

II-64

鉛直まわり噴流による最終洗掘深について

西日本工業大学 正 赤司 信義
山口大学工学部 正 斎藤 隆

1. はじめに

著者はこれまでの鉛直噴流による洗掘過程を洗掘材料の違ひから三期に分け、各期の材料をモデル化して数値的に検討してきた。最終洗掘状態は洗掘穴で砂移動が、でも砂堆頂を越える汚流砂量がなくなることで定義されるが、この状態を数値的に求めようとする場合、砂堆頂形成過程がかなり実験的傾向と一致せよなければならない。これまでの解析モデルは洗掘材料の大概を把握するという観点から砂堆頂下流斜面が安息角勾配斜面を形成することなどの形状特性を考慮せずに取り扱ってきた。

本文はこれまでの解析モデルに洗掘形状特性を導入して洗掘過程を解析し、最終洗掘深を数値的に求めようとするものである。

2. 後期洗掘形状特性

図1は後期洗掘形状の概略を示したものである。後期洗掘形状は円欠の崩落のため図1に示すような変曲変をもつことで中期形状と区別できる。

時間的に変化する洗掘形状に対して噴流中心線上の

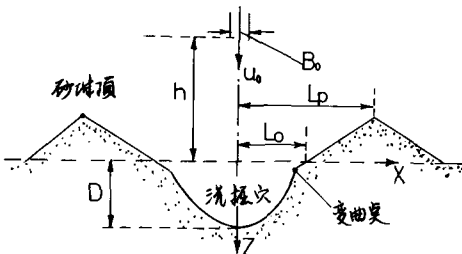


図1 洗掘形状概略図

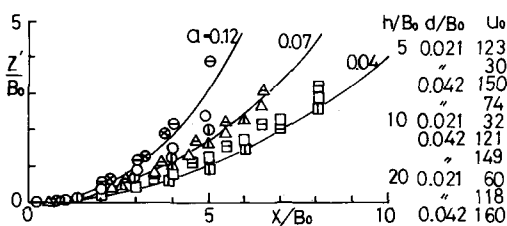


図3 洗掘穴形状

最大洗掘深位置を原点にとり、上向きにZ軸をとって各時間刻の洗掘穴形状を示したものが図2である。図2より一定の噴流条件のもとでは洗掘穴形状は一曲線に十分近似されることが分かる。図3は一曲線に近似されたものをまとめたものである。衝突距離が短いと洗掘穴に進入する噴流幅が狭いため洗掘穴の曲率が大きくなっている。洗掘穴形状は衝突距離によって変化すると考えて、次式で形状を近似する。

$$\frac{Z'}{B_0} = a \left(\frac{X}{B_0} \right)^2, \quad a = 0.42 \left(\frac{h}{B_0} \right)^{-0.88} \quad \dots (1)$$

図3中の実線は上式を代入したものである。

3. 後期洗掘計算

後期洗掘材料は砂の安息角より急な不安定斜面に作用する流体力と土圧力との不均衡によって生ずる円欠の崩落と洗掘穴からの汚流砂拡散とによって特徴づけられる。[円欠の崩落モデル]；図4。マ+4で時刻での不安定斜面をもつ過渡的な洗掘形状b c g fに対して後期洗掘穴形状E(1)式(a c d g)で仮定する。この斜面に切く流れの変向による流体力Fと土圧力Pとが等しくなる変Eを定める。マ+4で時刻の平均洗掘形状は最大洗掘深の位置を逐次近似的に変えるながら力のつり合い変Eを定め、洗掘量(a-b-c)と崩落砂量(c-d-e-f-g)とを一致させることによって求めることができる。[汚流砂拡散モデル]：洗掘穴からふき上げられる汚流砂量を、ふき上げ変から距離S

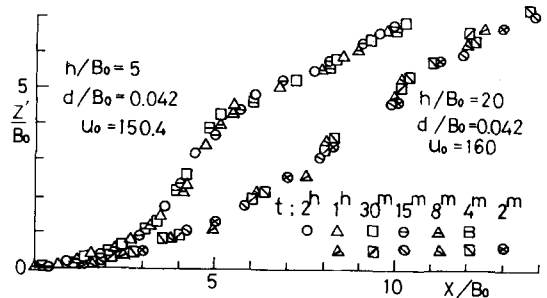


図2 洗掘穴形状

この砂流砂量 Q_s を基として無次元砂量の場所的变化 $Q_s/Q_{s0} = Q_s \cdot (Q_{s0}/Q_s) / Q_{s0}$ を河床変動の基礎式に導入することで、ふたたび莫下流の河床変動量を求める。このようにして求められる $z + \Delta z$ 時刻の過渡的な形状は図4にみるように砂堆頂下流面勾配が安息角勾配より急になる。砂堆頂を越えて通過した砂量は砂堆頂直下流に沈降し、砂堆頂下流面は安息角斜面になることを考慮して図5示すように通過砂量 $(abcdefa)$ が安息角斜面面積量 $(gbcdfg)$ に一致するように砂堆頂下流斜面を修正する。この時刻の平均形状はこの過渡的な形状に対して簡易の崩落モデルを用いて求めることができる。

4. 洗掘計算結果

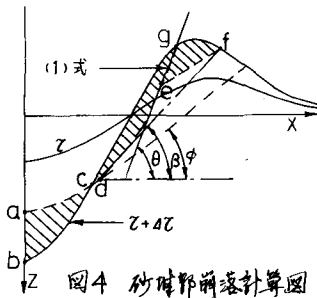


図4 砂堆頂前崩落計算図

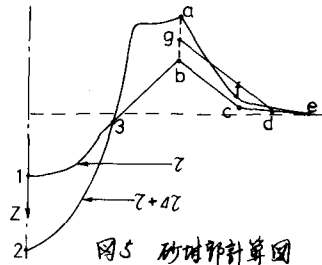


図5 砂堆頂計算図

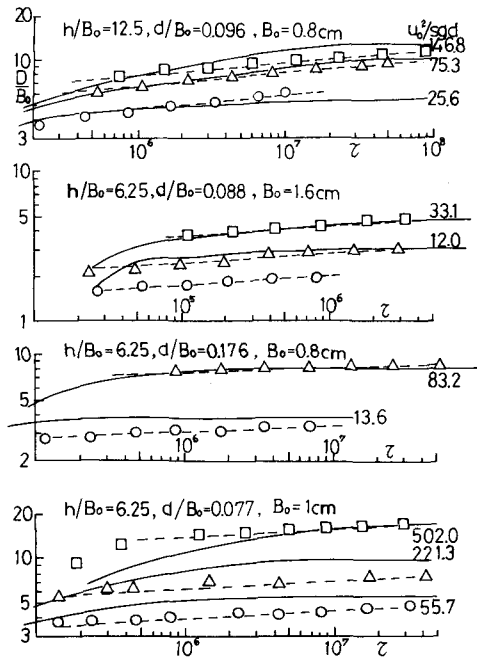


図7. 最大洗掘深の時間的変化：計算結果

図6に計算結果を示した。図中の○印は実験時間2時間での洗掘形状を示したものである。洗掘穴形状に実験形状を導入し、砂堆頂下流斜面に安息角斜面を形成させたが、変曲点の位置及び砂堆頂の位置の時間的推移状況は非常によく実験の傾向と一致している。図7は最大洗掘深の計算結果を示したもので、実験値と計算値がよく一致していて、力の釣り合い条件及び砂堆頂を通過する砂量を適切に評価することによって考えられる。図8は図5の砂堆頂を通過する砂量 $(gbcdfg)$ が過渡的な洗掘量(1.2.3部分)の0.1%を下回るとして、最終洗掘状態の判定を行なう結果を示すものである。同図中の記号は実験時間1〜2時間のときの最大洗掘深を示している。これらの値はほぼ最終洗掘深に近い値となっている。

5. おわりに

洗掘過程解析モデルに砂堆頂上下流部の斜面勾配が安息角勾配を呈すること及び洗掘穴形状は二次曲線形状を呈することの二つの形状特性を導入して洗掘過程を解析した。得られた計算結果はかなりの実験結果と一致し、最終洗掘深の予測が可能となった。

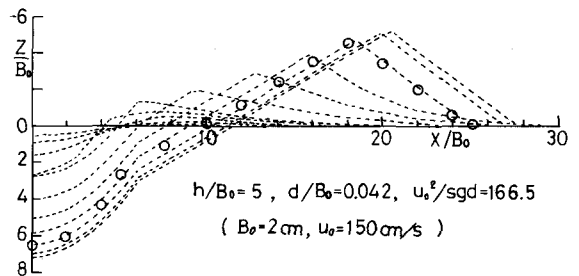


図6 洗掘形状計算結果

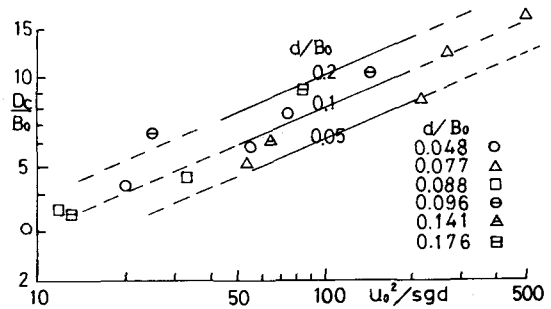


図8 最終洗掘深計算結果