

鵜川ダム洪水吐きにおける基礎掘削と基礎処理の施工

前田建設工業株式会社 正会員 ○中島 秀樹
前田建設工業株式会社 正会員 久慈 雅栄

1. はじめに

鵜川は新潟県柏崎市南部に位置する尾神岳を源とし、田谷川、上条芋川などの河川と合流しながら柏崎市の平野を流れる流域面積 108.7km²、延長 24.6km の二級河川である。新潟県では、鵜川流域の洪水被害の軽減、既得農業用水の安定化、河川環境保全等を目的とした鵜川ダム建設事業を行っている。

平成 16 年度から本体着工し、平成 19 年度転流、平成 23 年度に基礎掘削が完了している。現在進捗率は 41% で河床部のブランケットグラウチング、原石山・コア山の表土処理、洪水吐コンクリート工事が施工中である。

2. 鵜川ダムの諸元

鵜川ダムは、堤高 55.0m、堤頂長 267.0m、堤体積 968,000m³ の中央土質遮水壁型ロックフィルダムである。鵜川ダム諸元を表-1 に、鵜川ダム平面図を図-1 に示す。

表-1 鵜川ダム諸元

位置	新潟県柏崎市大字清水谷
形式	中央土質遮水壁型ロックフィルダム
堤高	55.0m
堤頂長	267.0m
非越流部標高	EL. 174.0m
集水面積	30.3km ²
湛水面積	0.44km ²
総貯水容量	4,700,000m ³
有効貯水容量	3,180,000m ³
常時満水位	EL. 161.5m
サーチャージ水位	EL. 169.2m
設計洪水位	EL. 172.0m
常用洪水吐	オリフィスによる自然調節 H3.35m×B4.65m×2門
非常用洪水吐	クレスト自由越流 H2.80m×B65.00m×1門
計画高水流量	230m ³ /s
ダム設計洪水流量	93.0m ³ /s

3. ダムサイトの地質概要

基盤岩は、新第三紀鮮新世～第四紀更新世の駒の間層よりなり、安山岩類（硬質安山岩及び自破碎状安山岩、軟質安山岩）を挟んで、下位に凝灰角礫岩類、上位に礫、砂、シルト層及び凝灰角礫岩が分布する。礫、砂、シルト層及び凝灰角礫岩は、強風化し軟質の著しい岩盤である。

4. 洪水吐流入部の掘削と法面对策

4.1 洪水吐流入部の設計

鵜川ダムの洪水吐は、延長 337m、躯体コンクリート量 61,000m³ である。流入部の構造は山側がもたれ擁壁構造、川側に延長 65.0m のクレスト自由越流方式非常用洪水吐が配置されている。もたれ擁壁部の掘削形状は、掘削勾配 1:0.4 (68 度) で掘削直高 17.8m であった。地質状況は掘削面上部は礫・砂・シルト層を挟む凝灰角礫岩で、D 級岩盤である。当該箇所は掘削→コンソリデーショングラウチング→仕上げ掘削・岩盤面

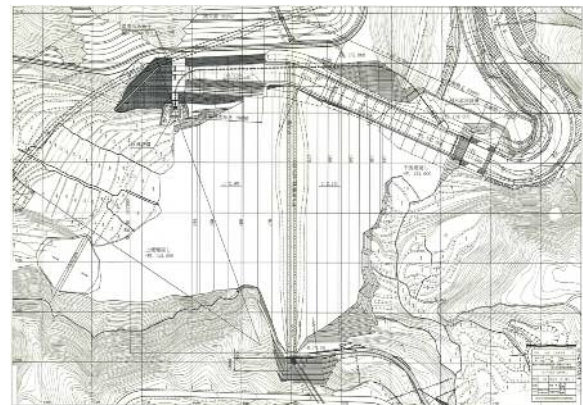


図-1 鵜川ダム平面図

処理→もたれ擁壁のコンクリート工事、の施工順序で計画していた。掘削完了後から擁壁構築まで工程上 3～5 年程度の期間があり、地山のスレーキングや安定性が問題であるため、洪水吐掘削の開始に先立ち山側

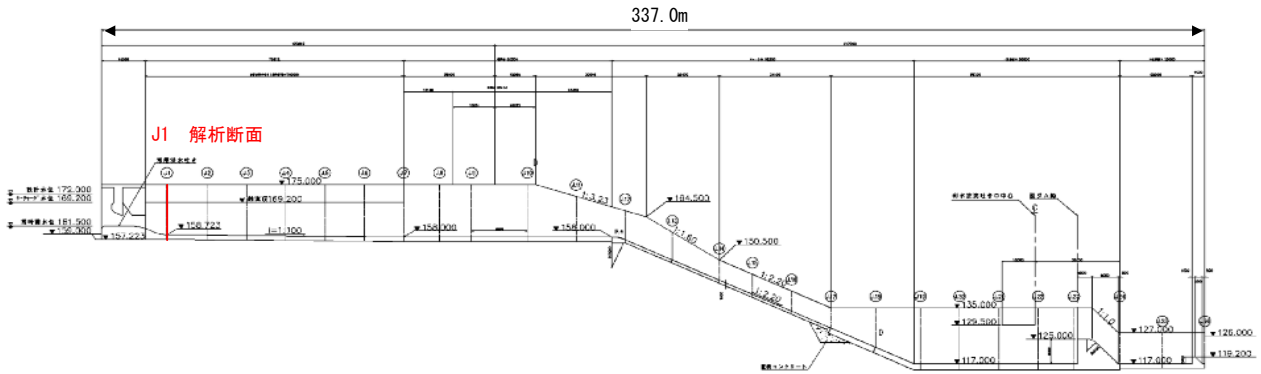


図-2 洪水吐縦断面図

のもたれ擁壁部の掘削法面について安定性と法面对策について検討を行った。安定計算は、D級区分の比率及び比高差が一番大きな「J1断面（掘削勾配 1:0.4(68度) 掘削直高 17.8m）」を選定した。（図-2, 図-3）

計算ケースは、常時及び地震時に対して、地下水の有無及び水位低下時（サーチャージ水位から常時満水位へ低下した場合）を考慮して計6ケースとした。（表-2）土質定数は、平成6年度鶴川ダム地質総合解析¹⁾の試験値をもとに設定した。法面安定解析の条件と結果を表-3に示す。これにより掘削法面の形状は安全性が有していると考えられた。

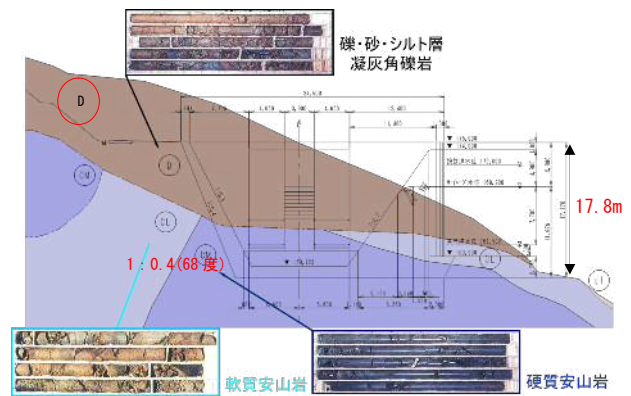


図-3 J1断面図と地質

しかし、D級層に関しては、①長期的な時間経過（掘削完了後、コンソリデーショングラウト→仕上げ掘削岩盤面処理→もたれ擁壁の構築）が必要となるため、凍結融解や風化作用により表層崩壊が予想される。②長岡労働基準監督署との協議により、「掘削勾配は、堅牢な岩盤であれば 1:0.27 (75度)、その他の地山と判断される場合は、1:0.6 (60度) より緩い勾配とする」との指導を受けている。（表-4）③北陸地方整備局の「床掘勾配及び小段幅」の基準では、全掘削高 5m 以上の場合、「1:0.6 で下から H=5m ごとに 1m の小段を設ける」よう示されている。ことより、表層崩壊が生じるという設定のもと、法面对策工を検討した。

表-2 解析ケース（6 ケース）

Case1-1	常時	地下水考慮なし
Case1-2	常時	地下水考慮あり
Case1-3	常時	水位低下を考慮
Case2-1	地震時	地下水考慮なし
Case2-2	地震時	地下水考慮あり
Case2-3	地震時	水位低下を考慮

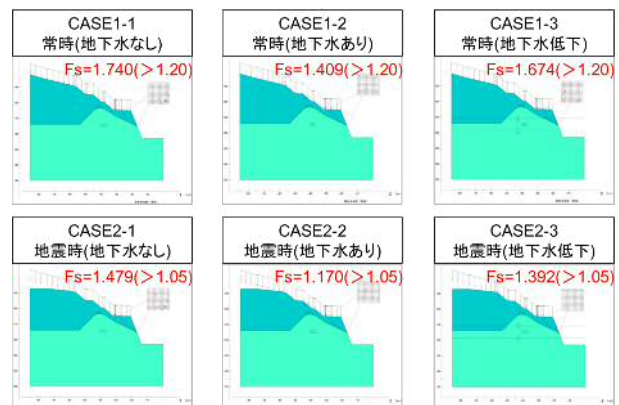
表-3 解析条件と結果

内部摩擦角	$\phi' = 30^\circ$	(D級)
粘着力	$C' = 100\text{kN/m}^2$	(D級)
上載荷重	16.43kN/m^2	積雪4.5m
計画安全率	常時	$n = 1.20$
	地震時	$n = 1.05(kh = 0.15)$

4.2 流入部の法面对策の検討

法面对策の検討条件として①D級岩盤表層部の地山強度は、時間経過とともに礫質土程度まで低下すると考え、安全衛生規則によりD級岩盤の掘削時の安定勾配は60度とする。②流入部山側にあるダム天端道路に影響を及ぼさない工法とする。③D級岩盤区分の比高差が最も大きい断面として、この直高を11mとする。以上より4つの対策工を比較検討した。（表-5）

法面对策工の施工性に加え、次工程にある基礎処理工のコンソリデーショングラウチングの施工や洪水吐

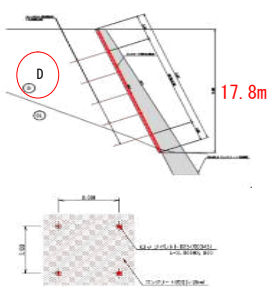
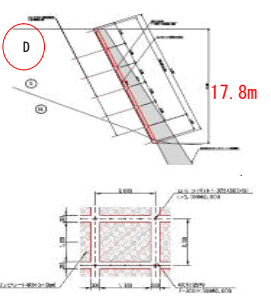
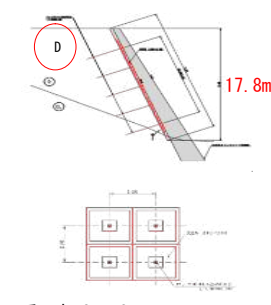
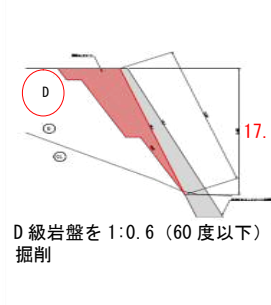


コンクリート背面に位置するアンダードレーンの施工等を考慮し順位付けを行った。比較検討結果より A 案（コンクリート吹付+ロックボルト工）を採用した。また、ロックボルトの頭部を擁壁内に残しても問題ないため、存置したままもたれ擁壁を施工するものとした。

表-4 掘削面の勾配基準（安衛則第 356 条）

地山の種類	掘削面の高さ	掘削面の勾配
岩盤又は 堅い粘土からなる地山	～ 5m未満	90度（直）
	5m以上 ～	75度（1:0.268）
その他の地山	～ 2m未満	90度（直）
	2m以上 ～ 5m未満	75度（1:0.268）
	5m以上 ～	60度（1:0.577）

表-5 法面对策工の検討

検討案	A案	B案	C案	D案
	CO吹付工 +ロックボルト工	法枠工 +ロックボルト工	FFU受圧板 +ロックボルト工	掘削除去 +間詰めCO工
概略図				
構造特性	不安定土砂：ロックボルト工 法面安定：CO吹付工	不安定土砂：ロックボルト工 法面安定：法枠工	不安定土砂：ロックボルト工 法面安定：FFU受圧板	不安定土砂：掘削除去 法面安定：間詰めCO工
施工性	逆巻き工法での施工可能 グラウチング施工(Br削孔)で CO吹付貫通が必要 ドレーン排水工施工でCO 吹付の一部撤去が必要	逆巻き工法での施工可能 グラウチング施工(Br削孔)で CO吹付貫通が必要 ドレーン排水工施工で法枠 工・CO吹付の一部撤去が 必要	逆巻き工法での施工可能 グラウチング施工(Br削孔)で 受圧板貫通が必要 ドレーン排水工施工で受圧 板の一部撤去が必要	間詰めCO施工に足場が必要 グラウチング施工(Br削孔)で 間詰めCO貫通が必要 ドレーン排水工施工で間詰め COの大規模な一部撤去 が必要

4.3 洪掘削と法面对策工の施工

ブルドーザー(21t級)での掘削・人力での仕上げ掘削(厚さ50cm)、スレーキング防止のためエアークリーニングを中心とした岩盤面清掃、河川管理者の地盤検査、の順序で施工した。地盤検査合格後、ラス張り、コンクリート吹付、ロックボルト、直高11mの掘削を逆巻き工法で3段階に分けて施工を実施した。(図-4)ロックボルトの配置は、コンソリデーショングラウチングに合わせて2m間隔とした。コンクリート吹付は、寒冷地域は吹付厚10cm以上必要とあることから、他ダムの実績、のり面・斜面安定工指針³⁾を参考に吹付厚さ20cmとした。



図-4 ロックボルト施工状況

地質区分については、上部が凝灰角礫岩、下部は上流側が硬質安山岩、下流側が軟質安山岩から構成され、軟質と硬質の安山岩に挟まれて土石流性堆積物の礫・砂・シルト層、シルト質礫層が分布していた。(図-5)

施工後の安全管理として、対策工施工面の光波測距儀による定点観測とD級岩盤が最も深く確認された箇所、孔内傾斜計による動態観測により、地山の挙動がないことを確認した。



図-5 地質区分図

5. 洪水吐コンソリデーショングラウト

5.1 目的

コンソリデーショングラウチングは、主カーテングラウチング上流側の洪水吐基礎岩盤の「遮水性の改良（揚圧力の低減）」を目的として、4mピッチで深度5mの部分について10Luを目標に改良を行う計画である。

5.2 施工状況

1次孔、2次孔の4m格子が規定孔、中央内挿法で施工する。洪水吐部グラウトの概要を図-6に示す。構造物の鉄筋をボーリングで切断することがないように、基礎掘削後コンクリート工事前にグラウト作業を行う。コンソリデーショングラウト施工範囲の外周には浸透流の抑制とコンソリデーショングラウトの改良効果を高めるため、副カーテンが配置されている。副カーテンの施工から着手し、コンソリデーショングラウトを底盤から法面部（勾配1:0.4）へと施工中である。注入仕様を表-6、注入の初期配合と配合切り替え基準を表-7に示す。

底盤部のコンソリデーショングラウトについてはテストグラウトの結果5次孔（最小孔間隔1.4m）までを規定孔とすることとなり、順次施工中である。また、注入中のリーク対策として、カバーコンクリートの試験施工、硬質安山岩板状節理への効率的な注入を目的として、超微粒子セメントを使用した試験施工を実施中である。

法面部のグラウト作業は、1、2次孔までの注入がおおむね完了しているが、改良目標値10Lu以下までは達していない。ボーリング架台として図-7のように仮設のステージを施工し、順次施工中であるが、追加孔を施工する場合は、ボーリング架台を組み替える（削孔位置の高さを変える）必要があり、施工に手間と時間がかかっている。軽量で移動が容易にできるボーリングマシンの開発やボーリングステージの合理化が今後の課題である。

6. おわりに

鶴川ダム本体建設工事は平成16年に着工し14年目の施工となっている。今後も引き続きグラウトの施工、洪水吐コンクリート躯体工事、堤体盛立、原石山掘削・長大法面の法面保護など平成36年の完成に向け、工事の安全を最優先とし、品質の確保・施工の合理化に努めていきたい。

参考文献

- 1) 八千代エンジニアリング（株）：平成6年度鶴川ダム地質総合解析
- 2) 日本道路公団：切土補強土工法設計施工指針 H14.7
- 3) （社）日本道路境界：道路土工 のり面・斜面安定工指針 H11.3

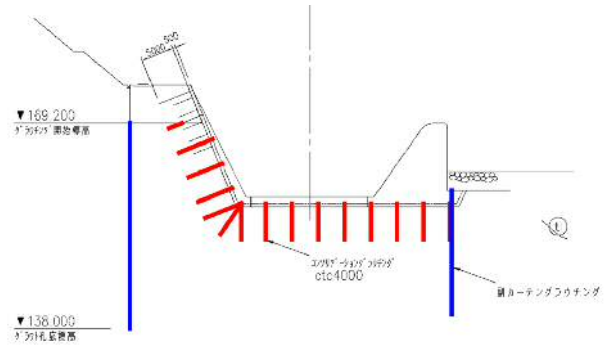


図-6 洪水吐部グラウト概要図

表-6 コンソリデーショングラウト施工仕様

改良目標値	10Lu
水押し試験	0.10⇒0.20⇒0.30 (Mpa)
注入圧力	規定圧力0.3MPa
注入材料	高炉セメントB種
注入速度	最大注入速度 40/min/m

表-7 配合切り替え基準（リットル）

C/W	Lu<10	10≤Lu<20	20≤Lu
1:8	600		
1:6	600	600	
1:4	600	600	600
1:2	600	600	600
1:1	制限注入量まで	制限注入量まで	制限注入量まで
制限注入量	4,000	4,000	4,000

図-7 法面部コンソリデーショングラウト施工状況

