

西日本工業大学 正 赤司 信義

山口大学工学部 正 斎藤 隆

鉛直もぐり噴流による洗掘に関する工学的な問題は洗掘が進行した後の最終洗掘深はどの程度になるのかということと、下流水深が洗掘の進行にどの程度影響を及ぼすのかということと二点にある。最終洗掘深についてはこれまでの著者らの解析法によって十分予測されることを示してきた。一方、下流水深が洗掘の進行に重要な影響を及ぼすことは段落水による洗掘に関する研究でも明らかにされているが、水脈突入時の空気泡の混入などによって流れが非常に複雑となるため、その水理的機構はほとんど明瞭にされていない。著者らの浅い水深での洗掘過程の観測結果によれば(図1参照)深い水深での洗掘特性との明確な区別は後期洗掘における洗掘穴からの浮流砂を伴うふき上げ流れが浅い水面の存在によって砂堆頂上より拡散することなく、急激に水平流に転ずることおよびその流れによって砂堆頂上に沈降堆積した砂粒子は下流に掃流されて砂堆部形状が深い水深での三角形より台形状に変形することによって見出される。従って深い水深での洗掘の進行が砂堆頂を越えて沈降堆積した量によって規定されるのに対し、浅い水深での洗掘の進行は砂堆部台形状前縁を通過した量によって規定される。

本文は浅い水深での実験結果より得られた水深の影響条件及び深い水深での洗掘解析法を利用して、下流水深の影響を受けたときの洗掘過程を数値的に解析したものである。ここでは、これまでの解析モデルと異なる後期洗掘での解析モデルを示し、計算結果も実験結果と比較する。

水深の影響が洗掘形状に認められるようになるのは砂堆頂水深が次式で $R_{pc}/B_0 = \sqrt{0.05 \cdot H_0^2 / S g d}$ 、示されるほどであり、 A_p が前式より大きいとき洗掘特性長(B , L_0 , L_p)の関係は深い水深の場合とほとんど同一であったので、 A_p が A_{pc} を超するまでは、これまでと同じように、図3中の S 軸に沿ってふき上げられるとした。 $A_p = A_{pc}$ になると、 B_p はほとんど一定であったことより、図3中の $B-B$ 断面を始端として水平に洗掘穴からの浮流砂が拡散されるものとした。このとき、水深 A_p を一定とし、流れの速度を一定として、これを U とおき、次の拡散方程式: $\partial^2 c / \partial x^2 - U \partial c / \partial y = \varepsilon \cdot \partial^2 c / \partial y^2$ より求められる濃度分布を積分して S 軸上の浮流砂通過量を求める。さらにこれを河床変動の基礎式に代入することによって水平流始端下流部の河床変動量が求められる。なお、その値は固定床衝突噴流での値を用いた。図5に、このようにして求められる $t+A$ 時刻の過渡的な形状を示してある。観測結果としてははじめに述べたように砂堆部前縁を通過した砂量はすべて掃流され、砂堆頂高はほとんど一定であるから、図5に示す斜線部分を堆積量($cd g$ の部分)に置換する。又、この量は洗掘量に等しいのであるから、洗掘穴内の力のつり合い条件をもちいて、 $t+A$ 時刻の平均洗掘形状が求められる。図2にそのモデルを示している。少し述べると、 $t+A$

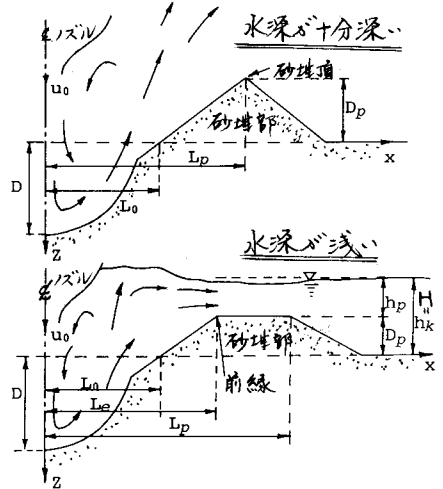


図1 洗掘形状の概略

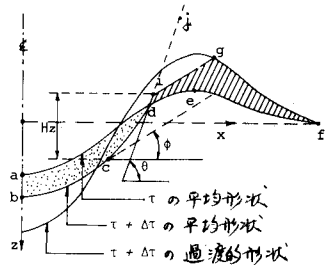


図2 崩落モデルの概略

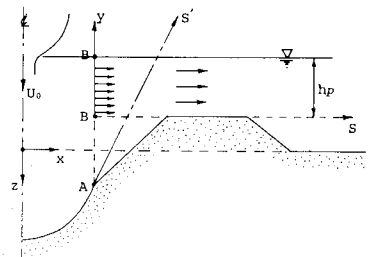


図3 浮流砂拡散モデル

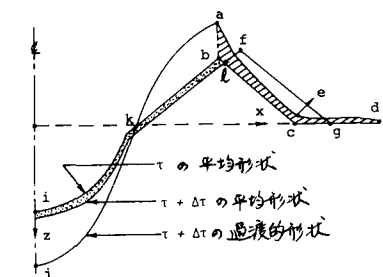


図4 深き水深での洗掘計算図

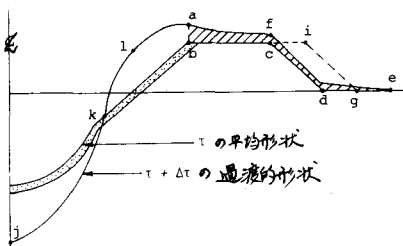


図5 浅い水深での洗掘計算説明図

Δでの平均形状は、洗掘穴形状を、 $Z/B_0 = 0.42 \cdot (X/B_0)^{0.78} * (X/B_0)^2$ 、(Zは最大洗掘深位置を原点として鉛直上向きにと、x軸を、穴の噴出口より初期砂面までの距離を示す)で仮定する。図2中のbcdはj線。この曲面に対して流れの変向による流体力と土圧力とのつり合いを定め、abcd部分とdefg部分とが等しくなるまで、Zの原点位置を変化させて逐次計算する。水深の影響を受ける前の形状に対しては図4に示す。このときの計算法は水深の深い場合と同じで、砂堆頂通過量(斜線部)が洗掘量であり、前述の力のつり合い条件をもとに砂堆頂上流側のπ+Δでその平均形状を求める。又斜線部分の堆積量は、砂堆頂を通過した砂量が砂堆頂下流斜面に砂の水中安息角斜面を形成することと考慮してlcfg部分に置換する。洗掘形状に関する計算結果及び実験結果をそれぞれ図6-a, bに示している。図6-a中の○印は図6-b中の実験時16時間のデータと取れたものである。最大洗掘深に関する計算結果は図7中に太線で示している。太い実線は水深の影響を受けたときの結果を示している。両図ともかなりよく実験値を説明して、水深の影響が適切に評価されたものと考

える。参考文献；1) 58年, 年誌 II-278, 2) 水理講習会論文集, 59年, (30)

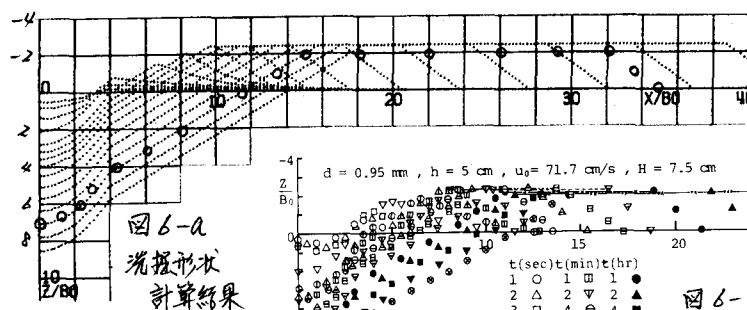


図6-a
洗掘形状
計算結果

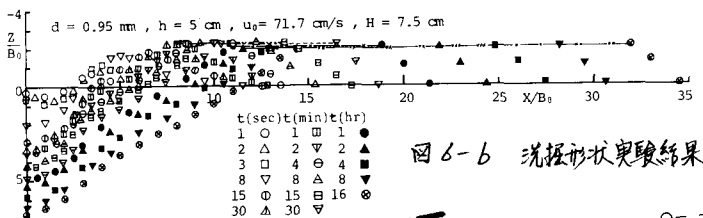


図6-b 洗掘形状実験結果

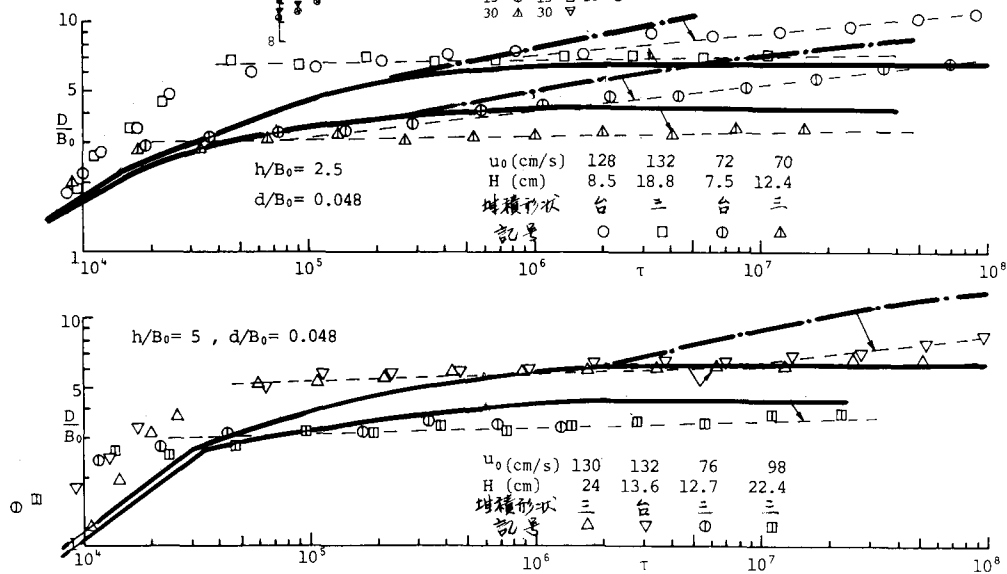


図7 最大洗掘深の時間的变化；計算結果と実験結果の比較