

スレーキングによる泥岩法面の崩壊事例

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

1. はじめに

昭和50年代にコンクリート吹付された切土法面で表層崩壊が発生した。背面の岩盤は秩父帯の泥岩が主体であるが、強風化していた。調査ボーリング及びコアを用いたスレーキング試験の結果、層厚6m程度の緩みの著しい部分が確認された。この種の崩壊は、掘削時には硬く安定した法面でも、切土後時間の経過とともに土砂化して、道路開通後に発生することもあり、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。本報告では、経年的なスレーキングの進行による切土法面の崩壊事例を報告する。



写真-1 表層崩壊の状況

2. 切土法面の概要

(1) 概要

崩壊箇所は愛媛県南西部に位置し、沿道の南向き斜面である。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°程度である。

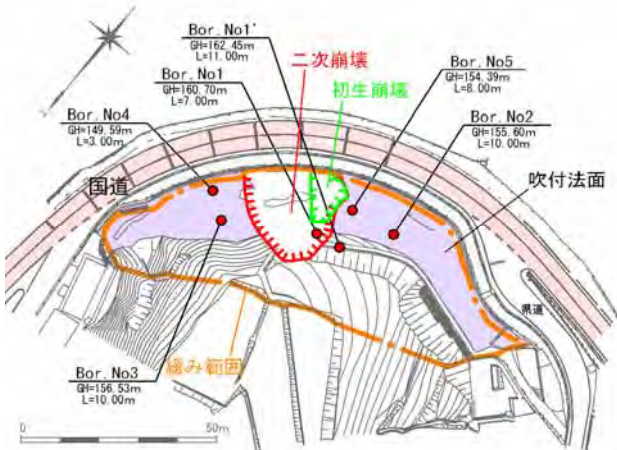


図-1 調査地平面図

初生崩壊は、梅雨の降雨時に幅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。また、未崩壊部分にも、開口クラックが多数確認された。

(2) 地形・地質概要

当該法面は、地形的には南東に突出した尾根状地形の端部にあたり、段丘性台地から進化した丘陵地である。

地質は古生代～中生代の秩父帯に属する泥岩を基盤岩とする。崩壊斜面周囲に見られる泥岩は風化が進行し、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もある。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) 切土法面の地質

崩壊地付近の露頭で確認できる基盤岩は、層相変化が大きく、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級で大半はD級である。層理面の方向は若干ばらつきが見られるが、20～30°程度の“受け盤”斜面に相当する。基盤岩の上には、尾根頂部に洪積の段丘砂礫層が分布する。斜面・法面からの湧水跡などは見られない。



写真-2 崩壊斜面に見られるスレーキング

3. 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、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、泥岩はD級主体のD～CL級で脆弱化していた。また、ボーリング孔では地下水は認められなかった。調査ボーリング及び踏査結果から、岩盤劣化が進行し崩壊を再発する可能性が高い範

囲を「緩みゾーン」と考えた。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。

(2) スレーキング試験結果

試験は石灰質泥岩2試料、泥岩3試料の計5試料で実施した。試験方法は2日間炉乾燥後、24時間水浸させた時の形状により判定した。スレーキングの兆候の有無は岩石の種類に左右される傾向が見られ、緩みゾーンと弱風化部には明確な相違は認められなかった。石灰質泥岩はスレーキングの兆候が見られず、泥岩には明確な兆候が現れた。試験結果から、長期的な安定性の評価にはスレーキングの影響を考える必要があると判定した。

4. スレーキングのプロセス

吹付コンクリート背面のスレーキングは、長期間にわたる緩やかな乾湿繰返しが原因と考えられる。斜面背後にかつて水田が耕作されていたことによる浅層地下水の供給、吹付コンクリートの経年劣化に伴う降雨水の浸透、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。

泥岩のスレーキング特性とメカニズムに関する研究は、主に第三紀層において行われており、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。しかし、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であるとの報告がある²⁾。



写真-3 泥岩中に見られる黄鉄鉱



写真-4 泥岩表面に析出した硫酸塩類

当地の泥岩においても、比較的硬質な泥岩のボーリングコアに黄鉄鉱の結晶体が集合してできたモイチゴ状形体の顆粒状集合体が確認できた。また、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、当地の泥岩のスレーキング現象には、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推察される。

5. 対策工

対策工は、グラウンドアンカー工・切土補強土工と排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。

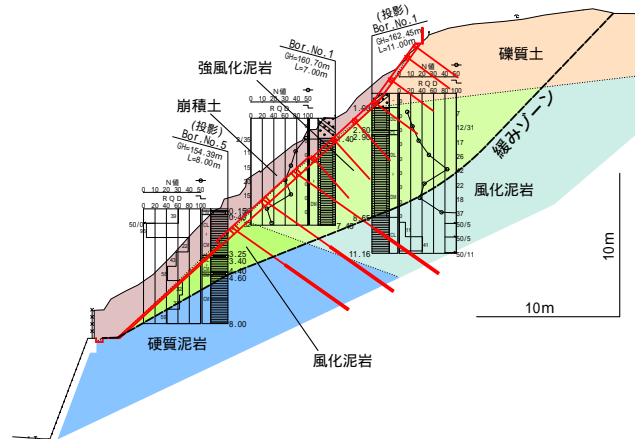


図-2 対策工概要図

6. まとめ

本報告は、コンクリート吹付法面が泥岩の長期的なスレーキングの進行によって崩壊に至った事例であり、泥岩に含まれる微細な黄鉄鉱の経年的な酸化が岩盤劣化に関与したと判断した。近年、橋梁等に代表されるコンクリート構造物に対して、長寿命化への取り組みが課題とされている。切土法面は、橋梁と同様に崩壊した場合の社会的影響が非常に大きく、四国地方では発生が予想される南海地震時の安全で安心な避難路確保のために、長期劣化による法面の健全性低下を検討し、適切なアセットマネジメントを行う必要がある。今後は調査・点検作業において得られた知見を長期的な安定性評価に役立て、法面工の長寿命化対策について道路管理者である地方公共団体等へ積極的に提案していきたい。

《引用・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.