

図-3.18 前後方向強制動揺時の中間ブイ付係留ラインの変動張力特性 (係留ラインの水平距離の変化)

じである。

図-3.18 から、上下方向の強制動揺の場合と同様に、初期張力  $a/h$  が42.5から2.9まで順次小さくなるに伴って変動張力は減少する。また、変動張力の応答

値が最小となる周波数は低周波数側に移動する傾向を示す。また、初期張力が小さくなるに伴って位相差の変動が激しくなり、収束する位相差も大きくなる。

(3) 中間ブイの効果

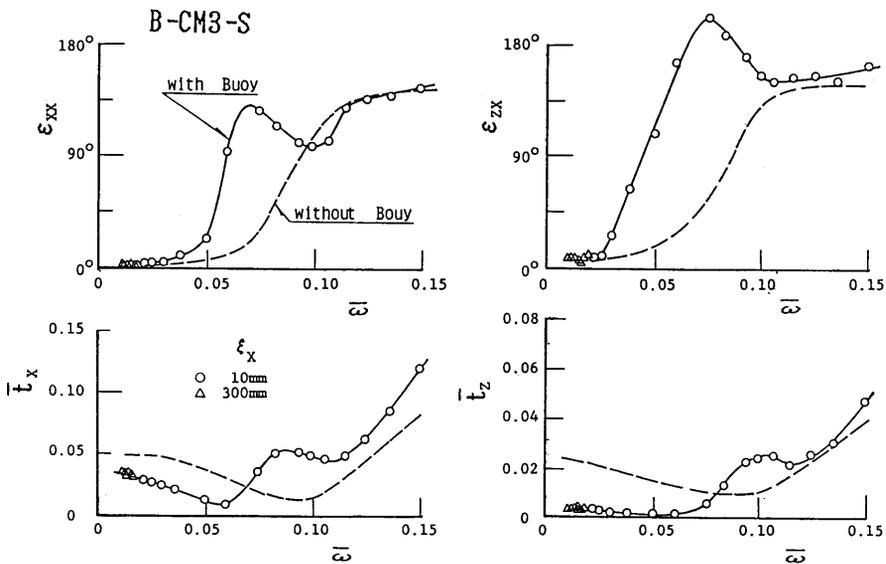


図-3.19 前後方向強制動揺時の中間ブイ付係留ラインの変動張力特性 (中間ブイの効果)

係留ラインに中間ブイを取り付けた効果を調べるため、CM3模型に中間ブイを取り付けて振幅が10mmおよび300mmの前後方向の強制動揺実験を行い、係留ラインの上端部に働く変動張力のx軸方向成分とz軸方向成分およびそれらの位相差を求めた結果を図-3.19に示す。図中の丸印および三角印は前後方向の強制動揺の振幅が10mmおよび300mmの実験値であり、実線は実験値の平均線、破線はC-CM3-S係留状態の実験値の平均線である。変動張力の無次元化等は図-3.17と同じである。

図-3.19より、中間ブイを取り付けることによって、低周波数領域における変動張力を鎖単独の係留ラインの場合よりも小さくする効果が現れている。特に、z軸方向の変動張力を極端に減少させることが判る。しかし、中間ブイを取り付けると高周波数領域においてブイの動揺による変動張力の増加が現れる。また、位相差も、中間ブイの固有周波数（無次元周波数で約0.07）において極大となる。したがって中間ブイ付係留ラインを採用する場合には、中間ブイの運動特性も考慮して設計する必要がある。

### 3.3.4 組み合わせ動揺時の変動張力特性

実際の海域に係留された浮遊式海洋構造物は、波浪の周期による動揺他に、水平面内で長周期かつ大振幅の動揺を誘起される場合がある。このような場合、係留ラインに加わる振動には、静的または準静的な低周波数領域の大振幅振動と動的影響を無視することができない高周波数領域の振動とが重畳された形の振動となる。

そこで、この2つの周波数成分を有する振動を係留ラインに作用させた場合の相互干渉を調べるために次の様な模型実験を行った。

模型実験は、図-3.3に示した大変位強制動揺装置を用い強制前後揺れを行った。なお、模型実験時の係留ラインの状態はC-CM3-Sと同一である。この時係留ラインに加えた振動は、低周波数動が円周波数 $\omega_L$ で0.628rad./sec.、振幅が60mmであり、高周波振動は、円周波数 $\omega_S$ が5.236rad./sec.から6.98rad./sec.までの範囲の4つの周波数で振幅10mmで行った。

模型実験で得られた結果を図-3.20に示す。この図の上側は組み合わせ動揺時における係留ラインに働く変動張力のx軸方向およびz軸方向の低周波成分 $t_{L,LS}$ と低周波振動のみの場合の変動張力 $t_{L,L0}$ との比であり、図の下側は組み合わせ動揺時における係留ラインに働く変動張力のx軸方向成分およびz軸方向

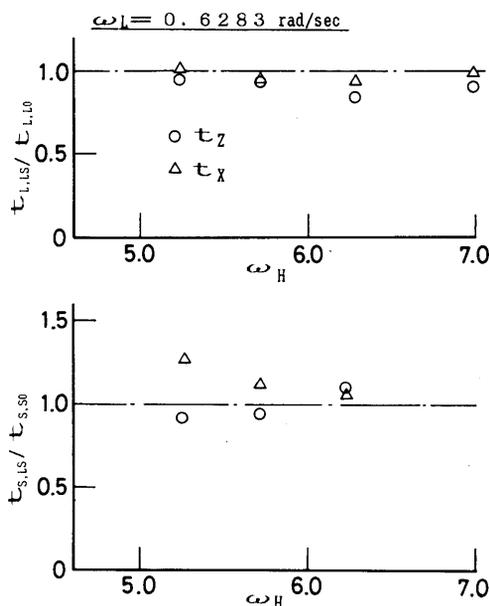


図-3.20 組み合わせ動揺時の変動張力特性

成分の高周波成分 $t_{S,LS}$ と高周波振動のみの場合の変動張力 $t_{S,S0}$ との比である。また、図の横軸は高周波振動の円周波数であり、丸印および三角印はそれぞれ係留ラインの上端部に働く変動張力のx軸方向成分およびz軸方向成分である。

図-3.20から、低周波振動と高周波振動とを組み合わせた場合、係留ラインに働く変動張力の低周波成分は、高周波振動の影響が現れず、低周波振動のみの場合の変動張力とほぼ同じである。一方、組み合わせた動揺のうち、高周波成分は、大振幅で低周波振動するために見かけ上初期張力が変動することになり、高周波成分のみで強制振動させた変動張力の応答値と若干相違している。しかしながら、今回の模型実験の範囲であれば低周波と高周波の振動が組み合わせられた場合でも、両周波の振動による変動張力を単純に重ね合わせも良いといえる。

## 4. 結 言

以上、各種係留方式の係留ラインに働く静的張力特性と動的張力特性および複数係留システムの静的張力特性について模型実験を行い、計算値と比較・検討した。その結果、得られた主な成果および今後に残された課題等をまとめると以下の通りである。

(1) 索または鎖単独の係留ライン並びに索・鎖の組み合わせ、中間シンカー付および中間ブイ付の係留ラインの静的張力特性は、ランプド・マス法による計算値と模型実験値との相関が良好であり、数値計算で精度良く推定できることを確認した。また、各係留方式の静的張力特性の特徴をまとめた。

(2) 複数の係留ラインで係留した浮遊式海洋構造物に定常外力が作用した場合の張力分布や浮体の移動量等を求める係留計算プログラムを開発し、22条の中間シンカー付係留ラインで係留した大型模型による実験結果と比較して実験値と計算値の相関が良好であることを確認した。

(3) 係留計算プログラムの実例への適用例として、現在海上実験を実施している浮遊式海洋構造物の複数係留システムの係留角度の適正化を図るため、係留角度を系統的に変化させて各種外力に対して複数係留ラインに働く張力分布および浮体の定常変位量等を求めた。

(4) 鎖単独の係留ラインの動的特性について模型実験値とランプド・マス法および簡易推算法による計算値との比較・検討を行った。その結果、係留ラインが極端に弛緩状態にある場合を除いて、実験値と計算値はよく一致し、計算法による差もほとんどなかった。

(5) 中間シンカーおよび中間ブイ付係留ラインの強制動揺実験を行い、これらを取り付けることによる変動張力特性に与える効果を実験的に求めた。

(6) 係留ラインの上端部を係留浮体の水平面内における低周波かつ大振幅の動揺と、波浪による高周波の動揺とを組み合わせる強制動揺実験を行った結果、低周波振動に高周波振動が重畳しても変動張力の低周波成分や高周波成分にほとんど影響を及ぼさないため、それぞれの周波成分を線形重ね合わせて変動張力を求めることができる。

(7) 今後に残される課題を列挙すると以下の通りである。

(a) 係留ライン単独の静的張力特性については、係留ラインと海底との摩擦影響を考慮する必要がある。

(b) 係留計算プログラムにおいては、より実際に即するように係留ラインの海底との摩擦影響および浮体の沈下や傾斜等を考慮する必要がある。

(c) 中間シンカー付係留ラインの変動張力特性では、シンカーが海底と接触する時に生じる衝撃張力の発生機構とその軽減法の検討が必要である。

(d) 中間ブイ付係留ラインの変動張力特性では、

(192)

中間ブイの運動も考慮した計算法の開発が必要である。

(e) 不規則波中において浮遊式海洋構造物が大振幅で長周期運動する場合に係留ラインに働く変動張力の低周波成分および高周波成分に及ぼす影響についての詳細な検討が必要である。

なお、本研究における各種数値計算は船舶技術研究所の中央計算機 FACOM M-180 II AD およびアイ電子測器(株) AIDACS-4200G を使用して行った。

## 謝 辞

最後に、これまでに海洋開発工学部において模型実験を実施した結果の一部を引用させて頂いた。これらの研究に関係された方々並びに適切な助言と指導を受けた海洋開発工学部安藤定雄部長、大松重雄室長および加藤俊司技官に対して深く感謝致します。

## 参 考 文 献

- 1) 上田 茂, 白石 悟: カテナリー理論による最適係留鎖の選定法および計算図表, 港湾技研資料 No. 379 (1987)
- 2) 庄司邦明: 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, 第138号 (1975)
- 3) 井上義行: 任意係留ラインの静特性計算, 石川島播磨技報, 第16巻5号 (1976)
- 4) 中嶋俊夫: 質点系モデルによる各種係留ラインの動的解析に関する研究, 東京大学博士論文(1981)
- 5) Nakajima T. and et. al.: On the Dynamic Analysis of Multi-Component Mooring Lines, OTC4309 (1982)
- 6) 安藤定雄: 浮遊式海洋構造物の係留技術, 第一回波浪エネルギー利用シンポジウム (1982)
- 7) 高井隆三他: 大型浮遊式海洋構造物の建造基礎技術に関する研究, 船舶技術研究所報告, 別冊6号 (1985)
- 8) 安藤定雄他: 無接触型挙動計測装置の適用について, 第42回船舶技術研究所研究発表会講演集 (1983)
- 9) 山川賢次他: 浮遊式海洋構造物の実海域実験について—実験用構造物の設計—, 第48回船舶技術研究所研究発表会講演集 (1985)
- 10) 安藤定雄, 加藤俊司: 鉄鎖係留ラインの静的張力特性と動的張力特性について, 西部造船会会報,

## 第66号 (1983)

- 11) 小寺山旦：係留浮体の運動と係留鎖張力について，西部造船会会報，第53号 (1976)
- 12) 島田 潔他：係留ライン張力に対する動的影響について，西部造船会会報，第60号 (1980)
- 13) 栖原寿郎他：振動する繫留鎖の挙動と張力，日本造船学会論文集，第148号 (1980)
- 14) 例えば 菊池 高：物理学 p134-137，明玄書房
- 15) 辻 松雄，加納 勇：シンカー付係留ラインの衝撃張力，第28回海岸工学講演会論文集 (1981)