

## 河川構造物周辺の流れ構造と洗掘機構

徳山高専 学○中村 淳一

徳山高専 正 佐賀 孝徳

徳山高専 正 渡辺 勝利

## 1. はじめに

河川に建設される構造物は流水による洗掘作用を受け、構造物の基礎部分に甚大な影響を与える。日本の河川の河況係数は大きく、その流量の変化が非常に大きいことが知られている。そのため、洗掘を引き起こす構造物周辺の瞬時の流れ構造と洗掘機構を明らかにすることは、河川工学上意義のあることと言える。

そこで、本研究では様々な河川構造物における流れ場の組織構造と洗掘機構を明かにし、諸考察を行うことを目的とする。

## 2. 実験方法

実験装置には、長さ10m、幅60cm、高さ15cm、水路床勾配1/1000の総アクリル製開水路を使用した。開水路中に水制を設置し、一様流においては上流端に整流用のハニカム、下流端には水位調節用の堰を設置した。可視化には水素気泡をトレーサーとして用い、洗掘実験には標準砂を用いた。

## 3. 実験結果

## 3.1 円柱周辺の流れ構造と洗掘機構

図-1は円柱周りの一様流とせん断流中に形成される馬蹄形渦の一例である。洗掘を引き起こす局所流れとして、一般的に馬蹄形渦の存在が知られている。この馬蹄形渦とは、物体周りから下流方向に放出される首飾りのように連なった渦のことである。上図は水路上方、下図は水路斜め上方より同時可視化を行ったものである。これより、一様流においては乱れが少なく、はく離現象に伴う安定的な3本の渦構造が認められる。せん断流中では、bursting現象に伴う低速縞の形成から、上昇流と下降流が時空間的に非定常に形成されており、常に乱れが生じるため、渦構造は不安定となる<sup>1)</sup>。

図-2は、せん断流における円柱周辺の洗掘形象である。壁面に沿ってはく離せん断層近傍に洗掘現象が認められる。(b)に示されるように時間経過(3min)とともにその洗掘が流下方向に発達している。円柱周りの一様流における洗掘形象は、側面付近で発生した洗掘が下流方向にほぼ直線状に発達し、せん断流中においては、流下するにつれ物体の中心線側に寄る傾向が確認され、組織構造の特徴に対応する。

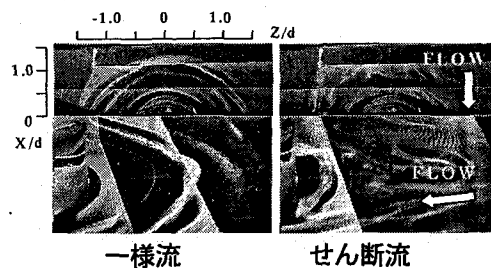


図-1 馬蹄形渦の可視化

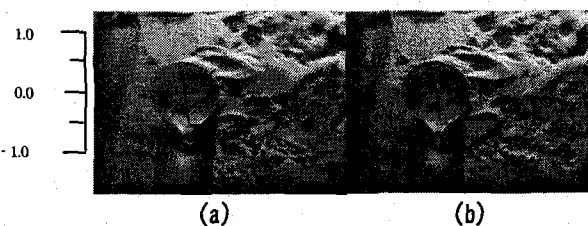


図-2 円柱周辺の洗掘形象（せん断流）

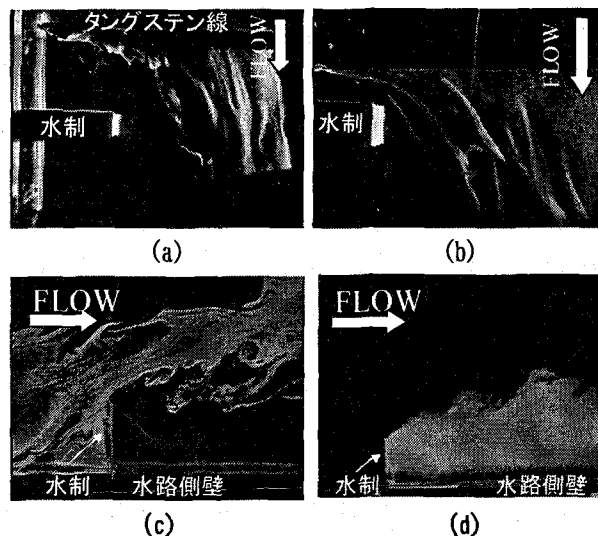


図-3 水制周辺の流れ構造



図-4 単一水制の洗掘形象

### 3.2 水制周辺の流れ構造と洗掘機構

図-3の上図(a), (b)は、水制の上流側および水深方向 $Y/H=0.02$ 付近にタングステン線を設置したせん断流中における水平断面可視化を示す。流れ方向は紙面の上から下である。水制及び側壁位置は図中に示す。(a)より、水路中央に向かう局所流が形成されていることが確認できる。(b)も同様にタングステン線を水制付近に設置したものである。水制前面で流れが急激に水路中央方向へと押し出される構造となっていることが確認できる。

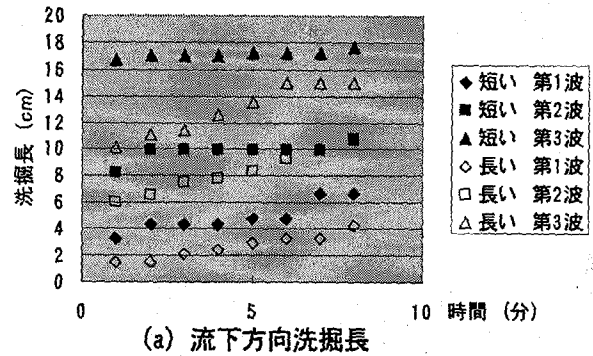
下図(c), (d)は染料を用いての水平断面可視化である。水制先端で剥離し発生した渦が水制下流域でも確認された。この剥離領域は大きく、その形成要因が(d)図に可視化される水制下流域の大規模な死水域と考えられる。この死水域と主流部との境界で大きな圧力差が生じ、物体形状が鋭く変化する事により剥離を発生し、強いせん断層を形成する。この剥離せん断層内に、大規模な渦構造が形成されている。

図-4は単一水制の洗掘形象である。(a)はレイノルズ数6300、(b)はレイノルズ数3900である。また、(b)においては水制長を(a)の1.7倍の長さにしてある。水制前縁より洗掘が発生し、時間経過とともに洗掘が進行することがビデオ観察より認められた。また、水制前縁では馬蹄形渦に類似した強い渦形象が認められた。これらが洗掘現象に寄与していることは、注目すべき点である<sup>1)</sup>。

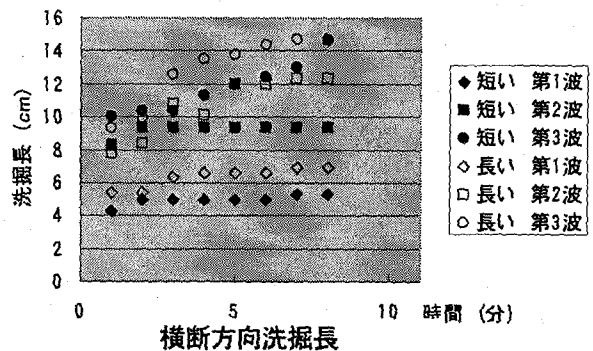
(b)は(a)よりもレイノルズ数はかなり小さいが、形成された洗掘形象から見て、その掃き出し作用が大きいことが確認できる。また、流路断面積の変化に伴う流速の違いもこの現象の要因の一つであることが考えられる。水制周辺における洗掘現象はレイノルズ数のみならず、水制長によっても異なることが明確となった。

図-5は図-4に示した(a)および(b)の流下方向と横断方向の洗掘長の時系列変化を示したものである。これより、流下方向の洗掘長は(a)が(b)よりも大きくなり、横断方向に関しては(b)が(a)よりも大きくなることを確認できた。したがって、先ほど述べた水制長が長い程横断方向の掃き出し力が大きくなり、流下方向は逆の傾向を持つ。

図-6はNallamuthu Rajaratnam らが示した水制周辺の壁面せん断力の等値線図であり、これに物体形状別の洗掘形象をプロットし比較している。それぞれ、①長い水制、②短い水制、③ひし形、④角柱、⑤円柱(一様流)、⑥円柱(せん断流)。ここで、③~⑥はそれぞれの物体を流路中央に設置した時の洗掘形象である。⑤、⑥の円柱に関しては最初に述べたような洗掘の特徴を示している。また $X/b=1.0$ 付近の高せん断領



(a) 流下方向洗掘長



横断方向洗掘長

図-5 洗掘形象の比較

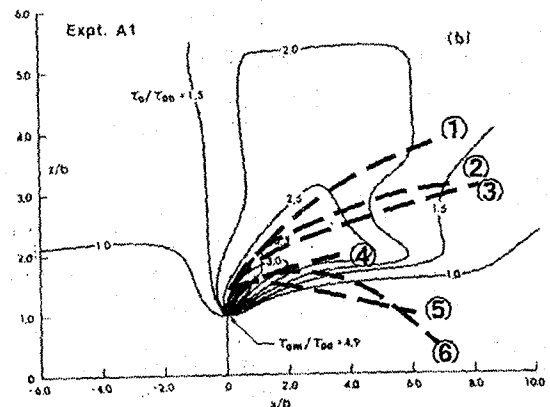


図-6 形状別の洗掘形象

域において①~④は同じような傾向を示した。時間経過とともに洗掘形象は各々異なった挙動を示したが、短い水制とひし形の洗掘形象については類似性が見られ、これらは注目すべき点である。

### 4. 文 献

- 1) 佐賀孝徳他: 流体力の評価とその応用に関する研究論文集第3巻, pp. 19-24, 2004
- 2) Nallamuthu Rajaratnam 他: Journal Hydraulic Eng, Vol. 109, No. 3, March, 1983. ASCE