

第II部門 波流れ共存場におけるサボニウス水車の回転特性に関する実験的研究

大阪市立大学工学部 学会員 坂本 優駆
 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

著者らは、航行上の安全性や漁場確保の観点に加え、送電コストや維持管理、メンテナンスの容易さを考慮して、既存の港湾施設を利用した波力発電システムの開発を目指してきた。本研究では、内湾のような比較的静穏な海域に位置する港湾海域で、波・流れが共存する場におけるサボニウス水車の特性を明らかにすることを目的として実験を行った。同様の研究には、中村ら¹⁾の研究を挙げることができるが、彼らの研究は、比較的流速が速く高波浪の波・流れ共存場を対象としたものである。本実験では、低流速場および低波浪場での検討を行い、サボニウス水車の回転特性の知見を得ることを目的とする。

2. 実験概要

実験は、図-1に示す長さ20m、幅0.5m、高さ0.6mの2次元造波水槽を用いて水深 $h=0.4m$ と一定で行った。水槽の一端に設置されたフラップ式の造波板から約2.3m離れた水底と水槽の他端には、 $0.15 \times 0.30m$ の排水吐出口があり、両者は直径0.10mの円管で連結されている。この円管に取り付けられたポンプ(EBARA社製)を作動させることによって、水槽内に一方向流を発生させた。十分な流速を得るために、水槽をパーティションで区切り水路幅を0.27mとした。この水路の中央にサボニウス水車の模型を設置した。サボニウス水車は直径 $D_s=0.04m$ 、高さ $H_s=0.10m$ の半円筒の2枚の翼をオーバーラップ比0.30で一对とし、これを3段、それぞれ位相を 120° ずつずらした構造とした(図-2参照)。軸を含めないサボニウス水車の重量は、0.15kgであった。電磁流速計(アレック電子製)を水車の上流0.12m離れた水深 $z=-0.20m$ に設置し、流速を測定した。容量式波高計(CHT6-100:(株)KENEK製)は、水車の上・下流2.0m離れた位置に、1台ずつ設置し、得られたデータをゼロアップクロス法を用いて、波高を算出した。水車の回転速度 ω は、波や流れの安定性を確認した後、水車軸に取

表-1 実験条件

h [m]	周期 T [s]	H/L	波高 H [m]	V_{wo} [m/s]	V_{co} [m/s]
0.400	0.88	0.010	0.012	0.040	
		0.017	0.020	0.051	0.042
		0.019	0.022	0.061	0.052
	0.99	0.031	0.036	0.102	0.060
		0.010	0.014	0.048	0.082
		0.013	0.019	0.056	0.104
	1.13	0.020	0.029	0.092	0.118
		0.029	0.042	0.150	0.142
		0.009	0.015	0.050	0.168
		0.010	0.018	0.066	0.202
		0.020	0.036	0.118	
		0.030	0.053	0.166	

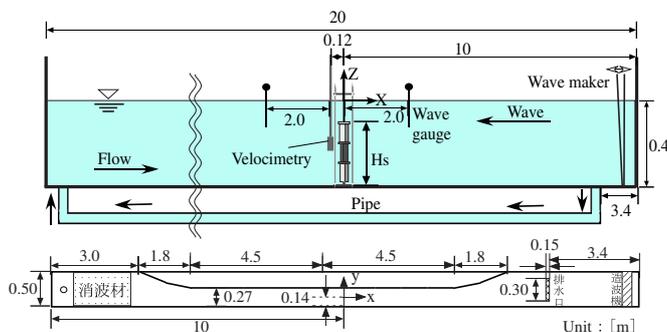


図-1 実験装置

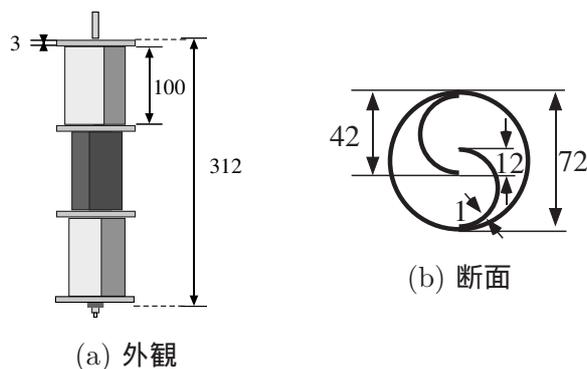


図-2 サボニウス水車断面図

り付けた小型無線多機能センサー(TSND121, ATR-promotions社製)を用いて計測した。なお、流速計・波高計のサンプリング周波数は100Hz、多機能センサーのそれは50Hzとした。実験条件を、表-1に示す。表中の V_{wo} 、 V_{co} は、実測値と理論値から求めた水表面における水粒子速度振幅および流速を表している。

3. 実験結果

(1) 波動場における水車の回転特性

森本ら²⁾は縦スリット直立消波工の内部に本実験で用いたサボニウス水車と同様の水車を設置して実験を行い、水表面における水粒子速度振幅 V_{w0} と水車の回転周速度 $r\omega$ との関係を以下のように示している。

$$r\omega = \alpha(V_{w0} - V_c) \quad (1)$$

ここに、 α は比例係数、 V_c は水車が回転し始める最小流速（カットイン流速）で、森本らは $\alpha = 0.65$ 、 $V_c = 0.11$ を提案している。本実験で得られた $r\omega$ と V_{w0} との関係を図-3 に示す。同図より、本実験結果によれば、 $\alpha = 0.72 \sim 0.95$ と森本らの提案値よりも大きい。また、本実験条件における比較的周期の短い波に対する V_c は $0.09 \sim 0.12$ m/s と森本らの提案値とほぼ同程度の値であるが、長周期波 ($T = 1.13$ s) に対しては $V_c = 0.03$ m/s と小さな値を示すことがわかる。

(2) 一方向流中における水車の回転特性

図-4 に、対数分布を仮定して実測流速より求めた水表面における流速 V_{c0} と $r\omega$ の関係を示す。同図より、 $r\omega$ と V_{c0} の間には線形関係があり、その比例係数は波動場におけるそれよりも大きいこと、一方向流に対する V_c は 0.03 m/s 程度であることがわかる。

(3) 波流れ共存場における水車の回転特性

波流れ共存場における $r\omega$ と V_{c0} との関係を図-5 に示す。同図によれば、波流れ共存場においては、いずれの波浪条件の下でも一方向流場における $r\omega$ よりも速い回転周速度で水車は回転し、低流速かつ静穏波浪であっても両者が共存することによって水車は回転しやすくなることが明らかである。

4. 結論

一方向流場、波動場、波・流れ共存場のいずれにおいても、サボニウス水車の回転周速度は表面流速とほぼ線形関係で定式化できることが示唆された。このとき、一方向流場における比例係数は波浪場におけるそれよりも大きく、また、波流れ共存場におけるそれは、波の周期や波形勾配とともに変化する傾向が見られた。また、一方向流場におけるカットイン流速は波動場におけるそれよりも小さく、波・流れ共存場におけるそれはさらに小さくなる傾向が見られた。なお、表面流速が速くなると水車の回転周速度はある値に収束する傾向も見られた。

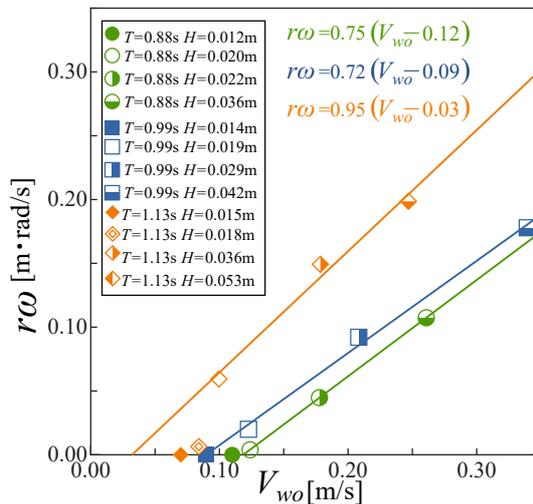


図-3 $r\omega$ と V_{w0}

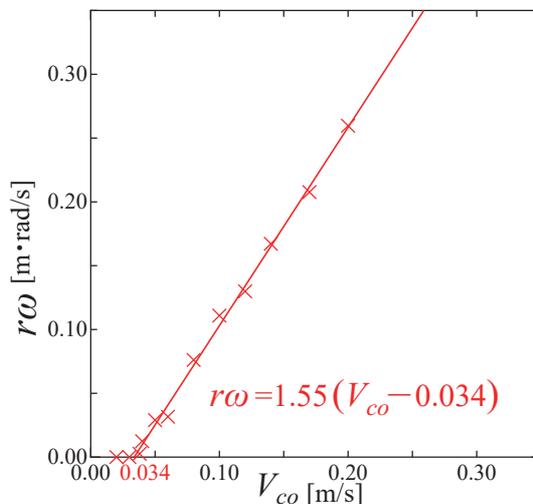


図-4 $r\omega$ と V_{c0}

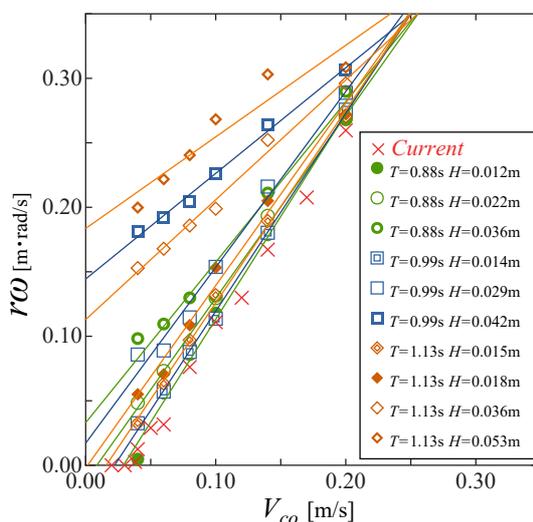


図-5 $r\omega$ と $V_{c0} + V_{w0}$

参考文献

- 1) 中村 孝幸, 阿部 洋士, HUSAIN, F: 波と流れを受ける直立型水車のエネルギー変換効率に関する研究, 土木学会論文集 B2, 2013, 69.
- 2) 森本真司, 重松孝昌, 植嶋大地, 加藤健司, 脇本辰郎, 吉岡真弥: 縦スリット式直立消波工の遊水室内に設置した水車の獲得動力の推定法に関する研究, 土木学会論文集 B2, vol. 71. No. 2.