

II-501 波力発電装置における水弁の損失特性の改良

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

1. はじめに

本研究では流体力学的な特性を利用した水弁を空気整流装置として用いた波力発電装置を取り上げる。この水弁は整流弁としての役割と同時に調圧弁としての役割も持つ。また機械的可動部を持たないのでメンテナンスが容易である。以上のような利点を持つが、その水弁での損失の大きさが問題点となっている。水弁に対して空気流が突入した際には水面に擾乱が生じる。損失が大きくなる原因の一つとして、この擾乱が考えられる。これまで水弁室の底面形状について工夫した研究は少なかった。そこで本研究では水弁室の底面形状を変化させることにより擾乱を抑えようとした。しかし擾乱を抑えすぎると空気流路が十分確保されず、損失が大きくなる。水弁室の底面形状について損失が最小となる均衡点をみつけだし、その損失特性を把握することを目的としている。

2. 実験方法

実験は図-1に示した装置で行った。奥行きは10cmである入力空気室に対してピストンによる振動空気流を入力したピストンの振幅と周期を変化させることにより、0位相時における最大流速を変化させた。以下の考察においてはこの最大流速を用いている。図示した2点(P1, P2)におい

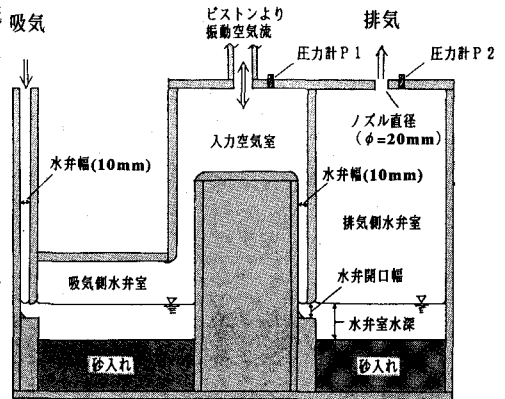


図-1 実験装置

表-1 実験ケース

ケース	水弁開口幅	水弁室水深
B 4	3.5 mm	4.0 mm
B 1	1.5 mm	4.0 mm
B 2	1.0 mm	4.0 mm
B 3	5 mm	4.0 mm
B 5	1.0 mm	4.5 mm
C 5	1.0 mm	2.0 mm
D 5	1.0 mm	1.0 mm
E 1	1.5 mm	2.0 mm
K 3	1.5 mm (砂入れ)	2.0 mm

て歪式圧力計により圧力を測定した。測定データは100Hzでサンプリングし、AD変換後ハードディスクに記録した。またサンプリング時には、30Hzのローパスフィルターを通した。測定した圧力P1と圧力P2を用いて次式により損失水頭 h を算出した。

$$h = (P1 - P2) / \rho g \quad \dots\dots (1)$$

ここで ρ は水の密度であり、 g は重力加速度である。実験ケースについては表-1に示している。アクリル板により水弁開口部の幅を変化させ、砂入れにより水弁室での水深を変化させた。また水弁開口部にも砂を敷き詰め、水弁を通過する空気流量に対応してその底面形状が変化するようなケースも取り上げた。

3. 実験結果

図-2-1は水弁室水深を固定し、水弁開口幅を変化させた時の損失水頭である。縦軸は損失水頭 h を $d = 1/\pi$ ($1=100\text{mm}$ は水弁における空気流出辺長)で無次元化したものであり、横軸は水弁を通過する最大流速 V を $\sqrt{2gd}$ により無次元化したものである。水弁開口幅35mmのケースと比較すると、それより水弁開口幅の小さいケースはすべて損失水頭が小さくなっている。最も損失が小さかったものは水弁開口幅15mmのケースである。水弁幅は10mmであるので、その水弁幅に対して横向きの水弁開口幅を1.5倍程度広げることにより水弁での損失を小さくすることができる。この水弁幅に対して開口幅を同じ、もしくは狭めたケース(10mm, 5mm)は十分な空気流路が確保されなかったため、その効果が小さい。図-2-2は水弁開口幅

を固定し、水弁室水深を変化させた時の損失水頭である。ここでは水弁室水深20mmのケースの損失が最も小さい。このケースにおいては擾乱を抑え、かつ空気流路を確保することができたためである。その他のケースで損失がそれほど小さくできなかった理由を考える。水弁室水深45mmのケースでは、水面変動を抑えることができなかったためである。また水弁室水深10mmのケースでは水深が浅すぎるために水面変動が抑えられすぎて、十分な空気流路が確保できなかったためである。以上の結果より、最良と考えられるケース(水弁開口幅15mm, 水弁室水深20mm)についての特性を調べた。図-3に白丸で損失水頭を示す。また最良ケースと同一形状で全体に砂を敷き詰めたケースの損失水頭を黒丸で示した。水弁での空気流量に対応して、水弁開口部での砂による底面形状がその度変化する。そのため底面形状が丸みを帯びた形状となり、空気流がスムーズに通過するようになる。その結果として白丸で示したアクリル板のケースよりも損失が小さくなっている。実際の装置への応用を考えた際、砂によって効果的な底面形状を維持するのは困難である。よってこの黒丸で示した砂入れのケースは実用的ではない。しかし水弁開口部での底面のアクリル板に丸みをもたせるなどの工夫は効果が期待できると思われる。白丸のケースに対する回帰直線は次式のようになる。

$$\frac{h}{d} = 0.12 \left(\frac{V}{\sqrt{2gd}} \right)^{0.27} \quad \dots\dots(2)$$

無次元化した損失水頭は無次元化した水弁での最大流速の0.27乗に比例する。またここでは比例係数が0.12となっている。

4. まとめ

水弁での損失を改善するためには空気流路を確保しつつ、いかに水面変動を抑えるかが重要である。形状は次のように改善すればよい。水弁に対してその開口部を横向きにとり、その水弁開口幅は水弁幅に対して1.5倍程度広くする。水弁室水深は水面変化を抑えるためにできるだけ浅くした方がよいが、空気流路を確保しやすいように水弁開口部より深くする。ここで求められた水弁の損失特性を全体のシステムに組み込み、全体としての損失特性を把握することが今後の研究課題である。

【参考文献】

久保村公一・沢本正樹(1991): 連成波力発電ケーソンにおける波力エネルギー効率の検討, 土木学会東北支部概要集, pp. 92-93.

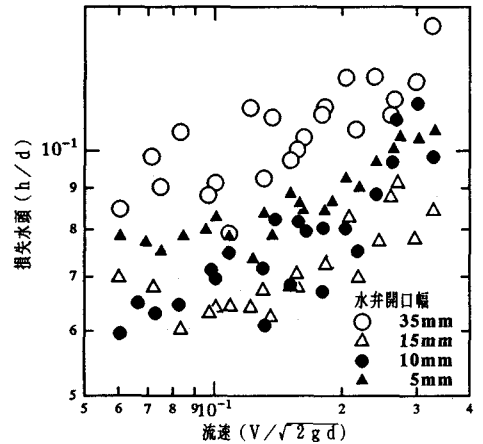


図-2-1 損失特性(水弁室水深40mm)

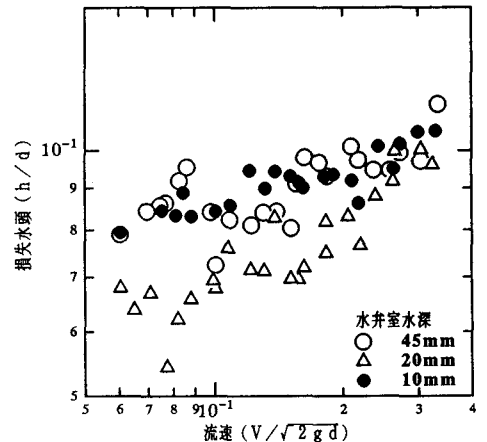


図-2-2 損失特性(水弁開口幅10mm)

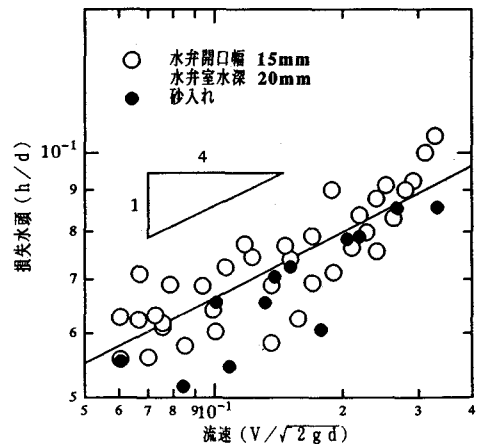


図-3 損失特性(最適形状)