

波による浮標の運動と係留鎖に働く張力

大阪市立大学工学部 正 員 小田一紀

同 上 同 上 角野昇八

大阪市立大学大学院 学生員 〇木下正紀

1. まえがき

弾性伸びが非常に小さく、自重が比較的大きいといひされる鉄鎖によって海面上に係留された浮標の波によって生ずる挙動と係留鎖に働く張力を調べ、両者の間の動的な関係を解析しようとするのが本研究の目的である。ここでは浮標として、ナビゲーションブイやオーシャンデータブイとして近年よく用いられている大型の円盤型標体を用いて行った実験結果を報告する。

2. 実験方法

実験は長さ60m、幅10m、深さ2.0mの造波水槽で行い、水深は1.5mと一定にした。浮標の初期つり合状態は、水深 $h=30$ m、潮流 $U=3$ kt、風速 $U_w=50$ %secの現地条件によるつり合状態と張力を一様な流れの中の係留索の形状等に関する理論によって予め計算で求め、係留鎖上端に働くつり合張力の水平成分に相当する等価な水平力を模型係留鎖上端に重錘方式で与えて実験水槽に再現した。係留鎖模型は真鍮で作り、その単位長さ当りの水中重量は $w=2.90$ %cmである。係留鎖の長さ $S=1.5, 1.75, 2.0, 2.5$ および3.0mの5種類に変え、波の周期は $T=1.34\sim 2.02$ sec、波高は $H=6.0\sim 44.0$ cmの範囲に変えた。浮標の運動は船体の運動計測器として一般に用いられているポテンシオメータ方式の運動計測器をプラスチック材を用いて軽量化(全重量約750g)したものをを用いて、sway, heave, およびpitchについて計測した。また、係留鎖の張力は、固有振動数が100Hz以上(衝撃的張力の作用周波数の10倍以上)を有するリネゲージを用いて計測した。

模型標体の寸法は直径50.0cm、全高10.0cm、底部の切り込み角度は30°である。また全重量は7.818kg、重心回りの慣性モーメントは2160 kg·cm²、自由横揺の固有周期は $T_n=0.519$ secである。

3. 実験結果と考察

(1). 浮標の運動

実験によって得られた円盤型浮標の重心点の運動軌跡の一例を示すと図-1(a)および(b)に示すとおりである。図中の原点は初期つり合状態における浮標の重心点の位置を、また○印は1周期の間の最大張力が発生したときの重心点の位置を表している。このような計測結果によれば、 $H/S \approx 0.03 \sim 0.05$ (H :波高、 S :係留鎖長)より小さい範囲内では浮標の重心点はほぼ図-1(a)に見られるような水面の水粒子のそれとほぼ同じような楕円軌道を描くが、 H/S の値がそれより大きくなるにしたがって、長軸が波の進行方向に傾斜した楕円軌道に変わり、ついに図-1(b)に示すような軌道となり、大きな衝撃力が発生

する。図-1(d)のような軌道を描く場合には○印の位置で係留鎖はほぼ直線状になり、その直後係留鎖に弦振動を生ずる特徴がある。軌道運動中の浮標のpitching角度は実験範囲内の周期の波に対してほぼ波傾斜に等しい。

(2) 係留鎖に働く張力

図-2(a), (b) および (c) はそれぞれ $S/h = 1.5, 2.0$ および 3.0 の場合の張力の実験結果を示している。これらの図によれば張力 F_t を浮標の全重量 W で無次元化した F_t/W と波高・係留鎖長比 H/S の関係は、一般に H/S がある値以上になると直線的になる傾向を有することがわかる。この関係は前述のように浮標の運動軌跡と密接な関係があり、浮標が水面の水粒子の軌道に近い運動をしている場合には張力はカテナリー曲線から得られる静的な値と違いはないが、浮標の運動軌跡が水粒子軌道から外れるにつれて張力は急激に大きくなって行き、係留鎖の動的な影響が増大する。このように張力が急激に増加して行く限界の H/S の値は S/h によって多少異なり、 S/h の値が大きい程大きくなるようであるが、 $S/h = 3.0$ の場合は他の場合に比べてかなり張力が小さいので明瞭なことはいえられない。周期による張力の差はあまり明確には認められないが、波高が一定であれば和周期波の方が張力が大きくなる傾向があるようである。このようなことから、大きな張力の発生原因は水面の水粒子速度に近い軌道速度で運動している標体が有限長の係留鎖によって急激にその運動が拘束されることにあると考えられる。 H/S による張力の増加する割合は S/h が小さい程大きく表われており、浮標運動の拘束度が大きい程張力が増大する傾向を明瞭に示している。図-3は直径 $D=50$ cm 及び 30 cm の場合について F_t/W (又は $F_t/\rho g D^3$) と H/S の関係を比較して表わしたものであるが、両者の実験結果がよく一致していることから、張力は直径 D の3乗に比例することがわかる。

今後理論解析により係留鎖の張力と標体の運動を明らかにする予定である。

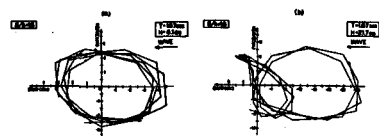


図-1 標体の運動軌跡

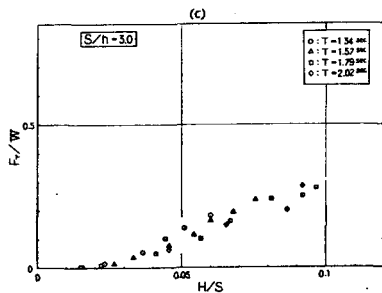
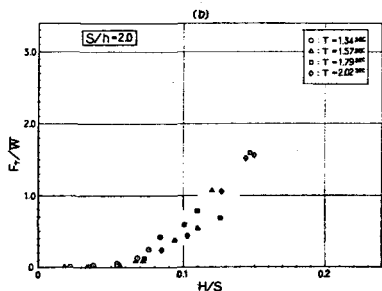
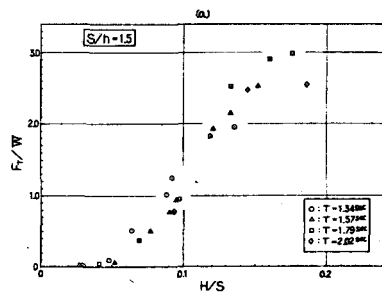


図-2 係留鎖の張力

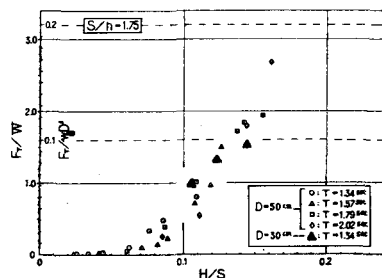


図-3 直径 D の影響