

二分割分岐管を有するペルトン水車の開発

二分割分岐管の低損失化とジェット干渉数値解析技術の向上

Development of Pelton Turbines having Distributors with Two Branches

Low-Loss Distributors with Two Branches & Improvement of Jet Interference Numerical Analysis Technology

(工務部 発電電G)

(Hydro-power and Substations Group, Electrical Engineering Department)

水力発電所の一括改修では、改修コスト低減のために、建屋・鉄管等の土木建築設備の流用、主機台数の削減、及び高速化による主機の小形化等を図っている。既設2台のペルトン水車を一括改修する場合も、同様のコストダウンの検討を行うが、この際、課題となる「二分割分岐管の低損失化」、「ジェット干渉の回避」について検討し、低損失二分割分岐管形状の確立およびジェット干渉回避技術が向上したので報告する。

In order to reduce renovation costs for complete renovations of hydraulic power plants, equipment for engineering and construction such as buildings and steel pipes can be shared. Also, the number of main units is reduced and the faster speed of the turbines allows the size of the main units to be minimized. When the two existing Pelton turbines are renovated together, we will try to reduce costs in the same way. This paper will explain how we handled “Low-Loss Distributors with Two Branches” and “Jet Interference Prevention.” This paper will also report on how we determined the shape of the low-loss distributors with two branches and improved jet interference prevention technology.

1 研究の背景・目的




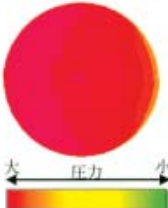
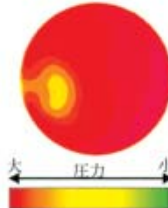
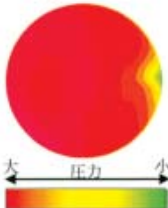
水力発電所の一括改修では、改修コスト低減のために、建屋・鉄管等の土木建築設備の流用、主機台数の削減、及び高速化による主機の小形化等を図っている。既設2台のペルトン水車を一括改修する際にも、同様のコストダウンの検討を行っているが、水圧鉄管を主機1台分に流用すると分岐管が二分割となり大幅な効率低下が懸念される。このため、現状は水圧鉄管を1条化するケースが一般的であった。また、高速化を進めるとジェット干渉の発生が懸念されるが、ジェット干渉発生領域は現状では明確になっておらず、最適設計の妨げとなっていた。

そこで、二分割分岐管および高速化ペルトン水車採用によるコスト削減を図るため、富士電機システムズ(株)と共同で流れ解析により極力効率低下の少ない二分割分岐管の形状を検討した。また、ペルトン水車のジェット干渉発生点を実機有水試験により明確にし、ジェット干渉数値解析技術の向上を図った。

2 低損失二分割分岐管の開発

第1表(b)は、海外の発電所で採用実績のある二分割分岐管形状(カニ足形状)である。第1表(a)に示す鉄管1条の分岐管形状と比較すると、カニ足形状分岐管は40%もの損失増となっている。損失は配管との摩

第1表 二分割分岐管形状検討結果

形状名	鉄管1条	鉄管2条	
	(a) 通常形状	(b) カニ足形状	(c) 新形状
形状概略図			
ノズル内圧力分布			
分岐管損失	100%	140%	105%

通常形状の分岐管損失に対する比率

擦および配管内偏流により発生するため、損失増の要因は「分岐後の配管長が長い」、「分岐点数が多い」、「曲率が大きい」ことが考えられる。

これらの改善策として、第1表(c)に示す新形状を考案した。改修時に新形状を採用することにより、同じ二分割分岐管であるカニ足形状と比較すると25%もの大幅な管路損失低減が可能となる。通常分岐管形状(第1表(a))と比較すると5%の損失増となるが、既設鉄管を活用できることから改修コストの大幅な削減が期待できる。

3 ジェット干渉の回避

(1) ジェット干渉とは

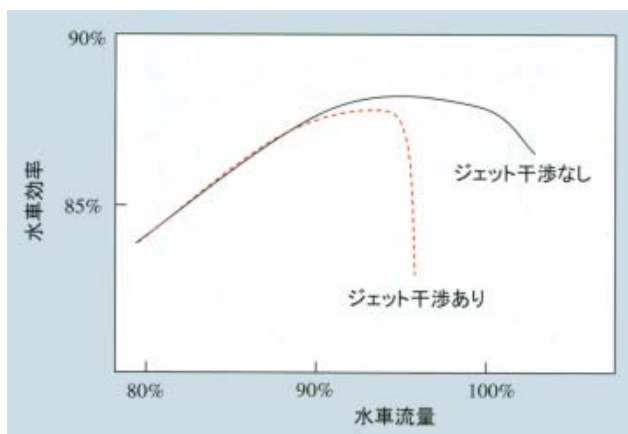
ジェット干渉とは、ペルトン水車特有の現象であり、バケットから排出する水が次のノズルから流入する水とバケット内面上で衝突して大きな損失を生じる現象である。

ジェット干渉は、ペルトン水車を高速化した際に発生し、水車効率・出力を大幅に低下させる(第1図参照)。このため、ジェット干渉発生領域を見つけることが高速化を進める上で重要な点であるが、「スケール効果により模型試験結果と実機性能とで差異が生じるため、実機のジェット干渉領域を模型試験から予測することが難しい」、「数値解析ソフトはあるものを実機を完全に模擬できておらず、実機のジェット干渉領域を数値解析により求めることは難しい」との理由からジェット干渉発生点は未だ正確に把握されておらず、高速化設計の妨げとなっている。

(2) 検討結果

ジェット干渉発生領域を把握するために、実機有水試験によりジェット干渉発生ラインを測定した。また、実機有水試験によるジェット干渉発生ラインと、数値解析によるジェット干渉発生ラインとを対比させることで、数値解析精度を上げ、高速化に対する検討が可能となった。以下に詳細を記載する。

まず、実機有水試験にて、ジェット干渉発生点の測定

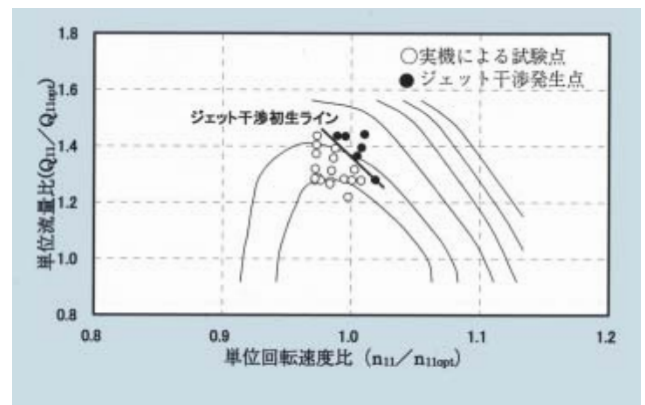


第1図 ジェット干渉による効率低下

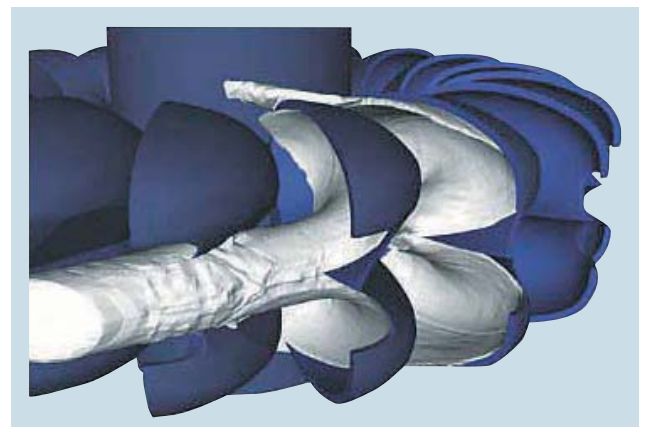
を行った。ジェット干渉は発電所の定格運転点よりも低落差及び大流量側で発生するため、入口弁開度を定格開度よりも絞ることで有効落差を低減させ、またニードル開度を定格値以上に開くことで流量を増加させ、ジェット干渉を故意に発生させた。実機による試験点を第2図に示す等効率曲線上に印で記載し、ジェット干渉が発生した実機試験点を印で示す。この試験結果からジェット干渉発生ラインを第2図の太実線のように示すことができた。

また、第2図の実測値をもとに、数値解析ソフトの補正を行い、数値解析(第3図参照)により求められるジェット干渉発生点を実機で測定されるジェット干渉発生点と一致するよう最適化を図った。

以上から、数値解析技術が向上し、設計時にも高速化についての検討を行うための技術が確立できたため、高速化を含めた水車の最適設計が可能となった。



第2図 実機試験点とジェット干渉発生ライン



第3図 ペルトン水車数値解析

4 今後の展開

ペルトン水車の低損失二分割分岐管形状の確立、およびジェット干渉数値解析技術が向上できたことにより、最適設計が可能となった。今後、水力発電所改修および新設時に本技術を適用し、性能面、コスト面での最適化を図る予定である。



執筆者 / 唐木俊明
Karaki.Toshiaki@chuden.co.jp