

岩盤地すべりに対する一考察

(株) ナイバ

○大川 義明
村上 雄治

1. まえがき

一般的な斜面の地質構成は、表層より崩積土などの未固結層、強風化岩、弱風化岩、新鮮岩よりなっている。斜面安定とりわけ地すべり現象を問題にする場合には、表層の崩積土が不安定なことは日常的に観察されるが、岩盤を含む地すべりは遭遇する機会が少ないためか、希少なものという観念がある。しかし、近年では山間部における土工や構造物の大型化に伴って、いわゆる大規模地すべり、古期地すべりなどと呼ばれるものも現在進行形で移動していることが確認できるようになった。一般に、四国地方の基盤岩は片理や節理などの発達が顕著で、これらの面構造が地すべりに大きく関与している。筆者らは、これらの面構造が流れ盤となり、かつ斜面下方が侵食された場合に岩盤地すべりが発生するという考えから、地形発達過程における地すべり発生機構について考察した。

多くの調査事例では、流れ盤斜面下部のキーストンが除去された状態にある斜面では、特定の深いすべり面で継続的に移動していることが確認され、これより浅い層の変形は比較的小さいことを示している。このため、深いすべり面に達しないボーリング調査では、現在停止中と誤認される恐れが大きく、深いすべり面の動態観測が重要である。また、建設工事等に伴う調査では表層部分の調査を行って、深い岩盤すべりについては考慮されない場合も多く、警鐘の意味で三波川結晶片岩地帯の調査事例を報告する。

2. 岩盤を含む斜面の安定機構

岩盤すべりでは「流れ盤」か「受け盤」かがよく問題視される。これらの斜面の取扱いについては、土質工学会(1967, 1975)などに述べられている。流れ盤の斜面は図-1に示すように、斜面下部のキーストンが除去された場合に不安定となり、すべり面の位置はキーストン下部を舌端として流れ盤の勾配で示される。また、地層が受け盤の場合は、横断節理面が流れ盤となるので、流れ盤として扱う必要が生じる。「受け盤すべり」では、横断節理面、(軸面)へき開面などが流れ盤方向に発達していることが確認できる場合が多く、流れ盤方向の割れ目が必ず関与していることである。図-2に地層が受け盤で横断節理面が流れ盤の場合を示した。

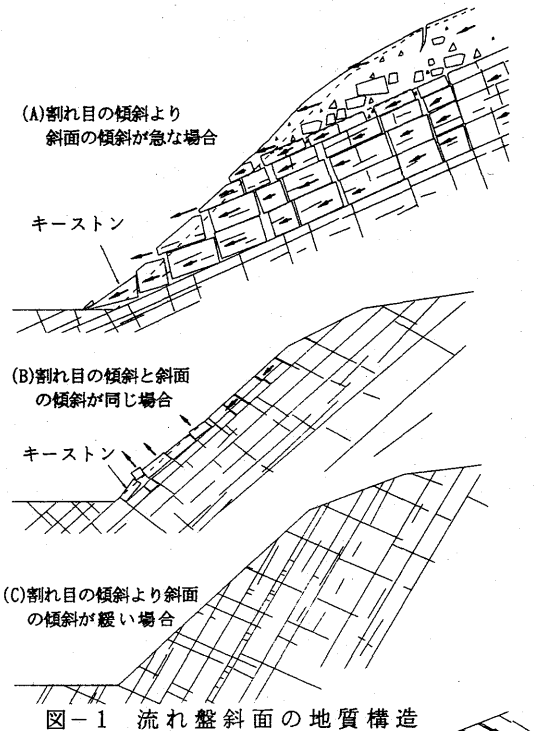


図-1 流れ盤斜面の地質構造

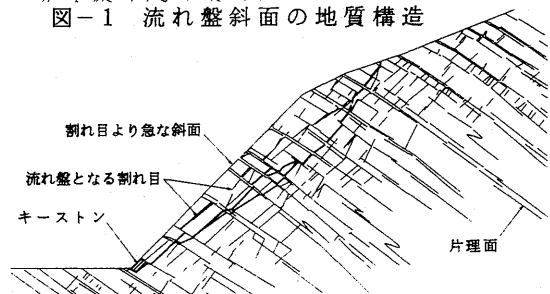


図-2 受け盤斜面における流れ盤節理

3. 調査事例

1) 流れ盤すべり

緑色片岩地帯における流れ盤すべりの例を示す。ここでは、1次谷～4次の谷が発達し、標高 500m未滿の地域で2次～4次谷の溪岸を舌端とする地すべりが多くみられる(図-3)。とくに、縮尺 1/25,000地形図に表現できる程の大規模な地すべり地形は2～4次谷に集中し、地すべり地形の側面は1次～2次谷となっていることが多い。これらの代表的な地すべり地形は図-4に示

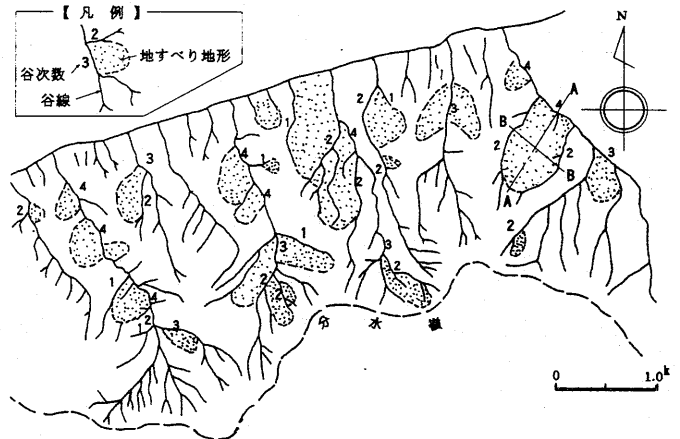


図-3 中起伏山地における地すべり地形

すように、側面(2次谷)および舌端部(4次谷)の溪岸が急斜面となり、その上部が緩斜面となる地形を有する。したがって、この溪床から遷急線までの比高が地すべりの厚さとなる。この比高は、2次谷、3次谷へと次第に大きくなるので、地すべり土塊(移動岩塊・岩盤)の厚さも次第に厚くなっている。また、地すべり土塊の性状も0次谷や1次谷を舌端とする地すべり地では崩積土や強風化岩よりなり、2次谷や3次谷では弱風化岩よりなる。また、1次谷を除く谷には溪床から比高10数m程度は新鮮岩が分布しており、第四紀後期に約10数mの下刻があったことを伺わせる。このため、溪岸を舌端とする場合でも、舌端の高さは溪床から10数m程度高い位置になり、湧水が多いのもこの付近である。このようなところでは、上部斜面からの崩積土で覆われることが多く、これが小規模な地すべりブロックを形成している。図-4の地区では、崩積土および強風化岩よりなる表層付近の変位は観測されているが、現在のところ深いすべり面の変位は検出されていない。

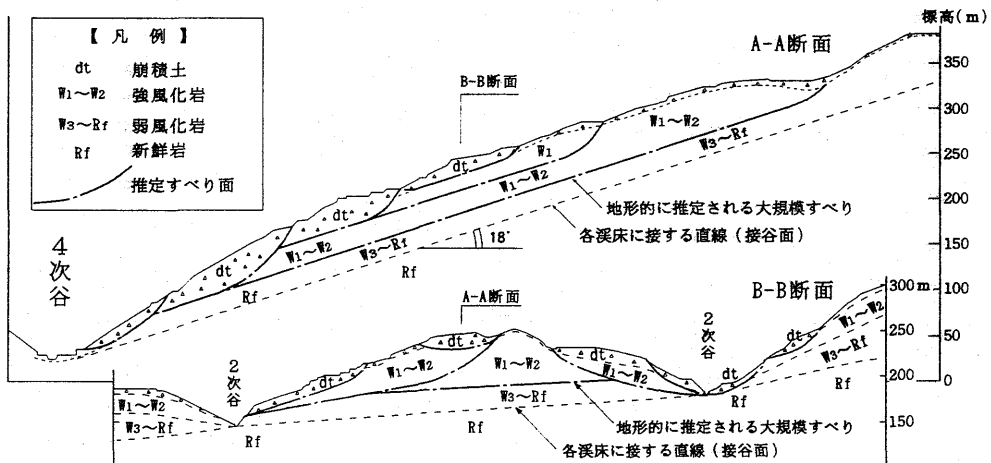


図-4 流れ盤地すべりの縦横断面図

また、四国地方の流れ盤すべりでも、舌端が溪床にまで及んだり、すべり面が溪床より深くなる場合も確認できる。図-5は起伏量の大きい石鎚山系北麓の4次谷に面する斜面である。ここでは、溪床付近に比較的堅硬な岩盤が露出しているものの、弾性波速度1.8~1.9km/secの層が硬軟混在の緑色片岩および黒色片岩よりなる。とくに、ボーリング調査では斜面下部に顕著な破碎帯が確認されたが、その他のボーリング孔

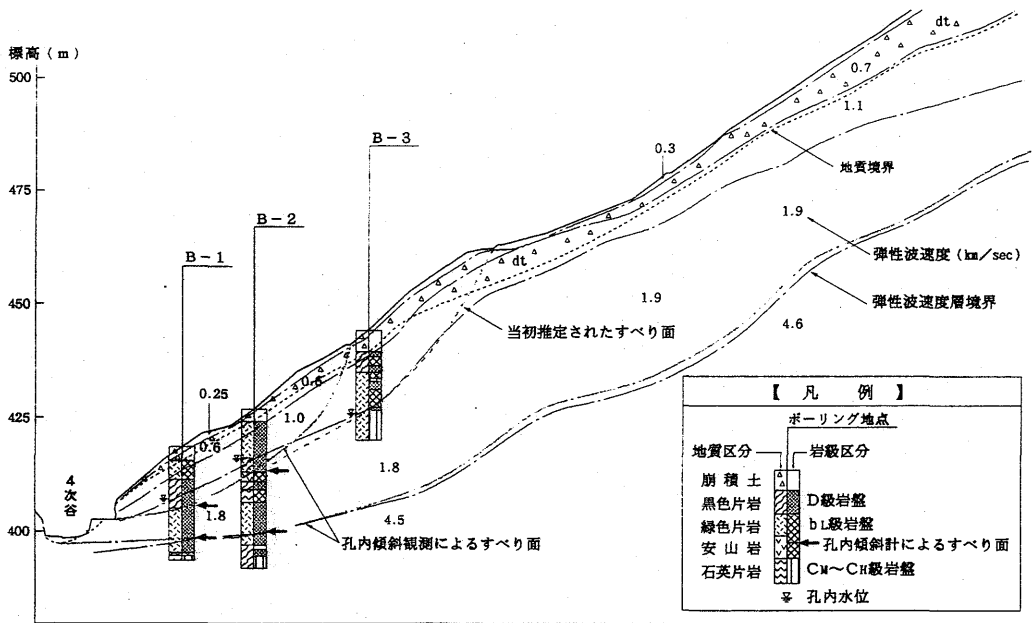


図-5 すべり面が舌端が河床に及ぶ深いすべり

では堅硬な岩盤が確認されたので1.0 km/secの速度層下面付近にすべり面を推定した。しかし、その後の孔内傾斜観測では、当初推定した箇所では極微小な変位が検出されたのみで、実際には4.5 km/secの速度層上面で顕著な変位が観測され(図-6)、B-3のボーリング孔では変位を検出することはできなかった。したがって、ここでは破碎帯状の岩盤が分布するものの、色調や風化という点では比較的新鮮な岩盤も移動している状況にある。ここで新鮮な岩盤とは、必ずしも堅硬ではないことに留意しなければならない。風化を受けていない岩盤

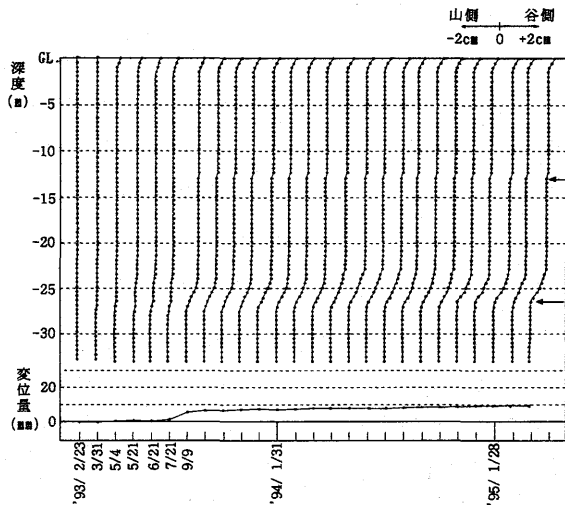


図-6 深い岩盤すべりの孔内傾斜観測結果

でも、一部の緑色片岩や黒色片岩などは、断層や応力開放などにより岩質的に脆弱化しているものがある。このような脆弱な岩盤は、地すべりに対して舌端部のキーストン(抵抗力)となり得ないと考えるべきで、御荷弁帯の地すべりも同様な傾向にあると考えられる。

2) 受け盤地すべり

既に述べたように、流れ盤方向の割れ目が必ず関与しているという点で、流れ盤すべりとして扱う必要が生じる。地層が流れ盤の場合は関与する割れ目が平滑な片理面等であるが、受け盤の場合には流れ盤方向の割れ目が連続性に乏しく、その面も粗いことが多いので摩擦係数が大きくなり、連続しない割れ目間の岩塊をせん断しながら滑動する。このため、すべり面のせん断抵抗が大きくなり斜面も急峻なことが多い。

図-7は黒色片岩を主とする受け盤の岩盤すべりである。模式図としているが、縮尺、勾配などはボーリング調査などの実測結果で表現している。ここでは、明瞭な滑落崖直下に厚さ5m未満の崩積土が残存する

ものの、下半部では地すべり土塊の堆積域を形成して15m前後の崩積土が分布している。しかし、深いボーリング調査結果では、斜面上半部で間隙の多い亜基岩が年間を通じて移動し、1994年の異常渇水時にも停止することはなかった。また、孔内傾斜観測によるすべり面は、断面図上で驚くほど直線的につながり、これがあたかも流れ盤すべりであるかの印象を与える。なお、ここで亜基岩とは、開口した割れ目が発達したり、流入土砂を挟在するなど広義のマスマーブメントにより移動した形跡のある岩盤で、転石群・岩塊・移動岩盤などをさしている。

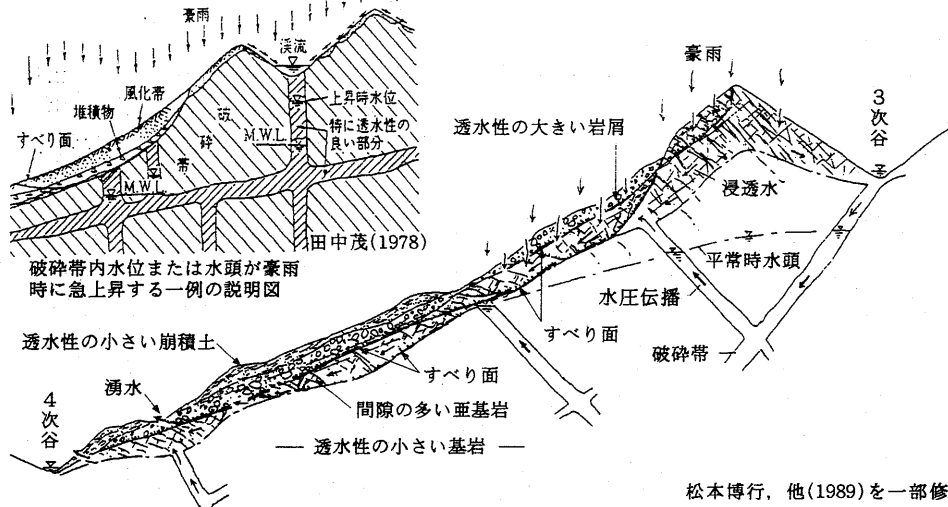


図-7 受け盤斜面における岩盤すべり模式図

4. 岩盤すべりの評価

地すべり地の多くは、過去に大規模なマスマーブメントが発生し、マスの乱れ具合や発生場所の地山の風化状況により地すべり土塊（岩塊）の性状が決定される。地すべり土塊が土砂状の場合には比較的容易に不動岩盤である基岩を確認することができるが、マスの乱れ具合が少ないものは見掛け上は岩盤であり、基岩との判別が困難であることが多い。土木地質の分野では深いボーリングをするのは稀であり、移動岩塊や亜基岩を確認するに留まっている場合が少なくない。しかし、実際に新鮮な基岩に達する調査を実施してみると、表層の崩積土や強風化岩の滑動より亜基岩の滑動が激しい場合も多いことがわかる。

筆者らは土質工学会（1967, 1975）などと同様に、岩盤すべりを流れ盤すべりと考えることにより、そのすべり面や安定度を評価できると考えている。すなわち、現地踏査では滑動面となり得る流れ盤方向の割れ目に注目して観察・計測し、これが斜面の傾斜より急であるか否かに要約される。また、その目安となる斜面の安定傾斜角は、すべり面のせん断抵抗角 ϕ ～残留強度 ϕ' に近いものと考えられ、筆者らの経験では、黒色片岩では25～27°前後、緑色片岩、緑色千枚岩などは岩質によって18～22°程度である。

<引用文献>

土質工学会（1975）；土質基礎工学ライブラリー12「切土ノリ面」

土質工学会（1967）；本州四国連絡道路に係る道路土工指針作成のための調査報告書，
本州四国連絡橋公団委託

日本道路協会（1986）；道路土工のり面工・斜面安定工指針

松本博行，藤田誠，大川義明（1989）；愛媛県中の川地すべりの地下水状況，近畿・中国・四国地区
第26回治山林道研究発表会論文集