

II-297 波による円柱まわりの流れの可視化と局所洗掘

東北大学工学部 正員○西沢 勝
大成道路（株） 正員 飯島 元
東北大学工学部 正員 沢本 正樹

1. まえがき： 波による円柱まわりの局所洗掘形状には、大別して二つある。^{(1), (2)} 一つは円柱岸側に二つのツノ状の洗掘（ごく希に堆積も生ずる）が生じる場合（写真-1）であり、他の一つには一様流でも普通に見られる逆円錐形洗掘（写真-2）である。これらの洗掘のうちツノ状洗掘は剝離によるものであることが流速の平面分布測定により確認された。⁽²⁾ しかし逆円錐形洗掘の洗掘機構については判然としなかった。今回は水素気泡法により、円柱まわりの流れの可視化を行い、上記二つの洗掘機構の相違を明らかにしようとしたものである。

2. 実験装置及び方法⁽³⁾： 実験は、長さ1300.0cm、幅35.6cm、高さ45.0cmの手製の水槽を用いて行った。使用した砂は $d_{50}=0.42\text{mm}$ 、比重 $s=2.60$ である。可視化は水槽底にアクリル板を張り、水槽底より写真撮影した。又タングステン線は、径0.1mmのものを、底より6mmの高さで、水路幅方向に1本ないし、2本張った。可視化した実験ケースは次の二つのケースである。一つはツノ状洗掘の場合で、円柱径 $\Phi=8\text{cm}$ 、周期 $T=1.43\text{sec}$ 、波高 $H=6.7\text{cm}$ (No85121901)⁽¹⁾、他の一つは逆円錐形洗掘の場合で、 $\Phi=2\text{cm}$ 、 $T=1.02\text{sec}$ 、 $H=6.9\text{cm}$ (No85111201)である。又砂粒子の動きを観察するために、アクリル板に薄く砂をばら蒔き、造波して時間的な変化を調べた（写真-5）。

3. 実験結果と考察

（1）8cm径円柱《ツノ状洗掘の場合》： 写真-3に示したものは、K.C.数（ UT/Φ ）、レイノルズ数はそれぞれ2.7、12000であり、流れは剝離するが、渦の形成はみられない場合である。写真-3に剝離点を矢印で示した。剝離点付近では水粒子は激しく乱れ砂を動きやすくし、さらに少し遅れて波の引きが加わるため、剝離点近傍でツノ状洗掘が起こる。岩垣⁽⁴⁾らは波動場における円柱周辺の後流渦パターンの既往の研究を整理しているが、それに依ると本ケースはV-1の渦パターンになる。また条件によっては、希に、写真-4に示すようにツノ状の堆積と言ったほうが良いような洗掘が目立たない場合がある。写真-4に示したのは、 $\Phi=8.0\text{cm}$ 、 $T=1.43\text{sec}$ 、 $H=3.4\text{cm}$ 、斜面勾配 $I=1/20$ の場合である。水平床ではこのようなツノ状堆積は出来にくいと思われるが、ツノ状部分の可視化をさらに詳細に行い、水粒子の挙動を明らかにして、これらの洗掘、堆積機構の相違を明確にする必要があると考える。写真-5はアクリル底板の上に砂を一様に少しばら蒔いて波を作用させた場合の写真である。円柱側

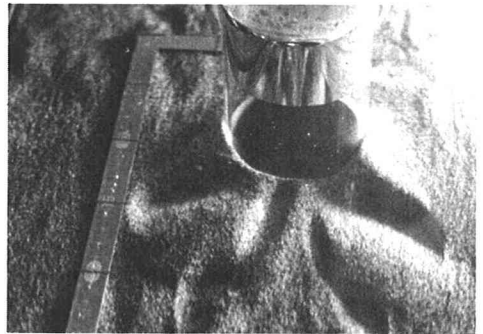


写真-1 ツノ状洗掘：写真下が岸側

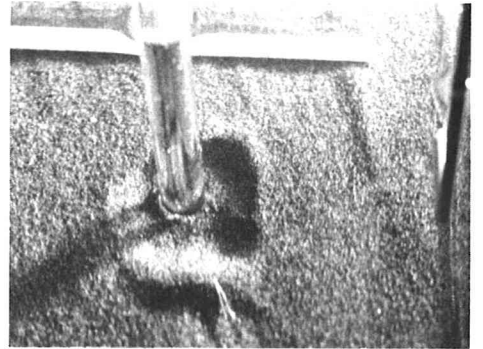


写真-2 逆円錐形洗掘：写真下が岸側

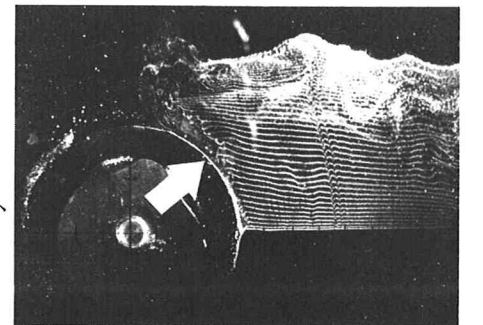


写真-3 ツノ状洗掘の剝離：写真上が岸側

方の砂は、まるで円柱で出来た磁石に吸い寄せられるように、円柱側壁に集まり堆積している（写真矢印方向）。（写真中、右の黒い部分の砂が円柱側壁の白く光っている部分に吸い寄せられて堆積した。）この理由は、流速の平面分布に依ると、円柱側壁での流速は、円柱より離れた流速一定部分の流速の約1.7 倍程大きな値を示す。したがってベルヌーイの定理に依り、円柱側壁付近の圧力は円柱より離れた地点の圧力より小さいため、砂粒子が円柱方向へ移動したものである。

（2）2 cm径円柱《逆円錐形洗掘の場合》： この場合、K.C.数は7.7で円柱まわりに非対称渦が生ずる。写真-6は岸向き流れの場合に生ずる一對の非対称渦の発生を示す。冲向き流れの場合もほぼ同様の渦が発生しており、この非対称渦に依って円柱まわりの砂がはじき飛ばされて逆円錐形洗掘が生じる。前述の岩垣きらの渦パターンに依るとV-3に属する。写真-7に円柱まわりの砂がはじき飛ばされた様子を示す。（円柱まわりの黒い部分がはじき飛ばされた跡で白く光っている部分が砂である）

4. 結論： （1） $\Phi = 8$ cm径円柱の岸側にツノ状洗掘が生じるのは剝離に依るものである。（2）ツノ状洗掘の場合、円柱があたかも磁石の働きをして、円柱側壁より離れた位置の砂を吸い寄せる。これは円柱側壁近くの流れの加速とそれに伴う圧力降下による。（3） $\Phi = 2$ cm径円柱まわりに逆円錐形洗掘が生じるのは非対称渦のためである。

《謝辞》 本研究を行うにあたっては東北大学海岸水理研究室の佐藤栄司氏の協力を得た。記して謝意を表する。

《参考文献》

- （1）西沢、唐木、沢本：「波による円柱まわりの局所洗掘」昭和60年度東北地域災害科学研究報告第22巻。
- （2）西沢、沢本：「波による円柱まわりの局所洗掘」第5回自然災害科学会学術講演会要旨集、1986。
- （3）飯島、西沢、沢本：「波による円柱周辺の流れの可視化」昭和61年度東北支部技術研究発表会講演概要、昭和62年。
- （4）岩垣、浅野、永井：「波と流れの共存場に置かれた円柱に作用する流体力」、第29回海岸工学会講演会論文集、1982。

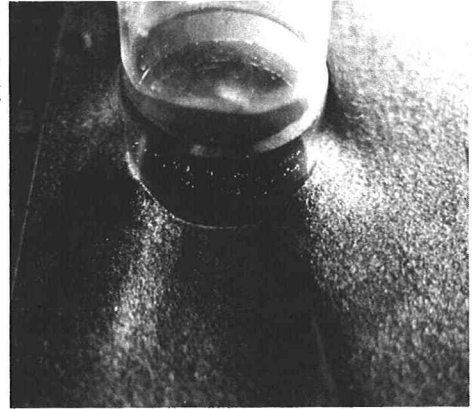


写真-4 ツノ状堆積：写真下が岸側

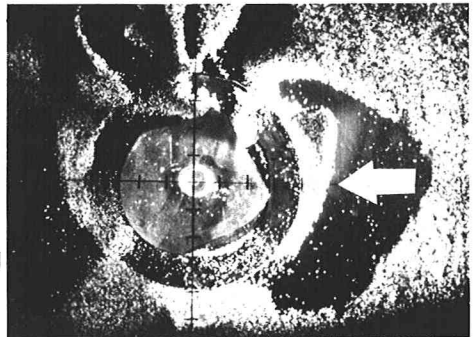


写真-5 ツノ状洗掘の場合の円柱まわりへ砂が吸い寄せられる状況：写真上が岸側



写真-6 逆円錐形洗掘の非対称渦：
写真上が岸側



写真-7 逆円錐形洗掘の円柱まわりの砂がはじき飛ばされた状況：写真上が岸側