

第3章 地すべり機構の解析と地すべり防止計画

第1節 解 析

解析は、概査及び精査の結果に基づき、対策工を検討するために行い、地すべり発生の素因・誘因及び発生・運動機構について考察するものとし、次の順序で行う。

1. 地すべり運動ブロック図の作成
2. 地すべり断面図の作成
3. 地すべり機構解析

解 説

1) 地すべり運動ブロック図の作成

地形図上に調査の結果得られた地すべり運動ブロックを記入する。この場合、推定された潜在的な地すべりの分布する地域も点線で記入する。また、必要に応じてすべり面分布を示すすべり面等高線図を作ることもある。

2) 地すべり断面図の作成

主測線に沿った地すべりの地質断面図を作成し、推定されたすべり面や地下水位、亀裂の位置等を記入する。地質断面図は、ボーリング、その他の調査結果を十分検討したうえで作成するものとする。また、必要に応じて副測線や地すべりの横断測線についても断面図を作る。

本図には、地すべり発生前の断面形がわかっているならばこれを記入し、併せて現場透水試験・地下水検層の結果より判定された帯水層の位置、ボーリング孔ごとに観測された最高水位・最低水位等も記入する。縦断面図は、測線に沿って縮尺1/200または、1/500程度（縦、横同一縮尺）のものを作成し、地表面傾斜の変化点、亀裂、旧段落、池沼、凹部、台地、調査ボーリング地点、各種計測器の位置及び表土、基岩の層準と傾斜、基岩と崩積土の区別、土質、断層、破碎帯の分布等を記入する。

3) 地すべりの機構解析

地すべりの発生、運動機構について、原因を素因、誘因に分けて詳述し、その対策計画についての考え方を述べるとともに、各種調査結果を添付する。

1. 1 地すべり運動ブロック区分

地すべり運動ブロック区分は、概査及び精査をもとに分割された運動ブロックを移動状況、危険度、保全対象の有無等を考慮した区分を行い、防止工法検討の一単位としてとらえる。

解 説

地すべり運動ブロック区分は、空中写真判読、概査及び精査をもとに分割された運動ブロックをすべり面の形態、移動の状況、危険度、保全対象の有無等を考慮して総合的に判断された区分とし、防止工法検討の一単位として作成するものとする。

なお、写真判読や現地調査で確認される地すべりに起因する変状を平面図に表現した上でその変状を包括するような範囲をすべり運動ブロックとして表現することにも留意する。表現するにあたっては次の点に注意する。

- 1) 活動している運動ブロックは実線で表現し、活動が認められない運動ブロックは破線で表現する。
- 2) 運動の方向を矢印で表現する。
- 3) 断面図に表現される運動ブロック内の滑落崖や舌端は平面図にも表現する。
- 4) 図面の着色について
 - ・動きが明瞭なブロックは境界部を赤でぼかし塗りとする。
 - ・湧水、沢水流路は青で着色する。
 - ・道路は赤茶色、人家は橙色で着色する。
 - ・調査ボーリング、対策工法の着色は下記とする。

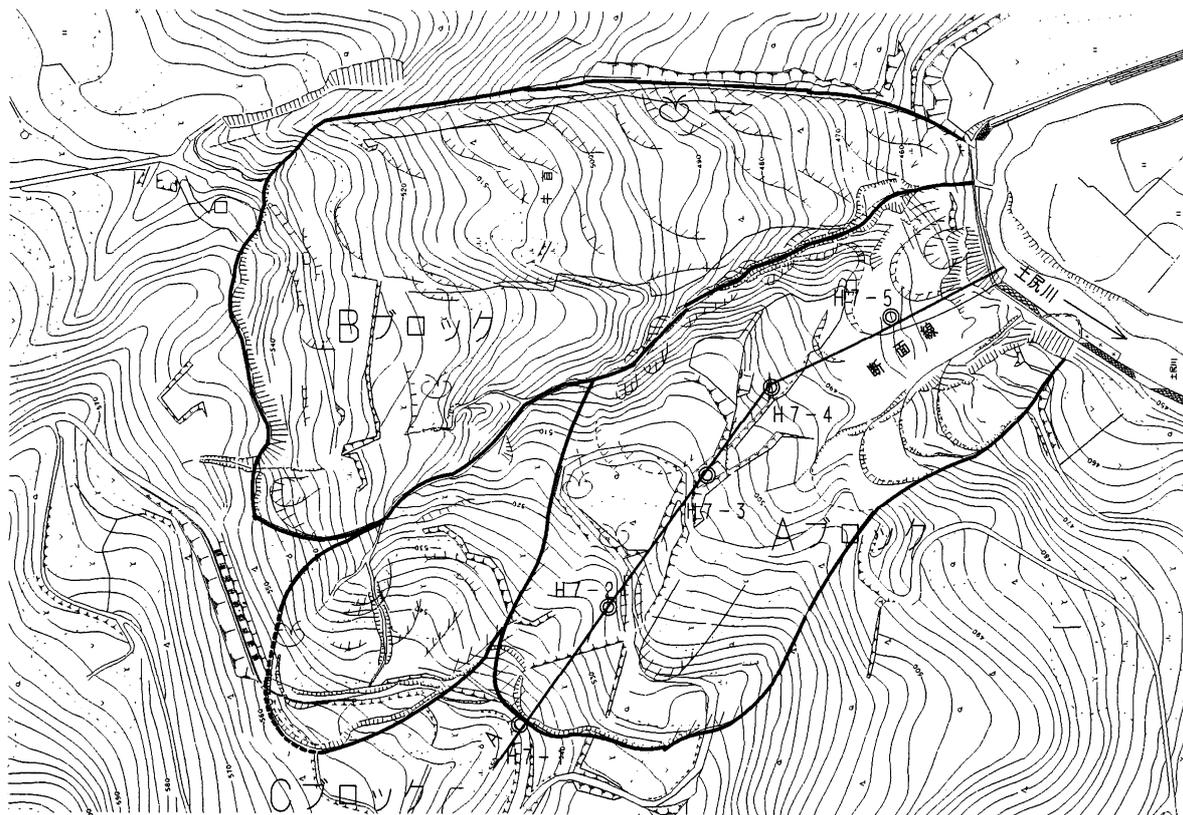
既年度 : 黒色

前年度 : 黄色

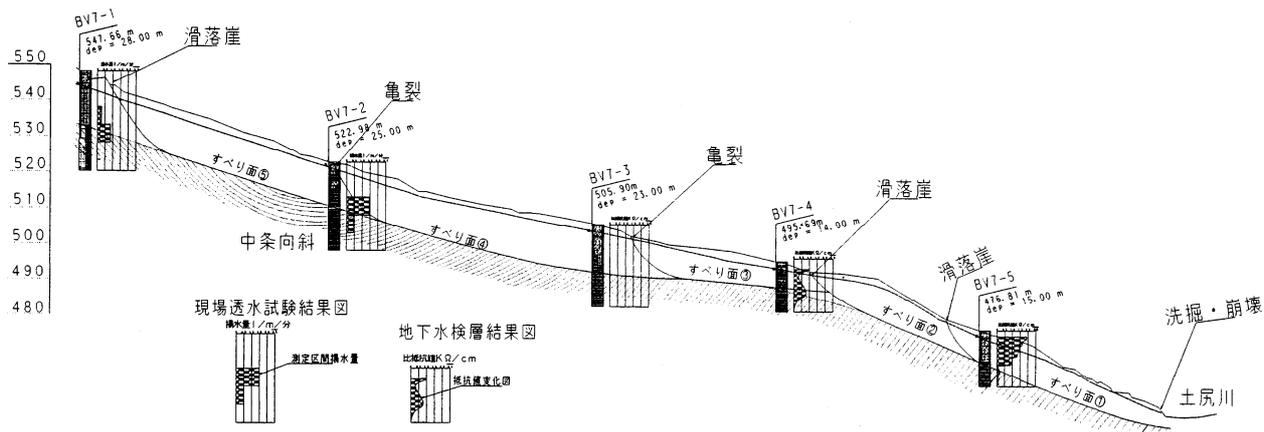
当該年度 : 赤色

将来計画 : 緑色

他事業 : 紫色



運動ブロック平面図



Aブロック断面図

図3-1 運動ブロック平面図と断面図の一例

1. 2 すべり型分類

地すべり運動ブロックは地すべり型分類することにより類似した地すべりとの関連性からすべり機構等の類推が容易となるので、下記に示す項目について地すべり運動ブロックを分類する。

- (1) 地質
- (2) 運動形態（運動速度や運動の継続性）
- (3) 断面形状
- (4) その他

解 説

長野県土木部地すべり技術指針（案）の第1章第1節に示す地すべりの型分類をもとにして地すべり運動ブロックのタイプ分けを行い、地すべり機構検討の一助とする。なお、型分類はその他にもあり、その場合には(4)その他に記載する。その際、採用した型分類の基準、参考文献は必ず記載する。

1. 3 地すべりの素因・誘因

地質、地質構造、地形特性、豊富な地下水のように対象すべりブロックが内包している原因が素因であり、降雨、融雪水、土木工事に伴う切土、ダム の 湛水等すべりの引き金となった要因を誘因とする。これら素因・誘因を検討して対策工計画に反映させる。

解 説

下記に示す地質、地質構造、地形要因、地下水のように継続的に地すべりの安定度を低下させる要因を素因とし、急激に地すべりの安定性を低下させる要因を誘因としており、これら原因を検討する事により効果的な対策工の計画に反映されると言える。

素因の各要素については渡に基づき整理する以下のようにまとめられる。

1) 地質及び地質構造

泥質岩におけるすべり面の生成、断層、破碎帯、褶曲、ドーム構造、貫入作用、キャップロック等の存在、熱水変質、特殊な風化帯。

2) 地形

構造地形と大規模地すべり、組織地形としての二重山陵、分離峰、河川争奪、埋没谷と地すべり運動、集水地形。

3) 地下水

包蔵体の形成、有圧水、水圧水、地下水脈の変化

また、誘因としては次の要因が挙げられる。

- 1) 気象現象：大雨、融雪、地震動ならびに地震に伴う地盤の液状化等。
- 2) ダムの湛水
- 3) 土木工事：切土工事、トンネル掘削、盛土工事等。

1. 4 すべり面の判定

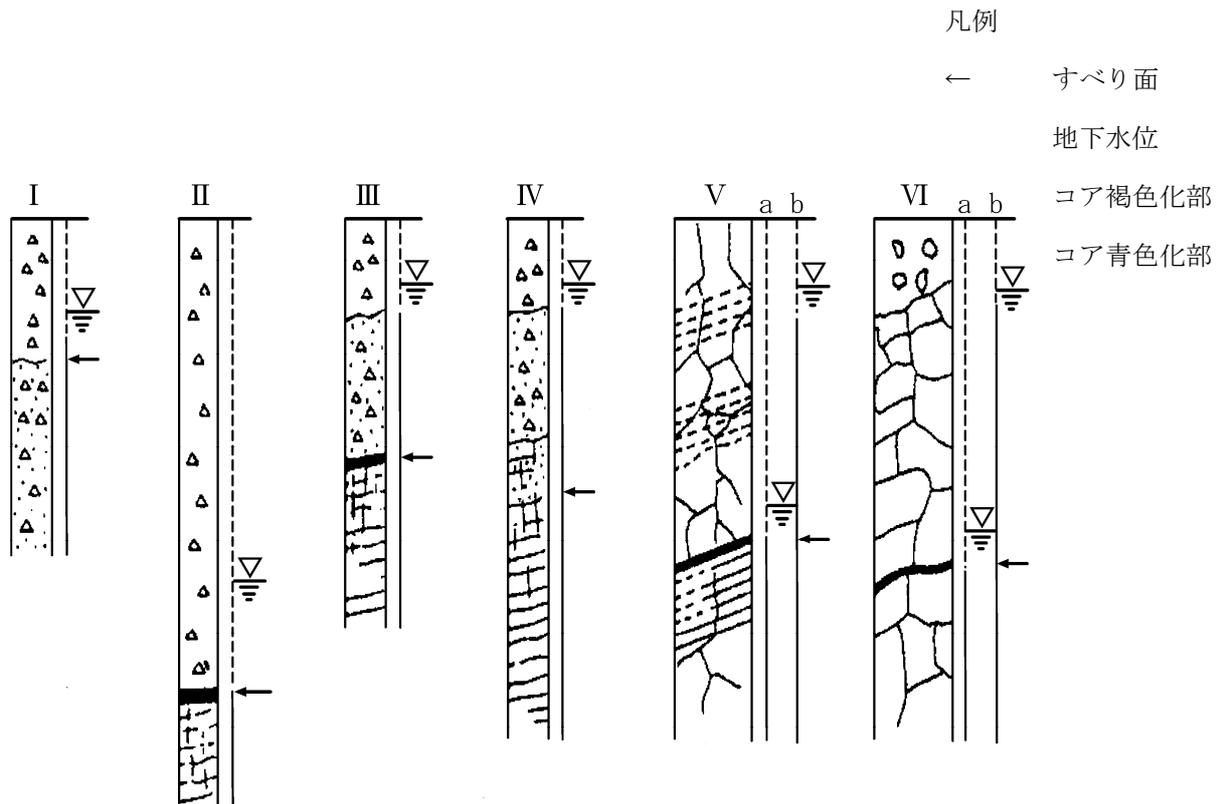
すべり面の判定は、概査及び精査で得られた結果を基に総合的に判断して、決定しその結果を地すべり断面図に明示する。

解 説

すべり面の判定にあたっては、現地調査による滑落崖、変状に伴う亀裂、沈下現象、隆起現象や構造物の変状（はらみだしや亀裂等）、調査ボーリングによるコアの判定（スリッケンサイド(*)を有する粘土、粘土帯、風化度、色調)を基礎として、すべり面調査（歪計観測、孔内傾斜計観測等)で得られた結果をもとに総合的に判断し、判断根拠を明示するとともに地すべり断面図にすべり面を明示する。

コアによるすべり面の判定は、コアを裁断して色調、挟在する粘土、硬さ等から判断することになるが、中村浩之はコアの色調、コアの状況からすべり面の位置としては6タイプあるとしており、参考までに次ページに示す。

*スリッケンサイド：せん断面上に生じた擦痕



I型：崩積土中の褐色層と青色層の境界にすべり面が形成されるもので、豪雨、融雪時にしばしば浅い流動状のすべりを起こすことが多い。

II型：厚い褐色層の崩積土層が、基盤岩上をすべるもので、地下水位の変動が大きく、突発的なすべりを起こすものが多い。

III型：移動層は褐色・青色の二層よりなる崩積土層で、基盤岩上をすべる。地下水位は高く緩慢な動きのものが多い。

IV型：III型に類似するが、すべり面が風化岩の中の風化度の差異による地層境界面にある。

V型：層理面、地層の境界にすべり面が形成される風化岩層のすべり。

VI型：岩盤中の層理面にすべり面が形成されるもの。

第2節 地すべり防止計画

2.1 地すべり防止計画の策定

地すべり防止計画は、地すべりによる災害から、国民の生命、財産及び公共施設等を守ることを目的として策定する。

解説

地すべりによる災害は、我が国の有する特有の地形、地質、気象及び土地利用等の特殊な条件にもとに発生しており、地すべり斜面上及び地すべりの発生に伴う移動土塊の到達範囲にある保全対象が受ける直接的な災害と、河川等の閉塞及び閉塞土砂の二次的な欠壊によりその上下流域にもたらされる間接的な災害の2つに大別される。

地すべり防止計画は、上記の直接的及び間接的な地すべりによる災害を防止・軽減するため、事前に実施される地すべり調査及びその解析結果を踏まえて、地すべり防止区域の地形、地質、気象等の諸条件や土地利用、保全対象の状況、緊急性等を考慮し計画する。

地すべり防止工事の対象となる地すべりは、一般に規模が大きく、複数の運動ブロックから構成されるため、工事完了までには相当な年数を要する場合が多い。一方で地すべり斜面上及び地すべりの発生に伴う移動土塊の到達範囲には多くの人家、公共施設等が存在することが多く、地すべり活動が活発化した場合には、的確な警戒避難体制の整備等ソフト対策の実施が不可欠である。そのため、地すべり防止施設の整備によるハード対策に併せ、警戒避難体制の整備等が確保できるようソフト対策についても考慮した上で、地すべり防止計画を策定する。

なお、計画策定に当たっては、周辺環境に配慮するとともに、関連する諸法令、地域計画等との整合に留意する必要がある。

また、地すべり防止計画を策定した場合には、地すべり等防止法第9条で規程する地すべり防止基本計画に適切に反映する必要がある。

2.2 地すべり防止に関する基本的事項

2.2.1 対象とする現象等

地すべり防止計画で対象とする現象は、一定範囲の土地が地下水等に起因してすべる現象又はこれに伴って移動する現象とする。

計画の対象とする規模は、地すべりの現象、保全対象の重要度、事業の緊急性、事業効果等を総合的に考慮して定めるものとする。

解 説

地すべり防止計画では、地下水等に起因した移動現象と移動に伴ってその後に生じる現象に対応した対策を計画する。現在も継続的に移動している土地、あるいは地すべり地形を呈する等移動するおそれがある土地が対象となる。地すべり現象は、地形、地質等の自然条件に応じて異なった移動形態を示すことが多いことから、対象とする地すべりの現象を十分に把握した上で、計画の対象とする規模を適切に定め計画を策定する必要がある。

2.2.2 対策の基本

地すべり防止計画は、地すべり防止施設の整備によるハード対策と警戒避難体制の整備、土地利用規制等によるソフト対策を適切に組み合わせ、総合的な対策となるよう計画するものとする。

解 説

地すべり防止のためのハード対策は、地すべり防止区域及びその周辺地域の土地利用等を勘案し、求められる安全性を確保するよう合理的かつ効果的に地すべり防止施設を配置する。

ソフト対策には主に、警戒避難体制の整備、土地利用規制等がある。的確な警戒避難に資するため、地盤伸縮計、地盤傾斜計等の監視機器を設置し、迅速なデータ収集を図り、関係機関への適切な連絡体制の整備に努める必要がある。

ダム貯水池周辺の地すべりの場合には湛水位の変動の影響等を検討する必要がある。なお、地すべり防止施設の整備に当たっては、対策を実施する周辺地域の景観、生態系、水質等自然環境や生活環境等に十分に配慮する必要がある。

第3節 地すべり防止施設配置計画

3.1 地すべり防止施設の配置計画

地すべり防止施設配置計画は、地すべり防止計画に基づき、地すべりに起因する災害からの安全を確保することを目的とし、地すべり防止施設の配置について計画するものとする。

解 説

地すべりは多くの場合、相互に関連しながら活動する複数の運動ブロックから構成されている。地すべり防止施設の配置は、必要に応じて運動ブロックの範囲、ブロックの相互関係や安定度、保全対象の位置や重要度に応じて各ブロックの対策の優先度を設定し、対象とする地すべり地の安定性を効率的に

向上させるよう計画する必要がある。

なお、事前の調査では必ずしも地すべりの全容が判明しない場合もあり、その後の情報によって、必要に応じ計画を見直すこともある。

3.2 地すべり防止施設配置計画の基本

地すべり防止施設配置計画は、地すべりの規模及び発生・運動機構等に応じて、各施設の効果を勘案し、地すべり災害の防止が図られるように適切な配置となるよう策定するものとする。

地すべり防止施設配置計画は、一般に計画安全率で示され、一体となって活動していると考えられる運動ブロックごとに、安定解析によって定められる。計画安全率の決定に当たっては、地すべり現象と規模、保全対象の重要性、地すべりによって生ずることが予想される被害の程度、緊急性等を総合的に考慮する必要がある。但し、計画安全率は、地すべりの運動状況に応じて現状の安全率を仮定して設定されることが多い。この場合、計画安全率は防止工事による相対的な安全率の向上を示すものであり、必ずしも工実施後の斜面の安定度そのものを示すものではないことに注意する必要がある。

安定解析は、地すべりの特性（平面形、すべり面形、移動状況等）に応じて適切な解析手法により行い、地すべり防止施設の規模を決める。

3.3 工法の選定

地すべり防止施設配置計画においては、地すべりの規模及び発生・運動機構、保全対象の状況、工法の経済性等を勘案し、抑制工と抑止工を適切に組み合わせて工法を選定するものとする。

解 説

地すべりは、地形、地質、土質等の素因と降雨・融雪等の気象条件、地下水条件、切土等の人為行為及び地震等の誘因との組み合わせによって生じる複雑な現象である。したがって、効果的な防止施設配置計画を策定するためには、事前の調査を十分に実施し、地すべり発生の原因・機構、保全対象の種別、地すべりと保全対象の位置関係等を明らかにし、それらに基づいた適切な防止工法を選定し、適切な位置に配置しなければならない。特に工法の選定に当たっては、降雨及び地下水と地すべり運動の関係、地すべり規模、地すべり土塊の土質、地すべりの速度、ブロック区分、対策工の位置、防止工法の緊急性を十分に考慮する。また、採用する工種の施工順位は、地すべり発生機構、地すべり運動状況、人為的誘因の影響度合等から判断する。

地すべり防止施設はその機能の違いから抑制工と抑止工に分類される。

1) 抑制工は、地すべり地の地形、地下水の状態などの自然条件を変化させることによって、地すべ

り運動を緩和又は停止させることを目的とする工法である。

- 2) 抑止工は、設置した構造物のもつ抵抗力を利用して、地すべり運動を停止させることを目的とする工法である。

抑制工、抑止工の選定に当たっては、次の点に留意する。

- 1) 抑制工と抑止工のもつそれぞれの特性を合理的に組み合わせた計画とする。
- 2) 工法の主体は地下水排除工、押え盛土工、排土工等の抑制工とし、人家や公共施設等を直接守るために運動ブロックの安定化を図る場合に杭工、アンカー工等の抑止工を計画する。
- 3) 地すべり運動が継続している場合には、原則として抑止工は先行せず、抑制工によって地すべり運動が緩和、又は停止してから抑止工を導入する。

3.3.1 抑制工

抑制工は、地すべり斜面の地形、地質、地下水などの自然条件を変化させることによって、地すべり運動を効果的に抑制することができるように計画するものとする。

解 説

抑制工には、地表水排除工、地下水排除工、排土工、押え盛土工、河川構造物等による侵食防止工等がある。

各工法の特徴を踏まえて、地すべりの抑制工に適切な位置、数量を計画する必要がある。

- 1) 地表水排除工（水路工、浸透防止工）

降雨や地表水の浸透や湧水、沼、水路等地すべり地域内外からの再浸透によって地すべりが誘発されるのを防止するために計画する。

- 2) 浅層地下水排除工（暗渠工、明暗渠工、横ボーリング工）

浅層部に分布する地下水を排除することによって、すべり面付近への地下水供給を抑えるために計画する。

- 3) 深層地下水排除工（横ボーリング工、集水井工、排水トンネル工）

深層部に分布する地下水を排除することによって、すべり面付近の間隙水圧（地下水位）を低下するために計画する。

- 4) 排土工（切土工）

地すべりが滑動しようとする力（地すべりの滑動力）を低減するため、原則として地すべり頭部に計画する。地形条件の変化により新たな地すべりが誘発されないように留意する必要がある。

- 5) 押え盛土工

地すべりの滑動力に抵抗する力を増加させるため、原則として地すべり末端部に計画する。排土

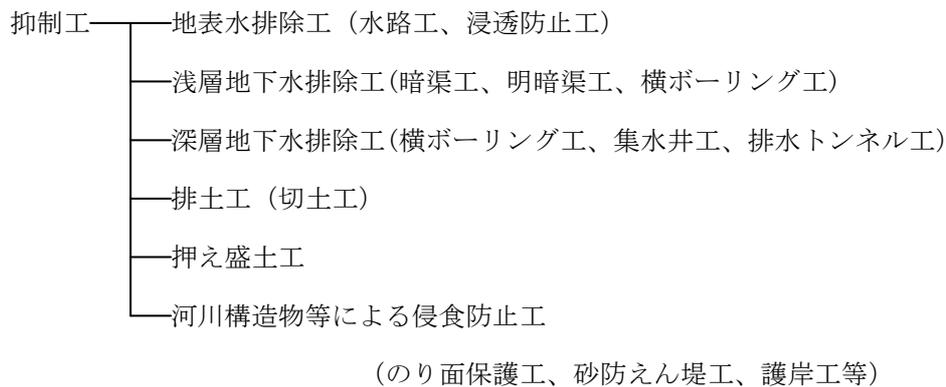
工と同様に地形条件の変化により新たな地すべりが誘発されないように留意する必要がある。

6) 河川構造物等による侵食防止工（のり面保護工、砂防えん堤、護岸工等）

河川や雨水等の流水による侵食や崩壊が地すべり発生誘因となる場合に、侵食や崩壊の防止を図るために計画する。地すべり地域の直下流部に砂防えん堤等を設けると、その堆砂によって地すべり末端部の崩壊や侵食が防止され、押え盛土と同様の効果が期待できる。

一般に用いられる抑制工を分類すれば、表3-1のとおりである。

表3-1 抑制工の分類



3.3.2 抑止工

抑止工は、構造物の抵抗によって、地すべりの抑止が図られよう地すべりの滑動力に対して安全な構造とし、移動土塊に対して十分な効果を発揮できるように計画するものとする。

解 説

抑止工としては、杭工、シャフト工、アンカー工等に計画される。各工法の特徴を踏まえて、地すべりの抑止に適切な位置、数量を計画する。

1) 杭工

杭を不動地盤まで挿入し、付加される杭のせん断抵抗力や曲げ抵抗力によって地すべりの滑動力に直接抵抗することを目的として計画する。

2) シャフト工 (深礎工)

径2.5~6.5m程度の縦坑を不動地盤内まで掘削し鉄筋コンクリートを打設したものをシャフト坑と呼んでいる。地すべりの滑動力が大きく、杭工では所定の計画安全率の確保が困難な場合で、不動地盤が良好な場合に計画する。

3) アンカー工

不動地盤内に定着させた鋼材等の引張強さを利用して、地すべり滑動に対抗しようとするもので、

引き止め効果、締め付け効果あるいはその両方が効果的に発揮される地点に計画する。
 一般に用いられる抑止工を分類すれば、表3-2のとおりである。

表3-2 抑止工の分類



[参考3.1] 地すべりの型と対策工法一覧表

防止工法の適用について、地すべりの原因・形態によって分類すると表3-3のようになる。

表3-3 地すべりの型と対策工法一覧表

主 な 原 因	地すべりの型	対 策 工 法										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
自然誘因	雨・融雪浸透 地下水の増加 河川の浸食	岩盤地すべり	○	△	◎	△	◎	○	○	◎	◎	○
		風化岩地すべり	◎	△	◎	△	◎	○	○	◎	◎	○
		崩積土地すべり	◎	○	◎	△	○	◎	◎	○	○	△
		粘質土地すべり	◎	◎	○	○	△	◎	◎	△	△	△
人為的誘因	切土工	岩盤地すべり	△	△	○	△	◎	◎	○	○	○	◎
		風化岩地すべり	△	△	○	△	◎	◎	○	◎	○	◎
		崩積土地すべり	○	○	○	△	◎	◎	○	◎	○	○
		粘質土地すべり	◎	◎	○	△	△	◎	○	△	△	△
	盛土工	崩積土地すべり	△	△	○	△	△	◎	○	◎	○	◎
		粘質土地すべり	△	△	△	△	△	◎	○	○	△	△

A：地表水排除工

G：河川構造物

B：浅層地下水排除工

H：杭工

C：深層地下水排除工

I：シャフト工

D：地下水遮断工

J：グラウンドアンカー工

E：排土工、段切り（のり面保護工含む）

F：押え盛土工（擁壁工、枠工を含む）

凡例：◎ 最もよく用いられる方法

○ しばしば用いられる方法

△ 場合により用いられる方法

[参考 3. 2] 施設計画の検討にあたっての基本的な流れを図 3 - 2 に示す。

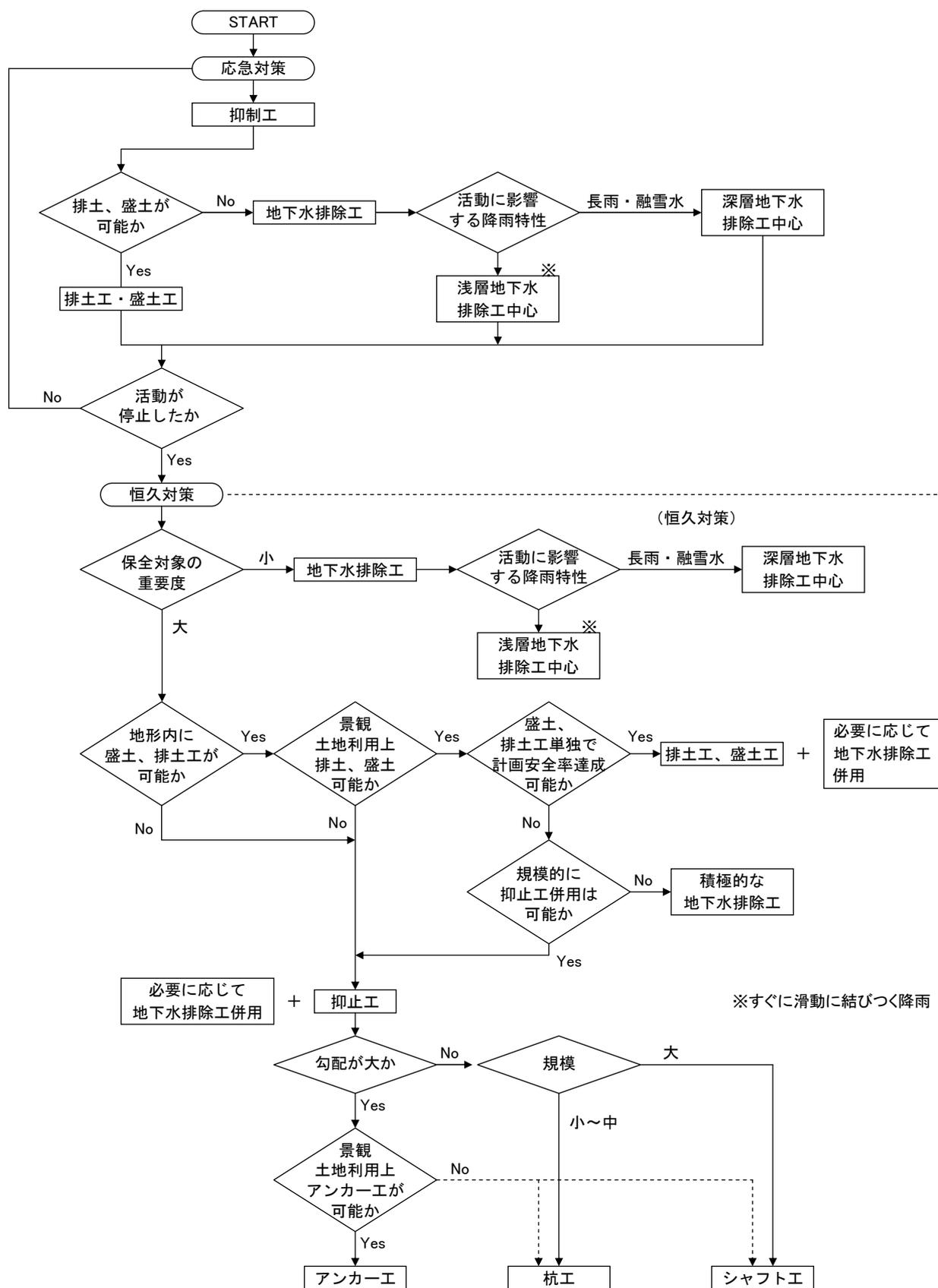
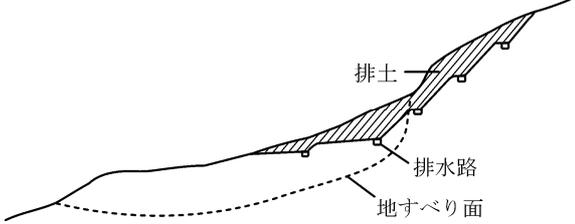
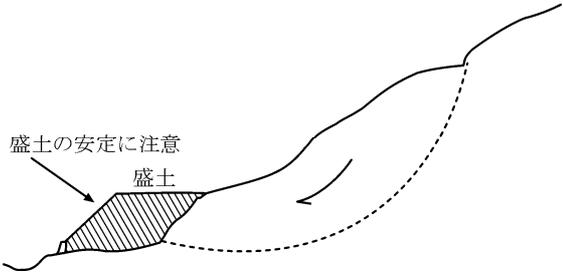
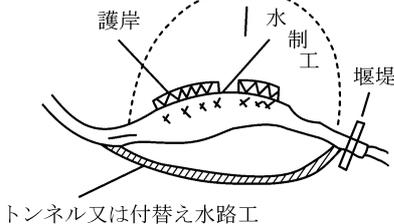
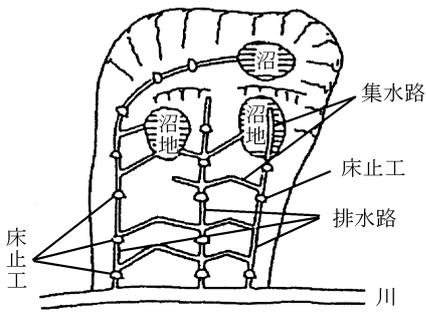


図 3 - 2 原則的な施設計画の検討の流れ

[参考3.3] 施工条件と計画の要点

各工種の施工条件と施工計画の要点を表3-4にまとめて示す。

表3-4 施工条件と計画の要点

工法	施工条件と工種	施工計画の要点	模 式 図
排土工	<ul style="list-style-type: none"> 地すべり土塊の排除。 地すべり面が弧状ないし舟底形をしていること。 すべり面傾斜が急で、頭部土塊の厚いほど効果は大。 	<ul style="list-style-type: none"> 斜面上部のすべり面傾斜が急増する区間の土塊を排除する。 斜面末端ではおこなわない。斜面整形程度とする。 背後斜面に別の地すべりが、潜在している場合は計画しないか、又はこれを鋼管杭等で防止する。 	
押え盛土工	<ul style="list-style-type: none"> 対象斜面の末端部の用地取得が可能である。 押え盛土荷重によって盛土基礎地盤の破壊やその下方の斜面に地すべりを誘発しない。 必要な量の盛土材が確保でき、その運搬が可能である。 対象斜面末端に湧水および河川がある場合、その処理、対応が可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 応急的な対策としてとりあえず実施する場合も多いが、この場合でも恒久的な対策に組み込まれることを考慮して盛土材の吟味や、盛土地盤の間に不良土を残さない等の盛土のすべりや排水性に対する配慮が必要である。 	
溪流工	<ul style="list-style-type: none"> 末端の縦・横侵食の防止と押え盛土の効果を併用する。 堰堤、護岸、水制まれに、流路カットやトンネルにより流路を変更することもある。 	<ul style="list-style-type: none"> 堰堤、カット、トンネル等の位置は、地すべり地内ではできるだけ避ける。 地すべり地内で実施する場合は枠工、蛇籠工、又は異形ブロック、枠工、水制、護岸を併用する。 	
水路工	<ul style="list-style-type: none"> 降雨の浸透、地すべり地外からの地表水の流水を防止する。 流動性、浅層地すべりに効果大。 すべての地すべりに、他の工種と組合せて適用する。 集水路は、キレツのつき固め水路、アスファルト張り、編柵コルゲート半円管水路等。 排水路はコンクリート、コルゲート半円、U字管水路等。 	<ul style="list-style-type: none"> 集水路は、斜面全体に網状に、クラック、湿地を縫って密に計画し、なるべく側方に落とす。 排水路は、動きの少ない部分、側方クラックの不動態に計画する。 集水路は、水路巾を広く、排水路はこう配を急にしてすみやかに地すべり地外に放出する。 水路は溢水しないように注意。 	

<p>暗渠工</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・浅層（3m位まで）の地下水の排除。 ・水路工と併設、明暗渠として施工される例が多い。 ・工種は色々あるが礫暗渠、蛇籠暗渠が多い。 ・底、側方の漏水に注意。 ・フレキシブル構造とする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・深い暗渠は、主クラック、側方クラック、隆起帯の境界付近に設ける。 ・浅い暗渠は、地形凹部を縫うように計画する。 ・暗渠は20～30mで地表部に出すように、長い暗渠は不可。 ・末端付近の暗渠は押し出しに注意。 	
<p>横ボーリング</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・横ボーリングによって、浅層深層の地下水を排除。 ・浅層地下水には孔径86mm以上のボーリング、30～50m深層の場合最終孔径66mm ・礫層又はこれに準ずる層。砂層、火山灰層等は掘削困難又は不可。 	<ul style="list-style-type: none"> ・地すべり面をぬき、帯水層をねらう。 ・斜面上部が良い。 ・密に計画する。 ・自由面地下水の時は、降雨時のみ排水することもある。 ・施工時における排水量を測定すること。（判定効果） 	
<p>集水井工</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・深層地下水を排除する。 ・横ボーリングが長くなる場合やウェルで集水をする場合に計画する。 ・孔径は2.0～6.0m、深さ10～30m ・地すべり地外又は動きのない地すべり地内で行う。 ・集水ボーリングで集水する。 ・動くおそれのあるところでは、コンクリートウェル、その他はライナープレート。 ・15m以深の井戸は落石等の防除の安全施設を考慮する。 ・砂質地盤で、地下水の豊富な時は、ライナープレートは不可。 ・礫層、又はこれに準ずる層、砂質土、礫にとむ層の場合には、横穴集水ボーリングは要注意。 	<ul style="list-style-type: none"> ・斜面上部で、地下水面等高線の谷部制限床の谷部、破碎帯内の被圧水をねらう。 ・深層地下水排除を主とし浅層地下水排除は従とする。 ・ボーリング機械を入れるときは孔径3.5m以上とする。 ・集水ボーリングは、最終孔径66mm、30～50mとし、上下2段、20本程度放射状に計画。 ・排水ボーリングは、孔径100～120mm、長さ100mまで、基岩中堀削良。穴まがりによる排水不能に注意。 ・効果範囲は、井戸を中心として100m前後 ・排水量調査 	<p>① 地すべりブロック外に設置する場合</p> <p>② 地すべりブロック内に設置する場合</p>

<p>地下水しゃ断工（しゃ水壁工）</p>	<ul style="list-style-type: none"> 地すべりブロック周辺部から明瞭な流路に沿って浅層の地下水が流入している場合に、ブロック外で遮断排水する。 しゃ水は、薬液又はモルタル注入で、しゃ水壁をつくる。注入は0.7～1.0m間隔でボーリング孔より注入する。 主として崩積土、礫層に注入する。粘性の強い場合は不可 地下水で、薬液が流れる場合があり、注入法に工夫を要する。 薬害に注意。 しゃ水後はすみやかに排水する。 	<ul style="list-style-type: none"> 地すべり地外でおこなう。 傾斜が急で厚い崩積土層が分布している地域では、湛水のため地すべり発生、崩壊が予想される。 地下水経路をトレーサー等で確認し、地下水等高線図の谷部に施工する。 基岩が堅硬で、深さが浅く、地下水のしゃ断が容易な箇所。 	
<p>排水トンネル工</p>	<ul style="list-style-type: none"> 地すべり規模が大きく、地すべり深度、地下水の位置が20m以上あり、集水井、横ボーリングによる地下水排水が困難な場合。 他地域からの地下水流入遮断。他地域への地下水流出。 集水井で、排水ボーリング困難な時はトンネル排水とする。 50m以下・・・木製支保工。100m以下・・・鋼製支保工。100m以上・・・ライナープレートと補強リング。 	<ul style="list-style-type: none"> すべり面下の安定した基岩中に設け、排水すべき位置ですべり面を切り、帯水層より集水するか、坑壁より集水ボーリングをおこなう。 トンネル坑口は地すべり地外の安定した地盤に設ける。 トンネルの広がりには直線的でなく、T字型、Y字型とする。 被圧水の大量の排出に注意。 地盤に注意。 排水量調査。 	
<p>立休排水工</p>	<ul style="list-style-type: none"> トンネル、集水井、集水ボーリング、排水ボーリング等を統一的に施工し、浅層や深層の地下水を排水する工法。 帯水層が何層もあり、すべり面地下水面が深い場合。 帯水層が水脈状をなし、不規則な網状を呈する場合。 破碎帯、北松型の地すべりタイプによく計画される。 	<ul style="list-style-type: none"> 帯水層の分布とすべり面の位置関係、上下関係を詳しく調べておかないと、有効な地下水の排水はできない。 すべり面以下にトンネルを設け集水井、集水ボーリングで集水し、排水路として、トンネルを使用する。 集水井、排水トンネル、横ボーリングの項参照。 	

<p>杭</p> <p>工</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 不動基岩に杭を挿入し、杭の抵抗力によって、せん断抵抗を増大させ、地すべりを抑止する工法。 ・ 比較的脆弱な基岩上の浅いすべり地、末端部の小崩壊では木、コンクリートの打込み杭。 ・ 地すべり規模が大きく、すべり深度が深い場合は鋼管の挿入杭。 ・ 流動性地すべりに効果が少なく、粘着性地すべりに効果大。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 引張応力が発生する上部斜面はさけ、圧縮を受けている下部斜面に計画する。末端部に寄り過ぎると効果はない。 ・ 杭間が浅層すべりで流れる場合は、蛇籠・暗渠等で防止する。 ・ 設計する杭のタイプ（せん断杭、くさび杭、抑え杭）によって、適切な施工位置が異なることになるので注意。 	<p>(1)くさび杭 (2)補強杭 (3)せん断杭</p> <p>a)地すべり末端部に設置する場合 b)地すべり頭部に設置する場合</p> <p>(4)抑え杭</p> <p>機能から見た杭の種類 (概念図)</p>
<p>シ</p> <p>ヤ</p> <p>フ</p> <p>ト</p> <p>工</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地すべり土塊が大転石を含む地層からなっている場合、基岩がチャート等の堅い岩石の場合はボーリング掘削ができず井戸を掘り鉄筋コンクリートを打設して杭とする。 ・ 地すべり推力が大きく、必要抑止力が200 t/mを超える場合。 ・ 深さは20mぐらいが多いが50mを超えるものもある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 通常の杭挿入工と同じであるが、地形が急峻でも施工が可能である。 ・ 軟弱な地層では坑内崩壊に注意する。 ・ 鉄筋、H鋼で補強コンクリート充填する。 	<p>(A) 抑え杭 (B) 抑え杭 (C) くさび杭</p> <p>シャフトの機能</p>
<p>ア</p> <p>ン</p> <p>カ</p> <p>ー</p> <p>工</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 杭挿入工、擁壁工では杭背面等の受動土圧が十分期待できない場合。 ・ 地すべり必要抑止力の規模が大きく、従来の杭挿入工等の防止工事では抑止できない場合。 ・ 地すべりブロックの形状によって杭よりアンカーの方が効率的な場合。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 精度の高い調査ボーリング、土質試験、原位置試験及びアンカー定着部の周面摩擦抵抗力を確認するために引抜き試験等の諸調査、試験が必要である。 	<p>引止め用アンカー</p>

第4節 斜面の安全率

4.1 現状安全率

地すべり防止工事を行おうとする斜面の現状の安全率は、原則として $F_s=1.00$ とする。但し、顕著な変動が観測できる場合は、地すべりの運動状況に応じて $F_s=0.95\sim 1.00$ の範囲で決定するものとする。

解 説

地すべり防止工事を行おうとする斜面の現状の安全率は、原則として $F_s=1.00$ とする。すなわち安定している旧地すべり斜面も、最近地すべりを生じてやっと現在のバランスを保っている状態の斜面も同じ 1.00 である。

これは安定しているように見える地すべりでも、そのバランスの保ちかたは非常に微妙なものが多いことによるものである。

伸縮計等で顕著な変動が観測できる地すべりの安全率は当然 1.00 より小さいことが考えられることから、安全率は下記のように推定して対策工を検討するものとする。

- 1) 地すべり活動を示さないものまたは非常に微少な場合 $F_s=1.00$
- 2) 降雨等に伴って断続的に地すべり運動が認められる場合 $F_s=0.98$
- 3) 継続して顕著な運動が認められる場合(動きの激しいもの) $F_s=0.95$

なお、応急対策工を実施した場合、伸縮計等の変動が軽微になった時点における地下水位をもって $F_s=1.00$ とする。一般に地すべりが停止しているときは $F_s=1.00$ 、活動の場合は $F_s=0.95\sim 0.98$ とする。

4.2 計画安全率 (P.Fs)

計画安全率 (P.Fs) は、地すべり防止工事によって斜面の安定度を高め斜面の保全を図るための目標値であり、その決定にあたっては地すべりの現象と規模、保全対象の重要度および地すべりによって生ずることが想定される被害の程度等を総合的に考慮するものとする。

地すべり対策事業における計画安全率は、表3-5によることを目安とする。

表 3-5 計画安全率（目安）

保 全 対 象 等	計画安全率
応急対策として当面の安全率確保を目的とする。	1.05
規模が広大なもので人家、公共施設等に影響が少ないと考えられる場合。	1.10
その他一般の場合	1.15
急激な動きが予測され、多数の人命、家屋、重要な道路、鉄道、河川、その他公共施設等に重大な影響を及ぼすと考えられる場合。	1.20

(注) 1. この表に掲げてある安全率は、現状の安全率を仮定して防止工事による安全率の向上の程度を示しているもので、工事後の斜面の安全性を示すものではない。

2. この表に掲げてある安全率は、地すべり対策事業における防止工事の計画に適用するものであり、道路建設に伴う地すべり対策、ダム湛水に伴う地すべり対策、宅地造成に伴う地すべり対策等には適用しない。

第 5 節 斜面の安定解析

5.1 安定解析

安定解析は、所定の安全率を確保するために必要な地すべり防止工事の工法および規模を決定するために、各運動ブロックごとに行うものとする。

解 説

安定解析は、すべり面の形状に応じてフェレニウス法もしくはヤンプ法等を用いて行うが、一般にはフェレニウス法を用いる。

なお、通常安定解析によって求められた安全率で斜面の危険度の判定を安易に行うべきではない。

以下、フェレニウス法を例示する。

$$F_s = \frac{\sum(N-U) \tan \phi' + c' \sum l}{\sum T} \quad (3-1)$$

N : 分割辺の重力による法線力 (kN/m²{tf/m²}) = $W \cos \theta$

T : 分割片の重力による切線力 (kN/m²{tf/m²}) = $W \sin \theta$

U : 分割片に働く間隙水圧 (kN/m{tf/m})

- l : 分割片のすべり面長 (m)
- ϕ' : すべり面の内部摩擦角 (度)
- c' : すべり面の粘着力 ($\text{kN/m}^2\{\text{tf/m}^2\}$)
- W : 分割片の重量 ($\text{kN/m}\{\text{tf/m}\}$)
- θ : すべり面の分割片部における傾斜角 (度)

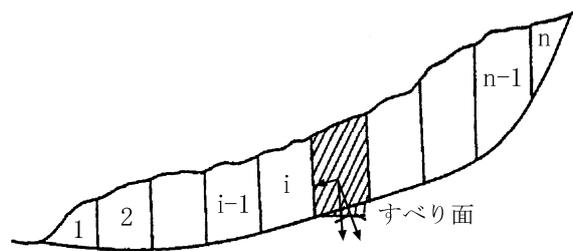


図 3-3 安定計算

式 (3-1) は必要となる工事量を算出するのに用いる。

例えば、

- 1) 杭工：杭工により所定の計画安全率を確保するためには、式 (3-2) により付加すべきせん断抵抗力を求める。

$$P_R = P.F_s \times \Sigma T - \Sigma (N - U) \tan \phi' - c' \Sigma l \quad (3-2)$$

P_R : 杭により付加すべきせん断抵抗力

$P.F_s$: 計画安全率

- 2) 排水工法：排水工法により所定の計画安全率を確保するためには式 (3-3) により軽減すべき間隙水圧を求め、平均的な地下水位低下量を算定する。

$$\Delta U = (P.F_s \times \Sigma T - \Sigma (N - U) \tan \phi' - c' \Sigma l) / \tan \phi' \quad (3-3)$$

ΔU : 軽減すべき間隙水圧

5. 2 土質強度定数 (c' 、 ϕ')

安定計算に用いる土質強度定数 c' 、 ϕ' は、地すべりの形態及び土質条件に応じて最適な手法により設定するものとする。

解 説

地すべりはきわめて複雑な地質構造を有し、すべり面の強度はすべり面に沿って多様に変化するので、

限定された点での原位置試験で平均的なすべり面強度を直接求めることは一般に難しい。そのため、すべり面をできる限り正確に推定し、また地すべりの活動状態より現状の安全率を推定して c' 、 ϕ' を決定する逆算法が用いられる場合が多い。

通常は、粘着力 c' を土質試験あるいは表3-6から定め、現状の安全率となるような ϕ' を逆算によって求める。

地すべりの最大鉛直層厚が25m以上の場合には、 c' は 25kN/m^2 { 2.5tf/m^2 }とするが、 c' のみならずそれに対応する ϕ' を含めて総合的に判断したり、逆解析を行ったりするなど種々の方法で妥当性を検討するなど慎重に定めるものとする。また、最大鉛直層厚5m以下のものについても別途検討を行う必要がある。

土塊の単位体積重量は 18kN/m^3 { 1.8tf/m^3 }を用いるが、シラスや巨石が多く、間隙の大きい地層や火山変質を受けた地層では原位置で測定して決定することが望ましい。

表3-6 最大鉛直層厚と粘着力

地すべりの最大鉛直層厚 (m)	粘着力C (KN/m ²)
5	5
10	10
15	15
20	20
25	25

5.3 間隙水圧

間隙水圧は、すべり面に作用する揚圧力であり、水位計によって測定される地下水の静水圧をもって間隙水圧とする。

解 説

ボーリング孔内の地下水は、複数の帯水層が存在する場合、ボーリング孔の深さにより孔内水位が異なる。したがって、間隙水圧はすべり面付近に埋設した間隙水圧計の測定結果を利用することが望ましい。計測結果がない場合には、ボーリング孔の深さを考慮して、ボーリング孔内水位より、すべり面付近の水頭を推定して使用するものとする。