

第2編 砂防基本計画(土石流・流木対策編)

第1章 総説

1 計画策定の基本

土石流・流木対策計画については、「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）」並びに「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 国土交通省国土技術政策総合研究所」（以下、「計画策定指針解説」と称す）に準じて策定することを基本とする。

また、これに加えて本設計要領に示される中部地方整備局管内での運用を踏まえるものとし、目的、流域状況（自然・社会環境等）、対策の合理性等を勘案した計画を策定する。

本編の記載構成については、箱書き文については「計画策定指針解説」に示される指針に当たる部分で、「計画策定指針解説」における解説部分、及び中部地方整備局管内での運用に関する内容についてそれ以降に続けて記載している。

なお、このように本設計要領は「計画策定指針解説」内容を含めた形で記載されるものの、同指針解説の原本について別途確認し、同指針に示される部分と管内運用部分を理解して準用することが望ましい。

2 砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）の目的

砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）（以下、「本指針」という）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を防止するために、「河川砂防技術基準 計画編」に示されている技術的事項の標準に基づき、土石流対策および流木対策の基本的な考え方と同計画における必要最小限準拠すべき事項を示すものである。本指針は、土石流・流木対策に係わる技術の水準の維持と適正な推進が図られることを目的とする。

（「計画策定指針解説 P. 1」）

3 砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）の内容

本指針は、砂防基本計画（土石流・流木対策）の内、砂防設備による対策計画に関する技術的事項についての標準を示したものである。本指針は、第1節において砂防基本計画（土石流・流木対策）の基本的な考え方を概説し、第2節では土石流・流木対策計画の基本的事項、第3節では土石流・流木処理計画、第4節では土石流・流木対策施設配置計画の基本的事項、第5節では除石計画について示している。また、砂防設備の設計に関する技術的事項は別に定める「土石流・流木対策設計技術指針」により示すものとする。本指針の内容は、技術水準の向上などに応じて随時改定を行うものとする。

（「計画策定指針解説 P. 2」）

4 砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）の適用

本指針は、土石流・流木対策に係わる砂防計画の立案に適用するものであるが、これにより不合理となる場合においては、適用しないことができる。また、所期の目的を十分に達成するより適切な手法が存在する場合はその採用を妨げるものではない。

（「計画策定指針解説 P. 3」）

- ① 土石流・流木対策計画については、「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）」並びに「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 国土交通省国土技術政策総合研究所」（以下、計画策定指針）と称す）に準じて策定する。
- ② 本要領は、現在制定されている関係法令、基準、指針等の上位基準での諸元について、特に中部地方整備局管内の運用として取りまとめたものである。計画に示している数値は一般的なものを示しているため、使用するにあたっては、各現場状況に応じて適切な数値を選定して行うものとする。
- ③ 本要領を適用するにあたり関係法令、基準、指針等の改訂が行われた場合にはそれらによる。

5 総説

砂防基本計画（土石流・流木対策）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から国民の生命、財産、生活環境および自然環境を守り、併せて国土の保全に寄与することを目的として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。

（「計画策定指針解説 P. 4」）

砂防基本計画（土石流・流木対策）は、「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）」に基づいて策定する。また、砂防基本計画（土石流・流木対策）は、土石流危険溪流の土石流や流木の発生履歴を含め、流域の社会環境、自然環境、文化・歴史等の地域特性や経済性等を総合的に評価したものでなければならない。

また、土石流危険溪流以外の土石流が発生および流下する恐れのある流域についても、同指針を準用することができる。ただし、その場合は、現地で想定される現象やその対策の目的が通常の土石流危険溪流の場合と同等と見なせるか否かを見極めた上で、準用することが重要である。

土石流の到達は、そのほとんどが 2° （概ね $1/30$ ）以上の勾配までであるが、到達区間は対象流域の過去の災害実態、溪床堆積土砂の状態、最大粒径等に基づき設定する。

なお、砂防基本計画（土石流・流木対策）は、図 1-5-1 の流れを参考に策定する。

- ① 各溪流における砂防基本計画策定にあたっては、近年実施した航空レーザ測量データや土石流危険溪流調査に基づく最新の溪流の状況、保全対象地域の特性等を総合的に把握するものとする。

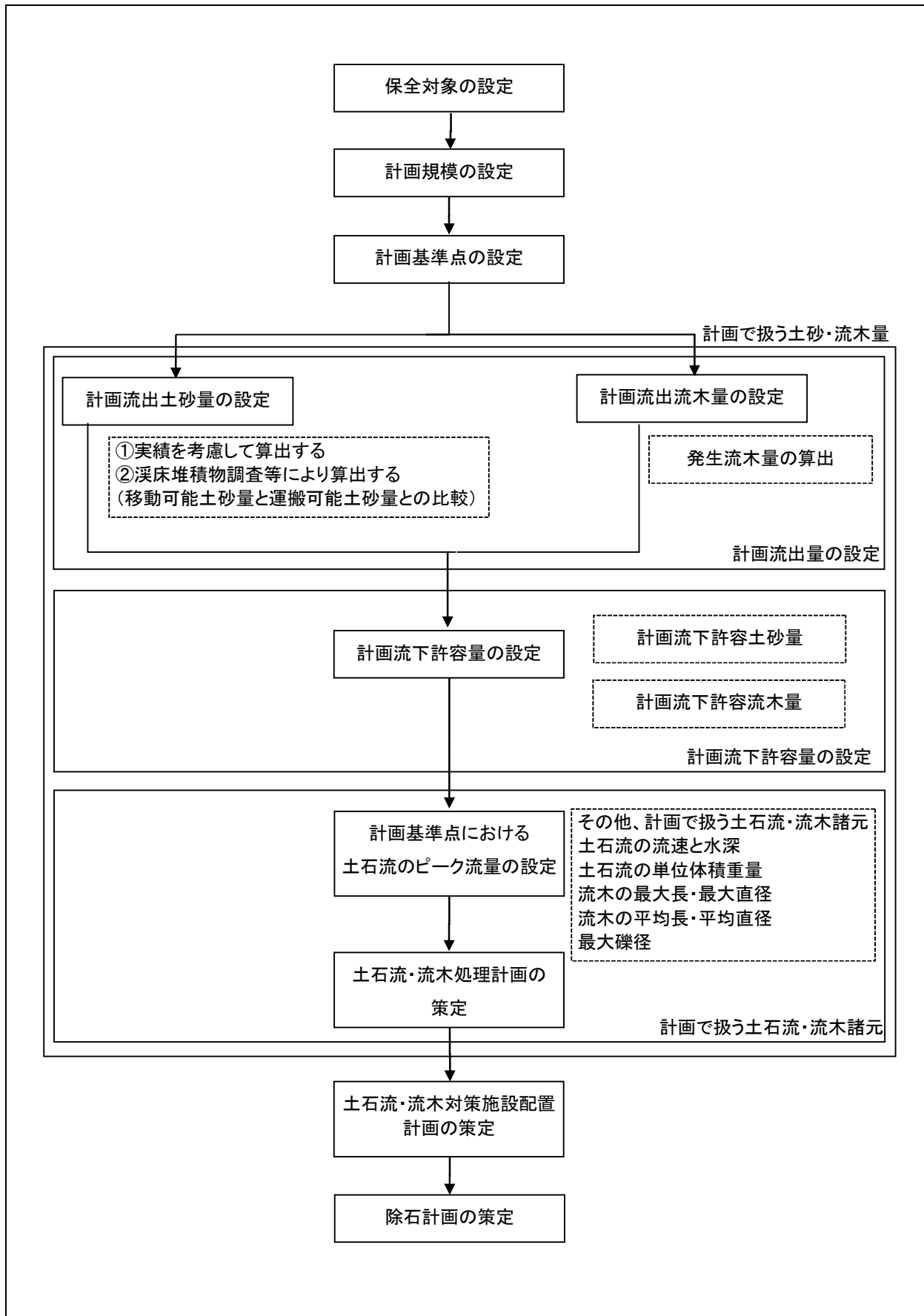


図 1-5-1 土石流・流木対策計画および土石流・流木施設配置計画、除石計画の策定の流れ

第2章 土石流・流木対策計画の基本的事項

1 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。

(「計画策定指針解説 P. 6」)

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 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。

(「計画策定指針解説 P. 7」)

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。

なお、土石流危険渓流以外の土石流が発生および流下する恐れのある渓流において砂防設備を計画する場合は、本設計要領を準用する。

- ①土石流危険渓流および土石流危険区域調査要領（案）に基づき直轄管内で実施した土石流危険渓流に係る調査結果をもとに、保全対象を設定するものとする。なお、土石流危険渓流カルテは、次期総点検までの間は、土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律に基づく土砂災害警戒区域等の指定など、随時最新のデータを追加し、溪床や山腹及び保全対象人家の状況変化を把握するものとする。

3 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、本指針は、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、および火山噴火に伴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。

(「計画策定指針解説 P. 8」)

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 時間雨量又は日雨量の 100 年超過確率とする）に伴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、当該溪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。

- ①計画規模は降雨量の年超過確率で評価するものとし、原則として 24 時間雨量又は日雨量の 100 年超過確率とする。ただし、狩野川水系直轄砂防事業における計画規模は、既往最大雨量規模を勘案し、24 時間雨量の 150 年超過確率とする。

4 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ことを基本とする。

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、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。

(「計画策定解説 P. 9」)

土石流・流木対策計画では、一般には保全対象の上流の谷の出口、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、土石流・流木対策施設の設置地点に補助基準点を設けることを基本とする。

土砂移動の形態が変わる地点は、図 2-4-1 を参考とする。

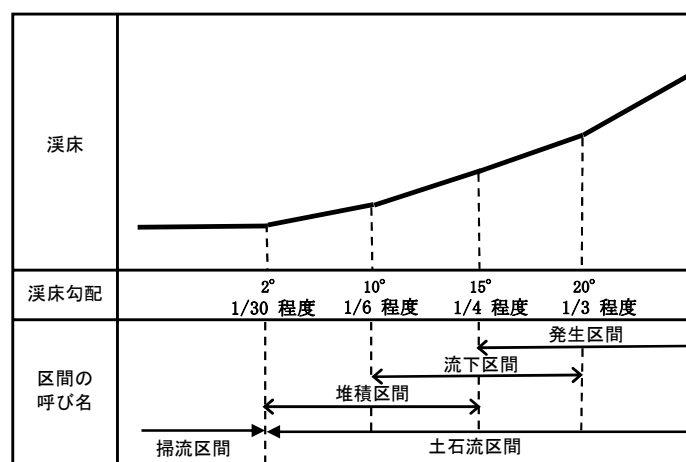


図 2-4-1 土砂移動の形態の渓床勾配による目安

5 計画で扱う土砂・流木量等

計画で扱う土砂・流木量等は、計画流出量（計画流出土砂量・計画流出流木量）、計画流下許容量（計画流下許容土砂量・計画流下許容流木量）、土石流ピーク流量である。

（「計画策定指針解説 P. 10」）

「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把握するために、計画基準点において、計画流出量、計画流下許容量、および、土石流ピーク流量を算出する。

計画流出量は、計画流出土砂量と計画流出流木量の和とする。

計画流下許容量は、計画流下許容土砂量と計画流下許容流木量の和とする。

計画で扱う土砂量・流木等の算出方法は、本設計要領に基づくものとする。

また、補助基準点、土石流・流木対策施設を配置する地点等における土砂量・流木等の算出方法も「第2編 第2章 5-1-2 計画流出土砂量の算出方法 5-2-2 計画流出流木量の算出」に基づくものとする。

なお、流木を含むことによる土石流ピーク流量、流速、水深、単位体積重量への影響は考慮しない。

また、河川砂防技術基準計画編基本計画編における用語と砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)における用語の対比表を表 2-5-1 に示す。

表 2-5-1 河川砂防技術基準計画編基本計画編と本指針の用語の対比

砂防基本計画策定指針 (土石流・流木対策編)	河川砂防技術基準 計画編基本計画編
—*	計画生産土砂量
計画流出土砂量	計画流出土砂量
計画流下許容土砂量	計画許容流出土砂量
計画流下許容流木量	—
計画土石流発生（流出）抑制量	計画生産抑制土砂量
計画流木発生抑制量	—
計画堆積土砂量	計画流出抑制土砂量
計画堆積流木量	—
—	計画流出調節土砂量
計画捕捉土砂量	—
計画捕捉流木量	—
計画流出流木量	計画基準点等に流出する流木量

※流出土砂量に含まれる

5-1 計画流出土砂量

5-1-1 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。

(「計画策定指針解説 P. 11」)

計画流出土砂量は、「第2編 第2章 5-1-2 計画流出土砂量の算出方法」で示した方法に基づき算出する。

その際、(式 2.5.2)、(式 2.5.4)における L_{dy11} および L_{dy12} は、計画基準点から上流域での、それぞれ該当する溪流もしくは流路の長さとする。

溪流の定義および1次谷の判定方法は、「土石流危険溪流および土石流危険区域調査要領(案)」に従うものとする。

計画基準点において算出した計画流出土砂量が $1,000\text{m}^3$ 以下の場合、計画流出土砂量を $1,000\text{m}^3$ 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、「第2編 第2章 5-4-1 土石流ピーク流量の算出方法(3-3)」に示すとおりとする。

火山山麓で特に火山が活動中の場合には、計画流出土砂量の見直しをその活動状況、流域の変化状況に応じて行う必要がある。

～～(参考)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 $1,000\text{m}^3$ 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。なお、小規模溪流は以下の条件全てを満たすものをいう。

- ・流路が不明瞭で常時流水がなく、平常時の土砂移動が想定されない溪流
- ・基準点上流の渓床勾配が 10° 程度以上で流域全体が土石流発生・流下区間

～～

- ①計画流出土砂量の算出にあたっては、「第1編 7 設計一般, 7-4 数値基準」に準じ「 10m^3 」単位で切り上げとする。
- ②流出土砂量の実績値がある場合においては、実績値を考慮して算出する。
- ③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、火口湖の決壊に起因する火山泥流等の発生が予想される場合には、別の方法で計画流出土砂量を決定する。
- ④小規模溪流における定義、計画流出土砂量等については、「第2編 第6章 小規模溪流における砂防基本計画(土石流・流木対策)」に準じる。

5-1-2 計画流出土砂量の算出方法

計画流出土砂量は、現地調査を行った上で、地形図、過去の土石流の記録等より総合的に決定する。原則として、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。

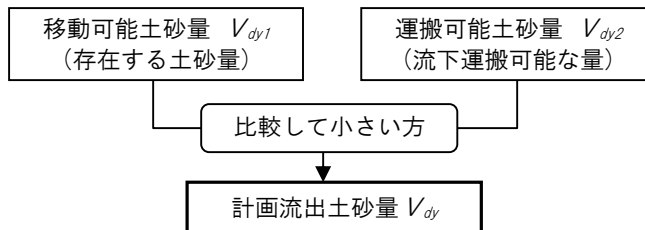
より詳細な崩壊地調査、生産土砂量調査および実績による流出土砂量調査が水系全体（土石流危険溪流を含む）で実施されている場合は、これらに基づき流出土砂量を決定してよい。

（「計画策定指針解説 P. 14～19」）

計画流出土砂量は水源崩壊地調査、溪流調査等の結果に基づき算出する。

ただし、流出土砂量の実績値がある場合においては、実績値を考慮して算出する。

計画流出土砂量は、以下のように、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なる。これは、土砂は流水とともに流れるものであり、存在する土砂量(移動可能土砂量)が多くと、それを流しうる水量（計画規模の土石流）が無ければ、その全てが流下しないと考えれば理解しやすい。



(1) 流域内の移動可能土砂量 (V_{dy1})

$$V_{dy1} = V_{dy11} + V_{dy12} \quad \text{----- (式 2.5.1)}$$

$$V_{dy11} = A_{dy11} \times L_{dy11} \quad \text{----- (式 2.5.2)}$$

$$A_{dy11} = B_d \times D_e \quad \text{----- (式 2.5.3)}$$

ここで V_{dy1} : 流域内の移動可能土砂量 (m^3)

V_{dy11} : 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 次谷の最上流端までの区間の移動可能溪床堆積土砂量 (m^3)

V_{dy12} : 崩壊可能土砂量 (m^3)

A_{dy11} : 移動可能溪床堆積土砂の平均断面積 (m^2)

L_{dy11} : 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 次谷の最上流端まで溪流に沿って測った距離 (m)

B_d : 土石流発生時に侵食が予想される平均溪床幅 (m)

D_e : 土石流発生時に侵食が予想される溪床堆積土砂の平均深さ (m)

移動可能溪床堆積土砂量を算出する際の B_d 、 D_e は現地調査および近傍溪流における土石流時の洗掘状況などを参考に推定する。 B_d 、 D_e を現地調査により推定する場合は図 2-5-2(1) に示すように溪流断面における溪岸斜面の角度の変化、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溪床堆積土砂を区分して行う。

D_e の推定は図 2-5-2(1) における断面形状だけでなく、上下流における溪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 2-5-2(2) に示す。

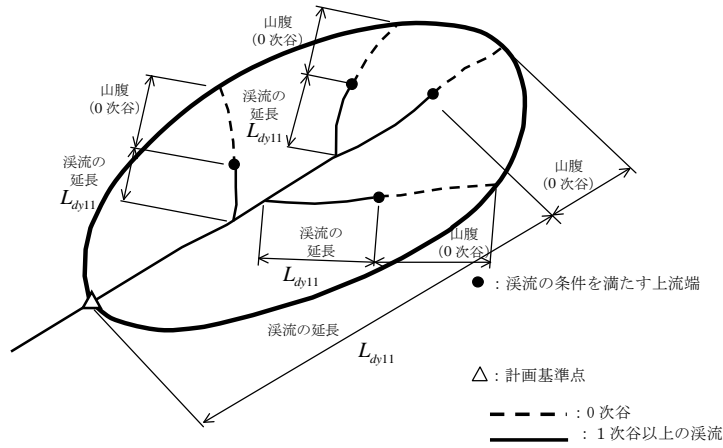


図 2-5-1 L_{dy11} のイメージ図

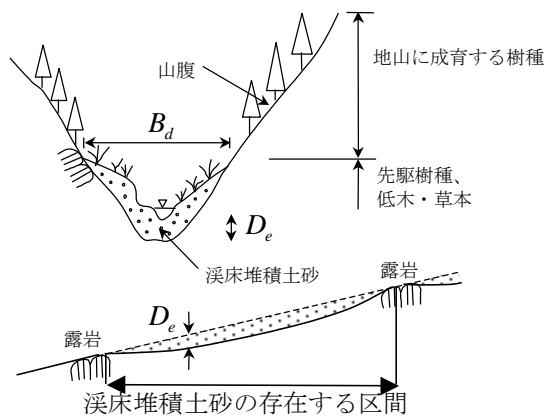


図 2-5-2(1) 侵食幅、侵食深の調査方法

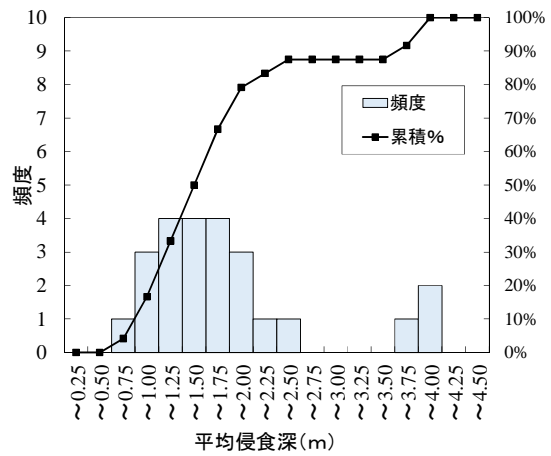


図 2-5-2(2) 平均侵食深の分布

(参考) 平均侵食深の調査の一例 (図 2-5-2(1)、(2)の詳細例)

地域	No.	発生年	月	都道府県	市町村	溪流名	集水面積 (Km ²)	平均勾配 (°)	侵食幅		侵食深		土石流発生時の雨量	
									平均値 (m)	標準偏差 (m)	平均値 (m)	標準偏差 (m)	24時間雨量 (mm)	1時間雨量 (mm)
魚野川	1	2011	7	新潟県	南魚沼市	姥沢川 (登川支溪)	4.78	19.8	31.8	20.1	2.2	1.7	328.0	62.0
	2	2011	7	新潟県	南魚沼市	二子沢川 (登川支溪)	0.78	27.0	27.6	13.0	3.9	2.4	328.0	62.0
	3	2011	7	新潟県	南魚沼市	柄沢川 (登川支溪)	1.60	22.4	10.0	5.9	1.1	0.7	328.0	62.0
	4	2011	7	新潟県	南魚沼市	高棚川	0.82	23.6	15.9	7.0	3.7	2.2	321.2	58.3
	5	2011	7	新潟県	南魚沼市	土沢	0.69	18.4	24.9	13.6	1.3	0.6	307.0	58.0
藤原岳	6	2012	9	三重県	いなべ市	西之貝戸川	0.21	34.6	13.8	7.3	1.6	2.0	435.0	70.0
	7	2012	9	三重県	いなべ市	小滝川	1.39	25.3	22.6	5.8	3.9	2.0	435.0	70.0
阿蘇	8	2012	7	熊本県	阿蘇市	大門川	0.33	13.4	14.5	7.1	1.2	0.7	517.0	124.0
	9	2012	7	熊本県	阿蘇市	坂梨地区	0.09	19.3	42.2	19.3	1.6	1.3	517.0	124.0
	10	2012	7	熊本県	阿蘇市	塩井川 2	0.48	14.5	13.7	6.6	1.7	1.3	517.0	124.0
	11	2012	7	熊本県	阿蘇市	新所川 3	0.07	28.2	16.9	6.9	1.0	0.6	417.0	83.0
	12	2012	7	熊本県	阿蘇市	土井川	0.28	19.5	21.2	9.9	2.4	1.1	517.0	124.0
防府	13	2011	7	山口県	防府市	阿部谷川	0.53	15.0	16.0	5.7	1.9	0.9	266.0	60.0
	14	2011	7	山口県	防府市	八幡谷溪流	1.05	14.2	9.0	4.1	0.8	0.5	266.0	60.0
	15	2011	7	山口県	防府市	松ヶ谷川	2.13	7.1	12.4	5.8	0.7	0.4	266.0	60.0
	16	2011	7	山口県	防府市	神里川	0.03	20.5	25.1	7.6	1.6	0.5	256.0	56.0
	17	2011	7	山口県	防府市	上田南川	1.10	12.2	15.9	8.0	1.1	0.6	266.0	60.0
	18	2014	7	長野県	南木曾町	梨子沢	2.27	18.4	25.6	11.6	1.8	1.2	143.0	76.0
八木・緑井	19	2014	8	秋田県	仙北市	供養佛沢	0.03	16.5	41.7	10.3	1.3	0.9	189.0	58.0
	20	2014	8	広島県	広島市	I-1-9-299a	0.34	15.2	15.9	7.1	1.0	0.5	247.0	87.0
	21	2014	8	広島県	広島市	I-1-9-303	0.22	18.9	18.1	6.1	1.3	0.7	247.0	87.0
	22	2014	8	広島県	広島市	I-1-9-306	0.19	24.3	18.2	6.9	1.9	1.3	247.0	87.0
	23	2014	8	広島県	広島市	I-1-9-1006	0.03	18.8	18.9	5.4	1.3	0.5	247.0	87.0
	24	2014	8	広島県	広島市	I-1-9-1010隣1	0.04	26.1	12.9	10.0	0.8	0.6	290.0	115.0

崩壊可能土砂量 (V_{dy12}) の算出については、以下のいずれかの方法で算出するが、(1-1)に基づくことを基本とする。

なお、(1-1) による推定が困難な場合には、(1-2) の算出方法による。

(1-1) 崩壊可能土砂量 (V_{dy12}) を的確に推定できる場合

式(2.5.1)の V_{dy12} 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、1/25,000 地形図あるいは大縮尺の地形図や航空レーザ測量結果を使用して等高線の凹み具合を眺めて、凹んでいる等高線群の間口よりも奥行が小なる地形とする。

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、現地踏査、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。

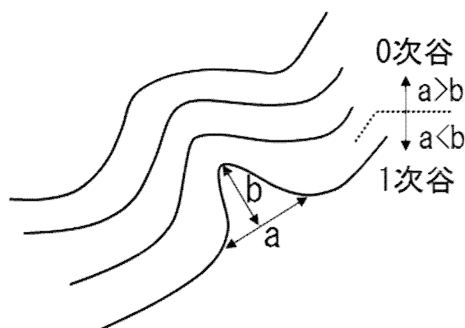


図 2-5-3 0次谷の地形

① 崩壊可能土砂量の算出には、以下のような各水系における既存崩壊実績の特性、降雨特性を考慮して、具体的な崩壊面積、崩壊深等を推定する。

- ・水系における既往最大の災害記録など、既存の砂防基本計画（水系砂防編）等の策定において用いた崩壊実績調査記録
- ・近年の中小出水時における水系内の崩壊実績調査記録

(1-2) 崩壊可能土砂量 (V_{dy12}) を的確に推定することが困難な場合

0次谷の崩壊を含めた次式で、崩壊可能土砂量を推定する。

$$V_{dy12} \cong \Sigma (A_{dy12} \times L_{dy12}) \text{ ----- (式 2.5.4)}$$

$$A_{dy12} = B_d \times D_e \text{ ----- (式 2.5.5)}$$

ここで、 A_{dy12} : 0次谷における移動可能溪床堆積土砂量の平均断面積 (m^2)

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（流域界）までの流路谷筋に沿って計った距離 (m) で支渓がある場合はその長さも加える。

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。

なお、流域最遠点とは流域界を指す。

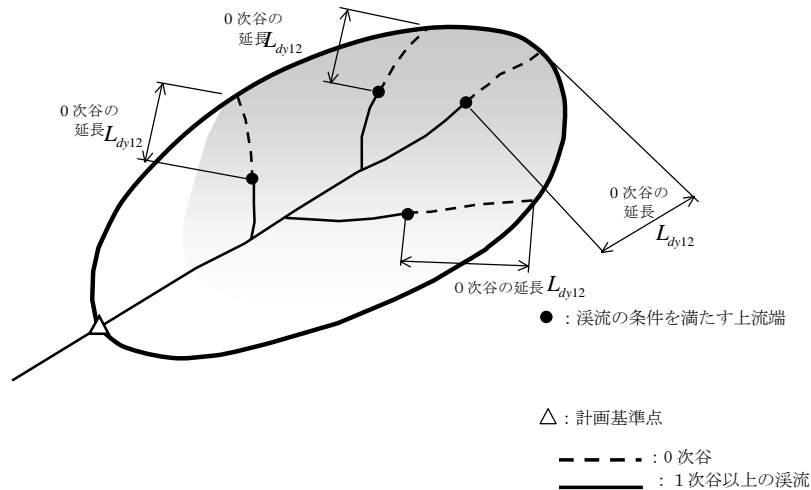


図 2-5-4 $L_{dy/2}$ のイメージ図

(1-3) 実測値に関するデータ収集のための調査

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。

(2) 「計画規模の土石流」によって運搬できる土砂量 (V_{dy2})

「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 (P_p (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濃度 (C_d) を乗じて算定する。その際、流出補正率 (K_{f2}) を考慮する。

$$V_{dy2} = \frac{10^3 \cdot P_p \cdot A}{1 - K_v} \left[\frac{C_d}{1 - C_d} \right] K_{f2} \quad \text{----- (式 2.5.6)}$$

C_d の算出方法は「第 2 編 第 2 章 5-4-1 土石流ピーク流量の算出方法, (1-2) 土砂濃度」を参照する。なお、式(2.5.6)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。

P_p は地域の降雨特性、災害特性を検討し決定する。なお、一般には、24 時間雨量を用いる。

K_v は空ゲキ率で 0.4 程度とする。

K_{f2} は流出補正率で図 2-5-5 によって流域面積に対して与える。なお、 K_{f2} は流域面積によって異なるが、上限を 0.5、下限を 0.1 とすることを基本とする。

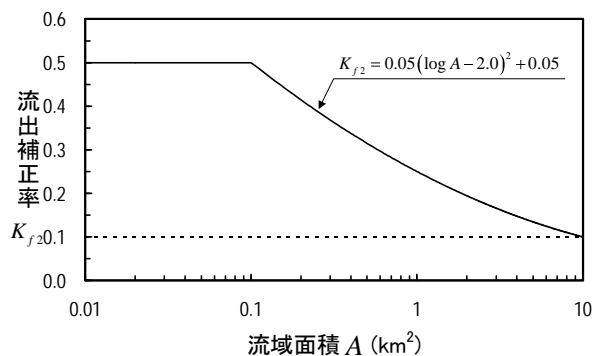


図 2-5-5 流出補正率

(3) 流出土砂量の最小値

- ①崩壊地調査、土石流危険渓流調査、地形図、過去の土石流災害痕跡調査等より算出した計画流出土砂量が $1,000\text{m}^3$ 以下の場合には、計画流出土砂量を $1,000\text{m}^3$ とする。
- ②ただし、小規模渓流において、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等の場合に限り、計画流出土砂量が $1,000\text{m}^3$ 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。（「第2編 第6章小規模渓流における砂防基本計画(土石流・流木対策)」参照）
- ③流出土砂量の実績値がある場合においては、実績値を考慮して算出する。

(4) 補助基準点における流出土砂量

- ①補助基準点にて流出土砂量を算出する場合は、上記最小値を適用しない。（算出された流出土砂量が $1,000\text{m}^3$ 以下である場合、そのままの値を用いる。）
- ②補助基準点における計画流出土砂量は、計画基準点と同様に、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(運搬可能土砂量)を比較して小さい方の値として算出する。
- ③しかし、下流の計画基準点との位置関係（流域面積の差）、現況溪床勾配等の違い等により、補助基準点での流出土砂量が計画基準点の計画流出土砂量を上回る場合もある（それぞれの地点で、移動可能土砂量と運搬可能土砂量との比較において異なる分類の土砂量で設定される等）。この場合は、補助基準点での計画流出土砂量は、計画基準点での計画流出土砂量の値を溪流延長もしくは流域面積比で按分換算して設定するものとする。

- ・計画基準点での流出土砂量が移動可能土砂量で設定される場合
→ 補助基準点上流の移動可能土砂量を計画流出土砂量とする。
- ・計画基準点での流出土砂量が運搬可能土砂量で設定される場合
→ 計画基準点と補助基準点での流域面積比により算出し計画流出土砂量とする。

5-2 計画流出流木量

5-2-1 計画流出流木量

計画流出流木量は、「計画規模の土石流」に含まれて、計画基準点まで流出する流木量である。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。

(「計画策定指針解説 P. 12」)

計画流出流木量は、「第2編 第2章 5-2-2 計画流出流木量の算出」で示した方法に基づき算出する。

その際、(式 2.5.7) の L_{dy13} 、 B_d は、計画流出土砂量の算出時において求めた値((式 2.5.4), (式 2.5.5)と同じとする。

5-2-2 計画流出流木量の算出

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。

(「計画策定指針解説 P. 20」)

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。流出流木量は実立積で表現するものとし、流域に土石流・流木対策施設が無い状態を想定して算出する。

流出流木量を把握するために、流域現況調査、発生原因調査、発生場所・量、流木の長さ・直径等の調査、流出流木調査および流木による被害の推定調査を行う。

調査は、まず対象流域の流域現況調査を行い林相等の状況を把握する。次に、流域現況調査の結果を総合的に判断して、流木の発生原因を推定する。さらに、流木の発生量、発生場所等を推定するための調査および流下、堆積する流木の量、長さ、直径の推定調査を行う。

これらの結果から流木による被害の推定を行い、対象とする流木の量、長さ、直径等を決定する。

(1) 流域現況調査

流出流木量を算出しようとする地点より上流域における立木、植生及び倒木(伐木、用材を除く)を調査する。

具体には、既往文献による植生図、林層区分図、森林計画図等の文献や空中写真等のほか、現地踏査により流域内の立木、植生、倒木を調査する。

(2) 発生原因調査

流域現況調査結果を総合的に判断して、流木の発生原因を推定する。

流木の発生原因を推定することは、流木の発生場所、流木の量、長さ、直径および流木による被害等を推定する上で重要である。地形が急峻で脆弱な場合には、豪雨時に土石流や斜面崩壊が起こり易く、それに伴って地表を覆う樹木が溪流や河道に流入して流木となる。また、過去の流木災害の事例から流木の発生原因を推定することも有効な方法である。流木の発生原因を表 2-5-2 に示す。

表 2-5-2 流木の発生原因

流木の起源	流木の発生原因
立木の流出	①斜面崩壊の発生に伴う立木の滑落 ②土石流等の発生源での立木滑落・流下 ③土石流の流下に伴う溪岸・溪床の侵食による立木の流出
過去の発生した倒木等の流出	④病虫害や台風等により発生した倒木等の土石流等による流出 ⑤過去に流出して河床上に堆積したり河床堆積物中に埋没していた流木の土石流等による再移動
	⑥雪崩の発生・流下に伴う倒木の発生とその後の土石流等による下流への流出

(3) 流木の発生場所、発生量、長さ、直径等の調査

山腹斜面の現地踏査や、空中写真判読および過去の災害実態等をもとに、流木の発生原因を考慮して、流木の発生場所、発生量、長さ、直径等を調査する。

ただし、倒木、伐木、溪床に堆積している流木で、伐木、用材の流出等人為の加わったものは発生流木量には含めないものとする。

(3-1) 発生原因、場所

現地踏査や空中写真判読、また過去の災害実態を把握して、流木の発生原因、発生場所を推定する。

(3-2) 現況調査法による発生流木量の算出

推定された流木の発生原因・場所を基に流木の長さ、直径を調査し、発生流木量を算出する。

原則として流木の発生が予想される箇所が存在する樹木、流木等の量、長さ、直径を直接的に調査する方法（以下、「現況調査法」と呼ぶ。）を用いる。

この方法は、発生流木の対象となる範囲の樹木や流木の全てを調査する方法（以下、「全数調査法」と呼ぶ。）とそれらの代表箇所のいくつかをサンプル調査する方法（以下、「サンプリング調査法」と呼ぶ。）に分かれる。実際には、全数調査法では調査範囲が広範囲にわたる場合が多いため、現況調査法のうちのサンプリング調査法を用いる。

現況調査法では、崩壊および土石流にともない流木が発生する場所を推定する必要がある。土石流の発生、流下する範囲を推定する方法は原則として「第2編 第2章 5-1-2 計画流出土砂量の算出方法」を用いる。

この方法により降雨時に発生・流下する崩壊、土石流の範囲が推定されれば次に、崩壊や土石流の発生、流下範囲に存在する立木、倒木および過去に発生して溪床等に堆積している流木等の量（本数、立積）や長さ、直径を調査することにより発生流木量、その長さおよび直径を推定することができる。調査方法としては現地踏査による方法と空中写真判読による方法があり、一般には両者を併用する。

まず、地形図と空中写真を用いて予想される崩壊、土石流の発生区間・流下区間内の樹木の密度（概算）、樹高、樹種等を判読し、この結果をもとに崩壊、土石流の発生・流下範囲を同一の植生、林相となるようにいくつかの地域に区分する。

次に、それらの地域毎に現地踏査によるサンプリング調査（10m×10mの範囲）を行い、各地域の樹木の本数、樹種、樹高、胸高直径等を調査する方法が用いられる。この時、現地踏査では、以下の項目について調査を行う。

- 1) 密度あるいは本数：樹木、伐木、倒木、流木等の 100m² あたりの本数
- 2) 直径：樹木の胸高直径、伐木、倒木、流木の平均直径
- 3) 長さ：樹木の長さあるいは伐木、倒木、流木の長さ

発生流木量は下記の手順、式を用いて算出することができる。

崩壊およ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_{mj})を求め合計する。式中の0次谷、崩壊地の幅および長さは「第2編 第2章 5-1-2 計画流出土砂量の算出方法」に準拠する。

$$V_{wy} = \frac{B_d \times L_{dy13}}{100} \times \Sigma V_{wy2} \quad \text{----(式 2.5.7)}$$

$$V_{wy2} = \pi \cdot H_w \cdot R_w^2 \cdot \frac{K_d}{4} \quad \text{----(式 2.5.8)}$$

ここで、 V_{wy} ：発生流木量(m^3)

B_d ：侵食が予想される平均溪床幅(m)

L_{dy13} ：発生流木量を算出する地点から流域最遠点である分水嶺までの流路に沿って測った距離(m)

V_{wy2} ：単木材積(m^3)

ΣV_{wy2} ：サンプリング調査 $100m^2$ 当たりの樹木材積($m^3/100m^2$)

H_w ：樹高(m)

R_w ：胸高直径(m)

K_d ：胸高係数(図 2-5-7 参照)

近年に航空レーザ計測データが取得された流域を対象とする場合は、同データを活用して、発生流木量の算出に必要な樹木の高さや本数(密度)などを求めることができる。

例えば、調査範囲が広範囲にわたる場合に、LPデータを活用して林相区分や発生流木量が算出された事例がある。

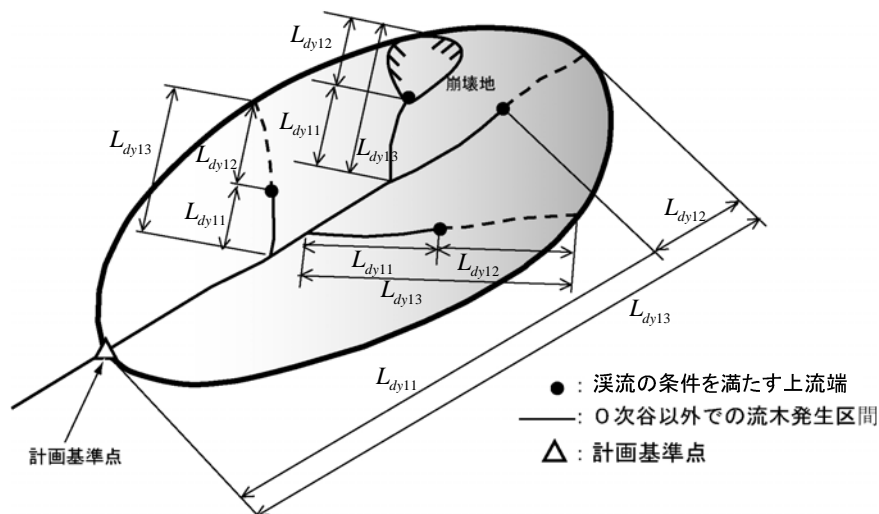
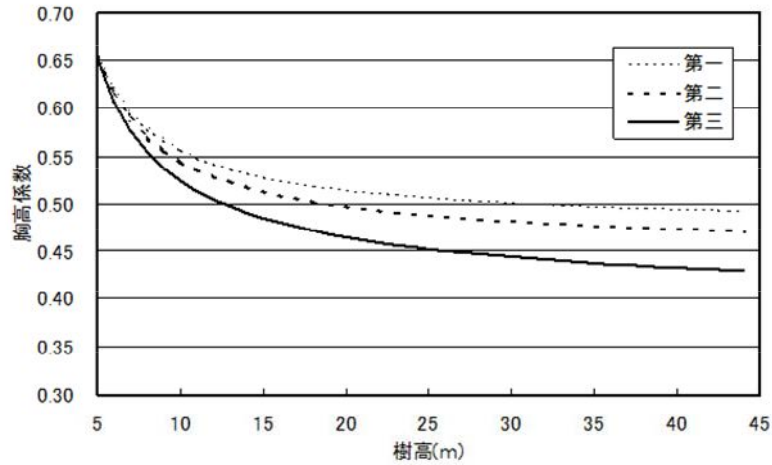


図 2-5-6 流木発生区間長さ(m)： L_{dy13}



(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

樹高 (m)	第一	第二	第三	樹高 (m)	第一	第二	第三
5	0.6550	0.6529	0.6517	25	0.5066	0.4874	0.4524
6	0.6191	0.6138	0.6064	26	0.5054	0.4859	0.4505
7	0.5954	0.5878	0.5759	27	0.5043	0.4846	0.4487
8	0.5786	0.5692	0.5538	28	0.5032	0.4833	0.4470
9	0.5660	0.5552	0.5371	29	0.5023	0.4822	0.4454
10	0.5562	0.5442	0.5238	30	0.5014	0.4811	0.4440
11	0.5483	0.5354	0.5131	31	0.5005	0.4801	0.4426
12	0.5421	0.5282	0.5042	32	0.4997	0.4791	0.4413
13	0.5365	0.5221	0.4966	33	0.4990	0.4782	0.4401
14	0.5320	0.5169	0.4902	34	0.4983	0.4773	0.4389
15	0.5281	0.5124	0.4846	35	0.4976	0.4765	0.4378
16	0.5247	0.5085	0.4796	36	0.4970	0.4758	0.4367
17	0.5217	0.5050	0.4753	37	0.4964	0.4750	0.4357
18	0.5191	0.5020	0.4714	38	0.4958	0.4743	0.4348
19	0.5167	0.4992	0.4679	39	0.4953	0.4737	0.4339
20	0.5146	0.4968	0.4647	40	0.4948	0.4731	0.4330
21	0.5127	0.4945	0.4618	41	0.4943	0.4725	0.4321
22	0.5110	0.4925	0.4591	42	0.4938	0.4719	0.4314
23	0.5094	0.4907	0.4567	43	0.4934	0.4714	0.4306
24	0.5080	0.4890	0.4545	44	0.4930	0.4708	0.4299

(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

・ 樹種別係数 a	---	第一種 : 0.9、第二種 : 0.8、第三種 : 0.625
・ 樹高	h	
・ 胸高係数	$b = a / (1 + a) \times (h / 1.2)^a / ((h / 1.2)^a - 1)$	

図 2-5-7 胸高係数

(出典 : 「嶺 一三(1958) 測樹 (朝倉書店) p 146 より図化」)

(3-3) 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_{wy} (m^3/km^2)) を求め、下記の式で求めることができる。

$$V_{wy} = V_{wy1} \times A \text{ ----- (式 2.5.9)}$$

ここで、 A : 流域面積 (km^2) (溪床勾配が 5° 以上の部分の流域面積)

V_{wy} の値は図 2-5-8 より、針葉樹なら概ね $1,000 m^3/km^2$ 程度、広葉樹なら概ね $100 m^3/km^2$ 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 2-5-8 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・広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。

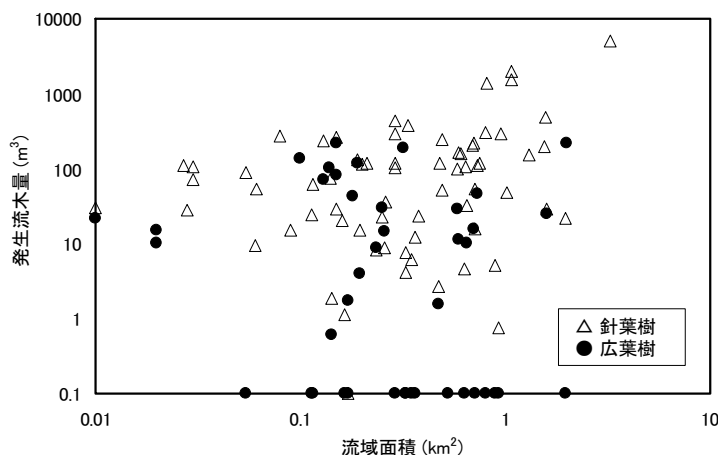


図 2-5-8 流域面積と発生流木量

(4) 流木流出率

流出率設定にあたって、参考となる実績(近傍流域含む)が無い場合には、流出率は 0.9 とする。ただし富士山火山砂防地域については、既往流出実績を基に流出率 0.8 とする。

(5) サンプル調査の方法(参考)

- ① サンプル調査地点の選定は、現存植生図や空中写真を用いて流域を同一植生で区分し、更に同一植生であっても現地調査より樹高、材齢、密度等が異なる区域が確認された場合には、流域を細分化し、少なくとも各区域内で1箇所以上のサンプル調査地点を設けることが望ましい。
- ② 0次谷等の崩壊想定箇所では、土砂の流出が想定される凹斜面部を含めた範囲で、樹種、材齢などが代表できる箇所をサンプル調査範囲とする。
- ③ 明瞭な流路が存在し、明らかに溪床部に現存の立木がない場合は、溪床内を含めず、侵食が想定される範囲の近傍斜面で立木を代表できる範囲とする。

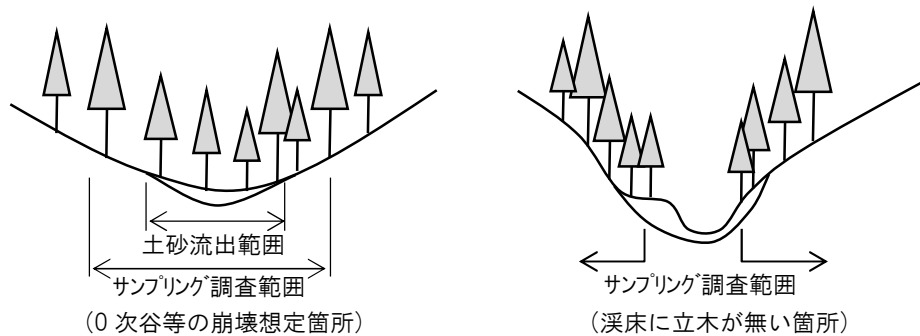


図 2-5-9 サンプル調査範囲(イメージ)

(6) 倒木調査の方法(参考)

- ① 比較的倒木が少ない場合は、全ての倒木の直径、長さを調査する。(全数調査)
- ② 倒木の分布状況が概ね一定と捉えることができる区間ではサンプル調査法を適用してもよい。サンプル調査区間長 L' での調査より算定された発生流木量を、倒木の分布がほぼ一樣と考えられる区間 L に展開して流木発生量を算出する。

5-3 計画許容流下量

5-3-1 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。

(「計画策定指針解説 P. 13」)

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。

5-3-2 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。

(「計画策定指針解説 P. 13」)

計画流下許容流木量は、原則として 0 とする。

5-4 計画基準点における土石流ピーク流量

土石流ピーク流量は、「計画規模の土石流」が計画基準点を通過する際の流量の最大値とする。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。

(「計画策定指針解説 P. 13」)

土石流ピーク流量は「第2編 第2章 5-4-1 土石流ピーク流量の算出方法」に基づき算出する。

5-4-1 土石流ピーク流量の算出方法

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。

(「計画策定指針解説 P. 25」)

(1) 流出土砂量に基づく土石流ピーク流量の設定

(1-1) 土石流ピーク流量

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 2-5-10 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式(2.5.10)で表される。

$$Q_{sp} = 0.01 \Sigma Q \quad \text{----- (式 2.5.10)}$$

$$\Sigma Q = \frac{C_* \cdot V_{dap}}{C_d} \quad \text{----- (式 2.5.11)}$$

ここで、 Q_{sp} : 土石流ピーク流量 (m^3/s)

ΣQ : 土石流総流量 (m^3)

V_{dap} : 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) (下限値 $1,000\text{m}^3$)

C_d : 土石流濃度

C_* : 溪床堆積土砂の容積濃度 (0.6 程度)

V_{dap} は $1,000\text{m}^3$ を下限値とする。これは、「第2編 第2章 土石流・流木対策計画の基本事項 5-1 計画流出土砂量」の「(参考) 小規模溪流における計画流出土砂量の取扱い～」を適用する場合を除き、全ての土石流・流木対策施設の設計について適用する。

(1-2) 土砂濃度

土石流濃度は下記の平衡濃度式で求める。

$$C_d = \frac{\rho \cdot \tan \theta}{(\sigma - \rho) \cdot (\tan \phi - \tan \theta)} \quad \text{----- (式 2.5.12)}$$

ここで、 σ : 礫の密度 ($2,600\text{kg}/\text{m}^3$ 程度)

ρ : 水の密度 ($1,200\text{kg}/\text{m}^3$ 程度)

ϕ : 溪床堆積土砂の内部摩擦角 ($^\circ$) ($30^\circ \sim 40^\circ$ 程度、一般に 35°)

θ : 溪床勾配 ($^\circ$)

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。計画地点から上流の 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。

計算値(C_d)が $0.9C_*$ よりも大きくなる場合は、 $C_d=0.9C_*$ とし、計算値(C_d)が 0.3 よりも小さくなる場合は $C_d=0.30$ とする。

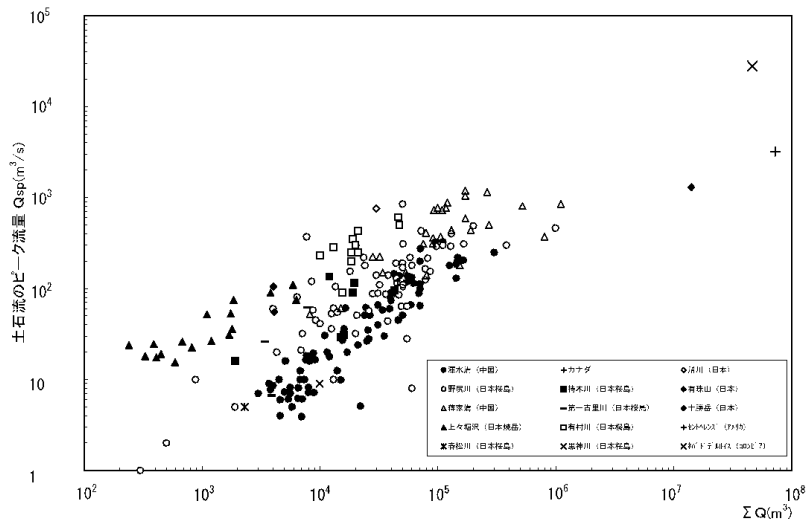


図 2-5-10 ピーク流量の相関

(3-3) 1 波の土石流により流出すると想定される土砂量 V_{dap} (空隙込み)

これまでの災害実態調査から、全支溪から同時に土砂が流出する例は少なく、そのため土石流ピーク流量の最大値は1洪水期間に複数発生する土石流のうち、最大となる土砂量に対応したものとなる。

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_{dap})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、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する。

なお、 V_{dap} 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。

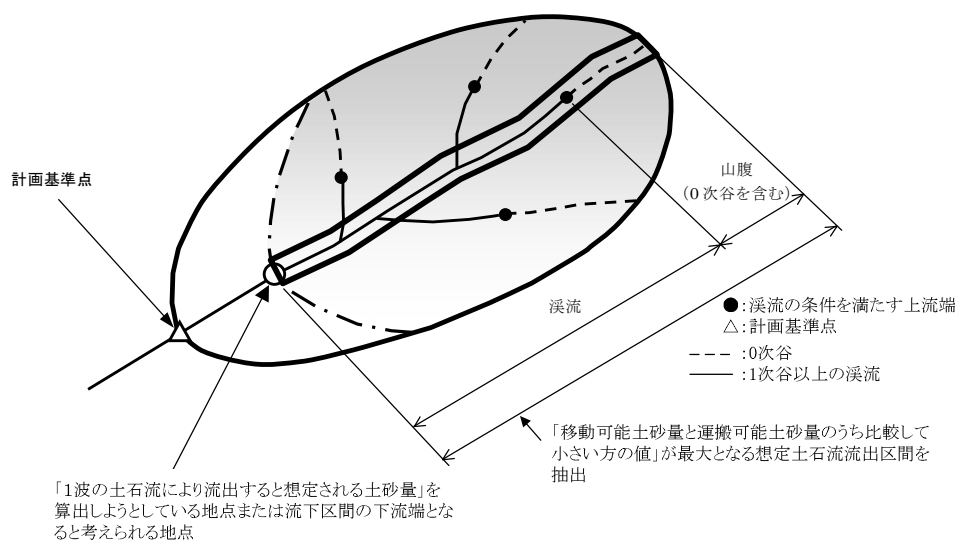


図 2-5-11 1 波の土石流により流出すると想定される土砂量の算出のイメージ図

(3-4) 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。

(3-5) 降雨量に基づく土石流ピーク流量の算出(参考)

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。

降雨量に基づく算出方法は①の場合の土石流ピーク流量を求めるものである。

土石流ピーク流量の算出方法を手順に従い示す。なお、(式 2.5.10) (経験式) および後述の (式 2.5.14) (理論式) で求めた土石流ピーク流量の大きさの関係は、流域面積、降雨量、流出土砂量によって変わる。計画流出土砂量の比流出土砂量が $100,000\text{m}^3/\text{km}^2$ で、24 時間雨量又は日雨量 $P_p=260(\text{mm})$ の場合は、流域面積 1km^2 以下では理論式の値は経験式の値に比較して小さな値を与える。土石流ピーク流量は下記より求める。

$$Q_{sp} = K_q \cdot Q_p \quad \text{----- (式 2.5.13)}$$

ここで、 Q_{sp} : 土石流ピーク流量 (m^3/s) K_q : 係数

Q_p : 計画規模の年超過確率の降雨量に対する清水の対象流量 (m^3/s)

土石流ピーク流量 Q_{sp} (m^3/s) は、水のみ対象流量 Q_p (m^3/s) との間に以下の関係があるとして求める。

$$Q_{sp} = \frac{C_*}{C_* - C_d} \cdot Q_p \quad \text{---- (式 2.5.14)}$$

(土石流ピーク流量の算出例)

$\sigma = 2,600(\text{kg}/\text{m}^3)$ 、 $\rho = 1,200(\text{kg}/\text{m}^3)$ 、 $\phi = 35^\circ$ 、 $\tan \theta = 1/6$ の場合、式(2.5.12)より $C_d \doteq 0.27$ となり 0.3 より小さくなるので $C_d = 0.30$ とし、(式 2.5.14) より $Q_{sp} = 2Q_p$ となる。

①土石流ピーク流量において、降雨量に基づく土石流ピーク流量の算出法については使用しない。

②流域の規模、荒廃状況によっては、土石流ピーク流量が $1,000(\text{m}^3/\text{s})$ 超の大きな値が算出されるケースがあり、砂防堰堤の施設設計が現地状況(谷幅や比高)にそぐわない場合もあり得る。この場合は砂防堰堤等の施設計画位置の変更や、別途方法による対策について検討したり、算出時の基本となる 1 波による土石流(溪床勾配 10° 以上)についての精査、堰堤工においては袖を含めて水通し断面を設定する等の対応を考える必要がある。

5-5 清水の対象流量

清水の対象流量は合理式により算出する。

(「計画策定指針解説 P. 29)

(1) 洪水到達時間

洪水到達時間は原則として、次式で求める。

$$T_f = K_{pl} \cdot A^{0.22} \cdot P_e^{-0.35} \text{ ---- (式 2.5.15)}$$

ここで、 T_f : 洪水到達時間 (分)

A : 流域面積 (km^2)

P_e : 有効降雨強度 (mm/h)

K_{pl} : 係数(120 とする)

(2) 平均降雨強度

洪水到達時間内の降雨強度は、次式のように 24 時間雨量から求める (物部式)。

$$P_a = \frac{P_{24}}{24} \left[\frac{T_f}{24} \right]^{K_{p2}} \text{ ----- (式 2.5.16)}$$

ここで、 P_a : 洪水到達時間内の平均降雨強度 (mm/h)

P_{24} : 24 時間雨量 (P_{24} が得られない場合は日雨量 (P_{day}) としてよい ($P_{24} \doteq P_{day}$))

K_{p2} : 定数 ($K_{p2} = -1/2$)

(3) 有効降雨強度

有効降雨強度は、次式により求める。

$$P_e = K_{f1} \cdot P_a \text{ ---- (式 2.5.17)}$$

ここで、 K_{f1} : ピーク流出係数

$K_{p2} = -1/2$ とすると、 T_f 、 P_e の式から有効降雨強度は以下の式になる。

$$P_e = \left(\frac{P_{24}}{24} \right)^{1.21} \left(\frac{24 \cdot K_{f1}^2}{\frac{K_{pl}}{60} \cdot A^{0.22}} \right)^{0.606} \text{ ---- (式 2.5.18)}$$

(4) 清水の対象流量

降雨による清水の対象流量は次式のように合理式で求める。

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \cdot K_{f1} \cdot P_a \cdot A = \frac{1}{3.6} \cdot P_e \cdot A \text{ ---- (式 2.5.19)}$$

(5) ピーク流出係数

ピーク流出係数は、一般には表 2-5-3 に示す標準値とするが、流域状況(荒廃など)により適切な値を用いるものとし、地形状況が単一でない場合は面積荷重平均により値を算出して運用することとする。

特に、急峻な山地の場合に 0.9 を用いる場合は、荒廃が進行し、岩盤露出、裸地の割合が多い場合等に限る。

表 2-5-3 ピーク流出係数

		標準値
急峻な山地	0.75 ~ 0.90	0.85
三紀層山岳	0.70 ~ 0.80	0.75
起伏のある土地及び樹林	0.50 ~ 0.75	0.65
平坦な耕地	0.45 ~ 0.60	0.55
かんがい中の水田	0.70 ~ 0.80	0.75
山地河川	0.75 ~ 0.85	0.80
平地小河川	0.45 ~ 0.75	0.60
流域の半ば以上が平地である河川	0.50 ~ 0.75	0.65

5-6 土石流の流速と水深の算出方法

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。

(「計画策定指針解説 P. 30)

土石流の流速と水深は、土石流・流木対策施設が無い状態を想定して次のように算出する。

(1) 土石流ピーク流量に基づく土石流の流速・水深の設定

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 型の式で表わすことができると報告されている。

$$U = \frac{1}{K_n} D_r^{2/3} (\sin \theta)^{1/2} \quad \text{----- (式 2.5.20)}$$

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 ($^\circ$) (表 2-5-4 に基づく)

K_n : 粗度係数 ($s \cdot m^{-1/3}$) (自然河道でのフロント部で 0.10)

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 (m^3/s) より、(式 2.5.20)、(式 2.5.21)、(式 2.5.22) 式を連立させて求める。

$$Q_{SP} = U \cdot A_d \quad \text{----- (式 2.5.21)}$$

ここで、 A_d : 土石流ピーク流量の流下断面積 (m^2)

なお、一般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 2-5-12 の斜線部とする。

流れの幅 B_{da} (m) は図 2-5-12 に示す通りとし、土石流の水深 D_d (m) は次式で近似した値を用いる。

$$D_d = \frac{A_d}{B_{da}} \quad \text{----- (式 2.5.22)}$$

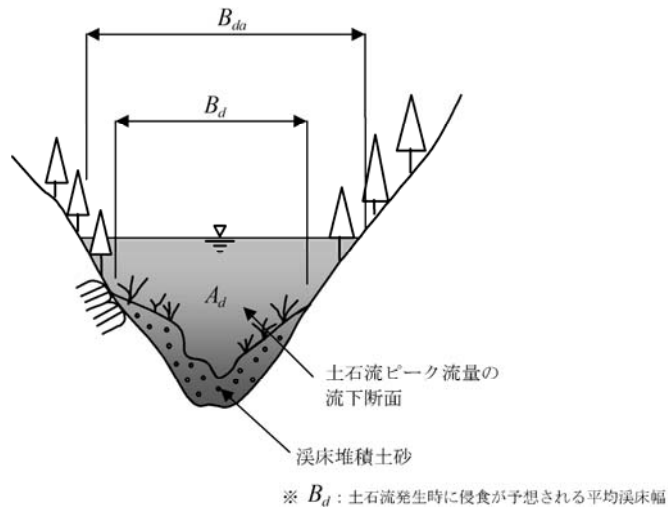


図 2-5-12 土石流の流下断面と流れの幅 B_{da} のイメージ

(2) 渓床勾配 θ の使い分け

土石流ピーク流量に係わる各計算値を求める際には、形状、設計外力として危険側を想定し算出することとし、以下の表に基づく。

表 2-5-4 渓床勾配の使い分け

項目	渓床勾配
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 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 (D_d)	計画堆砂勾配 (θ_p)

(3) 算出断面の留意事項

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。

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。

すなわち、図 2-5-13(a) の様に、広い断面では水深が低く外力が小さくなるが、狭くなった状況で堰堤に外力が加わる際には外力が変化するため過小評価のおそれがある。

同様に、図 2-5-13(b) の様に広い断面を設定してしまうと狭いところを流下してくる土石流がその勢いそのまま直進してくる可能性があり、過小評価のおそれがある。〔鋼製砂防構造物設計便覧〕

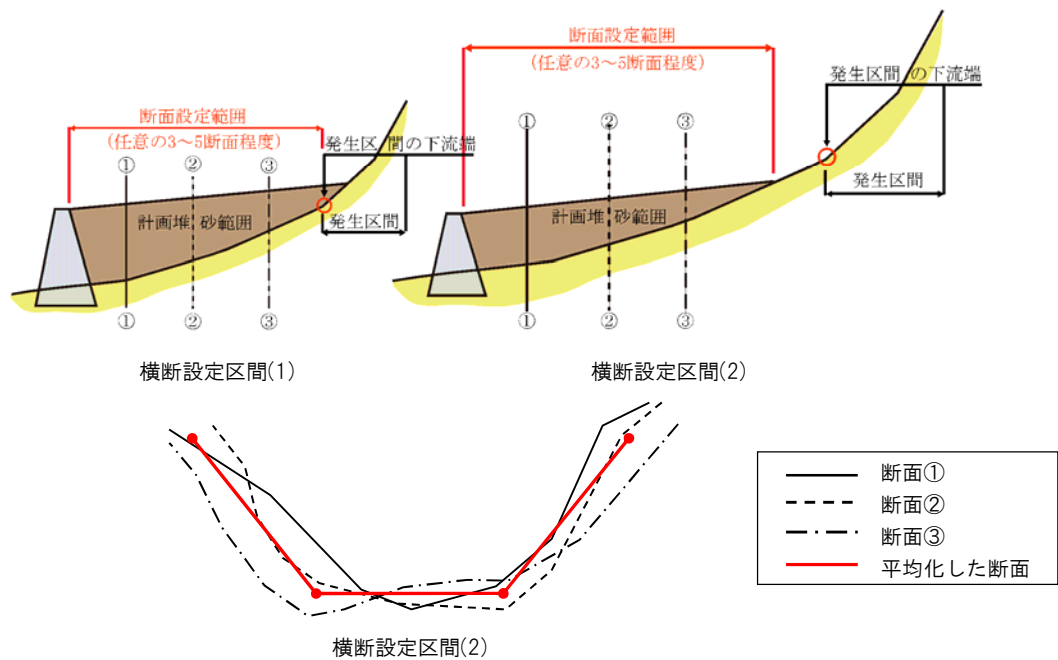


図 2-5-13 断面形状の設定方法

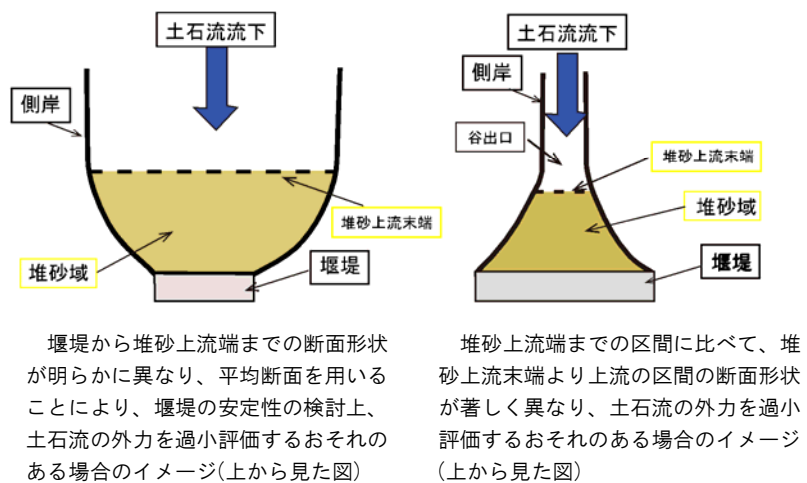


図 2-5-14 土石流の外力を過小評価するおそれのある場合のイメージ

(4) 実測値に関するデータ収集のための調査

土石流の流速の実績値を求める方法には、以下のような方法がある。

1) ビデオなどの映像解析により算出する手法

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、流速を算出することができる。

2) 湾曲部の流下痕跡からの推定する手法

土石流が溪流の湾曲部で偏流し、その場合の偏流高が現地で調査できる場合は、土石流導流工の湾曲部の設計方法に基づき、土石流の流速を求めることができる。

5-7 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。

(「計画策定指針解説 P. 33)

土石流の単位体積重量 γ_d (kN/m³) は、土石流・流木対策施設が無い状態を想定して以下の式で求める。

$$\gamma_d = \{ \sigma \cdot C_d + \rho \cdot (1 - C_d) \} g \quad \text{----- (式 2.5.23)}$$

ここで、 g : 重力加速度 (9.81m/s²)

土砂濃度 C_d は、(式 2.5.12) により求める。

(参考) 土石流の単位体積重量の実測事例

土石流の単位体積重量把握に関する観測として、水位計、荷重計などを用いる手法があり、観測データが蓄積されつつある。

5-8 土石流流体力

土石流の流体力は、土石流の流速、水深、単位体積重量を用いて推定する。

(「計画策定指針解説 P. 34)

土石流流体力は、土石流・流木対策施設が無い状態を想定して次式で求める。

$$F = K_h \cdot \frac{\gamma_d}{g} \cdot D_d \cdot U^2 \quad \text{---- (式 2.5.24)}$$

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)

C_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)

5-9 最大礫径

最大礫径は、現地調査結果から推定する。

(「計画策定指針解説 P. 35)

最大礫径は、土石流・流木対策設計技術指針における砂防堰堤の水通し断面、透過部断面、構造検討時の礫による衝撃力を算出する際に使用する。

最大礫径は、砂防堰堤計画地点より上流および下流各々200m間に存在する200個以上の巨礫の粒径を測定して作成した頻度分布に基づく累積値の95%に相当する粒径 (D_{95}) とする。

測定の対象となる巨礫は土石流のフロント部が堆積したと思われる箇所でも溪床に固まって堆積している巨礫群とし、砂防堰堤計画地点周辺の礫径分布を代表するような最大礫径を設定するよう留意する。

巨礫が200個以上存在しない場合は、計測の対象とする礫の範囲を巨礫、玉石(大礫)、砂利(中礫・細礫)の順で、計測した礫の数が200個になるまで計測の対象を拡大する。

また、角張っていたり材質が異なっていたり、明らかに山腹より転がってきたと思われる巨礫で、土石流として移動しないと予想されるものは対象外とする。

①巨礫の粒径は、その長軸径(a)、中軸径(b)、短軸径(c)を1cm単位で調査し、その平均値として10cm単位(四捨五入)で示す。

$$\cdot \text{平均礫径} = \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c}$$

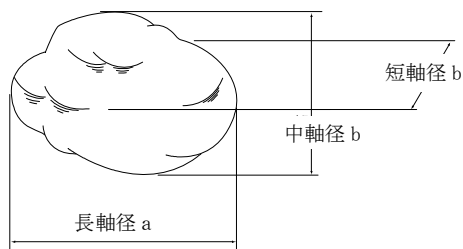


図 2-5-15 巨礫の礫径

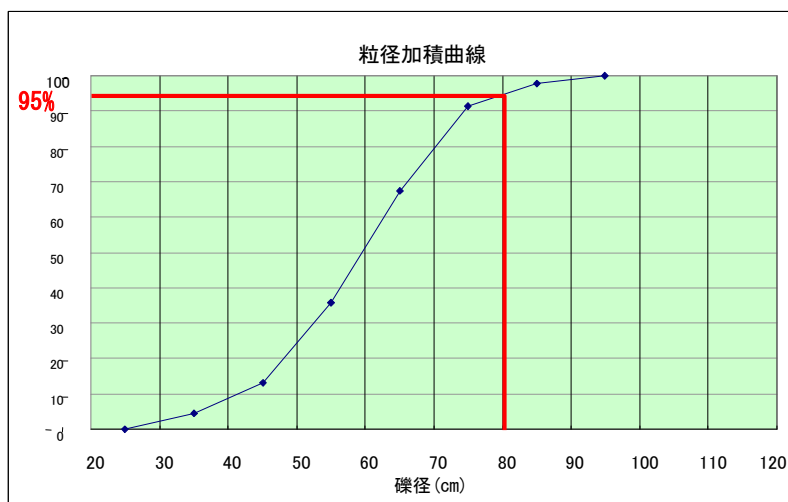


図 2-5-16 粒径加積曲線 (最大礫径調査)

②特に外力条件が厳しい現場での最大礫径

特に外力条件が厳しい現場では、計画地点の状況や流域特性を十分調査し礫径を適切に設定する。その際、近隣の溪流において土砂流出の実績がある場合には、その時に流出した巨礫の礫径も参考とする。

特に外力条件の厳しい現場等の目安は以下の通りである。

- ・ 周辺の流域を含む過去の土砂移動実績等から、特に外力条件が厳しいと判断される箇所
- ・ 渓床勾配 $\geq 1/5$ かつ $D_{95} \geq 1.6\text{m}$ (ただし、既存の粒径調査で D_{95} が 1.6m 未満であっても、現地の状況を確認して 1.6m を超えるおそれがあるときは再度調査して確認する。)

③礫径分布の反映

砂防施設に関する設計条件としての最大礫径の設定は上記判断によることによい。ただし、堰堤を透過構造とするかどうかの型式採用の判断については、礫径の頻度分布を参考に、透過部開口部の閉塞可能性、地域環境条件等を考慮して判断し、単に最大礫径の大きさのみで判断しないように留意する。

5-10 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。

(「計画策定指針解説 P. 36)

流木の最大長、最大直径は、土石流・流木対策設計技術指針における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)、上流から流出する立木の最大樹高を H_{wm} (m) とすると、以下のように推定する。

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

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

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%の本数に当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。

5-11 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。

(「計画策定指針解説 P. 37)

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) として以下のように設定する。

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

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

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。

第3章 土石流・流木処理計画

1 土石流・流木処理計画

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。

(「計画策定指針解説 P. 38」)

土石流・流木処理計画は、計画で扱う土砂量を、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。

なお、「河川砂防技術基準 計画編 施設配置等計画編」における用語と本設計要領における用語の対比を表 3-1-1 に示す。

表 3-1-1 河川砂防技術基準計画編施設配置計画編と本設計要領における用語の対比

本設計要領	河川砂防技術基準 計画編 施設配置計画編
—※	土砂生産抑制計画
土石流・流木処理計画	土砂流送制御計画
—※	流木対策計画**

※土石流・流木処理計画に含まれる。

**土石流生産制御計画、土砂流送制御計画に含まれる。

2 土石流・流木処理計画の策定の基本

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・流木量等、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。

(「計画策定指針解説 P. 39」)

土石流・流木処理計画は、「第2編, 第4章 土石流・流木対策施設配置計画, 4-1 砂防堰堤の型式と計画で扱う土砂・流木量等」を参考に「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、式 (3.1.1) を満足するように策定する。

なお、式 (3.1.1) は、河川砂防技術基準計画編に示されている考え方に準じて、土石流・流木対策として新しく作成したものである。

$$V - W - (X + Y + Z) = 0 \quad \text{---- (式 3.1.1)}$$

$$V = V_d + V_w \quad \text{---- (式 3.1.2)}$$

$$W = W_d + W_w \quad \text{---- (式 3.1.3)}$$

$$X = X_d + X_w \quad \text{---- (式 3.1.4)}$$

$$Y = Y_d + Y_w \quad \text{---- (式 3.1.5)}$$

$$Z = Z_d + Z_w \quad \text{---- (式 3.1.6)}$$

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)

3 平常時堆砂勾配および計画堆砂勾配

3-1 平常時堆砂勾配

平常時堆砂勾配は、土石流・流木対策施設により土石流捕捉前後に関わらず、平時の中小洪水等により堆積した土砂の勾配である。

- ① 平常時堆砂勾配は、既往実績を基に現溪床勾配の 1/2 を上限として設定する。
- ② 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。
- ③ なお、現溪床勾配は、「第 2 編 第 2 章 土石流・流木対策計画の基本事項 5-4-1(1-2) 土砂濃度」に示すように、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。

3-2 計画堆砂勾配

計画堆砂勾配は、土石流・流木対策施設等により土石流を捕捉できる堆砂勾配である。

- ① 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 1/2～2/3 倍とするが、土石流捕捉実績資料がある場合はそれを参照とする等、溪流の堆積土砂の質（粒径）や堆砂実態を踏まえて設定する。
- ② 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。

4 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。

(「計画策定指針解説 P. 40」)

計画捕捉量の考え方を図 3-4-1 に示す。

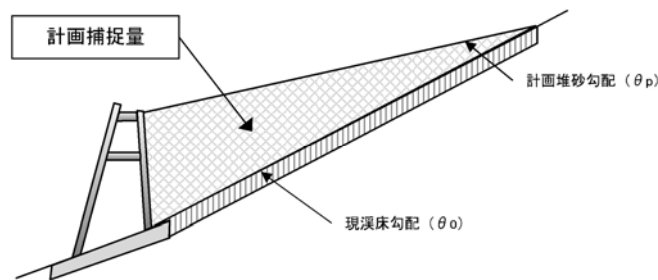
透過型砂防堰堤においては、現溪床勾配の平面と計画堆砂勾配の平面とで囲まれた空間（図 3-4-1 に示す網掛けの空間）とする。

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 3-4-1 に示す網掛けの空間）とする。

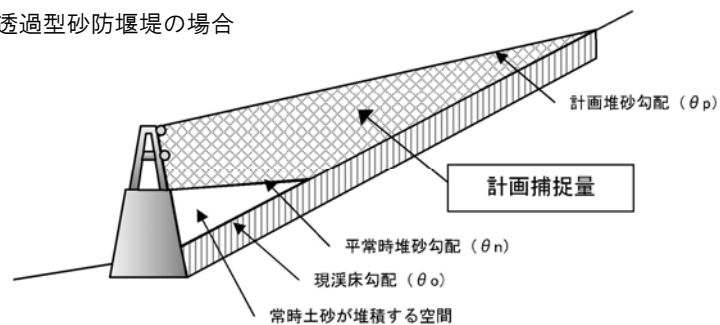
土石流により一時的に急勾配で堆積した土砂は、その後の流水の状況によっては、長期間でも必ずしも再侵食されないことを踏まえ、計画捕捉量は、図 3-4-1 に示す容量を除石（流木の除去を含む）により確保しなければならない。

なお、除石の考え方については「第 2 編 第 5 章 除石(流木の除去含む)計画」を参照とする。

・ 透過型砂防堰堤の場合



・ 部分透過型砂防堰堤の場合



・ 不透過型砂防堰堤の場合

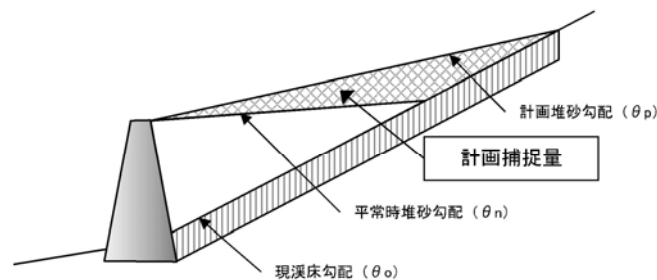


図 3-4-1 計画捕捉量の考え方

4-1 計画捕捉土砂量

計画捕捉土砂量は、「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うち、土石流・流木対策施設により捕捉させる土砂量である。

(「計画策定指針解説 P. 42」)

計画捕捉土砂量は、透過型砂防堰堤で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である。

不透過型及び部分透過型砂防堰堤で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である。(それぞれ、図 3-4-1 に示す網掛けの空間である)

なお、計画捕捉量の考え方については、後述の「第 2 編 第 3 章 土石流・流木処理計画 7 堰堤工における施設効果量の算出事例(参考)」を参照とする。

4-2 計画捕捉流木量

計画捕捉流木量は、「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うち、土石流・流木対策施設により捕捉させる流木量である。

(「計画策定指針解説 P. 43」)

4-2-1 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流木捕捉量は(式 3.4.1) 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

$$X_{wl} = K_{wl} \times X \quad \text{----- (式 3.4.1)}$$

ここで、 X : 土石流・流木対策施設の計画捕捉量 (m³)

X_{wl} : 本堰堤の計画捕捉流木量 (m³)

K_{wl} : 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)

透過型砂防堰堤及び部分透過型堰堤の K_{wl} 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流木量を上回る場合、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。

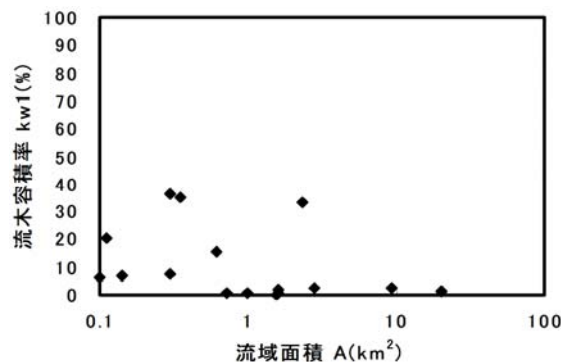


図 3-4-2 透過型砂防堰堤の流木容積率

4-2-2 不透過型砂防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 3.4.2) と (式 3.4.3) から求められる値のうち、小さい方の値とする。

(式 3.4.2) は本堰堤の計画地点に流入が想定させる計画流出量に占める計画流出流木量の割合から、(式 3.4.3) 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

$$X_{w1} = K_{w0} \times X \times (1 - \alpha) \quad \text{----- (式 3.4.2)}$$

$$X_{w1} = K_{w1} \times X \quad \text{----- (式 3.4.3)}$$

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

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

なお、 K_{w0} 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。

不透過型砂防堰堤からの流木の流出について、一定の条件のもとでの実験では、土石流の先頭部に集中して流下してきた流木が全体の半分程度、不透過型砂防堰堤から流出する傾向があると報告されており参考となる。

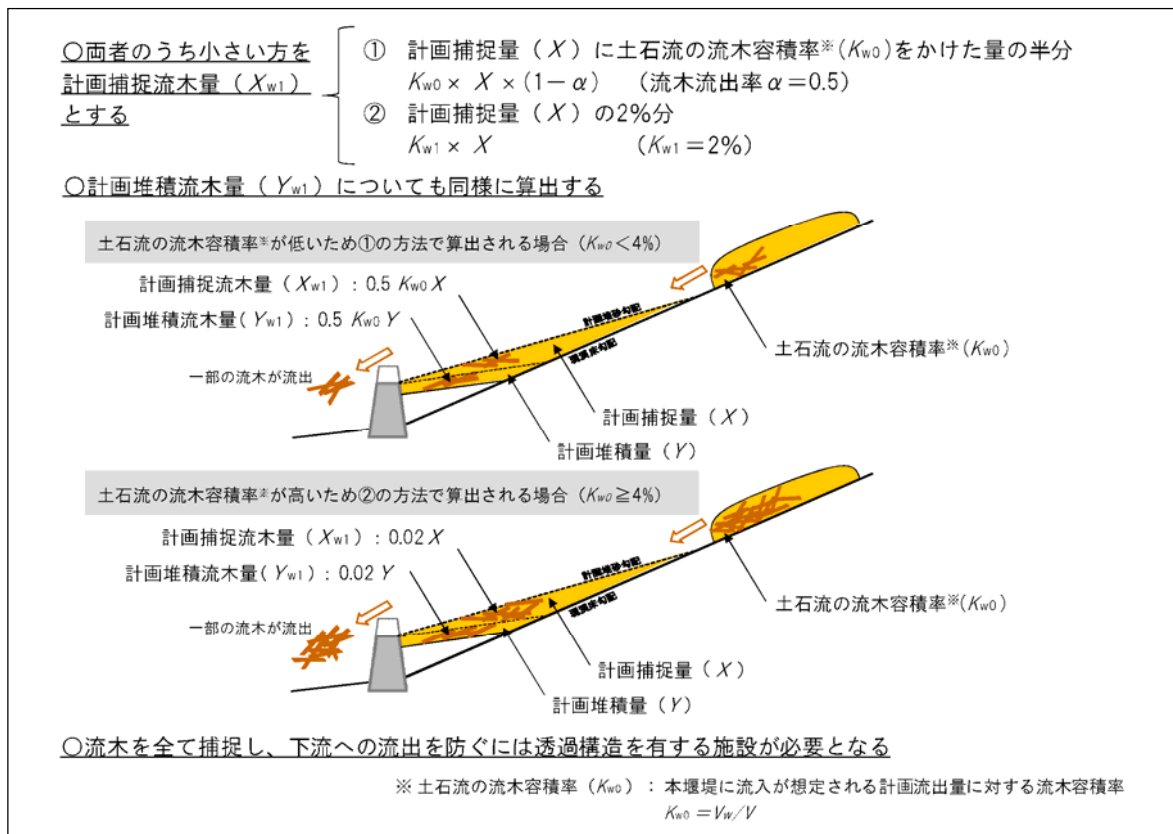


図 3-4-3 不透過型砂防堰堤の計画捕捉流木量のイメージ (砂防堰堤 1 基の計画の例)

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量から計画捕捉流量、計画堆積流量、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量から計画捕捉流量、計画堆積流量、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 → 計画堆積流量 → 計画捕捉流量
の順で計上する。

4-2-3 副堰堤等に流木止め工を設置する場合

流木処理計画は、本堰堤で捕捉することを原則とするが、地形条件制限や最大礫径が小さい等の理由で透過型砂防堰堤を配置できず、副堰堤等に流木止めを設置する場合は、(式 3.4.4)により計画捕捉流量を算出する。

- ・副堰堤の計画捕捉流量（副堰堤に流木止め工を設置する場合に限る）

$$X_{w2} = A_w \times R_{wa} \text{ ----- (式 3.4.4)}$$

ここで、 A_w ：流木止め工上流の湛水池の面積(m²)

R_{wa} ：流木の平均直径(m)

～～（参考）掃流区間の計画捕捉流量～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～

掃流区間に設ける流木捕捉工の場合、流木については堆積状況が多様であるため、流木止めにより捕捉される流木の量は、計画上は流木が（一層で）全てを覆いつくすものとして算出する。

一方、捕捉される流木の投影面積は、流木の平均長さ(L_{wa})×流木の平均直径(R_{wa})の合計により算出される。

これらより、計画捕捉流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_w)は、次式により推定する。

$$A_w \geq \Sigma(L_{wa} \times R_{wa}) \text{ ---- (式 3.4.5)}$$

このとき、堆砂地または湛水池に堆積する流木実立積(V_{wc})は下記の式である。ただし、 V_{wc} は流木実立積のことで、「実」は空隙を含まない流木のみの体積を意味する。

$$V_{wc} \doteq A_w \times R_{wa} \text{ ----- (式 3.4.6)}$$

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捕捉効果は無いものとする。

～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～

5 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。

(「計画策定指針解説 P. 47」)

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(図 3-5-1 に示す灰色部の空間)とする。

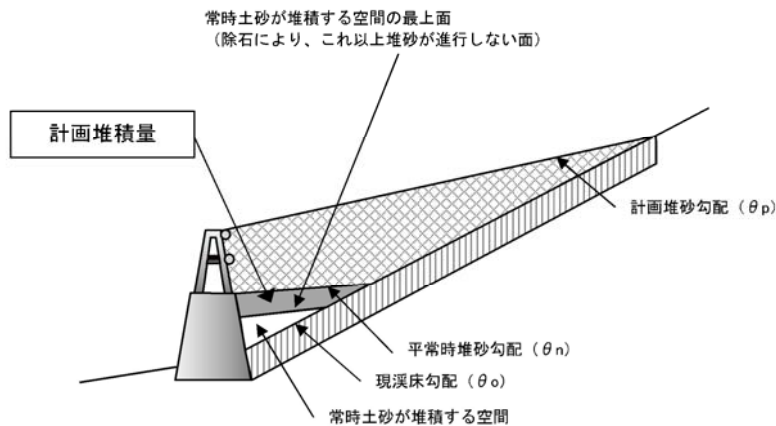
土石流堆積工においては、「第 2 編 第 4 章 土石流・流木対策施設配置計画 6 土石流堆積工」を参照のこと。

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。

なお、除石の考え方については「第 2 編 第 5 章 除石(流木の除去を含む)計画」を参照する。

不透過型、部分透過型砂防堰堤における計画堆積量の考え方は、図 3-5-1 に示す通りである。

・部分透過型砂防堰堤の場合



・不透過型砂防堰堤の場合

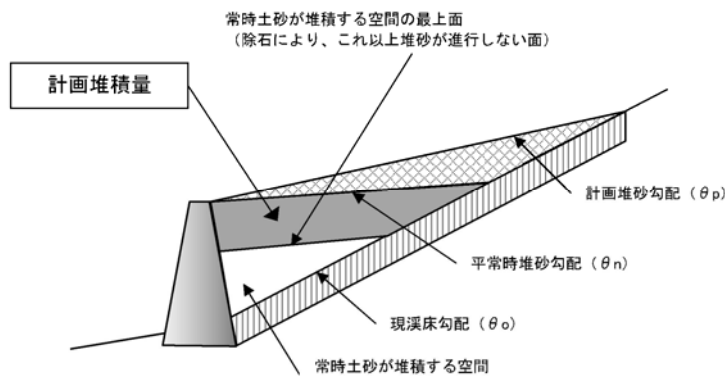


図 3-5-1 計画堆積量の考え方

5-1 計画堆積土砂量

計画堆積土砂量は、「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うち、土石流・流木対策施設により堆積させる土砂量である。

(「計画策定指針解説 P. 49」)

計画堆積土砂量は、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、除石によって確保される空間(図 3-5-1 に示す灰色部の空間)で堆積させる土砂量である。

5-2 計画堆積流木量

計画堆積流木量は、「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うち、土石流・流木対策施設により堆積させる流木量である。

(「計画策定指針解説 P. 50」)

計画堆積流木量を求める方法は、基本的には本設計要領「第2編 第3章 土砂・流木処理計画 4-2 計画捕捉流木量」を求める方法と同一とする。

5-2-1 部分透過型砂防堰堤の計画堆積流木量

部分透過型砂防堰堤の計画堆積流木量は(式 3.5.1)により算出する。

- ・部分透過型砂防堰堤の計画堆積流木量

$$Y_{w1} = K_{w1} \times Y \quad \text{----- (式 3.5.1)}$$

ここで、 Y : 土石流・流木対策施設の計画堆積量(m³)

Y_w : 本堰堤の計画堆積流木量(m³)

K_{w1} : 計画堆積量に対する流木容積率(計画捕捉流木量の考えに準じる)

5-2-2 不透過型砂防堰堤の計画堆積流木量

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(式 3.5.2)と(式 3.5.3)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。

- ・不透過型砂防堰堤の計画堆積流木量

$$Y_{w1} = K_{w0} \times Y \times (1 - \alpha) \quad \text{----- (式 3.5.2)}$$

$$Y_{w1} = K_{w1} \times Y \quad \text{----- (式 3.5.3)}$$

ここで、 Y : 土石流・流木対策施設の計画堆積量(m³)

Y_{w1} : 本堰堤の計画堆積流木量(m³)

α : 本堰堤からの流木の流出率(0.5)(計画捕捉流木量の考えに準じる)

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(計画捕捉流木量の考えに準じる)

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、配置しようとしている土石流・流木対策施設の計画堆積流木量は「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、配置しようとしている土石流・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。

6 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。

(「計画策定指針解説 P. 52」)

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。

6-1 計画土石流発生(流出)抑制量

計画土石流発生(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」の流出量を減少させる土砂量である。

(「計画策定指針解説 P. 53」)

計画土石流発生(流出)抑制量は計画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(図3-6-1(1)・(2)に示す斜線部)に移動可能溪床堆積土砂が存在する場合に計上する。

これは、土石流の先頭部は平衡状態(侵食量と堆積量が等しい状態)で流れ下ると想定しており、そのため、土石流の先頭部が移動可能溪床堆積土砂の上を通過しても、土石流の先頭部の堆積量と移動可能溪床堆積土砂の侵食量が相殺され、結果的に現溪床は変化しないと考えるためである。

土石流によって運搬されてくる土砂等は計画堆砂勾配まで堆積するので、結果的に、計画堆砂勾配と現溪床の交点までに存在する移動可能溪床土砂相当分は下流に運搬されることはない。

- ① 計画発生(流出)抑制量は、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。
- ② 透過型砂防堰堤においても、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。
- ③ 算出した計画流出土砂量が $1,000\text{m}^3$ 未満で $1,000\text{m}^3$ に割増した場合の計画土石流発生(流出)抑制量は、その増加割合に比例した数値としない。計画土石流発生(流出)抑制量の算定根拠となる移動可能溪床堆積土砂、崩壊可能土砂量の諸元(幅、延長等)の数値をそのまま計上する。

・ 土石流抑制工の場合

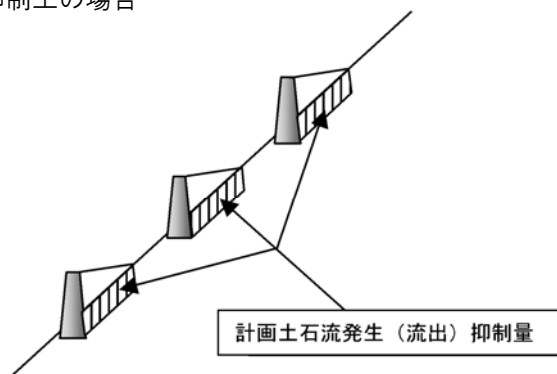
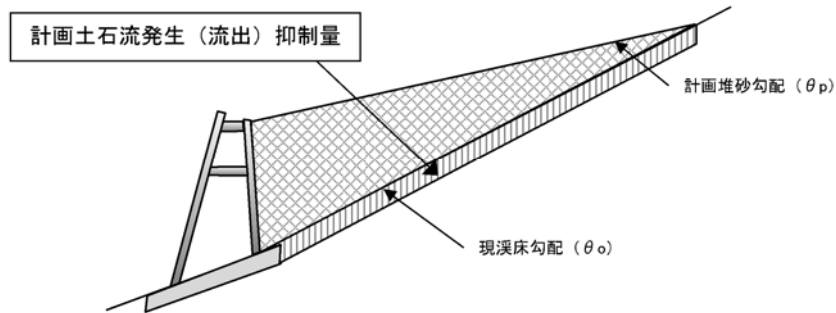
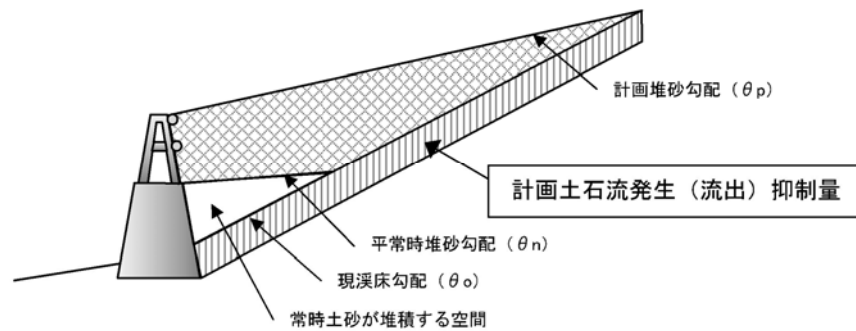


図3-6-1(1) 計画土石流発生(流出)抑制量の考え方

- ・透過型砂防堰堤の場合



- ・部分透過型砂防堰堤の場合



- ・不透過型砂防堰堤の場合

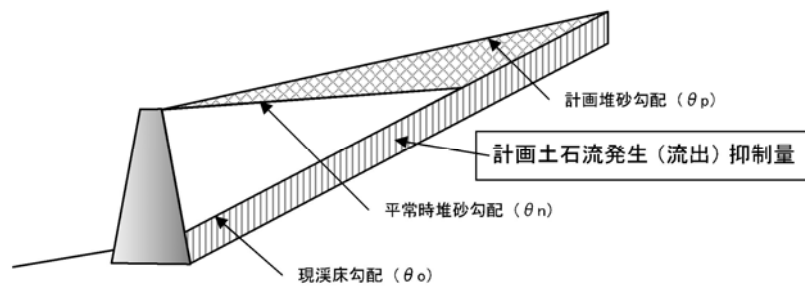


図 3-6-1 (2) 計画土石流発生(流出)抑制量の考え方

- ④ 計画土石流発生(流出)抑制量は、計画堆砂勾配を有する平面と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とする。計画流木発生抑制量は、平常時堆砂面より下に存在する倒木、流木等の量であり、土砂と流木とでそれぞれ計上する範囲が異なるので注意する。

6-2 計画流木発生抑制量

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。

(「計画策定指針解説 P. 55」)

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。

このため、平常時堆砂面も有しない透過型堰堤では計画流木発生抑制量は計上されない。

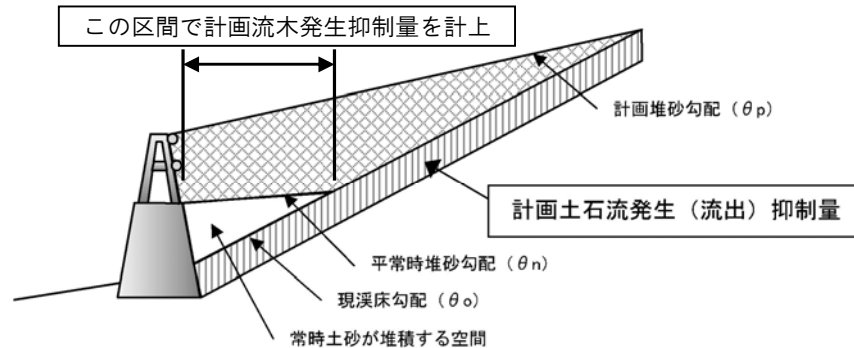
なお、計画流出流木量が発生流木量に流木流出率を乗じたものであることから、計画流木発生抑制量は、平常時堆砂勾配の平面と現溪床が交わる地点から堰堤までの区間の発生流木量に流木流出率を乗じた値となる。

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。

・ 部分透過型砂防堰堤の場合



・ 不透過型砂防堰堤の場合

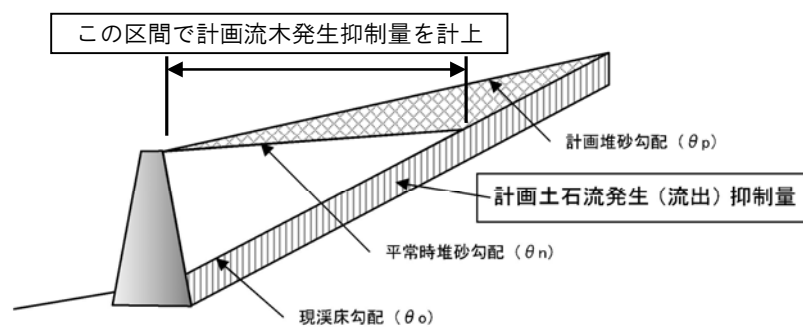
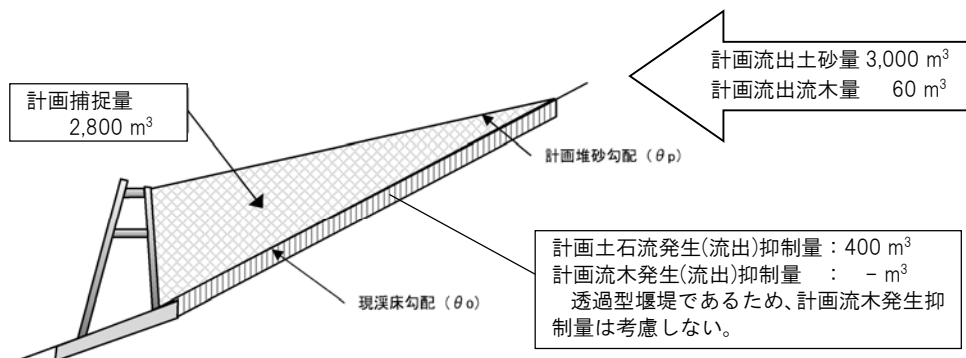


図 3-6-2 計画流木発生抑制量の考え方

7 堰堤工における施設効果量の算出事例(参考)

透過型堰堤、不透過型堰堤における施設効果量の算出事例を以下に示すので参考とする。

(参考：透過型堰堤の効果量算出の考え方)



ここで以下の考え方は、施設効果量を算出するためのもので流木容積率等は、捕捉空間への流入量を基本として算出される。

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{流木容積率} &= (\text{計画流木量} - \text{計画流木発生抑制量}) / (\text{計画流出量} - \text{計画発生(流出)抑制量}) \\ &= (60 - 0) / (3,000 + 60 - 400) \\ &= 2.26 (\%) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{計画捕捉流木量} &= \text{計画捕捉量}^* \times \text{流木容積率} \\ &= (3,000 - 400 + 60) \times 2.26\% = 60 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

※ここでは、計画捕捉空間に入る流出量(土砂+流木)とする

→ よって、同施設の計画捕捉流木量は 60m³、流木に対する効果量は 60m³ (60+0) となり、流木整備率は 60/60=100%となる。

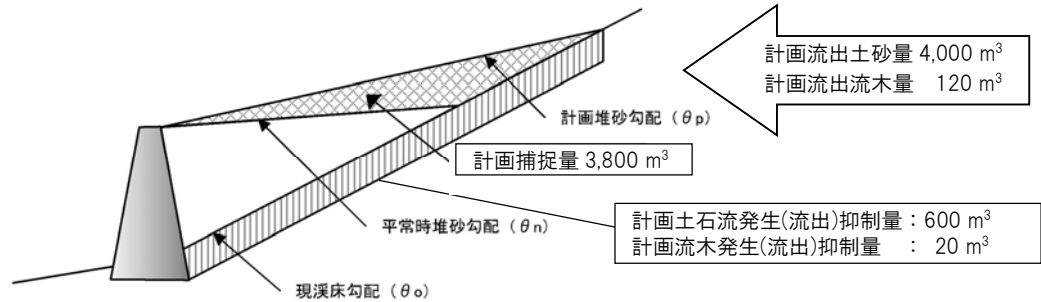
$$\begin{aligned} \blacksquare \text{計画捕捉土砂量} &= \text{計画捕捉量(空間量)} - \text{計画捕捉流木量} \\ &= 2,800 - 60 \\ &= 2,740 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

→ よって、同施設の計画捕捉土砂量は 2,740m³で、土砂に対する効果量は 3,140m³ (2740+400) となり、土砂整備率は 3,140/3,000=104.7%→100%となる。

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{土石流整備率} &= \text{計画施設効果量} / \text{計画流出量} \\ &= (3,140 + 60) / (3,000 + 60) = 104.7\% \rightarrow 100\% \end{aligned}$$

なお、計画捕捉土砂量は上記のものとして考えるが、土石流・流木処理計画においては、計画捕捉量から計画捕捉流木量を差し引いた値となる。(流木捕捉効果を優先する。)

(参考：不透過型堰堤の流木捕捉量の考え方)



■ 捕捉空間への流入量 = 計画流出量 - 計画発生(流出)抑制量

$$= (4,000 + 120 - 600 - 20)$$

$$= 3,500 \text{ m}^3$$

■ 流木容積率 = (計画流木量 - 計画流木発生抑制量) / (計画流出量 - 計画発生(流出)抑制量)

$$= (120 - 20) / (4,000 + 120 - 620)$$

$$= 2.86 \%$$

■ 計画捕捉流木量

① 計画捕捉量(X)に土石流の流木容積率(K_{wo})をかけた量の流出率 0.5 を考慮した分

$$\begin{aligned} \text{計画捕捉流木量} &= \text{計画捕捉量}^* \times \text{流木容積率} \times (1 - \alpha) \\ &= 3,500 \times 2.86\% \times (1 - 0.5) \\ &= 50 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

※ここでは、計画捕捉空間に入る流出量(土砂+流木)とする

② 計画捕捉容量の 2%

$$\begin{aligned} \text{計画捕捉流木量} &= \text{計画捕捉量}^* \times 2\% \\ &= 3,500 \times 2\% \\ &= 70 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

よって、計画捕捉流木量は①、②を比較し小さい方とし、 50 m^3 となる。

■ 流木効果量 = 計画捕捉流木量 + 計画流木発生(流出)抑制量

$$= 50 + 20$$

$$= 70 \text{ m}^3$$

以上より、計画流出流木量 120 m^3 に対し、 50 m^3 の流木対策が不足する。

(別途、副堤に流木止めを設置する等の対策が必要)

第4章 土石流・流木対策施設配置計画

1 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。

（「計画策定指針解説 P. 56」）

計画で扱う土砂・流木量等処理するよう土石流・流木対策施設を配置する。合わせて自然環境や景観への影響等について十分配慮するものとする。

また、河川砂防技術基準計画編施設配置等計画編における用語と本指針における用語の対比表を表4-1-1に示す。

表 4-1-1 河川砂防技術基準計画編施設配置計画編と本設計要領における用語の対比

本設計要領		河川砂防技術基準 計画編 施設配置計画編
土石流・流木発生抑制工	土石流・流木発生抑制山腹工	山腹保全工、流木発生抑制施設
	渓床堆積土砂移動防止工	砂防堰堤、床固工、帯工 護岸工、渓流保全工 流木発生抑制施設
土石流・流木捕捉工		砂防堰堤、流木捕捉施設
土石流導流工		導流工
土石流堆積工		遊砂地工
土石流緩衝樹林帯		砂防樹林帯
土石流流向制御工		導流堤

2 土石流・流木対策施設の配置の基本方針

土石流・流木対策施設は、計画で扱う土砂・流木量等、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。

（「計画策定指針解説 P. 57」）

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。

これは一般（非火山）、火山山麓で同じであるが、火山山麓で特に火山が活動中の場合には、源頭部の対策が困難な場合が多い点異なる。また、火山山麓では、比較的大きな崩壊や大規模な泥流の発生を考慮して対策計画を立てなければならない場合もある。

なお、火山山麓で特に火山が活動中の場合、土地利用状況を考慮し、土石流緩衝樹林帯や土石流流向制御工とともに土石流導流工の併用も検討する。

- ① 計画基準点及び補助基準点での土砂、流木収支により、土石流・流木対策施設を配置するものとする。特に、渓流内に既存施設等がある場合は、補助基準点を適切に設置したうえで、施設配置を検討する。
- ② 流域内の荒廃が著しく土砂・流木生産抑制が効果的である場合には、土砂・流木発生域にて山腹保全工等の土石流・流木発生抑制山腹工を配置し、山腹崩壊・流木発生を抑制するものとする。

3 土石流・流木対策施設の機能と配置

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。

(「計画策定指針解説 P. 58」)

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。

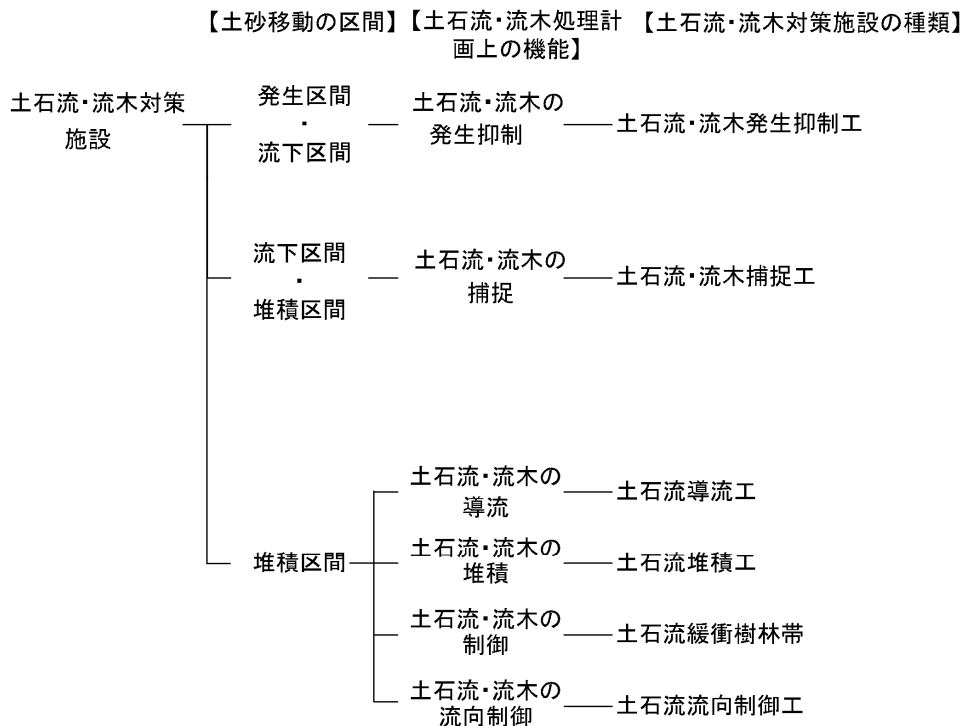


図 4-3-1 土石流・流木対策施設の種類

- ① 土砂移動の区間については、「第2編 第2章 土石流・流木対策計画の基本的事項 4 計画基準点等」を参照のこと。なお、上記の「発生区間・流下区間」は「発生区間または流下区間」と判断してよい。

4 土石流・流木捕捉工

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。

(「計画策定指針解説 P. 59」)

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・流木捕捉工に本設計要領を準用することを妨げない。

4-1 砂防堰堤の型式と計画で扱う土砂・流木量等

砂防堰堤の型式には、透過型、部分透過型、不透過型がある。砂防堰堤に見込める計画で扱う土砂・流木量等は、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。

(「計画策定指針解説 P. 60」)

砂防堰堤が有する計画で扱う土砂・流木量等は図 4-4-1 (1)、(2) に示す計画捕捉量、計画堆積量、計画発生（流出）抑制量とする。

- ① 計画堆積量は、除石によりこれ以上堆砂が進行しない面(管理除石ライン)より上の平常時堆砂勾配までの間を計上する。
- ② 型式に応じた計画捕捉量、計画堆積量、計画発生（流出）抑制量の算出については、流域の全体施設配置計画検討段階においては簡便式（算出可能であれば平均断面法による算出）等によるが、予備設計、詳細設計段階においては溪流横断形状から平均断面法にて算出する。

計画堆積量を計画する場合の不透過型・部分透過型の横断面図

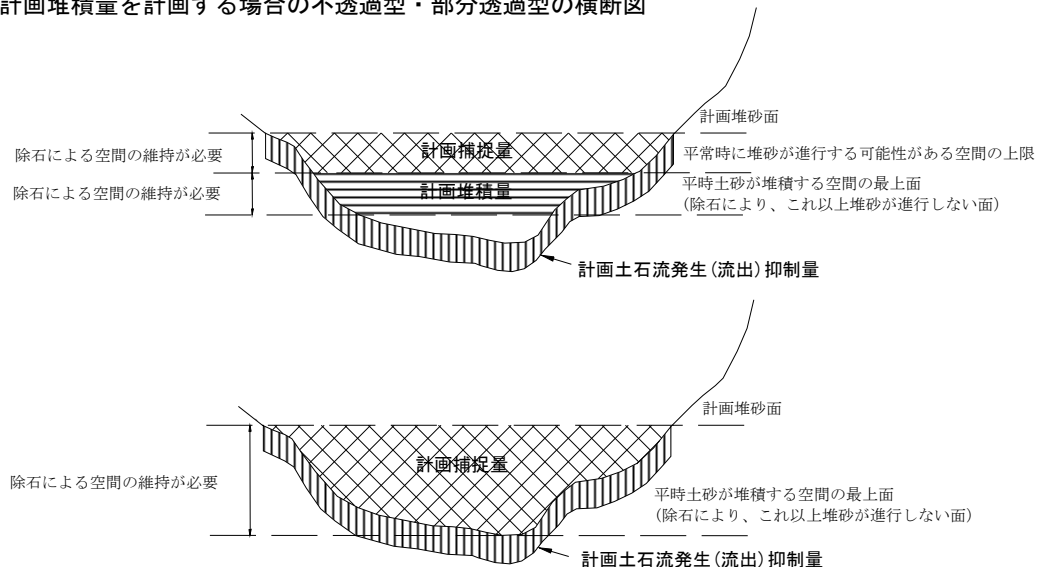
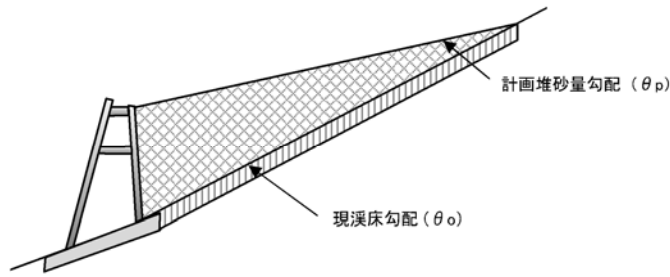


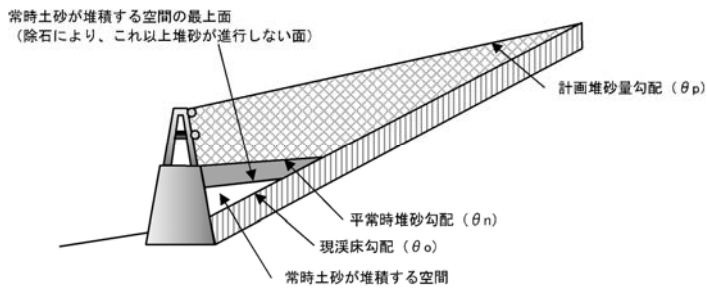
図 4-4-1 (1) 砂防堰堤の型式別の計画で扱う土砂・流木量等

(透過型)

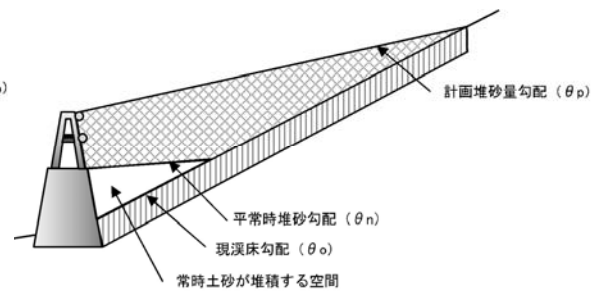


(部分透過型)

(計画堆積量を確保する場合
(常時土砂が堆積する空間がある場合))

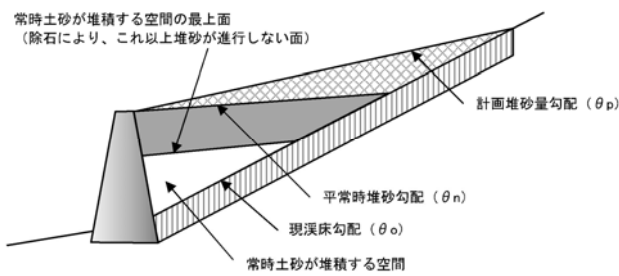


(計画堆積量を確保しない場合)

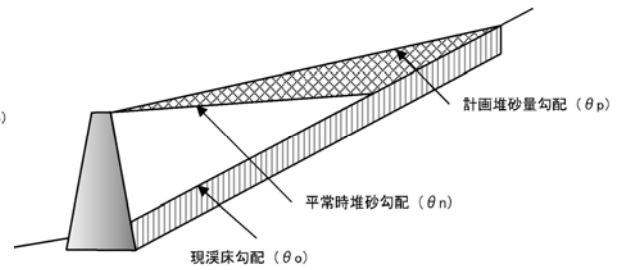


(不透過型)

(計画堆積量を確保する場合
(常時土砂が堆積する空間がある場合))



(計画堆積量を確保しない場合)



凡例

	: 計画捕捉量 (土砂量+流木量) (除石により計画捕捉量の空間を確保しなければならない)
	: 計画土石流発生 (流出) 抑制量 (土砂量)
	: 計画堆積量 (土砂量+流木量) (除石により計画堆積量の空間を確保しなければならない)
	: 常時土砂が堆積する空間

図 4-4-1 (2) 砂防堰堤の型式別の計画で扱う土砂・流木量等

4-2 砂防堰堤の型式の選定（透過型・部分透過型・不透過型）

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。

（「計画策定指針解説 P. 63」）

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。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

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、計画流下許容流木量が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。

また、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（流木の除去を含む）計画の検討が必要となる。

なお、除石（流木の除去を含む）計画については、「第2編 第5章 除石（流木の除去を含む）計画」を参照する。

- ① 砂防堰堤の型式の選定にあたっては、除石計画と十分に整合のとれたものとしなければならない。特に、定期的な除石実施の可能性、経済性に留意し、砂防堰堤の型式を選定するものとする。

4-3 透過型・部分透過型の種類と配置

土石流・流木捕捉工として用いる透過型及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。透過型及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。

（「計画策定指針解説 P. 64」）

4-3-1 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

透過型及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。

また、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及び部分透過型砂防堰堤を土石流区間に配置する。

なお、流水にせき上げ背水を生じさせて流砂を一時的に堆積させる目的の透過型及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。

4-3-2 土石流捕捉のための砂防堰堤の設計及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」及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。ただし、透過型と部分透過型は、不透過型同様、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。

- ① 機能部材とは、鋼製透過型砂防堰堤の透過部断面に設置する部材のうち、土石流・流木を捕捉するために設置される部材である。構造部材とは、鋼製砂防堰堤を構成する部材の中で、力学的な抵抗力を必要とする部材で、鋼製透過型砂防堰堤においては、土石流や流木を捕捉した機能部材を支える部材であり、機能部材を兼用する場合もある。
- ② 「鋼製砂防構造物設計便覧」では、「計画段階で現地の pH を計測し、ph4 以下の酸性河川の場合には設置を避けるか、何らかの防錆処理を施す」とされているため、ph4 以下の酸性河川で塗装などの防錆処理ができない場合には透過型は採用不可とする。また、沿岸部や工業地域、火山地域など、塩分や亜硫酸ガスなどの影響が及び、錆を促進させるような場所においても同様である。
- ③ 最下流における透過型砂防堰堤を設置する場合において、保全対象との距離、レッドゾーン（土砂災害特別警戒区域）、下流接続水路の有無等による採用可否は規定せず、機能上の条件（礫径、水質等）を満足すれば「透過型」の配置が望ましい。
- ④ なお、前項「4-2 砂防堰堤の型式選定(透過型、部分透過型、不透過型)」に示される「透過型を1基は計画することが原則」というのは、「流木対策は透過型を原則とする」という意味であるため、粒径の小さい流域では、「不透過型堰堤＋流木止め」構造を採用することに問題はない。
- ⑤ 部分透過型において、スリット敷高よりも下部の除石を行うと、土石流発生時に先端の巨礫が除石により確保する空間に堆積してしまい、スリットが閉塞しない可能性があるので注意を要する。基本的に部分透過型についてはスリット敷高以下の除石による空間確保は行わないほうがよい。部分透過型は、堰堤上流での常時の溪床・溪岸固定等の抑制効果を期待する場合に有効である。

4-3-3 透過型堰堤を配置する場合の留意事項

(1) 上流河道が湾曲している場合

堰堤の直上流が湾曲していると土石流が堰堤に到達する前に湾曲部でほぐれるため、集合運搬で到達しない場合が考えられる。透過型砂防堰堤は、先端部に巨礫群のある砂礫型土石流に対して機能を発揮するので、溪流蛇行部、支川合流点で土石流がほぐれやすい地形では、土石流形態で流下しない場合が想定されるため、透過型砂防堰堤の配置には注意が必要である。

(2) 川幅が広い河道に設置する場合

開口幅の広い堰堤が土砂捕捉機能を発揮するには、開口部全面(水通し幅)が巨礫によって閉塞されることが条件となり、一部でもオープンな部分があるとそこから後続流による土砂の流出がおこる可能性がある。したがって、開口部全面を閉塞できるほど礫個数が溪床に存在するかどうか礫径調査時に併せて確認する。

土石流流下幅に対して川幅が十分広い場合には、スリット間隔を一律とせず複断面とするなど土石流が確実に開口部に到達するような工夫も考えられる。

(3) 透過型堰堤を連続配置する場合

上下流に連続して透過型砂防堰堤を計画する場合、下流の透過型砂防堰堤の機能は上流の透過型堰堤の効き方に影響を受ける。

このため、堰堤ごとに確実に到達するであろう礫径を対象礫径に設定する。

礫径調査は上流・下流堰堤別々に調査し、対象礫径を設定する必要があるが、特に土石流が上流で捕捉された場合は流下する土石流が減勢されており、流下形態は土石流(掃流状集合流動)もしくは掃流になり再び上下流堰堤間に点在する礫を巻き込んで砂礫型土石流になるかどうか、検討する必要がある。

(4) 上流を不透過型(既設)で下流を透過型(新規)で配置する場合

上流に未満砂の不透過型砂防堰堤がある場合、土石流の先端部は不透過型砂防堰堤で捕捉され、これを乗り越えた流れが下流の透過型砂防堰堤に到達することから、礫を捕捉できないものと考えられる。

また、上流の不透過型砂防堰堤が満砂している場合においても、不透過型堰堤に到達した土石流は堆砂域で土砂流に変化することが考えられるため、水通しから乗り越えて下流の透過型堰堤に到達するときは集合状態で流下していないものと予想される。

このため、下流の透過型堰堤が機能するためには、上流の砂防堰堤から越流してくる流れが下流に到達するまでに河床の礫を巻き込み、再び土石流の先端部を形成する必要がある。

上下流の堰堤の距離、支川合流の状況、河床に存在する礫などから再度、土石流状態になるかどうかの判断も必要である。

5 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。

(「計画策定指針解説 P. 66」)

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(土石流・流木発生抑制山腹工)、
溪床・溪岸における土石流・流木発生抑制工(溪床堆積土砂移動防止工)がある。

5-1 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。

(「計画策定指針解説 P. 67」)

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。

5-2 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。

(「計画策定指針解説 P. 68」)

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。

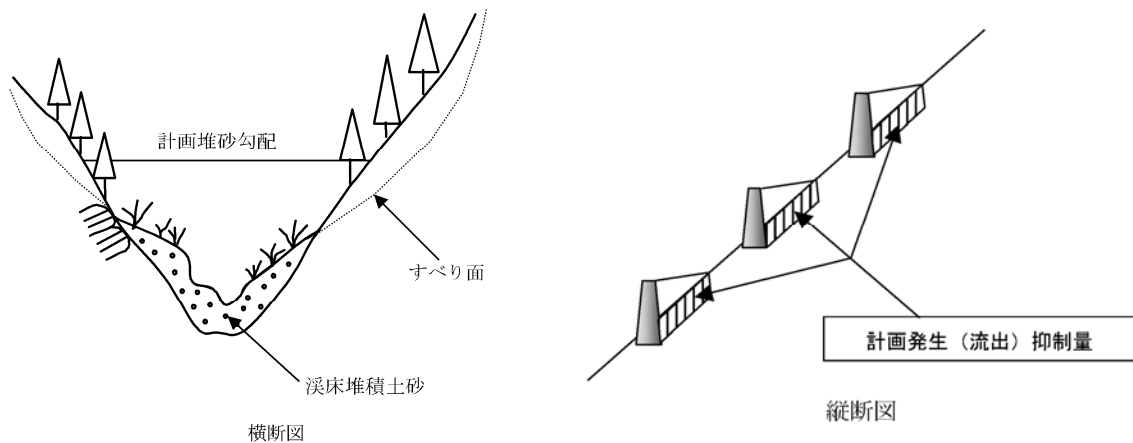


図 4-5-1 溪床堆積土砂移動防止工の計画で扱う土砂・流木量等のイメージ

- ① 溪床堆積土砂移動防止工における施設効果は、不透過型砂防堰堤の平常時堆砂勾配による堆積区間における計画発生(流出)抑制と同じ考え方とする(計画堆砂勾配までの区間は計上しない)。

5-3 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。

(「計画策定指針解説 P. 69」)

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。

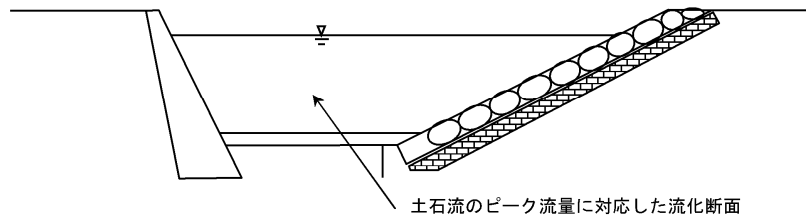


図 4-5-2 土石流導流工

- ① 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。
- ② 土石流導流工は土石流を導流させるものでもあるが、当該区間にて、移動可能土砂量が計上されており、当施設にてこれを流出抑制する機能を有する場合には、計画発生(流出)抑制量を計上する。
- ③ 土石流流下に対応すべく、コンクリート、練石積(張)などの強固な構造による護岸とし、溪床洗掘にも対応すべく、状況により溪床部にも底張コンクリート等を設置する場合もある。

6 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。

(「計画策定指針解説 P. 70」)

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。

6-1 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。

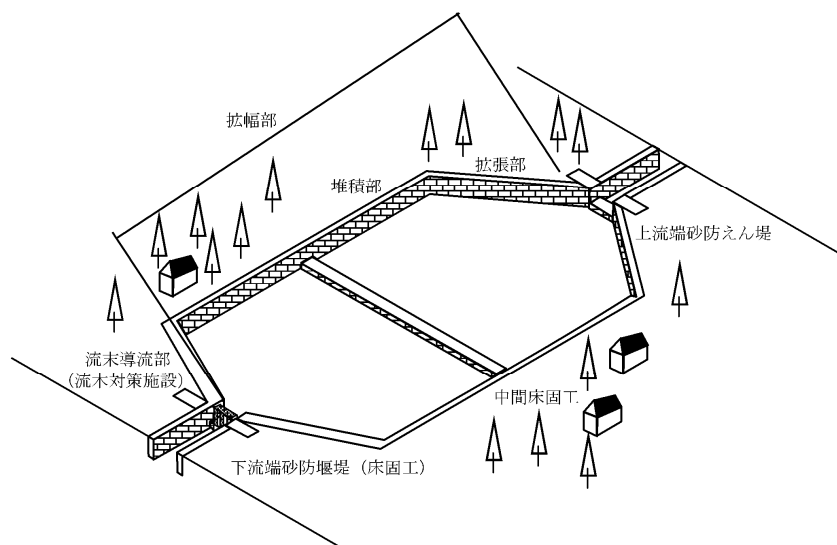


図 4-6-1 土石流分散堆積地

6-2 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。

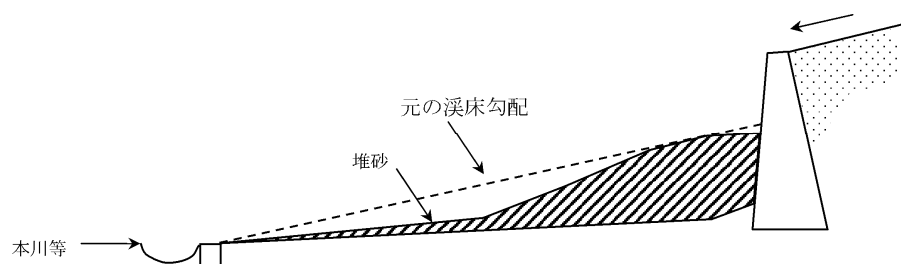


図 4-6-2 土石流堆積流路

7 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。

(「計画策定指針解説 P. 72」)

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。

8 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。

(「計画策定指針解説 P. 73」)

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。

第5章 除石（流木の除去を含む）計画

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。

また、土石流・流木処理計画で、除石（流木の除去を含む）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ておくものとする。

（「計画策定指針解説 P. 74」）

土石流・流木処理計画で、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（流木の除去を含む）の実施頻度等の除石（流木の除去を含む）計画を土石流・流木処理計画で検討する必要がある。なお、渓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（流木の除去を含む）には、土石流発生後等の緊急的に実施する「緊急除石（流木の除去を含む）」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（流木の除去を含む）」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。

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。

- ① 平常時堆砂勾配と計画堆砂勾配の間の空間は、除石による管理が必要である。土石流捕捉後に流水部の土砂はその後流出するが、横断的に堆砂した袖部側の捕捉土砂は基本的にその後流出しないものとする。
- ② 除石計画が困難な場合は、計画捕捉量・計画堆積量を土石流・流木処理計画に見込まない。
- ③ 計画捕捉量・計画堆積量を有していない施設であっても、土石流導流工のように土石流等の堆積によって越流、氾濫が懸念される場合や、土石流流向制御工のように堆積によって流向制御に支障をきたすことが懸念される場合には除石（流木の除去を含む）を実施する。

1 緊急除石（流木の除去を含む）

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（流木の除去を含む）を実施する。

2 定期的な点検に基づく除石（流木の除去を含む）

定期的な点検に基づく除石（流木の除去を含む）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・流木処理計画で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生じた場合に除石（流木の除去を含む）を実施する。

2-1 管理除石量

除石管理を行う場合でも、中小洪水による土砂流出が発生するため、常時土砂が堆積する空間の最上面（除石により、これ以上堆砂が進行しない面）を常に維持しておくことは難しい。

このため、この常時堆砂空間の最上面以下の空間部分を「管理除石量」として位置づけ、定期的な除石を行うための基本量とする。

管理除石量は、施設の種類、規模、平常時の流出土砂量ならびに除石頻度などを勘案して設定するものとする。

具体的には、年平均堆砂量に設定する除石頻度を乗じて目安量を把握した上で、既存施設の管理除石量、および溪流の荒廃状況、施設配置状況を反映し、流域全体での管理除石量を考慮して設定する。

管理除石量は施設効果量に含めず、透過型堰堤には設定しなくてよい。（倒木、流木や礫落下等による平常時の偶発的な閉塞は、施設管理として別途に位置づけるものとする）

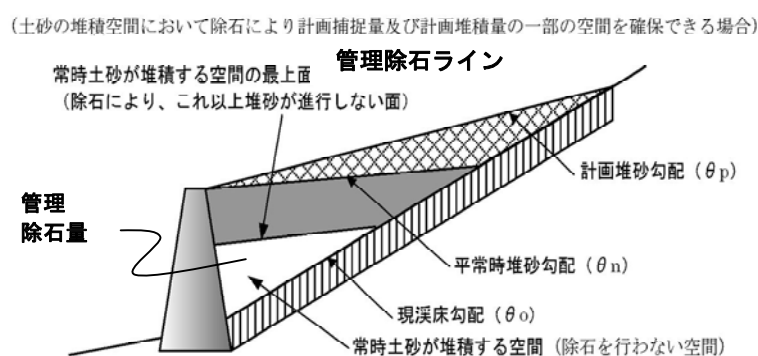


図 5-2-1 管理除石量の範囲

2-2 除石の頻度

計画・設計段階においては、管理除石量に対する除石作業頻度は、概ね数年～数10年に1回を目安とする。

除石頻度が多くなると事業費、処分先確保面で支障をきたすことになるので、過去の土石流発生実績や荒廃状況、ならびに除石作業のライフサイクルコスト等を十分踏まえて設定する。

2-3 年平均堆砂量

年平均堆砂量は、溪流特性として年間当たりの土砂流出量が把握されている場合（微地形変化量調査、土砂流出モニタリング結果や、堆砂測量等）には、既往実績値を用いるものとし、地形・地質が類似する近傍実績があればそれを基本に類推して用いてもよい。

実際には、詳細な堆砂測量等が実施されているケースは少ないため、毎年の施設点検の結果等を基に、施設完成後の状態を見て設定することが考えられる。

また、溪流（近傍溪流）の実績値がない場合には、同水系での近傍の貯水・電力ダムの堆砂実績（もしくは設計堆砂量の計画値）を基に算出することが考えられる。

ただし、貯水ダムの場合はシルト、細粒分の土砂堆積が含まれており、一方で砂防堰堤工の場合は水抜きもあり、湛水による滞留も無いため、比較的、シルト、細粒分については下流に流出する割合が貯水ダムに比べ大きい。この点から、一概に近傍の貯水ダムでの実績を用いると過大になる場合もあるので、除石頻度等を考慮して適切に判断することが必要である。

2-4 管理除石ライン

常時堆砂空間の最上面を「管理除石ライン」と位置づけ、巡視と定期的な除石によって常に管理除石ラインを維持することとし、管理除石ライン以下の堆砂量は施設効果量に計上しないものとする。

また、施工、除石直後においては実際には管理除石ライン以下に堆砂空間が確保されているが、同様に施設効果量に計上しない。

なお、「管理除石ライン」はあくまで施設計画上の位置づけであり、実際の運用面の除石管理としては「管理除石ゾーン」により維持管理を進めるものとする。

「管理除石ゾーン」としては、堆砂進行の状況を踏まえ「管理除石ライン」以内に1～数mの範囲に設定する。

第6章 小規模溪流における砂防基本計画(土石流・流木対策)

1 総説

小規模溪流は以下の条件を全て満たすものを基本とする。

- ・ 流路が不明瞭で常時流水がなく、平常時の土砂移動が想定されない溪流
- ・ 基準点上流の溪床勾配が 10° 程度以上で流域全体が土石流発生・流下区間
- ・ 支溪の合流がない溪流

(計画策定指針解説 P. 11)

(1) 想定される現象

土石流危険溪流であっても流路が不明瞭で常時流水がない小規模溪流は、谷形状を呈しているものの、流域の大半が 0 次谷ないしは斜面であると考えられる。そして、小規模溪流では、中小出水時の土砂流出の頻度や規模は小さいと考えられる。(図 6-1-1 小規模溪流のイメージを参照)

また、流路が不明瞭であるため、移動可能土砂の多くの部分が、本設計要領「第2編 第2章 土石流・流木対策計画の基本事項 5-1-2 計画流出土砂量の算出方法」における 0 次谷内の崩壊可能土砂にあたると思われる。

基準点上流の溪床勾配が 10° 程度以上で流域全体が土石流発生・流下区間に属する小規模溪流では、流出する土石流の土砂濃度が高いことが考えられる。さらに、支溪の合流がない小規模溪流では、1 出水で複数回の土石流が発生することは考えにくい。そこで、小規模溪流においては、これらの想定される現象を踏まえた計画策定・設計を実施することが重要である。

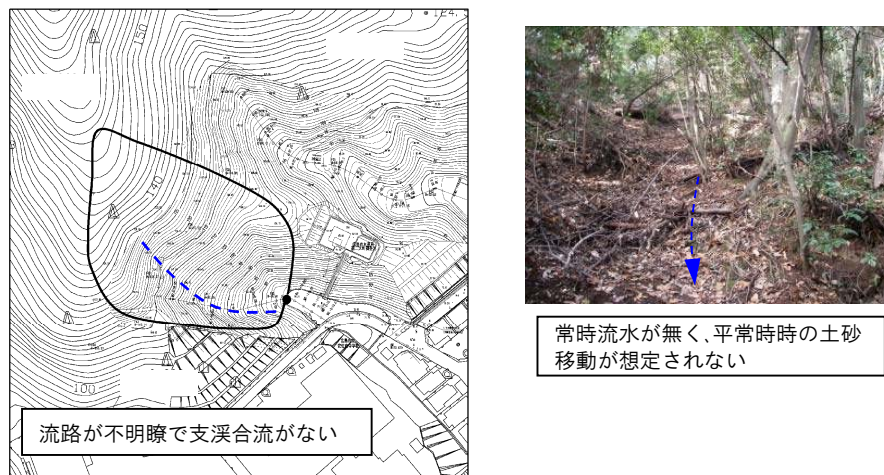


図 6-1-1 小規模溪流のイメージ

(2) 調査結果の確実性

小規模溪流では溪流全域を詳細に調査可能な場合がある。

このような場合の移動可能土砂量や最大礫径に関する調査結果は通常の土石流・流木対策に関する調査に比べて調査結果の不確実性が小さいと考えられる。そこで、小規模溪流において、十分な調査が実施できた場合は、調査結果を踏まえ計画策定・設計することが可能となる。

(3) 適用範囲

従って、(1)の条件を満たし、十分な調査が実施できた場合は、流域面積や溪流長等の地形条件によらず、本調査結果を用いて土石流・流木対策を計画・設計しても良い。

ただし、支溪合流のある流域面積の大きい溪流内にある一単独支溪(0次谷)が上記条件を満たしているとしても、小規模溪流に該当しないので対策計画の立案は行わないこと。

2 土砂・流木量等の調査・算出方法

2-1 計画流出土砂量の算出方法

小規模溪流において、流出土砂量を算出しようとする地点から流域の最遠点である分水嶺までの流路谷筋を移動可能土砂の範囲として現地調査において設定する。

その上で、移動可能土砂の範囲のうち、崩壊可能土砂量を算出する領域において簡易貫入試験を用いて崩壊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 1,000(m³)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。

小規模溪流では、移動可能土砂の多くの部分が崩壊可能土砂にあたるため、簡易貫入試験を用いて崩壊可能土砂の厚さを計測するなど、崩壊可能土砂の層厚を算出することが移動可能土砂の算出に有効である。

なお、移動可能土砂量の算出方法以外の「計画規模の土石流」によって運搬できる土砂量および計画流出土砂量の算出方法は、本設計要領「第2編 第2章 土石流・流木対策計画の基本事項 5-1-2 計画流出土砂量の算出方法 (2)」に従う。

また、崩壊可能土砂の厚さの調査方法は簡易貫入試験と同程度以上の精度が確保できる調査方法であれば、その他の手法を用いることを妨げるものではない。また、対象溪流の近傍で崩壊可能土砂の厚さに関する調査、実績のデータの収集が十分に行われている場合はこれを用いてもよい。

2-2 最大礫径の算出方法

最大礫径は、天端幅、構造検討時の礫による衝撃力を算出する際に使用する。

最大礫径は、移動可能土砂の範囲における現地調査結果から推定することとし、天端幅、構造検討時の礫による衝撃力を算出するための最大礫径は、溪流内の移動可能土砂のうち、最大の礫径とする。

また、透過部断面の設計に用いる最大礫径は、本設計要領「第2編 第2章 土石流・流木対策計画の基本事項 5-9 最大礫径」に従い算出する。

小規模溪流では流域面積が小さい上、移動可能土砂の範囲も限られているため詳細な礫径調査が可能である。一方、小規模溪流では、面積が小さい上、流域全体が土石流の発生・流下域に属し、過去の土石流の堆積物が流域内に存在せず、巨礫が数多く存在するケースは少ない。巨礫の数が少ない場合、最大礫径と 95%礫径で差が大きい場合も考えられる。

そこで、「小規模溪流における土石流・流木対策施設の設計について」の本設計要領「第3編 第7章 小規模溪流対策施設 5-1 天端幅」に示すように、不透過型堰堤を設置する場合の越流部・非越流部および透過型堰堤の非越流部をコンクリート等で設置する場合の非越流部の天端幅の最小幅を 1.5(m)と小さくする一方で、天端幅は最大礫径の 2 倍を確保する。

一方、巨礫が通常の溪流同様、多く存在し、移動可能土砂の範囲の大半の巨礫の調査が困難な場合の最大礫径は、本設計要領「第2編 第2章 土石流・流木対策計画の基本事項 5-9 最大礫径」に従い算出する。

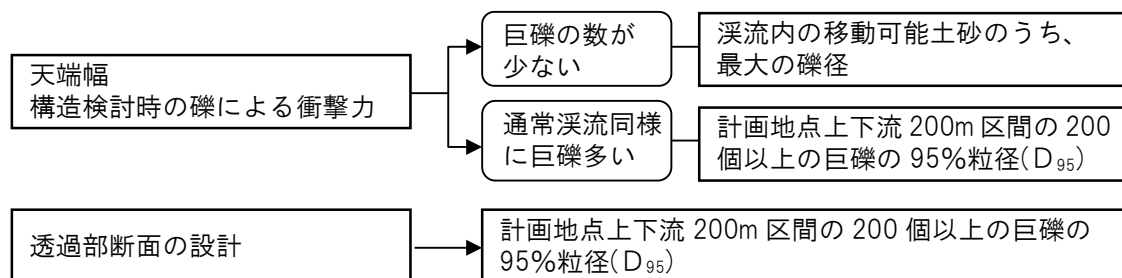


図 6-2-1 小規模溪流施設設計に用いる最大礫径

2-3 流木の量、最大長、最大礫径、平均長、平均直径の算出方法

計画流出流木量、流木の最大長、最大直径、平均長、平均直径の算出にあたっては、移動可能土砂量を算出した範囲の立木等について現地において調査する。

算出方法は、本設計要領「第2編 第2章 土石流・流木対策計画の基本事項 5-2 計画流出流木量」に従う。

3 土石流・流木処理計画

3-1 施設の種類と効果

小規模溪流対策施設は、土石流・流木捕捉工（砂防堰堤）を基本とする。

種類と効果は「第3編 第3章 土石流・流木処理計画」に準ずる。

3-2 土石流・流木処理計画

土石流および土砂とともに流出する流木を捕捉するための対策施設は、1基の施設で土石流・流木処理計画を満足することを基本とするが、地形等、現場条件を鑑み、適切に施設を配置する。

また、小規模溪流であっても、必要な流木対策は実施することとし、計画流下許容流木量が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、土砂とともに流出する流木の捕捉のため対策施設は、透過構造を有する施設とすることを原則とする。

小規模溪流は、流域の規模が小さいことから、維持管理や経済性を考慮し、砂防堰堤1基で土石流・流木処理計画を策定することを基本とする。