

### 3. 計 画 編

## 目 次

### 計画編

|                              |      |
|------------------------------|------|
| 第1章 砂防基本計画の基本                | 3-1  |
| 1.1 総説                       | 3-1  |
| 1.2 砂防基本計画作成の順序              | 3-2  |
| 1.3 計画基準点                    | 3-3  |
| 1.4 計画の規模                    | 3-5  |
| 1.5 保全対象                     | 3-5  |
| 1.6 砂防基本計画の分類                | 3-6  |
| 1.6.1 土石流・流木対策計画             | 3-10 |
| 1.6.2 流砂調整計画:土石流・流木対策計画以外の計画 | 3-12 |
| 1.7 砂防基本計画の分類に基づく計画概要        | 3-14 |
| 1.7.1 土石流・流木対策計画の概要          | 3-14 |
| 1.7.2 流砂調整計画の概要              | 3-15 |
| 第2章 砂防基本計画における計画土砂・流木量       | 3-18 |
| 2.1 計画土砂・流木の基本               | 3-18 |
| 2.2 計画土砂・流木量                 | 3-19 |
| 2.2.1 土石流区間                  | 3-19 |
| 2.2.2 掃流区間                   | 3-29 |
| 第3章 砂防施設等の種類と効果量             | 3-34 |
| 3.1 土石流対策施設等の種類の基本           | 3-34 |
| 3.1.1 主な土石流対策施設の機能           | 3-34 |
| 3.2 土石流対策施設の種類               | 3-48 |
| 3.2.1 砂防施設等の効果量の基本           | 3-52 |
| 3.2.2 土石流区間での施設効果            | 3-58 |
| 3.2.3 掃流区間での施設効果             | 3-64 |
| 第4章 除石（流木の除去を含む）計画           | 3-76 |
| 4.1 除石計画の基本                  | 3-76 |
| 4.2 除石計画                     | 3-77 |
| 第5章 整備率                      | 3-78 |
| 5.1 整備率の基本                   | 3-78 |
| 5.1.1 土石流・流木対策計画             | 3-79 |
| 5.1.2 流砂調整計画                 | 3-80 |

目 次

計画編

|                   |       |
|-------------------|-------|
| 第6章 砂防施設計画        | 3-82  |
| 6.1 総則            | 3-82  |
| 6.1.1 計画の基本       | 3-82  |
| 6.1.2 砂防施設とその機能   | 3-82  |
| 6.1.3 流木対策施設とその機能 | 3-83  |
| 6.2 砂防施設          | 3-86  |
| 6.2.1 砂防施設の分類     | 3-86  |
| 6.2.2 堰堤位置        | 3-87  |
| 6.2.3 堰堤の方向       | 3-89  |
| 6.2.4 堰堤の高さ       | 3-90  |
| 6.3 溪流保全工         | 3-91  |
| 6.3.1 計画条件        | 3-91  |
| 6.3.2 実施の順序       | 3-93  |
| 6.3.3 法線          | 3-93  |
| 6.3.4 溪床勾配        | 3-94  |
| 6.3.5 構造          | 3-98  |
| 6.4 床固工           | 3-101 |
| 6.4.1 床固工の位置      | 3-102 |
| 6.4.2 床固工の方向      | 3-102 |
| 6.4.3 床固工の高さ      | 3-103 |
| 6.4.4 溪床勾配        | 3-104 |
| 6.4.5 帯工          | 3-105 |
| 6.5 護岸工           | 3-105 |
| 6.5.1 護岸工の位置      | 3-105 |
| 6.5.2 護岸工の種類      | 3-106 |
| 6.5.3 護岸工の高さ      | 3-107 |
| 6.5.4 溪床勾配        | 3-108 |
| 6.6 水制工           | 3-109 |
| 6.6.1 位置          | 3-109 |
| 6.6.2 方向          | 3-109 |
| 6.6.3 遊砂地（砂溜工）    | 3-110 |
| 6.6.4 砂防樹林帯（砂防林）  | 3-111 |

目 次

計画編

|        |  |       |
|--------|--|-------|
| 6.7    | 山腹工                                      | 3-112 |
| 6.7.1  | 工種の選定および配置                               | 3-112 |
| 6.7.2  | 谷止工                                      | 3-114 |
| 6.7.3  | のり切工                                     | 3-114 |
| 6.7.4  | 土留工                                      | 3-114 |
| 6.7.5  | 水路工                                      | 3-114 |
| 6.7.6  | 暗渠工                                      | 3-115 |
| 6.7.7  | 柵工                                       | 3-115 |
| 6.7.8  | 積苗工                                      | 3-115 |
| 6.7.9  | 筋工                                       | 3-115 |
| 6.7.10 | 伏工                                       | 3-115 |
| 6.7.11 | 実播工                                      | 3-116 |
| 6.7.12 | 植栽工                                      | 3-116 |
| 第7章    | 計画対象流量                                   | 3-117 |
| 7.1    | 総説                                       | 3-117 |
| 7.1.1  | 流出係数                                     | 3-117 |
| 7.1.2  | 洪水到達時間内の平均雨量強度                           | 3-119 |
| 7.1.3  | 土砂混入による補正                                | 3-128 |
| 7.2    | 土石流区間での計画対象流量                            | 3-129 |
| 7.2.1  | 土石流のピーク流量                                | 3-129 |
| 7.2.2  | 水のみを対象流量                                 | 3-131 |
| 7.2.3  | 有効降雨強度                                   | 3-132 |
| 7.3    | 掃流区間での計画対象流量                             | 3-133 |
| 7.3.1  | 計画対象流量                                   | 3-133 |
| 7.3.2  | 計画対象降雨量                                  | 3-133 |
| 7.3.3  | 洪水到達時間                                   | 3-134 |
| 7.4    | 計画対象流量計算例                                | 3-136 |
| 7.5    | 土石流の流速と水深                                | 3-137 |
| 7.6    | 土石流の単位体積重量                               | 3-139 |
| 7.7    | 土石流流体力の算出方法「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）<br>解説」 | 3-139 |

## 第1章 砂防基本計画の基本

### 1.1 総説

砂防基本計画は、流域における土砂の生産及びその流出による土砂災害を防止することによって、望ましい環境の確保と河川の治水上、利水上の機能の保全を図ることを目的として策定するものとする。(なお、土石流危険渓流で策定される計画は土石流・流木対策計画という。)

#### < 解説 >

土砂の生産とは、豪雨、融雪、地震等による山崩れ、地すべり、河床・河岸の浸食等の現象に伴う不安定土砂の発生をいう。

土砂災害の防止とは、山崩れ、土石流・流木の直撃等の直接土砂災害、あるいは流出土砂による貯水池の埋没や河床の上昇による洪水氾濫等の間接土砂災害から、国民の生命、財産及び生活環境、自然環境を守ることをいう。

河川整備計画が策定されている河川にあつては、砂防基本計画は河川整備計画に基づき策定するものとする。

本マニュアルで定められていないものについては、『国土交通省河川砂防技術基準(案)』によるものとする。なお、土石流危険渓流で策定されている計画は土石流・流木対策計画といい、当該渓流の土石流発生履歴を含め、流域の社会環境、自然環境、文化・歴史等地域特性を総合的に評価したものでなければならない。

また、土石流危険渓流以外の土石流・流木が発生する恐れのある渓流については、土石流・流木対策計画に準ずるものとする。

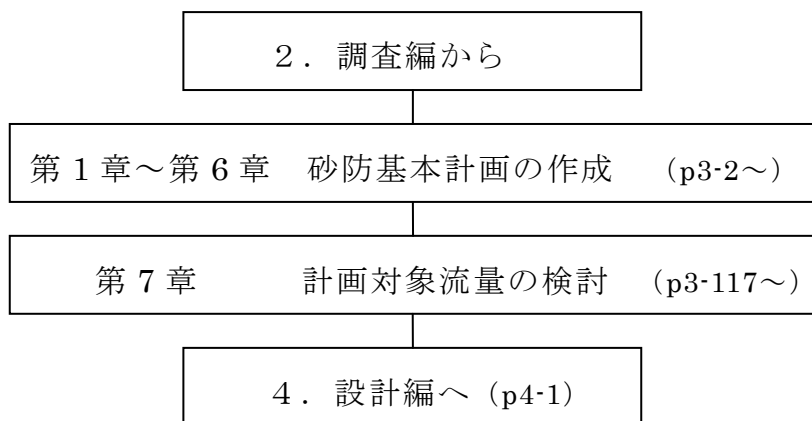


図 3.1.1 計画編の流れ

## 1.2 砂防基本計画作成の順序

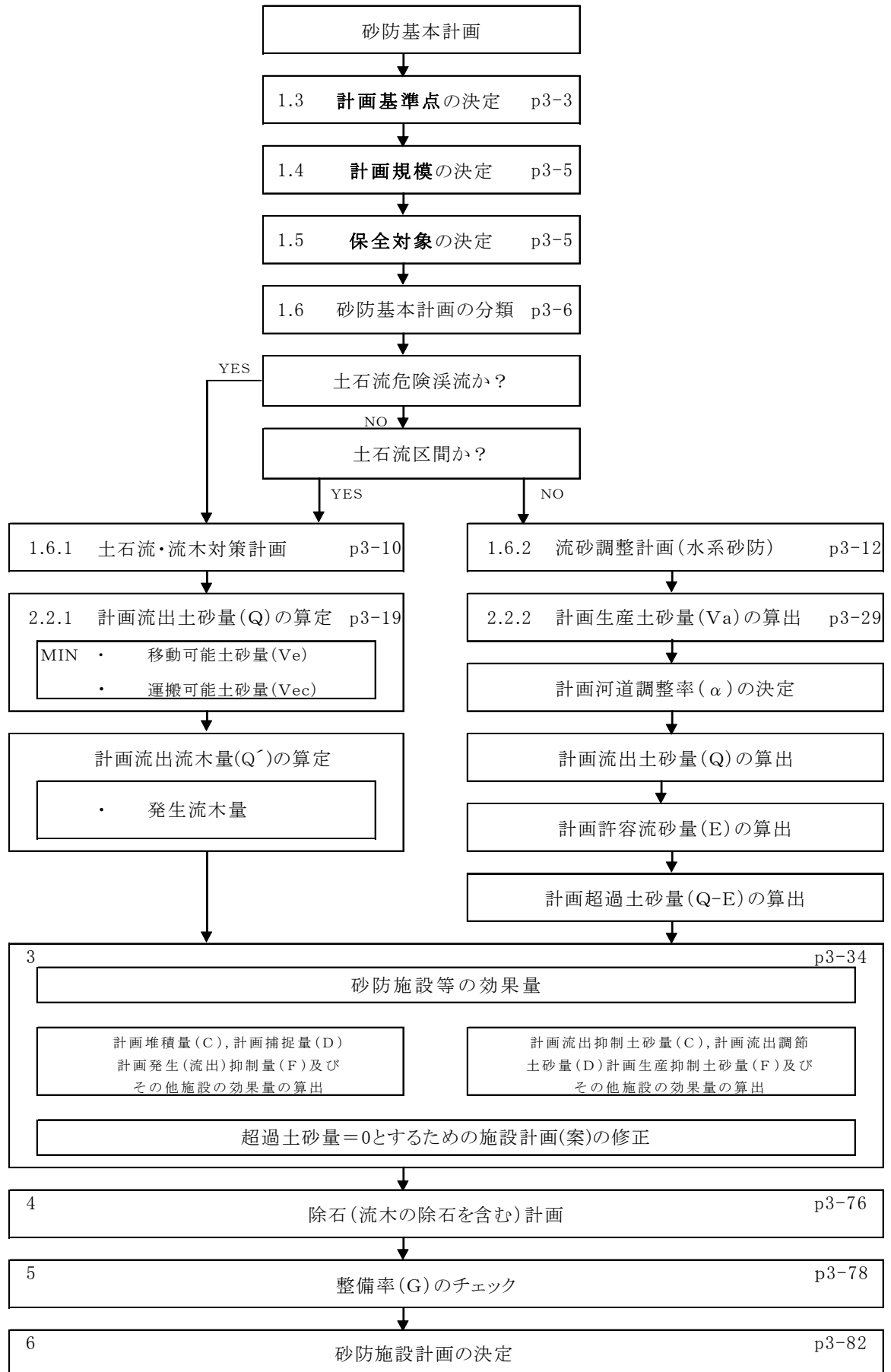


図3.1.2 砂防基本計画作成の順序

### 1.3 計画基準点

計画基準点は、計画で扱う土砂量等を決定する地点である。**計画基準点**は、保全対象直上流に設けるものとする。

また、土砂移動の形態が変わる地点や支溪の合流部において土石流・流木処理計画上、必要な場合は、**補助基準点**を設けるものとする。なお、土石流区間では、溪流の状況を踏まえ、発生・流下・堆積区間を適切に設定する。

「国総研 砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説」

#### < 解説 >

砂防基本計画では、一般には保全対象の上流や谷の出口、土石流の流下区間の下流端を計画基準点とする。なお、土石流の堆積区間に土石流・流木対策施設を設置する場合は、計画基準点を当該土石流・流木対策施設の下流に設けるものとし、前述の地点を補助基準点とする。

「国総研 砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説」

#### (1) 堰堤工の場合（図 3.1.3 参照）

##### 1) 保全対象上流、谷の出口（計画基準点）

∴砂防施設の保全対象に対する整備率を確認する。

##### 2) 堰堤計画地点（補助基準点）

∴計画堰堤の規模（妥当かどうか）を確認する。

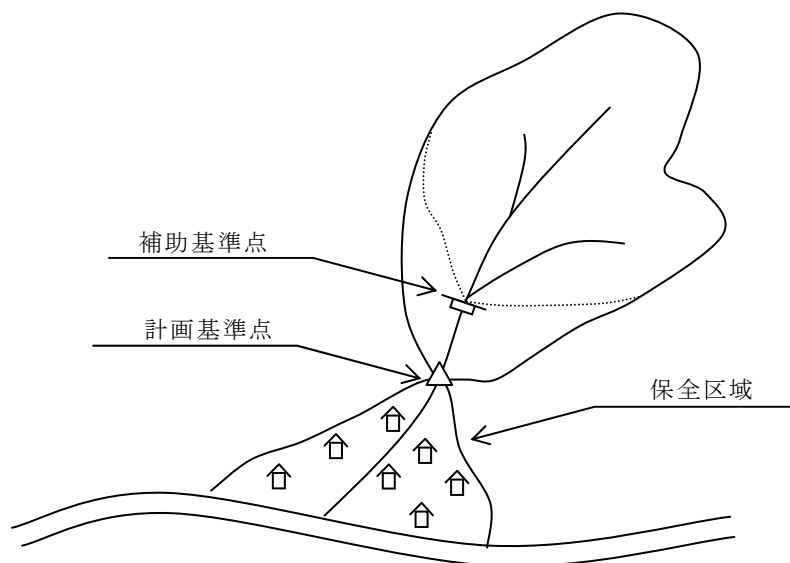


図 3.1.3

(2) 溪流保全工の場合（図 3.1.4 参照）

1) 河川計画との関連地点（計画基準点 1）

∴河川事業との関連を確認する。

2) 溪流保全工計画区域の上流端の堰堤あるいは床固工（計画基準点 2）

∴計画土砂量に対して砂防工事が 50%以上完了していることを確認するために設ける。

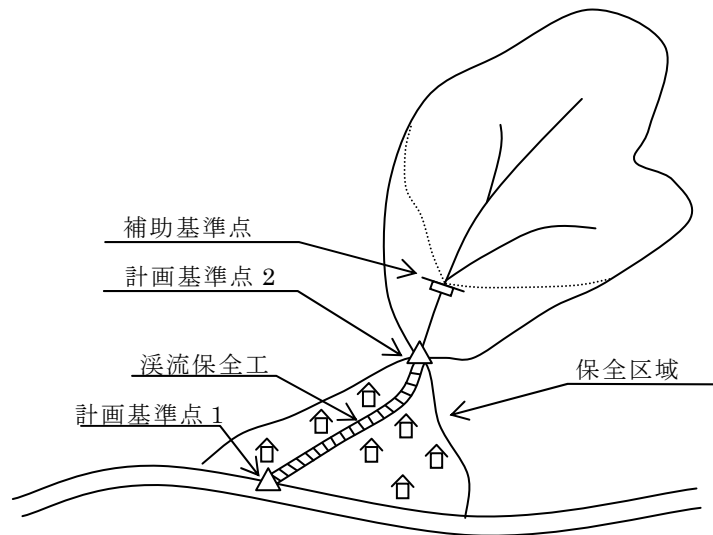


図 3.1.4

なお、溪岸浸食が著しい場合については、この限りではない。



## 1.4 計画の規模

砂防基本計画の規模は、土石流区域においては、一般に流出土砂量あるいは降雨量の年超過確率とし、掃流区域においては、既往の災害、計画対象区域等の重要度、事業効果等を総合的に考慮して定めるものとし、計画降雨の降雨量の年超過確率（1/100）で評価するものとする。

### < 解説 >

土石流形態の土砂流出においては、土石流が発生するかどうかの問題であり、その規模に中間段階を想定することが困難であるため、原則として経験並びに理論上、計画の年超過確率（原則として24時間雨量または日雨量の100年超過確率とする）の降雨量に伴って発生する可能性が高いと判断される土石流・流木の規模を推定し、対応施設の計画を実施する。

なお、大規模な山腹崩壊土砂がそのまま土石流となるものや、崩壊または地すべり等により形成された天然ダムの決壊による土石流、および火山噴火に伴う融雪や、火山湖の決壊に起因する火山泥流は対象外とする。

## 1.5 保全対象

砂防基本計画における保全対象は、氾濫区域内にある人家、田畑、公共施設等とし、設定に際しては計画基準点からの方向、距離、溪床との比高を考慮して設定する。

### < 解説 >

保全対象は、土石流危険溪流および土石流危険区域調査要領(案)に基づき設定する。なお、土石流危険溪流以外の土石流が発生および流下する恐れのある溪流において砂防設備を計画する場合は、本マニュアルを準用する。

## 1.6 砂防基本計画の分類

砂防基本計画は、土石流・流木対策計画と流砂調整計画に分けられ、計画上、それぞれの適用区域は明確に分離する。(図 3.1.5 参照)

土石流・流木対策計画、流砂調整計画は、それぞれ土砂生産抑制計画・流出土砂抑制計画・流出土砂調整計画よりなり、これらの計画はいずれも相互に関連するものである。

1. 土石流の実績流出土砂量や渓床堆積物調査を考慮して計画流出土砂量を算定する。
2. 流木が土石流とともに流出することを考慮し、流木対策調査に基づき計画流出流木量を算定する。

また、近年の災害実績により、流木が砂防堰堤を超えて流出するケースが確認されており、特に不透過型堰堤の場合、洪水時には水通し断面から流水が流下し、流木が流れに乗って流下しやすい状況となることから、流木を完全に捕捉することができない事例が散見されたため、流木対策の検討を行うものとする。

(平成 27 年 6 月 26 日 事務連絡 国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部)

3. 谷の出口付近に土石流捕捉工、土石流堆積工を整備し、必要に応じて、溪流保全工および土石流発生抑制工を組み合わせる。

また、土地利用状況を考慮し、土石流分散樹林帯や土石流流向制御工の併用も検討する。

4. 豪雨後、または定期的に堆砂状況の点検を行い必要に応じて、捕捉工、堆積工等の除石（流木の除去を含む）を実施し、必要な効果量を確保する。

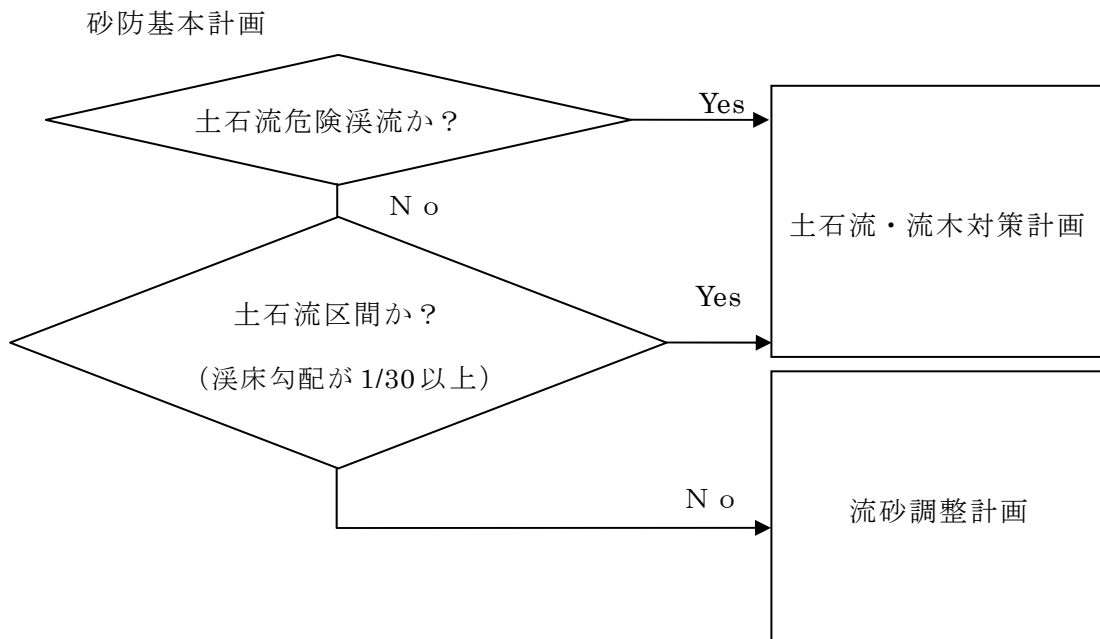


図 3.1.5 砂防基本計画の分類

## (1) 土石流・流木対策計画

土石流危険渓流および土石流区域において、土石流・流木の直撃による直接被害から生命財産生活環境および自然環境を守ることを目的として策定する。

なお、土石流危険渓流以外の土石流・流木が発生および流下する恐れのある区間についても、本マニュアルを準用することができる。

1) 土石流危険渓流とは、土石流の発生の危険性があり、1戸以上の人家に被害が生ずる恐れがある渓流をいう。

※土石流危険渓流、基礎調査及び土石流危険区域調査の報告書（土石流カルテ）参照

2) 土石流危険渓流以外でも下記の条件に当てはまれば整備できる。

現溪床勾配が 1/30 より急の渓流である。

保全対象が下記の内、どれか1つ以上該当し、全体事業費が1億円以上の区域

- ・ソフト対策について整備されているもの
- ・保全人家5戸以上ある場所に流入する渓流(ただし、交付金事業において保全対象が「人家のみ」の場合は、50戸以上と読み替える)
- ・保全人家5戸未満であっても官公署、学校、病院、旅館、駅、鉄道、道路、橋梁等のある場所に流入する渓流
- ・耕地面積が30ha以上ある場所に流入する渓流

上記のうち以下は、優先的に事業を行う場所（重要整備事業）

- ・要配慮者施設（病院、老人ホーム、保育園等）のある場所に流入する渓流
- ・重要交通網（JR中央線および国道20号等が併走している）のある場所に流入する渓流
- ・避難地・避難路関連の施設（道路、避難地等）のある場所に流入する渓流  
地域防災計画の緊急輸送道路（山梨県地域防災計画）  
各市町村の防災計画の中の避難地・避難路等

## (2) 流砂調整計画

掃流区間における流砂に起因する災害を防止するために策定する。

※土石流区間とは、土砂の流出が集合運搬の状態で行われる区域をいい、掃流区間とは土砂の流出が流水による各個運搬の状態で行われる区域をいう。土石流区域は、

一般に3次谷（図3.1.6）より上流の溪流等であって、溪床勾配が1/30以上の区域を対象に設定するものとする。

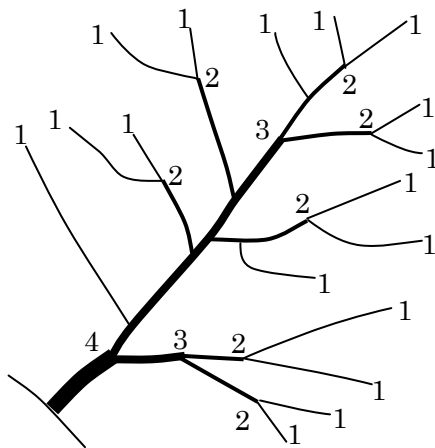


図 3.1.6 谷の次数

### 1.6.1 土石流・流木対策計画

土石流・流木対策計画は、計画流出土砂量を土石流捕捉工、土石流堆積工、土石流発生抑制工等の土石流・流木対策施設による計画捕捉量・計画堆積量・計画発生（流出）抑制量をもって処理する計画である。

計画策定にあたっては土石流の発生頻度、量、流動特性、地形、保全対象地域等を考慮して、対策工を合理的に組み合わせて配慮するものとする。

また、土石流導流工でもって流下させることができ、流下に災害等の問題を生じさせない土砂・流木量を流下許容量とし、計画流出量からこの計画流下許容量を差し引いた量を、土石流導流工より上流の土砂・流木処理計画の対象とすることができる。ただし、その場合は流出土砂・流木の粒径等を十分検討し、導流工内で堆積が生じて流下を著しく阻害しないようにしなければならない。

#### < 解説 >

##### (1) 土石流・流木対策計画

土砂量に対する計画は、次式を満足させるよう作成する。

$$Q - E - (C + D + F) = 0$$

Q：計画流出土砂量（ $m^3$ ）

E：計画流下許容土砂量（ $m^3$ ）

**下流の状況によるが、Eは一般的に0である。**

C：計画堆積土砂量（ $m^3$ ）

D：計画捕捉土砂量（ $m^3$ ）

F：計画土石流発生（流出）抑制量（ $m^3$ ）

(2) 流木量に対する計画は、次式を満足させるよう作成する。

$$Q' - E' - (C' + D' + F') = 0$$

$Q'$  : 計画流出流木量 (m<sup>3</sup>)

$E'$  : 計画流下許容流木量 (m<sup>3</sup>)

**下流の状況によるが、 $E'$ は一般的に0である。**

$C'$  : 計画堆積流木量 (m<sup>3</sup>)

$D'$  : 計画捕捉流木量 (m<sup>3</sup>)

$F'$  : 計画流木発生抑制量 (m<sup>3</sup>)

計画堆積土砂・流木量 $C$ 、 $C'$ の評価

除石（流木の除去を含む）による機能回復が困難な場合、計画堆積土砂・流木量  
を評価するのは防災上危険であるので、 **$C=0$ 、 $C'=0$** として計画しなければならない。

山梨県では、 **$C=0$ 、 $C'=0$** として溪流の土石流・流木対策施設計画を策定する  
ことを原則とするが、**不透過型砂防堰堤（管理型）は除く。**

(3) 施設計画

原則として以下の手順により行うものとする。

- ・ 溪床堆積物調査等により計画流出土砂・流木量を算定する。
- ・ 谷の出口付近に土石流・流木捕捉工、土石流堆積工を設置し土石流導流工を整理する。必要に応じて上流に土石流・流木捕捉工および土石流・流木発生抑制工を配置する。なお、土地利用状況を考慮し、土石流流向制御工とともに土石流緩衝樹林帯の設置も検討すること。
- ・ 定期的および土石流発生後等に臨時点検を行い、必要に応じて除石（流木の除去を含む）を実施する。

## 1.6.2 流砂調整計画：土石流・流木対策計画以外の計画

流砂調整計画は、計画対象区域以内において生産される土砂（生産土砂量）のうち、計画基準点までの区間の河道に堆積し安全に流下させる土砂量（河道調節量）と、計画基準点において下流に流下し得る土砂量（許容流砂量）を差し引いた量（計画抑制量）を堰堤工、床固工、溪流保全工、山腹工等の砂防施設による計画流出抑制土砂量、計画流出調節土砂量、計画生産抑制土砂量で処理する計画である。

計画の策定に当たっては土砂の流下量、流動特性、地形、保全対策地域等を考慮して、対策工を合理的に組み合わせて配置するものとする。

また、流木による被害が予想される場合には流木対策を含めて定める。

### < 解説 >

#### (1) 流砂調整計画

##### 1) 土砂量に対する計画

###### ① 砂防堰堤が満砂後、除石により機能回復できる場合

流砂調整施設計画は次式を満足するように定める。

$$E = (Q + V_a - F) \times (1 - \alpha) - (C + D)$$

E : 計画許容流砂量

Q : 当該計画基準点の直上流の計画基準点（複数の場合もある）を通過する計画流出土砂量

V<sub>a</sub> : 計画生産土砂量

F : 計画生産抑制土砂量

α : 計画土砂量に占める河道調節量の割合

C : 計画流出抑制土砂量

D : 計画流出調節土砂量

###### ② 砂防堰堤が満砂後、物理的あるいは環境的に除石できない場合

流砂調整施設計画は次式を満足するように定める。

$$E = (Q + V_a - F) \times (1 - \alpha) - D$$

##### 2) 流木量に対する計画

多量の流木が流下することが予想される溪流については、別に流木対策基本計画を定め、施設の選択時にも流木対策に配慮することが必要である。



- (2) 流砂調整計画は、流砂量だけでなく、流砂の粒径の調整を含んだものであって、河道における堆積土砂の粒度分布等の現況調査資料、流水の掃流力、流出土砂の粒径等を考慮して溪流の現況およびその計画を整合するよう定めるものとする。

## 1.7 砂防基本計画の分類に基づく計画概要

### 1.7.1 土石流・流木対策計画の概要

#### (1) 計画堆積量

計画堆積量は、土石流・流木対策施設により、「計画規模の土石流」および土砂とともに流出する流木等を堆積させる量である。計画堆積量は計画堆積土砂量と計画堆積流木量の和とする。計画堆積量は、除石計画に基づいた除石により確保される空間である。

#### < 解説 >

計画堆積量は、土石流・流木対策施設によって異なる。不透過型、部分透過型砂防堰堤においては、現溪床勾配の平面と平常時堆砂勾配の平面との間で囲まれる空間のうち、除石により確保される空間とする。計画堆積量は、平常時の流水により堆積が進むことがあるため、土石流・流木処理計画において必要とする容量を除石（流木の除去を含む）等により確保しなければならない。

#### (2) 計画捕捉量

計画捕捉量は、土石流・流木対策施設により、「計画規模の土石流」および土砂とともに流出する流木等を捕捉させる量である。計画捕捉量は計画捕捉土砂量と計画捕捉流木量の和とする。

#### < 解説 >

透過型砂防堰堤においては、現溪床勾配の平面と計画堆砂勾配の平面とで囲まれた空間とする。不透過型、部分透過型砂防堰堤においては、平常時堆砂勾配の平面と計画堆砂勾配の平面とで囲まれた空間とする。

計画堆砂勾配は、一般に既往実績等により、土石流・流木対策施設を配置する地点の現溪床勾配の 1/2 から 2/3 倍とする。ただし、「計画規模の土石流」および土砂とともに流出する流木が、流下区間の勾配の下限值である 1/6 の勾配より急な勾配では堆積しないと考えられるため、**計画堆砂勾配は 1/6 の勾配 (  $\tan \theta$  ) を上限**とする。平常時堆砂勾配は、既往実績を基に現溪床勾配の 1/2 を上限とする。

また、地質条件（例えば、マサ土やシラス等）により計画堆砂勾配及び平常時堆砂勾配が緩勾配になることが知られている場合は既往実績によって地域別に決定する。

土石流により一時的に急勾配で堆積した土砂は、その後の流水の状況によっては、長期間でも必ずしも再浸食されないことを踏まえ、計画捕捉量は、除石（流木の除去を含む）により確保しなければならない。

### (3) 計画発生（流出）抑制量

計画発生（流出）抑制量は、土石流・流木対策施設により、計画規模の土石流および土砂とともに流出する流木等の流出量を減少させる量である。計画発生（流出）抑制量は計画土石流発生（流出）抑制量と計画流木発生抑制量の和とする。

#### < 解説 >

計画発生（流出）抑制量は計画流出量（計画流出土砂量・計画流出流木量）を評価している区間に存在する移動可能溪床堆積土砂量、崩壊可能土砂量、流出流木量を対象とする。

## 1.7.2 流砂調整計画の概要

### (1) 流出土砂抑制計画

流出土砂抑制計画は、有害な流出土砂を砂防施設に貯留してその流出を抑制するための計画であって、計画の策定に当たっては土砂の流出形態、保全対象地区、地形、河床勾配、計画超過土砂量および粒径・河道等の荒廃状況、砂防施設の土砂捕捉機能等を考慮して、計画流出抑制土砂量を砂防堰堤、砂溜工、砂防林の計画流出抑制容量に合理的に配分するものとする。

#### < 解説 >

流出土砂抑制計画にあたっては、砂防堰堤等の計画堆積量のうち、固定的に貯留される量の未堆積容量、または除石（流木の除去を含む）によるその機能回復量を見込むものとする。

## (2) 流出土砂調節計画

流出土砂調節計画は、有害な流出土砂を砂防施設に一時的に貯留して、その後の流水によって安全に下流に流下される量の調節のほか、流出土砂の粒径を調節するための計画である。計画の策定にあたっては、土砂流出の形態、量、溪流、河道の現況およびその計画、保全対象区域等を考慮し、計画流出調節土砂量を砂防堰堤等に合理的に配分するものとする。

1. 流域面積あたり地質別の流出土砂量から計画土砂量を算定する。
2. 谷の出口付近に砂防堰堤工を整備する。必要に応じて溪流保全工や山腹工等を組み合わせる。
3. 土砂の流出状況に応じて砂防堰堤工の除石（流木の除去を含む）を実施し、堆積容量を確保する。

また、多量の流木が土石流とともに流出することが予想される溪流においては、掃流調整施設の種類や選択時に、流木対策を検討する。

### < 解説 >

砂防堰堤の計画流出調節土砂量は、一般に堆砂の安定勾配と洪水勾配との間の計画流出調節土砂容量で定めるが、砂防の堆砂区域は元々河道調節機能の大きなところであることが多いので、このような場合には砂防堰堤の計画流出調節土砂量は、新たに増大する量で評価しなければならない。

また、水通しにスリットを設けたり、水抜孔の大きさ、配置を工夫するなどして、その機能の増大を図ることもある。

## (3) 土砂生産抑制計画

土砂生産抑制計画は、降雨等による山崩れ、地すべり、河床・河岸の浸食等を抑制することによって生産源地域の荒廃を復旧し、更に新規荒廃の発生を防止するとともに、有害な土砂の発生を抑制するための計画であって、計画の策定にあたっては、生産源の状況、土砂の生産形態、土砂の流出形態、保全対象区域等を考慮して計画生産抑制土砂量を砂防堰堤、溪流保全工、山腹工等を合理的に配分するものとする。

< 解説 >

土砂生産抑制計画に基づく施設計画は、土砂の1次発生源である山地および2次発生源である河道に策定するものとする。

砂防施設による生産抑制土砂量は、施設の規模および地形・地質・植生の状況ならびに地盤の安定状況等により定める。

## 第2章 砂防基本計画における計画土砂・流木量

### 2.1 計画土砂・流木の基本

土石流・流木対策計画は、土石流および土砂とともに流出する流木等による土砂災害の防止を目的として、土石流および土砂とともに流出する流木等を合理的かつ効果的に処理するよう策定するものとする。

#### < 解説 >

土石流・流木対策は、計画に基づく事業の完了によりその目的は達成される。しかしながら土石流および土砂とともに流出する流木等の破壊力や、流木が河道狭窄部や橋梁等を閉塞することで引き起こす土砂氾濫が与える被害から見て、その発生による人命・人家・公共施設等に対する影響は多大なものである。

したがって、事業の完了までの土石流および土砂とともに流出する流木等から人命・人家・公共施設等を保護するとともに、計画規模の年超過確率の降雨量に伴って発生する可能性の高いと判断される土石流（以下、「計画規模の土石流」という）を上回る土砂移動に対処するため、警戒避難体制の整備等のソフト対策を別途講ずる必要がある。

なお、流域において、大規模な崩壊、土石流の発生、地震、火山噴火による斜面の不安定化等の自然的要因又は開発等の人為的要因により大きな変化があった場合、あるいは、森林等の状況が大きく変化した場合には、必要に応じて、計画で扱う土砂・流木量等の見直しを行い、土石流・流木対策計画を改定する。

## 2.2 計画土砂・流木量

### 2.2.1 土石流区間

計画流出土砂量は、現地調査を行った上で、地形図、現地調査、過去の土石流の記録等より総合的に判断する。原則として、計画流出土砂量は、流域内の移動可能土砂量と、「計画規模の土石流」によって運搬できる土砂量を比較して小さい方の値とする。より詳細な崩壊地調査、生産土砂量調査および実績による流出土砂量調査が水系全体（土石流危険渓流を含む）で実施されている場合は、これに基づき計画流出土砂量を決定してよい。**なお、調査に基づき計画流出土砂量が 1,000m<sup>3</sup> 以下となった場合は、簡易貫入試験等を用いて計画流出土砂量を決定する。**「国総研 砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説」

#### < 解説 >

なお、大規模な山腹崩壊土砂がそのまま土石流となるものや、崩壊または地すべり等により形成された天然ダムの決壊による土石流、および火山噴火に伴って融雪に起因する火山泥流、火山湖の決壊に起因する火山泥流を対象外とする。

#### **計画土砂・流木量を算出する際は、対策施設が無い状態で算出する。**

##### (1) 計画対象土砂量の算定

###### 1) 移動可能土砂量 (V<sub>e</sub>)

各流域の計画規模の降雨に対する移動可能土砂量（不安定土砂量）は、移動可能渓床堆積土砂量と崩壊可能土砂量の和とする。

$$V_e = V_1 + V_2$$

V<sub>e</sub> : 移動可能土砂量 (m<sup>3</sup>)

V<sub>1</sub> : 移動可能渓床堆積土砂量 (m<sup>3</sup>)

V<sub>2</sub> : 崩壊可能土砂量 (m<sup>3</sup>)

$$V_1 = A_1 \times L_{dy11} = B \times D_e \times L_{dy11}$$

A<sub>1</sub> : 移動可能渓床堆積土砂の平均断面積 (m<sup>3</sup>) = B × D<sub>e</sub>

B : 土石流発生時に浸食が予想される平均渓床幅 (m)

D<sub>e</sub> : 土石流発生時に浸食が予想される渓床堆積土砂の平均深さ (m)

L<sub>dy11</sub> : 流出土砂量を算出しようとしている地点、計画基準点あるいは補助基準点から 1 次谷等の最上流端まで渓流に沿って測った距離 (m) 図 3.2.1

$V_2$  : 0 次谷（平時表流水の無い谷）および溪流山腹の予想崩壊土砂量で、具体的に発生位置、面積、崩壊深を推定する。

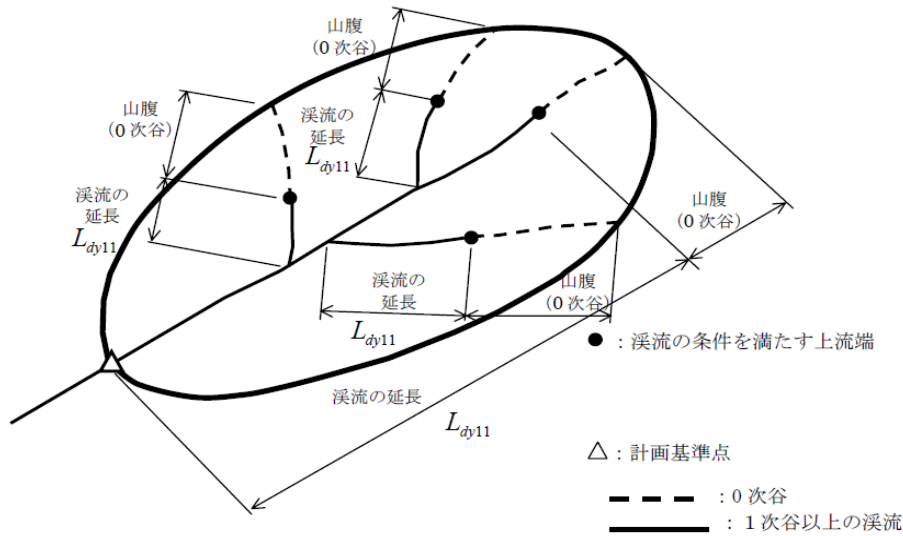


図 3.2.1  $L_{dy11}$  のイメージ図

渓床堆積土砂量算出における  $B$ 、 $D_e$  は現地調査および近傍溪流における土石流の洗掘状況などを参考に推定する。 $B$ 、 $D_e$  を現地調査により推定する場合は図 3.2.2 に示すように溪流断面における渓床斜面の角度の変化、土石流堆積物上に成育する先駆樹種と山腹地山斜面に成育する樹種の相違等を参考に山腹と渓床堆積物を区分して行う。植生については、土石流発生頻度の低い溪流では渓床堆積物にも高木が育成しているので注意を要する。

$D_e$  の推定は図 3.2.2 における断面形状だけでなく、上下流における渓床の露岩調査を行い、縦断的な基岩の連続性を考慮して行う。 $D_e$  の参考として過去の土石流災害における事例を図 3.2.3 に示す。

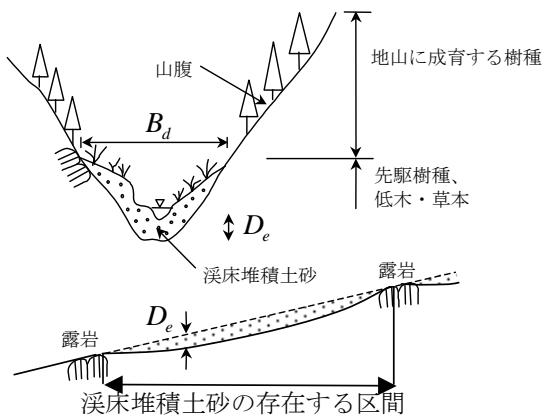


図 3.2.2 浸食幅、浸食深の調査方法

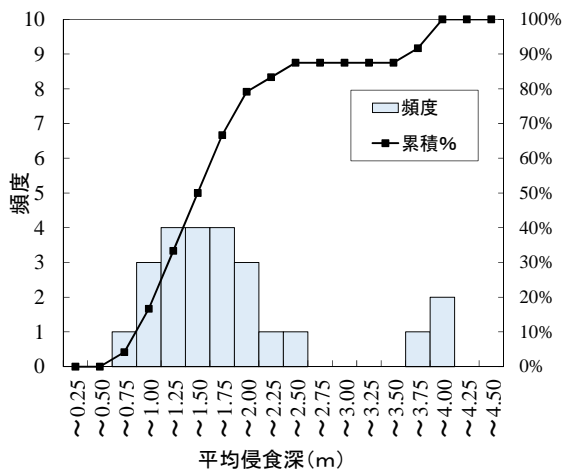


図 3.2.3 平均浸食深の分布



i) 崩壊可能土砂量 ( $V_2$ ) を的確に推定できる場合

**「崩壊可能土砂量を的確に推定できる場合」を原則とする**が、やむを得ない場合は砂防課と協議を行うものとする。

崩壊可能土砂量は0次谷（常時表流水の無い谷）および溪流山腹の予想崩壊土砂量 ( $m^3$ ) である。

0次谷とは、1次谷の最上端から流域上端の崩壊等が予想出来る範囲までとする。

崩壊可能土砂量の算出においては、地形、地質の特性および既存崩壊の分布、現地調査等を参考に、具体的な発生位置、面積、崩壊深を推定する。崩壊可能土砂量の算出に関する現地調査として、簡易貫入試験を実施した事例がある。そのほかの現地調査手法としては、ボーリング調査等がある。なお、崩壊土砂のかさ増は、原則として行わない。

$$V_2 \doteq \Sigma (A'_e \times L_{dy12})$$

$V_2$  : 崩壊可能土砂量 ( $m^3$ )

$A'_e$  : 0次谷における移動可能溪床堆積土砂の平均断面積 ( $m^2$ )

$$A'_e = B \times D_e$$

$B$  : 土石流発生時に浸食が予想される平均溪床幅 ( $m$ )

$D_e$  : 土石流発生時に浸食が予想される溪床堆積土砂の平均深さ ( $m$ )

$L_{dy12}$  : 1次谷の最上端から流域上端の崩壊等が予想出来る範囲 ( $m$ )

(図 3.2.4 参照)

ii) 崩壊可能土砂量 ( $V_2$ ) を的確に推定することが困難な場合(参考)

0次谷の崩壊も含めた次式で、土石流に対する崩壊可能土砂量を推定する。

$$V_2 \doteq \Sigma (A'_e \times L_{dy12})$$

$V_2$  : 崩壊可能土砂量 ( $m^3$ )

$A'_e$  : 0次谷における移動可能溪床堆積土砂の平均断面積 ( $m^2$ )

$$A'_e = B \times D_e$$

$B$  : 土石流発生時に浸食が予想される平均溪床幅 ( $m$ )

$D_e$  : 土石流発生時に浸食が予想される溪床堆積土砂の平均深さ ( $m$ )

$L_{dy12}$  : 流出土砂量を算出しようとする地点より上流域の1次谷の最上端か

ら流域の最遠点である分水嶺までの流路谷筋に沿って測った距離(m)

(図 3.2.4 参照)

注) 土石流発生直後など現存する移動可能土砂量が少ない場合でも、山腹や溪岸の土砂生産が激しく、近い将来に移動可能土砂量が増加すると予想される場合には、これを推定して加える。

iii) 実測値に関するデータ収集のための調査 (参考)

流出土砂量を実績値を考慮して算出するために、土石流発生時に流下状況について、調査する必要がある。土石流による流出土砂量に関する調査においては、現地調査に加えて、航空レーザ測量、無人航空機 (ドローン等) による調査を用いる場合もある。

特に、土石流発生前後の航空レーザ測量結果が得られる場合は、前後の調査結果の比較によって、流出土砂量を求める手法等もある。

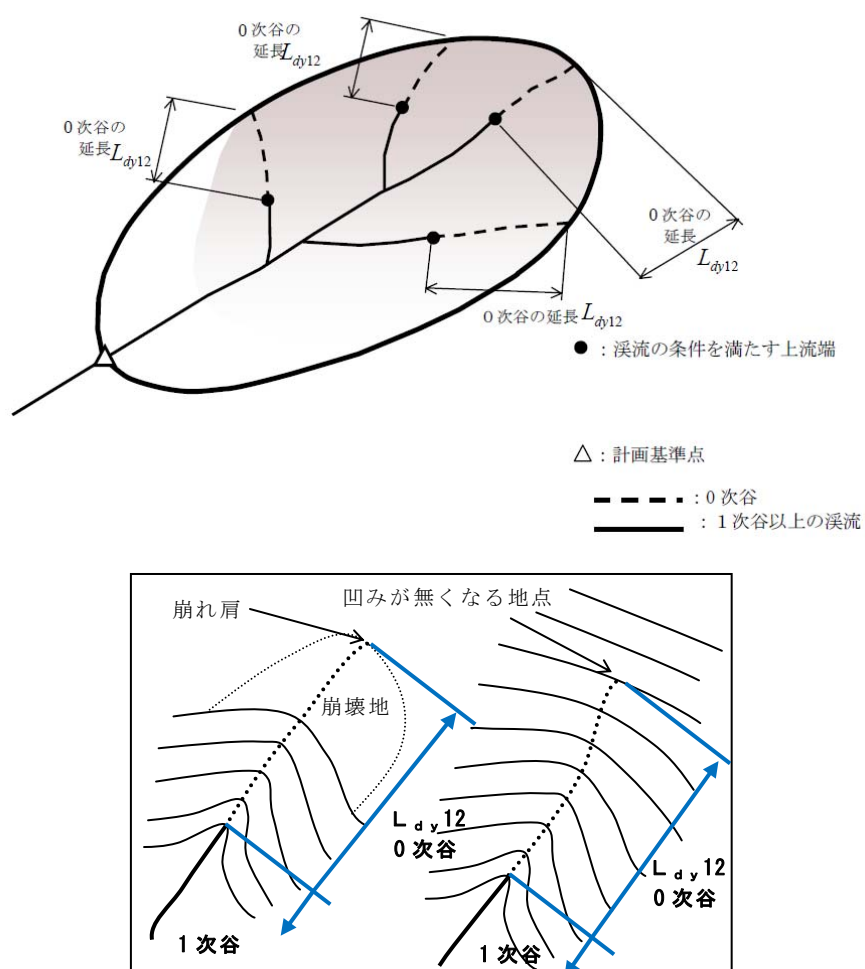


図 3.2.4  $L_{dy12}$  のイメージ図

2) 運搬可能土砂量 (V<sub>ec</sub>)

「計画規模の土石流」によって運搬できる土砂量は、計画規模の年超過確率の降雨量(表 3.2.1 参照)に流域面積を乗じて総水量を求め、これに流動中の土石流濃度を乗じて算定する。その際流出補正率を考慮する。

$$V_{ec} = \frac{10^3 \times R_r \times A}{1 - \lambda} \times \left( \frac{Cd}{1 - Cd} \right) \times f_r$$

V<sub>ec</sub> : 運搬可能土砂量 (m<sup>3</sup>)

R<sub>r</sub> : 計画規模の降雨量 (mm)

A : 各基準点の流域面積 (km<sup>2</sup>)

Cd : 流動中の土石流の容積土砂濃度

溪床勾配 20° 以上は Cd = 0.9 × C\* = 0.54

溪床勾配 20° 未満は下式により算出する。

$$0.3 \leq Cd \leq 0.54 \text{ とする。}$$

表 3.2.1 24 時間雨量 1/100 年超過確率

| 確率年   | 100年  |
|-------|-------|
| 甲 府   | 269.4 |
| 韮 崎   | 254.1 |
| 黒 駒   | 335.8 |
| 市川大門  | 322.6 |
| 身 延   | 404.1 |
| 南 部   | 496.5 |
| 河 口 湖 | 442.4 |
| 大 月   | 424.9 |

$$Cd = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho) \times (\tan \phi - \tan \theta)}$$

C\* : 溪床堆積土砂の容積土砂濃度 = 0.6

σ : 礫の単位体積重量 = 25.51 kN/m<sup>3</sup>

ρ : 泥水の単位体積重量 = 11.77 kN/m<sup>3</sup>

$\theta$  : 計画地点から上流 200m までの平均勾配 (度)

$\phi$  : 溪床堆積土砂の内部摩擦角 ( $30^\circ \sim 40^\circ$ ) =  $35^\circ$  とする。

$\lambda$  : 空隙率 (0.4 程度)

$f_r$  : 流出補正率 =  $0.05 (\log A - 2.0)^2 + 0.05$  ( $0.1 \leq f_r \leq 0.5$ )

$f_r$  は流出補正率で図 3.2.5 によって流域面積に対して与える。

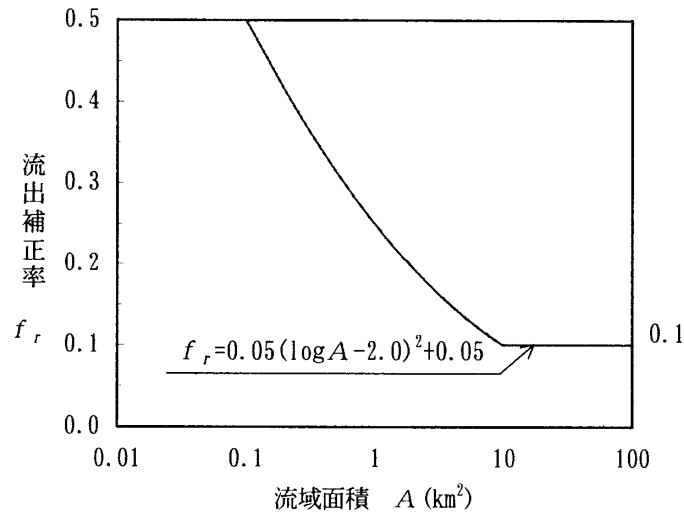


図 3.2.5 流出補正率

(参考) 計算した計画流出土砂量と比べるための一般的な目安  
土石流区域 (標準流域面積 1km<sup>2</sup> の場合)

- ・花崗岩地帯 50,000~150,000m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/1 洪水
- ・火山噴出物地帯 80,000~200,000m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/1 洪水
- ・第 3 紀層地帯 40,000~100,000m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/1 洪水
- ・破碎帯地帯 100,000~200,000m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/1 洪水
- ・その他の地帯 30,000~ 80,000m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/1 洪水

流域面積が標準の 10 倍の場合には数値が 0.5 倍、流域面積が 1/10 倍の場合は 3 倍程度として用いることができる (建設省河川局砂防部調べ)

なお、山梨県では 50,000~80,000m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/1 洪水を一般的な数値としている。

## (2) 計画流木の基本

流木とは、山腹崩壊、溪岸崩壊および土石流の発生・流下にもなつて、流出する恐れのある立木、倒木、伐木等をいう。

流木対策の基本は、下流で被害を与える恐れのある流木を砂防事業対象溪流において溪流への流出の抑止および溪流内の捕捉を行うことである。

### < 解説 >

流木の抑止とは、土砂生産に伴う流木の発生を防止することをいう。流木の捕捉とは溪流を流下する流木を砂防施設により停止、堆積させることおよび山腹斜面に堆積した倒木、伐木等が溪流に流入するのを防止することをいう。

流木対策の手順は、対象流域の流木に関する調査、調査に基づく対策計画の策定、そして事業による実施および管理となる。

### 1) 計画流出流木量

流木対策計画に当たっては、計画基準点等に流出する流木量を地形、地質、林相、過去の記録、現地調査等により、総合的に決定するものとする。

### < 解説 >

計画流出流木量は、推定された発生流木量に流木流出率を掛け合わせて算出する。

計画流出流木量は実立積で表現するものとし、施設が無い状態を想定する。

立木から発生する計画流出流木量は、斜面崩壊・溪岸崩壊等の発生が予想される山腹や谷筋の樹林の樹種、林齢、材積等の構成が定期的に推移すると判断出来る場合には、流域現況調査資料と砂防計画の新規崩壊面積（新規山腹崩壊面積＋新規溪岸崩壊面積等）から想定する。

樹林の構成によっては、流域現況調査資料の代わりに地方別に定められた樹種別基準立木量を参考としてもよい。

なお、発生した流木の谷出口への流出率は、今後実態調査を進める必要があるが、土石流・流木対策施設が無い場合 0.8～0.9 程度であったとの報告がある。

発生流木量は下記の手順、式を用いて算出することが出来る。崩壊及び土石流の発生区間・流下区間が複数の林相からなる場合は、林相ごとに発生流木量（ $V_{wy}$ ）を求

め合計する。式中の0次谷、崩壊地の幅および長さは2.2.1土石流区間(1)計画対象土砂量の算定に準拠する。

$$V_{wy} = \frac{B_d \times L_{dy13}}{100} \times \Sigma V_{wy2}$$

$$V_{wy2} = \pi \cdot H_w \cdot R_w^2 \cdot \frac{K_d}{4}$$

ここで、

$V_{wy}$  : 発生流木量 (m<sup>3</sup>)

$B_d$  : 土石流発生時に浸食が予想される平均溪床幅 (m)

$L_{dy13}$  :  $L_{dy11} + L_{dy12}$  (m) (図3.2.6参照)

$V_{wy2}$  : 単木材積 (m<sup>3</sup>)

$\Sigma V_{wy2}$  : サンプル調査100m<sup>2</sup>あたりの樹木材積 (m<sup>3</sup>/100m<sup>2</sup>)

$H_w$  : 樹高 (m)

$R_w$  : 胸高直径 (m)

$K_d$  : 胸高係数 (表3.2.2参照)

である。

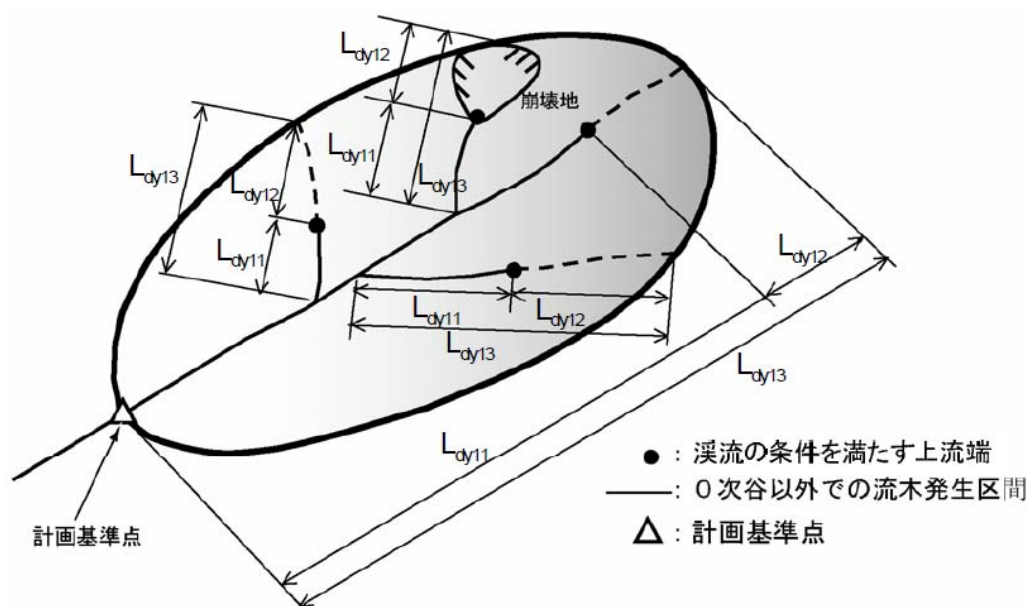


図 3.2.6 流木発生区間長さ(m) :  $L_{dy13}$

表 3.2.2 胸高係数表

| 樹高(m) | 第一     | 第二     | 第三     | hf(第三) | 樹高(m) | 第一     | 第二     | 第三     | hf(第三) |
|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 5     | 0.6550 | 0.6529 | 0.6517 | 3.3    | 25    | 0.5066 | 0.4874 | 0.4524 | 11.3   |
| 6     | 0.6191 | 0.6138 | 0.6064 | 3.6    | 26    | 0.5054 | 0.4859 | 0.4505 | 11.7   |
| 7     | 0.5954 | 0.5878 | 0.5759 | 4.0    | 27    | 0.5043 | 0.4846 | 0.4487 | 12.1   |
| 8     | 0.5786 | 0.5692 | 0.5538 | 4.4    | 28    | 0.5032 | 0.4833 | 0.4470 | 12.5   |
| 9     | 0.5660 | 0.5552 | 0.5371 | 4.8    | 29    | 0.5023 | 0.4822 | 0.4454 | 12.9   |
| 10    | 0.5562 | 0.5442 | 0.5238 | 5.2    | 30    | 0.5014 | 0.4811 | 0.4440 | 13.3   |
| 11    | 0.5483 | 0.5354 | 0.5131 | 5.6    | 31    | 0.5005 | 0.4801 | 0.4426 | 13.7   |
| 12    | 0.5421 | 0.5282 | 0.5042 | 6.0    | 32    | 0.4997 | 0.4791 | 0.4413 | 14.1   |
| 13    | 0.5365 | 0.5221 | 0.4966 | 6.5    | 33    | 0.4990 | 0.4782 | 0.4401 | 14.5   |
| 14    | 0.5320 | 0.5169 | 0.4902 | 6.9    | 34    | 0.4983 | 0.4773 | 0.4389 | 14.9   |
| 15    | 0.5281 | 0.5124 | 0.4846 | 7.3    | 35    | 0.4976 | 0.4765 | 0.4378 | 15.3   |
| 16    | 0.5247 | 0.5085 | 0.4796 | 7.7    | 36    | 0.4970 | 0.4758 | 0.4367 | 15.7   |
| 17    | 0.5217 | 0.5050 | 0.4753 | 8.1    | 37    | 0.4964 | 0.4750 | 0.4357 | 16.1   |
| 18    | 0.5191 | 0.5020 | 0.4714 | 8.5    | 38    | 0.4958 | 0.4743 | 0.4348 | 16.5   |
| 19    | 0.5167 | 0.4992 | 0.4679 | 8.9    | 39    | 0.4953 | 0.4737 | 0.4339 | 16.9   |
| 20    | 0.5146 | 0.4968 | 0.4647 | 9.3    | 40    | 0.4948 | 0.4731 | 0.4330 | 17.3   |
| 21    | 0.5127 | 0.4945 | 0.4618 | 9.7    | 41    | 0.4943 | 0.4725 | 0.4321 | 17.7   |
| 22    | 0.5110 | 0.4925 | 0.4591 | 10.1   | 42    | 0.4938 | 0.4719 | 0.4314 | 18.1   |
| 23    | 0.5094 | 0.4907 | 0.4567 | 10.5   | 43    | 0.4934 | 0.4714 | 0.4306 | 18.5   |
| 24    | 0.5080 | 0.4890 | 0.4545 | 10.9   | 44    | 0.4930 | 0.4708 | 0.4299 | 18.9   |

(備考) 第一 エゾマツ、トドマツ  
 第二 ヒノキ、サワラ、アスナロ、コウヤマキ  
 第三 スギ、マツ、モミ、ツガその他の針葉樹および広葉樹  
 hf(第三)形状高

実績値に基づく発生流木量の算出

近傍に流木発生事例があり、これらの発生流木量に関するデータがある場合は、これから単位流域面積あたりの発生流木量 ( $V_{wy1}$  ( $m^3/km^2$ )) を求め、下記の式で求めることができる。

$$V_{wy} = V_{wy1} \times A$$

ここで、

A : 流域面積 ( $km^2$ ) (溪床勾配が  $5^\circ$  以上の部分の流域面積)

である。

$V_{wy}$  の値は図より、針葉樹なら概ね  $1000m^3/km^2$  程度、広葉樹なら概ね  $100m^3/km^2$  程度で包含できる。

参考として、過去に土石流とともに発生した流木の実態調査結果を図 3.2.7 に示す。図は、過去の災害実態調査結果をもとに、溪流の流域面積と針葉・紅葉樹林別の流木発生量の関係を示したものである。

なお、実績値に基づく方法は、流域の大部分が針葉樹、広葉樹等の森林により覆われているといった条件の溪流に適用できる。

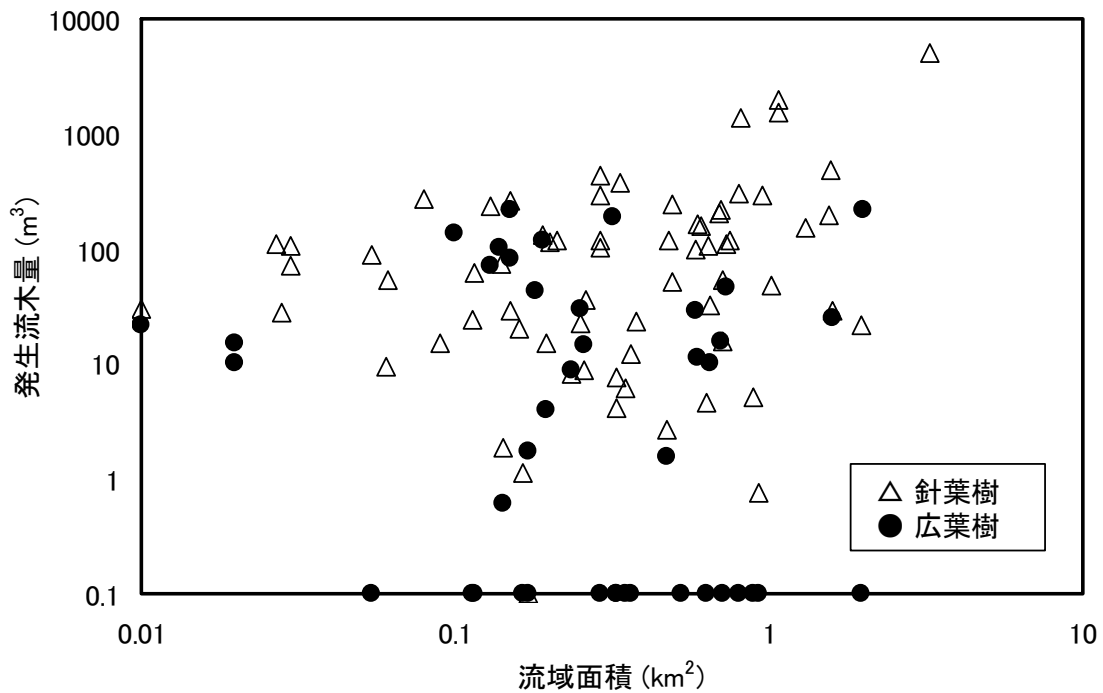


図 3.2.7 流域面積と発生流木量

2) 流域の状況変化の点検と調査

対象流域の発生源の森林等の状況が大きく変化したり、大きな変化が予想される場合には補足調査を行い適切な対策を講ずる。

< 解説 >

流木の主な発生源である上流域の樹木は年々成長するものであり、さらに伐採、植林、台風、山火事、火山噴火、病虫害の発生によっても林相が大きく変化したり、倒木や枯木が増加することがある。このため、定期的な調査の他に、流木の発生量、発生場所、大きさ等が当初の計画と大幅に変化する可能性があるような重大な現象の発生後は流木発生源調査を行う必要がある。

これらの補足調査の結果をもとに当初の流木対策計画で十分かどうか検討を行い、必要に応じて流木対策施設の増設等の処置をとる。



## 2.2.2 掃流区間

### (1) 計画生産土砂量の算定

#### 1) 計画生産土砂量 ( $V_a$ )

計画生産土砂量とは、山腹および溪岸における新規崩壊土砂量、既崩壊拡大見込土砂量、既崩壊残存土砂量のうち崩壊等の発生する時点で河道に流出するものおよび河道等において堆積している土砂量のうち2次浸食を受けるものをいう。

計画生産土砂量は、砂防基本計画の対象となる計画超過土砂量算定の基礎となる土砂量で、計画対象区域の現況調査資料、既往の災害資料、類似地域の資料等をもとに定める。

$$V_a = Q \times \frac{1}{1 - \alpha}$$

Q：計画流出土砂量

$\alpha$  は、生産土砂量にしめる流域の河道調節量の割合で一般に10～30%である。

#### < 解説 >

計画生産土砂量は、計画基準点ごとに、その上流流域を対象として、土砂の生産形態別に、流域内に生産抑制のための施設がない状態で算定するものとし、流域の状況に著しい変化が生じた場合には、必要に応じ訂正するものとする。

計画生産土砂量の算定は、原則として土砂の生産形態別に対象区域内のその母体となる土地の面積等を調査して行うものとする。

例えば

- i) 豪雨型小規模崩壊では、山腹面積に豪雨時等における既往の新規崩壊面積比、平均崩壊深、河道流出率、土砂の変化率を乗じて算出する。
- ii) とくしゃ地や崩壊地では、その面積と土砂流出の実測資料により算出する。
- iii) 河床堆積土砂の2次浸食では、現堆積状況と既往の災害等での河床変動資料により算出する。
- iv) 地すべり型大規模崩壊では、地すべりの前兆的微地形、亀裂の分布等から推定される範囲および類地の崩壊深、河道流出率、土量の変化率により算出する。

地すべり型大規模崩壊は、その位置、規模については地質、地形等からある程度その予測が可能であるが、いつ崩壊が発生するかを予測することは極めて難しい問題である。

しかし、発生した場合、その生産土砂量が著しく多量であることから、天然堰堤を出現させたり、それが決壊する時、大土石流を発生させるなど、その影響が大きいため、危険箇所の調査は慎重に行う必要がある。

## 2) 計画流出土砂量 (Q)

計画流出土砂量とは、計画生産土砂量のうち、土石流または、流水の掃流力等により運搬されて計画基準点に流出する土砂量であって、既往の土砂流出、流域の地形、植生の状況、河道の調節能力等を考慮して定める。

$$Q = Q' \times \text{補正係数} \times \text{流域面積}$$

Q' : 標準流域面積 1km<sup>2</sup> 当たりの地質別流出土砂量であり、一般に下記のとおりとする。

### < 解説 >

土砂流出の実態解明は、砂防計画上重要な研究課題であって、各地で実態調査が行われているところである。

さしあたっての取り扱いとしては、流域に土砂流出防除のための施設がない状態で次のように算定する。

掃流区域では、当該計画基準点の直上流の基準点（複数の場合もある）における洪水時の計画流出土砂量に計画基準点間の流域の生産土砂量からその間の河道調節量を差し引いた量を加算して定めるものとする。

地すべり型大規模崩壊の発生が予想されない場合は、次の値を参考に定めてもよい。

掃流区域（標準流域面積 10km<sup>2</sup>、年超過確率 1/50 の場合、1/100 の場合は 1.1 倍とする）

- ・花崗岩地帯            45,000～ 60,000m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/1 洪水
- ・火山噴出物地帯      60,000～ 80,000m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/1 洪水
- ・第 3 紀層地帯        40,000～ 50,000m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/1 洪水
- ・破碎帯地帯          100,000～125,000m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/1 洪水
- ・その他の地帯        20,000～ 30,000m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/1 洪水

流域面積が標準の 10 倍の場合には数値が 0.5 倍、流域面積が 1/10 倍の場合は 3 倍程度として用いることができる（建設省河川局砂防部調べ）

（流域面積による補正は表 3.2.3 を参照）

貯水池上流河川、あるいは流出土砂が多く平年においても土砂災害を生ずる河川では、計画年平均流出土砂量を用いる場合がある。計画年平均流出土砂量とは、数年間の年間流出土砂量の累計をその累計年で除したものであり、貯水池の堆砂量測定資料、あるいは河床変動資料を参考にして定める。

注) 非生産区域（谷地形を呈していない区域）においては、溪岸幅（b）、溪岸高（H）流路延長（L）により流出土砂量を算出する。

$$Q = (2 \sim 3) \times (b) \times (H) \times (L) \times 0.8 \text{ (土砂流出率)}$$

表3.2.3 流域面積による流出土砂量の補正係数 (掃流区域)

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| 流域面積 | 1.0  | 2.0  | 3.0  | 4.0  | 5.0  | 6.0  | 7.0  | 8.0  | 9.0  | 10.0  | 11.0 | 12.0 | 13.0 | 14.0 | 15.0 |
| 補正係数 | 3.00 | 2.15 | 1.78 | 1.55 | 1.39 | 1.28 | 1.19 | 1.11 | 1.05 | 1.00  | 0.97 | 0.95 | 0.92 | 0.90 | 0.89 |
| 流域面積 | 16.0 | 17.0 | 18.0 | 19.0 | 20.0 | 21.0 | 22.0 | 23.0 | 24.0 | 25.0  | 26.0 | 27.0 | 28.0 | 29.0 | 30.0 |
| 補正係数 | 0.87 | 0.85 | 0.84 | 0.82 | 0.81 | 0.80 | 0.79 | 0.78 | 0.77 | 0.76  | 0.75 | 0.74 | 0.73 | 0.73 | 0.72 |
| 流域面積 | 31.0 | 32.0 | 33.0 | 34.0 | 35.0 | 36.0 | 37.0 | 38.0 | 39.0 | 40.0  | 41.0 | 42.0 | 43.0 | 44.0 | 45.0 |
| 補正係数 | 0.71 | 0.70 | 0.70 | 0.69 | 0.69 | 0.68 | 0.67 | 0.67 | 0.66 | 0.66  | 0.65 | 0.65 | 0.64 | 0.64 | 0.64 |
| 流域面積 | 46.0 | 47.0 | 48.0 | 49.0 | 50.0 | 51.0 | 52.0 | 53.0 | 54.0 | 55.0  | 56.0 | 57.0 | 58.0 | 59.0 | 60   |
| 補正係数 | 0.63 | 0.63 | 0.62 | 0.62 | 0.62 | 0.61 | 0.61 | 0.61 | 0.60 | 0.60  | 0.60 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.58 |
| 流域面積 | 61.0 | 62.0 | 63.0 | 64.0 | 65.0 | 66.0 | 67.0 | 68.0 | 69.0 | 70.0  | 71.0 | 72.0 | 73.0 | 74.0 | 75.0 |
| 補正係数 | 0.58 | 0.58 | 0.57 | 0.57 | 0.57 | 0.57 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56  | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 |
| 流域面積 | 76.0 | 77.0 | 78.0 | 79.0 | 80.0 | 81.0 | 82.0 | 83.0 | 84.0 | 85.0  | 86.0 | 87.0 | 88.0 | 89.0 | 90.0 |
| 補正係数 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53  | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 |
| 流域面積 | 91.0 | 92.0 | 93.0 | 94.0 | 95.0 | 96.0 | 97.0 | 98.0 | 99.0 | 100.0 | 以下同値 |      |      |      |      |
| 補正係数 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50  | ”    |      |      |      |      |

### 3) 計画許容流砂量 (E)

計画許容流砂量とは、計画基準点から下流河川等に対して無害、かつ必要な土砂として流送すべき量であり、流水の掃流力、流出土砂の粒径等を考慮して、河道の現況およびその計画に基づいて定めるものとする。

掃流区域で計画基準点が複数ある場合は、計画許容流砂量は上下流間において整合のとれたものとしなければならない。

下流河川の状況により、概ね計画流出土砂量 (Q) の 10%としている。

#### < 解説 >

計画許容流砂量は、洪水流量と同様に毎秒単位で必要とされる場合があるが、土石流を含め、洪水単位として定める場合が多い。土石流の形態で運搬される土砂においては、砂防計画区域内の保全対象区域の状況、掃流の形態で流送される土砂においては、砂防計画区域内の河道および下流河道の現況とその計画等に基づいて定めるものとする。

掃流区域内において計画許容流砂量を決定する場合には河道計画等で考慮している流砂量と整合させるものとし、貯水池上流河川の計画において、原則として、貯水池の計画堆砂量を考慮して計画年平均許容流砂量を定める。

### 4) 計画超過土砂量

計画超過土砂量は、砂防基本計画における土砂処理の計画の対象となる土砂量であり、計画基準点ごとに計画流出土砂量から、計画許容流砂量を差し引いた量で定める。

#### < 解説 >

計画超過土砂量は、貯水池上流においては浮遊土砂を含めた量で設定され、計画年平均許容流砂量 (堰堤の計画堆砂量) を差し引いた計画年平均超過土砂量を採用するものとする。

## (2) 計画流木の基本

掃流区間での流木量算出には、2.2.1 土石流区間 (2)計画流木の基本に準じ算定を行うものとする。

### 第3章 砂防施設等の種類と効果量

#### 3.1 土石流対策施設等の種類の基本

砂防施設等の基本とは、流域の現況整備率を算定し、対象とする砂防施設等の効果量に基づき、配置計画を決定することである。

##### 3.1.1 主な土石流対策施設の機能

土石流対策施設の主のものには、

- ① 土石流捕捉工 ② 土石流導流工 ③ 土石流堆積工 ④ 土石流緩衝樹林帯  
⑤ 土石流流向制御工 ⑥ 土石流発生抑制工等がある。

##### ① 土石流捕捉工

###### (i) 土石流捕捉工の種類

土石流捕捉工は、不透過型砂防堰堤と透過型砂防堰堤に大別される。(図 3.3.1 参照)

< 解説 >

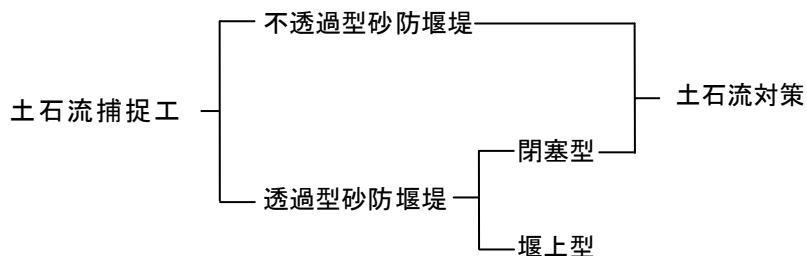


図 3.3.1 土石流捕捉工の種類

現在考えられている代表的なものは砂防堰堤で、不透過型砂防堰堤と透過型砂防堰堤に分けられる。

透過型砂防堰堤には、透過部の閉塞によって土石流を捕捉する土石流捕捉のための透過型砂防堰堤と、流水の堰上げにより流出土砂を調節するための透過型砂防堰堤がある。

- ・ 中小洪水において土砂流出があり、建設後に堆砂進行が予想される場合は透過型砂防堰堤が適している。
- ・ 中小洪水時の土砂流出が少なく、発生抑制効果を期待できる場合は、不透過型砂防堰堤が適している。

溪床勾配が 1/30 以上であっても、土石流の発生が見込まれず、掃流状態での土砂の流下が見込まれる溪流では土砂調整のための透過型砂防堰堤を計画する。

分離ダム（水抜きスクリーン）も土石流捕捉工と考える。

土石流対策堰堤としては閉塞型が用いられる。不透過型砂防堰堤および透過型砂防堰堤に共通する機能としては次のものがある。

- ・ 土石流を捕捉し、流出する土砂量を減少させる。
- ・ 土石流発生から扇状地に流出するまでの時間を長くする。
- ・ 土石流先端部の巨礫・流木を捕捉し、土石流を減勢させる。
- ・ 土石流を土砂流に変化させる。
- ・ 土石流ピーク流量を減少させる。

透過型砂防堰堤（閉塞型）のみが持つ主な機能的特長

- ・ 中小洪水時で堆砂することなく次の土石流に対して堆積容量を維持することが期待でき、1 施設あたりの効果量は同規模の不透過型砂防堰堤の 3 倍程度多く期待することができる。
- ・ 流木の流出が予想される場合には流木止めとしての効果も期待できる。

透過型砂防堰堤の堤体材料

鋼製、マスコンクリート、鉄筋コンクリートなどが考えられる。

## ② 土石流導流工

土石流導流工は、土石流を安全な場所まで導流するもので、土石流ピーク流量に対応する断面とする。

< 解説 >

土石流導流工は、流出土砂の粒径などを十分検討し、土石流導流工内で堆積が生じて、越流、氾濫しないように計画しなければならない。（図 3.3.2 参照）

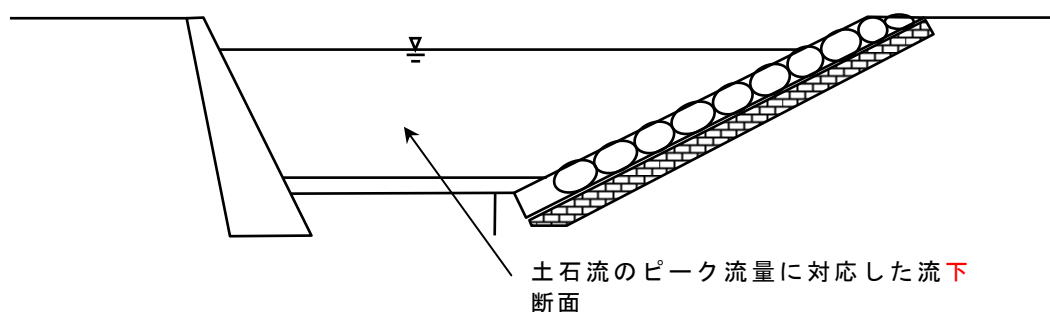


図 3.3.2 土石流導流工

(i) 断面

土石流導流工の断面は、土石流の流量と水深を考慮し、これに余裕高を加えたものとする。なお、堆積遡上により氾濫しないように注意する。

< 解説 >

土石流導流工は、安全な場所まで土石流を導流するよう、土石流・流木捕捉工の砂防堰堤を1基以上設けた後、または土石流堆積工を設けた後それらに接続するよう計画する。

計画流量は、溪流全体の施設配置計画において施設により整備される土砂量の計画流出土砂量に対する比だけ土石流ピーク流量が減少すると仮定して決定する。ただし、計画規模の年超過確率の降雨量から求められる清水の対象流量に10%の土砂含有を加えた流量を下まわらないものとする。

土石流導流工の幅は、土石流の最大礫径の2倍以上、または原則として3m以上とする。なお、計画規模の年超過確率の降雨量に伴って発生する可能性が高いと判断される土石流が上流域で十分処理される場合は通常の溪流保全工を計画するものとする。

余裕高は次の通りとする。

| 流 量                        | 余裕高 ( $\Delta D_d$ ) |
|----------------------------|----------------------|
| 200m <sup>3</sup> /s 以下    | 0.6m                 |
| 200～500 m <sup>3</sup> /s  | 0.8m                 |
| 500～2000 m <sup>3</sup> /s | 1.0m                 |

ただし、河床勾配による次の値以下にならないようにする。



| 勾配        | $\Delta D_d / D_d$ |
|-----------|--------------------|
| 1/10 以上   | 0.5                |
| 1/10~1/30 | 0.4                |

ここで、 $D_d$  : 水深 (m) である。

(ii) 法線形

土石流導流工の法線形はできるかぎり直線とする。

< 解説 >

土石流は直進性をもっているため、導流工の法線形は直線とするのが望ましい。地形および土地利用等の理由によりやむを得ず屈曲させる場合は円曲線を挿入するものとし、その湾曲部曲率半径は下記の式で求め、中心角  $30^\circ$  以下とする。

$$B_r / \theta_{r(IN)} \leq 0.1$$

ここで、 $B_r$  : 流路幅 (m)  $\theta_{r(IN)}$  : 湾曲部曲率半径 (m) で、それらを図 3.3.3 に示す。

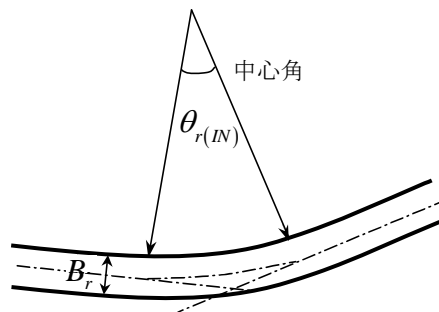


図 3.3.3 土石流導流工湾曲部の法線形

### (iii) 縦断形

土石流導流工の縦断形は、急な勾配変化をさける。なお、土砂の堆積遡上が予想される場合は、これに対して安全な構造とする。

#### < 解説 >

土石流導流工は、安全な場所まで導流させることが必要なため、急な勾配変化を設けることにより土砂が堆積しないようにする。また、流末において土砂の堆積遡上が予想される場合は、これに応じた護岸高を設定する等、安全な構造とする。

### (iv) 構造

#### 溪床

掘込み方式を原則とする。

#### < 解説 >

土石流導流工は、安全上、掘込み方式を原則とする。

#### 湾曲部

湾曲部では外湾部の水位上昇を考慮して護岸の高さを決定する。

#### < 解説 >

理論値、実測値、実験結果等により水位上昇を推定し、これを安全に流せる構造とする。

土石流では、外湾の最高水位  $D_{d(OUT)max}$  は  $D_d + 10 \cdot (B_r \cdot U^2) / (\theta_r \cdot g)$  にもなることがあるが、一般に土石流導流工や流路工が施工される扇状地では、土石流および清流でそれぞれ下記の式で求める。

$$\text{土石流：} \quad D_{d(OUT)max} = D_d + 2 \frac{B_r \cdot U^2}{\theta_r \cdot g}$$

$$\text{清流（射流）：} \quad D_{d(OUT)max} = D_d + \frac{B_r \cdot U^2}{\theta_r \cdot g}$$

ここに  $D_d$ ：直線部での水深(m)、 $B_r$ ：流路幅(m)、 $U$ ：平均流速(m/s)、 $\theta_r$ ：水路中央の曲率半径(m)、 $g$ ：重力加速度(9.81 m/s<sup>2</sup>)である。

### ③ 土石流堆積工

土石流堆積工は、土石流を減勢し堆積させるための土石流・流木対策施設であり、土石流分散堆積地と土石流堆積流路とがある。

#### < 解説 >

土石流堆積工は、安全に土石流を堆積させるもので、その種類は、「土石流分散堆積地」と「土石流堆積流路」がある。

#### ・土石流分散堆積地

土石流分散堆積地は、流路を拡幅した土地の区域（拡幅部）のことで、拡幅部の上流端と下流端に砂防堰堤または床固工を配置したものである。

土石流分散堆積地は、土石流・流木処理計画上必要となる計画堆積量を堆積させることのできる空間を、流路の拡幅及び掘り込んで溪床勾配を緩くすることにより確保するものである。（図 3.3.4 参照）

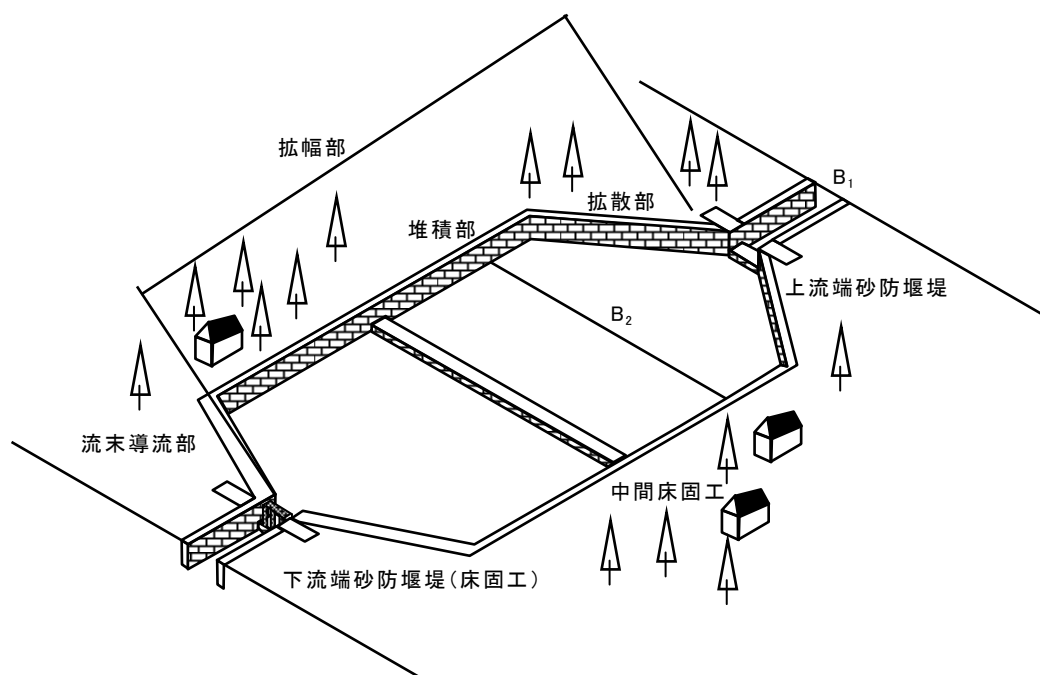


図 3.3.4 土石流分散堆積地

・土石流堆積流路

土石流堆積流路は、背後地盤において宅地が発達している等の土地利用状況や谷底平野等の地形条件により、土石流分散堆積地のように流路の拡幅が困難な場合において、流路を掘り込んで溪床勾配を緩くすることにより、土石流・流木処理計画上必要となる計画堆積量を堆積させることのできる空間を確保するものである。(図 3.3.5 参照)

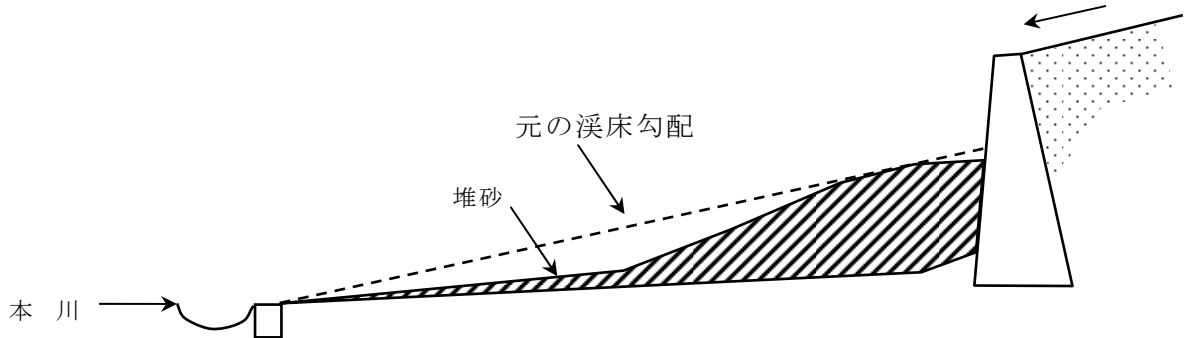


図 3.3.5 土石流堆積流路

・土石流分散堆積地

(i) 形状

土石流分散堆積地の形状は土石流の流動性および地形の特性を把握し適切な形状とする。

< 解説 >

過去の土石流の規模、流下・氾濫特性、類似溪流の発生事例を基に分散堆積地の形状を定める。

(ii) 計画堆砂勾配

土石流分散堆積地の計画堆砂勾配は現溪床勾配の  $1/2 \sim 2/3$  の勾配を基準とする。

< 解説 >

土石流分散堆積地の計画堆砂勾配は現溪床勾配の  $1/2 \sim 2/3$  の勾配を基準とする。なお、適応可能な実績値がある場合は、それを用いてよい。

### (iii) 計画堆積土砂量

土石流分散堆積地の計画堆積土砂量は計画堆砂勾配で堆砂した状態について求める。

#### < 解説 >

土石流分散堆積地の計画堆積土砂量は、土石流分散堆積地の計画堆砂勾配にて土砂が堆積した状態における量を算出する。

### (iv) 構 造

土石流分散堆積地の上、下流端には砂防堰堤または床固工を設け、堆砂地内には必要に応じて護岸、床固工を設ける。

#### < 解説 >

土石流分散堆積地は上下流端の砂防堰堤（床固工）、拡散部、堆積部および流末導流部からなる。上流端砂防堰堤（床固工）は堆積地勾配を緩和するために掘り込みを原則とするので、上流端の現溪床との落差を確保するために設置する。下流端砂防堰堤（床固工）は拡散した流れを制御し河道にスムーズに戻す機能を持つ。堆積容量を増大するために堆積部に床固工を設置することがある。

土石流分散堆積地の幅（ $B_2$ ）は上流部流路幅（ $B_1$ ）の5倍程度以内を目安とする。

#### ・土石流堆積流路

土石流を扇状地内の流路に積極的に堆積させる。また、護岸工等により溪岸浸食を防止する。

#### < 解説 >

流路に土石流を積極的に堆積させるために、流路勾配の緩和、流路断面の拡幅により、土砂輸送能力を低下させる。ただし、土石流発生以前の常時の流量において土砂が堆積するようでは、土石流発生時での堆積容量が減少する。従って、常時の流出土砂量（土砂混入濃度）を想定し、これが堆積しない程度まで流路勾配を緩くするものとする。

## (i) 除石

土石流等により土石流堆積流路内に土砂が堆積した場合は、すみやかにこれを除石する。

### < 解説 >

除石の基本的な考え方は、砂防堰堤の除石（流木の除去を含む）によるものとする。

## ④ 土石流緩衝樹林帯

土石流緩衝樹林帯は、土石流の流速を低減させて堆積させるための土石流・流木対策施設である。

### < 解説 >

土石流緩衝樹林帯として、床固工、土石流導流堤等の土石流・流木対策施設と樹林、小規模な出水を処理する常水路、補助施設などを組み合わせて配置するものであり、土石流の堆積区間の末端部付近に配置する。

土石流緩衝樹林帯は原則として扇状地上において土石流と保全対象物の間に緩衝区間として、土石流流向制御工等を組み合わせて設ける。

#### ・土石流緩衝樹林帯の構成

土石流緩衝樹林帯の堆砂空間の構造は、現在の地形を考慮し下流端に床固工等を配置し、小規模な出水を処理する常水路、導流堤、樹林、補助施設等からなる。

### < 解説 >

#### (i) 利用樹種

導入する樹種は、計画区域内または近傍の類似条件下の場所に存する樹種を参考に選定する。

#### (ii) 樹林の密度等

- ・ 樹林の密度は、樹木の生育上必要な最小限の間隔を確保した上で、樹林帯区域内の流速を減じ十分な土砂の堆積効果が得られる密度を目標とする。
- ・ 樹木は流体力により倒れないように検討する。

(iii) 効果量

効果量は、整備後の樹林帯を考慮した粗度係数を求め、土砂の堆積量を掃流砂量計算等により算定し、計画区域内の溪床の不安定土砂量と併せたものとする。

計画平均堆積深は、0.3～0.5m程度とする。

(iv) 樹林帯の保育

土石流緩衝樹林帯の機能を維持確保するために樹林帯の保育を行い、必要に応じ下刈、補植等を行う。

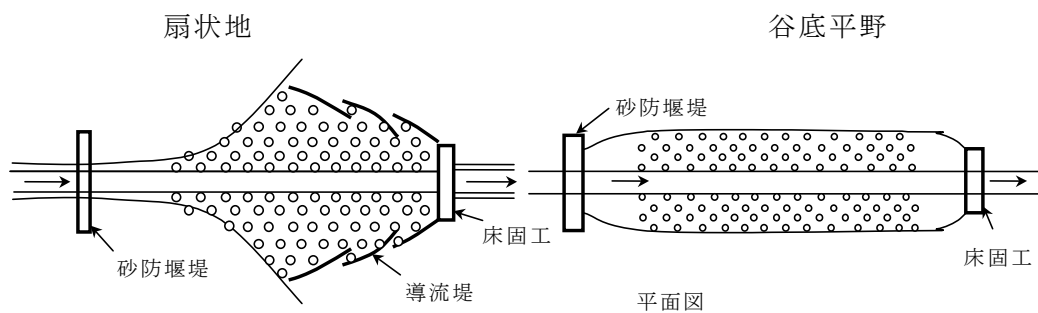


図 3.3.6 土石流緩衝樹林帯

⑤ 土石流流向制御工

土石流流向制御工は、土石流の流向を制御するための土石流・流木対策施設である。

< 解説 >

計画基準点よりも下流で土砂を流しても安全な場所があり、下流に災害等の問題を生じさせずに安全な場所まで土砂を流下させることができる場合は、土石流の流向を土石流導流堤等により制御する。

・土石流流向制御工の構造

土石流導流堤等により土石流の流向を制御するもので、越流を生じない十分な高さとするとともに、表法先の洗掘に注意する。

< 解説 >

(i) 導流堤の法線形状

計画基準点よりも下流で土砂を流しても安全な場所があり、下流に災害等の問題を生じさせずに安全な場所まで土砂を流下させることができる場合は、土石流の流向を土石流導流堤等により流向を制御し、安全な場所まで導流する。流向制御工の法線は土石流直撃による越流を防止するために、流れに対する角度 ( $\theta_c$ ) は  $\theta_c < 45^\circ$  とする。土石流の流向を  $45^\circ$  以上変更する場合、導流堤を複数に分割し、霞堤方式に配置する。(図 3.3.7 参照)

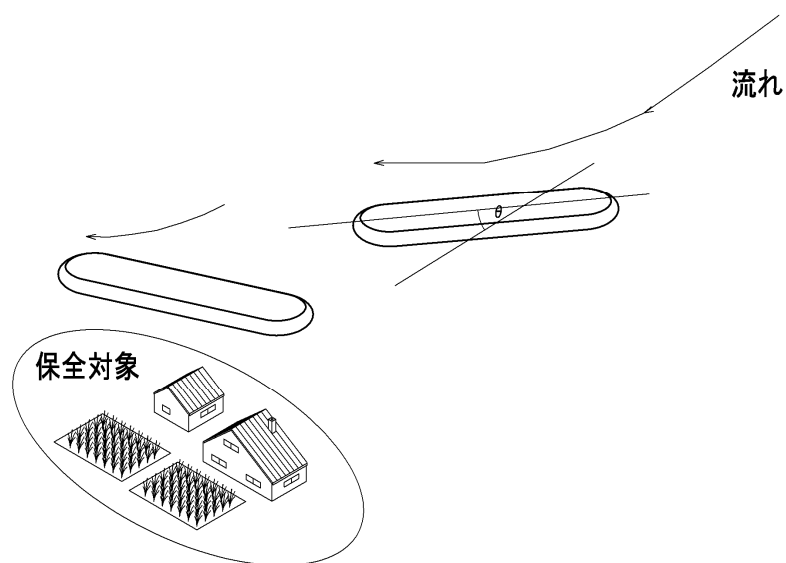


図 3.3.7 土石流導流堤(土石流流向制御工)の法線

(ii) 土石流導流堤の高さ

流向制御工天端は原則として現溪床勾配と平行とする。高さは土石流の水深に余裕高を加えたものとする。(土石流導流工参照)

土石流の速度および水深は土石流の流速と水深の算出方法に従い求める。



(iii) 導流堤の法面保護および法先の洗掘対策

導流堤の表法は、コンクリート、石積み、コンクリートブロック積み、鋼矢板等の護岸により土石流の浸食から防護する。法先は、護岸工の根入れ、コンクリートブロック等による根固め工、および根固水制工等により洗掘に対して安全な構造とする。

(iv) 除石

除石の基本的な考え方は、砂防堰堤の除石（流木を含む）によるものとする。

⑥ 土石流・流木発生抑制工

土石流・流木発生抑制工は、土石流および土砂とともに流出する流木等の発生を抑えるための土石流・流木対策施設である。

< 解説 >

土石流・流木発生抑制工には、山腹における土石流・流木発生抑制工、溪床・溪岸における土石流・流木発生抑制工がある。

・土石流・流木発生抑制山腹工

土石流・流木発生抑制山腹工は、植生または他の土木構造物によって山腹斜面の安定化を図る。

< 解説 >

土石流および土砂とともに流出する流木等の発生する可能性のある山腹崩壊を防ぐために山腹保全工を施工する。

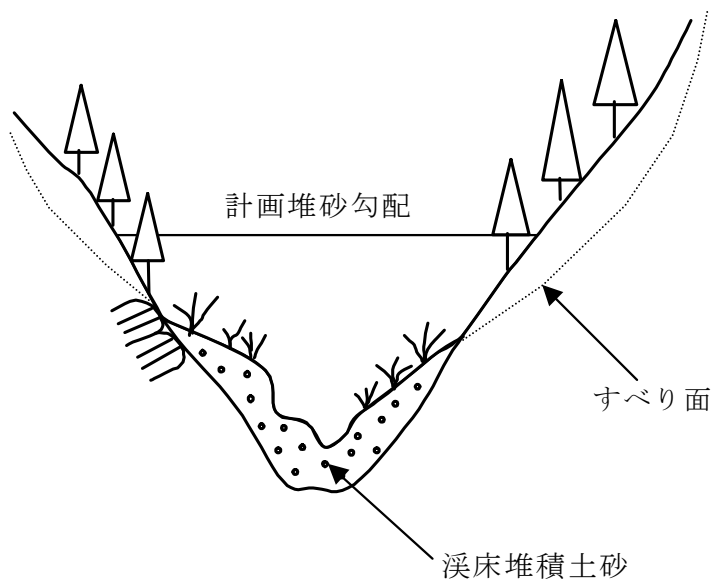
・ 溪床堆積土砂移動防止工

溪床堆積土砂移動防止工は、床固工等で溪岸の崩壊、溪床堆積土砂の移動を防止する。

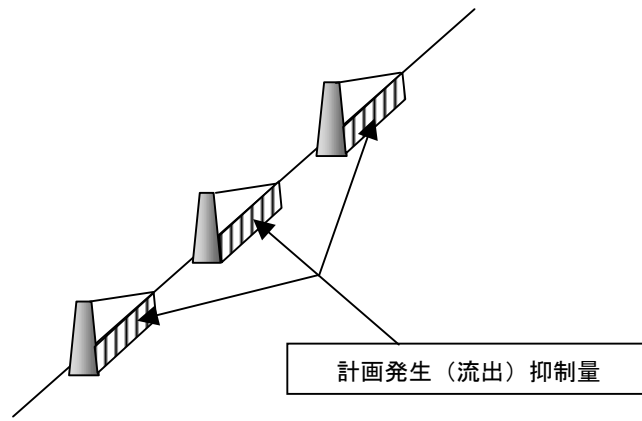
< 解説 >

溪床堆積土砂移動防止工には、主として床固工等があり、溪床や溪岸の堆積物の移動を防止する。原則として床固工の上流側を天端まで埋戻し礫及び流木の衝撃力を直接受けけない構造とする。また袖部の上流側についても土砂を盛る等の処置を行い土石流による破壊をできるだけ避けるものとする。設計外力については砂防堰堤の設計外力を参考とし土石流荷重は考慮せず、静水圧のみを対象とする。

溪床堆積土砂移動防止工としての床固工等の水通し断面は砂防堰堤の水通しの設計によるが、水通し幅は地形を考慮してできるだけ広くとる。土石流ピーク流量に対しては、原則として余裕高は考慮しなくてよい。その他の設計を行う上で、コンクリート製にて計画を行う場合には、不透過型砂防堰堤の構造に準ずる。



横断面図



縦断面図

図 3.3.8 溪床堆積土砂移動防止工の計画で扱う土砂・流木量等のイメージ

### 3.2 土石流対策施設の種類

土石流対策施設は次のものがある。

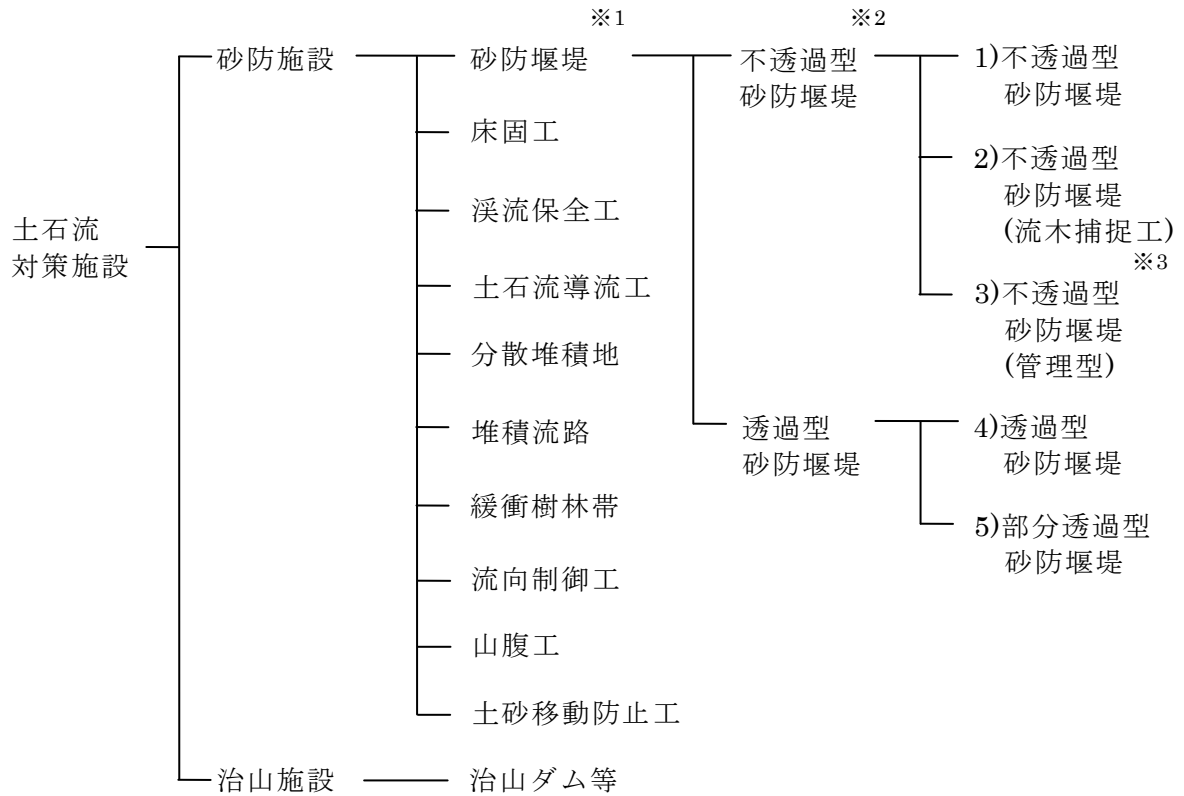


図 3.3.9 土石流対策施設の種類

※1 既設堰堤の改築・改良方法について

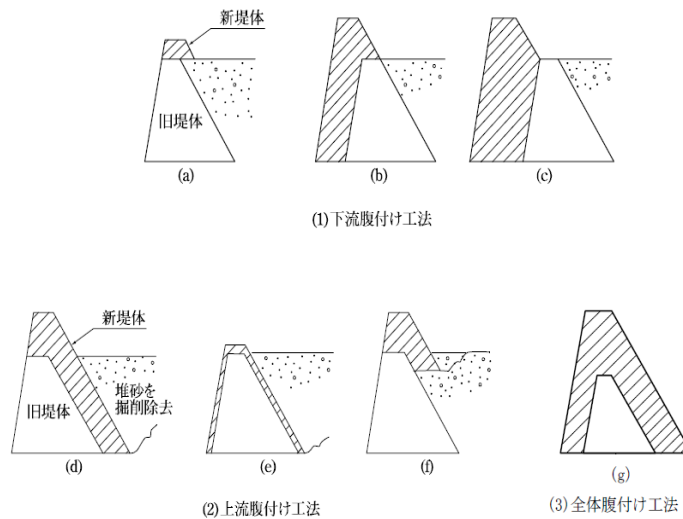


図 3.3.10

① 下流面腹付け工法は、貯砂池は現状のまま簡易な水替えて施工可能であり施工上有利であるが、主応力の方向と継目の方向が同方向となり応力上良好とはいえない。

- ② 上流面腹付け工法は、施工上貯砂池内の堆砂を掘削除去し、施工箇所を確保するため転流が必要となる。応力上は、主応力の方向と継目が直交するため下流面腹付けに対して有利となる。

**満砂の場合については、(b)下流腹付け工法を原則とし、それ以外の場合については、比較を行うものとする。**

※2 不透過型砂防堰堤・透過型砂防堰堤の考え方（図 3.3.11）（表 3.3.1）

この考えは、土石流・流木を対象とし、土石流災害による県民の身体、生命の安全を第一義として考えることを前提とする。

その上で、①の判定により、まず不透過型で保全対象の最低限の安全を確保し、その上で②～⑩までで不透過型・透過型の機能を勘案して選択を行う流れ（フロー）としている。不透過型・透過型の選択では、②～④は溪流全体、あるいは下流河川も含めた水系全体での判断、①・⑤～⑩までが堰堤計画位置とその周辺の限定的な範囲での状況の判断（規制条件）としている。

※3 不透過型砂防堰堤（管理型）

○不透過型砂防堰堤（管理型）の採用条件

- ①地形特性 現況溪床勾配が 1/3 以上の場合
- ②管理用道路の構築に大きな切盛がない場合、又は索道等を使用しない場合
- ③不透過型堰堤 H=14.5m を計画しても、土砂整備率 100%未満の場合
- ④土砂搬出処理計画が実施可能である場合

原則として、上記条件をすべて満たす場合、不透過型砂防堰堤（管理型）を採用できるものとする。

これに拠り難い場合は、砂防課と協議を行うこと。

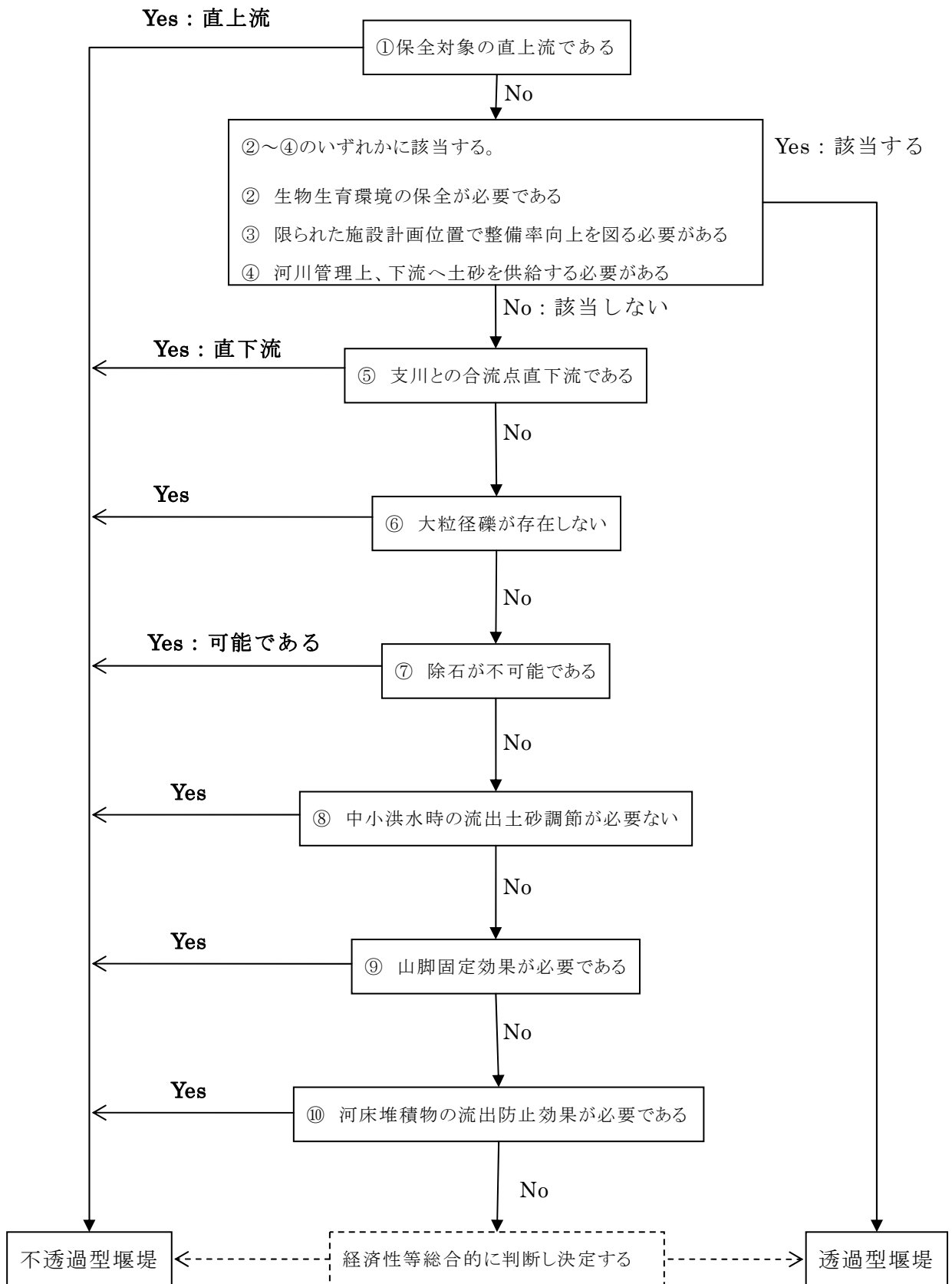


図 3.3.11 不透過型砂防堰堤と透過型砂防堰堤の選定フロー

注記：各項目で Yes とする場合は具体的な理由、根拠等を示すこと

| 判定項目                       | 判定の目安<br>あくまでも「目安」とし、具体的な根拠等がある場合は、適宜判定する。  | 備考  |
|----------------------------|---|---|
| ① 保全対象の直上流である              | 当該堰堤計画位置と保全対象直上流との間に、既設の不透過型砂防堰堤がない場合は、不透過型砂防堰堤を選択する。<br><b>直上流とはおおむね 200m 程度とする。</b> | 中小洪水、土石流のすり抜けなど不測の事態に対するリスク回避として保全対象直上流は不透過型砂防堰堤を必須とする。   |
| ② 生物生育環境の保全が必要である          | 生物生育環境を保全する必要がある具体的な理由、資料、根拠等がある場合は、透過型を選定する。   | 生物生育環境の有無については、既往資料、現地調査、建設部担当者へのヒアリング等により判断する。   |
| ③ 限られた施設計画位置で整備率向上を図る必要がある | 現地調査において施設計画の適地が少なく、不透過型では整備率向上が図れない場合は、透過型を選定する。                                     | 例えば堰堤計画の適地が2箇所しかない状況で、不透過型では100%の整備率に達しない場合は、透過型を選定し、整備率100%の計画を作成する。   |
| ④ 河川管理上、下流へ土砂を供給する必要がある    | 下流への土砂供給の遮断が下流河川の管理に支障となる具体的な理由、資料、根拠等がある場合は、透過型を選定する。                                | 下流への土砂供給の遮断が下流河川の管理に支障となるか否かは、通常管理の中で下流河川の状況や地元の危機意識等の情報を有している事務所担当者へのヒアリング等により判断する。  |
| ⑤ 支川との合流点直下流である            | 支川との合流点から <b>50m 程度</b> の区間は、「直下流」とし、この区間での透過型の配置は計画しない。                              | 支川との合流点では、乱流等が発生し、構造上複雑な透過型堰堤は、予期しない外力がかかる可能性があるため、極力配置を行わない。<br>なお、直下流の距離は、現地状況等により判定が必要であるが、「取り決め」上の目安として「50m」とした。              |
| ⑥ 大粒径礫が存在しない               | 透過型を採用するための最大礫径の下限値を30cmとして「取り決め」る。   | 近年の透過部材の純間隔は、透過部材と補助部材により、最大礫径 30 cm程度まで捕捉可能となっているため、最大礫径の下限値を 30 cmとする。  |
| ⑦ 除石が不可能である                | 工事用道路の設置が可能と判断する場合に除石可能と「取り決め」る。  | 工事用道路が将来的には管理用通路の機能を果たすとの想定に基づく。<br>ただし、工事用道路の仮設が困難で、索道等による砂防設備を計画した場合は、除石不可能として判定する。   |
| ⑧ 中小洪水時の流出土砂調節が必要でない       | 中小洪水に対する流出土砂の調節機能が必要である具体的な理由、資料、根拠等がある場合は、不透過型を選定する。                                 | 本業務の範囲では、中小洪水時の流出土砂が下流に及ぼす影響を考慮することが技術的に難しい(シミュレーション等を行うことが望ましい)。<br>したがって、出水期における中小洪水時の状況を把握している事務所担当者へのヒアリング、出水状況写真等から必要性を判断する。 |
| ⑨ 山脚固定効果が必要である             | 山脚固定効果が必要である具体的な理由、資料、根拠等がある場合は、不透過型を選定する。  | 施設計画位置の状況から、山脚固定を行わないと山腹崩壊を誘発するなど、多量の土砂が生産される恐れがある場合は、山脚固定効果が期待できるよう計画を立案する。  |
| ⑩ 河床堆積物の流出防止効果が必要である       | 河床堆積物の流出防止効果が必要である具体的な理由、資料、根拠等がある場合は、不透過型を選定する。                                      | 既往の山腹崩壊等により河床に大量の不安定土砂が堆積しており、流出防止対策を行わないと下流の保全対象に被害を及ぼすおそれがある場合は、流出防止効果が期待できるよう計画を立案する。  |

表 3.3.1 判定項目と目安

### 3.2.1 砂防施設等の効果量の基本

#### (1) 計画堆積量 $C$ $C'$

計画堆積量は、土石流・流木対策施設により、「計画規模の土石流」および土砂とともに流下する流木等を堆積させる量である。

計画堆積量は、堰堤上流の横断測量によって求めることを原則とする。

長期計画等においては、次式によって計画堆積量を求めてもよい。

計画堆積土砂量  $C$

$$C = \frac{1}{2} \times n \times h^2 \times (b_1 + b_2)$$

$C$  : 計画堆積土砂量 ( $C=0$ を基本とする)※

※不透過型砂防堰堤(管理型)は除く

$n$  : 現溪床勾配の分母値

$h$  : 計画堰堤の有効高

$b_1$  : 現溪床の下部幅

$b_2$  : 現溪床の上部幅

計画堆積流木量  $C'$

$C'$  = 計画堆積流木量 ( $C'=0$ を基本とする)※

※不透過型砂防堰堤(管理型)は除く

#### (2) 計画捕捉量 $D$ $D'$

計画捕捉量は、土石流・流木対策施設により、「計画規模の土石流」および土砂とともに流出する流木等を捕捉させる量である。

計画捕捉量は、堰堤上流の横断測量によって求めることを原則とする。

平常時堆砂勾配を現溪床勾配の 1/2 とし、計画堆砂勾配は現溪床勾配の 2/3 とし、上限を 1/6 の勾配とする。現溪床勾配（堰堤計画地点から上流 200m 区間の平均河床勾配）が 1/4 以下の場合、平常時堆砂勾配（現溪床勾配の 1/2）までの堆積量  $C$  の 50% を計画捕捉量とする。



長期計画等においては、次式によって計画堆積量を求めてもよい。

計画捕捉土砂量  $D$

$$D = \frac{1}{2} \times C - X_{w1}$$

$D$  : 計画捕捉土砂量

$C$  : 計画堆積土砂量

$X_{w1}$  : 計画捕捉流木量

**現溪床勾配が 1/4 より急な場合、平常時堆砂勾配を 1/8、計画堆砂勾配を 1/6 とした時の計画堆砂勾配と平常時堆砂勾配との間に堆積する土砂量を計画捕捉量とする。**

計画捕捉流木量  $D' = X_{w1}$

・不透過型砂防堰堤の計画捕捉流木量（図 3.3.12 参照）

不透過型砂防堰堤の計画捕捉流木量は、式(3.2.1)と式(3.2.2)から求められる値のうち、小さい方の値とする。式(3.2.1)は本堰堤の計画地点に流入が想定される計画流出量に占める計画流出流木量の割合から、式(3.2.2)は本堰堤の計画捕捉量に占める計画捕捉流木量の割合から計画捕捉流木量を求める方法である。

不透過型砂防堰堤の計画捕捉流木量

$$X_{w1} = K_{w0} \times X \times (1 - \alpha) \cdots (3.2.1)$$

$$X_{w1} = K_{w1} \times X \cdots (3.2.2)$$

$X_{w1}$  : 本堰堤の計画捕捉流木量 ( $m^3$ )

$K_{w0}$  : 本堰堤に流入が想定される計画流出量に対する流木容積率

(本堰堤の計画地点より上流の砂防堰堤等によって土砂・流木の発生抑制や捕捉等が見込まれる場合は、その量を差し引いて求めるものとする)

$X$  : 土石流・流木対策施設の計画捕捉量 ( $m^3$ )

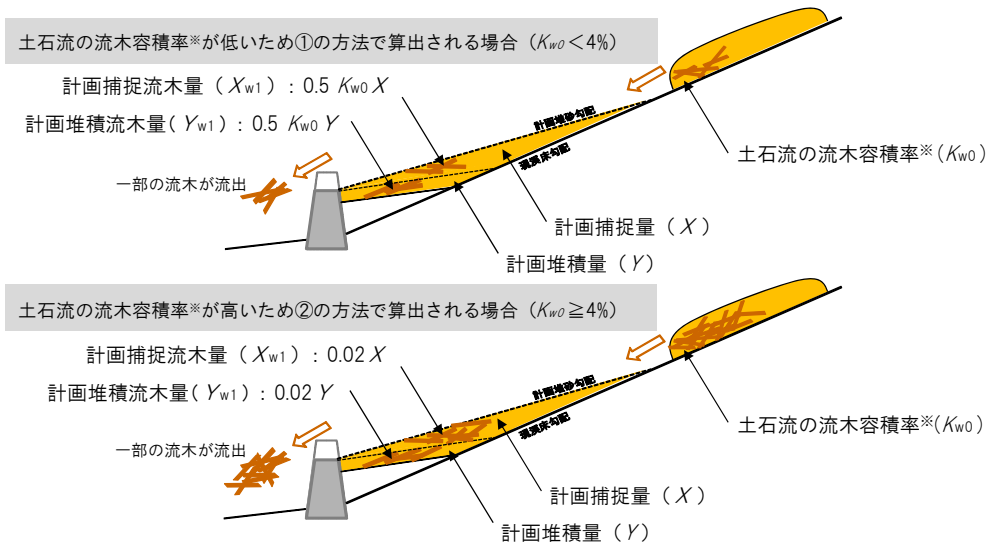
$\alpha$  : 本堰堤からの流木の流出率 **(0.5 程度)**

$K_{w1}$  : 計画捕捉量に対する流木容積率

(対象溪流において捕捉事例がない場合は、 $K_{w1} = 2\%$ としてよい)

- 両者のうち小さい方を  
計画捕捉流木量 ( $X_{w1}$ )  
とする
- ① 計画捕捉量 ( $X$ ) に土石流の流木容積率 $^*$  ( $K_{w0}$ ) をかけた量の半分  
 $K_{w0} \times X \times (1 - \alpha)$  (流木流出率  $\alpha = 0.5$ )
  - ② 計画捕捉量 ( $X$ ) の2%分  
 $K_{w1} \times X$  ( $K_{w1} = 2\%$ )

○計画堆積流木量 ( $Y_{w1}$ ) についても同様に算出する



○流木を全て捕捉し、下流への流出を防ぐには透過構造を有する施設が必要となる

$^*$  土石流の流木容積率 ( $K_{w0}$ ) : 本堰堤に流入が想定される計画流出量に対する流木容積率  
 $K_{w0} = V_w / V$

図 3.3.12 不透過型砂防堰堤の計画捕捉流木量のイメージ (砂防堰堤 1 基の計画の例)

・透過型及び部分透過型砂防堰堤の計画捕捉流木量

透過型及び部分透過型砂防堰堤の計画捕捉流木量は、式(3.2.3)により算出する。

透過型及び部分透過型砂防堰堤の計画捕捉流木量

$$X_{w1} = K_{w1} \times X \quad \dots (3.2.3)$$

$X_{w1}$  : 本堰堤の計画捕捉流木量 ( $m^3$ )

$K_{w1}$  : 計画捕捉量に対する流木容積率

(計画捕捉量に占める計画流木捕捉量の割合)

$X$  : 土石流・流木対策施設の計画捕捉量 ( $m^3$ )

透過型及び部分透過型砂防堰堤の  $K_{w1}$  は、本堰堤に流入が想定される計画流出量に対する流木容積率 ( $K_{w0}$ ) とする ( $K_{w0}$  については不透過型砂防堰堤の計画捕捉流木量を参照)。これは、透過型及び部分透過型砂防堰堤の場合、土石流中の土石または流木を選択的に捕捉することなく、同時に捕捉すると考えられるためである。

部分透過型砂防堰堤の透過部の高さが低い場合、不透過部では生じた湛水により流木を捕捉できない可能性がある。このため、透過部の計画捕捉流木量と不透過部の計画堆積流木量の合計が計画捕捉量を上回る場合、部分透過型砂防堰堤が流木を捕捉・堆積させる量は透過部の捕捉量に相当する値を上限とする。(図 3.3.13 参照)

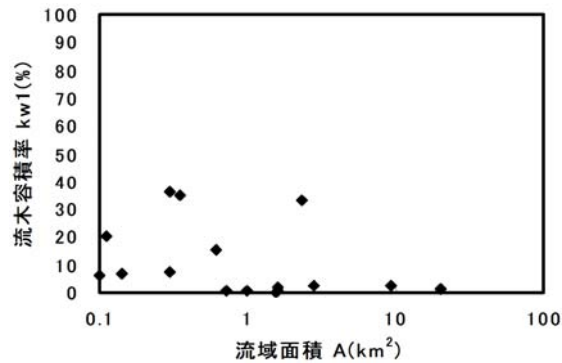


図 3.3.13 透過型砂防堰堤の流木容積率

なお、土石流・流木対策施設の計画地点に流入する計画流出流木量から計画捕捉流木量、計画堆積流木量、計画流木発生抑制量の和を差し引いた値が0以下となった場合、当該土石流・流木対策施設の計画捕捉流木量は「0」とする。

不透過型砂防堰堤の計画捕捉流木量の計算例

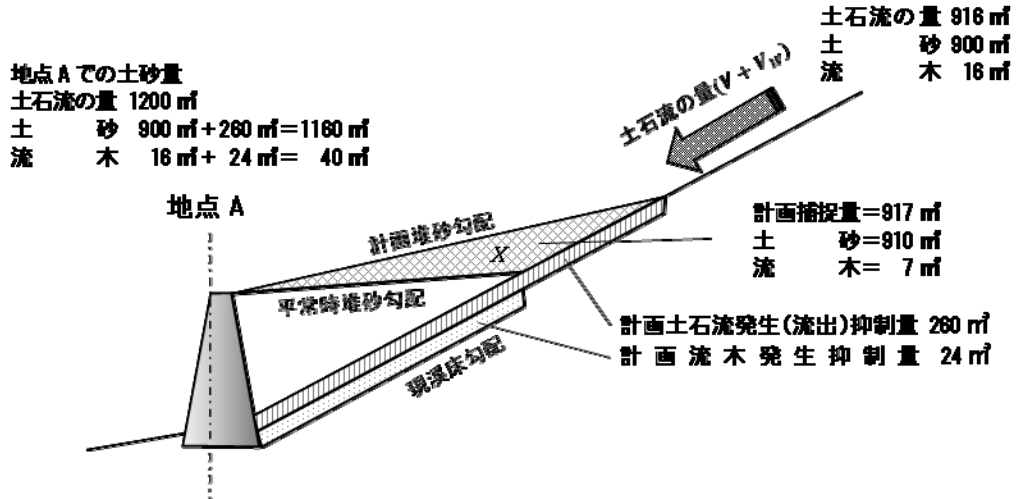
- 両者のうち小さい方を計画捕捉流木量 ( $X_{w1}$ ) とする
- ① 計画捕捉量 ( $X$ ) に土石流の流木容積率<sup>\*</sup> ( $K_{w0}$ ) をかけた量の半分  

$$K_{w0} \times X \times (1 - \alpha) \quad (\text{流木流出率 } \alpha = 0.5)$$
  - ② 計画捕捉量 ( $X$ ) の 2% 分  

$$K_{w1} \times X \quad (K_{w1} = 2\%)$$

<sup>\*</sup>土石流の流木容積率 ( $K_{w0}$ ) 堰堤に流入が想定される計画流出量に対する流木容積率

$$K_{w0} = V_w / V$$



地点 A での各流出量・捕捉量 (計算例)

土石流の量 : 1200 m<sup>3</sup>  
 土 砂 (V) : 1160 m<sup>3</sup>  
 流 木 (V<sub>w</sub>) : 40 m<sup>3</sup>  
 計画捕捉量 (X) : 917 m<sup>3</sup> (土砂 910 m<sup>3</sup> 流木 7 m<sup>3</sup>)  
 計画土石流発生(流出)抑制量 : 260 m<sup>3</sup> (計画堆砂勾配まで)  
 計画流木発生抑制量 : 24 m<sup>3</sup> (平常時堆砂勾配まで)

①  $(K_{w0}) = V \div V_w = \text{流木容積率}(\%)$  **※本堤で見込まれる計画発生(流出)抑制量を差し引く**

$$K_{w0} = (40 - 24) / (1160 - 260) = 1.7\%$$

計画捕捉流木量 =  $K_{w0} \times X \times (1 - \alpha)$  ( $\alpha = 0.5$ )

$$\text{計画捕捉流木量} = 0.017 \times 917 \times (1 - 0.5) = \underline{7.79 \text{ m}^3}$$

② 計画捕捉流木量 =  $K_{w1} \times X$  ( $K_{w1} = 2\%$ )

$$\text{計画捕捉流木量} = 0.02 \times 917 = \underline{18.34 \text{ m}^3}$$

**よって、計画捕捉流木量は①の 7 m<sup>3</sup>となる。**

土砂整備率 (計画土石流発生(流出)抑制量 + 計画捕捉量(土砂)) / 土石流の量(土砂)  
**土砂整備率 (260 m<sup>3</sup> + 910 m<sup>3</sup>) / 1160 m<sup>3</sup> = 100.8%**

流木整備率 (計画流木発生抑制量 + 計画捕捉量(流木)) / 土石流の量(流木)  
**流木整備率 (24 m<sup>3</sup> + 7 m<sup>3</sup>) / 40 m<sup>3</sup> = 77.5%**

**よって、流木捕捉工が必要となる。**

(3) 計画発生（流出）抑制量  $F$   $F'$

計画土石流発生（流出）抑制量は、計画堆砂線以下に包含された移動可能土砂量として求める。

計画において移動可能土砂量が見込まれている場合には、計画堆砂面が形成されることにより（これらは土石流となって流下することはない）計画土石流発生（流出）抑制量として評価する。

計画土石流発生（流出）抑制量は横断図より求積する。

計画土石流発生（流出）抑制量  $F$

$$F = L \times B \times D。$$

$F$  : 計画土石流発生（流出）抑制量

$L$  : 計画堆砂長

$B$  : 土石流発生時に浸食が予想される平均溪床幅 (m)

$D$  : 土石流発生時に浸食が予想される溪床堆積土砂の平均深さ (m)

(一般的に 1~2m が想定される)

計画流木発生抑制量  $F'$

$$F' = L \times V_{wy}$$

$F'$  : 計画流木発生抑制量

$L$  : 不透過型砂防堰堤 平常時堆砂長

部分透過型砂防堰堤 平常時堆砂長

$V_{wy}$  : 発生流木量 (m<sup>3</sup>)

※透過型砂防堰堤は、計画流木発生抑制量は見込まないものとする。

なお、土石流・流木対策施設の計画地点に流入する計画流出流木量から計画捕捉流木量、計画堆積流木量、計画流木発生抑制量の和を差し引いた値が 0 以下となった場合、当該土石流・流木対策施設の計画捕捉流木量は「0」とする。

### 3.2.2 土石流区間での施設効果

#### (1) 不透過型砂防堰堤

##### 1) 不透過型

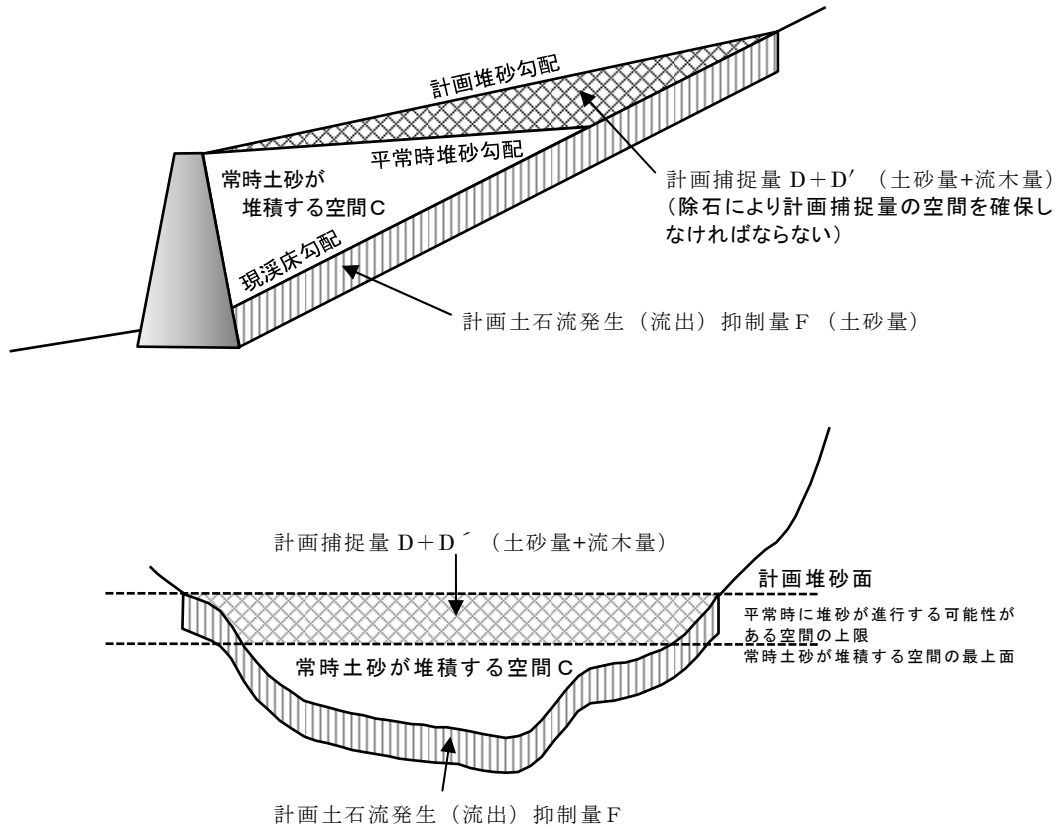


図 3.3.14

2) 不透過型（流木捕捉工）

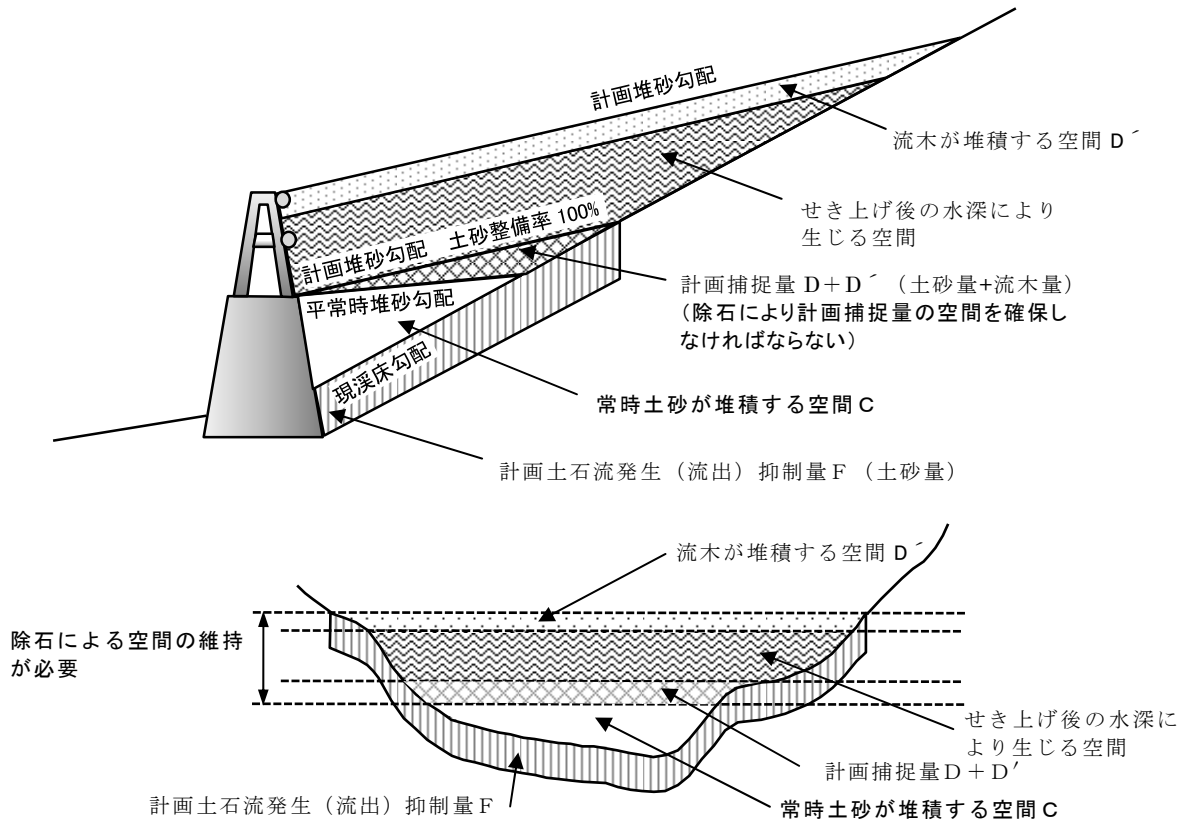


図 3.3.15

3) 不透過型（管理型）（計画堆積量を確保する場合）

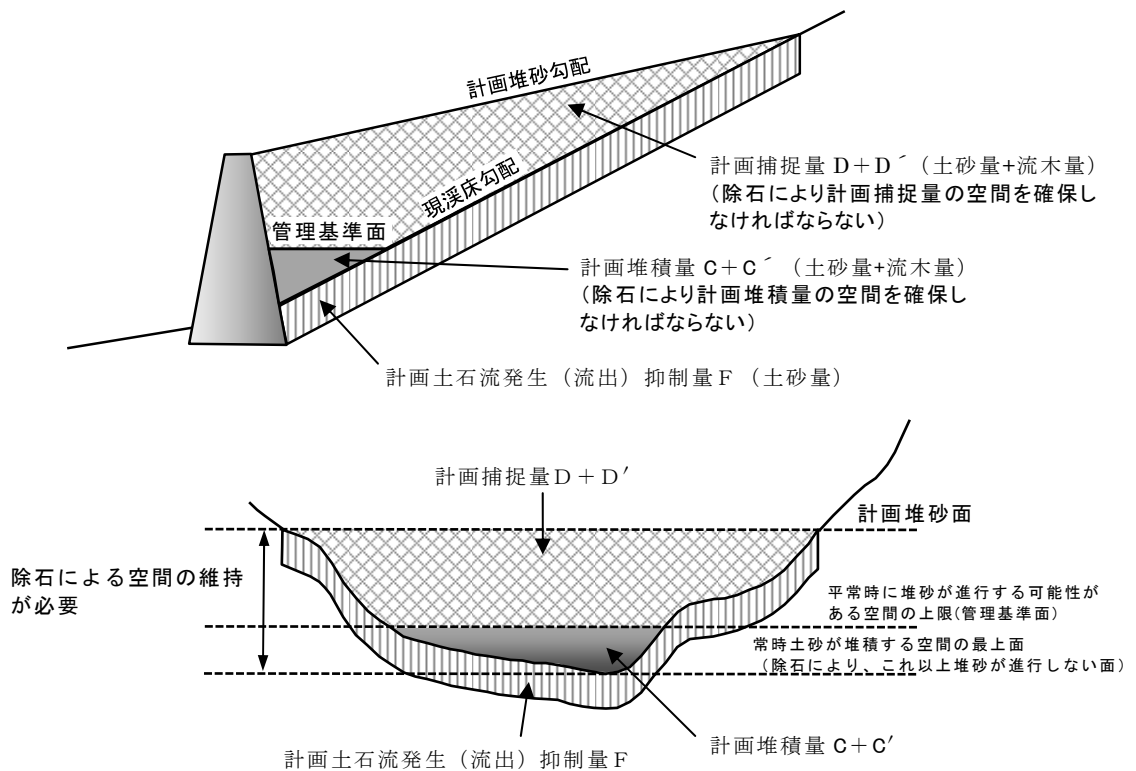


図 3.3.16

(2) 透過型砂防堰堤

4) 透過型

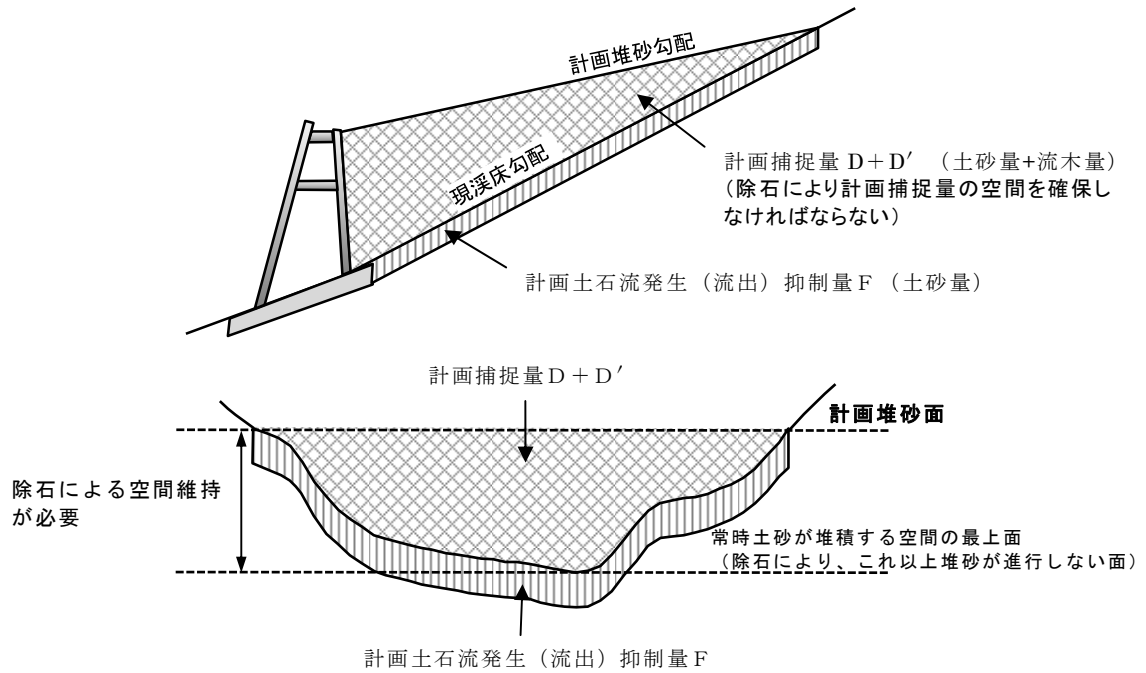


図 3.3.17

(3) 部分透過型砂防堰堤

5) 部分透過型

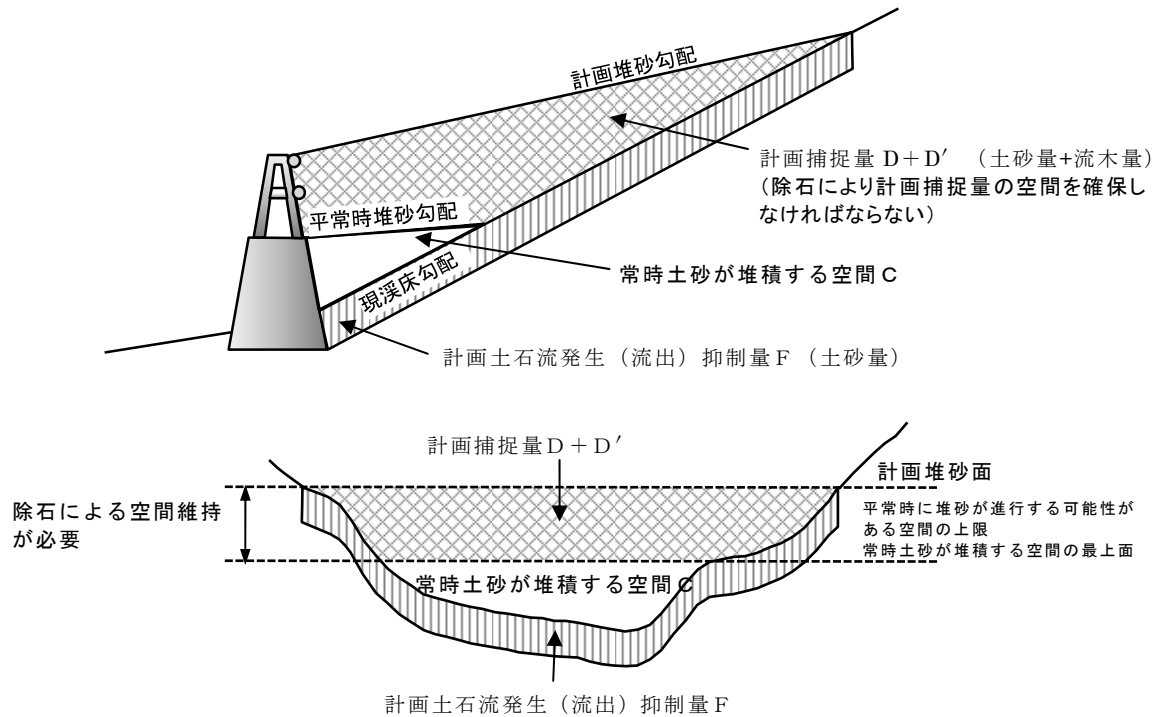


図 3.3.18



(4) 床固工

床固工は、土石流流体力等を見込み砂防堰堤と同様の施設効果を計画した場合は、砂防堰堤に準じるものとする。

(5) 溪流保全工・土石流導流工

溪流保全工・土石流導流工は、計画発生（流出）抑制量のみを評価する。

計画土石流発生（流出）抑制量  $F$ （図 3.3.19 参照）

$$F = L \times B \times D_e$$

$F$  : 計画土石流発生（流出）抑制量

$L$  : 溪流保全工・土石流導流工延長 (m)

$B$  : 土石流発生時に浸食が予想される平均溪床幅 (m)

$D_e$  : 土石流発生時に浸食が予想される溪床堆積土砂の平均深さ (m)

片側護岸の場合は上記の 1/2 とする。

計画流木発生抑制量  $F^{\wedge}$

$$F^{\wedge} = L \times V_{wy}$$

$F^{\wedge}$  : 計画流木発生抑制量

$L$  : 溪流保全工・土石流導流工延長 (m)

$V_{wy}$  : 発生流木量 (m<sup>3</sup>)

なお、土石流・流木対策施設の計画地点に流入する計画流出流木量から計画捕捉流木量、計画堆積流木量、計画流木発生抑制量の和を差し引いた値が 0 以下となった場合、当該土石流・流木対策施設の計画捕捉流木量は「0」とする。

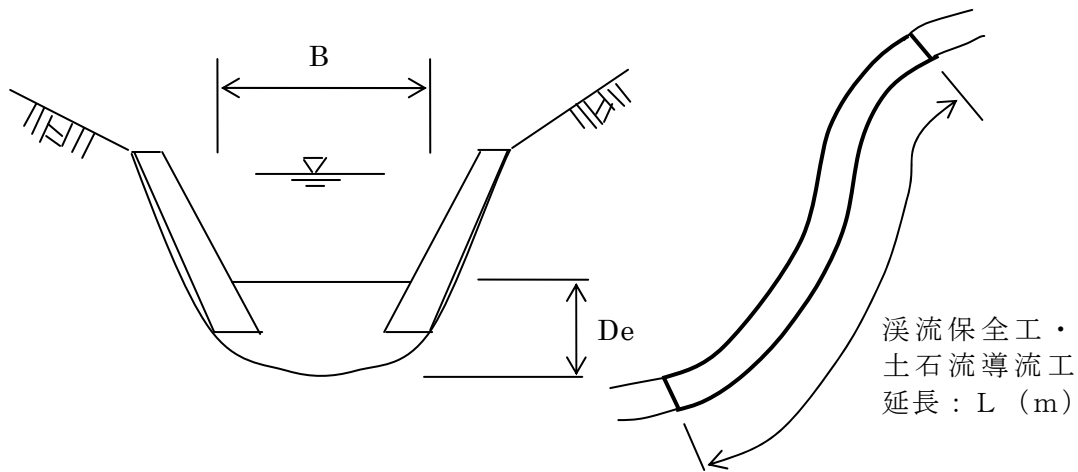


図 3.3.19

(6) 山腹工

山腹工は、計画発生（流出）抑制量のみを評価する。

計画発生（流出）抑制量は、山腹工施工面積（A）に平均崩壊深を乗じたものとする。

計画土石流発生（流出）抑制量  $F$ （図 3.3.20 参照）

$$F = A \times \text{平均崩壊深}$$

$F$  : 計画土石流発生（流出）抑制量

$A$  : 山腹工施工面積 ( $\text{m}^2$ )

計画流木発生抑制量  $F'$

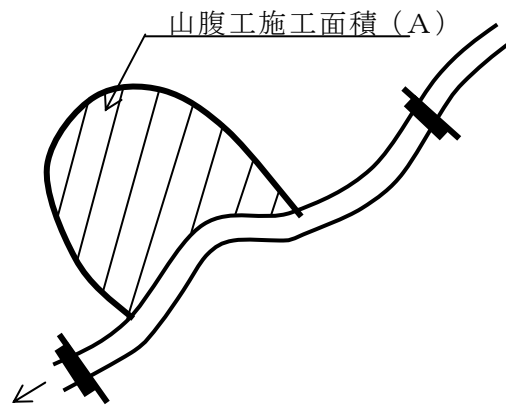
$$F' = A \times V_{wy}$$

$F'$  : 計画流木発生抑制量

$A$  : 山腹工施工面積 ( $\text{m}^2$ )

$V_{wy}$  : 発生流木量 ( $\text{m}^3$ )

なお、土石流・流木対策施設の計画地点に流入する計画流出流木量から計画捕捉流木量、計画堆積流木量、計画流木発生抑制量の和を差し引いた値が 0 以下となった場合、当該土石流・流木対策施設の計画捕捉流木量は「0」とする。



平均崩壊深は 1~2m を標準とする。

図 3.3.20

(7) 治山施設

治山施設とは、治山ダム（谷止工、床固工）・山腹工・溪流保全工等である。

治山ダムについて、土石流流体力を考慮している場合は砂防堰堤と同様の効果量を見込み、流体力を考慮しておらず、未満砂である場合、効果量を見込まない。また、満砂である場合は、土石流により損壊する可能性がないため計画発生（流出）抑制量のみを見込むこととする。

それ以外の施設については、各砂防施設と同等の効果量を見込むものとする。

- 流体力を考慮していない場合の計画土石流発生（流出）抑制量  $F$ （土砂量）の考え方（図 3.3.21 参照）

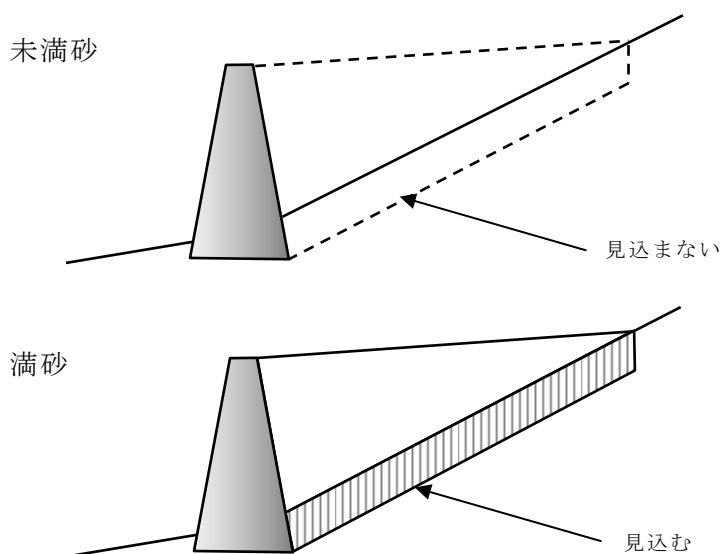


図 3.3.21

### 3.2.3 掃流区間での施設効果

#### (1) 不透過型砂防堰堤および床固工

土砂対策効果は次のものがある。

##### 1) 計画生産抑制土砂量 (F)

堰堤による土砂生産抑制効果としては兩岸山腹の崩壊を防止する効果（溪岸崩壊抑制効果）と溪床に堆積している不安定土砂の再移動を防止する効果（溪床不安定土砂抑制効果）がある。

これらの効果は流域の崩壊、溪床堆積状況調査によって求められるが、崩壊等の資料が得られない場合は、図 3.3.22 を参考に次式を使う。

溪岸崩壊抑制土砂量 (F<sub>1</sub>)

$$F_1 = H \times d \times 2 \times L \div 3$$

(d 崩壊深)      (兩岸)      (L 堆砂区間長)

溪床不安定土砂抑制土砂量 (F<sub>2</sub>)

$$F_2 = b_1 \times t \times L$$

(b<sub>1</sub> 平均溪床幅) (不安定土砂深) (L 堆砂区間長)

土石流発生抑制量 (F)

$$F = F_1 + F_2$$

##### 2) 計画流出抑制土砂量 (C)

計画流出抑制土砂量は堰堤上流の横断測量によって求めるのを原則とする。

長期計画等において図 3.3.22、図 3.3.23 を参考に次式によって堆積量を求めてもよい。

$$C = \frac{1}{2} \times h \times (b_1 + b_2) \times L \times \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \times n \times h^2 (b_1 + b_2)$$

##### 3) 計画流出調節土砂量 (D)

計画流出調節土砂量は平常時堆砂勾配と洪水時堆砂勾配との差分の土砂量である。

一般的には計画流出抑制土砂量の 5～15% がとられるが、標準的に 10% とする。

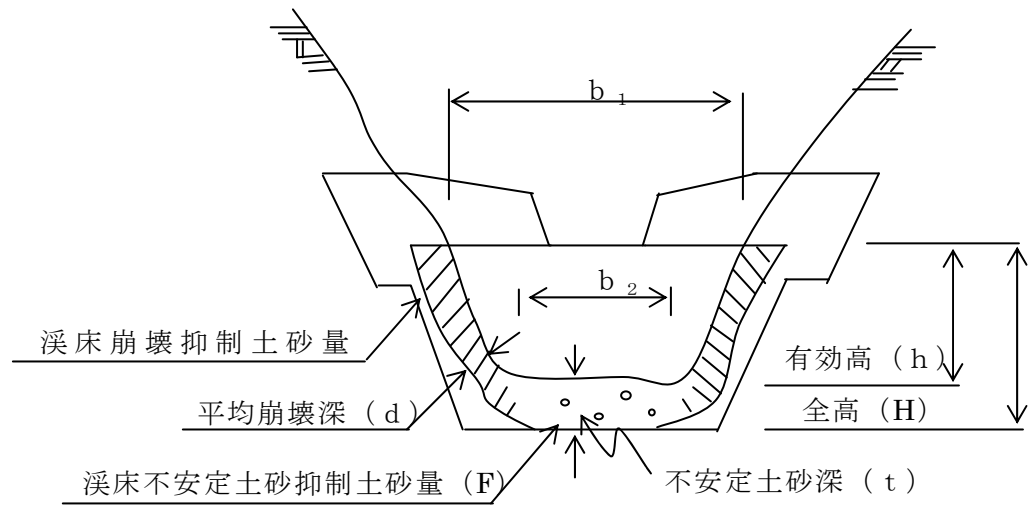


図 3.3.22 砂防堰堤の効果

また、掃流区間では、流砂計画堆積量の 10%とする。

不安定土砂深 (t) および平均崩壊深 (d) は 1.0~2.0m程度を標準とする。

岩盤の場合は ” 0 ” とする。

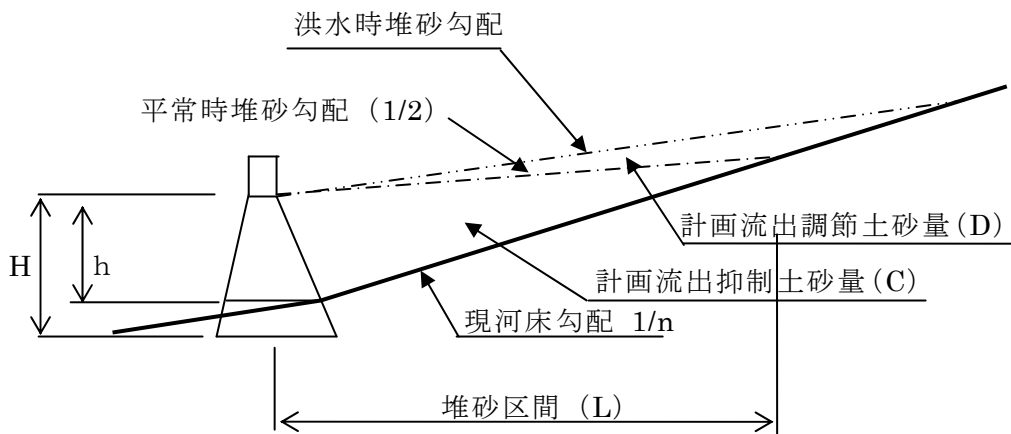


図 3.3.23 砂防堰堤の効果

## (2) 透過型砂防堰堤

透過型砂防堰堤は、平常時（中小洪水を含む）の流出土砂を透過部において下流へ流下させることにより堆積量を確保し、その容量を用いて①土石流を捕捉、②土砂流出を調節、③溪流および生態系の連続性を確保することを目的とする。

透過型砂防堰堤の計画・設計にあたっては本マニュアルに基づくが、本マニュアルで定められていないものについては、河川砂防技術基準（案）および土石流・流木対策設計技術指針によることとする。

### < 解説 >

#### 目的及び効果

透過型砂防堰堤の目的および効果を表 3.3.2 に示す。

#### 計画・設計の基本

溪流の特性は一つ一つ異なる上、区間ごとも様相が違い、しかも時を経る中変化して行くため、砂防施設の配置・設計は、時間的变化を含めた溪流特性を現地調査・文献収集等によって把握した上でその特性にあたった機能を発揮するように行うのが原則である。本マニュアルでは土石流を捕捉するタイプと、土砂の流出を調節するタイプとの二つに大きく区分し、設計上の考慮事項ごとに定めることとする。

また、連続して透過型砂防堰堤を設置する場合、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。

なお、本マニュアルは流木捕捉工には適用しない。

表 3.3.2 透過型砂防堰堤の目的と効果

| 時間的区分   | 透過型砂防堰堤の目的 | 具体的効果                   |
|---------|------------|-------------------------|
| 短期的土砂移動 | ①土石流の捕捉    | 土石流の停止、堆積               |
|         | ②土砂流出の調節   | 土石流出総量の調節<br>土砂流出ピークの調節 |
| 長期的土砂移動 | ③流砂系の連続性確保 | 中小洪水時における自然な土砂の流下       |

1) 透過型砂防堰堤

透過型砂防堰堤とは、土石流を捕捉または土砂流出総量およびピークを調節し、かつ、溪流の水理的連続性を損なうことなく、中小洪水を含む平常時に土砂を流下させることを可能にする開口部を持つ砂防堰堤をいう。

< 解説 >

透過型砂防堰堤は土砂の捕捉機能および対象とする土砂移動現象によって図 3.3.24 のように分類される。なお、透過型砂防堰堤は、山脚の固定を目的としないことに注意して施設配置計画を作成する。また、土石流の捕捉、洪水時の流出土砂調節および平常時の土砂流下を目的とした開口部を堤体に持つコンクリート砂防スリット堰堤、大暗渠砂防堰堤、スーパー暗渠砂防堰堤、鋼製スリット堰堤、鋼製格子型砂防堰堤等は、透過型砂防堰堤に分類されるが、排水および施工上の目的等で堤体に開口部を設けた砂防堰堤は透過型砂防堰堤に属さない。

(参考)

砂防計画上あるいは総合土砂管理の観点から必要な場合は、既設の不透過型砂防堰堤の一部を開削し、透過型砂防堰堤化等することができる。

ただし、貯留されている土砂および流出に起因する土砂災害、溪流環境への影響、既存堤体の安定および補強等について十分検討したうえで計画するものとする。

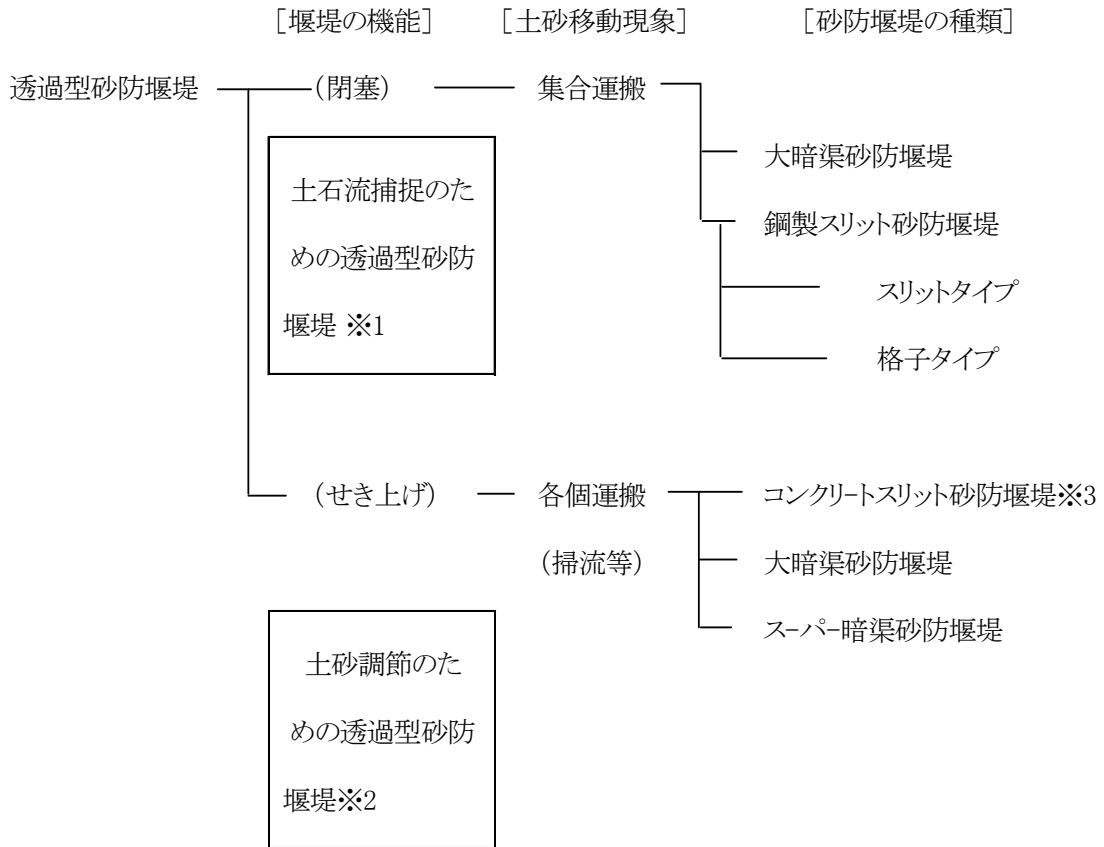


図 3.3.24 透過型砂防堰堤の分類

※1 透過部の閉塞によって土石流を捕捉する透過型砂防堰堤を、土石流捕捉のための透過型砂防堰堤と呼ぶ。

※2 流水の堰上げにより流出土砂を調節する透過型砂防堰堤を土砂調節のための透過型砂防堰堤と呼ぶ。溪床勾配が 1/30 以上であっても、土石流の発生が見込まれず、掃流状態での土砂の流下が見込まれる溪流では土砂調節のための透過型砂防堰堤を計画する。

※3 原則として土石流の捕捉を目的としたコンクリートスリット砂防堰堤は設置しない。

土石流捕捉のため過去に設置されたコンクリートスリット砂防堰堤については、鋼製の棧等（梯子状の水平バー）を設置するなど、土砂を確実に捕捉する対策を講じる。



## 2) 連続性

連続性とは中小洪水にて自然に土砂が流下すること、および魚類、昆虫、動物等が縦断方向に移動可能なことをいう。

## 3) 計画捕捉量

不透過型砂防堰堤に準ずる。

## 4) 計画捕捉土砂量（鋼製スリット堰堤の場合）

土砂調節のための透過型砂防堰堤による計画捕捉土砂量とは、一洪水期間中に透過型砂防堰堤の上流堆砂区域および直下流区域において一時的に堆積し、流出を抑制する土砂量をいう。（図 3.3.25 参照）

### < 解説 >

土砂調節のための透過型砂防堰堤では、出水により水位が堰上げられている間は、スリット上流に堆砂肩が形成され堰堤上流に土砂が堆積する。その後、洪水後半の減水期に水位が低下すると堆砂肩が崩れ、一度堆積した土砂の一部がスリットから流出し、堰堤直下流付近に堆積する。

透過型砂防堰堤では、この直下流付近に堆積する土砂量も含めて計画捕捉土砂量とする。

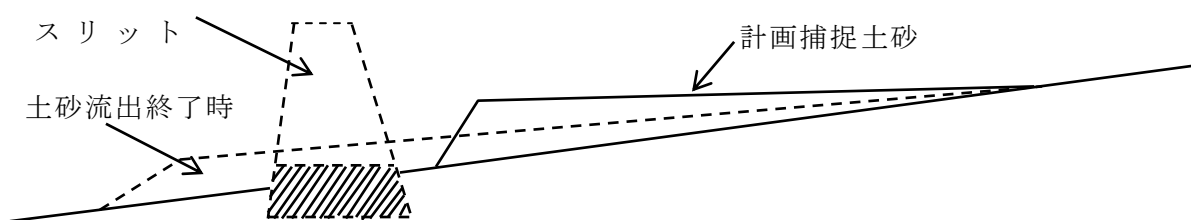


図 3.3.25 計画捕捉土砂量の概念（図 3.3.26 参照）

## 5) 除石

土石流捕捉工完成後に除石が必要な場合は除石方法、搬出方法を検討する。

## 6) 計画捕捉土砂量（鋼製スリット堰堤の場合）

洪水中に透過型砂防堰堤に堆積する最大土砂量を計画捕捉土砂量として評価する。

### < 解説 >

#### ・計画捕捉土砂量として評価する土砂量

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、上流に向けては現溪床勾配の 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捕捉土砂量として評価する。（図 3.3.26 参照）

#### ・計画捕捉土砂量の算出

堆砂肩の高さ  $Z_s$  は次式によって求めることができる。

$$Z_s = \left\{ \frac{F'^2}{2} \left( \frac{1}{\sqrt[3]{r^2}} - 1 \right) + \frac{\sqrt[3]{r}}{r} - 1 \right\} \times \left( \frac{nQ}{Bs\sqrt{I}} \right)^{0.6}$$

ここに、

$Z_s$  : 堤砂肩の高さ

$F'$  : 等流水深に対するフルード数

$r$  : 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捕捉土砂量は、透過部の形状、堰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、溪床変動シュミ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。

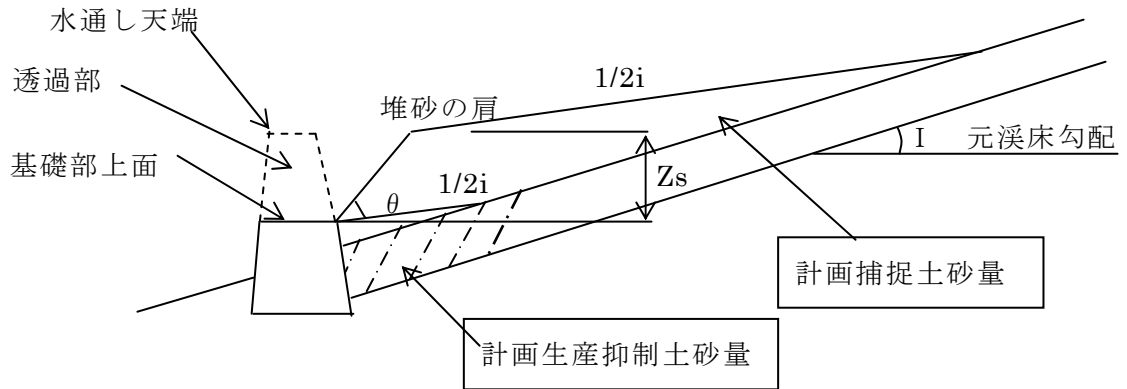


図 3.3.26 土砂調節のための透過型砂防堰堤における計画捕捉土砂量の考え方

#### 7) 計画土石流発生抑制量

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溪床よりも高い部分については、計画土石流発生抑制量を評価する。

#### < 解説 >

計画土石流発生抑制量については図 3.3.26 に示す斜線部分を見込んでよいこととする。

#### (3) 流木対策

流木対策の効果は、次のものがある。

土石流の発生・流下・堆積区間において土石流とともに流下する流木を捕捉するための効果量は、見かけの捕捉容量 (V d) × 流木容積率 (β) で流木実立積 (V r) を求める。(図 3.3.27 参照)

$$V r = V d \times \beta$$

$$V d = h \times W \times (2 \sim 3) \times 1/n \times H$$

ここに、

$\beta$  : 流木容積率 (不透過型 2%、透過型 30%)

$h$  : 流木止めの高さ (m)

$W$  : 流木止め上流の湛水幅あるいは堆砂地の平均幅 (m)

$n$  : 流木止め上流の元河床勾配

$H$  : 流木止めの中央部の元河床からの高さ (m)

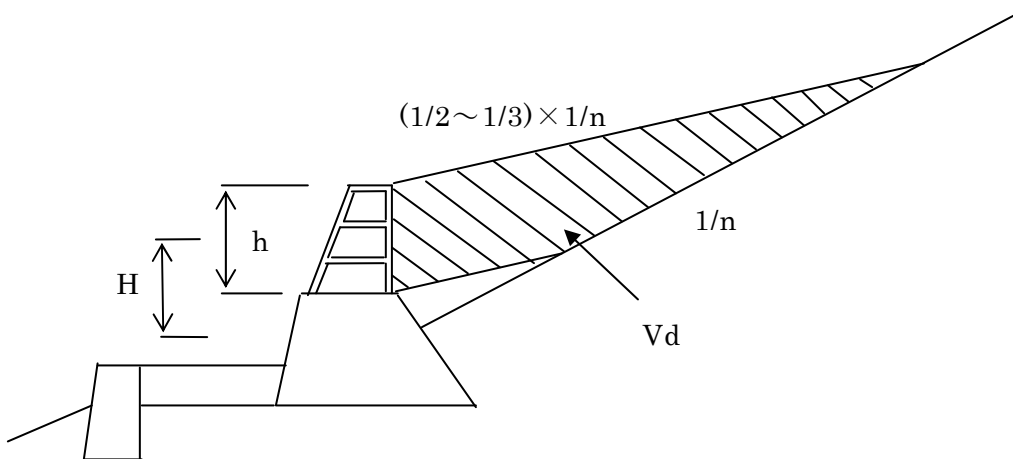


図 3.3.27 土石流区間に設置する流木捕捉工の模式図

(参考)

ここで、流木容積率 ( $\beta$ ) は砂防施設の種類により異なり、既往災害における流木捕捉実態から下記の値が得られる。

透過型の砂防施設 :  $\beta \leq 30\%$

土石流区間における不透過砂防堰堤についてはデータが非常に少ないが、満砂状態で約 3%を示した事例がある。

土木研究所が行った模型実験によると、流木長が水通し幅の 1.3 倍より大きい場合流木容積率は 1~9%に分布しており、特に 2~5%に集中している。不透過型砂防堰堤の捕捉量に対する流木容積量 ( $\beta$ ) は既往の捕捉事例に基づいてもとめるものとするが、対象溪流において捕捉事例がない場合は、 $\beta = 2\%$ としてよい。(図 3.3.28 参照)

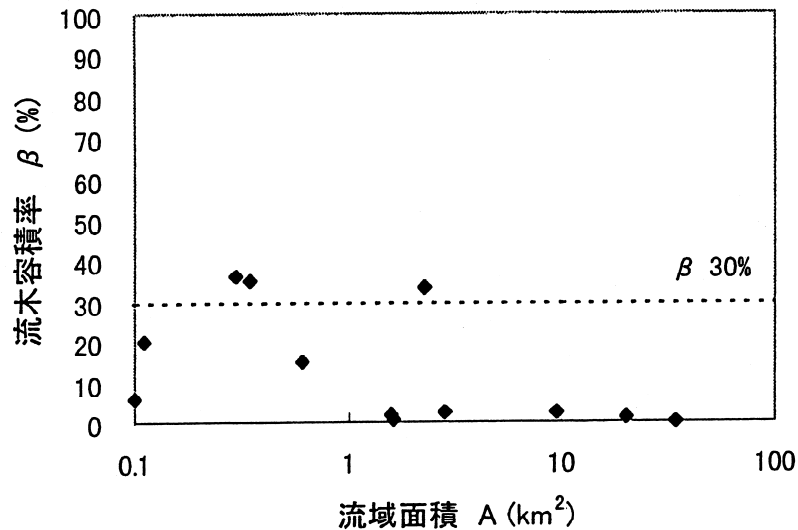


図 3.3.28 透過型砂防堰堤の捕捉量に対する流木容積量

なお、流木止めの上流部での見かけ捕捉容量（ $V_d$ ）内に堆積する土砂量（ $V_s$ ）は、次式により算出する。

$$V_s = V_d \times (1 - \beta)$$

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、堆積木相互に間隔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、

$$\text{流木の平均長さ} (I_{av}) \times \text{流木の平均長径} (d_{av})$$

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。

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

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。

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

掃流区域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効果は無いものとする。

#### (4) 溪流保全工

溪流保全工は計画生産抑制効果のみを評価する。計画生産抑制土砂量を整備土砂量としてカウントする。計画生産抑制土砂量は、水平方向には流路幅（ $b$ ）の2～3倍程度、垂直方向には護岸と計画河床高との比差（ $H$ ）として溪流保全工の延長を乗じたものとする。

- ・計画生産抑制土砂量（ $F$ ）

$$F = (2 \sim 3) \cdot b \cdot H \cdot L$$

片側護岸の場合は上記の1/2とする。

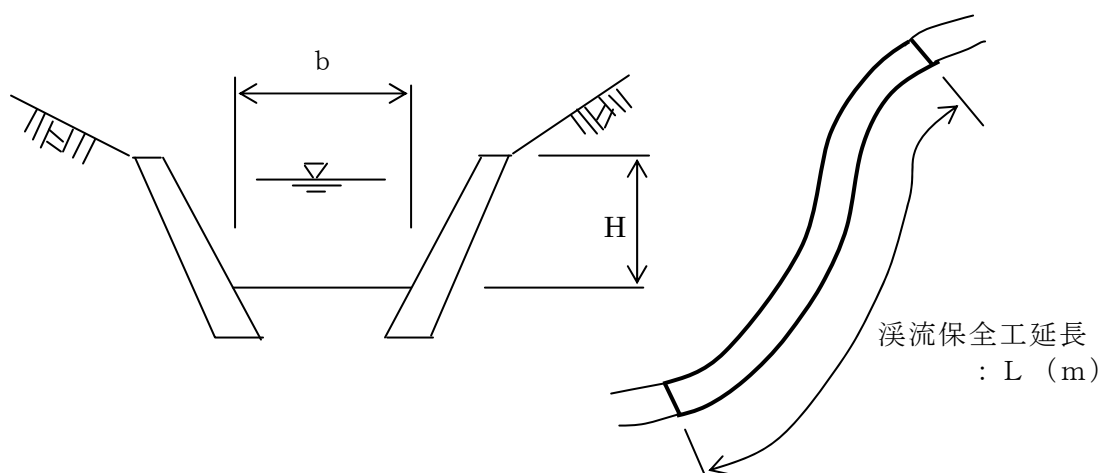


図 3.3.29

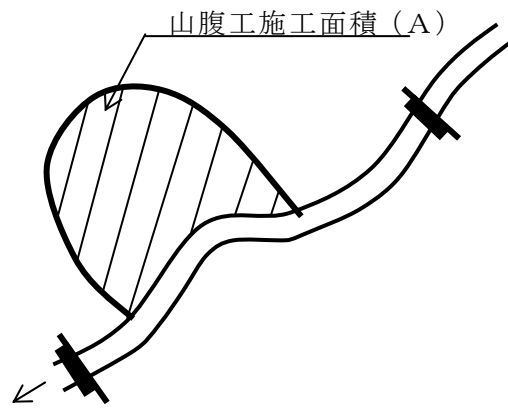
#### (5) 山腹工

山腹工は計画生産抑制効果のみ評価する。

計画生産抑制土砂量は山腹工施工面積（ $A$ ）に平均崩壊深を乗じたものとする。

- ・計画生産抑制土砂量（ $F$ ）

$$F = A \times (\text{平均崩壊深})$$



平均崩壊深は 1~2m を標準とする。

図 3.3.30

## 第4章 除石（流木の除去を含む）計画

### 4.1 除石計画の基本

土石流・流木処理計画上、除石が必要となる場合は、搬出路を含め、あらかじめ搬出方法を検討し、砂防設備台帳に添付しておくものとする。

また、土石流・流木対策施設が十分機能を発揮するよう、土石流等の発生後や定期的に堆砂状況等の点検を行い、必要に応じて除石等を行う。なお、点検及び除石を行った場合には、砂防設備台帳へ記載する。

不透過型砂防堰堤を計画する場合（管理型は除く）、除石計画は砂防施設点検に基づき管理を行うものとする。

なお、想定外の流出があった場合はこの限りではない。

#### < 解説 >

土石流・流木処理計画上、除石が必要となる場合は、搬出路の敷設等土砂及び流木の搬出方法や搬出土の受入先、除石の実施頻度等の除石計画を土石流・流木処理計画で検討する必要がある。なお、溪床堆積土砂移動防止工は除石（流木の除去を含む）を原則として行わない。

また、除石には、土石流発生後等の緊急的に実施する「緊急除石」と、定期的な点検に基づいて堆積した土砂および流木を除去する「定期的な除石」とがある。その基本的な考え方は、以下に示すとおりである。

#### (1) 緊急除石

土石流発生等の出水により捕捉された土砂及び流木を緊急的に除石することは、砂防堰堤の計画捕捉量・計画堆積量を確実に確保する観点から重要である。

このため、土石流発生後等に土石流・流木対策施設の捕捉状況について臨時点検を行い、必要に応じて次期出水にそなえて緊急に除石を実施する。

#### (2) 定期的な点検に基づく除石

定期的な点検に基づく除石は、堆積する土砂及び流木等から主として、計画堆積量を確保するために行うものである。



土石流・流木対策施設について定期的に点検を行い、その結果、土石流・流木処理計画上必要としている計画捕捉量・計画堆積量を確保する必要がある場合に除石を実施する。

なお、除石を実施する際に、透過部断面を閉塞した礫がほぐれて突発的に下流へ流出する危険があるため、除石は直下から行わず、原則として上流から実施する。

## 4.2 除石計画

### (1) 除石実施計画

**除石のサイクルコストを考慮した比較検討は行わないものとする。**

(統一基準が明確でないため)

### (2) 除石管理の管理基準面について

**全体土砂量の10%を高さ置き換えて堰堤背面に表示を行うものとする。**

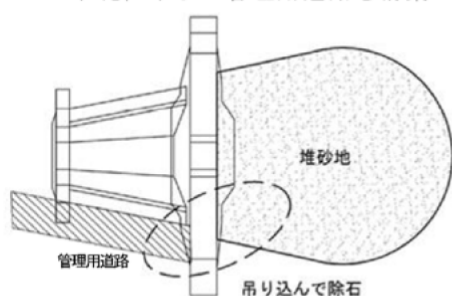
### (3) 除石頻度について

管理、除石等については、砂防関係施設長寿命化点検要領（案）【砂防設備編】等に則るものとする。

(点検報告後に除石等を行うか決定)

### (4) 管理用道路位置及び除石方法について

堰堤直下まで管理用道路を構築し、除石に必要な重機を配置して除石を行う方法



|          |                          |
|----------|--------------------------|
| メリット     | ・地形の変更が小さい、安価            |
| デメリット    | ・除石期間が長い<br>・土石流発生時の対応困難 |
| 採用のキーワード | ・急峻な地形で堆砂地まで管理道が設置困難     |

堆砂管理の方法

図 3.4.1 管理用道路位置及び除石方法

**堰堤直下まで管理用道路を構築することを原則**とする。

計画施設周辺に管理用道路に代わる道路等があり、堆砂地に直接進入可能である場合には、当該道路を管理用道路としてよい。除石計画を実施した場合、管理台帳に記録するものとする。

## 第5章 整備率

### 5.1 整備率の基本

溪流ごとの砂防基本計画の達成度は、砂防施設の種類に応じて計画土砂整備量と計画流木整備量を算定し、整備率により評価する。

また流木の対策には、施設による対策と施設によらない対策があるが、原則として施設による対策を基本とする。流木対策施設は土砂流出対策施設と密接な関係を持つ。

整備率は計画基準点（補助基準点を含む）ごとに算出する。

#### < 解説 >

整備率の算定は砂防施設と同様に、土石流危険溪流や土石流区域に施工する場合に算定する土石流・流木対策計画と、掃流区域において策定する流砂調整計画の2種類に分類できる。

整備率は、現況および当該施設完成後の状況に応じて、基準点毎に算出する。

補助基準点の設置位置は、支川との合流部や、既設堰堤の地点等必要な位置に設けるものとする。

整備率は砂防堰堤の計画堆積量を評価せず、溪流の各地点での施設による長期的整備度合を表現するものであり、砂防基本計画では、計画基準点において整備率100%を目指した計画とする。

流木対策には、大別して流木の発生防止を目的とするもの（流木発生抑止）と、発生した流木を溪流や河道で捕捉し下流への流出の防止を目的とするもの（流木捕捉）とがあり、これらの施設は、流出土砂対策のための施設と密接な関連を持つ。

土石流区間では流木対策施設、流出土砂対策施設は、それぞれに流木だけ、土砂だけを捕捉するのではなく、両施設とも流木および土砂を捕捉するので、施設の計画においては整合を図る必要がある。

(1) 整備率

整備率は、砂防堰堤の計画堆積量（C）を整備土砂量に考慮しないで算出する。

整備率は、堰堤に満砂した場合でも除石（流木の除去を含む）を行わないものとして算出する。

(2) 暫定整備率

砂防堰堤が満砂するまでの暫定的な整備率として、計画堆積量（空容量）を考慮した整備率としてよい。

基本計画による分類は下記の表による。

| 区分  | 土石流・流木対策計画 | 流砂調整計画 |
|-----|------------|--------|
| 整備率 | 土砂整備率      | 流砂整備率  |
|     | 流木整備率      | 流木整備率  |

5.1.1 土石流・流木対策計画

(1) 土砂整備率

$$\text{土砂整備率 (G)} = \frac{C + D + F}{Q - E} \times 100\%$$

C：計画堆積土砂量 （不透過型砂防堰堤（管理型）以外は“0”）

D：計画捕捉土砂量

F：計画土石流発生（流出）抑制量

Q：計画流出土砂量

E：計画流下許容土砂量 （“0”）

(2) 流木整備率

$$\text{流木整備率 (G')} = \frac{C' + D' + F'}{Q' - E'} \times 100\%$$

C' : 計画堆積流木量 (不透過型砂防堰堤(管理型)以外は“0”)

D' : 計画捕捉流木量

F' : 計画流木発生抑制量

Q' : 計画流出流木量

E' : 計画流下許容流木量 (“0”)

(3) 暫定土砂整備率

$$\text{土砂整備率 (G)} = \frac{C + D + F}{Q - E} \times 100\%$$

(4) 暫定流木整備率

$$\text{流木整備率 (G')} = \frac{C' + D' + F'}{Q' - E'} \times 100\%$$

(5) 床固工の着手条件

床固工上流の整備率 (G) が整備率で 50% 以上

### 5.1.2 流砂調整計画

整備率は、基本計画上の整備率(完全方式)と現状に応じて使い分ける暫定整備率(防災方式)がある。

(1) 整備率

$$\text{整備率 (G)} = \frac{F(1-\alpha) + D}{Q - E} \times 100\%$$

E : 計画許容流砂量

Q : 計画流出土砂量

C : 計画流出抑制土砂量

D : 計画流出調節土砂量

F：計画生産抑制土砂量

$\alpha$ ：河道調節土砂量の割合

通常の流砂調整計画で用いられる式で、計画生産抑制土砂量（F）と計画流出調節土砂量（D）によって整備しようとするものであり、溪流保全工部分では、計画生産抑制土砂量（F）のみを見込み、計画流出調節土砂量（D）は計上しない。

計画許容流砂量は計画流出土砂量の10%を標準とする。

## (2) 暫定整備率

$$\text{暫定整備率 (G')} = \frac{F(1-\alpha) + C + D}{Q - E} \times 100\%$$

この式も流砂調整計画の考え方で用いる式である。砂防施設の入る場所が限定されるため常に流出抑制土砂空容量を確保して、整備率の不足分を補うため、砂防堰堤・貯留堰堤・遊砂池等を砂防計画にとり入れる場合に用いる式である。また、当面流出抑制土砂空容量を見込むことができる場合、暫定的な整備率を算出し、今後の施設計画の施工年次を系統する指標として用いることもある。

## (3) 溪流保全工の着手条件

溪流保全工上流の整備率（G）が暫定整備率で50%以上

## 第6章 砂防施設計画

### 6.1 総 則

#### 6.1.1 計画の基本

砂防施設計画は、砂防基本計画に基づき、合理的に定めるものとする。

砂防施設は、水系における相互の関連を考慮し、技術的にもまた効果の面においても調和のとれたものにしなければならない。

砂防施設計画の実施に際しては、その効果が最も有効に発揮されるよう順位を考慮しなければならない。

#### 6.1.2 砂防施設とその機能

砂防施設の計画に当たってはその目的を明確にし、砂防施設の機能が最も有効に発揮されるよう考慮しなければならない。

#### < 解説 >

砂防施設として代表的なものは、堰堤工、床固工、護岸工、溪流保全工、土石流導流工、山腹工等である。

土石流区間での最下流堰堤は、不透過型砂防堰堤を基本とする。なお、その他の堰堤形式については、形式選定のフロー（p3-50 図 3.3.11）によるものとする。

砂防施設を機能別に分類すると次のようになる。

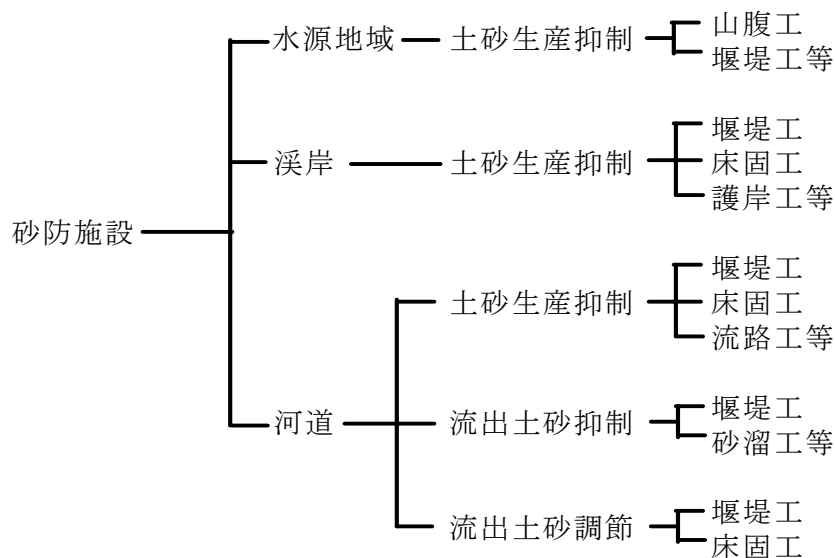


図 3.6.1 土石流対策施設の種類

### 6.1.3 流木対策施設とその機能

流木対策施設は、土砂の発生やその流下形態に応じた流木の挙動を考慮したものでなければならない。

#### < 解説 >

流木発生抑止のための施設には、主に崩壊地等の流木・土砂の生産源地域に設ける斜面安定工、土石流が発生・流下・堆積する区間（以下、土石流区間という）に設ける護岸工、床固工、砂防堰堤工等、および溪流の土砂が掃流状態で運搬される区間（以下、掃流区間という）にもうける溪流保全工、護岸工等がある。なお、本堤で土石流の全てが捕捉されると想定される場合は土石流区間で副堤に設置される流木捕捉工は掃流区間として扱う。

流木捕捉のための施設には、過去に発生し山腹斜面等に堆積した倒木が溪流に入るのを防止するために山腹斜面に設ける流木止工、主に土石流区間に設ける透過型砂防堰堤工、部分透過型砂防堰堤工等および主に掃流区間に設ける不透過型堰堤＋流木止め工（副堰堤等に設置）透過型砂防堰堤、遊砂地（砂溜工を含む）＋流木止工等がある。

なお、図 3.6.1、図 3.6.2 に一般的な土石流・流木対策施設の種類を、図 3.6.3 に土石流対策施設配置、図 3.6.4 に流木対策施設配置の概念を示す。



図 3.6.2 流木対策施設の種類

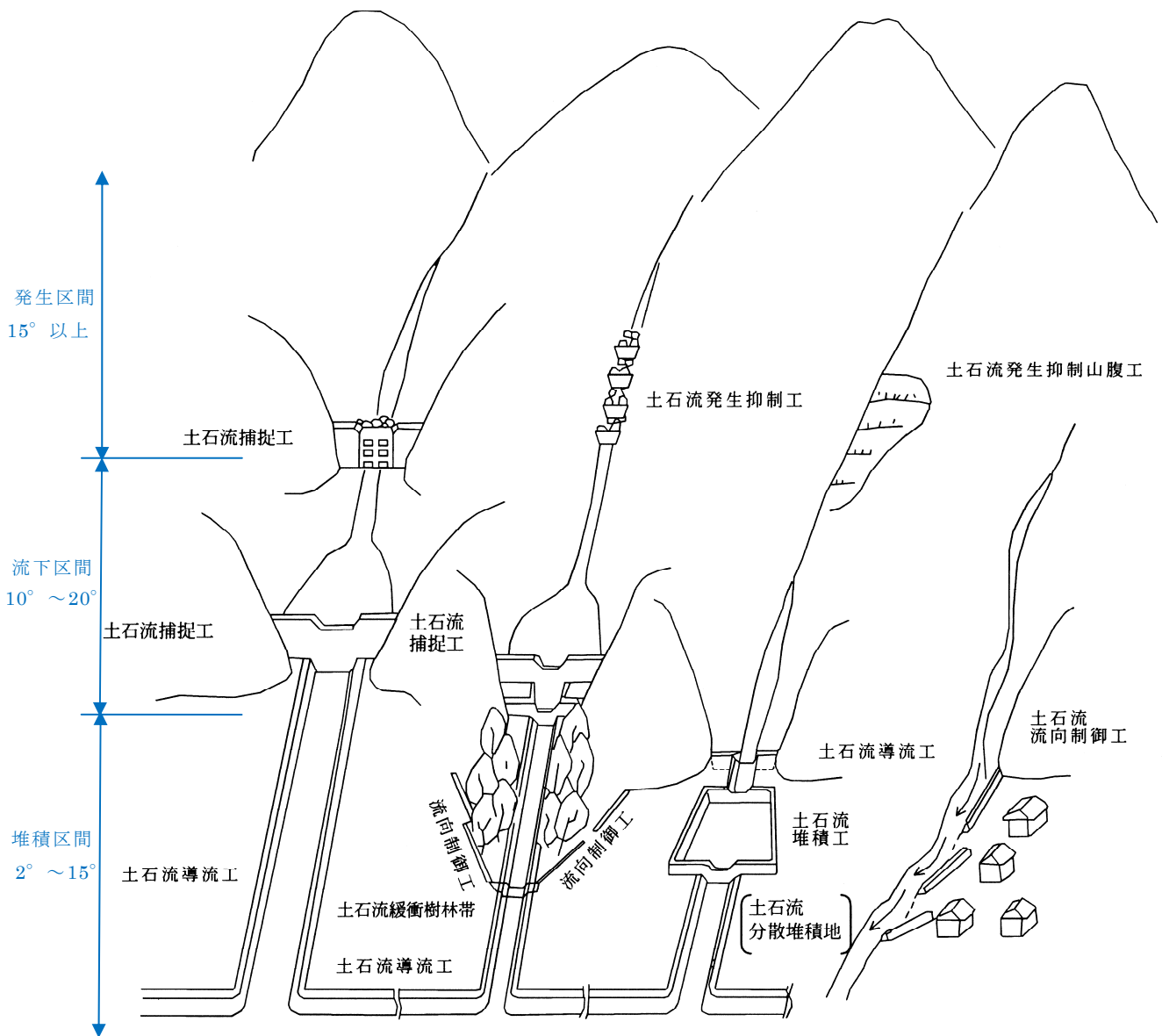


図 3.6.3 土石流対策施設配置の概念図



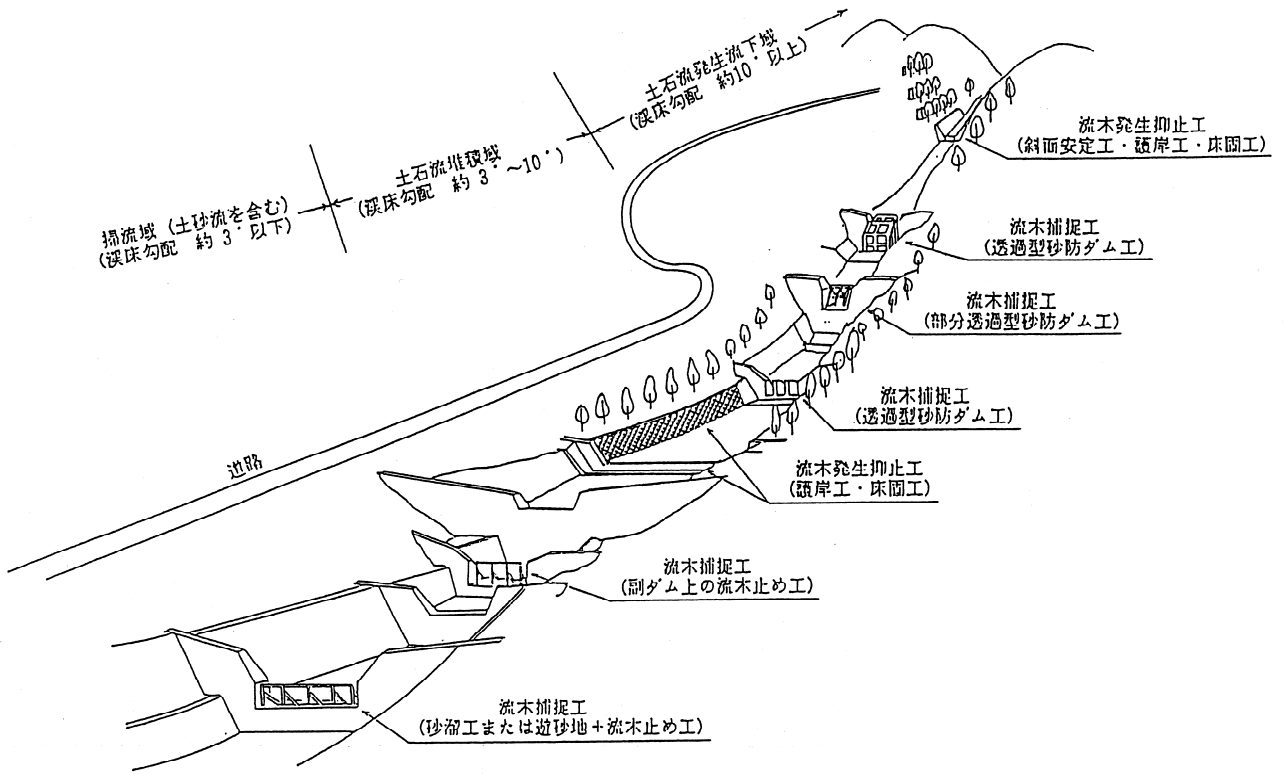


図 3.6.4 流木対策施設配置の概念図

## 6.2 砂防施設

### 6.2.1 砂防施設の分類

#### (1) 砂防堰堤の分類

堰堤はその目的によって次の5種類に分類する。一つの堰堤が二つ以上の目的を兼ねる場合には、その主たる目的によって分類するものとする。

- 1) 山脚固定堰堤・・・河床を上昇させて山脚を固定し、山腹の崩壊等の予防および拡大の防止を図り、土砂の生産を抑制することを目的とする。
- 2) 縦浸食防止堰堤・・・河道の縦浸食を防止して、土砂の生産を抑制することを目的とする。
- 3) 河床堆積物流出防止堰堤・・・河床に堆積した不安定な土砂の流出を防止することを目的とする。
- 4) 土石流・流木対策堰堤・・・土石流を抑止又は抑制することを目的とする。
- 5) 流出土砂抑制・調節堰堤・・・流出土砂の抑制および調節を目的とする。

#### (2) 流木対策の分類

##### 1) 流木発生抑止工

流木発生抑止工は、山腹・溪岸等の崩壊及び浸食を防止することにより、流木の発生を防止するもので、土砂生産および流木の発生源に計画する。

#### < 解説 >

流木発生抑止工は、土砂とともに流出する流木の発生を防止するために山腹の崩壊を防止する斜面安定工、溪床、溪岸からの土砂の生産を防止する護岸工や床固工等からなる。

これらの施設は砂防計画で対象とする土砂の生産抑制のための施設と整合するよう  
に計画する必要がある。

## 2) 流木捕捉工

流木捕捉工は、山腹斜面、溪流または河道において流木を捕捉するものである。山腹斜面、土石流区間、掃流区間では、それぞれ施設の捕捉機構に違いがあることに注意して計画する。

### < 解説 >

風倒木等流出の危険がある樹林が堆積している山腹斜面においては、流木止め工によりその倒木が溪流に流入するのを防止する。

土石流区間では、流木は土石流と一体となって流下するとみなして透過型砂防堰堤等により流木と土砂を同時に捕捉する。

下流の掃流区間へ流下する流木や、下流域で発生する流木は、砂溜工等と組み合わせた流木止め工や砂防堰堤の副堰堤等に設置した流木止め工等により捕捉する。

### 6.2.2 堰堤位置

#### (1) 一般

堰堤計画箇所は、溪床および両岸に岩盤が存在することが最も望ましいが、目的によっては砂礫層上に計画しなければならない場合がある。この場合には前庭部の保護を十分に考えなければならない。

### < 解説 >

一般に堰堤計画箇所は、越流水による下流のり先の深掘れ、および両岸浸食による破壊防止のため、溪床および両岸に岩盤のある箇所、並びに工費等の関係から、上流部の広がった狭窄部が望ましいのであるが、このような条件に常に恵まれるとは限らない。

目的によっては、例えば河床堆積物流出防止の目的の堰堤等では、不利な条件のもとで計画しなければならない場合がある。溪床に岩盤のない場合は、その溪床の状況に応じて水叩き、あるいは副堰堤を計画して、下流のり先の保護を図らなければならない。

この際、浸透水のパイピング現象による水叩きの破損、副堰堤垂直壁直下流の洗堀等を十分考慮して計画する必要がある。

## (2) 位置選定

堰堤を計画する場合、支溪の合流点付近においては、一般に両方の溪流の基礎堰堤として役立つように、合流点の下流部に堰堤の位置を選定する。

### < 解説 >

支溪の合流がある場合には、主溪および支溪双方の工作物の基礎堰堤として役立つように合流点の下流部に計画するのが望ましいが、主溪および支溪の一方が荒廃しているような場合には、荒廃溪流を優先して計画する。なお、この場合の堰堤は、堰堤の安全のため、合流点に著しく近づけないことが肝要である。

## (3) 階段状堰堤群の位置選定

階段状堰堤群においては、原則として一つの堰堤の計画堆砂線が現溪床と交わる点を上流堰堤の計画位置とする。

### < 解説 >

荒廃溪流において、縦浸食または横浸食が著しい区域、あるいは溪岸崩壊の区域が長区間にわたる場合は階段状に堰堤群を計画する。

この場合、堰堤の堆砂線は、計画勾配（現溪床勾配の 2/3を原則とする）を用いるのが普通で、縦断面図において最下流堰堤から始めて順次計画勾配線を引いていくと計画位置はおのずと決まるが、その位置の堰堤サイトとしての適否、基礎根入等を考える必要がある。（図 3.6.5 参照）

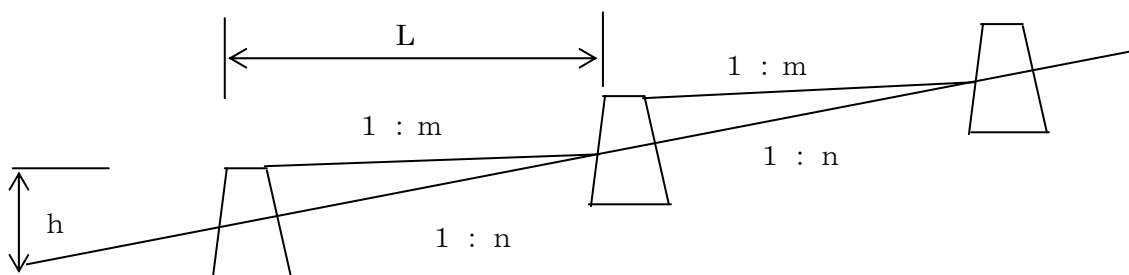


図 3.6.5 階段状堰堤群の位置

$$\text{階段堰堤の間隔の目安} \quad \text{は} \quad L = \frac{m \times n}{m - n} \times h$$

（計画勾配を現溪床勾配の 2/3 とすると  $L = 3n h$ ）

### 6.2.3 堰堤の方向

- (1) 堰堤の方向は、水通し中心点において計画箇所下流の計画流心線に直角に定めるのが原則である。
- (2) 階段堰堤においては、堰堤水通しの中心点（水通し天端の下流端）において、計画箇所上流堰堤の水通しの中心点における流心線上に定める。
- (3) 兩岸の岩盤の状況等により、下流の計画流心線に直角に定めがたいときは、副堰堤の方向を下流の計画流心線に直角に定める。

#### < 解説 >

堰堤の水通しを越流する流水は、理論上水通し天端下流端、すなわち堰堤軸に直角に落下する。

ゆえに堰堤計画箇所の下流の状況によって決定された流心線上に水通し中心を置き、この点において下流流心線に直角に設定した線が堰堤の方向である。

堰堤の計画箇所が、たとえば兩岸の岩盤の関係、あるいは堰堤長の関係などで、堰堤の方向を下流の流心線に直角に定めがたいときは副堰堤による方向修正の必要がある場合が多い。（図 3.6.6 参照）

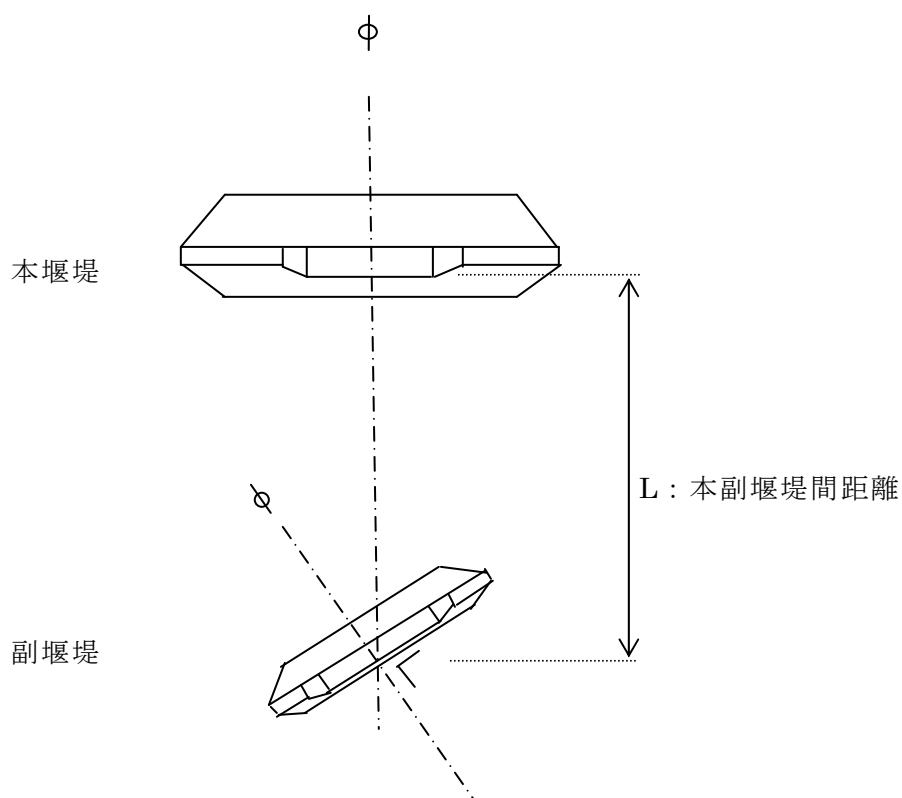


図 3.6.6 堰堤の方向

小溪流に堰堤を計画する場合には、応々にして堰堤施工位置の適所がなく左右岸で地山が分かれている場合が多く、その際には等高線に直角になる様に、上流に向けて袖を折って計画する。(図 3.6.7 参照)

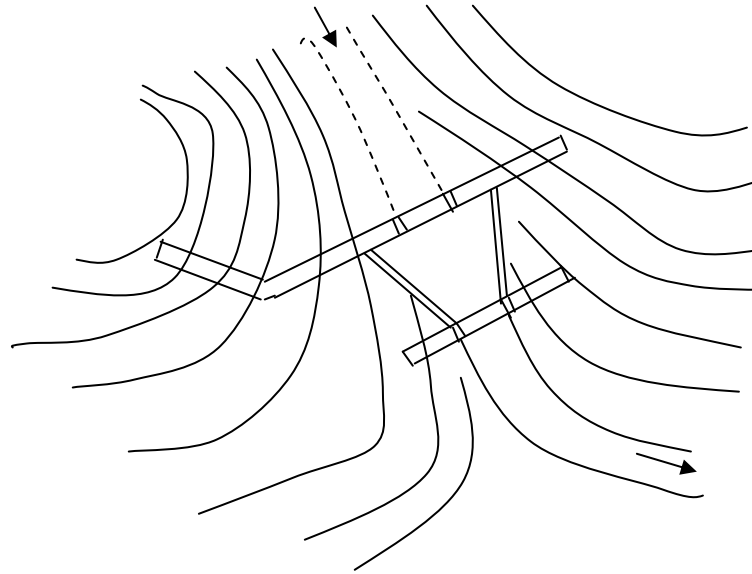


図 3.6.7 袖折れ方向

#### 6.2.4 堰堤の高さ

- (1) 堰堤の高さは、溪流の現況整備率を算定の上定めなければならない。
- (2) 堰堤の高さは、目的および計画箇所の状態に応じて定める。
- (3) 河床の浸食を防止するものは、低堰堤を計画する。
- (4) 崩壊部の下部の堰堤は、山脚の浸食を阻止する高さに計画する。
- (5) 河床堆積砂礫の流出防止のためには、現在河床高に近い高さの堰堤とし、河床の安定勾配を考慮して決定する。
- (6) 堰堤の高さの決定に際しては、基礎の地質を十分に調査しなければならない。  
特に堰堤の高さが 15m 以上となる場合には、岩盤調査を併せて実施しなければならない。ここでいう岩盤とは、地質の良否、支持力、透水性、断層の有無、走行節理などに関する調査をいう。
- (7) フローティング堰堤は高さ 15m 以下であることを原則とする。

## 6.3 溪流保全工

溪流保全工は、流路の是正による乱流防止および縦断勾配の緩和による縦・横断浸食防止を目的として施工するものである。

### < 解説 >

溪流保全工の目的は以下のとおりである。

- (1) 溪流保全工の縦断是正（縦断勾配の緩和による縦横浸食の防止、天井川の解消）
- (2) 溪流保全工の平面是正（扇状地の乱流防止、流水断面の確保）
- (3) 特殊な地質の地域における崩壊防止
- (4) 土石流の後続流（泥水を含む）対策

### 6.3.1 計画条件

#### (1) 溪流保全工

溪流保全工は一般に床固工および護岸工を併用して計画することを原則とする。

#### (2) 上流端処理

溪流保全工計画区域の上流端には、原則として堰堤若しくは床固工を施工するものとする。

### < 解説 >

溪流保全工の上流端には溪流保全工を計画する溪流の上流の荒廃状況、砂防工事の進捗状況を問わず、万一の土砂流出に対応するため、流出土砂抑制・調節効果を持つ堰堤若しくは床固工の施工を必要とする。この堰堤若しくは床固工は遮水機能をも有するよう袖のかん入等は十分考慮して計画することが必要である。

#### (3) 溪 床

溪流保全工は、**原則として、底を張らない構造**とするものとする。

### < 解説 >

溪流保全工を計画する際には、原則として底を張らない構造とする。溪床勾配等を決

定し河床の抵抗力より掃流力がまさる場合においても、勾配緩和等計画段階で検討し、できるだけ三面張は避けること。しかし、勾配緩和・河幅拡大等を考慮しても、なおかつ掃流力のほうが、河床の抵抗力より大なる場合には三面張とすることを考慮すること。

ただし、溪流保全工を計画する区間において、その河床を構成する粒径に対する限界流速が計画勾配と計画水深によって生ずる流速より小さくなる場合には水路を三面張としてもよい。

また、三面張とする場合でも、できる限りコンクリート張は避け護床工による三面張を検討する。

#### (4) 勾配の変化点

勾配変化がある場合はその折点に床固工を計画し、帯工によって勾配を変化させないことを原則とする。

#### < 解説 >

溪流保全工に勾配の変化を与える場合、上流の勾配による流れの物理的な影響をできる限り下流に及ぼさないために、勾配の変化点は床固工を施工し落差を設けることが原則である。

また一つの勾配がかなり長い距離で続く場合、中間における護岸の基礎洗掘を防ぐ意味で、中間に帯工を設ける。この帯工の間隔は通常その勾配を表す分数の分母の数を読み替えた程度を原則とする。

#### (5) 水利用

扇状地に溪流保全工を計画する場合は、地下水、伏流水等に影響を及ぼす恐れがあるので、溪流保全工周辺の水利用に関しては、十分前調査を実施すること。

#### < 解説 >

三面張および掘込み河道の溪流保全工を計画することによって計画前の伏流水、地下水が遮断され、あるいは水位が低下し流域周辺の水利用（湧水、揚水）に著しく影響を及ぼすことがあるため、あらかじめ扇状地における水の挙動について十分調査しなければならない。



### 6.3.2 実施の順序

溪流保全工の実施に際しては溪流上流部の荒廃状況を検討しなければならない。

#### (1) 上流部が荒廃している場合

- 1) 砂防工事が未施工・・・溪流保全工の着手には時期が早すぎる。
- 2) 砂防工事が施工中・・・上流の砂防工事が、計画流出土砂量に対し原則として 50% 以上（土砂生産抑制、流出土砂抑制、調節量を含める）完了した後に溪流保全工を実施するものとする。
- 3) 砂防工事の概成\*・・・溪流保全工の実施可

#### (2) 上流部の荒廃が比較的少ない場合

下流部の屈曲あるいは乱流がはなはだしく、浸食の著しい場合は溪流保全工の計画を必要とすることが多いが、この場合今後の荒廃に対処するため、上流の砂防工事が計画流出土砂量に対し原則として 50%以上完了した後に溪流保全工を計画するものとする。

※概成とは、整備率が 70%以上になることである。

※柿徳一：砂防計画論；全国治水砂防協会、昭和 58 年 12 月

#### < 解説 >

溪流保全工完成後に上流から土砂の流入が多いと人家集落等の中で土砂災害を発生させる原因となる。そこで、溪流保全工は上流からの土砂の流下を十分防止する設備ができた後に着手することが原則である。

### 6.3.3 法線

溪流保全工の法線はできる限りなめらかに計画するものとする。

#### < 解説 >

溪流保全工の法線は流水のスムーズな流下を図るため、また、将来における維持のため直線に近いことが望ましいのであるが、土地利用の盛んな溪流の下流部および砂礫円錐地帯においては、法線の規制が困難な場合が多いため現流路に沿って計画法線を決定しなければならない場合が多い。しかし、用地取得の困難さを理由として著しく現流路に沿うことは避けるべきで、あくまで溪流保全工本来の目的を忘れてはならない。

### 6.3.4 溪床勾配

溪流保全工の勾配を変化させる場合には、上流部より下流部にかけて次第に緩勾配になるよう設計する。溪床勾配掃流力が 50%以上変化しないように定める。

< 解説 >

- (1) 計画溪床は原則として現最低溪床以下に設定し、計画溪床勾配は現溪床勾配の 1/1.5～1/2 を目途とし、最急勾配は **1/10** とする。
- (2) 計画溪床勾配は、掃流力公式、限界掃流力公式により静的平衡勾配、動的平衡勾配による検討をしなければならない。

溪床材料に対する静的平衡勾配は限界掃流力  $U_{2* c}$  が、掃流力  $U_{2*}$  と等しくなるとして求められる。溪床材料が広い粒径範囲を持つ場合には 90～95%以下の粒子が選択流出し、溪床表面が溪床構成材料の略最大径に近い粒子で覆われたアーマーコート(層状構造)の状態となって安定する。

掃流力(摩擦速度)  $U_{2*} = g R i \doteq g H i$  (溪流幅が広い場合)

限界掃流力(限界摩擦速度)  $U_{2* c} = 80.9 d_{mean} = 80.9 d_{90}$

(ただし、 $d_{mean} \geq 0.303 c m$ ) (図 3.6.8 参照)

岩垣公式 より、 $U_{2* c} \geq U_{2*}$  となるよう縦断勾配を決める。

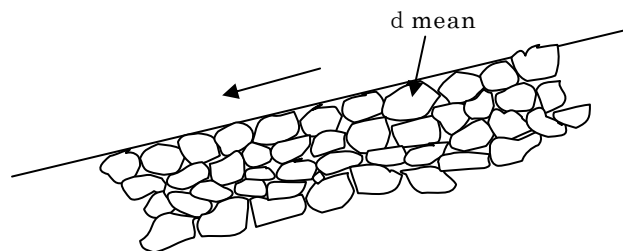


図 3.6.8

$g$  : 重力の加速度 **9.81m/sec<sup>2</sup>**

$R$  : 径深 (溪流幅が広い場合  $R \doteq H$ ) (m)

$i$  : 計画溪床勾配

$H$  : 計画水深 (m)

$d_{mean}$  : 平均粒径 (cm)  $\doteq d_{90}$

$d_{90}$  : 溪床材料の 90%粒径 (cm)

$d'_{90}$  : 溪床材料の 90%粒径 (m)

従って、

$$i = \frac{U_* c^2}{gR} = \frac{80.9d_{90}}{981 \times R \times 100} = \frac{8.25d_{90}}{R} \times 10^{-4} = \frac{8.25d'_{90}}{R} \times 10^{-2} \quad \dots \dots \dots (5-1)$$

マニング式に (5-1) を代入すると、

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} = \frac{1}{n} R^{2/3} \left( \frac{8.25d'_{90}}{R} \times 10^{-2} \right)^{1/2} \\ &= \frac{0.29\sqrt{d'_{90}}}{n} R^{1/6} \quad \dots \dots \dots (5-2) \end{aligned}$$

ここに、

n : マニングの粗度係数

V : 流速 (m/s)

流積 A を矩形断面とみなし (5-3) 式に (5-2) 式の流速 V を代入し、水深 (H ≐ R) について整理すると、(5-5) 式を得る。

$$Q = AV \quad \dots \dots \dots (5-3)$$

$$Q = \frac{0.29\sqrt{d'_{90}}}{n} \times BH^{7/6} \quad \dots \dots \dots (5-4)$$

$$H = \left( \frac{nQ}{0.29\sqrt{d'_{90}}B} \right)^{6/7} = R \quad \dots \dots \dots (5-5)$$

ここに、

B : 溪流保全工幅 (m)

Q : 計画流量 (m<sup>3</sup>/s)

(5-1) 式の R に (5-5) 式を代入すると静的平衡勾配式 (5-6) を得る。

$$I = \frac{8.25d'_{90}}{\left( \frac{nQ}{0.29\sqrt{d'_{90}}B} \right)^{6/7}} \times 10^{-2} \quad \dots \dots \dots (5-6)$$

(5-6) 式に計画流量の算定で求めた値と、平面形の検討で求めた溪流幅を代入して I を求める。

計算例

たとえば以下の条件の場合には、静的平衡勾配が 1/46 となる。

$d_{90} = 0.45\text{m}$  (溪床材料の 90% 粒径)

$n = 0.04$  (マンニングの粗度係数)

$Q = 270\text{m}^3/\text{s}$  (計画高水流量)

$B = 30\text{m}$  (溪流幅)

$$I = \frac{8.25 \times 0.45_{90}}{\left( \frac{0.04 \times 270}{0.29 \sqrt{0.45 \times 30}} \right)^{6/7}} \times 10^{-2} = \frac{1}{46}$$

すなわち、溪床勾配が 1/46 より緩勾配であれば、溪床は安定する。それより急な場合には、溪流幅を広げ計画水深を小さくしたり、溪床維持のためにブロックや底張コンクリート等を計画する。

溪床勾配の変化点の検討

掃流力を 50% 以上変化させないとは、上流を基準として、下式の状態をいう。

$$\frac{U_{*a}^2}{U_{*B}^2} = \frac{gR_A i_A}{gR_B i_B} \leq 2 \quad \dots \dots \dots (5-7)$$

一般的には、式 (5-8) 程度を目安に計画するとよい。(図 3.6.9 参照)

$$\left. \begin{array}{l} i_A \geq \frac{1}{30} \text{ の場合 } \quad \frac{U_{*a}^2}{U_{*B}^2} \leq 2 \\ i_A < \frac{1}{30} \text{ の場合 } \quad \frac{U_{*a}^2}{U_{*B}^2} \leq 1.5 \end{array} \right\} \dots \dots \dots (5-8)$$

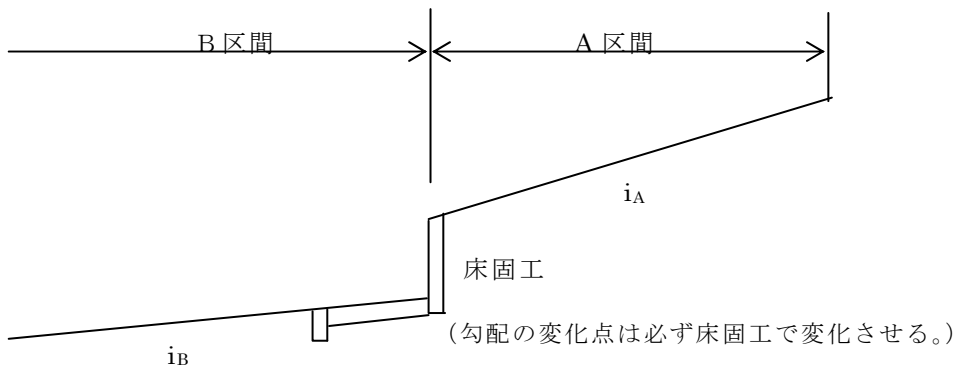


図 3.6.9

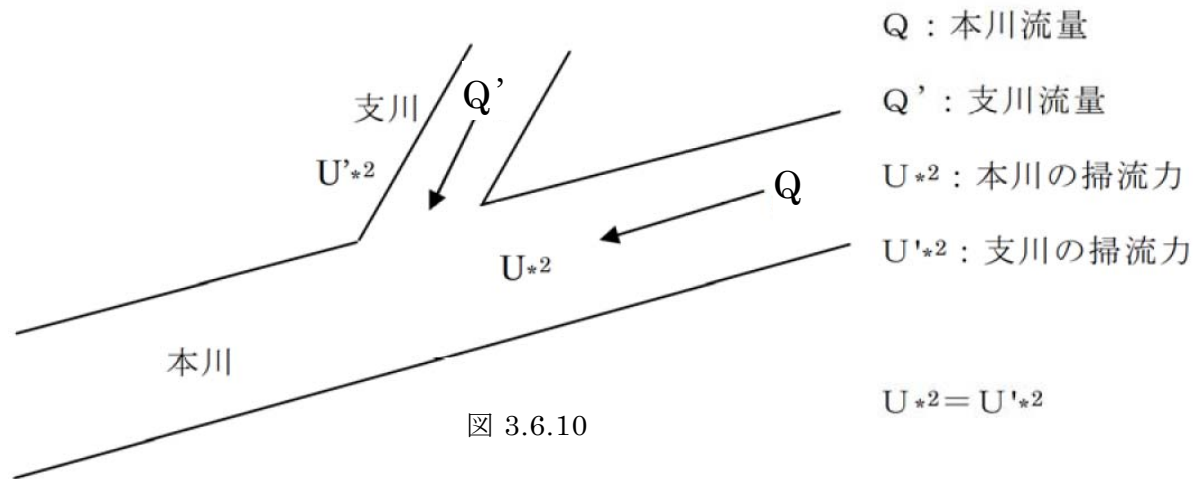
計算例

A区間の  $R_A = 1.4\text{m}$   $i_A = 1/50$

B区間の  $R_B = 1.2\text{m}$   $i_B = 1/60$  とすると、

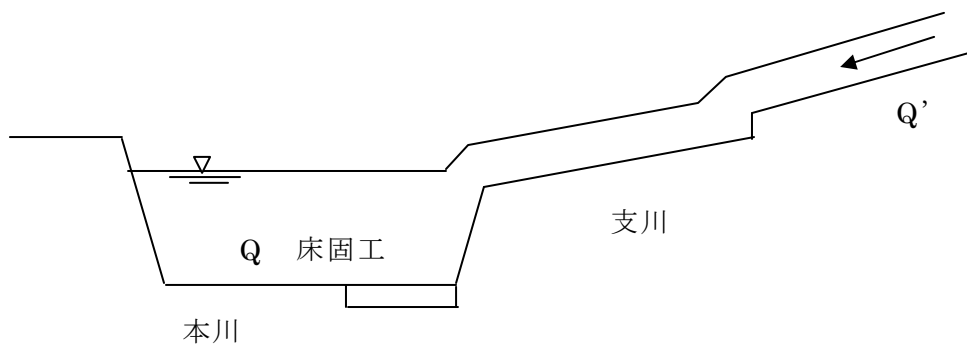
$$\frac{U_{*A}^2}{U_{*B}^2} = \frac{g \times R_A \times i_A}{g \times R_B \times i_B} = \frac{9.81 \times 1.4 \times 1/50}{9.81 \times 1.2 \times 1/60} = 1.4 \leq 1.5 \quad \text{となり O.K}$$

(3) 本川に合流する支川の縦断勾配は、交流点付近では原則として本川に合わせること。



①  $Q \geq 10Q'$  かつ  $Q' \leq 3\text{m}^3/\text{sec}$  の場合

本川の溪床高より支川の溪床高を高くしてよい。



根固工（本川溪床を底張りしない場合、根固工ブロック等で溪床先掘を防ぐ）

図 3.6.11

② ①以外の場合

本支川が同一勾配かつ同一溪床高で合流させる。

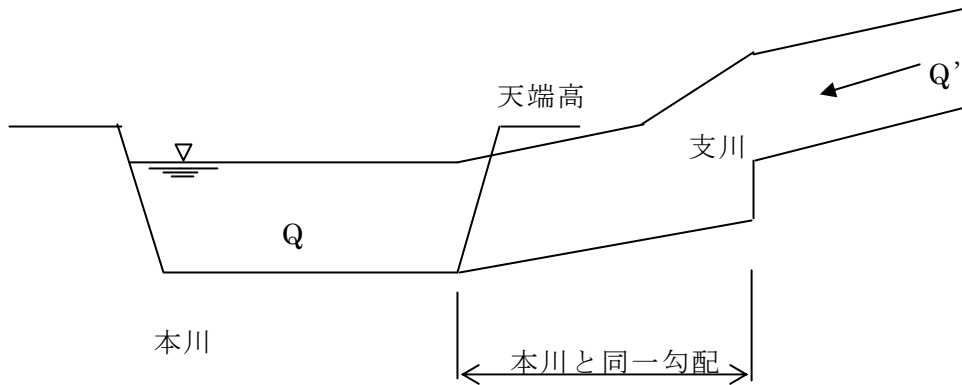


図 3.6.12

### 6.3.5 構造

#### (1) 曲流部

溪流保全工の曲線の外カーブ側は、流水の遠心力による水位上昇が考えられるので内側よりも護岸天端を高くするのが原則である。

また、曲線部の外カーブ側は流水が集まりやすいため構造上これに対処でき得る強度を考慮した構造を計画しなければならない。

#### < 解説 >

所要嵩上高さについては、4.計画編 溪流保全工の高さを参照とすること。

また、曲流部の外カーブ側は、洪水時には洪水が集中して流下するため大きな洗掘力が働く。そこで直線部の護岸工よりも構造的に強固なものとする必要がある。特に二面張の場合には根入れの深さを考慮する等洗掘に対処する構造を計画すること。

#### (2) 堰堤の取付

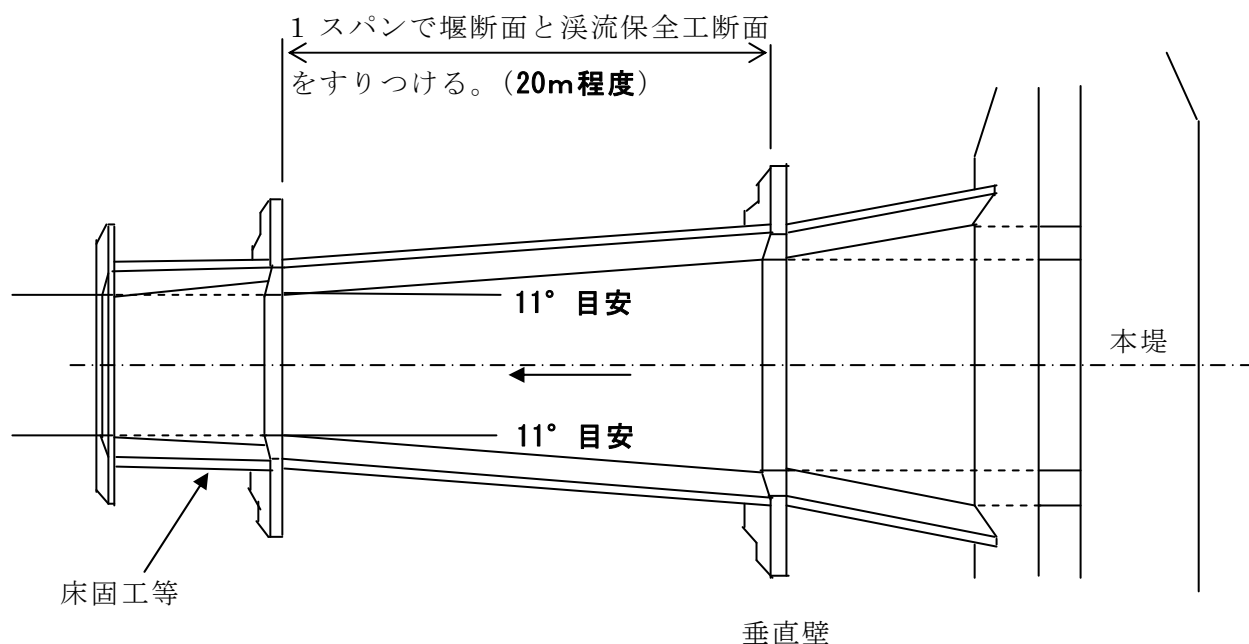
堰堤と溪流保全工を直結する場合、原則として堰堤の水通し断面は堰の公式によって計算し、溪流保全工の断面は流量公式によって計算するものとして、その間の結合は副堰堤または垂直壁より下流 20m程度で **11° 以下**になる様にすり付けるものとする。

< 解説 >

堰堤の水通し断面は、通常特に低堰堤を除いて、水理学上の堰の公式によって計算するものとし、溪流保全工の開水路による計画断面とのすり付けは副堰堤または垂直壁より下流で調整するものとする。

ただし、堰堤の副堰堤または垂直壁に溪流保全工を取り付ける場合は、超過流出土砂が堰堤に安全に貯留されることが必要条件であり、堰堤自体が調節効果、縦横浸食防止等の目的を持つ場合であれば、そのような堰堤と溪流保全工の直結は、土砂災害をまねく恐れが生ずるので堰堤と溪流保全工の間には、適当な長さの土砂調節区間を設けることが望ましい。

堰堤工より擦り付ける場合



護岸天端は堰堤、垂直壁天端と床固工天端をすりつけた高さとする。

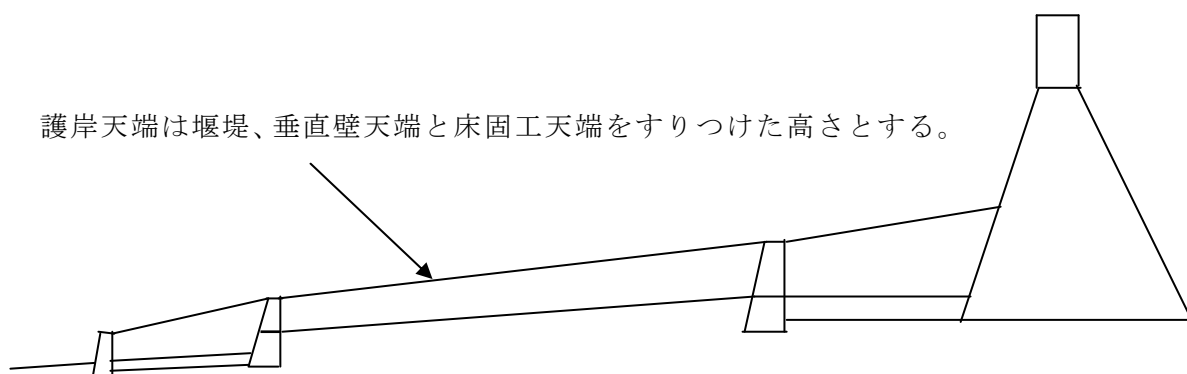


図 3.6.13

### (3) 掘込み方式の原則

溪流保全工においては、掘込み方式を採ることを原則とし、築堤工は本川との取付部分等に限るものとする。

#### < 解説 >

砂防工事としての溪流保全工は、通常勾配が急で、流速が大きいため、築堤方式では破堤・決壊等の危険性が高く、又いったん破堤した場合の被害が著しいので、出来る限り築堤方式は避け掘込み式とし、安全性を高める工法を採用すべきである。また、盛土部に溪流保全工を施工する場合についても同様の危険性が予想されるため、原則として認めない。

掘込み方式とは、河道の一定区間を平均して、計画高水位が堤内地盤高以下でかつ盛土高が 60 c m未満である場合のことである。この時、床固工の本体水通し位置が現河床高以下でなければならない。

完全掘込み方式はすべてが堤内地盤以下の場合をいう。

### (4) 床固工群の重複高

溪流保全工における床固工群は相互に十分な重複高をとるものとし、隣接する床固工の天端と基礎は少なくとも同高でなければならない。

#### < 解説 >

溪流保全工における床固工群は、階段状に設けられる。溪床が転石の累積あるいはそれに近い場合は相互に隣接する床固工の水通しと基礎高を水平としても差し支えないが、溪床が砂あるいは砂利層で形成されている場合は、床固工基礎は前庭洗掘対策のため、下流床固工の水通し天端と重複させなければならない。ただし、三面張りの場合はこの限りではない。(図 3.6.14 参照)



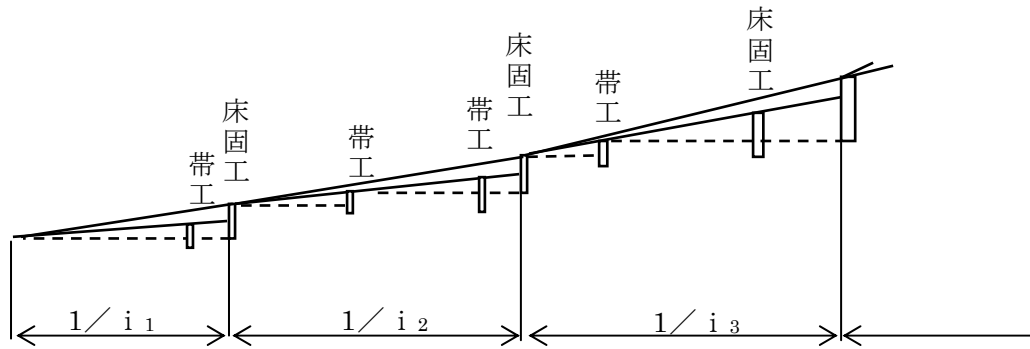


図 3.6.14 床固工の重複高

### (5) 計画断面

溪流保全工の計画断面は現河道幅を十分考慮して、現状より河幅が狭小にならないようにする。

#### < 解説 >

現河道幅を狭めることは、河川の機能を破壊するだけでなく計画洪水流量に対する水深が大となるので、構造上危険サイドとなる。そのため最小限現河道幅を生かした計画断面とすることが好ましい。

河幅が広く乱流、異常堆積の恐れがある場合は副断面を採用する。またその付近が現在遊休地のような状態であれば、現存する天然林を活用した緩衝帯をおいたりすることが望ましい。さらに自然の拡幅部は、不慮の土砂流出に備えて、遊休地として利用することが望ましい。

## 6.4 床固工

床固工は、縦浸食を防止して溪床を安定させ、溪床堆積物の再移動、溪岸の決壊・崩壊等の防止を図るとともに、護岸等の工作物の基礎保護の目的のため施工するものである。

#### 6.4.1 床固工の位置

- (1) 溪床低下の恐れのある箇所に計画する。
- (2) 支溪が合流する場合に合流点下流に位置を選ぶ。
- (3) 工作物の基礎を保護する目的の場合には、それら工作物の下流の下流部に計画する。
- (4) 溪岸の決壊・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。
- (5) 溪流の屈曲部においては、屈曲区間を避けてその下流部に計画するのがよい。
- (6) 溪流の幅員が広く乱流のはなはだしい箇所に設けて整流を行う。

#### < 解説 >

床固工は縦浸食を防止して溪床を安定せしめるものである。

特に工作物の破壊する原因が基礎の洗堀である場合、また溪岸の決壊、崩壊、および地すべりなどが縦浸食により、あるいは縦浸食と横浸食の両作用によって起こる場合は、当然それらの下流に設置すべきもので、この際工作物および崩壊などの延長が長く、従って洗堀期間の長い場合の床固工は1基では不足で、数基を階段状に設ける必要がある。

溪流の屈曲部の下流部や溪床幅の大なる区間は乱流となりやすい。

ここに設ける床固工は、水流の方向を修正して曲流による洗堀を防止あるいは緩和するもので流路整治の効果をあげるため、河状に応じて階段状に床固工群を計画する場合が多い。

#### 6.4.2 床固工の方向

- (1) 床固工の方向は、原則として計画箇所下流部の流心線に直角とする。
- (2) 床固工を階段状に計画する場合の各床固工の方向は、原則として各計画箇所下流の流心線に直角とし、各床固工水通しの中心点はその直上流の床固工水通しの中心線における流心線上に定めるものとする。

#### < 解説 >

床固工における水通しの越流水は理論上床固工の方向に直角に放射されるものである。

床固工水通し天端下流部中心を床固工の中心点と定める理由もここにある。

床固工の方向を定めるに当たっては、水通しの幅一杯に越流する洪水流が床固工上下流部兩岸、あるいはそこにある工作物に衝撃を与え害を及ぼさないよう注意しなければならない。従って方向は単独床固工にあたっては下流の流心線に直角とし、また階段上の床固工群にあつては直上流床固工の水通し中心点における下流流心線上に床固の水通し中心点があるよう各床固の水通し位置を定めるものである。(図 3.6.15 参照)

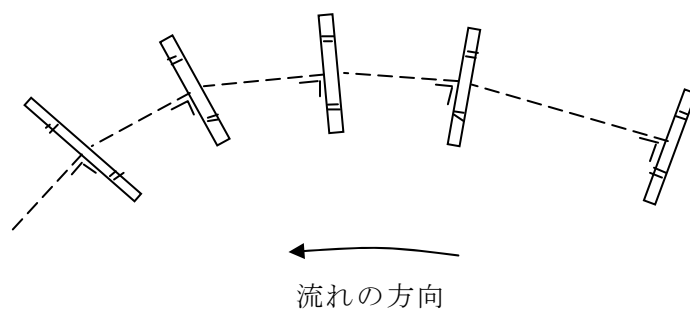


図 3.6.15 床固工の方向

#### 6.4.3 床固工の高さ

- (1) 床固工の高さは通常の場合 5m 程度以下とし、水叩きおよび垂直壁を設けるときも落差 3.5～4.3m が限度である。
- (2) 床固工の高さが、5m 程度以上を必要とする場合および床固工を長区間にわたって設ける必要のある場合は、階段状に計画するのが適当である。

#### < 解説 >

床固工は原則として縦浸食を防いで溪床を安定せしめるあるいは維持し、更に工作物基礎の洗堀を防止するのが目的であるから、高さを規定することは困難であるが、5m 程度以下が普通で高いものを必要としない。

また、床固工の計画箇所は河岸の地形から高いものは施工困難の場合が多い。従って、床固工 1 基によって安定し得る溪床の延長には限度があり、相当長区間にわたって縦浸食が行われ、あるいは溪流沿いの工作物の延長が長い場合には、階段状に床固工群を計画する必要が起こってくる。

#### 6.4.4 溪床勾配

##### (1) 一般

- 1) 床固工は一般に溪流の上流部が安定している場合、あるいは荒廃していても砂防工事の進行した後の下流部において浸食が行われる所に計画するもので、床固工によって新しく溪床勾配が形成されることが多い。
- 2) 床固工によっては形成される溪床勾配は、上流部の状態がよく、流下する砂礫の形状が小さいほど緩くなることに注目すべきである。

##### < 解説 >

溪流の上流部が荒廃しているときは、盛んに砂礫が流送されて下流部溪床が上昇する傾向が強くなり縦浸食を伴わないのが普通で、床固工の施工は時期が早すぎるか、または、その必要がない。このような場合はまず上流部に砂防工事を施工する。

上流部が荒廃していない場合には、下流部に縦浸食が起こって床固工の必要性が生じてくる。すなわち上流から土砂の流送が全くないか、またはわずかの場合に縦浸食が行われるから、この部分に設ける床固の上流には現勾配と異なった溪床勾配が形成され、しかも上流部の状態がよければよいほど、また砂防工事が進行すればするほど、形成される勾配も小さな値をとるものである。

##### (2) 計画勾配

- 1) 溪流の溪床勾配は、流量すなわち流速および水深と溪床の抵抗力によって定めるもので、従って、床固工の上流溪床の計画勾配はこれを考慮して、浸食と堆積の起こらない、その流路に適合したもので定めなければならない。
- 2) 床固工下流のり先は越流水によって洗堀され、溪床が低下することから、階段状床固工群間の計画勾配決定に当たっては特にこの点に注意を要する。
- 3) 従って、階段状床固工群において基礎は下流床固工の計画溪床勾配線以下に根入れをしなければならない。

## 6.4.5 帯工

単独床固工の下流および階段状床固工群の間隔が大きく、なお縦浸食が行われ、あるいはその恐れがある場合は、帯工を計画する。

### < 解説 >

帯工は原則として落差を考えない床固工であって、計画の高さはその天端を溪床と同高とし、床固工の形成する安定勾配または計画河床勾配の線に沿って計画するのである。

帯工は床固工群の間隔が大きく縦浸食の恐れが有る場合に、次式のL'に一箇所の割合で計画することを標準とする。

$$L' = \alpha I$$

L' : 帯工の設置間隔 (m)

I : 計画溪床勾配の分母値

$\alpha$  : 底張工の無し  $1/30 > 1/I > 1/60$  の場合 1.0

底張工の無し  $1/60 > 1/I$  の場合 1.5

底張工のある場合 2.0

## 6.5 護岸工

### 6.5.1 護岸工の位置

以下の場合に護岸工を計画する。

- (1) 溪流において、水流あるいは流路の湾曲によって、水衝部あるいは凹部溪岸山腹の崩壊の増大またはその恐れがある場合、この部分に護岸工を計画する。
- (2) 溪流下流部の土砂堆積地、または耕地および住宅地などの区域において、溪岸が決壊し、若しくはその恐れがある場合に、護岸工を計画する。
- (3) 溪岸の決壊または崩壊防止のためには、床固工あるいは堰堤工の他、山脚の根固に護岸工を必要とする場合が多い。

### < 解説 >

山腹の縦浸食を防止して崩壊しやすい溪岸斜面の支持および根固の目的をもって直接に護岸を計画するのも一方法であるが、導流護岸または流路の変更を図ってこれら危

険な箇所直接水流が激突するのを避ける方法が良策である場合が多い。(図 3.6.16 参照) ただし、流路の付け替えは短区間内の場合が適切であって、長区間にわたり付け替えた流路が直線に近づくと溪床勾配が急となり、流速が増すことから注意を要する。

溪流の下流部は、上流に比べれば緩い勾配であっても一般河川に比べればなお急であって、屈曲部はもちろん直流部においても溪岸が決壊しやすく、これを保護するための護岸工を必要とするのであるが、この区域の決壊は長区間にわたり、しかも乱流の作用によって両岸が交互に浸食をうけることが多いことから、護岸工も両岸に施工する必要がある場合が多い。

溪流の屈曲部等において、水流の激突によって凹部に決壊または崩壊の起こる場合、縦浸食と横浸食が相関連して作用するのが普通であることから、崩壊箇所の下流部に床固工あるいは堰堤を計画するのであるが、これによって縦浸食を防止してもなお横浸食が止まらない場合、床固工または堰堤上流部の崩壊の脚部に護岸工を計画して決壊または崩壊を防ぐ必要がある場合が多い。

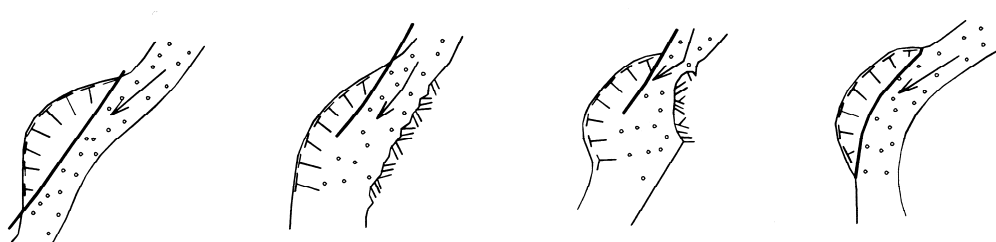


図 3.6.16 護岸工の位置

### 6.5.2 護岸工の種類

一般に溪流においては、コンクリート護岸工、コンクリートブロック護岸工または石積み護岸工を計画する。ただし、石積み護岸工およびコンクリートブロック護岸工を用いる場合は練積みとする。

#### < 解説 >

一般に溪流は流速が速いため容易に基礎が洗堀され、また水流が土砂および転石を含むことが多く、護岸の受ける衝撃も大きいことから、簡単な工作物ではすぐに破損する恐れがある。

これを防ぐためにはコンクリート、コンクリートブロックまたは石積みによらなければならない。

コンクリートブロックおよび石積みには胴込めコンクリートを用い、更に強度を必要とする場合（路側および土留コンクリートブロックとの兼用の場合）には裏込めコンクリートを用いなければならない。空積み護岸は一般的に、溪流には不適である。

### 6.5.3 護岸工の高さ

#### (1) 一般

- 1) 護岸工の天端高は、計画高水位に余裕高を加えた高さとするのが原則である。
- 2) 溪流の曲流部における外カーブ側の護岸は、強固に計画するとともに、特に天端高を増やさなければならない。

#### < 解説 >

河川堤防については、洪水時の風浪、うねり、跳水等による一時的な水位上昇、流木等を考慮し流量に応じて余裕高を設定するが、砂防を対象とする急溪流（一般に溪床勾配 1/100 以上）において、特に流木、巨礫等の混入により上記の現象が著しいため、十分な余裕を見込み（計画高水位＋余裕高）護岸を施さなければならない。

溪流曲線部の流速が速くなると、横断部において両岸に水位の差を生じ、外カーブ側護岸は内カーブ側護岸に比べて水位が上昇するものであるから、外カーブ側護岸の溪岸では特に強固に施工する必要があるばかりでなく、天端高を高める必要がある。

#### (2) 堰堤等への取付

堰堤および床固工上流に計画する護岸天端高は、堰堤および床固工の袖天端と同高またはそれ以上の高さに取り付けなければならない。

#### < 解説 >

堰堤および床固工の袖高は水通しにおける計画高水位以上にとっていることから、この天端と同高またはそれ以上に護岸工の天端を取り付けることが必要である。これを怠ると、高水流が護岸を越流して床固工あるいは堰堤の袖の地山取り付け部分を決壊させる恐れがある。同時に堰堤および床固工における袖の角度の破損を防止するために、原

則として急流部では袖と護岸の両のり面を一致して取り付け、水流に対する突出を避けなければならない。

#### 6.5.4 溪床勾配

- 1) 護岸工施工区間の溪床勾配については、溪流保全工および床固工の溪床勾配に準ずる。
- 2) 溪流曲線部の外カーブ側および水衝部に護岸工を計画するときは、計画前に比べて護岸寄りの溪床が洗掘されやすく、溪流の横断面と溪床勾配に変化を与えることから注意を要する。

#### < 解説 >

溪床勾配、特に計画溪床勾配は、護岸工の天端および基礎の縦断勾配と基礎根入れ深さを決定する重大要素であることから、溪流保全工および床固工の溪床勾配を参照して慎重に検討しなければならない。次に溪流の曲線部および乱流部分において、流路の内カーブ側には土砂が堆積し、反対に外カーブ側には溪床が洗掘される傾向があり、その程度は流速が増すに従って大きく、護岸施工区間の横断面と溪床縦断勾配が計画と相違してくることから、あらかじめ検討することが肝要である。



## 6.6 水制工

### 6.6.1 位置

#### (1) 一般

- 1) 水制工は、一般の溪流の下流部または砂礫円錐地帯の溪床幅が大きく溪床勾配の急で無い箇所に計画する。
- 2) 直線に近い区域で両岸に水制を計画する場合は、水制の頭部を対立させ、その中心線の延長が中央で交わるように位置を定める。

#### < 解説 >

水制は一般に溪流の下流部、あるいは砂礫円錐地帯の乱流区域に計画することが多く、かかる区域では左右両岸対称の位置に計画して各水制頭部間の新溪流溪床を水流で低下させ、同時に水制間に土砂を堆積させ、流路が固定することにより水制頭部を導流工あるいは護岸工に連結させ、整治を完了するのである。

#### (2) 水衝部

溪流上流部においても、溪流沿いの水流の衝撃に起因する崩壊の脚部等に水制を設け水流を遠ざけて崩壊の増大を防止する。

#### < 解説 >

荒廃溪流の上流部においては、水制工を計画することはまれであるが、有利な場合が相当ある。すなわち、短区間の崩壊地においては、崩壊の上流端に下向き非越流水制を一つ計画し、水流を崩壊の脚より遠ざけることによって、崩壊の増大を防止することができる。

また、崩壊地が長区間にわたる場合は、多数の非越流水制を計画するのがよい。

一般に崩壊箇所に対して片岸のみ計画するが多い。

### 6.6.2 方向

溪流においては上向き水制が有利であるが、普通は直角水制を用いることが多い。流線またはその接線に対して  $70^{\circ}$  ～  $90^{\circ}$  の間の角度が適当である。

#### < 解説 >

直角水制においては水制間の中央に土砂の堆積を生じ、頭部における溪床の先堀は比較的弱く、下向き水制においては水制間の砂礫堆積は直角水制より少なく、また頭部の先堀作用は最も弱い。上向き水制の場合は水制間の砂礫の堆積は溪岸や水制に沿い前二者よりもはるかに多いが、頭部の洗堀作用は最も強い。溪流において水流が水制を越流する場合、直角水制においては偏流を生ずることがないが、下向き水制では岸に向かって偏流し、上向き水制では溪流の中心に向かって偏流する。したがって、一般には下向き水制はできる限り避けるべきである。

#### 6.6.3 遊砂地（砂溜工）

遊砂地は、火山山麓などで溪流の出口に荒廃地、未利用地がある場合、これを利用して流出土砂を拡散し、土砂を堆積させ流水と分離する目的で設置する施設である。

砂溜工は、大規模な遊砂地とは別に、溪流保全工の一部を拡幅して小規模な遊砂地を設け、上流からの流出土砂を一時的に貯留する目的で設置する施設である。また、山地部より流下する溪流が平野部に達し、急激に土砂の掃流能力を失う場合、または少量の土砂流出でも被害の発生が予想される都市溪流などで採用される工法である。

#### < 解説 >

遊砂地は、通常上流部の山地が噴火の危険があるとか、大規模な崩壊の発生が予想されるとか、極めて急峻であるなどの理由で土砂流出に対する十分な処置が困難な場合、やむを得ず下流山麓部において土砂を処理する目的で作られる施設であり、現在の地形をそのまま利用し、主として流出土砂の平面的拡散によって堆積を促そうとするものである。また、遊砂地内の堆積量を増加するために植林を行い、「砂防樹林帯」として管理していく場合があるが、この際、植林する地域は遊砂地内の堆積する場所とし、浸食されて土砂が再生産される恐れのある場所では、流木となって流下する可能性もあるので避けなければならない。

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、流路の一部を拡大し、許容流砂量以上の土砂を堆積させるものである。

遊砂地および砂溜工は、除去作業で機能が回復できるような施設とする。

#### 6.6.4 砂防樹林帯（砂防林）

砂防樹林帯（砂防林）は、樹木により生産土砂を抑制したり、流下してきた土砂を補足することを目的として、砂防設備としての樹林帯を育成するもので、併せて流域および溪流周辺の環境を保全するものである。また、砂防設備としての機能を確保するため、維持管理計画を策定する。

##### < 解説 >

砂防樹林帯（砂防林）は、流域内部や溪流周辺において砂防設備としての樹林帯を育成し、樹木の固定効果により土砂の移動を抑制したり、樹林帯により流出土砂の捕捉を図るほか、土砂や流水の流下エネルギーの減衰を期待するものである。

砂防樹林帯（砂防林）の効果は、次の3種類に分類される。このため砂防樹林帯も目的と効果に応じて分類されるが、二つ以上の目的を兼ねる砂防樹林帯もある。

砂防樹林帯として実用化されているものは、「緑の砂防ゾーン創出事業（昭和63年～）」と「都市山麓グリーンベルト整備事業（平成8年～）」がある。

また、土石流対策施設として用いる場合は、土石流緩衝樹林帯と呼ぶ。

- (1) 山腹斜面等の土砂抑制効果
- (2) 待受け樹林帯による捕捉効果
- (3) 溪畔林として溪流付近の土砂の抑制効果、および環境効果

砂防樹林帯における維持管理計画は、樹種の保育計画だけでなく、管理作業の主体となる地元自治体やボランティア団体とのタイアップのほか、待受け樹林帯において土砂の堆積時における緊急除石計画等を含む。

## 6.7 山腹工

山腹工は、荒廃山腹に植生を直接または間接的に回復し、下流への土砂流出を押えるため、山腹に対して行う工事である。

### < 解説 >

山腹工事は、山脚の荒廃地に土木的工事を補助手段として植生を導入し、植生によって水源地域における土砂生産の抑制を図るものである。

#### 6.7.1 工種の選定および配置

山腹工の計画に当たっては、計画対象地域の地形、地質、土壌、気象および山脚固定堰堤との関連等を十分調査し、最も適正な工種の選定をしなければならない。

また、山腹工はそれぞれの工種の機能が相互に有効に働くように、工種の配置、組み合わせを考慮するものとする。

### < 解説 >

山腹工事は、山腹の荒廃地に土木的工事を補助手段として植生を導入し、植生によって水源地域における土砂生産の抑制を図るものである。

山腹工事の成否を決定する最も重要な事項は、植栽樹種の選定と工種の選定および位置であり、このために現地の地形、地質、土壌、気象という諸条件について調査し、十分検討した後、これらの事項を決定しなければならない。

山腹工として代表的なものは

- 1 谷止工
- 2 のり切工
- 3 土留工
- 4 水路工
- 5 暗渠工
- 6 棚工
- 7 積苗工
- 8 筋工
- 9 伏工
- 10 実播工
- 11 植栽工

であり、一般に山腹工は、これらの工種の組み合わせによって行われる。

また、地帯分類別留意点は表 3.6.1 の通りである。

表 3.6.1 地帯分類別の留意点

| 地帯分類      | 留意点                                 |
|-----------|-------------------------------------|
| 積雪地帯      | 雪崩のため、山腹工は困難であるので主として溪間工事を行う。       |
|           | 山腹工をも行う場合には、階段幅を広くし、柵工等を併用する。       |
| 凍上地帯      | 溪流工事を十分に行い、山腹工の階段切付けを避け伏工、柵工等を行うこと。 |
| 多雨破碎帯     | 溪流工事に重点を置き、山腹工は排水工を十分に行うこと。         |
| 多雨三・四紀層地帯 | 溪流工事は少なくし、低い谷止め、護岸等を行うこと            |
|           | 山腹工は排水工を主とし、伏工等はなるべく簡易化すること。        |
| 多雪三・四紀層地帯 | 多雨三・四紀層地帯に準じて行うが、山腹工には雪崩防止の工        |
|           | 法も併用すること。                           |
| 多雨火山堆積物地帯 | 地表水処理の水路工に重点を置く。被覆工は、軽いものおよび        |
|           | 全面被覆工法とする。                          |
| 寡雨花崗岩地帯   | 山腹工事に重点を置き、全面被覆を図ること。               |

### 6.7.2 谷止工

谷止工は、とくしゃ地および崩壊地内の浸食溪に計画する。谷止工の位置は保全対象山腹の直下流部とするのを原則とし、高さは山腹の浸食を防止し得る高さとする。

### 6.7.3 のり切工

のり切工は、とくしゃ地および崩壊地斜面の全部あるいは一部が急な場合は、その急な部分および起伏の多い斜面について計画するものとする。のり切工は、斜面を構成している土砂の安息角まで切り取ることを原則とする。

#### < 解説 >

とくしゃ地とは、主に乱伐によって、土壌が流亡し植生がなくなり、表面浸食が行われている所のことである。

### 6.7.4 土留工

土留工は、崩壊斜面長が長い場合、あるいは、のり切土量が多い場合および工作物の基礎となるような箇所に計画するものとする。

位置および高さは、山脚から頂点までの全体の勾配が自然で無理のない勾配となるように計画しなければならない。

断面は、背面土圧、転石、温度変化等に対して安全なものとする。

基礎は、堅固な地山でなければならない。やむを得ず地盤の軟弱な箇所に設ける場合は、基礎処理を行わなければならない。

### 6.7.5 水路工

水路工は、斜面長が長い場合、斜面に起伏がある場合、崩壊地周辺から水が集まる場合および暗渠工によって集水された水を表流水とする必要のある場合に計画する。

#### 6.7.6 暗渠工

地下水が多く、再崩壊の恐れが多い箇所およびのり切り土砂を多量に堆積せざるを得ない箇所には暗渠工を計画する。

暗渠工は、地下水を最も容易に集水し、排水できる位置に計画する。構造は地下水の量、地盤の良否等を考慮して決定する。

#### 6.7.7 柵工

柵工は、山腹斜面の表土の流出の恐れのある箇所で、かつ植生導入が可能な箇所において計画する。柵工の高さは 50 c m程度を標準とする。

#### 6.7.8 積苗工

積苗工は、地山が露出した寡雨、乾燥の激しい箇所に計画する。

積苗工の配置は直高 1.5m程度ごとに水平階段を切りつけて、積苗するのを標準とする。

#### 6.7.9 筋工

筋工は、比較的表土の深い地味良好な箇所または崩壊地の地山部に雨水の分散と山腹斜面浸食防止および植生の早期導入を図ることを目的として計画する。

筋工の配置は、斜面勾配、筋工の種別等によって決める。

#### 6.7.10 伏工

伏工は、土質が軽しょうで、かつそのまま放置した場合は、雨、凍上、霜柱および風等によって浸食の恐れのある場合や、斜面に種子を実播する際、その種子の流亡、乾燥等を防ぐ場合に計画する。

#### 6.7.11 実播工

実播工は、斜面長が短く、かつ緩やかで土壌条件の良好な箇所の単独または他の工種と併用し、早期に緑化することを目的とする。

#### 6.7.12 植栽工

植栽工は、とくしや地および崩壊地を早期に緑化することを目的として計画する。樹種の選定は、適地、適木を原則として、次の条件に適合するものとし、土壌条件の悪い箇所では、原則として 2～4 種類組み合わせで計画するものとする。

- (1) 成長力が旺盛でよく繁茂するもの
- (2) 根張りがよく、土壌緊縛度の大きいもの
- (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) 土壌改良効果の大きいもの

植栽本数は、原則として次により計画するものとする。

- (1) 土砂堆積地区等の土壌条件の比較的良好な地区では、1 h a 当たり 3,000～5,000 本
- (2) 地山露出地区では、1 h a 当たり 8,000～12,000 本

植栽に当たっては、原則として施肥を計画するものとする。



## 第7章 計画対象流量

### 7.1 総説

計画対象流量とは砂防施設等の設計に必要な流量をいい、設計洪水流量等であり、洪水防御計画における計画高水流量に相当する。

対象流量は降雨量の計画超過確率規模、若しくは既往最大雨量を参考にして計算したものに土砂混入率を考慮した値とする。

#### 7.1.1 流出係数

ラショナル式において用いる流出係数  $f$  の値は、流域の地質、地被、植生、形状、開発状況等を勘案して決定する必要がある。

#### < 解説 >

流出係数の値は、日本内地河川の洪水時の物部の値の他を参考とする。

砂防では、一般的に0.8~0.9(0.85を標準とする。)をとる。ただし八ヶ岳地区、富士山地区は0.7を標準とする。

表 3.7.1 日本内地河川の流出係数  $f$  (物部)

|                  |           |
|------------------|-----------|
| 急峻な山地            | 0.75~0.90 |
| 三紀層山麓            | 0.70~0.80 |
| 起伏のある土地および樹林     | 0.50~0.75 |
| 平坦な耕地            | 0.45~0.60 |
| かんがい中の水田         | 0.70~0.80 |
| 山地河川             | 0.75~0.85 |
| 平地小河川            | 0.45~0.75 |
| 地域の半ば以上が平地である大河川 | 0.50~0.75 |

表 3.7.2 標準的な流出係数（河川砂防技術基準（案））

|       |     |
|-------|-----|
| 密集市街地 | 0.9 |
| 一般市街地 | 0.8 |
| 畑、原野  | 0.6 |
| 水田・山地 | 0.7 |

表 3.7.3 砂防指定地および地すべり防止区域内における宅地造成等の大規模開発審査基準

|               |           |
|---------------|-----------|
| 三紀層山麓         | 0.70～0.80 |
| 起伏のある土地および樹林  | 0.50～0.75 |
| 平坦な耕地         | 0.45～0.60 |
| 水田            | 0.70～0.80 |
| 宅地造成後の地域      | 0.85～1.00 |
| パイロット事業地、ゴルフ場 | 0.75～1.00 |

表 3.7.4 防災調節池の洪水吐等の設計流量の算定に用いる流出係数の標準値

| 土地利用状況 | 流出係数     | 備 考                   |
|--------|----------|-----------------------|
| 開発前    | 0.6～0.70 | 山林・原野・畑地面積率が 70%以上の流域 |
| 開発後(1) | 0.8      | 不浸透面積率がほぼ 40%以下の流域    |
| 開発後(2) | 0.9      | 不浸透面積率がほぼ 40%以上の流域    |

不浸透面積とは、おおむね建物の屋根面積、舗装道路面積および舗装された駐車場面積等の和である。

### 7.1.2 洪水到達時間内の平均雨量強度

洪水到達時間内の平均雨量強度は、山梨県内の地区別雨量強度の「山梨県短時間雨量強度曲線」により算出する。

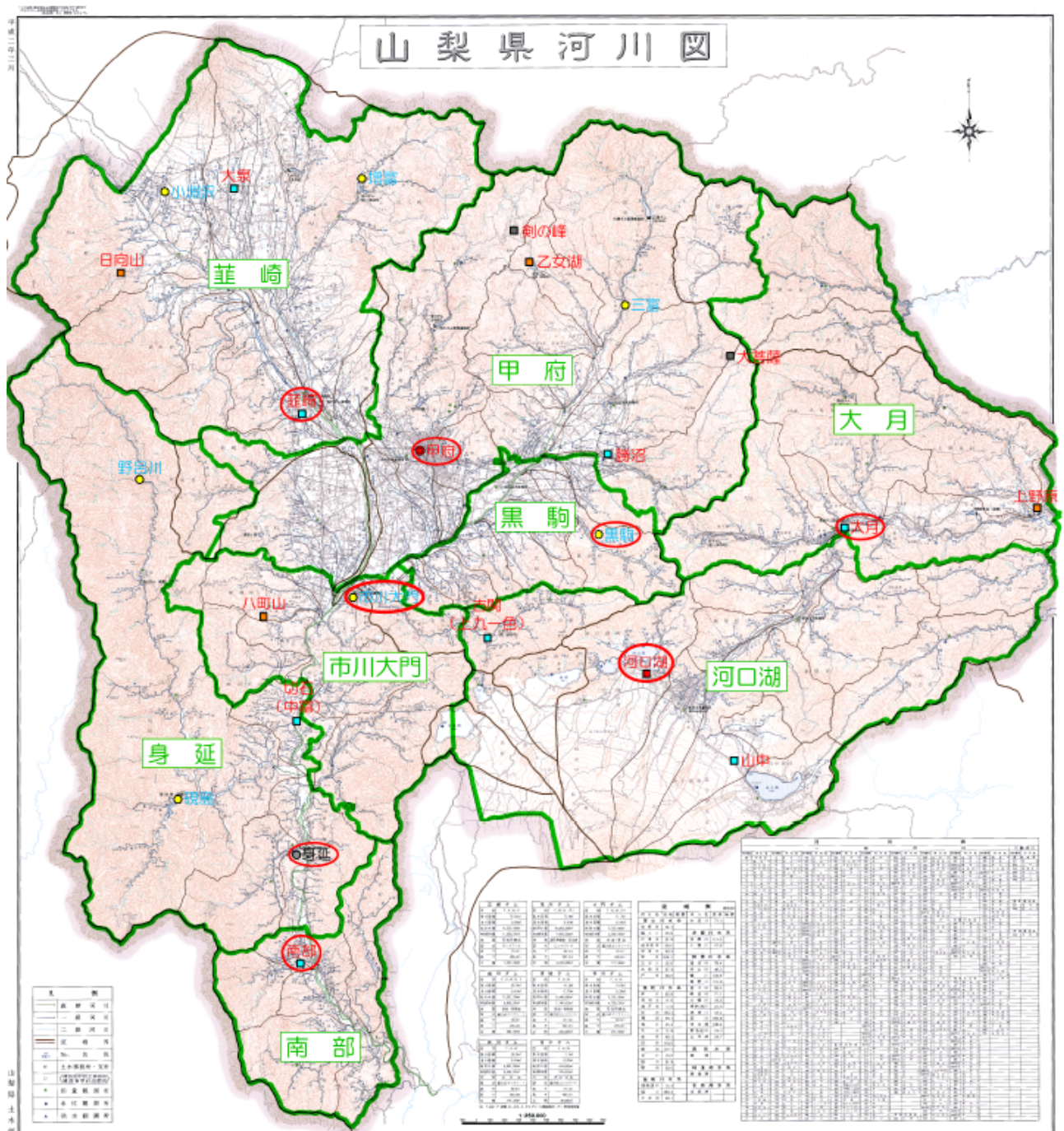
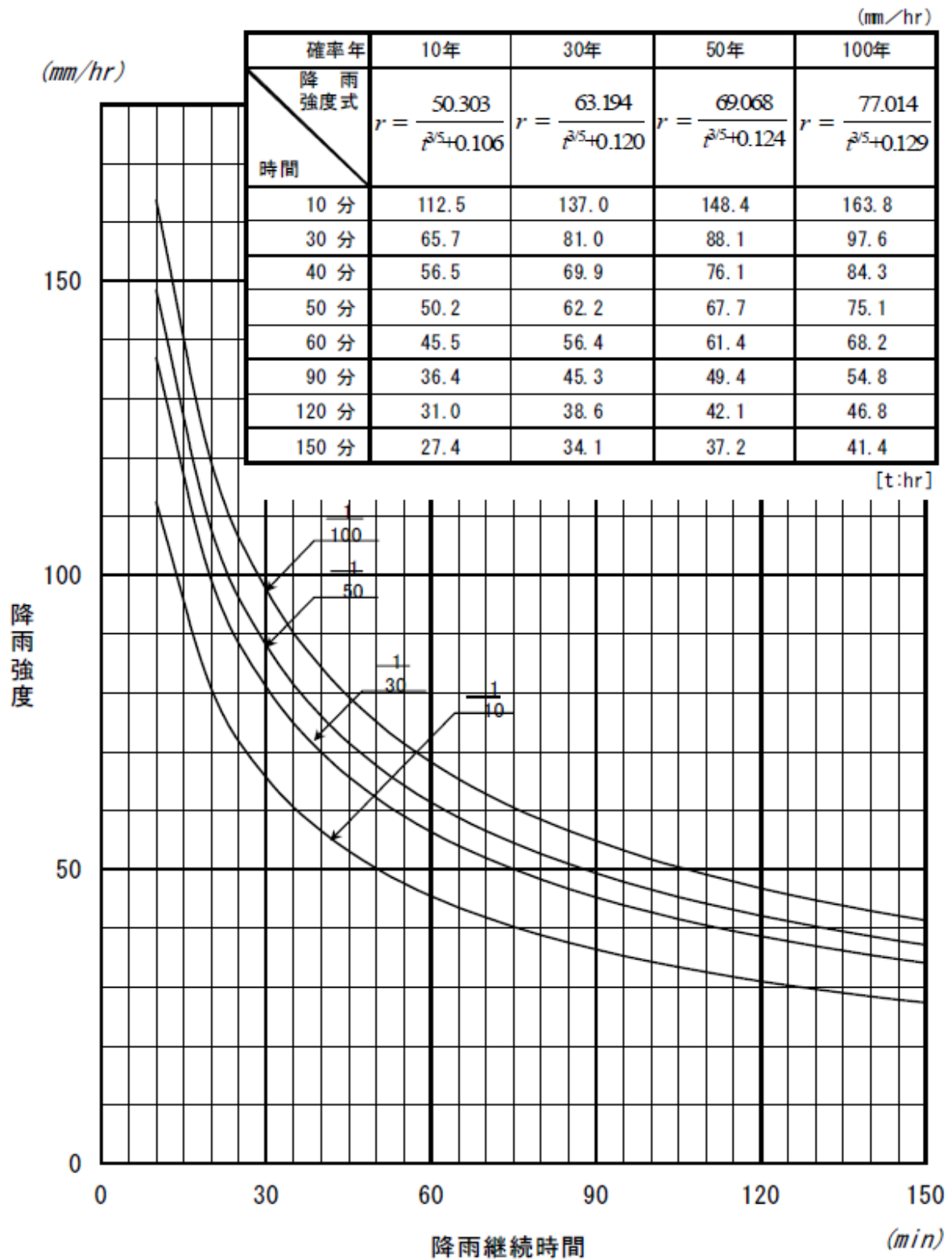


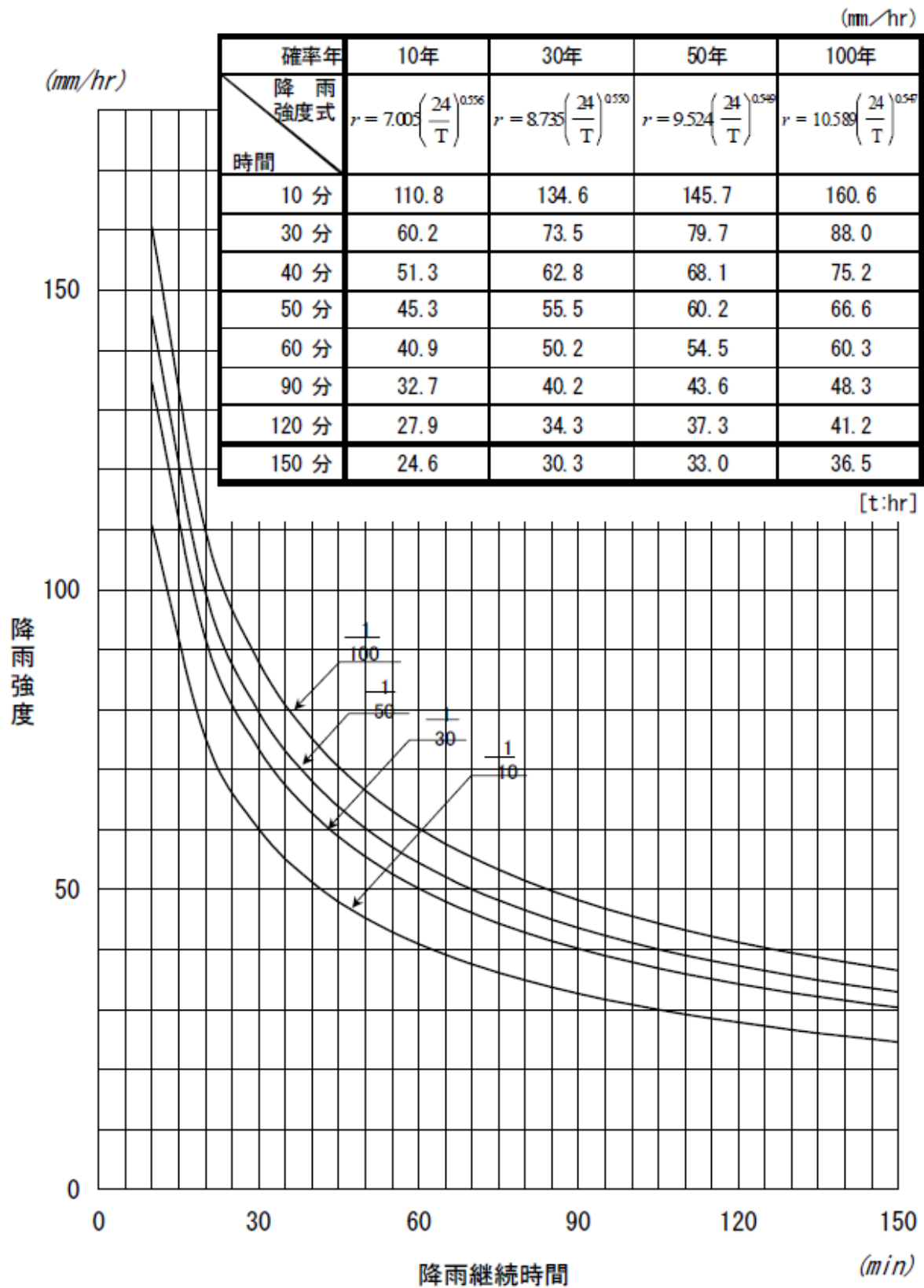
図 3.7.1 降雨強度表観測所位置図

各觀測所弛緩降雨強度表

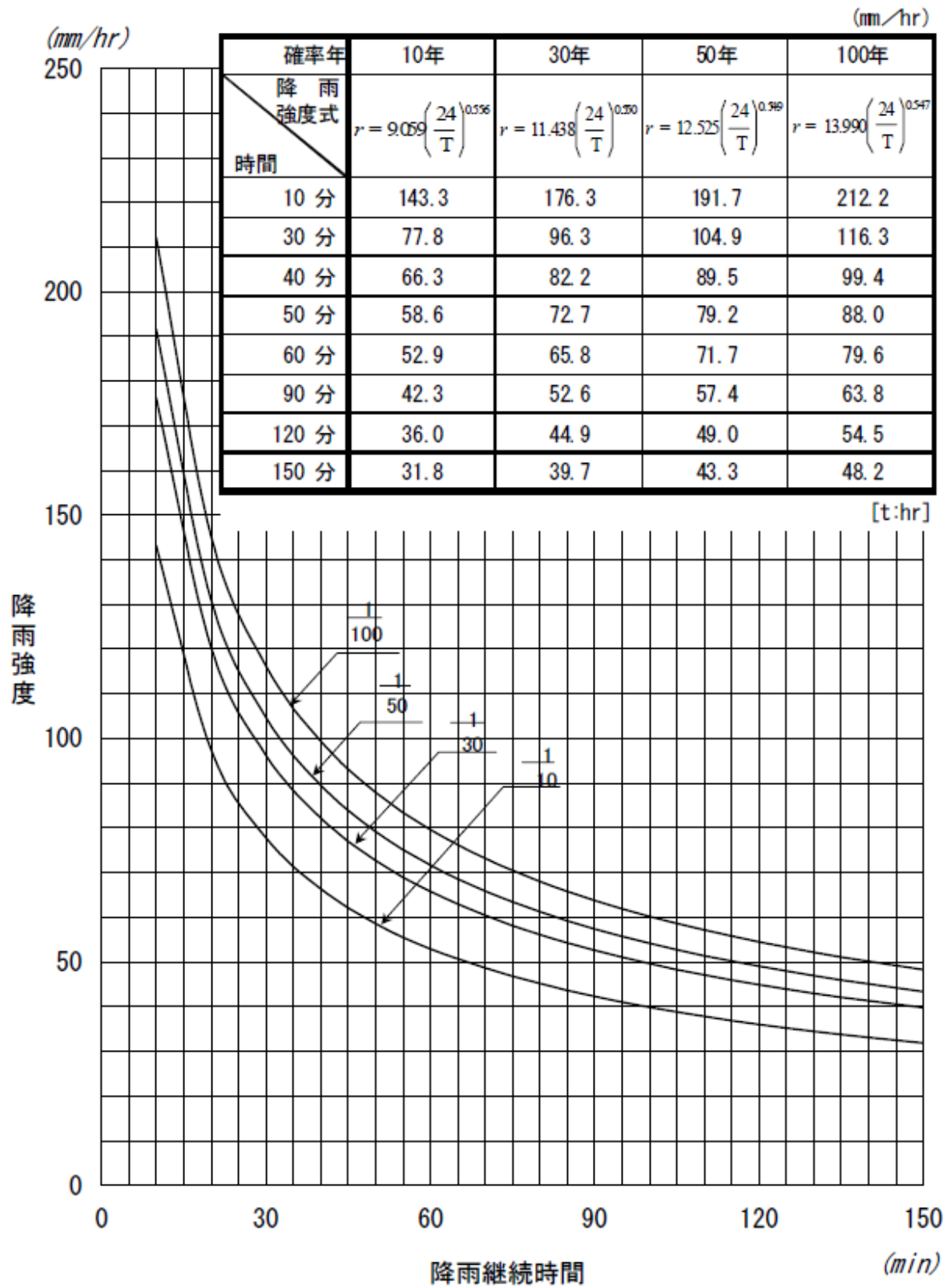
① 甲府降雨強度曲線



② 蕪崎降雨強度曲線

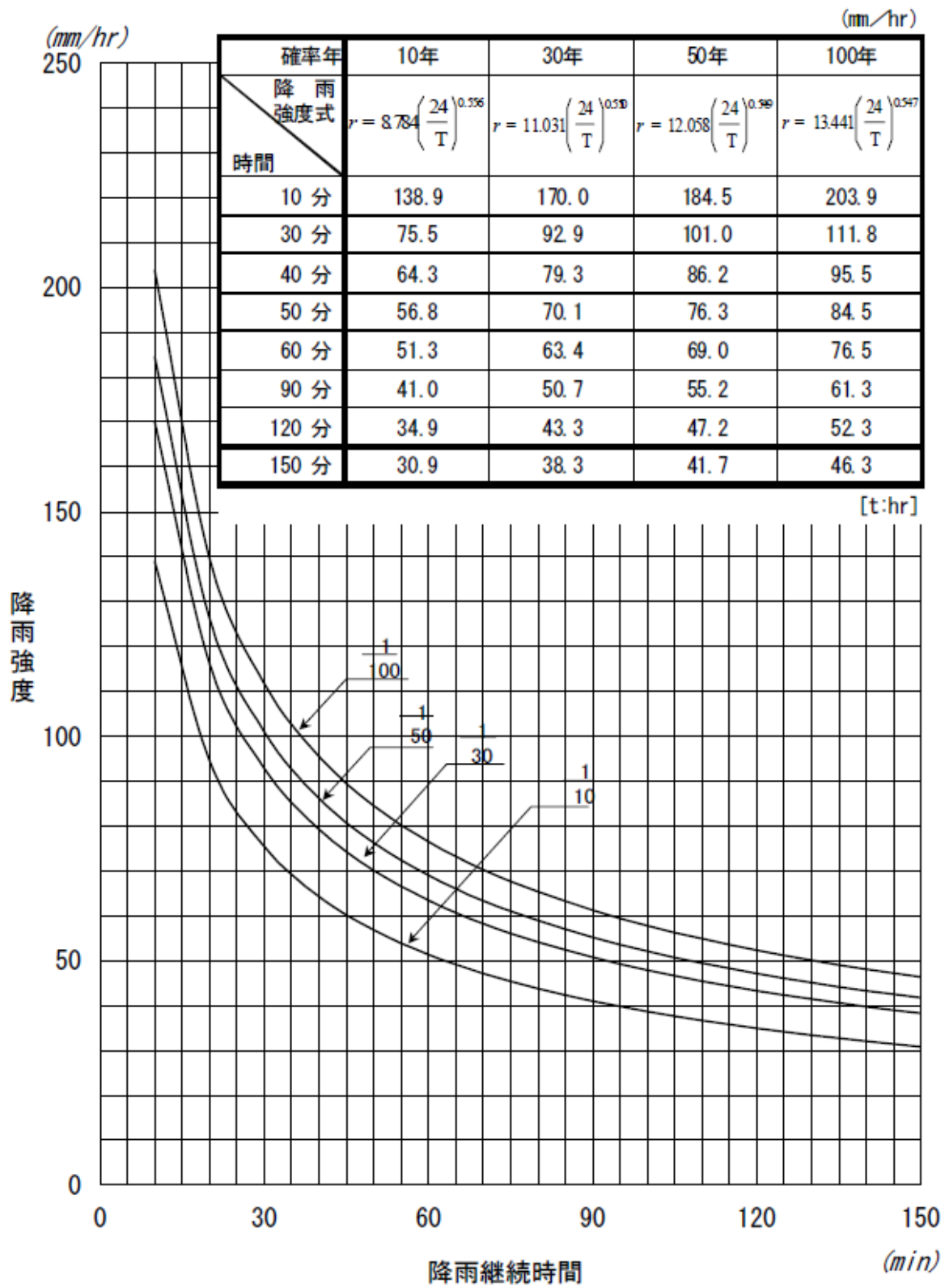


③ 黑駒降雨強度曲線

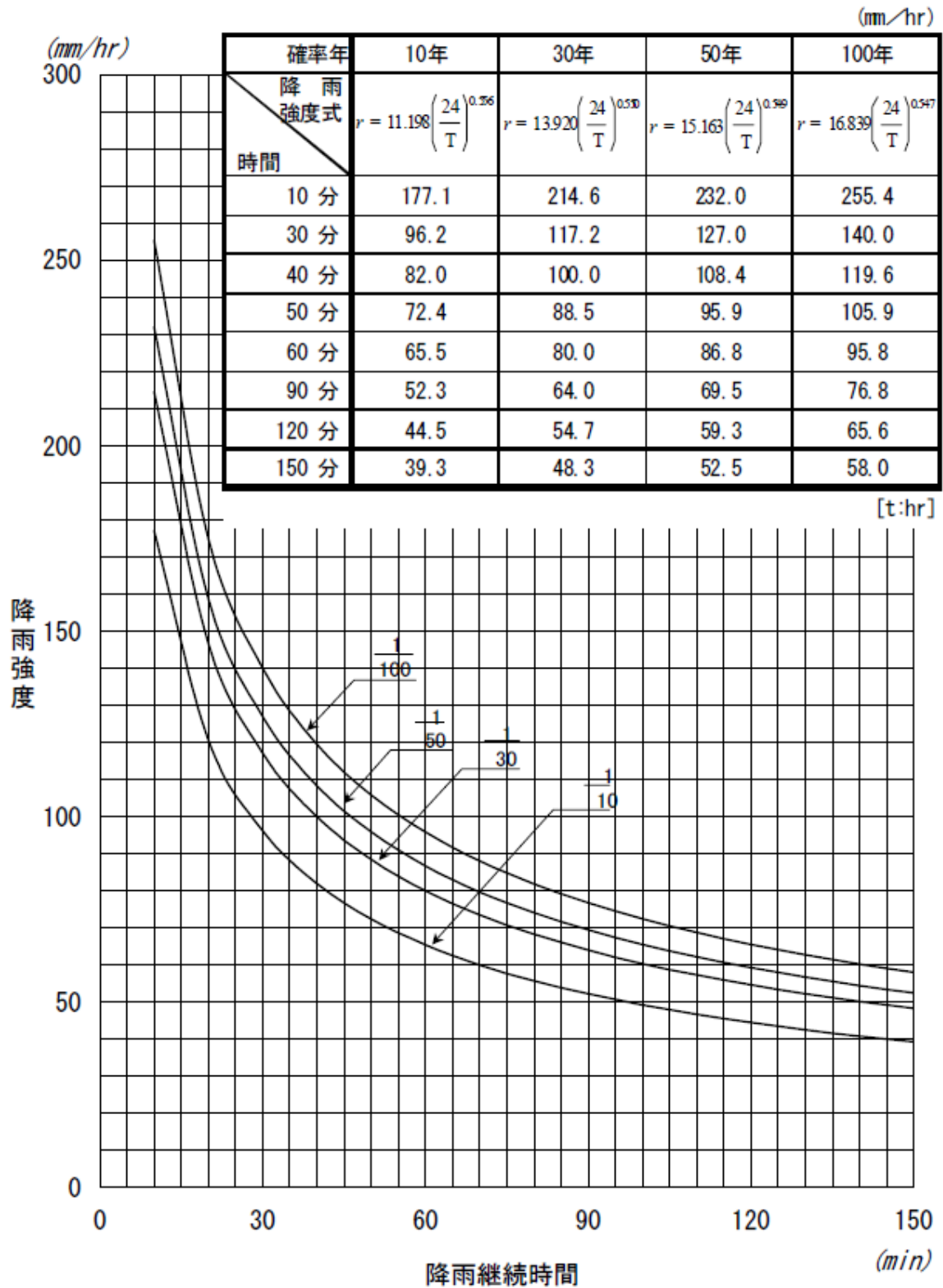




④ 市川大門降雨強度曲線

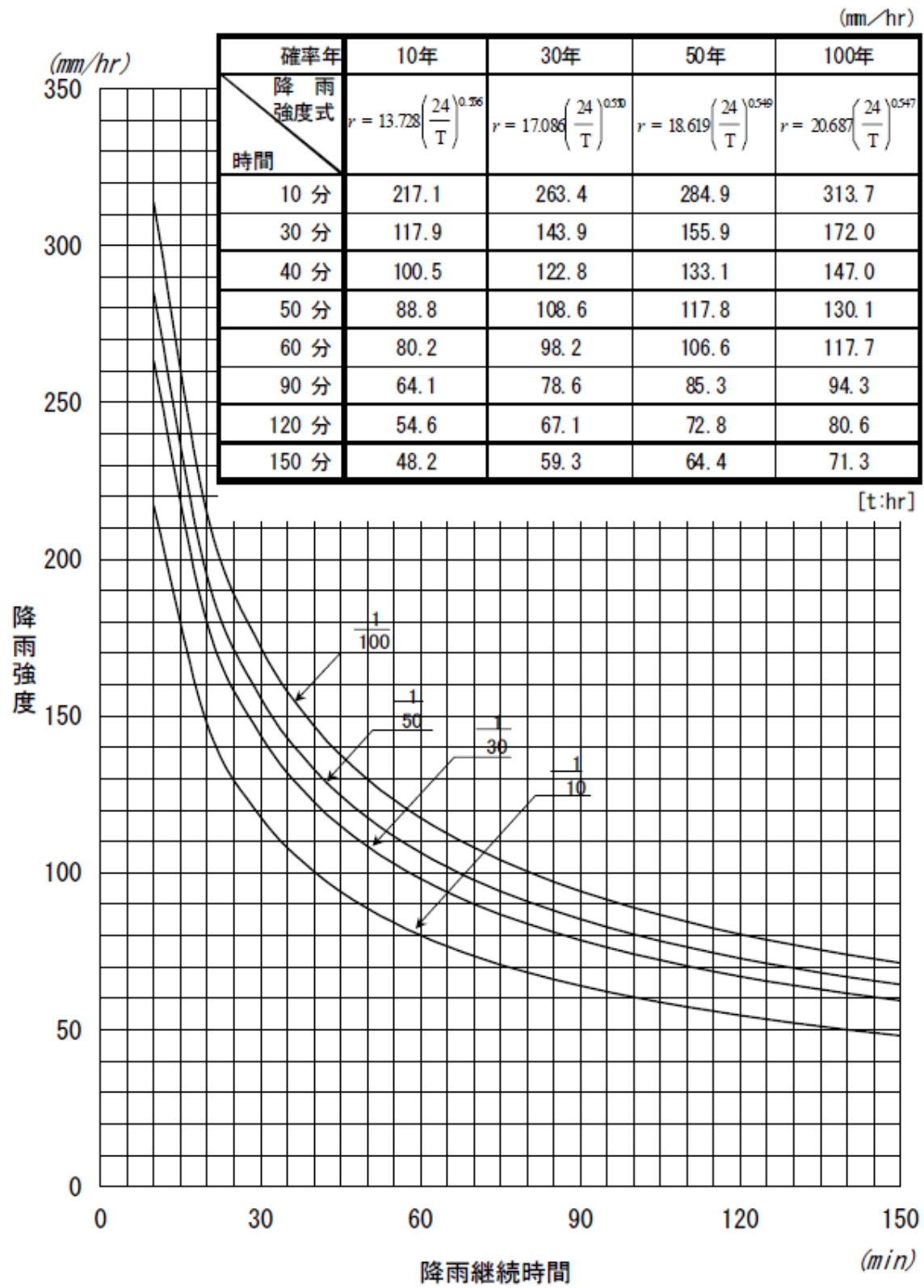


⑤ 身延降雨強度曲線

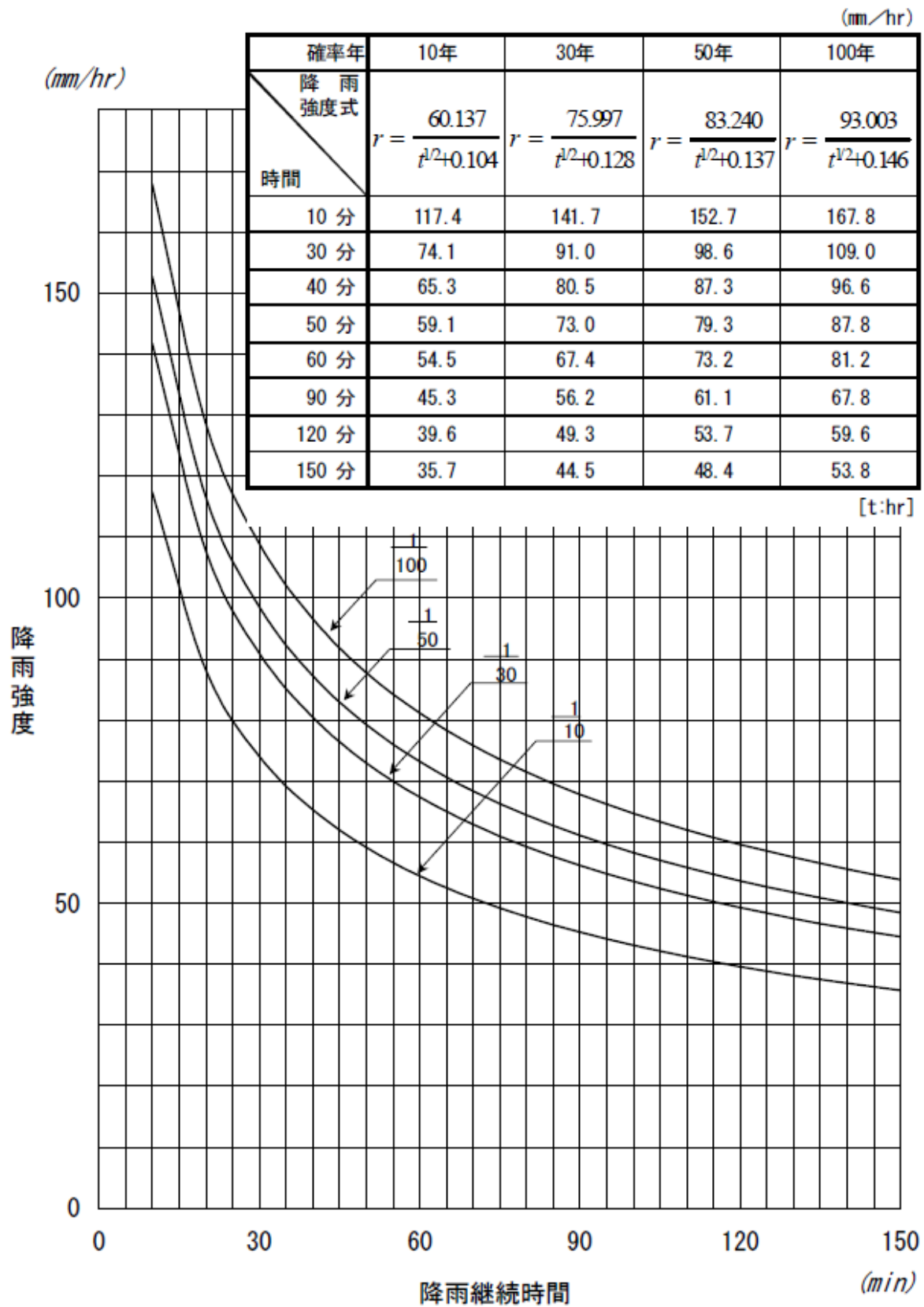




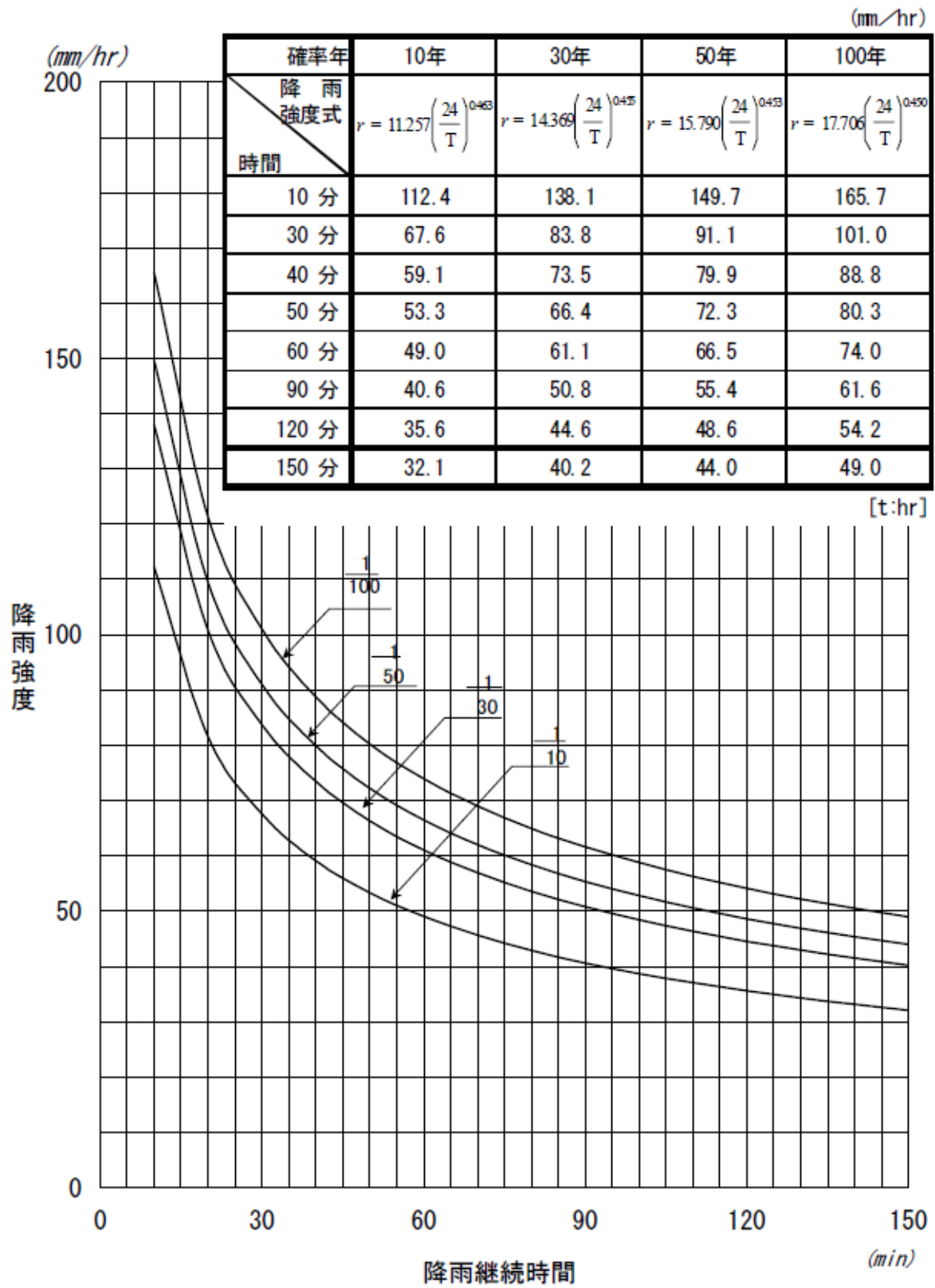
⑥ 南部降雨強度曲線



⑦ 河口湖降雨強度曲線



⑧ 大月降雨強度曲線



### 7.1.3 土砂混入による補正

計画対象流量は、合理式によって算出された流量に土砂混入による補正を行って決定する。

#### < 解説 >

洪水時の土砂混入率は流域の荒廃状況、流出特性、砂防施設の整備状況等に影響されるが、一般の流域の土砂混入率は次表の値を標準とする。

表 3.7.5

| 工 種   | 条 件                     | 土砂混入率 ( $\alpha$ ) |
|-------|-------------------------|--------------------|
| 堰 堤 工 | 土石流対策堰堤                 | 50%                |
|       | 流砂調整堰堤                  | 20%                |
| 溪流    | 上記の砂防工事が概成 ※1           | 5%                 |
| 保全工   | 上流の砂防工事が施工中及び屈曲、乱流防止 ※2 | 10%                |

※1 砂防工事が概成とは、上流の砂防工事が計画流出土砂量に対して 70%以上完了している状態をいう。

※柿徳一：砂防計画論；全国治水砂防協会、昭和 58 年 12 月

※2 砂防工事の施工中とは、上流の砂防工事が計画流出土砂量に対して 50%以上完了している状態をいう。

#### (1) 砂防堰堤における設計流量

不透過型砂防堰堤の設計流量は、計画規模の年超過確率の降雨量と既往最大の降雨量を比較し大きい方から算出される「土砂含有を考慮した流量」(洪水時)と、「土石流ピーク流量」(土石流時)とする。

透過型砂防堰堤の設計流量は、「土石流ピーク流量」(土石流時)とする。

部分透過型砂防堰堤の設計流量は、不透過型砂防堰堤に準じる。

#### (2) 計画規模

原則として 24 時間雨量または日降雨量の年超過確率 1/100 または、既往最大のうち、大きい方を採用する。

## 7.2 土石流区間での計画対象流量

### 7.2.1 土石流のピーク流量

土石流のピーク流量は、次式により求める。(図 3.7.2、図 3.7.3 参照)

$$Q_{sp} = 0.01 \times \sum Q \quad \sum Q = \frac{C_* \times V_{dqp}}{Cd}$$

ここで、

$Q_{sp}$  : 土石流のピーク流量 (m<sup>3</sup>/s)

$\sum Q$  : 土石流総流量 (m<sup>3</sup>)

$V_{dqp}$  : 溪床勾配 10° 以上の谷次における 1 波の土石流により流出すると想定される土砂量 (空隙込み) (m<sup>3</sup>)

$Cd$  : 土石流濃度

$C_*$  : 溪床堆積土砂の容積濃度 0.6

但し、実測値がある場合または、別の方法でピーク流量が推定できる場合はその値を用いてよい。

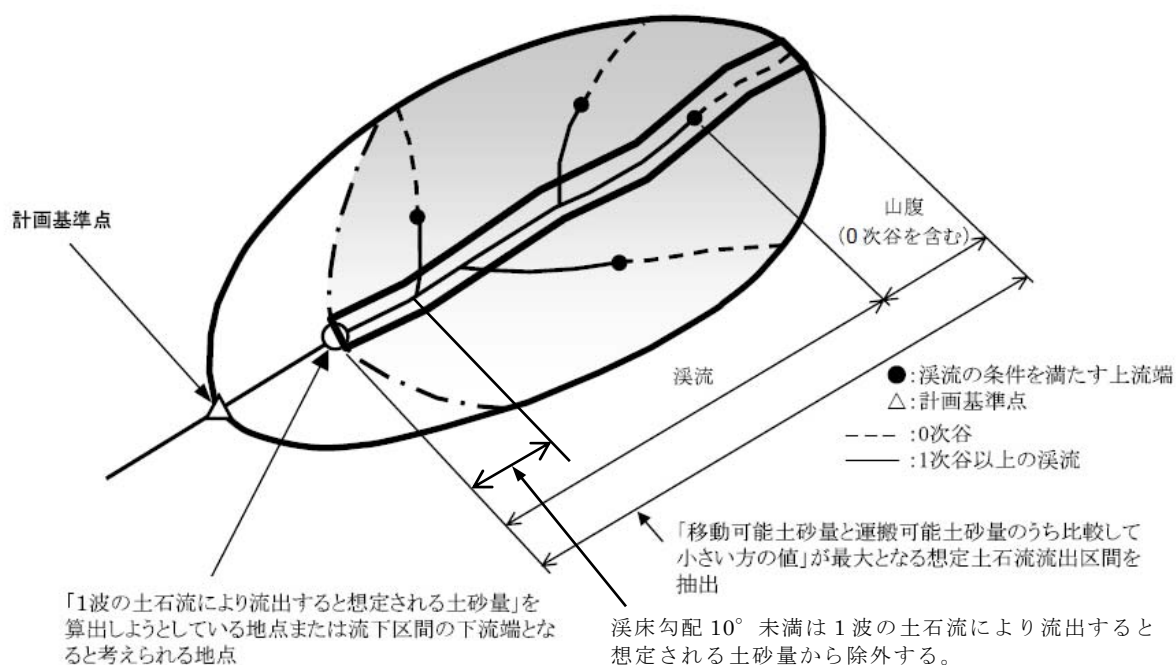


図 3.7.2 想定土石流流出区間のイメージ図

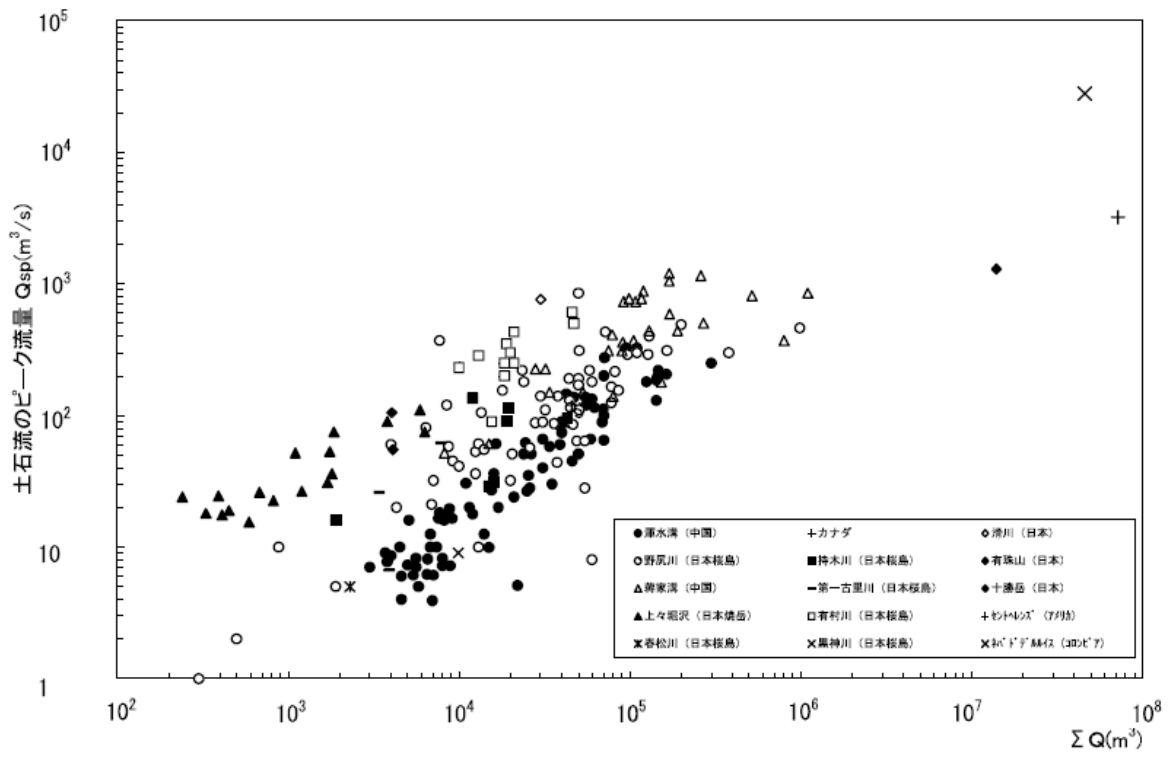


図 3.7.3 ピーク流量の相関 (原著では  $\Sigma Q$  は  $Q_t$  と表記されている)

< 解説 >

土石流の発生過程には、

- (1) 溪床堆積物が流水により強く浸食されて土石流になる。
- (2) 山腹崩壊土砂がそのまま土石流になる。
- (3) 山腹崩壊土砂が流れをせき止めて天然ダムを形成し、それが決壊して土石流になる。

等が考えられる。

(2)(3)については、ピーク流量を推定する方法がないので(1)について計画値を設定する。

$$Q_{sp} = \frac{C_*}{C_* - Cd} Q_p$$

#### 7.2.2 水だけの対象流量

水だけの対象流量 (Q p)

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \times f \times r \times A$$

< 解説 >

水だけの対象流量 (Q p) は、以下で求める。

$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{1}{3.6} \times f \times r \times A \\ &= \frac{1}{3.6} \times r_e \times A \end{aligned}$$

f : ピーク流量係数

平均流出係数を用いる。

r : 洪水到達時間内平均降雨強度 (mm/hr)

降雨強度式と角屋式から逐次計算により有効降雨強度および洪水到達時間を決定する。

r e : 有効降雨強度

$$r_e = r \times f$$

A : 流域面積 (km<sup>2</sup>)

(参考) 焼岳、滑川、桜島の観測結果によると、水のみを対象流量は  $70\text{m}^3/\text{s}$  程度で、  
 $Q_{sp}/Q_p$  は 1~20 まで広く分布している。

また、桜島の土石流観測結果では、土石流総流量  $Q_T$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) と土石流ピーク流量  $Q_{sp}$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) の間はかなり良い相関があり、その関係は

$$Q_{sp} = 2 \times 10^{-3} \cdot Q_T$$

で表せる。土石流総流量  $Q_T$  は総雨量に流域面積をかけて求められる総水量程度であるという資料が得られている。

### 7.2.3 有効降雨強度

有効降雨強度は次の 2 式の両方が満足する有効降雨強度と洪水到達時間を算出すること。

$$t_p = C \times A^{0.22} \times r_e^{-0.35}$$

$$r_a = \frac{r_{24}}{24} \left( \frac{t_p}{24} \right)^{Kp2}$$

上記 2 式を満足した有効雨量強度は下記で算出する。

$$r_e = \left( \frac{r_{24}}{24} \right)^{1.21} \times \left( \frac{24f^2}{C/60 \times A^{0.22}} \right)^{0.606} \quad (\text{角屋式})$$

$r_e$  : 有効降雨強度

$r_a$  : 洪水到達時間内の平均降雨強度

$r_{24}$  : 計画 24 時間雨量

$A$  : 流域面積 ( $\text{km}^2$ )

計画編 p3-23 (mm/day)

$f$  : ピーク流出係数

$t_p$  : 洪水到達時間 (min)

$C$  : 係数 (=120)

$Kp2$  : 定数 (-1/2)

#### < 解説 >

係数  $C$  とは、角屋・福島の洪水到達時間实用推定式 [ $t_p = C A^{0.22} r_e^{-0.35}$ 、 $t_p$  : 洪水到達時間 (分)、 $A$  : 流域面積 ( $\text{km}^2$ )、 $r_e$  : 有効降雨強度 ( $\text{mm/hr}$ )] での係数  $C$  である。

山地小流域での  $C = 120$  については、建設省技術研究会の資料をもとに水山氏\*が提案した。

\*政策研究大学院大学特任教授 (当時: 建設省土木研究所砂防研究室)



## 7.3 掃流区間での計画対象流量

### 7.3.1 計画対象流量

比較的流域面積が小さく、流域に貯留現象がない場合は、計画高水流量は、下に示したラショナル式によって計算する。

$$Q = Q' \times (1 + \alpha)$$

$$Q' = \frac{1}{3.6} \times f \times r \times A$$

Q : 計画高水流量 (m<sup>3</sup>/s)

Q' : ラショナル式によって求めるピーク流量 (m<sup>3</sup>/s)

α : 土砂混入率

f : 流出係数

r : 洪水到達時間内の平均雨量強度 (mm/h)

A : 流域面積 (km<sup>2</sup>)

#### < 解説 >

ラショナル式の適用が適当な河川は、流域面積が比較的小さく（概ね 100km<sup>2</sup>未満または流域の最遠点からの到達時間が概ね 2 時間程度まで）、かつ、流域に貯留現象がなく、または、貯留現象を考慮する必要がない河川等であり、その他河川では必要に応じ貯留関数法や単位図法を用いるものとする。

### 7.3.2 計画対象降雨量

降雨量の計画年超過確率規模は、堰堤では **100 年確率**または**既往最大降雨**を参考とする。溪流保全工では **50 年確率**程度または**既往最大降雨**を参考とするが、下流河川との整合性についても考慮する。

なお、溪流保全工の確率年を現地の状況を鑑みて、適宜の必要に応じて砂防課と協議を行い変更するものとする。

### 7.3.3 洪水到達時間

ラショナル式に用いられる洪水到達時間は、流域の最遠点に降った雨がその流域の出口（流量算定の基準点）に到達するに要する時間として定義される。

洪水到達時間は原則として雨水が流域最遠点から河道に達するに要する流入時間と河道を流下するに要する時間の和とする。

$$\begin{array}{rcccc} \text{洪水到達時間} & = & \text{流入時間} & + & \text{流下時間} \\ (T) & & (T_1) & & (T_2) \end{array}$$

#### (1) 流入時間 (T<sub>1</sub>)

流入時間は、将来土地利用計画、類似区域の例等を参考にして定めたものとするが、一般には20分(0.33hr)としてよい。

#### (2) 流下時間 (T<sub>2</sub>)

流下時間は、溪床勾配 (H/L) が 1/20 より急な場合はルチハの式、1/20 より緩い場合はクラークヘンの式を用いる。(図 3.7.4 参照)

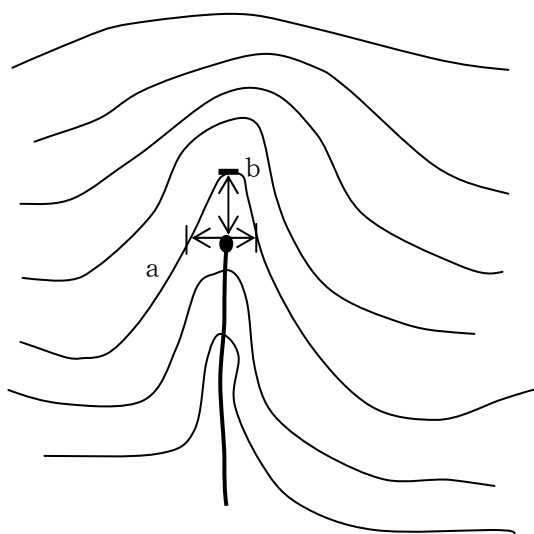


図 3.7.4

$a \leq b$  になった地点を谷の上流端とする

#### 1) ルチハの式

$$T_2 = \frac{L}{W} \qquad W = 72 \times \left( \frac{H}{L} \right)^{0.6}$$

T<sub>2</sub> : 流下時間 (h r)

W : 洪水の流下速度 (km/h)

$H$  :  $H_1 - H_2$  (km) (注)

$H_1$  : 常時河谷をなしている最上流点の標高 (km)

$H_2$  : 流域出口 (流量算定基準点) の標高 (km)

$L$  : 河道長 (km)

(注) 常時谷をなしている最上流点は、図に示すように 1/25,000 地形図の等高線により判定し、谷の幅が谷の湾入長よりも小であるところの最上流点とする。

2) クラーヘンの式

表 3.7.6

| $i$      | 1/100 以上 | 1/100~1/200 | 1/200 以上 |
|----------|----------|-------------|----------|
| $W(m/s)$ | 3.5      | 3.0         | 2.1      |

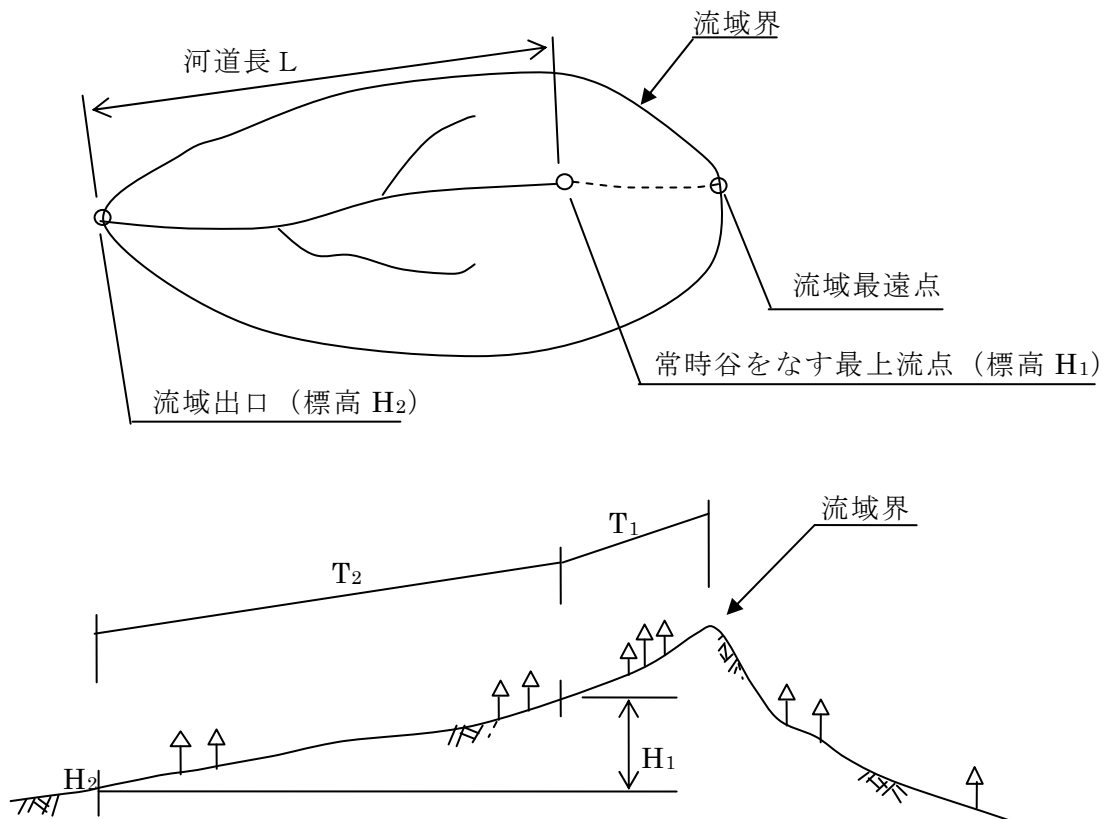


図 3.7.5 洪水到達時間

#### 7.4 計画対象流量計算例

##### (1) 土石流の容積土砂濃度 (C d) の算出

溪床勾配 :  $\theta = (11.3)^\circ$

ただし、 $\theta$  は計画地点から上流 200m までの平均勾配を用いる。

$$\tan \theta = \Delta H / \Delta L = 40/200 = (1/5) = 0.2$$

##### 1) $\tan \theta > (0.33) 1/3$ の場合

溪床堆積物の容積土砂濃度 :  $C^* = 0.6$

$$C d = 0.9 C^* = 0.9 \times 0.6 = 0.54$$

##### 2) $\tan \theta \leq (0.33) 1/3$ の場合

泥水の単位体積重量 :  $W_0 : (11.77) \text{ kN/m}^3$

礫の単位体積重量 :  $W_{s1} : (25.51) \text{ kN/m}^3$

$$C d = \frac{W_0 \tan \theta}{(W_{s1} - W_0) \times (\tan \phi - \tan \theta)} = \frac{11.77 \times 0.2}{(25.51 - 11.77) \times (0.7 - 0.2)}$$

堆積土砂の水中における内部摩擦角 :  $\phi = (35)^\circ$        $\tan \phi = (0.7)$

$$= 0.34 \quad \text{ここで } 0.3 \leq C d \leq 0.54 \text{ とする。} \quad \therefore C d = 0.34$$

0.3 以下の場合 0.3、0.54 以上の場合 0.54 とする。

##### (2) 水のみを対象流量 (Q p) の算出

流域面積 :  $A = (1.2) \text{ km}^2$ , 日雨量 :  $r_{24} = (391.1) \text{ mm/24 h}$

流出係数 :  $f = (0.85)$ , 係数 :  $C = (120)$

有効降雨強度 :  $r_e$

$$r_e = \left( \frac{r_{24}}{24} \right)^{1.21} \times \left( \frac{24 \times f^2}{C/60 \times A^{0.22}} \right)^{0.606}$$

$$Q_p = 1/3.6 \times r_e \times A = 1/3.6 \times 98.31 \times 1.2 = 35.27 \text{ m}^3/\text{s}$$

##### (3) 土石流ピーク流量 (Q sp) の算出

溪床堆積物の容積土砂濃度 :  $C_* = (0.6)$

土石流の容積土砂濃度 :  $C d = (0.34)$

水のみを対象流量 :  $Q_p = (32.77) \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q_{sp} = \frac{C_*}{C_* - C d} \times Q_p = \frac{0.6}{0.6 - 0.34} \times 32.77 = 75.62 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 7.5 土石流の流速と水深

土石流の流速と水深は、経験式、実測値等により推定する。

< 解説 >

(1) 土石流の流速 
$$U = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} (\sin \theta)^{\frac{1}{2}}$$

マンニング型の式で表す。

ここで、

U : 土石流の流速 (m/sec)

n : 粗度係数 (清水の場合よりかなり大きい) (表 3.7.7 参照)

R : 土石流の径深 (m) [= h (土石流の水深) とする]

θ : 溪床勾配 (度) (表 3.7.8 参照)

表 3.7.7 粗度係数 (n)

|              |       |      |
|--------------|-------|------|
| 自然河道         | フロント部 | 0.10 |
|              | 後続部   | 0.06 |
| 三面張<br>溪流保全工 | フロント部 | 0.03 |
|              | 後続部   |      |

表 3.7.8 溪床勾配 θ の使い分け

| 項目   | 溪床勾配                     |
|--|--------------------------|
| 本体及び袖部の安定計算と構造計算を行う際の設計外力を算出する場合の<br>土石流濃度 (C <sub>d</sub> )<br>土石流の流速 (U)<br>土石流の水深 (D <sub>d</sub> ) | 現溪床勾配 (θ <sub>o</sub> )  |
| 土石流ピーク流量を透過させるための砂防堰堤の水通し断面を決定する場合の越流水深 (D <sub>d</sub> )  | 計画堆砂勾配 (θ <sub>p</sub> ) |

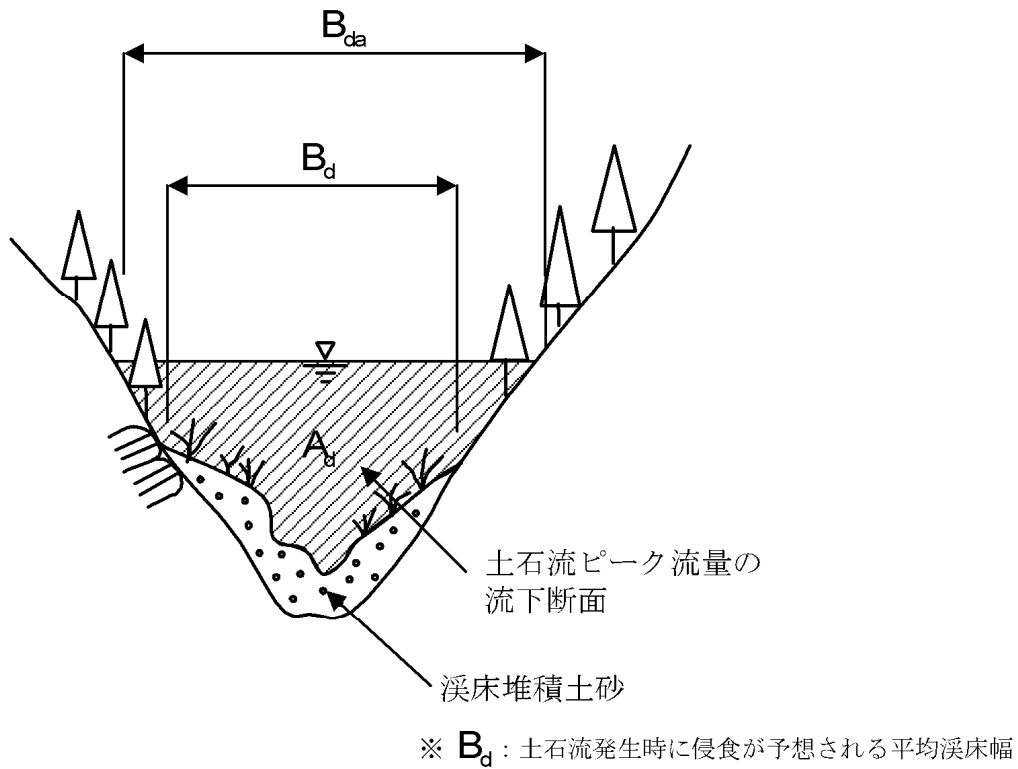


図 3.7.6 土石流の流下断面と流れの幅  $B_{da}$  のイメージ

(2) 土石流の水深

土石流の水深は、次式により算出される値と、土石流として流出すると予想される最大礫径を比較して大きい方の値とする。

$$h = \frac{Q_{sp}}{BU} = \left( \frac{nQ_{sp}}{B(\sin\theta)^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{5}}$$

ここで、

$h$  : 土石流の水深 (m)

$Q_{sp}$  : 土石流ピーク流量 (m<sup>3</sup>/sec)

$B$  : 流れの幅 (m) (土石流発生時に侵食が予想される平均溪床幅と同等)

$U$  : 土石流の流速 (m/sec)

## 7.6 土石流の単位体積重量

土石流の単位体積重量は、実測値、経験、理論的研究等により推定する。

< 解説 >

土石流の単位体積重量は、次式で求める。

$$W_d = W_{s1} C_d + W_0 (1 - C_d)$$

ここで、

$W_d$  : 土石流の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

$W_{s1}$  : 礫の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>) (25.51kN/m<sup>3</sup>)

$C_d$  : 流動中の土石流の容積土砂濃度

$W_0$  : 泥水の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>) (11.77kN/m<sup>3</sup>)

## 7.7 土石流流体力の算出方法「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説」

土石流流体力は、土石流の流速、水深、単位体積重量を用いて推定する。

< 解説 >

土石流流体力は、次式で求める。

$$F = \alpha \times \frac{W_d}{g} \times D_d \times U^2$$

$F$  : 単位幅当りの土石流流体力 (kN/m)

$U$  : 土石流の流速 (m/s)

$D_d$  : 土石流の水深 (m)

$\alpha$  : 係数 (=1.0)

$g$  : 重力加速度 (9.81m/s<sup>2</sup>)