

森林の持つ落石緩衝効果に関する実験的研究Ⅲ

財) 林業土木コンサルタンツ ○櫻井正明・奥谷由行・今泉栄二・内藤洋司・渡部扶三男

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、主として平成17年度にスギ林で行った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）。

これまで、森林に対する落石実験の事例は少なく、立木・森林土壤の効果の違いに着目した落石実験は行われていなかったが、平成16年度に報告した伐採跡地における落石実験では、等価摩擦係数の平均が 0.67～0.81 の範囲であり、森林土壤等の緩衝効果が高いことが判明した（平成15年12月実施，群馬県松井田町細野地区）。

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壤の効果に分けられると考えられるが、森林土壤が保全されていることを前提とすると、落石緩衝効果は、壮齢林が最も大きく、無立木地（伐採地など）が最も小さいと考えられる。ここでは、対象地の立木伐採を行うことにより、①立木がある状態と②立木ない状態で落石実験を行い、森林の状態による効果の違いを把握することとした。

今回は、平成16～17年に立木がある状態で行った落石実験のうち、平成17年に行った実験結果について、平成16年の実験結果と対比しながら報告する。

3. 実験の方法

落石実験は、群馬県松井田町坂本霧積山国有林に位置する50年生のスギ林で実施した（標高800m）。実施した斜面は、高さ33.1m、平均傾斜40度で、スギ林に一部広葉樹が侵入している林で（立木密度2520本/ha、胸高直径12～16cm）、上端が車道、下端が沢（作業道有）となっている。斜面の森林土壤は、火山灰に由来する黒色土で、厚さは、60～80cmである。

この斜面を直高8m程度の間隔に4つの区間に分割し、上端の作業道から落石を落下させ、通過時間を計測するとともに、落石の運動をビデオカメラ・高速度カメラで撮影した。使用した落石は、現地にある自然石で、平均径30～60cm、質量27～270kg（平均1である）。

まず、平成16年12月13～15日に、立木がある状態で、109例の落石実験を行った（前回報告）。さらに、平成17年12月14～15日に、立木を一定の高さを残して伐採して、短い立木が残った状態で83例の実験を行った（今回報告）。なお、引き続き、立木を地際から伐採して、立木のない状態で実験を行う予定である。

平成16年の落石実験は、密度の高い林内で実施したために、側面、上方に設置したビデオカメラの解析でも、落石の経路を完全に追うことが困難であった。また、立木における落石が衝突した痕跡を調べると、落石が通過した箇所（最大幅18m）にある立木のほとんどに痕跡が生じており、その高さは、0.25～1.5m（平均0.6m）で、落石の跳躍高も2mを超えるものはほとんどなかった。そのため、平成17年は、1.5m～2.0の高さから立木を伐採して、下方からの見通しをよくして落石実験を行ったものである。

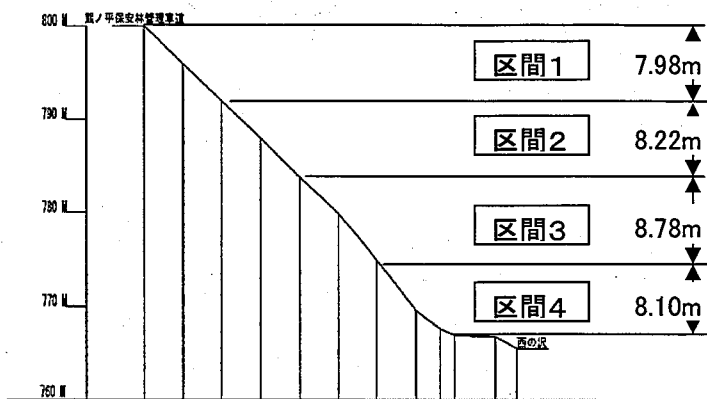


図-1 落石実験斜面の縦断面図



写真-1 平成 17 年の実験斜面

4. 実験の結果

平成 17 年に実施した落石実験の結果は、次のとおりである。

4.1 落石の立木への衝突と捕捉

83 例のうち、短い立木に当たらないで落下したのはわずかに 4 例 (5%) で、それ以外は複数回、短い立木に衝突した (平成 16 年 2%)。また、13%に当たる 11 例で立木に落石が衝突停止して捕捉された。一方、立木を伐採していない平成 16 年の場合は、38%が捕捉されており、衝突する立木の総重量の違いが落石の緩衝効果に現れたものと見られる。

4.2 落石の運動形態

高速度カメラの解析、観察によると、平成 16 年と同様に、ほとんどが回転運動・跳躍運動であり、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。

4.3 落石の速度

立木に落石が捕捉されなかった 72 例について、区間ごとに平均速度を求めたところ、自由落下の速度との比である残存係数 (α) は、0.05~0.67 であり、同じ高さを自由落下する速度 67%以下の速度であった。また、等価摩擦係数 (μ) は、区間 1~3 では落下するに従って大きくなるが、区間 4 では区間 3 より少し小さな値となった。等価摩擦係数の平均値は、0.65~0.84 (平成 16 年 0.66~0.87) 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、立木・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。

5. おわりに

森林内における落石実験の結果、立木・森林土壌の落石緩衝効果が高いことが判明した。また、立木による落石の捕捉が比較的高い確率で発生し、衝突した立木の総重量に左右されることが分かった。

今後は、本実験の成果を精査するとともに、森林内における落石実験を積み重ねて、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関東森林管理局群馬森林管理署等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) 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
- 3) 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
- 4) 櫻井正明ら：森林の持つ落石緩衝効果に関する実験的研究，平成 16 年度砂防学会研究発表概要集，p 452-453，2004
- 5) 櫻井正明ら：森林の持つ落石緩衝効果に関する実験的研究，平成 17 年度砂防学会研究発表概要集，p 252-253，2005