

ブイ・クランプウエイトを用いたチェーンカテナリー係留の係留特性

Mooring performance of catenary mooring chain with buoy and clamp weight

○神田匠¹, 根岸拓未¹, 鈴木渉², 恵藤浩朗³

* Takumi Kanda¹, Takumi Negishi¹, Wataru Suzuki², Hiroaki Eto³

Abstract: Catenary mooring chains are secured by their own weight. However, in shallow water areas, achieving sufficient mooring effectiveness becomes challenging due to the inability to maintain the necessary self-weight for position holding. Therefore, in this study, we calculate the restoring force associated with the lateral motion of the floating structure and the tension in the chain. Our goal is to understand why catenary mooring is difficult in shallow offshore regions and explore more effective mooring methods.

1. はじめに

浮体式洋上風力発電は、日本に限定せずとも開発計画が進められており、今後、水深50m程度の海域も浮体式洋上風力発電の設置海域の対象となると考えられる^[1]。本研究では安価なチェーンカテナリー係留を浮体式洋上風力発電の係留装置に考えているが、この係留システムはチェーンの自重により位置保持を行うため、水深100mを超える海域では有効だが^[2]、水深が浅くなると位置保持に必要な張力を確保できず、十分な係留効果を発揮させることが難しい。そこで本研究では、チェーンの途中にブイやクランプウエイト（以下、ウエイト）を取り付けることで、浅海域でもチェーンカテナリー係留で十分に係留効果を発揮させることが可能か検討を目的としているが、まずはその前段階として浅海域におけるチェーンカテナリー係留の係留効果の確認を行った。Figure 1 にブイとウエイトを組み合わせた際の係留形状のイメージ図を示す。

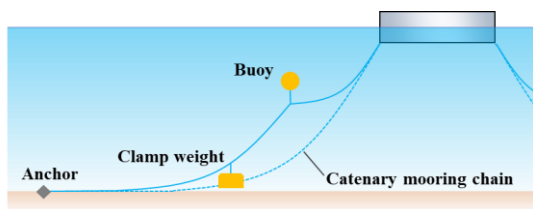


Figure 1 Diagram of catenary mooring with buoys and weights.

2. 計算条件

2.1. 浮体および係留システムの概要

Figure 2 に浮体規模および係留索の配置の例を示した。そして係留装置の詳細なパラメータについてはTable 1 に示すとおりである。またTable 1 に示す許容張力が3806kNであり、本研究では水平方向初期張力 T_h を1000kNと設定し解析を進めた。また本研究では

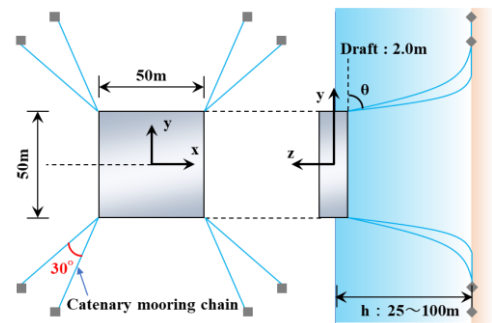


Figure 2 Scale of floating structure and layout of catenary mooring chain system.

Table 1 Conditions of catenary mooring chain.

Nominal size	132 [mm]
Cutting test load	11420 [kN]
Permissible tension	3806 [kN]
Submerged unit weight	381.6 [kg/m]
Mooring length	600 [m]
Initial horizontal tension	1000 [kN]
Water depth	25-100 [m]
Amount of motion	1.0-10 [m]

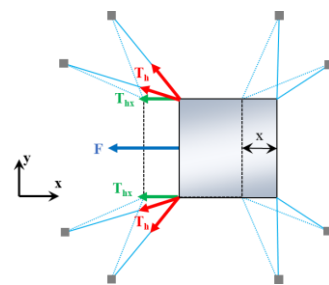


Figure 3 Relation between momentum and restoring force of a floating structure.

浮体隅角部の下部を係留索の浮体側取付点位置とし、その点とアンカーまでは同一平面上であると仮定して検討を行った。また、Figure 3 に浮体の移動量 x と浮体がもとの位置に戻ろうとする復元力 F の概要を図で表示した。今回の検討では許容動揺量を1.0~10mと算定し、その動揺の範囲における F の変化を確認した。

1:日大理工・学部・海建 2:日大理工・院(前)・海建 3:日大理工・教員・海建

3. 計算結果および考察

3.1. 水深 h と張力 T と復元力 F の関係について

Figure 4 に h を 100, 75, 50, 25m と変化させ、係留索の水平方向の移動量 u と係留索張力 T との関係を示す。グラフよりすべての h において u の変化に伴い T は曲線的増加する傾向が確認された。また浅いほど u に対して T が急激に増加し、これは浅いと係留索に余裕がないことが要因として挙げられる。次に Figure 5 は u とチェーンのカテナリー曲線部分の長さ L_c の関係を示す。グラフより浅くなるほど L_c の変化量は大きいことから、浅い海域に設置された浮体に繋がる係留索は深い海域と比較して良く動き、破断に繋がるリスクが高くなると考えられる。これらの結果から、浅海域に対するカテナリー係留の適用の難しさが確認された。またそして浮体の動揺量 x に対する係留システム全体としての F を Figure 6 に、また浮体動揺時の係留索に生じる最大張力の結果を Figure 7 に示す。これらの結果からも深い海域においては x に対して柔軟に対応可能であることが分かり、浅海域において x に対して F および T が急激に増加してしまうことが確認された。

3.2. 水深 h と係留索水平長さ u_0 の関係について

Table 2 は同様の T_h を与えた際の、初期状態における u_0 と h の比率を示す。 h に対する u_0 の割合を非線形の関係にして Figure 8 に示す。これより水深が浅くなるほど使用するチェーンの長さは減少しているように思われるが、その割合は増加していることが確認できる。また、浅海域になるほどチェーンが緩やかな曲線を描くことが困難になり、システムの柔軟性が低下する。

4. おわりに

本研究で得られた知見を以下に示す。

- カテナリー係留では浅海域になるにつれ、少量の動揺量で T および F が増加することが確認された。
- 水深と係留索水平長さの関係性においては浅海域ではチェーンの形状が緩やかな曲線を描くことが困難になり、システムの柔軟性が低下する。

今後の研究ではブイやウエイトをチェーンに取り付けることで、浅海域における浮体移動時の急激な張力の増加の抑制や、係留索水平長さを調整し、より効果的な係留方法の検討を目的に研究を行う。

参考文献

[1] 鈴木英之：「浮体式洋上風車用浅海域係留の静的係留特性の最適化」, 日本船舶海洋工学会論文集 第 22, pp.95-100, 2015.
 [2] 小林理市：「わかりやすい海洋建築物の設計」, pp.37, 1995

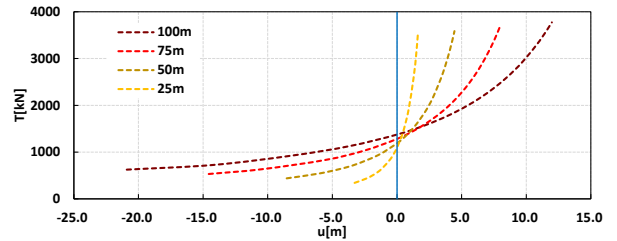


Figure 4 F according to the horizontal movement of the connection point of the mooring line on the floating structure.

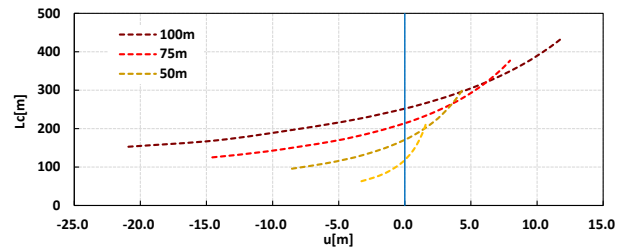


Figure 5 Catenary curve length according to the horizontal movement of the connection point of the mooring line on the floating structure.

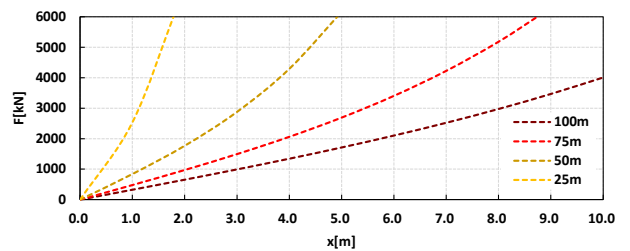


Figure 6 F due to changes in x at different water depths.

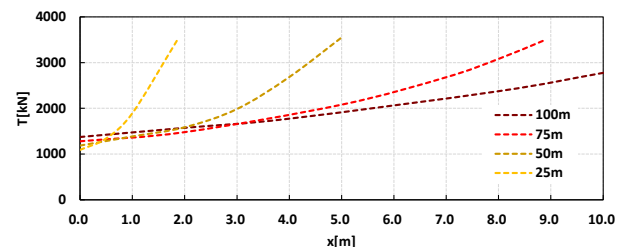


Figure 7 Relationship between x and the maximum value of T .

Table 2 Relation between water depth and horizontal length.

h [m]	u_0 [m]	u_0/h
100	225	2.25
50	196	2.61
75	161	3.22
25	114	4.59

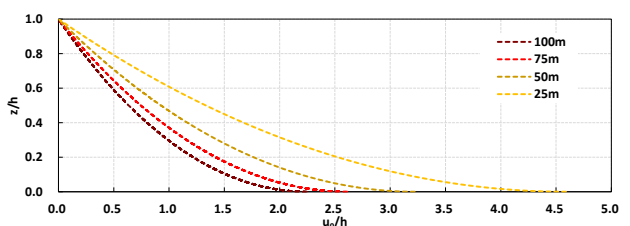


Figure 8 Ratio of u_0 by h in the initial state.