

準二次元不等流計算法の境界混合係数・樹木群伐採効果の数値実験

正会員 ○馬場 洋二

1. **はじめに** 文献 1)には、低水路粗度係数の逆算や、流下能力の検討に使用する計算手法は、準二次元解析法を用いることを基本とする、と記されている。その損失項の検証作業では、分割断面 i の数だけ、マニング粗度係数 n_i と境界混合係数 f_i との組み合わせ (n_i, f_i) の同定が必要だから、単断面不等流計算の検証作業より複雑である。ここでは、各分割断面の n_i を固定しておいて、 f_i と樹木群伐採量とを変数として数値実験を行い、計算水位から各変数の影響量等を検討した。

2. **解析方法** 河道横断面の分割断面 i につき、次の運動式 (1) から横断方向の流速分布を求める。

$$\frac{n_i^2 u_i^2}{R_i^{1/3}} S_{bi} + \frac{\sum_{ji} (\tau'_{ji} S'_{ji})}{\rho g} + \frac{\sum_{ji} (\tau_{ji} S_{ji})}{\rho g} = A_i I \cdot (1) \quad \frac{\tau_r}{\rho g R} = \frac{1}{\rho g A} \sum_i \left\{ \frac{\rho g n_i^2 u_i^2 S_{bi}}{R_i^{1/3}} + \sum_{ji} (\rho f u_i^2 S_{wji}) \right\} \cdot (3)$$

縦断水位の計算には、次の標準逐次計算方法を使うとされている。

$$\left[H + \frac{1}{gA} \int u^2 dA \right]_2 - \left[H + \frac{1}{gA} \int u^2 dA \right]_1 = \frac{\Delta x}{2} \left\{ \left[\frac{\tau_r}{\rho g R} \right]_1 + \left[\frac{\tau_r}{\rho g R} \right]_2 \right\} \cdot \cdot \cdot \cdot (2)$$

ここに i は、横断面内の分割断面 i の水理量に付してあり、 I はエネルギー勾配、1 は下流既知断面、2 は上流未知断面の水理量である。連続式は $Q = \sum_i (u_i A_i) \cdot \cdot (4)$ 、 $\int u^2 dA = \sum_i (u_i^2 A_i) \cdot \cdot (5)$

また $\tau_{ji} = \rho f u_i^2$ 、 $\tau'_{ji} = \rho f (\Delta u_{ji})^2 \text{sign}(\Delta u_{ji})$ の形で与えられ、係数には具体的数値が用意されている。

3. **検討内容** 河道例として延長約 2 km、断面数 20 ($s=1$ 下流端～ $s=20$ 上流端) で、断面形状、マニング粗度係数及び樹木群の位置・範囲 (図—1) を与え、数値実験を行った。境界混合係数を、例えば 1/2 に減少させることは、(3) 式括弧内第二項により樹木群の縦断延長を 1/2 に減らすのと等値 (線型的) である。一方、樹木群の影響評価は、不等流計算水位の増減のほか、横断流速分布の変化も直接の目標になる。また樹木群の存在状況によっては、分割断面の設定が困難な場合もある。こうした意味で、準二次元不等流計算は、従来の単断面不等流計算に比して大量の情報をもらえるが、多数の項目チェックによって初めて、正しい準二次元不等流計算が実行できることになる。

$s=1 \sim 20$ の各断面は全て複断面形状である。そのうち中流部の $s=9, 10, 11$ および 12 の計 4 断面のみに樹木群がある。その平面配置状況は図—1 の通りで、もう少し詳しく横断面図で見れば図—2 のようである。洪水時にも水没しない樹冠の高い樹木群とか、水没する樹木群や堤防に接する樹木群などを配置してある。樹木群伐採のケースおよび境界混合係数の変更は、いずれも前記 4 断面で発生する。

設定した 5 種類の河道条件 (樹木群の状況・ f_i の設定) は表—1 の通りで、流量や出発水位は共通である。また、各断面および各分割断面のマニング粗度係数の値は固定した場合である。

4. **計算結果** (A) 図—3 計算水位比較図より、樹木群存在断面より、少し上流断面の水位を見れば、 n_i 値や樹木群の有無の影響を把握できる (常流の場合)。同図では、上位より、C、A、B、D 及び E 河道の水位を示す。(B) 各河道条件での水位計算結果を、上流端 $s=20$ 断面の水位を代表として、表—1 の最後の欄に示した。各変数の影響度がある程度明らかである。これらの水位の正否や水位の差異 (各河道条件毎に約 0.2 m の水位差) の大小の判断は偏に、現地観測に頼るほかない。(C) n_i, f_i および樹木群縦断延長の 3 変数が一つの水位結果に集約されるから、影響量按分には、多くの検討回数が必要なのはである。(D) 標準逐次計算法に従えば、例えば図—1 に示すように、樹木群は、横断線 (料杭を結んだ線) について、支配 (計算) 区間

キーワード 準二次元不等流計算、境界混合係数、樹木群伐採効果、数値実験

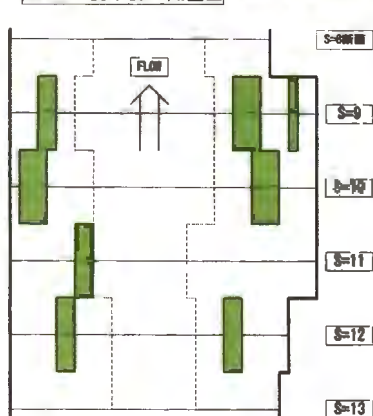
連絡先 〒818-0036 福岡県筑紫野市光が丘 3-9-3 TEL092-926-7211

全長の存在となる。現実には考えにくいことだから、出来れば修正方法が望まれる。これは準二次元不等流計算そのものにも存在する問題であって、分割断面は、横断線を中心にして上下流の支配区間全長に存在すると仮定して、計算を実行している。これらの矛盾解消のためには、より高度の解析方法へと向かわざるを得なくなる。しかし、従来の方法で、樹木群の縦断長さを修正するだけで済む場合には、(3)式括弧内第二項を $\sum_{ji}(pfu^2l_{wji}S_{wji})$ の形で 樹木群縦断延長比 l_{wji} を導入すれば解決できると思われる。ここに l_{wji} は、断面 s の支配区間全長、 $0.5(\Delta X_{s-1} + \Delta X_s)$ に占める樹木群延長比とする。更に、横断線の上下流で別々の断面特性を与えて計算を行うには、少し異なるプログラムにする。参考文献1) 河道計画検討の手引き、(財) 国土技術研究センター、平成 15 年第 2 刷

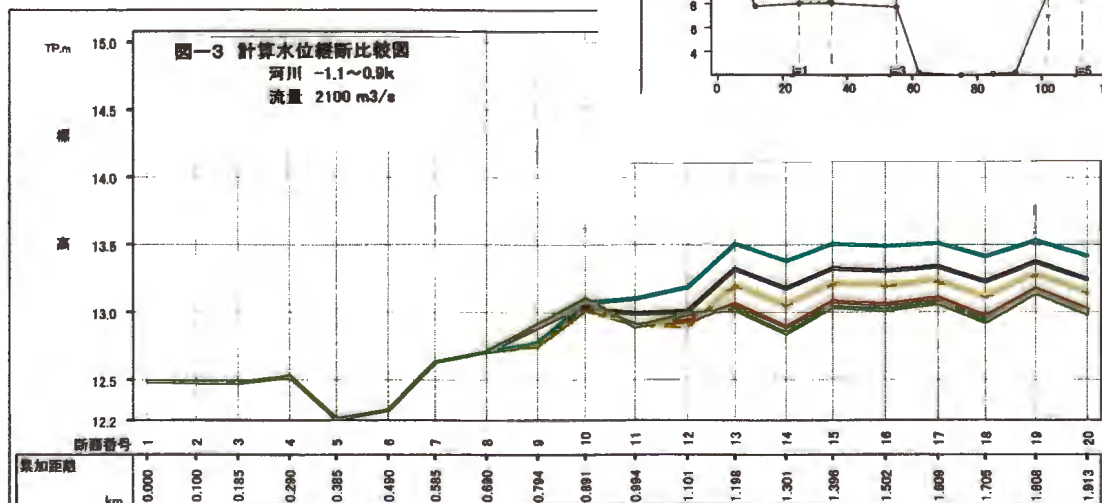
表一河道条件

河道の呼称	樹木群の状況・f 値	上流端水位H(s=20)
C河道	原始樹木群・f 値を基準の2倍大	13.415 m
A河道	原始樹木群・f 値を基準	13.245 m
B河道	原始樹木群・f 値を基準の0.5倍大	13.134 m
D河道	大規模樹木群伐採・f 値は基準	13.020 m
E河道	全樹木群伐採済み	12.985 m

図一1 樹木群の位置図



図一3 計算水位経断比較図
河川 -1.1~0.9k
流量 2100 m³/s



図一2 樹木群の横断面図 ほか

