

II-46

海岸保全と波浪発電のためのハイブリッド型システムの二次元特性

室蘭工業大学 ○学生員 加藤 満
 室蘭工業大学 フェロー 近藤 俣郎
 室蘭工業大学 太田 典幸

1. はじめに

世界のエネルギー使用量は増加し続けており、中でも化石燃料の使用量は激増している傾向にある。化石燃料の大量消費が招く、廃棄物等の増大による環境破壊が問題となっている今日、資源保護および環境破壊を防止する目的においてクリーンエネルギーの利用は重要であり、中でも波浪エネルギーは我が国のような島国では沿岸域で広く利用することが可能であり、将来的にも期待されるものである。室蘭工大では振り子式波浪発電システムについて海域実証実験を含む研究を行い、その高効率性と低コスト性を明らかにしてきた。

一方、我が国では治水工事の普及や沿岸地区の都市化により海岸への流出土砂量が顕著に減少し、砂浜海岸の多くは慢性的な侵食傾向にある。沿岸域で波浪エネルギーを吸収することができれば、岸向きの波のパワーが減少するので海岸侵食量を減少させることができると考えられる。本論文では、侵食性海岸において離岸堤の機能をも有する振り子式波浪エネルギー吸収システムを提案し、室内実験においてその二次元特性を明らかにする。

2. システムの基本構造

従来の振り子式波浪発電システムは、図-1に示すように箱状コンクリートケーソンの前壁を取り、代わりに振り子板を設置した構造となっており、防波堤に付設もしくは組み込まれる形式のものである。砂浜海岸において海岸侵食抑止の機能を持つためには、海岸への入射波エネルギーを減少させると同時に構造物による局所的な漂砂への影響を少なくする必要がある。そこで、新しいシステムを考えるにあたり以下のような条件を設定した。

- (1) 年平均入射波エネルギーの配分目標を、反射30%、吸収40%、伝達10%とする。
- (2) エネルギー吸収装置には高効率である振り子式を用い、エネルギー変換にはロータリーベーンポンプを採用する。
- (3) 沿岸漂砂に支障が少なく、かつ岸沖漂砂も通過できる構造とする。
- (4) 大波浪時には振り子板を固定するものとし、その状態においても直立離岸堤としての機能を有し、システムが倒壊しない構造とする。

以上の条件を満たすものとして、図-2のような杭、後壁と従来の振り子からなる脚柱構造形式を提案する。この構造については従来のケーソン型と比較すると側壁と底板が無いので、沿岸方向の漂砂移動にほとんど影響が無い。岸沖方向については掃流砂を大きく阻害しないように、没水後壁はその下端と地盤との間に隙間(クリアランス)を設ける構造としている。

側壁がなく、クリアランスを有する後壁を持つという構造形式においても、上出のような効率を得ることができるかというのが主たる課題であるので、上出の

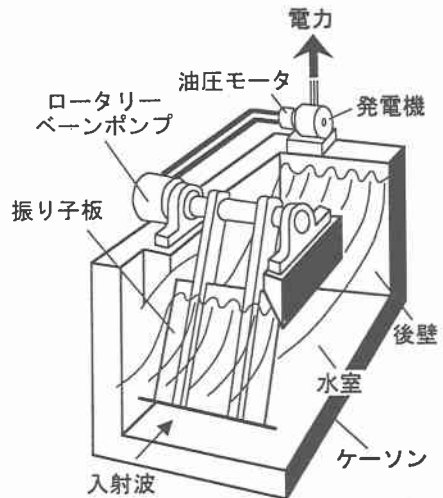


図-1 ケーソン型振り子式波浪発電システム

Two-dimensional characteristics of hybrid system for shore protection and wave power extraction, by Mitsuru KATO, Hideo KONDO, Noriyuki OOTA

条件を満たす形状構造を二次元実験を行うことにより定めることとした。

3. 二次元実験

3.1 実験方法

上出の条件を満足するための後壁の状態を決定するために、基礎的な二次元水槽実験を行った。24×1.0×0.6mの実験水槽内に、図-3に示すロータリーベーンポンプ模型と一体化した振り子板、後壁、波高計を設置する。実験水槽の全体の配置図を図-4に示す。ロータリーベーンポンプの構造は、振り子軸と一体化して回転運動する2枚のベーンと、固定された2枚のベーンによって、ケース内に仕切られた4つの部屋を創り出す。振り子が振れることによって軸が回転し、それに伴い振り子軸と一体化したベーンが回転運動することにより仕切り部屋内に体積変化を生じ、油を吐出する構造になっている。

表-1に実験における波浪諸元を示す。なお、縮尺は1/20としている。ロータリーベーンポンプの油の絞り弁を調整することにより、振り子にかかる負荷の状態を無負荷から強負荷までの4パターンに変化させ、反射率 K_R 、伝達率 K_T 並びにエネルギー吸収効率(1次変換効率) η_1 を測定する。振り子と後壁の距離については、 $B=60\text{cm}$ に固定する場合と、ケーソン型では最大効率が得られると考えられる $B/L=0.25$ の場合についてそれぞれ実験を行った。

3.2 データ解析

測定時間 t_0 における吸収パワーの平均値 P_a は、油圧ポンプの押しわけ容積が D_p のポンプの吐出圧 p_p と角速度 $\dot{\theta}$ を測定することにより、下式で求める。

$$P_a = \frac{D_p}{2\pi\eta_1 t_0} \int_0^{2\pi} p_p \dot{\theta} dt \quad (1)$$

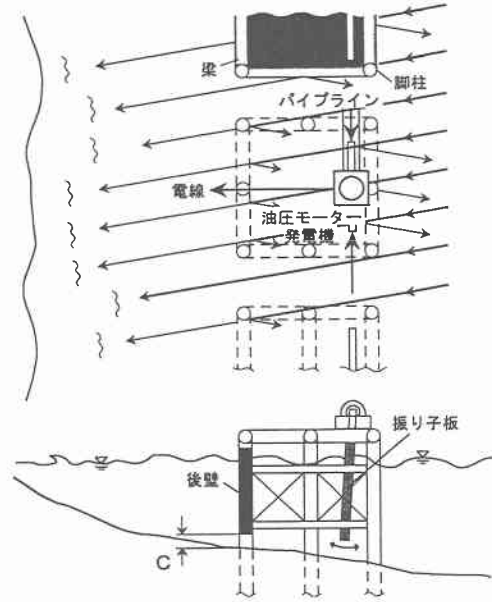


図-2 ハイブリッド型システム概念図

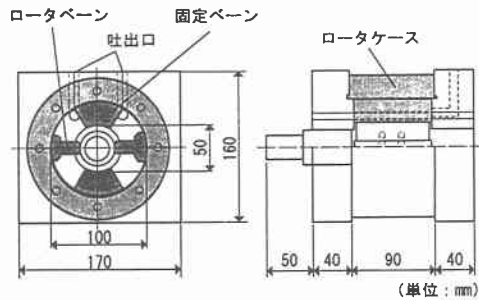


図-3 ロータリーベーンポンプ模型図

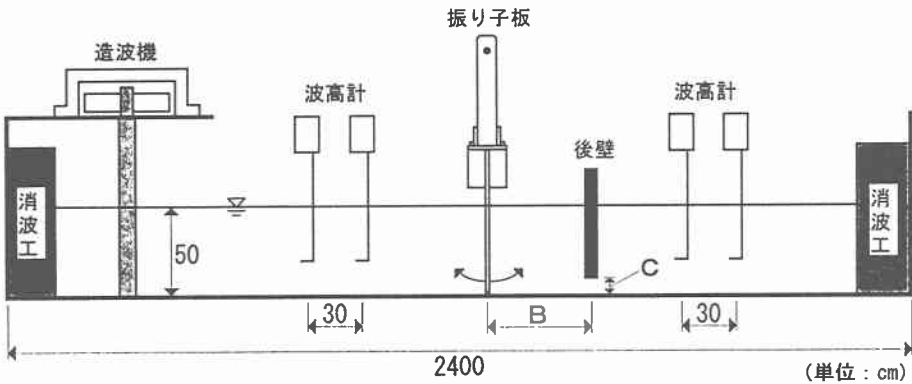


図-4 実験水槽配置図

ここで、 η_1 はトルク効率である。また、(1) 式は次のように表すこともできる。

$$P_a = \frac{1}{t_0} \int_0^{t_0} T_p \dot{\theta} dt \quad (2)$$

ここで、 T_p は軸トルクである。

一次変換効率 η_1 は、波の入射パワー bW (ここで b は振り子幅) に対する P_a の比であるから、以下の式によって求めることができる。

$$\eta_1 = \frac{P_a}{bW} \quad (3)$$

表-1 波浪諸元および実験条件

波の種類	規則波, 不規則波
波高	10cm
周期	1.12, 1.34, 1.57, 1.79, 2.24, 2.68sec
負荷状態	無負荷, 弱負荷, 中負荷, 強負荷
振り子-後壁の距離	B=60cm, B/L=0.25
クリアランス	C=0, 5, 10 cm

4. 実験結果

図-5~10に実験結果を示す。図-5はB=60cmでの不規則波、C=10cmの場合の反射率を、横軸をB/Lで無次元化して表したものである。無負荷状態では0.6~0.8と高い反射率になるが、負荷をかけることにより大きく低減させることができ、大部分で0.5以下になる。負荷の強弱による反射率の違いは見られなかった。図-6はB/L=0.25における不規則波、中負荷状態での反射率の結果である。横軸はB/hで無次元化している。短い周期ではクリアランスに関係無く0.5付近の値を示すが、周期が長くなるほど違いが明確となり、C=10cm、周期2.24secの時に最も低い反射率となる。

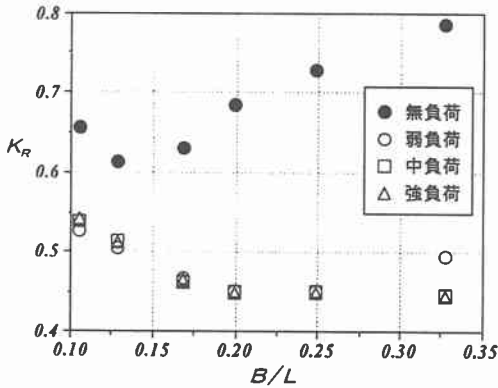


図-5 反射率 (B=60cm, 不規則波, C=10cm)

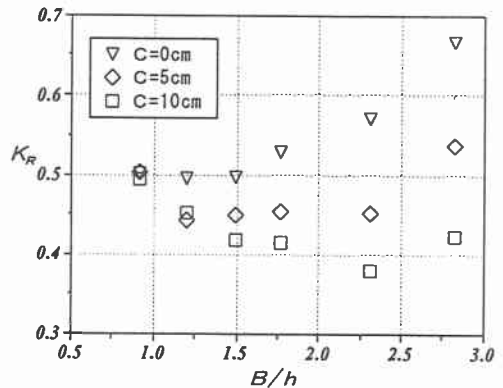


図-6 反射率 (L/B=0.25, 不規則波, 中負荷)

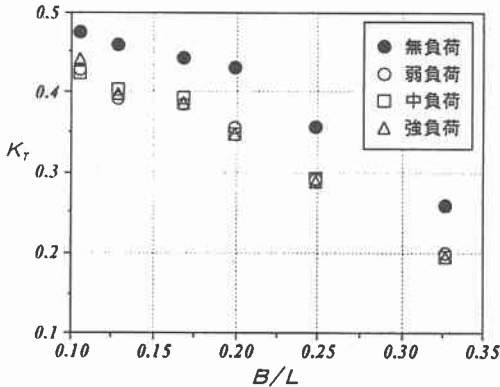


図-7 伝達率 (B=60cm, 不規則波, C=10cm)

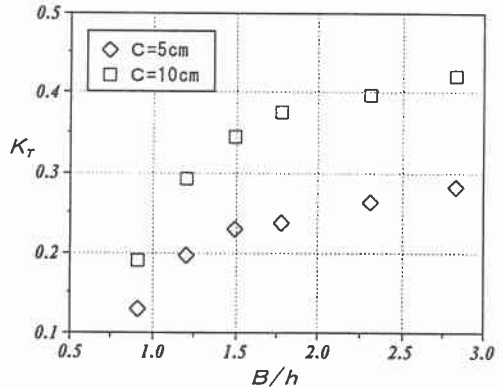


図-8 伝達率 (L/B=0.25, 不規則波, 中負荷)

図-7は $B=60\text{cm}$ での不規則波、 $C=10\text{cm}$ の場合の伝達率を表したものである。反射率の場合と同様に、負荷をかけることにより伝達率を低減させることができ、周期が短いほど伝達率は低くなる。負荷の強弱による違いはこの場合も見られなかった。図-8は $B/L=0.25$ における不規則波、中負荷状態での伝達率の結果である。周期が長くなるほどクリアランスの違いによる伝達率の差が大きくなり、 $C=10\text{cm}$ の場合には $0.19\sim 0.42$ となった。

図-9は $B=60\text{cm}$ での不規則波、 $C=10\text{cm}$ の場合の1次変換効率を表したものである。いずれの負荷状態においても、 $B/L=0.25$ (周期 1.34sec)のときに $35\sim 40\%$ の最大効率を示し、それ以後は周期が長くなるにつれて徐々に低下していく。負荷の強弱で比較すると、弱負荷の状態が全体的に他に比べてやや高い効率を示している。図-10は $B/L=0.25$ における不規則波、中負荷状態の1次変換効率の結果である。 $C=0\text{cm}$ (後壁による完全反射状態)では 60% を越える高い効率が見られる。 $C=5\text{cm}$ と 10cm での比較を行うと、周期が短い範囲においてはほぼ同じ値となるが、 $B/h > 1.5$ では $C=5\text{cm}$ の方が高い効率を示す。 $B=60\text{cm}$ の場合と比較してみると、長周期の範囲において 10% 前後であった効率が $B/L=0.25$ の場合では 20% を越える値になる。

5. まとめ

- ・本システムにおいて、反射率はロータリーベーンポンプの負荷により大きく低減させることができ、 $B/L=0.25$ 、 $C=10\text{cm}$ ではすべての場合で 0.5 以下 (エネルギー反射率 0.25 以下)になる。
- ・伝達率についても負荷による低減効果が見られ、 $B/L > 0.25$ 、 $B/h < 1.25$ の範囲で伝達率は 0.3 以下 (エネルギー伝達率 0.10 以下)になる。
- ・1次変換効率については $B/L=0.25$ 、 $B/h=1.25$ の場合に最大となる効率を得られ、後壁が完全反射の場合と同じ傾向が見られた。
- ・反射率、伝達率については目標としていたエネルギー配分条件を満たす範囲が広く見られたが、1次変換効率に関しては目標の 40% を満たしたのはごくわずかであった。

謝辞：本研究の実験、データ整理に協力された建設システム4年次学生、山内功君に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 近藤編著：海洋エネルギー利用技術、森北出版、1996
- 2) 近藤、藤間、加藤、飯島、渡部、浦島、太田：波浪発電と海岸保全のためのハイブリッド型システム、第45回海岸工学論文集、pp1226～1230、1998
- 3) 長内、近藤、水野、渡部：ロータリーベーンポンプによる振り子式波力エネルギー変換装置の実用機開発、第45回海岸工学論文集、pp1221～1225、1998

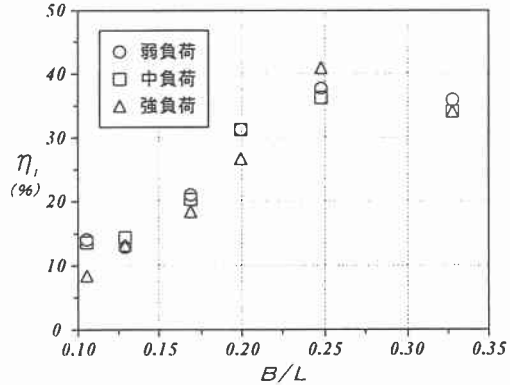


図-9 1次変換効率 ($B=60\text{cm}$, 不規則波, $C=10\text{cm}$)

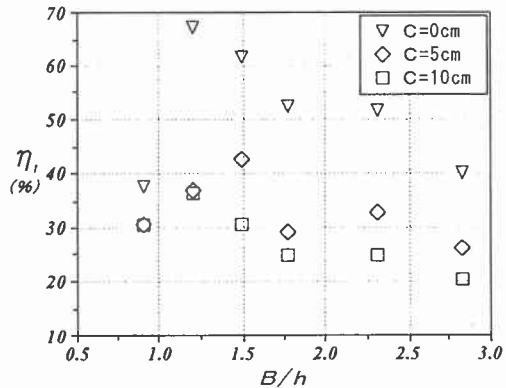


図-10 1次変換効率 ($L/B=0.25$, 不規則波, 中負荷)