

波による円柱周辺の流れの可視化

東北大学工学部 ○ 学生員 飯島 元
東北大学工学部 正 員 西沢 勝
東北大学工学部 正 員 沢本 正樹

1. はじめに

海中構造物、特に円柱状構造物周辺の局所洗掘については、いくつかの報告がなされ、研究も行なわれているが、水粒子の流れに関連した洗掘の発生・発達機構についての研究は少ない。どのようにして局所洗掘が発生・発達するのかを明らかにするためには、まず構造物周辺の水の流れの機構を調べる事が重要である。そこで本研究では、水素気泡法を用いて、円柱周辺の水の流れを可視化し、局所洗掘の発生・発達機構について考察した。

2. 実験装置及び実験方法

本実験に用いた水槽は、長さ13m、幅35.6cm、高さ45.0cmの木製水槽で、端部にフラップ型造波装置が取り付けられている。(図-1参照) 砂は $d_{50}=0.42\text{mm}$ 、比重0.26の物を使い、厚さ10.0cmで水平に敷いた。沖側での水深は25cmに保ち、岸側では1/5程度の斜面をつけテトラポットを置いた。円柱周辺に径0.1mmのタンゲステン線を張り、これと5~10cm離れた銅板との間に300~500V、周期0.04sの矩形パルス電圧を印加し、水素気泡を発生させた。そして、円柱付近を暗室にして、アクリル板を通してストリークカメラで撮影した。ここでは同期装置を用いて、水素気泡発生装置とストロボとカメラを同時に作動させた。(図-2参照) 水素気泡を鮮明に出すために、タンゲステン線の付着物を取り除いたり、またNaOHを適量加え水の電気抵抗を低下させた。照明にはキセノン放電管発光ストロボを用いた。ストロボは水槽壁面直角方向より、約 10° 斜め上から照射した。この可視化実験は、文献(1)の最も典型的な局所洗掘現象が見られた2つのケースについて行った。1つは、後流域にツノ状洗掘が生じた円柱径8cm、周期1.43s、波高6.7cmの場合であり、もう1つは逆円錐状の洗掘が生じた円柱径2cm、周期1.02s、波高6.9cmの場合である。(写真-1、2参照) また、砂粒子の動きを観察するために、アクリル板に2~3mmの厚さに砂を敷き、造波させ時間的な変化を調べた。(写真-4参照)

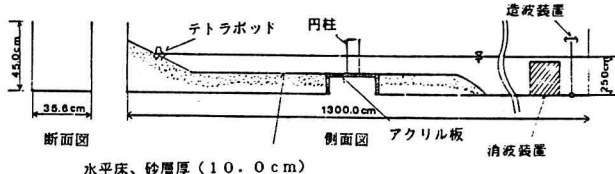


図-1 造波水槽

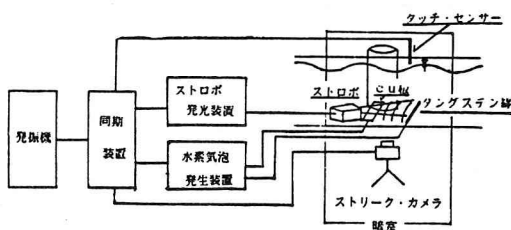


図-2 同時作動機構略図



写真-1 8 cm径：ツノ状洗掘

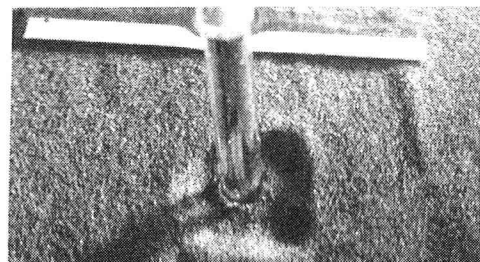
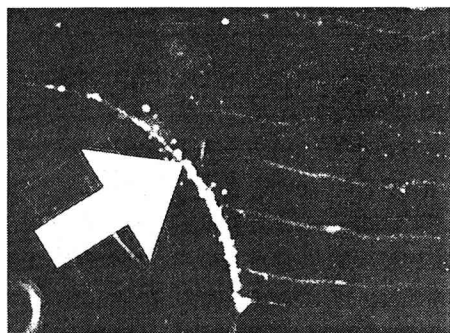


写真-2 2 cm径：逆円錐状洗掘

3. 実験結果と考察

1) 8 cm径円柱：ツノ状洗掘の場合

写真-3の剝離点と写真-4の砂の堆積する端部の点が一致した。剝離点付近では、速度勾配が大きく、水粒子が激しく攪乱しているために、洗掘されるものと思われる。また、観察により円柱側壁に砂が吸い寄せられているのがわかった。側壁付近で流速が大きく円柱から離れるほど小さいので、ベルヌーイの定理より側壁付近で圧力が小さく、離れるにつれ大きくなる。このために、砂が引き寄せられ、堆積するものと思われる。



↑写真-3 ↓写真-4：8 cm径

2) 2 cm径円柱：逆円錐状洗掘の場合

写真-5、6を見れば明らかなように、非対称渦が岸側、沖側の場合共に生じている。ここで、 KC 数 $[=U_m \cdot T / D]$ を求めると、 KC 数 $= 10 \sim 15$ となる。文献(2)の分類によると図-3のパターンとなる。この渦は、上下の非対称性が強く、発生・消滅を繰り返しながら円柱周辺を移動している。この渦の挙動によって、逆円錐状の洗掘が生じるものと思われる。

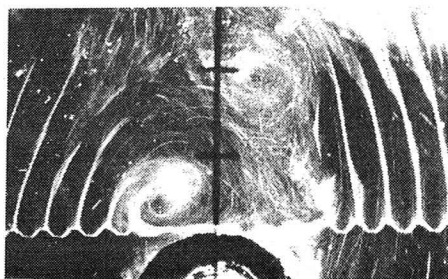
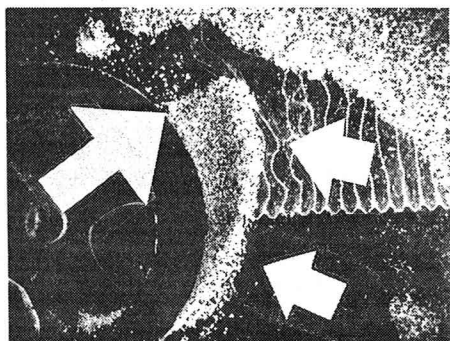
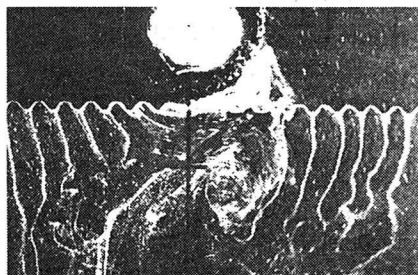


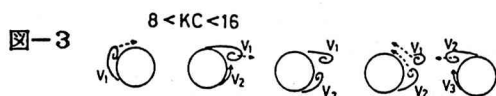
写真-5 2 cm径：岸向き流れ

↑岸



↓沖

写真-6 2 cm径：沖向き流れ



4. 終わりに

- 1) 8 cm径円柱の後流域にツノ状の局所洗掘が発生するのは、剝離による水粒子の乱れが大きく関わっているためである。
- 2) 2 cm径円柱周辺に逆円錐状の局所洗掘が発生するのは、非対称性の強い渦が、円柱周辺を移動するためである。

謝辞 本研究を行うにあたって、実験装置作製及び可視化に関する貴重な助言をいただいた東北大学海岸水理研の佐藤栄司氏に感謝の意を表します。

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) 沢本、菊池：振動流中におかれた円柱に作用する揚力；第26回海岸工学講演会論文集