

II-290

複断面河道における洪水流の数値計算

運輸省	正会員	酒井 浩二
早稲田大学大学院		貝瀬 弘樹
東京都		石井 一弥
早稲田大学理工学部	正会員	舩川 登

1 はじめに

河川の洪水時の水位ハイドログラフと流量ハイドログラフ及び横断方向の流速分布の観測値と洪水流の1次元および2次元の数値解析による計算値を比較し、洪水流の数値計算の可能性について検討した結果について述べる。

2 解析対象

図1に示す河川について、1次元解析では地点A～Gの22.5 kmの区間、2次元解析では地点D～Eの2 kmの区間を対象として計算を行った。なお、この区間における河道は複断面である。

3 洪水流の1次元解析

1次元解析は次式に基づいて行う。

連続方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

運動方程式

$$\frac{\partial(\beta Q)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\alpha Q^2}{A} \right) + gA \left(\frac{\partial H}{\partial x} + I_f \right) = 0 \quad (2)$$

$$I_f = \frac{n^2 v |v|}{R^{4/3}} = \frac{n^2 Q |Q|}{A^2 R^{4/3}} \quad (3)$$

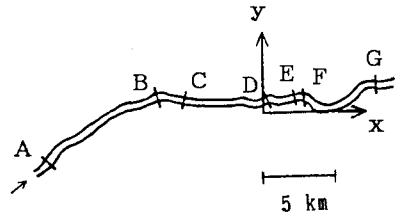


図1 計算区間

ここで、 A は流水断面積、 Q は流量、 H は水位、 R は径深、 n はManningの粗度係数である。

式(1)、式(2)を4点陰差分法により差分化して解くが、境界条件としては上流端および下流端において水位ハイドログラフを与えた。

複断面河道のManningの粗度係数 n は、水位及びエネルギー勾配が横断面の全幅にわたって一定であるとして、井田の方法により求める(図2)。

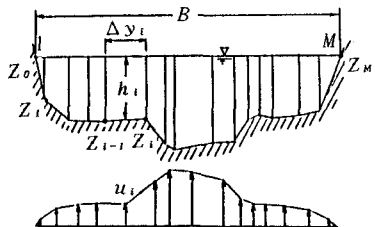


図2 複断面河道

$$n = \sum_{i=1}^M h_i^{\frac{5}{9}} \Delta y_i / \sum_{i=1}^M \frac{h_i^{\frac{5}{9}}}{n_i} \Delta y_i \quad (4)$$

エネルギー補正係数 α 及び運動量補正係数 β も井田の方法により求める。

低水路の粗度係数は、図3に示すように、流量により0.035～0.027の範囲で変化させ、高水数の粗度係数は地点A～B間（ゴルフ場など）は0.045、地点B～G間（運動場など）は0.025として数値計算を行い、水位と流量を求め、地点C、Fについて、計算値と観測値を比較して示すと、図4及び図5のようになる。図4、5によると水位及び流量の計算値と観測値はほぼ一致している。

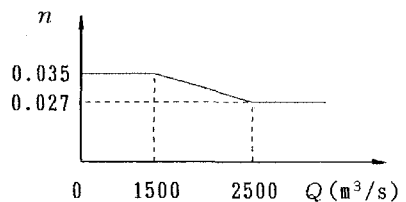


図3 低水路の粗度係数

4 洪水流の2次元解析

2次元解析は次式に基づいて行う¹⁾。

連続方程式

$$\frac{\partial H}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} + h \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) = 0 \quad (5)$$

運動方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(2\varepsilon \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \varepsilon \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right\} - \frac{g n^2}{h^{4/3}} u \sqrt{u^2 + v^2} \quad (6)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \varepsilon \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left(2\varepsilon \frac{\partial v}{\partial y} \right) - \frac{g n^2}{h^{4/3}} v \sqrt{u^2 + v^2} \quad (7)$$

ここで H は水位、 h は水深、 u は x 方向の流速、 v は y 方向の流速、 ε は渦動粘性係数である。式(5)～式(7)を有限要素法により数値解を求める。空間方向の離散化として Galerkin 法を用い、時間方向の離散化としては Lax-Wendroff の方法を用いた2段階陽解法を適用した。計算は洪水ピーク直前に撮影された航空写真から読み取られた流況（流量 2,800 m³/s）を対象として行い、境界条件としては、上流端及び下流端で観測値より得られた航空写真撮影時の水位を与え、また、上流断面では航空写真から読み取られた流速 u 、 v を与えた。河岸における境界条件は河岸に対する法線方向の流速を0とした。粗度係数は、低水路は0.027、高水敷は0.025とし、渦動粘性係数は1.0 m²/sとした。

横断方向の流速分布の計算値と観測値を比較して示すと図6のようになる。これによると、河岸以外は計算値と観測値はほぼ一致している。

5 おわりに

複断面河道における洪水流の計算値と観測値を比較した結果、水位と流量のハイドログラフは粗度係数を適当に定めることにより1次元解析により計算できること、また横断方向の流速分布は粗度係数及び渦動粘性係数を適当に定めることにより有限要素法を用いた2次元解析により計算できることが示された。

本研究の遂行にあたり貴重な資料を提供して下さいました関係各位に謝意を表します。

<参考文献> 1) 須賀堯三・石川忠晴：有限要素法による河川分流計算プログラム，建設省土木研究所，土研資料 第1940号，1983年

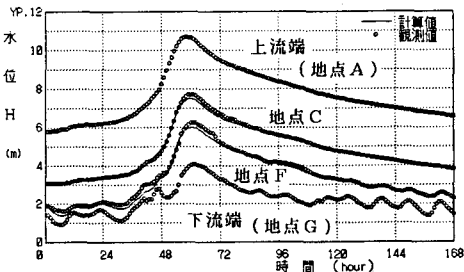


図4 各測定点での水位の時間変化

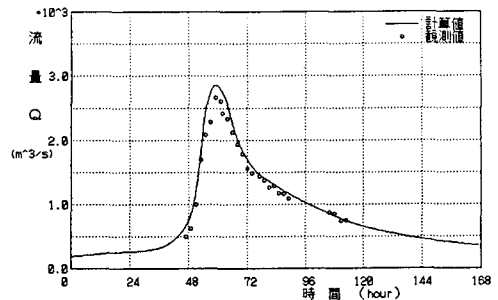


図5 地点Cでの流量の時間変化

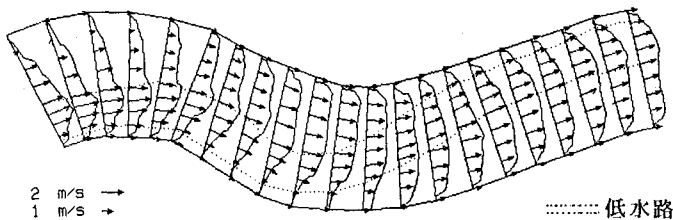


図6 地点D～Eにおける流速分布