

PIV を用いたモノパイル構造物による 局所流況変化に関する実験的検討

小俣 勇斗¹・鈴木 崇之²・片山 裕之³・比嘉 紘士⁴

¹ 八千代エンジニアリング株式会社 事業統括本部国内事業部
(前 横浜国立大学大学院 都市イノベーション学府都市地域社会専攻)
E-mail: yt-omata@yachiyo-eng.co.jp

² 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 土木工学教室)
E-mail: suzuki-t@ynu.ac.jp (Corresponding Author)

³ 正会員 五洋建設株式会社 技術研究所土木技術開発部
(〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1)
E-mail: hiroyuki.katayama@mail.penta-ocean.co.jp

⁴ 正会員 横浜国立大学准教授 大学院都市イノベーション研究院都市地域社会専攻

モノパイル構造物における局所的な流況の変化により基礎部では局所洗掘が生じ、構造物の安定性に重大な影響を及ぼす。本研究では PIV を用いた室内実験を実施し、波、流れ条件においてモノパイル周囲の流況を詳細に捉えると共に、流速岸沖、鉛直割合を算出し、モノパイルによる流況変化特性を検討した。その結果、波条件では波高によらず流速岸沖、鉛直割合の局所変化は小さく、モノパイルから沖側への距離との関係は見られなかった。一方、流れ条件ではモノパイル上流側底面近傍で流量によらず一定の流速鉛直割合が生じ、モノパイルから沖側へ離れるほど流速鉛直割合が減少する関係が示された。ゆえにモノパイル構造物基礎周辺では流れ条件で一定程度の範囲で鉛直流速が発生し、局所洗掘の検討にはモノパイルからの距離を考慮し鉛直流速の影響を検討する必要があることが明らかとなった。

Key Words : PIV experiment, visualization, circular structure, vertical velocity, local flow change

1. はじめに

欧州を中心に着床式洋上風力発電の導入が進んでおり、日本においても再エネ海域利用法の改正^{注1)}によりエネルギー政策の観点から積極的な導入が促進されている。日本は周囲を海に囲まれた島国であり風況解析^{注2)}から導入に適した地点が多く存在し、洋上風力発電の導入ポテンシャルが高い。

着床式洋上風力発電には複数の基礎形状があるが、最も一般的なのはモノパイル式である。しかし、モノパイル着床式洋上風力発電では基礎部で生じる局所洗掘により長期安定性が課題となっており、局所洗掘発生 の 解 明 に 関 する 検 討 が 多 く 行 わ れ て い る^{例 えば 1)}。

波条件による局所洗掘の発生は、波の入射に対して直交方向に洗掘が生じることが報告されている^{例 えば 2)}。一方で、流れ条件ではモノパイル構造物の前面で生じる下降流をきっかけに初期洗掘が生じ、水平流と初期洗掘がモノパイルを伝わりながら側面へと拡大する中期洗掘、さらにモノパイル背後に洗掘が及び同心円状に局所洗掘が生じる後期洗掘に分類して考えることができる³⁾。波作用時の最大洗掘深 S_{max} はモノパイル径 D に対して KC

数をパラメータとして最大 $1.3D$ となることが知られているが⁴⁾、流れ作用時は最大洗掘深がさらに大きくなり、形状も大きく異なることが明らかとなっている⁵⁾。

加えて、洗掘対策に関する検討も多く行われているが^{例 えば 6)7)}、洗掘を生じないための対策が主となっている。しかしこの中で洗掘対策の必要範囲についての議論は不十分であり、モノパイルにより発生した洗掘のトリガーとなる鉛直流速特性を複数の波条件、流れ条件に対し詳細に議論されていない。また、PIV 計測によってモノパイル周辺の平面 (xy 方向) における流況と洗掘痕の関係性が示されている一方で、鉛直断面 (xz 方向) における流速特性と洗掘現象の詳細な関連性は明らかにされていない⁸⁾。

そこで本研究では、実験水槽を用いてモノパイル基礎を想定した固定床実験を実施し、モノパイル構造物に複数の波条件、流れ条件を作用させることでモノパイル前面の鉛直流速を PIV 計測によって取得し、流速分布とモノパイルからの距離の関係性を統計的に評価することで、局所的な流況変化の特性を明らかにする。

2. PIV 実験概要と解析手法

Particle Image Velocimetry (PIV) は、流体中に懸濁した粒子の動きを追跡することにより流れを可視化し、可視化画像から流速分布を求める手法である。現在でも主流である計測機器を流体内に設置する点計測とは異なり、空間内の多数の点のデータを非接触でレーザーシート断面を同時に取得が可能な計測であることから、多くの分野で使用されている^{例えば9),10)}。

本研究では波条件と流れ条件で異なる水槽を用いて実験を行った。ただし、解析方法は同一である。始めに、50 μm トレーサ (KP-050, カトウ光研株式会社) を水槽に投入した上でレーザーシート (G5000, カトウ光研株式会社) をモノパイル直径断面に照射し、高速度カメラ (K8-USB: カトウ光研株式会社) を用いて 200 fps にて撮影を行った。

取得した画像データから解析ソフト (Flow Expert 2D2C, カトウ光研株式会社) を用いて、直接相互相関法により流速ベクトルを作成した。直接相互相関法とは、1 時刻目に撮影された微小な検査領域の輝度値分布と 2 時刻目に撮影された探査領域の輝度値分布の相互相関関数を求め、その最大値となる変位を検査領域内の粒子群の移動変位として推定する手法である。

相互相関関数は空間的に離散化されるため、求められる変位ベクトルは ± 0.5 pixel の誤差を伴うが、二次元正規分布を内挿して連続関数とした上で変位ベクトルを求め、誤差を ± 0.1 pixel 程度に減少させる^{注 3)} (本検討では移動量誤差 0.1 pixel は波条件で 44.5 μm , 流れ条件で 27.1 μm と解析対象に対して十分小さい)。誤差ベクトル除去などの処理後にデータ取得点における代表値として流速の平均値, 最大値, 最小値をアンサンブル平均により

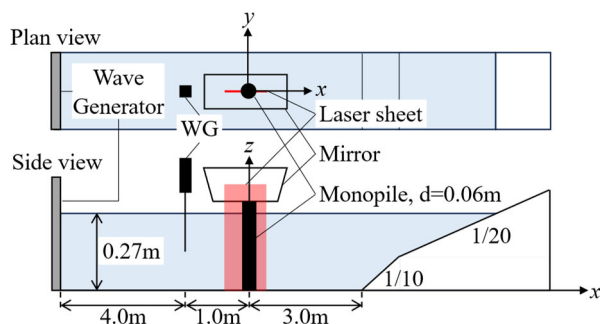


図-1 波条件における実験水槽概要

表-1 波条件における実験条件

Case	水深 (m)	波高 (cm)	周期 (s)
A-1	0.27	2.0	1.57
A-2		6.5	
A-3		10.0	
A-4		12.0	
A-5		13.5	

算出した。アンサンブル平均は波条件にて計測時間内に安定した流速波形が得られた 4 波分 (6.28s) の流速データを用いており、流れ条件でも同条件でアンサンブル平均を行った。3 章にて波条件, 4 章にて流れ条件での結果, および考察を示す。

3. 波条件によるモノパイル周囲流況計測

(1) 実験装置

波条件における実験は、横浜国立大学が有する長さ 17 m, 幅 0.5 m の二次元断面造波水路を用いて実施した (図-1)。一様水深部, ならびに斜面部は滑らかな固定床であり, 斜面勾配は端部から 1.0 m までは 1/10, それ以降は 1/20 である。モノパイルを一様水深部 (0.27 m) に設置し, 座標軸はモノパイル底面中心部を座標原点と定め, 岸向きを正 (x), 鉛直上向きを正 (z) とした (図-1)。波高計 (WG) は $x = -1.0$ m に設置した。

使用したモノパイルはアクリル製パイプで直径 $d = 0.06$ m, レーザーシート反射用鏡を水槽上に設置し $y = -2.0$ m の位置からレーザーシートを照射した。なお, 撮影範囲は横約 0.54 m $\times$ 縦約 0.40 m で, 空間解像度は約 445.0 $\mu\text{m}/\text{pixel}$ である。

(2) 実験条件

波条件における実験では表-1 に示す 5 ケースの規則波

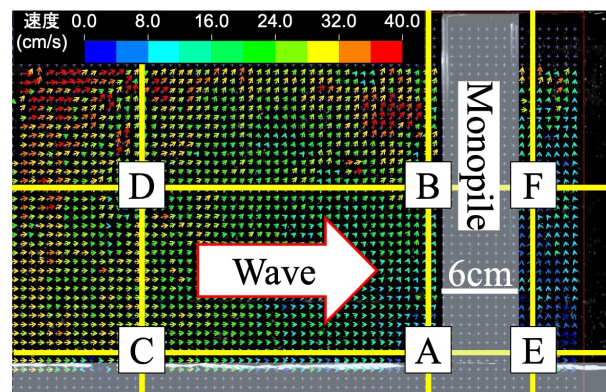


図-2 波条件における流速取得位置

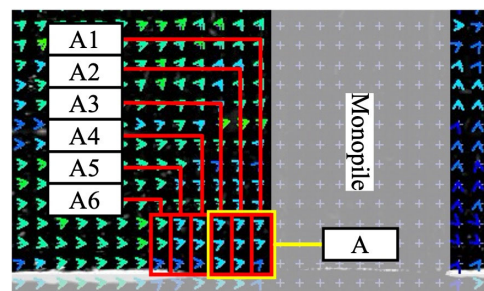


図-3 解析流速取得点 (例: 領域 A)

浪場を設定した。CaseA-5 の $H = 13.5 \text{ cm}$ はモノパイル式洋上風力発電の導入促進地域である日本海地域において年最大波高として2020年3月20日の観測値（有義波高：8.04m，有義波周期：11.5s）を参考に決定し，CaseA-1 から CaseA-4 はそれよりも小さい波高として設定した。現地モノパイル径を 3.5 m と仮定し，フルード則に基づき相似比は 1/58.3 (=6/350) とした。

(3) 流速結果と考察

流速データ取得点として x 方向に 3 側線（モノパイル前面，モノパイル背面，比較点（ $x = -4d$ ））， z 方向に 2 側線（底面付近，比較点（平均水深））を設定し，その交点で 6 つの領域を設定した（図-2，A～F）。なお，図-3 黄色枠に示すように各領域での流速算出においては，周囲の 8 点との計 9 点で平均処理を行った。

図-4 に各入射波高における各領域での流速値を示す。折れ線が岸沖流速 v_x ，鉛直流速 v_z の平均であり，色付領域が最小値から最大値である。岸沖流速と鉛直流速の平均値の変動（図-4，折れ線）はどちらも 0 付近である。

岸沖流速 v_x の最大値と最小値は全領域で波高の増加に伴って流速も増加していた。領域によりその増加率は異なり，モノパイル前面の領域 A, B では他の領域と比べて増加量が小さい。これはモノパイルによって岸沖方向の流れが剥離し，岸沖流速が弱まるためと考えられる。また，波条件ではモノパイル側面で局所洗掘が発生することが示されており，モノパイル前面において波による流速の岸沖往復変動が局所洗掘に与える影響は小さいと考えられる。

鉛直流速 v_z の最大値と最小値についても水深中央部（領域 D, B, F）では波高の増加に伴って流速の増加が見られるが，岸沖流速ほどの増加は見られない。一方，底

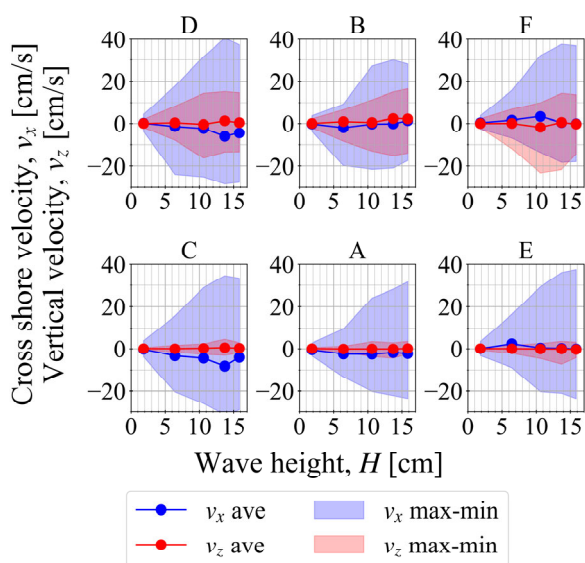


図-4 各領域波条件における波高と流速結果の関係

面付近では鉛直流速の最大値と最小値がともに 0 付近であり，岸沖流速に対して非常に小さいことを示している。

4. 流れ条件によるモノパイル周囲流況計測

(1) 実験装置

流れ条件における実験は，横浜国立大学が有する長さ 10 m，幅 0.54 m の二次元断面水路を用いて実施した。座標軸は波実験と同様に x, y, z を定めた（図-5）。水路の水深は実験条件によって異なるが約 0.110 m であり，流速計（CM）は $x = -0.7 \text{ m}$ ， $z = 0.07 \text{ m}$ に設置した。使用したアクリル製パイプは波条件と同一である直径 $d = 0.06 \text{ m}$ で，レーザーシート反射用鏡を水槽上に設置し $y = -1.4 \text{ m}$ の位置からレーザーシートを照射した。なお，撮影範囲は横約 34.5 cm × 縦約 21.0 cm で，空間解像度は約 271.1 $\mu\text{m}/\text{pixel}$ である。

(2) 実験条件

流れ条件における実験では表-2 に示す 4 ケースの流量場を設定した。日本海側の着床式洋上風力が検討されて

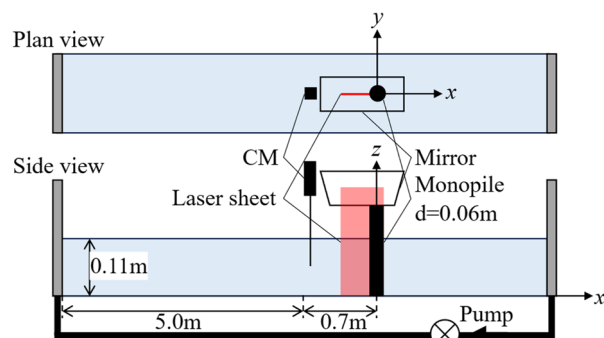


図-5 流れ条件における実験水槽概要

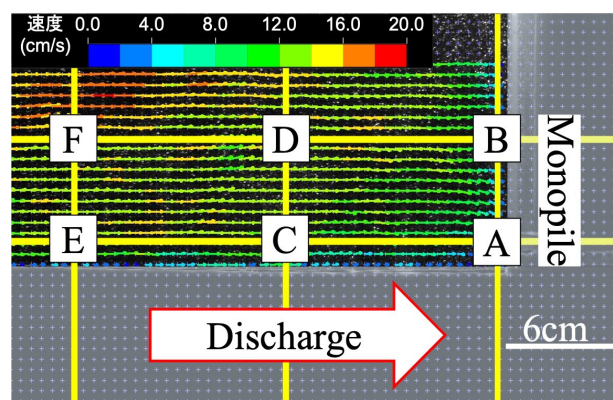


図-6 流れ条件における流速取得位置

表-2 流れ条件における実験条件

Case	水深 (cm)	ポンプ流量 (L/min)
B-1	10.0	75
B-2	11.0	100
B-3	12.0	175
B-4	12.5	240

いる海域の最大海流が2knot (1.0m/s, 本実験ケースでは13.5 cm/s) 程度であることが報告されている⁷⁾。この流速値程度の値となるように、環流を生じさせた。

(3) 流速結果と考察

流速データ取得点として x 方向に3側線(モノパイル前面, 比較点($x=-2d$, $x=-4d$)), z 方向に2側線(底面付近, 平均水深)を設定し, その交点で6つの領域を選定した(図-6, A~F)。なお, レーザーシート設置の都合上, モノパイル背面はデータを取得しておらず, 各領域での流速算出は周囲の8点での平均処理を行った。

図-7に各流量における各領域での流速値を示す。折れ線が岸沖流速 v_x , 鉛直流速 v_z の平均であり, 色付領域が最小値から最大値である。ただし, Case B-3の領域E, F

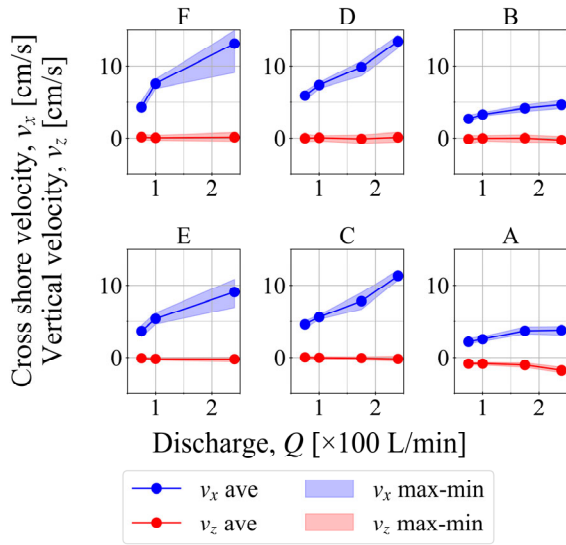


図-7 各領域での流れ条件における流量と流速結果の関係

はトレーサが適切にレーザを反射していなかったため, 解析に使用しない。

波条件と比較して色付領域が狭く, 流況が安定していることがわかる。岸沖流速 v_x は流量の増加に伴って流速も増加している。モノパイル直近の領域A, Bと上流に-2d離れた領域C, Dでは流速値に大きな変化が生じていた。岸沖流速は流量に応じた流速の増加量が小さくなり, 鉛直流速は特に領域Aで負の方向に増加が見られる。

鉛直流速 v_z は領域Aを除き流量によらずほぼ0であり生じていない。一方で, モノパイル前面の領域Aでは流量の増加に伴って鉛直下降流が発生していると考えられる。

5. 方向別流速割合を用いた流速特性の把握

(1) 領域Aから領域Fにおける解析

波, 流れの両者の条件における各領域で流速岸沖割合 p_x と流速鉛直割合 p_z を以下の式(1)により定義する。流速割合を用いて流速の大きさによらず支配的な流況を定量的に評価し, モノパイルによる流体特性の変化について検討を行う。

図-8(a), (b)に波条件, 流れ条件での流速岸沖, 鉛直割合の関係をそれぞれ示す。図中の折れ線が平均値, 色付領域が最大値から最小値の幅を表す。

$$p_x = \frac{v_x}{|v|}, p_z = \frac{v_z}{|v|} \quad (1)$$

ここで, $|v|$ は流速の大きさ, v_x は岸沖流速成分, v_z は鉛

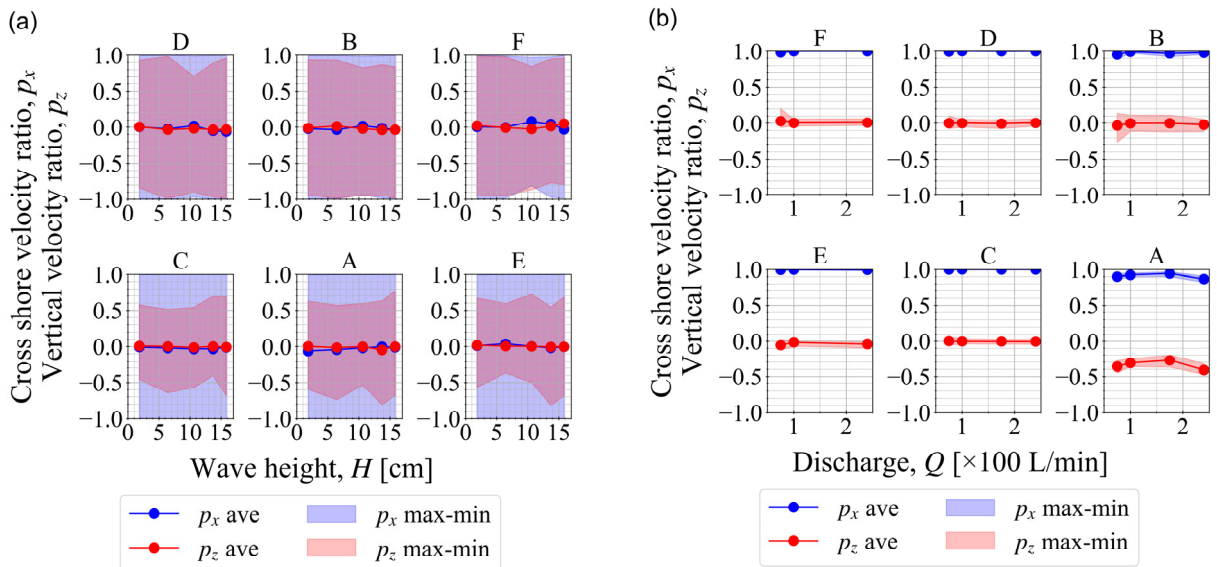


図-8 (a)各領域での波条件における波高と流速岸沖・鉛直割合(平均値, 最大値, 最小値)の関係, (b)各領域での流れ条件における流量と流速岸沖・鉛直割合(平均値, 最大値, 最小値)の関係

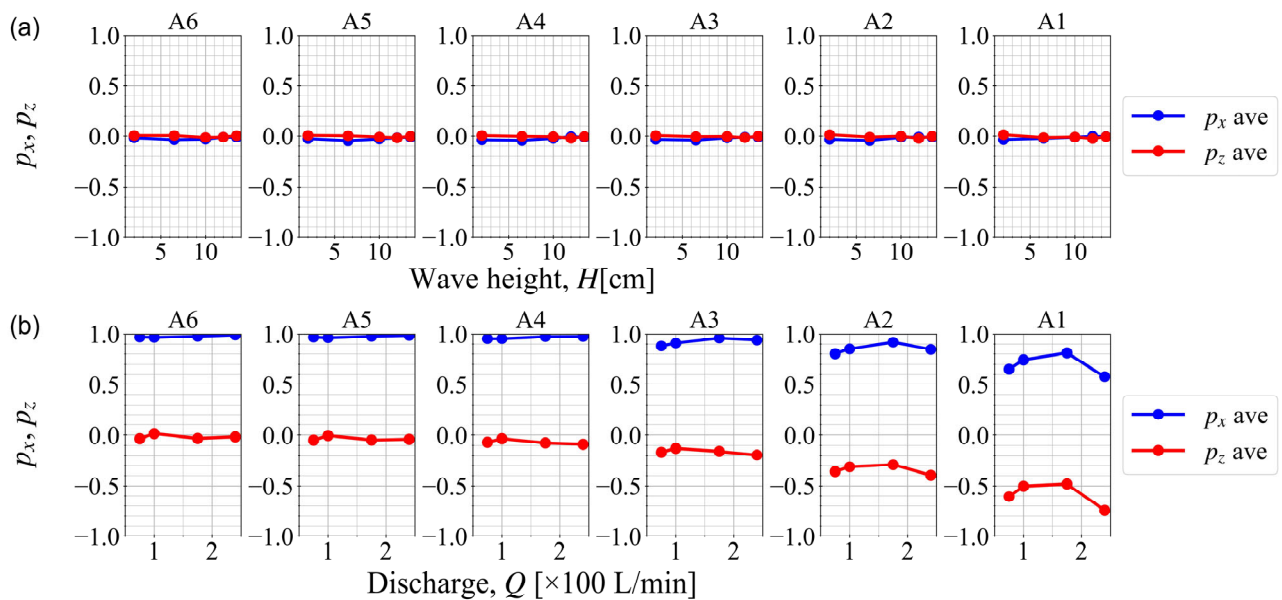


図-9 (a)波条件のパイル前面における波高と流速岸沖・鉛直割合平均値の関係、(b)流れ条件のパイル前面における流量と流速岸沖・鉛直割合平均値の関係

直流速成分である。

a) 波条件での流速特性

図-8(a)より波条件では全ての領域で流速岸沖，鉛直割合ともに最大値と最小値が0を中心に対称に分布しており，往復運動（円運動，鉛直流速の底面近傍は楕円運動）形態を表していると考えられる．平均値を確認すると，全ての領域で流速岸沖，鉛直割合が0付近であり，波による流体の質量輸送は生じていないと言える。

b) 流れ条件での流速特性

図-8(b)より流れ条件では領域により特性が大きく異なる．モノパイル上流側となる領域C,D,E,Fでは流速岸沖割合が1.0に非常に近い値であり，流速岸沖・鉛直割合の幅（最大値と最小値の差，図-8(b)色付領域）が小さいことから一様流であることがわかる．モノパイル近傍である領域Bにおいても岸沖流速が卓越しているが，流速鉛直割合の幅が増加していた．これは一様流がモノパイルにより岸沖方向の流速が大きく低減しモノパイル面で上下左右に流速が分散されるためであると考えられる。

さらに，底面近傍の領域Aでは流速鉛直割合が負の値を示している．これはモノパイルにより鉛直方向の流速が底面によって制御されるためであると考えられる．また，底面近傍は動圧が局所的に低下し，上面と比して相対的に低圧となり，底面に向けて下降流が合成された結果，鉛直下降流が増加すると考えられる．領域Aでの流速鉛直割合より流量によらずモノパイルによる流体への影響が概ね一定で存在していることが示唆された。

(2) モノパイル底面部に着目した詳細解析

流れ条件における領域Aにおいて岸沖流速と鉛直流速

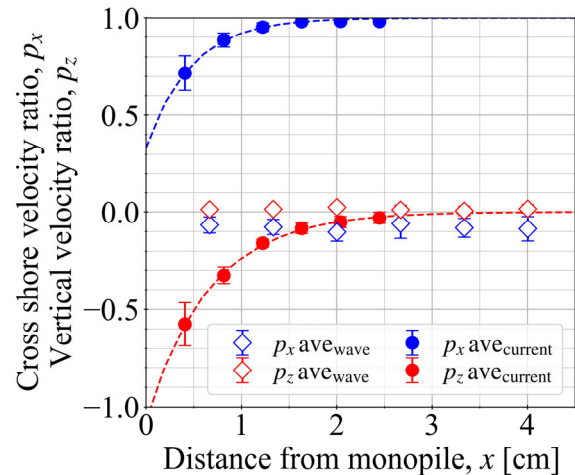


図-10 波条件，流れ条件における流速岸沖・鉛直割合平均値とモノパイルからの距離の関係

の局所的な変化が確認されたことから，波条件と流れ条件におけるモノパイル底面付近で詳細な流速割合解析を行った．データ取得点はモノパイル底面付近（波条件：図-2 領域A，流れ条件：図-6 領域A）から沖側，上流側に6列分である（図-3，モノパイル最近傍を領域A1として領域A6まで）．モノパイルによる流体特性の変化を詳細に把握するため，流速データを用いて式(1)に基づき流速岸沖割合 p_x と流速鉛直割合 p_z を算出した。

a) 波条件での流速割合変化

波条件における波高と流速岸沖・鉛直割合の関係を図-9(a)に示す．モノパイルは図の右端に位置しており，モノパイルからの位置によらず流速岸沖，鉛直割合の変化は見られないため，波条件においてはモノパイルの影響による流体の局所変化は小さいと考えられる。

b) 流れ条件での流速割合変化

流れ条件における流量と流速岸沖・鉛直割合の関係を図-9(b)に示す。モノパイルに近づくほど流速鉛直割合が負の方向に増加し、特に領域A3からA1にかけて顕著である。また、これに応じて流速岸沖割合が減少している。これはモノパイルの影響により、流れが鉛直下降流に転換したことを示唆する。また、流量変化による流速鉛直割合の変化は概ね小さいことから、モノパイルは流動場に対して一定の影響を持つことが示唆される。

(3) モノパイルからの距離との関係

流れ条件における方向別の流速割合の算出において、領域Aでは概ね一定の割合で流速鉛直割合が発生していたことから、モノパイルからの距離と流速岸沖・鉛直割合の関係を検討した。図-10にそれぞれの関係を示す。

波条件においては流速岸沖・鉛直割合がともにモノパイルからの距離によらずゼロ付近である。これより波動成分はモノパイルの影響をほとんど受けていないと考えられる。一方、流れ条件ではモノパイルからの距離に応じて流速岸沖割合が減少し、流速鉛直割合が負に増加していることがわかる。

流速岸沖・鉛直割合とモノパイルからの距離の関係を指数関数近似で表現すると、式(2)のように表すことができる。

$$\begin{cases} p_{x_{current}} = 1.0 - 0.602 \exp(-1.69x) \\ p_{z_{current}} = -1.126 \exp(-1.567x) \end{cases} \quad (2)$$

ここで、 x はモノパイルからの距離である。この近似式によりモノパイル直前で流速鉛直割合が-1.0となる。

下降流のみが生じる場合（流れ条件、モノパイル前面）は流速岸沖割合が0.0、流速鉛直割合が-1.0となる。しかし実際にはモノパイルによる岸沖方向への剥離流が存在し岸沖流速は0とならないため、本検討での近似曲線（式(2)）のように流速岸沖割合は0とはならない。

本研究において、波条件では流速へのモノパイルの影響は小さく、鉛直下降流により局所洗掘が発生する可能性は低いことが示唆された。一方で流れ条件ではモノパイル直前で鉛直下降流が卓越する傾向を定量的に示した。この流れ特性が局所洗掘発生に寄与する可能性が示唆された。

7. まとめ

本研究ではモノパイル構造物を対象に周囲の流況解析をPIV実験を用いて行った。その結果は以下のとおりである。

- ・ 複数の波条件において流速を確認したところ、岸沖方向、鉛直方向ともにモノパイル周りの流況特性に変化は見られない。
- ・ 複数の流れ条件において流速を確認したところ、モノパイルに近い点で岸沖流速が減少し、鉛直流速が下向きに増加する。
- ・ モノパイル上流側底面付近における詳細解析では波条件では変化がないが、流れ条件ではモノパイルに近づくほど流況特性変化が大きく、流速鉛直割合が負の方向に増加する。その特性変化はモノパイルからの距離と流速岸沖、鉛直割合が指数関数により近似可能である。
- ・ モノパイル前面での鉛直下降流は局所洗掘の検討にはモノパイルからの距離を考慮し鉛直流速の影響を考慮する必要があることが明らかとなった。

謝辞：本研究は五洋建設株式会社との共同研究によるものである。また本解析にあたり横浜国立大学大学院Martin Maell助教には多くの助言をいただいた。ここに記して謝意を表する。

NOTES

- 注1) 2024（令和6）年3月12日。内閣府総合海洋政策推進事務局『「海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律の一部を改正する法律案」を閣議決定』
- 注2) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO). NeoWins（洋上風況マップ）
- 注3) 明治大学 流体工学研究室：PIVとLIFについて－機械工学・流体・渦・噴流・乱流制御・医用工学・画像計測・画像処理・メカトロニクス・レーザー・PIV・LIF

REFERENCES

- 1) 有川太郎, 陳曉悦, Songgui Chen, Hanbao Chen, 浜地克也, 松本幸久, 徳永正吾, 渡部真史, 巖瀬：モノパイル式洋上風力発電機の基部における局所洗掘に関する実験的検討。土木学会論文集 B2(海岸工学), 76(2), 535-540, 2020. [Arikawa, T., Chen, X., Chen, S., Chen, H., Hamachi, K., Matsumoto, Y., Tokunaga, S., Watanabe, M., Gen, H.: Experimental Study on Local Scour at the Base of a Monopile Offshore Wind Generator, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2(Coastal Engineering)*, Vol. 76(2), No. 1, pp.535-540, 2020]
- 2) 小林航, 関谷勇太, 鈴木英樹, 青田徹, 松田節男, 高橋武志, 鈴木高二朗：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), 78(2), 709-714, 2021. [Kobayashi, W., Sekiya, Y., Suzuki, H., Aota, T., Matsuda, S., Takahashi, T., Shimosako, K., Suzuki, K.: Large Scale Hydraulic Model Experiment on Scour Prevention Effect And Scale Effect of The Model Offshore Wind Powerfacilities by Foor Protection Bag, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2(Coastal*

- Engineering*, Vol. 78(2), No.1, pp.709-714, 2021]
- 3) 榎田真也, 山崎達夫, 由比政年: 橋脚基礎周辺の洗掘過程に関する実験的研究, 水工学論文集, 54 巻, 835-840, 2010. [Umeda, S., Yamazaki, T., Yuhi, M.: Effects of foundation location on scour process around a cylindrical bridge pier, *Annual Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 54, pp.835-840, 2010.]
 - 4) Sumer, B. M., Fredsøe, J., and Christiansen, N.: Scour around vertical pile in waves, *Journal of waterway, port, coastal, and ocean engineering*, 118(1), 15-31, 1992.
 - 5) Sumer, B. M., & Fredsøe, J.: Scour around pile in combined waves and current. *Journal of hydraulic engineering*, 127(5), 403-411, 2001.
 - 6) 片山裕之, 青木健太, 鶴飼亮行, 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), 77(2), I_553-I_558, 2021. [Katayama, H., Aoki, K., Ukai, A., 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(2), No.1, pp.553-558, 2021]
 - 7) 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), 78(2), I_475-I_480. [Aoki, K., Yagami, K., Katayama, H., Miura, N., Suzuki, T.: Experimental Study of Local Scour Around Monopile Foundations Caused by Waves and Currents and the Effectiveness of Countermeasure, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2(Coastal Engineering)*, Vol. 78(2), No. 1, pp.475-480, 2022]
 - 8) 陳曉悦, 榎本容太, 渡部真史, 浜地克也, 石垣匠, 有川太郎: モノパイル式洋上風力発電設備の基礎地盤における局所洗掘とその防止に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 77(2), I_559-I_564, 2021. [Chen, S., Enomoto, Y., Watanabe, M., Hamachi, K., Ishigaki, T., Arikawa, T.: Mechanism of Local Scour Prevention Around Monopile Offshore Wind Turbine, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2(Coastal Engineering)*, Vol. 77(2), No.1, pp.559-564, 2021]
 - 9) 関根正人, 中間遼太, 鷺津明季: PIV 解析を用いた河床付近で生じる乱れの構造と流砂現象に関する実験的検討, 土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_691-I_696, 2021. [Sekine, M., Nakama, R., Waashizu, A.: Experimental Study on Turbulence and Sediment Transport in the Vicinity of Riverbed Using PIV Measurement, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1(Hydraulic engineering)*, Vol. 77(2), No.1, pp.691-696, 2021]
 - 10) Reyes, V. A., Sierra-Espinosa, F. Z., Moya, S. L., and Carrillo, F.: Flow field obtained by PIV technique for a scaled building-wind tower model in a wind tunnel. *Energy and Buildings*, 107, 424-433, 2015.

(Received February 4, 2025)

(Accepted May 15, 2025)

AN EXPERIMENTAL STUDY OF LOCAL FLOW CHANGE AROUND MONOPILE STRUCTURE WITH PIV METHOD

Yuto OMATA, Takayuki SUZUKI, Hiroyuki KATAYAMA and Hiroto HIGA

Localized flow conditions around circular structures can cause scouring at the base and lead to possible structural instability. In this study, experiments in a wave flume were conducted using PIV (Particle Image Velocimetry) method to understand the flow around monopile under wave and current conditions. To explore local flow features caused by the monopile, the relationship between cross-shore/vertical velocity ratio and the distance from the monopile was investigated in detail. The results show that the local change of cross-shore/vertical velocity ratios are low and remain largely unchanged under considered wave height conditions. However, under current conditions, there is a constant vertical velocity ratio at the front side near the bed level of the monopile, and it is related to the distance from the monopile. The study results show that vertical downstream flows should be considered when studying local scour around circular structure foundations.