

II-210

感潮河川網における洪水流況の数値シミュレーション

中電技術コンサルタント 正員 金本 満
 広島大学 工学部 正員 常松 芳昭

1. まえがき：開水路網における非定常流れの標準的な数値シミュレーション技法を展開しようとする場合、計算のプログラムが系統化され、かつ簡単化されるようにシステム・モデルを定式化しておくことが重要である。このような視点から、筆者らはこれまでに開水路網非定常流の基礎方程式系の離散化とその行列表示をグラフの概念を用いて行なっている。^{1) 2)}ここではその中の4点Implicit法に立脚したシステム・モデルを使用して感潮河川網の洪水流況をシミュレーションした結果について報告する。

2. システム・モデル：開水路網の形態は一般に e 本の枝と n 個の節点より成る有向グラフで表わされているとする。また、水路区間に対応する任意の枝 j は N_j ($j = 1, 2, \dots, e$) 個の断面に分割されているものとする。開水路網非定常流の基礎方程式を4点Implicit法により離散化し、Newton-Raphson法を用いて解く場合のシステム・モデルは次のようである。³⁾

$$P_1 (\bar{D}_+ \Delta H_+ + \bar{D}_0 \Delta H_0) + R_1 \Delta \bar{q} + P_3 \Delta h + R_3 \Delta q = -G_1 \quad (1)$$

$$P_2 (\bar{D}_0 \Delta H_0 + \bar{D}_- \Delta H_-) + R_2 \Delta \bar{q} + P_4 \Delta h + R_4 \Delta q = -G_{n-1} \quad (2)$$

$$P_5 \Delta h + R_5 \Delta q = -G \quad (3)$$

ここに、 $P_1 \sim P_5$ 、 $R_1 \sim R_5$ はJacobi行列の成分により構成される e 行 e 列の行列、 $\bar{D}_+$ 、 $\bar{D}_0$ は出連結行列のソース、中間ノードに対応した部分行列、 $\bar{D}_0$ 、 $\bar{D}_-$ は入連結行列の中間ノード、シンクに対応した部分行列、 $\bar{q}$ 、 $\bar{q}$ は枝の上・下流端の流量を成分とする列ベクトル、 h 、 q は枝の内部点の水位、流量を成分とする列ベクトルであり、 Δ は反復計算過程における補正量を表わしている。また、 G_1 、 G_{n-1} 、 G は各枝のセルについて離散化された連続方程式と運動方程式に水位、流量の近似値を代入したときの残差を成分とするベクトル、 H は節点水位ベクトルである。さらに、開水路網に関しては節点での条件式としてソースとシンクの境界条件、中間ノードにおける流量の連続条件があるが、これは次のように書かれる。

$$\bar{D}_+ \Delta \bar{q} = -F_1 \quad \bar{D}_0 \Delta \bar{q} - \bar{D}_0 \Delta \bar{q} = -F_2 \quad E \Delta H = -F_3 \quad (4)$$

ここに、 E は単位行列、 F_1 、 F_2 、 F_3 は未知水量の近似値を各節点条件式に代入したときの残差を成分とする列ベクトルである。式(1)～(4)は $2 \sum N_j - 2e + n$ 個の連立方程式を表わしており、これを解くことにより未知水量を計算することができる。

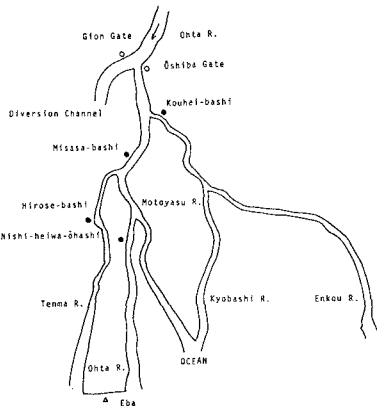


図-1 広島市内河川網

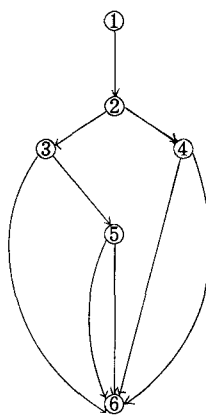


図-2 ネットワーク1

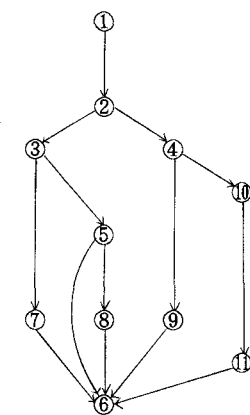


図-3 ネットワーク2

3. 数値計算例：図-1は上流端を大芝水門とする広島市内の河川網の模式図である。このネットワーク・モデルとしては単純に分合流点を節点に選んでできる図-1のネットワーク1と図-2のネットワーク2の2つを考えた。後者は枝ごとに長方形断面一様水路が想定されるように、対象とする河道の幾何形状を考慮に入れてネットワーク1の枝をさらに細分割してできたものである。解析の対象とした洪水は昭和55年8月31日（洪水1）と昭和60年6月27日（洪水2）の2つの洪水である。図-4、5のソースとシンクの境界条件から分かるように流入洪水の波形と潮位の波形が前者の洪水では逆位相であり後者のそれでは同位相である。このような対照的な水理状況にある二つの洪水について計算を行なった結果の一部を示せば図-6、7のようである。

図-6は洪水1における工兵橋の、図-7は洪水2における三篠橋の水位ハイドログラフである。図中のCase1は実際の断面特性をそのまま用いた場合である。また、計算は基準水位（洪水1について2.26TP.m、洪水2について1.89TP.m）を介して実断面を矩形断面に置換して行なったが、その際、幅が漸変する水路を用いた場合がCase2、一様水路を用いた場合がCase3である。なお、Case1およびCase2はネットワーク1で、Case3はネットワーク2で使用し、マンニングの粗度係数は0.03を用いた。

これらの図より、全体として、水位変動はかなり良く再現されていると言えるが、干潮時に実測値と計算値に若干の差異がみられる。また、いずれの洪水でもCase1と2はほとんど同じ結果を示しているが、Case3はこれらと少し異なっている。したがって、複雑な形態の感潮河川網では計算の労力と精度等の面を考えると一様水路よりも漸変水路のモデルを使う方が適当であるように思われる。なお、計算時間は広島大学情報処理センターのHITAC-M680Hで約32分を要した（ $\Delta t = 30$ 分）。

参考文献 1) 台信・常松・金本：開水路網不定流の行列解法について、土木学会第44回年講、1989。 2) 金本・常松・台信：4点Implicit法を用いた河川網の洪水流解析法、土木学会中四支部研究発表会概要集、1989。 3) 金本・常松：陰形式差分法を用いた河川網の洪水流解析法、土木学会第45回年講、1990。

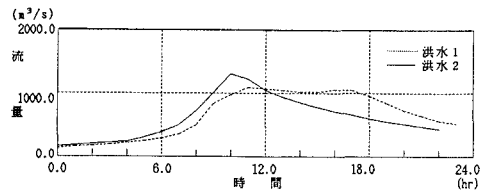


図-4 ソースの境界条件

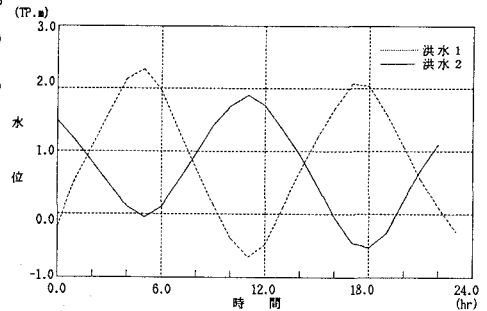


図-5 シンクの境界条件

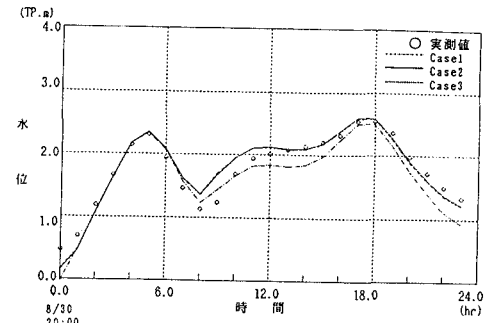


図-6 工兵橋の水位ハイドログラフ

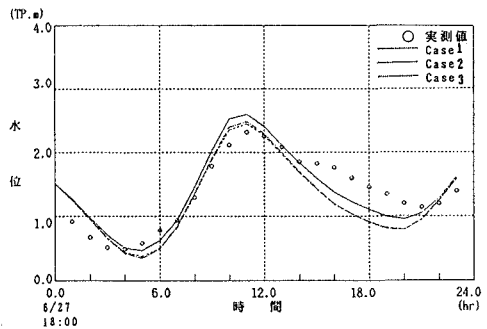


図-7 三篠橋の水位ハイドログラフ