

OWC 波力発電ブイのエネルギー吸収性能に関する基礎的研究 (その 3)

学生会員○笹原 裕太郎 (東京海洋大学) 正会員 増田 光弘 (東京海洋大学)
学生会員 茨木 信 (東京海洋大学) 正会員 南 清和 (東京海洋大学)

要旨

本研究では、沿岸地域における津波防災のための OWC 型波力発電装置搭載の津波観測ブイの開発を目的としている。前報では、OWC 型ブイ模型全体の波浪エネルギー吸収性能を検討するための固定実験の実施により、空気室位置および浮体形状の違いが一次変換効率に与える影響についての確認を行った。本報では、現在想定している 8 個の空気室に対して 1 つの発電タービンを搭載した際に生じる各空気室間における応答の位相差が本ブイ全体の一次変換効率に与える影響を明らかにすることを目的とした。

キーワード：海洋工学、津波防災、津波観測ブイ、OWC 型波力発電装置、一次変換効率

1. 緒言

南海トラフ沖巨大地震による津波の発生に備えて各地で防災・減災対策が行われている。沿岸および港湾地域においては船舶の乗り揚げ、漂流、座礁および衝突の予防のために、高精度な津波情報を迅速に船長および港湾関係者に伝達する必要がある。そこで、著者らは南海トラフ沖へ設置するための振動水柱 (Oscillating Water Column: OWC) 型波力発電装置を搭載した津波観測ブイの開発を行っている。

著者らは前報⁽¹⁾において、波エネルギー吸収構造の異なる 2 種類の OWC 型ブイ模型による固定式実験により、浮体全体の一次変換効率を明らかにした。しかしながら、その算出過程においては各空気室間での応答の位相差を考慮していない。本研究ではブイ本体の円周上に配置されている 8 個の空気室に対してタービンは 1 つと想定している。そのため、各空気室間で応答に位相差がある場合、各空気室からの位相差を含む往復空気流が干渉し合うことでエネルギー吸収性能が低下する恐れがある。

そこで本報では、浮体全体のエネルギー吸収量の算出過程に各空気室間における応答の位相差を考慮した算定式を用いて、より詳細な一次変換性能を明らかにすることを目的とする。

2. 模型実験

本実験は東京海洋大学所有の船舶運航性能試験水槽にて実施した。本水槽は長さ 50m、幅 5.0m、水深 2.0m で、造波方式はフラップ式である。

供試模型を Fig. 1 に示す。これまでの研究と同様に底面開放型を Type 1、側面開放型を Type 2 と表記する。また、発電機負荷を模擬するノズル面積は空気室水線面積の 1/100 (以下、N100)、1/200 (以下、N200) の 2 種類である。振動水柱の固有周期は、Type 1 が 0.87 s、Type 2 が 0.75 s である。本実験では供試模型は治具により運動を拘束し、完全固定状態としている。計測項目は、浮体への入射波、透過波および各空気室内部の水面変動および圧力変動である。入射波条件は、波高 0.05m、周期 0.6~2.6 s の規則波とし、0.6 s、0.7 s、0.8 s 以降は 0.2 s 刻みとする。

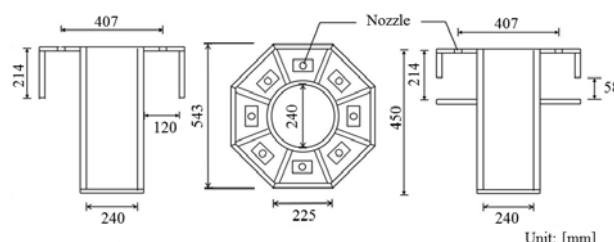


Fig. 1 Experimental model of Type 1 and Type 2

3. 結果および考察

浮体全体の一次変換効率 E は、空気室内の水面が空気に対してなした仕事率で定義される浮体全体の単位時間当たりの波パワー吸収量 E_e と入射波の仕事率 E_i との比から算出する⁽²⁾。 E_i は微小振幅波理論より式(1)のように表される。

$$E_i = \frac{1}{2} \rho g \xi_a^2 C_g B \quad (1)$$

ここで ρ 、 g 、 ζ_a 、 C_g 、 B はそれぞれ水密度、重力加速度、入射波振幅、郡速度および浮体全幅である。一方、式(2)に示す従来の E_e の算定式では、各空気室の仕事率の総和について水面の上下を区別しておらず各空気室間の応答の位相差が考慮されていない。

$$E_e = \frac{A_w}{T} \sum_{i=1}^8 \left[\int_0^T P_i(t) \frac{\partial \eta_i(t)}{\partial t} dt \right] \quad (2)$$

ここで、 A_w は空気室水線面積、 $P_i(t)$ および $\eta_i(t)$ はそれぞれ空気室番号 i 内の圧力および水位を表す。本研究では、空気室内部でなされる仕事率について水面を上げる仕事と下げる仕事を便宜的に正負で区別することで、各空気室間の往復空気流の方向および位相差を考慮した算定式として式(3)を提案する。

$$E_e = \frac{A_w}{T} \sum_{i=1}^8 \left[\int_0^T |P_i(t)| \frac{\partial \eta_i(t)}{\partial t} dt \right] \quad (3)$$

式(3)では定積分内の圧力について絶対値を取ることにより空気流の方向を与える。各空気室での仕事率は空気の流出時は正となり、流入時は負となる。

一次変換効率の算定について従来手法による算定結果と式(2)による位相差を考慮した場合の算定結果を以下に示す。Fig. 2 および Fig. 3 に Type 1 および Type 2 における波長・浮体全長比 λ/L に対する一次変換効率をそれぞれ示す。Fig. 2 より Type 1 は位相差を考慮することで、振動水柱の固有周期付近において約 10% 程度一次変換効率が低下していることが確認できる。底面開放型の Type 1 は無指向性が強く短周期側でも空気室間での位相差が大きくなりたいため、算定結果に大きな違いは現れていない。一方で、Fig. 3 に示す Type 2 の一次変換効率は固有周期付近で N 100 が約 30% 程度低下、N200 が約 60% 程度低下していることが確認できる。この原因として、底板によって入射波の伝搬が阻害されるため位相差が大きくなりやすいためであると考えられる。Fig. 2 および Fig. 3 を比較すると位相差の影響は Type 1 より Type 2 の方が大きいものの、一次変換効率の最大値およびピーク範囲では Type 2 の方が高性能といえる。位相差が大きい場合は空気流の干渉で発電性能が不安定になる恐れがあるため、位相差を小さくする、もしくは固有周期を長周期に設定できるような空気室形状の改良が必要と考えられる。また本研究では、固定式を対象としている。今後は係留状態での浮体動揺が各空気室間の応答の位相差にどのように影響を及ぼすのかを検討する必要がある。

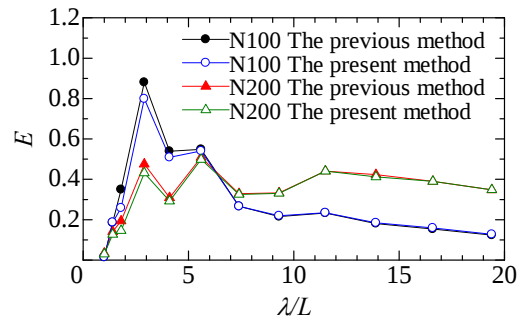


Fig. 2 Primary conversion efficiency in a Type 1

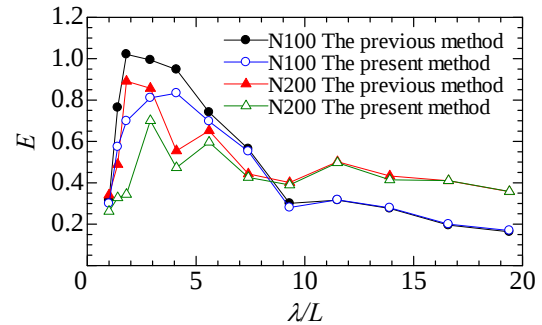


Fig. 3 Primary conversion efficiency in a Type 2

5. 結言

本研究では各空気室間の応答位相差を考慮することで本ブイのより詳細な性能を明らかにした。その結果底板の有無の影響により Type 1 よりも Type 2 の方が位相差の影響が強く出ることが明らかになった。特に振動水柱の固有周期付近での影響が強いため、位相差を小さくする、もしくは固有周期を長周期側へシフトするための構造的な改良が課題である。また、本報では固定状態での検討であるため、係留実験により浮体挙動の影響を検討する必要がある。

6. 謝辞

本研究は国立研究開発法人海洋開発研究機構との共同研究により行われたことを付記します。また本研究を行うにあたり、協力して頂いた久安隆仁氏（東京海洋大学大学院生）に心より感謝いたします。

7. 参考文献

- (1) 増田光弘・茨木信・笹原裕太郎・南清和：OWC 波力発電装置ブイのエネルギー吸収性能に関する基礎的研究(その 2)、日本航海学会講演会予稿集、Vol. 2、No. 2、pp. 122-125、2014. 9.
- (2) 小島朗史・合田良実・鈴村諭司：波力発電ケーソンの空気出力効率の解析 一波エネルギーに関する研究 第 1 報一、港湾技術研究所報告、Vol. 2、No. 3、pp. 125-158、1983. 9.