

樹林帯整備のあり方について

国土交通省多治見砂防国道事務所 後藤 宏二・野 明夫・佐藤 靖
 日本建設コンサルタント株式会社 ○森 克味・小川 義忠・五島 博文・木下 俊介

1. はじめに

滑川流域は、木曾駒ヶ岳に源を発する流域であり、本検討の対象区域である樹林帯は土石流の常襲区域に位置している。この樹林帯は、滑川と北股沢の合流地点にあたり、土石流により形成された氾濫原であり、大量の土砂が堆積している。合流地点の整備は、二次的な土砂流出の抑制を目的に床固工群を計画するものである。また、北股沢右岸は広い堆積空間(樹林帯)を有していることから、この空間を有効かつ効果的に利用する計画としている。樹林帯の計画範囲及び施設配置状況は図-1に示すとおりである。

滑川・北股沢の合流地点における土石流の流下形態は、地形条件や模型実験で検証されており次の特徴がある(図-1参照)。

北股沢からの土石流は、初期からピークにかけて河道内を直線的に流下する。河道内に土砂が堆積し河床が上昇すると、後続の土石流はa地点において北股沢右岸側の樹林帯内へオーバーフローする。また、現地調査結果から、河道を流下するものは最大礫径3~5m程度、北股沢右岸の樹林帯へオーバーフローする後続流は最大礫径1m程度と推測される。

本検討では、北股沢右岸の樹林帯を対象とし、その効果を検討すると共に樹林帯の整備のあり方を検討するものである。なお、対象とする土石流は、ピーク後の後続流であり、最大礫径1m程度である。

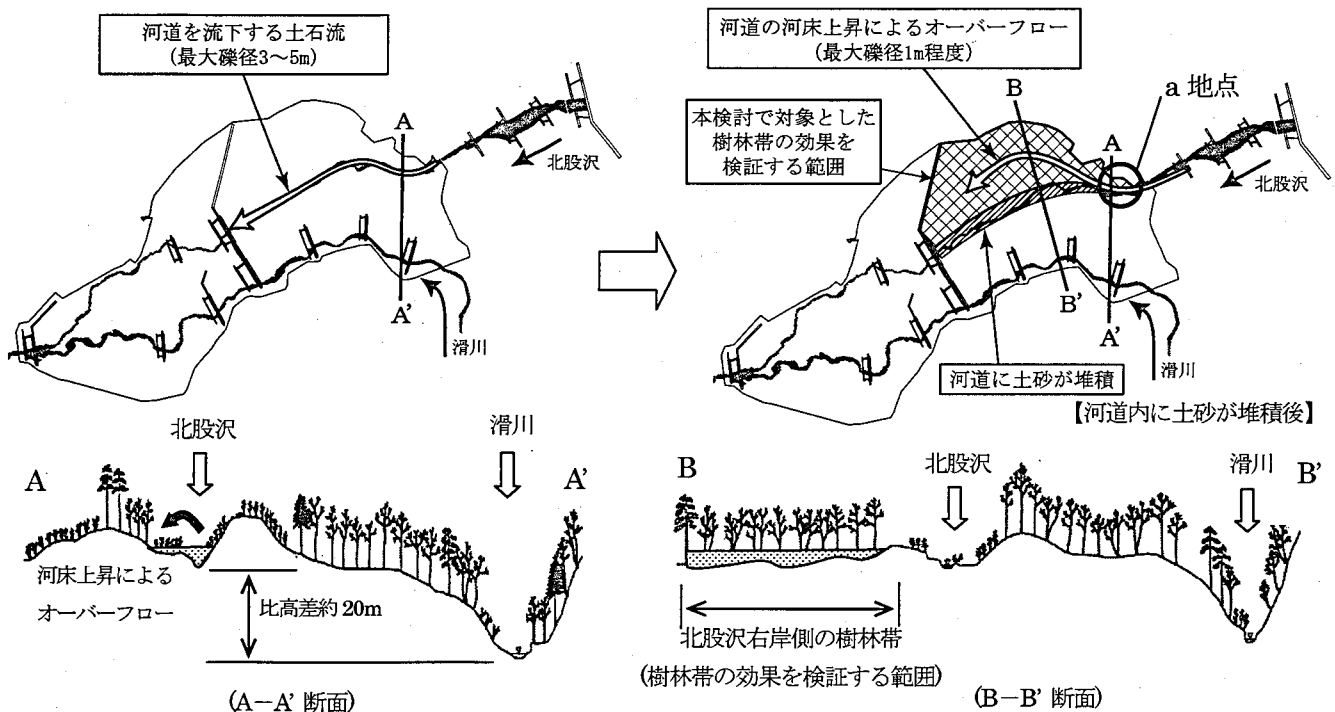


図-1 滑川・北股沢合流地点の土石流の流下状況

2. 樹林帯の効果について

樹林帯の効果を検討するにあたり、最大礫径1m程度の土石流を対象としている。そのため、土石流に対する樹林帯の効果¹⁾として、①樹林帯の粗度による流速の低減効果(粗度効果)、②樹木の衝撃力吸収効果²⁾(縦杭効果)、③樹木間に捕捉された土砂による堆積の促進効果(ダム効果)等が期待される。これらの効果を総合的に考慮し、土石流に対する樹林帯の効果について検討を行った。

樹林帯の効果の検討イメージを図-2に示す。ここで、想定する土石流の規模は1/100年超過確率規模とし、地形条件、模型実験結果及び、過去の土石流発生状況から、北股沢からの土石流流下に対する樹林帯の効果を評価するための土石流及び樹林帯の諸元を表-1に示すとおりとした。

2.1 樹林帯の粗度効果

まず、樹林帯を粗度要因としてとらえ、粗度係数の算定³⁾を行った。粗度係数については、(式-1)を用い土石流の流速を算定し、その低減された流速による土石流のエネルギーを算定した。

表-1 想定する土石流の諸元

| | |
|--|-------|
| 土石流のピーク流量 Q_{sp} (m ³ /s) | 108 |
| 溪床勾配 ($\sin \theta$) | 0.162 |
| 流下幅 B(m) | 60 |
| 粗度係数 n_b | 0.1 |
| 土石流の流速 v (m ³ /s) | 2.9 |
| 土石流の水深 h(m) | 0.6 |
| 平均的な胸高直径 D(cm) | 8 |
| 平均的な樹林密度 (本/10×10m) | 40~50 |

$$n_t = (n_b^2 + C_d / 2g \cdot D \cdot h^{4/3} \cdot a)^{1/2} \dots (式-1)$$

ここで、 n_t : 樹林帯を考慮した粗度係数、 n_b : 底面の粗度係数、 C_d : 樹木の効力係数、 g : 重力加速度、 D : 樹木の直径、 h : 水深、 a : 単位面積当たりの樹木の木数である。

上式により粗度係数は1.05倍程度となり、流速は95%程度に低減される。土石流中の石礫の持つエネルギーは、流速の二乗に比例することから、土石流のエネルギーは90%程度に低減される。

2. 2 樹林帯の縦杭効果

次に、土石流中の石礫のエネルギーに対して、樹木の衝撃エネルギー吸収能を算定し、停止できる石礫量を算定した。樹木が石礫に衝突した時の衝撃エネルギー吸収能は、樹木の静的エネルギー吸収能と同じことが確かめられており、(式-2)で表される。また、石礫のエネルギーは(式-3)で表される。

$$E_D = 5.28 \times 10^3 \cdot D^2 \cdot L \dots (式-2) \quad E_D = 1/2 M V^2 \dots (式-3)$$

ここで、 E_D : 衝撃エネルギー吸収能、 D : 樹木の胸高直径、 L : 立木の変形特性によるスパン長、 M : 石礫の質量、 V : 土石流の流速である。

$\Sigma E_D = \Sigma E_T$ として樹木のエネルギー吸収能により停止できる石礫を算定すると、礫径1.2m(樹林帯内の河床材料調査による最大礫径)の石礫の約1/2を停止させることができ、停止石礫から算定した停止土砂量は14,200m³となる。

2. 3 樹林帯のダム効果

粗度効果、縦杭効果により停止した石礫をダムと仮定し堆積量を推定する。ダム高さは土石流の粒度分布の最大礫径と仮定し、堆砂勾配は元溪床勾配の2/3とした。また、ダム幅は流下幅Bと仮定した。このときに捕捉できる土砂量は約3,600m³となる。

2. 4 樹林帯により捕捉できる土砂量

本検討区域の土石流の特性を樹林帯の効果として、流速低減による土石流のエネルギーの低減効果、樹木の衝撃エネルギー吸収による石礫の停止、停止した石礫による堆積の促進効果を考慮し、捕捉できる土砂量は17,800m³と推定される(表-2参照)。

3. 樹林帯整備のあり方

樹林帯を粗度要因としてとらえ、土石流の流下に対する抵抗力を単位河道長さ当たりの土石流塊に働く力について考えると、北股沢現況樹林では、土石流塊に働く力の内5~15%程度が低減される(図-3参照)。胸高直径が小さく樹林密度の高い比較的若い樹相では低減率は大きい、樹木は生長に伴い直径の増加、樹林密度の減少により、低減率は減少する。北股沢の樹林帯の推定密度曲線からも、樹木の生長に伴い低減率は最終的には5%程度まで減少すると推測される。そのため、図-3の点線となるよう管理を行うことで、樹木の生長による効果の低減を抑え、10~15%の低減効果が期待できると推測できる。

4. おわりに

目標とする樹林状態の設定にあたっては、現況樹林の状態、必要とされる強度、適正な管理を行える樹林状態を総合的に判断し設定する必要がある。しかし、樹林帯を粗度要因としてとらえ、その効果を定量的に評価する手法や必要な樹林規模を決定する方法は未だ確立していない。今後、樹林帯の効果を総合的に評価できるような樹林帯内の土砂移動モデルの作成し、模型実験モデル及び解析モデル等により定量的に評価し効果的な樹林の設置法について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 桜井亘ら(1998): 樹林帯の崩土流下に対する減勢効果, 平成10年度砂防学会研究発表概要集
- 2) 鈴木、水山ら(1987): 樹木の衝突エネルギー吸収能, 砂防学会研究発表概要集
- 3) 浜口達男ら(1987): 水害防備林調査, 土木研究所資料第2479号

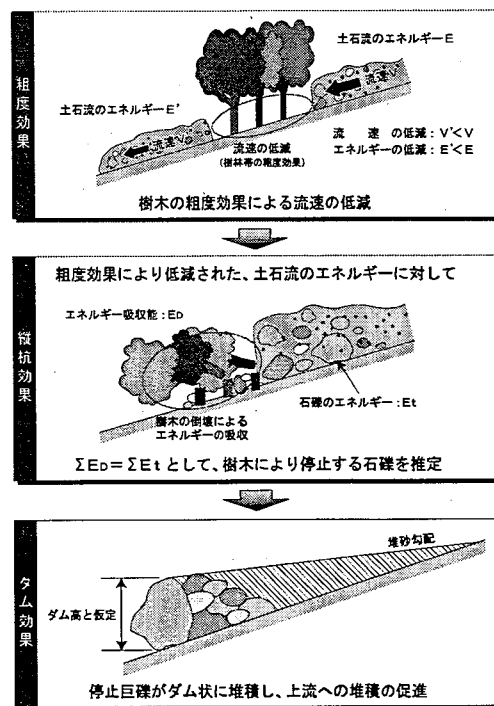


図-2 樹林帯効果の検討フローイメージ

表-2 樹林帯による捕捉土砂量

| | | |
|------------------------------------|------------------------|--------|
| 粗度効果 | 粗度係数の増加比率 | 1.05 |
| | 流速の低減比率 | 0.95 |
| | 石礫のエネルギーの低減比率 | 0.90 |
| 縦杭効果 | 停止土砂量(m ³) | 14,200 |
| ダム効果 | 堆積土砂量(m ³) | 3,600 |
| 樹林帯の効果により捕捉できる土砂量(m ³) | | 17,800 |

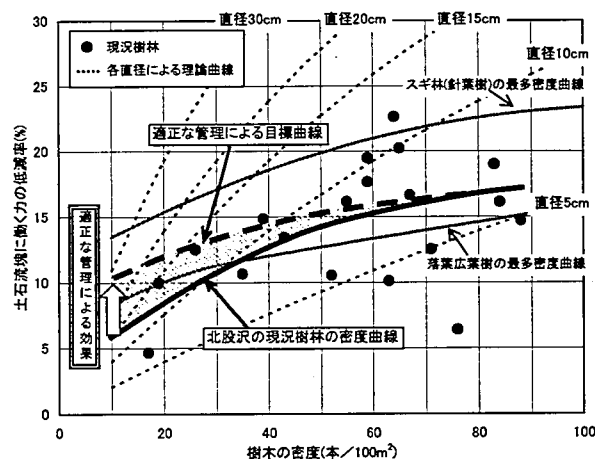


図-3 土石流塊に働く力の低減率