

## 衝突流れによる洗掘に及ぼす気泡混入の影響

西日本工業大学○正員 赤司 信義

西日本工業大学 正員 石川 誠

山口大学工学部 正員 斎藤 隆

## 1. はじめに

鉛直衝突流れによる洗掘に関する研究は気泡の混入しないもぐり噴流によるものが多く、気泡混入の影響を対象にした研究としては、Johnson によるもぐり半円形噴流に気泡を混入させた洗掘実験が挙げられる程度である。堰や段落ち部を越流する自由水脈が下流水面に突入するとき水面で多量の空気を混入するのであるが、こうした流れによる河床洗掘に対して気泡混入による洗掘軽減効果を論じた研究はほとんどみられない。又、こうした越流水脈による洗掘を単純化すれば鉛直衝突流れによる洗掘とみなされる。

本研究は鉛直に水面に突入する流れによって形成される気泡混入衝突流れによる洗掘実験を行い、気泡混入を伴うことによる洗掘形状特性をもぐり噴流によるものと比較する。そしてこれまでに見出されてきた水面突入流れによる衝突流れ特性をもぐり噴流による洗掘解析手法に導入して気泡混入時の洗掘過程を数値的に解析し、実験結果との比較を行ったものである。

## 2. 実験装置と方法

実験は  $2\text{m} \times 1\text{m} \times 0.2\text{m}$  の両面アクリル鋼枠製水槽中央に設けた  $2\text{cm} \times 20\text{cm}$  の二次元ノズルより噴出させた jet を水面に突入させて行った。ノズルから水面までの落下高  $H$  は  $3 \sim 30\text{cm}$ 、水深は  $15 \sim 50\text{cm}$ 、ノズルでの噴出流速  $u_0$  は  $1 \sim 3\text{m/s}$ 、河床砂粒径は  $0.69, 0.95, 2.6\text{mm}$  の 3 種を用いた。洗掘形状の読み取りはモータードライブカメラによって撮影した写真をもとに行った。なお水深と流速の条件によっては洗掘の進行過程に自由水面の影響が現れるが、実験は全て自由水面の影響を受けず洗掘穴下流に形成される堆積部形状が明瞭な三角形

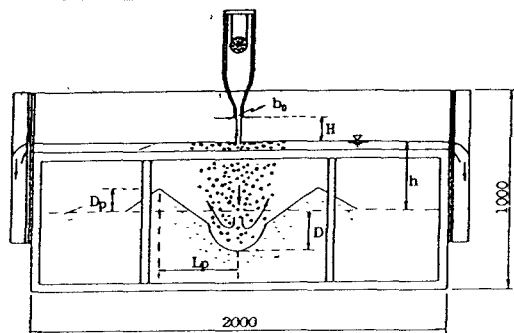


図1 実験装置

から水面までの落下高  $H$  は  $3 \sim 30\text{cm}$ 、水深は  $15 \sim 50\text{cm}$ 、ノズルでの噴出流速  $u_0$  は  $1 \sim 3\text{m/s}$ 、河床砂粒径は  $0.69, 0.95, 2.6\text{mm}$  の 3 種を用いた。洗掘形状の読み取りはモータードライブカメラによって撮影した写真をもとに行った。なお水深と流速の条件によっては洗掘の進行過程に自由水面の影響が現れるが、実験は全て自由水面の影響を受けず洗掘穴下流に形成される堆積部形状が明瞭な三角形を呈する場合を対象として行った。

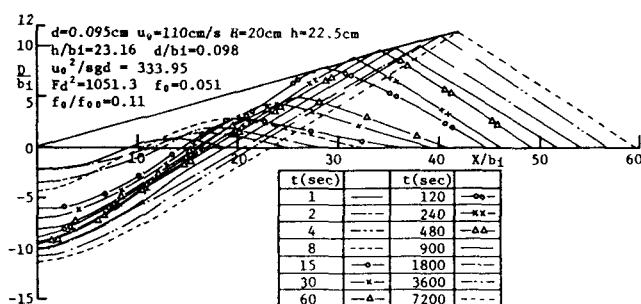


図2 洗掘形状

## 3. 洗掘形状に関する実験結果

図2は水面突入流れによる洗掘形状の時間的変化の一例である。もぐり噴流による洗掘形状の時間的変化と非常によく類似していて、

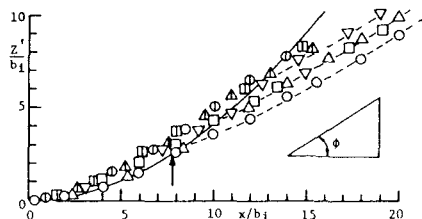


図3 洗掘穴形状

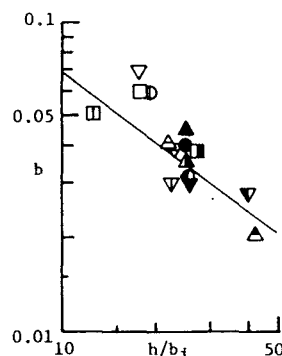


図4 洗掘形状係数

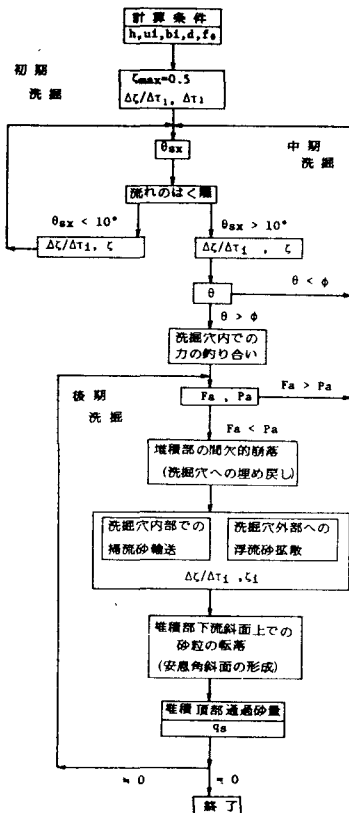


図5解析手順

Rouse が指摘したように堆積部頂点の軌跡は衝突点を原点として直線的に推移していることが分かる。図3は図2の各時間毎の最大洗掘深位置を原点として上向きにとった  $Z'$  と  $X$  の洗掘穴形状を示したものである。この図からもぐり噴流の場合と同じように各時間毎の洗掘穴形状はほとんど同じ曲線形状で近似できることが認められる。この形状を二次曲線:  $Z'/b_1 = b(X/b_1)^2$  で近似し、各実験での形状係数  $b$  を読み取ってプロットしたものが図4である。同図中の実線はもぐり噴流による結果のまとめとして得られたものであって、はらつきはあるもののもぐり噴流によるもので十分近似できることが分かる。

#### 4. 数値解析

前節でみたように洗掘形状の時間的変化の傾向はもぐり噴流によるものとほとんど同じであることから、砂移動形式としての洗掘機構も同様であると考えられる。従ってもぐり噴流による洗掘解析手法をそのまま気泡混入衝突流れによる洗掘に適用できる。もぐり噴流によるものとの相違点は流れ特性が異なるのみである。図5は洗掘解析手法の概略的な手順を示したものである。図6は洗掘形状計算結果の一例であり、同図中の○記号は図2の  $t=2\text{hr}$  の形状をプロットしたものである。図7は最大洗掘深  $D/b_1$  と洗掘無次元時間  $\tau_1 (=u_1^2/\text{sgd} \cdot u_{1t}/b_1)$  との関係を示したものである。図6, 7より計算結果は洗掘の進行過程を適切に表現していることが分かる。

#### 5. おわりに

計算結果は実験結果をよく説明できることから、さらに計算を進めて、実験値とのより多くの比較をもとに気泡混入による洗掘の軽減効果を定式化していきたい。

参考文献 1) 気泡混入を伴う衝突噴流の抵抗係数について: 水講 1987.2

2) 鉛直もぐり噴流による洗掘深の予測について: 水講 1984.2

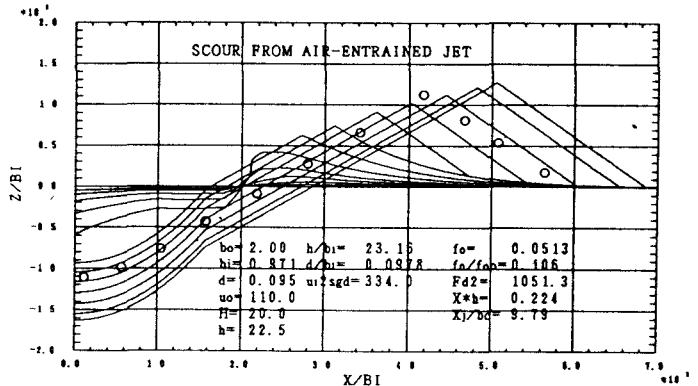
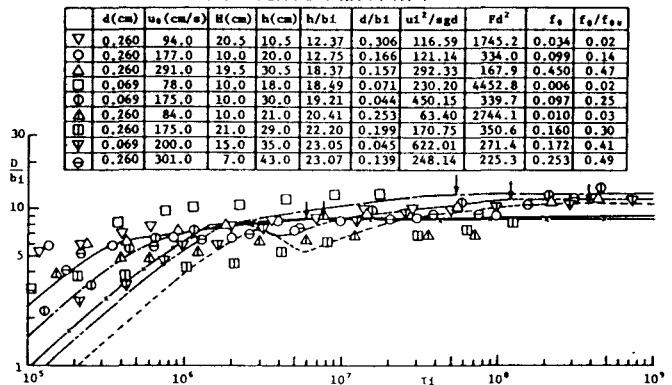


図6洗掘形状計算結果

図7  $D - \tau_1$  の計算結果