土木学会論文集, Vol.81, No.17, 25-17239, 2025.

台船動揺下における揚重時の吊荷動的割増係数を考慮したシミュレーション

野中　拓実[1]・柳澤　創[2]・水野　辰哉[2]
出口　博之[2]・西畑　剛[2]・道前　武尊[3]

[1]正会員　五洋建設（株）技術研究所（〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1）
E-mail: takumi.nonaka@mail.penta-ocean.co.jp(Corresponding Author)

[2]正会員　五洋建設（株）技術研究所（〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1）
[3]五洋建設（株）洋上風力事業本部（〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8）

洋上風力発電設備施工時にジャッキアップした SEP 船で台船上にあるモノパイルを瀬取りするような浮体からの揚重作業では，静的なフック荷重に対して波浪動揺による動的割増係数 (DAF) を見込む必要がある．本研究では港内外での SEP 船によるモノパイル瀬取りを想定した水理模型実験の再現解析を動的解析ソフトウェア OrcaFlex を用いて行い，施工シミュレーションとしての適用性を検証した．再現解析では波浪場，浮体，係留系，吊荷，吊具構成，吊荷の玉掛方法をモデル化した．解析から，実験で見られた揚重過程における浮体挙動の推移や，台船の動揺応答特性に依存した DAF の特徴を再現できることを確認し，実施工での安全性の評価や稼働率の算定に活用できる施工シミュレーションとしての有用性を示した．

Key Words: *DAF，offshore wind power，hoisting simulation，oscillation，OrcaFlex*

1.　はじめに

脱炭素化の切り札として注目され世界中で導入が進められている洋上風力発電は，経済性の向上のため長大化の傾向がある．現在計画されている洋上風力発電設備は最大で 1 基あたりの発電量 10 MW 級~15 MW 級のものであるが，将来的には 20 MW 級の導入も見込まれており，それに伴い各部材の重量も増加していく．特にタワーやモノパイルは 15 MW 級においても 1,000 t 以上の重量となり，工場で製造された部材を台船で海上運搬し基地港へ搬入する際，陸上クレーンを設置する基地港に強靭な地耐力が要求される[注 1)]．そのため基地港の整備が不十分な場合，岸壁へ係留した台船から作業に使用する SEP 船や HLV 船で部材を直接瀬取りすることが想定される（図-1）．また，基地港湾に戻らず静穏な海域で SEP 船や HLV 船に瀬取りすることができれば施工サイクルを大きく短縮することにもつながる．

しかし，台船上から部材を揚重する際は船体動揺により地切りの瞬間に吊荷重量以上の荷重が作用し，クレーンの能力を超過することが懸念される．この衝撃荷重は静的なフック荷重に対しての割増係数DAF（Dynamic Amplification Factor：動的割増係数）として評価されており，DNVGL-ST-0378[注 2)]（欧州における洋上風力発電設備の施工規格）では式 (1) の算定式で表される．

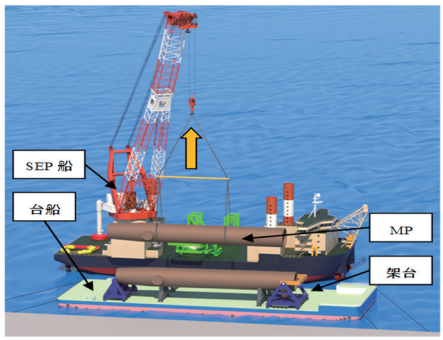


図-1　SEP 船によるモノパイル瀬取イメージ

$$DAF = 1 + V_R\sqrt{\frac{k}{Wg}} \tag{1}$$

ここで，V_R は地切り時の吊荷とフックの相対速度 (m/s)，k は吊索のバネ定数 (kN/m)，W は静的なフック荷重 (kN)，g は重力加速度 (m/s^2) である．式 (1) は大西 [1)] の研究において地切りの瞬間と吊荷が巻き上げ速度に達した時のエネルギー状態の遷移から導出された衝撃荷重と同形である．これらのパラメータの中で V_R は船体の波浪動揺応答特性や地切りのタイミングに依存する．

近年，特に洋上風力施工の分野において船体動揺と吊

荷の連成解析が可能な商用ソフトウェアOrcaFlexの普及により土居ら[2]や橋本ら[3]など盛んに研究が行われている．しかし多くは吊上げ中における吊荷動揺に着目しており地切り過程に関する検討は少ない．Elzingaら[4]はHLV船によるモノパイル施工時の吊り上げによる立起し過程の動的解析を行ったが，船体側面に設置した治具を用いた工法を想定しているため地切り時の衝撃荷重を考慮していない．Kronenbergら[5]は2次元モデルを用いて波浪動揺中の台船より洋上風力発電設備の部材を吊り上げる過程を再現し地切り時のDAFの検討を行った．その際は吊り上げ速度が波周期に対して十分に速く，部材の地切り後，動揺による部材と台船の再接触が起こらない条件に限定している．しかし実施工を想定すると吊り上げ開始時は吊荷の安定を確認しながら慎重に巻き上げざるを得ない．もし再接触を避けるために吊り上げ速度を速めた場合，V_Rが増加し，結果的にDAFも増大する事態となりうる．また，実験や実施工との比較検証も行われていない．

そこで本研究は実施工を想定し，ジャッキアップしたSEP船で波浪動揺中の台船に搭載されたモノパイルを揚重する過程を模擬した水理模型実験を行い，その再現解析から，DAFを考慮した安全性の評価や稼働率の算定へ活用できる揚重施工シミュレーションモデルを構築するものである．

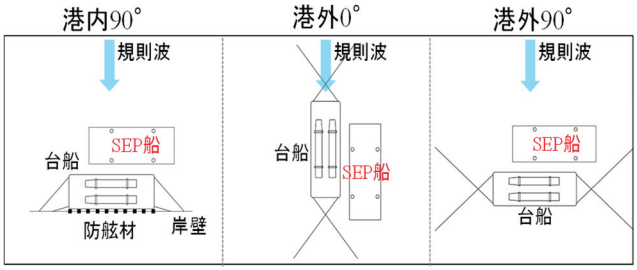


図-2　実験模型配置図

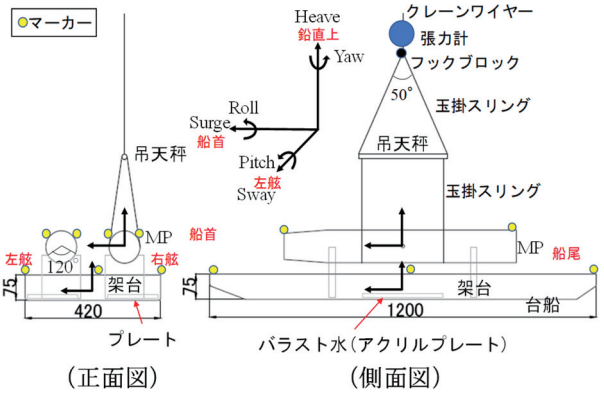


図-3　実験模型模式図

2.　水理模型実験

(1)　実験装置および実験模型

本研究では台船に搭載した 15 MW 級風車のモノパイル（以下 MP）をジャッキアップした SEP 船で吊り上げる過程を，長さ 20.0 m，幅 30.0 m の一様水深水槽による水理模型実験で再現した．実験模型配置図，模式図，状況写真を図-2～4 に示す．実験縮尺は Froude 相似則に基づき 1/100 とし，SEP 船，台船，MP，係留索，吊天秤，玉掛スリング，クレーンワイヤー，防舷材を再現した．使用した各模型の諸元を表-1，2 に示す．なお係留索，クレーンワイヤー，玉掛スリングの模型は軸剛性，防舷材はヤング率において選定した．

港内外での台船係留を想定し，港内では台船右舷側に壁面で模した岸壁への 4 点係留，港外では 4 点の緊張係留とした．また各係留索の初期張力は港内では 0.3~0.5 N，港外 1.0 N 程度で台船の平面位置および回転が安定するよう調整した．また，港内の係留においては接触面が 30 mm 四方，厚さ 20 mm の発泡ポリウレタンテープを岸壁に 130 mm 間隔で設置し，防舷材を模擬した．

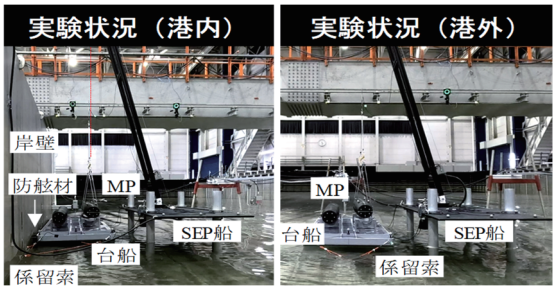


図-4　実験状況写真

表-1　実験模型諸元

台船	全長×全幅×高さ(mm)	1,200×420×75
	喫水(mm)	15.3
	排水重量(N)	68.0
	慣性モーメント Ixx×Iyy×Izz (kg・m2)	0.065×0.042×0.0486
	Roll固有周期 (s)	0.65
	Pitch固有周期 (s)	0.87
SEP船	全長×全幅 (mm)	1,200×450
MP	径(mm)	96
	全長(mm)	721
	排水重量(N)	13.83
	慣性モーメント Ixx×Iyy×Izz (kg・m2)	0.0763×0.0763×0.0252

表-2　実機，模型の材料，剛性比較

構造名	実機		模型	
	材料	軸剛性(kN)	材質	軸剛性(N)
クレーンワイヤー	鋼製ワイヤー	832522	ナイロン	9800
玉掛スリング	合成繊維ロープ	166666	軟質塩化ビニル	120
係留索	鋼製ワイヤー	39238	可塑性ポリウレタン	33
構造名	材料	ヤング率(MPa)	材質	ヤング率(kPa)
防舷材	ゴム製V型防舷材	2.7	発泡ポリウレタン	3.1

台船はMPを中心より舷方向に各98 mm離して最大2本搭載するものした．なお，搭載するMPの重心から前後220 mmの位置に厚さ20 mm，半径49 mm，中心角120°となる円弧上の架台が設置されている．実機ではMPの搭載数が1本の時はバラスト水を偏心させ安定を保つが，本実験ではバラスト水を模した2枚のアクリルプレートを移動させて調整した．クレーントップの位置は静水時のMP重心直上で固定とした．

吊索構成には，玉掛スリングを軟質塩化ビニルのチューブで模したものと吊天秤を用いた．MPは2点の半掛け吊りで吊り，吊天秤からクレーンフックまでは吊角度50°の2点吊りとした．

実験模型における吊索構成全体のバネ定数は667 N/mとなった．これはMPを吊った状態で重りを用いて鉛直に荷重を付加し，MPの鉛直変位と吊索荷重を計測することで確認した．また吊り具，張力計，マーカーをすべて含む静的なフック荷重は14.92 Nとなった．

(2) 実験方法

吊索が緩んだ状態を初期状態とし，規則波の作用下でクレーンワイヤーを一定速度で巻き上げ，左舷側に設置されたMPが台船と接触しなくなるまで吊り上げる過程を再現した．巻き上げ開始は造波開始後，台船に数十波程度到達し造波が安定している状態とした．

クレーンワイヤーと玉掛スリングの間，および台船と係留索の間に設置された張力計（NTL社SAZ-5）により，吊索および係留索に作用する荷重を計測した．またMPおよび台船に各複数設置されたマーカーを，実験水槽上方の周囲8箇所に設置された高性能カメラにより追跡するモーションキャプチャ（OptiTrack社Motive Tracker）を用いて，各模型の6自由度(Surge，Sway，Heave，Roll，Pitch，Yaw)の変位，回転を計測した．

表-3　実験ケース一覧

	港内外	MP搭載本数	波高(mm)	周期(s)	波向き(deg)
Case1	港内	2	5	0.6	90
Case2				0.8	
Case3				1.0	
Case4		1		0.6	
Case5				0.8	
Case6				1.0	
Case7	港外	2	10	0.6	90
Case8				0.8	
Case9				1.0	
Case10		1		0.6	
Case11				0.8	
Case12				1.0	
Case13		2	10	0.6	0
Case14				0.8	
Case15				1.0	
Case16		1		0.6	
Case17				0.8	
Case18				1.0	

(3) 実験条件

SEP船には巻き取り装置が付いており，一定速度でクレーンワイヤーを巻き上げることができる．巻き上げ速度は1 mm/s（実機スケール0.01 m/s）とした．これは実施工上の吊荷が地切りし，安定するまでは緩やかに巻き上げる過程を模している．

表-3に実験ケースを示す．波向きは港内のケースでは台船左舷より入射(90°)，港外のケースでは90°に加え，船尾側から入射(0°)するケース行った．入射波高は港内では5 mm（完全反射波を仮定して10 mm），港外のケースでは10 mmとした．また，周期は台船の固有周期を挟む0.6 s，0.8 s，1.0 sとした．また，水深はいずれのケースにおいても300 mmである．さらに本研究ではMPの搭載本数により慣性モーメントが変化することで，台船動揺が変化し得ることを考慮し，搭載本数を2本と1本のケースで行うこととした．

3. 再現解析

(1) 解析概要

波による浮体動揺および吊荷などの剛体要素，吊索のような線状要素（Line要素）の連成挙動の動的解析が可能な商用ソフトウェアOrcaFlex（Orcina社）を用いて再現解析行った（図-5）．動的解析は全要素の流体力や接触力，減衰力等の荷重が計算され，各タイムステップごとの釣り合いジオメトリを多次元ニュートン法による収束計算で求めることで行われる．なおLine要素は各ノードごとに有限要素として分割される[注3)]．

(2) OrcaFlexによるモデリング

図-6にOrcaFlexでのモデル図を示す．以下に各部材要素のモデリング方法を記す．

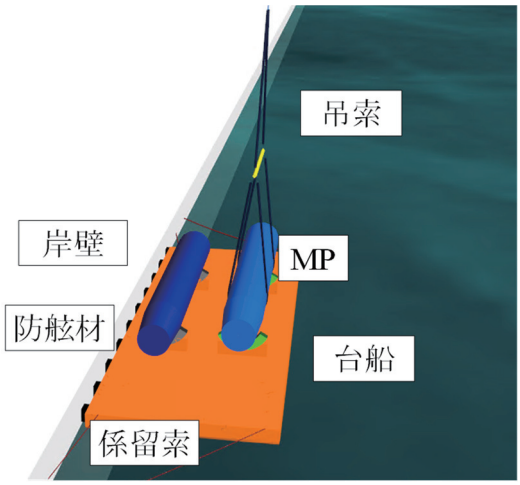


図-5　OrcaFlexによる再現解析イメージ

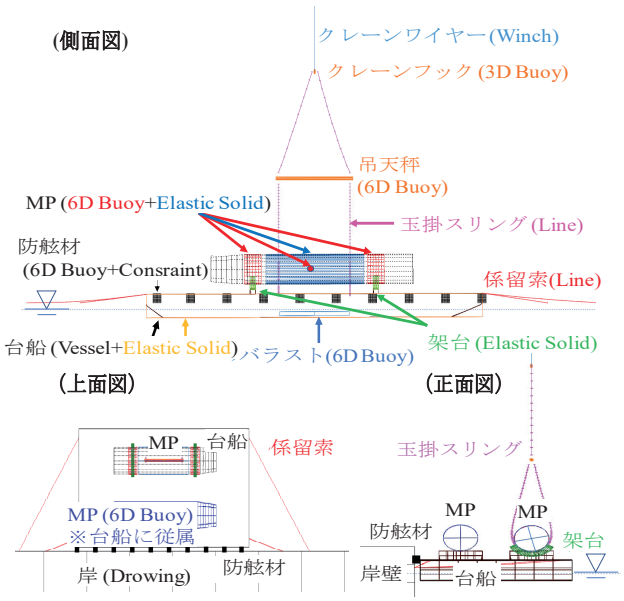


図-6　解析モデル（括弧内はOrcaFlex上の要素名）

OrcaFlexにおける接触力は各メッシュノードに表面積の情報を持つことができる6D Buoy要素またはLine要素と，剛性とジオメトリの情報を持つElastic Solid要素により計算される．各タイムステップにおいて6D Buoy要素やLine要素のノードのElastic Solid要素への貫入量，剛性とノードの持つ表面積に応じてお互いに接触力が与えられる．本研究ではMPと架台や吊索，台船と防舷材のように接触力の計算が必要なものがあり，それらの剛体のモデル化には複数要素を組み合わせている．

台船は6自由度の剛体としてVessel要素でモデル化した．Vessel要素は同社付属の線形ポテンシャル理論に基づく境界要素法による流体力解析ソフトウェアOrcaWaveで入力された RAO (Response Amplitude Operator)により時々刻々の波による流体力が計算される．なおOrcaWaveの解析には3D CADソフトウェアRhino (McNeel社)により1辺5 mmを基本に分割された四角形メッシュモデルを用いた．また，防舷材との接触を再現するために台船の外接直方体となるBlock形状，さらに架台部にはCurved plate形状のElastic Solid要素を台船に従属させた．バラスト水は実験と同様に剛体として扱い，解析上浮力の影響を受けないよう体積を持たず，質量と慣性モーメントを持つ6D Buoy要素として台船に従属させた．

吊索の玉掛スリング部はLine要素，吊天秤は6D Buoy要素，クレーンフックは質量と3自由度を持つ質点である3D Buoy要素，クレーンワイヤーは軸剛性と減衰，さらに長さの伸縮を定義できるWinch要素でモデル化した．クレーンワイヤーのクレーントップ部は固定点である．なお，吊天秤以上の玉掛スリングはノード間の長さを30 mmとした．吊天秤以下の玉掛スリング部はノード間の長さを10 mmを基本とし，MPの接触部は3 mmと細かくすることで滑らかな半掛け吊り形状を再現した．

表-4　OrcaFlexによる解析Stage

Stage	t (s)	継続時間 (s)	イベント
1	0	10	解析，造波開始．Stage2まで波高が線形に高くなっていく
2	10	5	岸壁位置（港内）または台船重心（港外）に目標波高到達，定常波浪場形成
3	15	3	巻き上げ開始，巻き上げ速度を線形に加速
4	18	62	0.001 m/sの一定速度で巻き上げ
5	80		解析終了

なお本研究では実験の再現を目的としているため，モデル上の吊索全体のバネ定数と静荷重を実験時と同等にばね定数を調整した．最終的な吊索全体のばね定数は669 N/m，静的フック荷重は14.92 Nとなった．

また，地切り後にMPが吊索の固有周期で振動し続け解析が不安定となることを防ぐため，本研究での吊索構成全体のばね乗数と静荷重から計算される固有周期0.3 sの振動に対する減衰比が0.5となるよう玉掛スリングに剛性比例減衰係数0.03 sを設定している．

接触力の計算にともなう摩擦係数はMPと玉掛スリング間は1.0，その他は滑らかな接触として0.1とした．またElastic Body要素の剛性は全て10^6 N/m^{3}とした．

(3)　解析条件

解析ケースは実験と同じとした．OrcaFlexでは波の回析や反射は動的解析中に計算されないため，港内のケースでは完全反射を仮定し，岸壁位置に入射波が同時に到達するように両舷側から5 mmの設定波高で造波する．

解析はいくつかのStageに分かれる（**表-4**）．解析時間は80 s，タイムステップは0.001 sとした．なお，一番動揺が激しく周期も短い港外90°周期0.6 sのケースにおいてタイムステップを0.0001 sで解析しても結果に影響がないことを確認している．

4.　結果と考察

(1)　時系列変化

代表的なケースの時系列変化を示す．**図-7**はCase 7の実験におけるクレーンワイヤー作用荷重を静的なフック荷重で除した無次元化作用荷重ψと架台下端およびMP下端の鉛直座標変位の時系列，**図-8**はψと台船のRollの時系列を比較したものである．

(i) 40 sで巻き上げが開始され船体動揺の影響を受けながらもψが増加してゆき，台船はMPの積載荷重から解放され喫水が減少，Roll も動揺の中心軸が傾いていく．(ii) 70 s付近で架台と追従運動していたMPが，動揺で下がる際に架台から離れ始める．その際，ψ>1 となる衝撃荷重，すなわち DAF が発生していることを確認できる（**図-9** 左）．その後動揺によりMPと架台が接触，追従運動，分離を繰り返すが巻き上げに伴い分離位置が上昇

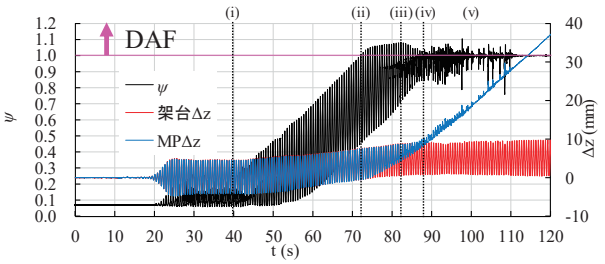


図-7　ψ，架台，MP 下端の鉛直変位時系列（実験 Case 7）
(i)~(v) は本文中のイベント番号を表す

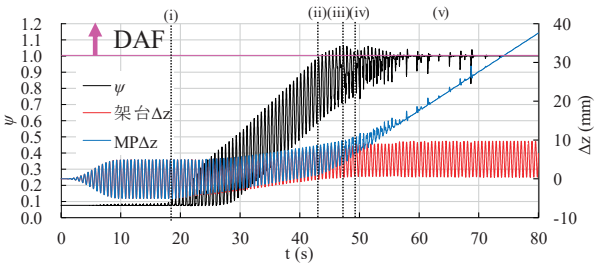


図-10　ψ，架台，MP 下端の鉛直変位時系列（解析 Case 7）

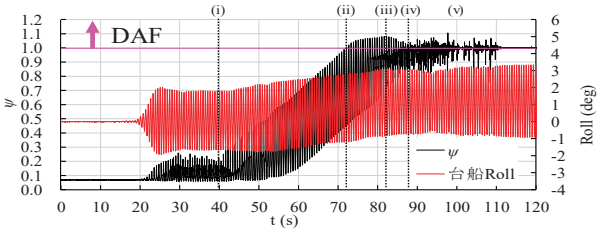


図-8　ψ，台船 Roll の時系列（実験 Case 7）

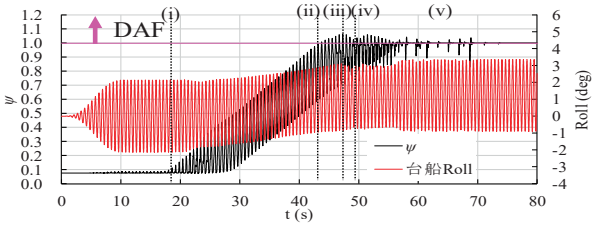


図-11　ψ，台船 Roll の時系列（解析 Case 7）

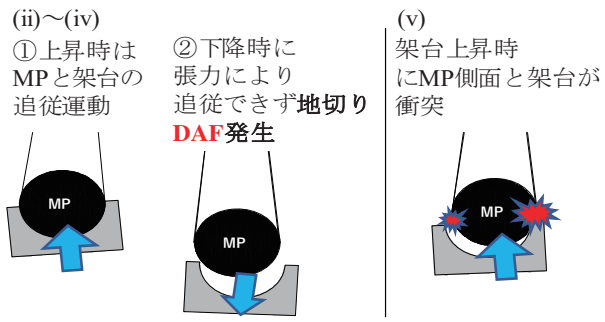


図-9　衝撃荷重の発生機序

していく．DAF の包絡線も滑らかに上昇していき分離位置が架台の動揺の中央付近(iii)で DAF の極大値 DAF_{max} が観測され，その後徐々に減少していく (iv).

式 (1) によれば DAF は地切り時の速度に比例する．この DAF の推移は架台の動揺を正弦運動と仮定すれば地切り速度の推移と概ね一致する．

架台下端が MP 下端と接触しなくなり，追従運動がなくなる 90 s 付近から急激に MP や作用荷重の挙動が不安定かし，DAF も先述の DAF_{max} と同等以上のものまで観測された (v)．特に動揺が大きい波向き 90°，周期 0.6 s の条件で顕著であった．これは MP と架台が側面や角で瞬間的に衝突することに起因する（**図-9** 右）．空中で斜め上方に力が瞬間的に作用するため MP に急激な Sway や Yaw が発生し，その動揺自体が次の衝突時の相対速度を増加させ荷重や動揺を助長させた結果と考察する．この挙動は吊荷の円筒形状や架台の形状に大きく依存するため本研究では議論から除外する．しかし実施工上でもこの不安定な挙動は発生し得る．そのため吊荷下端地切り後は巻き上げ速度を上げて架台との衝突範囲を即座に脱したり，MP の Sway や Yaw をタグラインを用いて抑制する等の対策を考慮する必要がある．

同様に再現解析における Case 7 の ψ と架台下端および MP 下端の鉛直座標変位の時系列，ψ と台船の Roll の時系列比較を**図-10，11** に示す．台船の挙動は実験結果と同様に積載荷重の解放に伴い Roll が傾き，喫水が浅くなっていく．また MP と架台の分離位置が中央付近で DAF_{max} を観測し，その後減少，MP 下端が架台と接触しなくなる高度以上で MP の挙動や荷重の推移が不安定化するという挙動まで再現することができた．

(2)　実験と再現解析との比較

台船動揺は MP の吊上げ前と吊上げ後で挙動が多少変化するが，先述の**図-7，図-8** より DAF_{max} の発生時の台船動揺は積載荷重から解放された後の動揺量が DAF_{max} に対して支配的と考える．そのため MP 吊上げ後の台船の波向きに対する主要動揺（波向き 0° に対しては Roll, 90° に対しては Pitch）の平均振幅と DAF_{max} を実験と再現解析で比較し精度の検証をした（**図-12**）．

動揺に関して，港内のケースでは波周期に対する傾向が概ね一致するが，動揺量は実験値の方が小さい．これは解析では波が完全反射をすることを仮定しているが，実際は波が船体を透過する際や防舷材の設置された岸壁に反射する際に減衰を起こしているためと考えられる．港外のケースの動揺量は概ね一致し船体動揺は精度よく再現できている．DAF_{max} に関しては，特に動揺量が大きい港外 90° のケースで波周期に対する傾向が一致するが全体的に解析値が実験値より小さい傾向となった．動揺量が小さい港内および港外 90° のケースでは特に周期の長い 1.0 s のケースで大きくばらついた．DAF_{max} は追従運動していた MP と架台が動揺の位相のどこで分離す

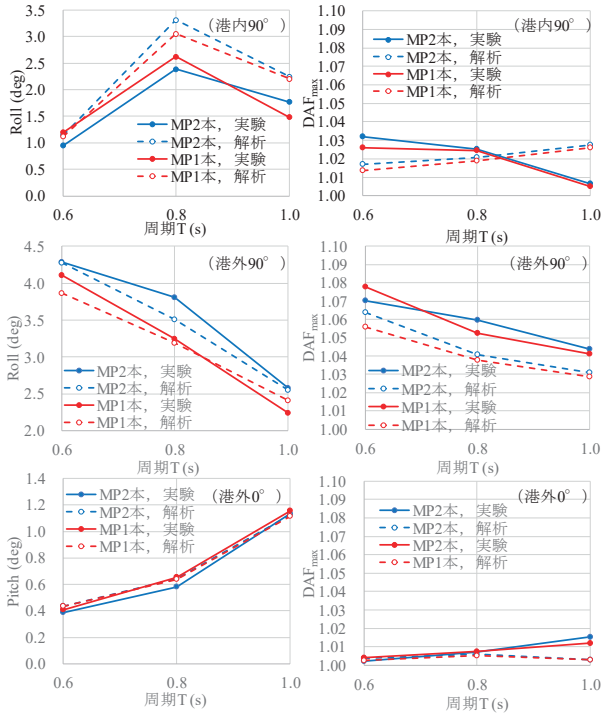


図-12　主要動揺振幅と DAF_{max} の実験，解析比較

るかによって決まるが，MP の巻き上げ速度に対して周期が長く動揺量が小さいほど DAF が大きくなる位相で分離する確率が減少する．そのため港内の周期 1.0 s の実験ケースのように観測された DAF が小さかったケースは MP が分離してから再度架台と接触するまでに DAF が大きくなり得る位相を超えて上昇したためと思われる．

(3)　既往の算定式との比較

既往の算定式 (1) は地切り時の吊荷とフックの相対速度をパラメータとしている．本研究ではフックの巻き上げ速度は非常に小さいものであるため DAF_{max} が観測された周期での MP と架台の分離速度を地切り速度として代入し DAF_{max} と比較した（図-13）．なお実験では分離の瞬間を判断することが難しく DAF_{max} が観測された周期での最大鉛直速度を地切り速度とした．また，解析では DAF_{max} が観測された周期で架台に作用する接触力が 0 になる瞬間の速度を地切り速度とした．さらに解析において Case 4，13，14，15，17 で DAF_{max} が観測された周期では架台から完全に分離せず，わずかながら常にどちらかの架台に接触力（最小で静荷重の 0.5%未満）が作用している状況が見られた．その場合，接触力が速度に及ぼす影響が小さいと判断し，その周期の MP の鉛直速度最大値を地切り速度とした．なおいずれも DAF_{max} が実験，解析ともに 1.02 未満と非常に小さいケースである．

施工上問題とならないであろう DAF が小さいケースではばらつきが大きいものの DAF_{max}>1.03 では実験値，解析値ともに算定式 (1) の通りに地切り速度に比例する

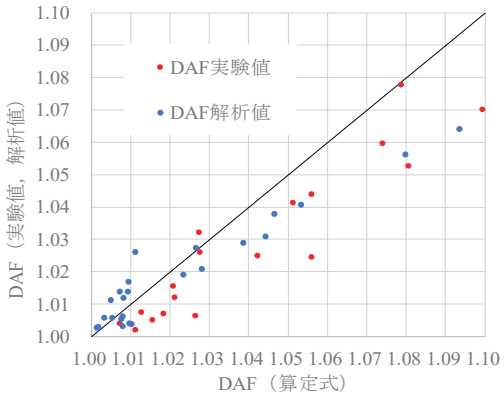


図-13　DAF（実験値，解析値）と既往算定式の比較

DAF_{max} が得られた．しかし DAF_{max} が大きくなるほど算定式との差も大きくなっていく傾向も見ることができる．これは算定式が吊索の線形な剛性を仮定している [1]のに対し，実際の吊索では内部摩擦などの減衰が作用するためと考えられる．解析では高周波ほど減衰が大きくなる剛性比例減衰を設定したが算定式に対し実験と同程度の DAF_{max} が得られ，実現象の再現が出来ていると言える．しかし減衰係数が実際に試験して得られたものではないこと，水理模型実験での吊索材料の選定では減衰を考慮しておらず実機とは異なる可能性があることには留意が必要である．より詳細な材料物性を得られれば精緻なシミュレーションができることが示唆される．

5.　結論

本研究では波浪動揺中の台船に搭載されたモノパイルをジャッキアップした SEP 船で揚重する過程を模擬した水理模型実験と浮体動揺動的解析ソフトウェア OrcaFlex による再現解析を行い，船体動揺およびクレーン作用荷重の推移から解析の精度を検証した．

実験ではモノパイルの吊り上げに伴い台船が荷重から解放され動揺が変化する挙動が見られた．またモノパイルをゆっくり吊り上げる過程では動揺により何度もモノパイルと架台が接触，追従，分離を繰り返し，分離時の速度に比例して地切り時の衝撃荷重 DAF が大きくなっていく特徴がみられた．

再現解析では架台やモノパイル，吊索の接触力が計算されるようモデリングした．その結果，船体動揺量に加え船体動揺，作用荷重の推移まで精度よく再現することができた．

また，既往の算定式と比較したところ実験と解析で同等な結果が得られ実現象としての再現性を確認できた．

実機との吊索の材料物性の差異が課題であるが本研究で作成した解析モデルは実施工の施工シミュレーションとして活用が期待できる．

NOTES

注1) 令和 3 年 8 月 5 日（木）国土交通省港湾局，第 2 回 2050 年カーボンニュートラル実現のための基地港湾のあり方に関する検討会，資料 3「風車大型化・発電所大規模化に対応した基地港湾の最適な規模について」

注2) DNV-GL, Offshore and platform lifting appliances inn(DNVGL-ST-0378), 2019.

注3) OrcaFlex Help, https://www.orcina.com/webhelp/OrcaFlex/Default.htm , Orcina Ltd, 2025

REFERENCES

1) 大西昇：ダブルリンク型水平引込クレーンの巻上および引込運動における衝撃値について，日立評論，1955 年 9 月号，pp. 35-43, 1955. [Onishi, N: Impact Value of Double Link Type Level Luffing Crane in Hoisting and Luffing Motion, *The Hitachi-hyoron Hitachi hyoron*,Vol. 1955, Issue 9, pp. 35-43, 1955.]
2) 土居剛，久松稜弥，宇都宮智昭，大野訓：洋上施工作業における起重機船の吊荷の動揺解析，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 37 号，pp. 449-454，2023. [Doi, T., Hisamatsu, R., Utsunomiya, T. and Ono, J.: Dynamic analysis of suspended load motion under offshore installation with floating crane, *Conference proceedings, the Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers*, No. 37, pp. 449-454, 2023.]
3) 橋本貴之，織田幸伸，小俣哲平：クレーン船の動揺と吊り荷の挙動に関する研究，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol. 77, No. 2, pp. 625-630, 2021. [Hashimoto, T., Oda, Y. and Omata, T.: Study on oscillation of crane barge and behavior of slung piece, *Proceedings of civil engineering in the ocean*, Vol. 77, No. 2, pp. 625-630, 2021.]
4) Elzinga, A. M., Stroo, J, D. and kana, A. A.: A comparative analysis of side and stern installation of a monopile lifting operation using a heavy lift crane vessel, *Proceedings of the 15th International Marine Design Conference*, 2024.
5) Kronenberg, H. B.: Feasibility for lifting from a feeder vessel for a tetrahedron crane, *TU delft*, 2021.

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

HOISTING SIMULATION IN COSIDERATION OF THE DYNAMIC AMPLIFICATION FACTOR OF A BARGE IN WAVES

Takumi NONAKA, Hajime YANAGISAWA, Tatsuya MIZUNO,
Hiroshi DEGUCHI, Takeshi NISHIHATA and Takeru MICHIMAE

When jacked-up SEP vessels are used to lift monopiles from a floating barge during the construction of offshore wind power generation facilities, it is necessary to estimate the dynamic amplification factor (DAF) due to barge oscillation. In this study, the dynamic analysis software OrcaFlex was used to simulate a hydraulic model experiment of a monopile hoisting operation by a SEP vessel. The simulation covered operations both inside and outside a harbor, and its applicability as a construction simulation was verified. The analysis modeled the wave field, the floating structure, the mooring system, the suspended load, the configuration of the hoisting equipment. From the analysis results, it was verified that the model could reproduce the behavior of the floating structure during the hoisting process and the characteristics of the DAF, which depend on the barge's dynamic response characteristics, as observed in the experiments. The results demonstrate the utility of the construction simulation, enabling the evaluation of safety and operating rate in actual construction scenarios.