

設楽ダムにおける貯水池周辺の地すべり等への 対応について

～湛水影響による斜面の不安定化に対する事前対策～

令和6年3月
国土交通省 設楽ダム工事事務所

- ダムによって貯水すると、貯水位の上昇・下降などにより、斜面の「すべろうとする力」と「すべりに抵抗する力」のバランスが変化し、地すべり等※¹が発生する場合があります。
- このため、ダム完成前に貯水池周辺の地すべり等地形※²において、貯水位の変動による地すべり等の安定性を評価するため、地すべり等に係る調査を実施しました。
- 調査の結果、対策工が必要な箇所を11箇所確認しました。経済性などを考慮の上、地すべり等の安定性を確保できる対策工法を選定しました。
- 地すべり対策は対策工を施工して完了ではなく、試験湛水及びダム完成後においても巡視、計測などにより安定性に変化がないかを確認し、斜面を管理していきます。

～用語の定義(本資料では以下として取り扱っています)～

※¹ 「地すべり等」とは、「地すべり(資料1-1に説明)、崖錐堆積物(資料1-2に説明)などの大規模な斜面変動現象またはその現象が発生する場所」のことです。

※² 「地すべり等地形」とは、「地すべり等の変動の特徴を備えた地形」のことです。

1. 貯水池周辺の地すべり等について

- 1-1 地すべりとは
- 1-2 崖錐堆積物とは
- 1-3 ダム完成に伴う貯水位と地すべり等の関係性について

2. 貯水池周辺の地すべり等に係る対策工について

- 2-1 対策工の計画

(参考)貯水池周辺の地すべり等に係る調査について

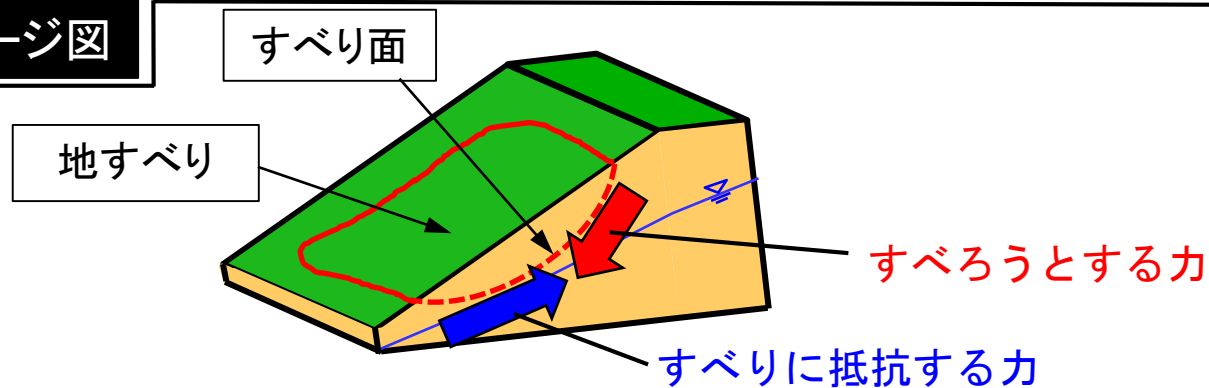
- 3-1 調査の流れ
- 3-2 概査
- 3-3 精査
- 3-4 解析

1. 貯水池周辺の地すべり等について

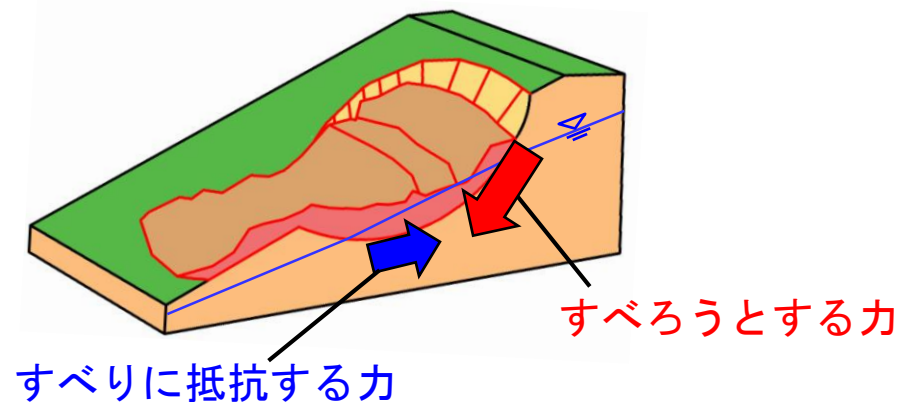
- 地すべりとは、斜面にすべり面となる箇所があり、その斜面が重力により比較的大規模にゆっくりと変動する現象またはその現象が発生する場所です。
- すべろうとする力に対して、すべりに抵抗する力が小さくなった結果地すべりが発生します。

地すべりイメージ図

発生前



発生時点

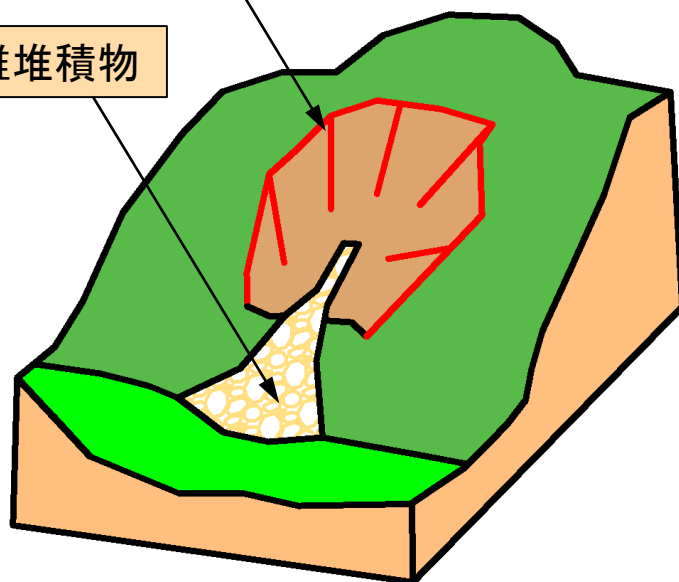


- 崖錐堆積物とは、崩壊地や急崖の下方に、崩壊した土砂がたまってできた堆積物です。
- 崖錐堆積物も地すべり等調査の対象です。
- 透水性が高く、ダム貯水位の上昇・下降などにより崩壊することがあります。

① 崩壊地の下方の崖錐堆積物 イメージ図

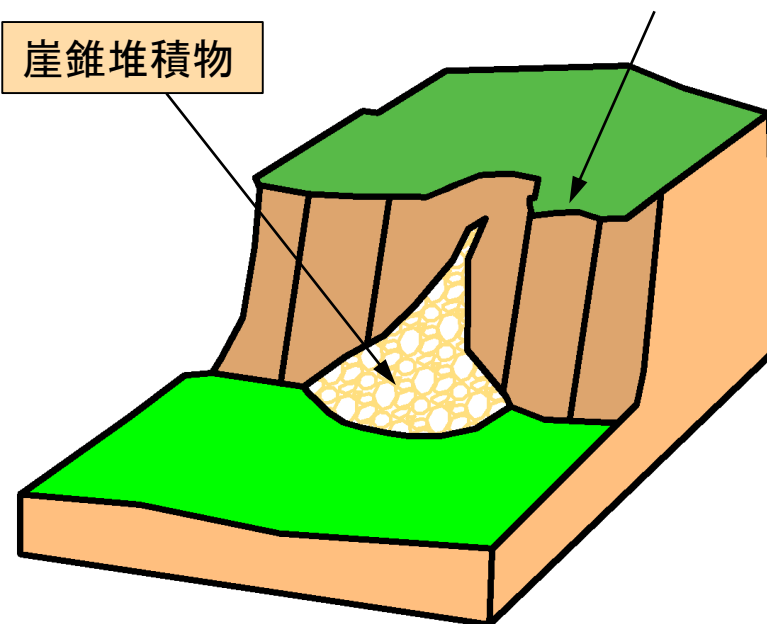
崩壊地：斜面が崩れてできる崖状の地形

崖錐堆積物



② 急崖の下方の崖錐堆積物 イメージ図

崖錐堆積物



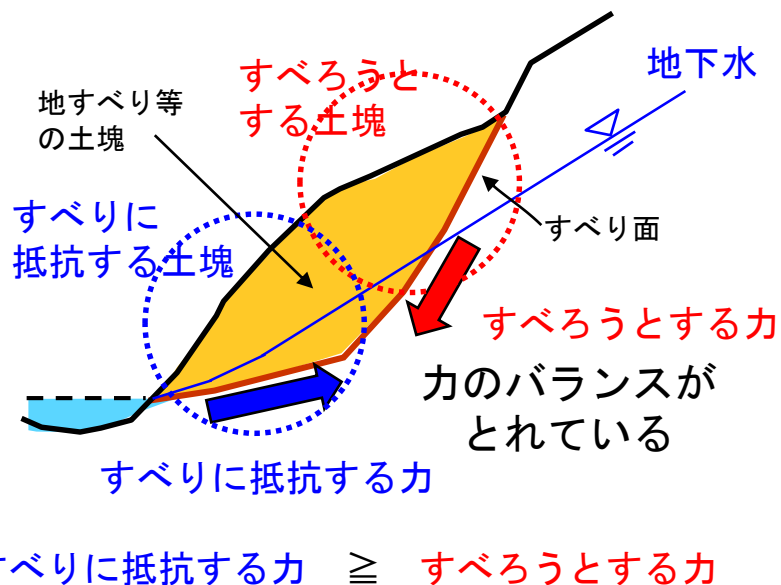
用語の定義

地すべり(P4)と崖錐堆積物(P5)の現象又は発生する場所を「地すべり等」と定義しています。

1-3 ダム完成に伴う貯水位と地すべり等の関係性について 国土交通省

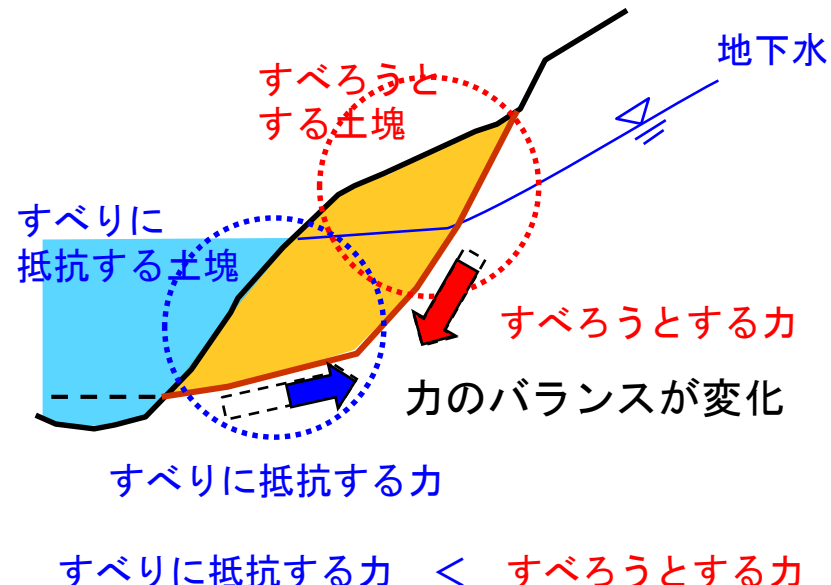
- ダムが完成すると、それまでは水に浸かっていなかった地すべり等地形に水が浸かる箇所ができます。ダムの貯水位の上昇・下降によって「すべろうとする力」と「すべりに抵抗する力」のバランスが変化し、地すべり等が発生する可能性があります。
- 貯水位の変動による地すべり等の安定性を確認するため、技術基準に基づき調査を実施します。

①安定している状態のイメージ(ダム完成前)



・「すべりに抵抗する力」が「すべろうとする力」より大きい状態。この場合、地すべり等は発生しません。

②地すべりが発生する状態のイメージ(ダム完成後)

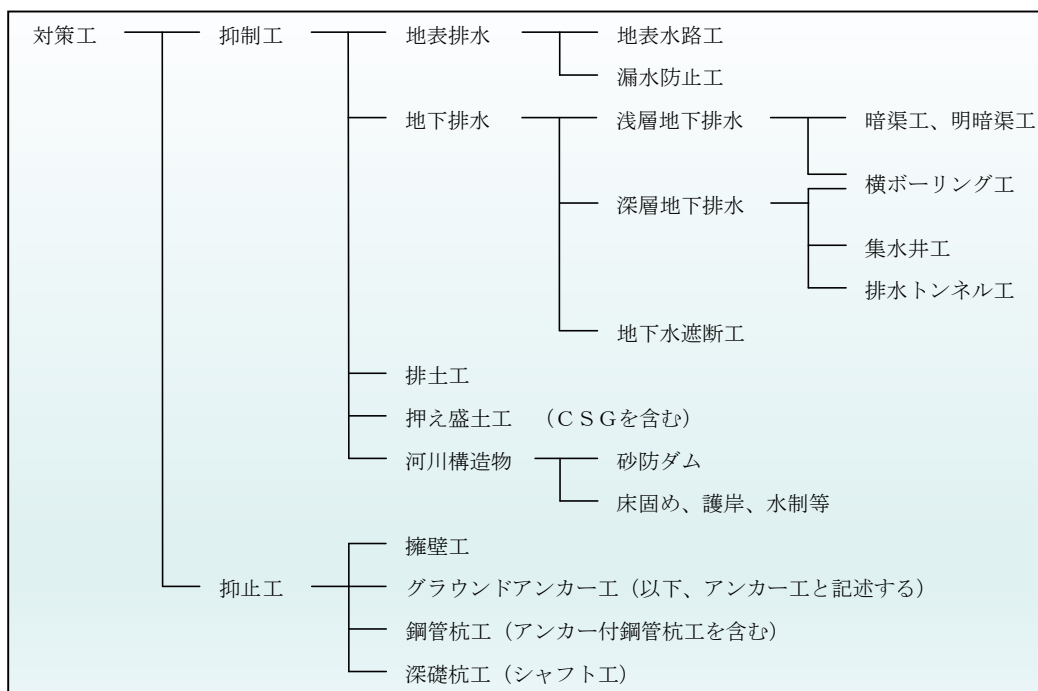


・貯水により地すべり等地形が水に浸かると、水没した土塊に浮力が生じるなど「すべりに抵抗する力」、「すべろうとする力」のバランスが変化した結果、地すべり等が発生する場合があります。

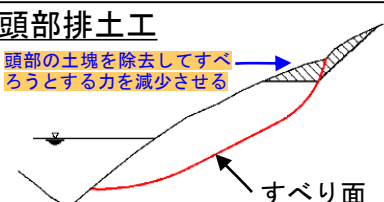
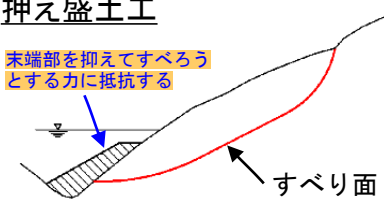
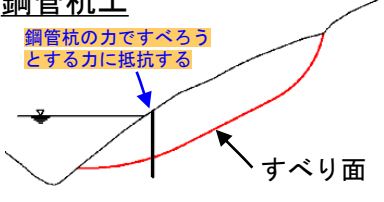
2. 貯水池周辺の地すべり等に係る対策工について

- 調査の結果、対策工の必要性があると確認された地すべり等について、湛水時の安定性を評価し、被害の防止または軽減を図ります。
- 対策工の必要性があると確認した地すべり等については、その特性、貯水位との位置関係を考慮して、効果的かつ経済的な対策工を選定しています。
- 地すべり対策は対策工を施工して完了ではなく、試験湛水及びダム完成後においても巡視、計測などにより安定性を確認し、斜面を管理していきます。

地すべり対策工の分類

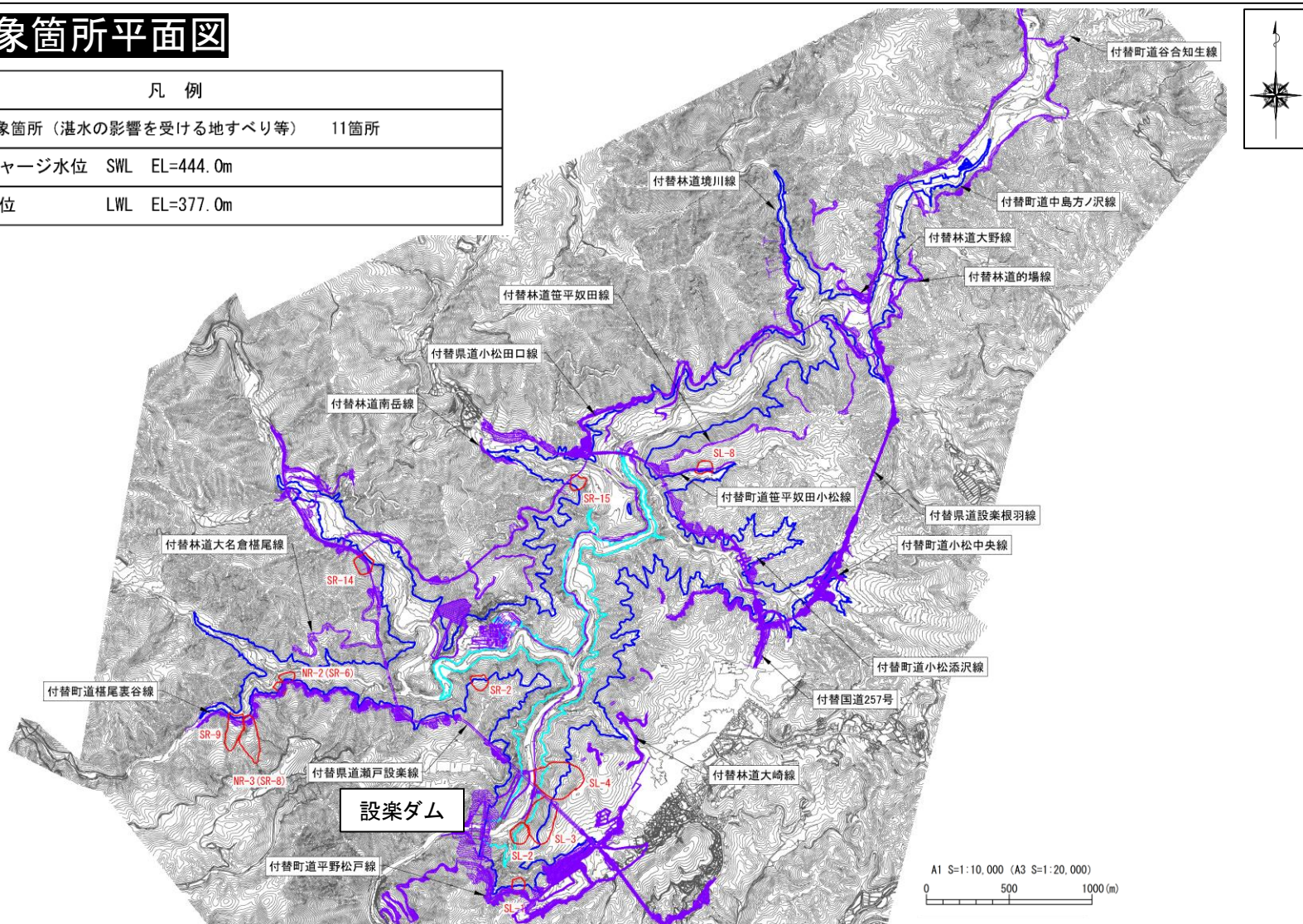


設楽ダムで採用した地すべり対策工

イメージ図	工法概要
頭部排土工 頭部の土塊を除去してすべろうとする力を減少させる  すべり面	地すべり頭部の土塊を掘削、除去することにより、すべろうとする力を減少させ、地すべりを安定化させる。
押え盛土工 末端部を押えてすべろうとする力に抵抗する  すべり面	地すべり末端部に盛土を施工し、すべろうとする力に抵抗し、地すべりを安定化させる。
鋼管杭工 鋼管杭の力ですべろうとする力に抵抗する  すべり面	すべり面より下部の岩盤に到達する鋼鉄製の杭を打ち込み、すべろうとする力に抵抗し、地すべりを安定化させる。

- ## 対策対象箇所平面図

凡 例		
	対策対象箇所（湛水の影響を受ける地すべり等）	11箇所
	サーチャージ水位	SWL EL=444.0m
	最低水位	LWL EL=377.0m

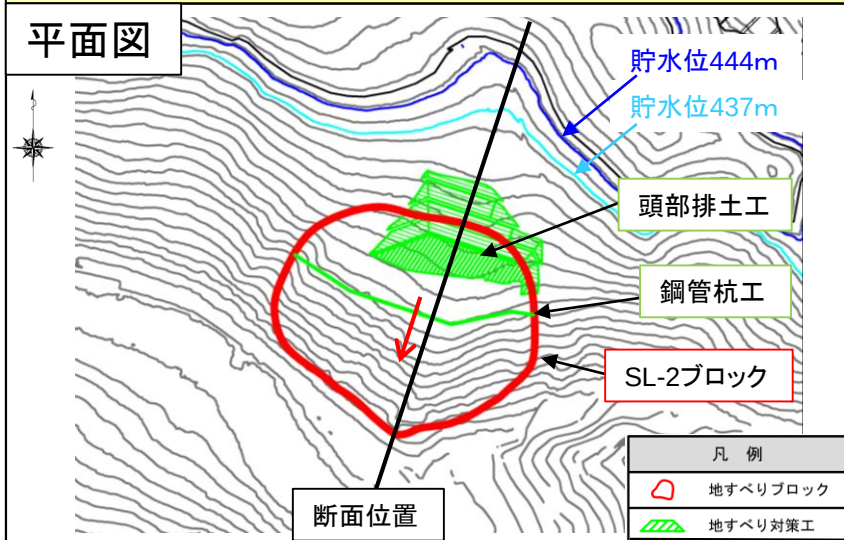


上図は地すべり対策工が必要な箇所の対策工が必要な地すべりブロックを包括した範囲を示している。

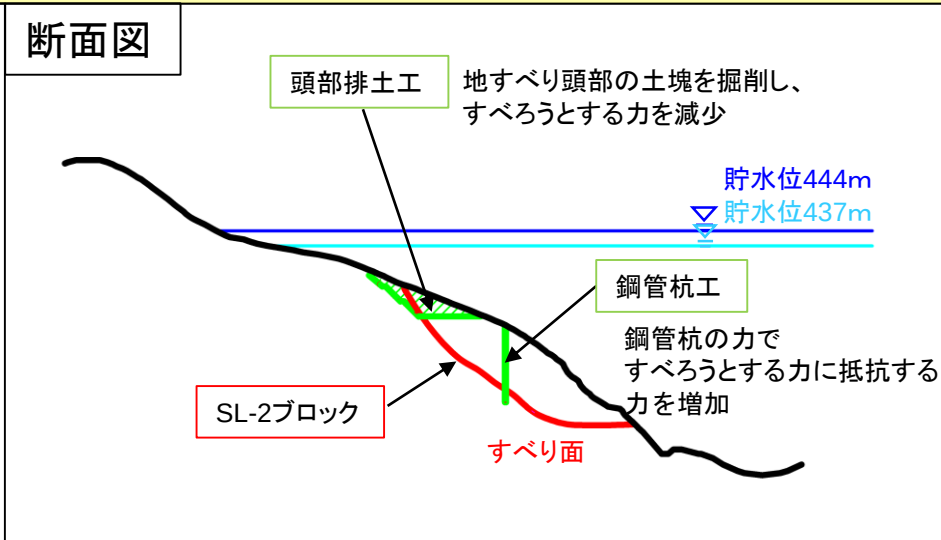
2-1 対策工の計画について(対策箇所の事例)

●SL-2 地すべり対策工 概要：頭部排土工+鋼管杭工

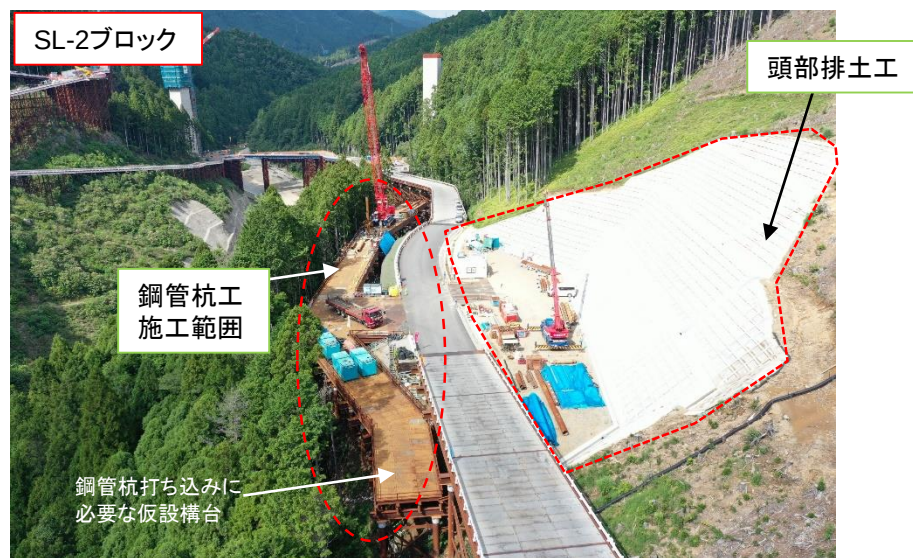
平面図



断面図



鋼管杭施工状況

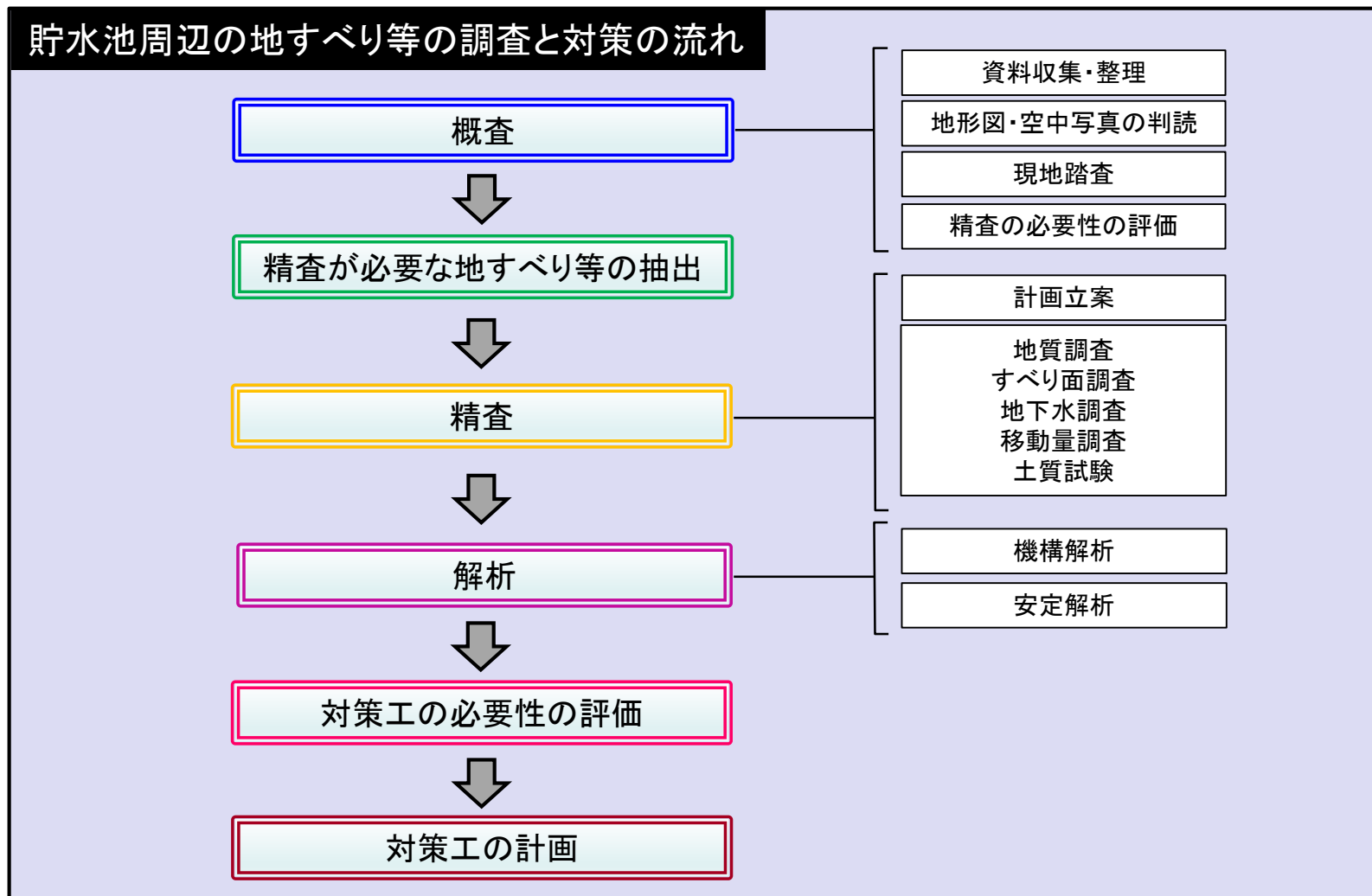


頭部排土工と鋼管杭施工状況

(参考)

貯水池周辺の地すべり等に係る調査について

- 地すべり等の調査と対策工は、「貯水池周辺の地すべり等に係る調査と対策に関する技術指針・同解説」等によって示されており、設楽ダムにおいてもこれらの技術資料等に基づき調査を実施しています。

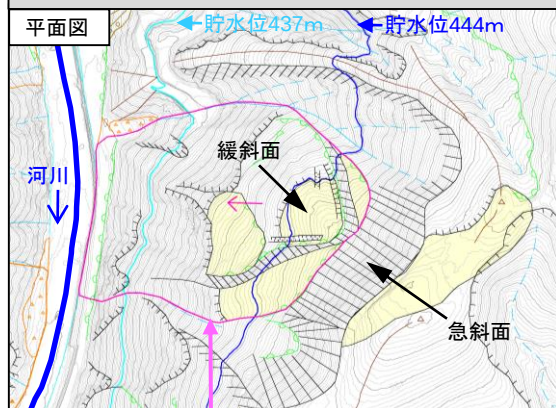


- 概査の目的は、地すべり等地形の分布を明らかにし、この中から精査が必要な箇所を抽出することです。
- 概査では「既往文献等の整理」、「地形の判読」、「現地踏査」、「地すべりブロックの区分」を行い、その結果に基づき、貯水池や保全対象への影響等を踏まえ、対策検討に必要な詳細な調査（精査）を行う地すべり等を抽出します。

既往文献等の整理、地形の判読

既往文献等の収集・整理を行ったうえで、地形図・空中写真を専門技術者が判読し、地すべり等の可能性がある地形を抽出します。

地形判読の例



地すべり等の可能性がある地形（急斜面の下に緩やかな地形がある範囲等）を抽出

地形判読 凡例（代表的なもの）

崖錐堆積物	尾根（明瞭）
土石流堆積物	尾根（不明瞭）
沖積錐堆積物	沢
段丘	遷緩線
平坦面・緩斜面	遷急線（明瞭）

現地踏査

地形の判読によって抽出した地すべり等の可能性がある範囲の現地状況（地形、地質、変状など）を専門技術者が調査し、地すべり等の範囲（地すべりブロックの区分を含む）を推定します。

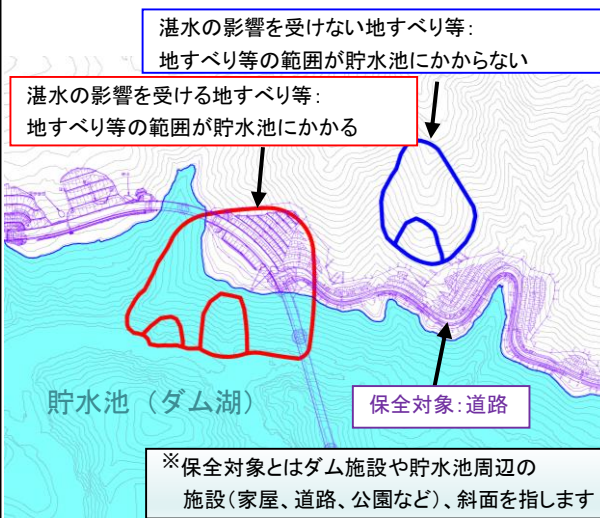
現地踏査状況



精査を行う地すべり等の抽出

地形の判読、現地踏査に基づき推定した地すべり等の範囲と貯水池との関係から、「湛水の影響を受ける地すべり等」を抽出します。湛水の影響を受ける地すべり等について、「地すべり等の規模」、「保全対象※への影響」に基づき、精査を行う地すべり等を抽出します。

湛水の影響を受ける地すべりのイメージ図

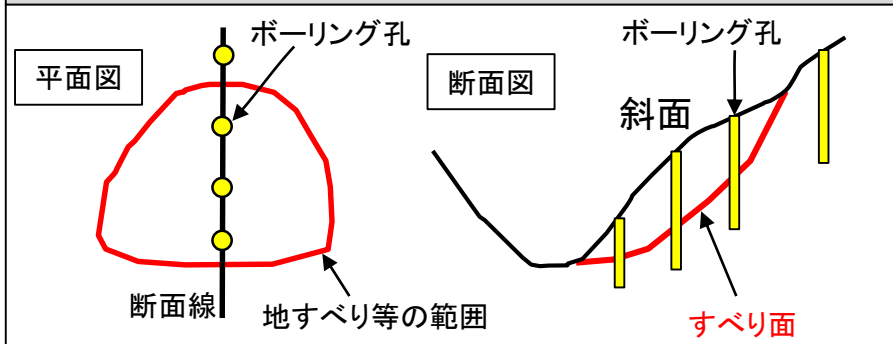


- 精査の目的は、概査で抽出された「対策工の検討に必要な詳細な調査(精査)を行う、地すべり等」について、解析、対策工の計画のために必要なデータ(地すべり等範囲、すべり面形状、変動状況、地質等)を得ることです。
- 精査では、「ボーリング調査」、「地すべり観測」等の調査を行います。

ボーリング調査

- ・ボーリング調査とは、岩盤に孔を開け(通常径66mmもしくは86mm)、コア採取を行って、地下に分布する地質や岩盤状況を確認する地質調査です。
- ・コアの観察によって、地すべりの面(すべり面)や崖錐堆積物の位置を推定することができます。

ボーリング調査 イメージ図



ボーリングマシンの写真



推定したすべり面の位置

ボーリングコア(抜き取った棒状の試料)

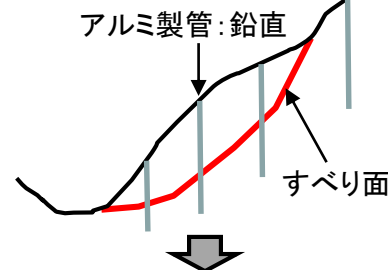
地すべり観測

- ・地すべり観測では、地すべりの移動量や地下水位を計器によって観測します。設楽ダムでは、地すべりの移動量は、孔内傾斜計によって観測しています。

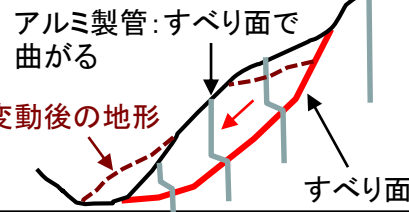
孔内傾斜計 イメージ図

- ・ボーリング孔(径86mm)に、アルミ製の管を設置し、その中に機器を挿入し計測します。地すべりが変動した場合、すべり面で管が曲がります。深度ごとの管の傾斜を計測することによって、管の曲がりの位置と移動量を測定し、すべり面の位置を推定することができます。

● 孔内傾斜計 設置直後



● 地すべり変動後



孔内傾斜計の観測状況:
ボーリング孔に設置したアルミ製の管に、孔内傾斜計を挿入し、管の傾斜を深度50cmごとに計測します。

- 解析の目的は、精査の結果に基づき、地すべり等の発生・変動のメカニズム（機構）を明らかにするとともに、ダム完成後の貯水位の上昇や下降に伴う地すべり等の安定性を評価し、対策工の必要性を検討することです。
- 解析では、「機構解析」、「安定解析」を行い、対策工の必要性を評価します。

機構解析

地すべり等の発生の素因、誘因を分析し、地すべり等の発生のメカニズム（機構）を明らかにします。

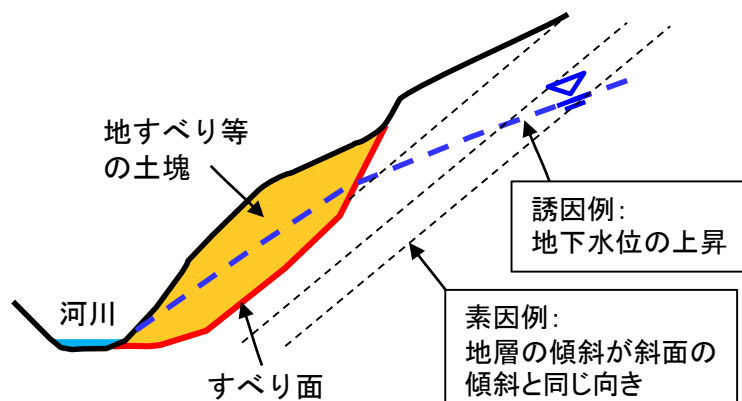
■ 素因（発生の要因となる条件）の例

- ・斜面の傾斜と地層の傾斜が同じ方向（地質構造）
- ・地下水が斜面中に流入しやすい条件

■ 誘因（発生のきっかけとなる因子）の例

- ・降雨による地下水位の上昇
- ・ダム完成による湛水の影響

機構解析 イメージ図



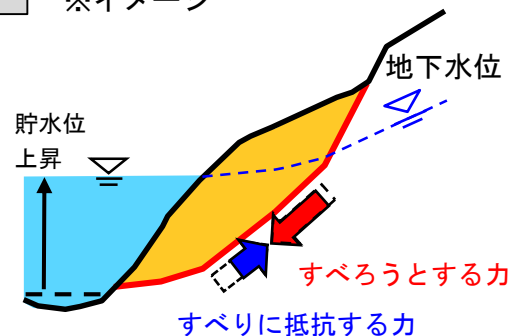
安定解析

安定解析は、地すべりのすべり面、崖錐堆積物中に想定されるすべり面について、貯水位の上昇や下降、地下水位の条件等に基づき、地すべり等の安定性を評価します。

$$\text{安全率} = \frac{\text{すべりに抵抗する力}}{\text{すべろうとする力}}$$

貯水位の上昇時

※イメージ



対策工の必要性の評価

安定解析結果に基づき、対策工の必要性を評価します。

- 湛水時の最小安全率 < 1.00 ⇒ 対策工が必要
- 湛水時の最小安全率 ≥ 1.00 ⇒ 対策工の必要がない