

潜水圧気型緊張係留浮体に生じる非線形張力の算定

名古屋大学工学部 正 岩田好一朗 名古屋大学大学院 学〇上田 敏隆
名古屋大学大学院 学 石井 弘行

1. 緒言： 浮遊式構造物を海洋に設置する場合、通常は係留システムの安全性を考え、弛緩係留方式を用いる。しかし、大水深になると、浮体の動揺が過大になりプラットフォームとしての性能を確保することが困難となる傾向がある。この対応策として提案されたのが緊張係留方式である。この方式の基本は、浮体に作用する浮力により係留索に生ずる初期張力により波浪応答を小さくし、安定性を確保しようとするものである。この種の型式の構造について、近年、海洋実験¹⁾や挙動解析²⁾が行われているが、問題点が多い。その要因として、係留索に発生する非線形張力、および係留方法などの知識不足が考えられる。本研究では、圧気室の大きさと容易に初期張力を変化させられる潜水圧気型浮体構造物³⁾を取り上げ、係留索に生じる非線形張力の変動特性およびその発生機構を明らかにすることを目的とする。

2. 水理実験： 実験は、名古屋大学土木教室の2次元鋼製水槽(25m×0.8m×0.9m)で行った。水深は60cmで一定とした。発生波はすべて規則波であり、波形勾配をほぼ0.02と0.01の2種類変化させた。周期は0.7秒～1.6秒で7種類変化させた。係留方法は、4本のステンレス製ワイヤーロープ(直径3mm)を使用し、水路床と係留索のなす角度が45°になるよう係留し、張力は沖岸の一本に取り付けた張力計で計測した。今回は張力変動特性を以下のような次元解析より得られた4つのパラメーターについて議論する。

$$F / \rho g B^2 a = f(d/h, Q/h, h/L, 2a/L)$$

なお、F：張力変動振幅、 ρ ：水の密度、g：重力加速度、B：浮体幅、a：入射波振幅、d：圧気室内水位、h、水深、Q：潜水深、L：波長である。

3. 実験結果および考察： 図-1(a)(b)(c)に張力変動振幅の時系列波形を示す。図(a)は比較的大きな波高の作用下で、圧気室内水位の高い、つまり、初期張力の小さい条件で発生した張力波形例である。以後、I型と呼ぶ。図中、実線は線形理論(わき出し分布法³⁾)より求めた張力波形を、点線が実験値を示す。図(b)、(c)は線形波形からI型への遷移状態を示しており、図(b)は奇数倍周波数成分が卓越する、比較的尖鋭な波形(II型)、図(c)は2倍周波数成分が大きな波形(III型)の代表例である。線形理論曲線と比較すると、I型は著しく異なっており、II型、III型は定性的に見て類似した傾向を示している。これらの発生機構については、図-2に示す浮体重心の軌跡と密接な関係があると思われる。I型については、圧気室内体積が小さいため浮力が小さくなることから、碎波を含む波圧を上部方向から受けると、鉛直方向に運動しやすくなる。これが浮力によりもとの状態に復元しようとする時(図-2(a)④)に、衝撃的なスナップ荷重が発生するため鋭い波形となる。その大きさは最大で初期張力の約7倍となる。II型、III型について図-2(b)を見ると、重心の運動は①→②→③→②→③→④→⑤→⑥→①と移動する。一度③で極値をとった後②へ戻る。そして、②から④へと運動する。つまり、沖岸の係留索は③、④で引張りの極大値を取るため、一周期内で2つのピークを持つことになる。その他、運動の固有周期にも関係するようであるが、詳細は明かでない。図-3にI、II、IIIおよび線形領域IVの発生分布を縦軸にd/h、横軸にh/Lをとり、Q/hの値別に示した。周期が長く、圧気室内水位の高い領域(図中左上部)に近いほど非線形な波形が発生していることがわかる。また、Q/hに着目すると、潜水深の小さい、つまり、浮体が静水面に近づくほど波形の非線形が強いように思われる。図-4(a)、(b)は図-5に示すような、線形理論の張力波形にパルス的な三角波形を合成することにより実測波形を表現しようとしたものである。なお、対象としたのはII型、III型についてのみで、I型については新たなモデルを考案する必要がある。三角波形を表す係数A、B、C(図中参照)の算定法および他の無次元パラメーターとの関係は発表時に詳しく述べる。

4. 結言： 以上まとめると、(1)非線形張力をその時間波形および浮体の重心軌跡より3つのパターンに分類した。(2)非線形張力の発生に圧気室内水位および潜水深が大きく影響することがわかった。

参考文献：1) 工藤君明他：日本造船学会論文集、1985 2) 吉田宏一朗他：日本造船学会論文集、1978

3) 著者ら：第35回海岸工学講演会論文集

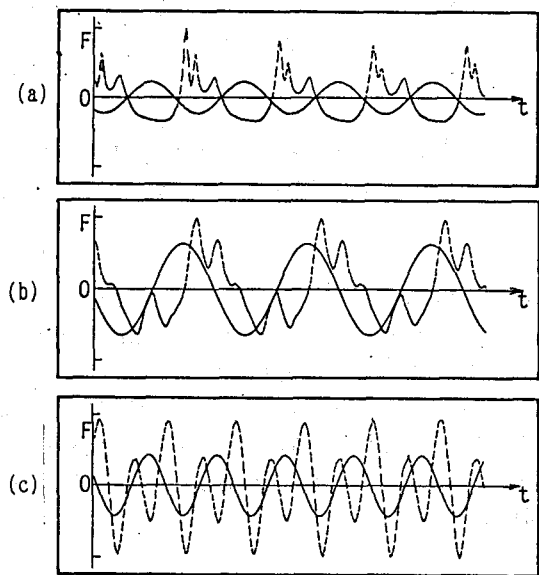


図-1 非線形張力の時間変動波形例

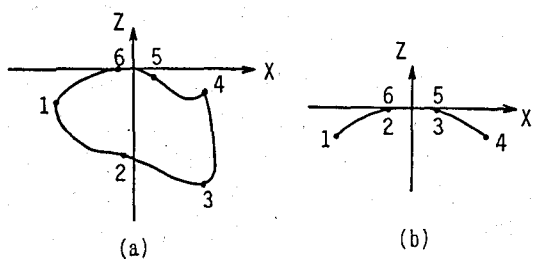


図-2 重心の軌跡

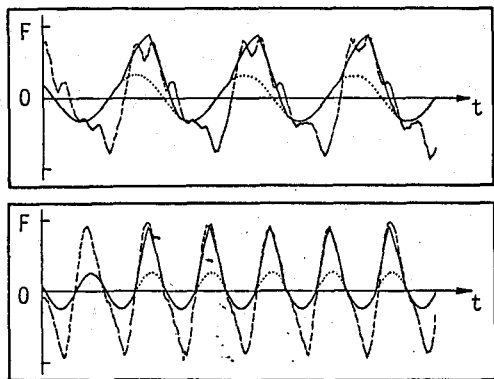


図-4 簡易近似法による変動張力波形例

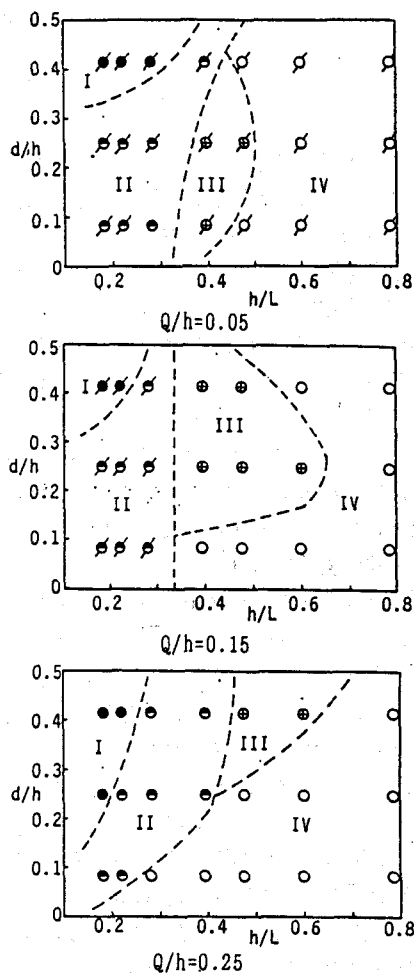


図-3 非線形張力の発生領域

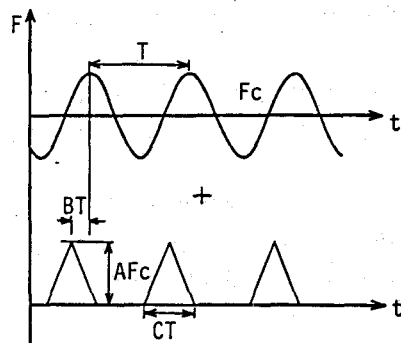


図-5 簡易モデル