

4. 精査

4.1 目的

精査は、地すべり等の規模、性状、安定性について詳細な調査・試験を行い、地すべり等の機構解析、安定解析、対策工の必要性の評価および対策工の計画などに必要な資料を得ることを目的として実施する。

精査に際しては、適切な位置で精度の高い調査を行い、地形・地質の調査結果を平面図、断面図、地すべり等カルテにとりまとめるとともに、計測データを図表に分かりやすく整理し、地形・地質による地すべり等の構造および変動状況による地すべり等の変動機構について総合的に解釈する。

また、精査で得られた資料は、対策工の計画・設計・施工および斜面管理にも用いることがあることを考慮してとりまとめる。

精査に際しては、地すべり等の分化状況を考察し、地すべりブロックに区分することが重要である。特に、大規模地すべりを抱える河川沿いの斜面は重点的に精査を行い、背後の地すべりを不安定化させるような小規模すべり・崩壊等の可能性についても検討する。

4.2 精査の手順

精査の手順は、図 4.1 に示すように、精査計画の立案とこれに基づく精査の実施(地質調査、すべり面調査、地下水調査、移動量調査および土質試験)、解析の必要性の評価の順とする。

(1) 精査計画の立案

概査結果をふまえて精査計画を立案する。まず、地すべり等およびその周辺の地形図を作成し、地すべりブロック区分を行うとともに、調査測線・調査位置・調査内容を計画し、それらの結果を精査計画図にまとめる。

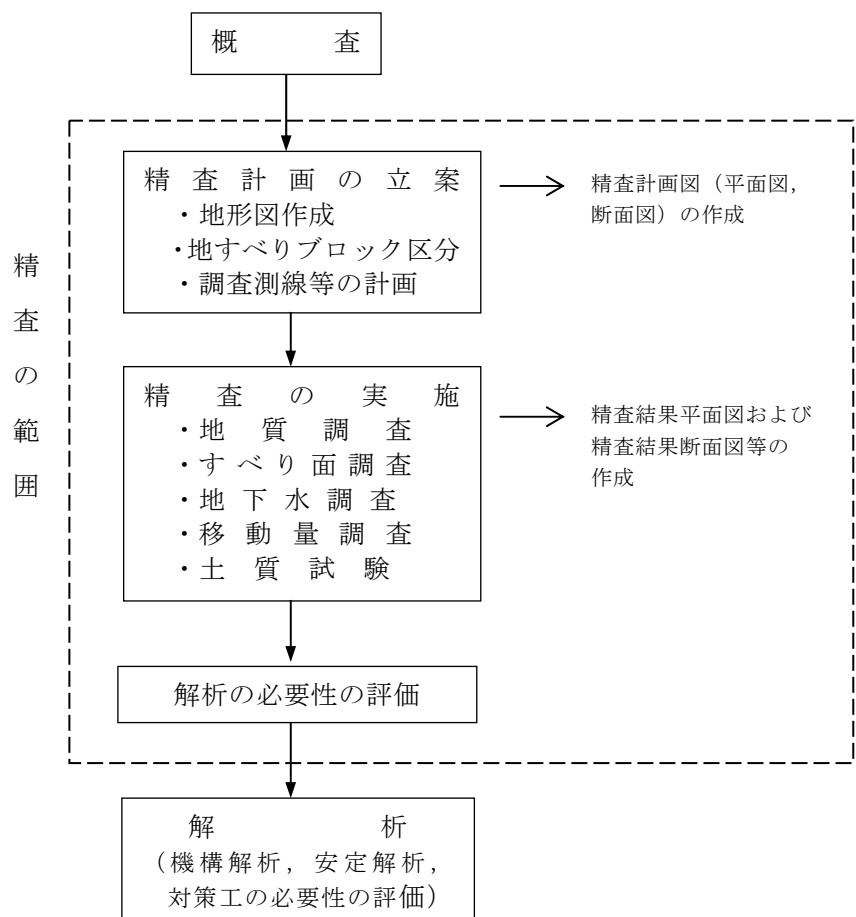


図 4.1 精査の手順¹⁾

(2) 精査の実施

次に、地すべりブロックと調査測線に応じた地質調査、すべり面調査、地下水調査、移動量調査および土質試験を実施し、それらの結果を平面図や断面図等にとりまとめる。

(3) 解析の必要性の評価

主に地質調査およびすべり面調査の結果、得られた地すべり等の位置および規模並びに地すべり等と保全対象との関係から、解析の必要性の評価を行う。

4.3 精査計画の立案

精査計画の立案は、地形図の作成、地すべりブロック区分、調査測線・調査位置・調査内容の計画、精査計画図の作成について行う。

(1) 地形図の作成

精査が必要と判断された地すべり等は周辺区域を含めて地形図を作成する。その縮尺は、地すべり等についての詳細な現象を記録し、精査計画立案から対策工計画段階までの基図として用いるため、大縮尺（1/200～1/1,000 程度）とする。地形図の縮尺の目安を表 4.1 に示す。

表 4.1 地形図の縮尺の目安¹⁾

(2) 地すべりブロック区分

精査が必要と判断された地すべり等は地すべりブロックに区分する。

地すべり規模（幅）	縮 尺	等高線間隔
100 m 以内	1/200～1/500	1 m
100～200 m	1/500	
200 m 以上	全体 1/1,000（部分 1/500）	

地すべりは、変動の進行に伴って分化し、いくつかの地すべりブロックに分かれて運動することが多い。このため、地すべりの調査、安定性の評価、対策工の設計は基本的にこの地すべりブロックごとに検討する。概査時点では精度の高い地形図が作成されていないこともあるため、新たに作成された精度の高い地形図、必要に応じて実施する航空レーザ測量図、大縮尺の空中写真、補足的な現地踏査の結果などをもとに、地すべりブロックの区分を再度実施する。地すべりブロックの区分にあたっては、これまでに得られた地形状況および地質状況に基づき推定される地すべりの型分類や地すべり機構などを参考に慎重に行う。

なお、崖錐等の未固結堆積物からなる斜面についても同様に、運動単位毎に区分して検討する。また、地すべり等カルテを修正・追記し、精査以降の情報は地すべりブロック毎にとりまとめる。

(3) 地すべり等の調査測線・調査位置・調査内容の計画

現地踏査等によって得られた地すべり等の範囲、地すべりブロック区分、変動方向、地表に現われた亀裂などの位置を考慮して、調査測線（図 4.2）を設定する。また、設定された測線上で、4.4 節を参考にボーリング等の調査位置および調査内容を計画する。なお、地すべり等の安定解析にあたって三次元的な安定解析を導入する場合は、要求される精度のすべり面の縦断面および横断面が得られるよう調

査測線を設定する。

(i) 主測線

主測線は地すべりブロック等の地質、地質構造、地下水分布、地表変状、すべり面などが具体的に確認でき、安定計算を行って対策の基本計画・基本設計を行うのに適した位置および方向に設定する。一般に、主測線は横断面で見た場合の最深部を通るように設定するが、最深部は地すべりブロック等の中央部とは限らず、側部寄りが最深部となる非対称の地すべりブロック等も存在することから、慎重にこれを定める。斜面上部と下部の変動方向が異なる場合には主測線を折線とすることもある。

(ii) 副測線

地すべり等の地質分布が複雑な場合および平面形・横断面形が非対称な場合や、地すべりブロック等の規模が大きい場合には、機構解析、安定解析および対策工の計画のため副測線を設定する。

副測線は、主測線と同方向のほか、必要に応じて横断方向に設定する。また、地すべりブロック等の幅が 100m 以上にわたるような広域の場合は、主測線の両側に 50m 程度の間隔で副測線群を設ける。

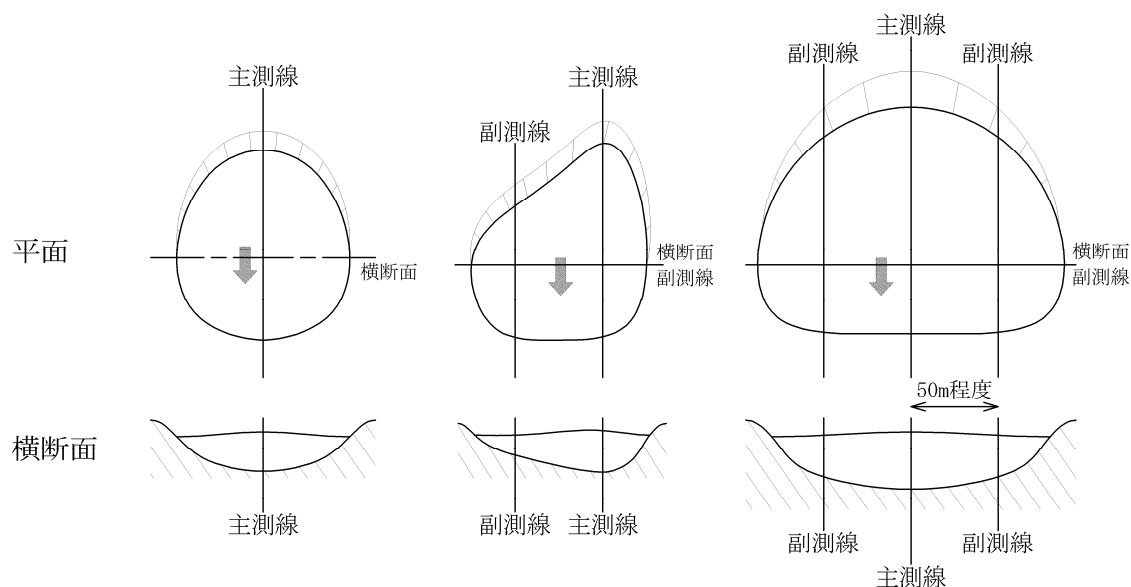


図 4.2 平面・横断面における主測線・副測線の位置¹⁾

(4) 精査計画図の作成

精査計画をとりまとめ、精査計画図（平面図および断面図）を作成する。

4.4 精査内容

精査は、表 4.2 に示すように、目的に応じてボーリング等の地質調査、すべり面調査、地下水調査、移動量調査、土質試験などを実施する。精査の結果は平面図、断面図などにとりまとめるとともに、地すべり等の規模、地すべり等発生の素因、誘因などについても明らかにする。なお、各々の調査は相互に補完し関連しているため、これらを適切に組み合わせて系統的に行うことが重要である。精査の際には、ダム本体や貯水池周辺道路および代替地などの建設に伴う地質情報も参考にする。

また、岩盤・風化岩地すべりと崩積土・粘質土地すべりでは若干精査の内容が異なる。すなわち、岩盤・風化岩地すべりではかなり深部にも上部と同様の劣化部が存在していることが多く、長尺ボーリン

グを先行して行うなどにより、劣化部の有無、位置を確認することが特に重要である。さらに、コア観察のみではすべり面の確認が困難である場合も多く、すべり面調査では調査坑調査を採用することも考慮する。

精査を実施した後に、想定外の事象や施工時に新たな問題が生じた場合などには、ダム本体や貯水池周辺道路および代替地などの建設に伴う地質情報も参考にして、解析結果や設計の細部の検討のために補足調査を行う。

なお、精査後工事等によって新たに地質情報等が得られた場合は、これらを参考に調査結果を検証し、必要に応じて解析結果を見直す。

表 4.2 精査方法一覧表

項目	目的	方法	得られる情報
地質調査	地質・地質構造の把握、すべり面形状の推定	現地踏査	地質分布、地質構造など
		ボーリング調査	地質、岩級、緩みの程度、漏水、逸水、すべり面の位置・特性など
		物理探査(弾性波探査など)	弾性波速度分布など
		調査坑調査	地質、岩級、緩み程度など
すべり面調査	すべり面の位置、連続性および移動量の把握	孔内傾斜計	地中の変位(傾斜)方向と量
		パイプ歪計	地中の変形(歪)程度
		多層移動量計	地中の変位量
地下水調査	地下水変動と降雨・貯水位変動との相関等の検討	孔内水位計測	孔内水位の変動
		間隙水圧計測	間隙水圧の変動
	地すべり地等の透水性の把握	透水試験	透水係数
	地下水流動層の把握	地下水検層(電気検層)	孔内水の比抵抗の変化
	地下水流動方向・流速の推定	地下水追跡	トレーサー試薬検出量
	地下水の性質の把握、地下水の流入・流出経路の推定	水質分析	水質組成
	地下水分布の把握	物理探査(電気探査など)	比抵抗分布など
	揚水量の把握	揚水試験	揚水量
移動量調査	変動状況の把握、今度の変動性の予測、地すべりブロック区分および対策工の必要性の判断	測量(光波、GPS など)	地表の変位量、変位方向
		地盤伸縮計、クラックゲージ	段差・クラックの変位量
		地盤傾斜計	地表面の傾斜方向と量
土質試験(地盤調査を含む)	土塊の工学的性質の把握	土質試験(物理試験)	単位体積重量、粒度組成など
	すべり面強度の把握	土質試験(三軸圧縮試験、リングせん断試験、繰返し一面せん断試験など)	せん断強度
	地盤の強度・変形特性の把握	標準貫入試験	N 値
		孔内水平載荷試験	地盤の変形係数など
		アンカー引抜き試験	周面摩擦抵抗など

4.4.1 地 質 調 査

地質調査は、詳細な現地踏査とボーリング調査を主体とし、必要に応じて物理探査、横坑・立坑等の調査坑調査を行う。これらの結果をもとに、地すべり等の地質やその構造を把握し、すべり面の形状を推定する。

地質調査を行う際には、すべり面の形状等を高い精度で推定するために、概査までに得られた地形形状および地質状況などから、地すべり等の形態（範囲、ブロック区分、型分類、すべり面の断面形状、すべり面の傾斜方向）および地すべりの地形・地質的素因、地下水の状況などに関する仮説を立て、これらを検証することを念頭に適切かつ効果的に調査を行う。地質調査は、すべり面調査以降の調査・解析・対策工の計画および湛水後の斜面管理を適切に行うための基礎情報となるため、これらの仮説は調査の進展とともに随時見直し、より正確なものにすることが必要である。このため、見直しの結果によっては、調査測線の再設定も検討する。

なお、これらの仮説の検証にあたっては、過去の地すべり調査により得られた類似地質における地質調査上の知見を参考にする。たとえば、図 4.3 のような流れ盤状の地質構造を呈している場合、泥質岩（頁岩、粘板岩）や断層などの周囲の地質よりもせん断強度が低い層があると、それらをすべり面と想定した岩盤すべりが仮説として立てられる。次に、この岩盤すべりのすべり面形状として椅子型が想定されるが、この地域では複数の節理系が発達しているため、頭部のすべり面の位置は図の節理系①あるいは節理系②の可能性が仮説として立てられる。したがって、このような留意点を参考にし、地質調査も頭部のすべり面形状が適切に把握できるように実施しなければならない。

また、地質調査にあたっては、類似地質における対策工の事例も念頭におき、適切な対策工が計画できるように配慮する。

地質調査結果は平面図・断面図にとりまとめ、地質やその構造を空間的に把握する。特に、地すべり末端部等におけるブロック境界を規制するような地質やその構造の分布については詳細に確認することが必要である。

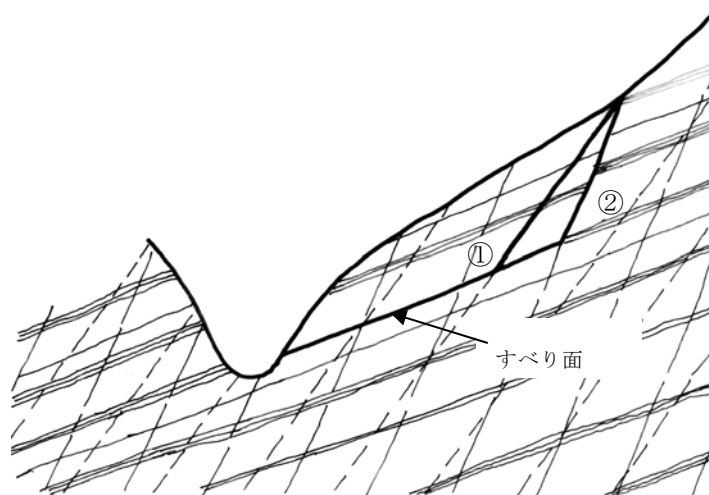


図 4.3 流れ盤構造において想定される岩盤すべりのすべり面形状¹⁾

(1) 詳細な現地踏査

概査の結果をもとに必要に応じて再度現地踏査を行って、地すべり等の微地形、地質、地質構造、不連続面の走向・傾斜、緩み層厚などを把握し、地すべり等の形態（範囲、地すべりブロック区分、型分類、すべり面の断面形状）、地すべりの地形・地質的素因、地下水の状況などの地すべりの誘因などの推

定の精度を高める。

現地踏査は、概査時より綿密に行い、ボーリング等の地質調査結果と併せて、地すべり等の機構解析、安定解析を行う際の資料を得る。このとき、地すべり等の末端部の位置、末端部の形状は、安定解析を実施する上で特に重要である。

(2) ボーリング調査

ボーリング調査は、詳細な現地踏査までの調査で推定された地すべり等の形態（範囲、ブロック区分、型分類、すべり面の断面形状）、地すべりの地形・地質的素因、地下水の状況などの地すべりの誘因などの推定精度を向上させ、その後の調査・解析・対策工の計画および湛水後の斜面管理をより適切に行うために実施する。なお、地すべり等の地質構成やすべり面の位置や性状が確定しない段階では、標準貫入試験等のコア採取に影響する孔内試験は実施しない。

(i) ボーリングの配置

ボーリングは調査測線に沿って計画する。ボーリングの配置は地すべり等の範囲、地すべりブロック区分、すべり面の断面形状などによって適宜適切な箇所を選定する。また、先行したボーリングの結果により、配置計画は適宜見直しをする。以下に述べるボーリングの配置は、必要最低限の配置を示したものである。

地すべり地形等、露岩状況および貯水位変動域などを念頭に、主測線に沿って、30～50m 程度の間隔で、地すべりブロック内で3本以上および地すべりブロック外の上部斜面内に少なくとも1本以上の計4本以上のボーリングを配置する（図 4.4 参照）。また、副測線でも 50～100m 間隔程度で必要に応じて配置する。

地すべりブロックの面積が小さい場合等には、地すべり等の地質を把握するのに適切な位置に 1～2 本以上配置する（図 4.5 参照）。

また、基盤内に断層、破碎帯が存在している場合、地質構造が複雑である場合、すべり面形状が複雑な場合には、別途補足のボーリングを行う。

(ii) ボーリングの順序

一般に、調査測線上のボーリングのうち、概査結果によって地すべりブロックの中腹部～末端部と推定される位置のボーリングを優先し、すべり面と地下水位を確認する。特に、湛水面付近に地すべりブロックの末端部が位置することが疑われる場合は、末端部を確認するボーリングを優先することが重要である。

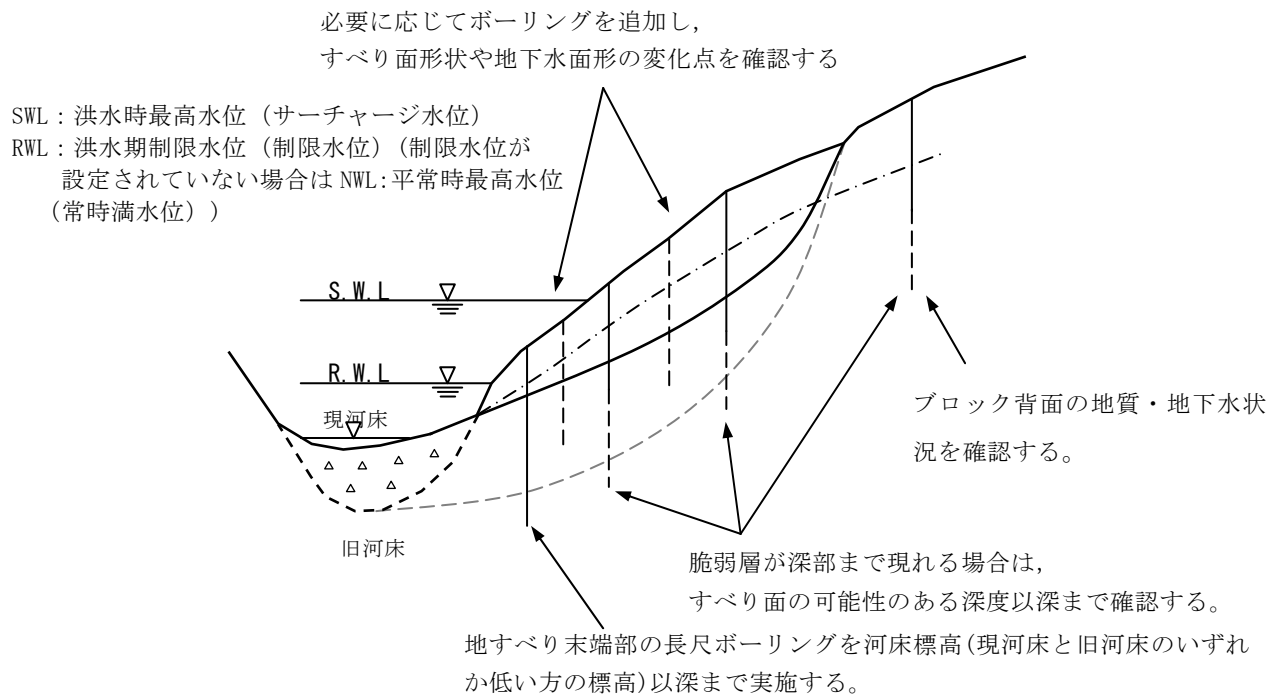


図 4.4 ボーリング配置の例¹⁾

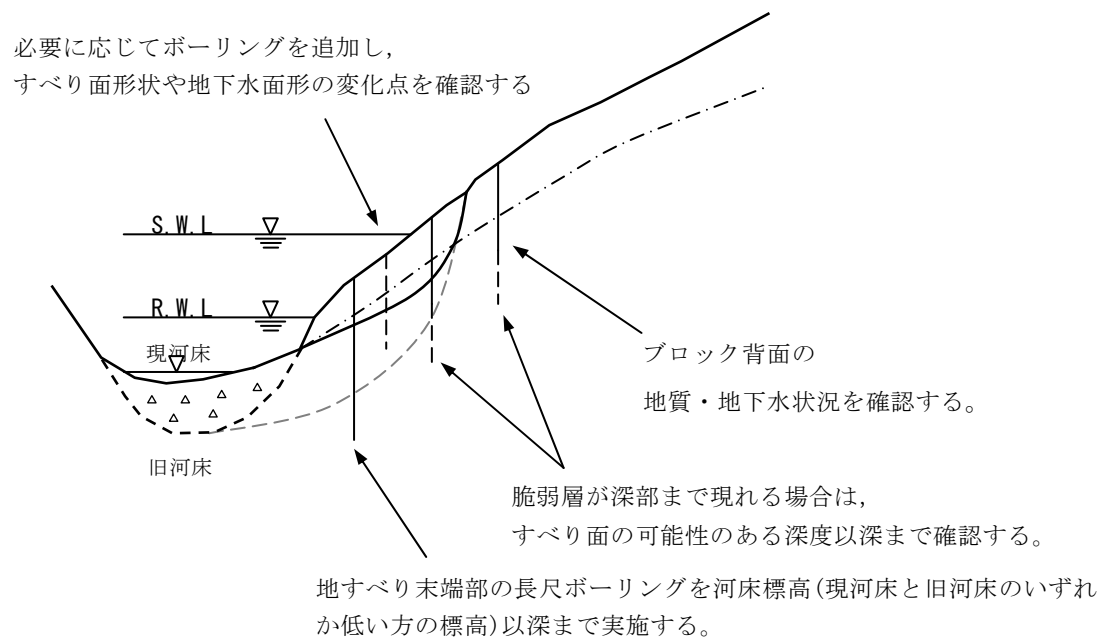


図 4.5 ボーリング配置の例（地すべりブロックが小さい場合）¹⁾

(iii) ボーリングの深度

ボーリングの深度は、すべり面下の不動領域と考えられる新鮮な岩盤を確認するのに十分な長さとする。例えば、新鮮な岩盤 10m 程度以上を目安にすることが多い。掘止めは、地すべり等の層厚や対策工の定着層などを考慮し、ボーリングの進行に応じてコア性状を観察しながら判断することが重要である。また、脆弱層が深部まで現れ不動領域を判断し難い場合は、河床標高等を考慮し地形的にすべり面の可能性のある深度以深まで掘削する。

すべり面の位置の推定が困難な場合、岩すべりや風化岩すべりで断層破碎帯などの基盤岩中の不連続面をすべり面の起源としている場合、大規模な地すべりの場合は、少なくとも地すべりブロックの末端部付近では主測線上での長尺ボーリングを河床標高以深まで先行し、この結果に基づいてその他の地点のボーリング深度を決定することが望ましい。

ボーリングの深度は、地すべりブロック幅と地すべりの層厚（最大鉛直層厚）の比から推定することも 1 つの方法である。建設省（現国土交通省）土木研究所の地すべり実態統計⁷⁾（1975～1977）によれば、一般的に地すべり幅/地すべり層厚の比は主に 2～12 の間にあるが、湛水により貯水池周辺で発生した地すべりの場合においては地すべり幅/地すべり層厚の比は主に 2～10 の間にある。この理由の一つとして、湛水による地すべりは岩盤地すべりが多いことがあげられる。

(iv) ボーリングの方法と孔径

ボーリングに際しては、循環流体に気泡等を用いてコアを採取する方法を採用したり、孔径・ビットを工夫するなどして高品質のボーリングコアを得るように努めることが必要である。また、ボーリングコアからすべり面・地質構造などの判定が困難な場合には、ボアホールカメラ等により、孔壁の亀裂・破碎状況を把握することも有効である。

ボーリングの孔径は 66mm または 86 mm が一般的であり、ボーリング孔を用いた試験や計測の実施を考慮して決定する（表 4.3）。

なお、標準貫入試験を実施する場合は、試験区間の試料から地盤の性状を詳細に観察することが難しいため、必要に応じて別孔でボーリング調査を実施する。

表 4.3 各調査試験に必要なボーリング孔径

調査試験項目		掘削孔径 (mm)	備 考
すべり面調査	パイプ歪計	86	(歪ゲージ付塩ビ管+コード)を埋没
	孔内傾斜計	86	(ガイド管+グラウト用ホース)を埋没
孔内水位計測	手動式	66	
	自記式	66	水圧式水位計の場合
地下水検層（電気検層）		66	有孔塩ビ管を埋没
地下水追跡調査		66	有孔塩ビ管を埋没
標準貫入試験		66	試験区間のボーリングコアが採取されない
揚水試験		86	ベラーでの揚水を行う
土質試験		86 以上	ボーリングコアでの試験

(3) コアの見方

地すべり等の移動土塊やすべり面の性状は、地すべり履歴、構成地質、調査位置（頭部または末端部など）等に影響される。また、ボーリングコアの性状はコア採取技術等に影響される。これらに留意して地すべり土塊やすべり面を推定する。

高品質のボーリングコアや調査坑内を観察し、地質性状（色調、硬軟、コア形状、割れ目に挟在する土砂・粘土あるいは鏡肌の有無等）に着目し、すべり面を推定する。

なお、調査ボーリング結果は、採取されたコアの地質記載だけでなく、ボーリング時の掘削状況、コアの採取状況、周辺の露頭で見られる地質状況との関連など総合的な視点での観察が重要となる。

地すべり履歴がある斜面では、斜面内部にすべり面が存在し、これより上部が地すべり土塊（移動領域）となる。

すべり面は、地すべりの原岩の地質構成や規模、型分類などによって多様な性状を示すが、典型的な特徴は次のようなものである。すなわち、すべり面は、これまでの運動の繰り返しによるせん断破壊の累積によって形成された岩石の微粒子からなる厚さ数 mm～数 cm の粘土帯を挟み、粘土帯の上下の境界面には鏡肌や条線などが見られることが多い。また、すべり面の直上位の移動層には数 10cm～数 m にわたって地すべり運動の引きずりによる脆弱部が見られることが多い。すべり面の直下位の基盤岩は、新鮮な堅岩となっていることが多いが、特に、結晶片岩や細互層などの板状岩などでは、地すべり運動の引きずりによって亀裂を生じたり、脆弱化したりしやすく、また、局部的に透水性が高くなり、風化が認められることがある。

未乾燥のコアのすべり面の粘土帯や脆弱部は、指で押して土質や硬軟を確認する必要がある。また、コアを割ると光沢や条線の見られる鏡肌が現れることがある。ただし、鏡肌は、断層など構造運動による不連続面に見られる一般的な特徴でもあるので注意が必要である。

すべり面の粘土帯とその周囲は、原岩の地質構成、地下水位、風化、破碎の程度などによって様々な色調を呈する。原岩が粘板岩や頁岩など泥質岩の場合は地下水位以下であれば、還元色を呈し暗灰色を示すことが多い。花崗岩や流紋岩、酸性凝灰岩などでは、灰白色を呈し、熱水変質を素因とするすべり面は白色で著しく含水比の高い軟質な粘土帯を形成していることがある。連続性のある粘土帯をとまなうすべり面は難透水層を形成し、被圧が認められる場合がある。

変動が進んでいない岩盤地すべりなどでは、すべり面の素因となった断層や層理面の性状が残され、すべり面がきわめて薄く粘土帯もほとんど見られない場合がある。

(4) 物理探査

大規模な地すべり等の調査においては、広い範囲における地層の分布状況を把握するために、必要に応じて弾性波探査や電気探査などの物理探査を用いる。

物理探査の範囲は、地すべり等の規模やすべり面深度を考慮して設定する。また、探査測線はボーリング調査測線を基準に設定し、その測線長は河床を含み想定される地すべりの深度以深の速度値が得られるよう十分な延長を確保する。調査結果は、ボーリング調査等の結果と併せて整理・解析する。

(5) 調査坑調査

調査坑調査は地すべり等の土塊、すべり面、不動領域などが直接肉眼で観察できるため、すべり面の

形成が不完全な地すべり等ではきわめて有効な調査方法である。なお、調査坑、特に立坑は湛水後地下水排水のための集水井としても利用できることから、対策工の計画も考慮して配置する。

地すべり等はダムサイトに比較し一般に地質が不良であることから、調査坑の掘削時には十分安全に留意して実施しなければならない。

(6) その他の調査

その他の調査として、すべり面の疑いのある弱層の方向性や開口亀裂の確認のためのボアホールカメラ、地盤物性を把握するための物理検層などがあり、これらを必要に応じて実施する。

なお、物理検層の一種である地下水検層（電気検層）は、地下水流動層を把握することを目的としてよく用いられている（4.4.3 参照）。

4.4.2 すべり面調査

すべり面調査は、すべり面の位置、連続性および移動量を把握することを目的として、ボーリング調査や調査坑調査等の地質調査と各種機器を用いた計測により実施する。

すべり面は、地質調査結果や各種機器を用いた計測結果をもとに、地形状況や地すべりの現象などを総合的に検討して決定しなければならない。

なお、すべり面の判定を確実にを行うため、短期間の観測ですべり面での変動が把握できない場合には、対策工設計前に複数年の計測調査を行って、すべり面深度における累積変動の有無を、軽微な変動も含めて確認することが必要である。

すべり面調査における計測調査の特性を表 4.4 に示す。

(1) 地質調査によるすべり面の推定

地質調査によるすべり面の推定は、高品質のボーリングコアや調査坑内の観察等により、地質性状（色調、硬軟、コア形状、割れ目に挟在する土砂・粘土またはスリッケンサイドの有無等）に着目して行う。

（4.4.1(3) 参照）

(2) 計測によるすべり面調査

計測によるすべり面調査は、変動の有無、変動方向および変動量と降雨・地下水位等との相関性等を整理し、地すべり等のすべり面深度、移動土塊の層厚、地すべりブロック区分、変動方向、変動時期および発生原因等の機構解析や安定解析に関する資料を得る目的で行う。

計測調査に用いる機器は、現在の変動状況等を考慮して孔内傾斜計（図 4.6）、パイプ歪計（図 4.7）および多層移動量計等から選定する。貯水池周辺の湛水に伴う地すべり等では、ダム事業の調査段階のみならず建設および管理段階に至る長期間の計測が必要な場合もあるため、耐用年数も考慮して選定する。

なお、計測管周囲の間詰め不良による計測精度の低下を防ぐため、すべり面調査孔は地下水調査孔とは併用せず、計測管周囲をグラウチングし地山と一体化させることが必要である。

計測にあたっては、累積傾向のないものは測定値の変動が著しくても必ずしもすべり面とは判定できない。一方、変動量が少なくても累積傾向が認められる場合には、すべり面である可能性が高い。孔内傾斜計を用いて長深度の計測を行う場合には、孔底付近に、地すべりの変位ではないが、類似の変位が

生じることがあるので、すべり面の判定には留意する必要がある。

一般に、数 mm～数 cm/年程度で運動する地すべり等に対しては、変動量の精度が高く耐用年数が長い孔内傾斜計が有効である。ただし、活発な地すべり等では、孔曲がりにより短期間で深部の計測ができなくなるため、他の調査法を併用する等の対応が必要となる。

また、孔内傾斜計をグラフ化した際に、倒れ込み、深度に対して変位が S 字状に出る等の不良な計測データが示されることがある。不良計測データの発生には、ガイドパイプ設置時の間詰め不良や丁寧でない測定の他に、ケーブルのねじれやプローブの温度変化などの計測機器の不具合など、多数の要因が考えられる。すべり面を的確に判定するためには、このような不良データの発生原因を解明し、不良データの発生を防ぐ、あるいはデータの補正を行うことが必要となる。

表 4.4 すべり面調査における計測調査の特性

特性 調査法	測定量	分解能	耐用年数	備 考
パイプ歪計	歪み	10 μ	2 年程度	ダム湛水による地すべりを対象とするような長期的観測が必要な場合には、耐用年数に問題がある。
孔内傾斜計	変位	0.01mm	変動状況によって数年～数十年程度と異なる	長深度の計測を行う場合には、孔底付近に、地すべりの変位と類似の変位が生じることがあるので留意が必要。軽微な移動量のとき有効。
多層移動量計	変位	1mm	変動状況によって数年～数十年程度と異なる	年間数 cm 以上の移動量のとき有効。

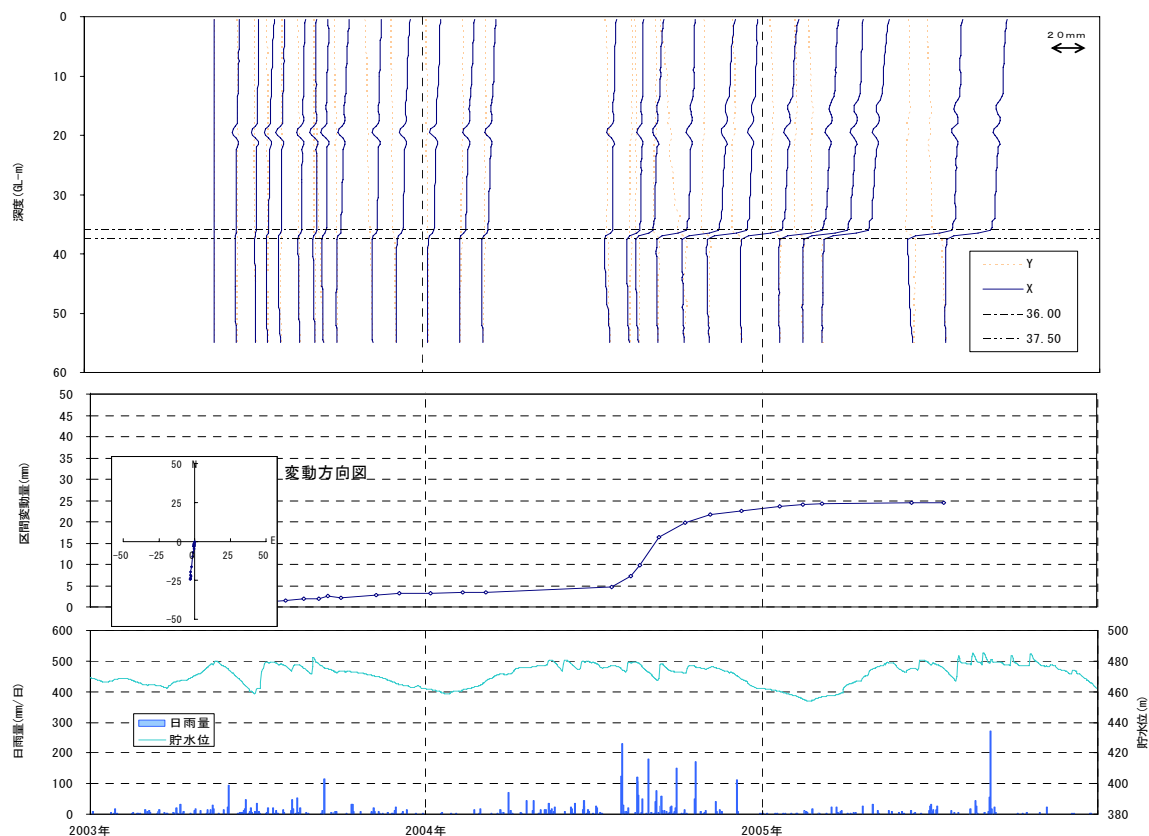


図 4.6 孔内傾斜計累積変動グラフの例

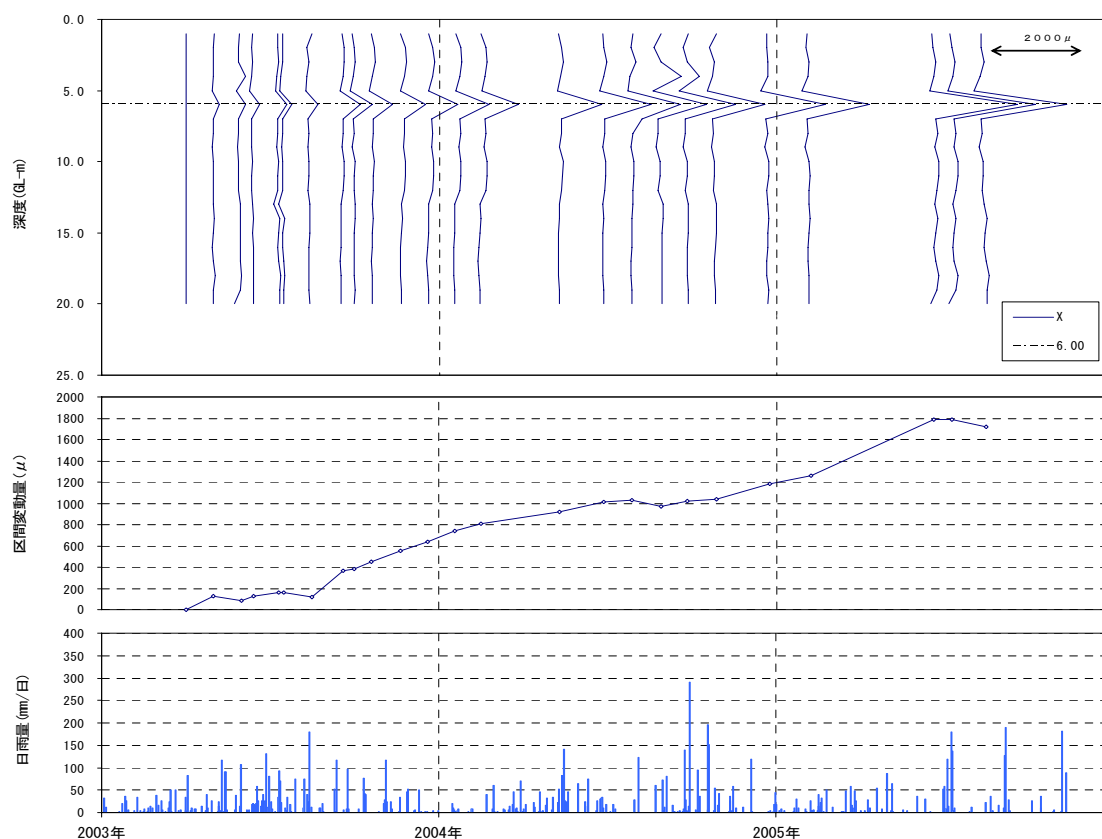


図 4.7 パイプ歪計累積変動グラフの例

4.4.3 地下水調査

地下水調査は、地すべり等の土塊内の定常状態や降雨および貯水位などの影響を受けた地下水位を把握することを目的として行う。原則としてボーリング孔を利用した自記水位計、間隙水圧計等による連続計測によって、試験湛水前には複数年観測し、試験湛水時には貯水位変動に伴う地山地下水位の経時変化、浸透の影響範囲、残留範囲を確認する（図 4.8、図 4.9）。また、試験湛水時および運用の初期段階には降雨・貯水位変動と地下水位変動との関係を把握するとともに、堰上げについても検討する。

貯水位より上に地下水が存在する場合には、その排水対策も有効となるため、地下水の流動方向、流動層についても把握しておくことが必要である。ただし、平面的な地下水調査（地下水流動調査、地下水追跡調査、水質分析）はブロックが大規模な場合で、ボーリング孔が多くある場合でないと有効な解析結果が得られないことがあるので、調査を実施する際には、ボーリング配置計画の段階から十分に検討することが必要である。

孔内水位を高い精度で計測するため、地下水調査孔とすべり面調査孔は併用しないことが望ましい。地下水調査を行う孔内水位計測孔の孔底は原則として対象とするすべり面付近～数 m 上とし、漏水・逸水することのないよう留意する。

一般に粘質土地すべりは地下水位が浅く、逆に岩盤地すべりでは、地下水位が深いことが多い。また、地下水面は 1 枚ではなく、宙水となって複数の地下水面が存在する場合もある。岩盤地すべり・風化岩地すべりでは最下位の地下水位を地下水面とするのが安全側の対応となる。

地下水調査の留意点を表 4.5 に示す。

このような地下水調査のほか、ボーリング掘削中の孔内水位の変化、漏水・逸水の状況等を記録し、

これらの状況と地質との関係も検討する。

表 4.5 地下水調査の留意点¹⁾

目 的	調査方法	留 意 点
地下水位変動と降雨・貯水位変動との相関等の検討	孔内水位計測 間隙水圧測定	少なくとも主測線沿いの地下水調査孔では一定期間必ず実施する。
地すべり等の透水性の把握	透水試験	浸透流解析等を実施する場合には、主要な地下水調査孔において実施する。
地下水流動層の把握	地下水検層	
地下水流動方向・流速の推定	地下水追跡	地下水位や透水性が特異な状況を示す場合等に、必要に応じて実施する。
地下水の性質の把握 地下水の流入・流出経路の推定	水質分析	地下水位や透水性が特異な状況を示す場合等に、必要に応じて実施する。

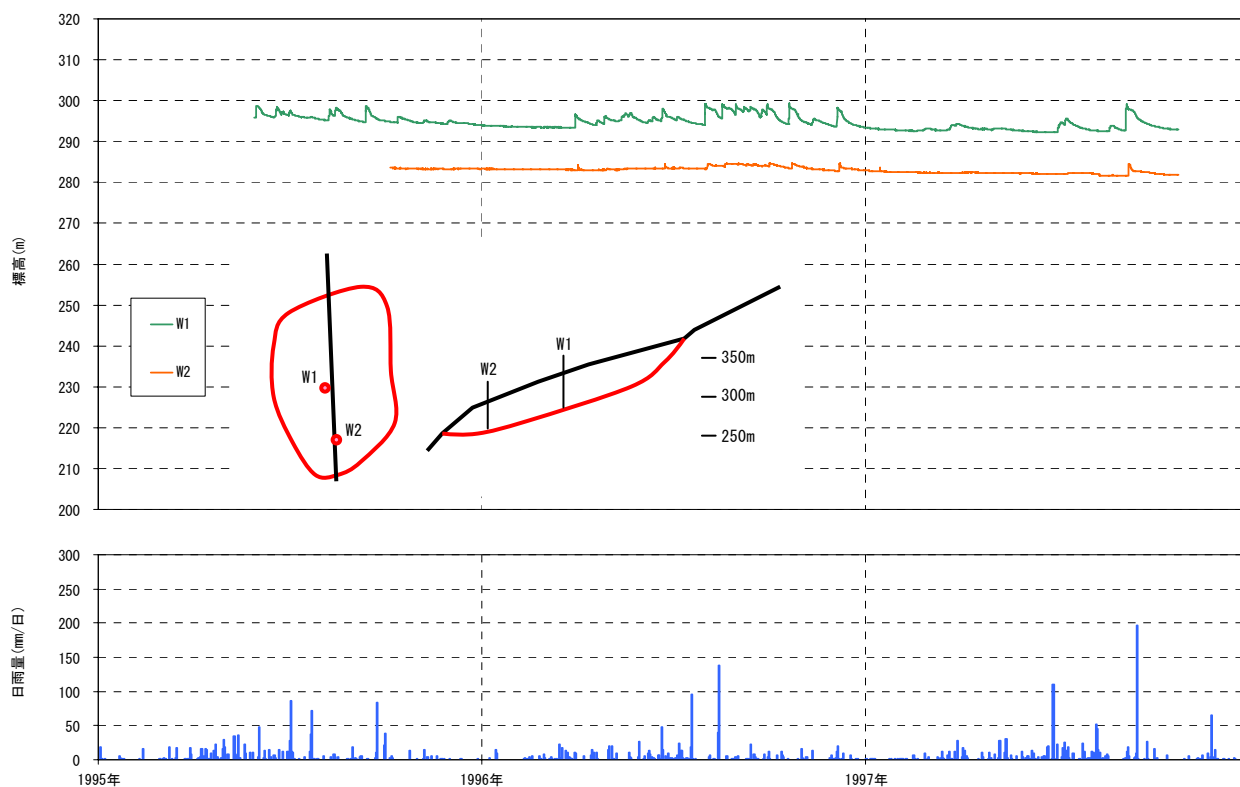


図 4.8 地下水位グラフの例 【湛水前】

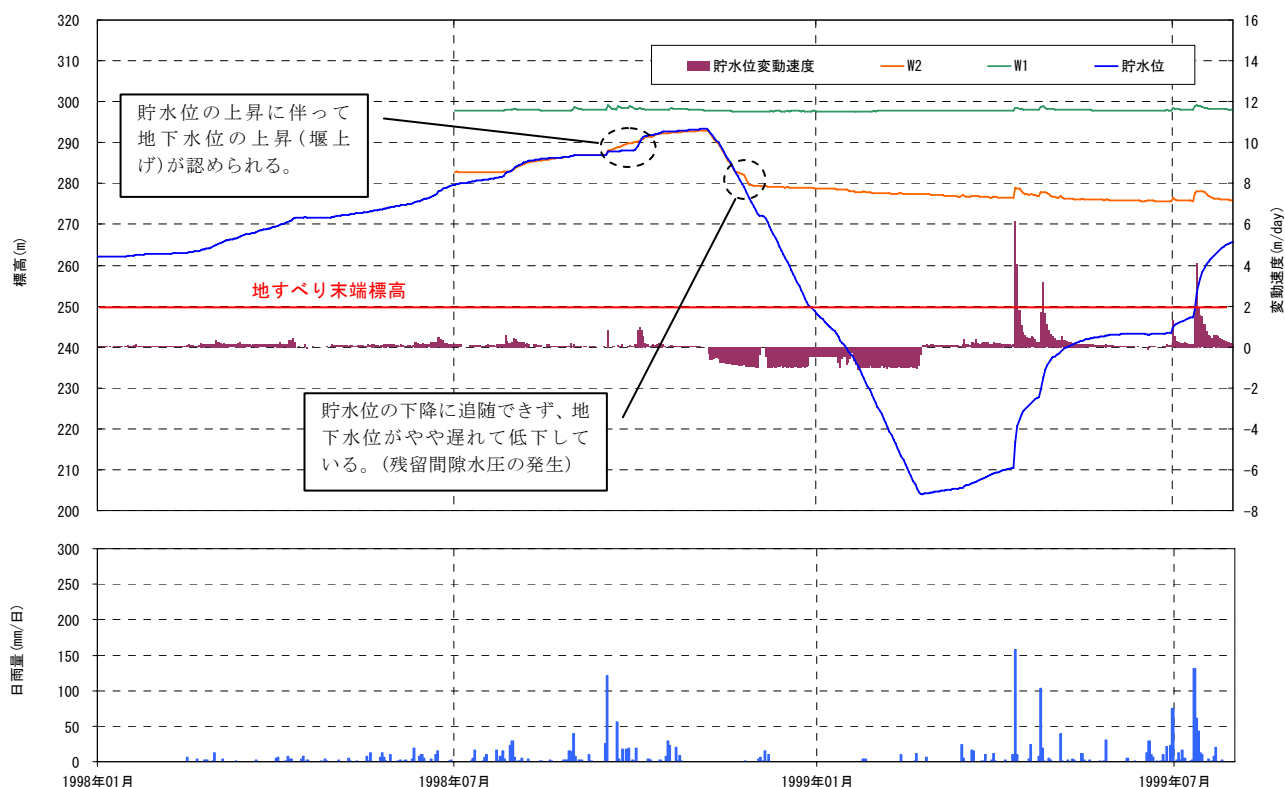


図 4.9 地下水位グラフの例 【湛水後】

4.4.4 移動量調査

移動量調査は、地すべり等の変動状況の把握、今後の変動性の予測、地すべりブロック区分および対策工の必要性の判断などを目的として、測量や変動計測により実施する。

移動量調査は、試験湛水時以降の斜面管理にも引き継がれるため、精査段階からその調査位置について十分に検討する。

移動量調査の目的と方法を以下に示す。

(1) 測量（水準測量、移動杭測量、GPS測量、空中写真測量等）

(i) 目的

- ① 地すべりブロックの変動量・範囲・方向等の把握
- ② 地すべりブロックの変動量と気象条件との関連の検討

(ii) 方法

- ① 各測点の移動方向・移動量の計測
- ② 各期間（梅雨、台風、融雪等）別の移動量の比較

(2) 地盤伸縮計、クラックゲージ等

(i) 目的

- ① 地すべりブロックの境界（頭部、側部、末端部）の把握
- ② 地すべりブロックの変動量と降雨、地下水位および貯水位等との関連の検討
- ③ 変動状況の区分、監視・計測体制の管理基準値の設定

(ii) 方法

① 亀裂や段差の変動量と変動の向き（引張または圧縮）の計測

調査計画の段階で、変状が地表に現れずに地すべり境界部の位置を特定することが困難な場合には、主測線に沿って連続的に設置する。

② 亀裂や段差の変動量と降雨量、地下水変動量および貯水位変動量等との時系列比較

計測結果は図 4.10 に示すようなグラフに取りまとめる。

(3) 地盤傾斜計

(i) 目的

① 地すべりブロックの範囲（頭部、末端部）の把握

② 地すべりブロックの変動量と降雨、地下水位および貯水位等との相関の検討

③ 変動状況の区分、監視・計測体制の管理基準値の設定

(ii) 方法

① 地盤傾斜量、傾斜方向の計測

温度変化の影響を著しく受けるところでは計測値の誤差が非常に大きくなることがあるため、設置環境に留意するとともに必要に応じて計測値の補正等を行う。

② 地盤傾斜量と降雨量、地下水変動量および貯水位変動量等との時系列比較

計測結果は図 4.11 に示すようなグラフに取りまとめる。

なお、地盤傾斜計の計測データについても、運動状況の区分や監視・計測体制の管理基準値として利用することができる（5.3.2、7.1.3 参照）。

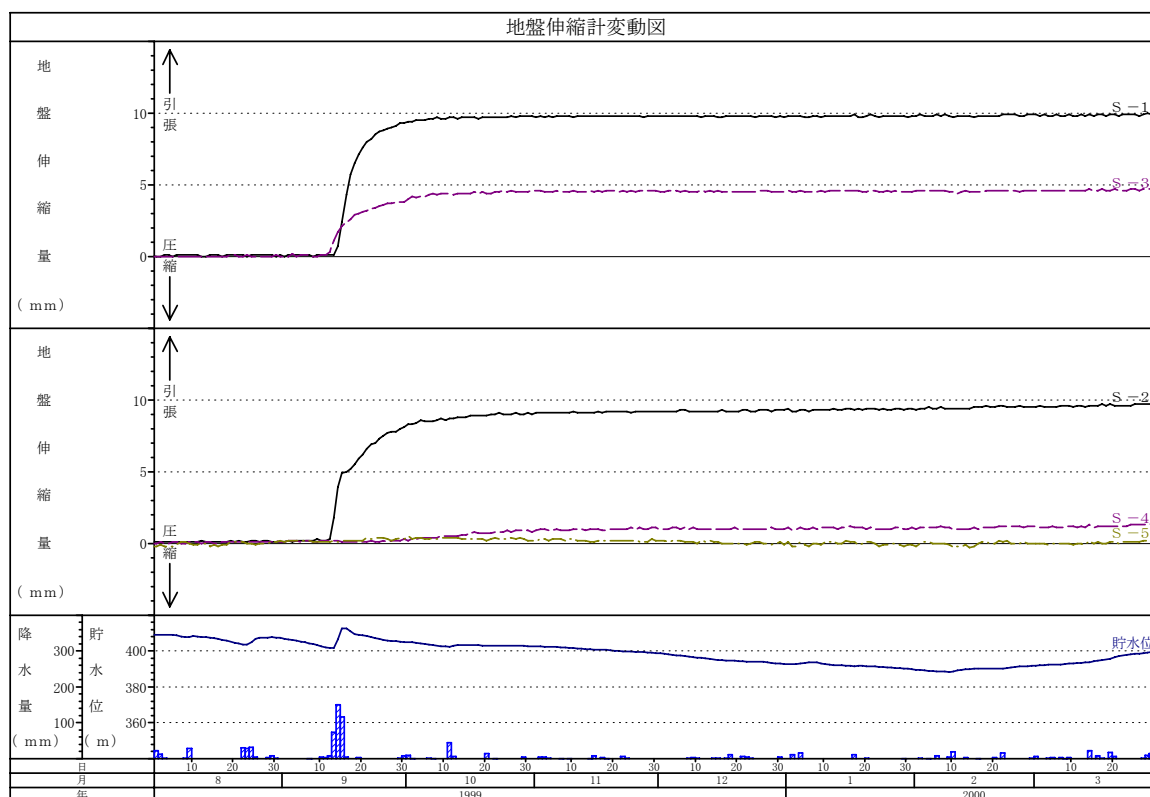


図 4.10 地表伸縮計グラフの例

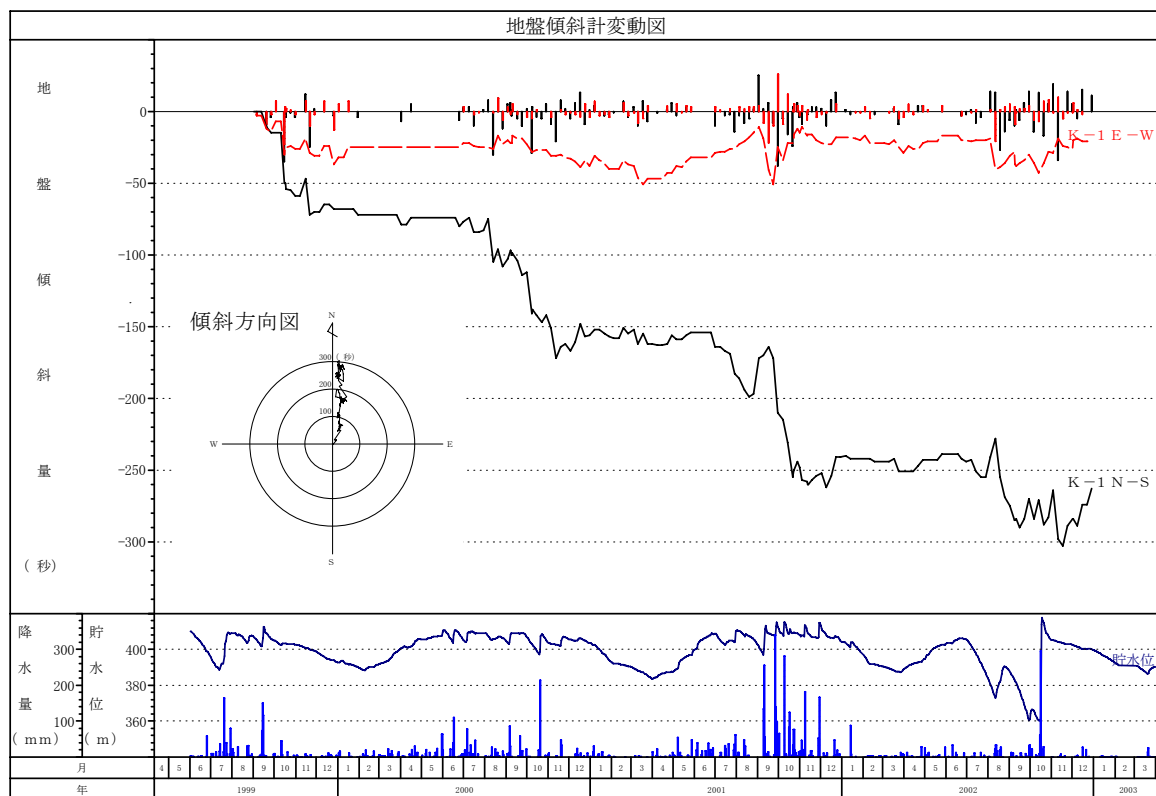


図 4.11 地盤傾斜計グラフの例

(4) 変動総括図

すべり面調査、地下水調査および移動量調査の結果は、必要に応じて複数の調査結果を一覧できる変動総括図を作成し、複数計器での斜面全体の時系列変化の関連性の把握に努める。変動総括図は降雨・貯水位や各調査における変動の時期、変動量・速度等を対比することにより、変動が生じた時の原因、変動の範囲、変動の形態等の地すべり発生・運動機構を考察する際に効果的である。一方、過去の降雨、地下水位、掘削等と各調査における変動量等との相関性を把握しておく、その後の予測の信頼性が向上する。変動総括図の例を図 4.12 に示す。

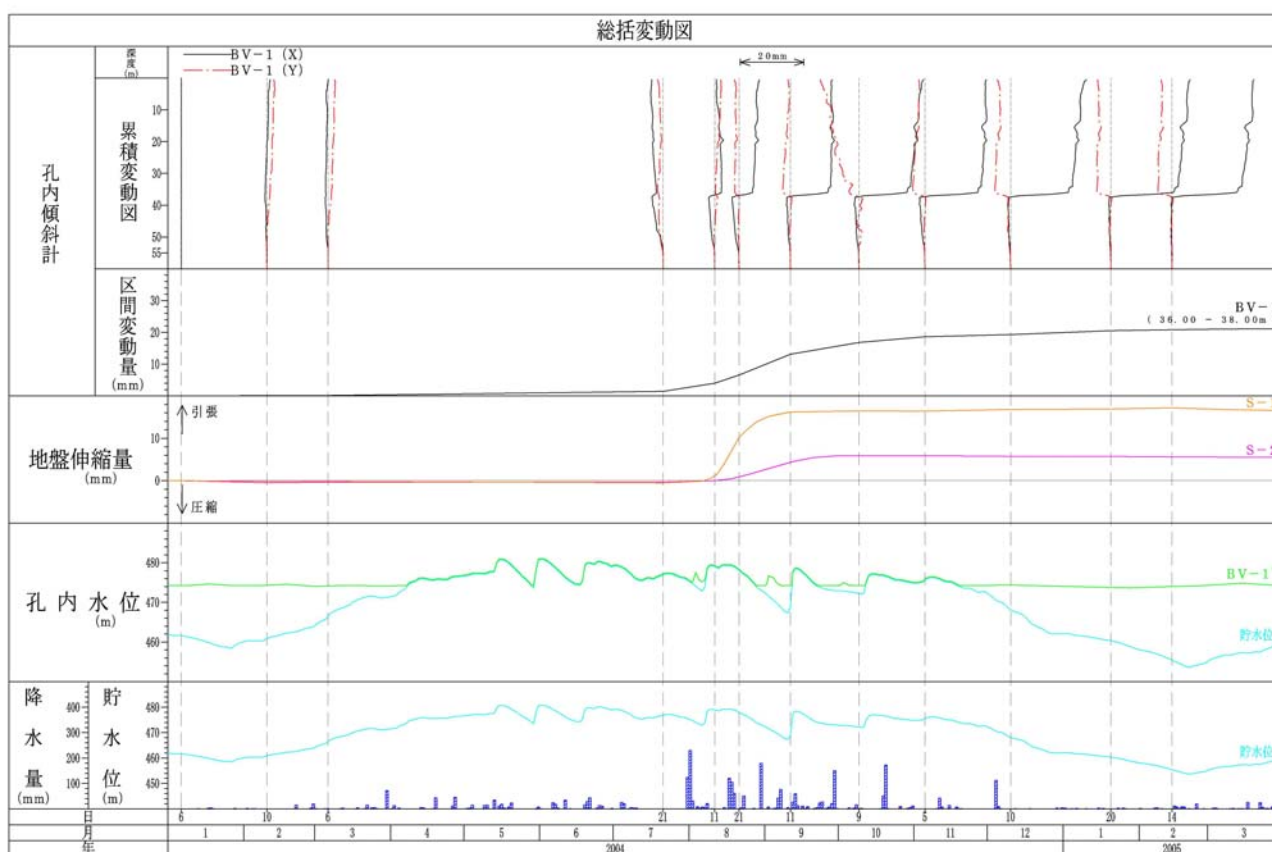


図 4.12 変動総括図の例

4.4.5 土質試験

土質試験（地盤調査を含む）は、地すべりブロックや崖錐等の未固結堆積物の単位体積重量や透水性など、すべり面の土質強度定数および対策工の設計に必要な地盤の強度を把握することを目的として、室内試験または原位置試験により実施する。

これらの試験を適切に行うことにより、地すべり等の機構や安定性を高い精度で把握し、対策工の安全性と設計の合理化に寄与することができる。

地すべり土塊やすべり面の物性値は、同一の地すべりブロックであっても変化に富むため、限られた位置の試験結果だけでなく、過去の実績データ等を参考に設定する。

(1) 単位体積重量や透水性などを把握するための試験

地すべり等の安定解析に必要な地すべりブロックの単位体積重量を把握するための試験は、コアサンプルまたはブロックサンプルを用いた湿潤密度試験のほか、高品質のボーリングコアの重さと寸法を直接計量する方法がある。

安定計算の際に移動土塊の単位体積重量の実測値を用いることで、より精度の高い解析結果が得られるとともに対策工の安全性と設計の合理化に寄与することができる。このため、具体的な単位体積重量を把握することが望ましい。地すべり等の斜面上方では引っ張りが働きゆるみが進行するため単位体積重量が小さいのに対し、斜面下方では圧縮を受けるため単位体積重量が大きくなることが考えられ、実測の場合は複数箇所で測定することが望ましい。

また、浸透流解析を行う場合には、地すべり土塊の透水性を把握するため、室内・原位置透水試験を

行う（4.4.3 参照）。

（2）すべり面の土質強度定数（ c' 、 ϕ' ）を把握するための試験

すべり面の土質強度定数（ c' 、 ϕ' ）を把握するための試験は、極力、乱さない試料の採取を行い、一面せん断試験、三軸圧縮試験、リングせん断試験等によって行う。

すべり面のせん断強さを把握するための土質試験は、一般的に逆算法によって求めた粘着力 c' 、内部摩擦角 ϕ' の妥当性を確認する補助手段として実施されている。しかし、すべり面のせん断強さの特性は極めて重要なため、試験を行い照査することが望ましい。また、今後その解明に向けた研究が必要であり、試験方法、条件、結果等をデータベースとして蓄積することが望まれる。

（3）対策工の設計に必要な地盤の強度を把握するための試験

対策工の設計に必要な地盤の強度を把握するための試験としては、アンカー工を用いる場合には、抵抗力を求めるための引抜き試験、鋼管杭工およびシャフト工を用いる場合には、地盤反力係数を求めるための孔内水平載荷試験がある。

なお、粘性土や砂質土などの土質地盤に対しては、地盤反力係数を標準貫入試験から求めた N 値から推定することもできる。

4.5 精査結果図の作成

精査の結果は、以下に示す内容についてとりまとめ、精査結果平面図および精査結果断面図等を作成する。また、これらの情報をもとに、地すべりカルテを更新する。

- ① 地形・地質、すべり面、地下水、移動量および土質試験等の結果
- ② 保全対象等の整理
- ③ 地すべりブロックの区分、範囲、すべり面深度等の推定根拠の整理
- ④ 地すべり等分布図の更新

4.6 解析の必要性の評価

地質調査およびすべり面調査等の精査の結果、得られた地すべり等の位置および規模並びに地すべり等と保全対象との関係から、解析の必要性の評価を行う。以下の場合には、湛水に伴う地すべり等としての解析（5章）は不要である。

- ① 地すべり等の末端部の位置および湛水時の地下水状態の変化を考慮しても湛水の影響がないと判断される場合（3.4 参照）
- ② その他の貯水池周辺斜面（3.4 参照）で、地すべり等の規模が貯水池容量と比べて小さい場合