

1. まえがき.

第25, 26回年次学術講演会において, 橋脚の周りの洗掘についてと題し実験値をもとにして, 1) 固定床にお4
る最大底流速, 2) 洗掘発生限界, 3) clear water scour にお4る平衡洗掘深 などについて発表した。

この報告は洗掘深へのアプローチの方法は全く同一であるが, 個々の段階における資料の解析について再検討・改定と試みたものである。次に本文に用いる記号について述べる, d_m , S : 河床物質の平均粒径と比重, d_{se} : 初期移動床表面よりお4れた平衡洗掘深, F_0 : 橋脚設置予定断面の Froude number $U_b/\sqrt{gR_0}$, g : 重力の加速度, h_0 , R_0 : 橋脚設置予定断面の水深および径深, K : 橋脚の流水方向の投影幅 d と水路幅 B との比 d/B , q : 単位幅当りの流量, R_p : pier Reynolds number $U_b d/\nu$, U_b : 最大底流速, U_{bc} : 河床物質の流水による移動に対する限界底流速, U_0 : 橋脚設置予定断面の平均流速, U_{xc} : 洗掘発生限界時の U_0 , U_{xc} : 限界掃流力に関する摩擦速度。

2. 最大底流速 U_b について.

既報において, $U_b/U_0 = F(K \text{ or } R_p)$ の概念のもとに次の実験式を提案した。

$$\frac{U_b}{U_0} = 2.50K + 0.860 \quad (1)$$

$$\frac{U_b}{U_0} = 0.122 R_p^{0.257} \quad (2)$$

しかし U_b/U_0 は K が非常に小さくお4ると R_p が支配的因子にお4るものと推論お4る, 一般には U_b/U_0 は K と R_p の関数である, そのことに注目して U_b/U_0 と $(1-K)$ との関係に就て検討した結果 次の関係があることがお4つた。

$$\frac{U_b}{U_0} = 0.918 (1-K)^{-1.62} \quad (3)$$

(2) と (3) より $U_b/U_0 = F\{R_p^{0.257}/(1-K)^{1.62}\}$ と仮定し, 実験値を用いてその相関を調べ, その結果次の関係が得お4れた。

$$\left. \begin{aligned} \frac{U_b}{U_0} &= 0.331 \left\{ R_p^{0.126} / (1-K)^{0.792} \right\} \\ 0.30 \leq F_0 \leq 0.50, 0.05 \leq K \leq 0.25, 2970 \leq R_p \leq 26800 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

3. 洗掘発生限界について.

橋脚周辺の局所流の強弱によって, 橋脚周辺の洗掘がお4る場合とお4じお4る場合とがある, その境界の状態を洗掘発生限界と定義する。

移動床表面の掃流力が限界掃流力に等しいときの移動床表面の流速を限界底流速 U_{bc} とお4ると, 洗掘発生限界においてはお4なくとも $U_b = U_{bc}$ であることに注目, 洗掘発生限界にお4る平均流速 U_{0*} について, (1), (2) を用いて既報において次の実験式を提案した。

$$\frac{U_{0*}}{U_{xc}} = \frac{9.82}{2.50K + 0.860} \quad (5)$$

$$\frac{U_{0*} d}{\nu} = 32.0 \left(\frac{U_{xc} d}{\nu} \right)^{0.796} \quad (6)$$

同様の考えに従って (4) を用いると, 次の関係が得お4れた。

$$\frac{v_{0x}}{v_{xc}} = 19.5 \frac{(1-K)^{0.703}}{(v_{xc} d/v)^{0.112}} \quad (7)$$

しかしながら、資料のバラズキと d/d_m が小さい資料が (7) 式より算出したところに分散していることが見られ、 $v_b = v_{bc}$ のとき果して河床物質が移動するのか? ということについて検討する。

一般に洗掘発生限界において、河床物質の平均粒径 d_m に相当する範囲の平均表面流速 $\bar{v}$ が小さくとも v_{bc} に等しいはずである、一方 v_b はこの流速分布は測定してないので、 K が非常に小さい場合円柱橋脚 (dia. d) の局所流をポテンシャル流と仮定して推論する、円柱軸を通り undisturbed flow に normal な面上の流速分布より、円柱表面より d_m 区間の平均流速 $\bar{v}$ と最大流速 v_{max} との比は次のように示される。

$$\frac{\bar{v}}{v_{max}} = \frac{d/d_m + 1}{d/d_m + 2} = k_e (\leq 1.0) \quad (8)$$

従って $\bar{v} = k_e v_{max} = k_e v_b$ とおいて、資料を再整理する、すなわち補正係数 k_e を用いて洗掘発生限界において $\bar{v} = v_{bc}$ であると仮定し資料を整理したの結果が得られた (d/d_m の小さい資料も式に含められた)。

$$\frac{v_{0x}}{v_{xc}} = \frac{18.6 (1-K)^{0.703}}{k_e^{0.888} (v_{xc} d/v)^{0.112}}, \quad \begin{aligned} &0.10 \leq K \leq 0.25, 5.71 \leq d/d_m \leq 33.3 \\ &0.30 \leq F_0 \leq 0.50, 4770 \leq R_p \leq 19300 \end{aligned} \quad (9)$$

4. 平衡洗掘深について。

既報において、平衡洗掘深 d_{se} と d_{se}/h_0 or $d_{se}/R_0 = F(\log_{10} v_b/v_{0x})$ の推論のもとに実験式を提案した、しかしながら d_{se}/h_0 or $d_{se}/R_0 = F(v_b/v_{0x})$ と考えるのが妥当で、しかも $v_b/v_{0x} = 1$ のとき $d_{se} = 0$ とすべきことに注目すると $F(v_b/v_{0x})$ の関数形は $\log_{10} v_b/v_{0x}$ or $(v_b/v_{0x} - 1)$ が考えられる。

(9) 式を用いてこれらの相関を調べたが、相関は見られず、既報と同様に資料のバラズキが見られた、これは洗掘発生限界の資料のバラズキがそもそも当然予想されるが、バラズキについて検討する。

資料(無次元量)を注意深く観察すると、バラズキは流量、平均粒径などに影響を受けている傾向が見られ、一方洗掘現象は水面下の河床物質の運動によって生ずることには注目しながら、単位幅当りの流量 q , d_m , $(S-1)g$ の三つの因子より無次元項を求めると、 $q^2/d_m^3(S-1)g$ が得られた、これを用いてバラズキを検討すると、バラズキに対する効果が過大に現れたので、次の無次元式を採用すると、 d_{se}/h_0 のバラズキの幅が縮小することができた。

$$\pi_q = \frac{q^{2/3}}{d_m \{ (S-1)g \}^{1/3}} = \left\{ \left(\frac{h_0}{d_m} \right) \frac{v_0}{\sqrt{(S-1) d_m g}} \right\}^{2/3} \quad (10)$$

その結果次の実験式が得られた。

$$\frac{d_{se}}{h_0} = 54.5 \log(v_b/v_{0x}) / \pi_q \quad (11), \quad \frac{d_{se}}{h_0} = 18.6 (v_b/v_{0x} - 1) / \pi_q \quad (12)$$

$0.10 \leq K \leq 0.25$, $0.30 \leq F_0 \leq 0.50$, $167 \leq \pi_q \leq 28.1$, $5.71 \leq d/d_m \leq 33.3$, 橋脚は α or β タイプの条件において、これらの式が適用でき、河床物質の掃流力が限界掃流力に等しいときの平均流速と v_{bc} とすべし $v_0 \leq (1.0 \sim 1.2) v_{bc}$ において適用できるものと推論(1)される。

(11), (12) の関連性は次の関係が最も容易に理解でき、すなわち $1 < v_b/v_{0x} < 2$ の範囲で

$$\log \frac{v_b}{v_{0x}} = \left(\frac{v_b}{v_{0x}} - 1 \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{v_b}{v_{0x}} - 1 \right)^2 + \frac{1}{3} \left(\frac{v_b}{v_{0x}} - 1 \right)^3 - \dots$$

を continuous sediment motion を伴った平衡洗掘深は (11), (12) 式において $v_0 = (1.0 \sim 1.2) v_{bc}$ によって推定されるだろう。この報告は小川育英会より研究補助を受けた研究の一部であることを付記する。

[1] Hancu: "Sur le calcul des affouillement locaux dans la zone des piles du pont" Proc. of 14th Cong. of I.A.H.R. 1971