

2. 計 画 編

目 次

計画編

第1章 総 説.....	1
1.1 地すべり防止計画.....	1
1.1.1 総 説.....	1
1.1.2 全対象の特定.....	1
1.1.3 計画安全率 (P.F _s)	2
1.1.4 警戒避難対策.....	3
1.1.5 環境への配慮.....	3
1.2 地すべり防止施設計画	5
1.2.1 総 説.....	5
1.2.2 斜面安定解析.....	5
1.2.3 工法の選定	10
1.2.4 抑制工の計画.....	12
1.2.5 抑止工の計画.....	16
1.2.6 概成判定.....	21

第1章 総説

1.1 地すべり防止計画

1.1.1 総説

地すべり防止計画は、地すべり調査結果を踏まえ、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等によるソフト対策を組み合わせた総合的な対策となるよう計画する。計画の策定にあたっては、周辺環境や関連する諸法令、地域計画等との整合を図る。

《解説》

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ことが多いため、工事完了までに相当な年数を要する場合が多い。一方、地すべり斜面には多くの人家、公共施設等が位置することから、地すべり活動が活発化した場合には、的確な警戒避難等ソフト対策の実施が不可欠である。そのため、常に警戒避難体制が確保されるようソフト対策の実施についても考慮し、地すべり防止計画を策定する。

地すべり防止計画は、事前に実施される地すべり調査、解析結果を踏まえて、それぞれの地すべりの現象(地形、地質、規模、滑動状況等)、保全対象の重要度、事業の緊急性、事業効果等を勘案した計画規模、内容とする。

なお、計画の策定にあたっては、周辺環境や関連する諸法令、地域防災計画やその他の地域計画との整合を図る必要がある。

1.1.2 全対象の特定

地すべり防止計画の保全対象を、対象とする地すべりの規模や発生・運動機構等を考慮して特定する。

地すべり防止計画で対象とする被害の形態は、

- ① 地すべり斜面上の人命、人家、道路、田畑、公共施設等への被害
- ② 地すべり斜面より下方に位置する人命、人家、道路、田畑、公共施設等への地すべりの移動に伴う被害
- ③ 地すべり斜面が周囲に拡大することによる、人命、人家、道路、田畑、公共施設等への被害
- ④ 天然ダム部上流域の浸水被害
- ⑤ 天然ダムの決壊による下流域の土石流、洪水被害

とする。

《解 説》

地すべり現象は一般に緩慢な動きを呈するものが多いが、中には突発的に移動、滑落に至る地すべりも見られる。したがって、対象とする地すべり近傍での事例等を参考にして、地すべりの移動範囲を設定し、被害の及ぶ範囲を設定する必要がある。

保全対象の重要性は、施設等の利用状況、代替施設の有無によっても異なる。例えば、道路の場合、通行量、代替ルートの有無によっても異なる。地すべりは山地部で発生することが多く、このような場合、代替ルートがあっても迂回に多くの時間を要する場合がある。

1.1.3 計画安全率 (P.Fs)

地すべり防止計画では、地すべり運動ブロック毎に計画安全率 (P.Fs) を定める。

一般的な地すべり防止工事としては、現在の滑動状況に応じて現況安全率を 0.95~1.00 に仮定し、地すべり発生・運動機構や保全対象の重要性、想定される被害の程度等を総合的に考慮して計画安全率 (P.Fs) を 1.10~1.20 に設定する。

また、応急対策などで当面の安全確保を図る場合であっても計画安全率 (P.Fs) 1.05 以上を設定するものとする。

なお、ここで述べている安全率は、地すべり防止工事の量を決定するために用いられるものであり、工事後の斜面の安定性を示すものではないことに留意する。

《解 説》

上記の計画安全率の設定方法は、既往の切土、盛土による地すべりの発生事例から、地すべり発生前の安全率を 1.00 と仮定した場合に、5~10%程度の安全率の低下によって地すべりが活発化したという事例やすべり面が地すべり運動に伴って強度低下を起こすこと、また、運動の進行に伴って土塊が破碎され透水性が高まると予想されることに基づき、従来から、各地の地すべり防止工事において経験的に定められてきた計画安全率を参考にしている。また、それらの計画安全率は、安定解析式として簡便法を用い、土質強度定数を後述する逆算法によって求めた経験値であることに留意する必要がある。

本県においては、現状安全率を通常の地すべり対策事業について 1.00、緊急地すべり対策事業については 0.98 と仮定し、目標とする計画安全率は概ね下記の基準によるものとする。

表 1-1 計画安全率の基準

計画安全率	重要度の区分
1.20	多数の人命・家屋・重要公共施設に重要な影響のある区域
1.15	その他の区域
1.05～1.10	比較的影響が少なく、当面応急対策としての安全があればよい区域

1.1.4 警戒避難対策

地すべりの警戒避難対策としては、地すべりの発生・運動機構に応じて警戒避難の参考として、地盤伸縮計、地盤傾斜計等の監視機器を設置し、関係機関への適切な連絡体制を整備する。

《解説》

地すべりによる被害を防止していくためには、地すべり防止工事の実施と併せて、人的被害を防止するため、警戒避難対策が必要である。地すべりは一般に崩壊と比較して移動が緩慢であることから、斜面変状の発生状況や計測機器による移動量の計測結果に基づき警戒避難がなされてきている。そのため、地すべりの警戒避難は、地すべり移動観測の結果に基づいて実施することが望ましい。地すべりの移動特性は地すべりの地形、地質、すべり面形状等によって異なることから、事前の調査・解析結果や近傍の地すべり事例を参考に検討を行い、地すべりの移動特性に応じて警戒避難のための基準を定める。さらに、警戒避難に資するため、管理基準値を判定するために必要な精度を有する監視機器を設置し、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つとめる。地すべりの警戒避難対策の実施にあたっては次の点に留意する必要がある。

- (1) 警戒避難の対象範囲を把握していること
 - ・ 地すべり移動状況の監視体制
 - ・ 地すべりの範囲と土砂の到達範囲
- (2) 警戒避難すべきタイミングを明確にすること
 - ・ 警戒避難基準値の設定
- (3) 警戒避難にかかる情報の伝達体制を明確にすること

1.1.5 環境への配慮

地すべり防止施設整備においては、防災上必要な効果を得るために、環境に何らかの影響を及ぼすことは避けられないが、可能な限りその影響を軽微なものとする。

《解説》

地すべり運動の活発化は、斜面の環境に影響を与えることから、斜面環境の保全という観点からも地すべり運動を停止させる必要がある。地すべり防止工は地すべり土塊の滑落を防止し、地すべ

り斜面上に生息する動植物の生息場所の保全という効果を有するが、一方で、地すべり防止工は、地すべり運動を停止させるものの斜面環境を一変させる恐れもある。例えば、大規模な排土工、押え盛土工は斜面上に分布する植生等を取り除くことになる。また、地下水排除工は地すべり地の地下水条件を変化させ湿地や沼を消滅させることによって、湿潤性植物等に影響を及ぼすことも考えられる。

防災上必要な効果を得るための施設整備においては、環境に何らかの影響を及ぼすことは避けられないが、可能な限りその影響を軽微なものとするとともに、施設整備後に回復する環境要因についてはできる限り自然環境の再生を促すような計画、構造、施工方法を採用する等の配慮を行う必要がある。また、施設の形状、配置においても、景観、生態系に十分配慮する必要がある。

地すべり防止施設の整備が影響を及ぼす環境を自然環境・景観、生活環境としてとらえた時の、環境への配慮の留意点を挙げると次のとおりである。これらは、調査、工事、維持管理の各段階において、適宜配慮する必要がある。

(1) 自然環境・景観

- ・大規模な排土工、押え盛土工は、斜面環境を大きく改変する。対策の工種を検討するにあたっては、自然環境の再生に対する配慮を行う視点も加味し、工種の選定と緑化の推進を行うことも必要と考えられる。
- ・抑止工等に伴うのり面工は自然環境と景観に配慮して早期の緑化に努めること。
- ・工事に伴う樹木の伐採、工事に伴う泥水の発生等、地すべり防止工事中の環境への影響を十分考慮する必要がある。
- ・地すべり対策事業における景観形成に関する指針としては、「砂防関係事業における景観形成ガイドライン」（国土交通省砂防部、H19.2）があり、参考とする。

(2) 生活環境

- ・地すべり地は、急峻な山地部にあつては貴重な生活の場でもあることに留意する必要がある。
- ・地すべり地は地下水が豊富であることが多く、地域住民が地下水を利用している場合が多い。地下水排除工はこれらの地下水利用に対して影響を与える恐れがあることから、事前に十分な調査が必要である。
- ・また、一方で、地下水排除工からの地下水は、農業用水、消雪用水、飲料水等、地域住民の新たな水利用を可能にする事例もあることから、地下水の利用の可能性、地域の需要を十分に調査する必要がある。

1.2 地すべり防止施設計画

1.2.1 総説

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、地すべりの規模及び発生・運動機構、保全対象の重要度、想定される被害の程度等を考慮し、地すべり災害が防止されるよう策定する。

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るため、その後の情報による計画の見直しを行う。

また、地すべり防止工事の施工中及び施工後は、実施した工事の効果が計画どおり発揮されているか確認し、必要に応じて計画を見直す。

《解説》

地すべり防止施設配置計画は、地すべり災害が防止されるよう、地すべり防止計画に基づき、地すべりの規模及び発生・運動機構、保全対象の重要度、想定される被害の程度等を考慮し、工法の特性を十分検討した上で、工法、施工位置、数量及び施工順位等の計画を策定する。

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、防止計画に基づき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性に応じて各ブロックの対策の優先度を設定して個別に安定性を向上させた後、対象とする地すべり地全体の安定性を向上させるよう計画する。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、その後の調査によっては、計画の見直しが生じる場合もある。

地すべり防止工事の施工中及び施工後は、実施した工法の効果が計画どおり発揮されているか確認する必要がある。工事の効果判定は、移動量等の地すべり現象により評価することが望ましい。ただし、地すべり現象は、一般に緩慢でかつ異常気象（豪雨、長雨、融雪等）によって間欠的に活動する場合が多いため地すべり現象がみられなくなった後の効果判定にあたっては、特に細心の注意を払うことが望ましい。地すべり防止工事終了時の判断にあたっては、必要に応じて工事完了後も数年間程度観測を継続して地すべりによる異常な動きのないことを確認する。

1.2.2 斜面安定解析

地すべり防止施設配置計画においては、地すべりの運動ブロック毎に運動方向に沿った断面における斜面安定解析を行い、その結果に基づき、所定の計画安全率 (P.Fs) を確保するように防止工事の工法及び規模を決定する。

《解説》

安定解析の方法には、応力の極限平衡により安定性を論ずる極限平衡法と土の応力と歪みの関係を考慮した応力解析法がある。

極限平衡法では、分割法（スライス法）が広く知られており、スライス間力など仮定条件の相違により、簡便法（Fellenius 法）、Bishop 法、Janbu 法、Morgenstern-Price 法、SHIN-Janbu 法、等の各種の方法が提案されている。また、極限平衡法では主測線上の断面を用いて行う 2 次元安定解析のほか、地すべりブロック全体を取り扱う 3 次元安定解析手法も提案されている。3 次元安定

解析法としては、Hovland 法、3次元簡易 Janbu 法等が提案されている。また、複数の測線に沿った2次元断面の安定解析に各断面間の幅を考慮して重み付けをし、簡易に3次元的な評価をする方法も提案されている。

応力解析法では、対象とする地すべりの不連続面の取り扱い方によって、有限要素法、個別要素法、剛性ばねモデル等の手法がある。

安定解析は、地すべり地の特性（平面形、すべり面形、移動状況等）に応じて、上記の手法の中から適切な解析手法を選択して実施することが望ましい。これまでは2次元の簡便法が多く用いられ、計画安全率も簡便法を用いた場合のこれまでの実績から設定されている。

以下に、簡便法を例示する。

簡便法はフェレニウス法やスウェーデン式分割法とも呼ばれる手法と形が同じ式であり、本来は円弧すべりに対して用いられ、円弧すべりの回転中心に関する回転モーメントと抵抗モーメントの比によって安全率を求めるものである。しかしながら、非円弧すべりに対しても同じ計算式を適用し、力の釣り合いのみを考慮した使われ方がなされている（（出典：地すべり防止技術指針及び同解説）

図 1-1)。

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

F_s : 安全率

N : 分割片の重力による法線力 (kN/m) = $W \cdot \cos \theta$

T : 分割片の重力による切線力 (kN/m) = $W \cdot \sin \theta$

U : 分割片に働く間隙水圧 (kN/m)

l : 分割片のすべり面長 (m)

c' : すべり面の粘着力 (kN/m²)

ϕ' : すべり面の内部摩擦角 (°)

W : 分割片の重量 (kN/m)

θ : すべり面の分割片部における傾斜角 (°)

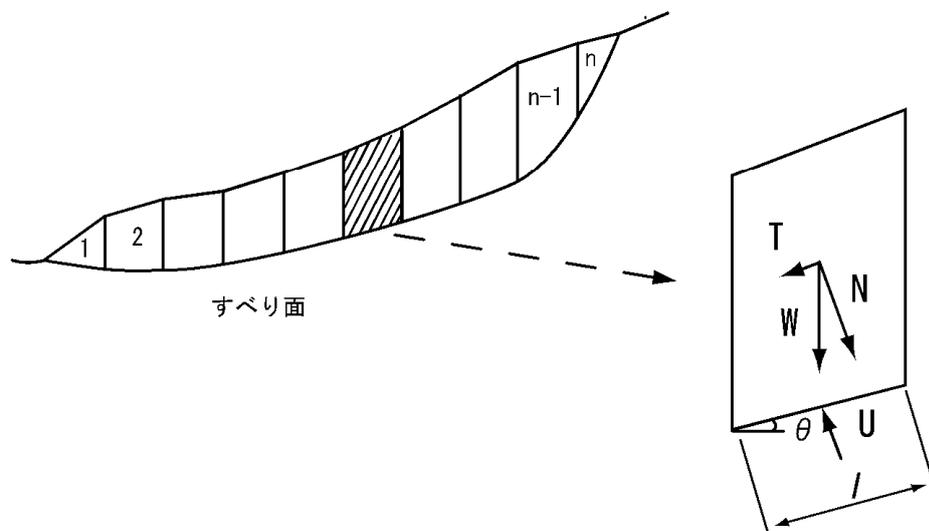


図 1-1 簡便法の模式図

(1) 土質強度定数

斜面安定解析に用いる土質強度定数(すべり面の粘着力： c' 、すべり面の内部摩擦角： ϕ')は、地すべりの形態及び土質条件に応じて、すべり面粘土をサンプリングして土質試験を行う方法や、地すべりの滑動状態により現状の安全率を推定して土質強度定数を逆算する方法(逆算法)等、最適な手法により設定する。

《解説》

土質強度定数を設定する方法には、①すべり面粘土をサンプリングして土質試験を行う方法、②地すべりの活動状態により現状の安全率を推定して土質強度定数を逆算する方法(逆算法)等がある。

簡便法を用いて安定計算を行う場合には、精査によりすべり面深度、単位体積重量、間隙水圧が明らかとなっていれば、次の1)～3)の手順によって粘着力(c')、内部摩擦角(ϕ')が求められる。

1) 現状の安全率の設定

現状安全率は、地すべりの移動状況に応じて設定する(1.1.3参照)。

2) 粘着力(c')の推定

粘着力(c')は、土質試験あるいは対象とする地すべりの最大層厚をもとに、表1-2を参考にして推定されることが多い。地すべりの最大鉛直層厚が25m以上の場合には、 c' は25kN/m²とすることが一般的であるが、 c' のみならずそれに対応する ϕ' も含めて総合的に判断するなどその妥当性を検討して慎重に定めることが望ましい。また、鉛直最大層厚が5m以下のものについては別途検討が必要である。

3) 単位堆積重量(γ)

移動土塊の単位堆積重量(γ)は、18kN/m³を用いるが、シラスや巨石が多く間隙の大きい地層や熱水変質を受けた地層では、土質試験を実施して決定することが望ましい。また、近傍の現場に同一の地質で実施した試験結果がある場合は、その値を使用することができる。

4) 内部摩擦角(ϕ')の逆算

1)～3)で設定した値を安定解析式(式1.1)に代入することにより、内部摩擦角(ϕ')が逆算される。

1)～4)の手順によって求められた粘着力(c')、内部摩擦角(ϕ')を安定解析式に代入し、計画安全率の達成に必要な防止工事の内容を検討する。

表 1-2 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

(2) 間隙水圧

斜面安定解析に用いる間隙水圧は、すべり面における間隙水圧を計測する手法のうち最も適切な手法によって測定された値を用いる。

間隙水圧は直接間隙水圧計等により測定することが望ましいが、これによりがたい場合は、ボーリング孔内の地下水位を代替とする。

《解 説》

ボーリング孔内の地下水位は、全孔ストレーナを用いた場合、複数の滞水層が存在する場合には不正確な水位を示し、透水性の悪い土質を有する場合には、地下水位の変化に遅れを生じる場合がある。したがって、間隙水圧は直接間隙水圧計等により測定することが望ましい。

しかしながら、これによりがたい場合はボーリング孔内の地下水位を代替とする。この場合にあっても、部分ストレーナ孔の採用によって、複数の地下水帯が分布している場合や逸水層がある場合でもすべり面に作用する地下水帯の水位変動をとらえられるよう、地すべりの水文地質構造に合わせて適切な地下水位観測孔を設置する必要がある。

災害直後にあって十分な地下水観測データが得られていない場合にあっては、ボーリング掘進中の水位変動や短期間の水位観測結果により安定解析を実施し、防止工の計画を立案するが、十分な観測データが得られた時点で適宜防止計画を見直す必要がある。

一般に既往間隙水圧の最高値を用いて安定解析を行う。ただし、地すべりが滑動した時の地下水位が明らかである場合はその滑動時の地下水位を用いて、逆算法により土質強度定数を求める。

なお、簡便法ではすべり面が急な場合に $(N-U) < 0$ となることがある。その場合には、 $(N-U) = 0$ として計算する。

1.2.3 工法の選定

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、地すべりの規模及び発生・運動機構、保全対象の重要度、想定される被害の程度、工法の経済性等を勘案し、抑制工と抑止工を単独もしくはこれらを適切に組み合わせで策定する。

工法の選定にあたっては、次の点に留意する。

- 1) 抑制工と抑止工の持つそれぞれの特性を合理的に組み合わせ、適切な位置に配置した計画とする。
- 2) 地すべり運動が活発に継続している場合には原則として抑止工を先行せず、抑制工によって運動が低減、停止してから抑止工を導入する。
- 3) 施工時のみならず維持管理も含めたトータルコストを考慮する。

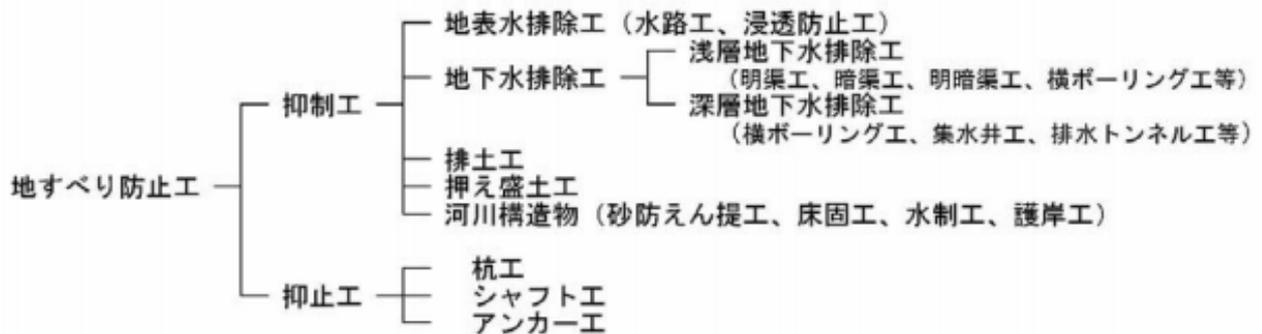
《解説》

地すべり防止工は、対策工の持つ機能の違いから、抑制工と抑止工に大別される。

抑制工 …… 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、滑動力、抵抗力のバランスを改善し、地すべり運動を停止または緩和させる工法

抑止工 …… 構造物の持つ抵抗力を付加する事により、地すべり運動の一部または全部を停止させる工法

これまで一般的に用いられてきた地すべり防止工を分類すると図 1-2 のとおりである。



(出典：地すべり防止技術指針及び同解説)

図 1-2 地すべり防止工の分類

地すべり防止工は素因・誘因を勘案し、特に降雨（融雪水）や地下水と地すべり運動との関連性、地形・地質、地すべりの規模、運動形態、運動速度、保全対象、経済性（施工時のみならず維持管理も含めたトータルコスト）及び優先順位等を十分に考慮して採用する工法を選定する。原則的には、詳細な調査によって対象とする地すべりの特徴を明らかにしたうえで、対策工の計画を立てるべきである。

地すべりの特性は各現場によって異なるため、対策工の計画立案手法を一律に論じることはできないが、以下に、地すべりの誘因、滑動力の低減・抵抗力の付加、地すべりの活動状況、地すべりの規模、対策工の施工位置に着目した場合の防止工計画時の留意点を述べる。

（１） 地すべりの誘因（誘因の除去）

地すべりの誘因を除去することは一般に最も効果的な防止対策となる。

自然発生する多くの地すべりの誘因は、豪雨・長雨・融雪等によって地下水の供給量が増加することにあるといっても過言ではない。そのため、地表水排除工や地下水排除工は第一に考慮すべき重要な工法である。

一方、人為的な行為が誘因となる場合は、応急対策としては誘因となった事象を復元することが効果的な対策工となる。例えば、切土や盛土が誘因となった場合にはその影響をできるだけ除去すべく元に戻すことが有効である。

（２） 滑動力の低減、抵抗力の付加

地すべりの滑動力（安定解析式の分母）を低減する代表的な工種は、地すべり頭部で実施される排土工が挙げられる。この工種は速効性があり有効であるが、排土斜面の上部に不安定斜面や別の地すべりブロックのないことを慎重に確認する必要がある。

一方、抵抗力（安定解析式の分子）を付加する代表的な工種は、押え盛土工や杭工である。前者は地すべりの末端部で実施され、効果的な工種の一つである。グラウンドアンカー工も多用される工法である。

（３） 地すべりの活動状況

移動速度の大きな地すべりの場合には抑止工の施工は不可能で施工した場合でも破壊することがある。そのため、まず切土、盛土等の人為的誘因を除去、地表水排除工や横孔ボーリング工等の地下水排除工等の抑制工を施工し、移動速度を低減させた上で必要に応じ抑止工を計画する。

（４） 地すべりの規模

地下水排除工を例にとってみると、地すべりの規模が小さい場合、地表からの横孔ボーリング工において、すべり面を貫いて施工することはさほど困難ではない。しかしながら、規模が大きくなるにしたがってボーリングの延長も長くなるため、すべり面付近の地下水を排除する効率は悪くなる。そのため、集水井工や、時には排水トンネル工等が効率的かつ経済的な工種となる。

同様に、抑止工をとってみても、地すべりの規模が大きくなれば杭工の採用は難しくなり、グラウンドアンカー工を併用したり、シャフト工を選択することになる。

（５） 対策工の施工位置

地すべりの頭部は引張り領域となり、亀裂や間隙が多いため、地下水排除工や地表水排除工を配

置すると効果的である。さらに、地すべり地外からの地下水の流入を防止するための地下水排除工もしばしば施工される。また、排土工も地すべりの頭部で施工される。

一方、地すべりの末端部は圧縮領域となっているため、押え盛土工や抑止工の適地となる。

1.2.4 抑制工の計画

抑制工は、地すべり地の地形、地下水の状態などを変化させることによって、滑動力と抵抗力のバランスを改善し、地すべり運動を停止または緩和させるように、維持管理も含めたトータルコストも考慮し、以下の工種を合理的に組み合わせて適切に配置するよう計画する。

《解説》

抑制工には、以下の工種がある。

- 1) 地表水を排除するもの：「水路工」・「浸透防止工」
- 2) 浅層地下水（地表に近い地層内を流動する地下水）を排除するもの：「暗渠工」・「開暗渠工」・「横孔ボーリング工」
- 3) 深層地下水（すべり面に近い深部の地下水）を排除するもの：「横孔ボーリング工」・「集水井工」・「排水トンネル工」
- 4) 地すべり頭部の土塊を排除するもの：「排土工」
- 5) 地すべり末端部に排水性の良い土塊を盛土するもの：「押え盛土工」
- 6) 溪岸を保護し地すべり末端部の安定を図るためのもの：「河川構造物等による侵食防止工」
- 7) 段差部や、末端において小規模な崩壊を防止し斜面の安定化を図るもの：「土留工」

(1) 地表水排除工

地表水排除工は、降雨の浸透や湧水、沼、水路等からの再浸透を防止し、地下水の上昇を抑制させるものである。地表水排除工には、水路工や浸透防止工があり、地すべりの状況に応じ早急に施工できる工法を選定する。そして、水路工は地すべり地の地形に沿って計画し、大きな土工等は避けるものとする。また、地すべり地へ流入する地表水を排除する場合は、地すべりの亀裂や滑落崖から離れた安定な地すべり地域の周縁部に計画する。

水路の目地が開いて漏水を引き起こす恐れのある場合などでは、不透水性のシート等で仮の排水路を設けることが有効である。地表水排除工の効果は、現時点で必ずしも定量的に表現することはできないが、地すべり対策工として実施することが望ましい。降水量と地すべり運動が密接に関連している場合には特に有効な工法である。

1) 水路工

水路工は、地すべり地内の降雨を速やかに集水して地すべりブロック外に排除、及びブロック外からの流入水を排除するために設置される。

水路工は集水路工と排水路工に区分される。

①集水路工

集水路は、斜面における降雨・地表水をすみやかに集めるために通常斜面を横切って設置する。集水路工は、比較的幅が広く浅いものとし、排水路に連結させる。

②排水路工

排水路は、集めた水を速やかに地すべり地外に排除するために用いられるため、流出計算によってその断面が決定されなければならない。排水路は谷地形を呈する位置に設け、排水路は原則として20～30m 間隔に帯工を設け、排水路の末端、水路の合流点、段差のある箇所等には落差工や集水柵を設置する。

2) 浸透防止工

浸透防止工は、亀裂の発生箇所に対して粘土、セメントの充填やビニルシートの被覆等を行う工法である。沼、水路等の漏水防止工としては、不透水性の材料による被覆、沼の開削、水路の付け替え及び改良などを計画する。

(2) 地下水排除工

地下水排除工によって、地すべり地内に流入あるいは浸透する地下水及び地域内に分布する地下水を排除し、地すべり土塊内部の間隙水圧（地下水位）を低下させる。地下水排除工は、地表に近い地層内を流動する地下水を対象とする浅層地下水排除工とすべり面に近い深部の地下水を対象とする深層地下水排除工に大別される。

地下水位の計画低下高は、対策工の種類、地すべり地の地形、地質、土質、地下水の賦存条件によって異なるため、地下水位解析結果や類似箇所での地下水位低下実績等を参考に検討を行い、決定する。地下水位解析や類似箇所での実績等が得難い場合は、目安として次の値を参考としても良い。ただし、ここに示す値は、地すべり地内に地下水排除施設を適切に配置した場合の経験的な値であり、期待できる地下水位低下高の最大値と考えるべきである。したがって、施工後に継続観測を行い、目標とする地下水位低下がみられない場合には、対策工事の追加や工法の変更等を検討する。

横孔ボーリング工	3m
集水井工	5m
排水トンネル工	8m

2) 浅層地下水排除工

①暗渠工

暗渠工は、浅層部に分布する地下水を排除するため、または降水による浸透水を速やかに排除するために設置される。特に、透水係数の小さい土層中の豊富な地下水を排除する場合には、積極的に計画する。排除可能な地下水深度は地表から2m 程度である。

②明暗渠工

明暗渠工は、地表水の流入、浸透を防ぐとともに、地表から浅い深度に浸透した地下水を排除するために設置される。浅層地下水は地表水の浸透により形成されるため、地表の凹部、谷部に暗渠工と地表排水路工とを組み合わせた構造とする。

③横ボーリング工

横ボーリング工は、開暗渠工等では排除できない浅い地層の地下水を排除するもので、地形的に施工可能な場合に計画する。地下水の解析結果に基づいて、横孔ボーリング工の径、長さ、角度等を計画することが望ましいが、横ボーリング工の先端間隔は一般に5～10mとし、地下水の豊富な部分に集中的に計画される。

3) 深層地下水排除工

①横ボーリング工

深層地下水排除工として計画される横孔ボーリング工は、すべり面付近に分布する深層地下水や断層、破碎帯に沿った地下水を排除するために設置される。地すべりブロックの深層地下水の存在、地下水位等を確認した上で帯水層に向けて計画することとし、地下水位を低下させようとする範囲の全体に配置する。横孔ボーリング工の先端間隔は一般に5～10mとし、予想されるすべり面を貫いて5～10mの余掘を行うように計画する。

②集水井工

集水井工は、深層地下水を排除するために設置される。特に、深い位置で集中的に地下水を集水しようとする場合や横孔ボーリング工ではその延長が50m程度より長くなる場合に計画する。

集水井は、集水井壁面からの湧水を期待するのではなく、集水ボーリングにより地下水脈からの大量の集水を期待する。

集水井の深さは、活動中の地すべりでは、すべり面深度より2m以上浅く計画し、井筒と排水ボーリングの安定を図るのが一般的である。停止中の地すべりの場合はすべり面を貫いて安定な地盤に集水井の井筒基礎を設置することもある。

集水井の位置及び規模は、集水効果、施工時の安全性、維持管理等を考慮して決定する。

特に、集水井から地表への排水が自然排水となるようにその配置、工法を検討する。集水井から地表へ直接排水できない場合は中継井を計画する。いずれの場合も排水ボーリングは、地すべりによって切断されないように、原則として地すべりブロックを横切らない配置とする。集水井同士を連結する排水ボーリングの長さは、一般には70～80mが限界とされているが、岩塊玉石等の削孔が困難な地質ではこれよりも限界が短い場合がある。

集水井の深さは一般に30m程度までとし、深くなる場合は強度や施工法について検討し、排水トンネル等他の工法が有利とならないか比較するものとする。

集水井工は、地下水が層状あるいは脈状に賦存している地すべり地内で集中的な地下水排除を必要とする場合に用いられるが、地下水の分布が多層構造の場合には、深さ方向に2段以上

の集水ボーリングを行う必要がある。地質が軟弱で湧水が多量にある場合は掘削が困難となることがあるため、周辺事例等を参考に施工方法を工夫し、他の工法の採用も検討する。また、移動の激しい箇所では、側圧の増加によって集水井にひずみが発生し、破壊の原因となることがある。したがって、施工後の維持管理上ばかりでなく、施工中の災害防止の観点からもできるだけこのような箇所での施工は避けることが望ましい。そのため、集水井工の位置の決定にあたっては、調査ボーリングによって地質及び基盤を確認することを原則とする。

2基以上の集水井工を並列に配置する必要がある場合は、地下水位低下の影響範囲を考慮して集水井の中心間隔を100m程度以下とする。

③排水トンネル工

排水トンネル工は、集水井工や横孔ボーリング工では深層地下水の排除が困難な場合に計画される。

排水トンネル工は、トンネル内からの集水ボーリングによって、すべり面付近の深層地下水を排除することを目的として施工される。また、地すべり面下を通る底設トンネルと地すべり地周辺部に設ける周縁トンネルに大別される。地すべり土塊内でのトンネル掘削は原則として行わず、一般にすべり面から排水トンネル径の少なくとも2倍以上離して計画する。すべり面には段差がある等、不確定要素が多く、綿密に調査したにもかかわらず、トンネルが思いがけず移動土塊内に進入した例がある。トンネルの計画を見直す場合は大きな手戻りとなるため、当初から十分に余裕を持った計画とする必要がある。

集水ボーリングは、トンネル内のボーリング室から上向きまたは横向きに実施する。

(3) 排土工

排土工は、地すべり頭部の土塊を排除し、地すべりの滑動力を低減させるために実施される。排土工を計画する場合には、その上方斜面の潜在的な地すべりを誘発することがないように、事前に十分な調査・検討を行うことが必要である。上方斜面に地すべりが分布する場合には、本工法の計画は避けるべきである。

単位体積重量も含め、土質定数の取り方に応じて必要な土量・形状は異なってくるため、その設定は慎重に行う必要がある。

排土量については、地すべりの規模、すべり面の位置を正確に把握し、安定計算によって決定する。排土後にはのり面及び排土跡地の緑化等により、自然環境の回復に努める。

地すべりの移動量が大きく、地すべり地内および地すべり下方斜面への作業員の立ち入りに危険を伴う場合や急傾斜地で作業に危険を伴う場合などには、無人化施工技術の導入を検討する。

排土工は、土砂運搬や土砂処理、概成後の切土面の維持管理などに費用を要するほか、用地買収等に時間を要する場合がある。反面、横孔ボーリング工、集水井工等、地下水排除工のように、施工後の集排水孔へのスライム付着をはじめとする機能低下の問題が少ない工法である。したがって、施工性、土砂処理、用地、機能低下リスク、維持管理費等を含めたトータルコストを比較した上で有利と判断される場合には、積極的に採用すべき工法である。

(4) 押え盛土工

押え盛土工は、地すべり末端部に排水性の良い土塊を盛土し、地すべり滑動力に抵抗する力を増加させるために設置される。盛土部及びその周辺斜面で新たな地すべりの誘発がないことを確認して地すべり末端部に計画する。盛土位置が河川や溪流の河床部であることが多いので、河道付け替えや護岸工を必要とする場合がある。

押え盛土工は、排土工と併用すると経済性も向上し、かつ効果的であるので、通常これらを組み合わせて計画することが多い。また、盛土背面の地下水位の上昇を考慮して、地下水排除工を併用することが望ましい。

盛土量については、安定計算によって算出する。盛土部は緑化して自然環境や景観の回復に努める。また、排土工で述べたように、作業員の安全を確保できる施工方法とする。

(5) 河川構造物等による侵食防止工

河川構造物等による侵食防止工は、流水による河床低下や溪岸侵食が地すべり土塊の安定を損なわせ、地すべり発生の誘因となる場合に、溪岸の保護と地すべりブロック末端部の安定を図るために計画する。

地すべり防止工としての河川構造物には、砂防えん堤、床固工、護岸工、水制工等がある。また、河川の付替えが計画される場合もある。

地すべりブロックの直下流部に砂防えん堤、床固工を設けると、その堆砂によって地すべりブロック末端部の崩壊や侵食が防止され、押え盛土工と同様の効果が期待できる。

砂防えん堤、床固工等を設置する場合は、原則として地すべりブロックの直下流部で、地すべりの影響のない安定した基盤に設ける。地すべり地内に一連の砂防えん堤または床固工を計画する場合には、その直下流で地すべりの影響のない地点にも構造物を計画することがある。

1.2.5 抑止工の計画

抑止工は、構造物のもつ抵抗力を付加することにより、地すべり運動の一部または全部を停止させるように、維持管理も含めたトータルコストも考慮し、以下の工種を単独もしくは合理的に組み合わせて適切に配置するよう計画する。

《解説》

抑止工には、以下の工種がある。

- (1) 鋼管や鉄筋コンクリート等のせん断抵抗力や曲げ抵抗力により、地すべり移動土塊の滑動力に対して直接抵抗するもの：「杭工」、「シャフト工」
- (2) テンドン（鋼材等）の引張強さを利用して斜面を安定化させるもの：「グラウンドアンカー工」

①杭工

杭工は、鋼管杭等をすべり面を貫いて不動土塊まで挿入することによって、せん断抵抗力や曲げ抵抗力を付加し、地すべり移動土塊の滑動力に対し、直接抵抗する工法である。

杭工は一般に複数の鋼管杭を地すべりの移動方向に対して直角方向に列状に配置し、地すべり滑動力に一体となって対抗させる工法である。したがって、地すべり活動が活発で1mm/day以上の動きがある、または予想される場合には、計画される杭が同時に施工されない限り、杭の働きは個別的なものとなって効果が期待できないので、応急対策工事や抑制工によって地すべり活動が概ね停止したのを確認した上で施工を行う。

計画位置は、原則として地すべり運動ブロックの中央部より下部とし、杭の根入れ部となる基盤が強固で地盤反力が期待できる場所を選定する。

なお、頭部にアンカーを併用して抑止力を高めることも可能である。

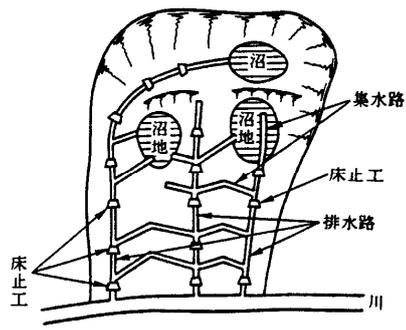
②シャフト工

シャフト工は、径1.5～6.5mの立坑を不動土塊まで掘り、これに鉄筋コンクリートを充填した「シャフト」と呼ばれる場所打ち杭により地すべりを抑止する工法である。地盤等の条件により大口径の機械削孔を行うことが困難な場合や、曲げ杭では地すべりの滑動力に抵抗できない場合で、かつ基礎地盤が良好な場合に適用する。立坑掘削中の施工の安全管理に留意する必要がある。また、掘削中の排水処理を十分に行うために、事前に地下水や湧水に対する調査、検討を十分に行う必要がある。

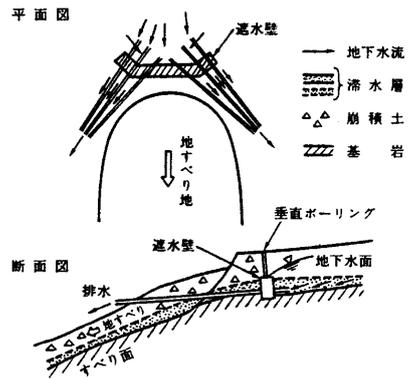
③アンカー工

グラウンドアンカー工は、斜面から不動地盤にテンドン（鋼材等）を挿入し、基盤内に定着させた鋼材の引張強さを利用して斜面を安定化させるものである。地すべり対策工として使用されるグラウンドアンカー工には、すべり面に対する垂直応力をグラウンドアンカー工により増加させることによってせん断抵抗力を増加させようとする効果（締め付け効果）を期待するものと、地すべり土塊が、滑落しようとした時にグラウンドアンカー工のすべり面の接線方向の引張り力によって地すべり土塊を引き止めようとする効果（引き止め効果）を利用するものがある。グラウンドアンカー工は、引き止め効果あるいは締め付け効果が最も効果的に発揮される地点に計画する。

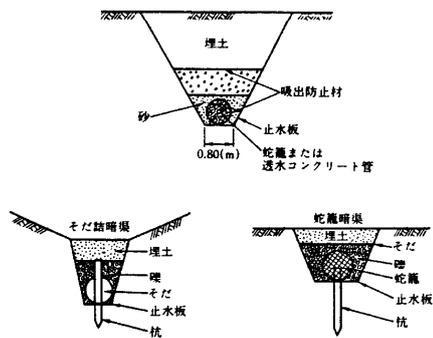
グラウンドアンカー工は、高強度の鋼材を引張材として地盤に定着させ、引張材の頭部に作用した荷重を定着地盤に伝達し、群体としての反力構造物と地山とを一体化することにより地すべりを安定化させる工法である。地すべり地が急勾配で、杭工、シャフト工では十分な地盤反力が得られない場合や緊急性が高く早期に効果の発揮が望まれる場合等に、適切な位置に計画する。



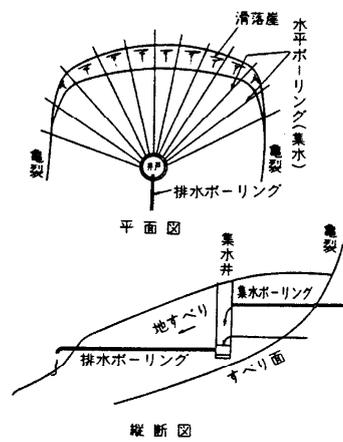
地表水排除工



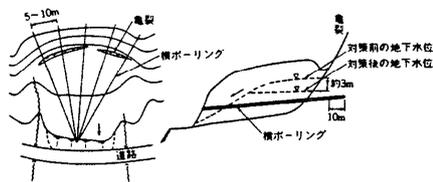
地下水遮断工



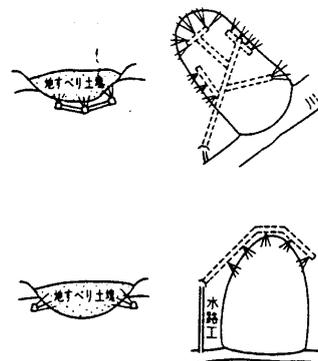
暗渠工



集水井

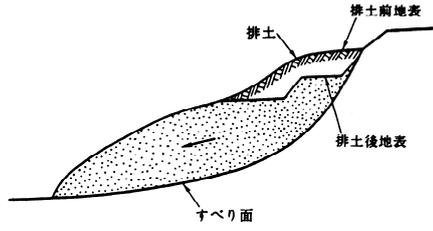


横ボーリング工

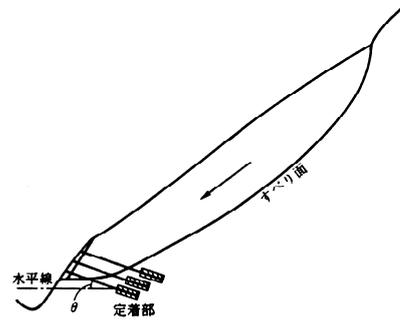


排水トンネル工

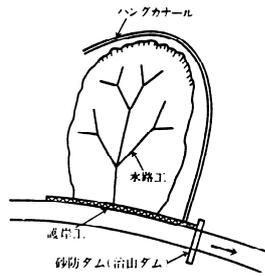
図 1-3 地すべり対策工概念図 1



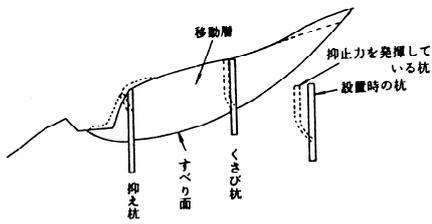
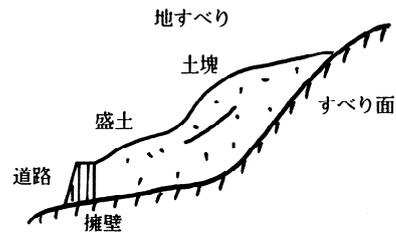
排土工



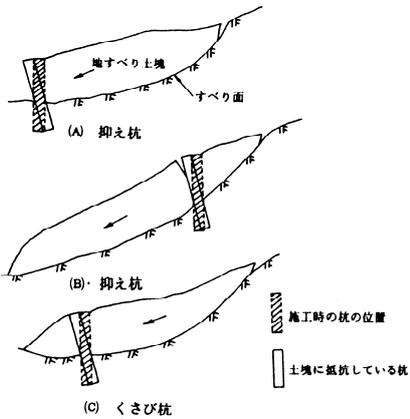
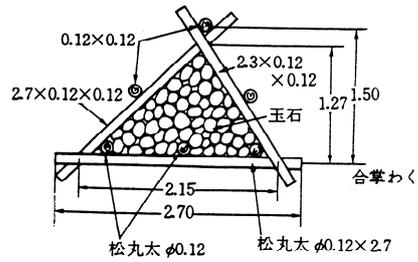
アンカー工



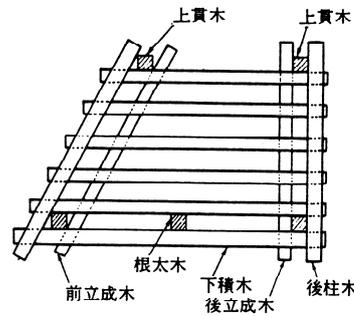
河川構造物



杭工



シャフト工



擁壁工

図 1-4 地すべり対策工概念図 2

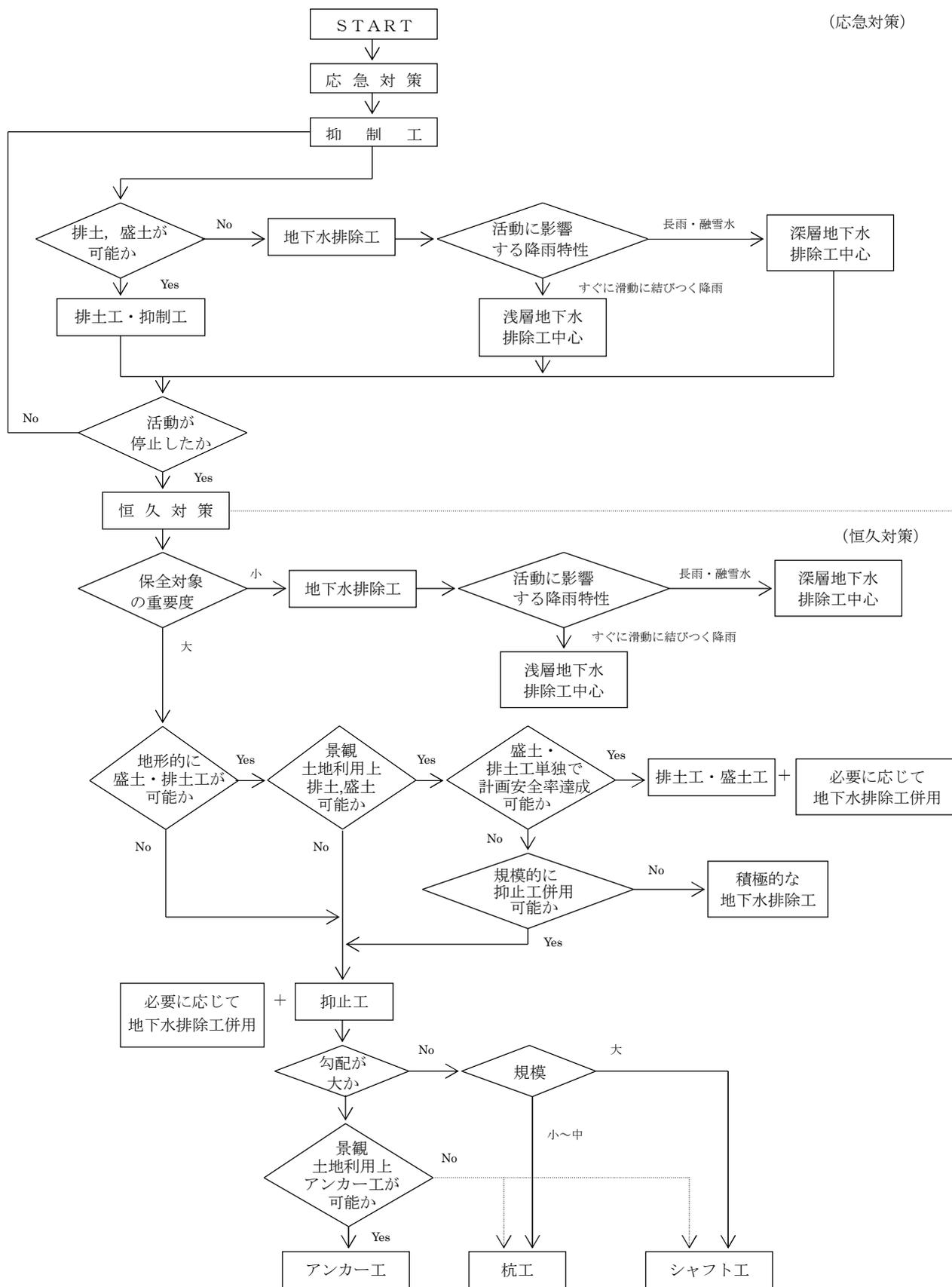
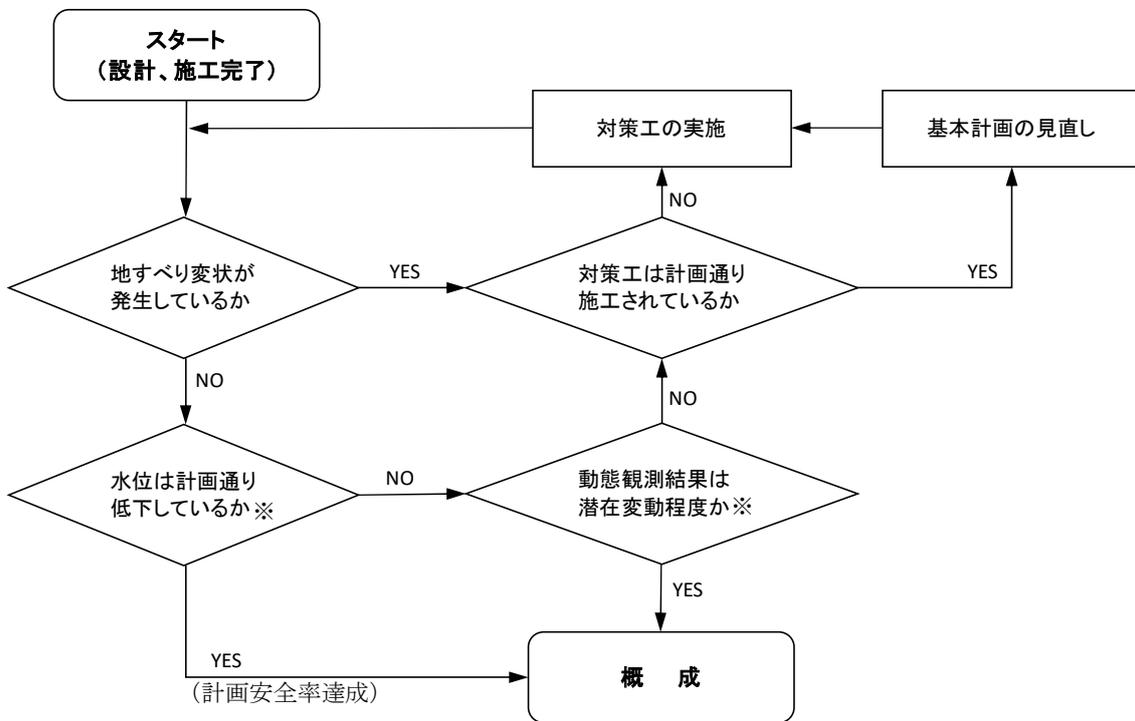


図 1-5 原則的な施設計画検討の流れ

1.2.6 概成判定

工事の全体計画の終了（概成）を決めるに当たっては、工事施工中ならびに施工後の地すべり現象の消長を把握することにより防止工事の効果を判定し、慎重に決定する。

地すべり防止工事終了（概成）の判断にあたっては、原則、工事完了後も数年間程度動態観測を継続して地すべりによる異常な動きのないことを確認する。また、水位観測を実施し、最高水位で安定解析を行い、地下水排除工の効果により計画安全率を満たしていることを確認する。施工後の観測期間中の降水量にもよるが、観測期間は1～3年程度を目安とする。



※1～3年程度の観測で確認

図 1-6 概成判定のフロー

表 1-3 最パイプ歪計観測結果による地すべり判定基準

変動種別	累積変動値 (μ /月)	変動形態		すべり面存在 の地形・地質 的可能性	総合判定	
		累積傾向	変動状態		変動判定	滑動性ほか
変動 A	5,000 以上	顕著	累積	あり	確定	顕著に活動して いる岩盤～崩積 土すべり
" B	1,000 以上	やや顕著	累積	あり	準確定	緩慢に活動して いるクリープ型 地すべり
" C	100 以上	ややあり	累積 断続 攪乱 復帰	あり	潜在	すべり面存在有 無を断定できな いため、継続観 測が必要
" D	1,000 以上 (短期間)	なし	断続 攪乱 復帰	なし	異常	すべり面なし 地すべり以外の 要因

(出典：地すべり防止技術指針及び同解説)

(参考)

「直轄地すべり防止工事完了の考え方（国土交通省河川局砂防部、H16.1）」では、地表伸縮計の観測値が『年間累積変動量 10mm/年以下』の判定基準が提案されている。

上記文献には、その他の調査種についての判定基準が記載されていないため、参考値として、「地すべり観測便覧（社団法人斜面防災対策技術協会、H24.10）」のパイプ歪計の判定基準を示す。

表 1-3 より、想定しているすべり面深度付近でのパイプ歪計測定値が、「累積傾向がなく、累積変動値が 100 μ /月未満」が概成判断の基準の 1 つとなろう。