

七滝川第二発電所リニューアル工事の設計及び施工

Design and construction of renewal construction of Nanatakigawa Daini Hydroelectric Power Station

西見 宣俊* 神田 隆雄**
Nobutoshi Nishimi Takao Kanda
松永 健***
Ken Matsunaga

要 約

昨今、クリーンな純国産エネルギーとして、再生可能エネルギーの活用が推奨され、水力発電も注目を集めている。しかし、水力発電においては初期投資が大きいことから、他の再生可能エネルギーに比べ採算性の確保が難しいなどの問題がある。そこで、近年は老朽化が進む既存の水力発電所のリニューアルが行われており、本論文はリニューアルによる増出力・増電力を行った事例のうち、土木工事の設計及び施工について報告するものである。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 七滝川第二発電所概要
- § 3. 工事概要
- § 4. 水圧鉄管路改造工
- § 5. 水車発電機基礎工
- § 6. 放水路拡幅工
- § 7. 熊本地震
- § 8. おわりに

§ 1. はじめに

我が国において水力発電の歴史は古く、昭和 20 年代頃までは、水力発電が日本の発電方式の主流で、ベースロード電源となっていた。その後、高度経済成長に伴ない、発電コストの低い火力発電や原子力発電の建設が進められ、水力発電の割合は全体の 10% も満たない電源となっていった¹⁾。

そのような中で 2011 年 3 月の東日本大震災後に再生可能エネルギーが脚光を浴び、2012 年 7 月より再生可能エネルギー固定価格買取制度が開始され、太陽光、風力、地熱、バイオマスに水力の 5 つのエネルギーが対象となった。水力発電は、他の電源に比べ CO₂ の排出量が少なく、火力発電の 1/100 ~ 1/50 程度であり、同じ再生可能エネルギーである太陽光発電と比べても 1/5 程

度と極めて少ないクリーンなエネルギーである²⁾。

しかし、水力発電所の建設は太陽光発電や風力発電に比べ、初期投資が大きく、採算性の確保が難しいなどの問題も多い。そこで、既存の水力発電所の設備更新などを行い増出力・増電力量を図ることで、既存ストックを有効活用する事業が行われてきている。

本論文は、既存ストックの有効活用として、水力発電所の設備更新に伴う、土木施設のリニューアル工事についての事例報告を行うものである。

§ 2. 七滝川第二発電所概要

七滝川第二発電所は JNC (株) が保有する水力発電所で、昭和 13 年 3 月に稼動開始した施設である。リニューアル前後の発電所概要を表 1 に示す。



写真-1 リニューアル前外観

* 土木設計部設計三課

** 九州(支)七滝第二(出)

*** 土木設計部設計一課



写真-2 発電所内

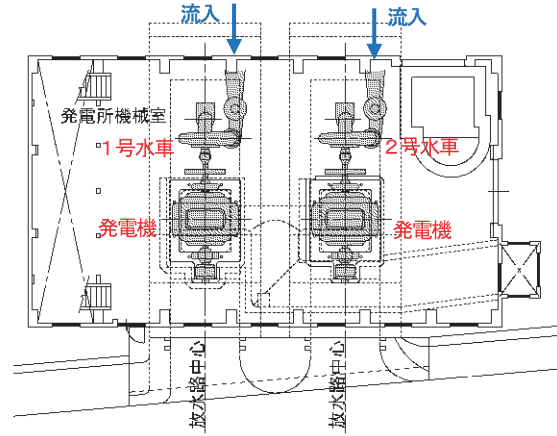


図-1 更新前平面図

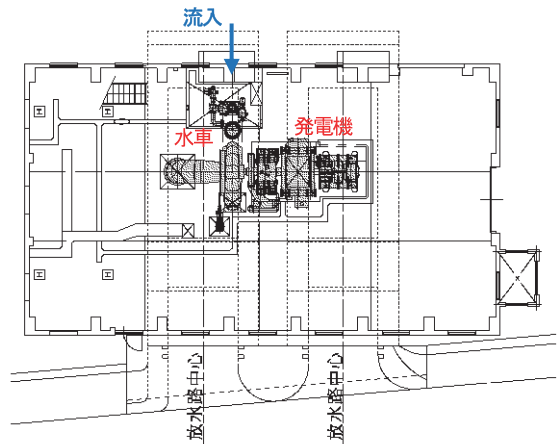


図-2 更新後平面図

§3. 工事概要

3-1 更新概要

建設から50年以上経過する発電所のため、これまでもにおいても、点検による劣化状況を把握した上で、適切な時期に部分更新を行ってきた。

発電所自体については、別途、耐震診断を行った結果、耐震性に対する補強は必要ないと診断された。

したがって、今回の主な改修は、水車発電機更新に伴う基礎の改造、天井クレーン更新における走行レールの整備、建屋内外装の美装補修と屋根の葺き替え、及びベンチレーターとの交換程度とした。

3-2 工事概要 (土木建築)

七滝川第二発電所の主な工事概要を以下に示す。

- (1) 工事件名：七滝川第二発電所リニューアル工事
- (2) 発注者：JNC 株式会社
- (3) 工事場所：熊本県上益城郡御船町
- (4) 工期：自 2015年5月1日
至 2017年3月31日
- (5) 工事内容：建屋補強・大規模改修工事 一式
水車・発電機基礎工事 一式
水圧鉄管改造工事 一式
放水路拡幅工事 一式

表-1 七滝川第二発電所更新概要

項目	更新前	更新後
最大使用水量	347m ³ /s	変更なし
有効落差	100.289m	変更なし
最大出力	2,800kW	3,000kW
年間発電電力量	19,570MWh	21,314MWh
水車	横軸単輪単流渦流型フランシス水車 2基	横軸単輪単流うず流フランシス水車 1基
発電機	横軸回転界磁三相交流同期発電機 2基	横軸回転界磁出口通風形三相同期発電機 1基

§4. 水圧鉄管路改造工事

4-1 設計

今回の設備更新では、水車発電機の設置台数を2基から1基に変更するため、水圧鉄管路の分岐部の改造が必要となった。水圧鉄管路は昭和62年に大部分の鉄管更新を行っているが、その時の更新工事では分岐管から発電所への接続部である埋設区間の更新は行っていない。したがって、今回の改造工事では、分岐管から下流までの区間で更新設備にすり付ける線形とした。

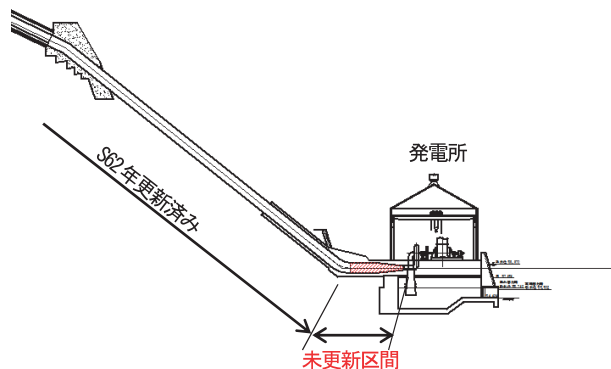


図-3 水圧鉄管路縦断面

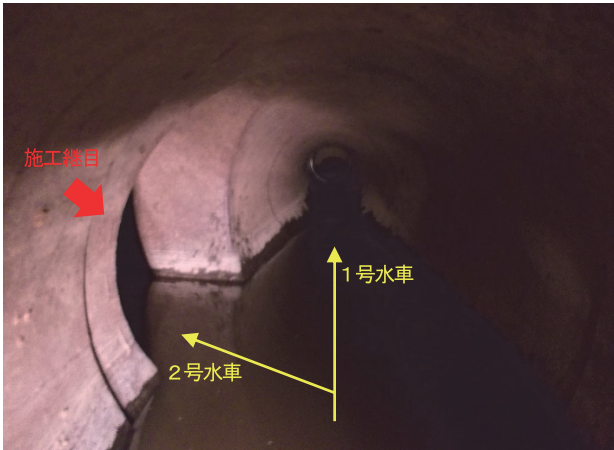


写真-3 水圧鉄管路更新前内部



写真-5 新設水圧鉄管設置状況

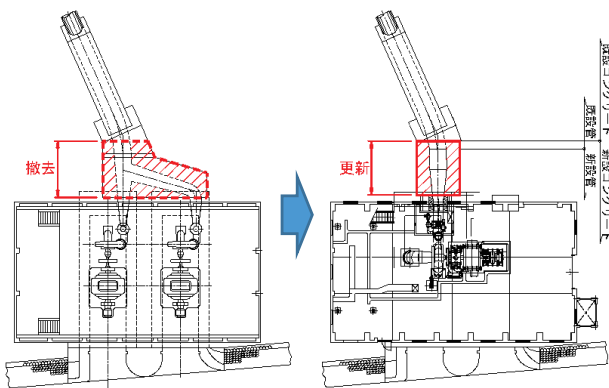


図-4 水圧鉄管改造図

固定台については、分岐管を直管に変更することで不平衡力は軽減されるが、管軸方向のスラスト力が増加するため、固定台の安定計算により再構築する固定台形状を決定した。検討は、「水門鉄管技術基準 水圧鉄管・鉄鋼構造物編 2014年2月(社)水門鉄管協会³⁾」に準じて行った。

4-2 施工

施工は、水圧鉄管路の改造工事を行うことで場内の南北を分断してしまうため、他工事との調整のもと行った。



写真-4 既設水圧鉄管除却状況

§5. 水車発電機基礎工事

5-1 設計

(1) 検討モデル

今回の設備更新により、今まで2基だった水車発電機を1基に変更するため、発電機のレイアウトを含め全面的な基礎の改造を行なった。既存の水車発電機基礎は単床式の無筋構造で、アーチ形状の放水路を介して岩着支持された構造であった。更新により放水路容量確保のための拡幅改造、放水路間の連結工事を行うことから、更新後の水車発電機基礎は下図に示すように左右の既設側壁にピン支持、新設する放水路間連結のボックスカルバートに弾性支持された単純ばりとしてモデル化した。

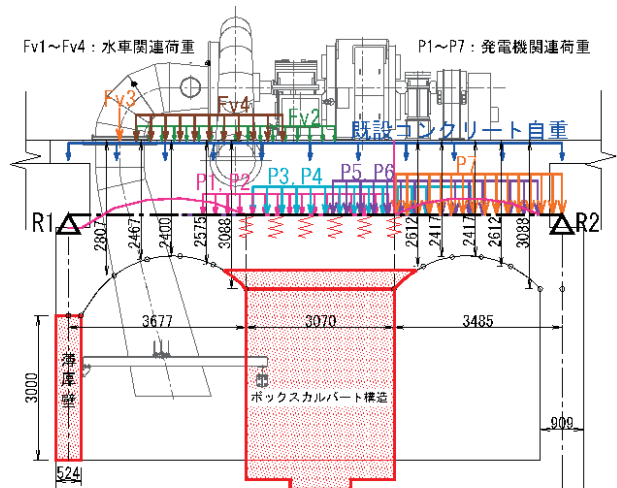


図-5 水車発電機基礎 検討モデル図

(2) 検討条件

解析モデルのうち、ボックスカルバートで支持された部分は、ボックスカルバートの剛性相当のばね値を入力し、ばね値は安全側にボックスの設計荷重と最大鉛直変位から算出するばね値とした。

水車発電機の荷重は、機器メーカーから与えられた荷

重条件より設定した。各荷重は、載荷面から部材中心深さまでの分散を考慮し、下図に示す最も荷重の重なりが多い断面（奥行き 2.6 m）で検討を行った。

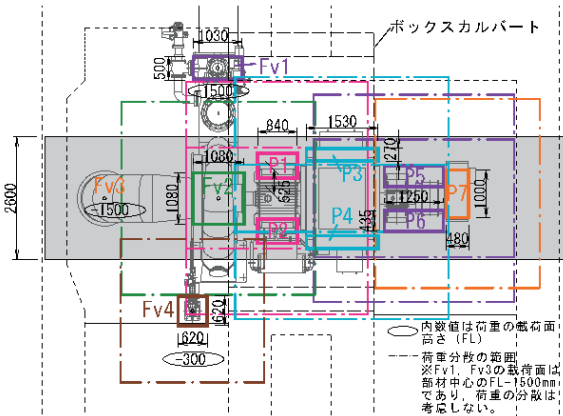


図-6 荷重配置図

(3) 検討結果

薄肉化する既存壁については、フレーム計算により算出した支点反力にて座屈照査を行った結果、安全性が確保されることを確認した。

基礎自体の安定性についても、周囲を岩で拘束されたマッシュな構造であるため、滑動、支持力の安全性に問題はないものと判断し、転倒のみ照査を行い安定性を確認した。

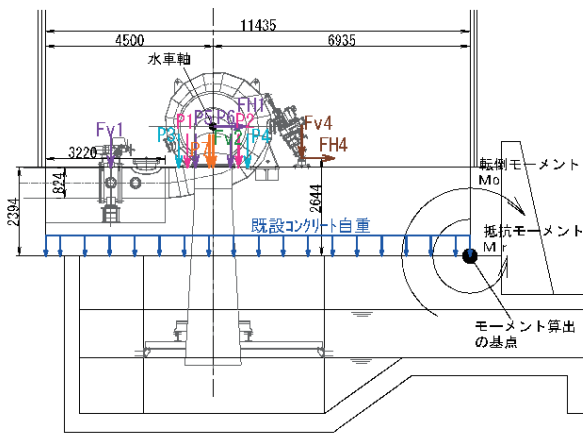


図-7 安定検討モデル図（放水路方向）

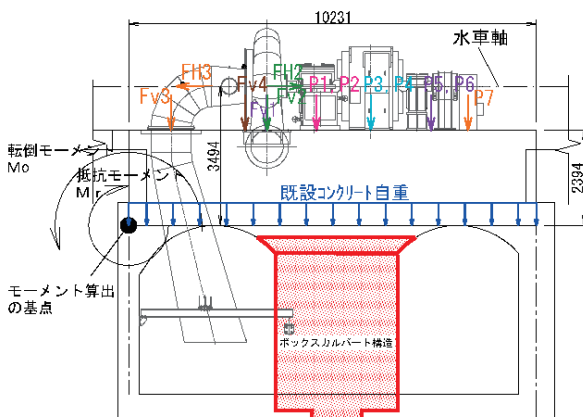


図-8 安定検討モデル図（放水路直角方向）

5-2 施工

既設基礎の掘削はコアボーリングとワイヤーソーイング工法により縁切りした後、せり矢とブレイカーでの破碎掘削を行った。基礎の再構築は機器の設置高さまでコンクリートを打設し、機械工事にて吸出し管・水車ケーシングの設置を行った後に、再度、土木工事で固定コンクリートの打設を行った。



写真-6 水車発電機基礎再構築状況



写真-7 ケーシング・吸出し管設置前

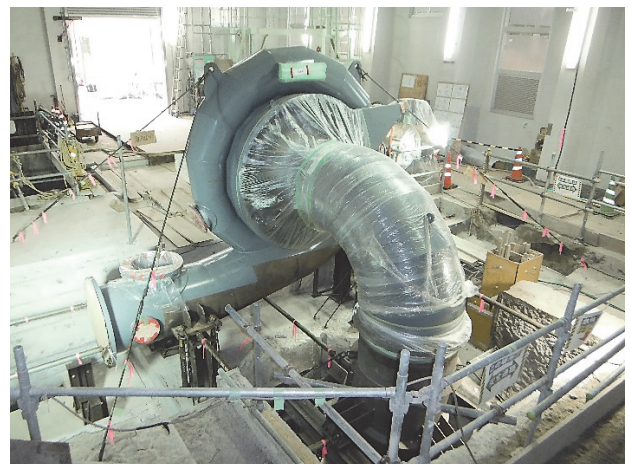


写真-8 ケーシング・吸出し管設置状況

§ 6. 放水路拡幅工事

6-1 設計

これまで最大使用水量に対し、2基の水車で発電した後に、それぞれの放水路により放水していたが、1基に統合することで片側の1条での放水となる。

しかし、1条では放水断面が不足するため、放水路間の隔壁を取り壊して上下流の放水路を連結することで、これまでと同様の流水断面を確保することとした。撤去する隔壁の上部には新設の発電機が配置されるため、連結部は発電機荷重を考慮したボックスカルバート構造とした。

また、放水路内面も経年による磨耗劣化が見られることから、粗度係数の回復を目的にポリマーセメントモルタルによるライニング補修を行った。

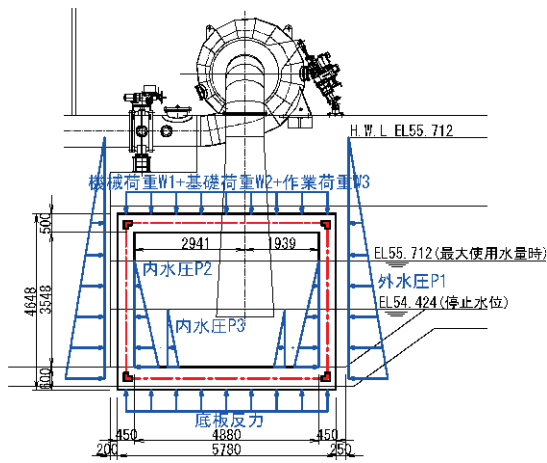


図-9 放水路連結部 検討モデル図

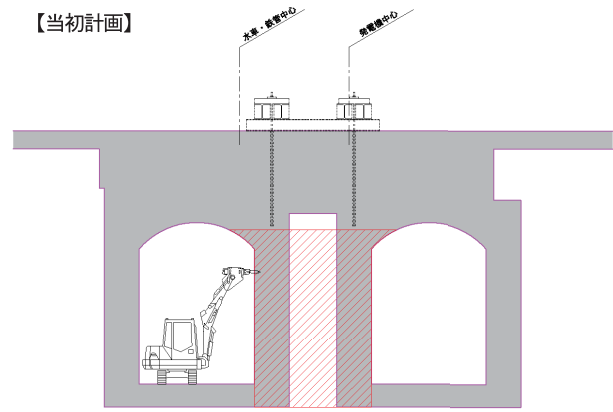
6-2 施工

隔壁の連結方法について、当初は工程短縮のため上部基礎の並行作業を想定し、トンネル掘りによる横穴掘削を計画していた。しかし、既存基礎が無筋構造であることから、吊天井等の補強対策を必要とした。補強対策を行った場合は、上部の作業ヤードが大きく制限されるため、上下での掘削作業は不可能であると判断し、掘削作業効率も考慮した結果、上部からのオープン掘削とした。



写真-9 放水路隔壁部掘削状況

【当初計画】



【変更後】

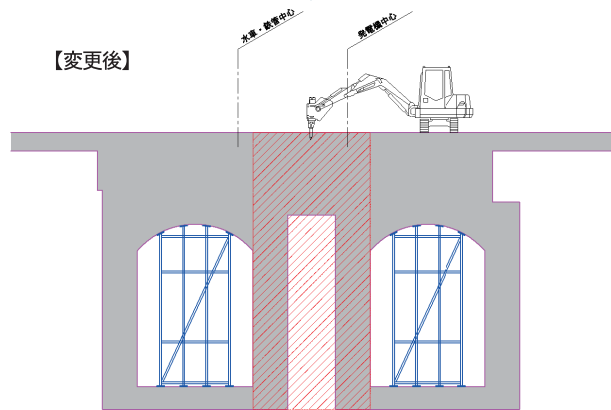


図-10 放水路連結施工イメージ図



写真-10 放水路内面ライニング状況

§ 7. 熊本地震

工事期間中の2016年4月に、熊本県熊本地方を震央とする熊本地震が発生した。本発電所が所在する御船町においても震度6を超える揺れであった。地震時は基礎工事はほぼ完了しており、機器の設置を行う前の段階であった。そのため、地震においても発電所自体の損傷はなく、耐震性についての性能が確認された。

しかし、周辺道路で落石が発生し、発電所までの経路が分断されたため、地震後もしばらく資材・機器の搬入が出来なくなり工期延伸となった。



写真-11 周辺道路被災状況（落石）



写真-12 リニューアル後外観

§8. おわりに

近年、地球温暖化を抑制する電源として再生可能エネルギーである水力発電への関心は大きくなっている。しかし、新規の水力発電開発は、環境リスクへの配慮もあり、計画が難しい問題もある。その中で、本報告の事例のように設備の大規模更新による出力の増強を行うことで、既存ストックを有効活用するリニューアル工事は今後も増えていくことが予想される。本事例で得た経験をさらに同種・類似事例に反映させていきたい。

参考文献

- 1) エネルギー白書 2016：経済産業省
- 2) 高野登：水力発電への挑戦，電力土木，2017 No.387 p1-2
- 3) 水門鉄管技術基準 水圧鉄管・鉄鋼構造物編 2014年2月（社）水門鉄管協会