

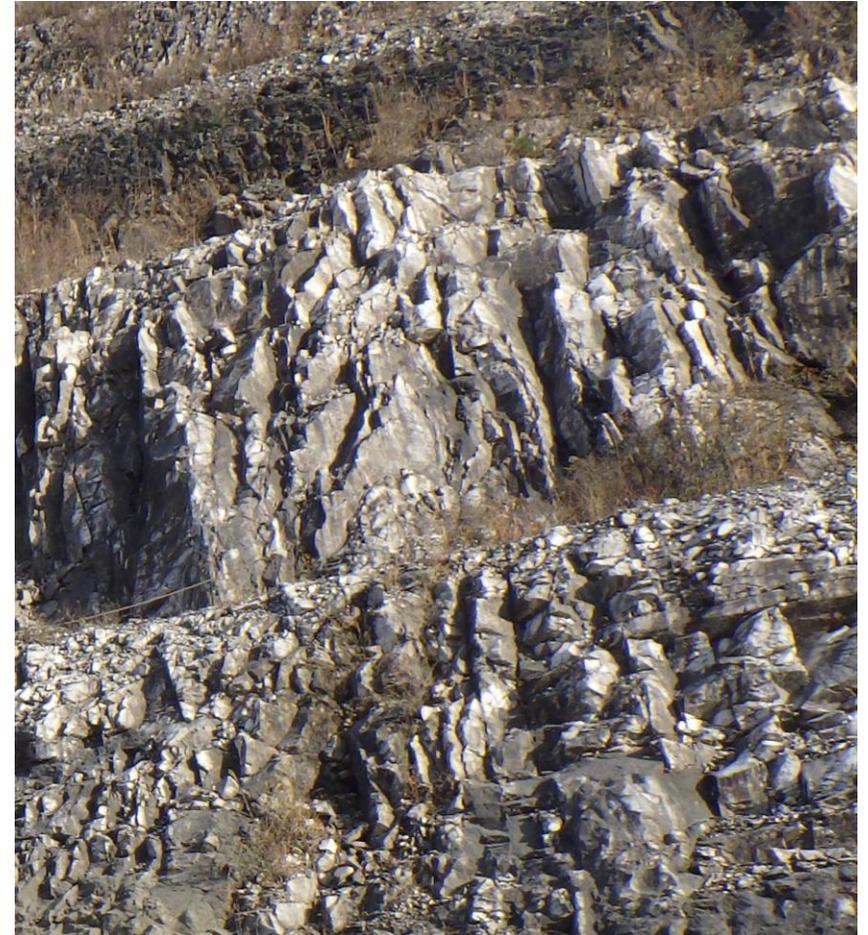
法面保護工の施工方法について

令和 7 年 3 月 8 日
一般財団法人 茨城県環境保全事業団

法面保護工の検討フロー

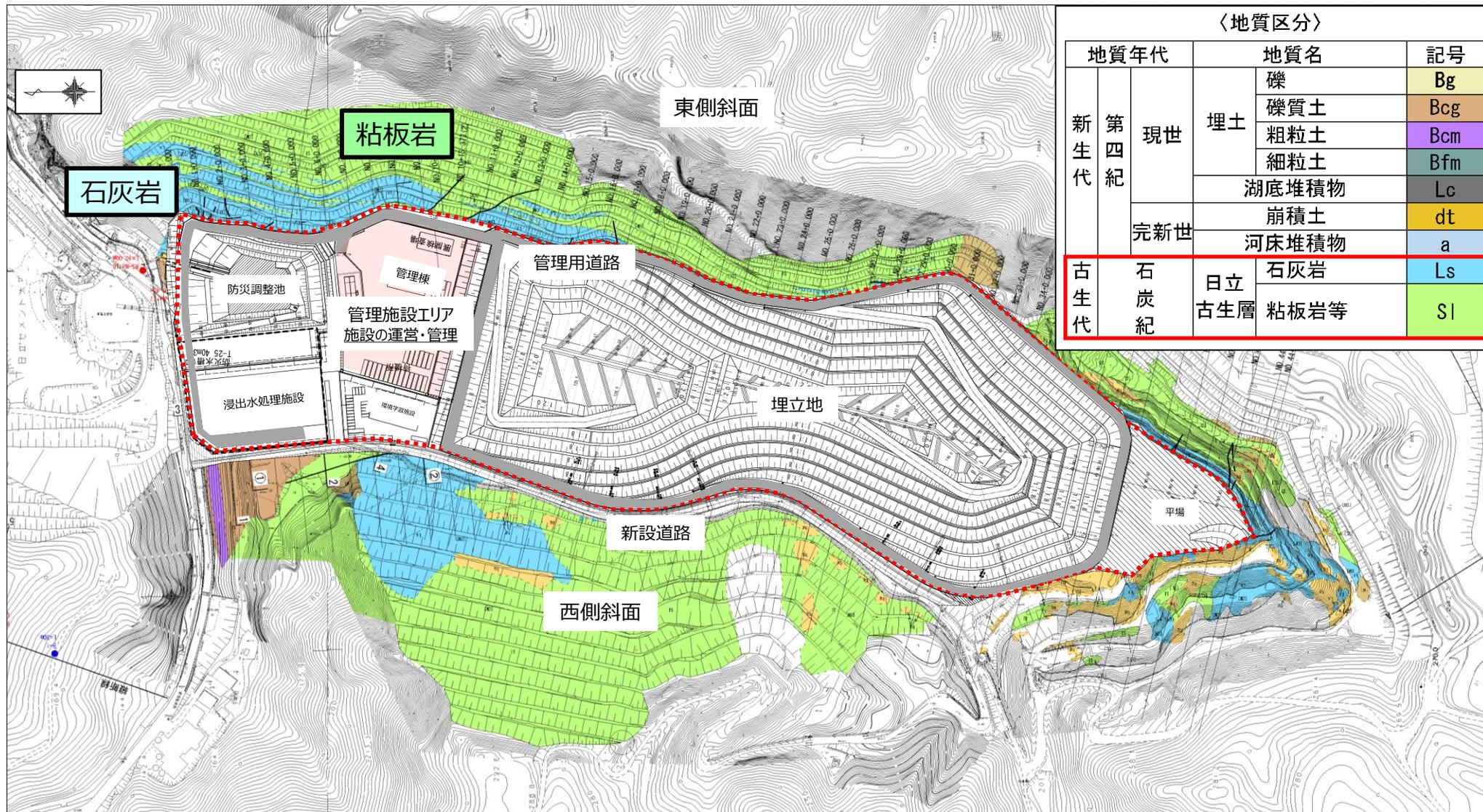
最終処分場の施設運営にあたり、安全性の確保を目的として、石灰岩の採掘によって生じた現況切土法面の法面保護対策の検討を行った。

- 1 施工位置の地形、地質状況
- 2 現地踏査
- 3 施工方針の検討
- 4 法面保護工の試験施工



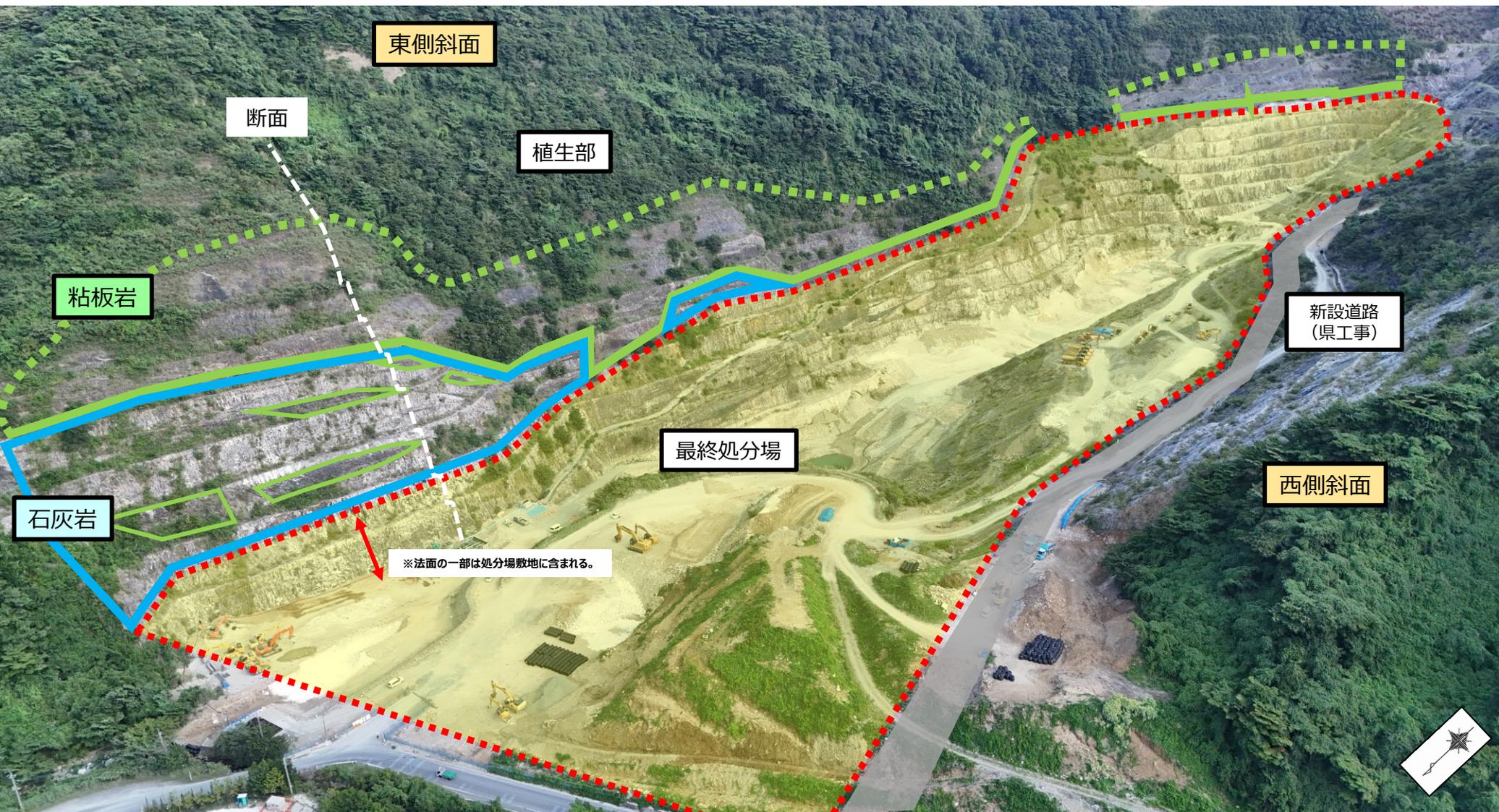
現況法面の様子

1 施工位置の地形、地質状況



最終処分場 地質平面図

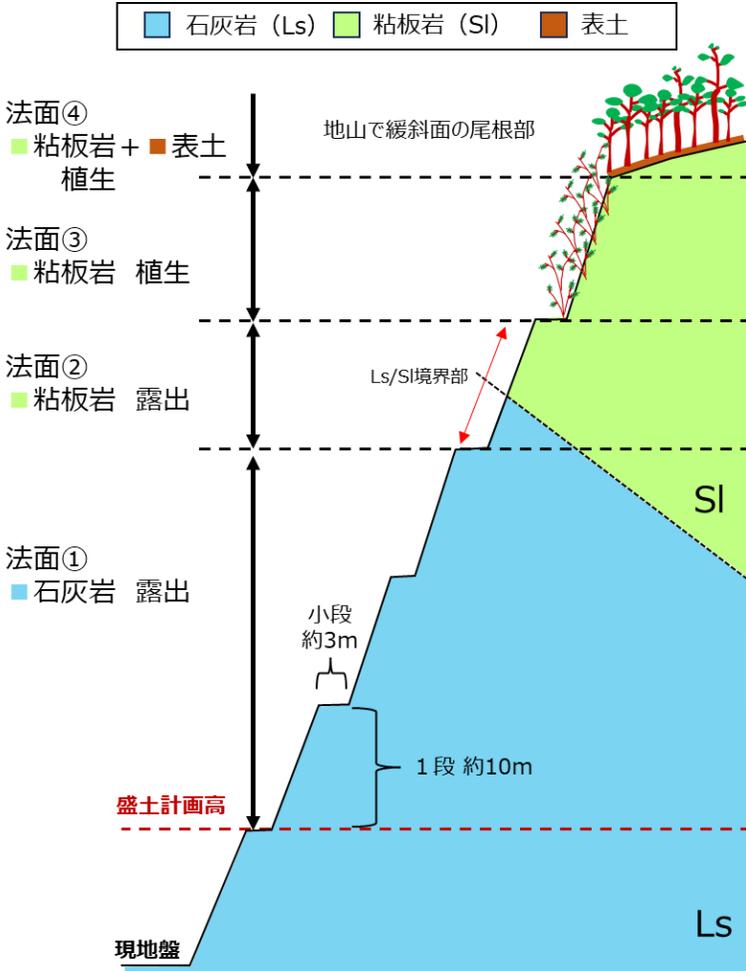
1 施工位置の地形、地質状況



法面保護工の施工は東側斜面であり、法面勾配は約1 : 0.3 ~ 1 : 0.5

ドローン撮影：令和6年8月11日

1 施工位置の地形、地質状況



現況法面部 断面イメージ

<法面①～③>

安定状態 (安定度ランク)	転石	浮石	安定性
1	木で停止	完全に分離	近い将来必ず 滑落すると考え られるもの
2	急崖上で停止、または 完全露出	下部の侵食が 進行	時期は予測でき ないが、いずれ 滑落すると考え られるもの
3	下部やや緩傾斜または 2/3以上露出	不安定な形状	滑落する可能 性が大きい
4	下部に平坦面あり、または 2/3～1/2程度露出	亀裂が発達	滑落する可能 性がある
5	平坦面で停止、または 1/2以下露出	ほぼ健全	滑落の可能性が ほとんどない

図 2-9 現地観察による安定度判定の一例

現地観察による安定度判定の一例
(公社) 日本道路協会、「落石対策便覧」、H29.12、P.59

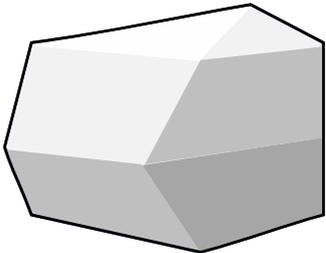
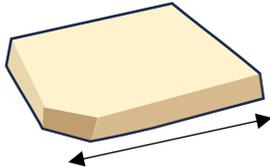
<法面④>

評価	<表土層>	<浮石・転石>
『不安定』	・表土層が厚く（50cm程度以上）、表層の動きが見られたり、侵食を受けている。	・以下のようなものが多数存在する場合 ① 直径のほぼ2/3以上が地表から露出するもの。 ② 完全に浮いており、人力で容易に動くと思われるもの。
『やや不安定』	・表土層は厚くても表層の動きや侵食は見られない。 ・表土層は薄い、動きや侵食の可能性はある。	・上記①、②のようなものが少ない。 ・露出の程度が小さい。 ・やや浮いてはいるが、人力では動かせない。
『安定』	・表土層が薄いかほとんどなく、植生状況からも表層の動きがない。	・浮石、転石がない。 ・あっても比較的安定しているもの。

浮石・転石および表土の安定性評価の目安
(公社) 日本道路協会、「落石対策便覧」、H29.12、P.49

法面①～法面④の安定状態（安定度ランク）を評価し、法面对策を実施する範囲を検討

1 施工位置の地形、地質状況

年代	古生代 石炭紀	古生代 石炭紀
地質名	■ 日立古生層 石灰岩 : Ls	■ 日立古生層 粘板岩 : SI
代表的な岩盤状況		
形成過程	サンゴ等の生物由来の石灰質の殻等が堆積して固結した岩石	海に堆積した泥が固結した岩石
法面からの落石形態	塊状主体とした落石が発生  直径 20~40cm 程度	扁平状主体とした落石が発生  長辺が2~20cm

2 現地踏査

現地踏査：令和6年12月9日・12月20日

ドローン近接撮影：令和6年10月25日・令和7年1月27日

岩盤の割れ目の状態、浮石・転石状況、植生の自生状態などを調査

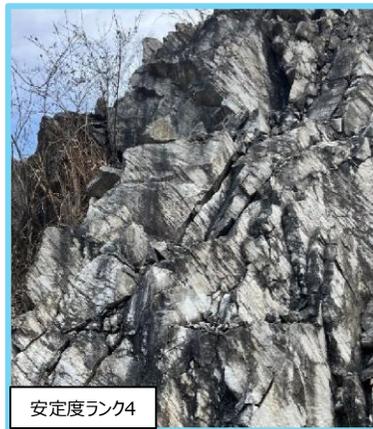
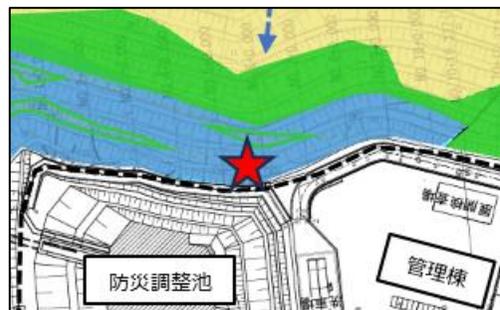
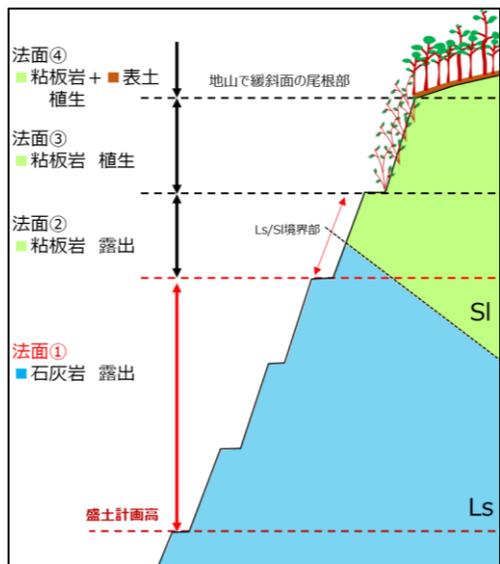


現地踏査状況



降下調査状況

2 現地踏査の結果—法面①



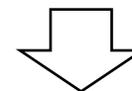
安定状態 (安定度ランク)	転石	浮石	安定性
1	木で停止	完全に分離	近い将来必ず 滑落すると考え られるもの
2	急崖上で停止、または 完全露出	下部の侵食が 進行	時期は予測でき ないが、いずれ 滑落すると考え られるもの
3	下部やや緩傾斜または 2/3以上露出	不安定な形状	滑落する可能 性が大きい
4	下部に平坦面あり、または 2/3-1/2程度露出	亀裂が発達	滑落する可能 性がある
5	平坦面で停止、または 1/2以下露出	ほぼ健全	滑落の可能性が ほとんどない

図2-9 現地観察による安定度判定の一例

現地観察による安定度判定の一例
(公社) 日本道路協会、「落石対策便覧」、H29.12、P.59

【現地踏査の結果】

- 石灰岩の特徴である、白色系、堅硬で塊状の岩石。
- 法面部の亀裂に開口、浮石の径が大きい（径30cm以上も確認）。
- 小段上にも石灰岩が堆積。



現地踏査及び安定度判定を踏まえ、
法面保護対策を実施。

2 現地踏査の結果—法面②

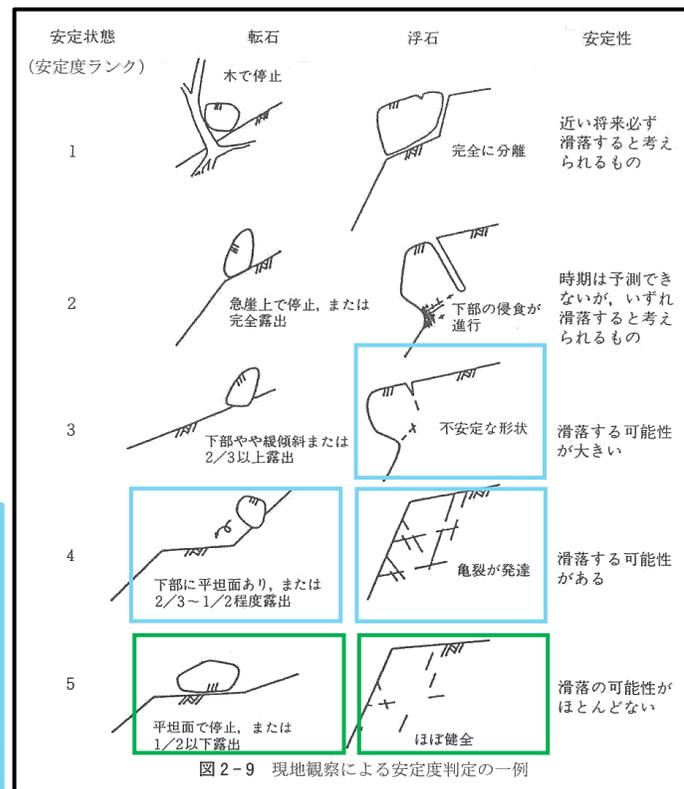
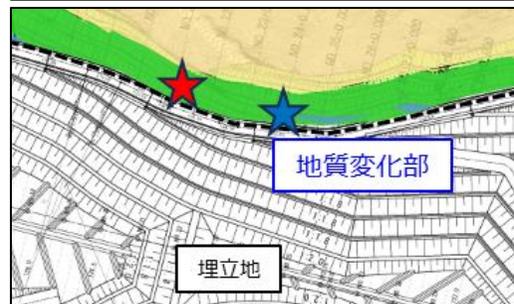
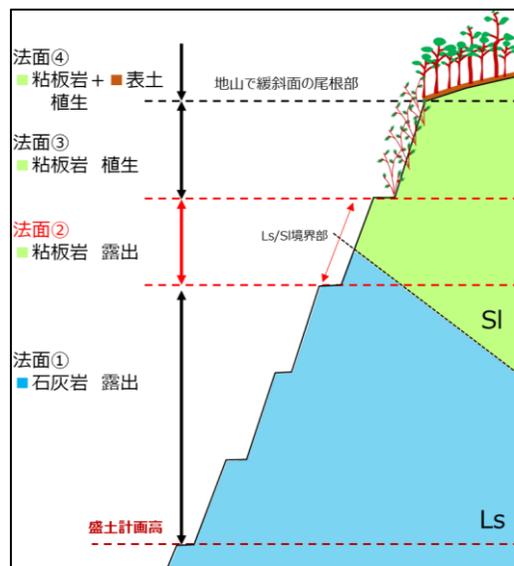
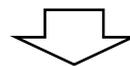


図2-9 現地観察による安定度判定の一例
(公社) 日本道路協会、「落石対策便覧」、H29.12、P.59



【現地踏査の結果】

(法面②-1)

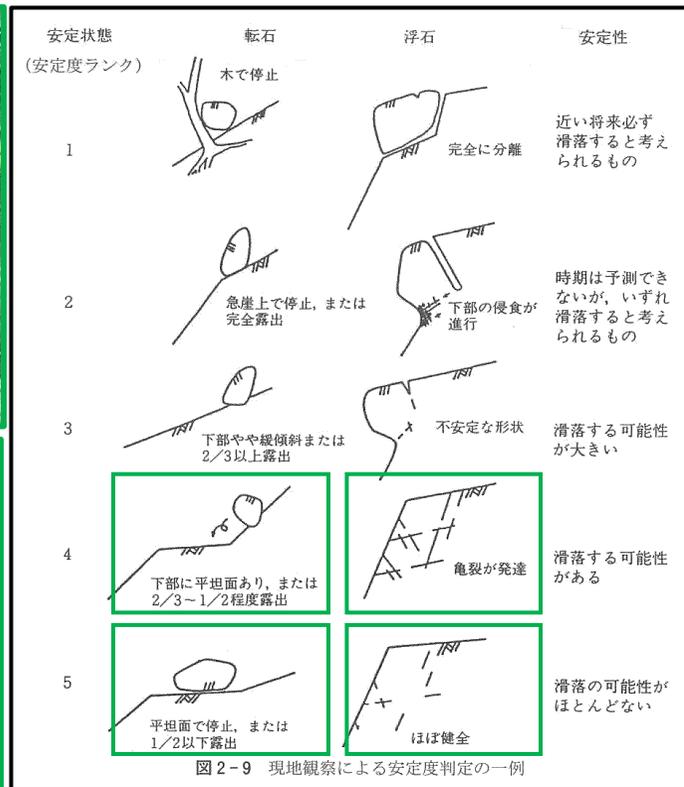
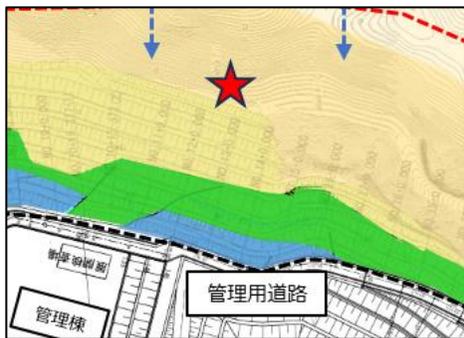
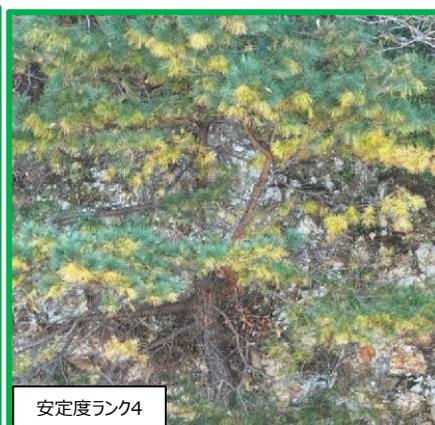
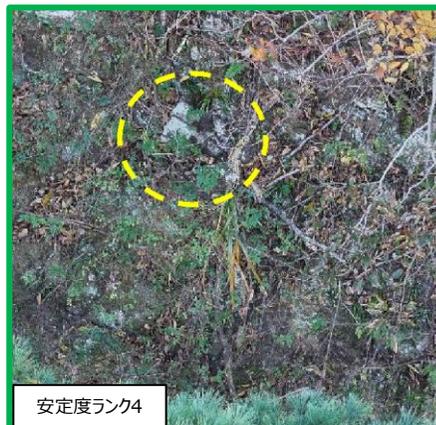
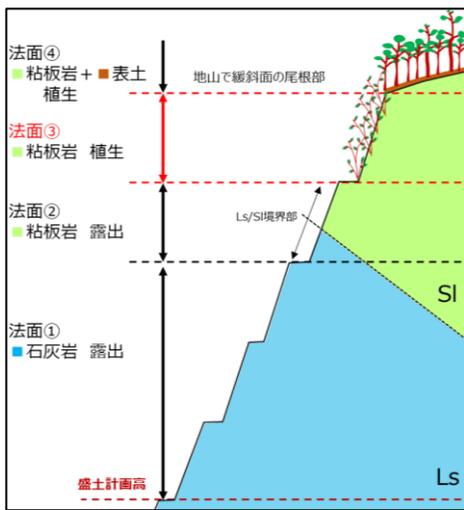
- 粘板岩の特徴である、黒色系で硬質、扁平な岩片。
- 岩片は径数cm～20cm程度と小さく、小段上に岩片の堆積を確認。

(法面②-2)

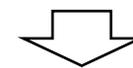
- 地質変化部は、石灰岩と粘板岩が混在し、転石の径が大きい。

現地踏査及び安定度判定を踏まえ、
法面②-1：法面保護対策は実施しない。
法面②-2 地質変化部：法面保護対策を実施。

2 現地踏査の結果—法面③



現地観察による安定度判定の一例
(公社) 日本道路協会、「落石対策便覧」、H29.12、P.59

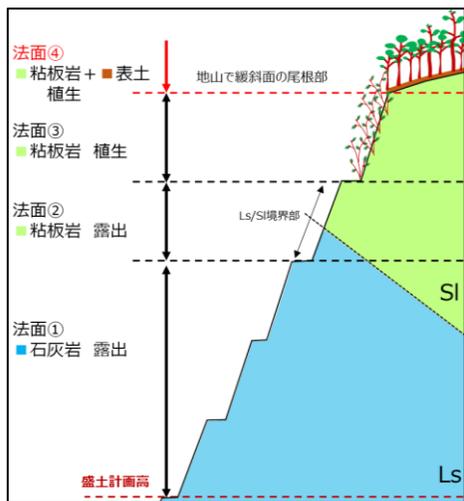


現地踏査及び安定度判定を踏まえ、
法面保護対策は実施しない。

【現地踏査の結果】

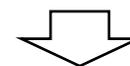
- 粘板岩が植生に覆われている。
- 部分的に露岩しているが、亀裂は殆ど密着している。
- 法面には径の小さな浮石も確認された。

2 現地踏査の結果—法面④



評価	＜表土層＞	＜浮石・転石＞
『不安定』	<ul style="list-style-type: none"> 表土層が厚く（50cm程度以上）、表層の動きが見られたり、侵食を受けている。 	<ul style="list-style-type: none"> 以下のようなものが多数散在する場合 <ol style="list-style-type: none"> 直径のほぼ2/3以上が地表から露出するもの。 完全に浮いており、人力で容易に動く判断されるもの。
『やや不安定』	<ul style="list-style-type: none"> 表土層は厚くても表層の動きや侵食は見られない。 表土層は薄い、動きや侵食の可能性はある。 	<ul style="list-style-type: none"> 上記①、②のようなものが少ない。 露出の程度が小さい。 やや浮いてはいるが、人力では動かさない。
『安定』	<ul style="list-style-type: none"> 表土層が薄いかほとんどなく、植生状況からも表層の動きがない。 	<ul style="list-style-type: none"> 浮石、転石がない。 あっても比較的安定しているもの。

浮石・転石および表土の安定性評価の目安
 (公社) 日本道路協会、「落石対策便覧」、H29.12、P.49

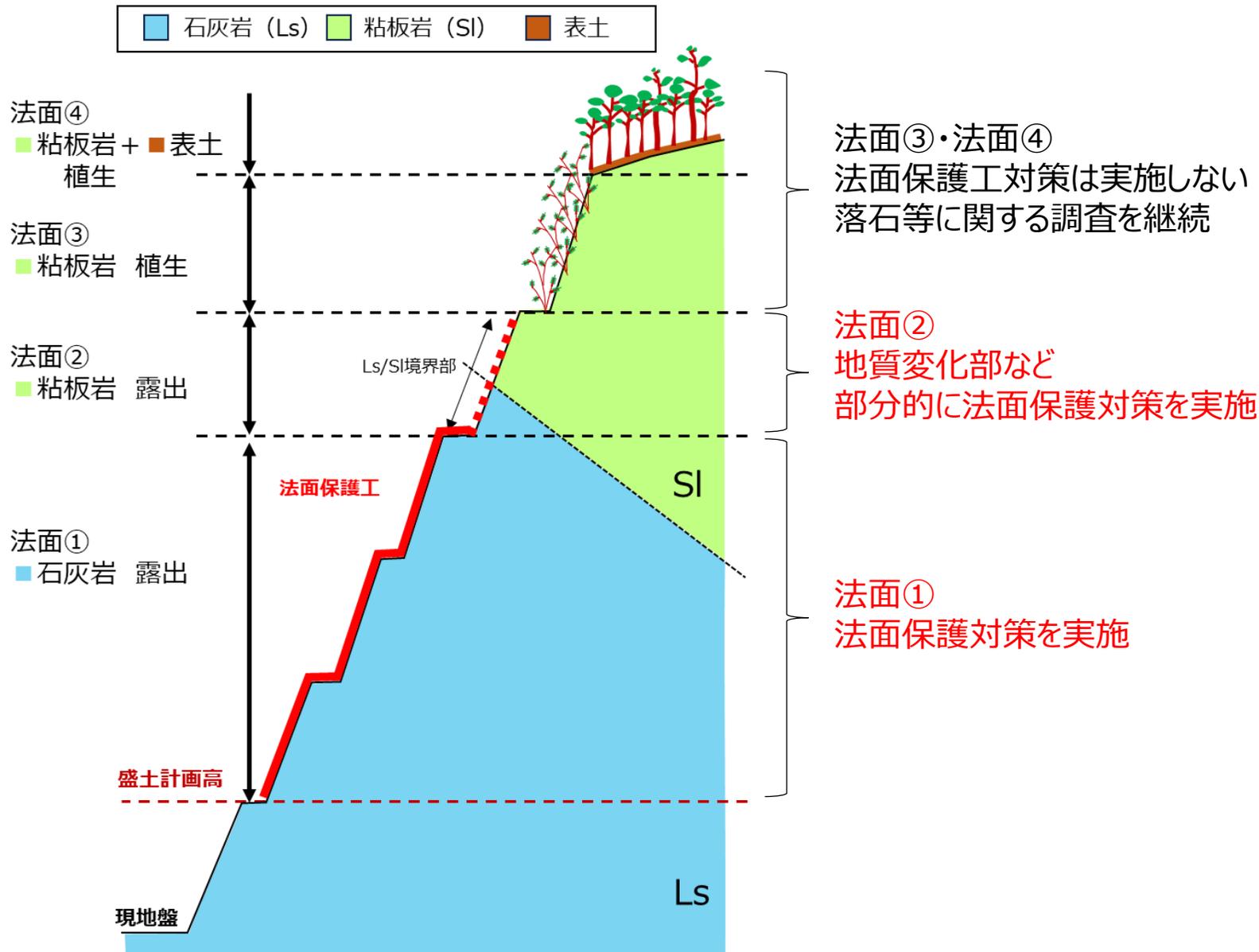


【現地踏査の結果】

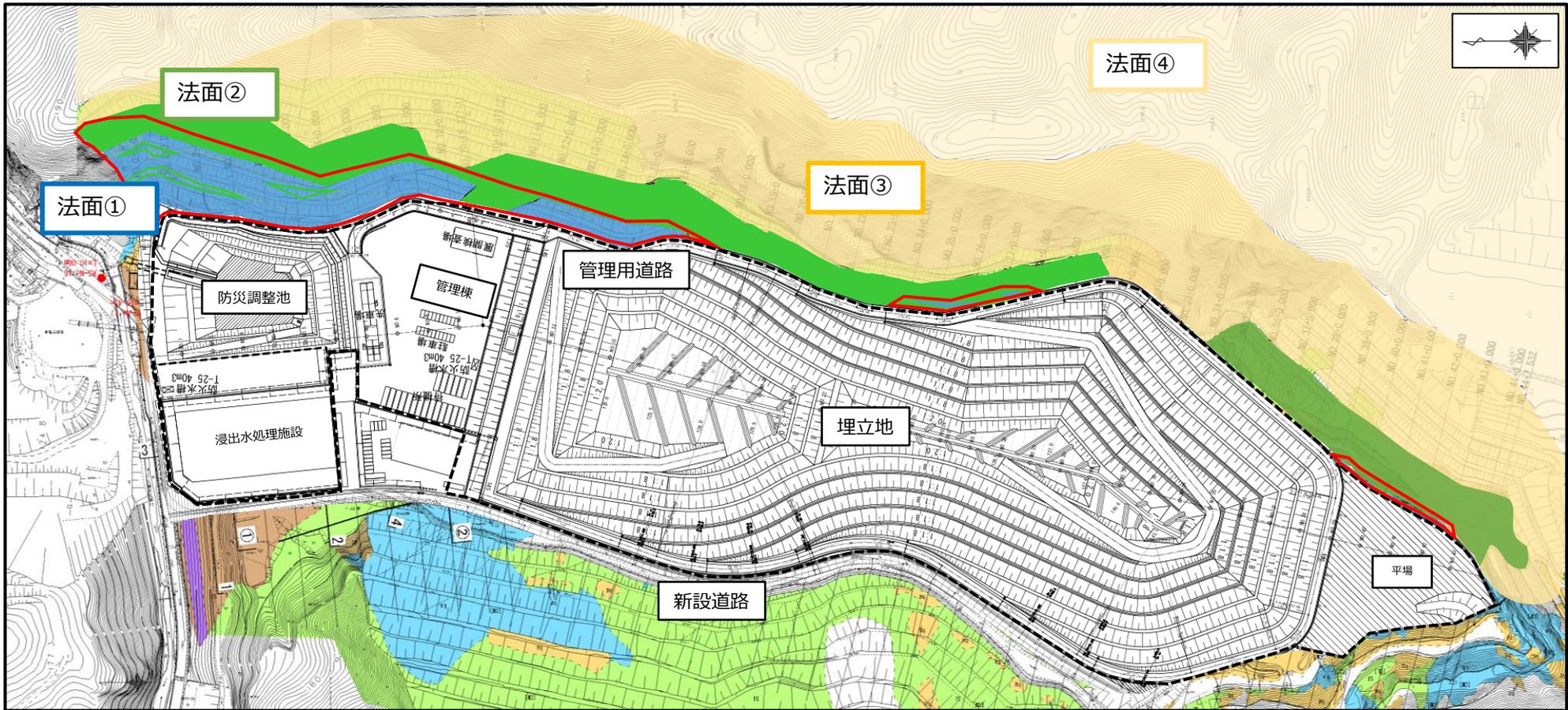
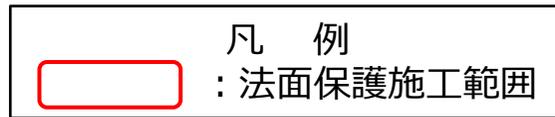
- 植生地は中低木で落葉樹の割合が多い。
- 露岩部も確認したが、亀裂は密着で、斜面は安定。
- 樹木の根曲がりも殆ど無い。

現地踏査及び安定性評価を踏まえ、
 法面保護対策は実施しない。

2 現地踏査結果のまとめ



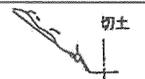
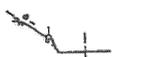
2 現地踏査結果のまとめ



現地踏査による安定状態（安定度ランク）の評価の結果、
法面保護工の範囲は、法面①の石灰岩の露岩部、法面②の石灰岩と粘板岩の地質変化部とした。

3 施工方針の検討

表 2-9 現場の状況と対策の考え方

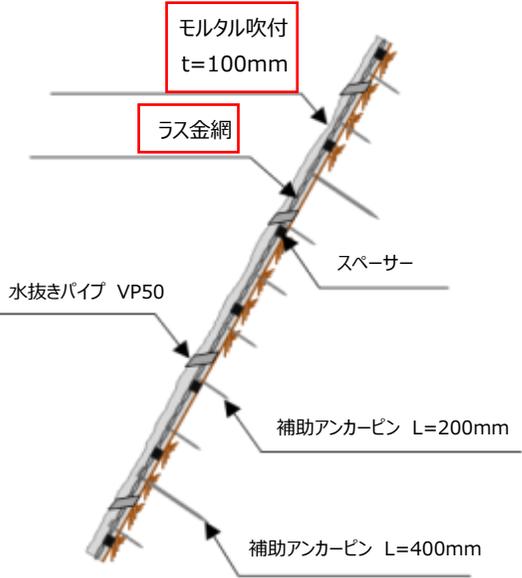
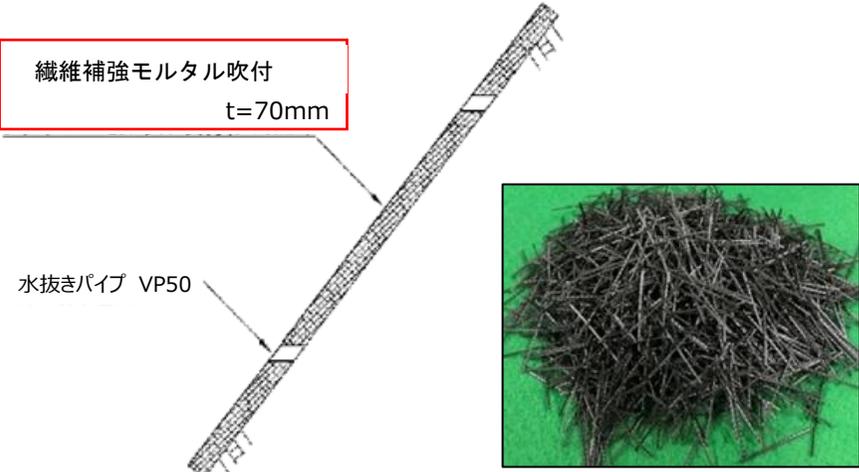
対策の考え方	現場の状況	対策工種(例)	概略図	備考	
落石予防工	切土または除去工ができる箇所。	不安定な転石、浮石を限定することができ、それを切土または除去することが可能な箇所。	切土工 除去工		
	切土または除去工ができない箇所。切土以外の発生源対策工の方が有利な箇所。	不安定な転石、浮石を限定し、それを斜面上に固定することが可能な箇所。 (転石、浮石の下部がえぐられている場合)	根固め工		
	不安定な転石、浮石を限定し、それを斜面上に固定することが可能な箇所。 (転石、浮石の上部を固定することにより安定すると判断される場合)	グラウンドアンカー ロックボルト工		アンカーの長さは状況に応じて増減する。状況に応じて短いロックボルトを採用する。	
対策の目安	のり面、斜面に沿った小規模落石が心配される箇所。 (路側あるいは、路側構造物の上部に防護柵を設ける余裕がある場合)	防護柵工			
	のり面、斜面に沿った小規模落石が心配される箇所。 (路側あるいは、のり面が路側にせまっております、防護柵を設ける余裕がない場合)	落石防護網工		ポケット式と覆式があるが、覆式は落石の発生を抑制するもので予防工に分類される。	
	中・大規模落石が心配される箇所。沢部などのように路側に余裕があり、待受け擁壁が設置できる場合。	落石防護擁壁工 落石防護土堤工 護工			
	中・大規模落石が心配される箇所。落石発生源、落石の規模、飛びはね高さ等から他の対策が取れない場合。	ロックシェッド工		地形的な状況によっては、暫定的に①を施工し、後に②を施工する方法が考えられる。	
	発生源・防護対策の組み合わせ	斜面上に無数の浮石・転石があり、落石群としての対応が必要な場合など。	上記対策工の組み合わせが必要		

【吹付工】

当面崩壊等の危険性が低く、亀裂が多い岩盤斜面に対し、モルタルを吹付し、風化を抑制する。



4 法面保護工の試験施工

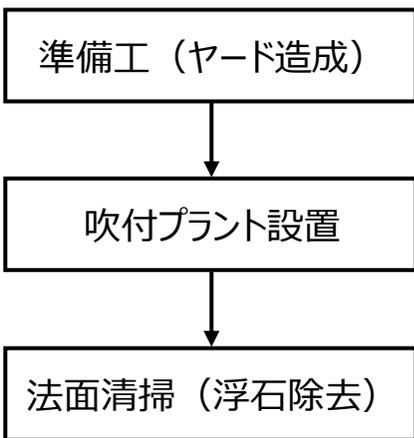
A モルタル吹付工法	B 繊維補強モルタル吹付工法
<p>厚さ100mm、ラス金網</p>  <p>モルタル吹付 t=100mm</p> <p>ラス金網</p> <p>スペーサー</p> <p>水抜きパイプ VP50</p> <p>補助アンカーピン L=200mm</p> <p>補助アンカーピン L=400mm</p>	<p>厚さ70mm、ラス金網なし</p>  <p>繊維補強モルタル吹付 t=70mm</p> <p>水抜きパイプ VP50</p> <p>有機繊維</p> <p>有機繊維：ポリプロピレン有機質繊維。 通常モルタルに付加、圧縮強度・曲げ強度・靱性の向上を図る。</p>

A、Bのモルタル吹付工法について、それぞれ試験施工を実施し、急勾配で凹凸がある岩盤法面に適した工法を比較検討した。

4 モルタル吹付試験施工のフロー



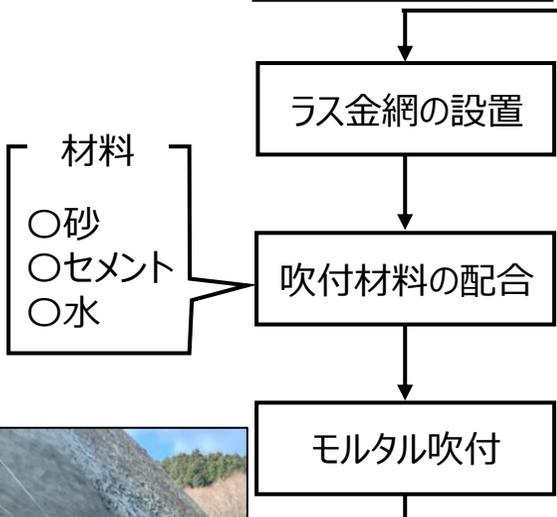
ラス金網の設置状況



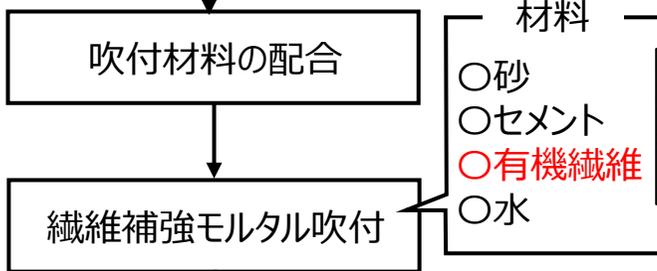
吹付プラントの設置状況

A モルタル吹付工法

B 繊維補強モルタル吹付工法



- 材料
- 砂
 - セメント
 - 水



- 材料
- 砂
 - セメント
 - 有機繊維
 - 水



人力吹付の状況

品質確認
 厚さ、圧縮/曲げ強度、
 密着性、**繊維混入量(B)**



機械吹付の状況

4 モルタル吹付工法の結果

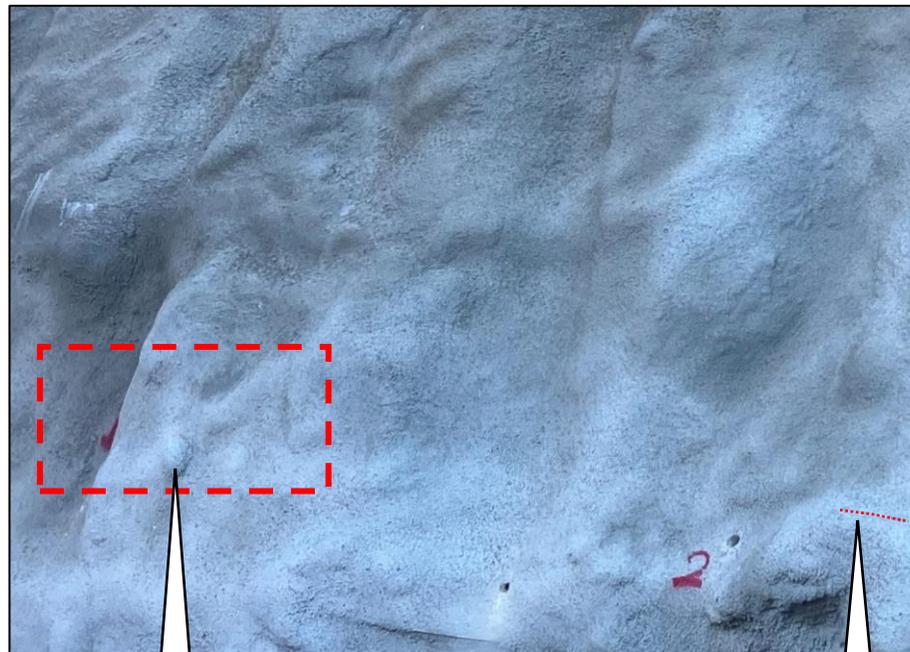
A モルタル吹付工法

ラス金網の設置



現況法面に凹凸がある。
凹部ではラス金網が地山に密着していない。

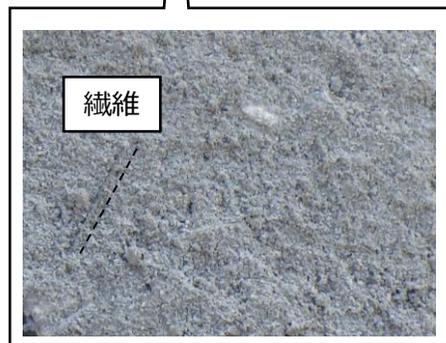
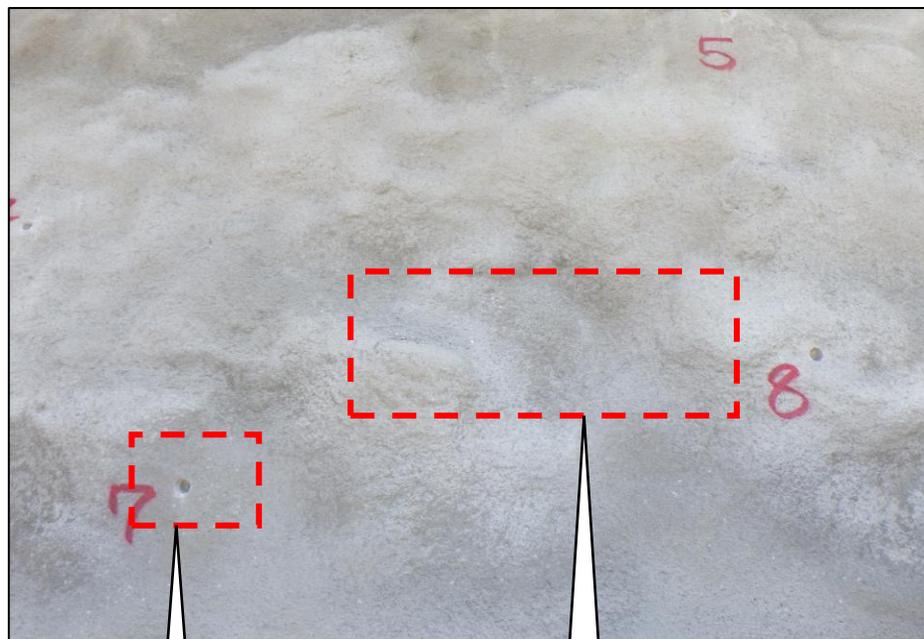
モルタル吹付



4 繊維補強モルタル吹付工法の結果

B 繊維補強モルタル吹付工法

繊維補強モルタル吹付（人力施工）



凹部でも岩盤に追従し、
ダレやクラックの発生なし。



繊維補強モルタル吹付（機械施工）



有機繊維の混入により、ダ
レやクラックの発生なし。



オーバーハング下部は人力
を併用することで対応可。



4 モルタル吹付試験施工の結果

工法名	A モルタル吹付工法		B 繊維補強モルタル吹付工法	
	設計値	実測値	設計値	実測値
厚さ(mm)	100以上	<u>100~270</u>	70以上	<u>70~75</u>
平均圧縮強度(N/mm ²)	18以上	39.6	18以上	42.8
平均曲げ強度(N/mm ²)	1.278以上	<u>2.77</u>	1.278以上	<u>3.86</u>
平均繊維混入量(kg/m ³)※	(※NEXCO土工施工管理要領品質管理基準)		9.10(±5%以内)	9.29(+2.1%)
密着性	打音試験：良好		打音試験：良好	
評価	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 法面に凹凸があり、特に凹部で、<u>地山に追従したラス金網の設置が困難</u>。 ▶ 吹付面に<u>ダレやクラックを確認</u>。 ▶ クラック部から水の侵入を受け、<u>法面裏面への吸出しによる影響が懸念</u>。 		<ul style="list-style-type: none"> ▶ 繊維補強により、<u>ひび割れ防止やモルタルの靱性の向上</u>を確認。 ▶ 法面の凹凸が激しいオーバーハング箇所では、人力施工による補助吹付により対応が可能 	
採用	△		○ 現況の凹凸のある岩盤に適している	

4 繊維補強モルタル吹付工法の施工事例



施工場所 東京都諸島



比較項目	新処分場	施工事例（東京都諸島）
法面保護工	繊維補強モルタル吹付工法	
ラス金網の有無	なし	
地山の岩種・岩質	石灰岩および粘板岩（軟岩～硬岩）	安山岩溶岩（軟岩～硬岩）
法面の勾配	1 : 0.3～1 : 0.5（73～63度）	1 : 0.0～1 : 1.0（90～45度）
吹付後の状況	—	強度、密着性に問題なし （施工事例は施工後17年経過）

出典：ライト工業株式会社施工実績