチ・ノードモデル

開水路網をブランチとノードでグラフ化し、1本のブランチとその両端のノードにおける流量、水位を図-1のように定義する。ノード番号とブランチ番号は独立であるが、それらの接続関係はリストによって定義しておく。ブランチ端の水位とノードの水位は等しいとして、1本のブランチ（ノーマルブランチ）について基礎式を離散化して整理すると、

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

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

となる。ここに、 $+$ は Δt 時間後の未知量を表す。また、各ノードで連続式 $\sum Q = 0$ が成立するから、結局未知水位に関する連立方程式

$$MH + M' = 0 \quad \dots (5)$$

が得られる。ここに、 M, M', H はそれぞれ係数行列、定数行列、未知水位行列である。

3. 水理構造物の組み込み： 水理構造物が存在する場合、流れが不連続になるためエネルギー保存則より導いた式を用いる。例えば、堰・水門の越流量は一般に

$$Q = C_f H \sqrt{\Delta H}, \quad f = B \sqrt{2g} \quad \text{ここに、} C : \text{流量係数、} B : \text{堰・水門幅、} H : \text{越流水深、} \Delta H : \text{水位差}$$

で与えられ、流れの状態に応じた $H, \Delta H$ を用いて離散化すると、構造物ブランチ両端の流量は等しいとしてノーマルブランチと同様の

$$Q_m^+ = Q_{m,1}^+ = Q_{m,2}^+ = N_{m,1}H_{I(m)}^+ + N_{m,2}H_{J(m)}^+ + N_{m,3} \quad \dots (6)$$

が得られる。ただし、越流式に現れる水位は堰頂から測ってあるので基準面からの水位に変換しておく。

4. 対象水路網： 対象とした水路網は、図-2に示すような佐賀市街地の中央部を東西に流れる十間堀川以北、多布施川と大溝下水路に囲まれた26水路、総延長26,661mのクリークで、ブランチ数140、ノード数120としている。多布施川からの流入口は5箇所（ノード番号1, 21, 46, 53, 55）で、南流して全て十間堀川に流入している。水路長、水路幅、河床高及び流量については佐賀市による実測資料を用い、粗度係

数は流量資料より逆算した値を用いている。水理構造物については調査がなされていないので、今回現地査を行った。計算に組み込んだ水理構造物は全幅堰（6箇所、堰高 0.18～0.8m、堰幅 1.2～3.8m）、水門（1箇所、水路幅 5.4 m、水門幅 1.0m、開度 0.4m）、狭窄堰（1箇所、水路幅 1.6m、狭窄部 0.5m）である。矩形樋管（1箇所、0.3m×0.7m）や円形樋管（8箇所、直径 0.3～1.0m）はそれぞれ矩形管水路、円形管水路とした。

5. 計算結果と考察： 計算例として、昭和 63 年 1 月に観測された多布施川からの総流入量 1.228m³/sec に環境維持流量 1.2 m³/sec を上乗せた場合を想定し、ノード番号 1 の流入量 0.326 m³/sec を 1.526 m³/sec としてクリーク網の流況をシミュレートした。

表-1、2 は代表的なブランチにおける流量、流速、水深である。東半部のクリークへの流入はノード 1 からの流入水の約 40% のみであって、佐賀市中心街のブランチ 19、103 では流量、流速が極めて小さく流況が改善されない。一方、西半部は多布施川からの流入口が多く、総流入量の約 75% の流量である。また河床勾配も比較的大きいことから殆どの水路で 20～30cm/sec の流速を維持している。中心街では十間堀川

末端の水門による堰上げの影響もあって、現状では流量増加による流況改善の効果は見られない。必要維持流量についてはブランチ 66、74 へ分流を絞ること、十間堀川の水位を下げることなどの対策を講じた上でさらに検討をすすめる必要がある。

6. おわりに： 段落ちは射流遷移する場合は堰として作用するので、モデルへの組み込みが可能である。今回常流遷移であったため構造物として取り扱わなかったが今後検討していく予定である。

謝辞：佐賀市河川課から貴重な資料を提供していただいた。また、本研究は文部省科学研究費一般研究（C）の補助を受けた。記して謝意を表します。

参考文献

- (1) K.Koga ら: Numerical Model of Water Quality in Hydraulic Network System, 佐賀大学理工学部集報, 1988
- (2) 阿部ら：開水路網の不定流解析, 土木学会西部支部研究発表会, 1990

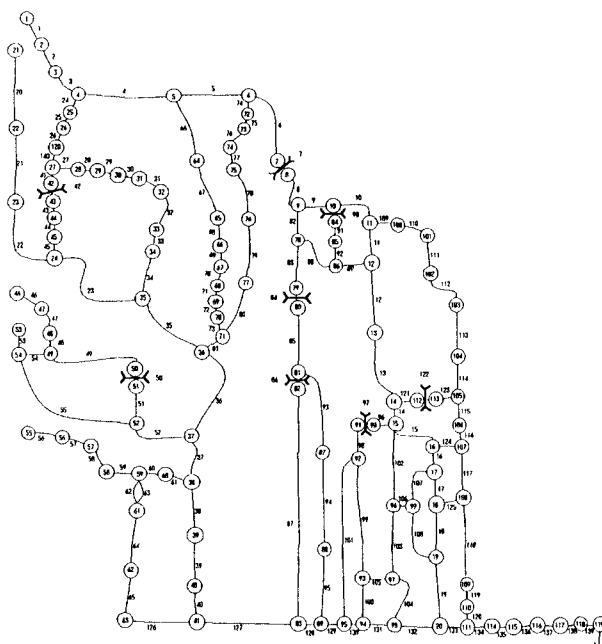


図-2 佐賀市クリーク網

表-1 新村川・愛敬水路・夕日町水路

ブランチ	3	7	12	19	103
Q (m ³ /sec)	1.526	0.563	0.436	0.198	0.051
V (m/sec)	0.452	0.312	0.141	0.044	0.027
H (m)	1.689	0.644	0.428	0.896	0.697

表-2 古小川一号分水路・新村一号分水路・せんだん井樋水路・十間堀川

ブランチ	43	67	38	127	132
Q (m ³ /sec)	0.088	0.486	1.564	1.837	2.043
V (m/sec)	0.207	0.333	0.129	0.154	0.200
H (m)	0.251	0.973	1.190	1.190	1.418