

山口大学工学部 碩。齋藤 隆

" " 柴田 幸信

著者等は昭和36年円柱周囲の洗掘について実験を行ない、その洗掘機構についての一試案を提案した⁽¹⁾。その時の実験は一定の河床勾配のもとに行なはれたもので、流れの水深 h_0 、Froude数 $U_0/\sqrt{g h_0}$ および U_{avg}/U_0 は完全に独立に変化することは出来なかつたので、流れのFroude数や U_{avg}/U_0 に対する解析は不十分であつた。今回は上記要素を独立に変化させるために河床勾配を $1/100$ 、 $1/200$ 、 $1/400$ 、 $1/800$ の4通り変えて洗掘実験を行なうと同時に、洗掘深さがほぼ定常状態に達した後、円柱中心を通る横断面で流速分布の測定を行なつた。前報において洗掘深さが定常状態に達した場合、流線の経路は円柱の影響を受けないものと考えたが、流速分布の測定結果から横断方向の流速分布は $R=r/R_0$ によつて影響を受け、また円柱側面での単位巾流量 q_{max}/q_0 もFroude数によつて変化することが認められた。

本文は流速分布の測定結果とその結果を用いて最終洗掘深さに関する式の修正を行なつたことについて報告するものである。

(1) 流速分布

洗掘深さがほぼ定常状態に達した後、円柱中心を通る横断面で、鉛直方向に $1 \sim 2$ cm 間隔で、水平方向に $3 \sim 5$ cm 間隔で流速を測定して横断方向の流量分布を求めて図示したものが図-1である。この q_0 、 q_{max} はそれぞれ等流流れおよび円柱側面における単位巾流量、 D は最大洗掘深さである。測定値は R がほぼ1.0と2.0の2通りだけであるが傾向としては R の大きい方が円柱による影響が小さくおよんでいる。図-1より R が1.0と2.0に対しての平均値を用いて実験曲線を求めると

$$\frac{q - q_0}{q_{max} - q_0} = \exp\left(-\frac{2.35}{\sqrt{F_r}} \frac{y}{D}\right) \quad (1)$$

なる関係が得られた。

円柱側面の単位巾流量を流れのFroude数に対して図示したものが図-2である。Froude数が小さくなると、 q_{max}/q_0 は小さくなり、円柱周りのpotential flowより求められる2.0な

図-1

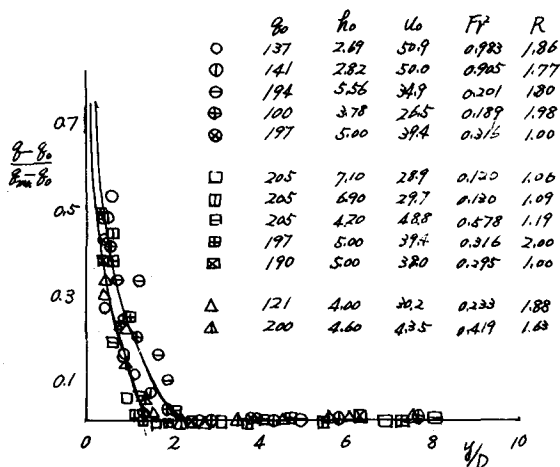
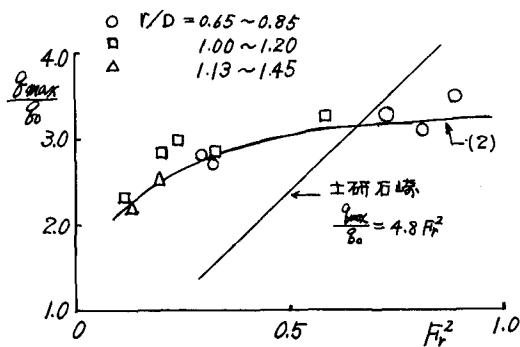


図-2



る値に近づく。これは Froude 数が小さいと洗掘深さが小さく洗掘穴の影響が小さく、Froude 数が大きくと洗掘深さは大きくなり洗掘穴への流れの流れこみになるものではないかと思われる。図-2より実験の散乱がかなり大きいが一応 g_{max}/g_0 は Fr^2 のみの関数とみなして実験式を求めてみると

$$\frac{g_{max}}{g_0} = 3.30 + \log Fr^2 \quad (2)$$

なる結果が得られた。

流線の全路がどのような傾向にあるものか知るために流れの連続の式

$$g_0 X = \int_0^{D \cot \theta} g dy \quad (3)$$

に(1)、(2)式の実験結果を代入し整理すると

$$\frac{X}{D \cot \theta} = 1 + \frac{\sqrt{r/h_0}}{2.35 \cot \theta} (2.30 + \log Fr^2) \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{2.35 \cot \theta}{\sqrt{r/h_0}}\right) \right\} \quad (4)$$

なる洗掘範囲 $D \cot \theta$ とこの範囲を流過する同流量が流れる等流流れの中 X との関係が求られ、流速分布の測定結果より求めた値を(4)式と同時に図-3に示した。実験値の散らばりはかなり大きい。(4)式と同傾向であるといえよう。

(2) 最終洗掘深さ

円柱周囲の洗掘形状を前報と同モデルとすると流砂の連続の式は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} \frac{dV}{dt} &= \frac{g_B}{1-\lambda} D \cot \theta - \frac{g_{B0}}{1-\lambda} X \\ &= \frac{g_B}{1-\lambda} D \cot \theta \left(1 - \frac{X}{D \cot \theta} \frac{g_{B0}}{g_B} \right) \end{aligned} \quad (5)$$

こゝに g_{B0} , g_B は等流流れのところと洗掘穴斜面の流砂量である。また λ は空疎率と100で割った値である。流砂量の式としては指数形

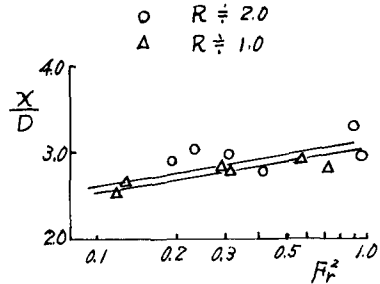
$$g_B = K \sqrt{sgd^3} \left(\frac{u^2}{\varphi^2 s g d} \right)^m \left(\frac{1}{\sin \theta + \mu \cos \theta} \right)^m \left(1 - \frac{\varphi^2 u_{*c}^2}{u^2} \right) \quad (6)$$

を仮定する。上式中の代表流速 u としては洗掘が進行するにしたがって円柱側面および斜面における代表流速は洗掘深さ D に応じて減少してゆくはずである。⁽³⁾ その詳細な関数形は今のところ不明であるので、洗掘穴内の有効水深として $(h_0 + \beta D)$ なる水深を考え、代表流速としてこの水深を用いた平均流速を用いることとすると、

$$\frac{u}{u_0} = \frac{X}{D \cot \theta} \frac{h_0}{h_0 + \beta D} \quad (7)$$

と代表流速を与える。

図-3



洗掘深さは定常状態に達した状態では $dV/dt = 0$ であるから (5) 式より洗掘深さの定常状態では

$$1 - \frac{\chi}{D \cos \theta} \frac{g_{Bo}}{g_0} = 0 \quad (8)$$

と与えられる。(8)式を(4)式を代入すると

$$1 - \frac{\chi}{D \cos \theta} \frac{K_0 \left(\frac{\varphi}{g_0}\right)^{2m} (\sin \theta' + M \cos \theta')^m \left(\frac{U_0}{U}\right)^{2m} \left(1 - \varphi_0^2 \frac{U_{Bo}^2}{U_0^2} + \frac{U_0^2}{U^2} \varphi_0^4 \frac{U_{Bo}^4}{U_0^4}\right) = 0 \quad (9)$$

となる。ここで $\left(\frac{\varphi}{g_0}\right)^{2m} (\sin \theta' + M \cos \theta')^m \div 1$ $\frac{U_0^2}{U^2} \varphi_0^4 \frac{U_{Bo}^4}{U_0^4} \ll 1$ とみなし、(4)、(7)式を用い、突堤先端の洗掘の正しい検討にしよう。ここで $m = 3/2$ と置いて整理すると、⁽⁴⁾

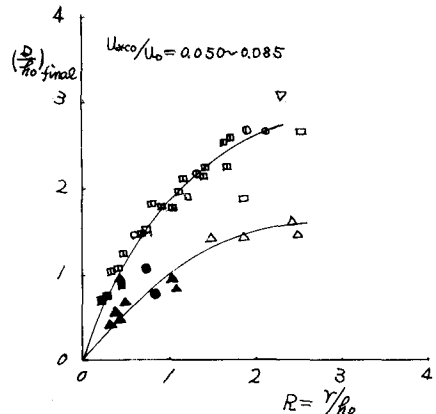
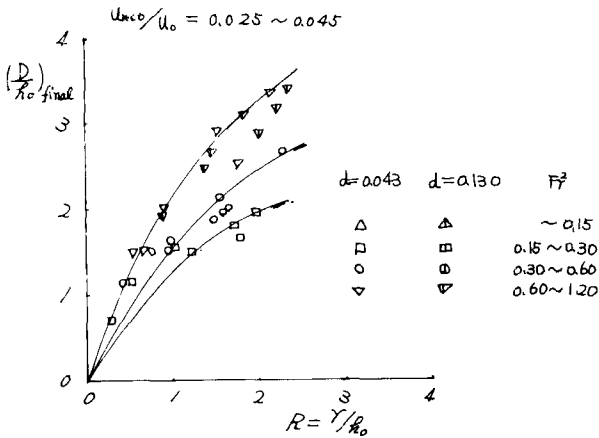
$$1 - \beta \zeta_f = \left(\frac{K}{K_0}\right)^{\frac{1}{3}} \left(1 - \varphi_0^2 \frac{U_{Bo}^2}{U_0^2}\right)^{-\frac{1}{3}} \left[1 + \frac{\sqrt{R}}{4.70} (2.30 + \log Fr) \left\{1 - \exp\left(-\frac{4.70}{\sqrt{R}}\right)\right\}\right]^{\frac{2}{3}} \quad (10)$$

なる最終洗掘深さを与える関係式が求められた。ここで $\zeta_f = D/g_0$ (D : 最終洗掘深さ) $R = r/g_0$

(r : 内柱の半径) である。図-4a、図-4b は U_{Bo}/U_0 を一定とした場合の最終洗掘深さについての実験結果を示したものである。

図-4a

図-4b



参考文献

- (1) 橋本一郎, 香藤隆 「橋脚の洗掘について」 土木学会第16回年次講演会, 1961
- (2) 石原藤次郎 「橋脚による河床洗掘に関する実験的研究」 土木学会誌 昭13~18
- (3) 石崎勝義 「橋脚の洗掘」 土木学会第22回年次講演会 1967
- (4) 橋本一郎, 香藤隆 「突堤による河床の洗掘について」 山口大学工学部学報第13巻 昭38