

エクスデューサ付中小容量水車の開発

<キャビテーション性能向上によるコストダウン>

Development of a Small and Medium-capacity Hydraulic Turbine with an Exducer

Cost Reduction by Improving the Performance of Cavitation Prevention Measures

(工務部 発電電G)

(Hydro Power & Substations Group, Electrical Engineering Department)

水車発電機は高速化により小形化し、主機のコストダウンが図れるが、キャビテーションが発生しやすくなる。このため、従来は水車の据付け高さを変更して対応しているが、土木工費が増大するため高速小形化のメリットを活かせないことが多かった。本研究では、水車出口側に補助羽根車（エクスデューサ）を取付けた新型水車を開発し、性能検証試験を行った。その結果、キャビテーション性能の向上による、さらなる高速小形化への有効性が確認されたので報告する。

A hydraulic turbine generator can be downsized by increasing its rotational speed, and thereby the main unit cost can be reduced. However, it will be more likely that cavitation will occur through this remodeling. To counter the problem, the conventional way has been to adjust the installation height of the hydraulic turbine. Nevertheless, this measure was found to take away the advantage of the high-speed small-sized unit due to the increased civil construction costs. In this of the remodeling, so we developed a new-type hydraulic turbine equipped with an auxiliary impeller (i.e., exducer) on the hydraulic turbine outlet side, and tested this turbine to verify the performance. As a result, we confirmed the effectiveness of the exducer to deal with cavitation at high speed and reduced size as described below.

1 研究の背景と目的

すでに、給水ポンプ等においては入口側に補助羽根車（インデューサ）を設けることでキャビテーション性能を向上させて高速化が図られている。本研究は、そのインデューサを水車に適用する発想の元に、フランス水車ランナの出口側に安価で取替可能な補助羽根車（これをエクスデューサと名付ける）を取付けて高速小形化を行い、発電所全体のコストダウンを図ることを目的とした。

分担させる。その結果、水車全体としてのキャビテーション性能が向上し水車発電機の高速小形化が可能となる。

損傷を受けるエクスデューサは、安価で容易に補修、取替可能な構造とし、作業停止時間を少なくできる。

(2) 適用手法

エクスデューサを採用する条件として、以下のことを考慮した。

エクスデューサを付けたことによる大幅な効率低下が無いように、高速化によりランナの最高効率が向上する速度範囲（高速化後水車比速度 200m-kW程度）を回転速度の選定条件とした。さらに効率低下量を1%以下とするようにエクスデューサの負荷分担率を0.1とした。第2図にエクスデューサの負荷分担率と効率低下量との関係を示す。

エクスデューサの補修周期は、水車の普点に同調して作業できるように3年以上を目標とし、作業停止時の溢水電力量の増加防止を図る。

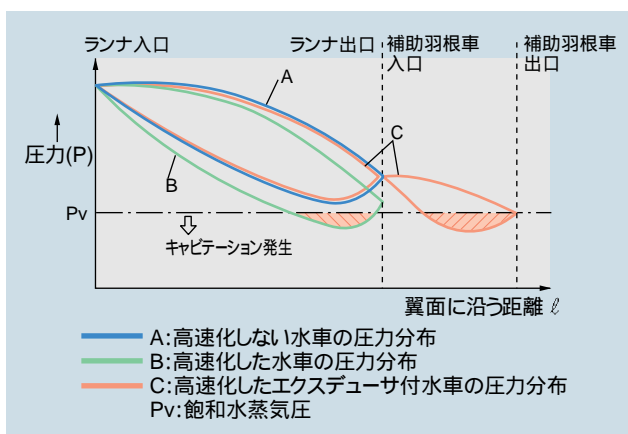
2 エクスデューサ付水車の特徴と適用手法

(1) エクスデューサの特徴

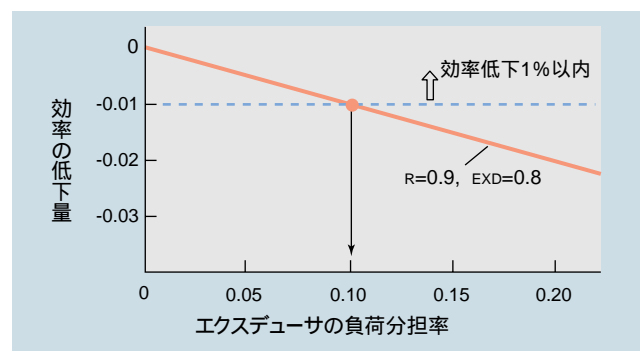
エクスデューサ自身はキャビテーション発生による損傷を受けるが、水車ランナにはキャビテーションを発生させない。エクスデューサの原理を第1図に示すが、水車全体の落差をランナとエクスデューサに分担させ、エクスデューサ部のみがキャビテーションの発生する飽和水蒸気圧以下となるように圧力

3 構造検討

エクスデューサの型式は、羽根枚数が少ない軸流羽



第1図 エクスデューサの原理



第2図 エクスデューサの負荷分担率 - 効率低下量

根車とし、キャビテーション気泡による流路の閉塞での効率低下を極力防止することとした。さらに、羽根枚数の選定のために2枚と3枚の流れ解析を行い、2枚羽根の方が圧力低下の度合いが大きくキャビテーションが発生しやすいことが分かったため、羽根枚数を3枚とした。

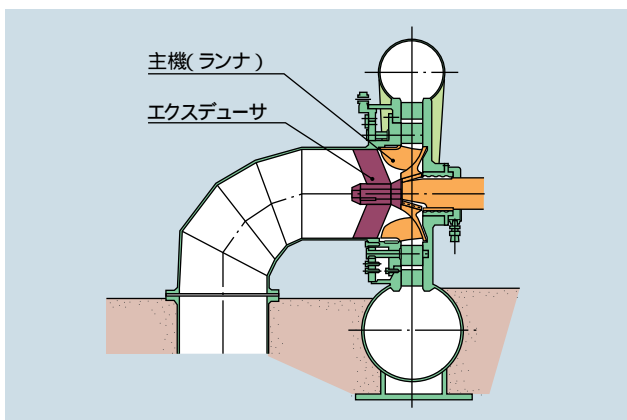
また、エクステューサはキャビテーション損傷を受けることが設計の前提となっているため、製作性・保守性を考慮して羽根を板厚一定とした。

第3図に横軸機のエクステューサ付水車断面図を示す。

4 模型試験による性能検証

今回の開発においては、経済性の追求のために50%高速化の設定を行い、試設計・模型製作・試験を行った。第4図に製作したエクステューサ付ランナの模型を示す。

第5図に効率特性とキャビテーション性能試験結果を示す。効率試験においては、高速化しない従来水車と比較して同等の効率レベルであった。また、キャビテーション性能試験では、50%高速化しても高速化しない従来水車と同じ据付け高さであれば良い結果とな



第3図 エクステューサ付水車断面図 (横軸機)



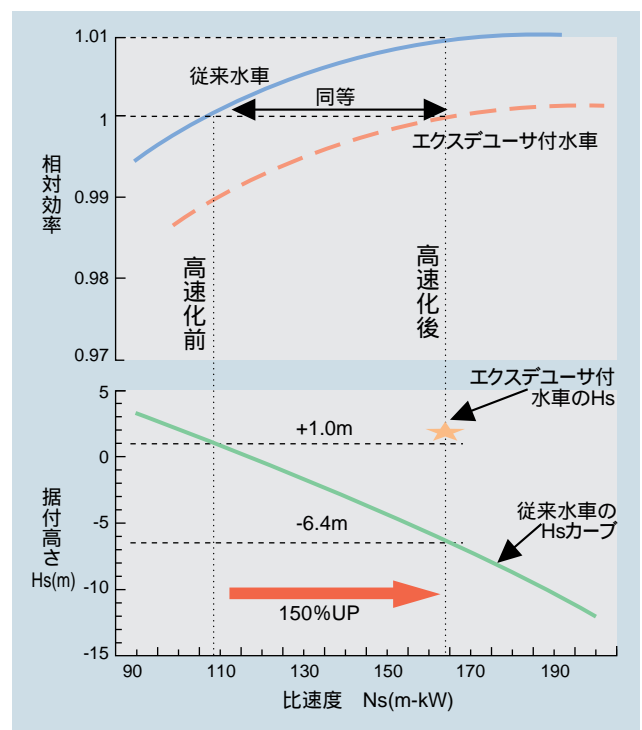
第4図 エクステューサ付ランナ模型

った。キャビテーションの発生位置はエクステューサ部のみであり、ランナ部では発生していないことが目視で確認された。

さらに、エクステューサのエロージョン進行速度の推定と寿命評価のために、エクステューサ翼面でキャビテーション崩壊時の衝撃圧を測定した。その結果、溶接構造用鋼材 (SM) を使用しても3年以上の寿命を確保できることが分かった。第1表にエロージョン進行速度と予測寿命を示す。

5 今後の展開

本研究で、今までになかった発想によるさらなる高速小形化での初期コスト低減により、エクステューサの保守費が増加してもトータルコストダウンとなる見通しが得られた。今後は、適用地点の選定と最適仕様について



第5図 効率特性とキャビテーション性能試験結果

第1表 エロージョン進行速度と予測寿命

材質	エロージョン進行速度	限界寿命
S M	0.0014mm / hr	1190日
S C	0.0010mm / hr	2292日
SUS	0.0005mm / hr	4417日
SCS	0.0004mm / hr	3542日

SC:炭酸鋼鋳鋼
SUS:ステンレス鋼材
SCS:ステンレス鋼鋳鋼