細粒砂を用いた波・流れによるモノパイル基礎局所洗掘対策の袋型根固材の安定性

梅村　凜[1]・大西　左海[2]・片山　裕之[2]・三浦　成久[3]・鈴木　崇之[4]

[1]正会員　五洋建設株式会社　技術研究所（〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1）
E-mail: rin.umemura@mail.penta-ocean.co.jp (Corresponding Author)
[2]正会員　五洋建設株式会社　技術研究所（〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1）
[3]正会員　五洋建設株式会社　洋上風力事業本部（〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-8）
[4]正会員　横浜国立大学教授　大学院都市イノベーション研究院　都市地域社会専攻
（〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5）

着床式洋上風力発電モノパイル基礎の洗掘対策として，袋型根固材やフィルター層の設置が検討されているが，維持管理や撤去の観点から長期的な効果の検証が必要である．また，移動床実験では，模型縮尺に合わせて粒径を小さくした底質が，地形変化や地盤物性に影響を及ぼすことが懸念される．本研究では，細粒砂（d_{50} = 0.05 mm）を用いた波・流れ共存場の移動床実験により対策工の長期安定性を確認した．また，取得データから模型縮尺や底質粒径が洗掘現象へ及ぼす影響について検討した．その結果，袋型根固材の上端が地盤面まで沈下すると洗掘が緩和され袋型根固材が安定し，その場合ではフィルター層の有無による洗掘現象の違いは見られなかった．また，底質粒径が小さい場合は，外力が大きいと粘性地盤のような侵食地形を示すことに留意する必要がある．

Key Words : *scour, fixed offshore wind turbine, monopile, waves and current, movable bed experiment*

1. はじめに

近年，着床式洋上風力発電モノパイル基礎部の洗掘対策として，袋型根固材や吸出し防止を目的とした石材によるフィルター層の設置が検討されている[1)]．既往研究[例えば2)]では，これらの対策工による洗掘低減効果が確認されている．しかしながら，維持管理の観点からは，対策工の沈下進行後における長期的な効果も明らかにする必要がある．また，洋上風力発電事業においては，海域占用期間後の設備撤去が想定されている[注1)]．対策工の撤去に関して，袋型根固材は袋材が健全な状態であれば回収可能である一方，フィルター層は飛散や沈下によって回収が困難となることが懸念される．したがって，対策工の長期的な挙動を把握することは，撤去の観点からも重要となる．

モノパイル周辺の洗掘深を評価する指標の一つに，波の底面流速U_wと周期T，モノパイル直径D_pで定義されるKC数（$= U_wT/D_p$）がある．既往の知見[例えば3)]では，主にKC ≧ 4の検討が行われてきたが，近年のモノパイルの大口径化に伴い，KC<4の低KC数範囲での検討が必要となっている．模型実験により低KC数条件を再現するためには，実験施設の制約から模型縮尺を小さくする必要があり，移動床の底質粒径が課題となる．粒径の相似則として，Dean数に基づく浮遊漂砂の相似則[注2)]が用いられるが，それに基づいて粒径を小さくし過ぎると，洗掘特性が大きく変わる可能性も考えられる．さらに，移動床実験では，洗掘や地形変化の傾向が，使用する底質粒径に依存する可能性も指摘されている[4)]．

本研究では，大口径モノパイルを想定した低KC数条件下において，波・流れ共存場における移動床模型実験を実施した．対策工の長期安定性に関する検討では，事前に掘削した地盤に対策工を設置することで，対策工が将来的に沈下した状態を模擬し，洗掘状況や対策工の挙動を確認した．また，取得したデータを用いて，模型縮尺や底質粒径が洗掘現象に与える影響について検証した．

2. 水理模型実験の概要

(1) 実験概要

二次元造波還流水路（長さ50.0 m×幅0.6 m×深さ1.5 m）を用い，縮尺1/60の移動床模型実験を実施した．水路内一様水深部に長さ4.0 m×幅0.6 m×深さ0.23 mの移動床を設け，透明なアクリル製モノパイル模型を移動床中央に

設置した（**図-1**）．波浪条件は，モノパイル大口径化を想定し，現地スケールで波高3~6 mの規則波（KC＝0.5~2.6）とし，造波時間は4時間とした．流れ条件は，青木ら[5]を参考に現地スケールで1.0 m/s（2 knot）とした．

実験中は，7台の波高計と2台の2成分電磁流速計によりモノパイル周辺の波浪と岸沖流速を計測した．地形変化はレーザープロファイラ（Keyence社）にて1 mmピッチで計測するとともに，モノパイル模型内部に設置した360度カメラ（GoPro社）で洗掘状況を観察した．なお，模型縮尺による洗掘状況の違いを確認するため、実験縮尺1/35で洗掘実験を実施した青木ら[5]との比較も行った．

(2) 底質

洗掘実験に対する底質粒径の影響を把握するため，細粒砂である東北特8号硅砂（中央粒径d_{50}＝0.05 mm）と東北8号硅砂（中央粒径d_{50}＝0.1 mm）の2種類を用いた．Dean数により現地粒径に換算すると前者は0.15 mm，後者は0.52 mmとなる．なお，砂地盤の締固めによる洗掘現象への影響を減らすため，毎ケース，表層15 cm程度を新たな砂で入れ替えた．

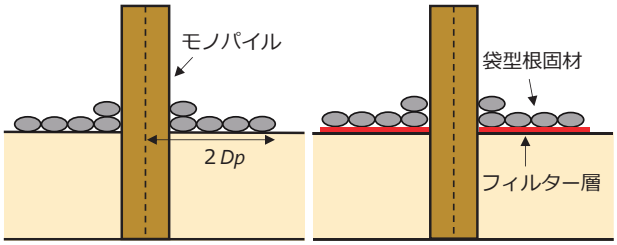
(3) 洗掘対策工

対策工には現地換算で8 t型の袋型根固材模型（直径：5 cm，高さ：3 cm，質量：37 g，中詰石材粒径：1.6~4.2 mm）を使用した．対策工の設置方法を**図-2**に示す．敷設範囲は，モノパイル直径D_pに対して，モノパイル中心から2D_pの円に接する正六角形配置とし，モノパイル際の1列のみ2層とした． フィルター層には青色に着色した東北4号硅砂（中央粒径d_{50}= 1.0 mm）を用い，モノパイル側面から2D_pの範囲に厚さ5 mmで敷き均した（対策工A）．また，対策工の長期安定性を確認するため，沈下が進行した状態を仮定し，敷設範囲を3 cm（0.3 D_p），モノパイルの際は6 cm（0.6 D_p）掘削し，対策工の上端が地盤面と同じ高さになるよう設置したケースも実施した．この場合のフィルター層は対策工と同じ正六角形の範囲に敷設した（対策工B）．なお，袋型根固材の中詰石材とフィルター層に用いた東北4号珪砂の粒径は，現地換算で前者は100~250 mm，後者は60 mmとなる．

(4) 実験ケース

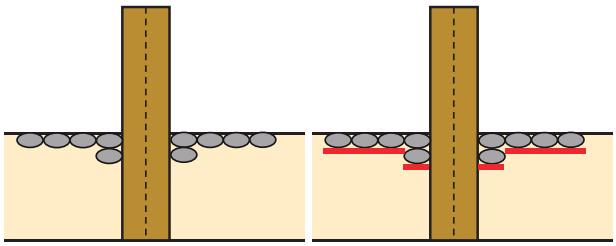
実験は，波・流れ条件，底質，モノパイル径，水深，対策工条件を変えて全12ケース実施した（**表-1**）．

Case1~9は，移動床部の水深0.45 m，モノパイル直径D_P＝10 cm，底質粒径d_{50}＝0.05 mmとし，KC＝0.5~2.6の波・流れ条件に対する洗掘状況の確認に加え，対策工の長期



Case 2 の設置状況　　Case 3 の設置状況

(1) 海底面に直接設置した対策工 A



Case4 の設置状況　　Case 5 の設置状況

(2) 海底面を掘削して設置した対策工 B

図-2 対策工の設置方法

表-1 実験ケース一覧

ケース名	水深 (cm)	波高 (cm)	周期 (s)	流速 (cm/s)	d_{50} (mm)	D_p (cm)	KC –	対策工 根固材	対策工 フィルター層
Case1	45	10	1.52	13	0.05	10	2.6	―	―
Case2								A	―
Case3								A	有
Case4								B	―
Case5								B	有
Case6		7	1.29				1.3	―	―
Case7		5	1.03				0.5	―	―
Case8		7	1.29				1.3	A	―
Case9		5	1.03				0.5	A	―
Case10		10	1.52		0.1		2.6	―	―
Case11	26	11	1.52	―	0.05	6	7.2	―	―
Case12				13				―	―

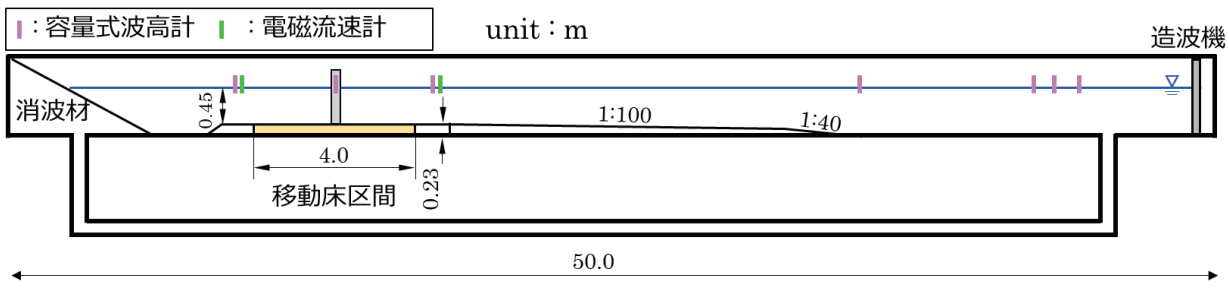


図-1 実験装置の概要

安定性を確認するケースとした．

Case10は，底質粒径 d_{50} = 0.1 mmとし，Case1との比較により，洗掘現象に与える底質粒径の影響を検討した．

最後に，Case11, 12は，既実施の模型縮尺1/35実験[5]と現地条件を同一とした．1/60実験と1/35実験の結果を比較することで，実験縮尺が洗掘現象に及ぼす影響を確認した．なお，縮尺差により移動床部の水深は0.26 m，モノパイル直径はD_P=6 cmとなる．

3. 実験結果および考察

(1) 全ケースの地形変化のまとめ

各ケースのモノパイル付近における初期砂面と実験終了後の地形変化を図-3に示す．なお，対策工を敷設したケースでは，袋型根固材を取り除いてから砂面計測を実施した．図中，X軸とY軸はモノパイル中心を原点とし，中心からの距離をモノパイル直径D_pで無次元化した．X軸は沖側を正とした．また，赤点は，モノパイル中心から2.0 D_p（破線）の範囲内での最大洗掘箇所であり，最大洗掘深も併記した．なお，本論文内では模型スケールの諸元で整理を行った．

(2) 無対策時(Case1，6，7)の実験結果

無対策条件で波と流れを作用させたCase1, 6, 7では，全ケースでモノパイル側面が最大洗掘箇所となった．波高7 cmと5 cmとしたCase6, 7ではモノパイル近傍のみ洗掘され，それぞれ最大洗掘深は2.9 cmと2.1 cmであった．波高10 cmのCase1ではモノパイル沖側が全体的に侵食傾向となり，最大洗掘深は6.1 cmとなった．また，波高7 cmと5 cmのケースに対策工として袋型根固材のみを設置したCase8, 9では洗掘がほとんど生じなかった．

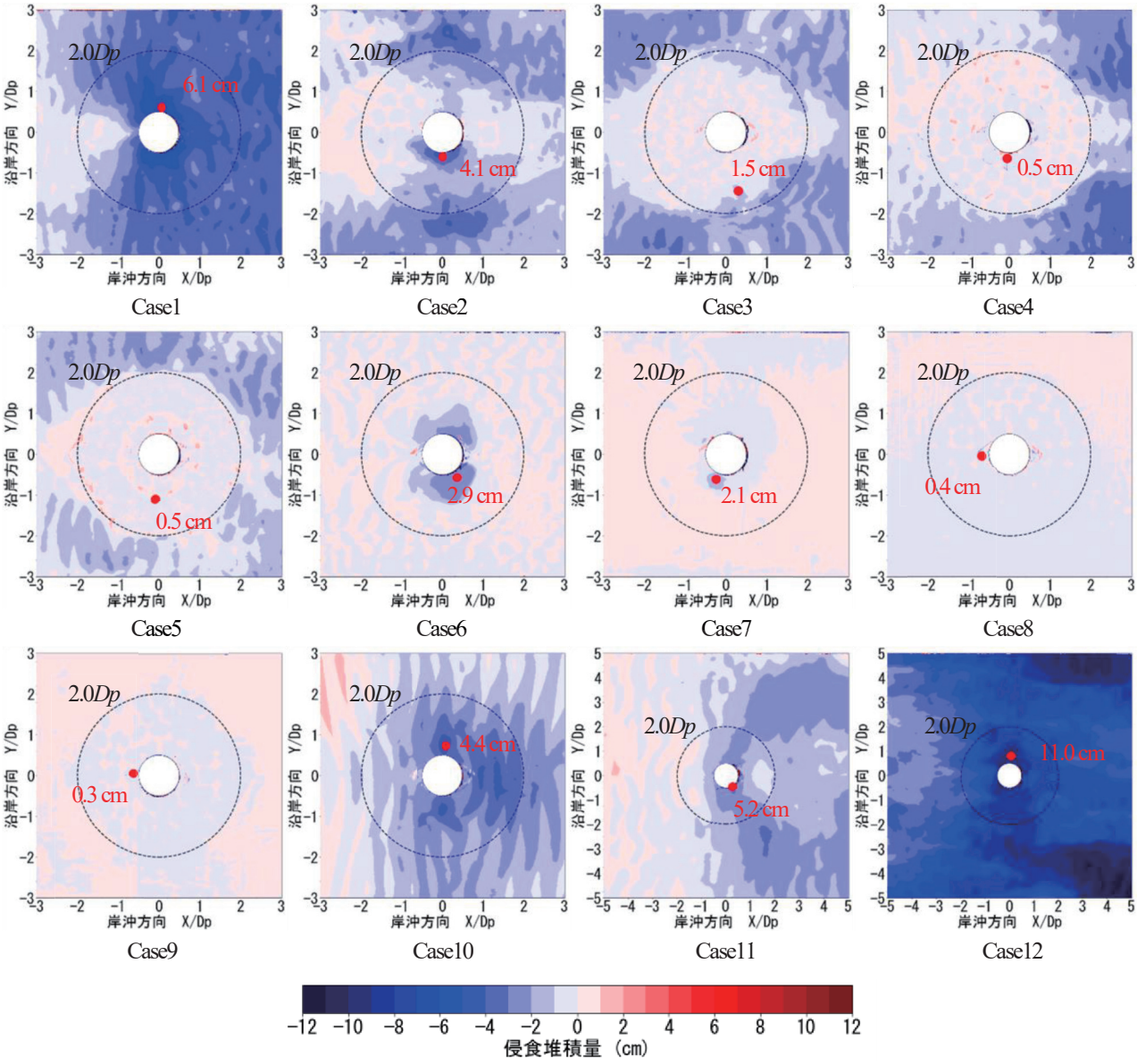


図-3 モノパイル付近の侵食堆積図

(3) 洗掘対策工の違いによる洗掘状況

波高 10 cm で実験した Case1~5 の結果を比較して対策工の効果について検討した．Case1 は無対策とした．初期砂面上に設置する対策工Aは，袋型根固材のみとする Case2 と，フィルター層も併設した Case3 とした．対策工の沈下が進行した状態の対策工Bは，袋型根固材のみとする Case4，フィルター層を併設した Case5 とした．

図-4 に各ケースの最大洗掘深を示す．最大洗掘深は，無対策の Case1 では 6.1 cm であったが，袋型根固材のみで対策した Case2 では 4.1 cm に，更にフィルター層を設置した Case3 では 1.5 cm に軽減した．また，侵食堆積図（**図-3**）に見られるように，無対策時に見られたモノパイル沖側の侵食も緩和された．対策工の沈下後を想定したケースでは，Case4,5 ともに最大洗掘深は約 0.5 cm に留まり，初期砂面からの洗掘の進行は見られなかった．

図-5 に，対策工を設置したケースでの造波前と造波完了後の状況を示す．外力は図の右側から作用させた．初期砂面上に対策工Aを設置した場合は，袋型根固材のみ用いた Case2，袋型根固材とフィルター層を併用した Case3 のいずれのケースでも，外縁部の袋型根固材が移動し，Case3 ではフィルター層の飛散も確認された．一方，モノパイル際においては，Case2 で洗掘が生じたのに対し，Case3 では洗掘は生じず，フィルター層も健全な状態のまま維持された．フィルター層による洗掘低減効果が確認された．ただし，前述のように外縁部のフィルター層は飛散し，周辺地盤は洗掘されたため，フィルター層の長期安定性には懸念が残ると考えられる．

対策工の沈下後を想定した対策工 B のケース（Case4, 5）では，対策工敷設範囲において，地盤の洗掘や袋型根固材の移動，フィルター層の飛散は生じなかった．造波後は，波・流れで運ばれた砂により，袋型根固材同士の隙間が埋まる様子も確認できた．また，袋型根固材のみを用いた Case4 と，袋型根固材とフィルター層を併用した Case5 を比較すると，対策工敷設範囲の洗掘状況に大きな差は見られず，フィルター層の有無による洗掘対策効果の違いは確認できなかった．

対策工Bを用いた結果，対策工の上端が地盤面と同じ高さまで沈下（本実験では 0.6 D_P 相当）すると，対策工の洗掘が緩やかになることが確認された．また，設置標高が低いため，全体的に砂が表面を覆い，空隙部を砂が間詰めする相乗効果により対策工が安定した．この傾向は，フィルター層の有無に関わらず同様であった．したがって，袋型根固材の洗掘対策工は，既往の知見[例えば 2)]で確認されている設置直後の洗掘防止効果に加え，対策工の沈下進行後に補充等の維持管理を行わなくても，長期的な洗掘防止効果が期待される．

本実験では，フィルター層について，設置初期では効果が確認されたものの，長期設置を想定した状態ではその有無による効果の違いは確認できなかった．対策工は海域占用後の撤去も想定されており，フィルター層の設置は洗掘対策効果だけでなく，初期の飛散リスクや撤去方法まで含めた総合的な判断が必要であると考えられる．

(4) 洗掘状況に与える底質粒径の影響

移動床実験では底質粒径の幾何学的相似を満足できな

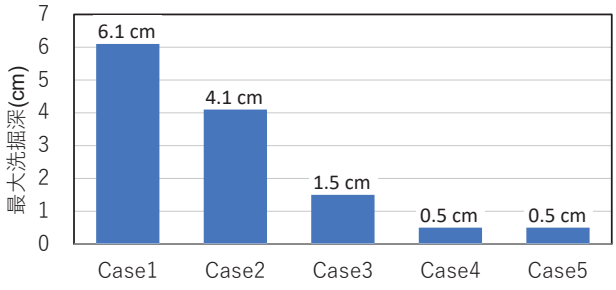
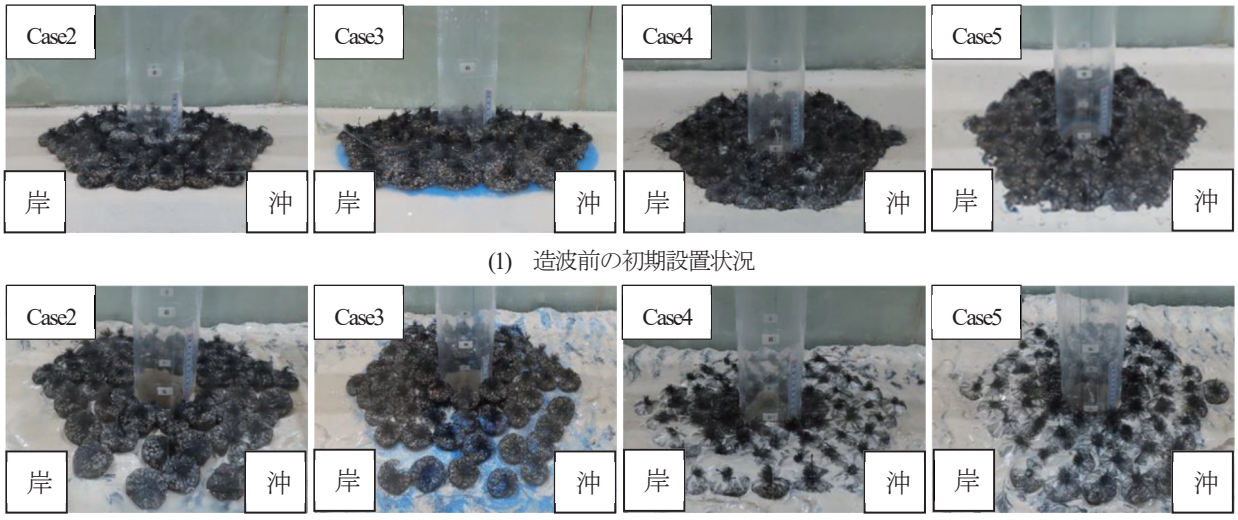


図-4 対策工設置時の最大洗掘深



(1) 造波前の初期設置状況

(2) 240 分造波後の状況

図-5 対策工設置時の造波前後の様子

いため，Dean 則により底質の移動形態を合わせることで，粒径を決めることが多い．Dean 則に基づくならば，なるべく細かい粒径を使うことが望ましいが，洗掘状況に与える底質粒径の影響を把握することは必要である．

底質の中央粒径を 0.05 mm とした場合（Case1）と，0.1 mm とした場合（Case10）における移動床全範囲の侵食堆積の様子を**図-6** に示す．Case1 では沖側は全体的に侵食傾向，岸側は侵食と堆積が交互に生じた．一方，Case10 では移動床全範囲で侵食と堆積が交互に生じ，Case1 と比較し明確な砂漣が形成された．また，モノパイル中心を通る沿岸方向の断面図からは，底質粒径 0.05 mm の Case1 に比べ底質粒径 0.1 mm の Case10 の方が，全体的に洗掘が 1~2 cm 程度小さくなる傾向が見られた（**図-7**）．最大洗掘深は，Case1 では 6.1 cm，Case10 では 4.4 cm となり，Case1 に比べ Case10 では 0.7 倍程度となった．

また，実験後，地盤表層に対してハンドベーン試験を実施した．その結果，底質のせん断応力は，Case1で約 13 kN/m^2，Case10で約5 kN/m^{2}となり，粒径の小さなCase1の方がせん断応力は2倍以上大きくなった．Case1で使用した特8号硅砂には75 μm以下の細粒分が90 %以上含有されており，付着性が強い細粒分が波・流れにより締固められたものと考えられる．

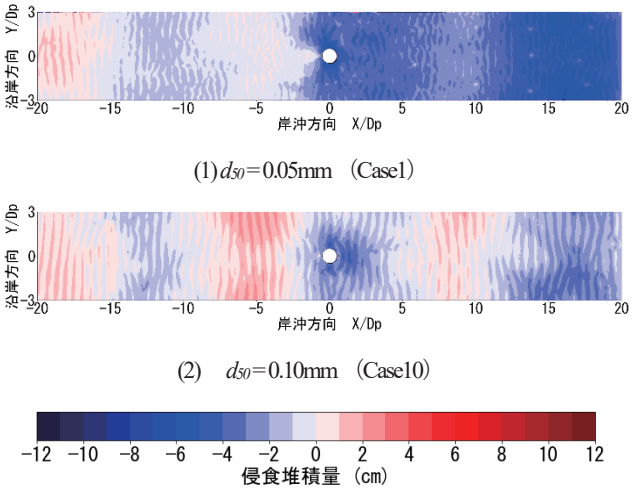


図-6 底質粒径を変化させた侵食堆積図

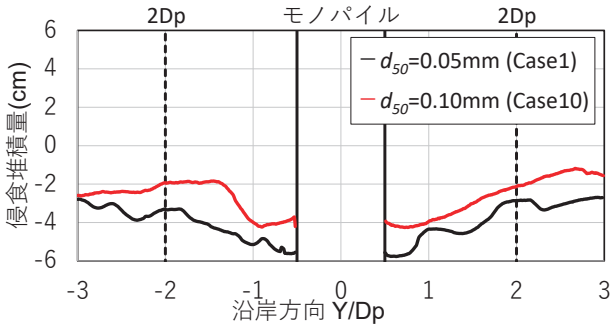


図-7 底質粒径を変化させた場合の沿岸方向断面図

本検討は1ケースの比較であるが，底質粒径が移動床全体の侵食堆積や洗掘などの地形変化，地盤のせん断応力に影響を及ぼすことが確認され，片山ら[4]も指摘しているように，洗掘現象における粒径依存性が示唆された．

(5) 実験縮尺を考慮した底質粒径の取扱い

模型縮尺が洗掘状況に与える影響を確認するため、既往の模型縮尺 1/35 実験 [5]で用いられた現地条件を縮尺 1/60 とした Case11（波のみ）および Case12（波・流れ）を実施した．

縮尺 1/60 である Case11,12 と，既往の縮尺 1/35 実験 [5]で得られた最大洗掘深の現地換算値を**図-8** に示した．波のみの条件（Case11）では，1/60 実験と 1/35 実験の最大洗掘深は同程度となった．一方，波・流れの条件（Case12）では，1/60 実験が 1/35 実験よりも最大洗掘深が約 1.5 倍大きかった．

洗掘現象において，波と流れが同時に作用した場合は，波の巻き上げ効果に流れの輸送効果が複合する．さらに，波による往復的な掃流力よりも流れによる一方向的な掃流力の方が，同じ作用時間内の外力としては砂の輸送への影響が大きく，波のみの場合より洗掘深が大きくなるとされる [3]．また，本実験では，1/35 実験は中央粒径 0.1 mm，1/60 実験は中央粒径 0.05 mm の硅砂を用いた．Dean 数で現地換算すると前者は 0.37 mm，後者は 0.15 mm となり，粒径について完全な縮尺実験とはなっていない．波・流れ条件下では，底質粒径が小さい 1/60 実験（Case12）の方が流れによる掃流力の影響を大きく受け，最大洗掘深が大きくなったと考えられる．

波・流れを作用させた Case12 では，造波後に粘性地盤に見られる侵食地形のような，砂が削り取られた不連続

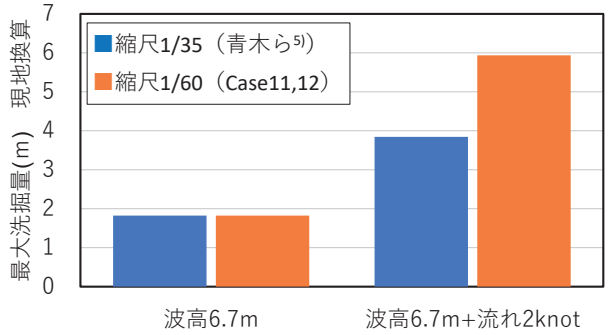


図-8 縮尺を変えた場合の最大洗掘深（現地換算値）

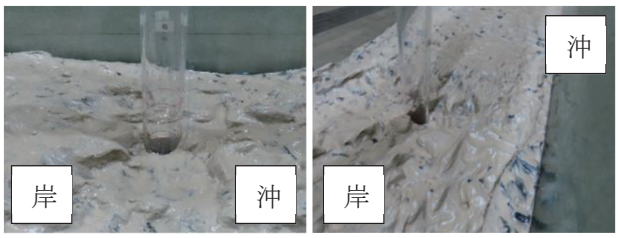


図-9 Case12 造波後の様子

な地形変化が見られた（**図-9**）．Case12 は 1/35 実験と縮尺を合わせるため，Case1~ 10 と比べ水深を浅く設定した．そのため，底面に波・流れによる大きな外力が働き，細粒分の粘性効果に伴うせん断耐力の違いから，底質が他ケースと異なる挙動を示したと考えられる．

模型実験で Dean 則などの相似則により縮尺を変える場合，外力だけでなく底質粒径も縮尺に合わせて小さくすることになる．しかし，粒径を小さくすると粘性の影響が顕在化し，洗掘などの地形変化の特性が変わってしまう傾向が見られた．そのため，使用する粒径を決める際には，単に縮尺に合わせるだけでなく，外力との兼ね合いも考慮し，洗掘特性が変化しない範囲で粒径を選択することが重要となる．

(6) 無次元最大洗掘深の整理

各ケースの最大洗掘深 S_{max} をモノパイル径 D_p で無次元化した S_{max}/D_p と，底面での波の軌道流速振幅 U_w と断面平均流速 U_c で定義される無次元流速 U_{cw}（$= U_c/(U_w+U_c)$）の関係を整理した（**図-10**）．図中には，Sumer ら [3]による実験データのうち波と流れが同じ向きのデータ（KC＝4, 8, 26）および既往の国内の洗掘実験の結果 [5,6]も示している．その結果，Sumer らと同様に，KC 数が増加するほど S_{max}/D_p が増加する傾向が見られた．

一方，既往の知見 [5]と同様，Sumer らの結果に比べ，全体的に同じ S_{max}/D_p に対して小さな KC 数となる傾向が見られた．特に，Sumer らによる KC=26 の実験で得られた S_{max}/D_p は，本実験や既往実験 [5,6]では KC＝6~ 8 程度で生じており，KC 数が大きな範囲で乖離があった．本実験における KC 数の増加は，モノパイル径 D_P は同じで，波の軌道流速振幅 U_w の増加によるものである．一方，Sumer らは，KC＝4, 8 では同じモノパイル模型を使っているのに対して，KC＝26 はモノパイル径を細くすることで再現しており，KC 数によって波と流れに対するモノパイルの影響が異なっている可能性がある．そのため，

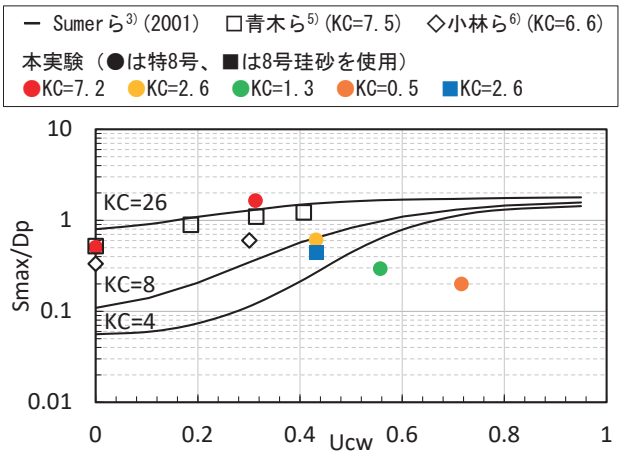


図-10 無次元洗掘深 S_{max}/D_p と U_{cw} の関係

S_{max}/D_p と U_{cw} の関係は，実験データを追加した見直しが必要であると考えられる．

また，既往の研究[7]でも見られるように，本実験においてもSumerらが検討していないKC＜4 でも洗掘が生じることを確認した．洋上風力モノパイル基礎の大口径化に伴い，KC数が低い事例が増えると想定されるため，今後はKC＜4 の範囲でも定式化も必要となる．

4. おわりに

着床式洋上風力発電モノパイル基礎部を対象に，縮尺 1/60 の移動床模型実験を行い，袋型根固材による洗掘対策工の長期安定性や，模型縮尺や底質粒径が洗掘現象に与える影響について検討した．その結果，主に以下の結論を得た．

・対策工の上端が地盤面と同一の高さまで沈下すると，対策工の洗掘が緩やかになり，対策工が安定することが確認された．また，対策工の沈下後においては，フィルター層の有無による洗掘状況の違いは見られなかった．

・移動床として底質粒径 $d_{50}=0.05$ mm と $d_{50}=0.1$ mm を用いた場合では，最大洗掘深や底質のせん断応力に違いが生じた．また，底質粒径が小さな場合は，粘性地盤に見られるような不連続な侵食地形を示すケースもあり，底質粒径や模型縮尺が洗掘現象に影響を及ぼすことが示唆された．

・実験と既知の研究[5]のKC数に差異が見られた．また，局所洗掘はKC＜4 の範囲でも生じるため，近年のモノパイル大口径化の傾向からも，今後定式化が必要である．

NOTES

注1）洋上風力発電施設検討委員会：洋上風力発電設備の維持管理に関する統一的解説（令和 2 年度 3 月版），https://www.meti.go.jp/shingikai/safety_security/yojo_fu-ryoku/pdf/20200327_04.pdf, Accessed on: May. 12. 2025.

注2）土木学会 海岸工学委員会：水理模型実験の理論と応用－波動と地盤の相互作用－，pp. 108-109，2021.

REFERENCES

1) 高橋武志，鈴木高二郎，関谷勇太，青田徹，小林航，鈴木英樹，錦織和紀郎，松田節男，久保田真一，土橋和敬，下迫健一郎，田所篤博，福永勇介，迫大介，野村大輔：袋型根固材を用いた着床式洋上風力発電設備の洗掘対策工に関する実験的研究，港湾空港技術研究所報告，第 62 号第 3 号，pp.50-89，2023. [Takahashi, T., Suzuki, K., Sekiya, Y., Aota, T., Kobayashi, W., Suzuki, H., Nishigori, W., Matuda, S., Kubota, S., Tsuchihashi, K., Shimosako, K., Tadokoro, A., Hukunaga, Y., Sako, D. and Nomura, D.: Experimental study on scour protection using rock bags for fixed offshore wind facilities, *Report of the port and airport research institute*, Vol. 62,

No.3, pp.50-89, 2023]
2) 関谷勇太，鈴木英樹，青田徹，久保田真一，土橋和敬，小林航，鈴木高二郎，下迫健一郎：袋型根固め材による洋上風力発電設備の洗掘防止効果と敷設構造に関する水理模型実験，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.78, No.2, I_907-I_912, 2022. [Sekiya, Y., Suzuki, H., Aota, T., Kubota, S., Tsuchihashi, K., Kobayashi, W., Suzuki, K. and Shimosako, K.: Hydraulic model experiment on scour prevention effect and laying structure of offshore wind power facilities by foot protection bag, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3* (*Ocean Engineering*), Vol. 78, Issue 2, pp. I_907-I_912, 2022.]
3) Sumer, B. M., and Fredsøe, J.: The mechanics of scour in the marine environment. Advanced series on ocean engineering, World Scientific, River Edge, N.J., pp.536, 2002.
4) 片山裕之，青木健太，鵜飼亮行，三浦成久：波浪によるモノパイル基礎局所洗掘および対策工効果の実験的検討，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.77, No.2, I_553-I_558, 2021. [Katayama, H., Aoki, K., Ukai, A. and Miura, N.: Experimental study on local scouring of monopile foundation by waves and effect of countermeasure, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2* (*Coastal Engineering*), Vol. 77, Issue 2, pp. I_553-I_558, 2021.]
5) 青木健太，谷上可野，片山裕之，三浦成久，鈴木崇之：波・流れによるモノパイル基礎局所洗掘および対策工効果の実験的検討，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.78, No.2, I_475-I_480, 2022. [Aoki, K., Yagami, K., Katayama, H., Miura, N. and Suzuki, T.: Experimental study of local scour around monopile foundation caused by waves and currents and the effectiveness of countermeasure, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2* (*Coastal Engineering*), Vol. 78, Issue 2, pp. I_475-I_480, 2022.]
6) 小林航，関谷勇太，鈴木英樹，青田徹，松田節男，高橋武志，下迫健一郎，鈴木高二郎：袋型根固め材による洋上風力発電設備の洗掘防止効果と模型の縮尺効果に関する大規模水理模型実験，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.78, No.2, I_709-I_914, 2022. [Kobayashi, W., Sekiya, Y., Suzuki, H., Aota, T., Matuda, S., Takahashi, T., Shimosako, K. and Suzuki, K.: Hydraulic model experiment on scour prevention effect and laying structure of offshore wind power facilities by foot protection bag, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2* (*Ocean Engineering*), Vol. 78, Issue 2, pp. I_907-I_912, 2022.]
7) Rudolph, Daniel., Bos, Klaas J.: Scour around a monopile under combined wave-current conditions and low KC-numbers. 3rd International Conference on Scour and Erosion, pp.582-588, 2006.

(Received March 17, 2025)
(Accepted July 22, 2025)

STABILITY OF ROCK BAG AS A COUTERMEASURE FOR LOCAL SCOUR OF MONOPILE FOUNDATIONS USING FINE SAND

Rin UMEMURA, Sakai ONISHI, Hiroyuki KATAYAMA, Naruhisa MIURA and Takayuki SUZUKI

Rock bags and filter layers are being considered as a scour protection measure for monopile foundations of fixed offshore wind turbines, with long-term stability also being important consideration. In addition, the similarity law of the sediment is an issue in a movable bed experiment. Recently, Dean number has tended to be use, but the particle size cannot be avoided from becoming smaller in model experiments, and fine sand is also concern about the cohesiveness. In this study, the long-term stability of the countermeasure was examined through a movable bed experiment. Moreover, the effects of model scale and sediment size on scour were also verified using fine sand (d_{50} = 0.05 mm). As a result, once the top of rock bags settled to the same level as the foundation ground, scour became gradual, and the rock bags was stable. Under this condition, the effect of the filter layers decreased. Furthermore, when using fine sand, it should be noted that the scour depth increases and the bed erosion like cray was caused during a significant external force.