反射壁の有無による振り子式波力発電装置の回転特性に関する一考察

名古屋大学工学部	学生会員	○佐藤晴高
名古屋大学大学院工学研究科	正会員	趙 容桓
名古屋大学大学院工学研究科	正会員	中村友昭
名古屋大学大学院工学研究科	フェロー	水谷法美

1. はじめに

海洋エネルギーを利用した波力発電は有用であるものの、日本近海では波エネルギーが欧米に比べて相対 的に小さいため、発電装置の高効率化が要求される.そこで2020年2月には平塚市平塚新港防波堤前面に、 防波堤からの反射波を活用した上部固定式波力発電装置が設置され、1年間の海域実証試験が行われている. 堤防や防波堤等の海岸構造物の活用は、設置とメンテナンスのコストの削減や入反射波の利用による発電効 率の向上効果が期待できる.ただし、発電装置背後の構造物の有無による発電装置の回転特性については、 線形理論に基づいた理論解析にとどまっており、水理実験による検討事例は少ない.本研究では、海岸構造 物を想定した反射壁の有無による逆三角型振り子式波力発電装置の回転特性を検討する水理模型実験を実施 する.

2. 水理模型実験の概要

水理模型実験は、名古屋大学所有の片面ガラス張り二次元造波水路に、 図-1に示すアクリル製の逆三角型振り子模型(高さ40 cm,幅 68 cm,上 部の厚み 15 cm)を用いて図-2 のように、反射壁がない場合とある場合

(図-2)の実験を行った.振り子模型の上部には、ジャイロセンサー (WitMotion 製:WT901BLECL、サンプリング周波数:50 Hz)を取り付 けて波による振り子の回転角度(deg.)を計測した.入射波は、波高 H=0.09 m、周期 T = 1.8, 2.4, 3.0, 3.2 sの規則波を造波させた.反射壁がある 場合については、図-2 に示す反射壁からの振り子の設置位置の距離 D を 変化させ、それぞれ 10 (T = 1.8 s)、14 (T = 2.4 s)、16 (T = 3.0, 3.2 s) パ ターンの計 46 ケースの実験を行った.水深 h は 0.425 m である.回転角 度 θ は定常状態になった際の 20 周期平均を採用した.



図-1 振り子模型の様子

3. 実験結果および考察

反射壁がある際の振り子の定常時の回転角度 θ (deg.) と振り子と反射壁の間の距離 D を波長 L で無次元 化した D/L の関係を図-3 に示す. 同図より, 各周期において回転角度は, 定常波の節の位置である $D/L \approx 0.25$,



図-2 水理模型実験の概略図

0.75 付近で2つのピークが現れることや腹の位置である $D/L \approx 0.5, 1.0$ 付近で最小となることが確認できる.反射 壁がある場合,壁面全面で入射波と反射波により定常波 が形成され,水平方向流速が最大となる定常波の節の位 置 (D/L=0.25, 0.75)で振り子の回転運動が最大,水平方 向流速が0となる腹の位置 (D/L = 0.5, 1.0)で最小とな ると知られており,理論と合致すると考えられる.ただ し,周期によって回転角度が最大となるD/L は節の位置 からずれる傾向が確認できる.例えば,T=1.8 sの場合, D/L = 0.4で回転角度が最大となる.

一方,回転角度が極小となる D/L≈0.5 で理論に合致す る理由は,振り子の回転によって形成される波が振り子 周辺の波浪場に影響を及ぼしており,比較的に回転角が 小さい D/L≈0.5 では,振り子によって形成される波が少 なかったためであると考えられる.また,振り子により 造波される波が壁からの反射波として再度振り子に作 用する位相と振り子の回転位相が合致する D/L で振り子 の回転が最大となり,その D/L は入射波周期によって異 なると推測される.なお,使用した振り子の形状は逆三 角形型であるため,鉛直方向から少し傾いた状態で水平 方向の波力を最大限受けられること,振り子の回転角度 が定常波の節方向より腹方向で大きくなることから,振 り子の形状による振り子の回転特性も最大となる D/L に 影響を及ぼしたと判断される.

続いて、反射壁のない場合の回転角度のと反射壁を設置した場合の回転角度の比を図-4 に示す. *T*=1.8, 3.0, 3.2 s ではいずれも最大で 1.5 から 1.75 倍まで増加しており、*T*=2.4 s においては最大 2.25 と著しく大きくなっている. 一方, 表-1 に示すように、反射壁がないケースでは、振り子の固有周期に近い*T*=3.2 s で回転角度が最大である.回転角の増加率が*T*=2.4 s で最大となる原因は、本実験条件において入射波周期が長くなると比較的浅



図-3 D/L による回転角度 θ の変化



図-4 D/L による回転角度の増減率

表-1 反射壁がない場合の回転角度

周期 T (s)	回転角度 $ heta_0$ (deg.)
1.8	29.51
2.4	39.18
3.0	51.60
3.2	60.30

い設置水深によって波の非線形性が大きくなる傾向や壁なしの T = 3.2 s の回転角が 60° 程度であることか ら、回転角は大きくなったものの、相対的に増加率は小さくなったと考えられる.

4. おわりに

反射壁の有無による振り子の回転特性を検討する水理模型実験を実施した.その結果,入射波周期ごとに 回転角が最大値をとる D/L が異なることが判明した.また,壁の有無による回転角の増加率は,定常波が形 成される D/L=0.25 付近で最大 2.25 倍となった.振り子の回転によって形成される波の影響が理論値と実験 値の差を生み出している可能性があるため,振り子周りの波動場のさらなる検討が必要であることが判明し た. 今後は,振り子の回転特性をもとに発電効率の評価を実施する予定である.

参考文献: [1]森本陽介・水谷法美(2013):下部ヒンジ型波力発電装置の開発とその性能評価,土木学会論 文集 B3(海洋開発), Vol. 69, No. 2, pp. I_132-I_137.

11-09