

J-57

## 洋上風車基礎杭設置作業中における起重機船と基礎杭の波浪中動揺解析 Motion Analysis of a Crane Ship and a Suspended Pile in Installing an Offshore Wind Turbine System

居駒 知樹<sup>1</sup>, 恵藤 浩朗<sup>2</sup>, 相田 康洋<sup>3</sup>, 増田 光一<sup>4</sup>, 山田 瑞熙<sup>5</sup>, ○佐野 敦紀<sup>6</sup>  
Tomoki Ikoma<sup>1</sup>, Hiroaki Eto<sup>2</sup>, Yasuhiro Aida<sup>3</sup>, Koichi Masuda<sup>4</sup>, Mizuki Yamada<sup>5</sup>, \*Atsuki Sano<sup>6</sup>

Abstract: The work efficiency of installing an offshore wind turbine should be improved with a crane ship as well as a SEP because of cost reduction. However, prediction of direction of incident waves is difficult and the knowledge of work out of a port and break waters is a little in fact. An accurate prediction of motion behaviours of a crane ship suspending a pile would make the installation works to be efficient. An Object of this study is to investigate motion characteristics of a crane ship suspending a pile and any problems in ocean waves.

### 1. 緒言

外港における固定式洋上風車設置において、モノパイル（風車基礎杭）打設時や風車タワー設置の際に波による動揺が起り、作業に必要なそれらの垂直を維持することが困難になる可能性がある。起重機船での作業は波の方向などをあらかじめ把握してから行われるのが一般的であり、モノパイルの吊り下げ時には波を船体で防ぐように配置するが、外港での作業では波の方向を確定し難く、また外港作業に関する知見が圧倒的に少ないのが現状である。

起重機船は海象条件による影響を受けやすく、稼働率への懸念が考えられる一方で、SEP(Self Elevating Platform)やWTIV(Wind Turbine Installation Vessels)のようなリグを持つ浮体は、プラットフォームを海面から上昇させた状態で作業を行うことで、受ける波の影響を大幅に減少させることができるため洋上風車の設置作業に適していると考えられる。

しかし、洋上風車施工に使用できるようなSEPの数は日本国内には少なく<sup>[1]</sup>、1日当たりの費用も起重機船の倍以上となる。<sup>[2]</sup>

これらの要因から、SEPに加えて、国内の起重機船を合わせて利用できれば、洋上風力発電事業をより効率的に進めることができると考える。

TABLE 1. The Number of Work Vessel

Type	Number of Vessel (Japan)
Tug Boat	1,189
Cargo Barge	756
Crane Barge	525
SEP(can be used for wind turbine installation only)	8(3)

TABLE 2. Installation Vessel Type and Day Rates

Type	Day rate
WTIV (Wind Turbine Installation Vessels)	150,000~250,000\$
Crane barge	80,000~100,000\$

### 2. 実験概要

日本大学理工学部のテクノスペース 15 内の海洋建築工学水槽で行った。水槽実験に使用する模型は現存する 100m クラスのクレーン船を簡略化したものとし、1/100 スケールで再現する。

モノパイル模型も同様に 1/100 スケールで再現し、上端にアイボルトを取り付け、フックとワイヤーで吊れるようにした。クレーン部分はパイプを組み合わせて角度調節と旋回ができるよう製作し、底をボルトで固定できるようにし、モノパイルをフックとワイヤーで吊るせるようにした。

マーカーを付けた模型を浮かべ、それらのマーカーに赤外線を照射して、その反射光を透過させることができる LED リング照明を装着したカメラによって計測する。Figure1.の赤点はマーカー位置であり、周期 0.6 秒~1.8 秒図 1 の規則波を Y 軸方向に下から造波した。

また Figure1.左の配置を、入射波に対して 90°の向きとし、本実験では 90°と 110°の 2 つの模型配置がある。

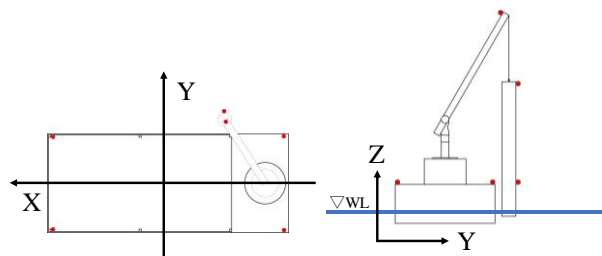


Figure1. Model Coordinates

1 : 日本大学大学院理工学研究科博士前期課程海洋建築工学専攻

Table3. Model Dimension

Hull		Monopile	
Length	1060mm	Length	600mm
Width	430mm	Diameter	60mm
Depth	168mm	Mass	1.0kg
Draft	42mm		

モノパイルを船尾から 780mm, 船体から 30mm 離し, 水中に 10mm 沈めた位置で吊れるようにクレーン部分を動かし設置する。この時のワイヤーの長さとしてフックを合わせた長さは 220mm とした。波は波高 0.01m, 周期を 0.1 秒刻みで 0.6 秒~1.2 秒とし, 造波装置から規則波を模型のモノパイルが設置されている向きとは逆の側面に当て動揺を計測する。

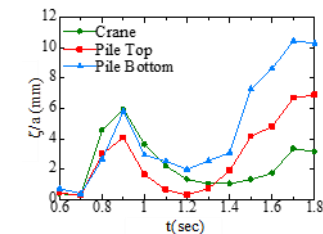
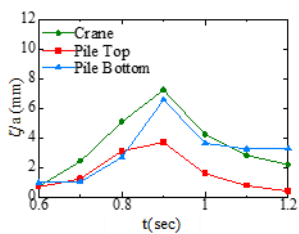


Figure2. y axis-incident angle 90°

Figure3. y axis-incident angle 110°

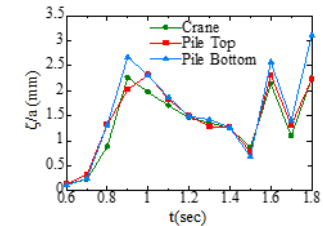
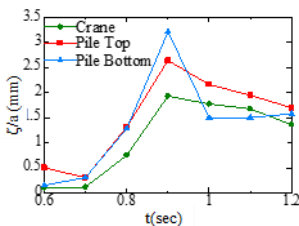


Figure4. z axis-incident angle 90°

Figure5. z axis-incident angle 110°

クレーン頂点とパイルに取り付けられた 3 つのマーカーの各波周期の応答を図 3~6 に示す。図 3, 4 を見ると, 波周期 1.2 秒までの間で周期が大きくなるにつれてクレーンとパイル上部の揺れは小さく, パイル下部の揺れは大きくなっていくことが分かる。この傾向は図 5, 6 に示す z 軸方向の応答よりも大きく見られる。

### 3. 数値計算結果

次に実験結果と, 境界要素法によって求められた結果との比較を Figure6, 7 示す。この計算結果はモノパイルを考慮していない船体だけの応答である。

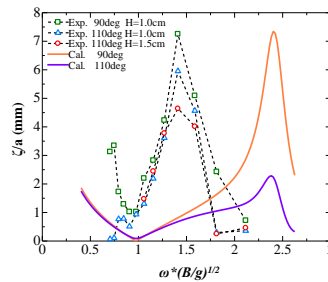


Figure6. y axis

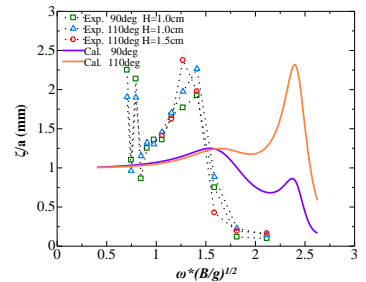


Figure7. z axis

90°の結果については, 計算結果はピークの最大値は同じくらいで見られる周期が実験結果とずれている。

110°の結果には, y,z 両方とも形もあまり合わなかった。モノパイルを吊っている影響は, 波が斜めに入射すると顕著に表れている。

### 4. 結言

ある範囲では波周期が長周期に向かうにつれ, 船体とモノパイル上部の応答は小さくなり, モノパイル下部の応答は大きくなるという結果が得られた。

最終的には吊荷 (モノパイル) が完全に気中, 水中にある状態, 部分的に水没している状態を再現し計算, 実験を行う。

### 5. 参考文献

[1] 一般財団法人日本船舶技術研究協会 t:「我が国における 洋上風車設置船・作業船の在り方について 基礎検討調査報告書」, pp.6, 2013  
 [2] Dang Ahm, Sung-chul Shin, Soo-young Kim, Hicham Kharoufi, Hyun-cheol Kim:「Comparative evaluation of different offshore wind turbine installation vessels for Korean west-south wind farm」, International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, Volume 9, Issue 1, 2017.