

土石流・流木対策指針 目次

第1章 目的及び定義	1
第1節 目的	1
第2節 土石流・流木の定義	2
第2章 適用及び運用	3
第1節 適用	3
第2節 運用	4
第3章 調査	5
第1節 総説	5
第2節 土石流・流木調査の概要	6
第3節 調査項目	8
第4節 地形調査の補足	9
第5節 荒廃現況調査の補足	10
第6節 荒廃危険地調査の補足	11
6-1 総則	11
6-2 土砂量等の調査	12
6-3 流木量の調査	16
第7節 社会的特性調査の補足	21
第8節 とりまとめ	22
第4章 計画	23
第1節 総説	23
第2節 治山計画の対象と優先度	24
第3節 施設配置計画	26
3-1 土石流対策を中心とする計画	26
3-2 流木対策を中心とする計画	30

第5章 溪間工の設計	36
第1節 総説	36
第2節 治山ダム設計の補足	37
2-1 治山ダムの型式及び種別の選定	37
2-2 治山ダムの位置	39
2-3 既存の治山ダムの機能強化	41
2-4 透過部の高さの決定	43
2-5 治山ダムの放水路	44
2-6 治山ダムの透過部の間隔	45
2-7 治山ダムの設計流量	46
2-8 治山ダムの袖	47
2-9 治山ダムの断面	50
2-9-1 のり勾配	50
2-9-2 天端厚	51
2-9-3 治山ダムに働く外力	52
2-9-4 土石流流体力の算定式	55
2-10 治山ダムの洗掘対策	62
第6章 山腹工及び森林整備	66
第1節 総説	66
第2節 山腹工	67
第3節 森林整備	68
3-1 山腹斜面における森林整備	68
3-2 溪流内における森林整備	70
第7章 維持管理	71
第1節 総説	71

土石流・流木対策指針

第1章 目的及び定義

第1節 目的

この指針は、山地災害危険地区等における山地災害の防止・軽減を図るため、土石流・流木対策に必要な技術に係る事項を取りまとめ、事業の円滑な実施に資することを目的とする。

[解説]

この指針は、土石流や流木による山地の荒廃を防ぐとともに、地域住民の安全・安心を確保するため、土石流・流木に係る山地災害対策に必要な技術的な諸事項を取りまとめ、事業の調査・設計時の目安として活用する目的で編集したものである。

第2節 土石流・流木の定義

土石流とは、多量の土砂と水が一体となって突発的かつ急激に溪流を流下する現象（集合運搬）である。

流木とは、土石流または洪水流に伴って流出する倒木等である。

〔解説〕

土石流には、巨石や砂礫を多く含むものから、泥流を主体とするものまで、各種の形態があり、それぞれの特徴を異にする。前者（石礫型）は一般的に先端部に巨礫や石礫が集まった段波状を呈し、その後続流として高濃度の土砂流や泥流が見られる。後者（泥流型）は、先端部には必ずしも石礫を有しないが、段波状を呈することが多い。

当指針では、衝撃力や流体力を考慮する必要がある事象（通常時の流水とは異なる）を対象としていることから、巨石や砂礫を多く含むものから土砂流、泥流までの現象を広義の意味での「土石流」とする。

第2章 適用及び運用

第1節 適用

土石流・流木対策は、土石流・流木災害の発生が危惧される箇所において、現地の状況に応じて効率的・効果的に実施するものとする。

〔解説〕

1 概要

林野庁では、山地災害が発生する可能性がある箇所を「山地災害危険地区（崩壊土砂流出危険地区）」として指定している。これらの場所等で治山事業を実施する場合には、地域の安心・安全を確保するよう、必要に応じて土石流や流木の流下に対して効率的かつ効果的に事業を実施する。

2 対象とする対策

当指針で対象とする「土石流・流木対策」とは、保全対象との位置関係や山地の荒廃状況等から、治山施設の必要性が高く、その施設の構造決定に当たって衝撃力や流体力等を考慮する必要がある対策をいう。なお、主な対策と考慮すべき流体力等は以下の通りとする。

- ・土石流対策を中心とする場合：土石流の流体力及び衝撃力、流木の衝撃力を考慮
- ・流木対策を中心とする場合：流木の衝撃力を考慮

※第5章第2節2-8「治山ダムの袖」、2-9-3「治山ダムに働く外力」参照

なお、衝撃力や流体力を考慮しない谷止工、床固工、流路工等にも溪床勾配の緩和、溪岸の保護、堆砂空間の創出等により、土石流・流木災害の防止または軽減効果がある。しかし、これらは治山技術基準にその詳細が示されていることから、これらの「調査・計画・設計」については、治山技術基準によることとする。

3 対象とする土石流及び流木

当指針は、日本の一般的な森林に覆われた溪流において発生する土石流及び流木を想定している。このため、森林が消失した火山地帯や、大規模な荒廃が進行中の流域、流域面積の広い地域等、当指針の適用が適切でないと判断される場合においては、その都度、検討を加える必要があることに留意する。

（参考）土石流・流木対策を講ずる箇所の選定

土石流・流木対策を講ずる箇所の選定にあたっては、山地災害危険地区等の森林について、以下により、荒廃状況や流木発生の危険性を確認し、選定することを基本とする。

- (1) 0次谷等の凹地形及び溪床・溪岸が荒廃している又は荒廃の兆候が見られる溪流
- (2) 荒廃又は荒廃の兆候がみられる箇所と同一の地質が溪流内に広く分布している溪流
- (3) 溪流沿いに土石流等で流木化するおそれのある立木が多数存在している溪流

第2節 運用

治山事業における土石流・流木対策を実施する場合、治山技術基準及び解説を基本とするが、必要に応じて、この指針によることができる。

〔解説〕

1 治山技術基準との関連性

「治山技術基準（総則・山地治山編等）」に定められていない事項については、治山技術基準の趣旨を十分理解した上で、当指針を活用することとする。

2 事業間の調整等

同一流域内で、他省庁所管の土石流対策等に係る事業計画が先行または並行して立案されている場合には、対象とする土砂量、流木量や施設規模等について、当該計画との整合性を考慮する。

なお、他事業との調整の際には、土石流・流木の規模の不確定要素が多いこと、また、地域の安全・安心を確保する点から、必要に応じて対象とする土砂量や流木量をより安全側に設定することが出来る。

3 実績の蓄積

土石流・流木対策に用いる構造物は、技術的な蓄積が少ないことから、「調査・計画・設計」に当たっては、PDCA サイクルに留意して、各地域に適した工種・工法の把握に努め、より効果的で効率的な事業の推進に資することが望ましい。

第3章 調査

第1節 総説

土石流・流木対策は、治山事業の目的、趣旨等を踏まえた調査に基づき実施するものとする。

〔解説〕

1 目的

治山事業の目的は、荒廃山地又は荒廃のおそれのある山地に対して溪間工、山腹工等を実施することにより、森林の整備・保全を図ることである。

したがって、治山事業における土石流・流木対策は、土石流・流木の発生や流下の抑制、抑止を図ることにより、森林の荒廃を防止し、保全対象及び地域住民の安全・安心に資する必要がある。

2 時期

土石流・流木対策の調査は、山地災害発生直後等、個別箇所に対策を講じる必要がある場合は適宜、また、広域な対策を講じる必要がある場合には、全体計画調査時や災害発生時等に行う。

(参考) 治山技術基準における扱い

治山技術基準（総則・山地治山編等）では、治山事業に必要な一般的な調査項目、調査方法について、第2編第1章～第3章、第4編第2章等で示している。

第2節 土石流・流木調査の概要

土石流・流木による流体力や衝撃力を考慮した施設を計画、設計する場合には、現地の状況及び施設の構造等に応じた調査を行い、効率的かつ効果的な事業実施に資するものとする。

〔解説〕

土石流・流木に関する調査には以下のような内容があり、現地の状況及び施設の構造等に応じた調査内容を選定し、効率的かつ効果的な事業実施に資することとする。

土石流発生の危険性・・・土石流対策の必要性及び優先度

土石流水深・・・・・・・・施設の安定計算（流体力）

石礫の大きさ・・・・・・・・スリット間隔等

想定される土砂量・・・・・・・・土石流対策の必要性及び優先度、施設の有効高の決定等
（土砂量、総量（水＋土砂）、ピーク流量）

流木発生の危険性・・・・・・・・流木対策の必要性及び優先度

流木の大きさ・・・・・・・・スリット間隔等

想定される流木量・・・・・・・・流木対策の必要性及び優先度

（参考）

調査内容の選定に当たっては、土石流・流木の性質及び構造を十分理解した上で、現地の状況を勘案し、決定する必要がある。

1 土石流・流木の性質

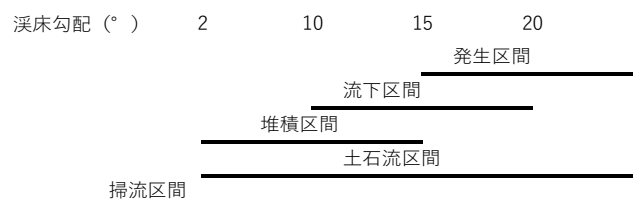
土石流や流木の発生は、特異な気象条件下での崩壊や森林の根系の及ばない深さからの崩壊等が発生源になる等、発生原因には不確定要素が多く、森林整備の実施のみで完全に防ぐことはできない点に留意する。

土石流・流木は、植生、地形・地質等の状況により、構成材料や含水率等の点で地域差があることに留意する。技術基準や文献のほか、近隣地域における過去の災害の発生状況等を勘案して、対象とする土石流・流木の全体像を把握することが重要である。

2 土石流の流下区間と堆積

土石流の発生～堆積現象は、溪床の勾配と土石や含水率等、構成材料に依存する。この中でも溪床の勾配は、土石流移動の要因となり易く、一般に溪床勾配が15度以上（礫径が大きい場合は、20度以上（治山技術基準第2編第2章9-3-2表-30）。）の区間で発生～流下を開始することが知られている。

流下区間は、土石流のエネルギーが最大となることが多いので物理的な抑止が困難であるが、溪床勾配が15度を下回る堆積区間に達すると、自然に構成材料と流水の分離が進み堆積が始まる。



図一 1 土石流の形態と溪床勾配

3 流木の流下区間と堆積

流木が移動を開始する要素は、流木の材料となる堆積物等と流向のなす角、溪床勾配、水深であり、いずれも大きくなるほど流木の移動を容易にすることに留意する。

流木は、流下時に衝突による折損を繰り返すことから、立木時点の長さから 1/3～1/2 程度に短くなることが知られている。

流木が単体で移動する場合は、掃流区間にまで流下する可能性があるが、土石流とともに発生する場合は、土石流が減勢～停止すると流木も同様の挙動を示すことがある。

4 石礫型土石流の特徴

石礫型の土石流は、巨礫や流木等が先頭に集中することが特徴的である。したがって慣性力の大きさから直進性が強く、屈曲部を直進したり保全対象を破壊することがある。また、溪床堆積物や崖錘堆積物を洗掘、侵食しながら規模を拡大して流下するため、極端なU字型の侵食痕を残す。速度は、5～10m/sec 程度。また、堆積物は明確な層状を成さないことが多い。

5 泥流型土石流の特徴

泥流型の土石流は、細粒の含有率が高く、先端部に段波（盛り上がり）をもち、10～20m/sec の速度で流下する。先端部に巨石が集中するフロント部を形成することはないが、堆積物は層状を呈する場合がある。また、泥流型土石流は、石礫型土石流と比較し緩勾配（1～2%）まで到達することがある。

6 大規模な土石流の特徴

土石流の規模が大きくなると、災害発生前の溪流の流心位置やその線形が大きく異なる場合がある。よって、大規模な土石流が想定される箇所では施設計画位置、放水路形状、施設の方向等を検討する場合には、より広範囲な地形調査等を行う必要がある。

第3節 調査項目

土石流・流木対策の調査は、治山技術基準（総則・山地治山編等）に則って、必要な各種調査を行うことを基本とする。

〔解説〕

- 1 土石流・流木対策の調査は、治山技術基準（総則・山地治山編、地すべり防止編）に準じて行うものとするが、既に、全体計画調査等を行っている流域においては、災害等で変化が生じた事項、新たに判明した事項等について調査し、既存の調査内容の修正、補足に留めることができる。
- 2 次節以降の内容は、他省庁の基準や論文等により補足しているものもあることから、現地の状況との適合に留意し、活用することとする。

（参考）治山技術基準（総則・山地治山編）の調査項目

- 1 地形調査
- 2 土質、地質調査
- 3 土壌調査
- 4 林況、植生調査
- 5 気象調査
- 6 水文調査
- 7 荒廃現況調査
- 8 荒廃危険地調査
- 9 環境調査
- 10 社会的特性調査

第4節 地形調査の補足

地形調査は、土石流の発生区間、流下区間、堆積区間及び掃流区間を明らかにするために行うものとする。

〔解説〕

1 地形調査による遷急点の設定

土石流の発生と流下は、溪床勾配に依存することから、概ね溪床勾配が15度を上回る遷急点等を明らかにして、発生区間、流下区間、堆積区間、掃流区間等の把握を行う。

なお、施工区域に溪床の勾配が15度を下回る区間があれば、堆積区間の遷急点についても設定し、流下区間と区別して、より効果的な対策を講じるよう努める。

また、施工地が、ごく小さい溪流の場合又は大転石が存在する等、溪床勾配による設定が困難な場合には、溪床勾配と堆積土砂から移動の可否を判定する式〔参考〕を参考にして、溪床の勾配20度を上限に遷急点を設定してもよい。

2 レーザプロファイリングデータの活用

レーザプロファイリングのデータは、広い面積の地形、森林の現況を的確に把握することに優れている。このことから、既存のデータは有効に活用するとともに、必要に応じて新規調査を実施することが望ましい。また、土石流災害が発生した箇所において、災害発生前のデータがある場合には、災害後のデータとの差分をとることで、土砂の侵食及び堆積量を算出することが可能となる。

データ取得には、レーザ測距機をUAV等に搭載し空中から計測する方法や地上に設置して計測する方法がある。

(参考) 土石流の可能性を判定する目安

溪床勾配と堆積土砂から移動の有無を判定する式。

$$\tan \theta \geq \frac{C_* (\sigma - \rho)}{C_* (\sigma - \rho) + \rho (1 + h_0/d)} \cdot \tan \phi$$

θ : 溪床勾配(°) C_* : 堆積層の土砂の容積濃度
 d : 代表粒径(m) σ : 砂の密度(kg/m³) ρ : 水の密度(kg/m³)
 h_0 : 表面流の水深(m) ϕ : 堆積土砂の内部摩擦角(°)

(出典) : 山地保全学 小橋澄治編 1993. 4

第5節 荒廃現況調査の補足

荒廃現況調査は、現況の土砂量及び流木量を把握するために行うものとする。

〔解説〕

- 1 調査方法は、治山技術基準に準じることとし、調査対象は、土石流及び流木災害の発生源や構成材料になり得るものとする。
- 2 溪流部の調査では、調査時に把握可能なものを対象とし、流木となり得る倒木または立木の量及び大きさ、土石流時に移動する不安定土砂量等を把握する。
- 3 山腹崩壊地が見られる場合には、崩壊地内に残存している土砂量、拡大見込み土砂量等を調査する。
- 4 崩壊土砂が、直下の溪流を埋没させ、河川を閉塞している場合には、土塊の量、上流の湛水状況、水位の増加程度等から土石流発生の危険性を判断する。

第6節 荒廃危険地調査の補足

6-1 総則

荒廃危険地調査は、土石流・流木発生の危険性の推定、並びに土砂量及び流木量を算出するために行うものとする。

〔解説〕

荒廃危険地調査では、前述の荒廃現況調査により把握した量（現地調査により把握可能な土砂量及び流木量）に経験式等から推定される量を合わせ、土石流時に流出するとみられる土砂量及び流木量を把握する。これらを基に計画（施設の必要性及び優先度等）や設計（施設の構造決定等）を行い、効果的かつ効率的な事業実施に努める。

〔参考〕 土砂量及び流木量の算定範囲

複数の支溪流を有する溪流において、土砂量及び流木量を算出する場合には、最も土砂量及び流木量の多い溪流のみを対象にする。土石流の発生は一時的なもので、複数の支溪流で発生した土石流のフロント部が合流点で合流する確率は低い。このことから、複数の支溪流がある流域で、各支溪流の土砂量及び流木量を合計した場合には、実際の自然現象より過大に算出されることが想定される。

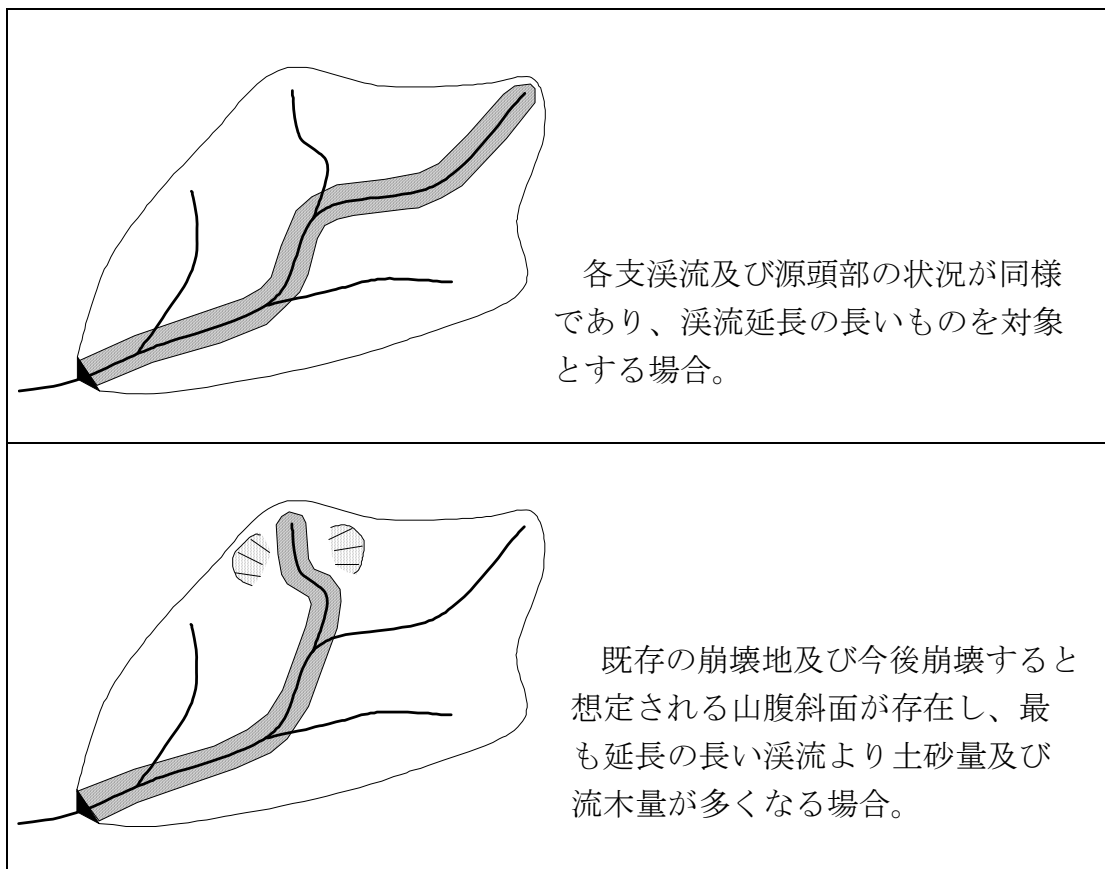


図-2 算定範囲のイメージ

6-2 土砂量等の調査

土砂量等は、荒廃現況調査により、土石流の構成材料を把握した上で算出する。

〔解説〕

1 土砂量等の算定基準点

土砂量等は、次のいずれかの場所を計算上の基準点とし、その上流域の土砂量および流木量を算出する。

- (1) 流域の最下流に位置する既存の溪間工
- (2) 今後設置するであろう基幹的な溪間工の適地

2 土石流発生時の土砂量の算出

土石流発生時の土砂量は、算定基準点から上流の面積を対象とし、次の式により算出する。なお、全体計画及び流域別調査の実施地域と重複しており、調査時点から大きな変化が生じていない場合には、当該調査の土砂量（崩壊発生予測箇所）のデータを参考とする。

$$V \text{ (土砂量)} = V 1 + V 2 + V 3$$

V 1：現状で溪床に堆積している不安定土砂量及び溪床の侵食により生じる土砂量。不安定土砂及び現溪床からの侵食深・幅は、現地調査等により溪流内の仮想断面を設定して求める。風化の少ない露岩区間、既存の治山ダムにより捕捉できる土砂量は計上しない。

$$V 1 = V11 + V12 + V13 - V14$$

V11：発生区間（溪床勾配 15～20 度以上）に堆積している不安定土砂量

V12：流下区間（発生区間の勾配以下）に堆積している不安定土砂量

V13：発生区間の侵食土砂量（V11 以外）

V14：既存の治山ダムの捕捉量

V 2：溪床に接続する既往崩壊地上の不安定残土量（残留土砂量）。

$$V 2 = V21 + V22$$

V21：発生区間の溪床に接続する既往崩壊地上の不安定土砂量

V22：流下区間の溪床に接続する既往崩壊地上の不安定土砂量

V 3：溪床に接続する斜面の新規崩壊発生見込み量に伴う土砂量。新規崩壊発生地やそこからの土砂量の推定は、治山技術基準第 2 編第 2 章 9-2-1 崩壊発生要因の調査及び第 2 章 9-2-2 山腹荒廃危険地の推定における〔解説〕を参照する。

なお、新規崩壊発生の予測は難しく、現実の事象と乖離したものとなるおそれがあることから、過去の災害の事例を踏まえた手法「(参考) 新規崩壊発生見込み量とそれに伴う土砂量 (V 3) の推定例」等による計上も可能である。

$$V 3 = V31 + V32$$

V31：発生区間の溪床に接続する斜面の新規崩壊見込み量

V32：流下区間の溪床に接続する斜面の新規崩壊見込み量

V1～V3の推定が困難な溪流においては、過去の災害の事例を踏まえた手法「(参考)新規崩壊発生見込み量とそれに伴う土砂量(V3)の推定例」等による計上も可能である。

複数の支溪流がまとまる溪流では、最も土砂量の多い支溪流のみを対象とする。

3 流木量の算出

本章第6節6-3〔解説〕2「流木量の算出」を準用して、土石流に含まれる流出流木量を推定する。

4 礫径調査

治山ダム等の設計時に土石流を考慮する場合は、治山ダムの天端厚の検討、透過型治山ダムの袖部や透過部部材に作用する礫の衝突による衝撃力の検討、治山ダムの透過部(スリット)の間隔の検討を行うため、現地調査等によって、土石流時に流出すると想定される石礫の最大径を把握するとともに、土石流速度・水深等を推定する。

土石流時に流出すると想定される石礫の最大径は、治山ダム計画地点の上流100mおよび下流100m程度の区間において、土石流によって堆積したと思われる、溪流に集まって存在する石礫の径を測定し、測定結果の上位から10番目とする。なお、石礫の調査範囲は、溪流の状況に応じて決めるものとする。石礫の最大径は、現地調査により個々の石礫について測定する機会が多いが、飛行機・UAV等を用いて、レーザプロファイラーや空中写真により測定しても良い。

(UAV等による礫径調査の留意事項)

- ・樹木や枝葉で礫が見えない場合がある。
- ・礫径は上から見た長さのため、真の礫径と異なる場合がある。
- ・石相によっては礫の判断が難しい。

参考文献：新編・鋼製砂防構造物設計便覧(令和3年版)

(参考)新規崩壊発生見込み量とそれに伴う土砂量(V3)の推定例

1 式による算出

- (1) 発生区間、流下区間の溪流に接続する斜面を対象として、所定(計画)の降雨(100年確率や既往最大の降雨)により発生が予想される崩壊面積を推定する。
- (2) 該当する山腹斜面のうち、崩壊の現況等から概略の対象範囲を決める。この際、次のような箇所は崩壊しやすいと考えられることから、留意する必要がある。
 - ①人工林で15年生以下の幼齢林の箇所
 - ②凹型地形の箇所
 - ③粘着力が低い土質の箇所、または降雨等により粘着力が低下しやすい箇所
- (3) 決定した対象範囲における現在の崩壊地面積(又は崩壊率)を基準として、次式により求める。

$$\text{新規崩壊発生面積 (率)} = \text{現在の崩壊地面積 (又は崩壊率)} \cdot \frac{\text{計画降雨量 (100年確率日雨量など)}}{\text{既往最大日雨量}}$$

(出典) : 治山流域別調査の考え方を準用

2 過去の経験による算出

(1) 次の場合には、前記の算出方法によらず、過去の調査結果から発表されている「降雨量と崩壊発生との関係」のデータから推定する。

①現在の崩壊地が非常に少ない場合、又は逆に非常に多い場合

②1の式による算出方法によることが適当でないと考えられる場合

(2) 「降雨量と崩壊発生との関係」のデータからの推定手法は、次式による。

①雨量指数 (X) の算出

$$X = P/P50$$

P : 豪雨時の日雨量 (100年確率日雨量)

P50 : 50年確率日雨量

②新生崩壊の面積率 (s/a) %

$$(s/a) = cX^m$$

c、m : 係数 (値は④に記述)

s : 崩壊面積合計

a : 流域面積

(出典) : 砂防学講座 第3巻 (社)砂防学会監修 1992.6

③雨量指数と新生崩壊の面積率の関係は、次図による。

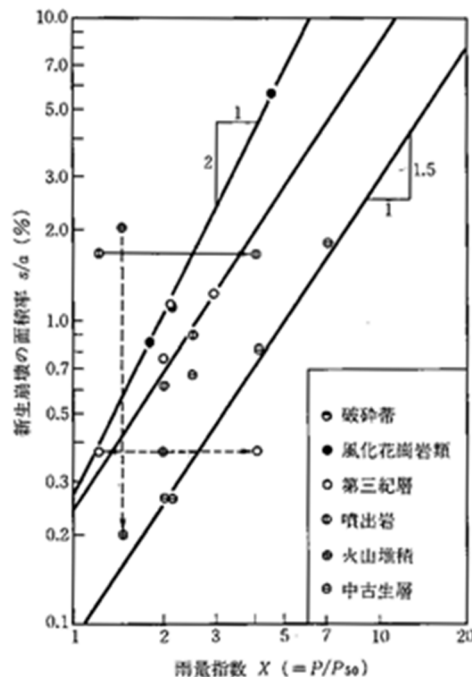


図-3 雨量指数と新生崩壊の面積率

(出典) : 砂防学講座 第3巻 (社)砂防学会監修 1992.6

④ c および m 値は、次の地質条件による。

- ・ 中古生層地帯 $c=1/11$ 、 $m=3/2$
- ・ 第三紀層地帯他 $c=1/4.2$ 、 $m=3/2$
- ・ 風化花崗岩他 $c=1/3.7$ 、 $m=2$

(3) 推定した崩壊地のうち、20～30%程度が土石流を形成して流下するものとして、崩壊深を乗じ土砂量を求める（昭和 57 年 5 月豪雨による長崎災害の調査結果では、山腹崩壊箇所のうち 78%が斜面で停止したが、22%が土石流を形成して下流へ流出したとの調査結果がある）。

（出典）：京大防災研究所年報第 26 号 A S58.4

(4) 推定崩壊地の規模や崩壊深は、現地と同様な地形条件を有する近傍の箇所において、観察できる既存の崩壊状況を勘案して決める。

6-3 流木量の調査

流木量は、荒廃現況調査により、流木となり得る倒木及び立木の構成を把握した上で算出する。

〔解説〕

1 流木量の算定基準点

流木量は、次のいずれかの場所を計算上の基準点とし、その上流域で発生する流木の流出量を算出する。

- (1) 流域の最下流に位置する既存の溪間工
- (2) 今後設置するであろう基幹的な溪間工の適地
- (3) 森林内を流下する溪流の最下流部（森林外との境界）付近

2 流木量の算出

算定基準点から上流の流域面積を対象に調査を実施し、次の式から流木量を算出する。

$$T \text{ (流木量)} = t \cdot (T1 + T2 + T3)$$

t: 流出率 (0.9 程度) ※ (参考1) 流出率の推定

- (1) T1: 対象溪流の溪畔林の立木量、または溪床および溪岸付近に堆積している倒木の量。既存もしくは計画中の治山ダムにより流下の阻止が可能な倒木や立木、支溪流の山腹斜面に存在し、流出までのタイムラグや自然復旧が見込まれる倒木については計上しない。
- (2) T2: 新規崩壊発生、土石流（洪水流）の溪岸侵食に伴い発生が予測される流木の量。新規崩壊発生に伴う流木量は、本章本節6-2〔解説〕2「土石流発生時の土砂量の算出」で求めるV3の計上に伴う量とする。本数材積等数量の算出は、森林簿又は標準地調査により求める。
- (3) T3: 既崩壊地内の倒木の量。ただし、崩壊地または直下の下流において山腹工や溪間工等を実施して、崩壊地からの土砂流出を抑止する計画がある場合には計上しない。
- (4) 荒廃が進行している特定の溪流があれば、別途、荒廃溪流が分岐する合流点から上流の面積を対象とすることができる。また、T1～T3の集計による算出が困難な溪流では、過去の災害の事例を踏まえた手法（参考1）等により計上することができる。
- (5) 複数の支溪流がまとまる溪流では、最も流木量の多い支溪流のみを対象とする。

3 流木量の現地調査

流木量の算出は、対象範囲の流木等を全て調査する全数調査法と、対象範囲の中で代表箇所をサンプル調査するサンプリング調査法が考えられるが、原則、サンプリング調査法により流木量を算定するものとする。

ただし、溪流延長が短く、流木発生の対象範囲が小さい等、サンプリング調査法による算出が困難である場合には、現地状況に応じて全数調査法や（参考3）及び（参考4）等により流木量の算出を検討するものとする。サンプリング調査範囲は、図-4を参考とし、現地状況に応じて調査範囲を決定する。

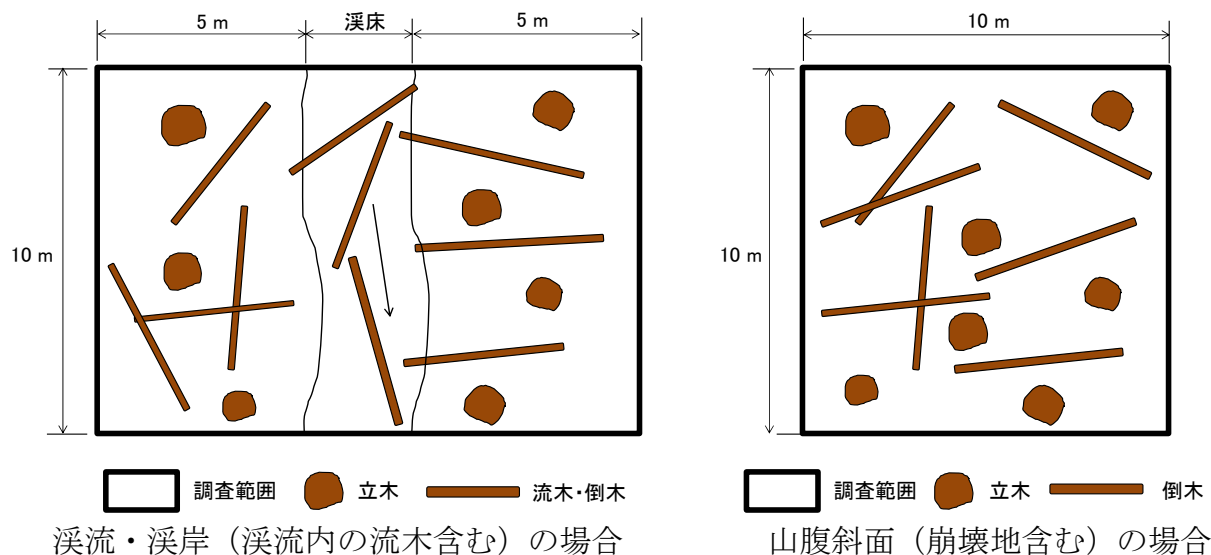


図-4 サンプルング調査範囲模式図

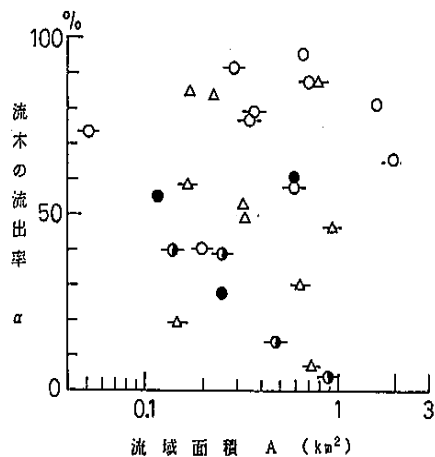
4 土石流対策の優先性

森林内で発生する土石流の多くは、流木を含み発生することから、その対策は流木対策を兼ねる場合が多い。このことから流木と土石流対策を同時に行う場合で、かつ、土石流対策に重きをおく場合には、土石流対策を通じて流木対策を講じるものとする。

(参考1) 流出率の推定

谷の出口における流木流出率については、下図に示すとおり既往の実態調査結果がある。ばらつきがみられるが、治山施設が無い場合、流出率は大きいもので 0.8～0.9 程度を示している。当指針で流木量を算出するにあたっては、治山施設が無い状態を想定するものとし、流出率は 0.9 程度が目安となる。

	施設	災害名	平均径
●	無	昭和57年 長崎災害(3渓流)	10cm以上
◐	有	昭和62年 山形災害(4渓流)	10cm以上
◑	有	昭和63年 広島災害(7渓流)	10cm以上
◒	有	同上(6渓流)	10cm未満
○	無	同上(3渓流)	10cm以上
△	無	同上(4渓流)	10cm未満



図一 5 流域面積と流木の流出率

(出典) : 砂防学会誌 Vol. 42 No. 3 1989 を一部修正

(参考2) 流木の起源

流木の新・旧の別を分析すると、総流出量のうち河道や山腹に堆積していた古い倒木、流木起源の流木が2～5割含まれていたとするデータも存在する。

現地において、河道内に堆積している倒木や流木の量を河床表面の状態から推測することは困難であり、流域面積が大きくなるほど流木の類推量と実際の流出量の差が生じる可能性があることに留意する必要がある。

(出典) : 平成15年台風10号に伴う集中豪雨による流木発生等の実態調査(北海道林業試験場)

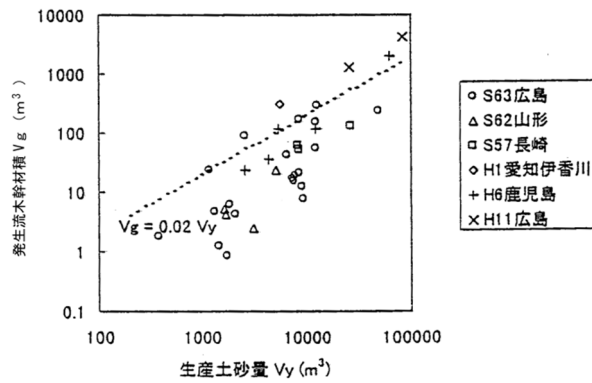
(参考3) 生産土砂量と発生流木幹材積の関係から流木量を推定する方法

生産土砂量と発生流木幹材積との間にも相関関係が認められ、発生流木量は、生産土砂量のおおよそ2%以内とされている(次図参照)。

$$V_g = 0.02 V_y$$

V_y : 土砂量 (m^3)

V_g : 流木量 (m^3)



図一 6 生産土砂量と発生流木幹材積

(出典) : 流木対策指針 (案) 計画編、設計編 建設省砂防部砂防課 (2000)

(参考 4) 流域面積から流木量を推定する手法

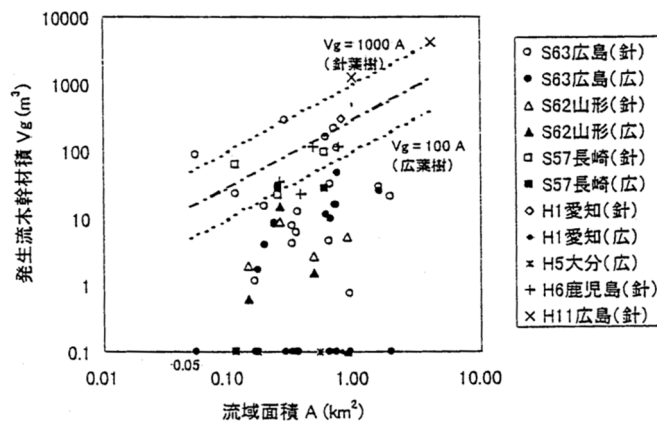
$$Vg = \alpha \cdot A$$

Vg : 流木量 (m^3)

A : 流域面積 (km^2)

α : 係数 (100~1000 程度 : 平均 500、次図参照)

なお、 α の値については、近傍に流木発生事例があり、これらの発生量に関するデータがある場合、これから単位流域面積当たりの流木発生量を求め、用いることができる。



図一 7 流域面積と発生流木幹材積

(出典) : 流木対策指針 (案) 計画編、設計編 建設省砂防部砂防課 (2000)

(参考 5) 流木に関する諸量

流木に関する諸量は、次により計算することができる。

- 1 流木の直径、長さは、現地踏査の結果や新規崩壊発生見込み地における森林調査等のデータより求める。

(1) 谷の出口に流出する流木の最大長 L_{\max} は、谷を流下すると予想される土石流の平均流下幅を W_{av} 、上流から流出が予想される立木の最大樹高を h_{\max} とすると、おおよそ次の関係が成り立つ。

$$h_{\max} \geq 1.3W_{\text{av}} \text{ のとき } L_{\max} \doteq 1.3W_{\text{av}}$$

$$h_{\max} < 1.3W_{\text{av}} \text{ のとき } L_{\max} \doteq h_{\max}$$

(2) 谷の出口に流出する流木の平均長 L_{av} は、谷を流下すると予想される土石流の最小流下幅を W_{\min} 、上流から流出が予想される立木の平均樹高を h_{av} とすると

$$h_{\text{av}} \geq W_{\min} \text{ のとき } L_{\text{av}} \doteq W_{\min}$$

$$h_{\text{av}} < W_{\min} \text{ のとき } L_{\text{av}} \doteq h_{\text{av}}$$

として求められる。

2 流木の材積は、次の式により材積を求める。

(1) 長さ 6 m 未満のもの

$$V = D^2 \times L \times (1/10,000)$$

V : 丸太材積 (m^3)

D : 末口直径 (cm)

L : 材の長さ (m)

(2) 長さ 6 m 以上のもの

$$V = \{D + (L' - 4) / 2\}^2 \times L \times (1/10,000)$$

L' : m 単位以下の端数を切り捨てた材の長さ (m)

(3) 丸棒丸太

$$V = \pi r^2 \times L$$

r : 丸太の半径 (m)

(出典) : 農林規格

(参考 6) 溪畔林の評価

溪畔林は、出水時に流木の供給源となる可能性が指摘される一方、流木を捕捉する効果を示すデータもある。

(出典) : 平成 15 年台風 10 号に伴う集中豪雨による流木発生等の実態調査 (北海道林業試験場)

(参考 7) 樹種別調査の留意点

平成 15 年に北海道日高地方で発生した山地災害では、流木の針葉樹、広葉樹別の違いに着目した場合、広葉樹の流木が多かったとするデータが存在する。

単に地域の森林の状況 (針葉樹、広葉樹、人工林、天然林の別等) のみを判断材料として流木に対する安全性を評価するのではなく、荒廃の特性や溪畔林の状況等にも留意することが必要である。

(出典) : 平成 15 年台風 10 号に伴う集中豪雨による流木発生等の実態調査 (北海道林業試験場)

第7節 社会的特性調査の補足

社会的特性調査は、山地災害発生時の被害の範囲、保全対象等を明らかにするために行うものとする。

〔解説〕

1 保全対象調査

調査対象流域内の保全対象（公共施設、集落、避難路等）を抽出し、溪流と保全対象の間の位置関係（遷急点～保全対象までの水平距離、溪床から保全対象までの高低差等）、過去の被災状況等の情報と関連づける。

なお、土地利用は、住民の転居、新興住宅地の造成等、短期間に変化しうることに留意し、机上調査による情報収集と平行して現地確認についても適切に行う。

2 既往災害及び被害範囲の推定

社会的特性調査では、保全対象の有無や位置関係に加え、既往災害の把握も行う。さらに、過去に行った山地災害危険地区調査結果等の調査事例が把握可能な場合は、現在の調査結果と比較し、危険度の経年変化等を確認する。また、流下区間等の遷急点との距離、土砂量及び流木量、溪流の高低差等から被害が生じる可能性がある範囲を特定する。

（参考）推定手法例

- 1 流木対策を重点に講じる場合には、溪床勾配が緩く（掃流区間に）なっても流木自体は下流に流れることに留意する。下流部の橋梁や暗きょ等は、人工的な狭さく部となり、流木により閉塞する可能性があることから、必要に応じて氾濫開始点として把握し、氾濫範囲を推定する。
- 2 保全対象の被害想定範囲の推定に当たっては、必要に応じてシミュレーションを実施する。
- 3 既設の治山施設のほか、保全対象に関係する他省庁所管の施設があれば、位置と規模を明らかにする。

第8節 とりまとめ

土石流・流木対策に有益な情報は、必要に応じて図面や図表等に取りまとめて整理し、事業の計画、設計及び効果の検証等に供するものとする。

〔解説〕

第3章で取りまとめたデータは、適切に取りまとめるとともに、関連する情報等は全体像が把握しやすいよう適当な縮尺の平面図及び縦断図等を作成して整理し、将来にわたり共有化できるよう配慮する。

第4章 計画

第1節 総説

土石流・流木対策の計画は、効果的かつ効率的なものとなるよう留意する。

〔解説〕

1 土石流・流木対策の計画策定

- (1) 計画の策定は、山地災害発生危険性の危険性、緊急性、保全対象の重要性等を総合的に勘案の上、効果的かつ効率的な計画となるよう留意する。
- (2) 溪流内に土石流や流木対策に資する他省庁所管の施設がある場合には、対象とする土砂量等を調整し、機能や効果の重複を避ける。

2 既存計画との整合性の確保

具体的な計画策定は、治山技術基準第2編第3章を参照して策定するが、既存の全体計画等が存在する場合は、齟齬が生じないように適宜変更、もしくは見直しを行う。

3 整備水準の考え方

整備水準は、流域内で発生が予測される土石流や流木の土砂量に占める治山ダムによる捕捉量の率とし、100%を大きく上回らない範囲とする。

整備水準を向上させることが、地形等の制約、技術的な困難さ又は極端に不経済な場合には、地域住民や自治体等と連携したソフト対策等を組み合わせ、効果的かつ効率的な治山施設の整備を検討する。

(参考) 近年の災害状況を踏まえた対策（複合防御型治山対策）

近年の災害では、①コアストーンを含む巨石や土石流対策、②脆弱な地質地帯における山腹崩壊等対策、③流木対策の対策等、複合的に対策を講ずるべき箇所が確認されている。このことから、溪流の発生区域、流下区域、堆積区域の特性や、地形や地質等の条件を整理し、有機的に組み合わせて山地災害を効果的に防御する複合的な治山対策を検討する必要がある。

参考文献：「平成30年7月豪雨を踏まえた治山対策検討チーム」中間取りまとめ
林野庁（平成30年11月）

第2節 治山計画の対象と優先度

対処すべき溪流が近接して複数ある等の場合には、あらかじめ優先順位を定めて施設の配置を計画する。

〔解説〕

近接して荒廃した複数の溪流がある場合には、優先度をつけて着手する。優先順位は、保全対象の有無やその重要性のほか災害発生危険性の程度等から総合的に判断する。

(参考) 土石流・流木対策実施箇所(溪流)の優先度の判定手法例

1 優先度の判定手法として、土砂の移動に着目した計算方法(土石流発生危険度指標)を次に示す。

(1) 土石流発生危険度指標(Y)を、次の式で求める。

$$Y = A_d / A_{dc}$$

Y : 土石流発生危険度指標

A_d : 溪床勾配 θ 地点の流域面積

A_{dc} : 土石流発生限界流域面積

さらに、 $A_{dc} = Q_{oc} / r_e$ であり、ここで、 Q_{oc} は次式で求める。

r_e : 有効降雨強度(mm)

$$Q_{oc} = \left(\frac{8 \sin \theta}{fk^3} g d^3 B^2 \right)^{\frac{1}{2}} = 14.29 B d^{1.5}$$

Q_{oc} : 土石流発生限界表面流量

θ : 溪床勾配(=15°)

g : 重力加速度(=9.8m/s²)

d : 代表粒径(m)

B : 溪流幅(m)

k : 係数(=0.7)

f : 表面流の抵抗係数(=1.12sin θ)

(出典) : 京都大学防災研究所年報第26号A S58.4

(2) 溪床の堆積土砂に表面流が発生した場合に流動化するという考え方に立ち、一般的に知られている表面流の水深と流量の関係から、溪床勾配、石礫の粒径、溪流幅から土石流発生限界の流出量を求め、その際の流域面積と対象とする実際面積との割合を発生度合いの指標とするものである。

(3) 上記出典によれば、Y(危険度指標)の値が大きいくほど、土石流の発生割合が高い傾向があると指摘されている。Y=1以上の流域では、土石流発生危険があり、さらに、Yの値が大きいくほど土石流発生危険性がより高い溪流として扱うことができる。

- (4) θ は、土石流が発生する勾配であり、一般的に 15° 以上（中硬岩から硬岩の露岩地で、礫径の大きい溪流では 20° ）とする。
- (5) d （代表粒径）、 B （溪流幅）については、既存資料等から推定するか、現地調査から求める。

2 優先度は、次に示す方法により求める。

- (1) 土石流発生危険度指標（ Y ）をX軸に取り、土砂量、流木量をY軸にとり、各流域の値をプロットし、散布図を作成する。土砂量及び流木量は、当指針で扱う値や全体計画調査の値を利用して求める。
- (2) 作成した散布図から、まず危険度指標（ Y ）を指標にして基準線を引き、さらに、土砂量の多寡による基準線、流木量の多寡による基準線を記入の上、これらの相互関係を勘案し、緊急性のある流域を選定する。
- (3) これに保全対象の重要度を加え、優先度を総合判断する。

第3節 施設配置計画

3-1 土石流対策を中心とする計画

土石流対策を中心とする計画では、山腹工とともに遮水型治山ダムによる山脚固定、溪流内に堆積する不安定土砂の固定など発生源対策を検討するとともに、流下する土石流に対しては、透過型治山ダムの設置を検討し、流下時の捕捉に努めるものとする。

〔解説〕

1 発生源対策

発生源対策は、山腹工の実施、遮水型治山ダムによる山脚の固定や溪流内の不安定土砂を固定する等、可能な範囲で行う。

2 治山ダムによる捕捉

(1) 対象とする土砂量

透過型治山ダムは、透過部（スリット）に土石流の構成材料を閉塞させることで、遮水型治山ダムは、背面の堆砂域において土石流の構成材料を堆積させることで、土石流本体の抑止や抑制を図る。

治山ダムにおける土石流の捕捉目標量（ V_x ）は、次式により求める。

$$V_x = V + T - D \quad (\text{ただし } 10 \text{ m}^3 \text{以下を切り上げて } 100 \text{ m}^3 \text{単位で扱う})$$

V = 第3章第6節6-2 「土砂量等の調査」で計上した土砂量

T = 第3章第6節6-3 「流木量の調査」で計上した流木量

D = 既存の治山ダムによる捕捉効果や治山施設の将来計画による抑制分

なお、周囲に対処すべき溪流が多数存在する場合や容量を確保するダムサイトの適地が無い等の場合は、この限りではない。

(2) 計画位置

① 治山ダムの配置

遮水型治山ダム（コンクリートや鋼製枠等）※は、山脚固定や溪流内の溪床勾配の緩和を目的に階段状に配置する。なお、透過型治山ダムを前後に挟む場合は、堆砂勾配が変化することを考慮する。この場合の溪床勾配の計画線は、透過部上端ではなく透過部下端を結ぶこととなる。

透過型治山ダムは、保全対象の直上に設置することを避け、基幹的な治山ダムの上流側に設置するよう検討する。これは透過型治山ダムが捕捉した土砂の再流出による被害を防ぐための措置であり、地形上の理由から適切な配置が困難な場合には、あらかじめ保全対象の関係者等に危険性を周知した上で計画する。

なお、透過型治山ダムは、除石・除木が前提となるため、除石・除木を可能とする構造、管理用地の確保や処分方法を検討しながら計画を立案する必要がある。

※ 第5章第2節2-1〔解説〕1「治山ダムの型式」を参照。

② 0～2次谷で構成される急峻な小規模溪流（発生源）

急峻な小規模溪流は、治山ダムの設置場所が限られることが多いため、治山ダムと山腹工を効率よく配置することにより、効果の高い計画を目指す。また、急峻な溪流部では、背面の堆砂敷が小さくなることから、透過型ダムの利点が損なわれる場合がある。

治山ダムにおける土石流の捕捉量が目標量に対して100%に満たない場合には、保全対象及び自治体関係者に溪流の状況と土砂災害に関する情報を周知し、集中豪雨時等には速やかに避難が行われるよう配慮する。

③ 1～3次谷以上で構成される中規模溪流（流下区間）

中規模溪流では、可能な限り階段状の遮水型治山ダム群と単独の透過型ダムを配置して土石流の抑制を計画する。

溪床勾配10度～15度前後の土石流のエネルギーが増加する区間が存在する場合は、流下の抑制が困難となるため、遮水型治山ダムを階段状に配置するとともに護岸工を計画することにより、土石流の規模を拡大しないよう留意する。

（参考1）溪床勾配に応じた施設の配置

流域面積が比較的大きい溪流においては、溪床勾配に応じて工種・工法および施設配置を検討することが効率的である。詳細については次表を参照する。

表－1 土石流・流木の対策工種と溪床勾配等の目安

	～土石流発生区間～	～土石流流下区間～	～土石流堆積区間～
	15°～20°以上 0次谷の小溪流・山腹	10°～20° 1次谷が集合した流域	2°～15° 広い集水面積
発生源対策	森林整備 山腹工（山腹基礎工、山腹緑化工） 遮水型治山ダム	森林整備 山腹工（山腹基礎工、山腹緑化工） 護岸工 遮水型治山ダム	
流下抑制対策	遮水型治山ダム	遮水型・透過型治山ダム	遮水型・透過型治山ダム
氾濫対策		護岸工 導流堤	護岸工 導流堤 遊砂地 溪畔林造成

(参考2) 透過型治山ダムと遮水型治山ダムの計画位置

一般的に土砂の移動が多い箇所では、遮水型治山ダムの背面は数年で満砂となる場合が多く、捕捉量が減少する。しかし、完成後速やかに満砂することが想定される場合には、堤体本体に土石流の流体力や石礫の衝撃力が生じないことから、経済的な断面とすることが可能である。

一方、透過型治山ダムは、通常の流水では背面の堆砂敷に堆砂しないことから、遮水型治山ダムと比較し長期の間、施工当初の捕捉量を維持することが可能である。また、堆積及び掃流区間に設置することにより、土石流の流体力や石礫の衝撃力が小さくなり経済断面となるほか、緩勾配であることから、より多くの捕捉量が確保できる。

以上のことから、発生源及び流下区間では、遮水型により溪床勾配の緩和や発生源対策を行い、土石流の発生量とエネルギーの軽減を図り、堆積及び掃流区間では、透過型により、土石流及び流木を捕捉し、下流への影響を防止及び軽減することが効果的な施設配置といえる。

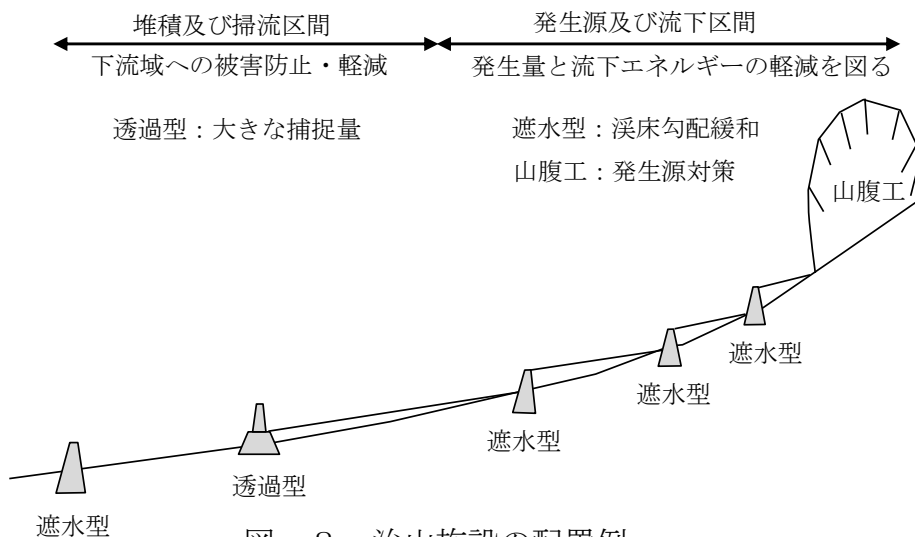


図-8 治山施設の配置例

(参考3) 透過型治山ダムの捕捉量の考え方

透過型治山ダムの捕捉量は、次図に示すように、通常の流水によって堆積する基礎部からの勾配を計画勾配とし、土石流発生時に堆積するスリット部上端からの勾配を堆砂勾配とした際の差を捕捉量とする。

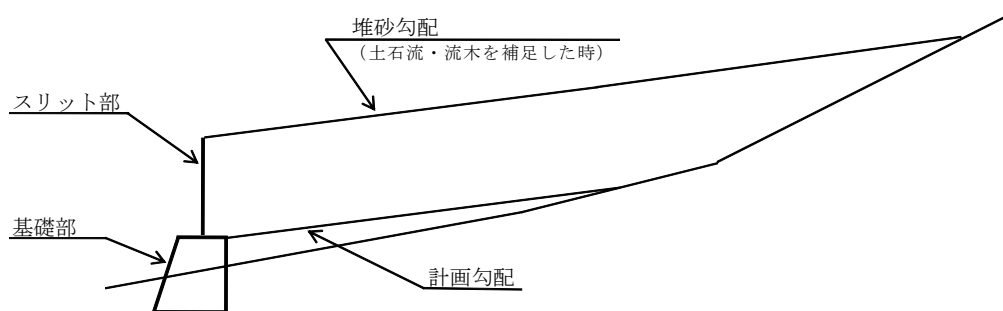


図-9 スリットダムの計画勾配と堆砂勾配

(参考4) 既存治山施設の評価

1 既存施設の評価方法

遮水型治山ダムは、治山技術基準第2編第4章3-5図-5に示す調節量を評価し、捕捉目標量から減じる。

2 流木の捕捉量のみの評価

流木の捕捉効果は、次の式を参考に算出する。

(1) 透過型治山ダムの場合

$$V_r = V_d \times \beta$$

$$V_d = h \times W \times \alpha \times 1.0 / I \times H$$

V_r : 流木実材積 (m³)

β : 流木容積率 (%)

V_d : 見かけの捕捉容量 (m³)

h : 流木止の高さ (m)

W : 流木止上流の湛水幅、あるいは堆砂地の平均幅 (m)

α : 堆砂勾配が現溪床勾配の1/2の時

$\alpha = 2$ (計画勾配が現溪床勾配の1/2)

堆砂勾配が現溪床勾配の2/3の時

$\alpha = 3$ (計画勾配が現溪床勾配の2/3)

I : 流木止上流の現溪床勾配

H : 流木止の中央部の現溪床からの高さ (m)

流木容積率 (β) の考え方については、平均的な値として $\beta = 0.2$ とする。

(出典) : 砂防学会誌 Vol. 50 No. 6 1998. 3

(2) 遮水型治山ダムの場合

遮水型治山ダムの流木容積率 (β) は、既往の捕捉事例によるほか、 $\beta = 0.01 \sim 0.02$ (土石流区間で0.02、掃流区間で0.01) とする。

(出典) : 砂防学会誌 Vol. 50 No. 6 1998. 3、鋼製砂防構造物設計便覧 (平成13年版) 砂防・地すべり技術センター (ダム名を改変)

3-2 流木対策を中心とする計画

流木対策を中心とする計画は、流木の発生源対策を進めるとともに、適宜、流木捕捉式治山ダムを設置することを検討し、出水時の捕捉に努めるものとする。

〔解説〕

1 適用範囲

流木対策を中心とする計画は、流木災害の発生が危惧される比較的緩勾配の区間を有する流域を対象として適用することを原則とする。土石流による土砂流出が想定される区間における流木対策は本節3-1「土石流対策を中心とする計画」を適用した流木対策を講じるものとする。

2 発生源対策

発生源対策は、山腹工や遮水型治山ダムによる山脚の固定、及び溪流内の不安定土砂を固定すると共に、溪流内や溪流に近接した斜面に存在する倒木となる可能性が高い立木や枯損木の伐倒及び固定、既に堆積している流木の物理的除去等、可能な範囲で計画する。

3 流木捕捉式治山ダムによる捕捉

(1) 対象とする流木の量

洪水時に流下する流木に対しては、流木捕捉式治山ダムを設置することにより物理的な流下抑制を計画する。なお、流木捕捉式治山ダムとは、流木捕捉を考慮した透過型治山ダム（土石流対策を中心とした透過型治山ダムも含む）のことをいう。

流木捕捉式治山ダムにおける流木の捕捉量は、第3章第6節6-3「流木量の調査」で推定した流木量の値から、〔解説〕1の発生源対策を講じた値を除いた数（10 m³以下の位を切り上げて100 m³単位で扱う）を目標値とする。

(2) 計画位置

① 流木捕捉式治山ダムの配置

流木捕捉式治山ダムは、1基に集約することが施工上も管理上も効率的である場合が多い。ただし、地形的な制約等から支溪流等に複数基設置した方が効果的である場合には、この限りではない。なお、ダムの設置位置は、捕捉した流木が再流出する可能性に配慮して保全対象に近い位置は避ける。

また、捕捉した流木を取り除くことができるよう、その後の管理方法（道路の有無等を含む）も検討する。

② 流下区域

溪床勾配の緩和や山脚の固定等を目的とした治山ダムの設置等を進めるとともに、発生区域等から流下してきた流木を効果的に捕捉するための流木捕捉式治山ダムの設置や既設治山ダムへの流木捕捉機能の付加等を計画する。

③ 堆積区域

溪床の安定や山脚の固定等を図るための治山ダムの設置等を進めるとともに、流木の流出拡大を防止するための流木捕捉式治山ダムの設置等を計画する。

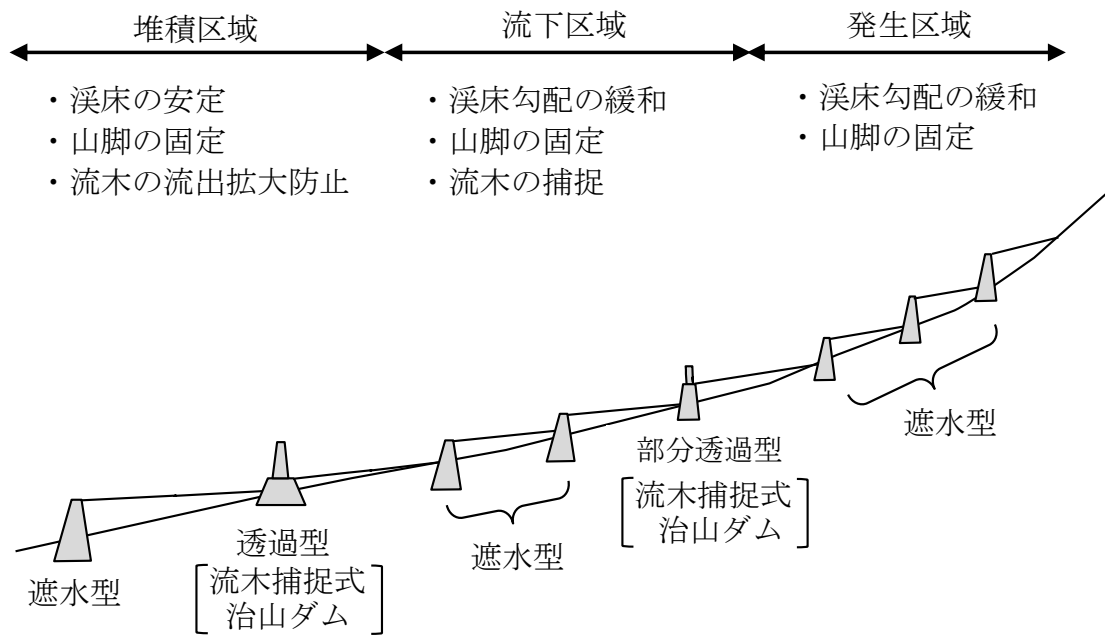
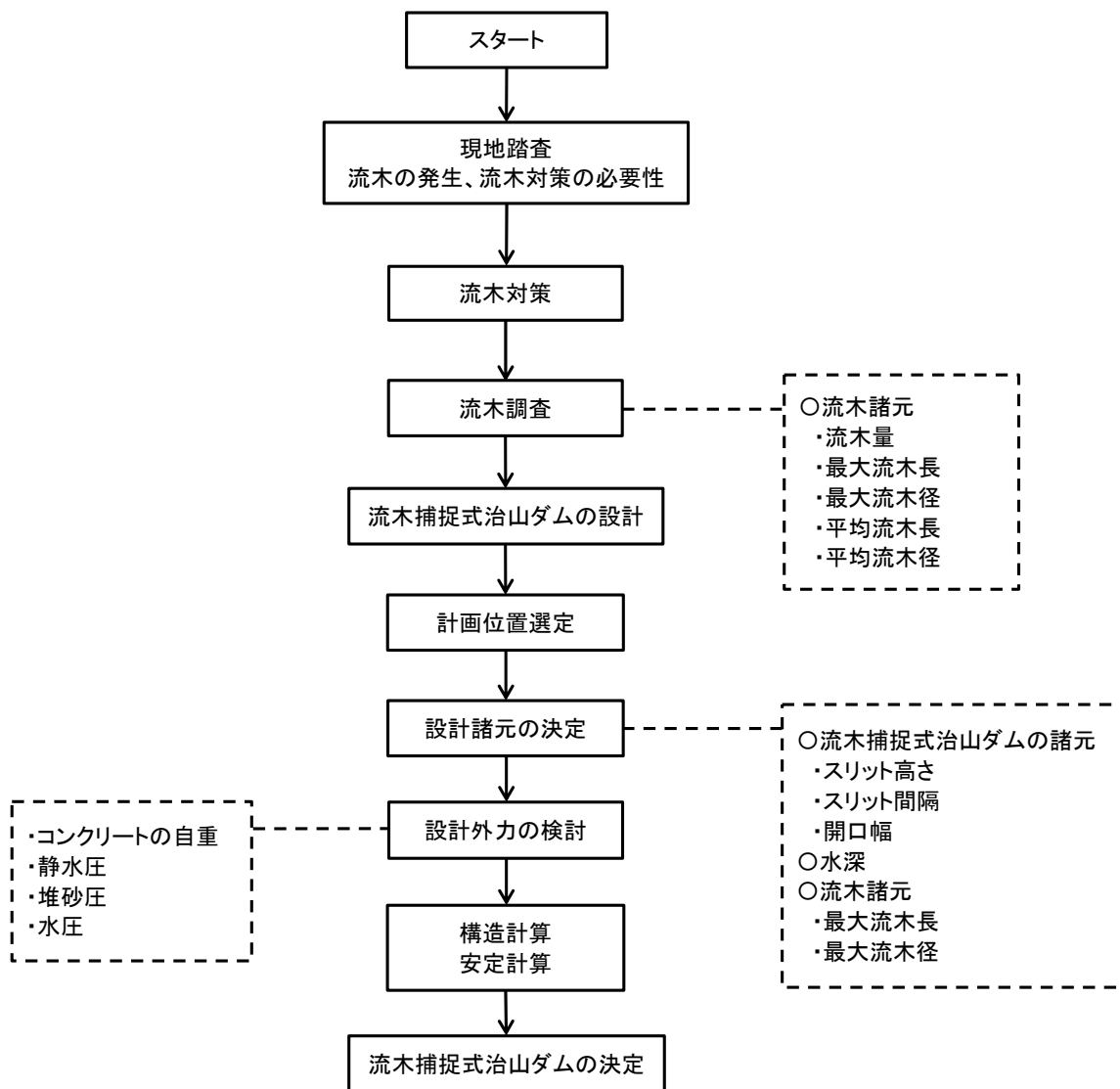


図-10 治山施設の配置例 (流木対策)



図－1 1 流木捕捉式治山ダムの設計の流れ

流木と土石流対策を同時に行う場合で、かつ、土石流対策に重きをおく場合には、土石流対策を通じて流木対策を講じるものとする。

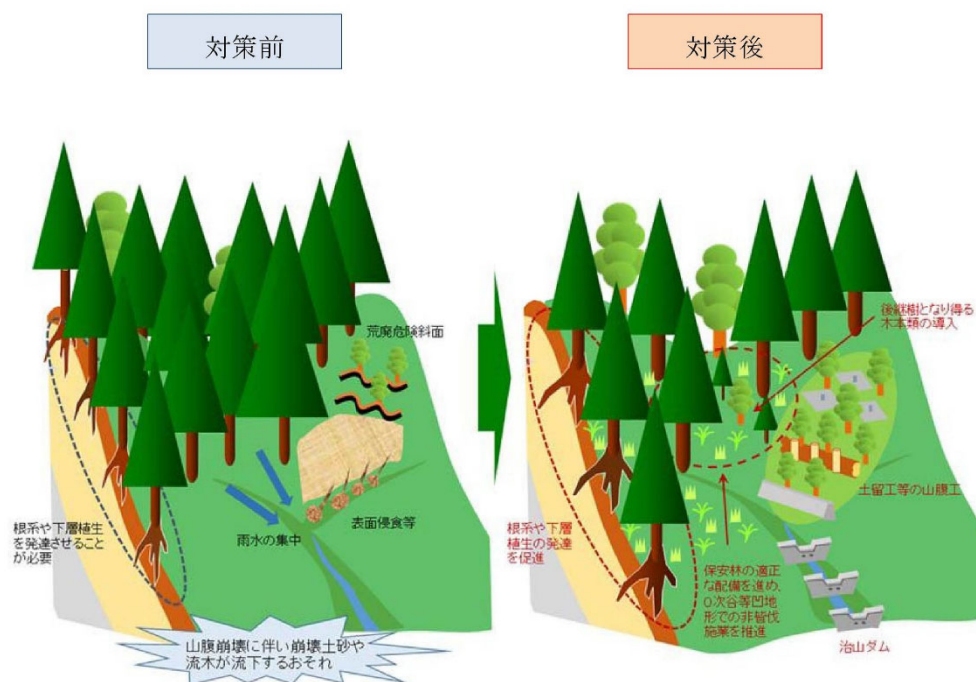
(参考1) 基本的な流木対策の考え方

流木災害の発生メカニズム等を踏まえつつ、0次谷等を「発生区域」、その下流部を「流下区域」及び「堆積区域」に区分し、崩壊土砂や流木の形態に応じた対策を実施する。

① 発生区域

比較的傾斜が急な斜面における0次谷等の凹地形に雨水が集中することによって山腹崩壊が発生し、崩壊土砂や流木が流下し下流域に被害を与えることになる。このため、このような集水地形となる0次谷等の凹地系で発生する山腹崩壊を防止することにより、崩壊土砂及び流木の発生を抑制することを基本とした対策を講ずる。

- (1) 保安林の適正な配備
- (2) 間伐等による根系等の発達促進
- (3) 土留工等による表面侵食防止等



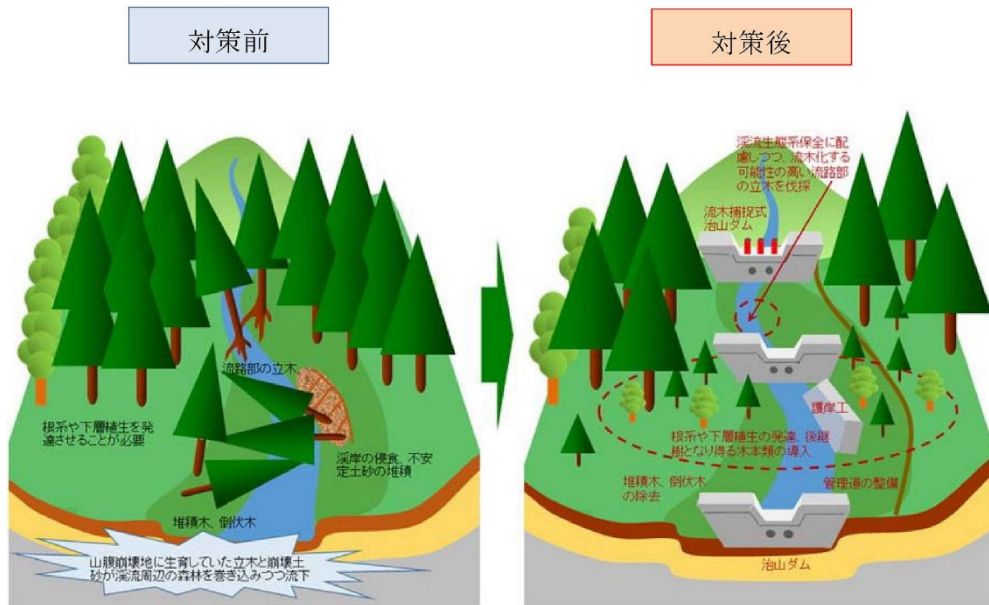
図－1 2 発生区域における対策イメージ

② 流下区域

発生区域で壮齢林等を含む森林において山腹崩壊が発生した場合、流下区域では山腹崩壊地に生育していた立木と崩壊土砂が溪流周辺の立木や土砂を巻き込みながら流下することにより、下流域の被害を拡大することとなる。

このため、流下区域では、このような事態を回避又はその程度を抑止することを基本とした対策を講ずる。

- (1) 流木化する可能性の高い立木の伐採による下流域の被害拡大の抑制
- (2) 流木捕捉式治山ダムの設置等による効果的な流木の捕捉等



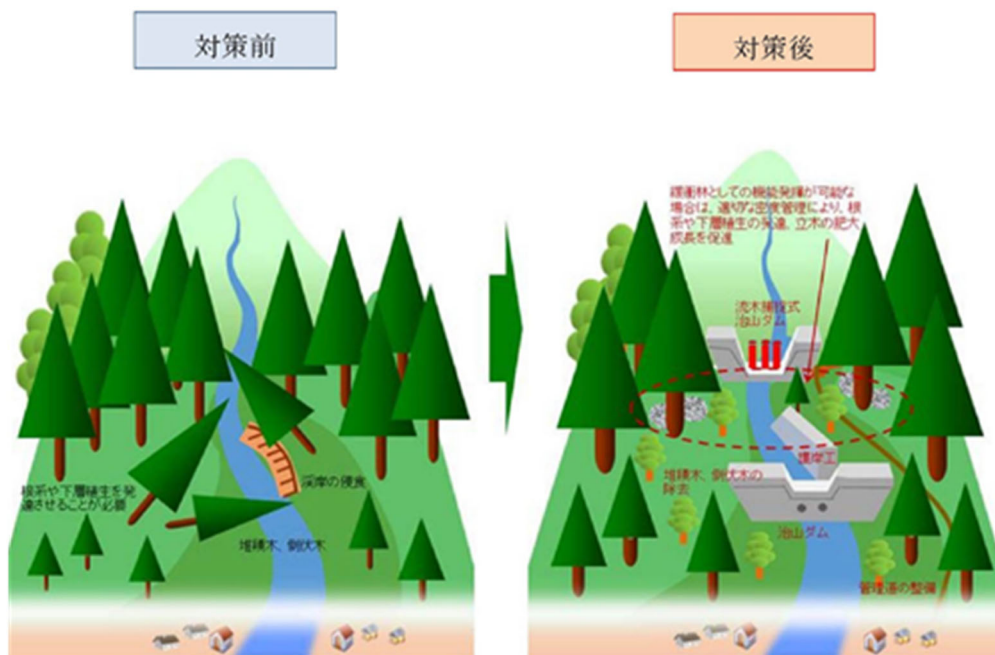
図－1 3 流下区域における対策イメージ

③ 堆積区域

溪床勾配が緩くなり土石流の流下エネルギーが減衰し、流下範囲も拡散することから、立木が堆砂を促進させるとともに、流木を捕捉する効果を発揮する緩衝林として機能することが期待できる。

このため、このようなことが期待できる箇所については、堆砂を促進させるとともに、流木を捕捉する効果を発揮させることを基本とした対策を講ずる。

- (1) 森林を緩衝林として機能させることによる堆砂の促進や流木の捕捉
- (2) 治山ダムの設置等による溪床の安定や流木の流出拡大防止等



図－1 4 堆積区域における対策イメージ

(参考2) 掃流区間の捕捉量の考え方

流木の堆積状況は多様であるため、掃流区間に設置した施設により捕捉される流木の量は、便宜上、流木が一層で堆砂地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}) の合計により算出する。

これらより、捕捉量を捕捉する治山ダム工の堆砂地または湛水面積 (A_w) は、次式により推定する。

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

このとき、堆砂地または湛水部に堆積する流木実体積 (V_{wc}) は次式である。ただし、 V_{wc} は流木実体積のことで、「実体積」とは空隙を含まない流木のみの体積を意味する。

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

なお、掃流区域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、遮水型治山ダム工の流木捕捉効果は少ないことに留意する必要がある。

第5章 溪間工の設計

第1節 総説

土石流・流木対策の中心となる溪間工の設計は、設置目的を明確にし、効果的かつ効率的なものとなるよう努めるものとする。

〔解説〕

溪間工は、森林の公益的機能の発揮や保全対象の安全性を確保しつつ、設置目的（要求性能）を明確にし、複数の工種や代替手法も検討しながら効果的かつ効率的な施設の設計に努める。

第2節 治山ダム設計の補足

2-1 治山ダムの型式及び種別の選定

治山ダムは、土石流及び流木の抑制、抑止のために必要な工種・工法、型式及び種別を選定する。

〔解説〕

1 治山ダムの型式

治山ダムの型式は、治山技術基準第2編第4章3-2によると、遮水型治山ダム、透水型治山ダム、透過型治山ダムに区分されている。しかし、土石流及び流木等の突発的な事象を対象としてその機能を区分した場合、透水型治山ダムと遮水型治山ダムでは同様の機能をもつことから、透過型治山ダムとその他の形式で区分することができる。当指針では便宜上、透水型治山ダムを遮水型治山ダムとして取り扱うこととする。

2 透過型治山ダム

透過型治山ダムは、土石や流木の捕捉を目的とした透過部を有することから、スリットダムとも呼ばれる。コンクリートの堤体を櫛状に切り下げるものと鋼管によるもの（以下、鋼材によるものも含む）に大別されるが、両者の使い分けは溪流の規模等から総合的に判断される。

また、透過部を有する治山ダムには、平常時に堆砂敷に土砂が堆積せず溪流の連続性を保つ透過型治山ダム、遮水型治山ダムの一部に透過部を有する部分透過型治山ダムがある。

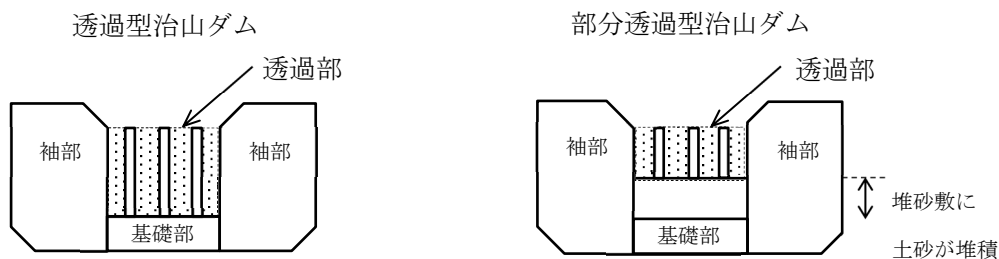


図-15 透過型治山ダムと部分透過型治山ダム

(参考) 透過型治山ダムの種別と特徴

透過型治山ダムは、透過部がコンクリートによるもの、鋼管によるものに大別でき、それぞれの特徴は以下のとおり。

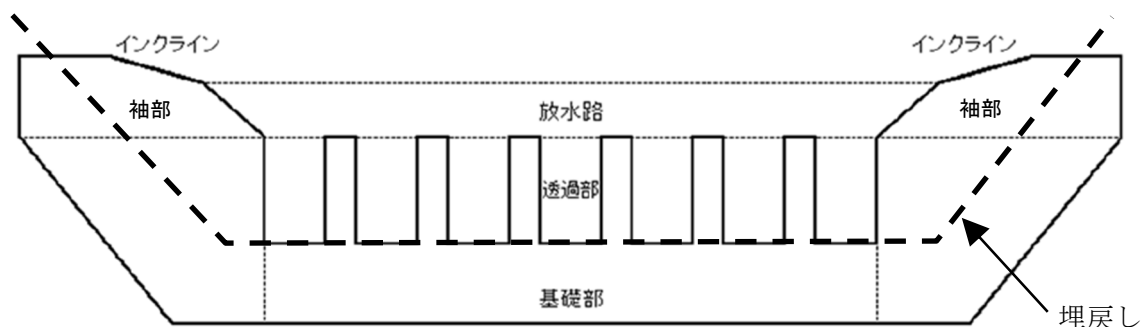
1 透過部がコンクリート

- ・小溪流でも対応できる。
- ・一般的なコンクリートダムと同様の工事方法で施工が可能である。
- ・既存コンクリートダムを改造することも可能である。
- ・土石流のせき上げ効果が高いため、ダム堤体に達する前で停止した後、二次的に移動し、再度、流出する可能性がある。

- ・川幅が広く流量が多い場合、複数の透過部を設ける必要が生じるが、袖と一体となっていない透過部では、現地の状況や透過部の形状によっては鉄筋等の補強が必要となることがある。

2 透過部が鋼管

- ・溪流幅が広い場所で有効。
- ・複数の透過部により、効率的な土石流・流木の捕捉が可能。
- ・工場生産のため、工期に制約が生じることがある。
- ・資材搬入路、鋼材の仮置き場、作業スペース等を確保する必要がある。



図－16 各部の名称

3 遮水型治山ダム

通常の治山ダムでは、コンクリートの重力式治山ダムが多く施工されている。遮水型治山ダムの流木や土石の捕捉量は、堆砂敷の勾配、広さにより決定されるため、素材や構造の違いによる差は生じがたい。

2-2 治山ダムの位置

治山ダムの設置位置は、山脚の固定、土石流・流木の流下抑制・軽減等の機能を考慮して、適切な場所を選定する。

〔解説〕

治山ダムの設置位置は、第4章第3節「施設配置計画」に基づき選定した箇所を基に、兩岸の状況や微地形等を考慮し、より効果的な地点を選定する。

1 遮水型治山ダム

遮水型治山ダムの配置は、既存の治山ダムを含めて階段状とし、各治山ダムが連携して土石流・流木の流下能力を減衰し、規模の拡大を抑制する効果が発揮できるよう留意する。

2 透過型治山ダム

透過型治山ダムの位置は、遮水型治山ダムに準じるが、捕捉した流木や土石の再移動による影響や除石等の維持管理を総合的に勘案して設計する。

また、土石流の捕捉を図る場合、治山ダム背面の捕捉量が多いほど効果的である。このことから、溪床勾配や治山ダム背面の溪岸の状況等を勘案して、計画位置を決定する必要がある。一方、流木の捕捉を図る場合には、流木等のエネルギーが小さいうちに捕捉することが効果的であることから、維持管理（道路からのアクセスや管理道路を整備する場合も含む）を考慮しつつ、流下区域等で可能な限り発生源に近い箇所に計画することや、保全対象との関係から捕捉容積の確保が必要な場合には、流下区域等に加え堆積区域における治山ダムの上流側の箇所に計画することを基本とする。

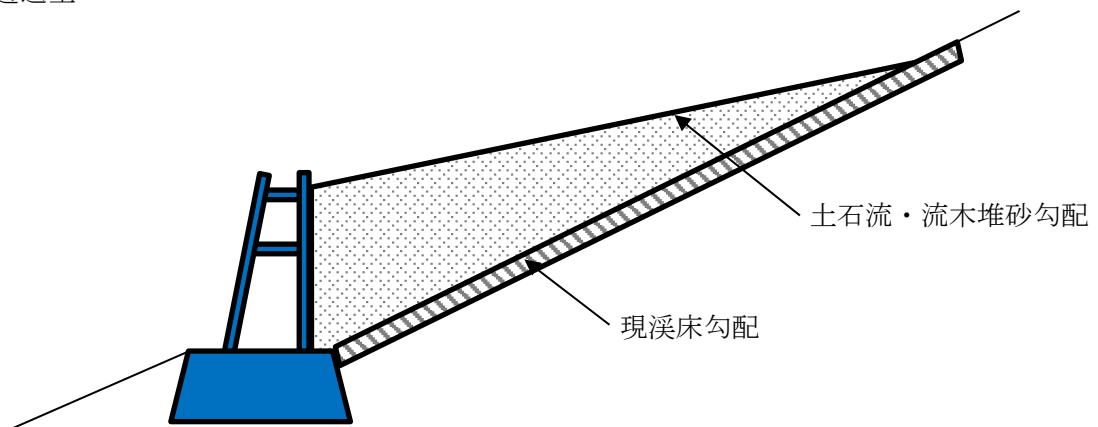
（参考）透過型・部分透過型治山ダムの設計及び配置上の留意事項

- 1 「計画規模の土石流」及び土砂とともに流出する流木によって透過部断面が確実に閉塞して土砂・流木と水が分離するとともに、その構造が土石流の流下中に破壊されないこと。
- 2 中小規模の降雨時の流量により運搬される掃流砂により透過部分が閉塞しないこと。
- 3 部分透過型は、山脚固定や土石流・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に採用する。

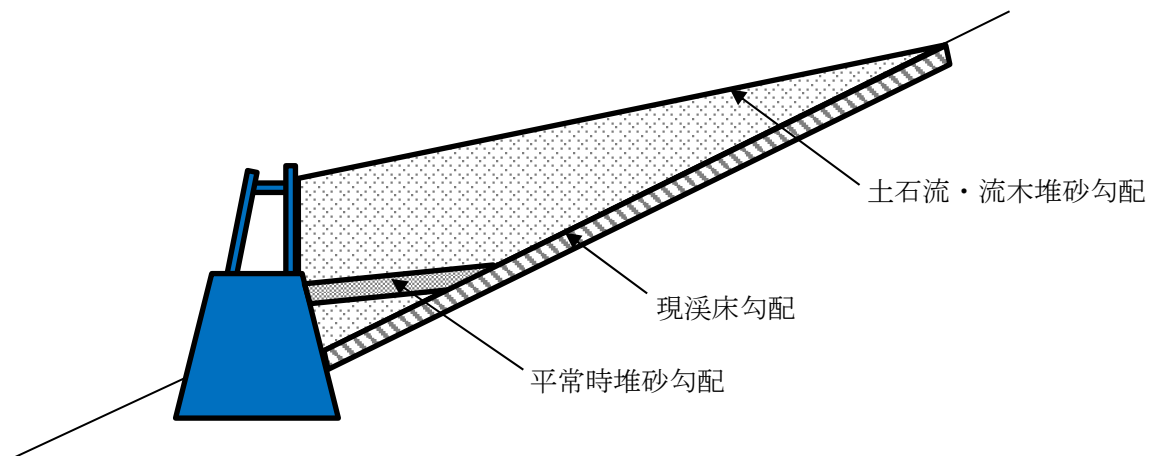
また、出水時（土石流以外の出水）の泥水等を下流の流路に導きたいときにも部分透過型を検討する。

(参考) 透過型、部分透過型の堆砂

○透過型



○部分透過型



2-3 既存の治山ダムの機能強化

現地の状況に応じて、既存の重力式コンクリートダムを改造し、スリットを設けることで機能を強化させ、効率的に土石流・流木災害の防止及び軽減に努めるものとする。

〔解説〕

新たな適地が無い溪流で、透過型治山ダムの設置を検討する場合には、既存の遮水型治山ダムを改造することも検討する。この場合、堆砂地の除石、透過部の作設、土石流対応のための増厚、流木捕捉機能の付加、放水路の拡幅等が必要となる。

(参考) 遮水型治山ダムから土石流及び流木に対する防災効果を強化した透過型治山ダムへ改造する際の留意点

1 考え方

適地に既存の遮水型の重力式コンクリート治山ダムが存在する場合には、透過型治山ダムへの改造を視野に入れ、新設する場合と比較検討を行う。

2 既存の施設の機能代替の検討

透過型治山ダムへ改造する場合は既存の遮水型治山ダム工の施工目的及びその機能を損なうことのないよう留意して実行することとする。

- ・切り下げを行う場合：堆砂敷の除石を行った場合には、上流部の溪床が下降する。これによりダム上流域の山脚固定効果が失われ、溪岸崩壊の危険性がある場合は、その機能を代替する護岸工や流路工の施工の必要性について十分検討する。また、溪床勾配が急峻になったことで、流速が増し縦侵食が危惧される場合には、流路工、帯工や床固工等の設置を検討する。
- ・流木捕捉機能を付加する場合：流木を捕捉するための流木止めを付加する場合には、堤体の増厚や嵩上げが必要となる事から、別途安定計算により断面を検討する。

3 堆砂敷の除石

透過部の作設に支障になるダム背面の堆積土砂を撤去し、安全に集積又は転用する場所及び処分方法を検討する。

溪流外へ土砂や流木を持ち出す場合には、産業廃棄物扱いとなることに注意する。また、現場内で治山運搬路の盛土等に有効活用することが望ましい。

なお、堆積土砂の掘削を行うことで、流水の泥水化、堆積土砂中の有機物の腐敗、鉄分の酸化が急激に進行する可能性があることから、直下に上水道の取水口等が存在する場合は、工事の規模や手法を慎重に検討する必要がある。

4 透過部の作設

重力式コンクリートダムを楕状ダムに切り下げて透過部とする場合は、堤体のコンクリート強度が維持されていることが前提となる。

楕形の透過部を作設するにあたり、一般に大型の堤体についてはワイヤーカッター等、小型の堤体についてはブレーカー等で堤体を掘削するが、コンクリートが老

朽化やアルカリ骨材反応等により堤体のコンクリートが劣化していないか確認する。

堤体の強度は、目視や打撃音等で判断するが、堤高の高いものについては、必要に応じて堤体上部からボーリング調査を行い、コアの目視、簡易な漏水試験等を行うことにより健全性を判断することもできる。なお、透過部を切り下げる下限高については、堤体や基礎部にかけた亀裂の発生を防ぐため堤体の水抜き、水平打ち継ぎ目の位置等、弱点となる要素についても考慮して決定する。

5 増厚

既存の治山ダムの多くは、堤体の天端厚が 1.5m 以下であり、土石流の直撃に耐え得ることが難しい。このため必要に応じて、堤体の下流側にコンクリートを腹付し、増厚を行う必要がある。

コンクリートの増厚幅は、耐久性等を踏まえた上で、所要の厚さを確保する。

2-4 透過部の高さの決定

透過型治山ダムの透過部の高さは、土石流及び流木災害を防止もしくは軽減し、現地の状況に適したものとする。

〔解説〕

透過部の高さについては、土石流や流木の総量や計算によって求められる土石流深等によって、土石流及び流木被害を防止もしくは軽減できる効率的な高さを決定することとする。

なお、現地踏査の結果、既往の土石流痕等が判明した場合には、それを基に透過部の高さを決定することもできる。

(参考1)

透過型治山ダムの透過部の高さの決定根拠の例として、調査で把握した想定される土砂・流木量と捕捉する量を基に決定する方法や、堆砂時にどこまで影響が及ぶか（堆砂勾配がどこまで届くか）を検討する方法等がある。前者は下流への影響を考慮し、後者は上流部の溪岸崩壊や堆積土砂の再移動防止を考慮したものである。

なお、透過型治山ダムの捕捉量については第4章第3節3-1（参考3）「透過型治山ダムの捕捉量の考え方」による。

(参考2) 掃流区間における流木対策

掃流区間において、透過部の高さは、堰上げ高さを考慮した水位に、流木捕捉に必要な高さ Δh を加えた値以上とする。 Δh は、最大流木径の2倍を確保する。

$$h_r = \beta \sin \theta \cdot \left[\frac{t}{d} \right]^{4/3} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

h_r : 堰上げ高さ (m)

β : 断面形状による抵抗係数 ○型=2.0、□型=2.5、H型=3.0

θ : 下流溪床面とスクリーンの角度 (°)

t : スクリーン厚さ (m)

d : スクリーンの純間隔 (m)

V : 上流側の流速 (m/s)

g : 重力加速度 (m/s²)

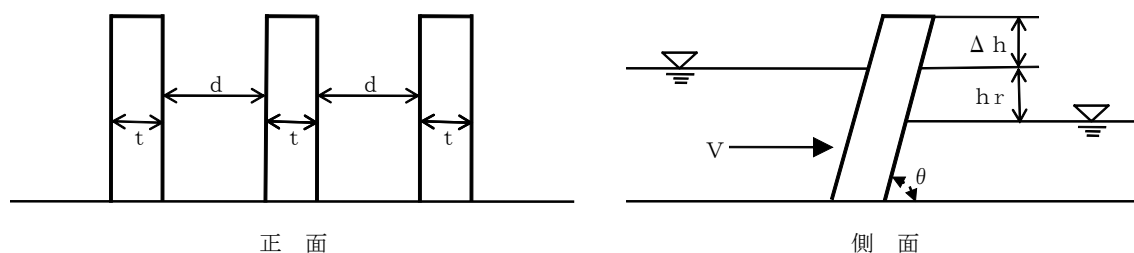


図-17 透過部の高さ

2-5 治山ダムの放水路

治山ダムの放水路は、土石流・流木の流下抑制、抑止方法等に応じて決定する。

〔解説〕

1 透過型治山ダムの放水路の形状

(1) 透過型治山ダムの放水路

流木や土石が閉塞した場合でも所要の流下能力が確保できるよう、治山技術基準のほか後述する遮水型治山ダムと同様の考え方で設計を行う。

(2) 透過型治山ダムの計画勾配

透過型治山ダム背面の計画勾配（土石流を捕捉していない状態の堆砂勾配）の起点は、透過部底部上流側とする（本章本節2-4「透過部の高さの決定」を参照）。

2 遮水型治山ダムの放水路の形状

(1) 放水路の形状設定

一般に溪流幅が狭く溪床勾配が急な溪流では、せき上げ効果による土石流の捕捉を期待して放水路幅を狭くするが、溪流幅が広く溪床勾配が緩やかな溪流では、拡散効果による土石流の捕捉を期待して放水路幅を広く採る。

放水路を広く設定する場合、濘筋が拡散して水深及び流量が減少し、水生生物の生息に影響が生じないように、必要に応じて通常時の流況を想定した複断面を設定する。

(2) 放水路の側のり

放水路の側のり勾配は、1割又は5分を目安とする。

(3) 放水路の下長

放水路の幅を狭める場合は、最大礫径の2倍以上の長さを確保する。

2-6 治山ダムの透過部の間隔

透過型治山ダムの透過部（スリット）の間隔は、土石流・流木の流下抑制、抑止方法等に応じて決定する。

〔解説〕

スリット間隔の考え方は、土石流対策と流木対策で異なるが、両対策を兼ねる場合には、スリット間隔が狭くなる方の値を用いる。

1 土石流対策を中心とした治山ダムのスリット間隔

土石流対策に必要なスリット間隔は、流下が予想される最大礫径の1.5倍で、捕捉する確実性は高くなるものと考えられている。このことから透過部の幅は、一般的な溪流で最大礫径（第3章第6節6-2〔解説〕4「礫径調査」参照）の1.5倍以下、保全対象に近接し、確実に土石流を捕捉する必要がある場合には1.0倍以下の長さが目安となる。

2 流木対策を中心とした治山ダムのスリット間隔

流木対策に必要なスリット間隔は、流下が予想される最大流木長の $1/2 \sim 1/3$ 以下で、捕捉する確実性は高くなると考えられている。このことから透過部の幅は、一般的な溪流で最大流木長の $1/2$ 以下、保全対象に近接し、確実に流木を捕捉する必要がある場合は、最大流木長の $1/3$ 以下が目安となる。

なお、透過部と袖部の隙間（ d_d ）は、流木捕捉機能が不明確であるため、流木が確実に捕捉できるように、スリット間隔（ d ）より狭くするものとする。

流木は掃流区間へも到達する可能性があることから、必要に応じて下流のボックスカルバート等の幅を参考にしても良い。

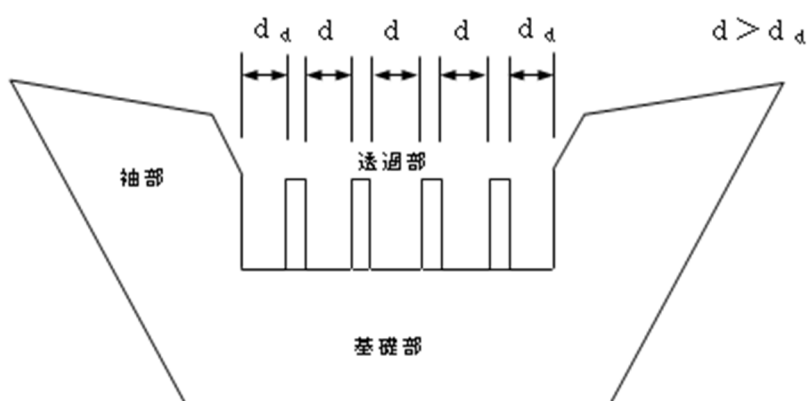


図-18 透過部と袖部の隙間

2-7 治山ダムの設計流量

設計流量は、土石流ピーク流量もしくは計画高水流量とする。

〔解説〕

1 設計流量

設計流量は、治山技術基準第2編第2章7-6に示す土石流流量又は同第4章3-7-4で求める計画高水流量のうち、いずれか高い水位を適用する。

2 放水路の断面が確保できない場合

設計流量に対応する放水路断面が、地形等の理由より確保できないときは、側方侵食が生じないように考慮した上で袖を設けない、もしくは放水路の側のを溪床勾配と同等程度に設定する等により対処する。

(参考) 土石流ピーク流量に対応した水深

- 土石流ピーク流量から算出される土石流水深の例は、次のとおりである。なお、付近に治山技術基準第2編第4章3-7-4治山ダム設置位置の計画高水流量に基づき設計した溪間工があり、当該溪間工の計画高水流量を土石流ピーク流量が下回る場合には、溪間工の計画高水流量を代入する。

土石流水深 h_d は、

$$h_d = \frac{Q_d}{Bda \cdot U} = \left\{ \frac{n \cdot Q_d}{Bda \cdot (\sin \theta)^{1/2}} \right\}^{3/5}$$

Q_d : 土石流のピーク流量 (m^3/sec)

U : 土石流の平均流速 (m/sec)

Bda : ダム上流部の流れの幅 (m)

土石流の流速は、次のマンニングの式により求める。

$$U = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot (\sin \theta)^{1/2}$$

n : 粗度係数 (=0.10)

θ : 溪床勾配または計画堆砂勾配 ($^\circ$)

R : 径深

・ 堰の公式の利用

計画高水流量に土砂含有率を考慮した流量から算出される水深（堰の公式を用いる）。

・ 流下痕跡のデータ化

既存の流下痕跡等から把握した過去に発生した土石流（洪水流）のピーク流量から求める水深。

2-8 治山ダムの袖

治山ダムの袖は、放水路の形状に応じたものとともに、土石流・流木の流下に対して安全が保たれる構造とする。

〔解説〕

1 治山ダムの袖

遮水型治山ダムの袖は、土石流の直撃や側方からの落石により破壊されないよう、必要な厚さや構造を有するようにする。

透過型治山ダムの袖は、スリットの閉塞時に遮水型治山ダムと同等の機能を有するよう、遮水型治山ダムに準じて設定する。

2 袖部の補強等

袖部は、保全対象の重要性や距離、近隣の治山ダム等の被災履歴等、必要に応じて破壊に対する安全性の検討を行い、鉄筋を追加して補強することができる。

3 袖部の保護

既存の施設を活用する場合などは、必ずしも流体力もしくは衝撃力に対応したものとなっていないことが想定される。こういった場合には、以下に示す対応策を現地に応じて講じ、袖部の保護に努めることが望ましい。

また、新設の構造物であっても、以下の対応策を講じることで、損傷しやすい袖部の保護を図ることが可能である。

- ・ 想定される外力に応じた増厚を行う。
- ・ 袖部背面に緩衝材を配置する。
- ・ 袖部背面に盛土を行い、土石流及び石礫の直撃を防止する。

(参考1) 袖部にかかる外力

袖部に土石流が衝突するケースは、放水路天端にまで堆砂が進行した場合に土石流流体力と礫ないし流木の衝撃力を想定する。

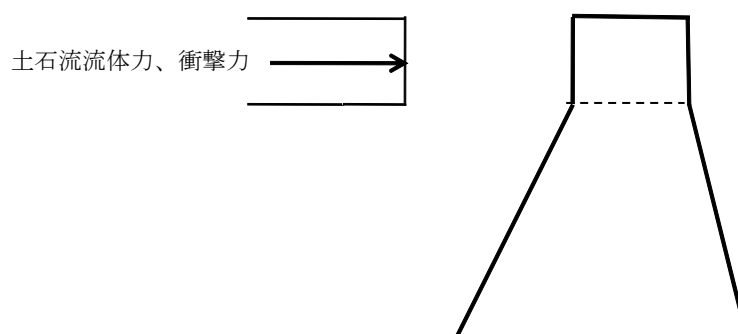


図-19 袖部にかかる外力の図

(参考2) 礫の衝突により受ける衝撃力

礫の衝突により受ける衝撃力 (P) は、堤体材料の種類とその特性によって変化する。マスコンクリートでは、次式で力 (P) が推定できる。

$$P = \beta \cdot n \alpha^{3/2} \quad , \quad n = \sqrt{\frac{16R}{9\pi^2 (K_1 + K_2)^2}}$$

$$K_1 = \frac{1 - \nu_1^2}{\pi E_1} \quad , \quad K_2 = \frac{1 - \nu_2^2}{\pi E_2}$$

$$\alpha = \left(\frac{5V^2}{4n_1 n} \right)^{2/5} \quad , \quad n_1 = \frac{1}{m_2}$$

$$\beta = (E + 1)^{-0.8} \quad , \quad E = \frac{m_2}{m_1} V^2$$

E_1 : コンクリートの弾性係数 (N/m²)

E_2 : 礫の弾性係数 (N/m²)

ν_1 : コンクリートのポアソン比

ν_2 : 礫のポアソン比

m_1 : 袖部ブロックの質量 (kg)

m_2 : 礫の質量 (kg)

R : 礫の半径 (m)

π : 円周率 (=3.14)

V : 礫の速度 (m/s)

α : へこみ量 (m)

K_1 : 定数

K_2 : 定数

β : 実験定数

(出典) : 土石流・流木対策設計技術指針解説 国土交通省 H28.4

(参考3) コンクリート及び礫の物理定数の例

礫の弾性係数 $E_2 = 5.0 \times 10^9 \times 9.8 \text{N/m}^2$ 、ポアソン比 $\nu_2 = 0.23$

コンクリートの終局強度割線弾性係数 $E_1 = 0.1 \times 2.6 \times 10^9 \times 9.8 \text{N/m}^2$

コンクリートのポアソン比 $\nu_1 = 0.194$

礫の衝突によりコンクリート表面にへこみが発生するので、コンクリートは破壊に至る平均的な変形係数(終局強度変形係数)を用いる。この係数値はコンクリート弾性係数の約 1/10 である。

(出典) : 土石流・流木対策設計技術指針解説 国土交通省 H28.4

(参考4) 流木の衝突により受ける衝撃力

流木の衝撃力の算出に当たっては、礫の衝突による衝撃力の算定式を準用するものとし、以下の係数等を用いて算出する。なお、流木として流下してくる場合には水分が多い状態であり、表中の乾燥状態の比重と異なるため、衝撃力の検討に当たっては留意する必要がある。なお、スギ、ヒノキの生木の比重は0.7~0.8 (700~800kg/m³) 程度であることが知られている。

表-2 主要樹種の弾性係数等

樹種	密度 (kg/m ³)	弾性係 (10 ⁹ N/m ²) EL	ポアソン比 VLR
スギ	330	7.35	0.40
エゾマツ	390	10.79	0.40
アカマツ	510	11.77	0.40
ブナ	620	12.26	0.40
キリ	290	7.88	0.40
ミズナラ	700	11.28	0.40
ケヤキ	700	10.3	0.40
イチイガシ	830	16.18	0.40
ニセアカシア	750	12.75	0.50

(出典) : 木材工業ハンドブック (改訂4版) 森林総合研究所監修 2004 P.135

2-9 治山ダムの断面

2-9-1 のり勾配

治山ダムの下流のり勾配は、土石流・流木の流下に対して安全なものとする。

[解説]

1 下流のりの決定

土石流対策を中心とする治山ダムの下流のり勾配は、土石の流下に伴い損壊や摩耗を受けないよう配慮する。

また、透過型治山ダムのうち透過部が鋼管で構成され、コンクリート部の摩耗を考慮しなくてもよい構造のダムについては、下流のりを経済的観点から設定することができる。

2-9-2 天端厚

治山ダムの天端厚は、土石流・流木の衝撃によって破壊されないよう考慮して決定するものとする。

〔解説〕

天端厚は、土石流対策に必要な幅を確保する。(2.0~4.0m：治山技術基準第2編第4章3-9-1-2)

(参考) 土石流対策のために設置する治山ダムの天端厚の設定

最大礫径が2mを下回る際には2mとし、上回る場合には、緩衝材を併用する等により4mを限度として最大礫径の大きさを0.5m単位で切り上げた厚さとする。

2-9-3 治山ダムに働く外力

土石流・流木対策のための治山ダムの断面決定に用いる荷重は、土石流流体力等を考慮する。

〔解説〕

1 遮水型治山ダムに働く外力

(1) 外力の区分

治山ダムに働く外力は、土石流対策を中心とする場合は、土石流の流体力、静水圧及び堆砂圧を考慮する。また、流木対策を中心とする場合は、静水圧及び堆砂圧を考慮する（表-3）。

外力計算における越流水深は、土石流水深（計画高水流量）を考慮した値とし、水圧となる越流水の単位重量は、土砂の混入を想定した値とする。なお治山ダムのうち、完成後に背面が満砂状態であることが想定される場合には、堤体に対する流体力は考慮しない。

表-3 治山ダム外力の適用区分

外力 対策	土石流 流体力	静水圧	堆砂圧
土石流対策を 中心とする	○	○	○
流木対策を 中心とする	×	○	○

(参考) 土石流発生時の越流部の設計外力

土石流発生時は、一般に治山ダム背面が土石流の水深（h）分だけ残して土石流により堆砂した状態で、土石流が治山ダムを直撃したケースを想定する。

堆砂圧は、堆砂面上に作用する土石流重量が上載荷重となり、堆砂圧は、この上載荷重による土圧 $C_e (\gamma_d - \gamma_w) h$ を加えた大きさとなる。

C_e : 土圧係数

h : 土石流の水深 (m)

γ_d : 土石流の単位体積重量 (kN/m^3)

γ_s : 水中での土砂の単位体積重量 (kN/m^3)

γ_w : 水の単位体積重量 (11.77kN/m^3 程度)

$$\gamma_s = C_* (\sigma - \rho) g$$

$$\gamma_w = \rho g$$

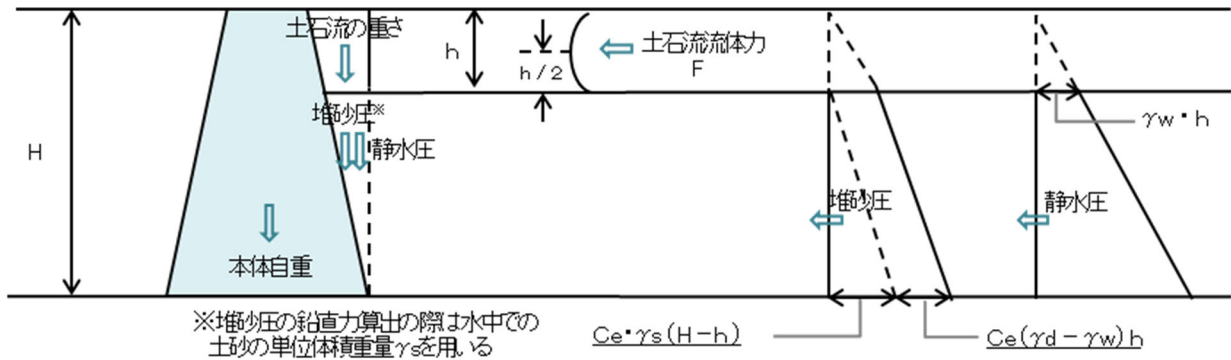
C_* : 溪床堆積土砂の容積濃度

ρ : 水の密度 (kg/m^3)

σ : 礫の密度 (kg/m^3)

g : 重力加速度 ($9.8\text{m}/\text{s}^2$)

土石流時の静水圧については、土石流流体力が堆砂面上で作用しているため、堆砂面下の部分だけ作用することとする。

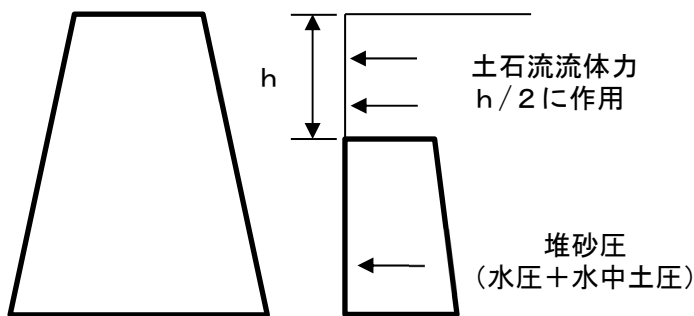


図－２０ 越流部の設計外力図（土石流発生時）

(2) 流体力の扱い

治山ダムに作用する流体力は、完成時において背面に空容量ができ、その高さが土石流の水深より高くなる場合は、最も不安定になる場合を想定するため、放水路天端から土石流水深の高さまでは土石流流体力、それより下部は堆砂圧を想定する。

荷重の考え方や流体力を求める式は、次のとおり。



図－２１ 流体力を考慮した荷重の例
(土石流発生時に堆積した場合)

$$F = \alpha \frac{\gamma_d}{g} h \cdot U^2$$

F : 単位幅当たりの土石流の流体力

α : 係数 (≈ 1.0)

g : 重力加速度 (9.8m/s^2)

h : 土石流の水深 (m)

U : 土石流の平均流速 (m/s)

γ_d : 土石流の単位体積重量

土石流水深は、本章本節 2-7 (参考) 「土石流ピーク流量に対応した水深」等で求められた値とし、最大礫径との比較は行わない。

2 透過型治山ダムの外力

(1) 単位体積重量 (コンクリートの堤体を楕状に切り下げた場合)

透過型治山ダムの断面決定の安定計算に用いる荷重は、遮水型治山ダムに準じて行うものとする。ただし、堤体自重は、透過部の堤体ブロック全体の重量と、スリット部を含んだ透過部のブロック体積より算出した容積の単位体積重量を用いて計算する

$$\gamma_{rc} = \frac{W_{rc}}{V_c}$$

γ_{rc} : 見かけのコンクリート単位体積重量

W_{rc} : スリット部を除いた堤体重量

V_c : スリット部を含む堤体体積

また、無筋コンクリートでは巨礫の衝突により破壊される場合があるので、本章本節 2-8 「治山ダムの袖」と同様の検討を行う。

(2) 流体力の扱い

透過型治山ダムの諸計算における外力の作用高は、堤底からスリット頂部までとする。なお、土石流の作用点は、遮水型治山ダムと同様に、上端から土石流水深の高さまで流体力を見ることとし、それより下部は堆砂圧を見る。また、堆砂圧部分は、堆砂の状況に応じて堆砂圧に加え水圧を作用させる (土石流発生時に堆砂する部分については、水圧も考慮する。)

(3) 透過部部材への衝撃力に対する考え方

衝撃力については、本章本節 2-8 (参考 2) 「礫の衝突により受ける衝撃力」及び (参考 4) 「流木の衝突により受ける衝撃力」に準じて算出する。

2-9-4 土石流流体力の算定式

土石流の流体力は、土石流濃度、土石流ピーク流量、土石流水深、土石流流速を用いて推定する。

〔解説〕

土石流の流体力は、治山ダムの構造を決定する際の外力として重要になることから、流体力に係る各因子の内容を把握した上で算出する必要がある。

流体力を算出する項目及び各段階で必要となる因子を以下に示す。

表-4 流体力の算出に必要な因子

項目	因子
①土石流濃度	礫の密度 水の密度 渓床堆積土砂の容積濃度 土砂の内部摩擦角(土石流堆積物) 渓床勾配
②土石流ピーク流量	土石流濃度 渓床堆積土砂の容積濃度 渓床勾配 計画最大高水流量
③土石流水深	土石流ピーク流量 平均渓床幅 渓床勾配 粗度係数
④土石流流速	土石流の径深(土石流水深) 渓床勾配 粗度係数
⑤土石流流体力	係数(1.0) 土石流の単位体積重量 土石流水深 土石流流速 重力加速度

流体力を算出するためには、はじめに土石流濃度を求めるが、その値によって流体力の値や変化の程度が変わり得る。また、土石流濃度の因子には、固定値である礫や水の密度等のほか、現地の状況に応じて変化する堆砂の渓床勾配や内部摩擦角等がある。

以下に、各項目と因子について述べる。

1 土石流濃度

土石流濃度は、下記の平衡濃度式で求める。

$$C_d = \frac{\tan\theta}{(\sigma/\rho - 1)(\tan\phi - \tan\theta)} \quad (C_d \leq C_*)$$

C_d : 土石流濃度

C_* : 溪床堆積土砂の容積濃度 0.6 程度

σ : 礫の密度 2,600kg/m³

ρ : 水の密度 1,200kg/m³

ϕ : 溪床堆積土砂の内部摩擦角 35°

θ : 溪床勾配 1° ~ 20°

(出典) : 土と基礎 Vol.26 No.6 1978

- ・ 上式は 10° ~ 20° に対応
- ・ 10° よりも緩勾配の範囲にも準用
- ・ $C_d > 0.9 C_*$ の場合、 $C_d = 0.9 C_*$
- ・ $C_d < 0.3 C_*$ の場合、 $C_d = 0.3$

表-5 勾配毎の土石流濃度の値

θ (°)	計算式によって求められた C_d	上限値と下限値を設定した C_d
1	0.0219	0.30
2	0.0450	0.30
3	0.0694	0.30
4	0.0951	0.30
5	0.1224	0.30
6	0.1514	0.30
7	0.1823	0.30
8	0.2153	0.30
9	0.2506	0.30
10	0.2885	0.30
11	0.3294	0.33
12	0.3737	0.37
13	0.4217	0.42
14	0.4740	0.47
15	0.5314	0.53
16	0.5945	0.54
17	0.6644	0.54
18	0.7422	0.54
19	0.8294	0.54
20	0.9280	0.54

※土砂の内部摩擦角 $\phi = 35^\circ$ の場合

当式において土石流濃度 C_d は、下限値が 0.30、上限値が 0.54 ($0.6 \times 0.9 = 0.54$) となり、その分布を溪床勾配 1° ~ 20° までで示すと上表のようになる。

これによると、土石流濃度の値は、勾配 1° ~ 10° までは下限値の 0.30 を示し、勾配 16° ~ 20° までは上限値の 0.54 を示している。

勾配 11° ~ 15° では、土石流濃度は 0.30 ~ 0.54 まで移行するが、溪床勾配を 1° ~ 20° まで設定した場合、下限値及び上限値に制約される範囲が多いことを示している。

2 土石流ピーク流量

土石流ピーク流量を求める式は、降雨量に基づく算出方法を基本とする。
降雨量に基づく算定式は、以下で示される。

$$Q_d = \alpha \cdot Q_R$$

Q_d : 土石流ピーク流量 (m^3/s) Q_R : 最大高水流量 (m^3/s)

α : 係数

$$\alpha = \frac{C_*}{C_* - C_d}$$

C_* : 溪床堆積土砂の容積濃度

C_d : 土石流濃度

となり、 α は先に求めた土石流濃度 C_d によって定められる。

また、当式では、降雨量は最大高水流量 Q_R に反映され、以下で示される。

$$Q_R = \frac{1}{360} \cdot f \cdot r \cdot A$$

f : 流出係数

r : 洪水到達時間内の雨量強度 (mm/h)

A : 集水面積 (ha)

(参考) 流出土砂量に基づく土石流ピーク流量算出の取扱い

降雨量に基づく算出方法は、溪床堆積物が流水により強く侵食されて土石流になる場合のピーク流量を求めるものであり、山腹工、森林整備等の発生源対策や階段状に設置する治山ダムなど一連の治山対策が実施できる箇所や、山腹崩壊土砂や溪流部に堆積している大量の不安定土砂等がそのまま土石流化し、大規模な土石流となる可能性が低い箇所に適用される。

流出土砂量に基づく土石流ピーク流量の算出方法は、上流部の大量の不安定土砂が土石流化し、大規模な土石流となる場合のピーク流量を求めるものであり、現地の不安定土砂の堆積状況や治山対策の計画内容等を踏まえ、前述の降雨量に基づく算出方法により難しい場合は、流出土砂量に基づく土石流ピーク流量の算出方法によることができる。

○流出土砂量に基づく土石流ピーク流量の算出方法

土石流ピーク流量 : 流出土砂量に基づく流量算出

$$Q_{sp} = 0.01 \cdot \Sigma Q$$

Q_{sp} : 土石流ピーク流量 (m^3/s)

Q : 土石流総流量 (m^3/s)

$$\Sigma Q = (C_* \cdot V_{dqp}) / C_d$$

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_* : 溪床堆積土砂の容積濃度

C_d : 土石流濃度

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、想定土石流流出区間の下流端は「1波の土石流により流出すると想定される土砂量」を算出しようとしている地点または流下区間の下流端と考えられる地点とし、 V_{dqp} の下限値は $1,000 m^3$ とする。

ただし、0次谷のような地形をした小規模溪流においては、移動可能土砂の厚さを土研式簡易貫入試験により計測する等の詳細な調査を行い、詳細な調査に基づいた移動可能土砂量と運搬可能土砂量を比較して小さい方の値が $1,000 m^3$ 以下となった場合には、計画流出土砂量としてその土砂量を採用することができる。

※ 調査により求めた流出土砂量は、山腹工や階段状治山ダム（土石流を考慮する場合を除く。）の設計には適用しないものとする

出典：砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 国土交通省 H28.4

(<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryuu/tnn/tnn0904.htm>) を加工して作成

3 土石流の流速と水深

土石流の流速 U と水深 h は、下記の2式で表される。

$$U = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot (\sin \theta)^{1/2} \quad h = \frac{Q_d}{B_{da} \cdot U}$$

U : 土石流の平均流速 (m/s)

R : 土石流の径深 (m) (ここでは土石流深 h)

h : 土石流の水深 (m)

Q_d : 土石流ピーク流量 (m^3/s)

B_{da} : 流れの幅 (m)

θ : 溪床勾配 ($^\circ$)

n : 粗度係数 (自然河道フロント部 : 0.10、後続流 : 0.06、三面張り流路 : 0.03)

ここで、流れの幅 B_{da} は、次図で示される。

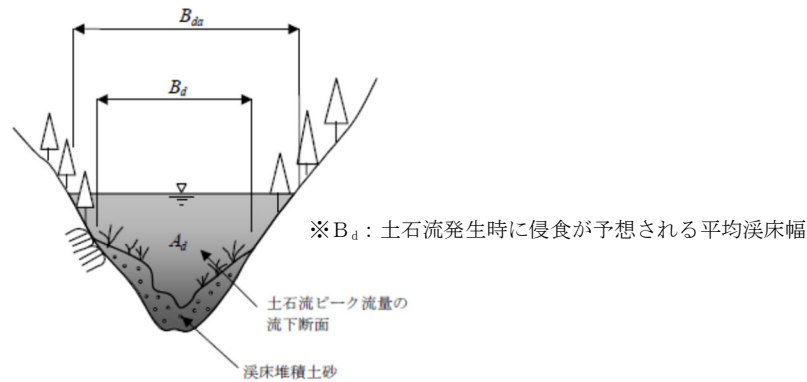


図-2.2 土石流の流下断面と流れの幅のイメージ

(出典)：砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 国土交通省 H28.4
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0905.htm>

これらから、水深 h を求める式は下式のように表される。

$$h = \frac{Q_d}{B_{da} \cdot U} = \left\{ \frac{n \cdot Q_d}{B_{da} \cdot (\sin \theta)^{1/2}} \right\}^{3/5}$$

土石流の流速は、マンニングの等流式を用いて表されるが、ここで用いる径深は土石流水深 h である。また、土石流の水深を求める時は、土石流流速に加え、流れの幅 B_{da} が因子として重要になってくる。

4 土石流流体力

土石流の流体力は、下式で求められる。

$$F = \alpha \frac{\gamma_d}{g} h \cdot U^2$$

F ：単位幅当たりの土石流流体力 (kN/m)

α ：係数 (≈ 1.0)

γ_d ：土石流の単位体積重量 (kN/m³)

h ：土石流の水深 (m)

U ：土石流の平均流速 (m/s)

g ：重力加速度 (9.8m/s²)

また、ここで用いる土石流の単位体積重量 γ_d は、下式で表される。

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

γ_d ：土石流の単位体積重量 (kN/m³)

σ ：礫の密度 (2,600kg/m³程度)

ρ ：水の密度 (1,200kg/m³程度)

C_d ：土石流濃度

土石流の流体力は、固定値となる係数 α 、礫及び水の密度、重力加速度を除くと、土石流の水深、流速、単位体積重量に左右されることとなる。

5 土石流流体力と溪床勾配の検討

土石流の流体力は、土石流濃度の算定からはじまり、ピーク流量、土石流の水深及び流速を求めることによって導かれる。

これらのすべての過程で因子として溪床勾配が用いられていることを踏まえ、流体力と溪床勾配の関係について検討する。

ここでは、溪床勾配 $1^\circ \sim 20^\circ$ までについて、下記の条件を仮定し、土石流濃度等の値を算出して流体力を求める。

ϕ : 土砂の内部摩擦角	35°
f : 流出係数	0.7
r : 洪水到達時間内の雨量強度	80 mm/h
A : 集水面積	100 ha
B_{da} : 流れの幅	30 m
n : 粗度係数	0.10
(自然河道フロント部 : 0.10、後続流 : 0.06、三面張り流路工 : 0.03)	

これらの設定値における、土石流濃度、土石流ピーク流量、土石流水深と流速、流体力を算出したものが次表である。

表一 6 溪床勾配と諸数値の関係

溪床勾配 ($^\circ$)	土石流 濃度	土石流 ピーク流量 (m^3/s)	土石流 単位体積重量 (kN/m^3)	土石流 水深 (m)	土石流 流速 (m/s)	土石流 流体力 (kN/m)
1	0.30	31.12	15.89	0.86	1.19	1.97
2	0.30	31.12	15.89	0.70	1.47	2.45
3	0.30	31.12	15.89	0.62	1.66	2.77
4	0.30	31.12	15.89	0.57	1.82	3.06
5	0.30	31.12	15.89	0.53	1.93	3.20
6	0.30	31.12	15.89	0.51	2.06	3.51
7	0.30	31.12	15.89	0.48	2.14	3.56
8	0.30	31.12	15.89	0.46	2.22	3.68
9	0.30	31.12	15.89	0.45	2.32	3.93
10	0.30	31.12	15.89	0.43	2.37	3.92
11	0.33	34.54	16.30	0.45	2.57	4.94
12	0.37	40.61	16.85	0.48	2.80	6.47
13	0.42	51.81	17.54	0.55	3.18	9.95
14	0.47	71.89	18.22	0.65	3.69	16.45
15	0.53	133.35	19.05	0.92	4.81	41.38
16	0.54	155.60	19.18	0.99	5.22	52.80
17	0.54	155.60	19.18	0.98	5.33	54.49
18	0.54	155.60	19.18	0.96	5.41	54.99
19	0.54	155.60	19.18	0.94	5.48	55.25
20	0.54	155.60	19.18	0.93	5.57	56.47

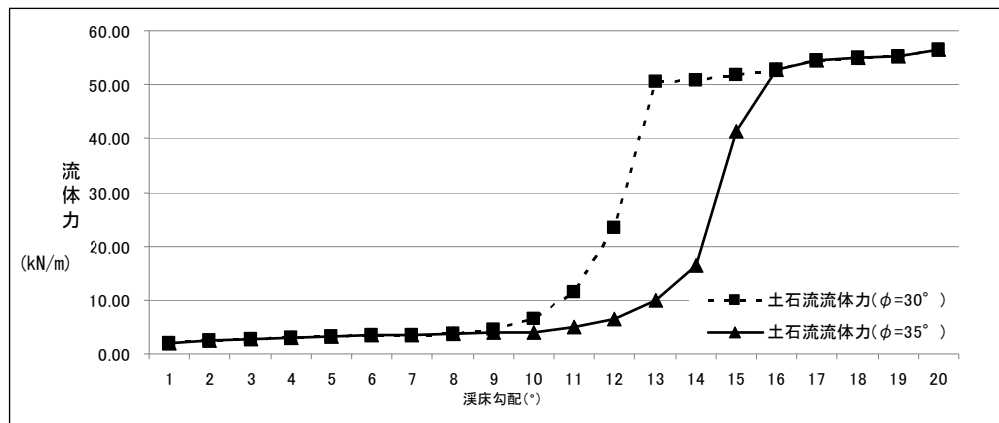
前表によると、土石流濃度と土石流ピーク流量及び土石流単位体積重量はいずれも土石流濃度の変化と同様の变化を示しており、最初に求められる土石流濃度に制約されている。土石流濃度は下限値 0.30 と上限値 0.54 に制約されていることから、

この値を用いて導かれた土石流ピーク流量と土石流単位体積重量も、土石流濃度が変化する溪床勾配 11° を超えたところから急激な増加を示し、溪床勾配 16° を超えたところから緩やかな増加となる。

6 土石流流体力と内部摩擦角の検討

土石流の流体力は、土石流濃度の影響を受けて変化するが、土石流濃度は溪床勾配と堆砂の内部摩擦角によって決定される。

ここでは、溪床勾配 $1^\circ \sim 20^\circ$ において、土砂の内部摩擦角を 30° と 35° の場合の流体力を求める。



図一 2 3 流体力と内部摩擦角の関係（集水面積が同じ場合）

流体力の変化の傾向は、内部摩擦角が 30° の場合と 35° の場合では同様であるが、流体力が急激に増加する溪床勾配の分布域が、内部摩擦角 30° の場合は $10^\circ \sim 13^\circ$ であるのに対して、内部摩擦角 35° の場合は $12^\circ \sim 16^\circ$ となり、内部摩擦角が小さい方が緩い勾配でも流体力が大きくなる傾向が示された。

7 まとめ

流体力の算出に当たっては、溪床勾配の取り扱いが重要で、わずかな変化によって大きく変動する範囲があることを十分に理解して、構造物の決定を行う必要がある。この流体力は、流域面積や溪床幅等の因子によって、急激に変動する勾配域が異なることから、現地調査に際しては、あらかじめ現地の流出特性を把握することが望ましい。

2-10 治山ダムの洗掘対策

治山ダムの基礎は、土石流・流木の流下に伴い発生する洗掘等による破壊に対しても安全でなければならない。

〔解説〕

1 基礎

土石流の捕捉時には、土石の分離により生じる大量の流水が一度に治山ダムを越流する場合がある。越流水の落差は、透過部の高さを加えたものとなり、大きな洗掘エネルギーを有するものとなることから、単独で設置する治山ダムや階段状に設置する治山ダムの最下流は、副ダム等による洗掘防止対策が必要である。

(参考) 新たな流木捕捉技術による流木対策 [流木止工]

近年、流木捕捉を目的として開発された技術を活用した以下のような施設の設置が進められている。これら施設は、技術的蓄積が少なく、施工効果を確認できる事例も少ないことから、当面の間、以下の条件の下で計画できるものとする。

① 流木止工の定義

流木止工は、流木対策を中心とする計画において、流木を捕捉する目的に特化して設置するものであり、治山ダムのように溪床の安定、山脚の固定及び土砂の流出の抑止・調節を図る機能を期待しないものとする。

② 流木止工の目的

流木止工は、豪雨等に伴う流量の増加（掃流）に伴って流出するおそれのある溪床等に堆積した倒木等（写真－1 参照）を捕捉し、下流への流出を防止することを目的とする。



写真－1 雪崩等により溪床に流出し堆積した倒木

③ 流木止工の形式・種別

流木止工の形式・種別を例示すると、次のとおりである。

- ・独立したコンクリート基礎に鋼管を設置したもの [流木止工（独立基礎型：写真－2）]
（試験施工後モニタリング実施中）
- ・コンクリート基礎に鋼管を設置したもの [流木止工（鋼管建込型：写真－3）]
- ・鋼管を組合せた2次製品 [流木止工（簡易設置型：写真－4）]



写真－２ 流木止工（独立基礎型）



写真－３ 流木止工（鋼管建込型）



写真－４ 流木止工（簡易設置型）

④ 流木止工の計画条件等

流木止工は、次のような条件の箇所において計画するものとする。

なお、流木止工は技術的蓄積が少なく、施工効果を確認できる事例も少ないことから、当面の間、検証的に取り組むこととする。

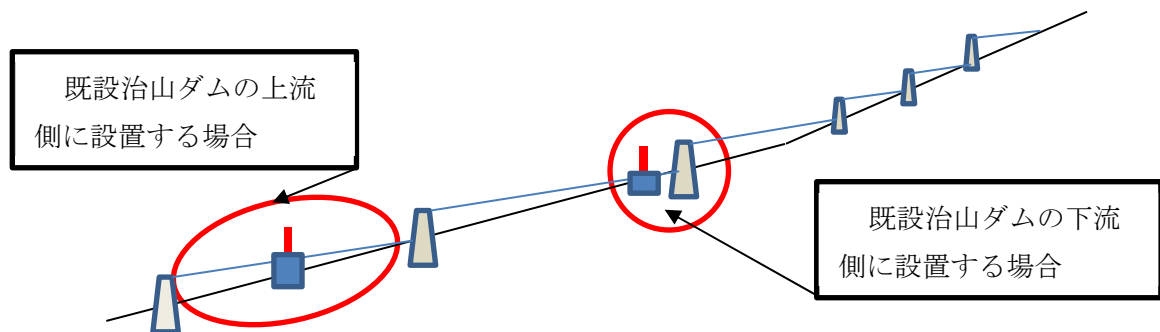
○ 計画できる溪流の条件（設置イメージは図－２４参照）

- ・土石流の流下が想定されない溪流（土石流に対応した治山ダムを設置していない箇所）
- ・既設治山ダムが複数設置されている等、溪床変動が少ない安定した溪流
- ・土石流の流下が想定される溪流に計画する場合においては、土石流堆積区間下流の掃流区間

○ 計画箇所の条件

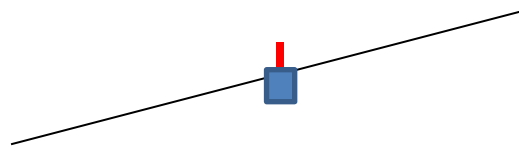
- ・安定した溪床に影響を及ぼさないこと
※流木止工は治山ダムではない
- ・河床が広く、勾配が緩い箇所
- ・管理（流木の除去）が可能な箇所

(1) 既設治山ダム間に設置



既設治山ダムの設置により、河床変動が少なく溪床が安定している箇所に設置

(2) 既設治山ダムが存在していない溪床に設置



もともと河床変動が少なく溪床が安定している箇所に設置

(3) 土石流の流下が想定される溪流においては、土石流堆積区間下流の掃流区間に設置

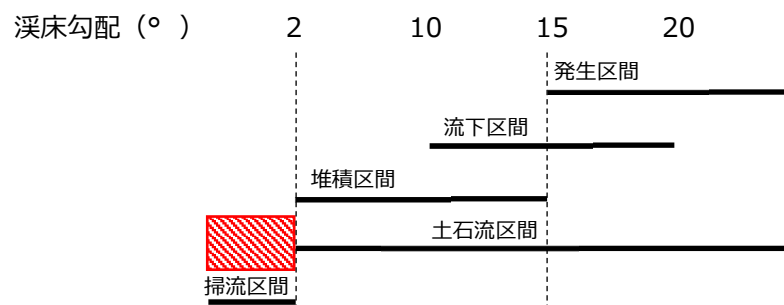


図-24 流木止工設置イメージ

⑤ 設計に当たっての留意点

- ・ 流木対策を中心とする計画において設計すること
- ・ 基礎の根入れは治山ダムに準じて計画すること
- ・ 対象とする外力に対して、安定を確保できる構造を有すること
- ・ 堆砂域に設置する場合は、地盤の支持力に十分注意すること
- ・ 推定流木発生量に応じて、一溪流に複数基設置することは問題ない
- ・ 溪岸の侵食対策（護岸）を検討する
- ・ 溪床幅が広い場合は鋼管建込型、狭い場合は簡易設置型が望ましい

第6章 山腹工及び森林整備

第1節 総説

山腹崩壊は土石流及び流木の要因となり得ることから、山腹工及び森林整備を適正に行うことにより山腹斜面の保全に努め、土石流及び流木の発生防止及び軽減を図るものとする。

〔解説〕

土石流及び流木災害の多くは、山腹崩壊を起因としていることが多く、これらを適正に保全することは、土石流及び流木災害防止に資するものであり、山腹工と森林整備が連携することにより、より効果的な災害発生防止を図る。

第2節 山腹工

土石流及び流木災害の要因となることが危惧される山腹斜面においては、山腹工により斜面の安定に努めるものとする。

〔解説〕

溪流の近傍に発生した山腹崩壊は、溪流内に崩積土が堆積し、土石流を発生させる要因となりやすい。このことから、不安定土砂が残存する既存の崩壊地、今後発生することが想定される山腹斜面等の安定に努め、土石流及び流木災害の軽減を図る。

なお、山腹工の「調査・計画・設計」等に関しては、治山技術基準に準じて、適切かつ効果的に実行する。

第3節 森林整備

3-1 山腹斜面における森林整備

山腹斜面における森林では、適切な森林施業が行われるよう配慮する。

〔解説〕

比較的傾斜が急な斜面における0次谷等の凹地形を中心に、間伐等による森林の適切な密度管理を行い、根系や下層植生の発達を促すと共に、立木間に根系による土壌の緊縛効果等が及ばない「すき間」が生じるおそれがある場合は、当該林分の後継樹となり得る木本類を導入し、森林の山地災害防止機能を持続的に発揮させる。

また、切り立った溪岸や山腹崩壊地の縁辺に存在する立木のうち、崩壊を助長し流木化する可能性があるものは伐倒し、搬出もしくは現地で固定することが望ましい。

(参考) 流木除け工

1 目的

流木除け工は、格子状の透過部を有する小型構造物であり、搬出し難い倒木や枝条等が斜面や小溪流から流出しないよう、斜面～0次谷等の最上流部で捕捉することを目的とする。風倒木直下など、倒木が腐朽するまでの備えとする場所では木製とし、恒常的な倒木が発生する場所ではコンクリート製等とする。

なお、設計に当たっては、構造物本体の安定性を確保する必要があるが、土石流や流木の衝撃力等については考慮しないものとする。

2 維持管理

流木除け工は、捕捉した倒木や枝条等の撤去等、維持・管理を実施することを前提として設置する。施設設置に要する費用は安価である反面、基数が増えた場合には維持・管理のコストが増加することに留意して設計する。

3 構造

(1) 木製流木除け工

木製流木除け工は、間伐材等を針金やボルトで組み上げた構造である。

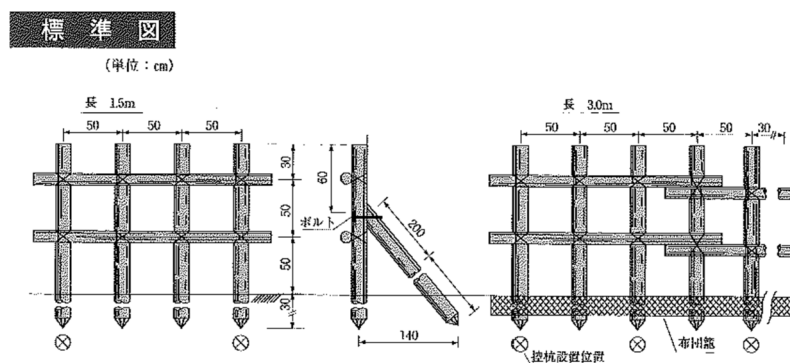


図-25 木製流木除け工標準図

(2) コンクリート流木除け工

コンクリート流木除け工は、小規模な透過型治山ダムである。土石流や流木の衝撃力等は考慮しなくても良いが安定計算は必要である。透過部の高さは2 m以下、天端厚は1 mとするが、土砂生産が活発な溪流である場合には2 mとする。のり勾配は、摩耗等を考慮しないことから最も経済的な勾配として良い。

設置場所は、斜面の荒廃状況、透過部閉塞時の管理が容易な場所を勘案して決定する。地形的な制約から、背面に重機が侵入するスペースが無い場合には、正面からトラッククレーン等で透過部のH鋼を除き、重機等により流木や枝条等を掻き出せる構造としても良い。

必要に応じて汎用H鋼を横木として併用する。規格は、管理および盗難やいたずら防止の観点から、総重量100kgを上回る程度の重量(200×200mm、49.9kg/m)を目安とする。

3-2 溪流内における森林整備

溪流内における森林整備は、主として森林の持つ土砂流出防止機能の維持・増進を図ることを目的とする。

〔解説〕

流路部に生育している立木は、溪流にある一般に薄い土壌の上に不安定に成立している状態にあり、土石流に巻き込まれて流木化する可能性が高いことから、流路部においては、溪流生態系の保全にも配慮しつつ、立木の伐採、堆積木及び倒伏木の除去等を必要に応じて行う。

また、集中豪雨等の際に氾濫域や土石流の流下域となり得る範囲では、間伐等による森林の適切な密度管理を行い、根系や下層植生の発達を促すと共に、立木間に根系による土壌の緊縛効果等が及ばない「すき間」が生じる恐れがある場合は、当該林分の後継樹ともなり得る木本類を導入し、森林の山地災害防止機能を持続的に発揮させる。

さらに、立地条件等から緩衝林としての機能を発揮させる事が可能な場合には、根系や下層植生の発達はもとより、立木の肥大成長を促すための適切な密度管理を実施する。

第7章 維持管理

第1節 総説

土石流・流木対策として設置された治山施設等は、山地災害に対して、その機能を十分に発揮するよう維持・管理に努めるものとする。

〔解説〕

- 1 土石流・流木対策として設置された治山施設については、定期的な点検を通じた維持・管理に努める。特に、流木や土砂の堆積が進んだ透過型治山ダム等は、次期出水期前に堆積物の除去を実施することが望ましい。
- 2 土石流対策として整備した森林は、生育状況が保全対象の安全度を左右することもあることから、適切に管理する必要がある。
- 3 治山施設個別施設計画策定マニュアル（林野庁 平成30年3月）を参考とすること。

（参考）透過型治山ダムの点検項目

1 背面の堆砂状況

透過型の治山ダムは、通常の流水で移動する小さな石礫等は透過し、多量の土石が移動する土石流や流木を捕捉するための空容量を確保しているものである。しかし、土石流や流木により背面が満砂状態となった場合には、土石流や流木を捕捉出来ないことが想定され、構造物の機能が減少したことになる。

このことから、定期的又は、災害発生後等にダム背面の状態を確認することが望ましい。

2 堤体及び部材の点検

透過型の治山ダムは、背面が空いており、土石流や流木の衝撃を受ける構造となっていることから、災害後等には、変形等の損傷を受けることがある。一般的に鋼製の場合、構造物の全体の変形や部材の局部変形により流木や石礫の衝撃力を吸収する構造であることから、変形が生じること自体がそのまま問題とならない場合もある。しかし、その損傷の度合いによって、構造物の機能が低下している場合もあることから、適宜点検を行い、構造物の機能について確認することが望ましい。

点検の具体事例として「新編・鋼製砂防構造物設計便覧（令和3年版）」に記載されている鋼製構造物の点検項目を示す。

表－7 部材の損傷レベルと対応

損傷レベル	機能低下レベルと定義	対応策	判定	
			中空鋼管	CFT 鋼管※
レベルⅠ －健全－	完成時と比べ機能の低下がなく、共用に支障がない	補修の必要なし	鋼管径の凹みが鋼管径に対して10%未満	部材の撓み変形角が2度未満
レベルⅡ －損傷－	部材耐力が低下しており、完成時と比べ機能低下のおそれがある	構造照査により補修・補強の必要性を検討する	鋼管径の凹みが鋼管径に対して10%以上、40%未満	部材の撓み変形角が2度以上、5度未満
レベルⅢ －破壊－	施設機能が喪失しており、次に設計荷重が作用すると機能が発揮できない	必ず補修・補強を行う	鋼管径の凹みが鋼管径に対して40%以上	部材の撓み変形角が5度以上

※CFT：コンクリート充填鋼管構造 (Concrete Filled Steel Tube)

損傷レベルⅡにおいて補強・補修の必要性については、鋼管の残存耐力を算出し、骨組解析を行い共用できるか否かで判断することができる。以下に、判定の目安を示す。

表－8 部材損傷に対する修復の判定

発生応力度 ≤ 許容応力度	放置
許容応力度 < 発生応力度 ≤ 降伏応力度	施設の重要度に応じて修復の有無を判断
降伏応力度 < 発生応力度	補修・補強