

IEA 水力実施協定 ANNEX 11 水力発電設備の更新と増強
第二次事例収集（詳細情報）

事例のカテゴリーとキーポイント

Main : 2-c)土木建築分野の技術革新、適用拡大、新材料

プロジェクト名 : 栲原川(ゆずはらがわ)第三発電所リフレッシュ工事
 国、地域 : 日本、高知県
 プロジェクトの実施機関 : 四国電力株式会社
 プロジェクトの実施期間 : 2005年～2008年
 更新と増強の要因 : (A) 老朽化/故障頻発
 キーワード : 老朽化(Aging)、FRPM管(Fiber reinforced plastic mortar pipes)、減勢工(Energy dissipator)、増出力(Increase of output)

要旨

栲原川第三発電所は、運転開始後 75 年が経過し、設備の各所に老朽劣化が顕在化してきたことから、大規模なリフレッシュ工事を実施した。このうち、水圧管路については、既設の鉄管から FRPM 管への取替とともに、管の支持構造として、既設路床を流用した連続基礎サドル形式を採用するなどにより、コストダウンおよびミニマムメンテナンスを図った。

1. プロジェクト地点の概要（改修前）

栲原川第三発電所は、四国の西部、高知県高岡郡栲原町に位置し、最後の清流と称される四万十川支流の栲原川に設置された、最大使用水量 7.79m³/s、有効落差 41.8m、最大出力 2,580kW の水路式発電所である。（図 1）

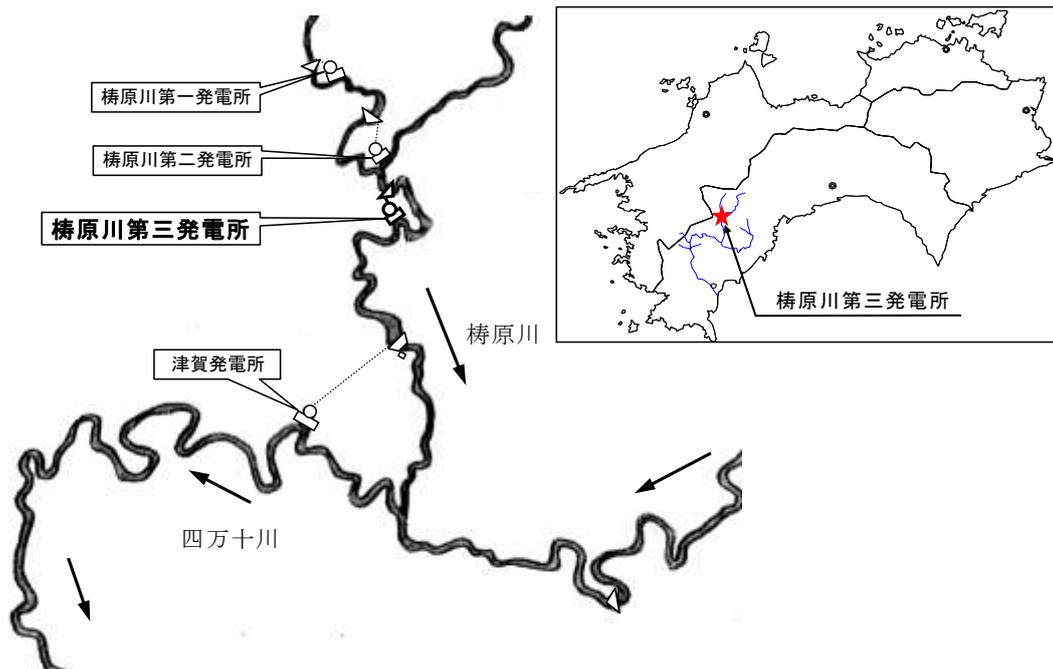


図 1 栲原川第三発電所 位置図

2. プロジェクト（更新/増強）の内容

2.1 誘因と促進要因（具体的なドライバー）

① 状態、性能、リスクの影響度等

(A)–(b)耐久性、安全性、信頼性向上

栲原川第三発電所は、1930年に運転が開始されて以来、定期的な設備点検と必要に応じた改修工事などにより2005年までの75年間発電を継続してきた。しかしながら、経年により設備各所に老朽劣化が顕在化し、特に、水圧管路ならびに水車・発電機については、余寿命予測結果から2007年頃に使用限界に達するものと推測された。

導水路トンネルについては、覆工コンクリート背面に、建設時にできたと考えられる空洞が確認されており、今後の長期運用期間において、背面岩盤の風化等に伴い、トンネルが損傷することが懸念された。

また、同発電所は、敷地高 EL218.788m に対し、1982年の台風に伴う洪水において、EL222.288m の位置まで冠水したことから、主要電気設備などを保護するため、発電所敷地高さを嵩上げするなどの対策を講じる必要があった。さらに、当発電所の余水路には、これまで減勢工が設置されておらず、近年増加している河川利用者の安全確保のため、新たに余水路減勢工を設ける必要があった。

② 価値（機能）の向上

（該当なし）

③ 市場における必要性

（該当なし）

2.2 経緯

- 1930.12 発電所運転開始
- 2001 発電所リフレッシュ計画の検討開始
- 2005.2 工事实施計画決定
- 2005.9 工事着手
- 2005.11 発電停止、水車・発電機撤去
- 2006.2 発電所地下躯体工事開始
- 2006.3 旧設備撤去工事竣工
- 2006.4 水圧管路取替開始（リベット接合管 → FRPM 管）
- 2006.9 導水路トンネル修繕工事開始（覆工コンクリート背面の空洞充填）
- 2007.2 水圧管路取替および発電所地下躯体工事完了
発電所敷地造成工事開始
- 2007.3 導水路トンネル修繕工事完了
- 2007.11 水車・発電機据付開始
- 2008.2 水車・発電機据付完了
発電所敷地造成工事完了
- 2008.3 新設工事竣工・運転開始
（最新の高効率ランナを採用し、最大出力が 2,580kW→2,800kW にアップ）

2.3 内 容（詳細）

2-c) 土木建築分野の技術革新、適用拡大、新材料

① FRPM 管の採用

梶原川第三発電所の既設水圧管路は、経年 75 年のリベット接合管であり、標準的な取替年数（40 年）を大幅に超過するとともに、鉄管固定バンド部や固定台、小支台との接触部では深さ 2～4mm 程度の発錆、孔食が認められた。また、過去の板厚調査結果をもとに、水圧鉄管の余寿命予測を行った結果、2007 年には有効板厚が局部的に 5.87mm にまで減少し、使用限界レベルに達するものと推測された。このため、水圧管路の取替計画について詳細な検討を行い、塗装の省略等によるミニマムメンテナンスの観点より、他社での導入実績等も踏まえ、既設鉄管から FRPM 管へと取り替えを行うこととした（図 2）。

FRPM 管は、内外面のガラス繊維強化層（FRP 層）と、この両層間に設けられた樹脂モルタル層で構成された複合材料であり、1)鉄管よりも軽量、2)鉄管と同等の耐摩耗性を有する、3)施工性に優れる、4)地山変位への追従性（伸縮性）を有する、5)水密性や耐食性に優れるなどの特長があることから、工事費の低減や工期短縮を図ることができる。なお、本地点では、現地までの搬入道路が狭隘で急カーブも多いことから、市販されているフィラメントワインディング法（高強度のガラス繊維を円周および軸方向に重ね合わせ）成形管のなかでも一般的に良く用いられる管長（6m）よりも短い 4m 管を採用した（図 3）。

水圧管路の取替計画にあたっては、健全な状態であった水圧管路上部（ヘッドタンク部）の既設鉄管 10.8m を流用し、コスト低減をはかることとしたが、既設鉄管と FRPM 管の接続部における止水性確保という課題があった。このため、既設管のリベット接合部の段差に対し、止水性が確保でき、構造的にも局部応力が発生しにくいテーパー付鋼製ライナーを付加した接合管を考案・適用することで課題の解決をはかった（図 4）。

また、水圧管路の支持構造については、既設設備の流用によるコスト低減をはかるため、種々の形状について比較検討を行い、路床とサドルを一体構造として構築することで、単独サドル基礎形式に比べて撤去コンクリート量を低減できるとともに、将来における FRPM 管の部分取替の際にもコンクリート取り壊しの必要がない「連続基礎サドル形式」を採用した（図 5、6）。

新設水圧管路については、据付完了後の充水時において、目視により継手部からの漏水がないこと、応力・振動測定により設計基準に対して十分安全であることを確認している。なお、FRPM 管の維持管理では、充水時の発生応力や振動の測定結果を初期値として維持管理を行う計画としている。

② フライアッシュを混合した可塑性注入材の開発、導水路トンネル修繕工事への適用

導水路トンネルについては、概ね健全な状態を維持していたことから全線流用する計画としたものの、長期的な健全性確保のためには、建設時にできたと考えられる全長約 1.1km に亘る覆工コンクリート背面の空洞充填が必要不可欠であった。しかし、導水路トンネルは断面が小さく、圧送ポンプ等の工事用機械をトンネル内に搬入することが困難であることから、長距離圧送が可能な注入材の使用が求められた（図 7、8）。

このため、室内試験や試験施工による試行錯誤のうえ、所定の強度を確保したうえで、長距離圧送性に優れ、充填性、非漏出性なども有するフライアッシュ混合可塑性注入材（フライアッシュ添加量；450kg/m³）を開発し、現場への適用をはかった（表 1）。

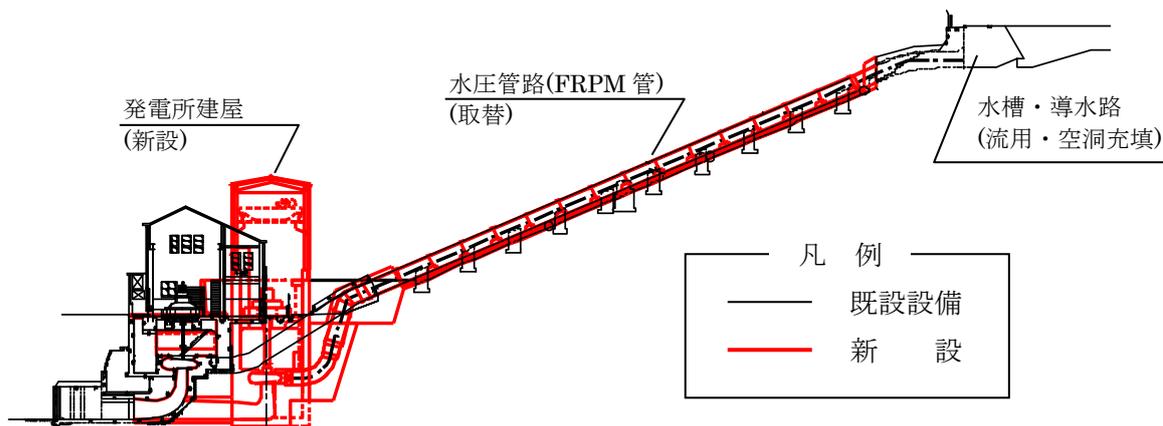


図2 プロジェクト前後の水圧管路および発電所比較図

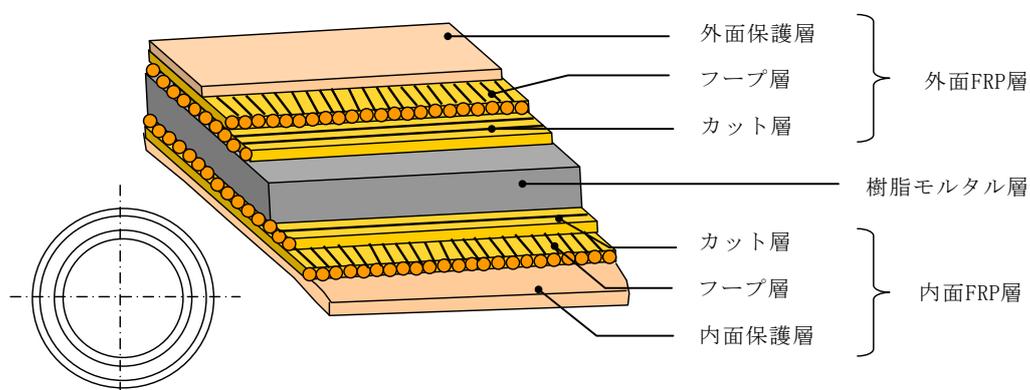


図3 フィラメントワインディング成形FRPM管の断面構造

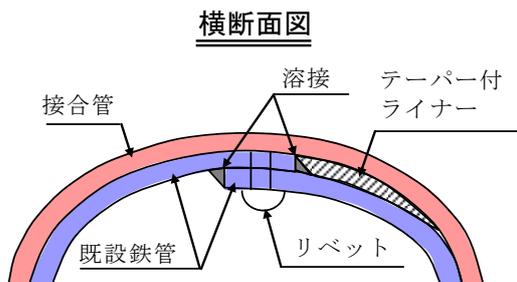
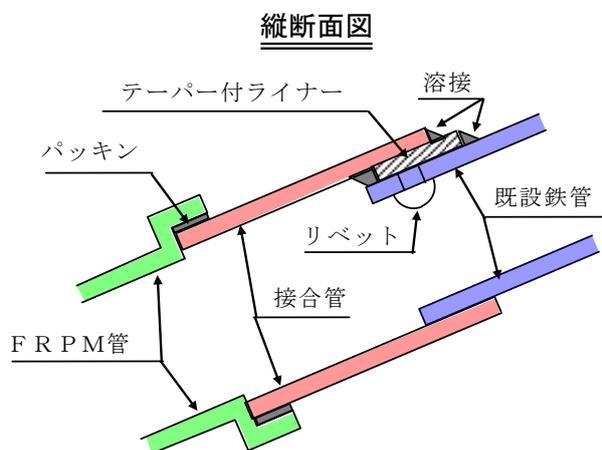


図4 既設鉄管とFRPM管の接合部

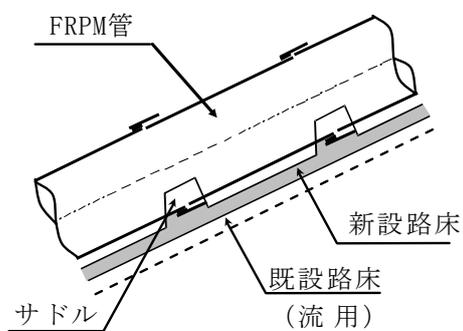


図5 水圧管路支持型式

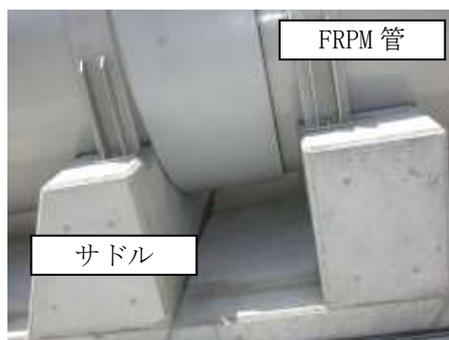


写真1 サドルの状況

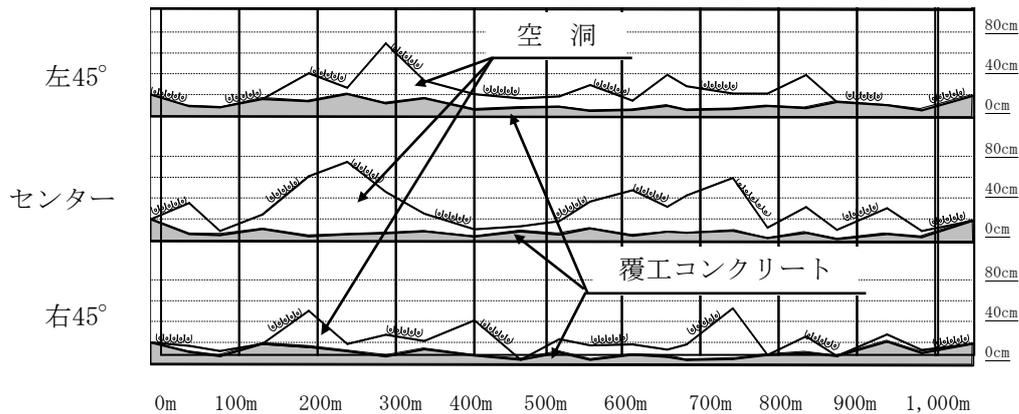


図6 導水路トンネルアーチ部の空洞状態

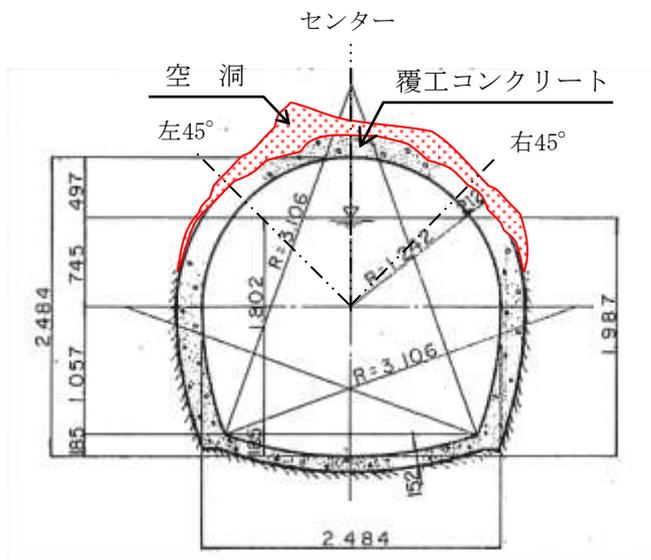


図7 導水路（断面）

表1 注入材の配合

(単位：kg)

A 液			
フライッシュ II種※	固化材	水	混和剤
450	250	280	3.5

※JIS A 6201

B 液		
可塑化剤	水	混和剤
85	408	0.9

A液 + B液 = 1,000

3. プロジェクトの特徴

3.1 好事例としての要素（注目点）

- ・FRPM管の採用によるミニマムメンテナンス
- ・既設設備の流用によるコスト低減
- ・長距離圧送性に優れた裏込注入材の開発

3.2 成功の理由

発電所リフレッシュ工事は、設備全般に及ぶ改良工事となり、長期の発電停止と多額の投資を要することから、工期短縮・コスト低減が求められる。本プロジェクトにおいては、工期短縮とコスト低減に向け、設備毎の改修方法を細部にわたって検討し、新技術の開発・導入、既設設備の流用をはかったことが成功の要因である。

特に、FRPM管の採用にあたっては、既設鉄管と新設するFRPM管の接続部における止水性確保という課題に対し、接合部の段差を解消するための対策を考案・採用することにより、当社で初めて水圧管路にFRPM管を導入することができた。

また、フライアッシュ混合によるコンクリートの流動性向上に着目し、フライアッシュを多量添加（450kg/m³）することで、固化材（A液）の圧送性を向上させ、長距離圧送性に優れた裏込注入材の開発・実用化をはかったことも成功の一因である。

4. 他地点への適用にあたっての留意点

【FRPM 管の使用について】

FRPM 管の設計においては、pH の高い河川からの取水、火山地帯でみられる酸性水、水温の上昇など、使用する環境条件によって著しい材質の劣化が生じないように配慮する必要がある。

【フライアッシュ混合可塑性注入材の使用について】

要求仕様や施工条件（圧送距離、揚程、充填範囲など）、主材料であるフライアッシュの品質のバラツキに応じ、適宜、配合調整を行う。

5. その他（モニタリング、事後評価）

（該当なし）

6. 参考情報

6.1 参考文献

- 1) 加地 貴 他，栲原川第三発電所改良工事の計画と施工状況，電力土木 No.332，2007.11
- 2) 増田 盛士 他，フライアッシュを使用した長距離圧送裏込注入材の開発，電力土木 No.334，2008.3
- 3) 加地 貴 他，栲原川第三発電所リフレッシュ工事の計画、設計及び施工，NEF 中小水力発電技術に関する実務研修会 平成 20 年度第 2 回(通算:第 84 回)テキスト，2008.10
- 4) 加地 貴 他，栲原川第三発電所リフレッシュ工事における水圧管路取替の概要，水門鉄管 No.235，2008.11

6.2 問合せ先

会社名：四国電力株式会社

URL: <https://www.yonden.co.jp/>