

II-65

脚柱型離岸堤に付設する振り子式波浪発電装置

室蘭工業大学大学院	学生員	長谷川 覚也
室蘭工業大学工学部	正員	近藤 俊郎
戸田建設株式会社	正員	梅田 宏
戸田建設株式会社	正員	西牧 均

1. はじめに

波浪エネルギーは周囲を海洋におおわれた日本にとって、最も有望な自然エネルギー源の一つである。その波浪エネルギーを利用可能なエネルギーへと変換するために、これまでさまざまなエネルギー変換装置が開発されてきたが、室蘭工業大学ではそれらの変換装置の中でも振り子式波浪発電装置を開発し、1978年より実験、研究を行ってきた。振り子式波浪発電装置は他の変換装置に比べてエネルギー吸収効率が高い、メンテナンスが容易である、防波堤、堤防、護岸等の設置対象構造物を問わずに付設し易いなどの利点がある¹⁾²⁾。

振り子式波浪発電装置は、これまで防波堤、堤防などは連続的に設置することを想定している。しかし、離岸堤群に振り子式波浪発電装置を設置する時には離岸堤が群として用いられるので、発電装置もポイントアブソーバー列として用いられると考える。

本研究は、静岡県などで建設された新型式の脚柱型離岸堤に振り子式波浪発電装置を設置した場合に、最大のエネルギー吸収効率を得るための条件を求めることを目的とし、第一段階として二次元水槽を用いた模型実験の結果より検討を行う。脚柱型離岸堤に振り子式波浪発電装置を付設することで取得されるエネルギーは、水産、レクリエーションの他に、堤体支柱等の鋼製部分の電気防食、警告灯電源などで活用される³⁾。また振り子板は、隣接する堤体間に設置するものとする。

2. 実験装置

実験模型は図-1に示されるように、隣接した二つの堤体をそれぞれ中央で切断したものと、堤体間に設置予定の振り子板で構成され、

実験水槽に合わせて現地の堤体の1/16.7の大きさとなっている。振り子板、後壁、底板は取り外しが可能、振り子板及び後壁は前後に移動が可能であり水槽内に図-2のように設置した。本実験で用いた水槽は、図-3で

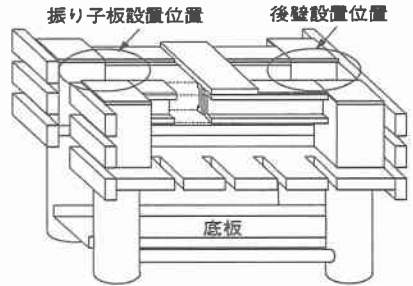
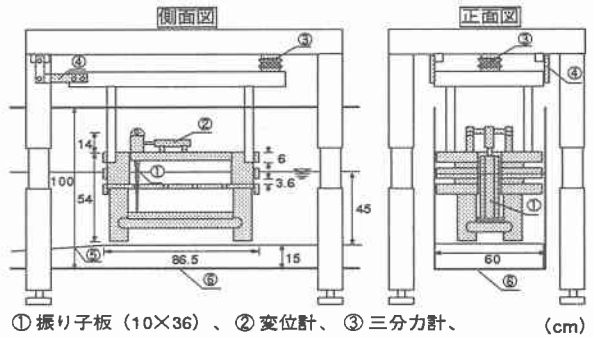
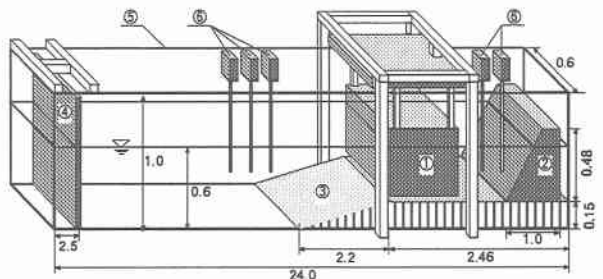


図-1 実験模型



① 振り子板 (10×36)、② 変位計、③ 三分力計、④ カンチレバー、⑤ 傾斜板 (1/15)、⑥ 二次元水槽 (cm)

図-2 実験模型設置状況



① 実験模型、② 消波工、③ 傾斜台 (1/15)、④ 造波装置、(m) ⑤ 二次元水槽、⑥ 波高計

図-3 実験水槽及び実験装置

Study on Pendulum Wave Power Converter Attached to Offshore Breakwaters of Pillar Type by Kakuya HASEGAWA, Hideo KONDO, Hiroshi UMEMA and Hitoshi NISHIMAKI

示される長さ24m、幅0.6m、高さ1.0mの二次元水槽で、一端に吸収式不規則波造波システム、他端に消波工を設置し、一様水深0.6mで実験を行った。模型前方には現地と同じ勾配(1/15)の傾斜台を設置、また入射波高、反射波高計測用に波高計を三本、模型後方には伝達波高計測用に波高計を二本設置した。また、模型上部に三分力計を設置して水平波力、鉛直波力の計測を行い、振り子支点下部には変位計を連結し振り子板の振れ角を計測した。

3. 実験方法

ここで述べる実験は、インターバルタイム40(msec)で2048個のデータを収集、計測時間は1分30秒で行った。入射波高、反射波高は合田の入射分離法を用いて計測した。

3-1. 消波工性能実験

まず、模型実験に入る前に、本実験水槽に設置されている消波工の消波性能を確認する実験を行った。もし、この消波工の消波性能が不十分な場合、伝達率及び反射率の測定精度に悪影響を与えるおそれがあり、そのため適切な造波条件を得るためにこの実験を行う。表-1に示す実験条件で実験を行い、その結果をもとに模型実験を行う際の造波条件を決定する。

3-2. 波高分布実験

振り子板を取り付けない状態で模型を設置し、模型内部の波高分布を計測する実験を表-2に示す条件で行った。波高計を振り子板設置予定位置の中心軸にそって模型前面から10cm間隔で設置し、計測していく。この結果より、振り子板を設置する位置について検討し、今後の実験の基礎資料とする。

3-3. 振れ角実験

これまでの研究において、振り子式波浪発電装置はケーソン後壁から入射波の1/4波長の位置に振り子板を設置することで、最大効率を得る事が確認されている。しかし、今回振り子板を設置する脚柱型離岸堤には従来のケーソンにあたる部分のない特殊な形状となっている。そのため、最大効率が得られる振り子板の設置位置を実験によって求める必要がある。そこで、実験模型に振り子板を設置して振れ角を計測し、振り子板の適切な設置位置を決定するための実験を表-3に示す条件で行う。同時に堤体の消波性能等を確認するために、この模型の反射率及び伝達率、模型に作用する波力の計測を行う。また、より効果的に振り子板を運動させるため、振り子板下部に底板を、振り子板後方には反射板としての後壁を設置し、これらを設置しない場合との振れ角の相違について比較する。

4. 実験結果及び考察

4-1. 消波工性能実験

消波工反射率の結果を図-4に示す。周期 $T=1.0, 1.2, 1.5(sec)$ の波の場合、本実験で用いた消波工ではどの波高の場合も反射率0.3前後を示し、比較的消波されている。しかし、 $T=2.0(sec)$ より長い周期の場合は反射率が0.5~0.8と高く、現在の消波工では消波するのが困難である。反射率の著しい増加が示された $T=2.0(sec)$ の波長は、 $B/L=0.25$ すなわち消波工の幅の約1/4となり、入射波の1/4波長が消波工の長さを超えたために反射率が大きくなったと推定

表-1 消波工性能実験の実験条件

対象	規則波
周期 T (sec)	1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0
波高 H (cm)	4.0, 6.0, 8.0
計測項目	反射率

表-2 波高分布実験の実験条件

対象	規則波, 不規則波
周期, 有義周期 $T, T_{1/3}$ (sec)	1.0, 1.5, 2.0
波高, 有義波高 $H, H_{1/3}$ (cm)	6.0
模型前面からの距離 (cm)	0, 10, 20, 30, 35, 50, 60, 70, 80, 90
計測項目	模型内波高

表-3 振れ角実験の実験条件

対象	規則波, 不規則波
周期, 有義周期 $T, T_{1/3}$ (sec)	1.0, 1.2, 1.4, 1.6
波高, 有義波高 $H, H_{1/3}$ (cm)	8.0
模型前面からの距離 (cm)	0, 4, 8, 12, 14, 16, 20, 24, 28
後壁及び底板	有り, 無し
計測項目	振れ角, 反射率, 伝達率, 水平波力

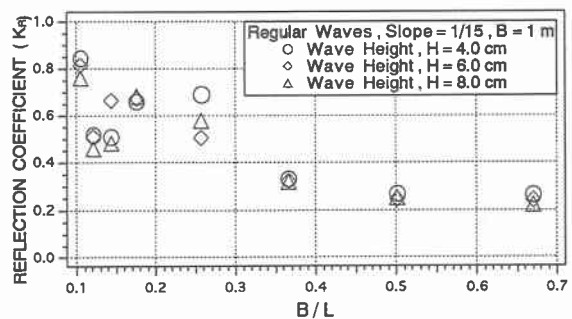


図-4 消波工の反射率-周期

される。今後この消波工の設置状態で実験を行う場合、 $T=2.0(\text{sec})$ 以下の条件で行うのが望ましい。

4-2. 波高分布実験

波高分布の結果を図-5, 6に示す。まず、模型前面部すなわちDISTANCE(D)=0 (cm)の部分の波高に着目して見ると、入射波高が6.0(cm)に対してそれよりやや高い波高が示されている。これは、模型前面の横スリット及び角柱部からの回折によって波のエネルギーが集中したためと思われる。しかし、模型前面からの距離が増すに従い波高は減少していき、20(cm)を超えたあたりからほぼ一定の値を示し、模型後面D=86.5(cm)付近でまた波高の低下が見られた。この現象は規則波、不規則波、どの周期でもほぼ同様の傾向を示し、短周期の波ほどその効果が大きく表れた。よって振り子板を設置する位置は、波のエネルギーの集中するD=0~20(cm)の間が最も効果的に振り子板を運動させる可能性が高いと予想できる。

4-3. 振れ角実験

a). 振れ角

振れ角の実験結果を図-7, 8に示す。波高分布実験で得られた結果からは、波高が最大となる模型最前面すなわちD=0 (cm)の地点に振り子板を設置した場合に最大振れ角を記録すると思われたが、実験結果ではD=14(cm)付近で最大値を記録した。D=14(cm)は図-9に示されるようにちょうど前方の角柱の後部に位置し、角柱間に集中した進行波及び回折波のエネルギーが逃げられない形状になっていることが起因していると思われる。

従来の振り子式波浪発電装置は、入射波エネルギーを最大限利用するために水室を持つケーソンを用いていた。しかし、今回の装置は側壁がなく、底板と後壁のみの構造型式を離岸堤内に設置し実験を行ってみた。その時の振れ角の結果は図

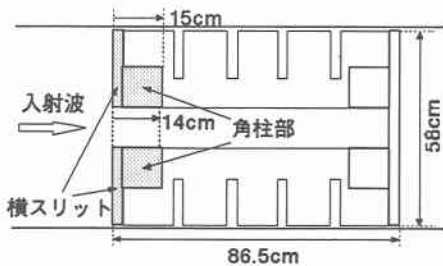


図-9 模型上面図

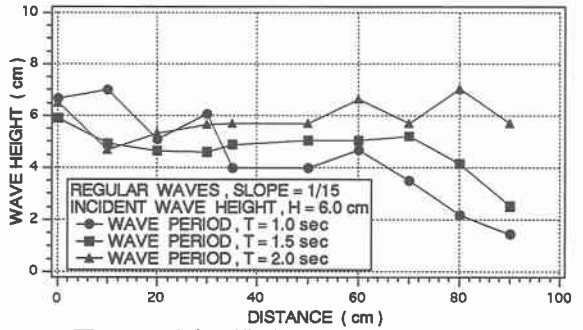


図-5 波高一模型前面からの距離 (規則波)

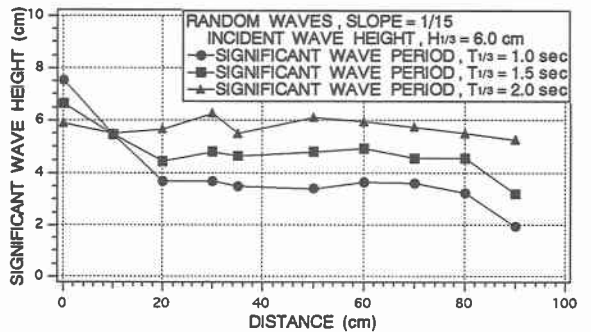


図-6 波高一模型前面からの距離 (不規則波)

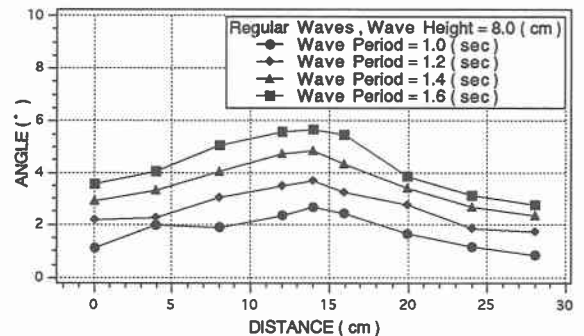


図-7 振れ角一模型前面からの距離 (後壁無し, 底板無し)

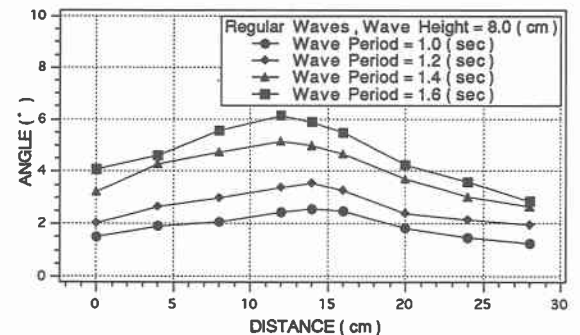


図-8 振れ角一模型前面からの距離 (後壁有り, 底板有り)

-8に示されるように、何も取り付けない場合より若干増加しているが、予想していたよりその割合の小さい結果が得られた。これは、従来のケーソンとは異なり振り子板のサイドを覆う側壁が存在しないため、波のエネルギーが横方向へ拡散することが一つの原因と思える。よって今後、波のエネルギー損失の少ない形状に改良する必要がある。

b). 反射率, 伝達率

反射率, 伝達率の結果を図-10, 11に示す。反射率は、短周期の波ほど大きく長周期の波ほど小さい値を示し、伝達率はそれとは対照的に、短周期の波ほど小さく長周期の波ほど大きい値を示した。理由として、本実験模型は下部が透過性の構造を有しており、主として水面付近で消波を行っているため、周期及び水深による水粒子速度の大小が起因したものと考えられる。

c). 水平波力

水平波力の結果及びモリソン式による計算値の結果を図-12に示す。水平波力の実験結果は、エネルギーの大きい長周期の波ほど高い値を示した。モリソン式による計算値は、模型上部の横スリット部と下部の鉛直円柱部に分けて計算を行った。横スリット部は複雑な構造のため一枚の壁面と仮定し、さらに模型前方と後方との位相差、横スリット部と鉛直円柱部との位相差も考慮した。実験値と比較すると、周期の差による値の傾向が良く示されている。

5. 結論

これらの実験結果より次のことが確認できた。

- ・本実験水槽で使用されている消波工の適用周期は $T=2.0(\text{sec})$ 以内である。
- ・模型前面部の角柱間では回折等によって波エネルギーが集中し、波高が増大する。
- ・模型前面から14(cm)の角柱後部で振り子板は最大振れ角を記録し、そこが振り子板の最適設置位置である。今後はエネルギー吸収効率についての実験を行い、本システムの設計指針を得る予定である。

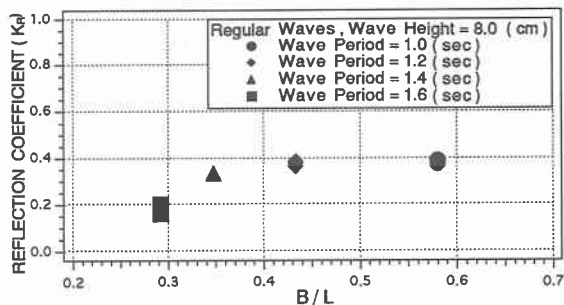


図-10 反射率-周期

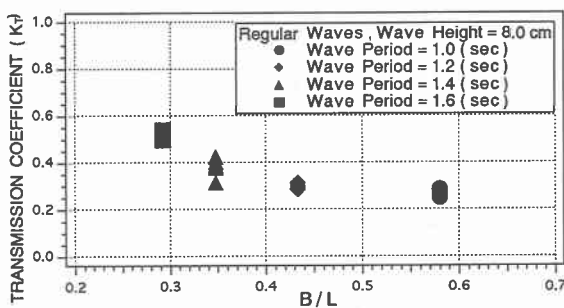


図-11 伝達率-周期

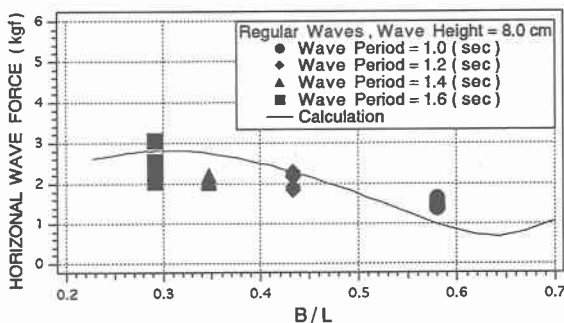


図-12 最大水平波力-周期

参考文献

- 1) 近藤 一郎, 渡部 富治, 谷野 賢二: 防波施設に併設する波浪エネルギー吸収装置の研究(5)—システムの最適化—, 第35回海岸工学論文集, pp.842~846, 1988
- 2) 古澤 彰範, 近藤 一郎, 藤間 聡, 長谷川 覚也: 浮上型振り子式波浪発電システムの研究, 第41回海岸工学論文集(2), pp.1166~1170, 1994
- 3) 戸田建設株式会社: 新型離岸堤内臍型波力発電技術開発報告書, 1994
- 4) 近藤 一郎, 竹田 英章: 消波構造物, pp.130~142