

I - B 285

水中浮遊式構造物のスナップ荷重の特性

北海道大学大学院工学研究科 学生員 佐藤 太裕
北海道大学大学院工学研究科 フェロー 三上 隆

1. はじめに

海峡を横断する水中トンネルなど、浮力を利用して緊張係留される構造物に関して発生する可能性がある現象の1つとしてスナップ荷重がある。スナップ荷重とは係留索の変動張力振幅が初期張力範囲を超える場合、係留索に弛緩(スラック)状態が生じ、その後外力の作用により次の緊張状態に入るときに生じる準衝撃的な荷重であり、発生した場合構造物が非常に危険な状態になることが予想される。

本研究では、規則波を受ける係留索で支持された水中の円筒構造物の動的応答をスラック状態を考慮に入れて解析し、特に索に作用する変動張力やスナップ荷重の特性を中心に検討を行った。

2. 断面2次元モデルによる変動張力振幅解析

解析対象としたのは、図-1に示す断面2次元モデルである。係留索配置についてはTYPE-1、2の2種類を現実的な配置として考えた。

外力として水中で運動する円筒構造物に作用する流体力には、静止状態の物体に作用する流体力の算定に広く用いられているモリソン式を動的問題に拡張した修正モリソン式を用いることとする。このときの解析する全体の運動方程式は以下のように表される。

$$\{M + (C_M - I)A_I\}\ddot{u} + (C + C_{DR}A_D)\dot{u} + Ku = C_M A_I \ddot{w} + C_{DR} A_D \dot{w}$$

ここで、 M : 構造物の質量マトリックス

C : 構造物の減衰マトリックス

K : 係留索の剛性マトリックス

C_M : 慣性係数 C_{DR} : 抗力係数

A_I : 構造物の排水質量 A_D : 構造物の投影面積

w : 水粒子の変位ベクトル u : 構造物の変位ベクトル

係留索のスラック状態を含んだ時刻歴応答は、変動張力によるスラック状態への移行及びスラック状態からの回復を判定しながら状態に応じて変化して

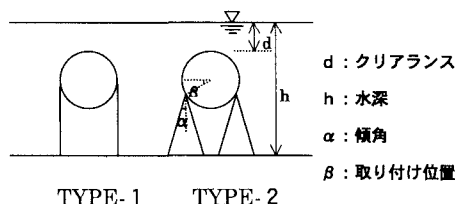


図-1 解析モデル

いく線形の運動方程式を時間接続していくことにより行うこととした。なお解析には Newmark- β 法($\beta=0.25$ 、 $\Delta t=0.01\text{sec}$)を用いた。

以下特に断りのない部分については次の構造条件と波浪条件で解析を行った。

(構造条件)

レグのヤング係数: $2.06 \times 10^{11} \text{ (N/m}^2\text{)}$

レグの断面積: $0.09 \text{ (m}^2\text{)}$

構造物本体の半径: 23 (m) 比重: 0.7

(波浪条件)

波長: 259 (m) 周期: 13.0 (sec)

3. 解析結果と考察

まず図-2は傾角の変化による水平方向の固有周期を示したものである。傾角をある程度つけることにより波が卓越したエネルギーをもつ周期帯(およそ8~20秒)に固有周期が入ることになる。図-3は波周期13秒の外力を与えたときの傾角の変化による限界波高を示したものである。それぞれの場合について共振による限界波高の低下が明らかにみられる。この図からもわかるように水深に応じた適切な傾角の選択が必要である。またクリアランスをとることによりスラックを回避する傾角の幅が広がることも読みとることができる。

次に実際に傾角と波高が変動張力に及ぼす影響を時刻歴応答解析の結果により考察する(水深100m、クリアランス30m)。図-4は傾角15度で波高を変化させた結果である。波高が高くなるにつ

キーワード: 水中浮遊式構造物、スラック、スナップ荷重、変動張力

連絡先: 〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目 TEL (011)706-6176 FAX (011)726-2296

れスラック状態になってはいるが、変動張力が大きく発達してはいない。一方、図-5は波周期に近い固有周期をもつ傾角5度における変動張力だが、波高の増大に伴い典型的なスナップ荷重が発生し、波高に対する非線形性が強くなる。図-6は傾角0度でTYPE-1と見ることができるレグの配置だが、この状態では大波高に対してもスラック状態にはならずスナップ荷重を回避しやすい構造形式であることが確認できる。

4. まとめ

(1) 傾角を変化させた場合のスラック状態に関する限界波高曲線を求めた。同じ傾角でも水深の違いによりその構造物の特性は大きく異なるため、傾角の適切な選択がスラック状態の回避に不可欠である。またクリアランスの増加はスラック状態回避という面で有効であることがいえる。

(2) 波高の増大や共振現象の発生により係留索がスラック状態になり、条件によっては発生が予想されるスナップ荷重を伴う応答を各状態の線形の運動方程式を時間接続していくことにより求めた。

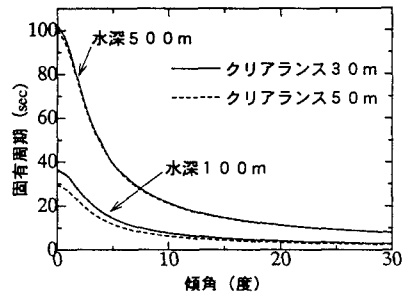


図-2 水平方向固有周期

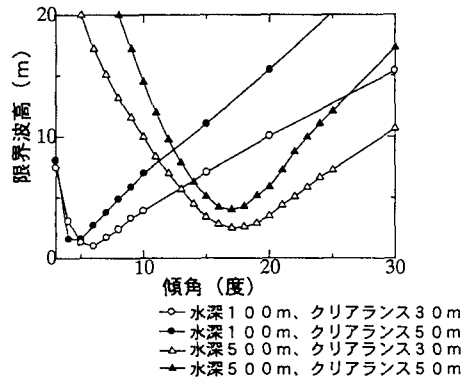


図-3 限界波高曲線

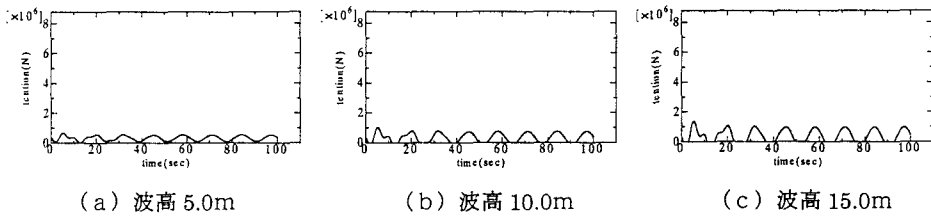


図-4 波高の違いによる変動張力の変化 (TYPE-2、傾角15度)

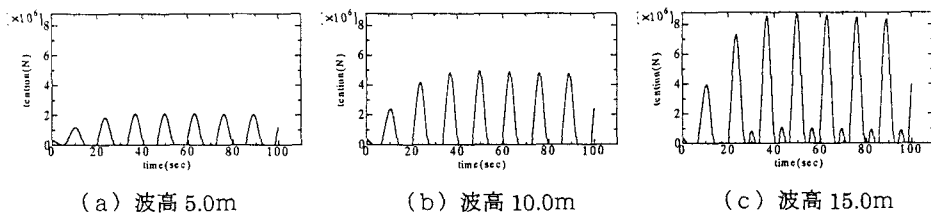


図-5 波高の違いによる変動張力の変化 (TYPE-2、傾角5度)

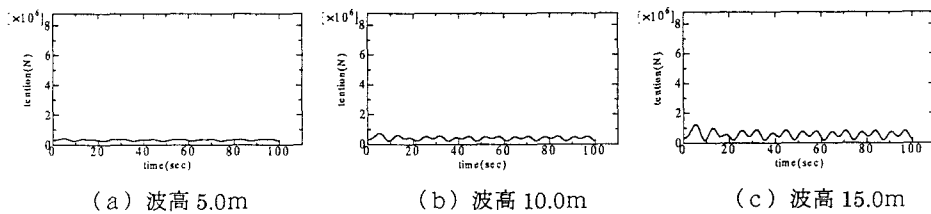


図-6 波高の違いによる変動張力の変化 (TYPE-2、傾角0度)