

I - 632

水中に浮遊する円筒構造物の動的挙動

大成建設(株) 正員 島田 智浩
北海道大学工学部 正員 三上 隆
北海道大学工学部 正員 芳村 仁

1. はじめに

緊張係留された水中に浮遊する構造物の設計を行うには、係留索（レグ）に生じる準衝撃的な荷重（スナップ荷重）の特性を明らかにしなければならない。そこで本研究ではレグのスラック（たるみ）の状態により複数の線形運動方程式の解を時間接続するという手法¹⁾を用いて波浪下の浮遊円筒構造物に生じるスナップ荷重を伴う非線形応答について検討を行った。

2. 解析モデル

解析モデルは図-1のように、モデル1、2、3、4のような係留形式を考える。解析に用いた座標系は図-2のような浮体の重心位置に座標原点をとり、図中の記号で h は設置水深、 H は海底面位置と呼ぶこととする。また、浮体本体は剛体、レグは梁要素とした。計算に採用した大口径と小口径のモデルの諸元を表-1に示す。

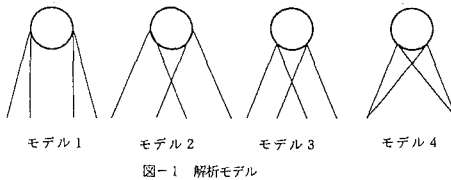


図-1 解析モデル

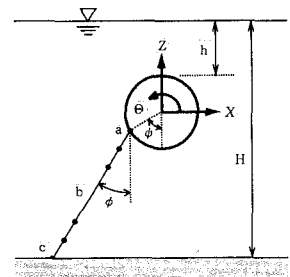


図-2 座標系

表-1 本体の諸元

	大口径モデル	小口径モデル
直径	2.3m	1.1.4m
質量	290 t/m	69 t/m
奥行き	5.0m	

3. 解析手法

浮体にかかる外力を全て浮体の重心位置にかかる力に変換をすると最終的に式(1)のような浮体の重心位置における3自由度の運動方程式を得る。また、波浪強制力の算定は修正モリソン式を用いた。

$$[M] \{\ddot{U}\} + [C] \{\dot{U}\} + [K] \{U\} = \{F_m\} + \{F_b\} - \{F_g\} - \{F_p\} \quad (1)$$

ただし、 $\{U\}$ ：水平、鉛直、回転方向変位を成分とするベクトル、 $[M]$ ：付加質量を考慮した質量マトリックス、 $[C]$ ：レイリー減衰を仮定した減衰マトリックス、 $[K]$ ：剛性マトリックス、 $\{F_m\}$ ：修正モリソン式より算定した波浪強制力、 $\{F_b\}$ ：浮力、 $\{F_g\}$ ：浮体の自重、 $\{F_p\}$ ：初期張力。式(1)にニューマークの β 法($\beta = 1/4$)を適用して時間積分する事により浮体の重心位置での変位、速度、加速度の応答を求める。ただし、浮体を係留するレグは圧縮には耐えられないと仮定して、もしレグに圧縮力が作用した時はそのレグにはスラック（たるみ）が発生したとしてそのレグの剛性の寄与は無視する。

4. 解析結果

図-3は、モデル3（大口径、設置水深30m）で入射波高を上げていった時の一番左側のレグ（レグ1）の張力の時間応答曲線である。これより入射波高5mと10mの時はレグに働く張力は調和振動を行っている。しかし入射波高15mではスラック（張力がゼロとなる所）が発生している様子が分かる。また入射波高20mでは張力が急激に立ち上がるような波形が現れるが、これがスナップ荷重である。図-4はモデル1で図-3と同様に入射波高を変化させたときの一番左側のレグの張力の時間応答曲線である。図-3と4を比べてみるとモデル1の方がスナップ荷重が発生しやすいことがわかる。図-5、6、7、8、9は各モデルで入射波高を変化させていった時の各レグの張力の最大値と最小値を示した図である。

図中の白矢印の位置の波高からスラックが発生し、黒矢印の位置の波高から、スナップ荷重が発生している。これを見るとスラックが発生していてもスナップ荷重の発生していない線形領域から、スナップ荷重発生領域への遷移領域があることがわかる。これは同時にスラック状態に入るレグの本数に起因するものである。また、モデル3で断面の大きさの違う図-7と図-9を比較してみると、スナップ荷重の発生領域は変わらないことがわかる。このことは、他のモデルでも同様のことがいえる。

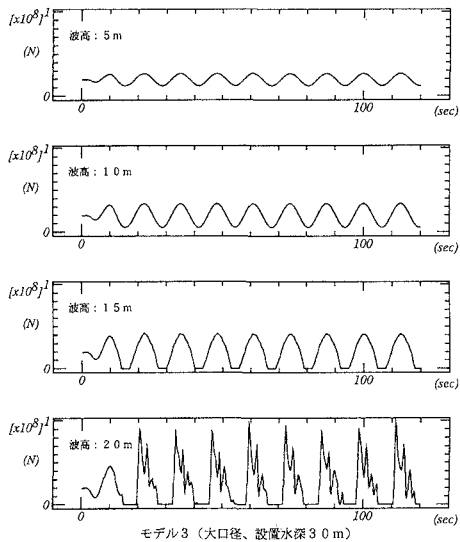


図-3 波高の変化によるレグ1の軸力の変化

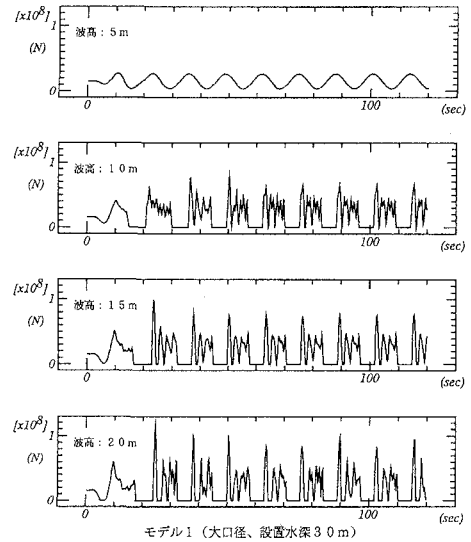
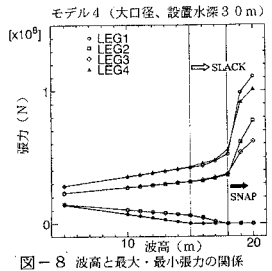
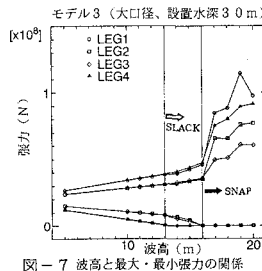
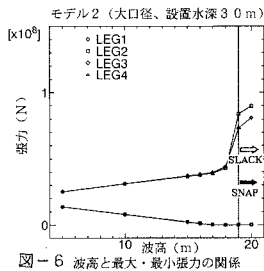
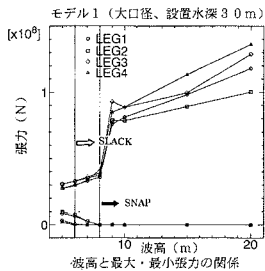


図-4 波高の変化によるレグ1の軸力の変化



5. まくめ

本報告の結果をまとめると以下になる。

- 複数の線形の線形運動方程式の解を時間接続するという手法を用いてスナップ荷重を再現できた。
- モデルによっては線形領域からスナップ荷重への遷移領域があることが分かった。
- スナップ荷重の発生領域はトンネルの断面の大小には影響を受けない。（参考文献）

1) 吉田宏一郎、石川邦照：緊張係留プラットフォームのスナップ荷重、日本造船学会論文集、第144号、1978

2) (社) 水中トンネル研究調査会：平成3年度構造研究分科会、流体力研究分科会報告書

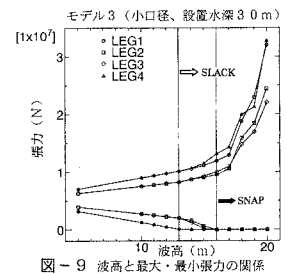


図-9 波高と最大・最小張力の関係