大口径構造物を対象とした波浪外力が異なる条件での土砂移動現象

豊橋技術科学大学 学生会員 〇鈴木 陸斗,牧野 凌弥,岡本 遥河 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

大口径構造物に分類される洋上風力発電のモノパイル基礎周りの洗堀現象の把握が重要視されている.本研究では大口径構造物を対象に,波浪外力と構造物径の比で表される構造物と波浪の複合的な条件を示す KC数¹⁾をもとに波浪条件を設定して,底面せん断力(掃流力)と海底地盤内の有効応力応答を考慮した構造 物周りの洗堀・堆積現象について造波水路実験により検討した.

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、縮尺比 1/25 で実験を行った. 全長 25.0m の造波水路内 に長さ 2.7m,幅 0.6m,高さ 0.2mの移動床区間を設け、移動床より沖側には 1/10 勾配の不透水斜面を設置し た.本研究では、図-1 に示すような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、その一部を移動床区間内でモデル化した.実験は側壁に対して対称条件とし、円柱構造物は半円柱と した.また、設置した円柱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 波高計と流速計を円柱周辺に設置した.また、半円柱の沖側を $\theta_{cyl}=0^\circ$ とした時(図-1)、 $\theta_{cyl}=0^\circ$ 、180°の初 期水位から 0.25m下に水圧計を設置し、地盤内には間隙水圧計を $\theta_{cyl}=0^\circ$,90°、180°において地盤深度z=0m,0.05mに、45°においてz=0.05mに設置した.波の載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100、600、1200、2400波時に造波を停止して計測した.



図-1 実験のモデル化と造波水路内に設置した移動床・構造物および計測機器の位置

3. 実験条件

表-1に実験条件を示す.円柱径 D=0.4m を用いて,構造物模型の中心が移動床沖側から 1800mm になるように設置した.移動床には Dean Number を適用した地盤材料(三河珪砂 8 号: $D_{50}=0.09$ mm)^{2),3)}を用いて,水中落下法により相対密度 $D_r = 80\%$ となるように堆積させた.

Case	Wave Condition				Structure Condition		
	Wave Length, L (m)	Wave Height, <i>H</i> (m)	Wave Period, $T(s)$	Number of wave loads	Diameter, D(m)	KC	D/L
Casel	2.7	0.056	1.6	2400	0.4	0.3	0.15
Case2		0.110				0.6	

表-1 実験ケース

4. 実験結果

4.1 地盤内の有効応力変動

図-2に構造物近傍で計測し た波高と, *θ*_{cyl}=0°, 90°, 180° における地盤内の間隙水圧変 動を用いて求めた過剰間隙水 圧比のそれぞれ波1周期分の 変化を示す.本データは各波 載荷時の1分間分のデータを 用いてフーリエ変換により1 周期分に平均化した値を示し ている. KC 数が大きい Case2 の方が,地盤の有効応力が低 下することがわかる.載荷し た 2400 波間で*θ*_{cyl}=0°, 180° の位置では若干,過剰間隙水 圧比が減少するが,これは載



荷による締固めの影響等が考えられる.一方で、 $\theta_{cyl} = 90^{\circ}$ では過剰間隙水圧比の変化が大きく、Case2 では 100 波時点で流動化状態 ($\Delta u/\sigma'=1.0$) に至っており、その後も $\theta_{cyl}=-180^{\circ}$ で $\Delta u/\sigma'=1.0$ となる変動が生じた.

4.2 構造物近傍の土砂動態

図-3 に 2400 波載荷後の構造物近傍の土砂動態を示す. このコンター図は波載荷前 (*t*=0s) における初期地 形からの変化を示している. どちらのケースともに砂漣を形成しながら土砂移動が発生した. 加えて, 波外 力が大きい場合 (Case2) は侵食と堆積の領域がより区分けされるような土砂動態が生じることがわかった.



図-3 2400波載荷後の初期地形からの地形変化

5. 結言

円柱構造物側面において地盤の有効応力が変動しやすく,波外力が大きい場合(Case2)は流動化状態に至る可能性を示した.また,侵食と堆積の領域がより区分けされるような土砂動態が生じることがわかった.

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) Sumer, B. M. and Fredsøe, J.: J. Waterway, Port Coastal and Ocean Eng., ASCE, Vol.127, No.3, pp.125-134, 2001.; 2) Dean, R. G.: Proc. Conf. Eng. Dyn. in Surf zone, pp.208-214, 1973.; 3) 松田達也他: 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.73, No.2, pp.I_1117-I_1122, 2017.