

II-154

樹木群が繁茂している河道の横断流速分布、及び縦断水位の計算法

東京工業大学大学院 学生員 新井田 浩

東京工業大学工学部 正 員 福岡 捷二

1. はじめに

樹木群が繁茂している河道においては、樹木群がない河道に比べて抵抗が増加する¹⁾。この様な河道の洪水水位を予測するため著者らの一人により樹木群を粗度要素として計算に取り込んだ検討が行われている¹⁾。本研究ではさきの研究を発展させ、樹木群の存在を考慮して、洪水流における断面内の横断流速分布を求め、次にこの横断流速分布を用いた縦断水位の計算法を提案している。さらにこの方法を石狩川における二つの洪水に適用し、その適合性を検証している。

2. 樹木群を有する河道の横断流速分布、及び縦断水位の計算法

河道内に繁茂している樹木群が流れに与える影響を、①、樹木群内に低流速域が発生し、②、樹木群内、及び樹木群上の遅い流れと周辺部の速い流れとの混合現象によって抵抗が増加する、という二点で代表し、これらの点をそれぞれ図-1に示す方法でモデル化する。すなわち①については樹木群内を水が流れない領域(死水域=流速ゼロ)とし、樹木群上を地盤高とするような複断面河道を想定する。②については樹木群とそれに接する流れとの境界、及び低水路と高水敷の境界にせん断力 τ 、 τ' が働いているとする。ここで τ 、 τ' は混合係数 f 、せん断力が働く境界に接する二つの流れの流速差 Δu を用いて $\tau(\tau') = \rho f(\Delta u)^2$ により表現できる²⁾。一例として横断面内を図-2に示すように分割する。このとき以上のモデル化と等流の近似から各分割断面での運動方程式は(1)式で書くことができる。これより u_i すなわち横断流速分布が求まる。

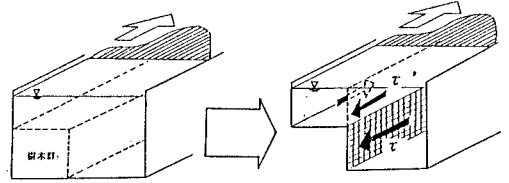


図-1 樹木群の捉え方とそのモデル化

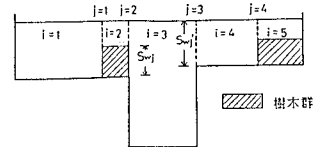


図-2 断面の分割方法

$$\frac{n_i^2 u_i^2}{R_i^{1/3}} S_{bi} + \frac{(\sum S_{wj} \tau_j)_i}{\rho g} + \frac{(\sum S_{wj} \tau'_j)_i}{\rho g} = A_i I_b \quad (1)$$

ここに n_i 、 u_i 、 R_i はそれぞれ各分割断面の粗度係数、断面平均流速、径深、 τ_j 、 τ'_j はそれぞれ樹木群境界に働くせん断力、低水路と高水敷との境界に働くせん断力、 S_{wj} 、 $S_{wj'}$ はそれぞれのせん断力が働く潤辺長、 S_{bi} は底面及び壁面せん断力が働く潤辺長、 A_i は死水域を除いた各分割断面の断面積、 I_b は河床勾配、 ρ は密度、 g は重力加速度を示す。

縦断水位の計算は(1)式により求まる横断流速分布を用いて、以下に示す(2)式により行う。(2)式は外力として重力、圧力、底面及び壁面せん断力、樹木群境界に作用するせん断力を考え、縦断的に隣合う計算断面間の運動量保存則により導かれたものである。

$$\begin{aligned} & \left(\frac{1}{A} \sum \frac{u_i^2 A_i}{2g} \right)_2 - \left(\frac{1}{A} \sum \frac{u_i^2 A_i}{2g} \right)_1 = (H_1 - H_2) \\ & + \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{1}{A} \sum \frac{n_i^2 u_i^2}{R_i^{1/3}} S_{bi} \right)_1 + \left(\frac{1}{A} \sum \frac{n_i^2 u_i^2}{R_i^{1/3}} S_{bi} \right)_2 \right\} \Delta x \\ & + \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{\sum \tau_j S_{wj}}{\rho g A} \right)_1 + \left(\frac{\sum \tau_j S_{wj}}{\rho g A} \right)_2 \right\} \Delta x \end{aligned} \quad (2)$$

ここで添字1、2は縦断的に隣合う計算断面の水量で上流側を2、下流側を1としている。 Δx は計算断面間隔(500m)、 A は $\sum A_i$ 、右辺第三項は樹木群境界に作用するせん断力を表している。

3. 石狩川の洪水（昭和56年及び50年洪水）を対象とした計算結果

まず56年洪水（計算区間の流量 $8834\text{m}^3/\text{s}$ ）の解析に本計算法を適用する。計算結果の一例として55km断面内の横断流速分布と、54.5km～57.5km区間の縦断水位

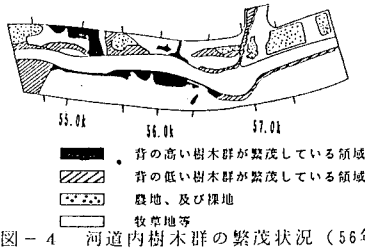


図-4 河道内樹木群の繁茂状況（56年）

樹木群の分類		死水域として設定した高さ
① 高木林 密		7.0 m
② 高木林 疎		4.5 m
③ 低木林 密		3.0 m
④ 低木林 疎		2.5 m

表-1 樹木群の分類と諸元

変化を実測値と併せて図-3に示す。計算には図-4に示す樹木群分布図（57年、航空写真測量による）を用いた。横断流速分布の計算においては、水位及び流量を既知として、各断面の計算流量と観測流量が平均的に合うように樹木群の範囲、及び死水域を設定した。56年洪水で採用した樹木群の分類と諸元を表-1に示す。樹木群の縦断的な広がりについては表-1に示した死水域が上流側に25度、下流側に5度の割合でせまるものとしている²⁾。また混合係数 f の値は、樹木群が河岸付近にある場合0.03、河道の中央付近にある場合0.10、河道の複断面形によって生じる低水路と高水敷間の混合の場合0.17とする²⁾³⁾。計算結果は洪水流の横断流速分布、及び縦断水位変化をよく説明している。次に本計算法を流量、樹木群分布が共に56年洪水とは異なる、50年洪水（計算区間の流量 $6714\text{m}^3/\text{s}$ ）の解析に適用した。計算結果を図-5に示す。図-6は計算に用いた樹木群分布図（52年、航空写真測量による）である。死水域の設定法、及び混合係数の与え方は、56年洪水の解析と同じ方法を用いた。計算結果はほぼ実現象に近いものとなっており、本計算法の妥当性が確認された。

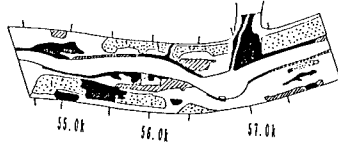


図-6 河道内樹木群の繁茂状況（50年）

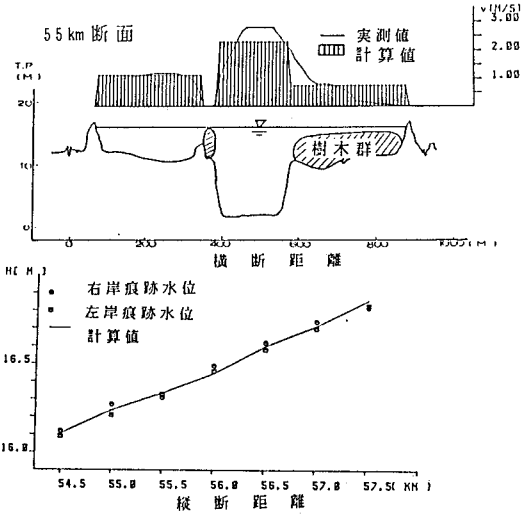


図-3 56年洪水における横断流速分布及び縦断水位の計算結果

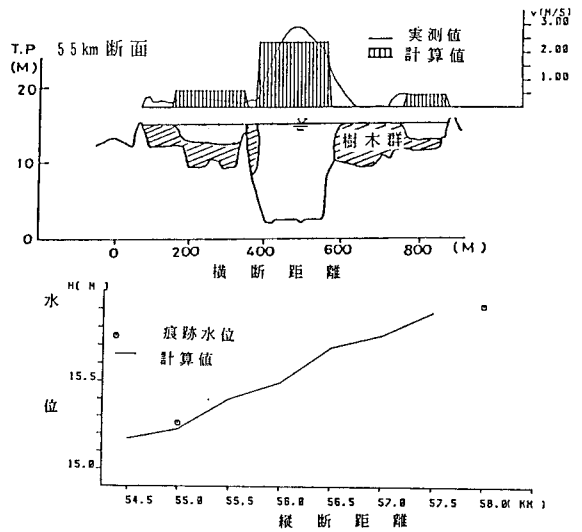


図-5 50年洪水における横断流速分布、及び縦断水位の計算結果

参考文献

- 1) 福岡捷二ら：瀬沼川における洪水流の特性、第32回水理講演会論文集、1988
- 2) 福岡捷二、藤田光一、平林桂：洪水流に及ぼす河道内樹木群の水理的影響、土木研究所報告、1990
- 3) 福岡捷二、藤田光一：複断面河道の抵抗予測と河道計画への応用、土木学会論文集第411号、1989