

利賀 ダム本体・地盤変動域 の施工計画 について（報告）

南 皓介¹・藤本 真紀¹・井田 聡²

¹利賀ダム工事事務所 工事課 （〒939-1363 富山県砺波市太郎丸1丁目5番10号）

²利賀ダム工事事務所 工務課 （〒939-1363 富山県砺波市太郎丸1丁目5番10号）

利賀ダム本体建設工事に令和6年度からいよいよ着工し、本事業の根幹的なところに入っていく。ダムサイト周辺の地形は平場が少なく、左右兩岸ともに急傾斜でV字谷の様相を呈しており、更にダムサイト右岸直上流には地盤変動域が存在する。また、北陸有数の豪雪地帯でもあることから厳しい施工条件となる。本稿は、このような施工条件のもと立案したダム本体工と地盤変動域対策工の当初発注時の施工計画を報告するものである。

キーワード コンクリートダム、RCD工法、排土工、深礎工

1. はじめに

利賀ダムは、一級水系庄川の右支川である利賀川において、河口より約40kmの位置に建設予定の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、工業用水の確保を目的とした多目的ダムである（図-1）。総事業費は約1,640億円で令和13年度の完成を目標に、令和6年3月にダム本体工事に着手したところである。

近年、良好なダムサイトが減少する傾向にあり、地形・地質上の制約に応じた対策を必要とするダムが増えている。利賀ダムにおいてもダムサイト右岸直上に変動が認められる斜面が分布する等の条件を有している。

また、当該地域は北陸有数の豪雪地帯でもある。このような施工条件のもとダム本体工と地盤変動域対策工の施工を行っていくことから、本稿においてその施工計画について報告するものである。

2. 基本条件

(1) ダムサイト地質概要

ダムサイトの構成地質は、基盤岩として中生代ジュラ紀の船津花崗岩類とそれを貫く新生代新第三紀中新世の安山岩質岩脈（An）が分布し、基盤岩類を被覆して新生代第四紀の崖錐堆積物（dt）と現河床堆積物（rd）が分布する。船津花崗岩類は、花崗岩～花崗閃緑岩（Gr）と地下深部での圧砕作用により形成されたカタクレサイト化相（Grc）に区分される。カタクレサイト化相は、圧砕程度により岩石の硬さに違いが見られることから、重度（Grc3）、中程度（Grc2）および軽度（Grc1）の3つに細区分した。

地質層序を表-1、地質平面図を図-2に示す。ダムサイ

ト及びその周辺の断層系は37条が認められ、その構造



図-1 利賀ダム位置図

は主にNE系（高角度）、EW系（S傾斜中～高角度）、NS系（W傾斜中～高角度）、NW系（S傾斜中角度）の4系統である（図-3）。主要な断層の傾斜は、30°以上の中角～高角度を示すことが多く、破碎幅は概ね1m以下であり、大規模な断層は認められない。断層の傾斜は、30°以上の中角～高角度を示すことが多く、破碎幅は概ね1m以下であり、大規模な断層は認められない。

表-1 ダムサイト地質層序

地質時代			地質名	記号	岩相名	特 徴
新 生 代	第 四 紀	完新世	現河床堆積物	rd	-	ルーズな礫質土、砂質土からなる。 (含礫は円礫)
			産廃堆積物	dt	-	ルーズな礫質土、砂質土及び脆弱な粘性土からなる。 (含礫は角礫)
新第三紀中新世 ～白亜紀			貫入岩	An	安山岩	黒灰色～淡緑色を呈し、比較的 新鮮である。所々に白い方解石脈 が不規則にある。
中 生 代	ジュラ紀	船津花崗岩類	Grc3	Grc2	カタクレー サイト化相	モーションの色調。ヘアークラックが発達し、構 成鉱物の形が不明瞭。強変質(緑灰・淡褐色)
						色調、組織は不均質。ヘアークラックが認めら れる。中変質。(緑灰・淡褐色)
						花崗岩を中心部に残存し、カタクレーサイト化 が軽微。
			Grc1	Gr	花崗岩～ 花崗閃緑岩	黒灰色を呈する花崗岩～花崗閃緑岩。一部で は橙色を呈するカ)長石が卓越する部分を不 規則に含む。

(2) ダムサイト右岸上流の地形・地質概要

ダムサイト右岸上流の地形は、河床～EL.500m程度の中・低標高部の傾斜角は概ね45°，EL.500m以上の高標高部は概ね30°を呈している。過去の圧砕作用で形成され、熱水変質による白色粘土を介在する“カタクレーサイト化相”が流れ盤傾斜で広く分布する。河床から高さ約50～200mの斜面部は、孔内傾斜計の観測結果から一部で変動が認められる。これらは、「地盤変動域」としてL1～L3の3ブロックに区分した。(図-2中に表示及び図4、5)

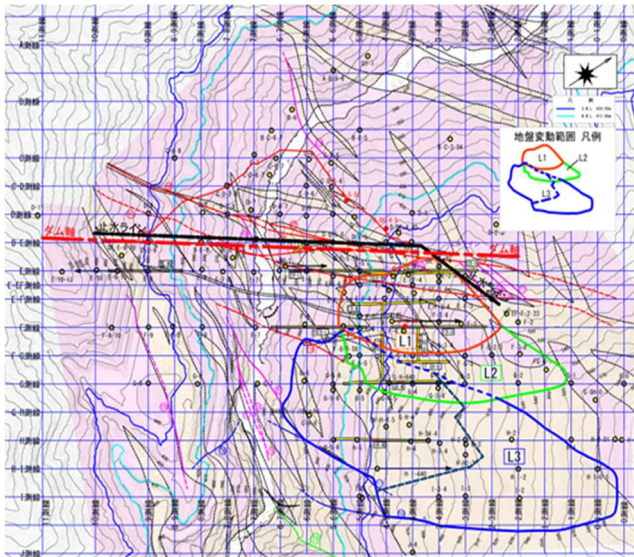


図-2 ダムサイト～右岸上流地質平面図

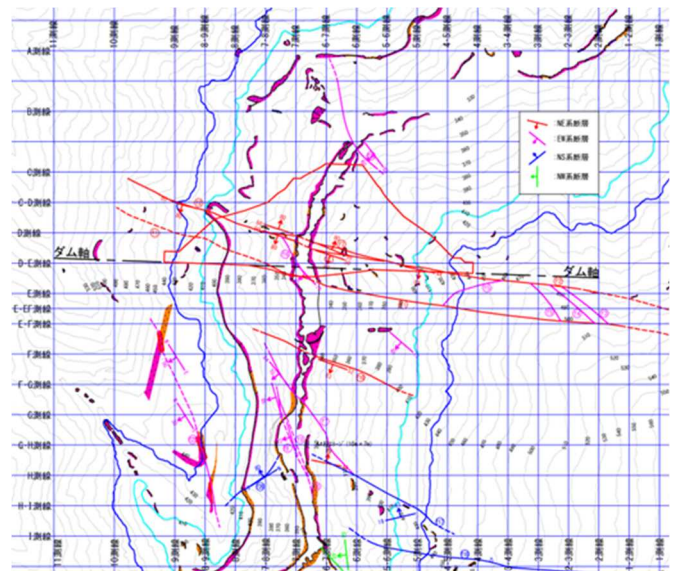


図-3 ダムサイト断層分布図

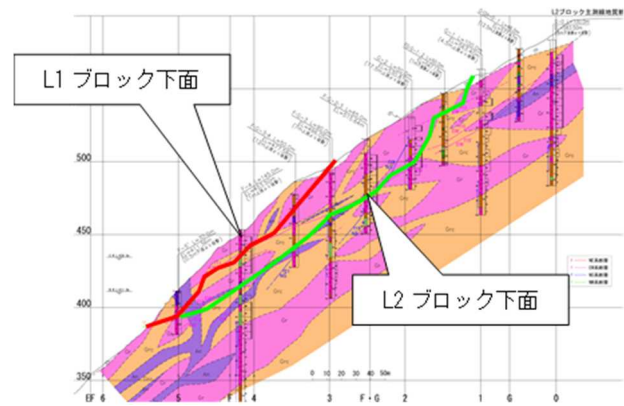


図-4 地盤変動域L1・L2ブロック地質断面図

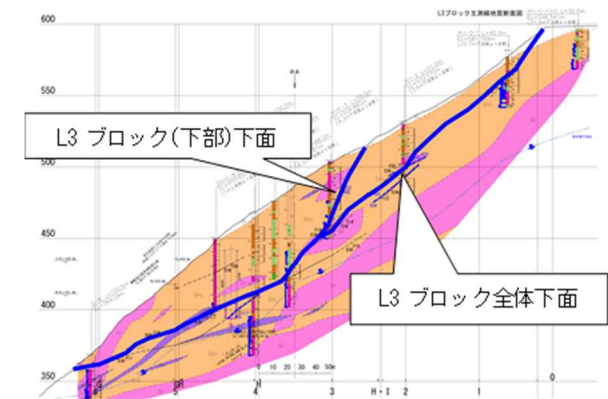


図-5 地盤変動域L3ブロック地質断面図

3. コンクリート打設計画

(1) 打設工法

利賀ダムのコンクリート打設方法は、面状工法を採用しており、EL419.0mまではRCD工法、それより上位はELCMを採用している。(図-6)

RCD工法とは、コンクリートダムの合理化施工法として我が国で開発されたもので、セメント量を少なくし、水和熱の発生を抑えた超硬練りのコンクリート（スラン

プ=0cm) をブルドーザで敷均し、振動ローラで締め固める工法である。RCD工法の概要図を図-7に示す。

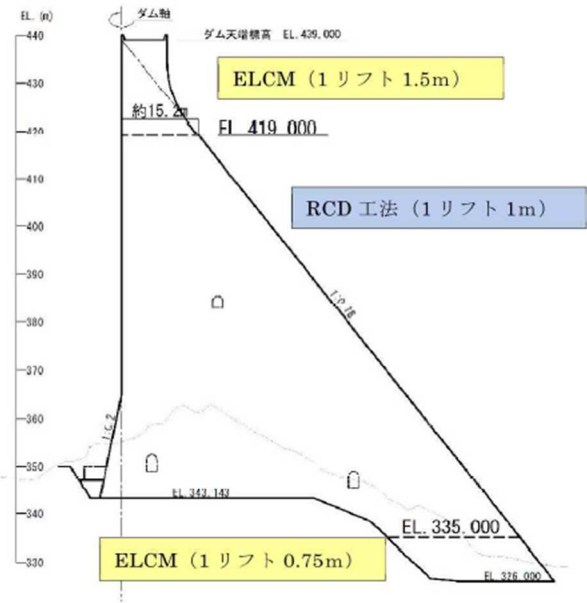


図-6 打設標高

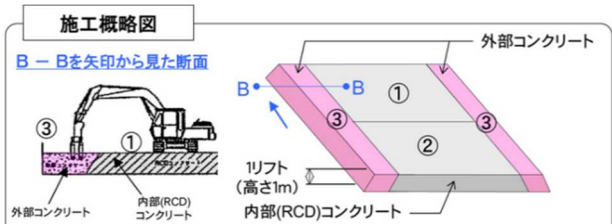


図-7 RCD工法概要図

(1) 施工時間及び施工可能日数

施工期間は、ダムサイトの積雪・気温条件に基づき、4月6日から12月5日までとし、施工可能日数は「働き方改革」に配慮して、4周8日として設定し、コンクリート工のRCDで平均15日/月、有スランプで平均17日/月とした。

利賀ダムでは、外気温条件や積雪深の条件に基づき、冬期休止期を設ける計画としており、コンクリート工の冬期休止期間は、日平均気温が4℃以下となる、または積雪深が50cm以上となる期間を対象として、12月6日～4月6日としている。（図-8）

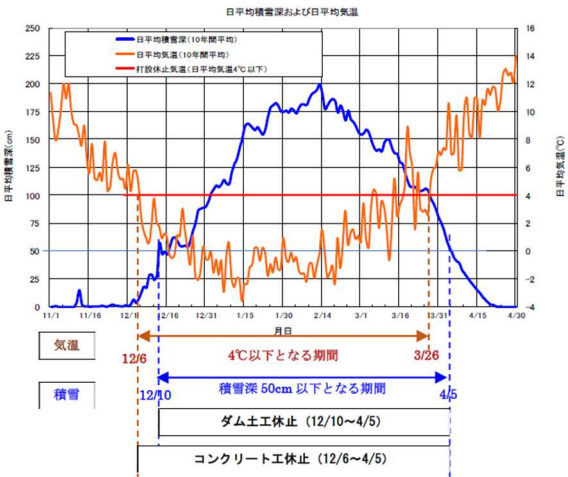


図-8 冬期休止期間

(2) 打設設備（1次選定）

RCD工法は、3日サイクル（中2日）での打設が最速打設となる。ただし、最大リフトを3分割で打設する設備ではその上下リフトで打設時間が短くなり、過大設備となるため、最大リフトを4分割とする設備能力が最適となることが多い。利賀ダムの最大リフトボリュームは6,000m³であるため日最大打設時間を18時間とすると、3分割の場合は、2,000m³(111m³/h)、4分割の場合は、1,500m³/日（84m³/h）の打設能力が必要となる。

上記の条件により、打設設備の比較案は、4分割施工に対応した打設能力（84m³/h）を有する固定ケーブルとSP-TOMを抽出するものとした。（表-2）

表-2 打設設備抽出表

打設設備	利賀ダムへの適用性	
固定式ケーブルクレーン	基礎掘削と並行して設備の設置が可能である。上空から全ブロックにコンクリート供給が可能であり、レール長が長い場合は堤体内にグラントホッパー+ダンプトラックで輸送することも可能である。	○
SP-TOM	近年、採用事例（竜沢ダム、嘉瀬川ダム、掛西川ダム、五ヶ山ダム）が増えており、堤体内にグラントホッパー+ダンプトラックで輸送する（参考資料1）。	○
タワークレーン	河床幅が狭いため、設備の設置が急峻による基礎掘削が完了した後となり、工程面で不利となる。	×
ダンプ直送	地形が急峻であることから、利賀ダムへの適性は低い。	×
走行式ケーブルクレーン	能力的に問題ないと考えられるが、地形変化が多くなり、環境面で劣ることや、経済性が不利である。環境面、コスト面を考慮すると利賀ダムには適さない。	×
軌道式ケーブルクレーン クローラクレーン	打設能力が低い傾向にあり、利賀ダムと同規模のダムでは採用実績がない。したがって、堤体積が約50万m ³ と大きな利賀ダムには適さない。	×
インクライン ベルトコンベヤ	利賀ダムと同規模ダムでの採用実績が少なく、堤体内の移動が煩雑となることなどから利賀ダムへの適性は低い。	×

(3) 打設設備（2次選定）

1次選定で抽出した2種類の打設設備を念頭に打設条件を施工可能日数や打設能力等の検討結果及び一般事例に基づき2案設定した。（表-3）

リフトスケジュールは、面状施工を前提として、各リフトボリュームと施工可能日数・打設能力から日単位で打設可能ブロックを比較検討した。

表-3 打設（リフトスケジュール検討）条件

項目	検討条件		備考
打設設備	【1案】ケーブルクレーン 20.0t×1基	【2案】SP-TOM+ケーブルクレーン13.5t×1基	
	輸送能力 93.5～114.9m ³ /h	輸送能力 70.1～144m ³ /h	・ケーブルクレーンの輸送能力は「ダム工事積算の解説H28年」に基づき算定 ・SP-TOMの輸送能力は他ダム事例を参考に設定
	作業効率 EL419m以上：0.64（構造物周辺等） EL329m～EL419m：0.92（一般部） EL329m以下：0.72（岩岩部）		・作業効率は「ダム工事積算の解説H28年」に基づく
コンクリート打設期間	4月～12月（4/6～12/5）		
週休制	4週8休		
打設可能日数	月毎・工法毎に設定		RCDとELCM別の各月施工可能日数に基づく（別表）
打設時間	最大18時間（資金対象時間18時間）		18時間/日の打設は連続3日以内とする。（施達時間考慮）
打設期間	RCD：最速3日サイクル（中2日） ELCM：最速5日サイクル（中4日）		
打設リフト	・岩岩部：ハーフ0.5m（0.5×6リフト＝3.0m） ・RCD：リフト厚1.0m（EL419m以下） ・ELCM：フィル厚1.5m（EL419m以上）		越冬後の長期放置ブロックは2箇月を越えることから2リフト4ハーフリフトで打設。
休止条件	放流管、取水設備による休止は考慮しない		検討結果に放流管・通廊等の設置+2ヵ月を加算

検討結果から、[1 案]（20tケーブルクレーンのみ）は計画事業工程案（4 年）を約4 ヶ月以上超過する。今後、放流管の据付等の打設制限を詳細に検討すると更に工期が長くなるリスクがあることが想定される。また、20 t 固定ケーブルは現在、製造されておらず、採用する場合は新しく製造する必要がある。

一方、2 案（13.5tケーブルクレーン+SP-TOM）は計画事業工程（4 年）内に収まる。

したがって、現段階では打設設備は、[2 案]（13.5tケーブルクレーン+SP-TOM）が適当と評価した。

4. 仮設備計画

(1) ダムサイト仮設備

骨材調整ビンの貯蔵量は、一般的な目安として最大打設月における日平均使用量の2～3 日分とされている。

ただし、この目安は、30km 程度ダンプトラックで運搬する場合であり、利賀ダムは3km 程度と比較的近距离にあること、及び左岸ダム天端の広場が比較的空間が無いことから最大打設日の1 日程度の骨材貯蔵を目安とした。

上記の条件より、ダム上流左岸天端に配置する主な仮設備を整理すると表-4の通りである。当該ヤードは狭いため通常のベルトコンベアでは離間距離を確保出来ないため、急傾斜ベルトコンベアを用いて接続する計画とした。

また、骨材プラントからダンプトラックで運搬される骨材は、セメントローリー車等と錯綜しないようにヤードの入り口（上流側）で仮設構台を利用して投入する配置とした。（図-8）

表-4 主要仮設備一覧

設備	設備諸元	備考
コンクリート製造設備	2 軸強制練 3.0m ³ ×2 台×1 基	
セメント貯蔵設備	1,000t×1 基	3 日分
コンクリート運搬設備	13.5t 固定式ケーブルクレーン×1 基 SP-TOM×1 条（φ700） トランスファーカー×1 基	
調整ビン	粗骨材 3 ビン（φ9.5m×H15.6m） 細骨材 2 ビン（φ8.5m×H13.4m）	最大打設日 1 日分

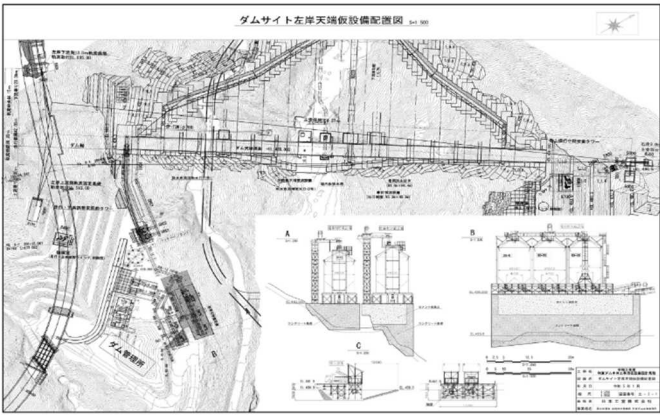


図-8 仮設備配置図

(2) 骨材プラント仮設備

リフトスケジュールで得られた結果より、骨材プラントの必要生産能力を算定した結果、Rp=280t/h（原石投入量329t/h）となる。

利賀ダムはトンネル工事により約580,000m³の骨材を調達できる見込みであり、原石山を設けていない。

当該プラントヤードに隣接して現場に仮置きされたトンネル掘削ズリは、40mm オーバーとアンダーに分けられているが、40mm アンダーのパイルにおいてもGmaxは100mm 程度であり、40mm オーバーサイズが多く含まれることから、全ての原石は一次破碎設備を通す計画とした。（図-9）



図-9 骨材プラント仮設備配置計画図

5. 地盤変動域

(1) 概要

地盤変動域は、計器変動位置と断層系の組合わせで想定される“想定ゆるみ面”との関連性が高く、“くさび状”に不安定化する傾向にあり、湛水に伴う崩壊が生じるリスクを有している。

崩壊した場合、ダム堤体や一般道路（国道471号）の破壊や貯水容量の圧迫など非常に危険であり、地盤変動域の対策が必要となる。

(2) 対策工

地盤変動域の対策工は、ダム同様に恒久的な安定性が要求されることから、「頭部排土工」を基本に「深礎工」，「アンカー工」を組み合わせで計画した。

地盤変動域ブロックは、比高差100～250mと大きく、必要抑止力は極めて大きく、アンカー工や深礎工等の抑止工単独で対応することは困難であるため、頭部排土を行い抑止力の低減を図り、抑止工を配置した。

各対策工の目的を表-5、対策工配置平面図及び基本レイアウトを図-10、図-11に示す。

表-5 各対策工の目的

対策工	目的
頭部排土工	地盤変動域変動の緩和・停止、必要抑止力を低減させる。
深礎工	排土工と併せて湛水に伴う不安定化を抑止する。
アンカー工	深礎杭の川側ブロックの安定性を確保する。

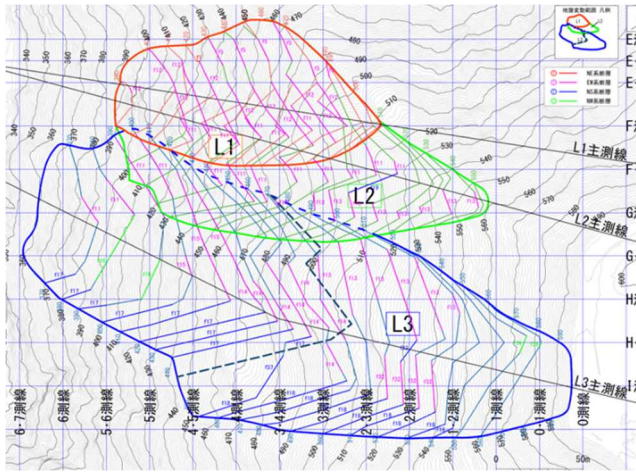


図-10 地盤変動域ブロック

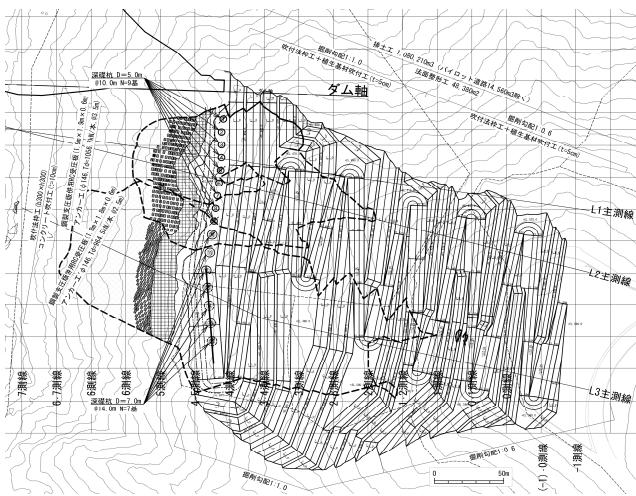


図-11 地盤変動域対策工配置平面図

6. おわりに

利賀ダムのダムサイト周辺の地形は平場が少なく、左右両岸ともに急傾斜であり、ダム本体右岸直上流に右岸直上流には地盤変動域を抱えており、施工に当たって高度な施工監理が求められる。そのため最新のDX技術導入による“施工の見える化”や地質情報等を適宜フィードバックする“情報化施工”を積極的に導入し、これらを有効活用し、今後の施工監理に努めていく所存である。

ダム本体の基礎掘削工事および地盤変動域対策の大規模な斜面排土工事が同時に進行することから、ダム本体掘削が下部にて、右岸地盤変動域対策の掘削がその上部にての同時作業となり、落石などの危険度を伴うため、安全管理が極めて重要となる。そのため、安全管理には十分留意し、現場内での事故等が発生しないよう安全管理も徹底し、大規模工事の施工を着実に進めていく。

謝辞：利賀ダム建設事業の推進にあたり、ご理解、ご協力をいただいている地元の皆様や関係機関の方々に深く感謝申し上げます。