

鉛直噴流による洗掘について — 水深の影響を受ける場合

西日本工大 石川 誠 西日本工大 赤司信義
西日本工大 原 浩志 山口大学 斎藤 隆

これまでに著者らは、二次元鉛直もぐり噴流による洗掘現象と水深の深い場合について数値的に、実験的に検討してきたが、現在のところ水深の浅い深いといったことを示す適切な表示式は明らかにされていない。水深の深い場合の洗掘過程は初期、中期、後期に分けて取り扱ってきた。各過程の洗掘機構として、初期過程では鉛直に砂面に衝突した流れが砂面に平行に変流し、砂移動は掃流形式によるものと認められ、中期過程では洗掘形状に沿う流れがはくりすることを考慮して取り扱った。後期洗掘では、中期過程の進行に伴ない、堆積高が次第に高くなり、砂堆部に上面が砂の安息角より急になっていき、砂堆部が洗掘穴へ滑り落ちようとしてくる。その際洗掘穴からの上向きのおき上げ流れは砂堆部砂面をおさえつける力が作用し、この力と滑ろうとする力とが均衡する時をもって後期洗掘過程への移行とした。又、砂移動は洗掘穴からの掃流砂量と砂堆部の崩落砂量を、洗掘穴からのおき上げ流れによる浮遊砂粒数としてとらえてきた。水深が深い場合と対象とする場合、洗掘穴からのおき上げ流れは、減衰しながらほぼ直線的に向きを変えることなく流通していく。

本文では、水深の影響をとらえて、洗掘形状の定性的傾向を明らかにし、流れのモデル化を行う際の基礎的資料とするための検討を行ったものである。

実験は、幅20 cmよりノズル幅2 cmに従った風洞ノズルより噴出させた。水槽幅は20 cm、長さ2 m、高さ1 mで、初期砂面からの水面高をほぼ5 cm〜40 cmの間で変化させた。

実験結果

水深の深い場合の洗掘形状は図1-aの様になり、堆積部は明瞭な頂点をもつ三角形を呈する。水深が低くなるにつれて砂堆部前面の流れは、洗掘穴からのおき上げ流れが、水面に制せられて水面に変流し、砂堆頂上の流速は増大してくる。このため、砂堆頂の砂粒子は下流に掃流され、次第に形状は図1-bの様に台形状となってくる。この時水面形状は、三角形頂点位置より下流に向かって水面が下降する。台形状の場合も、台形状前縁部より下降する水面形状を呈する。図2にノズルより砂面までの距離 $x=5$ cm、で噴出流速 $U_0 \approx 130$ cm/secの時の水面形状と堆積部形状を示した。砂堆部付近の流れはもぐり台形堰上の流れに近く、水深最小点は台形後縁部付近にみられる。台形上辺が増大するにつれ水面低下量は大きくなり、流速が増大する。このため、堆積高は台形上辺の増大に伴って減少する傾向が認められる。

堆積形状の変形時の前縁部水深を h_m として、平均流速を求めて示したものが図-3である。図中口記号の値は明瞭に、形状が変形した時の値であり、△記号は実験中に形状の変形が認められず、実験時間2~4 hrでのうち

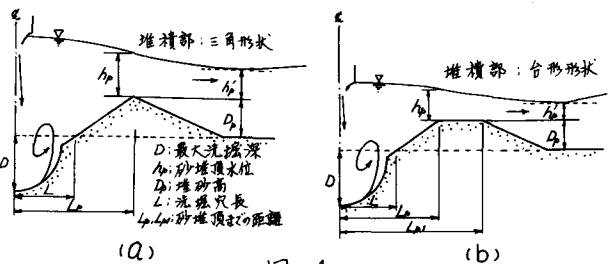


図-1

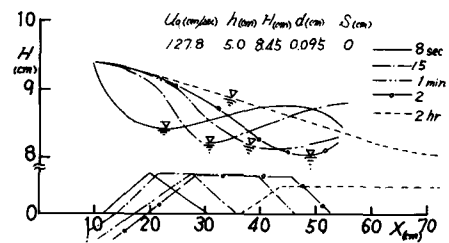


図-2 水面形状

切欠時の三角形状頂部水深 d の値を示したものである。 U_p/U_{nc} はほぼ10付近で変形が開始している。図-4は、その時の水深を使って堆積頂部速度分布を斜敷速度分布と適用して求めた U_* を示したものであり、シールドの限界掃流力曲線で与えられるものより小さい値を示している。水面形状、境界面形状が時間的に変化する場合は流れの速度分布を測定することや困難なため、洗掘孔形状模型による固定床流れとして計測を試みたが、噴出流れは鉛直に洗掘穴に突入せず、周期的に左右に動揺する流れとなり、湾曲凹面に突入する流れを、安定させた形で、再現することは困難であった。

洗掘特性量

図-5は洗掘穴最大深さ D/B_0 と洗掘穴長さ L/B_0 の関係を、又図-6は D/B_0 と堆積部高さ D_p/B_0 の関係を示したものである。いずれも、噴出流速 U_p を130 cm/s程度として砂面上水深を変化させたときの影響をみたものである。図中心は1/2位置からの堆高であって、 $S=0$ 、5は台形に変形するものである。台形状に変形しても D/B_0 と L/B_0 の関係は三角形状の関係の延長線上にきていて、洗掘穴形状は水深の影響によって相似性をそこなうことはない。これは洗掘穴形状が洗掘穴砂面に働く流れの変向による流体力と砂堆部の滑ろうとする力との均衡が保たれることを示している。台形状の堆積が進行してくると、先にくたように D_p/B_0 は減少傾向を示し、 D/B_0 は三角形状よりさらに増大する。図-7に D/B_0 の時間的変化を示した。図-6にくたように明らかに洗掘深は水深によって増大率が異なる。ただ、初期、中期での D/B_0 の時間的変化には、水深の影響は認められないことよりこれらの時期における洗掘機構に大差ないことだろうがかわれる。

