

洪水時における草本類の抵抗と流れについて

佐賀大学理工学部 学生会員 秋月 雅彦  
 " 正 員 渡辺 訓甫  
 宮崎大学大学院 学生会員 田上 篤志  
 宮崎大学工学部 正 員 杉尾 哲

1. はじめに

平成9年9月の出水で甚大な被害を被った北川の河口から13.3km~13.8kmの左岸砂州(川坂地区)は平水位+1mの高さに掘削されたが、平成13年にはアレチハナガサやノゲイトウなどの外来草本類が侵入して群落を形成し、植比率は20~45%に達した。これらの群落は平成13年10月の出水(ピーク流量1600m<sup>3</sup>/s)で大部分が破壊された<sup>1,2)</sup>。本文は、砂州上の流れを浅水流モデルでシミュレートし、草本群落に作用した外力について検討したものである。

2. 草本に働く外力と流れの基礎式

解析対象区間は、川坂砂州を含む北川13.0km地点から14.4km地点の間とし、平成13年1月測量の河床地形を与えて流れの解析を行った。洪水後に草本類キャノピーの付根の分枝部に枯草が絡まったものが大量に観察されており、枯草塊に働く流体力Fを考慮すると一般座標系の連続式及び動方程式は以下に示すとおりである<sup>3)</sup>。

$$\frac{\partial(uh)}{\partial s} + \frac{1}{r} \frac{\partial(rvh)}{\partial m} = 0 \tag{1}$$

$$\begin{aligned} u \frac{\partial u}{\partial s} + v \frac{\partial u}{\partial m} + \frac{uv}{r} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial s} + 2 \frac{\partial}{\partial s} \left( \varepsilon \frac{\partial u}{\partial s} \right) \\ + \frac{\partial}{\partial m} \left( \varepsilon \frac{\partial u}{\partial m} \right) - \frac{\tau_s}{\rho h} - \frac{NF_s}{\rho h} \\ u \frac{\partial v}{\partial s} + v \frac{\partial v}{\partial m} - \frac{u^2}{r} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial m} + \frac{\partial}{\partial s} \left( \varepsilon \frac{\partial v}{\partial s} \right) \\ + 2 \frac{\partial}{\partial m} \left( \varepsilon \frac{\partial v}{\partial m} \right) - \frac{\tau_m}{\rho h} - \frac{NF_m}{\rho h} \end{aligned} \tag{2}$$

ここに、 $\tau_s$ 、 $\tau_m$ 及び $F_s$ 、 $F_m$ はそれぞれ流下方向s、横断方向mの底面剪断応力、流体力で、Nは単位面積中に存在する枯草塊の数である。

$$\begin{aligned} \tau_s = \frac{gn^2}{h^{1/3}} uq, \quad \tau_m = \frac{gn^2}{h^{1/3}} vq, \\ F_s = Fu/q, \quad F_m = Fv/q, \quad q = \sqrt{u^2 + v^2} \end{aligned} \tag{3}$$

粗度係数は低水路で $n=0.031$ 、高水敷上の裸地で $n=0.035$ 、また草本群落に対しては種類により $n=0.043$ 、 $0.047$ を与えた<sup>4,5)</sup>。

キャノピー分枝部の枯草は密に絡まっていることから近似的に不透透性とみなし、形状も平板と見なして、この平板に流れ方向に引張り荷重が懸かると考える。いま、平板の直径をD、水の密度を $\rho$ 、平板に作用する流速を $u_\delta$ 、抵抗係数を $C(=1.0)$ とすると流体力Fは

$$F = \frac{1}{2} \rho C u_\delta^2 \frac{\pi}{4} D^2, \quad u_\delta/q = 1.17(\delta/h)^{1/6} \tag{4}$$

である。上式の $u_\delta$ はManning-Stricklerの式を与える流速分布式を用いたときの枯草塊の河床面からの高さ $\delta$ での流速である。砂州植生の茎高Lが45cmから190cmであり、その多くが70cm程度であったことから $L=70\text{cm}$ として $\delta=L/2$ と仮定した。また、渦動粘性係数 $\varepsilon$ は次式で与えた。

$$\varepsilon = \frac{\kappa}{6} u_* h, \quad u_* = \sqrt{(\tau_s + \tau_m)/\rho}, \quad \kappa = 0.4 \tag{5}$$

3. 枯草塊が流れに及ぼす影響について

植生の繁茂状況と洪水後の現地の状況からキャノピーに絡まった枯草塊の数はおよそ10個程度であったと想定して、ここでは $N=10$ として解析を行った。図-1は、 $N=0$ の場合と $N=10$ の場合の合成流速qの横断分布を比較したものである。砂州上の流速は枯草塊の抵抗により約0.8m/s減速され、流速ベクトル図(図-2)にも示すように流れは右岸低水路側へ寄る。また、図-3の縦断水面形に示すように水位も上昇しており、砂州上流部で25cm程の水位上昇が見られる。

図-4は合成流体力と底面剪断応力との比 $NF/\tau_0$ を示したもので、枯草塊による抵抗は底面抵抗の2倍程度である。対象砂州上ではこの流体力による植生破壊も生じたものと思われる。

4. おわりに

枯草塊の抵抗は無視できない大きさで、流れにかなりの影響を与えるが、植生が破壊されてキャノピーが流出した時点でこの抵抗は消失し、全抵抗は

1/3 程度に減少することになる。

本研究は、北川における河川生態学術研究会の調査研究の一部として実施したものである。貴重な資料を提供いただいた国土交通省延岡工事事務所、宮崎県延岡土木事務所に記して謝意を表します。

参考文献

1) 田上・杉尾・渡辺：土木学会第 58 回年講、2002.

2) 杉尾・渡辺・田上：水工学論文集、Vo.47、2003.

3) 清水：開発土木研究所報告、Vo.93、1991.

4) 九州地方建設局・宮崎県・(財)リバーフロント整備センター：北川「川づくり」検討報告書、1999.

5) (財)リバーフロント整備センター：河川における樹木管理の手引き、1999.

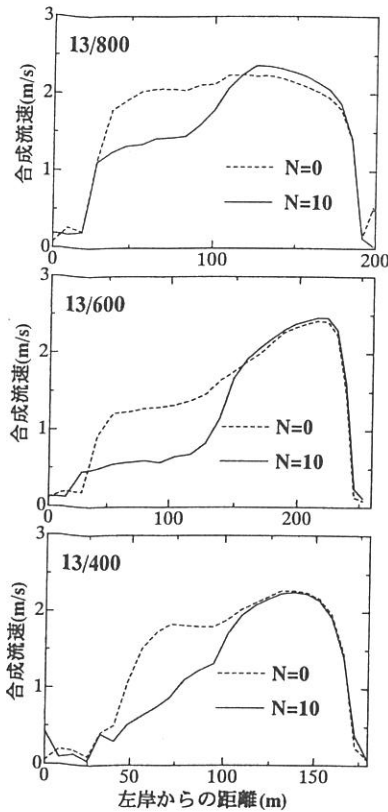


図-1 合成流速の横断分布

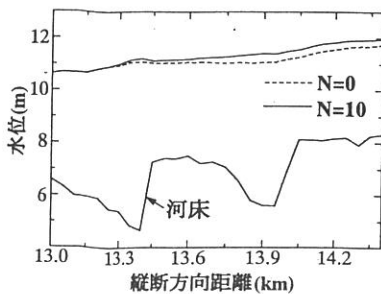


図-3 縦断水面形

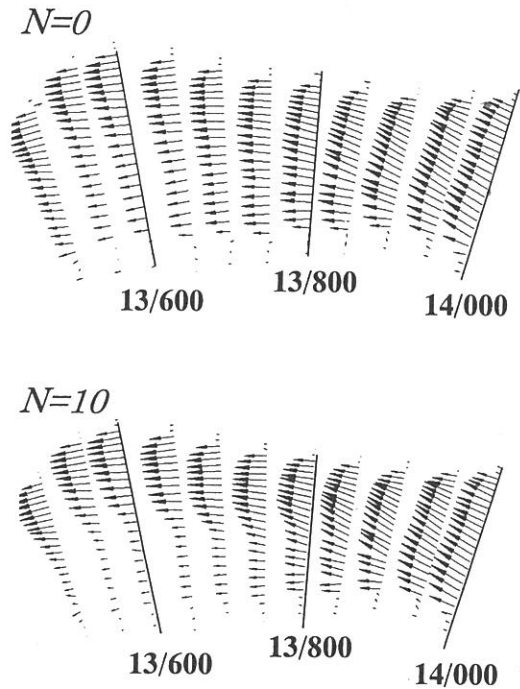


図-2 流速ベクトル図

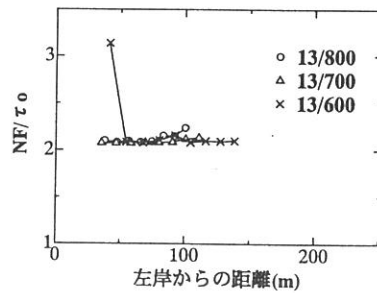


図-4 流体力と底面剪断応力の比