

# 膨潤性粘土層を含む切土法面の変状発生機構

THE MECHANISM OF DEFORMATIONS AT THE CUTTING SLOPES INCLUDING SWELLING CLAY MINERALS

川上京一\*・日和田修司\*\*  
Kyoichi KAWAKAMI and Shuji HIWADA

This report summarized a slip-slide deformation along the highly-angled faults which occurred on the cutting slope aiming at a new road construction. The deformation was caused by swelling of clay minerals (mainly smectite) in the faults, which originated hydrothermal alteration in the highly weathered granite. The groundwater saturated behind the faults was attributed to the deformation. The groundwater drainage horizontal drilling works were effective measures.

**Key Words** : deformations, swelling of clay minerals, smectite, groundwater, drainage measure

## 1. はじめに

鳥取県中央部の低山地を通過する道路改良工事において、切土法面のはらみ出し状の変位や既設法枠工が変形するなどの変状が生じた。この変状の発生機構について調査した結果、膨潤性粘土層を含んだ法面に特有の変状発生形態が存在することが確認され、従来の地すべりとは異なる視点での対処の必要性が明らかとなったのでここに報告する。

## 2. 地形地質概要

計画路線は谷地形沿いにあり、調査地は標高200m前後の谷中分水界を通る峠道とその近隣に位置している。周辺の地質は白亜紀の貫入花崗岩を主体としており、膨潤性粘土層を多く含む熱水変質帯が高角度の脈状にほぼ計画路線方向で分布している(図-1)。

## 3. 調査・施工経緯

道路改良工事はオープンカット状に現地盤から約10mの切り下げを行うもので、道路勾配の緩和と道路幅員の確保を目的として計画されていた。基本的な切土計画は土砂部を1:1.2、軟岩相当部を1:0.8の勾配で掘削整形するものでこの切土勾配は弾性波探査の結果に基づいて設定されていた(図-2)。なお、当初計画では植生ネット工もしくは厚層基材によって法面保護を行う計画であり、とくに法枠工などの構造物による法面保護は計画されていなかった。

また、切土対象法面にスメクタイトを多量に含んだ粘土脈の存在は確認していたが、それらは高角度受け盤状の分布であったので、表層部の風化の進行を抑制すれば法面の



写真-1 膨潤性粘土の法面変状

安定上とくに問題はないと判断し、最小断面の法枠工(150×150)を部分的に導入しながら逆巻き状に上部法面から切りおろしを進めた。

\* 広島支店 技術部

\*\* 鳥取営業所

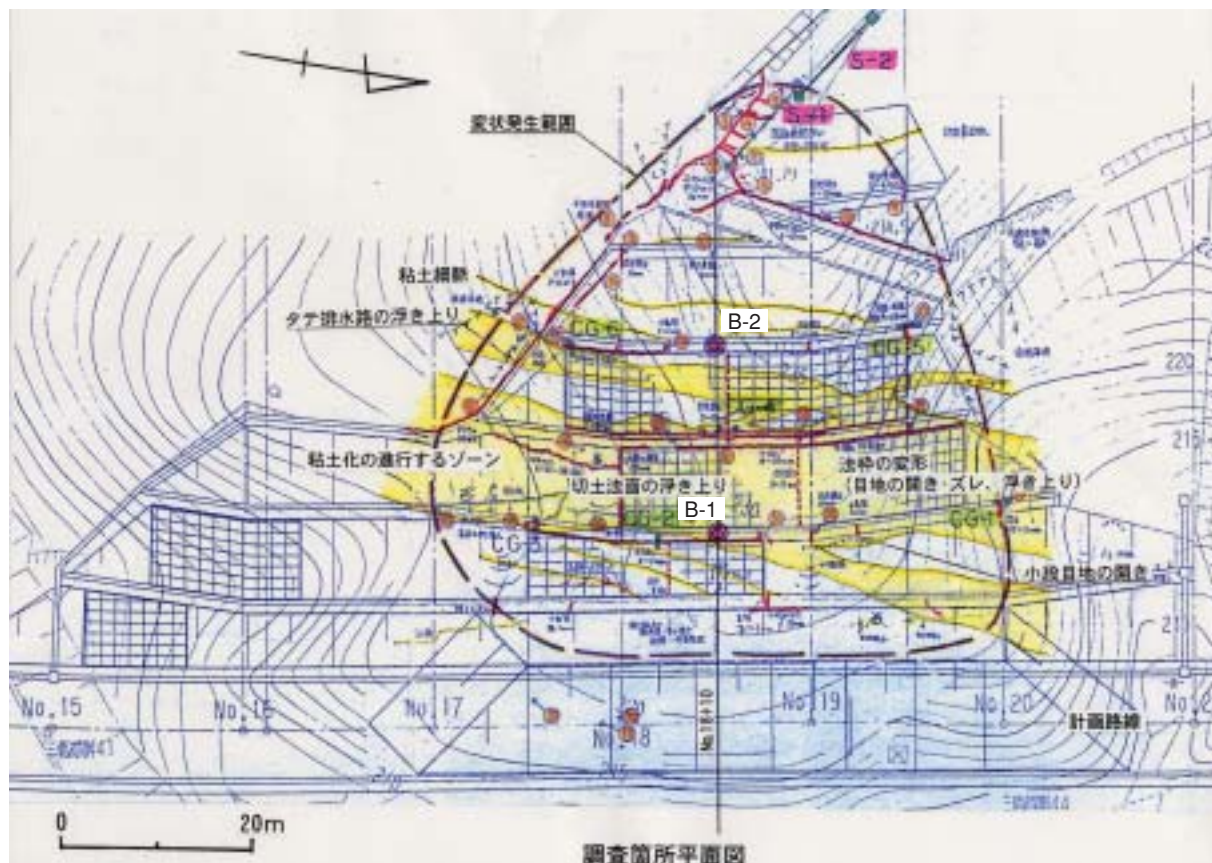


図-1 調査箇所平面図

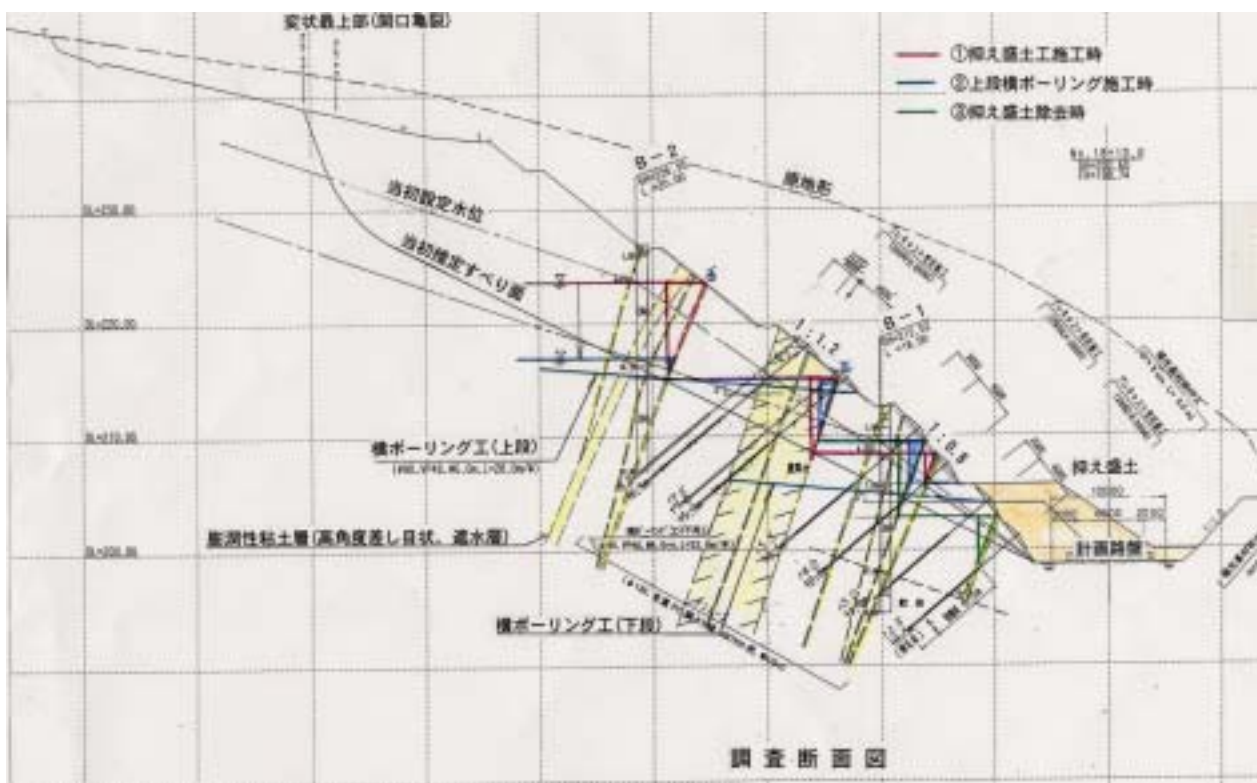


図-2 調査断面図

#### 4. 変状発生時の状況

最初の変状は、ほぼ完成形に相当する6面の法面を切り下ろした直後に、粘土脈の分布が著しかった中段法面を中心に、法枠のずれや小段部の開口亀裂、法面の浮き上がりなどの変形として現れた。

変状は最上部法面背後の林道にまで波及しており、一連の変状とその発生範囲から地すべり変動が生じているものと判断した。ボーリング調査(2孔)の結果、調査地には受け盤状の高角度の粘土帯が複数存在するものの、連続する地すべり粘土に相当するものは存在しなかった。このため、地すべり解析断面の設定では、変動範囲の幅と調査ボーリング2孔で確認した風化境界からすべり面を設定した。その結果、層厚約10mの風化岩すべりの存在を想定し2孔の観測最高水位から地下水位線を設定した(図-2)。

応急対策工として抑え盛土工を1段施工し、恒久対策は地下水位が深度5m程度と高位であることから地下水排除工とアンカー工(全6段)を併用することで法面全体の安定化を図ることとした。その結果、地下水位は法面上部で6mも低下し、アンカー工を2段施工した時点で所定の安全率( $F_s \geq 1.05$ )を確保できると算定できたことから、抑え盛土工の除去を決定した。

しかし、実際に抑え盛土工を除去したところ再度変動が発生し、地下水排除工およびアンカー工の信頼性が問われることとなった(図-3)。



図-3 地下水排除工と水位変動状況

#### 5. 変状発生機構

当地には高角度の粘土脈が複数存在し、粘土脈の周辺に多数の湧水点が見られることから、難透水層として複数の遮水層を構成していたものとみられる。したがって、上位孔では水位の低下を見たものの、実際には中間部~下部の土塊では遮水層が地下水をさえぎっていたため、十分な地下水排除がなされていなかったものと考えられる。この地下水分布形態をモデル化したものと図-2に①~③の着色線で示した。すなわち、上部層では排水工の効果で地下水

の水頭差が急低下したものの、中~下部法面では依然として高い地下水位が存在している状況が予想される。

また、当地の粘土帯の多くはスメクタイトを大量に含んだ膨潤性粘土帯がであり、この層の膨潤化に起因して法面の変位が生じていると考えられる。これは、最下部法面の掘削後や抑え盛土除去後に変動が発生していることから、キープロック状の粘土帯が変形する(せり出す)ことで押しつぶせ状に上位に変位が波及していくものであり、岩盤すべりにおけるトップリング変形と同様の斜面変形機構と考えられる。孔内傾斜計変動はこの状況を反映し、明瞭なすべり変位は確認されず深度16m付近まで一様に傾動する変位形態が見られる(図-4)。さらに、下部のB-1号孔から先に変位が拡大する傾向も読み取れ、再変動後には孔曲がりにより観測が不能となっている。また、法面最上部の変位は開口性の亀裂となっており、変位の収束位置を示すものと考えられる。図-5には変状発生機構のモデル図も併せて示した。

なお、恒久対策のアンカー工定着部は、再変動時の変位深度にも対応した位置であり、設計上安定な地盤に位置することをアンカー基本試験において確認している。

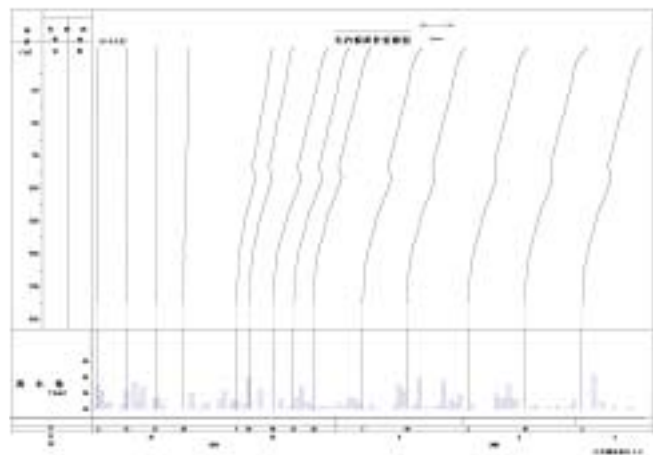


図-4 孔内傾斜計変動図(B-2:再変動)

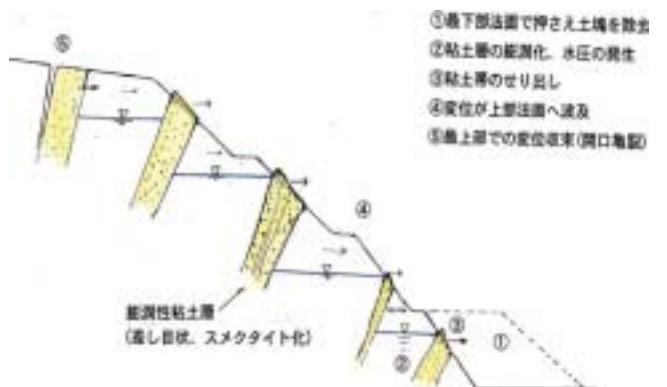


図-5 変状発生機構モデル図

## 6. 設計・施工上の留意点

膨潤性粘土の分布は局所的であり、事前に精度の高い調査を行わないとその性状や分布範囲の確認は困難である。したがって、切土法面整形時においても入念な法面観察や法面中の粘土鉱物についてX線回析を行い膨潤性粘土の出現範囲や性状を判断し、切土計画の修正を行うことが必要である。

事前に膨潤性粘土の出現が予想されているならば（とくに受け盤の場合）、今回の現場の経験により以下の事項を計画および対策に取り入れることが望ましい。

- ① 勾配が急であると前面の押さえが不十分となることから、法勾配は可能な限り緩勾配とする（できれば1：1.5以下を採用）
- ② 仮に変状が発生しても切り直しが可能となることから、粘土帯の広く分布する区間には、中途に平場を設ける。
- ③ 水圧を確実に低下させるため、地下水排除工を設ける場合は粘土帯を貫通させる。
- ④ 変位を分散させるため、法砕工を導入する場合は目地を多くする。
- ⑤ 遮水層が急勾配の場合、真の地下水位が確認できないことがあるため、地下水観測孔はできるだけ多く深めに設置する。

## 7. 今後の課題

対象地切土法面の変状が粘土帯の膨潤化に起因することが証明されたとしても、将来的には法面崩壊を起こす可能性を含んでいる限り、アンカー工などの抑止を導入しなければ施設管理者の安心感を得られない。当現場ではアンカー工を導入して将来的な安全性を確保したが、粘土帯の膨潤化に起因する斜面変状における安定性評価手法の確立と効果的な対策工の選定手法が望まれる。

### 参考文献

- 1) 日和田修司他：日本応用地質学会平成14年度研究発表会 予稿集、花崗岩のスメクタイト化による法面変形の機構と対策(その2)