

波力発電堤体の性能向上に関する実験的研究

大阪市立大学大学院工学研究科	学会員	植嶋	大地
大阪市立大学大学院工学研究科	学会員	森本	真司
大阪市立大学大学院工学研究科	正会員	重松	孝昌
大阪市立大学大学院工学研究科	非会員	加藤	健司
大阪市立大学大学院工学研究科	非会員	脇本	辰郎
大阪市立大学大学院工学研究科	非会員	吉岡	真弥

1. 研究背景・目的

波浪エネルギーを利用した発電システムの開発が期待されるなか、高田ら<sup>1)</sup>は不透過壁前面にサボニウス水車列を設置する波力発電堤体の開発を試みている。しかし、消波性能、エネルギー変換性能において更なる検討が必要であるのが実情である。谷本ら<sup>2)</sup>の直立消波ケーソンに関する研究によれば、遊水室内の浅水化は消波性能の向上に寄与することが明らかにされている。そこで、本研究では不透過壁前面にステップを設けて水車列を設置し、消波性能やエネルギー変換性能に及ぼすステップの影響について検討した。

2. 実験方法

実験は、長さ 20m、幅 0.5m、高さ 0.6m の二次元造波水槽(図-1)を用いて、水深  $h$  を 0.40m と一定にして行った。造波板より約 14m 離れた位置に、不透過壁とサボニウス水車列からなる波力発電堤体模型(図-2)を設置した。水車の径  $D_s$  は 0.072m で、水車間の水流がスムーズに流れるように隣接する水車が互いに逆回転するように設置した。模型から約 3.5m 沖側に容量式波高計を 2 本設置し、合田ら<sup>2)</sup>の入・反射波分離推定法を用いて入射波波高  $H$  および反射率  $K_r$  を求めた。作用波は周期  $T = 0.73 \sim 1.71s$ 、波形勾配  $H/L = 0.020$  の規則波とした。また、水車間の前面(沖側)、静水面下 0.08m の位置に、電磁流速計(アレック電子(株))を設置し(図-2 参照)、水車間の通過流速を計測した。水車軸の上端に取り付けた加速度計(SensorController, (株)ATR-Promotions)を用いて水車の回転速度  $\omega$  を 100Hz で測定し、トルク制御装置(Perma-Tork HC01-1, 日本創販(株)製)を用いて水車軸に負荷トルク  $T_q$  を作用させた。

まず、表-1 に示すように、ステップのみを有する場合、水車列のみを有する場合、ステップと水車列を有する場合の条件下で、不透過壁と水車設置位置の距離  $l$  を 0.40, 0.30, 0.20m として実験を行い、波力発

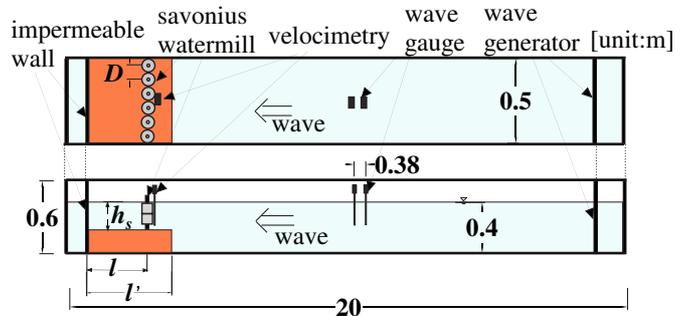


図-1 二次元造波水槽

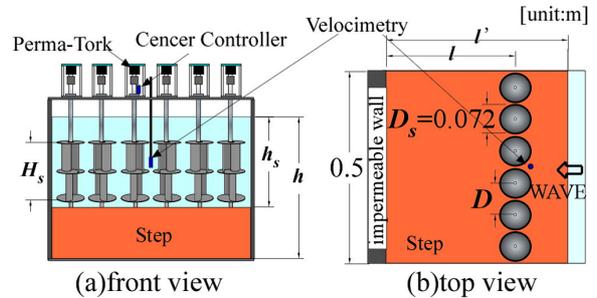


図-2 堤体模型の概要

表-1 実験条件

	case1	case2	case3
概要	ステップのみ	水車列のみ	ステップと水車列
$h_s/h$	0.58	1	0.58
$H_s$	-	0.32m	0.16m

電堤体の性能に及ぼすステップの影響について検討した。その際、水車軸間距離  $D$  を  $1.1D_s$  とし、ステップ長  $l'$  は  $l' = l + 0.04m$  とした。次に、 $l' = 0.44m$  と一定として、水車設置位置  $l/l'$  を 0.45, 0.68, 0.91 と変化させて実験を行い、水車設置位置が波力発電堤体の性能に及ぼす影響について検討した。

消波性能は反射率  $K_r$ 、エネルギー変換性能は水車 1 本に作用する波エネルギー  $D \cdot P_w$  ( $P_w = \rho g H^2 / 8$ ,  $\rho$ : 流体密度,  $g$ : 重力加速度) に対する水車の獲得動力  $P$  の比として求められる一次変換効率  $E$  で評価した。

3. 実験結果

図-3~図-5 は、ステップ長  $l'$  を  $l' = l + 0.04 = 0.24, 0.34, 0.44m$  と変化させた場合の、反射率  $K_r$

キーワード: 波力発電, 反射率, エネルギー変換効率, サボニウス水車

連絡先: 〒 558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本 3-3-138 Tel. & Fax. 06-6605-3078

および水車間通過水粒子速度  $V_{max}$  (ステップのみの場合には水車設置位置における計測値) を示したものである。図中の  $u_{max}$  は、水深  $h = 0.40\text{m}$  における微小振幅波理論から求められる最大速度振幅を表している。これらの図において、ステップのみを設置した場合である case1 を比較すると、概して反射率  $K_r$  は 0.6 以上と高い傾向にあることがわかる。水車列のみを設置した case2 を比較すると、いずれの図においても case1 よりは反射率が低いことがわかる。さらに、ステップ上に水車列を設けた case3 について比較すると、短周期帯においては case2 とほぼ同じ  $K_r$  となっているが、長周期帯においては大幅な  $K_r$  の低下傾向が見られ、ステップが長い程この傾向は顕著である。一方、case3 の  $V_{max}/u_{max}$  は、case2 のそれよりも大きい。すなわち、ステップ上に水車を設置することによって水車間通過流速が速くなりエネルギー散逸が大きくなって反射率が低下したと考えられる。また、 $\ell'$  が大きいほど、 $K_r$  の極小値は長周期側に出現する傾向があることもわかる。図-6、図-7 は、ステップ長を  $\ell' = 0.44\text{m}$  と一定にして負荷トルク  $T_q$  を与えたときの case2 および case3 ( $\ell/\ell' = 0.91$ ) の一次変換効率  $E$  を示している。これらの図より、case2 での  $E$  の極大値は 0.14 程度であるのに対し、case3 は 0.1 程度しかないことがわかる。これは、水車高さの減少に伴って水車が受ける流体力が減少したためと考えられる。

図-8 は、 $\ell' = 0.44\text{m}$  の条件下で、水車設置位置  $\ell/\ell'$  を 0.45, 0.68, 0.91 と変化させたときの反射率  $K_r$  と水車間の通過水粒子速度  $V_{max}$  の関係を示している。同図より、 $\ell/\ell'$  が大きくなるほど、すなわち、水車列の設置位置がステップの沖側になるほど、 $K_r$  の極小値が小さくなる傾向があることがわかる。図-9 は、 $\ell/\ell' = 0.45$  の場合の一次変換効率  $E$  を示している。図-7 の case2 ( $\ell/\ell' = 0.91$ ) の場合の結果と比較すると、 $\ell/\ell'$  が大きい方が  $E$  の極大値が大きくなる傾向があることがわかる。図-10 は、 $T_q$  を変化させたときの水車間流速  $V_{max}$  と水車の周速度  $r\omega$  ( $r = 0.5D_s$ ) の関係を示したものである。同図より、負荷トルク  $T_q$  を変化させても、 $r\omega$  と  $V_{max}$  の線形関係で表せ、その勾配はほぼ同じであることがわかる。

4. 結論

本研究では不透壁前面にステップを設けて水車列を設置し、消波性能や一次変換性能に及ぼすステップの影響を実験によって明らかにした。その結果、ス

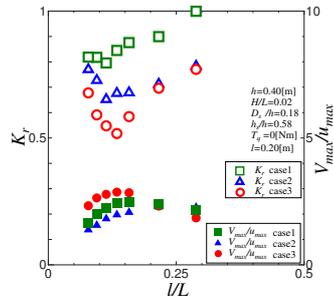


図-3  $K_r$  と  $V_{max}/u_{max}$  の関係

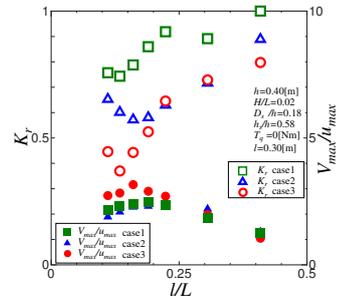


図-4  $K_r$  と  $V_{max}/u_{max}$  の関係

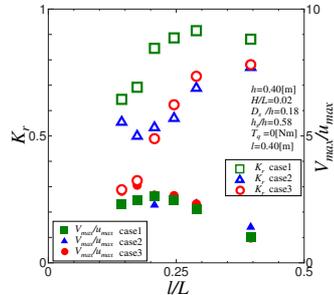


図-5  $K_r$  と  $V_{max}/u_{max}$  の関係

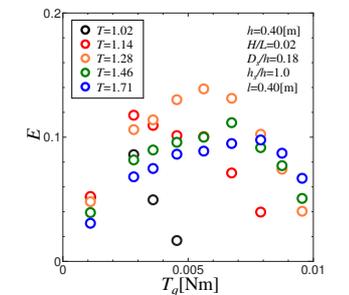


図-6  $E$ (水車列のみ)

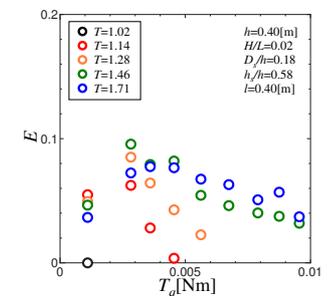


図-7  $E$ (ステップ+水車列)

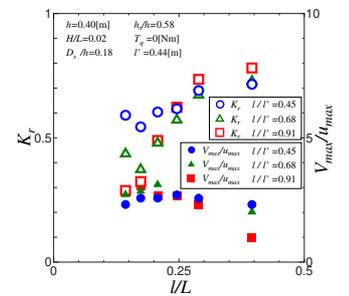


図-8  $K_r$  と  $V_{max}/u_{max}$  の関係

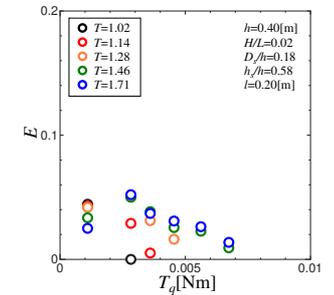


図-9  $E$  ( $\ell/\ell' = 0.45$ )

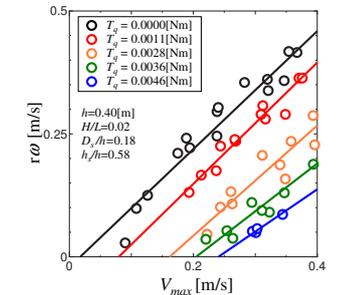


図-10  $V_{max}$  と  $r\omega$  の関係

テップを設けることで反射率  $K_r$  は低下するが、一次変換効率  $E$  も低下することが確認された。また、ステップ上に水車を設置する場合には、ステップの沖側に水車列を設置するほど反射率  $K_r$  は低下し、一次変換効率  $E$  は向上する傾向がみられた。負荷トルクが変化しても、水車間流速と水車の周速度の線形関係には変化がないも確認された。

参考文献

- 1) 高田ら：サボニウス水車をういた波力発電堤体の開発に関する実験的研究，土木学会論文集 B3 (海洋開発)，2014年，Vol.70，No.2.
- 2) 谷本ら：直立消波ケーソンの反射率に関する理論および実験的研究，港湾技術研究所報告，第21巻，第3号，pp.43-78，1982年.
- 3) 合田ら：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，1976年，No.248.