

既設切土法面のスレーキング崩壊事例

斜面崩壊, スレーキング, 泥岩

愛媛建設コンサルタント 正会員 ○田窪 裕一
 愛媛建設コンサルタント 正会員 大岸 敏正
 愛媛建設コンサルタント 奥村 隆文
 愛媛県西予土木事務所 門田 圭司

1. はじめに

スレーキングによる切土法面崩壊は、道路管理者にとって注意しなければならない現象の一つである。掘削時には硬く安定していた法面でも、切土後時間の経過とともに土砂化して、道路供用後に発生することもある。本論文では、昭和50年代にコンクリート吹付された既設切土法面において、経年的なスレーキング進行により法面の崩壊が発生した事例を報告する。

2. 切土法面の概要

(1) 崩壊の概要

崩壊箇所は愛媛県西予市城川町に位置し、吹付コンクリート法面を含む斜面は、延長約150m、高さ20~27m（うち擁壁高7m程度）、平均勾配40~50°（1割2分~8分）程度である。初生崩壊は、平成23年6月の梅雨時に幅9m、法長12m程度の規模で斜面中腹から発生した。その2ヶ月後の台風豪雨によって初生の東側が崩壊して上方斜面を巻き込み、規模が幅25m程度、斜面長22m程度に拡大した。二次崩壊発生後には、仮設防護柵が設置された。

(2) 地形・地質概要

当該法面は、沿道の南向き斜面であり、地形的には南東に突出した尾根先端部にあたり、稜線付近には平坦な段丘地形が認められる。地質は中・古生代の秩父帯に属する泥岩を基盤岩とする。崩壊斜面周辺の泥岩は、全般に細片化して岩質は非常に脆く、粘土化が著しい部分が見られ、風化が進行している。また、付近には石灰岩が分布しており、鍾乳洞も存在する。

(3) 地質構成

崩壊斜面には風化帯が崩積土状に表層を広く覆っており、部分的に硬質岩が露出している。基盤岩の性状は変化に富んでおり、泥岩（黒色~白色）、石灰質泥岩が確認される。石灰質泥岩は硬質でCM~CH級であるが、黒色・白色泥岩はいずれも風化が進行し、岩級区分はD~CL級でD級を主体とする。層理面の方向は総じて、20~30°程度の“受け盤”斜面を呈する。基盤岩の上位、斜面上方には洪積の段丘礫層が分布する。

3. 地質調査結果

(1) 調査ボーリング結果

対策工法を検討するために図-1に示す6箇所において調査ボーリングを実施した。調査ボーリングで確認できた地層は、



図-1 崩壊地の平面図



図-2 代表的な調査ボーリング結果と緩みゾーン

写真-1 表層崩壊の状況

The slaking collapse example of an established cut slope

Y.Takubo (1, Ehime Kensetsu Consultants), T.Ohgishi (1), T.Okumura (1), K.Kadota (2, Ehime Prefectural Seiyō Civil Engineering Division)

白色泥岩、黒色泥岩、石灰質泥岩であり、石灰質泥岩は硬質で CM~CH 級であるが、黒色・白色泥岩は D 級主体の D~CL 級で脆弱化していた。また、ボーリング時には地下水は認められなかったが、閉塞させた孔口から豪雨後に地下水の湧出した形跡が確認された。調査ボーリング及び踏査結果から、層厚 6m 程度の緩みの著しい部分が確認された。この範囲は、岩盤劣化が進行し崩壊を再発する可能性が高い「緩みゾーン」と判断した。対策工法を検討するうえで、緩みゾーンを潜在的な風化岩地すべりとみなし、「深層緩み対策」¹⁾と同様な対策が必要と判断した。調査ボーリング結果では、表層付近から岩質が硬い地点もあり、建設当初の緩みは 1m 程度の極表層部であったと推察される。

(2) スレーキング試験結果

泥岩の長期安定性を検討することを目的として、石灰質泥岩2試料、泥岩3試料の計5試料でスレーキング試験を実施した。試験条件は2日間炉乾燥後、24時間水浸させた時の形状と含水比の変化により判定した。試験の結果、石灰質泥岩はスレーキングの兆候が見られなかったが、泥岩にはスレーキングの兆候が現れ、岩石の種類に左右される傾向が認められた。試験結果から、長期的な安定性を評価する場合にスレーキングの影響を考慮する必要があると判定した。

4. スレーキングのプロセス

既設法面のスレーキングは、長期間にわたる乾湿繰返しが主たる原因と考えられる。吹付コンクリートの経年劣化に伴う降雨水の浸透、風化の進行した岩盤内の裂か水、冬季の凍結融解、地山表層への木根の侵入などが要因と推察される。

第三紀層泥岩のスレーキングは、膨潤性粘土鉱物の膨潤圧が主要因であることはよく知られているが、四国地方の秩父帯における研究では、泥岩に含まれる黄鉄鉱の酸化とそれに起因する硫酸酸性水による鉱物の溶解と岩石の強度低下、これに伴い硫酸塩類が析出する際に生じる応力が要因との報告がある²⁾。当地の泥岩にも、黄鉄鉱結晶体の顆粒状集合体が確認できたほか、掘削後長期保管したボーリングコアの表面に塩類の析出が認められた。これらより、当地のスレーキングは、黄鉄鉱の酸化に起因する硫酸酸性水による溶解反応や硫酸塩類の析出が深く関与した可能性が高いと考える。

5. 対策工

対策工は、緩勾配排土工とグラウンドアンカー工・切土補強土工の比較となった。調査結果に基づく詳細な設計検討の結果、吹付法枠+グラウンドアンカー工、切土補強土工を採用した。表層部の風化進行防止のため、法面保護工は密閉型のコンクリート吹付とした。現在、逆巻き工法で法面整形を行いながら、上部の吹付法枠と切土補強土工が施行されている。整形された切土面には風化泥岩が分布しているが、施工による目立った緩みの発生もなく進捗している。

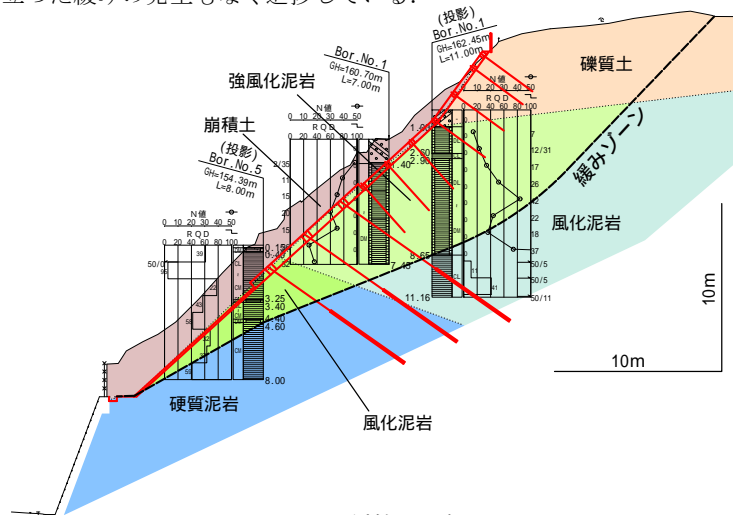


図-3 対策工の概要



写真-2 泥岩ボーリングコアに見られる黄鉄鉱



写真-3 対策工の施工状況(2012.10.13)

6. まとめ

西予市城川町の崩壊が発生した既設切土法面について、地質調査結果をもとに検討した結果、次の結果を得た。

- 1) 泥岩の長期的なスレーキングの進行によって、コンクリート吹付法面が崩壊に至った。
- 2) スレーキングの主要因は、中・古生代の秩父帯に属する泥岩に含まれていた微細な黄鉄鉱の経年的な酸化である。

近年、構造物の長寿命化への取組みが課題となっており、法面についても健全性を検討し、適切なアセットマネジメントを行う必要がある³⁾。今後は、得られた知見を安定性評価に役立て、法面工の長寿命化対策について提言していきたい。

参考文献 1) 山田一夫・水道龍次・田島史人(2010)：村上 IC 大規模切土法面の崩落対策について、北陸地方整備局管内事業研究会発表論文集。2) 西山賢一・石田啓祐・佐藤威臣・竹熊隆宏・長谷川修一(2006)：鉱物組成に基づく黄鉄鉱含有泥岩のスレーキング特性、徳島大学総合科学部自然科学研究 第 20 巻, pp.43-54。3) 国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所(2009)：道路法面維持管理のためのハンドブック(案)