浮体式底層取水施設の波浪動揺に及ぼす越波防止工の影響について

愛媛大学　正会員　○中村　孝幸
愛媛大学大学院　武村　尚徳
オリエンタルコンサルタント㈱　正会員　浅井　威人

１．目的

本研究は臨界発電所の底層取水施設として、建設コストの縮減が図れる浮体式底層取水施設の開発を目指すもので、既に著者らは、その波浪動揺の低減を可能にする浮体構造として細長断面の下部フーチング構造を提案した。しかしながら、この浮体では、細長断面で安定性を確保するため、低乾舷とならざるを得ず、越波が容易に生じやすい欠点があった。ここでは、底層取水を目的とすることから、浮体上部に軽量材料で構成される越波防止工を取り付けたときの波浪動揺への影響について実験的に検討する。

２．実験条件及び実験方法

実験は、図－１(a),(b)に示す越波防止工付の浮体模型およびこれを取り去った原型浮体の 3 種類のものを用いて行い、sway, heave, roll の動揺量および係留ライン張力などを測定した。このとき、模型縮尺は 1/20 を想定した。越波防止工は、鉛直版および発泡スチロール製の矩形体を設けたものの 2 種類とし、その天端高さは現地通常波浪の波高 2m(模型波高 10cm)の条件に対して無越波となるように設定した。実験に用いた水深は現地の低潮位を想定してｈ＝63cm に固定した。模型に作用させた波は、規則波で波周期Ｔ=1.34s～2.60s の範囲の 6～8 種類、それぞれの周期に対して波高 H＝10,15,20cm の３種類とした。

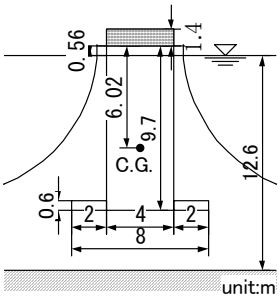

図-1(a)矩形越波防止工付浮体（現地量）

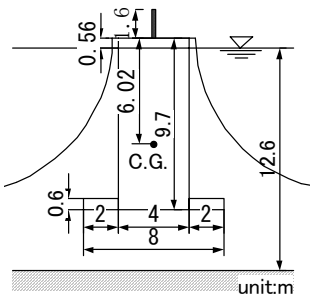

図-1(b)鉛直版越波防止工付浮体（現地量）

３．原型浮体の動揺特性

図－２は原型浮体の sway、heave、roll の各動揺量の測定結果を動揺モード別に示す。縦軸には変位両振幅を入射波高 H で無次元化した量を、横軸には現地換算周期を示す。Sway に関しては長周期になるほど動揺量が増加する傾向が見られるが、波高による無次元動揺量の差はほとんどないことがわかる。海底との衝突を検討するときに重要になる Heave に関しては、T=10s 付近で極大となる傾向が見られるが、これは共振周期に近いことによる。ただし、容易に没水する構造であるためか、明確なピークは見られない。そして、無次元 Heave 変位は、高波高の方が小さくなる傾向があり、これは波高が大きいと水没しやすく静水力学的な復元力が減少して鉛直方向に動揺しにくくなるためと考えられる。Roll 変位に関しては周期 8s 付近の波高 2m の動揺量を除き長周期になるほど増大する傾向にある。周期 8s 付近の波高 2m の動揺量が他の条件に比べ急増するのは、回転方向のサブハーモニックモーション (1/2 周波数成分)が卓越する

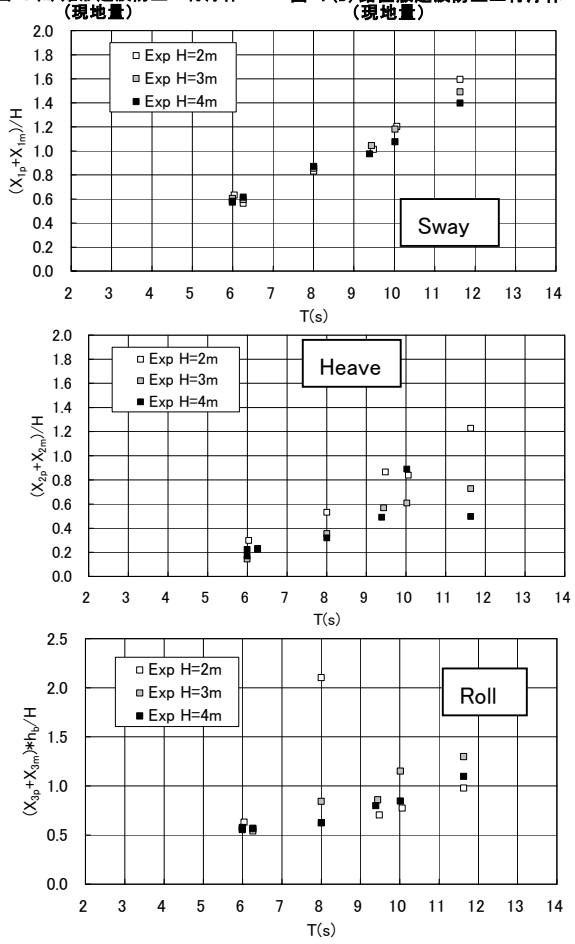

図-2 原型浮体の各動揺量

キーワード　浮体式底層取水施設、波浪動揺、越波防止工、サブハーモニック運動
連絡先　〒790-8577　愛媛県松山市文京町３　愛媛大学工学部　ＴＥＬ089-927-9835

ことによることが確認されている。1/2 周波数成分の回転変位が大きくなる原因としては、浮体の復元力モーメントの不確定性が考えられる。例えば、運動浮体側面の相対的な水位が下がる時には、浮心位置が下降して復元力モーメントが不安定状態に近くなるまで低下し、逆に水位が上昇すると浮心位置が上昇して同モーメントが増加するなどである。そして、高波高時には浮体上面が水没しやすいことから、上昇時と下降時の間で復元力モーメントの差が減少して、1/2 周波数成分の回転変位が減少すると推測される。

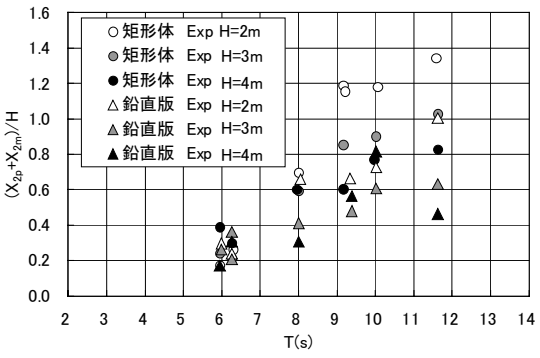

図-3 矩形体＆鉛直版越波防止工付浮体 Heave

４．越波防止工の影響

図－３，４は、矩形体越波防止工付浮体と鉛直版越波防止工付浮体の Heave と Roll の変位を同様にして示す。Sway 変位は矩形体と鉛直版の越波防止工で動揺量にほとんど差が見られなかったため割愛してある。

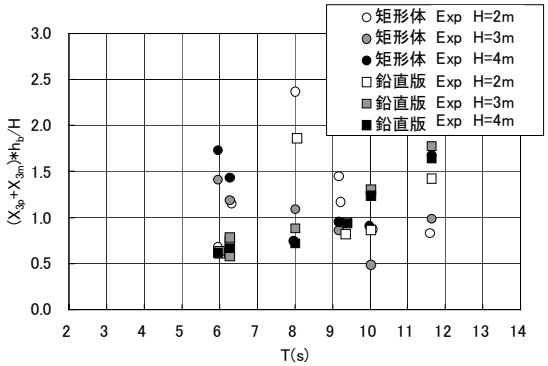

図-4 矩形体＆鉛直版越波防止工付浮体 Roll

一方、図－５，６は、回転方向の 1/2 周波数の変位成分の大きさを示す。縦軸に波の基本周波数 f_F とその 1/2 周波数 f_S の回転振幅 θ_F、θ_S を半波高で無次元化したもの、横軸に波の基本周波数 f_F と回転動揺の固有振動周波数 f_N の比を示す。

Heave 変位に関して比較すると、鉛直版の越波防止工の方が矩形体のものに比べ、動揺量が全体的に小さくなることがわかる。これは上部工の差異による復元力の違いによって生じると考えられる。すなわち、鉛直版の越波防止工では水没時に鉛直方向への復元力が小さく、天端上に水塊も乗りやすく Heave 変位が低減されると推測される。そして、鉛直版の越波防止工を取り付けた浮体では、原型浮体と同程度の Heave 変位であることも分かる。

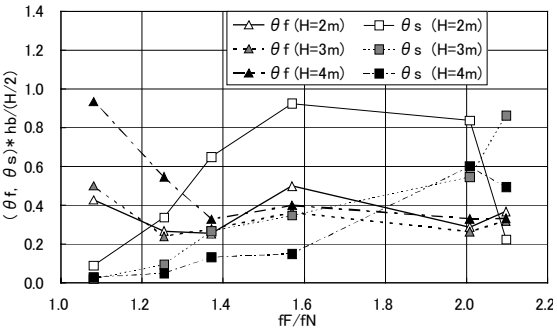

図-5 矩形越波防止工付浮体における θf と θs
(fNm=0.356Hz，現地換算fNp=0.0800Hz，浮体高さhb=9.7m)

Roll 変位に関して比較すると、Heave と同様に鉛直版の越波防止工の方が矩形体にものに比べ、動揺量が小さくなることがわかる。これは 1/2 周波数成分の結果を示す図－５、６の比較からわかるように、鉛直版の越波防止工の方が矩形体のものに比べ 1/2 周波数成分が全体的に低下するためである。矩形体の越波防止工の場合に 1/2 周波数成分が増加する原因としては、Heave と同様に復元力の違いによるものと考えられる。矩形体越波防止工では、鉛直版のそれに比較して、浮体側面の水位の上昇・下降時での復元力モーメントの差異が大きく、バネ常数としての非線形性が強いことによるものと言える。このように深層取水施設のような深吃水型の細長浮体では、復元力モーメントの非線形性による 1/2 周波数成分の回転変位が発生しやすく、注意する必要がある。

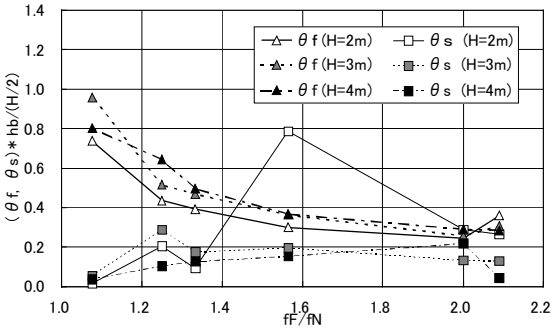

図-6 鉛直越波防止工付短水平版型浮体における θf と θs
(fNm=0.357Hz，現地換算fNp=0.0800Hz，浮体高さhb=9.7m)

５．結語

矩形体の越波防止工と鉛直版の越波防止工では、鉛直版の方が原型浮体と同程度の鉛直・回転動揺量であるなど、動揺に及ぼす影響を小さくして、越波を防止できるなど有効な越波防止工と言える。

中村孝幸・井出善彦（1997）：減衰波中における浮体の動揺理論とその適用性に関する研究，海岸工学論文集、第44巻、pp.856～860

中村孝幸・金　度三・平岡順次・泉　雄士・浅井威人；浮体式低層取水施設の波浪動揺の低減に関する研究，海岸工学論文集、第50巻、pp821～825