

水力発電所リニューアル工事に伴う導水路補強工法

前田建設工業株式会社 正会員 ○福山 隼人
前田建設工業株式会社 正会員 吉良 正幸
前田建設工業株式会社 正会員 谷口 徳晃

1. はじめに

本工法は九州電力(株)軸丸発電所(大分県豊後大野市, 出力 12,500kW)リニューアル工事の一環として, 大正 9 年に運開した水力発電所の導水路を補強するものである。補強工法選定にあたり, 築 100 年以上の水路構造物における劣化状況等の現状把握が必要であった。

本論文は, 導水路の補強工事における工法選定および施工課題について述べるものとする。

2. リニューアル工事の概要

軸丸発電所は, 大正 9 年(1920 年)に運転を開始し, 昭和 29 年(1954 年)に増強工事を経て 68 年が経過した水力発電所である。本リニューアル工事は, 水車・発電機, 導水路等の高経年化対策を目的とした工事であり, 設備更新に伴う発電効率向上により, 最大出力および発電電力量の増加を図るものである。最大出力については 12,500kW から 13,600kW となり, 年間発電電力量については 7,000 万 kWh から約 7,300 万 kWh に増加する。

本論文においては, リニューアル工事のうち導水路補強工事について記述する。

表-1 軸丸発電所諸元

発電所の所在地	大分県豊後大野市
水系および河川名	大野川水系大野川
最大使用水量	25.0 m3/s [同左]
有効落差	62.12 m [62.80 m]
最大出力	13,600 kW [12,500 kW]
年間発電電力量	7,300 万 kWh※ [7,000 万 kWh]
注:[]内は既設発電所の諸元	
※ 一般家庭用 24,000 世帯分に相当	



図-1 水路一般平面図

3. 既設導水路の状況把握

軸丸発電所導水路は第 1 号から 10 号トンネルおよび第 1 号から 10 号開渠で構成される全長約 4,600m の導水路である。導水路断面構造は多様で, ①コンクリート全巻部(約 2.2km)②無巻部(地山露出, 約 1.7km)③開渠部(約 0.6km)の 3 構造で構成されている。

当導水路は 100 年以上前に構築された水路トンネルであり, 現状の劣化状況が不明であった。そこで, 補強要否や補強範囲, 補強工法の検討を実施するため各種調査を実施した。調査項目として①地質評価②地表踏査③電磁波レーダーによる背面空洞調査④既設覆工コア強度試験⑤外観調査を実施した。

調査の結果, 岩盤において一部既設覆工への縦断クラックや節理, パイピングホール等が認められた。岩盤のクラックは土被りの低い坑口付近に見受けられ, 地質や地形的な要因に加えて長期的な車両通行荷重による影響があると推定できる。

調査結果を踏まえ, 当導水路では全長約 4,600m のうち補強が必要と評価された約 1,800m を更新延長と定めた。

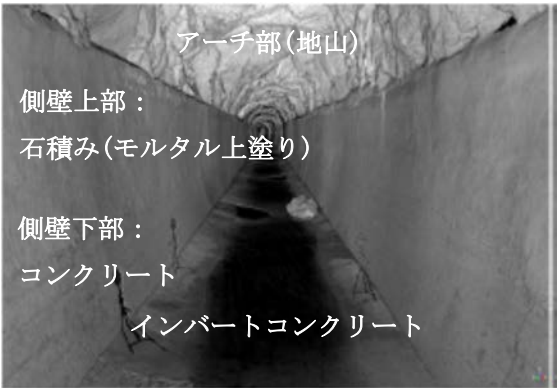


写真-1 導水路断面(無巻部)

4. 工法選定

工法選定は構造性能，施工性，経済性，耐久性，維持管理等総合的な観点で比較を実施した．また，既設覆工撤去が伴う工法は地山不安定化への直接的影響があるため，既設覆工を撤去しない工法を前提とした．表-2 に工法選定比較表を示す．

比較した結果，軸丸発電所導水路補強工法としてパネルライニング工法を選定した．以下に当導水路におけるパネルライニング工法採用のメリットを列挙する．

- 1. 既設覆工の撤去の必要がなく，地山の不安定化リスクを回避できる．
- 2. 粗度係数改善により通水能力不足を回避できる．
- 3. 規模の大きい仮設備が不要となる．
- 4. 施工性が良く，全体的な工期短縮およびコスト削減が見込める．
- 5. 作業で発生する粉塵が少なく，坑内環境が良好．

表-2 工法選定比較表

工法	概要	粗度係数	当導水路への適用可否	評価
覆工巻替え	覆工コンクリート撤去巻替え	0.014	○	比較的安価 仮設備必要 余堀の程度で コスト増 △
FRPグリッド増厚・巻立て	FRPグリッド吹付けPCMで既設構造に一体化	0.010 ～0.012	△ 無巻部は使用不可	無巻部では 使用不可 段差処理に コスト増 ×
パイプインパイプ	FRPM管を内挿し，自立管として管路を更生	0.010 ～0.012	△ 適用管径が小さい	比較的安価 適用規模小 ×
鋼板内巻改修工	鋼板溶接による一体構造トンネルを構築	0.012	○	コスト大 大きな耐荷重 が必要な場所 でメリット △
パネルライニング	レジンコンクリートパネルを表面被覆材として用い，既設構造物に一体化	0.010未満	○ 無巻部は 鋼製支保工が必要	比較的安価 既設構造物を 撤去せずに 適用可能 ○

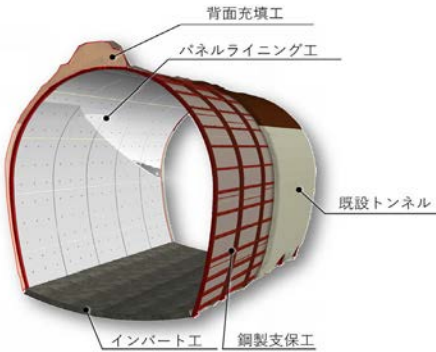


図-2 パネルライニング工法模式図

5. 施工課題

当導水路で，本工法による補強工事を進めるにあたり直面した施工課題について，①施工効率性②施工管理の2点に着目して記述する．

5. 1 施工効率性（導水路曲線部の施工）

図-1 に示すように当導水路は，随所に曲線部を設けながら発電所へ接続している．曲線部は支保工建込時に曲率を表現する必要があるが，曲率は曲線外側の支保工スパン1.1m に対し 0.8m 程度に小さくすることで表現した．これは，支保工の通りや直線部との連続性を考慮しながら施工する必要があり，支保工建込の歩掛は 2 分の 1 に減少した．同時に曲線部パネル設置作業では支保工スパンが変化していることで，パネルを支保工に合わせて切断する作業が必要となった．その結果，パネル設置の歩掛は 4 分の 1 となり，曲率表現の難しさを施工を通して確認できた．



写真-2 パネル設置後(曲線部)

5. 2 施工管理（背面グラウト充填工の打設高さ管理）

パネル背面のグラウト充填工において，目に見えない部分の施工であり，打設高さの管理を可視化する必要があった．そこで，グラウト漏出確認管を打設スパン棲部に 1 リフト高さ毎で設置すると共に，セメント水和熱を利用してサーモグラフィカメラによる管理を実施した．その結果，パネル背面のグラウト充填状況がリアルタイムで確認でき，打設高さの管理に有効であることを施工を通して確認できた．



写真-3 サーモグラフィカメラによる打設高さ確認

6. まとめ

当導水路で採用した本工法は，施工効率性や施工管理で一部課題があり，施工を通してその課題を理解することができた．施工管理の課題に対しては最適策を模索し改善することができた．既設覆工の撤去が不要なく施工できる本工法は，今後増加するであろうリニューアル工事に採用できるのではないかと考える．