

森林路網の損壊が生じた斜面の特徴について

矢部 浩（鳥取県林業試験場）

I はじめに

鳥取県では平成 26 年 5 月に『とっとり森と緑の産業ビジョン』を策定し、平成 32 年度に年間素材生産量 38 万 m^3 を達成するという目標を掲げ、取り組みをスタートさせた。このビジョンでは、素材の増産に向け、生産基盤としての森林路網の整備を推進しており、森林路網の開設が増加すると見込まれる。一方で、近年は気候変動に伴う集中豪雨や台風災害が相次いでおり、山地災害の発生リスクが高まっていると考えられる。森林路網の開設が増加する一方で、災害を引き起こす豪雨も増えていることを考えると、今後、森林路網に起因する斜面崩壊等の災害が増加する恐れがある。

災害に強い森林路網の開設にあたっては、崩壊の発生しやすい危険地形を避けたルート計画が重要である。今回、既設森林路網の損壊箇所の地形的特徴から、山地斜面において崩壊の発生しやすい危険地形を明らかにしたので報告する。

II 調査方法

調査対象は、既設林道の切り取り法面における崩壊箇所及び法枠等の構造物が施工された箇所（緑化等による復旧箇所を含む）とした。調査箇所数は、227 箇所である。

現地において携帯 GPS 端末を用いて損壊箇所の位置情報を取得した後、損壊箇所の大きさ、周辺を含む地形・地質的特徴を調査した。また、損壊箇所の地盤が確認できる場所では、その風化度合いを記録した。なお、地盤の風化度合いについては、現地で簡易に判定するため、次のとおり 4 区分した。1：硬くてハンマーで打ち付けても割れない、2：硬いがハンマーで 2 つに割れる、3：ハンマーで粉々に砕ける、4：手で砕くことができる。さらに、15 地点において地下流水音探査装置（拓和 GAS-3A）を用いた地下流水音探査を行い、水みちの有無を確認した。測点は、損壊箇所とその前後 10～20m の範囲で、林道に沿うように設定した。現地調査で取得した位置情報を基に、当県で整備している森林 GIS システムを利用して現地調査で確認できなかった地すべり地形やリニアメントなどの地理情報を収集した。山地の微地形の判読にあたっては CS 立体図を用いた。CS 立体図とは、山地の微地形の判読を容易にすることを目的に戸田（2014）が開発した手法である。DEM を基に標高、曲率、傾斜を算出し、レイヤー毎に着色して重ね合わせる図法で、凸地形は赤色、平衡は黄色、谷地形は青色で表現される。標高、曲率、傾斜の計算は国土地理院（2011）による数値標高モデルを使用した。

III 結果と考察

損壊箇所の 97%が、路面から 4m以上の高さで発生していた（図-1）。また、高さ 6～8mで発生頻度が高いが、これはこの程度の法高の調査点数が多いため、高さ 6～8mで特に危険度が高くなる

ということではない。切取り法面の高さが 4m以上になると、斜面が不安定化して損壊が生じやすくなると考えられる。森林路網を開設する際は、斜面の切取り高さを可能な限り低くすることが望ましい。

損壊の多くは、地すべり地形、断層、地質境界、0次谷、崩積土で発生していた(図-2)。これらの危険地形は単独であることは少なく、調査地点の91%で重複していた。出現割合は、地すべり地形が79.3%、断層が63.9%と他の危険地形に比べ高かった。

損壊箇所における地盤の風化度合いをみると、風化度3以上の出現割合が97.6%であり、調査地のほとんどがハンマー若しくは手で碎けるほどに風化が進んでいた(図-3)。特に手で碎けるほど風化が進んでいた調査地は、全体の77%となった。森林路網における損壊は、岩盤が破碎され、風化の進んだ、強度の低下した場所で生じているといえる。

地下流水音探査法による水みち調査結果の一例を図-4に示す。地下流水音探査法では、取得した地下流水音の大きい場所を水みち経路と考える(多田ら2006)。損壊箇所及び損壊箇所に近接する危険地形の範囲に地下流水音のピークがあり、水みちの存在を確認することができた。他の調査地でも同様に損壊範囲内に地下流水音のピークが存在しており、損壊の生じた危険地形に水みちが存在していることが分かった。

以上の結果から、森林路網の損壊が生じやすい危険地形は、地すべり地形、断層、地質境界、0次谷、崩積土であり、これらの危険地形は、地盤の強度が小さく、相対的に水が集中しやすい場所であると考えられる。それぞれの危険地形の特徴は次のとおりである。

①地すべり地形：地すべり地形の移動体の中には2次すべりによる複数の小ブロックが存在する。小ブロックは、移動に伴って地盤が何度も破碎され、地すべり移動体の中でも特に地盤強度が低下した、損壊が生じやすい部分と考えられる。今回の調査でも地すべり地形で発生した損壊の74%は小ブロックに該当していた。路網計画にあたっては、地すべり小ブロックを地形図やCS立体図から見つけ出すことが大切である。

②断層：断層では、断層に沿って損壊が発生するのが特徴的であった。断層は破碎帯を伴って直線的に続いていくので、断層に沿って路網を開設すると、断層面の粘土層や破碎面を連続的に切り取る

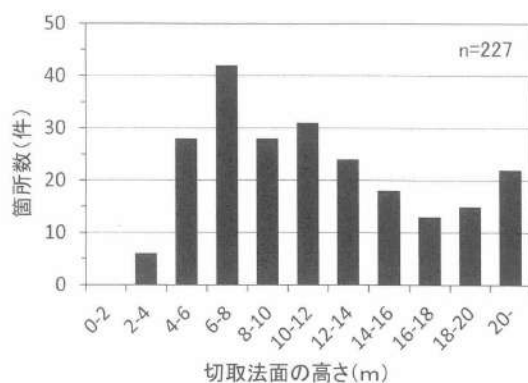


図-1. 切取法面の高さ別損壊箇所数

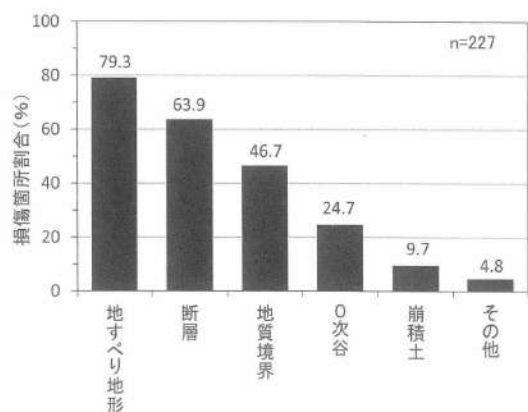


図-2. 地形的特徴別の損壊箇所割合

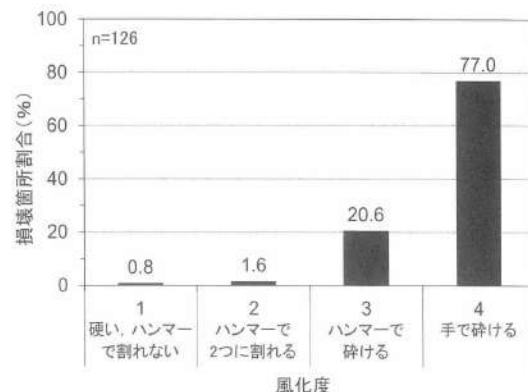


図-3. 風化度別の損壊箇所割合

ことになり、損壊が発生しやすくなると考えられる。断層は、リニアメント（鞍部や尾根の傾斜急変部、谷や尾根の屈曲部を結ぶ直線的な地形）として地図上で判読できるため、地すべり地形と同様に路網計画にあたっては、読図により見つけ出すことが大切である。

③地質境界：異なる2つの地質があれば必ず強度や透水性などの物性値が異なる。透水性の違いから、地質境界が透水境界となり、水が集中しやすい。強度の弱い地質面に水が集中するため、崩壊しやすい条件が揃っている場所と考えられる。路網計画では、地質図によりその位置を把握することが大切である。

④次谷：次谷は、侵食前線である遷急点を内部にもち、崩壊土砂が堆積している。集水地形でもあり下流側に湧水点を持つことから、非常に不安定な斜面であるといえる。路掘開設に伴う掘削により不安定度が増して損壊が生じやすくなると考えられる。CS立体図では、薄い青色で表現されるため、判読によりその位置を確認することができる。

⑤崩積土：崩積土は、上部斜面の崩壊した土砂や角礫が堆積して斜面を形成した場所である。比較的緩い斜面を形成することもあるが、内部は土砂がルーズな状態で堆積しているため、非常に不安定な斜面である。掘削により斜面の傾斜角度を乱すと、斜面が安定するまで法面の崩壊や落石が発生し、森林路網の維持管理が継続して必要となる。CS立体図では、色の濃い斜面から色の薄い斜面に変化する遷緩線から続く緩斜面で、白くもやがかかったように表現されるため、判読によりその位置を確認することができる。

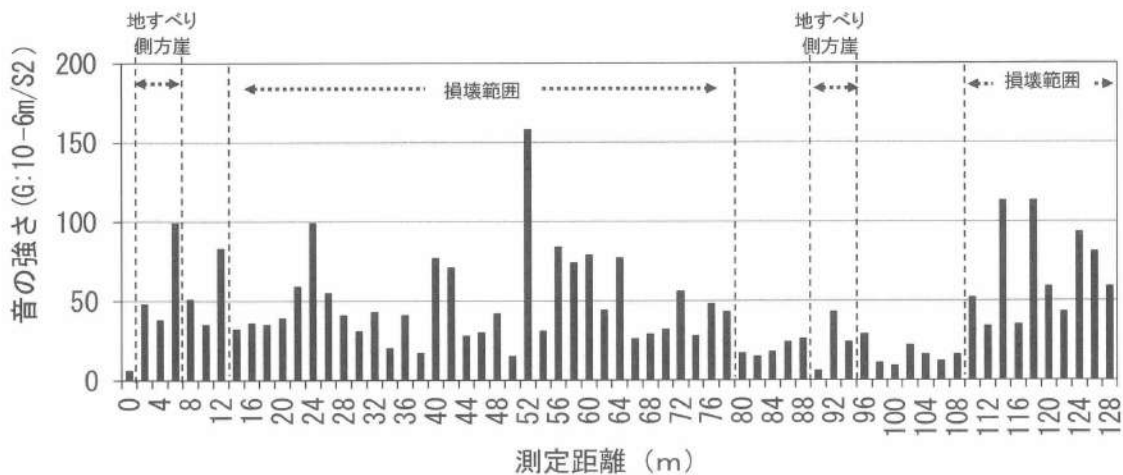


図-4. 損壊箇所における地下流水音探査結果の一例

IV 多雪地帯における現地指標について

危険地形では、水の集まりやすさから湿潤を好む植生の出現や、地盤の変位に伴う立木の変形などによってその位置や危険度を判断することができる。ここでは、損壊調査で最も出現頻度が高かった地すべり地形における立木の変形について述べる。

斜面の滑動がみられる地すべり地形では、立木が時間の経過とともに倒伏していく。立木の鉛直方向への成長に伴い、この倒伏は修正されるため図-5に示すように樹形に地すべり地形独特の変形が現れる。このような立木の変形が集団的にみられる場所では、立木の生育期間内に斜面の滑動が生じ

たか、現在も滑動が継続している地すべり地形であることが推測できる。また、立木の変状が大きいほど、斜面の滑動量が大きいことを示している。ただし、地すべりによる樹木の変形と雪圧による樹木の変形は酷似しており、多雪地帯では判定が困難な場合が多い。地すべり地形と雪圧による変形を判定する際には、以下の点を考慮すると積雪による変形と判定でき、地すべりによる変形と区分することができる場合がある。

- ①根元に積雪の沈降圧による座屈痕跡がある。
- ②最大傾斜方向に向かって傾斜している。
- ③最大積雪深よりも高い位置での変形はみられない。ただし、樹幹部が途中で二股以上に分岐するなど冠雪害の痕跡がある場合がある。

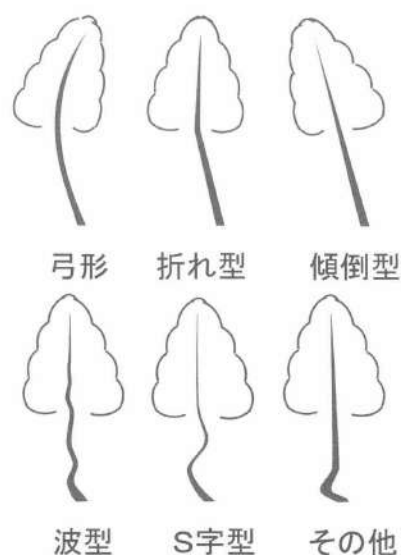


図-5. 斜面変動箇所における樹木の変形
三田(2004)の図に加筆修正

V おわりに

今回の調査結果から森林路網開設に係る注意事項は次のとおりである。

- ①森林路網の開設に注意を要する危険地形は、地すべり地形、断層、地質境界、0次谷、崩積土であり、これらは地盤の破碎・風化が進んだ強度の低い不安定な地形である。路網を計画する際は、地形図や地質図、CS立体図による判読からその位置を確認する。
- ②危険地形において地形の改変を行うと、より不安定な状態となるため、森林路網を開設する際は、危険地形を避け、安定した斜面に計画する。
- ③危険地形を通過しなければならない場合は、斜面の切取りを最短の距離とし、切取り高は可能な限り低くする(高さ4m未満が望ましい)。また、切取り勾配を緩くしたり、法面保護、構造物の設置などにより、法面の長期的安定性を考慮する。
- ④危険地形は、相対的に水が集中しやすいので、構造物を設置する際は、水の流れを止めないよう排水について考慮した工法を選択する。

引用文献

国土地理院(2011):国土交通省国土地理院ホームページ. 基盤地図情報サイト

<http://www.gsi.go.jp/kiban/index.html>

戸田堅一郎(2014):曲率と傾斜による立体図法(CS立体図)を用いた地形判読. 森林立地 56(2) 75-79

多田泰之・藤田正治・堤大三・小山 敢・河合隆行(2006):地下流水音によるみち経路の推定. 水工学論文集No.50:283-288

三田和朗(2004):樹木の変形を利用した崩壊危険斜面の検出. 第2回土砂災害に関するシンポジウム論文集:155-160