

# ダム付替道路における地山崩落箇所の対応について

河原 光佑<sup>1</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 足羽川ダム工事事務所 工務課 (〒918-8239福井県福井市成和1丁目2111)

足羽川ダム工事事務所は足羽川ダム本体・水海川分水施設および付替道路整備を推進している。付替道路工事の切土工および鉄筋挿入工を実施する箇所において、崖錐層があることが判明し、地山崩落も確認された。脆弱な斜面状況においても切土工が可能な対策工法を3案選出し、施工性・安全性・経済性から比較検討をした結果、高所法面削岩機による切土工を採用した。同工法の実用性を確認したことから、本文では足羽川ダム付替道路工事の概要と地山崩落箇所の対応事例について報告する。

キーワード 切土工, 崖錐層, 地山崩落, 高所法面削岩機

## 1. 足羽川ダム建設事業の概要

### (1) 足羽川ダム本体および導水トンネルの事業概要

足羽川ダムは、九頭竜川水系足羽川の支川部子川（福井県今立郡池田町小畑地先）（図-1）に建設する高さ96m、総貯水容量28,700千<sup>3</sup>m、有効貯水容量（洪水調節容量）28,200千<sup>3</sup>mの重力式コンクリートダムである。下流地域の洪水被害軽減を目的としており、平常時は水を貯留しない洪水調節専用の流水型ダムである。

足羽川ダム建設事業は、河川整備計画期間内に整備する足羽川ダム本体・水海川分水施設（分水堰・導水トンネル）および付替道路を令和11年度完成に向け、現在工事中である。また、将来計画として、足羽川、割谷川および赤谷川から洪水を導水する計画である（図-2）。

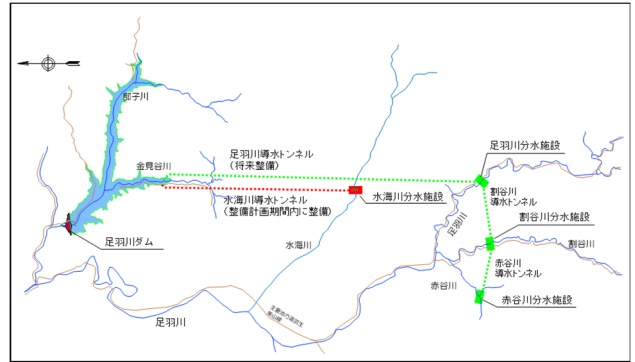


図-2 足羽川ダム計画平面図



図-1 足羽川ダム位置図



写真-1 ダム本体工事進捗状況写真(2024年6月撮影)

2024年6月末時点の事業進捗状況は、ダム本体は堤体打設が約33%完了しており、河床部放流設備の据付を行っている（写真-1）。導水トンネルは約84%の掘削が完了している。

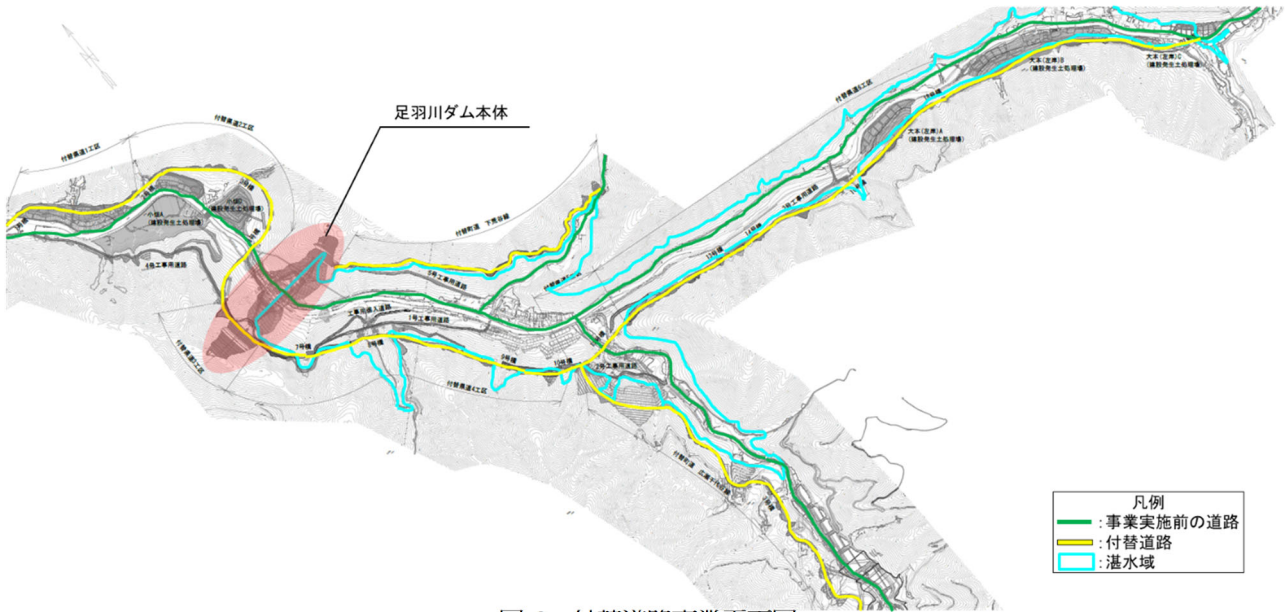


図-3 付替道路事業平面図

(2) 付替道路事業の概要

足羽川ダム建設に伴い、県道・町道等がダム洪水調節時に通行不能となることから、道路管理者である福井県および池田町と協議のうえ、道路を貯水位より高い位置に付け替える事業を推進している。事業延長はそれぞれ付替県道約6.1km、付替町道約4.5kmである。また、付替道路事業において計15橋の橋梁施工を予定している。2024年5月末時点の付替道路事業は進捗率30%である。

2. 付替道路工事の土工部の概要について

足羽川ダム建設事業に伴う付替道路工事は周辺の現場条件・施工条件・経済性等を鑑みて設計を行い、貯水位より高い位置に付け替えるために、平地部および谷部は橋梁や盛土を、山岳部は掘削（切土）および擁壁を実施している。以下は、山岳部の法面工事における施工内容を示す。

図-4に示すとおり、本事務所の付替道路工事の土工部は、1. 地山を掘削する「切土工」、2. 切土部が円弧滑り等による斜面崩落を防ぐために、法面に向かって補強材（鉄筋）を挿入し岩着させる「鉄筋挿入工」、3. 地盤が脆弱である場合は、地耐力の向上を図るために地面に向かって補強材（鉄筋）を挿入し岩着させる「圧縮補強土工」、4. 道路基面を造るために、鉛直な壁面を構築する「補強土壁工」の施工手順で実施している。また鉄筋挿入工では、確実な補強材の形成および工期の短縮を図るべく、削孔に際しパイプを掘進させながらパイプの先端よりセメントミルクを噴射する削孔同時注入方式を部分的に採用している。

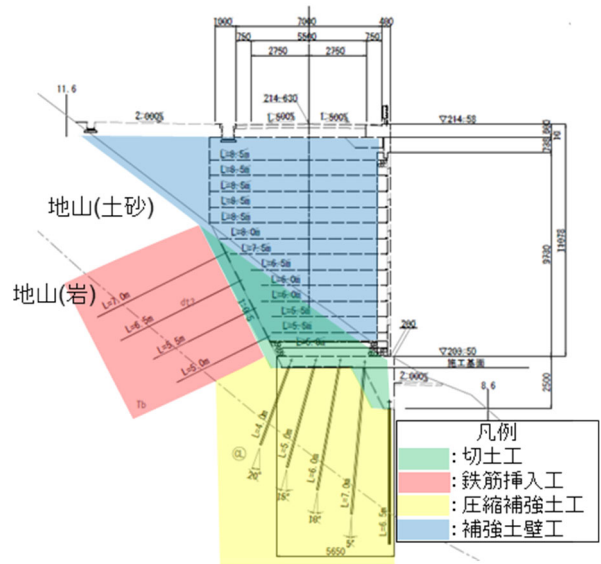


図-4 足羽川ダム付替道路の土工部の施工内容例

3. 地山崩落とその対応

(1) 工事内容

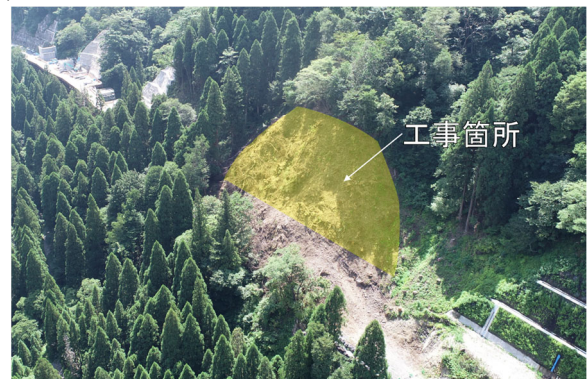


写真2 地山崩落箇所の工事着手前の写真 (2023年8月撮影)



写真-2は付替道路工事中に地山崩落が発生した箇所の工事前の写真である。当該箇所は切土法面高さ約29m、勾配1:0.5の4段法面とし、切土法面が土砂層や軟岩層である場合は中硬岩層に到達するよう鉄筋を挿入し、岩着させる設計である(図-5)。また、施工は地山崩落等の危険性が低い法面最上段から切土工および鉄筋挿入工をする「逆巻き施工」で実施し、法面最上段へ施工機械を到達させるために、バックホウでパイロット道路を形成しながら、切土工を実施する計画としていた。

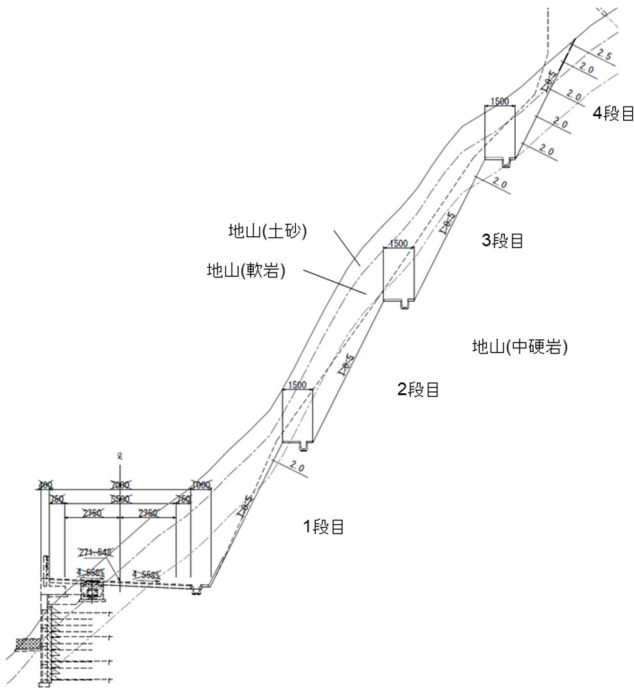


図-5 工事箇所の標準横断面図

## (2) 地山崩落

パイロット道路の施工中に、当該箇所の地山が崖錐と呼ばれる急崖または急斜面上の風化岩片が落下し、多様な粒径が、不均質に混じり合った崩土から形成された地形であることが判明した。崖錐上を歩くような不安定な地山であり、地山の脆弱さを確認するために、バックホウで試掘したところ写真-3に示す地山崩落が発生した。

## (3) 対応策

上記の現場条件から、当初計画であるパイロット道路を形成しながらバックホウで地山を掘削することは、更なる地山崩落を招き、工事事故の要因となり得る。崖錐層が存在する斜面状況においても切土工が可能な対策工法が必要であることから、以下の3案の施工性・安全性・経済性を比較検討した(表-1)。

- ①：高所法面削岩機による切土工
- ②：昇降路の設置、小型バックホウによる切土工
- ③：工事用道路設置、小型バックホウによる切土工



写真-3 地山崩落(コマ送り)(2023年11月撮影)

①は十分な強度を持つ2本のワイヤーを高所法面削岩機およびアンカー（当該施工箇所はその代替となる法面上部の立木）に接続し、アンカーを起点とし高所法面削岩機を吊り下げ、切土をする方法である。②は法面に構台を設けることで進入路を確保し、小型バックホウを用いて切土をする方法である。③は土のうや袋詰玉石等を積み、裏込め部は盛土とすることで、施工機械の進入路を確保し、小型バックホウを用いて施工する方法である。

施工性について、①はアンカーと法面削岩機をワイヤーで接続後、ただちに着手可能となり、切土は約1ヶ月の施工期間で完了する。一方で②は作業構台の資材搬入および搬出が必要になり、設置および解体が人力となるため、施工期間は約2ヶ月を要する。③は工事用道路を設置するための袋詰玉石が約1,000袋、盛土が約1,500m<sup>3</sup>必要となり、施工期間は約3ヶ月を要する。以上より、施工性は①が優位である。

安全性において、①は機体の落下・転落等による工事事故の可能性が懸念点として挙げられるが、施工前にアンカーの強度を測定する引張試験を実施し、高所法面削岩機の重量の1.5倍の安全率があることを確認する。また、1本でも機体を支持する十分な強度を発揮するワイヤーを二重化することで、一方のワイヤーの破断が生じたときに、他方のワイヤーで高所法面削岩機を支持され、滑落等を防止できる。一方で、②および③は掘削箇所までは到達可能であるが、掘削作業時は小型バックホウが土足場となり、当該箇所の現場状況においては、小型バックホウが土砂崩落により転落する可能性を伴うため、安全性の確保が不十分であると考えられる。以上より、安全性は①が優位である。

経済性について、①は高所法面削岩機での掘削および法面整形の費用のみが計上されるが、②および③に作業構台や工事用道路の設置費用が伴うため、①が優位である。

よって、施工性・安全性・経済性において①の高所法面削岩機による切土工が他の工法よりも優位であることから、当該箇所は①の工法を採用して施工することとした。

表-1 切土工の工法比較検討表


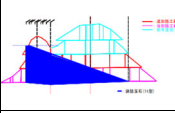
工法	高所法面削岩機による法面掘削 (RCM工法)	システム足場+小型バックホウ	袋結玉石+小型バックホウ
概要			
施工性	【1工程】 表地上方に立木を適宜アンカーとする。バックホウ規格0.2m3級(RCM06型)にて施工。重機道路等を必要としないため速やかに施工が可能。 土工で約1ヶ月 (鉄筋挿入工は除く)	【2工程】 システム足場はラフアレーンクレーンによる積材の搬入搬出が必要となり、設置・解体は人力となる。 システム足場設置後の掘削作業においては、バックホウ規格が2t (0.06m3級)クラスと小型となる。 システム足場+土工で約2ヶ月 (鉄筋挿入工は除く)	【2工程】 工事用道路を確保するために袋結玉石約1000t、盛土が約1500m3必要となる。 現地状況により、バックホウ規格は0.28m3級(定格総重量1.7t)、袋結玉石の規格は1t型となる。工事用道路を構築する時間が必要となる。 袋結玉石 (工事用道路) +土工で約3ヶ月 (鉄筋挿入工は除く)
安全性	ワイヤーを2本使用することで、ワイヤー・反力支点の安全率は1.5となる。上部旋回体は水平になり通常のバックホウの作業と同じ作業が可能。また、キャタピラと旋回体間に空間ができることで掘削土がすり抜ける。	切土法面が崩壊した場合、システム足場上に土砂が増積し、足場が倒壊する可能性がある。システム足場組立解体の施工においては、急峻な法面での作業となる。	袋結玉石の積み段数に対しての安定計算による安全確認が必要となる。
経済性	高削 (高所法面削岩機) 1,300万円 法面整形 (高所法面削岩機) 840万円 総額: 1,440万円	システム足場 設置・撤去 1,600万円 掘削 (小型機械)・法面整形 1,100万円 総額: 2,700万円	袋結玉石 ①製作・設置②撤去 800万円 掘削 (0.28m3級)・法面整形 480万円 盛土 (設置・撤去) 460万円 総額: 1,740万円
評価	◎	△	△



写真-5 地山崩落箇所の工事完成後(2024年3月撮影)

(4) 高所法面削岩機による切土工の実施

写真4は高所法面削岩機を活用した切土工の状況である。主ウインチ(巻き上げ機)が機体本体に取り付けられているため、ワイヤーにズレが生じないこと・キャタピラを地山に定着させた状態での移動が可能であるため、不要な落石を防止できることが分かる。また、上部旋回体は、リフティング装置により常に水平な状態を確保でき、急峻な斜面においても通常のバックホウと同程度の作業が可能となる。当該箇所の工事においては無事故で終えられ、その実用性を確認した。写真5は完成した工事の写真である。



写真4 高所法面削岩機を活用した施工状況 (2024年1月撮影)

4. まとめ

今回の施工箇所では、切土工および鉄筋挿入工を実施する予定だったが、施工中に地山崩落が発生した。脆弱な斜面状況でも切土工が可能な対策工法を3案選出し、施工性・安全性・経済性の観点から比較検討した結果、高所法面削岩機による切土工を採用し、無事故で工事を終えることができ、その実用性を確認できた。

また、高所法面削岩機は遠隔操作での施工も確立されていると聞いており、施工性および安全性の更なる確保が期待される。

謝辞: 本工事(足羽川ダム付替県道6工区土工12改良工事)の受注者(石黒建設株式会社)の監理技術者、現場代理人をはじめ、地山崩落に対応いただいた関係者の皆様には、多大なるご協力いただきました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1)足羽川ダム工事事務所ホームページ: <https://www.kkr.mlit.go.jp/suwa/>
- 2)けんせつPlazaロッククライミングマシンによる法面掘削工法 | 法面工 | 高所機械施工協会: <https://www.kensetsu-plaza.com/catalog/post/32537>