

P3. 三波川帯, 流れ盤地すべりににおける孔内カメラを用いた面構造の解析事例

Analysis example of the aspect structure using the borehole camera
in the landslide with the dip slope in the Sanbagawa belt.

○竹澤悠人 田村浩行 清水豊
上川弘 関英理香
(応用地質(株)四国支社)

1. はじめに

地すべりの調査は、ボーリングコアの観察と地中変位計測結果よりすべり面を選定し、水位観測結果を踏まえて機構解析が行われることが一般的である。しかしながら、地質構造と地すべり機構との関連を取りまとめたものは比較的少ない。これは、地表踏査による露頭構造の確認のみでは、地質構造の情報量が不足する点と、ボーリング孔内カメラを用いた調査等は費用の面を含めて一般に普及していないことによる。

ここでは、四国山地三波川帯の結晶片岩層に形成された地すべりを事例として、高品質ボーリングコア採取と孔内カメラによる孔壁撮影により、地すべり土塊、不動岩盤の地質構造を解析し、結晶片岩の構造と地すべりとの関係について取りまとめた結果を紹介する。

2. 本調査地の課題

調査地は、西から東へ流下する河川に面した地すべり斜面である。地質は三波川帯の泥質片岩・砂質片岩・塩基性片岩が分布している。これら片岩の層面片理は、流れ盤を呈する事が、地すべり周辺の地表踏査から明らかになっている。すべり面の構造は、既往調査の結果から層面片理に調和的であるとされている。しかし、変位すべり面が、特定の深度に形成される要因は不明確であった。本調査では、すべり面の素因となる面構造について、孔内カメラを用いた面構造解析から素因の推定を行った。

3. 調査方法

本調査では、気泡工法によるボーリングを実施し、高品質ボーリングコアを採取した。また、掘進作業に並行して孔内カメラによる観察を実施し、コア観察結果と孔内カメラ画像を関連付けて画像の解析を行った。孔内カメラ画像から読み取った構造は、タドポール解析とステレオネット解析の2種類の解析手法を用いて傾向を求めた。

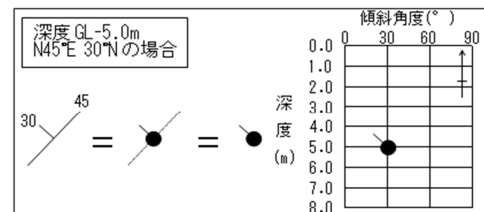


図 1. タドポール解析図凡例

タドポール解析は、縦軸で深度を、横軸で傾斜角を示した散布図であり、点についての「ケバ」は構造の傾斜方向を指している(図1)。この図は、深度方向に対する構造の変遷を整理するのに有効である。

一方、ステレオネット解析は、構造の法線の指す点を投影していく方法で構造の傾度を整理するのに有効な方法である。本稿ではシュミットネット投影図を作成して構造解析を行った。

4. 調査結果

変位すべり面は、泥質片岩内に認められ、泥質の細砂～シルトからなる基質部に同質もしくは珪質の細礫～中礫程度の垂円礫が浮いた構造を呈する。すべり面の下端境界は、周囲の層面片理に調和的であり、直下の岩盤部と非常にシャープな境界面で接する(図2)。層面片理の他に、軸面劈開、節理、白色脈等の面構造が確認されており、要素毎に面構造解析を行った。

タドポール解析図を図3に示す。図中左上の矢印は、地すべり斜面の最大傾斜方向を示している。「ケバ」の多くが矢印に同調していることから、構造の多くは、斜面傾斜方向に調和的な30°程度の流れ盤であることが分かる。すべり面の上部5m程度には、基盤部に比較して急傾斜の構造を呈する擾乱部が認められる。しかし、擾乱部

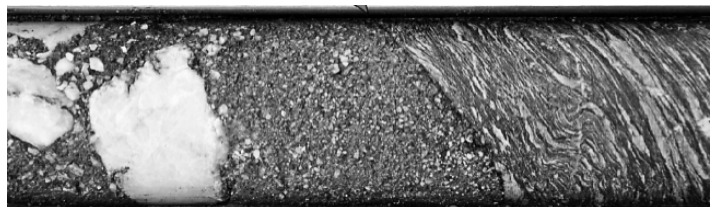


図 2. コアで確認されたすべり面の状況

より上部は、10m 厚程度で基盤岩構造に似た構造の連続性が良い部分が認められるほか、基盤内の傾斜に相似であることから、岩盤状の移動土塊が姿勢を保ったまま移動していると推定される。

以下に、本調査地で確認された各面構造の性状とタドポール、シュミットネットの解析結果を示す。

i) 層面片理

層面片理は、片状または板状にはがれやすい性質をもち、本調査地のような流れ盤斜面では、平滑な板状の露頭を形成する(図 4)。層面片理は、本調査孔で最も多く抽出された構造で N60° E 30° NW 程度に極が集中的に示された。タドポール解析結果では、基盤岩内と移動土塊の構造に大きな差異がなく、乱れの少ない状態で移動している事がわかった。また、シュミットネット解析結果では移動土塊、基盤共に N60° E 30° N 程度の構造が多い事が読み取れる。

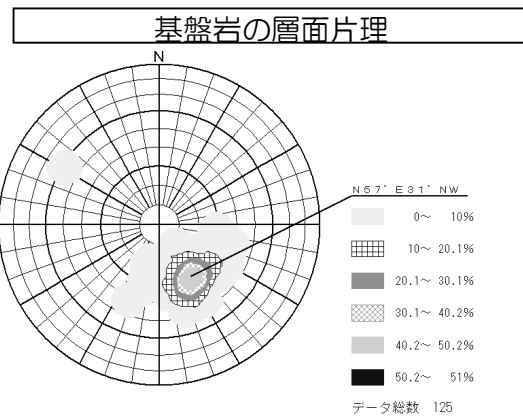
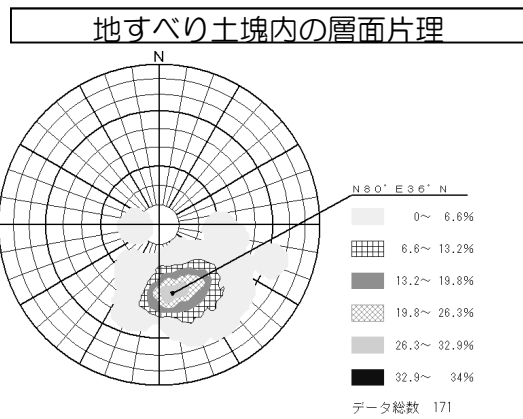


図 5. シュミットネット解析図 層面片理 (上・移動土塊, 下・基盤岩内)

ii) 軸面劈開 本調査地では、泥質片岩内に水平方向に近い姿勢の褶曲軸を呈する微褶曲が卓越している。面構造解析には、微褶曲によって形成された褶曲軸面が劈開として現れたものを使用した。構造は、層面片理に低角度で斜交し、水平～20° 程度の傾斜角を有す。傾斜方向は変化に富むが、流れ盤構造を有する割合が高い。図 6(右)に示した露頭では、 $\angle 30^\circ$ 程度で写真左側へ傾斜する層面片理に対し、低角で斜交する軸面劈開が数枚認められる。面構造解析結果から、層面片理に類似した流れ盤傾斜の構造と、走向方向で変化に富んだ傾斜角の緩い構造が見られる(図 7)。

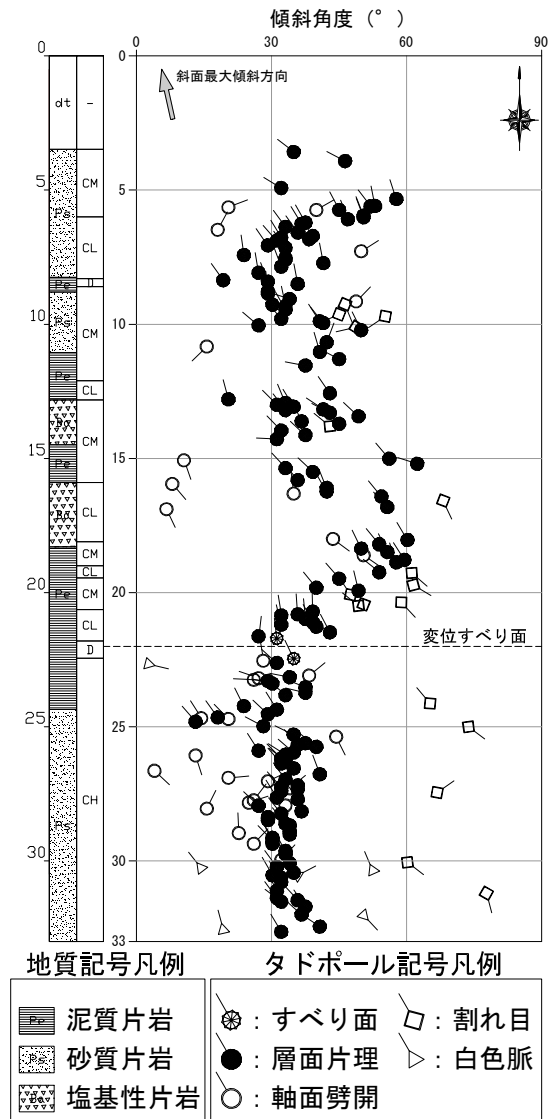


図 3. タドポール解析図



図 4. 層面片理(上・コア, 下・露頭)

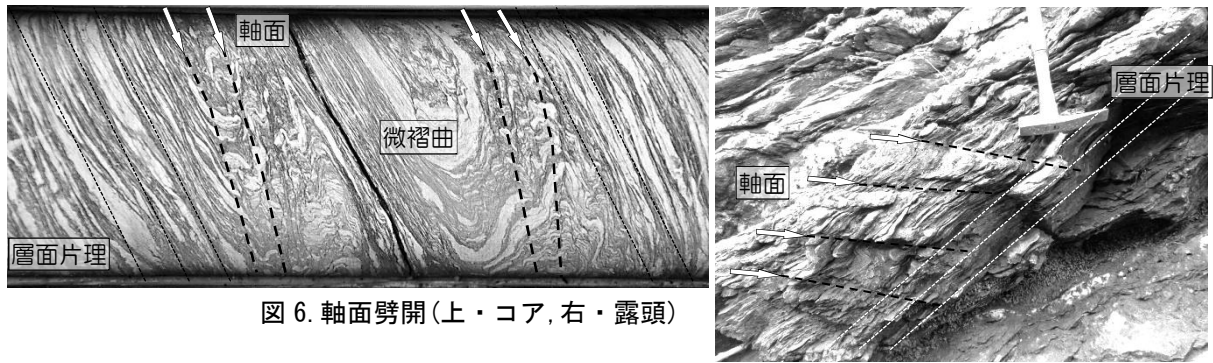


図 6. 軸面劈開(上・コア, 右・露頭)

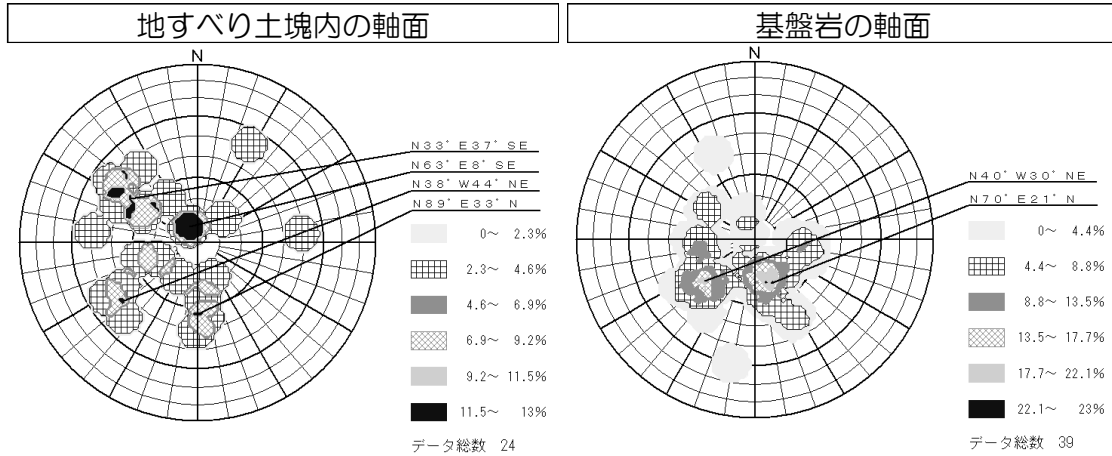


図 7. シュミットネット解析図 軸面劈開(左・移動土塊, 右・基盤岩内)

iii) 節理

節理は,層面片理や褶曲軸面に比較して高角度のものが多く,構造は2種類に

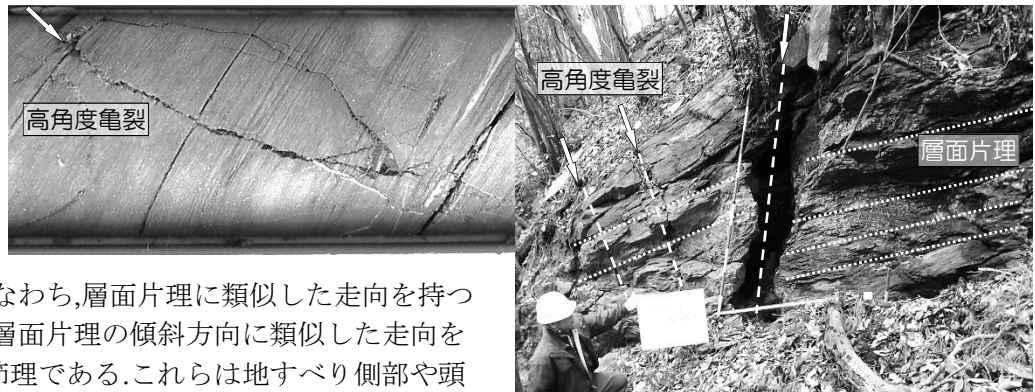


図 8. 節理(左・コア, 右・露頭)

大別される.すなわち,層面片理に類似した走向を持つ高角度節理と,層面片理の傾斜方向に類似した走向を有する高角度節理である.これらは地すべり側部や頭部の滑落崖等,移動土塊を鉛直に取り囲む構造として露頭でも確認される.当地区では,これらの節理によって方状岩塊が形成される.タドポール解析図では,傾斜角 60° 以上の範囲に,節理を示すマークが集中的に現れる.移動土塊内の節理の姿勢を示したシュミットネット解析図では,高角度節理の中で走向別に2系統に分けることができる.

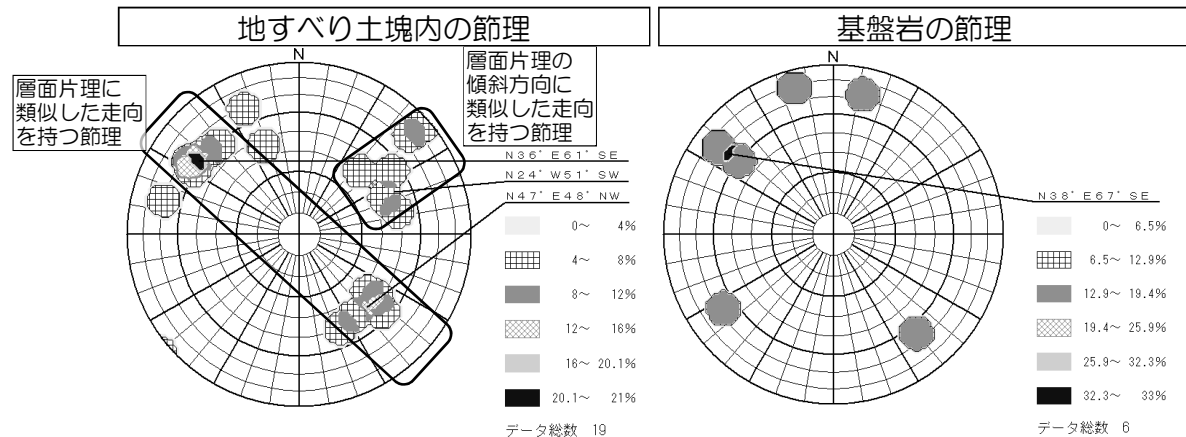


図 9. シュミットネット解析図 節理面(左・移動土塊, 右・基盤岩内)

iv) 白色脈

白色脈は石英や方解石を主体とする白色の鉱物脈である。風化領域の白色脈では、脈中の方解石が溶脱し、虫食い状の空隙や開口部を形成する。脈の配置は、層面片理に並行もしくは低角度で斜交するもの、高角度のものが確認された。

タドポール解析の結果、白色脈は、基盤岩内に多く見られ、傾斜は変化に富む。基盤白色脈は、既往の亀裂に沿って形成されやすく、シュミットネット解析の結果、集中的に現れた2つの構造は節理面と軸面劈開の構造に調和的である。

5. 考察

本地すべりの移動土塊は、タドポール解析結果により基盤岩の構造を残した岩盤状の移動土塊であると推定される。また、斜面に並行な流れ盤構造を呈する層面片理が顕著で、他にも微褶曲に伴う軸面劈開や節理等、分離面となり得る弱層が伏在することが明らかになった。

地すべり末端部での踏査では、すべり面と推定される破碎帯が確認され、当該露頭では破碎部と岩盤との境界面は、層面片理と軸面劈開の2面に規制されていた。また、拘束圧の低い地すべり側部の地表では、層面片理と軸面劈開を使用して数枚のすべり面に分岐していることも確認された。

本地すべり地におけるすべり面は、底の大部分を斜面に並行な層面片理の構造によって規制されている。しかし、すべり面の一部では、軸面劈開の構造によってすべり面が屈曲もしくは分岐しているものと想定される。また、地すべりの頭部や側部の形状を規制している高角度節理は移動土塊内で普遍的に認められることが孔内カメラの観察結果から分かった。

6. まとめ

孔内カメラ観察によって面構造解析を行った結果、層面片理以外にも軸面劈開や節理がすべり面の形成に寄与していることがわかった。これにより、従来の地すべり形状の推定により詳細な根拠を加えることができた。

地すべりがどのような地質的背景のもとに形成されたかを究明することは、今後の地すべりの活動性を推定する上で重要であり、活動性の検討は対策工法を検討する上でも重要である。確度の高い解析・検討を行なうためには、基礎資料の充実が必要不可欠である。

参考文献

- ・狩野謙一・村田明広(1998) 構造地質学. 朝倉書店, 298p
- ・青矢陸月・横山俊治(2009) 日比原地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅). 産総研地質調査総合センター, 75p.

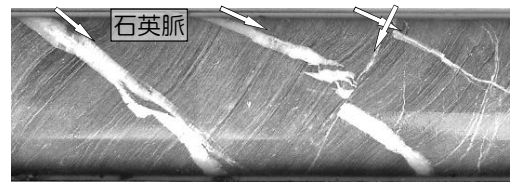


図 10. 白色脈(コア)

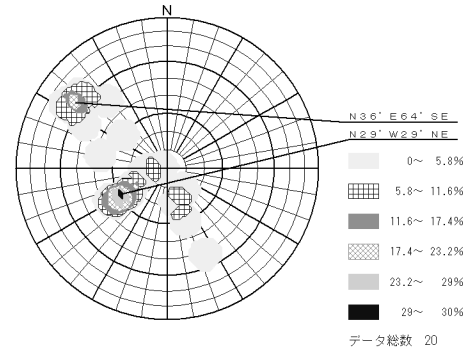


図 11. シュミットネット解析図
白色脈(基盤岩内)

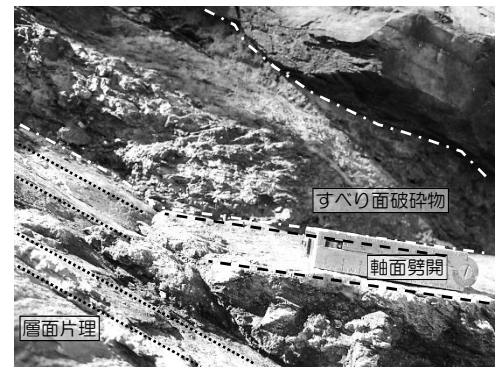


図 12. 軸面と層面片理に規制されたすべり面

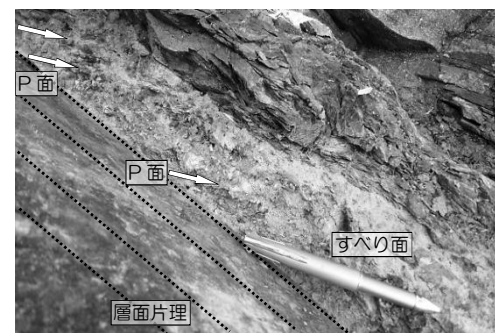


図 13. 露頭に現れたすべり面

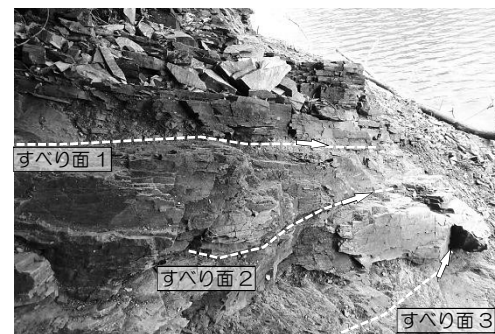


図 14. 弱面で分岐したすべり面