

九州の森と林業

独立行政法人 森林総合研究所 九州支所

No.84

山地の斜面崩壊地の地下構造を調べる

山地防災研究グループ 浅野志穂

1. はじめに

山がちな日本列島では狭い平地に多くの人々が暮らしており、その生活圏は山地や丘陵地に接近しています。このため山地や丘陵地周辺で崩壊や地すべり等により大きな土砂災害が発生することがあります。特に九州地方は台風や梅雨末期の豪雨、梅雨や秋雨等の長雨などに伴って、土砂災害が毎年のように発生しています（写真-1）。崩壊や地すべり等の土砂災害の防止や減災のための対策は現在も行われているところですが、より効果的に行うためには危険性の高さを客観的に評価する技術の向上が重要です。

崩壊や地すべり等の土砂災害の危険性は、災害の発生するメカニズムと要因に基づいて評価することが必要です。崩壊や地すべりは、斜面の土や岩がある深さを境に斜面から分離して、大きな塊のままあるいはバラバラになって下方へ流れ落ちる現象です。これは土や岩の塊を斜面下方へ押し下げる作用が、そ



写真-1 山地斜面の崩壊例（宮崎県鱈塚山山系）

れに抵抗する作用を上回った時に発生します。斜面下方への作用として、重力や地下水の水流の押し流す力などが代表的な要因であり、抵抗する作用として土の強さが代表的な要因です。各作用は斜面の勾配や雨の降り方、地下水の存在などの様々な要因の影響を受けるので、これら複雑な要因を精度良く調べることが災害の危険性を評価する上で重要となります。

2. 山地斜面の土の強さの分布を調べる

崩壊や地すべりの要因の内、降雨や斜面の勾配などの地形等は比較的精度良く調べることが可能です。特に降雨は近年予測精度が高くなり、崩壊の危険性評価に応用できるレベルになりつつあります。しかし一方で、土の強さ特に土層の厚さや強度の分布などの山地斜面の地下構造について、精度良く調べることは容易ではありません。

山地斜面は、一般的に地表から深くなるにつれて、軟らかい土から締まって硬い土、岩盤へとすることが多いですが、硬さの分布や土と岩盤の境など、場所によって性質が不均質に変化するので、実際に現地で調べる必要があります。

土の強さを調べる直接的な方法は、現地に必要な深さの土を採取し、試験機を使って強さを調べる方法です。この方法は土の強さが直接分かる点で優れていますが、試料採取が必要となります。地表から浅ければ人力で穴を掘削して試料採取することができますが、深い部分では重機やボーリングマシン（写真-2）など大掛かりな装備で穴を掘削する必

要があり、不均質な土の強さの空間分布を調べるためには、数多くの地点で穴を掘削し、多数の試料を採取して試験することが必要です。この方法では例えばある斜面の危険性を詳しく調べる場合、斜面全体で多数の試料を採取して試験することになり、これを様々な場所の斜面で行うことは現実的には大変難しい調査になります。



写真-2 ボーリングマシン

3. 振動の波を使って調べる

斜面の崩壊に対する強さの分布を調べるその他の方法として、ここでは表面波探査と呼ばれる調査手法を紹介します。この方法は直接的に土の強さを求める代わりに、地盤の振動の伝わる様子から土の強さを推定する方法です。地震など地盤を伝わる振動の波には、様々な成分が含まれています（例えば図-1）。この内S波と呼ばれる振動波は、伝わる方向に対して垂直方向に変形しながら伝わります。変形は地盤の硬さにより変わるため、変形しながら伝わるS波の速さと地盤の硬さには相関があることが、様々な試験より知られています（図-2）。この結果からS波の

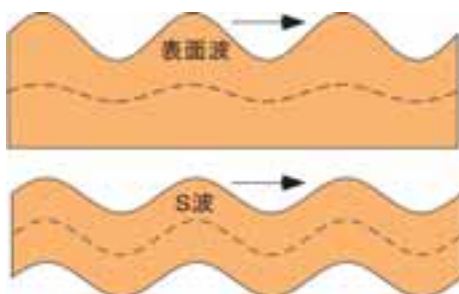


図-1 表面波とS波

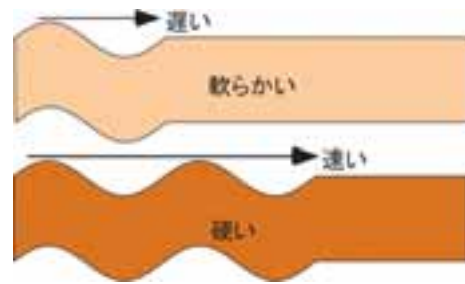


図-2 波の伝播と地盤の硬さ

速度の分布が分かれば、地盤の硬さの分布が推定できることとなります。しかしS波の速度を調べるには現地で大掛かりな装置が必要になる事もあり、より簡単にS波速度を求めるために開発されたのが表面波探査です。表面波とは地表面を主に伝わる波です（図-1の上）。表面波速度はコンパクトな装置で測定できる上、S波速度と相関が高い特徴があります。このため野外で表面波速度を調べておいて、その表面波速度からS波速度を求めて地盤の硬さを推定することができます。これまで表面波探査は主に造成地などで用いられてきましたが、今回崩壊地のある山地斜面への応用を検討してみました。

4. 火山地域の斜面の地盤構造

九州には現在活動中の火山が多く、中でも桜島は現在活発な活動を続ける日本でも有数の火山です。桜島火山の周辺は火口からの噴出物が厚く堆積していますが、これらは十分締め固まっておらず緩い地盤のため、豪雨時にしばしば斜面崩壊を起こします。崩れた土砂は土石流となって下流域に被害をもたらす可能性があるため、現在多くの対策工が行われています（写真-3）。

ここでは溪流沿いの斜面を対象に行った表



写真-3 桜島地区調査地
(写真提供、鹿児島森林管理署)

面波探査の結果を示します。探査は山の中腹部の溪流沿いの両岸斜面で行って比較しました（写真の赤丸部分）。調査した深さは地表から約10～12mです。探査で得られたS波速度の分布は図-3に示しており、赤～黄色は速度が遅く地盤が軟らかい、緑から青～紫色は速度が速く地盤が硬くなる傾向にあることを示しています。

結果を比較すると両者とも地表付近で軟らかく、深くなるほど硬くなる傾向を示しています。A斜面では地表から約8mの深さに硬い層で挟まれた軟らかい層（図の黄色部分）が見られました。A斜面のこの付近では、現地において地盤が僅かに動いた形跡が見られており、地下の軟らかい層が、地盤の動きに影響を与えていたと推定されました。このように地盤の強さの分布を様々な斜面で調べることで、崩壊の前兆ともなる地盤の動きの危険性を評価することができるように成るかも知れません。

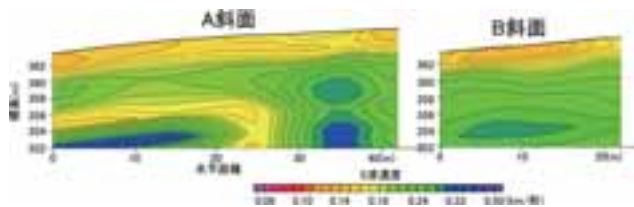


図-3 S波速度分布（桜島地区斜面）

わる途中で地表付近の軟らかい土層の中で増幅されて大きな揺れの力が生じることがあり、斜面の強さだけでなく、斜面を下へ滑らせる揺れの力を推定するためにも土層の分布や硬さを知ることが重要です。ここでは甚大な土砂災害が発生した新潟県中越地震時の崩壊地の調査例を示します（写真-4）。

崩壊は山頂直下の急斜面で発生して大量の土砂が下方へ流れ落ちました。その崩壊発生源付近で表面波探査を行い、土層の厚さを調べました。ここでは表面波探査によるS波速度が速い部分を岩盤、遅い部分を土層としています。結果を図-4に示します。これより表層の土層と下の岩盤との境界（図の赤色破線）が推定され、土層の厚さは約5m程度と比較的薄いことが分かりました。またS波速度の大きさから土層や岩盤の振動に対する硬さの度合いを推定することができました。これらの結果を使って、山地斜面の地震時の崩壊の危険度を評価する手法の研究を現在行っています。

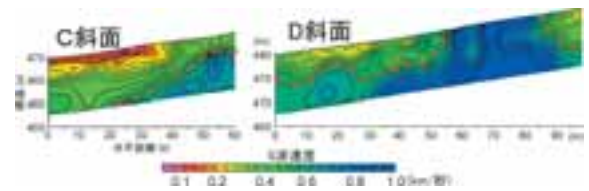


図-4 S波速度分布（地震時崩壊斜面）

5. 地震による斜面崩壊地の地盤構造

近年山地斜面の崩壊や地すべりなどの土砂災害を伴う大きな地震が各地で発生しており、九州においても福岡県南西沖地震、鹿児島県北西部地震等の大きな地震の時に、山地斜面で崩壊などの土砂災害が発生しています。地震による崩壊は、地震の揺れの力によって発生しますが、地震の揺れは、地下深部から伝

6. おわりに

山地斜面の地盤構造の特徴を知ることが、防災の観点からも大変重要です。ここで紹介した調査方法は、地盤構造を調べる手法の一部であり、各地の場所の特性に合わせて、様々な手法を選択し組み合わせて調査することが必要です。それらのデータを積み重ねることで、山地を取り巻く生活圏における災害防止の技術の向上を目指しています。



写真-4 中越地震時の斜面崩壊
（写真提供、落合博貴）

参考文献

- 浅野志穂、玉井幸治、宮縁育夫、清水貴範、落合博貴（2008）：火山域における地盤特性推定のための表面波探査の適用について、九州森林研究，61,128-130。
浅野志穂、落合博貴、黒川潮、岡田康彦（2006）：山地における地震動の地形効果と斜面崩壊への影響，日本地すべり学会誌，42（6），1-10。

土壌シリーズ (12)

表層グライ系赤黄色土 (g R Y)

沖縄本島に分布する土壌の紹介の3回目は表層グライ系赤黄色土です。現地名で「フェイチシャ(灰土)」と呼ばれるこの土は、本島北部の山地・丘陵地の主に尾根部に分布しています。生成プロセス・水湿条件により、表層グライ化赤黄色土 (gRY_{I-II}) と表層グライ灰白化赤黄色土 (gRY_{bI-II}) に区分されます。小さい記号のIとIIは灰色または灰白色の層の明瞭度合いを示します (Iの方が明瞭)。

この写真は、沖縄県林業試験場南明治山試験地内の、標高90m付近の尾根部に分布する表層グライ灰白化赤黄色土 (gRY_{bI}型) です。この付近はスダジイやリュウキュウマツを主体とした二次林となっています。写真の1番上の黒い部分は、細かく分解された植物遺体と土粒子が混じり合ったHA層で、その下にこの土壌型に特徴的な非常に堅く粘土画分の少ない灰白色のA_g層が確認できます。2つの層とも層位の境界が直線的ではなく、根に沿って数ヶ所で下層に入り込んでいるのがわかります。

土壌断面の大部分を占めるB層は、上部の黄色い部分 (黒白の帯3つ分:30cm)、中部の赤褐色の部分 (20cm)、下部の黄褐色の部分 (10cm) に分かれます。B層中部の赤い部分は粘土や鉄分を多く含みますが、大部分は現在白くなっているA_g層から移動、集積したものと考えられます。

表層グライ系赤黄色土は、赤色土・黄色土と比較して養分に乏しく、透水性・保水性ともあまり良好ではないことがわかっています。この土の分布域はスダジイ等の広葉樹の生長が良くなく、また土壌侵食を受けやすい性質を持っていますので、伐採は極力避ける方策が必要です。



写真-1 表層グライ系赤黄色土の土壌断面

土壌断面調査にあたり、沖縄県森林資源研究センターに全面的なご協力をいただきました。ここに記して感謝いたします。

森林生態系研究グループ 大貫靖浩

森のセミナーへようこそ！！

立田山森のセミナーは、森林を身近に感じていただくために、森林のいろいろなことについて、分かりやすく説明するセミナーです。

今年度も、開催日・テーマが決まり次第ホームページ等を通じてお知らせしますので、どうぞお気軽に参加してください。

平成19年度に開催した森のセミナーの様子



食用キノコのはてな－菌類科学応用技術の紹介－
（独）科学技術振興機構の補助事業）
平成19年10月13日（土）



森を測る
（創立60周年記念一般公開時に開催）
平成19年11月17日（土）



どのくらいの雨まで、木の下で雨宿りできるか？
（創立60周年記念一般公開時に開催）
平成19年11月17日（土）



森林土壌のいろいろな働き
平成20年1月19日（土）

森の展示館へようこそ！！

森の展示館では、以下のようなコーナーを用意しています。学習の場として、どうぞお気軽にお越しください。（入場無料）

各コーナーの紹介

【図書】 樹木、野鳥、昆虫など図鑑をはじめ、森林や林業に関する図書、研究成果集などを閲覧できます。

【学習】 森で見つけた木の葉や虫などを、マイクروسコープを使って観察できます。実体顕微鏡や拡大鏡もあります。

【きのこレプリカ（複製）】 「オニフスベ」などのレプリカを展示しています。

【はく製・標本】 タヌキなどの森林動物、きのこ凍結乾燥標本、材鑑標本（木の幹の標本）などを展示しています。

【特設展示】 最近の研究成果や現在進めている研究に関連した内容を展示しています。



案内看板（右上は拡大画像）



館内の様子（ホームページでも紹介しています）



開館日：土・日曜日、祝日
（年末年始を除く）

時間：9：30～16：30

無料

連絡調整室から

(1) 「九州地区林業試験研究機関連絡協議会研究担当者」が、平成20年5月12日（月）から15日（木）に、当支所において開催されました。

九州の森と林業 No.84 平成20年6月
編集 独立行政法人
森林総合研究所九州支所
〒860-0862 熊本市黒髪4丁目11番16号
TEL (096) 343-3168
FAX (096) 344-5054
URL <http://www.ffpri-kys.affrc.go.jp/>

再生紙を使用しています。