

II-293

ツルヨシの水理特性に関する基礎的研究

中央復建コンサルタンツ 正員 ○藤森 裕子

京都大学工学部 正員 北村 忠紀

立命館大学理工学部 正員 中川 博次

1. はじめに

近年の環境に対する関心の高まりとともに、植生の河川における積極的な利用が検討されている。本研究に先立って行われた定期的なモニタリングより、河川植生と微地形の間には、河川植生の密に生息する場所では洪水の影響による地形変化が比較的小さいという関係が見い出された。本研究は、植生のもつ流水抵抗特性を明らかにし、植生の河川における利用を推進しようとするものである。

2. 流体力測定

植生の変形効果を考察するにあたり、本研究においては、Fathi and Kouwen¹⁾に倣い、自動車に植生を設置し、ツルヨシに作用する流体力の測定を行った。図-1に測定器の概要を示す。

実験に用いた植生は3種類であり、それぞれの植生の幾何特性を表-1に示す。ここで、 l_{0mean} :各植生長の平均値、 l_{0rms} :植生長の標準偏差であり、 D_{mean} :各植生の直径の平均値、 D_{rms} :直径の標準偏差である。また、実験ケースは表-2に示す5通りとし、それぞれについて自動車の走行速度を変えて、風力 U_a と荷重 F を測定した。

図-2は、植生のたわみ率 l/l_0 (l :ビデオ画像から得られた平均的な植生高さ、 l_0 :初期植生高さ)を1本の植生の鉛直方向単位長さあたりにかかる水平荷重 f/l (f :植生1本あたりにかかる水平荷重)に対して示したものであり、次式により近似した。

$$\frac{l}{l_0} = \exp\left\{-\frac{1}{\alpha}\left(\frac{f}{l}\right)^{\beta}\right\} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 α 、 β :植生種や成長度によって変わる係数(有次元)である。また、図-3は f/l を風速 U_a に対して表したものであり次式により表すことができる。

$$\frac{f}{l} = \frac{1}{2} \rho C_D D_r U_a^2 \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 ρ :流体の密度、 C_D :植生要素の抗力係数、 D_r :葉の効果も含めた仮想的直径であり、(2)式と実験結果との比較より密生度パラメータ $C_D D_r$ が得られる。実験結果を表-3に示す。

これらの結果から葉を取り除いた植生にかかる流体力は、取り除く以前の植生と比べ仮想的直径で見て、抵抗が1/2以下であることから、流水抵抗を考える上で葉の変形効果は重要であるといえることができる。

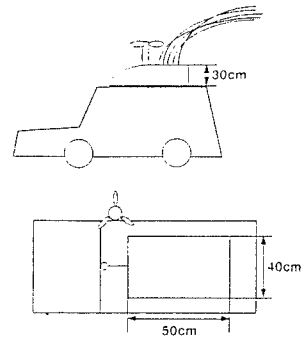


図-1 流体力測定器の概要

表-1 植生の幾何特性

	l_{0mean} (m)	l_{0rms} (m)	D_{mean} (m)	D_{rms} (m)
90ツルヨシ(1A)	1.05	0.182	0.0009	0.0009
90ツルヨシ(1C)	1.17	0.134	0.0005	0.0011
90オオイトナギ	1.93	0.139	0.0053	0.0009

表-2 実験ケース一覧

ケース	植生種	本数 N_b (本)	高さ l (m)	速度 U_a (m/s)
case1	(a)	20	32	30-50
case2	(a)	30	32	30-50
case3	(b)	20	32	30-50
case4	(c)	15	32	30-50
case5	(a)の葉なし	20	32	30-50

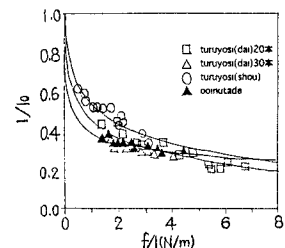


図-2 植生高さの植生長に対する比と植生1本あたりの水平荷重の関係

Keywords: 流体力、流水抵抗、底面せん断応力

〒532-0004 大阪市淀川区西宮原 1-8-29 TEL 06(393)1122 FAX 06(393)1126

〒606-8317 京都市左京区吉田本町 TEL 075(753)5082 FAX 075(761)0646

〒525-0055 滋賀県草津市野路東 1-1-1 TEL 077(561)2847 FAX 077(561)2667

3. 流水抵抗特性

前節までの実験的検討をもとに、疑似等流状態を仮定して柔軟な植生で覆われた流れの抵抗則について検討する。河床がツルヨシに覆われた流れで、ツルヨシが水没しない場合には、ツルヨシ内の流速は鉛直方向にほぼ一様な流速となり次式で表すことができる。

$$U_s = \sqrt{\frac{2g}{C_D \lambda}} I_e^{1/2} = \sqrt{\frac{2g}{C_D D_r N_0}} I_e^{1/2} \dots \dots \dots (3)$$

ここで U_s : ツルヨシ内の流速、 I_e : エネルギー勾配である。また、水没しない条件では、水深と単位幅流量は比例関係にある。

ツルヨシが水没した場合、ツルヨシ上部に表面流が生じることになり、この表面流と、植生内の流れの相互作用により強いせん断流場が形成される。ここでは、中川ら²⁾による解析を踏襲し、表-3 に示す前節の結果を用いて流れの抵抗則を求める。

植生に作用する流体力により植生高さが変化するために、流れ場と植生の変形を繰り返し計算により同時に満たす解を求める。ここでは次の手順で解を求めた。1) 適当な植生長さを仮定し流れ場を解く 2) 植生内の流速分布から U_1 を求める 3) (2)式により植生高さを求める 4) 得られた植生高さが 1) で仮定したものとはほぼ等しければ終了し、そうでなければ 1) に戻る。上記の計算にあたりエネルギー勾配と水深、適当な断面平均流速を与え、その計算結果からエネルギー勾配を求め、条件のエネルギー勾配との比較より断面平均流速を修正して繰り返し計算を行い、条件に合う断面平均流速を得る。なお、植生高さの誤差が植生長の1%以内となることを計算の収束条件として与えた。

図-4 は、異なる植生について同エネルギー勾配における単位幅流量と水深の関係を示したものであり、図-5 には、単位幅流量と河床での摩擦速度を示している。粒径についても併示し、河床材料の動き出す目安としている。

4. 結論

植生の種類によって抵抗特性は異なり、それに応じて、流速低下が引き起こされる。また、底面せん断応力も植生の抵抗速度に応じて変化しており、抵抗の大きな植生ほど底面の砂礫が動きにくくなっている。また、植生の抵抗が高いほど、水面が上昇することが明らかである。

洪水時にはこれらの影響が災害につながると考えられるため河川改修を行う上で十分考慮していく必要がある。

謝辞：京都大学工学研究科教授、瀬津家久先生には本研究にあたり、適切な御指導をいただきました。また、棚野川の現地観測にあたり、厨子和典氏（株）水建設コンサルタント）のご協力を得るとともに、京都府周山事務所の方々には様々な便宜を図っていただきました。ここに深く感謝の意を表します。

- <参考文献> 1) Fathi Moghadam M.: Momentum absorption in non-rigid, non-submerged, tall vegetation along rivers, Doctoral thesis, University of Waterloo, 1996
2) 中川・辻本・北村・藤井：流れによって変形する植生粗度の抵抗則、水工論文、第39巻、pp.465~470, 1995

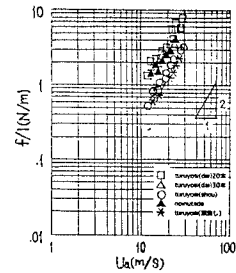


図-3 風速と植生1本あたりの水平荷重の関係

表-3 実験結果に基づく植生の諸特性一覧

植生種	T_{veg} (m)	C_D (m)	本数 N_0 (本)	α	β
(a)	1.98	0.017	30	1.30	0.354
(b)	1.17	0.008	30	1.02	0.418
(c)	1.23	0.018	30	1.08	0.295

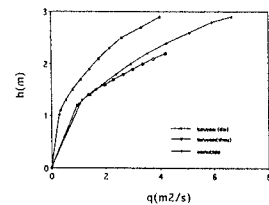


図-4 単位幅流量と水深との関係

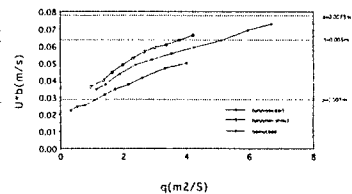


図-5 単位幅流量と河床での摩擦速度との関係