

愛媛大学 大学院 学生員 大森禎敏

愛媛大学 工学部 正 員 中村孝幸

1. まえがき: 浮体式構造物の係留には、一般にチェーンが用いられる。このようなチェーンラインはカテナリ理論を用いてその反力特性を算定するのが普通であり、復元力特性はラインが緊張状態になると強い非線形性を示すことが知られている。一方、浮体式構造物の動揺解析には周波数領域によるものと時間領域によるものの2通りがあり、取り扱いの簡単さから前者のほうが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、係留ラインの非線形性を直接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力チェーン係留を対象にして、周波数領域の解析法の適用性を水理模型実験の結果および時間領域の解析法による結果との比較から検討する。

2. 解析法の概略: 解析モデルおよび座標系を図-1に示す。すなわち、一定水深の波動場中に2次元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取り扱えるグリーン関数による解析法を用いた。また、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いて行った。また、チェーンラインによる係留反力の算定には、弾性変形を考慮する庄司(1975)の近似法を用いた。

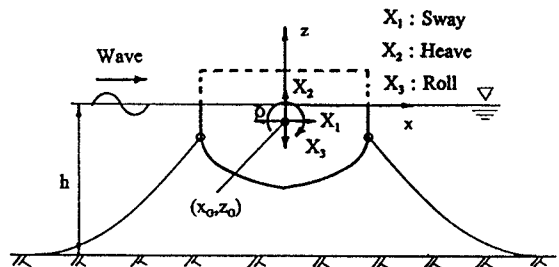


図-1 解析モデルおよび座標系

3. 実験装置および実験装置: (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次元水槽にチェーン係留した。浮体の動揺変位は加速度計とビデオカメラを用い、チェーンの張力はリングゲージを用いて測定した。

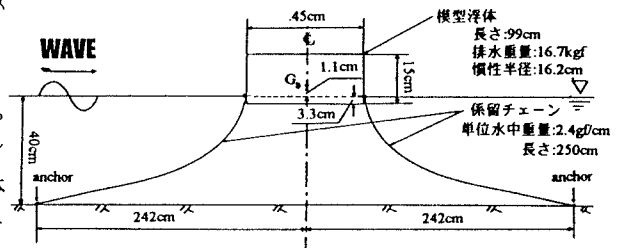


図-2 実験状況の概略図

(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の範囲で9種類である。また、模型浮体の設置水深は40cm一定とした。

4. 実験結果と算定結果の比較: 図-3の(a), (b)は模型浮体のそれぞれ水平変位、鉛直変位に対する係留チェーンの反力特性を示す。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($EA=1.0 \times 10^8$)と無視した場合の算定結果($EA=\infty$)が示してある。ここで、 E はヤング係数、 A はチェーンの断面積である。水平方向、鉛直方向共に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、水平変位において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。また、図中に見られるように、浮体の変位が大きくなりチェーンの海底を這う部分がなくなる条件下では強い非線形性を示すようになることが分かる。しかし、鉛直変位に関して非線形性は見られない。ほとんど変化はなく、それぞれの算定結果とは異なるものとなっている。図-4のは見られない。図-4の(a), (b), (c)はそれぞれ定常状態下におけるSway, Heave, Roll方向への動揺振幅の比較を示す。

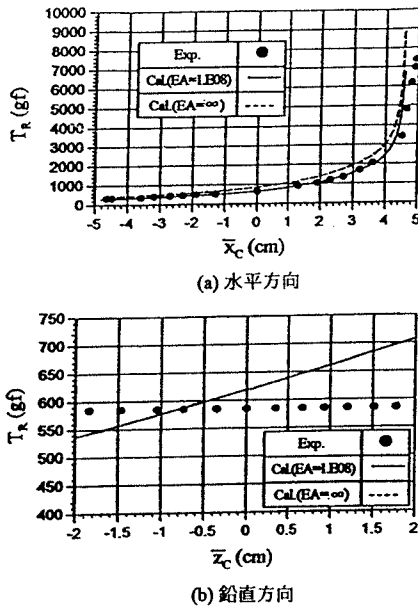


図-3 水平・鉛直変位に関する係留チェーンの反力

図中にはそれぞれ実験結果、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。ここで、周波数領域での解析には静的平衡状態下でのバネ常数を用いた。これらの図より、Sway方向では実験結果と時間領域の算定結果がよく一致している。また、周波数領域の算定結果は $T=1.5\text{sec}$ 以下では実験結果と一致するが、他の周期帯では $T=2.1\text{sec}$ 付近に共振点が見られるなど実験結果や時間領域の結果とは大きく異なっている。このことより、水平方向へのチェーン反力の非線形性が顕著になる周期帯では、周波数領域の解析法によるSway変位の予測は困難と言えよう。一方、Heave方向では、周波数領域の算定結果に共振点が見られることを除いて、3者はほぼ一致している。また、Roll方向でも3者はほぼ一致しており、HeaveやRoll変位に及ぼす係留系の非線形性の影響は小さいことが分かる。

5. 結語：係留ラインが緊張状態になる時の反力特性は、水平方向に対して強い非線形性を示す。そして、この非線形性は、静水力学的な復元力が存在しないSway方向への動揺変位を推定する上で重要になる。

<参考文献> 庄司邦明(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

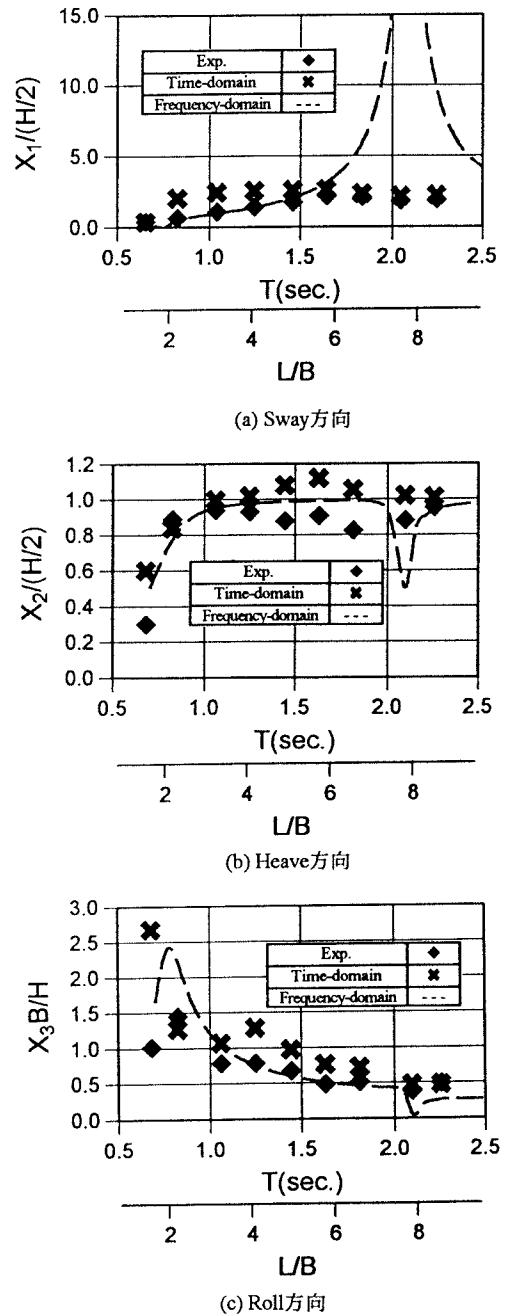


図-4 時間領域および周波数領域の算定結果と実験結果の比較（波高 $H=7.0\text{cm}$ ）