

大阪大学工学部 正員 福原 輝幸
大阪大学工学部 正員 室田 明

1. はじめに： 河川改修工事が進展する今日でもなお、高水敷では水辺植物が群落状態で繁茂しているのをよく見かける。このような高水敷での抵抗係数は一般に複断面不等流計算によって間接的に決定されるために、抵抗係数に含まれる誤差も大きいと予想される。従って植生状態の違いやその季節的变化に伴う抵抗係数の変化の様子についても何らかわかっていない。そこで本研究は比較的背が高く、かつ屈撓性のある水辺植物（例えばヨシ）を対象とし、その抵抗特性を直接的に調べて、植物群落特有の抵抗特性を理解しようとするものである。

2. 実験条件： 実験に用いた水路および模擬植物の詳細については参考文献[1]を参照されたい。植生状態を図-1、図-2に、水理条件を表-1にそれぞれ示す。なお密生度 C は次式で定義される。 $C = \frac{\pi}{4} \phi^2 N / BL$ (1)
 B ：水路幅、 L ：群落長、 N ：植物の本数、 ϕ ：植物の直径、 k ：平均屈撓高さ、 l ：植物の長さ。

3. 抵抗特性： <抵抗係数と相対水深の関係> 水位の変化により、模擬植物の状態は図-3のように変化する。増水期には(a)→(b)→(c)のように、減水期では(c)→(d)→(e)のように屈撓する。まず、同じレイノルズ数 Re であっても(a)、(e)の2つの状態が存在することから、これらの状態における抵抗係数 f と Re の関係を調べてみた。結果の一例が図-4であり、(e)の状態では相対的に f は増大する。(a)の状態の f を f_a 、(e)の状態の f を f_e として両者の比 $d_1 (= f_e / f_a)$ と密生度 C との関係を示したのが図-5である。今回の実験範囲では密生度に関係なく f_e は f_a の約1.2倍程度大きくなっている。この原因としては、(e)の状態では形状抵抗に加えて水表面での植物の屈撓性に伴う摩擦抵抗が作用するためと考えられる。事実、(e)では図-6のように水表面近くでは明確な速度欠損が生じている。また、実河川を想定した場合、上述の結果は増水期よりも減水期で抵抗係数が増大することを示唆している。

表-1 水理条件

$C(\times 10^4)$	$S(\times 10^3)$	$q(\text{cm}^2/\text{sec})$
9.05	0.5 1.0 3.0 6.0 10.0	1.1 }
4.52	1.0 6.0 10.0	
2.26	1.0 6.0 10.0	
1.13	1.0 6.0 10.0	
0.56	1.0 6.0 10.0	

次に、 f と h/k の関係を図-7に示す。 f は h/k に反比例して増加する傾向にあり、神田らの粒状粗度による結果²⁾ ($h/k=1.0$ で f は最大となる。)とは異なる。この点についてもう少し検討する。同じ $h/k=1.0$ であっても図-3のように屈撓状態には違いがあり、(b)や(d)のように植物の先端部分が水面と点で接した状態から、(e)のように両者が線で接する状態まで植物は変形する。そこで $h/k=1.0$ のケースについてのみ、 f を植物の変形を表わすパラメーター l_0/k で整理してみた。その結果が図-8であり、 f は l_0/k の増大とともに大きくなると同時に、密生度が高くなるにしたがい l_0/k に無関係に $f=一定$ となる部分が認められる。

この領域は $1.0 \leq l_0/k \leq 3.5$ である。一方画像解析からは、(d)は $l_0/k \approx 1.0$ に、(e)は $l_0/k \approx 3.0$ に対応しており、 f に及ぼす屈撓状態(摩擦・形状抵抗)

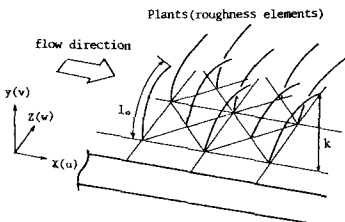


図-1 水路の概要

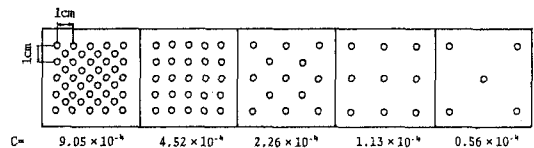


図-2 植生状態

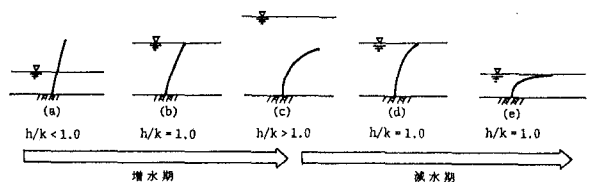


図-3 水位変化に伴う模擬植物の変形状態

変化)の影響の大きいことが知り得る。＜fとReの関係＞：密生度Cを変化させてfとReの関係を調べてみた。その結果が図-9である。ただし同図はh/k>1.0のケースについてのみの結果であり、次のことがわかる。(i) 密生度に関係なくfとReの間には層流・遷移・乱流域の3つの領域が存在する。(ii) 層流域から乱流域へ変化する限界Re, Rec1はCの減少に従い増大する。(Rec1=200: C=9.05×10⁻⁴→Rec1=1800: C=0.56×10⁻⁴) (iii) 遷移域から乱流域への限界Re, Rec2は密生度に無関係にRec2=3000となる。(iv) 乱流域では $f = a/Re^{m_2}$ (2) が成り立ち、直線の傾きを表すm₂はCの低下とともに減少し、滑面での値(m₂=0.25)に漸近する。回帰分析より定数aとm₂はCとともに次のように変化する。 $a = 0.223 + 6.91 \times 10^{-11} C^{2.68}$ (3), $m_2 = 0.25 + 14.5 C^{0.246}$ (4)

＜抵抗係数と水路勾配Sとの関係＞：Re≧3000ではfはSに無関係であるが、Re≦3000ではfはSの増大に伴って減少することがわかる。そこで図-10のS=1.0×10⁻³での平坦部分のfをf₁、S=10×10⁻³に対するfをf₀として、両者の比d₂(≡f₁/f₀)とCの関係を示したのが図-11である。fに及ぼすSの効果はCの減少に従って徐々に不明瞭となる。

- ＜参考文献＞
- 1) 室田・福原・佐藤：昭和58年度関西支部年講概要Ⅱ-9
 - 2) 神田・土井：第25回水理講演会論文集，1981。
- ＜注＞粗度要素：φ=0.024 cm，
L₀=6.8cmの合成樹脂製

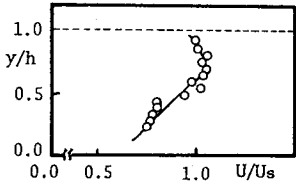


図-6 流速分布

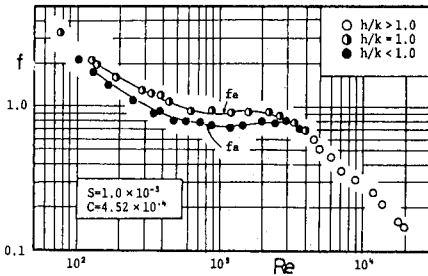


図-4 増水期と減水期での抵抗則

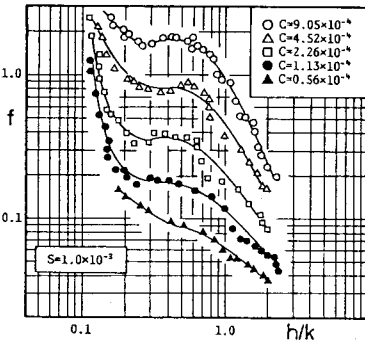


図-7 fとh/kの関係

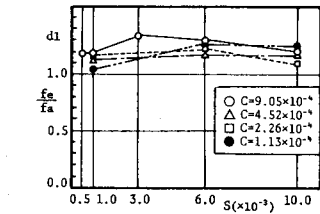


図-5 d₁とSの関係

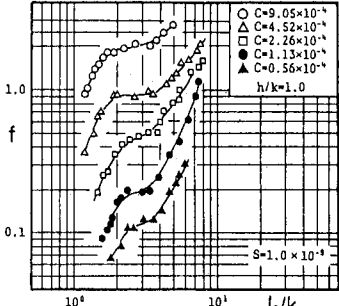


図-8 fとL₀/kの関係

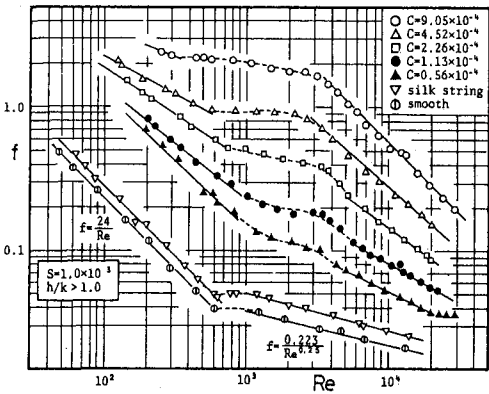


図-9 fとReの関係

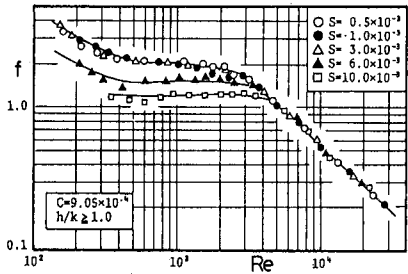


図-10 路床勾配によるfの変化

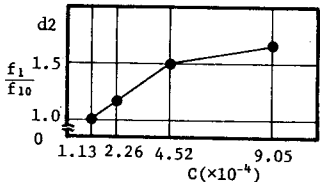


図-11 d₂とCの関係