

振動流場における非対称構造物に関する研究

九州大学大学院 学生員 ○ 石橋 勝 フェロー 小松 利光
 正会員 押川 英夫 藤田 和夫

1. はじめに

小松ら¹⁾は小規模非対称構造物を海底に設置する事により底質をコントロールし、自然環境の改善を図る技術(BaNK工法)を提案している。その際、構造物の安定性のため局所洗掘に対する十分な配慮が必要となるが、従来の局所洗掘に関する研究²⁾は対称構造物である円柱が主に対象とされており、BaNK工法で用いる非対称構造物を用いた研究は少ない。そこで本研究は、半円柱を用いて非対称で没水型の構造物周りに生じる局所洗掘に関して実験的に検討を行った。

2. 実験方法及び条件

実験には図-1に示すピストン駆動式U字管振動流装置(高さ120cm×長さ300cm×奥行き30cm)を用いた。水槽中央部の測定領域の底面は砂を入れるために周囲より低くなっており、そこに砂(中央粒径230 μ m、淘汰係数1.22、比重2.51)を長さ100cmに渡って厚さ10cmで水平に敷き詰めた。対称構造物として外径D=3.3cmの亚克力円筒、非対称構造物として同じ物を縦に半分にした半円柱の計2種類を用い、初期砂面位置からの突出高さを7.3cmとして砂層の中心に1体設置した。その後、表-1に示す条件で振動流を発生させ構造物周りの砂移動の観察を行い、砂面形状がほぼ安定した後、水を抜いて砂面位置を測定及び撮影した。砂面測定にはポイントゲージを用い、円柱の半径(D/2=1.65cm)を測定間隔とした対称面上の縦断方向分布、及び最大洗掘位置とそこでの最大洗掘深を測定した。

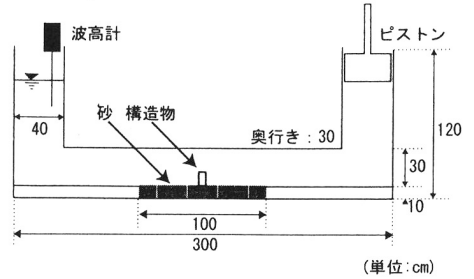


図-1 実験装置概略

表-1 振動流の条件

| Case名 | 構造物形状 | ピストンのストローク | 周期 | 断面平均流速の最大値 |
|---------|-------|------------|-------|------------|
| Case-1a | 半円柱 | 10cm | 4.9 S | 8.5cm/s |
| Case-1b | 円柱 | | | |
| Case-2a | 半円柱 | 16cm | 4.9 S | 13.7cm/s |
| Case-2b | 円柱 | | | |
| Case-3a | 半円柱 | 22cm | 4.9 S | 18.8cm/s |
| Case-3b | 円柱 | | | |
| Case-4a | 半円柱 | 26cm | 4.9 S | 22.2cm/s |
| Case-4b | 円柱 | | | |

3. 実験結果及び考察

撮影結果の例として、Case-2a、2b、4a、4bの砂面形状をそれぞれ写真-1a、1b、2a、2bに示す(写真内の矢印:流れの振動方向、写真右:ピストン側)。以下にCaseごとの半円柱周辺の砂移動と砂面形状について、円柱との比較を通して観察結果を記す。

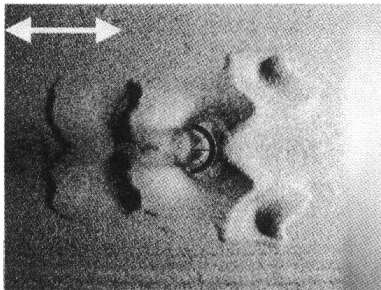


写真-1a Case-2aの砂面形状

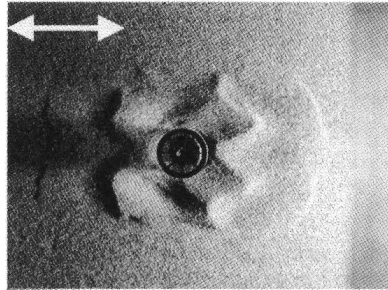


写真-1b Case-2bの砂面形状

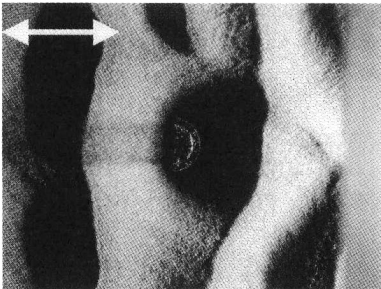


写真-2a Case-4aの砂面形状

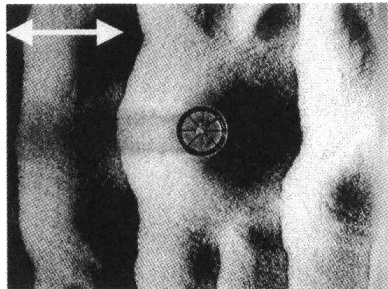


写真-2b Case-4bの砂面形状

Case-1 円柱では側面、半円柱では隅角部付近で砂の動揺が見られた。しかし、両条件とも砂面測定時に初期砂面からの変位は検出できなかった。

Case-2 円柱では側面における縮流による速度増加に起因する砂移動、及び前・後面における後流渦による砂移動が観察され、砂面形状は左右対称であった(写真-1b)。その際、砂面形状への影響は小さいようであるが非常に小規模ながら馬蹄形渦も観られた。半円柱では円柱と同様な砂移動も観察されたが、隅角部付近においては砂が激しく巻き上げられていた。砂面形状は左右非対称であった(写真-1a)。

Case-3 円柱、半円柱共に縮流、後流渦による砂移動、及び馬蹄形渦による砂の巻き上げが観察された。構造物周辺は大きく洗掘されていた。

Case-4 円柱、半円柱共に実験開始直後から大きな馬蹄形渦が観られ、それによる砂の巻き上げが支配的であり砂の移動はCase-3よりも激しく生じていた。砂面形状は円柱、半円柱共に左右対称であった(写真-2a, 2b)。

観察結果から、馬蹄形渦が大きくなるにつれて半円柱周りの砂面形状における左右の非対称性が減少する事が分かった。このことから馬蹄形渦が砂面形状の対称性に大きく寄与しているのではないかと考えられる。

次に砂面の測定結果について考察する。図-2、3にそれぞれCase-2、4における円柱直径で無次元化された対称面上での砂面の縦断方向分布を示す(半円柱、円柱の砂面をそれぞれ Z_a 、 Z_b とする)。ピストンのストロークが小さい図-2の場合、中心軸よりも右側において半円柱の砂面は円柱のそれとほぼ同じであるが、左側では極値のとり方等分布の傾向性は似ているものの円柱では侵食($Z/D < 0$)がみられ、半円柱では片側全域で堆積($Z/D > 0$)となっている。一方、ピストンのストロークが大きい図-3の場合、半円柱の場合のみ砂が存在する領域($-1/2 < X/D < 0$)において半円柱は円柱よりも無次元距離で0.2程度深く洗掘されているが、両条件とも構造物周辺はほぼ同規模の逆円錐形状を示している。

以上により、円柱と半円柱における砂面形状の違いが振動流の条件によって変化している事が分かったため、次にその程度の評価を試みた。振動流の条件による砂移動の規模を表すパラメータとして最大洗掘深 Z_{max} を採用し、それで半円柱と円柱での砂面位置の差を除いた値の縦断方向変化を図-4に示す。これよりピストンのストロークが大きいCase-3、4及び砂が動いていないCase-1では、円柱と半円柱との間で砂面位置の違いは殆んどなく、左右も対称であるのに対し、Case-2では著しく左右非対称となっている事が分かる。このように振動流の条件によって半円柱周辺に形成された砂面形状が左右対称、非対称と変化したのは、水粒子の移動距離(ピストンのストローク)と構造物の長さスケールの相対的な関係(いわゆるK.C.数)に起因した現象ではないかと考えられる。Case-2aでは水粒子の移動距離に比して構造物が大きかったため、半円柱の非対称性は砂面形状に強く反映されたが、Case-3a、4aでは水粒子の移動距離に比して構造物が小さくなったため、構造物形状の非対称性の影響が相対的に弱くなり、砂面形状は円柱周辺の場合とほぼ同じ形状になったものと考えられる。

4. まとめ

半円柱と円柱を用いて振動流場における移動床実験を行い、非対称構造物周りの砂移動について、観察と砂面測定の結果をもとに考察した。その結果、大きな馬蹄形渦が観察されるにつれて非対称構造物周りの砂面形状における左右非対称性が減少したため、馬蹄形渦が砂面形状の対称性に強く影響しているものと考えられる。また幾何学的な見方によると、水粒子の移動距離に比して非対称構造物の長さスケールが大きい場合は非対称性の強い砂面形状になるが、相対的な構造物の大きさが小さくなるにつれて構造物の非対称性の影響は弱まり、同規模の対称構造物と似たような砂面形状になると考えられる。

【参考文献】1)小松ら(2001):方向抵抗特性を持つ海底小規模構造物を用いた海底近傍の物質輸送の制御, 水工学論文集, 第45巻(印刷中), 2)例えば, 小林ら(1993):円柱まわりの局所洗掘の発達過程に関する実験, 海岸工学論文集, 第40巻, pp.521-525.

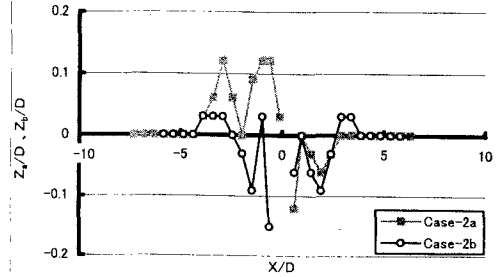


図-2 砂面の縦断方向変化 (Case-2a, 2b)

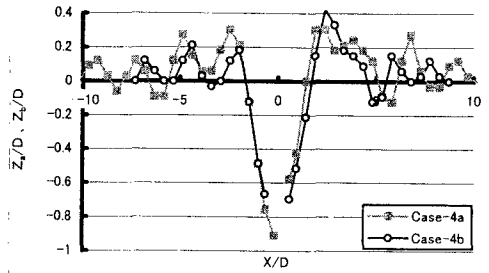


図-3 砂面の縦断方向変化 (Case-4a, 4b)

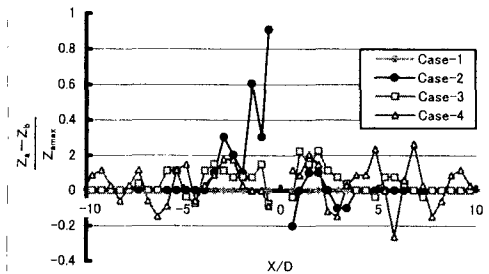


図-4 半円柱(Z_a)と円柱(Z_b)の差の縦断方向変化