

25. 振動水柱型発電装置モデルに対する 波浪の透過と反射の特徴

猿渡 亜由未^{1*}・大野 紘史²・竹下 勝利³

¹北海道大学大学院工学研究院（〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目）

²北海道大学大学院工学院（〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目）

³北海道大学工学部環境社会工学科（〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目）

* E-mail: saruwata@eng.hokudai.ac.jp

本研究のゴールは沖合の高エネルギーの波浪を利用する事が可能で、暴波浪に対する耐久性が高くことで知られている振動水柱型波力発電装置に対し不規則波浪が作用した場合の透過波、反射波の波浪スペクトルの変化の予測モデルを構築する事である。本稿ではその基礎研究として行った単純化された振動水柱モデルに入射する波浪の変形について、二次元造波水槽内において水理実験を行った結果について報告する。本実験により不規則波の透過、反射率並びにエネルギー吸収散逸率は入射波と装置模型の条件によって変化する事を確認した。また条件によっては透過波、反射波のスペクトルのピーク周波数は入射波の者と必ずしも一致せず、それぞれ低周波数、高周波数側に移動し得る事が明らかとなった。

Key Words : wave deformation, oscillating water column, wave spectrum, wave energy

1. はじめに

再生可能エネルギーに注目が集まる今、各国で波浪エネルギー発電の実用化に向けた研究が活発に行われている。波力発電装置を実海域に設置する場合、装置へのエネルギーの吸収や波の反射等により波浪場は変化し周囲の地形や生物環境に影響を与える為、装置設置後の周辺波浪予測は事業の環境影響評価の為に必要不可欠である。また複数の発電装置を連結して波力発電ファームとして装置の運用を行う際にも装置の最適な配置を決定する為に周辺の波浪場の変化予測を行う必要がある。例えば Diaconu and Rusu¹⁾は発電デバイスを単純な障害物として仮定する事により波力発電装置 Wave Dragon を実海域に設置した際の波浪場の変化を予測し環境影響評価を行っているが、装置設置後の波浪場を正しく予測する為には装置周辺の波浪スペクトルの変形を適切に評価する必要がある。

著者らはこれまで暴波浪の来襲頻度の高い日本沿岸においてその高い耐久性能から設置が向いていると言われている振動水柱（Oscillating Water Column, OWC）型波力発電装置に作用する波浪の変形の特徴について水理実験

によって調査してきたが、本稿ではその成果をまとめ報告する。

2. 実験条件

全長 27 m, 幅 60 cm の二次元水槽内の無勾配部分の中央に発電装置模型を設置し、水路端から不規則波浪を入射させた時の装置に対する反射、透過波の波浪スペクトルの変化を調べた。基本となる発電装置模型は縮尺 1/50 の浮体式 OWC 型を想定しているが、本研究では装置と波浪の相互作用に関する基本的な特徴を調べる為に、浮体装置の係留、発電機構、三次元性などの影響を無視して単純化した二次元浮体式 OWC 装置モデルとしている。また比較対象として装置模型の代わりに厚さ 5 mm の単純鉛直壁を模型と同位置に挿入した場合と、OWC 模型上部のスリットを閉じ水柱の振動を抑制した場合についても同様に実験を行った。入射波浪は全て JONSWAP 型波浪スペクトルに従い、有義波高を 3.3–6.0 cm, 有義波周期を 0.6–1.2 sec, 模型の喫水を 5.0–10.0 cm の範囲で変化させた条件下で実験を行った。

3. 実験結果

装置に波が作用すると波エネルギーの一部が装置内の空気流のエネルギーに転換されると共に、装置周辺における渦や乱れの生成に伴いエネルギーが散逸する。本研究ではこれらの効果による装置模型による波エネルギーの吸収散逸率 E_{ds} を波の透過率 K_t と反射率 K_r から次式の様に定義し、種々の条件による変化を調べた。

$$E_{ds} = 1 - K_t^2 - K_r^2$$

OWC 模型による波の吸収散逸率はある周波数 ω_E に吸収のピークを有するような形状となり、装置の喫水を深くしていくにつれピーク吸収周波数は低周波数側に遷移していく事を確認した (図-1)。一方遮蔽板に波を作用させた場合は OWC 模型の場合の様な明確な吸収率のピークは確認できなかった。また OWC 模型の上部スリットを閉じた場合、装置内の空気は殆ど圧縮膨張せず水柱の振動は大幅に抑制される為、装置模型全体としてはほぼ矩形の浮体構造物と同様の影響を波浪場にもたらすこととなる。この場合波浪から空気流へのエネルギーの転換が無視できる為、装置による吸収散逸率は 20% 以下の低い値に留まった。

装置模型上部のスリットの有無による波の透過率、反射率の違いを比較する事により、振動水柱装置によるエネルギーロスの影響が装置前後の透過波や反射波にどのように反映されるかを調べた。透過率は概ね ω_E より高周波の成分はスリットのある通常の OWC のケースで若干の透過率の減少が見られると共に、 ω_E より低周波数の波浪については水柱振動の影響により最大 10% 程度の透過率の増大が確認された。一方反射率の方には顕著な反射波の低減として影響が表れた。OWC 模型のスリットを閉じたケースに比べ通常の装置模型の場合広い周波数帯で顕著に反射率が減少しており、 ω_E よりも小さい周波数で反射率が極小となるような分布に変化した。

スリット無の装置模型に対する反射波、透過波スペクトルは入射波スペクトルを単純に減衰させた形状となっ

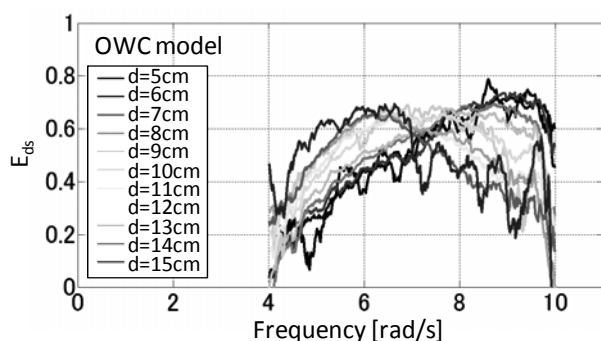


図-1 OWC装置模型による波エネルギー吸収散逸率の喫水による変化。

ていた一方、スリット有の装置模型の波浪スペクトルは入射、反射、透過波でピーク周波数が異なる形状へと変化した。即ち入射波のピーク周波数が ω_E よりも大きい場合、波はほとんど装置背後まで透過せず、装置により吸収散逸されなかった波エネルギーは殆ど反射波となった。このとき装置を透過するのは周波数が ω_E 程度以下の成分のみである為、透過波スペクトルのピークは入射波よりも小さくなる。一方入射波のピーク周波数が ω_E よりも小さくなると、装置により吸収散逸されなかった波の大部分は装置背後へと透過する。このときの反射波スペクトルは小さくなると同時に形状はなだらかなものへと遷移した。

4. まとめ

OWC 装置モデルに不規則波浪が作用した際の波浪スペクトルの変化の特徴について二次元水槽内で行う水理実験により調査した。装置による波浪エネルギーの最大吸収散逸率を与える周波数 ω_E は装置の喫水によって変化した。また ω_E と入射波のピーク周波数との関係により透過、反射波スペクトルの形状の特徴が決定されていた。

参考文献

- 1) Diaconu, S. and Rusu, E.: The Environmental Impact of a Wave Dragon Array Operating in the Black Sea, The Scientific World Journal, Vol. 2013, pp. 1-20, 2013.
- 2) 猿渡亜由未, 大野紘史: オフショア振動水柱装置による波浪スペクトル変化の特性評価, 土木学会論文集 B3, 2015, 印刷中.

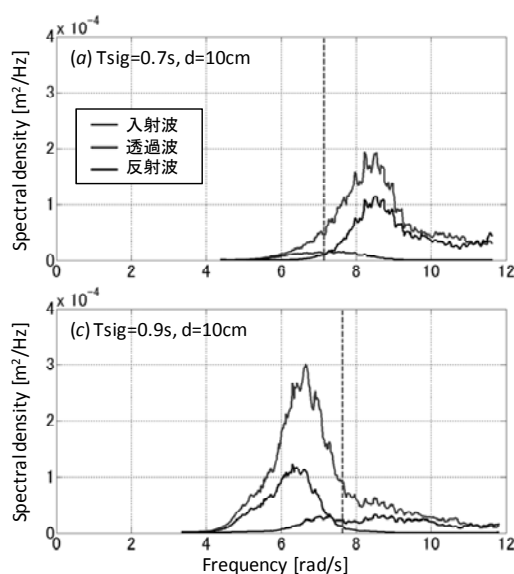


図-2 OWC装置模型に対する入射、透過、反射波スペクトル。破線は ω_E を表す。