

## 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)の地質に属する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。

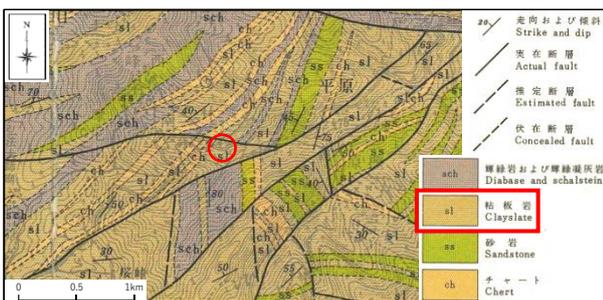


図-1 業務地周辺の地質図<sup>1)</sup>

### 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<sup>2)</sup>」に記載されている【軟岩の標準勾配】を採用した。

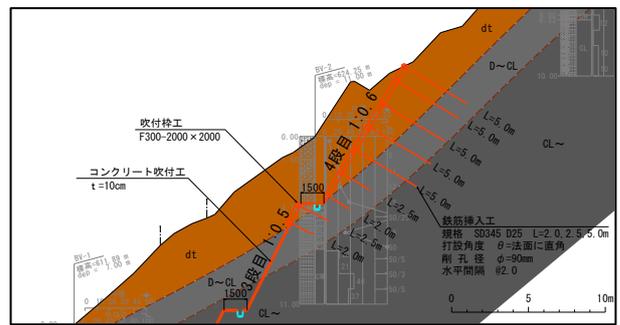


図-2 当初設計の法面工標準断面図

### 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。

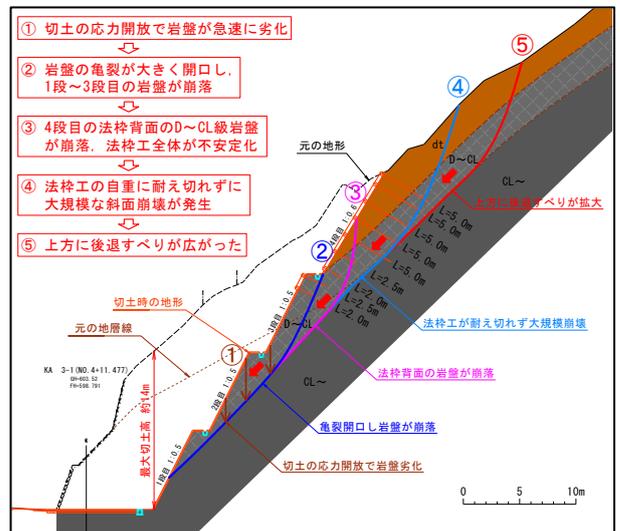


図-3 本現場での崩壊のメカニズム

### 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。

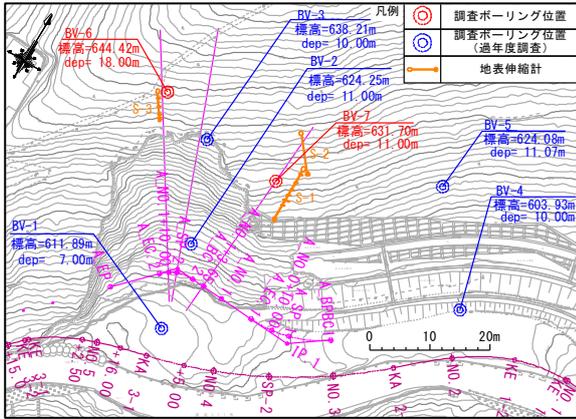


図-4 本現場での調査・観測位置図

### 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 <sup>2</sup> )	
	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

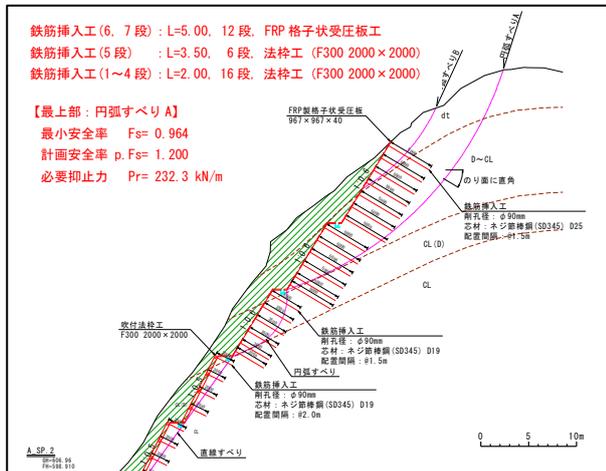


図-5 崩壊斜面对策の標準断面図

### 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。

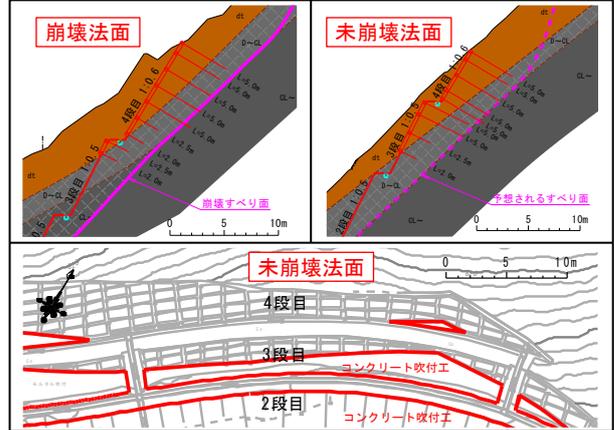


図-6 崩壊法面と未崩壊法面の断面図比較と吹付部

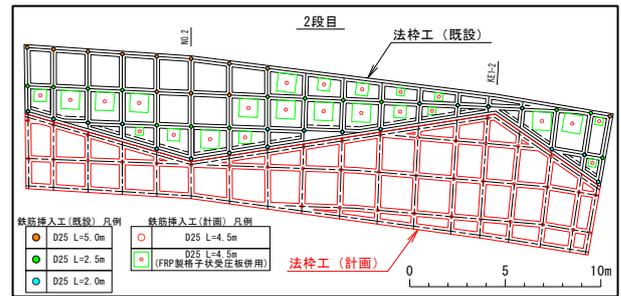


図-7 未崩壊法面の補強計画(案)

### 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<sup>3)</sup>。
- 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