

水深を考慮した鉛直もどり噴流による洗掘について

西日本工大 正 赤司 信義
山口大学工学部 正 斎藤 隆
西日本工大 正 石川 誠

1. 寸じめ、鉛直もどり噴流による洗掘は局所洗掘に関する基礎的な問題の一つとして、古くから数多くの研究が行われていた。著者らはこれまでに平衡状態の流砂関数に基づく河床変動の基礎式に衝突噴流の特性を導入し、鉛直もどり噴流による洗掘機構を数値的に検討してきた。工学的な問題としては最終洗掘深に関するものと下流水深の影響に関するものとがある。本文は後者において下流水深がどの程度になれば水深の深い場合に較べて洗掘し易くなるのか、その限界条件を明らかにしようとするものである。

2. 実験装置とその方法。実験に使用した水槽は $2m \times 1m$ の鋼板製両面有板ガラス張りのものである。実験は砂粒径 (均一) d 、ノズルより衝突砂面までの距離 h 、初期砂面より水深 H を変えて行った。実験方法としてはモニタードラッグを装着した $35mm$ カメラにより撮影し、実寸の $1/2$ 乃至 $1/4$ に投影して洗掘形状を読み取った。

3. 実験結果。水深の深い場合の形状は図1-aのようになり、堆積部は明瞭な頂をもつ三角形状を呈する。水深が浅くなるにつれて洗掘穴からのふき上げ流れが水面に斜せられて水平流に転ずるため、堆積頂部が削られて図1-bのように台形状となる。図2は最大洗掘深 D/B_0 の時間的な変化を示したもので、堆積形状が台形状になると時間的な変化率が大きくなり、てくること分かる。これは水平流によつて砂堆上に沈降する砂粒がふえると共に掃流によつて下流に流送されていくことによる。図中に示す初期・中期の洗掘過程は水深の影響を認めにくい。洗掘穴長さ L/B_0 と D/B_0 の関係は図3に示すように、堆積形状が台形状に変化してからの関係は水深の深い場合の延長線上にまいて、洗掘穴形状は水深の影響によつてその相似性をそこなうことはないといえる。これは洗掘穴形状が洗掘穴砂面に沿う流れの変向による気体力と堆積部の不安定斜面が弾り落ちようとする力とが均衡することによるものと考えられる。

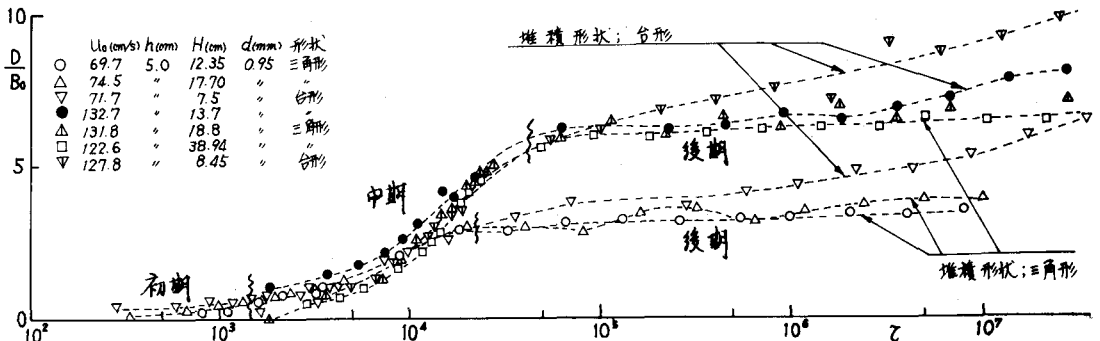
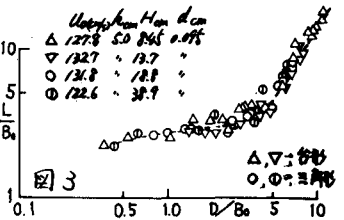
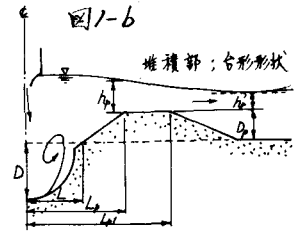
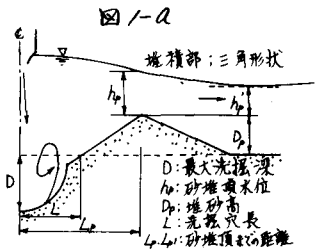
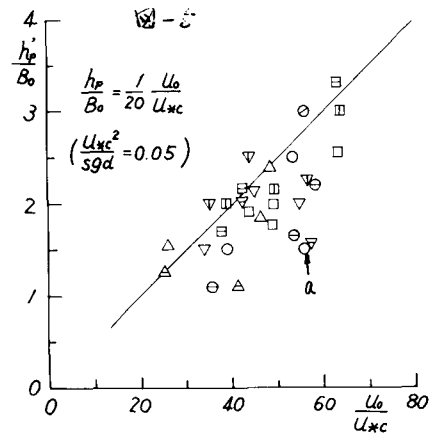
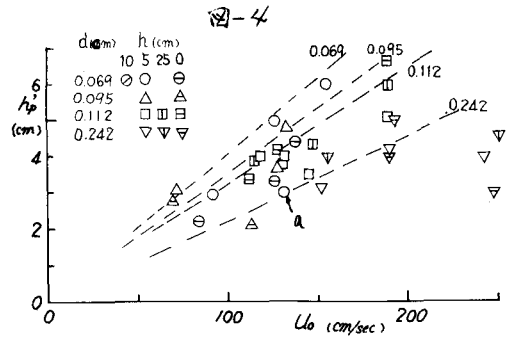
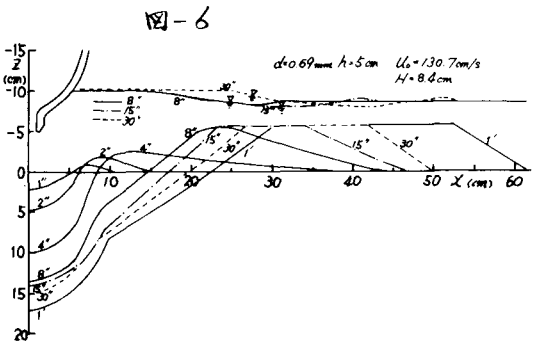


図2 最大洗掘深の時間的な変化 ($\tau = U_0^2/gd \cdot L_0/B_0 \cdot t$)

流振に影響を与える限界の水深：図4は流振に影響を与える水深を評価するための堆積物の発達と減少の時期の堆積前線水深 h （下流水深より堆積高をさしひいた値）と噴出流速 U_0 の関係を示したものである。図中の実線は各粒径に対して限界と思われる水深を示している。図5は限界摩擦速度を平均的に $u_{*c}/\text{sgd} = 0.05$ として h_p/B_0 と U_0/u_{*c} で表したものである。図中の実線はおおむね上限とみられる限界の水深を示している。砂堆上平均流速は $\bar{u} = U_0 B_0 / 2 h_p$ であって $\bar{u}/u_{*c} = 4$ とすると $h_p/B_0 = \frac{1}{2 \times 4} \frac{U_0}{u_{*c}}$ であることから、ほぼ $\varphi = 10$ になると主砂堆部の砂粒は掃流される。図中バラツキが大きいのは下流水深を基準として砂堆部水深を評価しているためである。流振穴からの水表面に向かうふよ上げ流れによる水面上昇量を考慮すればバラツキは少なくなると思われるが、噴流の動機があるため水面上昇が大きく過剰にとらえにくい。図6は図4、5中の実験点aの流振形状の時間的変化を示している。水面形状は $8^\circ, 15^\circ, 30^\circ$ を示している。この図のように後期流振過程に入ると主として堆積部が台形状を呈する場合特に砂堆部水深の測定が困難となる。水深の影響が後期過程で現れるとは堆積形状が三角形状より台形状へと変形していくので判定は比較的行い易い。



水深の影響の現われる限界の時間；水深の影響を受けるか否かは堆積高の発達と流振の関係をもつことから、水深の影響を単に噴出流速と下流水深のみで判定できず流振経過時間と関係づけて考えねばならない。図7は堆積高の発達が停止もしくは減少するとするとも、水深の影響をとらえたものである。河川段落部の流れに対して、水深継続時間も B_0 と下流水深 H 、突入流速 U_0 、水面突入幅 B_0 、河床砂粒径 d を同図に適用することと水深の影響を受けるか否か、すなわち流振し易いかどうかを判定することになる。



4. おわりに、これまでに行な、た流振解析計算に図5の結果を導入することと数値的検証を試みていた。なお、本研究は文部省科学研究(奨励A)の補助を受けたことを付記して謝意を表したい参考文献：流振噴流による河床、土木学会論文集61, 298

