

室蘭工業大学大学院 学生員 長谷川 寛也
 室蘭工業大学工学部 正 員 近藤 俊郎
 日本テトラポット(株) 正 員 古澤 彰範

1. はじめに

浮上型振り子式波浪発電装置の原理は図-1で示されるような、沖に向けて開口したケーソンへの進行波とケーソン後壁からの反射波によって定常波を発生させ、定常波の節の部分に設置した振り子を振動させてシリンダーのピストン運動に変換し、その運動を油圧エネルギーとして吸収するものである。そのため、入射波周期が振り子の固有周期に近づくほど、高効率のエネルギー吸収が可能となる。この装置の特徴は、防波堤としての機能が併設され、ケーソンを水中に浮上させたことによりケーソン底面と水底との空間で海水の循環が可能となっており、かつ水深が大きい地点では従来の水底固定型より経済性が期待できる。本研究ではケーソンが上下に移動可能な装置の模型を用いて、ケーソン水底固定状態と水中浮上状態との反射率及びエネルギー吸収効率(油圧シリンダーまでの一次変換効率)さらにこのシステムのエネルギー損失率について比較検討することを目的とする。

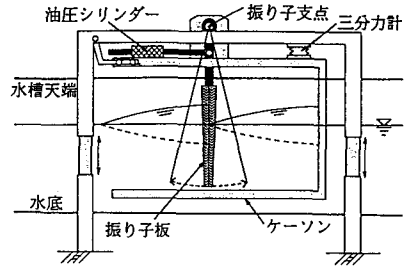


図-1 実験模型図

2. 実験装置

実験水槽は図-2に示す長さ24m、幅0.6m、深さ1.0mの二次元水槽で、一端に吸収式造波システム、もう一端に消波工を設置し一様水深0.6mで実験を行う。また実験模型は図-2に示す位置に設置し、ケーソンを上下に、振り子板を前後に移動可能である。ケーソン上部には油圧シリンダーが取り付けられており、振り子板と連結している。また入射波高及び反射率、伝達率の測定のため、模型前・後方にそれぞれ波高計を三本、二本それぞれ20cm間隔で設置した。

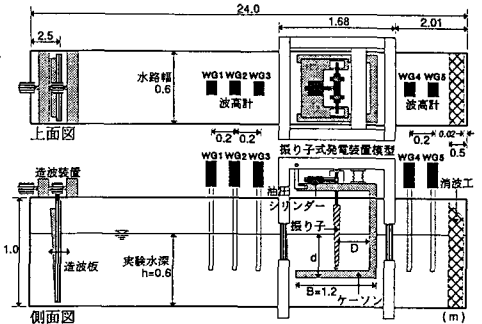


図-2 二次元水槽全体図

3. 実験方法

振り子に取り付けられた油圧シリンダーに作用する負荷を調節し、負荷比の変化による反射率、伝達率及びエネルギー吸収効率について調べる実験を行う。これを負荷実験と称し、実験条件を表-1で示す。ここで負荷比(LOAD RATIO)とは、シリンダーの負荷を表す係数 N_0 と、流体力によって振り子の動揺の減衰を表す係数 N との比、 N_0/N で表される。

周期 T (s)	1.0	1.2	1.4	1.6
h/L	0.3902	0.2827	0.2219	0.1834
波高 H (cm)	7.5	10.0		
喫水 d/h	1.00	0.75		

表-1 負荷実験実験条件

次に、振り子の振れや流体との摩擦等による、この実験装置のエネルギー損失率を求める実験を行う。まず油圧シリンダーを取り外し振り子板に作用する負荷をゼロにした状態で、負荷実験で最大効率が得られたときの振り子の振れ角と同じ振れ角となる波高の波を造波する。またこの実験を無負荷実験と称す。そして、無負荷実験時の入射波エネルギー、反射率、伝達率よりエネルギー損失値を求める。そのエネルギー損失値と負荷実験での入射波エネルギーより、エネルギー損失率を求める。

なお、どの実験においても振り子の設置位置は、ケーソン後壁から1/4波長の位置とする。

4. 実験結果及び考察

(1) 負荷実験

規則波の反射率は、図-3 a、図-4 aに示されるように各周期ともほぼ同じ負荷比で最小値を取る、下に凸の曲線を描く。その値は $d/h=0.75$ で0.2~0.5、 $d/h=1.00$ で0.3~0.4と両喫水とも大きな違い

は無い。グラフを載せていないが、 $d/h=0.75$ とした場合に生じる伝達率は0.1前後であり、このシステムは防波堤としての機能も有していると思われる。

エネルギー吸収効率の結果を図-3 b、図-6 bに示す。最大効率を得るときの負荷比の値は、 $d/h=1.00$ でやや周期によるばらつきが見られるが $d/h=0.75$ ではほぼ同じ値で得られる。最大効率の値は、波に接する面積の大きい $d/h=1.00$ の方が高くなるように思えるが、実際は両喫水ともほとんど同じく $T=1.2(\text{sec})$ 、 $T=1.4(\text{sec})$ で他の周期より大きく60~70%となっている。ケーソンを浮上させても最大効率の値に差はなく、むしろ短周期側では $d/h=0.75$ の方が大きな値を示した。これより、浮上型振り子式波浪発電装置は水底固定型に全く劣らない有効な波浪エネルギー吸収装置であることが確認できる。また、反射率のグラフと見比べると、最大効率と最小反射率がほぼ同じ負荷比の値で得られていることがわかる。この結果は、最大のエネルギー吸収率が得られる状態に負荷比を設定することによって最小の反射率、すなわち最良の消波効果が期待できることを意味する。ここで、 $H=7.5(\text{cm})$ の場合も同様の結果が得られたことを付け加える。

(2) 無負荷実験

負荷実験での反射率、伝達率、エネルギー吸収効率から求められたエネルギー損失率を $E_{L,A}$ 、無負荷実験で得られたエネルギー損失率を $E_{L,o}$ として図-5に示す。横軸の B/L は堤体幅 $B(=1.2\text{m})$ を波長 L で除した値である。 $d/h=1.00$ の場合、 $E_{L,A}$ と $E_{L,o}$ の差が小さく、特に $T=1.2$ 、 $1.4(\text{s})$ の場合、無負荷実験で得られた損失率は負荷実験で得られる損失率を表せるといってもよいだろう。しかし、 $d/h=0.75$ の場合は、 $E_{L,A}$ と $E_{L,o}$ の差が大きくなってしまいそうはいえない。 $E_{L,A}$ と $E_{L,o}$ の値に生じる差については、 $E_{L,A}$ の場合振り子に負荷がかかっているため、波のスムーズな運動が妨げられることによるエネルギー損失が加わることが原因であろう。周期の違いによる損失率の差については、振り子の固有周期と波の周期が異なることによるエネルギー損失が原因であると思われる。 $d/h=1.00$ より $d/h=0.75$ の方がやや損失率が小さく、 $d/h=0.75$ のほうが高いエネルギー吸収効率を得ることができることが期待される。この実験結果ではまだ不明な点も多く、今後もさらに研究を進めていく予定である。

5. 結論

反射率、エネルギー吸収率は、 $h/L=0.1834\sim0.3902$ 、 $d/h=0.75$ 程度であれば水中浮上型と水底固定型とでは、全く差がないことがこの実験により証明された。エネルギー損失率は、 $d/h=1.00$ では無負荷実験によりほぼ実際の損失率を推定できるが、水中浮上型となるとそう単純にはならないことがわかった。最後に本実験に協力された平成5年度卒業生、松葉 賢司君(現 東洋建設)に謝意を表します。

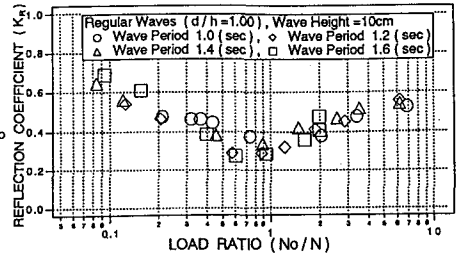


図-3 a 負荷比-反射率($d/h=1.00$)

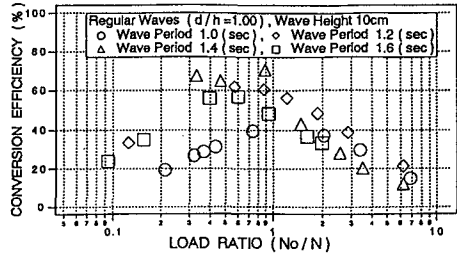


図-3 b 負荷比-変換効率($d/h=1.00$)

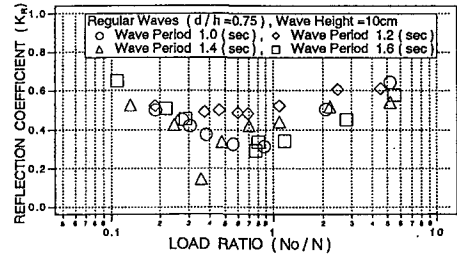


図-4 a 負荷比-反射率($d/h=0.75$)

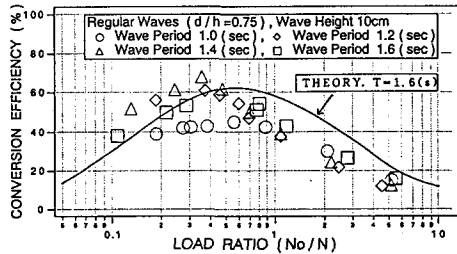


図-4 b 負荷比-変換効率($d/h=0.75$)

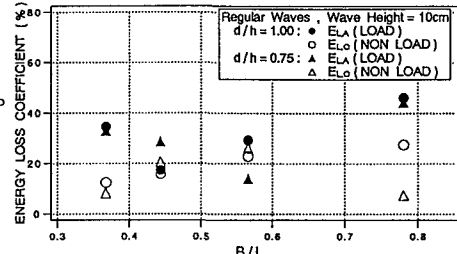


図-5 周期-エネルギー損失率