

大阪市立大学大学院工学研究科
神戸市役所
大阪市立大学大学院工学研究科
大阪市立大学大学院工学研究科
大阪市立大学大学院工学研究科
大阪市立大学大学院工学研究科

学会員 ○ 森本 真司
非会員 高田 浩太郎
正会員 重松 孝昌
非会員 加藤 健司
非会員 脇本 辰郎
非会員 吉岡 真弥

1. 研究背景・目的

既往の波力発電システムは、海洋に大規模な発電システムを構築するものや、浮体構造物として海面を占有するものが多い。海域利用の活発な日本では、航行の安全性や漁場の確保等の観点から、実用化には厳しい制限がある。また、海洋から陸地への送電コストや維持管理の困難さなどもあり、課題が少なくない。

これらの課題を克服するひとつの方策として、著者ら¹⁾は、港湾で広く利用されている縦スリット式直立消波工(図-1)の遊水室内に、発電機構として水車を設置するシステムを提案している。防波堤内部に発電機構を組み込むことで、新たな洋上の障害物とならない、送電コストが安価であるなどの利点が挙げられる。

縦スリット式直立消波工は、周期依存性が強いいため、設置海域ごとに適した構造諸元を求めたうえで設計・施工が成される。このような直立消波工の遊水室内に発電用水車を設置するためには、あらかじめその設置が消波機能に及ぼす影響を検討しておく必要がある。

縦スリット式直立消波工の消波特性については、これまでも数多くの研究されており(例えば、角野ら²⁾)、反射率を理論的に求めることができる。そこで、本研究では、消波工の遊水室内に水車を設置した場合の水理実験を行い、消波工に対する反射率の理論値と実験値を比較することによって、水車を設置した際の消波機能に及ぼす影響を検討することを目的とする。

2. 実験概要

実験は、図-3に示すような長さ20m、幅0.5m、高さ0.6mの二次元造波水槽を用いて、水深 h を0.4mと一定として行った。造波板から約14m離れた位置に、不透過壁と角柱列から成る縦スリット直立消波工の模型を設置した。角柱列およびサボニウス水車(図-2)列の中心軸間距離が0.08mとなるようにして、サボニ

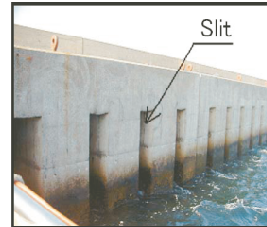


図-1 直立消波工

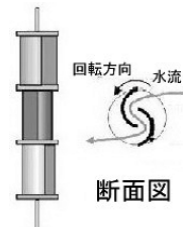


図-2 サボニウス水車

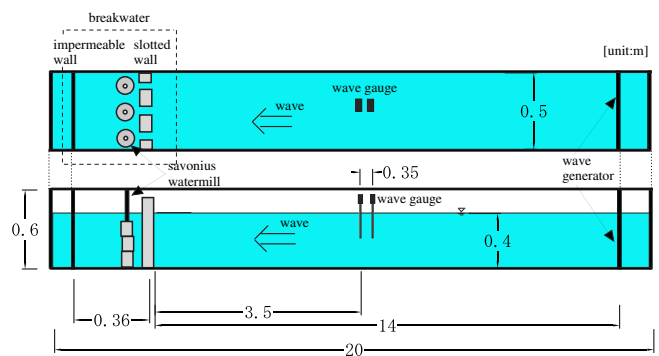


図-3 実験概要

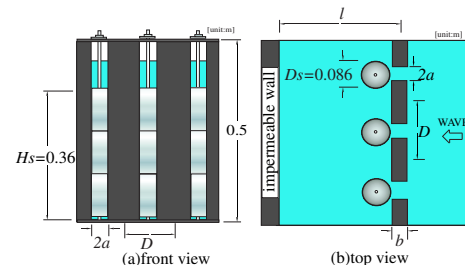


図-4 消波工模型の概要

ウス水車列を遊水室内に設置した。このとき、水車の径 D_s は0.086m、高さ H_s は0.036mとした。作用波は、波形勾配 $H/L = 0.01$ 、周期 $T = 0.9 \sim 2.2$ sの規則波とした。消波工模型から約4m離れた位置に容量式波高計(CHT6-100 KENEK社製)を2本設置し、合田ら⁴⁾の入・反射波分離法により反射率 Kr を求めた。消波工の諸元は、図-5(a)～(e)に示すとおりで、開口率 $2a/D$ 、遊水室幅 l 、角柱列の厚み b をそれぞれ変化させた。ここに、 $2a$ はスリット幅、 D は角柱列の中心軸間距離、 l は角柱列の中心軸から不透過壁までの距離(遊水室幅)である。

3. 実験結果

水車を無負荷で自由に回転可能な状態で設置した場合の反射率の実験結果を図-5に示す．同図によれば，元々，低反射が期待できる同図(d)の条件では水車を設置することによる反射率の変化はほとんど見られないが，それ以外の条件においてはすべての波浪・構造条件において縦スリット式直立消波工の理論値よりも反射率は低下することがわかる．縦スリット式直立消波工の消波機能は，スリット通過時に生じる渦によって波エネルギーが消散することによる．水車を遊水室内のスリット背後に設置することによって，この渦の生成に悪影響を及ぼすのではないかと懸念されるが，本実験条件の下では，波エネルギーの一層の消散に寄与することが明らかである．

また，遊水室内に水車を設置した際に K_r が最小値を示す l/L は，縦スリット式直立消波工のそれとほぼ同じである．前面壁に近接して水車列を設置しているために，縦スリット式直立消波工の周期依存性に大きな影響を及ぼさないのではないかと考えられる．

反射率の低下は，角柱列および水車の近傍に形成される渦によるエネルギー消散と，水車の回転エネルギーへの変換によってもたらされると考えられる．図-6は，サボニウス水車を無負荷で自由に回転できる状態で設置した場合と，負荷をかけて回転できない状態で設置した場合との実験結果の比較を示したものである．図中には，直径 0.09m，高さ 0.50m の円柱を設置した場合の実験結果も示している．まず，同図によれば，三者とも K_r が最小値を示す周期帯は，縦スリット式直立消波工のそれとほぼ同じであることがわかる．反射率 K_r に着目すれば，サボニウス水車を設置した場合の K_r は，円柱を設置した場合の K_r よりも大きく低下していることがわかる．このことから，円柱のような鈍い構造物を設置するよりも，サボニウス水車のような複雑な形状を有し回転できるような構造物を設置した方が K_r は低下することがわかる．また，水車の回転の有無にかかわらず，両者の反射率特性がほぼ同じであることから，水車を固定した場合の渦流によるエネルギー消散量と，水車が回転する場合の渦流によるエネルギー消散および水車の回転に要するエネルギーの総和は，ほぼ等しいと推察される．

本研究で行った実験条件の下では，求められる反射率よりも低い反射率となる周期帯は，従来の縦スリット式直立消波工よりも遊水室内に水車を設置する場合

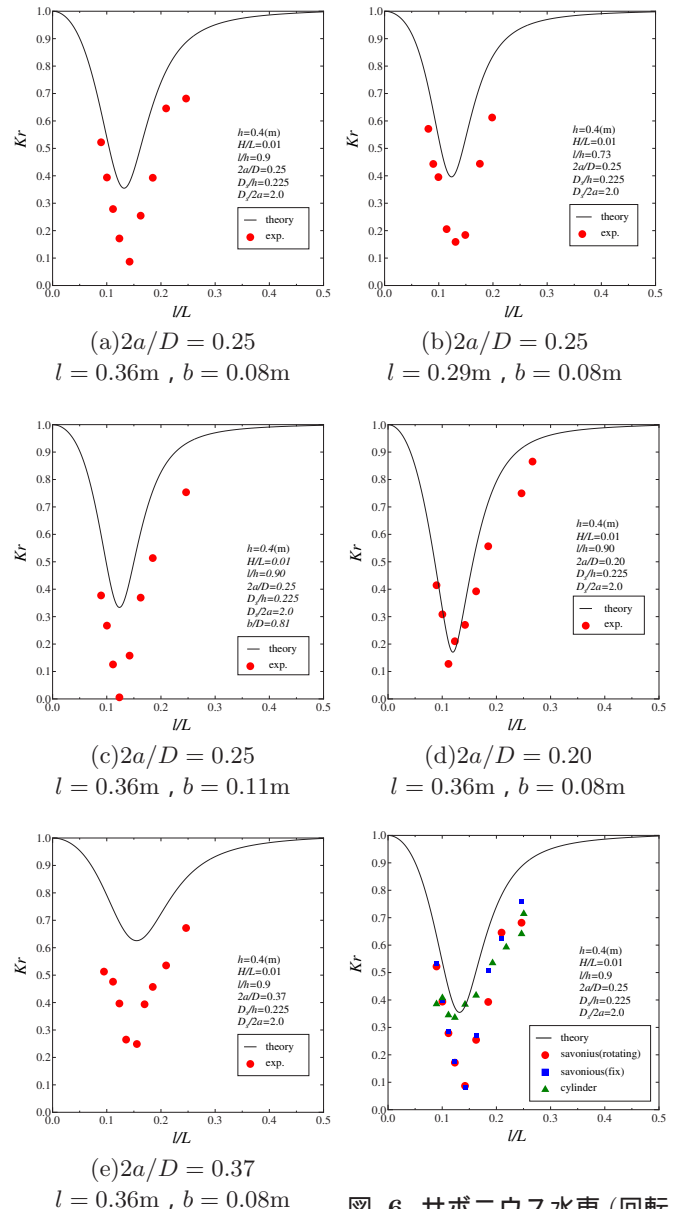


図-5 実験結果

図-6 サボニウス水車 (回転と固定) と円柱の K_r

の方が広範囲にわたることが明らかになった．特に，開口率が大きい場合に対しても反射率が低下することは，海域の静穏性の確保の観点からは有用な知見であると考えられる．

4. 結論

縦スリット式直立消波工の遊水室内にサボニウス水車を設置しても，消波機能や周期特性に影響を及ぼさず，構造・波浪条件によっては消波機能が向上することが確認された．

参考文献

- 1) 重松孝昌ら (2011): 縦スリット式直立消波工を利用した波力発電の試み，海岸工学論文集，第 67 巻，pp.1231-1235.
- 2) 角野昇八 (1987): 鉛直のスリットを有する海岸・海洋構造物の周辺波動場に関する研究，大阪市立大学学位論文，171p.
- 3) 合田良美ら (1976): 不規則波における入・反射波の分離推定法，港湾技術研究所資料，No.248.