

## 波浪が作用する円柱基礎周りに設置した捨石工による洗掘対策効果

豊橋技術科学大学 学生会員 ○鈴木 陸斗, 岡本 遥河, 竹野 史哉  
豊橋技術科学大学 正会員 松田 達也, 三浦 均也, 内藤 直人

### 1. 緒言

洋上風力発電の基礎として水深 30 m 以浅ではモノパイル基礎が適用される可能性が高く、基礎周りの土砂動態の把握が重要視されている。特に基礎周りの洗掘対策が課題となっており、北村ら<sup>1)</sup>により、洗掘対策工について検討した実験が行われている。本研究では、模型実験によりモノパイル基礎を想定した円柱構造物周りの洗掘対策として捨石マウンドを施した場合の検討を実施し、洗掘対策を行わなかった場合の底面せん断力と海底地盤内の有効応力応答を考慮した構造物周りの侵食・堆積現象を踏まえて、対策効果の検討を行った。

### 2. 実験概要

2次元造波水路を用いて、フルード相似則に従い、1/25に縮尺した実験を行った。全長 25.0 m の造波水路内に長さ 2.7 m、幅 0.6 m、高さ 0.2 m の移動区間を設け、移動床より沖側には 1/10 勾配の不透水斜面を設置した(図-1, 2)。円柱構造物の模型は入射波の波向に対して直交で、かつ等間隔に設置された円柱構造物を想定し、半円柱の模型を用いた。構造物模型の底部は水路に定着させ、頭部を水面より突出させた着底頭出型とした。実験時は、容量式波高計と電磁流速計を円柱周辺に設置して波動を計測した。半円柱の沖側を $\theta_{cyl} = 0^\circ$ とした時(図-3)、 $\theta_{cyl} = 0^\circ$ の初期水位から 0.25 m 下に水圧計を設置し、地盤内には $\theta_{cyl} = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ およびマウンド法先端において地盤深度  $z = 0$  m、0.05 m の位置に間隙水圧計を設置した。波の载荷に伴う地形変化を把握するため、超音波式砂面計を用いて 1200, 2400 波時に造波を停止して計測した。ここでは、捨石マウンドを設置しない実験を Case1 とし、捨石を設置した条件を Case2 とする。

### 3. 実験条件

円柱径  $D = 0.2$  m の模型を使用した。移動床には Dean Number<sup>2)</sup>を適用した地盤材料として珪砂 8 号( $D_{50} = 0.109$  mm)を用いて水中落下法により相対密度 $D_r = 80\%$ を目標に堆積させた。対策工は碎石 6 号(粒径  $d = 5 \sim 13$  mm 混合)を用い、模型中心から直径 0.4 m まで天端高 0.1 m とし、直径 0.8 m までは 1:2 勾配の台形状となるように敷設した(図-4)。波浪条件は波高 0.0552 m、周期 1.6 s、波長 2.7 m となるように設定した。

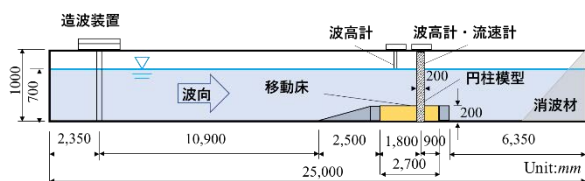


図-1 実験モデル断面図(Case1)

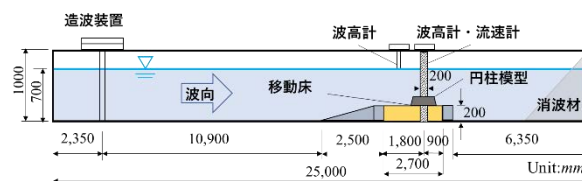


図-2 実験モデル断面図(Case2)

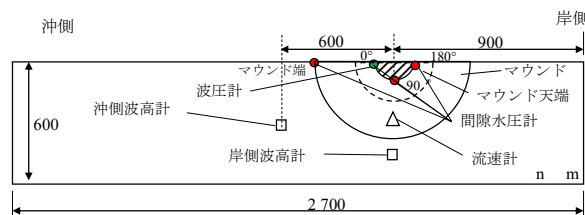


図-3 移動床平面図と計測機器の設置位置

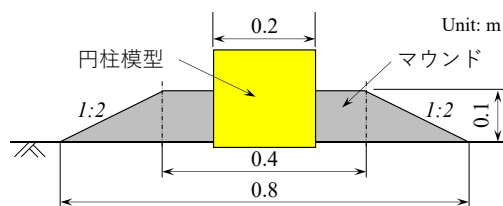


図-4 対策工の断面図

キーワード 波浪, 洗掘, 円柱構造物, 対策

連絡先 〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1 豊橋技術科学大学 TEL 0532-44-6849

## 4. 実験結果

### 4. 1 地盤内の有効応力変動

図-5 に構造物近傍で計測した波高と  $\theta_{cyl} = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$  の地盤深度 0.05m における過剰間隙水圧比を 1 周期分に平均化させたデータを示す。ここで、600 波造波後の  $\theta_{cyl} = 90^\circ$  に着目すると最大の過剰間隙水圧  $\Delta u$  は Case1 では 158.9 Pa, Case2 では 139.3 Pa であった。Case2 では砕石を布石したことによる上載荷重が原地盤に作用するため、過剰間隙水圧比の最大値は Case1 では  $\Delta u/\sigma' = 0.340$ , Case2 では  $\Delta u/\sigma' = 0.261$  であり、対策により地盤が安定すると考える。

### 4. 2 構造物周りの土砂動態

図-6 に終了時の構造物近傍の土砂動態を示す。図は初期地形からの変化量を表している。まず、対策工を設置していない Case1 では、 $90^\circ$  付近で局所的な洗掘が発生し、 $0^\circ, 180^\circ$  付近では堆積した。一方で、Case2 では砕石を敷設したことにより局所的な洗掘の発生はなく、敷設した領域における土砂変化も小さいことがわかる。実験終了後のマウンド部において、砕石の大きな沈下や滑落はみられなかったが、法先で若干の沈下や移動を確認した。

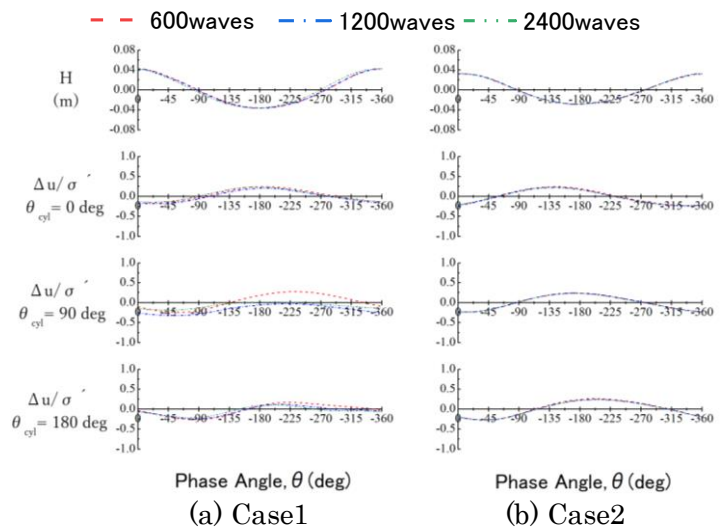


図-5 地盤内の過剰間隙水圧比の変化

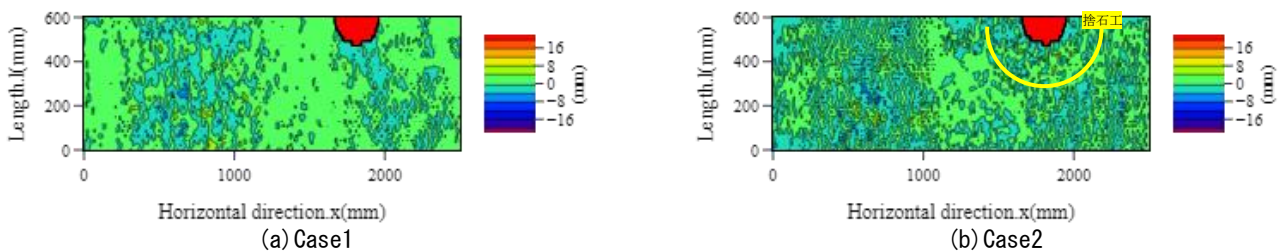


図-6 2400 波載荷後の初期地形からの地形変化

## 5. 結言

砕石を用いた円柱構造物周りの洗掘対策効果を検討した。捨石工の設置によって構造物周辺の局所洗掘に対する抑制効果を確認した。かつ、マウンドを形成すると原地盤に上載荷重として作用するため、過剰間隙水圧比を低下させる効果があることがわかった。しかし、原地盤の過剰間隙水圧の発生を十分抑制できないため、波浪外力の増加に伴って有効応力が著しく低下する可能性がある。そのため、拘束圧が低いマウンド法先等で捨石の沈下が懸念されるため、設計外力に応じた適切な対策断面を検討する必要がある。

**謝辞**：本研究は日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(C)17K06553，若手研究 20K14824，財団法人中部電気利用基礎研究振興財団の助成を受けました。ここに記して感謝の意を表します。

**参考文献**：1) 北川信 伊藤進一郎 土谷政治 今井貫爾 強潮流下における大規模橋梁基礎の洗掘防止工に関する研究 土木学会論文集 438号 pp.61-70 1991. 2) 松田達也 三浦均也 佐藤隼可 諫山恭平 澤田弥生 DeanNumberを適用した移動床造波水路実験における地盤内水圧応答 土木学会論文集B2(海岸工学) Vol.73 No.2 pp.I\_1117-I\_1122 2017.