

1. 序

著者らは、アシ群の存在する開水路の抵抗則を求める為に実験を行って来ている。これまでの研究では、流速分布や水位などの定性的な傾向を得ているが、実際の水面形の計算に必要な粗度係数の取り方については、水理学的な根拠が明確となっていない。この報文では、流れの中に屈撓性のある材料を配置し、この流れの中での挙動を知る事により、粗度係数と結び付けうるかの検討を行った。

2. 実験装置

実験は全長14m、幅0.4m、高さ0.3m、勾配1/700の開水路で行った。アシの模型は厚さ0.1mm、幅5mm、長さ7cmの燐青銅板を、流水方向に3cm間隔、横断方向には2cm間隔で千鳥状に植え付けたものである。水路上流端より8m下流から流下方向の長さ0.8mの間に、全幅にわたってこの模型を設置した。水深はポイントゲージで、流量は水路末端の四角堰で測定した。粗度材の変位と振動振幅は写真で判定した。振動数はビデオの録画から判定した。粗度材は流れに沿う方向に一列26本からなり、これが横断方向に26列配置されている。変位等を測定したのは、最も右岸よりの一列のみで、しかも4本おきに6本について計測した。燐青銅の曲げ剛性は $EI=5.13 \times 10^{-5} \text{Nm}^2$ 、線密度は $\sigma=4.44 \times 10^{-3} \text{kg/m}$ である。

3. 実験結果

3.1 変位、振幅、振動数 図-1に一測定例を示す。粗度材頂部の水平変位は下流の方が大きい。上流側の粗度材に遮蔽される位置にあるので、下流側ほど働く力は弱く変位は小さいと思いがちであるが、実際は逆であった。下流に行くほど水位が下がり、局所的な流速ひいては力が大きくなる場合がある。粗度材は絶えず振動するが、その振動数も下流の方が大きい。

3.2 粗度材に蓄えられるエネルギー 長さdの片持梁に等分布荷重pが作用するとき、頂部水平変位 δ は

$$\delta = pd^4 / 8EI \quad \text{-----(1)}$$

与えられる。測定した粗度材頂部の水平変位から対応するpを求め、静的な曲げにより蓄えられる歪みエネルギー W_1 を次式で見積る事が出来る。

$$W_1 = p^2 d^5 / 40EI \quad \text{-----(2)}$$

振動のエネルギー W_2 は、振幅aが底面からの高さの2乗に比例し、時間に関して振動数 λ で正弦的に振動すると仮定すると、次式で評価出来る。

$$W_2 = (2/5) \pi^2 \sigma \lambda^2 a^2 d \quad \text{-----(3)}$$

図-2に W_1 と W_2 の比較の一例を示す。 W_1 に比べ W_2 は無視できる大きさである。

3.3 マンニングの粗度係数 n への換算 粗度材に働く力を見方を変えれば、粗度材から水の受ける力である。したがって、粗度材に働く力からマンニングの n を求める事が出来る。今、粗度材一本に働く力 F は pd と見積れるから、これを粗度材一本が占有する面積 S で割れば、単位底面面積当りの摩擦力 τ として表現した事となり、この換算が出来る。結局単位幅当りの流量 q 、水深 h を使って次式で求めれば良い。

$$n = (h^{7/6} / q) (F / \rho g S)^{1/2} \quad \text{-----(4)}$$

結果を図-3の○で示す。同様の手法で、ただし荷重は $1/2$ 乗則に従うと仮定すると同図の△となり、両者には大きな差はない。勿論水面勾配を使用して通常の手法で水理学的に決める事も出来る。この結果が図-3の●である。この方法で決めると水面位置の決定の精度が直接効いてくる為か、バラツキが生ずる。いずれにしても、3手法とも大体似たような結果となる。

3.4 アシ群としての粗度係数 アシ群全体について F の総和を求め n に変換したものと、水面勾配から得

たものとの比較を表-2に示す。流量が大きいほど、3者の一致は良い。

流量が小さく水深が大きい時、つまりは流速が小さくなると差が大きくなる。変換に当たっての仮定に問題があるのであろう。同じ流量なら、水深の小さい方がnは大きくなっている。この様な特性がなぜ生ずるのかは、今後の興味ある問題であろう。

4. 結論

アシ群を模擬した屈撓性の粗度を使用して実験を行った。種々の方法でnを求めたところ、この材料に対してはn=0.15程度である事が判った。河床の1/5が粗度材料で覆われた条件での前年度の実験では、全体としての粗度係数が0.025程度であった。今回の結果を使い、占有幅で単純に加重平均して求めても0.03位となる。部分的な粗度の積み上げにより、全体としての粗度を求める見通しがついた。

<参考文献>本間・首藤：河川流に対するアシの効果，第41回年講，1986。

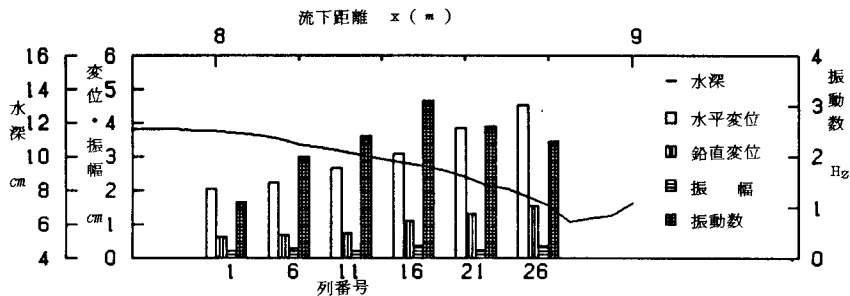


図-1 変位・振幅・振動数(ケース2)

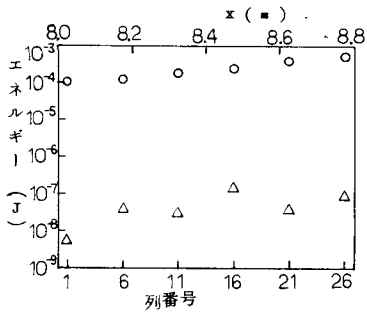


図-2 アシに蓄えられたエネルギー
(ケース2) (○ W₁)
(△ W₂)

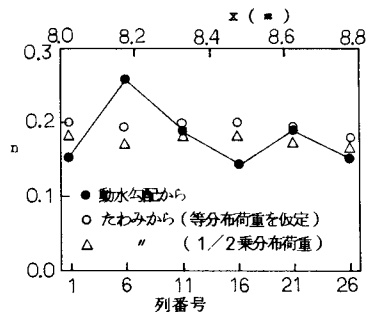


図-3 粗度係数への換算
(ケース2)

表-1 実験諸量

ケース	流量 (ℓ/s)	水深 (cm) (x=7)
1	10	15.0
2	10	11.6
3	20	15.3
4	20	14.5
5	5	14.1
6	5	9.3

x: 水路上流端からの距離(m)

表-2 植生区間の平均の n

算出方法 ケース	動水学的から	たわみから	
		等分布荷重	1/2乗荷重分布
1	0.15	0.16	0.14
2	0.16	0.18	0.16
3	0.14	0.14	0.13
4	0.13	0.14	0.12
5	0.069	0.038	0.034
6	0.18	0.22	0.19