

1. まえがき 河川の粗度に関する問題は、古くて新しい問題といわれていたが、水理委員会の小委員会によってその問題の集大成が行われ、従来の粗度推定法に対する批判とともに、精度の高い推定法が報告され¹⁾、ほとんど解明された問題となっている。本報告は30回年講²⁾に続いてBoyerが提唱した水深の2割と8割の流速比(α)という一つの変量を流速分布及び平均流速の対数式に導入し、従来の実験式を再考察するとともに、流砂濃度によって変化することが知られているKármán定数(K)の粗度推定上の取扱いについて考察したものであり、最終的には α を実測することなく他の水理量から推定することを目指としている。

2. 変量 α を導入した対数式 対数の流速分布式と平均流速式は(1)、(2)式であり、水面から水深の2割と8割

$$\frac{u}{u_*} = A_r + \frac{1}{K} \ln \frac{y}{k_s} \dots (1) \quad \frac{u_m}{u_*} = A_r - \frac{1}{K} + \frac{1}{K} \ln \frac{h}{k_s} \dots (2)$$

の点の流速比を α として、(1)式より(3)式を得る。

$$\ln \frac{h}{k_s} = \frac{1.61\alpha - 0.22}{\alpha - 1} - K \cdot A_r \dots (3)$$

(3)式を(2)式に代入して、(4)式を得る。

$$\frac{u_m}{u_*} = \frac{0.61\alpha + 0.78}{K(\alpha - 1)} \dots (4)$$

$u_m/u_* = F_r/\sqrt{I}$ を考慮すると、(3)、(4)式より、

$$\frac{k_s}{hI} = A F_r^{-2} \dots (5) \quad \frac{k_s}{d_m} = A \left(\frac{d_m}{hI} \right)^{-1} F_r^{-2} \dots (6)$$

ただし、 $A = \left\{ \frac{0.61\alpha + 0.78}{K(\alpha - 1)} \right\}^2 \exp \left(K \cdot A_r - \frac{1.61\alpha - 0.22}{\alpha - 1} \right) \dots (7)$

を得る。 $A_r = 8.5$ として、 $u_m/u_* - \alpha - K$ の関係と $A - \alpha - K$ の関係とを $1.1 \leq \alpha \leq 2.0$ の範囲で図-1に表示した。 A は $\alpha = 2.0$ で極大となり、 $K \approx 0.24$ で最小であり、 $K = 0.35$ と $K = 0.15$ のときの A の値はほぼ一致する。

3. 従来の実験式についての考察 ここでは、 $K = 0.4$ とし、 k_s を河床砂の特性に結びつけた芦田の式³⁾と、 K の変化を考慮した吉川の式⁴⁾を考察の対象とする。芦田は(2)式を変形し、実験的な関係として(8)式及び図-2

$k_s/d_m = f(\alpha) F_r^{-2} \dots (8)$ | を得、さらに表現を変えて u_m/u_* と d_m/RI の関係曲線を求めている。(8)と(6)式より $A = f(\alpha) \cdot d_m/RI$ となり、図-2のグラフから読取って A を計算し、その A に対する u_m/u_* の値を図-1から求めた結果が表-1であり、芦田の関係曲線の u_m/u_*

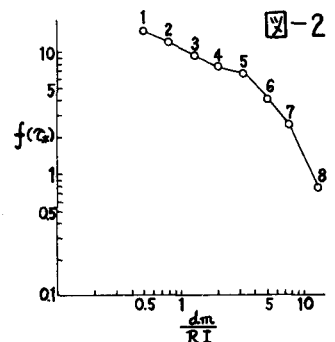
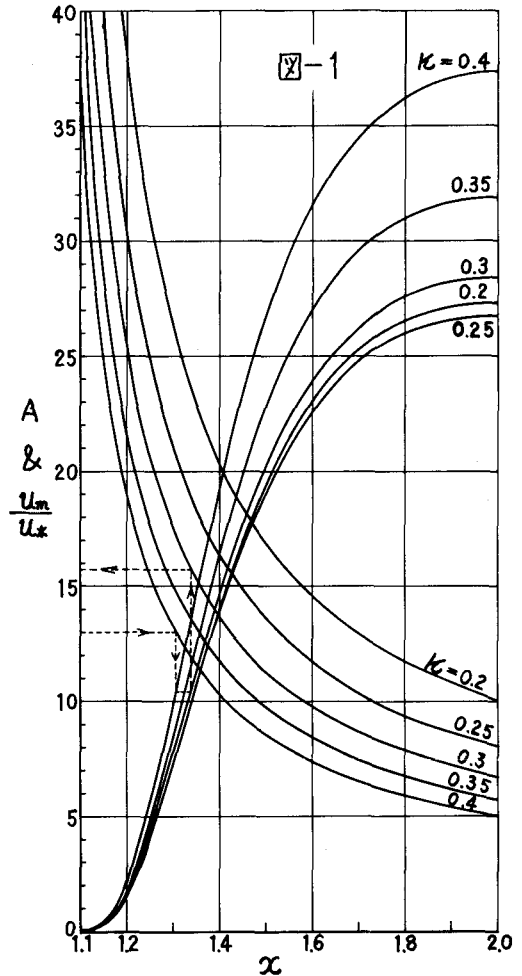


表-1

描点番号	1	2	3	4	5	6	7
A	7.8	9.4	11.0	15.4	20.8	20.0	18.2
α	1.28	1.30	1.31	1.36	1.42	1.41	1.39
u_m/u_*	14.0	13.3	12.8	11.3	9.8	10.0	10.4

の値とほとんど一致している。須賀⁵⁾は(2)式から近似的に(6)式と同じ式($A=33.2$ で、 $\alpha=1.65$ に相当)を導き、実河川に対しての(8)式の適用を疑問としているが、断面一定の実験水路では d_m/RI の一定の値に対する α の値がほぼ一定値となるのに反し、実河川では α 値が大きく変動するために(8)式の適用を疑問とする方が妥当であろう。

さて、 $K=0.4$ と仮定するこの種の実験式によって推定された u_m/u_* を用いて、流砂濃度によって減少する K を考慮した u_m/u_* を $(u_m/u_*)_c$ とした場合、(9)式

$$\left(\frac{u_m}{u_*}\right)_c = 8.5 - \frac{1}{K} + \frac{0.4}{K} \left(\frac{u_m}{u_*} - 6.0\right) \dots (9)$$

によって求められるとしているが、(9)式は下記の理由により疑問である。すなわち、(4)式において $K=0.4$ として(9)式に代入すると(10)式となり、(4)式と比較した場合矛盾して

$$\left(\frac{u_m}{u_*}\right)_c = 8.5 \left(1 - \frac{0.4}{K}\right) + \frac{0.61\alpha + 0.78}{K(\alpha - 1)} \dots (10)$$

いる。(10)式したがって(9)式は(1)式あるいは(3)式の K を 0.4 とし、(2)式の K と異なるものとしていることに相当し、明らかに矛盾している。 $(u_m/u_*)_c$

は図-1の破線で示してあるように u_m/u_* に対する A に等しい K に対する $(u_m/u_*)_c$ を求めれば上記の矛盾は生じない。この手法を用いて、吉川らの実験式(11)を(5)式と対比して考察す

$$\tau_{bs}/hI = 18 Fr^{-2.25} \dots (11)$$

る。 $0.2 \leq Fr \leq 2.0$ で(11)式を(5)式で接近させると、 $27 \geq A \geq 15$ となり、 K を変化させて u_m/u_* の範囲を図-1より求めて図示したのが図-3である。○印は $A=18$ とした場合であり $K=0.4$ のときは $u_m/u_*=10.6$ となって、Manning-Strickler式で近似した場合とほぼ同値である。また、(11)式と(5)式とを等しいとおくと、 $Fr = (18/A)^4$ を得、(4)式に代入して(12)式の $I - \alpha$ の関係式が求まる。図-4

$$I = (18)^8 \left\{ \frac{K(\alpha - 1)}{0.61\alpha + 0.78} \right\}^{18} \exp \left\{ 8\alpha \left(\frac{1.61\alpha - 0.22}{\alpha - 1} - K \cdot Ar \right) \right\} \dots (12)$$

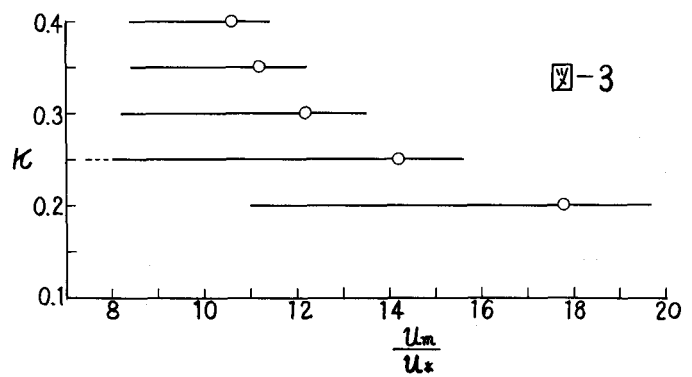


図-3

は図-3に示している u_m/u_* の範囲の $I - \alpha$ の関係図である。(11)式を粗度推定に用いる場合、 Fr を求めることなく、 I によって α がわかり、 u_m/u_* が推定できるのであろう。

参考文献

- 1) 土木学会論文報告集, 210号, 1973年.
- 2) 内島: 30周年講(II), 1975年.
- 3) 芦田: 土木技術資料, 1-7号 1959年.
- 4) 吉川他: 土木学会論文集, 135号, 1966年.
- 5) 須賀: 土木技術資料, 7-6号 1965年.

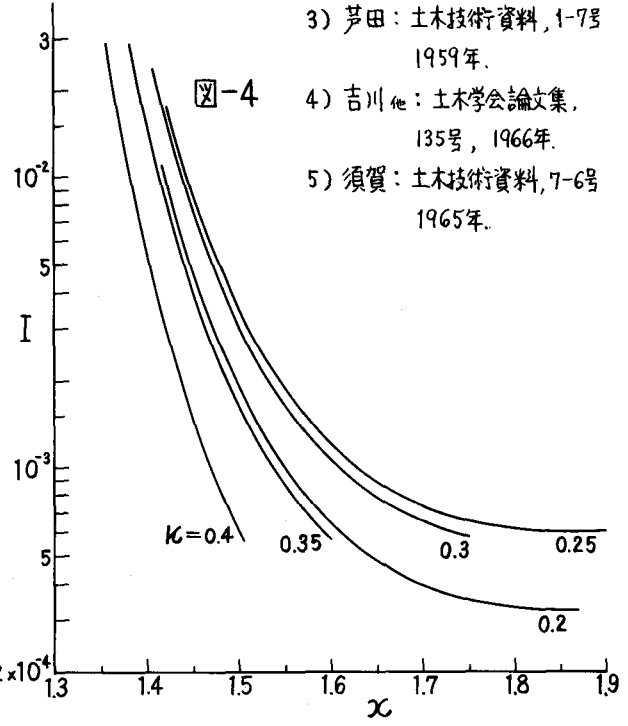


図-4