

第Ⅱ編 土石流・流木対策計画

同左

## 第Ⅱ編 土石流・流木対策計画 目次

第Ⅱ編 土石流・流木対策計画 .....	Ⅱ-1-1
第1章 土石流・流木対策計画の基本事項 .....	Ⅱ-1-1
第1節 計画策定の基本方針 .....	Ⅱ-1-1
第2節 保全対象 .....	Ⅱ-1-2
第3節 計画規模 .....	Ⅱ-1-2
第4節 計画基準点等 .....	Ⅱ-1-2
第2章 土石流・流木処理計画 .....	Ⅱ-2-1
第1節 土石流・流木処理計画の基本 .....	Ⅱ-2-1
第2節 計画流出量 .....	Ⅱ-2-2
2.1 計画流出土砂量 .....	Ⅱ-2-2
2.2 計画流出流木量 .....	Ⅱ-2-2
第3節 計画流下許容量 .....	Ⅱ-2-2
3.1 計画流下許容土砂量 .....	Ⅱ-2-2
3.2 計画流下許容流木量 .....	Ⅱ-2-3
第4節 土石流・流木諸元 .....	Ⅱ-2-3
4.1 土石流諸元 .....	Ⅱ-2-3
4.1.1 土石流ピーク流量 .....	Ⅱ-2-3
4.1.2 土石流の流速と水深 .....	Ⅱ-2-5
4.1.3 土石流の単位体積重量 .....	Ⅱ-2-8
4.1.4 土石流流体力 .....	Ⅱ-2-9
4.2 流木諸元 .....	Ⅱ-2-9
4.2.1 流木の最大長、最大直径 .....	Ⅱ-2-9
4.2.2 流木の平均長、平均直径 .....	Ⅱ-2-9
第3章 土石流・流木対策施設配置計画 .....	Ⅱ-3-1
第1節 総説 .....	Ⅱ-3-1
第2節 土石流・流木対策施設の配置の基本 .....	Ⅱ-3-1
2.1 土石流・流木対策施設の種類 .....	Ⅱ-3-1
2.2 配置の基本方針 .....	Ⅱ-3-2
第4章 土石流・流木対策施設 .....	Ⅱ-4-1
第1節 土石流・流木捕捉工(砂防堰堤) .....	Ⅱ-4-1
1.1 土石流・流木捕捉工(砂防堰堤)の種類と効果 .....	Ⅱ-4-1
1.2 砂防堰堤型式の選定 .....	Ⅱ-4-8
1.3 砂防堰堤の配置方針 .....	Ⅱ-4-10
第2節 その他の土石流・流木対策施設 .....	Ⅱ-4-11
2.1 土石流導流工 .....	Ⅱ-4-11
2.1.1 断面 .....	Ⅱ-4-11
2.1.2 法線形 .....	Ⅱ-4-12

2.1.3 縦断形 .....	II-4-12
2.1.4 構造(溪床) .....	II-4-12
2.1.5 構造(湾曲部) .....	II-4-13
2.1.6 施設効果量 .....	II-4-13
2.1.7 構造細目 .....	II-4-13
2.2 溪流保全工 .....	II-4-14
2.3 土石流・流木発生抑制山腹工 .....	II-4-14
2.4 溪床堆積土砂移動防止工 .....	II-4-14
2.5 土石流堆積工 .....	II-4-15
2.6 土石流緩衝樹林帯 .....	II-4-17
2.7 土石流流向制御工 .....	II-4-17
第3節 土砂および流木収支計算 .....	II-4-18
第4節 除石 .....	II-4-20

# 第II編 土石流・流木対策計画

## 第1章 土石流・流木対策計画の基本事項

### 第1節 計画策定の基本方針

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(砂土計 p6)。策定においては、溪流内の現地調査等により溪流の状況、自然環境や保全対象地域の歴史・文化等の特性および経済性等を総合的に把握するものとする。(砂土計 p4)

#### 解説

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または開発等の人為的要因により大きな変化があった場合、または、森林等の状況が大きく変化した場合には、必要に応じて、計画で扱う土砂量等の見直しを行い、土石流・流木対策計画を改定する。(砂土計 p6)

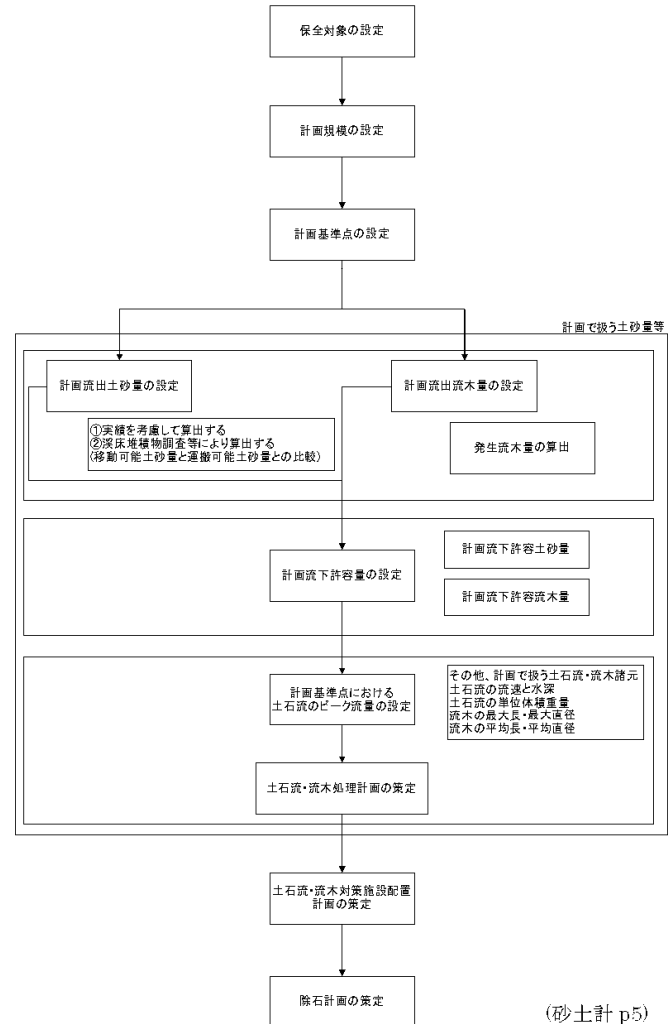


図1-1-1 計画策定の流れ

### 第1章 砂防計画

芦田らは、山地河川のような河床勾配が急で砂礫の流度分布が広い条件にまで適用できるように配慮して、式(1.2.8)に勾配Iの影響を導入して、次式を提案した。

$$\phi = \frac{12-24\sqrt{I}}{\cos\theta} \tau_c^{0.2-0.1I} \left(1-0.85\frac{\tau_c}{\tau_c^*}\right) \left(1-0.92\frac{u_{*c}}{u_*^*}\right) \quad \text{----- (1.2.9)}$$

式(1.2.9)のIの項が導入されているのは抵抗係数がIによって変化することによる。すなわち、同じ $\tau_c$ に対して、Iが大きくなると抵抗係数は増加し砂礫移動に關係する粒子近傍の高さにおける流速は減少し、したがって、掃流砂量は減少するが、式(1.2.9)にはその影響が考慮されている。 $q_{s1}$ に対するIの影響の程度は $\tau_c$ によって異なり、 $\tau_c$ が大きくなるほど大きい。 $\tau_c=0.1$ では、I=0.03程度以下であれば $q_{s1}$ に対するIの影響はほとんどない。しかし、 $\tau_c=0.3$ では、I=0.01程度でも、掃流砂量はI=0の場合に比べて10%程度減少し、さらにIが増加するとその影響は大きくなる。

混合砂礫床で、流砂量が粒径ごとに平衡し、河床砂の粒度構成が時間的に変化しない場合には、流体から河床へ伝達される掃流力が各粒子の停止限界掃流に等しくかつその値は粒径に無関係に等しいと考えられる。実際にこのことは実験によって確かめられている。したがって、混合砂礫床に対しても、流砂が平衡している場合には式(1.2.8)あるいは(1.2.9)はそのまま適用できる。 $\tau_c$ として平均粒径に対する値を用いることができる。この場合の粒径別の掃流砂量の式(1.2.8)あるいは式(1.2.9)で求めた流砂量にその粒径の河床構成の割合を乗じたものになる。

#### (5) 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。

建. 計 p50

#### 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(ダムの計画堆砂量)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。

### 第3節 砂防基本計画の作成

#### 3-1 計画作成の基本

砂防基本計画は、土砂処理の対象となる計画超過土砂量を合理的かつ効果的に処理するために策定するものであり、土砂の流下形態の相違(土石流区域か掃流区域)により土石流対策計画と流砂調整計画で構成される。

土石流対策計画、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、流出土砂調節計画より成る。これらの計画はいずれも相互に關連するものである。

建. 計 p50

#### 解説

砂防基本計画は、土石流等による災害を防止するための土石流対策計画及び掃流区域における流砂に起因する災害を防止するための流砂調整計画より成る。

流砂調整計画における土砂処理の計画は、当該基準点の上流側から直上流の計画基準点(複数の場合もある)の上流域を除いた、両計画基準点間の流域を対象に、次式より計画生産抑制土砂量、計画

第2節 保全対象

土石流危険渓流における保全対象は、土石流危険区域内にある保全人口、保全人家、保全田畑、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。

(砂土計 p7)

解説

保全対象は、土石流危険渓流および土石流危険区域調査要領(案)に基づき設定する。(砂土計 p7)

第3節 計画規模

土石流・流木対策計画の計画規模は、流域の特性によって一般に流出土砂量あるいは降雨量の年超過確率で評価するものとする。

なお、本計画では、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、および火山噴火にともなって融雪に起因する火山泥流、火口湖の決壊に起因する火山泥流を対象外とする。

(砂土計 p8)

解説

原則として経験ならびに理論上、計画規模の年超過確率の降雨量(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)にともなって発生する可能性が高いと判断される土石流および土砂とともに流出する流木等の流出量等を推定し、算出する。土石流・流木対策計画では、「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等は、当該渓流における過去の土石流量等の資料に基づいて定めることができる。

(砂土計 p8)

本マニュアルでは、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)の降雨量にともなって発生する可能性が高いと判断される土石流・流木の規模を計画規模と考える。

第4節 計画基準点等

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、保全対象の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等において土石流・流木処理計画に必要な場合は、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。

(砂土計 p9)

解説

土石流・流木対策計画では、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。土砂移動の形態が変わる地点は、図1-1-3を参考とする。

(砂土計 p9)

第1章 砂防計画

(3) 土石流区域と掃流区域の境界点(生産土砂量を算定する場合必要となる)

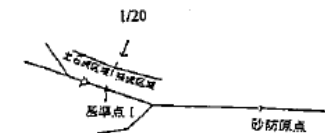


図 1-2-3 計画基準点例 (3)

(4) 現河床勾配が1/100の地点



図 1-2-4 計画基準点例 (4)

(5) その他地域的特性を考慮して、必要な地点に設ける。  
(例：河床勾配が1/100より緩勾配であっても土砂害が多発している場合、または天井川となっている場合は、砂防原点を河床勾配1/100以下に設けることもある。)

2-3 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、想定される土石流の規模とし、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、一般には計画降雨の年超過確率で評価するものとする。

建. 計 p48

解説

砂防基本計画における土砂量は、その規模に中間段階を想定することが困難なため、想定される最大規模の土砂量を対象に計画規模を定めることとし、原則として計画降雨の降雨量に伴って発生する可能性が高いと判断される規模を推定する。計画降雨としては、年超過確率1/100程度の規模もしくは既往最大のうちどちらか大きい方を用いるものとする。

ただし、土石流発生頻度の高い渓流では、その土石流量の資料に基づいて計画規模を定めることができる。

洪水流量の規模については、ダム工の場合には構造上の安全のため、年超過確率1/100程度の降雨量もしくは既往最大雨量のうちどちらか大きい値によるものとし、下流の流路計画の場合には1/50程度の計画規模としている例が多い。ただし、下流河川の計画規模との整合性を考慮して定めるものとする。

第Ⅱ編 土石流・流木対策計画 第1章 土石流・流木対策計画の基本事項

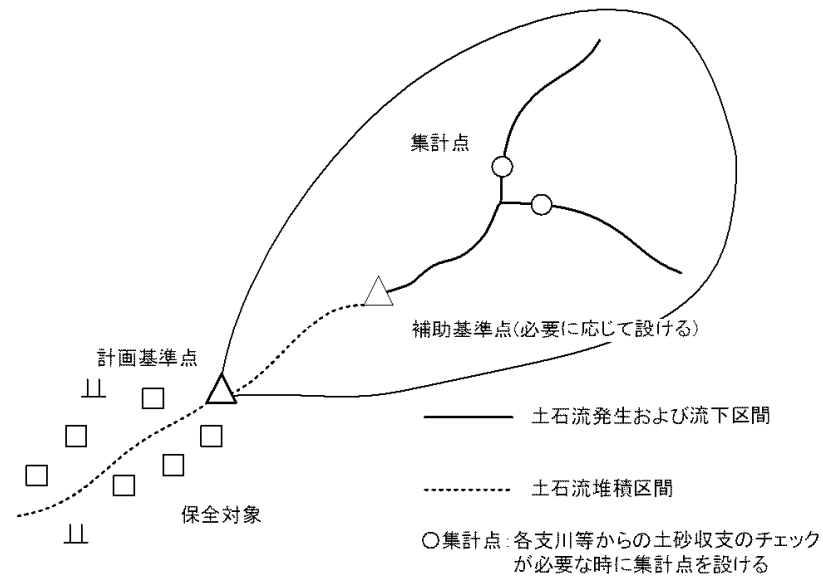


図1-1-2 計画基準点設定のイメージ

溪床				
溪床勾配	2° 1/30程度	10° 1/6程度	15° 1/4程度	20° 1/3程度
区間の呼び名	掃流区間	堆積区間	流下区間	発生区間

(砂土計 p9)

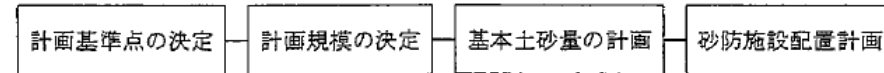
図1-1-3 土砂移動形態の溪床勾配による目安

第1章 砂防計画

治水計画は、上流水源から下流河口に至るまで、一貫した常に調和のとれた計画でなければならない。水系全体にわたって、一貫した水と土砂の処理が考えられなければならないのであって、合理的かつ効果的な土砂の処理が砂防工事の分野である。

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治水、利水上の機能の保全を図ることを目的として策定する。

砂防基本計画を樹立する手順は、



である。

2-2 計画基準点

計画基準点は、砂防基本計画で扱う土砂量を決定する地点である。計画基準点は砂防計画区域の最下流点及び河川計画との関連地点の他、保全対象地区の上流、土石流区域と掃流区域の境界点など、その地域特性を考慮して必要な地点に設けるものとする。

建. 計 p47

解説

計画基準点は砂防基本計画で扱う土砂量を決定する地点であるが次のような事項を考慮して決める。また、特に砂防計画対象区域の最下流点を砂防原点という。

一般に河川工事と砂防工事の目安として現河床勾配1/100の地点を砂防原点としている。

- (1) 河川計画との関連地点 (河川管理者と協議して決定する)

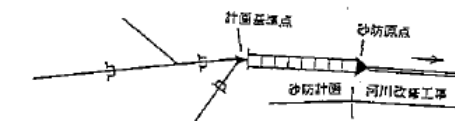


図1-2-1 計画基準点例(1)

- (2) 保全対象地区の上流 (砂防施設の保全対象に対する整備率・安全率をチェック)  
(土石流対策計画: 一般には谷の出口、土石流堆積開始地点)

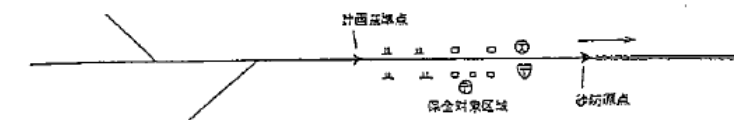


図1-2-2 計画基準点例(2)

## 第2章 土石流・流木処理計画

### 第1節 土石流・流木処理計画の基本

土石流・流木処理計画は、計画基準点等において、「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合理的かつ効果的に処理するよう土石流危険渓流ごとに策定するものである。(砂土計 p16)

土石流・流木処理計画の策定にあたっては計画で扱う土砂量等、土砂移動の形態、地形、保全対象等を考慮して、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土石流・流木対策施設を配置する。

なお、下流に災害等の問題を生じさせない土砂量で、土石流導流工により流下させることができる土砂量を計画流下許容土砂量とした場合は流出土砂の粒径等を十分考慮し、土石流導流工内の堆積によって氾濫等が生じないようにしなければならない。(砂土計 p17)

#### 解説

土石流・流木処理計画は、計画で扱う土砂量等を、砂防設備等(以後、土石流・流木対策施設と呼ぶ)による計画捕捉量(計画捕捉土砂量、計画捕捉流木量)、計画堆積量(計画堆積土砂量、計画堆積流木量)、計画発生(流出)抑制量(計画土石流発生(流出)抑制量、計画流木発生抑制量)によって処理する計画である。

(砂土計 p16)

土石流・流木処理計画は、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計画流出量( $V$ )、計画流下許容量( $W$ )、土石流・流木対策施設の計画捕捉量( $X$ )、計画堆積量( $Y$ )、計画発生(流出)抑制量( $Z$ )との間に、(1)式を満足するように策定する。(砂土計 p17)

$$V - W - (X + Y + Z) = 0 \quad \dots (1)$$

なお、 $V$ 、 $W$ 、 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ は次式によりそれぞれ算出する。

$$V = V_d + V_w \quad \dots (2)$$

$$W = W_d + W_w \quad \dots (3)$$

$$X = X_d + X_w \quad \dots (4)$$

$$Y = Y_d + Y_w \quad \dots (5)$$

$$Z = Z_d + Z_w \quad \dots (6)$$

ここで、 $V_d$ ：計画流出土砂量( $m^3$ )、 $V_w$ ：計画流出流木量( $m^3$ )、 $W_d$ ：計画流下許容土砂量( $m^3$ )、 $W_w$ ：計画流下許容流木量( $m^3$ )、 $X_d$ ：計画捕捉土砂量( $m^3$ )、 $X_w$ ：計画捕捉流木量( $m^3$ )、 $Y_d$ ：計画堆積土砂量( $m^3$ )、 $Y_w$ ：計画堆積流木量( $m^3$ )、 $Z_d$ ：計画土石流発生(流出)抑制量( $m^3$ )、 $Z_w$ ：計画流木発生抑制量( $m^3$ )である。

土砂整備率は次式により算出する。

$$\text{土砂整備率} = \frac{X_d + Y_d + Z_d}{V_d - W_d} \times 100(\%)$$

#### 解説

整備率の算定は、土石流危険渓流や土石流区域に施工する場合に策定する土石流対策計画と、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、現況及び当該施設完成後の状況に応じて、基準点ごとに算出する。これは、渓流自体の整備状況を確認するとともに、より効率的な砂防施設の配置計画を策定するためである。

整備率の一般式は、

$$\text{整備率} = \frac{(\text{計画流出土砂量}) - (\text{その時点の流出土砂量})}{(\text{計画流出土砂量}) - (\text{計画許容流砂量})} \times 100\% \quad \dots (1.3.1)$$

となる。ここに、(その時点の流出土砂量)とは、現況時、計画完成時等の流出土砂量である。

#### (1) 土石流対策計画

整備率は、基本計画上の正規整備率(完全方式)と現況に応じて使い分ける暫定整備率(防災方式)がある。整備率は、現況及び当該施設完成後の両方について算出する。

##### ① 正規の整備率

正規の整備率は、砂防ダムの貯砂量(C2)は整備土砂量に考慮せず、ダムに満砂した場合でも除石を行わないものとして算出する。土石流危険渓流においては、原則としてこの正規の整備率を使用する。正規整備率は(移動可能土砂量) < (運搬可能土砂量) となっている場合(河道調節量が無い場合)について下記の式となる。

$$\text{正規整備率} = \frac{C1 + D + B}{Q - E} \times 100\% \quad \dots (1.3.2)$$

ここに、C1：計画捕捉量、D：計画堆積量、B：計画土石流発生抑制量、

Q：計画流出土砂量、E：計画流下許容量(一般的には0)

河道調節量がある場合には、式(1.3.1)を用いる。

##### ② 防災方式の整備率(暫定の整備率)

砂防ダムが満砂するまでの暫定的な整備率には貯砂量(C2;空容量)を考慮する。常時流出土砂量が少なく土石流危険渓流でない場合、あるいは常に除石を行う渓流については、この暫定的な整備率を使用してよい。

河道調節量がない場合について、

$$\text{暫定整備率} = \frac{C1 + C2 + D + B}{Q - E} \times 100\% \quad \dots (1.3.3)$$

ここに、C1：計画捕捉量、C2：空貯砂容量、D：計画堆積量、

B：計画土石流発生抑制量、Q：計画流出土砂量、E：計画流下許容量

河道調節量がある場合には、式(1.3.1)を用いる。

#### (2) 流砂調整計画

##### ① 正規の整備率

正規の整備率は、砂防ダムの貯砂量(C)は整備土砂量に考慮せず、ダムに満砂した場合でも除石を行わないものとして算出する。

河道調節率( $\alpha$ )を用いた場合

第2節 計画流出量

2.1 計画流出土砂量

計画流出土砂量は、「計画規模の土石流」により、計画基準点まで流出する土砂量である。算出に際しては、土石流・流木対策施設が無い状態を想定する。(砂土計 p12)

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。ただし、算出した計画流出土砂量が1,000m³以下の場合には、計画流出土砂量を1,000m³とする。(砂土計 p32)

解説

- 1 計画流出土砂量の最小値
計画流出土砂量の最小値の判断は、計画基準点で行う。
2 流域内の移動可能土砂量は、第IV編参考資料第2章第1節に示す方法により算出する。
3 「計画規模の土石流」によって運搬できる土砂量は、第IV編参考資料第2章第2節に示す方法により算出する。

2.2 計画流出流木量

計画流出流木量は、推定された発生流木量に計画流木流出率を掛け合わせて算出する。(砂土計 p38)

解説

- 1 発生流木量、計画流出流木量
発生流木量および計画流出流木量は、第IV編参考資料第2章第3節に示す方法により算出する。
2 計画流木流出率
計画流出流木率(発生した流木の谷の出口への流出率)は、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。(砂土計 p38)

第3節 計画流下許容量

3.1 計画流下許容土砂量

計画流下許容土砂量は、計画基準点より下流において災害を発生することなく流れる土砂量である。(砂土計 p13)

解説

計画流下許容土砂量は、原則として0とする。
ただし、下流において災害を発生させない土砂量で、土石流導流工により流下させることができる場合は、この土砂量を計画流下許容土砂量とすることができる。(砂土計 p13)

2-4 計画で扱う土砂量

2-4-1 土石流区域における土砂量

(1) 計画流出土砂量

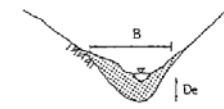
計画流出土砂量は、地形図、現地調査、過去の土石流の記録等より総合的に決定する。(土対指 p48)

解説

計画流出土砂量は、原則として、計画規模の土石流が運搬できる土砂量と、流域内の移動可能土砂量を比較して小さい方の値とする。ただし、山腹崩壊土砂がそのまま土石流となるものや、崩壊土砂による天然ダムの決壊による土石流等、流域の特性を十分勘案しなければならない。

- a. 移動可能土砂量
① 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)は崩壊堆積土砂量と崩壊可能土砂量の和とする。
V\_e = V\_1(崩壊堆積土砂量) + V\_2(崩壊可能土砂量)
ここで V\_1 = A\_1 \times L\_1 = (B \times D\_e) \times L\_1
A\_1: 崩壊堆積物の平均断面積(m²)
B: 土石流発生時に侵食が予想される平均崩壊幅(m)
D\_e: 崩壊堆積物の平均堆積厚(m)
(B, D\_e)は現地調査、近傍渓流の侵食状況などを参考に推定する。
L\_1: 谷出口または土石流発生時に侵食区間の下流域となると考えられる地点から平時流水のある地点まで崩壊に沿って計った距離(m)
V\_2: 0次谷(平均表流水の無い谷)及び崩壊土砂の予想崩壊土砂量で、具体的に発生位置と規模を推定する。
なお、崩壊土砂の大きさは、原則として行わない。
② 崩壊可能土砂を的確に推定することが困難な場合は、0次谷の崩壊を含めた次式で土石流に対する移動可能土砂量を推定する。
V\_e(流出土砂量) = A\_e \times L\_e = (B \times D\_e) \times L\_e
A\_e: 崩壊堆積物の平均断面積(m²)
B: 土石流発生時に侵食が予想される平均崩壊幅(m)
D\_e: 崩壊堆積物の平均堆積厚(m)
(B, D\_e)は現地調査、近傍渓流の侵食状況などを参考に推定する。
L\_e: 谷の出口から流域の最遠点までの流域に沿って計った距離(m)で支線がある場合はその長さも加える。
土石流発生直後など残存する移動可能土砂量が少ない場合でも、山腹や崩壊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。(参考)

平均崩壊幅の調査例
本沢(西側災害, 山梨県) 3.02m
三沢川( # # # ) 2.49m
小浜川(尾瀬災害, 三重県) 2.0 m
碓石川(天草災害, 熊本県) 1.7 m
小豆島災害(香川県) 0.5 ~ 1.8 m



- 長崎寺川(長崎災害, 長崎県) 0.5 m
陸ノ内川( # # # ) 0.7 m
鍋倉沢支川(塩瀬町災害, 山形県) 0.7 m
江河内谷(広島西部災害, 広島県) 1.5 m
上原谷( # # # ) 1.2 m
水沢 0.75 m(昭和61年, 宮城県)
秋山沢 1.5 m(平成元年, 宮城県)
増田川 1.0 m(平成6年, 宮城県)

b. 運搬可能土砂量

計画規模の土石流によって運搬できる土砂量(V\_ec)は、計画規模の降雨量(R\_r(mm))に流域面積(A(km²))を掛けて総水量を求め、これに流動中の土石流の容積土砂濃度(C\_d)を乗じて算定する。その崩壊出補正率(fr)を考慮する。

V\_ec = (10^6 \cdot R\_r \cdot A \cdot C\_d / (1 - C\_d)) \cdot fr
R\_r: 地域の特長、災害特性を検討し決定する。なお一般には、T = 24hrを用いる。
ここで、λは危険率で0.4程度とする。
frは流出補正率で右図によって流域面積に対して考える。なお、frは0.5を上限とし、0.1を下限とする。

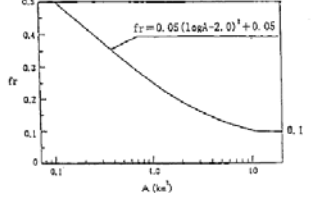


図1-2-5 Aとfrの関係

土石流の容積土砂濃度C\_d
流動中の土石流の容積土砂濃度C\_dは、次式によって推定する。
C\_d = (\rho \cdot \tan \theta) / ((\sigma - \rho) \cdot (\tan \phi - \tan \theta))
ここで、σ: 砂礫の密度(2.6t/m³程度)
ρ: 流水の密度(1.2t/m³程度)
φ: 堆積土砂の内部摩擦角(30°~40°程度)
θ: 渓床勾配(計画地点から上流200mまでの平均勾配を用いる)
上式は、10°~20°に対する高橋の式であるが、それよりも緩勾配の範囲についても準用する。なお、C\_d ≥ 0.9C\_0の場合はCが0.9C\_0としC\_d ≤ 0.3の場合はC\_d = 0.3とする。(C\_0: 堆積土砂の容積土砂濃度、0.6程度)。

(2) 計画流下許容量

計画流下許容量は、土石流危険流域の計画基準点より下流において災害を発生することなく流れる土砂量で、土石流堆積工による計画堆積量以外のものをいう。下流の状況によるが、一般的にはQとする。

土対指 p12

4-2-10 流木対策施設

(1) 総説

流木対策は、土砂の生産、流出に伴う流木の発生・流出が予想される渓流を対象として、土砂とともに流出する流木による災害から生命、財産、生活環境および自然環境を守ることを目的として行うものである。(流対指 p15)

解説

我が国では、一般に山地渓流の流域は森林で覆われている場合が多い。このような所で崩壊等により土砂が発生・流下する場合には、必然的に流木も発生・流下する。これらの土砂とともに発生・流下する多量の流木は、渓流や河道を流下する際に狭窄部や橋梁、ボックスカルバート等に詰まり、土砂等の阻害を引き起こしたり、橋梁を覆い出して人命、人家、道路等に多大な被害を与える場合がある。このような災害例は、流木が土砂と共に流出する場合に特に著しく、流木対策は土砂災害対策の一環として行う必要がある。

(2) 流木対策の基本

流木対策の基本は、下流で被害を恐れる恐れのある土砂と共に流出する流木を砂防事業対象渓流内で抑止することである。(流対指 p16)

解説

流木の抑止とは、土砂と共に流出する流木の発生を防ぐこと、および土砂と共に流出する流木を橋梁・堆積させて下流への流下を防ぐことをいう。

(3) 計画流木量

流木対策の計画に当たっては、砂防計画基準点等に土砂ととも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。(流対指 p16)

解説

計画流木量は実立積で表現するものとし、流域に土砂と流木の発生防止、流出土砂の貯砂・調整および流木捕獲のための施設が無い状態を想定する。
計画流木量の想定においては、斜面崩壊・浸食崩壊等の発生が予想される山腹や谷筋の樹林の樹種、材積、材積等の構成が定量的に推定すると判定できる場合は、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+新規浸食崩壊面積)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る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、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。

流対指 p16



3.2 計画流下許容流木量

計画流下許容流木量は、計画基準点より下流で災害を引き起こさない流木量である。(砂土計 p14)

解説

計画流下許容流木量は、原則として0とする。

第4節 土石流・流木諸元

4.1 土石流諸元

4.1.1 土石流ピーク流量

土石流ピーク流量は、流出土砂量に基づいて求めることを基本とする。ただし、同流域において、実測値がある場合で別の方法を用いて土石流ピーク流量を推定できる場合は、その値を用いてよい。

(砂土計 p43)

解説

焼岳、桜島等で発生した土石流ピーク流量観測データに基づく土石流総流量とピーク流量の関係は図2-4-1に示すとおりである。平均的なピーク流量と土石流総流量の関係は(1)式で表される。

土石流ピーク流量(Q<sub>sp</sub>)は、次式を用いて算出する。

Q<sub>sp</sub> = 0.01 · ΣQ .....(1)

ΣQ = (C\* · V<sub>dsp</sub>) / C<sub>d</sub> .....(2)

ここで、ΣQ：土石流総流量(m³)、V<sub>dsp</sub>：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)(m³)、C<sub>d</sub>：土石流濃度、C\*：堆積物の容積濃度(0.6程度)である。(砂土計 p43)

する)

上記の降雨規模から求めた水のみ流量に土砂の含有を考慮して、1.5倍を設計流量とする。

Q = (1+0.5) · Q<sub>p</sub> ..... (2-2-1)

Q：設計流量

Q<sub>p</sub>：水のみ流量

(2) 土石流発生頻度の高い溪流  
土石流ピーク流量を設計流量とする。

2-1-2 土石流のピーク流量

土石流のピーク流量は、下記により求める。

Q<sub>sp</sub> = α Q<sub>p</sub> ..... (2-2-2)

ここで、Q<sub>sp</sub>：土石流のピーク流量、Q<sub>p</sub>：計画規模の降雨に対する水のみ対称流量、α：係数  
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

土対指 p7

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侵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無いので(1)について計画値を設定する。

土石流のピーク流量Q<sub>sp</sub> (m³/sec) は、水のみ対象流量Q<sub>p</sub> (m³/sec) との間に、

Q<sub>sp</sub> = (C\* / (C\* - C<sub>d</sub>)) Q<sub>p</sub> ..... (2-2-3)

の関係があるとして求める。

ここで

C\*：堆積土砂の容積土砂濃度(0.6程度)

C<sub>d</sub>：流動中の土石流の容積土砂濃度で溪床勾配20°以上では0.9C\*とする。

20°以下では、

C<sub>d</sub> = (ρ tan θ) / (σ - ρ) (tan φ - tan θ) ..... (2-2-4)

によって土石流の濃度を推定する。

上式は10°～20°に対する高橋の式であるが、それよりも緩勾配の範囲についても準用する。なお、計算値(C<sub>d</sub>)が0.9C\*よりも大きくなる場合は、C<sub>d</sub>=0.9C\*とし、計算値(C<sub>d</sub>)が0.3よりも小さくなる場合はC<sub>d</sub>=0.30とする。

ここで、

σ：礫の密度(2.6t/m³)程度

ρ：水の密度(1.2t/m³程度)

φ：堆積土砂の内部摩擦角(30°～40°程度)

θ：河床勾配(度)(θは、計算地点から上流200mまでの平均勾配を用いる。)

たとえば、C\*=0.6、C<sub>d</sub>=0.54とすると、Q<sub>sp</sub>=10Q<sub>p</sub>となる。

第II編 土石流・流木対策計画 第2章 土石流・流木処理計画

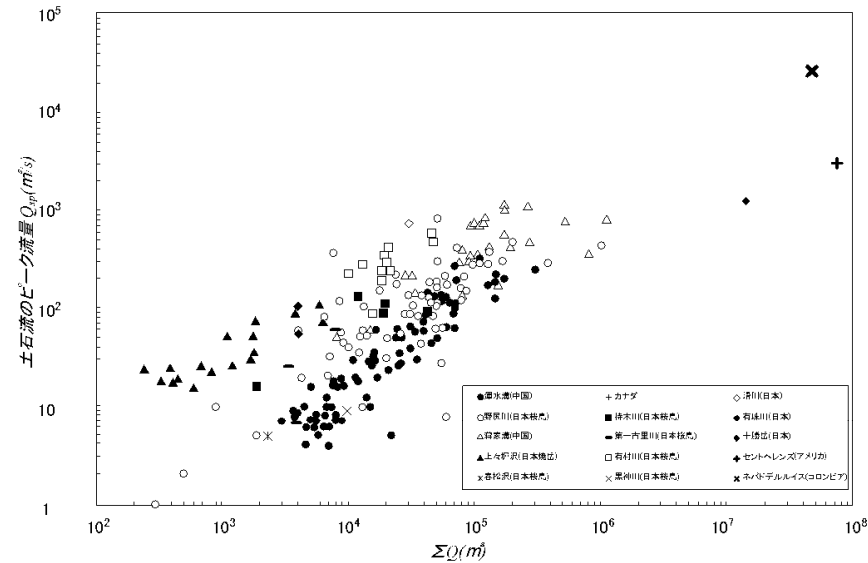


図2-4-1 ピーク流量の相関(原著ではΣQはQTと表記されている)(砂土計p45)

1 土石流濃度

土石流濃度は、次の平衡濃度式で求めるものとする。

$$C_d = \frac{\rho \cdot \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta)} \dots\dots (3)$$

ただし、 $0.3 \leq C_d \leq 0.9C^*$

$\sigma$  : 礫の密度 (2,600kg/m<sup>3</sup>程度)

$\rho$  : 水の密度 (1,200 kg/m<sup>3</sup>程度)

$\phi$  : 堆積土砂の内部摩擦角 (30° ~ 40° 程度、一般には35°)

$\theta$  : 溪床勾配 (°) (現溪床勾配を用いる)

(砂土計p43)

現溪床勾配を計測する区間は、計算地点から200m上流区間を目安とする。なお、きわめて溪流の規模が小さい場合など、上流200m区間が計算地点付近の溪床勾配を代表していないと考えられる時は、別途計測区間を検討する。

2 1波の土石流により流出すると想定される土砂量(V<sub>dpp</sub>)の算出方法

1波の土石流により流出すると想定される土砂量(V<sub>dpp</sub>)は、1波の土石流での移動可能土砂量、計画規模の土石流によって運搬できる土砂量(V<sub>dt2</sub>)を算出し、これらの値のうち小さい方の値をとる。

1波の土石流での移動可能土砂量は、土石流・流木対策施設のない場合を想定した、一連の溪流での最大となる移動可能土砂量とする。(砂土計p43)

なお、ここでの移動可能土砂量は、土石流発生、流下区間に存在する土砂量のみを対象とする。

第1章 砂防計画

- 長龍寺川 (長崎災害, 長崎県) 0.5 m
- 陣ノ内川 ( " " ) 0.7 m
- 鍋倉沢支川 (温海町災害, 山形県) 0.7 m
- 江河内谷 (広島西部災害, 広島県) 1.5 m
- 上原谷 ( " " ) 1.2 m
- 水沢 0.75 m (昭和61年, 宮城県)
- 秋山沢 1.5 m (平成元年, 宮城県)
- 増田川 1.0 m (平成6年, 宮城県)

b. 運搬可能土砂量

計画規模の土石流によって運搬できる土砂量 (Vec) は、計画規模の降雨量 (R<sub>r</sub>(mm)) に流域面積 (A(km<sup>2</sup>)) を掛けて総水量を求め、これに流動中の土石流の容積土砂濃度 (Cd) を乗じて算定する。その際流出補正率 (fr) を考慮する。

$$Vec = \frac{10^3 \cdot R_r \cdot A}{1 - \lambda} \left[ \frac{C_d}{1 - C_d} \right] fr$$

R<sub>r</sub> : 地域の降雨特性、災害特性を検討し決定する。なお一般には、T=24hrを用いる。

ここで、λは空隙率で0.4程度とする。

frは流出補正率で右図によって流域面積に対して与える。なお、frは0.5を上限とし、0.1を下限とする。

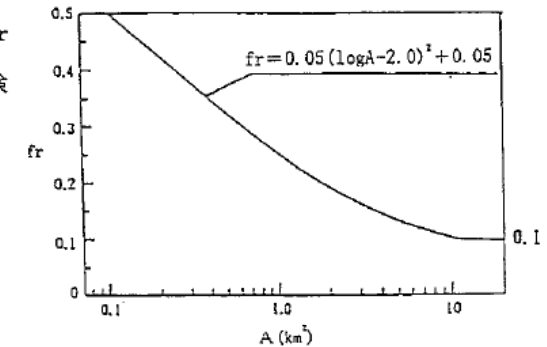


図1-2-5 Aとfrの関係

・土石流の容積土砂濃度Cd

流動中の土石流の容積土砂濃度Cdは、次式によって推定する。

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

ここで、σ : 砂礫の密度 (2.6t/m<sup>3</sup>程度)

ρ : 流水の密度 (1.2t/m<sup>3</sup>程度)

φ : 堆積土砂の内部摩擦角 (30° ~ 40° 程度)

θ : 溪床勾配 (計画地点から上流200mまでの平均勾配を用いる)

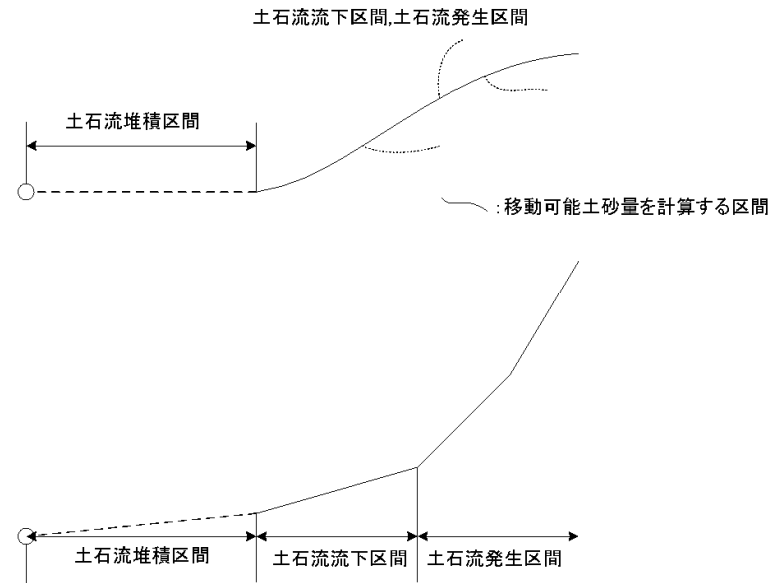
上式は、10° ~ 20° に対する高橋の式であるが、それよりも緩勾配の範囲についても準用する。なお、Cd ≥ 0.9C<sup>\*</sup>の場合はCd=0.9C<sup>\*</sup>としCd ≤ 0.3の場合はCd=0.3とする。(C<sup>\*</sup>: 堆積土砂の容積土砂濃度、0.6程度)。

(2) 計画流下許容量

計画流下許容量は、土石流危険渓流の計画基準点より下流において災害を発生することなく流れる土砂量で、土石流堆積工による計画堆積量以外のものをいう。下流の状況によるが、一般的には0とする。

土対指 p12

第II編 土石流・流木対策計画 第2章 土石流・流木処理計画



注)図上で流路を比較し、最も移動可能土砂量が多くなるルートで算出する  
図2-4-2 土石流ピーク流量算出での移動可能土砂量計算区間

4.1.2 土石流の流速と水深

土石流の流速と水深は、理論式、経験式、実測値等により推定する。(砂土計p48)

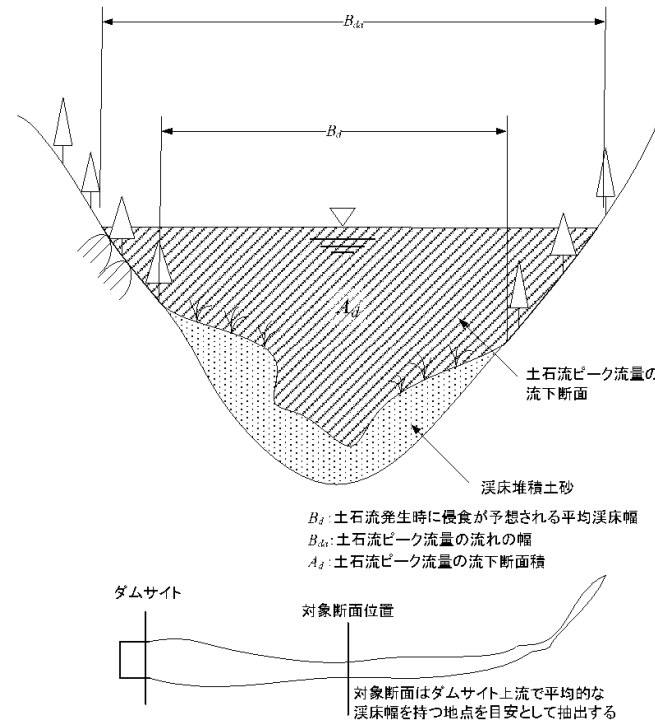
解説

土石流の流速 $U$ (m/s)は、焼岳、滑川、桜島の観測資料を整理した結果では、次の Manning 型の式、

$$U = \frac{1}{K_n} D_r^{2/3} (\sin \theta)^{1/2} \dots (1)$$

で表わすことができると報告されている。ここで、 $D_r$ :土石流の径深(m)(ここでは $D_r = D_d$ (土石流の水深)とする)、 $\theta$ :溪床勾配(°)、 $K_n$ :粗度係数( $s \cdot m^{-1/3}$ )である。ただし、溪床勾配( $\theta$ )は表2-4-1に基づき設定する。粗度係数( $K_n$ )の値は清水の場合よりかなり大きく、自然河道ではフロント部で0.10をとる。なお、土石流の流速および水深は、フロント部について求めるものとする。

土石流の水深 $D_d$ (m)は、流れの幅 $B_{da}$ (m)と土石流ピーク流量 $Q_{sp}$ ( $m^3/s$ )より、(1)式、



II-2-5

第2章 計画高水流量

なお、水のみを対象流量( $Q_p$ )は、前節に述べた方法により合形式

$$Q_p = 1/3.6 \cdot f \cdot r \cdot A \dots (2-2-5)$$

で求める。

(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 $70m^3/sec$ 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 $Q_r$ ( $m^3$ )と土石流ピーク流量 $Q_{sp}$ ( $m^3/sec$ )の間はかなり良い相関があり、その関係は、

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

で表される。土石流総流量 $Q_r$ 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。

2-1-3 土石流の流速と水深

土石流の流速と水深は、理論式、経験式、実測値等により推定する。

土対指 p9

解説

焼岳、滑川、桜島の観測資料を整理した結果では、土石流の流速 $U$ (m/sec)は Manning の式、

$$U = \frac{1}{n} R^{2/3} (\sin \theta)^{1/2} \dots (2-2-6)$$

で表わすことができると報告されている。

ここで

$R$ :土石流の径深(m)、ここでは $R = h$ (土石流の水深)とする。

$\theta$ :溪床勾配(度)

$n$ :粗度係数

である。ただし、粗度係数( $n$ )は清水の場合よりかなり大きく、自然河道ではフロント部で0.10、後続流で0.06、三面張りの流路では、フロント部、後続流ともに0.03程度の値をとる。

土石流の水深 $h$ (m)は、流れの幅 $B$ (m)と、土石流ピーク流量 $Q_{sp}$ ( $m^3/sec$ )、及び土石流の流速 $U$ (m/sec)より

$$h = \frac{Q_{sp}}{B \cdot U} = \left\{ \frac{n \cdot Q_{sp}}{B (\sin \theta)^{0.5}} \right\}^{3/5} \dots (2-2-7)$$

によって与えら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。ただし流速は前述の計算値を用いる。

土石流の最大礫径は、土石流として流出すると予想される土砂の約100個以上の巨礫の頻度分布を調べ、累加曲線の95%をもって与える。

2-1-4 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、理論的研究により推定する。

土対指 p10

解説

土石流の単位体積重量 $\rho_d$ ( $t/m^3$ )は、

$$\rho_d = \sigma C_d + \rho (1 - C_d) \dots (2-2-8)$$

で、求められる。

第II編 土石流・流木対策計画 第2章 土石流・流木処理計画

(2)式、(3)式を連立させて求められる。

(砂土計p49一部加筆)

Q<sub>sp</sub> = U · A<sub>d</sub> .....(2) 図2-4-3 土石流の流下断面と流れの幅のイメージ

ここで、A<sub>d</sub>:土石流ピーク流量の流下断面面積(m<sup>2</sup>)である。なお、一般に計画規模の年超過確率の降雨量にともなって発生する可能性が高いと判断された土石流は、ピーク流量を流しうる断面一杯に流れると考えられるので、土石流の流下断面は図2-4-3の斜線部とする。流れの幅B<sub>da</sub>(m)は図2-4-3に示すとおりとし、土石流の水深D<sub>d</sub>(m)は次式で近似した値を用いる。

D<sub>d</sub> = A<sub>d</sub> / B<sub>da</sub> .....(3)

(砂土計p48)

なお、具体的な方法は、巻末資料の計算例を参照されたい。

第2章 計画高水流量

なお、水のみを対象流量(Q<sub>p</sub>)は、前節に述べた方法により合理式

Q<sub>p</sub> = 1 / 3.6 · f · r · A ..... (2-2-5)

で求める。

(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70m<sup>3</sup>/sec程度で、Q<sub>sp</sub>/Q<sub>p</sub>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<sub>r</sub>(m<sup>3</sup>)と土石流ピーク流量Q<sub>sp</sub>(m<sup>3</sup>/sec)の間はかなり良い相関があり、その関係は、

Q<sub>sp</sub> = 2 × 10<sup>-3</sup> Q<sub>r</sub>

で表される。土石流総流量Q<sub>r</sub>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。

2-1-3 土石流の流速と水深

土石流の流速と水深は、理論式、経験式、実測値等により推定する。

土対指 p9

解説

焼岳、滑川、桜島の観測資料を整理した結果では、土石流の流速U(m/sec)はマンニングの式、

U = 1/n R<sup>2/3</sup> (sin θ)<sup>1/2</sup> ..... (2-2-6)

で表わすことができると報告されている。

ここで

R:土石流の径深(m)、ここではR=h(土石流の水深)とする。

θ:溪床勾配(度)

n:粗度係数

である。ただし、粗度係数(n)は清水の場合よりかなり大きく、自然河道ではフロント部で0.10、後続流で0.06、三面張りの流路では、フロント部、後続流ともに0.03程度の値をとる。

土石流の水深h(m)は、流れの幅B(m)と、土石流ピーク流量Q<sub>sp</sub>(m<sup>3</sup>/sec)、及び土石流の流速U(m/sec)より

h = Q<sub>sp</sub> / (B · U) = { n · Q<sub>sp</sub> / (B (sin θ)<sup>0.5</sup>) }<sup>3/5</sup> ..... (2-2-7)

によって与えら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。ただし流速は前述の計算値を用いる。

土石流の最大礫径は、土石流として流出すると予想される土砂の約100個以上の巨礫の頻度分布を調べ、累加曲線の95%をもって与える。

2-1-4 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、理論的研究により推定する。

土対指 p10

解説

土石流の単位体積重量ρ<sub>d</sub>(t/m<sup>3</sup>)は、

ρ<sub>d</sub> = σ C<sub>d</sub> + ρ (1 - C<sub>d</sub>) ..... (2-2-8)

で、求められる。

第II編 土石流・流木対策計画 第2章 土石流・流木処理計画

表2-4-1 渓床勾配θの使い分け

項目	渓床勾配
本体およ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土石流濃度(C <sub>d</sub> ) 土石流の流速(U) 土石流の水深(D <sub>d</sub> )	現渓床勾配(θ <sub>o</sub> )
土石流ピーク流量を通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	計画堆砂勾配(θ <sub>p</sub> )

(砂土計p49)

1 本体およ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

○ 渓床勾配は、現渓床勾配(θ<sub>o</sub>)を用いる

(1) 流れの幅(B<sub>da</sub>)

水位(h)を仮定し、そのときの流下断面積(A<sub>d</sub>)と流れの幅(B<sub>da</sub>)を下図のように求める。

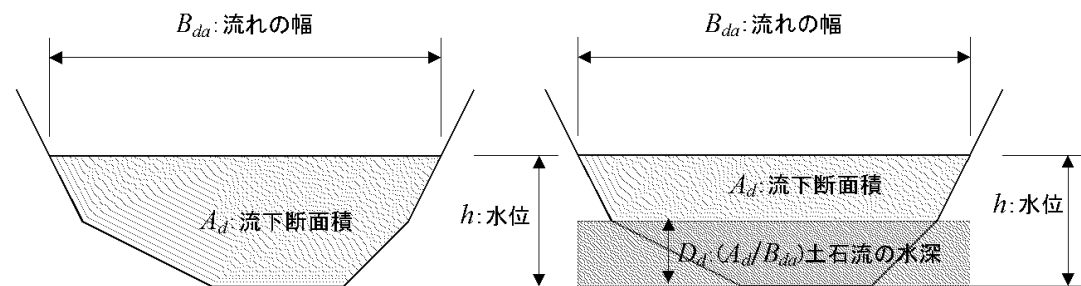
(2) 以下の式により、土石流の水深(D<sub>d</sub>)、計算土石流ピーク流量(Q<sub>spcal</sub>)を求める。

$$D_d = A_d / B_{da}$$

$$U = \frac{1}{K_n} D_d^{2/3} (\sin \theta_o)^{1/2}$$

$$Q_{spcal} = U \cdot A_d$$

(3) Q<sub>sp</sub> ≒ Q<sub>spcal</sub>のときの水位hに対応するA<sub>d</sub>、B<sub>da</sub>、D<sub>d</sub>、Uを求める。



第2章 計画高水流量

なお、水のみを対象流量(Q<sub>p</sub>)は、前節に述べた方法により合理式

$$Q_p = 1 / 3.6 \cdot f \cdot r \cdot A \dots \dots \dots (2-2-5)$$

で求める。

(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70m<sup>3</sup>/sec程度で、Q<sub>sp</sub>/Q<sub>p</sub>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<sub>r</sub>(m<sup>3</sup>)と土石流ピーク流量Q<sub>sp</sub>(m<sup>3</sup>/sec)の間はかなり良い相関があり、その関係は、

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

で表される。土石流総流量Q<sub>r</sub>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。

2-1-3 土石流の流速と水深

土石流の流速と水深は、理論式、経験式、実測値等により推定する。

土対指 p9

解説

焼岳、滑川、桜島の観測資料を整理した結果では、土石流の流速U(m/sec)はマンニングの式、

$$U = \frac{1}{n} R^{2/3} (\sin \theta)^{1/2} \dots \dots \dots (2-2-6)$$

で表わすことができると報告されている。

ここで

R: 土石流の径深(m)、ここではR=h(土石流の水深)とする。

θ: 渓床勾配(度)

n: 粗度係数

である。ただし、粗度係数(n)は清水の場合よりかなり大きく、自然河道ではフロント部で0.10、後続流で0.06、三面張りの流路では、フロント部、後続流ともに0.03程度の値をとる。

土石流の水深h(m)は、流れの幅B(m)と、土石流ピーク流量Q<sub>sp</sub>(m<sup>3</sup>/sec)、及び土石流の流速U(m/sec)より

$$h = \frac{Q_{sp}}{B \cdot U} = \left\{ \frac{n \cdot Q_{sp}}{B (\sin \theta)^{0.5}} \right\}^{3/5} \dots \dots \dots (2-2-7)$$

によって与えら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。ただし流速は前述の計算値を用いる。

土石流の最大礫径は、土石流として流出すると予想される土砂の約100個以上の巨礫の頻度分布を調べ、累加曲線の95%をもって与える。

2-1-4 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、理論的研究により推定する。

土対指 p10

解説

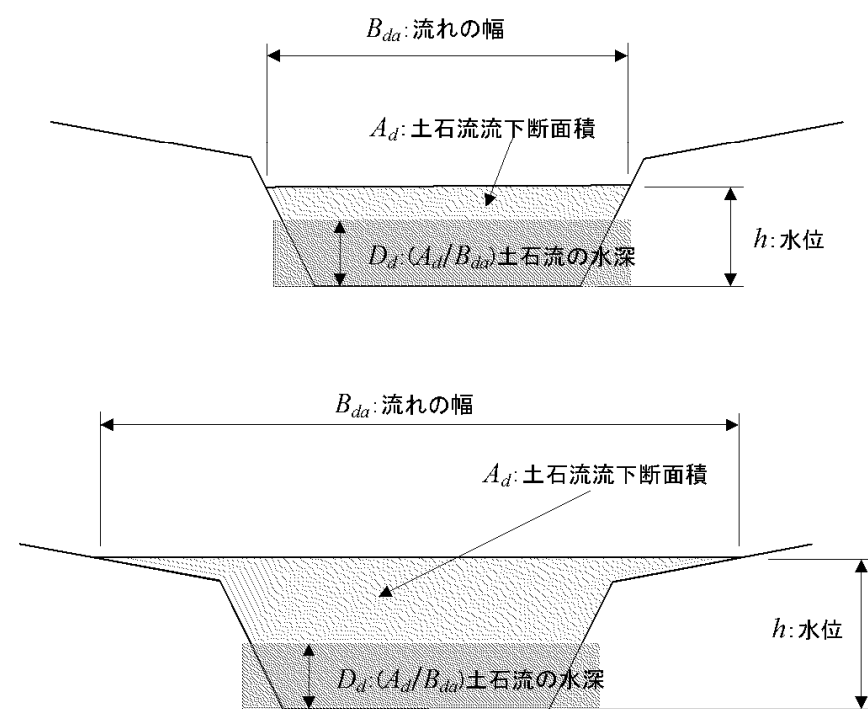
土石流の単位体積重量ρ<sub>d</sub>(t/m<sup>3</sup>)は、

$$\rho_d = \sigma C_d + \rho (1 - C_d) \dots \dots \dots (2-2-8)$$

で、求められる。

2 土石流ピーク流量を通過させるための砂防堰堤の水通し断面を検討する場合

- 溪床勾配は、計画堆砂勾配( $\theta_p$ )を用いる
- 1と同様の方法で、 $Q_{sp} \div Q_{spcal}$ のときの水位 $h$ に対応する $A_d$ 、 $B_{da}$ 、 $D_d$ 、 $U$ を求める。
- ただし、越流水深は下図中の水位( $h$ )である。



4.1.3 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。(砂土計 p50)

解説

土石流の単位体積重量 $\gamma_d$  ( $\text{kN/m}^3$ )は、

$$\gamma_d = \{\sigma \cdot C_d + \rho \cdot (1 - C_d)\}g \quad \dots\dots (4)$$

で求められる。ここで、 $g$ :重力加速度( $9.8\text{m/s}^2$ )とする。なお、 $\gamma_d$ の単位が $\text{kN/m}^3$ であることに注意する。 $C_d$ は、4.1.1の式(3)により求める。(砂土計 p50)

なお、水のみを対象流量( $Q_p$ )は、前節に述べた方法により合理式

$$Q_p = 1 / 3.6 \cdot f \cdot r \cdot A \quad \dots\dots (2-2-5)$$

で求める。

(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 $70\text{m}^3/\text{sec}$ 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 $Q_r$  ( $\text{m}^3$ )と土石流ピーク流量 $Q_{sp}$  ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )の間はかなり良い相関があり、その関係は、

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

で表される。土石流総流量 $Q_r$ 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。

2-1-3 土石流の流速と水深

土石流の流速と水深は、理論式、経験式、実測値等により推定する。

土対指 p9

解説

焼岳、滑川、桜島の観測資料を整理した結果では、土石流の流速 $U$  ( $\text{m/sec}$ )はマンニングの式、

$$U = \frac{1}{n} R^{2/3} (\sin \theta)^{1/2} \quad \dots\dots (2-2-6)$$

で表わすことができると報告されている。

ここで

$R$ :土石流の径深(m)、ここでは $R = h$ (土石流の水深)とする。

$\theta$ :溪床勾配(度)

$n$ :粗度係数

である。ただし、粗度係数( $n$ )は清水の場合よりかなり大きく、自然河道ではフロント部で0.10、後続流で0.06、三面張りの流路では、フロント部、後続流ともに0.03程度の値をとる。

土石流の水深 $h$  (m)は、流れの幅 $B$  (m)と、土石流ピーク流量 $Q_{sp}$  ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )、及び土石流の流速 $U$  ( $\text{m/sec}$ )より

$$h = \frac{Q_{sp}}{B \cdot U} = \left\{ \frac{n \cdot Q_{sp}}{B (\sin \theta)^{0.5}} \right\}^{3/5} \quad \dots\dots (2-2-7)$$

によって与えら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。ただし流速は前述の計算値を用いる。

土石流の最大礫径は、土石流として流出すると予想される土砂の約100個以上の巨礫の頻度分布を調べ、累加曲線の95%をもって与える。

2-1-4 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、理論的研究により推定する。

土対指 p10

解説

土石流の単位体積重量 $\rho_d$  ( $\text{t/m}^3$ )は、

$$\rho_d = \sigma C_d + \rho (1 - C_d) \quad \dots\dots (2-2-8)$$

で、求められる。

## 第II編 土石流・流木対策計画 第2章 土石流・流木処理計画

## 4.1.4 土石流流体力

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。(砂土計 p51)

## 解説

土石流流体力は、次式で求める。

$$F = K_h \cdot \frac{\gamma_d}{g} \cdot D_d \cdot U^2$$

ここに、 $F$ ：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)、 $g$ ：重力加速度(9.8m/s<sup>2</sup>)、 $K_h$ ：係数(1.0とする)、 $\gamma_d$ ：土石流の単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>)である。

(砂土計 p51)

## 4.2 流木諸元

## 4.2.1 流木の最大長、最大直径

流木の最大長および最大直径は、流出流木量算出のための調査結果から推定する。なお、流木の最大長は土石流の平均流下幅を考慮するものとする。(砂土計 p52)

## 解説

流木の最大長  $L_{vm}$ (m)は、土石流の平均流下幅を「土石流発生時に侵食が予想される平均溪床幅  $B_d$ (m)(図2-4-3)」、上流から流出する立ち木の最大樹高を  $H_{vm}$ (m)とすると

$$H_{vm} \geq 1.3B_d \text{ の場合 } L_{vm} \doteq 1.3B_d$$

$$H_{vm} < 1.3B_d \text{ の場合 } L_{vm} \doteq H_{vm}$$

として推定する。流木の最大直径  $R_{vm}$ (m)は、上流域において流木となると予想される立木の最大胸高直径(流木となることが予想される立木のうち、大きなものから数えて5%の本数にあたる立木の胸高直径)とほぼ等しいとして推定する。(砂土計 p52)

## 4.2.2 流木の平均長、平均直径

流木の平均長、および平均直径は、流出流木量算出のための調査結果から推定する。なお、流木の平均長は土石流の最小流下幅を考慮するものとする。(砂土計 p53)

## 解説

流木の平均長( $L_{wa}$ (m))は、土石流の最小流下幅を  $B_{dm}$ (m)、上流から流出する立木の平均樹高を  $h_{wa}$ (m)とすると、

$$h_{wa} \geq B_{dm} \text{ の場合 } L_{wa} \doteq B_{dm}$$

$$h_{wa} < B_{dm} \text{ の場合 } L_{wa} \doteq h_{wa}$$

となる。

また、平均直径  $R_{wa}$ (m)は、上流域において流木となると予想される立木の平均胸高直径とほぼ等しいとする。(砂土計 p53)

### 第3章 土石流・流木対策施設配置計画

#### 第1節 総説

土石流・流木処理計画で設定した計画捕捉量、計画堆積量、計画発生(流出)抑制量を満たすように、土石流・流木対策施設を配置する。(砂土計 p54)

#### 第2節 土石流・流木対策施設の配置の基本

##### 2.1 土石流・流木対策施設の種類

土石流・流木対策施設は、①土石流・流木捕捉工 ②土石流・流木発生抑制工 ③土石流導流工 ④土石流堆積工 ⑤土石流緩衝樹林帯 ⑥土石流流向制御工等がある。(砂土計 p56)

##### 解説

土石流・流木対策施設の基本は、土石流・流木捕捉工である。

その他の対策施設として、土石流導流工、土石流堆積工、土石流緩衝樹林帯、土石流流向制御工、土石流発生抑制工等がある。(砂土計 p56)

なお、土石流導流工の対象区間で、計画規模の年超過確率の降雨量にともな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。(土流設 p42)

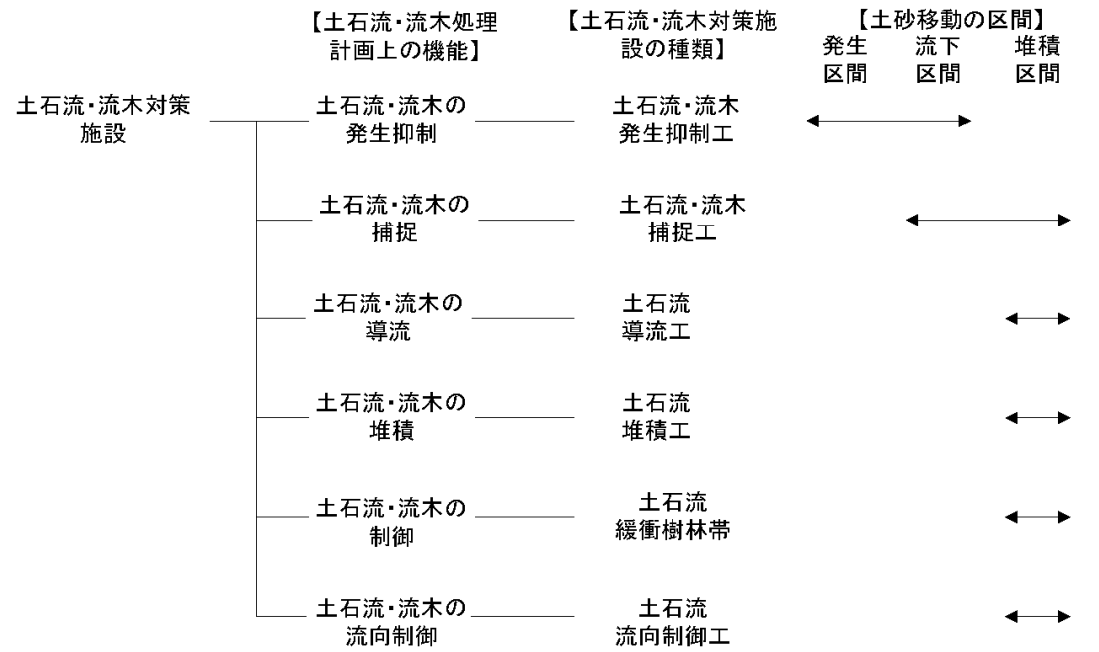


図3-2-1 土石流・流木対策施設の種類

#### 第4節 砂防施設計画

##### 4-1 砂防施設計画の基本

砂防施設計画は、砂防基本計画に基づき、溪流の環境に配慮しつつ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としなければならない。

砂防施設計画にあたってはその目的を明確にし、こ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。

建. 計 p171

##### 解説

砂防施設として代表的なものは、砂防ダム、床固工、護岸工、流路、山腹工等であり、これらを機能別に分類すると次のようになる。

- 水源地域における土砂生産抑制 ..... 山腹工、砂防ダム
- 溪岸地域からの土砂生産抑制 ..... 砂防ダム、床固工、護岸工
- 河道における土砂生産抑制 ..... 砂防ダム、床固工、流路
- 河道における流出土砂抑制 ..... 砂防ダム、沈砂地
- 河道での流出土砂調整 ..... 砂防ダム、床固工

また、砂防施設は溪流工事のための施設と山腹工事のための施設に分類される。

溪流工事は、溪流に存在する土砂の生産を直接抑制するとともに、流送する土砂を貯留、調節して安全にして無害な土砂にコントロールするため溪流に対して行うものであり、山腹工事は、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抑えるため、山腹に対して行うものである。

なお、砂防施設は、溪流の基本計画に応じて、土石流対策計画及び流砂調整計画に用いる施設があるが、それぞれどのような目的でどの位置に対して工事を実施するかによって溪流工事及び山腹工事に分けることができる。

表1-4-1 砂防施設の種類

	流砂調整計画	土石流対策計画
溪流工事	砂防ダム (透過型(コンクリートスリット、鋼製スリット等) 不透過型(クローズタイプ))	土石流捕捉工(砂防ダム) - (透過型(コンクリートスリット、鋼製スリット等) 不透過型(クローズタイプ))
	床固工	床固工
	護岸工	護岸工
	砂溜工	土石流分散堆積地
	水制工 その他	土石流堆積流路 土石流分散樹林帯 土石流流向制御工(導流堤)
山腹工事	山腹工	土石流発生抑制工 (溪床堆積土砂移動防止工 土石流発生抑制山腹工)



## 2.2 配置の基本方針

土石流・流木対策施設は、計画で扱う土砂量等、土砂移動の形態、保全対象との位置関係等を考慮して、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に配置する。土石流・流木対策施設には主に、土石流・流木捕捉工を配置する。(砂土計 p55)

## 解説

土石流・流木捕捉工、土石流堆積工、土石流導流工、土石流・流木発生抑制工を組み合わせることで施設の位置や砂防堰堤高等の形状を定める。また、土石流・流木対策施設には主に土石流・流木捕捉工を配置するが、流域内が荒廃しているときなどは土石流・流木発生抑制工も適切に配置する。

(砂土計 p55)

## 第4章 土石流・流木対策施設

### 第1節 土石流・流木捕捉工(砂防堰堤)

土石流・流木捕捉工は、土石流および土砂とともに流出する流木等を捕捉するための土石流・流木対策施設である。土石流・流木捕捉工として、砂防堰堤等を用いる。 (砂土計 p57)

#### 解説

分離堰堤(水抜きスクリーン)等も土石流・流木捕捉工と考える。土石流区間において流木捕捉工の設置が必要な場合は、砂防堰堤の副堰堤に流木捕捉工を設置することができる。 (砂土計 p57)

#### 1.1 土石流・流木捕捉工(砂防堰堤)の種類と効果

砂防堰堤の型式には、透過型、不透過型、部分透過型がある。砂防堰堤に見込める計画で扱う土砂量は、型式に応じて計画捕捉量、計画堆積量、計画発生(流出)抑制量とする。 (砂土計 p58)

#### 解説

##### 1 堆砂勾配

砂防堰堤(土石流・流木対策)の施設効果を模式的に示すと図4-1-1のようであり、ここでの堆砂勾配の定義は、次のとおりである。

平常時堆砂勾配：平常時堆砂勾配は、平常時の土砂流出により堆積する堆砂勾配である。

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およ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。

(砂土計 p18)

本マニュアルでは、現溪床勾配の1/2を平常時堆砂勾配の標準とする。

計画堆砂勾配：計画堆砂勾配は、土石流発生時に確実に土石流を捕捉できる堆砂勾配である。

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値である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 θ)を上限とする。

(砂土計 p18)

本マニュアルでは現溪床勾配の2/3(上限の勾配：1/6)を計画堆砂勾配の標準とする。

- ② 護岸工………施工区間の堆積土砂量
- ③ 山腹工………工事施工面積×表層厚(通常1.0~2.0m)

#### 3-1-4 流出土砂抑制計画(貯砂計画)

流出土砂抑制計画(貯砂計画)は有害な流出土砂を砂防施設に貯留して、土砂の流出を防ぐ計画である。

計画の策定にあたっては土砂の流出形態、保全対象地区、地形、河床勾配、計画超過土砂量及び粒径、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ダム、沈砂池等の計画貯砂容量に合理的に配分する。

建.計 p52

#### 解説

##### ① 砂防ダム工の貯砂量の算定

掃流区域では、標準として堆砂勾配を現溪床勾配の1/2として算定する。

土石流区域では、既往実績を基に平常時堆砂勾配を水平(泥流等の場合)~現溪床勾配の1/2の間の勾配として算定する。

1. 原則として、20mピッチの横断面図により算出する。
2. 概略値を求める場合は次によっても良い。

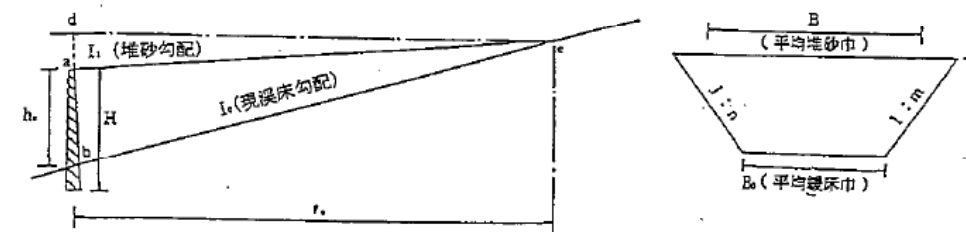


図1-3-4 砂防ダムの貯砂量

#### 貯砂量の一般式

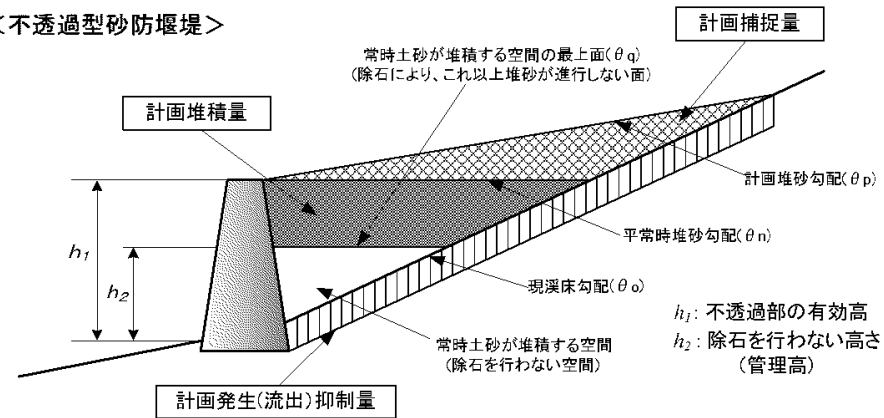
$$C2 = \left( \frac{1}{I_0 - I_1} \right) \left( \frac{1}{2} B_0 + \frac{m+n}{6} h_s \right) h_s^2$$

で求められる。

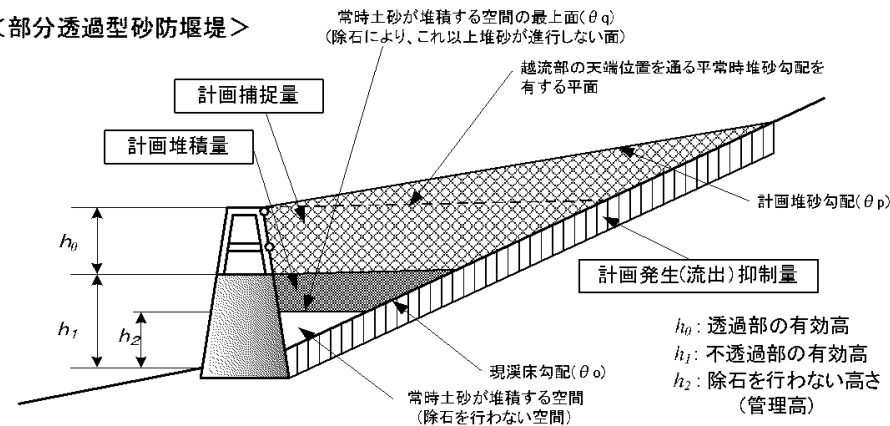
- ここに、  
 $I_0$ ：現溪床勾配  $1/6$   
 $I_1$ ：堆砂勾配  $1/2$   
 $h_s$ ：砂防ダムの有効高  
 $B_0$ ：平均溪床幅  
 $m, n$ ：堆砂地左右岸の平均側法勾配

第II編 土石流・流木対策計画 第4章 土石流・流木対策施設

<不透過型砂防堰堤>



<部分透過型砂防堰堤>



<透過型砂防堰堤>

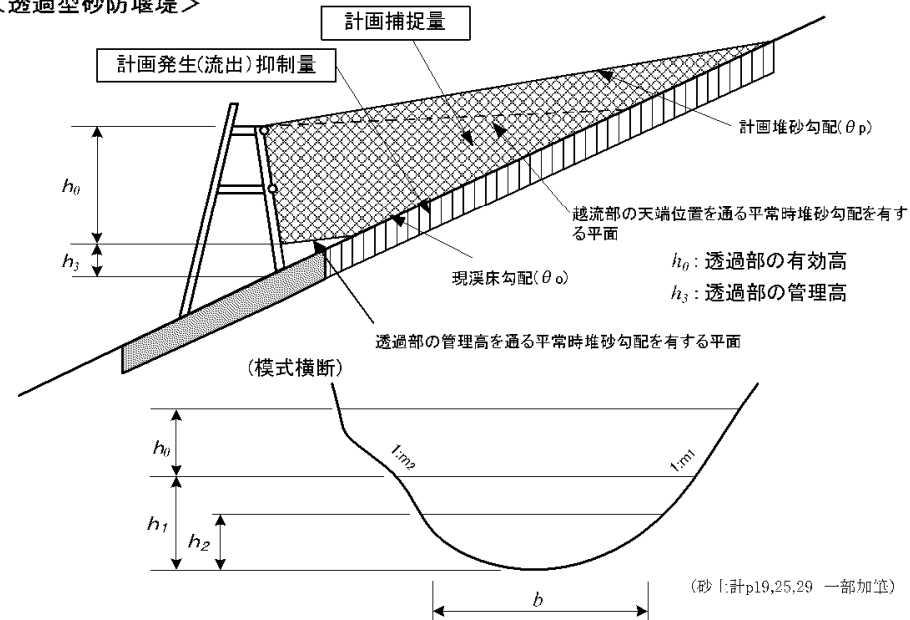


図4-1-1 砂防堰堤の効果

II-4-2

第1章 砂防計画

3-1-5 流出土砂調節計画(調節計画)

流出土砂調節計画(調節計画)は、有害な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土砂を安全に流下させる土砂量の調節機能のほか、流出土砂の粒径を調節する計画である。計画の策定にあたっては、土砂流出の形態、量、粒径、河道の現況及びその計画、保全対象地区等を考慮し、計画流出調節土砂量を砂防ダム等で合理的に配分するものとする。

建.計 p52

解説

流出土砂調節計画(調節計画)にあたっては、ダムの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。砂防ダムの調節量は堆砂の安定勾配と洪水勾配との間の量で求められる。

なお洪水勾配は地形、流出土砂量、粒径等によって異なるが、掃流区域では現河床勾配の2/3を標準とする。

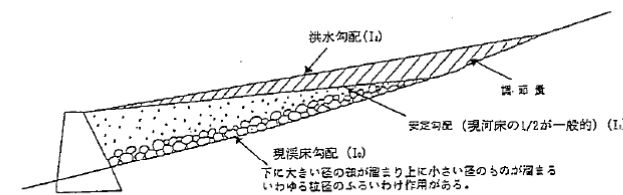


図1-3-5 掃流区域における調節計画

土石流区域では、上記の調節量は計画捕捉量として定義され、平常時堆砂勾配の貯砂量と計画堆砂勾配時の堆砂量の差とする。

計画堆砂勾配は一般に既往実績によりダム地点の現溪床勾配の1/2 ~ 2/3 の間の勾配とする。ただし、計画堆砂勾配は1/6 の勾配を上限とする。

3-21

第1章 砂防計画

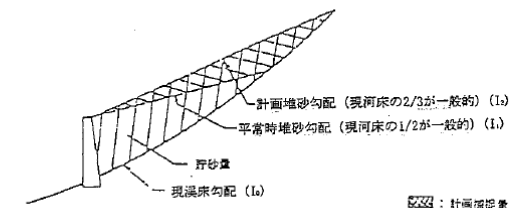


図1-3-6 計画捕捉量

図1-3-6 土石流区域における計画捕捉量

・調節量(捕捉量)の一般式

$$C1 = \left( \frac{1}{I_0 - I_2} - \frac{1}{I_0 - I_1} \right) \left( \frac{1}{2} B_0 + \frac{m+n}{6} h_0 \right) h_0^2$$

で求められる。

ここに、 $I_0$ : 現溪床勾配

$I_1$ : 堆砂勾配

$I_2$ : 計画堆砂勾配(洪水勾配)

$h_0$ : 砂防高の有効高

$B_0$ : 平均溪床幅

$m, n$ : 堆砂地左右岸の平均側法勾配

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。計画捕捉土砂量と計画捕捉流木量の和が計画捕捉量となる。

(砂土計 p18 改)

なお、計画捕捉量は、除石により常時捕捉空間を確保しなければならない。(砂土計 p58)

(1) 計画捕捉量(X)

計画捕捉量は、透過型砂防堰堤においては、 $h_0$  (透過部の管理高)をとる平常時堆砂勾配を有する平面上部で、現溪床勾配と計画堆砂勾配の平面とで囲まれた空間(図4-1-1に示す網掛部の空間)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(図4-4-1に示す網掛部の空間)とする。(砂土計 p18)

計画捕捉量は、堰堤箇所上流の横断測量により平均断面法で算出することを原則とする。この場合除石計画を反映させた容量を計画捕捉量とする(第Ⅵ編第1章除石を参照)。

なお、計画捕捉量の略算式は次のとおりである。(平常時堆砂勾配、計画堆砂勾配は一般値を用いた場合)

$$X = N (1.5 \cdot b_1 \cdot (h_0 + h_1)^2 - b_2 \cdot h_1^2)$$

X: 計画捕捉量

N: 現溪床勾配の分母  $1/N = \tan\theta_0$

$$b_1 = \frac{1}{3} \{2 \cdot b + (h_0 + h_1)(m_1 + m_2)\}$$

$$b_2 = \frac{1}{3} \{2 \cdot b + h_1(m_1 + m_2)\}$$

b: 平均溪床幅

$m_1, m_2$ : 左右岸の勾配

$h_0$ : 透過部の高さ

$h_1$ : 不透過部の高さ

$h_2$ : 除石で維持される高さ

(2) 計画捕捉土砂量( $X_d$ )

計画捕捉土砂量( $X_d$ )は計画捕捉量(X)から計画捕捉流木量( $X_{wl}$ )を除いたものとする。(砂土計 p20)

$$X_d = X - X_{wl}$$

(3) 計画捕捉流木量( $X_{wl}$ ) (流木捕捉能力量( $cX_w$ ))

計画捕捉流木量は、計画流出流木量と計画捕捉流木量の能力量(以下「流木捕捉能力量」と呼ぶ)、計画堆積流木量、計画流木発生抑制量との流木の収支計算を行うことにより決定される。収支計算については5を参照されたい。

流木捕捉能力量( $cX_w$ )は、次式で算出する。

$$cX_w = K_{wl} \cdot X$$

$K_{wl}$ : 流木容積率

(砂土計 p21)

3-1-5 流出土砂調節計画(調節計画)

流出土砂調節計画(調節計画)は、有害な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土砂を安全に流下させる土砂量の調節機能のほか、流出土砂の粒径を調節する計画である。計画の策定にあたっては、土砂流出の形態、量、粒径、河道の現況及びその計画、保全対象地区等を考慮し、計画流出調節土砂量を砂防ダム等で合理的に配分するものとする。

達. 計 p52

解説

流出土砂調節計画(調節計画)にあたっては、ダムの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。砂防ダムの調節量は堆砂の安定勾配と洪水勾配との間の量で求められる。

なお洪水勾配は地形、流出土砂量、粒径等によって異なるが、掃流区域では現河床勾配の2/3を標準とする。

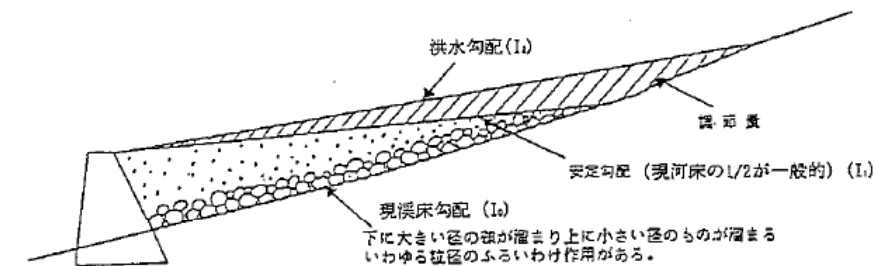


図1-3-5 掃流区域における調節計画

土石流区域では、上記の調節量は計画捕捉量として定義され、平常時堆砂勾配の貯砂量と計画堆砂勾配時の堆砂量の差とする。

計画堆砂勾配は一般に既往実績によりダム地点の現河床勾配の1/2 ~ 2/3 の間の勾配とする。ただし、計画堆砂勾配は1/6 の勾配を上限とする。

## 第II編 土石流・流木対策計画 第4章 土石流・流木対策施設

透過型砂防堰堤の場合、既往災害における流木捕捉の実態から、 $K_{w,l} \leq 30\%$ が得られている。土石流区間における土石流・流木捕捉工(不透過型)についてはデータが非常に少ないが、満砂状態で約3%を示した例がある。不透過型砂防堰堤の計画捕捉量に対する $K_{w,l}$ は、既往の捕捉事例に基づいて求めるものとするが、対象溪流において捕捉事例がない場合は、 $K_{w,l}=2\%$ としてよい。(砂土計 p21)

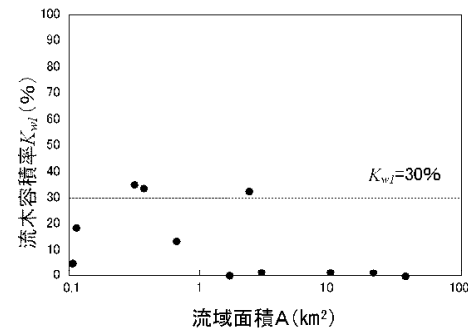


図4-1-2 透過型砂防堰堤の捕捉量に対する流木容積率(砂土計 p22)

本マニュアルでは、透過型堰堤および部分透過型堰堤の場合は $K_{w,l}=0.3$ 、不透過型堰堤の場合は $K_{w,l}=0.02$ とする。

### 3 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、除石計画に基づいた除石により確保される空間である。計画堆積土砂量と計画堆積流木量の和が計画堆積量となる。(砂土計 p24 改)

本マニュアルでは、計画堆積量を確保するための除石(第VI編管理第4章第1節 1.1 参照)を実施しないこと原則とするが、土砂・流木処理計画上、やむを得ず除石が必要となる場合は、以下により計画堆積量の評価を行う。

#### (1) 計画堆積量(Y)

計画堆積量は、現渓床勾配をなす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(図4-1-1に示す灰色部の空間)とする。(砂土計 p24)

計画堆積量は、除石計画に基づいて、堰堤箇所上流の横断測量により平均断面法で算出することを原則とする。この場合除石計画を反映させた容量を計画堆積量とする(第VI編第1章除石を参照)。

計画堆積量は次のように求めることを原則とする。

ア 除石により、これ以上堆砂が進行しない面の勾配は、平常時堆砂勾配( $\theta_n$ )と同じとする。

イ 管理高( $h_2$ )は、次のようにして求める。

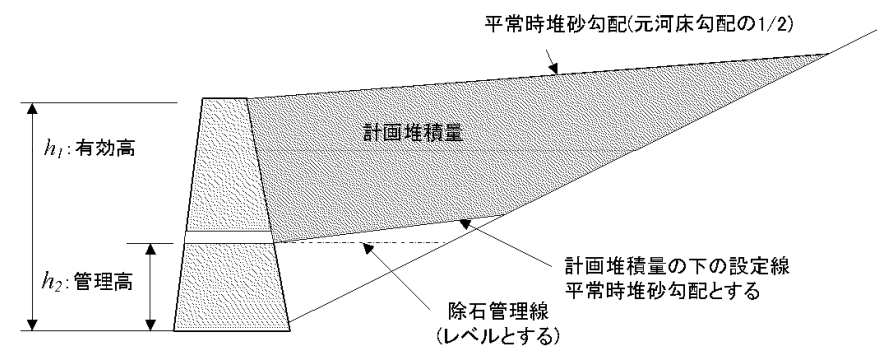
- ① 次式を満足するように $h_2$ を試算する

$$\begin{aligned} \text{対象とする砂防堰堤の所望の効果量} &\leq h_1 \text{における計画捕捉量} \\ &+ h_1 \text{における計画流出(発生)抑制量} \\ &+ h_1 \sim h_2 \text{間}(h_1 - h_2) \text{の容量(計画堆積量)} \end{aligned}$$

## 第Ⅱ編 土石流・流木対策計画 第4章 土石流・流木対策施設

② 次図の除石管理線と計画堆積量の下の設定線間の容量(平時の掘削容量)が掘削計画上妥当であるか判断し、必要に応じて $h_2$ を見直し管理高( $h_2$ )を決定する。

平時の掘削容量は、5～10年程度での堆積容量を目安とする。年間の堆積量は、今後の堆砂実績等のデータの蓄積に待たなければならないこともあるが $1.5\text{m}^3/\text{ha}/\text{年}$ が目安となると考えられる。(住宅都市整備公団での造成後の防災調節池の設計堆積量の標準(防災調節池等技術基準(案)p27))



なお、計画堆積量の略算式は次のとおりである。(平常時堆砂勾配は一般値、除石により、これ以上堆砂が進行しない面の勾配=平常時堆砂勾配とした場合)

$$Y = N(b_2 \cdot h_1^2 - b_3 \cdot h_2^2)$$

$Y$ : 計画堆積量

$$b_3 = \frac{1}{3} \{2 \cdot b + h_2(m_1 + m_2)\}$$

(2) 計画堆積土砂量( $Y_d$ )

計画堆積土砂量( $Y_d$ )は計画堆積量( $Y$ )から計画堆積流量( $Y_w$ )を除いたものとする。(砂土計 p26)

$$Y_d = Y - Y_w$$

(3) 計画堆積流量( $Y_w$ ) (流木堆積能力量( $cY_w$ ))

計画堆積流量は、計画流出流量と計画堆積流量の能力量(以下「流木堆積能力量」と呼ぶ)、計画流木発生抑制量との流木の収支計算を行うことにより決定される。収支計算については5を参照されたい。

流木堆積能力量( $cY_w$ )は、次式で算出する。

$$cY_w = K_w \cdot Y$$

$K_w$ : 流木容積率

(砂土計 p27)

本マニュアルでは $K_w=0.02$ とする。

4 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

第II編 土石流・流木対策計画 第4章 土石流・流木対策施設

制量と計画流木発生抑制量の和とする。(砂土計 p28)

$$Z = Z_d + Z_w$$

Z : 計画発生(流出)抑制量

Z<sub>d</sub> : 計画土石流発生(流出)抑制量

Z<sub>w</sub> : 計画流木発生抑制量

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。

計画発生(流出)抑制量は、図4-1-1に示すとおり計画堆積量を除石(流木の除去を含む)等により確保する場合においても、計画堆砂勾配を有する平面と現溪床が交わる地点から砂防堰堤までの区間に存在する溪床堆積土砂量を計上する。また、透過型砂防堰堤においても、図4-1-1に示すとおり、越流部の天端位置を通る計画堆砂勾配を有する平面と現溪床が交わる地点から堰堤までの区間で計上する。

(砂土計 p28)

(1) 計画土石流発生(流出)抑制量(Z<sub>d</sub>)

計画土石流発生(流出)抑制量は計画堆砂勾配の傾きを有する平面より下に移動可能溪床堆積土砂が存在する場合に計上する。(砂土計 p30)

計画土石流発生(流出)抑制量(Z<sub>d</sub>)は、移動可能土砂量の算出資料等より上記の堆砂区間に該当する移動可能土砂量とするものであるが、略算式は次式のとおりである。略算式を使用する場合、算出された計画土石流発生(流出)抑制量とその区間での移動可能土砂量との整合をチェックする必要がある。

$$Z_d = L \cdot \{b \cdot d_0 + h_e (d_1 + d_2)\}$$

$$\text{または } Z_d = L \cdot \left\{ b \cdot d_0 + \frac{1}{2} h_e (d_1 + d_2) \right\} \quad ((h_0 + h_1) \approx h_e \text{ の時})$$

$$L = 3 \cdot N \cdot (h_0 + h_1)$$

d<sub>0</sub> : 溪床抑制の深さ, d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub> : 溪岸抑制の深さ(右岸, 左岸), h<sub>e</sub> : 溪岸抑制の高さ

(2) 計画流木発生抑制量(Z<sub>w</sub>)

計画流木発生抑制量は土石流・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の減少量である。(砂土計 p31)

計画流木発生抑制量(Z<sub>w</sub>) = 砂防堰堤の計画堆砂線以下で移動可能土砂量を見込んだ範囲のうちの立木が存在する面積×単位面積あたりの立木量  
(+該当範囲の風倒木の量)

注)流木の収支計算を行う時は、これに計画流木流出率を乗ずる。

5 流木収支と対流木施設効果量

図4-1-3に示したように、計画捕捉流木量、計画堆積流木量は、流木収支の状況によりそれらの効果量は異なってくる。これらの効果量は流木収支計算により確定しなければならない。

第1章 砂防計画

- る際は、現実に空容量があるものに対してだけ(砂防ダムと同様に)貯砂量を考慮してよい。
- ② 流域面積が大きく土石流区域と掃流区域が存在する場合には、原則としてそれぞれの区域に対応して土石流対策計画または流砂調整計画の整備率を算定することとするが、地域防災砂防計画、水系砂防計画における整備率の考え方は図1-3-2の通りとする。
- ③ 既に砂防計画が策定されている溪流において施設効果の評価をする場合、原則として従来計画の効果量を生かす。

3-1-3 土砂生産抑制計画(拵止計画)

土砂生産抑制計画(拵止計画)は、山崩れ、河床・河岸の侵食等を直接拵止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生産を抑制するための計画である。  
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、ダム工、流路工、護岸工、山腹工を合理的に配分する。

建. 計 p52

解説

砂防施設の拵止量(土石流発生抑制量)算出方法を次に示すが、拵止量は、本来、降雨等によって生産されるであろう土砂を施設で直接止める量であるから、その施設の影響範囲内の生産土砂量によって決定すべきである。現況調査(水源崩壊調査及び溪流調査)により生産土砂量を算出している場合にはその結果を利用して拵止量を算定する。比流出土砂量(1km<sup>2</sup>当たり流出土砂量)により生産土砂量(流出土砂量)を算出している場合には次の方法で拵止量を算出してもよい。但し、拵止量が生産土砂量より多くなることはあり得ないので注意する。

① 砂防ダム工………堆砂区間(砂防ダムから現溪床と堆砂線の交点までの距離)の溪床堆積土砂量。

なお、堆砂勾配は現溪床勾配の1/2を標準とする。

概略値を求める場合は、

$$B = A_1 \times \ell \quad \text{ここに、} B : \text{拵止量(m}^3\text{)}$$

$$\ell = \frac{h_e}{I_0 - I_1} \quad A_1 : \text{溪床堆積物の平均断面積(m}^2\text{)}$$

$$I_0 : \text{現溪床勾配}$$

$$I_1 : \text{堆砂勾配} \quad h_e : \text{砂防ダムの有効高}$$

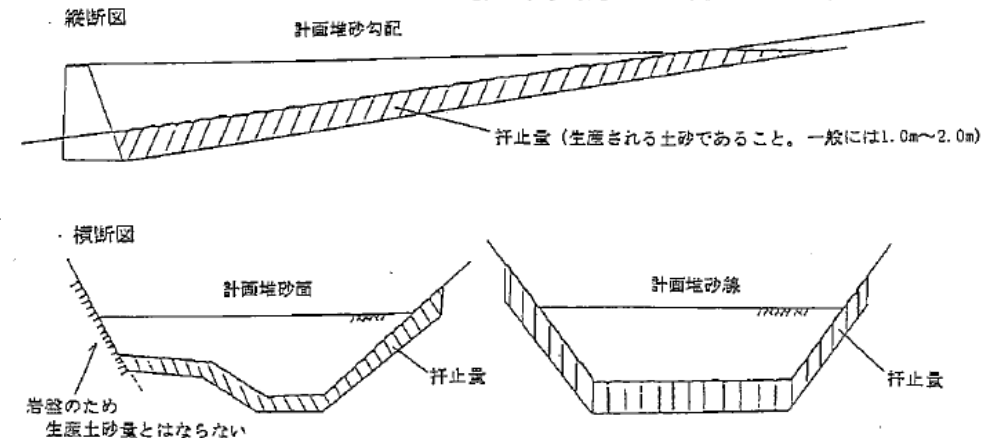


図1-3-3 砂防ダムの拵止量(土石流発生抑制量)

第II編 土石流・流木対策計画 第4章 土石流・流木対策施設

計算の流れは、図4-1-4のとおりである。

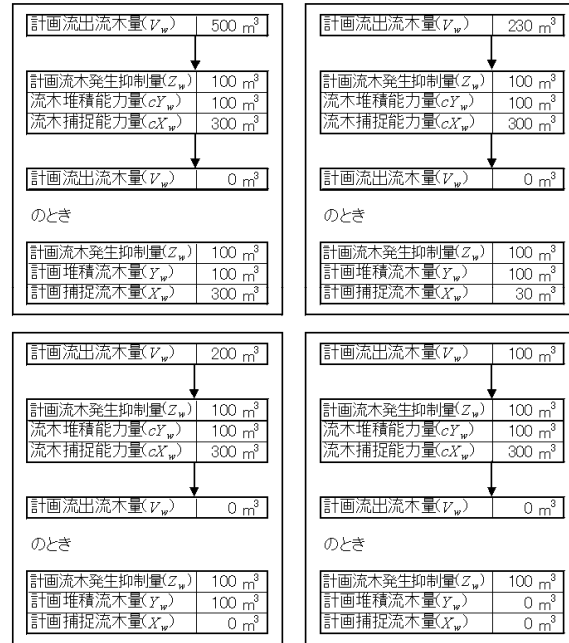


図4-1-3 流木収支と対流木の効果量の関係

第1章 砂防計画

(6) 流木発生抑止工の計画

流木発生抑止工は、護岸、溪床等を保護して土砂の生産を防止することにより流木の発生を防止するものであり、土砂および流木の発生源に計画する。

解説

流木発生抑止工は、護岸工や床固工等により溪床、溪岸からの土砂の生産を防止することにより、土砂とともに流出する流木の発生を防止するものである。これらの施設は砂防計画で対象とする土砂の生産防止のための施設と整合するように計画することが重要である。

(7) 流木捕捉工の計画

流木捕捉工は、土砂とともに流下する流木を捕捉するものである。土石流区域と掃流区域とは、施設の捕捉機能に違いがあることに注意して計画する。

解説

(1) 流木捕捉工の設置位置

土石流区域では、流木も土石流の一部とみなして透過型砂防ダムあるいは部分透過型砂防ダム工等により土砂と流木を同時に捕捉する。

下流の掃流区域へ流下する流木や、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ダムの副ダム等に設置した流木止め工等により捕捉する。

(2) 流木捕捉工の効果量

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流木捕捉工の効果量は、見かけの捕捉容量( $V_d$ )×流木容積率( $\beta=0.1\sim0.3$ , 通常は0.2)で流木実立積( $V_r$ )を求める。

$$V_r = V_d \times \beta$$

$$V_d = h \times W \times (2 \sim 3) \times 1 / I \times H$$

ここに、 $h$  : 流木止め部高さ (m)

$W$  : 流木止め上流の湛水幅あるいは堆砂地の平均幅 (m)

$I$  : 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)

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

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

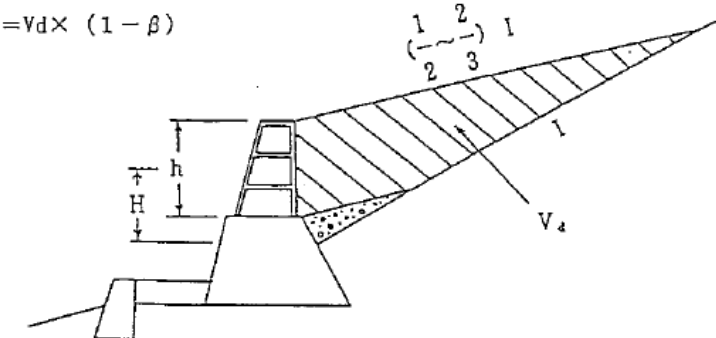


図1-4-19 土石流区域に設置する流木捕捉工の模式図



第II編 土石流・流木対策計画 第4章 土石流・流木対策施設

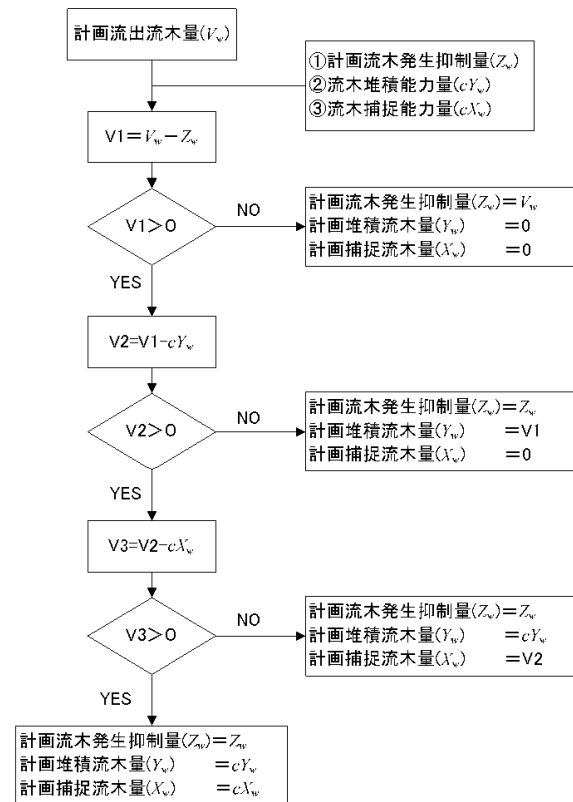


図4-1-4 流木収支の流れ

1.2 砂防堰堤型式の選定

砂防堰堤を配置する際には、対象とする流域の特性を現地調査により十分把握した上で、除石実施の可能性、経済性、地域環境、歴史・文化に配慮し、型式を選定する。(砂土計 p61)

解説

- 発生区間に配置する砂防堰堤に求められる機能は、主として土石流や流木の発生抑制である。
- 流下区間および堆積区間に配置する砂防堰堤には、主として以下の機能が求められる。
  - ・土石流および土砂とともに流出する流木等の捕捉
  - ・計画捕捉量に相当する空間の維持(除石のし易さ、頻度)
  - ・平時の溪流環境(溪床の連続性)の保全
- 不透過型砂防堰堤は、古くから用いられてきた最も基本的な砂防施設であり、その信頼性は高いものと考えられるが、他方、透過型砂防堰堤に比べて経済性や対環境対応(溪流の連続性の確保等)に劣ることも考えられる。
- 土石流・流木捕捉工として用いる透過型および部分透過型砂防堰堤は、「計画規模の土石流」を捕捉するため、その土石流に含まれる巨礫等によって透過部断面を確実に閉塞させるよう計画しな

第1章 砂防計画

4-2-8 土石流対策施設

土石流対策施設は、土石流対策として設置する施設で、流砂調整施設として設置する施設とはかなり異なっている。  
 前項までは砂防施設一般について述べてきたが、本項では狭義の砂防ダムや流路に相当する土石流捕捉工や導流工等について説明を行う。  
 土石流対策施設の主なものには、①土石流捕捉工 ②土石流導流工 ③土石流堆積工 ④土石流分散樹林帯 ⑤土石流流向制御工 ⑥土石流発生抑制工等がある。

土対指 p16

解説

(1) 土石流捕捉工

現在考えられている代表的なものはダムで、不透過型ダムと透過型ダムに分けられる。両型式に共通する機能として、

- ① 土石流を捕捉し、流出する土砂量を減少させる。
- ② 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。
- ③ 溪床堆積物の移動を防止する。(透過型ダムでは基礎部で期待できる場合がある。)
- ④ 土石流先端部の巨礫・流木を捕捉する。
- ⑤ 土石流を土砂流に変化させる。
- ⑥ 土石流ピーク流量を減少させる。

がある。透過型ダムでは以上のほかに中小の出水で堆砂することなく次の土石流に対して貯砂容量を維持することが期待される。また、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。堤体材料として、マスコンクリート、鋼、鉄筋コンクリートなどが考えられる。分離ダム(水抜きスクリーン)も土石流捕捉工と考える。捕捉工による土砂停止効果は、その区間で計画流出土砂量が評価されている場合のみ、計画堆砂区域について計画土石流発生抑制量として評価する。土石流捕捉工の施設効果量は、計画捕捉量と計画土石流発生抑制量である。



図1-4-11 計画土石流発生抑制量

(2) 土石流導流工

土石流を安全な場所に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。ただし、上流に捕捉工がある場合は、その効果を考慮したものとする。

(3) 土石流堆積工

土石流堆積流路と土石流分散堆積地があり、土石流を減勢し堆積させる。

## 第Ⅱ編 土石流・流木対策計画 第4章 土石流・流木対策施設

ればならない。透過型および部分透過型砂防堰堤を配置する際には、土砂移動の形態を考慮する。

(砂土計 p62)

## (1) 透過型および部分透過型の配置に関する基本的な考え方

透過型・部分透過型は、土砂を捕捉あるいは調節するメカニズムから「土石流捕捉のための透過型および部分透過型砂防堰堤」と「土砂調節のための透過型および部分透過型砂防堰堤」がある。

「土石流捕捉のための透過型および部分透過型砂防堰堤」は、土石流に含まれる巨礫等によって透過部断面が閉塞することにより、土石流を捕捉する。透過部断面が確実に閉塞した場合、捕捉した土砂が下流に流出する危険性はほぼ無いため、「土石流捕捉のための透過型および部分透過型砂防堰堤」を土石流区間に配置する。

一方、「土砂調節のための透過型および部分透過型砂防堰堤」は、流水に堰上げ背水を生じさせて掃流力を低減させることにより、流砂を一時的に堆積させる。「土砂調節のための透過型および部分透過型砂防堰堤」が所定の効果を発揮するためには、透過部断面の閉塞は必要とされない。そのため、「土砂調節のための透過型および部分透過型砂防堰堤」は洪水の後半に堆積した土砂が下流に流出する危険性があるため、土石流区間に配置しない。

(砂土計 p62)

## (2) 土石流捕捉のための砂防堰堤の設計および配置上の留意事項

透過型と部分透過型は土石流の捕捉に対して以下の条件を満たすことが必要である。

- ① 開口部の幅は、谷幅程度とする。
- ② 「計画規模の土石流」および土砂とともに流出する流木によって透過部断面が確実に閉塞するとともに、その構造が土石流の流下中に破壊しないこと。
- ③ 中小規模の降雨時の流量により運搬される掃流砂により透過部断面が閉塞しないこと。

透過型は中小の出水で堆積することなく、計画捕捉量を維持することが期待できる型式である。透過型と部分透過型は、土石流の捕捉後には除石等の維持管理が必要となることに留意する。

透過部断面を構成する鋼管やコンクリート等は、構造物の安定性を保持するための部材(構造部材)と土石流を捕捉する目的で配置される部材(機能部材)に分けられる。機能部材は、土石流および土砂とともに流出する流木等を捕捉できれば、塑性変形を許容することができる。

部分透過型は、山脚固定や土石流・流木の発生抑制が求められる場合で、流木の捕捉機能を増大させたいときに採用する。また、平常時の堆砂勾配が現溪床勾配と大きく変化する場合や堆砂延長が長くなる場合は、堆砂地において土石流の流下形態が変化することに注意する必要がある。

なお、堆積区間に透過型または部分透過型を配置するときであっても、透過部断面全体を礫により閉塞させるように、土石流の流下形態の変化を考慮して施設配置計画を作成する。また、複数基の透過型を配置する場合には、上流側の透過型により土砂移動の形態が変化することに留意する。

(砂土計 p62,63)

## 5 副堰堤における流木止めの設置

地形条件、土地利用上の制限から、副堰堤に流木止めを設置することができる。

(1) 副堰堤に設置する流木止めの計画捕捉流木量( $X_{w2}$ )

第II編 土石流・流木対策計画 第4章 土石流・流木対策施設

地形条件、土地利用上の制限から、副堰堤に流木止めを設置する場合は、次式により計画捕捉流木量を算出する。(副堰堤に流木止めを設置する場合に限る) (砂土計 p22)

$$X_{w2} = A_w \cdot R_{wa}$$

$A_w$  : 本副堰堤間の湛水地の面積

$R_{wa}$  : 流木の平均直径 (砂土計 p22,23)

(2) 副堰堤に設置される流木対策施設の土石流時の設計外力は、部分透過型における設計外力を準用する。また、土石流の諸元は本堰堤の設計に用いた値とするが、土石流の波高、流速等の計算に用いる溪床勾配は計画堆砂勾配とする。 (土流設 p18)

1.3 砂防堰堤の配置方針

砂防堰堤は、流域の状況(土砂の量・質、保全対象、溪流環境)により経済性、施工性、実現性、環境への影響を十分考慮して配置する。

解説

一般的には、できるだけ砂防堰堤の設置基数が少ないほど経済性や実現性に優れている。他方、環境等への配慮で、施設規模を小さくする(設置基数は多くなる)対応も考えられる。

砂防堰堤は、経済性、施工性、実現性、環境への影響を十分考慮して配置するものである。

なお、透過型砂防堰堤の採用に際しては、以下の点に留意する。

- (1) 溪流に透過部を閉塞しうる礫が存在していること
- (2) 透過部からの土砂抜けに対しての安全性が確保されていること

次のような事項が目安となる。

- ・堰堤地点から保全対象間までの区間で、洪水の流下能力がある場合

ここでの流下能力の目安は、溪流保全工に準じて年超過確率 50 年(第III編第7章第4節 4.1 参照)を標準とする。

溪流保全工の計画規模に関する最上位基準は、『河川砂防技術基準(計画編)』における河川重要度(A~E級)毎の計画規模(p30)である。溪流保全工を計画する対象は、一般的に河川重要度D級であるものと考えられることから、河川砂防技術基準に準拠するとその計画規模は、10~50年超過確率となる。溪流保全工の計画規模は、この範囲に基づいて地域特性等を踏まえて各都道府県毎に運用を定めているのが現状である。

- ・堰堤設置地点より下流の保全対象地区を流水が安全に流下するよう溪流保全工、土石流導流工が整備されているもしくは整備可能である箇所。

第1章 砂防ダム

第1章 砂防ダムの設計

第1節 総説

砂防ダムの設計に当たっては、その目的とする機能が発揮され、かつその機能が長期間保持されるよう安全性を考慮するとともに、維持管理面についても考慮するものとする。

建設 p3

解説

砂防ダムの機能としては、山脚固定、縦侵食防止、河床堆積物流出防止、土石流の抑制または抑止、流出土砂の抑制および調節等が考えられる。砂防ダムの一般的な設計順序、各部の名称は以下の通りである。

1-1 設計手順

砂防ダムの設計順序は、ダムサイトの地形・地質や、そのダムの目的に対する適合性、安全性および経済性等の各要素について考察し、ダム形式の選定に必要な概略設計を行った後、ダム形式を決定する。次に決定されたダム形式について、水通し、本体および基礎の実施設計を行った後、袖、前庭保護工、間詰めおよび水抜き等の付属物の設計を行う。

建設 p3

解説

砂防ダムの設計順序は図1-1-1の通りである。

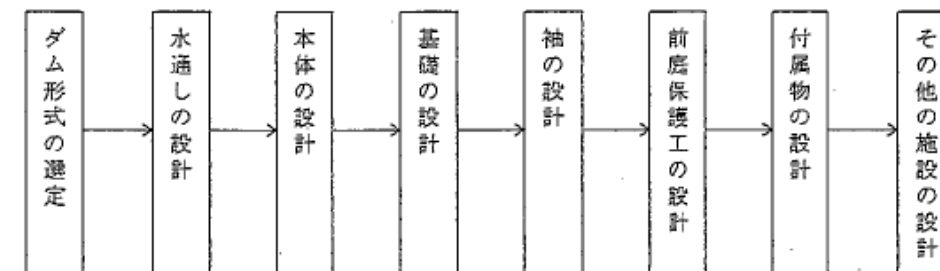


図1-1-1 砂防ダムの設計順序

1-2 各部の名称

砂防ダム各部の名称は図1-1-2の通りである。

建設 p3

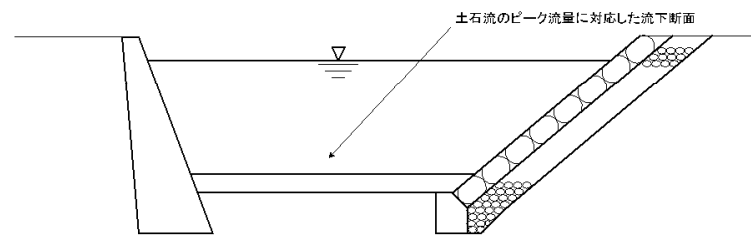
第2節 その他の土石流・流木対策施設

2.1 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。(砂土計 p67)

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。(砂土計 p67)



(砂土計 p67)

図4-2-2 土石流導流工

2.1.1 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。(土流設 p42)

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ともな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。(土流設 p42)

余裕高は次のとおりとする。

表4-2-1 土石流導流工の余裕高

流量	余裕高(ΔD)
200m³/s以下	0.6m
200~500m³/s	0.8m
500~2000m³/s	1.0m

第2章 土石流対策施設の設計

第1節 土石流導流工

1-1 断面

土石流導流工の断面は、土石流の流量、水深(計画編第2章2-1)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。

土対指 p37

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、土石流捕捉工のダムを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、溪流全体の施設計画において施設により整備される土石流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、降雨量から求められる水のみを対象流量に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、計画の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(河川砂防技術基準(案)第12章第6節)を計画するものとする。

余裕高は次の通りとする。

表2-1-1 対象流量と余裕高

流量	余裕高(ΔH)
200m³/s以下	0.6 m
200~500m³/s	0.8 m

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。ここで、H:水深である。

表2-1-2 河床勾配と余裕高比

勾配	ΔH/H
1/10以上	0.5
1/10~1/30	0.4
1/30~1/50	0.3

1-2 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。

土対指 p37

解説

流路幅(b)と湾曲部曲率半径(r)についても $b/r \leq 0.1$ , 中心角 $30^\circ$ 以上とする。

第II編 土石流・流木対策計画 第4章 土石流・流木対策施設

ただし、溪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。(土流設 p42)

2.1.2 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。(土流設 p43)

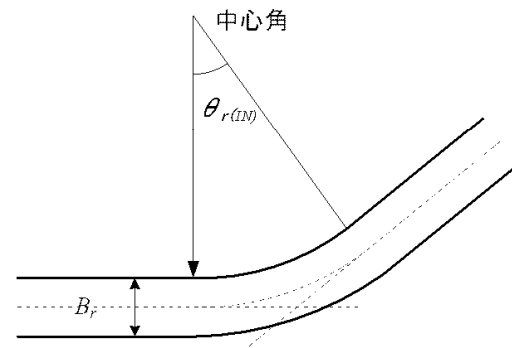
解説

土石流は直進性を持っているため、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° 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4-2-3に示す。

(土流設 p43)



(土流設 p43)

図4-2-3 土石流導流工湾曲部の法線形

2.1.3 縦断形

土石流導流工の縦断形は、急な勾配変化を避ける。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。(土流設 p44)

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。(土流設 p44)

2.1.4 構造(溪床)

掘込み方式を原則とする。(土流設 p45)

第2章 土石流対策施設の設計

1-3 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。

土対指 p37

1-4 構造

(1) 溪床

掘込み方式を原則とする。

土対指 p37

(2) 湾曲部

湾曲部では外湾側の水位上昇を考慮して護岸の高さを決定する。

土対指 P38

解説

理論式、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  $h(\text{out})_{\text{max}}$  は  $h_0 + 10 \frac{b u^2}{r g}$  にもなることがあるが、一般に土石流導流工や溪流保全工が施工される扇状地では、土石流で、

$$h(\text{out})_{\text{max}} = h_0 + 2 \frac{b u^2}{r g}$$

清水(射流)で、

$$h(\text{out})_{\text{max}} = h_0 + \frac{b u^2}{r g}$$

とする。

ここに、 $h_0$ ：直線部での水深(m)、 $b$ ：流路幅(m)、 $u$ ：平均流速(m/s)、 $r$ ：水路中央の曲率半径(m)、 $g$ ：重力の加速度(9.8m/s<sup>2</sup>)である。

第2節 土石流堆積工

2-1 土石流堆積流路

(1) 土石流堆積流路

扇状地内の流路に積極的に土砂を堆積させる流路では、常時の流量で土砂等が堆積しない程度にまで勾配を小さくし、土砂の流出に対応してよい。

土対指 P38

解説

図参照

第II編 土石流・流木対策計画 第4章 土石流・流木対策施設

解説

土石流導流工は、安全上、掘込み方式を原則とする。 (土流設p45)

2.1.5 構造(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。 (土流設 p46)

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溪流保全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。

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

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

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(9.8m/s<sup>2</sup>)である。 (土流設 p46)

2.1.6 施設効果量

土石流導流工の施設効果量は、土石流導流工計画区間に該当する移動可能土砂量、発生流木量を計画発生(流出)抑制量(計画土石流発生(流出)抑制量、計画流木発生抑制量)として評価する。

解説

計画発生(流出)抑制量は、施設配置計画で計上した流域内の移動可能土砂量と発生流木量との間で整合していなければならない。



図4-2-4 土石流導流工の効果量

2.1.7 構造細目

その他構造細目は、溪流保全工、護岸工を参照されたい。

第2章 土石流対策施設の設計

1-3 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、土砂の堆積懸上が予想される場合は、これに対して安全な構造とする。

土対指 p37

1-4 構造

(1) 溪床

掘込み方式を原則とする。

土対指 p37

(2) 湾曲部

湾曲部では外湾側の水位上昇を考慮して護岸の高さを決定する。

土対指 P38

解説

理論式、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  $h(out)max$  は  $h_0 + 10 \frac{b \cdot u^2}{r \cdot g}$  にもなることがあるが、一般に土石流導流工や溪流保全工が施工される扇状地では、土石流で、

$$h(out)max = h_0 + 2 \frac{b \cdot u^2}{r \cdot g}$$

清水(射流)で、

$$h(out)max = h_0 + \frac{b \cdot u^2}{r \cdot g}$$

とする。

ここに、 $h_0$ : 直線部での水深 (m)、 $b$ : 流路幅 (m)、 $u$ : 平均流速 (m/s)、 $r$ : 水路中央の曲率半径 (m)、 $g$ : 重力の加速度 (9.8m/s<sup>2</sup>) である。

第2節 土石流堆積工

2-1 土石流堆積流路

(1) 土石流堆積流路

扇状地内の流路に積極的に土砂を堆積させる流路では、常時の流量で土砂等が堆積しない程度にまで勾配を小さくし、土砂の流出に対応してよい。

土対指 P38

解説

図参照

2.2 溪流保全工

計画基準点下流の保全対象の保全，溪床土砂の侵食防止等が必要な場合，溪流保全工を計画する。

解説

- 1 計画規模の年超過確率の降雨量にともな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。(土流設 p42)
- 2 施設効果量は，該当区間で計上されている移動可能土砂量および発生流木量を計画土石流発生(流出)抑制量として計上する。

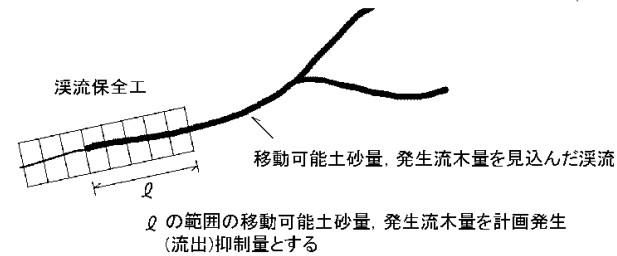


図4-2-5 溪流保全工の施設効果

- 3 構造等に関しては第Ⅲ編の溪流保全工を参照されたい。

2.3 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。(砂土計 p48)

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。(砂土計 p48)

2.4 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。(砂土計 p48)

解説

溪床堆積土砂の移動および溪岸の崩壊を防止するための土石流・流木対策施設で，床固工，護岸工等が考えられる。溪岸（山腹を含む）の崩壊を防止するため，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。(砂土計 p48)

第1章 砂防計画

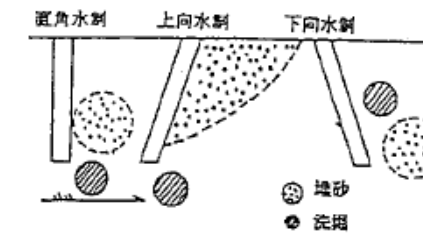


図1-4-9 水制工の向きと洗掘・堆積

4-2-6 流路

(1) 目的

流路計画は，流路の是正による乱流防止及び縦断勾配の規制による縦・横断侵食防止を図るとともに，溪流環境の保全を図ることを目的として施工するものである。

建. 計 p184

(2) 計画条件

(イ) 一般

流路計画においては，必要に応じて床固工と護岸工とを併用して計画するものとする。ただし，自然環境の保全に配慮した構造とするとともに，治水安全性の確保を前提として施設規模を最小限のものとする。

建. 計 p184 修正

(ロ) 上流端処理

流路計画区域の上流端には，原則としてダムもしくは床固工を施工するものとする。

建. 計 p184

解説

流路の上流端には流路を施工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・調節効果を持つダムもしくは床固工の施工を必要とする。このダムもしくは床固工は遮水機能をも有するよう，袖の嵌入等は十分考慮して計画する必要がある。

(ハ) 橋梁等横断構造物

流路計画に当たっては，橋梁，排水管等の横断構造物はなるべく少なくするものとする。

建. 計 p184

解説

やむをえず設置する場合には上流からの流木等による破壊等を考慮して，河川としての余裕高に

第Ⅱ編 土石流・流木対策計画 第4章 土石流・流木対策施設

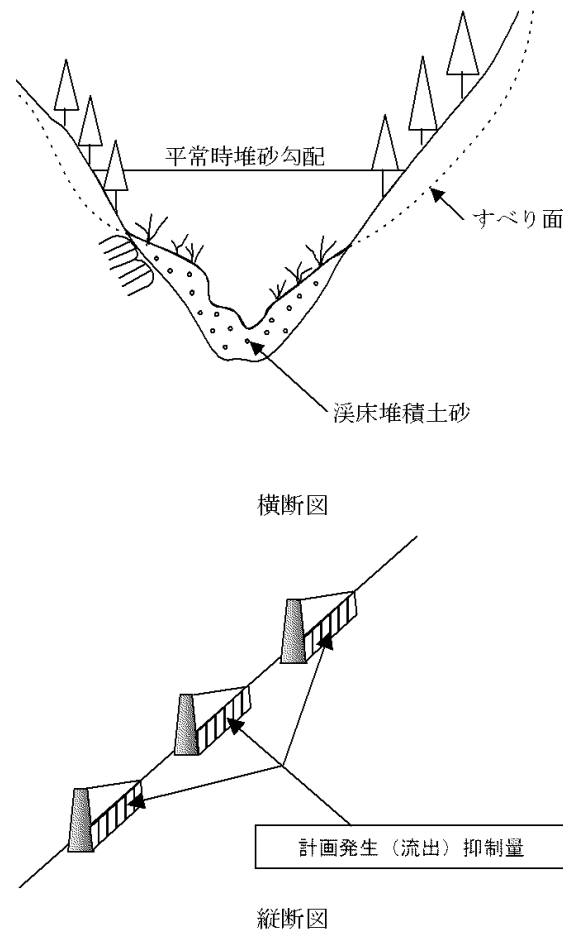


図4-2-6 溪床堆積土砂移動防止工の計画で扱う土砂量等のイメージ (砂土計 p49)

2.5 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。

(砂土計 p51)

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。

(砂土計 p51)

(1) 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

第1章 砂防計画

4-2-8 土石流対策施設

土石流対策施設は、土石流対策として設置する施設で、流砂調整施設として設置する施設とはかなり異なっている。

前項までは砂防施設一般について述べてきたが、本項では狭義の砂防ダムや流路に相当する土石流捕捉工や導流工等について説明を行う。

土石流対策施設の主なものには、①土石流捕捉工 ②土石流導流工 ③土石流堆積工 ④土石流分散樹林帯 ⑤土石流流向制御工 ⑥土石流発生抑制工等がある。

土対指 p16

解説

(1) 土石流捕捉工

現在考えられている代表的なものはダムで、不透過型ダムと透過型ダムに分けられる。両型式に共通する機能として、

- ① 土石流を捕捉し、流出する土砂量を減少させる。
- ② 土石流発生から瀾状地に流出するまでの時間を長くする。
- ③ 溪床堆積物の移動を防止する。(透過型ダムでは基礎部で期待できる場合がある。)
- ④ 土石流先端部の巨礫・流木を捕捉する。
- ⑤ 土石流を土砂流に変化させる。
- ⑥ 土石流ピーク流量を減少させる。

がある。透過型ダムでは以上のほかに中小の出水で堆積することなく次の土石流に対して貯砂容量を維持することが期待される。また、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。堤体材料として、マスコンクリート、鋼、鉄筋コンクリートなどが考えられる。分離ダム(水抜きスクリーン)も土石流捕捉工と考える。捕捉工による土砂停止効果は、その区間で計画流出土砂量が評価されている場合のみ、計画堆砂区域について計画土石流発生抑制量として評価する。

土石流捕捉工の施設効果量は、計画捕捉量と計画土石流発生抑制量である。



図1-4-11 計画土石流発生抑制量

(2) 土石流導流工

土石流を安全な場所に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。ただし、上流に捕捉工事がある場合は、その効果を考慮したものとする。

(3) 土石流堆積工

土石流堆積流路と土石流分散堆積地があり、土石流を減勢し堆積させる。



第II編 土石流・流木対策計画 第4章 土石流・流木対策施設

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・流木処理計画に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。

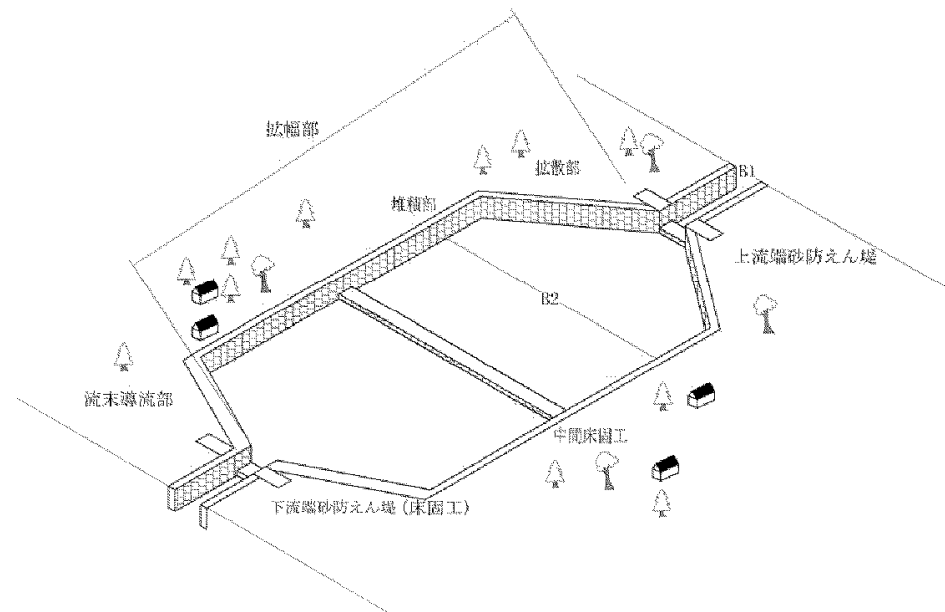


図4-2-7 土石流分散堆積地

(砂土計 p51)

(2) 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・流木処理計画に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。

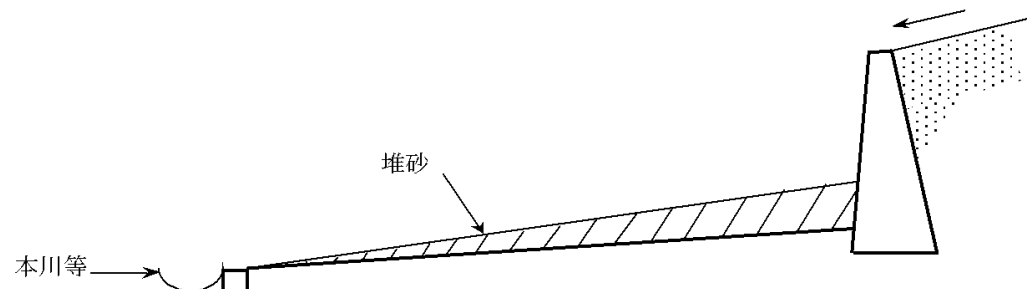


図4-2-8 土石流堆積流路

(砂土計 p52)

第2章 土石流対策施設の設計

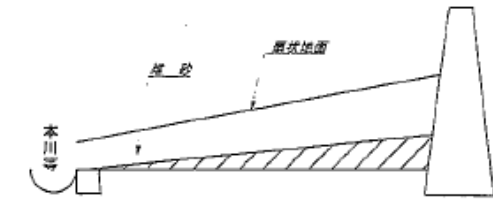


図2-2-1 土石流堆積流路

(2) 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には、すみやかにこれを除石する。

土対指 P39

2-2 土石流分散堆積地

(1) 形状

土石流分散堆積地の形状は地形の特性を把握して適切な形状とする。

土対指 P40

(2) 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1/2~2/3の勾配を基準とする。

土対指 P40

(3) 計画堆砂量

土石流分散堆積地の計画堆砂量は計画堆砂勾配で堆砂した状態について求める。

土対指 P40

(4) 構造

土石流分散堆積地の上、下流端にはダム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。

土対指 P40

解説

土石流分散堆積地の幅 ( $W_2$ ) は上流部流路幅 ( $W_1$ ) の5倍程度以内を目安とする。

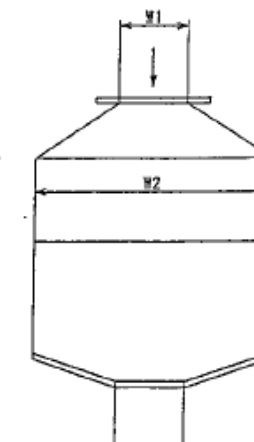


図2-2-2 土石流分散堆積地

2.6 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。  
(砂土計 p53)

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したものであり、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。

(砂土計 p53)

2.7 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。  
(砂土計 p53)

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。

(砂土計 p53)

(5) 除石

堆砂後の除石のため、除石方法、搬出方法を検討しておく。  
土対指 P41

第3節 土石流分散樹林帯

土石流堆積区域で土石流を制御する目的で土石流堆積区域末端部付近に設定する。  
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。

土対指 P42

解説

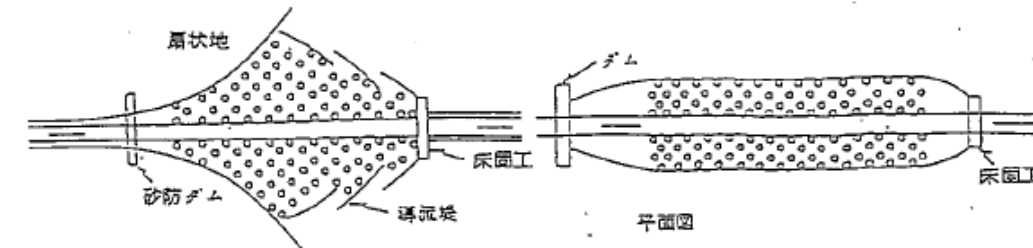


図2-3-1 土石流分散樹林帯

1. 利用導入樹種  
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在する樹種を参考に選定する。
2. 樹林の密度等  
(1) 樹林の密度は樹木の成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。  
(2) 樹木は流体力により倒れないように検討する。
3. 維持管理  
土石流分散樹林帯の機能を維持確保するため、必要に応じ下刈、補植等の維持管理を行う。

第4節 土石流流向制御工

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、表のり先の洗掘に注意する。  
土対指 P44

解説

高さは土石流の水深に余裕高を加えたものとする。(第2章第1節参照)  
流向制御工天端は原則として現床勾配と平行とする。また、流向制御工の角度(θ)は45°以下

第3節 土砂および流木収支計算

土石流・流木対策計画においては、土砂および流木が一体となって流下するものと考え、土砂および流木が一体となった収支計算により、現況、計画完成時の整備状況を把握しなければならない。

解説

各施設には、流木捕捉能力量、流木堆積能力量、計画流木発生抑制量が算出される。これらの能力量、計画流木発生抑制量と計画流出流木量により流木の収支計算を行って、計画捕捉流木量と計画堆積流木量を算定し、ついで土砂収支計算を行い、溪流の土砂および流木の整備状況を把握するものである。

3-2 砂防基本計画作成の順序

砂防基本計画は、対象流域の規模と整備の目的により水系砂防計画と地域防災砂防計画に分けられるが、両計画とも土砂の流下形態により土石流対策計画と流砂調整計画により構成される。計画の作成は、基準点の決定、計画規模の決定、土砂量の算定、施設計画の樹立、施工計画の立案の順序で行う。

解説

水系砂防計画、地域防災砂防計画とも、砂防基本計画作成のフローチャートは基本的に次図のようになる。

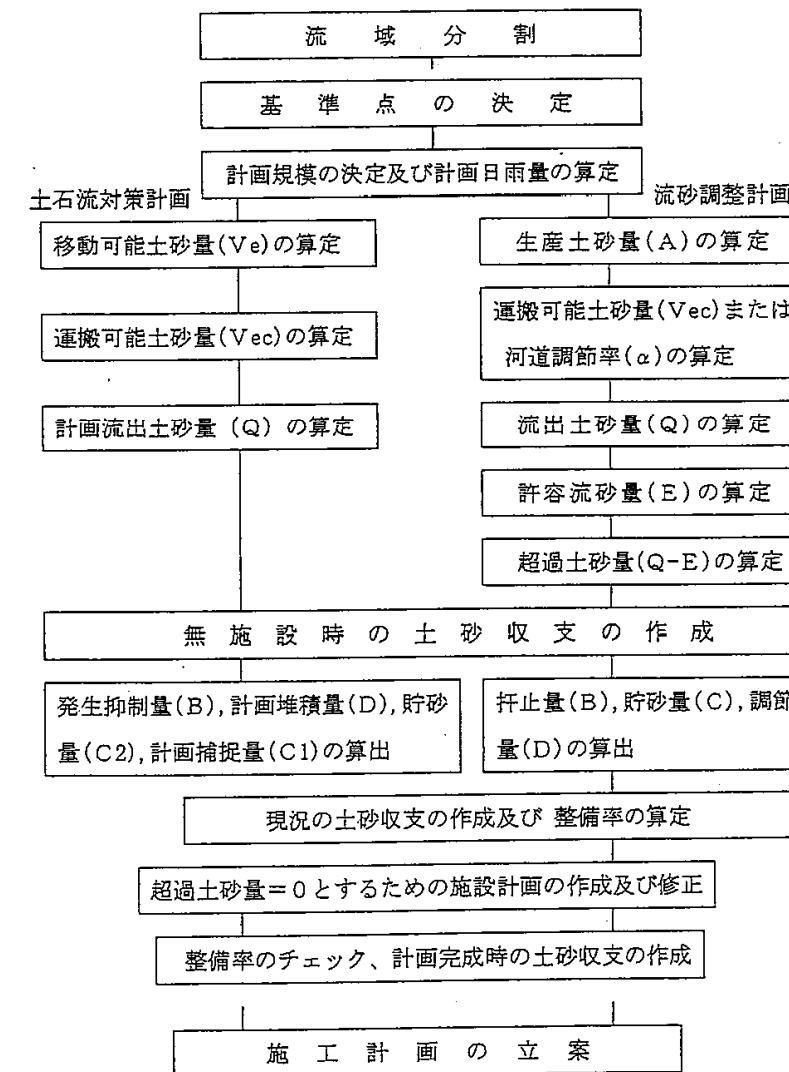
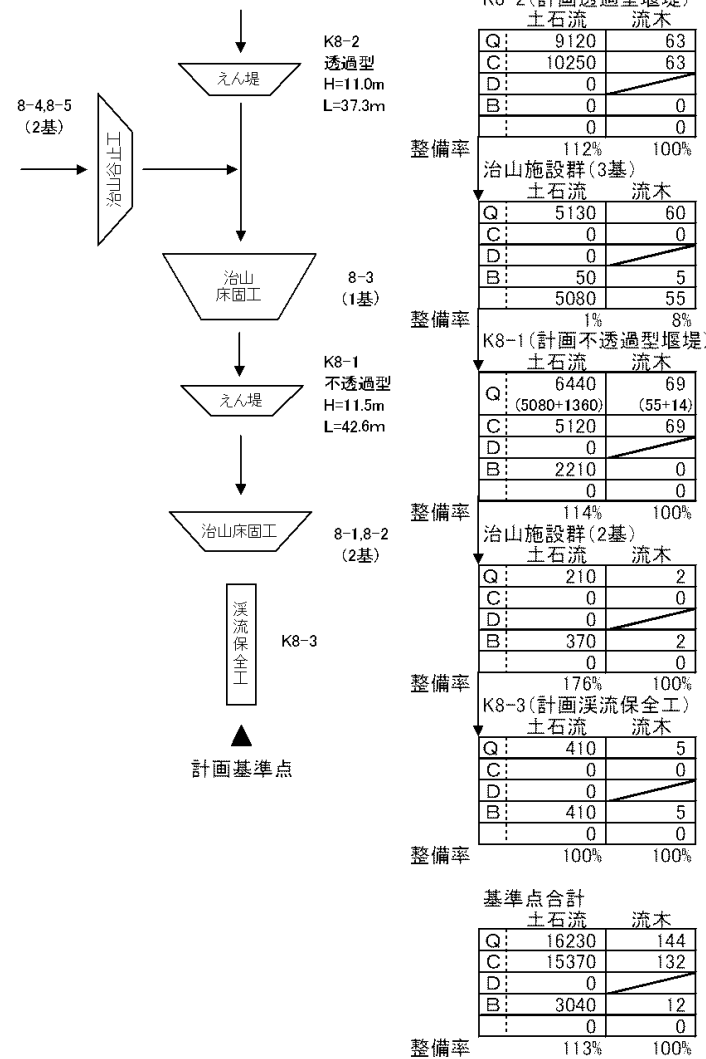


図1-3-7 砂防基本計画作成のフローチャート

土砂収支図(土石流, 流木)

A = 0.31km<sup>2</sup>



\*貯砂量の算出は貯砂能力から流木捕捉量を差し引いた値とする

Q-E-(C+D+B)=0	
Q	計画流出土砂量
C	計画土石流捕捉量
D	計画土石流堆積量
B	計画土石流発生(流出)抑制量
	流下土砂量
	計画流出流木量
	計画流木発生抑制量
	流出流木量

図4-2-13 土砂および流木収支計算の例

第1章 砂防計画

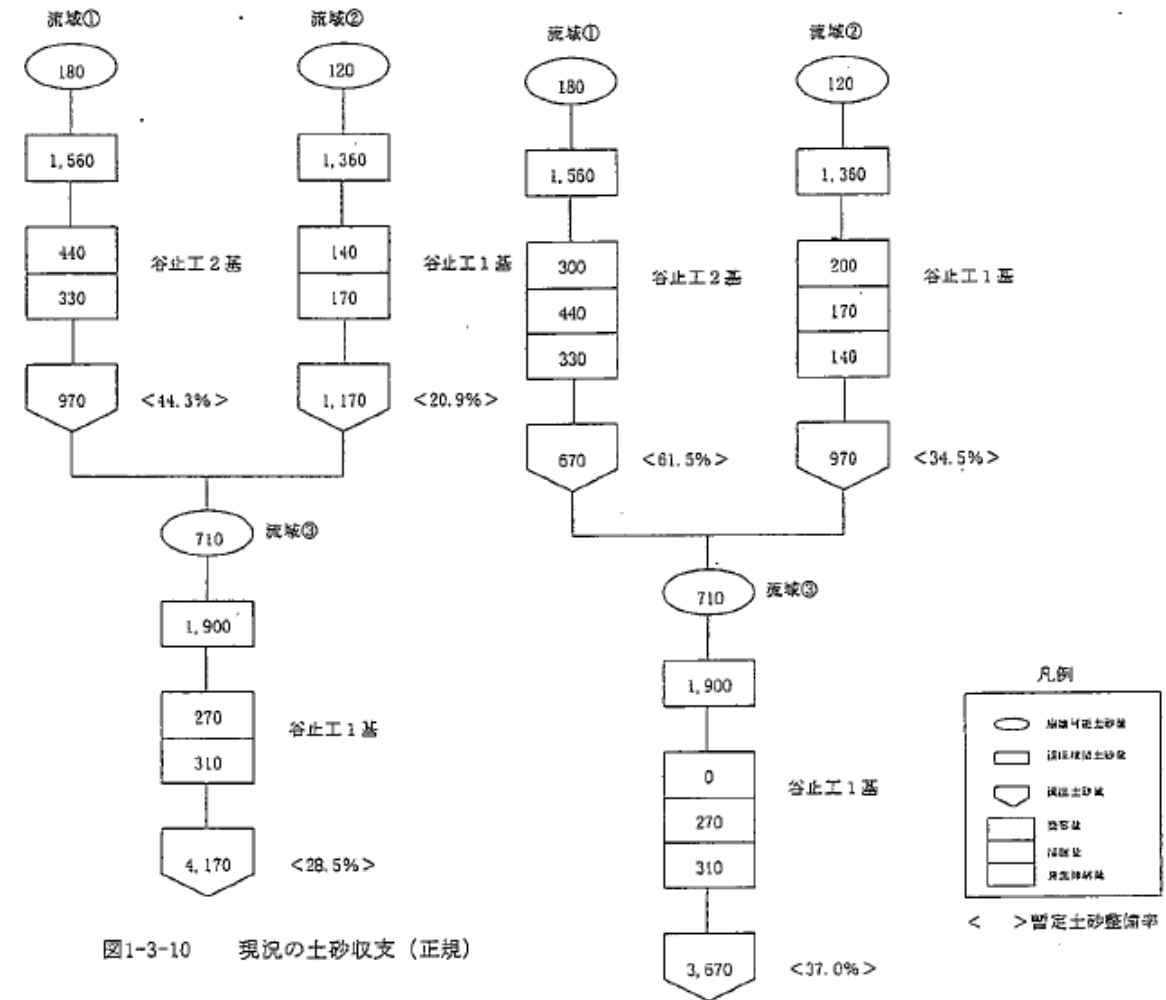


図1-3-10 現況の土砂収支(正規)

図1-3-11 現況の土砂収支(暫定)

(11)施設配置計画

1) 正規整備率100%を達成するための施設配置計画

①、②流域に1基ずつ低ダム(有効高4.5m)を配置し、③流域②は、2.5~3.0mの有効高の低ダムを3基配置することにより、正規整備率100%を達成することが可能となる。

また、1号ダム下流は護岸工を配置し、1号ダムから計画基準点までの移動可能土砂量の発生抑制を行うこととする。

計画砂防施設の整備土砂量を表1-3-10~1-3-13に、計画完成時の土砂収支を図1-3-12に示す。

2) 暫定整備率100%を達成するための施設配置計画

③流域に2.5~3.0mの有効高の低ダムを3基配置することにより暫定整備率100%の施設配置となる。

暫定施設計画における整備土砂量を表1-3-14~1-3-17に、暫定計画完成時の土砂収支を図1-3-13に示す

## 第4節 除石

計画捕捉量、計画堆積量を計上する設備に関しては、除石(流木の除去を含む)により、常時、計画捕捉量、計画堆積量以上の容量を確保しなければならない。

## 解 説

土石流・流木対策施設が十分機能を発揮するよう、定期的および土石流発生後等について速やかに堆砂状況等の点検を行い、必要に応じて除石(流木の除去を含む)等を行う。(砂土計 p72)

なお、計画捕捉量、計画堆積量は、除石計画を反映させたものとする必要がある。

除石に関しては、第Ⅵ編第4章除石を参照されたい。