

南摩ダムにおける高品質な堤体盛立施工への取り組み

居上靖弘・大内田昌史・岡谷 豊・長井健二

1. はじめに

南摩ダムは、独立行政法人水資源機構によって栃木県鹿沼市に建設中の堤高86.5mの多目的ダムである。ダム型式は、コンクリート表面遮水壁型ロックフィルダム（CFRD：concrete face rock-fill dam、以降「CFRD」と呼称する。）である。国内におけるCFRD型式を採用したダムの建設事例は非常に少なく、堤体盛立を薄層転圧工法で実施する近代的施工方法を採用したダムは、徳山ダム（上流二次締切）、苫田ダム（鞍部ダム）に次いで3例目となる。令和2年12月よりダム本体工事に着手し、令和5年2月現在、堤体基礎掘削は完了し、堤体盛立とコンクリート表面遮水壁（以下「フェイススラブ」という。）を支持するプリンスの構築を進めているところである。プリンスとは、ダム上流端に位置しフェイススラブを受ける台座（plinth）となるコンクリート構造物のことである。

本報では、現在進めている工事のうち、一次盛立（下流側先行盛立）における材料品質および施工品質確保のために実施している調査・施工技術について紹介する。

2. 南摩ダム概要¹⁾

表-1に南摩ダムの主な諸元、図-1に南摩ダムの標準断面図を示す。

堤体盛立に用いる土質材料としては、大きくトランジション材とロック材に分かれる。本報では一次盛立で使用したロック材について述べることにし、トランジション材については、藤田ら²⁾による報文に委ねることとする。図-1に示すゾーン3A、ゾーン3Bおよびゾーン3B'の堤体材料として使用するロック材は、ダムサイト近傍に存在する原石山で採取・調達する。図-2に原石山想定地質図面を示す。主な地質はチャート、砥石型頁岩、玄武岩、混在岩であり、その中でも玄武岩と

チャート（赤色含む）が幅広く分布している。その中で、外部ロック（ゾーン3A）に用いる岩級CM級以上の玄武岩の採取ロスを低減した効率的な採取方法が求められる。

3. 原石山ロック材料採取における取り組み

3.1 二次元比抵抗探査による事前地質調査²⁾

原石山の事前調査に基づき推定された地盤の分布について、工事開始前にその境界を検証し、廃棄岩混入を抑制することを目的とした二次元比抵抗探査を実施した。図-3に探査結果断面図および当初想定と探査結果が異なる箇所は地質リスクとして把握し、削孔長を調整することで当該箇所の発破エリアを限定して発破を行い、露出した岩盤面を慎重に確認しつつ、掘削を進めている。

3.2 オンサイト測定を用いた岩種・岩級の迅速定量評価³⁾

南摩ダムのロック材料は、原石山から直送する計画となっている。そのため、材料の品質判定を迅速に行う必要がある。ロック材料に対する品質判定の一般的な試験として、密度・吸水率試験などが挙げられるが、試験の結果を得るまでに数日

表-1 南摩ダム諸元

項目	諸元
型式	コンクリート表面遮水型ロックフィルダム（CFRD）
堤高	86.5m
堤頂長	359m
堤体積	2,400千m ³
天端標高	EL.236.5m
常時満水位	EL.227.9
最低水位	EL.180.0m
堤体法勾配	上流側 1 : 1.805（フィルダム部1 : 1.800）
	下流側 1 : 1.900
総貯水容量	51,000千m ³
有効貯水容量	50,000千m ³

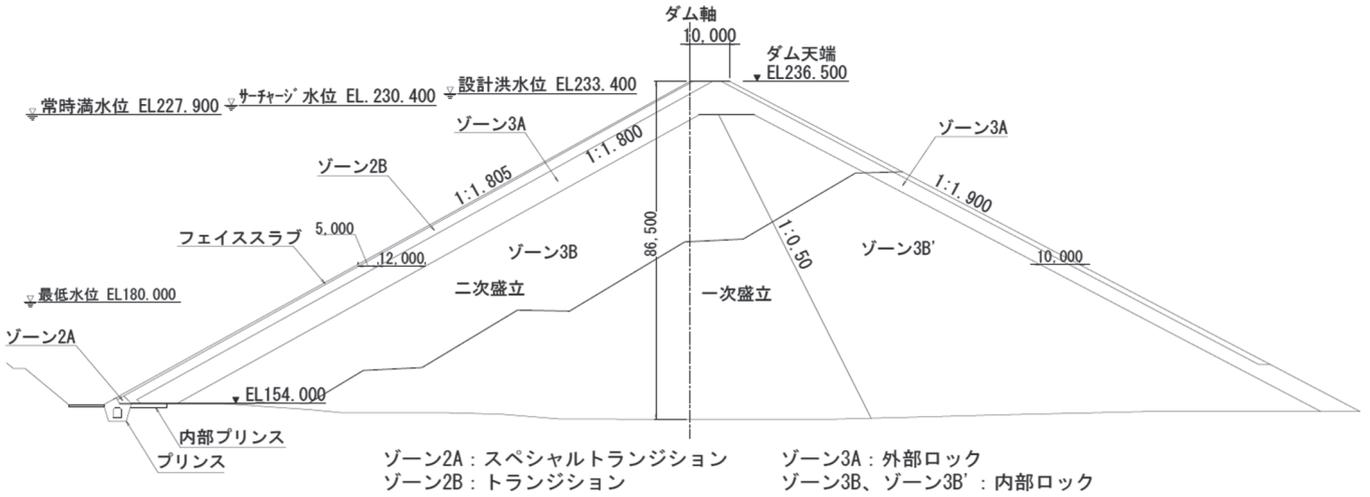


図-1 南摩ダム標準断面図

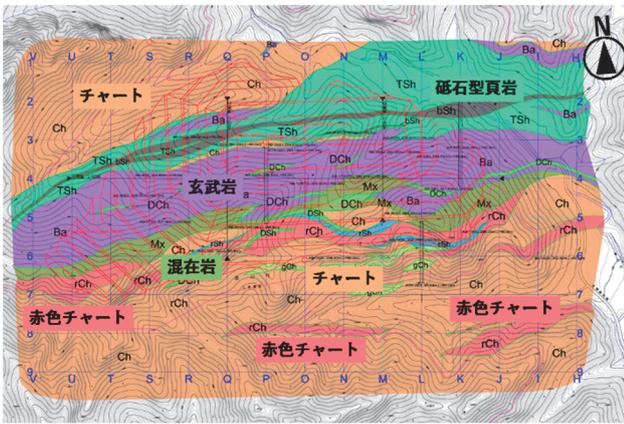


図-2 原石山想定地質図



エコーチップ (リープ硬さ)

帯磁率計 (帯磁率)

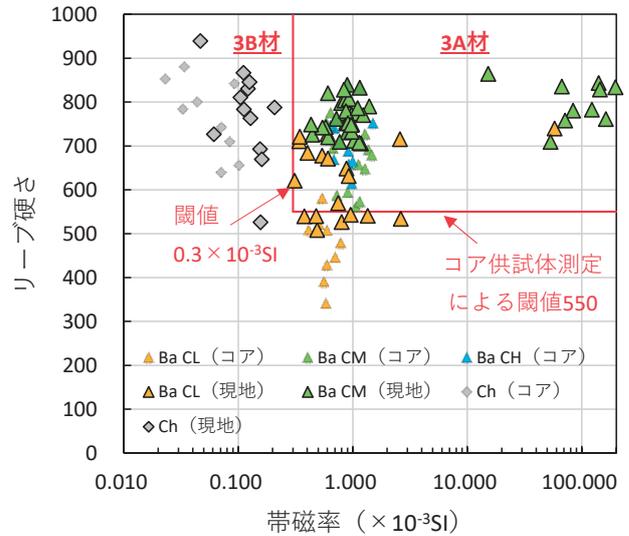


図-4 オンサイト測定

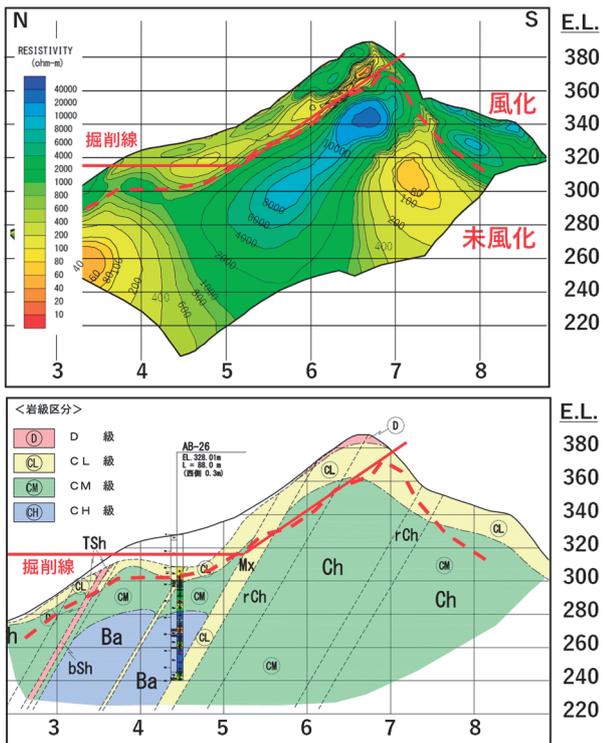


図-3 探査結果断面図 (上) および当初想定岩級区分断面図 (下)

を要する。そのことから、即日使用する本工事では、『迅速判定』という観点で有用性のあるオンサイト測定 (図-4) を判定手法の1つとして採用し、採取前の岩石に適用することで、盛立材の種類を即時かつ定量的に判定し、即日運搬を可能としている。

ここで、オンサイト測定とは、岩石の硬さ (岩級) と種類 (岩種) の違いを判別する手法であり、当現場ではエコーチップ硬度計および帯磁率計を用いて、事前に設定した閾値をもとに盛立材を判定している。

4. ダムサイト堤体盛立における取組み

4.1 UAV空撮画像を用いた粒度分布解析による盛立面での粒度管理⁴⁾

堤体盛立では、最大粒径が500mm以上の粗粒材料を使用するため、粒径が不揃いで荷下ろしや撒き出し時において、大塊が盛立面の外周部に偏りやすくなる傾向がある。従来は、オペレータや作業指揮者が、目視で不陸や粒度のバランスを確認し修正を行っていたが、明確な判断基準はなかった。

そこで、盛立面の粒度管理の定量的な判断を目的として、UAV (Unmanned Aerial Vehicle) 空撮画像を用いて、リアルタイムにAI画像解析を施すことで、盛立面上の材料粒径を算出し粒度分布の偏りを把握するシステムを開発・適用した。図-5にシステム運用状況および粒度分布算出フローを示す。本システムを活用することで、盛立面の粒度を定量的に判断でき、必要に応じて転圧前の再撒き出しをすることで粒度分布の安定した撒き出し面の供給を可能としている。

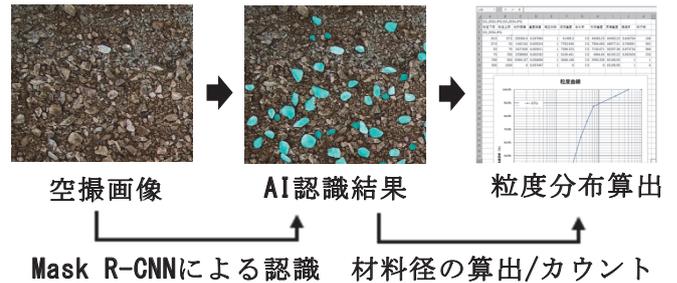


図-5 UAV空撮状況と粒度分布算出

4.2 振動ローラに搭載した加速度計による現場密度（地盤剛性値）の面的管理

南摩ダムでは、46t級ダンプトラックで運搬、32t級ブルドーザで撒き出した後、18t級振動ローラ（図-6）により所定の転圧回数で締固める。転圧後の堤体の品質は、水置換法による現場密度・透水試験で確認するが、実施頻度はゾーン3Bおよびゾーン3B'は100,000 m³に一回、ゾーン3Aは25,000m³に一回の抜き取り試験となっている。また、当ダムで用いるロック材（特にゾーン3B、ゾーン3B'）は、玄武岩やチャートなど、複数の単位密度が異なる材料を使用するため、締固め度にばらつきが生じることが懸念される。



図-6 18t級振動ローラ（型式：SV-900DV）

そこで標準の盛立面での品質管理試験に加え、振動ローラに加速度計を搭載し、地盤剛性値を面的かつリアルタイムに測定するシステムを導入している。図-7に標高170.0mにおける地盤剛性値のヒートマップを示す。品質管理基準となる現場密度（乾燥密度）と地盤剛性値の相関については、各ゾーンにおける適切な転圧回数を確認するために実施した現場盛立試験により確認しており、盛立全面において、間接的に現場密度を確認することで、堤体盛立の品質を確保している。

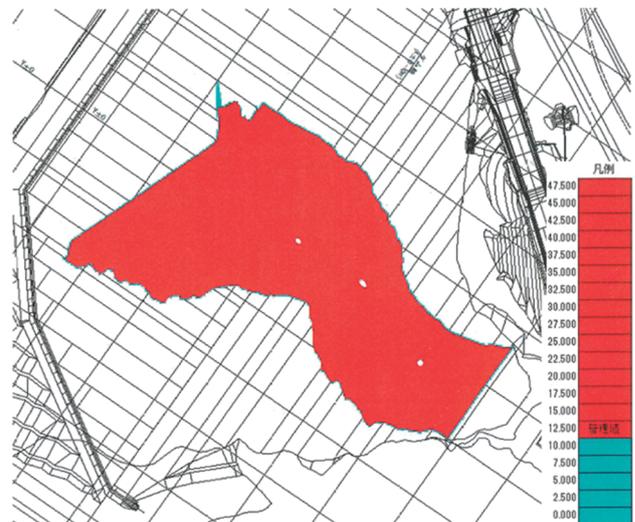


図-7 地盤剛性値のヒートマップ
（赤色のエリア：管理基準値を満足）

4.3 土工支援システム⁵⁾

近年、少子高齢化に伴う労働人口の減少や労働者の高齢化が進んでおり、現場の生産性向上は喫緊の課題である。その課題を解決するために、当社ではサイバーフィジカルシステム（CPS）を基盤とした『T-iDigital Field』を構築した。南摩ダムの堤体盛立においても、『T-iDigital Field』上における重機位置情報を活用することで、堤体盛立に関する進捗状況をリアルタイムで確認することができ（図-8）、材料の採取位置と盛立位置を記録して、追跡可能とすることでトレーサビリティを確保している。

将来は、他現場においても蓄積されたデータを用いて、工期全体にわたっての機械や人員の配置の検討など応用できる可能性が高いことを確認した。引き続き開発したアプリケーションの機能拡張を図ると共に、蓄積したデータの利活用を推進し、現場施工の更なる最適化を進める。

5. まとめ

現在、南摩ダム堤体盛立は下流側を先行して盛り立てる一次盛立を完了し、次の段階としてロック材だけでなく、トランジション材を加えた上流側を施工する二次盛立施工を行っている。これまでのロック材だけの施工でなく、ダムの遮水機能の要となるフェイススラブに隣接するという点から、これまで以上に丁寧かつ高品質な盛立施工が要求される。二次盛立においても、当現場では様々な当社保有技術を駆使することとなっており、それらについても順次報告する予定である。

謝 辞

本稿を記載した様々な技術の適用性検討にあたり、発注者独立行政法人水資源機構思川開発建設所に多大なるご協力を賜った。ここに謝意を示す。

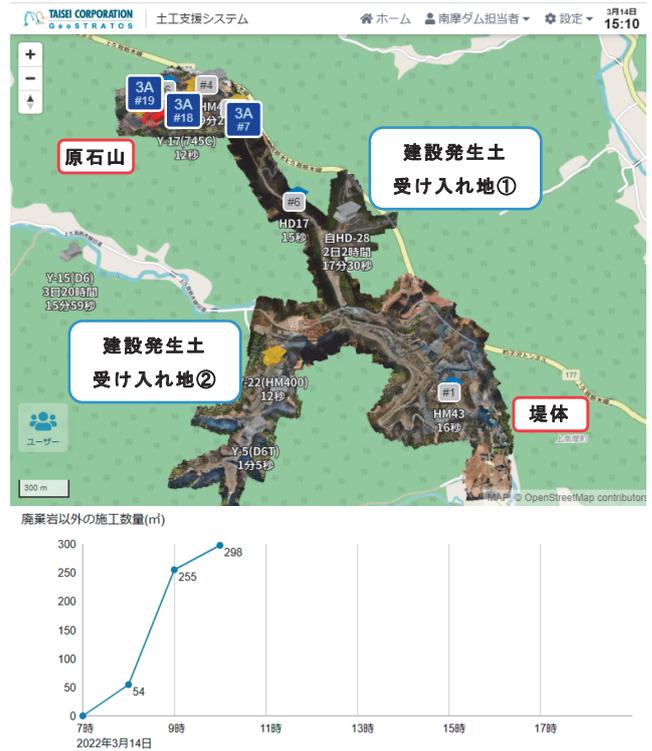


図-8 進捗状況アプリ画面

参考文献

- 1) 藤田ら：CFRD型式の南摩ダムの設計・施工（その1）－堤体・フェイススラブの設計－、ダム技術、No.436、pp29～42、2023.1
- 2) 山上ら：二次元比抵抗探査法を用いたダム原石山評価、令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会、2022.9
- 3) 居上ら：オンサイト測定法による原石山ロック材料品質の迅速定量評価、令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会、2022.9
- 4) 石井ら：AIを活用したダム盛立面の粒度管理システムの開発・実証、令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会、2022.9
- 5) 廣江ら：データ利活用による土工支援システムの実証～南摩ダム本体建設工事への適用～、令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会、2022.9

居上靖弘



大成建設(株)関東支店
南摩ダム本体建設工事
作業所 工事主任、博士(工学)
Dr. IKAMI Yasuhiro

大内田昌史



大成建設(株)関東支店
南摩ダム本体建設工事
作業所 工事課長
OUCHIDA Masafumi

岡谷 豊



大成建設(株)関東支店
南摩ダム本体建設工事
作業所 作業所長代理
OKATANI Yutaka

長井健二



大成建設(株)関東支店
南摩ダム本体建設工事
作業所 作業所長
NAGAI Kenji