

II-334 波動ポンプの揚水能力に関する研究

鹿島建設㈱ 今井貫爾 吉田幸三 ○岩瀬浩二 高橋俊彦

I. はじめに

現在までの沿岸構造物は厳しい波浪条件に耐えるという見地から建造されてきたが、今後は、防災的な考え方のみならず、無限に存在する波浪エネルギーを能動的に利用する方向での検討も必要になってくるものと思われる。この立場から、ケーソン内のフロートの上下運動を利用して海水を汲み上げる波動ポンプ（図-1）を考案した。波動ポンプは海水揚水発電や養魚池への給水、さらに海水交換等に利用できる能力を有している。立地可能性の検討のためには、揚水能力を事前に把握しておくことが必要である。このため、水理模型実験を実施して揚水能力の検討を行うとともに、揚水量解析結果と比較した。

II. 数値解析法の概要

波動ポンプの揚水能力を算定するために、揚水量解析法を開発した。なお、解析で対象とする波動ポンプのモデルは、図-1に示す通りである。

フロートの鉛直変位を z とすると、 z は次のフロートに関する運動方程式を解くことによって求められる。

$$(M_0 + M_A + m) \ddot{z} + c \dot{z} + c' |\dot{z}| \dot{z} + Kz + S = F_0 \sin \omega t \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 M_0 : フロート質量、 M_A : フロート動揺に伴う付加質量、 m : 揚水流加速に伴う付加質量、 c : フロート動揺に伴う造波減衰力係数、 c' : 管路の流体摩擦抵抗係数、 K : 浮力による復元力、 S : 揚水圧による力、 F_0 : 波強制力、 ω : 入射波の角周波数、 t : 経過時間、 $\dot{}$: 時間による微分

ただし、現時点では、フロートとケーソン内壁、内管とフロート固定外管の間の摩擦力は無視している。

(1)式によってフロートの鉛直変位が求まればポンプの理論揚水量 Q は次式で計算される。

$$Q = \eta a / T \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 η : フロート変位の全振幅、 a : フロート固定外管の断面積、 T : 入射波の周期

ただし、(2)式では弁がフロートの運動に完全に追従して開閉し、弁からの漏水は無いと仮定している。

III. 水理模型実験

1. 実験概要

実験は鹿島建設技術研究所の中型水路（幅 0.7m、高さ 1.5m、長さ 60m）を用いて行った。モデルは実機の1/15の縮尺を想定し、フルードの相似則に従うものとした。実験に用いた波動ポンプの模型を図-2に示す。模型は、塩化ビニール製の中空ケーソンの内部にアクリル製のフ

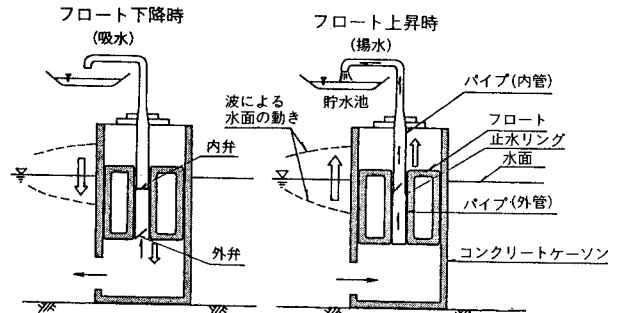


図-1 波動ポンプの原理

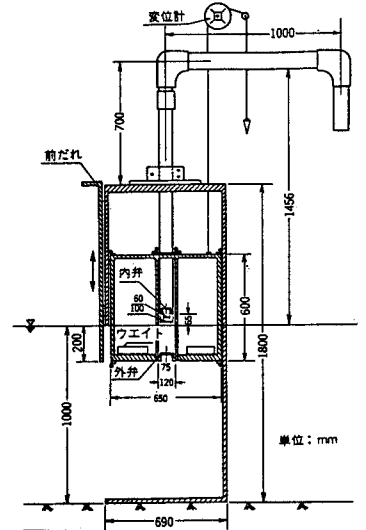


図-2 波動ポンプ模型

ロートと給水管を取付けたものである。給水管とフロートの間のシールはネオプレンゴム製の輪（Ｏリング）を給水管に巻き付けることによって行った。また、フロートの底部と給水管の下端には弁を取付けた。実験は、波高、周期を変化させて行った。フロートの変位はプーリー式変位計で測定した。揚水量はポンプの吐出口から出る流量を計測弁で受け、その重量より測定した。

２．実験結果及び考察

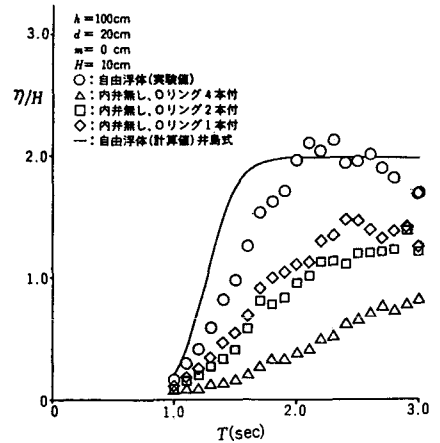
図－３に自由浮体及びＯリングによる拘束浮体の波による動揺実験の結果を示す。これより以下の事項が明らかになった。

- ①自由浮体の場合は実験値と計算値は比較的合っている。
- ②Ｏリングの本数が少なくなる程、フロートの変位は大きくなり、シール部の摩擦力が軽減されている。

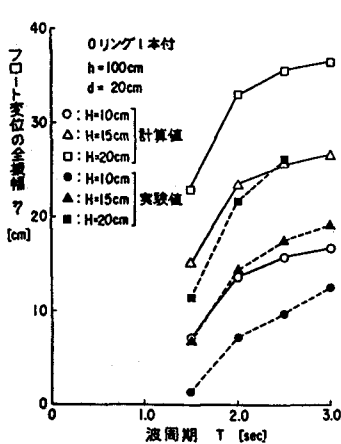
図－４にケーソン式波動ポンプの揚水実験におけるフロートの変位と計算値を示す。また、図－５に同じ実験条件の場合の揚水量の実験値と計算値を示す。これより以下のことがわかる。

- ①フロート変位および流量の実験値は解析結果と定性的な傾向はほぼ合っている。
- ②フロート変位および流量の実験値は解析結果を下回り、およそ60％程度である。
- ③フロートの変位が計算値を下回るのは図－３から判断してシール部の摩擦が主な原因と考えられる。

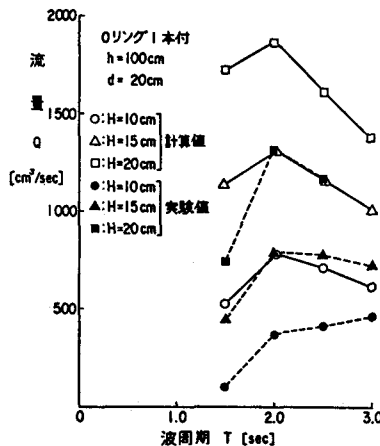
最後に今回の実験で得られた波動ポンプの効率（波エネルギーを水の位置エネルギーに変換する効率）を図－６に示す。これから、実験で得られた波動ポンプの効率は平均的に約20～30％であることがわかる。



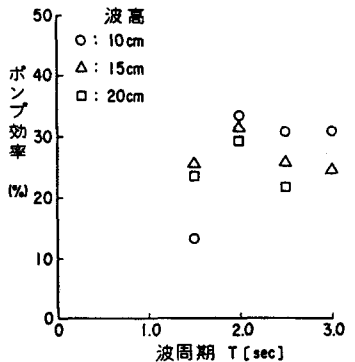
図－３ 自由浮体・拘束浮体の変位



図－４ フロート変位



図－５ 揚水流量



図－６ ポンプ効率

Ⅳ．まとめ

①解析法により、実験結果をある程度定性的に説明することができた。②実験で得られたポンプ効率は平均的に20～30％である。今後、シール部の摩擦を軽減すれば、波動ポンプの揚水能力はさらに向上するものと考えられる。

参考文献

- 1) 例えば、小島朗史，合田良実，鈴木諭司：波力発電ケーソンの空気出力効率の解析，港湾技術研究所報告，第22巻，第3号，1983