

四万十帯の長大崩壊法面における法面補強の事例

株式会社 タニガキ建工 ○谷垣 勝久, 田和 照大, 谷垣 嘉基, 高尾 遼大

1. はじめに

被災箇所は、世界遺産「高野山」と橋本市を結ぶ一般国道の道路改良区間である。令和5年4月13日19時頃、法面对策工事の施工区間において、幅約30~40m、高さ約40mにわたり斜面崩壊が発生した。この崩壊に伴い、工事車両進入路の仮設防護柵の無い箇所から崩土が現道に流出し、一部区間で期間通行止めとなった。また、崩壊が夜間であったため一般交通も少なく、工事作業従事者も不在であったため、人的な被害は発生しなかった。

四万十帯(花園付加コンプレックス)の地質に属すこの長大崩壊法面における法面補強事例を報告する。



写真-1 長大崩壊斜面の崩壊状況

2. 地形・地質概要

本地には四万十帯北部の「高野山帯・花園付加コンプレックス」が分布する。この地層は砂岩頁岩互層、砂岩および頁岩が優勢で、チャート・緑色岩類、酸性凝灰岩が頻繁に挟まれる。頁岩は黒灰色のものが多く、凝灰質の緑灰色頁岩および赤色頁岩もみられる。

また、本地周辺には多くの断層が見られることから、岩盤の脆弱化が進んでいるものと考えられる。現地には層理面や節理面が発達する砂岩泥岩互層が露出しており、亀裂が非常に発達している。走向傾斜は N32° W50S~N87° E60S となり、主に「流れ盤構造」となっている。

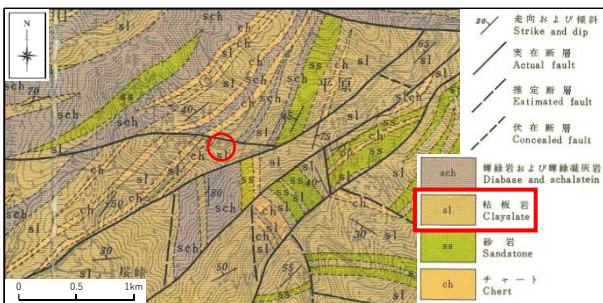


図-1 業務地周辺の地質図¹⁾

3. 当初法面設計の考え方

当初法面設計では、末端部の D~CL 級岩盤の露頭が 1:0.5 以上の勾配で自立していたこと、周辺地の末端に新鮮硬質な CL 級岩盤が複数箇所で見出されていたこと、調査ボーリング結果でも D~CL 級岩盤が N 値 50 以上で岩質も比較的安定していたことから、D~CL 級岩盤では円弧すべりは発生せず、崩積土(dt)のみで円弧すべりが発生すると想定した。また、法面の切土勾配は【1:0.5】であり、「道路土工・斜面安定工指針²⁾」に記載されている【軟岩の標準勾配】を採用した。

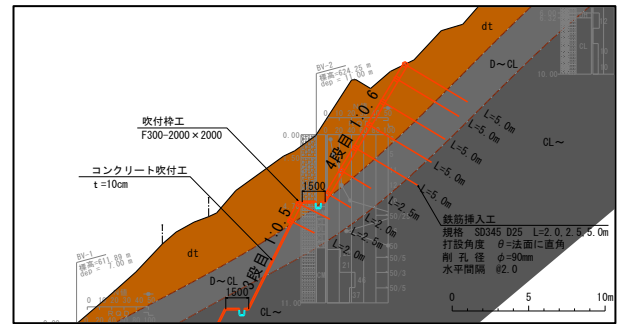


図-2 当初設計の法面工標準断面図

4. 崩壊状況と崩壊のメカニズム

2 段目の吹付け準備を行っている際に、14m を超える切土の応力解放と1週間前の降雨の影響(スレーキング)で岩盤の亀裂が大きく開口し、1 段目~3 段目の岩盤がバラバラと下に崩落した。その後、切土時に確認された「高角な流れ盤」となる 4 段目の法枠背面の D~CL 級岩盤がボロボロと下方に崩落し、法枠工が不安定化した。そして法枠工の自重に耐え切れずに大規模な斜面崩壊が発生し、上方に後退すべりが拡大したと推察される。

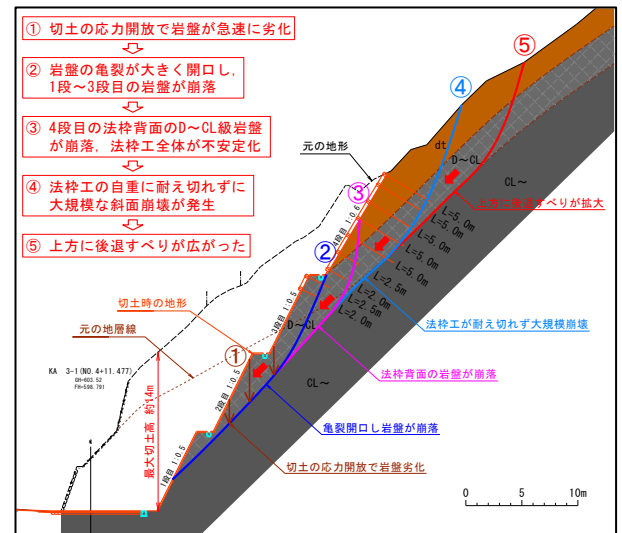


図-3 本現場での崩壊のメカニズム

5. 現地調査と地質調査の概要

現地調査を行って、法面崩壊により緩んでいる箇所の有無と岩級確認するため、法面崩壊上部の2箇所で調査ボーリング、3箇所で地表伸縮計観測を実施した。

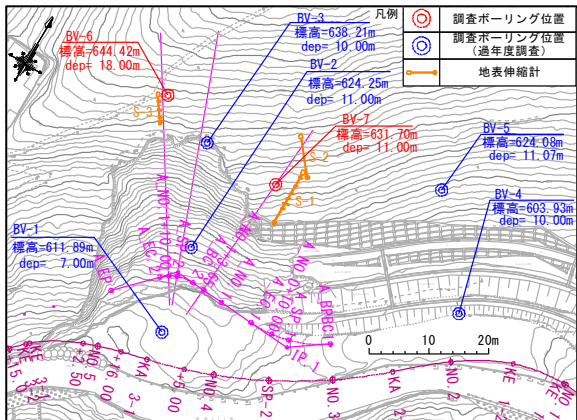


図-4 本現場での調査・観測位置図

6. 崩壊斜面の修正設計

当法面の崩壊斜面は、図-4の測線 NO.3～NO.5 区間の延長約 40m で、崩壊状況から法枠工単独で抑制できない「のり肩からのり尻に及ぶような崩壊や崩壊深さを超える崩壊」が予想された。そのため、崩壊斜面对策として抑止工の鉄筋挿入工とアンカー工を比較検討し、経済性、施工性、安全性で最も優れている工法である「鉄筋挿入工+上部受圧板工、下部法枠工」の対策工を採用した。

安定解析を行う際、崩壊部測線である「最大法高測線 A_SP.2 と、BV-7 通過測線 A_NO.1+3.65, BV-6 通過測線 A_NO.1+10.00」で、崩積土(dt)と D～CL 級岩盤の粘着力 C をそれぞれ逆算し、このうちの低い値を採用すると、安全率が 1.00 を下回ることから高い粘着力を採用した。

表-1 崩積土 (dt) と D～CL 級岩盤の粘着力 C 逆算

法面測線	逆算した粘着力 C (kN/m ²)	
	崩積土(dt)	D～CL級岩盤
最大法高測線: A_SP.2	5.71	9.14
BV-7通過測線: A_NO.1+3.65	5.53	14.13
BV-6通過測線: A_NO.1+10.00	3.93	10.20

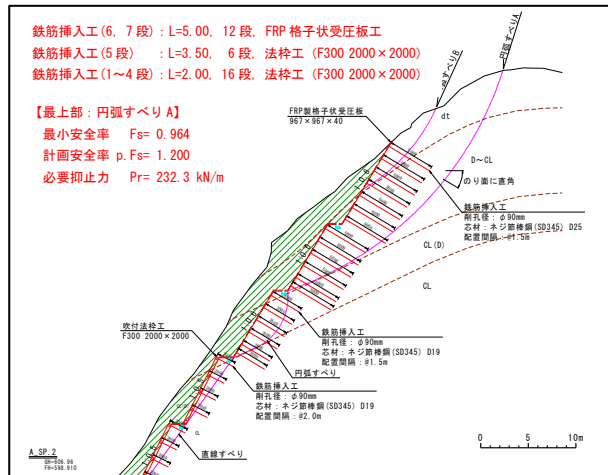


図-5 崩壊斜面对策の標準断面図

7. 未崩壊法面の補強設計

崩壊箇所では、D～CL 級岩盤ですべりが発生していることから、D～CL 級岩盤下部層の CL 級以上の岩盤まで鉄筋挿入工を十分に挿入する必要がある。未崩壊斜面の測線では、鉄筋が「CL 級以上の岩盤」に十分挿入されていないので、鉄筋挿入工での補強が必要である。また、上段 F300 法枠工下部にあるコンクリート吹付工部には、鉄筋挿入工と F300 法枠工の追加施工が必要である。

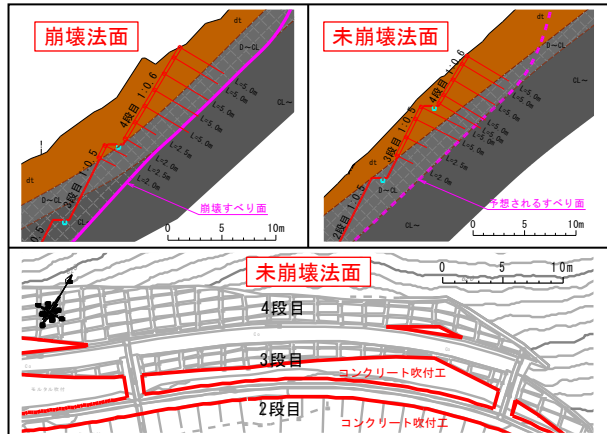


図-6 崩壊法面と未崩壊法面の断面図比較と吹付部

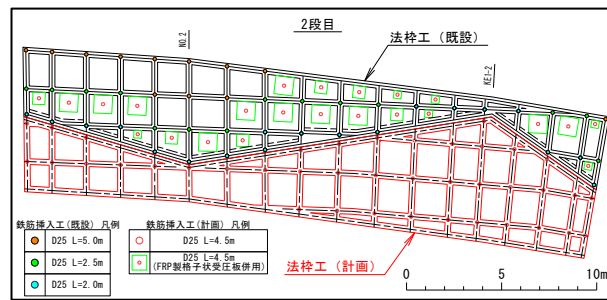


図-7 未崩壊法面の補強計画(案)

8. まとめ・教訓

以上の事例等から、下記のことを教訓としてまとめる。

- ① DH 級岩盤は切土により劣化しやすいので、当初の岩級を低減するか、D 級岩盤として評価を行う³⁾。
- ② 30mを超える長大切土法面で最下部に CL 級岩盤が出現する場合は、応力解放での緩みに注意する。
- ③ 長大切土法面では、岩盤劣化した亀裂の多い D～CL 級岩盤を鉄筋挿入工の定着層とすることは避ける。
- ④ 地層の粘着力 C を逆算する場合、複数斜面で逆算を行い、高い粘着力を採用することが合理的である。
- ⑤ 定着不足で変状が予想される法枠工には、鉄筋挿入工と受圧板等で補強を行うことが望ましい。
- ⑥ 法枠工の下部にコンクリート吹付工部を設けない。

《引用・参考文献》

- 1) 図幅京都第82号「高野山」5万分の1地形図：産業技術総合研究所 地質調査総合センター
- 2) 道路土工・斜面安定工指針(2009): 日本道路協会, pp.136.
- 3) 谷垣他: 全地連「技術フォーラム2023」横浜