

# 第5章 山腹工の設計

## 第1節 測 量

### 1-1 測量の範囲

測量の範囲は、設計の対象となる崩壊地等及びその周辺を含め、施工の範囲、地形の状況等が把握できる範囲について行うものとする。

#### 1-1 測量の範囲（細則）

- 1 工作物施工箇所に堆積土砂等の不安定土砂があり、工作物の施工に際し、基礎地盤の支持力が十分得られないと判断される場合は、サウンディング調査等必要な調査を行なう。
- 2 工作物の根入れの深さ以上に不安定な土砂等の脆弱な部分がある場合には、サウンディング調査等を行なう。
- 3 調査数量等については、現地の地形等の状況及び、工作物の構造を勘案して決定する。
- 4 山腹斜面の表土の厚みについて、確認する。
- 5 山腹斜面の露出した岩について、表面の亀裂の状態及び硬度等を確認する。
- 6 調査結果は書面として整理する。

### 1-2 測量の種類

測量は、平面測量、縦断測量及び横断測量とする。

#### 1-2 測量の種類（細則）

- 1 平面測量
- 2 縦断測量
- 3 横断測量
- 4 その他必要に応じて種類の決定を行なうものとする。

## 1-2-1 平面測量

平面測量は、崩壊地等の形状、面積、地況及び周辺の地形条件等を把握し、工種の配置及び各工種の数量等を決定するために行うものとし、測量の結果に基づいて平面図、工種配置図を作成するものとする。

### 〔解説〕

- 1 平面測量は、目的に応じた適切な機器、測量方法を採用するものとする。
- 2 測点は、溪間工における平面測量、縦断測量及び横断測量の測点との関係を考慮して、崩壊地等の形状、面積、地況及び周辺の地形条件等を把握できるよう選定するとともに、山腹工における他の測量の基点とする場合があるので、なるべく不動点に設けることが望ましい。
- 3 基準点は、国土地理院発行の地形図等上の位置が明瞭な地点等に設けるが、必要に応じて、水準点、三角点又は公共測量座標が明瞭な地点を基準点とする。
- 4 平面図には、方位、縮尺、標高、等高線、山腹工計画地及び既施工地等設計に必要なものを記入する。
- 5 工種配置図には、測点、BM、方位、縮尺、計画工作物及び既設工作物の諸元等設計に必要なものを記入する。なお、山腹工の計画・設計を実施した場合は、その配置及び諸元を記入する。ただし、平面図に詳細な事項が記入できる場合にあっては、工種配置図は平面図と兼ねることができるものとする。
- 6 平面図及び工種配置図の縮尺は、その目的、範囲に応じて適切な縮尺を選択するものとする。通常は、平面図 1/500～1/2,000、工種配置図 1/200～1/500 が多く用いられている。

### 〔参考〕 三次元測量

近年、測量技術の変化により、三次元測量が普及しつつある。三次元測量とは、地形や構造物等の計測対象物の寸法情報を、三次元的に計測する測量である。UAV 等を用いた空中写真測量やレーザ測距装置を利用したレーザ測量に大別される。

## 1-2-1 平面測量（細則）

測量に当っては、基準点を設けるものとし、基準点の高さは、森林地形図（縮尺 1/5,000）または、森林基本図（縮尺 1/5,000）の標高を参考として決定するものとする。

## 1-2-2 縦断測量

縦断測量は、崩壊地等の主要な縦断面の地形を測定し、縦断方向における工種配置、規模等を決定するために行うものとし、測量の結果に基づいて縦断面図を作成するものとする。

### 〔解説〕

- 1 縦断測量は、山腹工各工種の配置、規模の算定及び溪間工における工作物との関係を検討する因子となるので、測線はこれらを考慮して決定し、測点は地形の変化点、工種の配置、土地区分の変化等を考慮して選定する必要がある。
- 2 縦断測量に当たっては、測量の起点（基準点）付近等の不動点にBMを設けるものとする。
- 3 縦断面図には、測点、水平距離、水平てい加（水平追加）距離、垂直距離、垂直てい加（垂直追加）距離、山腹勾配、BM、縮尺、計画工作物及び既設工作物の諸元等設計に必要なものを記入する。なお、山腹工の計画・設計を実施した場合は、その配置及び諸元を記入する。
- 4 縦断面図の縮尺は、水平、垂直とも工種配置図の縮尺と同一とする。ただし、のり切土量算定のための縦断面図は、横断面図の縮尺と同一にする。

## 1-2-2 縦断測量（細則）

縦断測量は、山腹工の各工種の配置、規模、および法切土量を算定する際の資料となるもので、測線はこれらを考慮し以下のように設置するものとする。

- 1 規模が大きい場合 …………… 幅 20m 程度毎に 1 測線
- 2 規模が小さい場合 …………… ほぼ中心に 1 測線

### 1-2-3 横断測量

横断測量は、崩壊地等の横断方向の地形を測定し、工作物の形状、規模等を決定するために行うものとし、測量の結果に基づいて横断面図を作成するものとする。

#### 〔解説〕

- 1 横断測量は、平面測量及び縦断測量によって工作物の位置、高さが決定された地点において、横断方向の高低差及び距離を測定する。
- 2 横断測量は、土留工等の構造及びのり切等の数量積算の基礎となるものである。特に土留工等の構造及び床掘深を決定する根拠となり、構造物の安定度に影響するので、測線の方向を誤ることのないよう注意しなければならない。また、崩壊地上部のいわゆる、かぶりののり切土量算出のための測量も同様である。
- 3 測点は、縦断測量に準じて設定し、正確な数量の算出ができるように測量するものとする。
- 4 横断面図の縮尺は、その目的、範囲に応じで適切な縮尺を選択するものとする。通常は、1/100 が多く用いられ、必要に応じて 1/10～1/50 又は 1/200 が用いられている。

### 1-2-3 横断測量（細則）

横断測量に当っては、工作物の基礎資料となるため、地山の変化はもちろんのこと、想定される地質の変化や不安定な堆積層の深さ等についても十分把握する必要がある。

## 第2節 設 計

### 2-1 山腹工設計の基本的考え方

- 1 山腹工は、崩壊地等の復旧及び崩壊等の予防を目的とする。
- 2 山腹工の設計は、全体計画等に基づいて、実施しなければならない。
- 3 山腹工の設計に当たっては、崩壊地等の地形、地質、土壌、気象、植生等の調査結果を参考とし、かつ、溪間工や保全対象等との関連について検討し、現地に最も適した工種・工法を選定しなければならない。

#### 〔解説〕

- 1 崩壊地等の復旧のための山腹工は、崩壊地、ガリー等の侵食及びはげ山等により、既に裸地が存在している箇所を対象に、今後の拡大崩壊及び表面侵食等を防止するために、原則として、斜面の安定と早急な植生導入を行い、最終的には安定した森林に移行させるものである。
- 2 崩壊等の予防のための山腹工は、崩壊又は裸地化していないが、放置しておくとも崩壊や裸地化するおそれのある箇所を対象に、予防対策を実施するものである。  
放置しておくとも崩壊や裸地化するおそれのある箇所は、山地災害危険地区調査に基づく山地災害危険地区等から把握し、箇所ごとの状況と保全対象との関係を踏まえて崩壊予防山腹工の計画を行うものとする。
- 3 崩壊地は、地形・地質等の諸条件によって様々な形態をなしており、設計に当たっては、これら諸条件や特性をよく調査・検討し、崩壊の原因分析を十分行った上で、対策の基本的な考え方及び具体的な工種・工法を選定しなければならない。この場合、特に次に示す事項に留意することとする。
  - ・地下水に起因する崩壊地については、地下水の排除を十分行う工種を採用する。
  - ・豪雨や地震によって発生した崩壊地のうち、脚部の侵食やガリー侵食が見られる区域においては、斜面を安定させるための基礎工に重点をおいたものとする。
  - ・火山噴出物が厚く堆積している地帯等のように地質が脆弱な地域においては、一度崩壊すると拡大して自然復旧が困難となるので、拡大崩壊を防ぐのに有効な工法を計画する。
- 4 溪流の側面や谷頭に発生した崩壊地での山腹工は、溪間工と一体的に安定を図るよう計画をする。
- 5 人家や公共施設等の保全対象に近接した山腹工においては、構造物の安全性、耐久性等について、特に十分な検討を行わなければならない。
- 6 自然度の高い森林地帯における山腹工の計画に当たっては、自然環境の保全に十分留意する必要がある。
- 7 山腹の緑化、すなわち植生の導入及び森林の造成は、植物の生育条件によって成果が大きく左右される。このため、現地に最も適した緑化基礎工や植生工を選

定する必要がある。

- 8 落石防止工は、山腹斜面にある浮石・転石、亀裂の多い岩盤等が降雨、地震等の原因によって転動、滑動、落下し、下部の人家、公共施設等の保全対象に被害を及ぼすおそれのある箇所に対して、落石発生の未然防止、落石の抑止のための対策を実施するものである。

落石の発生、落下は、地形・地質等の諸条件によって様々な形態をなしており、設計に当たっては、これら諸条件や特性をよく調査・検討して工種・工法を選定しなければならない。

#### 〔参考〕性能の明示

第4章第2節2-1「溪間工設計の基本的考え方」の〔参考〕「性能の明示」を参照のこと。

### 2-1 山腹工設計の基本的な考え方（細則）

山腹工設計の基本的な考え方については、天然現象等により被害を受け荒廃した森林において、森林の造成により森林の持つ公益的な機能を維持、増進することを目的とすることから、森林の公益的機能が十分発揮できるように設計を行なう。

### 2-2 山腹工の工種

山腹工は、崩壊地等の状態や特性等に応じて、山腹基礎工、山腹緑化工及び落石防止工の各工種が、それぞれの機能を効果的に発揮し、かつ、相互に有機的・補完的に機能するような規模・配置としなければならない。

#### 〔解説〕

- 1 山腹工の標準的な工種及び種別は次のとおりとする。
- (1) 山腹基礎工
    - ①のり切工 ②土留工 ③埋設工 ④水路工 ⑤暗きょ工 ⑥のり砕工 ⑦グラウンドアンカー工 ⑧補強土工 ⑨張工 ⑩吹付工
  - (2) 山腹緑化工
    - ア 緑化基礎工
      - ①柵工 ②筋工 ③伏工 ④軽量のり砕工
    - イ 植生工
      - ①実播工 ②植栽工
  - (3) 落石防止工
    - ア 落石予防工
      - ①切取工 ②除去工 ③被覆工 ④固定工 ⑤根固工

- イ 落石防護工
- ウ 森林造成

#### 〔参考〕

- 1 山腹工は、その機能により、山腹斜面の安定を図る土木的工法の山腹基礎工、山腹斜面の植生を回復するための山腹緑化工及び落石の防止・軽減を図る落石防止工に分類される。さらに、山腹緑化工は、植生の生育基盤を造成・改善する緑化基礎工及び植生を導入する植生工に分類される。また、落石防止工は、落石の発生の未然防止を図る落石予防工と、落石の抑止・軽減を図る落石防護工及び森林造成に分類される。
- 2 工種の配置・規模等は、崩壊地等内の地質、地形、土壌条件等に応じて、有機的に機能し、互いに補完するように計画しなければならない。
- 3 山地災害による被害の軽減のために、必要に応じて、山腹工の整備とともに山地災害予知施設の設置等を計画し、地域の避難体制の整備に寄与するものとする。

#### 〔参考〕 山腹工の工種配置

山腹工の工種配置は、崩壊地等の地形を精密に把握し、のり切による切取り面・土留工設置後における土留工上部の地形の想定、構造物にかかる土圧の有無、地下水の湧出箇所（特に降雨後等）の把握、落石の発生・落下形態の分析等を行い、それぞれの箇所に適切な工種を配置するように計画する。

- ・山腹斜面に不安定な土層が多い場合には、土留工等の山腹基礎工によって安定化を図ったうえで、山腹緑化工によって植生の回復を計画する。
- ・山腹斜面が集水地形であるときは、水路工によって降雨時の地表流下水を安全な位置に排水し、湧水や浸透水による山腹斜面の不安定化が考えられる場合には暗きょ工の配置を計画する。
- ・山腹斜面の堆積土等が降雨によって侵食されるおそれがある場合には、柵工や筋工等によって地表流下水の分散を図り表面侵食の防止を計画する。
- ・崩壊するおそれのある山腹斜面では、のり切工、のり砕工、グラウンドアンカー工、補強土工等で斜面の安定を図り、山腹緑化工により表層の侵食を防止するよう計画する。
- ・落石のおそれのある山腹斜面では、落石予防工、落石防護工、森林造成等によって落石の発生の未然防止、発生した落石のエネルギーの抑止・軽減を図るよう計画する。

## 2-2 山腹工の工種（細則）

山腹工の工種において、山腹基礎工、山腹緑化工はそれぞれ独立した工種であるが、森林を造成するためには双方の工種を同時に配置し森林の造成を図る。

## 第3節 山腹基礎工

### 3-1 山腹基礎工の目的

山腹基礎工は、山腹斜面の安定を図ることを目的とする。

#### 〔解説〕

- 1 山腹基礎工は、崩壊又は拡大崩壊のおそれのある山腹斜面に対して、複数の工種を組み合わせ、山腹斜面の安定を図るとともに、山腹緑化工による植生の導入を行うための環境を整備するものである。
- 2 地形、地質、崩壊地の特性、崩壊の原因等に最も適した工法を選定し、山腹斜面の安定を図るよう計画しなければならない。

### 3-1 山腹基礎工の目的（細則）

山腹基礎工は山腹斜面の安定を図ることを目的とし、永続的な安定を要求されるような場合、土木的な施設により安定を図るものとする。

### 3-2 のり切工

#### 3-2-1 のり切工の目的

のり切工は、崩壊地の外縁及び内部の不安定な部分を整形し、崩壊及び崩壊の拡大を防止することを目的とする。

#### 〔解説〕

- 1 のり切工は、崩壊地外縁及び内部の崩壊のおそれのある部分に対して、より安定した勾配に切り均し整形することである。
- 2 崩壊地の外縁及び内部に不安定な状態で残存している土塊部分は、崩落あるいは拡大崩壊するおそれの大きいことから、これを取り除いて安定性の高い斜面とするよう計画する必要がある。特に、崩壊地源頭部に不規則な状態で残存している部分や深層崩壊等により高い滑落崖が形成されている部分は、安定性に欠けることが多く、十分なり切を計画することが必要である。

### 3-2-1 のり切工の目的（細則）

のり切工は、不安定な土砂を排除するために山腹斜面を安定した斜面に切り取り整形することを目的とする。

### 3-2-2 のり切の勾配

のり切の勾配は、対象地の傾斜、土質、周辺の地形及び工種の組み合わせ等を考慮して決定するものとする。

#### 〔解説〕

- 1 のり切の勾配は、原則として、対象とする山腹斜面を形成する土質の安定勾配や土質等の類似する周辺の地形等を参考に、十分検討し、安定勾配を推定するものとする。
- 2 急峻な地形や長大な山腹斜面等では、安定する勾配に修正すると、大量ののり切土砂が発生することなどから、必要に応じて、のり砕工、グラウンドアンカー工、補強土工等の山腹基礎工を組み合わせて山腹斜面の安定が図られるように計画するものとする。
- 3 山腹斜面の勾配は山腹緑化工の成果に大きく影響することから、植生が安定して成立するようにのり切勾配を検討しなければならない。

### 3-2-2 のり切の勾配（細則）

のり切工の勾配決定については、下の表を標準とする。

のり切り勾配

（森林ハンドブック第7版 P804 表 4.4.3 参照）

地山の地質		切土高 (m)	勾配
硬岩			1 : 0.3 ~ 1 : 0.8
軟岩			1 : 0.5 ~ 1 : 1.2
砂			1 : 1.5 ~
砂質土	密実なもの	0 ~ 5	1 : 0.8 ~ 1 : 1.0
		5 ~ 10	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
	密実でないもの	0 ~ 5	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
		5 ~ 10	1 : 1.2 ~ 1 : 1.5
砂利又は岩塊まじり砂質土	密実なもの又は粒度分布の良いもの	0 ~ 10	1 : 0.8 ~ 1 : 1.0
		10 ~ 15	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
	密実でないもの又は粒度分布の悪いもの	0 ~ 10	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
		10 ~ 15	1 : 1.2 ~ 1 : 1.5
粘性土など		0 ~ 10	1 : 0.8 ~ 1 : 1.2
岩塊又は玉石まじりの粘性土		0 ~ 5	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
		5 ~ 10	1 : 1.2 ~ 1 : 1.5

ただし、現地の状況、土質、固結度等により、上表により難しい場合には、以下の表を参考にのり勾配を決定するものとする。

各機関における法面勾配

岩質・土質		切土高	道路土工指針、他	国鉄土構造物設計施工指針	道路技術基準	河川砂防基準	労働安全衛生規則
岩盤	硬岩		1 : 0.3~0.8 (0.5)	1 : 0.3~0.8 (0.5)	1 : 0.1~0.3 (0.2)		0 垂直
	中硬岩		1 : 0.5~1.2 (0.8)	1 : 0.8~1.0 (0.9)	硬 1 : 0.3~0.6 軟 1 : 0.5~1.0 (0.6)		5 m 75° ↓ (約 0.3)
	軟岩			1 : 0.8~1.2 (1.0)	硬 1 : 0.3~0.6 軟 1 : 0.8~1.2 (0.7)		
堅土・締まった土砂・普通土	レキ交り土	0 5 10 m	1 : 0.8~1.0 1 : 1.0~1.2 (1.0)	1 : 1.0~1.5 (1.3)	1 : 0.8~1.0 1 : 1.0~1.5 (1.1)	1 : 1.0 (1.0)	0 垂直
	砂・砂質土	0 5 10 m	1 : 0.8~1.0 1 : 1.0~1.2 (1.0)				2 75°
	粘土粘質土	0 5 10 m	1 : 0.8~1.2 1 : 1.0~1.2 (1.0)				5 m 60° ↓ (約 0.6)
締まっていない土砂・くずれやすい土砂	レキ交り土	0 5 10 m	1 : 0.8~1.2 1 : 1.2~1.5 (1.2)		1 : 1.2 (1.2)	1 : 1.5 (1.5)	1 : 1.0 (1.0)
	砂・砂質土	0 5 10 m	1 : 1.0~1.2 1 : 1.2~1.5 (1.2)	1 : 1.5~1.8 (1.6)	1 : 1.5 (1.5)		
	粘土粘質土	0 5 10 m	1 : 1.0~1.2 1 : 1.2~1.5 (1.2)	1 : 1.5~1.8 (1.6)	1 : 1.0~1.5 1 : 1.5~2.0 (1.5)		
	岩塊交り粘質土	0 5 10 m	1 : 1.0~1.2 1 : 1.2~1.5 (1.2)				

( ) は平均的勾配 (「切土ノリ面」土質工学会による)

### 3-2-3 のり切土砂の安定

のり切によって生ずる土砂は、土留工等によって移動を防止してその安定を図るものとする。

#### 〔解説〕

- 1 のり切により発生した土砂は、山腹崩壊地内の土留工等によって移動防止を図るものとする。また、のり切により発生する土砂の堆積が厚くなる場合は、必要に応じて、埋設工、暗きょ工等の併設や、さらにのり切土砂が溪流へ影響を及ぼすおそれがある場合には、必要に応じて、治山ダムによってのり切土砂の移動を防止する。
- 2 のり切により発生する土砂が少量で崩壊のおそれがない場合には、侵食による土砂の移動を防止するため、山腹緑化工等を計画する。

### 3-2-3 のり切土砂の安定（細則）

のり切りによって発生した土砂は、不安定であり崩壊や流出の原因になりやすいので、現地に固定できるか十分に検討し、不安定になる場合には安全な場所まで持ち出す等の措置を行なうこともできる。

## 3-3 土留工

### 3-3-1 土留工の目的

土留工は、不安定な土砂の移動の防止、山腹斜面勾配の修正、表面水の分散を図るほか、水路工、暗きょ工等の基礎とすることを目的とする。

#### 〔解説〕

- 1 土留工は、山腹工の基礎をなすもので、その配置や構造の適否は山腹工の成否を大きく左右する。したがって、その設置目的に適するよう、その位置、高さ、延長、種別等を決定する必要がある。  
特に、施工箇所と保全対象との位置的關係等については十分調査し、必要な強度、耐久性等その安全性について十分に検討しなければならない。
- 2 土留工は次の複数の目的をもつ。
  - (1) 山腹斜面に堆積した崩土、のり切により発生する土砂等の移動防止を図ること。
  - (2) 背面の山腹斜面を緩勾配に修正すること。
  - (3) 山腹斜面を流下する表面水の分散を図ること（土留工の天端が等高線と平行な場合）。
  - (4) 山腹斜面に設置する他の工作物（水路工、暗きょ工等）の基礎とすること。

### 3-3-1 土留工の目的（細則）

土留工は、植生の活着が良好に行なえるように土砂の移動防止、斜面に必要以上の水の停滞が起きないように斜面勾配を修正する場合の基礎、斜面を流下する雨水が一箇所に集中しないように雨水の分散、水路工を設置した場合に水路工の移動を防止する支保等を目的としており、比較的表面の浅い部分の土層や表面の雨水処理として設置される。

そのため、地すべり的な崩壊についての土留工設置については十分検討を行なうこととする。

### 3-3-2 土留工の種別

土留工は、設置の目的のほか、施工地の自然的・社会的条件を考慮し、安全性、耐久性、施工性、周囲の環境との調和等を検討して、最も適切な種別を選定するものとする。

#### 〔解説〕

- 1 土留工は、その種別によって機能と特性が異なるので、崩壊地等の状況と保全対象との関係を踏まえ、土留工の設置目的に応じた種別ごとの強度や施工性等のほか、施工地の社会的・自然的条件から施工による周辺環境への影響、景観との調和等を十分に検討し、最も適切な種別を選定しなければならない。
- 2 土留工の標準的な種別は、次のとおりである。
  - (1) 遮水型：コンクリート土留工、鉄筋コンクリート土留工、練積土留工等
  - (2) 透水型：枠土留工、鉄線かご土留工、丸太積土留工等

### 3-3-2 土留工の種別（細則）

- 1 土留工の種類別の特徴をまとめると次表のようになる。

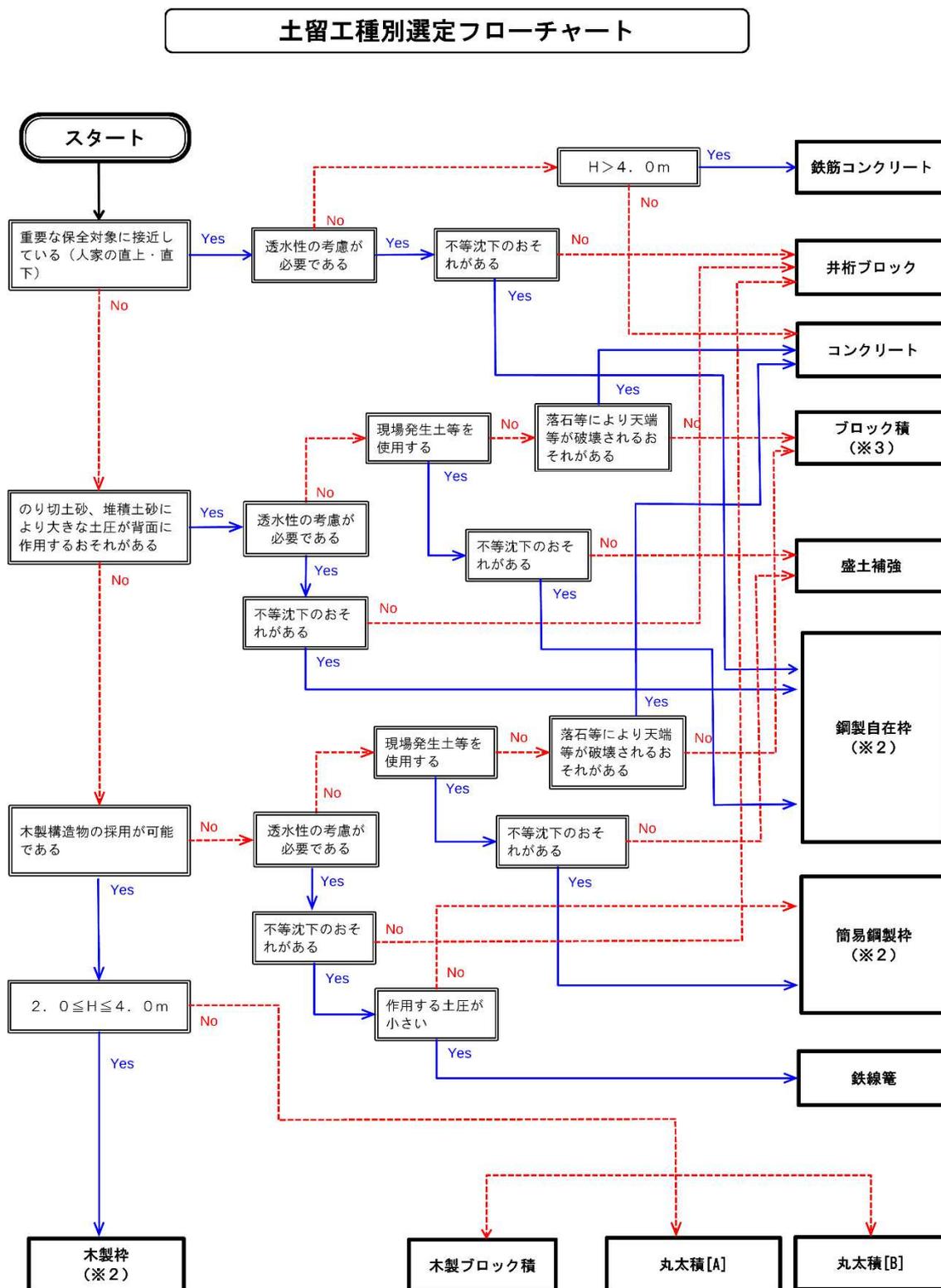
## 土留工種類別の特徴

種 別	保全対象位置関係	作用する背面土圧	落石・転石の有無	必要な地盤支持力	安定計算要否	壁高の基準	その他の特徴
鉄筋 コンクリート	近接	大	無	大	要	高さが4.0mを超える土留工を必要とする場合。	耐久性がある。 施工上、配筋等を行うため、この分手間を要する。
コンクリート	近接	大	有	大	要	原則4.0mを限度とする。	耐久性がある。
ブロック積	近接（人家の直上・直下除く）	小～大	無	大	要	原則4.0mを限度とする。	コンクリートと同等であるが、保全対象との位置関係及び経済性等により自立式コンクリートと比較検討を行う。 土圧の小さい箇所ではコンクリートより有利になる場合がある。
井桁ブロック	近接	中～大	無	中	要	原則4.0mを限度とする。	栗石等を利用し、浸透水等の水処理が必要な箇所有効。
鋼製自在枠 (A)・(B) ※2	近接（人家の直上・直下除く）	大	無	中	要	原則4.0mを限度とする。	不等沈下が想定される現場で有利。中詰に現地発生土等が使用できる。 (A) 中詰に栗石等使用 (B) 中詰に土砂使用
簡易鋼製枠 (A)・(B) ※2	遠	小～中	無	小～中	要	原則4.0mを限度とする。	中詰に現地発生土等が使用できる。 (A) 中詰に栗石等使用 (B) 中詰に土砂使用
鉄線籠	遠	小	無	小	否	原則2.0mを限度とする。	現地の地形に合わせることができる。 (フトンカゴ等)
木製枠 (A)・(B) ※2 ※4	近接（人家の直上・直下除く）	小～中	無	中	要	原則4.0mを限度とする。	エコマテリアルとしての活用を積極的に行える。 現地発生土等が使用できる。(木製井桁積・木製校倉式土留等) (A) 中詰に栗石等使用 (B) 中詰に土砂使用
木製 ブロック積 ※4	遠	小	無	小	要	原則2.0mを限度とする。	エコマテリアルとしての活用を積極的に行える。
丸太積 (A)・(B) ※3 ※4	遠	小	無	小	否	(A)は原則1.0mを限度とする。 (B)は原則1.5mを限度とする。	エコマテリアルとしての活用を積極的に行える。
盛土補強	遠	中～大	無	中	要	原則4.0mを限度とする。	現地発生土等が大量に処理できる。地下水の影響を受ける箇所は不適當。(補強土壁工・盛土補強工)

### 留意点

- ※1 土留工の選定に当たっては、現地条件に照らしあわせ、上表から種別を検討し、選定すること。
- ※2 透水性を考慮する場合は、中詰材は栗石等を使用する。
- ※3 鋼製構造物は、塗装品を標準とし、塩害等を考慮する必要がある場合は、溶融亜鉛メッキ品とすることができる。
- ※3 丸太積(A)・(B)は、治山林道必携 積算・施工編のものをいう。
- ※4 木製構造物の採用に当たっては、保全対象や現場条件等を考慮し、耐久性を要する場合には、防腐処理を行うこと。

2 土留工の種別選定においては、以下のフローチャートを参考とし、決定するものとする。



※1 複数の種別が選定できる場合は、現地条件（土質や土壌水分量等）に照らしあわせ比較検討し、合理性、経済性、施工性を考慮し選定すること。  
 ※2 枠等は透水性の考慮が必要である場合は、中詰材は栗石等を使用することとする。  
 ※3 ブロック積については、県内の石工の減少により施行困難なため、当面の間コンクリートで対応する。

### 3-3-3 土留工の位置及び高さ

土留工の位置及び高さは、その目的及び現地の条件等を検討して決定するものとする。

#### 〔解説〕

- 1 土留工は、その目的から山腹斜面の安定が保たれ、山腹斜面の崩落や崩土の移動が起こらないように配置、高さを決める必要がある。
- 2 原則として、崩壊地等の脚部から頂部までの縦断面形が、全体的に自然で無理のない線形となるように、土留工の配置及び高さを決定する。  
崩壊地では、一般に下部を緩傾斜に上部は急傾斜として全体が下降斜面になるようにすることが望ましい（図-1参照）。
- 3 土留工は不安定な山腹斜面上に設置されることが多いので、原則として階段状に配置するものとし、高さの高い土留工は避けることが望ましい。

#### 〔参考〕土留工の高さ

土留工は、不安定な山腹斜面上に設置されることが多いので、一般に、高さは4m以下とする場合が多い。

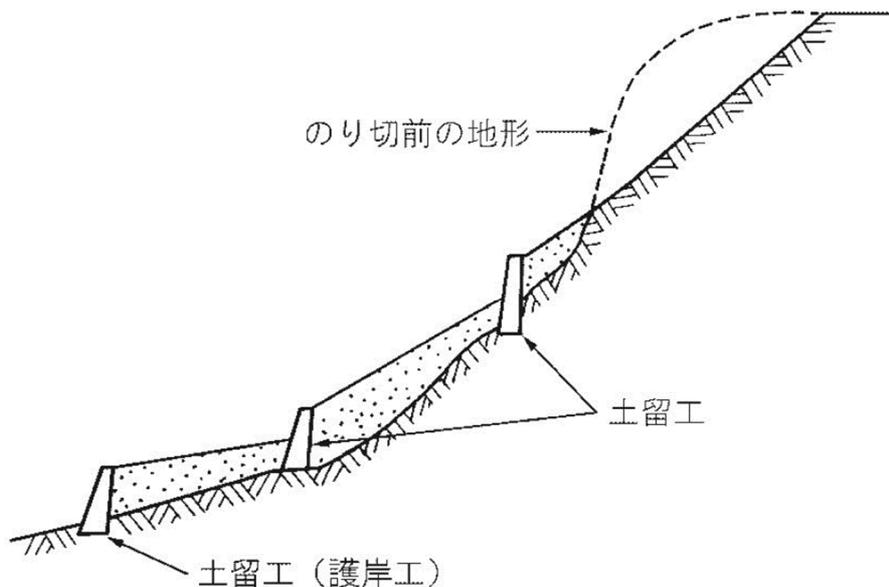
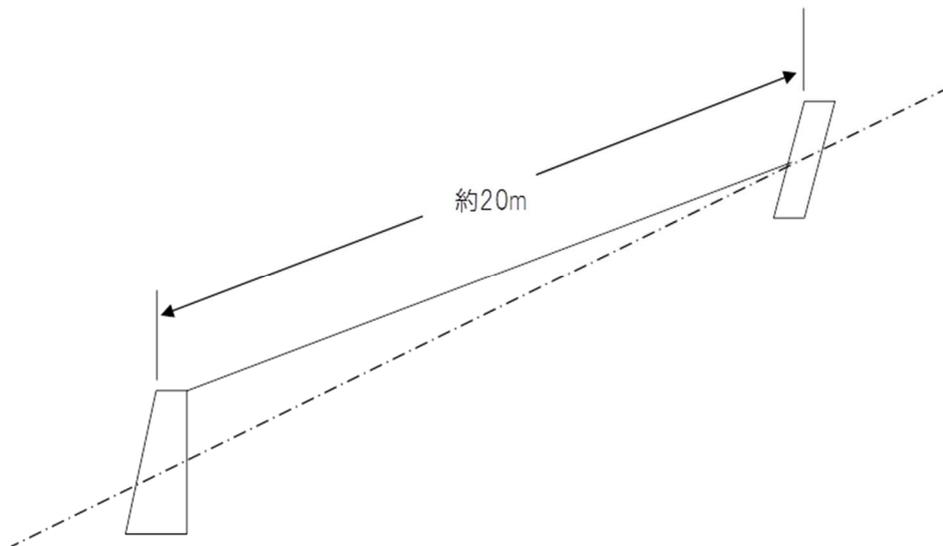


図-1 土留工の位置及び高さ

### 3-3-3 土留工の位置、高さ（細則）

土留工の位置は、山腹工の基礎となる位置に最初の1基目を計画し、順次上部へ必要な位置に計画するものとし、次を参考に決定するものとする。

- 1 土留工の間隔は斜長で20m程度を標準とする。



2 土留工の高さについては、土留工の種別（3-3-2表）によることとし、木製構造物を除き50cm単位とする。

### 3-3-4 土留工の方向

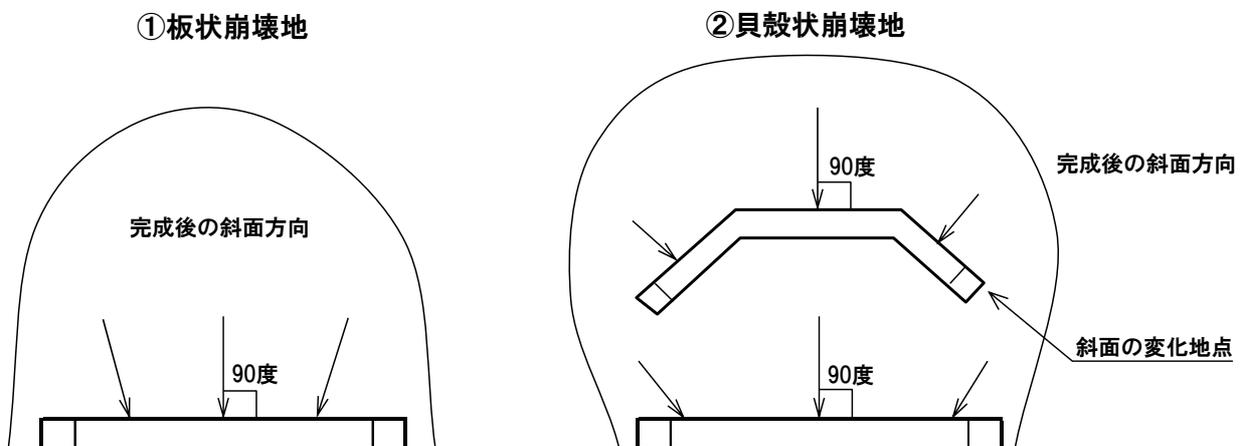
土留工の方向は、完成後の山腹斜面に対して直角となるように計画するものとする。

#### 〔解説〕

土留工の方向は、のり切により発生する土砂、崩土を効果的に抑止するとともに、土圧に対する安定度を高めるため、原則として完成後の山腹斜面に対して直角とする。

### 3-3-4 土留工の方向（細則）

崩壊斜面の形状と土留工の方向を図示すると次のとおりとなり、土留工の計画する場合には、次のように行なうものとする。



### 3-3-5 土留工の断面

#### 3-3-5-1 土留工の安定計算に用いる荷重

土留工の安定計算に用いる荷重は、土留工の目的、構造特性等を考慮して、適切に設定しなければならない。

#### 〔解説〕

- 1 土留工の安定計算に用いる荷重は、原則として自重及び土圧とする。
- 2 土留工の安定計算においては、次のような場合に、地震動を考慮するものとする。なお、地震動を考慮する場合にあっては、地震荷重（地震時慣性力、地震時動水圧等）を安定計算に用いる荷重に加えるものとする。
  - (1) 高さ 8m を超える土留工
  - (2) 倒壊が付近に重大な影響を与えるおそれ大きい土留工
  - (3) 倒壊等の施設被害が生じた場合には、復旧が極めて困難な土留工
  - (4) その他、現地の状況から地震動を考慮する必要があると認められる土留工
- 3 土圧は、土留工背面の土質と地表面の傾斜を考慮して、一般的に、次の 2 つのタイプに区分して求める（図-2 参照）。
  - (1) 土留工の背面が崩土等である場合（図-2 ①参照）  
土留工背面の大半が崩土やのり切により発生する土砂等で地山が離れているとき。
  - (2) 土留工の位置が安定した地山に接近している場合（図-2 ②参照）  
土留工の背面に安定した地山が近接しているとき。

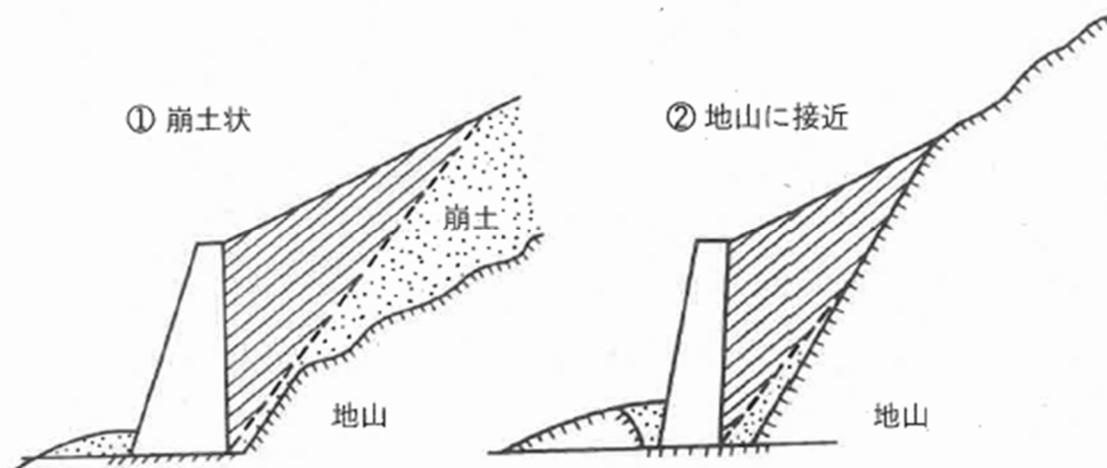


図-2 土留工の土圧計算のタイプ

- 4 土留工の安定計算に用いる単位体積重量は、次の値を標準とする。
  - (1) コンクリート製の躯体（試験等を行わない時）：23 k N/m<sup>3</sup>

- (2) 鉄筋コンクリートの躯体：24.5 k N/m<sup>3</sup>
- (3) 玉石等を中詰した枠の躯体（試験等を行わない時）：18 k N/m<sup>3</sup>
- (4) 背面土：18 k N/m<sup>3</sup>

【参考】土圧

土留工の土圧計算では、一般にクーロン式又は試行くさび法が用いられる。

- 1 クーロン式は、土留工背面が崩土等の場合に用いられる。（図－2①参照）
- 2 試行くさび法は、土留工の位置が地山に接近しているため、掘削後に埋め戻した土砂の土圧のみを考慮すればよい場合に用いられる。（図－2②参照）

【参考】

ランキン式は、塑性理論に基づいて得られた理論式で、治山ダムの土圧計算に用いられるが、土留工や擁壁の土圧計算には用いない。

(1) クーロン式

クーロン式は、背面土中に土くさびを考え、土くさびに作用する力のつり合い条件から土圧を求める理論式である。

$$P_A = \frac{1}{2} \cdot K_A \cdot \gamma \cdot H^2$$

$$K_A = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta) \cdot \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cdot \cos(\alpha - \beta)}} \right\}^2}$$

$P_A$ ：土圧（k N/m）

$K_A$ ：土圧係数

$\gamma$ ：背面土の単位体積重量（k N/m<sup>3</sup>）

$H$ ：土留工の高さ（作用高m）

$\phi$ ：背面土の内部摩擦角(度)

（背面が逆のりの場合はマイナス）

$\alpha$ ：土留工背面の勾配角(度)

$\beta$ ：地表面傾斜角(度)

$\delta$ ：土留工背面と背面土の壁面摩擦角(度)

$h$ ：土圧の作用点の土留工底面からの高さ(m)

$h = 1/3 \cdot H$

$$P_V = P_A \cdot \sin(\delta + \alpha)$$

$$P_H = P_A \cdot \cos(\delta + \alpha)$$

$P_V$ ：土圧の鉛直分力（k N/m）

$P_H$ ：土圧の水平分力（k N/m）

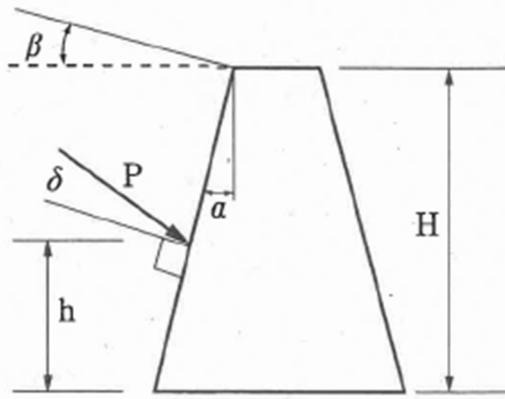


図-3 クーロン式の説明図

(2) 地震時の土圧

地震時の土圧は、土くさびに慣性力を作用させた力の多角形のつり合いから求める。

$$P_{EA} = \frac{1}{2} \cdot K_{EA} \cdot \gamma \cdot H^2$$

$$K_{EA} =$$

$$\frac{\cos^2(\phi - \alpha - \theta_0)}{\cos \theta_0 \cos^2 \alpha \cos(\alpha + \delta_E + \theta_0) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta_E) \sin(\phi - \beta - \theta_0)}{\cos(\alpha + \delta_E + \theta_0) \cos(\alpha - \beta)}} \right\}^2}$$

$P_{EA}$  : 地震時土圧

$K_{EA}$  : 地震時の土圧係数

$\gamma$  : 背面土の単位体積重量 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )

$H$  : 土留工の高さ (作用高 $\text{m}$ )

$\phi$  : 背面土の内部摩擦角 (度)

(背面が逆のりの場合はマイナス)

$\alpha$  : 土留工背面の勾配角 (度)

$\beta$  : 地表面傾斜角 (度)

$\delta$  : 土留工背面と背面土の壁面摩擦角 (度)

$\theta_0$  : 地震時合成角 (度)

$$\theta_0 = \tan^{-1} K_H$$

$K_H$  : 設計水平震度

(3) 試行くさび法

試行くさび法は、クーロン式と原理は同じであるが、想定すべり面の勾配を種々変化させて繰り返し計算を行い、試行的に最大の土圧を求める方法である。

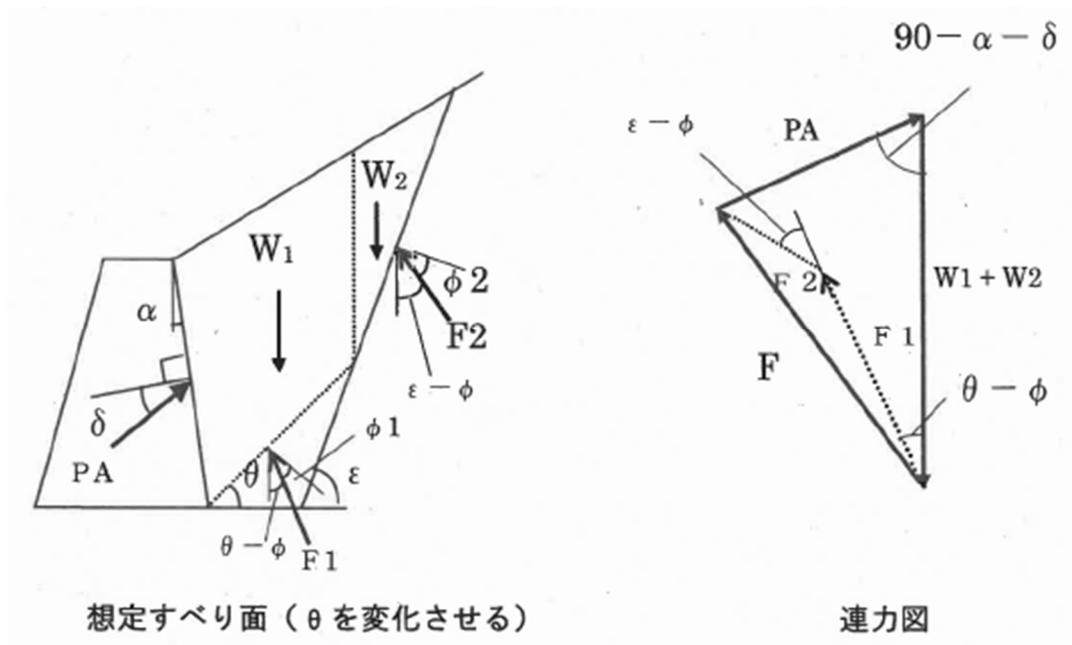


図-4 試行くさび法の説明図

〔参考〕背面土の内部摩擦角

土留工の安定計算に用いる背面土の内部摩擦角の概略値は、次のとおりである。

- 粘性土：25度
- 普通土：30度
- 礫質土：35度
- 岩 砕：40度

〔参考〕壁面摩擦角

土留工の壁面摩擦角は、土留工の背面がコンクリートのように平滑な材料の場合（土とコンクリート）は、背面土の内部摩擦角の2/3とする（ $\delta = 2/3 \times \phi$ ）。

なお、鉄筋コンクリート土留工のように仮想背面を想定する場合等（土と土）は、壁面摩擦角を内部摩擦角と同等とする（ $\delta = \phi$ ）。

〔参考〕現地で発生した玉石等を中詰材に用いる場合の単位体積重量

枠と中詰材で構成される土留工の中詰材に現地発生材等を用いる場合は、中詰材の単位体積重量が石礫の種類や粒径等の混合割合によって変化することから、必要に応じて単位体積重量を現地で測定し確認する。

[参考] コンクリート製の躯体の単位体積重量

コンクリート製の躯体の単位体積重量は、地域において標準的に用いられるコンクリートの配合設計、実測値等を参考にして決定することが望ましい。

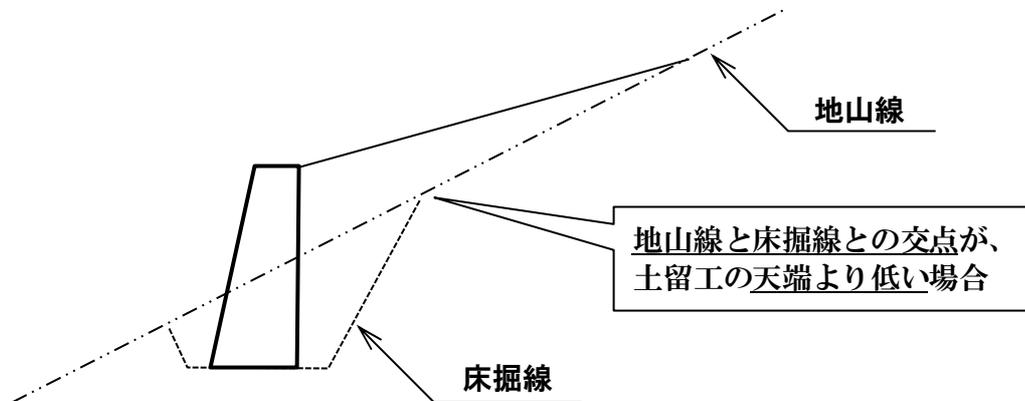
なお、解説4で示した「コンクリートの躯体（試験等を行わない時）」の標準値（ $23 \text{ k N/m}^3$ ）は、品質管理に用いられるコアの実測値に関する全国調査結果（平成 18 年度）の算術平均を基に定められたものである。

3-3-5-1 土留工の安定計算に用いる荷重（細則）

自重及び土圧とし、土圧の算定式としては、以下を参考とする。

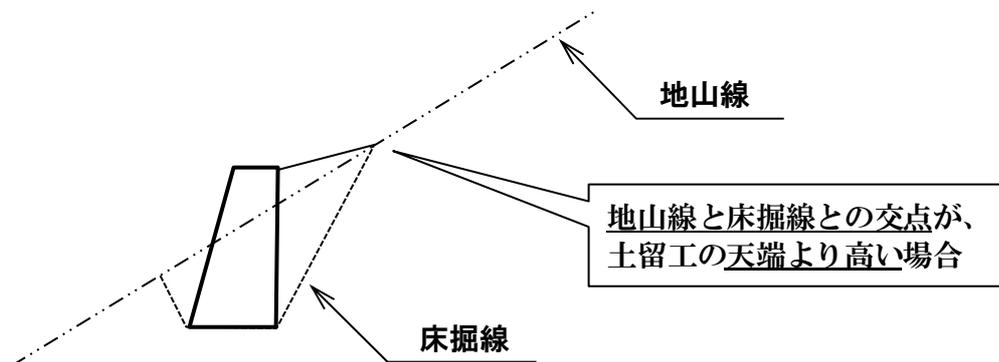
1 土留工背面が盛土の場合（盛土タイプ）

1) クーロン土圧式

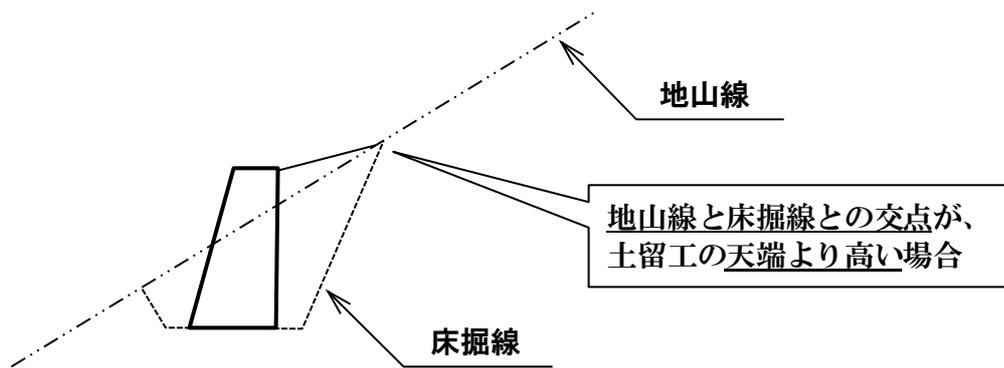


2 土留工背面が切土の場合（地山タイプ）

1) 試行くさび | . . . 床掘面が屈曲していない。（土圧の側面が三角形）



2) 試行くさびⅡ・・・床掘面が屈曲している。(土圧の側面が四角形以上)



\* ) 通常、土留工においては、クーロン土圧式又は、試行くさびⅡを用いる。

3 溪間工等で背面土勾配が水平な場合

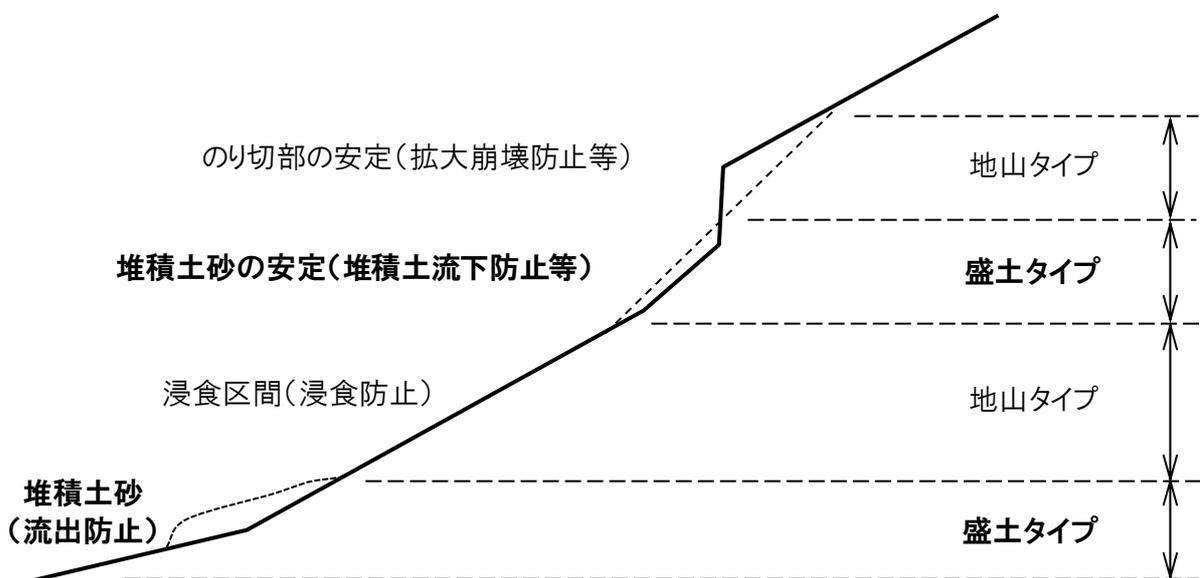
1) ランキン土圧式

4 壁面摩擦角

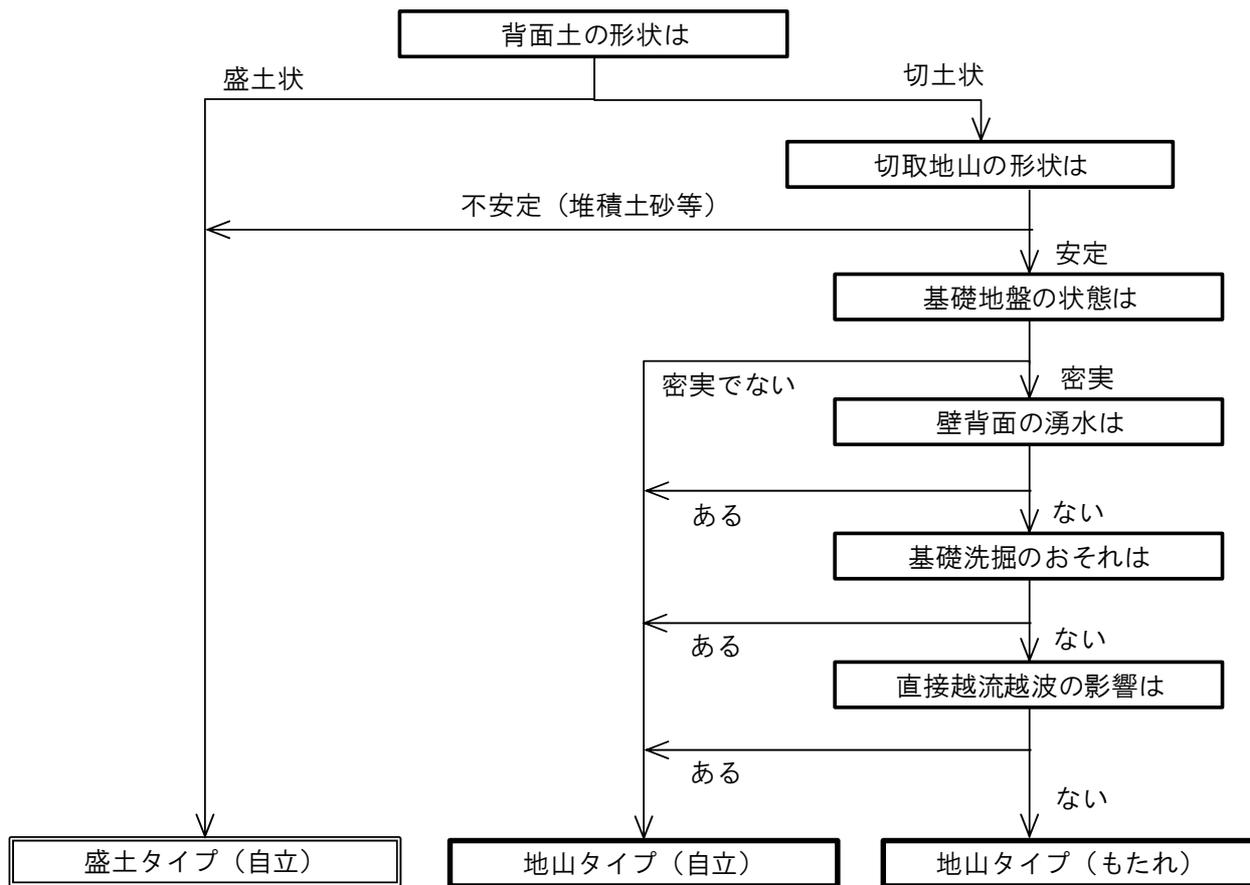
1) 土留工の背面がコンクリート等で平滑な材料の場合は、内部摩擦角  $\times 2/3$

2) 土留工の背面が土等で平滑な材料でない場合は、内部摩擦角

5 崩壊地の形状と土留工のタイプ概念図



6 土留エタイプ選定フローチャート



※ 越流越波とは、河川の水が直接土留工に影響することをいう。

7 土留エの安定計算におけるコンクリート単位体積重量は、3-9-1-3「重力式ダムの断面決定」に示す単位体積重量に準ずる。

### 3-3-5-2 土留工の安定性の検討

山腹工の骨格となる重要な土留工については、次のすべての条件について安定性を検討しなければならない。

- 1 転倒に対する安定  
躯体が転倒を引き起こさないこと。
- 2 滑動に対する安定  
躯体が滑動を引き起こさないこと。
- 3 躯体の破壊に対する安定  
躯体の最大応力に対して破壊を引き起こさないこと。
- 4 基礎地盤に対する安定  
躯体の最大応力に対して基礎地盤の地耐力が十分であること。

#### 〔解説〕

1 土留工は、コンクリート等のように材料自体が強度や耐久性に対する信頼性の高い材料を使用するものと、鉄線かご・丸太等の軽易な材料を使用するものがある。

前者は、保全対象に近接した場所、あるいはのり切により発生する大量の土砂等の固定や他の工作物の基礎とする場合等に用いられ、このため、その安定性については、十分に検討する必要がある。

後者は、土留工背面に大量の土砂を溜めない場所や土留工の構成材料の劣化が著しくなる時点では、土留工背面の土砂が地山化又は植生によって、安定すると判断される場所に設ける土留工である。このため、高さ、構造等は経験的に決定し、安定計算を省略するのが一般的である。

2 保全対象に近接した場所、のり切により発生する大量の土砂等の固定や他の工作物の基礎とする土留工は、原則として、安定計算によって安定性の検討を行うものとする。

#### (1) 転倒に対する安定性の検討

土留工には、水平土圧等による転倒モーメントと、土留工の自重、垂直土圧等による抵抗モーメントが作用する。

転倒に対する安全率 ( $F_s$ ) は次式による。転倒に対する安全率は 1.5 以上とする。ただし、地震動を考慮した場合は 1.2 以上とする。

$$F_s = \frac{(\text{抵抗モーメント})}{(\text{転倒モーメント})} = \frac{W \cdot a + P_v \cdot b}{P_H \cdot h} \dots\dots\dots (3.3.1)$$

W : 自重及び載荷重 (k N/m)

a : 土留工前趾から W の作用点までの水平距離 (m)

$P_v$  : 土圧合力の垂直分力 (k N/m)

b : 土留工前趾から  $P_v$  の作用点までの水平距離 (m)

$P_H$  : 土圧合力の水平分力 (k N/m)

h : 土留工の底面から  $P_H$  の作用点までの垂直距離 (m)

(2) 滑動に対する安定性の検討

土留工を土留工の底面に沿って滑動させようとする力は水平土圧であり、これに抵抗する力は、土留工の底面と地盤の間に生ずるせん断抵抗力である。

なお、土留工の前面の受働土圧は、長期にわたる確実性が期待できないことが多いので考慮しない。

滑動に対する安全率 ( $F_s$ ) は次式による。滑動に対する安全率は 1.5 以上とする。ただし、地震動を考慮した場合は 1.2 以上とする。

$$F_s = \frac{\text{(滑動に対する抵抗力)}}{\text{(滑動力)}} = \frac{(W+P_v) \cdot f + c \cdot B}{P_H} \dots\dots (3.3.2)$$

W : 自重及び載荷重 (k N / m)

$P_v$  : 土圧合力の垂直分力 (k N / m)

$P_H$  : 土圧合力の水平分力 (k N / m)

h : 土留工の底面から  $P_H$  の作用点までの垂直距離 (m)

f : 土留工の底面壁底と基礎地盤の摩擦係数

c : 土留工の底面壁底と基礎地盤の付着力 (土の粘着力とみなす)  
(k N / m<sup>2</sup>)

B : 土留工の底幅 (m)

(3) 躯体の破壊に対する安定性の検討

土留工本体の断面内に生ずる圧縮応力・引張応力が、土留工材料の許容応力度を超えなければ破壊に対して安定である。ただし、地震動を考慮した場合は、許容応力度の 1.5 倍以内ならば安定とする。

重力式コンクリート構造の場合は、(4) の条件を満足すれば、躯体の破壊に対しても安定と見なしてよい。

セル式構造の場合は、(6) の条件も満足する必要がある。

(4) 合力の作用位置に対する検討

土留工底面には土留工の自重、土圧等の荷重が作用する。土留工底面に発生する地盤反力は、これら荷重の合力の土留工底面における作用点の偏心距離によって異なることから、荷重の合力の作用位置が大きく偏心していないことが安定の条件である。

通常的地盤においては、次式で求められる荷重の合力の作用位置が、土留工底幅中央において土留工底幅 1/3 の範囲 (ミドルサード) 内になければならない ( $|e| \leq B/6$ )。ただし、地震動を考慮する場合は、土留工底幅中央において土留工底幅 2/3 の範囲になければならない ( $|e| \leq B/3$ )。

重力式コンクリート構造の場合は、荷重の合力の作用位置が上記の条件 (ミドルサード内) を満たしていれば、躯体内に引張応力が働かないので、躯体の破壊に対して安定といえる。

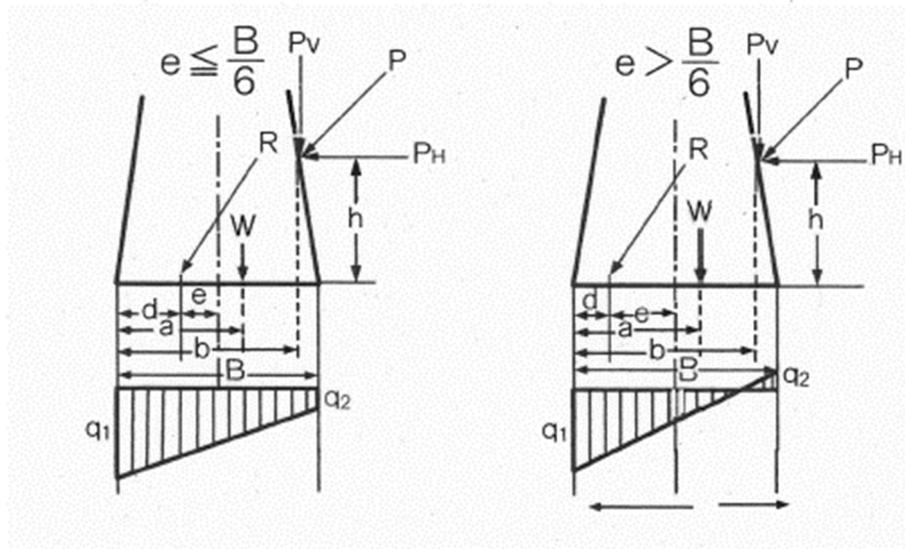


図-5 土留工の外力の作用線と大きさ

$$d = \frac{W \cdot a + P_v \cdot b - P_H \cdot h}{W + P_v}$$

$$e = \frac{B}{2} - d \quad \dots\dots\dots (3.3.3)$$

- d : 土留工前趾から、合力 R の作用点までの距離 (m)
- e : 合力の作用点の壁底中央からの偏心距離 (m)
- W : 自重及び載荷重 (k N/m)
- $P_v$  : 土圧合力の垂直分力 (k N/m)
- $P_H$  : 土圧合力の水平分力 (k N/m)
- a : 土留工前趾から W の作用点までの水平距離 (m)
- b : 土留工前趾から  $P_v$  の作用点までの水平距離 (m)
- h : 土留工の底面から  $P_H$  の作用点までの鉛直距離 (m)
- B : 土留工の底幅 (m)

(5) 基礎地盤に対する安定性の検討

土留工に作用する荷重は、基礎地盤によって支持されているが、基礎地盤の支持力が不足すると、基礎地盤の破壊が起こり土留工に変状が生じるおそれがある。

基礎地盤に発生する最大地盤反力( $q_1$ )は、次式で求められるが、地盤の許容支持力( $q_a$ )を超えてはならない( $q_1 \leq q_a$ )。ただし、地震動を考慮した場合は許容支持力の1.5倍以内ならば安定とする( $q_1 \leq 1.5q_a$ )。

- ① 荷重の合力の作用位置が土留工底幅の中央において、土留工底幅1/3(ミドルサード)の範囲内にある場合

$$(|e| \leq B/6)$$

$$q_1 = \frac{P_v + W}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right) \dots\dots\dots (3.3.4)$$

$$q_2 = \frac{P_v + W}{B} \left(1 - \frac{6e}{B}\right) \dots\dots\dots (3.3.5)$$

- ② 荷重の合力の作用位置が土留工底幅の中央において、土留工底幅1/3(ミドルサード)の範囲をはずれた場合

$$(|e| > B/6)$$

$$q_1(q_2) = \frac{2P_v + W}{3d} \dots\dots\dots (3.3.6)$$

- $q_1$  : 土留工前趾に発生する地盤反力 (k N/m<sup>2</sup>)
- $q_2$  : 土留工後趾に発生する地盤反力 (k N/m<sup>2</sup>)
- $e$  : 荷重の合力の作用点の壁底中央からの偏心距離(m)
- $W$  : 自重及び載荷重 (k N/m)
- $P_v$  : 土圧合力の垂直分力 (k N/m)
- $B$  : 土留工の底幅 (m)

(6) セル式構造における安定性の検討

セル式構造の場合は、荷重によって生じる変形モーメントに対して、中詰材の抵抗モーメントが1.2倍以上あることを確認する。

$$M_r / M_d \geq 1.2$$

$M_r$  : 中詰材の抵抗モーメント (k N・m/m)

$M_d$  : 荷重による変形モーメント (k N・m/m)

【参考】基礎地盤の土質定数

基礎地盤の土質定数の標準値は、次のとおりである。

表－1 基礎地盤の種類と土質定数

基礎地盤の種類		許容支持力度 k N/m <sup>2</sup> (qa)	土留工底面の 滑動に対する 安定計算に用 いる摩擦係数 (φ) (※)	備 考	
				一軸圧縮強度 k N/m <sup>2</sup>	N 値
岩 盤	亀裂の少ない均一な硬岩	1,000	0.7	10,000 以上	—
	亀裂の多い硬岩	600		10,000 以上	—
	軟岩・土丹	300		1,000 以上	—
礫 層	密 な も の	600	0.6	—	—
	密でないもの	300		—	—
砂 質 地 盤	密 な も の	300	0.6	—	30～50
	中位のもの	200		—	15～30
粘性土 地 盤	非常に堅いもの	200	0.5	200～400	15～30
	堅いもの	100		100～200	10～15

- ※1 現場打ちコンクリートによる場合  $\delta = \phi$  (基礎地盤の内部摩擦角)  
 2 現場打ちでない場合は  $\delta = 2/3\phi$  とする  
 3 表中の摩擦係数を用いる場合は、C (基礎地盤の付着力) = 0 とする

[出典] 道路土工擁壁工指針：日本道路協会 平成24年7月

### 3-3-5-2 土留工の安定性の検討(細則)

#### 1 土留工の根入れ深さ

治山事業における土留工の根入れについては、以下のような考えに基づき設計及び施工を行う。

##### 1) 根入れの目的

- ① 土留工を施工する基礎地盤については、十分な地盤の支持力を有することを求められるが、表土の部分は降雨、凍結等各種の要因により、不均質あるいは不安定な状態となっている。このため、これらの各種影響を受けていない地山まで根入れを行い基礎地盤の十分な支持力を得ることとする。
- ② 土留工を施工した後についても、降雨、凍結等各種の要因による表面侵食洗掘、風化により基礎地盤及び土留工の前面の地盤が脆弱化する恐れがある。このため、施工に際し十分な根入れを行い、基礎地盤及び土留工前面の地盤を将来にわたり安定した状態とすることとする。

##### 2) 標準としている考え方

###### ① 根入れの深さについて

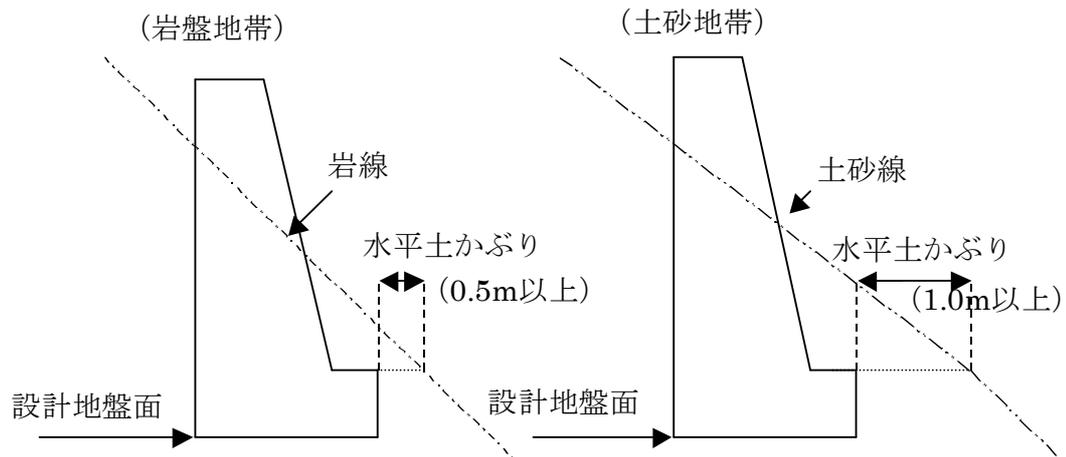
基礎の根入れ深さは、許容支持力以上の地盤反力を有する地盤までの深さとするが、少なくとも設計地盤面を原則とする。

なお、設計地盤面を定め難いなどの場合は、不安定な堆積土等を除いた地山面を基準として次によって決めることができる。

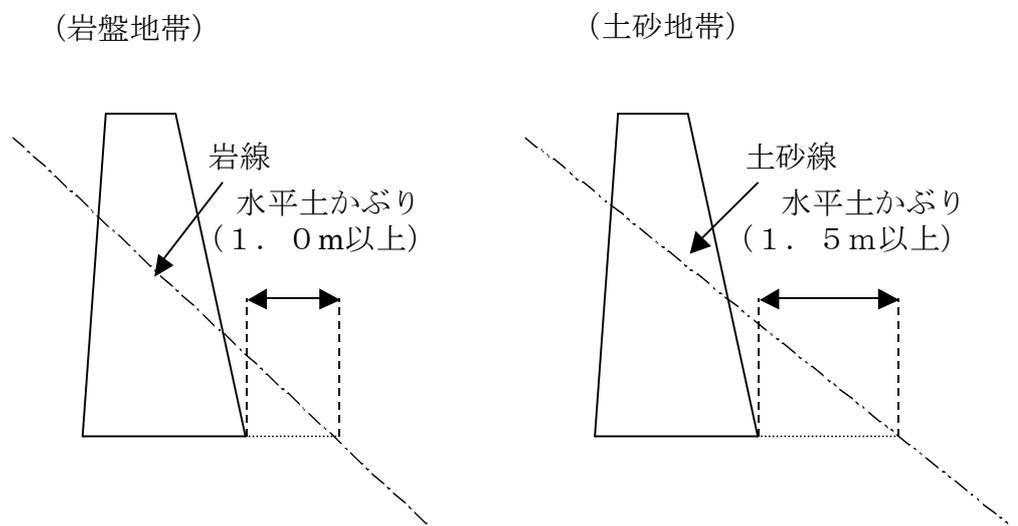
ア) 山腹斜面の場合の設計地盤面は地山線からフーチング天端前面までの水平土かぶり幅で表すものとし、岩盤地帯は 0.50 m 以上、土砂地帯は 1.00 m 以上とする。

ただし、フーチングのない土留工については地山線から土留工底板前面までの水平土かぶり幅で表し、岩盤地帯は、1.00 m 以上、土砂地帯は 1.50 m 以上とする。

＜フーチングのある場合＞



＜フーチングのない場合＞



イ) 平坦地における設計地盤面が岩盤地帯の場合は、表面の風化部分を除いた岩盤面とし、土砂地帯にあっては浸食、洗掘等の程度に応じて、地山線からフーチング天端まで 0.5 m 以上の深さとする。

ただし、床堀により接近した人家等の基礎部分の安定性を損なう恐れがある場合、またはフーチングのない土留工の場合等で、かつ、許容支持力以上の地盤反力が均質に得られる場合は前文の「フーチング天端」を「土留工底盤」と読み替えるものとする。

※ 注意事項

急傾斜地（40～45度程度）についても上記を原則とするが、急傾斜地の土留工では

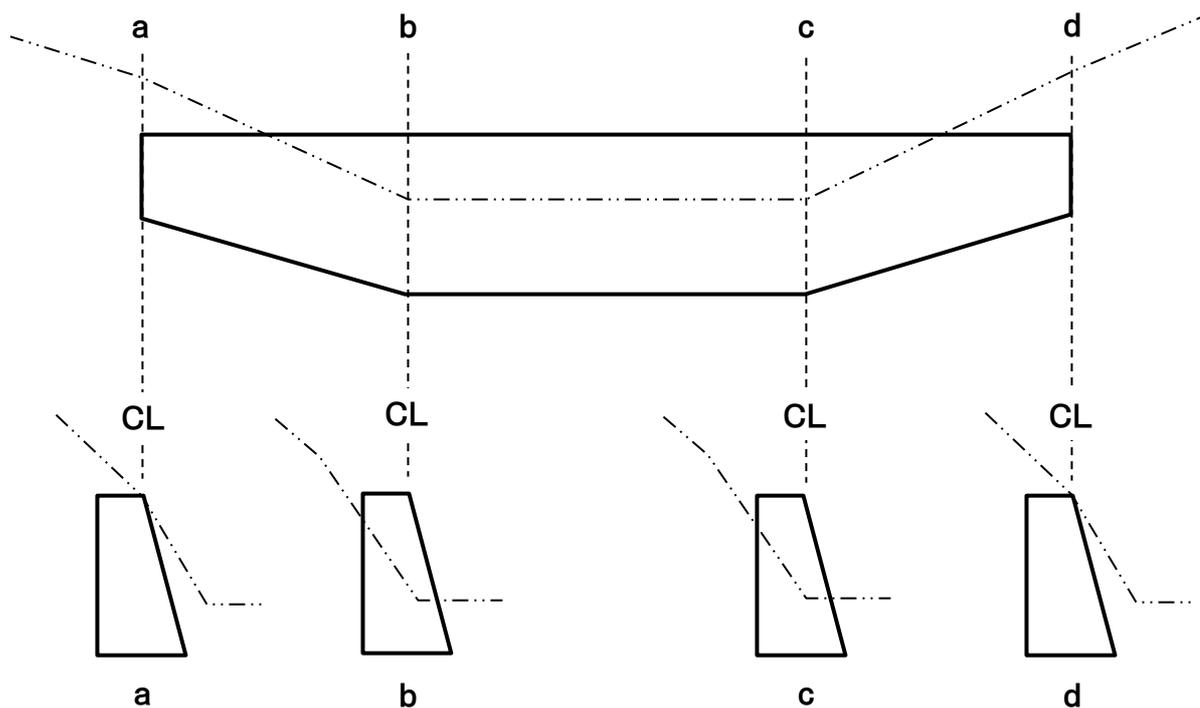
- a 床掘による土砂が多く出るので処理が必要である
  - b 抑止できる上部の不安定土砂が少ない
  - c 壁高を高くせざるを得ない
  - d 床掘が人力となるが地山が急傾斜で法高も高いため極めて危険である
- このような問題点もあるので、土留工の実際の設計内容を土留工の目的と再度照らし合わせ、土留工以外の工法（法枠工、吹付工等）も含め総合的に検討し決定すること。

③ 調査測量及び設計図での表示方法の違いについて

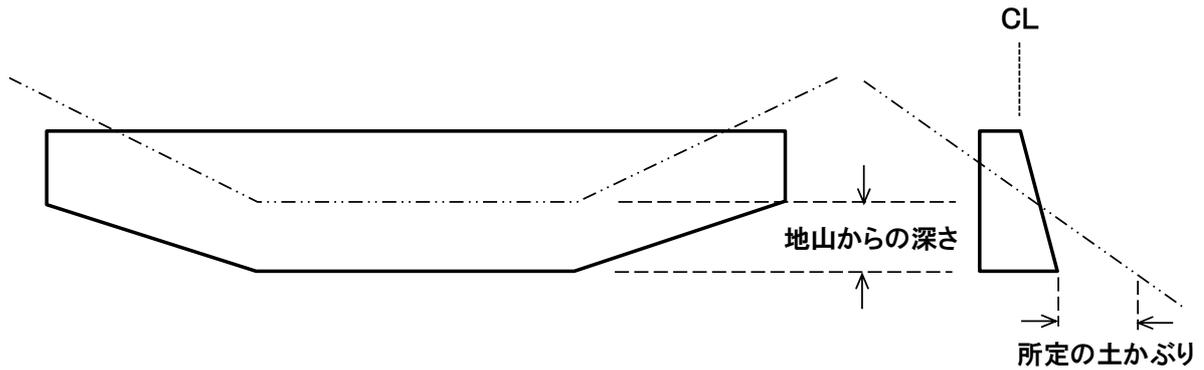
土留工の構造図においては、構造及び地山線の表示を調査測量の違いにより次のように表示しており、表示方法によっては、土留工の根入れの部分の表示が異なる。

ア) 主に地山の変化点を縦断図により示す場合（縦断方向の変化が著しい場合）

この場合は、各測点（地山の変化点）において根入れの部分を図示する。



イ) 主に地山の変化点を横断図により示す場合（縦断方向の変化が著しくない場合）この場合は、縦断測量を行った測点（通常1箇所）においては根入れ部分の図示がなされるが、横断方向の各測点（地山の変化点）においては根入れ部分の図示がなされないため、横断測量の結果（横断方向の地山線に応じて根入れを含む土留工の決定をする。



3) 根入れの決定に当たって考慮する事項

根入れの決定に当たっては、以上述べた標準としている考え方に加え、次のような施工箇所の現況等を考慮し決定する。

① 山腹斜面の表土の状況等

土留工の基礎部の状況については、以下のような点を考慮する。

ア) 崩土の状況

山腹斜面は崩壊により発生した堆積土砂等が不安定な状態となって堆積している場合がある。この場合、崩土及び山腹斜面の状況から地山線を推定し、根入れの深さを決定する。

イ) 土質の状況

土質、地質によっては、風化しやすい岩盤や亀裂の多い岩盤である場合がある。この場合、岩盤であるが幾分深めに根入れを行なう。又、逆に盤状硬岩等で風化していない場合には、岩盤であるが幾分浅めに行なう。

② 他所管事業におけるの基準及び事例

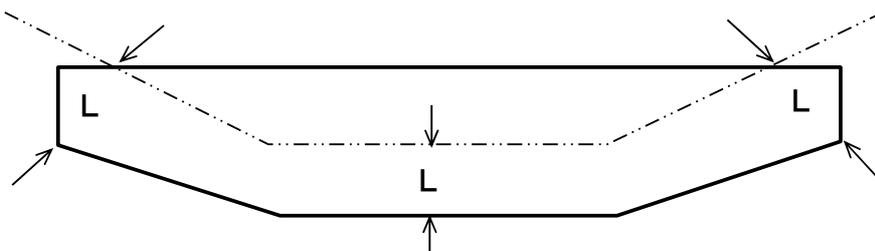
治山事業の施工箇所付近における他所管の施工事例が、治山事業の土留工の設計に当たっても参考になるとの考えから、根入れの決定に当たり、他所管の事業の基準についても参考とすることができる。

2 土留工の基礎地盤の支持力が得られない場合の土留工の基礎処理について杭打ち、又は置き換え基礎については、谷止工、護岸工の基礎処理に準じる。

3 袖部の突込みについて

① 土留工の袖部においても土圧が作用する為、十分に堅固な地山に突込むこととする。

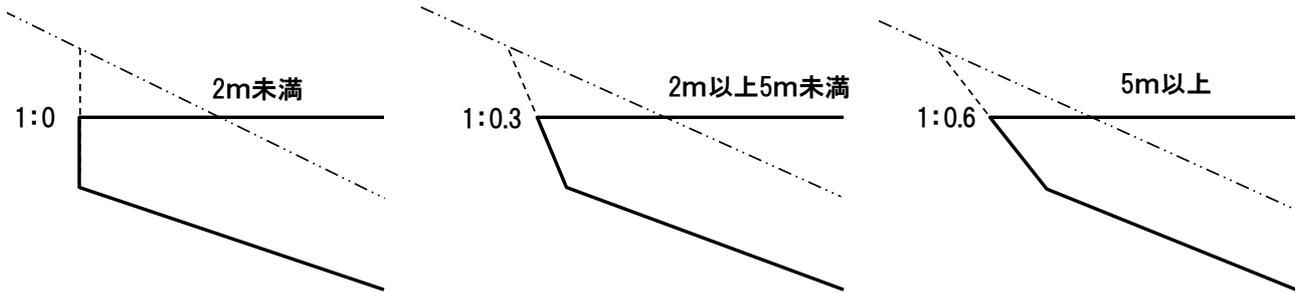
なお、突っ込みの深さは、根入れと同程度行なうこととする。



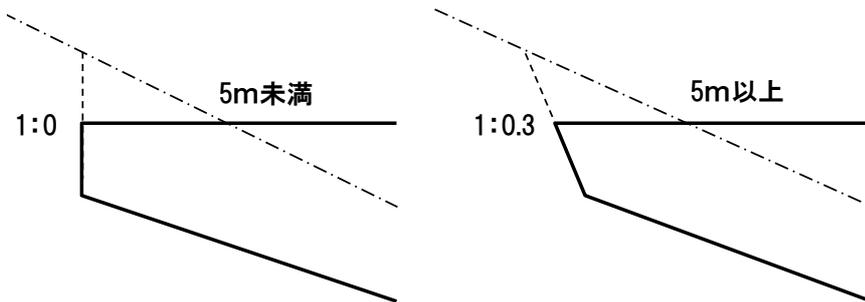
L：所定の土かぶりを設けた場合の地山からの深さとする。

② 袖部の勾配について

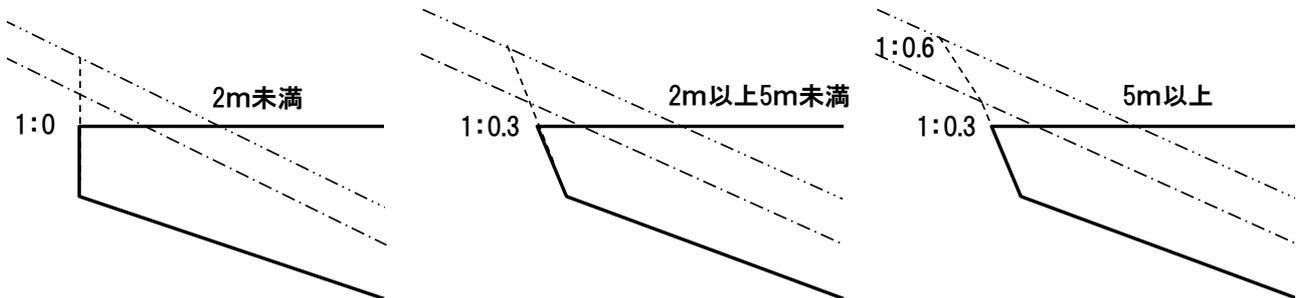
ア) 土砂の場合



イ) 岩盤の場合



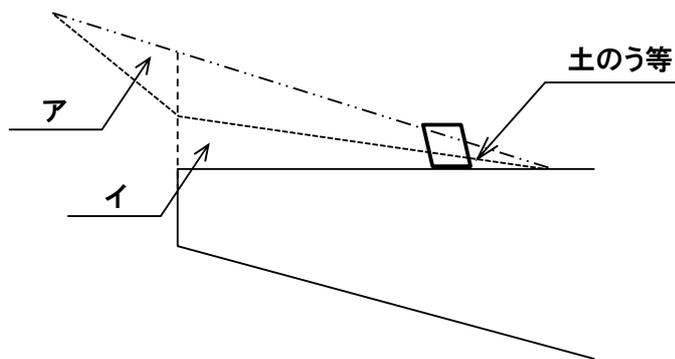
ウ) 互層の場合



③ 袖部の埋戻し等について

アの部分については、現地の発生土砂による埋戻しを行なう。勾配は、現地発生土砂の安定勾配を標準とし、必要に応じ土のう等を用いて埋戻し斜面の安定を図る。

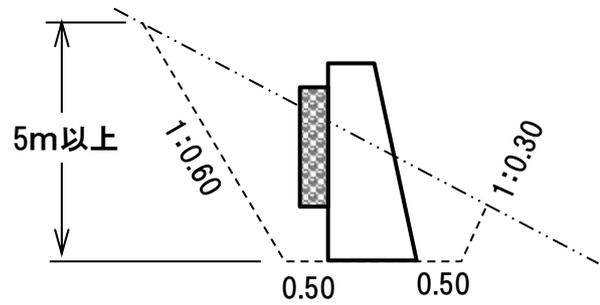
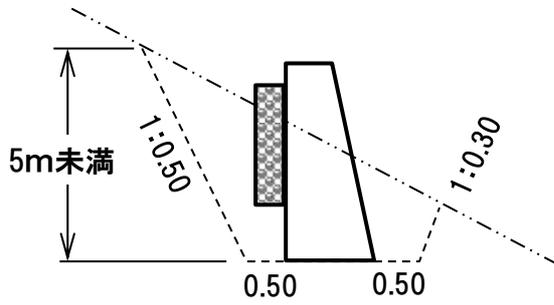
イの部分については、法切工の勾配を参考に、切取斜面の整形等を行う。



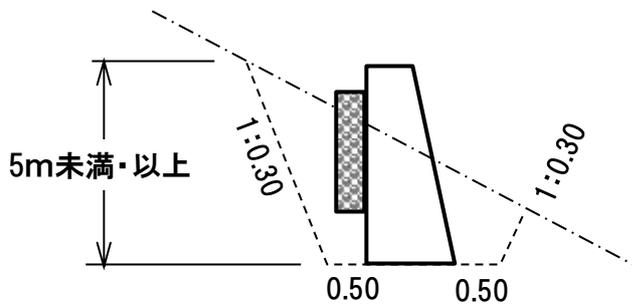
4 土留工の床掘について 床掘勾配は治山ダムの床掘勾配に準じることとし、余掘幅は以下の図のとおりとする。

1) コンクリート土留工

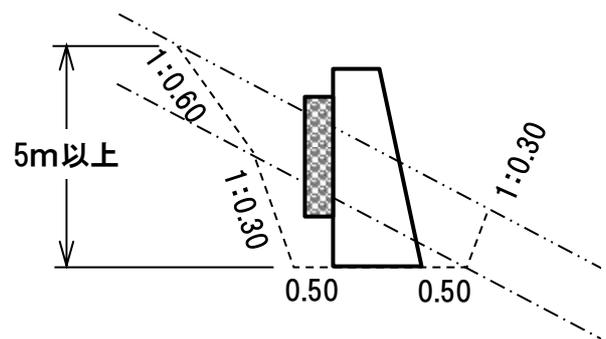
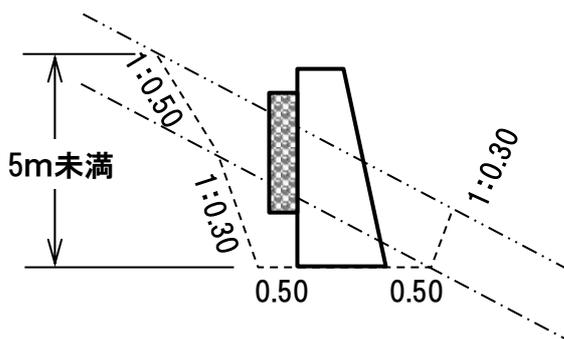
ア) 土砂の場合



イ) 岩盤の場合

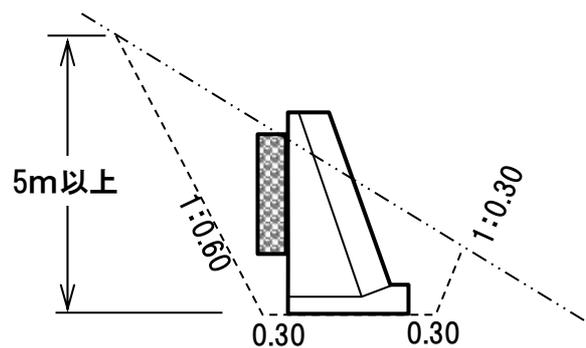
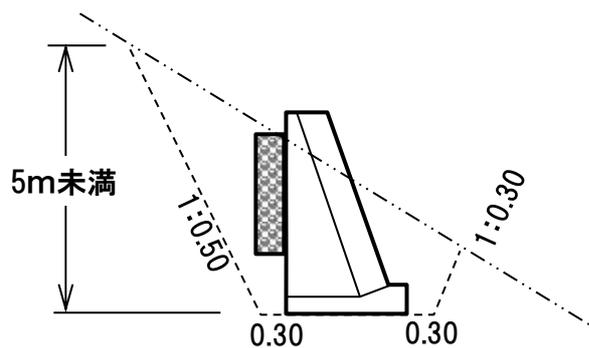


ウ) 互層の場合

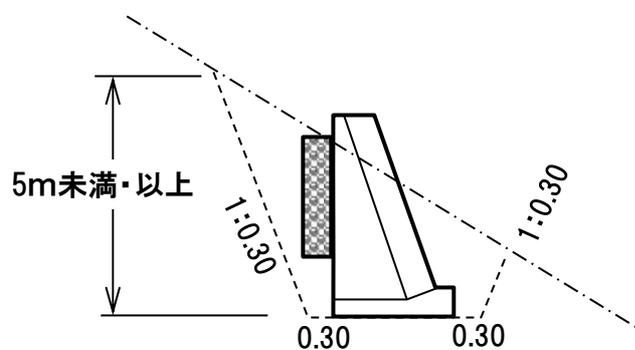


## 2) ブロック積土留工

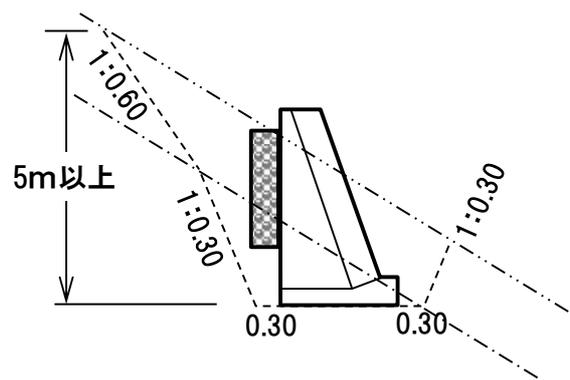
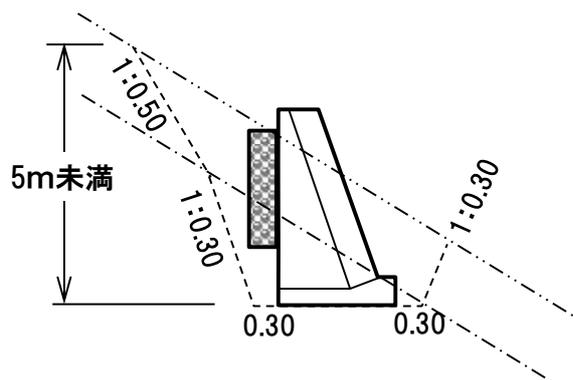
### ア) 土砂の場合



### イ) 岩盤の場合



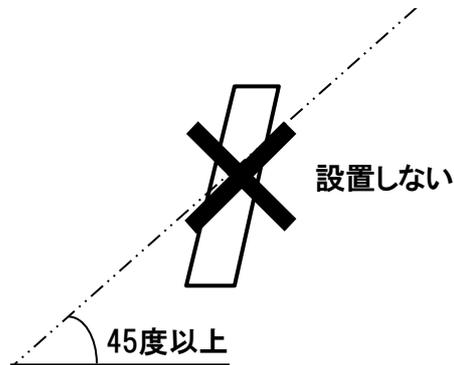
### ウ) 互層の場合



\* ) 軟岩 I B 以上の岩盤については、上流側余掘をしないものとする。

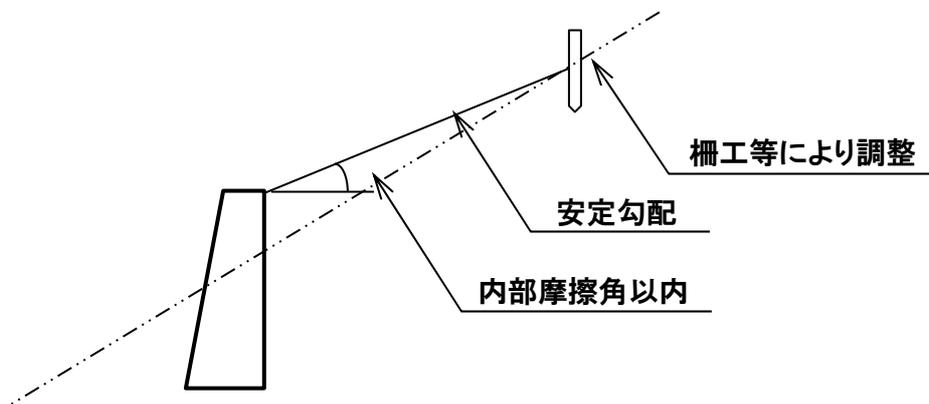
5 土留工の設置限界について

山腹地山の勾配が 45 度以上ある箇所については、原則として土留工の設置はしないこととする。



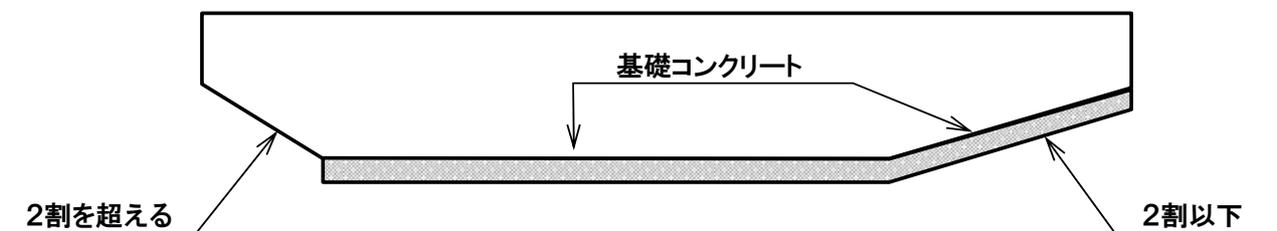
6 土留工の背面勾配について

土留工の背面勾配については、内部摩擦角以内とする。



7 土留工基礎コンクリートの設置について

土留工（ブロック積）の基礎コンクリートの設置については、基礎面の勾配が 2 割を超える場合については、基礎コンクリート部に横方向滑動が作用するため基礎コンクリートは設置しないものとする。



### 3-3-6 土留工の水抜き

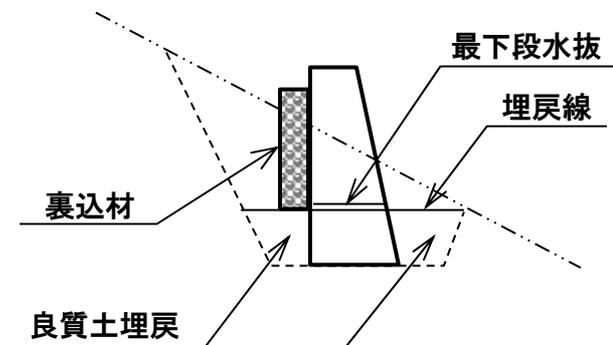
遮水型土留工の水抜きは、背面の浸透水等を排除するために、水抜きを設けるものとする。

#### 〔解説〕

- 1 コンクリート土留工、練積土留工等の遮水型の土留工は、背面に浸透水や地下水が滞水すると土留工背面に水圧が作用することから、原則として水抜きを設けて土留工背面の滞水を防止する。
- 2 水抜きは、土留工の背面から前面に向けて若干の下り勾配を付して設置するものとし、その内径は、原則として50～100mm程度のものを使用し、おおむね3㎡に1箇所以上設ける。  
なお、土留工設置箇所の現地条件から水抜きを設けることにより、渓流水等が逆流し、土留工背面の土砂を流出させるおそれがある場合には、水抜きに逆流防止対策を設けるものとする。
- 3 水抜きの効率的な排水と土砂等による目詰りを防止するため、一般に、背面に裏込めを設ける。

### 3-3-6 土留工の水抜き（細則）

- 1 水抜き最下段の位置は下図のとおりとする。



- 2 最下段の土留工等で渓流水等が逆流する恐れがある場合は、細則4-5護岸工の構造（細則）の5及び（図1）に準じることとする。

### 3-3-7 土留工の裏込め

遮水型土留工の裏込めは、土圧の均等化を図るとともに、背面の浸透水等を排水するために設けるものとする。

#### 〔解説〕

1 裏込めは、遮水型土留工の背面の土圧を分散させ安定性を高めるとともに、水抜きによる浸透水や地下水の効率的な排水と土砂等による目詰りを防止することを目的として設ける。

2 裏込めは、土留工の構造、背面の土質、湧水の状況等を考慮して、栗石、碎石、風化しにくい岩砕等の均質で透水性の良い材料をよく締め固めて用いることを標準とする。

ただし、土留工の背面が良質土で埋め戻され、土圧が土留工背面に均等に作用し、排水性も良いと判断される場合は設けなくてもよい。

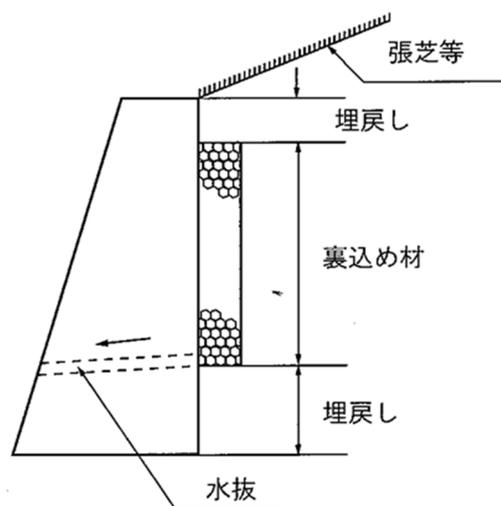


図-6 裏込めを用いる場合の模式図

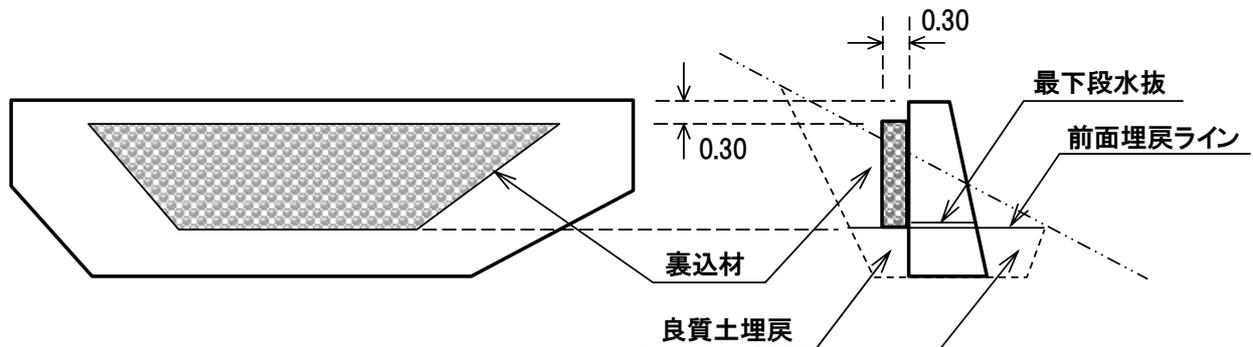
#### 〔参考〕裏込めの設置方法

裏込めは、土留工背面に作用する土圧の分散、浸透水等の排水、経済性、施工性を考慮して、骨材を用いる場合には、厚さ 30cm で等厚に設けることを標準とし、土留工の背面が、土圧の分散は図れるものの透水性が良好でない土砂により埋戻される場合は二次製品を用いることがある。

裏込めは、天端付近から最下段の水抜きの高さまでに設け、天端付近及び最下段の水抜きより下部を透水性の低い良質土で埋め戻すことを標準とする。

### 3-3-7 土留工の裏込め（細則）

裏込めは下図のとおり、最下段の水抜より上で天端より30 cm下の位置までとし、前面埋戻線の内側範囲に設けるものとする。



### 3-3-8 土留工の伸縮継目

土留工の伸縮継目は、コンクリート等のひび割れの軽減及び縁切りを目的として設けるものとする。

#### 〔解説〕

- 1 長大なコンクリート製の土留工（コンクリート、鉄筋コンクリート、練積等）にあつては、コンクリートの温度変化等によるひびわれ等を防ぐために伸縮継目を設けるものとする。  
また、延長の長い土留工に作用する背面土圧や基礎地盤は必ずしも一様でなく、不同沈下が発生したり、局部的に異常な土圧が作用し、土留工が変状することがある。このため、剛性の高い土留工の全体に変状を波及させないように、伸縮継目により縁切りを行うものとする。
- 2 伸縮継目は、原則として10m程度ごとに設けるものとするが、構造が極端に変化する場所や基礎地盤の支持力に著しい差がある場所にはそれらの境界にも設置することを考慮する。

### 3-3-8 土留工の伸縮継目（細則）

土留工の伸縮継目については、以下の場合に設置するものとする。

- 1) 20mを越える延長の土留工
- 2) 背面及び基礎の土質に変化が見られる地点
- 3) 屈曲部
- 4) 両側が堅固な岩盤の場合

### 3-3-9 コンクリート土留工

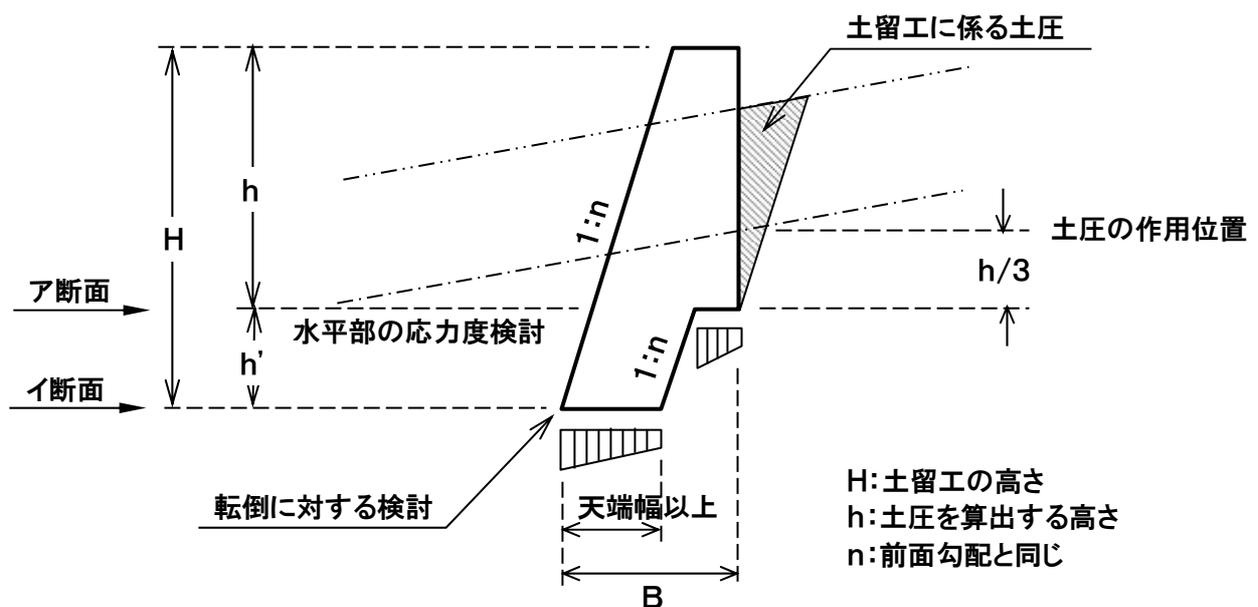
コンクリート土留工は、背面土圧、保全対象等を考慮して用いるものとする。

#### 〔解説〕

- 1 コンクリート土留工は、土留工の中でも最も耐久性の高い構造物であり、地盤支持力さえあればかなり自由な形状にすることができ、大きな土圧への対応も容易である。
- 2 コンクリート土留工は、主に次の場合に用いる。
  - (1) 大量の不安定土砂等を直接的に抑止することにより土留工背面の土圧が大きい場合
  - (2) 他の種別の土留工では落石等により土留工を構成する部材が破壊されるおそれがある場合
  - (3) 保全対象に近接していて長期にわたり強度を保持する必要がある場合
- 3 コンクリート土留工の構造は、原則として重力式とする。

### 3-3-9 コンクリート土留工（細則）

- 1 コンクリート土留工の設計にあたっては、以下の仕様を標準とし、個別に安定計算を行い断面を決定する
  - 1) 天端厚は 30cm 又は 50cm を標準とする。
  - 2) 表のり勾配は、3分を標準とする。
- 2 土留工の床掘部が堅固な岩盤（亀裂のない軟岩ⅠB以上）の場合において断面を節約する場合の安定性の検証については、以下のとおりとする。



- 1) ア断面における水平部の縁応力度を検証する。(谷止工のカットオフの安定計算参照)
- 2) ア断面におけるせん断応力度を検証する。(谷止工のカットオフの安定計算参照)
- 3) ア断面、イ断面それぞれにおいて滑動に対する検証をする。
- 4) ア断面、イ断面それぞれにおいて地盤反力に対する検証をする。  
(谷止工のカットオフの安定計算参照)
- 5) 転倒に対しては、最下部、最先端における転倒モーメントを求め、安定性を検討する。

### 3-3-10 鉄筋コンクリート土留工

鉄筋コンクリート土留工は、経済性を考慮して用いるものとする。

#### 〔解説〕

- 1 土留工は、その高さが高くなれば、壁面に作用する土圧も大きくなる。重力式コンクリート土留工の場合では断面が著しく大きくなることから、経済性を考慮して、鉄筋コンクリート土留工とすることがある。  
なお、設計に当たっては、コンクリート土留工と経済性について比較検討して決定しなければならない。
- 2 鉄筋コンクリート土留工は、原則として逆T式構造とする。逆T式構造の土留工は、縦壁と底版からなり、自重及びその土留工底版後趾上の埋戻土の重量と部材のせん断抵抗力によって外力に対して抵抗する構造である。
- 3 鉄筋コンクリート土留工は、壁体が総じて薄いため、落石等によって壁体が破損されやすいので、必要に応じて補強対策を計画する。

#### 〔参考〕鉄筋コンクリート土留工（逆T式構造）の安定計算

- 1 土留工底版後趾の後端部の鉛直線を仮想背面として設定して、土留工底版後趾上の埋戻土を躯体の一部と考えて、安定計算を実施する。
- 2 躯体の破壊に対する安定性の検討においては、次の項目について安定計算を実施する。
  - (1) 土留工縦壁は、土留工底版との接合部を固定端とする片持ばりとして、土圧の水平分力による等変分布加重を受けるものとして計算する。
  - (2) 土留工底版前趾は、土留工縦壁との接合部を固定端とする片持ばりとみなして計算する。  
また、土留工底版前趾に作用する外力は、上向きの地盤反力と下向きの土留工底版前趾の自重を考慮する。
  - (3) 土留工底版後趾は、土留工縦壁との接合部を固定端とする片持ばりとして計

算する。

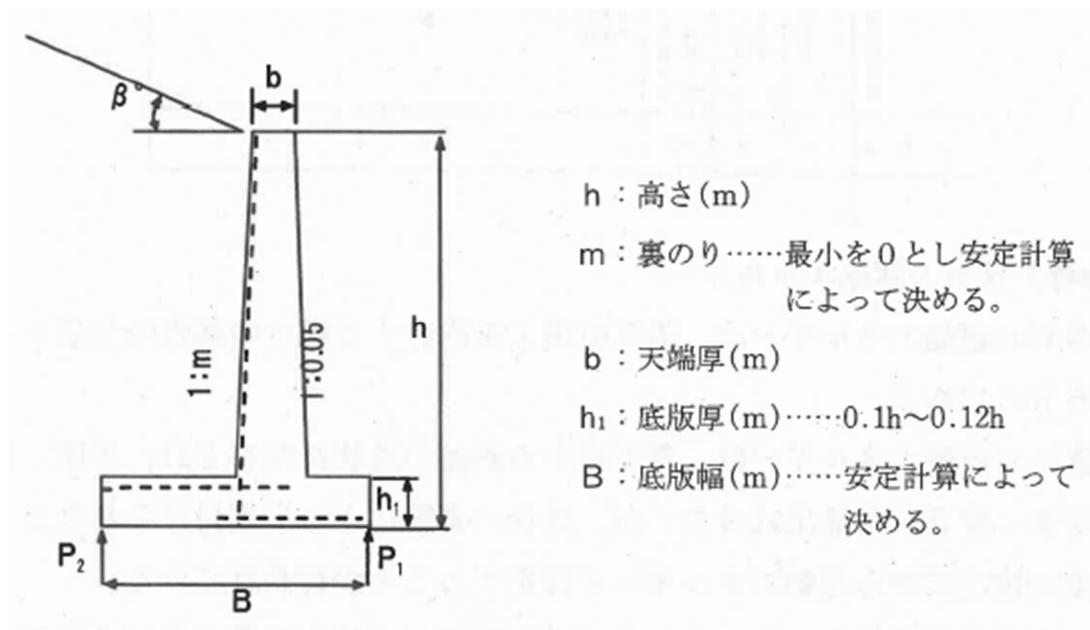


図-7 鉄筋コンクリート土留工（逆T式構造）の断面

### 3-3-10 鉄筋コンクリート土留工（細則）

- 1 鉄筋コンクリート土留工の土圧算出は、片持ばり式擁壁の土圧計算法により仮想背面を想定し試行くさび法により行なうものとする。
- 2 壁面摩擦角については、常時  $\delta = \phi$ 、地震時  $\delta = \phi/2$  とする。（道路橋示方書）

### 3-3-11 練積土留工及び空積土留工

練積土留工及び空積土留工は、背面土圧、基礎地盤の支持力を考慮して用いるものとする。

#### 〔解説〕

- 1 練積土留工は、地山に近接し、土留工背面に留める土砂量が少ない場合や地山に近接していないが重力式又は逆T式の土留工に比較して土留工背面に留める土砂量が少ない場合等に用いるものとする。
- 2 空積土留工は、土留工の背面土圧が著しく小さい場合に用いるものとする。
- 3 練積土留工等に使用する材料には、石材、コンクリートブロックがあり、近年は材料の入手が容易であることや経済的であることから、練積用コンクリートブ

ロックが多く用いられている。

また、現地において堅硬で、風化しにくい良質な石材が容易に採取できる場合には、経済性の観点から、現地で発生する転石等を有効活用する場合がある。

- 4 練積土留工は、地盤支持力、土留工背面の土質等を踏まえて安定計算を行う。空積土留工は、土圧が殆ど作用しない箇所を用いることが多いため、一般的、経験的に断面を決定しているものが多い。
- 5 地山に近接せず、土留工背面に一定の土砂を溜める必要がある場合の練積土留工は、裏込コンクリートの設置を含めて、重力式構造として安定性を検討するとともに、経済性についてコンクリート又は鉄筋コンクリートの土留工との比較検討を行う。

#### [参考]

地盤支持力が小さい箇所、地すべり地等で土留工全体が変形するおそれがある箇所には、異形ブロックの空積土留工を用いる場合がある。

この場合には、重力式土留工と同様の安定計算により安定性を確認する必要がある。

### 3-3-11 練積土留工、空積土留工（細則）

断面の設計にあたっては、以下の仕様を標準とし、個別に安定計算を行い断面を決定する

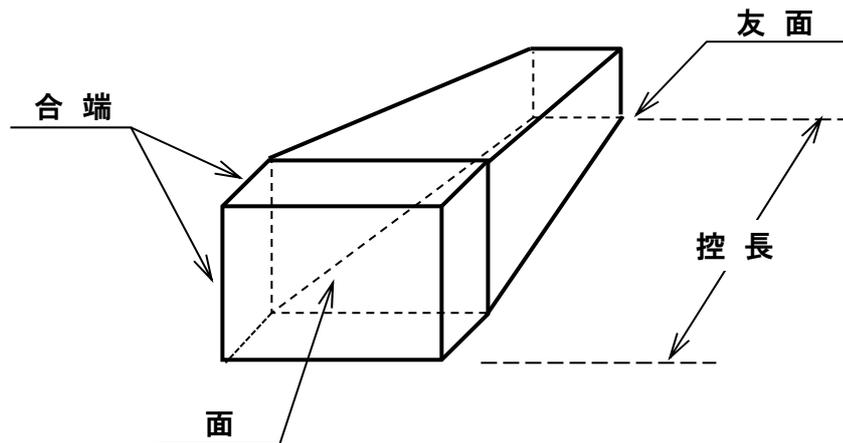
- 1 天端厚は 30cm 又は 50cm を標準とする。
- 2 表のり勾配は、3分を標準とする。

#### 1) 積石の材料

一般的には、品質が均一で材料の確保が容易なコンクリートブロックが多く用いられている。

##### ① 間知石

截頭四角錐体状で、面は矩形（通常長辺が短辺の 1.2 倍～1.5 倍）又は正方形であって、合端と友を造ったもの。控長は面の面積の平方根の 1.5 倍、合端は同じく 0.1 倍、友面の面積は面の面積の 1/16 を標準とする。



② 雑間知石

截頭四角錐体又は楔形状で面は矩形（通常長辺が短辺の 1.2 倍～1.5 倍）又は正方形のもの、控長は面の面積の平方根の 1.5 倍を標準とする。間知石との違いは友と合端を造らなくてもよい点である。

③ 雑割石

面をおおむね矩形（通常長辺が短辺の 1.2 倍～1.5 倍）又は正方形に荒割した石材で、控長は面の面積の平方根の 1.5 倍を標準とする。

④ 野面石

自然石又は、胴部分を荒割した石材で、一定の面をもたないもの。

### 3-3-12 枠土留工

枠土留工は、基礎地盤の支持力湧水等を考慮して用いるものとする。

〔解説〕

- 1 枠土留工は、枠内を粗石等で中詰した構造を持つ透水型土留工であり、強固な枠構造を持ち剛体と見なせる重力式構造のタイプと、水平荷重に対して主として中詰材のせん断抵抗力で対抗するセル式構造のタイプがある。
- 2 基礎地盤の変動に追随性のある枠土留工は、不同沈下等の変状が生じた場合、構造上許容する範囲において変形するので、基礎地盤が軟弱な場合や不規則な圧力を受けるような箇所に適している。また、透水性があるために、土留工背面の浸透水・地下水の排除が容易である。
- 3 中詰材料を現地で採取できる場合は、経済的利点があるほか、施工が容易であるため工期の短縮、省力化が図られる。

- 4 枠土留工は、鋼材、木材、コンクリート角材、鉄筋コンクリート角材等の材料を用いる種類があるが、それぞれの種別によって工法に特徴があり、その組み方も一様ではない。種別の選定に当たっては、土質、地形等の現地状況に最も適したものを選ぶことが必要である。
- 5 枠土留工の高さは、枠材料が鋼材である場合は 5m以下、枠材料が木材である場合は 3m以下を目安とする。
- 6 枠土留工は、基礎の不安定な場所に設置されることが多いことから、種別により枠材の強度や耐久性、土留工断面の規模や形状並びに単位体積重量について、安定計算により安定性を確認しなければならない。
- 7 枠土留工は、落石等によって枠材が破壊又は損傷した場合には、中詰材料の流亡により、土留工としての安定性を損なうおそれがあることから、必要に応じて落石等に対する対策を検討する。

### 3-3-12 枠土留工（細則）

- 1 枠土留工は、鋼材、木材、鉄筋コンクリート角材等の枠を組み立て、内部に玉石等を詰め込んで土留工とするもので、透水性に富、コンクリート土留工等と比較してフレキシブルであるため、地盤の比較的軟弱な箇所や、深い床堀ができない箇所、湧水の多い箇所等に使用する。
- 2 木材の枠を使用する場合においては、腐朽について十分留意し、植生によって斜面の安定が可能な箇所等において使用するものとする。
- 3 鉄線を枠にした簡易鋼製枠についても、枠土留工と同様とする。
- 4 中詰め材は、玉石、栗石等を使用するのが原則であるが、流水等の影響によって中詰め材が流出するおそれのない場合には、切込碎石等の粒径の小さな中詰めを用いることができる。  
なお、粒径の小さな中詰め材を使用する場合には、エキスバンドメタル等を張り付けて中詰め材の流出を防止するものとする。

### 3-3-13 鉄線かご土留工

鉄線かご土留工は、背面土圧、基礎地盤の支持力等を考慮して用いるものとする。

#### 〔解説〕

- 1 鉄線かご土留工は、土留工背面に溜まる土砂量が少ない場合、土留工背面に多量の湧水等のある場合、基礎地盤の支持力が低い場合、災害等の緊急的応急工事として施工する必要がある場合等に用いる。

- 2 鉄線かご土留工のかご部材は、鉄線であることから、コンクリート土留工等の部材に比べて耐久性及び強度が低いので、土留工背面の土砂の状況等を十分に考慮する必要がある。一般に、鉄線かご土留工の高さは、2m以下を目安とする。
- 3 鉄線かご土留工は、土留工背面に大きな土圧がかからない場合等に用いることとしているが、基礎地盤の状況や中詰材料によっては、安定性について確認する必要がある。
- 4 土留工に使用する鉄線かごは、蛇かご、ふとんかご、異形かご等があるが、設置目的及び現地の状況に応じて、最も適切なものを選択するものとする。  
一般的な鉄線かご土留工の構造は、図-8に示すとおりである。

〔参考〕鉄線かご土留工の詳細構造

- 1 鉄線かご土留工の鉄線の材質及び太さは、かご自体に加わる荷重、落石等の衝撃、腐食及び摩擦等を考慮して決定する。
- 2 鉄線かご土留工の止め杭及び心杭は、鉄線かごの各段を一体化し、地盤に固定させてその滑動を防止するものである。腐朽しにくい材料を使用するものとし、杭間隔及び杭長は、鉄線かごの規格に応じて、最も効果的になるよう決定する。
- 3 中詰材料は、原則として使用する鉄線かごの網目以上の径を有し、風化しにくく亀裂の少ないものを使用する。一般には径15~30cmのものが使用される。中詰材料の詰め方は、その空隙を極力小さくして、地盤の沈下、移動等に対する鉄線かごの抵抗力を増大させる必要がある。
- 4 岩屑やクラッシャーラン等を中詰材料として用いる必要がある場合には、鉄線かごの内側にさらに目の小さい網を張る二重鉄線かご等とすることとする。
- 5 枠式土留工及び鉄線かご土留工は、背面土砂等の吸出しを防止するため、背面、下面、側面に吸出し防止材を設置するものとする。

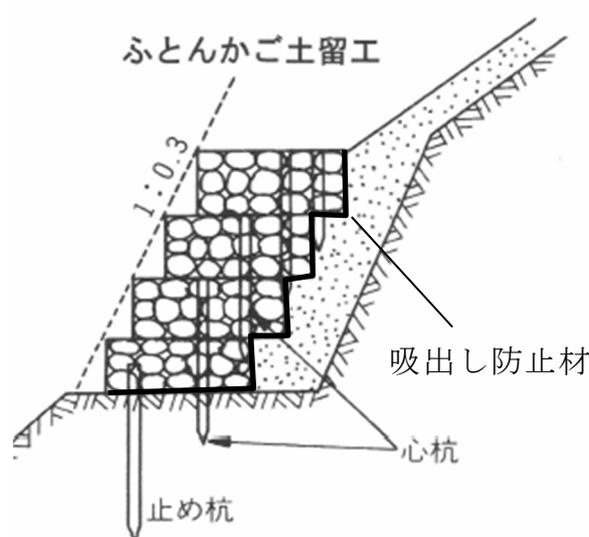


図-8 鉄線かご土留工の標準図

### 3-3-14 丸太積土留工

丸太積土留工は、背面土圧耐久性等を考慮して用いるものとする。

#### 〔解説〕

- 1 丸太積土留工は、背面土圧が小さい箇所で、高度な耐久性を要求しない場合等に用いるものとする。
- 2 丸太積土留工は、一般に間伐材等の丸太を骨格となる部材として使用し、丸太を組んだ中に、現地発生の土砂等を埋戻す土留工である。  
埋戻材料や土留工背面の土質条件等が良好で、丸太が腐朽するまでに土留工背面の土砂が植生等により安定することが期待できる場合に用いる。流出を抑えるため、カヤ株、ヤナギ挿し穂等により早期緑化を図ることが有効である。
- 3 丸太積土留工は、有機資材である間伐材等の丸太を骨格となる部材として使用することから、景観的な要素を含めて環境との適合性が高い。また、現地において土留工の骨格となる丸太資材や埋戻材料を得ることが可能な場合がある。
- 4 丸太積土留工は、丸太が腐朽した後も土留工背面の土砂の安定が保たれるように、高さをできるだけ低くする必要がある。一般に、丸太積土留工の高さは、1.5m以下を目安とする。

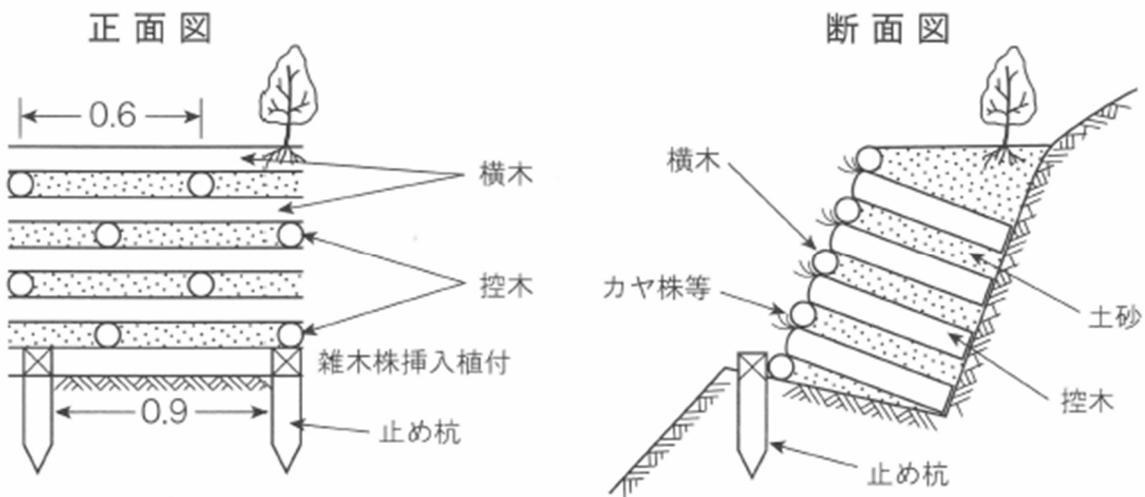


図-9 丸太積土留工の事例

### 3-3-14 丸太積土留工（細則）

- 1 丸太積土留工は、土圧が小さく、かつ土壌条件が良好で、丸太が腐朽するまでに植生によって斜面が安定するような場所に用いる。
- 2 丸太は、使用する場所の選定を誤ると、丸太の腐朽時に破壊する危険があるので、高さは1.0m以下を原則とする。

- 3 丸太の腐朽目安は、スギの場合 5.0～6.5 年、ヒノキの場合 7.0 年～8.5 年、アカマツの場合 5.0～6.5 年程度である。
- 4 防腐処理を行った場合の腐朽年数は無処理の約 3 倍～4 倍程度となる。  
採用にあたっては、保全対象や現場条件等を考慮し、耐久性を要する場合にあつては、防腐処理を行うこと。

### 3-4 埋設工

#### 3-4-1 埋設工の目的

埋設工は、土中に設ける構造物により、不安定土砂の安定化を目的とする。

##### 〔解説〕

崩土やのり切により発生する土砂が著しく多く堆積深が深い場合には、雨水や融雪水等により堆積土砂が水分を多く含んで流動化し、堅固な地盤との境界面で滑動や崩落を引き起こす危険がある。

埋設工は、土中に構造物を設けることによって、堆積土砂のせん断抵抗、摩擦抵抗を高めて、不安定土砂の安定化を図るために用いる。

#### 3-4-1 埋設工の目的（細則）

- 1 法切土砂又は堆積土砂等が厚く、滑動の恐れがある場合にせん断抵抗、摩擦抵抗を高めるように計画し、構造物については滑動滑り面より深く根入れを行なうこととする。

\* 埋設工は法切等によって生じた土砂が厚く堆積し、これらの土砂が内部崩壊等によって崩壊又は滑動する恐れがある場合に、堆積土砂のせん断抵抗、摩擦抵抗を高める目的で計画される。（森林土木ハンドブック第7版P823）

#### 3-4-2 埋設工の種別及び構造

埋設工は、堆積土砂の深さと基礎地盤の状況を考慮して種別を選定するとともに、適切な配置、高さを決定するものとする。

##### 〔解説〕

埋設工の種別は、土留工又は柵工に準ずるが、その標準的な適用は次のとおりである。なお、盛土と基礎地盤との境界面の排水のために、必要に応じて暗渠工を設置する。

### 1 編柵、丸太柵等の柵工タイプ

堆積土砂が比較的浅い場合に計画するもので、階段を切り付けて、階段ごとに柵工を設ける。階段は基礎地盤の全面に設け、踏面には3~5%の下り勾配を付けて排水を良くする。また、柵工の構造は、できるだけ堅固なものとする。

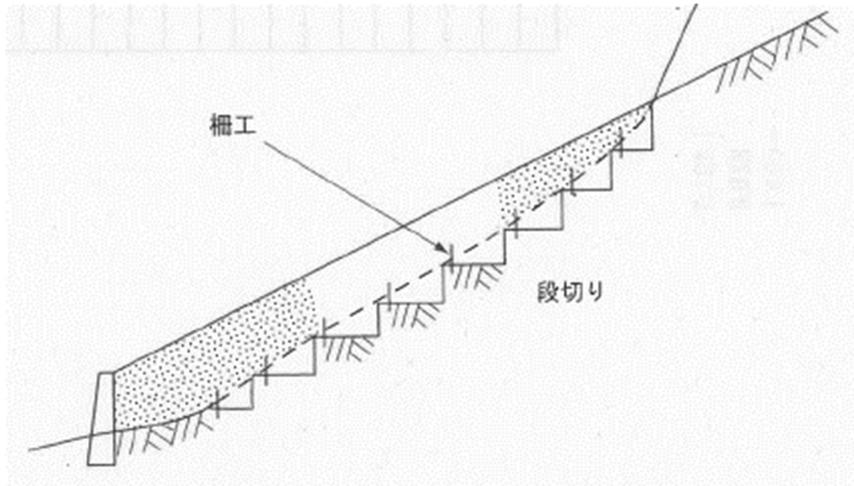


図-10 階段の切付け

### 2 蛇かご等の土留工タイプ

堆積土砂が比較的深い場合や、基礎地盤が軟弱で浸透水が多い場所に計画する。なお、蛇かごは、杭等で固定して滑動防止を図る。

### 3 コンクリート等の土留工タイプ

堆積土砂が深く、かつ堅固な基礎地盤が得られる場合に計画するもので、その構造は土留工に準ずる。

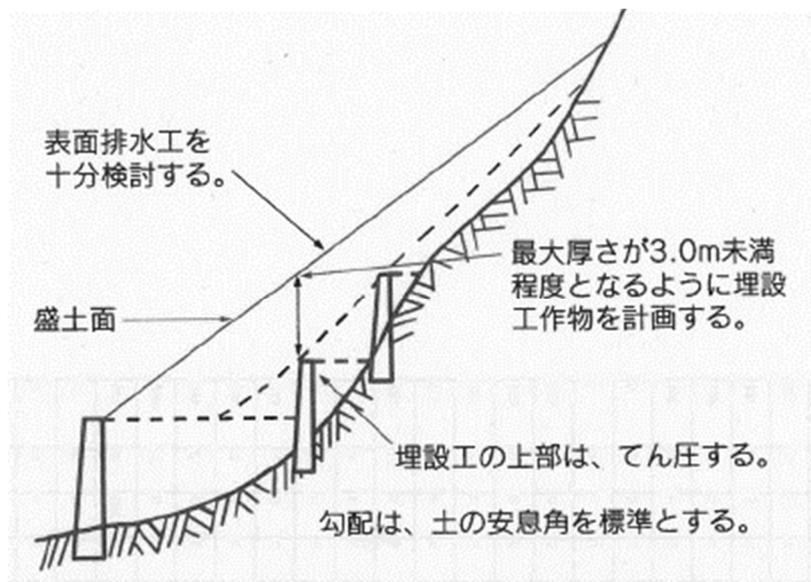


図-11 埋設工の模式図

### 3-4-2 埋設工の種別及び構造（細則）

#### 1 堆積土浅い場合

堆積土が浅い場合は、一般に埋設工は不要であるが、斜面が急勾配で、かつ堆積土と基盤面の土性が著しく不連続な場合は、基盤面に沿って堆積土が滑動するおそれがある。

その滑動を防止するには、基盤面に 1m 程度の階段を連続して切り付けて摩擦抵抗を高めるが、さらに必要であれば、階段上に丸太柵等を施工する。

#### 2 堆積土厚い場合

堆積土が厚いと沈下が起こったり、降雨等の際には含水のために土の強度が低下して、内部破壊による滑動を起こしたりする。

このような事態を防止するためには、土留工に準じた構造の埋設工を設置して、移動する堆積土砂の実質的な厚さを減少させることが必要である。

埋設工の高さ及び間隔は、堆積厚や土質に応じ臨界破壊生じないように計算によって求めるが、経験的には、埋設工の天端から堆積土表面までの厚さが 3m 程度以下になるようにし、間隔は、15m～20m 程度とする。

また、埋設工の上流部の土砂は転圧して強度を増やし、雨水等が容易に浸透しないよう表面排水工を併用するとともに、必要に応じ暗渠工を設ける。

### 3-5 水路工

#### 3-5-1 水路工の目的

水路工は、雨水、湧水等を集水・排水して、山腹斜面の表面侵食の防止及び浸透による土の粘着力の低下、間隙水圧の増大防止を目的とする。

#### 〔解説〕

1 裸地斜面においては、地表の浸透能が低く、雨水の多くは地表流となって流下して、表面侵食が発生し、リル・ガリーが発達する。また、浸透水は、土の粘着力を低下させ間隙水圧を増大させ、山腹斜面の崩壊を引き起こしやすい。

このため、水路工により、雨水、湧水等を集水・排水し、山腹斜面の表面侵食、土の粘着力の低下、間隙水圧の増大を防止する。また、必要に応じて、水路工に暗きょ工を併設し、雨水、湧水、浸透水を集水・排水して、山腹斜面における土砂の間隙水圧の増大を効果的に防止する。

2 水路工は、次のような場合等に設置する。

- (1) 山腹斜面に湧水がある場合
- (2) 山腹斜面周縁部から地表流が集中して山腹斜面に流入して流下する場合
- (3) 山腹斜面が凹地形をなし、地表流が集中して流下する場合
- (4) 山腹斜面の地質が地表流の侵食に弱い場合
- (5) 暗きょ工で地下水を地表へ導水し、流下させる場合

#### 3-5-1 水路工の目的（細則）

崩壊地は、雨水の浸透能力が極めて小さいため、降雨は直ちに地表流となるが、地表面の侵食抵抗が極めて弱いため容易に侵食され雨裂となり、工作物の破壊や、導入植生の流亡等が生じ山腹工の失敗となる。

そこで、降雨時の雨水や山腹区域内の湧水を安全にかつ、迅速に山腹区域外に排除することを目的とする。

### 3-5-2 水路工の種別

水路工の種別は、地形、土質条件、配置位置、集水量、使用材料の耐久性、施工性及び周囲の環境との調和等を考慮して、最も適切なものを選定するものとする。

#### 〔解説〕

- 1 水路工の種別は、現地の状況を十分調査し、かつ、諸条件を総合的に検討したうえで、決定しなければならない。  
 水路工の種別の選定に当たって留意すべき事項は、次のとおりである。
  - (1) 必要な通水断面が確保できること
  - (2) 必要な強度や耐久性が得られること
  - (3) 基礎地盤となじみが良いこと
  - (4) 施工性が優れていること
  - (5) 経済的であること
- 2 水路工の種別と適用箇所は、表-2のとおりである。種別の選定に当たっては、各種別の特性を考慮する必要がある。
  - (1) 張芝、土のうによる水路工は、水量が多く傾斜が急な箇所では破壊されやすいので不適當である。
  - (2) コルゲートは、部材が軽量であるため搬入等が容易であるが、土質によっては基礎地盤と馴染み難く、設置後浮き上がりやすいことから、基礎地盤に確実に取付けるよう留意する必要がある。
  - (3) コンクリートは、土圧などに対して最も安全であるが、急斜面での施工が困難であり、断面としても大きくなることから不経済になりやすい。小規模な崩壊地の水路工としては、一般に適切でない。
  - (4) 鉄筋コンクリート管類は、種々の断面があり、構造的にも堅牢で施工性もよく、山腹工には適するが、重量があるので急勾配の場合は、滑動に対する対策を十分検討する必要がある。

表-2 水路工の種別

種 別	適 用 箇 所
コ ン ク リ ー ト	流量の多い常水のある箇所 流量の多い幹線水路
練 張	流量の多い幹線水路 自然水路を固定する箇所
コ ル ゲ ー ト 管	地すべり地等フレキシブル性が求められる箇所
張 芝	緩勾配で常水はなく、流量は少なく、土砂の流送のない箇所で、芝の生育に適する土壌の箇所
土 の う	常水はなく、流量は少なく、土砂の流送のない箇所で、芝の生育に適する土壌の箇所

### 3-5-2 水路工の種別（細則）

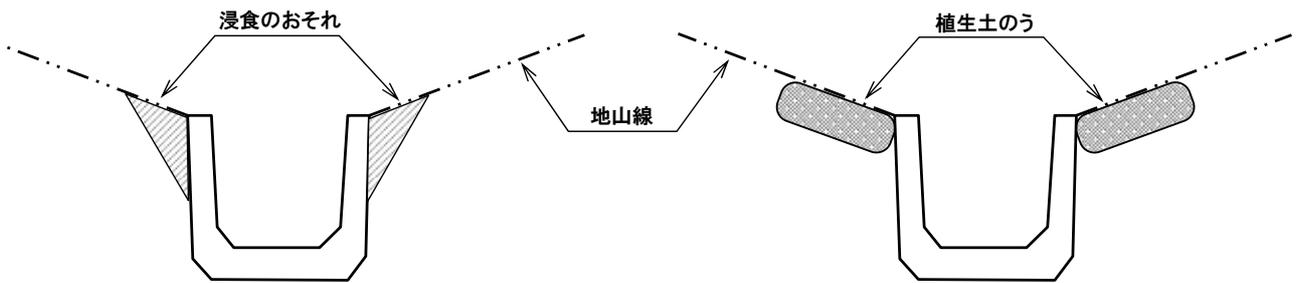
1 U字溝水路工の場合は、300×300を標準とする。

ただし、山腹施工面積が0.1ha以下の場合には、240×240とすることができる。

なお、U字溝等（コルゲート含む）と地山が接する箇所が、表面水により浸食されるおそれがある場合には、浸食防止のための土のうを併設することができる。

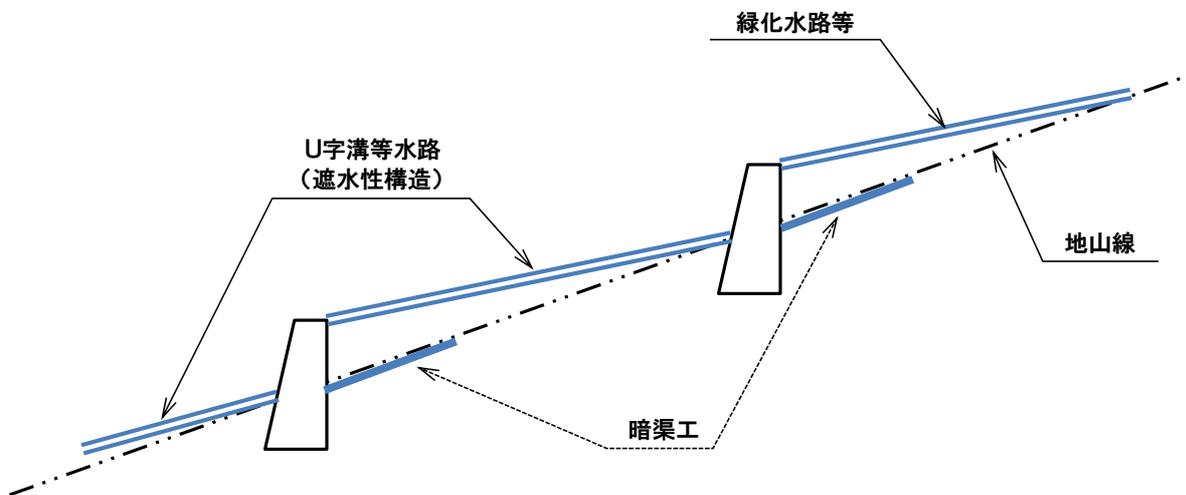
（図-1参照）

【図-1】



2 暗渠工と水路工を併設する場合には、最上部の暗渠工の設置箇所から下方に設置する水路工の種別は、U字溝等の遮水性構造とする。（図-2参照）

【図-2】



3 〔解説〕2の表-2（水路工の種別）のほか、現場の状況に応じ二次製品による緑化水路又はモルタル吹付水路とすることができる。

### 3-5-3 水路工の配置

水路工は、崩壊地内及びその周辺から崩壊地内に流入する地表流、湧水等を速やかに排水できるように配置しなければならない。

#### 〔解説〕

- 1 水路工は、崩壊地内及びその周辺から崩壊地内に流入し、崩壊地の拡大や侵食の原因となるおそれのある地表水等を効果的に集水できる位置に設ける。また、集水した地表水等を安全に排水できるように、法線と縦断勾配を検討して、水路網を整備する。
- 2 排水により下流に被害を及ぼすおそれがある場合には、流末処理を計画する。なお、必要に応じて他所管事業等との調整を図る。

### 3-5-3 水路工の配置（細則）

水路工の配置は、山腹工完成後の雨水の流下を予想してもっとも効果的な位置に配置するものとする。

又、幅の広い山腹工にあたっては、数列に分割した配置等も検討するものとする。

### 3-5-4 水路工の平面線形

水路工の平面線形は、凹部を結ぶ線形とし、上部から下部に向けて無理のない法線を設定するものとする。

#### 〔解説〕

- 1 水路工は、雨水等が斜面の最大傾斜方向へ流下して凹部に集まることから、凹部に設けることが原則である。
- 2 凹部を結ぶ平面線形は、直線とならないことが多いため、流下水の屈曲部での跳水やいっ水が生じないように、崩壊地の上部から下部にかけてできる限り、滑らかな線形となるように設定する。
- 3 水路工の合流点では、交角が鋭角になるように設定し、土留工、帯工、集水ます等によって支保する。
- 4 水路工の方向を変換するときには、流速を減勢させる必要があることから、集水ます等を設置する。
- 5 面積の大きな崩壊地等においては、横方向に設ける支線水路によって地表流を遮断し、表面侵食を防止する場合があるが、この場合でも原則的には上記 1～4 に準ずるものとする。

### 3-5-5 水路工の縦断線形

水路工の縦断線形は、極端な屈曲を避け、全体として無理のない線形を設定しなければならない。

#### 〔解説〕

- 1 水路工は、原則的には一定の勾配を保つようにする必要があるが、崩壊地形は、一般に上部から下部に向けて徐々に緩勾配になる場合が多く、その縦断形に沿った無理のない線形を設定しなければならない。
- 2 水路の勾配は極端に変化させると、その部分において土砂が堆積したり、跳水や、いっ水が生じて水路の破壊の原因になりやすいので留意しなければならない。
- 3 縦断勾配を変換するときは、土留工、帯工、集水ます等によって支保する。

### 3-5-5 水路工の縦断線形（細則）

- 1 1スパンの間で勾配の変化はさけること。
- 2 下流とすぐ上流の勾配の変化は勾配率で50%以内となるようにすること。  
(例) 下流60%・・・上流90%以下

### 3-5-6 水路工の通水断面

水路工の通水断面は、集水される最大流量を十分な余裕をもって、安全に排水できる断面としなければならない。

#### 〔解説〕

- 1 水路工の通水断面は、崩壊地周辺から崩壊地内に流入する地表流流入水も含めて、集水される最大流量を安全に排水できる断面としなければならない。また、崩壊地周縁部からの落葉、土砂等の堆積を考慮して、十分余裕のある断面としなければならない。
- 2 水路工の通水断面は、合理式から求めた最大流量から必要断面を求めることも可能であるが、集水した地表水の到達時間が極めて短いこと、急勾配水路の流速を求めることが困難であること等から、必ずしも適切な方法とはいえない。  
一般には、類似箇所の事例を参考に、現地の状況等から、経験的に通水断面を決める場合が多い。

### 3-5-6 水路工の通水断面（細則）

1 通水断面の決定に当っては、現地のガリーの深さや近接、類似する既設山腹工の水路通水断面を勘案し決定するものとする。

ただし、これにより難い場合は、以下により流量計算を行い、断面を決定することができる。

- 1) 最大洪水流量の算出 → 合理式
- 2) 到達時間 → 10分
- 3) 流出係数 → 山腹施工地内は草地とみなす
- 4) 集水区域 → 山腹に流入してくる範囲とする
- 5) 流速計算 → マンニング公式
- 6) 粗度係数 → 係数表参照

係数表 (森林土木ハンドブック P514・治山技術基準 7-6)

排水施設の種類		n	
素掘り	土	0.020～0.025	
	砂れき	0.025～0.040	
	岩盤	0.025～0.035	
現場施工	セメントモルタル	0.010～0.013	
	コンクリート	0.015～0.030	
	粗石	練積	0.015～0.030
		空積	0.025～0.035
工場製品	遠心力鉄筋コンクリート管	0.011～0.014	
	コンクリート管	0.013	
	コルゲートパイプ（1型）	0.024	
	コルゲートパイプ（2型）	0.033	
	コルゲートパイプ（ベーピングあり）	0.012	

※ U字溝は遠心力鉄筋コンクリート管と同様とする。

- 7) 降雨確率年数 → 100年
- 8) 安全率 → 1.2倍以上

\* 流量計算に当っては、土砂等の体積等による断面の減少を20%程度見込むものとする。

2 他所管施設との関連について

山腹工の水路工に接して他所管既設水路工等の施設がある場合、他所管施設も考慮し、通水断面の決定を行なう。

- 1) 山腹工の上流に他所管施設がある場合は、これらの施設にかかる集水区域を勘案し、流量計算を行なう。
- 2) 山腹工の下流に他所管施設がある場合は、これらの施設の通水断面等を確認するとともに、必要に応じ、落差工、集水柵等を計画する。

### 3-5-7 水路工の1スパンの長さ

水路工の1スパンの長さは、地形条件等を考慮して決定するものとする。  
また、水路工の延長を長くする必要がある場合は、帯工等を設けて、水路の滑動、沈下等を防止するものとする。

#### 〔解説〕

崩壊地は、一般に急傾斜で、基礎地盤の状態も良好でない場合が多い。したがって、水路の1スパンを長大にすると、水路自体の重量によって不同沈下や滑動が生じたりする。

このため、帯工等によって、1スパンの長さを規制する必要があるため、一般には斜長で20m程度が標準とされている。

### 3-5-7 水路工の1スパンの長さ（細則）

細則3-3-3の土留工の間隔に準じて決定する。

### 3-5-8 水路工の水路受け

水路工の水路受けは、土留工等により落差が生じる場合において、いっ水、跳水等による水路の破壊を防止するために設けるものとする。

#### 〔解説〕

1 崩壊地の復旧は、一般に土留工により山腹斜面の安定を図るとともに、水路工によって崩壊地内等の地表面流を排水して表土等の侵食を防止するなどにより行う。その際、土留工は水路工の支保となるが、水路工には土留工による段差が生じる。

また、水路工に勾配変換点、屈曲部、合流箇所を設ける場合には土留工を、それらの変化点としたり、必要に応じて帯工によって支保を行う。

土留工や帯工と水路工が交わる箇所では、水路の流下水の跳水や、いっ水等が生じて水路が破壊されやすい。

このような被害を防止するため、土留工等の下部に水路受けとして、水路受け口、水路受け槽、水路覆いを設ける。

2 水路工の水路受けの規模、構造は、水路の規模や構造、水路の勾配、水量に対応した適切なものでなければならない。

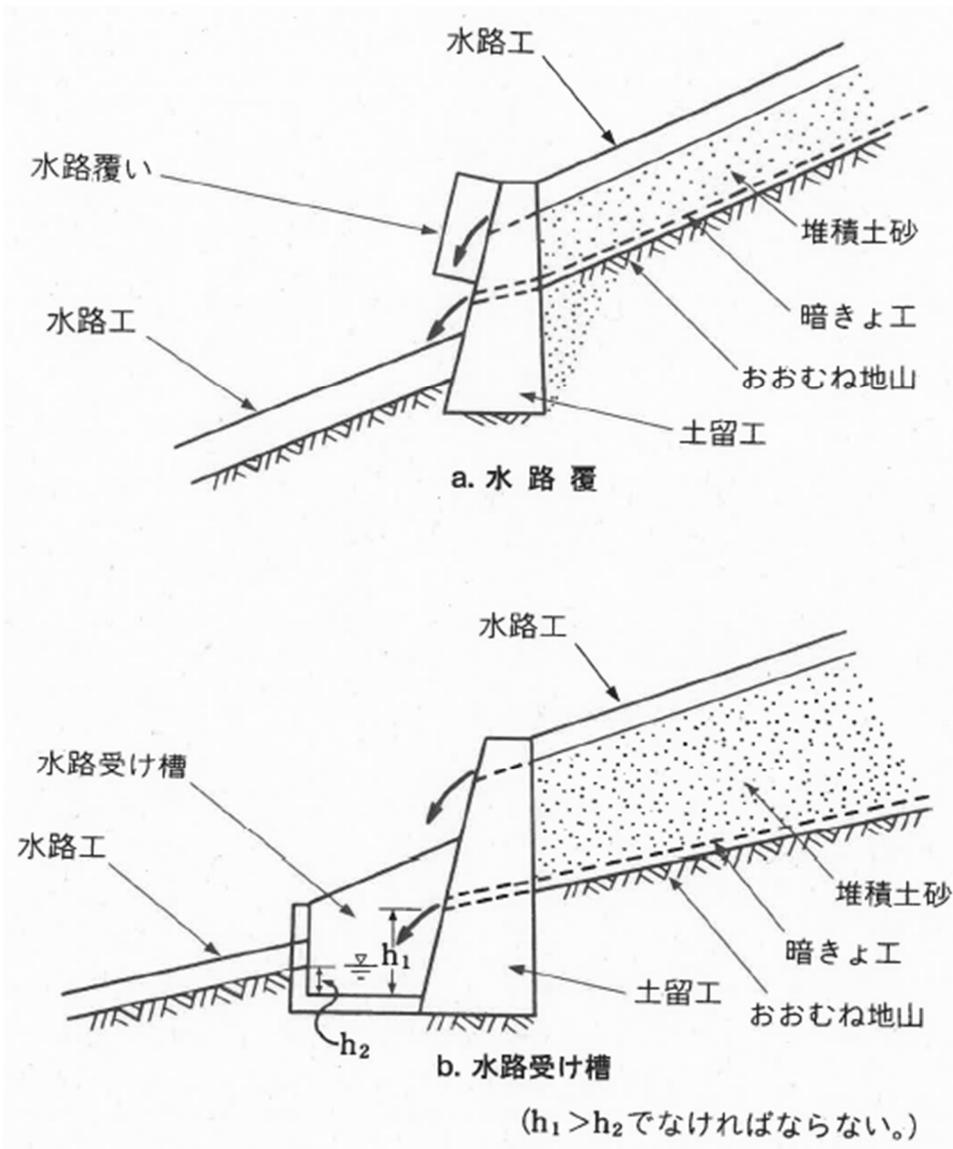
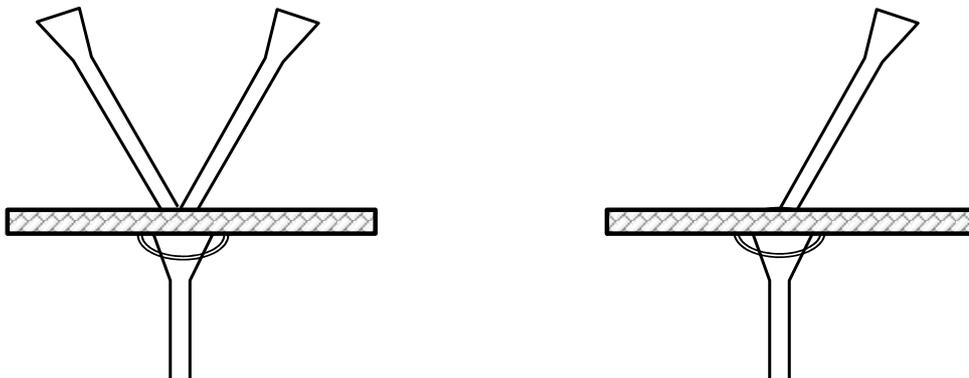


図-12 水路工の水路受けの例

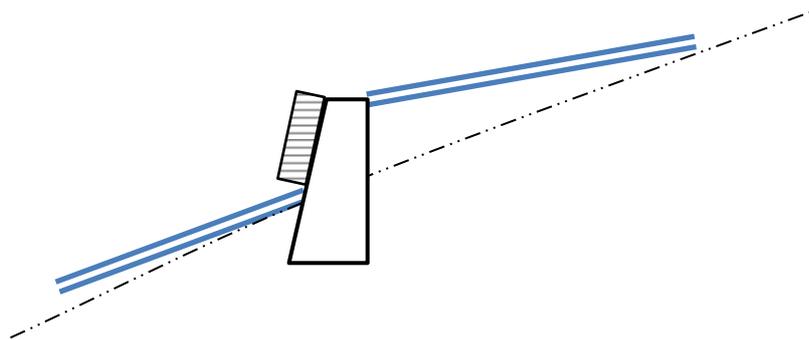
### 3-5-8 水路受け (細則)

1 次のような場合に水路覆いを設けるものとする。

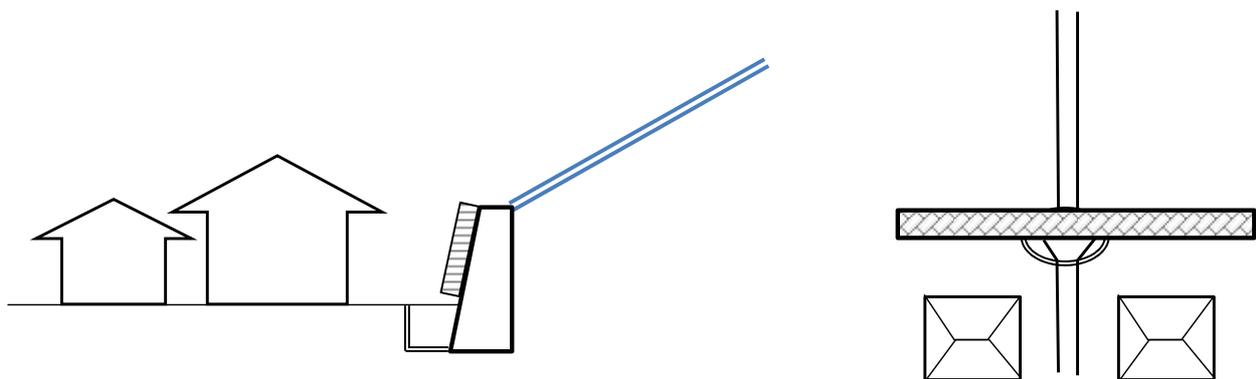
ア 水路の合流点、方向の変換点



イ 土留工の下部の斜面勾配が上部の斜面勾配より急な場合

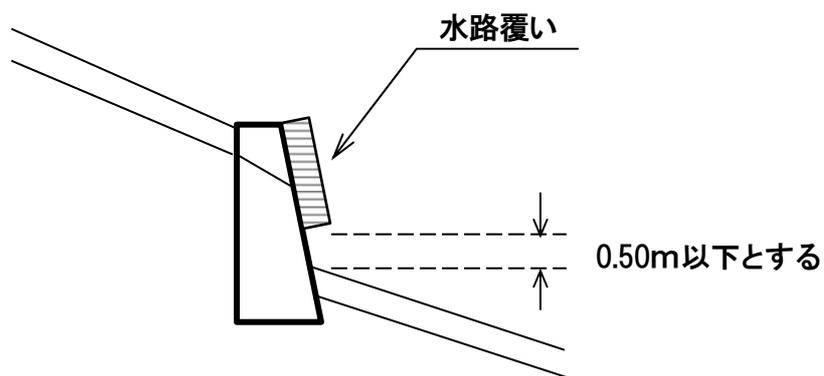


ウ 保全対象等が近接している場合



エ その他、現地の状況から跳水のおそれがある場合

2 水路工の水受部との段差が 0.50m 以下となるように水路覆いを設置するものとする。



### 3-6 暗きょ工

#### 3-6-1 暗きょ工の目的

暗きょ工は、地下水や浸透水を速やかに排除して、斜面の安定を図ることを目的とする。

##### 〔解説〕

- 1 地下水や浸透水は、土の粘着力を低下させるとともに、間隙水圧を増加させることから、山腹斜面を不安定化させる。暗きょ工は、地下水、浸透水を速やかに排除して、斜面の崩壊、流動化を防止することにより、山腹斜面の安定を図るために設ける。
- 2 暗きょ工は、一般に、堆積土砂が厚く、地下水や浸透水が多い箇所に設けられる。

#### 3-6-1 暗渠工の目的（細則）

山腹の崩壊現象のほとんどは水に起因するものである。このことより、水の処理を十分に行なえば崩壊は起きないということが言える。

よって、浸透水が不透水層に達する前に地表面に導くことを目的とする。

#### 3-6-2 暗きょ工の配置

暗きょ工は、地下水や浸透水を速やかに集水し、水路工に導くように配置しなければならない。

##### 〔解説〕

- 1 暗きょ工は、地下水や浸透水が集まりやすい箇所を選定して、効率的に集水し水路工へ導くことができるように配置しなければならない。なお、暗きょ工は、単独で用いる場合と水路工の下部に併設する場合があるが、いずれも末端は水路工等に接続する。
- 2 斜面整地により崩壊地内の凹部を埋め戻す場合は、水みちとなりやすい凹部の低い位置に暗きょ工を設ける。

#### 3-6-2 暗渠工の配置（細則）

- 1 雨裂の深い位置に配置する。
- 2 全体の集水ができるようにY字的に配置する。

### 3-6-3 暗きょ工の勾配

暗きょ工の勾配は、効果的に集水・排水できる勾配としなければならない。

#### 〔解説〕

暗きょ工の縦断形は、効果的に集水・排水を行うために、原則として地山の縦断勾配に合致させて、同一スパン内を一様な勾配とする。

なお、水路工の下部に併設する場合は、水路工の勾配に合わせることを標準とする。

### 3-6-3 暗きょ工の勾配（細則）

- 1 地山の縦断勾配に沿った勾配とする。
- 2 1スパンにおいて、勾配の変化は避ける。

### 3-6-4 暗きょ工の構造等

暗きょ工の構造等は、十分な集水・排水能力、耐久性、施工性を有し、土圧等に対して安定を保つものとする。

#### 〔解説〕

- 1 暗きょ工の構造及び使用材料は、排水すべき地下水や浸透水の量、斜面の土質、土の浸透能等を十分検討のうえ、求められる機能を発揮できるように、安定性、耐久性、施工性等を考慮して決定する。
- 2 暗きょ工は、集水した水が地中に再浸透しないように、底部を地山との境付近（不透水層となり易い位置）に設けるとともに、底面を漏水防止構造とすることが原則である。
- 3 暗きょ工の種別は、主要な使用材料により、礫、そだ、有孔管、鉄線かご等がある。
- 4 暗きょ工の標準的な種別・構造は、次のとおりである。
  - (1) 通常の土質で水の多い場合、比較的深い部分まで存在する水を排除する場合、礫暗きょ工など（図-13 参照）
  - (2) 比較的浅い部分の水を排除する場合、有孔管暗きょ工など（図-14 参照）
  - (3) 地すべり性崩壊地等、深い部分まで存在する水を排除する場合、鉄線かご暗きょ工など（図-15 参照）

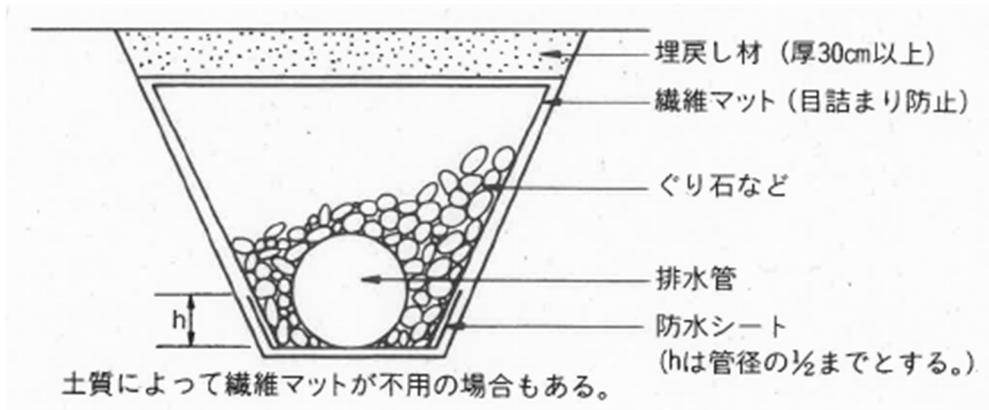


図-13 暗きょ工模式図 (1)

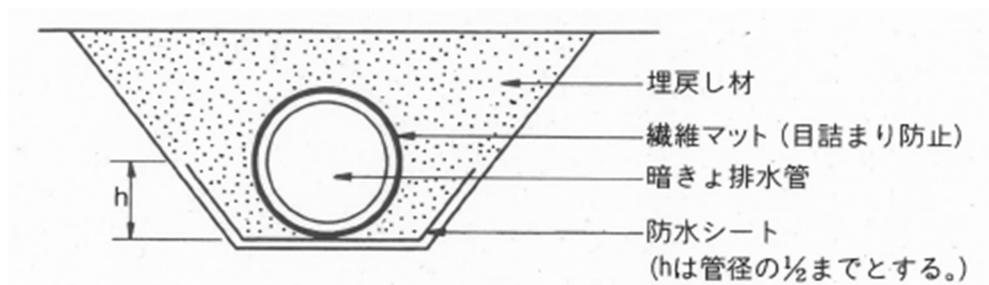


図-14 暗きょ工模式図 (2)

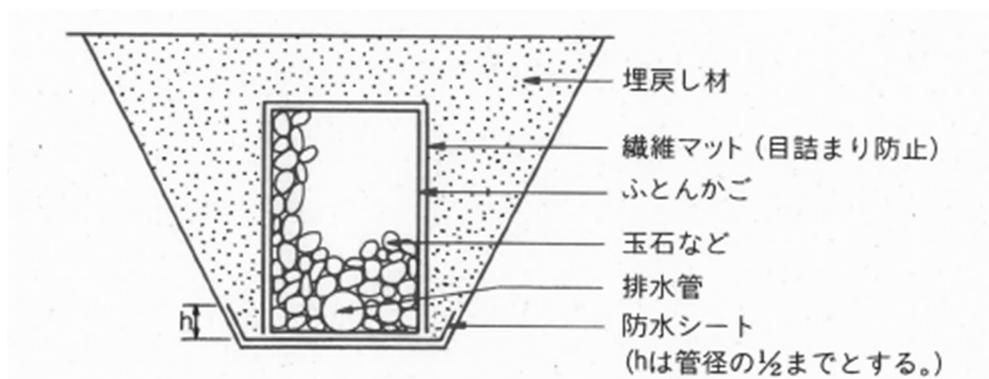


図-15 暗きょ工模式図 (3)

〔参考〕ボーリング暗きょ工

地中に埋め込んだ暗きょ工では堆積土砂内の地下水を十分に排除できない場合は、地表からのボーリングによって地下水を排除するボーリング暗きょ工を設置することがある。

ボーリング暗きょ工の詳細については、第4編「地すべり防止事業」第4章第3節3-6「ボーリング暗きょ工」に準ずる。

### 3-6-4 暗渠工の構造（細則）

可能な限り不透水層に暗渠工の底版を埋設するよう計画する。

### 3-6-5 暗きょ工の目詰まりの防止

暗きょ工が目詰まりするおそれのある場合は、目詰まり防止対策を行うものとする。

#### 〔解説〕

- 1 暗きょ工の排水能力及び耐久性を阻害する因子として、排水管の集水孔等に土砂が詰まる目詰まりがある。また、暗きょ工周辺の堆積土砂と暗きょ工内の透水係数の差の大きい場合は、水の流速が速くなるため、周囲の細粒土が水と一緒に暗きょ工内に流入し目詰まりが助長される。
- 2 暗きょ工の目詰まりを防止するために、排水管の回りに目詰まり防止材を設置する。目詰まり防止材としては、適当な透水性をもった砂、砂利や二次製品であるマット類を利用する。
- 3 目詰まりを防ぐ方法として、流入土砂を排水口まで流し出すために、暗きょ工の勾配を急にしたり、管径を大きくする等の方法がある。  
しかし、勾配を急にすると流速が速くなり、管径を大きくすることは地形、経済性などの制約があることから、一般的には目詰まり防止材を使用する。

### 3-6-5 暗きょ工の目詰まりの防止（細則）

暗きょ工は長期に渡りその効果を維持することが望ましいため、目詰まり防止について十分留意し、使用材料についても配慮したうえで決定する。

### 3-6-6 暗きょ工の1スパンの長さ

暗きょ工の1スパンの長さは、地形条件等を考慮して決定するものとする。

#### 〔解説〕

- 1 暗きょ工の1スパンの長さは、第3節3-5-7「水路工の1スパンの長さ」に準ずるものとし、斜長で20m程度を標準とする。
- 2 暗きょ工は、一本で長大区間を集水するよりも、適当に区間を区切って最短距離で表面に導くとともに、複数の暗きょ工をW型やY型に配置して効率的な集水が可能になるように計画する。

### 3-6-6 暗きょ工の1スパンの長さ（細則）

水路工に準じて行なうものとするが、土層の浅いものについては、水路工の1/2を標準として暗渠工の長さを決定する。

### 3-6-7 集水後の処理

暗きょ工で集水した水は、速やかに地表面へ導くものとする。

#### 〔解説〕

- 1 暗きょ工によって集めた地下水・浸透水は、再浸透のおそれがないようにできるだけ短い距離で水路工等へ導き、地表流として処理する必要がある。
- 2 地下水の水路工等への導水は、一般に土留工等の落差を利用し、そこに開口部を設けることによって行う（図-12 参照）。

### 3-6-7 集水後の処理（細則）

集水後の処理については、不透水性の水路工に導く等再度土中に浸透しないよう十分留意すること。

## 3-7 のり枠工

### 3-7-1 のり枠工の目的

のり枠工は、斜面に枠状の構造物を設置することにより、斜面の風化、侵食及び崩壊の防止を図ることを目的とする。

#### 〔解説〕

- 1 のり枠工は、斜面が著しく急な箇所、土質条件が著しく悪い箇所等に対して、格子枠状の構造物を設置するもので、斜面の風化、侵食及び崩壊の防止を図ることを目的としている。また、格子枠状の構造物により、植生の生育基盤となる客土等を保持して、緑化を容易とする。
- 2 のり枠工は、設置する目的によって大きく3つに分かれる。
  - (1) 斜面の保護を目的とするのり枠工  
枠で斜面を覆うことにより、斜面の風化、表面侵食を防止し、植生の生育基盤を保持するために設置するのり枠工で、斜面の安定が保たれている場合に用いる。枠は、安定性、施工性から必要最小限の断面として、枠が斜面からずり落ちないように、すべり止めのアンカーを用いる。
  - (2) 小崩壊等の防止を目的とするのり枠工  
枠で斜面を抑えて、のり肩の崩壊、抜け落ちなどの小崩壊、落石を防止する

ために設置するのり枠工で、斜面全体の安定は保たれているものの小崩壊等の危険性がある場合に用いる。枠は、小崩壊等に対して安定性を保つことのできる構造・断面とし、必要に応じてロックボルト（補強土工）を併用することにより、斜面との一体性を確保する。

(3) 斜面の崩壊防止を目的とするのり枠工

抑止力を持つグラウンドアンカー工と組み合わせて、斜面の崩壊を防止するために設置するのり枠工で、斜面に比較的深い崩壊が発生する危険性のある場合に用いる。枠は、アンカー力に対して安定した断面とする。

3 のり枠工は、斜面の全面を被覆する工法であるため、枠内に水が滞留し斜面に浸透すると、枠内の客土が崩落・流出したり、斜面の一部が崩落することがある。必要に応じて、枠内に水抜き等を設けるとともに、湧水箇所や地表流が流下しやすい箇所には、あらかじめ暗きょ工、水路工等を設置する。

4 のり枠工は、原則として、植生工と組み合わせて、草本類を主体とした植生を導入するものとする。枠内は、実播工等で緑化するものとするが、著しく急斜面で客土等を保持できない箇所など緑化が不可能な場合には、吹付モルタル等によって枠内を被覆して斜面を保護する。

### 3-7-1 のり枠工の目的（細則）

のり枠工設置の目的としては、大きく3つに分類できる。

- 1 のり面の土壌条件が不良で緑化が困難であり、土壌を改良しても勾配が急峻で移動の可能性がある場合
- 2 小崩壊や落石の恐れがある場合
- 3 のり面が不安定で崩壊の可能性がある場合

なお、現地盤に湧水がある場合には十分な排水対策を行った後にのり枠工を施工するものとする。

### 3-7-2 のり砕工の種別

のり砕工の種別は、その使用条件と目的によって適切なものを選定するものとする。

#### 〔解説〕

のり砕工の標準的な種別（主要な材料）は、次のとおりである。

- 1 プレキャストのり砕工（コンクリート二次製品）
- 2 現場打ちコンクリートのり砕工
- 3 吹付のり砕工（モルタル・コンクリート）

なお、軽量のり砕工については、簡易なものであるので第4節4-2-5「軽量のり砕工」において定める。

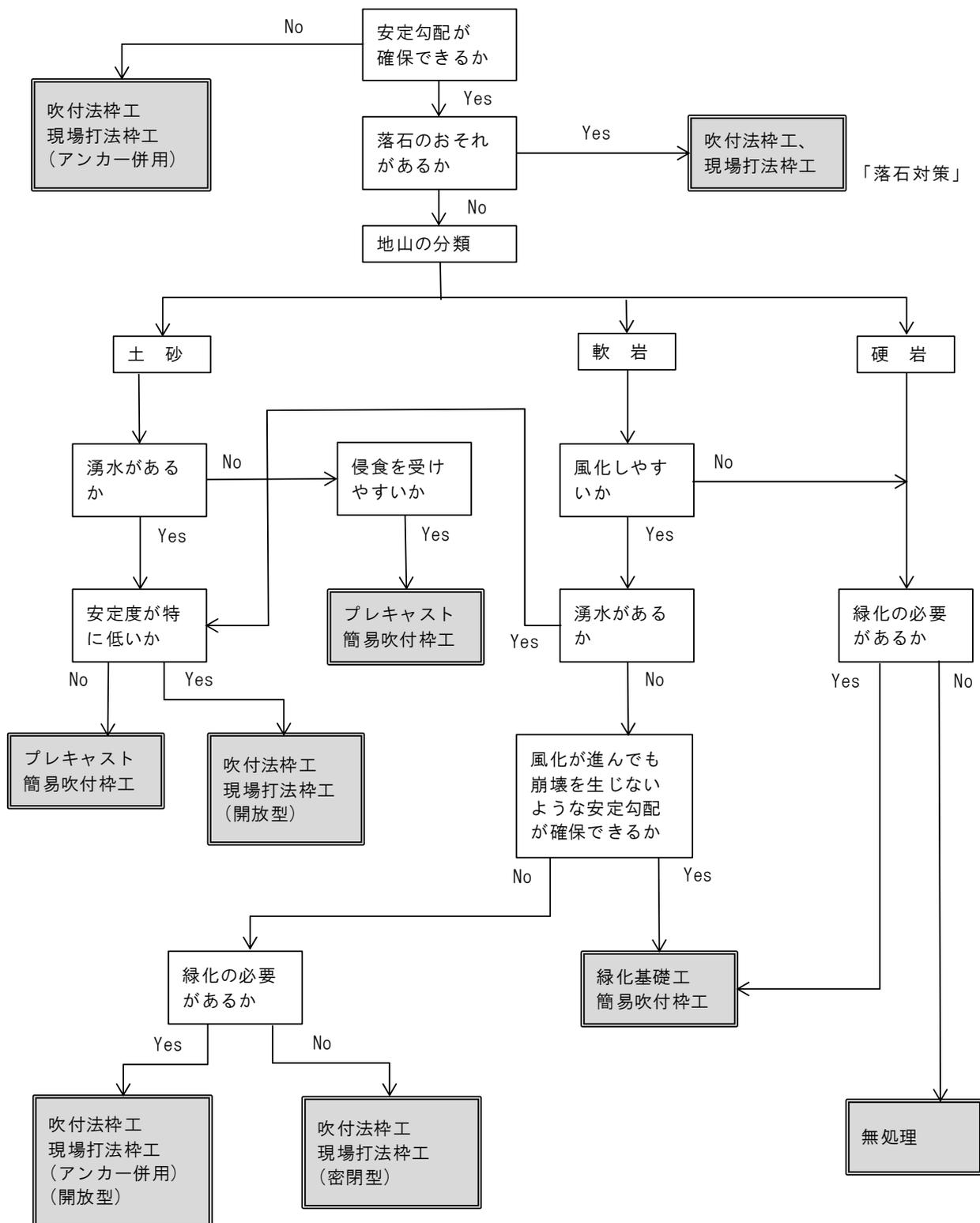
### 3-7-2 のり砕工の種別（細則）

#### 1 のり砕工の種別毎の特徴

のり砕工		施工方法	砕の材料	砕の形状	備 考
プレキャスト砕工	プレキャストコンクリート砕工	工場製品の砕の部材をのり面上で組み立てる工法	プレキャストコンクリート	格子、多角、円、その他	特殊な例として、砕接点の構造が強固で、もたれ擁壁に近い機能を持つものがある。
	軽量砕工（緑化基礎工）		鋼板	格子、多角	
			金網	格子、多角、円	
			プラスチック	格子、その他	
現場打ちコンクリート砕工		のり面に型砕を設置し、コンクリートポンプなどでコンクリートを打設する工法	コンクリート	格子	
吹付砕工		のり面に型砕を設置し、モルタルまたは、コンクリートで、吹付施工する工法	モルタルまたはコンクリート	格子	型砕としては金属がよく用いられるが、その他、地山に掘り込んだ溝を利用したり、鋼板や耐水性ダンボールあるいは発泡プラスチックなどを用いることもある。

2 のり砕工工種の選定に当っては、以下のフローチャートを参考として決定するものとする。

1) 切土のり面におけるのり面保護工選定フロー



(日本道路協会：道路土工一切土工・斜面安定工指針)

### 3-7-3 のり枠工の構造

#### 3-7-3-1 のり枠工の構造の決定

のり枠工の構造は、目的、現地の条件から、安定性、施工性等を考慮して決定するものとする。

#### 〔解説〕

のり枠の枠断面の大きさ、枠の間隔、基礎の有無は、目的、現地の条件によって安定性が異なるために、地質、法長、将来の風化等を勘案して決定する必要がある。

#### 〔参考〕 のり枠工の構造

のり枠工の構造は、一般的に、表-3の値が目安とされている。なお、崩壊防止を目的とするのり枠工は、鉄筋構造によってのり枠に作用する荷重に抵抗する。

表-3 枠の大きさ

目 的		枠断面の大きさ	枠の間隔
斜面の保護	風化・表面侵食の防止	100mm~200mm	1,000mm~1,200mm
	植生の緑化基盤保持		
崩壊の防止	小崩壊等の防止	300mm 以上 (安定計算による)	2,000mm 程度
	斜面崩壊の防止	500~600mm 程度 (安定計算による)	2,000mm 以上

※斜面崩壊の防止を目的とする場合には、のり枠自体が土圧に抵抗しない構造であることから、補強土工やアンカー工の併用を図るなどの配慮が必要である。

#### 3-7-3-1 のり枠工の構造の決定（細則）

のり枠工の枠断面の大きさ及び枠の間隔については、安定計算を実施し、断面及び間隔を決定することとする。

#### 3-7-3-2 のり枠工の安定性の検討

のり枠工は、想定される荷重に対して安定性を検討しなければならない。

#### 〔解説〕

斜面の崩壊の防止を目的とするのり枠工は、想定される斜面の移動土塊、自重、枠内の中詰材料の重量等の荷重に対して安定でなければならない。

## 【参考】のり枠工の安定計算

安定計算の方法には次のものがある。

### 1 のり肩からの小崩壊

- (1) のり肩からの崩壊で想定される土塊、縦枠と横枠の自重及び中詰材の重量を計算に用いる荷重とする。
- (2) 縦枠に作用する荷重は、上記荷重のすべり面方向の分力に現況安全率と計画安全率との差を乗じたものである。
- (3) 作用荷重は、すべり面方向に集中荷重として作用するものとし、作用位置は、土塊の長さの下から3分の1とする。
- (4) 枠断面の検討は次による。
  - ① 縦枠に垂直に作用する分力に対し、枠応力の検討を行う。
  - ② 縦枠とすべり面との交点を固定点とする片持ばりとして検討を行う。

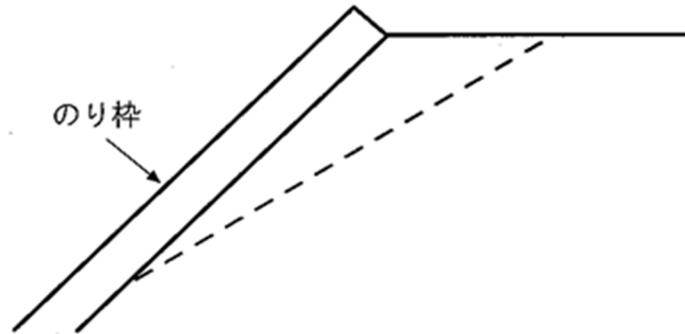


図-16 小崩壊（のり肩からの小崩壊）の場合

### 2 斜面中間の円弧状の小崩壊

- (1) のり面中間からの円弧地すべりで想定される土塊、縦枠と横枠の自重及び中詰材の重量を計算に用いる荷重とする。
- (2) 縦枠に作用する荷重は、上記荷重のすべり面方向の分力に現況安全率と計画安全率との差を乗じたものである。
- (3) 作用荷重は、縦枠とすべり面との交点ですべり面方向に作用する。
- (4) 枠断面の検討は次による。
  - ① 縦枠に垂直に作用する分力に対し、枠応力の検討を行う。
  - ② 枠の一部を単純ばりとし、作用分力をスパン中央で最大、交点で0となる三角形分布荷重に置き換えて検討する。

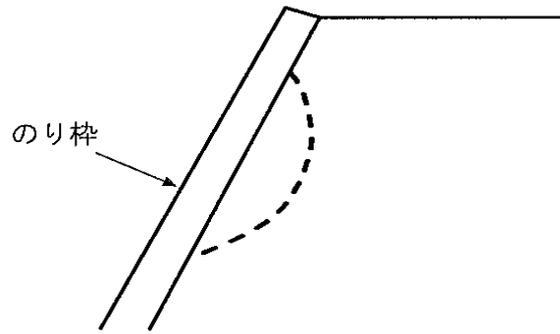


図-17 小崩壊（斜面中間の円弧状の小崩壊）の場合

### 3 斜面崩壊等

- (1) 円弧すべり、複合すべり、直線すべり等に対して、グラウンドアンカー工等と組み合わせて斜面安定を図る。
- (2) 想定すべりに対する斜面安定解析から、抑止力を求めて、安定性を検討する。
- (3) グラウンドアンカー工等は別途安定計算を行う。
- (4) 縦、横枠は、グラウンドアンカー等を中心とした片持ばり又は連続ばりとして計算する。

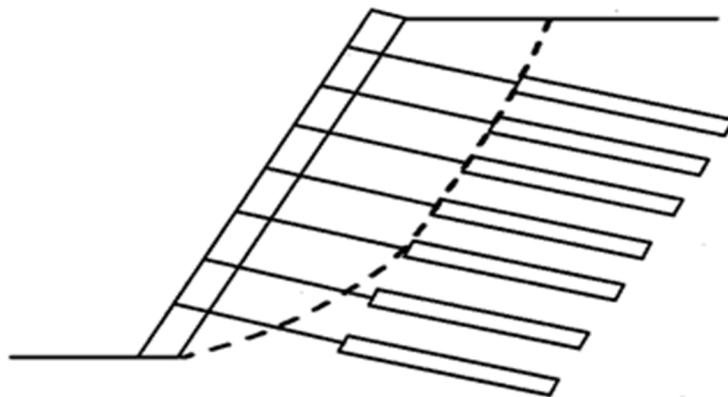


図-18 斜面崩壊の場合

#### 3-7-3-2 のり枠工の安定性の検討（細則）

- 1 法枠工の設計に当たっては、のり枠工の設計・施工指針（社団法人全国特定法面保護協会発行）及び「フリーフレーム工法設計、施工の手引き（フリーフレーム協会）」を参考とし、決定するものとする。
- 2 法枠工の設計に当たっては、次のとおり安定計算を行い、法枠の安全性及び施工斜面の安定性について検証を行う。
  - 1) 斜面の侵食を防止する目的で設計する場合  
法枠が斜面上において、滑動しないことを検証する。

2) 前記1)に加え斜面の表層崩壊の防止、又は表層の土砂の移動(滑落)を防止する目的で設計する場合

法枠工の背面において、発生が考えられる崩壊の規模を想定し土圧を算出する。この土圧に対し法枠工が安定であることを検証する。

### 3-7-4 プレキャストのり枠工

プレキャストのり枠工は、斜面が平滑で比較的緩傾斜であり、斜面の侵食防止、風化防止又は緑化の基礎とする場合に設けるものとする。

#### [解説]

- 1 プレキャストのり枠工は、二次製品のコンクリート等の部材を斜面に張りつけ、その内部に客土して緑化を図るものである。
- 2 プレキャストのり枠工は、枠材料の品質が安定しているが、部材同士の一体性が乏しいことから緩傾斜であること(1:1.0より緩いこと)、斜面が平滑であることが条件である。また、部材重量が大きい場合には、クレーン車類を利用できる場所があることが必要である。
- 3 プレキャストのり枠工は、使用箇所や目的によって、種々開発されているので、目的にあった適切な製品を選定する必要がある。

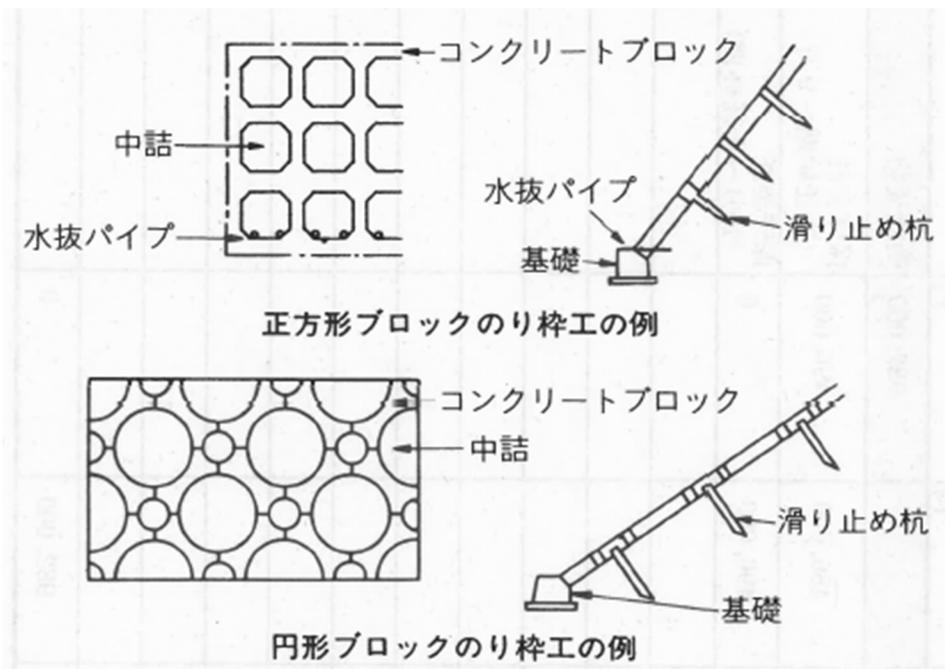


図-19 プレキャストのり枠工構造の例

### 3-7-4 プレキャストのり枠工(細則)

- 1 プレキャストのり枠工は、のり面表面の侵食防止や緑化を目的として設置される土砂、土のう、石材などを安定保持する目的で選定し、土圧などに対して抵抗しないものとする。

- 2 原則としてのり長 10m 以下になるように設計するものとし、これを超える場合は、小段を設置し上部応力が下部へ伝達されない構造とする。
- 3 枠のスパンと断面は中詰材料を十分に安定保持できるものとし、その強度は、上部からの応力（枠の自重と中詰材料を加えたものによる）に十分対応できる断面形状のものとする。  
なお、枠の材質は、施工後に歪を生じたり、変質したりするものであってはならない。
- 4 枠接点は、上部の荷重を確実に下部へ伝える構造とする。
- 5 基礎コンクリートは上部からの応力に対応できる構造とする。

### 3-7-5 現場打ちコンクリートのり枠工

現場打ちコンクリートのり枠工は、斜面の崩壊を防止する場合に設けるものとする。

#### 〔解説〕

- 1 現場打ちコンクリートのり枠工は、現地で格子状に型枠を組み立てて鉄筋を配置しコンクリートを打設してのり枠を造成するものである。かなり急な斜面にも施工が可能で、崩壊に対してある程度の抑止力が期待できるため、崩壊のおそれのある箇所に適している。必要に応じて、グラウンドアンカー工等を併用する。
- 2 枠断面は、安定計算によって求めるが、一般に、幅、高さとも 0.3m～0.6m、枠の間隔は 1m～5m である。格子の交点には、アンカーピンの打ち込み等を行い、枠を固定する。
- 3 現場打ちコンクリートのり枠工は、大断面の枠を現場打ちコンクリートにより造成して強度の大きいのり枠を形成することができるが、一般に部材が大きく作業が複雑であることから、施工性、経済性に難点がある。

### 3-7-5 現場打ちコンクリートのり枠工（細則）

- 1 現場打ちコンクリートのり枠工は、プレキャストのり枠工と同様の施工目的のほか、比較的整形が容易なのり面における小規模な崩壊などの防止を目的として選定し、土圧が作用する箇所に使用する場合には必ず設計計算を行うものとする。

### 3-7-6 吹付のり枠工

吹付のり枠工は、斜面の崩壊防止、風化防止、侵食防止又は、緑化の基礎とする場合に設けるものとする。

## 〔解説〕

- 1 吹付のり枠工は、斜面に組み立てた格子状の型枠に、吹付機械を利用して、コンクリート又はモルタルを圧送し吹き付け、のり枠を造成するものである。プレキャストのり枠工と異なり、斜面に起伏がある場合でも施工が可能であり、斜面への密着性も高い。
- 2 簡易吹付のり枠工は、型枠の使用に代えて簡易な組立枠を使用した配筋やクリップ金網等を設置し、地山にモルタル等を直接吹き付けてのり枠を形成するものである。

### 3-7-6 吹付のり枠工（細則）

- 1 吹付のり枠工（簡易吹付のり枠工を含む）は、プレキャストのり枠工と同様の施工目的のほか、整形の困難な凸凹の多い長大なり面や岩質のり面における小規模な崩壊や、薄い表層の崩壊の防止を目的として選定し、土圧が作用する箇所に使用する場合には原則として設計計算を行うものとする。

## 3-8 グラウンドアンカー工

### 3-8-1 グラウンドアンカー工の目的

グラウンドアンカー工は、アンカーにより、地すべり性崩壊、斜面の崩壊防止及び構造物の安定の確保を目的とする。

## 〔解説〕

- 1 グラウンドアンカー工は、山腹斜面が急で崩壊のおそれのある場合や、構造物の転倒等を防止する必要がある場合に崩壊等が想定される崩落土塊又は構造物に対してアンカーによって大きな引張力を与えることにより、斜面又は構造物の安定を保つ工法である。
- 2 斜面崩壊防止を目的とするグラウンドアンカー工にあつては、想定すべり面等の深さにより、のり枠工又は土留工等の断面を大きくして抵抗させるよりも、経済性、施工性がよい場合に用いる。

### 3-8-1 グラウンドアンカー工の目的（細則）

- 1 グラウンドアンカー工は、地すべり・地すべり性崩壊・斜面崩壊の防止、構造物の安定性の確保を目的とするが、経済性・安定性・施工性を十分考慮し、他工法を含めて比較検討すること。
- 2 地すべり対策以外でグラウンドアンカーを選定する必要がある場合は、「道路土工 切土工・斜面安定工指針」（社団法人日本道路協会）の切土法面におけるのり面保護工の選定フロー等を参照する。

### 3-8-2 グラウンドアンカー工の構造

グラウンドアンカー工は、地盤に引張力を伝達させるアンカーと構造物によって構成される。

#### 〔解説〕

- 1 グラウンドアンカーは、作用する引張力を想定される地盤に伝達させるもので、グラウト注入によって作られるアンカー体、引張部、アンカー頭部から構成される。
  - (1) アンカー体：引張部からの引張力を地盤との摩擦抵抗又は支圧抵抗によって地盤へ伝達する抵抗部分
  - (2) 引張部：アンカー頭部からの引張力をアンカー体に伝達する部分
  - (3) アンカー頭部：構造物からの力を引張力として引張部に伝達させるための部分

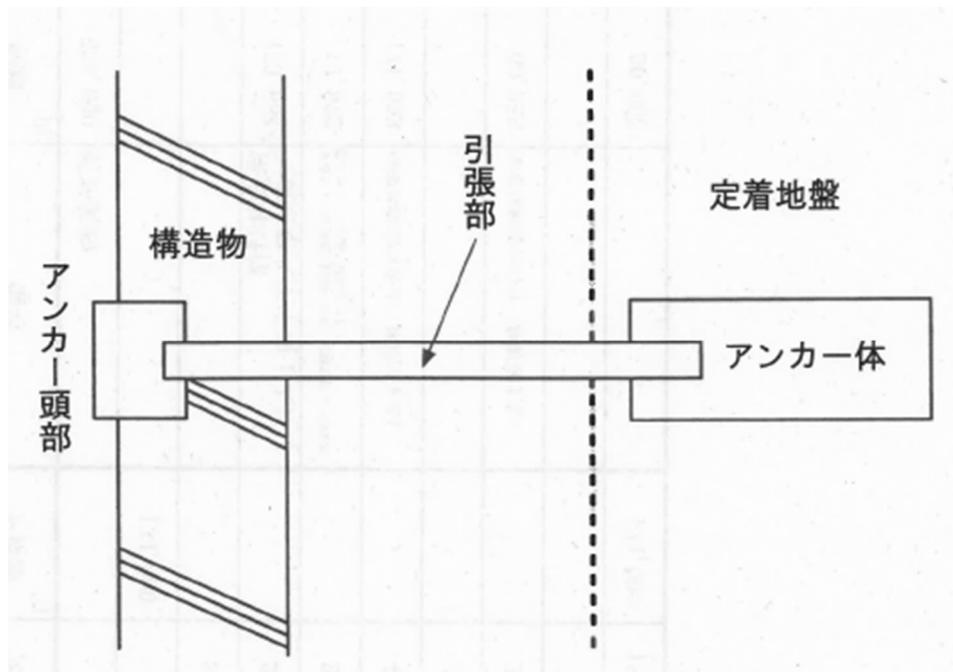


図-20 グラウンドアンカーの基本構造

- 2 グラウンドアンカー工は、引張力に抵抗できる受圧板、のり砕工、土留工等の構造物とアンカーを組み合わせる。傾斜が急な山腹斜面の崩壊防止を目的とする場合は、面的な抑止が可能なのり砕工と組み合わせる用いることが多い。
- 3 グラウンドアンカー工は、ボーリング機械等を使用して安定した定着地盤まで削孔した後、鋼棒、鋼線からなる引張材（テンドン）と定着体を挿入し、セメントペーストなどの注入材（グラウト）を注入してアンカー体を構築する。

また、アンカー頭部において、定着具を用いて引張材を構造物に固定する。  
なお、アンカー体を構築した後、防食及びゆるみ防止のために引張部にも注入

材を充填注入するが、引張材が地山に定着しない構造とする。

- 4 グラウンドアンカー工は、恒久的に斜面及び構造物の安定を図るものであり（永久アンカー）、原則として、引張材等が劣化しないように、防食及び防錆処理を行うとともに、維持管理を考慮して再緊張可能な構造とする。

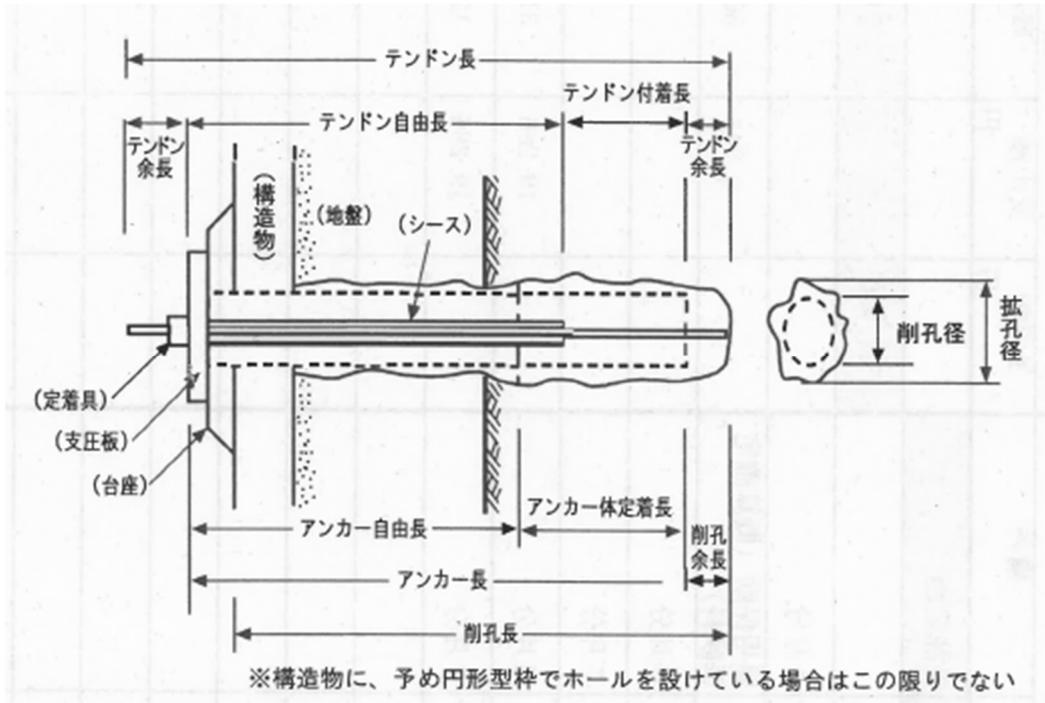


図-21 グラウンドアンカー工の基本構造

〔参考〕 グラウンドアンカーの基準

グラウンドアンカー工の種類や材料等に関する詳細については地盤工学会「グラウンドアンカー設計・施工基準」及び「同解説」に準ずるものとする。

3-8-2 グラウンドアンカー工の構造（細則）

支持方式、頭部定着方式、テンドンに用いられる材料などの組み合わせにより多数の製品が開発されているため、地盤状況・経済性等を考慮して選定する。

3-8-3 グラウンドアンカー工の配置、打設角度

グラウンドアンカー工は、目的に応じて、最も効果的な配置、打設角度を選定するものとする。

〔解説〕

- 1 斜面崩壊防止を目的とする場合は、原則としてグラウンドアンカーの打設角度を想定すべり面に対しておおむね垂直とし、等間隔となるように配列する。また、グラウンドアンカーの緊張力は、原則として設計アンカー力と同等とする。
- 2 グラウンドアンカーの効果には、次の2つがある。崩壊の危険性の高い斜面に

においては、一般に急勾配であることから、締め付け効果を期待することが多い。  
また、地すべりに対しては、引き止め効果を期待することが多い。

- (1) 締め付け効果：グラウンドアンカーの締め付けにより、すべり面における垂直応力を増加させて、せん断抵抗力を増大させる効果
- (2) 引き止め効果：グラウンドアンカーの引張力により、崩落する土塊の滑動力に対抗する効果

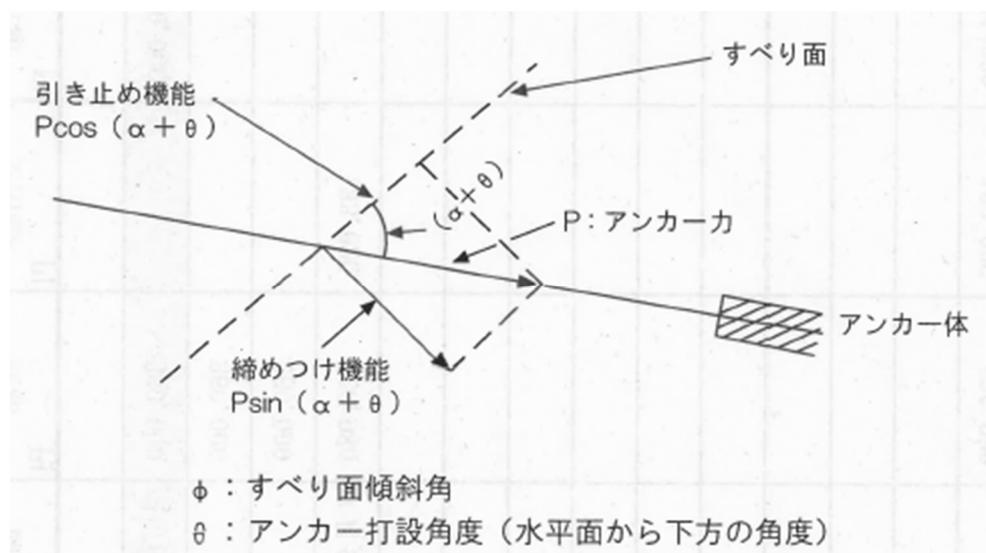


図-22 締め付け効果と引き止め効果

- 3 グラウンドアンカーを密に設置するとアンカーの効果が低下することがある (グループ効果) ので、アンカー体の設置間隔は、アンカー体の直径の 4 倍以上とすることが望ましい。
- 4 グラウンドアンカーに引き止め効果を期待する場合は、第 4 編第 4 章第 4 節「アンカー工」を参照する。

### 3-8-4 グラウンドアンカー工の安定性の検討

グラウンドアンカー工の計画に当たっては、想定される荷重に対する各部材、構造物の安定性を検討しなければならない。

#### 〔解説〕

- 1 グラウンドアンカー工の計画に当たっては、斜面安定解析から求めた抑止力によって、アンカー体、引張材、構造物等の安定性を検討しなければならない。
- 2 グラウンドアンカー工の安定性については、アンカー体の定着する地盤の良否が重要なことから、地質調査、試験等を実施して十分に検討する。また、施工時においても、設計条件に合致するかどうかを引抜き試験等によって確認する。
- 3 グラウンドアンカーの長さは、経験的に、アンカー自由長が 4m 以上、アンカー一体定着長が 3m～10m を標準とする。

### 3-9 補強土工

補強土工は、土中に補強材を挿入して、地山斜面の安定性を向上させることを目的とする。

#### 〔解説〕

- 1 補強土工は、自然斜面等にロックボルト等の補強材を挿入して、斜面の安定性を向上させる工法（鉄筋挿入工法）である。
- 2 補強土工（鉄筋挿入工法）は、補強材（頭部を含む）が、斜面の変形に伴って受動的に引張り、せん断、曲げ等の抵抗力を発揮し、地盤の変形を拘束することにより、地山斜面の安定性を向上させる工法である。そのため、非常に小さな変形しか許容されない場合には適用が難しいことから、現地の状況、保全対象との関連を十分検討する必要がある。

#### 〔参考〕補強土工の種類

補強土工には、補強材の頭部をワイヤロープ等で連結し、固定工と組み合わせて樹木の伐採を最小限に押さえつつ、落石も含めた斜面安定を図る種類やのり砕工等と組み合わせて用いる種類がある。

さらに、のり面全体を高強度の金網で覆い、土塊・転石の抜け落ちを防止するタイプのものもある。

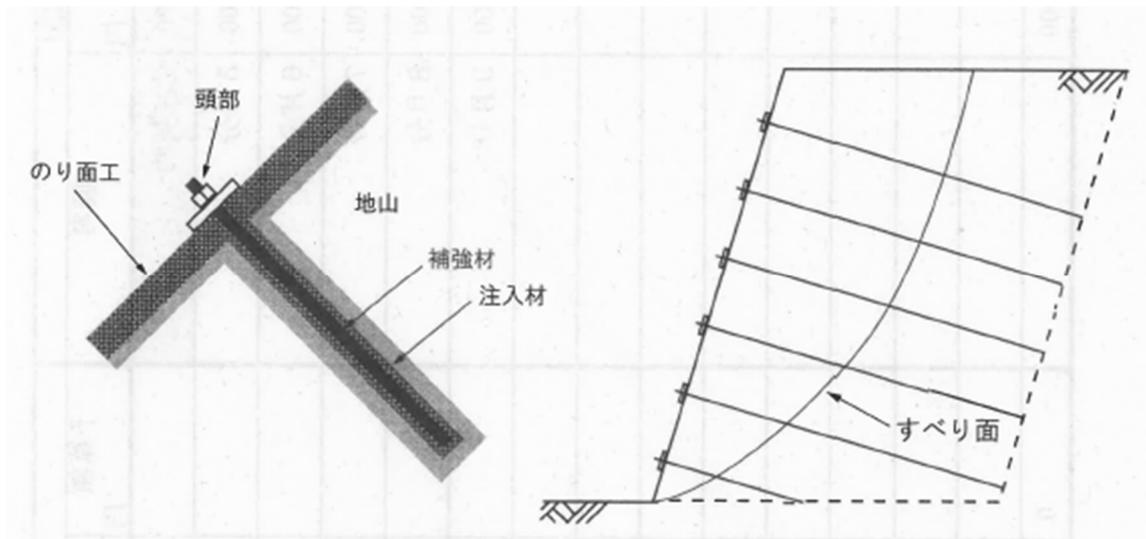


図-23 補強土工の例

#### 〔参考〕補強土工の設計

比較的すべり面が浅い斜面に対する補強土工の効果は、経験的にその効果が確認されており、複数の工法が提案されているが、統一的な設計方法は確立されていない。

主として引張抵抗力を期待する補強材（ロックボルト）を用いる補強土工は、補強材の長さが一般的に2m～5m程度であるものが多く、安定計算はグラウンドアン

カー工に準じて行われることが多いが、グラウンドアンカー工とは異なり、設計上において緊張力を考慮しない。

#### 〔参考〕地震対策としての補強土工

極めて大きな地震動を受けた際に、多少の斜面の変形は許すものの、表層崩壊に至らないことを目標とした補強土工も開発されている。

#### 〔参考〕ロックボルト

ロックボルトとは、トンネル掘削や岩盤切取に際して、岩盤の崩落を防ぐための支保に用いられる鋼製ロッドである。ロックボルトを用いた補強土工は、地山斜面に掘削した孔内にロックボルトを挿入し、グラウト注入、ナット締付けにより地山とロックボルトを一体化させて地山の変形を拘束することにより地山斜面の崩壊を防止する。大きな抑止力を期待してアンカー体に緊張力をかけることを前提としたグラウンドアンカーとは異なって、一般には緊張力をかけない構造となっており、グラウト注入は、挿入されたロックボルトの全面が定着するように行われる。

なお、軟弱な地盤にも対応できるように、削孔機械のロッドを兼ねた自穿孔型のロックボルトも開発されるなど、近年は、土砂斜面の補強を行う鉄筋挿入工法として用いられるようになってきた。

### 3-9 補強土工（細則）

- 1 鉄筋挿入工は、比較的小規模な崩壊防止、急勾配の法面の補強等を目的とするが、経済性、安全性、施工性を十分考慮し、他工法も含めて比較検討すること。
- 2 鉄筋挿入工は、予想される崩壊の厚さが3 m程度以下の場合に適用することを標準とする。3 m以上の場合は、安定性の確認及び他工法と比較検討したうえで、合理的な理由がある場合に適用できるものとする。
- 3 鉄筋挿入工を採用する場合は、原則として安定計算を行うものとする。
- 4 詳細については、「地山補強土工法 設計・施工マニュアル」（地盤工学会）等を参照する。

### 3-10 張 工

#### 3-10-1 張工の目的

張工は、コンクリート等により斜面を被覆し、斜面の風化及び侵食、小規模な崩壊等を防止することを目的とする。

#### 〔解説〕

- 1 張工は、亀裂の多い岩盤や著しく脆弱な地層等が露出した斜面において安定した植生の成立が困難な場合に、斜面の岩盤や地層等の風化、侵食及び軽微な剥離、

小規模な崩壊等を防止することを目的として、コンクリート、石材等によって斜面の岩盤や地層等を被覆する工法である。

2 張工は、植生の導入を行わない工法であるため、施工範囲をなるべく限定的な区域に止める必要がある。

### 3-10-1 張工の目的（細則）

張工は、比較的勾配の急な岩盤斜面における剥離崩壊を防止するために用い、土圧は考慮されていない。そのため、地山がある程度安定していることが条件となる。

### 3-10-2 張工の種別

張工の種別は、目的、現地の状況等を考慮して、最も適切な種別を選定するものとする。

#### 〔解説〕

張工の標準的な種別は、空張工、練張工、コンクリートブロック張工、コンクリート張工、鉄筋コンクリート張工で、その内容は以下のとおりである。

#### 1 空張工

湧水等により斜面の表土が侵食されるおそれがある場合等で、斜面勾配が緩く、かつ、斜面長も短く高さも低い場合に計画する。

直高は、原則として3m以下とする。

#### 2 練張工、コンクリートブロック張工

崩壊が発生するおそれのある斜面勾配が1:1.0より緩い斜面に計画する。

直高は、原則として5m以内とする。

#### 3 コンクリート張工、鉄筋コンクリート張工

急斜面で亀裂や節理の多い岩盤において、崩落等を防止する必要がある場合に岩盤に直接コンクリートを打設するものである。

斜面勾配が1:1.0程度であればコンクリート張工、1:0.5程度であれば鉄筋コンクリート張工を計画する。

直高は、原則として20m程度とする。また、多段の場合は1段の高さを15m以下とし、1m程度の幅の小段を設けて次の段を張ることとする。

なお、直高が5m以上の場合には適切な基礎工を設けることとする。

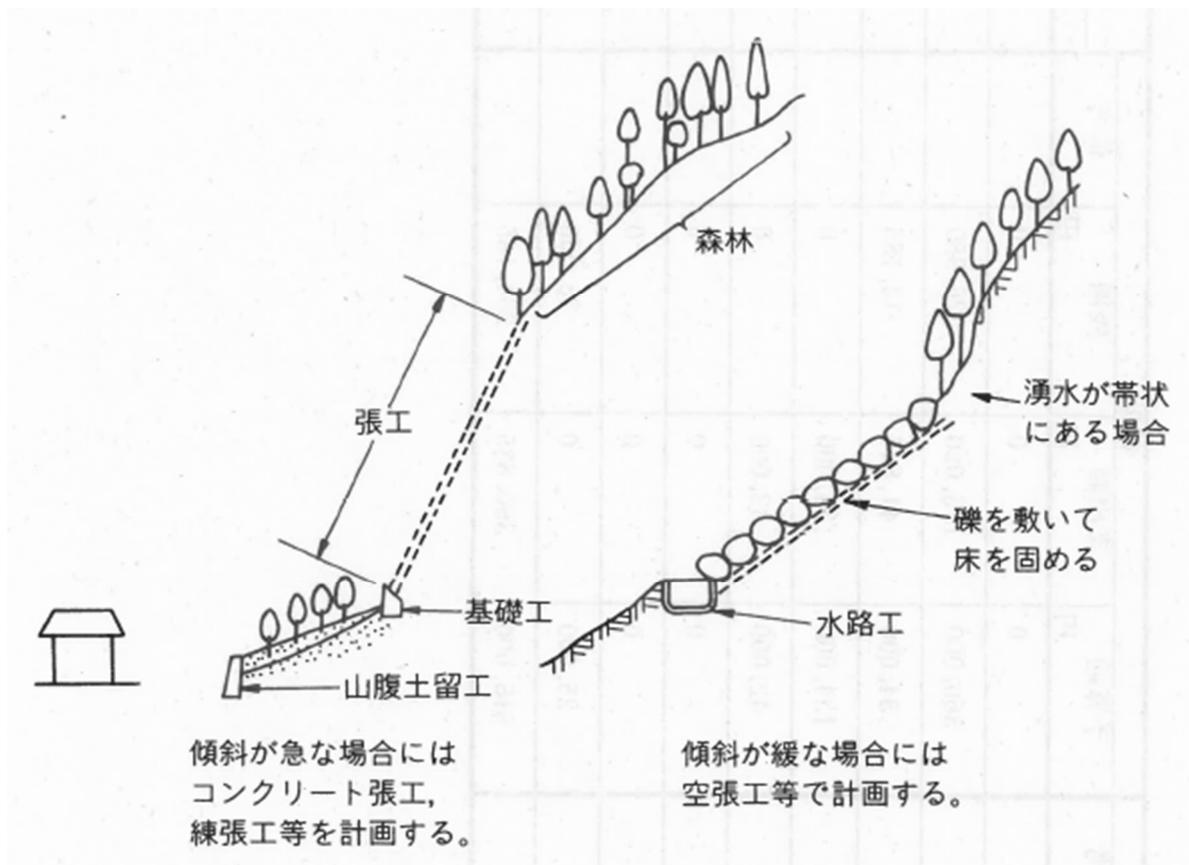
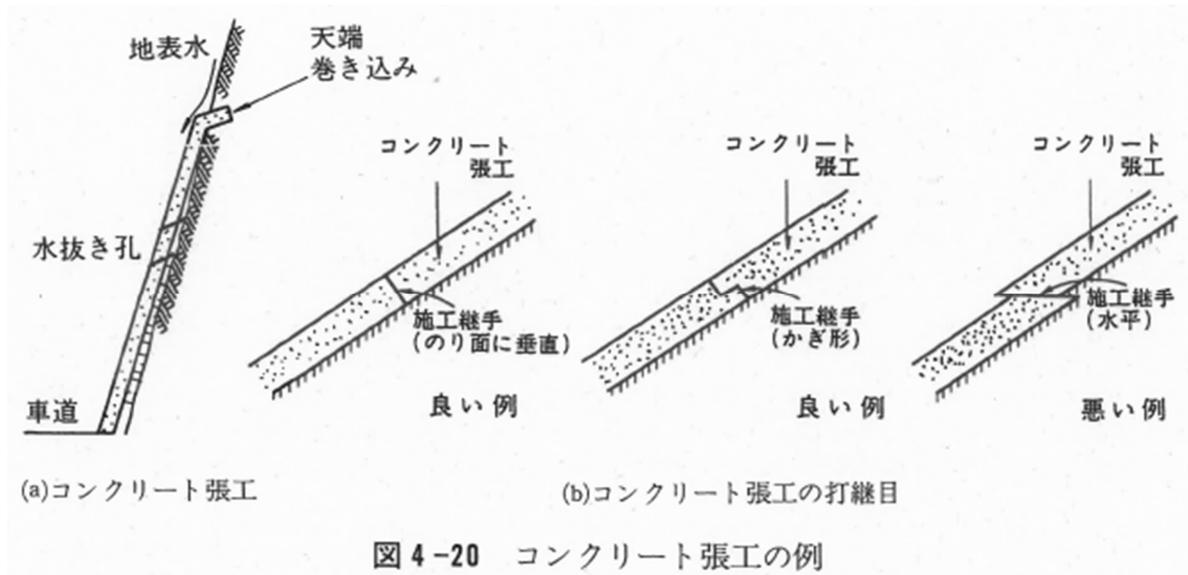


図-24 張石の例

### 3-10-2 張工の種別（細則）

- 1 空張工  
1:1.5より緩勾配で高さ3m以下とする。
- 2 練張工、コンクリートブロック張工  
1:1.0より緩勾配で直高5.0m以下（法長7.0m以下）とする。
- 3 コンクリート張工、鉄筋コンクリート張工  
1:0.5より緩勾配（岩盤の状態によっては1:0.3）で高さ20m以下とする。

＜コンクリート張工の例＞



〔落石対策便覧 P 123～P 124〕

### 3-11 モルタル（コンクリート）吹付工

#### 3-11-1 モルタル（コンクリート）吹付工の目的

モルタル（コンクリート）吹付工は、吹付モルタル又は吹付コンクリートで斜面を被覆して、斜面の風化及び侵食の防止を図ることを目的とする。

#### 〔解説〕

- 1 モルタル（コンクリート）吹付工は、亀裂の多い岩盤や転石層等が露出した斜面において安定した植生の成立が困難な場合に、岩盤の風化及び転石層等の侵食の防止を図ることを目的とする。
- 2 モルタル（コンクリート）吹付工は、吹付機械を利用して、斜面に一定の厚さにモルタル又はコンクリートを吹付けるものである。
- 3 モルタル（コンクリート）吹付工は、植生の導入を行わない工法であるため、施工範囲をなるべく限定的な区域に止める必要がある。

#### 〔参考〕特殊配合モルタル吹付工

特殊配合モルタル吹付工は、急傾斜の破碎岩地帯や、風化・亀裂の発達した脆弱な露岩斜面に、金網や植物繊維を張り特殊配合モルタルを吹き付け、斜面保護と併せて緑化を期待する吹き付け工法である。

### 3-11-1 モルタル（コンクリート）吹付工の目的（細則）

モルタル（コンクリート）吹付工は岩盤が露出し、剥離や亀裂の著しい場合であって、緑化が困難な斜面に対して、モルタルまたはコンクリートを吹付け、風化による崩壊の拡大防止と斜面の安定を図ることを目的とする。

よって、土圧に対しての抵抗はなく、土圧の作用する斜面においては原則として使用しないものとする。

### 3-11-2 モルタル（コンクリート）吹付工の構造

- 1 モルタル（コンクリート）吹付工は、金網等を伏せて吹付モルタル又は吹付コンクリートの固定を図るものとする。
- 2 モルタル（コンクリート）吹付工の吹付厚は、岩質や転石層等の状態及び気候条件を考慮して決定するものとする。
- 3 モルタル（コンクリート）吹付工は、背面の滞水等により崩落しないように適切な処理を行う。

#### 〔解説〕

1 モルタル（コンクリート）吹付工の対象となる斜面の状態は、一般に全体が均一ではなく、風化の著しい部分や土砂の部分等が介在しているので、気温の変化によって膨張・収縮等を生ずることが多い。このため、吹付層の中間付近にワイヤーラス、ワイヤーメッシュ等の補強金網の張付けを行うものとする。特に急斜面の場合は、斜面上部等にアンカーを設置してその滑落を防止する。

また、補強金網は、地山の凸凹に沿うよう、アンカーピン等により所定の位置に固定する。

2 モルタル（コンクリート）吹付工の吹付厚は、岩質及び気候条件、特に寒暖の差及び凍上の程度に主眼をおいて決定する必要がある。モルタル吹付の厚さは、5cm～10cmを標準とし、凍結融解を繰り返す箇所では10cm以上とする。

また、コンクリートの吹付の厚さは、5cm～20cmを標準とし、凍結融解を繰り返す箇所では20cm以上とする。

3 モルタル（コンクリート）吹付工は、斜面全体を一定の厚さに被覆するため、その背面には滞水が生じて、吹付工が崩落等を引き起こす危険性がある。このため、滞水を速やかに排水するように口径50mm～100mmの水抜きを吹付面積2㎡ごとに1箇所以上設けることを標準とする。

4 施工地内又はその上部に湧水等がある場合は、浸透水によって崩落等を引き起こさないように、水路工、暗きょ工等によって、湧水等を安全な方向に誘導しなければならない。

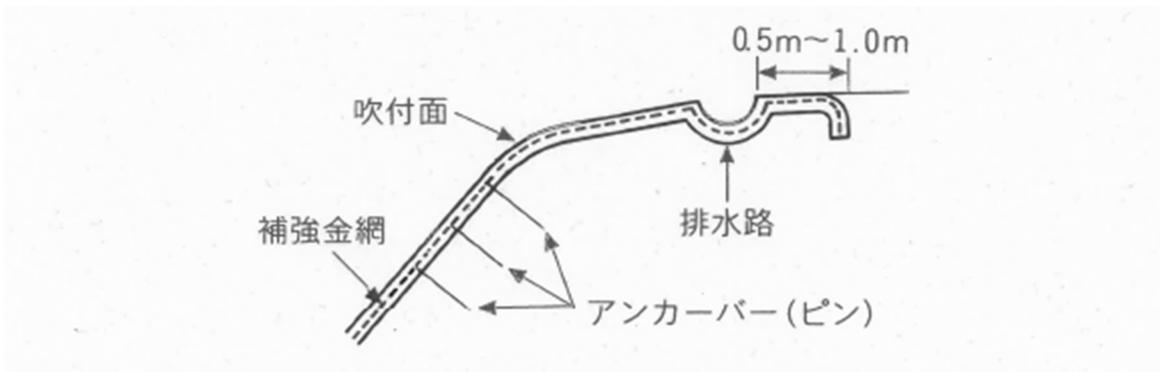


図-25 のり肩の処理

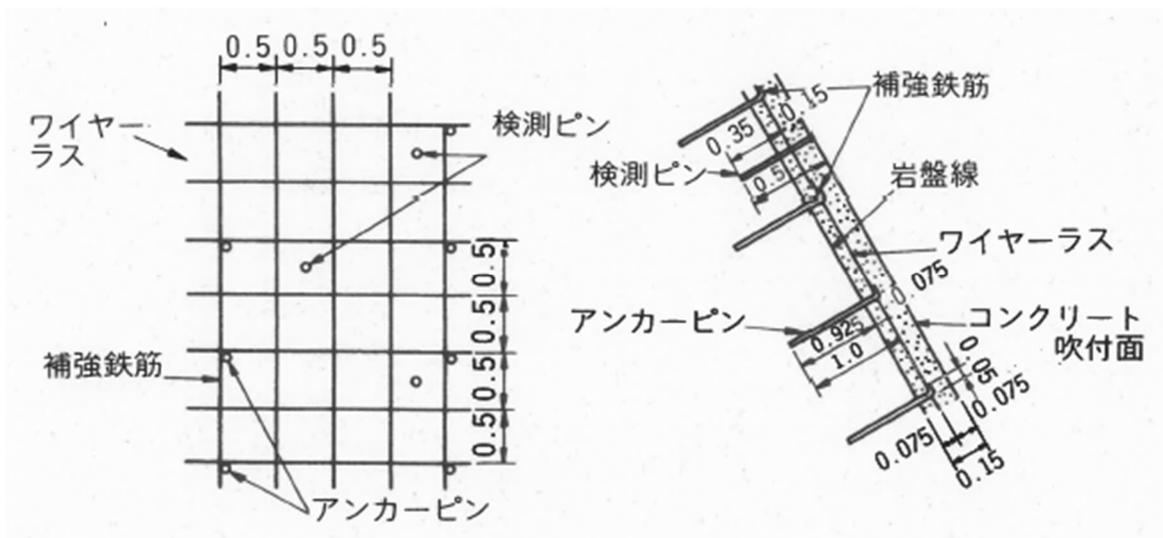
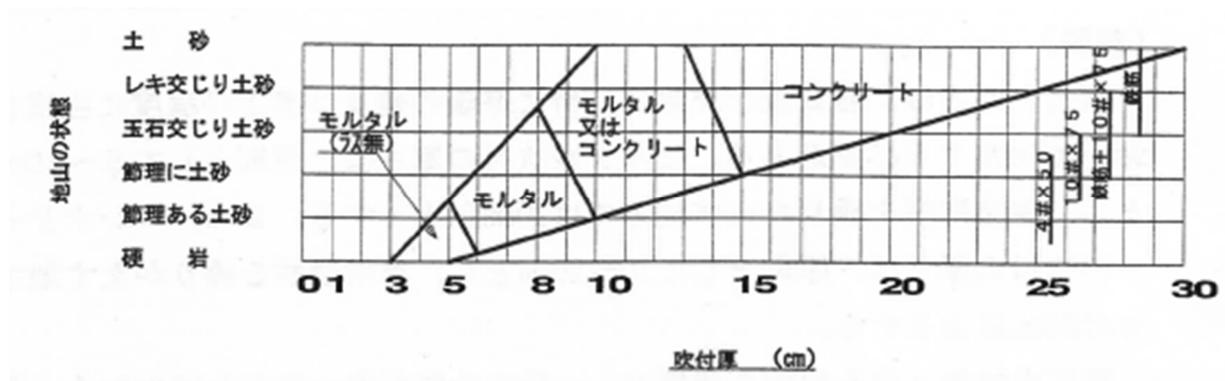


図-26 コンクリート吹付工の例

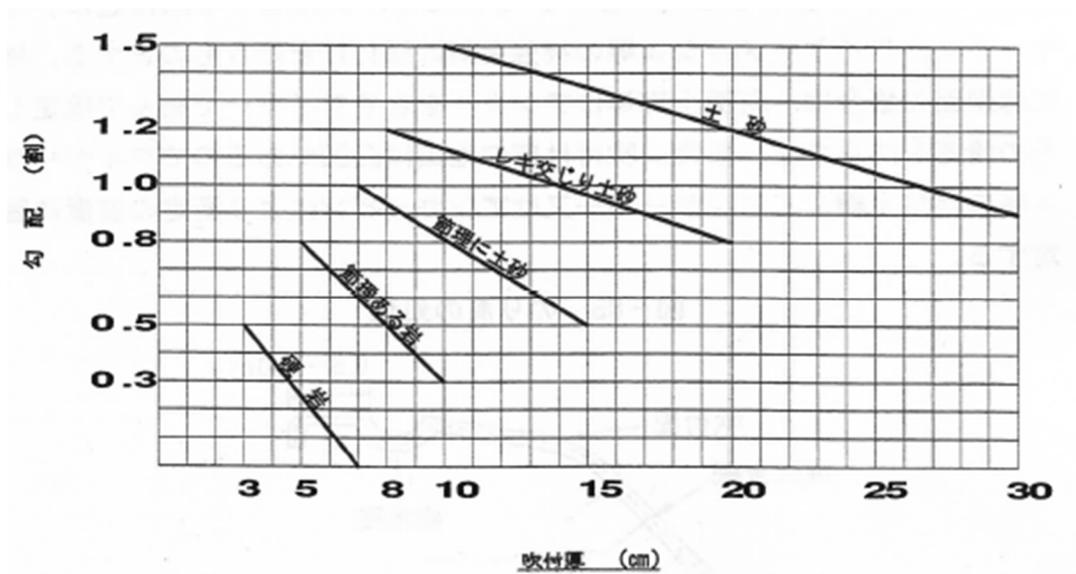
**3-11-2 モルタル（コンクリート）吹付工の構造（細則）**

- 1 モルタル吹付け厚は7cmを標準とする。  
ただし、凍上、凍結の著しい地域においては10cmとすることができる。
- 2 上記によりがたい場合は、下表を参考に決定することができる。
- 3 コンクリート吹付工の厚さは15cmを標準とする。

＜地山の状態と吹付け厚＞



< 斜面の勾配と吹付け厚 >



(熊本県砂防技術基準急傾斜地崩壊対策編第3章 2.4.1.2)

4 水抜きについて、通常の場合、吹き付け面積 2 m<sup>2</sup>に1本の割合で水抜管を設置するものとする。

また、湧水箇所等においては、十分な集水対策を講じ別途水抜管を設置するものとする。

## 第4節 山腹緑化工

### 4-1 山腹緑化工の目的

山腹緑化工は、斜面の植生を回復させ、植生による被覆効果及び根系の緊縛効果により斜面の安定を図ることを目的とする。

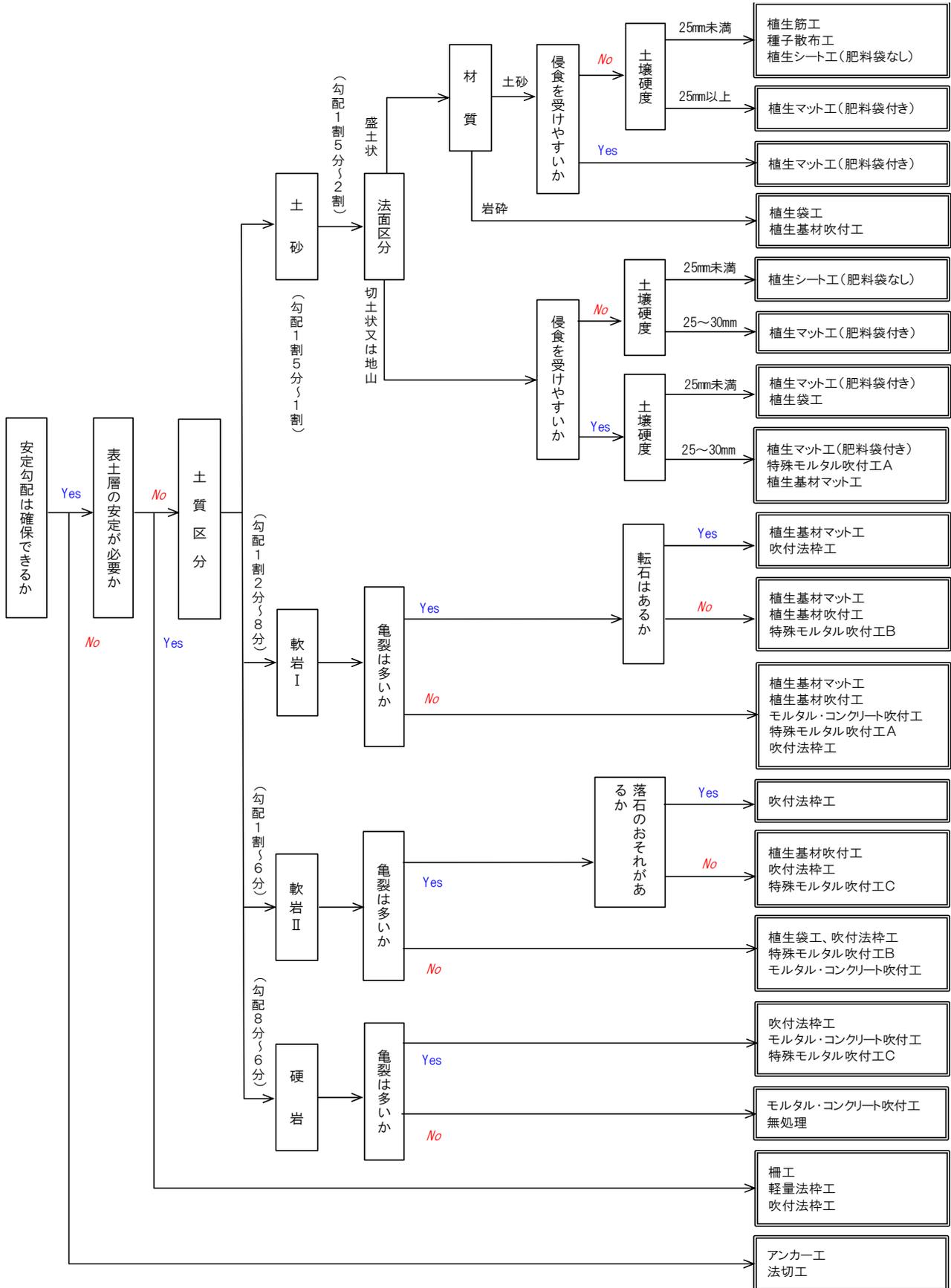
#### 〔解説〕

- 1 山腹緑化工は、植生の生育基盤を造成又は改善する緑化基礎工と、植生を導入する植生工（実播工・植栽工）に分けられる。
- 2 山腹緑化工は、原則として、安定した森林の復元を目標とすることから、のり切工、土留工、埋設工、水路工、暗きょ工等の山腹基礎工を効果的に配置して斜面の安定を確保した後、柵工、筋工、伏工等の緑化基礎工によって環境を整備するとともに、草本類の導入により表面侵食を防止し、植栽工により木本類を導入して、木本類で被覆された森林を造成する。
- 3 保全対象に近接しており、斜面の安定確保を優先しなければならない箇所等においては、のり切工、土留工、のり砕工、グラウンドアンカー工等の山腹基礎工を主体として配置するが、できるだけ山腹緑化工を組み合わせる草本類、木本類の導入を図ることを検討する。
- 4 山腹緑化工を行う場合は、在来緑化植物材料を使用するなど当該地域における生物多様性保全に十分配慮することが望ましい。また、外来緑化植物を使用する場合は、周辺の生態系保全等に配慮して、自然植生の回復が図られるよう植生遷移を踏まえた適切な利用・管理を行うことが望ましい。
- 5 自然公園特別地域等の生物多様性保全上重要な地域において山腹緑化工を行う場合は、特に保全すべき希少種等の生育環境の保全に配慮した緑化植物の選定を図るとともに、適切な管理を実施することが望ましい。また、当該地域において災害時等の緊急的な措置として外来緑化植物を使用する場合は、使用後等において生物多様性保全に十分配慮した対策を行うことが望ましい。

### 4-1 山腹緑化工の目的（細則）

山腹緑化工等の選定においては、下図を参考として決定することができる。

<山腹緑化エフローチャート>



\* 硬度指数27mmが根の進入限界であるが安全を見込んで25mmとした。  
「有機質系吹付岩盤緑化工法技術資料P12より」

## 4-2 緑化基礎工

### 4-2-1 緑化基礎工の目的

緑化基礎工は、植生の生育環境を整えることを目的とする。

#### 〔解説〕

- 1 緑化基礎工は、植生の生存基盤の造成又は改善を目的とする、柵工、筋工、伏工、軽量のり砕工等の工種からなる。
- 2 緑化基礎工には、①柵工、筋工等のように等高線状に配して流下水を分散させる線的な配置のものと、②伏工等のように面的に被覆して表面侵食の防止を図る面的な配置のものがある。
- 3 緑化基礎工は、表面侵食を防止するだけでなく、植生の導入を前提とした工種・工法で、次のような特徴がある。
  - (1) 柵工は、斜面に堆積した崩土の固定等を行い、苗木植栽の場を確保する。
  - (2) 筋工は、地表侵食を防止するとともに、植生の早期導入のため生育環境の改善を期待する。
  - (3) 伏工は、実播工と組み合わせて草本を導入し、植生遷移により木本類による被覆を期待する。
- 4 緑化基礎工は、特殊な条件の箇所を除き、木本類の導入を図るため、植生工と組み合わせるものとする。

### 4-2-1 緑化基礎工の目的（細則）

緑化基礎工の役割を分類すると、次のようになる。

- 1 生育基盤の安定化
- 2 生育基盤の造成、改善
- 3 生育環境の緩和

## 4-2-2 柵工

### 4-2-2-1 柵工の目的

柵工は、斜面表土の流亡等を防止するとともに、植栽木に良好な生育条件を造成することを目的とする。

#### 〔解説〕

- 1 柵工は、堆積土砂や侵食を受けやすい地山等において、土砂の流出やガリーの発達を防止する等、簡易な土留工的な手法や整地した斜面に植栽の場を設ける手段として用いる。

後者の場合は、斜面に階段を切り付けてその前面に柵工を設置するものと、階段を切らずに柵工を設置するものがある。いずれも柵の背面に埋め土をすることが必要であり、それによって植栽木の定着・生育に良好な環境の場所を階段状・ベルト状に造成する。

- 柵工に使用する杭や壁材に木質材料を使用した場合は、腐朽が早いので、植生の生立によって背面の埋め土を固定する必要がある。すなわち、階段や壁材の間にヤナギのさし穂、カヤ株等を植え付けるか、早期に発芽・生育する種類の種子を実播することが必要である。

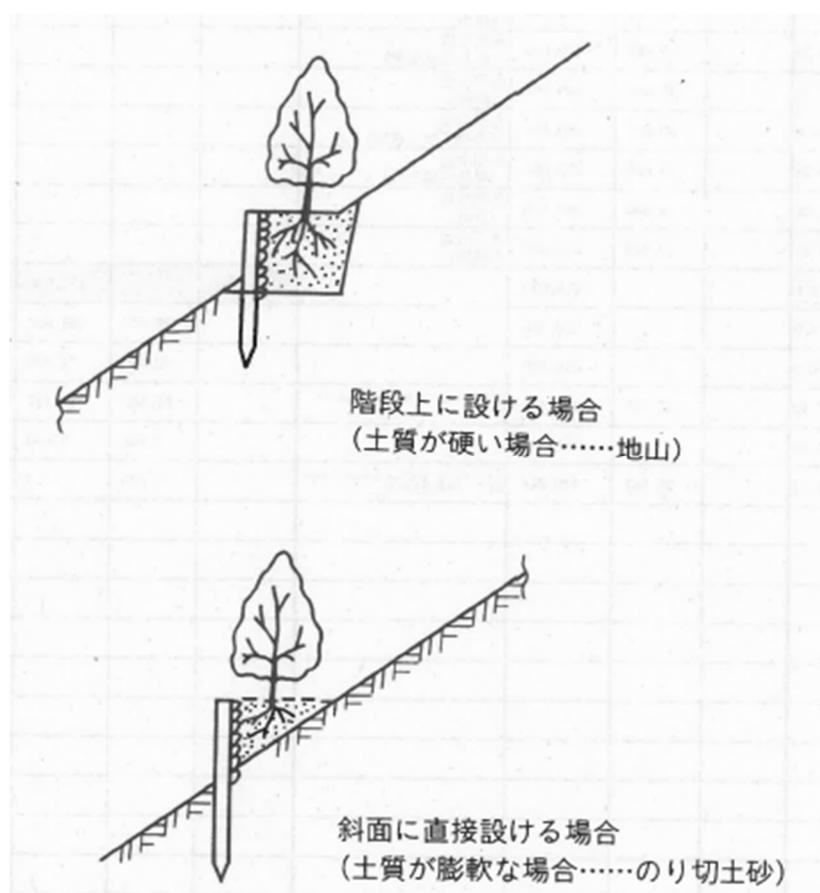


図-27 柵工構造図

#### 4-2-2-1 柵工の目的 (細則)

柵工は、斜面の表土流出防止及び、植栽木の生育基盤の整備を目的として設置する。

#### 4-2-2-2 柵工の種別

柵工の種別は、現地の条件、期待する機能等を考慮して、最も適切な種別を選定するものとする。

##### 〔解説〕

- 1 柵工は、現地の地形、土壌、気象等の諸条件、期待する機能、周囲の環境との調和等を十分検討して、最も適切な種別を選定しなければならない。
- 2 柵工は、壁材に使用する資材によって、木柵工、編柵工、コンクリート板又は鋼材等の二次製品を利用した柵工に区分する。

表-4 柵工の種別

細 別	材 料	適用の範囲	特徴等	
木柵工	板、丸太、木杭	斜面勾配が緩で、すみやかに植生で土壌が固定できる場合	杭材、壁材は、腐朽して地山に還る	
編柵工	帯梢、木杭	斜面勾配が緩で、すみやかに植生で土壌が固定できる場合	杭材、壁材は、腐朽して地山に還る	
2 次 製 品 を 用 い た 柵 工	コンクリート板柵工	コンクリート板、H型鋼	植生の生立による背面土の固定に比較的長期を要する場合	
	合成樹脂柵工	合成樹脂網、木杭、角材、鋼材	すみやかに植生で、土壌が固定できる場合 埋設編柵が必要な場合	網に種肥の展着が可能
	金網柵工	鉄線ネット、木杭、特殊鋼線フレーム	植生の生立による背面土の固定に比較的長期を要する場合	強度は低く、衝撃に弱い
	鋼板柵工	鋼板、鋼管	すみやかに植生で、土壌が固定できる場合	透水性に欠け、衝撃に弱い
	エキスパンドメタル柵工	エキスパンドメタル、H型鋼	植生の生立による背面土の固定に比較的長期を要する場合	強度及び耐久性に優れる
	鋼製枠柵工	平鋼板フレーム、合成網	植生の生立による背面土の固定に比較的長期を要する場合	杭を使用しない

##### 〔参考〕

編柵工は、現地材料を利用するもので、治山工事において従来から用いられている。しかし、近年においては、労務不足、省力化、帯梢等の材料の入手難等から、木柵工、二次製品を用いた柵工が多用されるようになっている。

二次製品を用いた柵工は、強度、耐久性、客土効果、それ自体で縁化が可能なものなど、その種別によって様々な特徴を持ち、施工性、経済性にも幅がある。

#### 4-2-2-2 柵工の種別（細則）

柵工は、土圧の支持は行なわないことが原則であることより、植栽木の活着が確実に行なわれた後は、腐朽しても影響はないので、森林整備を行なう上でも丸太を使用することを原則とする。なお、丸太の使用が困難な場合は二次製品の使用を検討する。

### 4-2-3 筋工

#### 4-2-3-1 筋工の目的

筋工は、斜面の雨水の分散を図り、地表侵食を防止するとともに、植生の早期導入のため生育環境の改善を図ることを目的とする。

##### 〔解説〕

筋工は、水平方向の階段を設けることによって、斜面に降る雨水の分散を図るとともに、植栽木等の生育に好適な環境を整備することを目的として設ける。

#### 4-2-3-1 筋工の目的（細則）

筋工は、地表面の侵食防止を目的とし、雨水の分散が行なえるよう配置する。

#### 4-2-3-2 筋工の種別

筋工の種別は、現地の条件、期待する機能等を考慮して、最も適切な種別を選定するものとする。

##### 〔解説〕

- 1 筋工を用いる場合には、現地の地形、土壌、気象等の諸条件、期待する機能、施工性、周囲の環境との調和等を十分検討して、最も適切な種別を選定しなければならない。
- 2 筋工の種別は、石筋工、そだ筋工、積苗工、丸太筋工、萱筋工、芝筋工、二次製品を用いた筋工等とし、以下のように整理される。
  - (1) そだ束や石材等を積んだ施設の背後に埋め土して苗木植栽の場(鉢)をつくる

形状のもの。

- ・石筋工、そだ筋工、積苗工

(2) 階段又は溝を切り付けた部分に、カヤ株、切芝等の自然材料を植え付けるもの。

- ・萱筋工、芝筋工

(3) 階段又は溝を切り付けた部分に、種子等を含む緑化資材を装着するもの。

- ・二次製品を用いた筋工

3 二次製品を用いた筋工は、①客土効果を主眼としたもの、②播種の省力化に主眼をおいたものがある。特に、土壌条件の不良な箇所に対しては、植生袋、土のう等の客土効果が期待されるものを選定する。

4 筋工として種子等を利用する場合には、4-3-2「実播工」に準じて、種子の種類、配合等について十分検討して選定するものとする。また、冬期における斜面の凍上や、風衝地帯における風食等の気象害に対しては、原則として、施工後の生育期間が十分となるように適期に施工するものとするが、必要に応じて、伏工の併用など保護対策を検討する。

表-5 筋工の種別

細別	材料	適用範囲
石筋工	石	石礫、湧水があり、他の工種では不適當な箇所、石礫の整理が必要な箇所
そだ筋工	そだ	そだ筋背面の埋め土や挟み土に良好な土壌が使用でき、そだの採取が容易な箇所
積苗工	切芝	寡雨地帯、はげ山地帯、シラス地帯
丸太筋工	丸太	地盤が軟弱な箇所、丸太及び埋め土等に適した土壌が容易に人手できる場合
萱筋工	カヤ	斜面の傾斜が急で、広い階段の切り付けが困難な場合
芝筋工	切芝	周辺部から降雨水が流入し易く、他の筋工では、斜面のガリーの発生を防止できない場合
二次製品	植生袋ほか	土壌条件の悪い箇所、基盤層が露出したり土壌の理化学性が悪い堆積土層等、他の筋工等では緑化が困難又は不適當な箇所など

#### 4-2-3-2 筋工の種別（細則）

階段の切り付けが可能な場合には、丸太を使用した筋工を原則とする。なお、丸太の使用が困難な場合は、二次製品の使用を検討する。

## 4-2-4 伏工

### 4-2-4-1 伏工の目的

伏工は、降雨、凍上等による表土の侵食を防止し、植生の早期導入のため種子の発芽・生育環境の改善を図ることを目的とする。

#### 〔解説〕

伏工は、粗しょうな土質の斜面又は急傾斜地を自然・人工資材により覆うことによって、降雨、凍上等による表面侵食の防止を図るとともに、種子や肥料等の流亡防止、保湿・保温効果により種子等の発芽・生育環境を整えるために設けるものである。

### 4-2-4-1 伏工の目的（細則）

山腹斜面の雨水や凍上による侵食防止や崩落の防止を目的とした、植生の発芽・生育環境の改善を目的とする。

### 4-2-4-2 伏工の種別

伏工は、現地の条件、期待する機能等を考慮して、最も適切な種別を選定するものとする。

#### 〔解説〕

- 1 伏工は、現地の地形、土壌、気象等の諸条件、期待する機能、施工性、周囲の環境との調和等を十分検討して、最も適切な種別を選定しなければならない。
- 2 伏工の種別は、そだ、むしろ、わら、二次製品等とする。二次製品を利用した伏工は、種類が多く次のように大別できる。
  - (1) 植生シート伏工：種子、肥料が付着した植生シート（不織布、化繊ネット等）を、地表に密着させながら伏せていく工法である。むしろ伏工又はわら伏工に類似して比較的条件の良いところに用いる。
  - (2) 植生マット伏工：種子、肥料、保水材及び有機質資材を装着した植生マットを、アンカーピン等で地表に留めつつ伏せていく工法である。植生シートより厚く強度も強いので、保湿効果や侵食防止効果が大きいため、比較的条件の悪いところに用いる。
  - (3) 自然侵入促進型  
植生マット工：生態系保全の観点から、施工地近傍に自生している植物の種子を捕捉する工法である。植生の成立に長期間を要する等

の短所もあり、その使用には現地の状況（崩壊規模、緊急性等）を考慮する必要がある。

- 3 伏工として種子が付着した資材を使用する場合には、4-3-2「実播工」に準じて、種子の種類、配合等について十分検討して選択するものとする。
- 4 種子が付着した資材を使用する際には、確実に種子を接地させることが必要である。特に、不規則な地形や石礫が多い箇所では配慮が必要である。

表-6 伏工の種別

細 別	材 料	適 用 箇 所
そだ伏工	そだ	凍上等による階段間斜面の侵食や崩落を防止する必要がある場合で、使用資材の入手が容易で、かつ、止め杭等が打ち込みやすい箇所
むしろ伏工	むしろ	凍上等が著しい斜面、寡雨乾燥地帯、表土が軽くて荒い地帯
わら伏工	わら	斜面が比較的緩やかな寡雨地帯、表土が軽くて荒い地帯
二次製品	むしろ、化学繊維類等のシート、マット	材料の特性に合わせて適用する。

〔参考〕

表-6の二次製品について、材料によっては現地の地形や土壌になじみ難いもの、保温・保湿効果がほとんどないもの等があるので注意を要する。

4-2-4-2 伏工の種別（細則）

二次製品を利用した伏工の採用にあたっては、現地の地形、土質条件、切盛の別、環境条件等を考慮し、現地条件に最も適した製品を使用する。

なお、自然公園等、特に環境配慮が必要な箇所については、種子配合について十分配慮するものとする。

4-2-5 軽量のり砕工

4-2-5-1 軽量のり砕工の目的

軽量のり砕工は、雨水の分散を図り、表土の侵食を防止し、植生の早期導入のため生育環境の改善を図ることを目的とする。

## 〔解説〕

- 1 軽量のり砕工は、切取斜面又は盛土斜面など整形された斜面に対して、表面侵食、風化を防止し、緑化を容易にするために設置するもので、土圧のかからない場合に用いる。  
なお、砕が斜面を滑落しないように、必要に応じて異形鉄筋のアンカーピンを用いる。
- 2 軽量のり砕工は、簡易な砕工によって雨水の集中流下を防止して、砕内の客土等を保持して緑化を図ることを目的としている。
- 3 軽量のり砕工は、植生工を兼ねて張芝等を砕内に設置することにより、早期の緑化を図ることができる。また、実播工と併用して用いられることがある。

### 4-2-5-1 軽量のり砕工の目的（細則）

斜面を流下する雨水による侵食の防止および植生の流出を防止することを目的として設置する。

### 4-2-5-2 軽量のり砕工の種別

軽量のり砕工は、現地の条件、期待する機能等を考慮して、最も適切な種別を選定するものとする。

## 〔解説〕

- 1 軽量のり砕工は、現地の地形、土壌、気象等の諸条件、併用工種、施工性、耐久性等、周囲の環境との調和等を十分検討して、最も適切な種別を選定しなければならない。
- 2 木製軽量のり砕工は、横方向の丸太が地面に接して、丸太筋工の効果を発揮しており、縦丸太は横丸太の支保材となる。間伐材の利用促進のために使用されることが多くなった工法の一つである。
- 3 プレキャスト軽量のり砕工は、二次製品の軽量な砕を現地で敷設し組み立てるものであり、勾配が1：1.0より緩く、比較的平滑な斜面に施工される。  
なお、二次製品には、金属、木材、合成樹脂材等を用い様々な形状をしたものがあるので、現地条件に応じて適切なものを選定する。

### 4-2-5-2 軽量のり砕工の種別（細則）

#### 1 プレキャスト法砕工

木製や軽量プレキャスト等の種類があるが、砕による土塊の移動防止は行えないので、植生とあわせて計画することとする。

## 4-3 植生工

### 4-3-1 植生工の目的

植生工は、山腹基礎工及び緑化基礎工によって安定した斜面に植生を導入することを目的とする。

#### 〔解説〕

植生工は、山腹基礎工及び緑化基礎工の実施後に植生を導入し、植生の被覆による侵食防止効果及び根系の緊縛効果により斜面の安定を図るものとする。

### 4-3-1 植生工の目的（細則）

山腹基礎工により安定した斜面に植生を導入し、植生による森林の維持を図ることを目的とする。

## 4-3-2 実播工

### 4-3-2-1 実播工の目的

実播工は、播種によって早期に緑化を図ることを目的とする。

#### 〔解説〕

- 1 実播工は、草本類、木本類の種子を斜面に直接播種して緑化を図る工法である。  
一般には、早期の緑化による表面侵食防止効果等を期待して主として、草本類の導入に用いられる。
- 2 実播工は、緑化材料の運搬・設置の手間が省ける等、施工が容易で大面積を短時間に施工できる。しかし、実生による植物は、発芽期や幼苗期において環境条件に対する適応力が弱いものがあるため、施工地の環境条件を十分に把握する必要がある。
- 3 実播工として導入した木本類は、一般的に、成長したときに苗木植栽（植栽工）に比べて根張りが広く土壌の緊縛効果が高いとされるが、草本類に比べて発芽や初期の成長が遅いため、早期の表面侵食防止効果は期待できない。  
このため、実播工による木本類の導入に当たっては、草本類の種子との混合により草本類による表面侵食防止効果の発揮と併せて行うことが望ましいが、草本類と木本類の成長速度には差があることから、草本類の成長が木本類の成長の支障とならないよう種子の混合割合を検討する必要がある。  
なお、草本類と木本類の種子の適度な混合割合が定められない場合及び木本類の植栽後において草本類の成長に対する適切な管理が行える場合は、草本類の導入による表面侵食防止が図られた後に、苗木植栽（植生工）として木本類の導入

を行う。

4 実播工の設計に当たっては、その目的に応じて、下記の事項について十分検討する必要がある。

- (1) 播種する種子の種類及び組み合わせ
- (2) 播種の比率
- (3) 播種量
- (4) 播種時期
- (5) 獣害防除

#### 4-3-2-1 実播工の目的（細則）

- 1 斜面に直接種子を播き早期に緑化を図ることを目的とする。
- 2 木本種子を混合した実播工を標準とし、これにより難しい場合は、可能な限り吹付け後に植栽による木本導入を図ることとする。

#### 4-3-2-2 実播工の種別

実播工は、地形、土質条件、施工規模、施工条件及び緑化基礎工との関係などを考慮して、最も適切な種別を選定するものとする。

##### 〔解説〕

実播工は、播種形態及び施工形態によって、次のように分類できる。

- 1 斜面実播工……………①人力によって、種子と肥土等の緑化資材を面状に播くもの。  
②溝を切った部分に土と肥料を入れ、その上に種子を播くもの。  
③種子と肥土を混合したものを溝を切って播くもの。
- 2 航空実播工……………ヘリコプター等の航空機によって、種子と肥土等の緑化資材を面状に播くもの。
- 3 機械吹付工……………吹付機械によって、種子、肥料、接着材等を吹き付けるもの。

### 4-3-2-3 斜面実播工

斜面実播工は、傾斜が緩やかで、湿潤な土砂の堆積地等土壌条件が良好な箇所に計画するものとする。

#### 〔解説〕

- 1 斜面実播工は、種子、肥料、土を混合して散布するものと、これに水を加えて液状にして播くものとする。したがって、急傾斜地や土層の堅い箇所では斜面に定着し難く、種子の発芽、成長にも多くを期待できない。一般には、緩傾斜で土壌の良好な箇所に計画するが、傾斜が急な場合等、種子の流亡・飛散のおそれがある箇所では、水の他に展着材等を加え、種子等の確実な定着を図る必要がある。
- 2 斜面実播工は、溝を掘って基肥を置き覆土して、その上に種子を播き付ける工法である。種子の発芽、生育するための土壌条件等が良好であり、降雨による流亡・飛散のおそれのない箇所でなければならないので、一般に比較的傾斜の緩い堆積土砂の斜面に計画するものとする。
- 3 階段間斜面に筋実播工を計画する場合には、十分に深い溝を切り付けて播種床をつくって播種し、種子が流亡しないように被覆工等を併用しなければならない。(図-28 参照)
- 4 草本類と木本類を混合して播く場合には、木本類が草本類に被圧されないよう適度な混合率とする必要があるが、適度な混合率が定められない場合には、それぞれ別途の筋実播工とするか、草本類が繁茂しても被圧されない程度の距離において木本類の種子を播く等、使用する種子の種類を考慮して決定しなければならない。

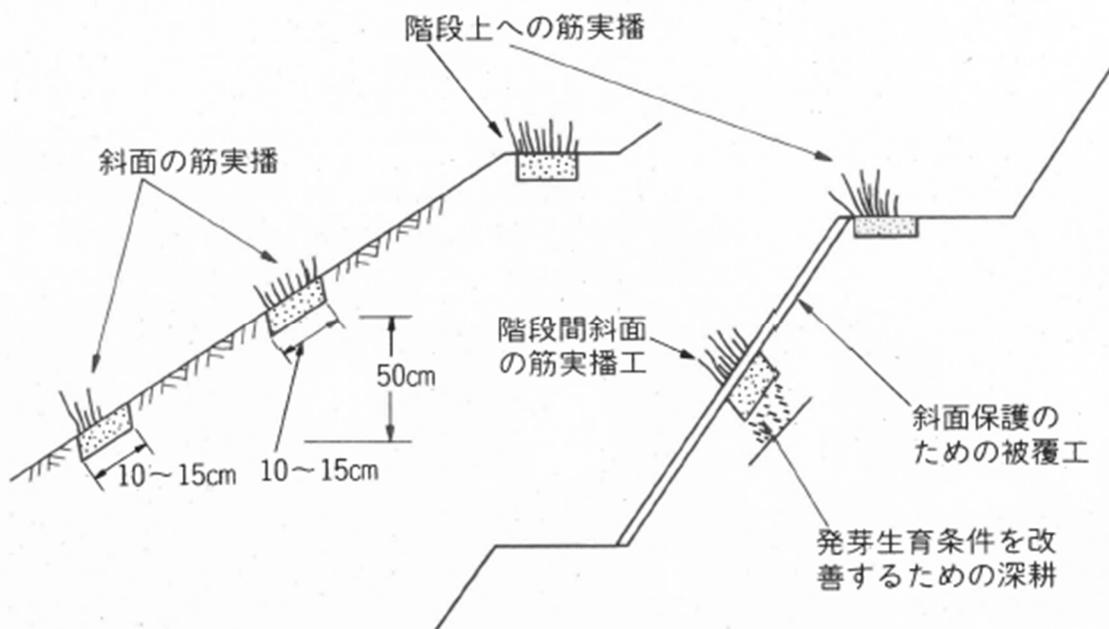


図-28 筋実播工

#### 4-3-2-3 斜面実播工（細則）

- 1 崩壊斜面の勾配が緩やかで、湿潤な土砂の堆積地帯等土壤条件の良好な斜面に播種を行う。
- 2 筋実播工においては、崩壊斜面の勾配が緩やかで、土壤条件が良好な箇所および、階段の上等で降雨による種子の流亡・飛散のおそれの少なく発芽条件のよい箇所に筋状に種子の播種を行う。

#### 4-3-2-4 航空実播工

航空実播工は、大面積又は散在的に発生した崩壊地を応急又は緊急に緑化する必要がある場合、資材運搬手段が困難な場合等に航空機を使用することが最も合理的な場合に計画するものとする。

##### 〔解説〕

- 1 航空実播工は、ヘリコプター等の航空機で種子と肥土等の緑化資材を面状に播く工法である。
- 2 植生の定着を促すために、可能な限り山腹基礎工、溝切り等の緑化基礎工を併用するものとする。

#### 4-3-2-4 航空実播工（細則）

崩壊地の面積が大面積である場合や、散在的に点在した崩壊地を応急または、緊急に緑化する必要がある場合、資材の搬入が困難な場合等に航空機を使って播種を行う。

#### 4-3-2-5 機械吹付工

機械吹付工は、土壌条件の悪い急傾斜地の場合、大面積に早期全面緑化を図る必要がある場合等に計画するものとする。

##### 〔解説〕

- 1 機械吹付工は、ポンプ式吹付機又はモルタル吹付機を用いて、必要に応じて金網等を張った斜面に、種子、肥料、基材、侵食防止材等を混合して吹き付ける工法である。
- 2 機械吹付工は、機械化により省力化が図られること、急斜面でも施工性が高く大面積の急速施工が可能なこと、土壌条件の悪い箇所にも生育基盤の造成・改良が可能であること等の特徴がある。このため、機械吹付工は、土壌条件、地形条件等から他の工法では緑化が困難である場合、大面積を経済的に緑化する場合等に用いられる。高木となる木本類は、生育基盤が薄いこと、金網等により根系の生育に影響を受けるおそれがあることから、一般的には用いない。
- 3 機械吹付工の細別は、次のとおりである。目的とする緑化が十分に達成できる必要最小限度のものを選択する。
  - (1) 種子吹付工  
比較的条件の良い斜面に、ポンプ式吹付機を用いて、種子、肥料、養生材等を吹き付ける工法である。土、有機質資材等の基材を用いない。
  - (2) 客土吹付工（吹付厚 1cm～3cm 程度）  
土を主体とした基材に、ポンプ式吹付機を用いて、種子、肥料等を混合して吹き付ける工法である。比較的良好な生育基盤を造成できる。土壌のない箇所に用いる。
  - (3) 植生基材吹付工（吹付厚 3cm～10cm 程度）  
急斜面における生育基盤の造成を主目的として開発された工法である。モルタル吹付機を用いて、土及び有機質資材を基材として使用し、種子、肥料等を混合して吹き付ける工法である。侵食防止材として、セメント、高分子系樹脂等を利用する。硬質な土砂斜面や破砕の進んだ岩盤斜面に用いる。
- 4 客土吹付工及び植生基材吹付工においては、生育基盤を移動させないため、補助的な基礎工として、金網・ネットを地山に張る。
- 5 湧水が多いところについては、水抜パイプ又は集水マットを設け、湧水処理を確実に行う必要がある。

##### 〔参考〕養生材

吹付工を計画する場合には、現地の条件、施工時期等により、必要に応じて養生材の吹付を併せて計画し、乾燥害等を防止するものとする。

また、厚層基材吹付工にあっては、ラス等によって客土材の固定を図るものとする。

吹付工の養生材は、降雨や強風等による種子・肥料の流亡や種子の乾燥等を防止

するために使用する。その効果は種子が発芽し、生育するまでの期間持続する必要がある。また、植生の種類によって発芽・生育の速度は異なる。このため、使用する種子に応じて、必要な効果を持続する養生材を選定しなければならない。

養生材には、地表面に難透水性の被膜を形成するもの、地中に浸透して土粒子を連結して侵食に抵抗するもの、地表面の土の粒子の間隙に充填して固結するものなど、吹付方式によって各種のタイプがあり、それぞれの特質があるので、吹付斜面の土壌条件、施工時期等を考慮して吹付方式を選択するものとする。

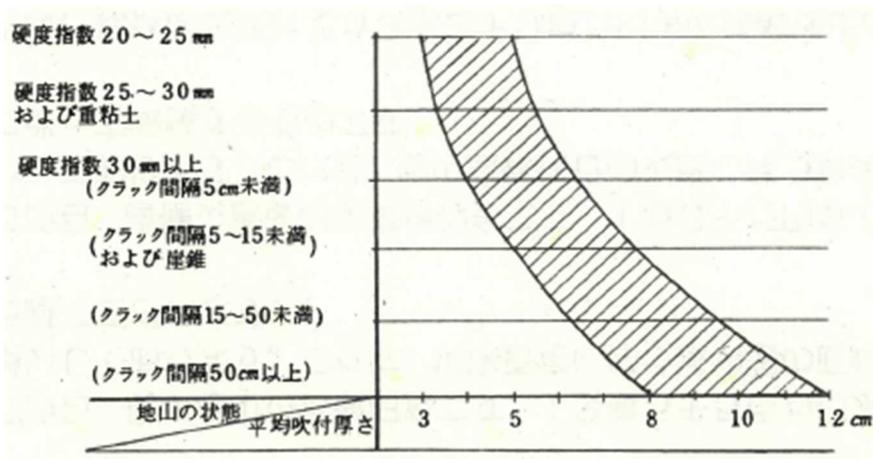
一般に養生材は、降雨による表面侵食や風食等に対して効果的であるが、霜柱のように毛細管現象による水の凍結、融解等の防止効果は期待できない。

厚層基材吹付工の対象地が急斜面の場合、生育基盤層が原地盤に沿って滑落するおそれがある。したがって、通常は鉄線や化学繊維等のラスを吹付層のコアとして斜面に張って固定し、これに客土材を吹き付ける。

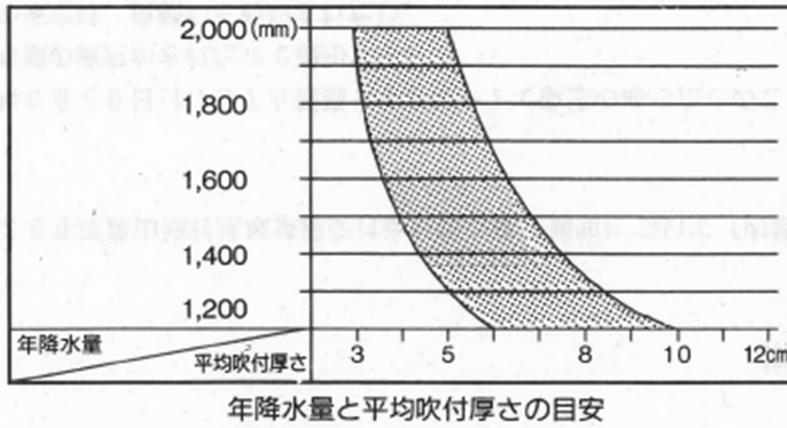
また、養生材の効果にも限界があるので、多量の降雨や凍上等の発生が予測される施工地においては、吹き付けた土層面にファイバー類やシート類を伏せ込むことが必要な場合もある。

#### 4-3-2-5 機械吹付工（細則）

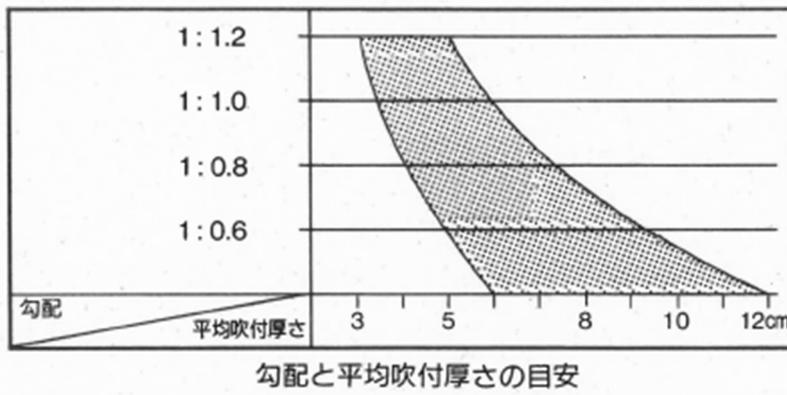
- 1 機械吹付工の設計に当っては「有機質系吹付岩盤緑化工法技術資料（日本岩盤緑化工協会発行）」を参考とし決定するものとする。
- 2 種子と併せて生育基盤材も同時に吹付ける場合の吹付厚さの決定は、以下の図を参考に行うこととする。
  - 1) 地山の状態による基準



## 2) 降水量による基準



## 3) のり面勾配による基準



- 3 機械吹付工を選定する場合、吹付機械の現場への搬入を十分検討することとし、現場搬入が困難な場合は、基盤材を含有した二次製品の植生マットの採用を検討する。

#### 4-3-2-6 種子の種類及び組み合わせ

実播工に使用する種子の選択及び組み合わせに当たっては、それぞれの植物の特徴を十分把握し、周辺環境を考慮の上、最も適切な組み合わせとなるように決定するものとする。

##### 〔解説〕

1 種子の組み合わせには、次のものがある。

一般に、早期の緑化による表面侵食防止効果を期待することから、草本類を主体とした方式（(1)又は(2)）が用いられる。

- (1) 草本類の種子のみを播く方式
- (2) 草本類と木本類の種子を混播する方式
- (3) 木本類の種子のみを播く方式

2 草本類の種子のみの播種は、早期の面的な緑化によって斜面の侵食を防止することが主な目的であることが多い。木本類の種子のみの播種は、苗木の植栽を行うことが不適當又は困難な場合に、これに代わる手段として用いられる。

ただし、木本類は発芽後の初期成長が遅いため、表面侵食の激しい箇所では流亡するおそれがある。

草本類の種子と木本類の種子の混播は、草本緑化後の植栽が困難な場合に有効な手段である。

しかし、導入種類や混播比率が適切でないと、草本類が繁茂しすぎて木本類が被圧されて発芽・生育しなかったり、草本類が繁茂せずに表面侵食を起こしたりするので、これらの組み合わせを十分考慮しなければならない。

3 実播工に使用する植生は、次の特性を持つものが望ましい。

(1) 草本類

- ① せき悪地や環境条件に対する適応性や抵抗性が大きいもの
- ② 生育初期及び生育後の地表被覆効果が大きいもの
- ③ 成長が早く、よく繁茂し、葉量の多いもの
- ④ 根張りがよく、土壌の緊縛効果のあるもの
- ⑤ 多年生で繁殖力が盛んであり生育の永続性のあるもの
- ⑥ 土壌の改良効果、肥沃化が期待できるもの

(2) 木本類

- ① せき悪地や環境条件に対する適応性や抵抗性が大きいもの
- ② 成長が早く、よく繁茂し、また繁殖力、ぼう芽力などが盛んなもの
- ③ 根張りがよく、土壌の緊縛効果のあるもの
- ④ 葉量が多く、葉に肥料分があるなど、土壌改良効果、肥沃化が期待できるもの
- ⑤ 虫害、風害その他の害に強いもの

4 山腹工においては、早期の緑化による表面侵食を防止するため、草本類の導入を図るが、一般に、牧草に代表される外来草本類とヨモギ、イタドリ、ススキ等

の在来草本類を組み合わせ用いられている。これまでの実績によると、初期には牧草が優先して緑化の成果が高く、5～10年程度で在来草本類が優先するとともに周辺植生の自然侵入も増えて安定した植生に遷移している。

(1) 牧草（主として外来草本類）

立地環境に対する適応性が高く、発芽、初期成長が良いので早期緑化により、表面侵食を防止する機能がある。肥料の要求度が高く、肥料切れにより衰退する。

(2) 在来草本類

安定した群落を形成することが可能であるが、立地環境に対する適応性に偏りが強く、早期緑化が困難な場合がある。

5 山腹工においては、森林を造成して樹木の根系による山腹斜面の安定等を図るため木本類の導入を図る。

木本類の導入は、一般的には植栽工により行われるが、植栽工の実施が困難な箇所や山腹緑化の目的から植栽工によることが非効率である場合には、播種によって行うものとする。

(1) 外来木本類

立地環境に対する適応性が高く、発芽、初期成長が良いが、他の木本類や草本類を被圧して優占する傾向の強い種類がある。

(2) 在来木本類

発芽率や初期成長は外来木本類よりも低位であるが、草本本類や他の木本類と適度な密度で生育する傾向がある。

在来木本類については、周辺植生からの自然侵入に期待する方法もある。

〔参考〕地域固有の植生を重視した緑化工法

1 地域固有の植生を重視した緑化工法としては次のものがあるが、実施例が少なく、経済性も考慮しなければならないことから、採用に当たっては十分検討する必要がある。

(1) 地域産の種子を利用する方法

採取する母樹等を選定して、種子を採取して用いる方法であるが、大量の種子短期に得ることは困難であり、事前に計画的な準備が必要である。

(2) 施工地近隣の森林内の埋土種子を採取して利用する方法

表土の一部を採取することにより、採取地の環境を変化させる場合があるため、十分な配慮が必要である。また、採取地周辺の植生が地域固有の植生であることを確認しておく必要がある。

(3) 周辺植生の自然侵入を期待する方法

周辺からの植生の自然侵入が容易に行われる立地条件の箇所に採用する工法で、周辺から自然侵入した植生により山腹斜面の安定が図られるまでの間、山腹斜面の表面侵食を生じさせないように留意する必要があるため、山腹緑化基礎工の適切な設置等と組み合わせ計画する。

- 2 緑化材料としてイネ科植物を使用する場合は、周辺からの侵入植生の定着を図るため緑化目的を達し得る範囲内において、可能な限り、草丈の低い種・品種、種子による繁殖力の小さい種・品種を使用することが望ましい。

#### 4-3-2-6 種子の種類及び組み合わせ（細則）

- 1 種子の種類及び組み合わせは、現地の状況、気象、土壌等を十分調査のうえ、種子の特徴を十分理解し決定することとする。
- 2 木本を混播した組み合わせを標準とし、使用できる種子は下表とする。
- 3 自然公園等では、当該地に自生する希少野生動植物の生育環境に影響を及ぼさない植生とすることに十分留意し、必要がある場合は周辺の自生種の導入を図る。

形態等		植物名
草本類	外来種	トールフェスク
		クリーピングレッドフェスク
		オーチャードグラス
		ケンタッキーブルーグラス
		バミューダグラス
		バヒアグラス
		ホワイトクローバー
		ペレニアルライグラス
	在来種 (郷土種)	ヨモギ
		ススキ
		イタドリ
		メドハギ
		ヤマハギ(皮取り)
		ヤマハギ(皮付き)
木本類	在来種 (郷土種)	ヤマハギ(皮取り)
		ヤマハギ(皮付き)
		コマツナギ

#### 4-3-2-7 播種量

実播工の播種量は、発生期待本数によって決定するものとする。発生期待本数は、施工条件及び立地条件に応じたものでなければならない。

##### 〔解説〕

- 1 発生期待本数
  - (1) 発生期待本数は、目標とする植物群落を成立させるために必要な発生本数で、播種後1年間程度で発芽する個体の総数である。なお、被圧等によって枯損するおそれのある個体も含む本数である。

- (2) 発生期待本数は、目標とする植物群落の導入形態、航空実播等の施工形態及び施工地の気候、土壌等の環境条件に加えて、近傍類似の施工実績等を勘案して決定するものとする。
- (3) 草本類主体の場合は、施工初期における被覆による侵食防止効果を重視し、発芽と初期成長が早い種を主体として高密度な発生期待本数とする場合が多い。また、木本類を混播した場合は、木本類の成長を促すため、草本類の発生期待本数を少なくする必要がある。

## 2 混播

- (1) 木本類と草本類の種子を混播する場合は、一般に木本類の初期成長が草本類に比べて遅いことから、木本類が草本類に被圧されるおそれが多い。このため、草本類の種子の量を減少させることが必要であるが、発芽期の地表被覆量（発芽本数）を極度に低下させることは避けなければならない。経験的に、木本類と草本類の粒数比は1：1～1：2程度が良いとされている。
- (2) 1種類当たりの播種量が全播種量の10%未満であると、その生立・生育が期待できない場合が多いので、10%以上の播種量を確保すべきである。
- (3) 木本類の種子の中には粒径が大きいものがあり、機械による播種の場合に支障が生ずることもある。したがって、植物種の選定に際しては、施工性や経済性についても、併せて検討する必要がある。

## 3 播種量

- (1) 播種量は、使用種子ごとに、発生期待本数を基にして、施工条件、立地条件、種子の純度や発芽率を考慮して決定する。
- (2) 播種量は、発生期待本数を基に次式により算出し、種子の質量によって表示する。また、必要に応じて、施工条件、立地条件による補正を行う。

$$W = \frac{G}{S \cdot P \cdot B}$$

W：使用種子ごとの播種量（g/m<sup>2</sup>）

G：発生期待本数（本/m<sup>2</sup>）

S：使用種子の単位粒数（粒/g）

P：使用種子の純度（%）

B：使用種子の発芽率（%）

(注) 1 発生期待本数は、植物種ごとに設定する。

2 本式の値は補正を行っていないので、区別する場合は「標準播種量」と称する。

### 〔参考〕播種量の補正

播種量は、施工条件、立地条件によって、次の算定式により標準播種量を補正して定めることがある。

$$\text{播種量} = \text{標準播種量} \times (1 \text{ 次補正}) \times (1 + 2 \text{ 次補正}) \times (1 \pm 3 \text{ 次補正})$$

1 1次補正

面状、線状、点状等の導入形態の違い（施工対象面積と播種部分面積との比率）によって補正する。

$$1 \text{ 次補正} = \frac{\text{播種部分面積 (m}^2\text{)}}{\text{施工対象面積 (m}^2\text{)}}$$

2 2次補正

施工形態によって補正する。補正值は表－7を標準とする。

3 3次補正

特殊環境条件によって補正する。補正值は表－8を標準とする。

4 その他

施工時期による発芽率の低下、施工時のロス等は別途補正する。

植生基材吹付工においては、一定の厚さの植生基盤を造成するが、この厚さに応じて発芽率が低下するので、補正することが必要である。

なお、補正率の決定に当たっては、周辺から植生が侵入する可能性の有無や2次補正と3次補正が重複しないよう考慮するなどの留意が必要である。

表－7 2次補正の標準値（単位：％）

施 工 形 態	補正值	備 考
発芽率の低下があらかじめ見込まれる工法	+20～50	植生袋など
播種のムラがあらかじめ見込まれる工法	+10～30	航空実播工など
播種部分の面積比が極度に小さく、かつ、種子の散失や流亡が見込まれる工法	+20～50	点播工など
木本類の種子のみを播種する場合	-30～70	実播工など

表－8 3次補正の標準値（単位：％）

特別環境条件	補正值	特別環境条件	補正值
特に礫、岩塊等が多い箇所	+20	特に礫、岩塊等が少ない箇所	-20
特に土壌硬度の高い箇所	+10		
特にやせ地	+20	特に肥沃地	-30
乾燥地		湿潤地	-20
特に乾燥地	+20		
特に湿潤地	+10		
特に強酸性地	+20		
特に急傾斜地	+20	特に緩傾斜地	-10
不適期施工	+30		

〔参考〕 使用種子の単位粒数・純度・発芽率

植物の種類ごとに種子の単位粒数・純度・発芽率は異なる。種子の単位粒数・純度・発芽率は、発芽試験、資料等により設定するが、標準値は表－9、10、11のとおりである。

表－9 在来草本類

種 名	発芽率(%)	備 考
ヨ モ ギ	50～80	高 350～400 治 410
ヤマヨモギ (オオヨモギ)	50～80	高 150～200
オ ト コ ヨ モ ギ	40～70	高 140～180 治 130
イ タ ド リ	20～60	高 50～60 治 54
オ オ イ タ ド リ		高 50～60
カ ヤ (ススキ)	20～70	高 850～870 治 870
イ ワ ノ ガ リ ヤ ス	40～80	高 350
イ シ バ	30～80	本田ひとし 1,610～1,850
メ ド ハ ギ	60～80	高 60～70

(注) 高は高速道路調査会 (1972)、治は治山調査会 (林野庁監修 1970) による。

表－10 外来草本類

種 名	純度(%)	発芽率(%)	単位粒数(万粒/g)
バ ミ ュ ー ダ グ ラ ス	97	85	3,530
ケンタッキーブルーグラス	85	80	3,850
クリーピングレッドフェスク	96	80	1,130
チューイングフェスク	96	80	1,130
ト ー ル フ ェ ス ク	97	85	440
オーチャードグラス	85	80	1,180
イタリアンライグラス	98	90	490
ペレニアルライグラス	98	90	500
レ ッ ド ト ッ プ	90	80	11,000
サ ン ド ラ ブ グ ラ ス	70	65	3,500
チ モ シ ー	99	85	2,710
リードキャナリーグラス	96	60	1,200
マウンテンブローム			300 三原進
サブタレニアンクローバ	99	90	150
ホワイトクローバ	96	90	1,500
ラジノクローバ			1,800 林業試験場
レ ッ ド ク ロ ー バ			720 林業試験場

(新田伸三、小橋澄治 1968)

表-11 木本植物

種 名	発芽率(%)	単位粒数(万粒/kg)	備 考
エ ニ シ ダ	40~70	9~10	外来
イタチハギ (クロバナエンジュ)	50~90	3~4	〃
マ ル バ ハ ギ	40~80	14~15	在来
ヤ マ ハ ギ	50~80	15~16	〃
ア キ グ ミ	40~60	5~6	〃
オ オ バ ヤ シ ヤ ブ シ	20~60	70~80	〃
ヤ シ ヤ ブ シ (ミネバリ)	30~60	75~80	〃
ヒメヤシヤブシ (ハゲシバリ)	20~50	100~110	〃
ヤ マ ハ ン ノ キ	40~60	130	〃
ミ ヤ マ ハ ン ノ キ	30~50	70~75	〃
シ モ ツ ケ	10~20	800~850	〃
ウ ツ ギ	10~15	1,500~1,600	〃
タ ニ ウ ツ ギ	40~70	400~450	〃
オ オ シ マ ザ ク ラ		森 0.79	〃
ア カ マ ツ	30~60	10~12	〃
ク ロ マ ツ	20~50	8~10	〃

(注) 北村文雄、堀江保夫 (1975)、森は森林家必携 (1965) による。

#### 4-3-2-7 播種量 (細則)

現地の状況、気象、土壌等を十分調査のうえ、決定するものとする。

#### 4-3-2-8 播種の時期

実播工は、植生の生育が確保されるように、適切な時期に実施するものとする。

##### 〔解説〕

1 実播工の施工時期は、主体となる導入植生の発芽に必要な温度、水分が得られる春期又は秋期が適している。また、夏期や冬期の気象害に耐えられるように生育期間を確保するため、可能な限り早い時期に施工するものとする。

やむを得ず適期より遅い時期に施工する場合は、植生の発芽、生育を確保するため、凍上、乾燥等の気象害に対する保護対策を講じなければならない。

2 種子の発芽には、温度、水分が最も重要な要素であるが、種子が発芽して、生育するために必要な温度は植物の種類によって異なる。冬の低温期には、水分を吸収した種子が凍結して発芽障害が起きる。

また、夏の乾燥期には、発芽したばかりの幼苗が枯死する例が多い。春期は、

これらの危険の少ない時期であり、発芽後の生育期間が十分あるので、斜面の被覆が確保されやすい。

#### 4-3-2-8 播種の時期（細則）

播種時期については、水分の補給が適度に行なえる春季が適しているが、気温の急激な低下による凍害、霜害等を十分考慮したうえで決定するものとする。

### 4-3-3 植栽工

#### 4-3-3-1 植栽工の目的

植栽工は、樹木を植栽して、森林を造成することを目的とするものとする。

##### 〔解説〕

- 1 植栽工は、森林の造成又は復元を図るために、苗木により木本類を導入するものである。荒廃地等は土壌条件が不良であることから、当初は荒地に育つ先駆植物を植栽工によって導入することが多い。このため、森林（二次林）が成立した後も適切な管理を行い、安定で多様性のある森林へ誘導する必要がある。
- 2 植栽工の計画・実施に当たっては、次の事項について検討する必要がある。
  - (1) 植栽地の土質・土壌の差異等による地区区分
  - (2) 植栽樹種
  - (3) 植栽本数
  - (4) 植栽時期・方法
  - (5) 施肥その他
  - (6) 獣害防除

#### 4-3-3-1 植栽工の目的（細則）

治山事業の目的である、森林の維持、増進のためにもっとも重要である樹木の植栽を行い、樹木の根茎により、森林の公益的機能を高めることを目的とする。

なお、植栽が困難な箇所においては、木本類の種子を配合した吹付工、伏工等の樹林化工法により森林の造成を行うものとする。

#### 4-3-3-2 植栽計画

植栽計画は、気象条件、土質・土壌条件等の立地条件に応じて、最も適したものとなるよう作成するものとする。この場合、植栽工の施工によって将来的に造成しようとする森林の姿をあらかじめ目標林型として設定し、当該林型に到達するために必要な樹種、植栽密度、植栽方法等を計画するものとする。

##### 〔解説〕

- 1 植物は気象条件、土質・土壌条件等に強く影響を受けるので、植栽地の立地条件を調査して、植栽計画を作成する。
- 2 崩壊地の場合は、緑化基礎工によって改善される環境は限定的であり、例えば崩壊地の上部と下部、崩壊の深浅、基層の露出程度等によって、土質・土壌条件に大きな差異があるため、画一的な植栽をすると、これらの条件によって植栽の成果に差異が生ずる。  
よって、植栽地の気象条件等とともに、土質・土壌条件とその差異を調べて、必要に応じて植栽地を区分の上、立地条件に適した樹種、植栽本数、植栽方法等を決定する。
- 3 植栽樹種は、主林木と肥料木に区分する。主林木は、将来、高木を形成するものを期待するものとし、肥料木は窒素の固定等により、地力の向上を期待するものをいう。

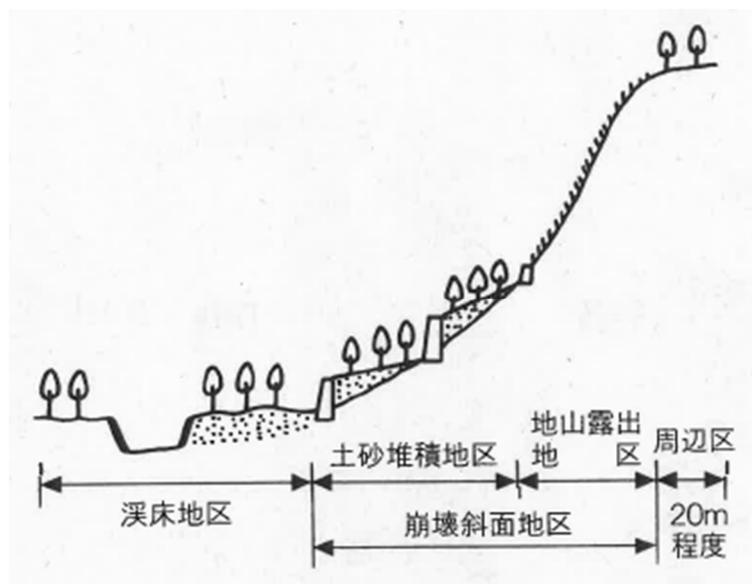


図-29 立地区分模式図

#### 4-3-3-2 植栽計画（細則）

植栽の計画に当っては、既存の植生を参考に、斜面の勾配、土壌条件、方位等によって最も適した本数、樹種、混交歩合等を計画するものとする。

#### 4-3-3-3 植栽時期及び方法

植栽時期は、適期を選択するものとする。

植栽方法は、植栽木が効果的に生育できるように決定するものとする。

##### 〔解説〕

- 1 植栽時期は、苗木の活着及び成長に必要な温度と水分が得られる適切な時期を選択する。
- 2 植栽の対象地は、土質・土壌条件の悪い箇所が多いので、植穴は深く耕耘して土をほぐし、丁寧に植栽する必要がある。植穴の大きさは、苗木が十分に根張り空間を得られる程度とする。
- 3 アカマツ、カラマツ等の主林木とハンノキ、ヤシャブシ等の肥料木を混植する場合の樹種の配列及び間隔は、原則として主林木を重点に決定する。  
これは、長期的な生存を期待しない肥料木等が衰退したときの状態を想定し、保残した主林木が全体的に均整のとれた間隔となるようにするためである。
- 4 ポット苗又はコンテナ苗は、地山露出等の土壌条件がきわめて悪い場合、又は植栽工の不適期にまで植栽時期を拡大する必要がある場合に使用する。
- 5 客土は、植栽穴に良質な土壌を充填して植栽木の活着を確保する方法であり、地山露出等の土壌条件が極めて悪い場合であって、植栽工の適期に植栽しても十分な活着が期待できない箇所において用いる。

#### 4-3-3-3 植栽時期及び方法（細則）

植栽方法は、原則として階段上に深耕植栽とする。また、時期としては春季が適しているが、現在はコンテナ苗の普及により通年植栽が可能となった。

しかし、極端に高温が続く時期や、少雨時期は避けることが望ましい。

#### 4-3-3-4 植栽樹種

植栽樹種は、環境条件に適合し、かつ、防災機能の高い種類を選定するものとする。

##### 〔解説〕

- 1 植栽樹種は、植栽地の環境条件に適合することが最も重要であり、加えて次の条件を満たす防災機能に優れている樹種が望ましい。
  - (1) 成長力が盛んで、よく繁茂するもの
  - (2) 根張りがよく、土壌の緊縛効果の大きいもの
  - (3) せき悪地、乾燥、寒害、虫害等に対して適応性、抵抗性が大きいもの
  - (4) 土壌改良効果の期待できるもの
- 2 上記条件を満たす治山用樹種として、一般に、次のものが用いられる。

主 林 木…アカマツ、クロマツ、カラマツ、エゾマツ、トドマツ、スギ、ヒノキ、クヌギ、ケヤキ等

肥料木等…ハンノキ、ヤマハンノキ、ヤシャブシ、ヒメヤシャブシ、ヤマモモ、ヤナギ類、イタチハギ（外来種）、グミ類、ウツギ類
- 3 立地条件が良好で確実な生育が見込まれる場合を除き、原則として、複数の樹種を植栽する。
- 4 基層の露出地等では、土壌がほとんどないか、あっても堅硬な未熟土層で、主林木の生育には適していないことから、せき悪地に育つ先駆植物のマツ類、肥料木等を植栽して、土壌条件の改善を期待する。
- 5 植栽樹種を選定に当たっては、4-1「山腹緑化工の目的」の解説4及び5並びに4-3-2-6「種子の種類及び組み合わせ」の参考1を参考の上、生物多様性の保全に配慮する。

##### 〔参考〕混植の方法

一般に、乾燥、寒害、虫害等に対応するため、次のように性質の異なった樹種を混植すると効果的である。

- ・浅根性のものと深根性のもの
- ・肥料木と他の樹種
- ・針葉樹と広葉樹
- ・高木性のものと低木性のもの

#### 4-3-3-4 植栽樹種（細則）

植栽樹種を選定に当たっては、周辺の植生を調査しその斜面に適するものとし、原則として主林木と肥料木を1：1の割合で混植することとする。

#### 4-3-3-5 植栽本数

植栽本数は、早期に森林の造成が図られるよう、土壌条件、植栽樹種等に応じて決定するものとする。

##### 〔解説〕

山腹工施工地は、周辺林地よりも土壌条件が悪いことから、土壌条件、植栽樹種等を検討して、早期に気象害等に強い森林となるように、植栽本数を決定するものとする。

#### 4-3-3-5 植栽本数（細則）

柵工、筋工の施工と併せて植栽を行なう場合は、主林木と肥料木を1m間隔で交互に植栽することとする。

また、斜面上に植栽を行なう場合には、3,000～5,000本/haを標準とする。

#### 4-3-3-6 施肥

施肥は、立地条件、植栽樹種等に応じて、肥料の種類及び量を決定するものとする。

##### 〔解説〕

- 1 崩壊地等は、一般に樹木の生育に必要な養分が乏しいので、施肥によってこれを補う必要がある。
- 2 肥料の種類及び量は、立地条件、植栽樹種等を考慮して決定する。
- 3 肥料の種類は、原則として遅効性のものを選択し、肥効が持続するような位置に施肥する。治山用樹種の肥料は、次の条件を具備したものが望ましい。
  - (1) 肥効が長期間持続すること
  - (2) 流亡しにくいこと
  - (3) 他の成分と結合しにくいこと
  - (4) 使用に便利なこと
- 4 植栽後、直に施肥の効果を期待しなければならない場合は、速効性の肥料と遅効性の肥料を適度に混合して用いる。

#### 4-3-3-6 施肥（細則）

崩壊地は一度土壌が流失し土壌が養分に乏しいので、原則として遅効性で永続的な肥効が期待できる固形のものを使用することとする。

#### 4-3-4 保育・管理

植生工の施工後は、適切な保育・管理を行うものとする。

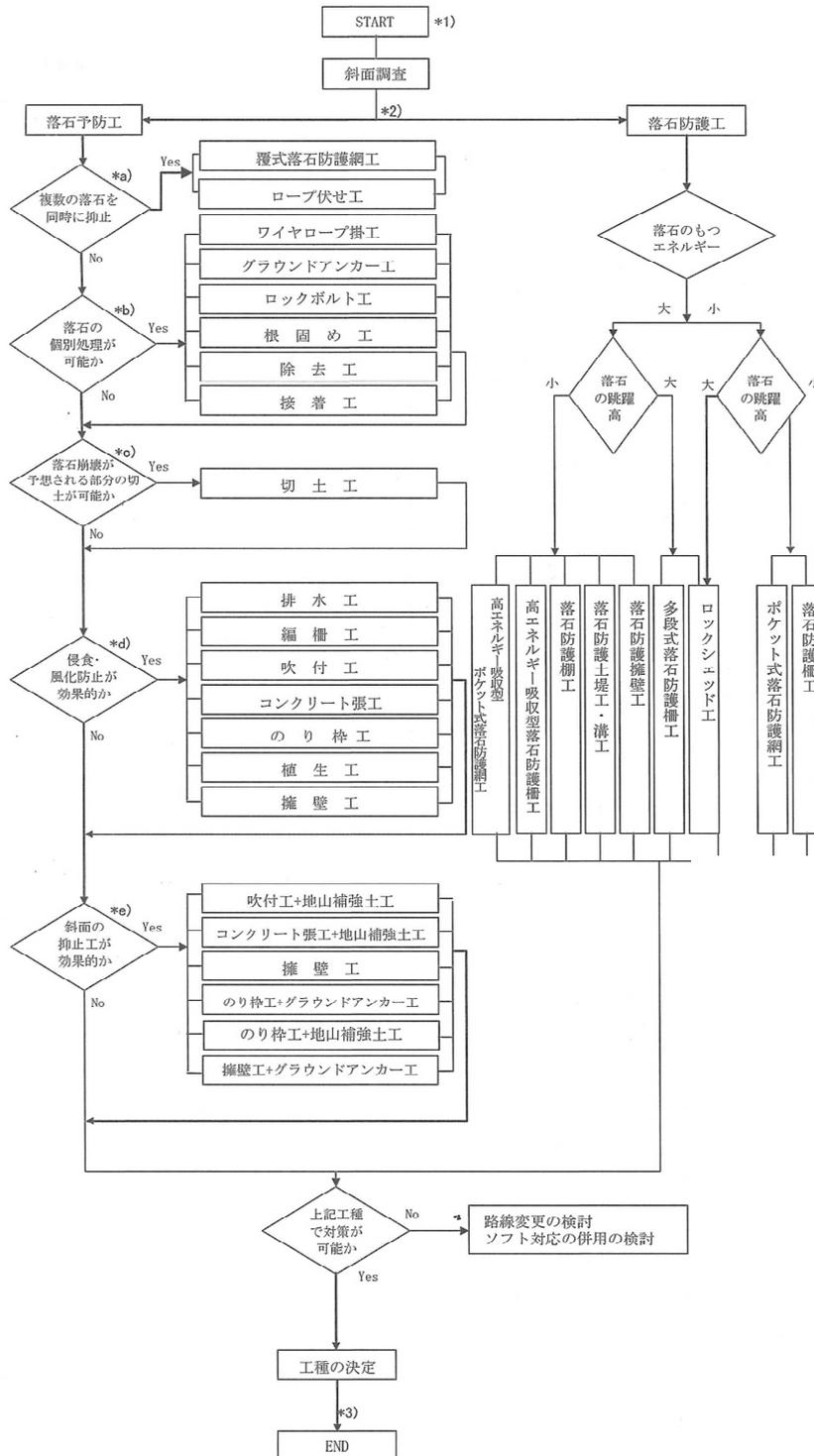
##### 〔解説〕

- 1 植生工の実施後は、施工地が早期に安定した森林となるように、植栽木等の適切な保育・管理を行う必要がある。保育の方法等は、第5編「保安林整備」第5章「保育の設計」による。
- 2 植生工により造成された森林は、導入された先駆植物により構成されていることが多い。このため、必要に応じて、自然遷移が進んでいるかどうかについて長期的なモニタリングを行うとともに、適正な保育を行って目標とする林型へ誘導する必要がある。

## 第5節 落石防止工

1 落石対策の工種の選定にあたっては以下のフローチャートを参考に、各工種の特徴を十分勘案し、各工種の比較検討を十分行なうものとする。

〈落石対策フローチャート〉（落石対策便覧 P102）



- 2 フローに従い、適用可能な工種を並列的に抽出し、その中から実際に施工する工種を決定する。
- 3 防護工で対応可能な場合であっても、落石予防工の可能性（併用含む）について検討し、適用可能な場合は並列的に比較し、必ず両者とも検討する。
- 4 工種選定にあたっては、以下の表を参考とする。

＜落石対策の適用に関する参考表＞（落石対策便覧 P101）

分類	工種	特徴					耐久性	維持管理	施工の難易	信頼性	経済性
		落石対策工の効果									
		風化 侵食 防止	発生 防止	方向 変更	エ ネ ル ギ ー 吸 収	衝 撃 に 抵 抗					
	凡例	◎	非常によい			非常によい	手がかからない	容易	非常によい	安い	
		○	よい			よい	やや手がかかる	やや容易	よい	場合による	
		△	場所によりよい			落石で破損	手がかかる	むずかしい	場合によりよい	高い	
落石 予防 工	切土工		◎				◎	○	△	◎	○
	除去工		◎				○	○	△	○	○
	接着工	○	○				△	○	◎	△	△
	ワイヤロープ掛工		◎				○	○	△	○	◎
	ロープ伏せ工		◎				○	○	△	○	◎
	グラウンドアンカー工		◎				○	◎	○	◎	○
	ロックボルト工		◎				○	◎	○	◎	○
	根固め工		◎				◎	○	○	◎	○
	植生工	○	○				○	◎	◎	△	◎
	排水工	◎					○	○	○	○	◎
	編柵工	○	○	△			○	○	◎	△	◎
	覆式落石防護網工		◎	○	○		○	○	◎	○	◎
	吹付工	◎	○				○	○	◎	○	◎
	張工	◎	◎				◎	◎	○	○	◎
	のり砕工	◎	◎				◎	◎	◎	◎	○
	擁壁工	◎	◎	△			◎	◎	○	◎	○
	吹付工+地山補強土工	◎	◎				○	○	○	◎	◎
	コンクリート張工+地山補強土工	◎	◎				◎	◎	○	◎	○
	のり砕工+地山補強土工	◎	◎				◎	◎	○	◎	◎
	のり砕工+グラウンドアンカー工	◎	◎				◎	◎	○	◎	○
擁壁工+グラウンドアンカー工	◎	◎				◎	◎	○	◎	△	
落石 防護 工	ポケット式落石防護網工			○	○	○	○	○	◎	○	◎
	落石防護柵工			◎	○	△	○	○	◎	○	◎
	多段式落石防護柵工		△	◎	◎		○	○	◎	○	◎
	落石防護柵工			◎	◎	◎	◎	◎	○	○	○
	落石防護擁壁工			◎	○	△	◎	○	◎	○	◎
	ロックシェッド工			◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	○
落石防護土工・溝工			◎	○	△	◎	○	◎	○	○	

## 5-1 落石予防工

### 5-5-1 落石予防工の目的

落石予防工は、落下のおそれのある浮石・転石又は亀裂の多い露岩を除去又は固定して、落石の発生を防止することを目的とする。

#### 〔解説〕

- 1 落石予防工は、落石の発生源における対策であり、落下するおそれのある岩石を除去又は固定するものである。落石の原因となる岩石を静止状態で直接抑止するため、効率的かつ信頼性の高い対策である。
- 2 落石予防工は、落下するおそれのある岩石の大きさ、落石の形態、落石の頻度、保全対象等を考慮して、最も適切な工法を選定するものとし、必要に応じて複数の工法を併用する。
- 3 落石予防工は、落石の発生源が広域に及ぶ場合等にあつては、落石の完全な抑止が困難な場合もあり、落石の頻度を極力低減させる対策と位置づけて、落石防護工を併用して計画する場合が多い。
- 4 落石の発生源は、一般に、急傾斜で足場が悪く施工時に危険を伴うとともに、施工中においても落石のおそれが大きいため、斜面下部の人家、道路等へ被害を与えないように、仮設網や仮設防護柵等の設置を十分に検討し、工事の実施に伴う災害の発生を防止しなければならない。
- 5 落石のおそれのある斜面は、崩壊のおそれも大きい場合があることから、崩壊の可能性についても検討する必要がある。

#### 5-1-1 落石予防工の目的（細則）

落石予防工は落石の発生源対策であり、次のような効果を期待して単独または、複合した工法により行うこととする。

- 1) 地表水、凍結融解、温度変化、乾湿の繰り返し、風力等による侵食、風化の進行を防止する。
- 2) 落石予備物質を現位置で直接的に抑止する。
- 3) 落石予備物質を除去あるいは、整理する。
- 4) 表層崩壊などの土砂崩壊に伴う落石を防止する。

## 5-1-2 切取工

切取工は、落石が発生するおそれのある斜面を浮石・転石を含めて切り取り、斜面を安定化させることによって、落石の発生を予防する場合に計画するものとする。

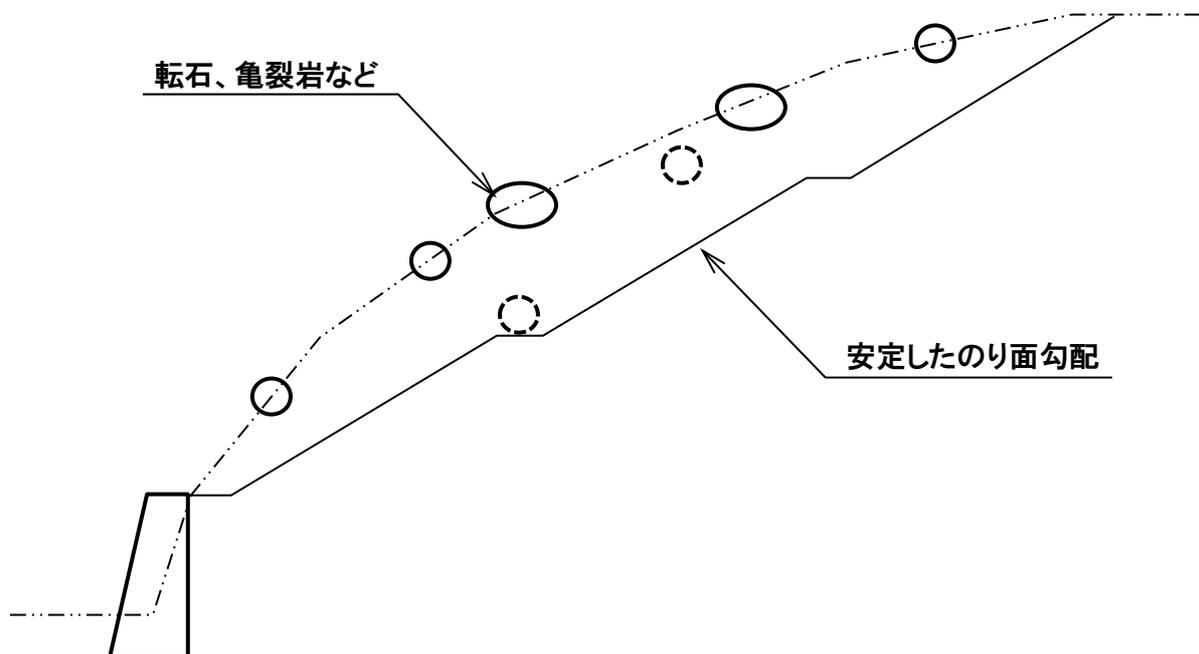
### 〔解説〕

- 1 切取工は、斜面を切取ることによって、落下するおそれのある浮石や転石（斜面に埋まっている転石も含む）を土砂とともに取り除き、浮石や転石が落下石となることを防止するものである。
- 2 斜面の切取勾配や切取土石の安定は、第3節3-2「のり切工」に準ずるが、特に切取による上部地山のゆるみ等を生じさせない計画とするよう留意しなければならない。

## 5-1-2 切取工（細則）

のり面や山腹斜面に分布している落石の危険性のある浮石や転石を、土砂と同時に切取斜面の安定と落石の危険回避を図る工法である。安定な人工のり面となる最も基本的な落石予防工であるが、施工性と経済性は十分吟味する必要がある。

また、のり面全体の安定の検討を含めて十分な調査を行いのり面の勾配を決定することとする。



### 5-1-3 除去工

除去工は、斜面にある不安定な浮石・転石を除去又は整理して安定化させることによって、落石の発生を予防する場合に計画するものとする。

#### 〔解説〕

- 1 除去工は、斜面に散在する浮石・転石を小割りにして、斜面から除去又は斜面内の安全な場所にまとめて整理する工法であり、落下するおそれのある浮石・転石が特定できる場合等では効率的な工法である。
- 2 小割り方法としては、低速火薬、膨張剤、棒状油圧ジャッキ等が用いられる。また、斜面内に整理する場合は、石積、ふとんかごの中詰材等として利用する。なお、石積に当たっては、石積等の脚部が洗掘を受けないよう留意する必要がある。
- 3 急斜面で不安定な浮石・転石を対象とする場合は、作業の安全確保、破碎した岩片の落下防止施設の設置の難易等を考慮して、工法を選定する必要がある。

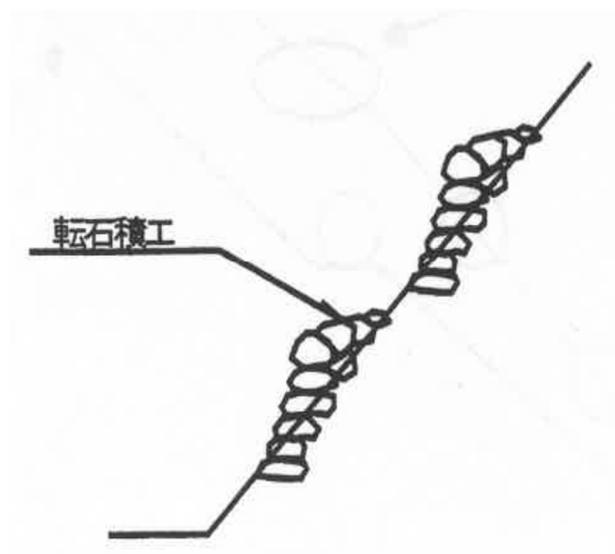
### 5-1-3 転石整理工（細則）

#### 1 転石整理

斜面に散在する転石を斜面内の安全な場所にまとめて空積、練積を行う。  
あるいは、枠、蛇籠、ふとん籠等に詰める。

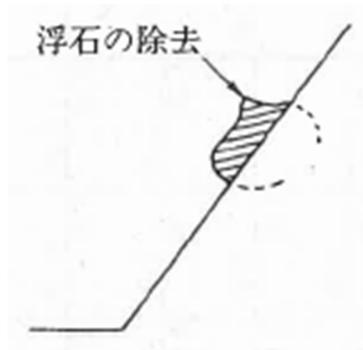
または、石筋工として整理する工法で、ステップ幅を広くとり、多段的に設けると効果的である。

＜転石整理工の例＞



#### 2 破碎除去工

突出した岩脈、大転石等落下の危険のある岩脈は、静的破碎剤等（低速火薬、膨張材、棒状油圧ジャッキ等）を用いて破碎し、取り除く工法である。



#### 5-1-4 被覆工

被覆工は、落石が発生するおそれのある斜面をのり砕工、モルタル吹付工等により被覆し、斜面の表面侵食、風化及び崩落を防止することによって、落石の発生を予防する場合に計画するものとする。

##### 〔解説〕

- 1 被覆工は、斜面の表面侵食又は風化により、岩塊や転石が不安定化するおそれのある場合に、斜面を直接被覆し、外気や雨水の遮断等によって浮石・転石が落下することを防止する工法である。落石予防工に用いられる被覆工は、主ののり砕工、モルタル吹付工である。
- 2 落石予防工として用いられるのり砕工は、湧水を伴う風化岩や長大斜面など長期にわたり斜面の安定性が必要とされる場合、落石とともに発生する斜面の崩落を防止する必要がある場合等に用いられ、現場打ちコンクリートのり砕工又は吹付のり砕工が一般的である。砕の構造等は、第3節3-7「のり砕工」に準ずる。
- 3 落石予防工として用いられる吹付工は、斜面の湧水が少なく、当面崩壊の危険性は少ないが、亀裂が多く風化しやすい岩、風化により剥離するおそれのある岩等の風化を防止する場合に用いられる。モルタル又はコンクリート吹付工が一般的である。

吹付け厚等は、第3節3-11「コンクリート（モルタル）吹付工」に準ずる。  
なお、緑化が可能な斜面にあつては植生基材吹付工による場合もある。

## 5-1-4 被覆工（細則）

### 1 のり枠工

浮石が活動や転動のおそれがある箇所の斜面を安定化し崩落しないようにする場合に用いられ、枠内は吹付やコンクリート張とするのが一般的である。

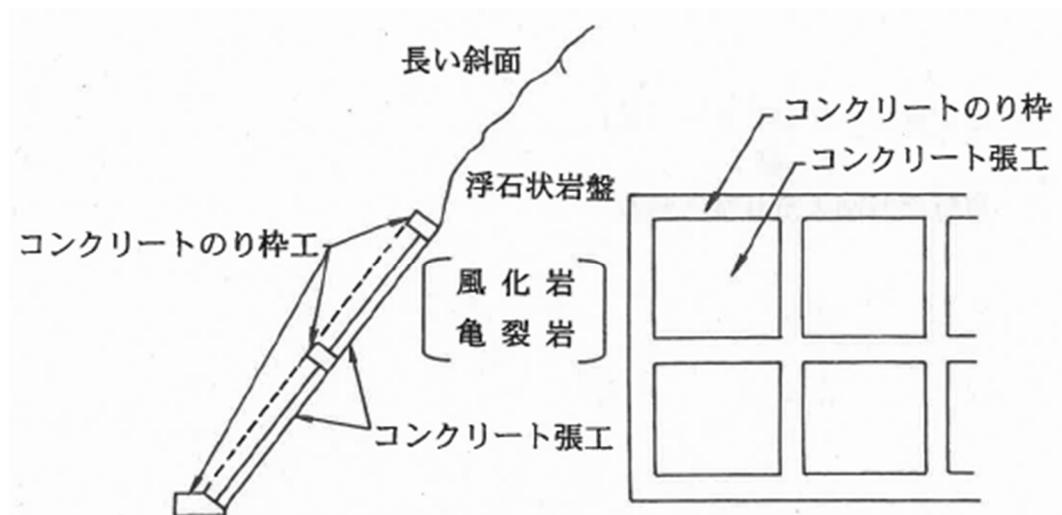
また、枠内を植生する場合は、植生基材の保持と落石発生防止を兼ねてラス網を用いることが多い。

のり枠の種類は、吹付のり枠、現場打ちコンクリートのり枠、プレキャストのり枠があり、斜面の状況、浮石の状況等により適宜選定する。

吹付のり枠、現場打ちコンクリートのり枠は、急斜面で規模の大きい浮石や転石にも対処が可能である。また、凹凸への対応が可能であるため、岩盤斜面中の浮石等を枠内に包み込めるという利点がある。現場打ちコンクリートのり枠は斜面に型枠を設置してコンクリートを打設するのに対し、吹付のり枠はモルタルやコンクリート吹付工と同様の施工法であり施工性が良い

プレキャストのり枠は、斜面勾配のゆるやかな箇所で小規模な浮石をおさえたり、のり面の小崩壊防止に用いられる。

＜コンクリート枠工の例（落石対策便覧P89～P90）＞



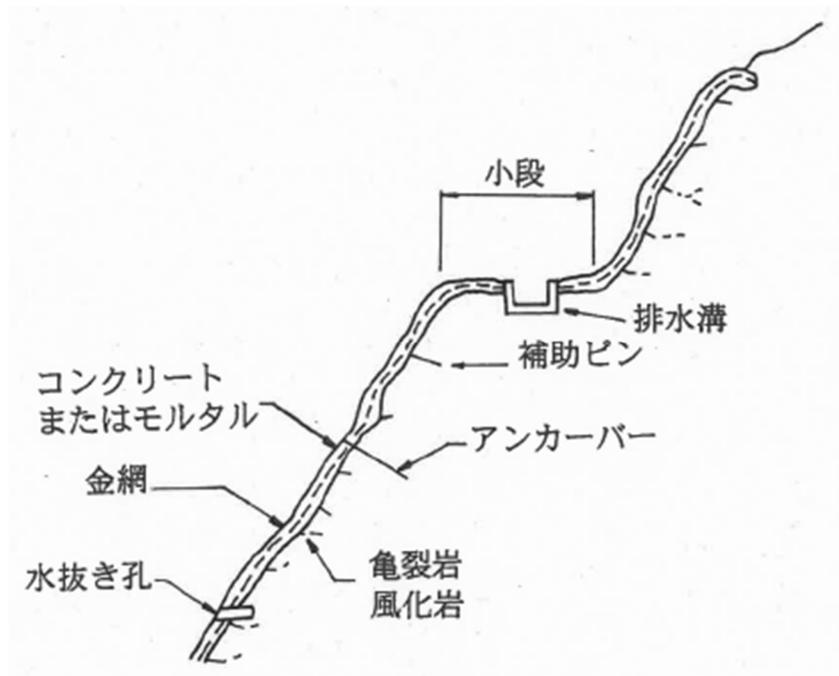
### 2 吹付工

コンクリートやモルタルを吹き付けて、表面の浸食、岩石の風化の防止を図るものである。

地盤条件としてはのり面に常時湧水がないことであるから、吹付背面の水圧上昇を抑制するため原則として水抜き孔を設け、湧水が懸念される場合には水抜きボーリング等の排水工を併用する。抑止効果を増すために吹き付けを厚くしたり、金網、ロックボルトを組み合わせることもある。

標準的な施工方法での施工範囲は、吹付機の設置箇所からホース延長100m、高低差45m程度であるが、最近では数百m圧送可能な施工方法も開発、使用されている。

< 吹付工例 (落石対策便覧 P88) >



## 5-1-5 固定工

固定工は、落下するおそれのある岩石をワイヤ等を用いて固定することによって、落石の発生を予防する場合に計画するものとする。

### 〔解説〕

- 1 固定工は、落石のおそれのある亀裂の発達した岩盤や、浮石・転石を、ワイヤロープ、ロックボルト、特殊配合モルタル等により固定し、浮石・転石等が落下することを防止するものである。
- 2 固定工には、表-12のような種別がある。

表-12 固定工の種別と特徴

種 別	特 徴
ワイヤロープ掛工	ワイヤロープを用いて斜面上の浮石・転石を固定する工法で、一般に応急的に用いられることが多い。 浮石・転石を既製品のワイヤ製もっこを用いて固定する場合もある。
ロープ伏工	ワイヤロープを格子状に編んでクロスクリップ等で留めたもので、斜面を被覆する工法。ワイヤロープの間から転石が抜け出すことのないよう、必要な強度を有する補助的なワイヤや網との併用を行う場合もある。斜面の樹木等を残存させたまま施工でき、表面の凹凸が著しい斜面にも合わせやすい。
覆式落石防護網工	落石の発生する恐れのある斜面を、ワイヤロープと金網で構成された網で覆い、落石の発生を防止するとともに、落石を跳躍させずに安全に落下させる工法。保全対象が近接した箇所では、比較的小規模な落石が想定される場合に適している。
ロックボルト工	斜面上の大きな浮石・転石を、ロックボルトを用いて基岩に固定する工法。
接 着	亀裂の多い岩盤等において、亀裂に特殊配合モルタル等の接着剤を注入して剥離型の落石を防止する工法である。景勝地等の景観の保存等が求められる箇所の施工に適している。

## 5-1-5 固定工（細則）

### 1 ワイヤロープ掛工

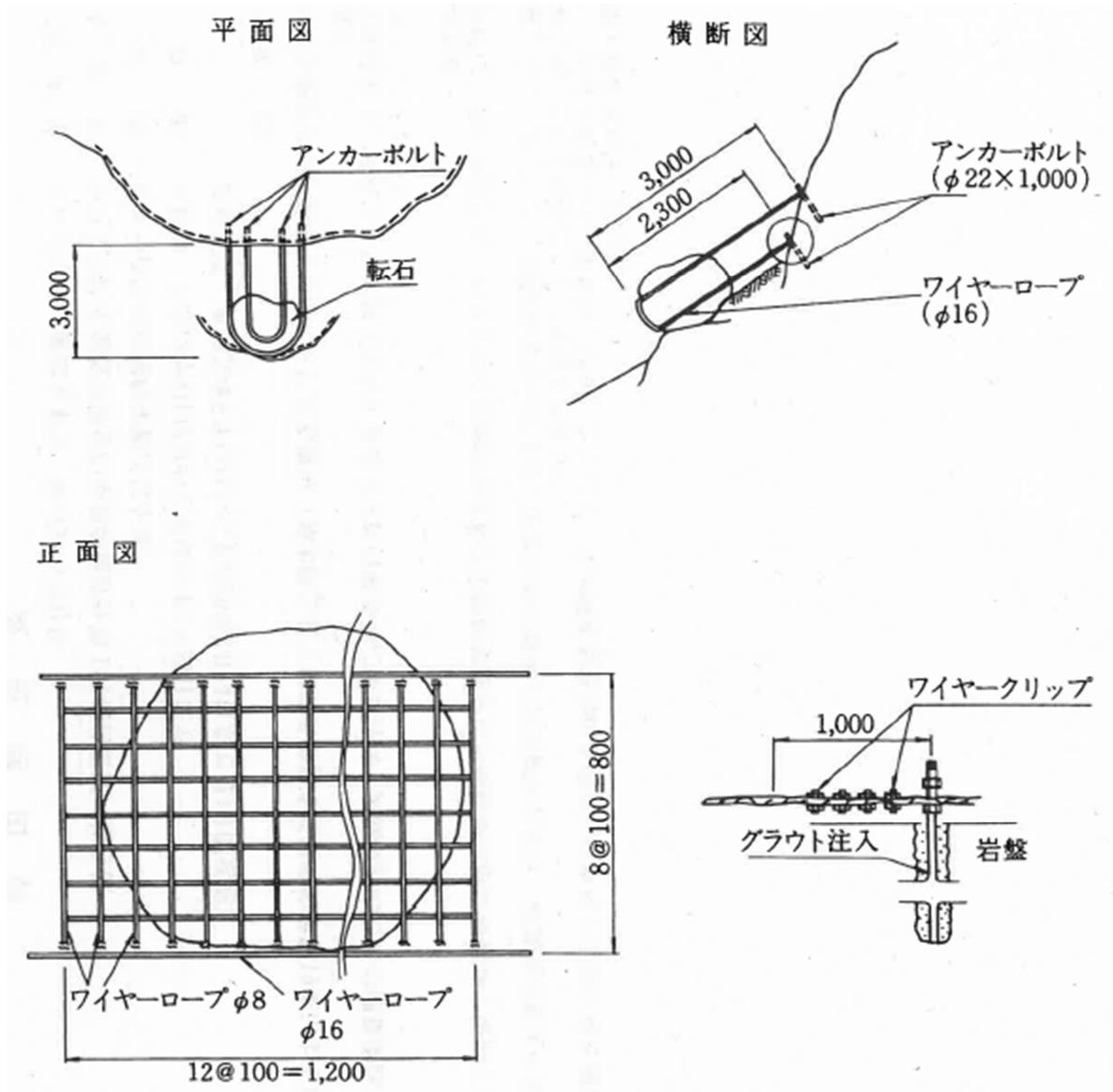
対象とする特定の浮石や転石が滑動や転動しないようにワイヤロープを格子状に組んだり、数本のロープでその基部を覆ったり、引っ掛けたりして斜面上に固定させる工法である。

ワイヤロープは安定した斜面に着実に固定する必要があるため、岩盤用アンカーボルト、アンカーブロック、打ち込み式アンカーなどで堅固な基礎に定着させる必要がある。

対象とする荷重の設定後、ワイヤロープの径や配置を仮定して必要な張力を算出し、これを満足する規格のアンカーを設計する。

詳細は、「落石対策便覧」（日本道路協会）を参照する。

<ロープ掛工の例（落石対策便覧P105参照）>



## 2 ロープ伏工

斜面に散在する浮石や転石が滑動や転動しないよう、ワイヤロープを格子状に組むなどしてネット状にしたもので浮石や転石を覆い、ワイヤロープの交点にアンカーを打設し斜面上に固定させるもの。ワイヤロープの間隔を狭めることで、比較的小規模な浮石、転石を固定することも可能となる。

詳細は、「落石対策便覧」（日本道路協会）を参照する。

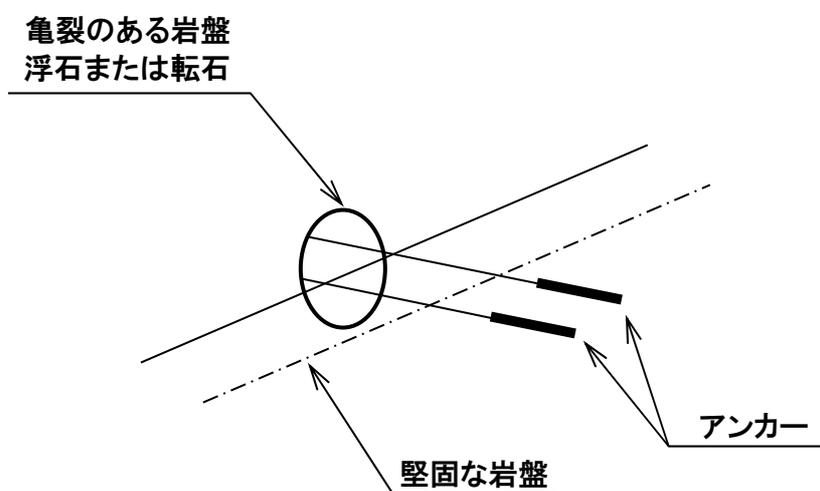
### 3 グラウンドアンカー工、ロックボルト工

浮石や転石が滑動や転倒しないように、基礎にアンカーをとり斜面上に固定させる工法である。

グラウンドアンカー工は、比較的大規模な浮石や転石が転動しないよう基盤に定着させるものである。グラウンドアンカー工は抑止力を浮石や転石全体に分布させるために、根固工や法枠工等と組み合わせて用いることが多い。

ロックボルトは、アンカー力が小さく、比較的小規模な浮石や転石に対して用いられる。この場合、浮石群を全体的に固定するために、斜面を吹付工、法枠工等により被覆し、ロックボルトと一体化する組み合わせが効果的である。

＜ロックアンカー工の例＞



## 5-1-6 根固工

根固工は、落下するおそれのある岩石の基部をコンクリート等で固定することによって、岩石の移動を予防するもので、岩石の基部に構造物を設けることができる場合に計画するものとする。

### 〔解説〕

- 1 根固工は、基部の土壌が流出して不安定化している浮石・転石が転落又は滑動しないように、浮石・転石の基部をコンクリート等で充填して斜面上に固定するものである。
- 2 斜面上の浮石・転石は除去することが望ましいが、除去が困難な大きさの浮石・転石の場合に、根固工が用いられる。一般に浮石・転石の基部にある空洞等にコンクリート等を充填した上、その前面に土留工を設けて支保し、浮石・転石の転落又は滑動を防止する。周辺の小転石の整理を兼ねて石積工とする場合もある。
- 3 根固工の基礎は堅固な地盤に置くとともに、施工途中に浮石・転石が落下しないように作業の安全確保に留意した計画とする必要がある。

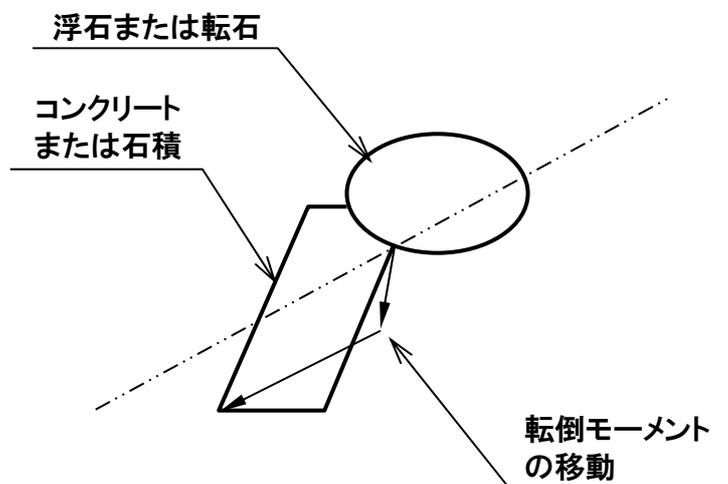
## 5-1-6 根固工（細則）

### コンクリート根固工

不安定な岩石の基礎やその周囲を固めて安定させる工法である。コンクリートで固めるほかに、付近の転石を集めて積石として根固工とする場合もある。

特徴、適応条件は、

- a) 斜面勾配が比較的緩やかであること
- b) 簡単に除去できない大きい浮石、転石が集中的に存在すること
- c) 対象部分に湧水がないこと（ある場合は湧水処理必要）
- d) 根固工基礎の洗掘により、転石の移動等危険な状況が発生しないこと
- f) 材料の搬入が容易であること



## 5-2 落石防護工

### 5-2-1 落石防護工の目的

落石防護工は、落石の発生源から保全対象に至る山腹斜面において、落下する岩石を抑止又は減殺することを目的とする。

#### 〔解説〕

- 1 落石防護工は、保全対象を防護するために、落下する岩石を抑止又は減殺することを目的として施設を設置する工法である。
- 2 落石発生源が広範囲である斜面では、落石防護工のみで落石による被害を防止することは困難であり、落石予防工と組み合わせて用いる場合が多い。

### 5-2-1 落石防護工の目的（細則）

落石防護工は、発生源での対策が困難な場合や、発生源の対策が十分に行えない場合において、山腹斜面において落石を抑止する工法で、待ち受け的な工法である。

## 5-2-2 落石防護工の種別

落石防護工は、落石の形態、地形、保全対象との関連、施工性等を十分考慮して、計画箇所の設置条件、使用条件に応じた適切な種別を選定するものとする。

### 〔解説〕

- 1 落石防護工は、その種別によって機能、特性等が異なることから、想定される落石の形態、地形条件、保全対象の状況、施工性等に加えて、落石予防工及び森林造成との関連を総合的に勘案して種別を選定する。
- 2 落石防護工の主な種別は表-13のとおりである。

表-13 落石防護工の種別及び特徴

種 別		特 徴
落石防護柵工		H鋼、鋼管等を組み合わせた柵をコンクリート基礎で支えた剛構造で落石を阻止する工法である。柵の前面に、土砂、木材、古タイヤ緩衝材を用いて衝突する落石の衝撃エネルギーを緩衝させる。比較的規模の大きな落石が想定される場合に適している。 柵（上部構造）の形状により、λ型、I型、逆Y型がある。
落石防護擁壁工		緩衝材を設けたコンクリート製擁壁、鉄筋コンクリート製擁壁及び土堤により落下してくる岩石を阻止する工法である。落下してくる岩石を擁壁等から斜面上方に堆積させたり、バウンドさせてエネルギーを減勢させるために、一定の広さの緩傾斜地又は平坦地が必要になる。比較的規模の大きな落石が想定される場合、落石に崩壊が伴う場合等に適している。
落石緩衝柵工	ワイヤロープ金網式	H鋼の支柱に、伸び性能が高いワイヤロープ、金網を取り付けた柵により落石の衝突エネルギーを吸収させる工法である。土留工の天端に設置されることもある。比較的小規模な落石に対して有効である。
	高エネルギー吸収柵式	エネルギー吸収特性の優れたワイヤ部材とエネルギー吸収装置を備えた柱で構成された構造物である。大規模な落石に対応できるが、落下してきた岩石を受け止めたときの変形量は大きく、維持管理に留意する必要がある。
ポケット式落石防護網工		落石の発生するおそれのある急斜面の勾配変化点付近に、開口部のある網を設置し、捕捉した岩石を安全に落下させる構造となっている。比較的小規模な落石が想定される場合に適している。

## 5-2-2 落石防護工の種別（細則）

種別の選定は、以下を参考に行うこととする。

### 1 落石防護柵工

落石を待ち受けて停止させるための、金網、ロープ、支柱等軽量部材から構成される柵を道路際または斜面の途中に設置するものである。比較的小規模な落石の対策として有効である。長大斜面の場合には、落石エネルギーが大きくならないように多段式にして用いることもある。

従来型の落石防護柵はワイヤーロープ、ひし形金網、端末・中間支柱およびワイヤーロープ間隔保持材によって構成される。その他、最近ではポケット式落石防護柵と同様に、衝撃装置や高強度・高たわみ性の金網等を用いて落石エネルギーの吸収能力を高めた各種の工法（製品）が開発されている。

落石防護柵の基礎は、コンクリート擁壁の上に立てられる場合と、土中に基礎を設けてその上に立てられる場合、支柱と一体化した杭基礎等がある。

基礎の調査としては現地踏査および施工時の状況によって判断していることが多いが、必要に応じてボーリング、サウンディング等を行う。

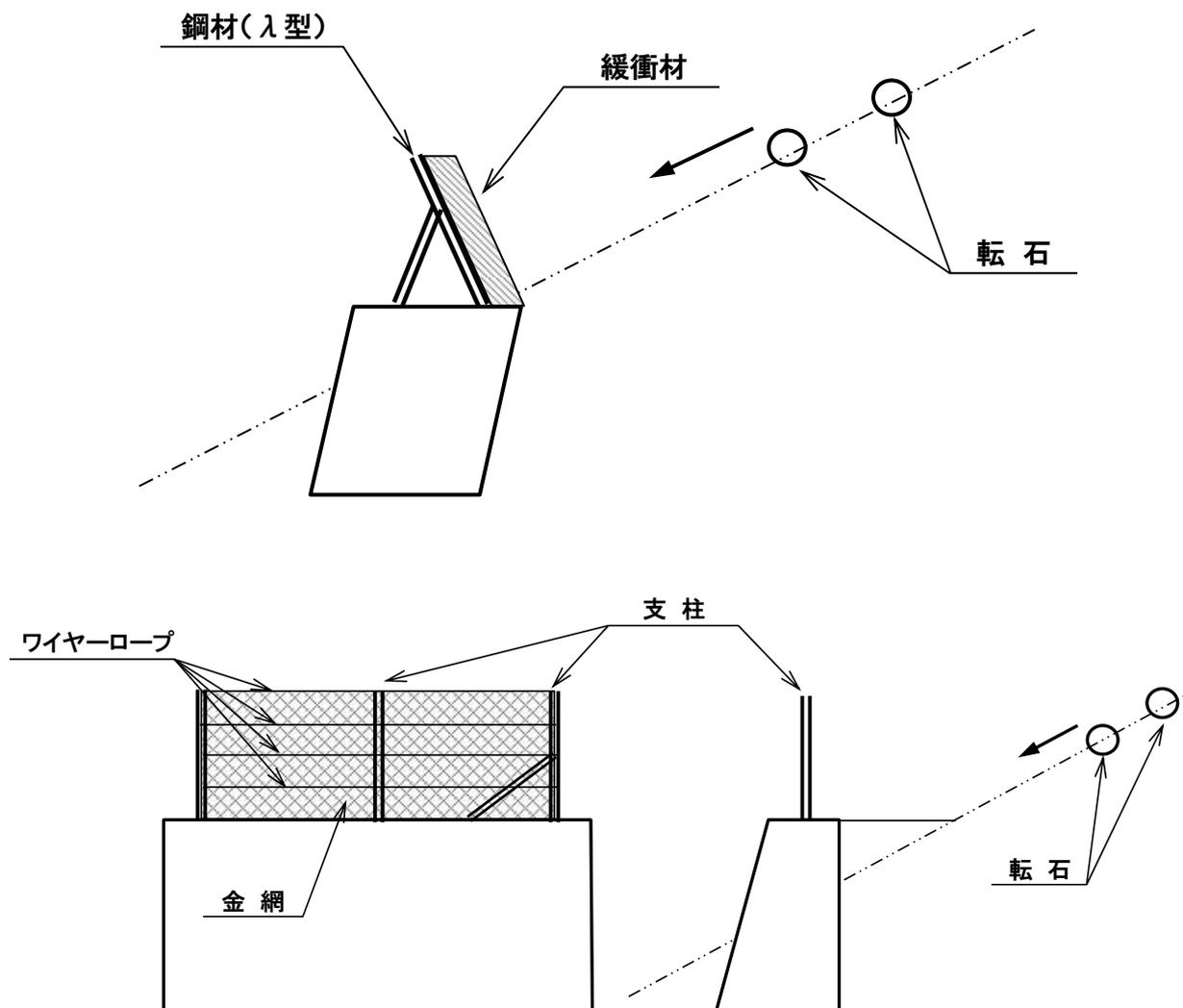
落石防護柵工の特徴は次のとおりである。

- ① 基礎が他の構造物に比較して小さい。
- ② 大がかりな重機が不要であり、設置が容易。
- ③ 維持補修が容易。

また直接落石防護施設により落石を止めるよりは、落石の方向を変えて危険のない地帯に誘導したほうが有利な場合には落石誘導柵として用いられる場合がある。その際には、落石防護擁壁や多段式落石防護柵等と組み合わせると効果的であり、設置位置、構造等については現地の地形等に適したものとする必要がある。

その他、規模の大きな落石が予想される斜面の途中または道路際に抑止くいを設置し、落石を阻止する工法もある。一般に抑止くいは地表面より3～5m突出させ（落石跳躍量等で異なる）、古タイヤや砂詰めコルゲート等のクッション材により保護する。

高エネルギー吸収タイプを適用する場合は、そのエネルギー吸収能力を十分に発揮できるようにするために、適切な維持・管理が重要である。また、落石衝突の際、変位が大きく生じるものもあり、設置位置を十分検討する必要がある。



## 2 落石防護擁壁工（コンクリート、鉄筋コンクリート）

落石を受け止めるための擁壁を設けるもので、擁壁に落石が衝突した際に、主にその慣性抵抗により落石のエネルギーを受け止め、停止させるものである。

落石の跳躍高を包含できる空間（ポケット）を斜面との間に確保できる場合に用いられ、落石防護擁壁の背後に設けたポケットに受け止めた落石や崩土を堆積させるもので、落石防護柵と併用されることが多い。

擁壁は通常コンクリート製である。なお類似の防護工として補強土を用いた落石防護土堤がある。

落石の衝撃力を分散、緩衝させるために、背後にサンドクッション等、緩衝材を設置するのが効果的である。

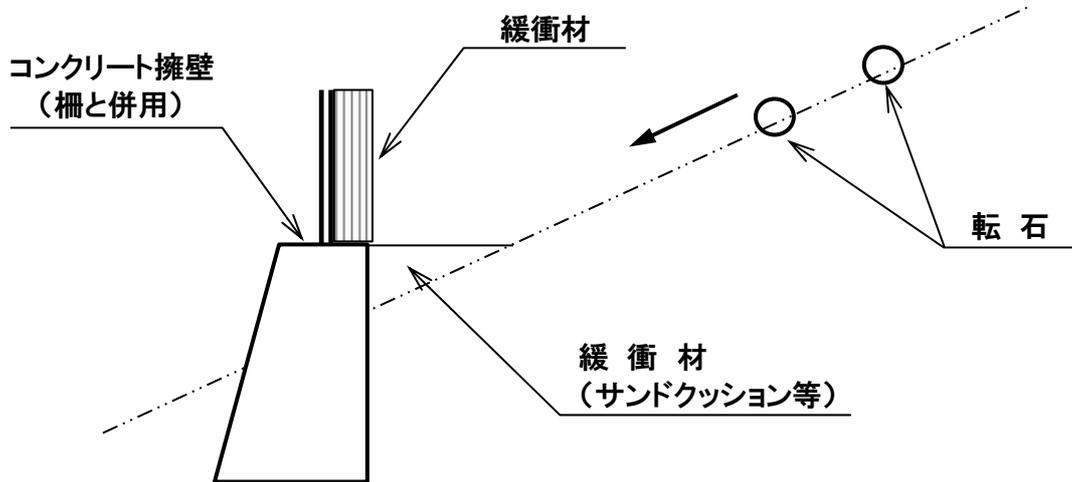
擁壁は良質な支持層に支持させることが必要であるが、高さ2～3m程度の擁壁であれば、施工時に平板載荷試験等を実施し、必要は地耐力が確保されれば、通

常の地山でも支持層として問題ない。

基礎地盤の状況は、サウンディング、ボーリング等によって事前に確認することが望ましい。

落石防護擁壁工の特徴は次のとおりである。

- ① サンドクッション等により衝撃力を分散、減少させることができる。
- ② ポケットに落石を堆積させることができる。

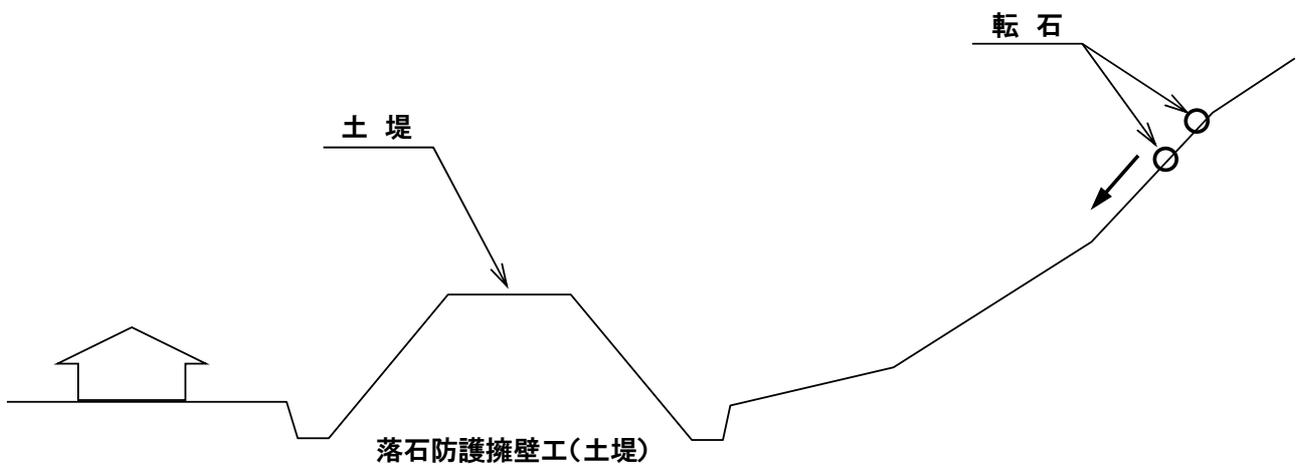


### 3 落石防護土堤工、溝工

落石のエネルギーの吸収・消散を図り、落石を阻止するため、土堤および溝を構築するものである。比較的平坦な余地があり、安定した地盤である場合に用いる。溝は仮設的に用いられることもある。

落石防護土堤工、溝工の特徴は次のとおりである。

- ① 掘削、切土による発生土を土堤材料として活用でき経済的である。
- ② 地形によっては、落石の落下方向を変更させ無害な余地に誘導することもできる。



#### 4 ポケット式落石防護網工

斜面上方からの落石を取り込むための入口となる開口部（ポケット）を設けた防護網を設置するもので、落石が防護網に衝突することで落石エネルギーを吸収したのち、落石を金網と地山との間に誘導して網裾まで導くものである。

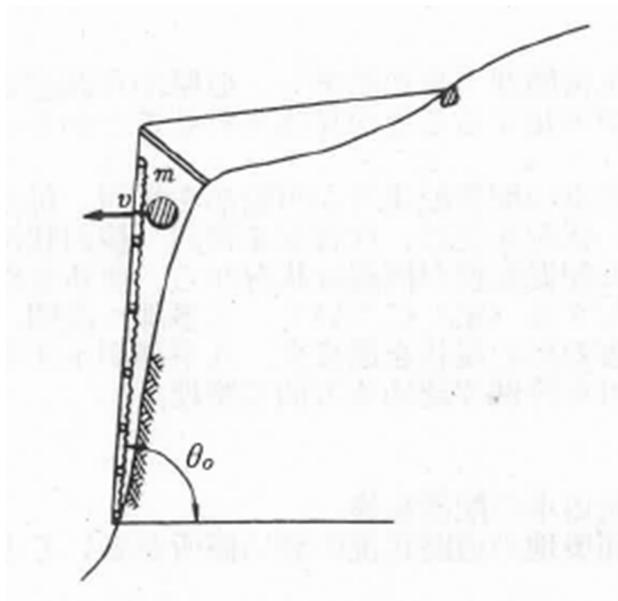
ポケット式落石防護網の入口の高さは落石の跳躍量を想定して設置する。小規模の落石が発生しやすい斜面または基礎岩盤から岩塊がはく離、はく落しやすく、落石の危険性がある斜面に適している。

従来から用いられているポケット式落石防護網は吊ロープ、支柱、金網、ワイヤーロープ等から構成され、その特徴は次のとおりである。

- ① 軽量である。
- ② 設置が容易であり迅速に施工できる。
- ③ 補修が容易である。
- ④ コンクリート構造物等と比較し自然景観をそこねない。

最近では多様な工法（製品）が開発されており、その選定に際しては、工法および設計法の特徴、エネルギー吸収のメカニズム、適用性、耐久性等について十分吟味する必要がある。特に耐久性については、網、アンカーボルトの防錆という観点からの配慮が必要である。さらに高エネルギー吸収タイプにおいては衝撃装置の機能が安定しているかという観点も大切である。

また、落石の衝突時に防護網が変形して道路空間の安全性を侵さないようにしなければならない。



### 5-2-3 落石防護工の位置

落石防護工は、落石の形態、地形、保全対象の位置等を検討して、最も有効な位置に決定するものとする。

#### 〔解説〕

落石防護工は、落石発生源から保全対象に至る山腹中・下部において、落石を捕捉し、落石のエネルギーを減殺することを目的としている。

したがって、落石防護工は、想定された落石の形態を把握し、落石の捕捉が最も効果的な位置に設置することを原則とし、想定される落石のエネルギーの規模、落石の跳躍高を総合的に勘案して、位置を検討する必要がある。

### 5-2-4 落石防護工の高さ

落石防護工は、予想される落石の跳躍高を想定して、対象とする落石が捕捉可能な高さに決定するものとする。

#### 〔解説〕

- 1 斜面を落下する落石の跳躍高（斜面に直角方向の高さ）は、落石の動態に不明な部分が多く確立された算出式はない。落石の跳躍高は、過去の経験から、多くの斜面で2.0mを超えないとされていることから、落石防護工の高さ（垂直方向の高さ）は、2.0m程度を標準とする。
- 2 斜面上の極端な凸部や傾斜の変化点（岩盤の露出）における飛び出し等が想定される場合は、落石の跳躍高が2.0mを超えるおそれがあるので、近傍類似箇所での既往の落石現象、数値シミュレーション手法等により現地に即した跳躍高に対応する落石防護工の高さと位置を検討する必要がある。

#### 〔参考〕 落石防護工の高さ

##### 1 落石防護工の必要高

- (1) 落石防護工背面に平場（ポケット）がない場合

$$h_2 = h_1 \sec \theta \cdots \cdots \cdots (5.2.1)$$

- (2) 幅  $l$  の平場がある場合

- i)  $0 < l < (h_1 \sec \theta - h_1) \cot \theta$  のとき

$$h_2 = h_1 + \{(h_1 \sec \theta - h_1) \cot \theta - l\} \tan \theta$$

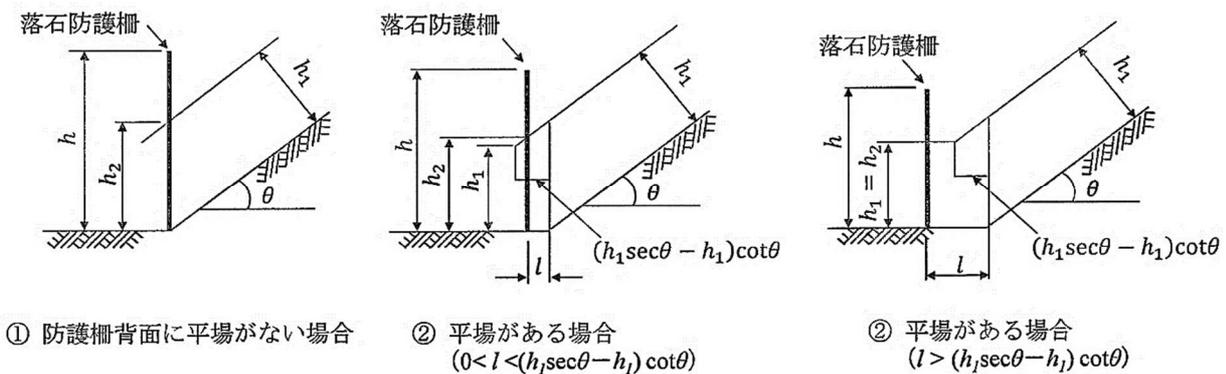
$$h_2 = h_1 + (h_1 \sec \theta - h_1) - l \tan \theta$$

$$\therefore h_2 = h_1 \sec \theta - l \tan \theta \cdots \cdots \cdots (5.2.2)$$

- ii)  $l > (h_1 \sec \theta - h_1) \cot \theta$  のとき

$$h_2 = h_1 \cdots \cdots \cdots (5.2.3)$$

- h : 落石防護工の必要高 (m)
- $h_1$  : 跳躍高 (m)
- $h_2$  : 落石衝突高 (m)
- $\theta$  : 山腹斜面傾斜 (度)
- l : 平地の幅 (m)

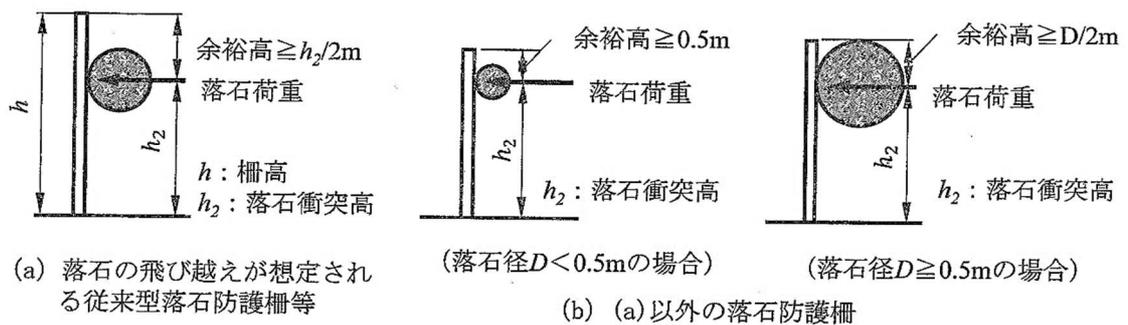


[出典] 落石対策便覧：日本道路協会 平成 29 年

図-30 落石防護工の必要高と落石の跳躍高

## 2 余裕高等

一般に、落石防護工については、落石の跳躍高に、対象とする最大落石半径を加えた高さとするなど、落石防護工の種別に応じた適切な余裕高を設ける。



[出典] 落石対策便覧：日本道路協会 平成 29 年

図-31 落石防護工の余裕高

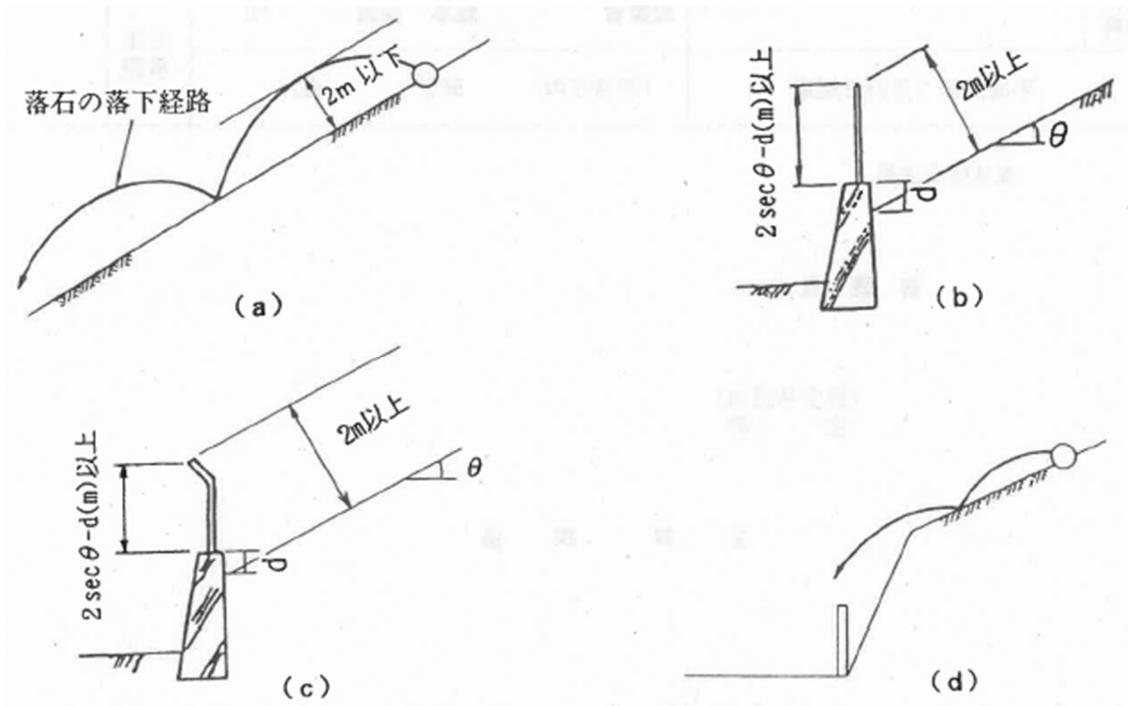
## 5-2-4 落石防護工の位置、高さ (細則)

### 1 落石防護工の位置

防護工の設置位置については、可能な限り発生源に接近させるものとするが、施工性、経済性等も考慮し、設置するものとする。

## 2 落石防護工の高さ

落石防護工の高さについては、落石の跳躍高さが斜面に直角方向の高さで 2.00 mを超えないとされているため、防護柵工の高さは、斜面に直角方向に 2.00 m以上を確保できる高さとする。



## 5-2-5 落石防護工の断面

### 5-2-5-1 落石防護工の安定計算に用いる荷重

落石防護工の安定計算に用いる荷重は、落石防護工の種類により考慮すべき荷重を抽出して適切に設定しなければならない。

#### 〔解説〕

1 落石防護工の安定計算に用いる荷重は、落石防護工の種別によって異なるが、原則として、自重(緩衝材の重量を含む)、土圧(設置後の堆積土を含む)、落石荷重とする。

なお、積雪地方では、積雪荷重、なだれ荷重等を考慮することがある。

2 落石防護工の安定計算においては、考慮すべき荷重を抽出して、考えられる荷重の組合せのうち、原則として、落石防護工の安定上最も不利になる組合せにより行う。

基本的な荷重の組合せ例は表-14のとおりである。

表-14 荷重の組合せ例

種 別		考慮すべき荷重
落 石 防 護 柵 工		自重、土圧、落石荷重
落 石 防 護 擁 壁 工		自重、土圧、落石荷重
落 石 緩 衝 柵 工		落石荷重
落石 防護 網工	覆 式	自重、落石荷重
	ポ ケ ッ ト 式	自重、落石荷重

3 落石荷重は、落石が落石防護工本体又は緩衝材に衝突するときの荷重で、短期荷重と考える。落石荷重の算出に当たっては、跳躍高と同様に確立された算出式がなく、近傍類似の既往の落石現象等を考慮して、適切な計算式を用いることとする。

4 落石防護工の安定計算に用いる単位体積重量は、次の値を標準とする。

- (1) コンクリートの躯体(試験等を行わない時)：23 k N/m<sup>3</sup>
- (2) その他の躯体：構築材の種類によって決定する。
- (3) 背面土：18 k N/m<sup>3</sup>

〔参考〕 落石荷重等

1 落石の運動エネルギー

$$E=1.1 \times \left(1 - \frac{\mu}{\tan \theta}\right) \cdot W \cdot H \dots\dots\dots (5.2.4)$$

$$\left(1 - \frac{\mu}{\tan \theta}\right) \leq 1.0 \dots\dots\dots (5.2.5)$$

E：回転エネルギーの割り増しを加味した落下地点における運動エネルギー（k N・m）

$\mu$ ：等価摩擦係数（表-15による。）

$\theta$ ：斜面勾配（度）

W：落石重量（k N）

H：落下高さ（m）

（一般に落石高さが40mを超えると落下速度は一定になるといわれている。）

表-15 斜面の種類と等価摩擦係数（ $\mu$ ）

区分	落石及び斜面の特性	設計に用いる $\mu$	実験から得られる $\mu$ の範囲
A	硬岩、丸状、凹凸小、立木なし	0.05	0.00～0.10
B	軟岩、角状～丸状、凹凸中～大、立木なし	0.15	0.11～0.20
C	土砂、崖すい、丸状～角状、凹凸中～大、立木なし	0.25	0.21～0.30
D	崖すい、巨礫交じり崖すい、角状、凹凸中～大、立木なし	0.35	0.31～(0.6)

なお、斜面に立木がある場合は、土壌層の発達に応じて  $\mu$  の値に 0.45～0.6 を用いることができる。

2 落石の衝撃力

(1) 鋼材倶楽部の推定式

$$(1) P = \frac{\alpha}{g} \cdot W \dots\dots\dots (5.2.6)$$

P：落石荷重（落石の衝撃力）（k N）

W：落石の重量（k N）

g：重力の加速度（9.8m/s<sup>2</sup>）

$\alpha$ ：衝撃加速度（m/s<sup>2</sup>）

梁に作用するとした場合  $\alpha = (4H_0 + 10) \cdot g$   
 (鋼製落石覆工に対する実験結果から)

$$H_0 = 1.1H \cdot \left(1 - \frac{\mu}{\tan \theta}\right) \dots\dots\dots (5.2.7)$$

$H_0$  : 換算した自由落下高 (m)

$H$  : 落石斜面の高さ (m)

(一般に落石高さが 40m を超えると落下速度は一定になるといわれている。)

$\mu$  : 等価摩擦係数 (表-15 による)

$\theta$  : 斜面勾配 (度)

(2) 振動便覧の推定式

$$P_{\max} = 2.108W^{2/3} \cdot \lambda^{2/5} \cdot H_0^{3/5} \dots\dots\dots (5.2.8)$$

$P_{\max}$  : 最大衝撃力 (k N)

$W$  : 落石の重量 (k N)

$H_0$  : 自由落下高 (m) (5.2.7 による)

$\lambda$  : ラーメの定数 (k N/m<sup>2</sup>)

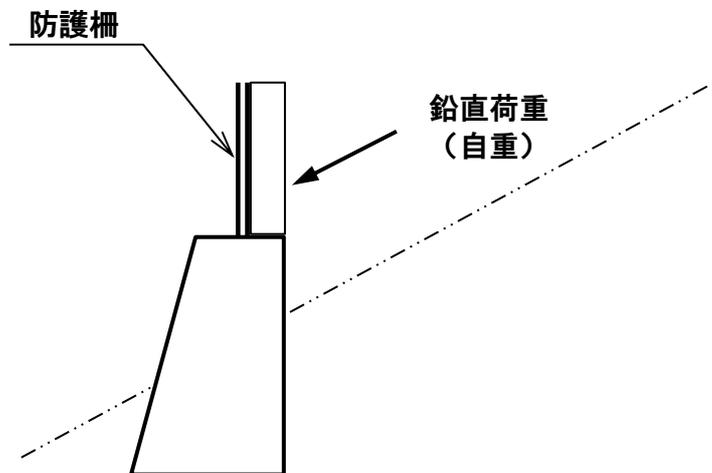
一般に  $\lambda$  は 1,000 程度が用いられている。

なお、ラーメの定数を求める式として次の式がある。

$$\lambda = \left( \frac{W \cdot (4H_0 + 10)}{2.108W^{2/3} \cdot H_0^{3/5}} \right)^{5/2} \dots\dots\dots (5.2.9)$$

**5-2-5-1 落石防護工の安定計算に用いる荷重 (細則)**

緩衝材及び基礎天端上部に作用する土圧については、壁体に対する自重と見なし安定計算を行なうものとする。



## 5-2-5-2 落石防護工の安定性の検討

落石防護工は、想定される荷重に対する各部材、基礎工の安定性を検討しなければならない。

### 〔解説〕

落石防護工は、種別に応じて安定性の検討を行うものとする。

また、種別ごとの設計の考え方は次のとおりである。

#### 1 落石防護柵工

落石防護柵工の安定性の検討は、鋼材等の上部構造と基礎工について行うものとする。

##### (1) 上部構造

落石の衝突荷重は、緩衝材を介して壁面に等分布荷重として作用するものとし、これに緩衝材等の死荷重を加えて最も厳しい条件において検討する。

検討項目は、構造部材、部材接合部材、基礎コンクリートに及ぼす荷重について行い、それぞれの許容応力度以内とする。

なお、鋼材の許容応力度は短期荷重に対応するものとする。

##### (2) 基礎コンクリート

常時作用する土圧と落石の衝突荷重は、転倒、滑動、内部応力及び基礎地盤の安定について検討する。地震力については、原則として見込まないものとする。

##### ① 転倒に対する安定

基礎下端よりの合力の作用点の距離  $d$  は、基礎幅（壁軸直角方向） $B$  との関係において、

$$d \geq \frac{B}{6} \quad \text{とする。}$$

$$d = \frac{M_r - M_o}{\Sigma v} \quad \dots\dots\dots (5.2.10)$$

$B$  : 基礎幅（壁軸直角方向）(m)

$M_r$  : 抵抗モーメント (k N・m)

$M_o$  : 転倒モーメント (k N・m)

$\Sigma v$  : 鉛直力合計 (k N)

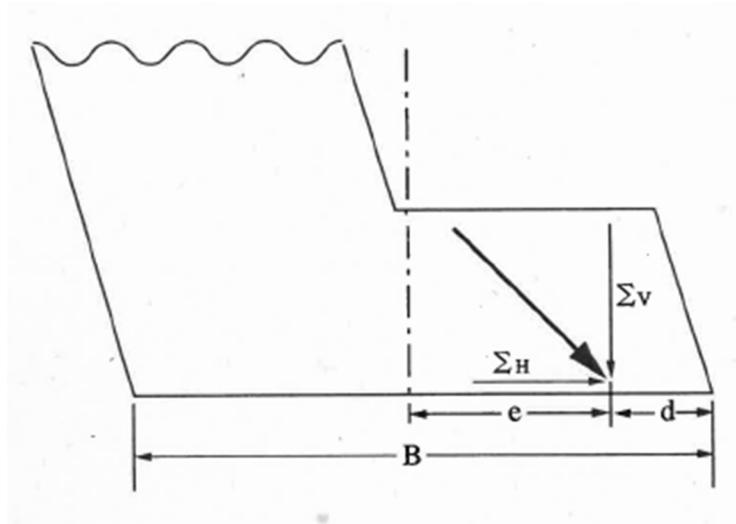


図-32 合力の作用位置

② 滑動に対する安定

滑動に対する安全率  $F_s$  は、 $F_s \geq 1.2$  とする。

$$F_s = \frac{f \cdot \Sigma V}{\Sigma H} \dots\dots\dots (5.2.11)$$

- f : 摩擦係数
- $\Sigma V$  : 鉛直力合計 (k N)
- $\Sigma H$  : 水平力合計 (k N)

③ 基礎コンクリートの破壊に対する安定

基礎コンクリートに生じる最大応力  $\sigma_f$  は、コンクリートの短期許容圧縮応力  $\sigma_{ca}$  に対して次の条件を満たすものとする。

- $\sigma_f \geq 0$  の場合  $\sigma_f \leq 1.5 \sigma_{ca}$ 、
- $\sigma_f < 0$  の場合  $\sigma_f \geq 1.5 \sigma_{ta}$

$$\sigma_f = \frac{\Sigma V}{LB} \left( 1 \pm \frac{6e}{B} \right) \dots\dots\dots (5.2.12)$$

- $\Sigma V$  : 有効抵抗延長に対する鉛直力合計 (k N)
- B : 基礎幅 (壁軸直角方向) (m)
- L : 基礎の有効抵抗延長 (m)
- e : 偏心距離 (m)
- $\sigma_{ca}$  : コンクリートの許容圧縮応力 (k N/m<sup>2</sup>)
- $\sigma_{ta}$  : コンクリートの許容引張応力 (k N/m<sup>2</sup>)

④ 基礎地盤の支持力に対する安定

基礎地盤の最大地盤反力  $q_{max}$  は、基礎地盤の長期許容支持力  $q_a$  に対して、次の条件を満たすものとする。

$$q_{\max} \leq 1.5 q_a$$

最大地盤反力  $q_{\max}$  は、次式により求める地盤反力  $q$  のうち、大きい方の値とする。

$$q = \frac{\Sigma v}{LB} \left( 1 \pm \frac{6e}{B} \right) \dots\dots\dots (5.2.13)$$

なお、 $q < 0$  の場合、最大地盤反力  $q_{\max}$  は次式により求める。

$$q_{\max} = \frac{2\Sigma v}{3Ld} \dots\dots\dots (5.2.14)$$

$q$  : 地盤反力 (k N/m<sup>2</sup>)

$q_{\max}$  : 最大地盤反力 (k N/m<sup>2</sup>)

$q_a$  : 基礎地盤の長期許容応力度 (k N/m<sup>2</sup>)

$\Sigma v$  : 有効抵抗延長に対する鉛直力合計 (k N)

$B$  : 基礎幅 (壁軸直角方向) (m)

$L$  : 基礎の有効抵抗延長 (m)

$e$  : 偏心距離 (m)

$d$  : 基礎下端よりの合力作用点までの距離 (m)

## 2 落石防護擁壁工

落石防護擁壁工の常時、堆積時、地震時の安定に対する検討は、第3節3-3-5-2「土留工の安定性の検討」に準ずるものとする。

落石衝突時の安定に対する検討は未だ確立したものはないが、次の仮定条件下で落石の衝突荷重を考え計算することが一般的に行われている。

- (1) 落石防護擁壁工を弾性地盤に支持された剛体と仮定し、落石衝突の持つ運動エネルギーが、地盤のバネの変形エネルギーと等しくなるまで水平変位及び回転を生ずるものとする。変位及び回転により計算され及びモーメントを安定計算に用いる。
- (2) 想定される大きさの落石が1個衝突することとする。
- (3) 落石の衝突高さは、想定される擁壁工背面の土砂の堆積状況、落石の跳躍高、大きさを考慮して決める。
- (4) 落石の衝突角度は水平とする。

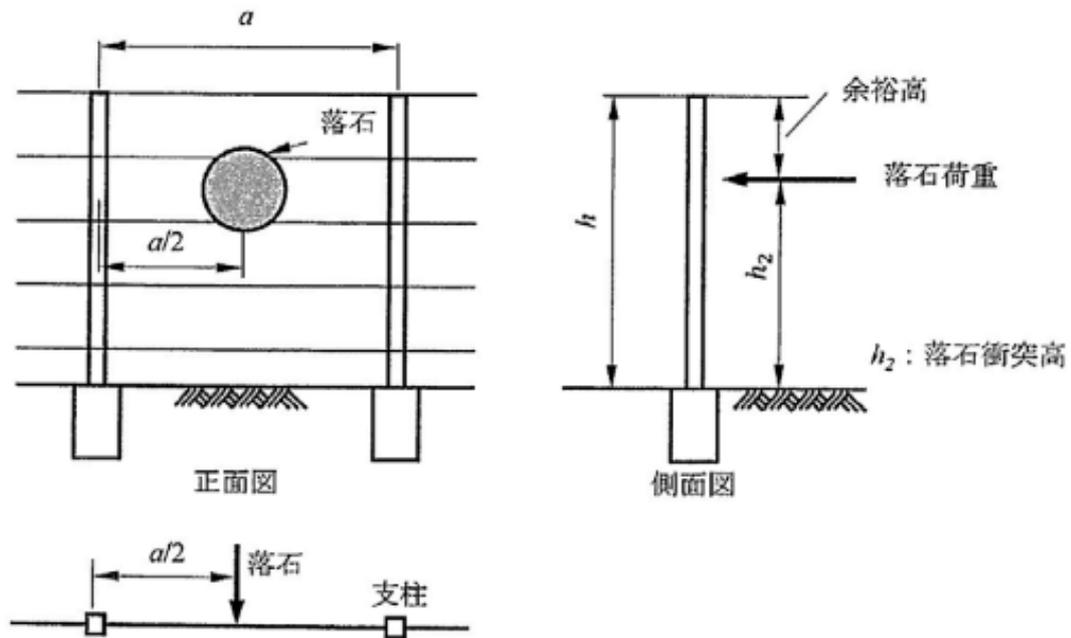
## 3 落石緩衝柵工 (ワイヤロープ・金網式)

落石緩衝柵工の設計に用いる荷重としては、落石衝突時の荷重のみを考慮することとし、柵の可能吸収エネルギー (支柱、ワイヤロープ、金網の変形で吸収できるエネルギー  $E_r$ ) が落石の衝突エネルギー ( $E_i$ ) を上回るよう、支柱断面、ワイヤロープ径・本数を決定する。

落石の衝突は、図-33で示すように支柱間の中央で最大跳躍高の位置とし、落石の衝突方向は、柵に直角に衝突するものとする。

また、落石緩衝柵工の基礎は、柵及び基礎の自重、柵を通じて基礎に作用する落石荷重に対して安定になるよう設計する。

なお、擁壁工の天端に落石に対する補完的な施設として落石防護柵工を設置する場合には、落石荷重に関する設計荷重を省略する場合がある。



〔出典〕落石対策便覧：日本道路協会 平成29年

図-33 落石緩衝柵工の落石荷重の作用位置

#### 4 落石防護柵工

##### (1) 覆式

覆式は、地山との結合力を失った落石を金網と地山の摩擦で抑止するものであるから、その場合に生じる張力と自重に耐え得るように、金網を支える縦横のロープの径・本数を決定する。ロープの安全率は2.0以上を標準とする。

##### (2) ポケット式

ポケット式は、落石の衝突エネルギーを、ネットの変形による吸収可能エネルギーが上回るようにする。金網以外の諸部材の強度は、金網より先に破壊しないようにすることを原則とする。

また、落石防護柵工の機能を発揮するうえで重要なワイヤロープのアンカーは、ワイヤロープの機能を十分発揮できる強度を有することが重要である。

#### 〔参考〕コンクリート構造物の有効延長

1個の落石が落石防護工に衝突したことを想定した場合に、落石防護擁壁工・落石防護柵工の基礎など、コンクリート構造物が一体的に抵抗する有効延長（軸方向の長さ）は、有効壁高の4倍程度としてよい。ただし、伸縮継目がそれより短い場合はその数値とする。

### 5-2-5-2 落石防護工の安定性の検討（細則）

落石防護工それぞれの工種毎に安定性の検討を行うものとする。

## 5-3 森林造成

### 5-3-1 森林造成の目的

森林造成は、落石のおそれのある山腹斜面に森林を造成し、樹木の根系による緊縛効果、樹幹・土壌による落石エネルギー減勢効果により、落石発生の防止又は軽減を図ることを目的とする。

#### 〔解説〕

森林造成は、落石の予防又は抑止の効果があり、環境保全等の面からも好ましく、可能な限り計画するものとする。

なお、成林するまでに長期間を要すること、樹木が幼齢で樹幹が未熟な期間は規模の大きい落石には対応できないこと等から、他の落石防止施設等と合わせて、効果的な落石防止対策となるようにしなければならない。

### 5-3-1 森林造成の目的（細則）

森林が被害を受け森林の機能が著しく低下、または、低下の恐れのある森林を再度森林の機能が十分に発揮できるように植栽工を主体とした整備を行うものである。

なお、詳細については、治山技術基準解説（保安林整備編）及び細則に準じて行うものとする。

### 5-3-2 植栽工

植栽工は、根系の発達が良好で、樹幹が強く現地に適した樹種を植栽し、森林を造成することを目的とする。

#### 〔解説〕

- 1 林木は単独としては大きな力を発揮しないが、まとまることにより落石を抑止する効果が大きくなることから、植栽可能な箇所では面的に森林造成を行うことが必要である。
- 2 植栽樹種は、次の条件を持つことが望ましい。
  - (1) 成長が早いこと
  - (2) 樹根が強大でかつ深根性であること
  - (3) 材質が強靱であること
  - (4) ある程度の密植でも樹幹の肥大成長ができるものであること
  - (5) 気象害に強いこと
- 3 植栽本数は、第5章4-3-3-5 「植栽本数」に準ずるものとする。

### 5-3-2 植栽工（細則）

落石の発生箇所は通常の場合樹木の生育があり、また、急傾斜地でもあることより照度の不足する森林が多い。したがって、下層植生の導入を図るに必要な照度を確保するために本数調整伐を実施することができるものとするが、1回の伐採が材積比で30%以内となるように行うものとする。

### 5-3-3 保育・管理

落石防止のために森林造成を行った箇所は、適切な保育・管理を行うものとする。

#### 〔解説〕

落石防止のために森林造成を行う箇所は、林木の生育条件が劣悪な場合が多いので、十分な保育・管理が必要となる。

### 5-3-3 保育・管理（細則）

落石の直接的な対策を実施しても森林の荒廃が著しければ、効果も半減しかねない。

よって、常に健全な森林であるように維持、管理を行わなければならない。