

「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 窪塚 大輔 氏

平成30年度 一般社団法人広島県法面協会
技術講習会(平成30年9月13日)

NITTOC

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のり面老朽化診断マニュアル」
(建設省土木研究所)



「老朽化吹付法面の調査・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)

発表内容

NITTOC

- 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」

吹付法面の現状

NITTOC

■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。

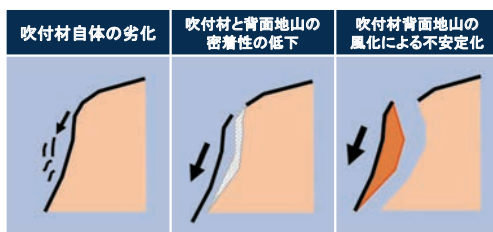
■古いものは施工後50年以上が経過

⇒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。

吹付法面の劣化機構

NITTOC

■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

NITTOC

■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

NITTOC

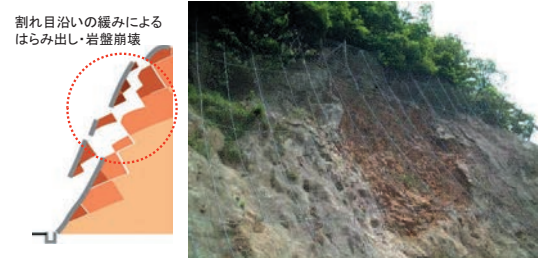
■現象: 空洞、吹付自体の滑動(スライド)



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



老朽化吹付法面の調査

NITTOC

- 現象と目的を整理して、適切な調査を選定

現象	方法	目的
吹付自体の変化を評価するための調査	目視観察	劣化範囲、深さ
	ハンマ打撃法	吹付の厚さ・表面利線の範囲
	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
吹付と地山の密着性の低下を評価するための調査	超音波探傷法	ひび割れ深さ
	熱赤外線映像法	背面密着や、吹付と地山の境界部の風化範囲、黒水位置
	ハンマ打撃法、海中レーダー法、弾性波法（打撃法、振動法） 部分範囲を併用する手法（変位、コア採取、割取等）	背面密着の範囲・厚さ・風化の深さ
	簡易貫入試験、簡易貫入試験	風化の深さ、状態
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	調査ボーリング・ポ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・開口状況
	附孔検査	風化の深さ、状態
	物探探査（面折弾性波探査、表面波探査など）	風化の範囲、深さ 地山の風化範囲・深さ

調査技術 Slope Doctor

NITTOC



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



熱赤外線映像法

NITTOC

- 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

熱赤外線映像法

NITTOC

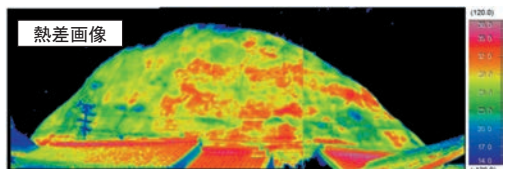
可視画像



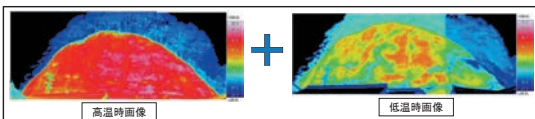
熱赤外線映像法

NITTOC

熱差画像

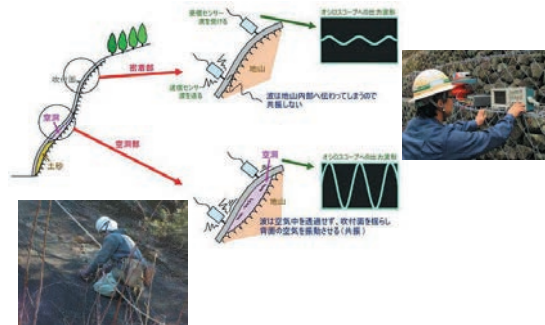


||



たわみ振動法

NITTOC



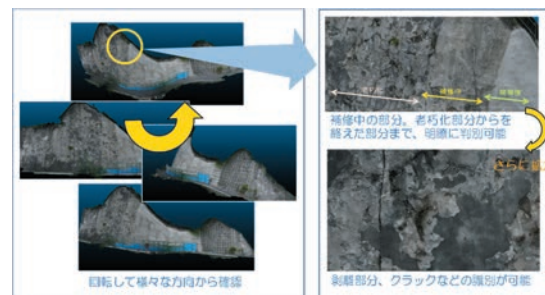
三次元モデルの構築

NITTOC



三次元モデルの構築

NITTOC



対策の選定(ハード対策)

NITTOC

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
更新・大規模補強	風化・侵食防止性能の回復 吹付工(はつり取り・打換え)	のり面の安全性能の回復 切土工・吹付工(打換え)	のり面の安全性能の回復 吹付工(はつり取り・打換え)
	大規模補強 増厚吹付工 繊維補強モルタル吹付(増厚吹付工)	増厚吹付工 繊維補強モルタル吹付工+地山補強土工	吹付のり移工 地山補強土工(補強鉄筋工)

出典:吹付法面 診断・補修補強の手引き

対策の選定(ハード対策)

NITTOC

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
補強(力学的性能回復)	風化・侵食防止性能の回復 増厚吹付工 繊維補強モルタル吹付(補強鉄筋工)	のり面の安全性能の回復 地山補強土工(補強鉄筋工) 劣化の状況に応じて補強材の打設間隔・長さを変更する 地山補強土工(補強鉄筋工) 空洞充填工 排水工	のり面の安全性能の回復 地山補強土工(補強鉄筋工) 劣化の状況に応じて補強材の打設間隔・長さを変更する 地山補強土工(補強鉄筋工) 空洞充填工 排水工

出典:吹付法面 診断・補修補強の手引き

対策の選定(ハード対策)

NITTOC

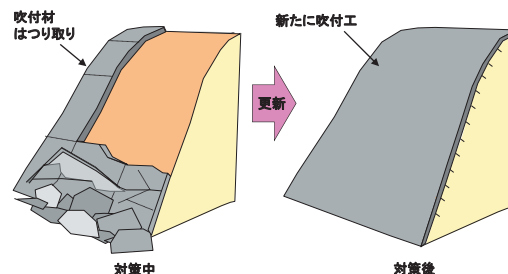
区分	劣化の原因・機構		
	吹付自体の劣化	吹付と地山の密着性の低下	風化による地山強度の低下
補修(延命化)	風化・侵食防止性能の回復 表面補修工 ひび割れ補修工	のり面の安全性能の回復	のり面の安全性能の回復

出典:吹付法面 診断・補修補強の手引き

従来対策「地山風化が進行していない場合」

NITTOC

- 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



従来対策の課題「地山風化が進行していない場合」

NITTOC

■ 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



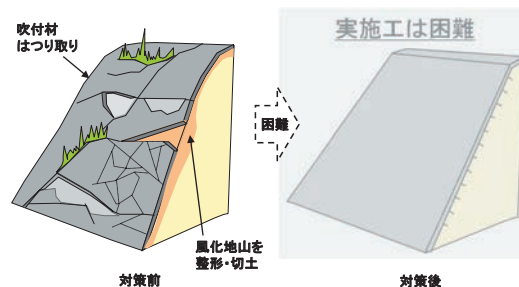
産業廃棄物



従来対策の課題「地山風化が進行している場合」

NITTOC

■ 表層風化部の整形・除去が難しく、風化部が残る。



対策の選定方法

NITTOC

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

劣化原因・機構	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
更新・大規模補強	風化・侵食防止性能の回復 吹付工(はつり取り・打換え)	のり面の安全性能の回復 切土工・吹付工(打換え)	のり面の安全性能の回復 吹付工(はつり取り・打換え)
	大規模補強 増厚吹付工 繊維補強モルタル吹付(増厚吹付工)	増厚吹付工 繊維補強モルタル吹付工+地山補強土工	吹付のり移工 地山補強土工(補強鉄筋工)

従来対策の課題を解決

NITTOC

老朽化吹付法面の補修・補強技術
ニューレスプ工法

要素技術

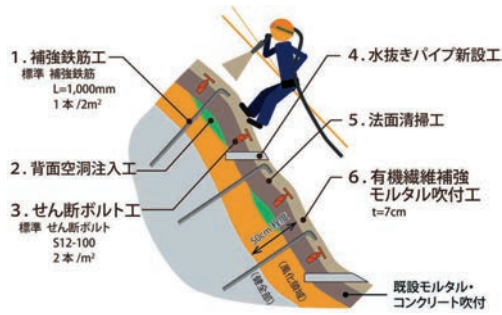
- ・補強鉄筋工
- ・背面空洞注入工
- ・せん断ボルト設置工
- ・水抜きパイプ新設工
- ・法面清掃工
- ・繊維補強モルタル吹付工



老朽化した吹付材をはつり取らず対策

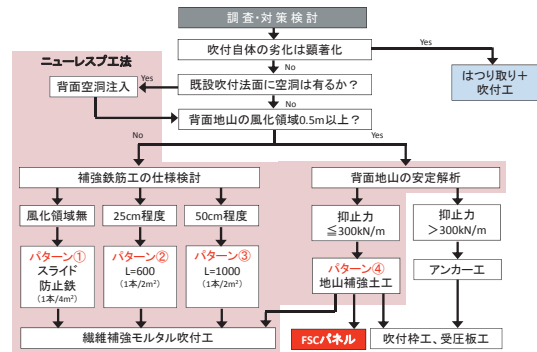
ニューレスプエ法

NITTOC



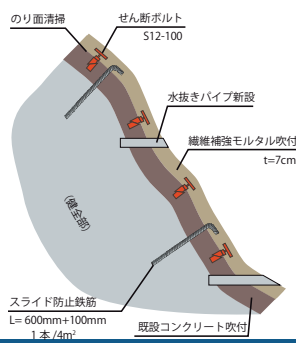
調査・対策検討フロー

NITTOC



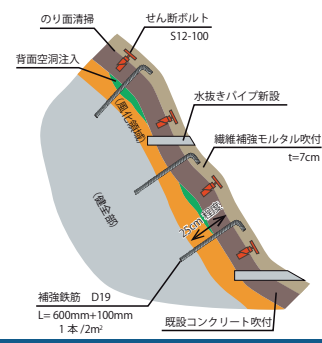
対策パターン① 既設吹付材の再生

NITTOC



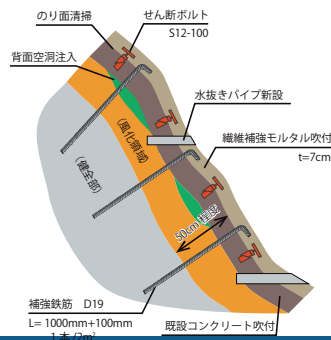
対策パターン② 風化地山25cmを補強

NITTOC



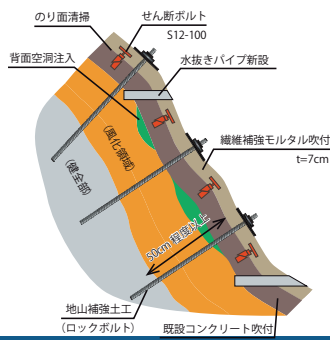
対策パターン③ 風化地山50cmを補強

NITTOC



対策パターン④ 風化地山50cm以上を補強

NITTOC



繊維補強モルタル吹付工

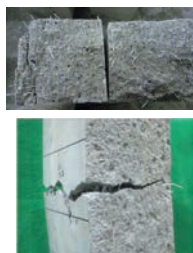
NITTOC

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

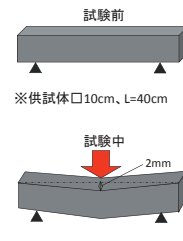
BCファイバー	
BCコンクリート 規格等	
標準配合量(1m ³ 当たり)	1.0vol%(9.1kg/m ³)
素材	ポリプロピレン
繊維径	30μm
公称繊維長	6.0mm
引張強度	607N/mm ² 以上



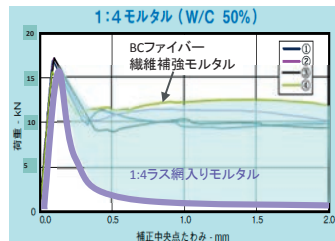
BCファイバーの特性

NITTOC

鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度および曲げタフネス試験方法(案)(JSCE-G 552-2007)



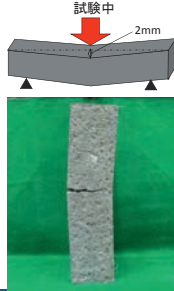
BCファイバーの特性



種類	鋼繊維	BCファイバー	1:4ラス入りモルタル
曲げ弾性係数 (N/mm ²)	4.79	3.19	0.74

※試験結果(例)

鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度および曲げタフネス試験方法(案)
JSCE-G 552-2007



BCファイバーの特性

種類	BCファイバー混入繊維補強モルタル	1:4ラス入りモルタル
曲げ弾性係数 (N/mm ²)	3.19	0.74
許容曲げ強度 (N/mm ²)	1.580	0.693
曲げモーメント (N・m)	$H = \frac{1}{6} \times (6M/ba) \dots$ 逆算	115,500
吹付厚さ (mm)	66	100

吹付厚さの低減が可能

※試験結果(例)

繊維補強モルタル 吹付システム

■湿式吹付方式



現場練り時のプラント

施工範囲の目安
・高さ 45m
・延長 100m



ニューレスプ工法の優位性

NEXCO 土工施工管理要領改訂(H25.7)

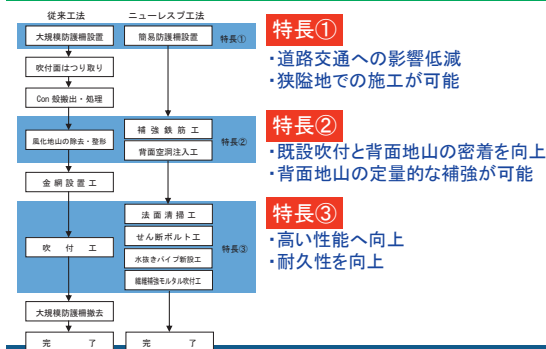
繊維補強コンクリート吹付工(新規項目が追加)

◆要求される品質規格

項目	NEXCO品質規格	ニューレスプ	類似工法
使用繊維	非鋼繊維	BCファイバー(PP繊維)	●●ファイバー(PP繊維)
混入量	1.0vol%	1.0vol% OK	0.75vol% NG
繊維引張強度	600N/mm ² 以上	600以上 OK	455~500 NG



ニューレスプ工法の特長



適用事例①

■主要国道の老朽化法面⇒パターン③(標準)



適用事例②

■主要国道の老朽化法面⇒パターン③(標準)



適用事例③

■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

NITTOC

■地山風化が2.0m程度⇒ロックボルトを採用(パターン④)



ニューレスプ工法 パターン④

NITTOC

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



対策技術の課題

NITTOC

- 老朽化した吹付に
+ 新たな法面工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。

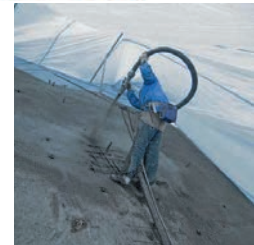
課題を解決した技術

NITTOC

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



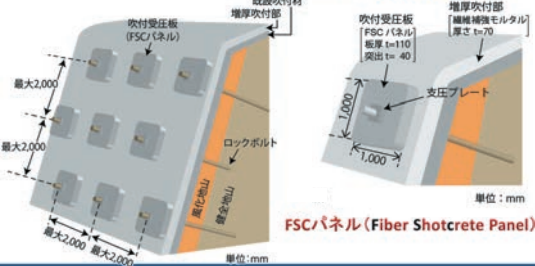
吹付材をはぎ取らず法面を補強

吹付受圧板工法(FSCパネル)

NITTOC

■ 老朽化吹付法面の吹付材をはぎ取ることなく、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



吹付受圧板工法 適用性検討フロー

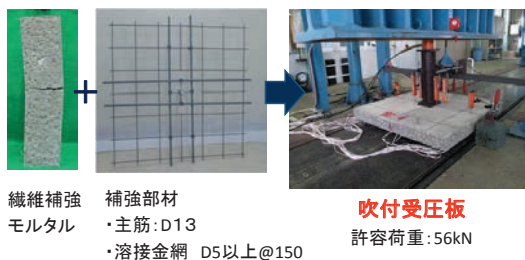
NITTOC



吹付受圧板(FSCパネル)

NITTOC

■ 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

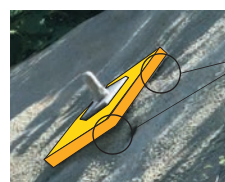
吹付受圧板

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

NITTOC

老朽化した吹付法面「急傾斜対策」

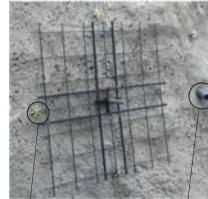


地山補強土工、下地処理完了

適用事例

NITTOC

地山補強土工＋補強部材



連結ボルト

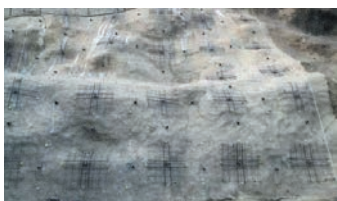


地山補強土工＋補強部材設置完了

水抜き孔設置工

適用事例

NITTOC



受圧板専用の補強部材の設置



繊維補強モルタル吹付

適用事例

NITTOC



適用事例

NITTOC



吹付受圧板工法（FSCパネル）

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