

第1編 調査・計画編

第1編 調査・計画編

第1章 砂防計画の基本	1-1
第1節 総説	1-1
第2節 砂防計画の基本構成	1-1
2.1 土砂生産抑制計画	1-4
2.2 土砂流送制御計画	1-4
2.3 流木対策計画	1-5
2.4 環境保全との調整	1-5
第3節 溪流環境保全計画	1-6
3.1 溪流環境保全計画策定の流れ	1-6
3.2 溪流環境調査	1-7
3.3 溪流環境保全計画	1-9
第2章 土石流・流木対策計画	1-10
第1節 総説	1-10
第2節 土石流・流木対策計画の基本的事項	1-12
2.1 計画策定の基本方針	1-12
2.2 保全対象	1-12
2.3 計画規模	1-13
2.4 計画基準点等	1-14
2.5 計画で扱う土砂・流木量等	1-15
2.5.1 計画流出量	1-17
2.5.1.1 計画流出土砂量	1-17
2.5.1.2 計画流出流木量	1-20
2.5.2 計画流出許容量	1-20
2.5.2.1 計画流下許容土砂量	1-20
2.5.2.2 計画流下許容流木量	1-20
2.5.3 計画基準点における土石流ピーク流量	1-21
2.6 土砂量等の算出方法	1-21
2.6.1 計画流出土砂量の算出方法	1-21
2.6.2 計画流出流木量の算出方法	1-27
2.6.3 流木の最大長、最大直径の算出方法	1-32
2.6.4 流木の平均長、平均直径の算出方法	1-33
2.6.5 礫径の算出方法	1-33
2.7 土石流・流木処理計画	1-34

2.7.1	土石流・流木処理計画の策定の基本	1-35
2.7.2	計画捕捉量	1-36
2.7.2.1	計画捕捉土砂量	1-38
2.7.2.2	計画捕捉流木量	1-38
2.7.3	計画堆積量	1-41
2.7.3.1	計画堆積土砂量	1-43
2.7.3.2	計画堆積流木量	1-43
2.7.4	計画発生（流出）抑制量	1-44
2.7.4.1	計画土石流発生（流出）抑制量	1-45
2.7.4.2	計画流木発生抑制量	1-47
第3章	土石流・流木対策施設計画	1-48
第1節	土石流・流木対策施設配置計画	1-48
1.1	総説	1-48
1.2	土石流・流木対策施設の配置の基本方針	1-48
1.3	土石流・流木対策施設の機能と配置	1-49
1.3.1	土石流・流木捕捉工	1-50
1.3.1.1	砂防堰堤の型式と計画で扱う土砂量等	1-50
1.3.1.2	砂防堰堤の型式の選定（透過型・不透過型・部分透過型）	1-53
1.3.1.3	透過型・部分透過型の種類と配置	1-53
1.3.2	土石流・流木発生抑制工	1-55
1.3.2.1	土石流・流木発生抑制山腹工	1-55
1.3.2.2	溪床堆積土砂移動防止工	1-55
1.3.3	土石流導流工	1-56
1.3.4	土石流堆積工	1-57
1.3.5	土石流緩衝樹林帯	1-58
1.3.6	土石流流向制御工	1-58
1.4	除石（流木の除去を含む）計画	1-59
第4章	流砂調整・流木対策計画	1-61
第1節	流砂調整・流木対策計画の基本	1-61
1.1	計画策定の基本方針	1-61
1.2	計画基準点	1-61
1.3	計画の規模	1-63
1.4	計画で扱う土砂量	1-64
1.4.1	計画生産土砂量（A）	1-64

1.4.2	計画流出土砂量 (Q)	-----	1-64
1.4.3	計画許容流砂量 (E)	-----	1-67
1.4.4	計画超過土砂量 (Q-E)	-----	1-67
1.4.5	計画生産抑制土砂量 (B: 扞止量)	-----	1-67
1.4.6	計画流出抑制土砂量 (C: 貯砂量)	-----	1-69
1.4.7	計画流出調節土砂量 (D: 調節量)	-----	1-71
第2節	流砂調整施設計画の作成	-----	1-72
2.1	流砂調整施設計画の基本	-----	1-72
2.2	流砂調整施設計画作成の基本	-----	1-74
第5章	砂防基本施設計画	-----	1-75
第1節	砂防施設とその機能	-----	1-75
第2節	砂防施設の種類	-----	1-75
2.1	堰堤工 (流砂調整)	-----	1-75
2.1.1	山脚固定堰堤	-----	1-76
2.1.2	縦侵食防止堰堤	-----	1-76
2.1.3	土石流対策堰堤	-----	1-76
2.1.4	河床堆積物流出防止堰堤	-----	1-77
2.1.5	流出土砂抑制・調節堰堤	-----	1-77
2.2	床固工	-----	1-78
2.3	帯工	-----	1-78
2.4	護岸工	-----	1-78
2.5	水制工	-----	1-78
2.6	溪流保全工	-----	1-78
2.7	砂溜工	-----	1-79
2.8	山腹工	-----	1-79
2.8.1	谷止工	-----	1-80
2.8.2	のり切工	-----	1-80
2.8.3	土留工	-----	1-80
2.8.4	水路工	-----	1-80
2.8.5	暗渠工	-----	1-80
2.8.6	柵工	-----	1-81
2.8.7	積苗工	-----	1-81
2.8.8	筋工	-----	1-81
2.8.9	伏工	-----	1-81
2.8.10	実播工	-----	1-81

2.8.11	植栽工	-----	1-82
第6章	計画高水流量	-----	1-83
第1節	計画流量の確率規模	-----	1-83
第2節	土石流対策施設の計画高水流量	-----	1-85
2.1	土石流対策施設の対象流量	-----	1-85
2.2	清水の対象流量の算出方法	-----	1-85
2.3	土石流ピーク流量の算出方法	-----	1-86
2.4	土石流の流速と水深の算出方法	-----	1-89
2.5	土石流の単位体積重量の算出方法	-----	1-91
2.6	土石流流体力の算出方法	-----	1-92
第3節	計画高水流量（清水流量）の算定	-----	1-92
3.1	算定式	-----	1-92
3.2	流出係数	-----	1-92
3.3	洪水到達時間内の平均雨量強度	-----	1-94
3.3.1	洪水到達時間（ T_f ）	-----	1-94
3.3.2	洪水流下時間（ T_o ）	-----	1-94
3.3.3	洪水流入時間（ T_i ）	-----	1-96
3.4	流域面積	-----	1-96
第4節	流砂調整堰堤の対象流量	-----	1-100
第5節	溪流保全工の対象流量	-----	1-101
第7章	砂防調査	-----	1-102
第1節	概説	-----	1-102
第2節	流域特性調査	-----	1-103
2.1	地形調査	-----	1-103
2.2	地質調査（流域内）	-----	1-104
2.3	植生調査	-----	1-104
2.4	既設工作物調査	-----	1-105
2.5	災害史調査	-----	1-105
2.6	経済効果調査	-----	1-105
2.7	水質調査	-----	1-105
第3節	崩壊地調査	-----	1-106
3.1	崩壊現況調査	-----	1-106
3.2	崩壊拡大調査	-----	1-106
3.3	裸地の生産土砂量調査	-----	1-106

3.4	地すべり性大規模崩壊調査	1-106
第4節	河床変動調査	1-107
第5節	流出土砂量調査	1-107
5.1	砂防堰堤を利用する調査	1-107
5.2	流域の特性値による調査	1-107
第6節	土石流調査	1-107
6.1	土石流発生危険調査	1-107
6.2	土石流流動調査	1-108
第7節	砂防施設設計のための地質調査	1-109
7.1	目的と調査項目	1-109
7.2	調査範囲	1-111
7.3	岩級区分	1-112
7.4	ボーリング調査	1-113
7.5	ボーリングコアによる岩級区分の例	1-114
7.6	地盤の平板載荷試験	1-114
7.7	基礎岩盤（地盤）の評価	1-114
7.8	ルジオンテスト	1-116
第8節	砂防ソイルセメント堰堤を計画するための調査	1-118
8.1	総説	1-118
8.2	現地調査	1-120
8.2.1	現地発生土砂の調査	1-120
8.2.2	現地状況の調査	1-120
8.3	試料の採取	1-122
8.4	材料試験	1-123
8.5	配合試験	1-125

第1章 砂防計画の基本

第1節 総説

砂防計画は、流域における土砂の生産及びその流出や、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ことによって、望ましい環境の確保と河川の治水上、利水上の機能の保全を図ることを目的として策定するものとする。

解説

土砂の生産とは、豪雨、融雪、地震等による山崩れ、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う。

土砂災害の防止とは、山崩れ、土石流の直撃等の直接土砂災害、あるいは流出土砂および土砂とともに流出する流木による貯水池の埋没や、河床の上昇による洪水氾濫等の間接土砂災害から、生命、財産及び生活環境、自然環境を守ることをいう。

第2節 砂防計画の基本構成

砂防計画を策定する場合、各地域の流出形態に適合した砂防計画とする必要がある。そこで、溪床勾配により溪流を土石流区域と掃流区域に区分し、砂防計画を策定するものとする。

これらの計画は溪流環境保全計画に基づいて策定するものとする。

解説

砂防計画は、土石流・流木対策計画と流砂調整・流木計画に分類され、計画上においてそれぞれの適用区分を明確にする。

【土石流区間】

土砂の流出が集合運搬の状態で行われる区域であり、砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）に基づいて、現溪床勾配が 1/30 より急勾配である区域とする。

【掃流区間】

土砂の流出が流水によって各個運搬の状態で行われる区域であり、砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）に基づいて、現溪床勾配が 1/30 以下の緩勾配である区域とする。

【溪床勾配】

現溪床勾配について、勾配 1/30 で土石流区間と掃流区間に区分しているが、この現溪床勾配は計画地点から概ね上流 200m 間の平均勾配を基本とする。なお、溪流長が短い、または計画地点から上流 200m 区間が溪床勾配を代表していないと考えられる場合は、200m より短くするなど、溪流の状況に応じて設定する。

第1章 砂防計画の基本

溪床勾配を計画地点から上流 200m の区間で設定する場合の、平均勾配の算出方法は以下のとおりとする。

1. 計画地点と計画地点から上流 200m 地点を結んだ線の勾配とすることを基本とする。
2. 計画地点から上流 200m 以内に急激な勾配変化がある場合は、変化点を考慮した現溪床勾配の平均値を算出する。(加重平均)

① 溪床勾配の変化が小さい場合

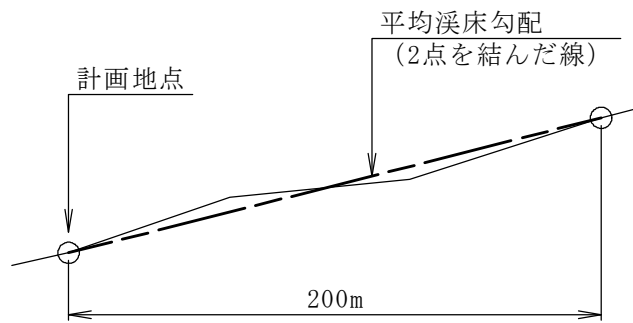


図 1-1-1 平均溪床勾配の算出例①

② 溪床勾配の変化が大きい場合

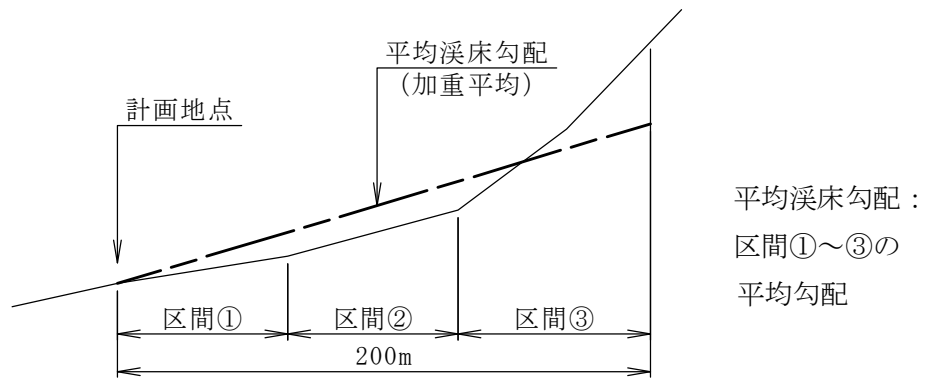


図 1-1-2 平均溪床勾配の算出例②

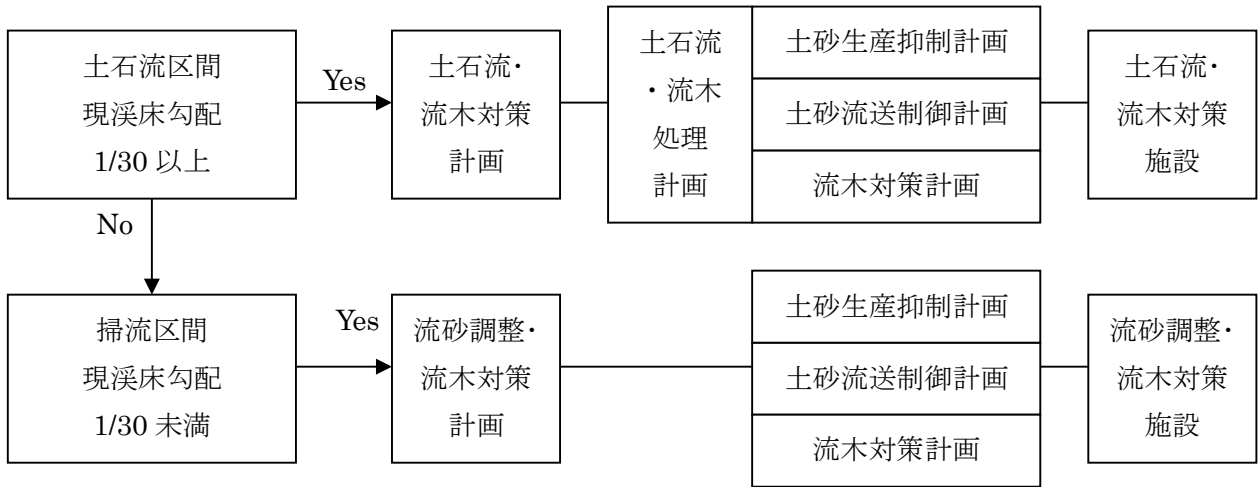


図 1-1-3 砂防計画の構成

土石流・流木対策計画とは、土石流および土砂とともに流出する流木等による民家・公共施設等への直接的な被害の防止を目的として策定する計画である。

流砂調整・流木対策計画とは、豪雨、地震等の誘因によって生産された土砂及び流木が、洪水によって流木等とともに下流に流され、河川治水利水機能が失われることを防止するための計画である。

溪流環境保全計画とは、砂防事業を行うに当たって、その地域や周辺の自然環境、社会環境を保全、創造していくための基本的な考え方および地域活性化に資するために砂防施設を有効利用するための基本的な考え方を示すものである。

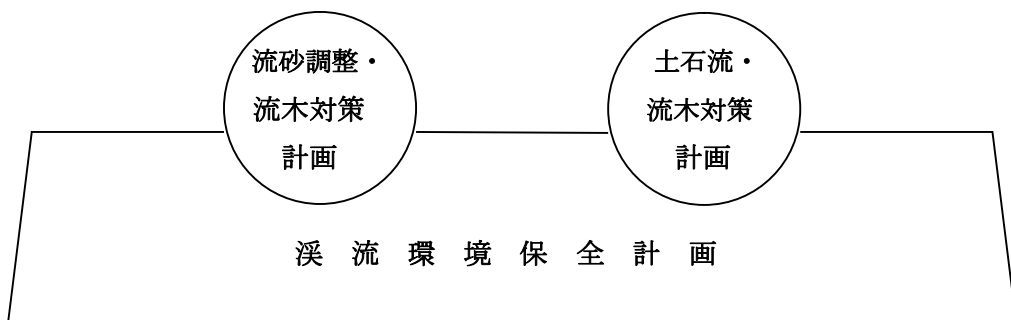


図 1-1-4 砂防計画の構成イメージ

2.1 土砂生産抑制計画

土砂生産抑制計画は、降雨等による山腹の崩壊、地すべり、溪床・溪岸の侵食等を砂防設備で抑制することによって、土砂生産域の荒廃を復旧するとともに、新規荒廃の発生を防止し、有害な土砂の生産を抑制するための計画である。

計画の策定に当たっては、土砂生産域の状況、土砂の生産形態、土砂の流出形態、保全対象等を考慮し、計画生産抑制土砂量を山腹工、砂防堰堤等に合理的に配分するものとする。

解説

土砂生産抑制計画は、土砂の1次生産源である山地及び2次生産源である河道を対象に策定する。

なお、砂防施設による計画生産抑制土砂量は、砂防設備の規模及び地形・地質、植生の状況並びに地盤の安定状況等により定める。

2.2 土砂流送制御計画

土砂流送制御計画は、捕捉・調節機能等を有する砂防設備によって有害な土砂の流出を制御し、無害であり、かつ下流が必要としている土砂を安全に流下させるための計画である。

計画の策定に当たっては、土砂の流出形態、土砂量・粒径、保全対象、地形、河床勾配、河道等の現況等を考慮して、計画流出抑制土砂量、計画流出調節土砂量を砂防堰堤等に合理的に配分するものとする。

解説

土砂流送制御計画は河道を対象に策定するものとする。

計画流出抑制土砂量には、砂防堰堤等の施設に固定的に貯留できる土砂量のうち未堆砂の容量を見込む。なお、除石工を計画する場合には、除石工により未堆砂となった容量を見込むことができる。

計画流出調節土砂量には、一般に砂防堰堤等の施設に固定的に貯留された土砂の安定勾配と洪水時に想定される土砂の堆砂勾配との間の容量を見込む必要がある。なお砂防堰堤の堆砂区域は元々河道調節機能の大きなところであることが多いので、このような場合には、砂防堰堤による計画流出調節土砂量は新たに増大する容量で評価しなければならない。

また、透過型砂防堰堤の設置などにより、土砂捕捉・調節機能の増大を図った場合には、その効果量を適切に評価する。

2.3 流木対策計画

流木対策計画は、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の災害から、住民の生命、財産及び公共施設等を守ることを目的として策定するものとする。

解説

一般に森林に覆われている急峻な山地流域等において、ひとたび崩壊等が発生した場合には、土砂の流出とともに、流木が発生し溪流等を流下する際に河川の狭窄部や橋梁、ボックスカルバート等を閉塞し、土砂等の氾濫、橋梁等の流出により、生命、人家、道路等公共施設に多大な被害を与えることがある。

流木対策計画では、斜面の崩壊、土石流、溪岸・溪床侵食による立木の流出及び過去に発生した倒木、伐木等の流出を対象に策定する。

流木対策計画は、土砂とともに流出する流木を対象に、土石流対策計画や流砂調整計画等とともに、計画を策定するものである。

2.4 環境保全との調整

環境保全との調整は、河川に関わる自然環境の適正な保全、河川空間の環境及び流水の量質に関する維持改善についての計画を策定するための基本となるものである。

砂防設備及びその周辺を整備して土砂災害の防止機能の高揚を図るとともに、環境の保全、育成を図るため、砂防設備周辺の環境の整備を図るものとする。これにより、砂防設備と周辺の景観との調和を図るとともに親しみやすい水辺や緑地等自然空間を確保し、地域住民等が親しめる砂防設備周辺環境の創造に資するものである。

解説

砂防事業を実施する地域は、これまでに幾度となく土砂災害が発生した地域、または土砂災害が発生する恐れのある地域であり、住民に脅威を与えている箇所である。しかし一方では、景観が優れ、貴重な動植物が存在するなど自然環境が優れている場合が多い。この優れた自然環境は、地域の動植物の育成に必要なばかりでなく、地域の人々にも憩いの場として貴重な存在と考えられる。社会的ニーズとしても、近年、住民が真の豊かさを求めるようになり、砂防事業の実施にあたって「快適な生活環境」の形成に寄与することの必要性が高くなっている。

第3節 溪流環境保全計画

3.1 溪流環境保全計画策定の流れ

溪流環境保全計画のフローを示す。

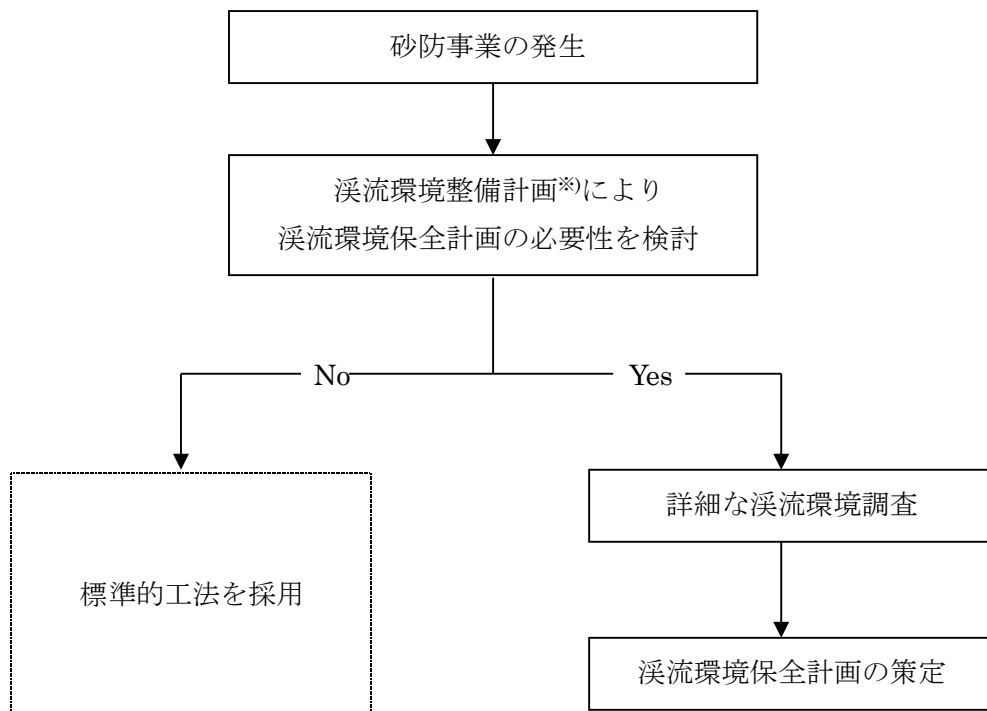


図 1-1-5 溪流環境保全計画のフロー

溪流環境保全計画の策定の順序として（砂防事業の必要性が前提）、まずその周辺環境について溪流環境整備計画※) および概略の溪流環境調査（文献、既往調査資料等による）をもとに溪流環境保全計画の必要性について検討する。

※) 溪流環境整備計画については以下を参照

- ・溪流環境整備計画の策定について（平成6年9月13日付建設省砂防部発第10号）
- ・溪流環境整備計画策定マニュアル（案）（平成6年建設省河川局砂防部砂防課）

3.2 溪流環境調査

溪流環境整備計画は、自然環境、社会環境の調査、地域の環境に対する基本理念および砂防事業を行うにあたっての基本的整備計画を定めたものである。具体的に砂防事業を実施する場合、必要に応じて更に詳細な溪流環境調査を実施する。

解説

調査項目は、溪流環境整備計画における溪流環境特性の調査項目を基に整理すると、表 1-1-1 のようになる。

溪流環境調査は、溪流環境の著しい改変を伴う工種を含む場合に、溪流環境整備計画の策定に必要な資料として、以下の資料のうち、該当するものを収集し整理する。また、必要に応じて現地調査を行う。

- a) 溪流空間の生態系の維持に関する中小出水時および平常時の降雨・流量等
- b) 時期の特定できる澇筋周辺及び溪流周辺の植物の広範な流出に係る航空写真
- c) 溪畔林の育成基盤の条件（降水量、流量、流速、過去の氾濫など）及び溪畔林の分布状況と群落特性
- d) 可能な範囲で溪畔林の群落特性、樹種、樹齢から推定される当該溪流区間における過去の洪水や土砂移動の発生時期、及びその範囲
- e) 可能な範囲で、過去の溪畔林の流出や侵食の状況の航空写真判読等。併せて、同時期の降雨や流量等。

第1章 砂防計画の基本

表 1-1-1 溪流環境特性の調査項目（例）

項目	細目	環境要素	資料等	
自然環境 (生態系)	魚類	天然記念物	文化財調査、天然記念物調査（文化庁、県）等	
	植生	希少野生動物（絶滅危惧種）	絶滅の恐れのある野生動物の種の保存に関する法律等	
	鳥類	貴重動物、主要野生動物	自然環境保護調査（環境庁）等	
	両生類	優れた自然（植物、動物）	自然環境保護調査（環境庁）等	
	は虫類	巨樹、巨木	自然環境保護調査（環境庁）等	
	ほ乳類	指定動物	自然公園に係る調査書（環境庁）等	
	昆虫類	学術上価値の高い生物	天然記念物緊急調査（文化庁）等	
	その他	保護上重要な植物	陸上生物群集の保護調査等	
			現存植生	自然環境保護調査（環境庁）等
	自然環境 (景観)		史跡・名勝・景勝地	天然記念物調査
		自然景観資源	自然環境保護調査（環境庁）等	
利用実態	観光資源	山岳、溪谷、滝、溪畔、淵	全国観光情報ファイル	
		湖、沼、ダム	全国観光状況	
		植物、動物	全国観光地利用者動向調査	
		特殊地形	（以上（財）日本観光協会）	
		溪流釣り	観光便覧、観光パンフレット等	
	溪流利用	キャンプ場、ハイキングコース、自然歩道、遊歩道	上記と同様	
		展望台、公園、温泉、カヌー、ボート、自然観察、釣り場		
	社会的ニーズの把握	地方自治体の利用計画	長期計画、整備計画	
	地域整備計画	観光リゾート計画		
	周辺都市域とのアクセス状況	アンケート、ヒアリング調査		
	利用者動向	（以上自治体、民間等）		

概略調査は、文献中心に行い、詳細調査は文献調査に加え必要に応じ可能な限りの現地調査等が必要になる。

3.3 溪流環境保全計画

溪流環境保全計画は、溪流環境整備計画の基本理念を踏まえて、その整備方針を対象溪流に適合させ具体化するものである。

その目的は、大きく下記の5つに分類される。

1. 自然環境の保全
2. 自然環境の創造
3. 景観の保全
4. 景観の創造
5. 溪流の活用

解説

「保全」、「創造」および「溪流の活用」とは、以下のことを意味する。

「保全」とは、自然環境、景観の質を現在の状態に保つことである。現在の状態に保つための考え方には、全く手をつけない、あるいは適正な維持管理をするという考え方と共に、一時的にあるいは短期的に現在の状態を損なうことがあっても、元の状態に戻す（自然あるいは人為的に）という考え方も含まれる。

「創造」とは、現在の自然環境、景観を新たに良好な状態に創り変えることである。新たな状態に創り変えるための考え方には、本来あるべき姿に戻す、将来的には周辺と調和した状態にするという考え方と共に、人間の社会活動にとって利用しやすい状態にするという考え方も含めるものとする。

「溪流の活用」とは、自然環境等に留意しつつ、人間の活動および憩いの場として、溪流および溪流周辺の利用、活用を図ることをいう。すなわち、溪流および溪流周辺の自然を社会、文化活動等の一般の利用に供するという考え方である。

溪流環境保全計画は、上記のとおり周辺環境、目的の優先度および計画の実現性などを勘案して、整備方法および対策工法を選定する基礎資料となり、砂防事業を行う溪流における整備の考え方を示すものである。

第2章 土石流・流木対策計画

第1節 総説

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から生命、財産、生活環境及び自然環境を守り、併せて県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。

解説

土石流・流木対策計画は、本指針に基づいて策定する。なお、本指針で定められていないものについては、「河川砂防技術基準 計画編」、「河川砂防技術基準（案）設計編、調査編」、「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）」、「土石流危険溪流及び土石流危険区域調査要領（案）」に基づくものとする。また、「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律 基礎調査マニュアル（鳥取県県土整備部治山砂防課）」及びこれに基づく基礎調査結果も参考とする。なお、土石流・流木対策計画は、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及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。土石流の到達は、そのほとんどが溪床勾配 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、溪流堆積土砂の状態、最大粒径等に基づき設定する。

なお、土石流・流木対策計画は、図1-2-1の流れを参考に策定する。

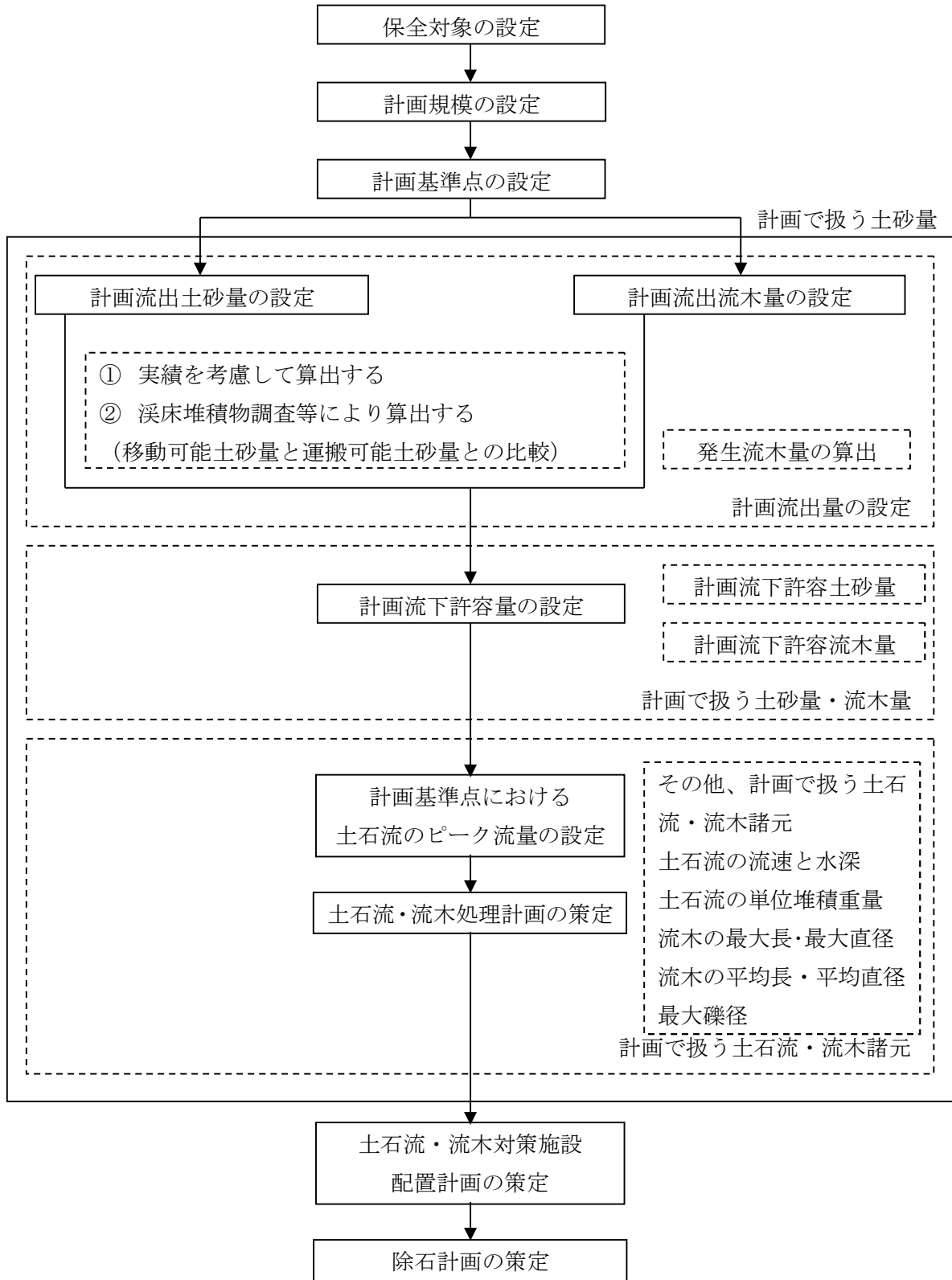


図 1-2-1 土石流・流木対策計画および土石流・流木施設配置計画、除石計画の策定の流れ

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に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、または、森林等の状況が大きく変化した場合には、必要に応じて、計画で扱う土砂量等の見直しを行い、土石流・流木対策計画を改定する。

2.2 保全対象

土石流危険渓流における保全対象は、土石流危険区域内にある保全人口、保全人家、保全田畑、公共施設等とし、設定に際しては計画基準点からの方向、距離、溪床との比高を考慮して設定する。

解説

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

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

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、本指針では、大規模な山腹崩壊土砂がそのまま土石流となるものや、崩壊または地すべり等により形成された天然ダムの決壊による土石流、および火山噴火に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は対象外とする。

解説

原則として経験ならびに理論上、計画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、当該流域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、計画で扱う土砂量等を決定する地点である。計画基準点は、保全対象の上流に設けることを基本とする。

また、土石流・流木対策施設の設置地点及び、土砂移動の形態が変わる地点や支溪の合流部等において土石流・流木処理計画上、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、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。

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。

計画基準点は、溪床および溪岸から土砂流出が想定される最下流位置に設けるものとし、計画基準点の上流に補助基準点（砂防堰堤位置等）を設けた場合は、計画基準点から補助基準点の区間には溪流保全工の設置を原則とする。砂防堰堤から下流側に溪流保全工が整備されている（土砂流出が無い場合等）場合は、堰堤位置を計画基準点とする。

土砂移動の形態が変わる地点は、図 1-2-2 を参考とする。

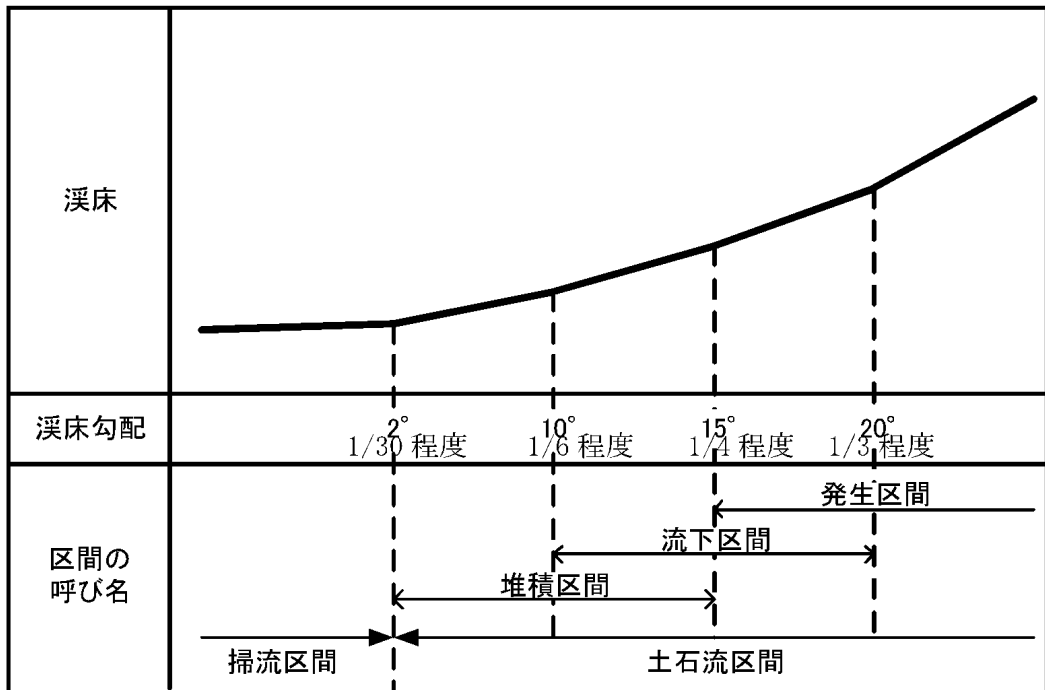


図 1-2-2 土砂移動の形態の溪床勾配による目安

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・流木量等の算出方法は、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等の算出方法も本指針第1編第2章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、「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1-2-1に示す。本指針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 1-2-1 河川砂防技術基準計画編基本計画編と本指針の用語の対比

本指針	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。

計画で扱う土砂・流木量等に用いる数値基準は次のとおりである。

表 1-2-2 数値基準

項目	記号	単位	備考
流域面積	A	0.01km ²	四捨五入
溪流長	L _{dy}	1m	四捨五入
平均溪床幅	B _d	0.5m	切上げ
堆積土砂の平均深さ	D _e	0.1m	切上げ
堆積土砂の平均断面積	A _{dy}	0.1m ²	切上げ
流木の長さ	H _w	1m	切上げ
流木の直径	R _w	0.05m	切上げ
礫径	D	0.1m	切上げ
平均溪床勾配	θ _o	1/0.1	四捨五入
計画堆砂勾配	θ _p	1/0.1	四捨五入
平常時堆砂勾配	θ _n	1/0.1	四捨五入
計画流出量 ^{※)}	V	1m ³	切上げ
計画流下許容量	W	1m ³	切捨て
計画捕捉量	X	1m ³	切捨て
計画堆積量	Y	1m ³	切捨て
計画発生（流出）抑制量	Z	1m ³	切捨て
土石流・流木整備率	F	0.1%	切捨て

※) 計画流出量は、谷毎の流出量を 1m³ 単位に切り上げる。

表 1-2-3 計画流出土砂量算出例

谷名	延長 L _{dy} (m) ①	平均溪床幅 B _d (m) ②	体積土砂の 平均深さ D _e (m) ③	体積土砂の 平均断面積 A _{dy} (m ²) ④=②×③	流出土砂量 (m ³) ⑤=①×④	計画流出 土砂量 V _{dy1} (m ³)
1-1	53	2.5	0.3	0.8	42.4	43
1-2	31	3.5	0.4	1.4	43.4	44
2-1	97	5.0	0.5	2.5	242.5	243
合計						330

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、本指針第1編第2章 2.6.1 で示した方法に基づき算出する。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）（平成11年4月建設省河川局砂防部砂防課発）」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 m³以下の場合には、計画流出土砂量を1,000 m³とする。ただし、補助基準点において算出した流出土砂量には適用しない。

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

（参考）小規模溪流（無流水溪流）における計画流出土砂量の取扱い

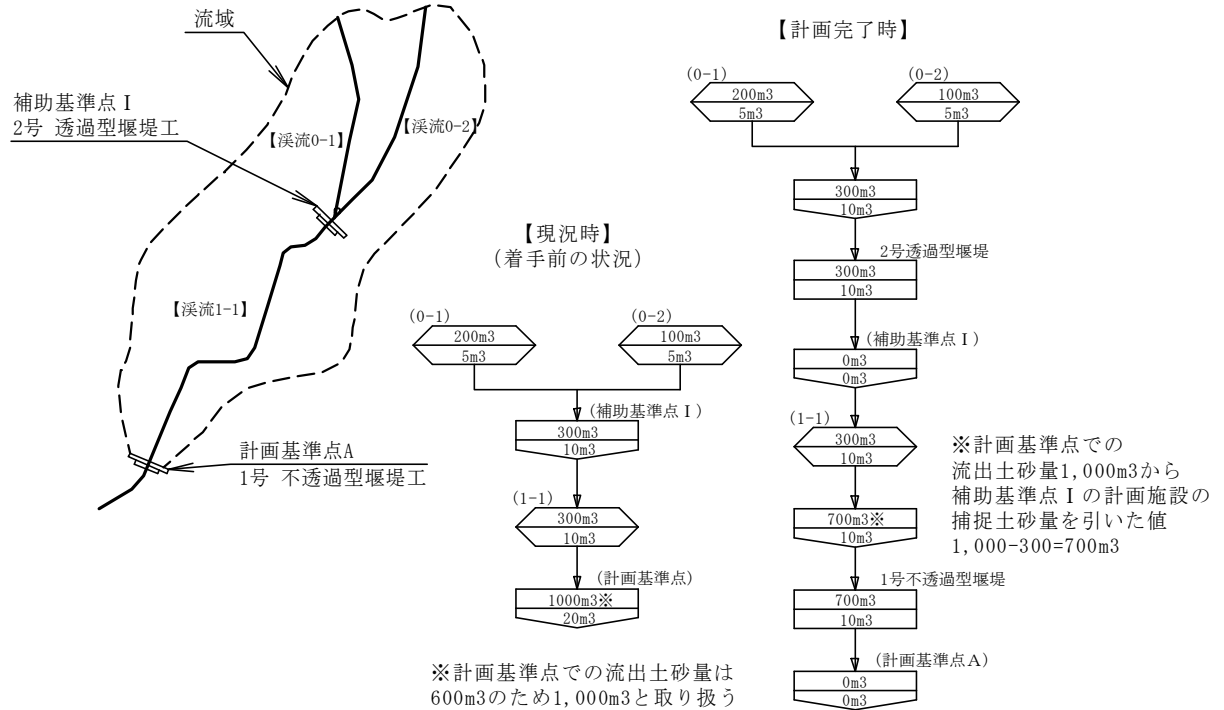
小規模溪流において、簡易貫入試験を用いて移動可能土砂の厚さを計測する等の詳細な調査を行うことで、崩壊可能土砂量を含めた移動可能土砂量を精度良く把握できる場合もある。その場合に限り、計画流出土砂量が1,000m³以下であっても調査に基づく土砂量を採用することができる。なお、小規模溪流は以下の条件全てを満たすものをいう。

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

ただし、鳥取県では当面、「小規模溪流における土石流対策の計画の設計について（H29.9.6 事務連絡）」「無流水溪流対策に係る技術的留意事項（試行案）（R4.3.15 事務連絡）」は適用しないこととする。

計画流出土砂量が 1000m³以下の場合の取り扱い例を図 1-2-3 に示す。

① 砂防堰堤を計画基準点に計画する場合



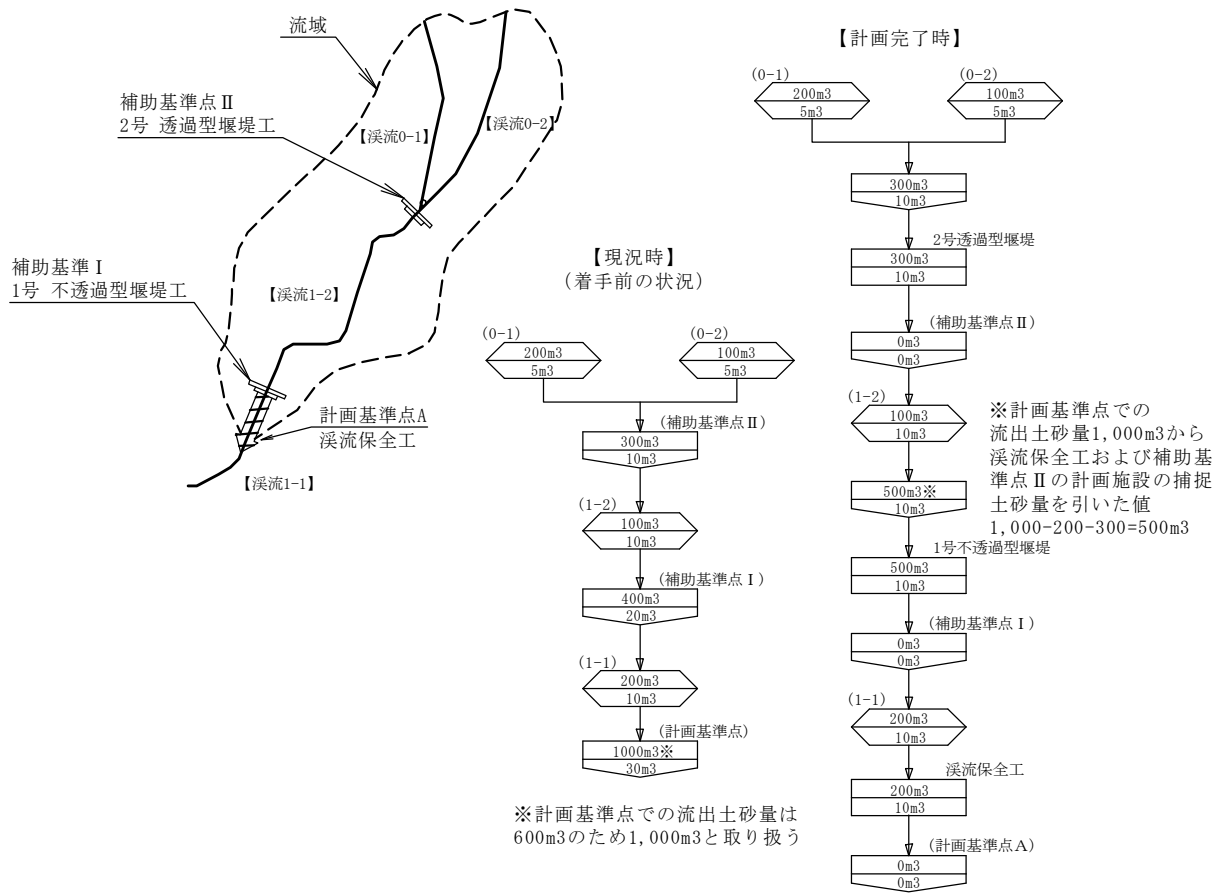
施設計画時の計画流出土砂量の取り扱い例

< 補助基準点 I >
 実際の流出土砂量に対し施設計画を行う
 例) 対象土砂量 : 300m³

< 計画基準点 A >
 1,000m³ - (補助基準点 I の捕捉土砂量)
 例) 対象土砂量 : 1,000m³ - 300m³ = 700m³

図 1-2-3(1) 計画流出土砂量の取り扱い例

② 計画基準点上流に溪流保全工を計画する場合



施設計画時の計画流出土砂量の取り扱い例

< 溪流保全工 >
 実際の流出土砂量に対し施設計画を行う
 例) 対象土砂量 : 200m³

< 補助基準点 II >
 実際の流出土砂量に対し施設計画を行う
 例) 対象土砂量 : 300m³

< 補助基準点 I >
 1,000m³ - (溪流保全工の捕捉土砂量)
 - (補助基準点 II の捕捉土砂量)
 例) 対象土砂量 : 1,000m³ - 200m³ - 300m³ = 500m³

図 1-2-3(2) 計画流出土砂量の取り扱い例

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、本指針第1編第2章2.6.2で示した方法に基づき算出する。その際、本指針第1編第2章2.6.2式(1-2-7)の L_{dy13} 、 B_d は、本指針第1編第2章2.5.1.1で求めた値と同じとする。

2.5.2 計画流出許容量

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第1編第6章2.3に示した方法に基づき算出する。その際、溪床勾配 θ は現溪床勾配を用いるものとする。

2.6 土砂量等の算出方法

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、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(土石流危険溪流を含む)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。

解説

計画流出土砂量は水源崩壊地調査、溪流調査等の結果に基づき算出する。ただし、流出土砂量の実績値がある場合においては、実績値を考慮して算出する。

なお、計画基準点より上流側に土砂の流出を抑制する既存施設がある場合は、その設置区間の流出土砂量は計上しない。

(1) 流域内の移動可能土砂量 (V_{dy1})

$$V_{dy1} = V_{dy11} + V_{dy12} \quad \cdots (1-2-1)$$

$$V_{dy11} = A_{dy11} \times L_{dy11} \quad \cdots (1-2-2)$$

$$A_{dy11} = B_d \cdot D_e \quad \cdots (1-2-3)$$

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次谷の最上流端までの区間の移動可能溪床堆積土砂量 (m^3)

V_{dy12} : 崩壊可能土砂量 (m^3)

A_{dy11} : 移動可能溪床堆積土砂の平均断面積 (m^2)

L_{dy11} : 流出土砂量を算出しようとしている地点、計画基準点あるいは補助基準点から1次谷の最上流端まで溪流に沿って測った距離 (m)

B_d : 土石流発生時に侵食が予想される平均溪床幅 (m)

D_e : 土石流発生時に侵食が予想される溪床堆積土砂の平均深さ (m)

移動可能溪床堆積土砂量を算出する際の B_d 、 D_e は現地調査および近傍溪流における土石流時の洗掘状況などを参考に推定する。 B_d 、 D_e を現地調査により推定する場合は図1-2-5(1)に示すように溪流断面における溪岸斜面の角度の変化、土石流堆積物上に成育する先駆樹種と山腹地山斜面に成育する樹種の相違等を参考に山腹と溪床堆積土砂を区分して行う。

D_e の推定は図1-2-5(1)における断面形状だけでなく、上下流における溪床の露岩調査を行い、縦断的な基岩の連続性を考慮して行う。 D_e の参考として過去の土石流災害における事例を図1-2-5(2)に示す。

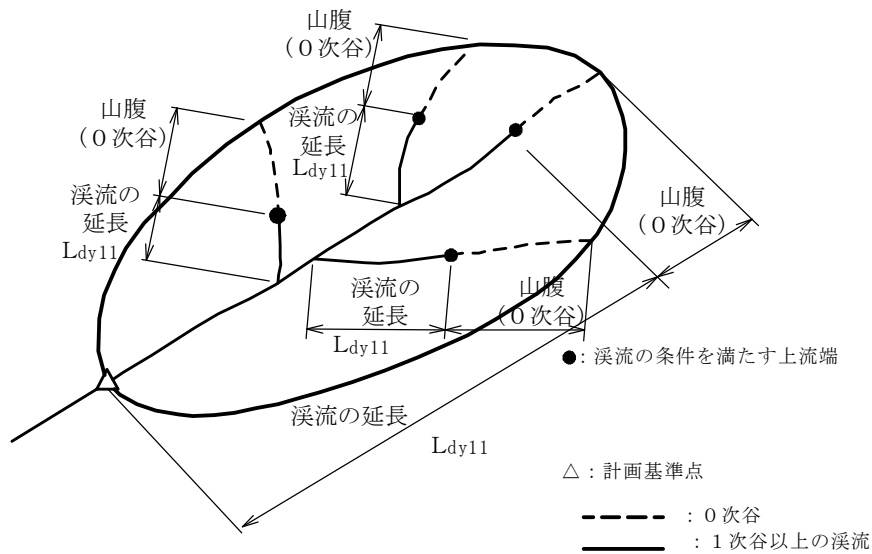


図1-2-4 L_{dy11} のイメージ

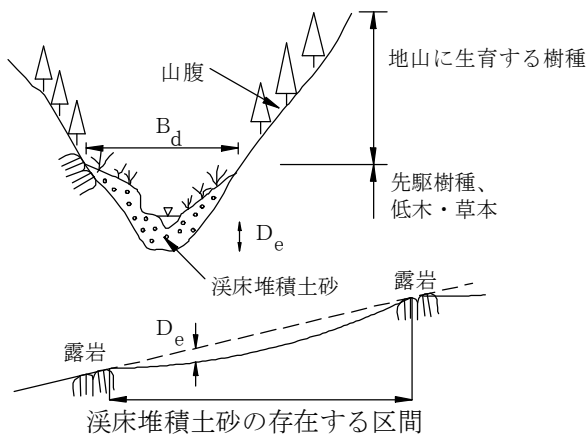


図 1-2-5(1) 侵食幅、侵食深の調査方法

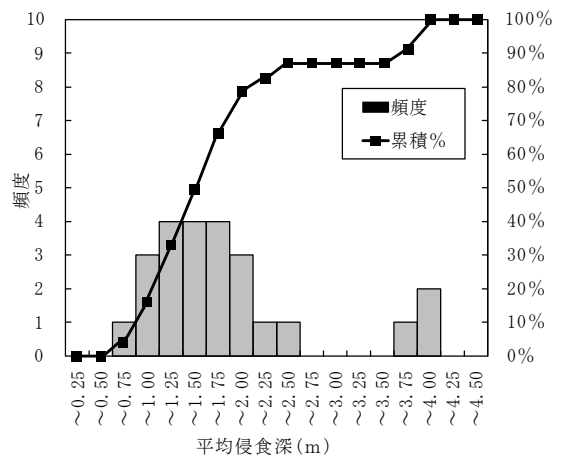


図 1-2-5(2) 平均侵食深の分布

第2章 土石流・流木対策計画

(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	溪流名	集水面積 (Km ²)	平均勾配 (%)	侵食幅		侵食深		土石流発生時の雨量	
								平均値 (m)	標準偏差 (m)	平均値 (m)	標準偏差 (m)	24時間雨量 (mm)	1時間雨量 (mm)
魚野川	1	2011 7	新潟県	南魚沼市	姥沢川 (登川支溪)	4.78	19.8	31.8	20.1	2.2	1.7	328.0	62.0
	2	2011 7	新潟県	南魚沼市	二子沢川 (登川支溪)	0.78	27.0	27.6	13.0	3.9	2.4	328.0	62.0
	3	2011 7	新潟県	南魚沼市	柄沢川 (登川支溪)	1.60	22.4	10.0	5.9	1.1	0.7	328.0	62.0
	4	2011 7	新潟県	南魚沼市	高棚川	0.82	23.6	15.9	7.0	3.7	2.2	321.2	58.3
	5	2011 7	新潟県	南魚沼市	土沢	0.69	18.4	24.9	13.6	1.3	0.6	307.0	58.0
藤原岳	6	2012 9	三重県	いなべ市	西之貝戸川	0.21	34.6	13.8	7.3	1.6	2.0	435.0	70.0
	7	2012 9	三重県	いなべ市	小滝川	1.39	25.3	22.6	5.8	3.9	2.0	435.0	70.0
阿蘇	8	2012 7	熊本県	阿蘇市	大門川	0.33	13.4	14.5	7.1	1.2	0.7	517.0	124.0
	9	2012 7	熊本県	阿蘇市	坂梨地区	0.09	19.3	42.2	19.3	1.6	1.3	517.0	124.0
	10	2012 7	熊本県	阿蘇市	塩井川2	0.48	14.5	13.7	6.6	1.7	1.3	517.0	124.0
	11	2012 7	熊本県	阿蘇市	新所川3	0.07	28.2	16.9	6.9	1.0	0.6	417.0	83.0
	12	2012 7	熊本県	阿蘇市	土井川	0.28	19.5	21.2	9.9	2.4	1.1	517.0	124.0
防府	13	2011 7	山口県	防府市	阿部谷川	0.53	15.0	16.0	5.7	1.9	0.9	266.0	60.0
	14	2011 7	山口県	防府市	八幡谷溪流	1.05	14.2	9.0	4.1	0.8	0.5	266.0	60.0
	15	2011 7	山口県	防府市	松ヶ谷川	2.13	7.1	12.4	5.8	0.7	0.4	266.0	60.0
	16	2011 7	山口県	防府市	神里川	0.03	20.5	25.1	7.6	1.6	0.5	256.0	56.0
	17	2011 7	山口県	防府市	上田南川	1.10	12.2	15.9	8.0	1.1	0.6	266.0	60.0
18	2014 7	長野県	南木曾町	梨子沢	2.27	18.4	25.6	11.6	1.8	1.2	143.0	76.0	
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

(1-2-1)式の 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利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開口よりも奥行が小なる地形とする。

なお、鳥取県では当面、0次谷の判定は1/25,000地形図(DMデータ)を利用することを基本とする。

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等、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。

なお、崩壊土砂のかさ増は、原則として行わない。

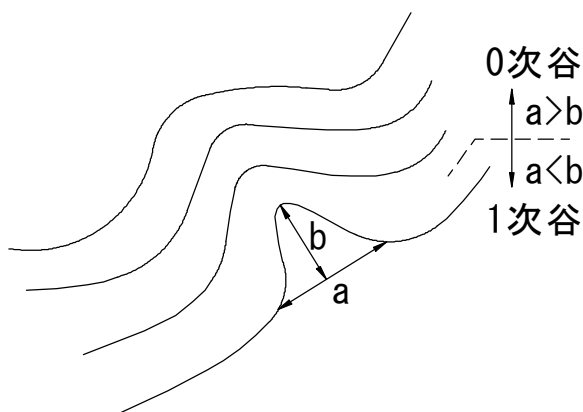


図 1-2-6 0次谷の地形

(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。

$$V_{dy12} \doteq \sum (A_{dy12} \times L_{dy12}) \quad \dots(1-2-4)$$

$$A_{dy12} = B_d \cdot D_e \quad \dots(1-2-5)$$

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までの流路谷筋に沿って測った距離 (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。

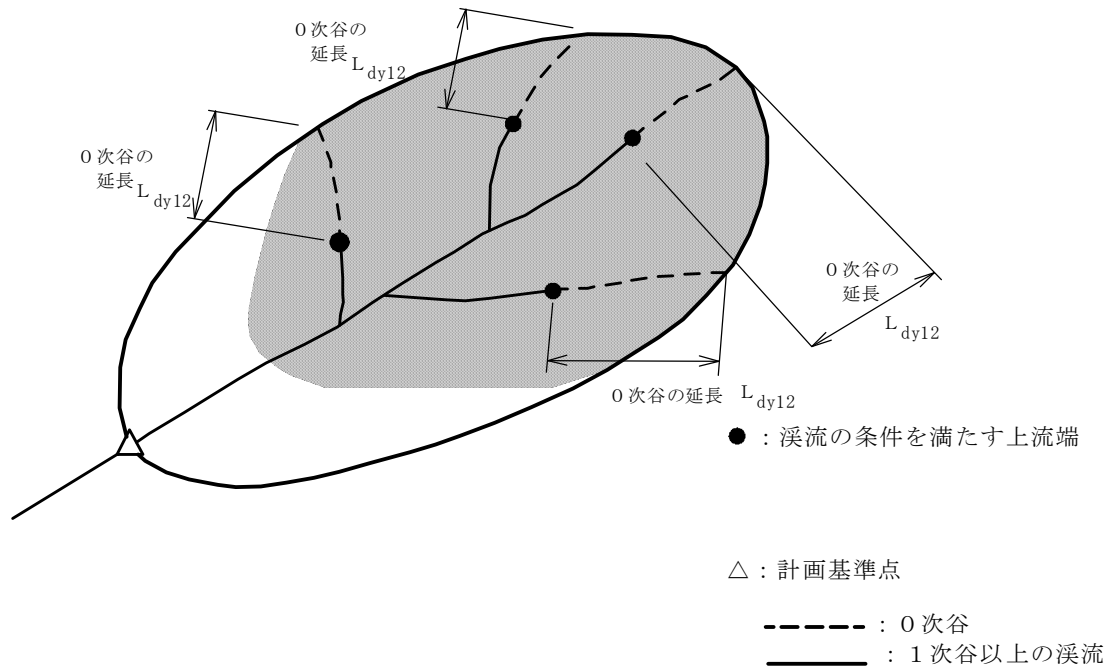


図 1-2-7 L_{dy12} のイメージ

(2) 移動可能土砂量調査

計画基準点を基準とし、河道縦断線に沿う累加距離に対して変化する溪床勾配、谷形状、土石流発生時に侵食が予想される平均溪床幅及び溪床堆積土砂の平均深さ等を調査し、四則計算にて移動可能土砂量を算出する。

実測調査位置は、砂防堰堤等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、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溪流（以下「主溪」という。）の各次数谷で1断面を代表断面として調査する。

なお、主溪の代表断面調査結果を用いることが不適当と考えられる支溪（谷地形や堆積状況が主溪と明らかに大きく異なる支溪、主溪とほぼ同程度の流域面積を有する支溪、砂防設備の設置を検討する支溪 等）がある場合については、主溪と同様の実測調査を行うことができるが、別途実測調査を行う支溪は最大1支溪を基本とする。

その他の支溪については、主溪及び別途実測調査を行った支溪の各次数谷における代表断面調査結果を用いて移動可能土砂量を算出する。

また、砂防堰堤等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下流の範囲において、侵食等による土砂流出のおそれがある場合は、代表的な断面を必要最小限の断面数で実測調査し、流出土砂量を算出する。

なお、砂防堰堤等の設置による地形等の改変により、下流域に生じる恐れのある影響も考慮して、溪流調査を計画し実施する。

(3) 「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(運搬可能土砂量)は、計画規模の年超過確率の降雨量 (P_p (mm)) に流域面積 (A (km²)) を掛けて総水量を求め、これに流動中の土石流濃度 (C_d) を乗じて算定する。その際流出補正率 (K_{f2}) を考慮する。

$$V_{dy2} = \frac{10^3 \cdot P_p \cdot A}{1 - K_v} \left[\frac{C_d}{1 - C_d} \right] K_{f2} \quad \dots (1-2-6)$$

C_d : 算出方法は、本指針本編第6章2.3を参照する。なお、式(1-6-8)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1-2-8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、0.5を上限とし、0.1を下限とすることを基本とする。

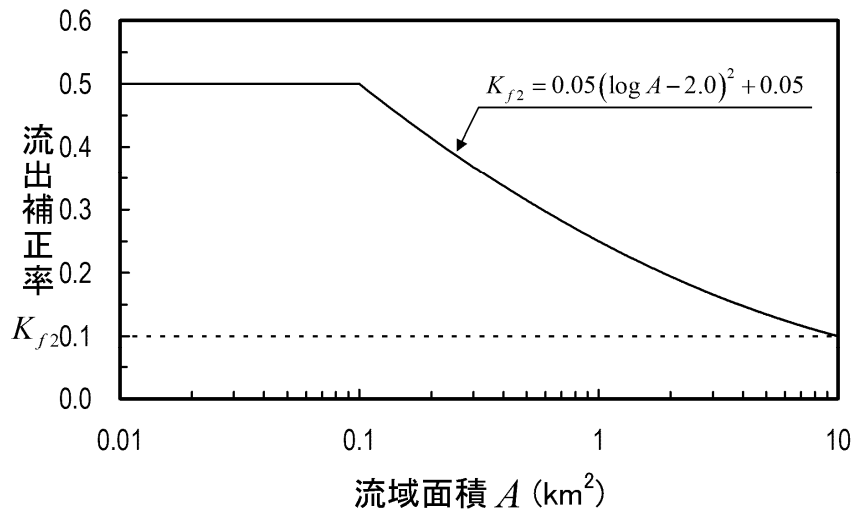


図 1-2-8 流出補正率

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

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。鳥取県では、計画流出流木率の標準値を0.85とする。

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における立木、植生及び倒木（伐木、用材を除く）を調査する。溪流内で伐採を伴うような開発が予定されている溪流では将来の土地利用についても調査する。

（2）発生原因調査

流域現況調査結果を総合的に判断して、流木の発生原因を推定する。

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

流木の発生原因を表 1-2-4 に示す。

表 1-2-4 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、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、用材の流出等人為に加わったものは発生流木量には含めないものとする。

(3-1) 発生原因、場所

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

(3-2) 現況調査法による発生流木量の算出

推定された流木の発生原因・場所を基に流木の長さ、直径を調査し、発生流木量を算出する。原則として流木の発生が予想される箇所に存在する樹木、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指針 第1編第2章 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・流下範囲内の樹木の密度（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、土石流の流下・発生幅が狭く、10m×10mの範囲がとれない場合は、平均溪床幅：5m×溪流延長：20mとするなど、サンプリング調査面積を100㎡とする）を行い、各地域の樹木の本数、樹種、樹高、胸高直径等を調査する方法が用いられる。この時、現地踏査では、以下の項目について調査を行う。

- ①密度あるいは本数：樹木、伐木、倒木、流木等の100㎡当りの本数
- 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

流木調査は、林相ごとに、代表する1箇所のサンプリング調査を実施する。林相の差が明確でないものは、同一の林相と判断する。サンプリング調査の対象は、胸高直径5cm以上の樹木（樹高によらない）とする。

一方、対象流域全体が単一林相の場合は、上流域と下流域の2箇所でサンプリング調査を実

施する。

また、流出流木量については、林相ごとの場合又は単一林相の場合に応じて実施するサンプル調査結果を用いて算出する。

なお、対象となる流木が少なく竹が多い場合で、竹の流出による被害が想定される場合は、胸高直径5cm以上の竹を流木として考慮することができる。竹の胸高係数は、「第三」の値を準用する。

発生流木量は下記の手順、式を用いて算出することができる。崩壊および土石流の発生区間・流下区間が複数の林相からなる場合は、林相ごとに発生流木量（ V_{wy} ）を求め合計する。式中の0次谷、崩壊地の幅及び長さは本指針第1編第2章2.6.1に準拠する。

$$V_{wy} = \frac{(B_d \times L_{dy13})}{100} \times \Sigma V_{wy2} \quad \dots (1-2-7)$$

$$V_{wy2} = \pi \times H_w \times R_w^2 \times \frac{K_d}{4} \quad \dots (1-2-8)$$

ここで、

V_{wy} : 発生流木量 (m³)

B_d : 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図った距離 (m)

V_{wy2} : 単木材積 (m³)

ΣV_{wy2} : サンプル調査100m²あたりの樹木材積 (m³/100m²)

H_w : 樹高 (m)

R_w : 胸高直径 (m)

K_d : 胸高係数 (図1-2-9(2)および表1-2-4参照)

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がある。

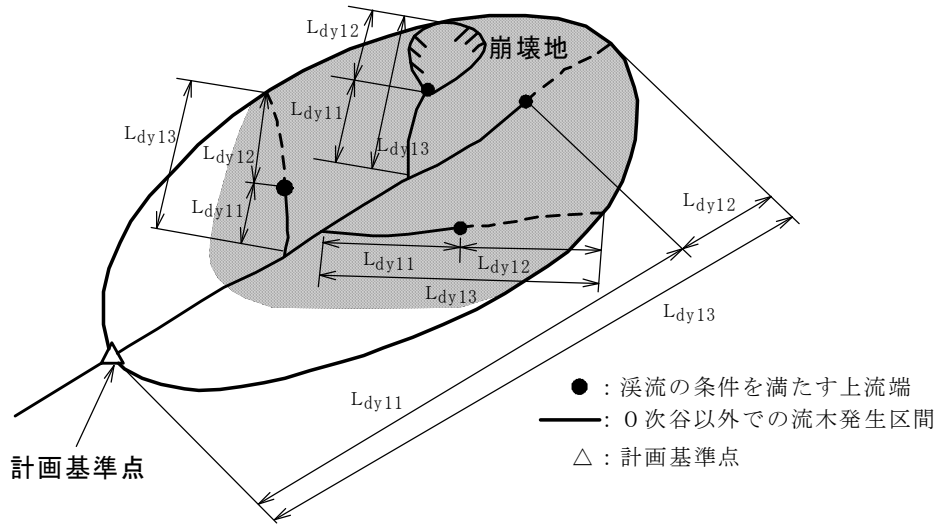


図 1-2-9 (1) 流木発生区間長さ (m) : L_{dy13}

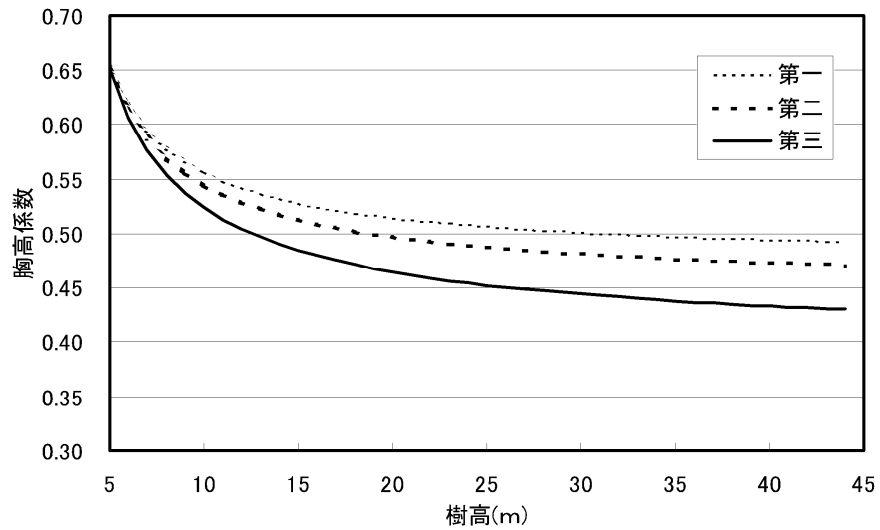


図 1-2-9(2) 胸高係数

(備考) 第一 エゾマツ, トドマツ

第二 ヒノキ, サラワ, 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 146 頁 掲載データに基づき図化

表 1-2-5 胸高係数表

樹高 (m)	第一	第二	第三	樹高 (m)	第一	第二	第三
5	0.6650	0.6529	0.6517	25	0.5066	0.4874	0.4524
6	0.6191	0.6138	0.6064	26	0.5054	0.4859	0.4505
7	0.5954	0.5878	0.5759	27	0.5043	0.4846	0.4487
8	0.5786	0.5692	0.5538	28	0.5032	0.4833	0.4470
9	0.5660	0.5552	0.5371	29	0.5023	0.4822	0.4454
10	0.5562	0.5442	0.5238	30	0.5014	0.4811	0.4440
11	0.5483	0.5354	0.5131	31	0.5005	0.4801	0.4426
12	0.5421	0.5282	0.5042	32	0.4997	0.4791	0.4413
13	0.5365	0.5221	0.4966	33	0.4990	0.4782	0.4401
14	0.5320	0.5169	0.4902	34	0.4983	0.4773	0.4389
15	0.5281	0.5124	0.4846	35	0.4976	0.4765	0.4378
16	0.5247	0.5085	0.4796	36	0.4970	0.4758	0.4367
17	0.5217	0.5050	0.4753	37	0.4964	0.4750	0.4357
18	0.5191	0.5020	0.4714	38	0.4958	0.4743	0.4348
19	0.5167	0.4992	0.4679	39	0.4953	0.4737	0.4339
20	0.5146	0.4968	0.4647	40	0.4948	0.4731	0.4330
21	0.5127	0.4945	0.4618	41	0.4943	0.4725	0.4321
22	0.5110	0.4925	0.4591	42	0.4938	0.4719	0.4314
23	0.5094	0.4907	0.4567	43	0.4934	0.4714	0.4306
24	0.5080	0.4890	0.4545	44	0.4930	0.4708	0.4299

(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当たりの発生流木量 (V_{wy1} (m^3/km^2)) を求め、下記の式で求めることができる。

$$V_{wy} = V_{wy1} \times A \quad \dots(1-2-9)$$

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

V_{wy} の値は図 1-2-10 より、針葉樹なら概ね $1,000 m^3/km^2$ 程度、広葉樹なら概ね $100 m^3/km^2$ 程度で包括できる。

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 1-2-10 に示す。図は、過去の災害の実態調査結果をもとに、溪流の流域面積と針葉・広葉樹林別の流木発生量の関係を示したものである。

なお、実績に基づく方法は、流域の大部分が針葉樹、広葉樹等の森林に覆われているといった条件の溪流に適用できる。

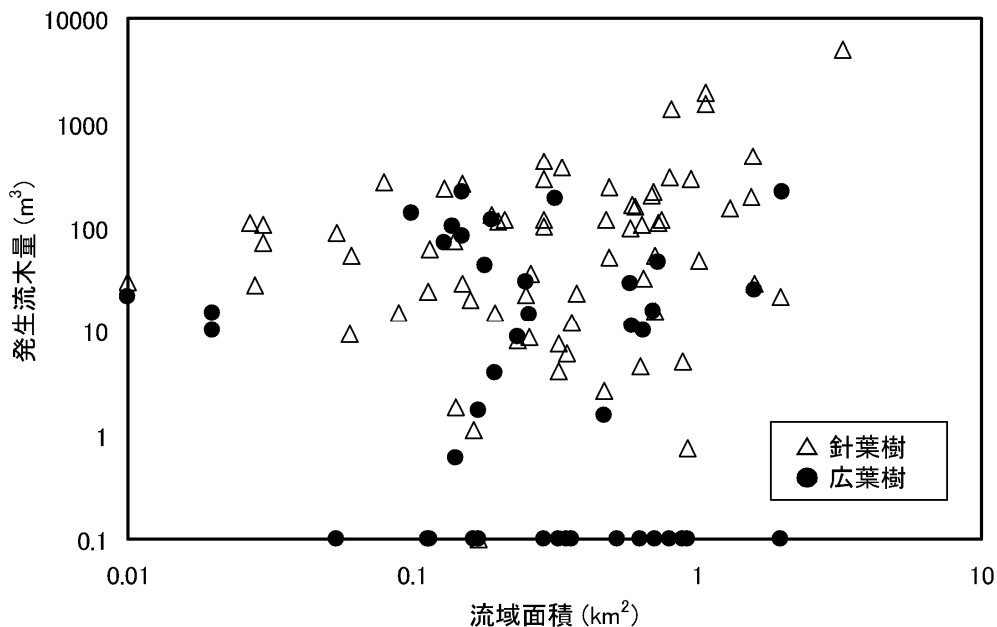


図 1-2-10 流域面積と流木発生量

2.6.3 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。

解説

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

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

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

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

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

2.6.4 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。

解説

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

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

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

となる。

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

2.6.5 礫径の算出方法

砂防堰堤の水通し断面の設計水深の設定、透過部断面の設定、構造検討時の礫による衝撃力を算出する際に使用する礫径は、現地調査結果から推定する。

解説

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き推定する。また、計画地点より上流100m以内に支川がある場合は、支川も調査範囲に含める。

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。なお、礫径は地表面上で確認できる2辺(深さ方向を除く)の平均値とする。

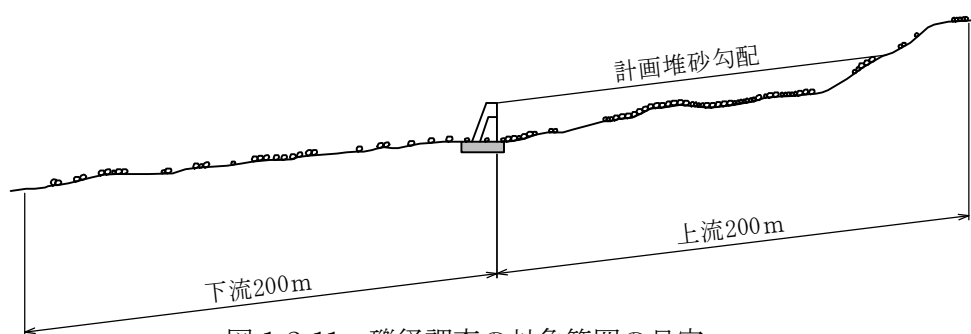


図 1-2-11 礫径調査の対象範囲の目安

(1) 最大礫径

最大礫径は、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。

(2) 最多礫径

最多礫径は、 D_{95} と D_{100} を結んだ直線と、 D_{30} と D_{70} を結んだ直線の交点の粒径 (D_{80}) とする。

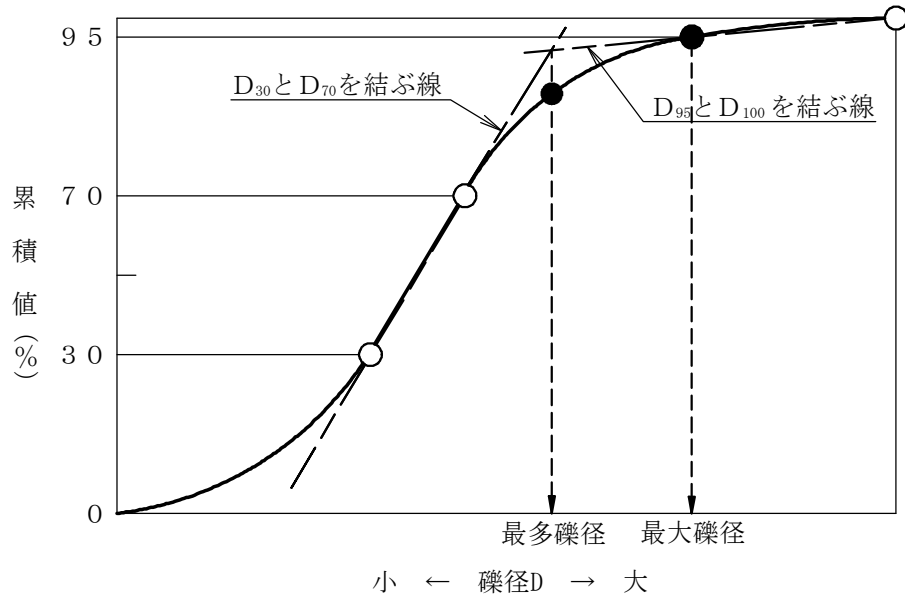


図 1-2-12 最多礫径の設定

2.7 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。

なお、「河川砂防技術基準 計画編 施設配置等計画編」と本指針の用語における用語の対比を表 1-2-6 に示す。

表 1-2-6 河川砂防技術基準計画編施設配置等計画編と本指針の用語の対比

本指針	河川砂防技術基準 計画編 施設配置等計画編
—※	土砂生産抑制計画
土石流・流木処理計画	土砂流送制御計画
—※	流木対策計画※※

※：土石流・流木処理計画に含まれる。

※※：土砂生産抑制計画、土砂流送制御計画に含まれる。

2.7.1 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、本指針第1編第2章 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、本指針第1編第3章1.3.1.1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、(1-2-11)式を満足するように策定する。なお、(1-2-11)式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。

$$V - W - (X + Y + Z) = 0 \quad \cdots(1-2-10)$$

なお、V、W、X、Y、Zは次式によりそれぞれ算出する。

$$V = V_d + V_w \quad \cdots (1-2-11)$$

$$W = W_d + W_w \quad \cdots (1-2-12)$$

$$X = X_d + X_w \quad \cdots (1-2-13)$$

$$Y = Y_d + Y_w \quad \cdots (1-2-14)$$

$$Z = Z_d + Z_w \quad \cdots (1-2-15)$$

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 (m³)

Y_d : 計画堆積土砂量 (m³)

Y_w : 計画堆積流木量 (m³)

Z_d : 計画土石流発生(流出)抑制量 (m³)

Z_w : 計画流木発生抑制量 (m³)

である。

整備率は、次式のように求められる。

$$\text{土石流整備率 } F_d = \frac{Z_d + X_d + Y_d}{V_d - W_d} \times 100(\%) \quad \dots (1-2-16)$$

$$\text{流木整備率 } F_w = \frac{Z_w + X_w + Y_w}{V_w - W_w} \times 100(\%) \quad \dots (1-2-17)$$

2.7.2 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

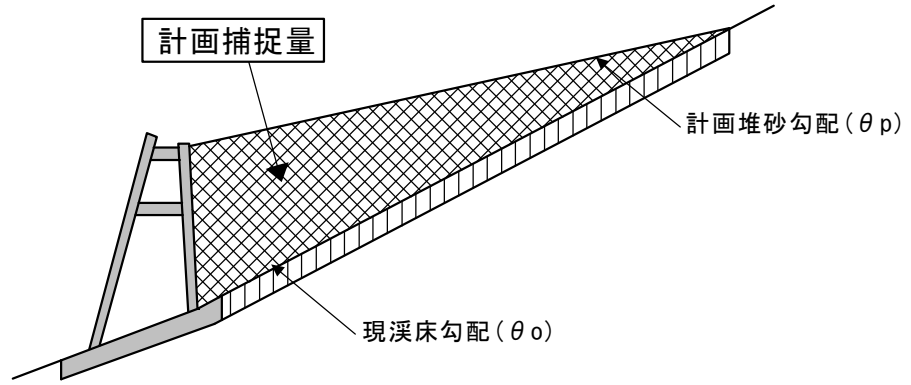
透過型砂防堰堤においては、現溪床勾配の平面と計画堆砂勾配の平面とで囲まれた空間とする。不透過型、部分透過型砂防堰堤においては、平常時堆砂勾配の平面と計画堆砂勾配の平面とで囲まれた空間とする。

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 (tan θ) 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。

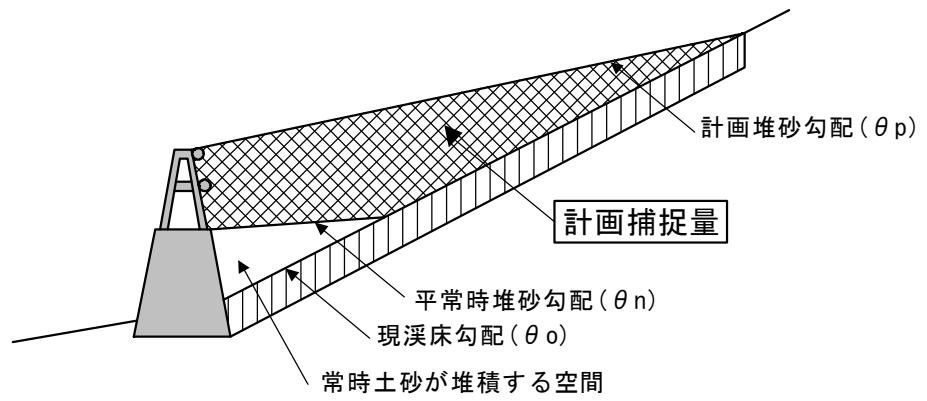
土石流により一時的に急勾配で堆積した土砂は、その後の流水の状況によっては、長期間でも必ずしも再侵食されないことを踏まえ、計画捕捉量は、図1-2-13に示す容量を除石(流木の除去を含む)により確保しなければならない。なお、除石の考え方については本指針第1編第3章1.4を参照されたい。計画捕捉量の考え方は図1-2-13に示す通りである。

なお、鳥取県では現溪床勾配を θ_0 とすると、平常時堆砂勾配 $1/2 \cdot \theta_0$ 、計画堆砂勾配 $2/3 \cdot \theta_0$ を標準とする。

・透過型の場合



・部分透過型の場合



・不透過型の場合

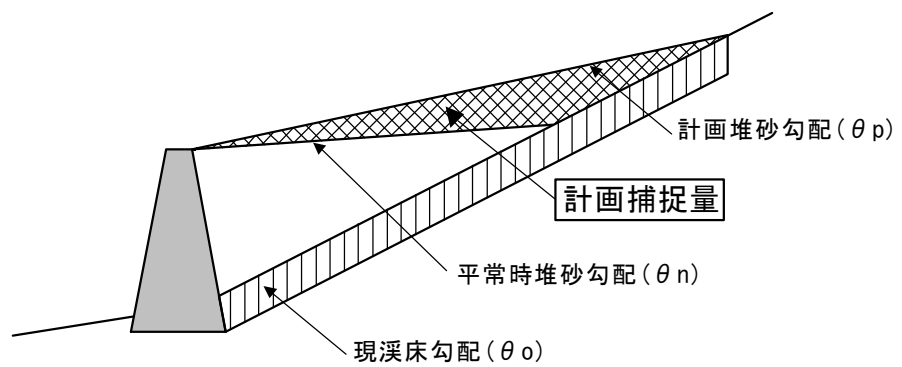


図 1-2-13 計画捕捉量の考え方

2.7.2.1 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

計画捕捉土砂量は計画捕捉量から計画捕捉流木量を除いたものとする。計画捕捉流木量は本指針第1編第2章2.7.2.2を参照のこと。

2.7.2.2 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(1-2-18)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

$$X_{w1}=K_{w1} \times X \quad \dots (1-2-18)$$

ここで、

X:土石流・流木対策施設の計画捕捉量(m³)

X_{w1}:本堰堤の計画捕捉流木量(m³)

K_{w1}:計画捕捉量に対する流木容積率(計画捕捉量に占める計画流木捕捉量の割合)

透過型及び部分透過型砂防堰堤のK_{w1}は、本堰堤に流入が想定される計画流出量に対する流木容積率(K_{w0})とする。(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。

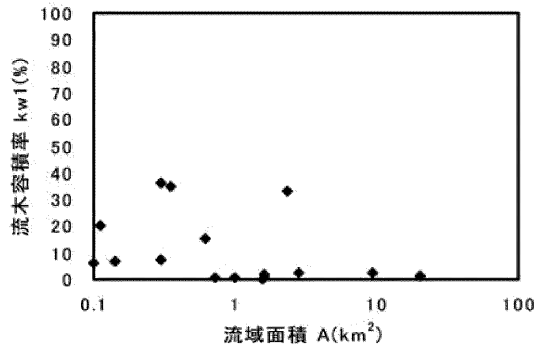


図 1-2-14 透過型砂防堰堤の計画捕捉量に対する流木容積量

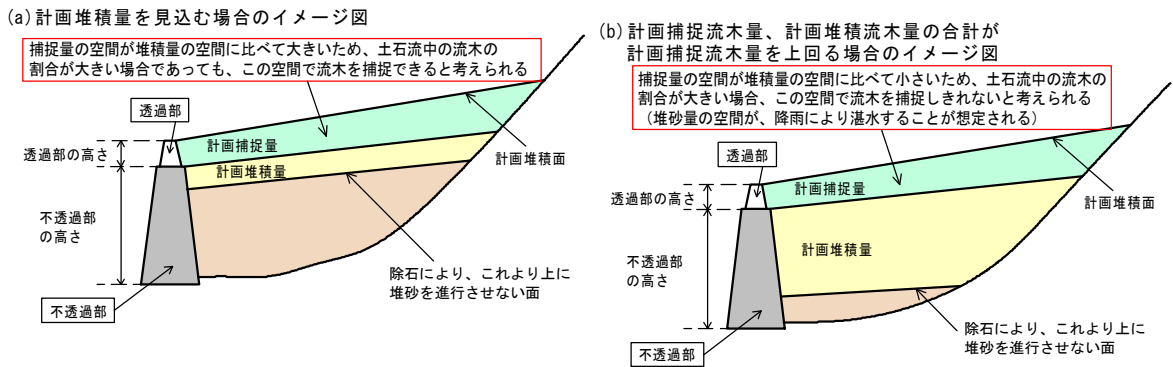


図1-2-14-1 部分透過型砂防堰堤の流木捕捉に関するイメージ図

(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(1-2-19)と式(1-2-20)から求められる値のうち、小さい値とする。式(1-2-19)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(1-2-20)は本堰堤の計画捕捉量に占める計画捕捉流木量の割合から計画捕捉流木量を求める方法である。

不透過型砂防堰堤の計画捕捉流木量

$$X_{w1} = K_{w0} \times X \times (1 - \alpha) \quad \dots (1-2-19)$$

$$X_{w1} = K_{w1} \times X \quad \dots (1-2-20)$$

ここで、

X: 土石流・流木対策施設の計画捕捉量 (m³)

X_{w1}: 本堰堤の計画捕捉流木量 (m³)

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 (m³)

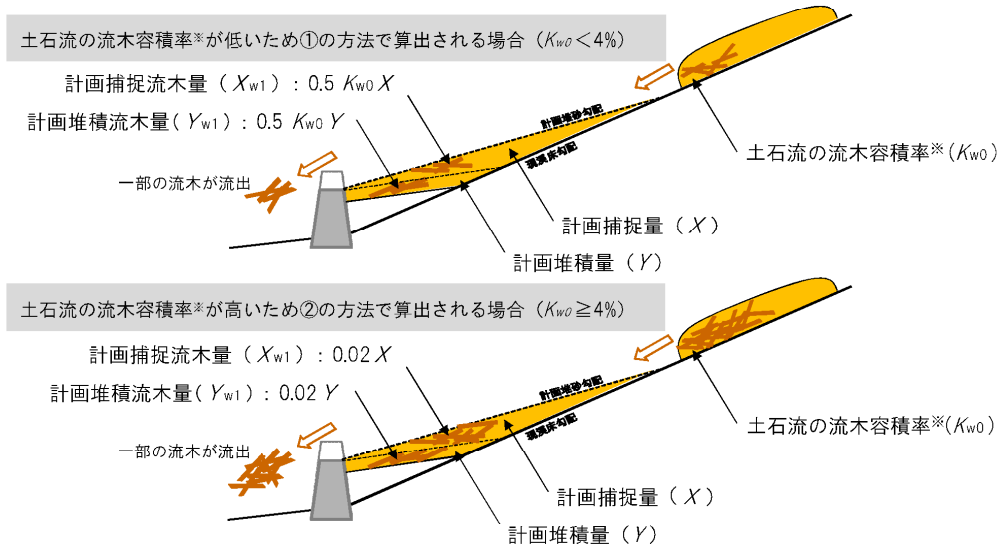
α: 本堤からの流木の流出率 (0.5程度)

K_{w1}: 計画捕捉量に対する流木容積率 (対象溪流において捕捉事例がない場合は、K_{w1}=2%)

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・流木の発生抑止や捕捉が見込まれる場合は、その量を差し引いて求めるものとする。

- 両者のうち小さい方を計画捕捉流木量 (X_{w1}) とする
- ① 計画捕捉量 (X) に土石流の流木容積率 * (K_{w0}) をかけた量の半分
 $K_{w0} \times X \times (1 - \alpha)$ (流木流出率 $\alpha = 0.5$)
 - ② 計画捕捉量 (X) の2%分
 $K_{w1} \times X$ ($K_{w1} = 2\%$)

○計画堆積流木量 (Y_{w1}) についても同様に算出する



○流木を全て捕捉し、下流への流出を防ぐには透過構造を有する施設が必要となる

※ 土石流の流木容積率 (K_{w0}) : 本堰堤に流入が想定される計画流出量に対する流木容積率
 $K_{w0} = V_w / V$

図1-2-14-2 不透過型砂防堰堤の流木捕捉に関するイメージ図 (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基準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基準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、土地利用上の制限から、副堰堤及び垂直壁に流木止めを設置する場合は、式(1-2-21)により計画捕捉流木量を算出する。副堰堤及び垂直壁の計画捕捉流木量 (副堰堤及び垂直壁に流木止めを設置する場合に限る)

$$X_{w2} = A_w \cdot R_{wa} \quad \dots (1-2-21) \quad (\text{参考を参照})$$

ここで、

$$X_w = X_{w1} + X_{w2} \quad \dots (1-2-22)$$

X_{w2} ：副堰堤及び垂直壁の計画捕捉流木量(m³)

(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。

$$A_w \geq \Sigma (L_{wa} \cdot R_{wa}) \quad \dots (1-2-23)$$

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。

$$V_{wc} \doteq A_w \cdot R_{wa} \quad \dots (1-2-24)$$

掃流区間において、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。

2.7.3 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。

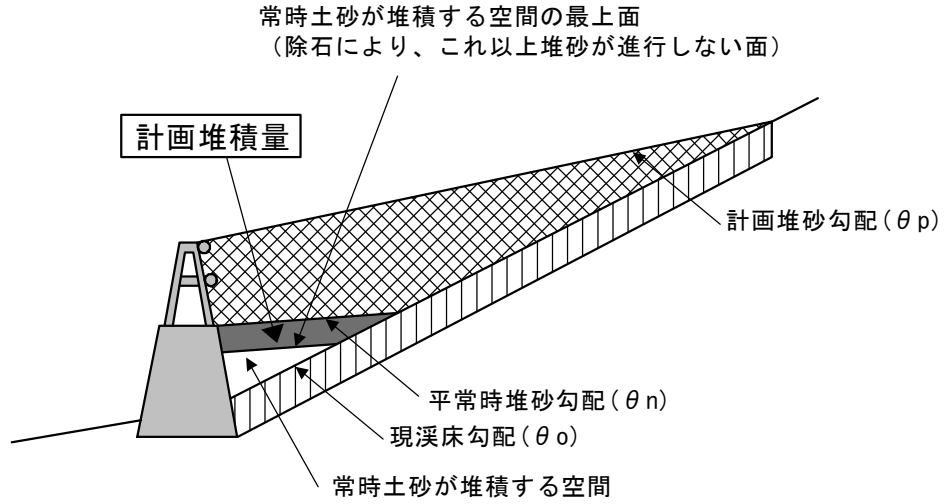
解説

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、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1-2-15に示す灰色部の空間)とする。土石流堆積工においては、本指針第1編第3章1.3.4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1編第3章1.4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1-2-15に示す通りである。

・部分透過型の場合



・不透過型の場合

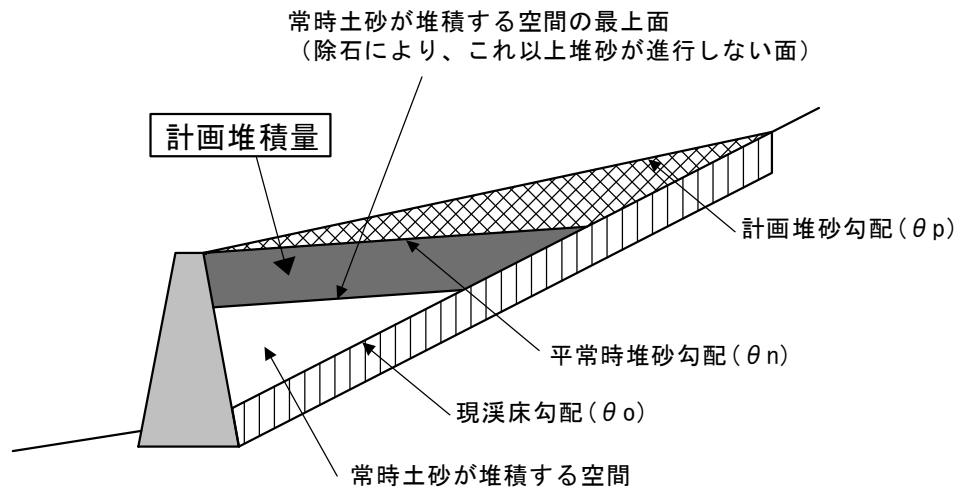


図 1-2-15 計画堆砂量の考え方

2.7.3.1 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

計画堆積土砂量は計画堆積量から計画堆積流量を除いたものとする。計画堆積流量は本指針第1編第2章2.7.3.2を参照のこと。

2.7.3.2 計画堆積流量

計画堆積流量は、「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量である。

解説

計画堆積流量は式(1-2-25)により算出する。

$$Y_w = K_{w1} \cdot Y \quad \cdots (1-2-25)$$

ここで、 K_{w1} ：流木容積率である。

計画堆積流量を求める方法は、基本的には本指針第1編第2章2.7.2.2の計画捕捉流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量

部分透過型砂防堰堤の計画堆積流量は式(1-2-26)により算出する。

部分透過型砂防堰堤の計画堆積流量

$$Y_{w1} = K_{w1} \cdot Y \quad \cdots (1-2-26)$$

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、2.7.2.2の計画捕捉流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量

不透過型砂防堰堤の計画堆積流量は、2.7.2.2の計画捕捉流量と同様に式(1-2-27)と式(1-2-28)から求められる計画堆積流量のうち、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

$$Y_{w1}=K_{w0} \times Y \times (1-\alpha) \quad \dots (1-2-27)$$

$$Y_{w1}=K_{w1} \times Y \quad \dots (1-2-28)$$

ここで、

Y：土石流・流木対策施設の計画堆積量 (m³)

Y_{w1}：本堰堤の計画堆積流木量 (m³)

α：本堰堤からの流木の流出率

K_{w0}：本堰堤で流入が想定される計画流出量に対する流木容積率

K_{w1}：計画堆積量に対する流木容積率

αとK_{w1}の値については、2.7.2.2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。

2.7.4 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溪床堆積土砂量、崩壊可能土砂量、流出流木量を対象とする。

計画土砂発生（流出）抑制量は、計画堆積量を除石（流木の除去を含む）等により確保する場合においても、計画堆砂勾配を有する平面と現溪床が交わる地点から砂防堰堤までの区間に存在する溪床堆積土砂量を計上する。計画流木発生抑制量は、平常時堆砂勾配より下に存在する倒木、流木等の量について計上する。また、透過型砂防堰堤においても、図 1-2-16(1), (2)に示す通り、越流部の天端位置を通る計画堆砂勾配を有する平面と現溪床が交わる地点から堰堤までの区間に存在する溪床堆積土砂量を計画土砂発生抑制量として計上する。透過型堰堤の場合は、平常時堆砂面を有さないため計画流木発生抑制量は計上しない。

なお、抑制量を算出する延長は、水平距離とする。

2.7.4.1 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溪床勾配が交わる地点から堰堤までの区間（図1-2-16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

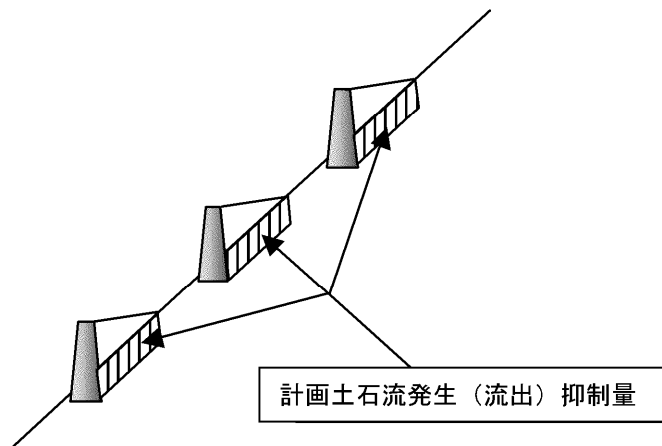
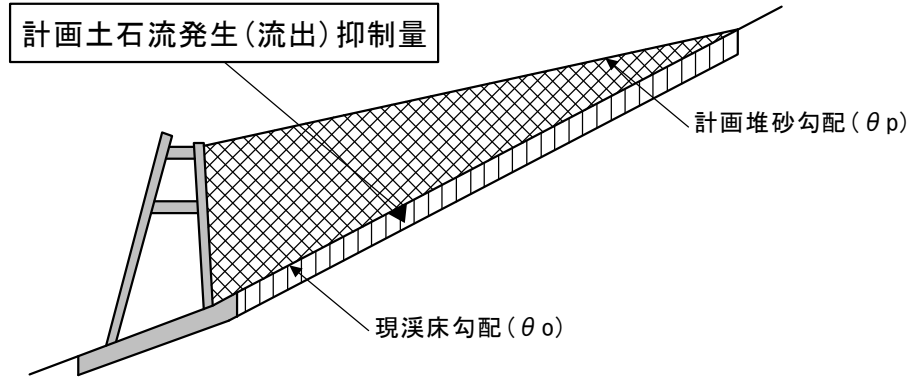


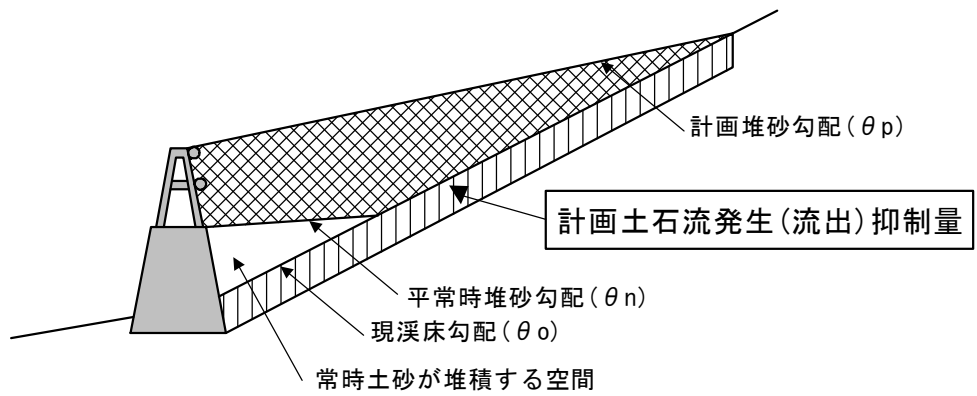
図 1-2-16(1) 計画土石流発生（流出）抑制量の考え方

・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

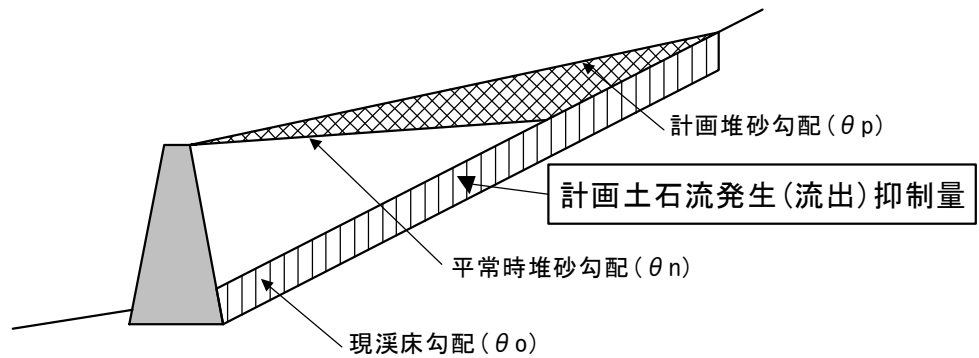


図 1-2-16 (2) 計画土石流発生(流出)抑制量の考え方

2.7.4.2 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

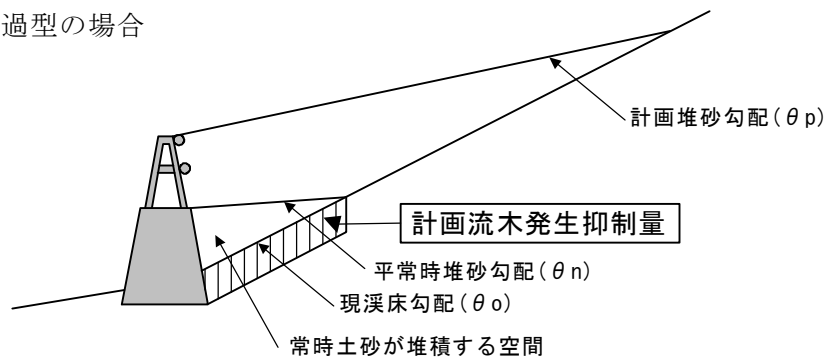
計画流木発生抑制量は、計画流出流木量を評価している区間に存在する流出流木量を対象とする。計画流木発生抑制量は、図 1-2-17 に示す通り、平常時堆砂勾配の平面と現溪床が交わる地点から堰堤までの区間に存在する倒木、流木等の量について、計上することができる。

土石流・流木対策施設を配置しようとしている地点より上流の土石流・流木対策施設において、計画流出流木量から計画捕捉流木量、計画堆積流木量、計画流木発生抑制量の和を差し引いた値が0以下となった場合、配置しようとしている土石流・流木対策施設の計画流木発生抑制量は「0」とする。

また、土石流・流木対策施設を配置しようとしている地点より上流において、計画流出流木量から計画捕捉流木量、計画堆積流木量、計画流木発生抑制量の和を差し引いた値が0以上の場合、配置しようとしている土石流・流木対策施設は計画流木発生抑制量を計上した上で、計画堆積流木量、計画捕捉流木量の順で計上する。

- ・土石流・流木捕捉工の場合

部分透過型の場合



- ・不透過型の場合

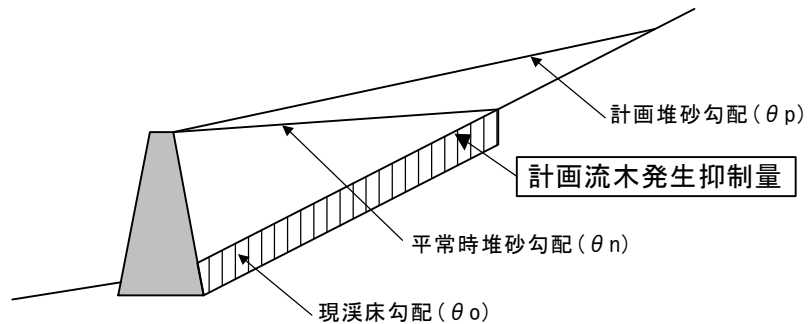


図 1-2-17 計画流木発生抑制量の考え方

第3章 土石流・流木対策施設計画

第1節 土石流・流木対策施設配置計画

1.1 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

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

また、「河川砂防技術基準 計画編 施設配置等計画編」における用語と本指針における用語の対比を表 1-3-1 に示す。

表 1-3-1 本指針で用いる土石流・流木対策施設の種類と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

本指針		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

1.2 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る施設の位置や砂防堰堤高等の形状を定める。また、土石流・流木対策施設には主に土石流・流木捕捉工を配置するが、流域内が荒廃しているときなどは土石流・流木発生抑制

工も適切に配置する。

これは一般（非火山）、火山山麓で同じであるが、火山山麓で特に火山が活動中の場合には、源頭部の対策が困難な場合が多い点が異なる。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。

1.3 土石流・流木対策施設の機能と配置

土石流対策施設は、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。

土石流区間では流木対策施設、流出土砂対策施設は、それぞれに流木だけ、土砂だけを捕捉するのではなく、両施設とも流木および土砂を捕捉するので、施設の計画においては整合を図る必要がある。両者の整合は下記の要領で行う。

- (1) 土砂対策施設による流木抑止量、捕捉量を評価する。
- (2) 流木整備率が 100%に達しない場合は流木対策施設を計画する。
- (3) 流木対策施設として追加した施設の土砂捕捉量を評価する。

流木対策施設の土砂捕捉量を加えて土砂整備率を算出し、土砂整備率が 100%を越えた場合は、土砂対策施設の計画基数、規模を変更する。

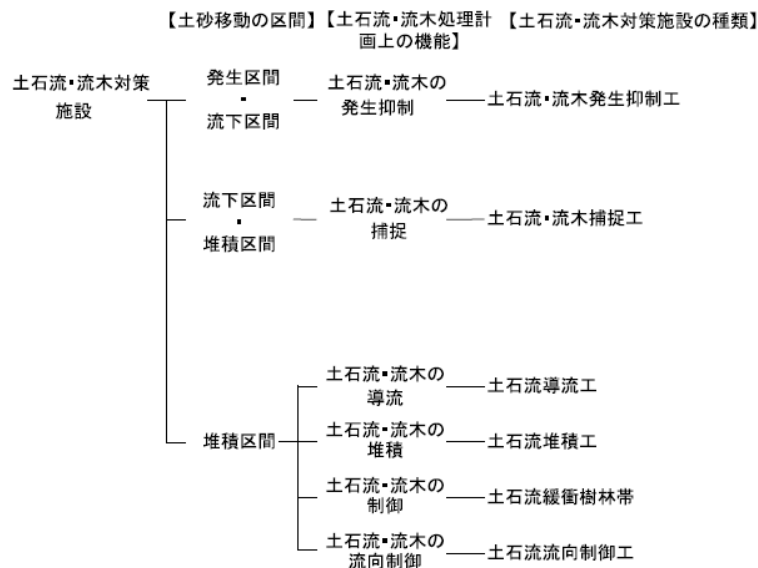


図 1-3-1 土石流・流木対策施設の種類

1.3.1 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溪床勾配と大きく変化する場合や堆砂延長が長くなる場合は、堆砂地において土石流の流下形態が変化することに注意する必要がある。

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

1.3.1.1 砂防堰堤の型式と計画で扱う土砂量等

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量等は図 1-3-2(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。

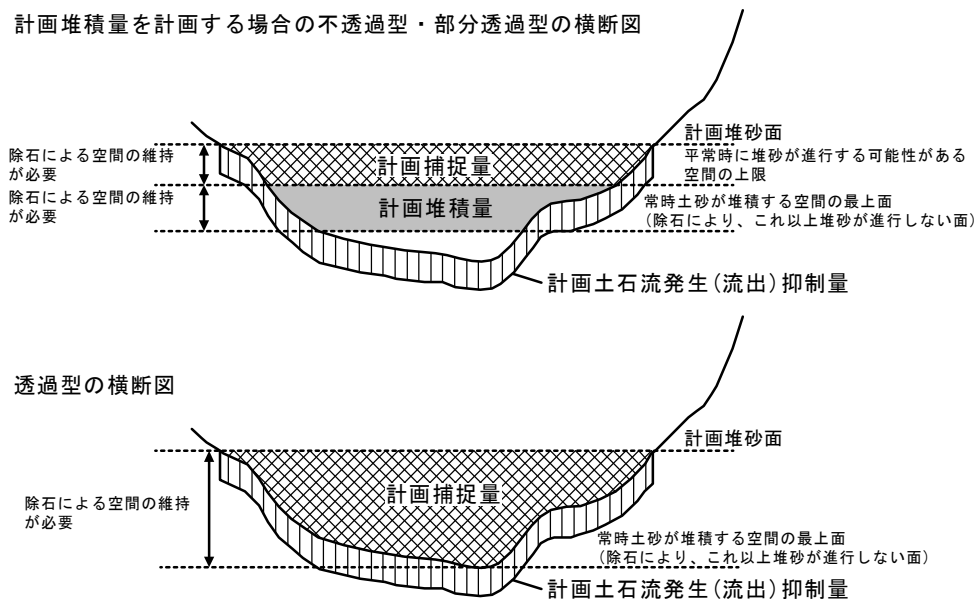
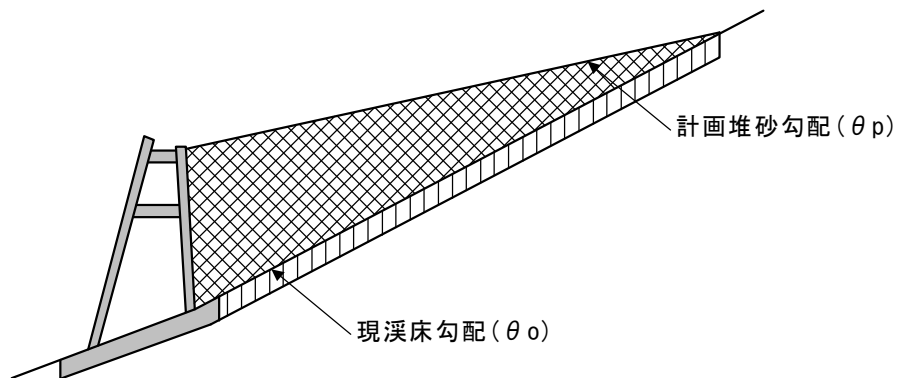


図 1-3-2(1) 砂防堰堤の型式別の計画で扱う土砂量等

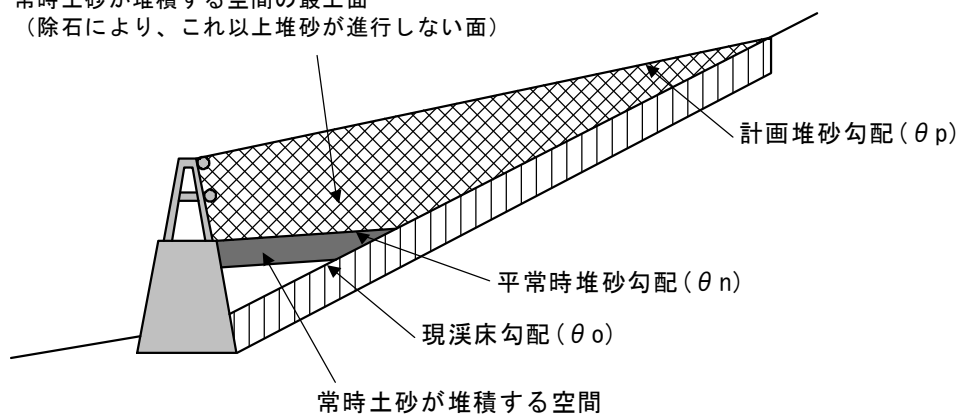
・透過型



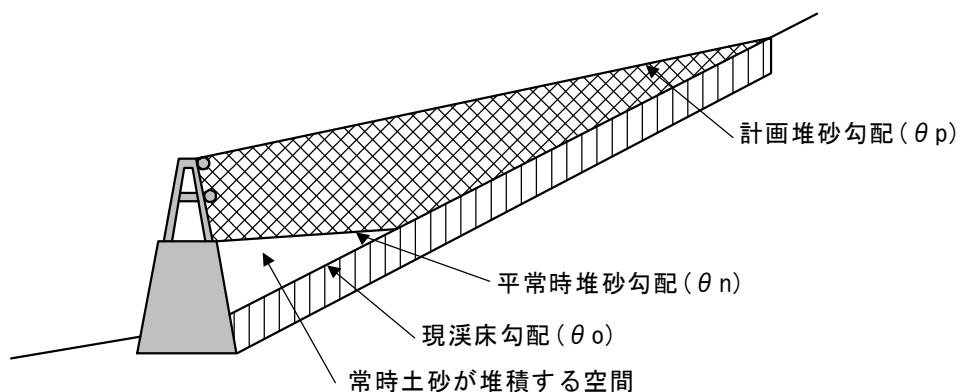
・部分透過型

(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))

常時土砂が堆積する空間の最上面
(除石により、これ以上堆砂が進行しない面)

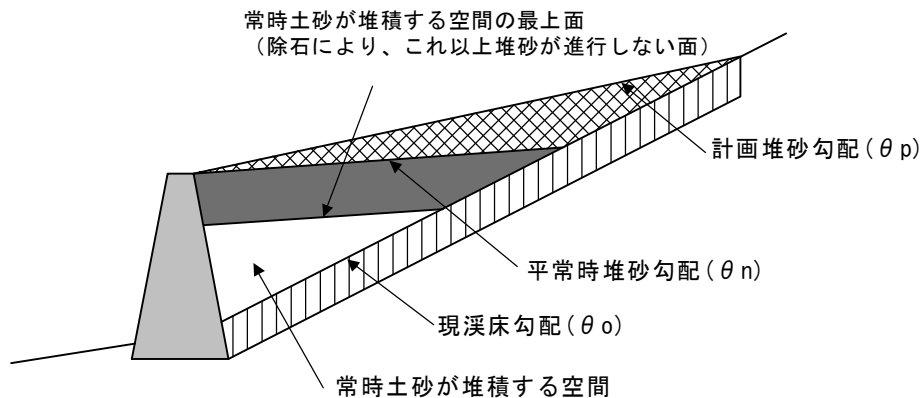


(計画堆積量を確保しない場合)

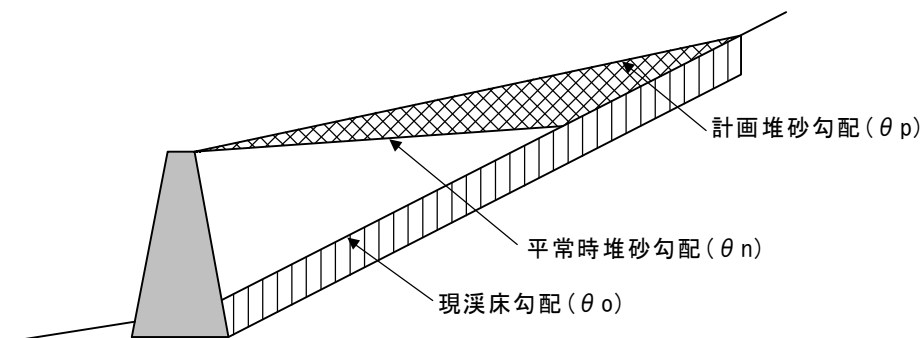


・不透過型

(計画堆積量を確保する場合(常時土砂が堆積する空間がある場合))



(計画堆積量を確保しない場合)



凡例





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

図 1-3-2 (2) 砂防堰堤の型式別の計画で扱う土砂量等

1.3.1.2 砂防堰堤の型式の選定（透過型・不透過型・部分透過型）

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。

- ・土石流および土砂とともに流出する流木等の捕捉
- ・計画捕捉量に相当する空間の維持（除石のし易さ、頻度）
- ・平時の溪流環境（溪床の連続性）の保全

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、1.4 除石（流木の除去を含む）計画を参照する。

1.3.1.3 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。

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

一方、土砂調節のための透過型及び部分透過型砂防堰堤は、流水にせき上げ背水を生じさせて掃流力を低減させることにより、流砂を一時的に堆積させる。土砂調節のための砂防堰堤が所定の効果を発揮するためには、透過部断面の閉塞は必要とされない。そのため、土砂調節のための透過型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は土石流の捕捉に対して以下の条件を満たすことが必要である。

- ①開口部の幅は、谷幅程度とする。
- ②「計画規模の土石流」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。

③中小規模の降雨時の流量により運搬される掃流砂により透過部断面が閉塞しないこと

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

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

また、土石流・流木の発生抑制が求められる場合で流木の捕捉機能を増大させたいとき、流出する粒径が細かい場合や勾配が緩く土砂濃度が低いことが想定される場合、谷出口付近において出水時（土石流以外の出水）の泥水等を下流路に導きたいときなどは、部分透過型の採用を検討する。

1.3.2 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、溪床・溪岸における土石流・流木発生抑制工がある。

1.3.2.1 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。

1.3.2.2 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。

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。

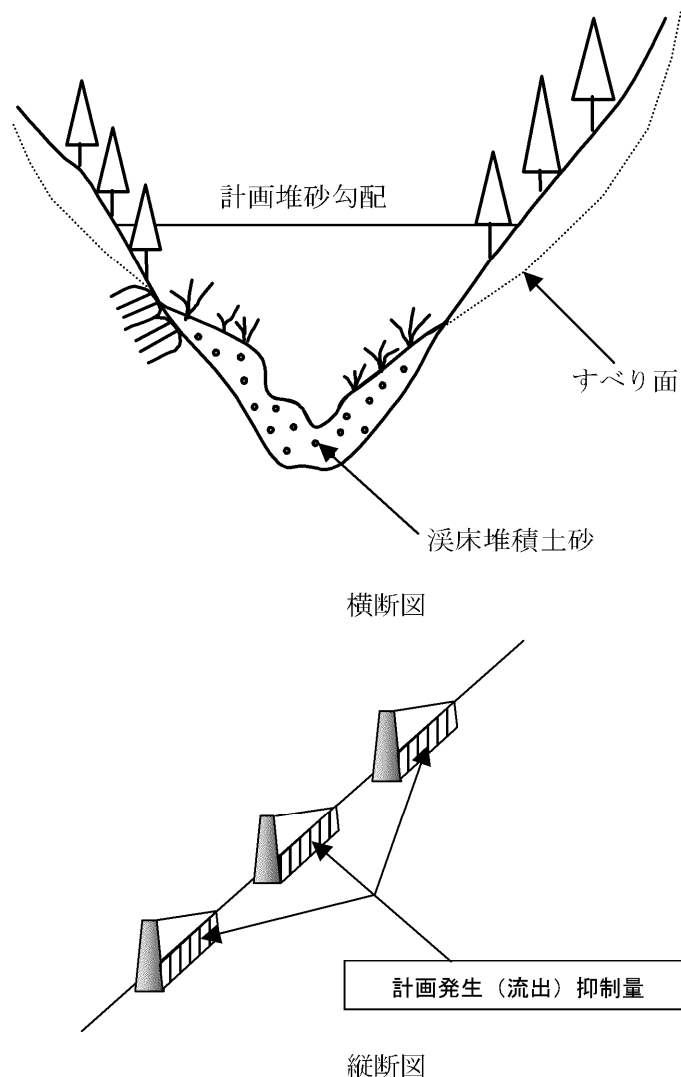


図 1-3-3 渓床堆積土砂移動防止工の計画で扱う土砂量等のイメージ

1.3.3 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。但し、上流に捕捉工等がある場合は、その効果を考慮したものとする。

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。

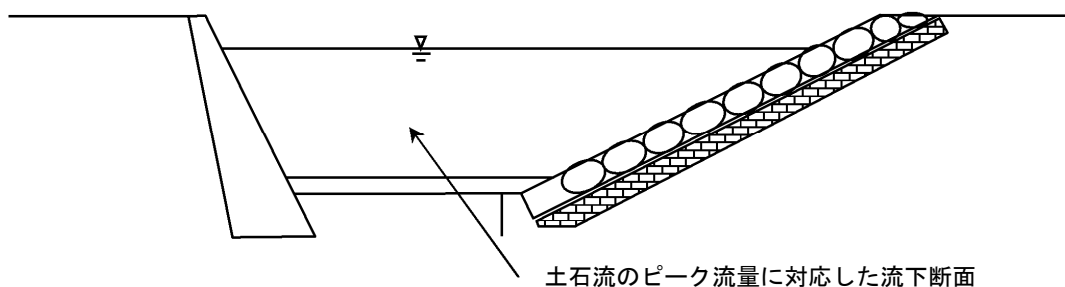


図 1-3-4 土石流導流工

1.3.4 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溪床勾配を緩くすることにより確保するものである。

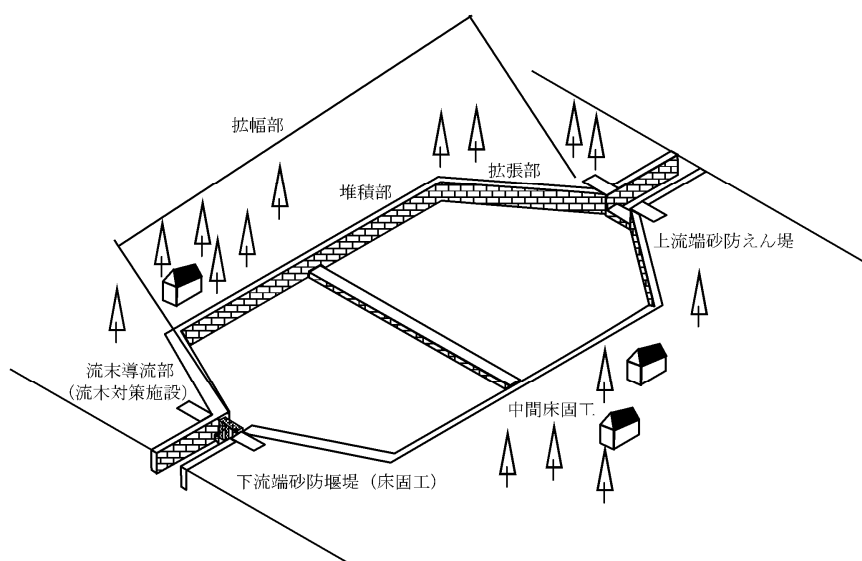


図 1-3-5 土石流分散堆積地

(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。

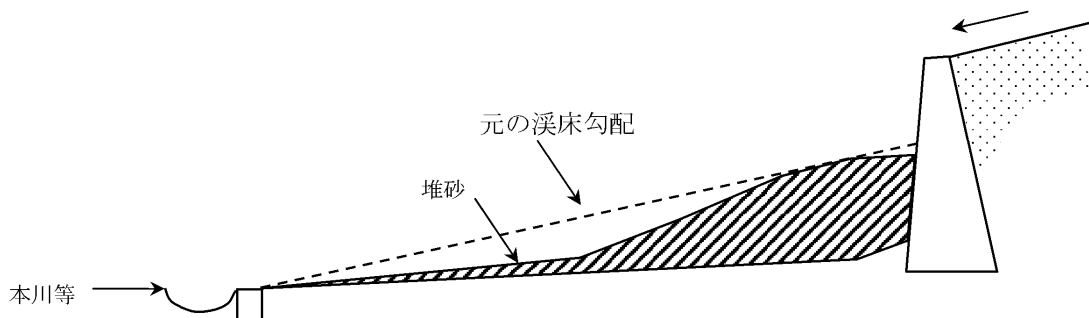


図 1-3-6 土石流堆積流路

1.3.5 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したものであり、土石流の堆積区間の末端部付近に配置する。

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

1.3.6 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。

1.4 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）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、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。

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及び流木を除去する「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、それぞれ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。

除石計画は、堰堤形式によらず以下の項目について検討する。

(1) 除石量

土石流・流木処理計画上、必要となる除石量を検討する。

除石量の管理方法については、管理高の設定、管理用量水標の設置等、適切な管理が行えるようにする。

(2) 除石方法

除石の実施頻度、堆砂敷までの進入方法、進入後の除石方法を検討する。

除石は、堰堤背面の堆砂敷まで管理用道路を設置し、直接重機を入れて土砂を搬出す

ることを基本とする。

ただし、現地状況や周辺状況により、堆砂敷まで管理用道路を設置できない場合は、堰堤下流側に重機（ラフテレーンクレーン等）を設置し、堰堤上流側に小型重機（ミニバックホウ等）を吊り込んで除石を行うこと等を検討するなど、現地に則した計画とする。

鋼製スリットの構造形式が分解可能である場合は、鋼製スリット背面の土砂を十分に撤去し、突発的な崩壊が起こらないよう対策を行った後に、鋼製スリットを分解して越流部から除石作業機械が堆砂敷に進入する計画としてよい。

(3) 搬出方法

搬出路の敷設等、土砂及び流木の搬出方法や、搬出土の受入先を検討する。

(4) 点検方法

緊急除石及び定期的な点検に基づく除石のそれぞれについて、点検の実施時期、実施方法を検討する。

第4章 流砂調整・流木対策計画

第1節 流砂調節・流木対策計画の基本

1.1 計画策定の基本方針

流砂調整・流木対策計画は、有害な土砂及び流木を砂防計画区域内において、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

有害な土砂とは、土砂災害を起こすような生産土砂、流出土砂をいう。生産土砂、流出土砂、及び流木については本指針第1編第2章2.5の計画で扱う土砂量等を参照のこと。

1.2 計画基準点

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

解説

砂防基本計画の対象を明確にするため、また計画区域全体の土砂処理計画の整合を図るため、計画基準点は地域の特性が十分表現できるような地点に設ける必要がある。

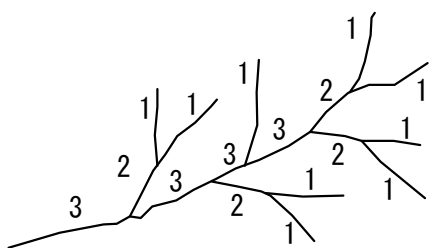


図 1-4-1 谷の次数区分

土石流区域とは、土砂の流出が集合運搬の状態で行われる区域をいい、掃流区域とは土砂の流出が流水による各個運搬の状態で行われる区域をいう。土石流区域は、一般に3次谷より上流の溪流等であって、溪床勾配が1/30以上の区域を対象として設定するものとする。

谷の次数の区分は Horton 則による(図 1-4-1)。ただし、谷筋の最上流部において、そこを谷とみなすか、

山腹であるとするか、すなわち1次谷の判定方法が問題となる。この点については図 1-4-2のように、5万分の1地形図の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大なる場合に1次谷とし、その反対の場合には山腹とみなすものとする。



図 1-4-2 1次谷の判定

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

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

1. 河川計画との関連地点

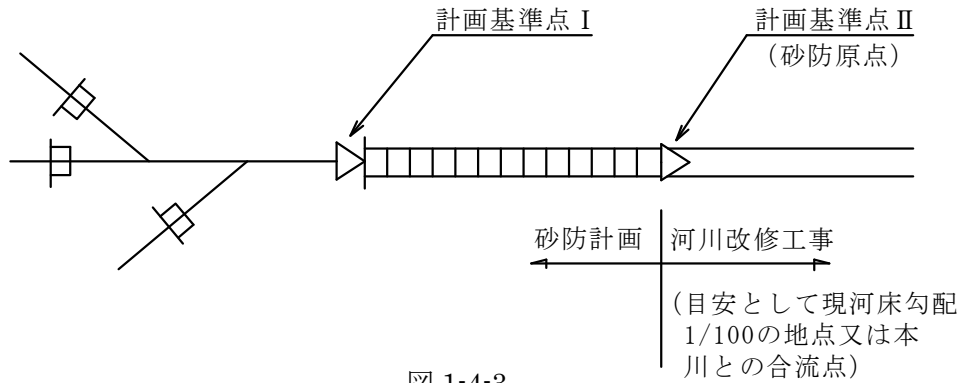


図 1-4-3

2. 保全対象地区の上流

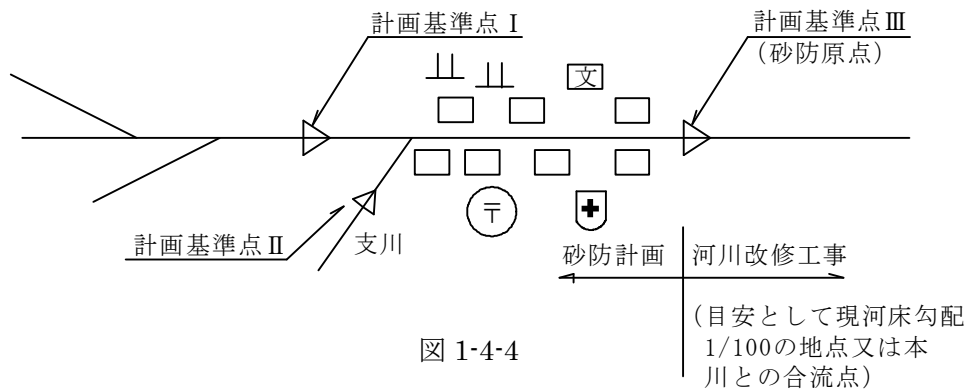


図 1-4-4

3. 谷の出口

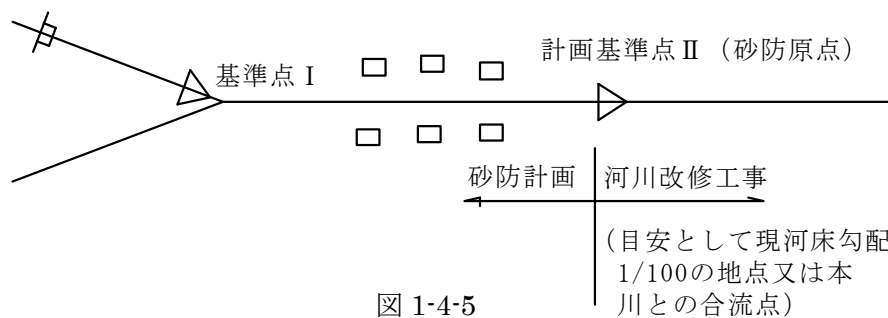


図 1-4-5

4. 現河床勾配が 1/100 の地点

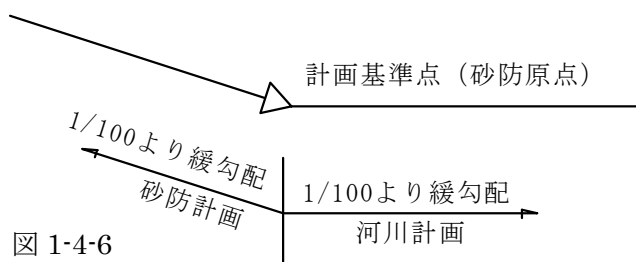


図 1-4-6

5. その他地域的、地形的特性等を考慮して必要な地点に設ける。

(例：河床勾配が 1/100 より緩勾配であっても、土砂粒径が小で土砂害が多発している場合には、河床勾配 1/100 以下でも設けることがある。)

1.3 計画の規模

砂防基本計画の規模は、土石流区域においては、想定される土石流の規模とし、掃流区域においては、既往の災害、計画対象区域等の重要度、事業効果等を総合的に考慮して定めるものとし、一般には計画降雨の降雨量の年超過確率で評価するものとする。

解説

土石流形態の土砂流出においては、土石流が発生するかどうかの問題であり、その規模に中間段階を想定することが困難であるため、原則として想定される最大規模の土石流を対象に計画の規模を定めるものとする。

掃流形態の土砂流出においては、河川の重要度を重視するとともに、既往災害の実態、経済効果等を総合的に考慮して定めるものとし、一般には計画降雨の降雨量の年超過確率で評価するものとする。

おおよその基準は、表 1-4-1 のとおりとする。

表 1-4-1 河川の重要度と計画の規模

河川の重要度	計画の基準 (計画降雨の降雨量の超過確率年) *	備考
A 級	200 以上	1 級河川の直轄区間
B 級	100~200	その他の 1 級河川の主要区間
C 級	50~100	上記以外の 1 級河川区間及び 2 級河川の都市河川
D 級	10~50	都市河川以外の 2 級河川区間及び一般河川の主要区間
E 級	10 以下	上記以外の区間

* 年超過確率の逆数

出典：建設省河川砂防技術基準（案）同解説 計画編

又、著しい被害を被った地域にあたっては、その被害の実態に応じて民生安定上、この実績洪水規模の再度災害が防止されるよう計画の規模を定めなければならない。

鳥取県では、砂防堰堤の場合、降雨量の年超過確率 1/100 の規模もしくは既往最大雨量のうち、どちらか大きい値によるものとする。溪流保全工の場合、超過確率年 1/50 で計画することを原則とする。ただし、降雨強度が 60mm/hr に満たないものは、60mm/hr で計画する。

1.4 計画で扱う土砂量

1.4.1 計画生産土砂量 (A)

計画生産土砂量とは、山腹及び溪岸における新規崩壊土砂量、既崩壊拡大見込土砂量、既崩壊残存土砂量のうち崩壊等の発生する時点で河道に流出するもの、及び河床等において堆積している土砂量のうち2次侵食を受けるものをいう。

計画生産土砂量は、砂防基本計画の対象となる計画超過土砂量算定の基礎となる土砂量で、計画対象区域の現況調査資料、既往の災害資料、類似地域の資料等をもとに定める。

解説

計画生産土砂量は、計画基準点ごとに、その上流を対象として、土砂の生産形態別に、流域内に生産抑制のための施設がない状態で算定するものとし、流域の状況に著しい変化が生じた場合には、必要に応じ改訂するものとする。

計画生産土砂量の算定は、原則として土砂の生産形態別に対象区域内にその母体となる土地の面積等を調査して行うものとする。例えば、

1. 豪雨型小規模崩壊では山腹面積に豪雨時等における既往の新規崩壊面積比、平均崩壊深、河道流出率、土量の変化率を乗じる。
2. 禿山（はげやま）や崩壊地ではその面積と土砂流出の実測資料による。
3. 河床堆積土砂の2次侵食では現堆積状況と既往の災害等での河床変動資料による。
4. 地すべり型大規模崩壊では地すべりの前兆的微地形、き裂の分布等から推定される範囲、及び類地の崩壊深、河道流出率、土量の変化率による等、それぞれ算出する。

地すべり型大規模崩壊は、その位置、規模については地質、地形等からある程度その予測が可能であるが、いつ崩壊が発生するかを予想することは極めて難しい問題である。しかし、発生した場合、その生産土砂量が著しく多量であることから、天然ダムを出現させたり、それが欠壊するとき大土石流を発生させるなど、その影響が大きいため、危険箇所の調査は慎重に行う必要がある。

1.4.2 計画流出土砂量 (Q)

計画流出土砂量とは、計画生産土砂量のうち、土石流または流木の掃流力等により運搬されて計画基準点に流出する土砂量であって、既往の土砂流出、流域の地形、植生の状況、河道の調節能力等を考慮して定める。

解説

土砂流出の実態解明は、砂防計画に重要な研究課題であって、各地で実態調査が行われているところである。現状では、解明されていない多くの問題があるが、さし当たっての取扱いとしては、流域に土砂流出防除のための施設がない状態で次のように算定する。

- ① 掃流区域では、当該計画基準点の直上流の基準点（複数の場合もある）における洪水時

の計画流出土砂量に、両計画基準点間の流域の生産土砂量からその間の河道調節量を差し引いた量を加算して定めるものとする。

地すべり型大規模崩壊の発生が予想されない場合は、次の値を参考に定めてもよい。

掃流区域（標準流域面積 10km²、年超過確率 1/50 の場合。ただし 1/100 の場合は 1.1 倍とする）

1) 花崗岩地帯	45,000～60,000 m ³ /km ² /1 洪水
2) 火山噴出物地帯	60,000～80,000 "
3) 第3紀層地帯	40,000～50,000 "
4) 破砕帯地帯	100,000～125,000 "
5) その他の地帯	20,000～30,000 "

流域面積が標準の 10 倍の場合には数値は 0.5 倍、1/10 倍の場合には 3 倍程度として用いることができる。（建設省河川局砂防部調べ）。

ここで、鳥取県は、近年の災害の発生状況等から次のように定める。

1) 花崗岩地帯	45,000 m ³ /km ² /1 洪水
2) 火山噴出物地帯	60,000 m ³ /km ² /1 洪水
3) 第3紀層地帯	40,000 m ³ /km ² /1 洪水
4) 破砕帯地帯	100,000 m ³ /km ² /1 洪水
5) その他の地帯	20,000 m ³ /km ² /1 洪水

- ② 貯水池上流河川、あるいは流出土砂が多く平年においても土砂害を生ずる河川では、計画年平均流出土砂量を用いる場合がある。計画年平均流出土砂量とは、数年間の年間流出土砂量の累計をその累計年で除したものであり、貯水池の堆砂量測定資料、あるいは河床変動資料を参考にして定める。

第4章 流砂調整・流木対策計画

表 1-4-2 流域面積 (k m²) による流出土砂量の補正係数

流域面積	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0
補正係数	3.0	2.15	1.78	1.55	1.39	1.28	1.19	1.11	1.05	1.00	0.97	0.95	0.92	0.90	0.89
流域面積	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0
補正係数	0.87	0.85	0.84	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.73	0.72
流域面積	31.0	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	39.0	40.0	41.0	42.0	43.0	44.0	45.0
補正係数	0.71	0.70	0.70	0.69	0.69	0.68	0.67	0.67	0.66	0.66	0.65	0.65	0.64	0.64	0.64
流域面積	46.0	47.0	48.0	49.0	50.0	51.0	52.0	53.0	54.0	55.0	56.0	57.0	58.0	59.0	60.0
補正係数	0.63	0.63	0.62	0.62	0.62	0.61	0.61	0.61	0.60	0.60	0.60	0.59	0.59	0.59	0.58
流域面積	61.0	62.0	63.0	64.0	65.0	66.0	67.0	68.0	69.0	70.0	71.0	72.0	73.0	74.0	75.0
補正係数	0.58	0.58	0.57	0.57	0.57	0.57	0.56	0.56	0.56	0.56	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
流域面積	76.0	77.0	78.0	79.0	80.0	81.0	82.0	83.0	84.0	85.0	86.0	87.0	88.0	89.0	90.0
補正係数	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
流域面積	91.0	92.0	93.0	94.0	95.0	96.0	97.0	98.0	99.0	100.0	以下同値とする。				
補正係数	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.50	0.50	0.50	0.50	〃				

流域面積の小数点以下は切り捨てるものとする。

鳥取県では、土石流と掃流区域の区分を次表のとおりとする。

表 1-4-3 土石流区域と掃流区域の区分

土石流区域	現溪床勾配 1/30 以上
掃流区域	〃 1/30~1/100

1.4.3 計画許容流砂量 (E)

計画許容流砂量とは、計画基準点から下流河川等に対して無害、かつ必要な土砂として流送すべき量であり、流水の掃流力、流出土砂の粒径等を考慮して、河道の現況及びその計画に基づいて定めるものとする。

掃流区域で計画基準点が複数ある場合は、計画許容流砂量は上下流間において整合のとれたものとしなければならない。

解説

計画許容流砂量は、洪水流量と同様に毎秒単位で表される場合があるが、土石流を含め、洪水単位として定める場合が多い。土石流の形態で運搬される土砂においては、砂防計画区域内の保全対象地区の状況、掃流の形態で流送される土砂においては、砂防計画区域内の河道及び下流河道の現況とその計画等に基づいて定めるものとする。

掃流区域内において計画許容流砂量を決定する場合には、河道計画等で考慮している流砂量と整合させるものとし、貯水池上流河川の計画においては、原則として、貯水池の計画堆砂量を考慮して計画年平均許容流砂量を定める。

1.4.4 計画超過土砂量 (Q-E)

計画超過土砂量は、砂防基本計画における土砂処理の計画の対象となる土砂量であり、計画基準点ごとに計画流出土砂量から、計画許容流砂量を差引いた量で定める。

解説

計画超過土砂量は、貯水池上流においては浮遊土砂を含めた量で設定され、計画年平均許容流砂量（堰堤の計画堆砂量）を差し引いた計画年平均超過土砂量を採用するものとする。

1.4.5 計画生産抑制土砂量 (B: 扞止量)

計画生産抑制土砂量とは、山崩れ、溪床・溪岸侵食等により生産されることが予想される計画生産土砂量を、堰堤工、床固工、溪流保全工、護岸工、山腹工等の施設により、直接扞止することで土砂の生産を抑制する土砂量である。

解説

(1) 堰堤工

現地踏査の際、堰堤サイト堆砂区域の不安定土砂（生産される土砂）を調査した上で、深さ、巾等を決定し、貯砂横断図等により算出する。

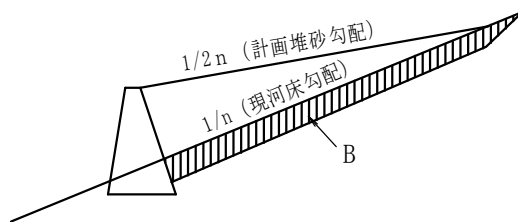
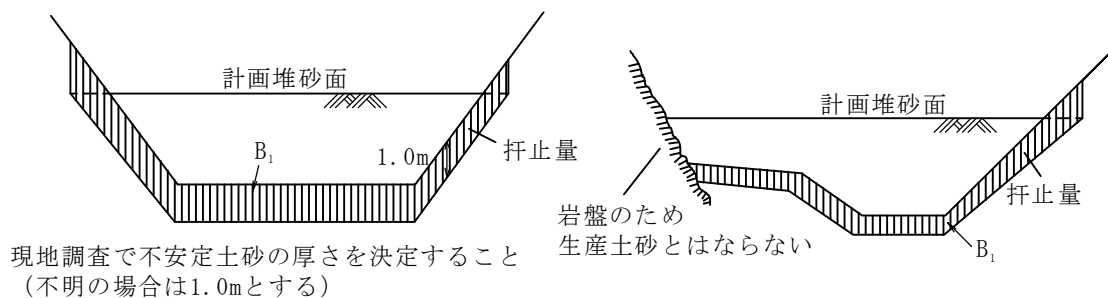


図 1-4-7 計画生産抑制土砂量(B)



現地調査で不安定土砂の厚さを決定すること
(不明の場合は1.0mとする)

図 1-4-8 計画生産抑制土砂量(B₁)

(2) 溪流保全工による計画生産抑制土砂量 (B₂m³)

水平方向には溪流保全工幅の 2~3 倍程度、垂直方向には水深程度として延長を乗ずる。
なお、川幅の大きい場合は別途考慮する。

① 溪流保全工による計画生産抑制土砂 (B₂₋₁)

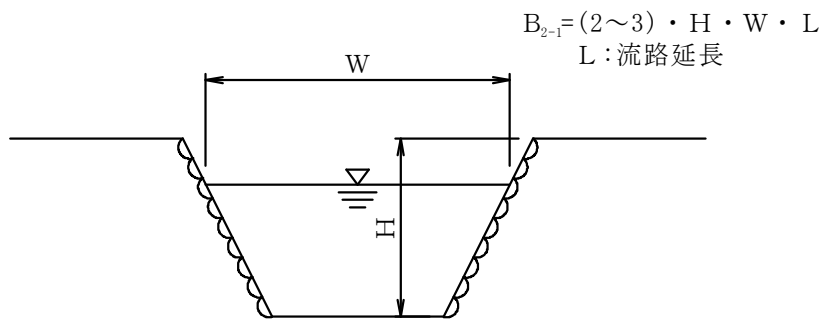


図 1-4-9

② 片側護岸工による計画生産抑制土砂量 (B₂₋₂)

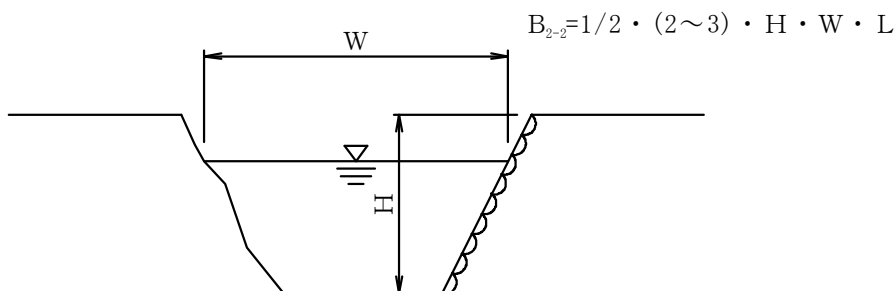


図 1-4-10

(3) 山腹工による計画生産抑制土砂量 (B_{3m³})

工事施工面積に表層厚（現場で判断する標準としては 1.0~2.0m）を乗ずる。

1.4.6 計画流出抑制土砂量 (C：貯砂量)

計画流出抑制土砂量とは、流下する土砂を砂防施設に貯留して流出を抑制する土砂量である。

解説

堰堤の計画流出抑制土砂量は、現況勾配と計画堆砂勾配で囲まれる部分の貯砂量である。計画堆砂勾配は、現河床勾配の 1/2 を原則とする。ただし、現況の河床勾配が急で流出土砂の粒径が大きく、かつ流出土砂が多量の場合は、2/3~3/4 程度を採用することがある。

(1) 実施堰堤の貯砂量

実施堰堤の貯砂量は、計画堰堤地点より上流の横断面図より算出する。

貯砂横断の方向は、流心線に直角とする。ただし、屈曲が著しく横断線が交差する場合は、貯砂後の仮想流心線と直角とする。

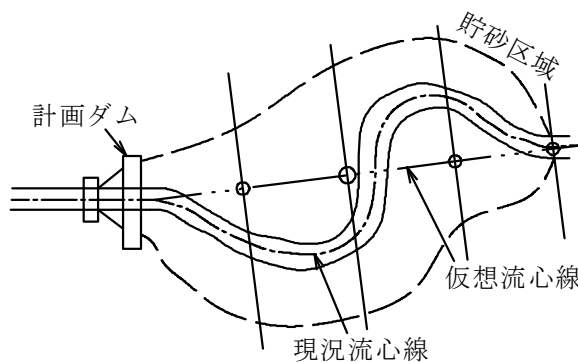


図 1-4-11 貯砂横断方向

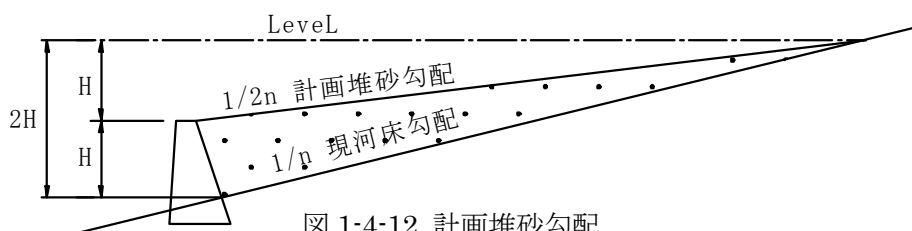


図 1-4-12 計画堆砂勾配

(2) 既設堰堤の空容量及び将来計画

既設堰堤の空容量及び将来計画については、以下により求めるものとする。

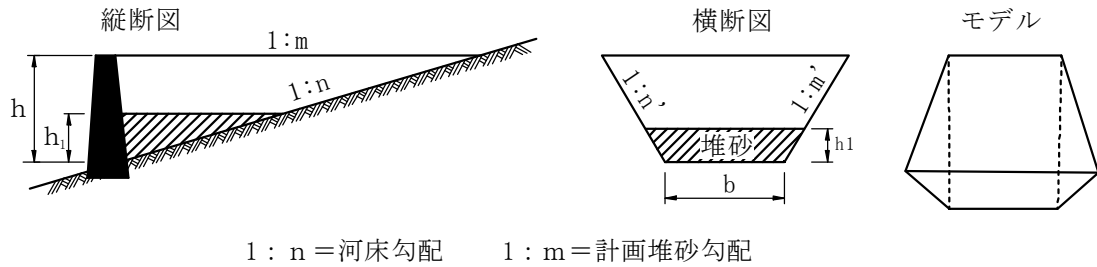
- ① V_s が既知の場合の既設堰堤の計画貯砂量

$$C = V_s - nB'h_1^2 \quad \dots (1-4-1)$$
ここで、 C : 既設堰堤の計画貯砂量
- ② V_s が不明の場合の既設堰堤の計画貯砂量

$$C = n \cdot B \cdot h^2 - nB'h_1^2 \quad \dots (1-4-2)$$
 V_s : 計画時の計画貯砂量
 n : 現況河床勾配
- ③ 将来計画

$$C = n \cdot B \cdot h^2 \quad \dots (1-4-3)$$
 B : 現況堆砂幅
 B' : 現堆砂幅
 h : 堰堤有効高

(イ) 貯砂量の算出にあたり、溪流の横断面を梯形とした場合



$$\text{貯砂量 } V = \frac{1}{2} \cdot \frac{m \cdot n}{m-n} \left\{ b + \frac{1}{3}(m+n)h_1 \right\} h_1^2 \quad \dots (1-4-4)$$

図 1-4-13

(ロ) m の簡易決定法

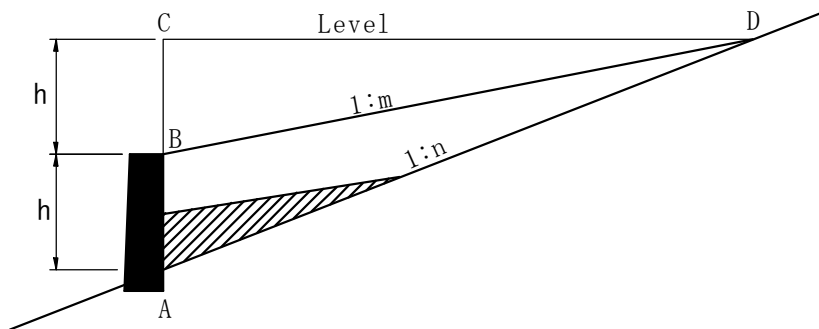


図 1-4-14

$AB=BC=h$

CD Level

DとBとを結ぶ1:mとなる。

$m=2 \cdot n$ b を平均幅とし、矩形すると $V_s=n \cdot b \cdot h^2$

1.4.7 計画流出調節土砂量 (D : 調節量)

計画流出調節土砂量とは、有害な流出土砂を砂防施設に一時的に堆砂させ、その後の流水によって安全に流下させる土砂量であり、流出土砂の粒径を調節する。

解説

堰堤工においては、満砂後河積の拡大、縦断勾配の緩和により洪水時堆砂区域に一時的に堆積する土砂量で、計画貯砂量の10%とする。また、溪流保全工の場合、調節量は考慮しない。

第2節 流砂調整施設計画の作成

2.1 流砂調整施設計画の基本

砂防基本計画は、土砂処理の対象となる計画超過土砂量を合理的、かつ効果的に処理するために策定するものであり、土石流防御計画、流砂調整計画より成る。

土石流防御計画、流砂調整計画は、それぞれ土砂生産抑制計画（直接扞止）、流出土砂抑制計画（堰堤工の貯砂量等）、流出土砂調節計画より成る。これらの計画はいずれも相互に関連するものである。

解説

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

流砂調整計画における土砂処理の計画は、当該計画基準点の上流域から直上流の計画基準点（複数の場合もある）の上流域を除いた、両計画基準点間の流域を対象に、次式より計画生産抑制土砂量、計画流出抑制土砂量、計画流出調節土砂量を定めて行うものとする（図1-4-15参照）。

$$E=(Q+A-B)(1-\alpha)-C-D \quad \dots (1-4-5)$$

E：計画許容流砂量

Q：当該計画基準点の直上流の計画基準点（複数の場合もある）における洪水の計画流出土砂量（ $q \times \text{流域面積} \times \text{補正係数}$ ）

A：計画生産土砂量（ $Q \times 1/(1-\alpha)$ ）

B：計画生産抑制土砂量（扞止量）

α ：河道調節土砂量の(Q+A-B)に対する割合（20%）

C：計画流出抑制土砂量（貯砂量）

D：計画流出調節土砂量（調節量）

流出土砂抑制計画は、流出土砂を貯留してその流出を抑制する砂防堰堤等の機能を評価するもので、堆砂によってその機能は失われることになる。したがって、その回復を必要とする場合を砂防基本計画に組み込んでおかねばならない。

流砂調節計画は、流砂量だけでなく、流砂の粒径の調整をも含んだものであって、河道における堆積土砂の粒度分布等の現況調査資料、流水の掃流力、流出土砂の粒径等を考慮して河道の現況及びその計画と整合するよう定めるものとする。

これらの計画の中には流木による災害の増大に対処するため流木対策を含めて定める必要がある。

第4章 流砂調整・流木対策計画

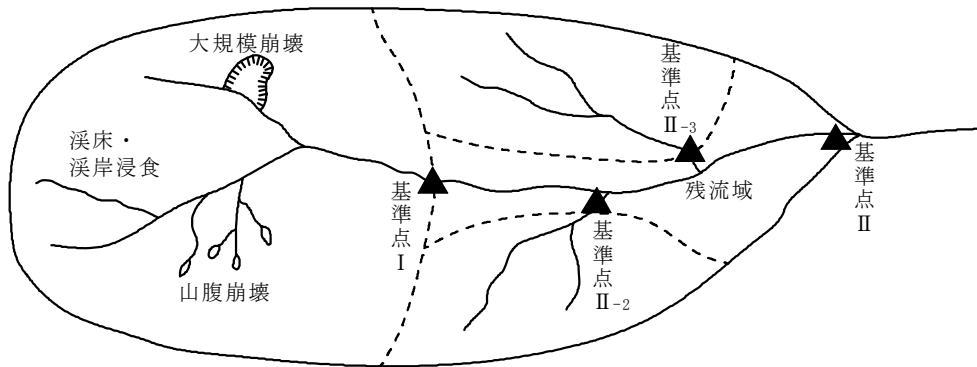
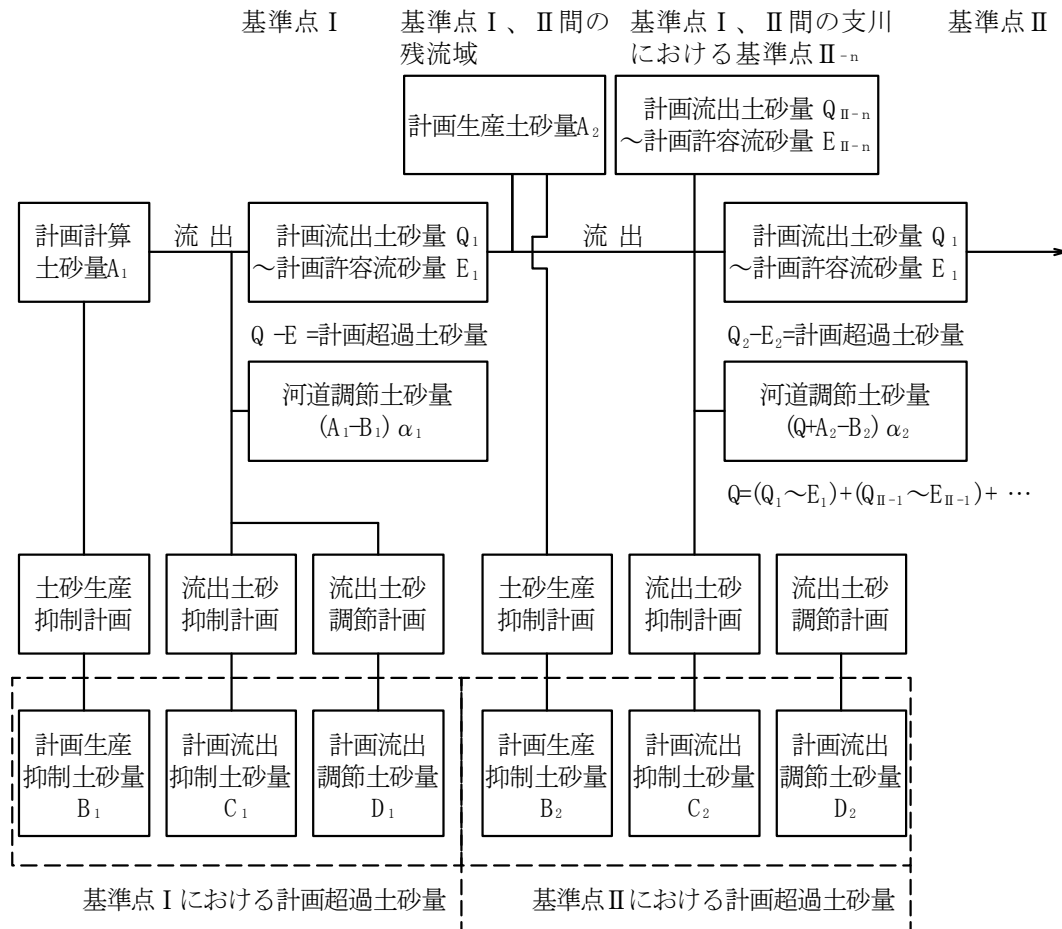


図 1-4-15 砂防基本計画系統図

ここで $(Q_1 \sim E_1)$ 河道調節のみの場合は Q_1

流出土砂抑制及び流出土砂調節計画が完了した場合は E_1

これらの計画が未完了の場合は Q_1 と E_1 の中間の値ということの意味する。

2.2 流砂調整施設計画作成の基本

計画対象区域内において生産される土砂（生産土砂量）のうち計画基準点までの区間河道に堆積する土砂量（河道調節量）と計画基準点において下流に流下し得る土砂量（許容流砂量）を差し引いた量（超過土砂量）を堰堤工、床固工、溪流保全工、山腹工等の砂防施設によって溪流の特性に合わせ配置し扞止するものである。

解説

1. 計画基準点は本指針第1編第4章1.2の通りである。
2. 計画生産土砂量（A）
本指針第1編第4章1.4.1参照。計画生産土砂量を設定する資料がない場合については、次式で表わすことができる。
$$A=Q \times 1 / (1 - \alpha) \quad \dots (1-4-6)$$

 α は生産土砂全体に占める河道調節量の割合で一般に10～20%であるが、鳥取県では20%とする。
3. 計画流出土砂量（Q）
 - (1) 本指針第1編第4章1.4.2参照
 - (2) 計画基準点における計画流出土砂量の標準値
調査結果のあるものは利用するものとするが、調査結果のない場合には、本章1.4.2の①を使用して計画をたてることができる。
4. 計画許容流砂量（E）
本指針第1編第4章1.4.3参照
一般の場合は10%とする。
5. 計画生産抑制土砂量（B：扞止量）
本指針第1編第4章1.4.5参照
6. 計画流出抑制土砂量（C：貯砂量）
本指針第1編第4章1.4.6参照
7. 計画流出調節土砂量（D：調節量）
本指針第1編第4章1.4.7参照
8. 整備率

整備率は、貯砂能力を無視して、溪流のその地点での施設による整備状況を把握するものである。

解説

$$\text{整備率}(F) = \frac{\text{土砂カット量}}{\text{超過土砂量}} = \frac{B(1-\alpha) + D}{A(1-\alpha) - E} \times 100\% \quad \dots (1-4-7)$$

第5章 砂防基本施設計画

第1節 砂防施設とその機能

砂防施設の計画に当たっては、その目的を明確にし、砂防施設の機能が最も有効に発揮されるよう考慮しなければならない。

解説

砂防施設として代表的なものは、堰堤、床固、護岸、溪流保全工、山腹工等である。砂防施設を機能別に分類すると次のようになる。

- 水源地域における土砂生産抑制・・・・山腹工、堰堤
- 溪岸からの土砂生産抑制・・・・堰堤、床固、護岸
- 河道における土砂生産抑制・・・・堰堤、床固、溪流保全工
- 河道における流出土砂抑制・・・・堰堤、砂溜工
- 河道での流出土砂調節・・・・堰堤、床固

第2節 砂防施設の種類

2.1 堰堤工（流砂調整）

堰堤は、その目的によって次の5種類に分類する。一つの堰堤が二つ以上の目的を兼ねる場合には、その主たる目的によって分類するものとする。

- | | |
|---------------|--|
| 1 山脚固定堰堤 | 河床を上昇させて山脚を固定し、山腹の崩壊等の予防及び拡大の防止を図り、土砂の生産を抑制することを目的とする。 |
| 2 縦侵食防止堰堤 | 河道の縦侵食を防止して、土砂の生産を抑制することを目的とする。 |
| 3 土石流対策堰堤 | 土石流を抑止、あるいは抑制することを目的とする。 |
| 4 河床堆積物流出防止堰堤 | 河床に堆積した不安定な土砂の流出を防止することを目的とする。 |
| 5 流出土砂抑制・調節堰堤 | 流出土砂の抑制及び調節を目的とする。 |

2.1.1 山脚固定堰堤

山脚固定堰堤の位置は、保全対象山腹の直下流部を原則とする。堰堤の高さは山脚の侵食を防止し得るように定める。

山脚固定堰堤が流出土砂抑制・調節堰堤を兼ねる場合には、その必要に応じて位置及び高さを定めるものとする。

解説

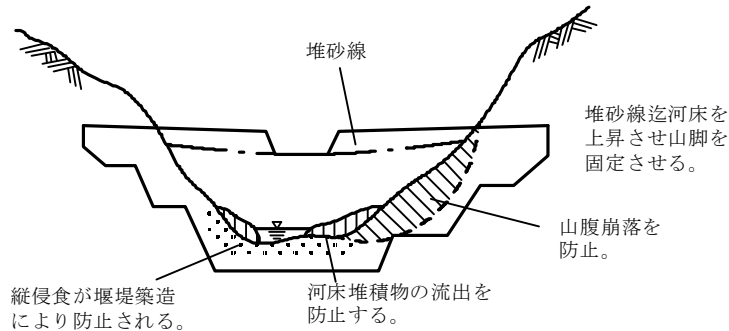


図 1-5-1

2.1.2 縦侵食防止堰堤

縦侵食防止ダムは、縦侵食区域の直下流に設けるものとする。堰堤の高さはその堆砂区域に縦侵食区域が包含されるように定める。

縦侵食区域が長距離にわたるときは、数基の堰堤を階段状に連続して設けるものとする。階段状堰堤群においては、基幹となる堰堤は基礎を岩着させることを原則とする。

解説

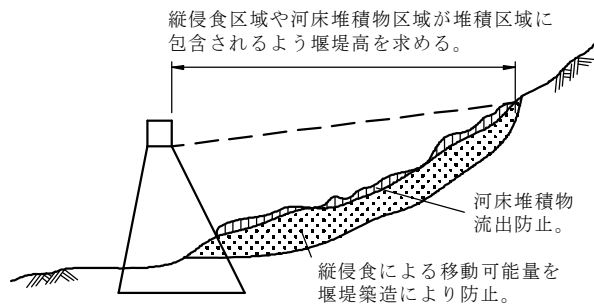


図 1-5-2

2.1.3 土石流対策堰堤

土石流対策堰堤は、土石流の抑止、土石流の緩和等その目的に応じて位置及び高さを定めるものとする。

土石流の抑止のためには、原則として計画土石流の30%以上を堆砂し得るように1基当たりの堰堤規模を定めるものとする。

土石流の緩和のためには、土砂の流出形態を土石流の形態より掃流状態に変化させ得るように、位置、高さ、形状及び数を定めるものとする。

2.1.4 河床堆積物流出防止堰堤

河床堆積物流出防止堰堤は、河床堆積物の直下流に設けることを原則とする。堰堤の高さは堆砂面内に河床堆積物が包含されるように定めるものとする。

解説

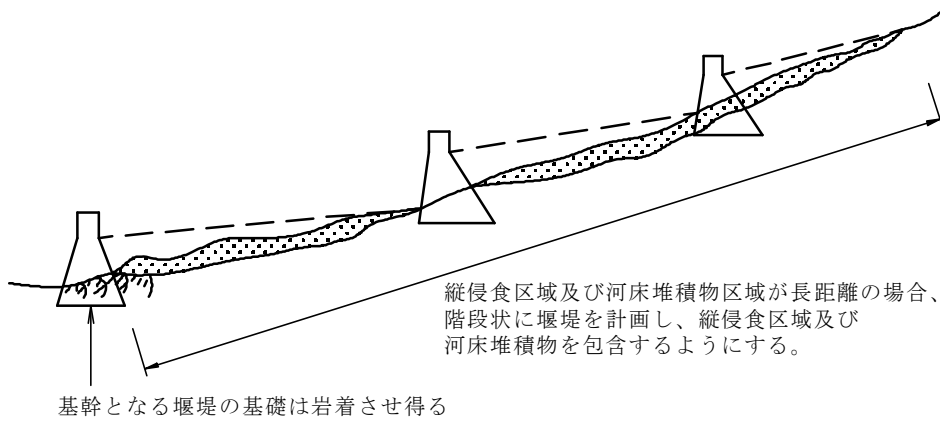


図 1-5-3

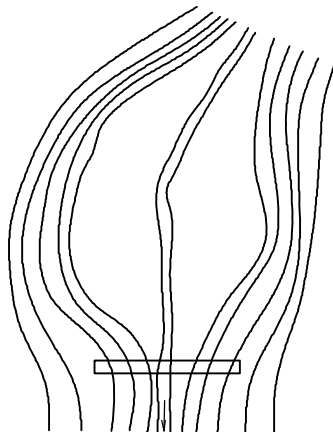
2.1.5 流出土砂抑制・調節堰堤

流出土砂抑制・調節堰堤は、計画流出抑制・調節土砂が最も効果的に確保され、また、流砂調節機能が有効に発揮されるように、位置、高さ、形状並びに数を定めるものとする。

解説

流出土砂抑制・調節堰堤はなるべく大容量であることが望ましい。しかし、一般的には流出土砂抑制・調節だけを目的とするものは少なく、また、堰堤位置の条件により高さが制限される場合もあるので、それらを総合的に考慮しなければならない。

また、堰堤による流出土砂の量の調節、粒径調節機能は堆砂面において発揮されるので、堆砂面積の増大を図る。



堆砂面積が大で尚かつ大容量のポケットがあれば流出土砂抑制、土砂調節が最も有効。

図 1-5-4

2.2 床固工

床固工は、縦侵食を防止して溪床を安定させ、溪床堆積物の再移動、溪岸の決壊・崩壊等の防止を図るとともに、護岸等の工作物の基礎保護の目的のため設置するものである。

2.3 帯工

単独床固工の下流及び階段状床固工群の間隔が大きく、なお縦侵食が行われ、あるいはその恐れがある場合は、帯工を計画する。

解説

帯工は原則として落差を考えない床固工であって、施工の高さはその天端を溪床と同高とし、床固工の形成する安定勾配、または計画溪床勾配の線に沿って計画する。

2.4 護岸工

流水が溪岸を洗い溪岸の侵食、崩壊を起す箇所に横侵食防止のため溪岸に沿って流水方向に設置する施設をいい、また、山腹にある工作物、砂防堰堤、床固工等の施設を保護するため溪岸に施工する施設も含まれる。

2.5 水制工

流水を抑制する目的で流水の方向を変えて横侵食を防止し、流勢を緩和して土砂の堆積を図り護岸工を保護し、また、流路を限定し乱流偏流を防止して横侵食を防止する機能を果たす施設で、溪岸より流心に向かって（左右岸に連続しない）設置される横工施設をいう。

2.6 溪流保全工

溪流保全工は、流路の是正による乱流防止及び縦断勾配の規制による縦・横侵食を防止し、河床を安定的に固定させることを目的として設置するものである。

2.7 砂溜工

砂溜工は、他の砂防設備と一体となって計画された流出土砂を抑制するもので、時には下流に対し許容流砂量以上の土砂の流送が許されない場合に設ける場合もある。

解説

砂溜工は、土石流発生常襲地、河床勾配が急緩する地域、あるいは溪流保全工の概成した溪流の上端に設ける場合が多い。

2.8 山腹工

とくしゃ地、あるいは崩壊地の侵食されやすい土砂の生産源となる不安定な土地に対して山腹斜面の侵食による土砂の生産を抑制するため、山腹面に施される施設をいう。

解説

山腹工事は、山腹の荒廢地に土木的工事を補助手段として植生を導入し、植生によって水源地域における土砂生産の抑制を図るものである。

山腹工事の成否を決定する最も重要な事項は、植栽樹種の選定と工種の選定及び配置であり、このために現地の地形、地質、土壌、気象等の諸条件について調査し、十分検討した後、これらの事項を決定しなければならない。

山腹工として代表的なものは、

1. 谷止工
2. のり切り工
3. 土留工
4. 水路工
5. 暗渠工
6. 柵工
7. 積苗工
8. 筋工
9. 伏工
10. 実播工
11. 植栽工

であり、一般に山腹工は、これらの工種の組合わせによって行われる。また、地帯分類別留意点は表 1-5-1 のとおりである。

表 1-5-1 地帯分類の留意点

地 帯 分 類	留 意 点
積 雪 地 帯	なだれのため山腹工は困難であるので主として溪流工事を行う。山腹工をも行う場合には、階段幅を広くし、柵工等を併用する。
凍 上 地 帯	溪流工事を十分に行い、山腹工は階段切付けを避け伏工、柵工等を行うこと。
多 雨 破 砕 帯	溪流工事に重点を置き、山腹工は排水工を十分に行うこと。
多雨三・四紀層地帯	溪流工事は少なくし、低い谷止、護岸等を行うこと。山腹工は排水工を主とし、伏工等はなるべく簡易化すること。
多雪三・四紀層地帯	多雨三・四紀層地帯に準じて行うが、山腹工にはなだれ防止の工法も併用すること。
多雨火山堆積物地帯	地表水処理の水路工に重点を置く。被覆工は、軽いもの及び全面被覆工法とする。
寡雨花崗岩地帯	山腹工事に重点を置き、全面被覆を図ること。

2.8.1 谷止工

谷止工は、とくしゃ地及び崩壊地内の侵食溪に計画する。谷止工の位置は保全対象山腹の直下流部とするのを原則とし、高さは、山脚の侵食を防止し得る高さとし、方向、構造並びに断面計算は本指針第2編第3章第4節の堰堤工に準じるものとする。

2.8.2 のり切工

のり切工は、とくしゃ地及び崩壊地斜面の全部、あるいは一部が急な場合は、その急な部分及び起伏の多い斜面について計画するものとする。のり切工は、斜面を構成している土砂の安息角まで切り取ることを原則とする。

2.8.3 土留工

土留工は、崩壊斜面長が長い場合、あるいは、のり切土量が多い場合及び他の工作物の基礎となるような箇所に計画するものとする。

位置及び高さは、山脚から頂点までの全体の勾配が自然で無理のない勾配となるよう計画しなければならない。

断面は、背面土圧、転石、温度変化等に対して安全なものとする。

基礎は堅固な地山でなければならない。やむを得ず地盤の軟弱な箇所に設ける場合は、基礎処理を行わなければならない。

2.8.4 水路工

水路工は、斜面長が長い場合、斜面に起伏がある場合、崩壊地周辺から水が集まる場合及び暗渠工によって集水された水を表流水とする必要のある場合に計画する。

水路工の位置は、斜面の凹部で最も効果的に集排水できる位置を選定し、断面は、集水される最大流量を安全に流し得るよう十分余裕を持った断面とする。水路は、原則として 20～30m 間隔に帯工を設け、水路の末端部は、土留工、あるいは谷止工等で固定しなければならない。

2.8.5 暗渠工

地下水が多く、再崩壊の恐れが多い箇所及びのり切土砂を大量に堆積せざるを得ない箇所には暗渠工を計画する。暗渠工は、地下水を最も容易に集水し、排水できる位置に計画する。構造は、地下水の量、地盤の良否等を考慮して決定する。

2.8.6 柵工

柵工は、山腹斜面の表土の流出の恐れのある箇所、かつ植生導入が可能な箇所において計画する。柵工の高さは 50cm 程度を標準とする。

2.8.7 積苗工

積苗工は、地山が露出した寡雨、乾燥の激しい箇所に計画する。

積苗工の配置は、直高 1.5m 程度ごとに水平階段をきりつけて、積苗するのを標準とする。

2.8.8 筋工

筋工は、比較的表土の深い地味良好な箇所、または崩壊地の地山部に雨水の分散と山腹斜面侵食防止及び植生の早期導入を図ることを目的として計画する。

筋工の配置は、斜面勾配、筋工の種目別によって決める。

2.8.9 伏工

伏工は、土質が軽しょうで、かつそのまま放置した場合は、雨、凍上、霜柱及び風等によって侵食の恐れのある場合や、斜面に種子を実播する際、その種子の流亡、乾燥等を防ぐ場合に計画する。

2.8.10 実播工

実播工は、斜面長が短く、かつ穏やかで土壌条件の良好な箇所に単独、または他の工種と併用し早期に緑化することを目的として計画する。

2.8.11 植栽工

植栽工は、とくしゃ地及び崩壊地を早期に緑化することを目的として計画する。

樹種の選定は、適地、適木を原則として、次の条件に適合するものとし、土壌条件の悪い箇所では、原則として2～4種類組み合わせで計画するものとする。

1. 成長力が旺盛でよく繁茂するもの。
2. 根張りがよく、土壌緊縛度の大きいもの。
3. せき悪地、乾燥、寒害、虫害等に対して適応性、抵抗性が大きいもの。
4. 土壌改良効果の大きいもの。

植栽本数は、原則として次により計画するものとする。

1. 土砂堆積地区等の土壌条件の比較的良好な地区では、1ha 当たり 3,000～5,000 本
2. 地山露出地区では、1ha 当たり 8,000～12,000 本

植栽に当たっては、原則として施肥を計画するものとする。

第 6 章 計画高水流量

第 1 節 計画流量の確率規模

砂防施設の設計流量は計画降雨量の年超過確率で評価し、対象となる地域の社会的・経済的重要性、過去の災害履歴、事業効果等を総合的に考慮しなければならない。

(1) 土石流対策施設

土石流対策施設の計画流量は、24時間雨量または日雨量の100年超過確率、既往最大のうち大きい方を採用し、土砂含有を考慮して定める。

(2) 流砂調整堰堤

流砂調整堰堤の計画流量は、計画降雨量の100年超過確率程度の規模もしくは既往最大雨量のうち、どちらか大きい値によって計算したものに土砂混入を考慮して定める。

但し、降雨強度が60mm/hrに満たないものは、60mm/hrで計画する。

(3) 溪流保全工

溪流保全工の計画流量は、50年確率規模の値によって計算したものに土砂混入を考慮して定める。

但し、次の点に注意して定めるものとする。

① 下流側に河川計画等の改修が予定・実施されている場合

下流側の断面流量で計画する。河川計画上での降雨確率に合わせる必要はない。

② 流域面積の変化による流量配分

支流の流入、流域面積の変化（計画流域の変化）を考慮して決定する。

溪流保全工の場合、超過確率年1/50で計画することを原則とする。但し、降雨強度が60mm/hrに満たないものは、60mm/hrで計画する。

表 1-6-1 河川の重要度と計画の規模

河川の重要度	計画の基準 (計画降雨の降雨量の超過確率年) *	備考
A 級	200 以上	1 級河川の直轄区間
B 級	100～200	その他の 1 級河川の主要区間
C 級	50～100	上記以外の 1 級河川区間及び 2 級河川の都市河川
D 級	10～50	都市河川以外の 2 級河川区間及び一般河川の主要区間
E 級	10 以下	上記以外の区間

*年超過確率の逆数

出典：国土交通省河川砂防技術基準同解説 計画編

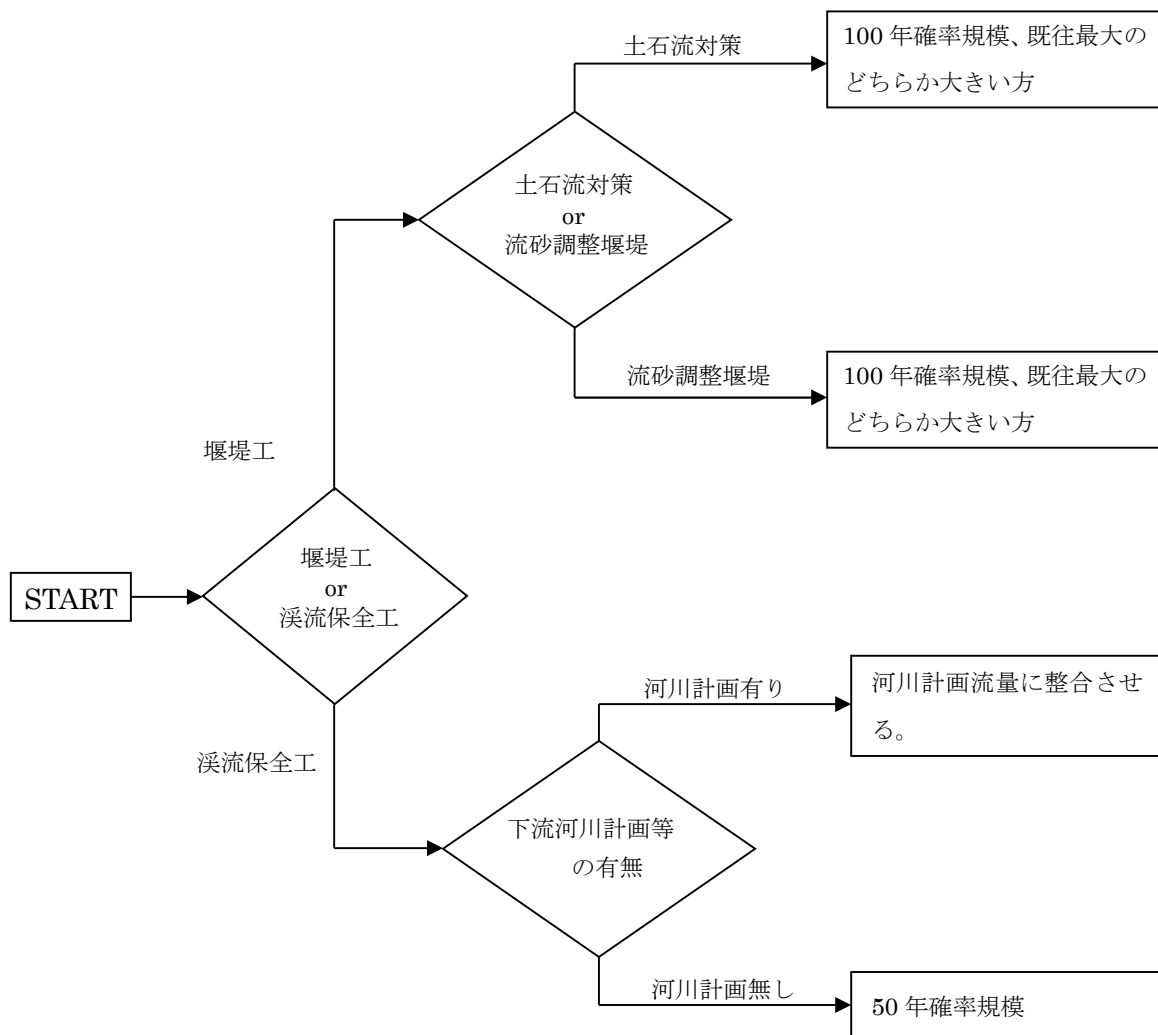


図 1-6-1 計画流量の確率規模

第2節 土石流対策施設の計画高水流量

2.1 土石流対策施設の対象流量

砂防堰堤の設計流量は24時間雨量、または日雨量の100年超過確率、既往最大のうち大きい方を採用し土砂含有を考慮して定める。また、土石流ピーク流量に対しても安全な設計とする。

解説

原則として、土砂の含有を考慮した設計流量は、清水の流量の1.5倍とする。

土石流発生頻度の高い溪流では、上記の洪水と同様に土石流ピーク流量を安全に流下できる水通し形状を確保するものとし、設計流量とする。

計画降雨時において土石流が発生しない場合もあるので、設計流量は土砂含有率を考慮し、清水の流量の1.5倍と土石流ピーク流量の2ケースを設定する。

2.2 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。

解説

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。

$$T_f = K_{p1} \cdot A^{0.22} \cdot P_e^{-0.35} \quad \dots (1-6-1)$$

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）。

$$P_a = \frac{P_{24}}{24} \left(\frac{T_f}{24} \right)^{K_{p2}} \quad \dots (1-6-2)$$

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（ $P_{24} \doteq P_{\text{day}}$ ））、 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。

$$P_e = K_{f1} \cdot P_a \quad \dots (1-6-3)$$

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。

$$P_e = \left(\frac{P_{24}}{24} \right)^{1.21} \cdot \left(\frac{24 \cdot K_{fi}^2}{\frac{K_{p1}}{60} \cdot A^{0.22}} \right)^{0.606} \quad \dots (1-6-4)$$

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。

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \cdot K_{fi} \cdot P_a \cdot A = \frac{1}{3.6} \cdot P_e \cdot A \quad \dots (1-6-5)$$

2.3 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

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 1-6-3 に示すとおりである。平均的なピーク流量と土石流総流量の関係は(1-6-1)式で表される。

$$Q_{sp} = 0.01 \times \Sigma Q \quad \dots (1-6-6)$$

$$\Sigma Q = \frac{C_* \times V_{dqp}}{C_d} \quad \dots (1-6-7)$$

ここで

Q_{sp} : 土石流ピーク流量 (m^3/s)

ΣQ : 土石流総流量 (m^3)

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

C_d : 土石流濃度

C_* : 溪床堆積土砂の容積濃度 (0.6 程度)

土石流濃度は下記の平衡濃度式で求めるものとする。

$$C_d = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho) (\tan \phi - \tan \theta)} \quad \dots (1-6-8)$$

ここで、

σ : 礫の密度 ($2,600kg/m^3$ 程度)

ρ : 水の密度 ($1,200kg/m^3$ 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現溪床勾配 θ (°)とする。(θは、堰堤本体計画地点から概ね上流 200m までの平均勾配を用いるが、縦断地形に急激な変化や不連続点がある場合は、不連続点までを対象とするなど、考慮すること。)

上式は 10°~20°に対する高橋の式であり、それよりも緩勾配の範囲についても準用する。なお、計算値(C_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。

ただし、算出した1波の土石流により流出すると想定される土砂量 V_{dqp} が $1,000m^3$ 未満となる場合は、 $1,000m^3$ とする。なお、計画で扱う土砂量と構造物設計での考え方は次のとおりである。

①計画で扱う土砂量の考え方

計画基準点での計画流出土砂量は最低 $1,000m^3$ とする。(流域全体で、最低 $1,000m^3$)

補助基準点での計画流出土砂量は必ずしも最低 $1,000m^3$ にしなくてよい。例えば、砂防堰堤工を2基整備するのであれば、補助基準点での調査における計画流出土砂量が $500 m^3$ の場合、補助基準点で $500 m^3$ 捕捉できる砂防堰堤工を整備し、計画基準点において残りの $500 m^3$ を捕捉できる砂防堰堤工を整備してもよい。

②構造物設計での考え方

1波の土石流により流出すると想定される土砂量からピーク流量が計算され、そこから流体力(設計外力)が計算されるが、このときの1波の土石流により流出すると想定される土砂量は補助基準点においても最低 $1,000m^3$ とする。つまり、補助基準点に関しても、設置する構造物は最低 $1,000m^3$ の土石流に耐えうる構造とする。

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

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、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。なお、土石流ピーク流量 Q_{sp} の算出地点が堆積区間($\theta \leq 10^\circ$)の場合、1波の土石流により流出するとされる土砂量 V_{dqp} は、溪床勾配が $\theta > 10^\circ$ となる流域を対象として算出する。

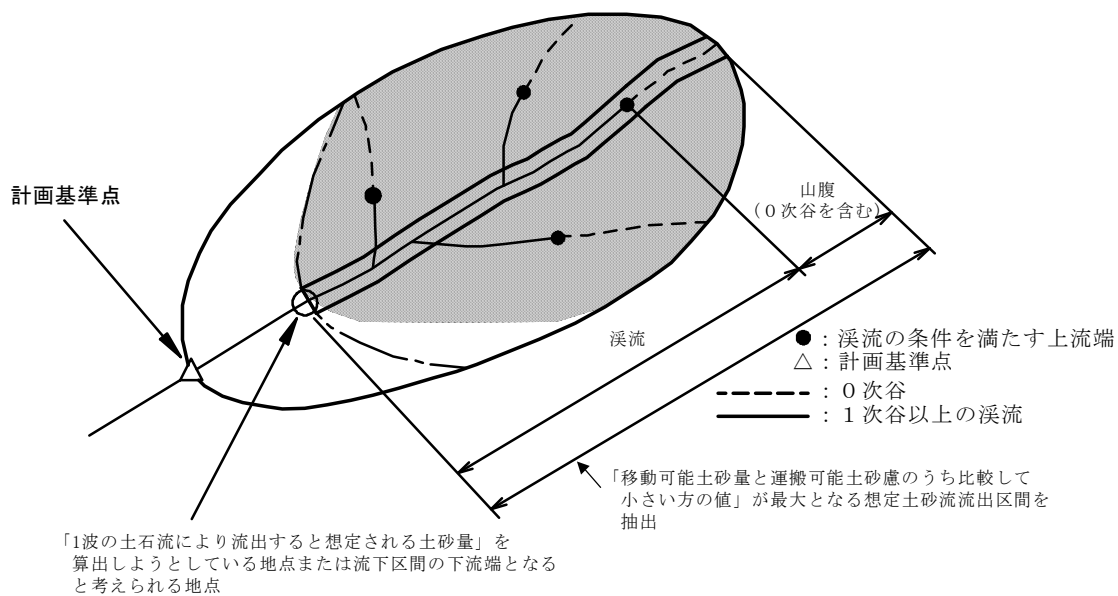


図 1-6-2 想定土石流流出区間のイメージ図

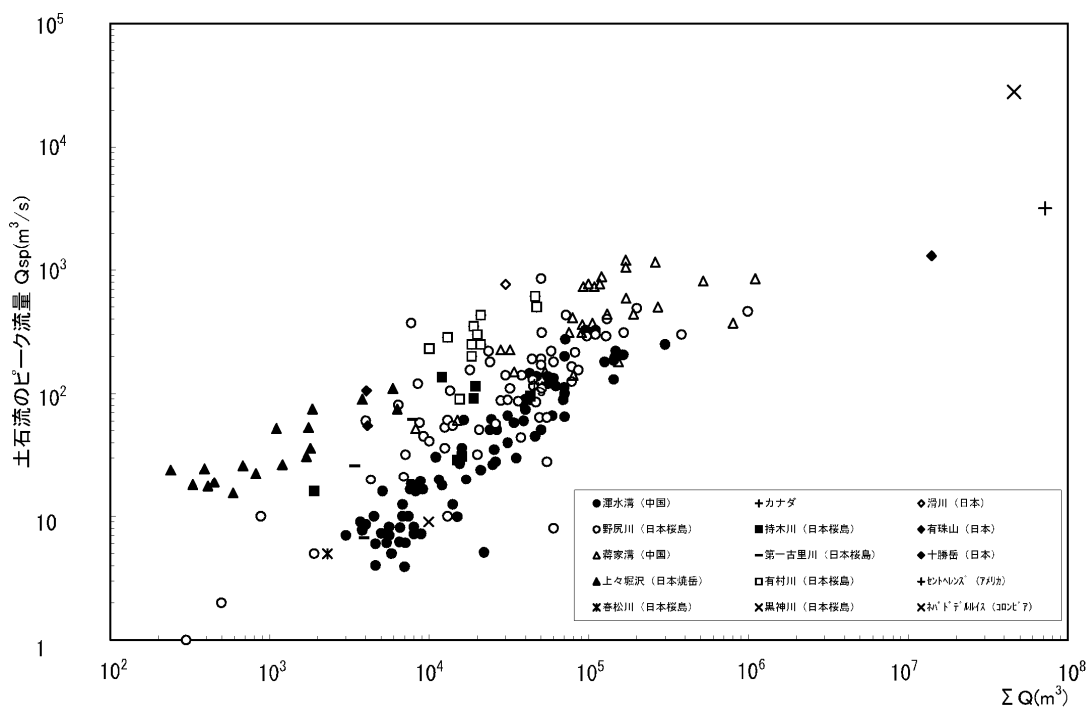


図 1-6-3 ピーク流量の相関

2.4 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

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、

$$U = \frac{1}{K_n} D_r^{2/3} (\sin\theta)^{1/2} \quad \dots (1-6-9)$$

で表わすことができると報告されている。ここで、 D_r ：土石流の径深 (m) (ここでは $D_r \doteq D_d$ (土石流の水深) とする)、 θ ：溪床勾配 ($^\circ$)、 K_n ：粗度係数 ($s \cdot m^{-1/3}$) である。ただし、溪床勾配 (θ) は表 1-6-2 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。なお、土石流の流速および水深は、フロント部について求めるものとする。

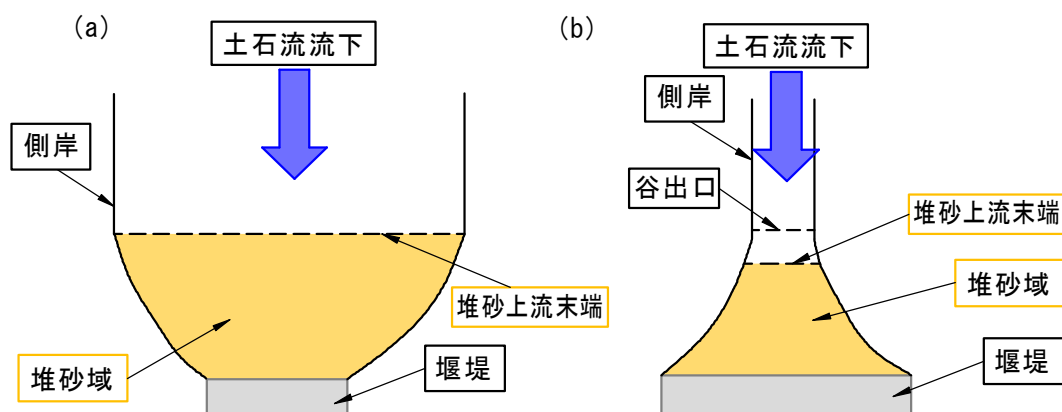
土石流の水深 D_d (m) は、流れの幅 B_{da} (m) と土石流ピーク流量 Q_{sp} (m^3/S) より、(1-6-9) 式、(1-6-10) 式、(1-6-11) 式を連立させて求められる。

$$Q_{sp} = U \cdot A_d \quad \dots (1-6-10)$$

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 1-6-5 の斜線部とする。流れの幅 B_{da} (m) は図 1-6-5 に示す通りとし、土石流の水深 D_d (m) は次式で近似した値を用いる。

$$D_d = \frac{A_d}{B_{da}} \quad \dots (1-6-11)$$

土石流の流速、水深の算定にあたっては、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流端までの区間で、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、断面計上が明らかに異なり、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恐れがある場合は、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計上が著しく異なり、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。



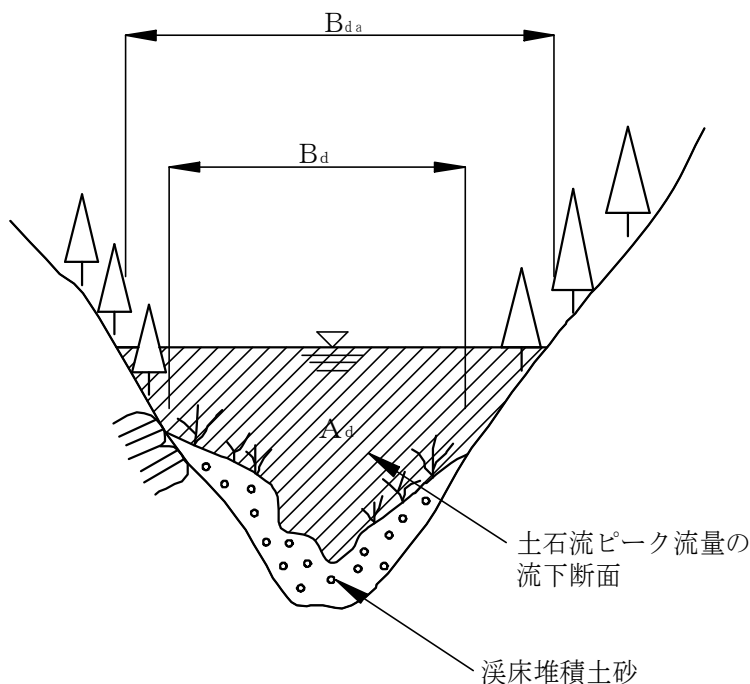
堰堤から堆砂上流末端までの断面形状が明らかに異なり、平均断面を用いることにより、堰堤の安定性を検討の上、土石流の外力を過小評価するおそれがある場合のイメージ（上から見た図）

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 1-6-4 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図

表 1-6-2 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 (C_d) 土石流の流速 (U) 土石流の水深 (D_d)	現溪床勾配 (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_{da} : 土石流発生時に侵食が予想される平均溪床幅

図 1-6-5 土石流の流下断面と流れの幅 B_{da} のイメージ

2.5 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、

$$\gamma_d = \{ \sigma \cdot C_d + \rho \cdot (1 - C_d) \} g \quad \dots (1-6-12)$$

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、(1-6-8) 式により求める。

2.6 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。

解説

土石流流体力は、次式で求める。

$$F = K_h \cdot \frac{\gamma_d}{g} \cdot D_d \cdot U^2 \quad \dots (1-6-13)$$

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 ：本指針第1編第6章2.4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。

第3節 計画高水流量（清水流量）の算定

3.1 算定式

清水の対象流量は合理式により算出する。

解説

$$Q = \frac{1}{3.6} \cdot K_{fl} \cdot r \cdot A \quad \dots (1-6-14)$$

Q ：合理式によって求めるピーク流量（ m^3/sec ）

K_{fl} ：流出係数

r ：洪水到達時間内の平均雨量強度（ mm/h ）

A ：流域面積（ km^2 ）

$$q = \frac{Q}{A} \quad \dots (1-6-15)$$

q ：比流量（ $\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ ）

3.2 流出係数

合理式において用いる流出係数 K_{fl} の値は、流域の地質、地被、植生、形状、開発状況等を勘案して決定する。

解説

表 1-6-3 日本内地河川の流出係数 K_{f1} (物部)
(国土交通省河川砂防技術基準 調査編 H26.4 第3章第2節-11)

鳥取県の標準値 (中間値)

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

表 1-6-4 標準的な流出係数

(国土交通省河川砂防技術基準 計画編 H16.3 基本計画編第2章-12)

密集市街地	0.9
一般市街地	0.8
畑・原野	0.6
水田	0.7
山地	0.7

表 1-6-5 砂防指定地および地すべり防止区域内における宅地造成等の大規模開発審査基準

三紀層山岳	0.7 ~0.8
起伏のある土地及び樹林	0.5 ~0.75
平坦な耕地	0.45~0.60
水田	0.7 ~0.8
宅地造成後の地域	0.85~1.0
パイロット事業地、ゴルフ場	0.75~1.0

表 1-6-6 砂防調節池の洪水吐等の設計流量の算定に用いる流出係数の標準値

土地利用状況	流出係数	備考
開発前	0.6~0.7	山林・原野・畑地面積率が70%以上の流域
開発後(1)	0.8	不浸透面積率がほぼ40%以下の流域
開発後(2)	0.9	不浸透面積率がほぼ40%以上の流域

不浸透面積とは、おおむね建物の屋根面積、舗装道路面積および舗装された駐車場面積等の和である。

3.3 洪水到達時間内の平均雨量強度

平均雨量強度は、図 1-6-6、表 1-6-7、表 1-6-8 から算出する。なお、鳥取県では平均雨量強度が 60mm/h に満たないものは 60mm/h で計画する。

解説

【伊藤式】

$$r = \frac{34,710}{T^{1.35} + 1,502} \times \frac{R_{24}}{100} \quad \dots(1-6-16)$$

ここに、

r : 洪水到達時間内の平均雨量強度 (mm/h)

T : 洪水到達時間 (min)

R_{24} : 日確率雨量 (mm/日)

3.3.1 洪水到達時間 (T_f)

洪水到達時間は、流域の最遠点に降った雨がその流域の出口に達するまでに要する時間であり、原則として「雨水が流域から河道に至る流入時間」と「河道内の洪水流下時間」の和とする。

$$T_f = \frac{T_0}{60} + T_1 \quad \dots(1-6-17)$$

T_f : 洪水到達時間 (min)

T_0 : 洪水流下時間 (sec)

T_1 : 洪水流入時間 (min)

3.3.2 洪水流下時間 (T_0)

洪水流下時間は、河道において常時谷の形をなす最上流点から、計画基準点まで、洪水が流下する時間をいう。

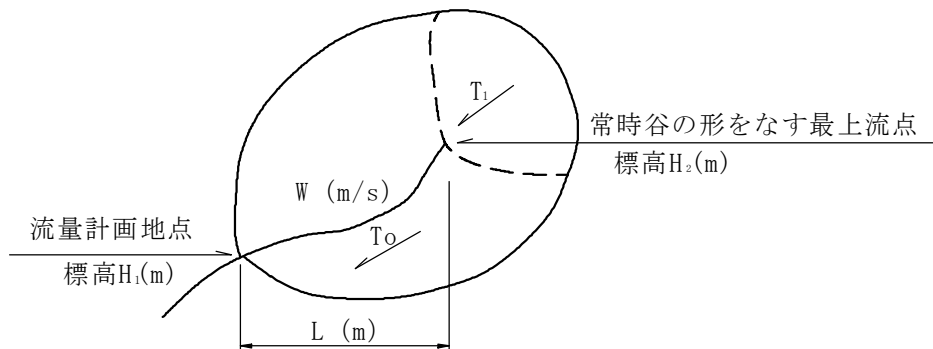


図 1-6-6 洪水流下時間算出のための地形図

(1) クラーヘン式

$$T_0 = L/W \quad \dots (1-6-18)$$

T_0 : 洪水流下時間(sec)

L : 流路長(m)

W : 洪水流出速度(m/sec)

表 1-6-7 クラーヘン適用時の流路勾配と洪水流出速度

H/L	1/100 以上	1/100~1/200	1/200 以下
W(m/s)	3.5	3.0	2.1

H : 流路高低差 (m) $H = H_2 - H_1$

この式は、河道の整備された状態で河川に適用する。

平均勾配 (H/L) が 1/20 より緩い場合。

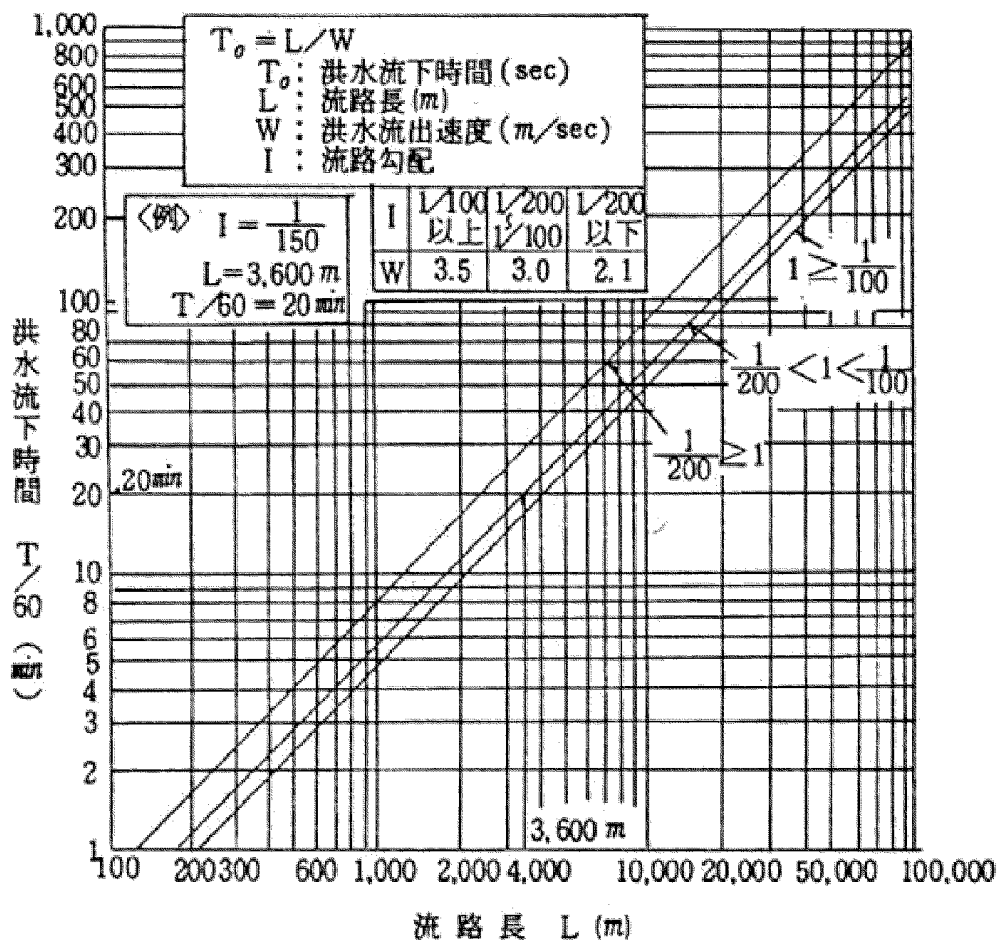


図 1-6-7 洪水流下時間 (Kraven 式)

(2) バイエレン式

$$T_0 = L/W \quad \dots(1-6-19)$$

$$W = 20 \cdot (H/L)^{0.6} \quad \dots(1-6-20)$$

T_0 : 洪水流下時間(sec)

L: 流路長(m)

W: 洪水流出速度(m/sec)

H: 流路高低差(m)

この式は、山地部の未改修河川に適用する。

平均勾配 (H/L) が 1/20 より急な場合。

3.3.3 洪水流入時間 (T_1)

洪水流入時間は、流域内において河道に到達する平均流下時間をいう。

山地流域 2km² 30min

特に急傾斜面流域 2km² 20min

鳥取県においては、洪水流入時間を $T_1=20\text{min}$ とする。

3.4 流域面積

国土地理院発行の 1/50,000、1/25,000 地形図または国土基本図 1/5,000 を用いて算出する。

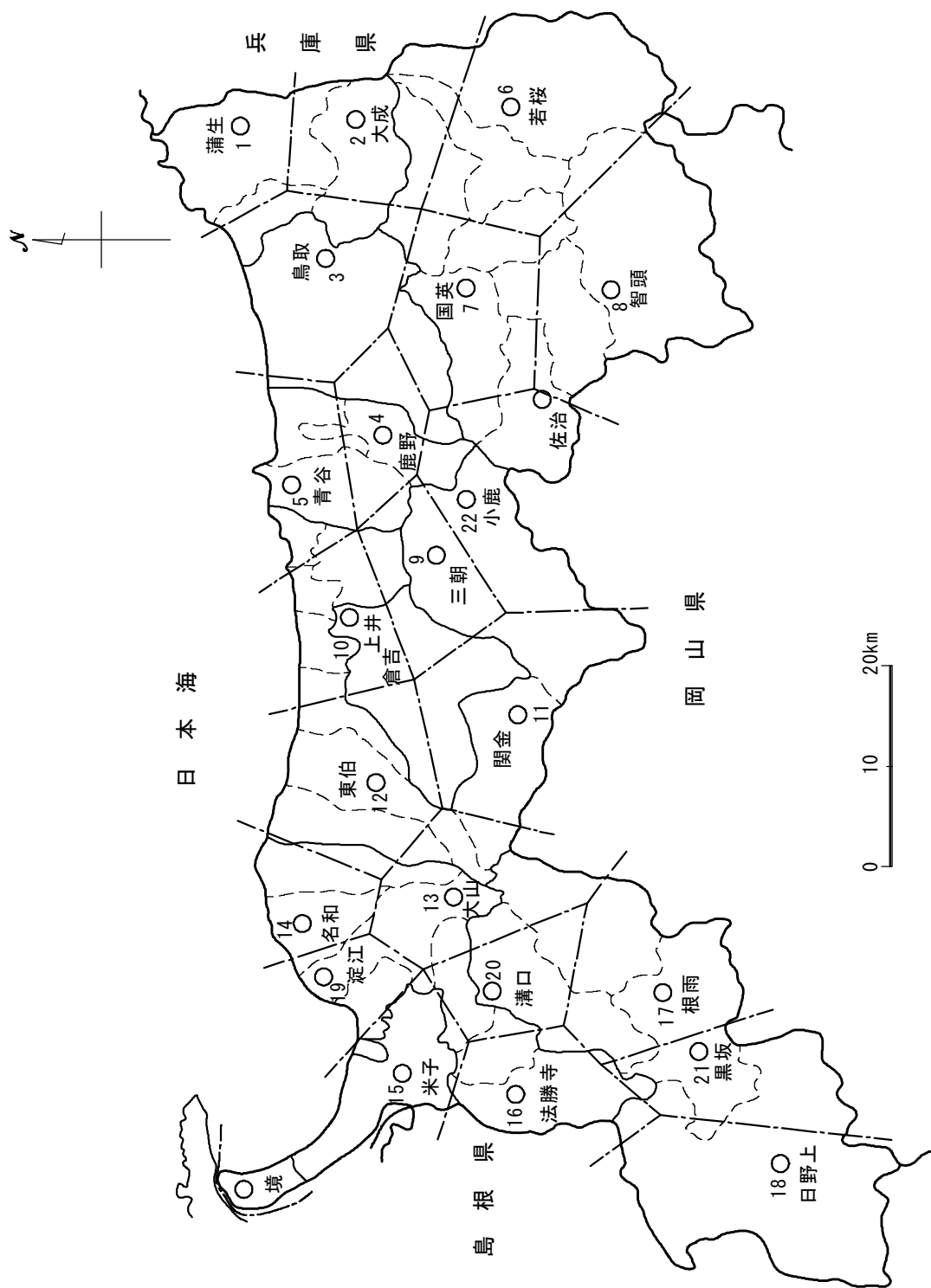


図 1-6-8 鳥取県の平均雨量強度算出のための観測所位置図

第6章 計画高水流量

表 1-6-8 日雨量確率（土石流対策ダム）

観測地点により異なるが概ね T1～S56 であり、気象台データを整理したものである。

番号	観測所	資料数	算定数	1/50	1/70	1/100	日雨量実績	
							日雨量	発生年月日
1	蒲 生	33 (37)	ガンベル法 (岩井法)	279.0 (326.0)		315.0 (397.0)	390	T12.9.16
2	大 成	67 (67)	岩井法 ガンベル法	269.1 (268.9)	288.9	310.2 (301.9)	328.4	T12.9.15
3	鳥 取	70 (70)	〃 (〃)	216.8 (205.3)	232.9	250.1 (229.0)	256	S9.9.21
4	鹿 野	67 (67)	〃 (〃)	266.3 (275.3)	284.5	303.7 (309.3)	347	T12.9.16
5	青 谷	61 (61)	〃 (〃)	189.1 (182.2)	199.7 (196.5)	210.7 (201.0)	237	S9.9.20
6	若 桜	70 (70)	〃 (〃)	210.9 (210.3)	223.2	236.2 (233.9)	228	S54.10.18
7	国 英	61 (61)	〃 (〃)	217.4 (218.5)	231.8 (238.1)	246.9 (244.3)	354.9	T7.9.14
8	智 頭	70 (70)	〃 (〃)	214.1 (231.0)	226.6	239.6 (257.2)	303	S54.10.19
9	三 朝	61 (61)	〃 (〃)	232.4 (221.2)	248.1 (240.6)	264.8 (246.8)	269	S20.9.17
10	上 井	61 (61)	〃 (〃)	216.0 (195.6)	230.4 (211.6)	245.6 (216.7)	219	S39.7.18
	倉 吉	58	ガンベル法	221.0		247.0	227	S34.9.26
11	関 金	61 (61)	岩井法 ガンベル法	270.2 (258.5)	291.0 (282.0)	313.4 (289.6)	384	T7.9.14
12	東 伯	66 (66)	〃 (〃)	286.6 (268.3)	309.1	333.2 (300.5)	310	S34.9.26
13	大 山	60 (60)	〃 (〃)	336.6 (312.4)	362.1 (341.1)	389.4 (350.4)	420	S13.9.5
14	名 和	61 (61)	〃 (〃)	258.0 (230.3)	278.0 (250.6)	299.6 (257.1)	284	S39.7.18
15	米 子	70 (70)	〃 (〃)	236.3 (238.7)	251.1	266.8 (266.1)	282	S39.7.19
16	法勝寺	67 (67)	〃 (〃)	262.4 (249.0)	283.5	306.3 (279.2)	342	S18.9.19
17	根 雨	56 (56)	〃 (〃)	228.1 (189.7)	245.1 (205.4)	263.3 (210.4)	223.5	T7.9.14
18	日野上	61 (61)	〃 (〃)	211.4 (209.7)	259.7 (227.2)	279.4 (232.8)		
19	淀 江	63 (63)	〃 (〃)	209.9 (209.9)	226.6	236.0 (233.9)	208	S43.7.15
20	溝 口			(199.4)	(208.6)	(217.9)	182.8	S28.
21	黒 坂	(41)	(〃)	(237.6)	(255.3)	(274.3)	220	S20.9.17
22	小 鹿							

- (注) 1. () 外の諸数値を基準とし () 内を参考とする。
 2. () 内が大きい時は大きい値を採用する
 3. () S.56 年以降で上表より大きい値が記録されている場合は、その値とする。

第6章 計画高水流量

表 1-6-9 時間雨量実績

時間雨量実績					時間雨量実績				
観測所	観測期間	順位	時間雨量	発生年月日	観測所	観測期間	順位	時間雨量	発生年月日
(2) 大成	S31 ～ S51	1	55.1m/m	S38.8.28	郷原	S32 ～ S56	1	95m/m	S33.7.25
		2	52.5	S43.8.10			2	58.5	S35.8.29
		3	50	S40.9.10			3	56	S42.7.3
		4	45	S39.7.15			4	50	S47.6.8
		5	44	S40.7.8			5	49.5	S50.8.23
(3) 鳥取	S18 ～ S54	1	61	S56.7.3	(11) 関金	S32 ～ S51	1	44	S32.8.2
		2	60	S50.9.26			2	44	S42.9.12
		3	58	S44.9.7			3	41.5	S33.8.5
		4	53.5	S43.8.10			4	38.5	S47.9.8
		5	52.5	S40.7.21			5	36.5	S37.8.28
(6) 若桜	S32 ～ S53	1	58	S36.9.16	(22) 小鹿	S32 ～ S51	1	79	S40.9.10
		2	40	S47.6.8			2	65	S36.9.16
		3	39.5	S51.5.28			3	58	S36.8.26
		4	37	S40.9.10			4	45.5	S34.9.26
		5	35	S41.9.21			5	44	S40.7.19
倉吉	S10 ～ S50	1	60	S39.7.18	(16) 法勝寺	S32 ～ S53	1	56	S39.7.18
		2	55.9	S12.8.30			2	42	S50.9.3
		3	48.7	S11.8.8			3	39	S33.8.11
		4	42.2	S32.7.18			4	38.5	S43.7.30
		5	39.4	S16.7.7			5	37.5	S36.7.9
(12) 東伯	S32 ～ S53	1	85	S51.10.4	(20) 溝口	S32 ～ S53	1	57	S39.7.18
		2	60	S44.9.7			2	46.5	S53.8.15
		3	54.5	S39.7.18			3	45	S42.8.29
		4		S43.8.1			4	37	S50.5.31
		5	50	S47.9.8			5	33.5	S37.8.7
(15) 米子	S14 ～ S53	1	62.1	S36.7.9	(18) 日野上	S32 ～ S53	1	57	S48.8.5
		2	56	S48.8.25			2	46.5	S32.7.4
		3	54.5	S50.8.7			3	45	S49.9.1
		4	54	S24.9.17			4	39.5	S36.7.9
		5	53	S18.9.19			5	39	S45.7.26

第4節 流砂調整堰堤の対象流量

流砂調整堰堤における対象流量とは、その施設の設計に必要な流量をいい、降雨量の年超過確率 1/100 程度の規模もしくは既往最大雨量のうち、どちらか大きい値によって計算したものに土砂混入を考慮した値である。

$$Q = (1 + \alpha) \cdot Q' \quad \dots(1-6-21)$$

Q : 対象流量 (m³/sec)

α : 土砂混入率

Q' : 合理式によって求めるピーク流量 [清水流量] (m³/sec)

解説

土砂混入率については現況を十分調査して定めるものであるが、標準として表 1-6-10 による。

表 1-6-10 土砂混入率

溪流の荒廃状況	土砂混入率
上流砂防工事が未完了の場合	0.10
上流砂防工事が完了している場合 上流砂防工事を施工中であり、施工中の事業により当該溪流対策が完了する場合。	0.05

第5節 溪流保全工の対象流量

溪流保全工における対象流量とは、その施設の設計に必要な流量をいい、計画対象流域の大きさ、その対象となる区域の社会的・経済的重要性、想定される被害の量質、過去の災害の履歴、事業効果等を総合的に考慮し、上下流、本支流のバランスが保持され、かつ他の同程度の重要度を持つ河川や溪流と均衡が保たれるよう計画降雨量の年超過確率で評価して計画規模を決定し、計算したものに土砂混入を考慮した値である。

$$Q = (1 + \alpha) \cdot Q' \quad \dots (1-6-22)$$

Q : 対象流量 (m³/sec)

α : 土砂混入率

Q' : 合理式によって求めるピーク流量〔清水流量〕 (m³/sec)

解説

土砂混入率は、表 1-6-11 によるものとする。

表 1-6-11 土砂混入率

溪流の荒廃状況	土砂混入率
上流砂防工事が未完了の場合	0.10
上流砂防工事が完了している場合 上流砂防工事を施工中であり、施工中の事業により当該溪流対策が完了する場合。	0.05

第7章 砂防調査

第1節 概説

砂防基本計画を策定する際には、対象とする流域の諸性質を把握し、かつその流域内で生ずる土砂の生産・流出現象を量的に予測する必要がある、砂防調査は、これら流域の諸性質や土砂の生産・流出を量的に予測するために必要である。

砂防調査の対象となる土砂の生産・移動現象を流域ごとに把握するために、まず流域を図1-7-1のように山腹斜面と河道とに分割する。

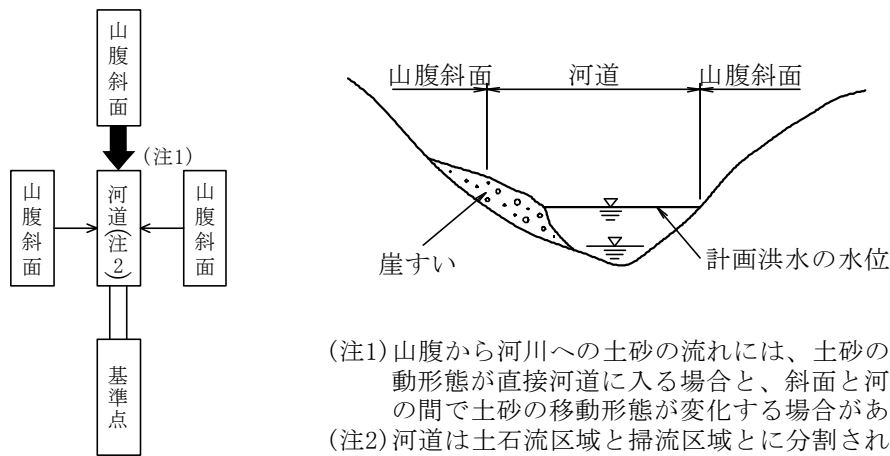


図 1-7-1

これらの場で生産される土砂の現象を表 1-7-1 に示す。

表 1-7-1

生産の場	卓越する営力	土砂生産源として土砂を存在させる現象	土砂生産現象	土砂移動現象
山腹斜面	風化力 重力 流水力	風化 地震 火山活動	崩壊 地すべり 侵食	崩壊・崩落 すべり 表面侵食
河道	流水力	山腹や上流河道からの移動現象	渓床堆積物の侵食 洗掘に伴う溪岸崩壊	崩壊 土石流 土砂流 掃流

第2節 流域特性調査

2.1 地形調査

地形調査は流域の地形発達のステージを量的に把握し、流域における表層物質の情報を得るものである。

(1) 谷次数

谷次数は、次数ごとの崩壊土砂量や流出土砂量との関係を把握するときに利用する。又河道とは谷のはじまる地点から下流とすると、ある基準点からの河道長とは1次谷の最上流端までとなる。

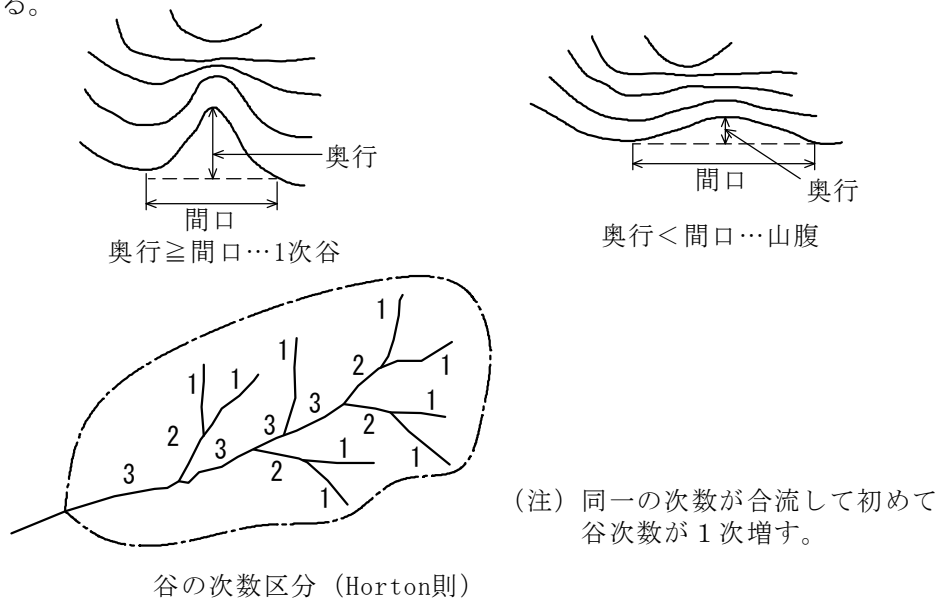


図 1-7-2

(2) 降水の流れ

流域内に降った雨は一部は蒸発し一部は浸透して残りが表面流として流出する。

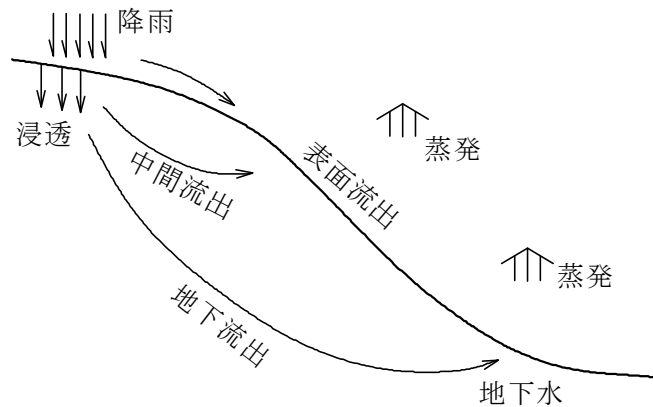


図 1-7-3

(3) 傾斜区分

傾斜は崩壊に関係する因子であるので、流域内にどのような勾配をもつ斜面がどのくらいあるかを知る必要がある。又、山腹の崩壊は傾斜角に関係するので把握しておく必要もある。

(4) 斜面形状

流水の集水のしやすさ、表層物質の下方への移動に関する因子である。一般的には縦断形状で区分する。形状には上昇（凸）斜面、下降（凹）斜面、平衡（直線）斜面、複合斜面がある。

豪雨型の崩壊が生じやすいのは、下降斜面、複合斜面といわれている。

(5) 河床勾配

流域の河道を一定の距離で区切りその間の河床勾配を調べる。これは土石流区域と掃流区域を区別したり、ある地点での土砂輸送能力をみるのに有益である。

土石流の発生は河床勾配が 15° （約 1/4）以上で多く、約 2° （約 1/30）付近まで土石流の流下の恐れがあることが判明している。

(6) 河床地形

河床は不安定土砂が存在している場の 1 つであり、これらを流域平面図において把握しておくこと、計画の際に大いに役立つと思われる。

- 段丘堆積物や河床堆積物等の分布と量
- 河床幅
- 河床に連続する斜面の地形（地すべり地形・崩壊地形・崖錐地形）

以上の調査がある。

2.2 地質調査（流域内）

(1) 流域の地質

流域の地質を調査し、どのような材料が移動可能土砂として生産されるかを調べるものである。

(2) 粒度調査

流域内の土砂の質的条件として、粒度分布を知ることが必要である。

2.3 植生調査

土砂の移動現象に対して、植生は 1 つの尺度となりうることから、樹種、樹高、年輪、根のまがり具合などを調査するものである。

2.4 既設工作物調査

既設工作物の諸元およびその効果を調査することにより、土砂の生産・流出現象の流域特性を把握するものである。

2.5 災害史調査

過去にどのような災害が発生したかを知ることは、今後の砂防施設計画に役立つ。又、被害実態および土砂の収支等を知ることで、その後の砂防工事の施工順位を決定する有効な資料となる。

2.6 経済効果調査

流域内の資産や土地利用の実態、今後の開発計画等を調べ、砂防工事の効果を調べることは砂防計画上重要な調査である。

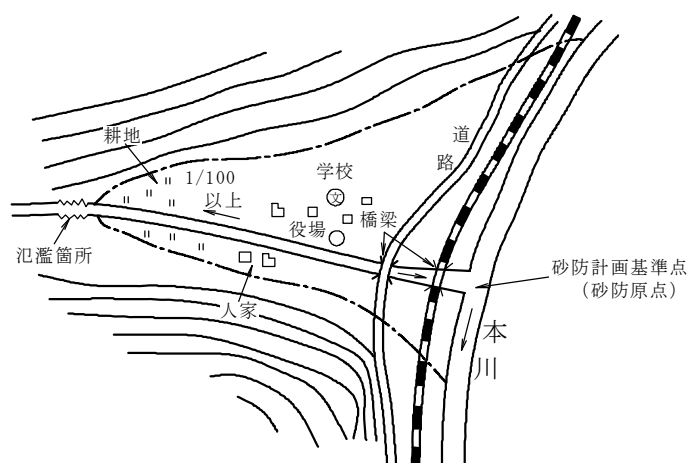


図 1-7-4 経済効果対象範囲（被害想定区域）の取り方

溪流の勾配がおおむね 1/100 の地点より上流部か、氾濫した場合に被害を受ける恐れのある区域（上図の例では一点鎖線と本川に囲まれた区域）とし、その区域内の人家・耕地・官公署・鉄道・道路等を調査する。

2.7 水質調査

鋼製砂防構造物は、計画段階で現地の pH を計測し、pH4 以下の酸性河川の場合には設置を避けるか何らかの防錆処理を施し、各部材は錆による板厚の減少を考慮した設計を行う。

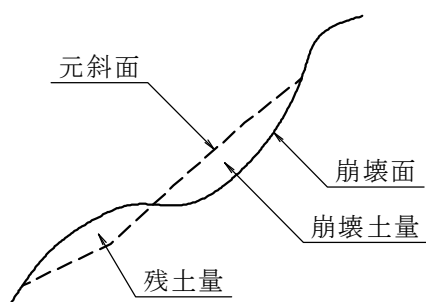
pH の計測は、鋼製砂防構造物の計画箇所付近の流水に対してポータブル pH 計測器等を用いて行う。常時流水がない溪流では、下流域の水路等の流水で計測を行う。

第3節 崩壊地調査

3.1 崩壊現況調査

流域内の全崩壊地について、踏査実測し崩壊の状況と土砂生産に関係する諸元を調査し、現況における崩壊残土量と将来における拡大生産見込土量とを推定するものである。

調査項目は、崩壊規模・位置・勾配・地質・形状・土砂量等である。これらの調査から崩壊土砂量の予測をする。



$$\text{※崩壊面積} \times \text{崩壊平均深} = \text{崩壊土量 (A)}$$

$$\text{残土面積} \times \text{残土平均深} = \text{残土量 (B)}$$

$$(A) - (B) = \text{流出土砂量}$$

図 1-7-5 元斜面の設定

3.2 崩壊拡大量調査

本指針第1編第7章3.1の調査資料を参考にし、かつ現地を眺めて崩壊がどれだけ拡大するかを検討し、その場合に生産される土砂量を推定する。

3.3 裸地の生産土砂量調査

裸地からの生産土砂量の測定は、測定区域に2～3mメッシュの測線を設定し、その交点に杭を打ち込み、前回測定値と今回測定値の「出」の差を求め、その杭の分担面積を乗じ、更に区域を集計して生産土砂量を求める方法と、調査地末端に適当な「マス」をおいて、ある期間の生産土砂量を把握する方法とがある。

3.4 地すべり性大規模崩壊調査

対象流域内における地すべり性大規模崩壊が発生する地形・地質条件のある土地に着目して調査し、生産見込土砂量等を推定するものである。

第4節 河床変動調査

調査対象区間内に一定の間隔で測定の基準杭を設置して、河床の横断および縦断測定を実施して、河床の変動状況を把握する。

測定は年1回程度を目安とするが、大出水の後には、測定を実施することが望ましく、一方変動の状況によっては数年に1回でもよい。

横断の測線の間隔は200～500mが一般的であるが、堰堤堆砂地内は50～100mで実施されている例が多い。また支川の合流点や勾配変化点などは間隔にこだわらず測点とすることが望ましい。

第5節 流出土砂量調査

5.1 砂防堰堤を利用する調査

適当な箇所に調査堰堤が得られる場合には、堰堤への流入土砂量を測定してその地点における流出土砂量を求めるものとする。未満砂堰堤における調査は、測定時期を選択することにより1洪水流出土砂量及び平均流出土砂量のいずれも求めることが可能で、流出土砂量推定方法として最も望ましい。

流出土砂量を求めようとする流域の最上流部にある堰堤で、2時期に堆積土砂の測定を行い、その差をもって期間の流入土砂量、すなわち流出土砂量とする。

5.2 流域の特性値による調査

調査しようとする流域の特性が、いわゆる流出土砂量算定式の適合度の高い条件に合致する場合には、流出土砂量算定式による流出土砂量の推定を行うものとする。

第6節 土石流調査

6.1 土石流発生危険調査

ある溪流において土石流が発生するかどうかを知ることは、砂防計画上重要なことである。土石流発生メカニズムはいまだ解明されておらず、各溪流の特性によるところが大きいとされているが、土石流発生に最も関係していると思われる要因としては次の各項がある。

溪床勾配、溪床堆積物の有無、地形・地質、流域面積、溪床堆積物の質（とくに粒径）、降雨量などである。

各要因の調査方法については以下のとおりである。

(1) 溪床勾配

200m間隔程度の簡易測定もしくは1/5,000～1/10,000地形図からの読み取りによって求める。土石流との関係は表1-7-2のようである。

表 1-7-2 溪床勾配の区分（ θ ：溪床勾配）

区 分	参 考
$0^\circ \leq \theta < 2^\circ$	土石流堆積区間
$2^\circ \leq \theta < 10^\circ$	土石流、土砂流堆積区間
$10^\circ \leq \theta < 15^\circ$	土石流流下堆積、土砂流流下区間
$15^\circ \leq \theta < 20^\circ$	発生区間、流下区間
$20^\circ \leq \theta$	発生区間

(2) 地形・地質

次の各項に着目して調査を実施する。

- 地質条件
- 常時湧水箇所
- 比較的規模の大きい崩壊履歴
- 新しいき裂、滑落崖

地質条件については、表土層の発達している地帯、風化岩や崩積土層の地帯、火山岩屑地帯、火山灰地帯、破碎帯地帯などにおいて土石流の発生の危険があるとされている。

6.2 土石流流動調査

土石流の流速、波高、流下幅などの調査は、砂防計画に必要不可欠な調査であるが、現地においては、ある特殊な地帯以外では、動態の調査は難しい。

そこで土石流が発生してから調査をすることになるが、現地調査で判明する事項は、次のようである。

(1) 流速

現地で目撃者から聞きとりをして推定する。しばしば土石流発生時には異常現象が生じているので、これらの発生した時間と、土石流が住家地域に到達した時間を確認して平均流速を求めることができる。

(2) 波 高

橋などの被害状況から、災害前の河床と橋桁までの高さを調べることにより波高を推定する。直線部では痕跡から求められることもある。

(3) 流下幅

災害後の河幅を調査することによって推定する。

第7節 砂防施設設計のための地質調査

7.1 目的と調査項目

砂防堰堤の計画地点や堆砂予定地における地形・地質を的確に把握することは、砂防施設の計画・設計・施工の面において重要なことである。このため、地質の地表踏査、堰堤計画地点のボーリング調査、物理探査、物理試験等を実施し、堰堤計画に係る全体の地質平面図、堰堤サイトの地質断面図、物理特性図等を作成し、地すべり、崩壊地、支浜、植生、既設工作物、露岩、溪流の流向、地形の傾斜等を地形図から、岩質および地質構造、断層、破碎帯、風化、層理、クラック、透水性、地下水位等を地質図や物理特性図から情報として得る必要がある。

(1) 15m 未満の堰堤

堰堤の高さが15m未満のフローティング堰堤では、一般には過去の経験等から基礎地盤は必要以上の支持力が得られることが多いため地質調査を実施しないことが多いが、新規の堆積層や溪床等の構成材料の粒径が小さい所等では、特に基礎の支持力やパイピングに対する安全性等を確認するための調査を実施する必要がある。その他の調査も必要があれば実施してよい。しかし、これらの調査は、堰堤サイトを慎重に選定することが前提である。

鳥取県では、堰堤サイトで露岩が確認され、確実に基礎地盤が岩盤である場合を除き、必ず地質調査を実施するものとする。

(2) 15m 以上の堰堤

堰堤規模が相当大きな場合の堰堤サイトの地質調査は、地質構造等を正確に把握するため、堰堤サイト周辺にグリッドを組み、ボーリング調査だけではなく、同時に物理探査等も実施した方がよい。

地質調査の方法と目的を下表に示す。

第7章 砂防調査

表 1-7-3 砂防堰堤地質調査の方法と目的

項目 調査方法	調査項目 または目的	調査内容	対応	成果品	摘要
1 踏査	堰堤計画の可否判断	岩質および地質構造 断層、破碎帯、風化、段丘 岩質露出状況、層理、クラック、湧水		地質平面図 表層地質横断面図	
2 ボーリング (コア採取) (注入試験) (グラウトテスト)	支持力、不等沈下 斜面のすべり面 岩級区分 透水性 グラウトの注入状況の確認	岩質、硬さ、風化程度、断層 クラック、斜面の粘土層の確認 C、φの調査 透水試験、ルジオンテスト 注入とその周辺のコアボーリング	コンソリデーショングラウト 基礎の形状 抑止杭、PC アンカー工 ウォール工 排水工 カーテングラウト	ボーリング柱状図 すべり面図 透水係数図 ルジオンマップ、グラウト孔配置間隔の決定	径 66mm 以上、深さは堰堤高さの半分以上
3 弾性波探査	岩級区分	風化、基礎掘削計画 断層、破碎帯	コンクリート置換、コンタクトグラウト、コンソリデーショングラウト、ブラグコンクリート	弾性波速度図 地質横断面図	ボーリング調査と併用する
4 電気探査	透水層	地下水位		地下水位図	
5 横坑	原位置試験	岩石硬さ、クラック風化断層、破碎帯、湧水漏水、未固結層、岩盤強度試験、ブロック剪断試験		調査横坑（地質） 展開図	火薬使用によるゆるみ除去の必要あり

7.2 調査範囲

(1) 15m 以上の堰堤の場合

15m 以上の堰堤の場合、次図に示すように、堰堤サイトに関しては、平面的には最終的に決められた堰堤中心線から、下流側は堰堤敷から堰堤高相当分の長さ、上流側は堰堤から堰堤高相当分の長さ、深さは堰堤基礎から堰堤高の 1/2 以上がそれぞれ既知の地質条件となるように範囲を設定する。

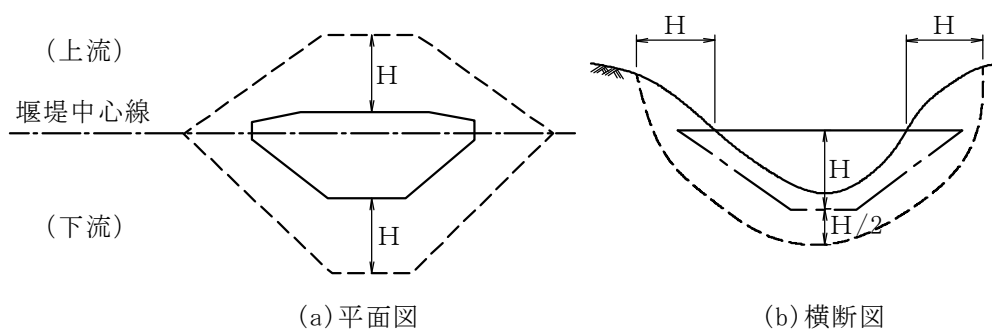


図 1-7-6 地質調査範囲

(2) 15m 未満の堰堤の場合

15m 未満の堰堤の場合は、本堤の堰堤軸及び副堤の位置を調査する。堰堤基礎に近接して大規模な地質構造線や異なる岩質の境界（不連続面）が存在すると推定される場合などは必要に応じこれより外側まで調査し、工事や湛水によって発生することが予測される地すべりあるいは崩壊予想箇所についても、調査しておく必要がある。

7.3 岩級区分

表 1-7-4 岩級区分

出典：改訂版砂防設計公式集 マニュアル P.77

class	岩 質
A	極めて新鮮な岩石で造岩鉱物は風化変質を受けていない。節理はほとんどなく、あっても密着している。色は岩石によって異なるが、岩質は極めて堅硬である。
B	造岩鉱物中、雲母、長石類およびその他の有色鉱物の一部は風化して多少褐色を呈する。節理はあるが密着していて、その間に褐色の泥または粘土は含まないもの。
CH	堅硬度、新鮮度はBとCMの中間のもの
CM	かなり風化し、節理と節理に囲まれた岩塊の内部は比較的新鮮であっても、表面は褐色または暗緑黒色に風化し、造岩鉱物も石英も除き、長石類その他の有色鉱物は赤褐色を帯びる。節理の間には、泥または粘土も含んでいるか、あるいは多少の空隙を有し、水滴が落下する。岩塊自体は硬い場合もある。
CL	CMより風化の程度がはなはだしいもの。
D	著しく風化し、全体として褐色を呈し、ハンマーで叩けば容易に崩れる。更に風化したものでは、岩石は破状に破壊されて、一部土壌化している。節理はむしろ不明瞭であるが、ときには岩塊の性質は堅硬であっても、堅岩の間に大きな開口節理の発達するものも含まれる。

※これは砂防における岩級区分であり、道路トンネル技術指針など他基準に示される岩級区分と異なる場合があることに留意すること。

表 1-7-5 岩級区分の細部判断要素

出典：改訂版砂防設計公式集 マニュアル P.77

区分要素	現 象	class
堅 硬 度	ハンマーで火花が出る程度	A、B
	ハンマーで強打して1回で割れる程度	B、CH、CM
	ハンマーで崩せる程度	CM、CL、D
割れ目の間隔	50cm 以上	A、B
	50~15cm	CH、CM、CL
	15cm 以下	CM、CL、D
割れ目の状態	密着し割れ目に沿って風化の跡がみられない。	A、B、CH
	密着、割れ目に沿って多少風化変質し、その面に薄い粘土物質が付着する。	B、CH、CM
	小さな(2cm 程度)空隙を有する割れ目が発達しているか、あるいは割れ目に沿ってかなりの幅をもって風化変質し、割れ目には粘土物質を介在する。	CM、CL
	開口状	CL、D

7.4 ボーリング調査

(1) ボーリング調査の目的

ボーリング調査は、地質調査の中でも最も重要なものであり、地質調査の精度を高め、岩種、硬さ、風化変質の程度、断層、破砕帯、き裂の多少を調査し、室内試験用供試体を採取しあるいは諸種の孔内試験を行うために、また、地表踏査や物理探査などを組み合わせて岩石や地層の空間広がりを確認するためにボーリング調査を行う。標準貫入試験やベーン剪断試験のような現位置試験や、間隙水圧計等の埋設のためにも行われる。

(2) 調査位置

次図に示すように、本堤には河床部（中心）1ヶ所、左右両岸袖部は各1ヶ所、垂直壁（副堰堤）の河床部（中心）に1ヶ所程度の配置を標準とし、地すべり、透水層、大規模な破砕帯などの存在が予想され、砂防堰堤計画に関係が深いと判断された場合には必要な位置に適切なボーリングを追加実施する。

(3) ボーリング調査深度

原則、堰堤の基礎として十分な地層まで調査を計画するものとし、地層の状況が不明な場合は、全体像を明らかにできる深度まで調査を行う。

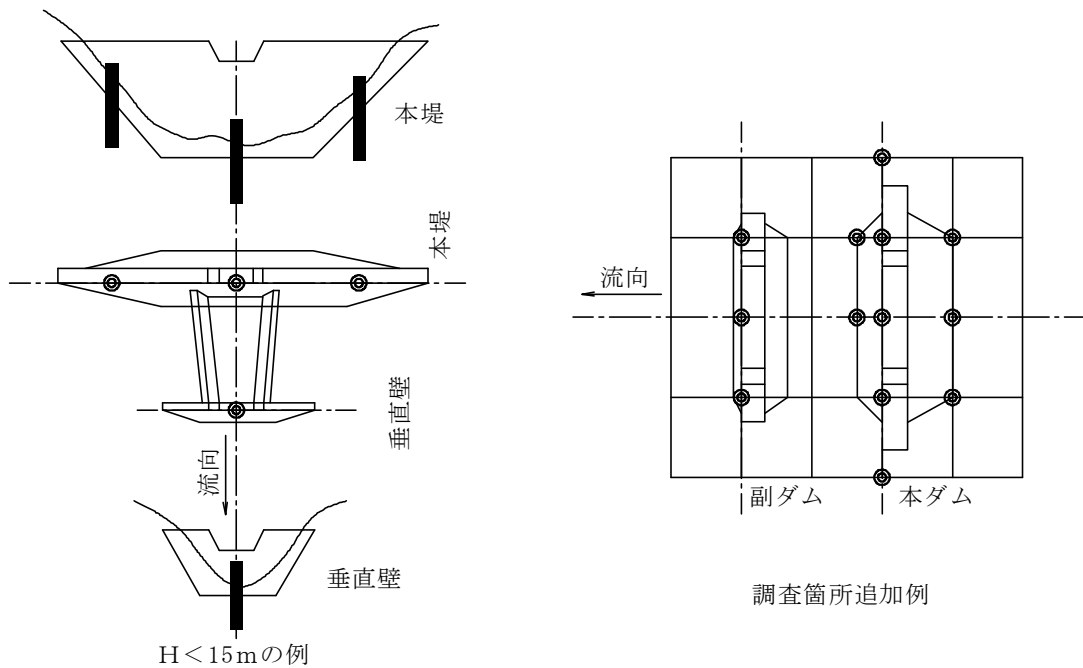


図 1-7-7 ボーリングの配置

7.5 ボーリングコアによる岩級区分の例

表 1-7-6 ボーリングコアによる岩級区分

出典：改訂版砂防設計公式集 マニュアル P.78

分 類	細区分の組合せ	摘 要	
A	A-I	割れ目は新鮮	
B	A-II (A-I)		
C	C _H	割れ目は密着状 ～開口状	
	C _M		A-III、B-II
	C _L		A-III、IV、V、B-III、IV、V
D	Cクラスの全部の組合せ	割れ目開口状	
E	表層堆積物		
F	断層・破碎帯	粘土を伴う	

細区分の A、B、C と I～VI は次のとおりである

○風化、硬さ

- A：新鮮、堅硬
- B：やや風化、やや軟質
- C：非常に風化、非常に軟質

○ボーリングコアの形状

- I：棒状 10cm 以上
- II：やや完全 10～5cm
- III：半壊 5～3cm
- IV：細壊 3～1cm
- V：粉状 1cm 以下
- VI：粘土状

7.6 地盤の平板載荷試験

15m 未満のフローティング堰堤において、地盤の支持力があるかどうかの判断に必要な試験で、構造物が設けられる状態とできるだけ同じ状態の試験地盤を選定して行うものとする。

7.7 基礎岩盤（地盤）の評価

基礎岩盤の評価を以下に示す。

(1) 地質的不連続面

岩石あるいは岩盤は初生的な異方性（ある方向に分離しやすくなったり、すべりやすくなったりする性質）を持つが、二次的にも、小さいものから順に、構成物質のへき開、ヘアークラック、割れ目（きれつ、節理）、しゅう曲、断層及び構造破碎帯と種々の破壊が生じている。これらはすべて大なり小なり地殻運動に関係して生じているものであり、岩石は当然の結果として、二次的变化を受け、機械的、物理的破壊を生じている。

① 鉱物のへき開

岩石を構成する鉱物には機械的打撃によって特定の面で破壊する性質を持つものが多い。そのような性質をへき開といい、割れた面をへき開面という。これは鉱物の結晶を形づくる原子の結びつきで強い面と弱い面とができていることにもとづく。へき開性の著しい鉱物は概してもろい。圧砕をうけた花崗岩は鉱物粒子にも細かいひび割れが生じて砂状あるいは粉状に崩れることが多いが、これもへき開の性質が寄与していると考えられている。割れ目の面がほぼ密着しているが、細く糸状に縁が切れているのをヘアークラックと呼んでいる。

② 割れ目

一般に割れ目という語に「割れ目」「節理」「きれつ」「ひび割れ」を包含させている。節理は成因的に理由のつきやすい比較的規則正しいもの、きれつは不規則なもの、割れ目はその総称。割れ目の発生する原因は火山岩（安山岩など）では急速に冷却する際の冷却節理がまず考えられるが、一般の岩石では岩盤に生じた圧縮および引張応力によって発生したと考えられる。均質、等方に近いものであれば、規則的な形で発生するが、前述のように岩石には、初生的不均質性および異方性が存在するので、弱い面や方向の影響と、応力の大きさ・方向との複雑な組合せになり、模式的な方向性、規則性を生じない場合が多い。さらに地質現象は長年月の間に行われたものの積み重ねであるから、時代によって応力や岩盤状況も異なるので、ますます複雑になる。しかし岩盤の性質を問題にするときに、やはりこの割れ目の方向性、頻度、規模、面の延長、面の状態（凹凸、カーブ、雑物の有無）がもっとも注意されるべき重要な要素である。風化現象も割れ目から進行して行くので、割れ目の状況をしっかり把握しておく必要がある。

③ しゅう曲

地殻運動の際、強大な水平応力が徐々に岩石に加わると、大きなマスのまま岩石は変形しはじめる。とくに層理の発達した堆積岩や、片理のみえる変成岩では、岩石の初生的構造が乱されて、地層が曲っている現象を見受けることが多い。このような岩石の変形、地層の乱れをしゅう曲という。

応力が徐々に高まり、それに対し連続的な変形で抗しきれなくなると、せん断が起り、割れ目が発生し、そこで応力が開放状態になる。さらに応力が著しくなると断層に発展する。

④ 断層

断層はある面を境として、両側の地層が相対的に移動したものである。そして、その際に、岩石が破砕されて生じた断層粘土または角礫が介在しているものが多い。

断層は工学的には一般に次の性質を持つものである。

- (a) 周囲にくらべて非弾性的
- (b) 強さが小さい
- (c) 周囲にくらべて透水性が大きい

断層の周囲には割れ目などが多いのが普通であるが、これによって上の性質はさらに助長される。断層によって破砕された部分や割れ目に熱水鉱液や温泉、噴気などが上昇して

周囲に変質を生じた場合にシームと呼んでいる。シームは粘土物質を有している場合がほとんどである。単純な断層よりも堰堤基礎等では有害な場合が多い。

⑤ 構造破砕帯

断層は単独で一本のみ存在するということはむしろまれで、普通何本かの断層が集まって、大きくみると全体として破砕帯をなしていることが多い。実際問題では、構造物の大きさと破砕帯の大きさとの関係、および構造物と破砕帯の位置関係によって、全体として一本の断層と同様に扱われたり、個々の断層ごとに別個に取り扱われたりしている。

(2) 風化と変質

① 物理的風化

物理的風化とは、化学組成や鉱物組成がほとんど変化することなく単に細かく破壊分離される現象をいう。寒冷地や異常乾燥地においては、主として物理的風化が顕著にみられるが、湿潤な温帯、熱帯では少なく、また化学的風化とあいともなって進行する。

物理的風化の中では、気温、氷霜、水酸化物が生成される場合に発生する圧力、植物の根の成長による割れ目の増大、飛砂や氷河による削剥等がある。

② 化学的風化

岩石が化学変化をおこし、あるいは化学組成の変更を行って分解していくことであり主なものは溶解作用、硫化作用、水酸化作用、炭酸塩化作用等である。

こちらは主として水、炭酸ガス、酸類によって行われる。

7.8 ルジオンテスト

(1) 目的

ルジオンテストは、堰堤の基礎岩盤の透水性を評価するために行う。

堰堤の基礎岩盤からの漏水は貯水効率を低下させるだけでなく基礎および堤体の安全にかかわる重要な問題である。したがって基礎岩盤の透水性を把握する必要があるが、堰堤サイトにおける透水性は一般にルジオンテストによって調査され、岩盤の透水性はルジオン値で評価されている。

ルジオンテストにより評価された透水性等は堰堤の位置の選定、掘削線の決定、グラウチングの計画およびクラウチングの結果の判定等に用いられる。

なお、ルジオンテストは一般に硬い岩盤の透水性の調査に用いられるものであり、ダルシーの法則が適用できるような未固結層や軟岩・風化岩など均質で多孔質岩と見なせる岩盤の場合には透水係数を求めるための種々の透水試験方法もあわせて実施されている。

(2) 方法

ルジオンテストは、岩盤の透水性を評価するためにボーリング孔に水を圧入して行う。

ルジオンテストはボーリング孔に水を注入する方法、すなわち透水試験における一種の圧入法で、注入圧力と注入量の関係からルジオン値を求め、岩盤の透水性を評価する試験方法である。

第7章 砂防調査

ルジオン値(Lu)は注入圧力10kgf/cm²のもとで試験孔長1m当りの毎分の注入量(l/min)を表わしたものである。すなわち、

$$1Lu=1 \text{ l/min/m/10kgf/cm}^2$$

(注) 実施にあたっては「ルジオンテスト技術指針・同解説」平成18年7月(財)国土開発技術センター編を参照されたい。

第8節 砂防ソイルセメント堰堤を計画するための調査

8.1 総説

砂防ソイルセメント堰堤を計画するため、現地発生土砂量の量・性状、粒度特性、現地状況等、必要な資料を得ることを目的に調査・試験を行う。

解説

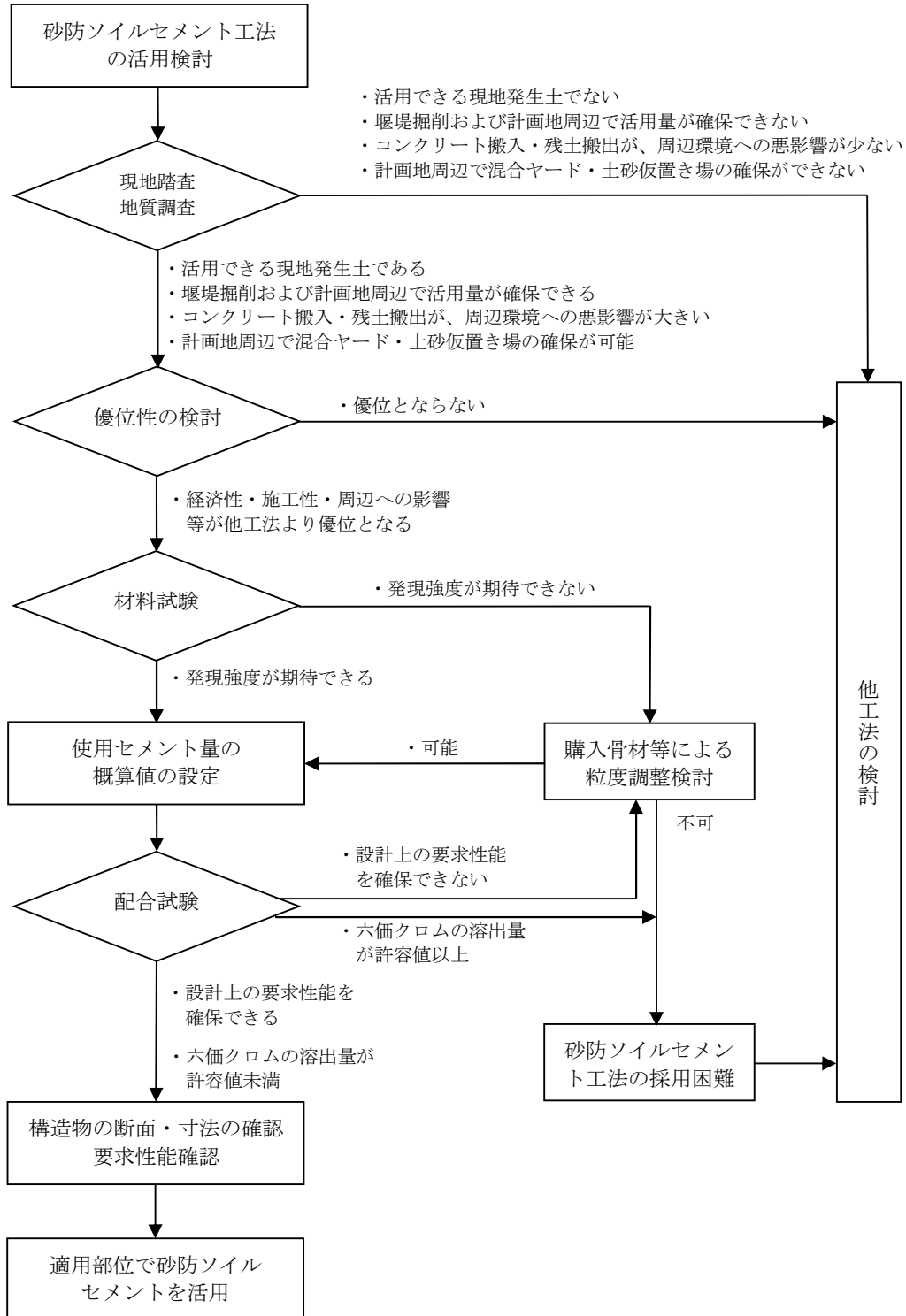
砂防ソイルセメント堰堤を計画するためには、まず現地踏査によって計画地点周辺で採取できる現地発生土砂の賦存量およびその性状を把握する必要がある。また、砂防ソイルセメント工法の施工においては、計画地付近に現地発生土砂の仮置きヤードや練り混ぜのための混合ヤードが必要となるため、それらのヤードの有無を調査する必要がある。

現地発生土が活用でき、砂防ソイルセメント堰堤の施工が可能であると想定される場合は、現地発生土の材料試験・配合試験を実施し、砂防ソイルセメントの発現強度や単位体積重量等の品質を把握して、砂防ソイルセメント堰堤を計画するための基礎資料を得ることとする。

第7章 砂防調査

砂防ソイルセメントの活用検討の流れを図 1-7-8 に示す。

砂防ソイルセメントの優位性が確認できた場合、設計時に材料試験および配合試験を実施することを基本とする。



出典：「砂防ソイルセメント設計・施工便覧 H23」 p22 図-2.1 を一部加筆・改変

図 1-7-8 砂防ソイルセメントの活用検討の流れ

8.2 現地調査

計画地点周辺で採取できる現地発生土砂の賦存量およびその性状の把握するため、及び計画地付近に現地発生土砂の仮置きヤードや練り混ぜのための混合ヤードが確保できるか否か確認するため現地調査を行う。

解説

現地踏査によって、現地発生土が砂防ソイルセメントの材料として適切か否かを目視および既往資料等で確認する。また、計画地付近に現地発生土砂の仮置きヤードや練り混ぜのための混合ヤードが確保できるか否か、主要道路から現場までのアクセス道路周辺の土地利用状況等を確認する。

砂防ソイルセメント堰堤が計画可能であると判断した場合、材料試験および配合試験を実施する。

8.2.1 現地発生土砂の調査

現地で採取可能な土砂のうち、砂防ソイルセメントへの適用が可能な土砂量を概算で把握する。また、現地発生土砂が砂防ソイルセメントの材料として適切か否かを目視およびボーリング調査等の既往資料で確認する。

解説

砂防ソイルセメントの主材料は、現地発生土砂がその大部分を占める。したがって、施工現場やその周辺において、十分な使用可能な材料が確保されることが必要であり、使用可能な賦存量を把握する。

現地発生土砂が、シルト・粘土等の細粒土砂や有機不純物を多く含む場合、また大礫を多く含むような場合、発現強度が小さくなる可能性があるため、砂防ソイルセメント工法の適用は困難となる。ただし、購入骨材（コンクリート用骨材、粒度調整砕石、クラッシュラン等）を利用して粒度調整することで活用することは可能である。

8.2.2 現地状況の調査

施工地の現地状況を十分把握して、砂防ソイルセメント工法の適用の可否を適切に判断する必要がある。

解説

砂防ソイルセメント工法の施工は、攪拌混合等を行う混合ヤード（流動タイプではプラントヤード）、ソイルセメント打設のためのヤード、現地発生土砂の仮置きヤード、攪拌混合に使用する水等を確保する必要がある。これらの現地状況によって、砂防ソイルセメント工法の適用可能性の有無を判断する必要があり、事前に現地状況を十分把握する。

第7章 砂防調査

表 1-7-7 現地調査で把握する必要がある現地状況の項目例

検討項目		評価方法	着目点
現地発生土砂		目視 地質図	計画地点周辺の現地発生土砂量および細粒土砂分の割合
現地条件	施工ヤード	現地踏査	施工ヤードの広さ 地形条件, 周辺構造物の状況
	人家等保全対象	建物の種類 (一般住居等)	施工予定地からの距離
	アクセス	現地踏査	計画地点までのアクセス性
	流況	目視	河床幅, 流量
	気象条件	気象データ	気温, 雨量

出典:「砂防ソイルセメント施工便覧 H28」 p21 表-1.5

8.3 試料の採取

材料試験および配合試験を行うため、試験に必要な量の試料を採取する。試料を採取する位置は、計画堰堤の掘削範囲内を基本とする。

解説

材料試験および配合試験のため、必要となる試料の採取量は、土質および工法に合わせた試験に必要とされる量とする。人力で試料採取し、土のうに詰めて運搬・搬出するのが一般的であるが、可能であればバックホウで採取し、クレーン付トラックを使用して大型土のうに詰めて搬出することも考えられる。

試料を採取する位置は、計画堰堤の掘削範囲内を基本とする。採取・搬出作業が比較的容易な場所で、目視により砂防ソイルセメントに適用すると想定される試料を採取する。

表土は、耕作地に由来する有機質が多く含まれるため採取しない。また、試料採取後は不陸を整形し、採取地全体を平滑に修復する。

8.4 材料試験

現地発生土砂の土質条件及び渓流水の水質条件を把握するために材料試験を行う。

解説

現地発生土砂の粒度特性、密度、吸水率、単位容積質量、締固め特性、含水比などを把握するための試験を行い、その性状を確認しておくものとする。

表 1-7-8 標準的な現地発生土砂の性状把握試験

試験名	試験基準等	試験目的等	必須試験項目	必要に応じて実施する試験項目
ふるい分け試験 (粒度試験)	JIS A 1104	粒度分布の把握	○	
締固め試験	JIS A 1210	最適含水比および密度の目安把握	○	
含水比試験	JIS A 1125,1203	自然状態での含水比の把握	○	
有機不純物試験	JIS A 1105	有機不純物混入状況の把握	○	
礫・玉石の強度試験	JGS3421	岩石をソイルセメントに活用する場合の指標の確認		○
密度および吸水率試験	JIS A 1109,1110	礫および細粒分の吸水率の把握		○

出典：「砂防ソイルセメント施工便覧 H28」 p54 表-3.1

表 1-7-8 に示す試験項目により、当該の現地発生土砂を用いた場合における砂防ソイルセメントの強度特性等が概ね把握できる。それぞれの試験項目については「砂防ソイルセメント施工便覧 H28」 p.55～58 に基づき以下のとおりである。

(1)ふるい分け試験

現地発生土砂の粒度分布を把握する。セメント使用量が同じ場合であっても、粘土・シルト（粒径 0.075mm 以下）分や細粒土砂の占める割合が多い土砂の場合には、一般的にソイルセメントの強度発現性が低下する傾向がある。また、セメント水和反応を阻害する有機不純物は細粒分に含まれることが多く、これが強度発現性を低下させる可能性がある。流動タイプを採用する場合は、φ 300mm 程度以下の現場発生土砂について試験を行う。

(2)締固め試験

転圧タイプのソイルセメントでは、土砂に水・セメントを混合した材料を現地で敷均し、転圧作業により施工する。このため、配合試験により現地で転圧した際の土砂密度をあきらかにすることが重要である。締固め試験により、配合試験時では締固め後の土砂密度を推定する参考データを得る他、土砂の最適含水比・最大乾燥密度を確認する。得られた最大乾燥密度が 2.0g/cm³ を超える場合は、礫・砂を主体とする良質土であるケースが多く、適性材料と判断される。概して、最大乾燥密度が低い土砂は強度発現性が低下する傾向にある。

(3)含水比試験

現地発生土砂の自然状態の含水比から、示方配合の目標含水比をあきらかにするために、自然状態の含水比と締固め試験によって得られる最適含水比の関係を把握し、現地発生土砂の活用の適否を判断する。自然状態の含水比が20%を超える場合は、転圧重機の走行性（施工性）に注意する必要がある。転圧タイプのソイルセメントは、地盤改良工のように現位置攪拌を行わない。その配合は、土砂量・単位セメント量・含水比（加水量）を管理するために直接自然含水比に影響を受けないものの、示方配合の含水比との乖離が大きい場合など曝気処理が必要と判断される場合は、単位セメント量の増量、改良材の混合等、示方配合の設計において勘案する必要がある。

(4)有機不純物試験

一般にはコンクリート骨材中に含まれる有機不純物を把握し、試験結果から圧縮強度の低下率を判定する必要がある。ソイルセメントにおいては、基本的に水和反応による硬化に与える影響をあきらかにすることを目的としている。土砂に含まれる有機成分によっては、セメント水和反応が阻害され、強度発現性を損なう事例も見受けられる。一方、ソイルセメントの強度発現性は、コンクリートと比較して影響を与える要因が多いため、本施工においても本試験結果と同様の相関を得られるわけではないが、試験結果を参考として有機不純物に対応した試験計画を立案するなどの対処も有効である。有機不純物が多い場合は、試験に用いる溶液が赤黄色～暗赤褐色に示される。

(5)礫・玉石の強度試験（必要に応じて実施）

大礫（礫・玉石）をソイルセメントの材料として用いる場合、これらも内包される粗骨材となることから、その圧縮強度を確認するために行う。脆弱岩の危険性があり、強度低下の可能性が考えられる場合など必要に応じて実施する。

(6)密度および吸水率試験（必要に応じて実施）

骨材の密度と吸水率の間には、極めて強い相関関係があり骨材品質判定の目安となる。一般的に吸水率が低い方が品質が高いとされている。細骨材の吸水率が高い土砂は、可塑性の土砂である可能性が高く、粗骨材の吸水率が高い土砂は泥岩などスレーキングが懸念される土砂の可能性もある。細骨材の密度および吸水率試験は、細粒分を多く含む場合、表乾状態を作ることが困難となるため必要に応じて実施する。

8.5 配合試験

砂防ソイルセメントの単位セメント量等を決定するために、配合試験を行う。

解説

転圧タイプの砂防ソイルセメント工法を砂防堰堤の内部材料として活用することを前提とした場合、要求性能として必要な強度や単位体積質量を設定する必要がある。これらの要求性能に対する目標値を得るために配合試験を実施する。配合試験の実施にあたっては、材料試験から得られた物理定数の結果を用いて配合計算を実施する必要がある。配合計算では転圧後の1.0m³あたりのソイルセメントの質量に対する土砂・セメント・水の割合を決定する。流動タイプの配合試験は、現地発生土砂に対してセメントミルクの配合を変化させて、所定の要求性能に対する最適な配合条件を得るものとする。以下に転圧タイプと流動タイプの配合試験の項目を示す。

表 1-7-9 配合試験項目 (転圧タイプ)

区分	試験方法の概要	準拠する基準等
試験練り	圧縮強度試験用供試体を作製する。	JIS A 1138 「試験室におけるコンクリートの作り方」 JIS A 1132 「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」
六価クロム溶出試験	圧縮強度試験後の供試体を粉碎し、500g程度の試料で六価クロム溶出量を計測する。 六価クロム溶出量が土壤環境基準値（検体1Lにつき0.05mg）以下であることを確認する。	セメント及びセメント系固化材を使用した改良土の六価クロム溶出試験実施要領(案)（建設省技調発第48号平成12年3月24日付） JIS K 0102 「工場排水試験方法」の65.2.1 ジフェニルカルバジド吸光光度法（環境庁告示第46号溶出試験） JIS A 1108 「コンクリートの圧縮試験方法」
圧縮強度試験	原則として材齢28日で養生した供試体について重量及び圧縮強度を測定する。	JIS A 1108 「コンクリートの圧縮試験方法」

表 1-7-10 配合試験項目 (流動タイプ)

区分	試験方法の概要	準拠する基準等
試験練り	3水準以上の単位セメント量で試験練を行い、練り混ぜ直後のスランプ試験によりワーカビリティを確認する。 圧縮強度試験用供試体を作製する。	JIS A 1138 「試験室におけるコンクリートの作り方」 JIS A 1132 「コンクリートのスランプ試験方法」 JIS A 1132 「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」
六価クロム溶出試験	材齢7日の圧縮強度試験後の供試体を粉碎し、500g程度の試料で六価クロム溶出量を計量する。 硬化したソイルセメントからの六価クロム溶出量が土壤環境基準値（検体1Lにつき0.05mg）以下であることを確認する。	セメント及びセメント系固化材を使用した改良土の六価クロム溶出試験実施要領(案)（建設省技調発第48号平成12年3月24日付） JIS K 0102 「工場排水試験方法」の65.2.1 ジフェニルカルバジド吸光光度法（環境庁告示第46号溶出試験）
圧縮強度試験	材齢7、28、(91)日まで養生した供試体について、質量及び圧縮強度を測定する。	JIS A 1108 「コンクリートの圧縮試験方法」

出典：「砂防ソイルセメント施工便覧 H28」 p76 表-3.10, p140 表-5.1