

Lecture

現場で役に立つ地すべり工学 第4回 Key points in field work for landslide engineers No.4

3. 地すべり発生時の対応

Immediate measures against landslide

塚原俊一／日本工営(株)

Syunichi TSUKAHARA／Nippon Koei Co., Ltd.

上野将司／応用地質(株)

Syouji UENO／OYO Co.

上野雄一／日本工営(株)

Yuichi UENO／Nippon Koei Co., Ltd.

新屋浩明／日本工営(株)

Hiroaki SHINYA／Nippon Koei Co., Ltd.

3.2 地表踏査 その2

3.2.1 構造物の変状

地すべりによって、道路構造物、河川構造物、家屋、地すべり防止施設などに現れる亀裂、沈下、隆起等の現象は、最も明瞭に地すべり運動の特徴を示している。これらは、地山に発生する現象よりも風化しにくく長期間保存されるので、これらを詳細に観察し、その変状の程度を相互に比較すれば、地すべりの運動機構の推定も可能である。さらに、運動ブロックの区分やブロック頭部・末端部・側部といった形状も把握できる。これにより、効率的な調査計画を立案するとともに、活発な運動が継続している地すべりに対しては効果的な応急対策を指示できる。

(1) 地すべり頭部の変状の特徴

一般に引張変動による段差を伴った開口亀裂を特徴とする(図-1、写真-1)。

亀裂の状態により、すべり面勾配の推定も可能となる。例えば、段差を伴う場合と段差がなく単に開口している場合がある。一般的に前者の場合、地すべり頭部直下のすべり面形状が円弧で回転運動しているか、すべり面全体が比較的急勾配であると類推できる。後者の場合、地すべり頭部直下のすべり面形状は直線状で、すべり面全

体は比較的緩勾配であると類推できる。

①道路

道路が地すべり頭部に位置する場合、地すべり運動方向と直行した道路の変状は、道路縦断方向に延びる亀裂や沈下を特徴とする(写真-2)。

②擁壁や石積み

地すべりの引張亀裂付近では、基礎部の沈下によって生じた水平亀裂に富むことが多い(写真-3)。

③家屋

沈下によって扉・窓と柱の間に下開きの隙間ができる(写真-4)。

(2) 地すべり末端部の変状の特徴

一般に圧縮変動による縦亀裂を特徴とする(図-1、写真-5)。

地すべり末端部を観察する上で、次の点に留意しなければならない。1つは、末端部は地すべり運動の抵抗体となる部分であるため、頭部の変状より規模が小さいことであり、もう一つは、道路に隆起部が確認された場合、

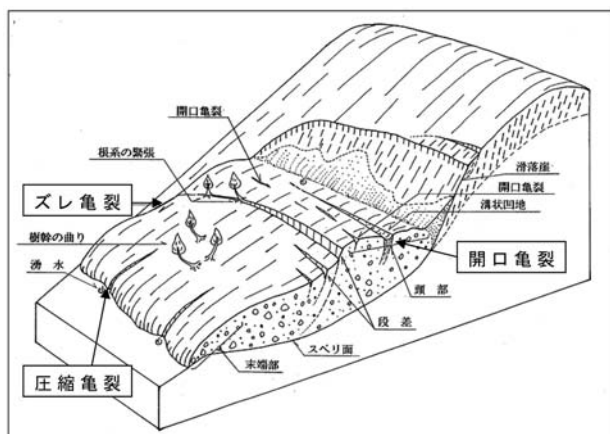


図-1 地すべりブロック模式図



写真-1 段差を伴う開口亀裂(地すべり頭部)



写真－２ 道路縦断方向に伸びる開口亀裂（地すべり頭部）



写真－３ 擁壁の水平亀裂（地すべり頭部）



写真－４ 傾斜した家屋（地すべり頭部）

ここにすべり面の末端を撥ね上げて設定することの危険性である。特に後者については、末端部は地すべりの大きな力を受け、圧縮ゾーンとして全体が膨らむ傾向にあるため、実際にすべり面が隆起部よりやや斜面下方まで延びていても、切土によって建設された道路付近に隆起現象が現れる場合が多い。すべり面の設定時には注意しなければならない。



写真－５ 土塊のせり出しと圧縮亀裂（地すべり末端部）



写真－６ 擁壁の起き上がり（地すべり末端部）

①道路

地すべり運動方向と直行した道路では地すべりによる変状は、道路横断方向に延びる圧縮亀裂や隆起、側溝の山側への回転や圧縮を特徴とする（写真－５）。

道路を横断する圧縮亀裂付近に道路縦断方向に延びる水平亀裂が混在する場合は、上部斜面からの押し出しによって下方斜面が抜け落ちる兆候の可能性もある。

②護岸・擁壁・石積み

押し出しによる起き上がりが生じる（写真－６）。また縦亀裂のみでなく、座屈やすべり面での剪断により水平亀裂が生じることも多い。

③法枠、モルタル（コンクリート）吹き付け押し出しによる隆起が認められる（写真－７）。

(3) 地すべり側部の変状の特徴

地すべり側部では、どのような構造物においてもせん断によるズレ亀裂を特徴とする（図－１，写真－８，９）。

この亀裂は単なるズレだけなのか、もしくは開口を伴うズレなのかを詳細に観察する必要がある。すなわち、一方の側部はズレだけであるのに対し、他方の側部は開口を伴うのであれば、地すべりブロックの横断形は非対称であり、すべり面深度はズレだけが認められる側へ偏って深くなっている可能性が高い。したがって、調査ボーリング測線はブロック中央部ではなく、ズレだけが



写真-7 モルタル吹付け部のせり出しと法尻の隆起（地すべり末端部）

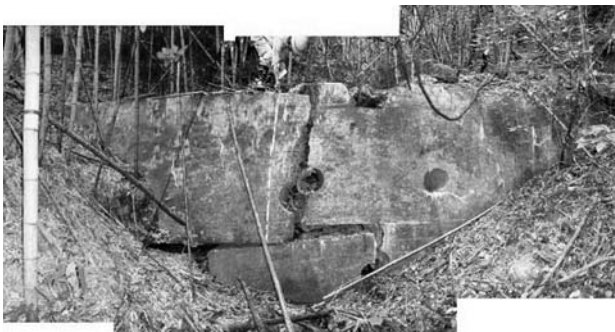


写真-8 堰堤のズレ亀裂（地すべり側部）



写真-9 擁壁のズレ亀裂（地すべり側部）

認められる側に設定する必要がある（図-2）。

（4）地すべり防止施設の変状の特徴

鋼管杭、アンカー、集水井などは、地すべり対策として地中に埋設された構造物であり、これらの変状によってすべり面深度を推定できる。

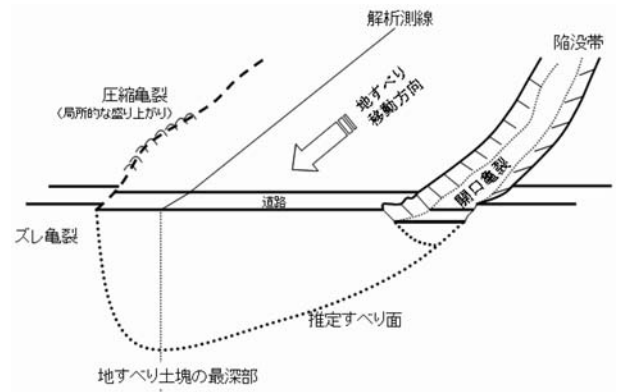


図-2 非対称な地すべり横断形



写真-10 斜面下方に傾動した鋼管杭

①鋼管杭工

杭頭が斜面下方へ傾動したり、あるいは杭山側に亀裂や陥没が現れたりした場合には、杭に設計荷重以上の力が作用し、杭が変形したと考えられる（写真-10）。この原因としては

- a. 地すべり頭部の位置の過少評価
- b. 想定以上の急激な地下水位の上昇による荷重の増加
- c. すべり面の誤認による根入れ長不足

などが想定される。なお、杭に変形は認められないが、地すべり運動が継続している場合、すべり面は杭根入れ部よりもさらに深部にあり、杭は地すべり土塊とともに平行移動していると考えられる。

②アンカー工

アンカー体注入に問題がないにもかかわらず、テンドンが抜け落ち垂れ下がっている場合は、すべり面の誤認による定着長不足、あるいは地下水の影響による定着部の地盤の劣化に伴う付着力の低下が考えられる（写真-11）。また、テンドンが明らかにせん断されている場合は

- a. 地すべり頭部の位置の過小評価
- b. 想定以上の急激な地下水位の上昇による荷重の増加

などが考えられる。なお、アンカー荷重が増加していないにもかかわらず、法枠に多くの亀裂が発生している場合には、すべり面はアンカー定着部よりもさらに深部にあり、アンカーは地すべり土塊とともに平行移動している



写真-11 破砕された頭部調整コンクリートと抜け出た tendon



写真-13 地すべり滑動で変形した排水トンネル工とボーリング室に溢れ出た地すべり土塊の一部

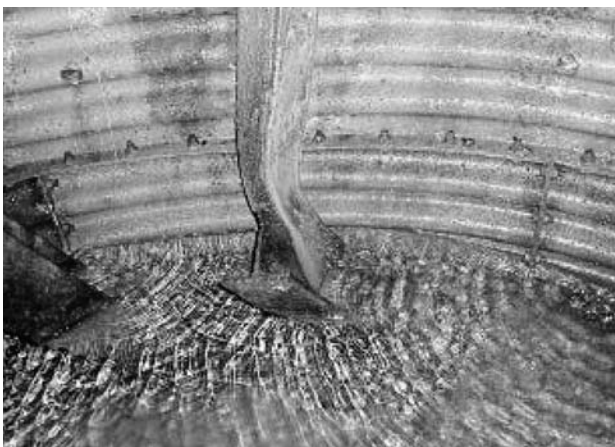


写真-12 すべり面で変形したパーティカルスティフナー



写真-14 地すべり滑動で傾斜した電柱

と考えられる。

③集水井

集水井の変形や集水横ボーリングの剪断状況によってすべり面の位置を探ることも出来る（写真-12）。

④排水トンネル

地すべり土塊ならびに不動岩盤の地質性状を観察するのに有効であると同時に、その変状の有無により、すべり面の位置を推定し得る場合もある（写真-13）。

(5) その他の構造物の変状

①電柱

電柱の傾動方向により、地すべりブロック内での位置関係を推測できる。電線の緊張や弛緩の状態によって、その場所は頭部に位置するのか、あるいは末端部か、また主クラックを跨ぐか、側面亀裂を跨ぐかといった情報も得られる（写真-14）。

②切土面、崩壊面

地すべり土塊の性状を知ると同時に、地質の判定も可能である（写真-15）。

③耕地

畑や水田の植生の列の乱れから地盤の変状の様子を識別できる。耕地が荒地化している場合は、過去の地すべ

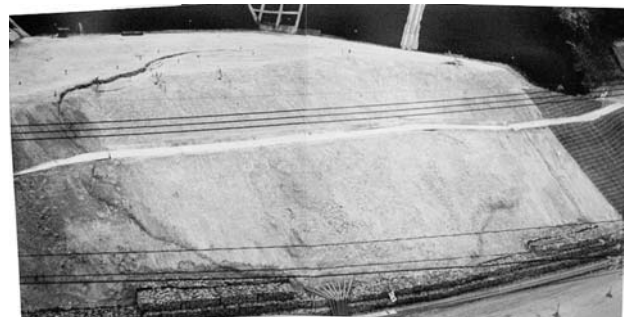


写真-15 地すべり滑動で変形した切土のり面

り運動の激しさを示唆していることもある。耕地が細分化されている場合も同様である（写真-16）。

3.2.2 植生の異常

地すべり変動は生育する植生にも影響を与える。緩慢な動きの地すべりと急激な動きの地すべりとは植生への影響に違いが認められる。緩慢な動きの地すべり変動では、短期的には顕著な植生の乱れを生じないが、長期的に変動が継続すると樹木の屈曲などを生じる。急激な動きの地すべり変動では、樹木の傾倒や根系の切断など



写真-16 地すべり滑動履歴を残した耕地

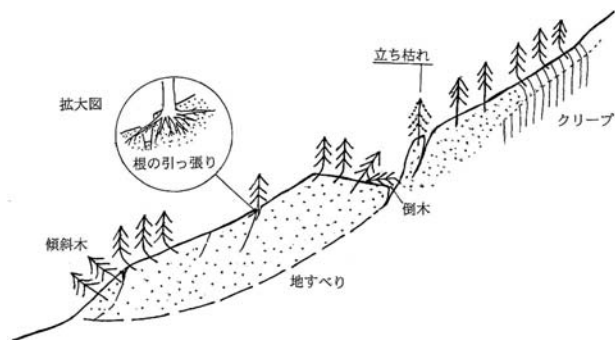


図-3 地すべりやクリープ変動斜面における樹木の屈曲・傾倒・立ち枯れ等の発生状況

植生に大きな影響を与える。しかし、地すべり変動が小康状態になり、時間が経過すると植生への影響は目立たなくなる。つまり地すべりの変動状況と時間の経過とが相まって、いくつかの着目すべき植生異常があらわれる。

地すべり地で見られる植生異常として、図-3に示す樹木の屈曲、樹木の傾倒、樹木の立ち枯れ、樹木の根の異常な伸び、を挙げることができる。これらに注意して踏査すると、地すべりの規模、運動形態、活動履歴等に関して参考になる情報が得られる。

(1) 樹木の屈曲

地すべり変動によって傾斜した樹木は、正常な直立位に戻ろうとして屈曲(写真-17)する。この際、屈曲部外側の年輪が幅広く成長する年輪異常を生じる。この部分は硬質で用材として加工しにくく、たとえ加工しても寸法が狂いやすいので「アテ」と呼ばれて嫌われている。

地すべりブロックでは広い範囲に樹木の屈曲が認められることが多い。特に地すべりの頭部や末端部に顕著であり、地すべり土塊の移動状況を反映して頭部では山側に、末端部では斜面下方に屈曲するものが多く認められる(図-3)。

屈曲した樹木の切り株にみられる年輪異常(アテ)から、樹木の傾斜時期や直立位に戻った時期を見積もれば、地すべり変動の活動的な時期を推定する手がかりになる¹⁾²⁾。

樹木の屈曲は、急斜面における表層のクリープや、積雪斜面における雪荷重によっても生じる(写真-18, 19)。



写真-17 地すべり地内での樹木の屈曲状況



写真-18 急斜面でのクリープによる樹木の屈曲状況



写真-19 積雪地における雪荷重による樹木の屈曲状況

これらの場合、斜面下方への屈曲は比較的広範囲に認められるので、地形条件等をあわせて考慮すれば、地すべりブロックと誤認することはない。



写真-20 急激な地すべり変動により傾斜した樹木



写真-22 滑落崖の長期的な変位に対応して成長した樹木の根



写真-21 地すべり頭部クラックの発生により傾斜して立ち枯れた樹木



写真-23 地すべりブロック内のクラックと根の切断や引っ張り状況

(2) 樹木の傾倒

急激な地すべり運動では多数のクラックが生じ、樹木は乱雑に傾斜し、根こそぎ倒れる場合も多い(写真-20)。樹木の傾斜の程度や方向を測定することによって、局所的ではあるが、土塊の変位状況を推定できる。

(3) 樹木の立ち枯れ

滑落崖付近ではクラックの変位は比較的大きいため、樹木の傾斜や倒壊が発生しやすく、根系の切断などによって樹木は立ち枯れる場合もある(写真-21)。立ち枯れないまでも、周辺植生に比して樹冠は明らかに不揃いになる。このような場合、対岸斜面などの遠方からでも滑落崖の位置を確認できることがある。

(4) 樹木の根の異常な延び

樹木の根は滑落崖やクラックにまたがって延びている場合もある(写真-22, 23)。地すべり移動と根の成長

が同程度であると、ピンと引っ張られた多数の根を観察できる。

地すべりの急激な運動によって、これらの根は切断される。このような場合でも過去の動きの有無をチェックする上では役立つ。また、引っ張られた根の方向を測定しておくと、地すべり移動方向を検討する際の参考になる。

参考文献

- 1) 上中博之・岡正範・佐藤進・小貫義男(1979): 岩手県二戸郡安代町赤川地すべり地の樹木年代学的研究, 地すべり, 第16巻, 第1号, pp.21~28
- 2) 菊池俊一・新谷融・清水収・中村太士(1992): 造林木におけるアテ材形成と地すべり変動履歴, 地すべり, 第29巻, 第3号, pp.1~9
(原稿受付2005年11月22日, 原稿受理2005年12月28日)