

フィルターユニットによる洋上風力モノパイル基礎の洗掘防止工水理実験

鹿島建設(株) 正会員 ○稲垣 聡 新原雄二 岩前伸幸 鈴木一輝

1. はじめに

洋上風力発電におけるモノパイル基礎において、普及が進む欧州では石を用いた洗掘防止工が一般的に用いられる。砂地盤の吸出しを防止するための砕石によるフィルター層の上に、フィルター層の飛散を防止するための大き目の石を用いたアーマー層を設置する構造が用いられる。我が国においては特にアーマー層に用いる良質な石の入手が難しく、アーマー層にフィルターユニット（以後 FU）¹⁾²⁾を用いる洗掘防止工を提案する。本研究では、移動床を用いた水理模型実験により高波浪時の安定性の確認を行った。

2. 洗掘防止工の構成

対象とする洗掘防止工は、**図-1**のようにフィルター層の上に、基本は 8t 一層の FU を置き（範囲約 5D, D:モノパイル径）、FU 間の隙間をつくらないように端をラップさせて並べる。モノパイルの根元の 1 周は隙間を無くすために小型の 4t FU を用い、4t FU の飛散防止及び最も洗掘されやすいモノパイル根元周辺のケアのため、8t FU を 2 層目に 1 周だけ追加設置する。また、周辺洗掘の軽減とケーブルのフリースパン防止を目的に、フィルター層は欧州の実績を元に FU 外縁から 1D の範囲確保する範囲まで敷設する。

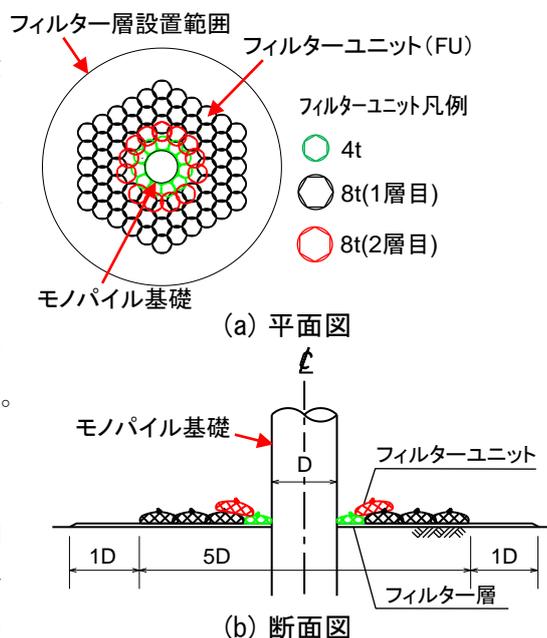


図-1 洗掘防止工配置

3. 実験内容

実験は直線造波水路（長さ 68m×幅 2m×深さ 2m）を用い、実験スケールは 1/30 とする。水槽内に、国内の洋上ウィンドファームサイトで代表的な 1/100 海底勾配の斜面（長さ 20m）を設置し、その岸側に模型設置エリアとして水路幅 2m×長さ 4m の範囲に砂を設置し、移動床の実験とする。

水深（風車位置）は実スケール 10m と 15m の 2 ケースとし、波浪条件は各水深に対して 50 年確率波浪を想定し、**表-1** の通りとする。直径 $D=5.5\text{m}$ 相当のモノパイル周辺に、洗掘防止工を設置しない場合と、**図-1** の洗掘防止工を設置した場合の 2 ケースを実施する。使用材料を**表-2** に示す。

表-1 波浪条件（現地換算）

水深	沖波(造波板前)		風車位置		
	有義波高(m)	有義波周期(s)	有義波高(m)	最高波高(m)	有義波周期(s)
15m	9.6	14.3	7.33	11.43	16.5
10m	9.6	14.4	5.12	8.61	13.9

表-2 材料条件

項目	条件
床材(砂)	8号珪砂(相馬珪砂8号、最多粒径は0.07~0.1mm)を用いる。実スケールでは2.1~3.0mm相当
フィルター層	実物の中央粒径が約30mmであることから、1mmの単粒とする。厚さは現地300mm(実験10mm)
フィルターユニット	8tおよび4tフィルターユニットの1/30模型を製作して使用

キーワード：洋上風力発電，モノパイル基礎，洗掘防止工，フィルターユニット

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設(株)土木設計本部 TEL 03-6229-6790

4. 実験結果

(1) 無対策の場合

模型の設置状況を写真-1に示す。造波は洗掘が十分発達する実スケール5.5時間(実験では1時間)行う。造波後のモノパイル周辺の地盤の状況を写真-2および写真-3に、計測した最大洗掘深を表-2に示す。洗掘範囲の平面的な範囲は、水深10m、15mのケースともに直径約3Dであった。



写真-1 模型設置状況

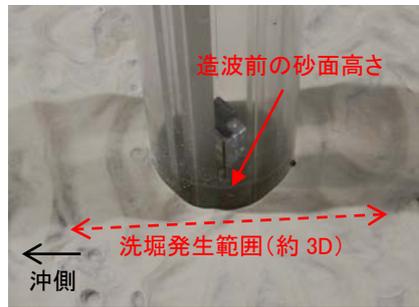


写真-2 造波後の状況(水深15m)

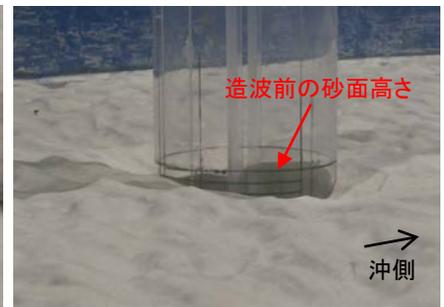


写真-3 造波後の状況(水深10m)

表-2 最大洗掘深の計測結果(現地スケール)

	無対策	洗掘防止工設置
水深 15m	0.78m	0.27m
水深 10m	0.93m	0.15m

(2) 洗掘防止工設置の場合

写真-4に造波前の状況、写真-5に造波後の状況、写真-6にFUを撤去した状況を示す。代表として水深15mのケースのみ示す。造波時間は無対策実験と同様である。結果は下記の通りである。

- ・FUは安定しており、洗掘防止工全体の大きな沈下等はみられない(写真-5)。
- ・FUを撤去したところ、FU下のフィルター層は、砂がフィルター層の中に入り込み目詰まりする形で安定している(写真-6)。表-2には洗掘防止工設置時の洗掘深も追記する。洗掘深は無対策の場合に比べて大きく減少しており、洗掘防止工が効果を発揮していることがわかる。



写真-4 造波前のセッティング



写真-5 造波後の状況



写真-6 FUを撤去した状況

5. おわりに

本研究のFUを用いた洗掘防止工は、洗掘防止工全体の沈降や洗掘の発生などがみられず、良好な機能を示した。なお、FU設置位置より外側のフィルター層は、50年確率波で飛散した。FU外側のフィルター層の効果については、今後更なる検討を行っていく予定である。

参考文献

- 1) フィルターユニット S 型 <https://www.kyowa-inc.co.jp/products/542/>
- 2) 福山ら：銚子沖洋上風力発電実証研究海域における海底地盤の耐洗掘性評価, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.70, No.2, pp.I_1-1046-I_1-1050, 2014.