

Technical Report

技術レポート

3

油木ダム水力発電用導水管に ダクタイトル鉄管を使用して

～上水道システムにおける未利用エネルギーの有効活用～

北九州市水道局建設部
設計課 桧原 覚

1. はじめに

北九州市はほぼ東経131°、北緯34°、九州の東北端に位置し、総面積482.94km²、人口101万9562人（平成7年10月1日現在）の都市である。

現在、平成17年度を目標年次として、「北九州市ルネッサンス構想」すなわち、めざす都市の方向についての基調テーマならびに5つの分野における将来のあるべき姿を示す都市像を定めたもの、の第二次実施計画を推進中である。

・基調テーマ：

「水辺と緑とふれあいの“国際テクノロジー都市”へ」

・5つの都市像：

緑とウォーターフロントを生かした快適居住都市

健康で生きがいを感じる福祉・文化都市

あすの産業をはぐくむ国際技術情報都市

海にひろがるにぎわいの交流都市

未来をひらくアジアの学術・研究都市

・第二次実施計画：

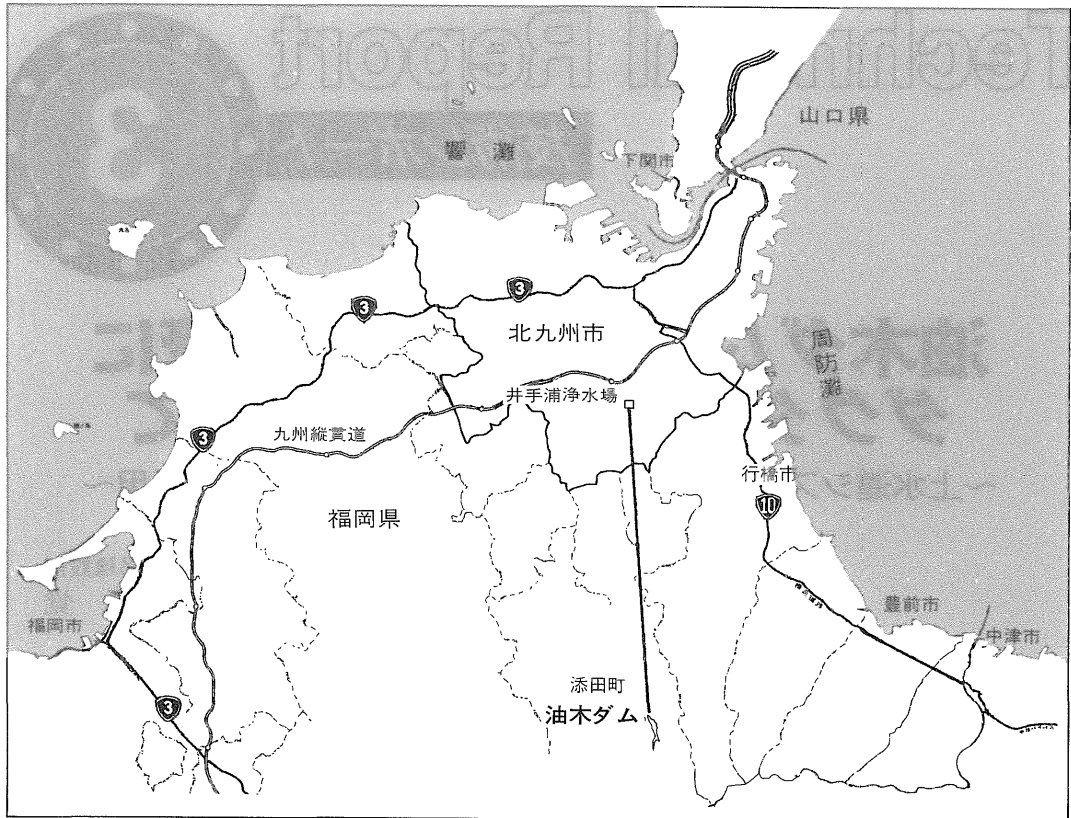
計画期間 平成6年度～平成10年度

当初計画 558施策に取り組む

本市の水道事業は、旧門司市が明治44年に一部の給水を開始して以来80余年の歴史を有している。その間、都市の発展に伴い若松（給水開始明治45年）、小倉（同大正2年）、八幡（同昭和5年）、戸畑（同昭和6年）の旧各市においても相次いで水道事業を創設し、それぞれ独自に市民の水需要に対応してきた。

昭和38年2月、旧5市が合併して本市が発足したが、その間、水道事業は幾多の変遷を経て、翌年昭和39年1月新たに北九州市水道局として発足し、現在、給水能力71万m³/日を有する水道事業に成長した。

図1 北九州市と油木ダム



2. 事業計画の概要

1. 目的

油木ダムは昭和38年度から昭和46年度にかけて、福岡県の東部に位置する二級河川今川水系の今川上流部に、洪水調整、かんがい用水、工業用水および上水道用水の供給を目的とした県営の多目的ダムとして建設された。

本市は現在、この油木ダムから1日平均2万7900m³（平成6年度）の上水道用水を取水し、井手浦浄水場まで送水しているが、同ダムから油木導水路トンネル始点まで最大81.6mの遊休落差が生じており、既設の第一減勢池は、幅6m、高さ5.3m、長さ23mのRC構造物で、同ダムからの流水をホロージェットパルプ口径500mmで減勢し、放流させる構造であった。

これらの水道施設に残存している水力エネルギーの有効活用を図ることにより、水道事業の省エネ対策および長期的な経営の健全化

に資するため、小水力の自家用発電を計画したものである。

2. 油木発電について

油木ダムからの上水道用水の取水量および貯水位について、過去10ヵ年（昭和57年度～平成3年度）の資料を収集整理し、発電所の水路設計および設備容量を確定する基準となる最大使用水量を決定した。

3. 中小水力開発指導事業補助金について

平成3年度に、油木発電所建設の調査費の軽減を図るため、（財）新エネルギー財団を通じた国庫補助制度（補助率50%）を活用し、指導45号として「基本設計」を実施した。また、翌年には、基本設計の結果に基づいて、同様の制度を活用し実施設計を行った。

①指導事業の内容

- ・水路のルート選定
- ・取水地点流量等流量資料の整備

平面略図

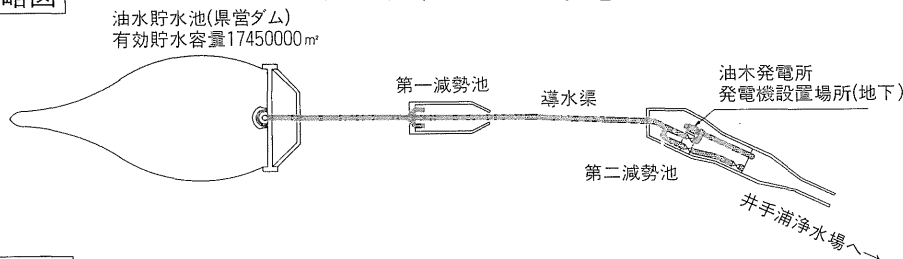


図2 油木ダムおよび発電所

断面略図

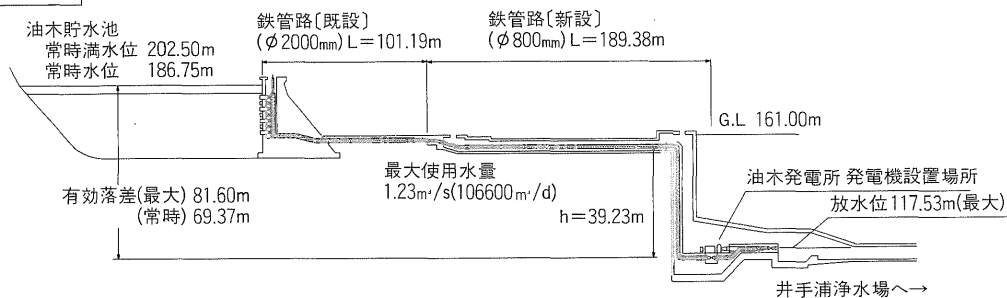


表1 流況表

(m³/s)

	最大流量	35日流量	60日流量	豊水量 (95日)	平水量 (186日)	低水量 (275日)	渇水量 (365日)	最小流量	年平均
昭和57年	0.89	0.87	0.86	0.85	0.76	0.48	0.02	0.02	0.68
昭和58年	1.13	0.95	0.93	0.87	0.71	0.57	0.38	0.37	0.73
昭和59年	1.08	0.75	0.70	0.68	0.60	0.46	0.00	0.00	0.56
昭和60年	0.89	0.84	0.71	0.69	0.47	0.32	0.27	0.27	0.51
昭和61年	1.18	0.82	0.78	0.73	0.56	0.48	0.30	0.23	0.62
昭和62年	1.22	1.12	1.09	0.97	0.89	0.82	0.00	0.00	0.78
昭和63年	1.23	1.12	1.09	0.95	0.84	0.56	0.28	0.27	0.81
平成元年	1.14	0.94	0.84	0.82	0.70	0.47	0.30	0.27	0.67
平成2年	1.23	0.96	0.94	0.85	0.35	0.30	0.00	0.00	0.54
平成3年	1.04	0.97	0.95	0.87	0.82	0.70	0.40	0.25	0.78
計	11.03	9.34	8.89	8.28	6.70	5.16	1.95	1.68	6.68
平均	1.10	0.93	0.89	0.83	0.67	0.52	0.20	0.17	0.67

図3 流況曲線図

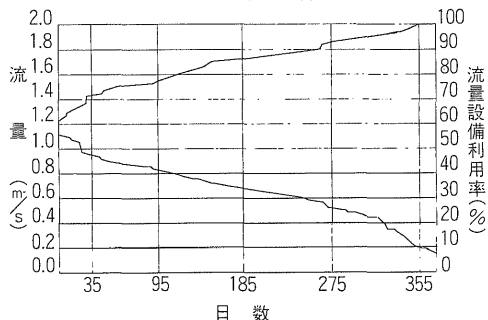
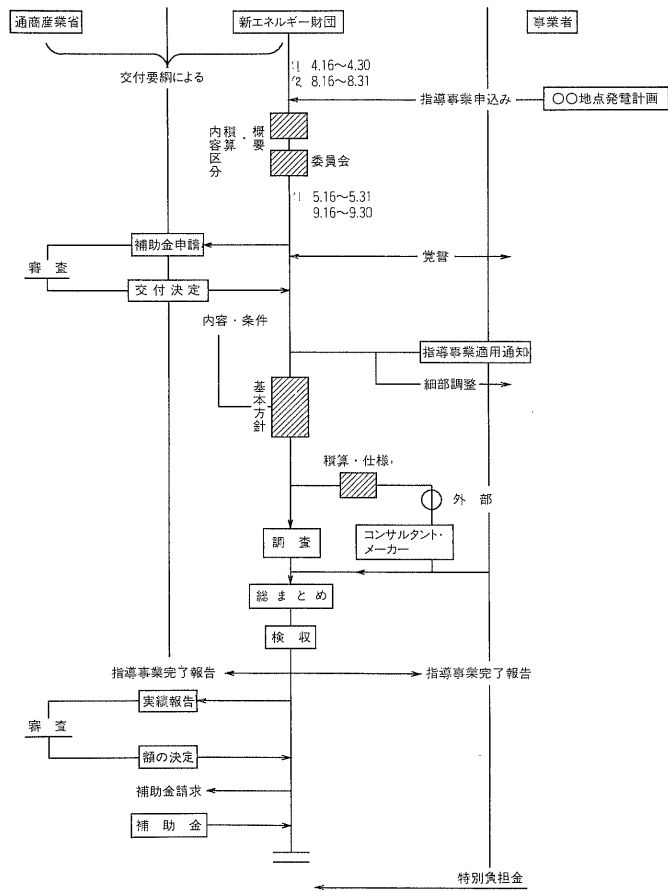


表2 発電計画および発電施設

最大出力	780KW	
最大使用水量	1.23m³/s	
最大有効落差	81.60m	
水圧管路	L=290m φ2000~φ800	
水車	形式	横軸フランシス水車
	出力	832KW
	回転数	1200rpm
発電機	形式	横軸三相同期発電機
	容量	820KVA
	電圧	6.6KV
発電方式	ダム水路式	
年間可能発電電力	3,345,000KWH	
運転開始年月	平成8年4月	
全体事業費	591百万円	

- ・ 使用水量の決定と電力量の算定
- ・ 主要構造物の設計
- ・ 水車、発電機の選定
- ・ 計画諸元の算出、関連の現地調査
- ・ 施工計画と工事工程
- ・ 工事費の積算と経済性評価
- ・ 経営計画（新たに公営電気事業、自家用電気工作物の設置を計画する者）
- ・ その他高度な技術調査に関する検討

図4 中小水力開発促進指導事業補助に係るフロー



4. 中小水力発電開発補助金について

建設についても、平成6年度および7年度に国の補助制度（補助率20%）を活用し施工を行った。

① 中小水力発電開発費補助の対象費用

- ・ 土地に係る費用
- ・ 建物に係る費用
- ・ 水路に係る費用
- ・ 貯水池に係る費用
- ・ 調整池に係る費用
- ・ 機械装置に係る費用
- ・ 諸装置に係る費用
- ・ 備品に係る費用
- ・ 無形固定資産に係る費用
- ・ 共有設備に係る費用
- ・ 実証試験費
- ・ 総経費

②交付申請期間

- ・第1回 平成6年5月16日～5月31日
- ・第2回 平成6年9月16日～9月30日
- ・第3回 平成7年1月16日～1月31日

③交付申請書の提出先

補助事業が実施される場所を管轄する官庁：九州通商産業局

放流渠として使用されている第一減勢池から、発電所が設置される第二減勢池までのRC製暗渠内に導水管（水圧管）を布設する。当初、配管工事に伴う断水可能期間は65日と制約され、その間、以下の作業を完了しなければならなかった。

しかし、結果的には建設工事中に生じた漏水対策のために仮設導水管を併設し、作業を進めた。

- ・既設構造物内の測量・清掃および改修（投入孔の設置ほか）
- ・暗渠内横引き配管と約40mの立坑（シャフト）内配管
- ・発電所内の大量のベースコンクリート打設
- ・配管に伴う異形管防護工および架台コンクリートの設置
- ・各種付帯設備（減勢弁、空気弁、流量計）の据付け

3. 新設導水管について

1. 計画概要

基本設計条件を表3に示す。

表3 設計条件

貯水池水位 (HW L)	203.600m
水車中心標高 (EL)	118.800m
導水管全長 (L)	291.368m (新設管：228.422m)
導水管呼び径 (D)	φ2000～φ300 (新設管：φ800～φ300)
最大使用水量 (Q)	1.23m ³ /sec

2. 管路縦断と水利特性

図5 管路縦断

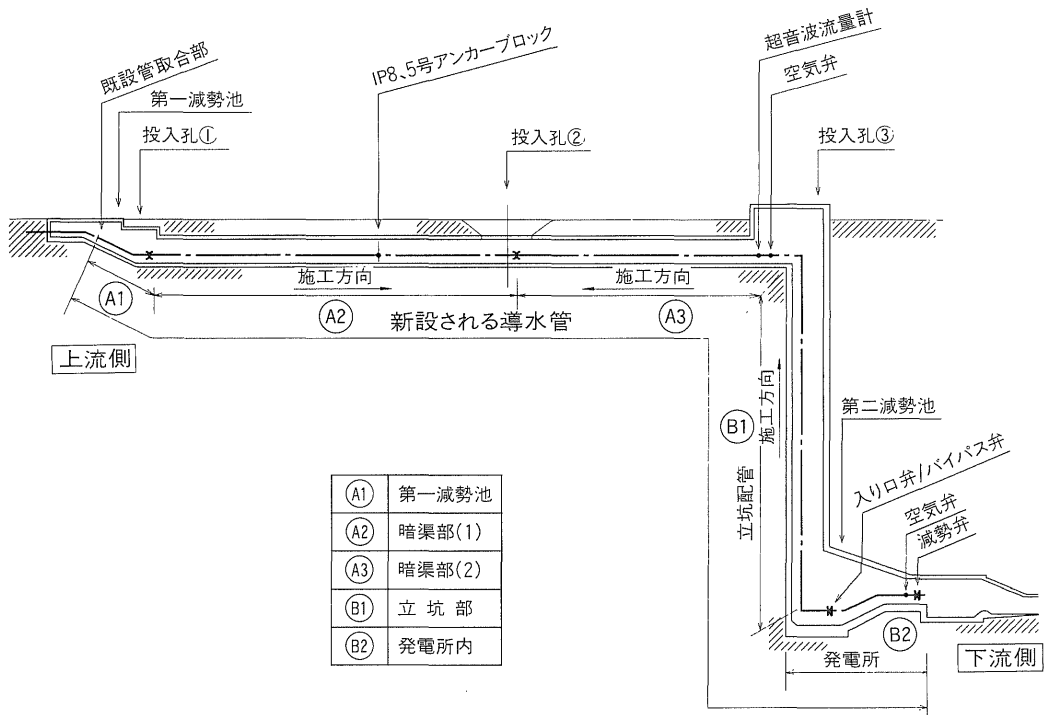


表4 水利特性（新設導水管）

管路位置	第一減勢池 (A1)	暗渠内 (1) (A2)	暗渠内 (2) (A3)	立坑内 (B1)	発電所内 (B2)
呼び径 (D)	φ 800 (φ 550)	φ 800			φ 800～φ 300
管路長 (L)	19.582m	119.040m		39.233m	30.985m
	合計：228.422m				
静水頭 (PS)	47.04m	47.17m		86.40m	86.40m
衝水頭 (Pd)	3.37m	19.10m		23.57m	25.28m
最大総水頭 (P)	—	—		—	111.68m
流速 (V)	2.45m/s				4.35m/s

3. 管種選定

対象管種として、①ダクトイル鋳鉄管（JIS G 5526）、②鋼管（JIS G 3457）、③強化プラスチック複合管（JIS A 5350）の3つの管材を取り上げ、比較検討を行った。その結果、経済性には大きな差は見られなかったため、次の理由により最終的にダクトイル鉄管を選定した。

- メカニカル継手の優れた施工性により、工期の短縮化が図れること。
- 設計水圧11.2kgf/cm²に対し、十分な安全性が確保できること。
- 継手形式の選択肢が広く、用途別に経済的な選定が可能なこと。
- 立坑内配管については、KF形継手の採用により、施工性、異形管防護工に有利に対応できるとともに、内面防食問題において優れていること。
- 作業環境に左右されることが少なく、ま

た、安全対策が容易なこと。

- JWWA規格に対応し、かつ、多くの使用実績があること。

4. 付帯設備

主な付帯設備は以下の通りである。今回、減勢弁設備としては空中放流に適した微小開度でもキャピテーションによる壊食が発生しにくいジェットフローゲートを採用した。

4. ダクトイル鉄管による配管施工

1. 管材の使用区分

施工性、異形管防護工を考慮して次の通りとした。

2. 配管施工上のポイント

立坑、発電所周りの配管工事は、狭く、足場が悪い条件下での作業が強いられるため、工期確保の上でネックとなることが予想された。そのために、工区を既設水路内（A1、

表5 付帯設備

	仕様	用途	設置場所
ジェットフローゲート (減勢弁)	φ 300電動外ネジ方式 SUS304	発電を行わない場合、バイパス管を経由し、減勢池に放流させる際の減圧制御用	バイパス 管路末端
スプリング式空気弁	φ 150 鋳鋼製 (リミットスイッチ付き)	充水時の排気および大量吸気時の負圧防止対策	同 上
バイパス弁	φ 800 FCD450	バイパス管路の締切用および充水時の締切弁	同 上
超音波流量計	—	流量測定	導水管

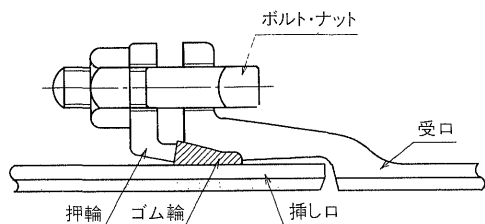
表6 使用区分

管路位置	第一減勢池 (A1)	暗渠内 (1) (A2)	暗渠内 (2) (A3)	立坑内 (B1)	発電所内 (B2)
呼び径 (D)	φ 800 (φ 550)	φ 800			φ 800～φ 300
継手形式	K形管 (3種) +特押	K形管 (3種)		KF形管 (特厚)	K形管 (3種) +特押
フランジ継手	JIS 7.5K RF形			JIS 16K GF形	
内面塗装	直 管：モルタルライニング (JIS A 5314) 異形管：内面エポキシ樹脂粉末塗装 (JIS G 5528)				
外面塗装	水道用ダクタイル鋳鉄管合成樹脂塗料 (JWWA K 139)				
異形管防護工	特押+アンカーブロック方式			離脱防止継手 +AB併用	特押+AB併用
管支持方式	コンクリート架台			振止金具+コンク リート充てん	コンクリート 充てん

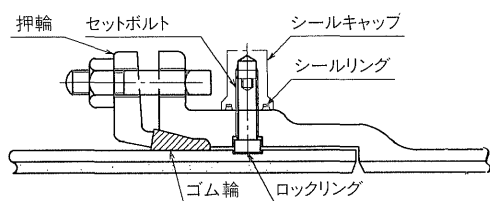
(注) AB：アンカーブロック方式

図6 継手構造

K形 (呼び径 75～2600mm)



KF形 (呼び径 300～900mm)



A2、A3と立坑・発電所内 (B1、B2)の2つに大別し、これらが同時に着手できることを条件とした。図7に作業のフローシートを示す。

資機材の搬入のための投入孔の設定も工程短縮のポイントとなった。最終的には図5に示すように3ヵ所設置し、各々の工区で単独に作業ができるようにした。

また、これらの工区境においては、連絡配管が可能となるようあらかじめ配慮し、円滑な施工を心掛けた。

作業前には既設の水路および減勢池内の事前点検、測量、清掃を実施した。竣工後約25年が経過し、計画通りの作業が行えるか若干の懸念があったが、結果的にはほぼ満足できる状況にあった。

3. 立坑および発電所内配管について

最初に発電所周りの配管を行った。立坑部との取り付け箇所を除き、ひねり接合を含む施工を行ったわけであるが、この部分は仕上がり後、すべてコンクリート基床中に巻き込まれるため、特別な異形管防護工が不要となり、K形継手 (ただし、特押併用) で対応した。

約40mの垂直配管を行う立坑部は、今回の工事中、もっとも慎重な施工が要求された箇所であった。底部の曲管を起点に下から上へと順次接合を繰り返し、最後に発電所部分と連絡のあと、施工を完了した。

立坑部では頂部の異形管 (90°曲管部) 防護工が設計上のポイントとなった。

図7 フローシート

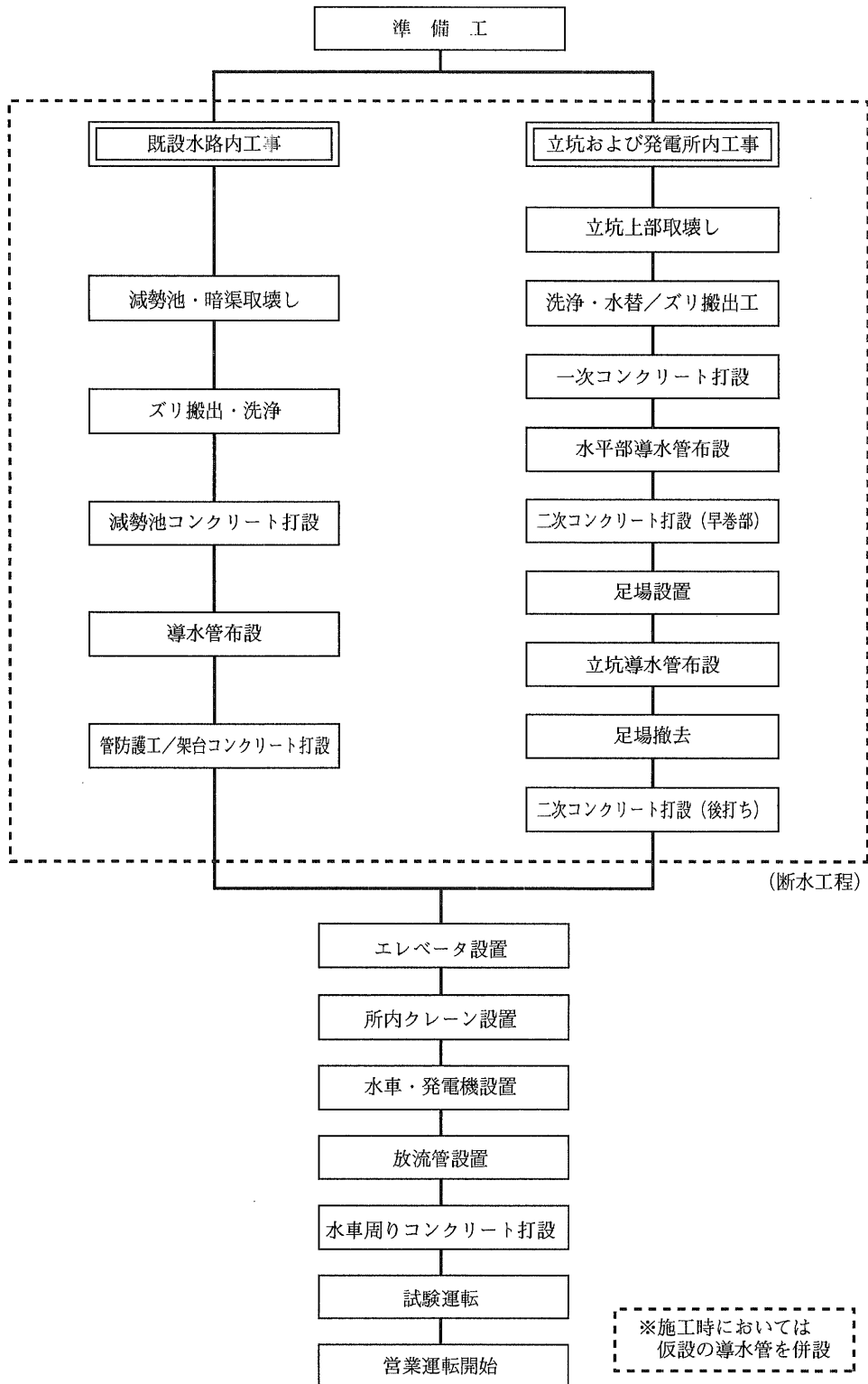


図8 立坑内配管仮設図

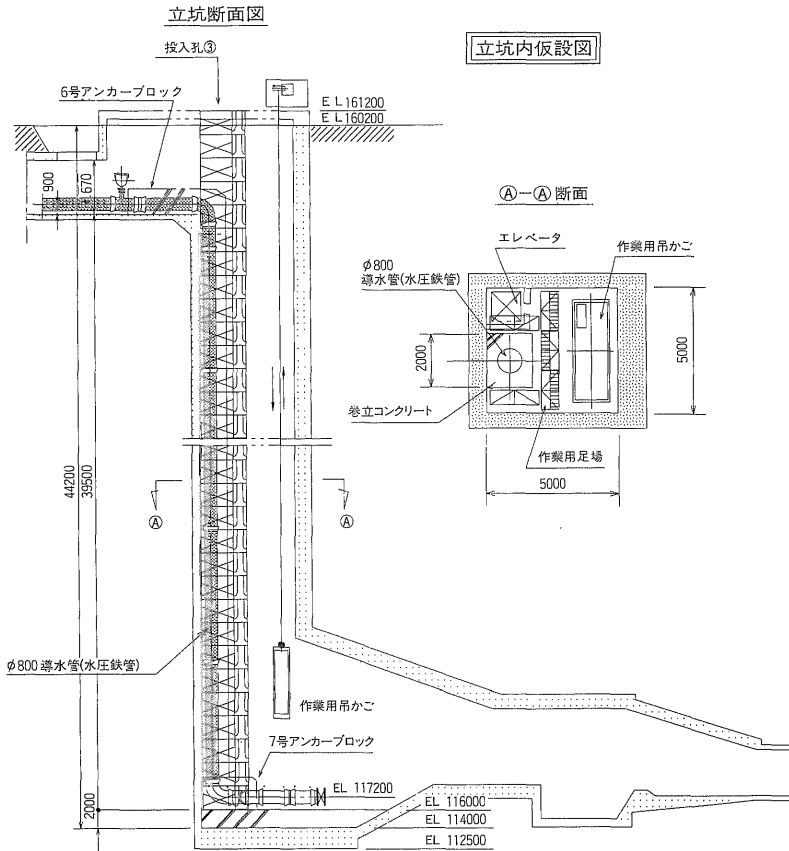


写真1 立坑内配管

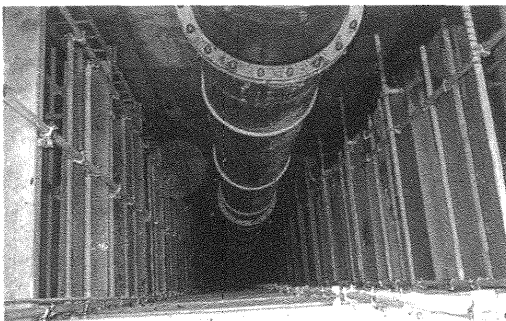


写真2 発電所内配管

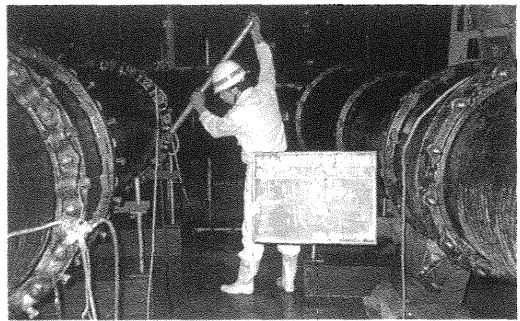


図9に示すように、この箇所は背部に反力を得るものがない。そこで対策として、KF形離脱防止継手を採用した。これにより、6号アンカーブロック工（図9参照）に作用する負荷を軽減し、かつ、水路底版とこれらブロックを

緊結することにより、合理的な防護工設計を可能とした。

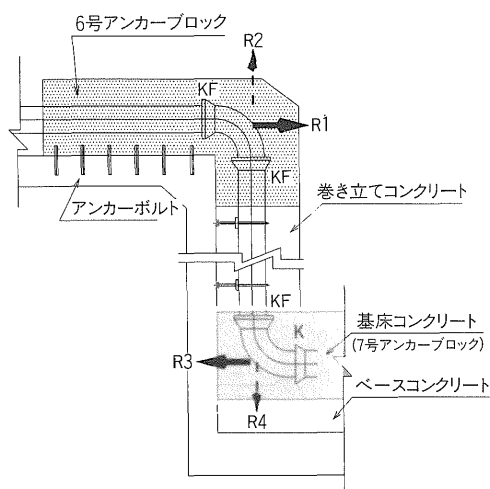
また、立坑部は直管1本ごとに3ヵ所の振れ止め金具を設け、さらに通水試験後コンクリート巻き立てを行った。

4. 異形管防護工

表6に示すように、内圧に対する異形管防護工は工区ごとに使い分けた。また、露出配管のため、これらアンカーブロックは原則として水路床版と緊結ボルトによる定着を行った。

立坑部は図9に示すように、KF形継手を併用することにより、不平均力R2、R4の発生を抑制し、作業性の改善を図るとともに、アンカーブロックへの負荷の軽減を行った。

図9 立坑部の異形管防護工



5. おわりに

今回報告した「油木発電所」の建設は、「ます淵発電所」に次ぐものであり、関係省庁において特定水利使用ならびに工事計画の許可を受けたものである。

また、発電開始に先き立ち、九州通商産業局公益事業部発電課による電気工作物の使用前検査（平成8年3月28日および29日の2日間）を受けたが、運転中、水圧鉄管本体には著しい振動などは計測されなかった。

（平成8年7月10日に出力780kw時で水平振動0.02mm、垂直振動0.038mmを計測した。）

本市においては、平成6～7年の異常渇水時に約1ヵ月間の給水制限を余儀なくされたが、その間、当油木ダムよりの取水を中断することができず、発電所建設中には、導水渠（ボックスカルバート水路）の中に仮設の導水管を布設するなどの対策により継続的な取水を図った。また、第二減勢池の立坑は内空5m×5mと狭く、作業に困難が伴ったが、水圧鉄管、水車および昇降装置などの諸設備を無事据付けることができた。

最後に、本事業の実施に関し、ご協力を賜った関係各位に心より感謝の意を表します。