

II-102 橋脚の周りの流況について

日本大学理工学部 正員 ○栗津清藏

大津岩夫

長崎県 土木部

中谷忠臣

I) 最大底流速 U_b について: 橋脚設置に伴う流況の変化を示す, 洗掘に最も影響する U_b は一般に設置以前の平均流速 U_{mp} , 水の密度 ρ , 橋脚の流水の方向の投影面の幅 d , 水の粘性係数 μ , 重力の加速度 g , 水路幅 B , 水深 h_{mp} , 橋脚の断面形状を示す無次元数 F_p などに支配されることが予想される, π 定理によって現象を無次元表示すると (1) 式が得られ, さらに $h_{mp}/d = (U_{mp}/\sqrt{gd})^2 / (U_b/\sqrt{g h_{mp}})^2 = (F_p/k)^2$ に注目すると (2) 式が得られ, ただし $Re = U_{mp} d / \nu$, $K = d/B$

$$F(U_b/U_{mp}, U_{mp}d/\nu, U_{mp}/\sqrt{gd}, d/B, h_{mp}/d, F_p) = 0 \quad (1)$$

$$F(U_b/U_{mp}, Re, F_d, F_r, K, F_p) = 0 \quad (2)$$

両式の変数の関係性を調べるために図-1, 表-1の模型・実験条件で実験を行なったが, 変数が多いため, 実験値をもとにして, 変数間の関係を調べると例えば図-2が得られ, この図から前述の式を取り入れ h_{mp}/d の代りに F_p を導入してよいことが推論される。

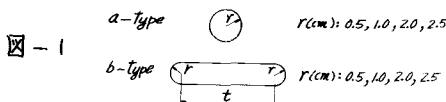


表-1

Para. Expt.	t/r	K	F_r
A	0	0.05, 0.10, 0.20, 0.25	0.30, 0.40, 0.445
B	3.0, 5.0, 7.0	0.05, 0.10, 0.20, 0.25	0.50
C	2.0	0.1	0.30, 0.40, 0.50

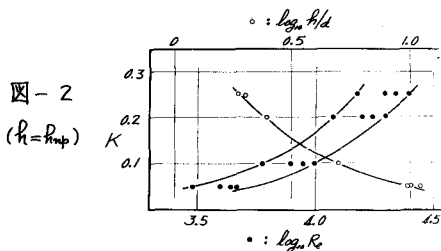


図-3

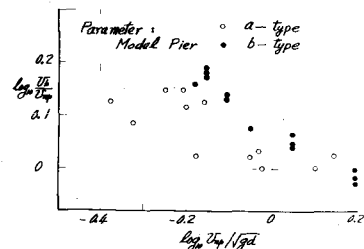


図-4

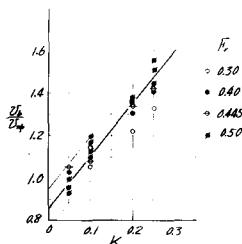


図-5

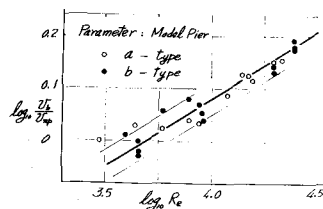


図-3, 4, 5を対象にして, U_b/U_{mp} を支配する変数との相関に注目すると, (1), (2) 式は次の式に近似されるものと推論される。

$$F(U_b/U_{mp}, Re, F_r, K) = 0 \quad (3)$$

図-4より

$$\left. \begin{aligned} U_b/U_{mp} &= 2.50K + 0.860 = \bar{K}_4 \\ 0.30 &\leq F_r \leq 0.50 \\ 0.05 &\leq K \leq 0.25 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

図-5より

$$\left. \begin{aligned} U_b/U_{mp} &= 0.112 Re^{0.257} = \bar{K}_5 \\ 0.30 &\leq F_r \leq 0.50, 0.05 \leq K \leq 0.25 \\ 2.97 \times 10^3 &\leq Re \leq 2.48 \times 10^4 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

(4), (5)式の優劣並びに(3)式の有効性は本稿の試験範囲外の試験値によって、判断されるであらう。

II) 洗掘発生限界について：どのような流れに、どんな橋脚を設置した場合に洗掘が起るか、起らないかの境界について考える。一般に移動床の限界底流速 U_{bc} と平均流速との関係は次の式によって示される[1]。

$$\frac{U_{bc}}{U_{mp}} = \frac{2.06 \sqrt{N_{mp}}}{(\sqrt{\tau_c / w d_m})^{0.784}} \sqrt{\frac{\tau_c}{\tau_{mp}}} \quad (6)$$

(4)式または(5)式と(6)式より

$$\frac{U_b}{U_{bc}} = \frac{\bar{K}_i (\sqrt{\tau_c / w d_m})^{0.784}}{2.06 \sqrt{N_{mp}}} \sqrt{\frac{\tau_{mp}}{\tau_c}} \quad (7)$$

$$N = \frac{\pi^2 g}{R^3} = \frac{1}{(5.94 + 5.75 \log_{10} R/d_m)^2} = \frac{f}{2} \quad (8)$$

ただし N は粗度を示す無次元項[2], f は摩擦抵抗係数($\tau = f \rho U^2/2$)、従って $\tau_{mp} = f N_{mp} U_{mp}^2$ であり、 $d_m > 1.5 \text{ mm}$ の場合 $\tau_c / w d_m$ は常数とみなされるから、(7)式は次のようになる、ただし C_0 は常数

$$\frac{U_b}{U_{bc}} = C_0 \bar{K}_i \frac{U_{mp}}{\sqrt{\tau_c / \rho}} = C_0 \bar{K}_i \frac{U_{mp}}{U_{*c}} \quad (9)$$

洗掘発生時には $U_b = U_{bc}$ 、水理量の末尾の添字*をつける(7), (9)式より次の関係が推論される。

$$F(\bar{K}_{i*} / \sqrt{N_{mp*}}, \tau_{mp*} / \tau_{*c}) = 0 \quad (10)$$

$$F(\bar{K}_{i*}, U_{mp*} / U_{*c}) = 0 \quad (11)$$

(10), (11)式の関係を調べるために、表-2の条件で実験を行なった、試験値を(10), (11)式に従ってプロットすると、図-6~9が得られる、これらの図から実験式を求めると、例えは図-6, 8より

$$\frac{\tau_{mp*}}{\tau_c} = \frac{96.5 N_{mp*}}{(2.50K + 0.860)^2} \quad (12)$$

$$\frac{U_{mp*}}{U_{*c}} = \frac{9.86}{2.50K + 0.860} \quad (13)$$

$$0.10 \leq K \leq 0.25, \quad 8.0 \leq d/d_m \leq 33.3$$

なお $\bar{K}_i$ と $\bar{K}_s$ のいずれがよいか、検討の要あり。

参考文献

[1] S. AWAZU: ON SCOUR AROUND SPUR-DIKE; Proc. I.A. H.R. 1967

[2] 栗津：開水路不整流の相似理論的考察とその応用；土木学会誌'53
河床物量の2,3の性質とその応用；土木学会誌'56

Exp.	Model Pier Y(cm)	t/r	Bed-material d _m (cm)
A	1.0, 2.0, 2.5	0	0.15, 0.25, 0.35
B	1.0, 2.0, 2.5	5.0	0.15, 0.25, 0.35

表-2

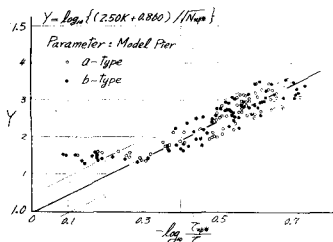


図-6

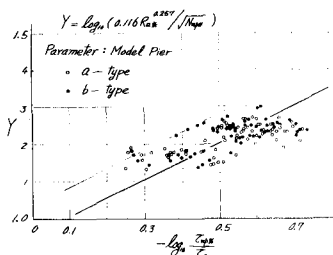


図-7

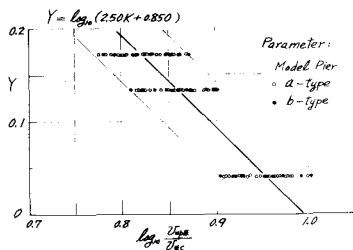


図-8

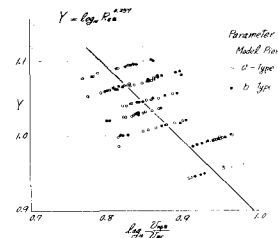


図-9