

IV-44

高木樹木植生のある斜面の土砂崩壊抑止機能評価について

東日本旅客鉄道株式会社 会員 森島 啓行

柏田 富夫

四宮 卓夫

I はじめに

斜面に高木樹木植生がある場合、従来、土砂崩壊抑止に対して効果があるとしていた。しかし、昨年ヒノキ高木が生育していた伊東線の斜面で土砂崩壊が発生し、樹木植生があり、鉄道林施業技術標準による土砂崩壊抑止機能の基準を満たしていても、必ずしも安全ではないことがわかった。本研究では伊東線の崩壊斜面の樹木植生状況と鉄道林（土砂防止林）とを詳細に調査し、高木樹木植生のある斜面の新しい土砂崩壊抑止機能の評価を試みた。

II 高木樹木植生斜面の土砂崩壊現場の概要

1. 土砂崩壊現場の調査

伊東線伊豆多賀網代間の災害現場は、部外者管理のヒノキ人工林の斜面で、約 620m² の崩壊を起こした。崩壊時の降雨状況は連続雨量（最大）204mm、時雨量 49mm であり、2 年確率程度の降雨であった。斜面勾配 30°～35°の集水地形で、崩壊直後の斜面から湧水が見られた。崩壊したのは表層の腐植土層で、下部が風化した安山岩、礫及び未固結凝灰角礫岩層であり、腐植土層と明らかに固結度の違いがあった。斜面が安定を失った原因は次にあげる 2 点であると推定できる。

- ①浸透水・地下水位の上昇による部分的なパイピング現象が腐植土層の間隙水圧を増大させた
- ②樹木植生の根系の発達で腐植土層内までで下部層境とのせん断抵抗力が働かず、逆に樹木の荷重が top heavy 状態になった

2. ヒノキ樹林の調査

崩壊とともに倒れたヒノキは、約 40 本、直径 200～300mm、樹高は平均 15m であった。倒木を免れた周辺のヒノキ人工林を対象にサンプリング調査を実施した結果（表-1）、以下の特徴が見られた。

- ・高密度で直径方向の生育が不良であった
- ・林床は裸地化し土壌流出が進んでおり、倒木の危険性の高いものも見受けられた
- ・樹冠が同一高度でうっ閉されているため林内は光量不足であった
- ・鉄道林施業技術標準による土砂崩壊抑止機能の基準（胸高断面積密度 25 m²/ha 以上）は満たしていた

表-1 ヒノキ樹林調査結果

樹齢	… 35 年
植栽間隔	… 平均 1.6m×1.3m
植栽密度	… 約 3,850 本/ha
樹高	… 平均 15.5m
胸高直径	… 平均 147mm
胸高断面積密度	… 26.64 m ² /ha

III 鉄道林の概要

この鉄道林は、東海道本線清水谷戸トンネル、横須賀線品濃トンネル坑門付近に 48,142 m² の林分で構成されている。土砂防止林とは、落葉落枝により砂礫の生産及び移動を防止し、根系により土壌を緊縛し土砂崩壊を抑止することを目的とする鉄道林で、ここでは広義の土砂崩壊抑止林として扱う。

表層地質は葉山層群、三浦層群で代表される固結した洪積砂層となっている。沢地形に位置し褐色森林土壌の植生で、主な構成樹種を表-2 に示す。

主機能である土砂防止機能について調査をおこなった。過去の災害経歴を調べると、過去 40 年以上災害を起こした記録はなかった。また、樹齢等の状況からも災害を起こした形跡がないことがわかる。鉄道林施業技術標準により樹幹断面積密度を測定した結果、75～90 m²/ha で 25 m²/ha 以上なので土砂防止機能に問題はないと判定された。

IV 樹木の土砂崩壊抑止機能

樹木植生による土砂崩壊抑止機能は、表面侵食防止効果、土壌の緊縛効果の 2 つから発揮される。

1. 表面侵食防止効果

樹木植生の表面侵食防止効果には次のものがある。

キーワード：高木樹木植生、鉄道林

連絡先：220-0023 横浜市西区平沼 1-19-8 Tel.045-461-6678, FAX461-6677

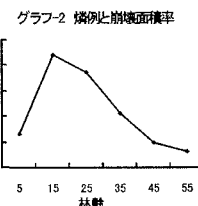
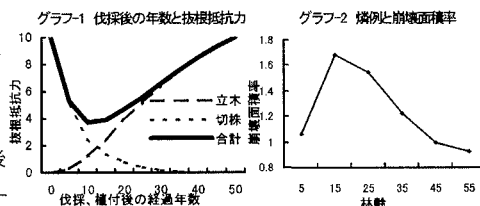
- ①地床植生、落葉落枝の堆積が雨滴のエネルギーを減殺し、表面侵食を弱める。
- ②地床植生、落葉落枝、根株が表流水のエネルギーを相殺し、土砂の流出を減少させる。
- ③地床植生、落葉落枝が有機物を供給し、土壌の粗孔隙を増加させ、水の浸透を増して表流水を減少させる。

2. 土壌の緊縛効果

根系は樹木の成長とともに次第に太さと深さをまして、崩壊が発生しようとする深さの土層のせん断抵抗力を増す。過去の研究で、抜根抵抗力と崩壊のデータとの比較でこのことを実証している。

抜根抵抗力の試験から、林分としての抜根抵抗力は、伐採・植付後10～15年付近で最低となり、崩壊が起きやすい状態になる。（グラフ1）

- 1) また、全国各地の崩壊と樹齢を対比させた結果、伐採植付後10～20年に崩壊を発生させた面積の割合が最も大きい。（グラフ2）
- 2) この2つの事例は、根系が崩壊防止に効果があることを示している。



3. 鉄道林における土砂防止の考え方

鉄道林施業技術標準による土砂崩壊抑止機能の検査基準は胸高断面積密度を測定するのみであり、そのまま樹木植生の土砂崩壊抑止機能評価の指標として使用するには不十分である

ことがわかる。これは、土砂防止機能を発揮するのに適した樹種等を植栽し、検査時には生育状況のみを確認することとしたためであろうと考えた。

表-3 土砂防止林を設置する際の基準（「土砂防止林の設置基準について」より抜粋）

樹種（一般）	広葉樹を主体とすること。特に深根性のクヌギ、ケヤキ、カン、クリ、コナラ等を適樹とする。ただし針葉樹林で深根性のアカマツ、クロマツ、モミ等が地形条件により使用することができる。						
（沢地形）	広葉樹を主体とすること。ヤナギ類、ハンノキ類、サワグルミ、ヤチダモ、クヌギ、ケヤキ、ブナ等。						
更新	萌芽を主体とし、必要に応じて補植をおこなう。						
下刈り	必要以上に下刈りをおこない地床植生を減退させて土壌侵食を発生させぬよう注意する。						
密度管理	立木密度の基準は次のとおりとする。						
	林齢	10	20	30	40	50	60 70～
	本/ha	8,000	5,300	3,000	1,750	1,100	950 850

そこで、土砂防止林設置時の考え方を知るため、国鉄時代の文献を調査した。（表-3）

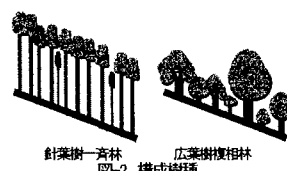
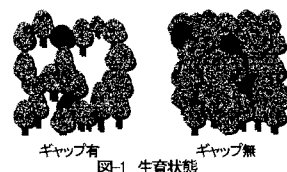
V 土砂崩壊抑止機能の評価方法

これまでの調査及び検討結果から高木樹木植生が土砂崩壊抑止機能を発揮するためには、

深根性の広葉樹で構成されており、天然更新をおこなっているのを基本とするが、針葉樹人工林の場合は密度管理をおこない過密状態にならないようにする。

という条件を満たすことが必要であると考えた。これを踏まえ、次のような高木樹木植生の土砂崩壊防止機能の評価基準を提案する。

- ①生育状態：樹木の生育状態は良好か、樹冠にギャップがないか調査することにより根の生育状態を推測し、土砂の緊縛効果を確認する。（図-1）
- ②構成樹種：土砂の緊縛効果を発揮するのに適した樹種であるかという観点から、地形に適した深根性の広葉樹で構成されているか確認する。単一針葉樹の人工林であった場合は、間伐など手が入れられておらず上方向の成長に比較して根系の発育不良な top heavy 状態になっていないか確認する。（図-2）
- ③地表被覆の状態：林床にササ・シダ類の地床植生及び幼苗は生育しているか、地表面は裸地化してガリーの発生はないか調査し、表面侵食防止効果を確認する。（図-3）



VI おわりに

今回の評価基準は定性的であるので、今後定量的評価手法を目指し検討を進める。また、これらの評価基準で樹木植生斜面を評価すると、条件を満たしていない部外管理の針葉樹一斉林が抽出される。

その際は間伐等の管理を要請するなどの対策が必要である。その一方で、土工設備等による線路防護も進めていく必要もあり、実際に伊東線の災害現場でも古レール製の落石止め柵が非常に効果を発揮し、被害を最小限にいとめることができた。

★参考文献

- 土砂防止林の施行基準について（案）（山形鉄道管理局、昭和32年5月）
- 「土砂防止林の施行基準について」解説（山形鉄道管理局、昭和32年5月）
- 鉄道林検査実施要領（附）同上の解説（施設局、昭和34年3月）
- 鉄道林の機能及び保守状態について（新幹線鉄道管理局、昭和35年1月）
- 広葉樹林の施行法に関する研究（鉄道技術研究所連報、昭和47年9月）