

II-80

水弁式波力発電システムにおける水弁の損失特性

東北大学工学部 学生員 ○佐藤 英資
 東北大学大学院 正 員 佐藤 栄司
 東北大学工学部 正 員 沢本 正樹

1. はじめに

振動水柱型の波力発電装置では、空気室内の水面変動によって生じる振動空気流からどのようにタービンを一方方向に回転させるかが重要な課題である。本研究では振動空気流を整流する際に、水弁と呼ばれる流体力学的な特性を利用した整流弁を用いている。しかし、水弁での損失が大きく、改良の余地が残されている。本研究では水弁の損失に影響を与えると考えられる鉛直管の本数、断面積を変化させ、実験によりその損失特性を明らかにすることを目的とする。

2. 実験装置・実験方法

実験装置の概略図および測定点を図-1に示す。実験は、鉛直管径 3.0, 4.0, 5.5 cm, 鉛直管本数 1, 2, 3, 4, 5 本, 鉛直管没水深 1, 2, 3, 4 cm, ピストン振幅 2.5, 7.5, 12.5 cm, ピストン周期 5.0, 7.0, 9.0 秒, を変化させて行った。

測定は、 P_1 , P_2 , P_3 における圧力を歪式圧力計, H_1 , H_2 において鉛直管内の水面変動を容量式波高計により測定した。また、ピストンの振幅を振幅測定器により測定した。測定は 50Hz でサンプリングし、AD 変換後ハードディスクに記録した。サンプリングは 90 秒間、4500 データとした。ピストンの振幅のゼロアップクロスをとることにより周期を決定し、それをもとに 8 波から 17 波分に対して位相平均化処理を行い解析に用いた。

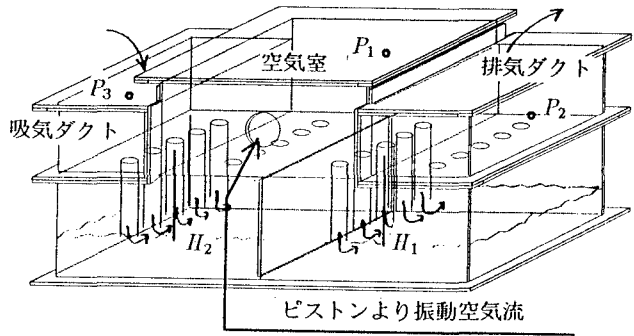


図-1 実験装置概略図

3. 実験結果および考察

ピストン周期 7 sec, 振幅 12.5 cm, 鉛直管径 3 cm, 鉛直管本数 1 本, 鉛直管没水深 1, 4 cm のケースにおける実験データを図-2から図-5に示す。鉛直管没水深が大きいほど鉛直管内水面変動が大きく、また空気室内の圧力変動が大きくなっている。これは、鉛直管没水深が大きくなると空気流に対する抵抗が大きくなるためである。また、排気、吸気ダクト内の圧力変動より鉛直管内の空気流は空気が流入した直後に大きく乱されており、その後安定する。空気流の乱れの程度は鉛直管没水深によって異なることがわかる。

図-6に鉛直管本数を変化させたときの水弁での圧力損失水頭 h と鉛直管没水深 H の関係を示す。圧力損失水頭は排気時、吸気時で以下のような式を用いた。ここで、 ρ_w は水の密度、 g は重力加速度である。

$$\text{排気時 } H_{ex} = \frac{P_1 - P_2}{\rho_w g} \quad \text{吸気時 } H_{in} = \frac{P_3 - P_1}{\rho_w g}$$

図-6より管本数を変化させた場合、管本数が多いほうが損失水頭は小さくなる。また、この図において圧力損失水頭と鉛直管没水深の関係を求めると以下の式のようになる。

$$h = 2H + h'$$

つまり、圧力損失水頭 h は鉛直管没水深 H の 2 倍とその他の部分 h' の和であらわせることがわかる。

図-7に今回行った実験の全測定結果を整理したものを示す。横軸、縦軸ともに図に示すような無次元化を

行った。ここで、 V は鉛直管内空気流速、 n は鉛直管本数、 g は重力加速度、 d は鉛直管径、 h' は図-4における圧力損失水頭 h から鉛直管没水深 H の2倍、 $2H$ を引いたものである。この図より、無次元圧力損失水頭は無次元鉛直管内空気流速の関数で表すことができ、次のような式が得られた。

$$h'/d = C_1((nV^2/2gd)^{1/2})^{C_2} \quad C_1 = 0.099 \quad C_2 = 1.04$$

4. まとめ

水弁での圧力損失は鉛直管の没水深に比例する部分と鉛直管内の空気流速に依存する部分の和であらわすことができる。今回の実験により圧力損失水頭をあらわす実験式として以下の式が得られた。

$$h = 2H + dC_1((nV^2/2gd)^{1/2})^{C_2} \quad C_1 = 0.099 \quad C_2 = 1.04$$

しかし、水弁の効率は圧力損失水頭だけでは考えられない。今後、水弁の効率に着目し研究を進めていく予定である。

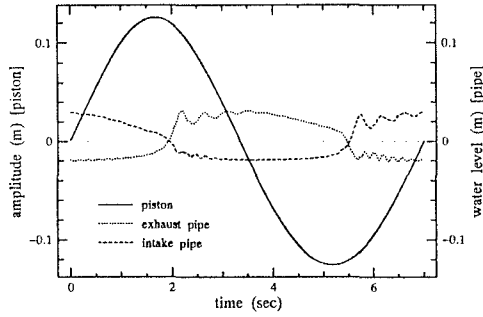


図-2 鉛直管内水面変動 (没水深 1cm)

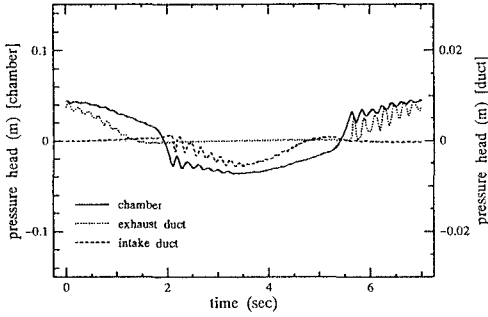


図-3 空気室・ダクト内圧力変動 (没水深 1cm)

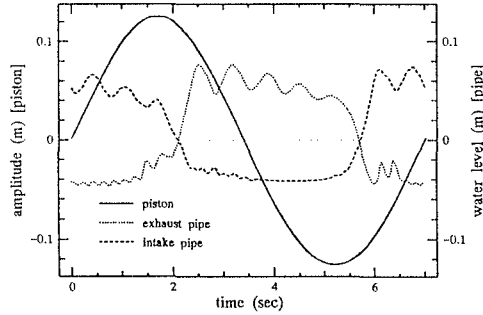


図-4 鉛直管内水面変動 (没水深 4cm)

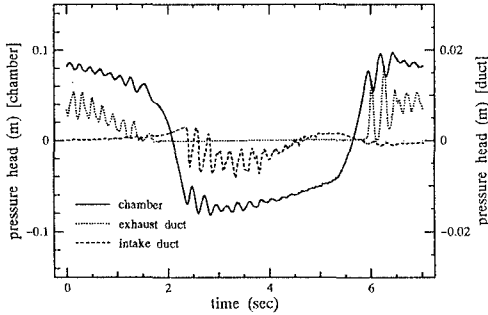


図-5 空気室・ダクト内圧力変動 (没水深 4cm)

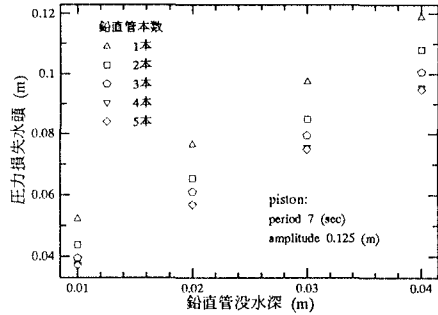


図-6 鉛直管没水深と圧力損失水頭の関係

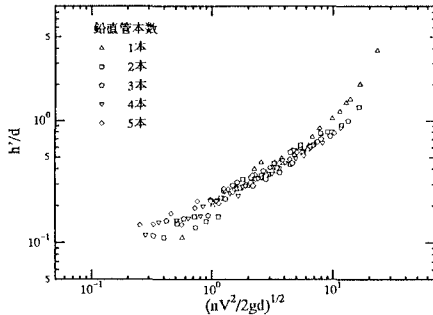


図-7 無次元圧力水頭と無次元空気流速の関係