

II-180

植生帯による横断混合促進を利用した濁質の側方除去

日水コン大阪支所 正員 本橋 健
京都大学工学部 正員 北村 忠紀

日水コン大阪支所 正員 岡田敏治
日水コン大阪支所 正員 蔵重俊夫
金沢大学工学部 正員 辻本哲郎

1. まえがき

貯水池などに流入する溪流は降雨時しばしば高濃度濁質を含み、貯水池の濁りの原因の一つになっている。こうした流路の側岸に灌木群や疑似植生を配し、良質な砂防区間での河川環境の整備とともに、横断混合によって濁度物質を植生帯内に堆積させて下流での濁質濃度軽減を図ろうとする方策(図1)について、最近の植生水利の知見を利用して、その可能性の検討を行なった。側岸に植生帯のある流路では低周波変動を素過程とした活発な横断混合が見られるが^{1)~3)}、辻本・北村⁴⁾は金沢・兼六園曲水においてかきつばた群

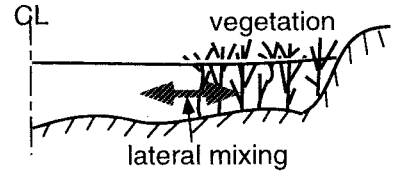


図1 概念図

落が沈砂区間の設置に加えどの程度濁度軽減に効果的かを一次元モデルと流れの現場計測から評価している。ここでは植生帯を伴う流れの変動特性についても従来の研究成果から計算によって見積れるようにし、モデル溪流で植生帯を側岸に配した区間を設置することでどの程度の濁度低減が見込まれるかを推定し、こうした方策の実施可能性を検討する。

2. 植生帯を配した濁質横断方向除去法の基本的しくみとモデル

流路の側岸に沿って植生帯があると、その流れの平衡状態では植生帯と主流部の低周波で交番する横断流速が現われ、平衡浮遊砂濃度の低い植生帯と平衡浮遊砂濃度の高い主流部の流体の往来は浮遊砂の植生帯への横断輸送を生む。即ち、主流部の高濃度浮遊砂流は流下に伴って希釈される。辻本・北村⁴⁾はこのプロセスを一次元モデルで表現し、このような濁度の横断方向除去による主流部の濃度変化を次式で表されることを導いた。

$C - C_{ve} = \{C(0) - C_{ve}\} \exp\left\{-\left(W_{rms}/U_{mm}\right)\left(x/B_{mm}\right)\right\} \dots\dots(1)$ ここで水深平均値で議論するものとし、 $C(0)$: 主流部干渉領域の初期濃度、 U_{mm} : 主流部干渉領域の平均流速、 B_{mm} : 主流部干渉領域幅、 B_m : 植生帯干渉領域幅、 C_{ve} : 植生帯での平衡濃度、 L : 植生帯の長さ、 B_m : 主流幅、 B_v : 植生帯幅、 W_{rms} : 植生帯境界での横断方向の流速変動振幅である。主流部干渉領域幅、そこでの平均流速は渦動粘性係数を一定とした解析⁵⁾で与えられる指数関数型流速分布から求めた。 $U_{mm}/U_{m0} = 1 + \left(\sqrt{\gamma} - 1\right)[1 - \exp(-1)] \dots\dots(2)$; $B_{mm}/h_0 = \sqrt{\epsilon_M/2u_*h_0} C_f^{-1/4} \dots\dots(3)$ ここで、 h_0 : 水深、 $u_* = (g h_0)^{1/2}$ 、 C_f : 底面摩擦損失係数である。渦動粘性係数 ϵ_M は境界混合係数 f_m と結び付けられるが⁸⁾ ($\epsilon_M/u_*h_0 = f_m \cdot C_f^{-1/2}(1-\gamma)(B_{mm}-B_m)/h_0 \dots\dots(4)$)、これは植生帯と主流部の固有の流速の比 $\gamma = U_v/U_{m0}$ に対して一意的関係にあり、ここでは池田ら²⁾が提案した経験式 $f_m = 0.035 \exp[-2.95 \exp(-3.8\gamma)] \dots\dots(5)$ を用いる。さらに、植生帯境界での横断方向流速変動振幅は辻本・北村³⁾の研究によって境界混合係数と結び付けた。 $W_{rms}/U_{m0} = \pi e(1-\gamma) \cdot f_m \dots\dots(6)$ 主流部の固有流速 U_{m0} は粗面抵抗則で与えられ、一方、植生帯内の固有流速 U_v は植物の抗力係数と植生密生度(流体の単位体積あたりの植物の遮蔽面積)との積 $C_d \lambda$ によって決められる。

3. モデル溪流への適用計算結果とその考察

ここでは貯水池に流入する溪流の例をとりあげ、路床勾配 I 、水路幅 $2B$ 、流量 Q (流入濁質濃度 C_0 はこのモデル溪流での回帰式 $C_0 = 1.7753Q^{0.9184} \dots\dots(7)$ で与えられる)、相等粗度 k_s の標準値を次のように設定する。 $I=1/200$, $2B=10\text{m}$, $Q=10\text{m}^3/\text{s}$, $k_s=0.02\text{m}$ 。ここでは横断混合で側岸に運搬される砂がすべて除去されたと考え($C_{ve}=0$, そこでの沈降過程を考えていない)ので濁度物質の粒径には無関係な議論となっている。また植生帯(灌木群・疑似植生)の密生度と抗力係数の積については $C_d \lambda=0.05\text{m}^{-1}$ を標準値とした。

流路内に植生帯を配したとき、一様な流量の横断方向分布をもって流入した流れはまず植生帯から主流へ流出し新しい流量配分を形成する(図2)。このとき植生帯から主流部へ流出した水が初期濃度を保持したまま主流と混合したとすると、流量配分が終了したところ($x=0$ とする)での主流部の濃度 $C(0)$ は式(8)で与えられる。

$C(0) = C_0(U_0 B - U_v B_v)/U_m B_m \dots\dots(8)$ ここから横断方向流速の低周波変動で浮遊砂の横断方向輸送が始まり、主流部土砂濃度は式(1)に従って低減する。植生帯を配した区間(長さを L)の下流では遷移部を経たのち流量の横断

方向分布は再び一様となり、主流部の干渉領域を濃度低減せずに（ $C(0)$ ）運ばれた土砂を含む流れ、干渉領域で低減された濃度（ $C(L)$ ）の土砂を含む流れ、植生帯からの清水流が混合され、次式の濃度 C_L になる。

$$C_L = \left[U_{m0} C(0) (B_m - B_{mm}) + U_{mm} C(L) B_{mm} \right] / U_0 B \dots (9) \quad \beta = 1 - C_L / C_0 \text{で濃度低減率を評価する。}$$

標準の条件について濃度低減率の植生帯長に対する変化を図3、4に示す。ここではそれぞれ植生帯幅、植生密度をパラメータとして変化させた。なお図5は流量を変化させた時の濃度低減率の変化である。

5. あとがき

本研究では植生帯を浮遊土砂を多く含む溪流の側岸に配し、このときに誘起される低周波横断流速変動により、濁質の側方除去策をこれまでの植生水利の知見を組み立てて計算によって評価してみたもので、一定の効果が得られることが期待できる。今回のモデルでは干渉領域と干渉領域の乱流混合、植生帯内での沈降過程のモデル化が略

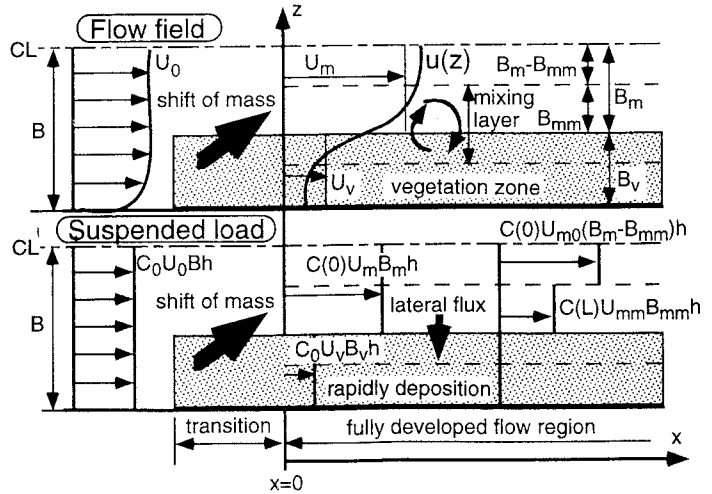


図2 説明図

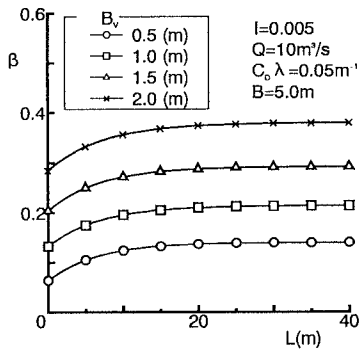


図3 濃度低減率の植生帯幅に対する変化

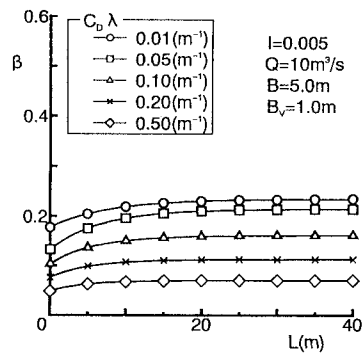


図4 濃度低減率の植生密度に対する変化

されており、今後これを取り込んだモデルへと改良することが必要と考えられる。それに伴って溪流の緑化と貯水池の濁度負荷軽減と言う点から実用に向けてモデル解析、モデル溪流での現地実験、模型実験と検討を進めていきたいと考える。本研究を遂行するにあたり、建設省金沢工事事務所調査第一課・清水晃課長、高橋裕史係長から助言をいただいた。記して謝意を表す。

- 参考文献：1) 藤田・福岡：土木学会論文集，No.429，1991。
2) 池田・太田・長谷川：土木学会論文集，No.447，1992。
3) 辻本・北村：土木学会論文集，1994（印刷中）。
4) 辻本・北村：科研報告書（一般C，代表：辻本），1993。
5) 山崎・石川・金丸：土木学会第39回年講，1984。

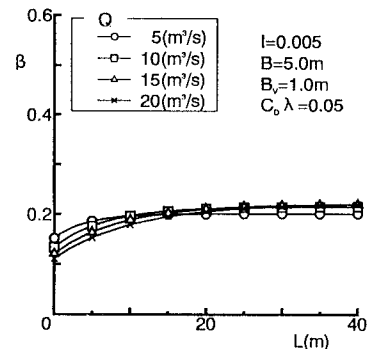


図5 濃度低減率の流量に対する変化