

波力エネルギー変換に関する水槽実験

山口大学大学院 学生会員 ○椎木健介・渡邊誠・Pallav Koirala

山口大学工学部 正会員 羽田野袈裟義

三菱重工業（株）松浦正己

1. はじめに

著者らは、プーリ・ワイヤ・フロート・カウンタウェイト・ラチェット機構により水面波から一定の向きに回転する軸の動力を取り出す波力エネルギー変換装置(図1参照)を開発中である。この方式は防波堤前面や大型浮体外周部に設けた遊水室で使用する事により、技術的・コスト的に実施可能との評価を得ている。

今回、水面下降時にのみエネルギー変換を行なう構成の波力エネルギー変換装置を波が直接あたる状態で稼動する形で行なった実験で、ワイヤ張力とワイヤの走行速度から仕事率を求め、機械系の粘性減衰係数を同定した。また直流発電機を用い、フロートやカウンタウェイトなどのシステム諸元を変化させた時の平均発生電力を種々の波浪条件のもとで評価した。

2. 実験の概要

実験は、三菱重工業(株)長崎研究所の耐航性能水槽(平均水深 3.2m, 幅 30m, 長さ 160m)で行った。エネルギー変換装置の諸元を表1に示す。造波機能力の制約から、周期/波高の条件は次のように設定した。1.8 秒/0.32m, 2.0 秒/0.25m, 3.0 秒/0.14m, 3.5 秒/0.24m, 4.0 秒/0.27m, 4.5 秒/0.15m, 5.0 秒/0.10m。フロートは直径 2 m の円筒形状のものを用いたが、周期 3 秒以下では来襲する波によりフロートが著しいローリングを起こし、エネルギー変換ができなかった。有意のエネルギー変換が行なわれた波浪条件を表2に示す。

3. 粘性減衰係数 C の同定

機械力学モデルにおいて粘性減衰係数 C の値を種々変化させて C 値を同定した。図2は $C=1200, 1580, 2000(\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s})$ としたときの結果をエネルギー変換率を計算した結果を実験値と比較した結果を示す。図より、C は $1580(\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s})$ 程度であることがわかる。さらに C の範囲を狭め、 $C=1570, 1580, 1590(\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s})$ の 3 つについて比較した。その結果でも $C=1580(\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s})$ が最適であったので、 $C=1580(\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s})$ と同定した。

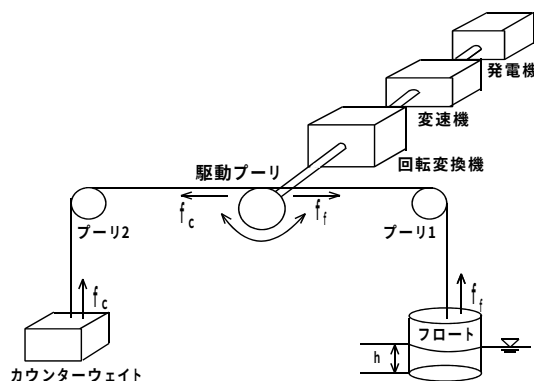


図1 つるべ式構成の概略図

表1 実験時の装置諸元

フロート	比重 ρ (kg/m^3)	745.7
	高さ H_f (m)	0.7
	直径 D_f (m)	2
	喫水率	0.5714
	質量 M_f (kg)	1680
カウンタウェイト	質量 M_c (kg)	150
駆動プーリ	半径 R_m (m)	0.18
ギア	ギア比 G	41.36

表2 波浪条件とフロートが行う仕事率(実験結果)

実験番号	波高 H (m)	周期 T (秒)	平均仕事率 ($\int F \cdot Z \cdot \dot{dt} / T$) (W)
1	0.27	4.0	80.5
2	0.24	3.5	59.4

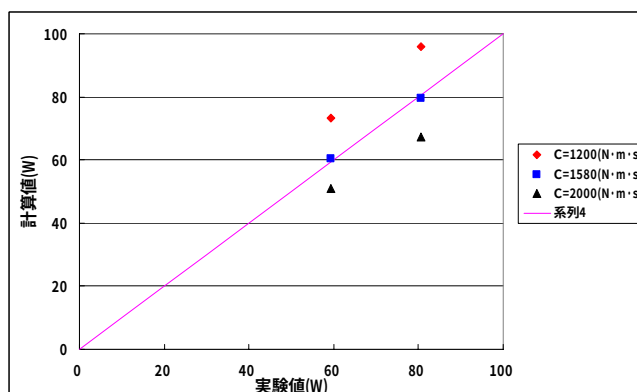


図2 フロートが行う仕事率の計算値と実験値

キーワード 波力エネルギー, 浮体式, エネルギー利得

連絡先 〒755-8611 宇部市常盤台 2 丁目 16-1 山口大学工学部社会建設工学科 tel0836-85-9317

4. 仕事率の時系列の比較

表2の実験番号1および実験番号2に対する仕事率の実験値と計算値の時系列を図3および図4に示す。これらの図より、仕事率の計算値と実験値の時系列が良好に一致していることがわかる。このシステムでは、エネルギー利得は（波高）²/周期にほぼ比例するが、両図の仕事率の最大値の大小関係はこのことを支持していると考えてよい。

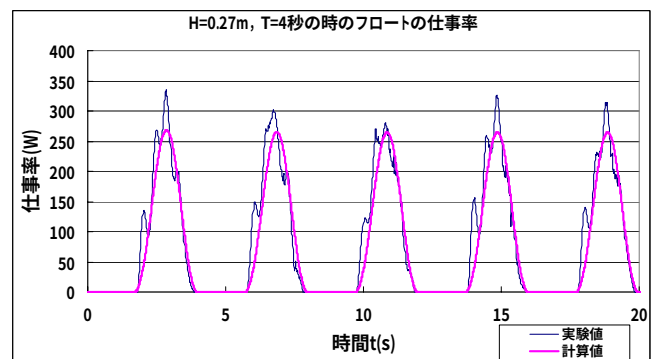
5. 発生電力の評価

次に、実機を想定してエネルギー利得の評価を行った。発電機の諸元として誘導発電係数 $k_e=0.135(\text{V}/(\text{rpm}))$ 、トルク係数 $k_t=1.2838(\text{Nm}/\text{A})$ 、内部抵抗 $r=0.26(\Omega)$ のものを仮定した。また、装置の動力変換系の諸元を表3のように仮定した。これに対して種々の周期と波高の組で発生する発生電力の平均値 (kW) を見積もった結果を図4に示す。条件によってはフロートが水面から宙吊り状態が生じた。その状態では、ワイヤ張力等に急激な変動があり装置の安全な稼動を考えた場合好ましくないため、この条件の結果は図では削除した。

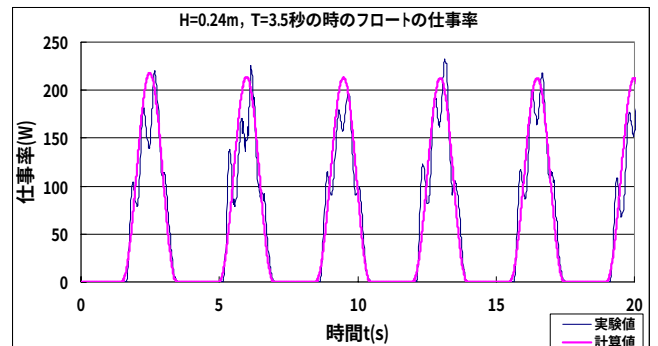
図4より、同一の波高で周期が異なる場合の平均発生電力を比較すると、周期4秒の場合には、3秒や5秒の場合に比べて高い値となっている。これは周期4秒がシステムの固有周期であることを示す。そして、波の周期が固有周期4秒から離れるにつれて発生電力が低くなっている。また、水槽実験で使用した装置と計算で仮定した装置の結果を比べると、計算で仮定した装置の方が大きな電力を発生し、高い波高までフロートが宙吊りを起こすことなく正常に稼動する。

6. 結語

以上、フロート・カウンタウェイトを用いた波力エネルギー変換装置のエネルギー変換に関する水槽実験の結果を述べ、機械力学モデルの再現を試みた。その結果、フロートのローリングが生じない状態では良好な一致をみた。また、同一直径で重量の異なるフロートを用いた場合の計算を行ない、フロート重量の重要性を示した。今後は、遊水室内での稼動の実験を行ない、広い周期の範囲でフロートがローリングしない状態でエネルギー変換を測定し、検証する予定である。



(a) 実験条件1



(b) 実験条件2

図3 仕事率の時系列

表3 装置諸元（動力変換系）

フロート	比重 ρ (kg/m^3)	900
	高さ H_f (m)	3
	直径 D_f (m)	2
	喫水率	0.6
カウンタウェイト	質量 M_c (kg)	8482
駆動プーリ	質量 M_g (kg)	2686
ギア比	半径 R_m (m)	0.4
	ギア比 G	30

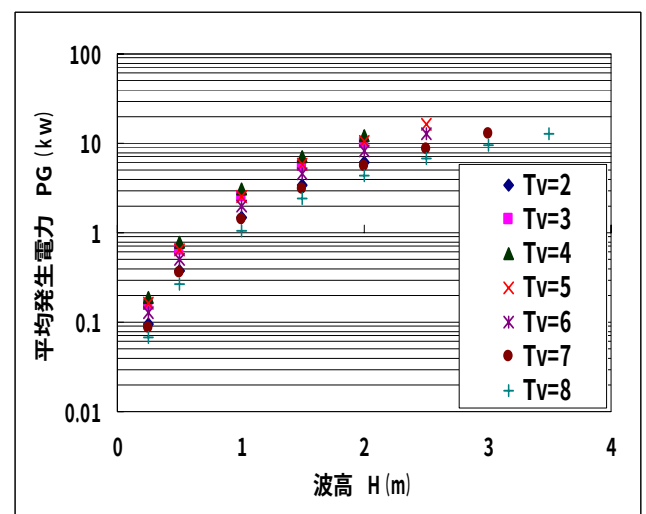


図4 発生電力と波高の関係