

第Ⅲ編

土石流・流木対策計画

第Ⅲ編 土石流・流木対策計画 目次

第Ⅲ編 土石流・流木対策計画	Ⅲ-1-1
第1章 土石流・流木対策計画の基本事項	Ⅲ-1-1
第1節 計画策定の基本方針	Ⅲ-1-1
第2節 保全対象	Ⅲ-1-2
第3節 計画規模	Ⅲ-1-2
第4節 計画基準点等	Ⅲ-1-2
第2章 土石流・流木処理計画	Ⅲ-2-1
第1節 土石流・流木処理計画の基本	Ⅲ-2-1
第2節 計画流出量	Ⅲ-2-2
2.1 計画流出土砂量	Ⅲ-2-2
2.2 計画流出流木量	Ⅲ-2-2
第3節 計画流下許容量	Ⅲ-2-3
3.1 計画流下許容土砂量	Ⅲ-2-3
3.2 計画流下許容流木量	Ⅲ-2-3
第4節 土石流・流木諸元	Ⅲ-2-3
4.1 土石流諸元	Ⅲ-2-3
4.1.1 土石流ピーク流量	Ⅲ-2-3
4.1.2 土石流の流速と水深	Ⅲ-2-6
4.1.3 土石流の単位体積重量	Ⅲ-2-8
4.1.4 土石流流体力	Ⅲ-2-9
4.2 流木諸元	Ⅲ-2-9
4.2.1 流木の最大長，最大直径	Ⅲ-2-9
4.2.2 流木の平均長，平均直径	Ⅲ-2-9
第3章 土石流・流木対策施設配置計画	Ⅲ-3-1
第1節 総説	Ⅲ-3-1
第2節 土石流・流木対策施設の配置の基本	Ⅲ-3-1
2.1 土石流・流木対策施設の種類	Ⅲ-3-1
2.2 配置の基本方針	Ⅲ-3-2
第4章 土石流・流木対策施設	Ⅲ-4-1
第1節 土石流・流木捕捉工(砂防堰堤)	Ⅲ-4-1
1.1 土石流・流木捕捉工(砂防堰堤)の種類と効果	Ⅲ-4-1
1.2 砂防堰堤型式の選定	Ⅲ-4-10
1.3 砂防堰堤の配置方針	Ⅲ-4-12
第2節 その他の土石流・流木対策施設	Ⅲ-4-14
2.1 土石流導流工	Ⅲ-4-14
2.1.1 断面	Ⅲ-4-14
2.1.2 法線形	Ⅲ-4-15

2.1.3 縦断形.....	Ⅲ-4-15
2.1.4 構造(溪床).....	Ⅲ-4-16
2.1.5 構造(湾曲部).....	Ⅲ-4-16
2.1.6 施設効果量.....	Ⅲ-4-16
2.1.7 構造(細目).....	Ⅲ-4-16
2.2 溪流保全工.....	Ⅲ-4-17
2.3 土石流流向制御工.....	Ⅲ-4-17
第3節 土砂および流木収支計算.....	Ⅲ-4-17
第4節 除石.....	Ⅲ-4-18

第Ⅲ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。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 p6)

解説

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)

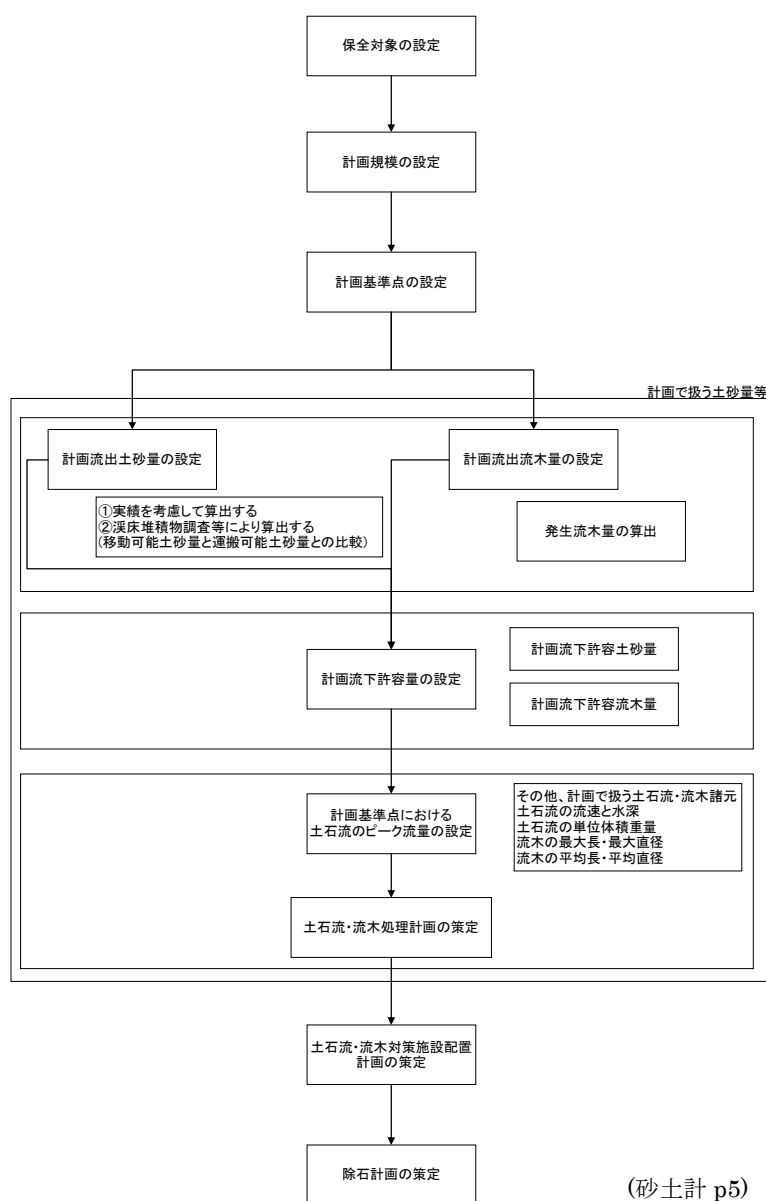


図1-1-1 計画策定の流れ

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)

ただし、土砂災害警戒区域との関連性についてについて留意し、基本的にはこれに基づくものとする。

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)

愛知県では、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・流木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、土石流・流木対策施設の設置地点及び、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、渓流の状況を踏まえ、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)

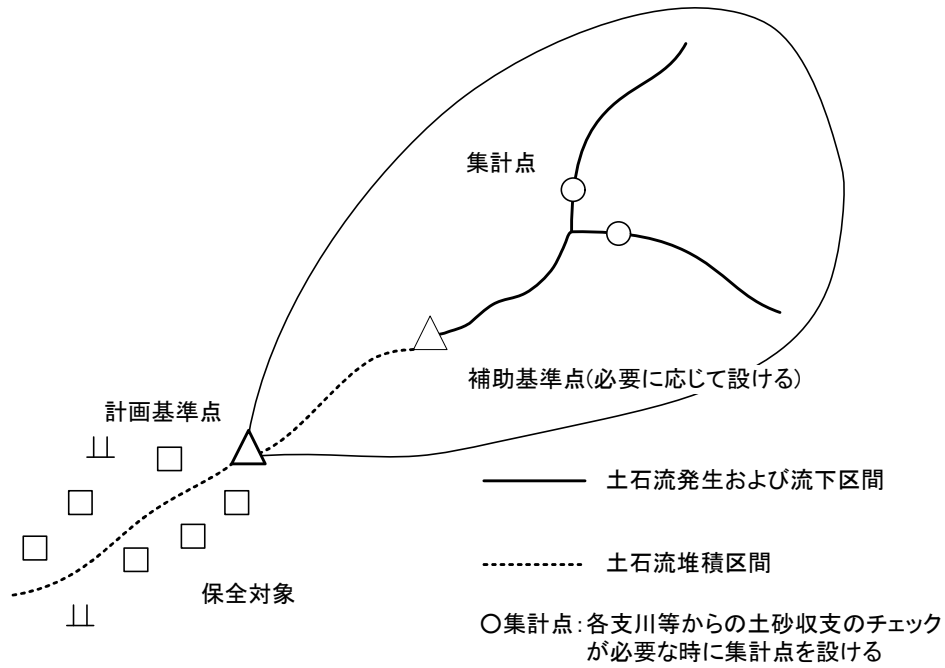


図1-1-2 計画基準点設定のイメージ

渓床				
渓床勾配	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 土砂移動形態の渓床勾配による目安

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溪流ごとに策定するものである。（砂土計 p38）

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 p39）

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 p38)

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 p39)

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

なお、 V 、 W 、 X 、 Y 、 Z は次式によりそれぞれ算出する。

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

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

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

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

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

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、流木整備率は次式により算出する。

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

$$\text{流木整備率} = \frac{X_w + Y_w + Z_w}{V_w - W_w} \times 100(\%)$$

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、他所管も含めて土石流・流木対策施設が無い状態を想定する。

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。なお、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。ただし、補助基準点において算出した流出土砂量には適用しない。土石流ピーク流量を算出する際に用いる、1 波の土石流により流出すると想定される土砂量の取扱いは、土石流ピーク流量を算出する際と同様とする。 (砂土計 p11)

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。補助基準点では適用しない。

2 流域内の移動可能土砂量は、原則として「砂防基本計画」での算出値を用いる。ただし、流域の状況が算出当時と著しく異なっている場合は、再度算出する。算出方法は、第Ⅱ編第2章土石流・流木対策計画における土砂量等の算出方法を参照されたい。

3 「計画規模の土石流」によって運搬できる土砂量は、原則として「砂防基本計画」での算出値を用いる。なお、算出方法は第Ⅱ編第2章土石流・流木対策計画における土砂量等の算出方法を参照されたい。

4 小規模溪流における計画流出土砂量の取扱い

小規模溪流において、簡易貫入試験を用いて移動可能土砂の厚さを計測する等の詳細な調査を行うことで、崩壊可能土砂量を含めた移動可能土砂量を精度良く把握できる場合もある。その場合に限り、計画流出土砂量が 1,000m³ 以下であっても調査に基づく土砂量を採用することができる。

小規模溪流については、第Ⅳ編 土石流・流木対策施設 第5章 小規模溪流対策施設にて示す内容に準拠する。

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 p20)

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、原則として「砂防基本計画」での算出値を用いる。ただし、流域の状況が算出当時と著しく異なっている場合は、再度算出する。算出方法は、第Ⅱ編 第2章 土石流・流木対策計画における土砂量等の算出方法を参照されたい。

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 p20) 愛知県では、計画流木流出率は、0.9 とする。

3 流出流木量は実立積で表現するものとし、流域に他所管も含めて土石流・流木対策施設が無い状態を想定して算出する。 (砂土計 p20)

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)

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 p13)

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、同一流域において、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 p25)

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_{sp})は、次式を用いて算出する。

$$Q_{sp} = 0.01 \cdot \Sigma Q \quad \dots\dots(1)$$

$$\Sigma Q = \frac{C_* \cdot V_{dqp}}{C_d} \quad \dots\dots(2)$$

ここで、 ΣQ ：土石流総流量(m^3)、 V_{dqp} ：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^3)、 C_d ：土石流濃度、 C_* ：堆積物の容積濃度(0.6程度)である。

V_{dqp} は 1,000(m^3)を下限値とする。

これは、本手引き「第Ⅳ編 土石流・流木対策施設 第5章 小規模溪流対策施設」に示す小規模溪流の場合を除き、全ての土石流・流木対策施設の設計について適用する。

(砂土計 p25)

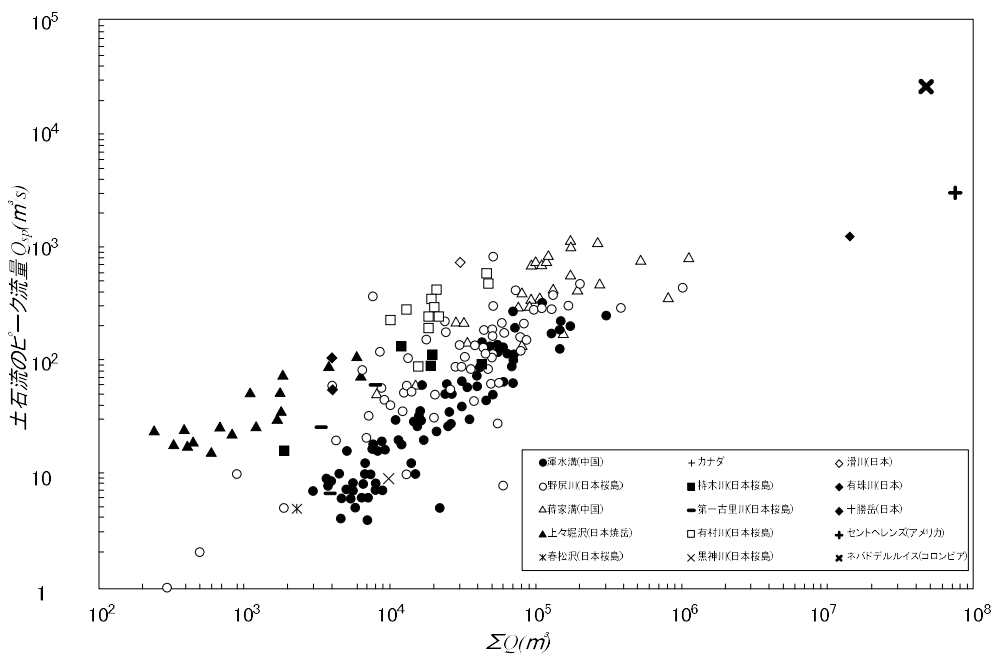


図 2-4-1 ピーク流量の相関(原著では ΣQ は Q_T と標記されている) (砂土計 p26)

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。

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

ただし、 $0.3 \leq C_d \leq 0.9C^*$

σ : 礫の密度 (25.51kN/m³)

ρ : 水の密度 (11.77 kN/m³)

ϕ : 堆積土砂の内部摩擦角(第 I 編第 2 章第 2 節安定計算に用いる数値参照)

θ : 溪床勾配(度)

(砂土計p25)

土石流ピーク流量を算出する際の溪床勾配は、1 波の土石流により流出すると想定される土砂量を算出しようとしている地点の現溪床勾配とし、流下区間の下流端となると考えられる地点の勾配 (10°) 以上とする。なお、現溪床勾配は、計画地点から概ね上流200m 間の平均溪床勾配とすることを基本とし、計画施設設計前の地形より算出する。計画地点から上流 200m 区間が溪床勾配を代表していないと考えられる場合は、当該溪流の状況に応じて区間を設定する。

2 実測値に関するデータ収集のための調査

土石流ピーク流量を実績値を考慮して算出するために、土石流ピーク流量の実態について、調査する必要がある。実測により土石流のピーク流量を求める方法には、以下のような方法がある。

1) 流下痕跡からの推定

土石流の流下痕跡と流下断面が明らかな場合は、土石流の流速と水深の推定により流速を求め、ピーク流量を試算する。

2) ビデオなどの映像解析によって求めた速度からの推定

土石流の流下状況を撮影したビデオがある場合はこれを解析し、流速を算出する。ビデオから流速を算出した地点において、現地調査を行い、流下断面を推定する。流下断面積に流速を乗ずることによってピーク流量を算出する。また、非接触型の水位計を用いて、水位を直接計測し、流下断面を推定する手法もある。(砂土計p26)

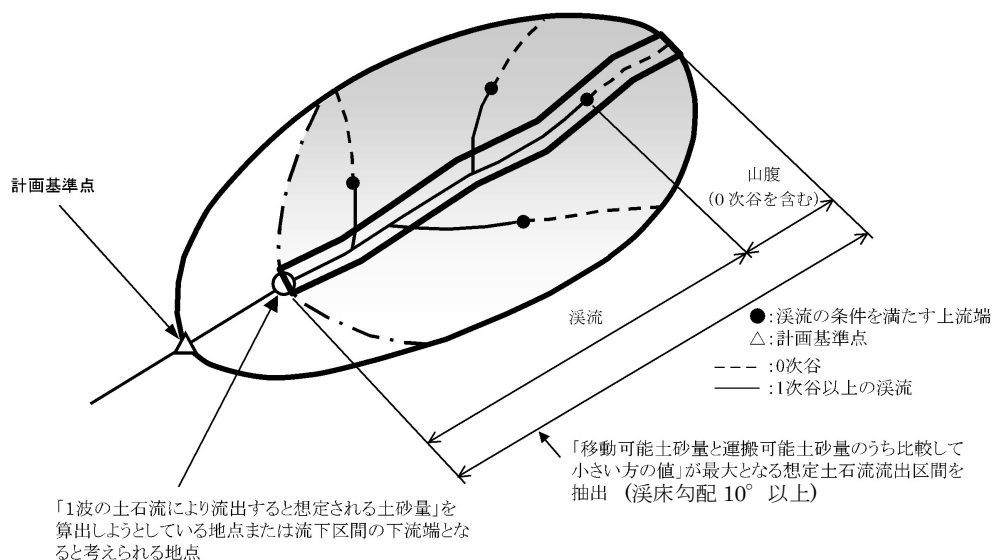
3 1波の土石流により流出すると想定される土砂量(V_{dqp})の算出方法

流出土砂量に基づく土石流ピーク流量を求める際の1波の土石流により流出すると想定される土砂量(V_{dqp})は、施設の計画地点または土石流流下区間の下流端と考えられる地点より上流の範囲において、他所管も含めて土石流・流木対策施設のない状態を想定して、溪流長、侵食可能断面積を総合的に判断して最も土砂量の多くなる「想定土石流流出区間」を設定し、この区間内における移動可能土砂量と運搬可能土砂量のうち、比較して小さい方の値とすることを基本とし、最小値は1,000m³とする。

なお、 V_{dqp} を算出する土石流流出区間の下流端となる地点と、計画流出土砂量を算出する区間の下流端となる地点は異なる。

(砂土計p27)

なお、ここでの移動可能土砂量は、土石流発生、流下区間(溪床勾配10°以上)に存在する土砂量のみを対象とする。



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 一波の土石流により流出すると想定される土砂量算出のイメージ図

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p30)

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、次のマンニング型の式、

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

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 $D_r \doteq D_d$ (土石流の水深)とする)、 θ : 溪床勾配($^\circ$)、 K_n : 粗度係数($s \cdot m^{-1/3}$)である。ただし、溪床勾配(θ)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、(2)式、(3)式を連立させて求められる。

$$Q_{sp} = U \cdot A_d \quad \dots (2)$$

ここで、 A_d : 土石流ピーク流量の流下断面

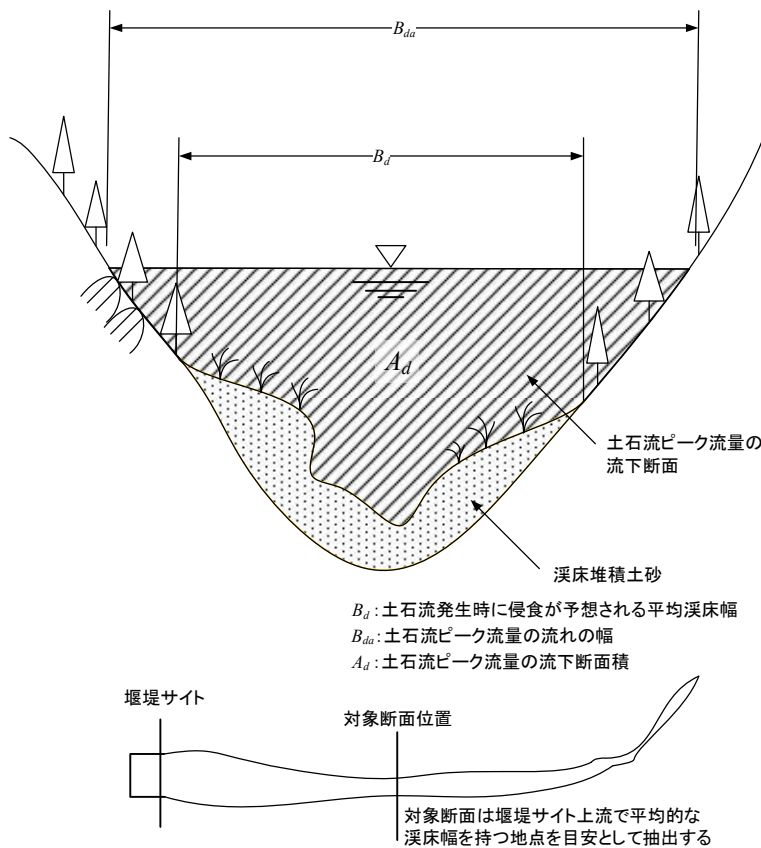
面積(m^2)である。なお、一般に計画規模の年超過確率の降雨量ともなっていて発生する可能性が高いと判断された土石流は、ピーク流量を流し得る断面一杯に流れると考えられるので、土石流の流下断面は図2-4-3の斜線部とする。流れの幅 B_{da} (m)は図2-4-3に示すとおりとし、土石流の水深 D_d (m)は次式で近似した値を用いる。

$$D_d = \frac{A_d}{B_{da}} \quad \dots (3)$$

(砂土計p32)

具体的な方法は、巻末資料の計算例を参照されたい。

なお、土石流の流速、水深の算出にあたっては、当該堰堤の位置から堆砂上流末端または土石流発生区間の下端までの区間で、任意に3~5箇所を抽出し、各断面を台形に近似した上で、3~5箇所の断面の平均断面を用いる。ただし、断面形状が明らかに異なり、平均断面を用いることにより、堰堤の安定性の検討上、土石流の外力を過少評価するおそれがある場合は、過小評価とならないように留意する。



(砂土計p32一部加筆)

図2-4-3 土石流の流下断面と流れの幅のイメージ

また、当該堰堤の位置から堆砂上流末端までの区間に比べて、堆砂上流末端より上流の区間の断面形状が著しく異なり、土石流の外力を過小評価するおそれがある場合についても、過小評価とならないように留意する。(砂土計p32)

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_d) 土石流の流速 (U) 土石流の水深 (D_d)	現渓床勾配 (θ_o)
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_p)

(砂土計p32)

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_o) を用いる。

(1) 流れの幅 (B_{da})

水位 (h) を仮定し、そのときの流下断面積 (A_d) と流れの幅 (B_{da}) を下図のように求める。

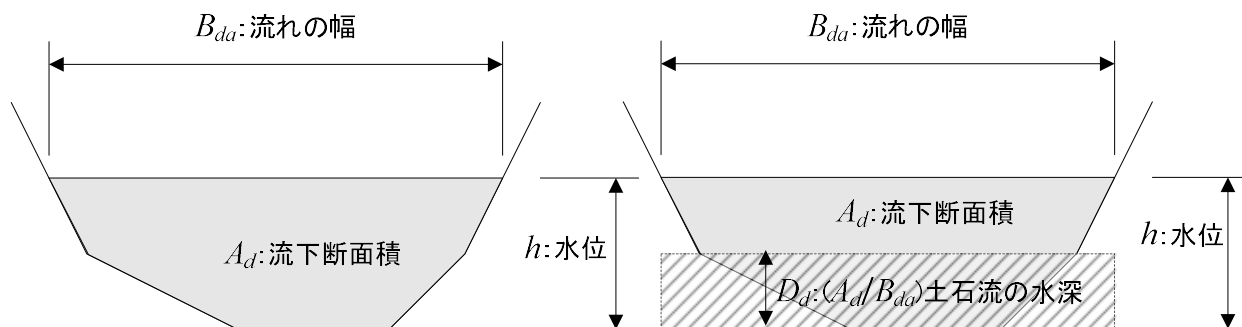
(2) 以下の式により、土石流の水深 (D_d)、計算土石流ピーク流量 (Q_{spcal}) を求める。

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

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

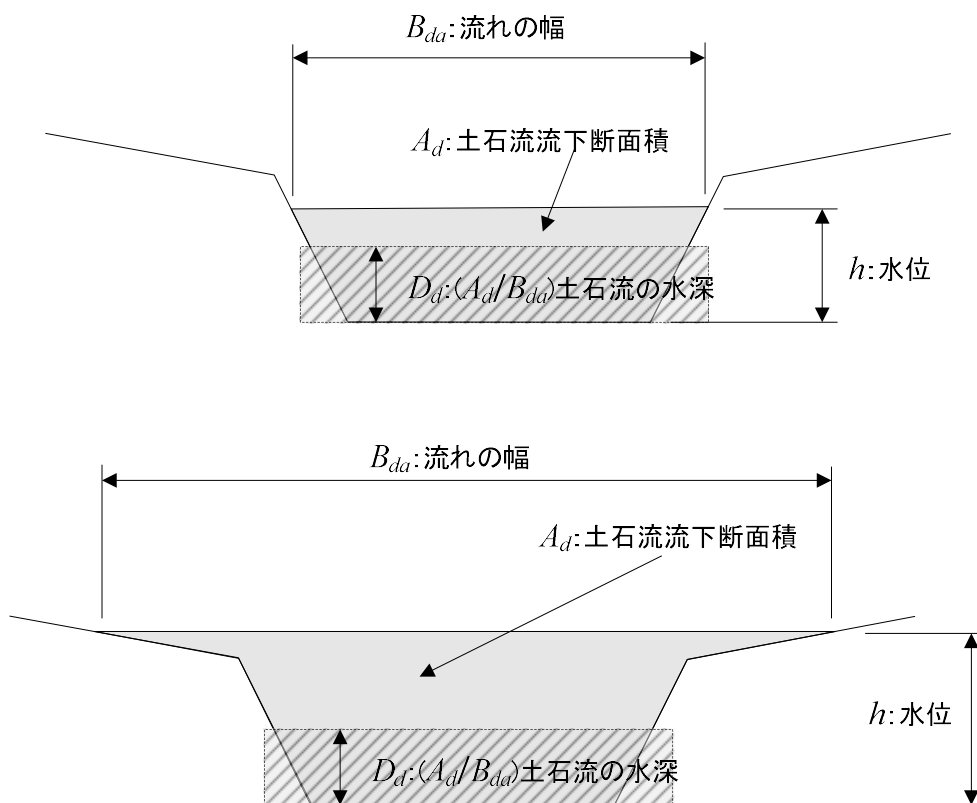
$$Q_{spcal} = U \cdot A_d$$

(3) $Q_{sp} \doteq Q_{spcal}$ のときの水位 h に対応する A_d 、 B_{da} 、 D_d 、 U を求める。



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(θ_p)を用いる
- 1と同様の方法で、 $Q_{sp} \doteq Q_{spcal}$ 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 p33)

解説

土石流の単位体積重量 γ_d (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(9.81m/s^2)とする。なお、 γ_d の単位が 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)

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 p34)

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(9.81m/s²)、 K_h ：係数(1.0 とする)、 γ_d ：土石流の単位体積重量 (kN/m³) である。

(砂土計 p34)

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 p36)

解説

流木の最大長、最大直径は、砂防堰堤の構造検討時に流木による衝撃力を算出する際に使用する。流木の最大長は、流木捕捉工の部材純間隔の設定に使用する。

流木の最大長 L_{wm} (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_{wm} (m)とすると

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

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

として推定する。流木の最大直径 R_{wm} (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。また、流木となると予想される倒木(伐木、用材を除く)についても調査するものとし、最大直径が過小に見積もられないよう留意する。

(砂土計 p36)

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 p37)

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 p37)

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 p56)

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 p58)

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 p58)

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 p47)



(砂土計 p58 一部改)

図3-2-1 土石流・流木対策施設の種類

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 p57)

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 p57)

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 p59)

解説

土石流・流木捕捉工を計画・配置するにあたっては、想定される土砂および流木の流出現象として、土石流中の土石の粒径、土石流の濃度、流木の大きさ(長さ、太さ)、流木の多寡などを想定し、形式・形状を決める必要がある。また、平常時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。

土石流・流木捕捉工として、主として砂防堰堤を用いるが、分離堰堤(水抜きスクリーン)等も土石流・流木捕捉工として考え、砂防堰堤以外の土石流・流木捕捉工に本指針を準用することを妨げない。 (砂土計 p59)

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 p60)

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 p40)

愛知県では、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($\tan \theta$)を上限とする。

(砂土計 p40)

愛知県では現溪床勾配の2/3(上限の勾配：1/6)を計画堆砂勾配の標準とする。

現溪床勾配 : 現溪床勾配は、土石流濃度を計算するための勾配(第2章第4節4.1.1)ではない。
 現溪床勾配は、現地の状況を見て、砂防堰堤を設置した場合に想定され得る堆砂範囲で検討する。

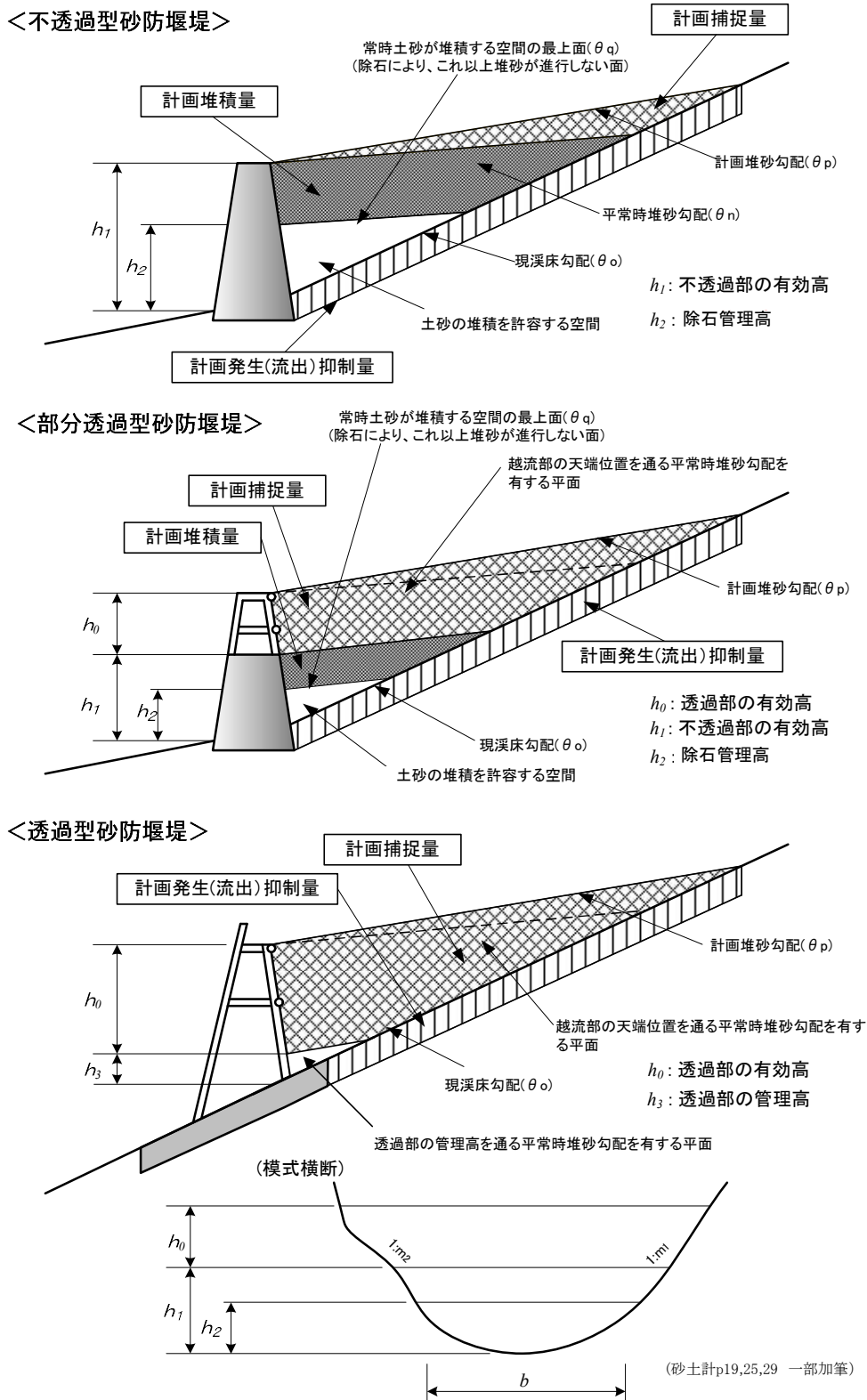


図4-1-1 砂防堰堤の効果

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 p40)

なお、計画捕捉量は、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侵食されないことを踏まえ、除石（流木の除去含む）により常時捕捉空間を確保しなければならない。

(砂土計 p40)

(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_3 （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)のうち、除石によって確保される空間で捕捉させる土砂量とする。

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4-1-1に示す網掛部の空間)のうち、除石によって確保される空間で捕捉させる土砂量とする。

(砂土計 p40)

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Ⅲ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 : 除石管理高

(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 p42)

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

(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6を参照されたい。

①透過型及び部分透過型砂防堰堤の計画捕捉流木量

流木捕捉能力量(cX_w)は、次式で算出する。

$$cX_w = K_{w1} \cdot X$$

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）

（砂土計 p43）

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。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。（砂土計 p43）

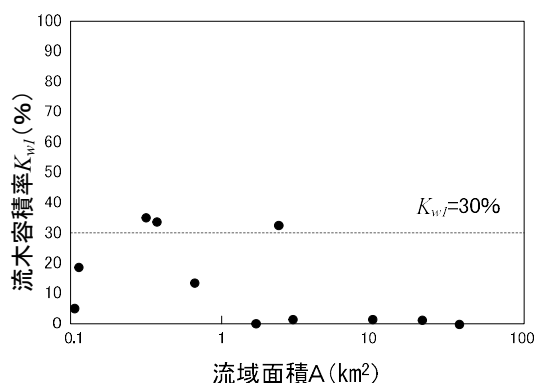


図 4 - 1 - 2 透過型砂防堰堤の捕捉量に対する流木容積率（砂土計 p43）

②不透過型堰堤の計画捕捉流木量

不透過型砂防堰堤の計画捕捉流木量は、式(1)と式(2)から求められる値のうち、小さい方の値とする。式(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(31-2)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。

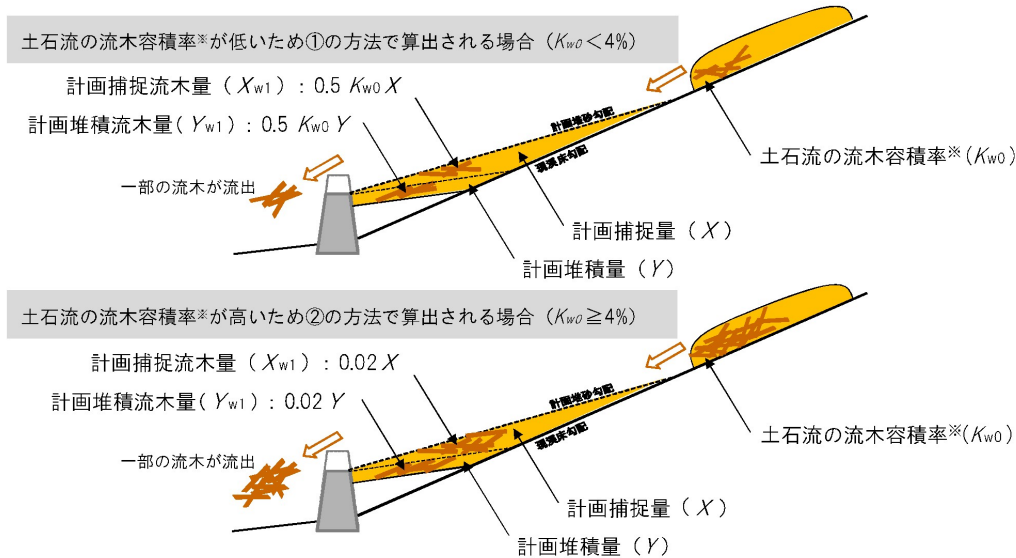
$$X_{w1} = K_{w0} \times X \times (1 - \alpha) \quad \dots (1)$$

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

ここで、 X ：土石流・流木対策施設の計画捕捉量（ m^3 ）、 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、 α ：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である。なお、 K は、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。

- 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 4-1-3 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 基の例))

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。

また、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 以上の場合、当該土石流・流木対策施設は計画流木発生抑制量、計画堆積流木量、計画捕捉流木量の順で計上する。(砂土計 p45)

愛知県では、不透過型堰堤の場合は $K_{w1} = 0.02$ 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 p47)

(1) 計画堆積量(Y)

計画堆積量は、現溪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)のうち、除石によって確保される空間で堆積させる土砂量である。(砂土計 p47)

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Ⅷ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(θ_p)と同じとする。
- イ 管理高(h_2)は、次のようにして求める。

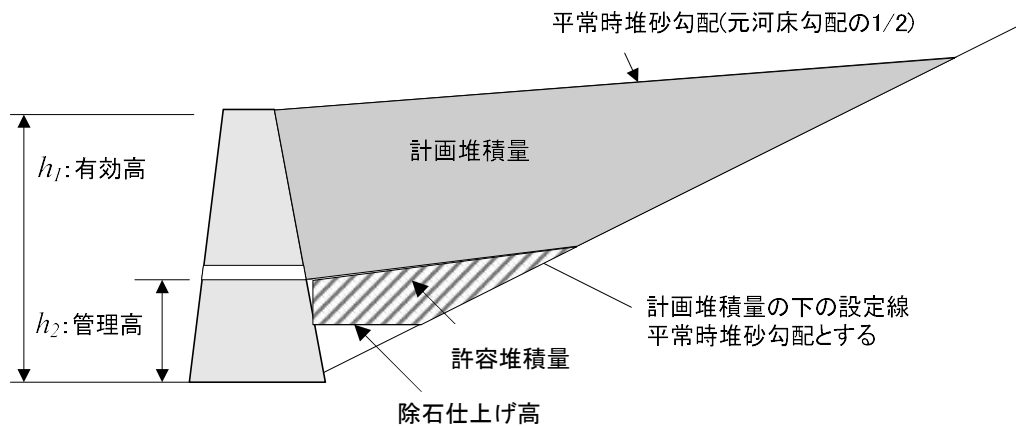
① 次式を満足するように h_2 を試算する

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

② 次図の計画堆積量の下の設定線以下の容量(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。

年間の堆積量については、令和3年度に県内砂防堰堤の堆砂状況の調査を行っており、今後のさらなる堆砂実績データの取得や研究の蓄積が必要であるが、当面は下記の堆砂速度を参考とする。

新第三紀層	$q=171.88A^{-0.42}$	例：A=0.1km ² の場合	
中・古生層	$q=118.73A^{-0.51}$	新第三紀層	450 (m ³ /km ² /年)
変成岩	$q=71.82A^{-0.59}$	中・古生層	382 (m ³ /km ² /年)
火成岩	$q=42.00A^{-0.70}$	変成岩	278 (m ³ /km ² /年)
* q: 堆砂速度(m ³ /km ² /年) A: 流域面積 km ²		火成岩	211 (m ³ /km ² /年)



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)から計画堆積流木量(Y_w)を除いたものとする。(砂土計 p49)

$$Y_d = Y - Y_w$$

(3) 計画堆積流木量(Y_w) (流木堆積能力量(cY_w))

計画堆積流木量は、計画流出流木量と計画堆積流木量の能力量(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6を参照されたい。

①部分透過型

$$Y_{w1} = K_{w1} \times Y$$

ここで、 Y : 土石流・流木対策施設の計画堆積量 (m^3)、 Y_{w1} : 本堰堤の計画堆積流木量(m^3)、 K_{w1} : 計画堆積量に対する流木容積率である。(K_{w1} の値は計画捕捉流木量に準じる)。

②不透過型

不透過型砂防堰堤の計画堆積流木量は、計画捕捉流木量と同様に次式から求められる計画堆積流木量のうち、小さい方の値とする。

$$Y_{w1} = K_{w0} \times Y \times (1 - \alpha)$$

$$Y_{w1} = K_{w1} \times Y$$

ここで、 Y : 土石流・流木対策施設の計画堆積量 (m^3)、ここで、 Y_{w1} : 土石流・流木対策施設の計画堆積量(m^3)、 α : 本堰堤からの流木の流出率、 K_{w0} : 本堰堤で流入が想定される計画流出量に対する流木容積率、 K_{w1} : 計画堆積量に対する流木容積率 (α と K_{w1} の値についてはの計画捕捉流木量に準じる) (砂土計 p50)

愛知県では $K_w=0.02$ 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)抑制量と計画流木発生抑制量の和とする。 (砂土計 p52)

$$Z = Z_d + Z_w$$

Z : 計画発生(流出)抑制量

Z_d : 計画土石流発生(流出)抑制量

Z_w : 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。 (砂土計 p52)

(1) 計画土石流発生(流出)抑制量(Z_d)

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 p53)

計画土石流発生(流出)抑制量(Z_d)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。

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

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

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

d_o : 溪床抑制の深さ, d_1, d_2 : 溪岸抑制の深さ(右岸, 左岸), h_e : 溪岸抑制の高さ

(2) 計画流木発生抑制量(Z_w)

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。

計画流木発生抑制量は、計画流出流木量を評価している区間に存在する流出流木量を対象とする。計画流木発生抑制量は、平常時堆砂勾配の平面と現溪床が交わる地点から堰堤までの区間に存在する倒木、流木等の量について、計上することができる。 (砂土計 p55)

なお、計画流出流木量が発生流木量に流木流出率(0.9)を乗じたものであることから、計画流木発生抑制量は、平常時堆砂勾配の平面と現溪床が交わる地点から堰堤までの区間の発生流木量に流木流出率(0.9)を乗じた値となる。

また、透過型では平常時堆砂勾配は形成されないため計画流木発生抑制量は「0」となる。

計画流木発生抑制量(Z_w) = 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。

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流木発生抑制量は「0」とする。

また、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 以上の場合、当該土石流・流木対策施設は計画流木発生抑制量を計上した上で、計画堆積流木量、計画捕捉流木量の順で計上する。

(砂土計 p55)

5 既往施設の効果量の取り扱い

砂防設備、治山施設に関わらず、現状で満砂状態にある場合は、計画発生(流出)抑制量を計上する。

未満砂の場合は、水通し天端幅が 3m 以上の場合は計画捕捉量を計上し、3m 未満の場合は原則、計画捕捉量は計上しないものとする。ただし、詳細な検討等により計画捕捉量の計上が妥当と考えられる場合は砂防課との協議により判断する。

6 流木収支と流木施設効果量

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。

計算の流れは、図4-1-4のとおりである。

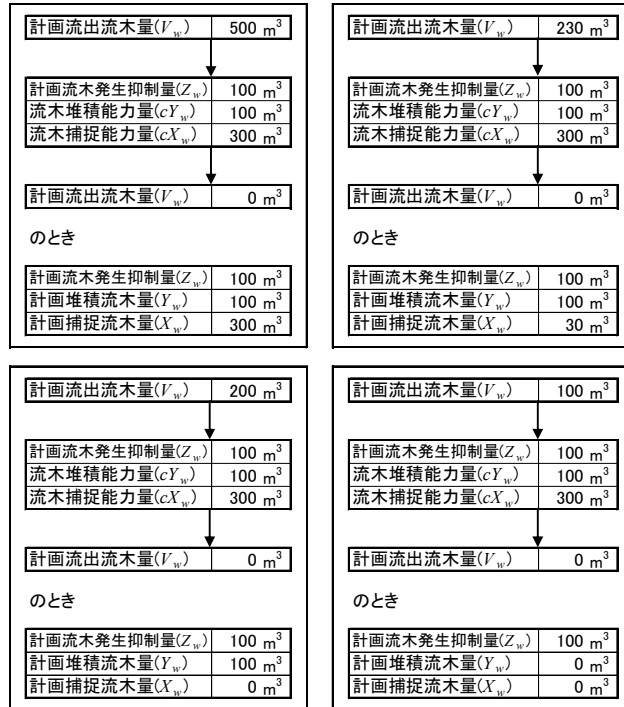


図4-1-3 流木収支と対流木の効果量の関係

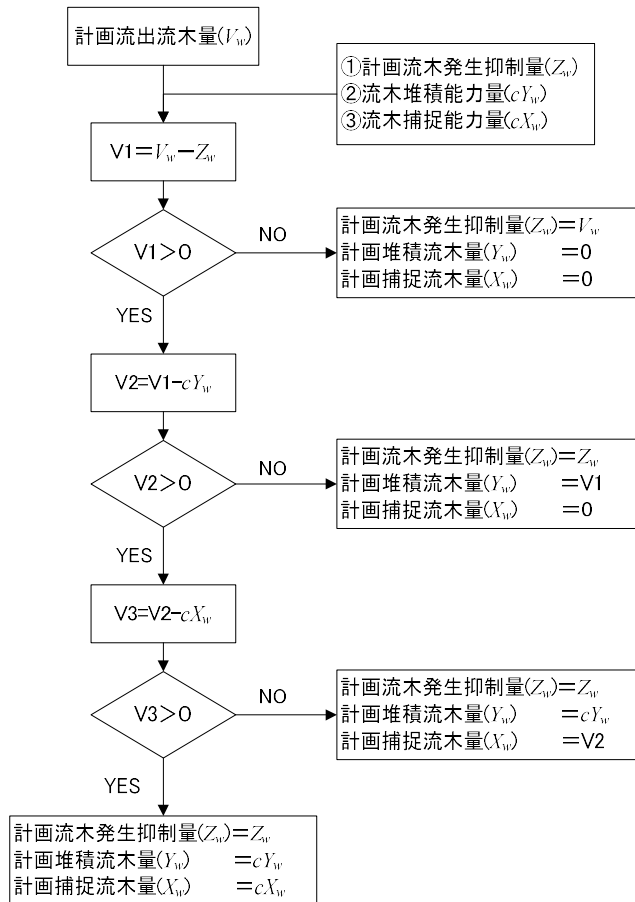


図4-1-4 流木収支の流れ

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や想定される土石及び流木の流出現象を現地調査により十分把握した上で、経済性、地域環境等に配慮し、型式を選定する。なお、土砂とともに流出する流木等を全て捕捉するためには、透過構造を有する施設を原則とする。 (砂土計 p63)

解説

- 1 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の抑制である。
- 2 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。
 - ・土石流の捕捉
 - ・土砂とともに流出する流木等の捕捉
 - ・計画捕捉量，計画堆積量に相当する空間の維持
 - ・平時の溪流環境(溪床の連続性)の保全 (砂土計 p63)
- 3 土砂とともに流出する流木等を全て捕捉するためには、透過構造を有する施設(透過型砂防堰堤、部分透過型砂防堰堤、流木捕捉工など)が必要となる。そのため、計画流下許容流量が 0 でない場合や流木対策を別途計画する場合などを除き、流木の捕捉のための砂防堰堤は、透過型または部分透過型砂防堰堤とすることを原則とする。なお、土石流区間において流木捕捉工の設置が必要な場合は、副堰堤等に流木捕捉工を設置することができる。 (砂土計 p63)
- 4 型式によらず計画捕捉量の確保のためには除石(流木の除去を含む)計画の検討が必要となる。計画堆積量を計画する不透過型及び部分透過型砂防堰堤では、計画堆積量確保のための除石(計画の検討が必要となる。 (砂土計 p63)
- 5 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設備であり、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。
- 6 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ければならない。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 p64)

(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 p64)

(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 「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。

堆積区間に透過型または部分透過型を配置するときは、透過部断面全体を礫・流木により閉塞させるように、土石流の流下形態等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。

- ② 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砂することなく、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。

また、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、流出する粒径が細かい場合や勾配が緩く土砂濃度が低いことが想定される場合、谷出口付近において出水時(土石流以外の出水)の泥水等を下流路に導きたいときなどは、部分透過型の採用を検討する。

(砂土計 p64,65)

7 副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})

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 p46)

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

A_w : 本副堤間の湛水池の面積

R_{wa} : 流木の平均直径

(砂土計 p46)

- (2) 副堰堤に設置される流木対策施設の設計は、掃流区間における流木対策施設の設計を準用する。

(土流設 p21)

- (3) 流木止めは副堰堤の越流部に設け、副堤の水通し断面は本堤水通し断面の 2 倍程度まで広げてよい。また、水褥池の形状は地形条件条件を踏まえ、できるだけ流木捕捉量を確保できるよう距離、幅をとるが、規定より長くし 3 倍程度までを目安とする。(鋼砂便 p123)

1.3 砂防堰堤の配置方針

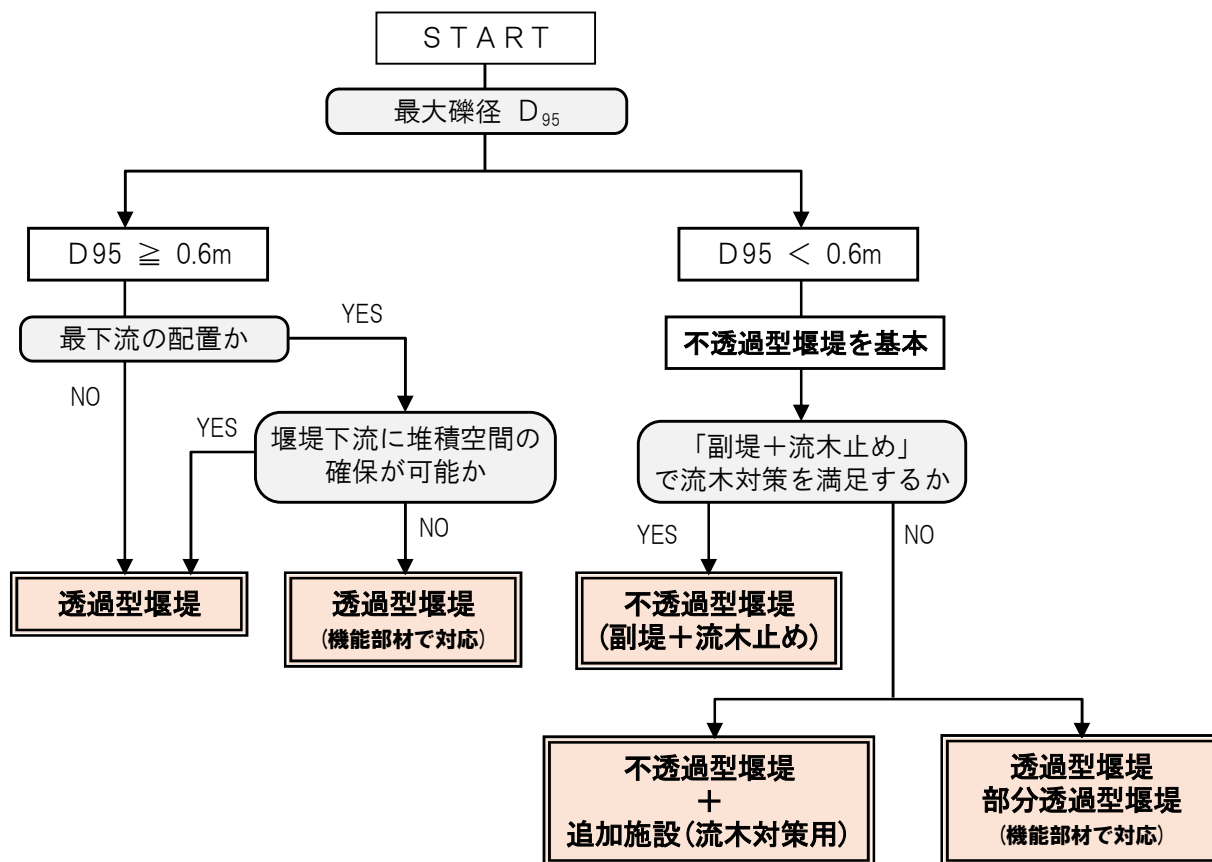
砂防堰堤は、流域の状況(土砂の量・質, 保全対象, 溪流環境)により経済性, 施工性, 実現性, 環境への影響を十分考慮して配置する。

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り、次の事項を配置の基本方針とする。

- 1 最大礫径 (D_{95}) が 0.6m 以上の場合は、透過型堰堤の採用を基本とする。
(スリット間隔が狭すぎると、維持管理に労力を要するほか、中小の洪水で、土砂、流木、枝木、落葉等により目詰まりし易くなること、また、鋼材量の割合が多くなり経済的に非効率となる可能性が高いこと等から 0.6m 以上とした。)
- 2 最大礫径 (D_{95}) が 0.6m 未満の場合は、不透過型堰堤の採用を基本とする。
ただし、発生流木量が多い場合など状況に応じ、透過型堰堤を採用することを妨げない。透過型堰堤を採用する場合に、より確実に土石流を捕捉する必要があると判断される場合は、機能部材等の追加を検討する。
 - ※ 機能部材：土石流を捕捉する目的で配置する部材
 - 構造部材：構造物の安定性を保持するための部材
- 3 最下流に透過型堰堤もしくは部分透過型堰堤を採用する場合には、中抜け等を考慮し、堰堤下流に土砂の堆積空間を設けるなど安全性を高める等の対応を図るものとする。堆積空間を確保することが困難な場合は、機能部材(ネット等)での対応について検討する。
- 4 透過型、部分透過型にあつては、現地の土砂移動形態を十分配慮して礫が確実に捕捉されるように、部材間隔について検討する。



※本選定フローは、土石流捕捉機能に着目した内容であり、環境面、経済性、実現性等、施設目的に合致した視点を考慮することが必要である。

※透過型、部分透過型にあつては、現地の土砂移動形態を十分配慮して礫が確実に捕捉されるように、部材間隔について検討する。

図4-1-5 砂防堰堤の配置の基本方針フロー

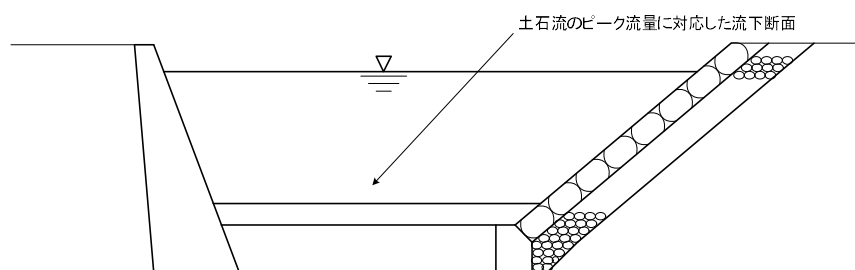
第2節 その他の土石流・流木対策施設

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 p69)

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 p69)



(砂土計 p69)

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 p47)

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 p47)

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 _d)
200m ³ /s 以下	0.6m
200～500m ³ /s	0.8m
500～2000m ³ /s	1.0m

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 p47)

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 p48)

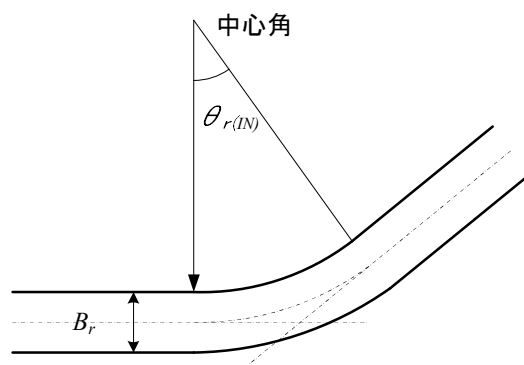
解 説

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 p48)



(土流設 p48)

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 p49)

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 p49)

2.1.4 構造(溪床)

掘込み方式を原則とする。

(土流設 p50)

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 p50)

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 p51)

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), θ_r : 水路中央の曲率半径(m), g : 重力加速度(9.81m/s²)である。

(土流設 p51)

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。

(発生流木抑制量に計画流木流出率を乗じて流木の収支計算を行う)

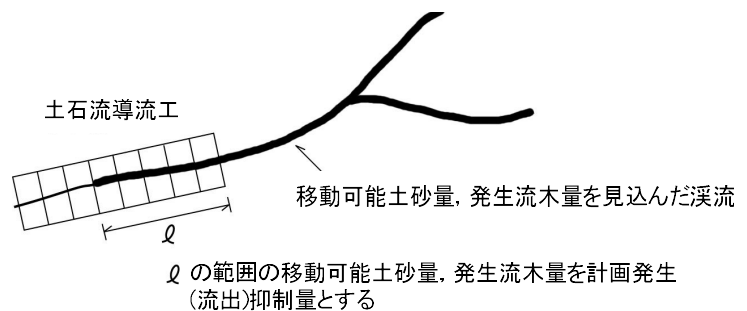


図4-2-4 土石流導流工の効果量

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。

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 p47)

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。(発生流木抑制量に計画流木流出率を乗じて流木の収支計算を行う)

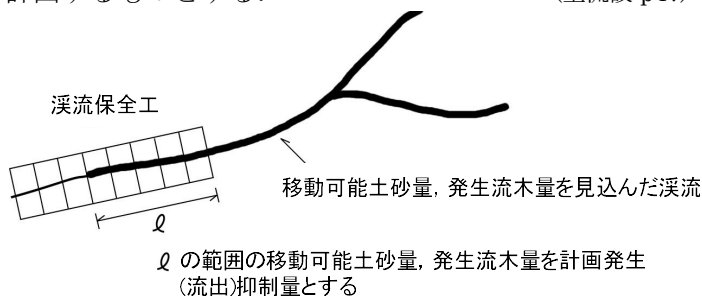


図4-2-5 溪流保全工の施設効果

3 構造等に関しては第Ⅳ編の溪流保全工を参照されたい。

2.3 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。 (砂土計 p73)

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

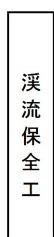
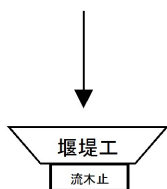
各施設には，流木捕捉能力量，流木堆積能力量，計画流木発生抑制量が算出される。

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。

土砂収支図(土石流)

K-28 ○○沢

A=0.008 km²



▲
計画基準点

K11-1 (不透過型堰堤+副堤流木止め)

土砂 流木

Q	2,920	26
C	1,660	23
D	-	-
B	1,340	3
	-	-

(本堤11+副堤12)

整備率 102.7% 100.0%

K11-2 (溪流保全工)

土砂 流木

Q	800	3
C	-	-
D	-	-
B	800	3
	-	-

整備率 100.0% 100.0%

計画基準点

土砂 流木

Q	3,720	29
C	1,660	23
D	-	-
B	2,140	6
	-	-

整備率 102.2% 100.0%

基礎式: $Q - E - (C + D + B) = 0$		
Q	計画流出土砂量	計画流木流出量
C	計画捕捉土砂量	計画捕捉流木量
D	計画堆積土砂量	計画堆積流木量
B	計画土石流発生(流出)抑制量	計画流木発生抑制量
	流下土砂量	流下流木量

※既存及び新設施設ごとに計算する。(ただし、治山施設群はまとめて計算してよい)

図4-2-13 土砂および流木収支計算の例

第4節 除石

計画捕捉量, 計画堆積量を計上する施設に関しては, 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, 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(流木の除去を含む)等を行う。 (砂土計 p74)

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Ⅲ編第1章除石を参照されたい。