

2.4.3 施工事例

(1) コンクリートダム

1) 三高ダム

- ・ **工事概要：**

三高ダムは瀬戸内海に面した広島県江田島市沖美町を流れる木下川水系木下川に位置し、第二次世界大戦中の昭和 19 年に旧海軍兵学校の水道用水源として旧海軍が築造した。長年当地の貴重な上水道とされていたが、瀬戸内式気候により降雨量が非常に少ないため、安定した農業用水源が熱望されたことにより、嵩上げが計画された。旧堤体の下流側を嵩上げする下流嵩上げ工法が採用され、堤高は 32.6m から 44.0m に上がり、有効貯水容量は 218,000m³ から 554,000m³ に増加した。旧堤体には監査廊がなかったが、新たに新堤体部に監査廊が設置された。

- ・ **施工時期：**

平成 11 年 10 月～平成 16 年 2 月

- ・ **嵩上げ目的：**

利水対策

- ・ **施工条件：**

灌漑期（7～9月）には下流への放流を行うため、必要な貯水量（10,000m³）を確保するための貯水位（EL.90m）を維持した。また非灌漑期には、堆泥の影響により EL.86～87m 程度以下に貯水位が低下した場合、濁水の流下が懸念された。工事期間中もダム直下流の上水道施設は稼動しており、また漁業やその他の水利用への影響も懸念されたため、河川水が既設貯水池を経て流下しないよう、右岸側の旧ダム天端高さ付近に仮排水路開渠方式による転流工を設置する必要があった。

- ・ **工法の特徴：**

戦時中に海軍直轄で施工されたために資料が一切なく、調査しながらの施工となった。特に止水板の有無が不明だったので、旧堤体の天端からコアボーリングを行い、設置した。取水設備として、堤体内に孔を開け配管した。コンクリートは 2 軸強制練り 3.0m³ × 1 台のミキサーで製造された現場練り生コンをダンプトラックにて搬送し、200 t クローラクレーンを使用して打設し、補助設備として 4.9 t ジブクレーンを使用した。クレーンは堤体下流側に盛土方式にて設置場所を確保した。上流締切としてコンクリートによる締切堰堤を新設し、下流締切は設置しなかった。減勢工は全て撤去し、新設した。

- ・ **ダム本体掘削：**

上水道設備および旧堤体への影響を考慮して火薬使用を規制したため、大型ブレーカによる無発破掘削を行った。

- ・ **新旧堤体の一体化：**

新旧堤体は一体化として計画され、アンカーは設計上無かったが、旧堤体堤頂部に補強鉄筋（D19@400 ダブル）が設置された。新旧堤体の止水板はボルトとシーリング材で接続した。旧堤体に合わせて 15m 間隔に横継目を設置し、継目排水工として旧堤体の横継目に被せるように半割管を設置し、新堤体の監査廊側に配管を行った。また、水平打継目が不良な場合は、水平方向に合成樹脂製の排水ドレーンを設置し、継目排水管と接続した。旧堤体コンクリートは 2～5 cm 程度の劣化が認められ、また旧堤体外部コンクリートの最大骨材（粒径 250 mm）を緩めない程度の厚さとして 5 cm のチップングをビットローラーにて行い、フェノールフタレイン散布にて新鮮面の確認を行った。チップ

ング時期は打設工程に関係なく、作業が可能な時に行った。なお、打設時にモルタルを 2 cm 塗布することで一体化を図った。

・ **新堤体コンクリート打設：**

打設工法は下部 75 cm、上部 1.5m の拡張レヤー工法を採用し、1 日あたりの平均打設量は 230m³/日（昼間の片番打設）であった。打設後は初期養生として 5 cm 程度の湛水養生を行った。

・ **基礎処理工：**

旧堤体は基礎処理工が実施されていなかったため、当該基礎岩盤にも処理が施された。コンソリデーショングラウチングは、5m 格子の中央内挿法により改良目標値 10Lu（非超過確率 100%）とした。旧堤体部は、下流河床部の掘削前に足場を組み、堤体上部から鉛直に施工し掘削時における旧堤体安定の効果も合わせて期待した。また新堤体部は、堤体コンクリートの打ち上がりが 3m 以上経過した後に行った。

カーテングラウチングはダム軸沿いとし、旧堤体部は旧堤体天端から、左右岸新堤体部は上流フーチングから施工した。またその接続部は、上流フーチングからのファンングラウチングにより処理を行なった。孔間隔は 1.25m の中央内挿法で、改良目標値を 2Lu（非超過確率 85%）とし、新堤体部はコンクリートが 3m 以上打ち上がった後に行い、また旧堤体部は新堤体コンクリートの打設前の施工とした。

なおリムグラウチングは、右岸側は地表面から、左岸側はリムトンネル内から行った。

・ **その他：**

劣化しているダム上流面に、劣化防止対策として高韌性セメント複合材料を用いた吹付けを行った。



図-2.4.5 施工状況¹¹⁾



図-2.4.6 新堤体全景¹¹⁾

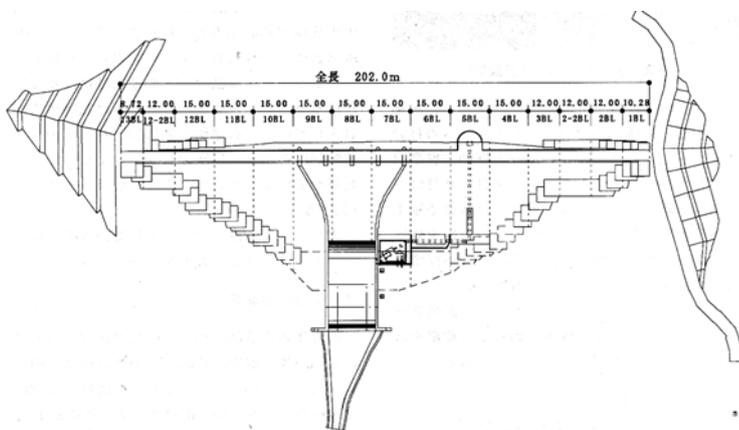


図-2.4.7 堤体平面図⁶⁾

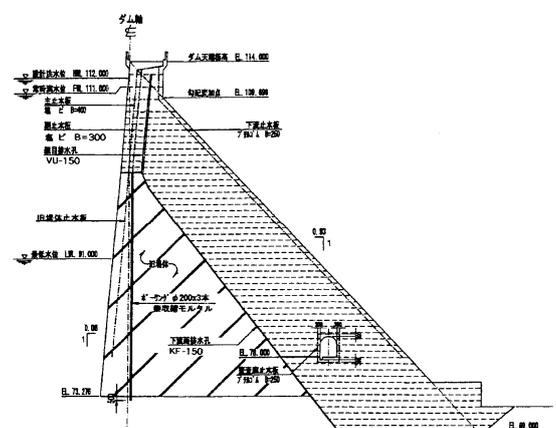


図-2.4.8 堤体断面図⁶⁾

2) 帝釈川ダム

・ 工事概要：

広島県庄原市東城町を流れる一級河川高梁川水系成羽川の支川である帝釈川に位置する発電専用の帝釈川ダムは、非越流型コンクリートダムとして大正9年に着工、大正13年に高さ56.4mで完成した（事業者：山陽中央水電）。その後昭和6年に5.7m嵩上げされて高さ62.1mとなり、さらに昭和41年には洪水吐きの改造（木製転倒ゲート111門→鋼製ローラーゲート2門）を行った。日本では最も早い時期に建設されたコンクリートダムで、完成当時は日本一高いダムだった。土木学会の「日本の近代土木遺産～現存する重要な土木構造物2000選」に選定されている。

完成後約80年を経過し老朽化が進んでいること、最大で約35mの未利用落差があることなどから、ダムを管理する中国電力㈱は2003年（平成15年）に帝釈川ダム改築事業を開始し、発電所の再開発と合わせダムに堤体越流式の洪水吐を増設して洪水処理能力の向上を図るとともに、既設堤体の下流面にコンクリートを打ち増して安定性の向上を図った。

既存の帝釈川発電所（出力4,400kw）は、帝釈川ダムと福柵川（ふくますがわ）取水ダムからの水をあわせて発電していたが、これを福柵川取水ダムからの水だけで発電するように規模を縮小（同2,400kw）して、既存の帝釈川発電所の横に圧力水路を有するダム水路式の新帝釈川発電所（同11,000kw）を建設した。これにより、新・旧帝釈川発電所両方あわせると最大出力は約3倍に増強された。

・ 施工時期：

平成15年5月～平成18年2月

・ 嵩上げ目的：

発電容量の増大

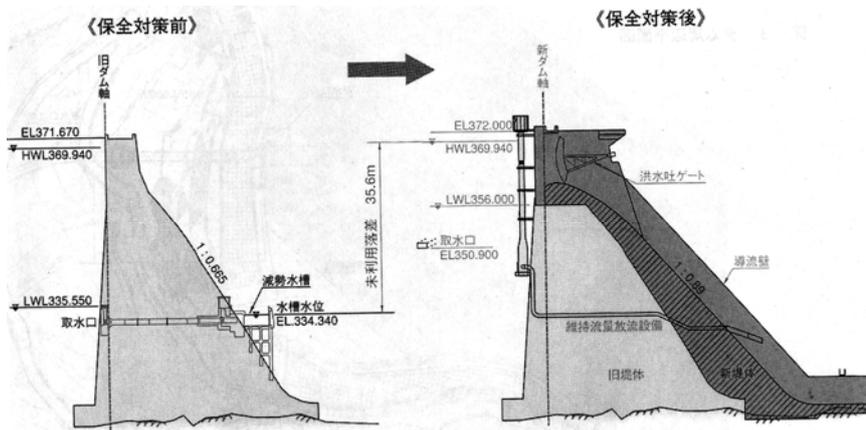


図-2.4.9 堤体断面図⁸⁾

・ 施工条件：

帝釈川ダムは石灰岩特有の急崖が連続する極めて急峻な地形にあり、ダムサイトまで工事用車両がアクセスできる道路はなく、またまとまったヤードもない。一方、ダムサイト付近は名勝であり、国立公園であることから、自然環境の改変は最小限に抑える必要があった。このため、現場へ通じる道路（幅3.5m）は拡幅せず現状のまま使用することとし、さらに揚重設備は

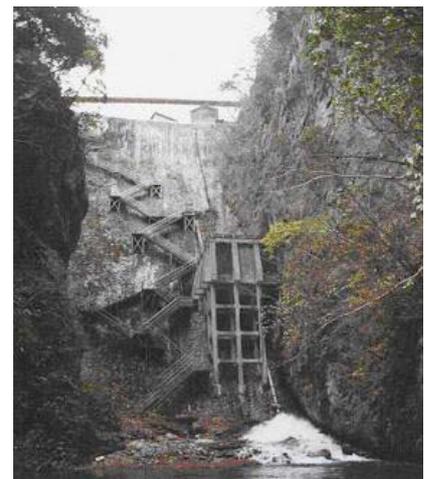


図-2.4.10 旧堤体全景¹²⁾

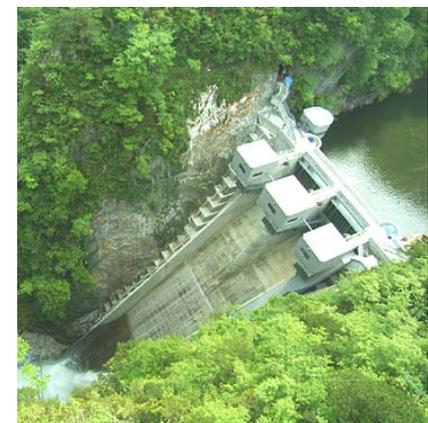


図-2.4.11 新堤体全景¹³⁾

幅 3.5m の道路を通れるギリギリの大きさの 80 t クローラクレーンとするとともに、貯水池内に仮設鋼製構台（図-2.4.12、約 170m）を設置して工事用道路兼作業ヤードとし、ダムサイトに工事用車両がアクセスできるようにした。また、80 t クローラクレーンでは堤体最下部まで届かないので、同様の仮設構台（図-2.4.13, 14、最大高さ 43m）をダム下流面に設置し、クレーンを足場上へ移動させてコンクリートを打設した。仮設構台はダムコンクリートが打ち上がるにつれ、1 スパンずつ撤去した。



図-2.4.12 貯水池内仮設構台¹²⁾

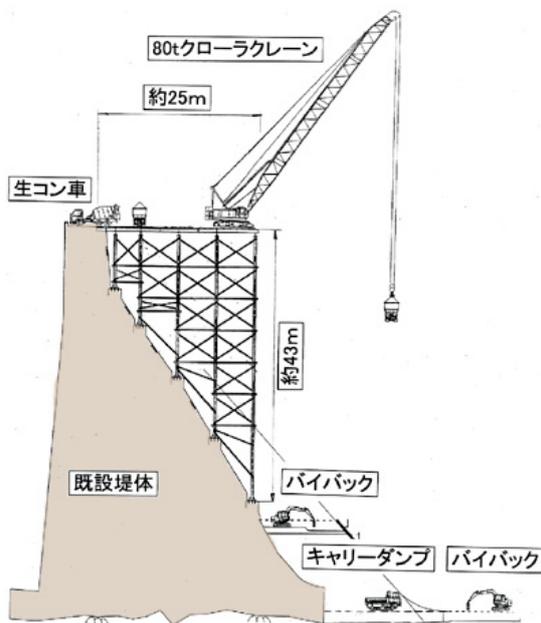


図-2.4.13 ダム下流面仮設構台¹³⁾

・ 転流工：

工事中の転流は、既設洪水吐トンネルを利用することにより必要最小限のトンネル延長とし、コストダウンを図るために既設洪水吐トンネル呑口近くに新たに呑口を設けて既設洪水吐トンネルに合流させる約 44m の仮排水トンネルにより行った。

・ 河床掘削：

ダムサイトは良好な岩盤が露頭しており、そのままの状態でも重力式ダムの基礎として十分な強度と安定性を有していると判断されたことから、基本的に現状の岩盤をそのままダム基礎とし、岩盤のゆるみが見られる箇所や植生がある箇所のみを部分的に切り取った。



図-2.4.14 ダム下流面仮設構台¹³⁾



図-2.4.15 新堤体の補強鉄筋状況¹²⁾

3) 津軽ダム

・ 工事概要 :

津軽ダムは、岩木川水系岩木川の青森県中津軽郡西目屋村に建設が進められている重力式コンクリートダムであり、洪水調節、流水の正常な機能の維持、かんがい用水、水道用水及び工業用水の補給、発電を目的としている。平成 20 年 11 月の本体工事に着手し、平成 28 年度完成予定の再開発ダムである。

津軽ダムは、直上流 60m に位置する目屋ダムの再開発ダムとして位置づけられており、津軽ダムの建設にあたっては、現ダムの機能を維持しながら建設を行うものである。

既設の目屋ダムは昭和 35 年に完成したが、ダム規模が小さいことから相次ぐ洪水被害や渇水被害への対応が困難となり、利水面の需要の増加の見込みの為、再開発事業となった。

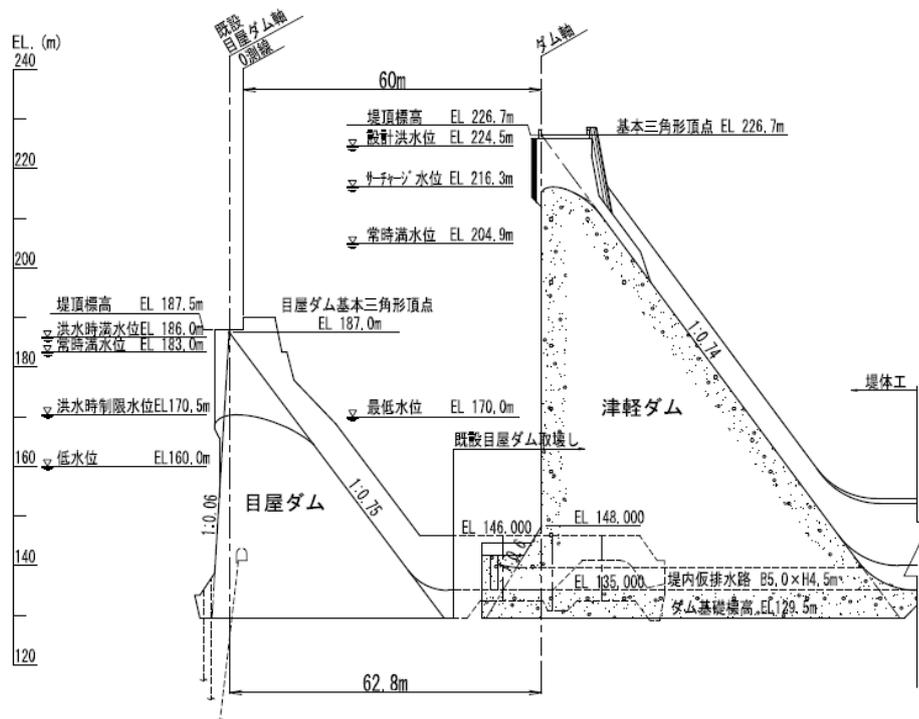


図-2.4.16 堤体断面図

・ 施工時期 (本体工事) :

平成 20 年 10 月～平成 29 年 3 月 (予定)

・ 嵩上げ目的 :

- 1) 洪水被害の軽減 (3100m³/s→160m³/s)
- 2) 流水の正常な機能を維持
- 3) かんがい用水を補給
- 4) 水道用水の供給 (14,000m³/日)
- 5) 工業用水の供給 (10,000m³/日)
- 6) 発電 (最大出力 8500KW)

・ 施工条件：

津軽ダムは既設目屋ダムの直下流 60m の位置に建設する再開発ダムで、目屋ダムを運用しながらの施工するため、目屋ダムの機能に影響を与えないよう、限られたスペースで、骨材生産設備、発生土受け入れ地等のヤード配置に工夫をするとともに、ダム本体の施工においては、半川締め切り方式の転流工を実施。原石山についてはダムサイト右岸に位置している。

・ 転流工：

ダム施工時の目屋ダムの機能維持を前提とした転流工を計画する必要があり、半川締め切り方式が採用された（図-2.4.17）。仮締め切には目屋ダム直下に呑口構造物を構築し、河道の締め切りにコルゲートセルを使用した（図-2.4.18）。

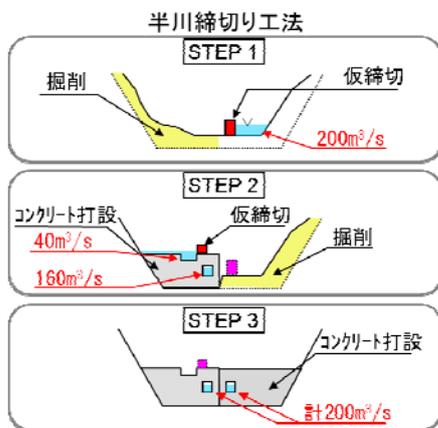


図-2.4.17 半川締め切り工法を採用



図-2.4.18 STEP 1

・ 堤体コンクリート打設：

堤体コンクリート運搬は、固定ケーブルクレーン 2 条（15.5 t）により行い、堤内運搬はダンプトラックで行った。打設工法は合理化施工である R C D 工法が採用され、更なる合理化を図り巡航 R C D 工法を採用した。

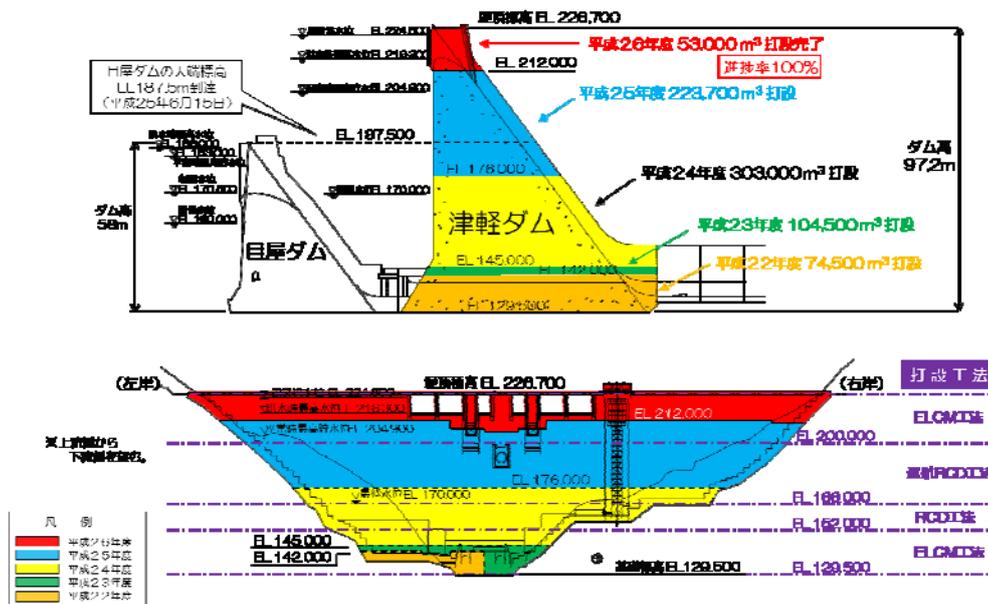


図-2.4.19 打設実績

巡航RCD工法は、RCDコンクリートを先行打設し、外部コンクリートを独立・後行打設、型枠を用いないRCDコンクリートの打ち止めを行い、打設速度を向上した工法である。

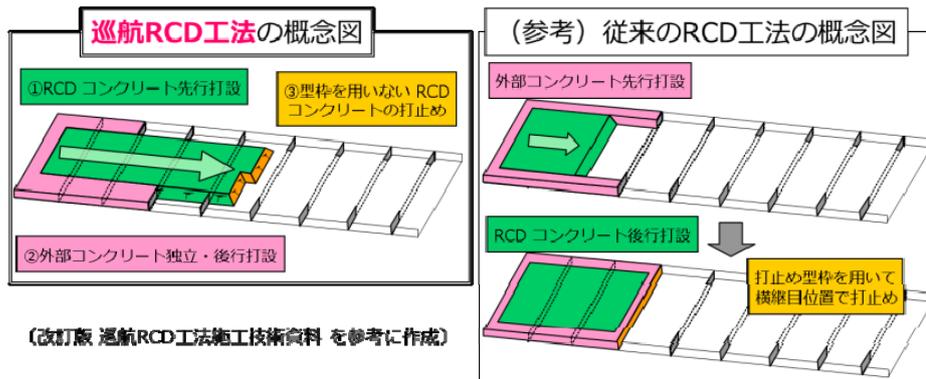
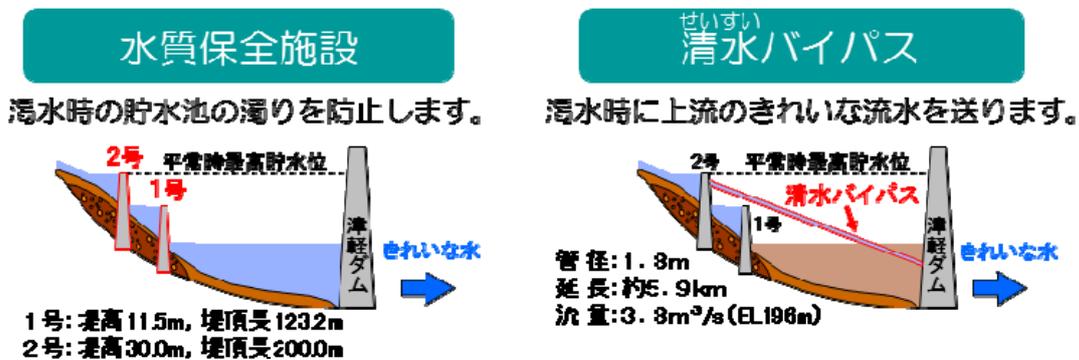


図-2.4.20 RCD工法－巡航RCD工法 概念図

・環境保全への取り組み：

目屋ダムは上流からの微細粒土砂の流入が顕著で、洪水時および濁水時の濁水の長期化が課題となっていた。津軽ダムでは環境保全措置として、洪水による濁水長期化の低減を目的に、洪水時の濁水を早期に排出させるコンジットゲートを設置、また貯水位低下時に湖岸に堆積した微細な堆積土砂の露出を防ぐため濁水時でも水面を維持し、再懸濁の抑制を目的として砂防ダム形式施設を2基設置。さらには、上流の清澄な流水を下流に放流できるL≒6km・φ1.8mの清水バイパス管を設置し、水質保全対策を行っている。

濁水時の濁水対策



洪水時の濁水対策

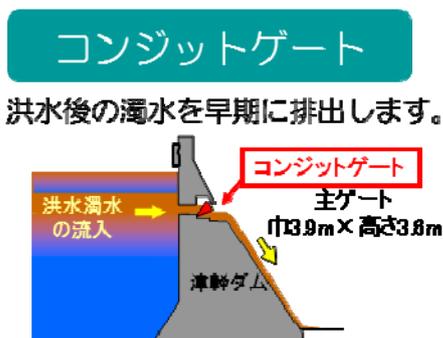


図-2.4.21 環境保全への取り組み（濁水対策）

4) サンビセンテダム

・ 工事概要 :

サンビセンテダムは 1943 年に米国カリフォルニア州サンディエゴに建設された。嵩上げ工事は、地域の水需要の増加と供給設備異常時に対するダム貯水量の増加を目的とした、サンディエゴ郡水道局による緊急備蓄プロジェクトの一環であり、シミック/大林組 JV で施工した。嵩上げ部のコンクリート打設に RCC (Roller Compacted Concrete) 工法を採用し、既設ダムを運用しながら全米一となる 36m の嵩上げを行った。図-2.4.22~25 にダム諸元、堤体嵩上げ手順、堤体断面図、嵩上げダム概略図を示す。

型 式	重力式コンクリートダム
堤 高	103 m (+36 m)
堤 頂 長	433 m (+134 m)
堤 体 積	698,000 m ³ (+460,000 m ³)
貯水面積	6,475,000 m ² (+2,023,000 m ²)
貯水量	298,500,000 m ³ (+187,500,000 m ³)
※数値は嵩上げ後、()内は嵩上げ分を示す。	

図-2.4.22 ダム諸元

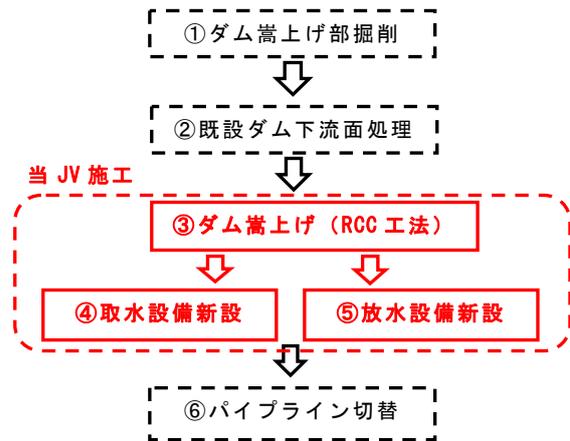


図-2.4.23 堤体嵩上げ手順
(図中の番号は堤体断面図、嵩上げダム概略図に一致)

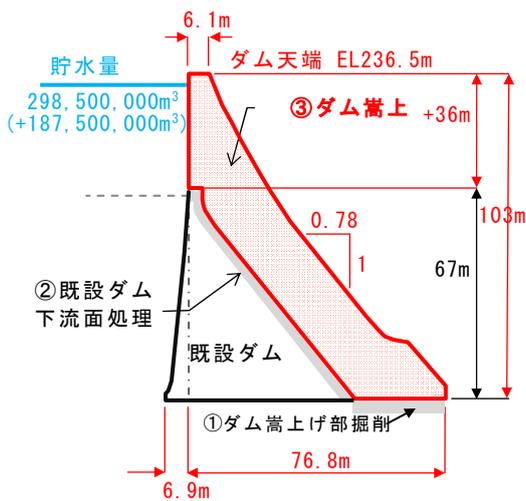


図-2.4.24 堤体断面図

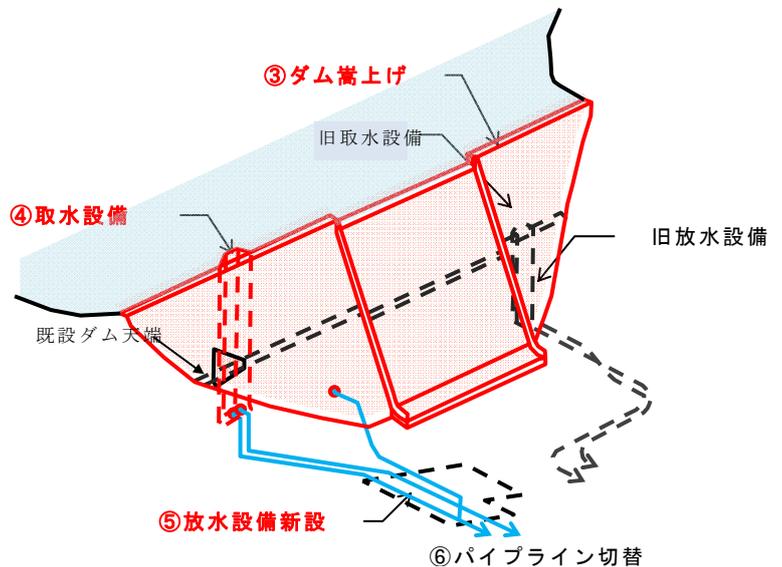


図-2.4.25 嵩上げダム概略図

・工法の特徴：

①積算温度管理による水平打継目処理

RCC 工法における水平打継目の処理方法を以下の 4 段階に分類し、この管理を積算温度により行った。

- ・ホットジョイント（凝結開始前）：無処理（ルーズな骨材、余剰水の除去）
- ・ウォームジョイント（凝結開始から終結まで）：グラウト敷設
- ・コールドジョイント（硬化後初期段階）：グリーンカット+グラウト敷設
- ・スーパーコールドジョイント（硬化状態）：グリーンカット+グラウト敷設

平均外気温から算出した、打設完了から次打設までの概算時間はホットジョイントが 19 時間以内、ウォームジョイントが 47 時間以内、コールドジョイントが 65 時間未満、スーパーコールドジョイントが 65 時間以上である。なお、水平打継目の積算温度管理は打設箇所の外気温による間接手法とした。施工の結果、打設サイクル中のグリーンカットおよびグラウト敷設作業が減少し、施工速度が向上した。

②GEVR による旧堤体との一体化および上下流面などの施工

旧堤体との接続部、上下流面、着岩部を GEVR (Grout Enriched Vibratable Rcc) により施工した。GEVR とは、所定範囲にグラウト材（セメントミルク）を敷設し、そこに RCC コンクリートを投入した後、バイブレータで締固める施工方法である（図-2.4.27~29）。その特徴として、バッチャープラントでの製造が RCC 配合のみとなり、製造および打設効率の向上がある。GEVR は幅約 50cm で施工し、接続面となる既設ダム下流面は高圧力水によるチップング処理（深さ約 75mm）を施し、表面不良部の除去と付着の向上を図った（図-2.4.26）。



図-2.4.26 既設ダム下流面処理状況



図-2.4.27 グラウト材敷設状況



図-2.4.28 締固め状況（旧堤体接続部）



図-2.4.29 締固め状況（下流面）

・施工実績：

嵩上げ工事の施工期間は2010年5月から2013年4月である。RCC施工の仮設備として、骨材製造一次破碎設備はジョークラッシャー（破碎能力270t/hr×2基）、二次破碎設備はインパクトクラッシャー（破碎能力450t/hr×1基+80t/hr×1基）を使用した。また、RCC製造設備として二軸強制練りミキサ4.5m³×2基（練混ぜ能力190m³/hr×2基）を、RCC運搬設備としてベルトコンベア（幅1,067mm、運搬能力460m³/hr）を採用した。図-2.4.30に仮設備平面図を示す。

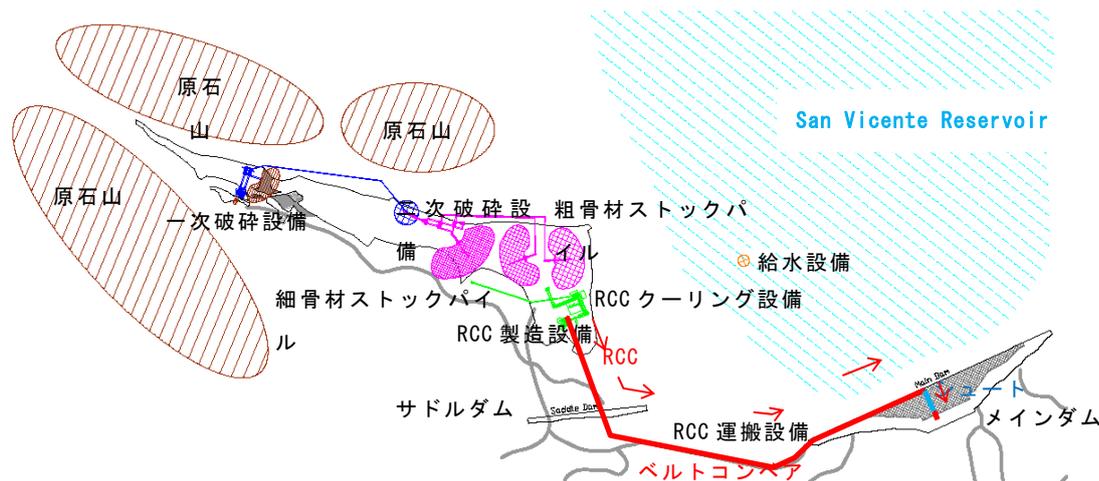


図-2.4.30 仮設備平面

表-2.4.2 RCC配合

RCCの打設はリフト高さ30cmで行い、敷均しに16t級ブルドーザ、転圧に10t級振動ローラ（シングルドラム）を使用した。RCC配合を表-2.4.2に、RCC打設実績を以下に示す。

セメント	(kg/m ³)	104	VeBe=6~18秒
フライアッシュ	(kg/m ³)	128	空気量=1.0%
水	(kg/m ³)	113	W/(C+F)=48.7%
骨材	50-20mm (容積, %)	31~34	F/(C+F)=55.1%
	20-5mm (容積, %)	30~34	RCC凝結時間
	5mm以下 (容積, %)	35~37	始発=18~24時間
混和剤	((C+F)×%)	1.06	終結=24~45時間

- ・RCC打設期間：2011年9月13日～2012年9月20日（12ヶ月）
- ・月平均打設量：42,000m³（打ち上がり高さ9.4m）
- ・月最大打設量：65,882m³（打ち上がり高さ9.6m）

図-2.4.31、32に嵩上げ前後の堤体全景を示す。



図-2.4.31 嵩上げ前全景



図-2.4.32 嵩上げ後全景

5) 野洲川ダム

・工事概要：

野洲川ダムは、野洲川流域 5 市に広がる現況 3,120ha の水田に、灌漑用水を安定的に供給することを目的として、国営野洲川土地改良事業（昭和 22 年度～30 年度）により昭和 26 年に建設された重力式コンクリートダムである。近年、流域内の山林の荒廃による保水力低下や、局地的な降雨量の増加等によって最大流出量が増大し、洪水を安全に流化する能力が不足するとともに施設の老朽化が顕在化したため、国営総合農地防災事業「野洲川沿岸地区」の二期事業（平成 13 年度～21 年度）として、野洲川ダムの改修工事が実施された。ダム堤体部については、設計洪水量を $308 \text{ m}^3/\text{s}$ から $830 \text{ m}^3/\text{s}$ に見直し、洪水吐形式をゲート式から自由越流式に変更し、これにより洪水吐の幅を従来の 17m から 72m に拡大することとした。また、設計洪水位が上昇することにより堤高を 1.7m 嵩上げし、更に堤体の安定を保つために堤体下流面に水平幅 1.5m の増厚コンクリートを打設する計画とした。

・施工時期：

平成 16 年 10 月～平成 19 年 8 月

・嵩上げ目的：

治水対策

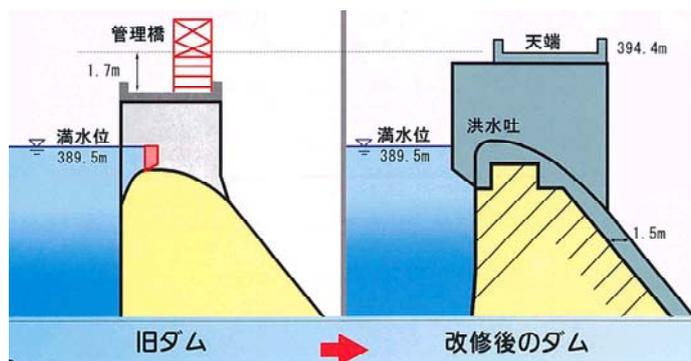


図-2.4.33 改修断面図

・施工条件：

堤体改修工事は、ダムの貯水機能を維持しつつ施工することを前提とするため、4 月から始まる灌漑期に備えて、3 月 31 日にはダムを満水状態に回復させ、9 月 15 日の期間終了まで用水供給のためにダム運用する必要があり、工期とそれを厳守するための工法や材料の選択に大きな制約を受けた。また、ダム直下には集落があり、近傍にはクマタカが営巣していたため、環境負荷への配慮が必要であった。

・低振動、低騒音工法によるコンクリートの切削：

既設堤体天端の取り壊しにおいて騒音・振動低減のために、ワイヤーソーと板ジャッキによる工法を採用した。床版カッターにて既設堤体天端に深さ 15cm 程度の溝を作り、板ジャッキ（薄肉鋼板を 2 枚重ねて外周部を溶接した板 寸法： $1000 \times 100 \times 2.4$ ）を差込み、水圧で含まら



図-2.4.34 改修前



図-2.4.35 改修後

せることによってコンクリートを割る工法。ブロック状に割るためには、自由面が必要なため、水平切斷と施工端部及び自由面を作るための垂直切斷については、ワイヤーソーイング工法にて行なった。小割りしたブロックは、クレーンにより吊り上げられ、かつ、ダンプトラックで運搬できるように5~7ton程度の大きさとした。板ジャッキは、0.7枚/m³使用した。



図-2.4.36 既設堤体天端部切り出し状況⁷⁾



図-2.4.37 取壊しブロック搬出状況

・既設コンクリートと増厚コンクリートの接着面処理：

堤体斜面の増厚コンクリートにおいて、打継処理にはモルタルを使用することが一般的であるが、順次モルタルとコンクリートを打ち上げる必要があり施工性が劣る。そのため、打継処理には、施工前試験により性能を確認した結果、打ち継ぎ可能時間がモルタルより長いエポキシ樹脂系接着剤（塗布後72時間）を使用した。

表-2.4.3 強度試験結果⁷⁾

試 験	樹脂使用コンクリート	モルタル使用コンクリート
圧縮強度	26.5 N/m ²	24.5 N/m ²
せん断強度	3.87 N/m ²	2.77 N/m ²



図-2.4.38 エポキシ樹脂系接着剤塗布状況

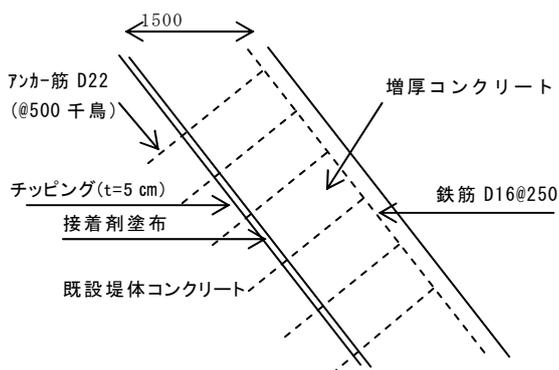


図-2.4.39 打継目処理概略図²⁾

(2) フィルダム

1) 山王海ダム

・ 工事概要：

1953年に竣工した旧ダム（堤高 37.4m）は、建設当時は「東洋一のアースダム」と呼ばれ、その後の日本における近代フィルダムの草分けともなったアースダムであった。1990年（平成2年）より「山王海ダム再開発事業」の本格的な施工が開始され、旧ダムの一部を取り込む形で旧ダム直下流にロックフィルダムの新ダムを建設し、24.1mの大幅な嵩上げ（37.4mから61.5m）を行って貯水容量を増加させ、灌漑用水の供給を向上させた。ダム湖は灌漑専用ダムとしては貯水容量が3,840万m³と全国一の規模であるが、自己集水面積ではダムを満水に出来ないため、滝名川に隣接する葛丸川に新設された葛丸ダムとの間で、導水トンネル、取水トンネルを通じ相互に水を補給する、全国でも珍しい親子ダムである。

・ 施工時期：

平成4年8月～平成14年3月

・ 嵩上げ目的：

利水対策

・ 設計面の特徴：

旧堤体はN値10～20程度の比較的軟質な土質材料で盛り立てられていることより、新堤体のロック・トランジションゾーンとの接合にあたっては、有限要素法によるその挙動の確認と検討を行い、緩衝ゾーンを設けた。

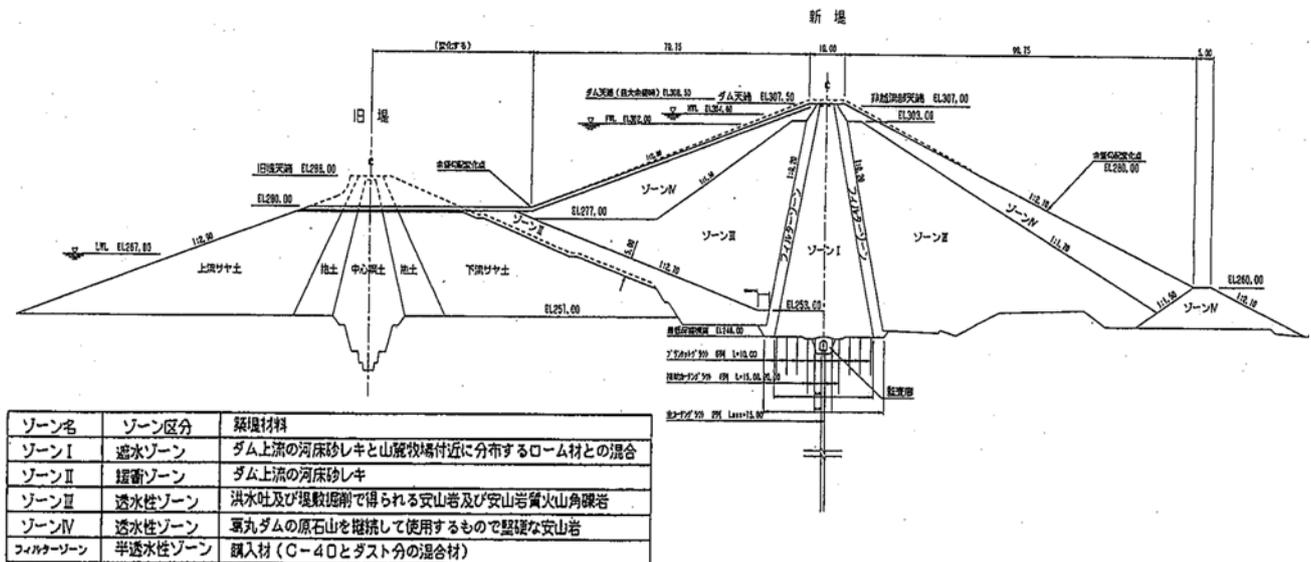


図-2.4.40 堤体標準断面図⁴⁾

・ 施工面の特徴：

掘削材の有効利用を図ることを考慮し、洪水吐き掘削材をトランジション材としてゾーンⅡ材に流用した。また、貯水池上流河床部に堆積する河床砂礫をローム材と混合させて遮水材およびゾーンⅡに流用した。

・ 施工条件：

旧ダムを上流締切として使用し、利水機能を維持しながら施工した。

2) 狭山池

・ 工事概要：

大阪府大阪狭山市にある日本最古のダム形式のため池である狭山池を、大和川水系西除川、東除川の治水対策等の一環として改良した。狭山池は築造以来 1400 年の間に幾度の嵩上げがなされており、嵩上げ前の形状（堤頂長約 750m、堤高約 17m の均一型アースフィルダム）になったのは、昭和 3 年の改修によるものである。本記載の嵩上げは平成の改修といわれているもので、貯水池の池底を約 3m 掘削し、堤体上下流両面を池の全周 2,800m にわたって約 1.1m 嵩上げし、嵩上げ改修により既設農業用水容量 180 万 m³ に治水容量 100 万 m³ の洪水調整機能を備えた均一型アースフィルダムに生まれ変わった。

・ 施工時期：

平成 5 年 7 月～平成 12 年 10 月

・ 嵩上げ目的：

治水対策・利水対策・耐震・環境対策

・ 施工条件：

事業スケジュールから灌漑期も施工しなければならなかったが、灌漑期（4～9 月）は貯水池内に湛水するため、旧余水吐きと新設洪水吐きを仮設の洪水吐きとして利用して何回も水の切り替えを行い、年間をとおしてドライワークを可能とする必要があった。

また、民家と隣接している箇所では騒音・振動対策として大型重機は使用せず、ゴムキャタピラ仕様の機械を用いて低速走行を実施した。

池底掘削は貯水池を空にしている非灌漑期のみが施工可能であり、貯水池内に堆積していた大量のヘドロをセメント固化処理した後、場外の埋立地へ盛土処理した。

・ 仮締切堤：

二重矢板工法により総延長 1.3km を施工した。使用した矢板の最大長さは 1 本当たり 20m であった。

・ 転流工：

灌漑用の転流に使用する開渠と、非灌漑期の転流に使用する管渠を設置した。

管渠：トンネル（推進工法）：断面積 4.5m²、延長 200m、インバート高さは河川流入部の底と同じ

開渠：水路（オープン形式）：幅 44m、高さ 5.1m、延長 100m、規模は旧ダム余水吐きと同等で、インバート高さも同じ

・ 旧堤体の処理：

旧堤体の表土および不良部分を撤去後、表面の段切り・掻き起こしを行い、盛立時にラップして転圧を行った。仮締切堤をダンプトラックや重機の工事用道路として利用することで、場外道路を利用した場合に問題となる騒音・振動を最小限に抑えた。

・ 新堤体盛立：

貯水池の全周 2,800m が堤体であり、年度毎に場所を区切って堤体掘削・盛立を施工した。盛立材料は 2 種類（A 種、B 種）であり、いずれも貯水池内に堆積した砂等を使用した。貯水池底からの盛立材料を採取するため、非灌漑期である 10 月以降に水中ポンプにて貯水池の水を排水して池を空にし、さらに含水比が低下するのを待って掘削を開始するので、11 月後半～12 月に開始、3 月中旬に終了となった。貯水池内を造成したストックヤードで脱水および含水比低下を半年以上かけて行い、低下が望めない場合はバックホウにて曝気攪拌を行った。

① A種材料（上流側不透水層）

細粒分（74 ミクロン以下）を 30%程度含有する砂質土、貯水池内に堆積した沖積砂、大阪層群内の洪積砂を使用し、不足分は沖積砂と洪積粘土を 5：1 の比率で混合して作成。

② B種材料（下流側透水層）

細粒分（74 ミクロン以下）を 20%程度含有する砂質土、貯水池内に堆積した沖積砂、中位段丘層、大阪層群内の洪積砂を使用。

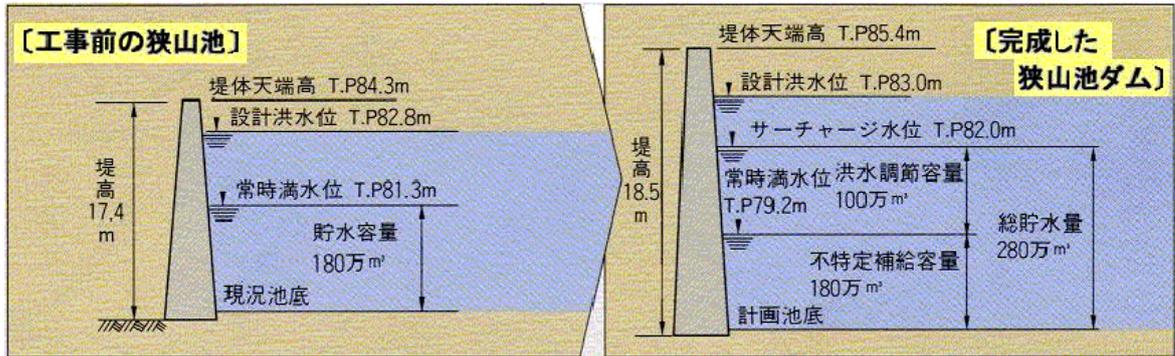


図-2.4.46 新旧堤体比較¹⁴⁾

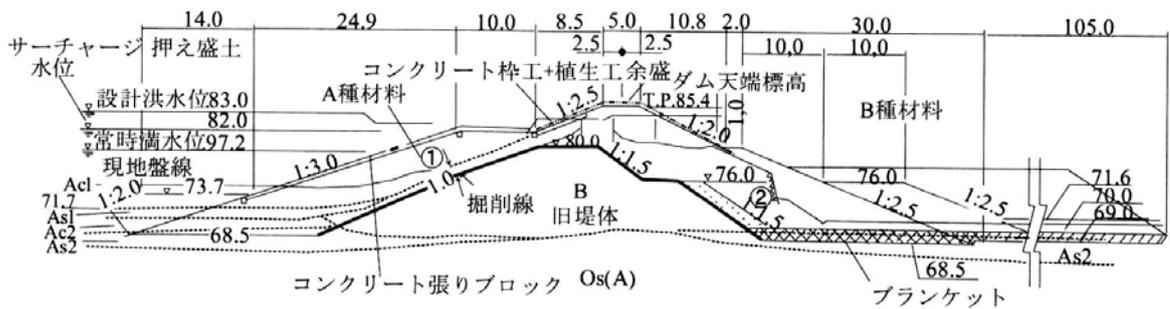


図-2.4.47 標準断面図⁵⁾



図-2.4.48 貯水池全景¹⁴⁾

2.4.4 設計・施工上の課題と展望^{1) 3)}

ダム再開発計画の立案、事業化の過程は、ダムの新規計画の場合と基本的には同じであるが、特に既存ダムの嵩上げ計画事業化の要件としては、

- ① ダム本体の嵩上げが技術的に可能であるか
- ② 新規ダム建設よりも経済的であるか

の2点が重要である。また、ダム嵩上げ事業に特有の問題点としては、

- ① 工事期間中の既設ダムの治水、利水機能等を維持しなければならないこと
- ② 再補償の場合にトラブルが予想されること

などが挙げられる。これらを踏まえて、ダム嵩上げ事業における課題と展望を以下に整理する。

(1) 調査

嵩上げダムの設計・施工を行う際に必要な調査としては、地形・地質調査、貯水池調査、既設ダムの堤体調査などがある。

1) 地形・地質調査

嵩上げダムは既設ダムと同じ地点に建設されるため、基本的に既設ダムの地質資料を調査することから始める。また、ダムの設計方法と地質調査方法が既設ダム建設当時と現在のものとで整合しているかどうかには留意する必要がある。さらに、今後建設される新規ダムについても、将来の嵩上げを考慮して、ダム基礎掘削面の岩盤状態を把握し、岩盤分類基準なども含めて岩盤評価に係わる資料の保管が重要となる。

2) 貯水池調査

嵩上げに伴って貯水池面積が増大することから、特に貯水池内の地すべりに対する調査が必要となる。

3) 既設ダムの堤体調査

通常管理項目である漏水量、変形量、揚圧力のほか、設計を行う際に必要な物性値を得るための調査が必要であるため、ダム建設時の施工管理の状況、品質管理試験の結果をきちんと保管しておく必要がある。しかしながら、特にアースダムの場合は完成年代が古い場合が多く、このようなデータが得られない場合が多いことから、ボーリングなどによって既設ダム堤体から乱さない試料を採取する技術や、トモグラフィなどによって旧堤体の各種物性を正確に計測する物理探査技術の開発などが必要である。

(2) 設計

コンクリートダム嵩上げの設計理論では、垣谷による嵩上げ公式が一般に用いられている。この公式による設計法は、

- ・ 新コンクリートの硬化収縮による容積変化を無視する。
- ・ 新コンクリートの物理的性質の相違などを無視する。
- ・ 新旧コンクリートが一体となれば剛体力学的に扱うことができる。
- ・ 新コンクリートは自重のほかには外力を受けずに硬化するものとする。

という仮定を前提としている。すなわち、新旧コンクリートを一体として取り扱っているため簡便で有用であるが、実際には完全に一体とならない場合も想定される。このため、基礎岩盤が新旧堤体で条件が異なる場合、新旧コンクリートの弾性係数が異なる場合、新旧堤体の打継ぎ面が完全に一体化していない場合などを考慮した検討も、場合によってはなされる必要がある。また、既設堤体による拘束があるため、精度のよい温度応力解析の実施が必要である。表-2.4.4に堤体断面の設計方法及び温度応力解析方法事例を示す。

2.4.4 設計・施工上の課題と展望^{1) 3)}

ダム再開発計画の立案、事業化の過程は、ダムの新規計画の場合と基本的には同じであるが、特に既存ダムの嵩上げ計画事業化の要件としては、

- ① ダム本体の嵩上げが技術的に可能であるか
- ② 新規ダム建設よりも経済的であるか

の2点が重要である。また、ダム嵩上げ事業に特有の問題点としては、

- ① 工事期間中の既設ダムの治水、利水機能等を維持しなければならないこと
- ② 再補償の場合にトラブルが予想されること

などが挙げられる。これらを踏まえて、ダム嵩上げ事業における課題と展望を以下に整理する。

(1) 調査

嵩上げダムの設計・施工を行う際に必要な調査としては、地形・地質調査、貯水池調査、既設ダムの堤体調査などがある。

1) 地形・地質調査

嵩上げダムは既設ダムと同じ地点に建設されるため、基本的に既設ダムの地質資料を調査することから始める。また、ダムの設計方法と地質調査方法が既設ダム建設当時と現在のものとで整合しているかどうかには留意する必要がある。さらに、今後建設される新規ダムについても、将来の嵩上げを考慮して、ダム基礎掘削面の岩盤状態を把握し、岩盤分類基準なども含めて岩盤評価に係わる資料の保管が重要となる。

2) 貯水池調査

嵩上げに伴って貯水池面積が増大することから、特に貯水池内の地すべりに対する調査が必要となる。

3) 既設ダムの堤体調査

通常管理項目である漏水量、変形量、揚圧力のほか、設計を行う際に必要な物性値を得るための調査が必要であるため、ダム建設時の施工管理の状況、品質管理試験の結果をきちんと保管しておく必要がある。しかしながら、特にアースダムの場合は完成年代が古い場合が多く、このようなデータが得られない場合が多いことから、ボーリングなどによって既設ダム堤体から乱さない試料を採取する技術や、トモグラフィなどによって旧堤体の各種物性を正確に計測する物理探査技術の開発などが必要である。

(2) 設計

コンクリートダム嵩上げの設計理論では、垣谷による嵩上げ公式が一般に用いられている。この公式による設計法は、

- ・ 新コンクリートの硬化収縮による容積変化を無視する。
- ・ 新コンクリートの物理的性質の相違などを無視する。
- ・ 新旧コンクリートが一体となれば剛体力学的に扱うことができる。
- ・ 新コンクリートは自重のほかには外力を受けずに硬化するものとする。

という仮定を前提としている。すなわち、新旧コンクリートを一体として取り扱っているため簡便で有用であるが、実際には完全に一体とならない場合も想定される。このため、基礎岩盤が新旧堤体で条件が異なる場合、新旧コンクリートの弾性係数が異なる場合、新旧堤体の打継ぎ面が完全に一体化していない場合などを考慮した検討も、場合によってはなされる必要がある。また、既設堤体による拘束があるため、精度のよい温度応力解析の実施が必要である。表-2.4.4に堤体断面の設計方法及び温度応力解析方法事例を示す。

表-2.4.4 コンクリートダム設計、解析方法⁹⁾

ダム名	堤体断面の設計方法			温度応力解析			竣工
	通常設計法	垣谷公式	FEM	解析方法		施工工程を考慮	
				拘束度マトリックス法	FEM		
新丸山	○	×	○		○	○	
新桂沢	×	○	○		○	○	
新中野	×	○	○	○	○	○	○
萱瀬	×	○	×		○	○	○
氷川	○	×	×		○	○	○
野洲川	○	×	×		○	○	○
黒田	○	×	×		○	○	○
曲淵	○	×	○		○	○	○
三高	×	○	○		○	○	○
長柄	×	○	×		未検討	—	—
新保川	×	○	○	—		—	—
下の原	×	○	×		○	—	○
坂本	×	○	×		○	○	○

一方、フィルダムの嵩上げは、新旧ダムの遮水ゾーンの連続性、貯水位の上昇に対する旧堤体の遮水ゾーンの浸透破壊抵抗性（パイピング）に対する安全性の確保が重要課題であり、一般的にゾーン型フィルダムの大規模な嵩上げは難しいと考えられていた。今後の新規ダムでは、将来の嵩上げの可能性を考慮した堤体のゾーニング計画を行うとともに、フィルタ材を含めたコア材の浸透破壊抵抗性の試験・評価方法の精度の向上や、これまでと違った新しい遮水技術の開発も必要となるであろう。

(3) 施工

既設ダムの嵩上げでは、既設ダムの有する治水や利水の機能を保ちながら施工を行うこともあり、また貯水池の水位をある程度保ったまま施工せざるを得ない場合も多い。このため、工程的なしぼりや施工上の制約条件などをいかにクリアして施工を行うことができるかが重要である。工事期間を非洪水期と洪水期に分けての計画立案や、基礎掘削時の効率のよい制御発破工法の開発などが今後の課題である。

このほか、ダムタイプ別の嵩上げ施工時の留意点として、下記のことがあげられる。

- コンクリートダム : 既設コンクリート面の処理と止水・排水処理などの新旧コンクリートの打継面の施工
- アースダム : 新旧堤体の境界面が水みちとなって安全性に影響を及ぼさないような新旧堤体の境界面の施工、締固め
- ゾーン型フィルダム : 止水ゾーンの連続性と旧堤体止水ゾーンのパイピングに対する安全性の確保

<参考文献>

- 1) (社)日本大ダム会議 既設ダムの有効活用調査分科会：大ダム 第49巻 第195号、平成18年4月
- 2) (社)日本大ダム会議 技術委員会「ダムリフレッシュ分科会」報告：大ダム 第202号、2008年1月
- 3) (財)団法人ダム技術センター：多目的ダムの建設 第5巻、平成17年6月
- 4) 都築慶剛：「山王海ダムの再開発（嵩上げ）について」、ダム日本、No676、2001.2
- 5) 谷 茂、福島伸二：「老朽化フィルダムの堤体改修（補強・漏水防止・嵩上げ）の事例調査」、ダム工学、Vol17、No.1、2007
- 6) 河村吉郎：三高ダム嵩上げの設計と施工について、(財)日本ダム協会 第56回ダム施工技術講習会
- 7) 宗岡一正、池野悦雄、川原清文、鍵本千代樹：野洲川ダムの洪水吐の改修、農業農村工学会誌 Vol178 No.12 2010年10月
- 8) 吉岡一郎：帝釈川ダムの洪水吐新設と堤体補強について、(財)日本ダム協会 第57回ダム施工技術講習会
- 9) (社)日本大ダム会議 上阪恒雄、佐藤信光、岩下友也、米山義春：日本における既設ダムの嵩上げ技術：大ダム 第208号、2009年7月

<ホームページからの引用>

- 10) 国土交通省 新丸山ダム工事事務所 HP： <http://www.cbr.mlit.go.jp/shinmaru/>
- 11) 鹿島HP： <http://www.kajima.co.jp/tech/index-j.html>
- 12) 提供：中国電力株式会社
- 13) (財)日本ダム協会 HP： <http://wwwsoc.nii.ac.jp/jdf/>
- 14) 大阪府土木部河川室 HP： <http://www.pref.osaka.lg.jp/kasenseibi/index.html>
- 15) 佐世保市水道局HP，下の原ダム（嵩上げ）工事現場だより：
<http://www.city.sasebo.nagasaki.jp/www/genre/0000000000000/1000000010114/index.html>
- 16) 東北農政局HP： <http://www.maff.go.jp/tohoku/>