

II-378 波浪発電付格子（ルーバー）型浮消波堤とその係留について

東海大学 大学院 学生員 ○福井 亨
東海大学 海洋学部 正 員 長崎 作治
協同組合三井造船協会 前田 稔

1. はじめに

これまで数多くの浮消波堤が考案、研究されてきた。これらの多くは当然のことながら「消波」を目的としている。本浮消波堤は、この目的他にさらに「発電」を付加した新しいタイプのものである。ここではこの浮消波堤とその係留について述べる。

2. 波浪発電付格子（ルーバー）型浮消波堤

正式名称を「波浪発電付格子（ルーバー）型浮消波堤」（以後ルーバー型浮消波堤と略す）といい、主な特徴は波浪発電装置と格子（ルーバー）を設けたことである。

1ユニット当たりの構造は、図1のように発電装置室を兼ねた浮力を調節するための2つのブロックと、これらに挟まれるように波浪からエネルギーを取得するためのインポリュート型回転体のブロックとからなる。これらは鋼製、コンクリート製、プレストレスト製の連結板で連結される。また、消波効率を向上させるため、ルーバーと称する消波板を浮体前後面に複数列に配して取付ける。

現場への設置に当たっては諸条件を考慮して数ユニットを接続し、海岸に対し一列ないし複数列に係留する。

2. 1 インポリュート型回転体による発電の仕組み

インポリュート型回転体の概念図を図2に示す。波浪が作用することでこの回転体が往復運動し、これを発電機で電気エネルギーに変換する。従来の空気圧縮型に比べ、発電効率はかなり向上すると思われる。

2. 2 ルーバーの仕組みと消波実験結果

ルーバーは鋼製で、消波効果の向上を目的として浮体前後面に複数列に取付けられる。ルーバー自体の構造はスリット状で、波浪を攪乱することにより消波を期待する。実験において、ルーバーを設けないものに比べ設けた方が10%程度エネルギー損失率（ K_L^2 ）が高く、短周期で $K_L^2=0.7$ となっている。反射率は $K_R=0.4$ と周期に関わらずほぼ一定の値をとる。また、ルーバーの組合せ方によるエネルギー損失率の違いは顕著には認められなかった。

3. 係留設計

このルーバー型浮消波堤をカテナリチェーン係留で係留した場合の設計を簡単に示す。ただし、ルーバー型浮消波堤1ユニット当たりのものである。

3. 1 設計条件

設計条件を表1のように仮定する。ただし、地震力は考慮しないものとする。また、ルーバー型浮消波堤の寸法等は表2に示す。

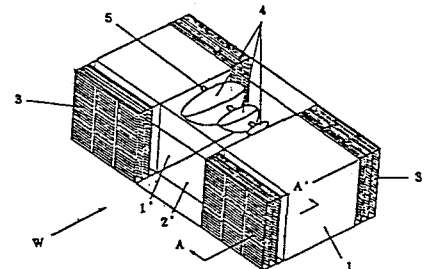


図 1 波浪発電付ルーバー型浮消波堤

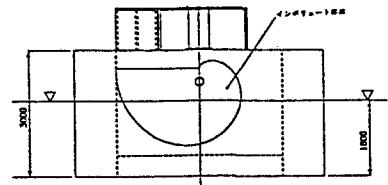


図 2 インポリュート型回転体概念図

表 1 設計条件

地盤	砂質
潮流	1.0m/sec
波高	7.8m
周期	9.6sec
波長	143.8m
水深	10 m
風速	60 m/sec

表 2 構造条件

全長	6.0m
全幅	9.0m
全高	3.0m
吃水	1.8m
重心	1.6m
浮心	0.9m
傾心	2.0m

3. 2 カテナリチェーン係留¹⁾

設計条件から作用外力を計算すると表3のようになる。カテナリチェーン係留ではチェーンの重量が優先し、抗力は小さいので無視する。

係留チェーンの長さを25 mと仮定すると、水平外力の総和は70.0 t鉛直外力は11.1 tとなりチェーンの決定には水平外力のみを考慮すれば良い。

放射状に4点係留（図3）とし、4本のチェーンの内2本で作用外力を受け持つものと仮定すると、1本当りにかかる水平外力は $70.0\text{t}/(2\cos 45^\circ) = 49.5\text{t}$ となる。これに安全率3を考慮してチェーンを選定すると、JIS規格より呼び径 $d50$ となる。チェーンの長さ25 mに対し、その着鎖点までの水平距離は20.0 m、また水深10 mの場合、定点からの浮体の変位は最大で水平方向2.0m、鉛直方向1.1mとなる。

3. 3 アンカーの設計²⁾

立方体コンクリートアンカーを考える。地盤の摩擦係数 $\mu=0.8$ 、コンクリートの単位体積重量 $C=2.4\text{ t/m}^3$ 、海水の単位体積重量 $\rho=1.025\text{t/m}^3$ とすると、アンカーの水中重量は162t、一辺当たりの寸法は4.9mとなる。

4. 考察

ルーバー型浮消波堤の消波特性についていくつかの実験を行なったが、従来の浮消波堤と同じく長周期での消波効果は期待できない。また、ルーバー自身の消波効果は浮消波堤の運動が激しくなるに従い低下する傾向にある。

一方、インポリュート型回転体による波浪発電は、波を正弦波と仮定した場合、そのサイン曲線とインポリュート型回転体のインポリュート曲線とが任意の位置で一致する性質を利用して波のエネルギーを運動エネルギーに変換する。そのため、波の周期とインポリュート回転体の固有振動周期が等しいとき最も発電効率が良くなる。逆に双方の周期がずれるに従い、発電効率は著しく低下する。実際の波浪は多くの周期成分を含むため、インポリュート型回転体の固有振動周期の設定には設置場所の波浪条件を検討した上で決定することが望ましい。また、固有振動周期の異なるインポリュート型回転体を並列に複数個設置し、特定の数周期カバーするという方法も考えられる。

ここで、インポリュート型回転体の回転軸は静水面に対して所定位置に固定されていることが前提となる。これは回転軸が変位すると両曲線の一致が困難になり、前述の性質が成り立たなくなるためである。単にインポリュート型回転体を浮体に設置すると、この前提を満足させることは不可能である。よって本浮消波堤に設置する場合、浮消波堤の運動による変位をできるだけ少なくすることが望ましい。今回の場合、係留時においてカテナリチェーンの長さをできるだけ短くすることでその問題に対処することを試みたが十分ではなく、しかもチェーンが短いために作用張力が単発的となり、これを考慮してチェーンを選定すると直径が大きくなり、経済的にもカテナリチェーン係留はルーバー型浮消波堤に適しているとはいえない。

5. おわりに

波浪発電付格子（ルーバー）型浮消波堤について述べてきたが、その固有振動周期の決定や係留方法、低動揺型浮消波堤の開発等さらに検討、研究を行なっていく必要がある。

ニーズが多様化する今日、このように発電装置などを備えた複合型の浮消波堤、防波堤が主流となって行くであろう。

参考文献

- 1) 長崎 作治：海洋浮遊構造物の係留設計、山海堂、pp.83～111、1981
- 2) 長崎 作治：浮体の係留ラインとアンカーの設計計算の一考察、埋立と浚渫 No.138、pp.30～41、1987

表 3 作用外力

風 力	3.1t
波漂流力	39.0t
流 力	1.7t

表 4 運動による張力の増加

運動モード	増加張力
Heaving	0.1t
Surging	14.2t
Pitching	14.2t

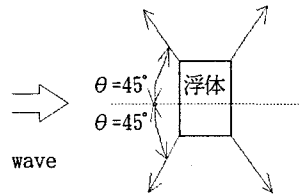


図 3 4点係留