

ヨシ原河岸の護岸機能の評価

広島大学大学院

フェロー会員 ○福岡捷二

九州旅客鉄道（株）

正会員 仲本吉宏

国土交通省中国技術事務所

正会員 石上鉄雄

広島大学大学院

学生会員 福田朝生

1. はじめに

多自然型川作りが河道設計の基本の中に位置付けられるようになり、治水と環境の整備と保全を目的とした河川整備が求められている。河岸に一般的に繁茂しているヨシは、その地下茎が持つ土壌保持効果から、流れによる河岸下部の侵食によるひさし状河岸の形成、ヒサシ状河岸の崩落といった河岸後退のメカニズムを遅らせることが可能である。本研究ではヒサシ状河岸の崩落に対してヨシの地下茎がどの程度抵抗するかを力学的に評価し、ヨシ原で覆われた河岸がどの程度の侵食深までヒサシ形状を保てるかを検討することを目的としている。

2. 実験の概要

(1) 実験施設及び使用した試料

本実験は原寸大のヨシ原河岸を実験施設に再現して行った。写真-1に実験施設を、図-2にヨシ原河岸の土質材料として用いた芦田川高水敷の土の粒度分布を示す。なお、植え付けたヨシの地下茎は太田川高水敷上から採取したものである。

(2) 実験方法

ヨシを植え付けて6ヶ月経過した時点で茎密度の高い場所を試験区域として選び、実験を行った。手順は図-2に示されるとおり、最初に幅1mで側方を取り除き開放したヒサシ長さ10cmのヒサシ状河岸を成形し、形状を測定する。その後、洪水時の水位変動を再現するため実験施設内の水位を1cm/minの速度で上昇させ水位が160cmまで到達したら堤内に水が十分浸透するまで水位を維持し、0.5cm/minの速度で降下させる。水位降下時は堤内の地下水位を測定する。水位降下後に河岸形状を測定し、ヨシの地下茎分布を測定する。

(3) 実験結果

図-4は実験施設内の水位を降下させ始めてからの堤内の浸潤線を示したものである。外水位の降下に伴い堤内水位との圧力差が発生し河岸のヒサシ部に河道方向への力が作用する。このときにヒサシ部に作用する力を考えると図-3に示される。土の飽和時の自重、ヒサシ部に作用する浮力、堤内および外水位の静水圧を考慮し、これらのモーメントの釣り合い関係から河岸の引張強度を求める式は(1)のように表される。

$$T = \frac{3(w - f(t)) \cdot L + (h_2(t) - z)^3 - (h_1(t) - z)^3}{H^2} \quad \text{----- (1)}$$

w : 単位幅当りの土塊重量
 $(= \gamma_{sat} \cdot V/B)$
 f : 単位幅当りの土塊に加わる浮力

図-5は式(1)で計算した河岸に作用する引張力の経時変化を示している。外水位の下降とともに、ヒサシ部に作用する浮力は減少し、堤内水位と外水位の差が大きくなるため、引張応力 T は増加することがわかる。水位降下開始を行わず単純にヒサシ長さを大きくして崩落させた実験結果も併せて示す。(表-1下) 実験結果から河岸の見かけの引張強度は水位変動によって低下したと言える。また、ヨシの地下茎が特に多く存在した試験区域 2-0(図-6)のケースを他のケースと比較すると特に引張強度が大きいとは言えない。これは鉄筋コンクリートの鉄筋がひび割れの発生そのものの防止にはあまり効果が無いことと同様にヨシの地下茎も河岸上縁の引張破壊には防止効果

左側:3割勾配 右側:2割勾配

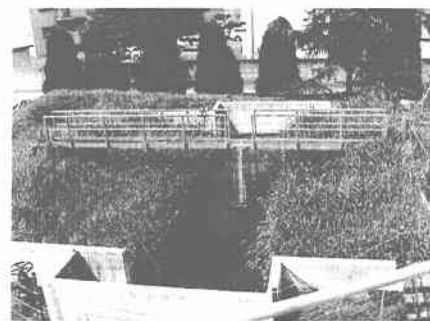


写真-1 実験施設全景

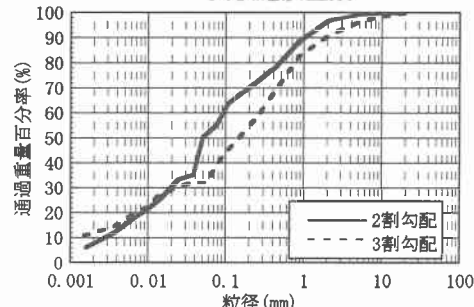


図-1 実験施設粒度分布

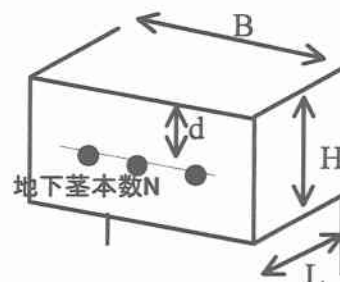


図-2 成形したヒサシ状河岸(模式図)

が無いと言える。

表-1 実験結果(上：水位変動有り 下：水位変動無し)

Case	H(cm)	L(cm)	B(cm)	N(本)	Tc(kg/cm ²)
2-2	40	10	100	3	0.048
3-1	30	10	60	0	0.150
2-1	30	20	100	2	0.110
2-3	40	10	100	3	0.075
3-3	30	10	100	3	0.032
2-0	40	30	60	8	0.140

Case	H(cm)	L(cm)	B(cm)	N(本)	Tc(kg/cm ²)
2-0	50	34	80	9	0.122
2-3	40	25	100	0	0.083
2-3	40	37	100	7	0.181

表-2 ヨシ 1 本当りの引張強度

Case	W(kgf)	B(cm)	L(cm)	H(cm)	N(本)	s(cm)	d(cm)	Tr(kgf/本)
2-2	314.3	100	18	40	3	23.3	16.7	40.5
2-1	358.0	100	15	30	2	20.0	10.0	67.1
2-3	522.0	100	7	40	3	15.0	25.0	40.6
3-3	92.7	100	10	30	3	10.0	20.0	15.5
2-0	220.8	60	30	40	8	8.8	31.2	44.4
2-0A	100.3	30	29	50	3	8.0	32.0	15.1
2-0B	227.5	50	38	50	6	3.0	37.0	19.5

(4) ヨシ原の護岸効果

図-7 は河岸にひび割れが発生したときの状況と力の釣り合い関係を模式的に示したものである。図中 T_r はヨシの地下茎 1 本当りの引張強度、 s はヒサシ部の下端からヨシ地下茎の平均的な位置までの距離、 N は地下茎の本数を示している。ヒサシの付け根を支点としてモーメントの釣り合い式を考えると T_r を求める式は(2)で表される。この式を実験結果に適用し T_r を算出した結果が表-2 である。この中で特に大きい値が出ているものについては、ひび割れ発生時に既にヨシ地下茎が持っている引張強度を超える引張力が作用したと考える。しかし、 T_r の下限値は 15(kgf/本)であることがわかり、これはかつて福岡らが多摩川の高水敷において原位置試験機を用い直接ヨシの引張強度を求めた 20(kgf/本)という値と近いことがわかり、ヨシの護岸効果は地下茎の引張強度に直接関係しているといえる。

(5) 限界ヒサシ長さの計算

これまで得られた結果を用いて限界ヒサシ長さを計算する。方法は式(2)を L について解き(3)の形に置き換える。

式(3)の N はヨシの地下茎本数であり、ヒサシ幅 B で割ることによって単位幅当りの地下茎密度とする。また、 d は対象とする河岸に匍匐しているヨシ地下茎の平均深さである。図-2 は式(3)で用いられる寸法等を示している。 L_c を求める式から $H=40(\text{cm})$ 、 $T_r=20(\text{kgf/本})$ を設定し、表-2 にまとめた実験結果を併せてプロットしたものが図-8 である。実験データはそれぞれ条件を合わせた曲線の付近に分布しており式(3)でヨシの地下茎を持つひさしについて限界ヒサシ長さを推定することが可能であると言える。

3. 結論

ヨシ原河岸の崩落を力学的に評価し、ヨシの地下茎密度の関数で限界ヒサシ長さを明らかにした。

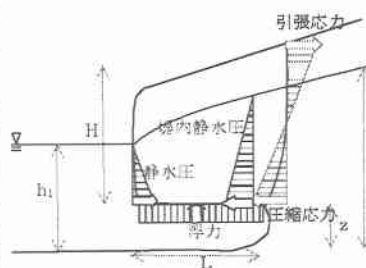


図-3 河岸法先に作用する力 図-4 堤内水位(T:水位下降開始からの時間)

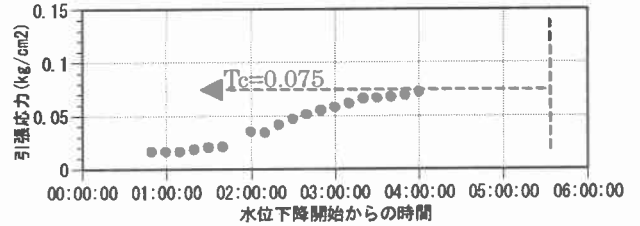
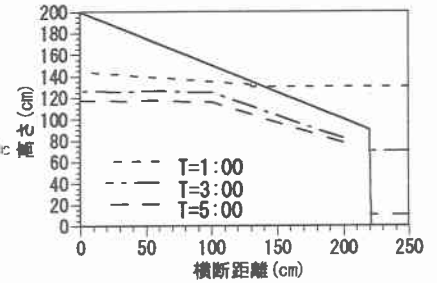


図-5 河岸上端に作用する引張応力の経時変化

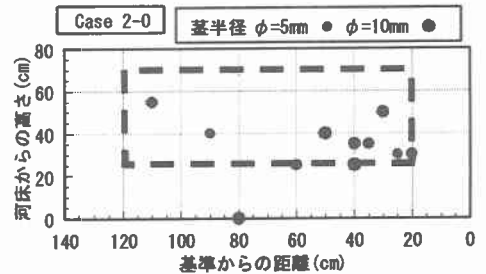


図-6 ヨシの地下茎分布(Case2-0)

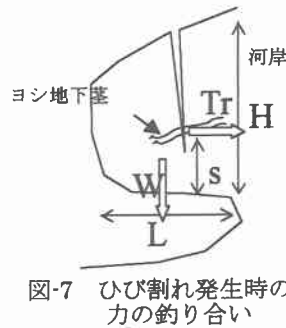


図-7 ひび割れ発生時の力の釣り合い

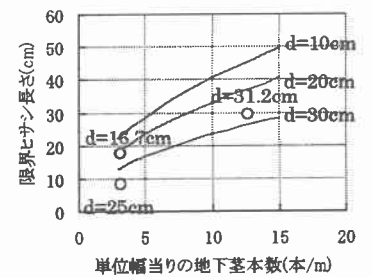


図-8 限界ヒサシ長さ

$$\gamma_{sat} \cdot L \cdot H \cdot \frac{L}{2} = \frac{N}{B} \cdot T_r \cdot s \quad \text{----- (2)}$$

$$L_c = \sqrt{\frac{2NT_r}{\gamma_{sat}BH}}(H-d) \quad \text{----- (3)}$$