

プレテンション下におけるカテナリー係留ケーブルの数値計算手法

名古屋大学大学院 学生会員 ○山田 裕貴
名古屋大学大学院 正会員 李 光浩
名古屋大学大学院 学生会員 Peng Wei
名古屋大学大学院 正会員 水谷 法美

1. はじめに

主に漁港を中心に建設が行われている浮体式防波堤は、チェーン等で係留された浮体によって波を制御する構造物であり、下部に有水域を持つことから、海水交換が可能であり環境への影響を軽減することができる。また、基盤工事の小規模化や陸上で作成した浮体を用いることから経済性にも利点がある。近年では、渡邊ら(2010)によって浮体式防波堤に波浪エネルギー回収システムを取り入れた波浪発電装置が提案されている。これまでに、ポンツーンやバリヤー型等様々な形態の浮体式防波堤が提案されてきた。さらに、今後も様々な形状の浮体式防波堤の開発が期待される。浮体式防波堤の主な消波機能としては、浮体による入射波の反射、浮体運動による強制砕波の促進や発散波の位相差、浮体周辺の渦や摩擦によるエネルギー消散が挙げられる。このように浮体式防波堤は従来の重力式防波堤と比べてより複雑な消波メカニズムによって支配されている。李ら(2008)は、IB法を用いて緊張係留された浮体を対象に数値計算を行い、浮体の波浪応答に関する研究を行っている。一方で、波が作用した際に係留索が受ける張力によって、係留索が破断する危険性がある。そのため、係留索に作用する張力を求めることは浮体式防波堤の設計を行う上で非常に重要な情報となる。本研究では、今後カテナリー係留された浮体式防波堤と波との相互作用について研究を行うことを前提として、一般的な係留方法であるカテナリー係留ケーブルを対象に数値解析を行い、ケーブルの形状およびケーブルに作用する張力について考察を行った。

2. 数値計算手法

本研究では、Wangら(2010)が用いたモデルを参考に、プレテンションされているカテナリーケーブルを対象に数値計算を行った。本論で用いたモデルでは、図-1に示すようにケーブルを n 個に分割し、初期条件として図-2に示すようなカテナリーケーブルの浮体との接続を行う点での張力 T_{n+1} を与えることで、各分割点での力の釣り合い関係から各分割点において座標、仰角および張力をそれぞれ求めた。なお、今回行った計算では、簡略化のため流速による影響を考慮しないものとする。

3. カテナリー係留ケーブルについての考察

計算条件は表-1に示した通りである。浮体との接続点を固定し、その点における張力 T_{n+1} を3通り変化させて計算を行った。また、ケーブルの分割数による影響を調べるために、10、50、100の3通りのケースを行った。ケーブルの材料特性については表-2に示す。

図-3に各分割数におけるケーブルの形状の結果を示す。なお、(c)の分割数100の場合における $T_{n+1}=1600(\text{kN})$ のケースについては、 $x=0$ での z の値が非常に大きな値となったため今回は省略した。この原因としては、各セグメントに働く張力に比べケーブルの自重の影響

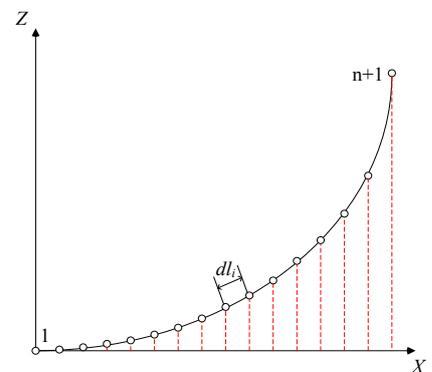


図-1 ケーブルの分割図

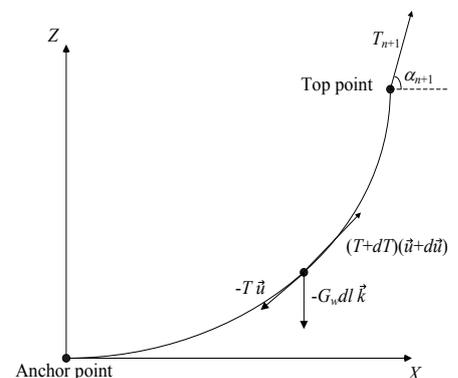


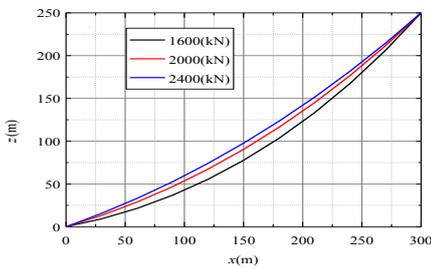
図-2 ケーブルに作用する力

表-1 計算条件

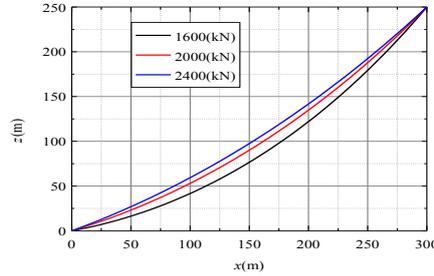
x_{n+1} (m)	z_{n+1} (m)	T_{n+1} (kN)	division number
300	250	1600, 2000, 2400	10, 50, 100

表-2 ケーブルの材料特性

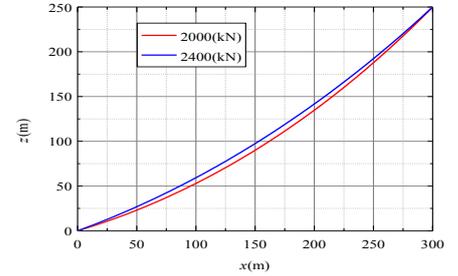
d (m)	A_0 (m ²)	G_{w0} (kN/m)	E (kN/m ²)
0.127	0.043	2.86	2.79×10^7



(a) 分割数 10

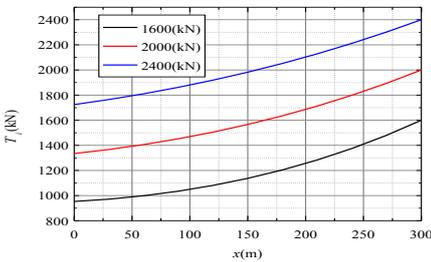


(b) 分割数 50

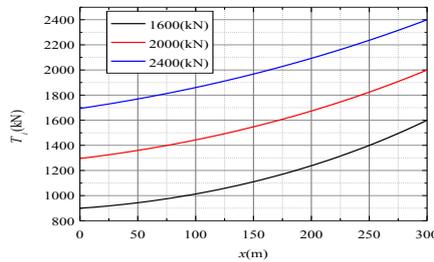


(c) 分割数 100

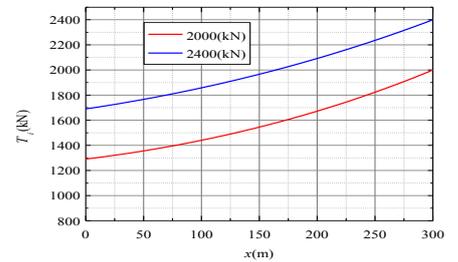
図-3 ケーブルの形状



(a) 分割数 10



(b) 分割数 50



(c) 分割数 100

図-4 張力分布

が大きすぎることにより、 $z(i)$ の変動が急激であったため、計算が安定しなかったものと思われる。一方、 $T_{n+1}=2000, 2400$ (kN)の結果に着目すると、分割数の違いによる形状の変化はほとんどなく、同程度の値を示していることが分かる。図-4 に示す張力分布の結果をしてみると、分割数を 50 および 100 とした場合では値に大きな違いが見られなかったが、分割数を 10 とした場合では、アンカーポイントに近づくにつれて他のケースと比べて若干張力が大きくなっていることが見て取れる。以上の結果から、本モデルを用いる際にはケーブルの分割数を適切に設定する必要があることがわかった。

4. おわりに

本研究では、頂点においてプレテンションされているカテナリー係留ケーブルの形状とケーブル内に働く張力について数値計算を行った。その結果、張力およびケーブルの分割数を変化させることで形状が変化することがわかった。今後は、波作用時におけるケーブルの計算を行うとともに、IB 法にこの係留モデルを適用して波と浮体式構造物との相互作用について検討を行う予定である。

参考文献

渡邊洋輔, Peng Wei, 水谷法美(2010) : 浮体式波浪制御構造物による波エネルギー回収システムに関する実験的研究, 海洋開発論文集, 第 26 巻, pp. 513-528.

李 光浩, 水谷法美, 後藤政雄(2008) : IB 法による緊張係留浮体の波浪応答に関する有限変位解析, 海岸工学論文集, 第 55 巻, pp. 891-895.

Li-zhong Wang, Zhen Guo, Feng Yuan(2010) : Quasi-static three-dimensional analysis of suction anchor mooring system, Ocean Engineering, Vol.37, pp. 1127-1138.