

第2編 計画編

第1章 総則

第1節 総説

砂防(土砂災害等対策)計画には、流域等における土砂の生産及びその流出に起因し発生する土砂災害を防止・軽減するための砂防基本計画、地すべり防止計画、急傾斜地崩壊対策計画、雪崩による災害を防止・軽減するための雪崩対策計画及び土石流、地すべり、急傾斜地の崩壊などが輻輳し発生する土砂災害を防止・軽減するための総合土砂災害対策計画がある。

河川砂防技術基準 同解説 計画編 H17.11 国土交通省 P-47

【解説】

流域等とは、流域、火山地・火山山麓、急傾斜地等をいう。

土砂の生産とは、豪雨、融雪、地震等による山腹や斜面の崩壊・浸食、土石流、地すべり、河床・河岸の侵食等の現象に伴う不安定土砂の発生をいい、土砂の生産及びその流出による土砂災害の防止・軽減とは、山腹や斜面の崩壊・侵食、土石流の直撃等の直接的な災害及び流出した土砂による貯水池の埋没や、河床の上昇による洪水氾濫等による間接的な災害から、国民の生命、財産及び生活環境、自然環境を守ることをいう。

砂防(土砂災害等対策)計画の策定に当たって、検討すべき観点としては、以下の点が考えられる。

- ・ 流域等の土地利用等の社会環境
- ・ 既往の災害履歴と事業の変遷
- ・ 土砂災害に対する所要の安全度の確保
- ・ 流砂系における総合的な土砂管理
- ・ 良好な自然環境の保全・復元
- ・ 良好な景観の維持・形成
- ・ 流域等の利活用

第2節 砂防基本計画

砂防基本計画は、流域等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・軽減するため、計画区域内において、有害な土砂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。

砂防基本計画には、発生する災害の現象、対策の目的に応じ、水系砂防計画、土石流対策計画、流木対策計画、火山砂防計画及び天然ダム等異常土砂災害対策計画がある。

河川砂防技術基準 同解説 計画編 H17.11 国土交通省 P-47

【解説】

有害な土砂とは、土砂災害を起こすような生産土砂及び流出土砂をいう。

砂防基本計画は、発生する災害の現象、対策の目的に応じ、水系を対象として土砂生産域である山地の山腹や斜面、溪流から河川、海岸までの有害な土砂移動を制御し土砂災害を防止・軽減するための水系砂防計画、土石流による災害を防止・軽減するための土石流対策計画、土砂とともに流出する流木よりもたらされる災害を防止・軽減するための流木対策計画、火山砂防地域において降雨及び火山活動等に起因して発生する災害を防止・軽減するための火山砂防計画、天然ダムの決壊等による異常な土砂移動に伴い発生する災害を防止・軽減するための天然ダム等異常土砂災害対策計画に区分される。

なお、上記5つの計画は、発生する災害の現象、対策の目的によっては、地域的に重なり合うことがある。このような場合は、発生する災害の現象等に応じ、計画として分けて策定するが、各々の計画間の整合が図られるよう相互調整を行う必要がある。

- ・ 水系砂防計画

水系を対象に土砂生産域である山地の山腹、溪流から河川までの有害な土砂移動を制御し、土砂災害を防止・軽減することによって、河川の治水上、利水上の機能の確保と保全を図ることを目的として策定される。

- ・ 土石流対策計画

土石流による災害から国民の生命、財産及び公共施設等を守ることを目的として策定する。

- ・ 流木対策計画

土砂の生産、流出に伴い、流木の発生・流出が予想される流域を対象に、土砂とともに流出する流木による災害から、国民の生命、財産及び公共施設等を守ることを目的として策定する。

- ・ 火山砂防計画

火山砂防地域において降雨及び火山活動に起因して発生する土砂災害から国民の生命、財産及び公共施設等を守ることを目的として策定する。

- ・ 天然ダム等異常土砂災害対策計画

天然ダムの決壊等による土砂災害から、国民の生命、財産及び公共施設等を守ることを目的として策定する。

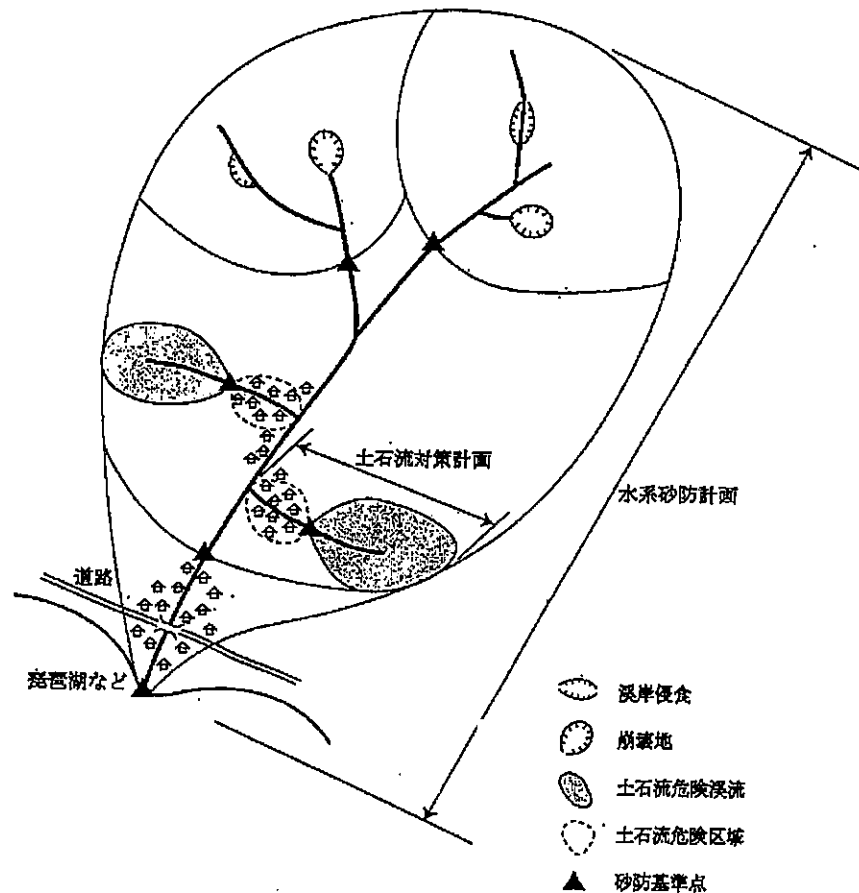


図 1.1 砂防計画の分類

なお、「水系砂防計画」及び「土石流・流木対策計画」については、砂防計画論における定義としては、特に明確な区分はない。水系砂防計画は多数の支流が合流する広域的な範囲を対象とし、土石流・流木対策計画は、土石流危険渓流等の局地的な範囲を対象とする。このことから土石流・流木対策計画は、水系砂防計画の一部として位置付けることができる。

しかし、近年の風水害では、大規模な氾濫被害は少なくなり、大部分が崩壊や土石流による土砂災害であることや、本県の砂防事業の具体的な対象が土石流危険渓流を主体としている現状を踏まえて、砂防計画の考え方を上記の2つに区分することとした。

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)解説」(平成28年4月)により次のように示されている。

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。

「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)解説 H28.4」p4

同指針によると「土石流危険溪流以外の土石流が発生および流下する恐れのある溪流についても、本指針を準用することができる。」としている。

そのため、本県においては、土砂移動現象の相違に着目し、砂防基本計画の対象となる地域を「土石流区域」および「掃流区域」に区分して計画の策定を行うものとした。

また、巻頭の「総則」でも述べたように、本県の砂防事業の主体は「土石流対策事業」である点を考慮し、本編には砂防基本計画のうち、「土石流区域」に計画する砂防施設に対応した内容を取りまとめるものとした。

なお、水系砂防計画等のその他の砂防事業に関する内容については、土石流対策計画との混同を避けるため、「第5編 その他砂防計画編」に調査から計画、設計までをまとめて記述するものとした。

第2章 土石流・流木対策計画

総 則

1. 便覧の目的

土石流・流木対策計画（以下「本章」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。本章は、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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28. 4」 p1

2. 便覧の内容

本章は、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。本章は、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。本章の内容は、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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28. 4」 p2

3. 便覧の適用

本章は、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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28. 4」 p2

第1節 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28. 4」 p4

【解説】

砂防基本計画（土石流・流木対策）は、本章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、本章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が通常の土石流危険溪流で生じる現象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 2.1 の流れを参考に策定する。

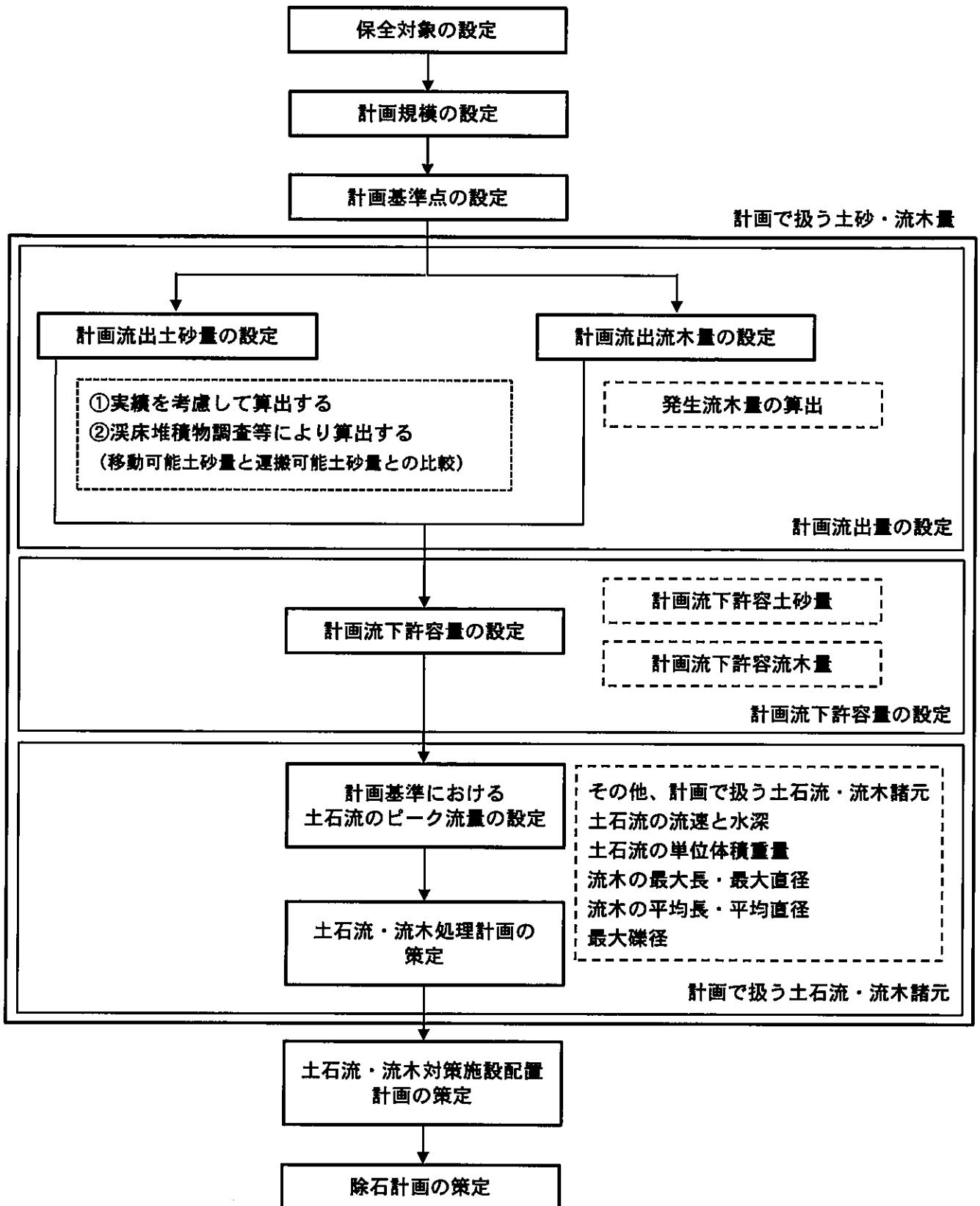


図 2.1 土石流・流木対策計画及び土石流・流木施設配置計画、除石計画の策定の流れ

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」 p. 5

第2節 土石流・流木対策計画の基本的事項

2.1 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p7

【解説】

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

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

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

また、「土砂災害防止法に伴う基礎調査」を実施した溪流においては、土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域の範囲や流出土砂量等の基礎調査区域調書の内容を十分に踏まえた計画を行うものとする。

2.2 保全対象

土石流危険溪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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p7

【解説】

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

2.3 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、本章は、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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」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。

2.4 計画基準点等

計画基準点は、計画で扱う土砂・流木量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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」 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定することを基本とする。

土砂移動の形態が変わる地点は、図 2.2 を参考とする。

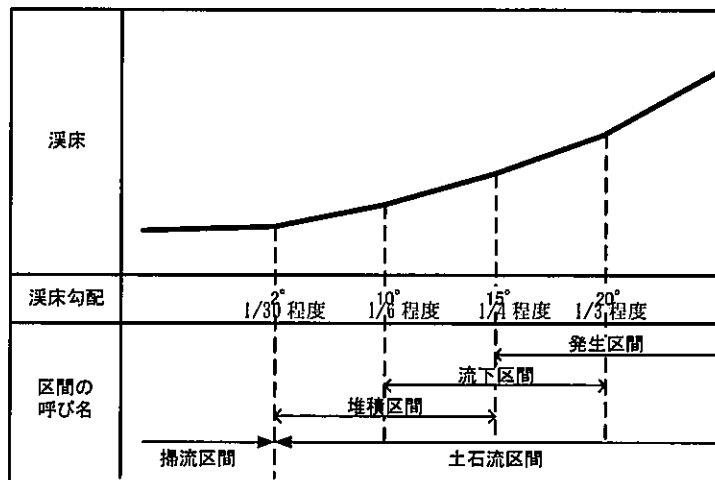


図 2.2 土砂移動形態の河床勾配による目安

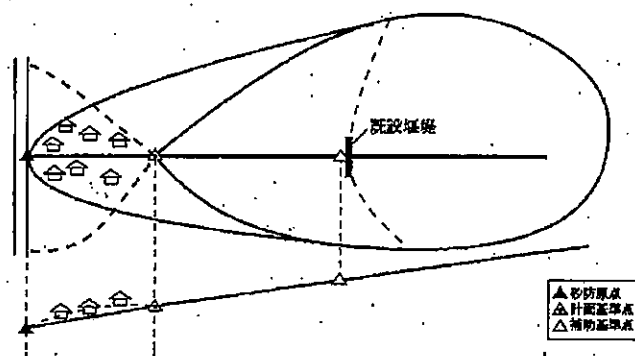


図 2.3 土石流対策計画における計画基準点の設置例

2.5 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p10

【解説】

「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、本章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本章 2.6 (p2-12～) 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本指針における用語の対比表を表 2.1 に示す。本便覧における用語は暫定的に、土石流対策技術指針(案)の用語を踏襲している。

表 2.1 河川砂防技術基準計画編基本計画編と本章の用語の対比

本 章	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

※計画流出土砂量に含まれる。

2.6 計画流出量

2.6.1 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p11

【解説】

計画流出土砂量は本章 2.7.1 (p2-15) で示した方法に基づき算出する。その際、式 2.1、式 2.2 における L_{dy1} および L_{dy2} 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_{※1}とする。溪流の定義および一次谷の判定方法は、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_{※2}。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、本章 2.6.4 (p2-14) に示す通りとする。

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。

- ※1 ここで言う「計画基準点から上流域でのそれぞれ該当する該当する溪流もしくは流路の長さ」は、計画基準点より上流の土石流区間（溪床勾配 10° 未満の堆積区間を含む）を対象とする。
- ※2 計画流出土砂量は、本章 2.7.1 (p2-15) で示した方法により移動可能土砂量と「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が、その比較した小さい値が $1,000\text{m}^3$ 以下の場合には、計画流出土砂量を $1,000\text{m}^3$ とする。なお、変更により移動可能溪床堆積土砂量及び崩壊可能土砂量の諸元（幅・延長等）の数値を修正する必要はない。

<参考>

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をすべて満たすものをいう。

- ・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

なお、具体的な調査や計画については、「平成 29 年 9 月 6 日付事務連絡 小規模溪流における土石流・流木対策計画・設計について（国土交通省砂防部保全課）」が参考になる。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p11

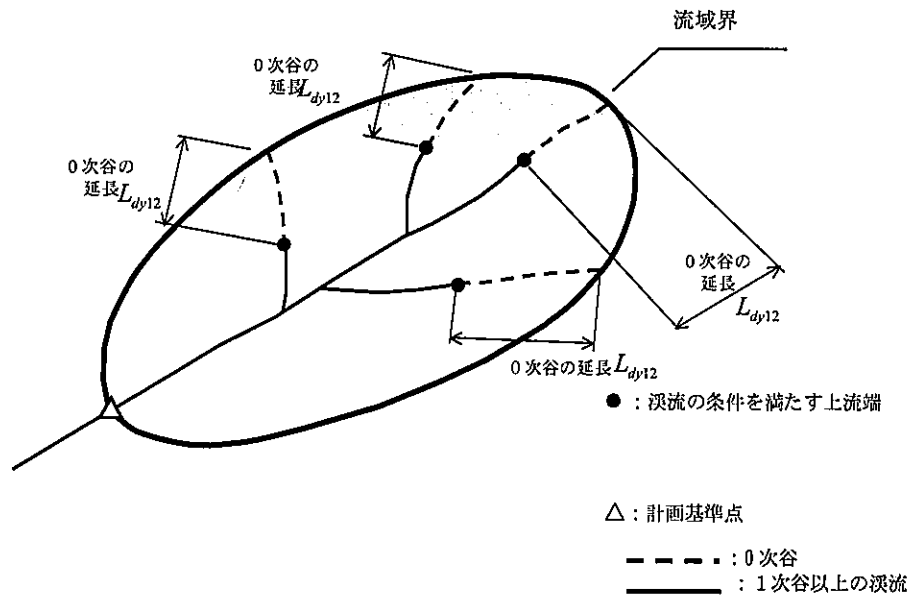


図 2.4 L_{dy12} のイメージ図

2.6.2 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p12

【解説】

計画流出流木量は本章 2.7.2 (p2-22～) で示した方法に基づき算出する。その際、式 2.7 の L_{dy13} 、 B_d は、本章 2.7.1 (p2-15) で求めた値と同じとする。

2.6.3 計画流下許容量

2.6.3.1 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」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。

2.6.3.2 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p13

【解説】

計画流下許容流木量は、原則として 0 とする。

2.6.4 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p13

【解説】

土石流ピーク流量は本章 2.7.3 (p2-27) に示した方法に基づき算出する。

2.7 土砂・流木量等の調査・算出方法

2.7.1 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、計画流出土砂量は、流域内の移動可能土砂量と、「計画規模の土石流」によって運搬できる土砂量を比較して小さい方の値とする。より詳細な崩壊地調査、生産土砂量調査および実績による流出土砂量調査が水系全体（土石流危険渓流を含む）で実施されている場合は、これらに基づき計画流出土砂量を決定してよい。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p14

【解説】

計画流出土砂量は水源崩壊地調査、渓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。

(1) 流域内の移動可能土砂量 (V_{dy1})

$$V_{dy1} = V_{dy11} + V_{dy12} \quad \text{式 2.1}$$

$$V_{dy11} = A_{dy11} \times L_{dy11} \quad \text{式 2.2}$$

$$A_{dy11} = B_d \times D_e \quad \text{式 2.3}$$

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次谷等の最上流端までの区間の移動可能渓床堆積土砂量 (m^3)、 V_{dy12} ：崩壊可能土砂量 (m^3)、 A_{dy11} ：移動可能渓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次谷等の最上流端まで渓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渓床幅 (m)、 D_e ：土石流発生時に侵食が予想される渓床堆積土砂の平均深さ (m) である。

移動可能渓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渓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 2.6 に示すように渓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渓床堆積土砂を区分して行う。

D_e の推定は図 2.6 における断面形状だけでなく、上下流における渓床の露岩調査を行い、縦断的な基岩の連続性を考慮して行う。 D_e の参考として過去の土石流災害における事例を図 2.7 に示す。

なお、土砂量を算定するための断面は、地形の変化点、支渓流の合流点付近、渓床勾配変化点、河道状況（堆積、露岩状況、渓床材料）、既存施設等を考慮した上で、その谷次数の区間を代表すると考えられる位置を、机上調査、現地調査結果に基づき設定する。

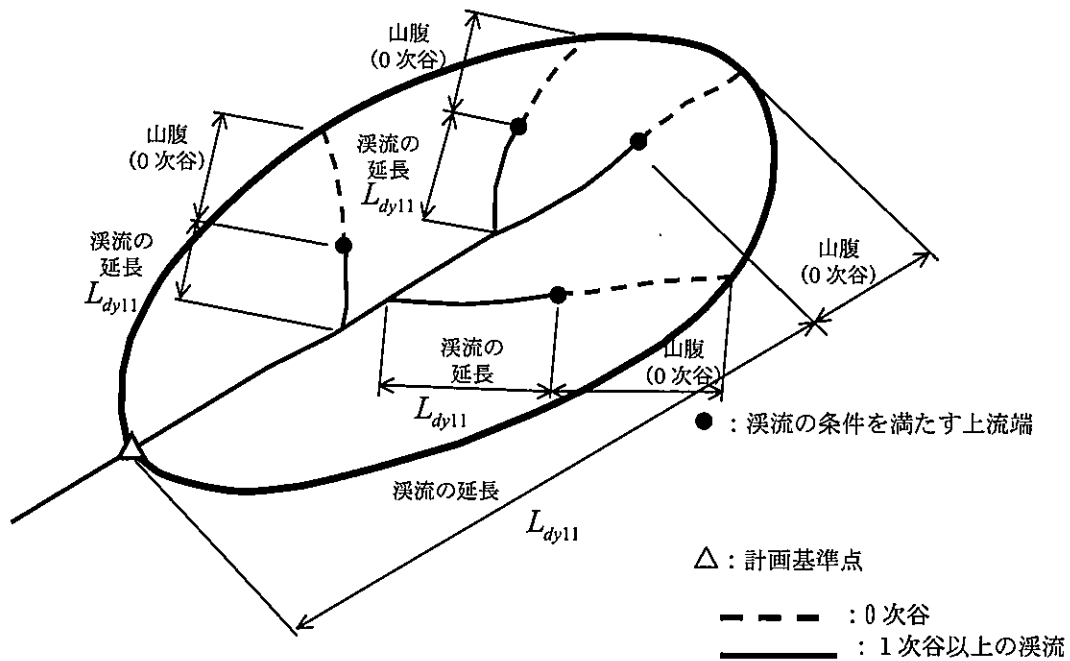


図 2.5 L_{dy11} のイメージ図

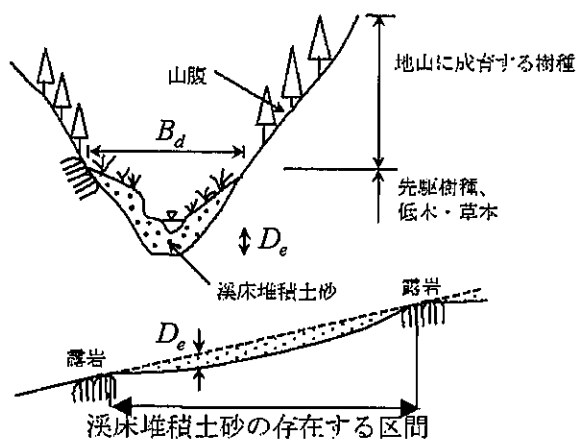


図 2.6 侵食幅、侵食深の調査方法

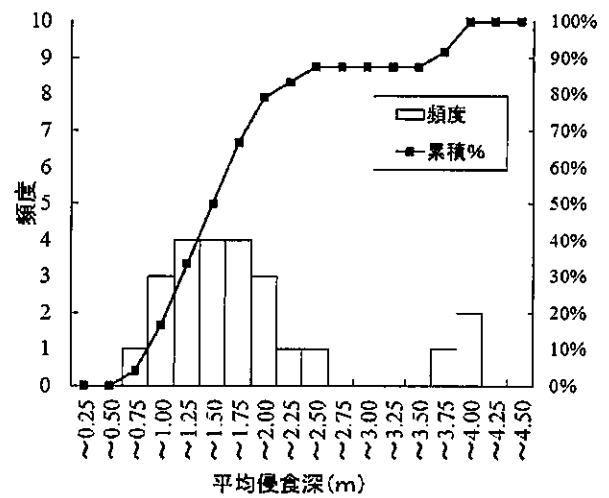


図 2.7 平均侵食深の分布

第2編 計画編 第2章 土石流・流木対策計画 第2節 土石流・流木対策計画の基本的事項

(参考) 平均侵食深の調査の一例

地域	No.	発生年	月	都道府県	市町村	渓流名	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	82.0
防府	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
	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	266.0	56.0
八木・ 緑井	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
	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
八木・ 緑井	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-1-9-308	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	247.0	115.0

崩壊可能土砂量 (V_{dy12}) は、以下に示すいずれかの方法で算出する。

1) 崩壊可能土砂量 (V_{dy12}) を的確に推定できる場合

式 2.4 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⁴⁾がある。そのほかの現地調査手法としては、ボーリング調査などがある。

なお、崩壊土砂のかさ増は、原則として行わない。

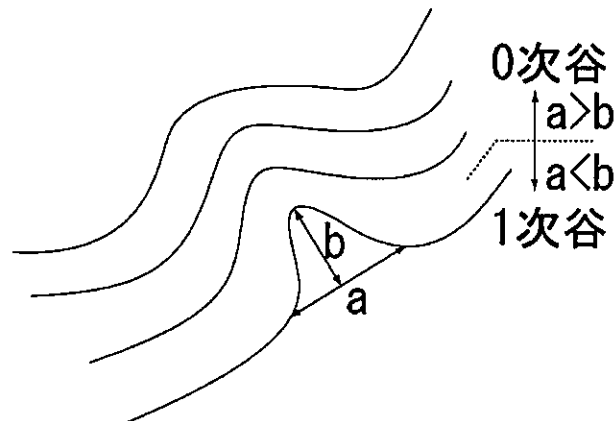


図 2.8 0 次谷の地形

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。

$$V_{dy12} \doteq \sum (A_{dy12} \times L_{dy12}) \quad \text{式 2.4}$$

$$A_{dy12} = B_d \times D_e \quad \text{式 2.5}$$

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

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。

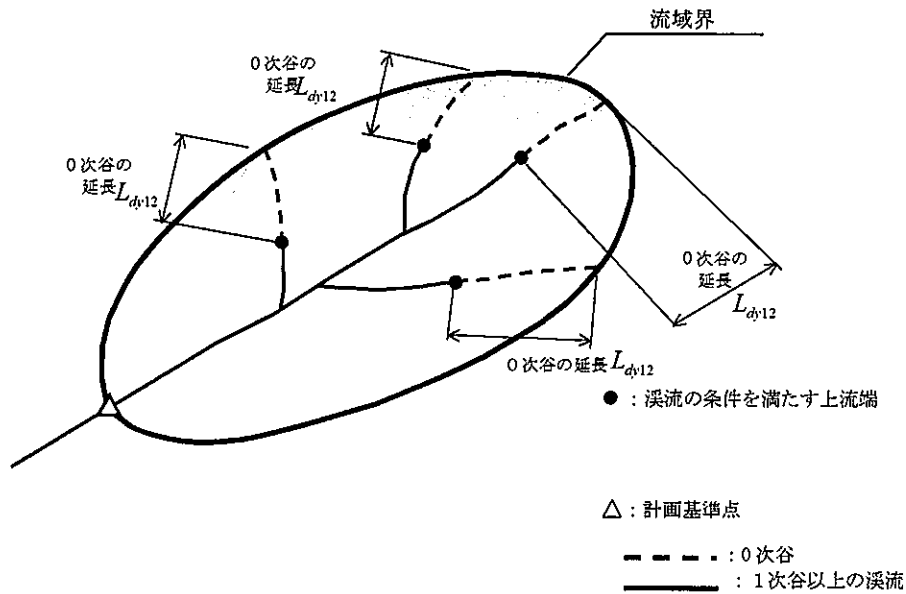


図 2.9 L_{dy12} のイメージ図

(2) 計画規模の年超過確率の降雨量によって運搬できる土砂量 (V_{dy2})

計画規模の年超過確率の降雨量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 (Pp (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 (Cd) を乗じて算定する。その際流出補正率 (K_{f2}) を考慮する。

$$V_{dy2} = \frac{10^3 \cdot P_p \cdot A}{1 - K_v} \left(\frac{C_d}{1 - C_d} \right) K_{f2} \quad \text{式 2.6}$$

Cd の算出方法は本章 2.7.3 (p2-27) を参照する。なお、式(12)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。 Pp 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 2.10 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。

表 2.2 24時間降雨量

観測所	24時間降雨量 (100年確率)	適用範囲 (土木事務所・支所)
瀬田川	216.7mm	大津(下記1を除く)、南部、甲賀(下記2を除く)
彦根	212.6mm	東近江、湖東、長浜、木之本高島(下記2を除く)
市場	414.2mm	下記1に示す区域
大河原	454.7mm	下記2に示す区域
下記1	旧朽木村全域、大津市伊香立、葛川	
下記2	旧甲賀町、旧土山町、旧永源寺町、日野町、旧愛東町、旧湖東町、多賀町	

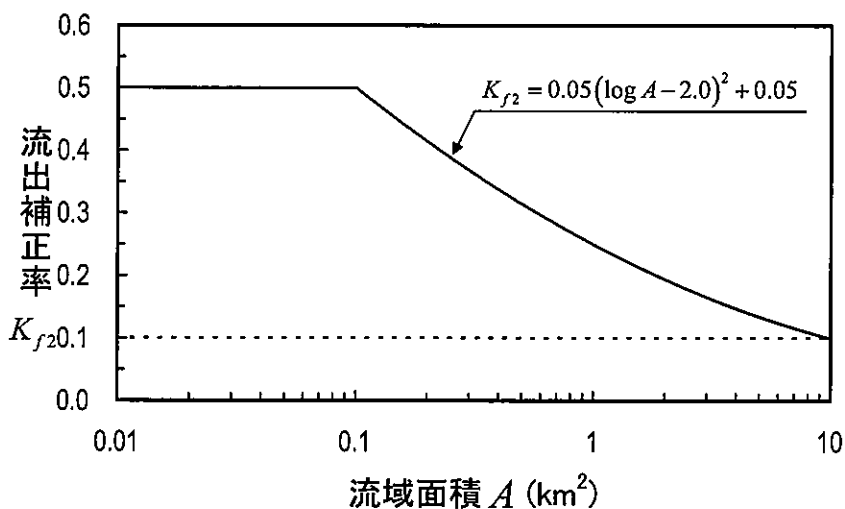


図 2.10 流出補正率⁴⁾「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)解説 H28.4」p19

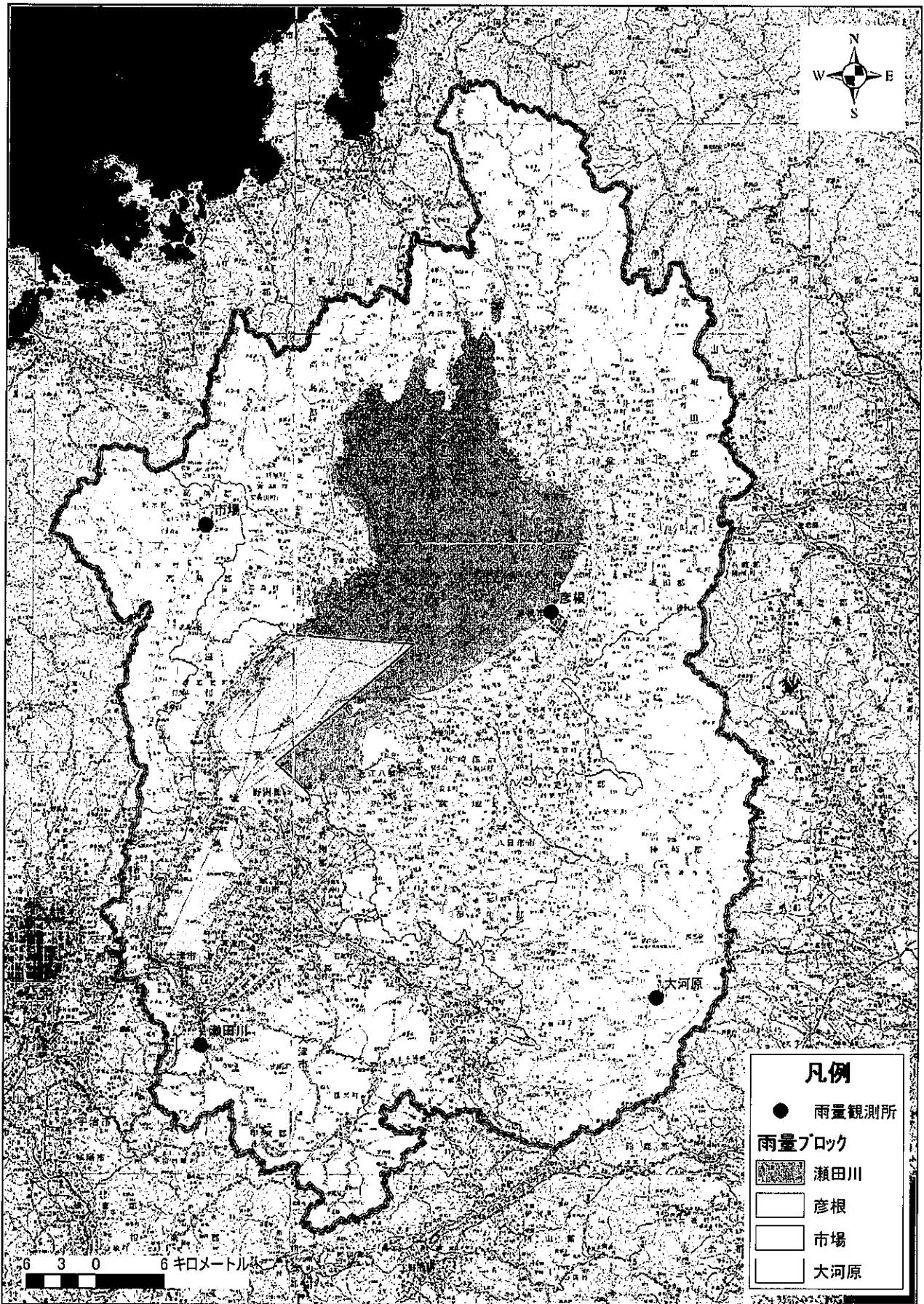


図 2.11 雨量観測所位置図（滋賀県）

2.7.2 計画流出流木量の算出方法

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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p20

【解説】

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。

(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。

流木の発生要因を表 2.3 に示す。

表 2.3 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の滑落・流下 ③ 土石流等の流下に伴う溪岸・溪床の侵食による立木の流出
過去に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。

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。

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本章 2.7.1 (p2-15) 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する。

- 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出来る。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_{wy} ）を求め合計する。式中の 0 次谷、崩壊地の幅および長さは本章 2.7.1 (p2-15) に準拠する。

$$V_{wy} = \frac{B_d \times L_{dy13}}{100} \times \sum V_{wy2} \quad \text{式 2.7}$$

$$V_{wy2} = \pi \cdot H_w \cdot R_w^2 \cdot \frac{K_d}{4} \quad \text{式 2.8}$$

ここで、 V_{wy} : 発生流木量 (m^3)、 Bd : 土石流発生時に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の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} : サンプル調査 100m^2 あたりの樹木材積 ($\text{m}^3/100\text{m}^2$)、 H_w : 樹高 (m)、 R_w : 胸高直径 (m)、 K_d : 胸高係数 (図 2.14 参照) である。

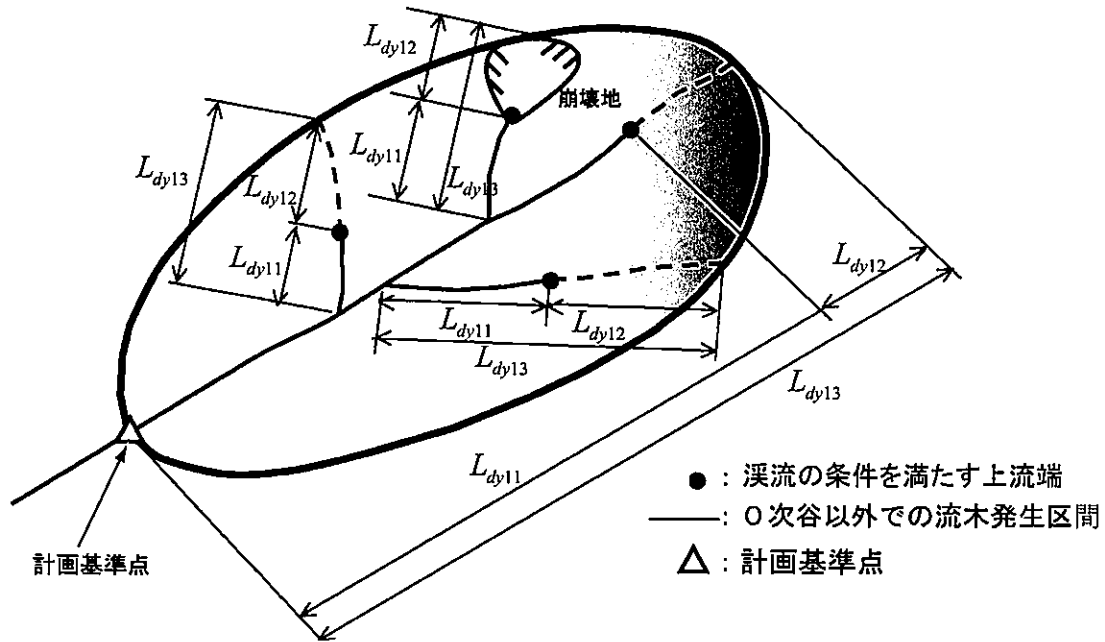


図 2.12 流木発生区間長さ (m) : L_{dy13}

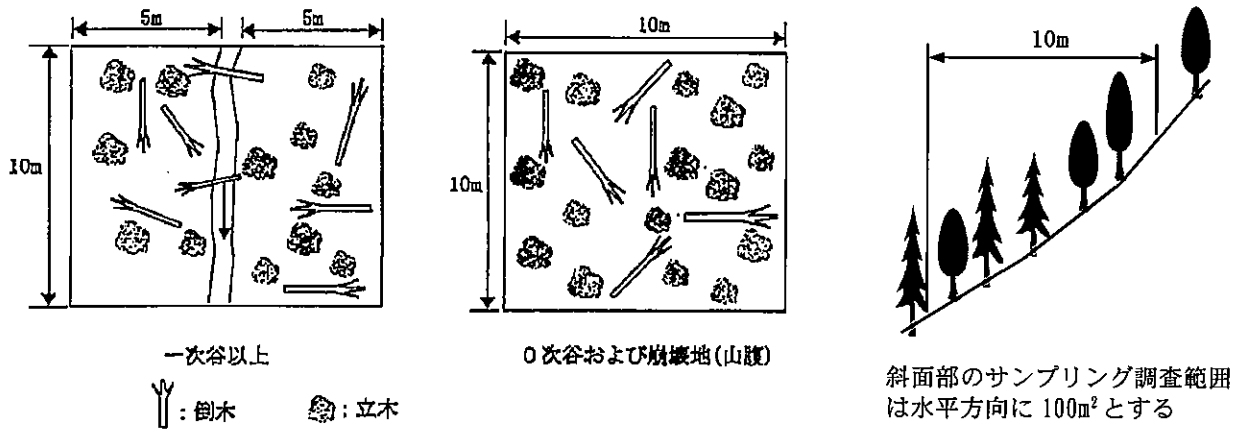


図 2.13 サンプル調査範囲模式図

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⁸⁾がある。

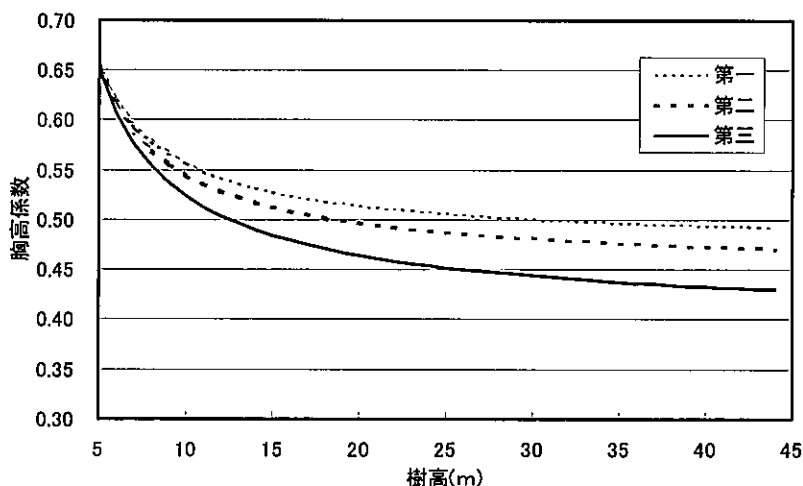


図 2.14 胸高係数⁶⁾

表 2.4 胸高係数表

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

(備考) 第一 エゾマツ、トドマツ

第二 ヒノキ、サワラ、アスナロ、コウヤマキ

第三 スギ、マツ、モミ、ツガその他の針葉樹および広葉樹

hf (第三) 形状高

出典 (嶺 一三 (1958) : 測樹、朝倉書店、146p.) 掲載データに基づき図化

2.7.3 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」 p25

【解説】

(1) 流出土砂量に基づく土石流ピーク流量の設定

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 2.16 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 2.10 で表される。

$$Q_{sp} = 0.01 \cdot \sum Q \quad \text{式 2.10}$$

$$\sum Q = \frac{C_* \cdot V_{dgp}}{C_d} \quad \text{式 2.11}$$

ここで、 Q_{sp} ：土石流ピーク流量 (m^3/s)、 $\sum Q$ ：土石流総流量 (m^3)、 V_{dgp} ：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_* ：溪床堆積土砂の容積濃度（0.6程度）である。

V_{dgp} は、 $1,000\text{m}^3$ を下限値とする。これは、本章 2.6.1 (p2-12) 「(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。

土石流濃度は下記の平衡濃度式で求めるものとする。

$$C_d = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta)} \quad \text{式 2.12}$$

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 ($^\circ$) ($30^\circ \sim 40^\circ$ 程度であり、一般に 35° を用いてよい)、 θ ：溪床勾配 ($^\circ$) である。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設定する。

なお、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。

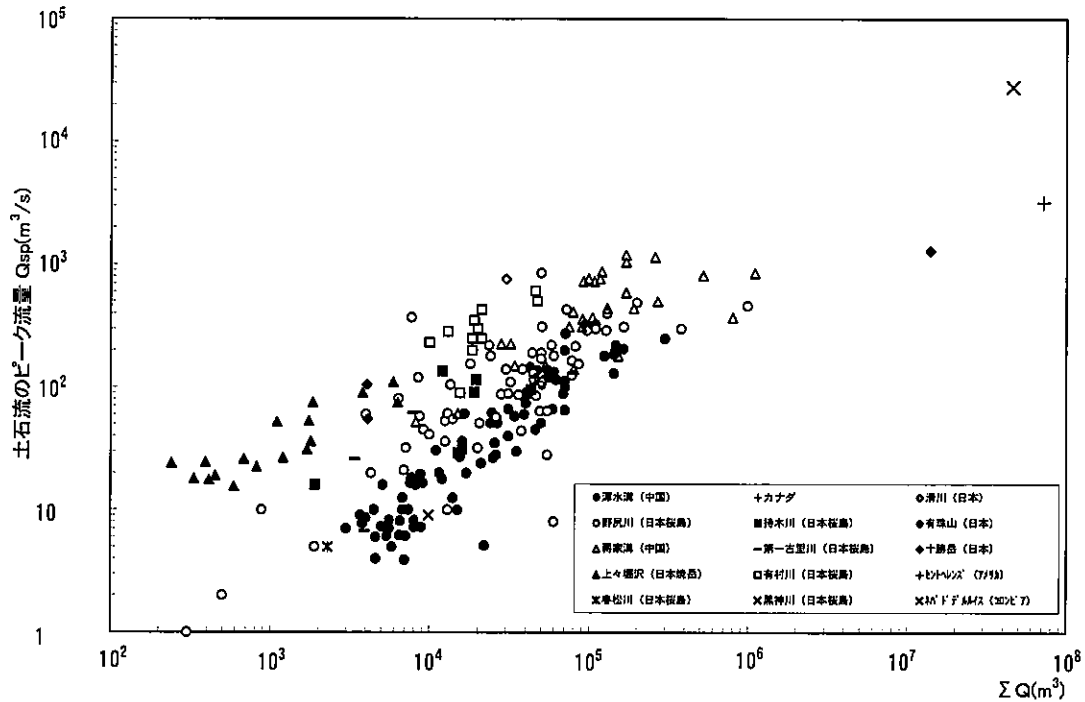


図 2.16 ピーク流量の相関（原著では ΣQ は Q_T と標記されている）

(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にはこれを解析し、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、水位を直接観測し、流下断面を推定する方法もある。

※1波の土石流により流出すると想定される土砂量 V_{dpp} の算出方法

これまでの災害実態調査から、全支流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。

そこで、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_{dpp} 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_{dpp} 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。

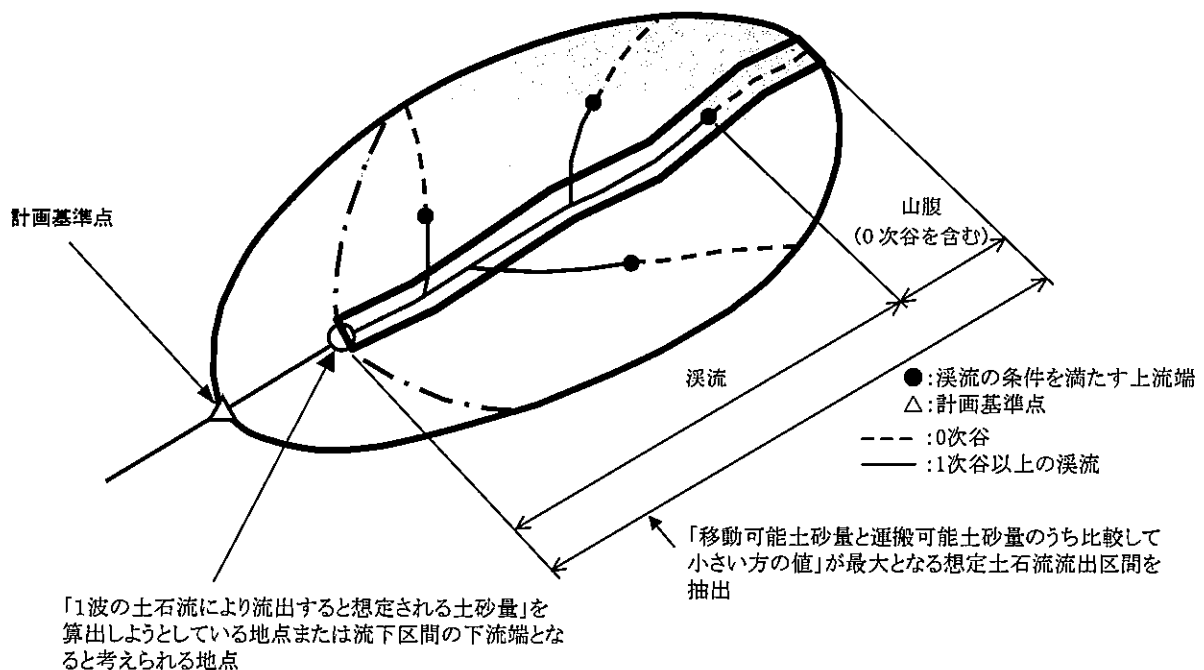


図 2.17 1波の土石流により流出すると想定される土砂量の算出のイメージ図

～～（参考）降雨量に基づく土石流ピーク流量の算出～～～～～～～～～～～～～～～～～～

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 2.10（経験式）および後述の式 2.13（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 $P_p=260$ (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。

$$Q_{sp} = K_q \cdot Q_p \quad \text{式 2.13}$$

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

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、

$$Q_{sp} = \frac{C_*}{C_* - C_d} \cdot Q_p \quad \text{式 2.14}$$

の関係があるとして求める。

（土石流ピーク流量の算出例）

$\sigma=2600$ (kg/m^3)、 $\rho=1200$ (kg/m^3)、 $\phi=35^\circ$ 、 $\tan\theta=1/6$ の場合、式 2.12 より $C_d=0.27$ となり 0.3 より小さくなるので $C_d=0.30$ とし、式 2.14 より $Q_{sp}=2Q_p$ となる。

～～

旧指針 (H12.7) において、土石流ピーク流量は降雨量に基づいて求める方法と流出土砂量に基づいて求める方法で算出した値のいずれか大きい方としていた。これまで滋賀県においてもこれと同じ手法としてきたが、指針の改訂 (H19.3 及び H28.4) により降雨量に基づく土石流ピーク流量の算出は参考扱いとなった。

以上より、降雨量に基づいて求める方法は用いないものとする。

2.7.4 清水の対象流量の算出方法

清水の対象流量は合理式により算出する。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p29

(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。

$$T_f = K_{p1} \cdot A^{0.22} \cdot P_e^{-0.35} \quad \text{式 2.15}$$

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_{p1} ：係数で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）。

$$P_a = \frac{P_{24}}{24} \left(\frac{T_f}{24} \right)^{K_{p2}} \quad \text{式 2.16}$$

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（ $K_{p2} = -1/2$ ）である。

表 2.5 24時間降雨量

観測所	24時間降雨量（100年確率）	適用範囲 （土木事務所・支所）
瀬田川	216.7mm	大津（下記1を除く）、南部、甲賀（下記2を除く）
彦根	212.6mm	東近江、湖東、長浜、木之本高島（下記2を除く）
市場	414.2mm	下記1に示す区域
大河原	454.7mm	下記2に示す区域
下記1	旧朽木村全域、大津市伊香立、葛川	
下記2	旧甲賀町、旧土山町、旧永源寺町、日野町、旧愛東町、旧湖東町、多賀町	

(3) 有効降雨強度

有効降雨強度は、次式により求める。

$$P_e = K_{f1} \cdot P_a \quad \text{式 2.17}$$

ここで、 K_{f1} ：ピーク流出係数である。 $K_{p2} = -1/2$ とすると、 T_f 、 P_a の式から有効降雨強度は次の式になる。

$$P_e = \left(\frac{P_{24}}{24} \right)^{1.21} \cdot \left(\frac{24 \cdot K_{f1}^2}{\frac{K_{p1}}{60} \cdot A^{0.22}} \right)^{0.606} \quad \text{式 2.18}$$

(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。

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \cdot K_{f1} \cdot P_a \cdot A = \frac{1}{3.6} \cdot P_e \cdot A \quad \text{式 2.19}$$

なお、過去の降雨記録や検討に基づいて作成された降雨強度式など合理的に流量を算出できる場合や合理式による算出が不適と判断される場合はこれによらない。

2.7.5 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」 p30

【解説】

(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、

$$U = \frac{1}{K_n} D_r^{2/3} (\sin \theta)^{1/2} \quad \text{式 2.20}$$

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 $D_r \equiv Dd$ (土石流の水深) とする)、 θ ：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 (θ) は表 2.6 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 Dd (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、式 2.20、式 2.21、式 2.22 を連立して求める。

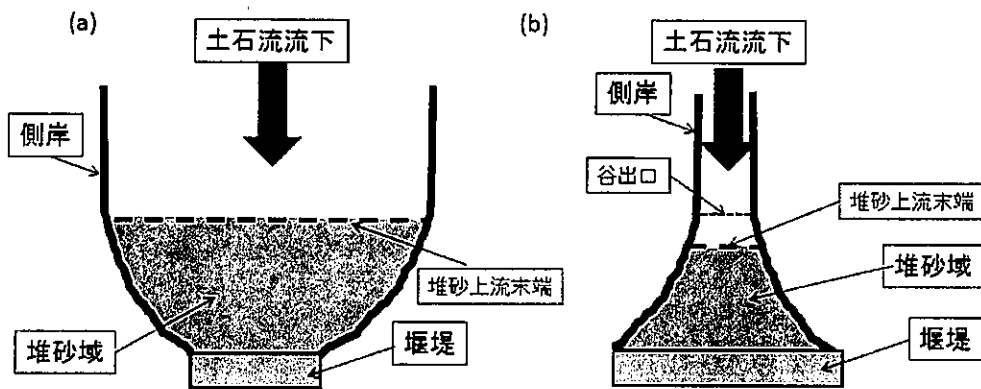
$$Q_{sp} = U \cdot A_d \quad \text{式 2.21}$$

ここで、 A_d ：土石流ピーク流量の流下断面積 (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 2.19 の斜線部とする。流れの幅 B_{da} (m) は図 2.19 に示す通りとし、土石流の水深 Dd (m) は次式で近似した値を用いる。

$$D_d = \frac{A_d}{B_{da}}$$

式 2.22

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箇所抽出し、各断面を台形に近似した上で、3~5か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、土石流の外力を過小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。



堰堤から堆砂上流末端までの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、土石流の外力を過小評価するおそれがある場合のイメージ(上から見た図)

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のイメージ(上から見た図)

図 2.18 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

(2) 実測値に関するデータ収集のための調査

1) ビデオなどの映像解析により算出する方法

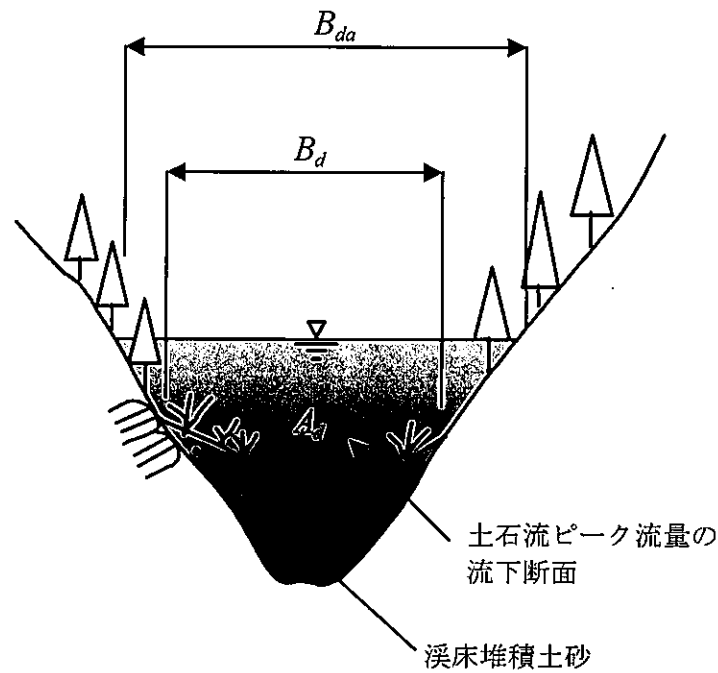
土石流の流下状況を撮影したビデオがある場合にはこれを解析し、流速を算出することができる。

2) 湾曲部の流下痕跡から推定する方法

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。

表 2.6 溪床勾配 θ の使い分け

項 目	溪床勾配
本体及び袖部の安定計算と構造計算を行う際の設計外力を算出する場合の 土石流濃度 (Cd) 土石流の流速 (U) 土石流の水深 (Dd)	現溪床勾配 (θ_p)
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 (Dd)	計画堆砂勾配 (θ_p)



※ B_d : 土石流発生時に侵食が予想される平均溪床幅

図 2.19 土石流の流下断面と流れの幅 B_{da} のイメージ

2.7.6 土石流の単位体積重量の算出方法

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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p33

【解説】

土石流の単位体積重量 γ_d (kN/m³) は、

$$\gamma_d = \{ \sigma \cdot C_d + \rho \cdot (1 - C_d) \} g \quad \text{式 2.23}$$

で求められる。ここで、 g ：重力加速度 (9.81m/s²) とする。なお、 γ_d の単位が kN/m³ であることに注意する。

C_d は、式 2.12 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。

2.7.7 土石流流体力の算出方法

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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p34

【解説】

土石流流体力は、次式で求める。

$$F = K_h \cdot \frac{\gamma_d}{g} \cdot D_d \cdot U^2 \quad \text{式 2.24}$$

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)、 D_d ：本章 2.7.5 (p2-32) に従って求めた土石流の水深 (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。

2.7.8 最大礫径の算出方法

最大礫径は、現地調査結果から推定する。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p35

【解説】

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（D95）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個所で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。

最大礫径の算出方法は、巨礫の三軸（長軸、中軸、短軸）又は二軸（長軸、短軸）の計測の平均値から求めるものとする。

なお、鋼製砂防構造物設計便覧の参考資料2「巨礫粒径調査法」に、二軸平均値と三軸平均値では二軸平均値の方が大きい値を示す傾向があるとされている。これは、巨礫が河床に埋没し、三軸の計測において深さ方向の計測が困難となり、最大礫径を過小に評価する可能性があるためであり、最大礫径の算出時にはこの点に留意が必要である。

2.7.9 流木の最大長、最大直径の算出方法

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。

「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策計画編)及び同解説」p. 52

【解説】

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ち木の最大樹高を H_{wm} (m) とすると

$$\begin{aligned} H_{wm} \geq 1.3B_d \text{ の場合 } & L_{wm} \cong 1.3B_d \\ H_{wm} < 1.3B_d \text{ の場合 } & L_{wm} \cong H_{wm} \end{aligned}$$

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。

2.7.10 流木の平均長、平均直径の算出方法

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。

「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策計画編)及び同解説」p. 53

【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、

$$\begin{aligned} h_{wa} \geq B_{dm} \text{ の場合 } & L_{wa} \cong B_{dm} \\ h_{wa} < B_{dm} \text{ の場合 } & L_{wa} \cong h_{wa} \end{aligned}$$

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。

2.8 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。

「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策計画編)及び同解説」 p. 16

【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。

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章における用語の対比を表 2.7 に示す。

表 2.7 河川砂防技術基準計画編施設配置等計画編と本章の用語の対比

本章	河川砂防技術基準 計画編 施設配置等計画編
—※1	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
—※1	流木対策計画※2

※1：土石流・流木処理計画に含まれる。

※2：土砂生産抑制計画、土砂流送制御計画に含まれる。

2.8.1 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、本章 2.6.3 (p2-14) において、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。

「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策計画編)及び同解説」 p. 17

【解説】

土石流・流木処理計画は、本章 3.3.1.1 (p2-58) 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 2.25 を満足するように策定する。なお、式 2.25 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。

$$V - W - (X + Y + Z) = 0 \quad \text{式 2.25}$$

なお、 V, W, X, Y, Z は次式によりそれぞれ算出する。

$$V = V_d + V_w \quad \text{式 2.26}$$

$$W = W_d + W_w \quad \text{式 2.27}$$

$$X = X_d + X_w \quad \text{式 2.28}$$

$$Y = Y_d + Y_w \quad \text{式 2.29}$$

$$Z = Z_d + Z_w \quad \text{式 2.30}$$

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。

2.8.2 計画捕捉量

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

「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策計画編)及び同解説」 p.18

【解説】

透過型砂防堰堤においては、現溪床勾配と計画堆砂勾配の平面とで囲まれた空間(図 2.20 に示す斜線部の空間)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 2.20 に示す斜線部の空間)とする。

計画堆砂勾配は、一般に既往実績等により、土石流・流木対策施設を配置する地点の現溪床勾配の $1/2$ から $2/3$ 倍とする。ただし、「計画規模の土石流」および土砂とともに流出する流木が、流下区間の勾配の下限値である $1/6$ 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。平常時堆砂勾配は、既往実績を基に現溪床勾配の $1/2$ を上限とする。

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

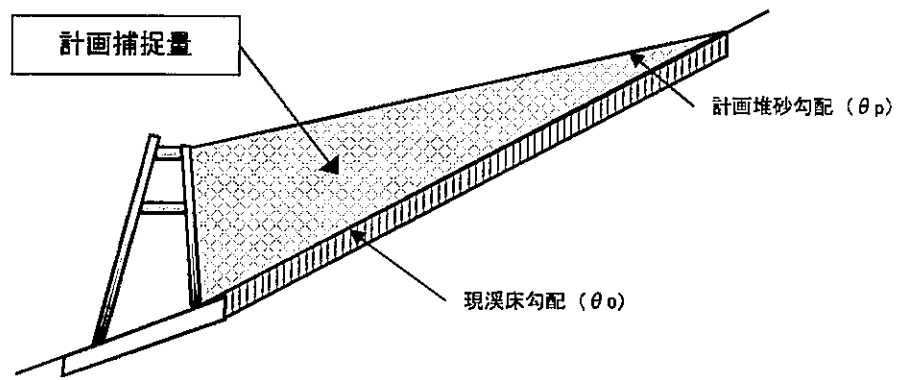
土石流により一時的に急勾配で堆積した土砂は、その後の流水の状況によっては、長期間でも必ずしも再侵食されないことを踏まえ、計画捕捉量は、図 2.20 に示す容量を除石(流木の除去を含む)により確保しなければならない。

なお、本県においては、計画堆砂勾配は現溪床勾配の $2/3$ を標準として $1/6$ の勾配を上限とする。平常時堆砂勾配は現溪床勾配の $1/2$ を標準とする。

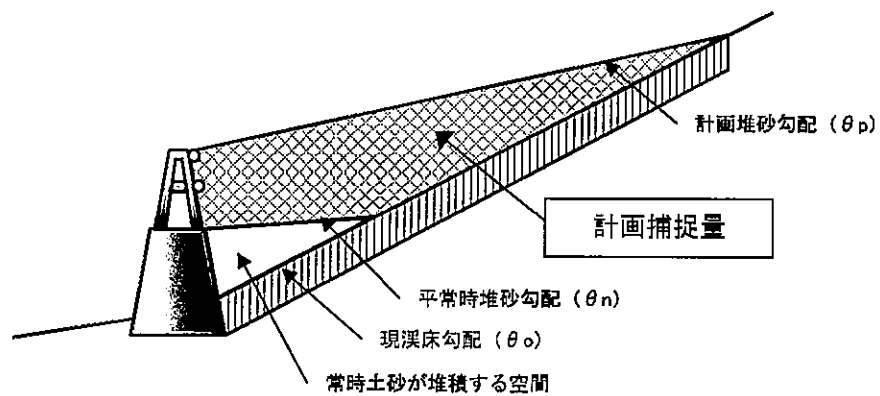
計画捕捉量は、図 2.20 に示す容量を除石(流木の除去を含む)により確保しなければならない。なお、除石の考え方については本章第4節(p2-73)を参照されたい。

計画捕捉量の考え方は、図 2.20 に示すとおりである。

○透過型の場合



○部分透過型の場合



○不透過型の場合

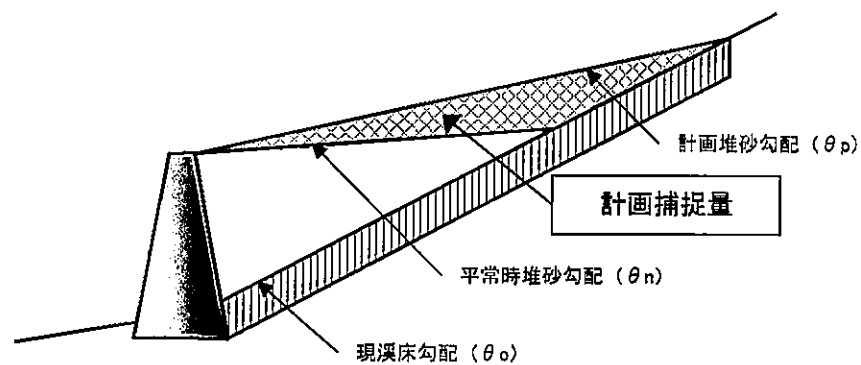


図 2.20 計画捕捉量の考え方

「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策計画編)及び同解説」

2.8.2.1 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p42

【解説】

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、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（図 2.20 に示す網掛けの空間）で捕捉させる土砂量である。

2.8.2.2 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p43

【解説】

(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捕捉流木量は式 2.31 により算出する。

透過型及び部分透過型砂防堰堤の計画捕捉流木量

$$X_{w1} = K_{w1} \times X \quad \text{式 2.31}$$

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_{w1} : 流木容積率（計画捕捉量に占める計画流木捕捉量の割合）である。

透過型及び部分透過型砂防堰堤 K_{w1} は、本堰堤に流入が想定される計画流出量に対する流木容積率 (K_{w0}) とする (K_{w0} については本項 (2) を参照)。これは、透過型及び部分透過型砂防堰堤の場合、土石流中の土石または流木を選択的に捕捉することなく、同時に捕捉すると考えられるためである。

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

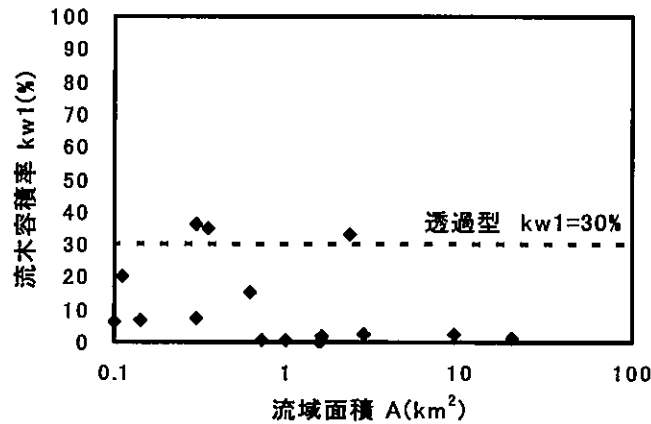


図 2.21 透過型砂防堰堤の流木容積率

(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 2.32 と式 2.33 から求められる値のうち、小さい方の値とする。式 2.32 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 2.33 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。

○不透過型堰堤の計画捕捉流木量

$$X_{w1} = K_{w0} \times X \times (1 - \alpha) \quad \text{式 2.32}$$

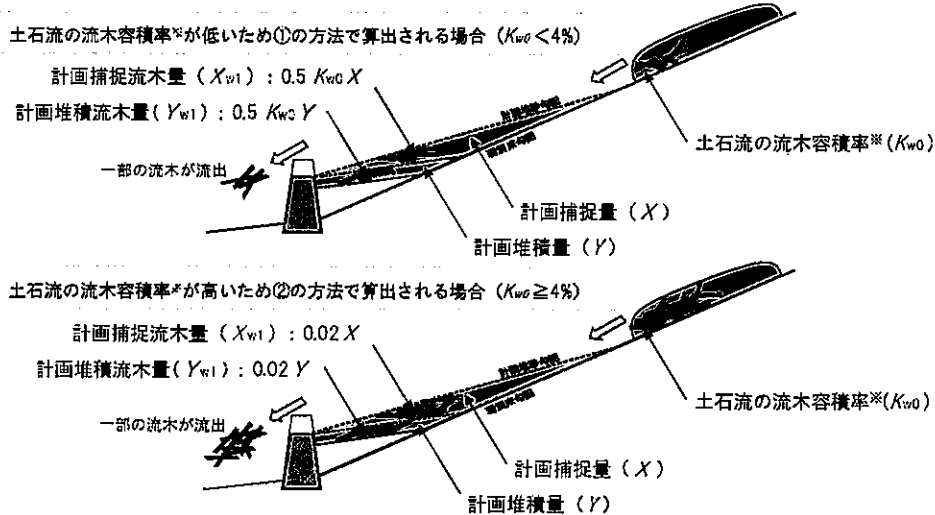
$$X_{w1} = K_{w1} \times X \quad \text{式 2.33}$$

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 (対象溪流において捕捉事例が無い場合は、 $K_{w1}=2\%$ としてよい)。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ものとする。

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。なお、流木の流出は、土石流の流下形態、砂防堰堤周辺の溪床勾配、堆砂地の形状など多くの要因に関係する複雑な現象であることから、メカニズムの解明にはさらなる流木の流出形態に関するデータの蓄積が必要である。

- 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 2.22 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。

流木処理計画は、本堰堤で捕捉することを原則とするが、地形条件等の制限から、副堰堤に流木止めを設置する場合は、式 2.34 により計画捕捉流木量を算出する。

○副堰堤の計画捕捉流木量（副堰堤に流木止めを設置する場合に限る）

$$X_{w2} = A_w \times R_{wa} \quad \text{式 2.34}$$

ここで、

$$X_w = X_{w1} + X_{w2} \quad \text{式 2.35}$$

X_{w2} ：副堰堤の計画捕捉流木量（ m^3 ）

とする。

なお、掃流区間の計画捕捉流木量は、「第3編第2章第5節掃流区間における流木対策施設」（p3-130）に記載する。

参 考

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。

これらにより、計画捕捉流木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。

$$A_w \geq \sum (L_{wa} \times R_{wa})$$

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。

$$V_{wc} \doteq A_w \times R_{wa}$$

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

2.8.3 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」 p47

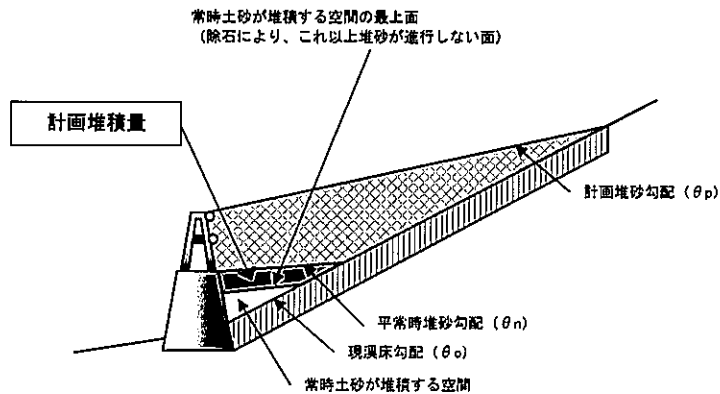
【解説】

計画堆積量は、土石流・流木対策施設によって異なる。不透過型、部分透過型砂防堰堤においては、現溪床勾配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 2.23 に示す灰色部の空間）とする。土石流堆積工においては、本章 3.3.4（p2-70）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本章第4節（p2-73）を参照されたい。

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 2.23 に示す通りである。

○部分透過型の場合



○不透過型の場合

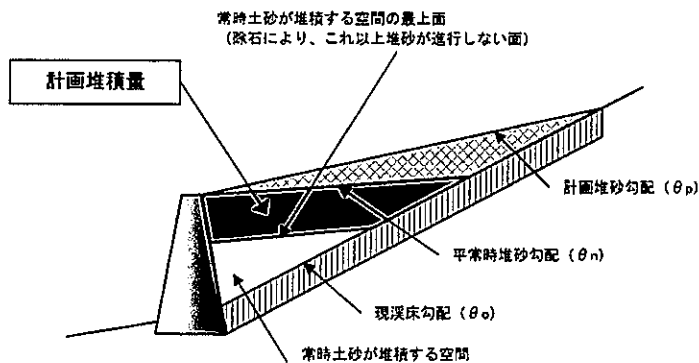


図 2.23 計画堆積量の考え方

2.8.3.1 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p49

【解説】

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 2.23 に示す灰色部の空間）で堆積させる土砂量である。

2.8.3.2 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p50

【解説】

計画堆積流木量を求める方法は、基本的には本章 2.8.2.2 (p2-42) の計画捕捉流木量を求める方法と同一である。具体的には以下のとおりとする。

(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 2.36 により算出する。

○部分透過型砂防堰堤の計画堆積流木量

$$Y_w = K_{w1} \times Y \quad \text{式 2.36}$$

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} の値について r は 2.8.2.2 (p2-42) の計画捕捉流木量に準じるものとする。

(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、本章 2.8.2.2 (p2-42) の計画捕捉流木量と同様に式 2.37 と式 2.38 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。

$$Y_{w1} = K_{w0} \times Y \times (1 - \alpha) \quad \text{式 2.37}$$

$$Y_{w1} = K_{w1} \times Y \quad \text{式 2.38}$$

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)、 α ：本堰堤からの流木の流出率、 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_{w1} ：計画堆積量に対する流木容積率である。 K_{w1} ：計画堆積量に対する

流木容積率である。 α と K_{w1} の値については本章2.8.2.2(p2-42)の計画捕捉流木量に準じるものとする。

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

2.8.4 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p52

【解説】

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

2.8.4.1 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p53

【解説】

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 2.24～図 2.25 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。

○土石流抑制工の場合

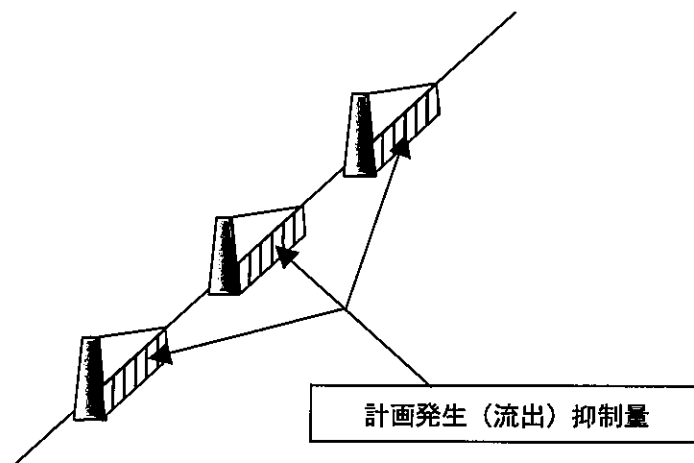
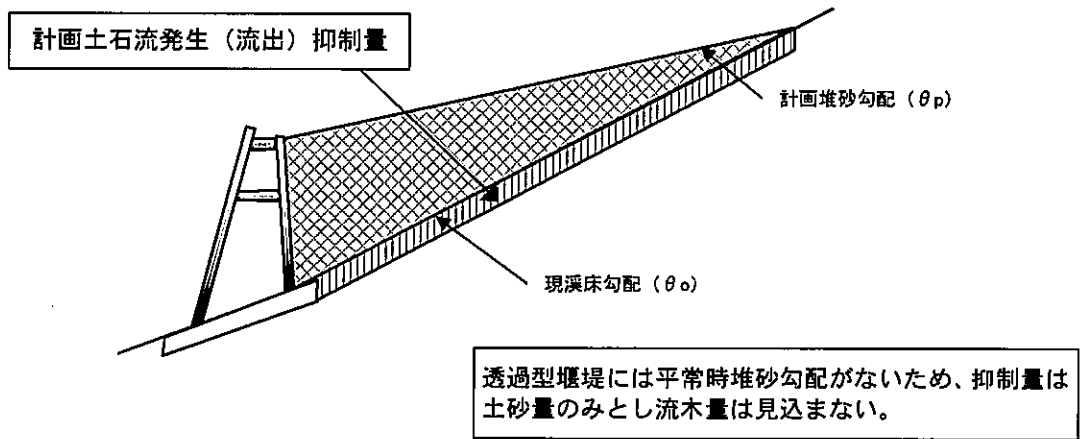


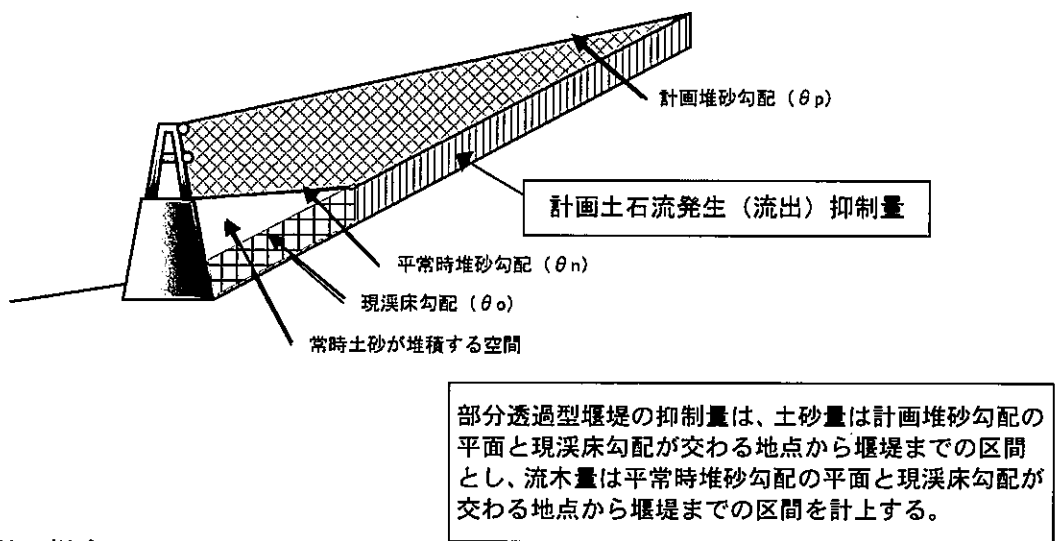
図 2.24 計画土石流発生（流出）抑制量の考え方（土石流抑制工）

土石流・流木捕捉工の場合

○透過型の場合



○部分透過型の場合



○不透過型の場合

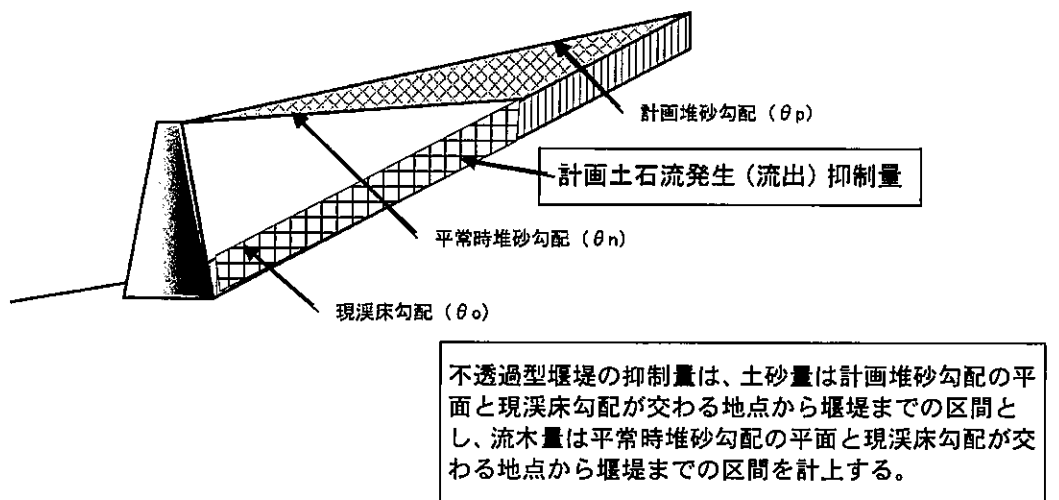


図 2.25 計画土石流発生（流出）抑制量の考え方（土石流・流木捕捉工）

2.8.4.2 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p55

【解説】

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勾配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。

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。

第3節 土石流・流木対策施設配置計画

3.1 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」 p56

【解説】

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章における用語の対比表を表 2.8 に示す。

表 2.8 本章で用いる土石流・流木対策施設の種類
【河川砂防技術基準計画編施設配置等計画編との用語の対比】

本章		河川砂防技術基準 計画編 施設配置等計画編
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
	溪床堆積土砂移動防止工	砂防堰堤、床固工、帯工、護岸工、溪流保全工、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

3.2 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」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、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）、火山山麓と同じであるが、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が異なる。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は、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。

3.3 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」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。

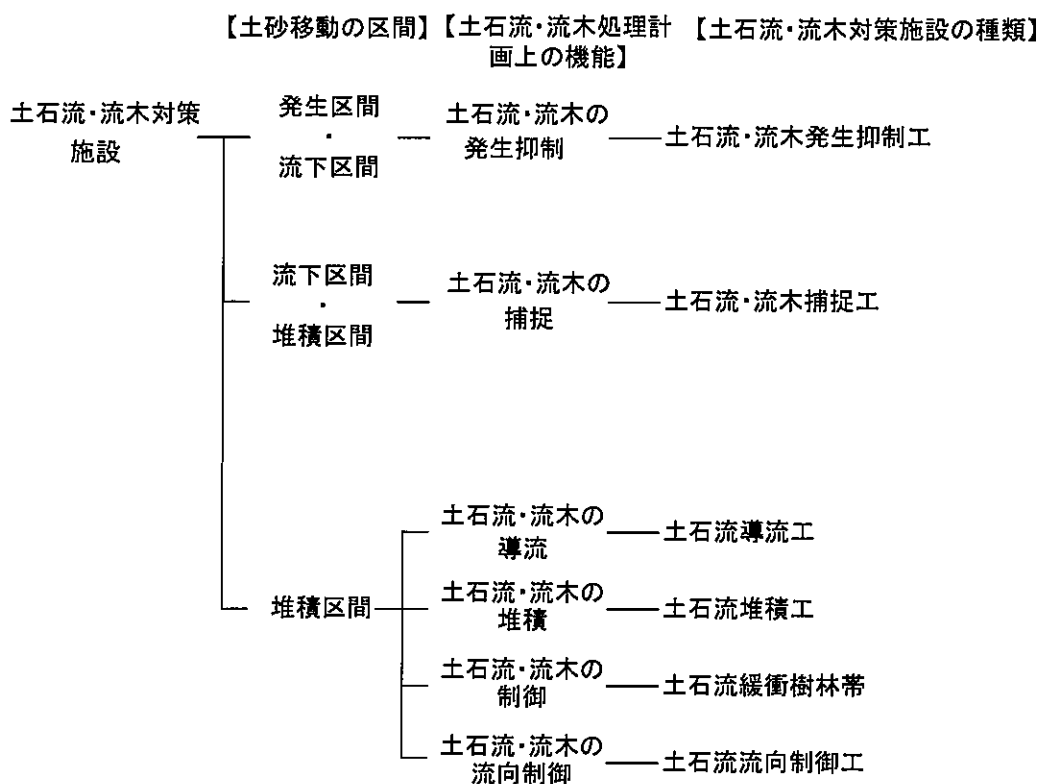


図 2.26 土石流・流木対策施設の種類の種類

3.3.1 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」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・流木捕捉工と考え、砂防堰堤以外の土石流・流木捕捉工に本章を準用することを妨げない。

主な土石流捕捉工の分類を図 2.27 に示す。

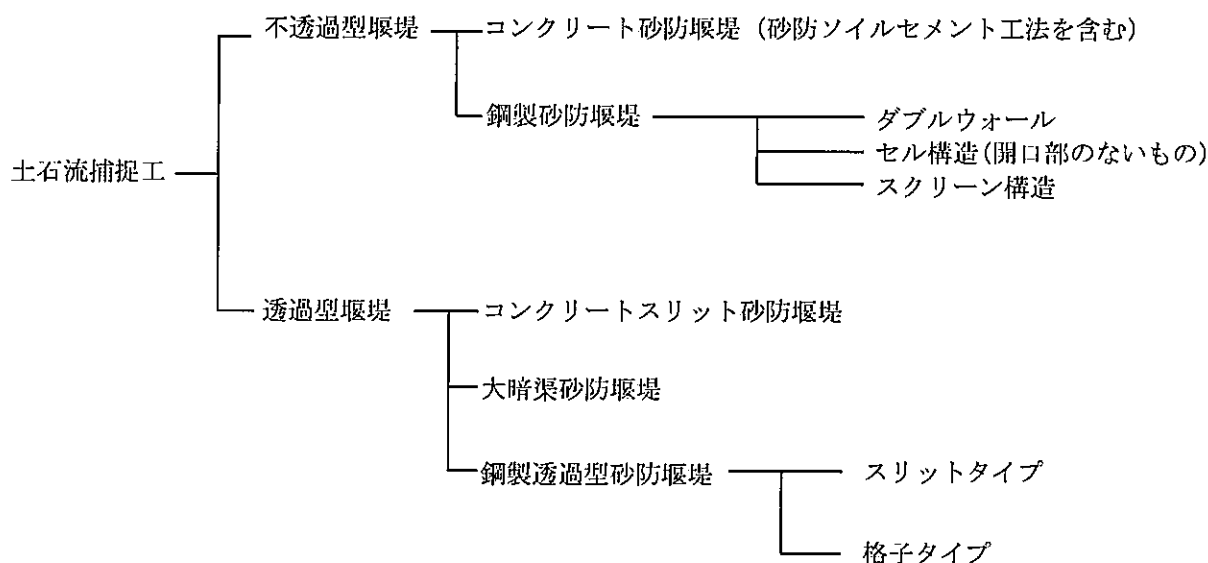


図 2.27 土石流捕捉工の分類

第2編 計画編 第2章 土石流・流木対策計画 第3節 土石流・流木対策施設配置計画

土石流・流木捕捉工は、土石流・流木対策施設設計技術指針解説に示した諸条件を満たし、施設の機能を十分に発揮できるよう計画する。なお、最下流施設として設置する場合も形式に関わらず採用可能であるが、計画地点における地形条件や土石流の流下形態、保全対象等を考慮し、適切な形式を選定し、かつ安全な構造とする必要がある。

なお鋼製砂防構造物の種類の選定に際しては、第6編 参考資料編 第3章 第1節(p6-66)を参考にするものとする。

＜参考＞ 土石流の尾根越えに関する留意事項

砂防堰堤を計画する位置は、土砂処理方針、地形状況、溪流特性等を総合的に判断して、決定するが、堰堤計画地点が谷出口部付近であり、尾根と河床との比高が小さい場合は、計画規模の土石流が発生した場合、隣接する溪流に尾根を越えて土石流が尾根越えする可能性がある。

堰堤計画地点の選定にあたっては、地形測量データ、現地調査結果を整理した上で、必要に応じて土石流の尾根越えに関する危険性を検討しておくものとする。

土石流の尾根越えに関する調査要領については、「平成29年8月6日付事務連絡 火山地域で発生する土石流が尾根を乗り越える危険に関する調査要領[試行案]（国土交通省砂防部砂防計画課）」が参考になる。

＜参考＞ 流木対策における既設砂防堰堤の有効活用に関する具体的手法について

既設砂防堰堤の有効活用については、流木の捕捉効果を高めるための透過型砂防堰堤への改良や、前提保護工に流木捕捉工の設置を行うことにより、積極的に進めることとする。

既存砂防堰堤を透過型砂防堰堤へ改良する場合は、既存砂防堰堤を切欠くか、または嵩上げし、鋼管等の透過構造部材を設置することを基本とする。

一方、現場状況等により、上記のような既存砂防堰堤を切欠くか嵩上げすることが困難な場合や、前提保護工への流木捕捉工の設置では必要な流木捕捉量が確保できない場合がある。このような場合は、既設の不透過型砂防堰堤の水通しに流木を捕捉するための付属施設を設置して流木捕捉効果を高めることとする。

その際の、計画及び設計の考え方は、「平成29年10月20日付事務連絡 既設の不透過型砂防堰堤の水通しに流木を捕捉するための付属施設を設置する場合の計画及び設計の考え方（国土交通省砂防部砂防計画課）」が参考になる。

3.3.1.1 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、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・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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」 p60

【解説】

砂防堰堤が有する計画で扱う土砂量等は図 2.28～図 2.31 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。

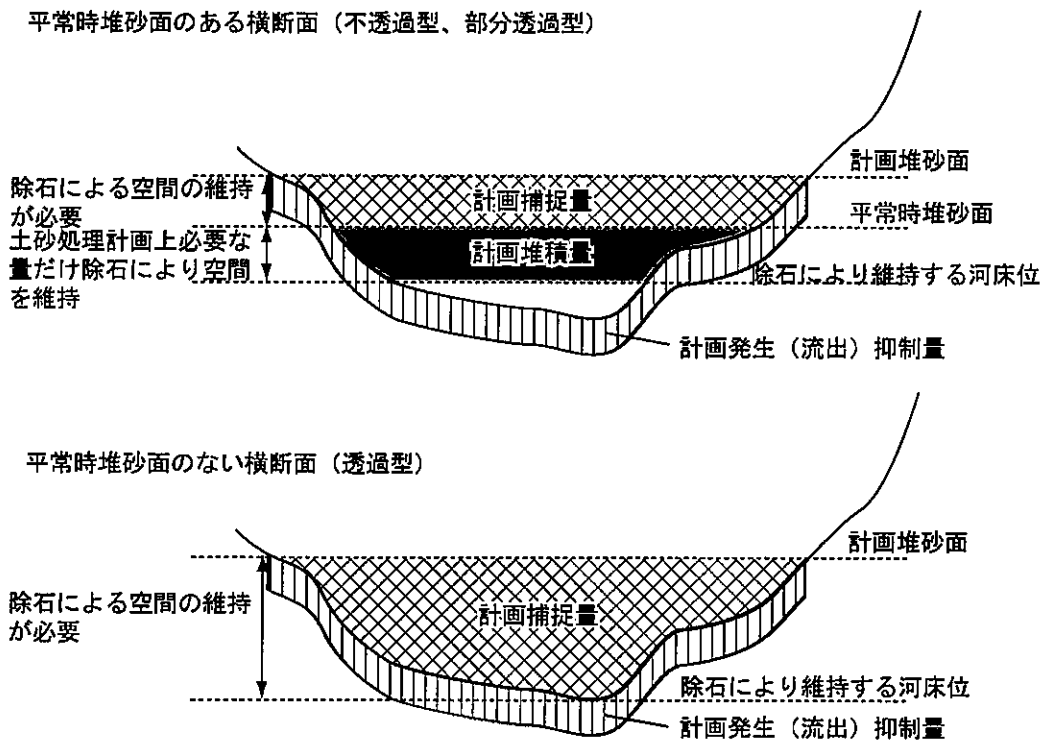


図 2.28 砂防堰堤の型式別の計画で扱う土砂・流木量等

○透過型

$$F_s = \frac{C+B}{Q-E} \cdot 100\%$$

- F_s: 土砂整備率
- Q: 計画流出土砂量
- C: 計画捕捉土砂量
- B: 計画土石流発生抑制量
- E: 計画流下許容土砂量 (E=0)

$$F_r = \frac{V_r+B_r}{V} \cdot 100\%$$

- F_r: 流木整備率
- V: 計画流出流木量
- V_r: 計画捕捉流木量
- B_r: 計画流木発生抑制量

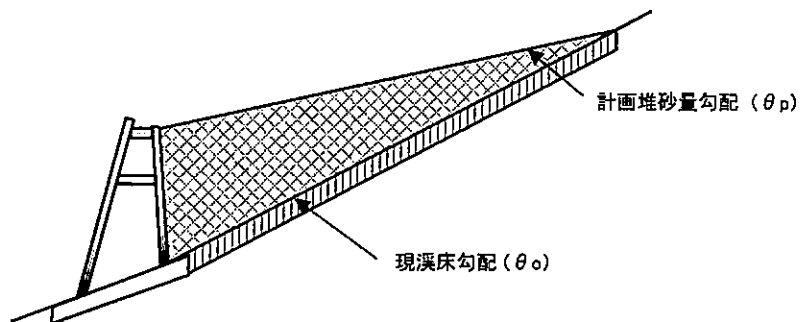


図 2.29 砂防堰堤の型式別の計画で扱う土砂量等

○部分透過型

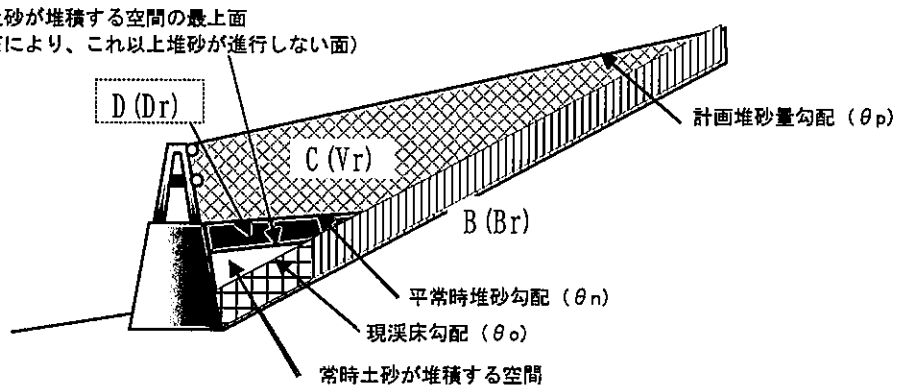
(計画堆積量を確保する場合〔常時土砂が堆積する空間がある場合〕)

$$F_s = \frac{C+B+D}{Q-E} \cdot 100\%$$

- F_s: 土砂整備率
- Q: 計画流出土砂量
- C: 計画捕捉土砂量
- B: 計画土石流発生抑制量
- D: 計画堆積土砂量
- E: 計画流下許容土砂量 (E=0)

$$F_r = \frac{V_r+B_r+D_r}{V} \cdot 100\%$$

- F_r: 流木整備率
- V: 計画流出流木量
- V_r: 計画捕捉流木量
- B_r: 計画流木発生抑制量
- D_r: 計画堆積流木量



(土砂の堆積空間において除石をしない場合)

$$F_s = \frac{C+B+D}{Q-E} \cdot 100\%$$

- F_s: 土砂整備率
- Q: 計画流出土砂量
- C: 計画捕捉土砂量
- B: 計画土石流発生抑制量
- D: 計画堆積土砂量 (D=0)
- E: 計画流下許容土砂量 (E=0)

$$F_r = \frac{V_r+B_r+D_r}{V} \cdot 100\%$$

- F_r: 流木整備率
- V: 計画流出流木量
- V_r: 計画捕捉流木量
- B_r: 計画流木発生抑制量
- D_r: 計画堆積流木量 (D_r=0)

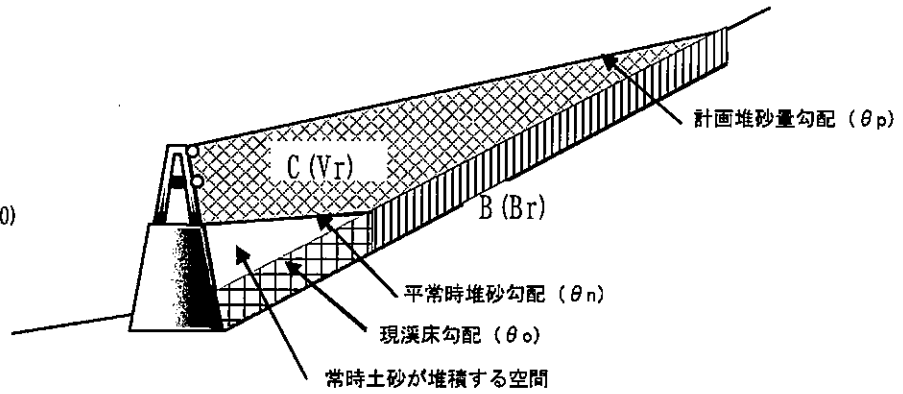


図 2.30 砂防えん堤の型式別の計画で扱う土砂量等

○不透過型

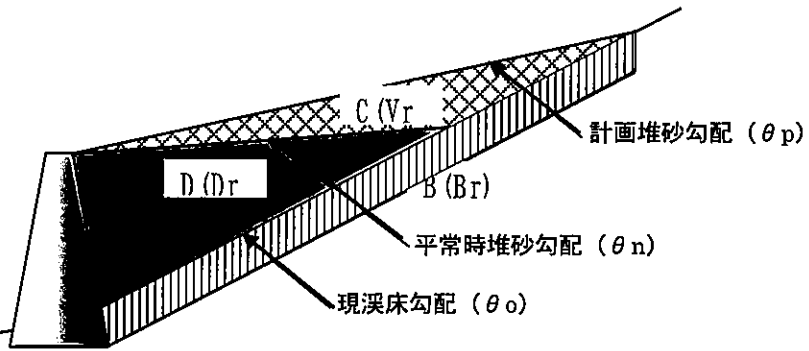
(土砂の堆積空間において除石により計画捕捉量及び計画堆積量の空間を確保できる場合)

$$F_s = \frac{C+B+D}{Q-E} \cdot 100\%$$

- F_s : 土砂整備率
- Q : 計画流出土砂量
- C : 計画捕捉土砂量
- B : 計画土石流発生抑制量
- D : 計画堆積土砂量
- E : 計画流下許容土砂量 (E=0)

$$F_r = \frac{V_r+B_r+D_r}{V} \cdot 100\%$$

- F_r : 流木整備率
- V : 計画流出流木量
- V_r : 計画捕捉流木量
- B_r : 計画流木発生抑制量
- D_r : 計画堆積流木量



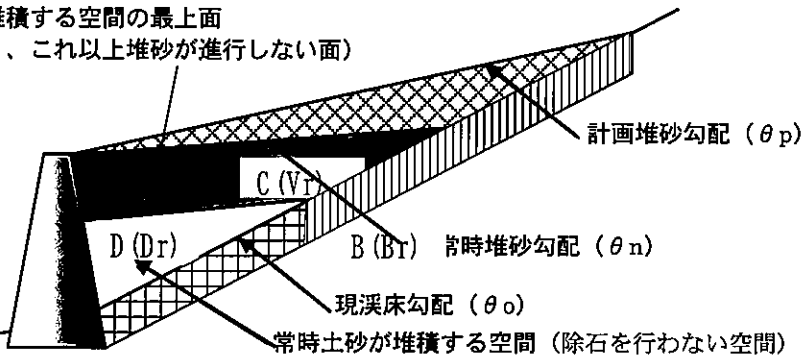
(土砂の堆積空間において除石により計画捕捉量及び計画堆積量の一部の空間を確保できる場合)

$$F_s = \frac{C+B+D}{Q-E} \cdot 100\%$$

- F_s : 土砂整備率
- Q : 計画流出土砂量
- C : 計画捕捉土砂量
- B : 計画土石流発生抑制量
- D : 計画堆積土砂量
- E : 計画流下許容土砂量 (E=0)

$$F_r = \frac{V_r+B_r+D_r}{V} \cdot 100\%$$

- F_r : 流木整備率
- V : 計画流出流木量
- V_r : 計画捕捉流木量
- B_r : 計画流木発生抑制量
- D_r : 計画堆積流木量



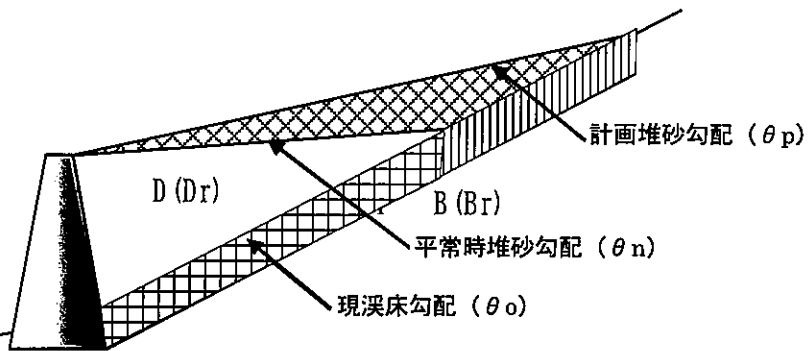
(土砂の堆積空間において除石をしない場合)

$$F_s = \frac{C+B+D}{Q-E} \cdot 100\%$$

- F_s : 土砂整備率
- Q : 計画流出土砂量
- C : 計画捕捉土砂量
- B : 計画土石流発生抑制量
- D : 計画堆積土砂量 (D=0)
- E : 計画流下許容土砂量 (E=0)

$$F_r = \frac{V_r+B_r+D_r}{V} \cdot 100\%$$

- F_r : 流木整備率
- V : 計画流出流木量
- V_r : 計画捕捉流木量
- B_r : 計画流木発生抑制量
- D_r : 計画堆積流木量 (D_r=0)



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 (土砂量のみ)
	: 計画土石流発生 (流出) 抑制量 (土砂量+流木量)
	: 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 2.31 砂防堰堤の型式別の計画で扱う土砂量等

3.3.1.2 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すべ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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p63

【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、形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、徐石（流木の除去を含む）計画については、第5節 除石（流木の除去を含む）計画を参照する。

(1) 位置

1) 一般

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

【解説】

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

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

この際、浸透水のパイピング現象による水叩きの破壊、副堤垂直壁直下流の洗掘などを十分考慮して計画する必要がある。

2) 位置選定

堰堤を計画する場合、流域の土石流・流木処理計画を合理的かつ効果的に進められるよう、堰堤の位置を選定する。

【解説】

保全対象との距離や基準点下流の整備状況等を考慮した上で、できる限り計画基準点に近い下流側を堰堤位置として選定する。

また、土石流危険渓流の場合、1基の堰堤で土砂・流木整備率を100%とする位置が最適であるが、地形条件や計画流出量が大きき場合は、2基以上の施設による整備が必要となる。そのような場合は、各堰堤が効率よく流域の土砂を整備することができる位置を選定することが重要である。

3) 透過型堰堤を連続して配置する場合

透過型堰堤を連続して配置する場合は、各々の透過型堰堤が土石流・流木により確実に閉塞する必要がある。

【解説】

透過型堰堤を連続して配置する場合は、上流側堰堤の透過部による礫径調整効果により、土石流に含まれる礫径が小さくなり、下流側堰堤の透過部が閉塞しない可能性がある。

そこで、以下に示すような項目等を整理した上で、各々の透過型堰堤が土石流・流木により確実に閉塞するかを判断する必要がある。

- ・ 各堰堤位置において超過土砂の発生の有無を整理し、下流側の透過型堰堤において閉塞による土砂の捕捉機能が保持されるか検討する。
- ・ 上流側～下流側の堰堤間において、溪床土砂の堆積状況、支川等からの土砂流出の有無やその供給量、礫径分布状況の変化等を現地調査から把握する。
- ・ 溪床勾配の緩和に伴う、土砂移動形態の変化の可能性を現況溪床勾配、計画堆砂勾配を縦断図等に整理した上で検討する。
- ・ 当該渓流の最下流砂防堰堤の構造型式(透過型・不透過型)と堆砂状況、除石計画等を整理する。

<参考> 土石流の土砂濃度低下に関する留意点

土石流の土砂濃度は河床勾配に大きく支配されるため、溪床勾配が緩い区間では、土石流濃度は低くなる。

したがって、透過型堰堤上流に治山堰堤が連続して整備されている場合等、土石流発生・流下区間であっても、土石流の流下形態が変化し、土砂濃度が低下することで透過部が確実に閉塞しない可能性も考えられる点に留意する。

(2) 方 向

1) 堰堤の方向

堰堤の水通しを越流する水流は、一般的に水通し天端下流端の線すなわち、堰堤軸に直角に落下するため、堰堤の方向は水通し中心点において計画箇所下流の流水線に直角に定めることを原則とする。

【解 説】

堰堤の水通しを越流する水流は、水通し天端下流端の線、すなわち、堰堤の方向線に直角に落下する。

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

堰堤の計画箇所が、例えば兩岸の岩盤の関係、あるいは堰堤長との関係などで堰堤の方向を下流の流心に直角に定め難く、かつ、潜り堰となることのない場合には、副堤を計画し、副堤の方向を下流の流心線に直角に定めればよい。この際、本堰堤の基礎に岩盤があっても副堤による方向修正の必要がある場合が多い。

なお、土石流区間の湾曲部に不透過型砂防堰堤を配置せざるを得ない場合、堰堤軸を下流の流路に直角方向に設定すると、上流の流路から偏心する可能性があるので留意する。

上流側の流路から著しく偏心するような堰堤位置を選定しないことが重要であるが、土砂流出特性、土砂処理方針、地形等の条件から、上流側の流路から偏心した位置に配置せざるを得ない場合は、土石流が水通しに向かわず、偏流が袖部を乗り越える可能性もあるので、この点に留意した設計を行うことが望ましい。

また、落水方向が保全対象に向かないよう配慮することも重要である。

透過型堰堤においても下流河道に対して概ね直角が望ましいが、捕捉機能から上流に対してもできるだけ偏心しないよう考慮する。

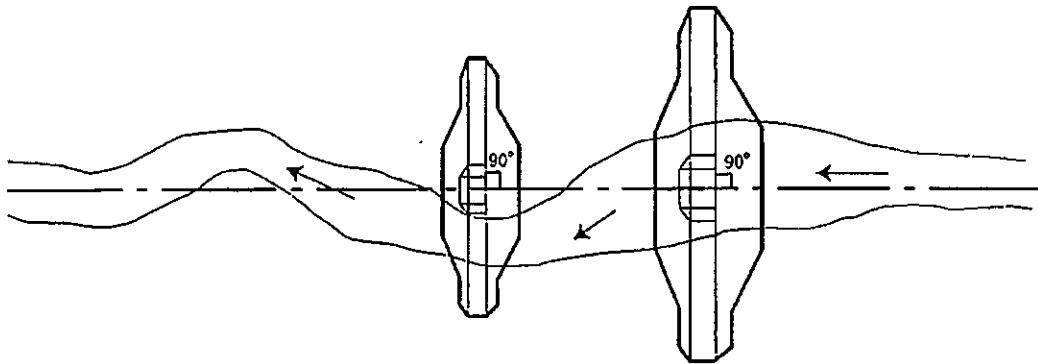


図 2.32 主堰堤・副堤の方向

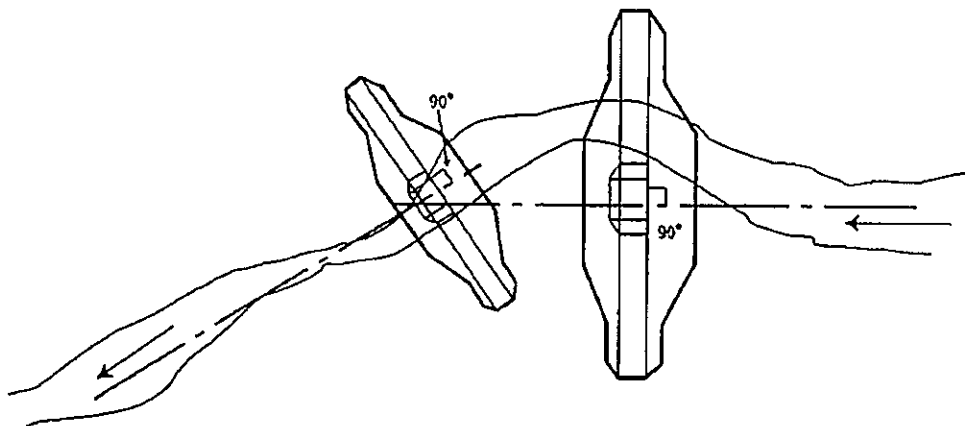


図 2.33 副堤による流下方向の修正

2) 階段状堰堤の方向

階段状の堰堤群における各堰堤の方向は、原則として各堰堤の水通しの中心点（水通し天端の下流端）において、計画箇所下流の流心線に直角に定めるものとし、各堰堤の水通しの中心点は直上流堰堤の水通しの中心点における流水線上に定めるものとする。

3.3.1.3 透過型・部分透過型砂防堰堤の種類と配置

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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p64

【解説】

(1) 透過型及び部分透過型砂防堰堤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。

（ただし、現溪床勾配が2度程度の緩い区間に設置する場合、土石流の土砂濃度が低くなり土石流ピーク流量の低減効果が急激に減少するため、設置には現地条件、土石流の流下形態等を十分に留意した上で計画する必要がある。）

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。

(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砂防堰堤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の砂防堰堤を配置するときは、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、複数基の透過型砂防堰堤を配置する場合には、上流側の透過型砂防堰堤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、不透過型砂防堰堤同様、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。

＜参考＞ 部分透過型砂防堰堤を選定する場合の留意点

部分透過型砂防堰堤は、不透過部は不透過型堰堤と同様に、平常時の土砂堆積による溪岸侵食の抑制効果、堆砂域に存在する小規模な崩壊箇所の下端部の固定効果を期待する場合に効果的である。

また、透過構造を持つことから効率的な土石流・流木の捕捉が期待できるため、計画する溪流の土砂生産・流出特性によっては効果的な場合がある。

その一方、平常時の土砂により不透過部が満砂状態になった場合、上流からの流出土砂および流木の捕捉は透過部のみで行うため、透過型砂防堰堤に比較すると施設規模が大きくなる。

したがって、最大礫径が透過部の閉塞に対して必要十分な大きさがある場合に、部分透過型砂防堰堤を選定する際は、上述した特性が十分発揮されることが重要である。

また、部分透過型砂防堰堤の不透過部の高さは、平常時の堆砂範囲が溪岸侵食箇所、崩壊箇所を適切に固定するよう設定し、できる限り透過部の高さを確保して施設規模の縮小と整備の効率化を図るものとする。

なお、最大礫径が小さい等の理由により、透過型砂防堰堤の採用が困難であり、なお且つ流出流木量が大量にある等、前庭保護工への流木対策施設設置では対応困難な場合は、前庭保護工の拡幅等も考慮した上で、不透過部で土砂を捕捉（除石管理）し、透過部で流木を捕捉する部分透過型砂防堰堤の配置が考えられる。

そのような場合については、本章 2.8.2.2 (p2-42) を参照して適切に施設効果量を算定する必要がある。

3.3.2 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」 p66

【解説】

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

3.3.2.1 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」 p67

【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。

3.3.2.2 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p68

【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。

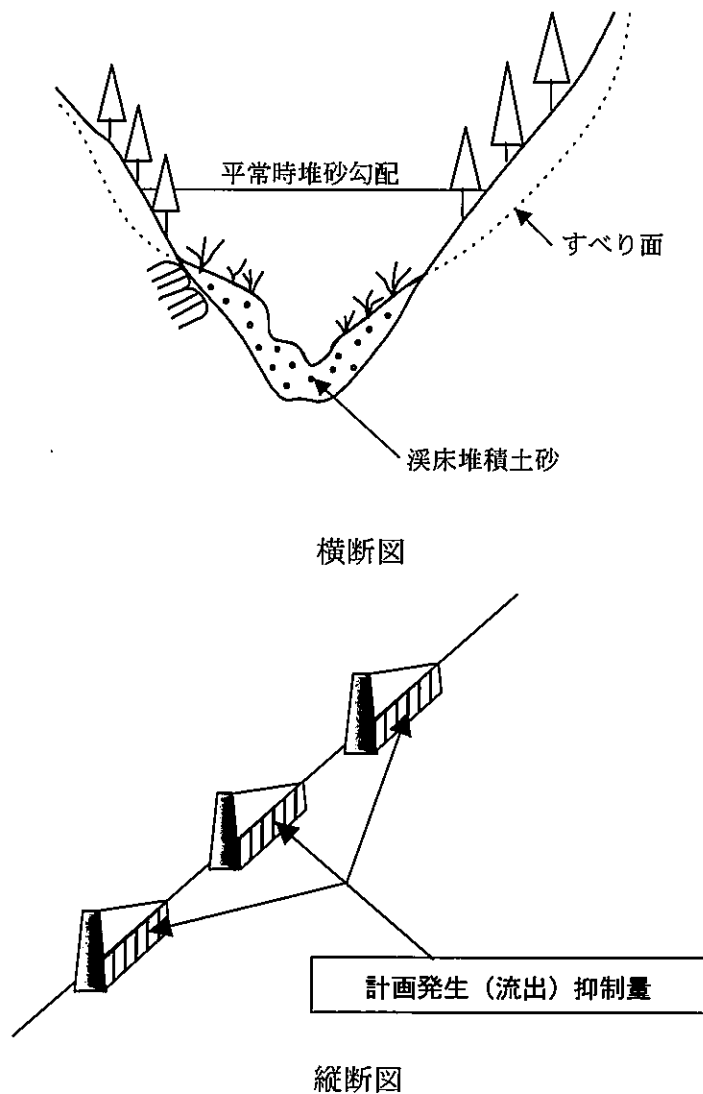


図 2.34 溪床堆積土砂移動防止工の計画で扱う土砂・流木量等のイメージ

3.3.3 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」 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。

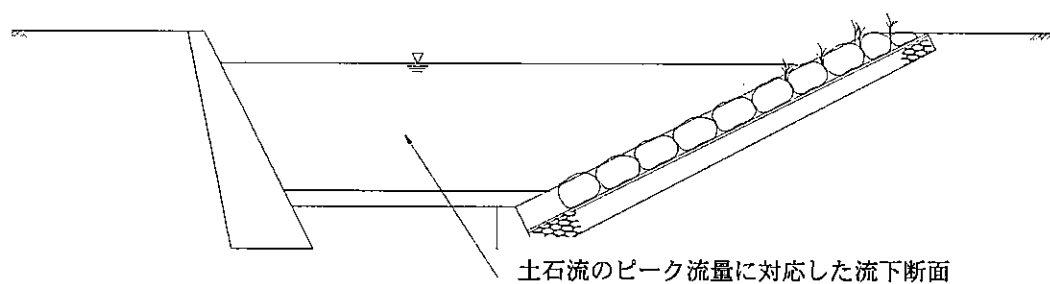


図 2.35 土石流導流工

3.3.4 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p70

【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。

(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。

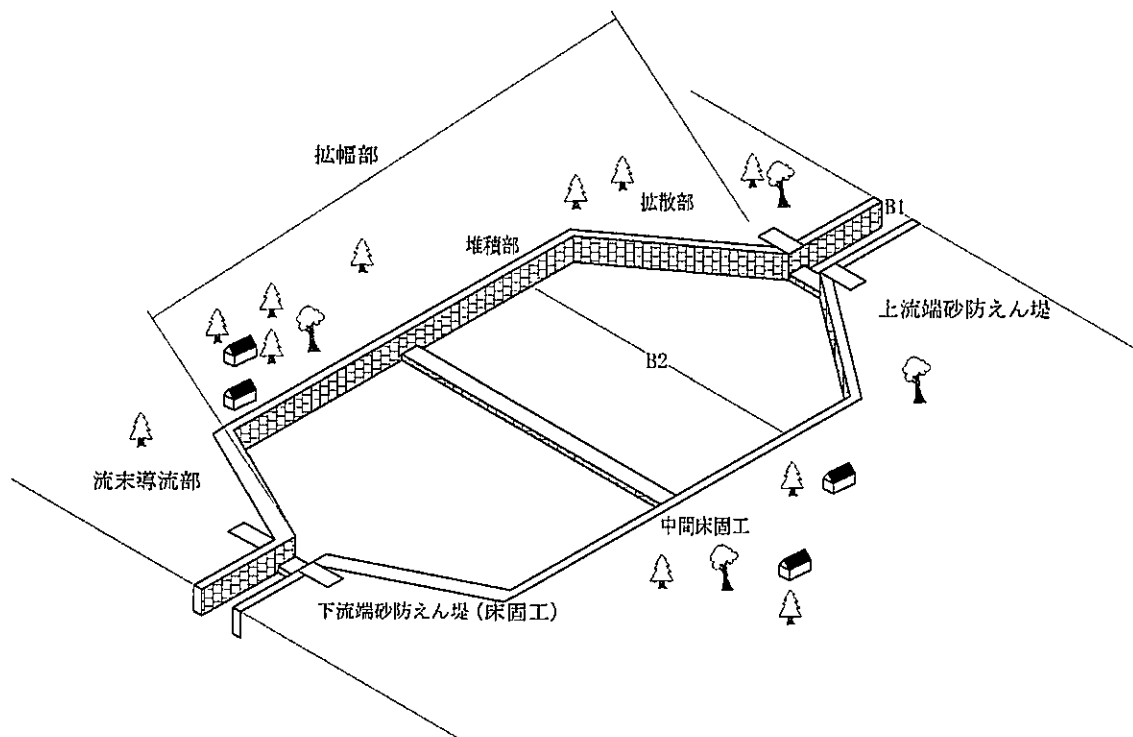


図 2.36 土石流分散堆積地

(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・流木処理計画上必要となる計画堆積量を堆積させることのできる空間を確保するものである。

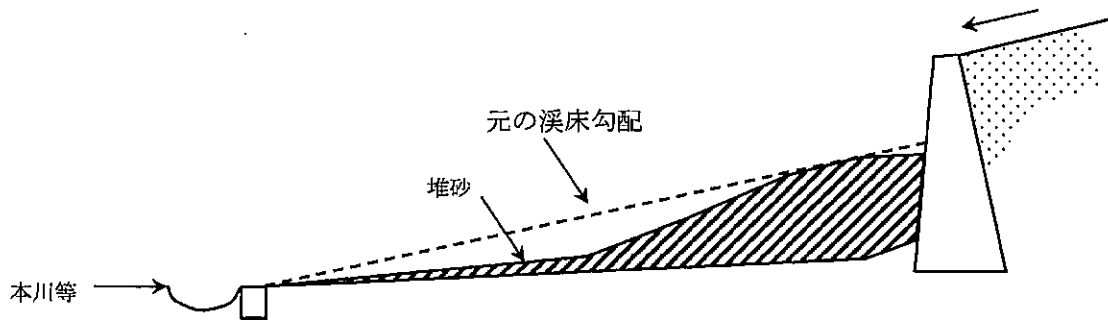


図 2.37 土石流堆積流路

3.3.5 土石流緩衝樹林帯

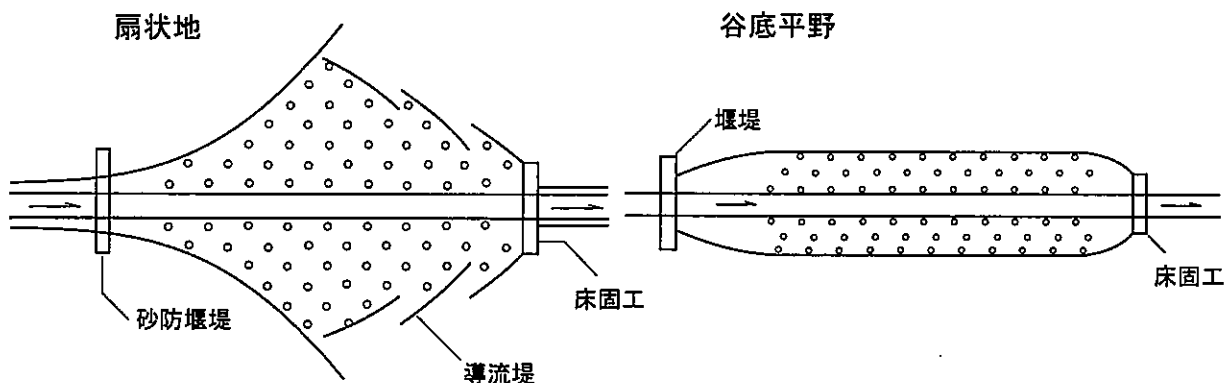
土石流緩衝樹林帯は、土石流の流速を低減させて堆積させるための土石流・流木対策施設である。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p72

【解説】

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

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



平面図

図 2.38 土石流緩衝樹林

3.3.6 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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」 p73

【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。

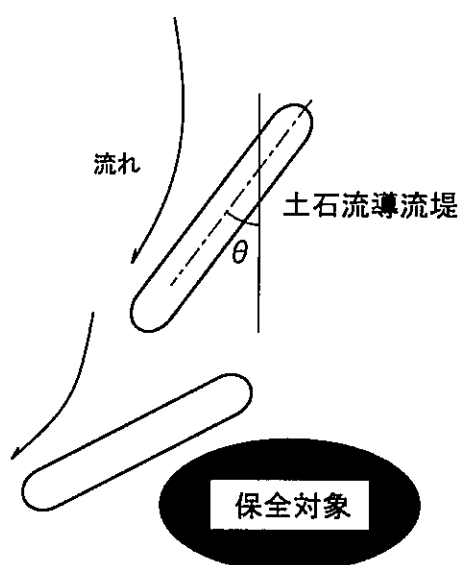


図 2.39 土石流導流堤の法線

第4節 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・流木処理計画上、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。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策計画編）及び同解説」 p. 72

【解説】

土石流・流木処理計画上、除石が必要となる場合は、搬出路の敷設等土砂及び流木の搬出方法や搬出土の受入先、除石（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時に実施する「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）」がある。その基本的な考え方は、以下に示すとおりである。

(1) 緊急除石（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。（部分透過型及び不透過型砂防堰堤を対象とする）

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

滋賀県においては、施設計画上、除石を行う必要がある場合は、長期的な土捨て場の確保や適正な除石管理計画を作成する必要がある。

1) 土捨て場の確保

計画箇所周辺に除石した土砂（流木を含む）の土捨て場として適した場所が存在し、長期的な土捨て場の確保が可能かどうか検討する。

2) 管理用道路・除石工用道路

管理用道路、除石工用道路を計画する。なお、除石工用道路は安全に除石作業ができるよう設置する。

3) 管理調査頻度の設定

現地状況、周辺の土砂流出状況等を勘案して、除石管理のための調査頻度を設定する。なお、大きな出水がある場合など臨時調査の実施条件等も合わせて設定することが望ましい。

また、管理調査頻度については、経年的な堆積状況を整理し適宜見直しが必要である。

4) 除石管理ラインの設定方法

除石管理ラインは、その高さを堆砂高が越えた場合、除石を開始する除石管理上限ライン（除石開始）と除石時にどこまで掘り下げるかを規定する除石管理下限ライン（掘削高）からなる。（図 2.40 参照）

除石管理上限ラインは、除石量と管理上限ラインより上部で見込まれる「計画発生・流出抑制量と計画捕捉量」と除石により確保する「計画堆積量」の合計が、土砂処理計画上の施設効果量を 100% となるよう設定する必要がある。

その際、堰堤に堆積した土砂の掘削方法、掘削勾配や地山の勾配などを考慮して、現実的な「計画堆積量」の確保に努める必要がある。

また、除石管理型の砂防堰堤を計画する場合は、除石管理下限ラインの設定を踏まえた暗渠位置の設定、点検等が容易となるよう付帯構造物の設計を行うことが重要である。特に、点検時に除石管理上限ラインを堆砂高が越えているかを容易に確認できるよう、上流面の数か所（左右岸非越流部と越流部）に堆砂高を目視するための目盛標を設置するものとする。

なお、除石開始のタイミングは、堤体部に設定した除石管理ラインを堆砂高が越えたことを確認した時点とし、除石管理下限ラインまで除石する。この場合、平常時堆砂勾配なりに掘削するのは困難となる場合は、縦断方向の管理線はレベル（水平）としても良い。

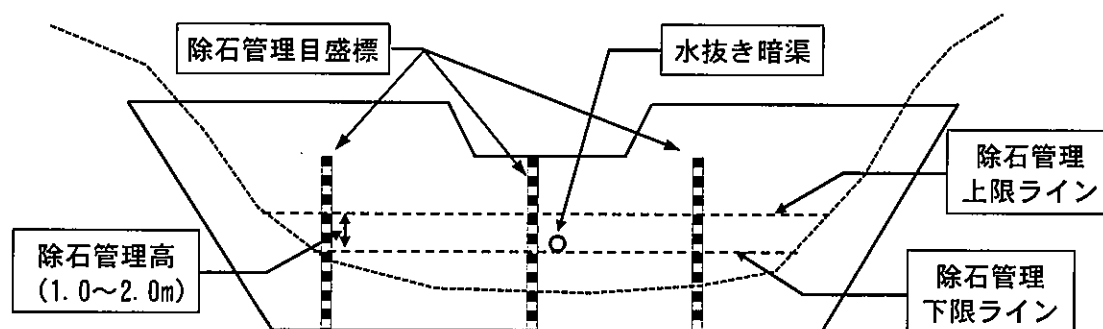


図 2.40 除石管理上限ラインと下限ライン

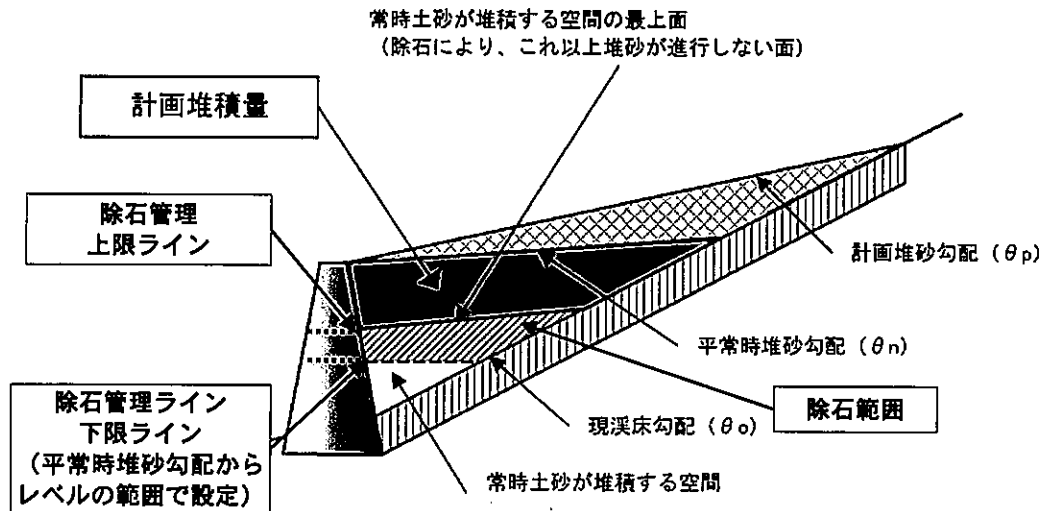


図 2.41 除石管理ラインの設定イメージ

5) 除石頻度の設定

除石の頻度は、周辺地域の土砂流出状況などを勘案して除石頻度を設定することが望ましいが、周辺地域の流出土砂量の把握が難しい場合は、下表を参考として設定してもよい。
 なお、管理調査の結果もとに除石頻度の目安を適宜見直すことが必要である。

表 2.9 年間流出土砂量の目安

地表の状態	1ヘクタールあたりの流出土砂量(立方メートル/年)
裸地	200～400
草地	15
建築物・アスファルト舗装	1.5
林地	1

「滋賀県林地開発審査基準」

6) 除石管理計画の作成


土捨て場、除石工事用（管理用）道路、管理調査、除石頻度等の除石管理を行う上で必要な項目を整理し、除石管理計画を作成する。

また、管理調査時には除石管理記録を残し、経年的な管理の維持または、除石管理計画の見直し等の基礎資料とする。

調査記録の項目として、調査日時（調査履歴含む）、位置図、堰堤諸元、貯砂容量、現況堆砂量、空き容量、現況堆砂状況写真等が挙げられる。

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。

除石管理調査票1(案)

管理番号	平成 年 月 日	えん堤名	点検者氏名
点検年月日	平成 年 月 日	時間	天候
渓流名(番号)	番 号	①位置図 (S=1:25000)	
位置	位置		
水系名			
ダム型式			
ダム高	m		
有効高	m		
堤長	m		
現況勾配			
平常時堆砂勾配			
貯砂容量	m ³		
計画堆積量 (除石対象)	m ³		
常時堆積量	m ³	②詳細平面図 (S=1:500)	
調査所見・特記事項	[点検結果] (堆積状況、変状の有無、特記事項等)		
えん堤諸元		除石の要否	要・否
土砂量			