

2.3.3 施工事例

(1) コンクリートダム

飯豊川第一ダム⁷⁾

1) 工事概要

飯豊川第一ダムは、高さ 34.848m の重力式コンクリートダムである。現行のダムの管理体制は常駐管理体制による洪水吐ゲート操作により洪水処理を行っているが、ダム管理体制の効率化（無人化）を図ることを目的としてゲートレス化工事を行った。

また、既設ダムの洪水吐ゲートは排砂門がこれを兼ねていたが、今回の改造で排砂門の洪水吐としての機能を無くし、設計洪水量をすべて越流部より流下させることとしたため、設計洪水水位を既設ダムの+3m(EL201.6m)から 1m 上げて、越流水深を越流頂+4m(EL202.6m)とした。

上記の設計洪水水位の決定により、既設ダムの構造断面（ダム背面勾配 1 : 0.5）に対して安定計算を行ったところ、「転倒」に対しては不安定となる結果を得た ($b/6=3.785m < 8.315m$)。そのため、ダムの基本三角形の頂点位置は変更しないものとし、ダム背面勾配について所要の安全率が得られる最小断面を算出し最適なダム形状を検討した。その結果、ダム背面に腹付けコンクリートを打設し、ダム背面勾配を「1 : 0.75」とすることにより安定条件を全てクリアする結果となった。

全体平面図及び施工状況図を図-2.3.9, 10 に示す。

・ 工事名：飯豊川第一（発）ダム改良工事ならびに関連撤去工事

・ 発注者：東北電力株式会社

・ 施工者：株式会社 熊谷組

・ 工期：平成 11 年 5 月 28 日～平成 13 年 3 月 30 日

・ 工事内容：

- | | | |
|-----------------|------------------------------|----------------------------------|
| ・ 堤体改良工 | ： 1 式 | （コンクリート打設量 3,157m ³ ） |
| ・ 右岸護岸工 | ： 1 式 | |
| ・ 排砂路延長 | ： L=10.5m (B=6.0m 側壁 t=0.6m) | |
| ・ 排砂路改良工 | ： 1 式 | （コンクリート打設量 238m ³ ） |
| ・ 取水口改良工 | ： 1 式 | （コンクリート打設量 33m ³ ） |
| ・ 関連撤去工事 | ： 1 式 | （堤体コンクリート取壊 357m ³ 他） |
| ・ ダム改良ならびに関連撤去工 | ： 1 式 | （上・下流締切工 他） |

・ 工程：全体工程表を表-2.3.7 に示す。

2) 施工概要

・ 転流方法

転流工における対象流量は、過去 10 ヶ年の当該ダム水文データより日最大流量を集計し、稼働率が 90%確保できる流量として「50m³/s」に設定された。

また、50m³/s を流下させるため、既設ダム中央部に切欠（幅 6.0m×高さ 2.7m）を設けた他、既設ダム排砂路からの転流と併用し、施工場所に応じて切り替えて使用している。

仮締切工詳細図を図-2.3.12 に示す。

・ 荷役設備の選定

作業性・作業能力・経済性を考慮し、汎用性のある 80 t クローラクレーンを選定している。作業鋼台位置およびクレーンの作業旋回範囲図を図-2.3.9 に示す。

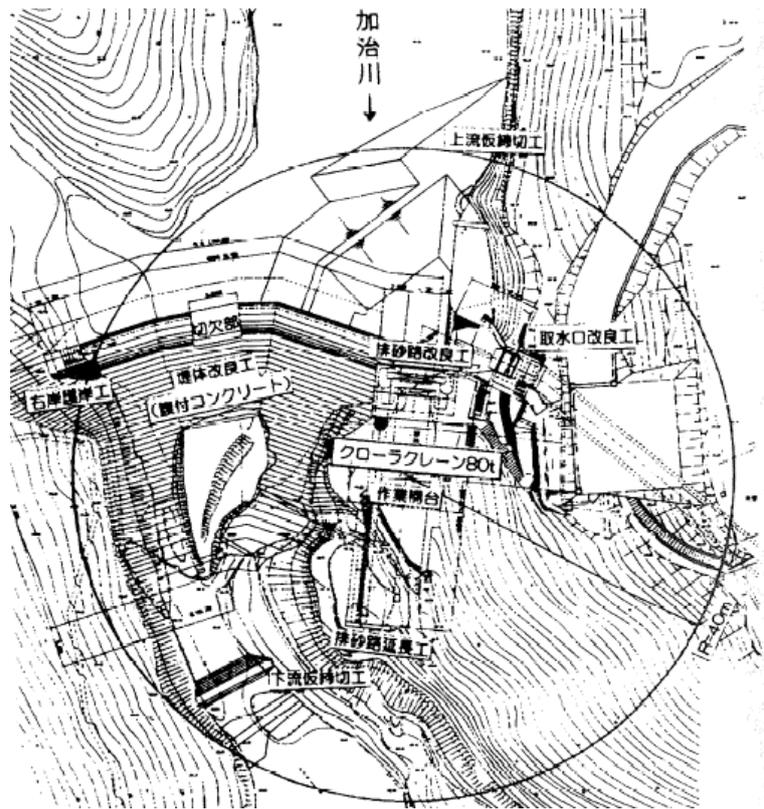


図-2.3.9 飯豊川第一ダム全体平面図²⁾



図-2.3.10 飯豊川第一ダム施工状況²⁾

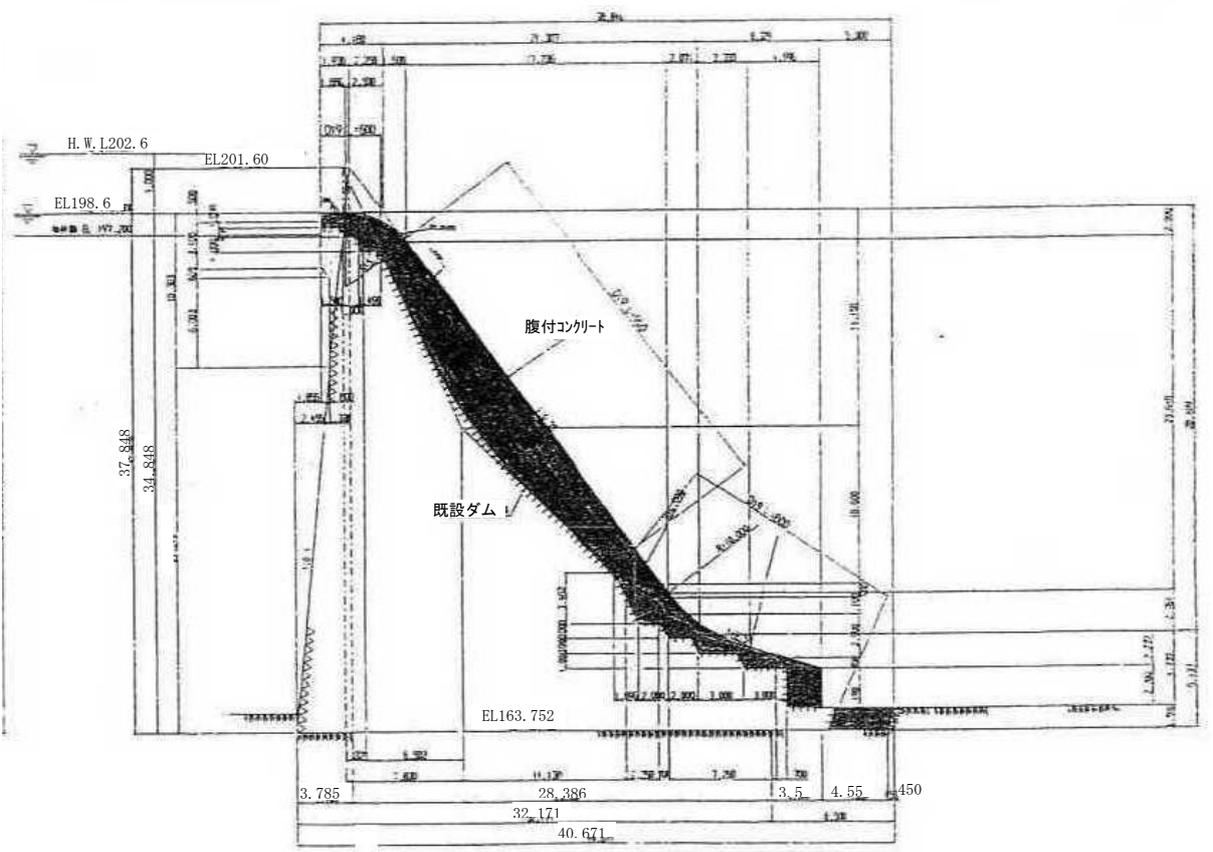
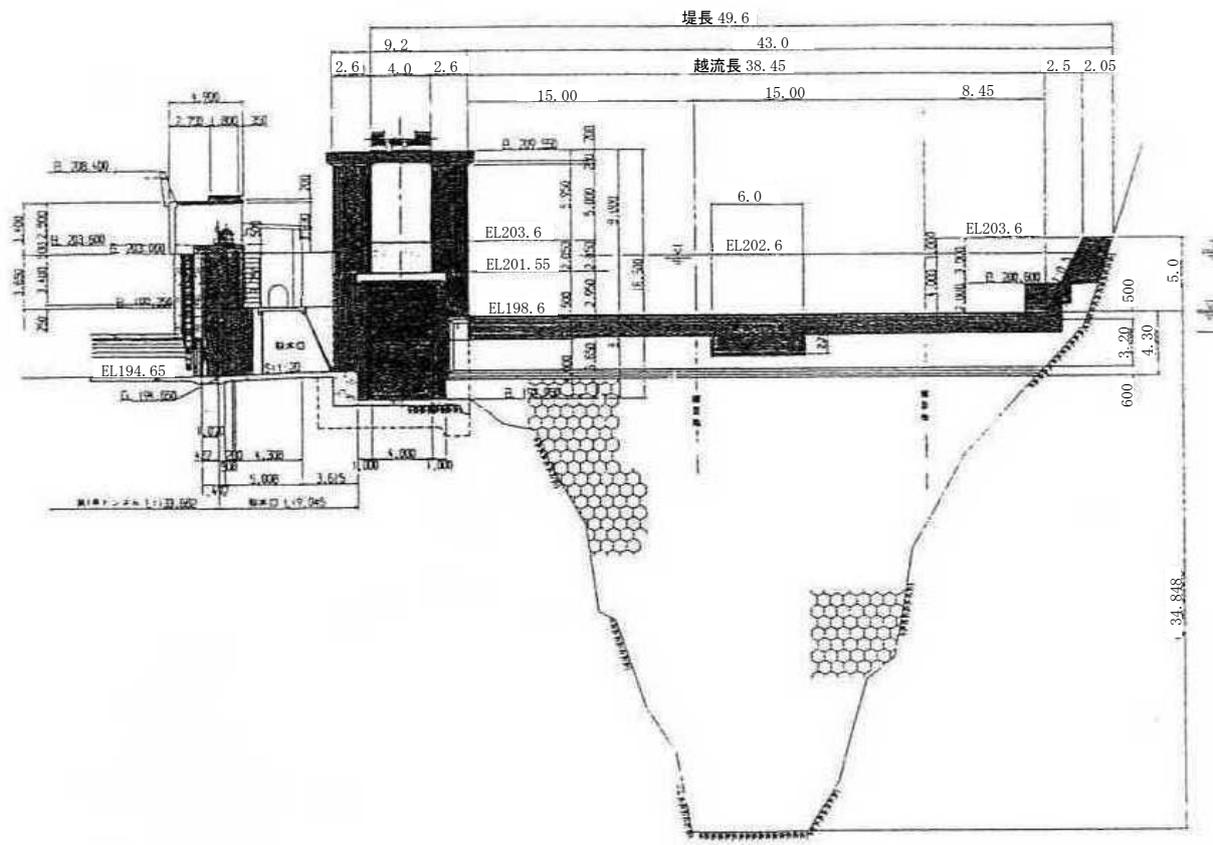


図-2.3.11 正面および断面図⁷⁾

表-2.3.7 全体工程表⁷⁾

項目	平成11年												平成12年												平成13年				備考
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4					
【工期】	[Gantt chart showing project duration from May 2000 to April 2013]																												
準備工	[Gantt chart for preparation work]																												
共通設備工	仮設備工	[Gantt chart for temporary equipment work]																											
	作業構台設置撤去工	[Gantt chart for work platform installation/removal]																											
	上流仮締切設置撤去工	[Gantt chart for upstream temporary closure installation/removal]																											
	下流仮締切設置撤去工	[Gantt chart for downstream temporary closure installation/removal]																											
ダム改良工	排砂路延長工	[Gantt chart for sand discharge path extension]																											
	堤体改良工	[Gantt chart for dam body improvement]																											
	右岸護岸工	[Gantt chart for right bank protection]																											
	排砂路改良工	[Gantt chart for sand discharge path improvement]																											
	取水口改良工	[Gantt chart for intake improvement]																											
	附帯設備工	[Gantt chart for auxiliary equipment work]																											
	附帯設備工	[Gantt chart for auxiliary equipment work]																											
関連撤去工	堤体部撤去	[Gantt chart for dam body removal]																											
	排砂門部撤去	[Gantt chart for sand gate removal]																											
	ダム排砂門撤去	[Gantt chart for dam sand gate removal]																											
	取水口部撤去	[Gantt chart for intake removal]																											
	取水口制水門撤去	[Gantt chart for intake gate removal]																											
【発電所停止期間】	[Gantt chart for power plant stoppage period]																												

・ダム腹付けコンクリート打設

施工性・工程・安全面を考慮し、レヤー方式による打設を行っている。リフトスケジュールは、リフト高さ 1.5m、リフト数 24 リフトとし、ポンプ車による打設を行っている。

①コンクリート配合について

「呼び強度 21-15-40」を基本配合としている。

②リフトスケジュールについて

当初計画では 1 リフト高さを 1.0m、リフト数 33 リフトで計画していたが、工期短縮を目的として 1 リフト高さ 1.5m、リフト数 24 リフトに変更した。その結果約 20 日の工期短縮が図られた。また、1 サイクルは、中 5 日を基本としている。

③横目地の設置について

横目時は、7~8m 間隔で 4 箇所設置している。

④既設ダム背面部との接着面について

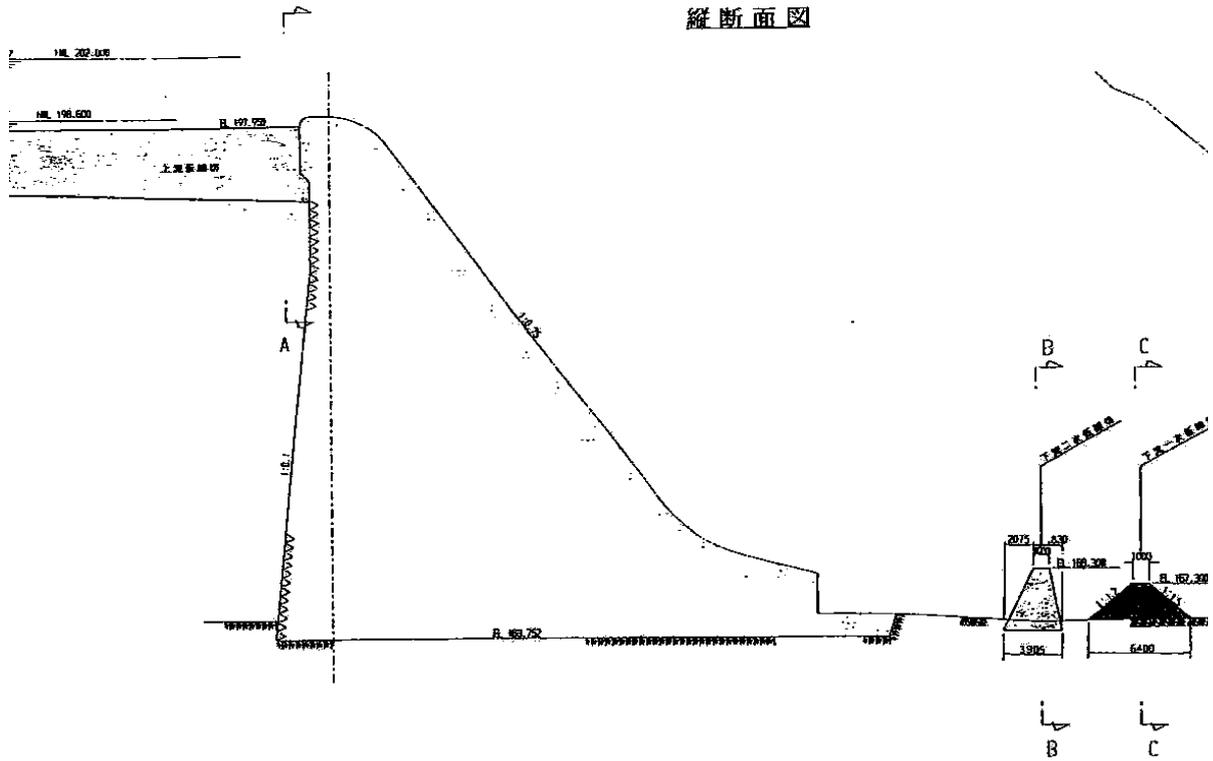
既設ダム背面部及び着岩部に、差筋 (D22、穿孔長 60 cm) と接着剤を塗布し、新コンクリートとの一体化を図った。

⑤温度ひび割れ抑制対策について

リフト高さ 1.5m としたことからマスコンクリート扱いとなり、温度応力に起因する温度ひび割れの発生が懸念されたことから、その抑制方法として下記の対策を講じた。

- a. 混和材としてフライアッシュ 20%を使用した。
- b. スランプ値 15 cm を 8 cm に変更し、水セメント比 (50.5%) を変えずに単位セメント量の低減を図った。
- c. 上記スランプ値 8 cm によるポンプ圧送時における施工性を改善するため、流動化剤を添加し、添加後のスランプ目標値を 15 cm とした。(400g/m³)
- d. 旧コンクリート打設面の散水冷却および打設後の湿潤養生を十分に行った。

縦断面図



横断面図 A-A

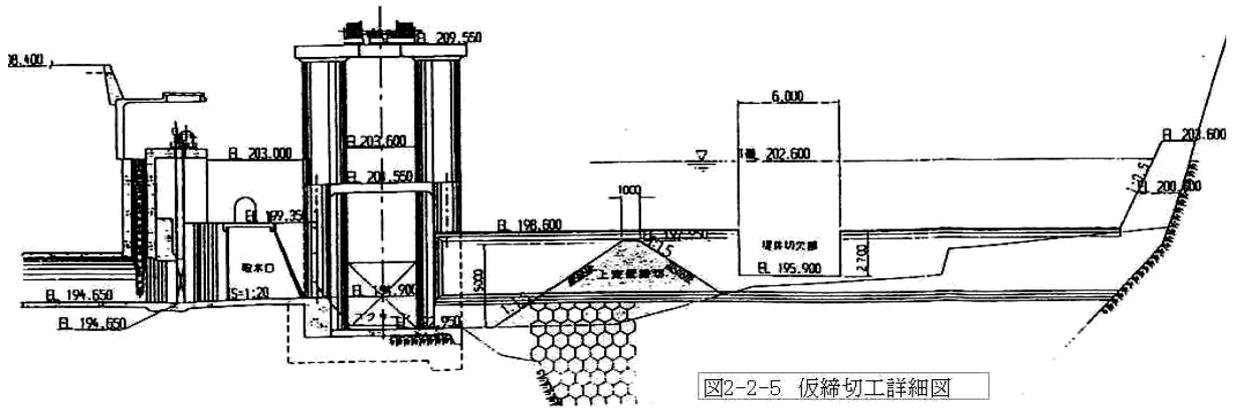
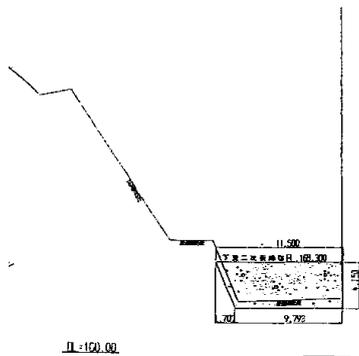


図2-2-5 仮締切工詳細図

横断面図 B-B



横断面図 C-C

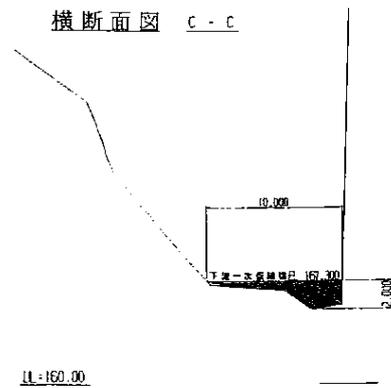


図-2.3.12 仮締切工詳細図⁷⁾

(2) フィルダム

山倉ダム⁴⁾

1) 工事概要

山倉ダムは、千葉県市原市の養老川の北側（右岸側）に昭和 39 年に完成し、現在千葉県企業庁が所有・管理する工業用水専用のダムである。堤体は、堤高 23.0m の第 1 堰堤と、左岸側上流の鞍部に設けられた堤高 20.5m の第 2 堰堤からなるアースフィルダムである。また、集水面積は 2.3km² であり、総貯水量 5,100,000m³、有効貯水量 4,500,000m³ で、豊水時及び非かんがい期に養老川からポンプアップして貯留することにより用水を確保している。

平成 7 年 1 月 17 日に発生した兵庫県南部地震を契機として、千葉県企業庁では諸施設の耐震性について検討し、山倉ダムについては、ダム完成から 40 年近くを安定した状態で経過しているが、下流域の都市化など周辺環境が大きく変貌しているため、耐震性能の見直しを行い、その結果に基づいて耐震性強化改修工事を行うことが決定された。

耐震性補強の改修工法は、地区外からの盛土材料の搬入および捨て土搬出を最小限とし、周辺地域への環境負荷を低減するよう配慮された。その結果、深層混合処理、SMW（ソイルミキシングウオール）と GCP（グラベルコンパクションパイル）による地盤改良および押え盛土の併用工法が採用された。

- ・ 工事名：山倉ダム耐震性強化改修工事
- ・ 発注者：千葉県
- ・ 施工者：第 1 堰堤 鹿島・東亜特定建設工事共同企業体
第 2 堰堤 西松建設株式会社
- ・ 工 程：堤体改修工事 平成 13 年 4 月～平成 16 年 1 月（試験施工含む）
試験湛水 平成 16 年 2 月～平成 17 年 3 月

2) 施工概要

図-2.3.14 に山倉ダムの改修計画図を示す。改修工事は第 1 堰堤、第 2 堰堤ともに図-2.3.15, 16 に示すように、上流側斜面の堤体部と基礎は SMW と深層混合処理により強化し、一方、下流斜面は GCP で強化しさらに押え盛土により安定性を向上させている。SMW、深層混合処理及び GCP の施工機械は自重約 100 トン程度であり、このため施工ヤードを造成して施工した。上流側の盛土は施工ヤード造成による掘削部の復旧を目的としたものであり、これに対して下流盛土の目的は施工ヤードの復旧と押え盛土を併せたものである。

なお、第 1 堰堤、第 2 堰堤ともに堤体左右岸アバット部に湧水が見られたため、これを集水して安全に抜くことを目的としたドレーンを追加している。また、取水塔、係船設備、流入工も老朽化していたので、新設している。

以下に主要工事の概略数量を示す。

【堤体改修工事】

表-2.3.8 (1) 山倉ダム主要工事数量⁴⁾

工 種 区 分	第 1 堰 堤	第 2 堰 堤
深層混合処理(φ900, 3軸)	14.1m×1,045セット	7.8m×327セット
SMW(φ900, 3軸)	17.6m×1,024セット	10.1m×272セット
GCP(φ700, 1軸)	11.2m×3,684本 (上部平均5.7mはグラベルドレーン)	9.9m×1,332本 (上部平均4.9mはグラベルドレーン)
下流側押え盛土	46,800m ³ (関東ローム、SMW 排泥土)	7,950m ³ (関東ローム)
購入材 (C-40)	7,430m ³ (上記含む計: 54,230m ³)	

表-2.3.8 (2) 山倉ダム主要工事数量⁴⁾

工種区分	第1堰堤	第2堰堤
上流側	復旧盛土 (シルト+砂) 33,300m ³	押え盛土 (関東ローム) 7,380m ³
植生工	17,300m ²	3,710m ²
表面排水工	1式	1式
ドレーン工	1式	1式
張ブロック改修	—	945m ²
天端保護工	—	743m ²

【その他工事】 取水塔工事：1式 ， 係船設備：1式 ， 流入工：1式



図-2.3.13 山倉ダム全景⁴⁾

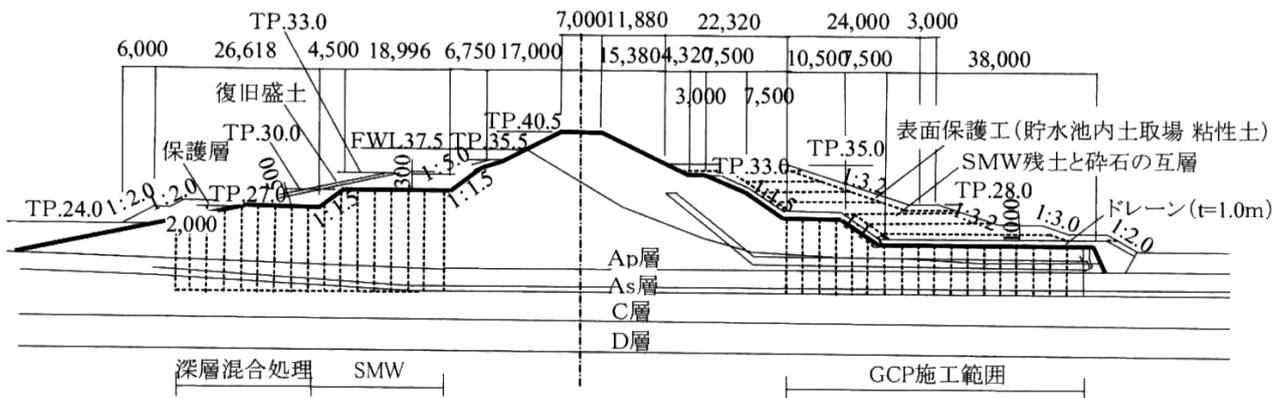


図-2.3.14 第1堰堤改修計画横断図⁵⁾

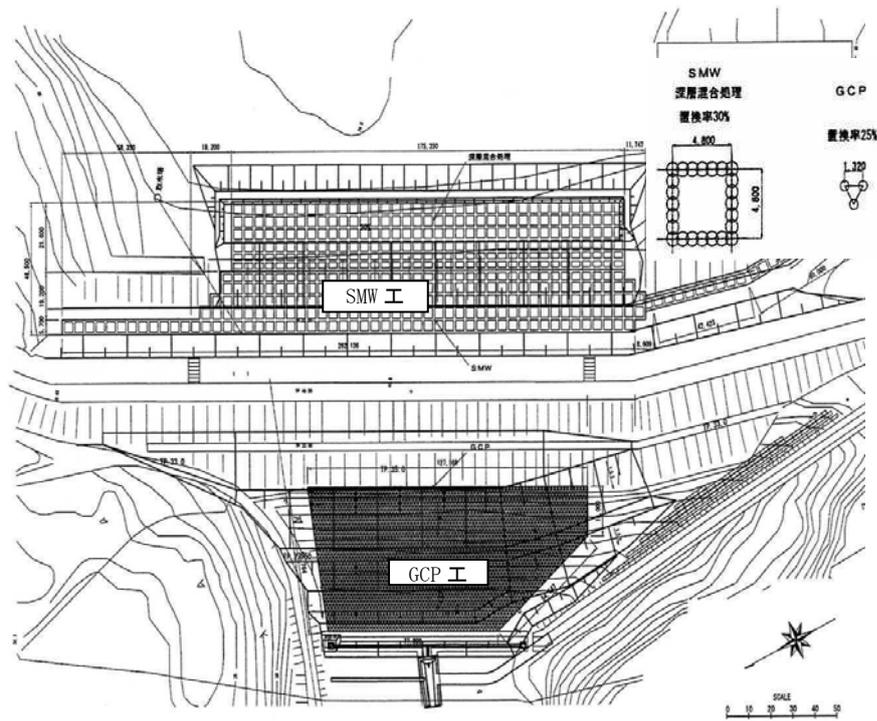


图-2.3.15 第1堰堤改修計画平面図⁴⁾

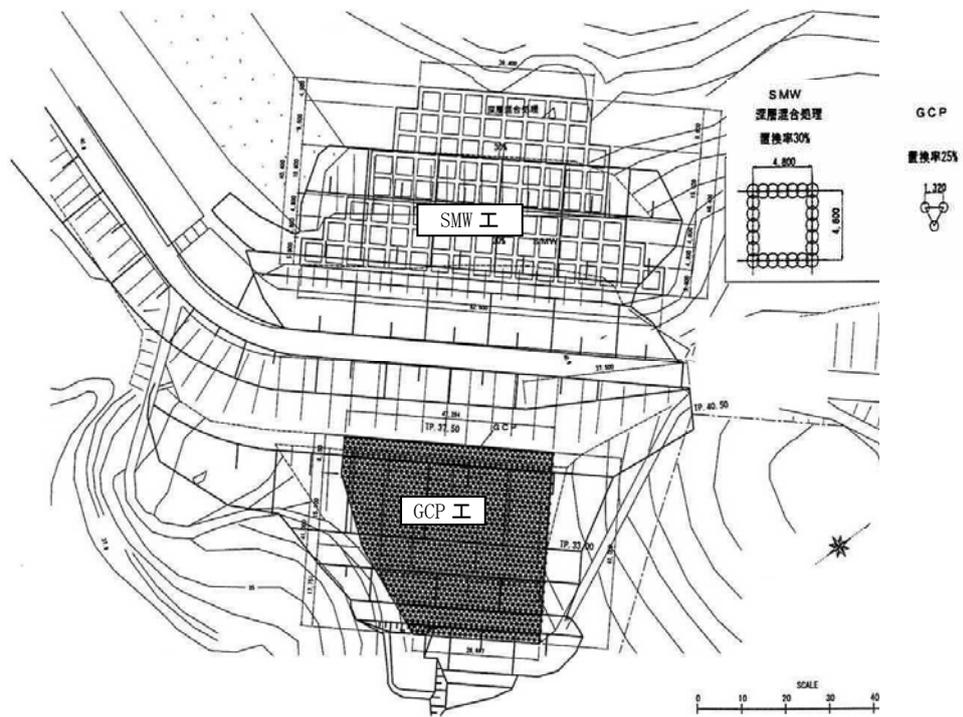


图-2.3.16 第2堰堤改修計画平面図⁴⁾

・工 程：全体工程表を表-2.3.10に示す。

山倉ダム耐震性強化改修工事の主要工事はSMW、深層混合処理、GCP、押え盛土工の4工種であり、以下の施工順序で実施している。

(施工手順)

- a) SMW、深層混合処理、GCPの施工ヤードを造成する。
- b) 施工ヤード造成時の堤体掘削材は、押え盛土に再利用するために仮置きする。
- c) 堤体の中心側から外側に向かって、SMW、深層混合処理、GCPの施工を行う。
- d) 施工ヤードは2段としたので、先に上段の施工ヤードを造成して改良を行い、その後下段の施工ヤードを造成して改良を行う。
- e) 上流側復旧盛土、下流側押え盛土の施工を行う。

・品質管理基準

① SMW・深層混合処理

SMW及び深層混合処理の品質管理は、改良体コアリング試料の一軸圧縮強度で行っている。管理強度は、震度法による安定計算において安全率1.2以上となるせん断強度に相当する値とし、表-2.3.9に示す。

表-2.3.9 改良体の管理一軸圧縮強度⁴⁾

区 分			安全率1.2を満足する合成強度		改良体単独必要強度		改良体単独必要圧縮強度	現況(改良前)圧縮強度	管理値28日強度
			Ccu kN/m ²	Φcu度	Ccu kN/m ²	Φcu度	Qu kN/m ²	qu kN/m ²	qu kN/m ²
SMW 置換率30%	堤体	上層(+TP25m)	20	15	0	12	0	90~133	90
		下層(-TP25m)	44	15	77	12	187	117~174	190
	基礎	TP, 17.0m以深	65 (60)	15 (15)	147 (130)	12 (12)	357 (317)	124~204	360 (320)
深層混合処理 置換率30%	堤体	上層(+TP25m)	20	15	0	12	0	90~133	33
		下層(-TP25m)	25	15	13	12	33	117~174	33
	基礎	TP, 17.0m以深	45 (40)	15 (15)	80.0 (68.3)	12 (12)	235 (154)	124~204	240 (160)

注) ()内の値は第2堰堤の値、()の無いものは、第1堰堤、第2堰堤共通の値

なお、管理は目標値に対して生産者危険率10%とし、合格判定値は表-2.3.11に示す値にて実施された。

表-2.3.11 SMW, 深層混合処理 品質管理基準一覧表⁴⁾

区 分			管 理 値 28日強度 QukN/m ²	試 験 頻 度 一軸圧縮 JSF T 511 1990	試 験 個 数	合 格 判 定 基 準 JIS Z 9004 (標準偏差未知の場合)
SMW 置換率 30%	堤 体	上層(+TP25m)	90	1回/60セット	30本/回	平均値 \geq 管理強度 + k \cdot 標準偏差 k:合格判定係数 n=30個の時 k=0.92 n=20個の時 k=0.85
		下層(-TP25m)	190		30本/回	
	基 礎	Ap層	360		30本/回	
			(320)			
深層混 合処理 置換率 30%	堤 体	上層(+TP25m)	33		30本/回	
		下層(-TP25m)	33		30本/回	
	基 礎	Ap層	240		30本/回	
			(160)			

注) 平均値と標準偏差は指数で評価する

②GCP

GCPの品質管理は、道路橋示方書耐震設計編（平成8年12月）の換算N値と繰返し三軸強度比の式を用いて、山倉ダムでの不攪乱試料の液状化試験結果における換算N値と繰返し三軸強度比の関係に近似するよう、RLに0.05を加えた修正式で $FL \geq 1.0$ としている。

管理の方法を表-2.3.12に示す。

表-2.3.12 GCP品質管理方法⁴⁾

試 験 項 目	規 格	試 験 頻 度	試 験 個 数	合 格 判 定 基 準
標準貫入試験	・ JIS A 1290	1箇所/100本	・ 基礎地盤において @1m/箇所	・ 杭中間部において $FL \geq 1.0$ ・ 判定は液状化した修正式を用いる。
細粒分含有率試験	・ JSF T 135 1990	1箇所/100本	・ N値25以下の基礎地盤において	
液性限界・塑性限界試験	・ JSF T 141 1990	1箇所/100本	@1m/箇所	

(過大な地盤の上昇を避けるため、局所的な $FL < 1.0$ は許容とする)

③押え盛土

押え盛土の材料と品質管理値を表-2.3.13に示す。

表-2.3.13 押え盛土一覧表⁴⁾

区 分	材 料	管 理 値
第1堰堤	上流 ・池敷き土取場	・D値が95%以上あるいは D値が90%以上かつC値 が98%以上 ・現場透水係数 1×10^{-6} cm/sec程度以下
	下流 ・池敷き土取場 ・SMW・深層混合処理残土 ・購入砕石	・D値が95%以上あるいは D値が90%以上かつC値 が98%以上 ・両者の平均密度 1.6×10^3 kg/m ³ 以上
第2堰堤	上流 ・堤体施工ヤード掘削材	・D値が95%以上あるいは D値が90%以上かつC値 が98%以上
	下流 ・堤体施工ヤード掘削材 ・上流仮締切掘削材(関東ローム) ・購入材(粘性土)	・D値が95%以上あるいは D値が90%以上かつC値 が98%以上

注) 第1堰堤上流盛土の透水係数管理はSMWのクラックの保護を目的としている

使用材料は、上流側は粘性土とし、池敷き土取場材及び施工ヤード造成時の堤体の掘削材で行っている。設計強度は池敷き土取場材の三軸試験結果とし、以下の通り。

粘着力 $C_{cu}=20\text{kN/m}^2$ 内部摩擦角 $\phi_{cu}=18.0^\circ$

購入材(粘性土)と堤体掘削材については各々上記の強度を満足していることを、三軸圧縮試験により確認している。

一方、SMW・深層混合処理残土と購入砕石は特に三軸圧縮試験は実施していないが、以下の理由により十分上記の値を満足しているものと判断されるので、設計強度は池敷き土捨場材と同じとしている。

- ・ SMW・深層混合処理残土はある程度固化しており、SMW残土の試験施工時のコーン支持力は 1000kN/m^2 以上であった
- ・ 道路用砕石の基準を満たす購入砕石であるので、一般に粘性土より大きな強度が見込める($\phi=35^\circ$ 以上)

なお、SMW・深層混合処理残土と購入砕石は第1堰堤下流盛土として互層(残土 : 砕石=3 : 1)に盛立て、表面を池敷き土取場材で覆っている(鉛直厚さ1.0m)。この場合、購入砕石とSMW残土の強度は、十分に池敷き土取場材より強度が大きいものと判断されるが、安定計算でのクリティカルなすべり面は、下流盛土部を避けて旧堤体と基礎を通ることになるので、その安全率は変わらない。



图-2.3.17 第1堰堤 SMW 施工状况⁴⁾



图-2.3.18 第1堰堤 GCP 施工状况⁴⁾



图-2.3.19 第1堰堤上流復旧盛土施工状况⁴⁾



图-2.3.20 第1堰堤下流押え盛土施工状况⁴⁾

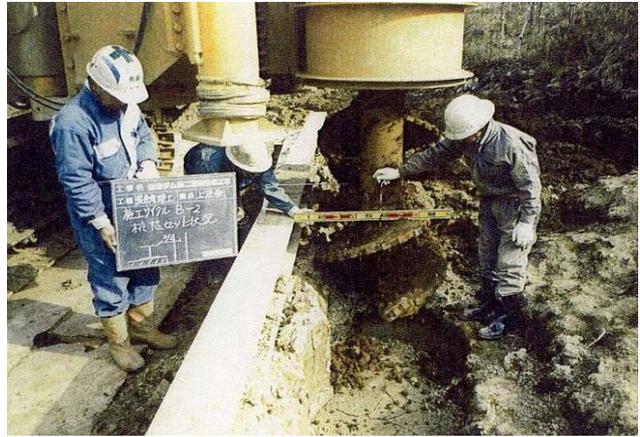


图-2.3.21 第2堰堤深层混合处理施工状况⁴⁾

川内ダム

1) 工事概要

川内ダムは、新潟県柏崎市に位置する二級河川前川水系前川の中流部に昭和13年に建設された均一型アースダムであり、新潟県柏崎市ガス水道局が管理する上水道専用のダムとして完成から70年以上その役割を担っている。しかし、ダムが完成した後に施行された河川構造令に示されるダム構造安全基準を満たしていないことが昭和58年に確認され、川内ダムの改良工事が必要となった。

川内ダム改良工事は、堤体補強として下流面全域と上流面下部への腹付盛土および1.5mの嵩上げにより所要の安全率と余裕高の確保を目的とした。

- ・ 工事名：川内ダム改良工事
- ・ 発注者：柏崎市
- ・ 施工者：安藤ハザマ・丸高建設特定共同企業体
- ・ 工 程：改良工事 平成22年10月～平成25年3月
試験湛水 平成25年2月～平成25年5月

2) 施工概要

ダム全景を図-2.3.22、ダム諸元を表-2.3.14、主要工事数量を表-2.3.15、堤体標準断面図を図-2.3.23、全体計画平面図を図-2.3.24に示す。

図-2.3.22 川内ダム全景



表-2.3.14 ダム諸元（改良前、改良後）

	改良前	改良後
ダム型式	均一型アースフィルダム	均一型アースフィルダム
地 質	凝灰角礫岩	凝灰角礫岩
堤頂標高	EL64.7m	EL66.2m
堤 高	23.98m	25.5m
堤頂長	122.0m	128.0m
堤体積	97,000m ³	120,000m³
堤頂幅	5.2m	7.0m
法勾配	上流 1:2.5、下流 1:2.0	上流 1:2.5、 下流 1:2.5
洪水吐	トンネル式 1条	トンネル式 2条
放流能力	50m ³ /s	230m³/s
総貯水容量	265,000m ³	265,000m ³
有効貯水容量	265,000m ³	265,000m ³
常時満水位	EL63.2m	EL63.2m

表-2.3.15 主要工事数量

転流工	仮締切工、仮排水路	1	式
堤体補強工	嵩上げ・腹付盛土	23,000	m ³
洪水吐工	コンクリート工	6,600	m ³
	トンネル工	261	m
計測設備工	堤体観測設備設置工	1	式
付帯工	防護柵他	1	式

①遮水性材料

平成元年に竣工した赤岩ダム土捨場に存在する細粒材と粗粒材をブレンドして遮水性材料とする計画であった。赤岩ダム土捨場は、川内ダムから約 2km 上流に位置し、本工事の土捨場でもあった。調査時におけるブレンド比率は細粒材：粗粒材が体積比で 1:2 であったが、細粒材として見込んでいた一部に有機質土が存在し、その賦存量が少ないことが判明したことからブレンド比を 1:3 に変更する必要性が生じ、その検討を行った。室内配合試験により、粒度、透水試験、三軸圧縮試験等を行った結果、要求品質を満たすことが分かり、ブレンド比を 1:3 に変更した。遮水性材料の要求品質は、以下に示すとおりである。

表-2.3.16 遮水性材料の要求品質

湿潤密度 ρ_t	透水係数 k	粘着力 c	内部摩擦角 ϕ
1.76g/cm ³ 以上	1×10 ⁻⁴ cm/s以下	3KN/m ² 以上	35° 以上

遮水性材料は、赤岩ダム土捨場において互層撒き出しにてブレンドパイルを造成し、ブルドーザーによるスライスカットとバックホウ攪拌により、均一なブレンド材を製造した。ブレンドパイルは、全量を夏前から秋口にかけて造成し、約 9 ヶ月仮置した結果、含水比調整はほとんど必要ない材料となった。

②フィルター材

遮水性材料に使用する粗粒材をフィルター材として使用する計画であったが、遮水性材料のブレンド比率変更により、材料不足が生じる懸念があった。川内ダム改良工事には、洪水吐トンネルの新設も含まれていたため、そのトンネル掘削ズリの流用を検討した。岩種は安山岩質凝灰角礫岩で、フィルターへの流用の可能性は十分に考えられた。粒度、透水試験等を行った結果、要求品質を十分に満たすことが確認され、トンネル掘削ズリをフィルター材に流用した。フィルター材の要求品質は、以下に示すとおりである。

表-2.3.17 フィルター材の要求品質

湿潤密度 ρ_t	透水係数 k
1.76g/cm ³ 以上	10 ⁻³ cm/s $\leq k \leq$ 10 ⁻⁴ cm/s

・盛立工

腹付け及び嵩上げする部分は旧堤体の表面 50cm 程度を剥ぎ取り、有機物を含む部分を除去した。表土処理を行った後、フィルター材、腹付け盛土の順で施工した。盛立材は、下流面に造成した腹付け道路にて盛立場まで運搬した。施工仕様は、表の通りである。

図-2.3.25 腹付盛土施工状況（フィルター材）



表-2.3.18 盛立施工仕様

材 料	フィルター材 (トンネル掘削ズリ)	ブレンド材 (細粒:粗粒=1:3)
項 目		
転圧機械	10t振動ローラー	10t振動ローラー
転圧回数	6回	8回
1層仕上り厚	40cm	20cm
1層撒き出し厚	45cm	25cm

2.3.4 堤体補強における課題と展望

(1) 課題

1) コンクリートダム

コンクリートダムの堤体補強工事は、多くの場合新コンクリートを堤体に増し打ちすることによる補強を実施している。そのため新旧コンクリートを一体化させる必要があり、その方法として旧堤体にチップングを行ったり、差筋を使う方法が採用されている。

今後の課題として、まず現行チップング技術の向上（振動軽減・技術開発に伴う効率化等）が必要であると同時に、さらに新旧堤体の一体化を目指した新技術の開発が望まれる。

また、堤体補強工事はリニューアルとしては比較的大規模となる一方、施工時期が貯水池運用等の制限を受けることも多いことから、一般的には長期に及ぶ場合が多い。そのため、施工中のダム運用の休止を避けたり、限られた範囲を有効に利用できる施工方法や新技術の開発も望まれる。

2) フィルダム

フィルダムの堤体補強工事は、多くの場合堤体の上下流面（片面もしくは両面）に補強盛土を実施している。そのため施工前には旧堤体の状態調査、施工中（盛立中）には旧堤体の挙動の観測を行うことが必要であるが、その手法が確立されておらず、これらを確立（標準化）することが必要である。

(2) 展望

ダム再開発を含むダムのリニューアルは近年増加しつつあるが、ダム堤体の老朽化対策としての本格的な補強工事の事例は現段階では比較的少ない。しかし一方で、兵庫県南部地震の結果を踏まえ、既設ダムの耐震性を見直す方向での検討が国土交通省を中心として進んでいる状況にある。

わが国には2800個所におよぶダムが建設されているといわれ、特に初期に建設され老朽化が進んでいるダムは、発電を主目的として建設されたダムの場合が多いのが実態である。

近年、環境面や経済面等の様々な状況から、新規にダムを建設するのが困難な状況にあることから、発電土木施設においてもリニューアルの必要性が今後ますます増加してくるものと思われる。

<参考文献>

1) 奥村組HP:

http://www.okumuragumi.co.jp/technology/construction_place/nunobiki/progress.html

2) 佐藤敏幸、高橋義信、中野範彦：飯豊川第一発電所のダムゲートレス化、電力土木N0.289 2000.9

3) 福岡市水道局：曲渕ダム堤体改良工事技術記録誌、平成5年3月

4) 千葉県企業庁：山倉ダム耐震性強化工事工事誌、平成18年3月

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) 大成建設(株)：写真提供

7) 熊谷組(株)：飯豊川第一（発）ダム改良工事ならびに関連撤去工事工事記録、平成13年3月

2.4 ダム本体の嵩上げ

2.4.1 概要および現況

(1) 概要

1) 目的

ダムの嵩上げは、既設ダムの再開発において貯水池の容量を増大させる方法として採用され、流域にダムの築造が必要になった際、新規ダムの建設よりも経済的に目的を達成できる場合や、ダムを新設するのに適当な地点が他にない場合などに実施される。

貯水池は一般に高位になるほど単位高さあたりの貯水容量が大きくなるので、嵩上げする高さの割には大きな新規容量を確保することができることから、既設ダムの嵩上げは貯水池の容量増大の方法としては有効な手段である。また、既設ダムの建設当時に詳細な地質調査などが実施されている場合が多いため、嵩上げ施工時においても地質などの有用な情報が得られることや、新たな水没等による周辺環境に及ぼす影響を最小限に抑えることができる等の利点がある。

その反面、旧ダムの機能を維持しながらの施工となることや、新旧堤体の接合における弾性係数の違いや温度応力による拘束力の考慮が必要となること、新ダム築堤時に生ずる旧ダムの沈下変形挙動を予測した施工管理が必要であることなど、高度な技術が必要とされる。

ダム嵩上げの目的としては、主として以下の3種類に分類される。

- ・ 利水機能（発電能力等）の向上、改善
- ・ 貯水・治水能力の向上
- ・ 不特定容量の変更

電力ダムでは、ダムの無人管理化や、耐震性補強を目的として改修が行われる事例が多く、この改修時にダムの嵩上げが同時に実施されている例も多い。

表-2.4.1 に、嵩上げ事例一覧を示す。

2) 分類

ダムの嵩上げを分類すると、

- ・ 既設ダムの上流側または下流側に、既設ダムを増厚する（図-2.4.1 Type 1）。
- ・ 既設のダムの機能を維持しながら、その下流に全く別のダムを作る（同 Type 2）。
- ・ 既設ダムと一部が重なる（同 Type 3）。

に大別できるが、ここで述べるダムの嵩上げとは、「新規ダムの建設に代わって既設ダムの上流側または下流側に、既設ダムを増厚または一部が重なることによってダム高を既設ダム以上にすること」（上記 Type 1, 3）を示すものとする。

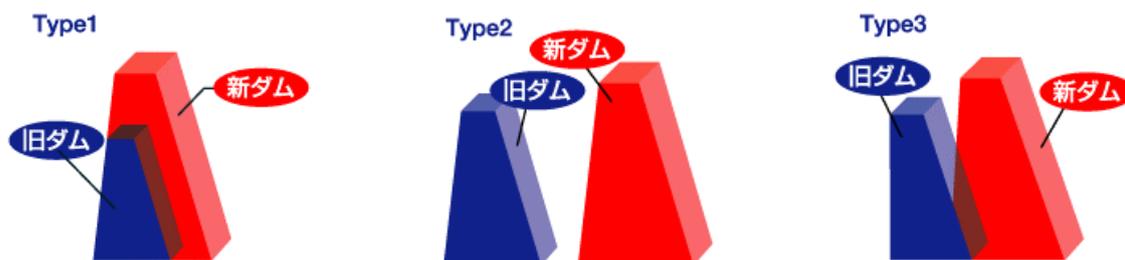


図-2.4.1 ダム嵩上げ分類¹⁰⁾

3) 嵩上げ箇所

これまでの嵩上げ事例では、コンクリートダムの場合はダム下流面側を、フィルダムの場合には下流側あるいは両側を嵩上げするケースが多いが、上下流どちらを嵩上げするかは、下記の諸条件等を考慮して決定される。

- ・設計上の有利性
- ・施工中の貯水の必要性
- ・施工中の洪水対策
- ・取水設備および発電所などの設備の有無
- ・貯水池内の堆砂処理の必要性
- ・進入路の設置箇所
- ・コンクリート運搬設備の設置箇所
- ・コンクリート製造設備のヤード

(2) 現況¹⁾

狭山池に代表される完成年代が古いアースフィルダムは、現在までに幾度となく嵩上げが実施されてきたが、一般にフィルダムでは洪水吐きなどの放流設備との取り合いや新旧ダムの止水（コア）ゾーンの連続性の困難さなどから、同じサイトでの全面的な嵩上げ事例は少ない。また、ロックフィルダムの嵩上げ例は非常に少なく、事例のほとんどがアースフィルダムの嵩上げである。

一方、重力式コンクリートダムはフィルダムと比べると堤体の改造が比較的容易であり、当初事業では当時の資材や技術上の限界に見合った規模で建設されたが、その後の治水・利水・発電の増強要請および嵩上げ技術の発展と相まって、現在嵩上げ施工中または計画中のコンクリートダムが増加している。現時点での国内の重力式コンクリートダムの最大嵩上げ高さは21.9m（新中野ダム）であり、現在嵩上げ計画中のダムでは24.3m（新丸山ダム）がある。海外では、スイスのGrand Dixenceダムが100mの嵩上げを行っている。

また、アーチダムの嵩上げは国内では例がなく、海外でも数例が報告されているだけである。

表-2.4.1 ダムの高上げ事例一覧(1/2)

種別	ダム名	ダム型式	現高 (m)	堤身長 (m)	所在地	事業者	本体		完成 (年度)	施工業者	目的	施工箇所	原因の内容	リニューアルの内容		特 徴
							完成 (年度)	元施工業者						変更内容	(増分)	
コンクリートダム	カワガキ王ダム	G	74.0	155.0	広島県	中国電力㈱	1935	間組	1959	間組	発電容量の増大	下流面側	本利用河川の有効利用 用	74.0 (10.5m) 178,000 (75%) 31,100,000 (12,000,000m ³)	有効貯水容量が2倍に (12,000,000m ³ →25,000,000m ³)	高げ時の重力コンクリートダムの高上げ
	とろろ川三ツ山ダム	G	53.0	154.2	広島県	農水省 中国四国 農政局	1959	-	1974	鹿島建設	利水機能の変更	下流面側	工業田水の灌漑の増大 大に対応するため	53.0 (5.0m) 198,388 (29%) 9,348,000 (36%)	昭和34年に完成の農業用ダムを5m高上げて、 土水、工水の灌漑に 対処	昭和34年に完成の農業用ダムを5m高上げて、 土水、工水の灌漑に 対処
	カワガキ黒田ダム	G	45.2	332.0	愛知県	中部電力㈱	1934	-	1980	間組	利水機能の改善	下流面側	橋式基礎併設による 貯水容量の変更 ため	45.2 (15.7m) 145,000 (258%) 4,555,000 (143%)	下流面側が旧堤体であり、新設部のダム建設を基礎 し、堤脚が旧堤体の2倍に	下流面側が旧堤体であり、新設部のダム建設を基礎 し、堤脚が旧堤体の2倍に
	カワガキ川上ダム	G	63.0	187.3	山口県	山口県	1902	-	1980	大林組	治水対策、利水対策	下流面側	工業用水不足解消の ため	63.0 (16.5m) 163,000 (196%) 6,100,000 (12%)	高上げによる貯留水増大および他河川からの分水の 連携運用による新設用水の増大	高上げによる貯留水増大および他河川からの分水の 連携運用による新設用水の増大
	シブツ新中野ダム	G	74.9	248.0	北海道	農水省 北海道人	1900	-	1984	清水建設・ 森村組・ 松本建設	治水・利水 機能の変更	下流面側	人口増加に伴う治水 対策の必要	74.9 (21.9m) 274,000 (263%) 3,340,000 (337%)	高上げ高さ21.9mと国内最大級、 下流面にトレットを設置し、走行式ジブレーン を使用	高上げ高さ21.9mと国内最大級、 下流面にトレットを設置し、走行式ジブレーン を使用
	アサヒ川下流ダム	G	45.0	160.6	福岡県	福岡県	1923	事業者直営	1993	事業者直営	利水機能の改善	上流面側	貯水容量の不足	45.0 (8.0m) 82,200 (154%) 2,608,000 (183%)	昭和9年と平成4年の2回の高上げにより現在の堤 高4.5mとした	昭和9年と平成4年の2回の高上げにより現在の堤 高4.5mとした
	カワガキ坂本ダム	G	36.3	85.0	群馬県	群馬県	1957	-	1994	佐田建設・ 井上工業	不特定容量 の変更	上流面側	不特定容量の変更	36.3 (2.9m) 40,300 (92%) 778,000 (-)	上流面高上げのため貯水容量を増大 3回目の高上げ (施設改修と既得農業用水取水用の 減容)を考慮するため砂防ダムから通常ダムへ)	上流面高上げのため貯水容量を増大 3回目の高上げ (施設改修と既得農業用水取水用の 減容)を考慮するため砂防ダムから通常ダムへ)
	カワガキ重藤ダム	G	65.5	240.0	長崎県	長崎県	1901	熊谷組	2000	熊谷組	治水・利水 機能の変更	下流面側	洪水対策、水需要の 増加による利水	65.5 (14.5m) 206,500 (161%) 6,810,000 (12%)	ダムを運用しながら14.5mの高上げ 旧堤体常用洪水吐きコンクリートと既得農業用水 に併用し、完成後閉塞した	ダムを運用しながら14.5mの高上げ 旧堤体常用洪水吐きコンクリートと既得農業用水 に併用し、完成後閉塞した
	カワガキ新中野ダム	G	62.4	394.5	広島県	中国電力㈱	1924	田原組	2006	田原組	発電容量・本 放流能力の 増大	下流面側	本利用河川利用による 発電容量の増大及び 老朽化等による対策	62.4 (0.3m) 31,000 (4%) 14,278,000 (0%)	急峻な地形および有勢・固定公園内により取込限の 自然改築の必要性のため、貯水池内やダム下流面に (0%)大規模な既設構造を設置して工事を実施	急峻な地形および有勢・固定公園内により取込限の 自然改築の必要性のため、貯水池内やダム下流面に (0%)大規模な既設構造を設置して工事を実施
	カワガキ三ツ山ダム	G	44.0	202.0	広島県	広島県	1944	事業者直営	2004	事業者直営	利水機能 の変更	下流面側	安定した利水容量の 確保	44.0 (11.4m) 41,000 (190%) 584,000 (168%)	昭和中の灌漑直轄施設のため資料が一切なく、調査 しながらの施工	昭和中の灌漑直轄施設のため資料が一切なく、調査 しながらの施工
カワガキ三ツ山の原ダム	G	36.5	178.0	長崎県	佐世保市 水産局	1968	熊島建設	2006	熊島建設	利水機能 の改善	下流面側	新規開灌水容量の確保	36.5 (3.6m) 43,400 (173%) 1,430,000 (61%)	同一ダム敷での高上げ	同一ダム敷での高上げ	
ロックフィルダム	カワガキ野洲川ダム	G	54.4	142.0	滋賀県	農水省 近畿 農政局	1951	西松建設	2009	西松建設	治水機能の 改善	下流面側	洪水流化能力の不足 及び老朽化等による 対策	54.4 (1.7m) 106,000 (108%) 8,500,000 (0%)	既設堤体末端の取り壊しにワイヤーロープと板シヤツ キ工法を採用し、既設コンクリートとの接合部に 断層接着剤を使用	既設堤体末端の取り壊しにワイヤーロープと板シヤツ キ工法を採用し、既設コンクリートとの接合部に 断層接着剤を使用
	カワガキ豊川ダム	G	58.5	202.0	熊本県	熊本県	1973	熊島建設	2010	熊島建設	利水機能 の改善	下流面側	安定した利水容量の 確保	58.5 (2.0m) 100,500 (116%) 6,300,000 (113%)	高上げにより予備放流の解消して治水機能の改善 化	高上げにより予備放流の解消して治水機能の改善 化
	カワガキサンヒロチンダム	G	103.0	433.0	米国 サンディエ ゴ	サンディエ ゴ都市水道局	1943	ペンタ ン	2013	ペンタ ン	利水機能の 改善	下流面側	貯水容量の増加	103.0 (36.0m) 238,000 (193%) 111,000,000 (169%)	高上げ高さ全米1 RC工法を採用 RC工法による旧堤体との一体化	高上げ高さ全米1 RC工法を採用 RC工法による旧堤体との一体化
	カワガキ津能谷ダム	G	97.2	342.0	青森県	東北地方整 備局	1900	間組 (日産ダム)	2015 (予定)	安藤建設・ 西松建設	治水・利水 対策	下流0m	洪水、悪水への増強	97.2 (39.2m) 759,000 (543%) 39,000,000 (261%)	旧日産ダムの直下60mに新設のダムを建設、水質保 全対策として約0.5mの治水バイパスとコンクリート を配置	旧日産ダムの直下60mに新設のダムを建設、水質保 全対策として約0.5mの治水バイパスとコンクリート を配置
	カワガキ井川ダム	E	23.7	193.5	秋田県	井川町	1971	間組	1978	大成建設	治水対策	下流面側	異常高水時や水需要 の増加傾向に対応す るため	23.7 (3.8m) 38,800 (55%) 243,000 (58%)	旧堤体下流面に旧堤体を取り込んだ形で高上げ 5m高上げ	旧堤体下流面に旧堤体を取り込んだ形で高上げ 5m高上げ
	カワガキ大川瀬上りダム	R	49.2	164.4	鹿児島県	名瀬市	1981	-	1987	鹿島建設	治水対策	上下流面側	旧堤体は将来の高上げを見込んだコア幅およびフ ランジラッチング施工範囲となっている	旧堤体は将来の高上げを見込んだコア幅およびフ ランジラッチング施工範囲となっている	旧堤体は将来の高上げを見込んだコア幅およびフ ランジラッチング施工範囲となっている	
	カワガキ大谷内ダム	E	23.2	1780.0	新潟県	農水省 北陸農政局	1953	東亜建設工業	1991	東亜建設工業	治水対策	上下流面側	本利用河川、既設 地盤弱体化による 対策	23.0 (8.0m) 1,206,000 (11%) 1,206,000 (11%)	元々あったため高さを改修し、有効貯水容量が大幅に 増大 (450,000m ³ →1,200,000m ³) 旧堤全体が堤体(堤長1,780m)。	元々あったため高さを改修し、有効貯水容量が大幅に 増大 (450,000m ³ →1,200,000m ³) 旧堤全体が堤体(堤長1,780m)。
	カワガキ水田ダム	R	34.8	123.3	佐賀県	佐賀県	1600 年代	-	1996	フジタ・ 岸本・ 山崎	治水対策			34.8 (17.8m) 698,000 (75%) 381,000 (60%)	旧堤体の一部を掘削して使用	旧堤体の一部を掘削して使用
	カワガキ白川ダム	E	30.0	516.0	奈良県	奈良県	1933	事業者直営	1996	森本組・ 竹中土木・ 奥村組	治水対策	下流面側	農業用の白川湖の堤 高上げにより治水 上に改善	30.0 (2.4m) 793,000 (222%) 1,360,000 (58%)	旧堤体下流面に旧堤体を取り込んだ形で高上げ を築堤	旧堤体下流面に旧堤体を取り込んだ形で高上げ を築堤
	カワガキ香櫛ダム	E→R	36.5	250.0	奈良県	奈良県	1956	事業者直営	1999	奥村組・ フジタ	治水対策	上下流面側	河川冠水抑制のため	36.5 (5.5m) 1,714,000 (11%) 1,900,000 (11%)	既設の香櫛湖を高上げ	既設の香櫛湖を高上げ
カワガキ箕山池	E	18.5	2830.0	大阪府	大阪府	616	-	2001	大林組・ 佐藤工業・ 奥村組	治水・利水 対策、貯留 調整	上下流面側	治水容量の確保	18.5 (3.5m) 396,000 (53%) 2,800,000 (58%)	貯水池周囲土を築造材料に利用	貯水池周囲土を築造材料に利用	
カワガキ山王瀬ダム	E→R	61.5	241.6	岩手県	農水省 東北農政局	1953	熊島建設	2001	熊島建設	治水対策	下流面側	治水容量不足、 灌漑用水不足	61.5 (24.1m) 276,700 (279%) 9,594,322 (306%)	旧堤体上流側に旧堤体を取り込んだ形で高上げ を築堤	旧堤体上流側に旧堤体を取り込んだ形で高上げ を築堤	
カワガキ箱の沢ダム	E	26.0	227.7	宮城県	宮城県	1952	-	2003	竹中土木・ 勝村建設	治水対策	下流面側	恒久的な洪水不足を解 決し、灌漑用の安定 化を図るため	26.0 (13.0m) 202,000 (-) 1,210,000 (-)	既設ため池の高上げ改修	既設ため池の高上げ改修	

2.4.2 施工方法

(1) 施工条件

ダム嵩上げ時に特有であり留意すべき施工条件として、下記の2点を挙げる事ができる。

- ・ 施工中の貯水位の確保
- ・ 転流工のトンネルおよびダム本体掘削時等の振動規制

発破工における既設構造物に対する振動の影響から、振動規制についてはほとんどのダムで行われており、無発破工法にてダム本体掘削を行う例もある（(4)参照）。

その他として、下記条件などは新規ダム建設時の施工条件と同様の場合が多い。

- ・ 環境条件（貴重動植物の有無）
- ・ 河川放流水基準（水素イオン濃度：Ph、水中浮遊物：SS 等）
- ・ 施工日・時間（土日および夜間作業の可否）
- ・ 気象条件（コンクリート打設時、フィルダム盛立時の降雨、気温制限 等）

(2) 仮設備

コンクリートダムの嵩上げの場合、コンクリート製造設備や運搬設備などは、新設のコンクリートダム建設時と同様に現場の諸条件を考慮して種類や規模を決定する。生コンを使用するかどうかは、コンクリート打設数量や骨材貯蔵設備、バッチャープラント等を設置するヤードの確保との関係を考慮して決定し、資機材運搬設備はダムサイト地形や経済性を比較して軌索式ケーブルクレーン、走行式ジブクレーン、クローラクレーンなどを採用している場合が多い。

フィルダムの嵩上げの場合は、新堤体の形式（ロックフィル、アースフィル等）の違いにより盛立材料が異なることから、材料採取・仮置き場所や方法等を考慮して仮設備を選定する。

(3) 河流処理工

河流処理工は、通常の新規ダムと同様に仮排水路トンネル方式または仮排水路開渠方式が採用されるが、旧堤体に設置されていた設備を利用して河流処理を行った事例もある。

- ・ 上流締切 : 旧堤体を利用する場合と新設する場合がある。
新設の場合はフィルタイプ、コンクリート製、鋼矢板などがある。
- ・ 下流締切 : 施工例は少ない。
- ・ 仮排水路 : トンネル方式と開渠方式がある。

(4) ダム本体の掘削工

掘削工法には発破使用と無発破の2種類があるが、振動規制により発破が禁止されている場合（大川ダム、三高ダム、萱瀬ダム等）があるほか、発破使用の場合についても何らかの振動規制がある場合がほとんどである。

【発破による振動規制内容と対策の例】

- ・ 坂本ダム : 旧堤体から5m以内は無発破掘削、5m以上は許容発破振動10kine以内。
→ 火薬量の調整（1回あたりの火薬量および1段あたりの火薬量）。
- ・ 新中野ダム : 振動変位速度を10kine以下とし、基礎岩盤を最も堅固な状態で確保するため一時に多量の火薬を使用してはならない。
→ 試験施工を実施し、火薬量の制御および旧堤体からの距離に応じて下記工法により施工。

0m ~ 5m	ジャイアントブレーカおよび人力掘削
5m ~ 7m	通常の火薬（ダイナマイト）を段発電気雷管により制御発破
7m ~	通常の火薬（ダイナマイト・アンホ）を段発電気雷管により制御発破

*仕上げ掘削は、堤体からの距離に関係なく平均厚 35cm を人力施工とした。

・山王海ダム：発破使用時の振動規制値が 5.0 kine 以内

→ 大型ブレーカ (3.9 t) 使用および制御発破 (結果、機械掘削 0.1 kine、発破掘削 2.1 kine)

また、上流側を嵩上げする場合は、貯水池内のヘドロ処理を行う場合がある。坂本ダムでは掘削開始前に浚渫船でヘドロを浚渫し、濁水処理設備で脱水ケーキとした後にセメント固化 (100 kg/m³) したあと場外の埋立地で盛土処理した。狭山池ダムでも同様の方法にて対処した。

(5) 旧堤体の現状把握

コンクリートダムの場合、ボーリングにより採取したコアを切断して作成した試験用供試体から圧縮試験、引張試験などの各種試験を行い、圧縮強度、引張り強度、静弾性係数、動弾性係数、ポアソン比、吸水量、単位体積重量、透水性などの物性値を求め、旧堤体コンクリートの現状を把握する。

フィルダムの場合も同様に、旧堤体の土質情報を試験およびトレンチ掘り等により確認する。

(6) 旧堤体の処理

新旧堤体を一体化させるために、旧堤体劣化部の撤去とともに、コンクリートダムの場合は表面のチップング、フィルダムの場合は掻き起こし等の処理が行われる。旧堤体の一部を解体・撤去する場合の理由としては、以下のようなことが挙げられる。

- ・新堤体が薄くなる
- ・旧堤体が凸状態である
- ・旧堤体基礎部が悪く、嵩上げた場合に安全上問題が生じる

コンクリートダムの場合の施工方法は、ピックハンマ等を用いた人力による方法、制御発破による方法、ジャイアントブレーカやトンネル掘削機による方法、油圧くさびによる方法、膨張性破砕剤による方法、緩性火薬を用いる方法、ウォータージェット等を使用する方法などさまざまな方法があり、旧堤体に与える影響を最小限にとどめるため、静的破壊を含めた種々の新工法が採用されている。また、チップング深さについては劣化深さを考慮して決定 (劣化が激しいダム以外は 5 cm 程度) し、チップング後の確認方法については目視だけでなくフェノールフタレインによる中性化確認が行われる場合が多い。チップング時期については新堤体コンクリート打設直前に行う場合もあるが、特に制約条件が無くチップング作業が可能になったときに行う場合が多い。チップング後の養生は特には行わないが、新堤体打設前に高圧洗浄機による洗浄および浮いた骨材の除去を行う。



図-2.4.2 大型ブレーカによる
旧堤体表面張石除去¹²⁾



図-2.4.3 ビットローラによる
旧堤体チップング (三高ダム)¹¹⁾

フィルダムの場合施工方法は、バックホウ等の重機を使用して旧堤体の不良箇所の除去を行う。

(7) 新旧堤体の一体化と補強工

コンクリートダム嵩上げ時における新旧コンクリートの一体化としては、

- ① 既設堤体の下流面に直接新しいコンクリートを打設し、新旧コンクリートの一体化を図る方法
- ② 既設堤体の下流面に直接コンクリートを打設せず、間隙を残しておき、新コンクリートの硬化収縮が終わった適当な時期にこの間隙を充填して一体とする方法
- ③ 既設堤体上流側に引張ケーブルを挿入して基礎岩盤と堤体を緊結し、合力作用線を上流側に変位させ、新たに水圧に抵抗させて嵩上げする方法

などが実施されているが、わが国での主流は①の方法である。このため、嵩上げ工事においては新旧コンクリートの付着面が弱点とならないように、旧コンクリートをはつるなど、入念な処置がとられる（(6)参照）。

ダムの嵩上げにおいては、旧堤体と新堤体が一体化になることが設計上の前提である。そのため、コンクリートダムにおいては旧堤体表面をチップングし、新堤体コンクリートの打設前には旧堤体表面を湿潤状態にしてモルタル（2 cm 程度）を塗布する対策が一般的にとられている。また、フィルダムの場合は旧堤体の不良箇所撤去後に段切り・搔き起こしを行い、新堤体の盛立時にラップ転圧を行う方法が一般的である。

その他の対策として、コンクリートダムの場合には鉄筋を配筋する場合があります、その目的としては、

- ・ 温度応力によるひび割れ対策
- ・ 新堤体コンクリートで比較的薄くなる箇所への補強鉄筋
- ・ 旧堤体に新堤体コンクリートがラップする箇所への補強鉄筋

などが挙げられる。



打設開始当初（H17年1月）



新旧打継面部施工状況（H17年11月）

図-2.4.4 下の原ダム嵩上げ状況¹⁵⁾

(8) 基礎グラウチング

嵩上げダムでは一般に水深が増加するため、カーテングラウチングを新たに実施している事例が多い。また、コンソリデーショングラウチングについては、新堤体の岩盤基礎部分にのみ実施するのが通例である。