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

（令和７年３月一部改定版）

国土交通省 国土技術政策総合研究所

土砂災害研究部 砂防研究室

目次

1.指針の目的 1
2.指針の内容 2
3.指針の適用 3
第 1 節 総　　説 4
第 2 節 土石流・流木対策計画の基本的事項 6
2.1 計画策定の基本方針 6
2.2 保全対象 7
2.3 計画規模 8
2.4 計画基準点等 9
2.5 計画で扱う土砂・流木量等 10
2.5.1 計画流出量 11
2.5.1.1 計画流出土砂量 11
2.5.1.2 計画流出流木量 12
2.5.2 計画流下許容量 13
2.5.2.1 計画流下許容土砂量 13
2.5.2.2 計画流下許容流木量 13
2.5.3 計画基準点における土石流ピーク流量 13
2.6 土砂・流木量等の調査・算出方法 14
2.6.1 計画流出土砂量の算出方法 14
2.6.2 計画流出流木量の算出方法 20
2.6.3 土石流ピーク流量の算出方法 25
2.6.4 清水の対象流量の算出方法 29
2.6.5 土石流の流速と水深の算出方法 30
2.6.6 土石流の単位体積重量の算出方法 33
2.6.7 土石流流体力の算出方法 34
2.6.8 最大礫径の算出方法 35
2.6.9 流木の最大長、最大直径の算出方法 37
2.6.10 流木の平均長、平均直径の算出方法 38
第 3 節 土石流・流木処理計画 39
3.1 土石流・流木処理計画の策定の基本 40
3.2 計画捕捉量 41
3.2.1 計画捕捉土砂量 43
3.2.2 計画捕捉流木量 44
3.3 計画堆積量 48
3.3.1 計画堆積土砂量 50
3.3.2 計画堆積流木量 51
3.4 計画発生（流出）抑制量 53
3.4.1 計画土石流発生（流出）抑制量 54
3.4.2 計画流木発生抑制量 56
第 4 節 土石流・流木対策施設配置計画 57
4.1 総説 57
4.2 土石流・流木対策施設の配置の基本方針 58
4.3 土石流・流木対策施設の機能と配置 59
4.3.1 土石流・流木捕捉工 60
4.3.1.1 砂防堰堤の型式と計画で扱う土砂・流木量等 61
4.3.1.2 砂防堰堤の型式の選定（透過型・部分透過型・不透過型） 64
4.3.1.3 透過型・部分透過型の種類と配置 65
4.3.2 土石流・流木発生抑制工 67

4.3.2.1 土石流・流木発生抑制山腹工 68
4.3.2.2 渓床堆積土砂移動防止工 69
4.3.3 土石流導流工 70
4.3.4 土石流堆積工 71
4.3.5 土石流緩衝樹林帯 73
4.3.6 土石流流向制御工 74
第 5 節 除石（流木の除去を含む）計画 75

総　　則

１．指針の目的

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。

２．指針の内容

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。

３．指針の適用

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。

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。

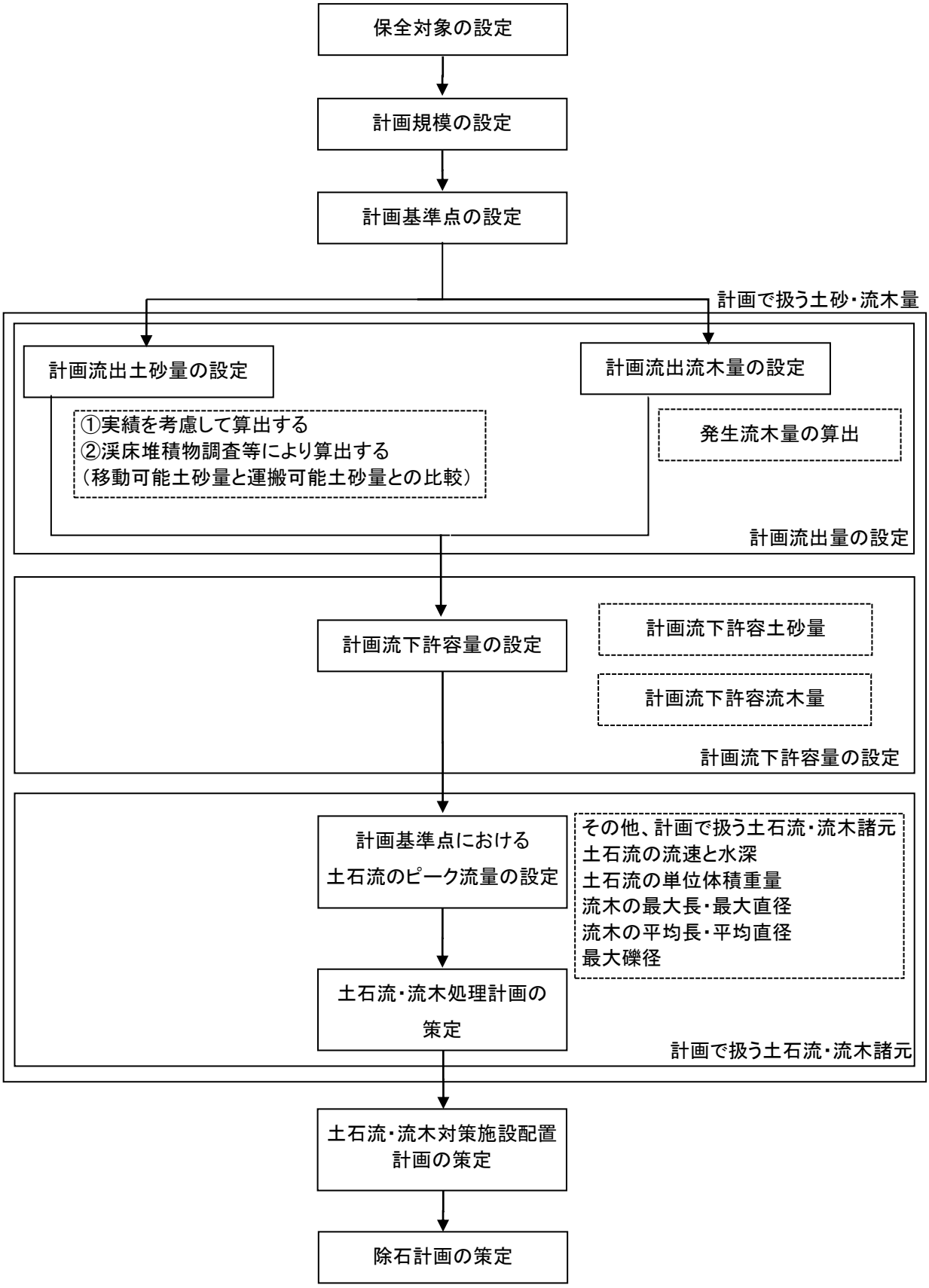
策定においては、渓流内の現地調査等により渓流の状況、自然環境や保全対象地域の歴史・文化等の特性および経済性等を総合的に把握するものとする。

解説

砂防基本計画（土石流・流木対策）は、本指針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、土石流危険渓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、土石流危険渓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渓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。

なお、砂防基本計画（土石流・流木対策）は、図－１の流れを参考に策定する。



図－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。

解説

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

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

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

2.2 保全対象

土石流・流木対策における保全対象は、土石流により被害の生じるおそれのある区域内における保全人口、保全人家、保全田畑、公共施設等とする。

解説

土石流により被害の生じるおそれのある区域は、土砂災害防止法に基づいて設定された土砂災害警戒区域を基本とする。なお、土砂災害警戒区域に指定されていないなど、これによりがたい場合は、対象とする渓流において計画規模の降雨により発生する土石流の被害範囲を氾濫シミュレーション等により想定した区域を用いることができる。

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。

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（原則として年超過確率 1/100 の 24 時間雨量又は日雨量とする）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、当該渓流における過去の土石流量等の資料に基づいて定めることができる。

2.4 計画基準点等

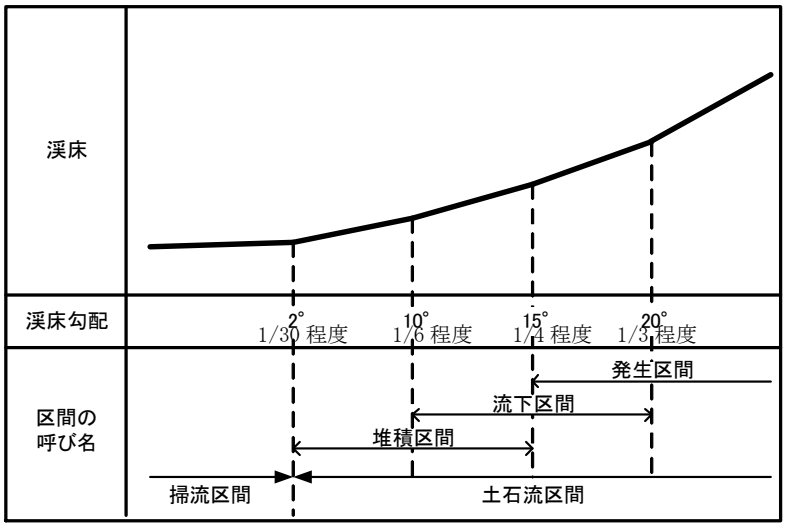
計画基準点は、計画で扱う土砂・流木量等を決定する地点である。計画基準点は、保全対象の上流に設けることを基本とする。

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渓の合流部等において土石流・流木処理計画上、必要な場合は、補助基準点を設けるものとする。なお、土石流区間では、渓流の状況を踏まえ、発生・流下・堆積区間を適切に設定する。

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を参考とする。



図－２　土砂移動の形態の渓床勾配による目安[1)]

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。

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、本指針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指針 2.6 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、土石流発生前に流出する細粒土砂や土石流と共に流下するが土石流・流木対策施設で捕捉出来ない細粒土砂は、計画対象外とする。

2.5.1 計画流出量

2.5.1.1 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。

解説

計画流出土砂量は本指針 2.6.1 で示した方法に基づき算出する。その際、式（2）、（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、それぞれ該当する渓流もしくは流路の長さとする。渓流の定義および一次谷の判定方法は、土石流危険渓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㎥ 以下の場合、計画流出土砂量を 1,000㎥ 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、本指針 2.6.3 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）無流水渓流における計画流出土砂量の取扱い～～～～～～～～～～～～

無流水渓流において、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㎥ 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、無流水渓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渓流

・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

～～

2.5.1.2 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。

解説

計画流出流木量は本指針 2.6.2 で示した方法に基づき算出する。その際、式（7）の L_{dy13} 、 B_d は、本指針 2.5.1.1 で求めた値と同じとする。

2.5.2 計画流下許容量

2.5.2.1 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。

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。

2.5.2.2 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。

解説

計画流下許容流木量は、原則として 0 とする。

2.5.3 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。

解説

土石流ピーク流量は本指針 2.6.3 に示した方法に基づき算出する。

2.6 土砂・流木量等の調査・算出方法

2.6.1 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、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、これらに基づき流出土砂量を決定してよい。

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}）

$$V_{dy1} = V_{dy11} + V_{dy12} \qquad \cdots (1)$$

$$V_{dy11} = A_{dy11} \times L_{dy11} \qquad \cdots (2)$$

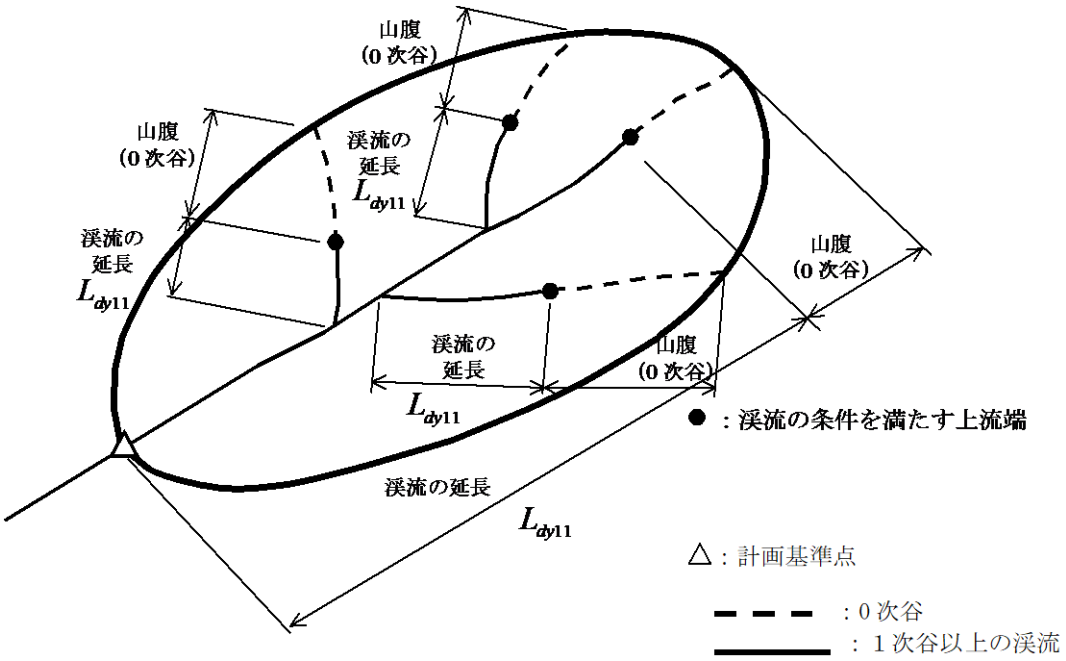
$$A_{dy11} = B_d \times D_e \qquad \cdots (3)$$

ここで、V_{dy1}：流域内の移動可能土砂量（㎥）、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（㎥）、V_{dy12}：崩壊可能土砂量（㎥）、A_{dy11}：移動可能渓床堆積土砂の平均断面積（㎡）、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。

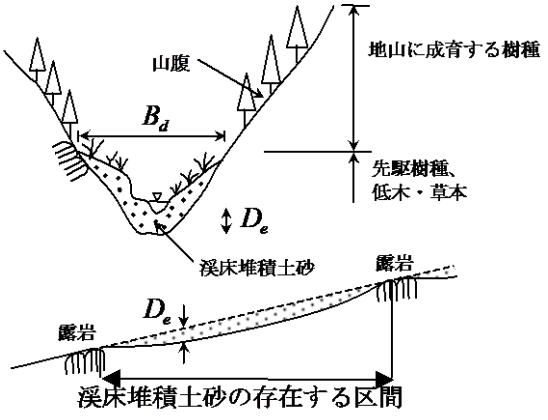
移動可能渓床堆積土砂量を算出する際の B_d、D_e は現地調査および近傍渓流における土石流時の洗掘状況などを参考に推定する。B_d、D_e を現地調査により推定する場合は図－４（１）に示すように渓流断面における渓岸斜面の角度の変化、土石流堆積物上に成育する先駆樹種と山腹地山斜面に成育する樹種の相違等を参考に山腹と渓

床堆積土砂を区分して行う。

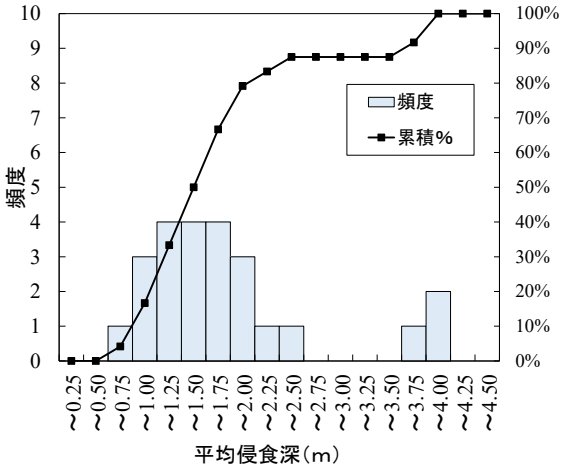
D_e の推定は図－４（１）における断面形状だけでなく、上下流における渓床の露岩調査を行い、縦断的な基岩の連続性を考慮して行う。D_e の参考として過去の土石流災害における事例[3)]を図－４（２）に示す。



図－３　L_{dy11} のイメージ図



図－４（１）侵食幅、侵食深の調査方法



図－４（２）平均侵食深の分布

（参考）平均侵食深の調査の一例（図－４（１）、（２）の詳細例）

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（登川支渓）	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（登川支渓）	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（登川支渓）	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	八幡谷渓流	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	南木曽町	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-1-9-306	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}）は、以下に示すいずれかの方法で算出する。

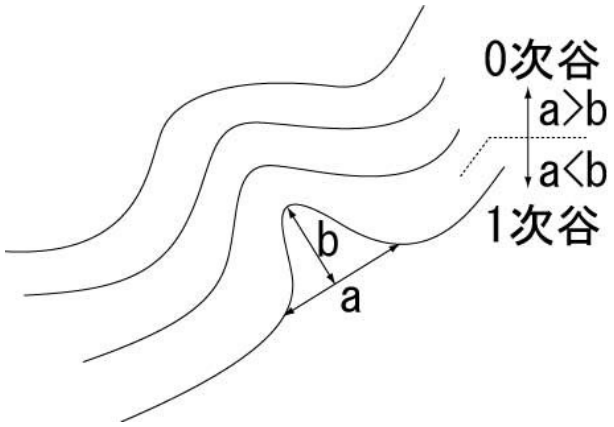
(1-1) 崩壊可能土砂量（V_{dy12}）を的確に推定できる場合

式（１）のV_{dy12}は、0 次谷（常時表流水の無い谷）および渓流山腹の予想崩壊土砂量（㎥）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－５　０次谷の地形

(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。

$$V_{dy12} \fallingdotseq \sum\left(A_{dy12} \times L_{dy12}\right) \quad \cdots (4)$$

$$A_{dy12} = B_d \times D_e \quad \cdots (5)$$

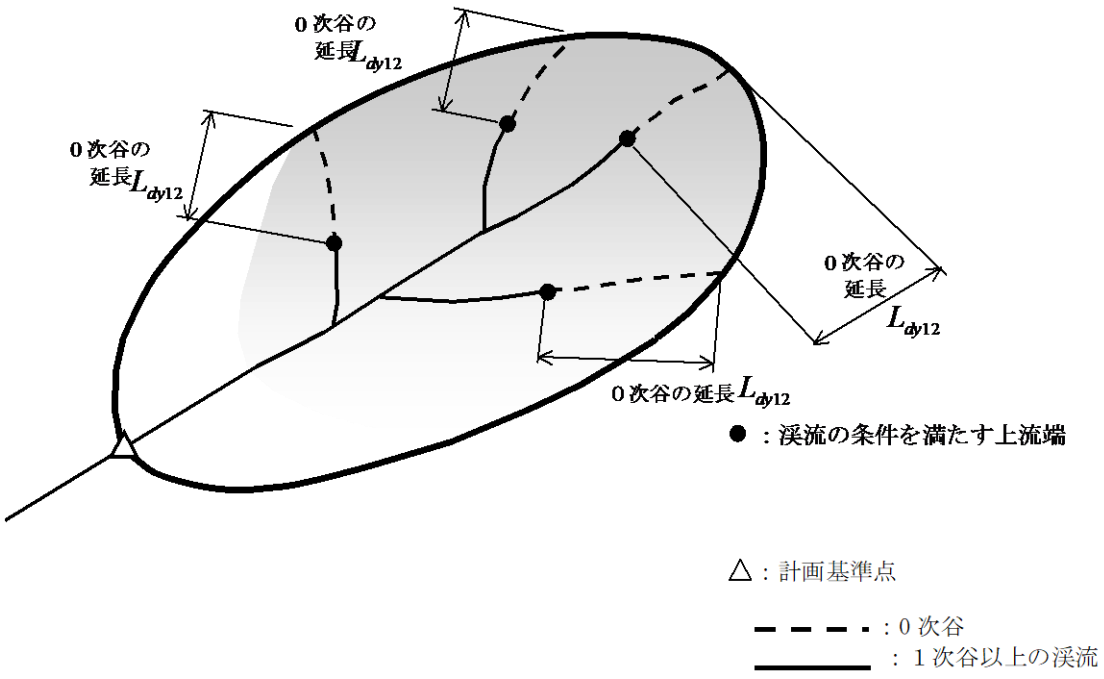
ここで、A_{dy12}：0 次谷における移動可能渓床堆積土砂の平均断面積（㎡）、L_{dy12}：流出土砂量を算出しようとする地点より上流域の１次谷の最上端から流域の最遠点である分水嶺までの流路谷筋に沿って測った距離（m）で支渓がある場合はその長さも加

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、山腹や渓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。

(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[6)]等もある。



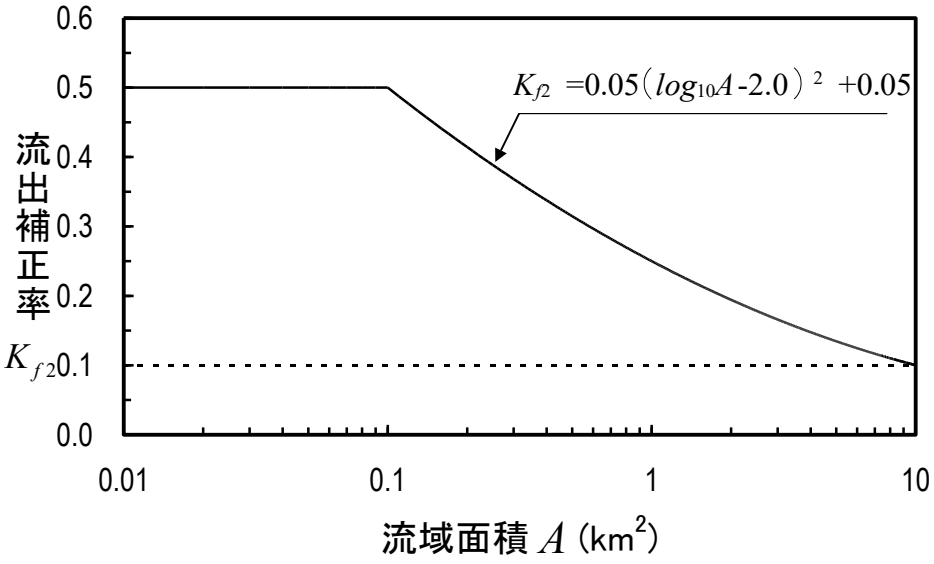
図－6　L_{dy12}のイメージ図

(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（㎜））に流域面積（A（km^2））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。

$$V_{dy2}=\frac{10^3\cdot P_p\cdot A}{1-K_v}\left(\frac{C_d}{1-C_d}\right)K_{f2} \qquad \cdots(6)$$

C_d の算出方法は本指針 2.6.3 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。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－７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－７　流出補正率[5)]

2.6.2 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。

解説

流木流出率（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 [7]。計画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。

計画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

計画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樹木、植生及び倒木（伐木、用材を含む）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渓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－１に示す。

表－１　流木の発生原因

流木の起源	流木の発生原因
樹木の流出	①斜面崩壊の発生に伴う樹木の滑落 ②土石流等の発生源での樹木の滑落・流下 ③土石流等の流下に伴う渓岸・渓床の侵食による樹木の流出
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、渓床に堆積している流木で、伐木は一般にくい止め等移動を防止する対策を講じるもの[8]とされており、実績からも豪雨等で移動した形跡は確認されない[9]ことから、対策が講じられている場合は発生流木量には含めないものとする。また、用材は一時的に集積し搬出するものであるため、所有者に搬出時期等を確認した上で発生流木量に含めるか判断するものとする。

(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に存在する樹木、倒木の量、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指針 2.6.1 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樹木、倒木および過去に発生して渓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、倒木の 100m^2 あたりの本数

②直径：樹木の胸高直径、倒木の平均直径

③長さ：樹木の高さあるいは倒木の長さ

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指針 2.6.1 に準拠する。

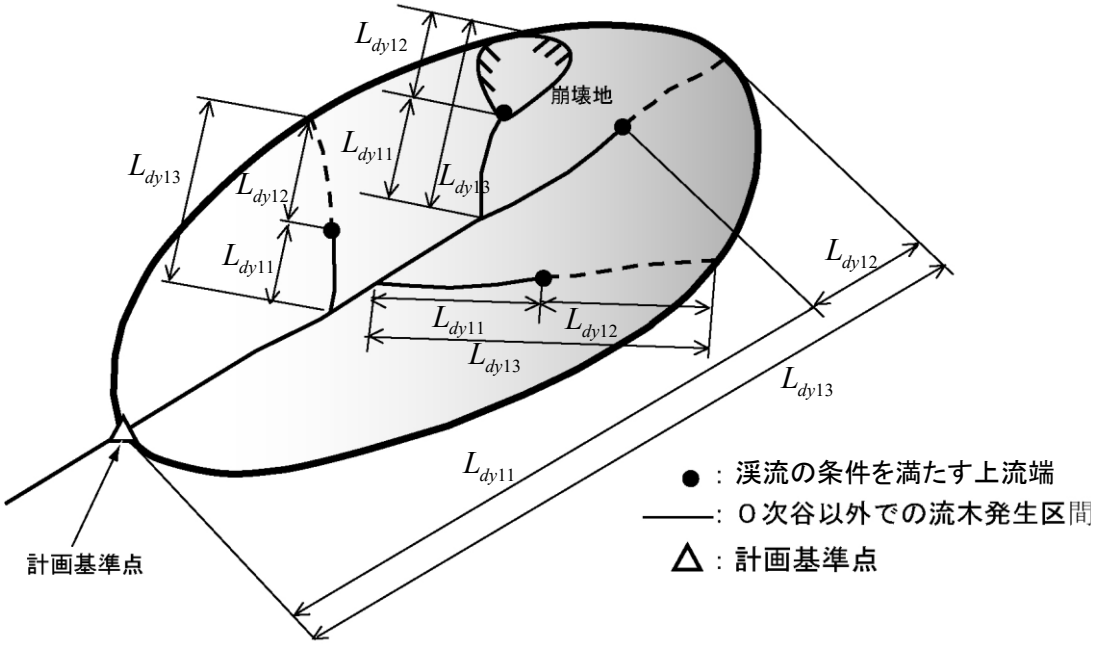
$$V_{wy}=\frac{B_d\times L_{dy13}}{100}\times\sum V_{wy2} \qquad \cdots(7)$$

$$V_{wy2}=\pi\cdot H_w\cdot {R_w}^2\cdot\frac{K_d}{4} \qquad \cdots(8)$$

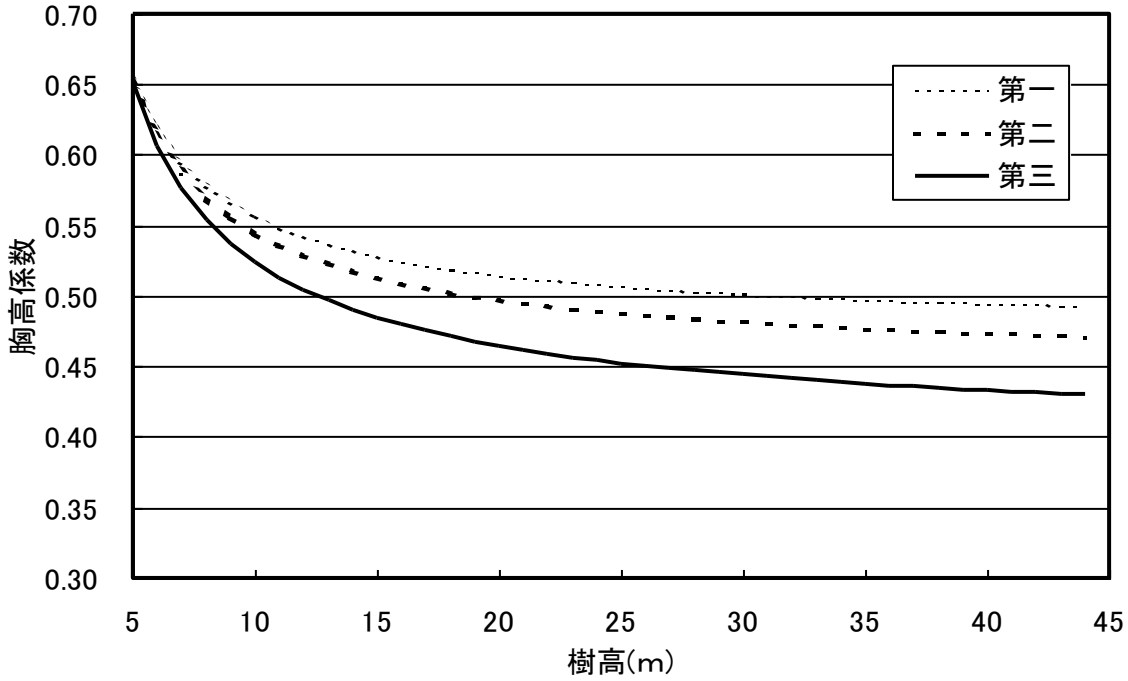
ここで、V_{wy}：発生流木量(m^3)、B_d：土石流発生時に侵食が予想される平均渓床幅(m)、L_{dy13}：発生流木量を算出する地点から流域の最遠点である分水嶺までの流路に沿って測った距離（m)、V_{wy2}：単木材積（m^3)、$\sum V_{wy2}$：サンプリング調査 100m^2 あたりの樹木材積（m^3/100m^2)、H_w：樹高（m)、R_w：胸高直径（m)、K_d：胸高係数（図－８（２）参照）である。

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[10]がある。



図－８（１）流木発生区間長さ(m)：L_{dy13}



図－８　（２）胸高係数[11]

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

(3-3) 実績値に基づく発生流木量の算出

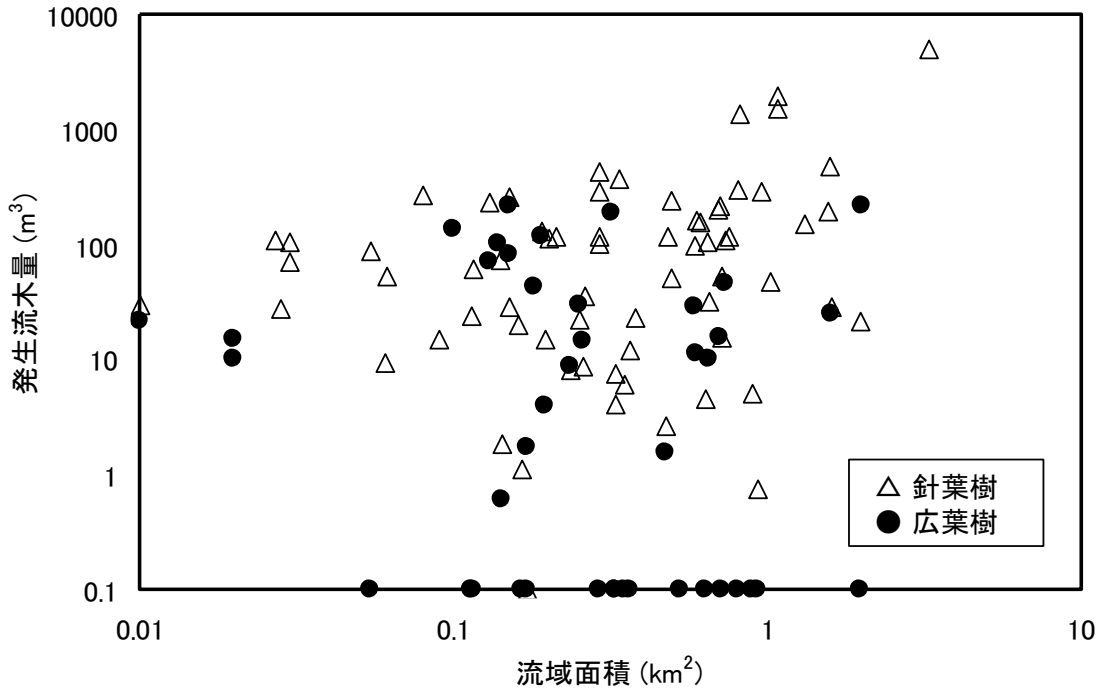
近傍に流木発生事例があり、これらの発生流木量に関するデータがある場合は、これから単位流域面積あたりの発生流木量（V_{wy1}（m³／km²））を求め、下記の式で求めることが出来る。

$$V_{wy} = V_{wy1} \times A \quad \cdots (9)$$

ここで、A：流域面積（km²）（渓床勾配が 5° 以上の部分の流域面積）である。V_{wy1} の値は図－９より、針葉樹なら概ね 1,000 m³／km² 程度、広葉樹なら概ね 100 m³／km² 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－９に示す。図は、過去の災害実態調査結果をもとに、渓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渓流に適用できる。



図－９　流域面積と発生流木量

2.6.3 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。

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－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（１０）で表される[12)]。

$$Q_{sp} = 0.01 \cdot \sum Q \qquad \cdots（１０）$$

$$\sum Q = \frac{C_* \cdot V_{dqp}}{C_d} \qquad \cdots（１１）$$

ここで、Q_{sp}：土石流ピーク流量(m³/s)、$\sum Q$：土石流総流量(m³)、V_{dqp}：１波の土石流により流出すると想定される土砂量（空隙込み）(m³)、C_d：土石流濃度、C_*：渓床堆積土砂の容積濃度（0.6 程度）である。

V_{dqp}は 1,000m³を下限値とする。これは、本指針 2.5.1.1～（参考）無流水渓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。

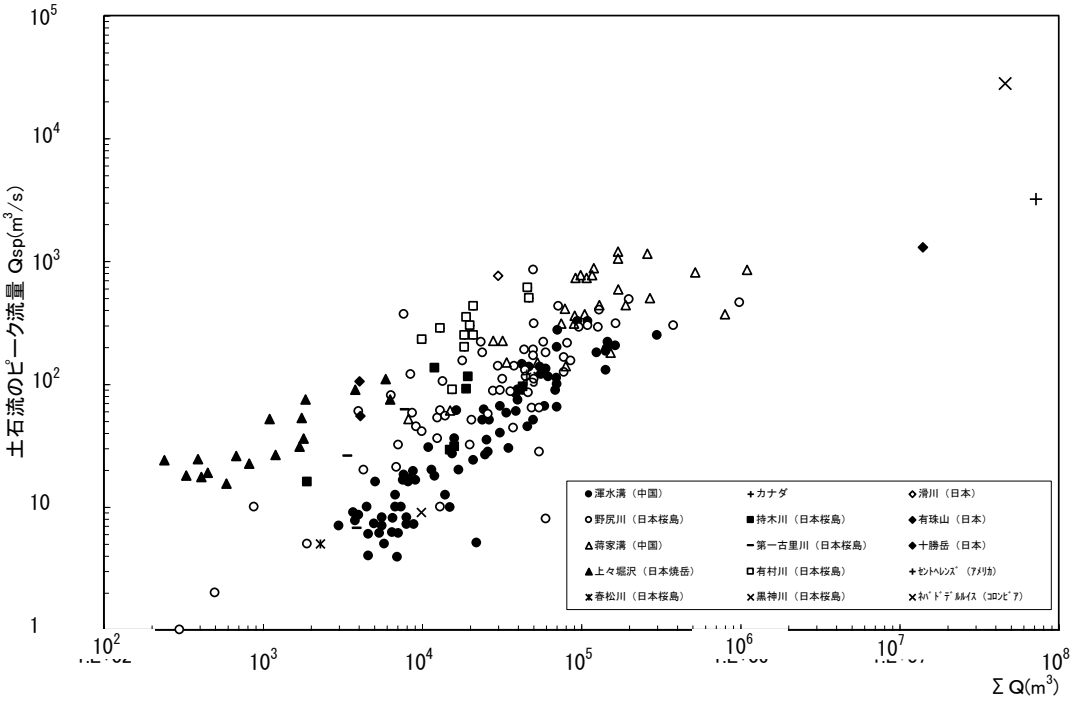
土石流濃度は下記の平衡濃度式[13)]で求めるものとする。

$$C_d = \frac{\rho \tan\theta}{(\sigma - \rho)(\tan\phi - \tan\theta)} \qquad \cdots（１２）$$

ここで、σ：礫の密度（2,600kg/m³程度)、ρ：水の密度（1,200kg/m³程度)、ϕ：渓床堆積土砂の内部摩擦角（°）(30°～40°程度であり、一般に 35°を用いてよい)、θ：渓床勾配（°）である。土石流ピーク流量を算出する際の渓床勾配は、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渓床勾配とし、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、現渓床勾配は､計画地点から概ね上流200m間の平均渓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 区間が渓床勾配を代

表していないと考えられる場合は、当該渓流の状況に応じて区間を設定する。

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－１０　ピーク流量の相関[12)]　（原著では$\sum Q$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。

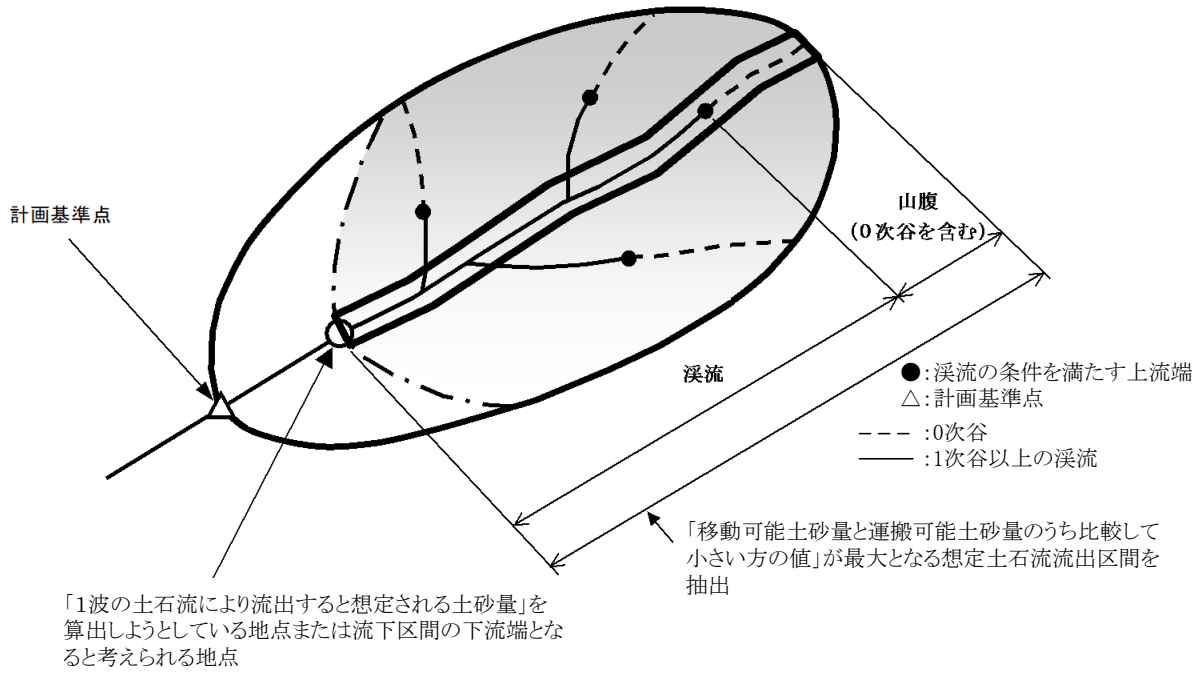
２）ビデオなどの映像解析によって求めた速度からの推定

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。

※１波の土石流により流出すると想定される土砂量V_{dqp}の算出方法

これまでの災害実態調査から、全支渓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_{dqp}は、施設の計画地点または土石流流下区間の下流端と考えられる地点より上流の範囲において、土石流・流木対策施設のない状態を想定して、渓流長、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_{dqp}を算出する土石流流出区間の下流端となる地点と、計画流出土砂量を算出する区間の下流端となる地点は異なる。



図－１１　１波の土石流により流出すると想定される土砂量算出のイメージ図

～～（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渓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（１０）（経験式）および後述の式（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 100,000m^3/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 1 km^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。

$$Q_{sp} = K_q \cdot Q_p \quad \cdots(13)$$

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、

$$Q_{sp} = \frac{C_*}{C_* - C_d} \cdot Q_p \quad \cdots(14)$$

の関係があるとして求める[14]。

（土石流ピーク流量の算出例）

$\sigma = 2600$ (kg/m^3)、$\rho = 1200$ (kg/m^3)、$\phi = 35°$ 、$\tan\theta = 1/6$ の場合、式（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（１４）より $Q_{sp} = 2Q_p$ となる。

～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～

2.6.4 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。

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[15)]。

$$T_f = K_{p1} \cdot A^{0.22} \cdot P_e^{-0.35} \qquad \cdots (15)$$

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）。

$$P_a = \frac{P_{24}}{24}\left(\frac{T_f}{24}\right)^{K_{p2}} \qquad \cdots (16)$$

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（$P_{24} \fallingdotseq P_{day}$））、$K_{p2}$：定数（$K_{p2} = -1/2$）である。

③ 有効降雨強度

有効降雨強度は、次式により求める。

$$P_e = K_{f1} \cdot P_a \qquad \cdots (17\text{-}1)$$

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以下の式になる。

$$P_e = \left(\frac{P_{24}}{24}\right)^{1.21} \cdot \left(\frac{24 \cdot {K_{f1}}^2}{\frac{K_{p1}}{60} \cdot A^{0.22}}\right)^{0.606} \qquad \cdots (17\text{-}2)$$

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。

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \cdot K_{f1} \cdot P_a \cdot A = \frac{1}{3.6} \cdot P_e \cdot A \qquad \cdots (18)$$

2.6.5 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。

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、次のマニング型の式、

$$U = \frac{1}{K_n} D_r^{2/3} \left(\sin\theta\right)^{1/2} \qquad \cdots（１９）$$

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$D_r \fallingdotseq D_d$（土石流の水深）とする)、θ：渓床勾配（°）、K_n：粗度係数（s･m$^{-1/3}$）である。ただし、渓床勾配（θ）は表-２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[16)]。なお、土石流の流速および水深は、フロント部について求めるものとする。

土石流の水深D_d（m）は、流れの幅B_{da}（m）と土石流ピーク流量Q_{sp}（m^3/s）より、式（１９)、式（２０)、式（２１）を連立させて求められる。

$$Q_{sp} = U \cdot A_d \qquad \cdots（２０）$$

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－１２の斜線部とする。流れの幅B_{da}（m）は図－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。

$$D_d = \frac{A_d}{B_{da}} \qquad \cdots（２１）$$

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。

(2) 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

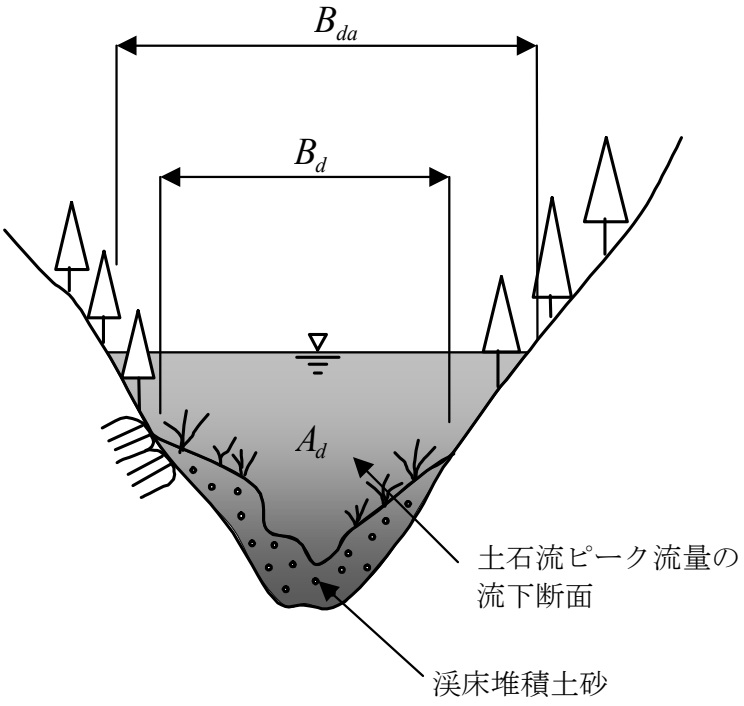
土石流の流下状況を撮影したビデオがある場合はこれを解析し、流速を算出することができる。

２）湾曲部の流下痕跡からの推定する手法

土石流が渓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[17、18)]。

表－２　渓床勾配 θ 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）



※ B_d：土石流発生時に侵食が予想される平均渓床幅
（図－4（1）参照）

図－１２　土石流の流下断面と流れの幅 B_{da} のイメージ

2.6.6 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。

解説

土石流の単位体積重量γ_d（kN/m^3）は、

$$\gamma_d = \left\{\sigma \cdot C_d + \rho \cdot \left(1 - C_d\right)\right\} g \qquad \cdots（２２）$$

で求められる。ここで、g：重力加速度(9.81m/s^2)とする。なお、γ_dの単位が kN/m^{3}であることに注意する。

C_dは、式（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[19)]があり、観測データが蓄積されつつある。

2.6.7 土石流流体力の算出方法

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。

解説

土石流流体力は、次式で求める。

$$F = K_h \cdot \frac{\gamma_d}{g} \cdot D_d \cdot U^2 \qquad \cdots (23)$$

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：本指針 2.6.5 に従って求めた土石流の水深（m）、g：重力加速度(9.81m/s^2)、K_h：係数（1.0 とする）、γ_d：土石流の単位体積重量（kN/m^3）である。

2.6.8 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。

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渓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。

なお、調査の対象外とする礫の判断については、以下に留意すること。

- 堰堤の計画地点において、計画規模相当の土石流発生事例があった場合は、移動した礫の礫径を確認し、調査の対象に含めるか検討すること。一方、当該渓流で土石流発生の履歴が無い場合には、同様の地形や地質を有する周辺流域における実績を参考とすること。
- 渓床勾配が 1/6 程度よりも急な区間（土石流発生・流下区間）においては、「山腹より転がってきたと思われる礫」であっても、土石流として移動する可能性があることに留意し、過去の土石流による礫の移動実績（調査地点における相対水深等）を参考に、現地の地形や想定される流量及び水深から、土石流発生時に移動する可能性がある礫径を推定し、調査の対象の参考とすること。（参考を参照）
- 渓床勾配が 1/6 程度よりも緩い区間（土石流堆積区間）においては、「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」は調査の対象外とすること。

（参考）土石流による礫の移動実績の例

・事例は少ないが、過去の実績より、「特に外力条件が厳しい現場」においては、相対水深が少なくとも 0.6 以上となる礫（想定される土石流水深の約 1.7 倍程度の礫）については、土石流発生時に移動する可能性があると考えられる。

渓流名	発生日時	渓床勾配	流域面積	土石流ピーク流量（推定値）	移動した巨礫の径（D_{95}～D_{100}）	相対水深（h/d）（D_{100}相当）
小梨子沢（梨子沢第１砂防堰堤）	H26.7.9	1/5.0	0.58km^2	733.8m^3/s	1.6～3.0m	1.10
根知川支川（樽倉沢）	H29.10.23（推定）	1/3.8	0.82km^2	537m^3/s	2.75～4.55m	0.57

2.6.9 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、計画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。

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土石流・流木対策施設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渓床幅」B_d（m）、上流から流出する樹木の最大樹高をH_{wm}（m）とすると

$H_{wm} \geqq 1.3B_d$の場合　$L_{wm} \fallingdotseq 1.3B_d$

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

として推定する。流木の最大直径R_{wm}（m）は、上流域において流木となると予想される樹木の最大胸高直径（流木となることが予想される樹木のうち、大きなものから数えて5%の本数に当たる樹木の胸高直径）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。

2.6.10 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、計画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。

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）、上流から流出する樹木の平均樹高をh_{wa}（m）とすると、

$h_{wa} \geqq B_{dm}$の場合　$L_{wa} \fallingdotseq B_{dm}$

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

となる。

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

第3節 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。

解説

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。

3.1 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・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、本指針 2.5.2.1 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。

解説

土石流・流木処理計画は、本指針 4.3.1.1 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（２４）を満足するように策定する。

$$V-W-(X+Y+Z)=0 \quad \cdots(24)$$

なお、V,W,X,Y,Z は次式によりそれぞれ算出する。

$$V=V_d+V_w \quad \cdots(25)$$

$$W=W_d+W_w \quad \cdots(26)$$

$$X=X_d+X_w \quad \cdots(27)$$

$$Y=Y_d+Y_w \quad \cdots(28)$$

$$Z=Z_d+Z_w \quad \cdots(29)$$

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。

3.2 計画捕捉量

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

解説

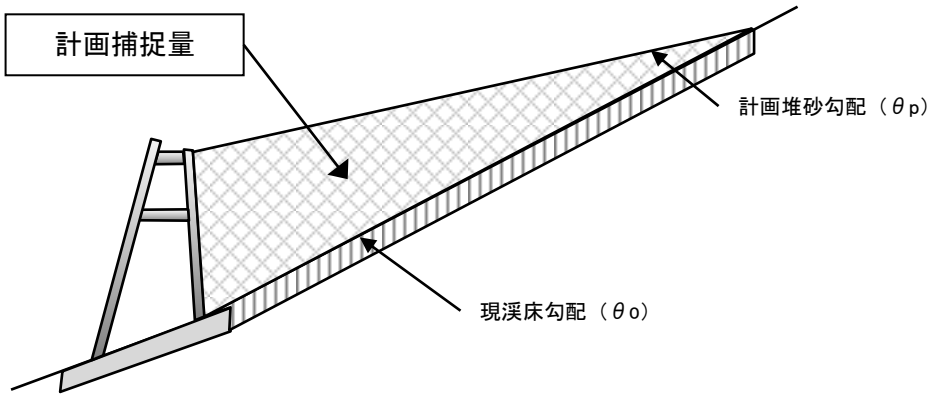
透過型砂防堰堤においては、現渓床勾配の平面と計画堆砂勾配の平面とで囲まれた空間（図－１３に示す網掛けの空間）とする。不透過型、部分透過型砂防堰堤においては、平常時堆砂勾配の平面と計画堆砂勾配の平面とで囲まれた空間（図－１３に示す網掛けの空間）とする。

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渓床勾配の 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、既往実績を基に現渓床勾配の 1/2 を上限とする。

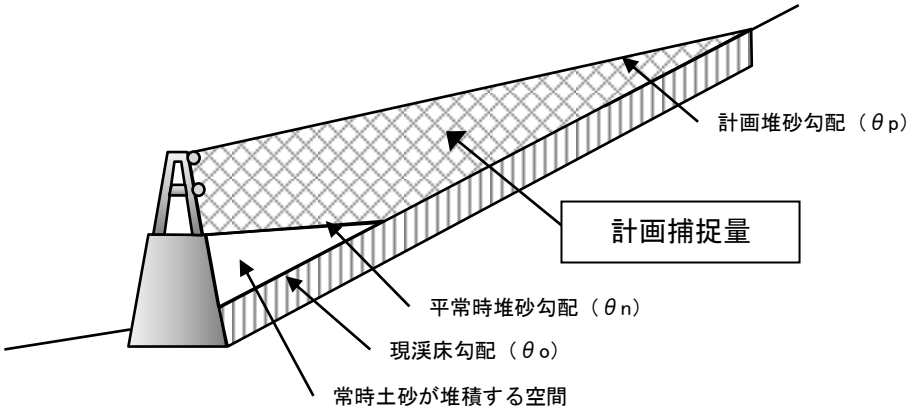
また、地質条件（例えば、マサ土やシラス等）により計画堆砂勾配及び平常時堆砂勾配が緩勾配になることが知られている場合は既往実績によって地域別に決定する。土石流により一時的に急勾配で堆積した土砂は、その後の流水の状況によっては、長期間でも必ずしも再侵食されないことを踏まえ、計画捕捉量は、図－１３に示す容量を除石（流木の除去を含む）により確保しなければならない。なお、除石の考え方については本指針第 5 節を参照されたい。

計画捕捉量の考え方は、図－１３に示す通りである。

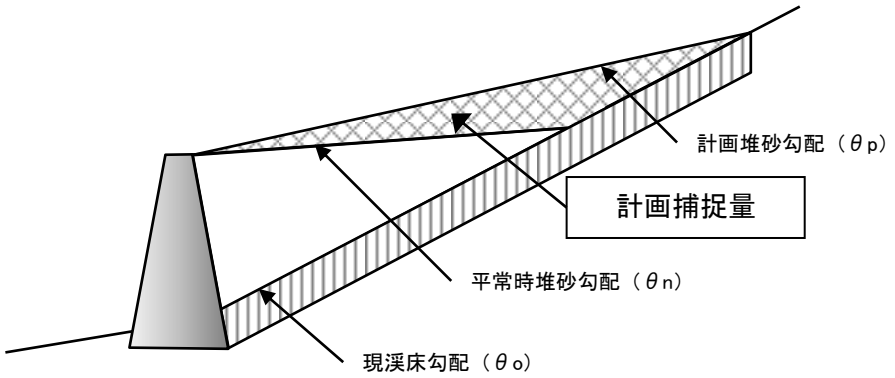
・透過型の場合



・部分透過型の場合



・不透過型の場合



図－１３　計画捕捉量の考え方

3.2.1 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。

解説

計画捕捉土砂量は、透過型砂防堰堤では現渓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－１３に示す網掛けの空間）で捕捉させる土砂量である。

3.2.2 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。

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（３０）により算出する。

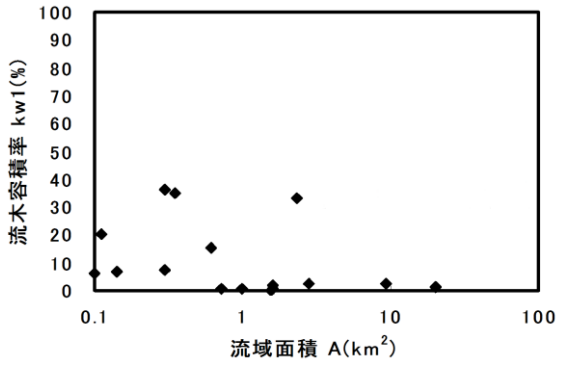
透過型及び部分透過型砂防堰堤の計画捕捉流木量

$$X_{wl} = K_{wl} \times X \qquad \cdots (30)$$

ここで、X：土石流・流木対策施設の計画捕捉量（㎥）、X_{wl}：本堰堤の計画捕捉流木量（㎥）、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）である。

透過型及び部分透過型砂防堰堤の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（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－１４　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（３１－１）と式（３１－２）から求められる値のうち、小さい方の値とする。式（３１－１）は本堰堤の計画地点に流入が想定される計画流出量に占める計画流出流木量の割合から、式（３１－２）は本堰堤の計画捕捉量に占める計画捕捉流木量の割合から計画捕捉流木量を求める方法である。

不透過型砂防堰堤の計画捕捉流木量

$$X_{w1} = K_{w0} \times X \times (1-\alpha) \qquad \cdots（３１－１）$$

$$X_{w1} = K_{w1} \times X \qquad \cdots（３１－２）$$

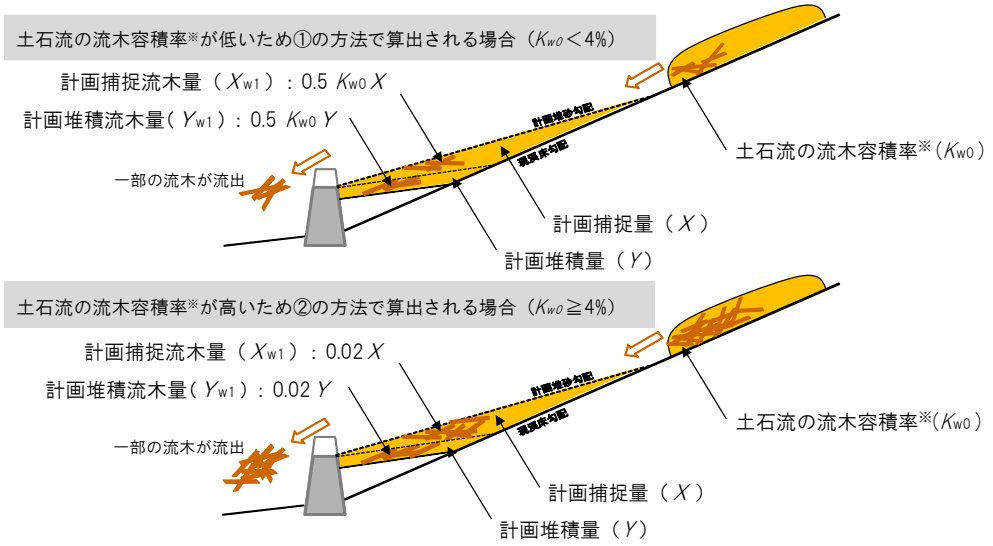
ここで、X：土石流・流木対策施設の計画捕捉量（㎥）、X_{w1}：本堰堤の計画捕捉流木量（㎥）、K_{w0}：本堰堤に流入が想定される計画流出量に対する流木容積率、α：本堰堤からの流木の流出率（0.5 程度）、K_{w1}：計画捕捉量に対する流木容積率である（対象渓流において捕捉事例がない場合は、K_{w1}＝2%としてよい）。なお、K_{w0}は、本堰堤の計画地点より上流の砂防堰堤等によって土砂・流木の発生抑制や捕捉等が見込まれる場合は、その量を差し引いて求めるものとする。

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[20)]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、砂防堰堤周辺の渓床勾配、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実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－１５　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・流木対策施設より流下する計画上の値は「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、副堰堤等に流木止めを設置する場合は、式（３２）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（副堰堤等に流木止めを設置する場合に限る）

$$X_{w2} = A_w \times R_{wa} \qquad \cdots（３２）（参考を参照）$$

ここで、

$$X_w = X_{w1} + X_{w2} \qquad \cdots（３３）$$

X_{w2}：副堰堤の計画捕捉流木量（㎥）

とする。

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

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。

$$A_w \geq \sum \left(L_{wa} \times R_{wa} \right) \qquad \cdots（３４）$$

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。

$$V_{wc} \fallingdotseq A_w \times R_{wa} \qquad \cdots（３５）$$

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。

～～

3.3 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。

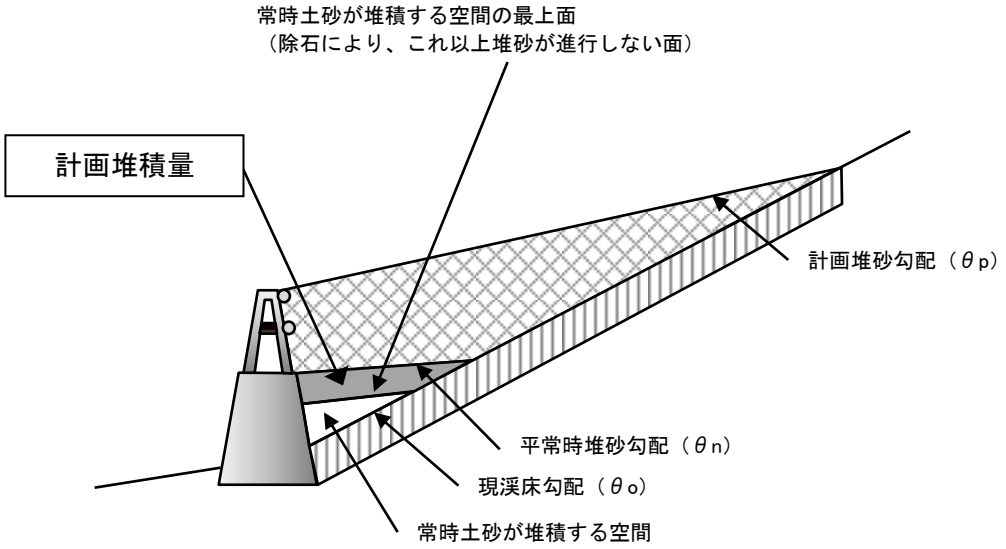
解説

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、現渓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－１６に示す灰色部の空間）とする。土石流堆積工においては、本指針 4.3.4 を参照のこと。

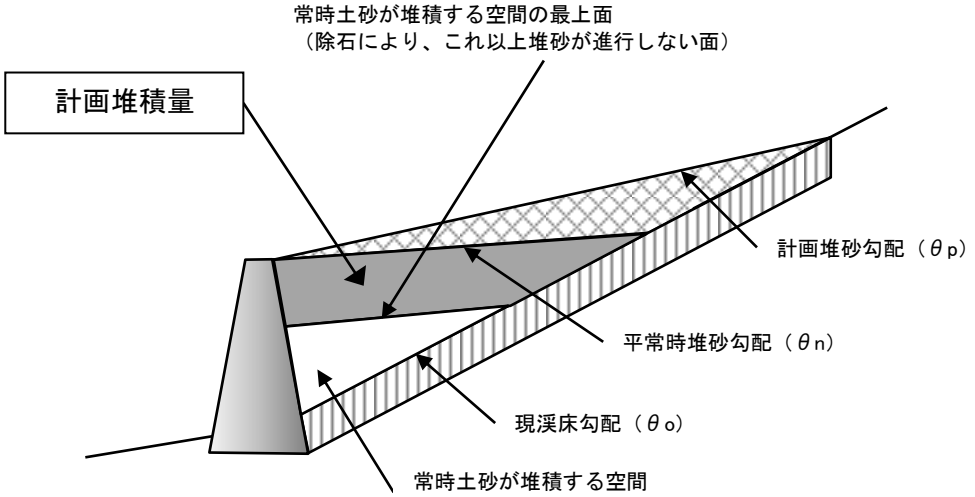
計画堆積量は、平常時の流水により堆積が進むことがあるため、土石流・流木処理計画において必要とする容量を除石（流木の除去を含む）等により確保しなければならない。なお、除石の考え方については本指針第 5 節を参照されたい。

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－１６に示す通りである。

・部分透過型の場合



・不透過型の場合



図－１６　計画堆積量の考え方

3.3.1 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。

解説

計画堆積土砂量は、現渓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－１６に示す灰色部の空間）で堆積させる土砂量である。

3.3.2 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。

解説

計画堆積流木量を求める方法は、基本的には 3.2.2 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（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

$$Y_{w1} = K_{w1} \times Y \quad \cdots (36)$$

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}の値については、3.2.2 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、3.2.2 の計画捕捉流木量と同様に式（３７－１）と式（３７－２）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

$$Y_{w1} = K_{w0} \times Y \times (1-\alpha) \quad \cdots (37-1)$$

$$Y_{w1} = K_{w1} \times Y \quad \cdots (37-2)$$

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である。αとK_{w1}の値については、3.2.2 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・流木対策施設より流下する計画上の値は「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。

3.4 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。

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渓床堆積土砂量、崩壊可能土砂量、流出流木量を対象とする。

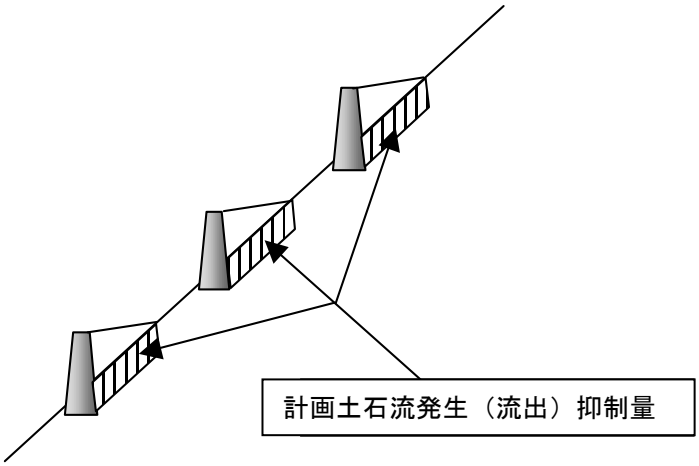
3.4.1 計画土石流発生（流出）抑制量

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。

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渓床が交わる地点から堰堤までの区間（図－ １７に示す斜線部）に移動可能渓床堆積土砂が存在する場合に計上する。

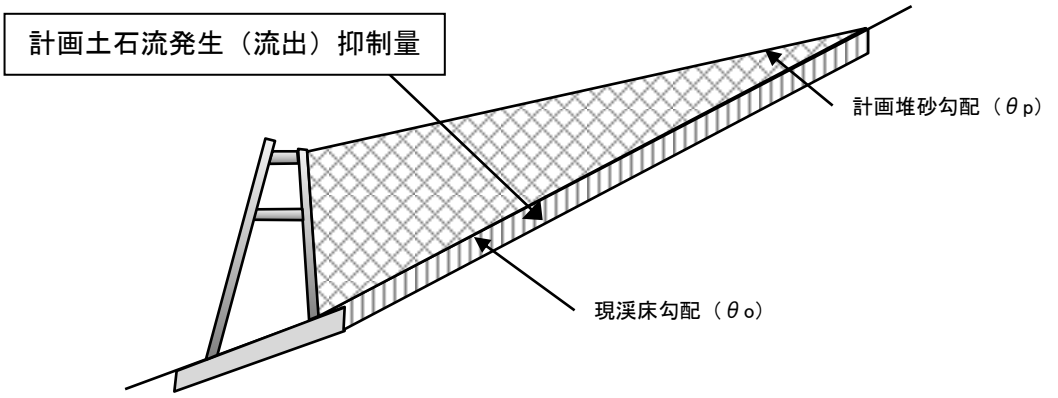
・土石流抑制工の場合



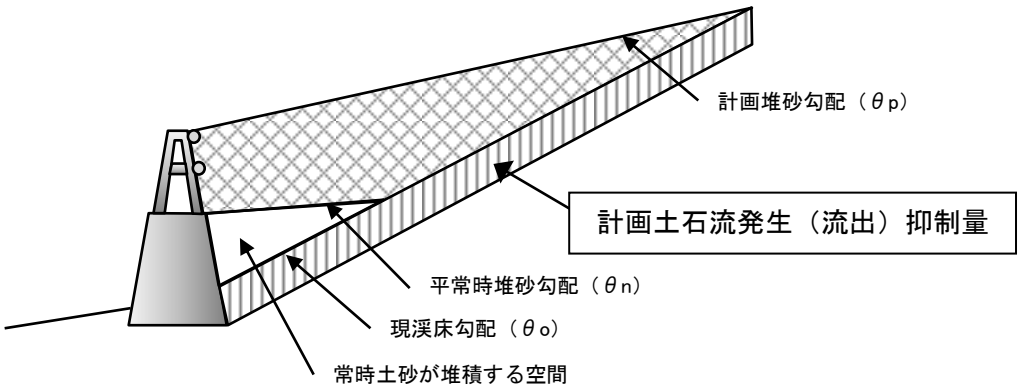
図－ １７（１）　計画土石流発生（流出）抑制量の考え方

・土石流・流木捕捉工の場合

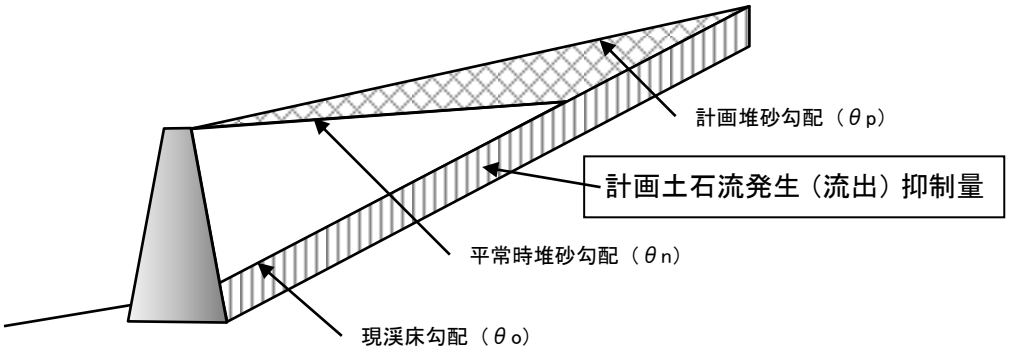
透過型の場合



部分透過型の場合



不透過型の場合



図－１７（２）　計画土石流発生（流出）抑制量の考え方

3.4.2 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。

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渓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。

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・流木対策施設より流下する計画上の値は「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4節 土石流・流木対策施設配置計画

4.1 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。

解説

計画で扱う土砂・流木量等を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。

4.2 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。

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て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。

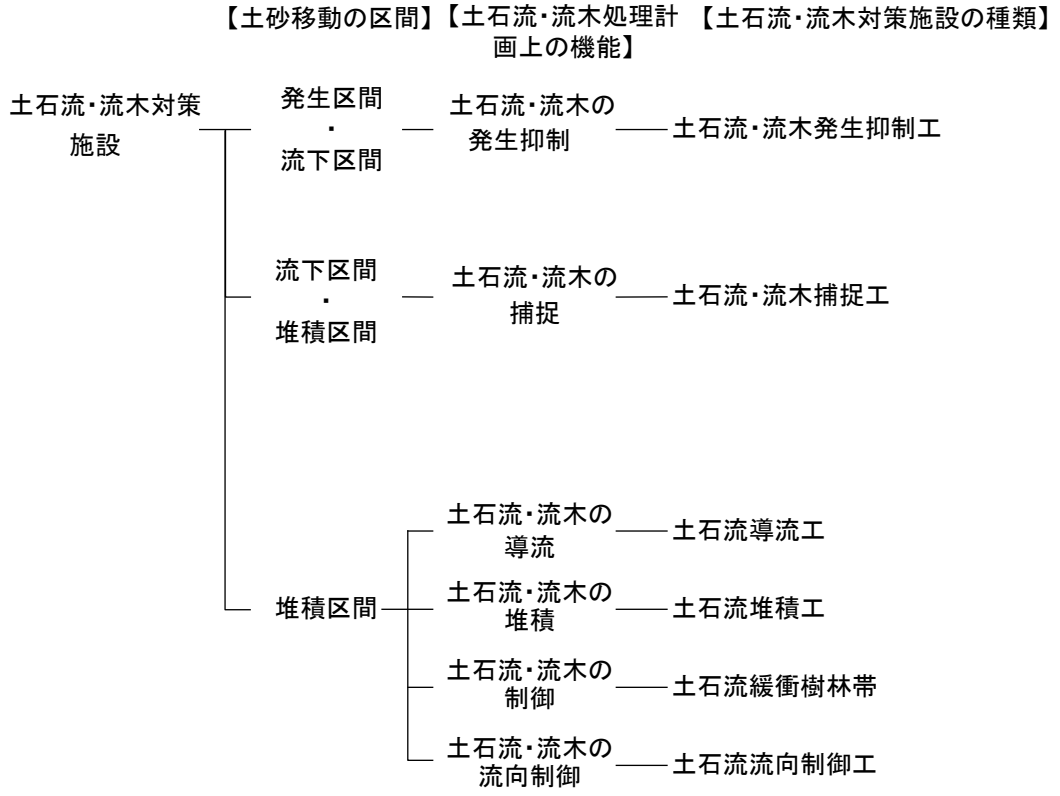
4.3 土石流・流木対策施設の機能と配置

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。

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－１８　土石流・流木対策施設の種類

4.3.1 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。

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渓床勾配と大きく変化する場合や堆砂延長が長くなる場合は、堆砂地において土石流の流下形態が変化することに注意する必要がある。なお、計画・配置するにあたっては、本川のみならず、支川等から流入する土石流等の外力の可能性についても考慮すること。特に、土石流・流木の捕捉機能を有する施設については、急勾配で外力の条件が厳しい箇所（参考を参照）への配置を避け、できるだけ流下区間・堆積区間に配置すること。

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

（参考）「特に外力条件が厳しい箇所」の目安（平成 26 年 7 月に損傷した梨子沢第 1 砂防堰堤周辺の状況及び平成 29 年 10 月（推定）に損傷した根知川第 10 号砂防堰堤周辺の状況より考えられる条件）

○「特に外力条件が厳しい箇所」の目安

・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≧1/5 かつ D_{95}≧1.6m

○「極めて大きい礫」の目安

・2 辺平均の径が概ね 3m 以上の礫

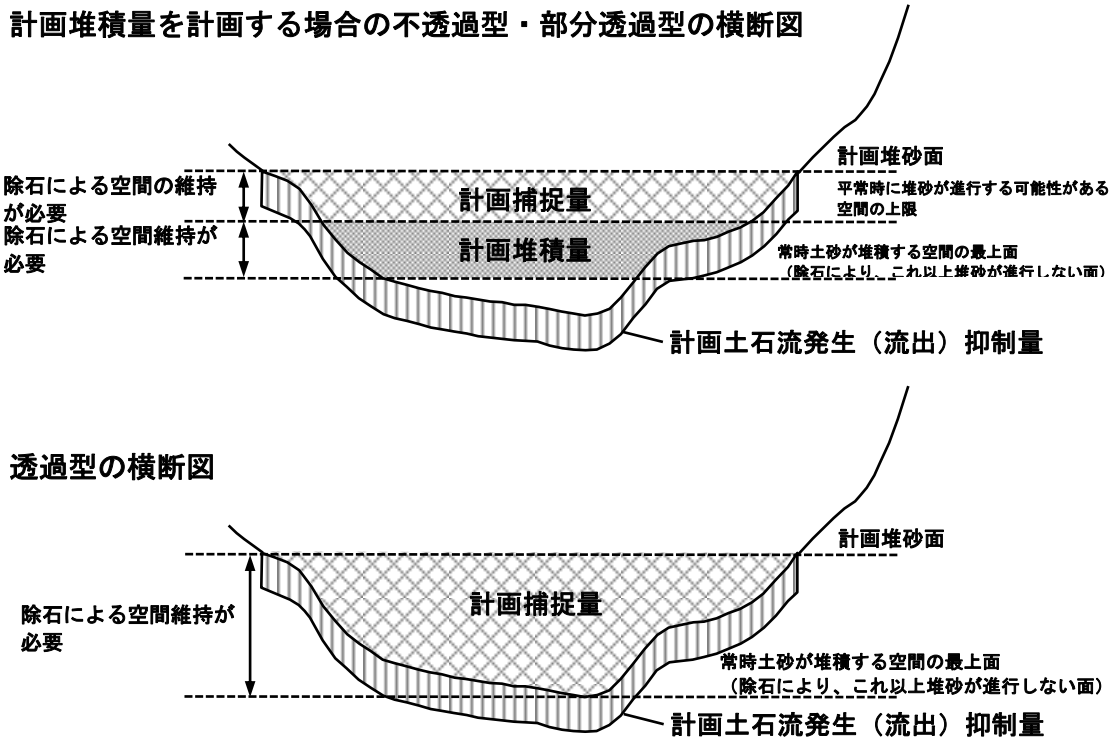
※「極めて大きい礫」の調査方法は、D_{95} の設定のために実施する巨礫粒径調査のデータを参考にしてもよい。

4.3.1.1 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、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。

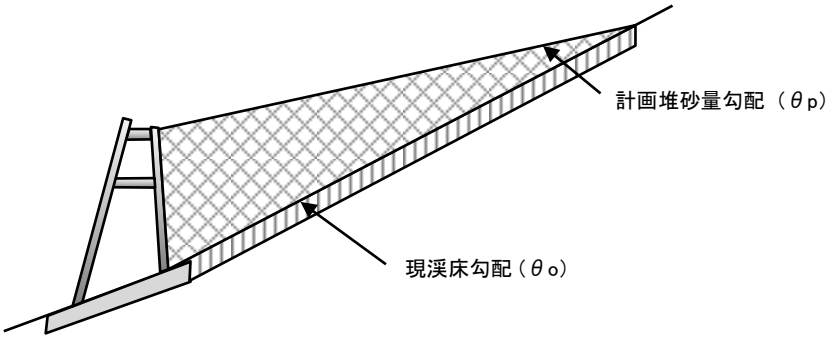
解説

砂防堰堤が有する計画で扱う土砂・流木量等は図－１９（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。



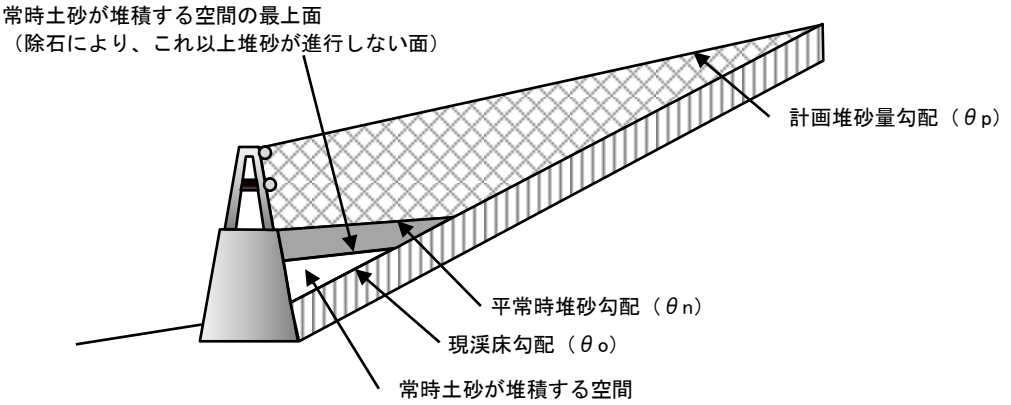
図－１９（１）　砂防堰堤の型式別の計画で扱う土砂・流木量等

・透過型

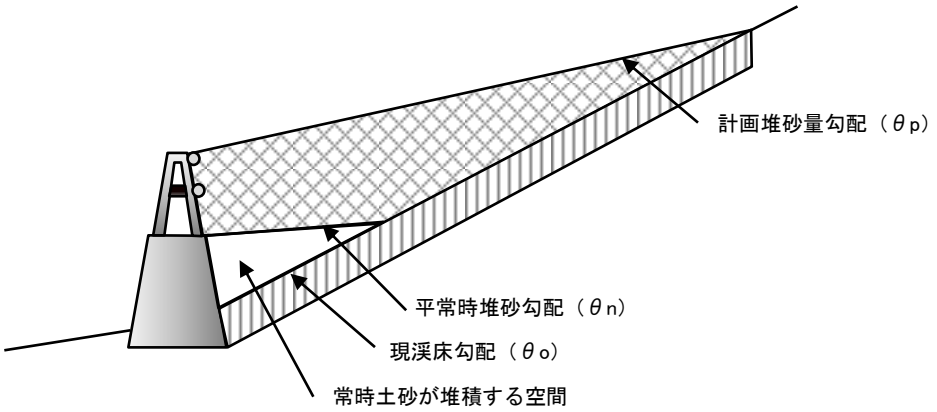


・部分透過型

（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））

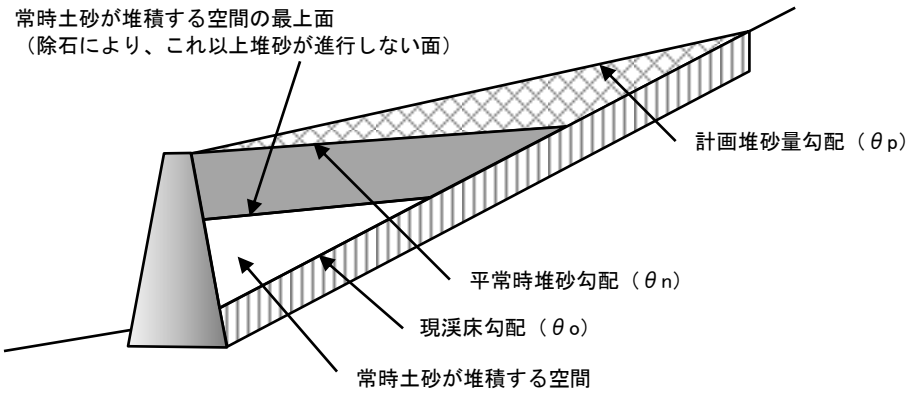


（計画堆積量を確保しない場合）

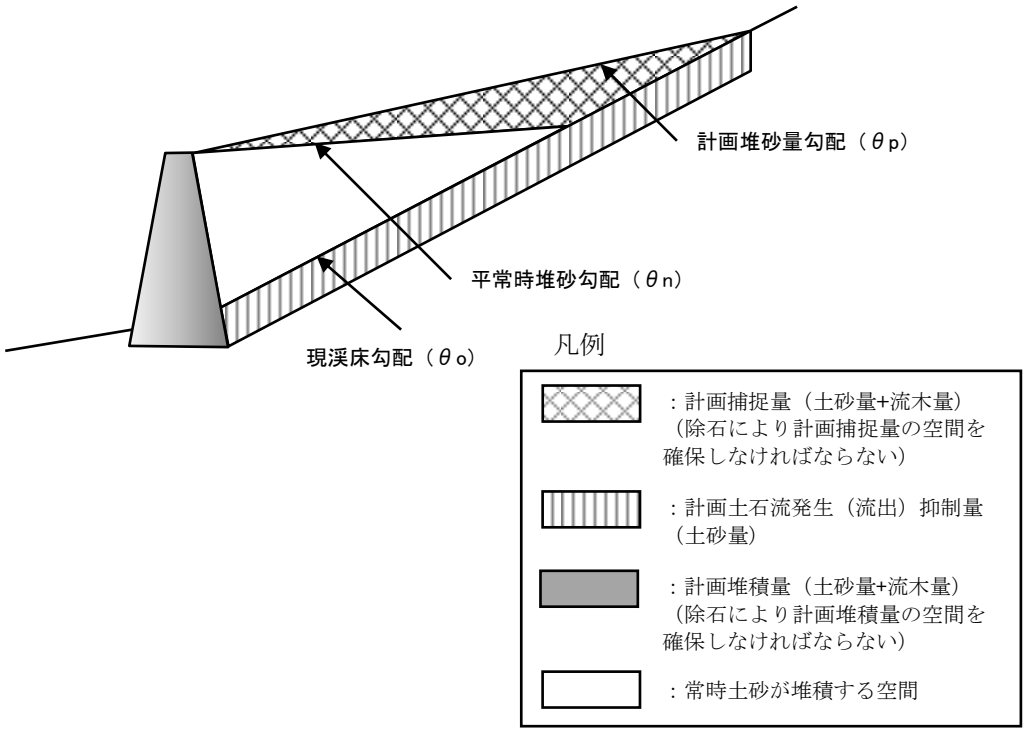


・不透過型

（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）



図－１９（２）　砂防堰堤の型式別の計画で扱う土砂・流木量等

4.3.1.2 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。

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
- 平時の渓流環境（渓床の連続性）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 5 節 除石（流木の除去を含む）計画を参照する。

4.3.1.3 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おいては、土砂移動の形態を考慮する。

解説

(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、土石流区間には配置しない。

(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。

4.3.2 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。

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、渓床・渓岸における土石流・流木発生抑制工がある。

4.3.2.1 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。

解説

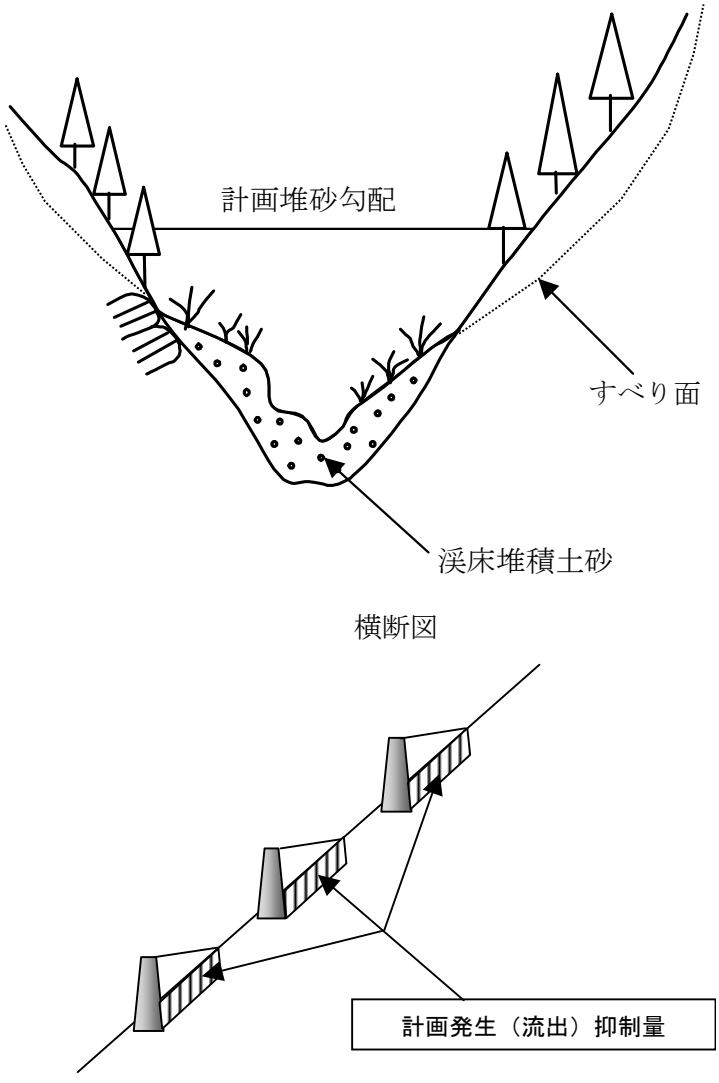
土石流および土砂とともに流出する流木等の発生する可能性のある山腹崩壊を防ぐために山腹保全工を施工する。

4.3.2.2 渓床堆積土砂移動防止工

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

解説

渓床堆積土砂の移動および渓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。渓岸（山腹を含む）の崩壊を防止するため、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。



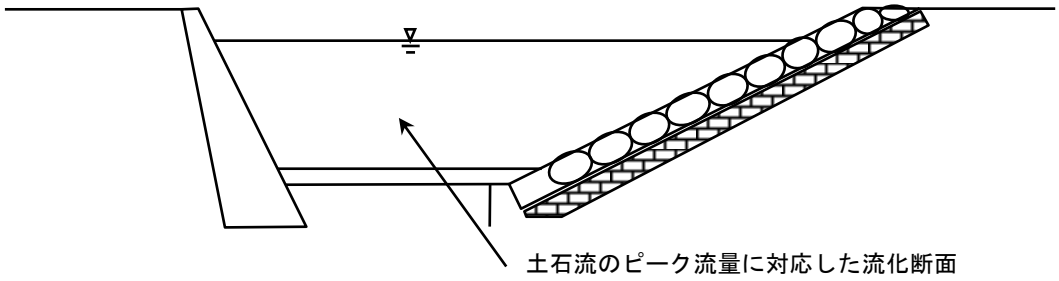
図－２０　渓床堆積土砂移動防止工の計画で扱う土砂・流木量等のイメージ

4.3.3 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流下断面とする。

解説

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



図－２１　土石流導流工

4.3.4 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。

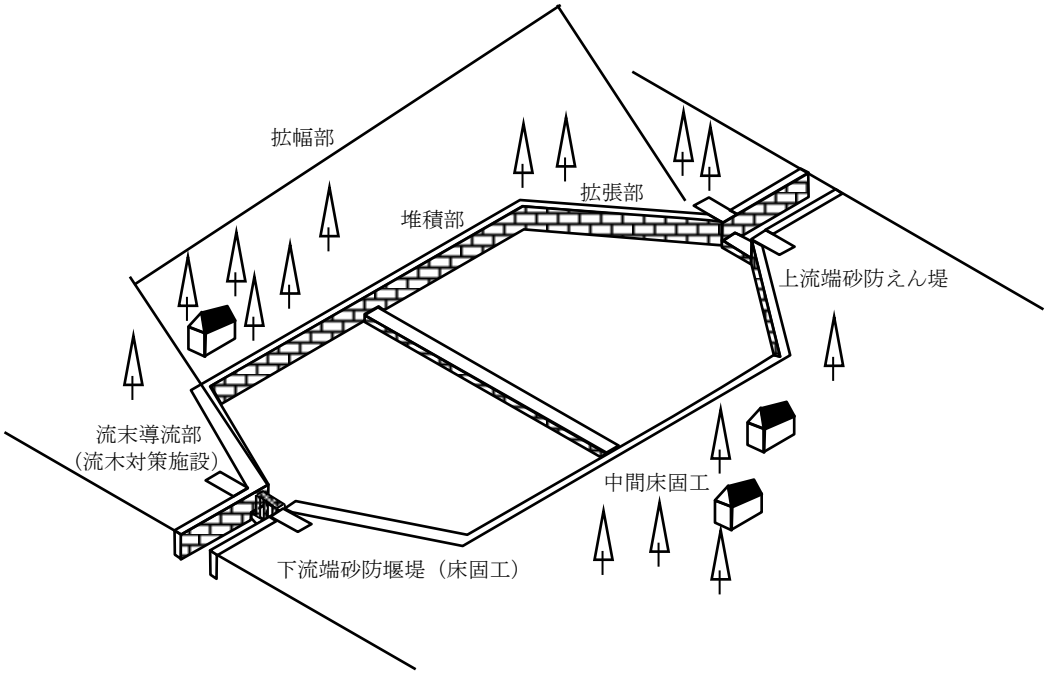
解説

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。

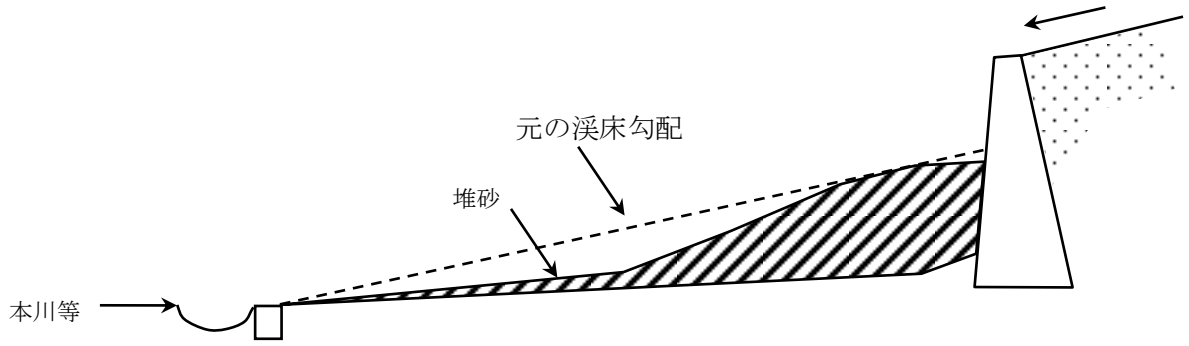
土石流分散堆積地は、土石流・流木処理計画上必要となる計画堆積量を堆積させることのできる空間を、流路の拡幅及び掘り込んで渓床勾配を緩くすることにより確保するものである。



図－２２　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、流路を掘り込んで渓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－２３　土石流堆積流路

4.3.5 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。

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。

4.3.6 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。

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。

第5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。

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。

(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生じた場合に除石（流木の除去を含む）を実施する。

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

参考文献

１）建設省河川局砂防部砂防課（1999）：土石流危険渓流および土石流危険区域調査要領（案）」、p.17

２）桜井亘（2002）：小規模な渓流で発生する土石流の流出土砂量に関する研究、土木技術資料、44-4、p.6-7

３）工藤司、内田太郎、松本直樹、桜井亘（2015）：レーザープロファイラデータを用いた土石流侵食幅・侵食深の解析、土木技術資料、57-11、p.22-25

４）小山内信智、内田太郎、曽我部匡敏、寺田秀樹、近藤浩一（2005）：簡易貫入試験を用いた崩壊の恐れのある層厚推定に関する研究、国土技術政策総合研究所資料、第 261 号、46pp.

５）建設省河川局砂防部砂防課（1989）：土石流対策技術指針（案）

６）松岡暁、山越隆雄、田村圭司、長井義樹、丸山準、小竹利明、小川紀一郎、田方智（2009）：LiDAR データの差分処理による流域土砂動態把握の試み、砂防学会誌、Vol.62、No.1、p.60-65

７）石川芳治、水山高久、福澤誠（1989）：土石流に伴う流木の発生及び流下機構、砂防学会誌、Vol.42、No.3、p.4-9

８）林野庁（2023）:「主伐時における伐採・搬出指針」の一部改正について、令和５年３月 31 日 ４林整整第 924 号 林野庁長官通知、p.6

９）林野庁（2017）:「流木災害等に対する治山対策検討チーム」中間取りまとめ、p.4

１０）神野忠広・吉田俊康・石田哲也・宮原靖・藤本拓史・守岩勉（2010）：流木量算出のための林相区分および材積量算出への航空レーザ計測データの活用方法、平成 22 年砂防学会研究発表会概要集、p.131-132

１１）嶺一三（1958）：測樹、朝倉書店、146pp.

１２）水山高久（1990）：土石流ピーク流量の経験的な予測、文部省科学研究費重点領域研究、「自然と災害の予測と防災力」研究成果、土石流の発生及び規模の予測に関する研究、文部省科学研究費 重点領域研究「自然災害の予測と防災力」研究成果、p.54

１３）高橋保（1978）：土石流の発生と流動の機構，土と基礎，Vol.26，No.6，p.46

１４）芦田和男，高橋保，沢田豊明（1976）：山地流域における出水と土砂流出，京大防災研年報 19－Ｂ，p.345

１５）水山高久，瀬尾克美（1984）：山地小流域の洪水到達時間及び短時間降雨強度と継続時間の関係、砂防学会誌、Vol.37、No.3、p.20 及びその修正砂防学会誌、Vol.39、No.1、p.16
１６）水山高久，上原信司（1984）：土石流の水深と流速の観測結果の検討、砂防学会誌、Vol.37、No.4、p.23
１７）水山高久、上原信司（1981）：湾曲水路における土石流の挙動、土木技術資料、Vol.23、No.5、p.243-248
１８）武澤永純、内田太郎、鈴木隆司、田村圭司（2009）：鹿児島県船石川で発生した深層崩壊に起因する土石流の推定、砂防学会誌、Vol.62、No,2、p21-28
１９）大坂剛、高橋英一、國友優、山越隆雄、能和幸範、木佐洋志、石塚忠範、宇都宮玲、横山康二、水山高久（2013）：桜島における土石流荷重計による単位体積重量測定、砂防学会誌、Vol.65、No.6、p.46-50
２０）藤村直樹、黒岩知恵、泉山寛明、赤澤史顕、水野秀明（2016）：不透過型砂防堰堤による流木の捕捉と流出に関する実験報告書、土木研究所資料第 4331 号