

(II-14) 直線複断面河道の勾配急変部における流路特性に関する1次元解析

宇都宮大学 学生員 ○古川一史
 宇都宮大学 正会員 池田裕一
 宇都宮大学 フェロー員 須賀堯三

1. はじめに

勾配急変部を有する河川では、そこを境にして、河床材料や河道幅、流路(低水路)形態までもが大きく変化する¹⁾。本研究では、こうした勾配急変部での基本特性を調べる手始めとして、直線複断面水路に関する1次元数値実験をおこなった。数値実験においては、断面を低水路と高水敷とに分けて、水流の基礎方程式を構築した。

2. 基礎方程式

複断面の形状を左右対称とし、その片側半分(図-a)について考える。上流から下流の向きにx軸をとり、低水路と高水敷それぞれについて連続式と運動方程式を次のように定式化した。

$$\frac{dQ_1}{dx} = -h_1 v_1 \quad (1)$$

$$\frac{dQ_2}{dx} = h_1 v_1 \quad (2)$$

$$\frac{dQ_1 u_1}{dx} = -h_1 v_1 u_{12} - h_1 \frac{\tau_y}{\rho} - g B_1 h_1 \frac{d(h_1 + z_{1b})}{dx} - S_1 \frac{\tau_{z1}}{\rho} \quad (3)$$

$$\frac{dQ_2 u_2}{dx} = h_1 v_1 u_{12} + h_1 \frac{\tau_y}{\rho} - g B_2 h_2 \frac{d(h_2 + z_{2b})}{dx} - S_2 \frac{\tau_{z2}}{\rho} \quad (4)$$

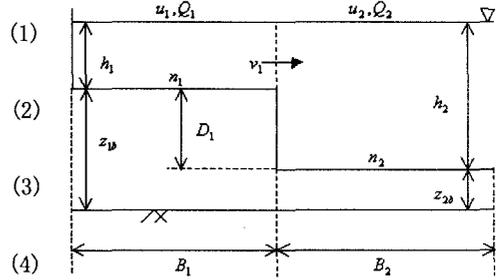


図-a

ここで、 Q :流量、 h :水深、 z_b :河床高、 u :流速、 B :水路幅、 S :潤辺長、 τ_z :高水敷の底面剪断応力、 ρ :水の密度、 g :重力加速度、 v_1 :高水敷から低水路への流入速度、 u_{12} :その際の流下方向流速、 τ_y :低水路と高水敷との乱流摩擦応力であり、添字1, 2はそれぞれ、高水敷および低水路に関する量であることを示す。

さらに、上式中の u_{12} 、 τ_y 、 τ_z は以下のように書かれる。

$$u_{12} = \begin{cases} u_1 & (v_1 > 0) \\ u_2 & (v_1 < 0) \end{cases} \quad (5)$$

$$\tau_y = \rho f_y (u_1 - u_2) |u_1 - u_2| \quad (6)$$

$$\tau_z = \frac{\rho g n^2 u^2}{h^{1/3}} \quad (7)$$

ここに、 f_y :剪断力係数(=0.04)、 n :粗度係数である。

3. 計算方法

計算方法はSIMPLE法³⁾にならった。すなわち、水深と流速を交互に配置したスタッガード格子上で、式(1)

キーワード: 勾配急変部, 複断面河道, 不等流.

連絡先: 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7丁目1-2 宇都宮大学工学部水工学研究室, TEL028-689-6214, FAX028-689-6230.

～(7)を離散化し、以下の手順で計算を進めた。

- (1)水深を仮定する。
- (2)運動方程式から流速を求める。
- (3)連続式を満たすように水深を補正する。
- (4)同時に流速も補正する。
- (5)計算が収束しなければ(2)に戻る。

なお、境界条件としては、上流端で流量を与え(高水敷と低水路で流速を等しいと仮定)、下流端で水深を与えた。

4. 計算条件および結果

今回は勾配急変部を有する河川として鬼怒川の例を参考に、計算条件を表-1のようにした。

図-1～4に実験結果の例を示す。図-1～4は、表-1のデータから得られた結果である。やはり、4,000～6,000mの間で特に大きな変化がみられる。勾配急変部に近づくとき高水敷、低水路での流速差は一気に縮まり、底面剪断力も小さくなり、安定した流れへとむかっているのがわかる。この際、低水路から高水敷への流入があるのが図-2からわかる。ここで、図-2における流出量とは高水敷から低水路への単位長さあたりの流出量であり、その値が負ということは低水路から高水敷へ流出があるということである。なお、図-2～4において0～1,000mの区間でも特徴ある動きをみせているが、これは境界条件で上流端において高水敷と低水路で流速が等しいとした影響である。

表-1. 計算条件

全水路長	10 km
勾配変化点	5 km地点
上流側河床勾配	1/400
下流側河床勾配	1/2000
低水路粗度係数	0.03
高水敷粗度係数	0.04
低水路幅	50m
高水敷幅	100m
高水敷高さ	2.5m
流量	3200m ³ /s
下流端水深	9m

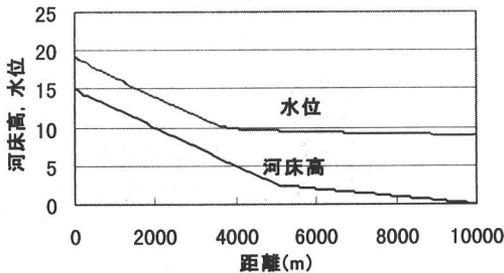


図-1. 河床高、水位

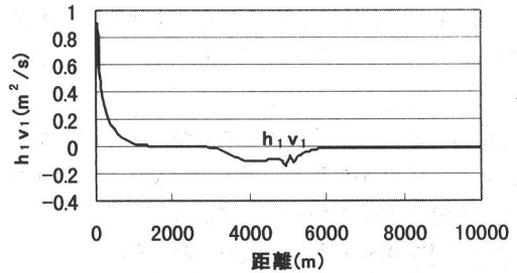


図-2. 高水敷から低水路への流出量

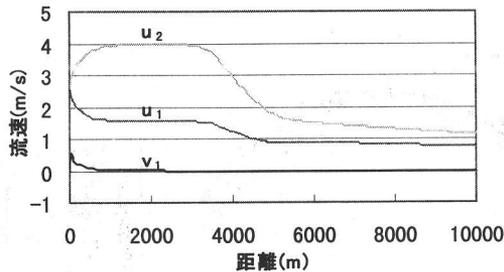


図-3. 流速

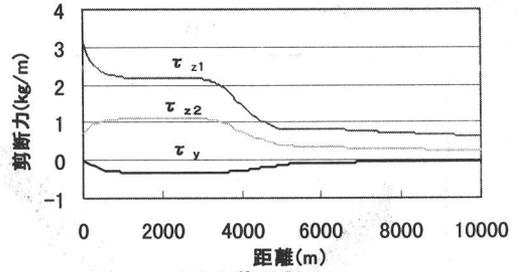


図-4. 剪断力

【参考文献】

- 1) (財)河川環境管理財団平成10年度報告書：河道変遷特性に関する研究－適切な河川環境管理をめざして－
- 2) 玉井ら：複断面水路の組織渦と流れの抵抗に及ぼす効果，昭和60-61年度文部省科学研究費補助金研究成果報告書，1987.3.
- 3) 水谷幸夫，香月正司：コンピュータによる熱移動と流れの数値解析，森北出版，1985.