

2. 調 査 編

目 次

2. 調査編

第1章 総説	1
1.1 調査の目的および一般的留意事項.....	1
1.2 調査の種類および流れ.....	2
1.3 調査の計画.....	3
第2章 基本調査	5
2.1 資料調査の目的.....	5
2.2 資料調査の種類.....	5
2.3 現地調査.....	9
2.3.1 現地調査の目的.....	9
2.3.2 現地調査の種類.....	9
第3章 地盤調査	13
3.1 地盤調査の目的.....	13
3.2 地盤調査の種類.....	13
3.2.1 サウンディング.....	17
3.2.2 ボーリング.....	19
3.2.3 土質試験.....	19
3.2.4 急傾斜地の挙動調査.....	20
3.2.5 地盤調査結果の活用.....	21
第4章 横断測線および地盤調査についての細目	22
4.1 調査における横断測線の設定.....	22
4.2 簡易貫入試験による表層崩壊深の把握.....	24
4.3 ボーリング調査と簡易貫入試験の組み合わせ.....	27
第5章 環境調査	28
5.1 環境調査の目的.....	28
5.2 環境調査の調査方法と種類.....	28
5.2.1 社会環境調査.....	28
5.2.2 自然環境調査.....	30
第6章 崩壊斜面等調査	31

第1章 総説

1.1 調査の目的および一般的留意事項

急傾斜地の調査は、急傾斜地の崩壊の発生機構等の分析や警戒避難体制の検討を行う際の基礎データを得るための崩壊斜面等調査、また、急傾斜地崩壊防止工事の計画、設計、施工を適切に行うため、崩壊形態の想定、崩壊要因の推定、施工対象範囲の設定、対策工の設計・施工のための調査等を実施する。

《解説》

急傾斜地の調査は、急傾斜地崩壊防止工事を行なうための調査で、危険斜面の判定、想定される崩壊形態の予測、想定される被害の状況、崩壊素因の推定、対策区域の決定、環境に配慮した対策工法の種類の決定、対策工の設計、施工のための調査などが主たる目的となる。

斜面の調査では、誘因となる降雨について、雨が地表に降ってからどのように集まり、それがどのような経路で斜面を流れ下るか、地下水としてはどのような経路で斜面のどの部分で表面に湧出するかということ（場合によっては、これ以外に地震によりどの程度の震動が発生するかということ）と、素因としての地形・地質・土質を調べることに主眼が置かれている。調査は現地踏査時の観察を中心に従来から地質・土質調査で用いられる方法が利用されている。これらの調査結果と従来の経験をもとに、崩壊形態の想定、崩壊危機度の予知・予測、環境の変化・保全、対策工の検討などに関して、担当者ができるだけ的確な工学的判断（engineering judgement）を下すという流れで進められる。

自然斜面および切土のり面は不均一な地盤であり、かつ表面が植生で覆われていて地山が直接観察できない場合が多いので、施工前の調査段階で地山の安定性とそれを左右する土質・岩質、地層構成、地下水の状況あるいはすべり面の位置などを正確に把握することは困難な場合が多い。それにも増して、施工後における周辺地域の開発等に伴う環境条件の変化や異常気象（地震も考えられる）等の誘因の斜面の安全性への影響を事前に正確に予測することは非常に困難である。

したがって調査の計画および実施においては、以下のような事項にも十分留意する必要がある。

- ① できるだけ広範囲に地形や地質を観察するとともに、類似した地盤条件で対策工が施工された箇所の状況や資料を調べて参考にする。
- ② 風化の進んだ地山、浸透水の集まる斜面あるいは崩壊または地すべりなどの痕跡の見られる場所に注目し、崩壊の危険度の高い斜面に重点を置いた調査を行う。
- ③ 地盤条件が複雑な斜面では、事前に十分と思われる調査を行ったとしても納得のいく設計ができるとは限らない。したがってもし現地踏査などの結果、複雑な地質構造であると想定され、数点のボーリング調査等でははっきり地盤条件を確認できないことが分かった場合は、設計段階の調査をむやみに増やさないほうがよい。このような場合については、施工に際して応急的な処置や工法変更がとれるような余裕のある設計を行うとともに、表面整形や切り取りの途中で土質や岩質をよく確かめ、必要な場所で必要な時期に調査を追加するのが得策である。

1.2 調査の種類および流れ

急傾斜地の調査は、基本調査、地盤調査、環境調査、崩壊斜面等調査からなる。

《解説》

急傾斜地の調査の種類を表 1-1 に示す。

急傾斜地の調査は、施工対象範囲の設定や概略工法の選定を行う基本調査と、急傾斜地崩壊防止工事の計画・設計・施工の基礎資料を得るために行う地盤調査、環境との調和を図ることを目的とする環境調査、がけ崩れの発生機構等の分析や検討を行う際の基礎データを得るための崩壊斜面調査を行うことを標準とする。

河川砂防技術基準では警戒避難体制の検討のための調査も標準としているが、本マニュアルでは対象外とする。

表 1-1 調査の種類

種類	区分	調査結果の適用
基本調査	資料調査 現地調査	施工対象範囲の設定 地盤調査計画の立案 概略工法の決定 機構解析等
地盤調査	サウンディング ボーリング 土質試験等	対策工の設計・施工の検討 機構解析等
環境調査	社会環境調査 自然環境調査	環境特性の把握 施工において必要な環境保全方策の検討等
崩壊斜面等調査	土質試験 被災実態調査等	機構解析 警戒避難体制の検討等

1.3 調査の計画

現地調査、地盤調査の計画は、斜面特性から区分される調査レベルを参考にたてるものとする。

《解説》

現地調査及び地盤調査は、斜面規模、崩壊形態の予想の難易、施工基盤の安定性によって表 1-2 に示す 3 つの調査レベルに区分することができる。

経費および工期の制約と、不均質な斜面において調査結果を用いて斜面の安定計算および対策工の設計計算を直接的に行う方法が十分には確立されていない理由から、実際にどんな現地調査を行うのが最も妥当であるかは画一的には決めにくい。したがって個々の現場の実態および予定される対策工種に合わせて、現場技術者の判断により決定せざるを得ない。

しかし当然ながら調査の粗密は対象斜面の状況に合わせて決定する必要があり、具体的にはいくつかの調査レベルを設定して対応するのが妥当である。以上の理由により、調査レベルの目安を示したものが表 1-2 である。

一般に斜面高も小さくまた勾配も緩い斜面では、地層構造が単純で現地踏査で明らかにし得る場合には、それだけで設計・施工計画をたてることができる。

しかし斜面規模も大きく、地層構造もやや複雑で現地踏査だけでは明らかにし得ない斜面では、簡易サウンディングやボーリングで地質構成、構造、風化の程度、不連続面や割目の発達などを確認する必要がある。

さらに高さの大きい斜面については、現地踏査によって十分内部の状況が把握できる場合以外は、弾性波探査等の広域探査を実施して検討を立体的に進めることが必要である。

また、詳細な安定の検討が特に重要と考えられるのは、以下のような斜面の場合である。

- ① 現在までに地すべりや崩壊の履歴があり、不安定な状態にあると予想される斜面
- ② 既存の斜面調査から、妥当と判断される標準勾配より急な切り取りを行う場合
- ③ 崖錐堆積物や表層被覆層等の高透水性の土層と岩盤との境界面が急斜面になっていて、その傾斜と同一方向にのり面をつくる場合
- ④ 地下水位が高く湧水が多い場合
- ⑤ 構造線、すなわち断層や破碎帯の存在が確認もしくは予想される場合、あるいは空中写真上でリニアメント等が認められる斜面
- ⑥ 吸水膨張や風化等により強度が急速に低下しやすい岩（土砂で構成される斜面）

表 1-2 地盤調査の調査レベルの目安

調査 レベル	調査対象斜面の概要	標準的な調査内容
I	1. 斜面高が小さく勾配も緩い。 2. 地層構造が単純で現地踏査で明確にできる。 3. 想定される崩壊規模が非常に小さい。 4. 崩壊歴がない。 5. 施工過程における斜面の不安定化のおそれがない。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地質構造や地表面の変状の把握、崩壊形態の想定を主目的とする現地精査（地表地質調査）に重点を置き、必ずしもサウンディング等を実施する必要はない。
II	1. 斜面高がやや大きく、勾配もやや急。斜面高は小さいが勾配は急。 2. 地層構造がやや複雑で地表地質調査だけでは明確にしにくい。 3. 想定される崩壊規模がやや大きい。 4. 小規模な崩壊歴がある。 5. 施工過程における斜面の不安定化のおそれがややある	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地表地質調査 ・ 簡易サウンディング 2、3 測線、間隔 5～20m 程度（土研式簡易貫入試験、SH型貫入試験等） ・ ボーリング 1 本以上（構造物等の基礎の確認が必要な場合は特に重要となる。）
III	1. 斜面高が大きく勾配もやや急。 2. 地層構造が複雑で簡易なサウンディングだけでは明確にしにくい。 3. 想定される崩壊規模が大きい。 4. 中規模以上の崩壊歴や斜面の異常変状がある。 5. 施工過程における斜面の不安定化のおそれがある。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地表地質調査 ・ ボーリング 2～3 本以上 ・ サウンディング 数測線、間隔 5～20m 程度（土研式簡易貫入試験、SH型貫入試験、スウェーデン式サウンディング、標準貫入試験） ・ 弾性波探査 間隔 10～20m 程度 ・ 土質試験

出典：「新・斜面崩壊防止工事の設計と実例」（令和元年 5 月）

第2章 基本調査

2.1 資料調査の目的

資料調査は、対象となる急傾斜地の概要を把握することにより、現地調査・地盤調査計画の立案や、環境特性の把握に資することを目的とする。

《解説》

資料調査の段階では直接現地へ入って調査する前に、資料として入手できるものはなるべく収集し、現地調査に生かすことが必要である。

資料調査で一般に収集されるべき資料は 2.2 で述べる程度のものであるが、これらの資料は単に収集するだけでなく、資料より得られる情報を十分整理、把握して、現地調査の際に重点的に調査すべき要点をまとめておくべきである。

2.2 資料調査の種類

資料調査は、対象となる急傾斜地及び急傾斜地周辺の地形、地質、環境等の概要を把握するためのものである。調査の主要着眼点としては、大地形、微地形、土質、地質、植生、水文状況、土地利用がある。

《解説》

資料は次のようなものを目的に応じて収集する。

(1) 過去の災害記録

斜面周辺の斜面崩壊の形態、規模、被災の状況、発生日時およびこのときの気象条件。付近で過去に何度も崩壊が発生し災害を受けているようなところは、崩壊の危険性の高い地区と考えることができる。

被災の程度、被災区域、崩壊時の状況等についての調査結果は、その地域での崩壊後の崩土の動き、崩土の広がり、崩土の規模等を知る手がかりとなる一方、被災のおそれのある範囲推定のための資料となる。

(2) 過去の点検記録（斜面及び急傾斜地崩壊防止施設）

斜面に関しては、

- ・「急傾斜地崩壊危険箇所の再点検について（依頼）」（平成 11 年 11 月 30 日 建設省河傾発第 112 号各都道府県土木（建築）部長あて 建設省河川局砂防部傾斜地保全課長）に基づく「急傾斜地崩壊危険箇所等点検要領」に基づく調査結果

急傾斜地崩壊防止施設に関しては、

- ・砂防関係施設点検要領(案)（平成 31 年 3 月 国土交通省砂防部保全課）に基づく点検結果などが参考となる。

このうち、急傾斜地崩壊危険箇所点検調査は、現地踏査を実施して対象斜面の特性を整理し、崩

壊危険度を把握するものであり、概ね 5 年ごとに実施されていた。またこの調査は 1/5,000～1/2,500 地形図を用い、地形や地質情報あるいは崩壊に関する情報を調査表として整理するもので、対象斜面の概況、危険度、崩壊位置や形態などが明らかになるため、調査計画の立案にとって貴重な基礎資料となる。

(3) 土砂災害防止法に基づく基礎調査記録

斜面の傾斜度及び高さ、他所管を含む対策施設の設置状況、地質、土質、災害履歴、微地形、人家等の位置、道路及び河川、法規制、土地利用状況等が基礎調査結果の区域調書から得られる。ただし、簡易な調査による記録であること及び調査年次が直近であるか否かに留意する。

(4) 急傾斜地周辺の環境記録

人家戸数、人家配列、世帯数、住民数、公共建物・公共施設等の位置・数・大きさ、斜面下端と人家との距離、その間の防災構造物の位置・種類、道路・通路・水路等の配置・規模、斜面上の水路・工作物、その他斜面周辺の人為的な改変箇所などの位置・年月・規模、法指定状況等。

(5) 気象記録

付近の雨量観測所の位置、過去の災害または崩壊発生時の連続雨量・日雨量・時間雨量、10 分間雨量等、過去の最大時間雨量・最大日雨量・最大連続雨量等の各年最大値、その他の気象記録（風、積雪、凍結）。

(6) 地震記録、地震時の急傾斜地崩壊危険箇所危険度評価結果

発生日時、震度、震源との距離、最大加速度、斜面崩壊等の災害の発生の有無、隣接地域における有感地震の回数・程度。

(7) 地質図（土木地質図含む）

地質図によって対象斜面の基盤地質、風化土層、崖錐の発達、地層の境界面、断層、破碎帯等の大まかな地質特性の予備知識を得る。

(8) 地形図、土地条件図、土地利用図、地すべり分布図等

地形図は資料調査・現地調査で得られる情報を書き込むために用い、また対象斜面周辺の広い区域の地形特性とそのなかでの対象斜面の占める位置を知り、対象斜面への水の流入（地表水、地下水）、流出等の状況の大略を想定するのに用いる。近年ではレーザープロファイラーにより微地形を高精度に反映した地形図作図も可能となり、対象箇所に近寄り難い場合の地形情報入手には有効である。

土地条件図は 1/25,000～1/10,000 の地形図を用い、地形分類と地盤高（特に低地の地盤）の区分を行っている。地形分類として山地・台地・低地の 3 つに大分類し、山地部ではさらに斜面の形状および斜面傾斜角によって 9 種に色別分類されており、特に変形地（がけ、崩壊地、やせ尾根、禿

積地、地すべり等)は記号で表示してある。したがってのり面、斜面として問題のある箇所を判断するのに便利である。

土地利用図は、都市、村落、耕地、林地、産業施設、交通等の項目に分け、それぞれを細分類している。関連するものとしては、国立公園、自然公園、特別史跡、名勝、天然記念物、林地の種類(林種区分、林齢区分、樹高区分)、伐開跡地等で、色、記号等で容易に識別できる。

地すべり分布図は調査地が地すべり地形を呈しているか確認のために利用する。調査地が地すべりであった場合、対策工は地すべりを考慮する必要があるので、重要な情報となる。

(9) 空中写真

縮尺1万分の1程度の市販されている空中写真による判読が汎用的に行われているが、できるだけ大縮尺のものを用いるのがよい。白黒写真・カラー写真・赤外カラー写真等があり、それぞれの特徴に見合った使い方がされている。

空中写真は情報収集時間の短縮、現地踏査が困難な地域にも使用可能で、かつ実体視の際高低が誇張されるので、微小な地表面の変化や乱れが容易に発見できるなどの利点がある。

近年では UAV を活用した空中写真撮影も多用されており、レーザープロファイラーと同様に対象地区の詳細地形を判別可能としている。反面、写真判読で捕捉しきれない微地形や植生などから得られる変動地形情報は現地踏査で入手する必要があること、地表面または地表近くの現象しか情報として得られないなどの欠点があるので、これらの特徴を理解して使用することが大切である。

空中写真の判読要素と得られる情報は表 2-1 にまとめられる。すでに崩壊を起こした斜面は、その形態的特徴を直接とらえることができる。もし対象とする斜面の近くで類似した斜面で旧崩壊地形が判読できれば、これは崩壊の形態・位置の想定に役立つ。また掘削、降雨などにより崩壊を起こしやすい崖錐、断層破碎帯などの存在を推定することも可能である。

もちろん現地踏査による確認を欠くことはできないが、写真上ではリニアメントとして現れる地形上(時には色調上)の特徴は、それを現地踏査等により断層破碎帯等と確認できる場合には、その周辺は崩壊の危険性が高いと推定できる。また崩壊土は切土などにより崩壊を起こしやすいが、この分布を調べる際、斜面傾斜変換線の追跡による微地形分類が効果を発揮することがある。

表 2-1 判読要素と得られる情報

判読要素		得られる情報
地 形	大地形	谷、盆地、平野、台地、丘陵、山岳等の大地形の分類などから、対象斜面がどのような地形のもとに位置づけられるかが把握できる。
	斜面の状況	起伏の大小とその形状、地形開析の程度の確認、微地形の分離、傾斜変換線の分布などから斜面の性状が把握できる。
	水系の発達状況	対象斜面上部の水系、とくにガリ等の微水系や集水域を把握することができる。また斜面下部の水系では、洗掘の有無などの情報が把握できる。
土地利用の状況		作物、樹木の違いが、土質や基盤岩の違いを表すことがある。また人工改変や道路に関する情報も重要である。
線状模様 (リニアメント)		地形、色調などが線上に連続するのが認められることがあるが、これは断層の存在など地質構造の異常を示唆することが多い。

出典：「新・斜面崩壊防止工事の設計と実例」(令和元年5月)

(10) 文献、工事記録、地質・土質調査報告書、土地の開発履歴・変遷等

過去、周辺に発生した崩壊に対する調査研究はもとより、郷土史、古い言い伝えなどから有用な情報が得られることがある。また、既往の近隣地区の地質・土質調査報告書や工事記録などからは、調査対象地域の地質や地盤の調査に参考となる有益な情報が得られることが多い。

また、旧版地形図、空中写真等により土地の開発履歴・変遷等を調査する場合がある。

各種資料調査の着眼点を表 2-2 に示す。

表 2-2 各種資料調査の主要着眼点

区分	調査方法 調査の着眼点	既存資料の利用										現地踏査
		地形図	地質図	空中写真	地質・土地調査報告書	工事記録	災害記録	土地条件図	土地利用図	地すべり分布図		
大地形	崩壊跡地	○		◎		△	△	◎				◎
	地すべり地	○		◎		△	△	◎		○		◎
	土石流跡地	○		◎			△	○				◎
	線状模様（リニアメント）	○	○	◎				○				△
	傾斜変換線	○		◎				◎				○
	崖錘	○	△	◎		△		◎				◎
	小起伏面	○		◎				○				◎
	河川攻撃斜面	○		◎				○				◎
微地形	非対称山稜	○		◎				◎				◎
	わずかな沢状の凹み	○		○				○				◎
	斜面途中の平坦面	○		◎				◎				◎
	段落ち、亀裂のある斜面	△		○				△				◎
土質	沼・池・湿地帯の有無と配列	○		◎				○				◎
	斜面上部および斜面内に不安定土塊のある場合	△		○				○				○
	概略の土質構造				◎	◎	◎					◎
	問題のある土質・土層構成の把握				○	○	○					○
地質	概略の土性（含盛土材料）				◎	◎	◎					◎
	問題のある土性の把握（含盛土材料）				○	○	○					○
	概略の岩質・地質構成		◎		◎	◎	◎			○		◎
	問題のある岩質・地質構成の把握		○		○	○	○					○
植生	概略の地質構造		◎	△	◎	◎	◎			○		◎
	問題のある地質構造の把握		○	△	○	○	○					○
	植生区分	○		◎			△		◎			◎
	植生の疎密度			◎			△					◎
水文状況	周囲の植生との相違箇所			◎			△		◎			◎
	伐採跡地および山火事跡地			◎			△		◎			◎
	湧水箇所				△	○	○					○
	透水層の位置				△	○	○					◎
土地利用の現況	地表水の状況	△		○	△	△	△					○
	地下水の状況				△	△	△					△
土地利用の現況	○		◎						◎		○	

注) 資料調査の精度として ◎よく判るもの ○ある程度判るもの △場合により判るもの

出典：「新・斜面崩壊防止工事の設計と実例」（令和元年5月）

2.3 現地調査

2.3.1 現地調査の目的

現地調査は、急傾斜地の崩壊形態の想定、施工対象範囲の設定、概略工法の決定を目的として実施する。

2.3.2 現地調査の種類

現地調査は、対象となる急傾斜地の崩壊形態を想定し、地盤調査計画の立案や測量範囲等を決定するための地形調査、地質調査、湧水調査、植生調査、周辺を含む崩壊履歴の調査、地元市町村・住民等からの崩壊履歴の聞き取り、保全対象調査等を行うこととし、この内、地質構造と湧水調査については、特に留意して実施することを基本とする。

《一般的留意事項》

0次谷を含む谷地形がある場合には、土石流対策の観点からの調査も併せて検討しなければならない。また、地すべり・雪崩のおそれがある場合には、地すべり・雪崩に関する調査も併せて検討しなければならない。

急傾斜地崩壊防止工事施工中の事故を防止するためにも、「急傾斜地崩壊防止工事の安全管理について」（平成10年3月25日建設省河傾発第14号）に基づき現地調査を確実に実施し、工事中の安全管理に活用するものとする。

《解説》

現地踏査の項目・内容は、危険箇所点検調査に準じるが、特に次の諸点に注意する。

(1) 地形調査

地形調査では、次のような点が大切である。

- ① のり面やそれに続く背後の自然斜面や台地面などにおける集水状況—すなわち降った雨が斜面のどこに集まり、どういう流下経路をとるか。
- ② 地すべり地形とはいえないまでも、斜面部に、崩土や崖錐、削り残しの段丘や地すべり土塊等、未固結の堆積物が局所的に分布して、すべりや崩れの予備物質になっていないか。
- ③ 表2-3のような変状が、路面やのり面や自然斜面、斜面近傍の構造物等に表れていないかどうか詳しく観察し、検討する。

具体的には、斜面形状、オーバーハングの有無、斜面勾配、集水範囲、斜面の向き、比高、斜面長のほか、斜面勾配の変換点（その上下付近が崩れやすい）、小さな沢地形、斜面上の細かくなくぼみ、背後地の地形や土地利用とそこからの降雨時の表面水の流路など微地形を精査するとともに、それがどのようにしてできたかを地形、地質的に考察し、崩壊形態の想定と危険度判定に結び付ける。また、斜面途中の平坦地や緩斜面、段落ち、亀裂分布とその成因等にも注意する。

表 2-3 建物や構造物等に表れた変状の徴候

建物・構造物	変動・変状・破壊の状況
建物	①壁にクラックの発生 ②壁の剥落 ③床下やタタキにクラックや段差（落差の形成） ④建物の傾動 ⑤建物の土台（地盤）に段差
擁壁 土留壁	①縦方向クラックの形成 } 圧縮クラック ②縦方向段差の形成 } (地すべり末端付近に多い) ③水平方向クラックの形成 } 引張りクラック ④水平方向段差の形成 } (地すべり頭部付近に多い) ⑤壁全体の傾動（脚部の動く方向が地すべりの動きの方向） ⑥壁面全体の沈下
側溝	①横断方向にクラック形成 ②横断方向に段差形成 } 圧縮によるもの ③側溝の圧損* } (地すべり末端付近に多い)
道路	①路面がある幅にわたって帯状に隆起もしくは沈降（起伏形成） ②路面横断方向にクラック形成 ③切土のり面にクラック形成 ④路面の水平移動（線形のはらみ出し） ⑤切土のり面から湧水 ⑥山側端部舗装の盛り上り
トンネル	①横断方向にクラック形成 } 圧縮によるもの ②横断方向に段差（落差）形成 } (地すべり先端付近に多い) ③側溝の圧損 ④水路トンネルからの水漏れ
井戸	①井戸クラック形成 ②井戸の切断 ③井戸の傾動 ④地下水位の変動（急増や急減） ⑤井戸水の濁り（白濁，赤褐色，臭気）
その他	①砂防ダムの袖部にクラック形成 ②砂防ダムの破損 ③ため池の減水 ④墓石の傾動 ⑤川水の濁り ⑥局所的隆起・陥没

*寒い地方では、凍上によって側溝が圧損をうけることがあるので、注意を要する。

出典：「安全な土地の選び方」（1985 今村遼平 鹿島出版）

(2) 地質調査

斜面周辺の微地形を調べ、近隣の崩壊地で崩壊した地層の崩壊面をよく調べる。崩壊は同じような地層で起こることが想定されるため、近隣の崩壊事例を対象斜面に適用できる。岩石の異方性が強い岩盤斜面については、地層の走向・傾斜測定を実施し、対象斜面が流れ盤か受け盤かを判定する。地表の山腹傾斜より緩い地層の傾斜をもつ流れ盤斜面は、崩壊の素因となるからである。これに対し、受け盤側には小崩壊が発生しやすい。ただし、未固結・半固結の地形では受け盤構造と崩壊に明瞭な関連がない。露頭では風化の程度、硬さ、雨滴浸食や流水による浸食抵抗度、断層の正確な位置と状態、弱層の分布、岩の割目の状態、土層・地層の境界等を調べる。また境界面はすべり面となる通水経路を形成するので、2つ以上の地層があれば、その境界面が斜面のどこに表れるか、またそれが地形的な境界（例えば傾斜変換点）として表れているかどうかを調べる。表土層、崖錐堆積物、強風化層は崩壊しやすいからその規模と分布を調べる。

(3) 湧水調査

地表から浸透した水は一部土層中の間隙などの水みちを通り、斜面上に湧水として出てくるものがある。いつもはあった湧水の量が降雨により急増したり濁ったりする箇所は、そこを中心に崩壊が発生する例が多い。湧水の状態や分布状況は斜面を含む区域内で三次元的にとらえ、表土層の下の基盤の谷地形あるいは断層・破碎帯の位置、延長方向等の関係で検討することが大切である。付近に井戸があればその水位の変化を調べておく。降雨により水面が急激に上昇するような場合、その斜面の崩壊危険度は一般に高い。

(4) 植生調査

樹種、密度、植生分布、樹高、伐採の状況、根系のはり具合等を調べる。

一般にタケ、スギは地下水の豊富な所にあり、マツ、ヒノキ等は比較的透水性の良い地盤にある。

勾配が近似した周辺斜面に樹木が繁茂しているのに、植生が草本のみからなる斜面は崩壊履歴があり不安定な斜面となっている可能性があるため、植生の分布にも注意する必要がある。

植林の場合は経営目的のためか治山のためか、伐採を最近行ったかを調べる。

伐採後樹木の根系は腐食し始め、数年から10年後最も地表の状態が悪くなるとされている。

樹木の曲りが見られる場合は、これが雪によるものか土層のクリープによるものかを識別する。

樹木の樹高が高くなると、強風等の風倒や地割れを機に雨水が浸透して崩れやすくなる。

なお、緑化工のための植生調査は設計編を参照。

(5) その他

① 表土層、崩積土層等の分布、厚さ、締まり具合、基盤との境界面の状況

自然斜面の崩壊の約半数は表土層・崩積土層の滑落である。表土層・崩積土層の分布、厚さ、締まり具合、構成物質、基盤との境界面の勾配、境界面での降雨時の浸透水の浸み出しの有無等を調べる。

② 凍上等による緩み、浮き石の有無

凍上等による表面近くの土層の緩み、落石の原因となる浮石の有無に注意する。

③ 斜面の改変の状況

斜面上の盛土、斜面末端の切土、斜面上への水の放流等は危険である。

特に、切土斜面上の台地または自然斜面で、集水地形になっていないかどうか、あるいは、台地上の排水溝の破損等によって、流水が切土斜面上に流入していないかなどをよく調べる。

盛土、切土、流路変更等の斜面を変える行為があるかどうか、その位置、規模、施工時期等を調べる。また、これらの目的が危険防止のためのものか土地利用のためかを調べる。危険防止のためであれば、それが十分に防止効果をもっているかどうか確認しておく必要がある。

④ 既往の防災工事の有無、種類、施工時期、位置、安定度、変状の有無

斜面上に既往の防災工事が施してある場合は、その斜面は崩壊履歴があるか、あるいは危険であった斜面であることが多い。その目的が崩壊防止、崩壊の復旧あるいは土地利用を行ったためのものかの違いはあるが、いずれの場合でも完全なものでない限り崩壊の危険性をもっている。

防災工事の種類、施工時期、位置、安定度、斜面上に変状が表われていないか、防災工事を施さねばならなかった本質的な原因がどこにあったか等を調べておく。

第3章 地盤調査

3.1 地盤調査の目的

地盤調査は、崩壊規模の推定、崩壊形態の想定、対策工法的设计・施工に必要な斜面の地盤条件・土質特性を把握するために行う。

《解説》

地盤調査においてはサウンディングやボーリングを実施し、土層厚や崩壊形態等を確認する。特に、地下水が崩壊誘因となる場合や、複雑な水文地質構造の解明が対策工の設計に必要な場合は、ボーリングや地下水調査を中心とした立体的な地盤調査を行うことを標準とする。

3.2 地盤調査の種類

地盤調査は、サウンディング、ボーリング、土質試験、物理探査等の調査があり、崩壊特性や地盤条件を的確に把握するために有効な調査手法を用いなければならない。急傾斜地の調査においては、特に表土層の厚さと表層部の弱層の位置を確認することが非常に重要である。

調査の種類は、目的によって以下のように選択するものとする。

(1) 崩壊の位置、規模や表層部の弱層（滑落面）の推定

サウンディング（特に斜面部の表層構造調査用の簡易貫入試験）、ボーリング、土層観察、物理探査、斜面挙動調査等

(2) 土層構成および土層の強度・透水性

サウンディング（特に斜面部の表層構造調査用の簡易貫入試験）、ボーリング、土層観察、物理探査、土質試験、透水試験等

(3) 地表付近の水の挙動

透水試験、物理探査、間隙水圧の測定等

(4) 地下水の挙動

地下水位観測、地下水追跡試験、地下水検層試験、間隙水圧の測定、透水試験等

(5) 土質・岩石の性質

物理試験、力学試験、サウンディング、物理探査等

地盤調査の方法を選択する場合には、表 3-1 を参考にする。



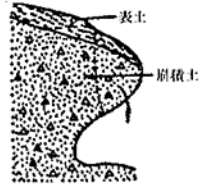

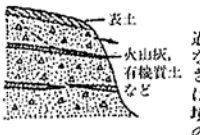


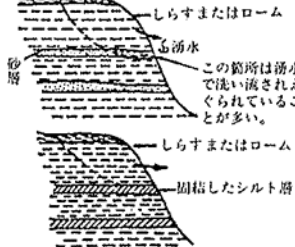
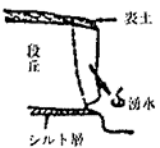

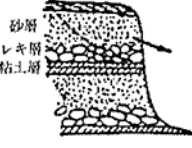
表 3-1 崩壊形態分類と各種調査方法

崩壊分類		調査法および 対策工法原因	記号	サウンディング			物理探査		地下水調査				土質定数 強度試験		斜面変位調査 (傾斜計・ひずみ計・伸縮計)				
				ボーリング	土研式標準貫入試験	S H型貫入試験	標準貫入試験	ポータブルコーン貫入試験	スウェーデン式サウンディング	弾性波探査	電気探査	地下レーダー探査	地下水位調査	地下水追跡		地下水検層	透水試験	地表水調査	土質力学試験
表土	崩落		1-(1)	△			△							△					
	滑落		1-(2)	◎	◎	○	◎	○	◎		○	○	○	○	○	○	○	○	△
崩積土	崩落		2-(1)																
	滑落	基盤との境界	2-(2)-a	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△
		崩積土中の滑落	2-(2)-b	◎	○	◎	△	○	○		△	△	◎	○	△	○	○	○	△
火山砕屑物	崩落	しらす・ローム等の崩落	3-(1)-a																
		風化した集塊岩、凝灰角礫岩等の崩落	3-(1)-b																
	滑落	しらす・ローム等の滑落	3-(2)	◎	○	◎	△	△	○	△	△	△	◎	○	△	○	○	△	
段丘堆積物	崩落	シルト層等の不透水層がある場合	4-(1)-a	○															
		礫を含むルーズな堆積物からの礫の抜け出し	4-(1)-b	○															
	滑落		4-(2)	◎	○	○	△		○	○		◎	○	○	○	△	△	△	
強風化岩	崩落		5-(1)																
	滑落	まさの滑落	5-(2)-a	◎	◎	◎	○	△	◎	◎	△	◎	○	△	△	○	○	△	
		温泉余土	5-(2)-b	◎	△	○	○	○	△	○	○	◎	○	△	△	○	○	△	
岩 I	崩落	割れ目で囲まれたブロック崩壊	6-(1)-a	△						△	○							△	
		互層になっているとき、下層が侵食に弱く上層が残されているもの	6-(1)-b	△							△	△						△	
		同一地層でも下部が侵食に弱く上部が残っているもの	6-(1)-c	△							△	△						△	
		熔岩の節理による崩落	6-(1)-d	△							△	△	△					△	
	滑落	地層の境界面での滑落	6-(2)-a	◎		△			◎	△	△	△	△	△				△	
		断層割れ目の組み合わせによる滑落	6-(2)-b	◎					○	○	△	△	△					△	
		礫岩、集塊岩で礫と粘土、石灰岩火山灰等の膠着部の境界沿いに滑落	6-(2)-c	◎		△				△			△					△	
岩 II	崩落	互層になっていたとき、侵食に強い層が残りが崩落	7-(1)-a	△						△	△								
		第三紀層の頁岩の表面剥離による崩落	7-(1)-b																
	滑落	頁岩の層理面沿いの滑落	7-(2)-a	◎	△	○		△	○	△	○	△						△	
		砂岩、頁岩の二層にまたがる滑落	7-(2)-b	◎		○			○	△	○	△						△	

◎一般的に用いられる方法 ○必要に応じて用いられる方法 △場合により用いられる方法

出典：「新・斜面崩壊防止工事の設計と事例」（令和元年5月）

崩壊分類は図 3-1 及び図 3-2 を参照のこと

表 土	1-(1) 表土の崩落		1-(2) 表土の滑落	
	 <p>風、雨、地震力などにより発生する。表土の下層が侵食または人工により、えぐられ、表土が張り出した状態になっている部分が崩壊する。</p>		 <p>腐 (風化岩を含む)、火山砕屑物、火山放出物 (ローム、まさ、しらすなど)、崩積土、段丘堆積物など。</p> <p>表土のみが滑落するもので、すべり面は表土と下層 (同時にすべらないものとする) との境にある。崩壊で最も例が多い。</p>	
崩 壊 土	2-(1) 崩積土の崩落		2-(2) 崩積土の滑落	
			2-(2)-a 基盤の境	2-(2)-b 不連続面
	 <p>比較的例の少ないもので、地すべりの末端部などに見られる。</p>	 <p>崩積土がその下盤である岩盤または、その風化帯を境界面としてすべることができる。下盤は層理を有する堆積岩 (頁岩、砂岩、礫岩、片岩など) であることが多い。一般にがけ面全体が一度にすべることが多い。がけ下には湧水を見ることが多い。</p>	 <p>崩積土中の不連続面ですべるもの</p> <p>崩積土がその生成の過程において粒度が異なったり、火山灰をはさんだり、有機質土をはさんでおり、これを境界面としてすべるものである。</p> <p>現地調査においては、これらがけ面内になんらかの不連続面 (はさみ層) を見つけたら、その粒度、色調、その箇所での湧水状況を記載するとよい。</p>	
火 山 砕 屑 物	3-(1) 火山砕屑物の崩落		3-(2) 火山砕屑物の滑落	
	3-(1)-a しらす、ローム	3-(1)-b 風化集塊岩、凝灰角礫岩等	しらす、ローム	
	 <p>しらすの崩落が最も特徴的であるが、ロームでも砂質の層をはさむ場合は同様の現象が見られる。特に地震に対して弱い。しらす、ロームでも一般に下部に湧水があり、その侵食によってえぐられるのが原因である。また、流水によって下部が侵食されている場合もある。</p>	 <p>岩礫以外の部分の風化、侵食が進み、残った岩礫が崩落する。</p>	 <p>しらすまたはローム</p> <p>この箇所は湧水で洗い流されえぐられていることが多い。</p> <p>しらすまたはローム</p> <p>固結したシルト層</p> <p>しらす、ロームとも滑落は一般に全体が均質でなく、砂質の湧水、透水層があるか、または、固結したシルト層などの相対的な不透水層がある場合に見られる。</p> <p>降雨により、不透水層の上にあるしらすまたはローム中のパイピングや間隙水圧が上昇してすべりを誘発する。</p>	
段 丘 堆 積 物	4-(1) 段丘堆積物の崩落		4-(2) 段丘堆積物の滑落	
	4-(1)-a 不透水層	4-(1)-b 礫の抜け出し		
	 <p>例が非常に少ないが、シルト分を多く含んだ地層の周辺に湧水のある場合に発生することがある。</p>	 <p>礫層以外の侵食が進み残ったレキが崩落する。</p>	 <p>円礫層が滞水層になっているので、この滞水層で地下水をのみ切れぬ場合にはすべりを起こす。</p> <p>地形的には、水を集めやすい所に発生しやすい。</p> <p>(注)土石流堆積物の崩壊は、崩積土または段丘堆積物とはほぼ同じに取扱える。土石流堆積物は問題となるようながけ面を形成することが比較的少ない。</p>	

出典：「新・斜面崩壊防止工事の設計と実例」(令和元年5月)

図 3-1 斜面の崩壊形態分類 (1)

強風化岩	5-(1) 強風化岩の崩落		5-(2) 強風化岩の滑落	
			5-(2)-a まさ	5-(2)-b 温泉余土
	<p>例が非常に少ないが、かけの下部が流水によって侵食された場合に見られる。</p>		<p>まさの滑落は、砂層化した強風化花崗岩が弱風化した花崗岩との境界面でずべるもので、その厚さは厚くて2 m以下である。</p>	<p>温泉変質地帯では熱水、熱気および温泉の作用によって、安山岩、集塊岩などが変質を受け全体に軟弱化しており、このうちでも特にある流理または層理に沿って粘土化(温泉余土)しているとこの層沿いに滑落する。</p>
岩(I)(硬岩)	6-(1) 岩(I)の崩落		6-(2) 岩(I)の滑落	
	6-(1)-a ブロック状	6-(1)-b 互層	6-(2)-a 境界面	6-(2)-b 断層、割れ目
	<p>降雨、凍結などで割れ目が緩んだとき、ブロックの崩落(落石)が生じる。地震時にはよく起こる。</p>	<p>互層になっているとき、下層が侵食に弱く、上層が残されているもの</p>	<p>砂岩と頁岩の組合わせなど、特に強度、透水性の異なる互層に多い。</p>	<p>断層、割れ目(節理、亀裂)の方向性、密度、状態が主要な要素で、これらの組合わせによって種々のすべり面ができる。</p>
岩(I)(硬岩)	6-(1) 岩(I)の崩落		6-(2) 岩(I)の滑落	
	6-(1)-c 下部が弱い	6-(1)-d 溶岩	6-(2)-c 礫岩、集塊岩	
	<p>同一の地層でも、下部が侵食に弱く、上部が残っているもの。</p>	<p>溶岩(特に安山岩質)の末端部などで発生することが多く、非常に高いがけとなっており、その節理(柱状節理)面から剥落する。火山地帯の河岸や海岸で見かける。</p>	<p>礫岩、集塊岩で、礫と粘土、石灰岩、火山灰などの膠結部の境界沿いに滑落するもの。</p>	
岩(II)	7-(1) 岩(II)の崩落		7-(2) 岩(II)の滑落	
	7-(1)-a 互層	7-(1)-b 第三紀層	7-(2)-a 頁岩、層理面	7-(2)-b 砂岩、頁岩の互層
	<p>互層になっているとき、侵食に強い層が残し、それが崩落する。</p>		<p>第三紀層の頁岩は非常に風化しやすい。層理面から風化が進むことが多く、層理沿いにすべることになる。下部に砂岩などの透水性の高い地層があるときは、この傾向が助長される。</p>	<p>新第三紀層で砂岩の固結度が低く湧水によって洗い流され、えぐられている場合などによく見られる。</p>

出典：「新・斜面崩壊防止工事の設計と実例」(令和元年5月)

図 3-2 斜面の崩壊形態分類(2)

3.2.1 サウンディング

サウンディングは、想定される崩壊位置及び規模の推定、崩壊危険土層の厚さ・分布・滑落面の推定、基盤面地形・土層構成・土層の強度・密度及びその不連続等を調べるために行う。

《解 説》

サウンディングには、簡易貫入試験、標準貫入試験、スウェーデン式サウンディング等があり、調査密度はサウンディングの種類と急傾斜地の状況に応じて判断する。

急傾斜地におけるサウンディングの特徴は次のとおりである。

(1) 簡易貫入試験

土研式簡易貫入試験は、5kgのハンマーを50cm落下させ、コーンを10cm貫入させるのに要する打撃回数 N_c 値を求める。深度が3~4mまでの調査なら作業が簡単であり、比較的打撃エネルギーが小さいので、わずかな土層の貫入抵抗の変化をとらえることができ、岩を除くあらゆる土質に適用できる。玉石や礫を含む土質には不向きであるが、作業が簡単なので短時間に多くの測点で調査でき斜面を面的に調べ得る利点がある。

近年では5kgのハンマーを3kg・2kgに分割し1打撃ごとの貫入量を自動記録する表層構造調査用の簡易貫入試験(SH型貫入試験)を用いて、地盤表層部の軟らかい地層状況を把握することも実施されており、表土層の厚さと表層部の弱層の位置を把握することで地層区分と崩壊すべり面を推定して地層断面図等を作成し、崩壊位置および崩壊土砂量を精度よく推定することが可能になった。(図3-3、4.2、4.3参照)

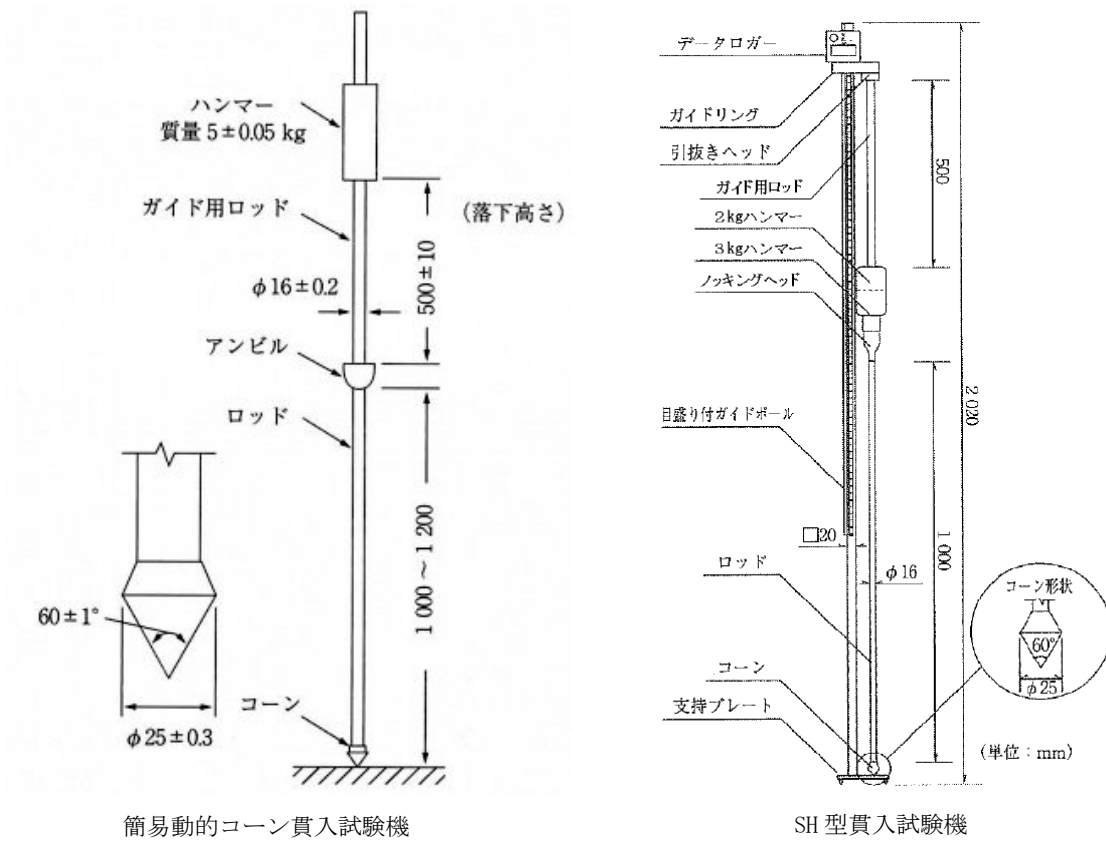
(2) 標準貫入試験

標準貫入試験は、スプリット・スプーンサンプラーを孔底に下ろし、63.5kgのハンマーで76cmの落差から打撃してサンプラーが地中に30cm貫入するのに要する打撃回数(N値)を計測するものである。この値をN値といい、地盤の支持力、一軸圧縮強度等へ換算するうえでの資料や文献も多く、特に構造物設計のための基礎地盤調査には有効である。比較的浅い部分での地盤調査には経費が割高になる。しかし標準貫入試験はN値および同時に採取した試料の肉眼観察以外に、このとき行われるポーリングにより、コア採取およびポーリング孔を用いた地下水水位測定等広く他のデータが得られる利点がある。欠点としては、急勾配斜面での足場架設時の難しさ、掘削時に使用する水の入手困難など作業実施のうえでの困難さが挙げられる。

(3) スウェーデン式サウンディング

スウェーデン式サウンディング試験は、ウェイトの载荷による静的な沈下を測定するものと、1000Nの静荷重をのせて回転による貫入量を測定するものからなっている。静荷重による沈下量は荷重の大きさ W_{sw} 、回転による貫入の場合は貫入量 l_m 当たりの半回転数 N_{sw} で表示する。斜面では玉石あるいは礫を含む土質を除き使用可能で、表土層や崩壊土層とその下層の境界、崩壊土中の不連続面等を調べるのに有効である。ただし、急傾斜地では100kgを超える機材の搬入

が難しく、また作業が危険なため適用が限定される。



出典：「地盤調査の方法と解説（2013）」

出典：「SH型貫入試験機 技術・調査基準 同解説（H27.9）」

図 3-3 土研式簡易貫入試験機（左）と SH 型貫入試験機（右）

3.2.2 ボーリング

ボーリングは、主に急傾斜地の土層・地層構成の把握、岩盤の風化状況・亀裂・不連続面の把握、土質試験用試料の採取、標準貫入試験・透水試験等の原位置試験、地下水位測定のために行う。

《解説》

採取したコア観察を行うことにより、地下深部の地質状況を直接把握することができ、他の調査に比べ、多くの情報を得ることができる。このほか場合によっては各種の検層、ボーリング孔を利用した変形試験、パイプひずみ計等による地中動態調査などの目的で行われることがある。

斜面は足場が悪くボーリング機械の設置が困難なことが多いが、地下構造の詳細把握を強く要求される場合は、多少経費がかかってもボーリングを行う。

ボーリングは、原則としてオールコアリングで行い、掘削中の観察事項、採取したコアの状況、地下水位・湧水・漏水の状況等について正確に記載する。(4.3 参照)

3.2.3 土質試験

急傾斜地の安定計算や対策工の設計条件の設定などで、地盤の諸性質の把握が必要な場合には、土質試験を行う。また岩石の性質が崩壊の要因となるような場合には、岩石の諸性質の試験を行う。

《解説》

土質試験用の試料は、オーガーボーリング、標準貫入試験、あるいは専用のサンプラーを用いて採取する。

① 物理試験

斜面の土質の基本的な物理的性質(粒度分布、含水比、単位体積重量等)を把握するために行う。

土粒子の密度試験、含水比試験、粒度試験、液性限界試験、塑性限界試験(以上攪乱試料を用いる)、土の湿潤密度試験(不攪乱試料を用いる)等を行う。

② 力学試験

斜面の安定検討を行う際、必要に応じて土質の強度を求めるために行う。一軸圧縮試験、三軸圧縮試験等を行う。この場合、不攪乱資料を用いることが望ましい。

③ 岩石の物理試験

岩盤斜面において、岩石の基本的な物理特性を把握するために行う。密度試験を行う。

④ 岩石の力学試験

岩盤斜面の安定検討を行う際に、必要に応じて構成岩石の強度を求めるために行う。一軸圧縮試験、三軸圧縮試験、超音波伝播速度試験等を行う。

必要に応じて広域的な調査としての物理探査、亀裂状況を把握するための物理検層を併用する。

(1) 物理探査

急傾斜地の調査では、物理探査として弾性波探査、電気探査、電磁探査(地下レーダー探査)等を用いる。

(2) 物理検層

地質状態により、コアが十分採取されない場合や、岩盤崩壊などで亀裂の構造が斜面の安定性に重要な場合などに使用する（ボアホールカメラ等）。

3.2.4 急傾斜地の挙動調査

急傾斜地の挙動調査は、急傾斜地の土層が連続的に移動するおそれがある、急傾斜地上に亀裂や構造物等の変状があり、拡大し、崩壊に至るおそれのある、すべり（滑落）面沿いの動きが見られるなど、また、背後斜面や隣接する斜面の変状（クラック、段差地形の有無等）等、急傾斜地の変動が予想される場合に伸縮計等を設置するなどして行う。

《解 説》

斜面変動が予想される場合、GPS や伸縮計等による地表変位調査、地中ひずみ計等によるすべり面調査等を行う。現在、斜面の挙動を把握するためには表 3-2 のような計器類が使われ、計測は次第に自動観測体制に移りつつある。また、斜面崩壊防止工事施工時には安全管理用として、警報装置を取り付けたものが用いられることが多い。

表 3-2 斜面変動把握のための計器の種類

計器の種類	計測の対象	計 測 方 法
(1) 落石の計測器	落石の有無	落石受板, 落石ネットなどで検知するか, あるいはビニール被覆線の断線により検知する
	落石の頻度 落石の衝撃力 落石による振動	検知板に当たった落石の回数, 衝撃力を電氣的に計測する 落石防護柵に振動計を設置し落石の衝撃を振動でとらえる
(2) 地表変位計	地表の変位	伸縮計, 変位杭などで地表の変位を計測する
(3) 地盤傾斜計	地表の傾斜	気泡管式傾斜計などで地表の傾斜を計測する
(4) 地中ひずみ計	地中のひずみ	パイプひずみ計などで地中のひずみを計測する
(5) 孔内傾斜計	地中の変位	ガイドパイプの変位量を定量的に累積的に計量する
(6) 間隙水圧計	地山の間隙水圧	水圧を電氣量に変える電氣式のもの, マノメータで直接求める方法がある
(7) 音または振動 (AE法)	地山内で発生する微小音または振動	音, 振動を電氣量に変え, 増幅して, 強さ, 頻度, 波形, 周波数などを計測する
(8) 雨量計	累積雨量 雨量強度 実効雨量	雨量計と時間記録器との組み合わせにより, 累積雨量, 雨量強度, 実効雨量を計測する

3.2.5 地盤調査結果の活用

地盤調査で得られたデータは、次表に示すように活用される。

表 3-3 地盤調査手法と結果の利用・評価方法

調査項目	調査結果の利用目的	評価方法	
ボ リ ン グ 調 査	コアの採取 鑑定	コアの観察 土質試験用サンプルの採取 岩石試験用サンプルの採取 すべり面の決定 地盤の地質の判定 地盤の破砕状況の判定	・土質・岩盤状況の把握 連続性のある（面的な広がりを持つ）粘土化部・破砕部、弱線部がすべり面の可能性大 ・岩→礫→土砂→粘土 ↳一般的に崩れ易さ小→大 ・コア形状（粘土化、RQD=1m当たり亀裂間隔10cm以上の% ・コアの採取率：大→小 ↳均質性・固結度が大→小
	地下水位の測定	崩れやすべり易さへの影響性	地下水位、間隙水圧の推定など
	孔内載荷試験	地盤の横方向の地盤反力係数と変形係数・弾性係数を求める 杭の横方向K値、支持力 etc	岩級区分別の物性値を推定 大→小⇔緊密性大→小 ⇔崩壊性小→大傾向
	パイプ歪計によるすべり面調査	すべり面の位置、移動土塊厚の決定（ボ-リング深度が浅いと効果がない）	時間に対する累積歪量の大小（すべり面検知ケーブルも開発されている→深度100m）
	ケーシング法による間隙水圧の測定	崩壊の予測 安定解析に「間隙水圧」を考慮か？	u : kgf/cm^2 又は tf/cm^2 大→小⇔危険→比較的安全
	透水試験	地盤の透水係数（ κ ）を求める	κ : cm/sec 大→小⇔粗→密又は岩盤 或いは難透水層
サ ウ ン デ ィ ン グ	標準貫入試験	地盤の支持力の推定 （下段2項：一軸圧縮強度 σ_c と支持力には相関性がある。）	N値：回数～多→少 ⇔地盤が固い→柔らかい ⇔風化度（厚）が小→大
	コーン・ペネトロメータ	表層・風化層の厚さの把握 （表土層化の基盤との境界の把握）	コーン支持力 g_c : kg/cm^2 : 小→大への変化⇔境界位置
	スウェーデン式サウンディング	地盤（表土層）の支持力・厚さ、表土層下の基盤との境界の把握 （N値4以上の粘性土に使う）	荷重の大きさ W_{sw} : kg/cm^2 半回転数 N_{sw} : 回 小→大への変化⇔境界位置
	簡易貫入試験	想定すべり面の把握 表層・風化層etcの厚土の把握 手軽なため、斜面を面的に調べるのに有効	Nc値： 回数～多→少 ⇔地盤が固い→柔らかい ⇔風化度（厚）が小→大
物 理 探 査	弾性波探査	地盤の風化度および破砕の程度の把握（0.5 km/secが有為差） 断層の位置の把握 地層の境界面の把握	弾性波速度 V : km/sec : 大→小⇔密→粗⇔岩→土砂 ↳ 概査に用いられ主に土質特性の傾向を求める
	電気探査 <small>※-3</small>	地層の成層構造の把握 地層の因結状況差異の把握 地下水位の把握 基盤岩の形状把握 地すべり層の厚さと形態の判定	比抵抗値(Ωm) : 土質性状とその分布 大→小⇔粗→密 & ⇔水分がより少ない→多い
	地下レーダー探査	岩盤斜面の亀裂の分布 斜面表層の風化土層の厚さ想定	反射記録からのパターン判読

出典：「新・斜面崩壊防止工事の設計と実例」（令和元年5月）

第4章 横断測線および地盤調査についての細目

4.1 調査における横断測線の設定

基準となる横断測線の設定方法は次のとおりとするが、基礎調査の実施箇所の場合、基礎調査結果を活用する。

(1) 横断測線の設定

横断測線は、地形変化点、崩壊跡地、切土・盛土の端部、対策工の端部等を考慮して、おおむね概ね 20m 間隔となるように設定する。

待受型対策施設を計画する場合には、想定する崩壊土砂の移動の力及び崩壊土砂量が最大となる位置にも設定する。

(2) 横断測線の方向

横断測線は、土石等の落下方向を想定し、最大傾斜方向に設定する。

(3) 測線を設定する範囲

斜面状況、基礎調査図等を参考にして決定する。なお、急傾斜地と想定される左右端には、横断測線を配置する。

《解説》

(1) 横断測線の設定

1) 位置

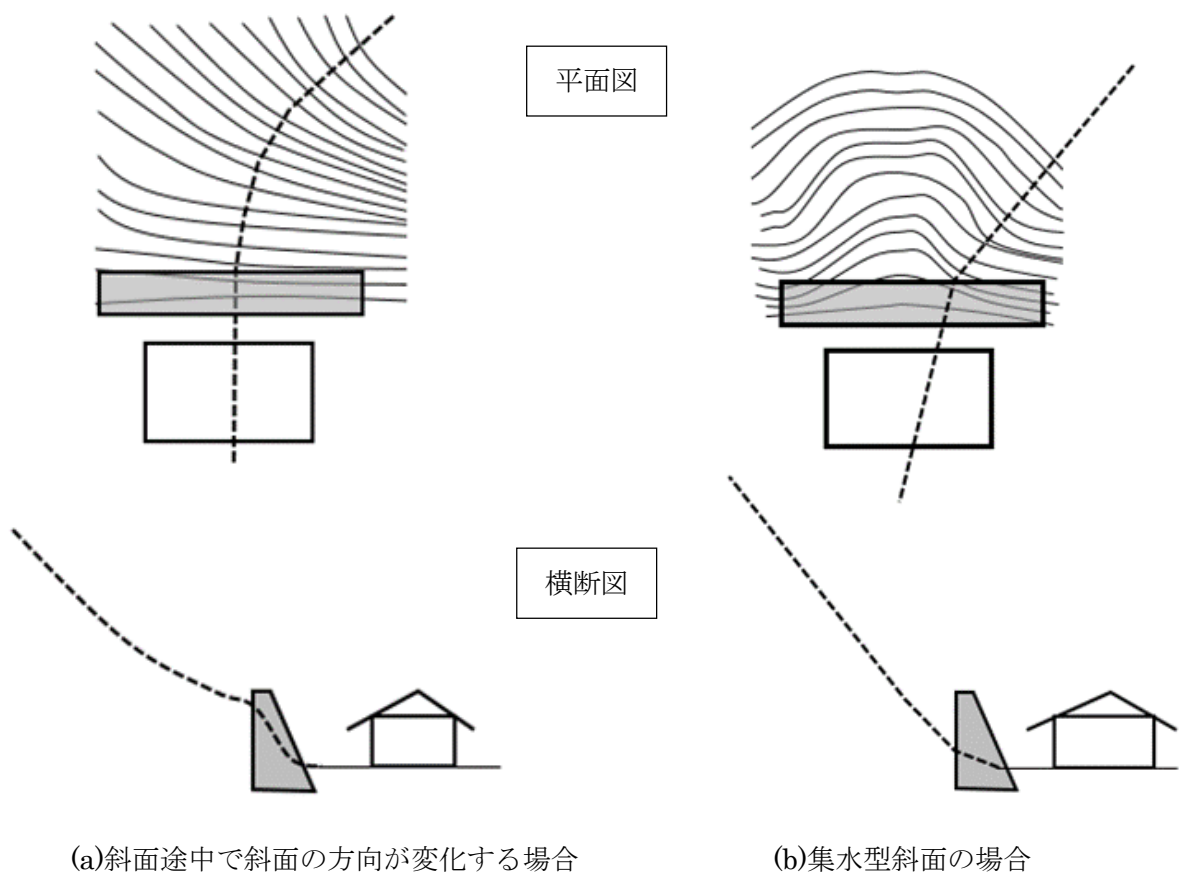
設定する横断測線の位置は、対象斜面の特徴を反映できるように、集水型・尾根型斜面、斜面高さの変化点などの地形変化点を考慮するほか、事前に把握されていれば崩壊跡地、切土・盛土の端部、対策工の端部などの位置に留意して設定する。

2) 間隔

横断測線の位置の間隔が 20m を超える場合、その中間部や均等間隔、概ね 20m 間隔にするなど偏りの無いよう設定する。

(2) 横断測線の方向

横断測線の方向は、斜面の最大勾配を反映させるため、最大傾斜方向に設定する。特に、図 4-1 に示すように、斜面途中で斜面の方向が変化する場合、または集水型斜面の場合においては、最大傾斜方向を考慮のうえ、なるべく等高線に対して直角にとり、斜面の勾配、高さが正確に反映されるようにする。



(a) 斜面途中で斜面の方向が変化する場合

(b) 集水型斜面の場合

図 4-1 横断測線の設定例

4.2 簡易貫入試験による表層崩壊深の把握

簡易貫入試験による表層崩壊深の調査は、急傾斜地斜面の土層構造の面的な情報の把握及び崩壊土砂量の推定をするために実施する。

《解説》

(1) 調査方法

簡易貫入試験は適切な間隔で測線の上中下方に各一点以上実施し、斜面規模が大きい場合には格子状に実施する。間隔は、斜面規模等を考慮して決めるものとするが、基本的には、5～10m間隔で格子状に実施する。

簡易貫入試験の測定間隔が5mまでだと、表土層の平均厚さの誤差は土数cmである。測定間隔が長くなるほど誤差は増えることから、地層構造を精度よく把握しようとする場合、高密度に試験を実施する必要がある。

調査は下端から上端まで行うことを基本とするが、急傾斜地の高さが50mとなる位置までを調査し、それより上方の斜面状況が概ね調査範囲と同等であれば、調査範囲の結果を斜面上方の状況として利用してよい。ここに、斜面高50mとは、同一の移動の高さにおいて土砂の移動力が概ね一定の値となる高さの目安である。

(2) 崩壊深の推定

計画地やその周辺に同様の斜面状況を有する崩壊箇所があれば、表層崩壊の履歴（滑落崖）を調査し、崩壊深推定の参考とする。

崩壊層に相当する層（すべり面）のNc値を測定し、崩壊深の目安とする。

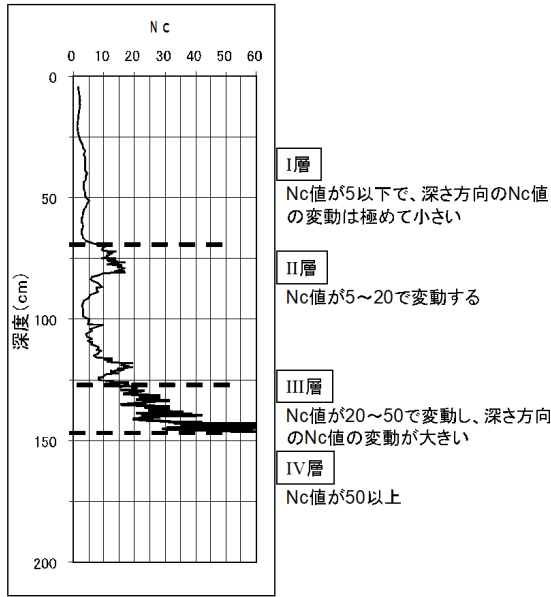
下記参考資料においては、地質によらず、すべり面のNc値は10程度であり、Nc値が20以上の層は、崩れずに斜面上に残っていると整理されている。

(3) 留意事項

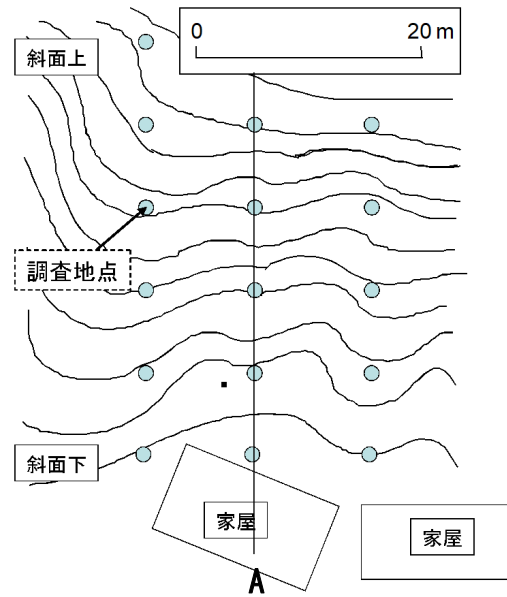
簡易貫入試験では、土層の貫入抵抗値に関する面的な情報は得られるものの、ボーリング調査、土壌断面観察等直接的な地下構造の調査と異なり、地下の構造を直接的に把握できるものではない。すなわち、簡易貫入試験は、ボーリング調査や土壌断面観察等に代わるものではなく、ボーリング調査や土壌断面観察等を補完する調査である。

(4) 参考資料

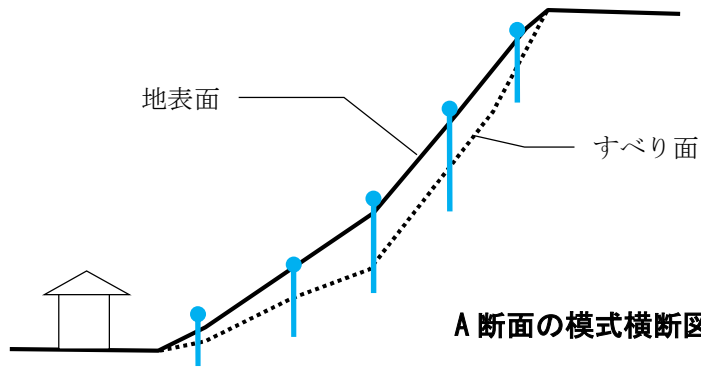
「簡易貫入試験を用いた崩壊の恐れのある層厚推定に関する研究」
(平成17年6月 国土交通省国土技術政策総合研究所)



貫入試験結果に基づく土層の分類例



本調査の模式図



A断面の模式横断図

「簡易貫入試験を用いた崩壊の恐れのある層厚推定に関する研究」より引用・加筆

図 4-2 簡易貫入試験の調査位置及びすべり面の Nc 値 (例)

表 4-1 簡易貫入試験によるすべり面の Nc 値 (例)

表5.1 すべり面のNc値

Nc値	根拠	地質	参考文献
10	Nc値の急変点がすべり面になるとし、導出	新第三紀層	遠藤ら(1989)
10	土壌断面等の観察からB層下面がすべり面となるとし、土壌断面観察と貫入試験の結果を対比させ導出	中生代堆積岩	水山・小菅(1993)
14	土壌断面等の観察からB層下面がすべり面となるとし、土壌断面観察と貫入試験の結果を対比させ導出	花崗岩	水山・小菅(1993)
10	崩壊地周辺の貫入試験結果	斑レイ岩	平松ら(1998)
2~50*	崩壊地周辺の貫入試験結果	火砕流堆積物	稲垣(1999)
10	崩壊地周辺の貫入試験結果	花崗岩	稲垣(2000)
9	Nc値と土壌の物理性に関する関係式と浸透計算、斜面安定計算から算出	砂岩	平松ら(2001)
10	崩壊地内における貫入試験	砂岩	市川・松倉(2001)
5~10	崩壊地内における貫入試験	花崗岩	松倉ら(2002)
5~10	崩壊地内における貫入試験	片麻岩	松倉ら(2002)
5~20	小坂赤坂地区における崩壊地内外の貫入試験結果	砂岩	本資料
5~20	鴨居地区における崩壊地内外の貫入試験結果	泥岩(新第三紀層)	本資料
5程度	逆谷地区における崩壊地内外の貫入試験結果	砂岩(第四紀層)	本資料
5~20	台地区における崩壊地内外の貫入試験結果	砂岩(第四紀層)	本資料
5~20	極楽寺地区における崩壊地内外の貫入試験結果	泥岩(新第三紀層)	本資料
5~30	手広地区における崩壊地内外の貫入試験結果	泥岩(新第三紀層)	本資料

*Nc値が2から50まで急変し、その2から50に急変する部位をすべり面としたと考えられる

出典：「簡易貫入試験を用いた崩壊の恐れのある層厚推定に関する研究」(平成 17 年 6 月 国土交通省国土技術政策総合研究所)

(参考)

簡易貫入試験による表層崩壊深の調査で崩壊土砂量の推定が困難であった場合、次表の値を参考として利用することができる。

表 4-2 急傾斜地の高さ毎の最大崩壊土量 (90%値)

斜面高(m)	崩壊土量 V(m ³)	崩壊幅 W(m)
5 ≤ H < 10	40	14
10 ≤ H < 15	80	17
15 ≤ H < 20	100	19
20 ≤ H < 25	150	21
25 ≤ H < 30	210	24
30 ≤ H < 40	240	25
40 ≤ H < 50	370	29
50 ≤ H	500	32

注) 崩壊幅は、全国のがけ崩れ災害データ(4761件)から崩壊土砂量と崩壊幅について求めた近似式(W=3.94V^{0.336})に崩壊土砂量を代入することにより算出した値である。

出典：「崩壊土砂による衝撃力と崩壊土砂量を考慮した待受け擁壁の設計計算事例」(平成 16 年 6 月 全国地すべりがけ崩れ対策協議会)

4.3 ボーリング調査と簡易貫入試験の組み合わせ

地盤調査は対象斜面の状況に合わせて、適切な調査を組み合わせる。

《解説》

「1.3 調査の計画」で解説したとおり、現地調査及び地盤調査は、斜面規模、崩壊形態の予想の難易、施工基盤の安定性によって表 1-2 に示す 3 つの調査レベルに区分することができる。

実際にどんな現地調査を行うかは、対象斜面の状況に合わせて現場技術者の判断により決定する。

図 4-3 に「調査レベルⅡ」の斜面におけるボーリング調査と簡易貫入試験の例を示す。

擁壁工を計画する場合は、擁壁の基盤部となる箇所で調査を行うことを基本とする。

また、標準貫入試験を行った箇所の直近で簡易貫入試験を行い、N値と N_c 値を対比することが望ましい。

ボーリング調査の深さについては、擁壁の基礎部は支持地盤が厚さ 5m に渡って確認されることを原則とする。斜面部は、崩壊層の把握やアンカー等の設計に必要な深さとする。なお、地すべりにおいては、すべり面から 5m の深さが目安である。

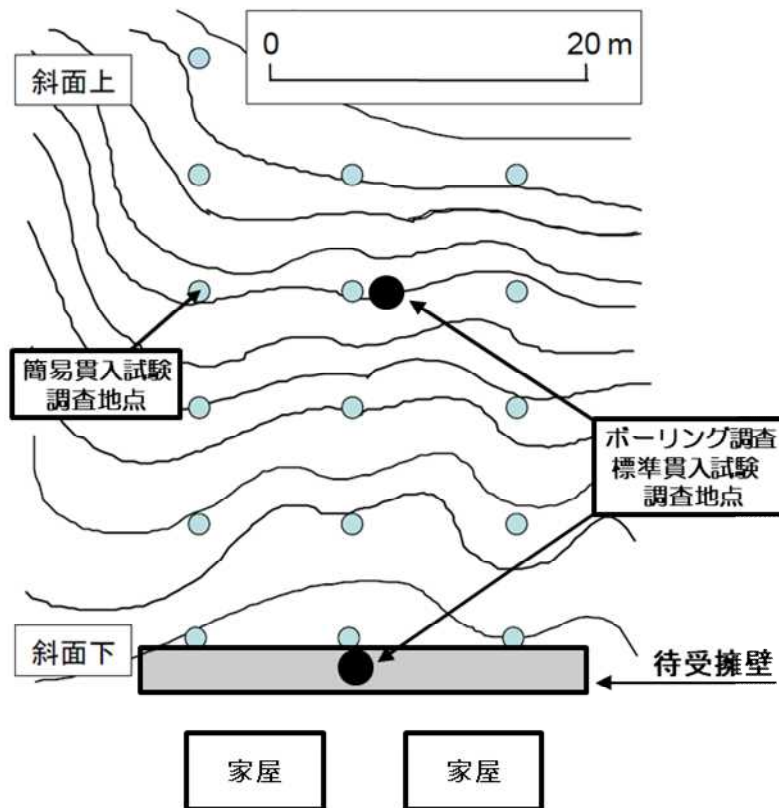


図 4-3 簡易貫入試験とボーリング調査等の調査位置 (例)

第5章 環境調査

5.1 環境調査の目的

環境調査は、対策工の計画・設計にあたって、その周辺の社会環境との適合性を確保し、また、自然環境との調和を図ることを目的に行う。

《解説》

環境・景観調査は、当該事業における環境対策の方針をふまえて、その基礎資料を得るためのものとして位置づけられる。環境・景観調査の方法は、①既存資料の収集、②現地調査、③調査結果の整理・分析という手順で行われる。

5.2 環境調査の調査方法と種類

環境調査の方法は、社会環境調査・自然環境調査からなり、既存資料の収集、現地踏査、調査結果の整理・分析等を実施して、環境特性を把握する。

5.2.1 社会環境調査

社会環境調査は、対象となる急傾斜地とその周辺の社会環境の現状（地域特性）を把握するために行うもので、社会環境に関する法令等指定状況調査、地域防災計画を含む土地利用計画調査、開発状況調査、自然観光資源調査、景観資源調査等がある。

《解説》

I 社会環境調査

社会環境調査の主な調査内容としては下記（1）～（5）等の手法がある。

(1) 法令等指定状況調査

以下の資料のうち、該当するものを収集し整理する。

- ① 土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域の指定状況）
- ② 砂防法（砂防指定地の指定状況）
- ③ 地すべり等防止法（地すべり防止区域の指定状況）
- ④ 急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律（急傾斜地崩壊危険区域の指定状況）
- ⑤ 都市計画法（地域地区等の決定状況、土地利用計画等）
- ⑥ 文化財保護法（天然記念物、史跡・名勝の指定状況）
- ⑦ 古都における歴史的風土の保存に関する特別措置法（歴史的風土保存区域等指定状況）
- ⑧ 森林法(保安林、保安施設地区の指定状況)
- ⑨ その他の法令、及び関連地方公共団体の環境及び自然関連条例等

(2) 土地利用計画調査

土地利用状況、土地利用計画などの資料を収集する。

(3) 開発状況調査

行政区画の現状、将来開発計画などの資料を収集する。

(4) 人文文化財調査など

- ・自然観光資源調査
- ・人文文化財調査


以上の調査結果は、対象斜面を含む地域の場合には 1 : 25,000 ~ 1 : 5,000 程度の小縮尺の図面に、個別斜面を対象とした場合は 1 : 2,500 (5,000) ~ 1 : 500 以上の大縮尺の図面に整理するものとする。

II 景観資源調査

斜面对策を検討する際には、あらかじめ対象斜面周辺の景観資源を調査し、地域の個性的な景観が損なわれたり、貴重な景観資源が失われたりすることのないように十分注意をする必要がある。

調査すべき景観資源には、大規模なものから小規模なものまであり、斜面景観への配慮の方法も異なるが、それらをまとめると表 5-1 に示すものがあげられる。

表 5-1 地域の景観資源の例

規 模	地 域 の 景 観 資 源
大  小	ふるさとの風景 鎮守の森 塔 港 橋 寺 神社 城跡 歴史的建築物 教会 公共建築物 倉 古い洋館 屋敷林 石垣 歴史的町並 高級住宅地 外観の統一された建築 異国情緒のある建物 土塀 広場 用水路 野外彫刻 看板 せせらぎ 花壇 建物の色・材質

5.2.2 自然環境調査

自然環境調査は、対象となる急傾斜地とその周辺の自然環境の現状（地域特性）を把握する目的で行うもので、自然環境に関する法指定状況調査、植物調査、動物調査がある。

《解 説》

(1) 法令等指定状況調査

以下の資料のうち、該当するものを収集し整理する。

- ① 自然環境保全法（自然環境保全地域の指定状況）
- ② 自然公園法（自然公園地域の指定状況）
- ③ 都市緑地保全法（緑地保全区域の指定状況）
- ④ 文化財保護法（天然記念物の指定状況）
- ⑤ 鳥獣保護および狩猟に関する法律（鳥獣保護区の指定状況）
- ⑥ 絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律（生息地等保護区の指定状況）
- ⑦ その他の法令、及び関連地方公共団体の環境及び自然関連条例等

(2) 植生調査

植物相や被度・群度、希少種の把握など、調査目的に応じて既存植生図、土地分類図（国土交通省、山梨県）、植生図・主要動植物地図（文化庁）、自然環境保全基礎調査（環境省）、レッドデータブック（環境省、山梨県）等のわが国における自然環境保全上重要な植物種に関する資料等必要なものを収集し、必要に応じて植生調査等を行う。

(3) 動物調査

動物相や分布、生息環境の把握など、調査目的に応じて植生図・動物調査報告書（文化庁）、自然環境保全基礎調査（環境省）、レッドデータブック（環境省、山梨県）等必要な資料を収集し、必要に応じて生息環境調査等を行う。

以上の調査結果は、自然環境図のように地域を対象としたものは、1：50,000～1：25,000 程度の小縮尺の図面に、既存植生図のように対象斜面とその周辺部を対象としたものは、1：2,500（5,000）～1：500 以上の大縮尺の図面に整理するものとする。

第6章 崩壊斜面等調査

がけ崩れが発生した斜面においては、斜面の復旧や警戒避難体制等の検討のために、がけ崩れの発生形態と発生要因、被災実態を把握する必要がある。特に崩壊土塊の物理特性等を把握することは崩土の運動機構を明らかにする上で重要である。

このような調査結果の蓄積は、本章 2.2(1)資料調査の種類の例示にある「過去の災害記録」として有用なものである。

《解説》

がけ崩れの発生形態と発生要因を把握するための調査として、崩壊前後の地形、崩壊の発生時刻、雨量、崩壊の規模（崩土の到達距離、崩壊の深さ、堆積形状と堆積深等）を把握するとともに、崩れ残った斜面の縦断方向を観察して状況を記録する（写真等）。併せて、崩壊土塊の含水比、土質等を把握する。斜面の湧水の状況変化は、崩れ残った斜面の安定性に影響するため、湧水がみられる場合は、湧水の状況（発生位置、量、濁度、電気伝導度等）の時間的変化（降雨との対応の有無等）を記録、図化し、崩壊発生のおそれを把握する。

がけ崩れによる被災実態を把握するための調査として、崩壊の規模（上述）、被害が生じた家屋等の位置や被災形態を把握する。

なお、これらの調査はがけ崩れ発生後現地の安全が確認されてから速やかに実施し、降雨等により安全の確保が困難と想定される場合は一時中断する。

（参考）「国土交通省砂防部監修：砂防関連事業災害対策の手引き」pp.271-288

（社）全国治水砂防協会，2001.