

カタナリ係留された2次元浮体の波浪動揺解析

愛媛大学 工学部 正員 中村 孝幸
ベトナム運輸通信省 レ・フウ・クイ
愛媛大学 大学院 学生員 ○大森 慎敏

1. まえがき：浮体式構造物の係留には、一般にチェーンやケーブルがよく使用される。このような係留ラインはカタナリ性状を示すことや、その復元力特性は緊張状態になると強い非線形性を呈することが知られている。一方、浮体の動揺解析には周波数領域におけるものと、時間領域におけるものの2通りがあり、前者の方が簡単であるため一般によく利用されている。しかしながら、周波数領域の解析法では、動揺変位として調和振動を仮定していることから、係留索の非線形性を直接的に考慮して動揺変位などを求めるのは困難である。そこで、本研究では係留反力において非線形性が顕著なカタナリ係留を対象にして、断面2次元浮体の波浪動揺の時間解析法を導くと共に、その適用性を水理模型実験の結果と比較することにより検討するものである。

2. 解析法の概略：解析モデルおよび座標系は図-1に示すものである。すなわち、一定水深 h の流体場中に任意の断面形状を有する浮体がチェーン係留されており、これに入射波が x 軸の負の方向から作用する場合を考える。本研究では浮体の動揺に伴う動的流体力の算定には、より一般的な断面物体が解析できるグリーン関数法によるものを用いた。そして時間領域での解析は周波数領域での解をフーリエ変換する間接法に基づき行った。チェーンラインによる係留反力の算定には、その弾性変形を考慮した、庄司(1975)の近似法を用いた。

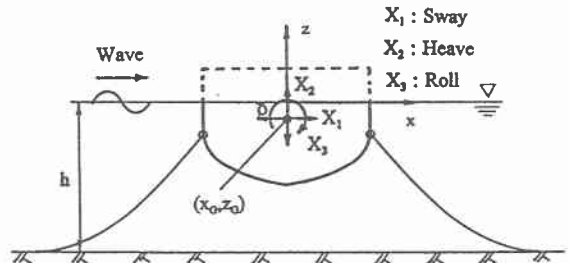


図-1 解析モデルおよび座標系

3. 実験装置および実験条件：(1) 実験

装置：本研究で行った実験の概略を図-2に示す。また、模型浮体の主な寸法と動的諸量および係留チェーンの諸量は図中に示す通りである。この模型浮体を長さ28m高さ1.25m幅1mの2次元水槽にカタナリ係留した。また、浮体の動揺変位は加速度計とビデオカメラにより測定した。チェーンの張力測定にはリングゲージを用いた。

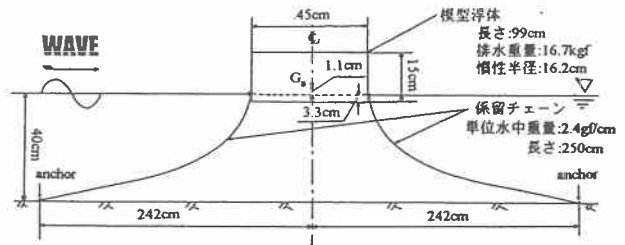


図-2 実験状況の概略図

(2) 実験条件：模型浮体に作用せしめた入射波は波高2.5cm, 5.0cm, 7.0cmの3種類、周期0.73～2.31secの範囲の9種類である。また、模型浮体の設置水深は40cmと一定にした。

4. 実験結果と算定結果の比較：図-3は模型浮体の水平変位に関する係留チェーンの反力特性を示すものである。横軸には変位(cm)、縦軸には反力(gf)が採ってある。また、図中には係留チェーンの弾性変形を考慮した場合の算定結果($EA=1.0E8$)と無視した場合の算定結果($EA=\infty$)および実験結果が示してある。ここで、 E はチェーンのヤング係数、 A は断面積である。この図より、弾性変形を考慮した場合と無視した場合の算定結果に大きな差異は見られないが、実験結果は弾性変形を考慮したそれにより近いものになっている。図中に見られるように、チェーンの海底を這う部分がなくなる条件下でその反力特性は強い非線形性を示すよう

になることが分かる。図-4、5は入射波周期 $T=1.1\text{sec}$ 、入射波高 $H=2.5\text{cm}$ のときの動揺変位 (Sway, Heave)を示す。各図の (a)、(b)はそれぞれ実験結果と算定結果の時間変動曲線である。これらの算定結果は実験で得られた入射波の時間波形を入力して算定している。また、図-6は定常状態下におけるSway方向への動揺振幅の比較を示す。図中には実験結果、時間領域および周波数領域の解析による算定結果が示してある。図-4、5より、Sway方向では定常状態において実験結果が算定結果を2割程度下回っているが、Heave方向では両者はよく一致している。図-6では実験結果と時間領域の算定結果はほぼ一致している。しかし、周波数領域の算定結果には $T=2.1\text{sec}$ 付近に共振点が見られるなど、実験結果および時間領域による算定結果とは大きく異なっていることが分かる。

5. 結語：以上より、係留索が緊張状態にあると、その反力特性は強い非線形性を示す。この場合、浮体の波浪動揺の予測には時間領域による解析が必要になることがわかった。

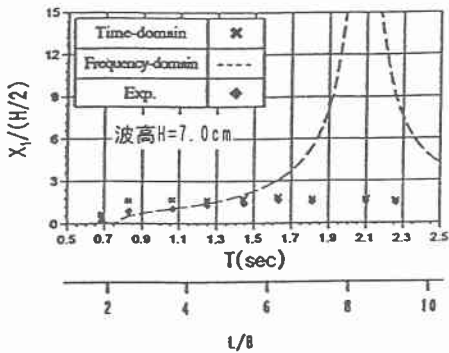


図-6 時間領域および周波数領域の算定結果と実験結果の比較

<参考文献>

庄司邦昭(1975)：係留浮体の運動と係留索の張力に関する研究、日本造船学会論文集
No. 138, pp. 233-246

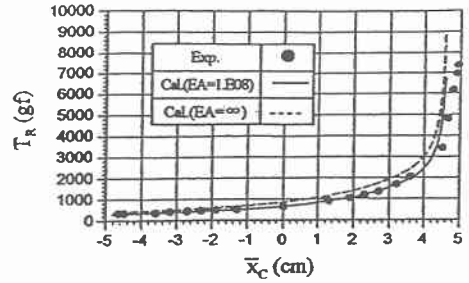


図-3 水平変位に関する係留チェーンの反力

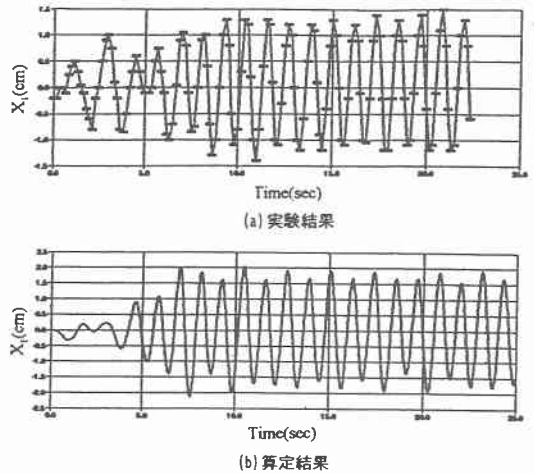


図-4 動揺変位 (Sway) の実験結果と算定結果の比較
(周期 $T=1.1\text{sec}$ 、波高 $H=2.5\text{cm}$)

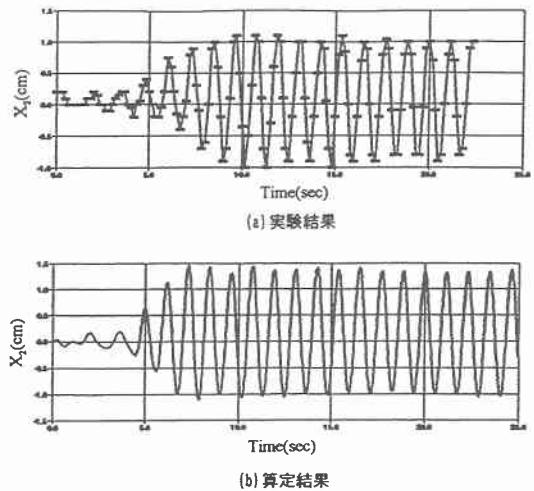


図-5 動揺変位 (Heave) の実験結果と算定結果の比較
(周期 $T=1.1\text{sec}$ 、波高 $H=2.5\text{cm}$)