

II - 5

大型弾性浮体の係留力に関する実験的研究

岩手大学工学部 学生員○牧野周作

正 員 劉 曉東

堺 茂樹

1. 緒言

近年、沿岸域での空港あるいは処理場などの建設用地として浮体式人工島が注目されており、現在その建設の可能性が活発に検討されている。浮体式が注目される主な理由としては、従来からの埋め立て式に比べ周辺の海域環境への影響が少なく、建設費用の縮減が期待できる事などが挙げられる。しかし、その浮体式という特性ゆえに、安全性に関する様々な問題が懸念される。例えば、大型浮体構造物の係留装置の損壊は、浮体の漂流につながり、港湾などの海洋構造物へ衝突した場合の被害は計り知れない。そのため、浮体の安全性を確保する上で係留力の算定が重要な課題となっている。特に、我が国沿岸には頻繁に津波が来襲することを考えると、津波来襲時の検討も必要となる（堺ら、1998）。津波来襲時の係留力の算定手法は、これまでもいくつか提案され、その検証実験も報告されている（例えば、増田ら、1997）が、そのほとんどが浮体を剛体として扱っており、弾性体としての検討は皆無である。本研究では孤立波を津波の第一波とみなし、津波来襲時の大型弾性浮体構造物の係留力を実験により検討した。

2. 実験装置及び実験方法

実験は長さ 26m、幅 0.8m、深さ 1m の鋼製二次元造波水路を用いて行った。造波には吸収造波装置を用いたが、これと同一の装置が水路後端にも設置されており、反射波の発生を制御している。模型浮体として、板長が 10m、板厚が 5mm、10mm、20mm の 3 種類のポリエチレン板を用いたが、これは曲げ剛性の影響を検討するためである。板の密度は 914kg/m^3 、弾性係数はそれぞれ 732MPa、831MPa、638MPa であった。図-1 に示すように、模型浮体を水路中央に設置し、浮体の前後にある開水域での水位変動を容量線式波高計により測定し、浮体の鉛直変位を超音波式変位計を用いて計測した。

係留装置にはドルフィン係留方式を対象としたものを設置し、その曲げ歪を測定する事で係留装置にかかる力を求めた。つまり、図-2 に示すように、厚さ 5mm、幅 1cm のステンレス棒を水槽に固定し、固定部の 5cm 下方に貼られたひずみゲージにより棒の曲げ歪を測定した。本来のドルフィン係留装置は海底に固定されているのに対し、本実験では計測する際の都合上、水槽上端に固定したが、係留装置としての機能には変わりはない。予め計測棒に作用する曲げモーメントと歪との関係を求めておき（図-3）、計測した歪と力の作用点の距離から力を計算した。

実験条件としては、板厚は 5mm、10mm、20mm の 3 種類、水深は 30、40、50、60cm の 4 種類、孤立波の波高は 2、3、4、5、6cm の 5 種類として、合計 60 ケースの実験を行った。

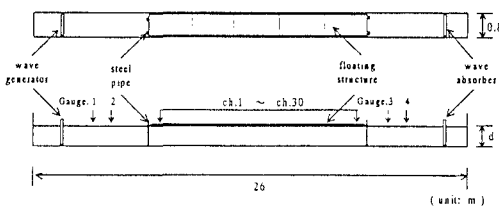


図-1 実験装置

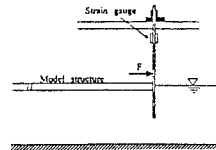


図-2 係留装置

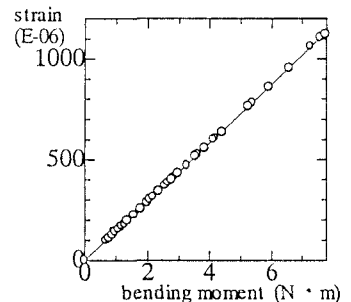


図-3 負荷したモーメントと計測された歪との関係

3. 実験結果及び考察

まず、一定の水深の下で、浮体の係留力に及ぼす孤立波の波高の影響を検討した。図-4 は水深 60cm における、板厚 5mm、10mm、20mm の浮体の係留力と孤立波の波高との関係を示している。係留力は孤立波の波高が増加するに伴い、線形的に増加している。また、板厚が厚くなるほど、その傾きは大きくなる。

次に、一定の波高の下で、浮体の係留力に及ぼす水深の影響を検討した。図-5 は孤立波の波高 5cm における、板厚 5mm、10mm、20mm の浮体の係留力と水深との関係を示している。板厚 20mm の場合、水深が増加するのに伴い係留力も増加していることが分かる。しかし、板厚が 10mm、5mm と薄くなるにつれ、水深の影響は小さくなっている。

以上より弾性浮体の係留力には、波高、水深、浮体の厚さ（つまり曲げ剛性）が大きく影響していると言える。それらの影響を統一的に表現するために、水深波高比 H/d の他に、係留力 F と曲げ剛性 D を以下のような無次元量で定義する。

$$F^* = \frac{F}{C_w^2 d^2 \rho_w} \quad (1) \quad D^* = \frac{D}{\rho_s g h_s d^3} \quad (2)$$

ただし、

H : 波高 d : 水深
 C_w : 波速 ρ_w : 水の密度
 ρ_s : 浮体の密度 h_s : 浮体の厚さ

F^* と H/d 、 D^* との関係を検討するために、 H/d と D^* を適宜組み合わせ比べて比較した結果、その関係を最もよく表しているのは、

$$D^* (H/d)^{3/2} \quad (3)$$

とした場合であり、これと F^* の関係を示したのが図-6 である。これにより係留力に対する水深、波高、浮体の曲げ剛性の影響がほぼ統一的に表現されている。

4. 結語

本研究では、孤立波による弾性浮体の係留力について実験により検討した。その結果、弾性浮体の係留力は、水深、波高、浮体の曲げ剛性の影響を受け、また、本研究で定義された無次元量により、ほぼ統一的に表現できることが分かった。

参考文献

- 堀 茂樹・笹本 誠・劉 暁東・影佐拓也・平賀賢司（1998）：津波来襲時の大型弾性浮体の変形について、海岸工学論文集、第 45 巻、pp896-900
- 高村浩彰・増田光一・宮崎 剛・橋本 剛（1997）：孤立波による浮体構造物の応答並びに係留索張力の応答特性に関する実験的研究、海洋開発論文集、第 13 巻、pp213-218

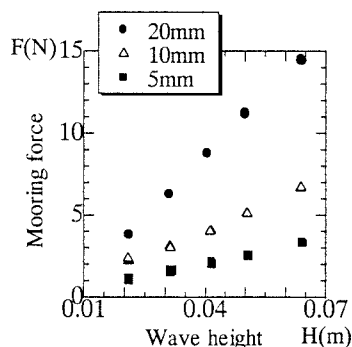


図-4 5、10、20mm 板の水深 60cm における係留力と波高との関係

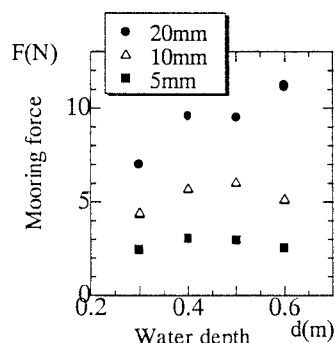


図-5 5、10、20mm 板の波高 5cm における係留力と水深との関係

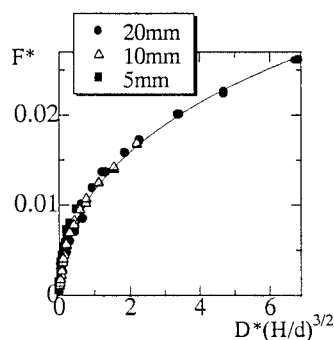


図-6 無次元量 F^* と $D^*(H/d)^{3/2}$ との関係