

Ⅱ—31 波力発電ケーソン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

振動水柱型波力発電装置において、振動空気流によりタービンを一方方向に回転させるためにウェルズタービン、整流弁などの方式が考案されている。ここで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。本研究は水弁室の底面形状を変化させることにより水弁での損失を減少させ、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-1-1に示した装置で行った。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。

$$h = (P_1 - P_2) / \rho g \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで ρ は水の密度であり、 g は重力加速度である。実験ケースとして、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、その底面形状が変化するようなケースも取り上げた。ここで水弁開口部の幅を小さくするという事は、水弁開口部を横向きにすることと同じ意味を持つ。水弁開口部の幅と水弁室の水深をともに小さくすることにより水面変動が抑えられ、整流効果が大きくなるということが予想される。しかし、これらを小さくし過ぎると十分な空気流路が確保されなくなる。①水面変動を抑える。②空気流路を確保する。この2つの相反する点を考慮にいて、水弁での損失が最小となる均衡点を見つけだすことが目的となる。

3. 実験結果

図-2-1は水弁室の水深を40mmに固定し、開口幅を35mm, 15mm, 10mm, 5mmと変化した時の損失水頭である。縦軸は損失水頭 h を $d = 1 / \pi$ ($d = 100\text{mm}$ 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 $\sqrt{2 g d}$ により無次元化したものである。以上のケース中で最も損失が小さかったものは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。しかし、これらのケースも底面の影響を受けないケース(35mm)よりは損失が小さくなっている。図-2-2は

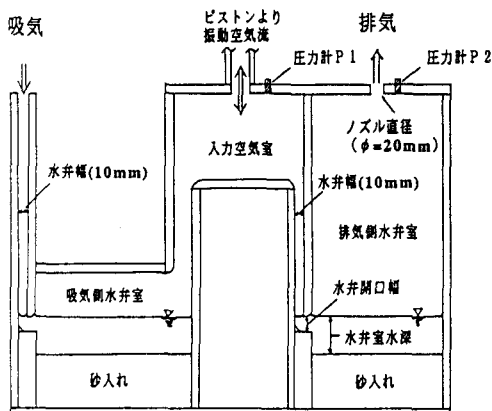


図-1-1 実験装置

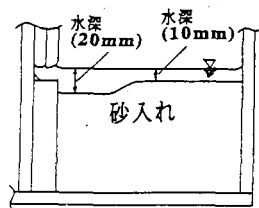


図-1-2 底面形状

水弁開口幅を10mmに固定し、水弁室水深を45mm、特別形状20mm（図-1-2参照）、10mmに変化させた時の損失水頭である。ここでは特別形状20mmのケースの効率が最も良い。これはその形状の効果により振動を抑え、かつ空気流路を確保することができたためである。45mmのケースでよい効率が得られなかったのは、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。また同時に図-1-2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。このケースは白丸で示したアクリル板のケースと比較して損失が小さくなっている。これは、その底面での形状が空気がスムーズに通過するように丸みを帯びた形状となっているためである。水弁での空気流量に対応して砂による底面形状がその度変化する。実際の装置への応用を考えた際、このように変化する底面形状は実用的ではない。水弁開口部での底面のアクリル板に丸みをもたせることによっても損失を減少させる効果がある。しかし、その形状を固定してしまった際には損失を減少させる効果は小さいと考えられる。よってアクリル板のケースの特性を考える。その回帰直線は次式のようになる。

$$\frac{h}{d} = 0.13 \left(\frac{V}{\sqrt{2gd}} \right)^{0.25} \dots\dots\dots (2)$$

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0.25乗に比例する。またここでは比例係数が0.13となっている。しかし、これは水弁室の体積やノズル比もパラメータとなってくるので一般問題として取り扱う際には、別途考慮する必要がある。

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、その開口幅は水弁の幅に対して1.5倍程度広くする。水弁室の形状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。

5. 参考文献 久保村・沢本(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.

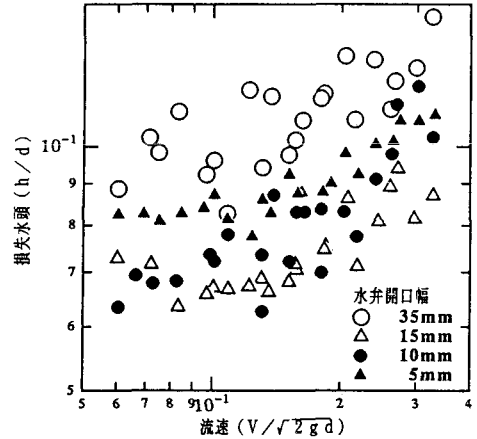


図-2-1 損失特性（水弁室水深40mm）

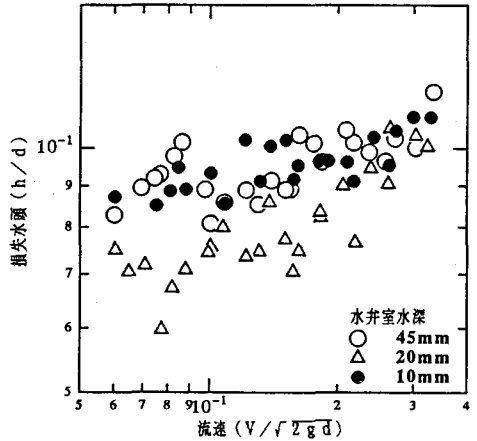


図-2-2 損失特性（水弁開口幅10mm）

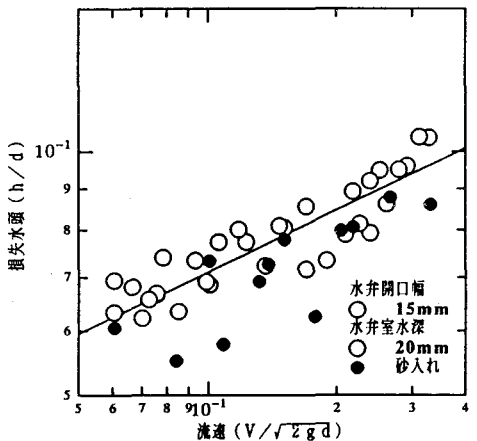


図-3 損失特性（最適形状）