

II-16 噴流の衝突による壁面底部の局所洗掘に関する実験的研究

秋田大学土木工学科 正 員 石井 千万太郎

○ 学生員 畠山 裕喜

学生員 肴倉 泉

1. はじめに

図-1 の模式図に示すように、噴流の衝突によって生じる壁面底部の局所洗掘孔の最大洗掘深 z_s とその形状 ($B_s, B_{zs}, L_s, \dots$) を、噴流流速 v 、噴流衝突角 θ 、噴流口位置 L 、噴流幅 B をパラメータとして実験的に求め、その変化特性について検討している。この他にこの現象を支配する水理量として路床砂粒径 d 、噴流の水深 h が考えられ、橋脚前面の洗掘¹⁾ の場合にならない、次式の関係を想定している。

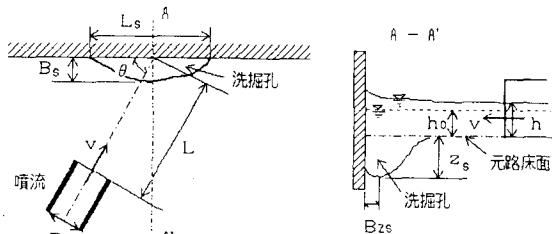


図-1 流れと局所洗掘の模式図

$$Z_s/h, L_s/h, B_s/h, B_{zs}/h, \dots = F(N_s/N_{sc}, \theta, L/h_0, B/h_0) \dots (1)$$

ここに、 h が噴流出口での実際の水深であるのに対し、 h_0 は側壁がない場合の水深である。 $N_s = v/(s \cdot g d)^{1/2}$: sediment数、 s : 路床砂の水中比重、 g : 重力加速度、 N_{sc} : 移動限界sediment数。

N_s は噴流出口での流速 v 、水深 h を用いて計算している。実験は (1) 式の無次元パラメータについて行っている。

2. 実験装置及び実験方法

水平に置いた 20 cm × 250 cm の実験水路に平均粒径 0.81 mm (比重 2.65) の砂を水平に敷均し、静水水深が 1.00 cm になるように水路の長手方向の両端にゲートを設置している。噴流は、噴流流速分布が一様となるよう整流し、また、連続的な粗度となるよう噴流装置底部に砂を貼り付けている。壁面がない場合の水深 h_0 は水路の長手方向に噴流を流出させた流出口位置の水深としたが、流速によらず $h_0 = 1.20$ cm であった。噴流の通水は洗掘孔が平衡に達するまで行っている。

3. 実験結果

① N_s/N_{sc} の影響について

$\theta = 90^\circ$, $L/h_0 = 5.00$, $B/h_0 = 3.33$ の場合の N_s/N_{sc} の変化に対する Z_s/h の変化を表わしたのが図-2 である。 $N_s/N_{sc} < 1$ の場合に生じる静的洗掘は、0.7 から生じ、 N_s/N_{sc} の増加と共に最大洗掘深は増加し、 $N_s/N_{sc} = 1$ で $Z_s/h = 1.4$ となる。 $N_s/N_{sc} < 1$ の場合に生じる動的洗掘は、 $Z_s/h = 1.5 = \text{const.}$ である。図中の二本の破線は橋脚の場合の推定式で橋脚幅を無限大として得られる次式の IAHR Task Force 型の式を表す¹⁾。

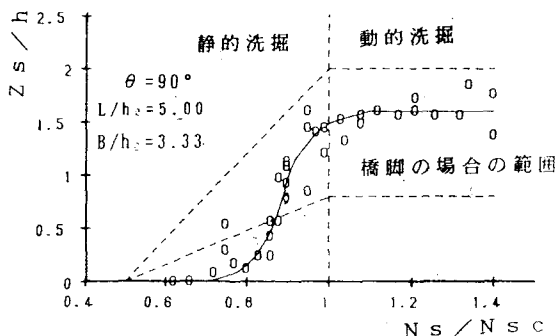


図-2 最大洗掘深と N_s/N_{sc} の関係

$$Z_{sd}/h = C \dots (2), \quad Z_{ss}/h = (2N_s/N_{sc} - 1) (Z_{sd}/h) \dots (3)$$

ここに、 Z_{sd}, Z_{ss} : 動的および静的平衡状態の最大洗掘心深、 $C = 0.8 \sim 2.0$ で上の破線は 2.0、下の破線は 0.8 に対する式を表す。本ケースの局所洗掘が同様の結果となっていることが分かる。

② 噴流入射角 θ の影響について

噴流入射角 θ の影響は、 $L/h_0 = 5.00$, $B/h_0 = 3.33$ の場合について検討した。図-3 に見られるように N_s/N_{sc} によって異なる結果となるため、 $N_s/N_{sc} = 1.59, 1.39, 1.23, 0.95, 0.90$ のそれぞれについて実験を行い検討した。図中の K_a は、 $K_a = (Z_s/h)/(Z_s/h)_{90}$ である ($(Z_s/h)_{90}$: $\theta = 90^\circ$ のときの (Z_s/h))。
 N_s/N_{sc} が比較的大きい場合、 θ が減少すると K_a は一旦増加するがその後減少する。また、 N_s/N_{sc} が比較的小さい場合、 θ の減少に伴い K_a が単調に減少している。

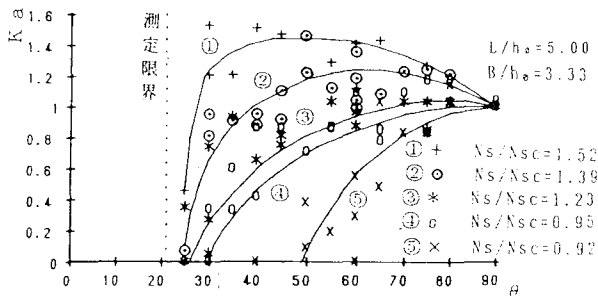


図-3 最大洗掘深と θ の関係

図-4 は洗掘孔形状を示す側壁沿いの座標 x を $(L_s/2)$ で、側壁に垂直にとった y 座標を B_s で、深さ方向座標 Z を最大洗掘深 Z_s で無次元化して示したものである。

図が煩雑なるため $Z/Z_s = 0$ と 0.5 の形状だけを示している。入射角 θ による変化が予想されたが、動的洗掘の場合、相似形となっていることが注目される。このことは本ケースの洗掘が極めて局所性の強い現象であることを意味しているのであろう。

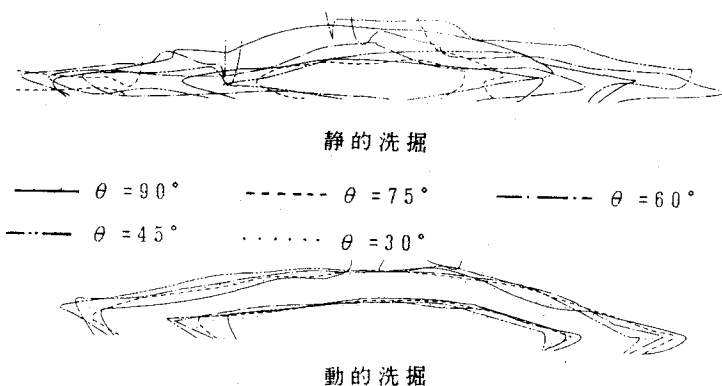


図-4 局所洗掘孔形状コンター

③ L/h_0 の影響について

$\theta = 90^\circ$, $B/h = 3.33$, 噴流の二つの一定流量に対し、 L/h_0 を変化した実験を行い、 $(Z_s/h)/(Z_s/h)_{L/h_0=5}$ の変化を求めた。その結果を図-5 に示している。噴流流出口が側壁に近づくとその水深が増加するため、 N_s/N_{sc} 値は一定ではなく減少する。(1.17~1.41, 0.83~0.90) 図は L/h_0 の減少により最大洗掘深は大きくなるが、 $L/h_0 = 3.7$ 付近から急激に減少することを示している。その原因については不明である。

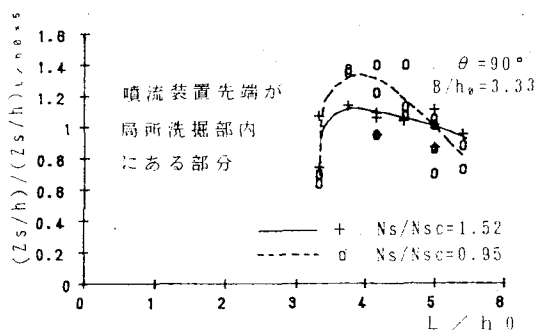


図-5 最大洗掘深と L/h_0 の関係

4. おわりに

噴流幅(B/h_0)の影響についてはただ今実験中である。講演時にその結果について発表する予定である。

<参考文献>

- 1) 土木学会：水理公式集、第3編河川編、8.4.1 橋脚による局所洗掘、昭和60年度版。