

波による円柱まわりの局所洗掘機構の検討

東北大学工学部 学生員○南 誠信

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

波による円柱まわり局所洗掘の機構を調べるため、円柱まわりの流速の測定と水素気泡法を用いた可視化を行ない、それによって局所洗掘の発生、発達及び形態と流れとの関連について、特に対称渦や非対称渦の状態と動きを結びつけ考察を試みた。

2. 実験装置と方法

波動中の円柱まわりの流れ、特に岸方向に波が円柱を通過する時の流速値や、その際の後流渦（集中渦の有無、1対の対称渦、非対称渦）の状態をいくつかの実験条件の下で再現した。実験は、小口径と大口径の円柱に対して周期、底面勾配、造波振幅を変えて行なった。測定項目には、プロベラ式流速計と水素気泡法による可視化を用いた。

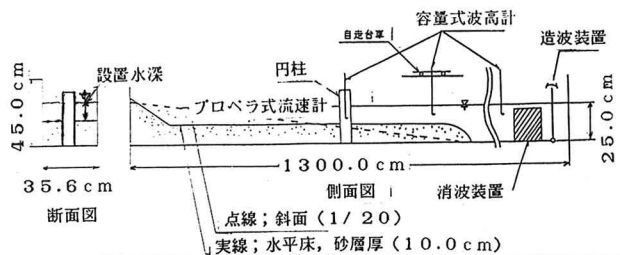
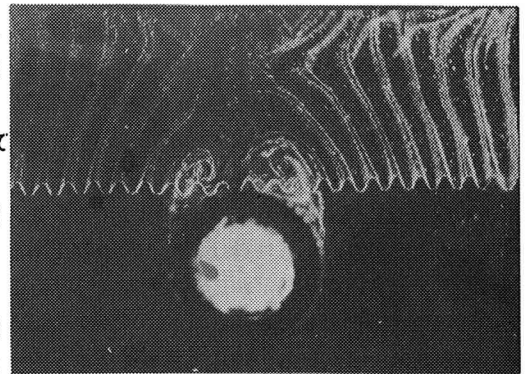


図1 造波水槽

3. 考察

(1) 少口径円柱のまわりの局所洗掘について

円柱が水平床に設置した場合について考察する。 $K.C.数 = UT/D$ (U : 平均流速 (cm/s), T : 波の周期 (s), D : 円柱径 (cm)) が、3.8から4.2では円柱まわりにわずかに逆円錐形の洗掘が生じていることが著者らの今までの研究で判明している。この $K.C.$ 数の範囲で可視化を行なった結果、円柱周辺の後流渦のパターンは、1対の対称渦の発生、発達、減衰及び消滅のサイクルが現象の大半を占めていることが確かめられた。このサイクルの過程で、流速が逆転する直前で後流渦が最も大きく発達する。この間に砂が徐々に渦の中に取り込まれていく。流速が逆転した後、渦は反対方向に流されるに従ってその強さが減衰していく。それに伴って渦は砂の運搬作用を失い、渦の中に巻き上げられた砂は円柱周辺のある領域に沿って分布堆積する。このような後流渦による砂の運搬機構のため逆円錐形の洗掘が発生、発達すると考えられる。

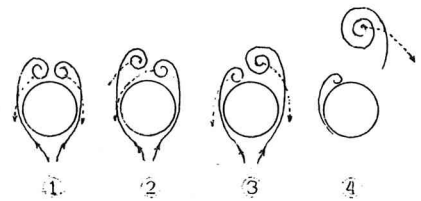
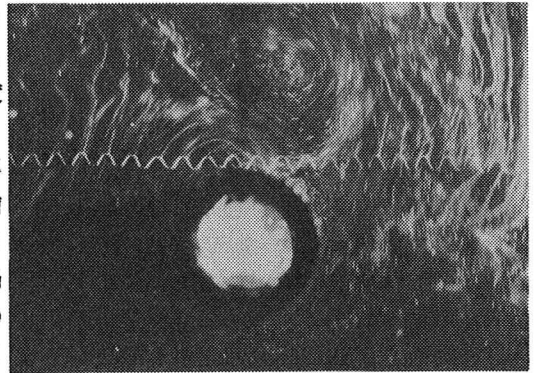


砂が徐々に渦の中に取り込まれていく。流速が逆転した後、渦は反対方向に流されるに従ってその強さが減衰していく。それに伴って渦は砂の運搬作用を失い、渦の中に巻き上げられた砂は円柱周辺のある領域に沿って分布堆積する。このような後流渦による砂の運搬機構のため逆円錐形の洗掘が発生、発達すると考えられる。

$K.C.$ 数が4.9から5.7と大きくなると、1対の対称渦の後流渦パターンは対称性がくずれやすくなり、明らかに非対称渦に遷移している現象が頻繁に見受けられる。この $K.C.$ 数に対応する現象は、逆円錐形の洗掘が明瞭でなくなり、円柱の岸側にツノ状らしき洗掘が生じる。この洗掘現象を後流渦パターンから説明してみる。逆円錐形の洗掘が明瞭でないのは、上述での1対の対称渦の洗掘作用がそれ程頻繁ではないためである。ツノ状らしき洗掘が生じるのは、流速が逆転した直後、1対の非対称渦の片方の渦が流される経路が対称渦の場合と違うためと考えられる。すなわち、岸側に向かう流れに対応して発生する後流渦は、対称渦に相当する砂の巻き上げを行なうが、流速が逆転する直前で、片方の渦が円柱面から岸

寄りに約1～2cm流されている。流速が逆転した後、砂を巻き上げらせて厚みを持っているように見える渦は、円柱面に平行に沿った形で流されていく。この経路で上述と同様に渦が減衰、消滅してゆく。よって、渦の減衰、消滅の構造とシートフロー状態の程度がツノ状洗掘の形状を決めると考えられる。

次に逆円錐形の洗掘が顕著に現われる、1/20斜面での洗掘事例について考察する。K.C.数は10前後である。円柱周辺に発生する後流渦は4つのケースが認められた。①1対の対称渦が1ケースと非対称渦の3ケースである。後者には②同じくらいの大きさの渦が生成し、それらが同一経路を辿って流されていく場合、③片方の渦が他方に比べて大きく成長し、それぞれがそれぞれの生成経路に押し流される場合、④まれではあるが一方の渦がかなり大きくなって円柱から離れて岸側に発達し、引き波で沖側斜め方向に流される場合、の4ケースである。頻度では、②と③のケースが多い。逆円錐形の洗掘は、これらいずれのケースでも認められている、砂の巻き上げなどの作用で発生、発達するものと考えられる。



(2) 大口径円柱のまわりの局所洗掘について

大口径円柱のまわりの洗掘形状は、概してツノ状洗掘である。また、全実験条件に対してK.C.数の範囲は、0.8から2.7程度である。小口径円柱の場合と同様に水素気泡法を用いた可視化で後流渦、タイムラインの状態を観察すると“剥離あり集中渦なし”であることが確認できた。これはK.C.数の範囲と“集中渦の発生なし”の後流渦パターンと対応している。さて、K.C.数を媒介にして集中渦なしの実験状態での様にしてツノ状洗掘が発生、拡大していくのかを考えてみる。初期の段階では岸向き方向の流れに対して砂が沖側円柱底面のどのあたりまで及んで堆積するかにはツノ状洗掘の発端位置が決まると考えられる。その堆積量がある程度に達すると、そこにシートフロー状態と違った砂運の発生可能な領域に移移すると思われる。堆積砂は、引き波の作用や安息角の関係などから一定以上の堆積高さに成りきれないから、半径方向に堆積域が広がる形になる。そこで堆積をまたぐ形で洗掘作用をうけると考えられる。この堆積砂の増加と共に運搬、移動砂も増えていき、現象が横方向に広がっていくと思われる。しかし、円柱面から離れるに従って円柱まわりの流れと違う、シートフロー状態が強くなるので、岸側に堆積が移動し洗掘が斜め方向になると考えられる。こうしてツノ状洗掘が発生、発達すると考えられる。

《参考文献》

- (1) 岩垣雄一・浅野敏之・永井文博：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回海岸工学講演会論文集，pp.433～437
- (2) 西沢勝・飯島元・沢本正樹：液による円柱まわりの流れの可視化と局所洗掘，第42回年次学術講演会講演概要集，pp.624～25
- (3) 西沢勝・唐木毅・沢本正樹：液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巻別刷