

電源開発(株)田子倉発電所向けフランシス水車一括更新工事 —既設埋設ケーシングを流用した水車一括更新—

Total Renovation of Francis Water Turbine for J-Power Tagokura Hydropower Station



台蔵 正仁
Masahito Daizo

安田 国雄
Kunio Yasuda

難波 輝晃
Teruaki Namba

電源開発(株)田子倉発電所の水車・発電機一括更新工事は、コンクリートに埋設されているケーシングを流用した点、またその上で定格回転速度を2ランクアップさせた点で今までに実績の無い一括更新工事となっている。本工事においては、通常の部分更新では実施できない水車埋設部の更新を計画したが、同時に流用する建屋基礎への強度上の問題、工事費低減、及び工期短縮の観点から土木工事を最小限にとどめるため、既設の埋設ケーシングを流用することとした。これにより今まで実績のある下部吸出し管のみ流用した更新工事に比べ大幅な経済的メリットが期待できる。ここでは、一括更新工事の設計段階から現地試験の各ステップにおいて実施した検討、打ち手、さらにはその試験結果について紹介する。

1. はじめに

田子倉発電所は 1959 年に初号機が運転開始し、運転開始当時は国内最大容量を誇る発電所であった。しかしながら現在に至るまで既に 50 年経過し、機器の老朽化が進んだため、この度 4 台の一括更新を実施する運びとなった。

2. 一括更新工事の目的

今回実施した一括更新工事の目的及び特徴を表1に示す。

プラント運転実績を反映し、仕様の見直しを行い、最新技術を用いた高効率化及び最短工事の工程化を図ったことが最大の特徴である。

表1 一括更新工事の目的と特徴

No.	目的と特徴	課題	対策
1	容量アップと効率改善	効率改善	CFD 解析によるシミュレーション模型試験による検証
2	回転速度の2ランクアップ	流水部既設品とのマッチング	CFD 解析によるシミュレーション模型試験による検証
3	ケーシング埋設部の流用	既設部と調整方法	調整板による現合調整
4	埋設管配管の処置	配管ルート	ケーシング巻終り部から取り出し
5	入口弁の更新	狭隘な設置スペース	立軸方式の適用
6	高圧油圧系の採用	新規開発品	工場検証の実施
7	現地工事への新技術適用	工事期間短縮化(2年ピッチ)既設品の寸法確認	流用範囲の拡大(ケーシング埋設部、下部吸出し管及び上部ビットライナの流用) 墨出し機の活用

一括更新水車の仕様を既設水車と比較して表2及び図1に示す。

表2 田子倉発電所仕様

項目	既設機	更新機
発電所出力	380 000kW	400 000kW
水圧鉄管	4条	
台数	4台	
最大使用水量	420m ³ /s (4台合計)	
水車最大出力	118 000kW	112 300kW
発電機容量	105 000kVA	112 000kVA
回転速度	167min ⁻¹	188min ⁻¹
運開年	1959 (1～3号機) 1961 (4号機)	2006 (4号機)
		2008 (2号機)
		2010 (3号機)
		2012 (1号機)

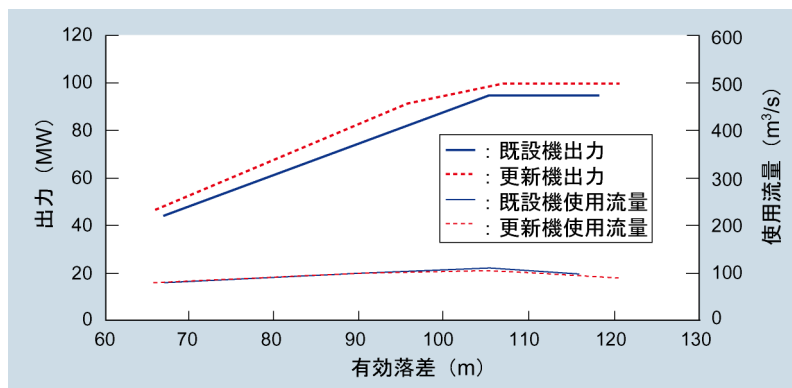


図1 新旧仕様比較図

3. 機器製作・設計

(1) 埋設部との取合い

既設ケーシング及び下部吸出し管を流用しているため、新製部とのマッチングを図る必要がある。このため、ステーベン・ガイドベーンの2重翼列流れ、ランナ内部流れ及び吸出し管内部流れについてCFD解析を実施し、高性能化を図った。その上でモデル試験を実施し所期の性能を上回ることを確認した。また、流用部との接続については、ケーシングの場合は調整板、吸出し管の場合は調整管を設け、現地据付時に既設品に対し現合した。図2に水車組立断面図、図3にスピードリング現地据付状況を示す。

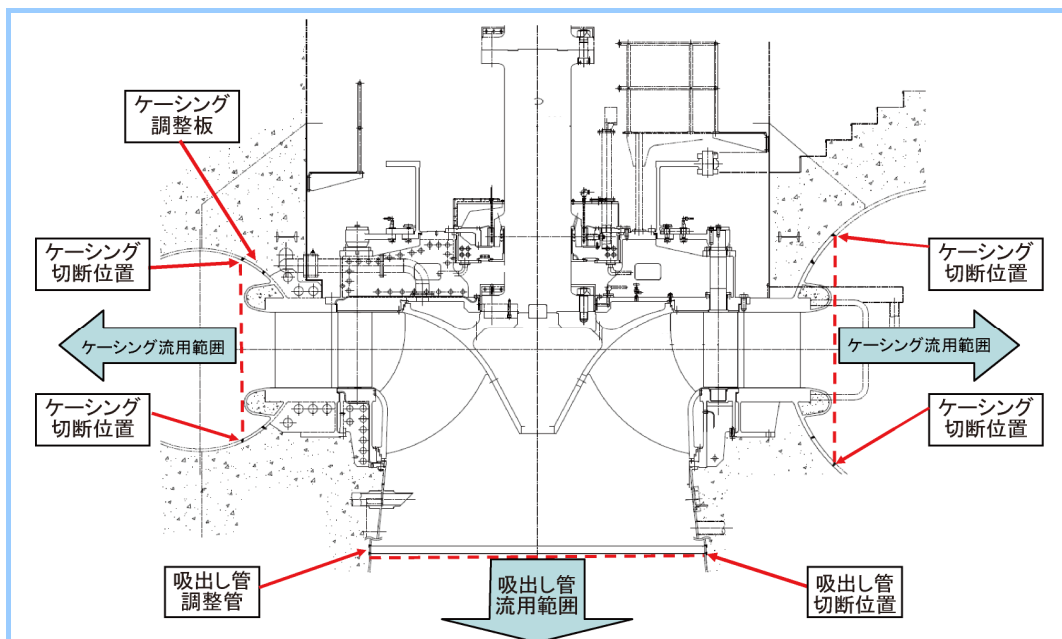


図2 水車組立断面図

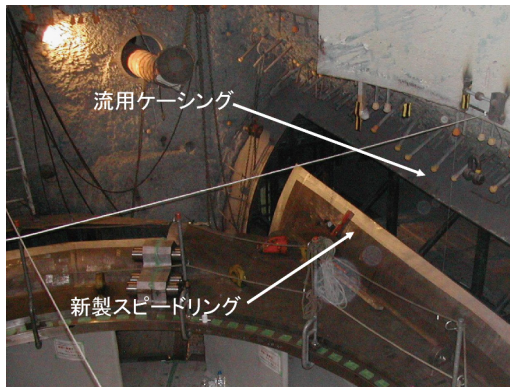


図3 スピードリング現地据付状況



図5 田子倉発電所向け調速機



図4 入口弁工場動作試験



図6 レーザ墨出し機

(2)ピット内配管

ピット内配管については、大径配管であるバランス管・本体漏水配水管を最小掘削量で可能なケーシング巻終り部から引き出すこととし、片側のガイドベーンサーボモータ支持台の一部も含めて掘削撤去した。細径配管については、監査廊から引き出すこととした。

(3)入口弁

既設機の入口弁は、立軸バタフライ弁であるが、更新機には水力損失が少なく水密性が高い複葉弁を使用した。既設機のスペースに納めるため立軸方式としたが、この方式では国内最大容量級である。図4に工場動作試験時の状況を示す。

(4)高圧油系の採用

既設機の油圧系は、 2.1MPa (21kgf/cm^2)と現在の油圧レベルと比べ低い部類となっており、スリム化を図りスペースを確保するために一挙に 7MPa 系まで高油圧化を図った。また、これに併せて、アクチュエータを省略しパイロット弁と一軸で結合し応答性を改善したPID型X級調速機を新開発し投入した。図5に新開発の調速機を示す。

4. 据付・現地試験

現地据付の基準となる水車中心からケーシング各部切断部までの位置決めなどに、新技術として新たにレーザ墨出し機を使用し、従来に対し工程半減、精度約倍に向上を図った。計測状況を図6に示す。

既設ケーシングと新製スピードリングとの調整はケーシング調整板によった。比較的スピードリング近傍での現地溶接が既設ケーシング側と新製スピードリング側でほぼ2円周分となるため、溶接による熱影響が危惧された。このため、現地溶接終了後上下カバー取付け部及びシール部については、現地に修正加工機を持ち込み修正加工することを当初から織り込み所定精度内に収めた。一方、現地で既設品の各部寸法確認において、入口弁と接続するケーシング直管部フランジに経年変形により数 mm の倒れが確認されたので、ケーシング直管部フランジ面についても修正加工を実施した。

据付終了後、無水・有水試験を実施した。負荷遮断試験結果を図7に示すが、回転速度を2ランクアップしたことによる技術課題である最大水圧及び速度上率は各々事前予測範囲内に収まっている。また、出力開度試験における水車軸振れを図8に示すが、軸振れも小さく良好な運転状態となっている。既設機及び更新機について現地効率測定を実施した。相対効率特性を図9に示すが、更新機は所期の性能を発揮していることを確認した。

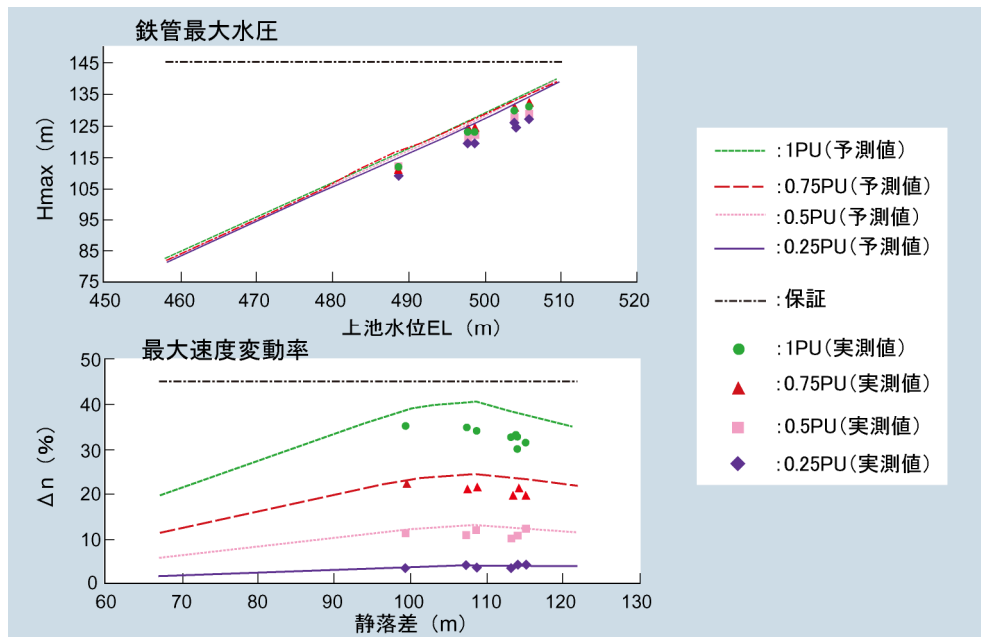


図7 負荷遮断試験結果

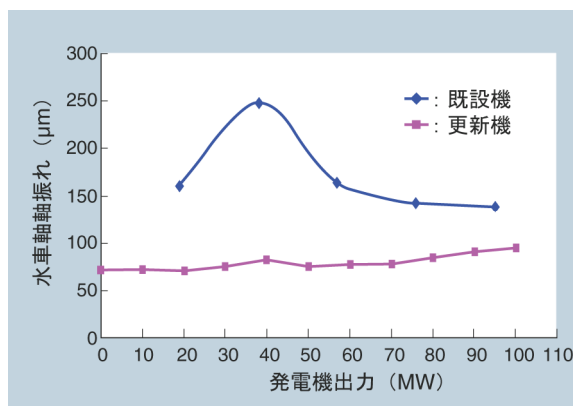


図8 水車軸 軸振れ比較

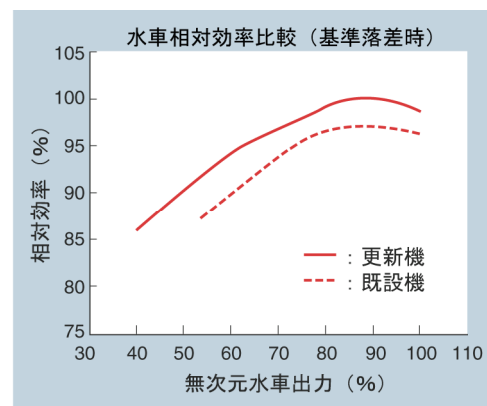


図9 水車相対効率比較

5. まとめ

初号機となる4号機は平成 18 年5月、継続2号機は平成 20 年5月に運転開始し、現在順調に運転継続中である。今後残りの3号機、1号機を2年ピッチで進め、全号機の工事完了を平成 24 年5月に予定している。

終わりに、この一括更新工事計画の遂行に当たり種々のご指導、ご鞭撻をいただいた電源開発(株)の関係者の皆様方に、心よりお礼申し上げます。

執筆者紹介



台蔵 正仁
高砂製作所
水・エネルギー部
水車グループ主席
技術士



安田 国雄
高砂製作所
水・エネルギー部
水車グループ
グループ長



難波 輝晃
高砂製作所
水・エネルギー部
水車グループ