

# 第VI編 水系砂防計画(設計編)

## 第VI編 水系砂防計画（設計編） 目次

第VI編 水系砂防計画（設計編） .....	VI-1-1
第1章 掃流区間の不透過型砂防堰堤設計 .....	VI-1-1
第1節 砂防堰堤の各部の名称 .....	VI-1-1
第2節 砂防堰堤の種類 .....	VI-1-1
第3節 砂防堰堤の設計順序 .....	VI-1-1
第4節 設計の前提 .....	VI-1-1
第5節 設計流量 .....	VI-1-1
第6節 水通し断面 .....	VI-1-2
第7節 本体の設計 .....	VI-1-3
7.1 水通し天端幅 .....	VI-1-3
7.2 設計外力 .....	VI-1-4
7.3 下流のり勾配 .....	VI-1-4
7.4 安定条件 .....	VI-1-5
7.5 安定計算 .....	VI-1-5
第8節 基礎の設計 .....	VI-1-5
第9節 袖の設計 .....	VI-1-5
第10節 前庭保護工の設計 .....	VI-1-5
第11節 付属物の設計 .....	VI-1-5
第2章 土砂調節のための透過型砂防堰堤(掃流対応) .....	VI-2-1
第1節 水通し断面 .....	VI-2-1
第2節 透過部断面 .....	VI-2-1
2.1 透過部断面の位置 .....	VI-2-1
2.2 透過部断面の大きさ .....	VI-2-2
第3節 本体の設計 .....	VI-2-3
3.1 水通し天端幅 .....	VI-2-3
3.2 下流のり勾配 .....	VI-2-3
3.3 安定計算 .....	VI-2-3
第4節 摩耗対策 .....	VI-2-4
第5節 前庭保護工 .....	VI-2-5
第6節 構造細目 .....	VI-2-5
第3章 掃流区間における流木対策施設 .....	VI-3-1
第1節 洪水、土砂量の規模等 .....	VI-3-1
第2節 流木捕捉工(掃流区間)の設計 .....	VI-3-1
2.1 透過部の高さ .....	VI-3-1
2.2 透過部における部材の純間隔 .....	VI-3-3
2.3 全体の安定性の検討 .....	VI-3-4
2.4 部材の安定性の検討 .....	VI-3-5
2.5 透過部以外の設計 .....	VI-3-5
第3節 流木発生抑止工の設計 .....	VI-3-5
第4章 水制工の設計 .....	VI-4-1
第1節 総説 .....	VI-4-1
第2節 水制工構造 .....	VI-4-1
2.1 形状 .....	VI-4-1
2.2 本体及び根固工 .....	VI-4-2
第5章 砂溜工の設計 .....	VI-5-1
第6章 山腹保全工 .....	VI-6-1
第1節 山腹保全工の工種 .....	VI-6-1

1.1 地質および気象等の環境別工種 .....	VI-6-1
1.2 荒廃形態別の工種 .....	VI-6-2
第2節 山腹工の設計 .....	VI-6-6
2.1 谷止工 .....	VI-6-6
2.2 のり切工 .....	VI-6-6
2.3 土留工 .....	VI-6-7
2.4 水路工 .....	VI-6-8
2.5 暗渠工 .....	VI-6-8
2.6 柵工 .....	VI-6-9
2.7 積苗工 .....	VI-6-9
2.8 筋工 .....	VI-6-10
2.9 伏工 .....	VI-6-11
2.10 実播工 .....	VI-6-12
2.11 植栽工 .....	VI-6-13
第7章 砂防設備の環境対応 .....	VI-7-1
第1節 生態系への配慮 .....	VI-7-1
1.1 砂防堰堤 .....	VI-7-1
1.1.1 生態系への配慮1(縦断方向の連続性の確保) .....	VI-7-1
1.1.2 生態系への配慮2(横断方向の連続性の確保) .....	VI-7-3
1.2 床固工 .....	VI-7-3
1.3 護岸工 .....	VI-7-3
1.4 溪流保全工 .....	VI-7-4
第2節 景観等への配慮 .....	VI-7-4
2.1 基本理念 .....	VI-7-4
2.2 景観形成の基本方針 .....	VI-7-6
2.3 設計の対応 .....	VI-7-9

# 第VI編 水系砂防計画（設計編）

## 第1章 掃流区間の不透過型砂防堰堤設計

### 第1節 砂防堰堤の各部の名称

砂防堰堤の各部の名称は第IV編 土石流・流木対策計画（設計編）第1章 第1節を参照されたい。

### 第2節 砂防堰堤の種類

砂防堰堤の種類は第IV編 土石流・流木対策計画（設計編）第1章 第2節を参照されたい。

### 第3節 砂防堰堤の設計順序

砂防堰堤の設計順序は第IV編 土石流・流木対策計画（設計編）第1章 第3節を参照されたい。

### 第4節 設計の前提

設計の前提は第IV編 土石流・流木対策計画（設計編）第1章 第4節を参照されたい。

### 第5節 設計流量

掃流区間の砂防堰堤の設計流量は、降雨量の年超過確率 1/100 もしくは既往最大雨量によって計算した計画高水流量に土砂混入率を加えた値とする。

解 説

$$Q_1 = \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right)$$

$Q_1$  : 設計流量(m<sup>3</sup>/s)

$Q$  : 計画高水流量(m<sup>3</sup>/s) (第I編第3章計画高水流量参照)

$\alpha$  : 土砂混入率(%)

本マニュアルでは、土石流区間以外の砂防堰堤における土砂混入率は10%を標準、荒廃が激しい場合を20%とする。

## 第6節 水通し断面

水通し断面は原則として逆台形とし、その形状は次によるものとする。

- 1 水通し幅は、流水による堰堤下流部の洗掘に対処するため、側面侵食等の著しい支障をおよぼさない範囲において、できる限り広くする。
- 2 水通しの高さは、設計流量を流し得る水位に表 1-6-1 で定める余裕高以上の値を加えて定める。

### 解説

- 1 水通しの底幅は溪床幅の許す限り広くして越流水深をなるべく小さくし、下流部の洗掘を軽減することが大切であるが、広すぎるために乱流する場合もあるので、慎重に検討する必要がある。土石流、流木等を考慮して水通しの底の最小幅は 3m とする。

- 2 袖小口の勾配  
袖小口の勾配は、5分を標準とする。

- 3 水通し高さ  
水通しの高さの算定は、次式により求める。

表 1-6-1 余裕高

対象流量	余裕高
200m <sup>3</sup> /s 未満	0.6m
200～500m <sup>3</sup> /s	0.8m
500m <sup>3</sup> /s 以上	1.0m

ただし、越流水深( $h_3$ )は、3m以下とすることが望ましい。(砂設公 p97)

$$H_3 = h_3 + h_3'$$

$H_3$  : 水通しの高さ(m)  
 $h_3$  : 越流水深(m)  
 $h_3'$  : 余裕高(m)

対象流量に応じた水深( $h_3$ )は、式(1)により算定する。

$$Q = \frac{2}{15} \cdot C \cdot \sqrt{2g} (3B_1 + 2B_2) \cdot h_3^{3/2} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

$$\cong (0.71h_3 + 1.77B_1)h_3^{3/2}$$

- $Q$  : 対象流量(m<sup>3</sup>/s)  
 $C$  : 流量係数(0.6)  
 $g$  : 重力の加速度(9.81m/s<sup>2</sup>)  
 $B_1$  : 水通し底幅(m)  
 $B_2$  : 越流水面幅(m)

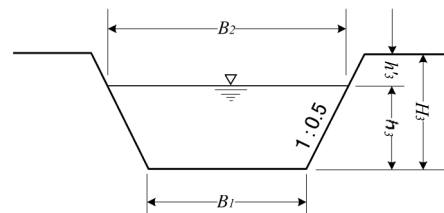
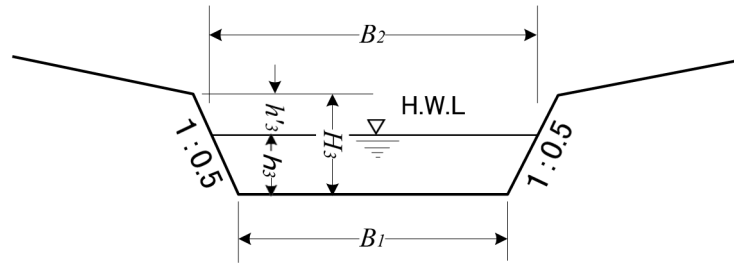


図 1-6-1 水通し

(建河Ⅱ p10)



注-1)  $B_1$ は、許す限り広くとり、0.5m単位とする。

図 1-6-2 水通し断面

注-2)  $h_3$ は、通常の場合 3.0mを最大とし 0.1m単位とする。

#### 4 最小断面

水通し断面の最小断面については、転石等の混入の配慮から図 1-6-3を標準とする。

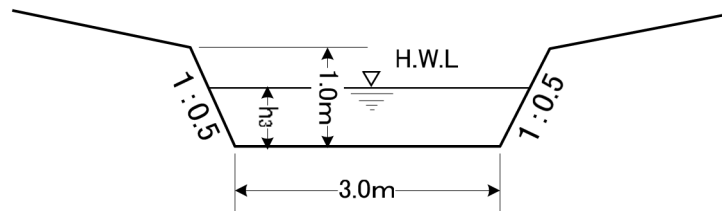


図 1-6-3 水通しの最小断面

### 第7節 本体の設計

#### 7.1 水通し天端幅

水通し天端幅は、ダムサイト付近の河床構成材料、流出土砂形態、対象流量等の要素を考慮して決定するものとする。(建河Ⅱp10)

#### 解説

砂防堰堤の天端幅は、流出土砂等の衝撃に耐えるとともに、水通し部では通過砂礫の摩耗等にも耐えるような幅とする必要がある。このため、天端幅は、一般に表 1-7-1 に示す値を参考とする。

本マニュアルでは、掃流タイプの重力式コンクリート堰堤の水通し天端幅は 2.0m を標準とする。

表 1-7-1 天端幅

天端幅(m)	1.5~2.5	3.0~4.0
河床構成材料	砂混じり砂利~玉石混じり砂利	玉石~転石
流出土砂形態	流出土砂量の比較的少ない地区 ~ 常時流出土砂の流出が多い地区	小規模の土石流発生地区 ~ 大規模の土石流常襲地区

(建河Ⅱp10)

## 7.2 設計外力

掃流域の砂防堰堤の安定計算に用いる設計外力には、自重、静水圧、堆砂圧、揚圧力、地震時慣性力、地震時動水圧、温度荷重があり、堰堤の高さ、型式により選択するものとする。 (建河Ⅱp4一部改)

### 解説

砂防堰堤断面の安定計算に用いる荷重の組合せは、自重の他は表 1-7-2 のとおりとするのが一般的である。

表 1-7-2 設計荷重の組合せ

堰堤型式		平常時	洪水時
重力式コンクリート堰堤	堰堤高 15m未満		静水圧
	堰堤高 15m以上	静水圧、堆砂圧、揚圧力、地震時慣性力、地震時動水圧	静水圧、堆砂圧、揚圧力

(注)堤高は、堰堤基礎地盤から水通し天端までの高さとする。 (建河Ⅱp5)

## 7.3 下流のり勾配

越流部断面の下流のり勾配は、1:0.2を標準とするが、流出土砂の粒径が小さく、かつ、その量が少ない場合は必要に応じこれより緩くすることができるものとする。

非越流部断面の下流のり勾配は、越流部の下流のり勾配と同一とすることを標準とする。非越流部の断面を変える場合は、平常時、洪水時の安定性のほか、15m以上の堰堤については、未満砂で湛水していない状態のときに下流側から地震時慣性力が作用する状態についても安全性を有する断面とする。

(建河Ⅱp11)

### 解説

#### 1 越流部

重力式コンクリート堰堤の断面形状は、一般に、作用する荷重の合力の作用線が堤底の中央1/3以内に入るように堤体の形状を定める方法が用いられており、この方法では上流面が鉛直に近いほど有利である。しかし、越流部においては落下砂礫の衝撃および摩耗を考慮する必要があるため、下流面を鉛直に近い形状としなければならない。 (建河Ⅱp11)

越流部は、堰堤上流面を鉛直に近づけるほど経済断面となるが、流出土砂が少なく渇水期に空虚に近い状態となる堰堤では、下流側から働く地震時慣性力に対して安定性を欠く恐れもあり、そのような状態が想定される堰堤では、上流面に多少のり勾配を付ける必要がある。 (建河Ⅱp12)

#### 2 非越流部

非越流部では、落下砂礫の衝撃および摩耗を考慮する必要がないので、下流面勾配を緩くすることができる。非越流部の形状を越流部と変えるかどうかは、その安全性、経済性および施工の難易等を考慮して決めるべきであるが、一般に、コンクリート全容量の1割以上の低減を目安として検討する機会が多い。 (建河Ⅱp12)

## 7.4 安定条件

重力式コンクリート堰堤は、地形、地質および流出土砂形態を考慮し、堤体および基礎地盤の安全性が確保できるように設計するものとする。

堤体の安定計算においては、次の条件を満足するものとする。

- 1 原則として、堰堤の堤底端に引張応力が生じないように、堰堤の自重および外力の合力の作用線が堤底の中央1/3以内に入ること。
- 2 堤底と基礎地盤との間および基礎地盤内で、滑動を起こさないこと。
- 3 堰堤内に生じる最大応力度が、材料の許容応力度を越えないとともに、地盤の受ける最大圧力が地盤の許容支持応力度以内であること。また、基礎地盤が砂礫の場合は、浸透破壊に対しても安定であること。

（建河Ⅱp10）

## 7.5 安定計算

安定計算は、越流部の断面で行うことを基本とし、本章第7節7.2 設計外力に示した外力を組み合わせで行う。

### 解説

堤体の上流のり勾配は安定計算により求めるものとするが、安全性への配慮から、上流のり勾配は1:0.2よりも急にならないようにする。設計に使用する上流のり勾配は、切り上げて0.05単位とする。

15m以上の堰堤については、未満砂の状態で湛水していない状態のときに下流側から地震時慣性力が作用する状態についても照査する。

計算方法等は、土石流タイプの不透過型砂防堰堤を参照されたい（洪水時、平常時）。（第IV編第2章第3節3.5）

## 第8節 基礎の設計

基礎の設計は第IV編 土石流・流木対策計画（設計編）第2章第4節を参照されたい。

## 第9節 袖の設計

袖の設計は第IV編 土石流・流木対策計画（設計編）第2章第5節を参照されたい。

## 第10節 前庭保護工の設計

前庭保護工の設計は第IV編 土石流・流木対策計画（設計編）第2章第8節を参照されたい。

## 第11節 付属物の設計

付属物の設計は第IV編 土石流・流木対策計画（設計編）第2章第9節を参照されたい。

## 第2章 土砂調節のための透過型砂防堰堤 (掃流対応)

### 第1節 水通し断面

水通しは、設計流量を安全に流下させる断面とする。

解説

設計流量、水通し断面は本章第1章第5節設計流量に準ずる。

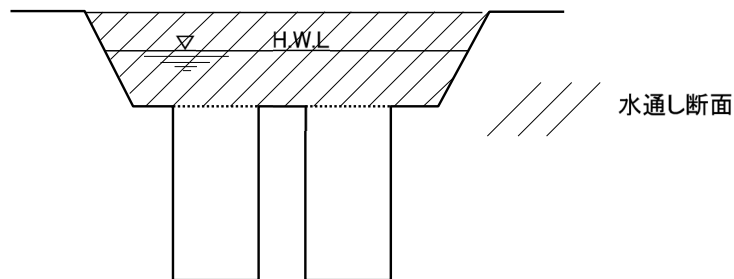


図 2-1-1 透過型砂防堰堤（土砂調節のための透過型砂防堰堤（掃流対応））の水通し

### 第2節 透過部断面

#### 2.1 透過部断面の位置

##### 1 縦断方向

土砂調節のための透過型砂防堰堤での透過部断面の底面高は溪流の連続性を考慮して、原則として最深河床高程度とする。透過部断面を複断面にする場合でも、上下流の連続性を考慮して透過部断面の高さを設定する。(建透指 p7)

##### 2 横断方向

溪流の連続性ならびに兩岸の安定を確保できる位置に透過部断面を設置する。この場合、土砂の堆積に支障がないよう注意する。(建透指 p7)

解説

##### 1 縦断方向

堰堤直下流が洗掘された場合でも透過型砂防堰堤が十分に溪流の連続性機能を発揮するためには、溪床の縦断形を経年的に把握しておく必要があり、データが得られる場合は過去5年程度の最深河床にも対応できるように透過部断面の底面の高さを計画する。(建透指 p7)

##### 2 横断方向

堰堤の軸が流路の屈曲部に位置するときは流水の直進性を考慮し、透過部断面は堤体の安定を損なわない範囲で外側に設置するのが望ましい。(建透指 p7)

## 2.2 透過部断面の大きさ

### 1 透過部断面の幅

水理計算等によって堰上げが起こることが確認できる幅以下とする。土砂の調節を目的とする場合には、透過部が流下土砂によって閉塞されることは見込まないが、流木の見込まれる溪流にあつては、別途流木対策も検討する。 (建透指 p12)

### 2 透過部断面の高さ

透過部断面の高さは、堆砂肩の高さより大きくなるように設定する。

## 解説

### 1 透過部断面の幅

透過部断面の幅の設定にあたっては水理計算や水理模型実験等により、堰上げおよび土砂流出ピークの調節が起こることを確認する。ただし、出水中の堰上げによって流出を調節された土砂の一部が、出水後も施設付近に残ることがあるため注意するとともに、流木の見込まれる溪流にあつては、透過型砂防堰堤が流木によって閉塞されることを前提に設計する。また、除石の際に仮設道路として透過部断面を使用する場合には、建設機械の使用についても検討する。 (建透指 p12)

ここで、透過部断面の幅の総和は、第V編 第5章 第4節 4.2の式(堆砂肩の高さ $Z_s$ を求める式)で使用する $B_d$ (堰堤地点の流れの幅)であり、透過部断面の幅の総和が同じならば、複数の透過部断面を設けても土砂調節効果は変わらないとされている(砂防学講座第5巻-2、p75)。

土砂調節効果をもたらすスリットの密度は、 $0.2 < \Sigma b/B < 0.6$  と言われている。

ここに、 $\Sigma b$  : スリット幅の総和     $B$  : 河幅

出典：新砂防 114 号、スリット砂防堰堤土砂調節効果に関する実験的研究、S55.3

また、土砂調節のための透過型砂防堰堤においては、調節効果を維持するためには、透過部断面が礫等で閉塞しないことが望ましい。透過部断面が閉塞しない条件は、次式で示される(新砂防 114 号、スリット砂防堰堤土砂調節効果に関する実験的研究 P 38、S 55.3)。

$$b/d_{\max} > 2.0 \quad (b : \text{スリット幅}, d_{\max} : \text{流下する土砂の最大粒径})$$

また、水通し下部の不透過部の厚さ ( $B$ ) は、最小でも 2m 程度はとること(砂防学講座第5巻-2、P76)とされていることより、水通し天端幅以上の厚さをとることとする。

以上の事項を踏まえ、ダムサイトの地形を考慮したうえで、透過部断面の幅、配置を決定するものとする。

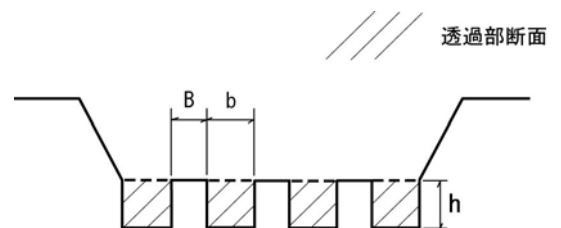


図 2-2-1 透過部

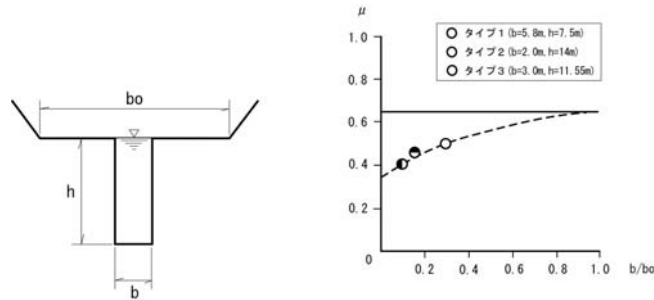
### 2 透過部断面の高さ

土砂調節を目的とする場合には、土砂流出のピークが到達する前から湛水し、堰上げることが調節効果を大きくするため、設計流量より小さい流量でも堰上げが生じるよう設計するのが望ましい。なお、水通し断面についても、計画洪水流量を流下させうる断面を確保する。

$$h = \left( \frac{3Q}{2\mu \cdot b \cdot \sqrt{2g}} \right)^{2/3}$$

ここに、 $b$ ：スリット幅、 $g$ ：重力加速度、 $Q$ ：透過部の流量、 $h$ ：透過部の水深、 $\mu$ ：流量係数ただし、流量係数（ $\mu$ ）は透過部断面の形状によって変化するため、実際の設計にあたっては水理実験や数値シミュレーションによって決めなければならない。

[参考]流量係数（ $\mu$ ）（土木技術資料、スリットを有する砂防ダム of 土砂調節機能に関する検討、H2.1）



### 第3節 本体の設計

#### 3.1 水通し天端幅

水通し天端幅は、不透過型砂防堰堤(掃流タイプ)と同様とする。

#### 3.2 下流のり勾配

下流のり勾配は、外力に対し安全でかつ経済的な断面として求める。

解説

透過型砂防堰堤は水通し部を越流する頻度が少ないため、下流のり勾配を一般的な 1 : 0.2 より緩くしてよい。

下流のり勾配は、地震にも配慮して上流のり勾配の下限を 1 : 0.2 とし、安定計算によって安全で最も経済的になるように定める。

#### 3.3 安定計算

安定計算は、スリットを考慮して行う。

解説

計算方法は、不透過型砂防堰堤(掃流タイプ)と同様である。

ただし、堤体自重は越流部を不透過構造と見なして計算される堤体ブロックの体積( $V_c$ )と、越流部を透過構造として計算される堤体ブロックの重量( $W_{rc}$ )を用いて計算する。なお、越流部の堤体ブロックとは、水通し幅分の堤体部分を指すものであり、施工目地によるブロックではないことに注意する。

$$r_{rc} = W_{rc} / V_c$$

$r_{rc}$  : 見かけのコンクリート単位体積重量

$W_{rc}$  : スリット部を除いた堤体重量

$V_c$  : スリット部を含む堤体積

(土流設 p23)

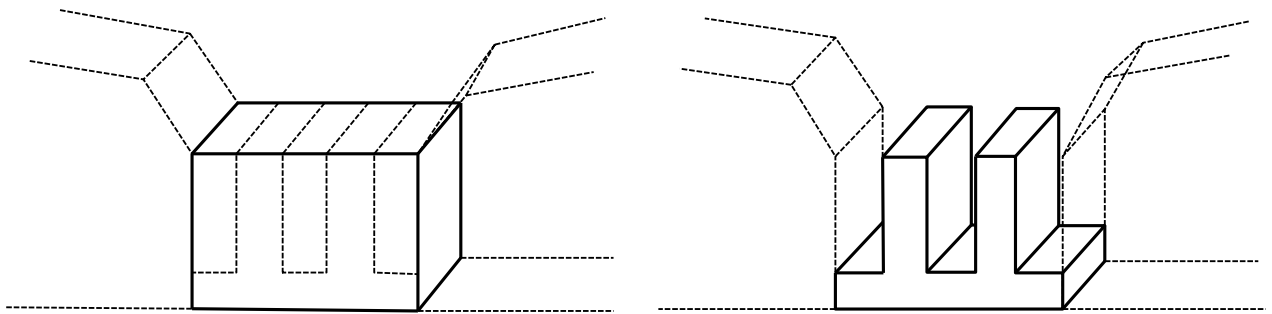


図 2-3-1 スリット部における水通しの堰体積

(土流設 p23)

複数のスリットを有する透過型砂防堰堤を設計する場合、コンクリートの柱状構造物（スリットピア）が形成されるため、スリットピアに作用する水圧に対する安定性についても検討しなければならない。検討の結果、スリットピアに引張応力が発生するなど安定条件が満たされないことが確認された場合、以下のような処置を講ずる。

- ・ スリットピアを鉄筋で補強する。
- ・ スリットに横材を設置し、堰堤軸方向の外力に対するスリットピアの強度を高くする。

#### 第4節 摩耗対策

透過部断面の側面および底面を設計するにあたっては、土砂の流出頻度と粒径に応じて耐摩耗性を確保する。(透指p9)

##### 解説

透過部断面は、石礫の流下が集中するため、中小出水時から洪水時を通じて摩耗、石礫による損傷が考えられる。

このため、流出土砂の量、質の状況を踏まえ、必要に応じて耐摩耗・損傷の対策を講ずる。摩耗対策の主な工法としては、以下のものがある。

##### ① 張石工

スリット部を良質堅固な石材（花崗岩、安山岩）等で張石するもので、堰堤天端保護工としては従来より用いられてきた方法である。

##### ② 鉄材コンクリート

鉄粉とセメントで構成される材料で透過部を覆うもの。

##### ③ 富配合コンクリート

本体のコンクリートに比べ富配合とし、強度を高めたもので、透過部を覆うもの。流送土砂が小さく流量の少ない箇所、特に床固工等の天端保護工としてよく使用されている。

##### ④ グラノリシックコンクリート

粗骨材とセメントを混合し細骨材は用いないコンクリートで透過部を覆うもの。

##### ⑤ ラバースチール

ゴム中に鉄板を完全に接着し埋め込んだ構造のラバースチールで透過部を覆うもの。ラバースチールはゴムの持つ「緩衝性、耐摩耗性」および鉄の「強靱性」とを兼ね備える部材である。

スリット部の補強部材の選択は、上記の①～⑤の工法等から、経済性や施工性を十分に検討して決定する。

## 第5節 前庭保護工

土砂調節のための透過型砂防堰堤においては、原則として前庭保護工を設置する。

### 解説

土砂調節のための透過型砂防堰堤では、中小出水時から洪水時を通じて流水が透過部断面に集中することが考えられるので、直下流の洗掘に対する対応が必要であると考えられる。

前庭保護工は、土石流・流木対策の不透過型砂防堰堤に準じて検討する。

## 第6節 構造細目

ここで記載のない事項に関しては、掃流タイプの不透過型砂防堰堤を参照されたい。

# 第3章 掃流区間における流木対策施設

## 第1節 洪水、土砂量の規模等

掃流区間河道内あるいはその付近に流木対策施設を設置する場合は、洪水、土砂流の規模等を考慮して洪水や土砂流が安全に流下するように設計する。 (土流設p70)

### 解説

豪雨時に発生する洪水の規模等(設計流量、流速、水深、土砂混入率)は、原則として掃流区間として検討する。

洪水および土砂流の流速、水深等は土砂を含んだ流量を用いて Manning式等により算出するものとし、流木を含むことによる流速、水深等への影響は考慮しないものとする。なお、流木の流速は洪水、土砂流の表面流速にほぼ等しいと考えられるので平均流速の約 1.2 倍として計算する。(土流設 p70 一部改)

## 第2節 流木捕捉工(掃流区間)の設計

### 2.1 透過部の高さ

掃流区間の流木捕捉工の透過部の高さは、流木止めによる堰上げを考慮した水位に流木の捕捉に必要な高さを加えた値以上とする。 (土流設 p71)

### 解説

透過部は転石により閉塞しないように設計するものとし、透過部の高さは流木止めによる堰上げを考慮した水位に流木捕捉に必要な高さを加えた高さ以上とする。その概念を図 3-2-1 に示す。これらの決定の手順を以下に示す。なお、図中の記号については、 $D_s$  : 流木止めによる堰上げを考慮した水位 (m)、 $\Delta H_s$  : 流木捕捉に必要な高さ (m)、 $H_s$  : 流木止め(透過部)の高さである。 (土流設p71)

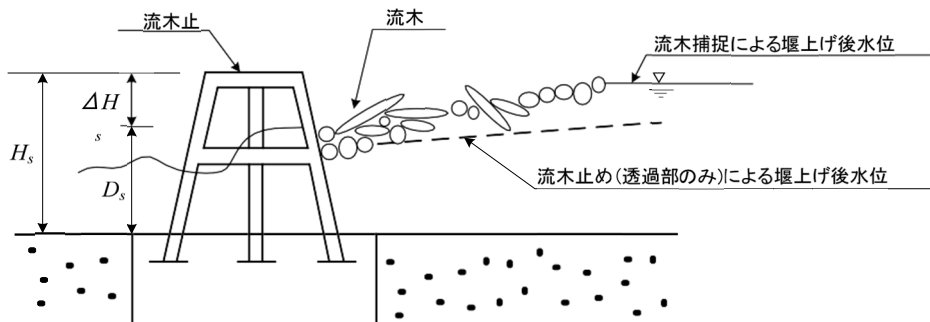


図 3-2-1 掃流区間に設置する流木捕捉工の透過部の高さ( $H_s$ )の模式図

(土流設 p71)

#### 1 堰上げ水位の計算

##### (1) 堰上げ前の水深 $D_{h0}$ 、平均流速 $U_h$

開水路形状：土砂混入流量により、Manning式等により求める。堰形状：土砂混入流量により堰の公式で求める。

(土流設 p71)

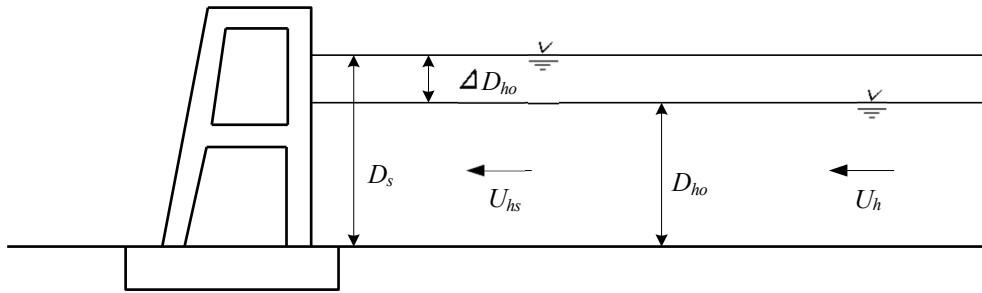


図 3-2-2 流木止めによる堰上げ水位

(土流設 p72)

(2) 流木止め工による堰上げ高

掃流区間に流木止め工を設置する場合には、大部分の流木は土砂流、洪水の表面を流下するため、これを捕捉するための流木止め工の高さは流木止め工による堰上げを考慮した土砂流や洪水の水位よりも高いことが必要である。

なお、縦部材のみによる堰上げの水位は次式により算定できる。

$$\Delta D_{h0} = \kappa_m \cdot \sin \theta_m \cdot \left( \frac{R_m}{B_p} \right) \frac{U_h^2}{2g}$$

$\Delta D_{h0}$  : 流木止め工縦部材による堰上げ高(m)、 $\kappa_m$  : 縦部材の断面形状による係数(鋼管で $\kappa_m \doteq 2.0$ 、角状鋼管で $\kappa_m \doteq 2.5$ 、H形鋼では $\kappa_m \doteq 3.0$ を用いる)、 $\theta_m$  : 縦部材の下流河床面に対する傾斜角(度)、 $R_m$  : 縦部材の直径(m)、 $B_p$  : 縦部材の純間隔(m)、 $U_h$  : 上流側の流速 (m/s) (土流設 p72)

(3) 堰上げ後水深  $D_s$

$$D_s = D_{h0} + \Delta D_{h0}$$

$$U_{hs} = \frac{Q}{D_s \cdot B_s}$$

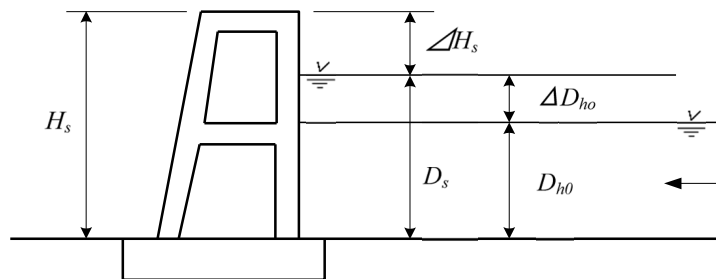
$Q$  : 設計流量 (m<sup>3</sup>/s)、 $U_{hs}$  : 堰上げ後の平均流速(m/s)、 $B_s$  : 流下幅(m)

(土流設 p72)

2 流木止め工の高さ( $H_s$ )

土砂礫等による閉塞は無いものとし流木止め工の高さは、堰上げ高を加えた水深 $D_s$ に流木の捕捉に必要な高さ $\Delta H_s$ を加えたものとする。 $\Delta H_s$ は流木捕捉時の流木のせり上がりを考慮して、少なくとも最大流木径の2倍を確保する。

(土流設 p72)



(土流設 p73)

図 3-2-3 閉塞の恐れのない場合の透過部の高さ

## 2.2 透過部における部材の純間隔

流木捕捉工の透過部における部材の純間隔は、透過部が転石で閉塞しない条件と流木を捕捉する条件とを満足するものとする。 (土流設p74)

解 説

### 1 掃流により移動する最大礫径

掃流区間を流下する最大礫径は限界掃流力による移動限界礫径を参考に次の方法により求める。

- (1) 平均粒径に対する移動限界摩擦速度の2乗  $U_{*cm}^2$

次式から求める。

$$U_{*cm}^2 = 0.05 \cdot (\sigma/\rho - 1) \cdot g \cdot d_m$$

ここで、 $d_m$ ：河床材料の平均粒径(m)、 $\sigma$ ：砂礫の密度(一般に 2,600~2,650kg/m<sup>3</sup>)、 $\rho$ ：泥水の密度(一般に1,000~1,200kg/m<sup>3</sup>)、 $g$ ：重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

- (2) 摩擦速度の2乗  $U_*^2$

次式から求める

$$U_*^2 = g \cdot D_{h0} \cdot I$$

ここに、 $D_{h0}$ ：水深(m)、 $I$ ：河床勾配

- (3) 摩擦速度比の2乗  $U_*^2/U_{*cm}^2$

(1)、(2)の値を用いて求める。

- (4) 図 3-2-4 の縦軸  $U_{*ci}^2/U_{*cm}^2$  が、(3)の  $U_*^2/U_{*cm}^2$  に等しい点に対する  $d_i/d_m$  を求める。

$$\frac{d_i}{d_m} > 0.4 : \frac{U_{*ci}^2}{U_{*cm}^2} = \left[ \frac{\log_{10} 19}{\log_{10} \left( 19 \cdot \frac{d_i}{d_m} \right)} \right]^2 \left[ \frac{d_i}{d_m} \right]$$

- (5) 現地の最大転石と比較して、小さい方を最大粒径とする。

(土流設 p74)

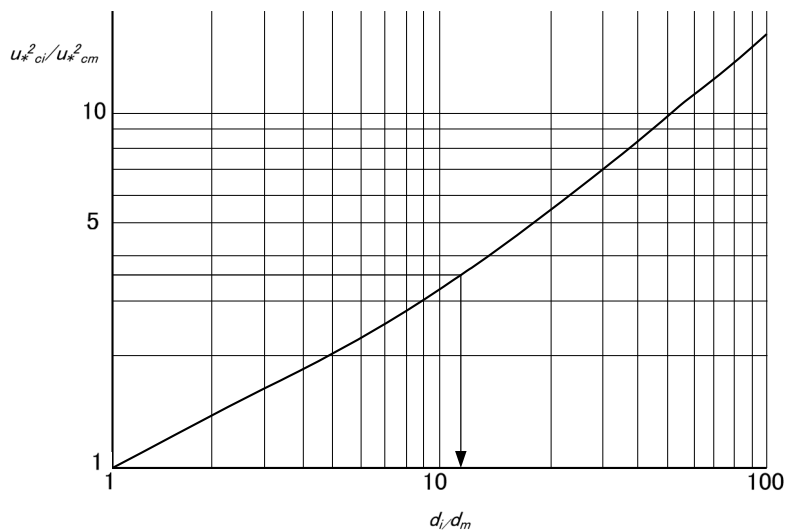


図 3-2-4 粒径別限界掃流力

(土流設 p75)

2 透過部の部材の純間隔

透過部が転石により閉塞しないために上で求めた最大転石が下記の条件を満足するように部材純間隔を設定する。

$$B_p \geq 2d_i$$

ここで、 $B_p$ ：透過部の純間隔(m)、 $d_i$ ：最大転石(m)

流木を捕捉するために部材の純間隔は下記の式を満足する値とする。

$$\frac{1}{2}L_{wm} \geq B_p$$

ここで、 $L_{wm}$ ：最大流木長(m)

部材の純間隔は上記の条件を満足する範囲で選定する。

(土流設 p75)

2.3 全体の安定性の検討

流木捕捉工の安定性の検討にあたっては、流木捕捉工が流木等により完全に閉塞された状態でも安定であるように設計する。  
(土流設p76)

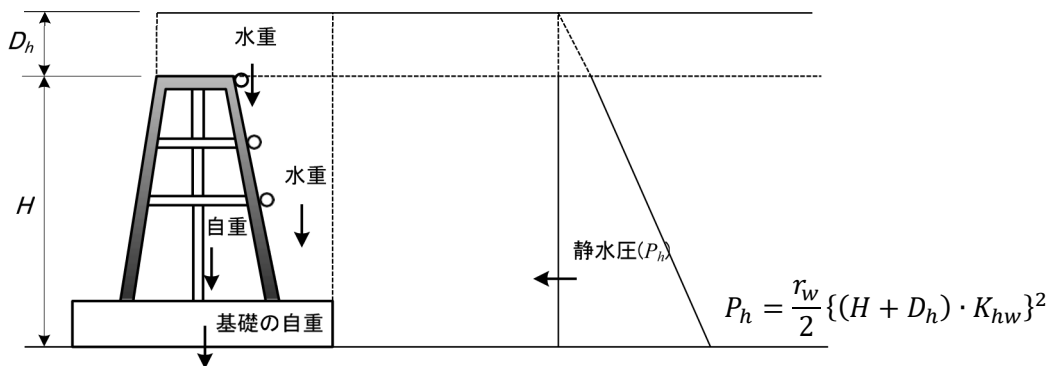
解説

掃流区間における流木捕捉工の安定性の検討は、原則として掃流区間の不透過型砂防堰堤によるものとする。なお、単独で設置される流木捕捉工の基礎部も含めた堰堤の高さは、堰堤高さ 5m 以下(床固工程度)を原則とするが、堰堤高さ5mを超える場合は、以下の点に留意し検討するものとする。

- ・ 流木捕捉工の透過部の高さをできるだけ低くするように水通し幅を広く取り水深を低くする。
- ・ 基礎厚が厚く基礎天端と下流河床面に大きな落差が生じる場合や流木捕捉工の高さが高く越流水に大きな落差が生じる場合には、前庭保護工を検討し安定を確保する。

掃流区間において、流木止工が流木で閉塞された状態の場合は、図 3-2-5 に示すように静水圧が作用する。この場合、静水圧の大きさは透過部の閉塞密度( $K_{hw}$ )に影響を受ける。ここでは完全に閉塞された状態を想定して $K_{hw}=1.0$ の静水圧(水の単位体積重量 $\gamma_w=11.77\text{kN/m}^3$ )とする。掃流区間の透過型流木捕捉工の場合、礫による捕捉が生じないように設計するので、堆砂圧は考慮しない。

(土流設 p76)



※1)  $K_{hw}$ ：透過部の閉塞密度に応じた静水圧係数( $K_{hw}=1.0$ )

図 3-2-5 掃流区間の流木捕捉工の閉塞状況

(土流設p76)

表 3-2-1 流木対策施設(掃流区間)の設計外力(自重を除く)

	平常時	土石流時	洪水時
堰堤高5m以下 (基礎を含む)	—	—	静水圧

(土流設 p77)

## 2.4 部材の安定性の検討

掃流区間の流木捕捉工の透過部を構成する部材は、水圧および流木と礫の衝突に対して安全であるように設計する。(土流設p78)

### 解説

土石流区間の流木捕捉工と同様に、透過部の構成断面は小さく重力式構造ではないので、部材の構造計算を行い、安全性を検証する。

流木の衝突による衝撃力は、第IV編第2章第5節5.2.1を参照されたい。

掃流区間において、透過部材の構造計算に用いる設計外力としての流木の衝撃力の算定にあたっては、流木の衝突の計算における流速は表面流速を用いるものとし、下記の式で求める。流木は長軸が水流の方向と平行に流下し衝突する場合を想定して衝撃力を計算する。

$$U_{ss} = 1.2U_s$$

ここで、 $U_{ss}$ ：表面流速(m/s)、 $U_s$ ：平均流速(m/s)

(土流設 p78)

## 2.5 透過部以外の設計

流木捕捉工の各部の構造の検討にあたっては、流木捕捉工が流木等により閉塞された状態においても安定であるように設計する。また、流木の衝突による衝撃力に対する安定も検討する。(土流設p79)

### 解説

流木捕捉工の各部の構造(水通し断面、天端幅、下流のり、基礎、袖の構造、前庭保護工)の検討は、原則として掃流区間の不透過型砂防堰堤によるものとする。すなわち、流木捕捉工の各部の構造の検討にあたっては、流木止め(透過部)の上流側が流木等により安全に閉塞されて水が透過できない状態を想定して、不透過型砂防堰堤とみなして水通し断面、天端幅、下流のり、基礎、前庭保護工を設計する。

流木捕捉工は砂防堰堤の副堰堤にも設置することができる。

流木捕捉工の水通し断面は、透過部への流木の閉塞による土砂流・洪水流の越流に備えて原則として透過部の上に設ける。

(土流設 p79)

## 第3節 流木発生抑止工の設計

掃流区間の流木発生抑止工は溪岸侵食抑制機能を効率的に発揮し、洪水に対して安全であるように設計する。(土流設p80)

### 解説

掃流区間の流木発生抑止工は、護岸工および溪流保全工と同じ位置に同様の機能を持つように設置するものであるため、設計は護岸工等にしたがう。(土流設 p80)

# 第4章 水制工の設計

## 第1節 総説

水制工の設計に当たっては、流送土砂形態、対象流量、河床材料、河床変動等を考慮し、その目的とする機能が発揮されるようにするとともに、安全性、維持管理面等についても考慮するものとする。

(建河Ⅱp22)

### 解説

水制工の目的としては、流水や流送土砂をはねて溪岸構造物の保護や溪岸侵食の防止を図るものと、流永や流送土砂の流速を減少させて縦侵食の防止を図るものがあり、所要の機能と安全性の確保について十分考慮するものとする。

水制工の形式は、その構造により透過、不透過に分類され、また、高さにより越流、非越流に分けられる。

水ハネ、土砂ハネを目的とする場合は非越流、不透過水制工を用い、流速減少を目的とする場合は、越流、透過水制工を用いるのが一般である。

砂防設備として用いる水制工は、一般に急流河川に設置する 경우가多く、このため、水制工を水ハネ、土砂ハネを主目的に設置する場合は、水制工の強度及び維持管理面から、相当困難が予想される。仮に目的が達成したとしても、その下流の水衝部等の河状を一変させる恐れがあるので、護岸との併用で流速を減少させる根固水制工として採用されている事例が多い。

## 第2節 水制工構造

### 2.1 形状

水制工の長さ、高さ、間隔は、水制工の目的、河状、上下流及び対岸への影響、構造物自体の安全性を考慮して定めるものとする。

(建河Ⅱp22)

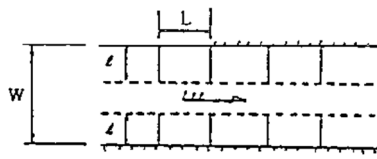
### 解説

一般に水制工は、単独の水制工で流水に抵抗させるより、水制工群として一定区間に設けて、各水制に均等に抵抗させて流速を低減させるほうが急流荒廃河川では効果的である。

一般には水制工の長さを短くし、水制工と護岸を併用したほうが、維持、工費上からも経済的となる場合が多く、その長さは川幅の1割以下としている例が多い。また水制群では、上流側を短くし水勢における負担を軽くするとともに、水制工天端に、河心に向かって1/10～1/100の下り勾配を付けるのが通常である。

水制工の高さは、維持管理及び河川に与える不測の影響を考慮して低くする 경우가多く、平均低水位上0.5～1.0m程度としている。また、水制工の間隔は、水制工高の10倍程度及び水制工長の1.5～2.0倍程度を目途として、水制の高さ、長さとの関係等から経済性も考慮して定める必要がある。

なお、水制工のもと付けについては、護岸と水制工を併設する場合は流水が水制と護岸の間を流下しない構造とし、水制工単独の場合は十分根入れを行うとともに、もと付け付近に流水が向かわない構造とする必要がある。



l : 水制長  $(1 < \frac{W}{l})$

L : 水制間隔  $L = (1.5 \sim 2.0)$

W : 川幅

図 4-2-1 水制の長さ及び間隔

## 2.2 本体及び根固工

水制工は、砂防堰堤（第IV編第2章第8節8.6）に準じて設計するものとする。また水制工の根固め工は、第IV編第6章第2節2.10に準じて設計するものとする。 （建河Ⅱp23）

### 解説

一般に砂防設備を設ける溪流は、急流かつ河床材料の粒径が大きいため、水制の強度の面から杭打ち水制工は避けるべきで、むしろ自重で流水等に抵抗できるような工法を用いるべきであり、一般にコンクリート不透過水制が多く用いられる。

透過水制工を採用する場合は、堤頂部まで外力が働いても安全でなければならない。

水制工の基礎は、一般には河床の砂礫であり、洗掘を受けやすく、特に水制の先端は局所洗掘による基礎の破壊の原因となりやすい。このため水制工には、原則として根固工を併設するものとする。

# 第5章 砂溜工の設計

砂溜工は、上流域の砂防工事で、下流流路の許容流砂量まで流出土砂量を減じることができない場合に設けるもので、その設計に当たっては流域の地形、地質、植生、河床勾配、土砂流出形態等を考慮し、その目的が十分に達成されるようにするとともに、安全性、経済性、維持管理面等についても考慮するものとする。（建河Ⅱp39）

解説

(1)位置

砂溜工は、流路の一部を拡大して土砂礫を堆積させるもので、土石流の常襲地、扇状地、流路工の上端に設ける場合が多い。

位置選定上留意すべき事項は以下のとおりである。

- ① 天井川区間に砂溜工を設けると、急激な沈砂現象によって、現在河床より急な堆砂をなし、河床上昇により、洪水氾濫のおそれがあるので、そのような箇所には設置してはならない。
- ② 河床勾配が急な箇所については、流入口・流出口の落差工及び兩岸護岸の高さが、大となり、不経済となるばかりでなく、堆積土砂の搬出路も長くなるので注意する。
- ③ 砂溜工が満車すれば直ちに土砂を搬出しなければならないので、位置選定にあたっては、浚渫及び搬出に便利な位置を選ぶこと。やむを得ず既設道路に接続していない箇所には設置する場合は、運搬路も合わせて計画する。
- ④ 砂溜工の位置は縦断勾配の変化点付近に設けるのが望ましい。

砂溜工設置の場所としては堆砂に最も効果的な位置とする。図中A～D間が適当である。位置がDより上流となった場合、D～B間は上流より土砂の供給があるなればこそ、侵食が行われないが、ここに砂溜工を設置することにより、土砂の供給を絶つと、下流部はただちに被侵食区間となり、土砂の流出を招く結果となる。同じ流下地帯でもそうした弊害を招く恐れのない、Dより下流とすべきである。A付近は位置として最適と考えられるが、これより下流となるとそれまでに土砂が堆積して砂溜工としての効用を失することになるのは当然である。

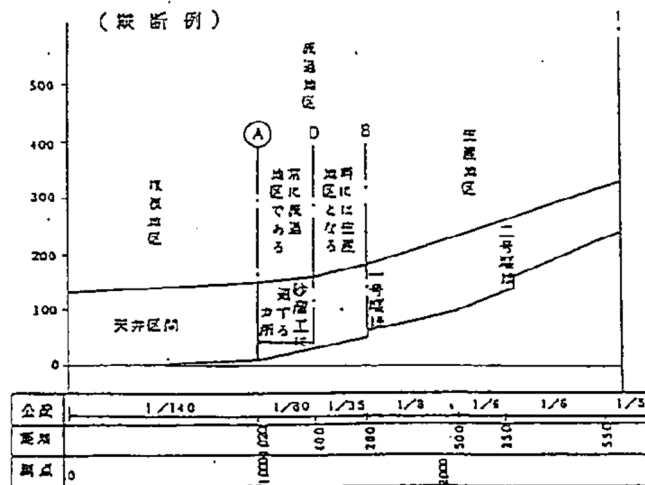


図 5 - 1 砂溜工の設置位置

(2) 容量及び形状

砂溜工の容量は、予想される堆積土砂量をもとに決定するが、年1回程度の除去作業で機能が回復できる容量以上とすることが望ましく、堆積土砂の除去作業の便を考慮して、搬出路その他の設計を行う。砂溜工の平面形状は、地形の特性を考慮して設計するが、角形、将棋駒形、とっくり形、胃袋形がある（図 5-2 参照）

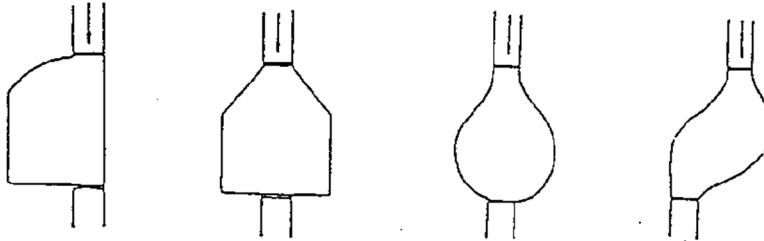


図 5-2 砂溜工の平面形状の例

砂溜工内の堆積土砂の掘削、除去により、上・下流及び溪岸に支障を及ぼさないよう、必要に応じて上下流部に砂防堰堤工または床固工を仕切りとして設け、溪床の維持を図る。また流入部の幅を急に広げると流入部付近に沈砂し、土砂の堆積が上流に進行し、上流流路の河積を減じて流水の氾濫をきたすことになる。溪流の状況、施工位置等によって異なるが、拡幅の角度 $\theta$ は、経験上 $30^\circ$ 程度が適当とされている。（図 5-3 参照）。

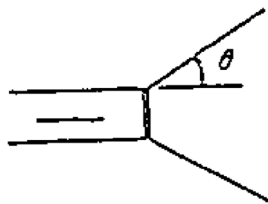
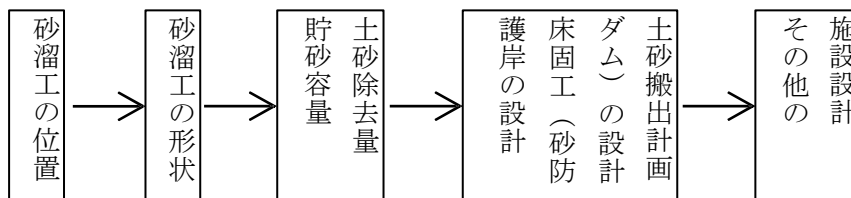


図 5-3 砂溜工の拡幅角度

(3) 設計順序

砂溜工の設計順序は次の通りとするのが一般的である。

表 5-1 砂溜工の設計順序



# 第6章 山腹保全工

## 第1節 山腹保全工の工種

山腹保工の設計に当たっては、その目的である機能が十分発揮できるよう考慮し、安全性、維持管理等についても考慮するものとする。 (建河Ⅱp27)

### 解 説

山腹保全工とは、とくしゃ地あるいは崩壊地に植生を導入し、表土の風化、浸食、崩壊の拡大を防止して、土砂生産の抑制を図ることを目的とするものであり、本節1.1表6-1-1を参照の上、設計するものとする。

山腹保全工の工種は、その目的から山腹基礎工、山腹緑化工に大別される。山腹基礎工とは、のり切工等を行った後の堆積土の安定を図るとともに、山腹排水路を設け、雨水による侵食を防止することにより、施工対象地を将来林地とするための基礎作りを行う工法である。山腹緑化工は、施工対象地に直接植生を導入して緑化を図る工法である。それぞれのなかに含まれる代表的な工種は、次の通りである。

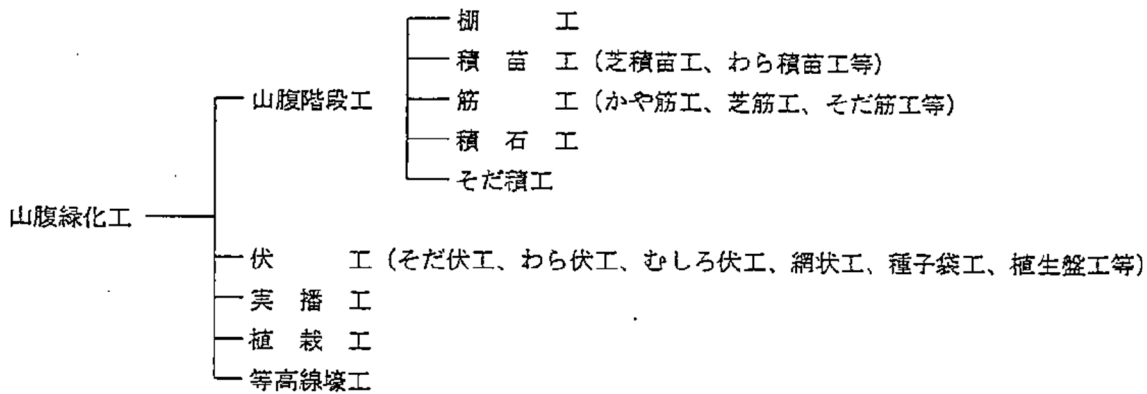


図 6-1-1 山腹保全工の代表的工種

### 1.1 地質および気象等の環境別工種

山腹保全工の工種は、一般には次の基準により選定する。 (建河Ⅱp27)

### 解 説

表 6-1-1 地質及び気象等の環境別工種

地質区分 気象	中、古生層地帯	第三、第四起層地帯	花崗岩地帯	火山堆積物地帯
一般地帯	溪流工事に重点をおき、山腹工事では土留工を最小限とする。	崩壊面の土壌は比較的良好であり、植生の導入を積極的にはかる。	客土的要素をもつ山腹緑化工を十分に行う。斜面は侵食されやすいため、被覆を完全に行う。	地形が急峻であるため、基礎工事によって地形を修正する。全面被覆工を必要とする所もある。
多雨地帯 (年間降水量 2,000mm以上)	山腹工事に重点をおくが山腹基礎工事を少なくし、山腹緑化工に主力を注ぐ。	山腹基礎工を十分に行う必要がある。	一般地帯に準ずる。	シラス地帯（南九州）がこれに相当する。のり切りは垂直とし、客土的効果のある緑化工を行う。
豪雨地帯 (年間降水量 1,500mm以下)	一般に荒震は軽微であり、簡単な筋工等である。	山腹緑化工とし、一気に実施する。山腹基礎工は、比較的容易とすることができ	山腹基礎工は最小限とし、山腹面の緑化に重点をおく。 (特に客土的緑化工)	
多雪地帯	なだれを考慮した山腹工事を必要とする。	山腹排水路工の施工密度を高くし、完全排水につとめる。	なだれを考慮した山腹緑化工を必要とする。	
凍上地帯	各種の伏工と植生によって、地表を被覆し温度低下を防止する。階段工は破壊されやすいため、できる限り施工を避ける。			

### 1.2 荒廃形態別の工種

設計順序にそって工種の選定を検討すると、次のようになる。

(建河Ⅱp27)

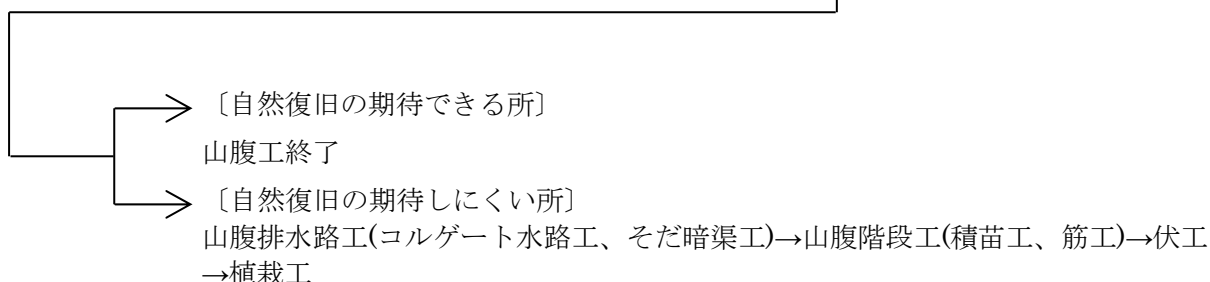
解説

① とくしゃ地

谷止工→土留工(ブロック積工)→のり切工→山腹階段工(積苗工、筋工)→伏工(そだ伏工、わら伏工、種子袋工、植生盤工)→植栽工

② 崩壊地

谷止工→土留工(コンクリート擁護壁、コンクリートブロック積工)



①とくしゃ地

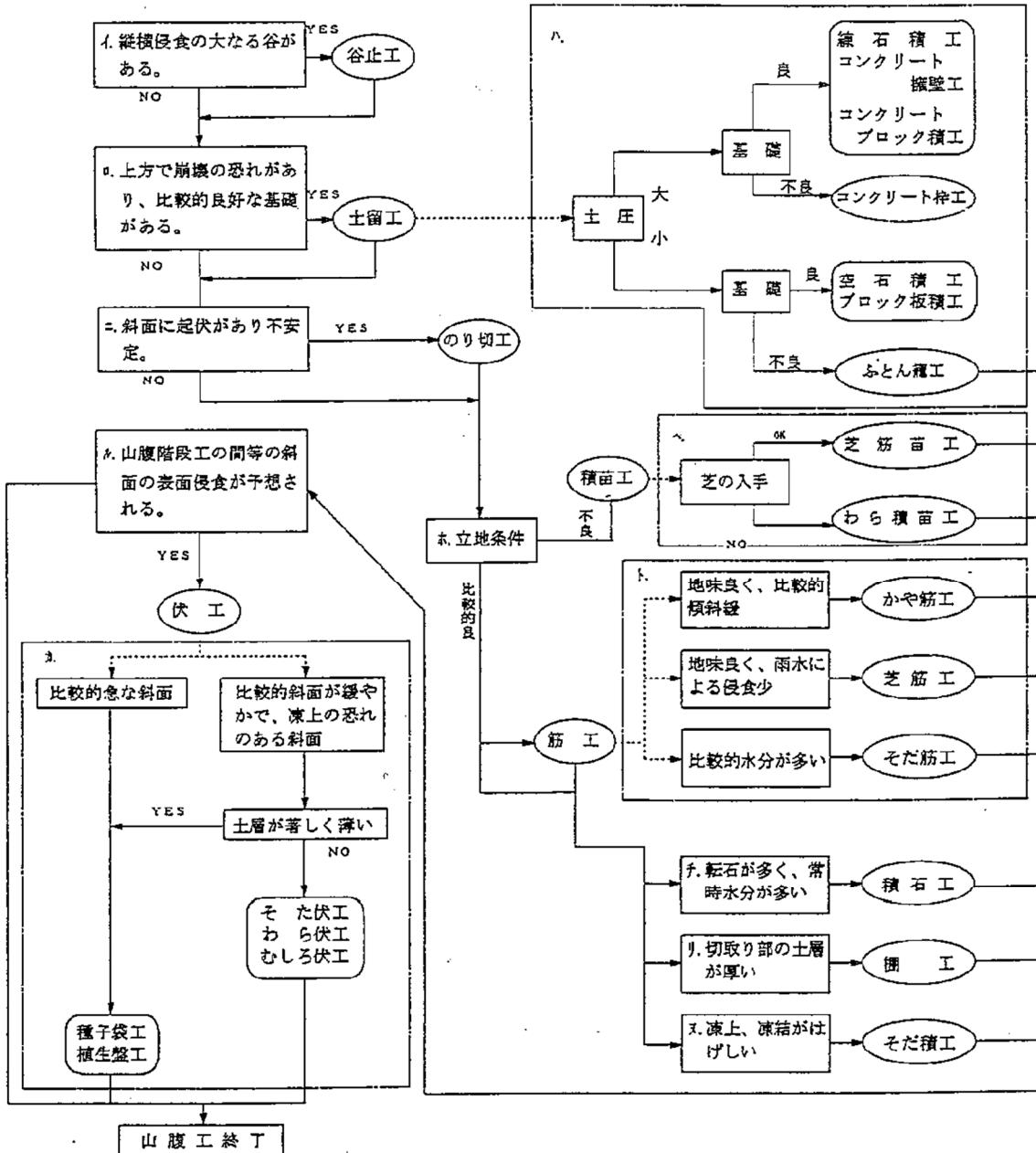


図 6-1-2 とくしゃ地における山腹保全工の設計

② 崩壊地

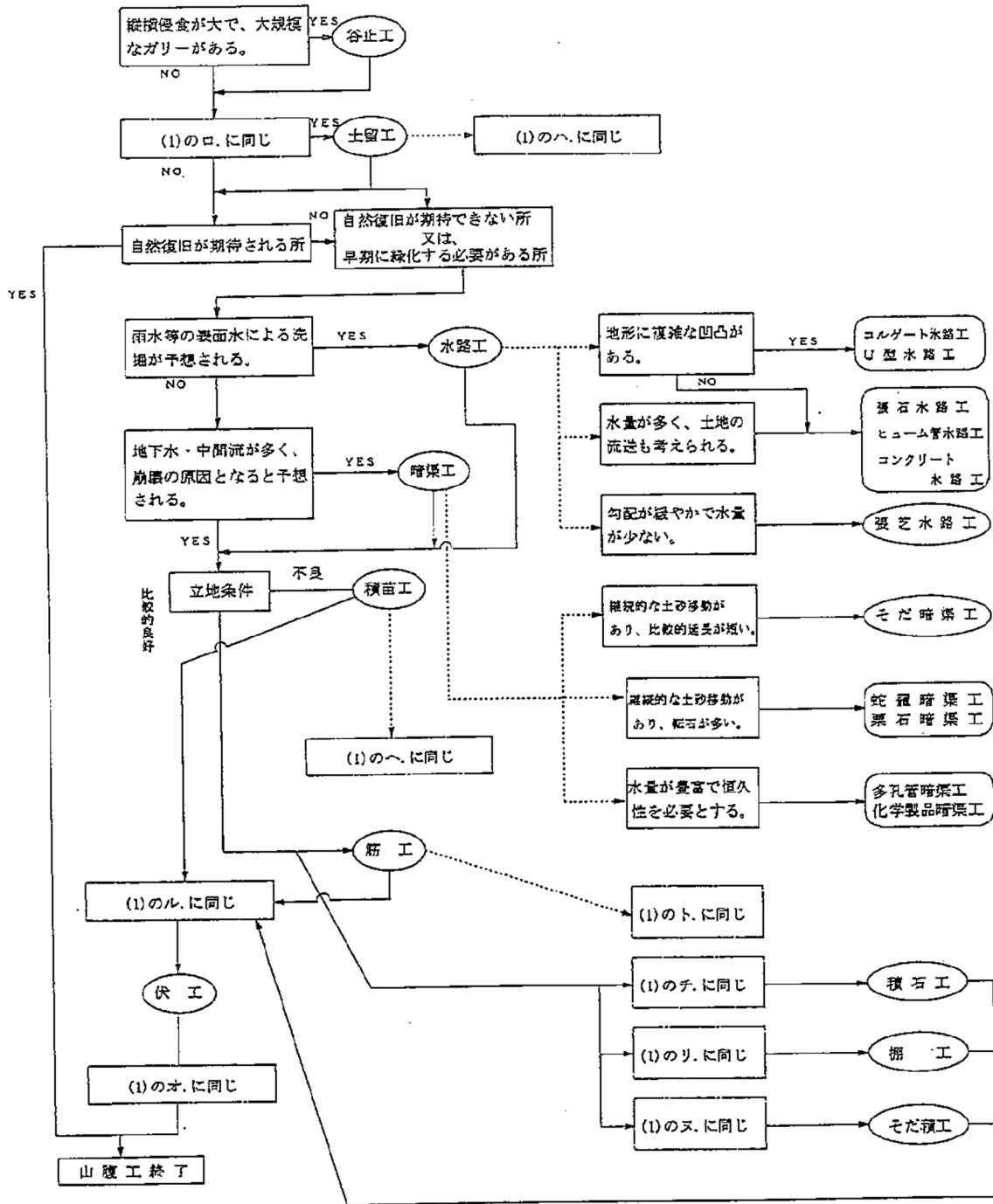


図 6-1-3 崩壊地における山腹保全工の設計

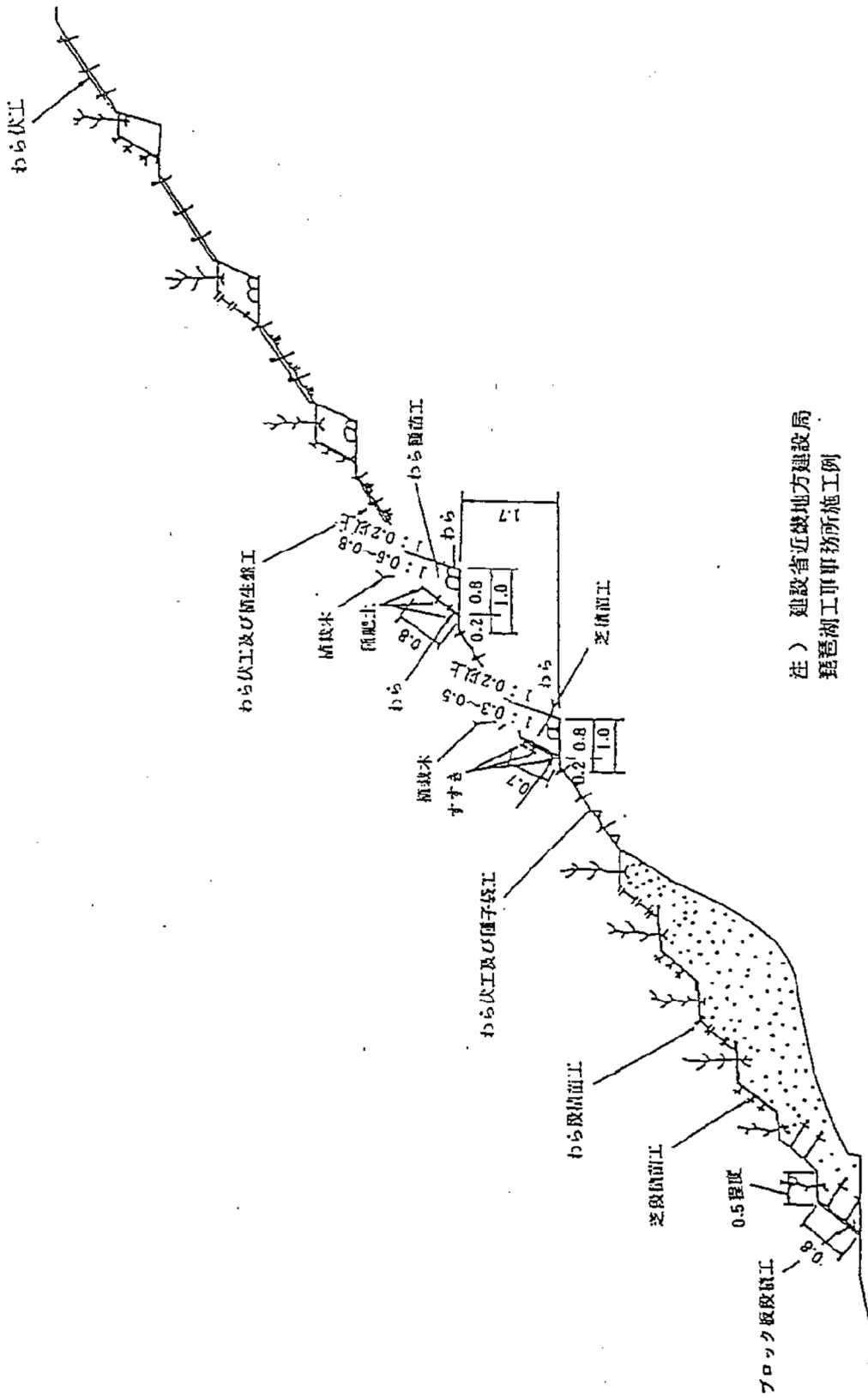
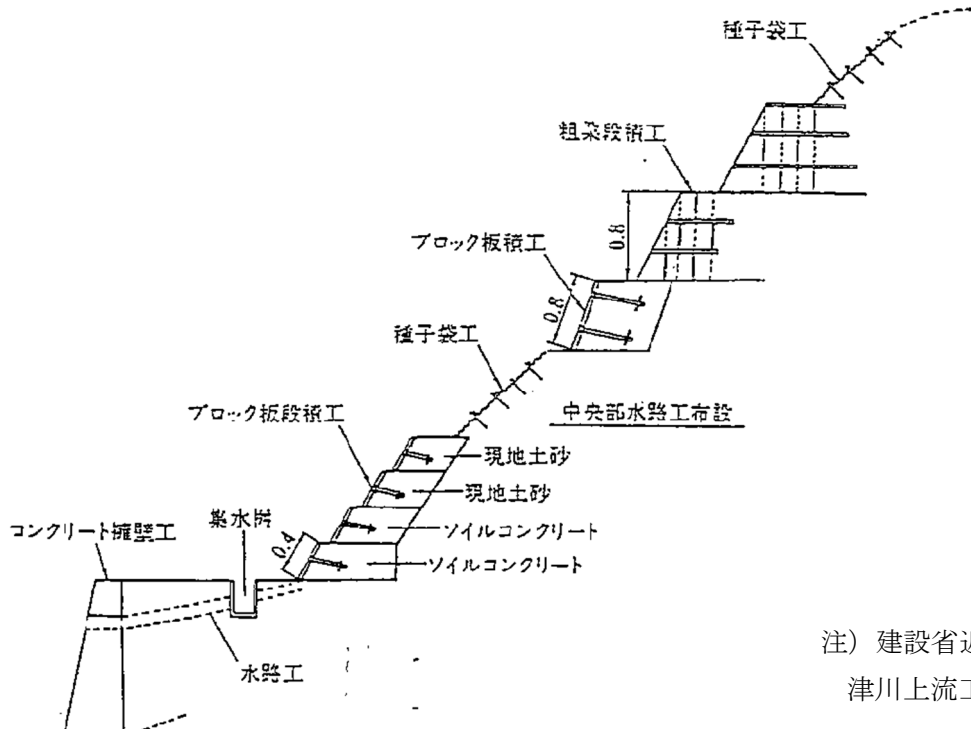


図 6-1-4 とくしゃ地（施工例）断面図（単位：m）



注) 建設省近畿地方建設局木津川上流工事事務所施工例

図 6-1-5 崩壊地（施工例）断面図（単位：m）

## 第2節 山腹工の設計

### 2.1 谷止工

谷止工は砂防えん提に準じて設計するものとする。 (建河Ⅱp28)

解説

谷止工は、侵食の規模の大きいとくしゃ地及び崩壊地において、侵食に防止および他の工作物の基礎とする工法である。

谷止工の設計は砂防えん提に準ずるものとするが、天端幅については、流水の量、流送土砂の形態等の条件から適切と認められる場合は、第1章第7節7.1に示された値より薄くすることができる。

### 2.2 のり切工

のり切工は、山腹斜面の安定を図りうる構造として設計するものとする。 (建河Ⅱp32)

解説

のり切工とは、山腹斜面に不規則な起伏および急峻な斜面があつて、放置すれば将来斜面の安定を保つことができないと予想される場合、起伏を整形して緩傾斜として安定した斜面を造る工法であり、のり切面の直高が高い場合には原則として上部を急傾斜に、下部を緩傾斜にするものとするが、のり切勾配は1割5分を標準とする。

のり切りが大規模で掘削土砂が多量な場合は、斜面の安定を図るため押え盛土を実施する場合もある。押え盛土とは、不規則な起伏や急峻な斜面を安定にするため、石積工や編柵工を基礎として土砂等により盛土して緩斜面を造る工法であり、一般に施工地付近に石材が多い場合は石積工とし、石材の乏しい場合は編柵工を基礎とする。

### 2.3 土留工

土留工は、地形、地質、気象等の条件および安全性を考慮して、設計するものとする。

(建河Ⅱp32)

#### 解説

土留工は、のり切工において堆積地の傾斜が急な場合、堆積土砂の安定を図り、上部に施工する山腹工の支えとするものである。また、とくしゃ地及び崩壊地の傾斜が急勾配である場合や上部の林地が急傾斜である場合は、土留工を計画することによりのり切面積を最小限にとどめ、のり勾配を緩和させることができる。

使用する材料によって、ブロック板積工、コンクリート擁壁工、コンクリートブロック積工、石積工、ふとん籠工、コンクリート枠工等に分けられる。

ブロック板積工は、軽量であるため運搬に便利でかつ施工も容易であるが、土圧の大きな箇所には適切でない（図 6-2-1 参照）

コンクリート擁壁工及びコンクリートブロック積工は、一般土木工事に準じて使用するものとするが、比較的土圧の大きい箇所を使用することができる。

石積工には、空石積工と練石積工があり、空石積工は高さ2mを限度とし、のり勾配は5分より急にしないことを標準とする（図 6-2-1 (a)参照）。また、練石積工は5分より急にしないことを標準とする（図 6-2-1 (b)参照）。

ふとん籠工は永久工作物でなく、原則として高さ2m以下とし、止坑は腐朽しにくい樹種を使用し一般に杭間隔2mを標準とする（図 6-2-4 参照）。

コンクリート杭工は、基礎地盤の不安定に使用するものとする。

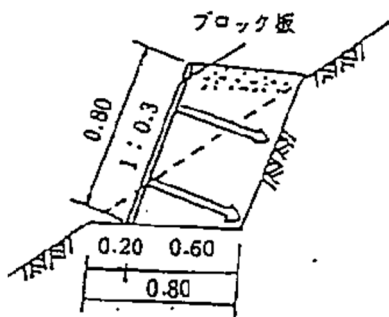
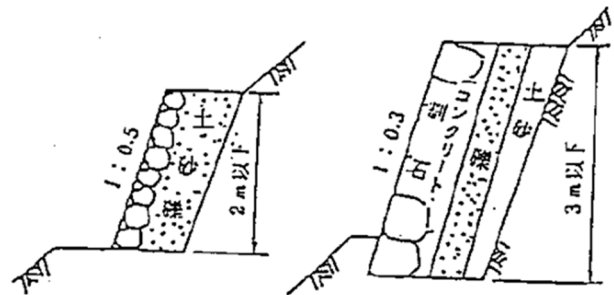


図 6-2-1 ブロック板積工（単位：m）



(a) 空石積工

(b) 練石積工

図 6-2-2 石積工

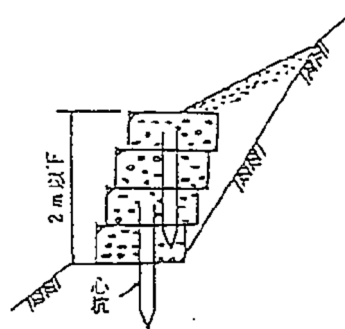


図 6-2-3 ふとん籠工

## 2.4 水路工

水路工は、流水を速やかにかつ安全に計画対象区域外へ排水しうる構造として設計するものとする。

(建河Ⅱp33)

### 解説

水路工は流水による斜面の侵食を防止するために設けるものであり、その設計においては、勾配の急変を避けるとともに徐々に緩勾配に移すこととし、崩壊地帯の凹部の地盤に十分埋め込み、周囲の流水を集めやすいように配慮する。通水断面は、対象流量を安全に流し得るよう十分に余裕を持たせる。また、水路工の上、下流端には、土留工あるいは帯工を設ける。また、水路長が長い場合には、水路長20～30mごとに帯工を設けて水路の安定を図る。

水路工の種類は、使用材料によってコルゲート、張石、張芝、ヒューム管、コンクリート水路工等に分けられる。

参考に、コルゲート水路工の例を図6-2-4に示す。

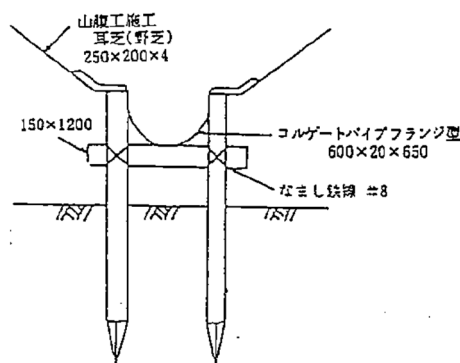


図 6-2-4 コルゲート水路工の例 (単位: mm)

## 2.5 暗渠工

暗渠工は、原則として不透水層の上に設けるものとし、速やかに地下水を地表面に導き、排水しうる構造として設計するものとする。

(建河Ⅱp34)

### 解説

暗渠工は、斜面の安定に対して悪影響を及ぼす恐れのある地下水を排除するために設けるものであり、湿潤な所や湧水の生じる所などの地下水を最も容易に排水できるように配慮し、地山の不透水層の上部に設けるものとする。

暗渠工の使用材料としては、そだ、蛇籠、栗石、多孔管、化学製品等があり、そだ暗渠工は小規模な暗渠として使用される。蛇籠暗渠工は、地盤が不安定で変動しても有効に働くようにするために使用するもので、一般に円筒型蛇籠を用いる。栗石暗渠工は、地下水が多い場合に用いられ、石の径は5～15cmのものを使用している。また、最近では多孔管及び化学製品等を使用することもある。

参考に、蛇籠暗渠工を図6-2-5に示す。

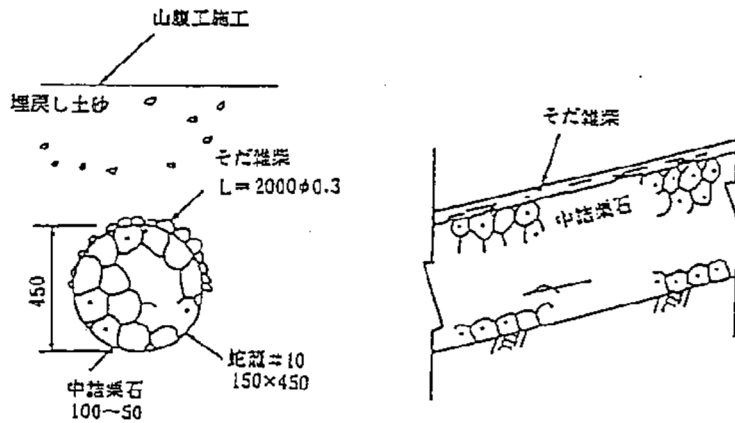


図 6-2-5 蛇籠暗渠工の例（単位：mm）

## 2.6 柵工

柵工は、山腹斜面の表土の流出を防止しうる構造として設計するものとする。

（建河Ⅱp34）

### 解説

なお、柵工は、原則として切取り部で使用するものとし、盛土部での使用は避けるものとする。

柵工は、施工地付近に山芝や石材が乏しく、山腹斜面の土層が比較的厚く、植生の導入が容易な箇所において用いるものとする。

柵工は、使用材料によって編柵工、コンクリート板柵工等がある。参考として、編柵工を図 6-2-6 に示す。

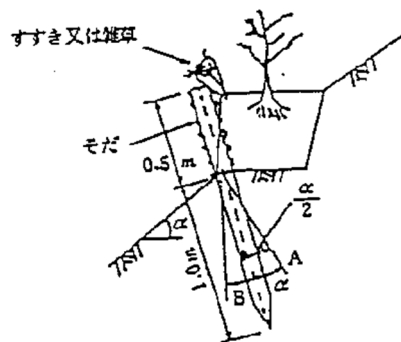


図 6-2-6 編柵工の例

## 2.7 積苗工

積苗工は、地山が露出した斜面の安定を図りうる構造として設計するものとする。その工法は、地形、地質、気象等の条件に応じて選定するものとする。

（建河Ⅱp35）

### 解説

積苗工は、地山に直高1.5m程度、幅1m程度の階段状の段取りを行った後、芝又はわらを積み、土砂で埋め戻して植栽床とするものである。積苗工は、使用材料によって芝積苗工、わら積苗工等に分けられる。芝積苗工は、豪雨、乾燥地帯の荒廃地の積苗工として代表的なものであって、芝の供給可能な場所に適する（図 6-2-7(a)参照）。立て芝とする場合は、通常3枚以下とする。わら積苗工は芝積苗

工の主材料である芝の不足場所に設けるものとする（図 6-2-7 (b)参照）。

なお段積苗工とは、積苗工の斜面において階段的に連続して設ける工法で、主に堆積土砂の上に施工するものである。

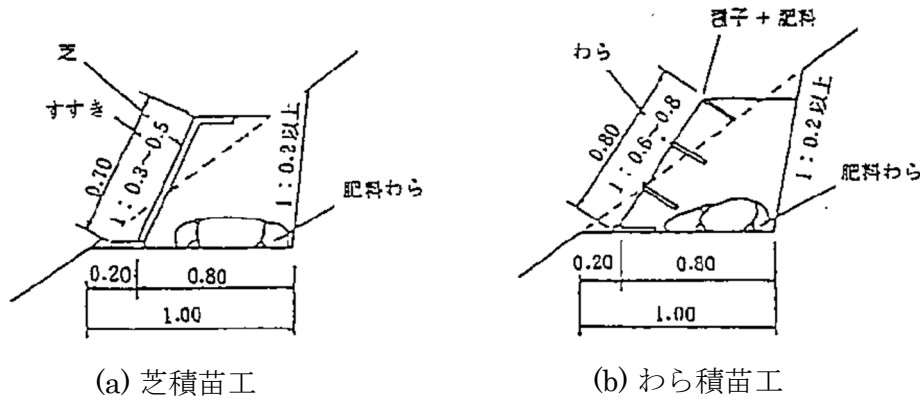


図 6-2-7 積苗工の例（単位：m）

## 2.8 筋工

筋工は、斜面の安定を図りうる構造として設計するものとし、その工法は、地形、地質、気象等の条件に応じて選定するものとする。（建河Ⅱp35）

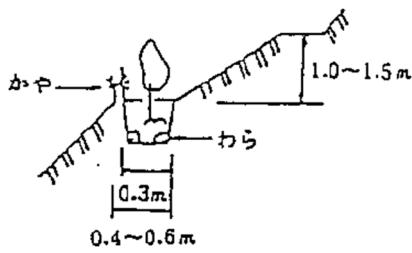
### 解説

筋工には、使用する材料によってかや筋工、芝筋工、そだ筋工等に分けられる。

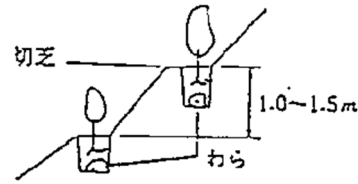
かや筋工は、一般には、直高1.0～1.5m、階段幅0.4～0.6m、かやを1m当たり0.2～0.3束で施工する。また、地味のよい比較的傾斜の緩やかな堆積土の地帯でかやの成長が期待できる箇所では、階段を設けない場合もある（図 6-2-8 参照）。

芝筋工は、とくしや地帯の雨水による侵食の少ない箇所にかや筋工の代わりとして施工される（図 6-2-8 参照）。

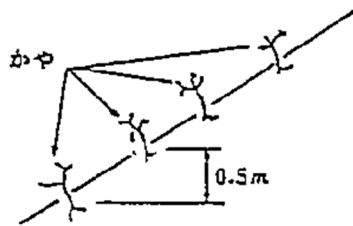
そだ筋工は、比較的水分の多い所でそだの入手しやすい箇所に施工される。一般にそだ筋工は直高1.0～1.5m程度、階段幅0.6～0.8m程度、そだの長さ40cm程度、そだ束の径10cm程度とし、その束の間にかや株あるいは多年生草を埋め込みそだの腐朽にそなえるものとする（図 6-2-10 参照）。



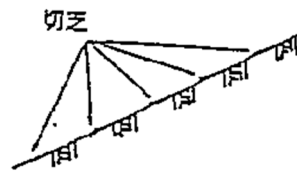
a 階段を切る場合



a 階段を切る場合



b 階段を切らない場合



b 階段を切らない場合

図 6-2-8 かや筋工

図 6-2-9 芝筋工

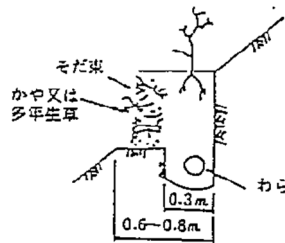


図 6-2-10 そだ筋工

## 2.9 伏工

伏工は、積苗工、筋工等の間ののり面における表面侵食を防止しうる構造として設計するものとし、その工法は、地形、地質、気象等の条件に応じて選定するものとする。 (建河Ⅱp36)

### 解説

伏工には、使用材料によって、そだ伏工、むしろ伏工、網状工等がある。

伏工は、崩壊地やとくしゃ地においてのり面の表面侵食を防止する工法で、使用材料が腐朽するまでにのり面を安定させるため、草木の種子を播種することが望ましい。この場合、主としてそだ伏工、網状工を用いる。また、直接播いた草木の種子の流亡防止を目的とし、施工地の立地条件が比較的よい箇所では、わら伏工、むしろ伏工等を用いる場合もある。

そだ伏工は、一般に比較的面積の小さなとくしゃ地、又は積苗工、筋工等ののり面に用いられ、そだの入手が容易で止杭が確実に打ち込める箇所に用いる。一般にそだ伏工は、そだを横に並べ、1.0m以内毎に縦木（押木）を設置し、止杭によって固定する（図 6-2-10 参照）。

網状工は、緩傾斜で軟弱な山腹に適合している。網目の大きさは普通縦径2m、横径4mの菱形とし、接合点及びそだの中間を竹串又は杭により固定する。（図6-2-13参照）。網目には、施工地に適した根の繁茂する苗木を植栽することもある。なお、最近では合成樹脂製品を利用してその中に草木の種子を入れた種子袋工や植生盤工等が多く利用されている（図6-2-12）。

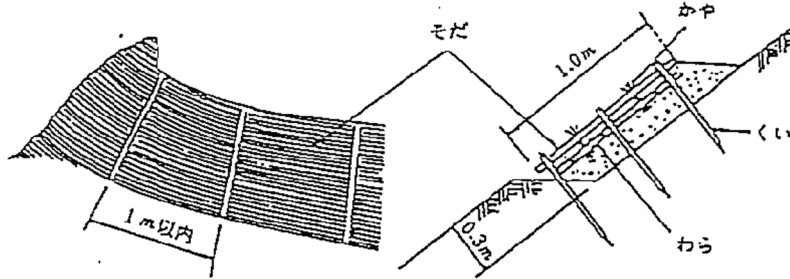


図6-2-11 そだ伏工

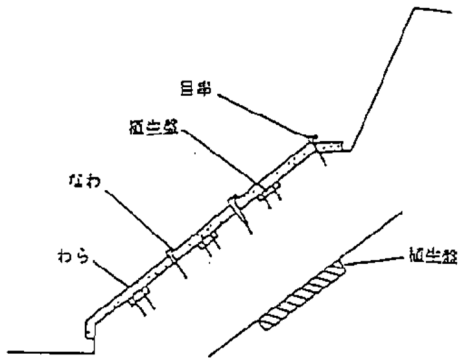


図6-2-12 わら状工及び植生盤工

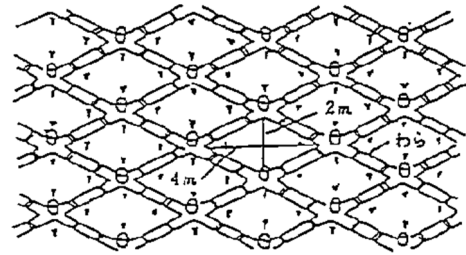


図6-2-13 網伏工

### 2.10 実播工

実播工は、草木の種子を直接播くことにより早期に緑化が図りうるよう設計するものとする。

(建河Ⅱp37)

#### 解説

実播工は、草木の種子を直接播き、早期に緑化を図ることが目的であり、山腹傾斜が緩やかで土壌条件の良好な箇所に用いる。実播工として使用する草木類は、周囲の植生状況を考慮し、単一なものに偏らず生育期間の異なる草木を選択することを原則とし、乾燥地、瘠地に耐えるもの、根系、地上茎がよく繁るもの、再生力が強く多年生であるもの、草丈が低く広がり性の大きいもの、秋から早春にかけて成長するものを用いる。

実播工を急傾斜地で用いる場合は、一般に伏工等により種子、肥土の流亡を防ぐことに留意する必要がある。

### 2.1.1 植栽工

植栽工は、早期に緑化することにより斜面の安定を図りうるよう設計するものとする。その工法は、地形、地質、土壌、気象等の条件に応じて選定するものとする。 (建河Ⅱp38)

#### 解説

植栽工に用いる適木としては、乾燥地、癖悪地に耐えるもの、根系の発達が旺盛で速やかに土地を固定するもの、萌芽力の旺盛なもの、諸種の害(病虫害、寒気、霜霰温度変化)に対して抵抗力の大きいものを用いる。

植栽工に用いる樹木は、表 6-2-1 を標準とする。

#### 〔参考 6.1〕積石工

積石工は、常時水分の多い所、または雨水が集中してのり切面の土砂が流出しやすい所で強度を必要とする箇所に適し、山腹に凸凹が多くかつ地質が堅い箇所ののり切工に際して、転石が多い箇所で積苗工の代わりに用いる工法であり、通常石の控え長は 0.3m 程度、のり勾配は 3~4 分、積石の高さ 0.5~1.0m、犬走り 0.15~0.2m を標準とする。

積石工は、図 6-2-14 を参考に設計するものとする。

#### 〔参考 6.2〕粗朶積工

粗朶積工は、一般に凍上、凍結の激しい地帯で山腹斜面の水分保有量を大きくするために用いる工法で、高さは 1.0m 程度を標準とする。

粗朶積工は、図 6-2-14 を参考に設計するものとする。

表 6-2-1 主要山腹砂防用樹木類

樹種名	適応性	造林方法	特性							
			活着力	根系の発達	耐せき悪性	耐乾性	耐湿性	耐寒性	耐陰性	耐酸性
アカマツ	潮風に弱いから、 内陸に用いる	植栽播種	良	良	大	大	小	大	小	
クロマツ	最も一般的である	同	良	良	大	大	中	大	小	
ニセアカシア	崩壊地、 やや肥沃なはげ山	同 植栽	良	良	大	大	小	大	中	小
トゲナシ	一般の荒廃地に適するが、 強風地、寒冷地は不適當	さし木	良	良	大	大	小	中	小	小
ニセアカシア		さし木								
イタチハギ	適応性は最も高い	枝・ まき 播種	良	良	大	大	小	大	小	中
ヤマハギ	イタチハギに準ずる	播種同上	良	不良	大	大	小	大	小	中
ハンノキ	乾燥に強い	植栽	良	中	大	大	大	大	小	大
ヤマハンノキ	高冷地に適する	同上	良	良	大	大	大	大	中	大
ヒメヤシヤブシ	寒冷地以外には適する	同上	良	良	大	大	小	大	小	大
オオバヤシヤブシ	大部分の荒廃地に適する	同上	良	良	大	大	小	大	中	大
ヤマモモ	暖地に適する	同上	不良	良	大	大	小	中	大	大

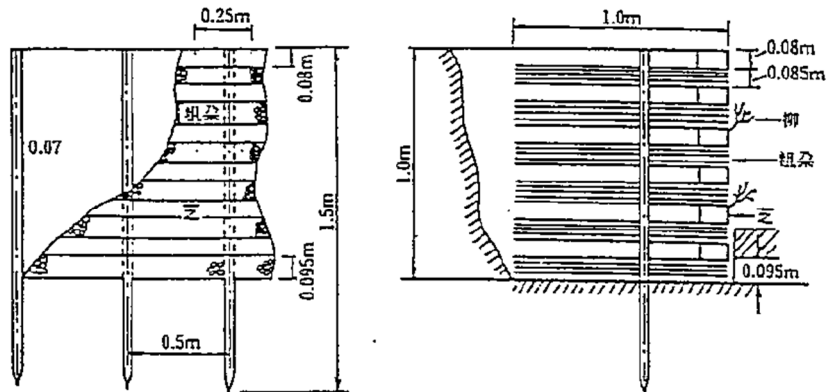


図 6-2-14 粗梁積工の例

[参考 6.3] 等高線壕工

等高線壕工は、とくしや地帯の荒廃地に等高線に沿った溝を設け、斜面に振った雨水、雪等を山腹に停留、吸収させ、草木の生長を可能ならしめて土砂の流出を防止する工法である。

溝は等高線に沿って水平に掘るものとし、間隔は6~12mを標準とする。溝には6~12m間隔で間仕切土堤を設けるものとし、その堤高は谷川の溝の土堤より0.1m程度低くする。溝の断面は、山腹の傾斜、表土の状態を考慮し、貯留水が越流しないよう十分な断面とする。

溝が比較的大規模な（0.6×0.6m以上）谷を横断する場合は、溝の横断前後に谷側の堤防と同高の間仕切土堤を設けることを標準とする。

等高線壕工は、図 6-2-15 を参考に設計するものとする。

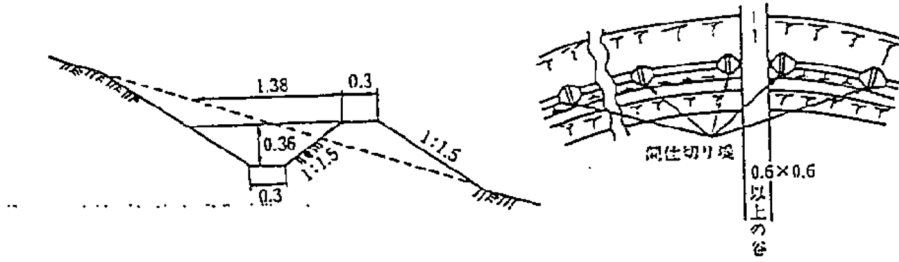


図 6-2-15 等高線壕工の例

# 第7章 砂防設備の環境対応

## 第1節 生態系への配慮

### 1.1 砂防堰堤

#### 1.1.1 生態系への配慮1（縦断方向の連続性の確保）

砂防堰堤の設計にあたっては、縦断方向の連続性の確保に努める。

#### 解説

砂防堰堤は一般に高い落差を有するため、堰堤の設置にともない、流域内の生物(主に魚類および哺乳類)は溪流を縦断方向に移動しづらくなる。このため、砂防堰堤の設計にあたっては、生態系に配慮し、溪流の縦断方向の連続性を確保する必要がある。

そのための方策としては、透過型砂防堰堤の採用、魚道の設置が考えられる。

#### 1 魚道設置が必要な場合

- (1) 現在の魚類の生息環境を分断する位置に横断構造物を設置する場合
- (2) 魚類が砂防堰堤・床固工等の構造物の下流に滞留し、その構造物が移動を阻害している場合
- (3) 現在は魚が生息していないが昔は魚が生息し、将来復元を考えている箇所

#### 2 魚道設置が不要あるいは必ずしも必要とは言えない場合

- (1) 過去から現在にかけて魚が生息していたことがなく、将来にわたって魚が生息する可能性の低い箇所の場合
- (2) 魚が生息しているが、対象魚が河川を縦断的に移動する習性がない場合  
(砂防溪流における魚道設置の手引き(案)(建設省土木研究所砂防部砂防研究室 平成10年2月より))

#### 3 魚道の設計等の流れ(手順)は、図 7-1-1 に示したとおりである。

#### 4 透過型堰堤において、透過部断面を魚道として使用する場合の留意点は、次のとおりである。

- ① 魚道として使用する透過部断面に、必要な流量が確保できるか。
- ② 魚道として使用する透過部断面は、魚道としての水理条件を満足しているか。
- ③ 魚道として使用する透過部断面への遡上が可能か。

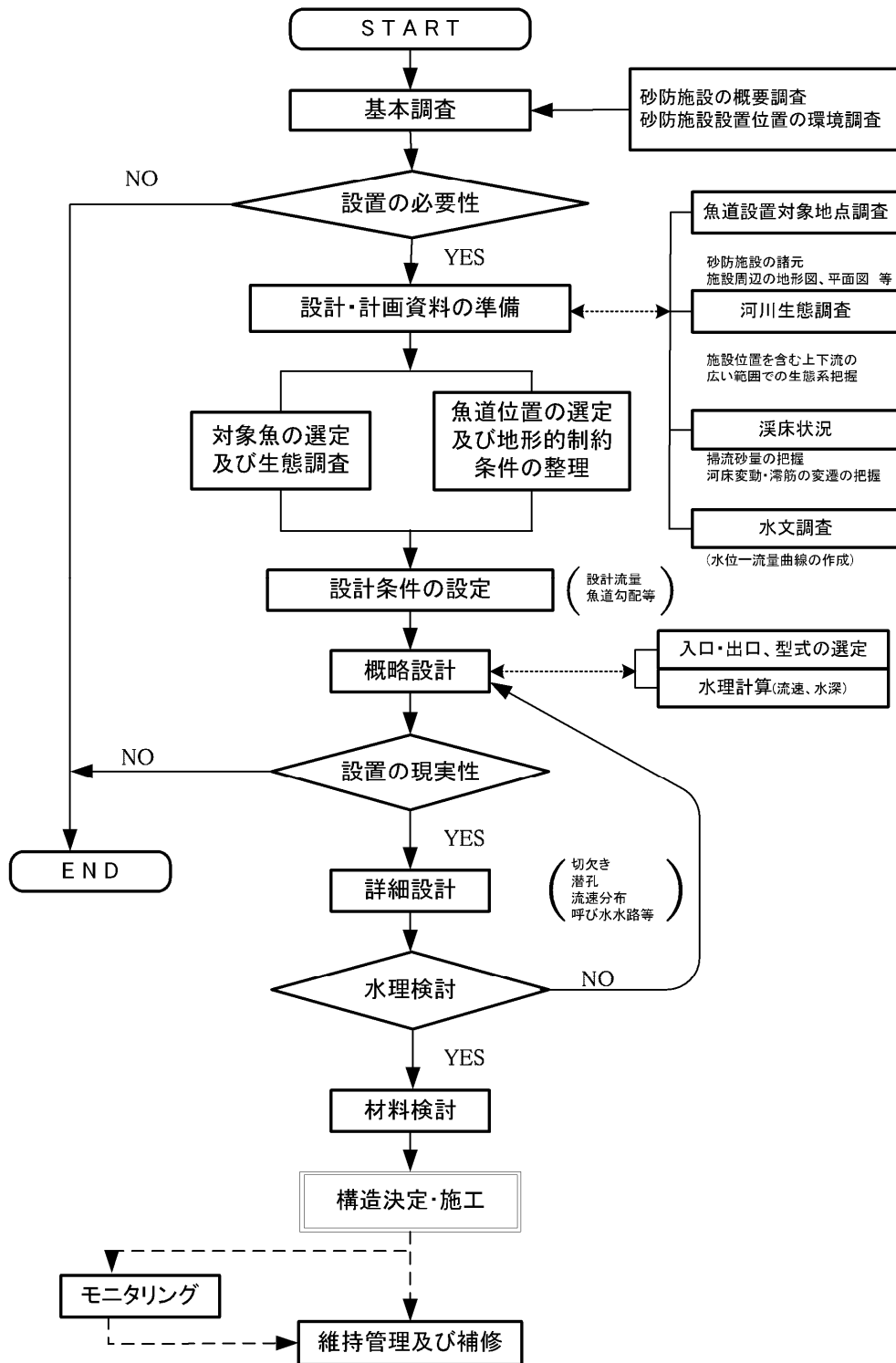


図 7-1-1 魚道の設計等の流れ

### 1.1.2 生態系への配慮2（横断方向の連続性の確保）

砂防堰堤の設計にあたっては、横断方向の連続性の確保に努める。

#### 解説

砂防堰堤の側壁護岸の設置等にともない、流路と溪岸が遮断され、動物の水飲場や移動路等が確保できない場合がある。このため、砂防堰堤の設計にあたっては、生態系に配慮し、溪流の横断方向の連続性を確保する必要がある場合がある。

### 1.2 床固工

床固工においても、砂防堰堤に準じて環境への配慮を行う。

#### 解説

床固工における環境への配慮事項については基本的に砂防堰堤と同一であるが、床固工は砂防堰堤に比べ落差が小さいため、魚道は、流路内（全断面も含む）に設けられることが多い。

魚道付床固工の基本的な考え方は、次のとおりである。

#### (1) 本堤と垂直壁の間隔

本堤と垂直壁の間隔については、魚道として必要な勾配を確保できる長さとする。

#### (2) 水叩きの勾配

水叩きの勾配については、魚道として必要な勾配と同様な勾配を付けるものとする。

#### (3) 水叩きの厚さ

水叩きの厚さについては、魚道が無い場合の有効落差と越流水深の合計から求まる値を用いる。

#### (4) 本堤の根入れ

本堤の根入れについては、落差下流側の計画河床高から、水叩きの厚さ分をとるものとする。

#### (5) 垂直壁の根入れ

垂直壁の根入れについては、水叩き下面から、砂礫地盤は1.5m、岩盤の場合は1.0mをとるものとする。

#### (6) 側壁の根入れ

側壁の根入れは、水叩き下面と一致させるものとする。

#### (7) 魚道の設置

以上により変形した床固工に、魚道の構造を付加するものとする。

#### (8) 側壁の平面形状

全面魚道化した場合、本堤部で跳水が発生しにくいいため、通常の床固工のように側壁が上流側で広がる構造にする必要はない。

### 1.3 護岸工

護岸工の設計にあたっては、水際の多孔性、横断方向の連続性、瀬・淵の確保等の必要な措置を講ずるものとする。

#### 解説

1 護岸工における溪流生態系への配慮については、様々な事項が考えられるが、主なものについて次に示す。ここに示すもの以外であっても、溪流生態系の保全に資すると考えられるものであれば、積

極的に取り組むものとする。

(1) 水際の多孔性の確保

水際の多孔性を確保するためには、使用するブロックの工夫、捨石の採用等が考えられる。

(2) 横断方向の連続性の確保

横断方向の連続性を確保するためには、護岸の緩傾斜化、捨石の採用等が考えられる。

(3) 瀬・淵の確保

瀬・淵を確保するためには、あらかじめ河床変動を許容する計画とし、護岸根入れを、河床変動を考慮した深さまで下げることが考えられる。

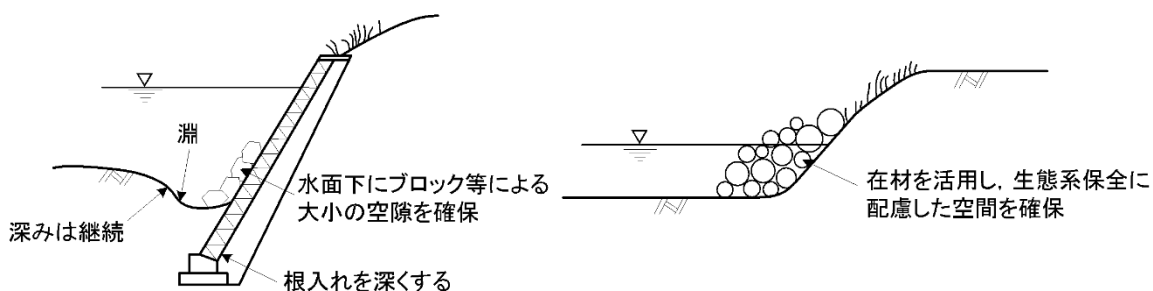


図 7-1-2 生態系への対応のイメージ

2 護岸工における環境への配慮については、多くの場合生態系、景観、溪流利用などについて総合的に検討の上、護岸を整備するよう努めなくてはならない。

## 1.4 溪流保全工

溪流保全工においては、環境への配慮に対しての措置を講ずるものとするが、その場合、床固工、護岸工など複数の工種について総合的に措置する。

### 解説

溪流保全工の計画において、床固工、護岸工等を計画するときは、計画段階での方針(たとえば、河床変動をどの程度許容するか)を満足する施設を設計しなければならない。

床固工、護岸工等の各工種の組み合わせにより、環境への配慮が行きとどいた溪流空間を得ることが重要である。

## 第2節 景観等への配慮

### 2.1 基本理念

砂防関係事業では「防災機能の確保」を基礎とし、「時間軸の考慮」と「地域の個性尊重」を加え、この3つの基本理念に基づいて景観形成に取り組む。

(砂防事業における景観形成ガイドライン(平成19年2月 国土交通省砂防部(以下「景観ガイドライン」と呼ぶ)p7)

### 解説

#### 1 基本理念

##### (1) 防災機能の確保

砂防設備の整備に際しては、国土保全の観点から防災機能を確保した上で、周辺環境との調和を図っていく。

(景観ガイドラインp7)

(2) 時間軸の考慮

砂防設備は、可能な限り長期にわたって機能を発揮することが要請されるため、砂防設備本体、砂防設備周辺における植生等の状況、周辺の土地利用状況、景観に対する認識の変化など長期にわたる時間の経過を考慮する必要がある。このため、時間軸の考慮を基本理念の一つとする。

(3) 地域の個性の尊重

砂防関係事業にかかわる施設について、地域の個性を尊重しつつ良好な景観を保全・創出していくことを基本理念の一つとする。



(景観ガイドラインp8)

図 7-2-1 景観形成の基本理念のイメージ

## 2.2 景観形成の基本方針

砂防関係事業における景観形成の基本方針は、基本理念である「防災機能の確保」「時間軸の考慮」「地域の個性尊重」に基づいて、施設の目的を具現化した形状として機能美を尊重するとともに、周辺の地形や植生などに調和させ、防災機能が景観形成にも貢献していることを表現し、後世に残る砂防美として地域に定着させるものとする。 （景観ガイドラインp9）

### 解説

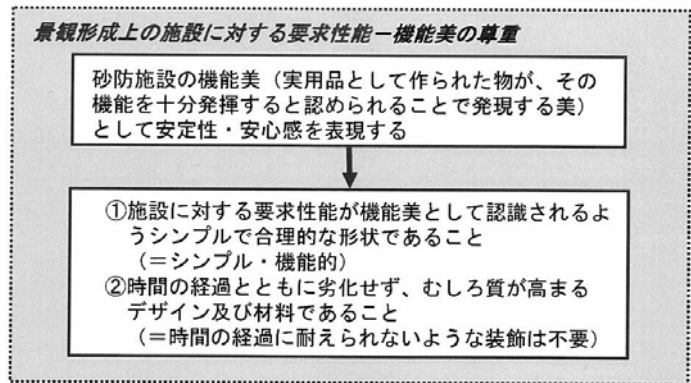
#### 1 機能美の尊重

砂防設備は、施設に要求される性能に対して機能的に明確な形状で、生態系を含めた自然環境にも配慮し、時間の経過とともに周辺環境に馴染む材料を選定し、砂防美あふれるデザインとする。

砂防設備は河川砂防技術基準をはじめとする技術基準との整合を保って防災機能を確保する必要がある。

その上で、土砂災害の防止とともに、生態系を含めた自然環境にも配慮し、長寿命で風雪等に耐えながら時間の経過とともに周辺環境に馴染んでいく形状及び材料を選定する。

（景観ガイドラインp9）

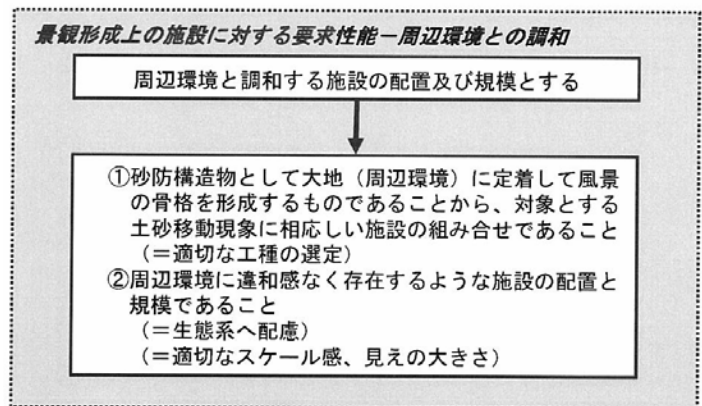


#### 2 砂防設備と周辺環境との調和

砂防関係事業における景観形成は、砂防設備が眺められることにより「安心感を与える」ことを基調とする。このため、砂防設備の配置および規模は、施設本体や施設周辺における植生等の状況、周辺の土地利用状況、景観に対する認識の変化を考慮しつつ、地形の特徴を十分に活かして、生態系など周辺環境との調和を図るものとする。

ただし、自然環境および歴史的・文化的要素の保全を目的とする条約、法律、条例に基づく指定地や、生態系等の自然環境資源および歴史的・文化的要素を含んだ文化財等の人文景観資源の存在など、特に現状の景観を保持する必要がある人工建造物の介入が許されない場合がある。このとき、元地形を復元できる工法や施設を目立たせない工夫が必要となるが、施設は土砂災害に対して十分機能させる必要がある。

（景観ガイドラインp11）



3 景観形成の配慮事項

後世に残る砂防美として地域に定着させるためには、景観形成の基本方針が具現化されるよう事業の各段階において適切な対応を行う必要がある。

このため、調査、計画、設計、施工、管理の各段階において景観形成のための配慮事項を取り入れるものとする。

(砂防事業における景観形成ガイドラインp16)

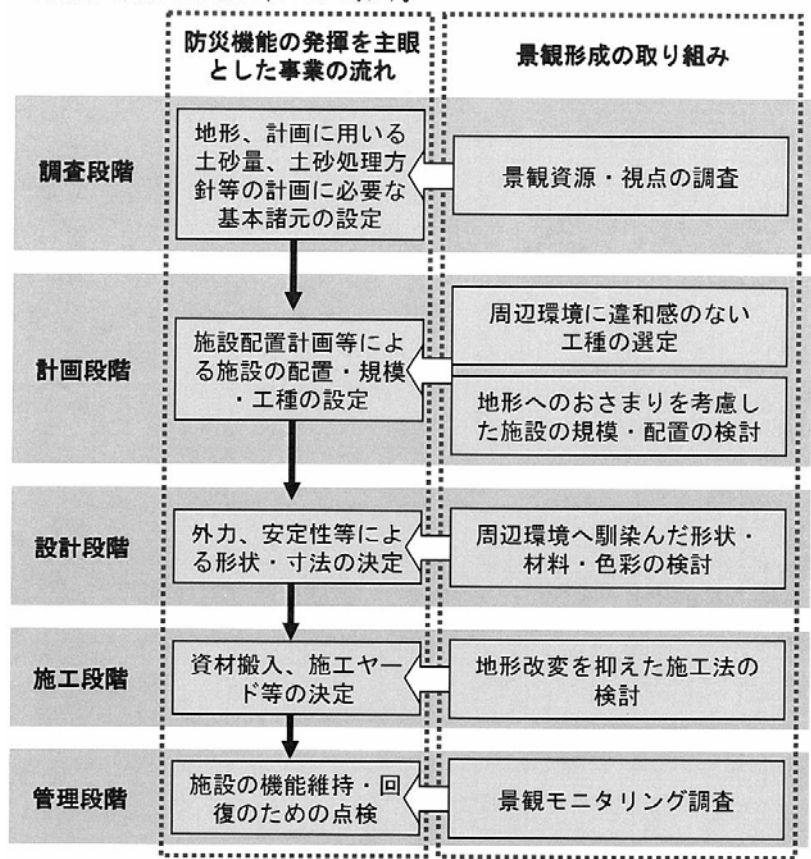


図 7-2-2 各段階における景観形成の配慮事項

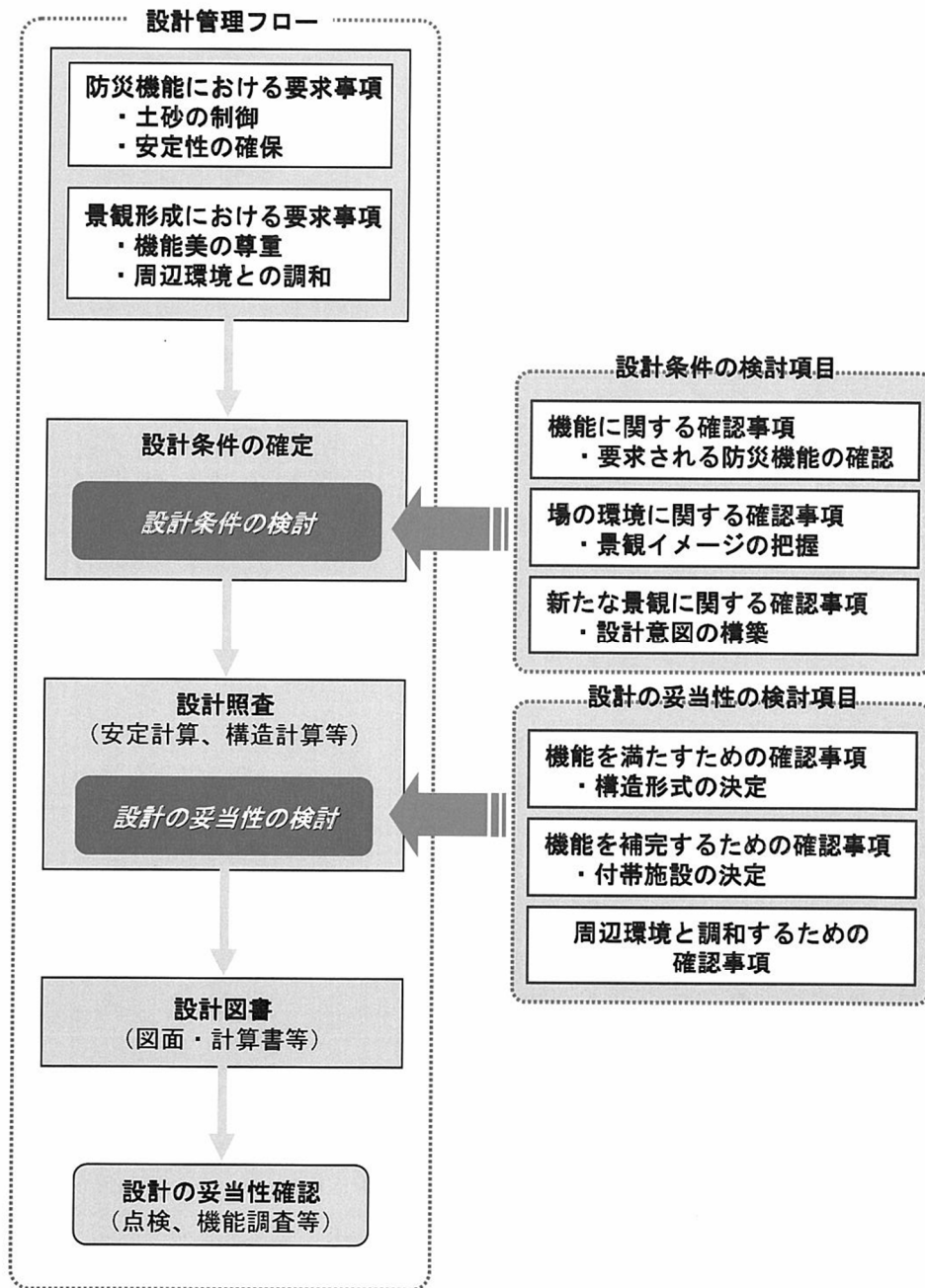


図 7-2-3 景観形成のための設計手順

(景観ガイドラインp9)

## 2.3 設計の対応

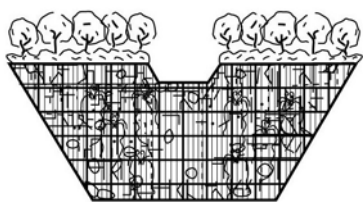
砂防設備は、修景・利用の目標(目的)を明らかにした上で景観等の対応にあたる。

### 解説

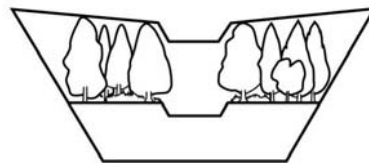
#### 1 砂防堰堤、床固工

砂防堰堤の修景上の目的は、その位置的条件に支配される場合が多いものと考えられる。その対応の例を以下に示した。

- ・道路から見える施設 → 「自然にとけ込むものをつくる」  
周辺景観と違和感がないことを目指し、周囲の景観にとけ込むように配慮する。
- ・人家に近い施設 → 「自然にとけ込むものをつくる」  
威圧感がなく、親しみやすいものを目指し、周囲の景観にとけ込むように配慮する。  
→ 「見る価値のあるものをつくる」  
親しみやすいものを目指し、地域住民に安心感を与える。
- ・キャンプ場周辺等人の集まるところの施設  
→ 「自然にとけ込むものをつくる」  
周辺景観と違和感がないことを目指し、周囲の景観にとけ込むように配慮する。  
→ 「見る価値のあるものをつくる」
  - ・ 親しみやすいものを目指し、安心感を与える。
  - ・ 景観上のアクセントをつけ、新たな良好な景観を創造する。
  - ・ 砂防学習ゾーンの施設として位置づけ、砂防の啓発に利用する。修景への配慮の主な例としては、図 7-2-4 のようなものがあげられる。



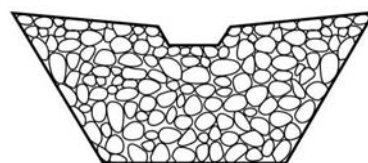
①植物による緑化：鋼製箱枠の利用



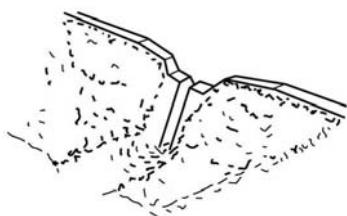
②堤体を樹木で隠す：堤体前面（側壁の裏等）の植樹等



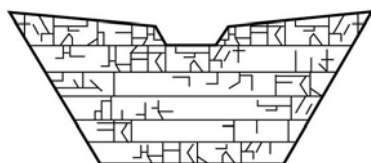
③堤体前面に石を積む：巨石積み



④堤体に石を張り付ける：石張、石積



⑤堤体前面に盛土をする：修景盛土（掘削土等を利用）



⑥人工物：化粧型枠、パネル等



⑦形状を工夫する：ラウンディング

図 7-2-4 堰堤の修景の例

## 2 護岸工

護岸整備における景観や溪流利用への配慮事項としては、様々なものが考えられるが、その内ごく一例を次に示す。ここに挙げるもの以外であっても、景観や溪流利用への配慮事項として考えられるものであれば、積極的に取り組むものとする。

### (1) 景観への配慮

景観への配慮としては、護岸を隠す（隠し護岸、捨石等）、周辺の状況になじませる（護岸法線の工夫、護岸の植栽、自然石の利用、使用するブロックの工夫等）が考えられる。

### (2) 溪流利用への配慮

溪流利用への配慮としては、親水性の確保（護岸の緩傾斜化・階段・斜路の設置等）、川を見る視点場の確保等が考えられる。

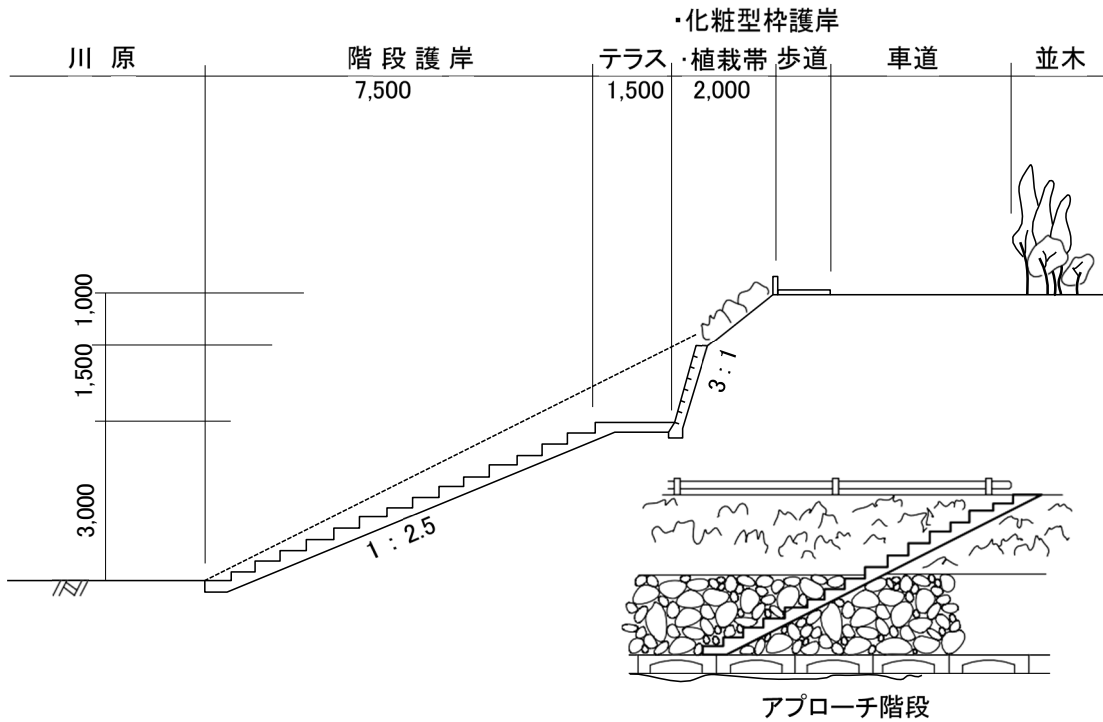


図 7-2-5 景観・溪流利用の対応のイメージ

### 3 溪流保全工

溪流保全工においては、環境への配慮に対するの措置を講ずるものとするが、その場合においては、床固工、護岸工など複数の工種について総合的に措置する。