

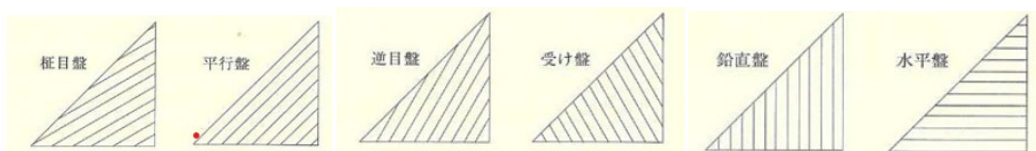
第六話 面構造と岩盤クリープ

写真一五 岩盤クリープによる座屈変形. 出典：千木良（2013）⁵⁾

6.1 面構造の重要性

写真一五は千木良著「深層崩壊」⁵⁾の口絵写真①である。この写真の表題は「台風モラコットによる台湾小林村の崩壊の前駆的岩盤クリープ」で、解説には「砂岩と泥岩の互層が右上から押され、左に突き出すように座屈変形した。この露頭は崩壊源の中心にあり、崩壊前の地表から約85mの深さにあった。」とある。筆者はこの写真を見て斜面の崩壊形態を理解する上で、面構造と岩盤クリープが重要なキーワードであると考えようになった。

広義の面構造には層理面、片理面、へき開面、節理面、断層などを含むが、片理面、へき開面のみを面構造とよぶことが多いとされる（千木良、災害地質学ノート¹⁾）。「砂岩と泥岩の互層」のような堆積岩盤では、層理面は堆積岩の地層と地層の境界で斜面崩壊に際して不連続面を形成することが多い。斜面の安定性を評価する上で面構造の重要性は、面構造の傾斜角と斜面の傾斜角との関係を示した図一66を見ると明らかである。



図一66 面構造と斜面の関係.

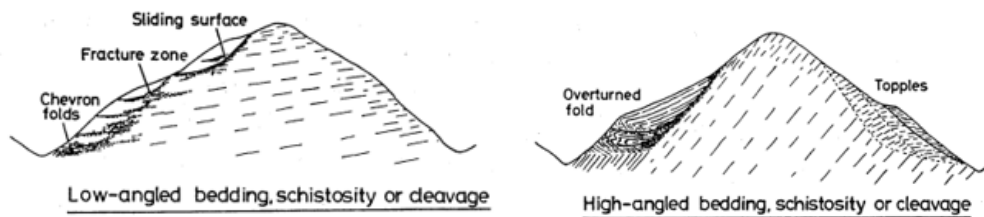
出典：千木良著災害地質学ノート¹⁾（原図の位置を並び替えている）

「柎目盤、平行盤、逆目盤の3類型を流れ盤と呼ぶが、狭義の流れ盤は柎目盤のこと」(千木良著災害地質学ノート¹⁾)とされるように、柎目盤は、いかにも斜面が面構造にそって崩壊しそうであることが直感的に理解できる。しかし、平行盤や逆目盤は、斜面の足元が拘束されているので狭義の流れ盤(柎目盤)と同様な崩壊形式を持つことはないであろうし、受け盤斜面の崩壊形式は、平行盤や逆目盤の崩壊形式とは異なるに違いない。

6.2 面構造と崩壊形式

実現象では平行盤や逆目盤斜面も受け盤斜面も崩壊する。そのメカニズムを理解するのに有効なのが岩盤クリープである。岩盤クリープは、「岩盤が連続的なすべり面を伴わないで、地表近くで重力によって徐々に変形・破壊する現象」と定義される(千木良著風化と崩壊²⁾)。

千木良(1985)⁶²⁾は、岩盤クリープはその現象自体が検知されることは少なく、岩盤クリープによって生ずる地質構造、岩盤クリープ性地質構造の理解が重要と指摘している。その上で、図一67のように岩盤クリープ性地質構造と基盤の層理面との関係を示す模式図を与えている。図左は層理面の傾斜が緩い場合で、すべり面、断裂帯、シェブロン褶曲が発生し、図右が層理面の傾斜が急な場合で、トップリングや横倒し褶曲が発生することを示している。このように層理面と斜面との関係によって崩壊形式も異なる。

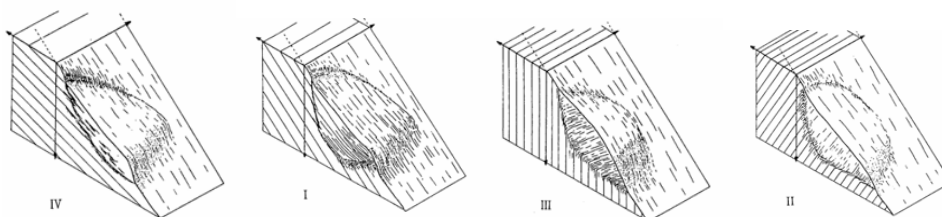


図一67 層理面と斜面勾配の違いによる崩壊形式の違い。 出典：千木良(1985)⁶²⁾

図一66 との関係からみると、図一67 左図は柎目盤の崩壊形式で、図一67 右図の左側は平行盤・逆目盤の褶曲、右側は受け盤のトップリングの崩壊形式に対応していると理解できる。

6.3 面構造と岩盤クリープ性地質構造

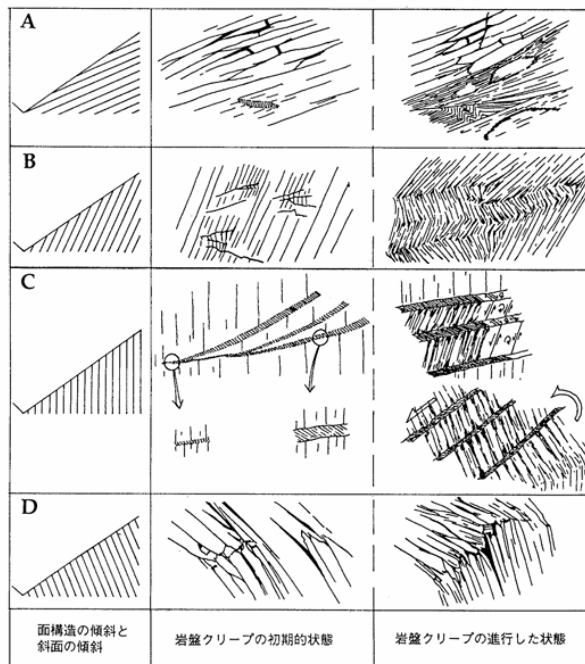
千木良(1995)(風化と崩壊)²⁾は、さらに面構造と斜面との関係に応じた岩盤クリープ性的地質構造の模式図を図一68のように示した。



図一68 面構造と岩盤クリープ性地質構造。 出典：千木良(1995)(風化と崩壊)²⁾

タイプ I は斜面上部ですべり、斜面下部で座屈、つまり折れ曲がって褶曲している場合、タイプ IV は片理面に平行なすべり面が形成される場合、タイプ III は地層が斜面下方に向かっておじぎをしている場合、タイプ II は、面構造が山側に傾斜している場合で、表層の岩盤が斜面下方に移動し、その底の部分で面構造の引きずりが起きているような褶曲である。

千木良 (1998) ⁶³⁾ は、面構造と岩盤クリープ性地質構造 (小構造) の発達の模式図を岩盤クリープの初期的状態および進行した状態に分けて図-69 のように描いている。



第2図. 面構造と岩盤クリープ性地質構造 (小構造) の発達の模式図.

図-69 面構造と岩盤クリープ性地質構造の発達の模式図. 出典: 千木良 (1998) ⁶³⁾

千木良の説明は下記の通りである。

タイプ A では、面構造は斜面表面で無拘束状態であるため、面構造に沿うせん断が至る所で起こり、岩石が平板状に割れて相対的にずれ動き、平板相互間に空隙が形成される。この変形が進行すると、岩石が薄い葉片となり葉片集合部が全体として破碎帯を形成する。破碎帯は初期には局部的にあちこちにでき、次第に斜面全体を横断するように連続して、岩盤クリープは岩盤すべりに移行していく。

タイプ B では、重力によって面構造に沿うせん断が起ころうとするが、斜面下方は拘束されているため、平板の座屈が起こる。一旦地層の座屈が起こると徐々に褶曲が成長し横倒し褶曲となる。

タイプ C のように面構造がほぼ鉛直に近く急傾斜している場合、重力は面構造に平行に近い方向に働いたため、面構造が密に発達しているとキンクバンドが形成される。キンクが発達するに伴

ってキンクバンド内部ではせん断が進み岩石の剥離性が強くなる。それとともにキンクバンドと反対のセンスのせん断が進み、岩石が次第に葉片状に剥離し、結果的に葉片の集合からなる山形褶曲が形成される。

タイプDのように、面構造が山側に急傾斜する場合、地層の谷側への倒れかかりが発生し、初期的には平板状の岩盤の曲げによる破断が生じる。倒れかかりが進むと岩盤は平板状に割れていく。

6.4 地形と内部構造

岩盤クリープによって斜面の内部構造が変化すれば、それを反映して斜面も変形するはずで、岩盤クリープによって形成される地形にも特徴が表れる。図-70は、地すべり地形、尾根を横断する凹地、凸型斜面、線状凹地と多重山稜について、地形と内部構造の関係を模式的に描いたものである。地形図と内部構造の関係を理解し、斜面を複眼的に理解できるようになりたいものである。

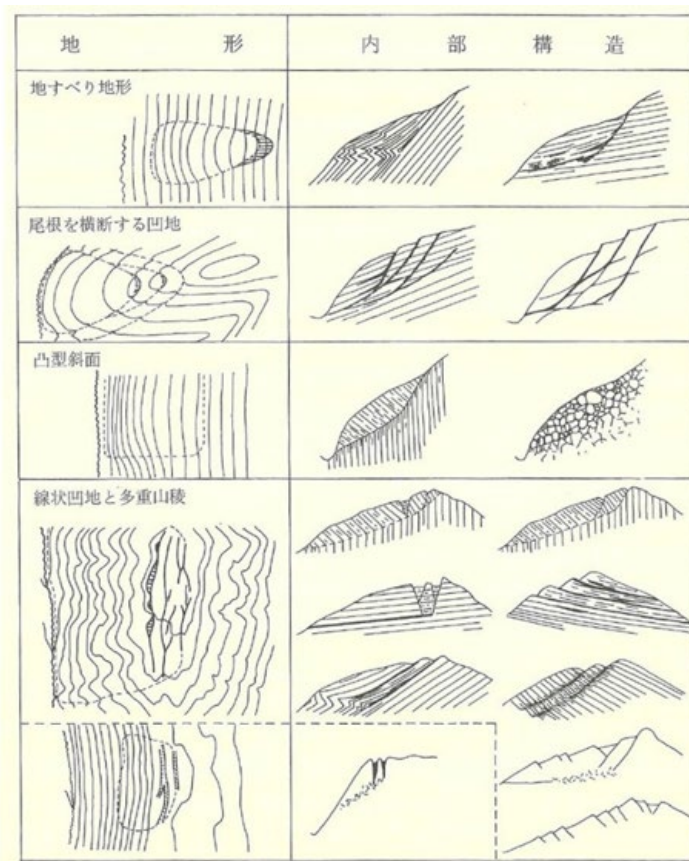
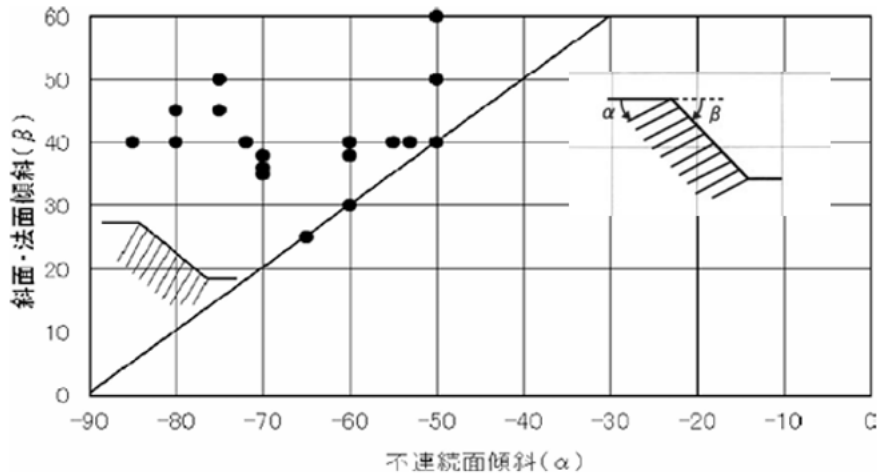


図-70 岩盤クリープによって形成される地形の特徴.

出典：千木良（1995）（風化と崩壊）²⁾

6.5 トップリング

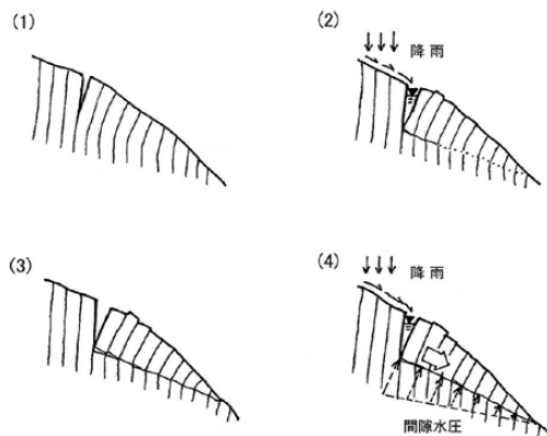
受け盤の崩壊形態であるトップリングについて、上野(2012)⁶⁴は自然斜面4事例、切土斜面14事例（施工中崩壊11事例、供用後崩壊事例3例）の合計18の崩壊事例を分析して、のり面・斜面傾斜角と分離面（層理面と考えておこう）傾斜角との関係を表す図一71を得た。



図一71 のり面・斜面傾斜角と不連続面傾斜との関係。

出典：上野（2012）⁶⁴（原図面に α 、 β の定義を加筆）

図一71 からトップリング崩壊形式は地層の面構造が50度～80度の高角度の受け盤構造で発生することが読み取れる。崩壊事例としては、降雨時に変形の進行や崩壊に至った事例が多く、雨水浸透による間隙水圧の発生が斜面の不安定化に大きな影響を与えているとして、上野はトップリングの発生から崩壊に至る過程を模式的に描いている（図一72）。



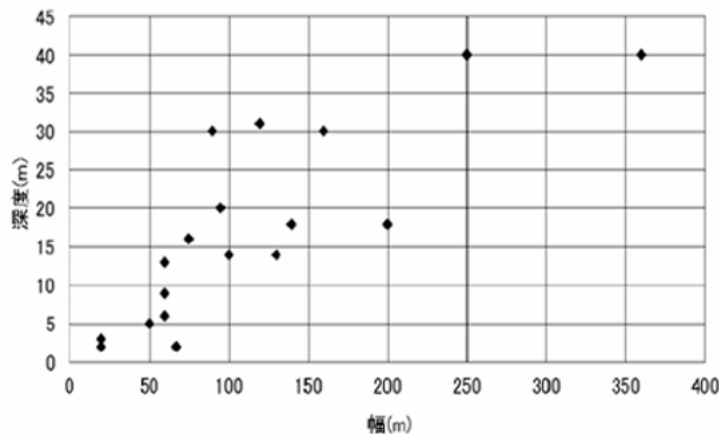
図一72 トップリングの発生から崩壊に至る過程。出典：上野（2012）⁶⁴

図一72 を上野は次のように説明している。(1) 切土や侵食で斜面・のり面の応力解放や応力バランスが崩れて不連続面が開口する。(2) クラックに雨水や地下水が流入して間隙水圧の作用で

トップリングが進行する。(3)降雨の影響が繰り返されてトップリング基底面の破断が連続する。

(4) トップリング基底面(破断面)全体に間隙水圧が繰り返し作用するようになり、不安定化が進んで崩壊が発生する。

トップリング型の崩壊の調査・対策を考える上で、トップリングの幅および深さの情報は貴重である。上野は図一73を示し、幅/深度の横断形状比は、地すべりの形状比の範囲(3.0~10.7)とほぼ同程度と述べている。



図一73 トップリング発生斜面の変状幅と深度の関係. 出典：上野(2012)⁶⁴⁾

この回を書き上げてしばらくたってから上野の経験知をベースにした「切土のり面の設計・施工のポイント」⁶⁵⁾が単行本として出版されているのを知ったので参考文献に加えておいた。

次回は、地すべりと流れ盤について述べる。

参考文献

- 62) 千木良雅弘(1985)：結晶片岩の岩盤クリープ(その2)——岩盤クリープ性地質構造——、応用地質、26巻、2号、25-37.
- 63) 千木良雅弘(1998)：岩盤クリープと崩壊——構造地質学から災害地質学へ——、地質学論集、第50号、241-250.
- 64) 上野将司(2012)：トップリングタイプ斜面変動の調査と対策、応用地質技術年報 No.31.
- 65) 上野将司(2004)：切土のり面の設計・施工のポイント、理工図書、104p.



バックナンバー

シリーズ 2

- No.19 2026年3月19日
- No.18 2026年3月6日
- No.17 2026年2月20日
- No.16 2026年2月6日
- No.15 2026年1月21日
- No.14 2026年1月9日
- No.13 2025年12月19日
- No.12 2025年12月5日
- No.11 2025年11月21日

シリーズ 1

- No.10 2025年11月7日
- No.9 2025年10月24日
- No.8 2025年10月10日
- No.7 2025年9月26日
- No.6 2025年9月12日
- No.5 2025年8月22日
- No.4 2025年8月 8日
- No.3 2025年7月25日
- No.2 2025年7月 4日
- No.1 2025年6月20日

