

アーチ式砂防堰堤コンクリート打設における創意工夫

小橋 和周

大源太川第1号砂防堰堤は、昭和14年竣工のわが国における最も初期のアーチ式砂防堰堤で『登録有形文化財』及び『選奨 土木遺産』に認定されている。工事箇所は、魚沼連峰県立自然公園南端に位置しており、大源太山を含む周囲の山々と砂防堰堤で形成される美しい景観から年間4万人の観光客が訪れる景勝地でもある。

砂防堰堤は竣工から80年近くが経過し老朽化による漏水等による劣化が進んだことから、補強対策として直上流部に隣接して新たに砂防堰堤を構築するものである。

新堰堤はアーチ式コンクリート構造で、旧堰堤が受けていた荷重を新堰堤で全て受ける構造となっている。既設堰堤背面をドライにし、掘削を完了後、新堰堤本体のコンクリート打設を行うものである。良質なコンクリート工事を行うために行った、様々な工夫を紹介する。

キーワード：砂防堰堤工、残存型枠、型枠のプレハブ化、修景、積石、膨張材、キープブロック

1. はじめに

(1) 大源太川第1号砂防堰堤補強工事の概要

大源太川第1号砂防堰堤は、信濃川水系魚野川支流大源太川に位置する昭和14年竣工の砂防堰堤である。わが国における最も初期のアーチ式堰堤で、粗石コンクリート構造(図-1)となっている。平成15年7月には国土の歴史的景観に寄与するとして『登録有形文化財』に登録され、さらに平成23年度に土木学会による『選奨 土木遺産』として認定されており、堰堤周辺には周遊路が整備されている(写真-1)。

堰堤は竣工から80年近くが経過し、各所で漏水が見られることや、セメント成分が洗い流され堤体内部にも空洞化が見られることから、堰堤の補強工事を実施するものである。補強堰堤はアーチ式石積みの景観



写真-1 大源太川第1号砂防堰堤

✓ 上流側、下流側の表面を割石(間知石)で積み上げながら、内部に中詰め石として転石を30%程度混入し、その隙間にコンクリートを詰める工法

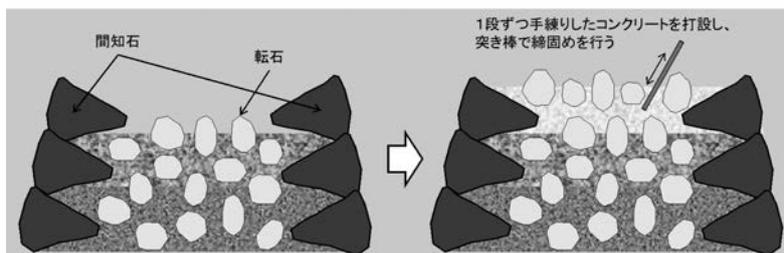


図-1 粗石コンクリート構造

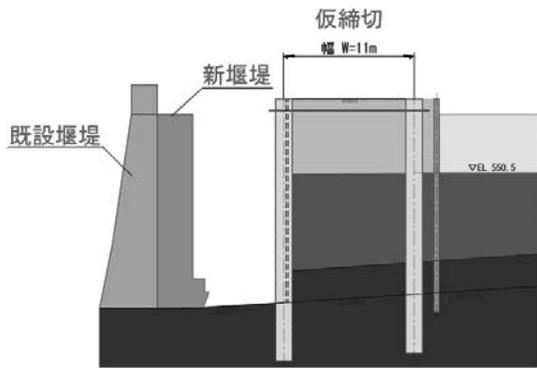


図-2 補強断面図

を保持するため、上流側に隣接して新堰堤を構築するものである (図-2)。

主な工事数量を以下に示す。

コンクリート堰堤	1,743 m ³
仮排水トンネル	104.1 m
鋼管二重締切	75 本
仮栈橋	1 式

(2) 堰堤補強工事フロー

補強工事ステップ図を図-3に示す。

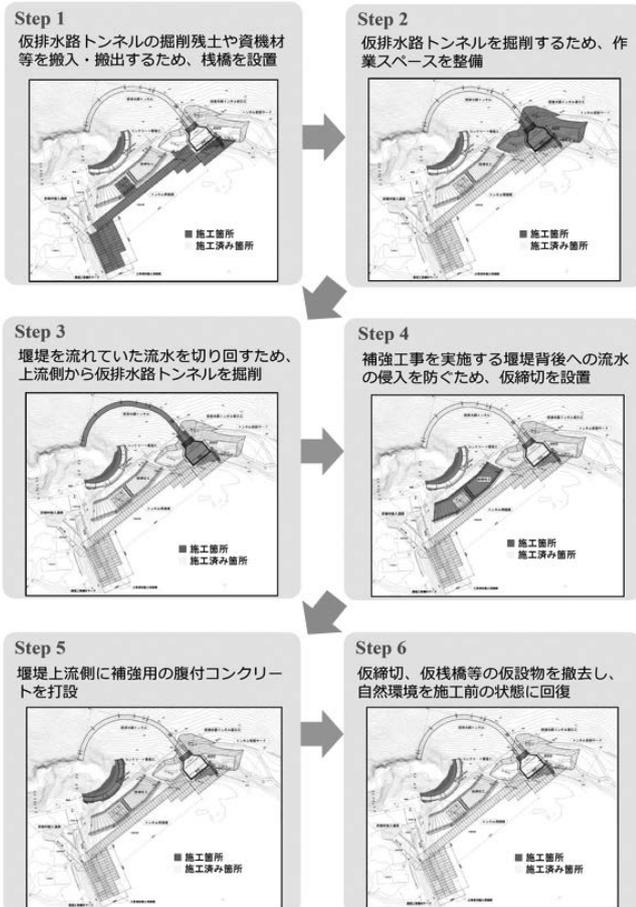


図-3 補強工事ステップ図

2. コンクリート堰堤工の概要

新たな砂防堰堤は、既設堰堤と同じくアーチ式砂防堰堤で、新旧堰堤間は10cmの隙間で、新堰堤に掛かる応力を旧堰堤に直接伝えない設計思想となっている。コンクリート堰堤工諸元は表-1のとおりである。

表-1 砂防堰堤諸元

	堤頂長	堤高	堤幅	立積	計画貯砂量
旧堰堤	33.0 m	18.0 m	2.2 m	1,609 m ³	55万m ³
新堰堤	36.4 m	17.7 m	3.0 m	1,743 m ³	55万m ³

リフトスケジュールを図-4に示す。

収縮対策としてキープブロックを設けているが、アーチ式は側方岩盤に荷重を伝達させるため、キープブロックは一体化を図った構造となっている。

新堰堤は、仮締切り、仮排水トンネルにより流れを切り回し、既設堰堤背面をドライにした上で岩盤まで掘削して、新堰堤本体のコンクリート打設を行うものである。

3. コンクリート堰堤工の創意・工夫

新堰堤コンクリート工は、(1) 打設方法の工夫、(2) 型枠に関する工夫、(3) 打設足場に関する工夫、(4) 修景に関する工夫、(5) コンクリート材料の工夫、(6) キープブロック打設に関する工夫、(7) 養生の工夫等の創意・工夫を実施したので、その事例を紹介する。

(1) コンクリート打設方法の工夫

大源太湖周辺は、湖面周辺を回遊する遊歩道があり、工事箇所上部の希望大橋は遊歩道の一部で工事中も一般開放され、観光客が往来している。砂防堰堤における一般的なコンクリート打設方法は、最大骨材が80mmのクレーン打設で、希望大橋を跨ぐため、当工事では、希望大橋の下に配管を通したコンクリートポンプ車打設とし、最大骨材を40mmと変更した(図-5)。

最大骨材が40mmとなったことで、使用するコンクリートのセメント量が大幅に上がるが、養生により対応している。

(2) 型枠に関する工夫

新堰堤のコンクリート打設は、工期短縮を考慮し砂防規定の上限である1リフト高2.0mを採用した。型枠は、既設堰堤と新堰堤の隙間が10cmしかないこ

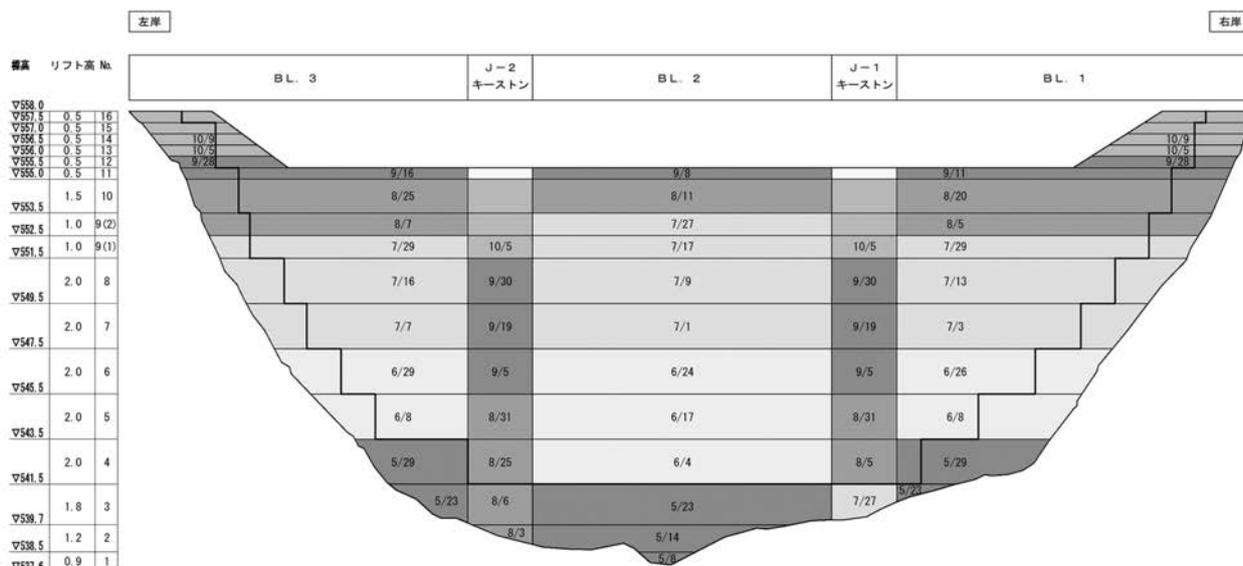


図-4 リフトスケジュール

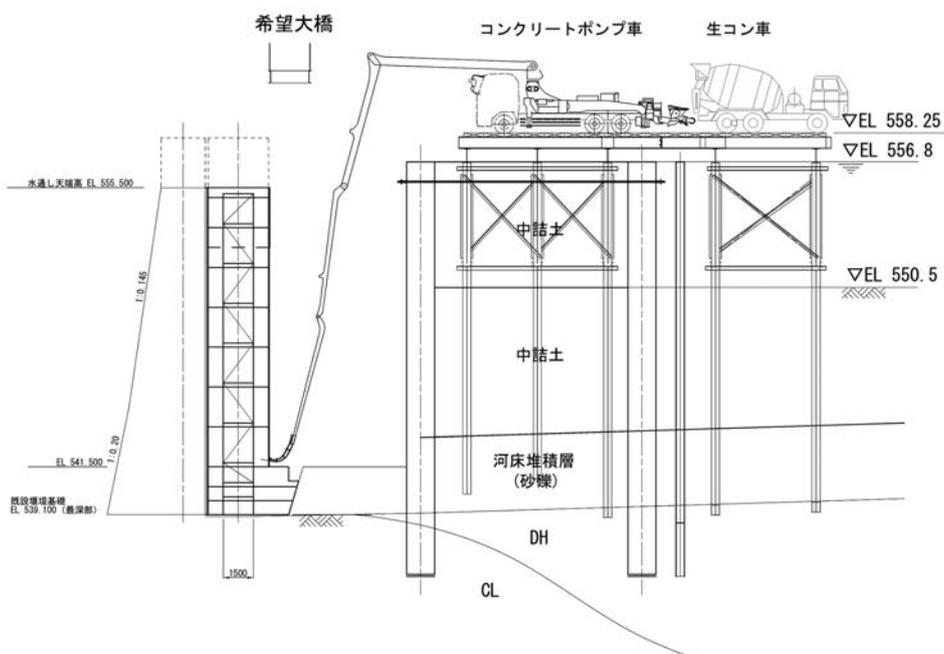


図-5 コンクリートポンプ配置図

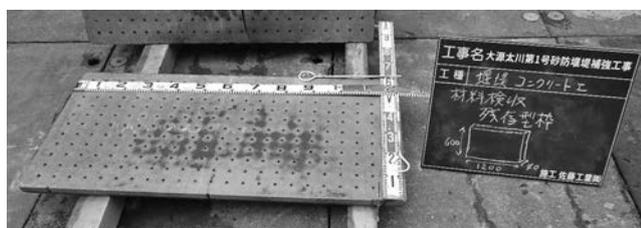


写真-2 残存型枠 (プレハブ化前)

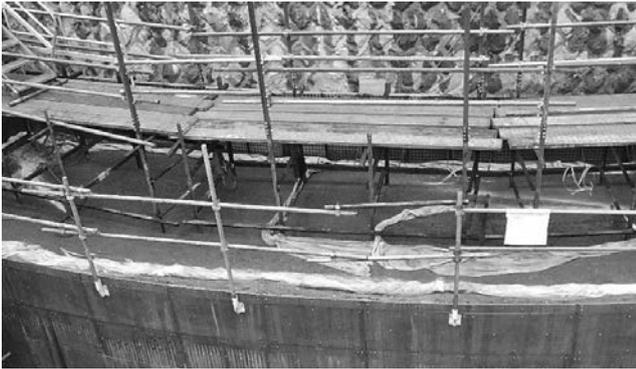
と、外部足場が不要となることから残存型枠を採用している。

残存型枠 (写真-2) における創意・工夫は、(a) 残存型枠のプレハブ化、(b) 架台によるセパレータ溶接の作業効率向上の2点がある。

(a) 残存型枠のプレハブ化

残存型枠の側圧の低減、組立金具取付作業の省力化を目的に、使用する残存型枠をプレハブ化した (写真-3)。

新堰堤は打設高 2.0 m であるため、1 枚の高さが 60 cm の残存型枠は、3 枚組、4 枚組が必要となる。事前に上下流面の型枠割付を行い、側圧検討を実施し、セパレータの割付を行った。プレハブ化は等辺山形鋼 (L-40×40×3) を縦に 3 本配置し組立金具で固定した (図-6)。プレハブ化した残存型枠は、クレーンにて設置した (写真-4)。



写真一五 打設足場（架台）



写真一七 定規用鉄筋の設置



写真一六 コンクリート堰堤完成予想（フォトモンタージュ）

かしながら、大源太湖の水は澄んでおり、設計報告でも水面より3m程度は透過してコンクリート面が見えてしまうという課題があった（写真一六）。

既設堰堤は『登録有形文化財』でもあることから、修景に関して国交省をはじめ文科省、湯沢町、学識経験者を交えた委員会を設置し、協議の結果、水通し高さより3m下部まで天然石による修景を施すことが決定した。

この決定により、上流面やフーチングの側面は天然石の型枠であるEKウォール（共和コンクリート）とし、水通しなどの天端部はEKウォールと同じ素材の自然石を加工し設置する構造とした。

(a) 側面部（EKウォール）の施工

側面部に使用するEKウォールは、既設堰堤の大きさを参考に300mm×450mmの自然石型枠（図一九）

を使用した。外観も既設堰堤は矢羽根積みとなっているので、併せた積み方が可能となる。施工は、あらかじめ展開図に割付し設置を行った。

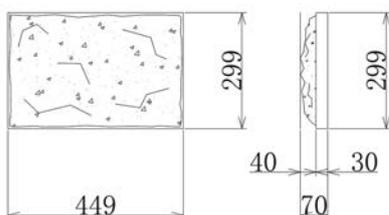
新堰堤は定半径アーチダムであり、型枠はR加工に対応していない。R形状を確保することが望まれたため、鉄筋をR加工し型枠背面に取り付けることにより、定規としての役割とした（写真一七）。

また、EKウォールは1枚の型枠が小さく、1枚ごとにセパレータを取っていると溶接工の負担が増加する課題があった。その対策として前述の定規鉄筋にフック筋を取り付けて、間隔を空けることが可能となった（写真一八）。

以上の対策により、上流面やフーチング部側面のEKウォール施工は流麗なアーチ形状を確保することができた（写真一九）。



写真一八 フック筋の設置



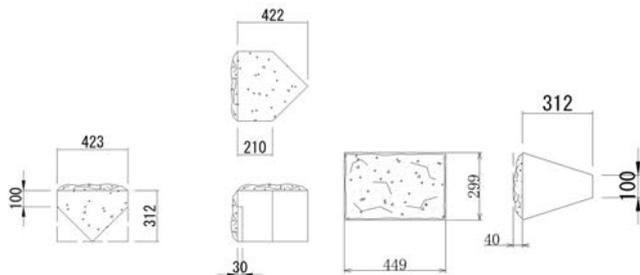
図一九 EKウォール（標準型）



写真一九 EKウォール（上流面）

(b) 天端部（加工自然石）の施工

天端部の加工自然石は、既設堰堤の石の大きさ、形状を参考に、加工制作を行い設置した。上下流面の端部は天端端石（図一10）を設置し、間は天端根石（図一11）を設置した。



図一10 天端端石

図一11 天端根石

自然石の産地は中国福建省産で、現地で加工を行い輸入した。天端石の設置について他工事の実績を聞き取り調査したところ、打設を行いながら石を設置する工法が一般的であったが、施工進捗が進まないため天端に多数のコールドジョイントが発生する恐れがあった。そのため当現場では、コンクリート天端から50 cm 下がりまで打設を行い、架台を使用し石の設置を行って、1ブロック全てを同日に打設することを目指すこととした。

石の設置は、等辺山型鋼（L50 × 50 × 6）で架台を作成し石を載せる方法とした。端石は、打設時の変位等によりズレる恐れがあったため、上流端石の下端にアンカー筋を突出させ、架台等と溶接することで移動防止を図った（写真一10）。下流端石は既設堰堤とその間の10 cm の間詰が後にモルタル充填されるため、打設時での移動がないよう既設堰堤に巾木を設置した。間に入る天端根石は、間隔、見た目を重視し、設置を行った（写真一11）。

(5) コンクリート材料の工夫

アーチ式堰堤は側方岩盤に荷重を伝達させるため、横継目であるキーブロックは一体化を図る必要がある。その対策として、コンクリートに膨張材を添加し、コンクリート硬化後の収縮を長期的に低減してキーブロックと一般ブロックの一体化を図ることとした。

(6) キーブロック打設に関する工夫

前述 (5) の課題を解決するため、材料の工夫の他、打設に関して、解析による内部コンクリートと外気温を比較すると、2ヶ月後では温度差はなく、収縮が安定していることが確認できたため、先行ブロックの

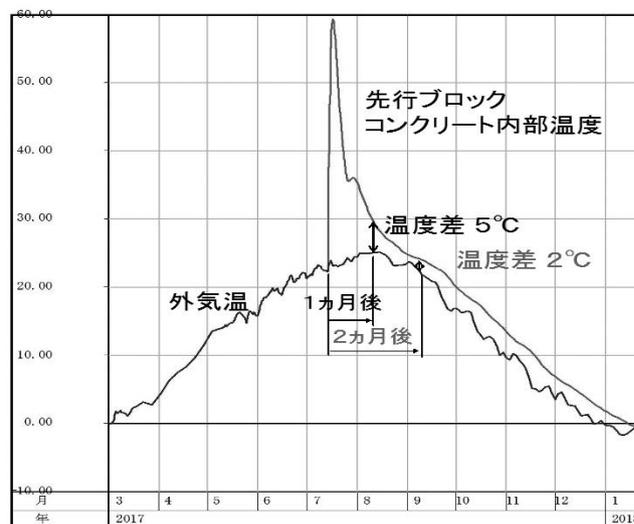
コンクリート打設後2ヶ月間の収縮期間を置いて同一標高のキーブロックを打設することとした（図一12）。現場での対応として、各ブロックのリフトに熱電対で温度測定を実施し、温度変化を確認してキーブロックの打設を行っている。また、横継目には隙間を測定する継目計を設置し、恒久的に測定することで、対策等が迅速に対応できる体制とした。



写真一10 天端端石のアンカー固定状況



写真一11 天端石の全景



図一12 温度履歴による内部温度

4. 具体的効果の確認

各工夫に関する効果について、以下に述べる。

(1) コンクリート打設方法の工夫

観光客の往来を阻害することなく、コンクリート打設が可能となった（写真—12）。



写真—12 打設状況（ポンプ車手前は希望大橋）

(2) 型枠に関する工夫

(a) 残存型枠のプレハブ化

残存型枠のプレハブ化は、当初技術提案により下流側のみ実施される予定であった。しかし、栈橋上で容易に組み立てられること、設置についても仮止め、本溶接と溶接工の作業だけで可能なことから、上流面にも水平展開され、工期短縮に寄与した。現場も、残存型枠設置に必要な幾種ものプレートやボルトが不要となり、整然としていたことは評価できると思う。

(b) 架台によるセパレータ溶接の作業効率向上

架台をボルトによる組立式にすることにより普通作業員でも作業が可能となった。溶接は加工・溶接作業とも容易となり、施工性は良かった。

経済面では、架台を打設足場と兼用することにより、経済性が損なわれることはなかったと思われる。

(3) 打設足場に関する工夫

組立架台を利用し、足場板と手摺を設置するだけなので、容易に取り付けが可能である。

(4) 修景に関する工夫

将来的な景観を保持するため、修景計画を行っている。

(a) 側面部（EKウォール）の施工

R加工した鉄筋や、フック筋によるセパレータで綺麗なRが施工できた。

経済面でも、溶接箇所を極力少なくすることができ、貢献できたと思われる。

(b) 天端部（加工自然石）の施工

加工自然石を1ブロックごとに施工するための工夫をし、見栄え、品質とも確保できた。

(5) コンクリート材料の工夫

膨張材は、コンクリート硬化後の収縮を長期的に低減するものであり、早期の効果は表れない。

(6) キープブロック打設に関する工夫

2ヶ月間のコンクリート収縮期間を置くことは、品質的に最良ではあるが、安全面、労務管理面にて対策が必要となった。

安全面では、キープブロックが2ヶ月間打設されないということは、隣接ブロックが2ヶ月分高く打ちあがっていることになる。当現場ではその高低差が約15m程度あり、ブロックの隣は3m程度の開口がある。その対策として、架台を先行して設置することにより、足場を連続して取り付け安全性を確保した。

5. おわりに

堰堤工における創意・工夫は、施工計画の作成段階で十分に検討しているが、実施工で気付かない点が発見され、計画通り進まず試行錯誤することが多くあったが、職員と作業員で意見を出し合い細部においても創意・工夫を行うことができた。今後のダム等リニューアル工事において、本報告が参考の一助になれば幸いである。

JICMA

【筆者紹介】

小橋 和周（こばし かずひろ）
佐藤工業㈱

