

II-183

ヨシ原の河岸保護機能

東京工業大学工学部 正 員 福岡 捷二
東京工業大学大学院 学生員 佐藤 健二
建設省淀川工事事務所 正 員 新井田 浩

1. はじめに

河岸際のヨシ原が船舶の引き起こす波のエネルギーを減衰させ、河岸の侵食防止と水面の利用に大きな役割を果たすことが明かにされた¹⁾。ヨシ原は、洪水流に対する河岸の保護工としても役立っているものと考えられる。ヨシの利用を考える際に、ヨシがどういった場所に生育し、また洪水時にどれだけの流速まで耐えることができるのか、を明らかにしておく必要がある。前者については植物学の分野で研究がなされているので、現場でヨシの引張り力試験をおこない、その結果を用いてヨシの侵食限界流速を見積る。

2. ヨシをもつ河岸の状況

ヨシはオギと同様に地下茎がマット状に連結しており、一般に湖沼周辺や河口域など停滞水域に見られる。土質は泥質であることが多い。ヨシの群生がみられる多摩川6km付近で調査を行った（表-1）。平水時にはほとんど流速がなく、また感潮域であるために塩分を含み水位変化は大きい。干潮時には、ヨシは水に浸らない環境にある。

3. ヨシの引張り力

写真-1に示す原位置引張り試験機を用い²⁾、ヨシの引張り力を直接測定した。河岸からの距離・引張り角度・引張る方向を変えてそれぞれ数ケース測定した。測定結果を図-1に示す。河岸のごく際に生えているヨシは引張り力が小さいが、河岸からやや離れると1本当たり平均的に20kgf程度の引張り力がある。河岸際のヨシは流れや船の波によって地下茎周囲の土壤がほとんど洗い流され、土壤による固定が弱いため、引張り力が小さくなっている。



写真-1 引張り試験状況

表-1 現地でのヨシの生育環境と生育状態

sample 1 ・ 植生データ	A	B
	3 m程度	0.7 m程度
高さ	25本/50×50 cm ²	56本/50×50 cm ²
密度	1 cm	0.5 cm
茎径	5.0 cm	2.5 cm
地下茎径	1.5 cm	1.5 cm
地下茎密度	5本/30×30 cm ²	5本/30×30 cm ²
・ 河岸形状		
・ 土壌データ	(15 cm深)	(25 cm深)
	体積比	体積比
	(土粒子) 42%	46%
	(水分) 43%	39%
	(空気) 14%	15%
空隙率 (v _v /v _s)	(15 cm深) 1.29	(25 cm深) 1.52
透水係数	A: 1.6 × 10 ⁻¹ (cm/s)	B: 9.0 × 10 ⁻² (cm/s)

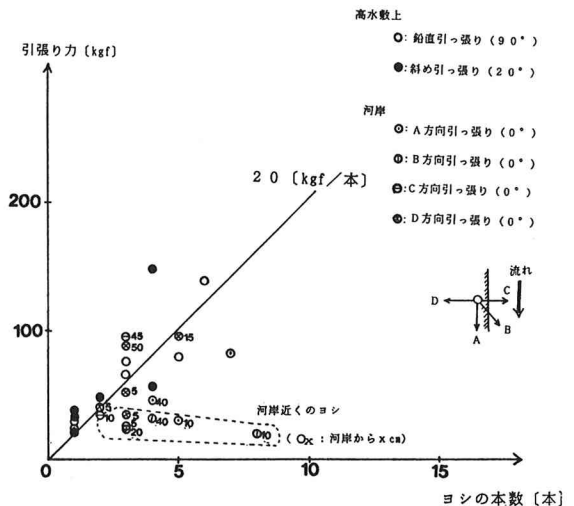


図-1 引張り試験結果

4. ヨシの耐力と流速との関係

ヨシは図-2に示すように緩やかな横断勾配の河床上に生育するため、高水敷上に生えるオギのように洪水時にヒサシ状になることはほとんどない。したがって、解析は単純である。流れによる抗力と、ヨシの地下茎の引張り強さとの釣合いから、ヨシ原が洪水に対して耐えることのできる限界流速を見積もる。ヨシ原を図-2のようにモデル化する。外力はヨシの茎に作用する流体力 F_{x1} である。

$$F_{x1} = C_D \cdot \rho \cdot \phi \cdot h \cdot \sigma \cdot u'^2 / 2 \quad (1)$$

ここで、 C_D : 抗力係数(=1), ρ : 水の密度, ϕ : ヨシの茎径, σ : ヨシの密度(=100本/ m^2), u' : オギ群中の流速(= $u \cdot \exp(-2.15x)$)。ヨシ原中の流速 u' は流下方向に指数関数的に減衰する。減衰係数は模型実験から求めた。このとき、ヨシ原の破壊部(流下方向の長さ d_B とする)に作用する流下方向の流体力は、次式となる

$$F_x = \int_0^{d_B} F_{x1} dx \quad (2)$$

x 方向の流体力 F_x によって、ヨシ原は $x-z$ 面内での曲げモーメント M_{xz} を受ける(図-3)。

$$M_{xz} = \int_0^b F_{x1} \cdot h / 2 dx \quad (3)$$

ここで、 $b: u'$ が十分に減衰する距離(ここでは、約90%減衰する距離の $b=1m$ をとっている)。

この曲げモーメントによって生じる曲げ応力 F_z を三角形分布と仮定すると d_B の部分に作用する z 方向の応力が求まる。

$$F_z = \int_0^{d_B} 1/2 M_{xz} (1 - 2x/b) / b^2 dx \quad (4)$$

破壊部分 d_B に働く外力の合力ベクトル $F = (F_x \ 0 \ F_z)$ と破壊面でのヨシの引張り力 R との釣合い式からヨシ原の侵食限界流速が求まる。

$$R = r \cdot \sigma \cdot d_B \quad (5)$$

$$u_{cr} = \left(\frac{r \cdot d_B}{C_D \cdot \phi \cdot h \cdot (K1^2 + K2^2)^{1/2} / 2} \right)^{1/2} \quad (6)$$

$$K1 = \int_0^{d_B} f(x)^2 dx, K2 = 6h \cdot d_B \cdot (1 - d_B/b) \cdot \int_0^b f(x)^2 dx / b^2$$

ここで、 u_{cr} : 限界流速, r : ヨシの引張り力(20kgf/本), $f(x) := \exp(-2.15x)$ 。

ヨシ原での水深 h と b の値に対して求めた限界流速 u_{cr} を図-4に示す。この図より、ヨシはかなり大きな流速まで耐え得ることがわかる。ヨシは一般に河川の下流部で、流速が大きくても1m/s程度のところで生育することからヨシは下流部の河岸保護工として十分な耐力を有するものと考えられる。

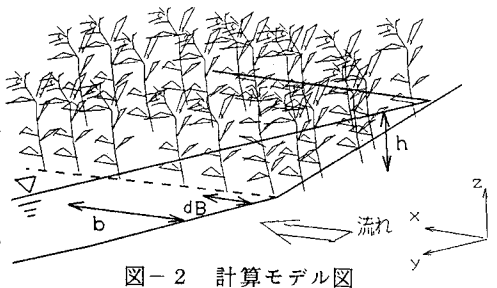


図-2 計算モデル図

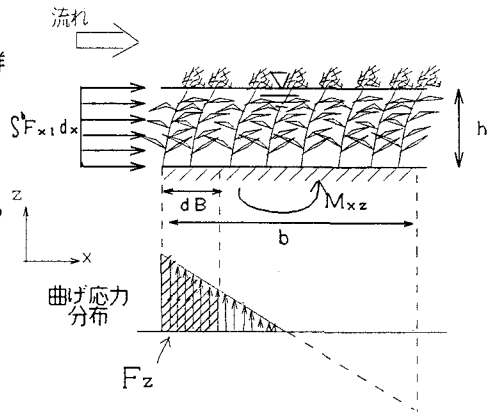


図-3 $x-z$ 面内での曲げ応力分布

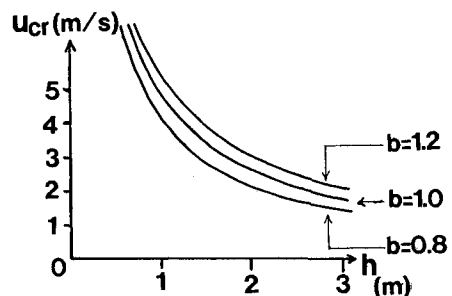


図-4 ヨシの侵食限界流速

参考文献 1) 福岡・甲村・渡辺・三浦: 船が造る波のエネルギーを減衰させる河岸ヨシ原の効果, 水工学論文集第36号, 1992.

2) 福岡・新井田・佐藤: オギの河岸侵食抑制機構と耐力の評価, 水工学論文集第36号, 1992.