

水力発電所放水口騒音の低減対策

放水路へのゴム幕適正配置によるペルトン水車の騒音低減方法の考案

Reduction of Tailrace Noise at Hydropower Station

Noise Reduction of Pelton Turbine by Installation of Rubber Curtain in Tailrace Tunnel

(長野支店 飯田電力センター 発電技術課)

ペルトン水車のランナは、放水面より高い空中で回転するため、放水口から騒音を放出する場合がある。そこで周辺環境への影響に配慮し、効果的かつ低コストな騒音低減対策を考案した。

(Hydropower and Substations Engineering Section, Iida Field Maintenance Construction Office, Nagano Regional Office)

The runner of Pelton turbine, which is installed higher than the draining water level, rotates in the air. The noise created by the runner may come out from tailrace outlet. We invented effective and low-cost countermeasure for the noise.

1 背景

豊発電所は設備の老朽化に伴い水車発電機取替工事を実施した。第1表に工事前後の発電所諸元を示す。ペルトン水車を使用する豊発電所は、水車の機械音が放水路流水上部の空中を伝播し、放水口から騒音として放出される可能性があるため、水車発電機取替にあたり、周辺環境への影響に配慮し、騒音増大を防ぐための対策を講じることとした。

放水口の騒音対策としては、放水路流水上部の気中部分をゴム幕で遮断し、音の伝播を断つことで効果を得た実績がある。しかしこの対策では水車の運転に必要な空気の流通も遮断してしまうため、ハウジング内への給気が困難となり、水車軸受の潤滑油面変動や、放水庭の水位のせり上がりによる出力低下が発生するなどの影響が懸念される。そのため放水路内に外部との通気口を設けなければならない、設置のための工事費が必要となる。

今回、工事前測定により水車から発生する騒音の大半が特定の周波数であることに着目し、模型試験を通じ、異なる形状のゴム幕の組み合わせにより、空気の流通を確保し、かつ特定周波数の騒音を低減する適正配置を考案した。これを実機に採用した結果、所定の騒音低減の効果が得られたため紹介する。

第1表 工事前後の発電所諸元

項目	工事前	工事後
発電所出力 [kW]	13,600	14,500
有効落差 [m]	303.20	304.83
使用水量 [m ³ /s]	5.54	5.54
水車形式	横軸2射ペルトン水車	立軸6射ペルトン水車
回転数 [min ⁻¹]	400	514
台数 [台]	2	1

2 水車騒音の低減対策の検討

2.1 水車騒音特性の把握

工事前の騒音特性を把握するため、放水口から放出される水車音圧レベルおよび周波数分析を実施した。その結果、周波数分析から固有周波数127Hzは、下式から求められることを確認した。

$$400\text{min}^{-1}(\text{回転数}) \times 19\text{枚}(\text{バケット枚数}) \div 60$$

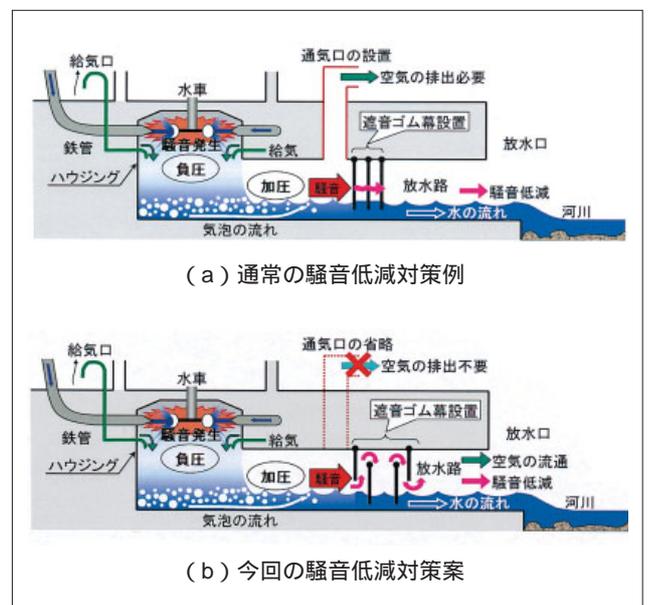
これにより、工事(水車取替)後の固有周波数は、

$$514\text{min}^{-1}(\text{回転数}) \times 20\text{枚}(\text{バケット枚数}) \div 60$$

より171Hz付近にあることが予測できた。

2.2 騒音対策の方向性

放水路内の空気の流通を確保したゴム幕の配置を工夫することで、取替後の固有周波数の騒音を低減させる対策について検討することとした。第1図に通常の騒音低減対策例と今回の騒音低減対策案を示す。



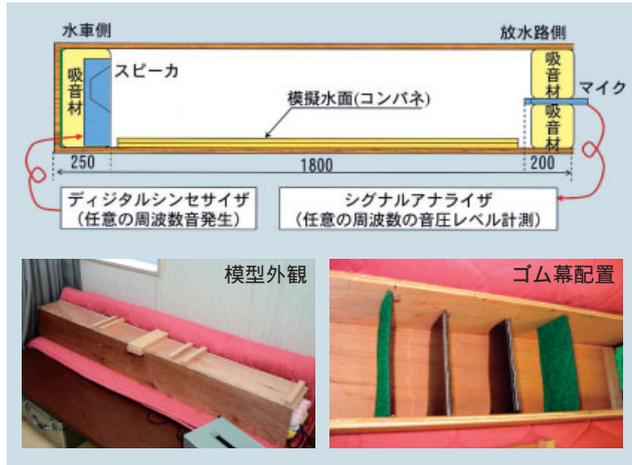
第1図 通常の騒音低減対策例と今回の騒音低減対策案

3

模型試験による事前検討

3.1 模型装置の概要

第2図に模型試験概要図と模型試験状況を示すとおり、合板により放水路の模型を作製し事前試験、検討を行った。模型は、水車側に周波数発信器を接続したスピーカと、放水路側に任意の周波数における音圧レベルを測定するシグナルアナライザ入力用のマイクを設置し、双方の背後は吸音材により無反射端を模擬した。

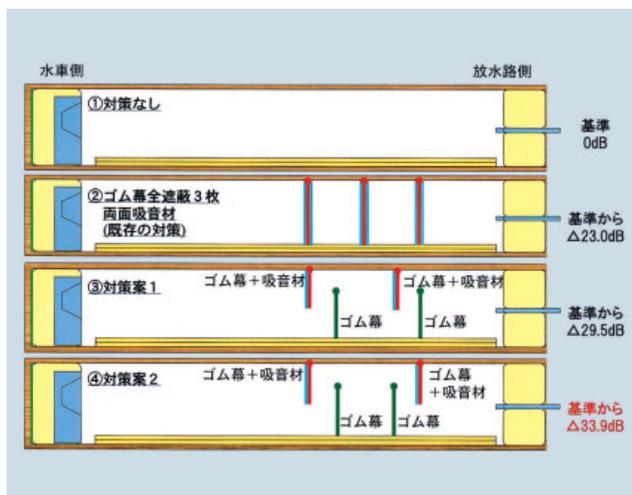


第2図 模型試験概要図と模型試験状況

3.2 模型試験によるゴム幕の最適配置の検討

遮音板の形状・種類・配置・模擬水面位置を変えながらゴム幕の最適な配置の検討を行った。ゴム幕の間隔は、音速÷周波数で求められる波長(実放水路で340m/s(at15℃)÷171Hz=2m)の整数倍による配置を避け、音の通過波と反射波が互いに干渉・低減し、安定的な効果が得られるよう検討した。検討に用いた代表例を第3図に示すとともに、対策なしの場合の音圧レベルを基準としたゴム幕配置例毎の音圧レベル変化量を示す。

低減効果が最大限得られる実現可能な配置は、ゴム幕が水車側より上下下の配置となる。対策案2が最適であることが確認された。



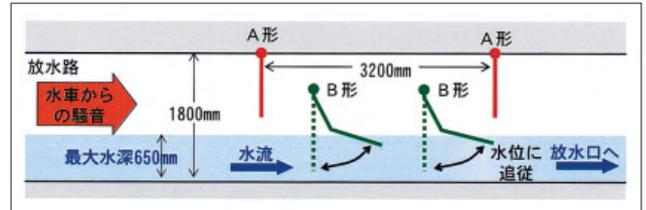
第3図 模型試験のゴム幕配置例と音圧レベル変化量

4

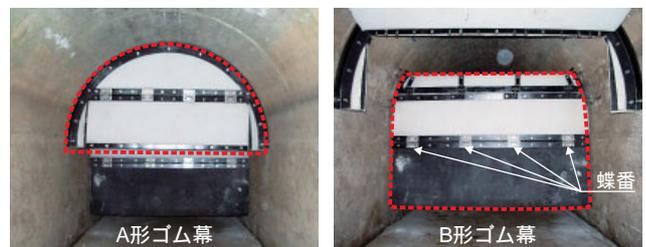
実機適用試験

4.1 実機におけるゴム幕形状および配置

模型試験の結果を基に、改修に合わせて実機放水口にゴム幕を適用した。放水路内のゴム幕の配置を第4図に、放水路内のゴム幕取付状況を第5図に示す。幕は蝶番にて吊り下げ、水位変化に追従できるようにした。また、ゴム幕にはベルトコンベヤゴム、吸音材にはエアフィルタ(不織布)の汎用品を使用し、コスト低減に努めた。



第4図 放水路内のゴム幕の配置



第5図 放水路内のゴム幕取付状況

4.2 実機試験結果

固有周波数および2倍周波数について、ゴム幕の有無による音圧レベルの比較をした。あわせて発電機出力および運転ノズル数による音圧レベル変化についても確認し、その結果を第2表に示す。最大10dB程度(音のエネルギー換算で1/10)の低減効果が得られた。

第2表 ゴム幕による音圧レベル低減効果

運転状況		音圧レベル変化	
ノズル数	出力 [kW]	[dBat 171Hz]	[dBat 342Hz]
2射	4,000	8	8
4射	5,000	11	10
6射	14,500	7	6

5

まとめ

騒音特性は放水路形状や水車運転による水深変化などの状況により大きく変わり、有効な事前対策が困難である中で、模型試験から精度を上げ、実機においてほぼ予測どおりの低減効果が得られた。

放水路模型の製作にあたり音カメラ共同開発者の(株)熊谷組技術研究所 大脇部長、信州大学工学部 山下教授にアドバイスを賜った。ここに記して謝意を表す。

執筆者 / 富永博文
Tominaga.Hirohumi@chuden.co.jp