

## (3) 押さえ盛土工

押さえ盛土工は、急傾斜地に盛土をすることにより急傾斜地の安定を図るように設計するものとする。

## 【解説】

押さえ盛土工は、急傾斜地の下部に盛土を行うことにより、すべり面を有する崩壊の滑動力に抵抗する力を増加させるもので、安定計算により所定の計画安全率を得られるように盛土量、盛土の位置を設計する。

また、押さえ盛土を行い、対象の急傾斜地が高さ 5m未満又は傾斜度 30 度未満とすることで、急傾斜地の地形ではない状態にすることもできる。しかし、完全に実施されず、急傾斜地の残斜面が生じるのであれば、その残斜面に対する対策の必要性は残ることとなる。

押さえ盛土の盛土高及びのり面勾配は、盛土材料の材質及び盛土基礎地盤の特性により定めるが、一般に、盛土ののり面勾配は 1 : 1.8~1 : 2.0 とし、盛土の直高 5m ごとに 1.0~2.0m 程度の小段を設けている例が多い。

小段には水路を設ける必要がある。

急傾斜地に湧水がある場合は押さえ盛土工によりこれを遮断したり、その荷重によって地下水の出口が塞がれ、背後部の地下水位が上昇したりして急傾斜地が不安定になるおそれがあるため、地下水の処置には十分注意する必要がある。特に盛土位置において地下水が高く浸透水若しくは湧水の多い区域、又は軟弱地盤の区域には、盛土は原則として認めない。

押さえ盛土をした土地の部分に生じるがけ面（「がけ」とは、地表面が水平面となす角度が 30 度を超える土地で硬岩盤（風化の著しいものを除く。）以外のものをいい、「がけ面」とはその地表面をいう。）には擁壁を設ける。（3.3.1 を参照すること。）

のり面は、降雨等によって崩壊や洗掘を受けやすいため、植生等ののり面保護工を設置する必要がある。

のり尻には原則としてのり止め擁壁を施工するものとする。コンクリート重力擁壁を用いる場合には、基礎掘削等により地すべりを誘発しないように十分な注意を要する。

出典：建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編【Ⅱ】（平成 9 年 1 0 月）

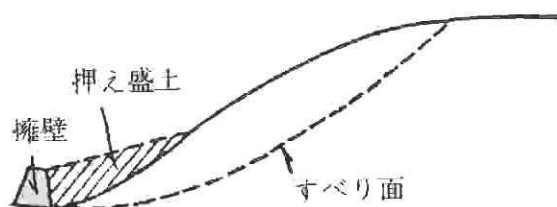


図 3.14 押さえ盛土工の一例

出典：新・斜面崩壊防止対策工事の設計と実例

急傾斜地崩壊防止工事技術指針（平成 8 年 7 月）

## (4) 杭工、土留柵工

杭工及び土留柵工は、急傾斜地の崩壊を防止し、土圧により生ずるせん断及び曲げモーメントに対して安全であるものとする。

## 【解 説】

斜面上に杭を設置して斜面の安定度を向上させようとする工法には一般に杭工及び土留柵工がある。

## 1) 杭工

杭工は、杭のせん断及び曲げモーメント抵抗により急傾斜地のすべり力に抵抗することで、急傾斜地を安定させることを目的としている。この他、軟弱な地盤に杭を打込むことにより土塊を緊密させ、土塊の強度を増加させ急傾斜地を安定化させる場合もある。

杭工は急傾斜地の崩壊を防止する対策工事では、岩盤斜面の崩壊防止に用いられることがあるが、比較的まれである。また、単独で用いられる場合は少なく排水施設やのり切などのほかの工種と併用される場合が多い。

設計の詳細については、以下に示す「地すべり鋼管杭設計要領（社団法人地すべり対策技術協会 1990）」等の記載を参考にすることができる。

<参考> 新・斜面崩壊防止工事の設計と実例 本編 p. 287～289

## (1) 杭工の一般的留意事項

- (i) 地すべり性崩壊斜面あるいは流れ盤となっている岩盤斜面の崩壊防止に用いる。
- (ii) 打設方法により挿入杭と打込杭に分けられる。一般に斜面崩壊防止工事では、地盤に有害な振動を与えないよう挿入杭が用いられる。
- (iii) 挿入杭のための削孔において、ボーリング時に循環水を用いる場合は、循環水からの浸透水により斜面地盤を緩めて崩壊を引き起こさないようできる限り循環水の使用量を少なくしたり、泥水を濃くする。特に透水性の大きな砂質地盤などは無水ボーリングによることが望ましい。

## (1) 杭工の計画, 調査, 設計および施工

## (i) 計 画

杭工は斜面崩壊防止工事では、地すべり性崩壊斜面や流れ盤となっている岩盤斜面の崩壊防止などの特別な場合に用いられる(図13-1参照)。杭工を計画する場合には他の切土工や排水工と併用することが望ましい。また他の工種との施工性、工費等を十分比較検討し、適当と思われる場合に用いる。一般に急傾斜地崩壊防止工事の対象となる斜面は崩壊土層も薄く勾配も急なため、他の工種に比べて施工が困難であり、工費も高くなる場合が多い。しかしながら限られた用地で崩壊に対して比較的大きな抑止力を発揮することができ、また植生の保全も可能なことから対象斜面の条件によっては有効な工法の一つとなる。

## (ii) 調 査

杭工の調査は、主としてすべり面の想定と根入れ地盤および不動地盤の位置と地盤定数の推定を目的としてボーリング、サウンディング、弾性波探査および孔内横方向载荷試験などを必要に応じて行う。

## (iii) 設 計

原則として地すべりに用いられている設計方法を準用する。ただし斜面崩壊防止工事に用いる杭は原則として曲げ杭で設計し、モーメントとせん断の両方に対して安全なように杭の断面を決定する。

また参考までに杭の変位量を算定することを原則とする。その際の許容変位量としてはすべり面において2cm程度とすることが望ましい。

## (iv) 施 工

一般に地盤へ有害な振動を与えることを避けるために挿入杭を用いる。削孔にあたっては、循環水を多量に使用すると地盤を緩めたり水みちをつくり崩壊の原因となるので、なるべく循環水の使用量を少なくしたり泥水を濃くする等の配慮を行う。特に透水性の大きな砂質地盤などでは無水ボーリングによることが望ましい。

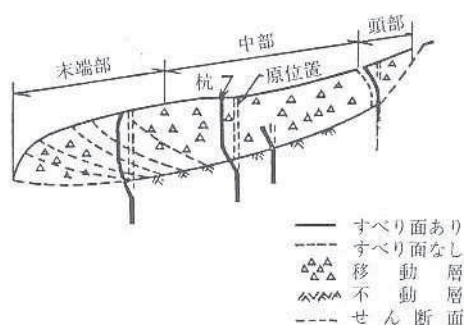


図13-1 地すべりと杭の概念図

<参考> 地すべり鋼管杭設計要領 p. 14, p. 18~19, p. 29~35

## 3.3 設計作業の内容

設計作業を行うにあたり、問題を十分に整理・把握し、現場に応じた最適の設計を行い、工事図書を作成しなければならない。

## 【解説】

## (1) 内 容

設計作業とは最も経済的で、合理的な杭諸元を決め、鋼管杭工の施工に必要な工事図書を作成する業務である。工事図書とは、①設計施工条件の設定、②鋼管杭工構造検討書、③設計図、④

数量計算書，⑤施工計画書，⑥特記仕様書を指す。②の詳細については第7章以降で述べている。

主要な作業項目を作業の流れを図3.1に，作業内容を表3.1に要約して示してある。

## (2) 作業の流れ

### (i) 基本検討

前段階で設定した設計条件を踏まえて抑止杭工の構想をたてる。この基本は杭の施工位置，施工範囲，工事前仮設を想定し，その位置の地盤条件，必要抑止力を基にして杭材を幾つか選定することである。これが抑止杭諸元の設定作業である。この時に過去の施工事例を参考にすることが望ましい。

次に必要抑止力を作用させた場合の杭の断面力を計算し，杭の安定性の検討を行う。地すべりの移動状況や杭の施工位置等によって杭に作用する外力や拘束条件が異なるので，それらに合致する解析手法を選定しなければならない。この詳細は第5章で説明している。

杭体の安定性検討の次に杭を支える地盤が降伏，破壊を起こす恐れがないかどうかチェックする。この検討の詳細は第7章から第10章で説明している。

### (ii) 比較検討

以上の検討によって安定性をチェックされた杭工はすべて所定の抑止効果を発揮することになる。そして，経済性，施工工期，施工性等を比較することにより最適な杭種と配列を決定する。

### (iii) 工事図書の作成

最も適していると結論づけられたものについて，設計図，数量計算書，特記仕様書を作成し，詳細の施工計画を立案して設計作業は完了する。特記仕様書は地すべり解析結果や杭体の計算の前提条件を考慮して，設計条件を満足するための施工のあり方を指示するものである。削孔，建て込み，溶接，中詰め，グラウト，出来形・精度，品質管理の方法などを規定する。施工計画は仮設工事，使用機種，作業手順，工程，施工管理の方法などを検討し，確実に所定の工事を行える案を作成することである。これは杭体の構造計画等と同等以上に重要な作業であるので，入念に検討する必要がある。

表3.1 作業項目と作業内容

	作業項目	作業内容・決定事項	備 考
調 査 作 業	現場踏査および地形測量	杭の施工位置, 施工範囲 移動層の受働破壊, 二次すべりの可能性 防護対象物の種類と位置 作業性	地質状況とも関連 平面図 (1/200-1/1000) 縦・横断面図 (1/100-1/500)
	地質調査	地層構成 地すべり面深度	施工位置における詳細な平面・断面・展開図 (1/100-1/500)
	土質調査試験	移動層・不動層の変形係数 " せん断強度	孔内載荷試験・平板載荷試験 三軸圧縮試験・一面せん断試験 標準貫入試験
	安定解析	必要抑止力 (の算定)	
設 計 作 業	設計式の選択	くさび杭・補強杭・抑え杭・せん断杭の 諸式の選択	地すべりタイプ・発達段階の判定
	抑止杭諸元の設定	杭種類の選定 杭断面寸法の設定 杭の許容応力度の設定	直径・断面積・断面二次モーメント・材質・長期または短期応力度の採用
	杭の断面計算	許容曲げモーメント・許容せん断力 曲げモーメント・せん断力	断面強度計算 断面力計算
	杭の安全性に対する検討	杭発生応力 杭間隔の計算 根入長の計算 杭変位量	
	地盤の安定性の検討	中抜けのチェック 地盤破壊のチェック (谷側斜面の安定性のチェック)	慣用式による計算, FEM解析
	最適な杭の配列決定	施工性・経済性を考慮した最適規模の杭 工の選定	
	工事図書の作成	杭配置平面図 (1/200-1/1000) 杭配置断面展開図 (1/100-1/500) 詳細構造図 (1/50-1/200) 特記仕様書・数量表 施工計画書・仮設計画	
施 工 作 業	仮設・丁張	工事用道路・足場 杭のセンター測量 その他準備工	
	(チェックボーリング)	すべり面の位置, 地層区分	地層展開図の補足・修正
	杭体の施工	削孔・建て込み・グラウト	
	(頭部連結工)	掘削・配筋・コンクリート打設	
施工管理	上記作業における資材・工程・出来形・品質管理 根入れ地盤の確認 (スライム判定)		
維持 管理 作業	地すべり変位・杭挙動観測	地盤の変位, ひずみ, 伸縮, 傾斜の有無とその観測 杭頭変位, 杭のたわみ, ひずみの計測 対策工の効果の確認 補修工事, 追加工事の計画, 実施	孔内傾斜計, ひずみ計, 伸縮計, 傾斜計の設置, 観測 地すべり調査の追加

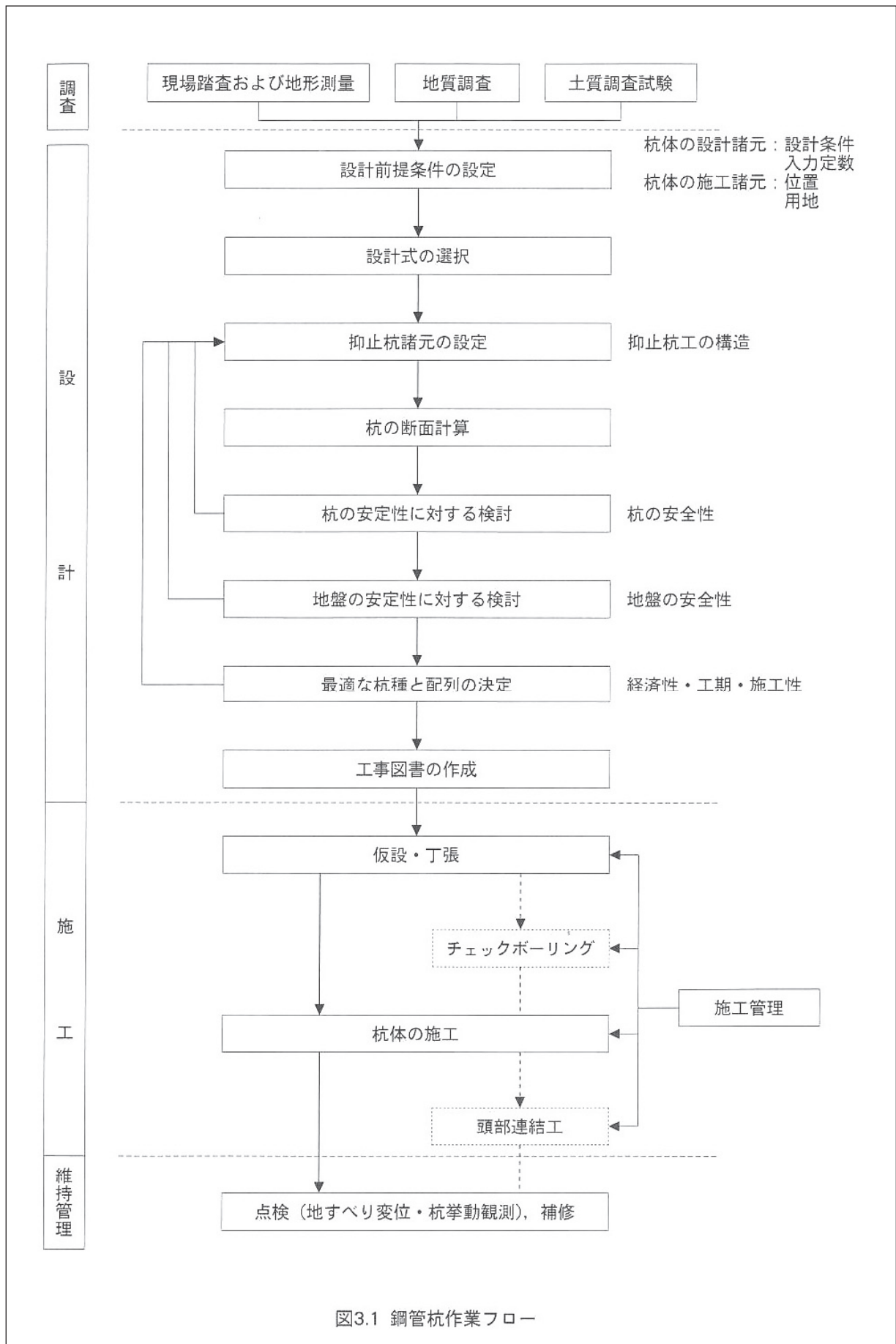


図3.1 鋼管杭作業フロー

## 5. 設計法の概要

### 5.1 設計法の考え方

鋼管杭工の採用に当たっては設計法の基本的な考え方を理解した上で利用する。

#### 【解説】

本要領は地すべり抑止杭の設計式として一般に用いられているくさび杭、補強杭、せん断杭、抑え杭の4つの設計手法を中心に記述されている。これらの設計理論はせん断杭を除いて地盤反力が杭のたわみに一次比例するとしたY.L.Changの考え方をもとに極限平衡法による斜面安定解析理論から推定される必要抑止力が杭に作用した場合の内部応力と最大たわみを計算し、内部応力やたわみの許容値を越えないように、必要な杭間隔を求めるものである。

一般的な設計の流れは次のようになる。

- ① 極限平衡法の安定解析式を用いて単位幅あたりの必要抑止力  $P_u$  (必要抑止力/m) を求める。
- ② その抑止力が杭に作用することによって生じる内部応力の最大値 (最大応力/m) を算出する。
- ③ 鋼材1本当たりの許容応力 (許容応力/本) と算出した内部応力の最大値より鋼材1本当たりの負担幅としての必要杭間隔を算出する。

つまり、次式のように表現できる。

必要杭間隔 (m/本)

$$= \text{鋼材の許容応力 (許容応力/本)} \div \text{内部応力最大値 (最大応力/m)}$$

この設計手順は内部応力の最大値が必要抑止力に正比例するという前提に基づいている。

また、杭のたわみ量に制限を設ける必要がある場合は上記の応力の代わりに杭1本当たりの許容たわみ量と単位幅あたりの必要抑止力から算出される最大たわみ量を用いて同様に算出した必要杭間隔も考慮する。

同一の基本理論をもとにした設計理論であるにも関わらず、異なる設計理論が存在するのはそれぞれの適用条件や仮定条件が異なるためである。それらの仮定条件の代表的なものは

- ① 作用外力の分布型
- ② 杭谷側の有効抵抗力の有無
- ③ 地すべり移動を考慮するか否か

などである。

設計式の採用に当たってはそれぞれの杭理論の仮定条件や適用条件に一致するかを十分検討して、最適な設計式を選択する必要がある。

本要領で紹介する設計理論は多くの採用実績に支えられた実用的な地すべり抑止杭設計手法であるが、さまざまな問題も内包している。

問題点のいくつかを次に紹介する。

- ・三次元的な杭配置に対して二次元断面での解析で対応している。
- ・静的安定解析理論である極限平衡法と動きをとまなう抑止杭の挙動を組み合わせている。
- ・地層を移動層と不動層の2層区分と仮定し、それぞれ均質であるとしている。
- ・たわみによる周辺地盤の破壊、移動土塊の塑性変形など実際の多くの現象が考慮されていない。

これらの問題は今後徐々に解決していかなければならない課題である。

理論面での解析方法の改良と共に施工後の杭の挙動を注意深く観察し、理論値内の挙動を示しているかを常に監視する姿勢がこれらの問題解決に必要であると思われる。このような現場での検証が杭の設計理論をより高精度で実用的なものへと変えていくと確信する。

## 5.2 設計式の相違点

鋼管杭工の設計は使用する設計式の特徴を理解した上で適用する必要がある。

### 【解説】

くさび杭、補強杭および抑え杭の3つの設計式はほぼ同じ理論をもとに考え出された設計式であるが、それぞれの理論上の仮定条件が異なるために異なる設計式となっている。

ここでは理論上の違いとそれによる計算結果の違いについて説明する。

各設計式の仮定条件の違いは主に次の3つに関するものである。

- ① 作用外力の分布型
- ② 杭谷側の有効抵抗力
- ③ 地すべりの活動状況

各設計式の特徴についての比較を表5.1に、機能から見た各杭理論の概念図を図5.1に、各設計式の違いをいろいろな視点で比較した例を表5.2～表5.8に示す。

表5.1 各設計式の特徴

	特 徴
くさび杭	移動層と不動層が相対的に変位する場合の杭の挙動を解析するもので、杭と移動層が一体となって移動し、すべり面に発生する杭のせん断抵抗力および抵抗曲げモーメントによって地すべりが安定化するというものである。 すべり面位置に地すべり推力に等しいせん断力が発生するとして作用外力を与える。慢性的な地すべり移動が繰り返されている場合や地すべりの安定度がきわめて低くなる場合の設計に適する。
補強杭	安定状態にある地すべりをより安定化させる理論で、杭を弾性床上の梁として考える。そのために杭谷側移動層が杭を介して伝わる力を受けても、杭谷側移動層単独の安全率が全体の計画安全率以上になるように設計される。 地すべり推力は三角形分布荷重としているが、せん断力検定はせん断杭と同一方法を採用している。 杭谷側の移動層が極めて安定しており、地すべり全体の安全率も十分確保されている状態の設計に用いる。
せん断杭	すべり面での杭のせん断抵抗力のみで地すべりを安定化させる理論で、杭のたわみやモーメント分布に関しては全く考慮されない。 すべり面位置に地すべり推力に等しいせん断力が発生するとして作用外力を与える。
抑え杭	杭谷側の移動層による支持が期待できない場合の設計式で、すべり面より上を片持ち梁として、不動層はその他の設計式と同様にY.L.Changの理論に基づいて解析する。一般に地すべり推力はすべり面深度の1/3～1/2の深度に集中荷重として与える。



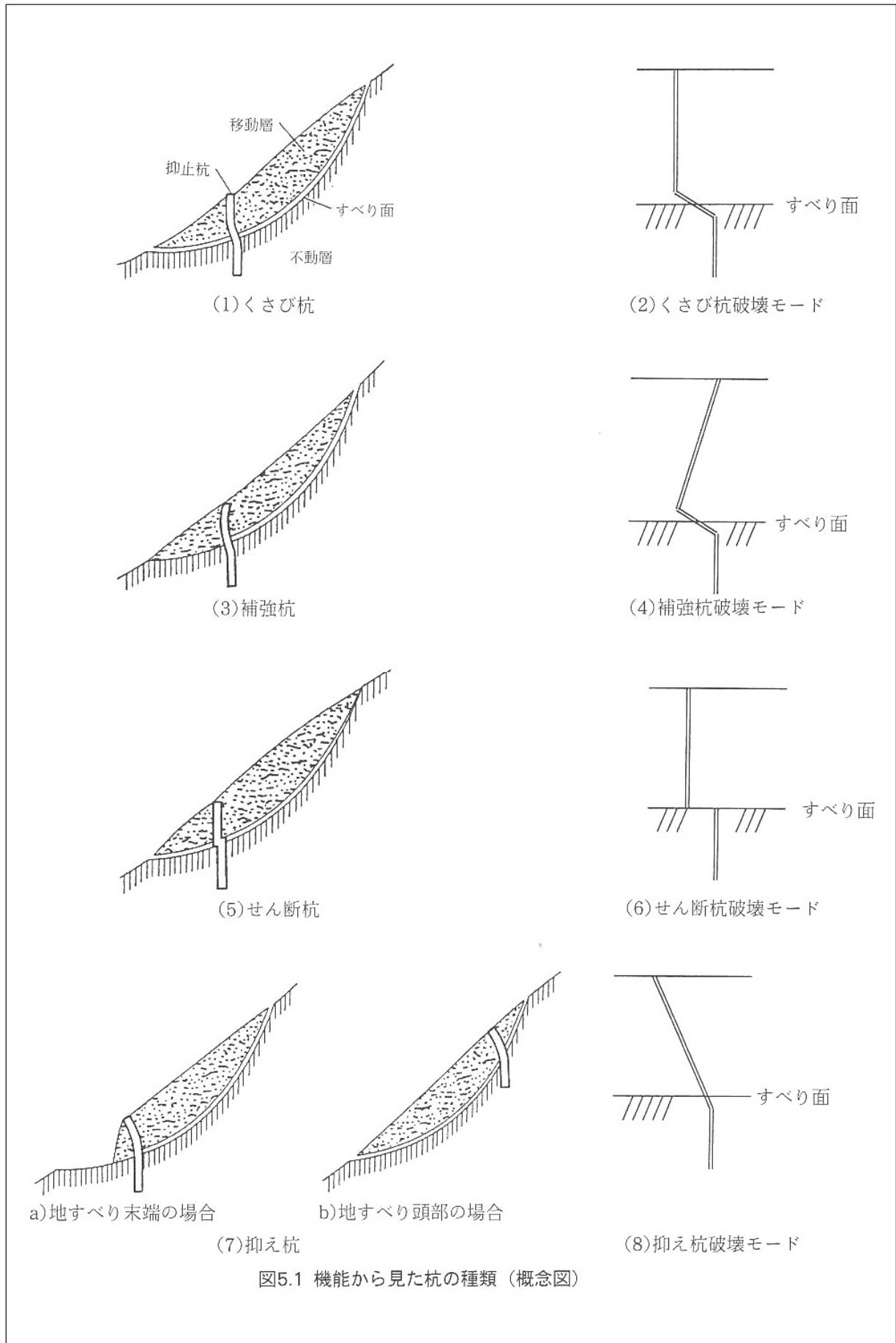


図5.1 機能から見た杭の種類 (概念図)

表5.2 各設計式での地すべり推力の与え方

	地すべり推力の与え方
くさび杭	地すべり推力=すべり面のせん断力
補強杭	三角形分布荷重/(すべり面集中荷重)
せん断杭	地すべり推力=すべり面のせん断力
抑え杭	三角形分布荷重～等分布荷重（実用的にはすべり面深度の1/3～1/2に分布荷重の合力を集中荷重として与える）

表5.3 各設計式で必要な有効抵抗力

	必要とする杭谷側の有効抵抗力
くさび杭	必要抑止力×0.7以上 <sup>注1</sup>
補強杭	必要抑止力×1程度以上 <sup>注2</sup>
せん断杭	必要抑止力×1以上
抑え杭	必要としない

注1：1.0未満は移動層の変形係数の低減を行う。  
注2：（1程度）＝（A × 地盤反力合力係数  $\rho$  × 計画安全率）  
A：簡便式およびピシヨップ式の場合は  $\cos \theta$ ，その他は1  
 $\theta$ ：すべり面傾斜角  
 $\rho$ ：0.7～0.9

表5.4 地すべり活動に関する仮定条件の違い

杭設置後移動層が変位した場合を想定	くさび杭
杭谷側の移動層が変位しないとしたもの	補強杭
地すべりの動きとは無関係なもの	せん断杭，抑え杭

表5.5 各設計式で算出されるたわみ量の大小関係

	たわみ・小	←	→	たわみ・大			
	せん断杭	<	補強杭	<	くさび杭	<	抑え杭
たわみ量の目安 <sup>注</sup>	(0)		0.1		1		10

注：くさび杭の最大たわみを1とし、 $\beta l_e \approx 3$  の場合の概略値。  
せん断杭の場合たわみ量は計算されない。

表5.6 各設計式の検定項目

	検定項目				
	せん断力	曲げモーメント	たわみ	受働破壊	有効抵抗力
くさび杭	○	○	△ <sup>注1)</sup>	○	○
補強杭	○ <sup>注2)</sup>	○	○	×	○ <sup>注3)</sup>
せん断杭	○	×	×	○	○
抑え杭	○	○	△ <sup>注1)</sup>	○	△ <sup>注4)</sup>

注1：杭周辺の構造物等に影響する場合は許容変位を考慮する。  
注2：せん断力検定は別理論。 注3： $F_d$  検定で代用（補強杭の設計参照）  
注4：有効抵抗力は必要としないが、それが小さいことを確認する必要がある。

表5.7 各設計式の杭間隔決定要因の一般的な傾向

	杭間隔決定要因の傾向	
	$\beta l_e$ 小の場合	$\beta l_e$ 大の場合
くさび杭	曲げモーメント/たわみ <sup>注)</sup>	曲げモーメント/たわみ <sup>注)</sup>
補強杭	曲げモーメント/たわみ	せん断力
せん断杭	せん断力	せん断力
抑え杭	曲げモーメント/たわみ <sup>注)</sup>	曲げモーメント/たわみ <sup>注)</sup>

注) 杭周辺の構造物等に影響する場合は許容変位を考慮する。

表5.8 各設計式から算出される杭間隔の一般的な大小関係

杭間隔（大） ←————→ 杭間隔（小）
せん断杭 ≥ 補強杭 > くさび杭 > 抑え杭 <sup>注)</sup>

注) 設計式の適用条件を無視して同一条件で算出した場合。

### 5.3 設計式の選択

杭の設計式は地すべりの深さ、移動層の状態、地すべりの安定度、杭の施工位置の制約等を考慮して選択する。

#### 【解説】

① 地すべり抑止杭の設計式はくさび杭、補強杭、せん断杭および抑え杭の4つの式が一般的に用いられている。(表5.1参照)

設計式を選択する場合は前節で説明した相違点を踏まえた上で、適切な設計式を採用する必要がある。

(a) 杭の谷側移動層の有効抵抗力を期待した杭の式

- ・くさび杭：杭が移動層と一体となって移動し、すべり面の上下でたわむときに発生する抵抗力によって地すべり力に抵抗するもの。

- ・補強杭：杭を弾性床上の梁として考え、地すべり推力の一部を根入れ地盤に伝達し、残りの推力を谷側移動層の抵抗力に委ねる、とするもの。“せん断杭”と同じせん断検定を行うようになっている。
- ・せん断杭：杭の効果としてすべり面のせん断抵抗力のみを増加させると考えるもの。

(b) 杭の谷側移動層の有効抵抗力を期待しない杭の式

- ・抑え杭：杭を片持ち梁として扱うもの。

② くさび杭として設計する場合は、条件によって以下のように使い分ける。

移動層、不動層がそれぞれ均一な2層地盤で、移動層が一体となって動いており、杭が移動層中、不動層中ともに半無限長杭とみなせる場合には、「谷口・山田式」によるのが簡便である。

地盤が多層地盤の場合や、杭が半無限長とみなせない場合には「中村式（有限長杭）」による。

移動層の水平変位が深度方向に均一でない地すべりで、これらの変位分布が既知である場合には、「中村・土屋式」を適用することが望ましい。いずれにしても、くさび杭の式は地すべりの移動を許し、杭の変位がかなり大きい条件で設計するようになっている。したがって、すべり面がすでに形成された地すべり（再発型地すべり）や、層理面、断層面に沿ってすべり（層すべり）を起こす初生地すべりに適用される。

③ 補強杭の式のうち、申の式も採用実績の多い式の一つである。

申の式は杭の曲げモーメント、せん断力、たわみ量、杭の谷側移動層の安全性の4点について検定するようになっている。

杭を弾性床上の梁として取扱い、地すべり推力が三角形分布荷重として作用するとしているが、せん断検定については万一のすべり面集中荷重および移動層の相対変位に備えて、せん断杭と全く同一の方法によっている。

補強杭は杭によってすべり面の形成を阻止し、地盤の強度を補強する作用を持つ杭であり、層すべり以外の初生すべりまたは杭谷側の移動土塊が非常に安定している地すべりに適用される。

④ せん断杭の式はこれまで最も採用実績のある設計式である。

せん断杭は、曲げモーメントに関する照査を省略し、せん断だけを考慮するものであり、曲げ杭に比べ経済的となる反面、曲げ杭よりも危険側の設計となる。したがって、災害や人為的に発生させた地すべり、あるいは曲げ破壊による被災事例の多い浅層すべり等には適用できず、通常地すべりで抑制工などの他工法により安全率の上昇がある程度実現されているような場合に適用する。

⑤ 抑え杭は特定の保全対象の直接保護の必要から、地すべりの末端部や頭部付近での杭工施工を迫られた場合に適用される。

地すべり末端部や頭部では、杭の谷側の移動層による支持は期待されないから、杭の抵抗力のみで地すべり推力を負担することになり、杭工の規模は大きいものになる。したがって、抑え杭の検討をする場合には、杭頭のアンカーによる固定の効果の検討のほか、他の工法（アンカー工、深礎杭工等）との比較検討も考慮すべきである。

計算は、外力を移動層中における三角形分布荷重と考え、「Y.L.Chang 式」を用いて行う。

図5.2に設計式選択のためのフローチャートの1例を示す。すべての現場の条件を踏まえた汎用的なフローチャートの作成は不可能であるので1つの参考例として掲載した。

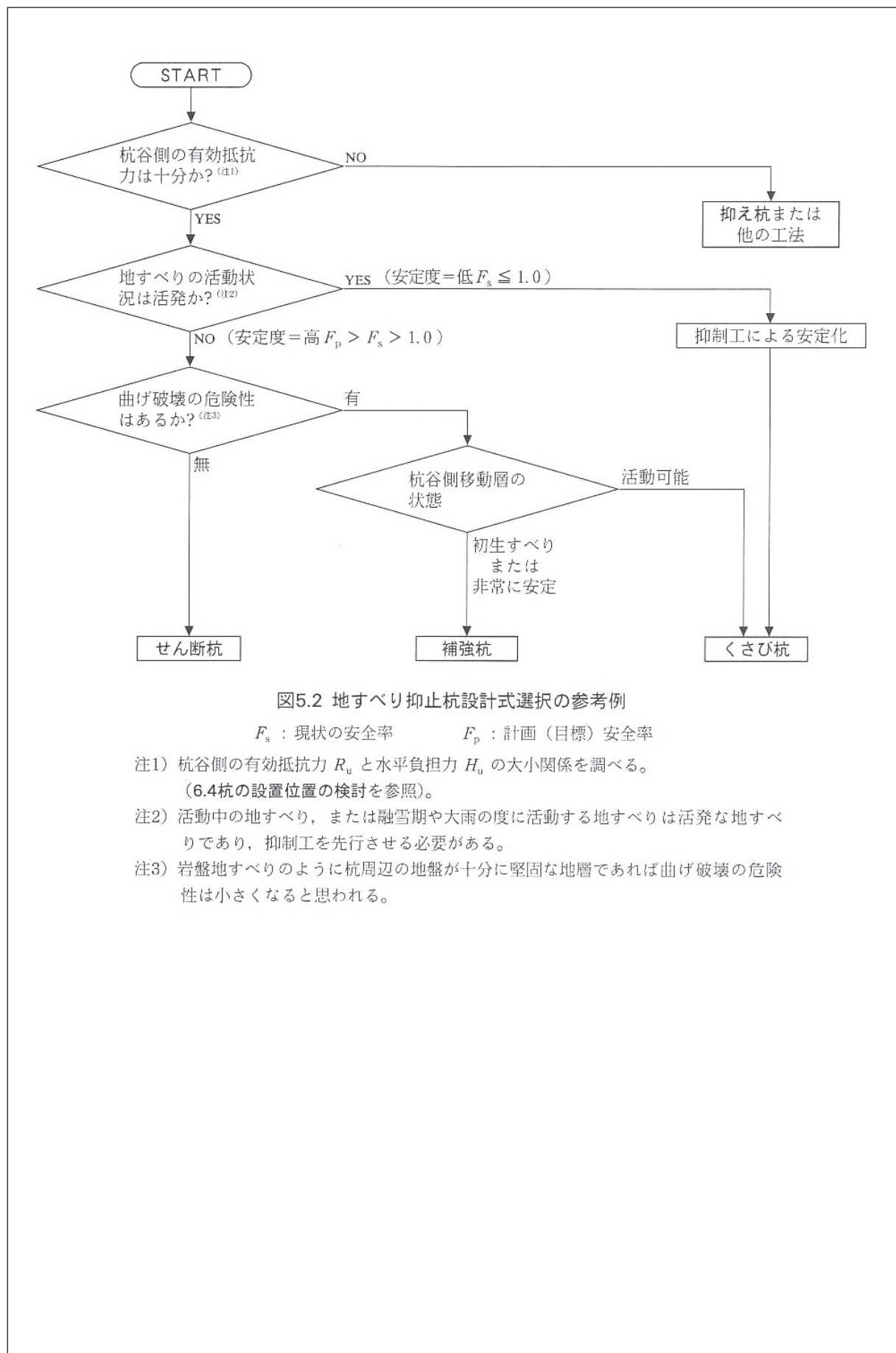


図5.2 地すべり抑止杭設計式選択の参考例

$F_s$  : 現状の安全率       $F_p$  : 計画(目標)安全率

注1) 杭谷側の有効抵抗力  $R_u$  と水平負担力  $H_u$  の大小関係を調べる。  
(6.4杭の設置位置の検討を参照)。

注2) 活動中の地すべり、または融雪期や大雨の度に活動する地すべりは活発な地すべりであり、抑制工を先行させる必要がある。

注3) 岩盤地すべりのように杭周辺の地盤が十分に堅固な地層であれば曲げ破壊の危険性は小さくなると思われる。

## 2) 土留柵工

土留柵工は、表層付近のすべり性崩壊や局所的な崩壊を対象とし、作用する土圧に対してせん断及び曲げモーメントも対して安全であるように設計することで、これらを安定させることを目的としている。

急傾斜地中腹に設置するため、土留柵工により降雨水や湧水等が滞留し、また、新しい水みちができないように注意するとともに、適切な排水施設を設置することが望ましい。

設計の詳細については、以下に示す「新・斜面崩壊防止工事の設計と実例（急傾斜地崩壊防止工事技術指針）」を参照とすること。

<参考> 新・斜面崩壊防止工事の設計と実例 本編 p. 288～290

### (2) 土留柵工の一般的留意事項

- (i) 土留柵工は一般に比較的緩傾斜で表土層の薄い斜面に予想される板状すべり・円弧すべりや局所的な表土層の崩壊を防止し、またその拡大を防止するために用いられる。
- (ii) 斜面中腹に設置するため、土留柵工により降雨水や湧水等が滞留したり、また新たな水みちができないよう注意するとともに、適切な排水工を設置することが望ましい。
- (iii) 地盤に有害な振動を与えないため、一般に挿入杭が用いられる。なお削孔にあたってはできる限り循環水の使用量を少なくしたり泥水を濃くしたりして、浸透水により斜面地山を緩めないよう配慮する。
- (iv) 一般に侵食土砂や積雪の下方への移動を防止するため、天端には高さ1 m程度の崩土防止横材（落石防護柵）を設置する。柵部には一般に鋼矢板、H形鋼等が用いられる。
- (v) 杭および杭間の土留柵部の設計を計算で行う場合には、対象とする土留柵工の目的に応じてそれらに作用する外力を適正に算定し、せん断および曲げモーメントに対して安全であるように設計する。
- (vi) 杭の根入れ長は根入れ地盤の破壊が起こらないよう十分にとる。
- (vii) 一般に表土層が薄く、また杭径も小さいことが多いから、中抜けを防止するため杭の間隔は1.5m程度とする。また杭の配列間隔は一般に直高5～7 m程度に設置することが多い。

### (2) 土留柵工の計画、調査、設計および施工

#### (i) 計 画

土留柵工は一般に比較的緩傾斜で表土層が薄い斜面に用いられ、表土層の薄い斜面に予想される板状すべり・円弧すべりや局所的な崩壊を防止し、またその拡大を防止するために用いられる。土留柵工により斜面上に降雨水や湧水等が滞留したり、また新たな水みちができ崩壊を引き起こさないよう斜面の地形や土留柵工の構造に十分注意するとともに、適切な排水工をあわせて計画することが望ましい。

#### (ii) 調 査

土留柵工の調査はすべり面の想定と根入れ地盤の位置と強度を推定することを目的として、ボーリング、サウンディングおよび弾性波探査等を必要に応じて行う。また表面水の流れを把握するため、地形を検討し、地下水、湧水等の調査も行うことが望ましい。

(iii) 設 計

杭および杭間の土留柵部の設計を計算により行う場合には、対象とする土留柵工の目的に応じてそれらに作用する外力（土圧、積雪圧等）を適正に算定し、それにより生ずるせん断および曲げモーメントに対して安全であるように設計する。

また、土留柵部は侵食された土砂や積雪の下方への移動を防止するため、天端には高さ1m程度の崩土防止横材（落石防護柵）を設置する。また、柵部には一般に鋼矢板、H形鋼等が用いられる。

杭の根入れ長は根入れ地盤の破壊が起こらないように十分にとる。

杭の間隔は一般に表土層が薄く、また杭径も小さいことが多いから、土塊の中抜けを防止するため1.5m程度とする。

杭の配列間隔は表土層の厚さや斜面の傾斜度を考慮して決定するが、一般に小段があれば小段ごとに、また小段のない時は間隔が直高で5～7m程度となるように配置する（図13-2参照）。

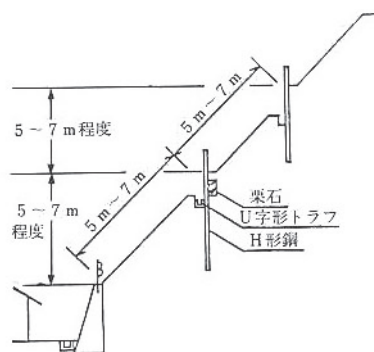


図13-2 土留柵工の標準的な例

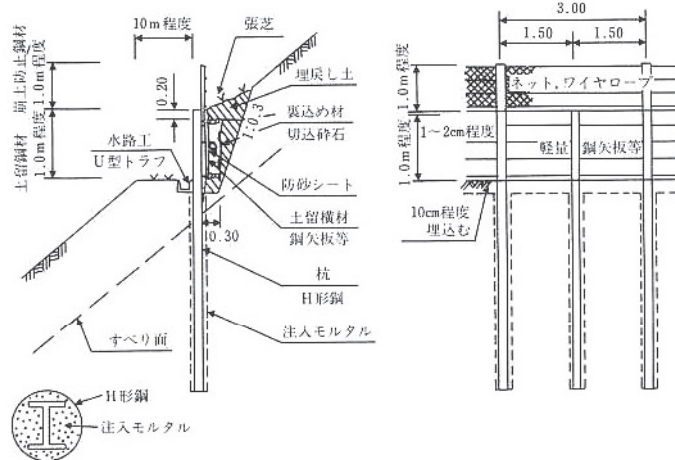


図13-3 土留柵工標準図

削孔した孔とH形鋼等の杭の間にモルタル等を充填して杭を地盤に固定するとともに、防錆の効果も期待する（図13-3参照）。

(iv) 施 工

地盤に有害な振動を与えないよう、一般に挿入杭が用いられる。

削孔においては循環水により地盤が緩んだり水みちができ斜面崩壊を起こすおそれがあるので、できる限り循環水の使用量を少なくしたり泥水を濃くする等の配慮を行う。また、長区間にわたり同時に削孔等を行うと斜面崩壊を起こすおそれがあるので、短区間ごとに施工する。

土留柵工は一般に斜面中腹で施工されるため、施工にあたっては斜面下方に土砂や工事用資材を落とさないよう注意するとともに、工専用防護柵を斜面下方に設置する。

土留柵工の斜面上方側に排水用の砂利等を埋戻す場合には締固めを十分行い、砂利等の沈下により斜面に悪影響を与えないようにする。

土留柵工により、地表水や湧水が滞留したり新たな水みちが生じないよう地形を十分考慮して施工する。