

消波ケーソンを利用した OWC 型波力発電装置の実現可能性に関する研究

The feasibility of practical application of a double wave absorbing caisson to a wave energy converter

○高嶋まどか¹, 居駒知樹², 増田光一², 恵藤浩朗², 木原一禎³, 前田久明²*Madoka Takahatake¹, Tomoki Ikoma², Koiti Masuda², Hiroaki Eto², Kazuyoshi Kihara³, Hisaaki Maeda²

Abstract: Projecting walls (PW) particularly raise power take-off (PTO) of wave energy converters (WEC) of an oscillating water column (OWC) type. Although double wave absorbing caissons installed along coasts absorb ocean waves by transforming the waves into the flow of water, their sections seem to be PW-OWC type WECs. If the caissons were converted into PW-OWC type WECs, low cost WECs would be substantialized. The objective of this study is to clarify the performance of absorbing wave power when the caisson is converted into the PW-OWC type WEC. The study conducted model tests with 1/20 scale model in regular waves in a wave channel.

1. 緒言

波力発電装置の一つに、振動水柱 (Oscillating Water Column : OWC) 型波力発電装置 (Wave Energy Converter : WEC) がある。この装置は、入射波により、空気室上部に発生した空気流でタービンを回し発電する。発電コストの削減や、地域の活性化に繋がるとして、防波堤付きの OWC 型波力発電装置の研究が進められている。さらに、既存の防波堤の構造を利用し、防波堤そのものを OWC 型 WEC として扱うことが検討されている。本研究では、水槽実験により有孔消波ケーソンの PTO (Power Take Off : PTO) 性能を確認した。

2. 水槽実験

2. 1 実験概要

実験は日本大学理工学部船橋校舎、テクノスペース 15 の海洋建築水槽実験室二次元水槽で実施した。水槽規模は、幅 0.6m、長さ 30m、実験水深は、開口部の高さに合わせて 0.215m に設定した。波周期は 1.0~2.5 秒 (実海域: 4 秒~11 秒) の規則波とした、入射波波高は 0.02m とした。実験模型は実機消波ケーソン 2 基分の 1/20 スケールを使用した。模型の概要は、Figure1, Figure2 に示す。実験模型の背面には、タービンによる空気室負荷を模擬するための孔が空いている。実験を行う際、模型と水槽の隙間は板で塞ぎ、模型の後方に波が侵入しないよう設置した。水線面積との比であるノズル比は、1/100, 1/200, 1/300 とした。計測項目は入射波波高、PW 部水面変動、OWC 部水面変動、OWC 部圧力変動とした。OWC 部内部水面変動と OWC 部圧力変動を用いて一次変換係数を算出した。

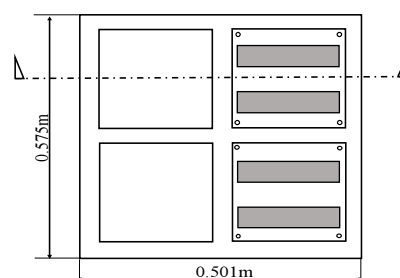


Figure1. Horizontal plan of model

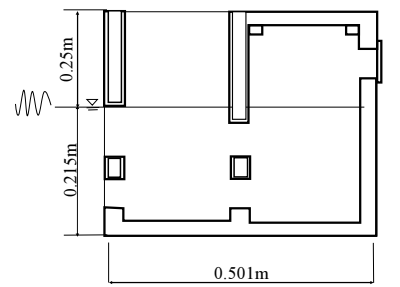


Figure2. Section plan of model

3. 一次変換係数

入射波パワー P_I は次式で与えられる。

$$P_I = \frac{\rho g^2 a^2}{8\pi} \left(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right) (\tanh kh) TB \quad (1)$$

海水密度 ρ , 入射波振幅 a , OWC 装置の全幅 B , 水深 h , 波数 k , 波周期 T , 重力加速度 g である。

波パワー吸収量 P_A は次式で与えられる。

$$P_A = A_w \cdot \text{Re} \left[\frac{1}{4} \left\{ p(-i\omega\eta)^* + p^*(-i\omega\eta) \right\} \right] \quad (2)$$

水線面積 A_w , 平均内部水面変動量 η , 空気室内部圧力 P , 波周波数 ω , 複素共役*, 虚数単位 i である。

結果として、一次変換係数 $E^{(1)}$ は次のように定義される。

$$E^{(1)} = \frac{P_A}{P_I} \quad (3)$$

1 : 日大理工・院・海建 Department of Oceanic Architecture and Engineering, CST., Nihon-U.

2 : 日大理工・教員・海建 Department of Oceanic Architecture and Engineering, CST., Nihon-U.

3 : 三菱重工エンジニアリング株式会社 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES STRUCTURES ENGINEERING CO.,LTD

4. 実験結果

模型一基分の内部水面変動を Figure3 に、内部圧力変動を Figure4 に、一次変換係数を Figure5 に示す。x 軸は実験周期 T [秒]である。

実験結果より、内部水面変動の値は 2 秒～2.4 秒の間で、1/100 の時に最も高い値を示した。1/100 が他のノズル比と比較して全体的に高い値を示した。内部圧力変動では、ノズル比が 1/300 の時に全体的に最も高い値を示した。一次変換係数については、OWC 型の特徴である、性能が特定の周期に依存する傾向が見られる。さらに、性能のピークが 1.2 秒 (実海域で約 5.4 秒) と 1.6 秒 (実海域で約 7.2 秒) に確認できたことから、一次変換のピークが PW-OWC 型と似た傾向を示し、実機の消波ケーソンの形状は PW-OWC 型として機能することが確認できた。また、内部圧力変動と内部水面変動の差が大きくなる 1/200 と 1/300 のときに実験周期 1.6 秒 (実海域で約 7.16 秒) で約 7 割の一次変換性能を示した。さらに、消波ケーソンが設置されている山形県酒田港の有義波周期が 7～9 秒なので対象海域での PTO 性能について期待できる。長周期帯での 2.2 秒以降は、性能が急激に下がったことから、対象の消波ケーソンは長周期帯での PTO 性能が期待できない。今回は、2 ユニットで 1 基としたケースでの実験を行ったが、実機はこのユニットが 40 基並んでいる。実験を行うことが難しいケースの性能評価や、ユニットごとの相互作用を理論計算を用いて確認する必要がある。

5. 結言

消波ケーソンの PTO 性能を確認する実験を行った結果、以下の知見を得た。

- 1) 一次変換係数は、ノズル比 1/200 で波周期が 1.6 秒で約 7 割の値を示した。
- 2) 消波ケーソンの形状は、PW-OWC 型としての PTO 性能が確認できた。
- 3) 有孔消波ケーソンは PW-OWC 型 WEC として有用である。

6. 謝辞

この成研究結果は独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務の成果として得られたものであることを付記する。

7. 参考文献

[1] 居駒知樹, 増田光一, 大森光, 大澤弘敬:「PW が OWC 型波エネルギー変換装置に与える効果に関する研究」, 沿岸域学会誌, vol.26, No.3, pp.27-39, 2013

[2] 田口裕之:「防波堤に設置された振動水柱型波力発電装置の一次変換係数に関する研究」, 日本大学修士論文、2013

[3] 大澤弘敬, 居駒知樹, 米野秀人, 宮崎剛, 増田光一: 多重共振型波エネルギー吸収機構に関する実験」, 日本船舶海洋工学会講演論文集, 第 4 号, pp47-50, 2007

[4] 大澤弘敬, 宮崎剛, 鷺尾幸久, 堀田平, 宮崎武晃: 波浪エネルギー利用技術の研究開発-沖合浮体式波浪装置「マイティーホエール」の開発-, JAMSTEC, 丸庄有限会社, 2004

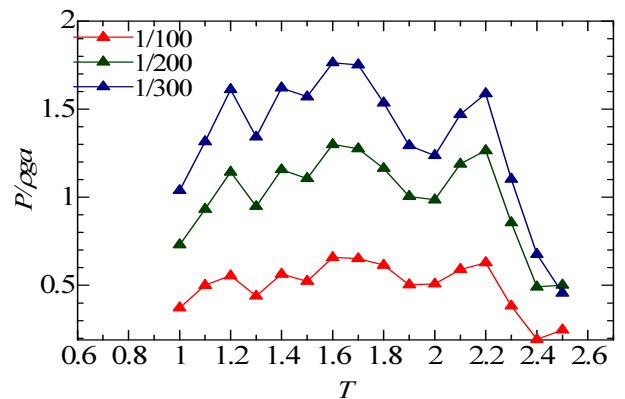


Figure3. Internal pressure variation

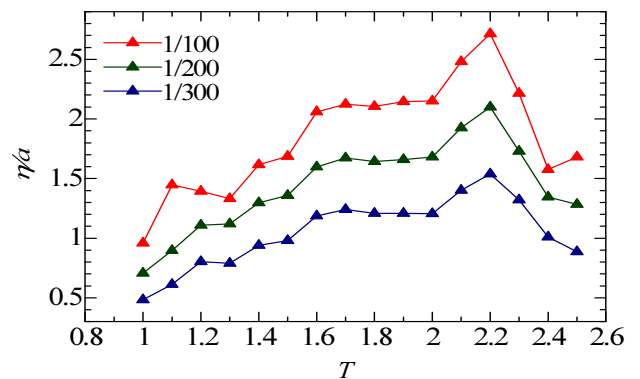


Figure4. Internal surface of the water change

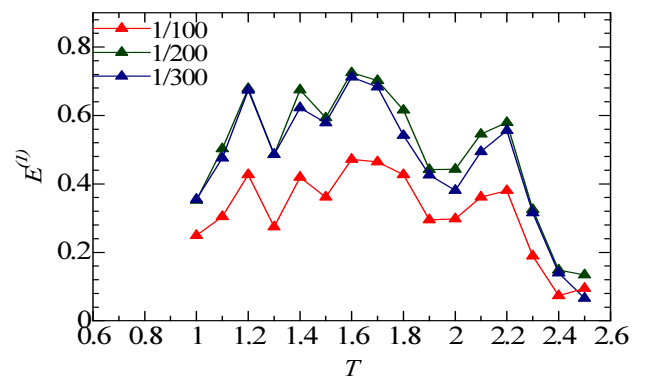


Figure5. Primary conversion factor