

オギ原上を流れる洪水流の粗度係数

広島大学工学部	正 員	福岡捷二
建設省福山工事事務所	正 員	山本 広
広島大学工学部	正 員	日比野忠史
(株)東京建設コンサルタント	正 員	○大村靖人

1. 序論

河川の高水敷や中州のオギ等は、平常時は生物の生息空間を提供し、また川らしい景観を与えるなど環境面で大きな役割を果たしている。しかし、オギ原は高さ2～3mに達するため、洪水になると、オギ原が流水の断面積を阻害し、水位を上昇させる懸念がある。オギ原は高水敷上ではよく見られるにもかかわらず、洪水に及ぼすオギ原の影響については十分には分かっていない。本研究はオギ原内及びオギ原上の流れについて現地実験を行い、流れの状況を明らかにし、粗度係数を求めることを目的としている。

2. 現地実験

2.1 実験概要と実験方法

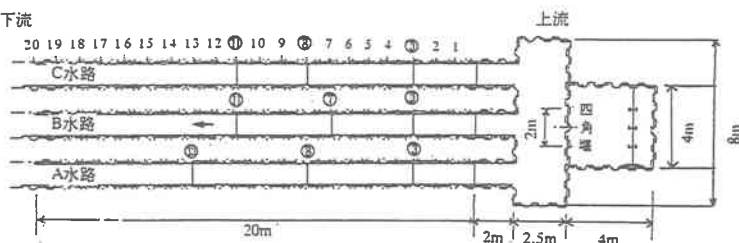
実験施設は芦田川の河川敷中州オギ原内に矢板を打ち込みつくられた。図-1、写真-1のように水路長20.0m水路幅1.0mの水路を3本作り、通水を行った。水路内のオギは平均高さ1.8m、平均径径0.7cmで1m²あたり約15本生えている。各水路で、1.0m

毎に設置された測定点20点で水位を、3点で流速を、また四角堰によって流量を測定した。下流端で堰き上げ高さを変え水路毎に水面勾配の異なる流れをつくった。これにより同流量でも水深と流速の関係が異なる実験を行うことができ、これらのオギ原に及ぼす影響を知ることができる。

2.2 実験結果

(1)縦断水位 図-2は縦断水位である。B水路とC水路の結果を挙げている。C水路は下流端での堰き上げがなく水面勾配が最も急であり、B水路は堰き上げが大きく、最も緩やかな水面勾配の流れである。

(2)流量と流速分布 流量は四角堰を用いて測定した。図-3は横断面内の流速分布図である。y軸は右岸からの横断距離、z軸は水面からの距離である。図中の数字が流速(cm/s)である。この場



図中の数字は水位測定断面(1m間隔)を示す。○で囲んだ断面は流速測定断面

図-1 実験水路の平面図

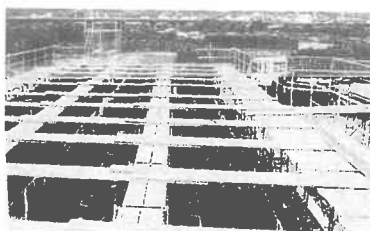


写真-1 実験水路の様子

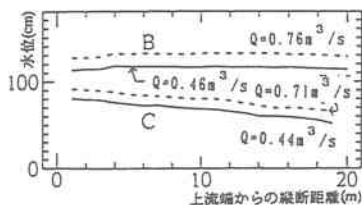


図-2 縦断水位図

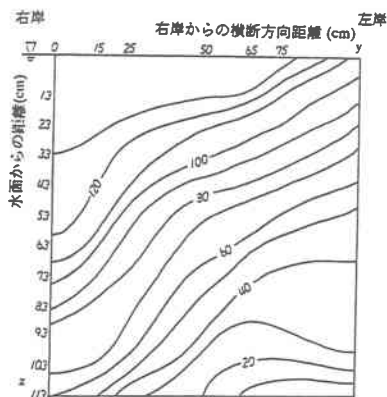


図-3 流速分布図

A水路測点No. 13 ($Q=0.78 \text{ m}^3/\text{s}$)

合左岸側にオギが多く存在しているため右岸側の流速が速くなっている。

(3) オギと流れの状況 一見一様に生えているように見えるオギも、実際は粗密がある。流量を増加するにつれて、オギ密度の小さい部分に流れが集中しその部分のオギが倒れ、流れは蛇行するようになる。流量の増加とともに残っているオギも次第に水面下に水没するようになる。倒伏の早さは、流速と水深の大きさ関係に依存しており、同一流量では流速の大きい方が水深が大きいよりも倒れやすい。

3. 解析

以下の2つの方法によって流れの解析を行う。

(1) 等流近似による慣用的計算法：オギの影響をマンニングの粗度係数の値に取り込み等価粗度係数として評価する方法である。

(2) 断面分割計算法：図-4に示すように、流れの断面はオギの状態によって3断面に分割され、この各断面に運動量の釣り合いの式をたて、計算を行う。オギの存在状態は通水中の写真、ビデオ撮影等により決定される。Ⅰ-Ⅱ領域の境界は流速60cm/s、Ⅱ-Ⅲ領域の境界は20cm/sで分けられている。Ⅰ～Ⅲ分割断面の基礎方程式は順番に次式で表される。

$$\frac{n_{w1}^2 u_1^2}{h_{11}^{1/3}} S_{11} + \frac{n_{w2}^2 u_1^2}{h_{12}^{1/3}} S_{12} + \frac{n_{1-2}^2 (u_1 - u_2)^2}{R_1^{1/3}} S_{10} = A_1 I \quad (1)$$

$$\frac{n_{w1}^2 u_2^2}{h_{21}^{1/3}} S_{21} + \frac{n_{w2}^2 u_2^2}{h_{22}^{1/3}} S_{22} + \frac{n_{2-3}^2 (u_2 - u_3)^2}{R_2^{1/3}} S_{20} - \frac{n_{1-2}^2 (u_1 - u_2)^2}{R_1^{1/3}} S_{10} + \frac{BC_0 a h_2 u_1^2}{2g} = A_2 I \quad (2)$$

$$\frac{n_{w1}^2 u_3^2}{h_{31}^{1/3}} S_{31} + \frac{n_{w2}^2 u_3^2}{h_{32}^{1/3}} S_{32} + \frac{n_{3-4}^2 u_3^2}{R_3^{1/3}} S_{30} - \frac{n_{2-3}^2 (u_2 - u_3)^2}{R_2^{1/3}} S_{20} + \frac{BC_0 D a h_3 u_2^2}{2g} = A_3 I \quad (3)$$

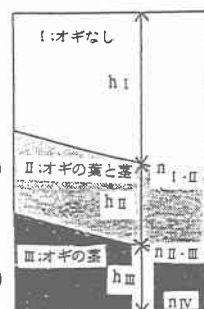


図-4 オギのある水路断面分割図

計算式において、左辺項はそれぞれ壁によるせん断力、各分割断面の境界のせん断力、オギによる抵抗であり、右辺項は重力による流下方向の力である。粗度係数は各分割断面境界に集中して働くものとしておりこの式を解くことによって、各分割断面内の流速が求まることになる。

4. 解析結果

(1) 慣用的計算法 図-5に結果を示す。各水路ともオギが水没している場合は $n=0.06$ である。この値はオギが水没するような実河川の洪水に適用できる。またオギが水没していない場合は、0.06～0.12の範囲で変化しており、水深が高いほど粗度係数は小さくなっている。

(2) 断面分割法 水没している場合A、C水路で上境界から順に粗度係数は0.11、0.25、0.28という値をとる。しかし、B水路については水深が高く流速が小さいためオギの倒伏の状況がA、C水路とは異なり、異なる数値を得ることとなった。

5. 結論

(1) オギ原内及びオギ原上の流れの構造が明らかとなった。

(2) オギ原が水没している場合、粗度係数は0.06を用いればよく、この値によって洪水時におけるオギ原上の流れが決定できる。

(3) 断面分割法を適用する際の各境界における粗度係数の値が求められた。この数値を用いることによってオギ原内の流速を明らかにすることができる。

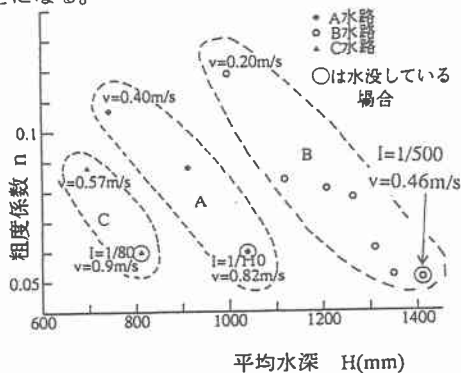


図-5 慣用的計算法による n と H の関係