

斜めめぐり噴流による洗掘特性について

西日本工業大学 正員 〇石川 誠
 西日本工業大学 正員 赤司 信義
 山口大学工学部 正員 斉藤 隆

1. はじめに

砂防ダムや河川段落ちからの落下水は、下流水面に突入し、水面で多量の空気を水中に混入する。下流水深が十分深ければ、運動量の拡散と気泡の浮力効果によって流れは減勢され、河床洗掘はほとんど問題にならない。しかし、通常、これらの構造物は下流の水深が浅い場合が多く、斜めに河床に衝突する流れによって、河床がどの様に洗掘されるのかを明らかにしておくことは重要である。本研究は、気泡混入を伴う斜め衝突流による洗掘を単純化して、斜めめぐり噴流による洗掘を取り扱い、洗掘深や洗掘穴長さ等の洗掘形状特性を実験的に明らかにする目的とするものである。

2. 実験装置と実験方法

図1は実験装置の概略を示したもので、実験装置は長さ3m、高さ1.2m、幅0.2mの両面アクリルガラス張りの水槽に45°の傾きをもつ噴流発生装置を取り付けたものである。ノズル幅 b_0 は $b_0=1\text{cm}$ である。実験には、平均粒径 d が、 $d=0.079\text{mm}$, 3.3mm のほぼ均一な粒径をもつ二種類の砂を用いた。噴出速度 u_0 を $u_0=0.8\sim 3.5\text{m/s}$ の範囲で測定し、ノズルから初期砂面までの鉛直距離 h

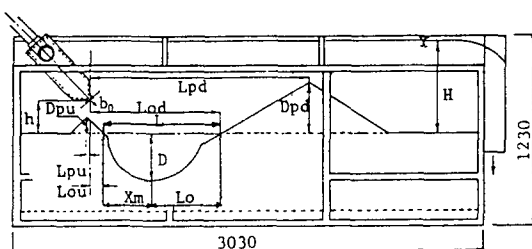


図1 実験装置の概略

を $h=10, 20, 40\text{cm}$ とした。洗掘の進行過程は、モータードライブを装着した35mmカメラとビデオカメラを用いて撮影され、撮影画像から洗掘形状が読み取られた。洗掘時間は洗掘の進行がほとんどみられなくなる2~4時間までとした。

3. 実験結果とその検討

a) 洗掘過程の観察 図2-a,

図2-bはそれぞれ $h=10\text{cm}$ と 40cm での洗掘形状の時間的変化を示したものである。図2-bを見ると、 $t=4$ 秒、 8 秒では洗掘形状は滑らかなほぼ水平に近い曲線形状を示している。

$t=4$ 秒から30秒迄は、下流側の堆積部高さはほぼ一定で頂点の位置は下流へ移動している。 $t=60$ 秒では、下流側堆積部の頂点の位置は $t=30$ 秒の位置とあまり変わらないが高さが急に大きくなっている。その後の洗掘は、堆積部形状が明瞭な三角形を保ちつつ進行し、 $X/b_0=70\sim 80$ 付近に斜面勾配の急変が現れている。なお、上流側の堆積部は下流側の堆積部に比べてかなり小さくなっている。図2-aを見ると、 h/b_0 が小さいため、上流側の堆積部は、洗掘が進行すると消失している。図3は、上流側堆積部の消失状況を模式的に示したものである。実線が t

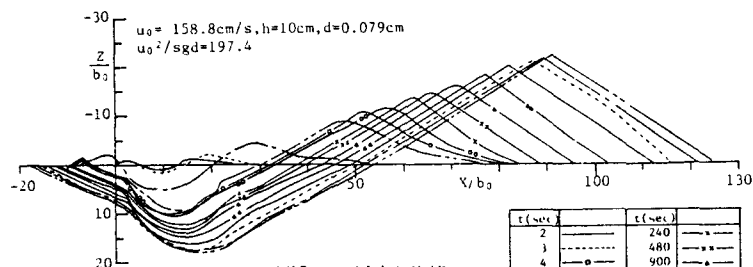


図2-a 洗掘形状

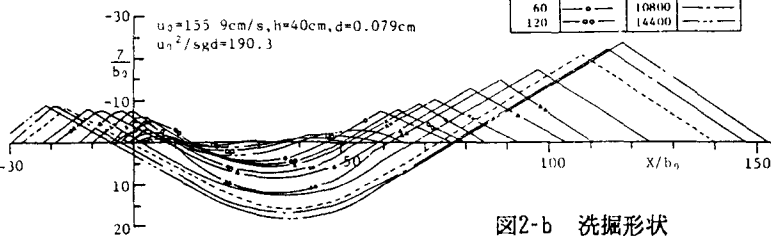


図2-b 洗掘形状

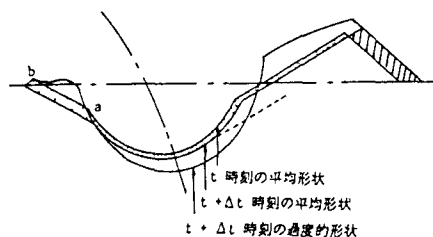


図3 間欠的崩落モデル

時刻の平均形状を示し、一点鎖線が $t+\Delta t$ 時刻の過渡的形狀を、点線が $t+\Delta t$ 時刻の平均形状を示している。洗掘穴内の衝突点から上流の掃流砂量は洗掘穴からのふき上げ流れによって浮遊状態で上流側へ輸送される。洗掘穴からのふき上げ流れの傾きが鉛直に近い状態の場合、上流堆積部頂点を越えてでていく砂量はほとんどなくなり、ab斜面に沈降堆積する。この斜面に堆積した砂は、噴流の揺れ動きに起因する斜面の崩落によって洗掘穴へうめ戻される。

Δt 時間内に洗掘穴内へうめ

戻される砂量は、砂面勾配急変点位置に規定され、斜面勾配の急変点位置が洗掘深の増大によって下方にずれるため、堆積部が消失することになる。

b) 洗掘形状の代表値について

図4は、ノズルから堆積部の頂点までの水平距離 L_{pd}/b_0 と D/b_0 の関係を示したものである。

L_{pd}/b_0 は同一の D/b_0 に対して h/b_0 が大きくなるにつれて大きくなること及び、 L_{pd}/b_0 と D/b_0 の関係に噴出流速 u_0^2/sgd はほとんど影響のないことが認められる。図5は下流側堆積部の高さ D_{pd}/b_0 と D/b_0 の関係を示したもので、 u_0, h はこの関係にあまり影響を及ぼさないことが分かる。図6は最大洗掘深の時間的変化を示したものである。

図6-aから、 h/b_0 が一定の時、傾きは、

u_0^2/sgd が変化してもあまり変わらないこと、又、図6-bから、 $u_0^2/\text{sgd}, d/b_0$ が一定の時、 h/b_0 が変わっても、洗掘が十分進行した時の最大洗掘深はほとんど同じになることが認められる。図7は、実験終了直前の最大洗掘深 D_{pd}/b_0 と鉛直もぐり噴流による洗掘の最終洗掘深 D_c/b_0 とを比較したもので、鉛直もぐり噴流による洗掘に比べて、洗掘深が1.5倍近く大きくなっている。この理由としては、噴出軸が45度の傾きをもつため、洗掘穴からのふき上げ流れの角度が鉛直もぐり噴流よりも小さくなり、その結果、洗掘穴からの浮遊砂が堆積部を越えてでていく砂量が増大したことによるものとする。

4. おわりに

本研究によって、斜めもぐり噴流による洗掘の特性の大略

が明かとなった。今後さらに、洗掘実験を進めると共に、斜めもぐり噴流による衝突流れの特性を導入して、洗掘の進行過程の検討を行っていく予定である。なお、本研究は昭和63年度文部省科学研究費(No.63550380)の補助を受けたことを付記して、謝意を表するものである。

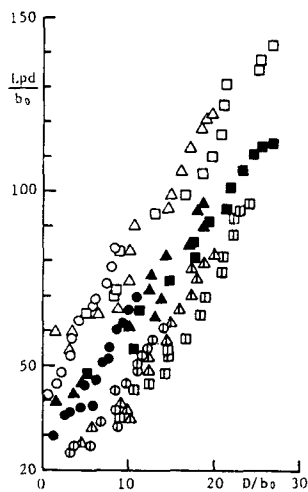


図4 砂堆頂長さ

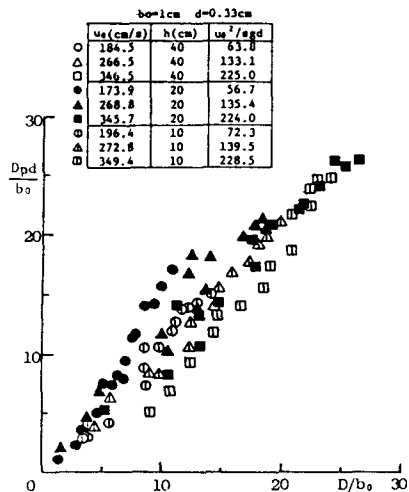


図5 砂堆頂高さ

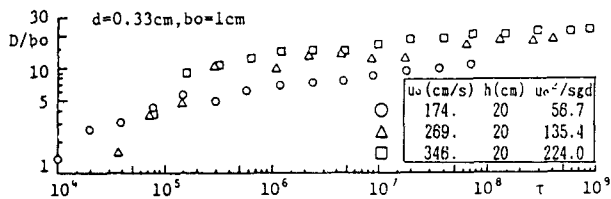


図6-a 最大洗掘深の時間的変化

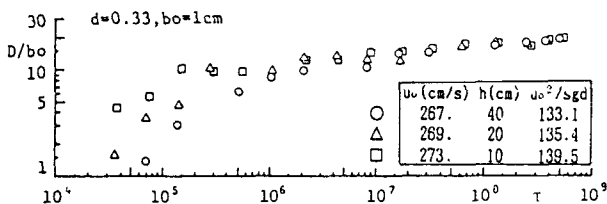


図6-b 最大洗掘深の時間的変化

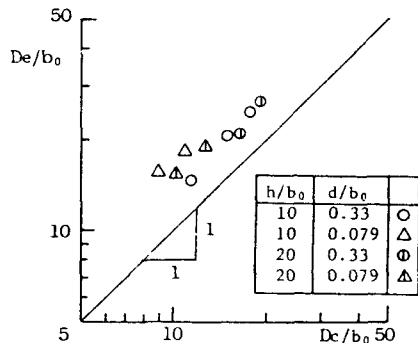


図7 鉛直もぐり噴流との比較