

(67) 植生水路における流れの抵抗則に関する研究(Ⅰ)

京都府立大学 ○平野洋一、桃井信行、水原邦夫、大手桂二

1. はじめに

近年、河川の改修計画が進み、洪水の氾濫による災害がかなり小さくなってきている。ところが改修された水路内、例えば砂防水路工内に土砂が固定し、その後、植生が侵入することによって様々な問題が生じている。すなわち植生を自由に繁茂させておけば水流の疎通能力を低減させるとともに土砂の堆積が進行し、その結果として災害につながる可能性も高くなる。一方、植生を除去することは河床侵食の進行や、環境保護、経済面での制約を受けることになる。そこで、我々は、これらの矛盾を解決する第1段階として、木生水路、草生水路における流速分布と流れの抵抗則を水理学的手法により確立せんとするものである。ここでは、木生水路に関して検討した結果について報告する。

2. 実験概要

本実験では、幅、高さ30 cm、長さ10 mで底面は塗装鋼製、両側壁はガラス張りの勾配可変矩形断面水路を用い、樹木模型(直径2.75 mm、長さ5 cmの鋼製円柱)を水路床に固定し、粗度密度^(注)($\lambda = 0 \sim 1.48 \times 10^2$)と勾配($I = 1/50 \sim 1/1000$)と流量($Q = 5 \sim 25 \text{ l/s}$)をそれぞれ変化させ擬似等流域で流速と水深を測定した。なお、水深はポイントゲージ、流速はピトー管、流量は直角三角堰による。

3. 実験結果

3.1 流速分布

粗度密度が0のときの流速分布結果は、

$$U/U_* = A_0 + 5.65 \log U_* Y/\nu \dots\dots(1)$$

(U : 水深 Y における流速, U_* : 摩擦速度, ν : 動粘性係数)となりPrandtlの対数則にかなり良好に一致している。次に粗度を取り付けた場合の流速分布の一例を示すとFig. 1になる。これによると流速分布は、水路床付近ではPrandtl-von Kármánの完全粗面乱流の対数則

$$U/U_* = A_1 + 2.3/\kappa \log Y/K \dots\dots(2)$$

(κ : カルマン定数, K : 粗度高)は適用できず、そこで流速分布式を勾配変化点から上層に対

て $U/U_* = A_1 + 2.3/\kappa \log Y/K \dots\dots(3)$ 下層に対して $U/U_* = A_2 + \psi \log Y/K \dots\dots(4)$

と仮定し実験により係数を求めると、 $\psi = 1.00$ また、 A_n は λ , I , $Re (= U_* Y/\nu)$ の関数

で、Rayleighの定理により $A_1 = 0.57 \times \lambda^{-0.44} \times I^{-0.19} \times Re^{-0.10} \dots\dots(5)$ 一方、勾配変化点

は粗度密度 λ の関数で $Y = (1 + 0.123 \log \lambda) K$, $10^8 < \lambda < 1 \dots\dots(6)$

(3)~(6)式より $A_2 = A_1 + 4.75 \log(1 + 0.123 \log \lambda) \dots\dots(7)$ を得る。

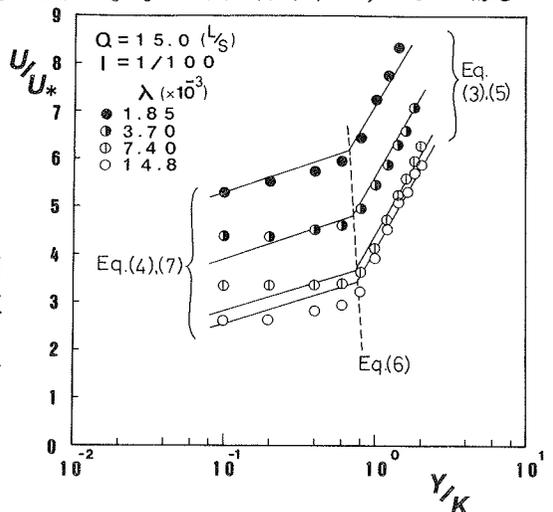


Fig. 1 流速分布

相対粗度の大きい砂礫床での粗面乱流の流速分布式は $Y = 0.8d$ (d : 粒径) 付近で勾配変化点をもっており、水路床近傍で流速は Prandtl の対数則を離れて一様化の傾向をもつとされている。しかし本実験では水生水路を対象としているため、その勾配変化点は一定でなく粗度密度により変化することがわかる。(Fig. 1)

3. 2 抵抗則 開水路における抵抗則は、一般に $\bar{U}/u_* = A_r + 2.3/k \log R/k_s \dots (8)$ ($A_r = 6.0, k = 0.4, \bar{U}$: 平均流速, R : 径深, k_s : 相当粗度) が適用できるとされている。そこで (8) 式が成り立つという前提で、この式から k_s を求めその特性を調べることにした。

Fig. 2 より k_s/k は、 λ, I, Q の関数であり、また Q を $Re (= U_* \cdot Y_m)$ で代表させ、 $k_s/k = a \lambda^b I^c Re^d$ と仮定して係数を求めると $k_s/k = 2.39 \times 10^{10} \times \lambda^{0.6} \times I^{1.69} \times Re^{-1.32} \dots (9)$ が得られる。

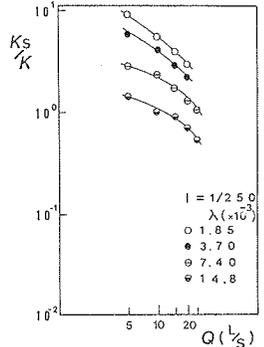
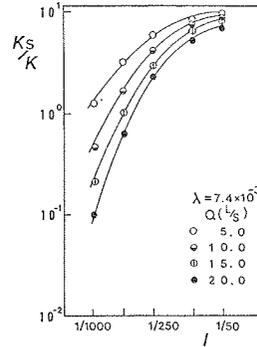
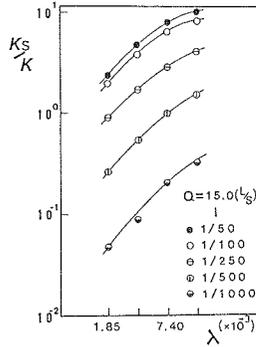


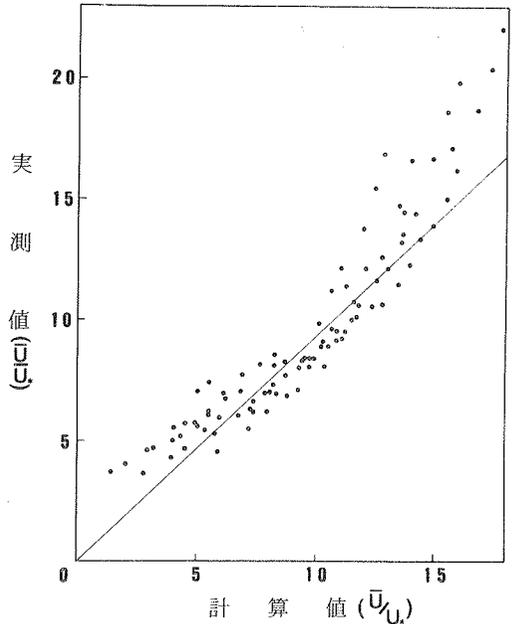
Fig. 3 は (8), (9)

Fig. 2 k_s/k と粗度密度、勾配、流量の関係

式より求めた \bar{U}/u_* の計算値を横軸に、実測値を縦軸にプロットしたものである。これによると偏差は 1.0 と比較的小さく、この相当粗度 (k_s) の算出式が理論式としてかなり適切なものであるといえる。

4. おわりに

本実験では、樹木を円柱として扱っており、粗度密度の表現方法についての若干の問題(枝葉及びその形体)もあるが、現在、その問題について検討中である。また現在実験中の草生水路におけるような弾性をもった粗度の実験結果及び実際河川での観測結果とも合せて、植生水路における流れの抵抗則を確立し、水路内の植生繁茂の許容度の決定に努めようとする次第である。



<参考文献>

- 1) 足立昭平: 開水路における椀型人工粗度の実験的研究 京大防災研究所年報第3号 (534)
- 2) 水山高久: 山地河川の掃流砂に関する研究 第2草急勾配流れの抵抗則 (552)
- 3) Nicholas Kouwen, et al.: Flow retardance in vegetated channels Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, 1969

(註) 水路床における単位面積当りの粗度の断面積