

火山対策砂防について 火打山川砂防ダムの計画と施行

平野 幸生*

はじめに

火打山川砂防ダムは、新潟県唯一の活火山「新潟焼山」を流域内にもつ2級河川早川の右支川火打山川に計画された大型の特殊構造（高さ34.5m、主ダム部一重力式コンクリートと均一型フィルの混合型ダム、階段式減勢工）砂防ダムである。

火打山川の水源地である「新潟焼山」は、1974年（昭和49年）7月28日未明水蒸気爆発を引き起こし、登山者3名の尊い人命を奪うと共に下流の田畑250haに壊滅的被害を与えた。

この災害を契機として、恒久的土石流対策が検討され、当砂防ダムが計画された。

本事業は、火打山川において大量の土砂をカット出来る唯一のサイトである第1号ダム地点として災害復旧工事と合併して、昭和51年7月資材運搬路の建設に着手、18年の歳月と38億余りの巨費を投じて平成5年11月をもって砂防ダム提体工事の竣工を迎える運びとなった。

ここに、18年の長きに渡った砂防ダム工事の概要を報告するものである。

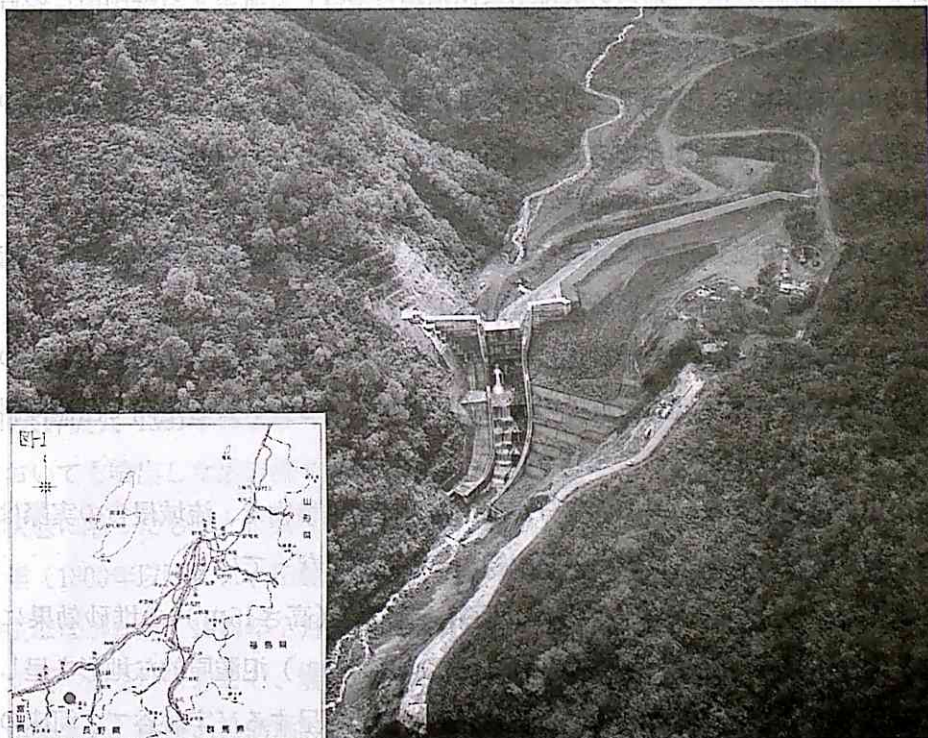


写真-1 (H5 竣工)

* 新潟県砂防課砂防係 主任

1、流域の概要

1) 位置

焼山(2,400.3m)は、新潟県の西南、富山県境に近い糸魚川市の南東にあり、その稜線で北方に流下する早川水系と南の関川水系との分水嶺に位置し妙高高原町に接して、妙高山(2,446m)、黒姫山(2,053m)、飯縄山(1,917m)といった火山とともに妙高火山群を形成しており、フォッサマグナ西縁にあたる糸魚川-静岡構造線のすぐ東側に位置する。(図-1)

火打山川は、この焼山と火打山を源とし日本海に注ぐ流路延長21.5km、流域面積約91km²の2級河川早川の右支川であり、焼山の噴火にともなう溶岩流、火砕流の流下物によって形成された台形状の地形が連なっている東縁をなぞっている。

2) 地形・地質

早川流域は、空沢山(1,420.9m)、火打山(2,462m)、焼山(2,400.3m)及び屋闔山(1,840.9m)をむすぶ稜線を分水嶺とし、その北側山腹に水源をもち延長約21.5km、流域面積91km²を擁し日本海に注いでいる。

火打山川はこの早川の上流にあり、火打山、焼山の山腹から笹倉温泉に至る約10kmの流長をもち、その流域の特性として、現在も活発な噴火活動を繰り返す県下唯一のドーム状活火山焼山があって、流域の大部分は山頂から平行して流下する焼山川との合流点付近まで火山噴出堆積物が数10mから数100mの厚さで分布している。

火打山川の右岸には、西頸城地方の新第三紀層の最下位を占め、砂泥有律互層の発達特徴的な、火打山層上部に相当する砂岩、泥岩(頁岩)からなる基盤岩が露出している。姫川以東の新第三紀層の構造は、略NSないし、NNE方向の焼山背斜、名立向斜、郷津背斜の3列の併走した褶曲構造に集約され、名立向斜の造向斜運動が、その造構運動の主体であったとみられている。(西田1966)

焼山は、焼山背斜の南端の軸頂部にあり、火打山川を含む早川水系は焼山背斜の西翼沿いに分布し、ダム予定地点付近での基盤の構造は、NS~NNE走向で西側傾斜(約20°~30°)の単斜構造とみなされる。

火打山川の流送土砂は、その大部分が焼山の火砕流堆積物で、流域侵食の実際は、基盤の第三紀層ではなく、主に焼山の噴出物がその対象となっている。

ダム地点から上流へ約1.5kmの区間は、旧第一号堰堤(高さ15m)の堆砂効果によって、勾配も緩く(1/10程度)広く開けた(最大幅約400m)氾濫原的な地形を呈しているほかは、上下流とも両岸が数10mの切り立った急崖を呈するV字峡谷で、河床の縦侵食が活発で、特に、左岸側は侵食抵抗の弱い火山碎屑堆積物のため、随所に大規模な崩落崖地形がみられ、河道は年々左岸寄りに移動し、且つ河床が深くなる傾向にある。

3) 社会環境

焼山は過去に大爆発を数回起こして、火砕流や泥流により早川流域の集落が壊滅的な被害を受けていることは、文献や、その後の調査研究により明らかとなっている。

しかし今では、最後の大被害となった1773年の噴火（大谷火砕流・2次）以来、200年以上経過していることから、早川流域には、53の集落、約1,300所帯、5,000人余りの人々が生活を営んでおり、公共施設も数多くある。

糸魚川市の推計人口は、平成4年7月現在で約33,400人であり、人口の推移を見ると、糸魚川市も早川流域も低下の傾向にあり、低下の原因は社会動態の転出にある。又、産業別就業者の割合をみると、昭和40年には45%であった第一次産業の低下が著しい。しかし早川流域、特に上早川、下早川地区では現在でも第一次産業が40%以上を占めている。一方、第三次産業では、サービス業、特に観光に関わるものが大きなウエイトを占めていて、観光地の入込客数の変化を見ても着実に増加し、特に温泉、名所、旧跡への観光客の増加が顕著である。早川地区についても、上流が上信越高原国立公園特別地域であることもあいまって、笹倉、焼山温泉を核に観光客が増加しており、今後レクリエーションの場として注目されている。

4) 火山活動と被害

焼山が活動を開始したのは、今から約3,000年前と考えられ、歴史時代に入ってから激しい噴火を繰り返し、近年ではわずか200年前に、大規模なマグマの噴出がなされ、火砕流が発生した。その後も、水蒸気爆発を繰り返しながら今日に至っている。焼山の活動史は4つの活動期に区分され、1773年（江戸時代中期）より現在までは第4活動期にあたり、第2期～4期までの活動周期は約400年間隔である。又、現在を含む第4期の活動をみると、3つの活動期に分けられ、間隔は約100年弱であり、特に近年、1949年の噴火以降をみると、概ね10年間隔で水蒸気爆発を繰り返している。

早川流域において大きな被害を及ぼしたと考えられる噴火は、887年およびその前後（早川火砕流）、1361年および1773年（大谷火砕流）の噴火が代表的であり、いずれの噴火においても噴出した溶岩流や火砕流堆積物の分布からみて、早川流域はほとんど壊滅的な状態に陥ったものと推察される。（表-1）

近年（1800年以降）は、山麓まで被害をもたらすような火砕流の噴出や泥流・土石流の発生はなかつたが、1974年7月突然爆発し、登山者3名を犠牲にし、大量の隆下火山灰は、交通渋滞をひきおこし、農作物に大きな損害を与えた。又、この噴火にともなって泥流が発生し、流域の砂防施設に大きな被害を与え、笹倉温泉下流の流路工をも埋塞した。（表-2）（写真2、3）

表-1 早川流域における既往火砕流規模

火砕流	発生年	全 層			1flow unit		
		層厚	噴出規模	焼山川・火打山川合流点より下流への流出規模	層厚	噴出規模	焼山川・火打山川合流点より下流への流出規模
前川土石流 前川火砕流	B.C.1000	10m ~ 20m	$2 \times 10^4 \text{ m}^3$ 分布面積10km ² × 層厚20m	$5 \times 10^7 \text{ m}^3$	1~3m 少なくとも 4flow	$5 \times 10^7 \text{ m}^3$	$1.25 \times 10^7 \text{ m}^3$
早川火砕流 (下部)	887(?)	10m	$8 \times 10^7 \text{ m}^3$	$2 \times 10^7 \text{ m}^3$	不明		
早川火砕流 (上部)	887(?)	10m	$1.2 \times 10^4 \text{ m}^3$	$3.2 \times 10^7 \text{ m}^3$	1.2m~ 3.2m 少なくとも 3flow	$1.2 \times 10^7 \text{ m}^3$ ~ $5.0 \times 10^7 \text{ m}^3$	$6.0 \times 10^4 \text{ m}^3$ ~ $1.6 \times 10^7 \text{ m}^3$
大谷火砕流 (下部)	1361	7~ 15m	$7.0 \times 10^7 \text{ m}^3$	$1.0 \times 10^7 \text{ m}^3$	不明		
大谷火砕流 (上部)	1773	5~ 14m	$3.0 \times 10^7 \text{ m}^3$		1.0m~ 4.0m 少なくとも 6flow	$4.3 \times 10^4 \text{ m}^3$ ~ $8.6 \times 10^4 \text{ m}^3$	
1974年泥流	1974.7.28		堆積土石量 $5 \times 10^5 \text{ m}^3$ 噴出火山灰量 50万 t				

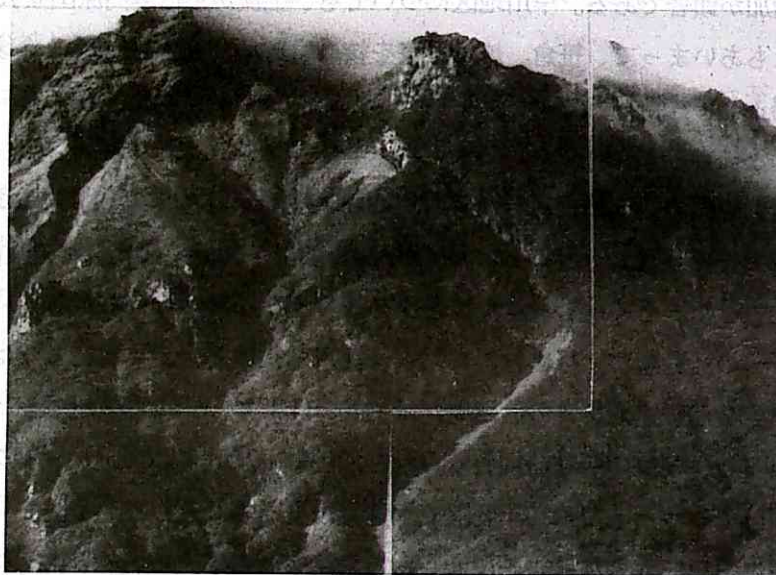


写真-2 噴火直後の山頂付近降灰状況



写真-3 笹倉温泉付近流路工の堆積状況

表-2 1974年噴火に因る砂防施設災害復旧概要

河川名	工事概要	決定額	被災前施設概要
早川	延長1,885.0m 護岸工745.9m 床固工6基、帯工2基 河道拡削1,885.0m(80.000m ²) 仮工事(仮川廻し)1式	千円 316,294 (内仮 426)	延長(護岸工)1,885.0m 床固工20基、帯工9基
小計	1ヶ所	千円 316,294 (内仮 426)	
火打山川 3号ダム	復旧延長40.0m 根継工H=5.5m カーテンブロック12.5m	千円 15,676	S37完成 H=6.0m L=104.0m
火打山川 4号ダム	既設垂直壁前張付ダム工 本堤、水叩、側壁、垂直壁工 H=10.0m L=66.2m	千円 91,554	S42完成 H=12.0m L=94.5m
火打山川 5号ダム	既設垂直壁前張付ダム工 本堤、水叩、側壁、垂直壁工 H=7.0m L=41.25m	千円 41,880	S44完成 H=8.0m L=73.0m
火打山川 6号ダム	既設垂直壁前張付ダム工 本堤、水叩、側壁、垂直壁工 H=17.6m L=58.0m	千円 113,255	S46完成(棒堰堤) H=12.0m L=56.0m
火打山川 7号ダム	既設垂直壁前張付ダム工 本堤、水叩、側壁、垂直壁工 H=8.0m L=30.5m	千円 13,998	S48完成(棒堰堤) H=13.0m L=46.0m
火打山川 1号ダム	既設垂直壁前張付ダム工 本堤、水叩、側壁、垂直壁工 H=20.0m L=41.6m	千円 68,703	S28完成(棒堰堤) H=15.0m L=45.0m
小計	6ヶ所	千円 345,076	
合計	7ヶ所	千円 661,370	

2、火打山川砂防ダム建設の経緯

1) ダムサイトの地形及び地質

ダムサイトは、その上流に旧ダム(第1号ダム)があるため、理想的な貯砂地(約20ha)を有している。しかし、その地形は旧ダムの上下流、左右岸で著しくその様相が異なっている。上流部は、旧ダムの貯砂地で1/10~1/15の勾配で土砂が堆積して、その幅は最大400mにも達し、河川が蛇行して流下している。

上流左岸は、火山砕屑物(溶岩流、火砕流堆積物)のなだらかな丘陵地で、右岸は新第三紀火打山層で勾配約40度の傾斜をもつ山腹である。

又下流は、旧ダム直下より狭窄部(幅3~6m)が約40mあり、右岸は上流部と同様であるが河床部は岩の露出が顕著であり、左岸は、火山砕屑物が河川水によって侵食され、数10mの急崖をなしている。

ダムサイトの地質構造は、基盤および右岸は新潟県標準層序の津川層に相当する新第三紀中新世の火打山層上部からなり、砂泥有律互層を特徴とするが、ダムサイトは、砂岩、泥岩(頁岩)の互層である。しかし、いずれも風化が進み、砂岩はハンマーの打撃で30cm程度のブロック状に崩れやすく、又、頁岩は葉片状に剥離し、特に砂岩との境界沿いでは顕著な圧碎相を呈し、一部は数cmの細かい岩屑混じり粘土となっている。この互層の地層構造は概ね走行N30°±10°E、傾斜は30°±Wの単斜構造を呈する。

一方左岸は、右岸にみられる火打山層が深く落ち込んで、その上部は不整合に厚く被覆する火山碎屑物層で構成されており、この碎屑層は、径10cm±の多孔質な角閃石・複輝石・安山岩礫及び岩塊混じり粗粒火山灰からなる。又、基盤との間には3～7mの厚さで粘土層を挟み、その表層部には炭化のあまり進んでいない腐食木片がみられる。

2) 砂防ダム計画の概要

当砂防ダムの計画に当たっては、地形・地質等によりいくつかの規制条件がある。

- ① ダムサイト直上流に旧ダムがあり満砂、下流は洗掘を受けており、且つ左岸堤体は着岩していない。
- ② 旧ダム下流は狭窄部が40m程度で大きく左岸側へ蛇行し、以下は崩壊をおこしている急崖が連なっている。
- ③ 基盤が右岸から左岸へ向かって急激に落込んでおり、左岸の基盤は深く着岩は難しい。又上部の火山噴出物の地耐力は20t/m²程度で、透水係数は10⁻³～10⁻²であること。
- ④ 地形的条件により、嵩上げ高を概ね15m程度とし計画越流部標高を814.000mとする。

以上の条件を考慮して検討した結果、右岸をコンクリート重力式、左岸フィルダム式の複合ダムとし越流部は階段式減勢工を採用することとした。

3) 計画の推移

昭和51年度に通常砂防（荒廃）事業として基本計画を策定し、コンクリート重力式ダムの詳細設計、翌52年度に越流部、左岸フィルダム形式の決定及び詳細設計を行いダムの全体計画を決定した。その後、昭和54年に隣接する妙高高原町白田切川の土石流災害痕跡資料を参考として、土石流対策による再検討を行い、本ダムの形状（重力式）・形式（フィルダム）を変更、又、ダム設計基準の改定による計画洪水流量が見直し変更され、昭和55年度に本ダム（階段式減勢工）の水理的安定を検討するため、新潟大学農学部で水理実験を行った。この結果を基に、翌昭和56年度、本ダム（重力式コンクリートダム部）及び減勢工、昭和57年度に、フィルダム部の変更設計を行い基本形状、及び形式の最終決定を見た。

昭和61年度より、フィルダム部の本格的施工に伴う試験盛土の施工、平成2年度に壅上防止工の工法再検討を経て現在に至っている。

一方、事業スタートより13年経過した平成元年に、通常砂防（荒廃）から、火山砂防事業として再スタートし、雲仙普賢岳のように、近年火山活動に伴って発生する火砕流や、火山泥流による被害は、当地（新潟焼山）に於いてもその周辺に壊滅的な打撃を与えることが想定される。このことから、昭和62年、昭和63年、及び平成元年の3箇年にわたり、ハード、ソフトの両面から火山泥流対策の調査、検討がなされて、『焼山総合火山泥流対策基本計画』が策定され、火打山川第1号砂防ダムも、この基本計画の一環として位置付けられている。

4) 周辺環境整備

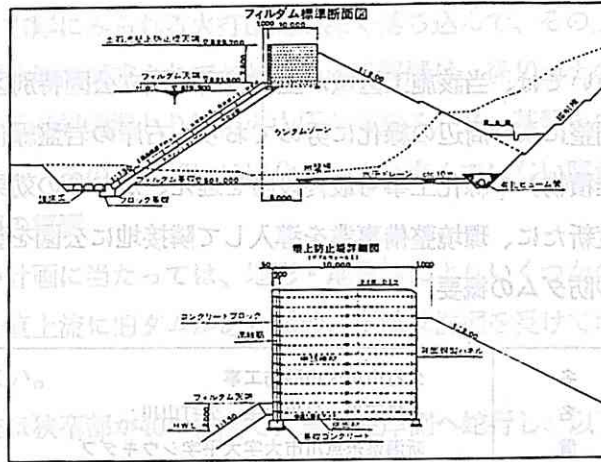
周辺環境整備については、当該施工区域が上信越高原国立公園特別区域内でもあるため、関係機関との調整により周辺の緑化に努めており、右岸の岩盤緑化、及び左岸下流部急崖（火山碎屑堆積物）の緑化工事も最終段階を迎え、かなりの効果が現れている。

また、平成5年度新たに、環境整備事業を導入して隣接地に公園を整備をした。

5) 火打山川第1号砂防ダムの概要

工 事 名		火打山川火山砂防工事	
河 川 名		2級河川 早川水系 火打山川	
施 工 位 置		新潟県糸魚川市大字大平字シウキダブ	
流 域 面 積		12.00km ²	
計 画 洪 水 流 量		380.00m ³ /sec (確率 1/200)	
計 画 貯 砂 量		1,734,000.00m ³	
計 画 堆 砂 勾 配		1/15.5	
計 画 堆 砂 面 積		236,000.00m ²	
ダ ム 形 式		重力式コンクリートダムと均一型フィルダムの複合ダム	
堤 高		コンクリートダム	34.50m
		フィルダム	20.90m
堤 長		総 堤 長	301.30m
		コンクリートダム	94.50m
		フィルダム	206.80m
堤 体 積		総 体 積	255,520.00m ³
		コンクリートダム	38,310.00m ³
		フィルダム	217,210.00m ³
越 流 部	天 端 標 高	EL = 814.000m	
	水 通 し 幅	20.000m	
	天 端 幅	8.000m	
非 越 流 部	コ ン ク リ ー ム 部	天 端 標 高	右岸 EL = 819.400m 左岸 EL = 826.000m
		天 端 幅	4.000m
		上 流 法 勾 配	1:0.0
		下 流 法 勾 配	1:0.85
流 部	フ ィ ル ダ ム 部	天 端 標 高	EL = 827.200m ~ EL = 834.062m
		天 端 幅	10.000m
		上 流 法 勾 配	1:1.50
		下 流 法 勾 配	1:2.00

※ 図-2 (一般平面図、構造図) 参照



3、ダム本体及び前庭保護工の施行

ダム本体及び前庭保護工の施工は、まず旧ダム（昭和28年完成、高さ15m）の補強も必要なることから重力式コンクリートタイプ部の施工より開始することとした。昭和51～52年度は本堤基礎部を、昭和53年度は前庭保護工と本堤部を施工し、昭和56年度までに前庭保護工の水叩き部を完成させた。

転流工は、初期の施工範囲が比較的狭かったこともあり、全断面を締切り、流水を径2,000mmのコルゲートパイプにより下流へ導く方法とした。昭和54年度に前庭保護工の左岸側の水叩き部が完成したため、半川締切り工法に切り換えた。昭和58年度に堤内仮排水路が完成したため、これ以降堤内仮排水路を使用した。



写真-4

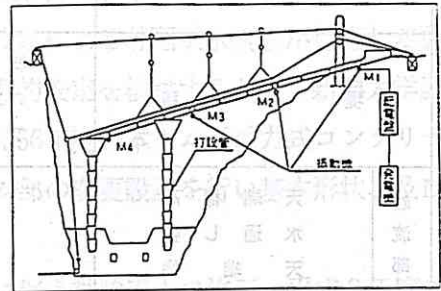


図-3 カワベ式スパイラル鋼管方式による打設工法

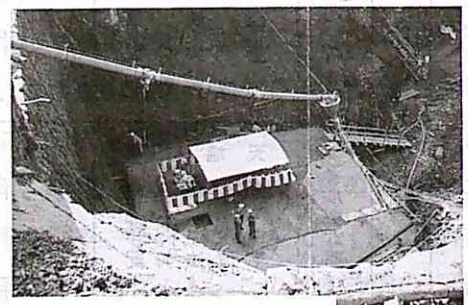


写真-5 カワベ式スパイラル鋼管方式による打設状況

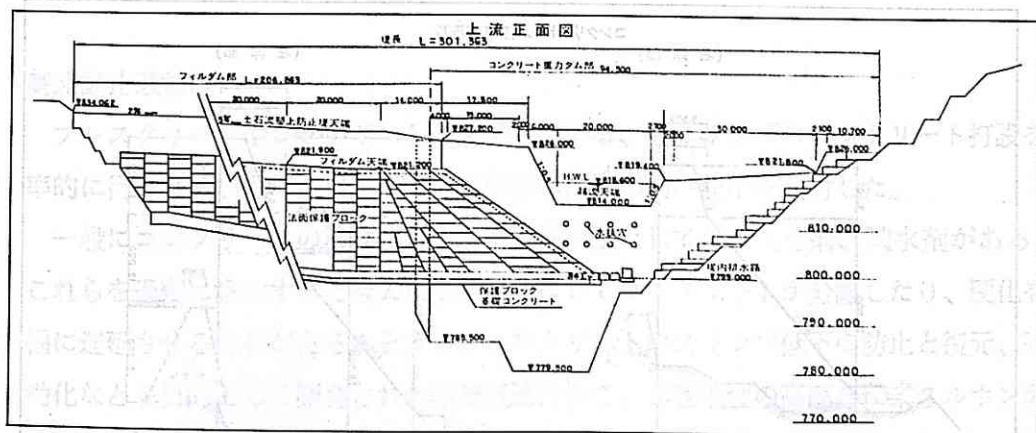
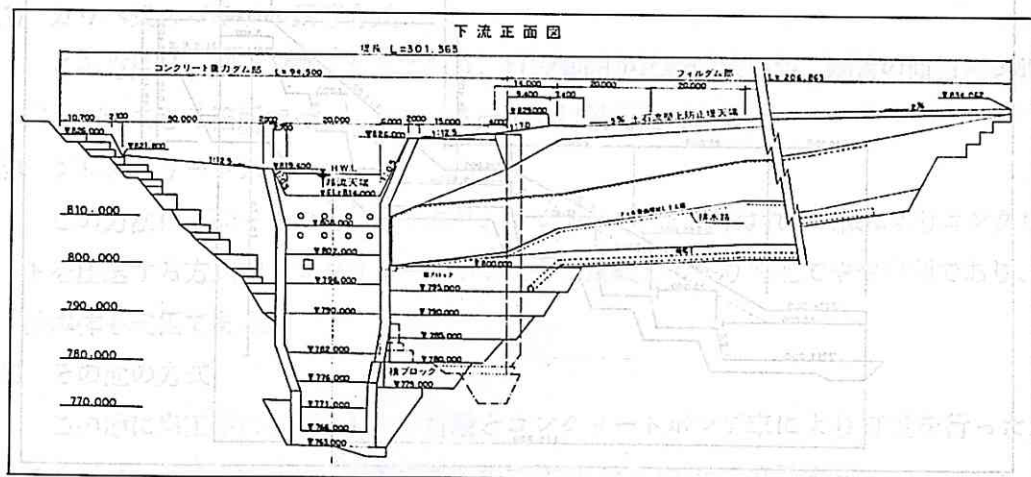
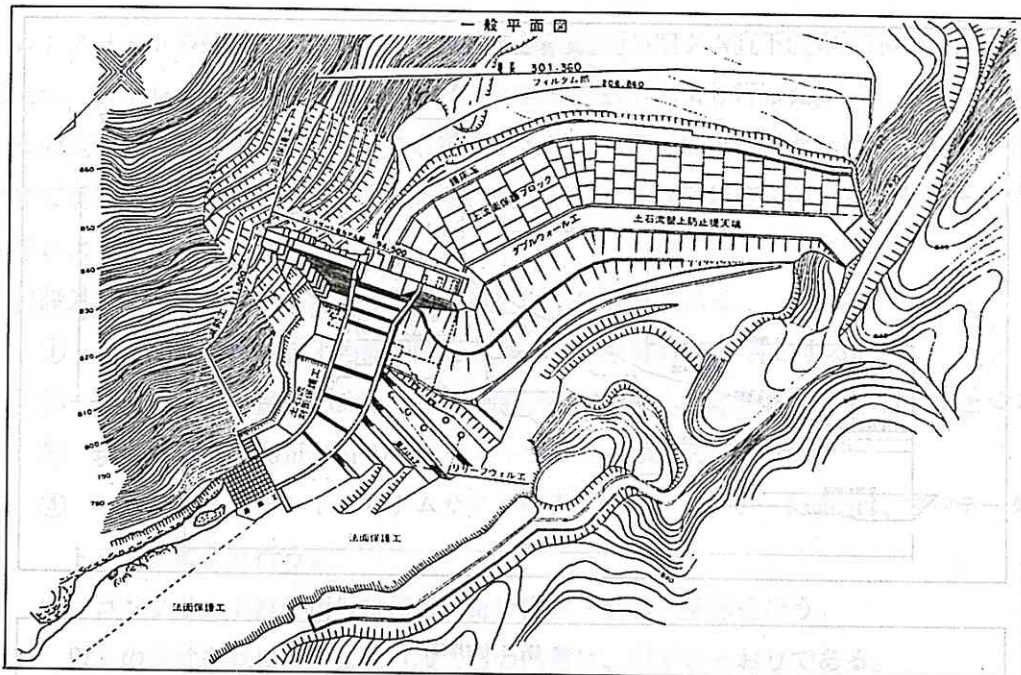
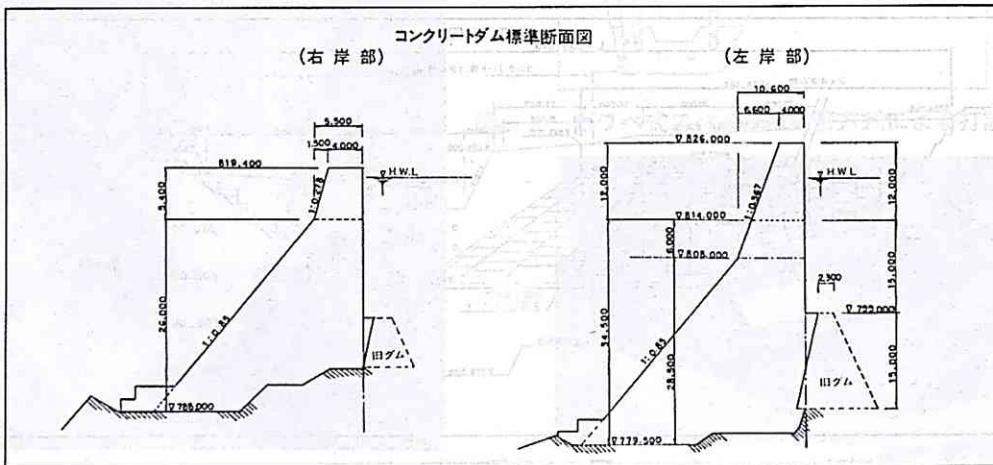
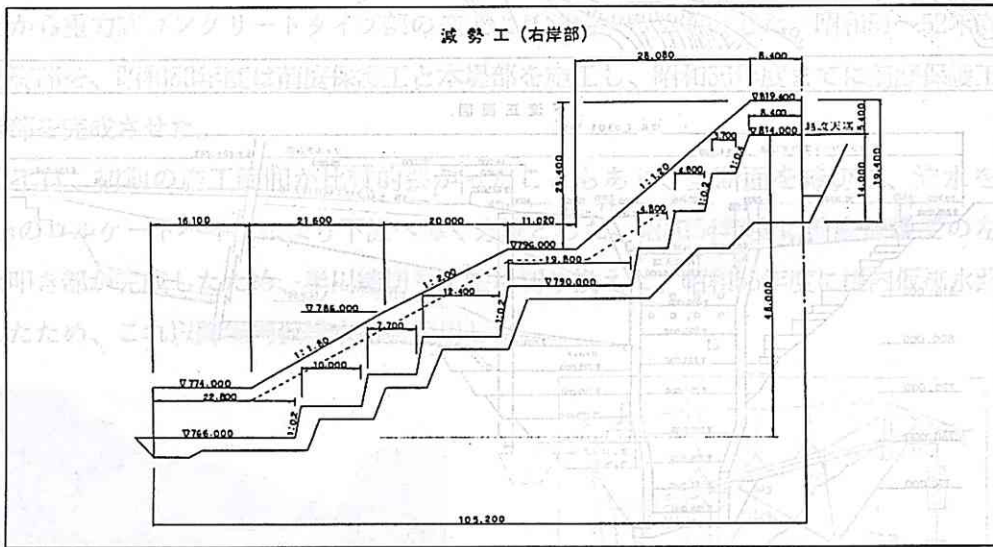
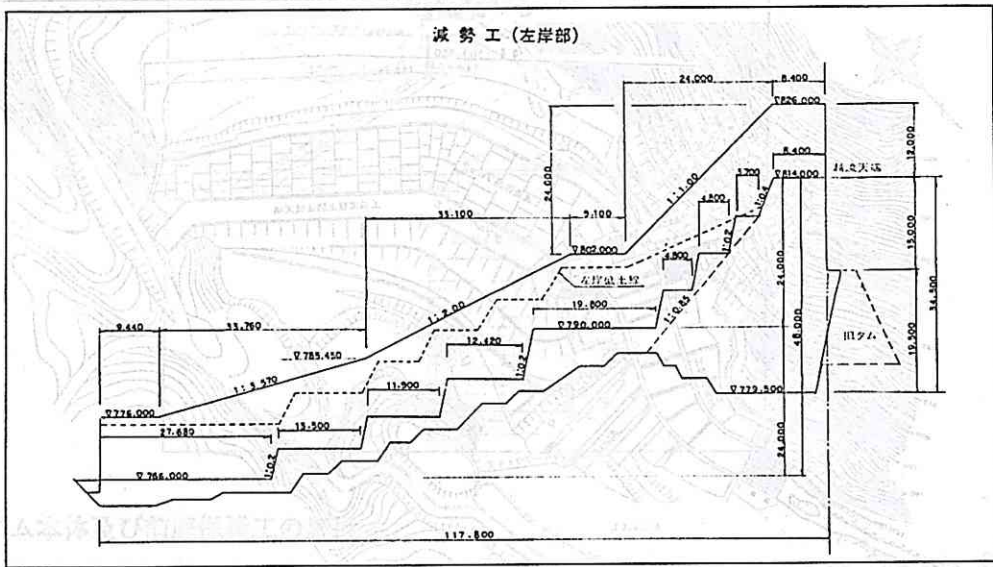


図-2 (平面図、構造図)



コンクリートの打設は、昭和51～52年度の施工範囲が旧ダム直下流本堤部に限定されたことから、クレーンと「カワベ式スパイラル鋼管方式」により行った。

その後の前庭保護工の施工に入り、前記の方法では不可能となったため、昭和53～55年度までは「プレスクリート方式」による打設を行い、昭和56年度以降はコンクリートポンプ車による打設を行った。

打設方法の選定に当たり設定した条件は、以下の通りである。

- ① 一年間における施工可能期間を6月～11月中旬の5.5か月とする。
- ② 年間最大打設量を7,000 m^3 、日最大打設量を200 m^3 、日平均打設量を100 m^3 とする。
- ③ 現場には既に30 m^3 /hrのバッチャープラントがある。
- ④ バッチャープラントよりダムサイト付近までのコンクリート運搬は、アジテータートラックにより行う。
- ⑤ コンクリート打設用仮設備は、毎年据付・撤去・解体を行う。

以上の条件を基に設定した打設方法の内容は、以下のとおりである。

(1) カワベ式スパイラル鋼管方式

この方法は、図-3のとおりであり、打設範囲が比較的狭いが、鋼管の傾斜角が40°以上確保できる箇所では、スランプ5cmでも打設可能である。

(2) プレスクリート方式

この方法は、図-4のとおりであり、プレスクリートと呼ばれる機械によりコンクリートを圧送する方式で、コンクリートポンプ車と比較して下り勾配でやや有利であり、機械本体も安価である。

(3) その他の方式

この他に当工事には、クレーン打設とコンクリートポンプ車により打設を行ったが、これらによる打設方法は一般的であるので詳細については、割愛する。

高流動化添加剤

プレスクリートやコンクリートポンプ車による、低スランプのコンクリート打設を効率的に行うため、近年注目を得ている高流動化添加剤の使用を検討した。

一般にコンクリートの流動化を促進する混和剤としては、AE剤、減水剤があるが、これらを過剰に添加すると過大に空気を連行してコンクリートが分離したり、硬化を大幅に遅延させる恐れがあることから、コンクリートのスランプ低下の防止と復元、高流動化などを目的として開発された非空気連行性で、非遅延性の高縮合環式スルホン配塩を主成分とする、高性能減水剤をベースとした混和剤を使用することとした。

この混和剤は、水の表面張力を低下させることなく、セメントの分散効果のみを高性能化することを狙って開発されており、コンクリートの基本的品質を保持し、流動性のみ改善するものであり、当工事において使用したプレスクリート方式の打設においては、工事仕様書に適合するコンクリート（スランプ 5 ± 1 cm）に高流動化添加剤（NP-20）を添加しスランプのみ 8 ± 2 cmとする方法で行うこととした。必要添加量については、試験練りにより、 $1,150\text{cc}/\text{m}^3$ と決定した。

高流動化添加剤の添加方法は、

- ① ベースコンクリート混合強制練りで1.0min
 - ② 高流動化添加剤の添加
 - ③ 再度混合強制練りで0.5min
 - ④ アジテータトラックに積み込み
- で行った。

高流動化添加剤を添加したコンクリートをプレスクリート方式により打設する場合は、硬化がやや早くなる傾向にあるため、圧送管の閉塞が起き易く、圧送圧の調整に十分な注意を払った。

高流動化添加剤を添加したコンクリートをコンクリートポンプ車でも打設したが、プレスクリート方式より閉塞回数は少ないが、打設位置を変えるときには圧送を停止しなければならず、停止時間が長すぎると閉塞しやすくなるため、予め打設位置変えの時間を短くするための準備が大切であった。

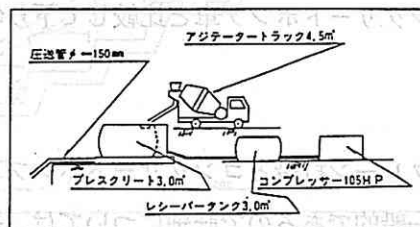


図-4 プレスクリート方式による打設工法



写真-6 プレスクリート方式による打設状況



写真-7



写真-8



写真-9



写真-10



写真-11 二次土石流による仮排水路閉塞、越流

おわりに

昭和51年度より始まった工事は、旧ダム袖部からの漏水処理、左岸火山砕屑岩上部からの落石、二次土石流発生等による仮排水路の閉塞、左岸下流への越水等の危険に度々さらされながらも、事故も無く完成することが出来た。

しかし、当砂防ダムは完成したとしても、上流に厚く堆積している火山灰に対し、新潟焼山の火山対策としては、まだまだ施設の整備は低く、早川流域に営む人々の生命や財産を守り、安全な生活基盤を保全するため、早川流域住民と行政が一体となった警戒避難対策の確立を含め、今後とも積極的な事業の推進を図る必要がある。

雲仙・普賢岳の火山災害を教訓とし、継続する災害に対しての防災工事についての検討が、必要ではないかと思われる。

図-4 プレスクリート方式による打設工法

