

## 波力発電用遊水室内の水面動揺に関する実験的研究

山口大学 学生会員 ○品川 亮 山口大学 フェロー会員 羽田野 袈裟義  
(株)建設技術研究所 正会員 種浦 圭輔 (株)シミズオクト 非会員 原田 辰一  
山口大学 正会員 PALLAV Koirala 国土交通省 非会員 大西 季秋

### 1. 緒論

当研究室では、図-1 に示すプーリ・ワイヤ・浮体などから構成される浮体式波力発電装置を開発中である。これは、水面上上下動の動力を浮体重量とワイヤ張力を介してシャフトの回転運動の動力に変換し、発電機をまわす仕組みであるが、浮体に波の横荷重が作用することを回避する必要がある。

このため図-2 のように、折れ線形状配置の防波堤のうち堤体軸の向きが最大波の波向と一致する区間の港外側に枠体で形成した遊水室内に浮体を配置して稼働することが有効である。本研究では、この状態での波力発電装置の稼働を想定し、遊水室内の水面上上下動に関する実験的検討を行なった。

### 2. 実験装置と実験方法の概要

実験は、国土交通省下関港湾空港技術調査事務所 水理実験センター内の造波・廻流水路(全長 41.0m, 幅 0.8m, 最大水深 1.2m) を用いて行った。水路は両側面が透明ガラスで側方から可視化できる。

実験には図-2 に示す全長 2.225m のアクリル製の遊水室模型を用いた。これは、一辺 0.20m の正方形の水平断面をもつ高さ 0.45cm の遊水室を6つ連結したものである。これを水路手前の内側の側壁に固定し、遊水室内の水面動揺が水路側方から目視した。模型の設置位置は、その中心が造波板から 29.83m(模型先端は同じく 28.72m)とした。また、図-3 に示すように、遊水室内と水路内の合計 6 か所(図中の①～⑥)に波高計(ch1～ch6)を設置した。波高計①は模型の先端から 1.72m だけ波上側の水路中央、波高計③は遊水室模型中央の外の遊水室外側面・水路側壁の中央位置、そして波高計⑥は遊水室後端より波下側 0.86m の水路中央に配置した。この配置を波高計の番号とともに図-3 に示す。

実験は、造波機を稼働して波を発生させ、波高計により水面変動を測定した。計測時間は造波開始から、ch6 の波高計が水路終端からの反射波を感知す

るまでの時刻までとし、進行波のみに対して計測を行った。同時に遊水室内の水面変動をビデオに記録した。実験は、各条件に対して3回ずつ行い、各波高計の平均波高を算出し、その平均値をとることにした。波高計 Ch.1 で算出された平均波高と各波高計

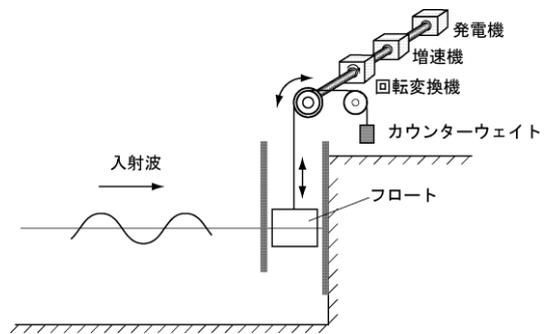


図-1 浮体式波力発電装置の概要図

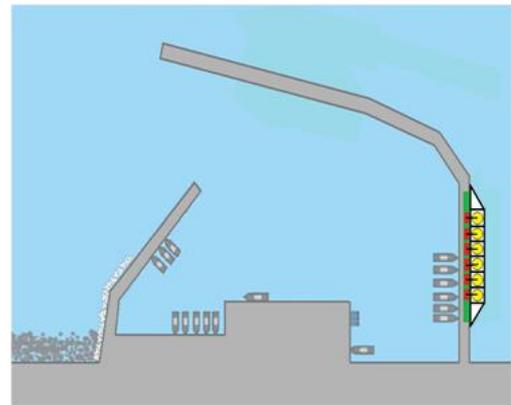


図-2 防波堤設置の遊水室の概念図

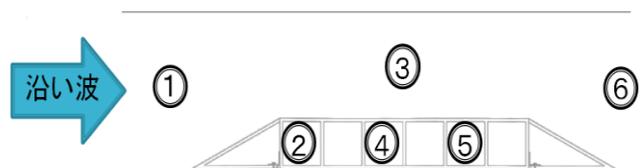


図-3 遊水室構造と波高計の設置位置の詳細図

で算出された平均波高の比より増幅率を求めた。

実験条件は、水深  $h$  と遊水室の喫水深  $D$  の組を水深  $h=0.50\text{cm}(D=0.05\text{cm}), 0.55\text{cm}(0.10\text{cm}), 0.60\text{cm}(0.15\text{cm})$  の3通りとし、その各々に対して、波条件を波周期と波高の組を周期  $T=1\text{sec}, 2\text{sec}, 3\text{sec}$ ; 波高  $H \approx 0.04\text{m}, 0.06\text{m}, 0.08\text{m}, 0.10\text{m}$  とした。実験条件を表-1に示す。なお、今回の検討では、浅海域の微小振幅波理に従うこととし、検討の結果、実験番号10を除外した。

### 3. 実験結果とその考察

この実験条件では遊水室幅/波長比  $l/L$  は  $l/L \approx 0.03, 0.05$ , および  $0.13$  であったが、 $l/L \approx 0.13$  の場合には遊水室内の水面が傾いた状態になり当研究グループで開発中の波力発電装置の稼働に適さない。したがって、 $l/L \approx 0.03$  および  $0.05$  の場合についてのみ結果を示す。

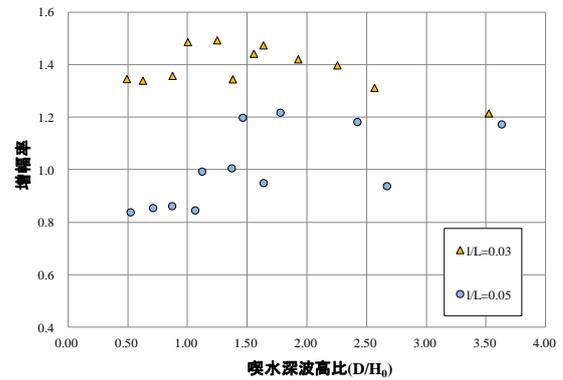
図-4は、喫水深/入射波高比 ( $D/H_0$ ) と増幅率の関係を遊水室 No.1, No.3 および No.5 について示したものである。それによると、増幅率は  $l/L \approx 0.03$  の場合には  $D/H_0$  によりあまり変化しないが、 $l/L = 0.05$  の場合には増幅率は  $D/H_0$  が  $1.0 \sim 1.5$  程度の値を境に変化する。まず  $l/L \approx 0.03$  の場合には増幅率は、全体として1を超えるケースが多く、最大で1.5程度となっている。遊水室 No.による違いをみると、遊水室 No.1 (a) 図の場合、 $l/L \approx 0.03$  の場合は  $D/H_0$  の増加に伴い、増幅率はいったん増大した後減少するが、1.4程度の値で変化が小さい。 $l/L \approx 0.05$  の場合、増幅率は  $D/H_0$  が  $1.0$  以下では  $0.8$  程度であるが、 $D/H_0$  が  $1.0$  以上では  $1.0 \sim 1.2$  を示している。遊水室 No.5 (c) 図の場合、 $l/L \approx 0.03$  の場合には遊水室 No.1 と同様に、 $D/H_0$  の値により増幅率はあまり変化せず  $1.1$  程度である。 $l/L \approx 0.05$  の場合は遊水室 No.1 と同様に、増幅率は  $D/H_0 = 1.0$  程度を境に段階的に増大し  $1.2 \sim 1.5$  程度の値を示している。遊水室 No. 3 の結果は遊水室 No. 5 に近い結果となっている。

次に波周期  $T$  の効果について述べる。波周期の効果は、遊水室外の水面変動による遊水室内の水の鉛直運動の固有周期  $T_r$  との比  $T/T_r$  により検討する。

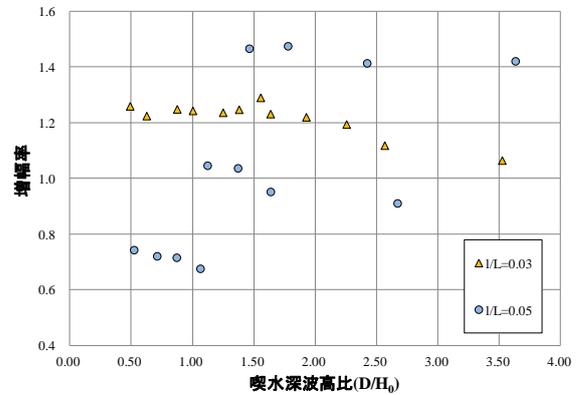
遊水室内の水塊の運動は、図-5のように模式する。遊水室内水位の外部水位からの上昇量を  $\eta$  と置くと、遊水室内の水塊の鉛直運動は次式(1)により与えられる

表-1 実験条件

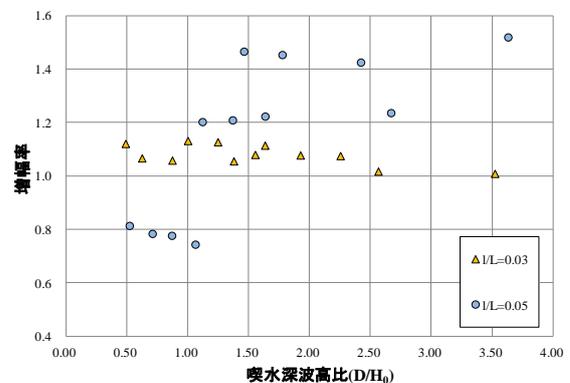
実験水槽									
実験番号	水深 (m)	喫水深 (m)	周期 (s)	波高 (m)	実験番号	水深 (m)	喫水深 (m)	周期 (s)	波高 (m)
1	0.50	0.05	3.0	0.036	19	0.55	0.10	3.0	0.080
2	0.50	0.05	2.0	0.047	20	0.55	0.10	2.0	0.073
3	0.50	0.05	1.0	0.032	21	0.55	0.10	1.0	0.081
4	0.50	0.05	3.0	0.057	22	0.55	0.10	3.0	0.100
5	0.50	0.05	2.0	0.057	23	0.55	0.10	2.0	0.089
6	0.50	0.05	1.0	0.063	24	0.55	0.10	1.0	0.098
7	0.50	0.05	3.0	0.080	25	0.60	0.15	3.0	0.043
8	0.50	0.05	2.0	0.070	26	0.60	0.15	2.0	0.041
9	0.50	0.05	1.0	0.083	27	0.60	0.15	1.0	0.040
10	0.50	0.05	3.0	0.102	28	0.60	0.15	3.0	0.058
11	0.50	0.05	2.0	0.096	29	0.60	0.15	2.0	0.062
12	0.50	0.05	1.0	0.101	30	0.60	0.15	1.0	0.060
13	0.55	0.10	3.0	0.044	31	0.60	0.15	3.0	0.078
14	0.55	0.10	2.0	0.037	32	0.60	0.15	2.0	0.084
15	0.55	0.10	1.0	0.037	33	0.60	0.15	1.0	0.078
16	0.55	0.10	3.0	0.061	34	0.60	0.15	3.0	0.097
17	0.55	0.10	2.0	0.061	35	0.60	0.15	2.0	0.103
18	0.55	0.10	1.0	0.061	36	0.60	0.15	1.0	0.098



a) 遊水室 No. 1 の場合



b) 遊水室 No. 3 の場合



c) 遊水室 No. 5 の場合

図-4 喫水深/入射波高比 ( $D/H_0$ ) と増幅率の関係

$$\rho DA \frac{d^2 \eta}{dt^2} = -\rho g A \eta \quad (1)$$

これよりこの運動の固有周期  $T_r$  は次のようになる

$$T_r = 2\pi \sqrt{\frac{D}{g}}$$

こうして得られた遊水室内の水塊振動の固有周期  $T_r$  と波周期  $T$  との比  $T/T_r$  による増幅率の変化を調べた。その結果を遊水室 No.1, No.3 および No.5 について示したものが図-5 である。それによると、 $l/L \doteq 0.03$  の場合には周期比による増幅率の変化傾向は不明瞭であるが、 $l/L \doteq 0.05$  の場合には  $T/T_r$  が 5 程度の値から減少して 1 に近づくにつれて増幅率が増加する傾向が認められる。 $l/L \doteq 0.03$  の場合にこの傾向が表れないことの原因は他の要因と合わせて考える必要がある。

#### 4. 結論

以上、浮体式波力発電装置を強い波を沿い波とするように配置された遊水室内で稼働することを想定し、波の進行方向に沿うように設置された遊水室内の水面上下動に関する実験を行ないその結果を報告した。主要な結果は次のようである。

1)  $D/H_0$  と増幅率の関係は、増幅率は  $l/L \doteq 0.03$  の場合には  $D/H_0$  によりあまり変化しないが、 $l/L \doteq 0.05$  の場合には増幅率は  $D/H_0$  が 1.0~1.5 程度の値を境に変化する。

2)  $l/L \doteq 0.03$  の場合には周期比による増幅率の変化傾向は不明瞭であるが、 $l/L \doteq 0.05$  の場合には  $T/T_r$  が 5 程度の値から減少して 1 に近づくにつれて増幅率が増加する傾向が認められる。

今後は実海域試験に利用できる資料を得るためさらに系統的な実験を行なう予定である。

#### 5. 参考文献

- 羽田野袈裟義, 種浦圭輔, 渡邊誠, 中野公彦, 斉藤俊, 松浦正己: 浮体式波力エネルギー変換の力学, 土木学会論文集 B, Vol. 62, No. 3, pp. 270-283, 2006.
- 羽田野袈裟義; 可動物体型波力エネルギー変換装置における遊水室構造, 特願 2005 - 284261.

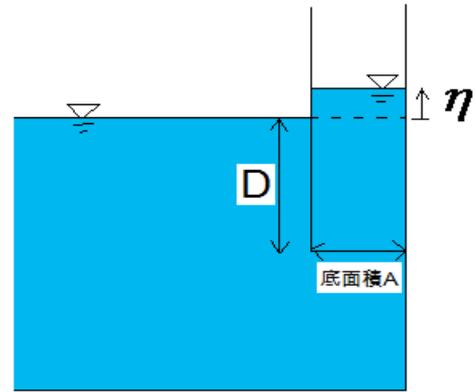
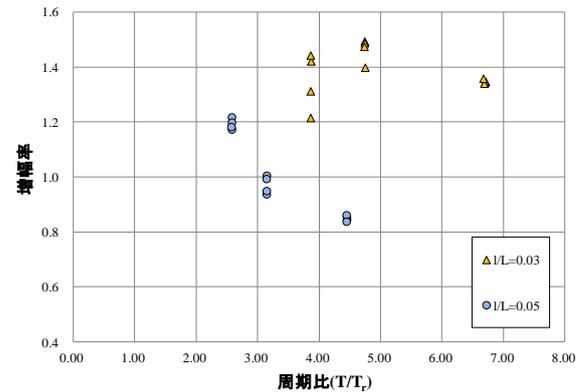
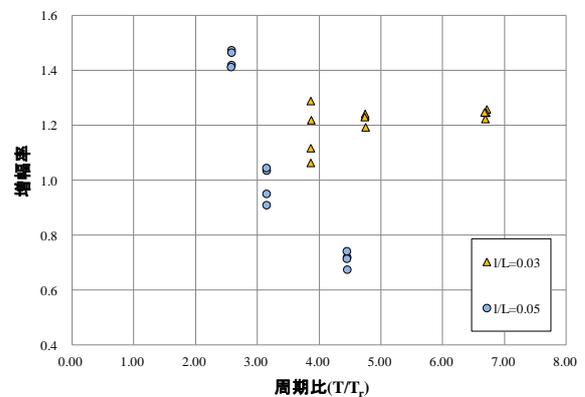


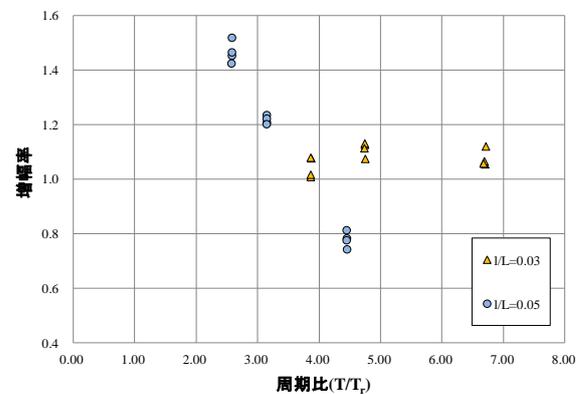
図-5 遊水室内の水塊の運動のモデル



a) 遊水室 No. 1 の場合



b) 遊水室 No. 3 の場合



c) 遊水室 No. 5 の場合

図-5 周期比 ( $T/T_r$ ) と増幅率の関係