

(Ⅱ - 52) 大幅出力増を狙う水力発電所リフレッシュ計画の設計事例

(株)ニュージェック 正員 高瀬英夫・竹村陽一

1. 序論

日本における水力発電所の歴史は、はや100年を経過した。このため、使用水量が渇水量(355日流量)ないし平水量(275日流量)程度を取水し、無効放流の多かった老朽化した"水路式発電所"の全ての施設を廃止し、新設する事例が増えつつある。

しかしながら、既存の水路構造物をできるだけ再利用し、かつ、使用水量を増加して、大幅出力増を狙う"ダム水路式発電所"のリフレッシュの事例は少ないように思われるので、その技術的課題について、発電開始後約65年経過した「A水力発電所」のリフレッシュのための設計事例を紹介する。

2. リフレッシュの方策と既設水路構造物の再利用

本計画は、水車・発電機等の取り替え電気工事を機会に、既設構造物を有効利用しながらリフレッシュするもので、導水路トンネル内と水圧鉄管の流速に余裕があることに着目して、水路構造物の内サージタンクの上部、水圧管路の末端部、発電所建屋内の水車・発電機回りや放水口の部分的改造だけに止めることで、改造工事期間を短縮させ、発電停止期間中の収入減を極力抑さえ、土木工事費の低減を図ろうとするものである。A発電所の現状とリフレッシュ(以下、拡充案という)の発電計画諸元を、表-1に示す。

表-1 A発電所の現状と拡充案の発電計画諸元

	最大出力 (MW)	最大使用水量 (m^3/s)	有効落差 (m)	年間発電電力量 (MWh)	設備利用率* (%)	河水利用率** (%)
現 状	72	138.74	62.66	366,000	58.0	90.7
拡充案	99	176.00	65.12	437,000	50.4	94.5

* (MWh) / (MW) × 24時間 × 365 日

** 発電利用水量 / 年間総流入量

現状のA発電所の概要は、流域面積 1,100 km^2 地点に、ダム高 79.25m、利用水深15.00m、有効貯水容量約 1,600 万 m^3 の調整池を造り、最大138.74 m^3/s を取水位179.83mで取水口より取水し、延長1,170m、内径6.55mの圧力導水路トンネル1本により、内径21.34m、高さ46.03mの単動型サージタンクに導水し、底部下流端で4条に分岐後、内径3.35~2.40m、平均延長202.7mの水圧鉄管により発電所に導き、使用水量34.69 m^3/s 、有効落差62.66m、最大出力72,000kWを、縦軸フランシス水車4台で発電した後、放水口から放水水位106.07mで河川に放水している"ダム水路式発電所"である。水路縦断概略図を、図-1に示す。

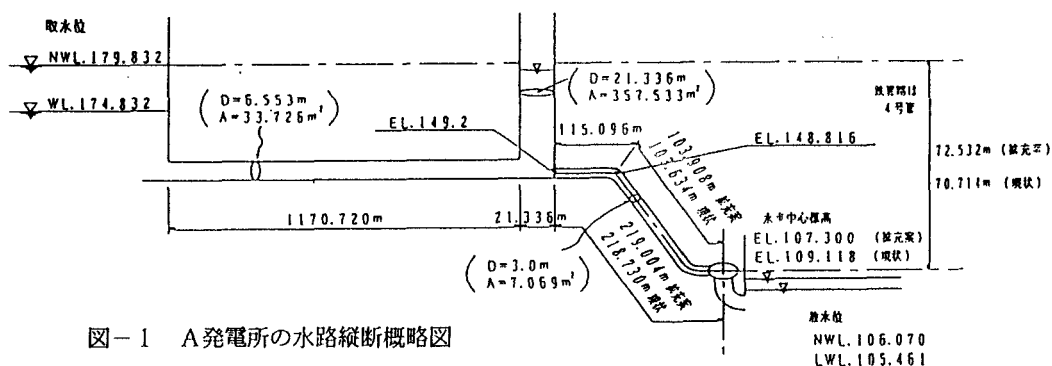


図-1 A発電所の水路縦断概略図

3. 拡充案の検討結果

(A) サージタンクと水圧鉄管の水理検討結果； 拡充案の最大使用水量が、現状138.74 m³/sから176.00 m³/sに増加することに伴い、サージング及び水撃圧の変動高が現状より大きくなる。既設サージタンクの天端を嵩上げする案(A-1案)と、内巻補強する嵩上げを内張鉄管による案(A-2案)と、鉄筋コンクリートによる案(A-3案)で検討した。また、サージタンクの上部に水室を増設する案(B案)についてのサージング計算を行い、最上昇水位と天端標高の設定、最下降水位の設定とその水位のサージタンク基部水路天端に対する余裕等の検討を行った。既設の水圧鉄管路を使用するため、この鉄管の許容水頭内に、水撃圧値が納まるかどうかを検討するとともに、上部ベンド位置における負圧の有無の確認等の検討を行い、現状の諸元・運用に対する場合と比較した。

(B) サージタンクの構造検討結果； 最大使用水量の増加により、サージング上昇水位が変化することになる。サージタンクの改良案として考えられる上記4案を提案し、それぞれ構造物の概要・形状・利点・問題点及び主要概算数量等を、現地調査と定量的評価及び経験から比較検討した。サージタンク周壁の構造検討については、建設当時の設計条件に基づいた鉄筋応力検算を行った。サージング水頭上昇に伴う周壁の内水圧による巻立応力計算を、Otto Frey-Baerの方法で行った。水室増設案(B案)については、既設サージタンク周壁の一部を切り壊すので、フープ鉄筋を切断するため補強方法として両側からPC鋼棒で緊張する案を検討した。

(C) 水圧鉄管路の構造検討結果； 最大使用水量の増加及び水車中心標高の低下に伴う設計水頭を計算し、設計水頭と許容水頭の関係、水圧鉄管の各種応力(鉄管の曲げ応力、軸方向応力、局部応力、剪断応力、円周方向応力、合成応力、リングガード応力、サドル支承上の応力、外圧)等を計算し、常時と地震時における温度上昇時と下降時について、固定台の安定計算を行った。

(D) 発電所建屋内の構造検討結果； 拡充案で概略設計された水車・発電機、ケーシング、ドラフト等の諸元に基づき、水車中心標高の低下に伴う既設水圧鉄管のNo.2 固定台直下流から、ドラフト出口までのレイアウトを行い、新規に設置する水圧鉄管及びケーシング回りの構造検討を行った。

(E) 放水口の構造検討結果； ドラフトの形状変更に伴い、ドラフト出口から放水口までの検討を行った。

(F) 改造工事の施工法の検討結果； サージタンクについては、拡充案に対する比較検討結果に基づき、有望となったA-1案とB案の2案について、その概略施工方法を検討した。発電所建屋内の改造は、水車・発電機4台のうち1台を取り替え、他の3台を運転しながら施工する計画であったが、各号機の中心間隔が狭い上、バレルやケーシング回りから放射状に出ている鉄筋を切断すると不安定になり、狭い場所に梁と支柱が必要になる等から、2台ずつ施工する計画に変更した。

4. 結論

リフレッシュによる発電計画諸元の変更は、出力が72MWから99MWに37.5%増加し、電力量が366,000MWhから437,000MWhに19.4%増加する。設備利用率が58.0%から50.4%に下がるが、河水利用率が90.7%から94.5%に改善され、有効利用されることになる。

電気工事費を除く土木工事費のみの建設単価は、kW当り建設単価が約84,000円となり、kWh 当り建設単価が約82円となった。新規開発地点の目安としている建設単価に比べ、kW単価は10%程度、kWh 単価は40%程度の建設単価となった。大幅出力増を狙ったA発電所は、電力系統運用上から電力量(kWh)より出力(kW)を求められる発電所なので、「低廉なkW当り建設単価で、27MWの出力増大が可能」となり、経済性の高い計画地点であることが明らかとなった。

一般に、リフレッシュ地点は改造の工事が少なく、改造場所への道路があって進入が容易な場合が多い。これに対して、新規開発地点は、全体の工事が多く、工事用道路等が必要で、これら新設に伴う掘削や斜面崩壊による環境破壊が多く、問題となる。この面からも、リフレッシュ地点の方が有利といえる。