

Lecture

現場で役に立つ地すべり工学 第3回 Key points in field work for landslide engineers No.3

3. 地すべり発生時の対応

Immediate measures against landslide

阿部真郎／奥山ボーリング株式会社
Shinro ABE／Okuyama Boring Co., Ltd.

キーワード：地表踏査，地すべり，すべり面

Key words：field reconnaissance, landslide, slip surface

3.1 地表踏査 その1

3.1.1 踏査時の着目点

(1) 踏査の目的

地すべり発生時の踏査は地すべり災害の発生機構を早急に解明し対策を講ずるための初動調査であり，緊急を要し，また危険が伴う。その点で通常の地表地質踏査とは大きく異なる。

地すべり発生時における踏査の主な目的は次の3点に集約される。

- 1) すべり面の把握と発生機構の推定
- 2) 変動範囲もしくは危険範囲の把握と危険度の判定。
- 3) 調査および対策工計画の為の基本資料の収集。

地すべり調査で最も重要なものはすべり面の掌握であり，地すべり発生時の踏査の目的も全く同様である。すべり面の把握なしでの地すべり対策工計画は非常に困難なものであり，その効果も期待できないことになる。そのため踏査は常にすべり面の把握を念頭にいて行うこととなる。すべり面は次の本格的な調査で明らかにすれば良いというのでは無く，この踏査で少しでも手がかりをつかむという姿勢が重要である。

変動範囲および危険範囲の把握や危険度の判定は避難体制などの確立には不可欠であり，当然調査位置や数量，また対策工計画の種別・数量・位置・施工順の判断資料としても重要となる。

本格的な調査および対策工は，踏査が終了次第開始する場合が多い。調査・対策工の計画は踏査の後の卓上でまとめることになるが，その大枠は現場内で検討し，また決定しておくべきである。

地すべり発生時の踏査は以上の3点を常に念頭にいれ，踏査の最中に自問自答しながら仮説をたて，それを証明し，またはそれを壊してまた仮説を構築することを繰り返しながら行うことになる。すなわち，初動調査においては地すべり機構の60%程度を掌握し，その後の調査はその仮説の正否をひとつずつ確認するぐらいであるという意気込みが必要である。勿論自らの仮説を覆す勇気が大事であることはいふまでもない。

(2) 踏査の対象，範囲およびルート

1) 踏査の対象

地すべりの踏査では次のような事象に着目する。

地表の変状（滑落崖，陥没，段差，亀裂，隆起などの位置・方向・変位量・頻度），地表水・地下水（湿地，沼，沢，湧水，家庭用の井戸などの位置・量・水質・温度），地質・地質構造（地質，地層の走向傾斜，断層，褶曲，風化・破碎状況など），既存の地すべり調査・対策工施設の変状，構造物の変状（家屋など建築物，道路・水路・堰堤などの土木構造物など），植生異常（樹木の曲がりなど）など。

2) 踏査範囲とルート

踏査範囲は次のような条件を満足するように決定する。

- ・現在地すべりが変動している範囲，拡大する可能性がある範囲，および地すべりによる被害が及ぶ可能性のある範囲。すなわち，地すべり変動や地すべり変動の影響を被ることが明らかに無いという根拠が得られるまでの範囲。
- ・地すべり地の斜面は必ず斜面最上部の尾根まで，場合によっては尾根背面まで踏査する。
- ・地下水の供給源となるような貯水地や池，沼，湧水，湿地などがある部分。
- ・対策工によって影響を被る可能性のある範囲，すなわち切土や盛土，河川や道路の迂回，堰堤などの施工に伴って影響を受ける可能性のある範囲。
- ・基本的な地質，地質構造が把握できる範囲。すなわち，地すべり地の基本的な地層や走向傾斜などが確認（想定）できる範囲。

踏査ルートは次のような点に留意して設定する。

- ・重要な兆候を見逃さないために，ジグザグの踏査ルートをイメージする。
- ・複数人で踏査を分担する場合でも，最終的に担当者には必ず全ルートを確認する。
- ・水路や道路およびその付帯構造物，また家屋，施設などの構造物全般の確認。
- ・可能な限り地すべり地に向かいあう反対斜面から全景を望む。踏査前での全体像の確認や踏査ルートの

設定、踏査後のブロック再確認など非常に有効である。

(3) その他の留意点

地すべり発生時の踏査では、将来その地域の住民生活と深く関わることになる地すべり調査や対策工を考慮した観察が必要である。

そのため、次のような点にも留意すべきである。

- ・家屋の土台や建物の変状に関しては、将来補償などの検討が必要となる場合がある。地すべり調査と併せて記録を残すためにピンなどを設置し変化を計測しておくことが望ましい。
- ・家庭や工場などで使用されている井戸の水位や流量、掘削時の地質などは地すべり地の地下水や地質の情報を与えてくれる。
- ・家庭や工場で使用されている井戸水や湧水、沢水などは流量や水質を確認しておくことも必要である。
- ・対策工や仮設設備を計画する上で土地使用状況や樹木（特に植林）の状況、下流域での魚の養殖池などの有無、さらには生活用水への影響を確認しておく必要がある。

また、踏査時の安全面で注意が必要なものとしては

- ・既存集水井や排水トンネル内の調査は、酸欠やガス中毒の危険性があるため、検知機や送風施設の設置、命綱の携帯など万全な対応を準備してから行う必要がある。
- ・落石や崩壊の危険性がある急崖下、水垢や苔が付着してすべりやすい既存水路での踏査では過去にも重大な事故が発生している。また地すべり地には蜂や蛇、山ひる、熊、さらに漆の木など我々にとって危険な生物や植物が多く生存している。ヘルメットを着用することは当然として、半袖や半ズボンなど皮膚を出すことは極力避け、周辺に細心の注意を払いながら行動しなければならない。

なお踏査と平行して、過去の地すべりに関する古文書、書籍、論文、言い伝え、新聞記事を収集しておくことも地すべり解析には有効である。当然、図面や航空写真は不可欠である。

3.1.2 地形の変状

地すべりに伴って地表面は、すべり面の凹凸や強度、移動土塊を構成する物質とその強度、地すべりの移動方向や移動速度および移動土塊へ作用する応力の方向と強さ、移動土塊と不動土塊もしくは他の移動土塊との接触状況などによってさまざまな形状を見せる。地すべり地でよく見られる地表面の変状としては、亀裂、段差、隆起、沈下などで、これらが組合わされて滑落崖、陥没帯、末端隆起、さらには圧縮もしくは引張りや横ずれ亀裂などの形状として確認される。また地表面の変形に伴って二次的に形成された沼や湿地、湧水、沢なども地すべりによる地形変状といえる。これらの変状は地すべりの内部構造を推察する上で重要な指標となる。

地すべりに伴うこれらの地形変状の詳細は既に刊行されている多くの研究書（山田ほか1982；地すべりに関する地形地質用語委員会, 2004など）を、また地形変状と地すべりの内部構造との関連性に関しては当講座の3.3節を参照していただきたい。

ここでは地すべり踏査の主目的である「すべり面」および「変動範囲・危険範囲」の把握と「調査・対策計画」を念頭に置いた地形の変状を対象とした実務的な踏査に関して述べることにする。

(1) すべり面の確認と推定

すべり面は地形変状から直接的に確認できる場合と、間接的に推定される場合とがある。踏査時にはそれらを総合的に検討して、その深度や形状を推定する。

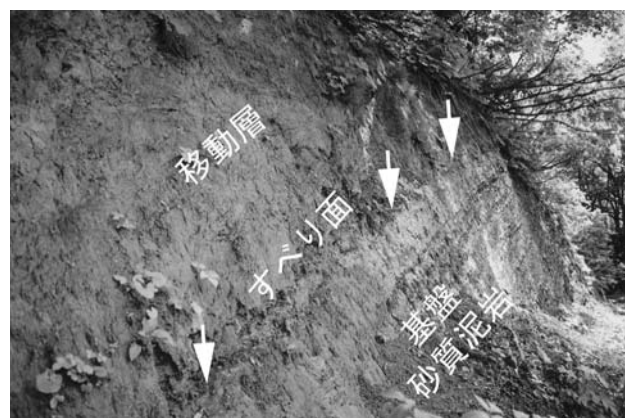
1) 地表での直接的な確認事例

- ・河川沿いの斜面に出た末端部のすべり面（写真－1）。
- ・地すべり地側面の露頭に見られるすべり面（写真－2）。
- ・地すべり頭部や側崖に見られるすべり痕跡（擦痕）。この場合の側崖は急傾斜である（写真－3）。

2) 間接的なすべり面の推定事例



写真－1 河岸斜面の途中に出たすべり面
すべり面から湧水しているのが見られる（山形県大蔵村）



写真－2 地すべり地の側面に見られるすべり面
（山形県大蔵村）



写真-3 地すべり側崖に見られるすべり痕跡（擦痕）
壁面に見られる擦痕の傾斜はすべり面の傾斜とほぼ同じもの
と思われる（福島県いわき市）



写真-4 地すべり末端部の隆起（秋田県島海町）

- ・ 末端部の隆起（写真-4）や斜面のはらみだし、押し出し粘土（写真-5）。
- ・ 斜面途中や河岸などで、湧水地点が連続するような地点（写真-1，写真-6）。
- ・ 末端のすべり面が河床下を通して対岸に現れる際の変状（写真-7）。

すべり面に関しては前述した地表の変状の他に、すべり面が形成されやすい地域的な特定の地層を確認しておくことや、地すべり地の対岸斜面の地層状況から推察できる場合があること（図-1）、地層の傾斜とすべり方



写真-5 地すべり末端部の押し出し粘土
地すべり末端部ですべり面から押し出されて河川に出てきた粘土（矢印）（山形県大蔵村）

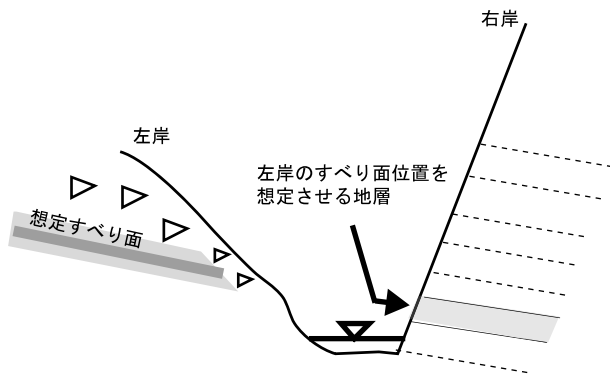


写真-6 斜面途中に見られる湧水を伴ったすべり面。
ここでは横方向に連続して確認される（秋田県五城目町）



写真-7 川底を通過して対岸に隆起したすべり面。
地すべり地の主体は川の左岸側（写真では右側）
（秋田県島海町）

向の関連性など地質・地質構造をも考慮してすべり面の深度、傾斜、形状を推察することが重要である。また、隆起などの地表変状から推察された末端部のすべり面の確認にはバックフオーや、オーガーでの掘削なども有効な手段となる（写真-8）。



図一 地すべり地対岸の地層から想定されるすべり面



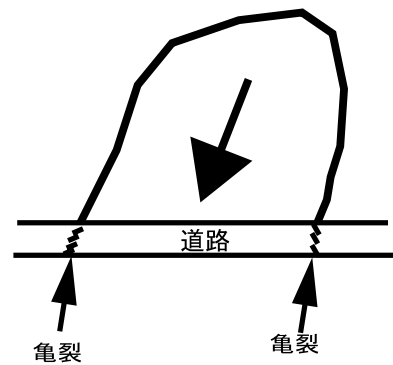
写真一 8 地すべり末端部のバックホー掘削で確認されたすべり面。すべり面は白色の凝灰岩質な粘土（秋田県島海町）

(2) 地すべり変動範囲の確認

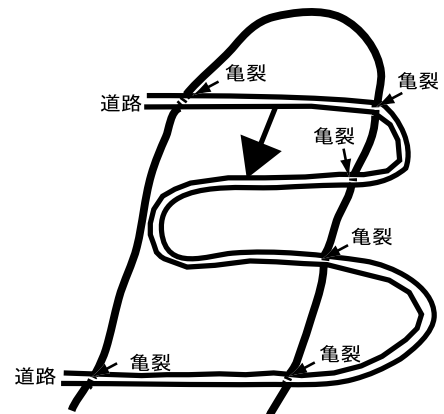
変動範囲を確認する作業としては地表面に現れた変状を追跡することが一般的である。しかし、地すべり踏査では、このような現時点での変動範囲の他に地すべり土塊の流動域や堆積域、さらには拡大域などの地すべり危険範囲をも想定し、そしてその危険度を検討することも不可欠である。

ここでは現在の変動範囲を追跡するための踏査に限定してその留意点を示す。なお、構造物の変状に関しては次回3.2節を参照願いたい。

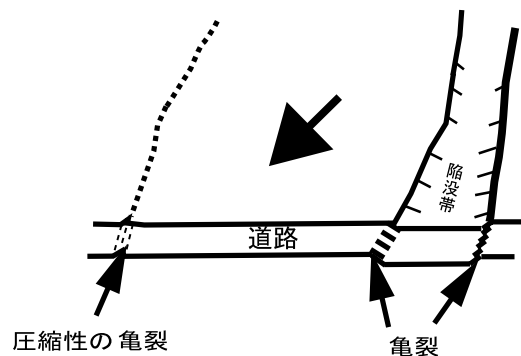
- ・地表で確認された亀裂は地すべり全体の移動方向、範囲、ブロックなどの決定に最も重要な指標となる。そのため、亀裂の方向や長さなどは必ず図面に記し、測量時には細かい亀裂も含めて正確に図示するよう指示する。
- ・閉じた亀裂、開いた亀裂、段差状況、横ずれ、雁行状や階段状などの形状の確認とその成因に関する考察（仮説）をその場で検討し記録する。
- ・道路が直線で限りなく長いと仮定した場合、道路に直交する地すべりによる亀裂は対になって道路へ発生しているはずである。大規模な地すべりの場合、この亀裂の間隔が1 km以上離れている場合もある。また大規模地すべりでは側面の陥没帯を小ブロック



a) 道路上に対に見られる亀裂



b) カーブの多い道路に見られる亀裂



c) 地すべり陥没帯と道路上の亀裂

図二 道路上に見られる亀裂と地すべり変動域

として認識してしまう可能性がある（図-2）。

- ・大規模な地すべりの中央部では平坦で変状が少ない地域がある。このような場合でもクラックなどわずかな変状が道路上に認められ（写真-9）、その背後に大規模な滑落崖が存在している場合がある。
- ・過去の記録や、住民からの聞き込みは重要な資料となる。しかし地すべりの知識を有してない者の判断した地すべりの範囲や亀裂の連続性などには思いこみや記憶があいまいである場合が多く、注意が必要である。

(3) 調査計画・対策工計画を考慮した踏査

- ・すべり面に沿って湧水している場合があることは前述した。このような場所はすべり面位置の確認の他

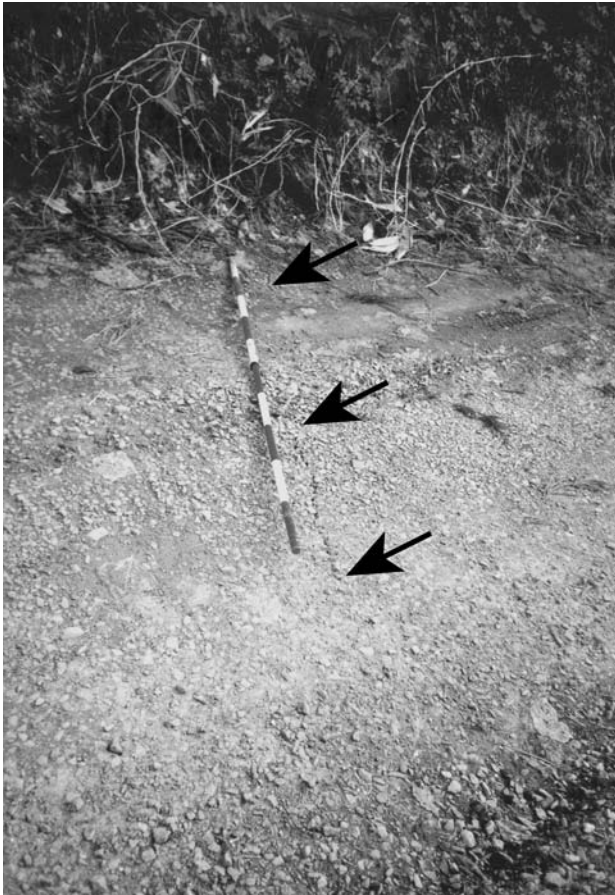


写真-9 地すべり地中間部に見られる道路上のクラック。
この地点でのすべり面深度は100mを越える（山形県大蔵村）

に、すべり面と地層および地下水の関連性を知ることができる重要な地点でもある。また湧水量や流量などは常に測定できる準備をしておくべきである。たとえばヘルメットなども使用できる。

- ・地すべり地で見られる沼には水の流入部や排出部の不明なものも多い。これらは必ずしも現在の地すべりと関連するとは限らないので十分な検討が必要である。
- ・湿地や沼は地すべり頭部の陥没凹地（写真-10）か、もしくは末端隆起の背面（写真-11）に形成されている場合が多い。特に地下水が貯留しやすい頭部陥没帯は地下水排除工の対象として重要である。
- ・鋼管杭やアンカー、切土、盛土などの対策工施工位置は地すべり地内の例えば圧縮域や引張域などの位置との関連性が検討された上で計画される。そのため、亀裂や段差の形状から地すべり地内の応力状況



写真-10 地すべり地頭部の陥没帯に形成された湿地
（秋田県鳥海町）



写真-11 地すべり末端隆起の背面に形成された沼
（山形県大蔵村）

や小ブロックの存在有無などを判断し、その結果を踏まえて対策工位置を決定することとなる。施工位置の決定には複数回にわたる慎重な現地踏査の裏付けが重要となる

参考文献

- 山田剛二・渡正亮・小橋澄治（1982）：地すべり・斜面崩壊の実態と対策，山海堂，572p.
地すべりに関する地形地質用語委員会（編）（2004）：地すべり－地形地質的認識と用語－，社団法人日本地すべり学会，318p.
（原稿受付2005年9月22日，原稿受理2005年10月22日）