

**老朽化したモルタル吹付法面の
診断・対策工**

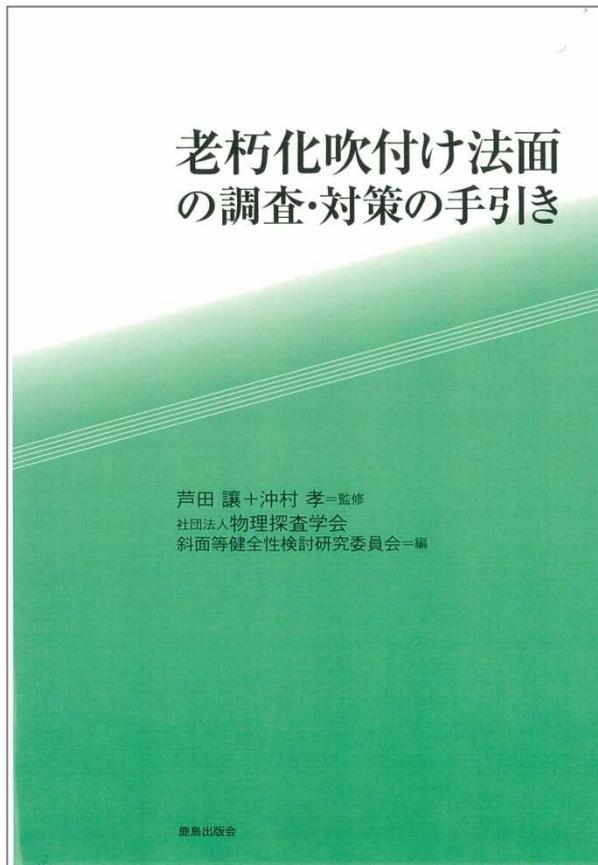
日特建設株式会社

吹付法面の診断・対策 参考文献

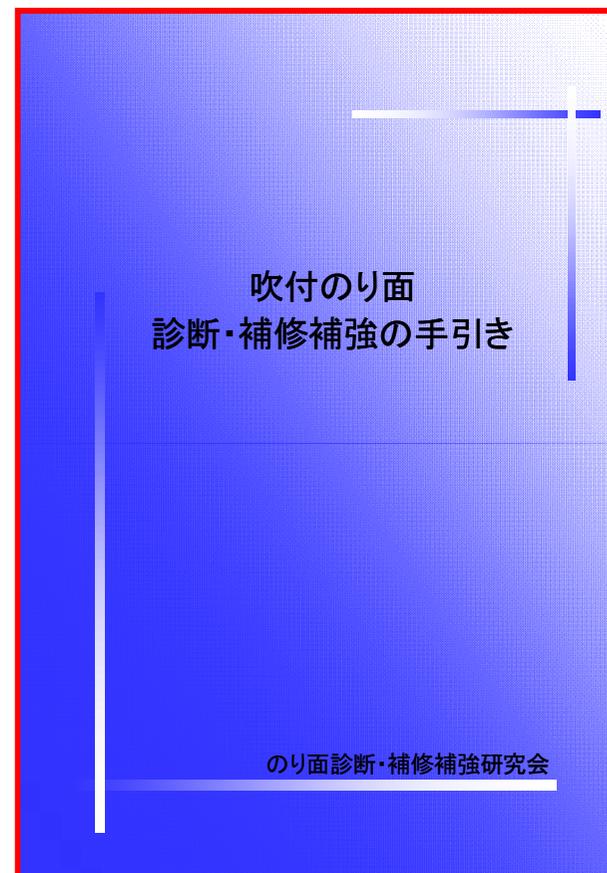
NITTOC



「熱赤外線映像法による吹付法面の老朽化診断マニュアル」
(建設省土木研究所)



「老朽化吹付け法面の調査・対策の手引き」
(社団法人物理探査学会 斜面等健全性検討委員会)



「吹付法面 診断・補修補強の手引き」
(法面診断・補修補強研究会)

- ① 吹付法面とは～現状
- ② 吹付法面の劣化機構
- ③ 点検・調査方法
- ④ ニューレスプ工法
- ⑤ 吹付受圧板工法「FSCパネル」

法面(のりめん)

切土・盛土することにより
人工的につくられた斜面



モルタル・コンクリート吹付工

岩盤の風化や侵食を抑えることを目的に、
モルタル・コンクリートを吹き付け保護する工法。
※吹付られた法面を吹付法面という。

出典:吹付のり面 診断・補修補強の手引き

①風化・浸食防止性能

地山(岩盤)の風化防止

雨水等の地山への侵入による浸食や崩壊の防止。

②安全性能

吹付が滑動・剥落しない。

通行車両や歩行者など、第三者に被害を与えない。

③耐久性能

設計耐用期間中、上記2つの性能が維持される。

要注意: 抗土圧効果は求められていない。しかし、既設吹付のり面の中には、土圧がかかるようなのり面に適用されたケースも多く見られる(要求性能を超えた適用)。

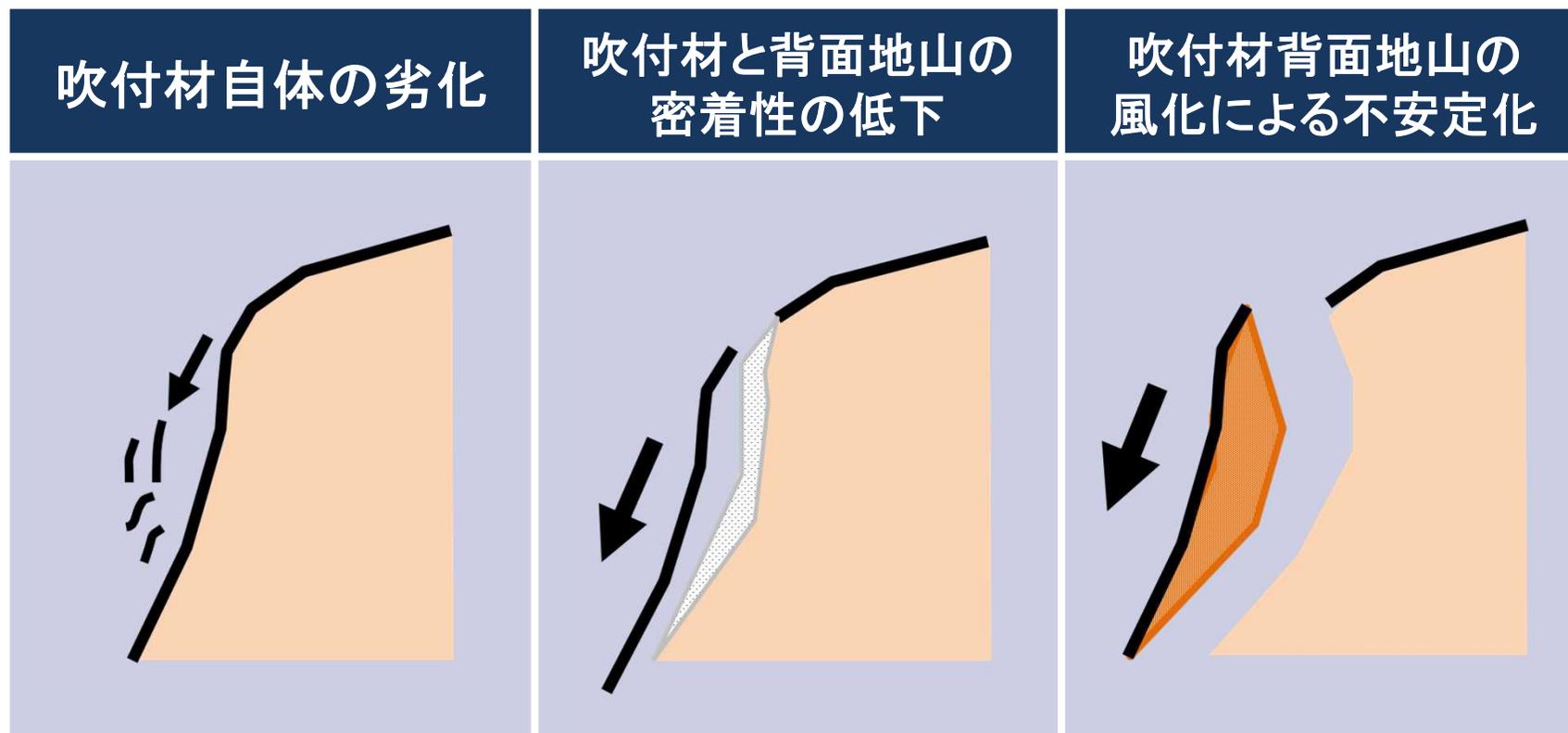
■モルタル・コンクリート吹付工

⇒ 昭和40年代後半から現在までに非常に多くの施工実績がある。

■古いものは施工後50年以上が経過

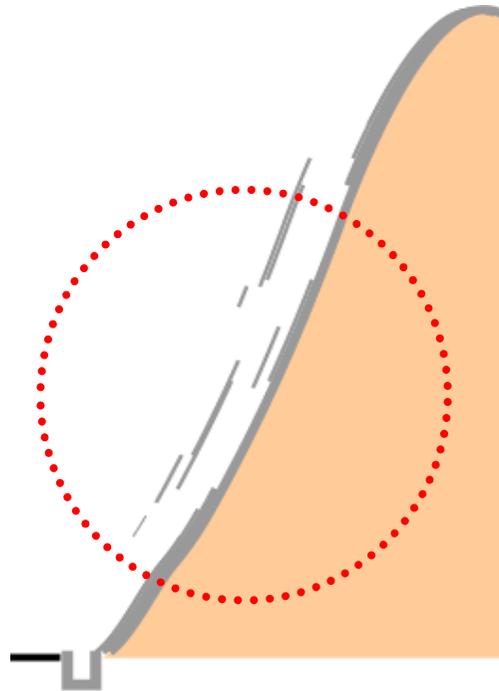
⇒ 昨今、吹付面の剥離・剥落及び崩落による災害が発生するなど、吹付法面の老朽化が問題となっている。

■ 老朽化機構を吹付法面の構造部位により整理



吹付材自体の劣化

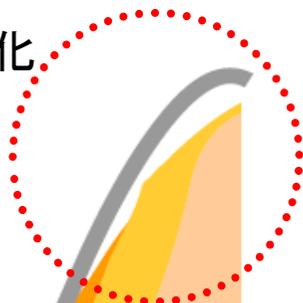
■現象：ひび割れ、表面剥離、吹付材の強度低下



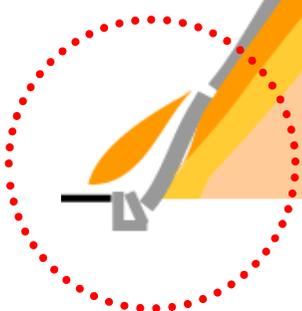
吹付材と背面地山の密着性の低下

■現象；空洞、吹付自体の滑動(スライド)

吹付背後の空洞化



法尻付近の変状
(側溝破損等)

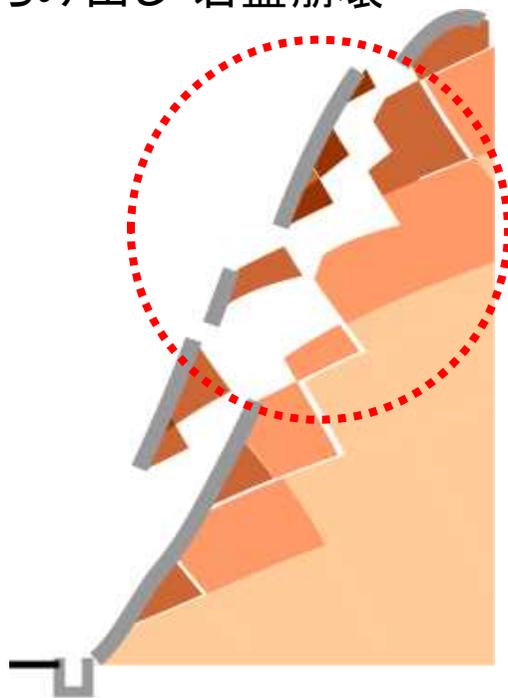


吹付材背面地山の風化による不安定化

NITTOC

■現象；開口ひび割れ、はらみ出し、崩壊

割れ目沿いの緩みによる
はらみ出し・岩盤崩壊



● 現象と目的を整理して、適切な調査を選定

| 現象 | 方法 | 目的 |
|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| 吹付自体の劣化を評価するための調査 | 目視観察 | 劣化範囲、深さ |
| | ハンマ打診法 | 吹付の浮き・表面剥離の範囲 |
| | コア採取・フェノールフタレイン溶液噴霧 | 中性化の進行深さ |
| | コア採取・一軸圧縮試験 | 吹付の一軸圧縮強度、内部欠陥の有無 |
| | 超音波探傷法 | ひび割れ深さ |
| 吹付と地山の密着性の低下を評価するための調査 | 熱赤外線映像法 | 背面空洞や、吹付と地山の境界部の風化範囲、湧水位置 |
| | ハンマ打診法、地中レーダー法 弾性波法（打音法、振動法） | 背面空洞範囲 |
| | 部分破壊を伴う手法 （穿孔、コア採取、剥ぎ取り） | 背面空洞の範囲・厚さ・風化の深さ |
| 地山風化による吹付法面の不安定化を評価するための調査 | 簡易貫入試験、鉄筋貫入試験 | 風化の深さ、状態 |
| | 調査ボーリング・ボアホールスキャナ観察 | 風化の深さ、状態 割れ目の分布・風化・開口状態 （緩み深度） |
| | 削孔検層 | 風化の深さ、状態 |
| | 物理探査 （屈折法弾性波探査、表面波探査など） | 風化の範囲、深度 岩盤の緩み範囲・深さ |

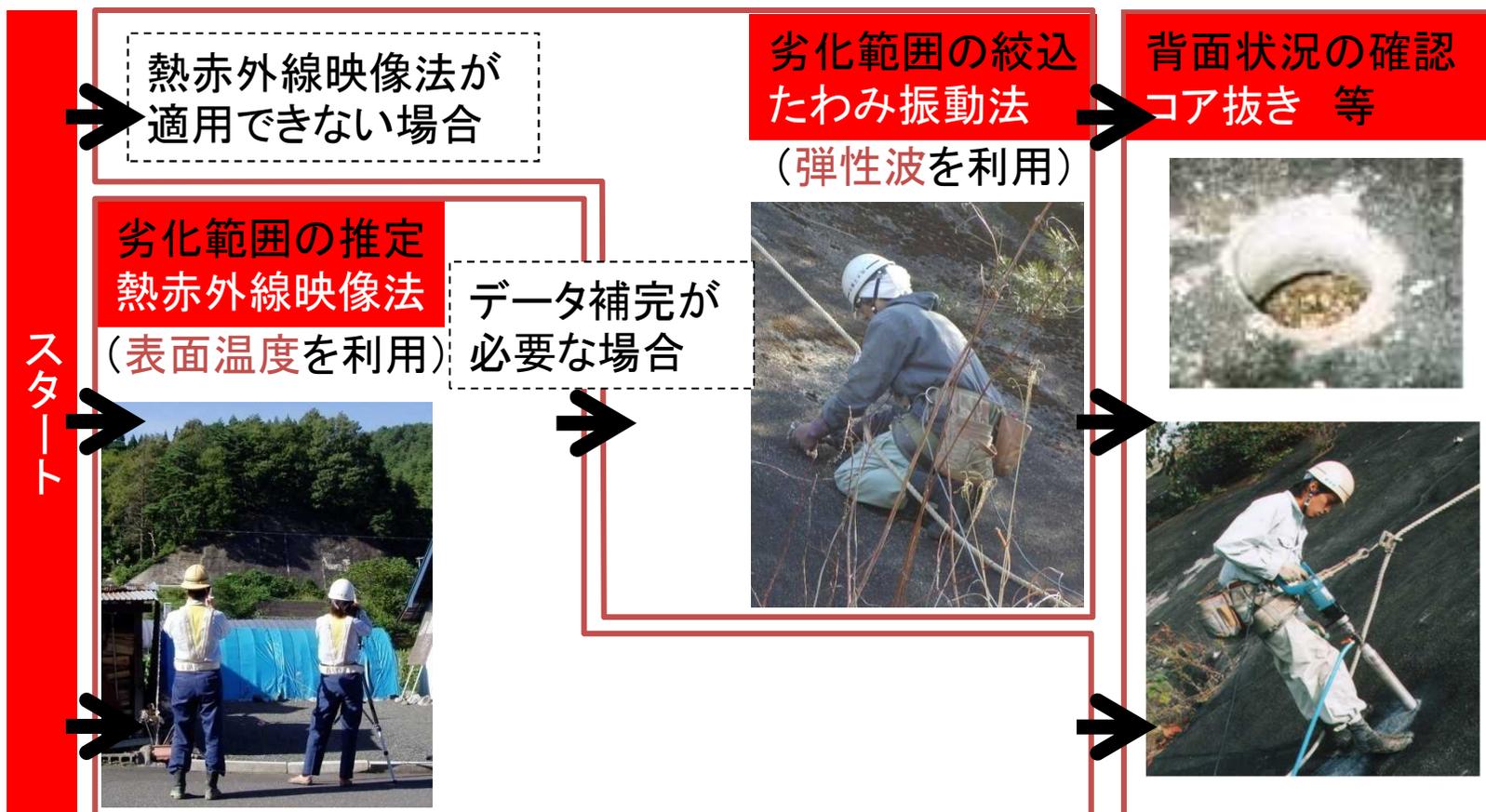
調査技術 Slope Doctor

NITTOC

**SLOPE
DOCTOR**
スロップドクター

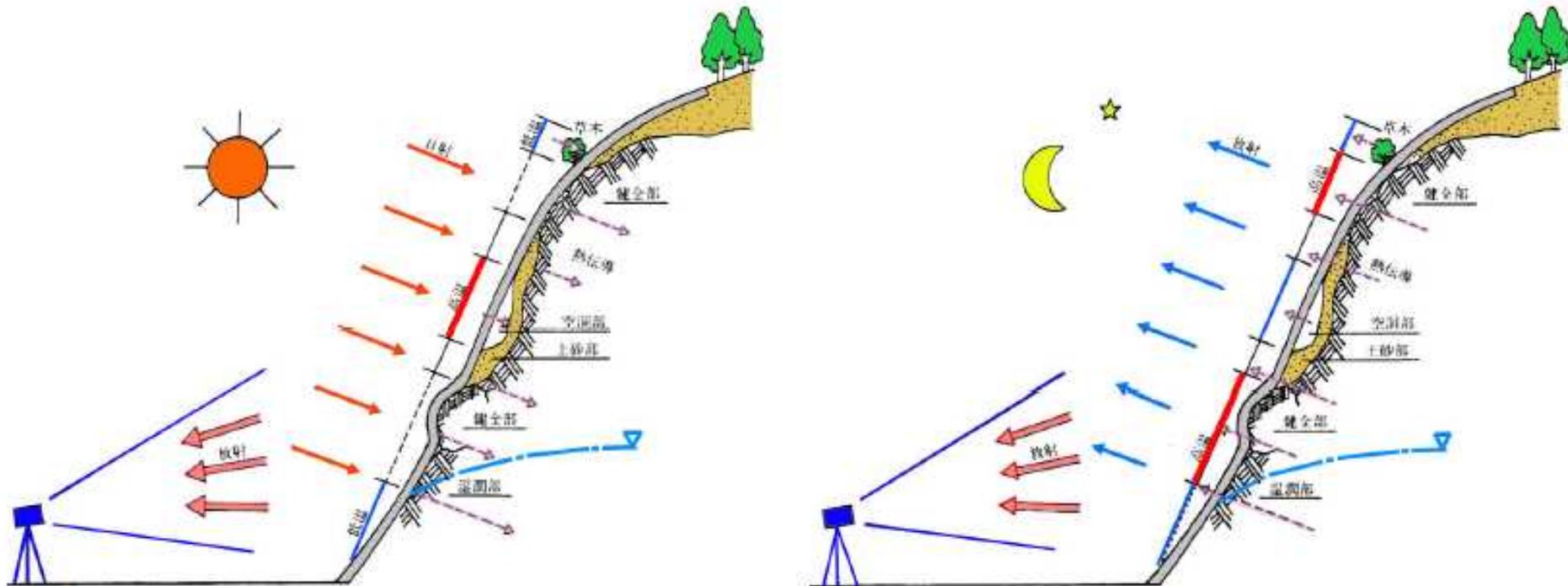
従来は打音調査を中心に健全度を評価

⇒ 現在では、多数の調査により健全度を評価



- 原理

- 日中および夜間における吹付法面の熱移動

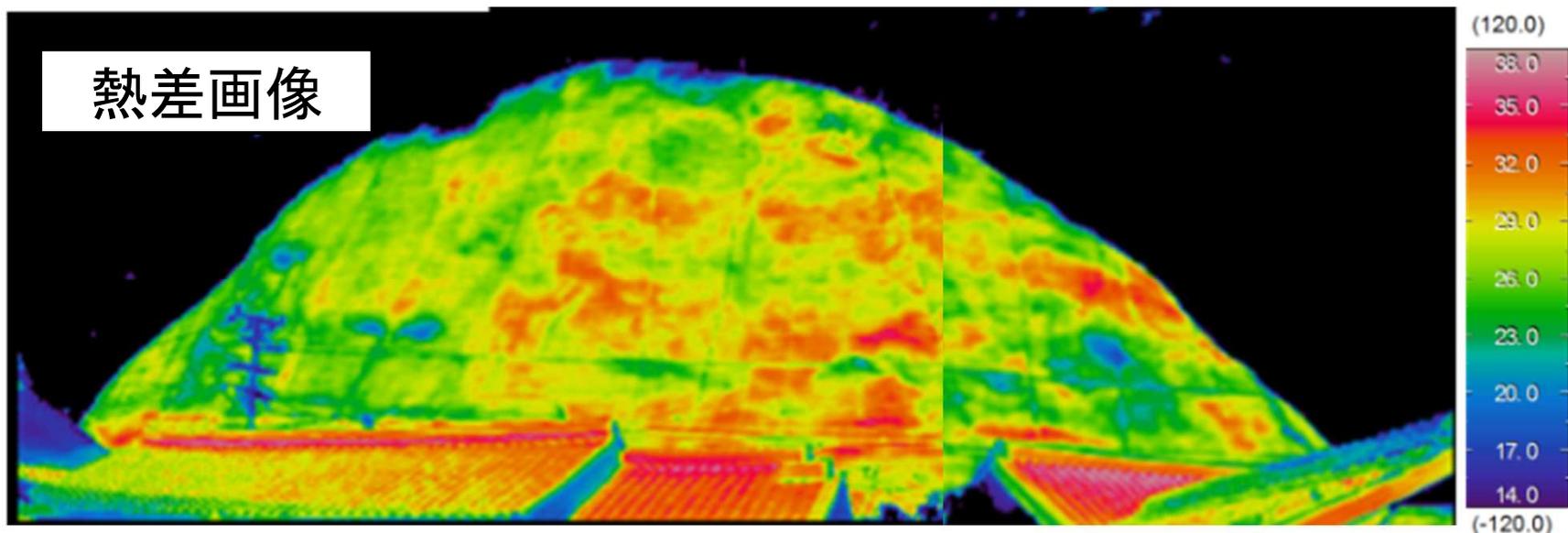


出典)建設省土木研究所(1996):
熱赤外線映像法による吹付法面老朽化診断マニュアルp15

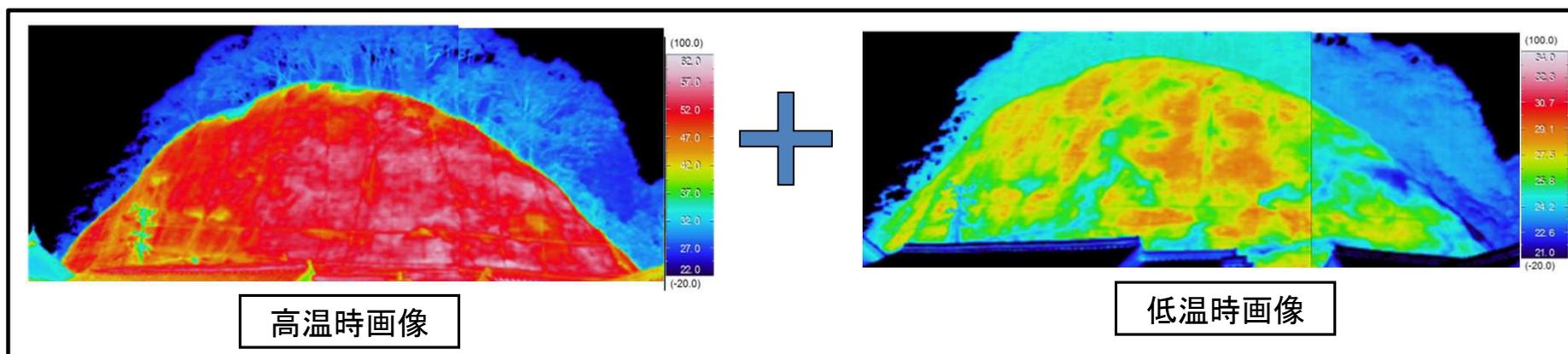
可視画像



熱赤外線映像法



||



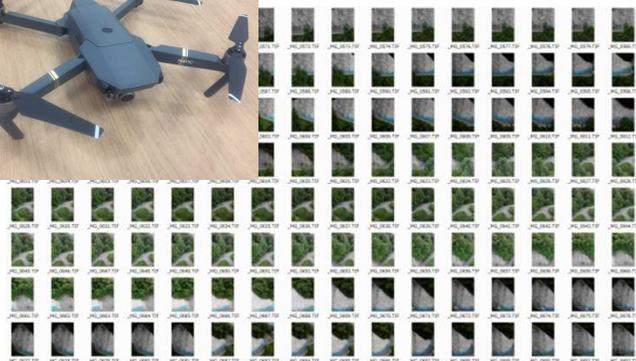
三次元モデルの構築



見通しのきかない山間部の法面



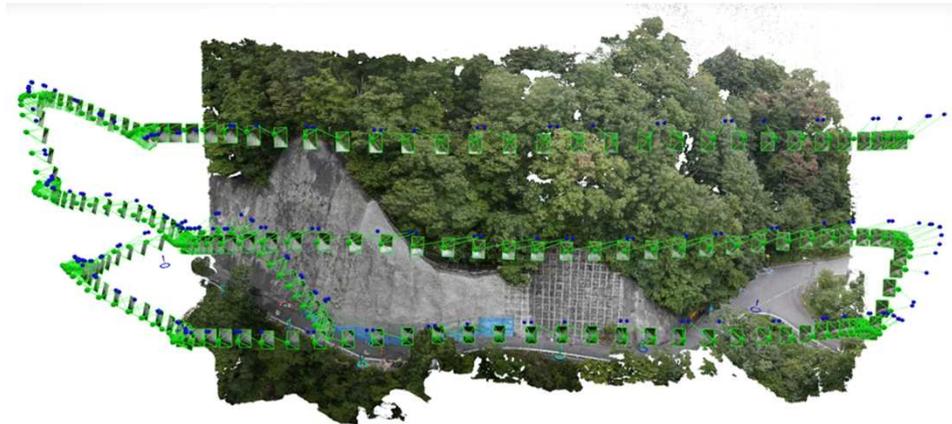
『ドローン』活用



ラップさせて写真を撮影



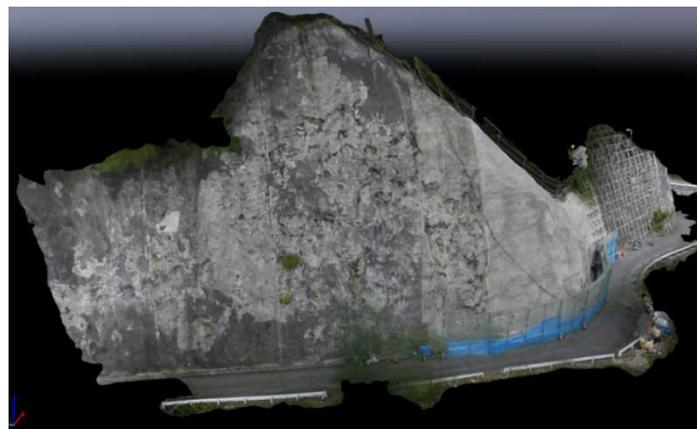
『SfM技術』



写真撮影位置・方向の復元

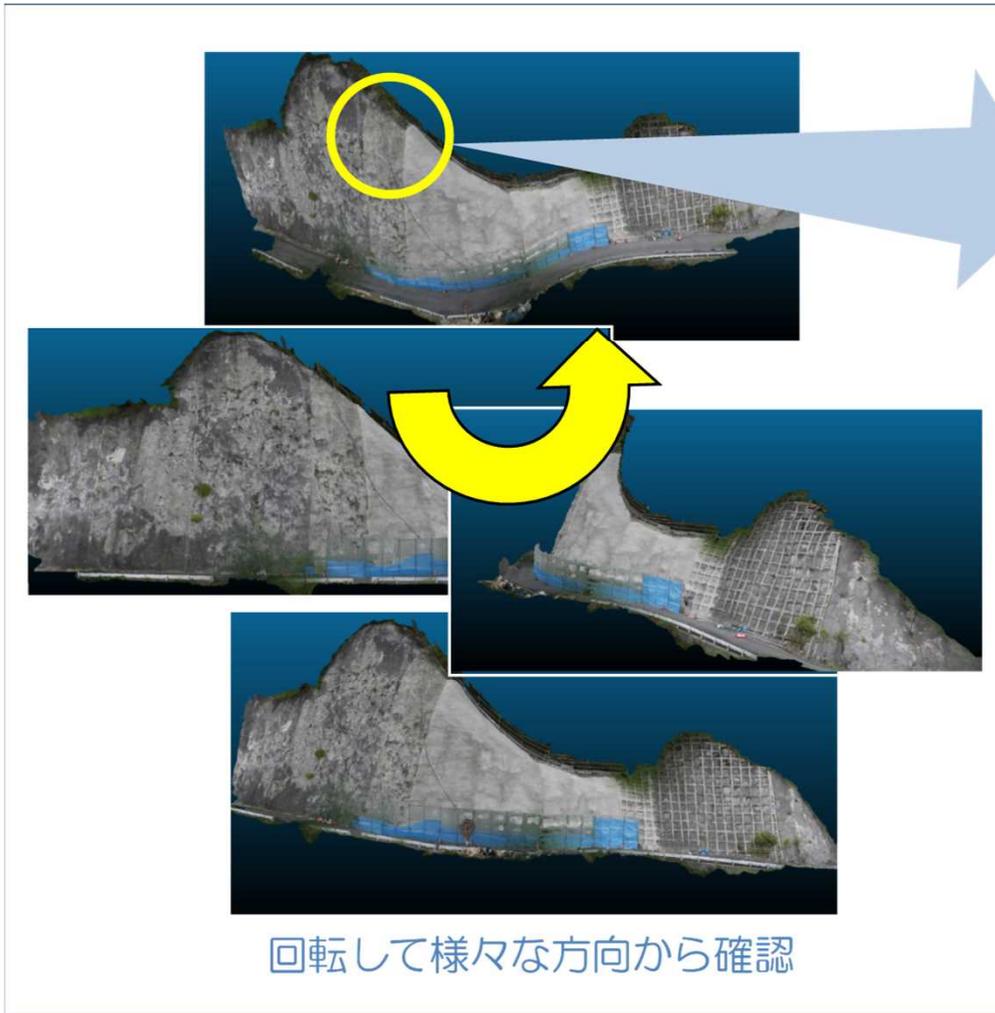


『MVS技術』



三次元モデル（鳥観図）完成

三次元モデルの構築



健全性評価(例)

出典:吹付のり面 診断・補修補強の手引き

| 健全度 | 性能の保持状態 (健全性) | |
|-----------|--|--|
| | 風化・浸食防止性能 | 安全性能 |
| A (健全) | 変状がない、あっても、保護工としての性能低下は見られない。 | 変状がない、あっても、のり面の安定性に問題がない。 |
| B (軽微な低下) | 保護工としての性能の低下が生じているが、軽微な段階である。 | 変状は現れていないが、のり面の不安定化に至る兆候が存在(伏在)する。 |
| C (低下) | 保護工としての性能が低下しており、放置すると地山の風化・浸食が進む可能性がある。 | 地山の風化、吹付と地山の密着性の低下に起因する変状が現れており、のり面の安定性が低下している。 |
| D (著しく低下) | 保護工としての性能が著しく低下しており、地山の風化・浸食が生じている。 | 地山の風化、吹付と地山の密着性の低下に起因する変状が進行し、のり面の安定性が著しく低下している。 |
| E (危険) | (完全に失われている。) | のり面の安定性が損なわれており、危険な状態にある(剥落、滑落、表層崩壊が発生する恐れがある)。 |

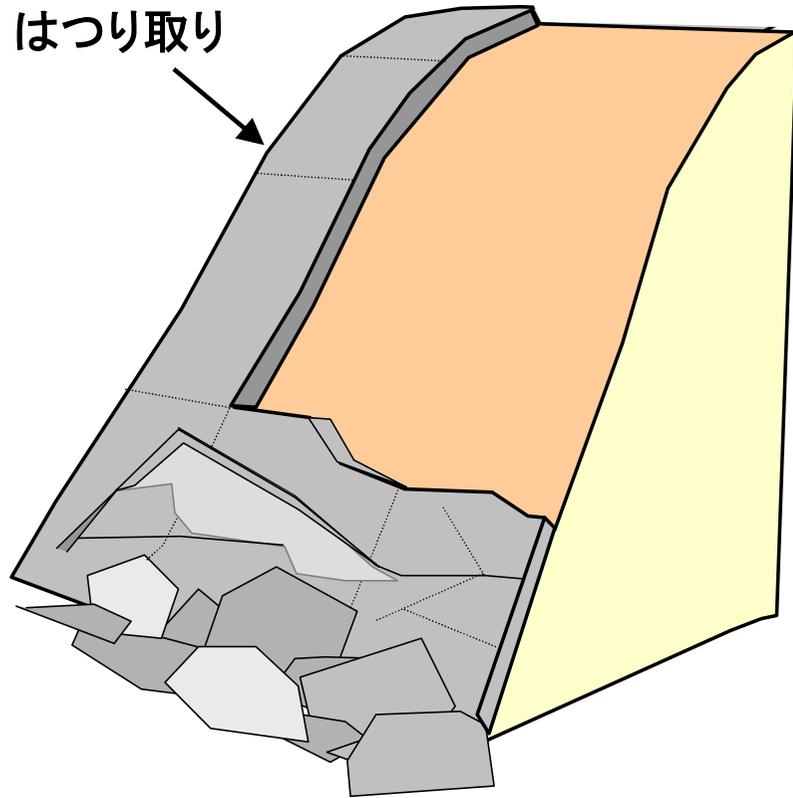
出典:平成30年道路土工構造物点検必携

| 判定区分 | 判定の内容 |
|------------|--|
| I 健全 | 変状はない、もしくは変状があっても対策が必要ない場合（道路の機能に支障が生じていない状態） |
| II 経過観察段階 | 変状が確認され、変状の進行度合いの観察が一定期間必要な愛（道路の機能に支障が生じていないが、別途、詳細な調の実施や定期的な観察などの措置が望ましい状態） |
| III 早期措置段階 | 変状が確認され、かつ次回点検までにさらに進行すると想定することから構造物の崩壊が予想されるため、できるだけ速やかに措置を講ずることが望ましい場合（道路の機能に支障は生じていないが、次回点検まで支障が生じる可能性があり、できるだけ速やかに措置を講じることが望ましい状態） |
| IV 緊急措置段階 | 変状が著しく、大規模な木場崩壊に繋がる恐れがあると判断され、緊急的な措置が必要な場合（道路の機能に支障が生じている、または生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態） |

従来対策 「地山風化が進行していない場合」

- 老朽化した吹付コンクリートのはつり取り
+ 新たに吹付コンクリートで覆う

吹付材
はつり取り

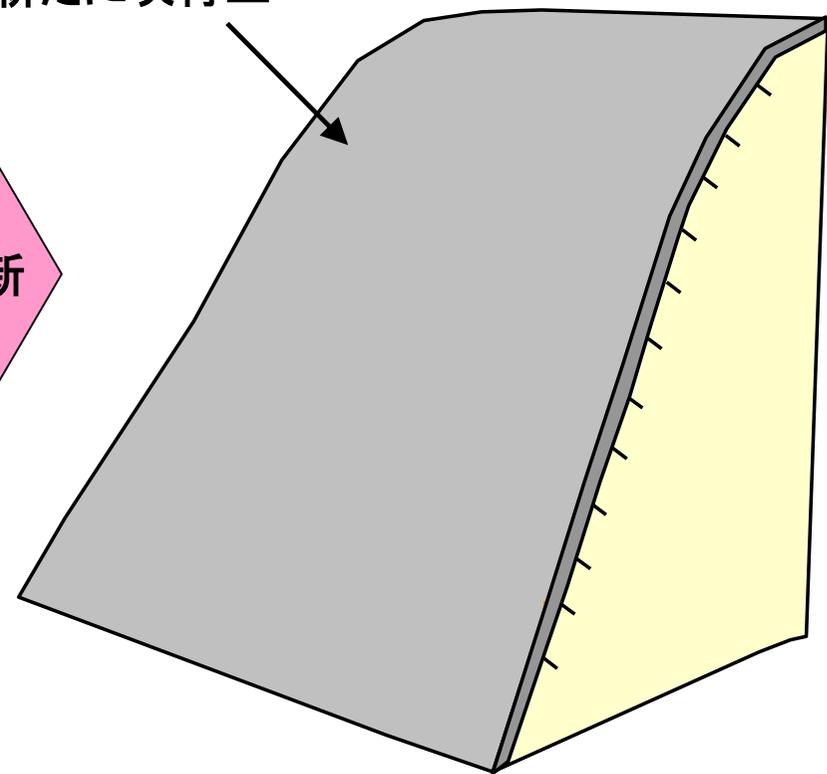


対策中

新たに吹付工



更新



対策後

従来対策の課題「地山風化が進行していない場合」

- 大きな仮設防護柵の費用や産業廃棄物の処理費用によりコストが高い傾向にある。

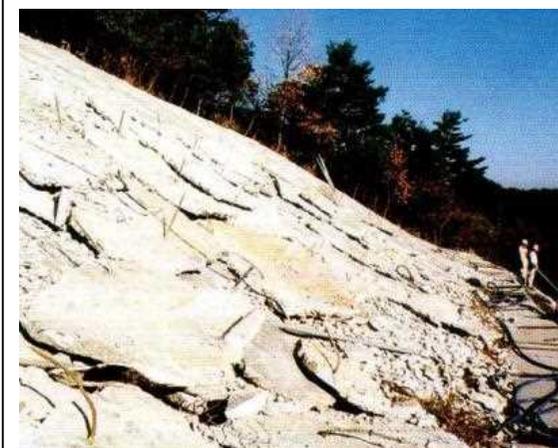
大規模な防護柵



危険作業

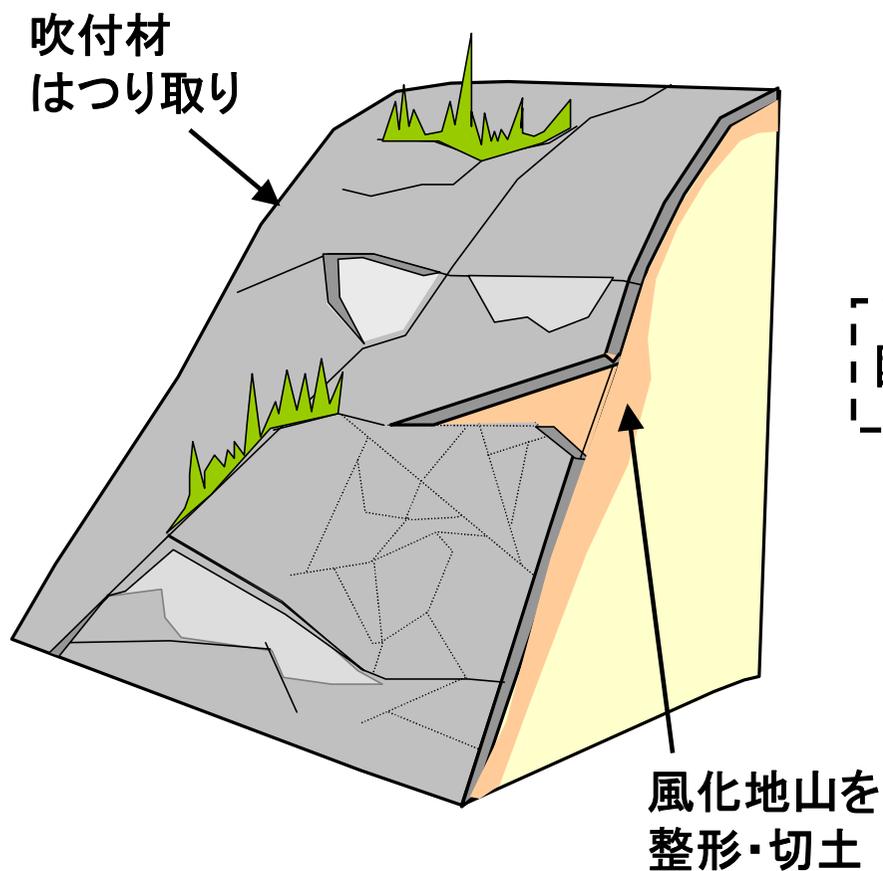


産業廃棄物



従来対策の課題 「地山風化が進行している場合」

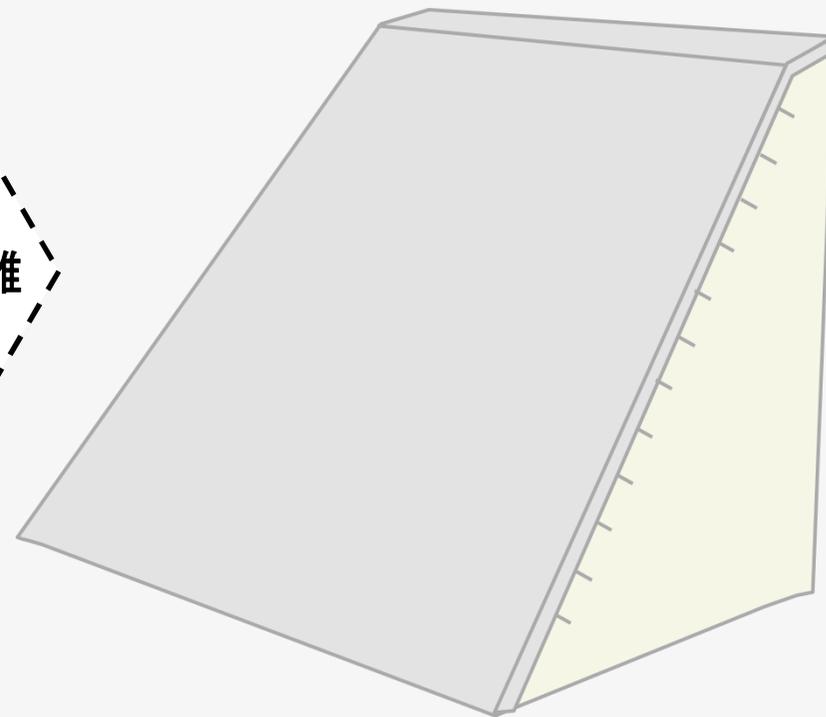
■ 表層風化部の整形・除去が難しく、**風化部**が残る。



対策前

困難

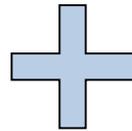
実施工は困難



対策後

対策の選定方法

劣化原因・機構に応じて、適切な対策をラインナップから選定する。



現場条件、工期、経済性などを全体的に評価し、適切な対策を選定する。



既設吹付材をはつり取らずに対策する方法が多く採用

| 区分 | 劣化の原因・機構 | | |
|-------------------|--|--|---------------|
| | 吹付自体の劣化 | 吹付と地山の密着性の低下 | 風化による地山強度の低下 |
| | 風化・侵食防止性能の回復 | | のり面の安全性能の回復 |
| V 更新・大規模補強 | <p>更新</p> <p>吹付工 吹付工(はつり取り・打換え)</p> | <p>吹付工 切土工+吹付工(打換え)</p> | |
| 大規模補強 | <p>増厚吹付工 補強鉄筋工 繊維補強モルタル吹付(増厚吹付)工</p> | <p>増厚吹付工 地山補強土工 繊維補強モルタル吹付工+地山補強土工</p> | <p>吹付のり棒工</p> |
| IV 補強(力学的性能回復) | <p>増厚吹付工 補強鉄筋工 繊維補強モルタル吹付工(補強鉄筋工簡素化)</p> | <p>地山補強土工(補強鉄筋工) 劣化の状態に応じて補強材の打設間隔、長さを変更する</p> <p>地山補強土工(補強鉄筋工) 空洞充填工 排水工</p> <p>空洞充填工 排水工・地山補強土工を併用するケースが多い</p> | |
| III 補修(延命化) | <p>表面被覆工 表面被覆工</p> <p>補修工</p> | | |

老朽化吹付法面の補修・補強技術

ニューレスプエ法

要素技術

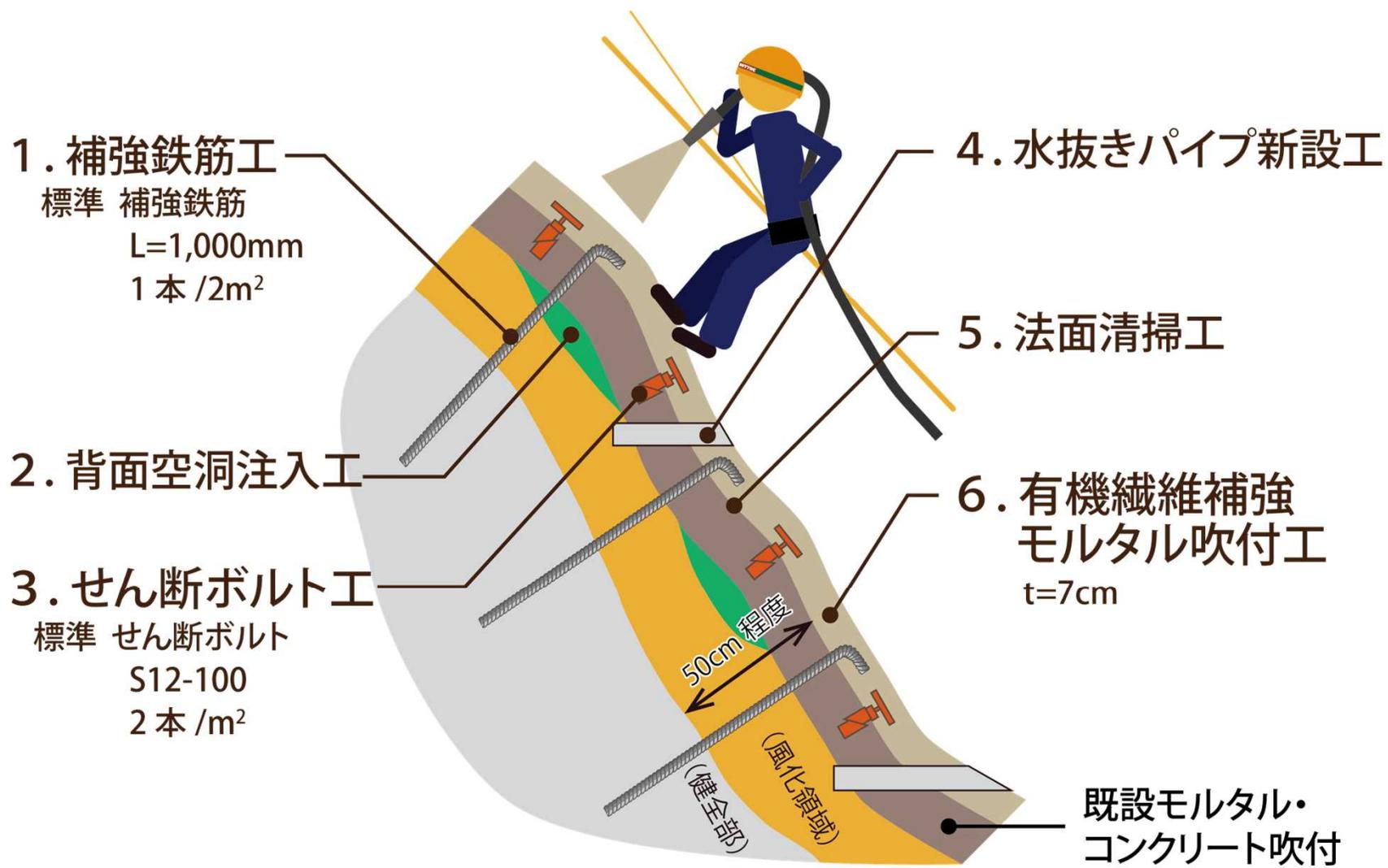
- 補強鉄筋工
- 背面空洞注工
- せん断ボルト設置工
- 水抜きパイプ新設工
- 法面清掃工
- 繊維補強モルタル吹付工



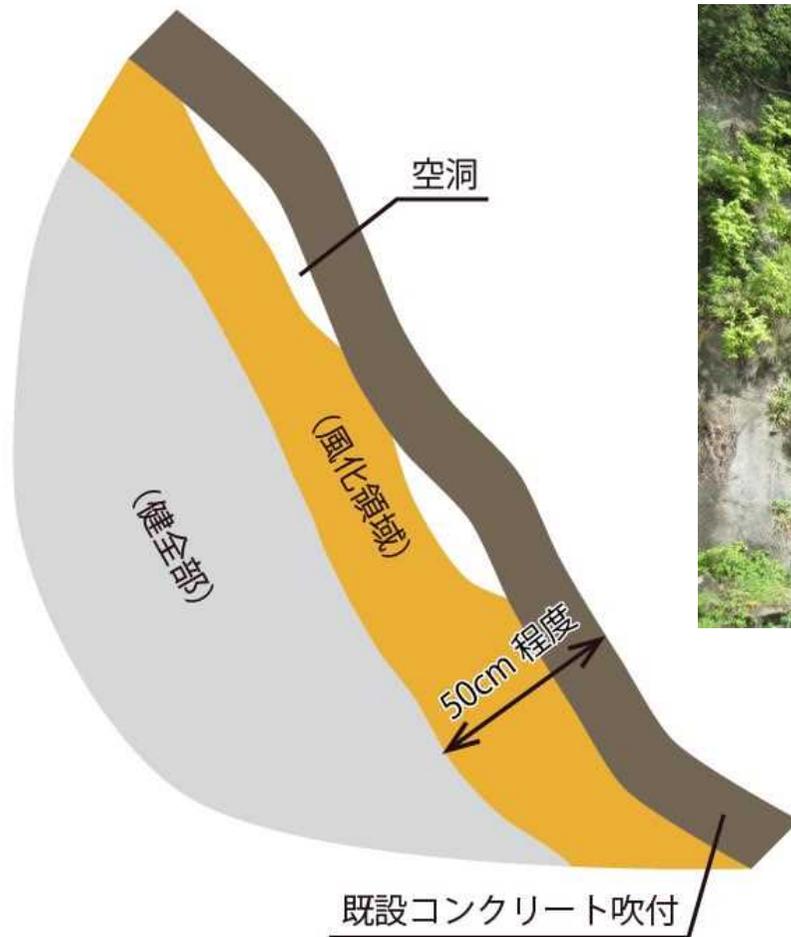
老朽化した吹付材をはつり取らず対策

ニューレスプ工法

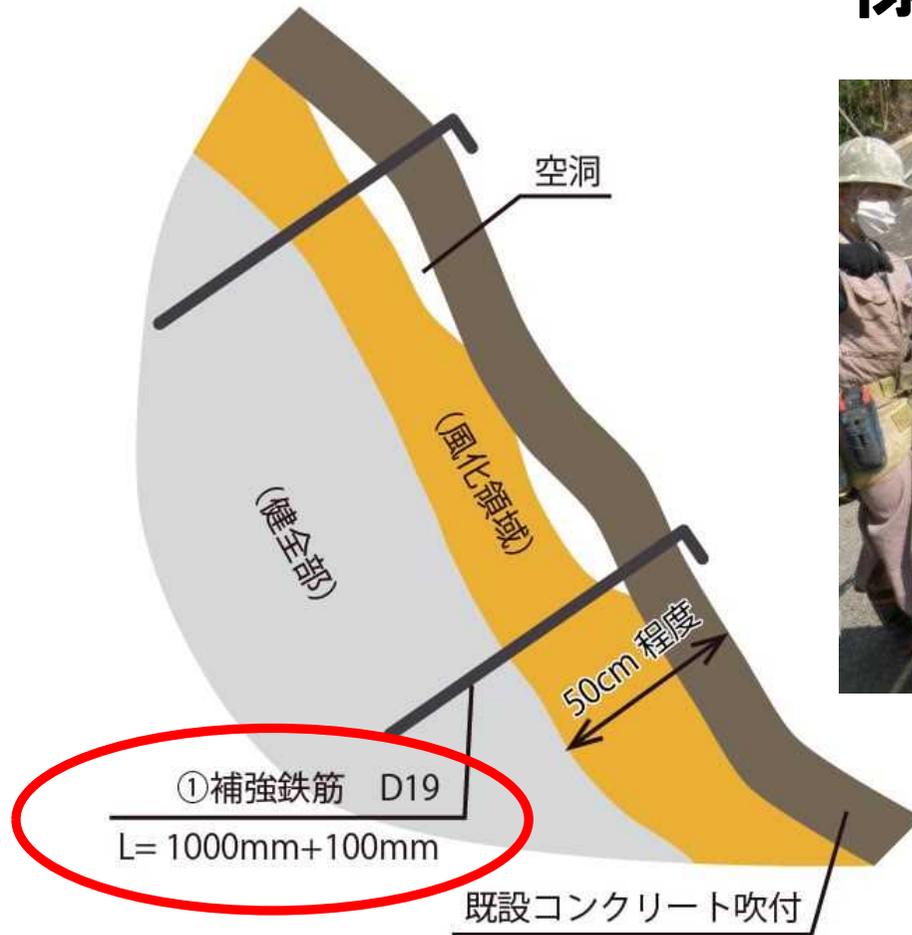
NITTOC



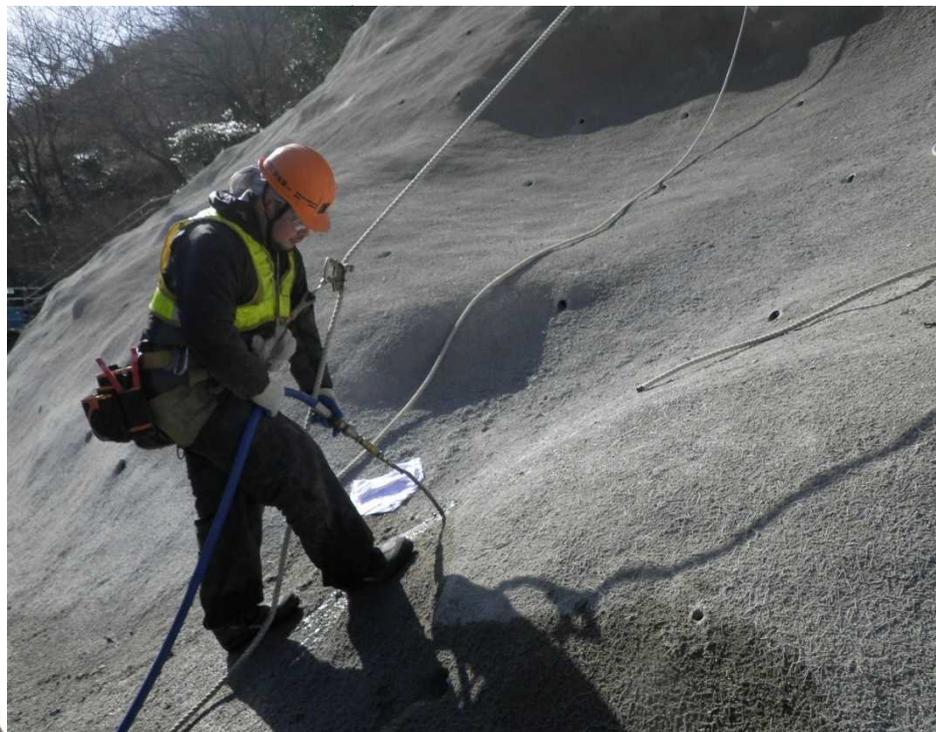
老朽化吹付法面断面図



標準仕様: 1本/2m²



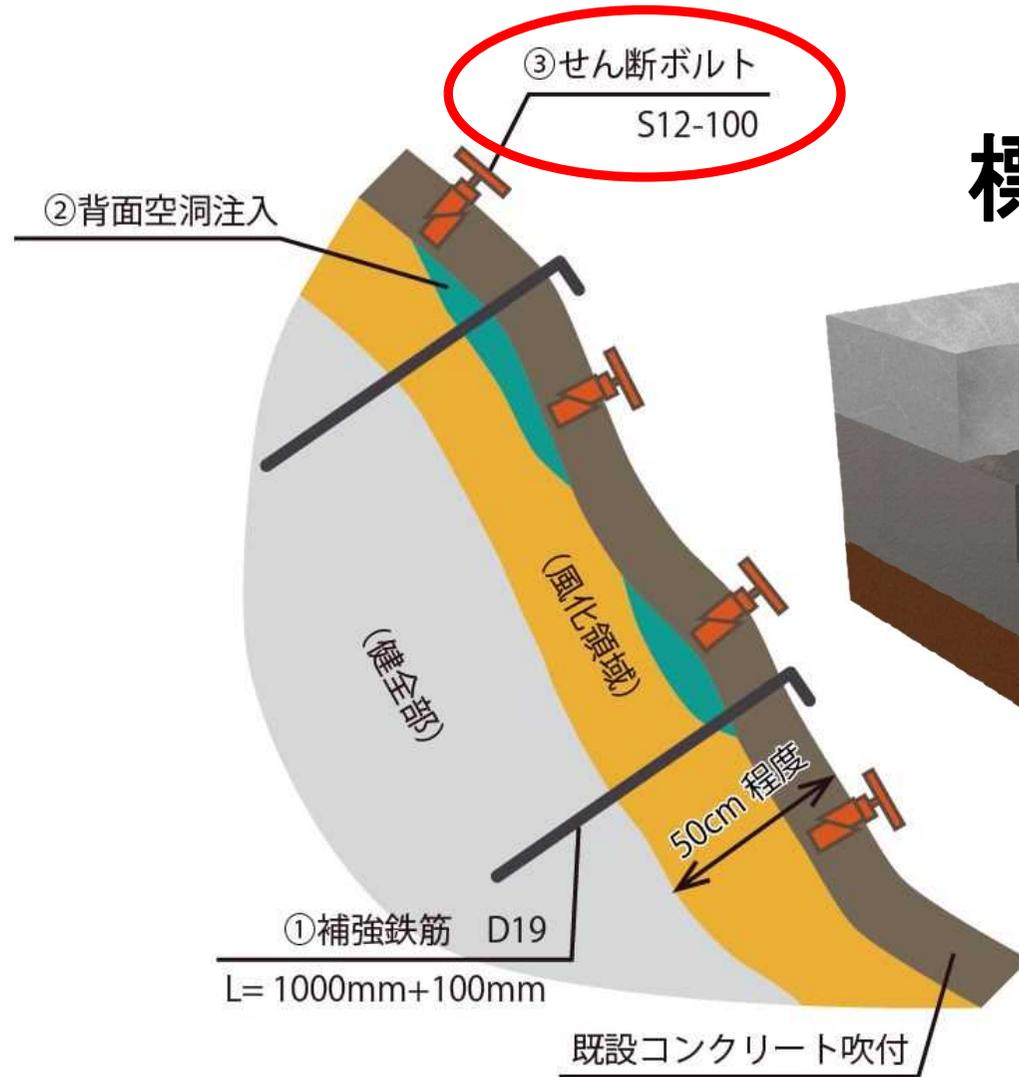
背面空洞注入工



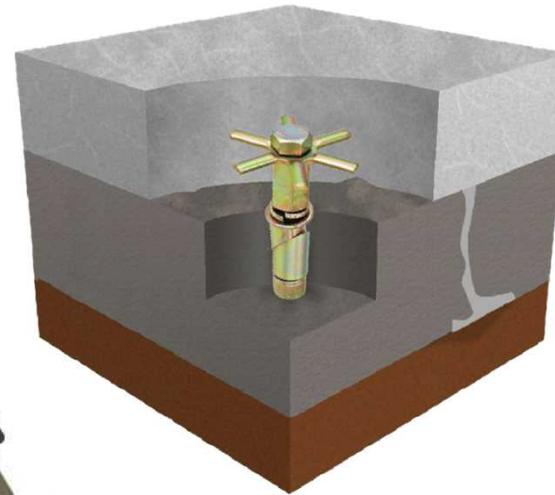
材料の逸走が懸念
⇒可塑性グラウトを採用
(パフェグラウト)

せん断ボルト工

NITTOC



標準仕様: 2本/m²





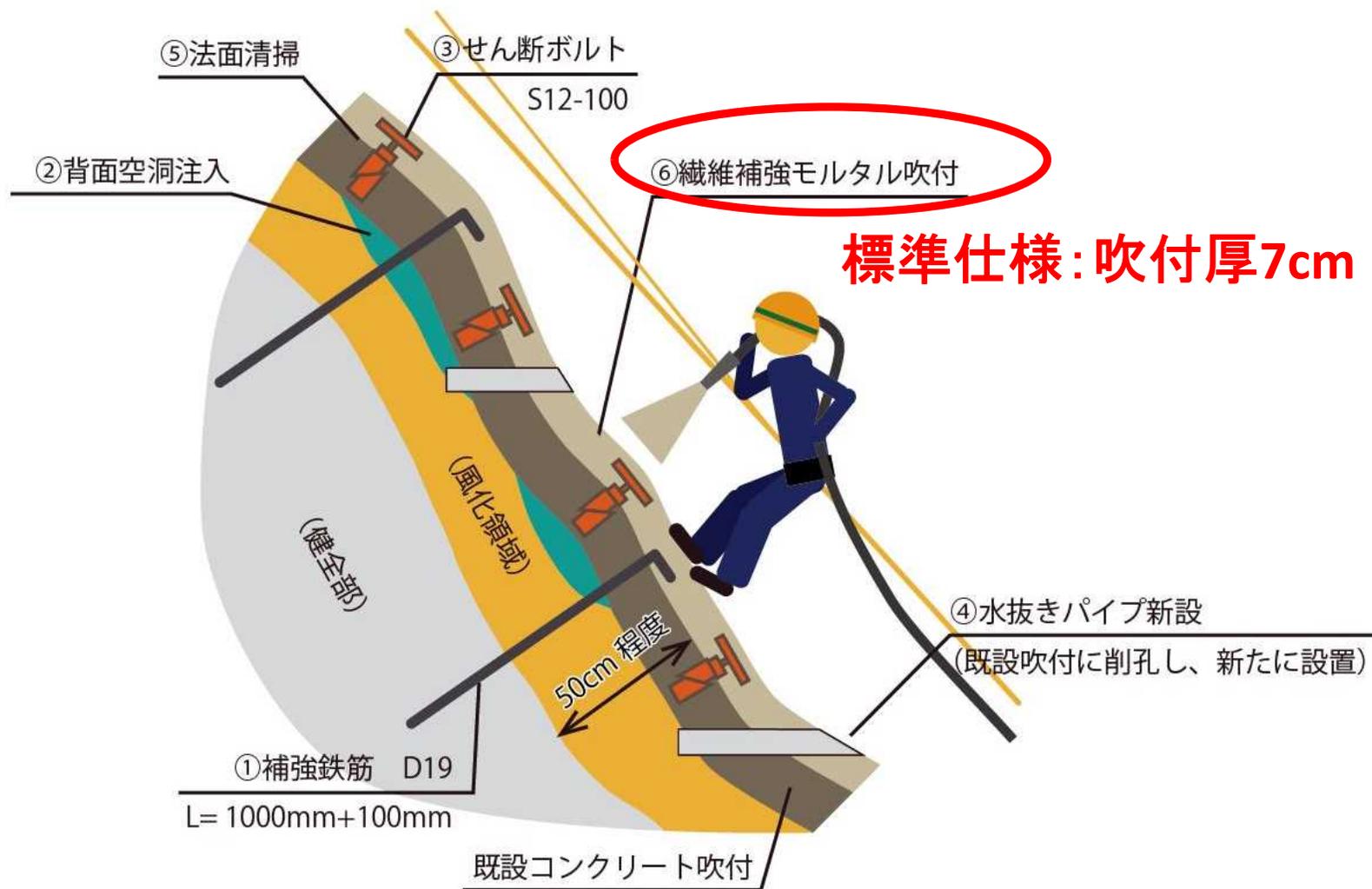
高圧洗浄により清掃



④水抜きパイプ新設
(既設吹付に削孔し、新たに設置)

繊維補強モルタル吹付工

NITTOC



繊維補強モルタル吹付工

繊維補強モルタル

有機繊維をモルタル中に分散(1vol%)

⇒ひび割れに対する抵抗性や靱性の改善を図った
複合材料

NEXCO H25.7土工施工管理要領規格
繊維混入量、繊維の引張強度は適合

BCファイバー

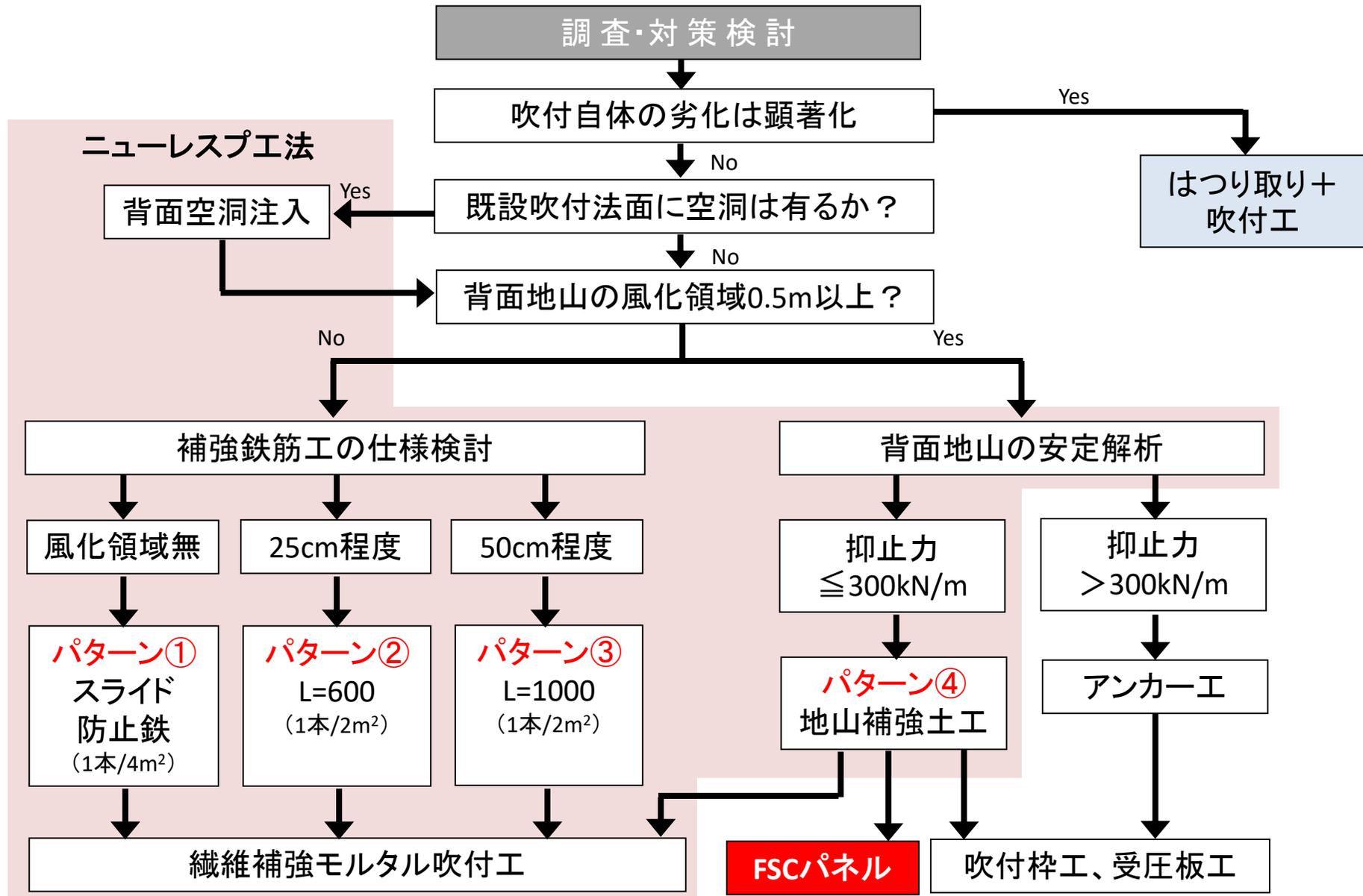


BCファイバー物性等

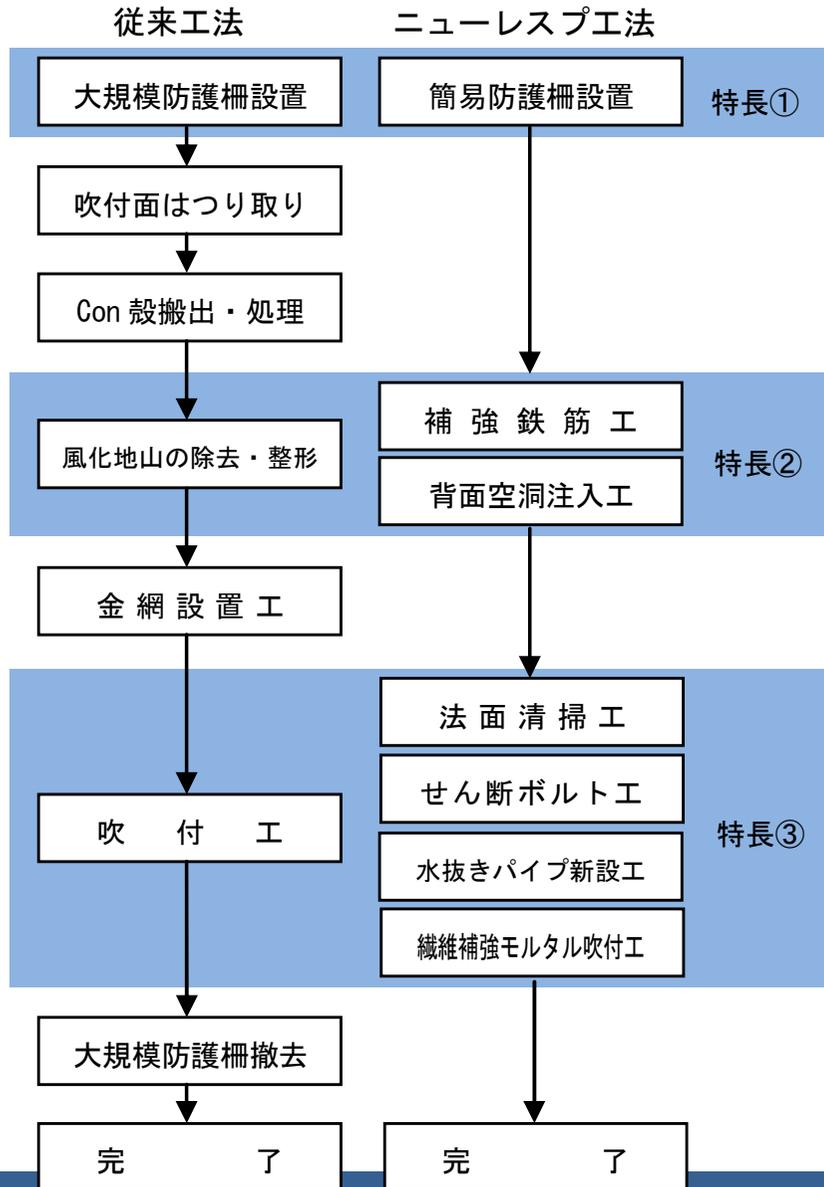
| | |
|---------------------------|--------------------------------|
| 標準添加量(1m ³ 当り) | 1.0vol%(9.1kg/m ³) |
| 素材 | ポリプロピレン |
| 繊維長 | 30mm |
| 公称繊維径 | 0.7mm |
| 引張強度 | 607N/mm ² 以上 |



調査・対策検討フロー



ニューレスプ工法の特長



特長①

- ・道路交通への影響低減
- ・狭隘地での施工が可能

特長②

- ・既設吹付と背面地山の密着を向上
- ・背面地山の定量的な補強が可能

特長③

- ・高い性能へ向上
- ・耐久性を向上

適用事例 ① 神奈川県

■ 主要国道の老朽化法面⇒パターン③(標準)



適用事例② 奈良県

■ 主要国道の老朽化法面⇒パターン③(標準)



適用事例③ 千葉県

■ 地山風化が1.0m程度⇒ロックボルトを採用(パターン④)



適用事例④ 新潟県



ロックボルトを併用するケース



ロックボルトの打設間隔を広くできると工費低減が図れる



法面工の剛性を高める



吹付のり枠、独立受圧板を併用



- 老朽化した吹付に
+ **新たな法面工（吹付法枠）と地山補強土工で対策**

老朽化吹付法面



対策後の法面



- 対策要求性能に対して、**過剰な対策**となる場合もある。
- 作業効率の面から、**経済性が劣る。**

老朽化吹付法面の補強工

吹付受圧板工法 (FSCパネル)

要素技術

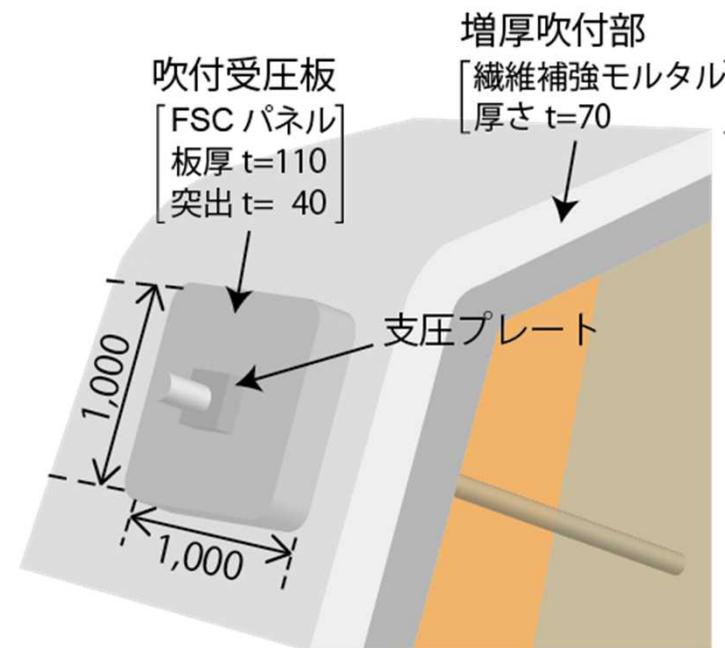
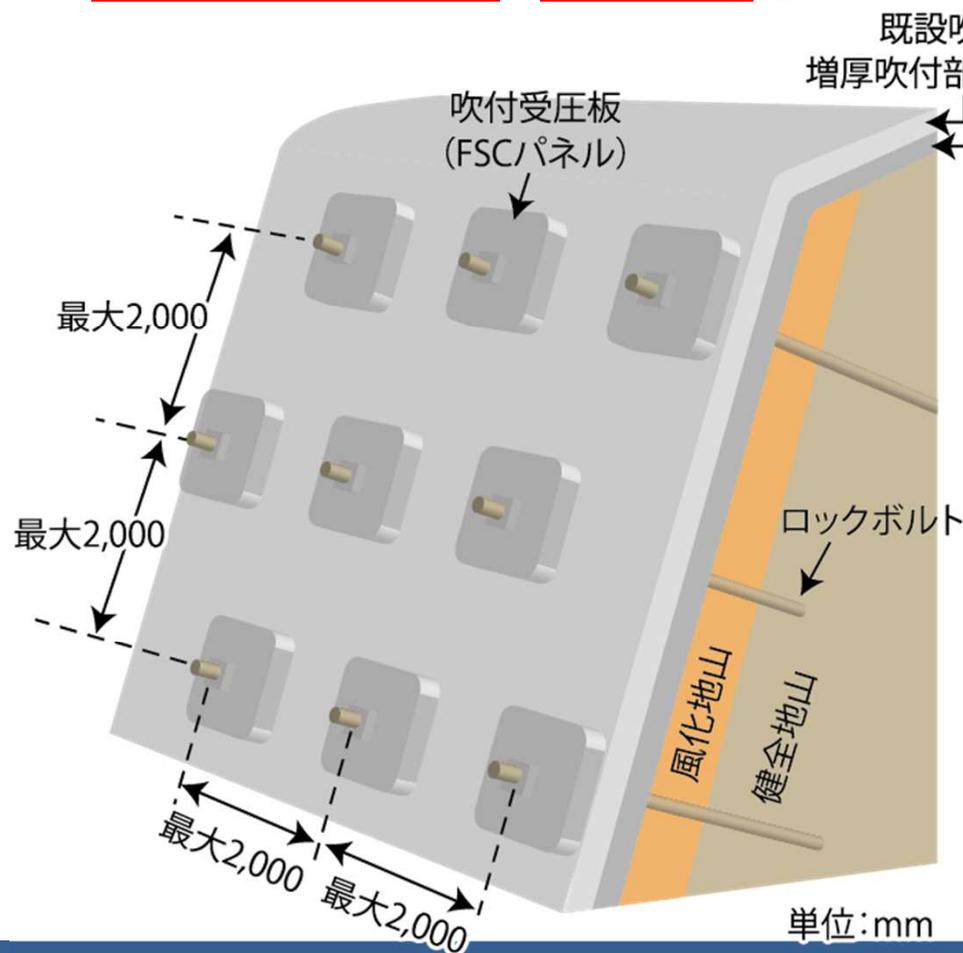
- せん断ボルト工
- 地山補強土工
- 背面空洞注入工
- 吹付受圧板工
- 増厚吹付工
- 水抜き孔設置工



吹付材をはぎ取らず法面を補強

吹付受圧板工法 (FSCパネル)

- 老朽化吹付法面の吹付材をはつり取ることなく、繊維補強モルタル吹付により吹付材表面の被覆を図り、吹付受圧板と地山補強土工を組み合わせ、法面を補強する工法
- 繊維補強モルタルと補強部材を組合せロックボルト用の吹付受圧板を構築

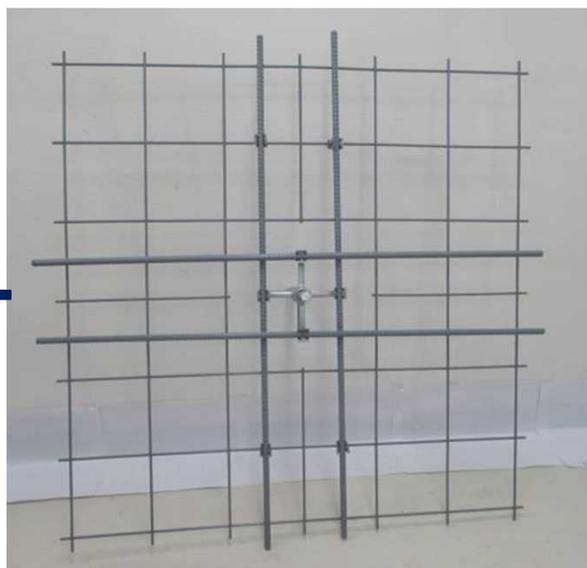
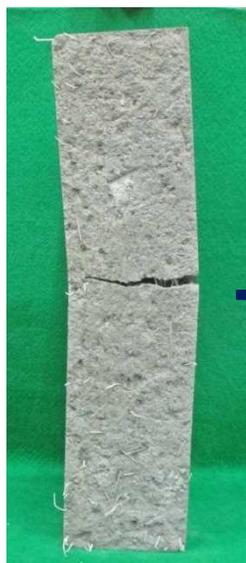


単位：mm

FSCパネル (Fiber Shotcrete Panel)

吹付受圧板 (FSCパネル)

■ 吹付受圧板の構成 繊維補強モルタル＋補強部材



繊維補強
モルタル

補強部材

- ・主筋：D13
- ・溶接金網 D5以上@150

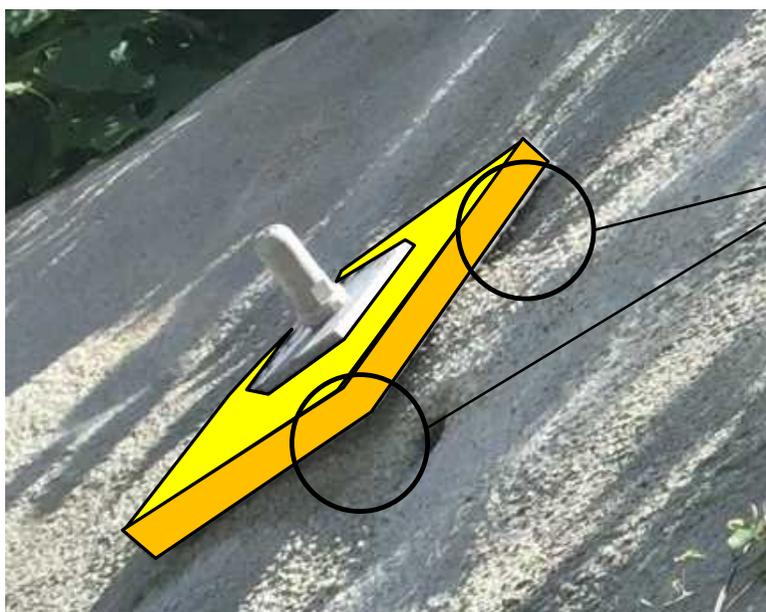
吹付受圧板

許容荷重：56kN

吹付受圧板（FSCパネル）の特長

NITTOC

- 吹付で受圧板を構築するため、施工面に対して確実に密着でき**不陸調整は不要**
- 受圧板の配置間隔は、最大2.0mまで可能
- 法面工低減係数、0.7～1.0を選定することが可能
- 受圧板耐力 56kN（D19ロックボルト対応）

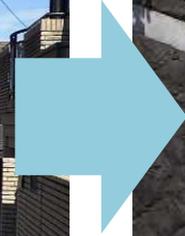


既設品タイプ受圧板の課題



施工面と受圧板との間に
密着不良部が発生し易い

適用事例 道路法面



地山補強土工+補強部材



地山補強土工+補強部材設置

適用事例 道路法面



繊維補強モルタル吹付



頭部処理

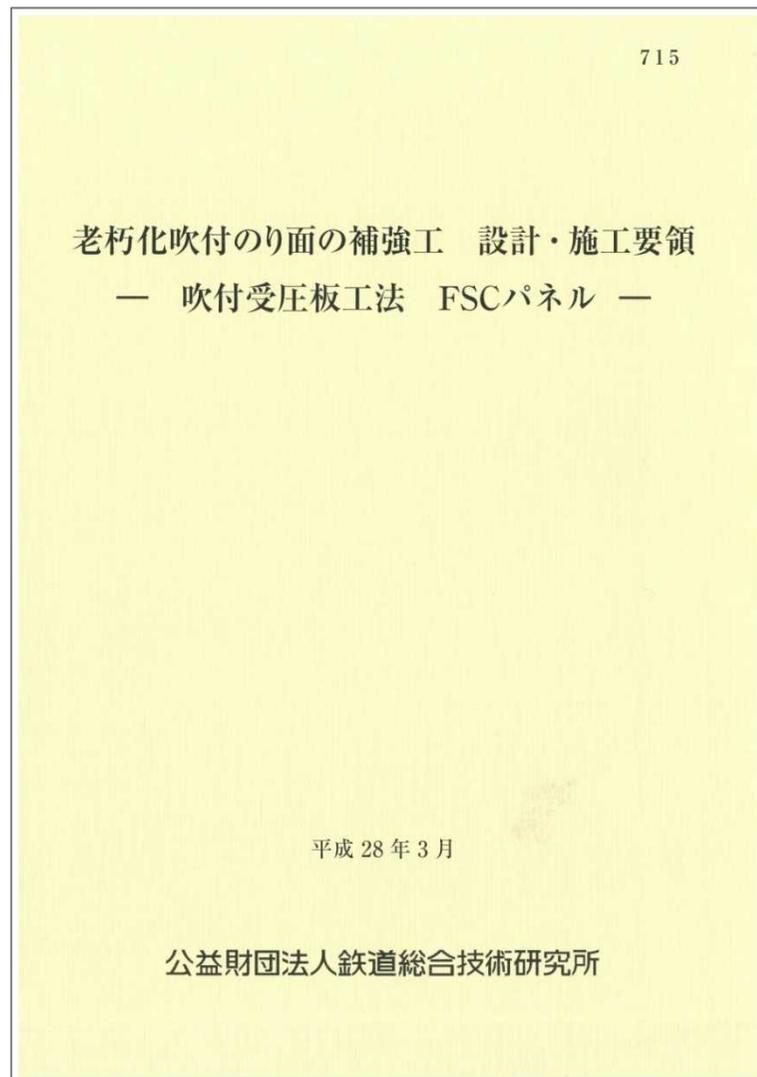
適用事例 鉄道法面



適用事例 鉄道法面

NITTOC





■ 技術開発

公益財団法人鉄道総合技術研究所と
日特建設株式会社との共同開発

■ 技術資料

公益財団法人鉄道総合技術研究所より
発刊

■ 吹付受圧板、FSCパネル

日特建設株式会社の登録商標

老朽化したモルタル吹付法面の 診断・対策工

ご清聴ありがとうございました。