

森林の持つ落石緩衝効果に関する実験的研究

財) 林業土木コンサルタンツ ○櫻井正明・松田伸一・奥谷由行・高橋和彦・内藤洋司

1. はじめに

森林のもつ落石の緩衝効果は、古くから経験的に知られているが、具体的に数値化した事例がほとんどないために、適正に評価されていない現状にある。そのため、森林の機能の一つである落石緩衝効果を定量的に検証し、落石防止工計画設計のための基礎資料を得ることを目的として、現地における落石実験を、林野庁関東森林管理局との共同研究として実施している。ここでは、伐採跡地における落石実験の結果について報告する。

2. 研究の背景

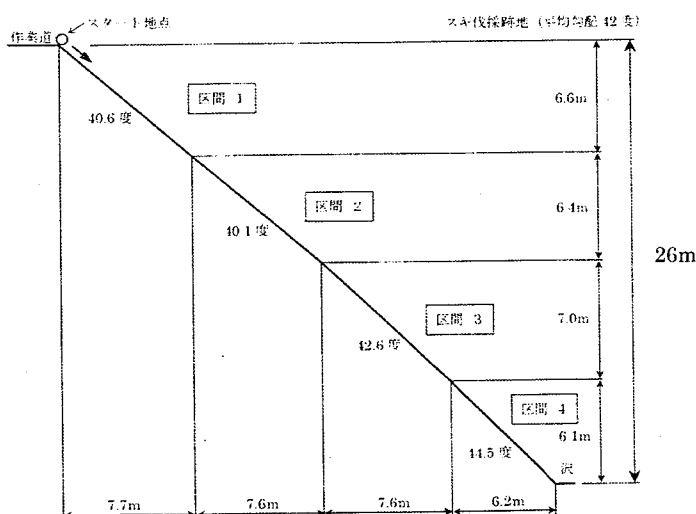
落石防止のためには、落石の運動メカニズムを把握することが重要であり、古くから、現場での落石実験、室内模型実験、災害地の調査がおこなわれている。そのなかで、落石実験は、落石運動を把握するために信頼性の高い方法であり、これまでの成果（高速道路調査会 1974 など）は、落石対策便覧などに取りまとめられ、落石防護施設設計の基礎資料となっている。しかし、研究の中心が道路分野であったために、露岩地などの裸地斜面での事例が主体で、観測の困難な森林斜面の資料はほとんど見当たらない。森林斜面については、旧林業試験場が北海道の林道のり面で行った事例があり、ヤマハンノキ林（斜面高 14m）の等価摩擦係数は、裸地、ササ地より大きく 0.63 であったことがわかっている（真島ら 1984）。

森林の落石緩衝効果は、抵抗体となる立木の効果とクッションとなる土壌の効果に分けられるが、これまでの落石実験では、①立木と土壌の効果が分離されていない、②立木・土壌の状況による効果の違いが判明していない。本研究では、このような現状を踏まえて、①立木伐採前後に落石実験を行い、両者の比較により立木と森林土壌の効果を分離すること、②複数の斜面で落石実験を行い、森林の状況による効果の違いを把握することとした。ここでは、落石実験の方向性、方法を確認する意味から予備的な実験として、伐採跡地における落石実験を実施したので報告する。

3. 実験の方法

落石実験は、平成 15 年 12 月 24～25 日に、群馬県松井田町細野地区に位置するスギ林の伐採跡地で実施した。実施した斜面は、高さ 26.1m、平均傾斜 42 度で、斜面全体に伐根が残っており（1000 本/ha）、上端が作業道、下端が沢となっている。斜面の森林土壌は、火山灰に由来する黒色土で、厚さは、40～60cm である。

この斜面を直高 6～7 m 間隔に、4 つの区間に分割し、上端の作業道から、29 回に渡って落石を落下させ、通過時間を計測した。また、斜面の正面、側面をビデオカメラで、中央付近を高速度カメラで撮影した。使用した落石は、沢から採取した自然石で、平均径 25～55cm、質量 20～200kg である。



図一 1 実施した斜面の縦断面図



写真一 1 落石の重量計測

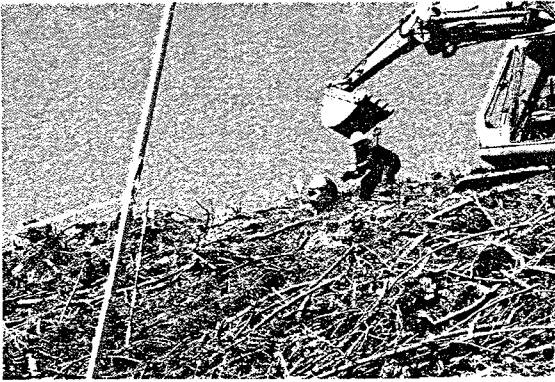


写真-2 落石実験の状況

4. 実験の結果

落石実験の結果は、次のとおりである。

4.1 落石の運動形態

高速度カメラの解析によると、落石の運動形態は、次のとおりである。

- ①落石の運動は、すべり運動、回転運動、跳躍運動があるが、ほとんどが回転運動・跳躍運動であった。
- ②落石は、回転運動はもとより跳躍運動の際も回転しており、回転スピードは一秒間に4~6回であった。
- ③伐根への衝突により、減速・停止がみられる。立木があったとすれば、その緩衝効果が期待される。
- ④地表への衝突の際に、めり込みが起こっており、土壌の緩衝効果が働いていると考えられる。
- ⑤伐根、地表面の凹凸により、跳躍、方向転換が起こっている。

4.2 落石の速度

自由落下の速度との比である残存係数 (α) は、0.21~0.47 であり、同じ高さを自由落下する速度の 20~50%の速度であった。また、区間ごとの等価摩擦係数 (μ) は、落下するに従って大きくなり、平均値は、0.67~0.81 で、森林のない斜面の値をいずれも上回っている (落石対策便覧など)。等価摩擦係数は、速度を減少させる要因 (岩質・土質、硬度、植生、凹凸など) を、斜面上の動摩擦係数に置き換えたものであるが、ここでは立木が無いことから、主として森林土壌の緩衝効果が、等価摩擦係数に反映されたと判断される。

4.3 落石の跳躍高

側面のビデオの画像解析から、区間ごとの最大跳躍高を求めた。画面での計測精度が低かったことから、1 m単位で取りまとめたが、大半が2 m以下であった (95%)。過去の落石実験でも、跳躍高は2 m以下が多いとされているので、同様の傾向にあると判断される。

5. おわりに

伐採跡地における落石実験の結果、森林土壌、立木 (伐根) の落石緩衝効果が高いことが判明した。また、落石軌跡の記録など一部に検討の余地があるが、実験方法は、ほぼ妥当であると判断できる。今後は、予備実験の成果を精査し、落石実験を積み重ねることにより、森林の落石緩衝効果を適正に評価し、合理的な落石防止対策手法の確立を目指したい。

最後に、この場を借りて、今回の落石実験を行うにあたりご協力をいただいた群馬森林管理署 (杉山隆志 署長) をはじめとする関東森林管理局の関係者各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 日本道路協会：落石対策便覧，丸善，2000
- 2) 土木学会構造工学委員会衝撃問題研究小委員会：構造物の衝撃挙動と設計法—落石覆工の設計—資料集，1995
- 3) 高速道路調査会：落石防護施設の設置に関する調査研究報告書 (日本道路公団委託)，1974
- 4) 真島征夫ら：崩壊斜面の落石防止，昭和 58 年度国有林野事業特別会計技術開発試験成績報告書，p135-207，林業試験場，1984