

温井ダム視察報告

水資源・水環境分科会 西田 修三

1. まえがき

本分科会では、広島県にある国土交通省所管の温井ダムの視察を行った。当ダムは平成14年（2002年）3月に完成したアーチ式コンクリートダムで、アーチ式ダムでは、黒部ダムに次いで全国で2番目の高さ（156m）である。

ダムは水資源・水環境に関わる最も大きな構造物である。近傍にある巨大なアーチ式コンクリートダムを視察することによって、技術者としての知見を広げることを目的として行なったものである。視察日は令和5年11月3日（金）に行なった。

2. 温井ダムの概要

1) 流域の概要

太田川は、冠山（1,339m）に源として広島県西部を流下し、広島市で瀬戸内海に注ぐ一級河川である。流域面積は1,710km²、幹川延長は103kmである。流域の年平均降水量は1,600mmで、その降水量は梅雨期（6月、7月）が多く、次いで9月となっている。水の利用状況は、発電が主体となっており、太田川上流部の立岩ダム、支川の滝山川上流部の樽床ダム、王泊ダムの3ダムによって水力発電が行われている。また、広島市、呉市への水道用水、工業用水、農業用水にも利用されている。

2) 事業の目的

(1) 洪水調節

太田川水系全体の治水計画では、下流の玖村地点の基本高水のピーク流量を12,000 m³/sとし、このうち4,500 m³/sを上流の複数のダムで調節して、河道の基本高水流量を7,500 m³/sとしている。温井ダムは、ダム地点の計画高水流量2,900 m³/sの内、1,800 m³/sの洪水調節を行い、太田川沿川の水害防止、軽減を図るものであり、最も重要な目的である。

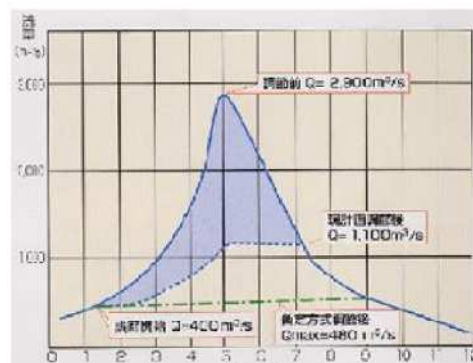


図 2.1 洪水調節図(ダム地点)

(2) 流水の正常な機能の維持

従来から太田川に水源を依存しているかんがい用水や都市用水は、不安定な流況によりしばしば水不足となっている。川らしさを保つための流量の維持、昔からある用水の確保や塩害防止、地下水位の維持、鮎漁などの漁業の他、河川内に生息する動植物の保護のため、水の少ない時に温井ダムから水を供給する。

(3) 水道用水の供給

広島市、呉市等の中核都市並びに、瀬戸内沿岸の島々における水道用水の需要増大に対処するため、新たに広島県に対し日量最大100,000 m³、広島市に対し日量最大200,000 m³の水道用水の取水を可能とする。

(4) 発電

水道用水や維持用水を流すときの落差エネルギーを利用して、最大出力 2,300kw の水力発電（中国電力(株)所管）を行う。

3) ダムの諸元

型式：アーチ式コンクリートダム	湛水面積：1.6k m ²	常用洪水吐：主ゲート 3.94H×2.94W×4 門
堤頂部標高：EL. 385.0m	常時満水位：EL. 360.0m	非常用洪水吐：クレストゲート 4.85H×11.0W×5 門
堤高：156m	サーチャージ水位：EL. 381.0m	中位標高放流設備： φ1.5m×2 条
堤頂長：382m	設計洪水水位：EL. 383.5m	利水放流設備：主ゲート、 補助バルブ、選択取水設備
堤体積：813,000 m ³	最低水位：EL. 289.0m	
基礎岩盤標高：EL. 229.0m	有効貯水容量：79,000,000 m ³	
集水面積：253k m ²	計画最大放流量：1,800 m ³ /s	

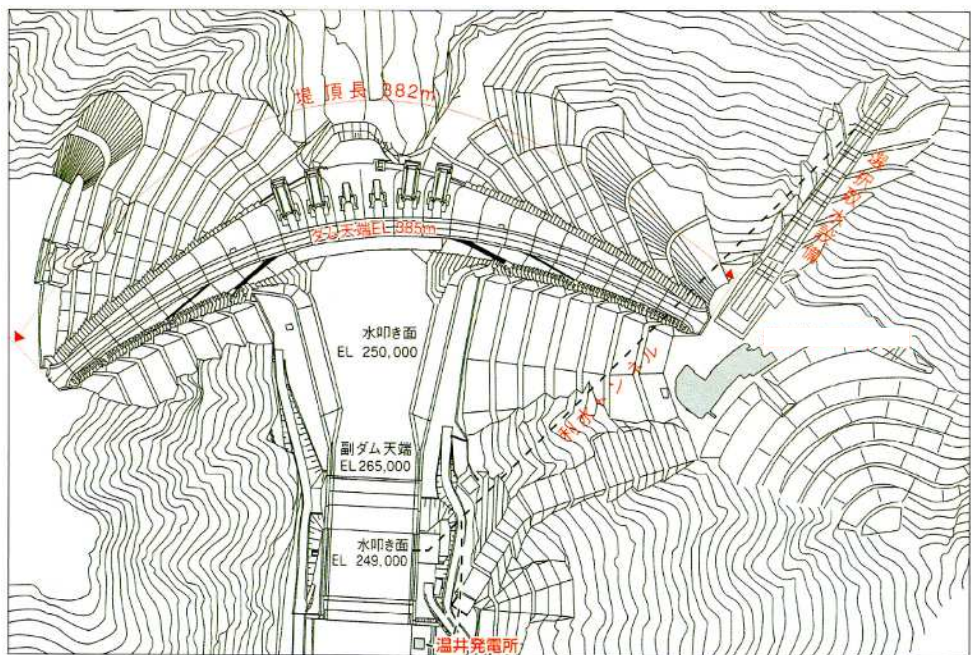


図 2.2 平面図

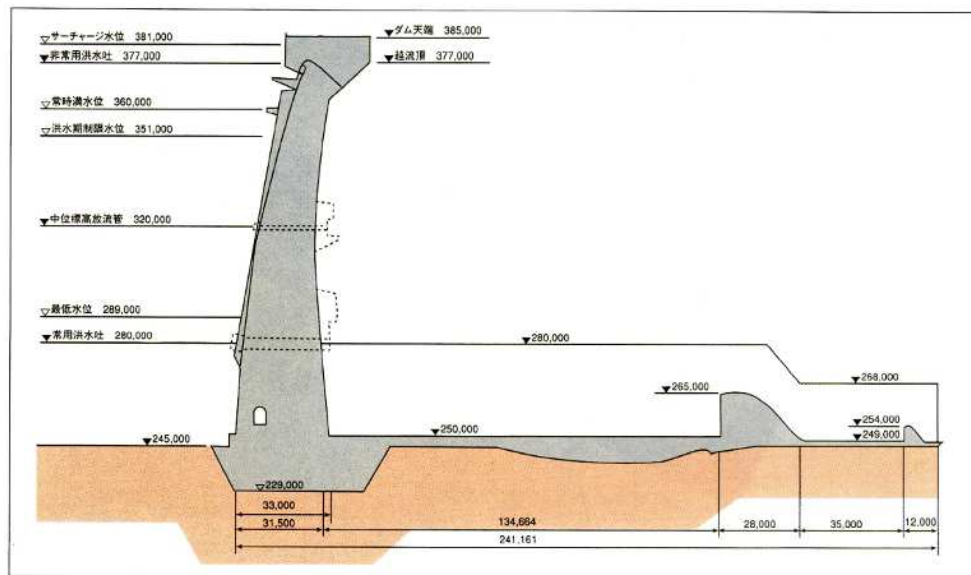


図 2.3 標準断面図

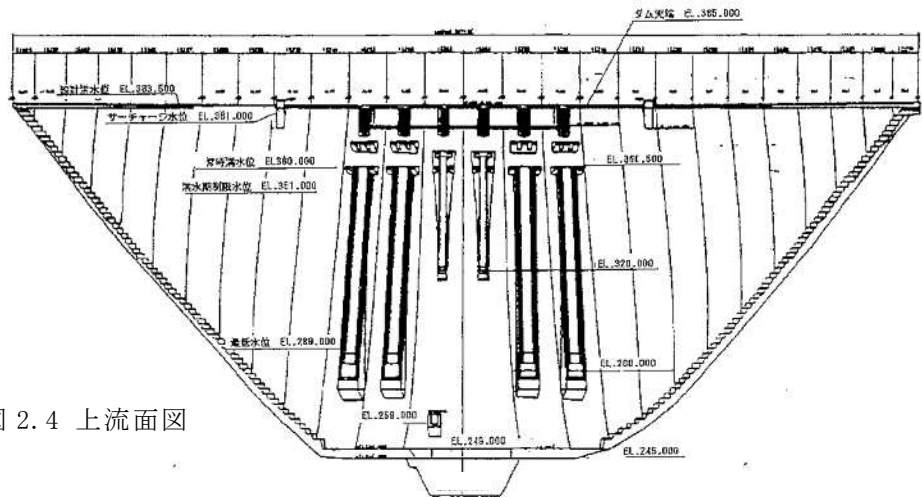


図 2.4 上流面図

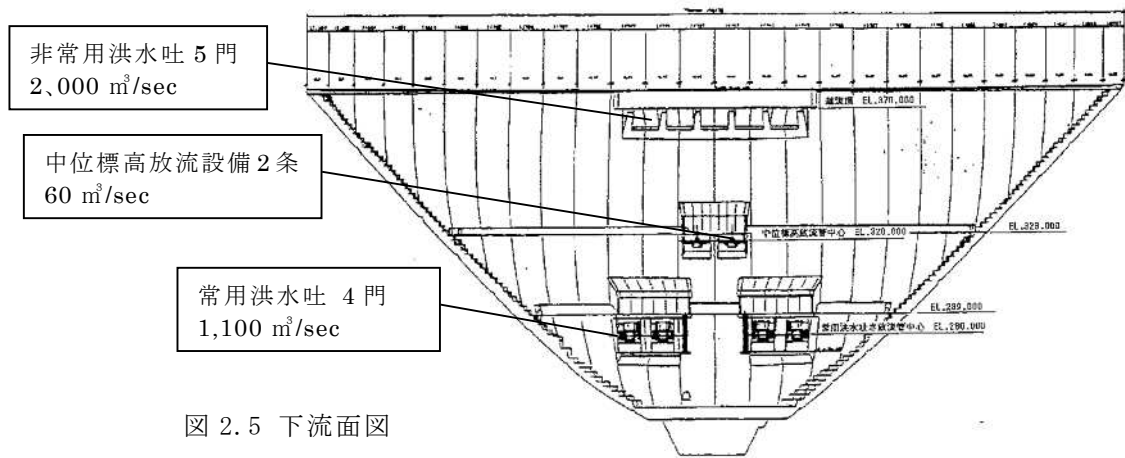


図 2.5 下流面図



写真 2.1 左岸下流側より



写真 2.2 左岸上流側より

重力式ダムを含めても、黒部ダムが最も高く、次いで重力式ダムの奥只見ダム (H=157m)、宮ヶ瀬ダム (H=156m)、浦山ダム (H=156m) となっており、温井ダムは3番目となっている。

表 2.1 ダム高順位 (アーチ式ダム)

順位	堤高 (m)	ダム名	所在都道府県	ダム事業者	竣工年
1	186.0	黒部	富山	関西電力(株)	1963
2	156.0	温井	広島	国土交通省	2001
3	155.0	奈川渡	長野	東京電力(株)	1969
4	140.0	川治	栃木	国土交通省	1983
5	133.0	高根第1	岐阜	中部電力(株)	1969

3. 設計の概要

1) 重力式コンクリートダムとの比較

型式	重力式ダム	アーチ式ダム
設計法	二次元設計法	三次元設計法
設計条件	①転倒条件（ミドルサード条件） ②滑動条件（Henny の公式による） ③内部応力がコンクリートの許容応力を超えないこと ※安全率はいずれも 4 以上	①堤体が必要な強度を有すること 荷重分割法、有限要素法、模型実験法 ②基礎岩盤が滑動に対する安定性を有すること。 ※安全率はいずれも 4 以上
コンクリート強度	H=156m で、約 200kg/cm ²	430 kg/cm ²
岩盤強度	河床部で最大で、両岸部では小さい	どの標高でも堅硬な岩盤が必要
堤体積	アーチ式ダムのほぼ 2 倍	約 81 万 m ³

2) アーチ式コンクリートダム設計法の概要

(1) 構造設計

i) 荷重分割法

構造解析が可能な 2 つの構造系の複合体と考えることによって応力解析を可能とする考え方で、アーチ要素と片持梁要素の構造系に分割する。この中でアーチ要素と片持梁要素の交点で変位（主としてアーチ半径方向変位）を一致させる解法である。

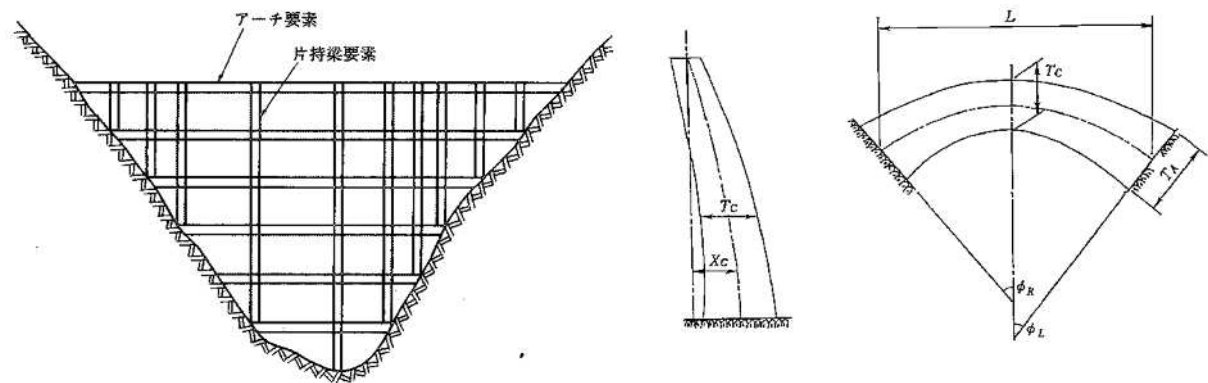


図 3.1 荷重分割法の概念図

ii) 模型実験法、三次元有限要素法

堤体の安定性を最終的に確認する段階で利用される。

(2) 基礎岩盤の安定性

アーチダムの基礎岩盤はすべての標高にわたって高い強度が要求される。基礎岩盤の安定性は下流側基礎岩盤（ショルダー部）の厚みによって影響される。Henny の式によって求められる所要堅岩線は堅岩等高線の中に入っている必要がある（図 3.2 参照）。

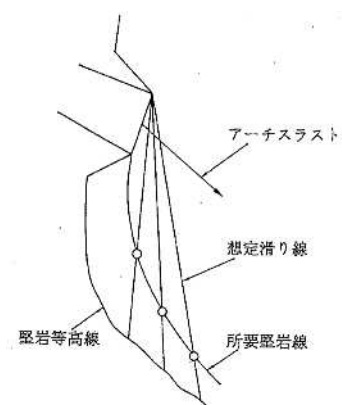


図 3.2 所要堅岩線

4. 施工の概要

1) 基礎掘削

(1) 骨材採取

基礎掘削量 190 万 m^3 のうち、堤体コンクリートに使用する約 85 万 m^3 の骨材全量を採取し、ダムサイト上流 2km の地点に仮置きした。この際にグリズリー設備を通過させて不良岩を選別廃棄した。仮置量は割石状態で 120 万 m^3 である。仮置きした岩石は、コンクリート製造設備に運搬してコンクリート骨材として使用した。この結果、原石山は不要となり、工事費削減、環境保全に寄与した。

(2) プレスプリティンク工法

基礎岩盤の損傷を極力低減し、法面の平滑性を増すことにより、計画掘削線の確保や仕上げ掘削の省力化のために、プレスプリティンク工法を採用した。

(3) 法面保護工

堤体直下流の長大法面については、「連続繊維複合補強土工法」を採用した植生基盤の造成を行い、ダム周辺の郷土種を採取育成した苗木を植えて自然環境の復元を図った。現在では写真 4.2 のように周辺の地山と馴染んで、同じような植生となっている。



写真 4.1 建設中の法面



写真 4.2 現在の法面

2) コンクリート打設

(1) 主要打設設備及び期間

コンクリートの打設は、主体に 20t 吊弧動式ケーブルクレーン、トランスファーカ 6 m^3 積、コンクリートバケット 6 m^3 を使用して行った。9.5t 吊弧動式ケーブルクレーン使用の場合はトランスファーカ 3 m^3 積、コンクリートバケット 3 m^3 を使用した。

リフト高は 2m で 4 層打設とした。

打設期間は、平成 6 年 (1994 年) 1 月～平成 11 年 (1999 年) 3 月で、通年施工であった。



写真 4.3 堤体打設状況

表 4.1 主要打設設備

機械名	規格	台数	備考
ケーブルクレーン	弧動式 20t 吊	1	
ケーブルクレーン	弧動式 9.5t 吊	1	
バッチャープラント	強制練 3 m ³ ×2	1	
セメントサイロ	1000t	1	
トランスファーカ	サイドシュート式 6 m ³	1	20t 吊
トランスファーカ	ダンプ式 3 m ³	1	9.5t 吊
コンクリートバケット	油圧式 6 m ³	1	20t 吊
コンクリートバケット	油圧式 3 m ³	1	9.5t 吊
パイバック	パイブレータ 5 連搭載	1	ダム本体
パイバック	パイブレータ 3 連搭載	1	減勢工

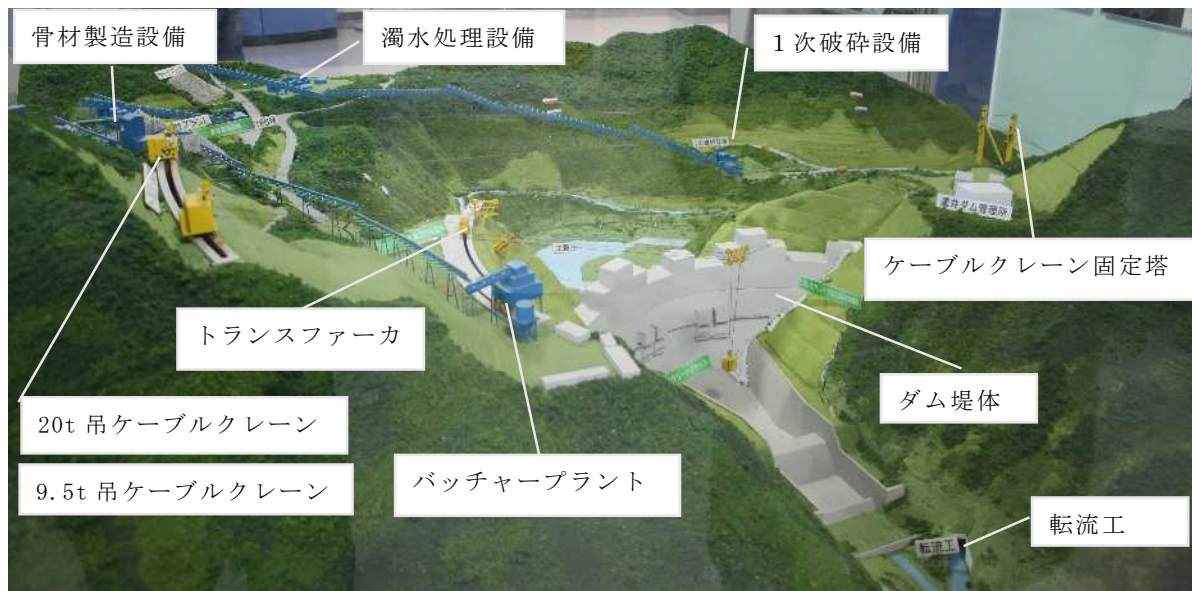


写真 4.4 仮設備模型写真（資料館展示品より）

(2) アーチ式ダム施工の特徴

- ① 上下流面で引張応力が発生するので鉄筋、打継目面に止水板を設置する。
- ② 堤体を一体化させるため横継目はすべてゾーニングをして、ジョイントグラウチングを行う。
- ③ 単位セメント量が 220kg/m³（フライアッシュ 30%置換）と多いため、温度応力低減のための 1 次パイプクーリングを、またジョイントグラウチングのための 2 次クーリングを行う。
- ④ 堤体には上下流側に張出し部が多くなるため、プレキャスト型枠と内部鋼製支保工による施工法を積極的に使用した。

(3) コンクリート示方配合

主要な示方配合は以下のとおりである。

表 4.2 主要示方配合

名称	Gmax (mm)	スランプ (cm)	水結合 材比 W/C+F (%)	単体量 (kg/m ³)				目標強度 (kgf/cm ²)	内容
				水 W	結合材 C+F	細骨材 S	粗骨材 G		
A	150	3.0±1.0	40.0	88	220	477	1610	430	外部・内部
C	80	5.0±1.0	35.3	106	300	524	1432	430	鉄筋部
B	150	3.0±1.0	44.0	88	200	502	1602	210	減勢工水叩き
P	150	3.0±1.0	48.9	88	180	528	1596	300	プラグ部

5. 温井ダム資料館

左岸側にダム資料館があり、温井ダムについて判り易い展示がしてある。写真 5.2 は、直径 45cm、長さ 90cm、重さ 350kg の国内最大級のテストピースで、800t の圧縮力をかけて強度試験が行われたとのことである。最大骨材 150mm がそのまま入っているフルミックスの供試体であり、資料館に展示してある。

また地山の中をエレベータ（昇降速度 240m/min）で降りて、地下通路を歩いて下流広場からダムを見上げることができる。

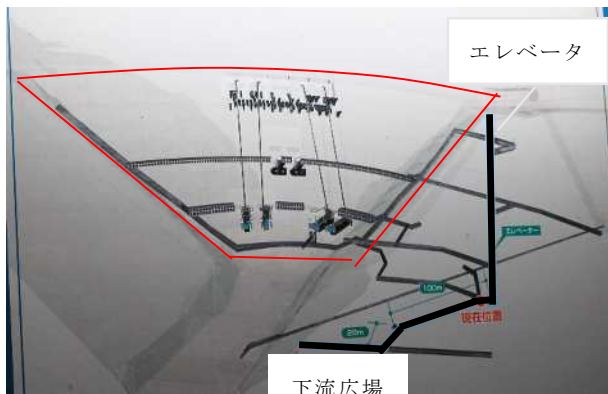


写真 5.1 地下経路案内図（坑内案内図）



写真 5.2 国内最大級のテストピース



写真 5.3 下流広場
より



写真 5.4 右岸展望台
より

6. 水の文化館

ダム下流 5km に 4 階建の「川・森・文化・交流センター」がある。この施設はダム建設当時には「温井ダムワークステーション」として、施工会社の事務所や 360 名の宿泊が可能である施設として使用され、快適な作業環境を創出することに貢献した。現在、1 階は「水の文化館」として太田川の自然環境、水利用等についての展示があり、2 階は「歴史民俗資料館」として山・川・生活をテーマとした展示がある。



写真 6.1 水の文化館



写真 6.2 展示内容(パンフレットより)

7. あとがき

以上述べた他にもダム周辺には建設時の仮設備を転用した屋外ステージや滝山峡記念公園、グランピング施設などがあり、リゾート地として整備が進められていた。ダムに親しみが持てる大切な施設であると考えている。

今回の視察参加者は次の 6 名（敬称略・50 音順）であった。

稲若孝治、大掛敏博、角谷篤志、田中秀典、西田修三、森田直樹

【参考文献】「多目的ダムの建設昭和 62 年版」：ダム技術センター編、「ダム工事ポケットブック」：山海堂出版、「温井ダム工事誌」：鹿島・西松・五洋特定建設工事共同企業体、「温井ダムパンフレット」：温井ダム管理所、「温井ダム管理所 H・P」