

砂れんの発生しない場合の 円柱周辺における局所洗掘に関する研究

京都大学防災研究所 正 員 土屋 義人

京都大学防災研究所 正 員 河田 恵昭

京 都 大 学 大 学 院 学 生 員 ○朝堀 泰明

1. 緒 言 従来、底質として砂を用いた波と流れの共存場における円柱周辺の局所洗掘の実験では、いわゆる動的洗掘領域で砂れんが発生し、そのスケールと洗掘深や洗掘径とが同じ程度となるため、洗掘のみを対象とした現象解析が困難であった。本研究では、底質として比重1.80の軽量骨材粒子を用いることにより砂れんのない場合の、波と流れの共存場における局所洗掘特性を明らかにするとともに、縦渦の制御による洗掘の軽減の可能性について検討した。

2. 砂れんの発生しない場合の局所洗掘特性 実験条件は、平均粒径 $d=0.85\text{mm}$ 、水深 $h=10\text{cm}$ 、波高 $H=0-5\text{cm}$ 、周期 $T=1.4$ 及び 1.0s 、流速 $u=0-13.4\text{cm/s}$ 、円柱径 $D=1.6$ 及び 1.0cm であった。洗掘深の経時変化は、直径 0.5mm の光ファイバー100本を1列に並べたものを円柱の沖側に取り付け、他端で受光の有無をVTRで撮影して計測した。今回の実験では全領域において砂れんは発生せず、流れの

○ $T=1.4\text{s}$ $V=13.4\text{cm/s}$ $D_f=2.0\text{cm}$
● $T=1.0\text{s}$

みの場合、静的洗掘は起こらなかった。しかし波と流れの共存場では、円柱前面より後方に運ばれた底質が、波の峰の位相付近で円柱後流域に形成される縦渦（カルマン渦）によって巻き上げられ、それらが流れによって下流に運ばれて洗掘深が増大した。また、波のみの場合には、縦渦によって巻き上げられた底質は再び円柱前面に運ばれ、そこに堆積した。この場合、円柱背面より少し離れた所に広く浅い洗掘が見られた。図1は洗掘深の経時変化の一例であり、連続的に洗掘が進行していることがわかる。図2は無次元最終洗掘深 Z/D と波高・水深比 H/h との関係を示したものであり、図中、静的洗掘から動的洗掘に変化するのは H/h が約0.35付近であった。この図から波高が大き

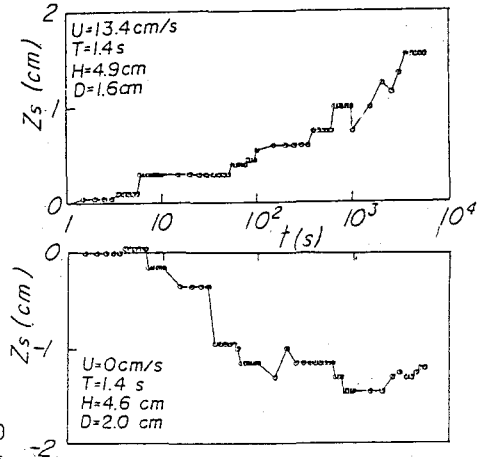
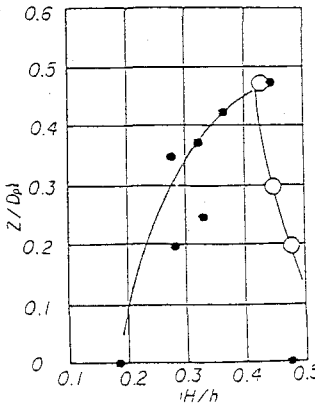
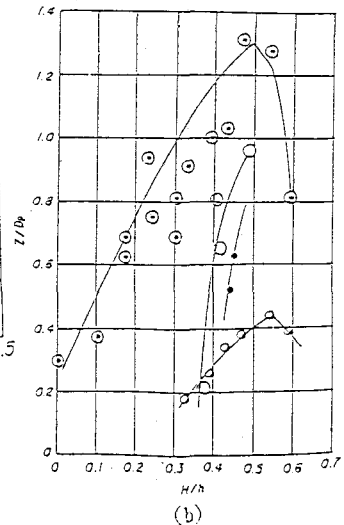


図1 洗掘深の経時変化

- $T=1.4\text{s}$ $V=13.4\text{cm/s}$ $D_f=1.5\text{cm}$ (sand)
- $T=1.4\text{s}$ $V=13.4\text{cm/s}$ $D_f=1.5\text{cm}$
- $T=1.4\text{s}$ $V=12.1\text{cm/s}$ $D_f=2.0\text{cm}$
- T/D_f (sand)



(a)



(b)

図2 最終洗掘深及び砂れんの波高と波高との関係

Yoshito TSUCHIYA, Yoshiaki KAWATA, Yasuaki ASAHORI

くなり、静的洗掘から動的洗掘に移行しても、しばらくは最終洗掘深は増大し続け、その後に減少をはじめることがわかる。これは、波高が比較的小さい間は、波高の増大に伴う洗掘孔への漂砂の流入量が、縦渦によって巻き上げられ下流に運ばれる流出量に比べて少ないが、波高が大きくなるとこれが逆転するためであると判断される。また、平均流速 $u=13.4$ と 12.1cm/s を比べると、後者の方が洗掘深が大きくなっており、これは後者の方が洗掘孔に流入する漂砂量が前者より少ないためであろう。

3. 局所洗掘に及ぼす砂れんの影響 図2(a)からわかるように、砂れんが発生しない場合には、無次元最終洗掘深は極大となったあと急激に零に近づくが、(b)の砂れんが発生する場合には、洗掘深から砂れんの波高分を引いても零にはならない。これにはつぎのような理由が考えられる。

1) 砂れんが存在すると形状抵抗と摩擦抵抗が流体力とバランスするので、必然的にplane bedの場合に比べて漂砂量が少なくなる。したがって、 H/h が大きくなっても、洗掘孔の埋め戻しのために流入する漂砂量はplane bedに比べて少ない。

2) 砂れんが発生すると、漂砂は砂れんの背面上で漂砂雲となって砂れん頂部から上部へ放出される。波と流れの共存場では、流速の比較的大きい部分にこの漂砂雲が運ばれるので、これが必ずしも洗掘孔に落ちるとは限らない。

4. 洗掘の制御の試み 今回の実験では簡単のために、流れのみの場合に、円柱に沿って発達する境界層を吸水することにより円柱周辺に発生する縦渦を制御することを試みた。実験では、直径 7.62cm の円柱に直径 5mm , 10個の小孔を縦に1列にあげ、円柱内より小型ポンプで吸水した。縦渦の挙動はこれを可視化し、VTRで撮影して解析した。円柱に関するReynolds数は 7.28×10^3 と一定にした。小孔列を $\theta = 0^\circ$ (上流方向), $45^\circ, 90^\circ$ (横), $135^\circ, 180^\circ$ (下流方向)の5箇所て吸水し、吸水量は0から 41.80cm^3 の間で段階的に変化させた。図3は円柱径への接近流量と吸水量の比で表した無次元吸水量と平均流速で無次元化した縦渦の無次元流下速度との関係を示したものである。 $\theta = 45^\circ, 135^\circ, 180^\circ$ でも同じように特徴的に変化することがわかった。図4は各吸水量に対して、吸水場所の縦渦の直径に及ぼす影響を示したものである。これから、 $\theta = 90^\circ$ で渦の直径は減少しており、これは他の吸水量の場合でも同様であることがわかった。このことから、流れに対し、真横で吸水すれば渦の半径は減少し、その流下速度が速くなるといえる。友近が示したポテンシャル流の解析では、このような条件では円柱の抗力係数の減少が期待できる。したがって、縦渦による底質の巻き上げ量が減少し、その結果、洗掘深が減少することが考えられる。

5. 結 語 砂れんの発生しない場合の局所洗掘は、砂れんが発生する場合のそれに比べて洗掘深が小さくなる。これは上流より流入する漂砂量が多くなるためであると考えられた。また、流れに対して直角方向から吸水すれば、縦渦の半径は小さく、流下速度は大きくすることができ、これによって洗掘が軽減できる可能性があることがわかった。

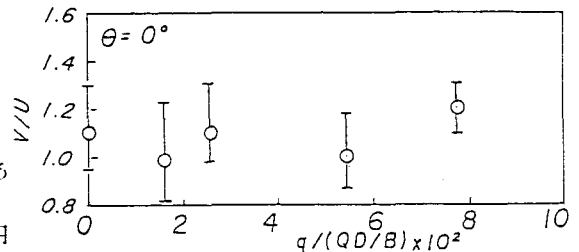


図3 吸水量と渦の流下速度との関係

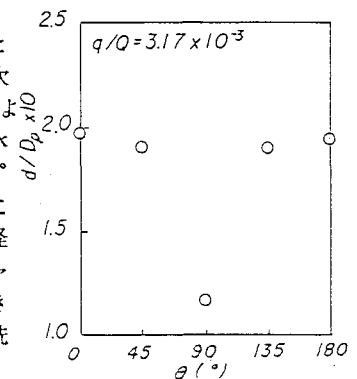


図4 渦直径と吸水位置との関係