

ダム貯水池における大規模地すべり対策設計の事例

基礎地盤コンサルタンツ株式会社 中部支社 正会員 ○近藤光広
内藤真弘
江藤 崇
諸星哲也

1. はじめに

徳山ダムは日本一の総貯水量 6 億 6 千万 m^3 を誇る日本最大級のロックフィルダムである。平成 24 年 5 月、貯水池の北側を通る国道 417 号の櫛原（はぜはら）地区において道路面や山側の擁壁に変状が見られ、地すべりが確認された。地すべり規模は幅約 150m、比高差約 130m、最大層厚約 40m と大規模なものであり、地すべりの発生で地域交通の寸断やダム貯水池への影響が懸念される状況であった。

本報告は徳山ダム貯水池周辺において大規模地すべりの対策設計を行った事例について報告するものである。



図-1 位置案内図

2. 地すべり変動状況

現地の変状は写真-2～写真-3に示すように、道路施設の切土末端擁壁・路面舗装・橋台取付擁壁などにクラックが見られ、その変状は徐々に拡大が見られる状況であった。

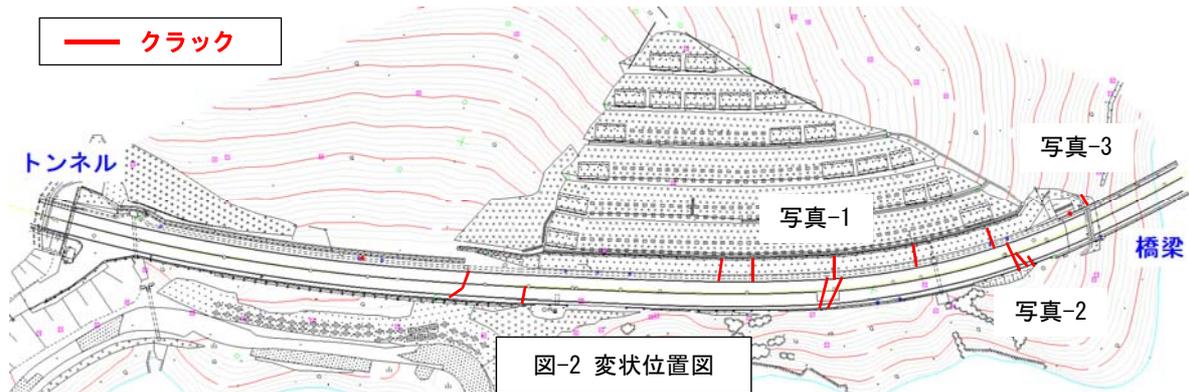


写真-1 切土末端擁壁クラック



写真-2 路面舗装クラック



写真-3 橋台取付擁壁クラック

地すべり機構を把握するためにボーリング調査を行うとともに、地盤伸縮計、パイプ歪計、地盤傾斜計などを設置して動態観測が行われた。その結果、地すべりブロックは写真-1、図-3に示すように切土法面を含む尾根部全体がブロックとなる実に 70 万 m³ もの大規模なものであり、大ブロック（Aブロック）の中に小ブロック（Bブロック）が存在することが分かった。



写真-1 地すべり箇所空中写真

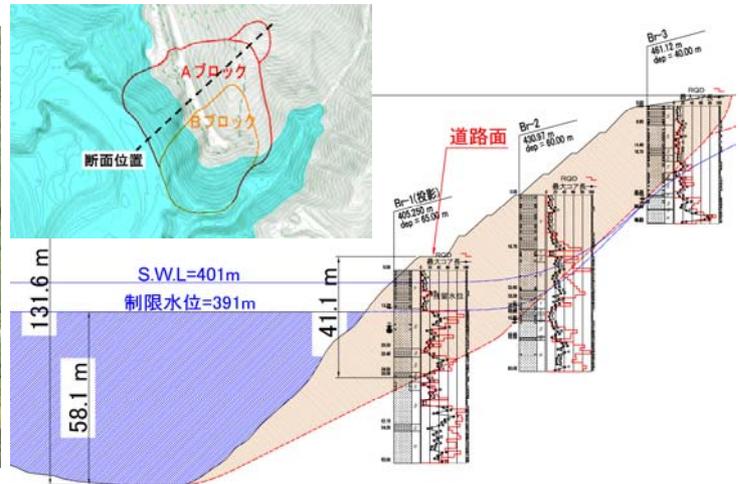


図-3 地すべりブロック平面・断面図

3. 安定解析

安定解析は簡便法（Fellenius 法）での近似三次元安定解析を主たる解析方法として実施し、図-4に示すようにAブロックを4断面、Bブロックを3断面で二次元解析を行い平均安全率で評価した。すべり面強度は動態観測の結果から、ダム貯水位=384.2m 時で地下水位が定常状態の時に現況安全率 $F_s=0.98$ と仮定して逆算により求めた。

また地すべり安全率が低下するのは、貯水位が急低下した際に地すべりブロック内へ地下水が残留する場合であり、徳山ダムの運用上サーチャージ水位=401.0m→制限水位=391.0mへ水位を急低下させた際に地下水が 30%残留^{1),2)}する条件で安全率 $F_{sp}=1.20$ を確保する計画とした。

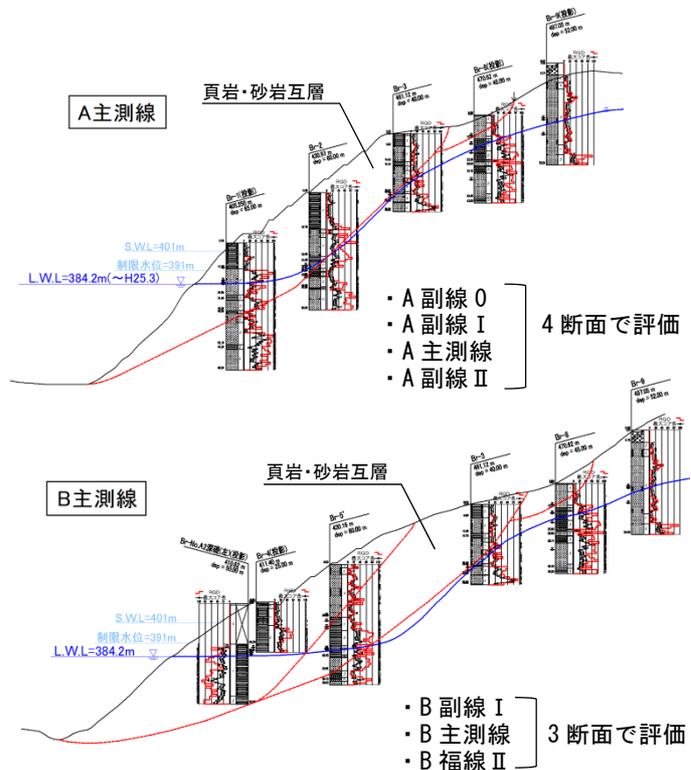
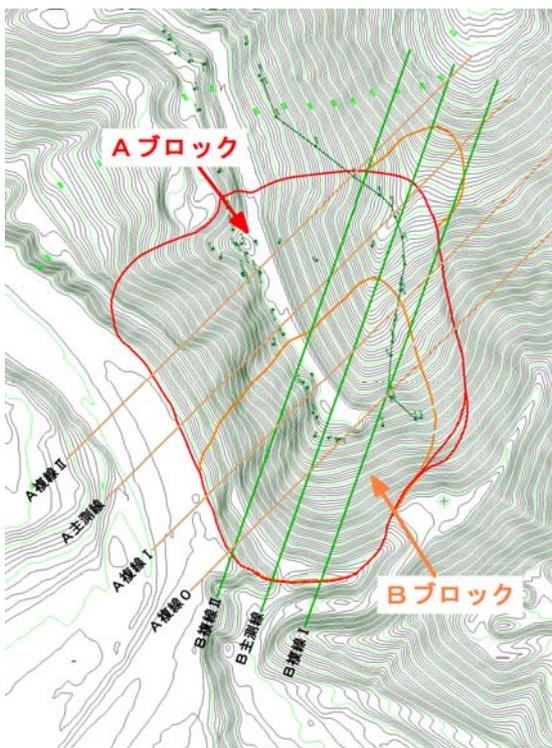


図-4 安定解析断面位置と断面図

4. 対策工法の選定

地すべり対策は表-1に示す方法が一般的に適用されるが、当箇所はダム貯水池である点や地すべり規模が大きい点、さらに地すべり土塊形状が複雑である点などから抑止工単独での適用は厳しい状況であった。

表-1 一般的な地すべり対策工法と当箇所適用性

	対策工法	当箇所適用性	
抑制工	地下水排除工	水位低下部分は水没部より上に限定されるため、末端に設置する一般的な地すべりよりも効果は少ないが、適用は可能である	○
	頭部排土工	水面上のみで対応可能であり、地すべり滑動力を低減する根本的な対策であるため対策効果は最も期待できる	◎
	押え盛土工	海と異なり山中において水深 50m 以上の箇所へ押え盛土を構築するための大規模船舶が利用できず、また浮力により水中の押え盛土は効果が少ない	△
抑止工	アンカー工	アンカー設置は維持管理的に水面より上に限定され末端部が押さえられない点や、地表の直線性が乏しく配置が困難なこと、またアンカー長が 50m 近くにも及ぶため締付効果が期待できず対策効率が落ちるなど、採用は困難である	△
	抑止杭工	すべり層厚が大きいため規模が大きくなるが、地表形状にあまり左右されず設置可能であるためアンカー工よりも適用性は高い	○
	深礎工	水没している地山部分を掘削するのは困難であると考えられる	×

特に地すべり対策として使用される頻度が高いアンカー工は、不動層に定着したPC鋼より線等を地表から緊張することで地すべりを止める工法であるが、尾根を巻き込んだ複雑な形状かつAブロック・Bブロックですべり方向が異なる地すべりに対して配置が難しい点や(図-5)、アンカー長が50mを越える点(図-6)から設置は困難であると判断した。また不動層まで鋼管を挿入して地すべりを止める抑止杭工も対策として実績の多い工法であるが、すべり層厚が40mを越えるため非常に大規模で高価な対策となることが予想された。

以上の評価より対策の主たる方法として「頭部排土工」「押え盛土工」を選定した。

当初は地すべりブロックの頭部を排土し、その土を末端に盛土すれば土砂を場外へ搬出すること無く施工が実施でき、対策効率も高いと考え図-7に示すように切盛のバランスを取る案を立案した。しかし水深が50mに及ぶ水中へ20万m³にも及ぶ盛土を構築するためには、港湾工事で使用するような大規模な捨石投入船が必要であり、山中のダム貯水池にこれを浮かべることは難しく、また貯水量を減少させる点でも水中盛土の実施は厳しいと判断された。

そのため「頭部排土工」として図-8及び図-9のように道路の山側における地すべり土塊を全て排土するものとしたが、この形状でも安全率はFs=1.125までしか上昇せず、抑止杭工の追加が必要であった。

そこで排土量を増やすため、図-10のように道路～切土末端の平場を溝状に掘削し、さらに排土量を増加させるものとした。溝はサーチャージ水位よりも2m高い403.0mまで掘削し、終点側の掘削形状(溝へ降りていく勾配)をコントロールすることで計画安全率Fsp≒1.20となる溝形状を決定した。

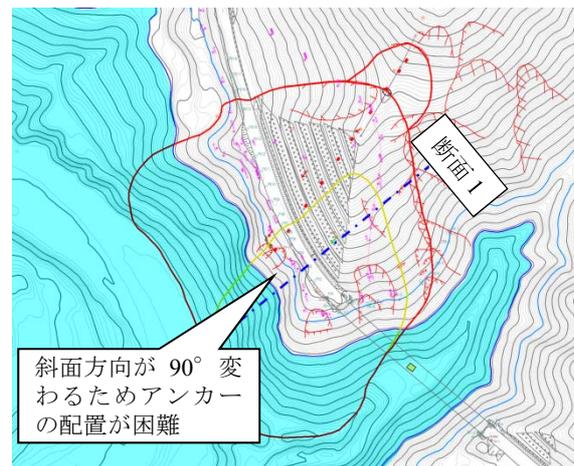


図-5 地すべりブロック平面形状図

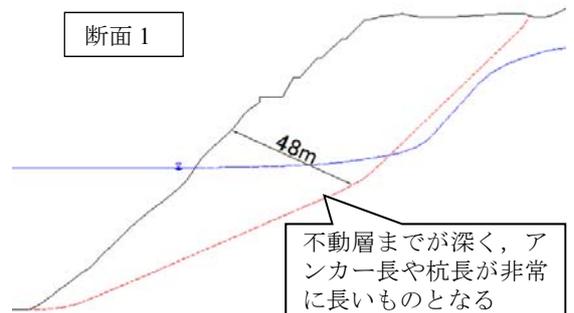


図-6 地すべりブロック断面厚

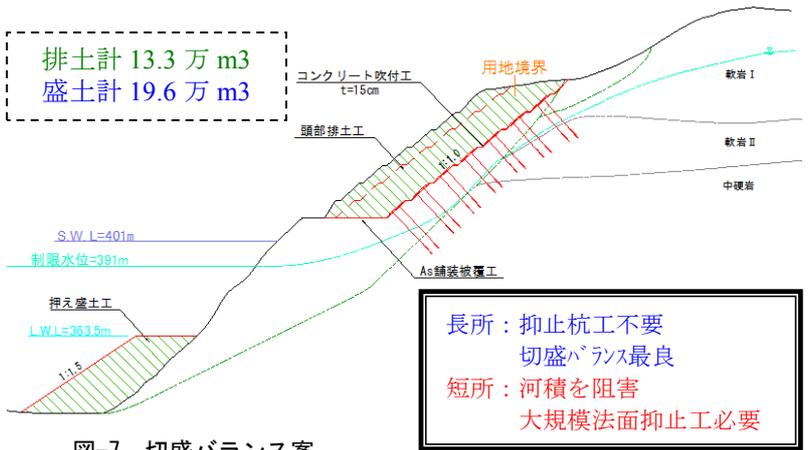
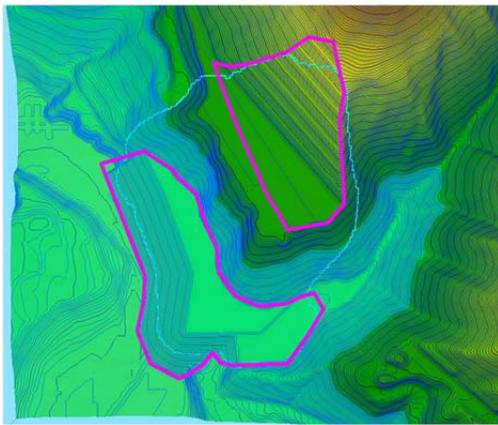


図-7 切盛バランス案

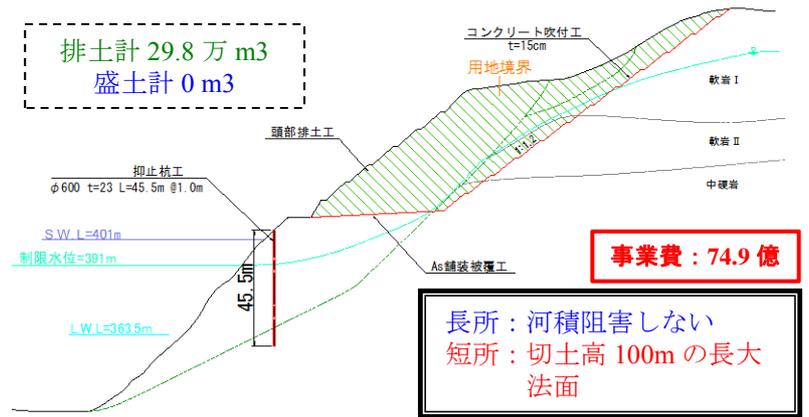
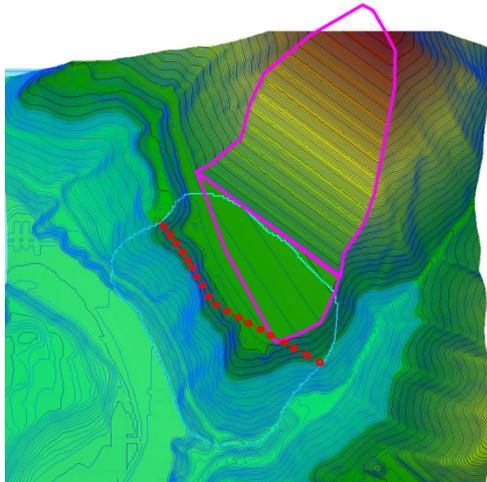


図-8 安定勾配全排土工+抑止杭工案

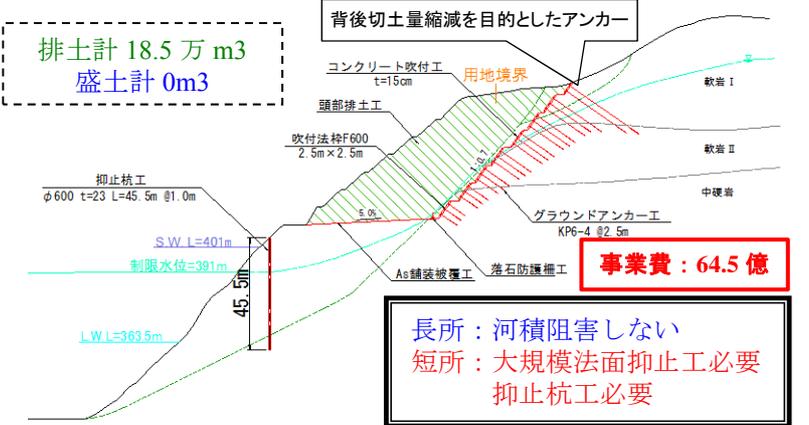
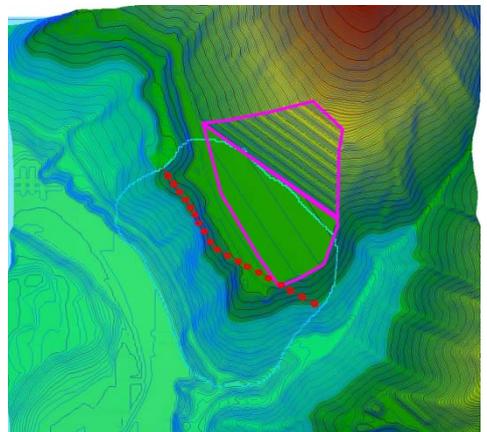


図-9 最大勾配全排土工+抑止杭工案

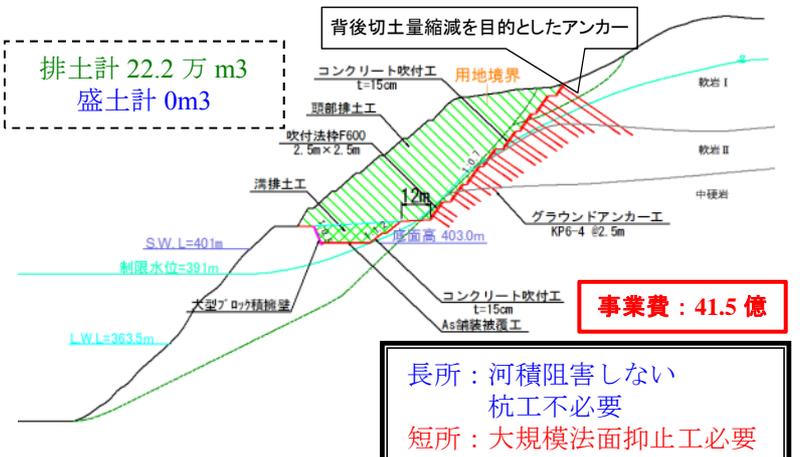
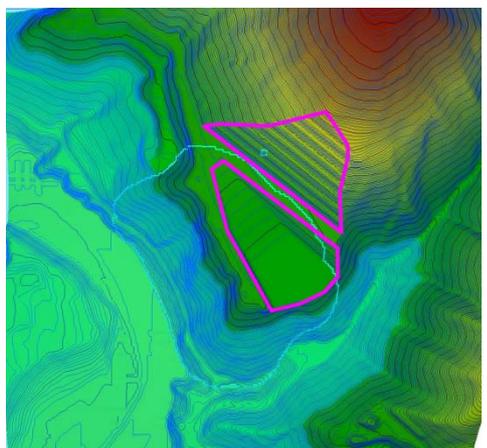


図-10 最大勾配全排土工+溝掘り案

図中の各対策事業費を比較すると、図-8～図-9の抑止杭工を併用する案に比べて図-10に示した排土工のみとする案の方が費用的に安価であることから、対策案としては図-10に示す「最大勾配全排土工+溝掘り案」を採用するものとした。

5. 対策工の副次効果

当箇所は岐阜県でも豪雪地域に当たり、現在の法面には雪崩予防柵が設置されているのに加えて法面末端の擁壁天端には落石防護柵が設置されている。

今回の地すべり対策では図-11に示すように掘削溝部の幅が平均で50m以上となるため、少なくとも始点側では雪崩が道路にまで到達しないと予想される。同様に落石についても溝が道路までの到達を防護する役割を果たすと予想される。



写真-4 現況雪崩予防柵設置状況

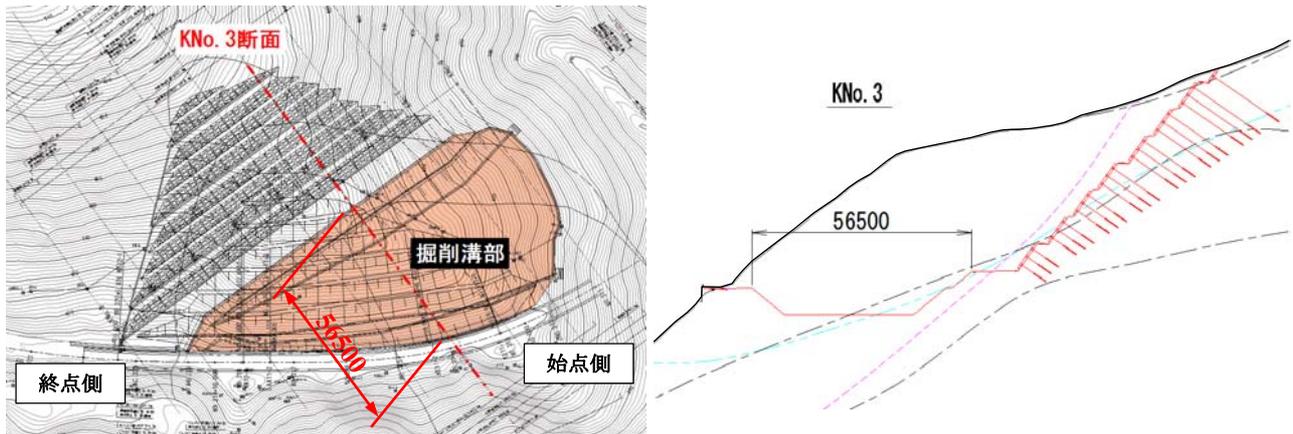


図-11 溝部平面・断面図

図-12に今回配置した雪崩予防柵の範囲を示すが、広い掘削溝がある範囲については道路端部からの雪崩見通し角度 18° ³⁾より低い位置から雪崩が発生しても道路には到達しないと判断し、雪崩予防柵を設置しない設計とした。また雪崩予防柵は落石防護柵も兼ねる構造とし、柵の無い部分からの落石についても掘削溝が落石防護溝 ⁴⁾の必要寸法を満足することから、落石対策は不必要と判断した。

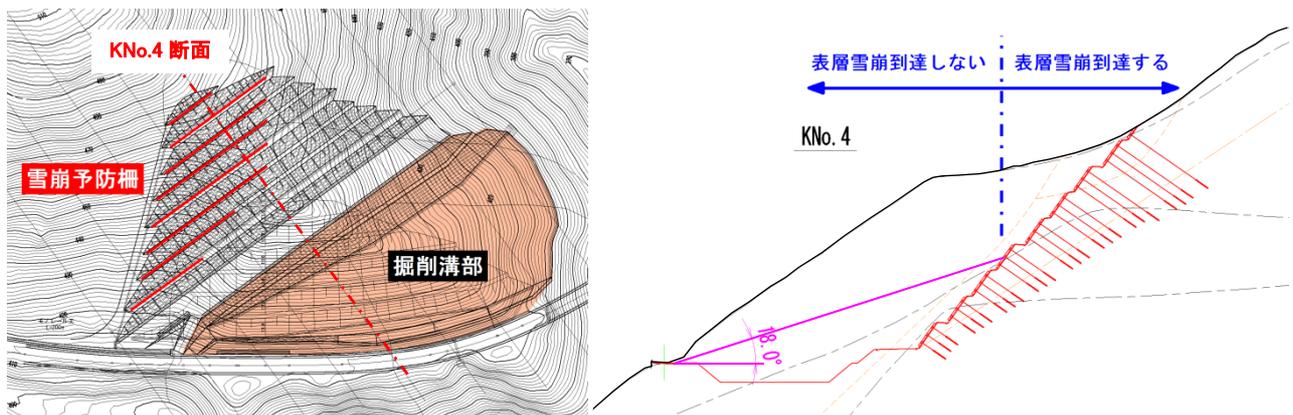


図-12 雪崩予防柵設置範囲

また切土長大斜面はグラウンドアンカーで確実に斜面崩壊を抑止する設計であるが、想定外の崩壊が生じたとしても掘削溝部で崩壊土砂が道路に到達するのを防ぐ役割が期待できる点や、掘削溝が多少でも地すべり頭部の水位や背後斜面の水位を下げる役割を果たすことが期待できる点など、掘削溝は色々な副次効果が期待できると考えている。

6. おわりに

今回の大深度ダム貯水池という条件下の地すべり対策設計の報告では、最も確実な工法として頭部排土工を選定した経緯を報告するとともに、道路防災的な副次効果について報告した。

当箇所では施工が既に始まっており、今後は頭部排土の進捗に対する地すべり動態観測結果や、排土した背後斜面の動態観測結果を分析しながら安全な施工に留意していく予定である。

ダム貯水池における地すべり対策は、湛水前であれば頭部排土の末端盛土への活用などが容易に実施可能であるが、湛水後においては適用できる工法が限定され対策費用が大きく膨らむことから、湛水前の事前調査が非常に重要であり、今後さらに調査精度を向上させる方法について技術開発も含めて模索していく必要があると思われる。



写真-5 現在の施工状況

参考文献

- 1) 貯水池周辺の地すべり調査と対策に関する技術指針（案）・同解説；国土交通省河川局治水課（2009）
- 2) 江田充志，鈴木将之，藤澤和範，檀上裕司，石井靖雄 貯水池周辺地すべりにおける残留率の要因分析
日本地すべり学会誌 Vol.43,No.5(175), pp20-32
- 3) 道路防雪便覧；日本道路協会(1990)
- 4) 落石対策便覧；日本道路協会(2000)