

### 砂質地盤中のサクシオンアンカーの把駐力に関する遠心模型実験

東海大学	正会員	○北	勝利
九州大学	正会員		宇都宮智昭
(株)海洋河川技術研究所	正会員		関田 欣治
東海大学			伊藤 雅人

#### 1. はじめに

著者らは日本近海における洋上風力浮体の係留基礎としてサクシオンアンカーの適用性について検討している。これまで砂質地盤において係留索をほぼ水平方向に牽引する場合(牽引仰角  $11\sim 14^\circ$ )のアンカー把駐力について、パラメトリック数値解析結果に基づく Deng and Carter 法や Reese 型破壊領域を設定した杭の受働抵抗(極限平衡法)に基づく計算結果と 20G 遠心模型実験結果を比較し、実験結果が計算結果に対し 1.5~1.8 倍程度となる結果を得た<sup>1)</sup>。本報告では、把駐力に及ぼす牽引仰角の影響について遠心模型実験を行うとともに、Deng and Carter 法および極限平衡法による把駐力評価結果との比較を行った。

#### 2. 実験概要

実験では、矩形土槽内の脱気水上方より気乾状態の珪砂 8 号(土粒子密度  $2.637\text{g/cm}^3$ , 平均粒径  $0.055\text{mm}$ , 最大間隙比  $1.429$ , 最小間隙比  $0.669$ )を落下させた後、20G 遠心力場で自重圧密することにより水平飽和地盤を作成した。ミニチュアコーン貫入試験(直径  $10\text{mm}$ , 貫入速度  $1.1\text{mm/s}$ )実施後、アンカー模型(胴体部外径  $76\text{mm}$ , 肉厚  $1.5\text{mm}$ )を鉛直ガイドロッドに固定し通常場および 20G 遠心力場で地盤中に自沈させた後に所定の貫入深さまで手で押し込んだ。アンカーよりガイドロッドを取外し、20G 遠心力場でアンカー前面に連結した係留索ワイヤーを定速度( $0.73\sim 0.84\text{mm/s}$ )で斜め上方に牽引した。牽引実験概要を図 1 に、アンカー模型

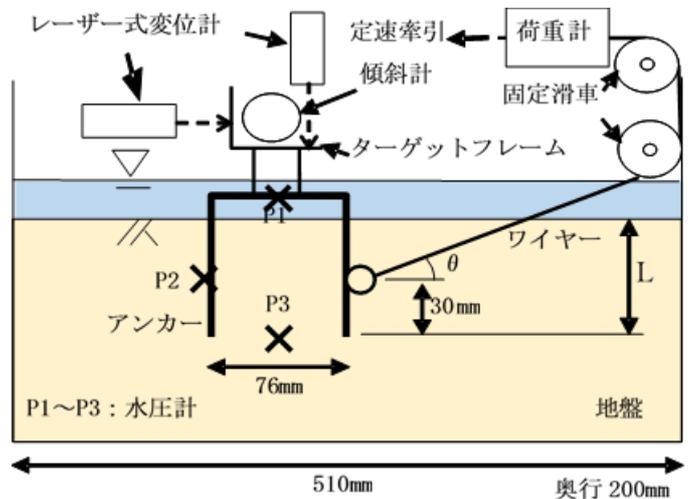


図 1 牽引実験概要

を図 2 にそれぞれ示す。

実験ケースを表 1 に示す。同表には、前年度実施した牽引速度の低い実験 2 ケース(A, B)の結果<sup>1)</sup>も併せて掲載している。なお同表中  $\phi_{CPT}$  は、ミニチュアコーン貫入試験結果を基に Lunne and Christofferson 式<sup>2)</sup>より評価した内部摩擦角である。

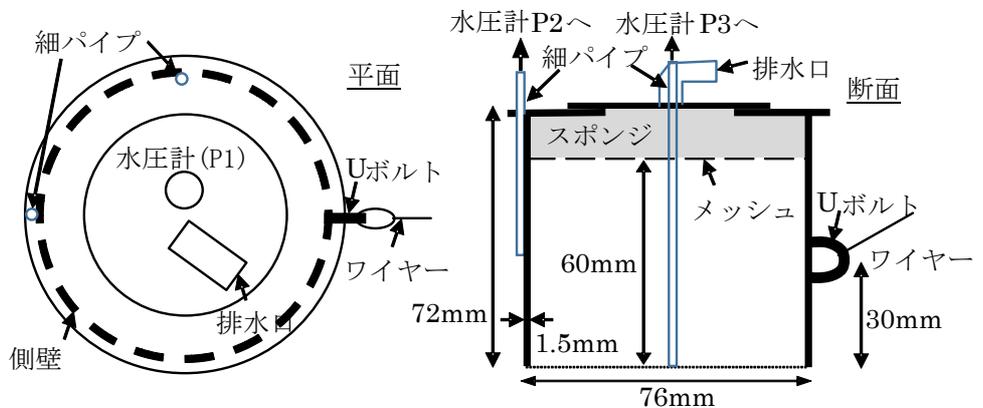


図 2 アンカー模型

キーワード サクシオンアンカー, 浮体式洋上風力, 係留, 把駐力, 遠心模型実験

連絡先 〒424-8610 静岡市清水区折戸 3-20-1 東海大学海洋学部環境社会学科 TEL 054-334-0411

3. 実験結果と検討

本実験で計測した把駐抵抗(ワイヤー張力)とワイヤー引張量の関係を図3に示す. 牽引仰角θの増大とともに把駐力(ワイヤー張力の最大値)は減少している.

表1中には, 実験における把駐力 T<sub>max</sub> とともに, Deng and Carter 法でダイラタンシー角 5 度, 土圧係数 0.5 として求めた把駐力 P<sub>DC</sub>, 壁面摩擦角 δ = φ<sub>CPT</sub>/3 として Reese 型破壊領域を仮定し評価した受働抵抗 P<sub>R</sub> の水平成分 P<sub>RH1</sub><sup>1)</sup>, および Reese<sup>3)</sup>に倣い受働土圧 P<sub>R</sub> とともにアンカー背面からのクーロン主働土圧 P<sub>A</sub> とアンカー底部でのせん断抵抗を考慮した把駐力の水平成分 P<sub>RH2</sub> を示している.

$$P_{RH2} = (P_R - P_A) \cos \delta + \{W' + (P_A - P_R) \sin \delta\} \tan \phi$$

ここに W' はアンカーと内部土の合計水中重量, φ (= φ<sub>CPT</sub>) は地盤土の内部摩擦角である(図4参照). 実験では全ケースで張力最大時にアンカー底部で負の水圧が生じていたが, ここでは負圧なしとしてアンカー底部のせん断抵抗を評価している.

P<sub>DC</sub>, P<sub>RH1</sub> および P<sub>RH2</sub> のいずれも牽引仰角の増大とともに把駐力の評価値が減少している. 実験値は P<sub>DC</sub> の 1.4~1.6 倍, P<sub>RH1</sub> の 1.2~1.4 倍, P<sub>RH2</sub> の 0.96~1.1 倍程度となっている. P<sub>R</sub> はアンカーが水平に移動するモードでの受働抵抗として評価していることから, 牽引仰角が大きな実験ケース 3 では実験値は P<sub>RH1</sub> に対し裕度が小さくなり, P<sub>RH2</sub> は危険側の値を与えている. 先に実施のケース A, B では, 実験による把駐抵抗は P<sub>DC</sub> および P<sub>RH1</sub> に対しそれぞれ約 1.6 倍および 1.5~1.8 倍, P<sub>RH2</sub> に対しては約 1.2 倍となった.

謝辞

本研究は, 環境省平成 28 年度 CO2 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業「浮体式洋上風力発電施設における係留コストの低減に関する開発・実証」の一部として行われたものである. 記して謝意を表します.

参考文献

1) 北・宇都宮・関田: 砂質地盤におけるサクシオンアンカーの把駐力に関する検討, 第 28 回中部地盤工学シンポジウム論文集, 地盤工学会中部支部, pp.13-16, 2016. 2) Lunne and Christoffersen: Interpretation of Cone Penetrometer for Offshore Sands, Proc. Offshore Technology Conference, OTC4464, 1983. 3) Reese, : Ultimate Resistance Against a Rigid Cylinder Moving Laterally in a Cohesionless Soil, Society of Petroleum Engineers Journal, Vol.2, No.4, pp.355-359, 1962.

表1 実験ケース

ケース	1	2	3	A	B
地盤間隙比	1.03	1.00	1.04	1.15	1.77
根入 L (mm)	63	60	61	56	59
φ <sub>CPT</sub> (°)	34.3	35.0	34.1	35.0	32.2
牽引仰角 θ (°)	13.5	16.6	22.5	11.2	13.8
最大張力 T <sub>max</sub> (N)	256	254	211	222	184
P <sub>DC</sub> (N)	179	161	154	140	114
P <sub>RH1</sub> (N)	186	179	174	145	105
P <sub>RH2</sub> (N)	230	224	219	193	150

ケース A, B は文献<sup>1)</sup>の実験ケース 1, 3 に相当. ケース A の地盤材料は珪砂 8 号であるが, 本実験のケース 1~3 とは物理特性が異なる. ケース B の地盤材料は海底採取土.

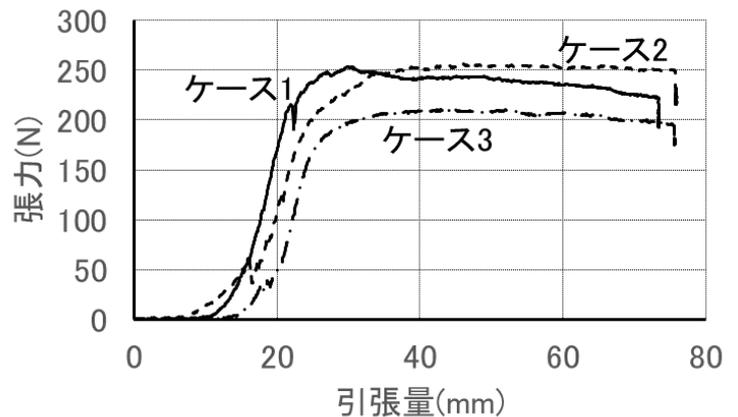


図3 実験におけるワイヤー引張量~張力関係

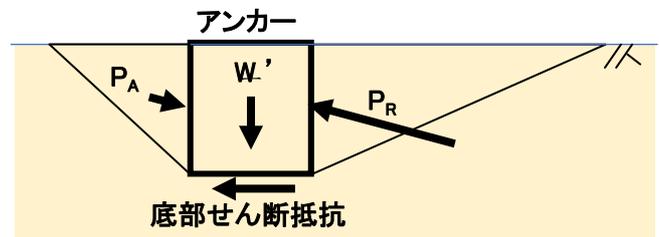


図4 P<sub>RH2</sub> 評価のための力の作用