

経年水力発電所改修に伴う水理解析について

東北電力株式会社 法人会員 嶋村 計治
東北電力株式会社 法人会員 村里 浩司
東北電力株式会社 正会員 小林 正樹

1. はじめに

東北電力の水力発電所は、その大半が戦前に建設された発電所であり、約 8 割が建設後 50 年を経過しているため、老朽化の進んだ発電所のうち収益性の高い発電所について改修計画を進めている状況である。

2. 検討目的・項目

今回検討した再開発地点は、取水口から水槽まではコスト低減の観点から既設設備を流用する計画としたことにより、水槽から水車までの流れの平面形状が 90° に屈折する。このため、偏流による流況の乱れが懸念されると共に、今回採用予定の水車は発電所建屋面積の縮小化等に優れた立軸バルブ水車を計画しているため、水車上部の自由水面から水車に有害な振動の発生要因となる空気吸込み渦の発生が予測された。このため、数値解析による流況確認ならびに対応策を検討し、最終的に水理模型実験によりその効果を確認したものである。

3. 数値解析を用いた諸検討

(1) 基本形状による解析結果

計算モデルを図 - 1 に、解析結果を図 - 2 に示すが、水槽部から水路内に流入する際、ピア部において流れの剥離が見られる。このような流れの剥離は、水路内に大きな偏流を生じさせ、結果として立坑部における渦流れを助長していると考えられる。さらに、渦流れを形成する部分の流速についても、1.8~2.0m/s 程度となり、空気吸込み渦の発生が予測される。

このため、水路全体の流速の低減による流況の改善と、構造物からの流れの剥離による渦の発生抑制を目的として水路形状の見直しを行うこととした。

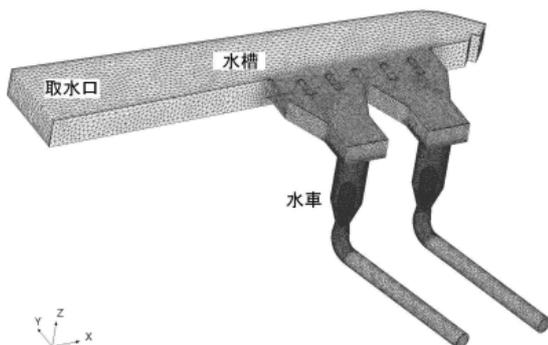


図 - 1 計算モデル

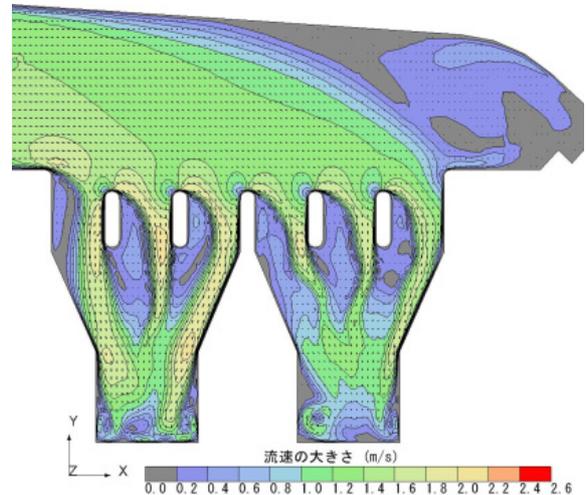


図 - 2 解析結果図 (基本形状)

(2) 変更形状による解析結果

既設構造物を極力活用し、コスト低減を図ることを基本としているため、水路形状の大幅な見直しや、導流壁の設置等を行わないこととし、流れの剥離低減を目的とした立坑部壁面の面取り (対策 1)、流速低減を目的とした水路縦断方向の掘り込み (対策 2) を実施することにより、部分的な形状変更のみで検討を行うこととした。

その解析結果を図 - 3 に示すが、基本形状と比較して立坑部の渦を形成する部分の流速について、最大で 1.2m/s 程度にまで低減することができたが、依然として空気吸込み渦発生の可能性は残ることから、水路形状の変更と併せて空気吸込み渦防止対策工の検討を行うこととした。

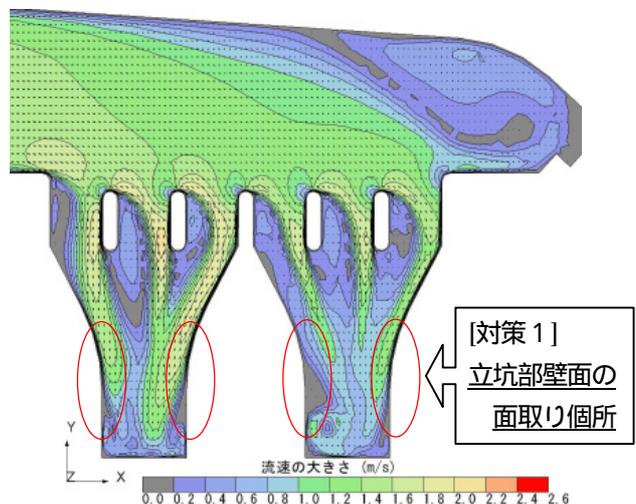


図 - 3 解析結果図 (変更形状)

(3) 渦防止対策工の検討

立軸バルブ水車採用時の空気吸込み渦防止対策等については、既設発電所に採用した整流傾斜板¹⁾を含めて種々検討したが、メンテナンス等の問題点を含め、総合的に判断した結果、実績のある整流傾斜板が有利であると判断された。その解析結果を図-4に示す。

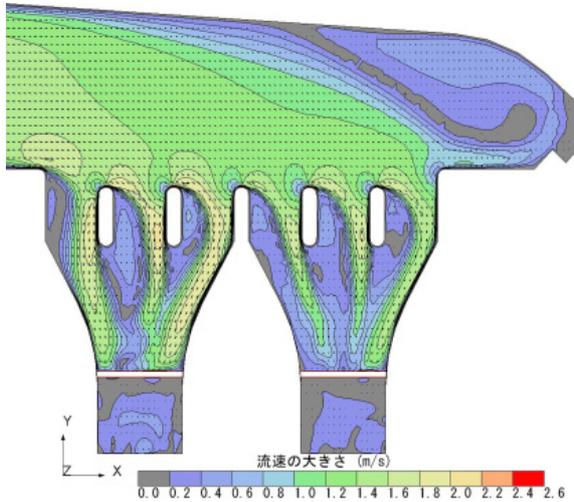


図-4 解析結果図(整流傾斜板)

図-4に示すとおり、整流傾斜板を設置することにより、立坑部の水面付近の流速は0.2m/s程度と大幅に低減されるとともに、水車上部の渦の発生するエリアが止水領域となり、渦防止対策工が有効に機能していることを確認した。

4. 水理模型実験について

(1) 水理模型実験の概要について

水理模型実験は、自由水面を有する流れを再現するもので、主に重力と慣性力に支配されることから、フルードの相似則を用いた3次元模型とし、取水口～発電所立坑部までを再現することとした。水理模型の全景を写真-1に示す。

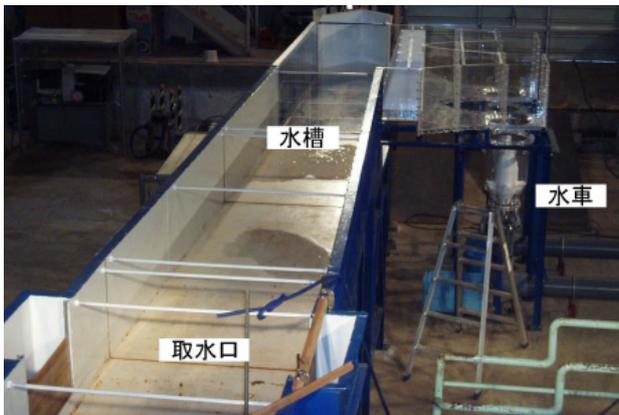


写真-1 水理模型全景

模型縮尺は1/25とし、また、空気吸込み渦の発生を評価する場合は、その流量をターボ機械協会基準²⁾の相似条件を含めて実施する必要があることから2ケースにて実験を行った。なお、水路内の流速分布は平衡流とした。

(2) 実験結果

a. 整流傾斜板を設置しない場合

上流側水車における渦発生状況について、N.W.L.全量運転時のターボ機械協会基準の結果を写真-2に示す。

ターボ機械協会相似則についてはフルード相似則に比較して流量が約2.6倍であることから、水面全体が波立つとともに、発生する渦も大きいことがわかる。なお、フルード相似則条件下の流量でも渦が発生することを確認した。

b. 整流傾斜板を設置した場合

上流側水車における渦発生状況について、N.W.L.全量運転時のターボ機械協会基準の結果を写真-3に示す。

ターボ機械協会基準において空気吸込み渦が発生せず、数値解析結果と同様に整流傾斜板による渦防止対策効果を確認することができた。

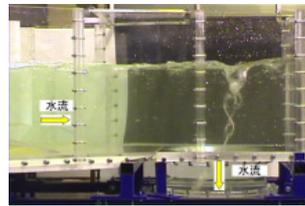


写真-2 整流傾斜板無し

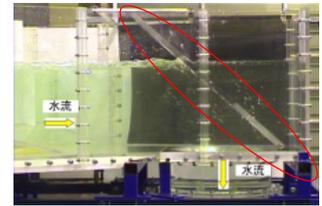


写真-3 整流傾斜板有り

5. おわりに

立軸バルブ水車採用時の水車発電機の振動発生要因となる空気吸込み渦について、数値解析ならびに水理模型実験により渦防止対策工の効果を確認することができた。

また、数値解析を用いて最適な水路形状および渦防止対策工の検討を行うことにより、水理模型実験の検討ケースを絞り込むことが可能となり、大幅な経費の削減と実験期間の短縮を図ることができた。

今回実施した数値解析と水理模型実験結果より、数値解析の有効性を確認することができたことから、数値解析に用いた定常流とともに、非定常流の解析についても検討を行い、数値解析の精度向上による水理模型実験の代替を目指していきたいと考えている。

最後に、本検討にあたり、(財)電力中央研究所地球工学研究所流体科学領域の皆様の多大なるご指導を頂きましたので、ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 保坂稔; 南場浩二; 小田桐悦郎. 第二上野尻発電所取水路整流傾斜板の合理的設計. 電力土木 .no.293, 2001.5, p.9-13
- 2) ターボ機械協会. ポンプ吸入水槽の模型試験方法(TSJS 002:2005). 2005.3