

水車ガイドベーンの土砂摩耗低減形状の開発

流れ解析による水車部品の土砂摩耗発生メカニズムの解明

Development of Guide Vanes Resistant to Sand Abrasion

Sand Abrasion Analysis of Hydro Turbine Parts Based on Computational Fluid Dynamics

(工務技術センター 水力課)

(Hydro Power Section, Electrical Engineering Technology Center)

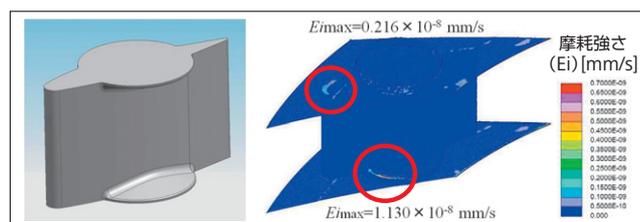
水力発電所の水車においては、水中に含まれる土砂により部品が摩耗するため、定期的に修理を行っている。本研究では、水車部品の土砂摩耗を低減するために、流れ解析(固液二相流解析)によって水車内における土砂を含む水の流動現象を解明するとともに、代表的な摩耗部品であるガイドベーンの土砂摩耗低減形状を開発した。

Water used for hydropower generation contains sand, which abrades turbine parts. Therefore, abraded parts need to be repaired periodically. Guide vanes are parts that commonly become abraded. In this study, we developed guide vanes with a new shape that can reduce the amount of sand abrasion on the parts. The shape of the guide vanes was customized based on analysis of the sand containing water using two-phase flow, which is a type of Computational Fluid Dynamics.

1 研究の目的

水力発電所では、流れ込む水に土砂が混じることによって、水車部品に土砂摩耗が発生する。水車部品が土砂摩耗すると、水車の性能および強度が低下するために定期的な修理が必要であり、水中の土砂含有量の多い発電所においては4～6年周期程度で修理を実施している。そこで、本研究では水車の修理周期を延伸するために、流れ解析(CFD: Computational Fluid Dynamics)によりガイドベーン(GV)、シートライナなど(第1図参照)における土砂摩耗の強さを解析し、土砂摩耗が発生しにくい流路形状を検討した。

摩耗強度が高くなっている。これは、GV内周側で流速が速くなること、およびGVつば部や先端部が水の流れを妨げて当該部位で土砂の衝突角が大きくなっていることが原因であると考えられる。



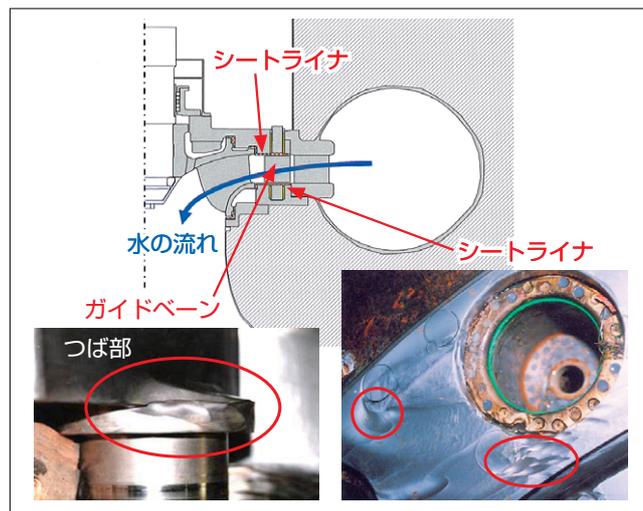
第2図 標準的なGV形状での土砂摩耗強度(Ei)解析

そこでGVつば部、シートライナ面の土砂摩耗を低減するために、第1表に示す軽微な変更(肉盛り溶接)により対策可能な土砂摩耗低減形状を立案した。

第1表 土砂摩耗低減形状案

	① つば楕円化	② つば小径化
GVつば部		
シートライナ部		

第1表の土砂摩耗低減形状を組み合わせた形状について流れ解析を行い、各部の土砂摩耗強度を比較したところ、第3図に示す①つば部楕円化+③先端上下部延伸化+④先端底面傾斜化を組み合わせた形状で、つば部で△17%、GV先端上下部で△69.5%、シートライナ部で△70%程度、土砂摩耗強度を低減できる結果となった。



第1図 水車断面図および部品の土砂摩耗状態

2 ガイドベーンの土砂摩耗低減形状に関する検討

土砂摩耗低減対策を検討するにあたり、流れ解析の一種である固液二相流解析により、土砂を含む水の水車内における流動現象を解析した。第2図に標準的なGV形状の水車での解析結果を示す。解析結果では、GV内周側のつば部、およびGV先端部上下部、シートライナ面の土砂



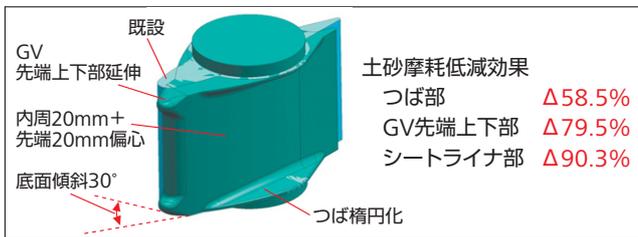
土砂摩耗低減効果
 つば部 $\Delta 17\%$
 GV先端上下部 $\Delta 69.5\%$
 シートライナ部 $\Delta 70\%$

第3図 ①つば部楕円化+③先端上下部延伸化+④先端底面傾斜化の組み合わせ形状

また、GV取替などの大規模な変更を行う場合は、第4図に示すようにGVの軸位置を内周側および先端側へ偏心させることによって、高流速に曝されるつば部の露出が少なくなり、また先端からつば部までの距離が延びて土砂の衝突角を低減できるため、土砂摩耗の低減が期待できる。流れ解析では、第3図に示した対策に加えて、本対策を採用することにより、つば部で $\Delta 58.5\%$ 、GV先端上下部で $\Delta 79.5\%$ 、シートライナ部で $\Delta 90.3\%$ 程度、土砂摩耗強度を低減できる結果となった。

この結果、以下の対策の実施により、土砂摩耗低減効果が得られる。

- つば部における楕円形状化①
- GV先端上下部延伸化③
- GV底面傾斜化④
- GV中心軸の内周方向への軸偏心



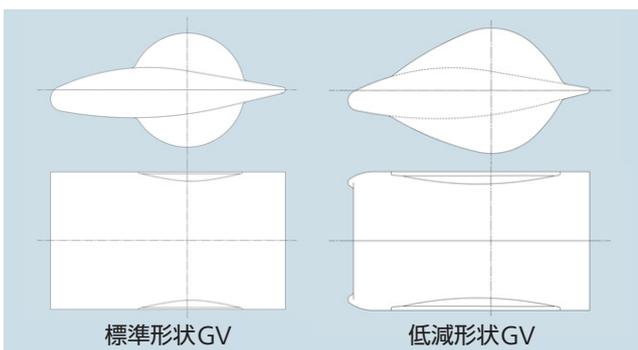
土砂摩耗低減効果
 つば部 $\Delta 58.5\%$
 GV先端上下部 $\Delta 79.5\%$
 シートライナ部 $\Delta 90.3\%$

第4図 軸偏心+①つば部楕円化+③先端上下部延伸化+④先端底面傾斜化の組み合わせ形状

3 実機を用いたフィールド試験とその結果

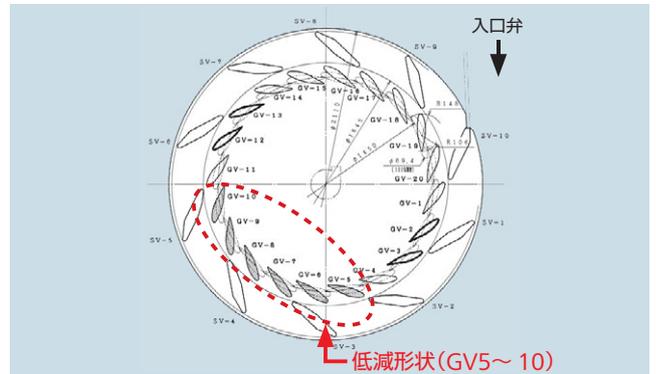
土砂摩耗低減形状と標準形状GVとの摩耗量を比較するため、低減形状と標準形状を併用した実機によるフィールド試験を実施した。

GV形状には、溶接補修により改造できる軽微な変更による土砂摩耗低減形状を採用した。第5図にフィールド試験に用いた標準形状GVと低減形状GVを示す。



第5図 フィールド試験に用いた標準形状GVと低減形状GV

フィールド試験は、土砂摩耗が原因で水車部品の修理周期が短い発電所において、H19年12月からH22年2月までの約2年間実施した。GVは、総GV数20本に対し、低減形状GV6本、標準形状GV14本を第6図に示すように配置した。



第6図 フィールド試験におけるGV配置

フィールド試験結果では、標準形状GV、低減形状GVの双方ともに目立った土砂摩耗は見られなかったが、GVつば部における土砂による打痕で差が見られた。第2表に実機フィールド試験の結果を示す。標準形状GVは、打痕がGV付け根で高密度に集中していたのに対して、低減形状GVでは、打痕がつば部全体に分散して発生していた。打痕の位置は、流れ解析結果で摩耗強度が強くなった位置と類似している。この結果から低減形状GVの摩耗進展の方が遅いことが期待できる。

第2表 フィールド試験結果

	流れ解析結果	フィールド試験結果
標準形状GV		 打痕がGV付け根に高密度で集中していた。
低減形状GV		 打痕がつば部全体に分散していた。

4 まとめ

本研究では、流れ解析を用いて水車ガイドベーンの水砂摩耗低減形状を検討し、土砂摩耗の抑制のために有効なGVを開発した。本研究の効果を確かめるためのフィールド試験では、標準形状GVにおける土砂による打痕がつば部付け根に高密度で集中していたのに対し、低減形状GVの打痕はつば部で広範囲に分散して発生しており、低減形状の採用により将来的な摩耗進展の鈍化が期待できることが確認できた。



執筆者/水谷 進