

# 第VI編

## 水系砂防施設設計

## 第VI編 水系砂防施設設計 目次

第VI編 水系砂防施設設計	VI-1-1
第1章 砂防堰堤	VI-1-1
第1節 目的と型式	VI-1-1
1.1 土砂生産抑制施設としての砂防堰堤	VI-1-1
1.2 土砂流送制御施設としての砂防堰堤	VI-1-2
第2節 施設効果量	VI-1-3
2.1 掃流区間の不透過型砂防堰堤	VI-1-3
2.2 土石流区間の不透過型砂防堰堤	VI-1-4
2.3 土砂調節のための透過型砂防堰堤(掃流区間)	VI-1-4
2.4 土石流捕捉のための透過型砂防堰堤(土石流区間)	VI-1-6
第3節 土石流区間の不透過型砂防堰堤	VI-1-6
第4節 掃流区間の不透過型砂防堰堤	VI-1-6
4.1 設計流量	VI-1-6
4.2 水通し断面	VI-1-6
4.3 本体の設計	VI-1-8
4.3.1 水通し天端幅	VI-1-8
4.3.2 設計外力	VI-1-8
4.3.3 下流のり勾配	VI-1-9
4.4 安定条件	VI-1-9
4.5 安定計算	VI-1-9
4.6 袖の設計	VI-1-10
4.7 構造細目	VI-1-11
第5節 土石流区間の透過型砂防堰堤	VI-1-12
第6節 土砂調節のための透過型砂防堰堤(掃流対応)	VI-1-12
6.1 水通し断面	VI-1-12
6.2 透過部断面	VI-1-12
6.2.1 透過部断面の位置	VI-1-12
6.2.2 透過部断面の大きさ	VI-1-13
6.3 本体の設計	VI-1-14
6.3.1 水通し天端幅	VI-1-14
6.3.2 下流のり勾配	VI-1-14
6.3.3 安定計算	VI-1-14
6.4 摩耗対策	VI-1-15
6.5 前庭保護工	VI-1-16
6.6 構造細目	VI-1-16
第2章 山腹保全工	VI-2-1
第1節 総説	VI-2-1

第2節 山腹工.....	VI-2-2
第3節 山腹保育工.....	VI-2-3
第3章 その他の水系砂防設備.....	VI-3-1
第1節 その他の水系砂防設備の概要.....	VI-3-1
第4章 水系砂防での流木対策.....	VI-4-1
第1節 流木対策計画.....	VI-4-1
第2節 対象流木量.....	VI-4-1
第3節 水系砂防での流木対策施設計画.....	VI-4-1
第4節 掃流区間における流木対策施設.....	VI-4-2
4.1 洪水, 土砂量の規模等.....	VI-4-2
4.2 流木捕捉工(掃流区間)の設計.....	VI-4-2
4.2.1 透過部の高さ.....	VI-4-2
4.2.2 透過部における部材の純間隔.....	VI-4-4
4.2.3 全体の安定性の検討.....	VI-4-6
4.2.4 部材の安定性の検討.....	VI-4-6
4.2.5 透過部以外の設計.....	VI-4-7
4.3 流木発生抑止工の設計.....	VI-4-7
第5章 砂防設備の環境対応.....	VI-5-1
第1節 生態系への配慮.....	VI-5-1
1.1 砂防堰堤.....	VI-5-1
1.1.1 生態系への配慮1(縦断方向の連続性の確保).....	VI-5-1
1.1.2 生態系への配慮2(横断方向の連続性の確保).....	VI-5-3
1.2 床固工.....	VI-5-3
1.3 護岸工.....	VI-5-3
1.4 溪流保全工.....	VI-5-4
第2節 景観等への配慮.....	VI-5-4
2.1 基本理念.....	VI-5-4
2.2 景観形成の基本方針.....	VI-5-6
2.3 設計の対応.....	VI-5-8

# 第VI編 水系砂防施設設計

## 第1章 砂防堰堤

### 第1節 目的と型式

砂防堰堤は、土砂生産抑制施設および土砂流送制御施設として用いる。

#### 1.1 土砂生産抑制施設としての砂防堰堤

土砂生産抑制施設としての砂防堰堤は、①「山脚固定による山腹の崩壊などの発生または拡大の防止または軽減」、②「溪床の縦侵食の防止または軽減」あるいは③「溪床に堆積した不安定土砂の流出の防止または軽減」を目的とした施設である。

計画に際しては、施設を設置する目的に応じて、施設の規模および構造などを選定し計画するものとする。

土砂生産抑制施設としての砂防堰堤の設置位置は、砂防堰堤に期待する効果と、地形、地質、不安定土砂の状況を勘案し、①については原則として崩壊などのおそれがある山腹の直下流、②については原則として縦侵食域の直下流、③については原則として不安定な溪床堆積物の直下流に配置するものとする。

(国河計 p180)

#### 解説

土砂生産抑制施設配置計画における砂防堰堤は、土砂生産抑制の目的に加えて土砂流送制御も目的として計画される場合が多い。

山脚固定を目的とする砂防堰堤は、砂防堰堤の設置により上流側に土砂を堆積させ、この堆積土砂によって溪床を上昇させて山脚を固定し、山腹の崩壊などの予防および拡大を防止する機能を有する。

縦侵食防止を目的とする砂防堰堤は、砂防堰堤の設置により上流側に土砂を堆積させて溪床の縦侵食を防止する機能を有する。

溪床に堆積した不安定土砂の流出防止を目的とする砂防堰堤は、砂防堰堤の設置により不安定土砂の流出を防止する機能を有する。

縦侵食防止を目的とする砂防堰堤および溪床に堆積した不安定土砂の流出防止を目的とする砂防堰堤は、河床変動計算や水理模型実験などを行って、砂防堰堤の規模を計画することができる。この場合、流量の時間変化、流砂量の時間変化、溪床に堆積した土砂の粒度分布など河床変動計算や水理模型実験などを行うために必要な条件を適切に設定する必要がある。砂防堰堤の設置については、構造物の安全、特に基礎の洗掘、袖部地山の流失防止のために、溪床および溪岸に岩盤が存在する場所に計画することが望ましい。また、単独の砂防堰堤にするか、連続する低堰堤群にするかは、その地域の土砂生産形態の特性、施工、維持の難易により選定される。

砂防堰堤は、その型式、構造および材料によって分類される。型式・構造・材料の選定にあたっては、周辺環境や経済性などを基に検討する。

砂防堰堤の型式には、透過型と不透過型があり、構造には重力式、アーチ式などがある。また、材料

にはコンクリート、鋼材、ソイルセメントなどがある。なお、土砂生産抑制施設としての砂防堰堤には、その地域の土砂生産形態、地形・地質条件、砂防堰堤に求められる機能等の観点から、透過型砂防堰堤が適さない場合があることに注意が必要である。(国河計 p180)

## 1.2 土砂流送制御施設としての砂防堰堤

土砂流送制御施設としての砂防堰堤は、①「土砂の流出抑制あるいは調節」、②「土石流の捕捉あるいは減勢」を目的とした施設であり、その型式には、不透過型および透過型がある。計画に際しては、施設を設置する目的に応じて、施設の型式、規模および構造などを選定するものとする。土砂流送制御施設としての砂防堰堤の設置位置は、砂防堰堤に期待する効果と地形などを勘案し、狭窄部でその上流の谷幅が広がっているところや支川合流点直下流部などの効果的な場所に設置するものとする。

(国河計 p183)

### 解説

土砂流送制御施設配置計画における砂防堰堤は、土砂流送制御の目的に加えて土砂生産抑制も目的として計画される場合が多い。

流出土砂の抑制を目的とする砂防堰堤は、堆積容量に流出土砂を貯留させることで、土砂の流出抑制機能を発揮する。この機能は堆砂によって失われるので、計画上これを見込む場合は除石などにより機能の回復を行う必要がある。

砂防堰堤の堆砂域では、多量の土砂の流入があると、砂防堰堤がないときの溪床と比較して、溪床勾配が緩くなるため、溪床幅が広くなり、一時的に安定勾配(静的平衡勾配に近い)より急な勾配(動的平衡勾配)で土砂が堆積する。流出土砂の調節を目的とする砂防堰堤はこの機能を活用して、流出土砂の調節を行うものである。また、土砂調節を目的とする透過型砂防堰堤は、格子等により大粒径の石などを固定したり、洪水を堰上げることにより流出土砂量およびそのピーク流出土砂量を調節する。

なお、透過型砂防堰堤は透過部断面より溪流の連続性を確保することができる。

土石流を捕捉し減勢させることを目的とした砂防堰堤は、砂防堰堤が満砂の状態である場合には一時的に安定勾配より急な勾配で土石流を堆砂域に堆積させて、これを捕捉する。堆積容量を活用する場合には、堆積容量に土石流を捕捉することで、土石流の捕捉機能を発揮するが、この機能は堆砂によって失われるので、計画上これを見込む場合は除石などにより機能の回復を行う必要がある。また、溪床勾配を緩和させることにより土石流形態から掃流形態に変化させて減勢させる機能も有している。

なお、土石流を捕捉し減勢させることを目的とする透過型砂防堰堤は、土石流により透過部を閉塞させて土石流を捕捉することを基本とする。

砂防堰堤の設置については、構造物の安全、特に基礎の洗掘、袖部地山の流失防止のために、溪床および溪岸に岩盤が存在する場所に計画することが望ましい。また、単独の砂防堰堤にするか、連続する低堰堤群にするかは、その地域の土砂流送形態の特性、施工、維持の難易により選定される。

砂防堰堤は、その型式、構造および材料によって分類される。型式・構造・材料の選定にあたっては、周辺環境や経済性などを基に検討する。

砂防堰堤の型式には、透過型と不透過型があり、構造には重力式、アーチ式などがある。また、材料にはコンクリート、鋼材、ソイルセメントなどがある。

なお、原則として透過型砂防堰堤は、山脚固定の機能を必要とする場所には配置しない。

## 第2節 施設効果量

### 2.1 掃流区間の不透過型砂防堰堤

不透過型砂防堰堤の施設効果量には、計画生産抑制土砂量と計画流出調節土砂量があり、除石を前提とする場合には計画流出抑制土砂量が評価できる。

解説

#### 1 計画勾配等

掃流区間の施設効果を模式的に示すと図1-2-1のとおりであり、ここでの堆砂勾配の定義は、次のとおりである。

計画堆砂勾配：堆砂の安定勾配を計画堆砂勾配とする。

愛知県では、元溪床勾配の1/2を計画堆砂勾配の標準とする。

洪水勾配：洪水直後一時的に堆積する勾配を洪水勾配と言う。

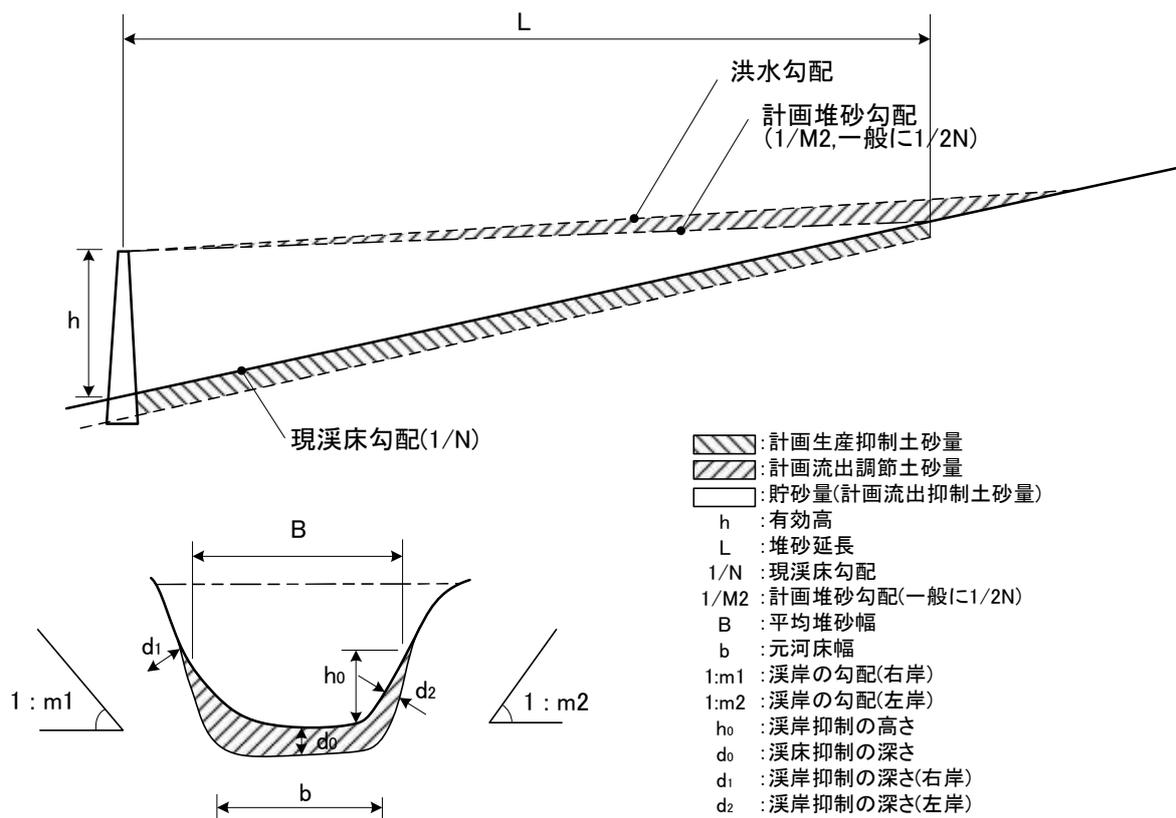


図1-2-1 不透過型砂防堰堤の効果(掃流区間)

#### (1) 計画流出抑制土砂量(貯砂量)

計画流出抑制土砂量(貯砂量)は、堰堤箇所上流の横断測量による方法を用いるものとする。

①貯砂量( $V_1$ ) (図1-2-1参照)

掃流区間の貯砂量( $V_1$ )は、計画堆砂勾配～元溪床間の容量である。

なお、各勾配を標準で設定した場合の貯砂量( $V_1$ )の略算式は、次のとおりである。

$$V_1 = N \cdot B \cdot h^2 \quad B = \frac{2 \cdot b + h(m_1 + m_2)}{3}$$

$h$  : 有効高,  $1/N$  : 現溪床勾配,  $B$  : 平均堆砂幅,  $b$  : 元溪床幅

$1 : m_1, 1 : m_2$  : 溪岸の勾配(右岸, 左岸)

## ②計画流出抑制土砂量

除石を前提として、貯砂量のうち計画上復元させる容量が計画流出抑制土砂量となる。

## (2) 計画流出調節土砂量

計画流出調節土砂量は、洪水、土石流等で一時的に堆積する(調節される)土砂量をいう。

掃流区間では、貯砂量の10%を計画流出調節土砂量とする。

## (3) 計画生産抑制土砂量

計画生産抑制土砂量は、堤体および堰堤の堆砂により生産が抑制される土砂量をいう。

掃流区間では、計画堆砂面下に包含された、計画生産土砂量を計画生産抑制土砂量として求める。

(図1-2-1参照)

## 2.2 土石流区間の不透過型砂防堰堤

土石流区間の不透過型砂防堰堤の施設効果量は、土石流・流木対策施設に準じて算出する。

解説

施設効果量は、水系砂防計画では、次のように読み替える。

計画捕捉量 → 計画流出調節土砂量

計画堆積量 → 計画流出抑制土砂量

計画発生(流出)抑制量 → 計画生産抑制土砂量

## 2.3 土砂調節のための透過型砂防堰堤(掃流区間)

土砂調節のための透過型砂防堰堤の施設効果量は、計画流出調節土砂量と計画生産抑制土砂量である。

解説

### 1 計画流出調節土砂量

洪水中に透過型砂防堰堤に堆積する最大土砂量を計画流出調節土砂量として評価する。(建透指P13)

(1) 既往の水理実験によれば、以下の事項が確認されている。

- ① 出水時前半からピークにかけて堰上げが生じると、堆砂区間に水中安息角  $\theta = 30^\circ \sim 35^\circ$  で砂防堰堤上流側から堆砂肩が形成される。
- ② 堆砂肩の前面は砂防堰堤の上流側に達し、上流に向けては元河床勾配の1/2勾配で堆砂面が形成される。
- ③ 洪水後半に堰上げが解消すると堆砂肩が崩れて土砂は高濃度で堰堤から流出する。
- ④ 堰堤から流出する土砂は下流の溪流の土砂輸送能力が小さく流量も小さい場合には堰堤直下流付近に堆積する。

そこで、洪水後半に堰堤から流出し堰堤直下流付近へ堆積する土砂量も透過型砂防堰堤効果と考え、堰上げが生じているときの最大堆砂時の土砂量を計画流出調節土砂量として評価する(図1-2-2). (建透指p14)

(2) 計画流出調節土砂量の算出

堆砂肩の高さ $Z_s$ は次式によって求めることができる.

$$Z_s = \left\{ \frac{Fr^2}{2} \left( \frac{1}{\sqrt[3]{\gamma^2}} - 1 \right) + \frac{\sqrt[3]{\gamma}}{\gamma} - 1 \right\} \left( \frac{nQ}{B_s \sqrt{i}} \right)^{0.6}$$

$Z_s$ : 堆砂肩の高さ,  $Fr$ : 等流水深に対するフルード数,  $\gamma$ : 流水幅縮小率(= $B_d/B_s$ ),  
 $B_d$ : 堰堤地点での流れの幅,  $B_s$ : 堆砂肩での流れの幅,  $i$ : 計画堆砂勾配,  $n$ : マニングの粗度係数,  $Q$ : 計画洪水流量

土砂調節のための透過型砂防堰堤の計画流出調節土砂量は、透過部の形状、堤高、ハイドログラフ、流出土砂量、土砂の粒径等により変わるので、水理実験、河床変動シミュレーションおよび当該溪流における前例実績の分析を行う等して、慎重に検討することが望ましい。

堰上げ断面は、堰堤下流の河積等の状況も考慮して決定する。なお、堰堤箇所上流の横断測量による方法により、効果量を算出する。

また、連続して透過型砂防堰堤を設置する場合や、透過型砂防堰堤と不透過型砂防堰堤を組み合わせる場合の土砂の捕捉、調節効果の評価については数値シミュレーション、模型実験を行うなど、十分な検討を要する。(建透指p14)

2 計画生産抑制土砂量

土砂調節のための透過型砂防堰堤で透過部断面の底面の高さが最深河床高よりも高い部分については、計画生産抑制土砂量を評価する。(建透指p15)

計画生産抑制土砂量を評価する範囲は、図1-2-2を参照のこと。

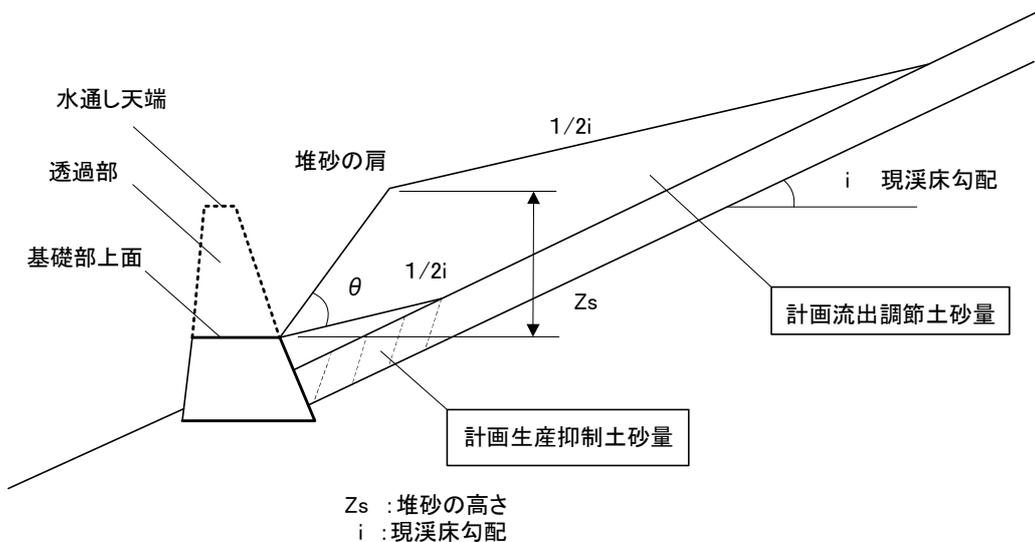


図1-2-2 土砂調節のための透過型砂防堰堤の効果(建透指p14)

## 2.4 土石流捕捉のための透過型砂防堰堤(土石流区間)

土石流区間の透過型砂防堰堤の施設効果量は、土石流・流木対策施設に準じて算出する。効果量の読替は、第2節2.2を参照されたい。

## 第3節 土石流区間の不透過型砂防堰堤

土石流区間の不透過型砂防堰堤は、土石流・流木対策の不透過型砂防堰堤に準じて設計する。効果量の読替は、第2節2.2を参照されたい。

## 第4節 掃流区間の不透過型砂防堰堤

### 4.1 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

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

$Q_1$  : 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(%)

愛知県では、土石流区間以外の砂防堰堤における土砂混入率は15%を標準とする。

### 4.2 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1-4-1で定める余裕高以上の値を加えて定める。(建河Ⅱp9)

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1-4-1 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。

$$H_3 = h_3 + h_3'$$

$H_3$  : 水通しの高さ(m)

$h_3$  : 越流水深(m)

(砂設公 p97)

$h_3'$  : 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。

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

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

$Q$  : 対象流量( $m^3/s$ )

$C$  : 流量係数(0.6)

$g$  : 重力の加速度( $9.81m/s^2$ )

$B_1$  : 水通し底幅(m)

$B_2$  : 越流水面幅(m)

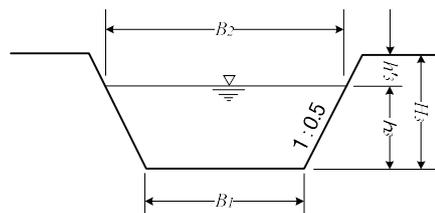
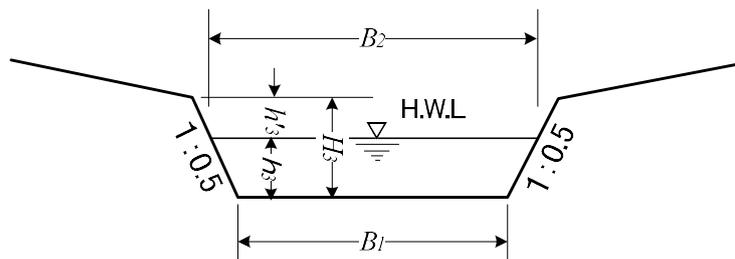


図1-4-1 水通し

(建河II p10)



注-1)  $B_1$ は、許す限り広くとり、0.5m単位とする。

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

図1-4-2 水通し断面

#### 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1-4-3を標準とする。

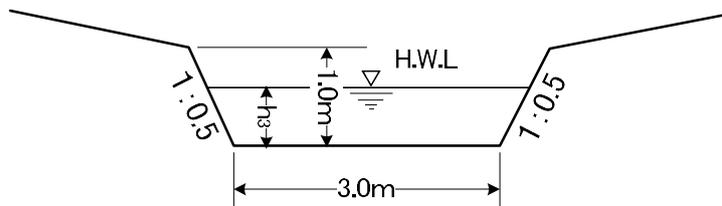


図1-4-3 水通しの最小断面

### 4.3 本体の設計

#### 4.3.1 水通し天端幅

水通し天端幅は、堰堤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Ⅱ p10)

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1-4-2に示す値を参考とする。  
 愛知県では、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1-4-2 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Ⅱ p10)

#### 4.3.2 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Ⅱ p4 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1-4-3のとおりとするのが一般的である。

表1-4-3 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Ⅱ p5)

### 4.3.3 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ケースが多い。

(建河Ⅱp12)

## 4.4 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)

## 4.5 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4節「4.3.2設計外力」に示した外力を組み合わせて行う。

#### 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)

#### 4.6 袖の設計

堰堤の袖は、洪水等を越流させないことを原則とし、想定される外力に対して安全な構造として設計するものとする。なお、その構造は、次によるものとする。

- 1 袖天端の勾配は、上流の計画堆砂勾配程度とする。
- 2 袖天端の幅は、水通し天端幅と同一とし、構造上の安全性も考慮して定める。
- 3 袖の両岸への嵌入は、堤体基礎と同程度の安定性を有する地盤まで行う。
- 4 屈曲部における堰堤の凹岸側の袖高は、偏流を考慮して定める。 (建Ⅱp14)

#### 解説

##### 1 袖天端の勾配

袖天端の勾配は、掃流区間に設置する堰堤については計画堆砂勾配と同程度とする。

袖の高さが水通し天端から5mを越え、異状な土砂流出や偏流等を考慮しても高すぎると判断できる場合は、図1-4-4のようにできるものとする。

袖天端に勾配をつけるのは、洪水時に異常な土砂流出が発生すると、堆砂地上流端を頂点とする扇状堆積により流出が二分されたり袖部に異常な堆積が発生し、その上を流水が走って袖部を越流する恐れがあるため、経験的に定まった前庭保護対策である。

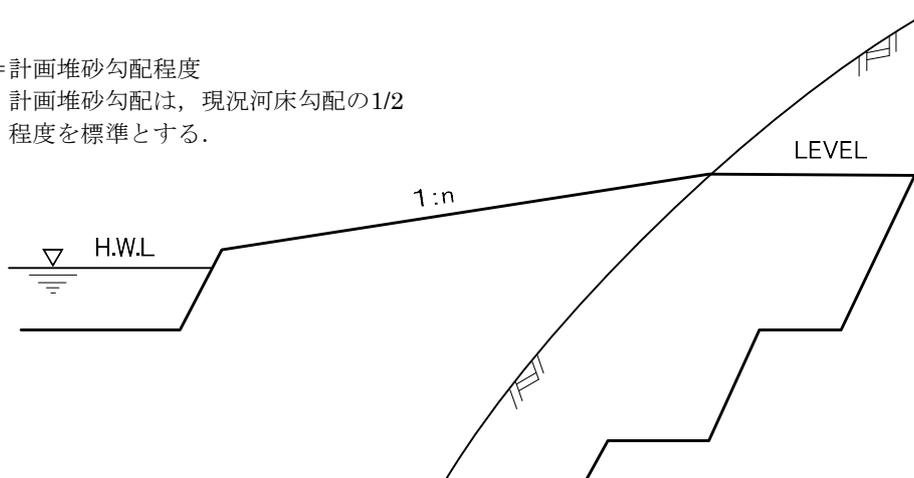
##### 2 袖天端の幅

袖天端の幅は、水通し天端幅と同一を標準とし、構造上の安全性も考慮して定める。

特に流出土砂による衝撃を考慮する必要がある箇所や越流水深が高い箇所では、せん断による破壊に対する安全を検討し、場合によっては袖部の拡幅を考慮する。

$n$  = 計画堆砂勾配程度

注) 計画堆砂勾配は、現況河床勾配の1/2程度を標準とする。



注)  $h \geq 5.0\text{m}$ で、異状な土砂流出や偏流等を考慮しても高すぎると判断できる場合は、LEVELとすることができる。

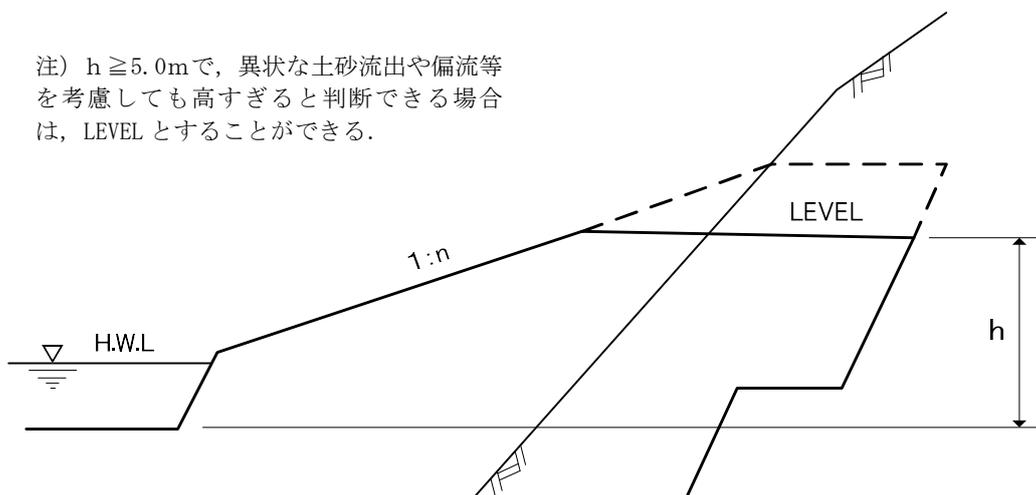


図1-4-4 袖天端の勾配

#### 4.7 構造細目

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

## 第5節 土石流区間の透過型砂防堰堤

水系砂防計画における土石流区間の透過型砂防堰堤は、土石流・流木対策の透過型砂防堰堤(土石流捕捉のための透過型砂防堰堤)に準ずる。

## 第6節 土砂調節のための透過型砂防堰堤(掃流対応)

### 6.1 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4節 掃流区間の不透過型砂防堰堤に準ずる。

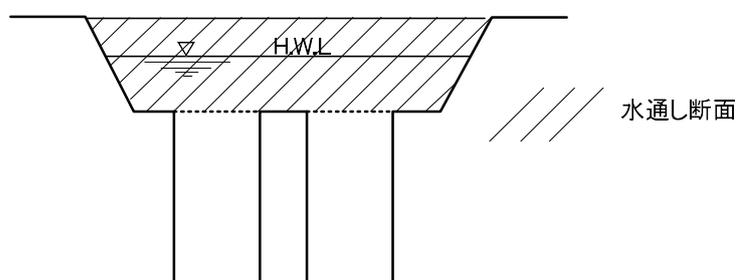


図1-6-1 透過型砂防堰堤(土砂調節のための透過型砂防堰堤(掃流対応))の水通し

### 6.2 透過部断面

#### 6.2.1 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両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)

## 6.2.2 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っては、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っては、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2節2.3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 P38, S55.3)。

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

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、堰堤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。

## 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。

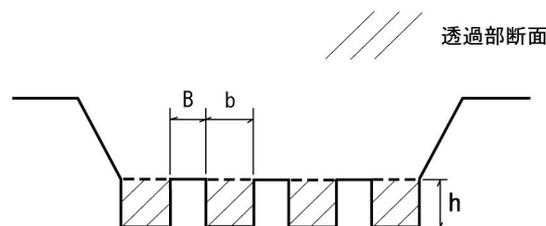
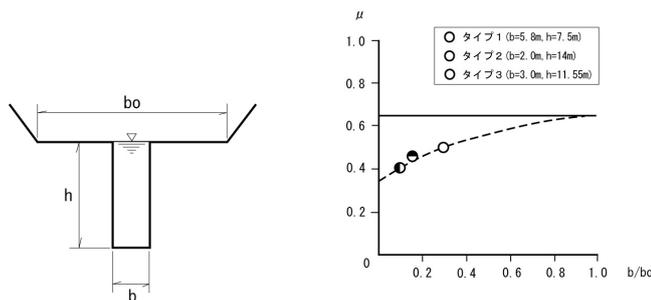


図 1-6-2 透過部

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

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)



### 6.3 本体の設計

#### 6.3.1 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。

#### 6.3.2 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。

#### 6.3.3 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 p20)

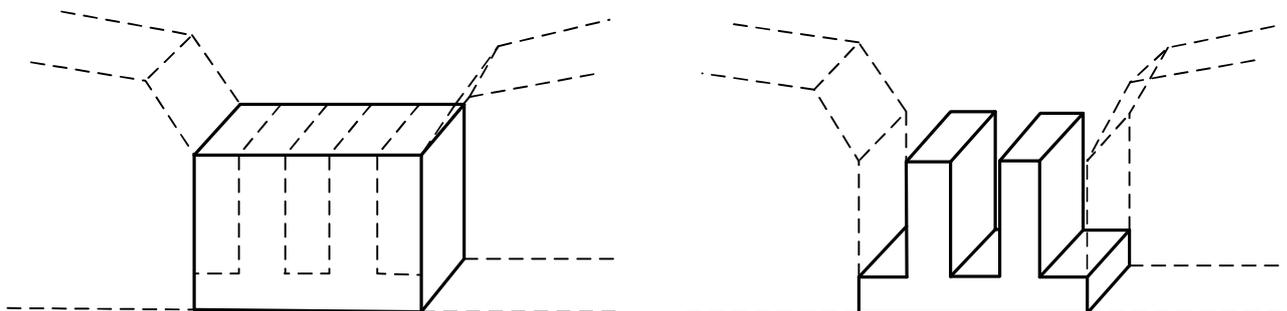


図1-6-3 スリット部における水通しの堤体積(土流設 p23)

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。

#### 6.4 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。(建透指 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。

### 6.5 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。

### 6.6 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2章 山腹保全工

### 第1節 総説

山腹保全工は治水上砂防の見地から山腹保全のため、崩壊地またはとくしゃ地などにおいて切土・盛土や土木構造物により斜面の安定化を図り、また、植生を導入することにより、表面侵食や表層崩壊の発生または拡大の防止または軽減を図る山腹工と、導入した植生の保育などによりそれらの機能の増進を図る山腹保育工からなる。

山腹工は山腹基礎工，山腹緑化工，山腹斜面補強工からなる。

(国河計 p178)

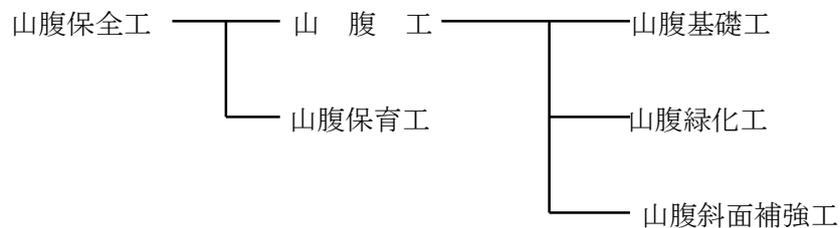
#### 解説

崩壊地とは、山腹崩壊に起因した裸地などのことをいう。

とくしゃ地とは、全面的もしくは部分的に植生が消失もしくは衰退した山腹斜面などのことをいう。このような崩壊地やとくしゃ地からの恒常的な土砂生産は、洪水時に下流域での土砂災害をもたらすこととなるため、山腹保全工は、治水上砂防の観点から極めて重要である。

山腹保全工による表層崩壊の発生・拡大を軽減する効果は、一般的に構造物においては基礎の範囲、植生においては根系の土壌緊縛力がおよぶ範囲であるといわれており、深層崩壊や地すべりに対する山腹保全工の効果の評価は今後の課題である。

(国河計 p178)



(国河計 p178)

図2-1-1 山腹保全工の体系図

## 第2節 山腹工

山腹工は、①「山腹の斜面の安定化や斜面の侵食の防止を図る山腹基礎工」、②「崩壊地またはとくしゃ地において表面侵食や表層崩壊の発生または拡大を防止または軽減するため植生を導入して緑化を図る山腹緑化工」、③「崩壊地や崩壊のおそれのある山腹の斜面においてコンクリートのり砕工や鉄筋挿入工などを施工することにより、斜面そのものの崩壊抵抗力を高める山腹斜面補強工」に分けられ、これらを単独もしくは適切に組み合わせて施工することによって、土砂生産の抑制を図るものである。

計画に際しては、計画区域およびその周辺の地形、地質、土壌、気候、植生および他の砂防設備との関連などを十分に調査し、適切な工種を選定するものとする。特に、導入植生の選定にあたっては、周辺植生などとの調和に十分配慮するものとする。(国河計 p179)

### 解説

#### 1 山腹基礎工

山腹基礎工は、切土、盛土や谷止工などの構造物の設置により山腹斜面の安定を図るとともに、水路工などで、表面流による斜面などの侵食を防止することにより、施工対象地を将来山腹緑化工もしくは山腹斜面補強工を施工するための基礎作りを行うものである。

#### 2 山腹緑化工

山腹緑化工は、施工対象地に植生を導入して緑化を図るものである。なお、山腹緑化工には、表土の移動を抑制するとともに植生を導入する柵工、積苗工、筋工などの工法も含まれる。

導入植生の選定にあたっては、経年的な変化を考慮して、周辺植生との調和に十分配慮する。

#### 3 山腹斜面補強工

山腹斜面補強工は崩壊地や崩壊のおそれのある山腹において、斜面の安定化を早急に図る必要がある場合や山腹基礎工、山腹緑化工のみでは崩壊の発生・拡大の軽減・防止が困難な場合に、山腹斜面にコンクリートのり砕工や鉄筋挿入工などにより、斜面そのものの崩壊抵抗力を高めるものである。

崩壊地などの急勾配な地形では、表土が頻繁に移動するために自然による植生の復旧が期待できない。そのような場合には、山腹基礎工を主体として斜面を安定させ表土の移動を抑制した後に、山腹緑化工を導入して緑化を図るのが一般的である。また保全対象に隣接するなど斜面の安定化を早急に図る必要がある場合には山腹斜面補強工が導入される。

とくしゃ地のように土壌が貧弱ではあるが、比較的緩勾配な地形のところでは、山腹緑化工が主体に計画される。

これらの工種は、一つの崩壊地などにおいて複合して用いることが多く、適切に組み合わせて計画される。溪流に隣接する侵食など土砂生産の著しい山腹においては、山腹基礎工として山脚固定を目的とする砂防堰堤を用いるなど、山腹工と砂防堰堤や溪流保全工を組み合わせて計画することがある。

(国河計 p179)

### 第3節 山腹保育工

山腹保育工は、山腹工施工後の山腹の斜面などにおいて、表面侵食や表層崩壊の発生または拡大の防止または軽減機能の増進を図るために、植生の適正な生育を促す保育などを行うものである。

計画に際しては、山腹工計画時の目標とその実施内容に応じて保育の方針を設定するものとする。

(国河計 p179)

#### 解 説

山腹緑化工により導入された植生は、コンクリート構造物などと異なり、その効果を発揮するまでに時間を要することから、山腹工が適正に機能する植生状態になるまでの適切な保育の方針を設定することは重要である。

通常は、山腹緑化工により草本類や先駆性樹種(肥料木)の導入によって、まず裸地斜面などを被覆して表土の移動・侵食の防止と森林の成育基盤の形成を図り、その後の山腹保育工などによって防災機能を高めつつ、周囲の植生と調和のとれた植物群落に育てていくことになる。

なお、山腹工施工地などの植生が周辺植生と著しく乖離している場合や、単一樹種となって病虫害に対する抵抗や砂防の効果として樹林帯の機能が期待できない場合などには一定の群落ができた段階で必要に応じ、山腹工の機能増進を図るために樹種および林相転換を行う場合がある。(国河計 p180)

## 第3章 その他の水系砂防設備

### 第1節 その他の水系砂防設備の概要

その他の水系砂防設備は、表3-1-1に示したとおりであり、適切な施設を配置する。

#### 解説

その他の水系砂防設備は、表3-1-1に示したとおりであり、流域の状況を勘案して適切な施設配置を行う。

表3-1-1 その他の水系砂防設備

工種	床固工	帯工	護岸工	溪流保全工	水制工	遊砂土工
目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・溪床の縦侵食防止、溪床堆積物の再移動防止により溪床を安定</li> <li>・溪岸の侵食または崩壊などの防止または軽減</li> <li>・護岸工などの基礎の洗掘防止、保護</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・縦侵食の防止</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・溪岸の侵食・崩壊などの防止</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・山間部の平地や扇状地を流下する溪流などにおいて、乱流・偏流の制御による溪岸の侵食・崩壊防止</li> <li>・縦断勾配の規制による溪床・溪岸侵食などの防止</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・流水の流向の制御や流路幅の限定による溪岸の侵食・崩壊防止</li> <li>・流勢の緩和による土砂の堆積による溪岸の保護</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・掘削などにより溪流の一部を拡大して土砂などを堆積させることによる流送土砂の制御</li> </ul>
配置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・溪床低下のおそれのある箇所計画する</li> <li>・工作物の基礎を保護する目的の場合には、これらの工作物の下流部に計画する</li> <li>・溪岸の侵食、崩壊および地すべりなどの箇所においては、原則としてその下流に計画する</li> <li>・溪岸侵食・崩壊の発生箇所もしくは縦侵食の発生が問題となる区間の延長が長い場合には、床固工を複数配置するなどの検討を行い、溪床溪岸の安定を図る</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・単独床固工の下流および床固工群の間隔が大きいところで、縦侵食の発生、あるいはそのおそれがあるところに計画する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土砂の移動もしくは流水により、水衝部などの溪岸の侵食または崩壊が発生し、あるいはそのおそれがあるところや山脚の固定あるいは侵食防止が必要などところに計画する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・拡幅部や狭さく部などの自然の地形などを活かし、必要に応じて床固工、帯工、水制工、護岸工などを配置する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原則として溪流の下流部、あるいは砂礫円錐地帯、扇状地などの乱流区間で、溪床勾配が急でないところに計画する</li> <li>・溪流上流部でも流水の衝撃に起因する崩壊の拡大などの防止等で必要な場合には、崩壊地の脚部などに設ける</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一般に谷の出口より下流側において土砂を堆積する空間を確保できる区域に設置</li> <li>・上流に砂防えん堤、下流端に床固工などを配置するほか、低水路、導流堤、砂防樹林帯などを適切に組み合わせで計画する</li> </ul>
施設効果	施設影響範囲の計画生産土砂量を計画生産抑制土砂量として評価する	床固工参照	床固工参照	溪流保全工区間の計画生産土砂量を計画生産抑制土砂量として評価する	施設影響範囲の計画生産土砂量を計画生産抑制土砂量として評価する	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施設影響範囲の計画生産土砂量を計画生産抑制土砂量として評価する</li> <li>・計画堆積量を計画流出抑制土砂量とする</li> </ul>
設計	土石流・流木対策施設の床固工参照	土石流・流木対策施設の溪流保全工参照	土石流・流木対策施設の護岸工参照	土石流・流木対策施設の溪流保全工参照	設計に際しては床固工を参考にする	「土流設」の土石流堆積工参照
設計等の留意事項	床固工の高さは、通常の場合5m程度以下である	計画に際しては、その天端を計画される溪床高とし、落差を与えないことに留意する	護岸工は水際線の環境を単調なものとしてしまう可能性があるため、その設置範囲は必要最低限とし、溪流内の自然度が高くなるように配慮するのが望ましい	自然の地形を活かしつつ必要な箇所にのみ砂防設備を適切に配置するよう計画する	片岸に水制を設ける場合には、対岸が水衝部となることが多いので対岸の状況などに留意する	流木が遊砂土工から流出するおそれがある場合は、流木対策施設の配置を検討する

(国河計 p181～184 より要約)

## 第4章 水系砂防での流木対策

### 第1節 流木対策計画

水系砂防においても、必要に応じて流木対策を実施する。

#### 解説

ダム貯水池対策、掃流域での溪流保全工区間など流木対策が必要な場合は、流木対策を実施する。

### 第2節 対象流木量

土石流、掃流区間など土砂の移動形態に対応して、計画流出流木量等の基本量を算出する。

#### 解説

#### 1 発生流木量

##### (1) 土石流区間

土石流区間では、土石流・流木対策計画に準じて発生流木量を算出する。

##### (2) 掃流区間

掃流区間では、溪岸侵食等で流木の発生が考えられるところで発生流木量を算出する。発生流木量は侵食面積に対象箇所単位面積当たりの立木材積量を乗ずることにより求められる。

#### 2 計画流出流木量

計画流出流木量は、発生流木量に流出流木率を乗じて求める。流出流木率は土石流区間では土石流・流木対策計画での0.9を用いる。掃流区間でも土石流・流木対策計画に準じて決定してもよいが、流木流出率を知り得る場合は、それを用いる。

#### 3 計画流下許容流木量

計画流下許容流木量は、土石流区間では土石流・流木対策計画に準じて決定してもよいが、明らかな許容量を知り得る場合は、それを用いる。

### 第3節 水系砂防での流木対策施設計画

流木対策施設配置計画では、掃流区間、土石流区間と土砂の移動形態に対応した計画を策定する。

#### 解説

#### 1 流木収支

##### (1) 土石流区間

土石流区間では、土石流・流木対策計画に準じて、土砂と一体となった流木の収支計算を行う。

##### (2) 掃流区間

掃流区間では、河道へ流出した流木は単独で流下するものとする。

#### 2 対策の考え方

##### (1) 土石流区間

土石流区間は土石流・流木対策計画に準拠して対策計画を策定する。

## (2) 掃流区間

掃流区間では、上流の土石流区間からの流出流木や掃流区間で発生する流木に対する対策計画を策定する。掃流区間での対応は、次のように考えられる。

- ① 護岸工等による流木の発生の抑制
- ② 流木止め(掃流域の流木捕捉工)による流木の捕捉

掃流区間に設ける流木捕捉工の場合、流木止めにより捕捉される流木の量は、堆積木相互に隙間はあるが施設の付近ではある程度の重なりがあることを考慮して、堆砂面を流木が(一層で)全て覆いつくすものとして算定する。一方、捕捉される流木の投影面積は、流木の平均長さ( $l_{av}$ )×流木の平均直径( $d_{av}$ )の合計により算定される。

これらより、計画対象流木捕捉量を捕捉するために必要な流木止め上流の堆砂地または湛水池の面積( $A_d$ )は、次式により推定する。

$$A_d \geq \Sigma (l_{av} \times d_{av})$$

このとき、堆砂地または湛水池に堆積する流木実立積( $V_{r2}$ )は、下記の式で求める。

$$V_{r2} \doteq A_d \cdot d_{av}$$

掃流区間においては、流木は土砂と分離して流水の表面を流下すると考えられるので、不透過型砂防堰堤の流木捕捉効果は無いものとする。

(流木対策指針(案)計画編(平成12年7月, 建設省砂防課)p16)

## 第4節 掃流区間における流木対策施設

### 4.1 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 p67)

#### 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マニング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 p62 一部改)

### 4.2 流木捕捉工(掃流区間)の設計

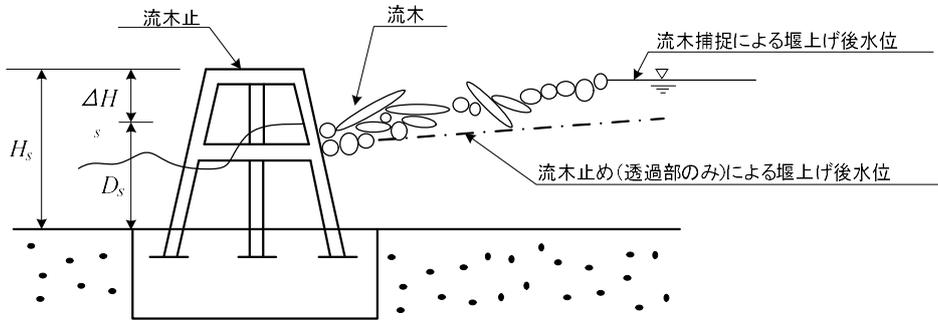
#### 4.2.1 透過部の高さ

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 p68)

#### 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4-4-1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 p63)



(土流設 p68)

図4-4-1 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

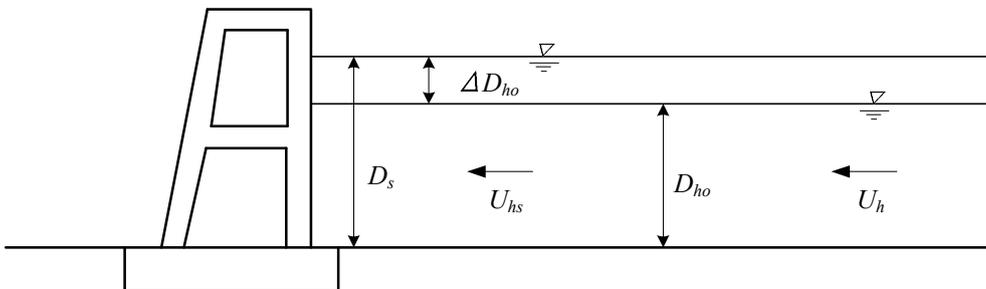
1 堰上げ水位の計算

(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 p69)



(土流設 p69)

図4-4-2 流木止めによる堰上げ水位

(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。

$$\Delta D_{h0} = k_m \cdot \sin \theta_m \cdot \left( \frac{R_m}{B_p} \right)^{4/3} \cdot \frac{U_h^2}{2g}$$

$\Delta D_{h0}$ : 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 p69)

(3) 堰上げ後水深  $D_s$

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

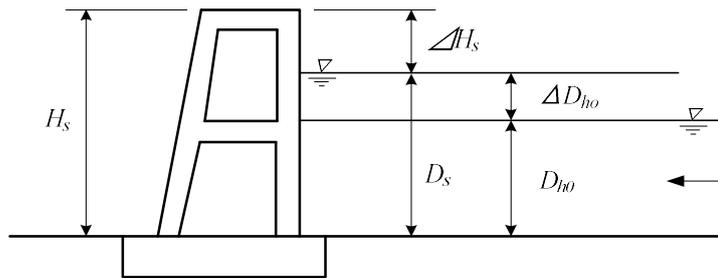
$$U_{hs} = \frac{Q}{D_s \cdot B_s}$$

$Q$ : 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 p69)

## 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 p69)



(土流設 p70)

図4-4-3 閉塞の恐れのない場合の透過部の高さ

### 4.2.2 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 p71)

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  $U_*^2 / U_{*cm}^2$

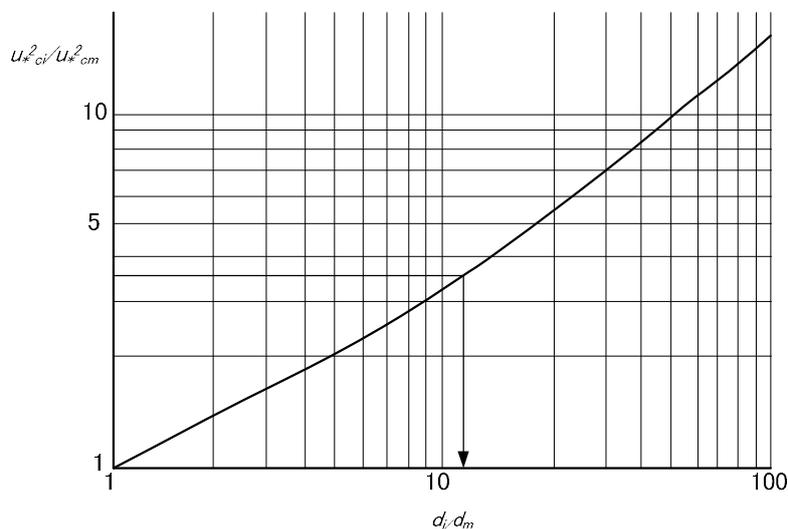
(1)，(2)の値を用いて求める。

(4) 図8-4-4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 p72)



(土流設 p72)

図4-4-4 粒径別限界掃流力

## 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)

流木を捕捉するために部材の純間隔は上記の式を満足する値とし、折損して流下した流木によるすり抜け等に留意する。

(土流設 p72)

### 4.2.3 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 p73)

#### 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。

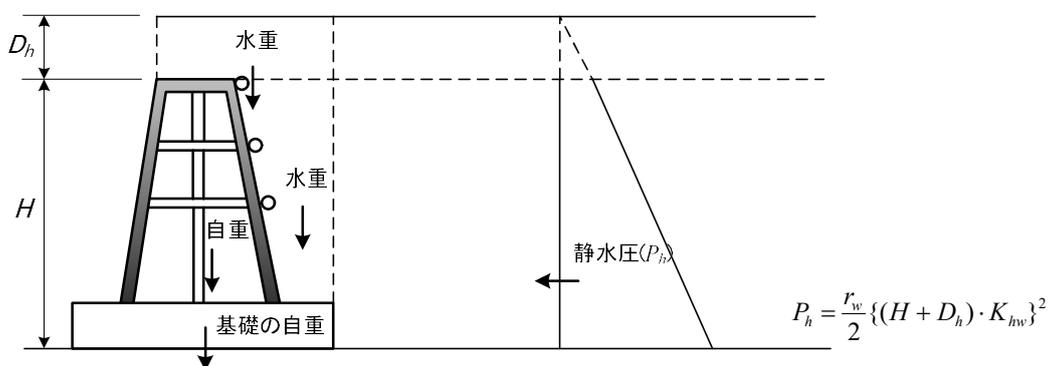
- ・流木捕捉工の透過部の高さをできるだけ低くするように水通し幅を広く取り水深を低くする。
- ・基礎厚が厚く基礎天端と下流河床面に大きな落差が生じる場合や流木捕捉工の高さが高く越流水に大きな落差が生じる場合には、前庭保護工を検討し安定を確保する。

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 4-4-5 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 p73)



※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 4-4-5 掃流区間の流木捕捉工の閉塞状況(土流設 p73)

表 4-4-1 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 p74)

### 4.2.4 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 p75)

## 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 p75)

## 4.2.5 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 p71)

## 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。

透過構造の天端から通過する水を考慮し、余裕高は見込まないものとする。

(土流設 p76)

## 4.3 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 p77)

## 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 p77)

# 第5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5-1-1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。

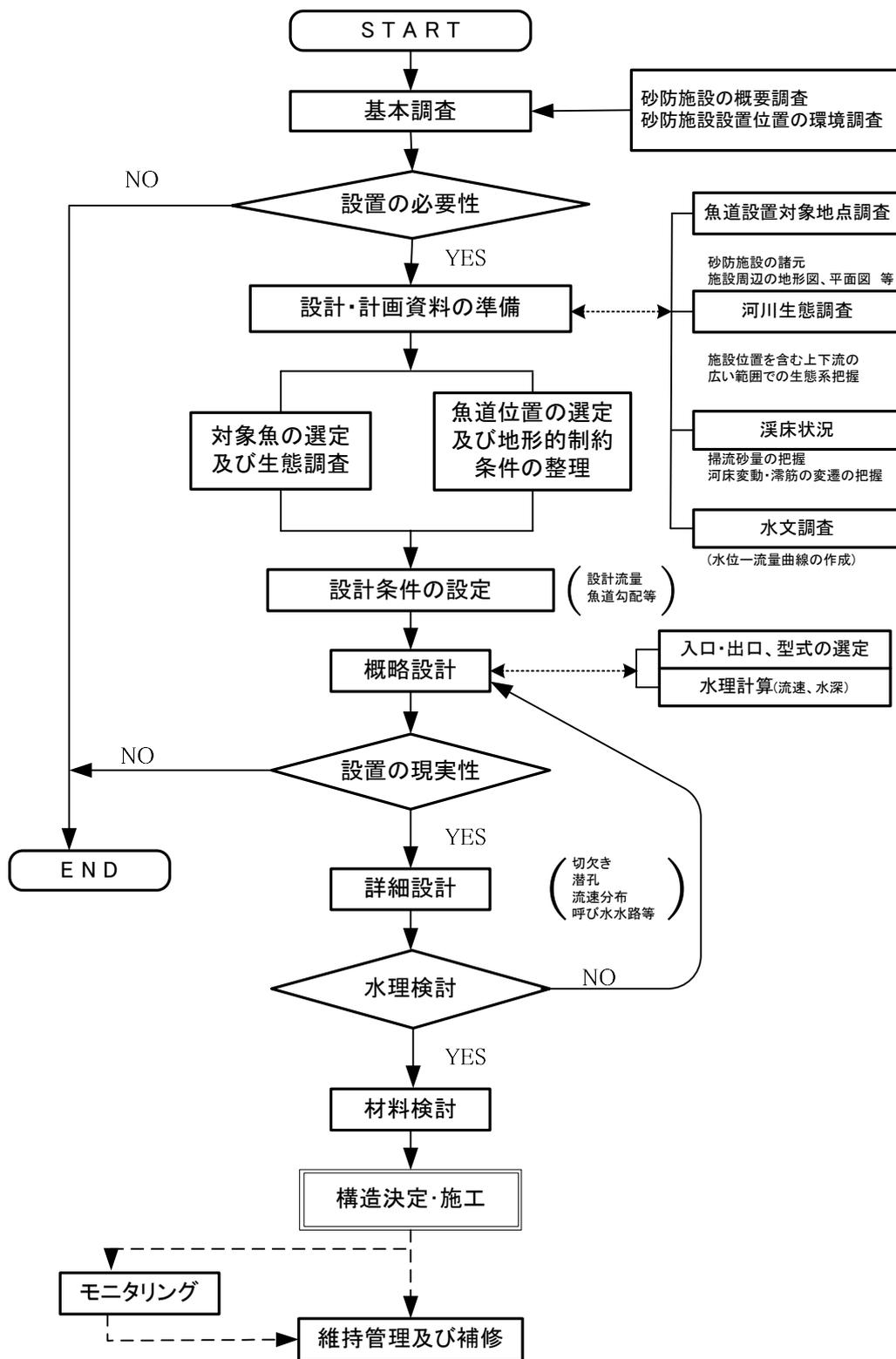


図 5-1-1 魚道の設計等の流れ

### 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。

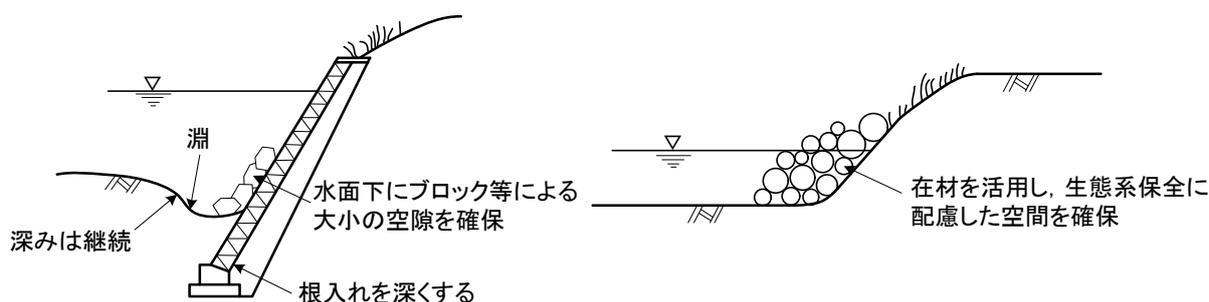


図5-1-2 生態系への対応のイメージ

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

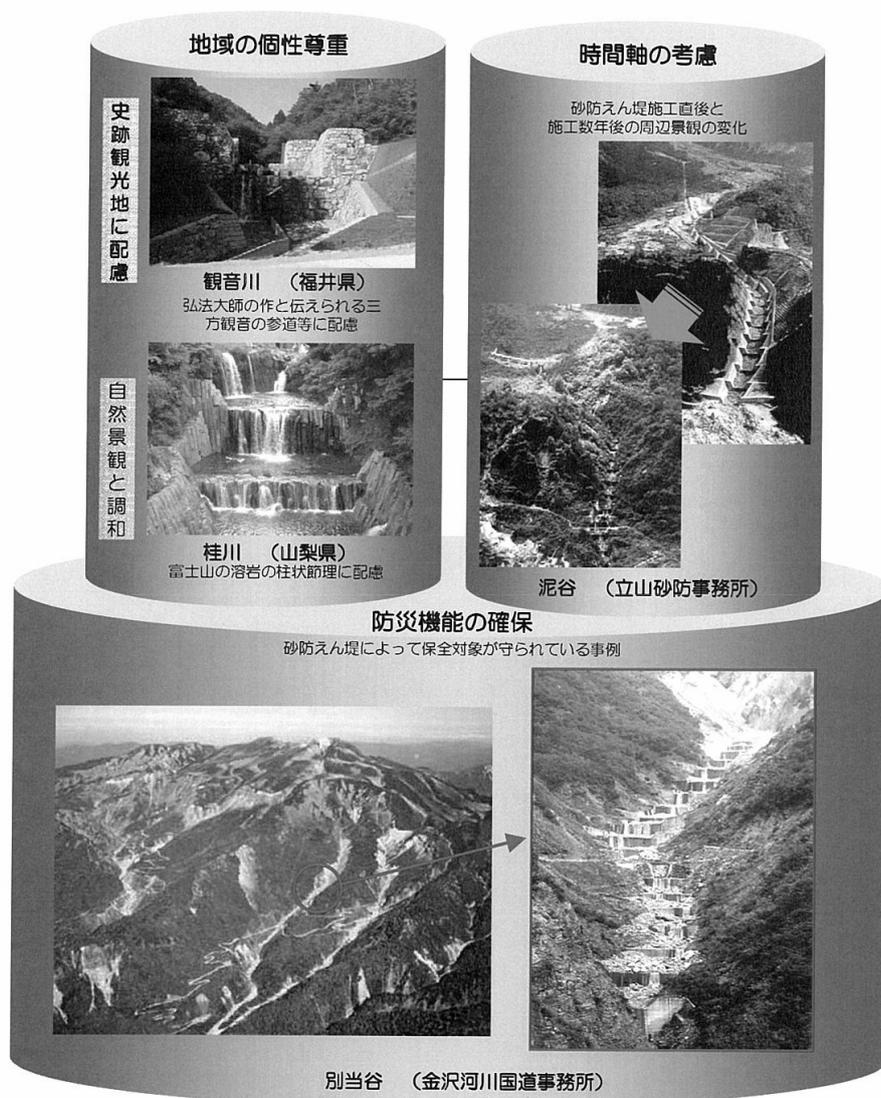
砂防設備の整備に際しては、国土保全の観点から防災機能を確保した上で、周辺環境との調和を図っていく。  
(景観ガイドライン p7)

(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5-2-1 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

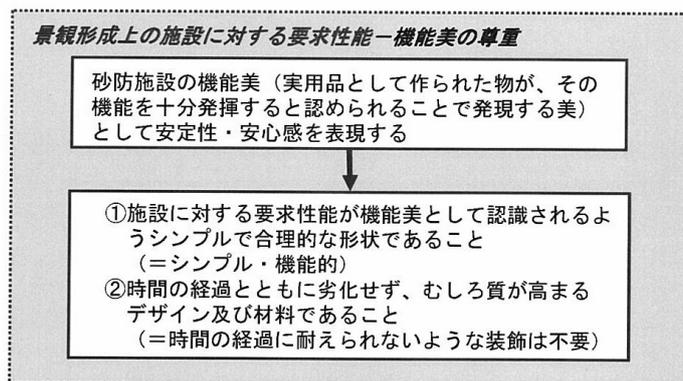
砂防関係事業における景観形成の基本方針は、基本理念である「防災機能の確保」「時間軸の考慮」「地域の個性尊重」に基づいて、施設の目的を具現化した形状として機能美を尊重するとともに、周辺の地形や植生などに調和させ、防災機能が景観形成にも貢献していることを表現し、後世に残る砂防美として地域に定着させるものとする。(景観ガイドライン p9)

### 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。

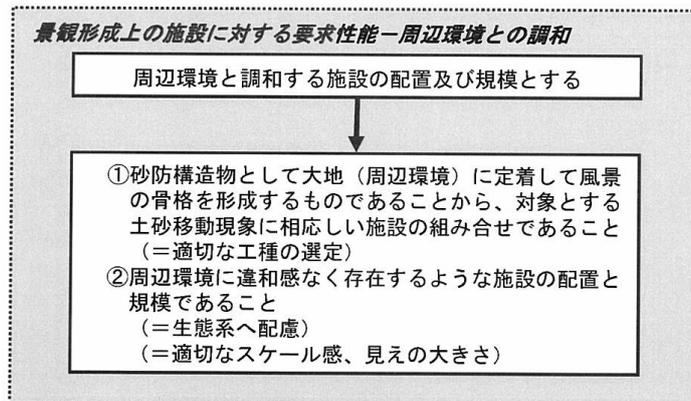


(景観ガイドライン p9)

#### 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、砂防施設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り人工構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。

(景観ガイドライン p16)

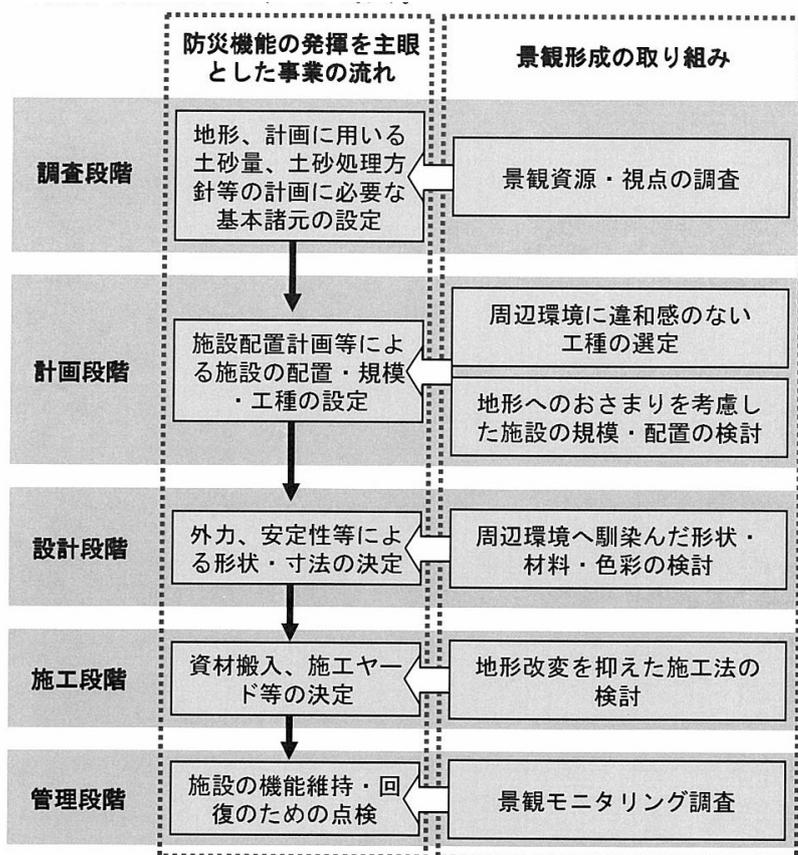
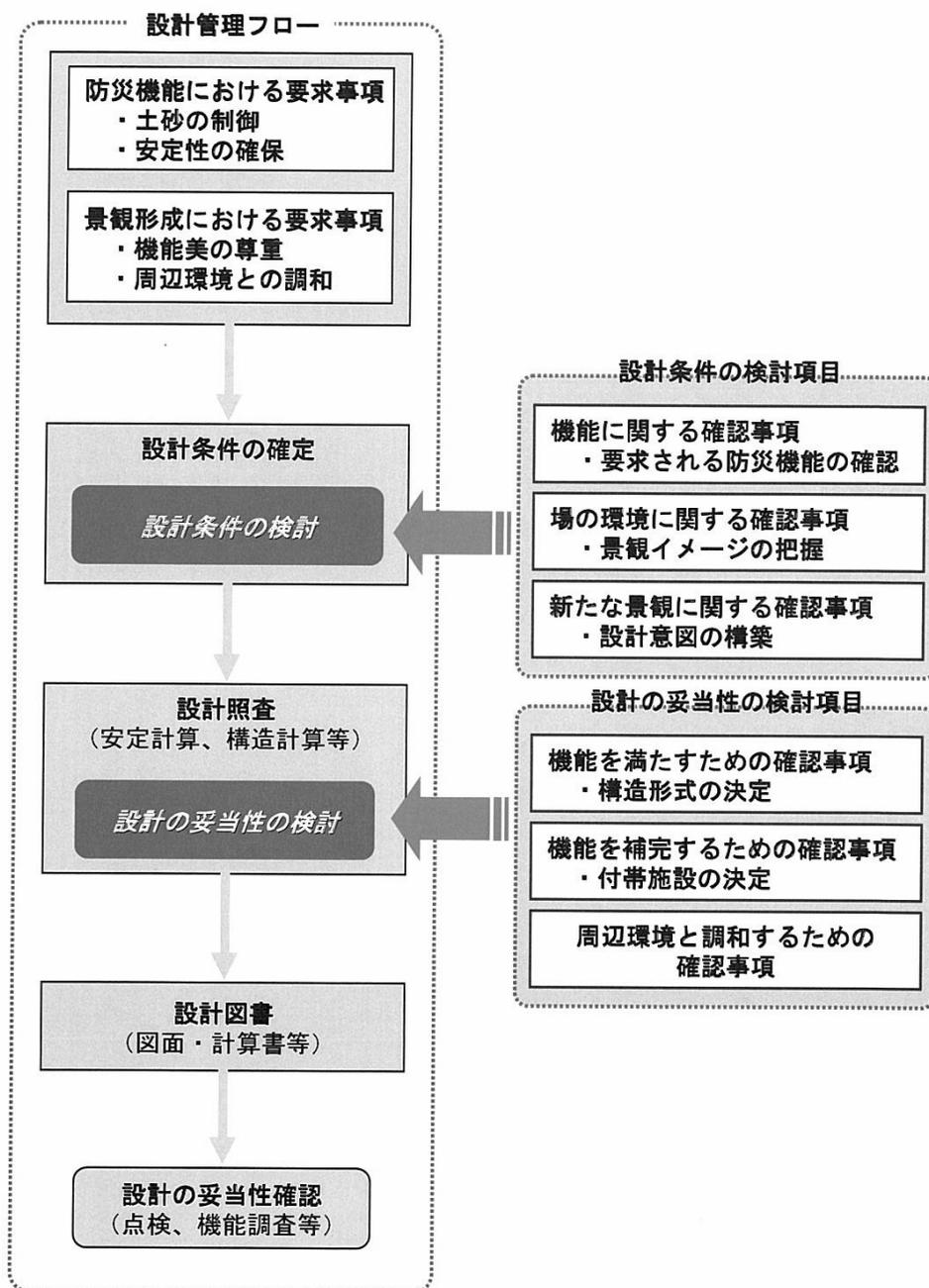


図 5-2-2 各段階における景観形成の配慮事項



(景観ガイドライン p9)

図5-2-3 景観形成のための設計手順

### 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。

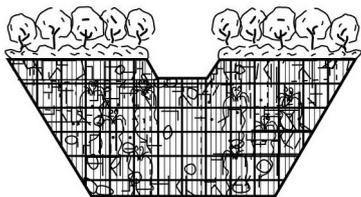
解説

#### 1 砂防堰堤、床固工

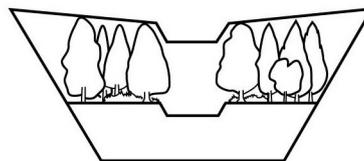
砂防堰堤の修景上の目的は、その位置的条件に支配される場合が多いものと考えられる。その対応の例を以下に示した。

- ・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。

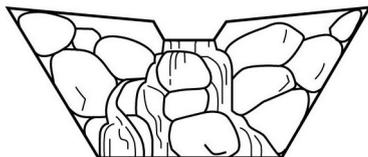
修景への配慮の主な例としては、図5-2-4のようなものがあげられる。



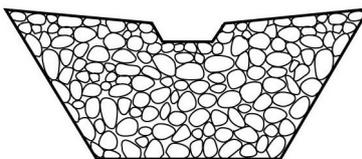
①植物による緑化：鋼製箱枠の利用



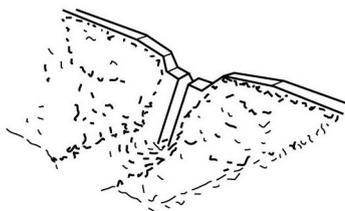
②堤体を樹木で隠す：堤体前面（側壁の裏等）の植樹等



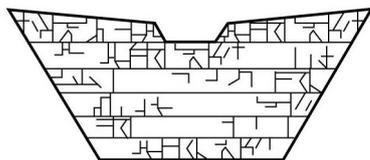
③堤体前面に石を積む：巨石積み



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5-2-4 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。

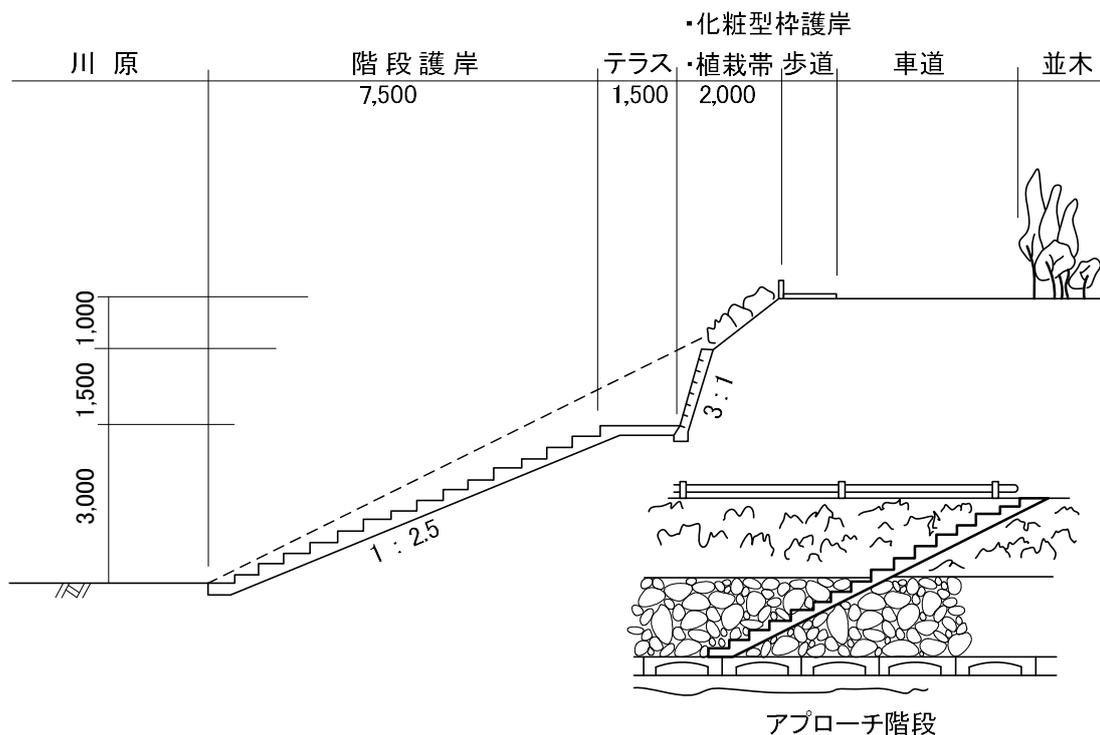


図5-2-5 景観・溪流利用の対応のイメージ

### 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。