

老朽化したのり面の補修補強技術とその適用例

日特建設株式会社 技術本部 技術開発第一部課長 窪塚 大輔

1 はじめに

道路建設等の社会資本の整備に伴い発生した切土のり面の地山の風化・浸食防止を目的として、コンクリート吹付工やモルタル吹付工（以下、吹付工）が数多く適用されてきた。その一例を写真-1に示す。

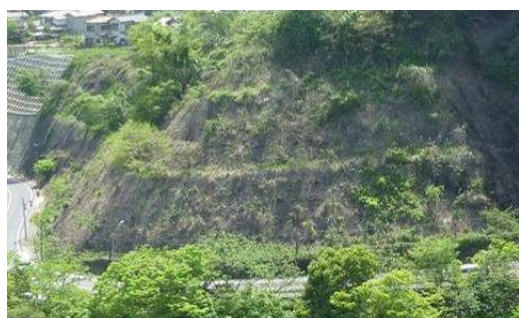


写真-1 吹付工適用例

近年、吹付工により対策された切土のり面（以下、吹付のり面）において、吹付材自体の劣化や、吹付背面の地山の風化による不安定化の進行が問題となるケースが増えている。また、本来、吹付工の適用が不適切であった吹付のり面も多く存在しており、そのような所では、早期に変状が発生しているものも見られる。こうしたことから、老朽化した吹付のり面の健全性を適切に評価し、その健全性や吹付のり面のおかれている重要性に応じた補修補強対策を、選定する必要性が高まっている¹⁾。

こうした状況を踏まえ老朽化した吹付のり面を効率的に補修補強できる工法「ニューレスプ工法（NETIS：QS-110014-VE：活用促進技術）」を開発し、その後、ニューレスプ工法の適用性を拡大した「吹付受圧板工法（FSCパネル）」を開発した。

本稿では、吹付のり面の劣化機構、従来適用されてきた対策技術の課題を整理し、開発した技術の概要と特徴および適用事例を報告する。

2 吹付のり面の劣化機構

一般的に吹付のり面の劣化機構・現象の

区分は、図-1に示すように、大きく3つのパターンに整理できる。

(1) 吹付材自体の劣化

施工時に生じた初期欠陥や施工後の乾燥収縮、また凍結融解などにより、吹付の性能が低下するものである。

(2) 吹付材と背面地山の密着性の低下

地山からの湧水や雨水などの表面からの侵入水などにより、地山表層部で風化が生じるものである。発生する現象としては、密着性の低下に伴う吹付材自体の滑動（スライド）、雨水や湧水により地山が浸食されることによる、吹付材背面の空洞化などが挙げられる。

(3) 地山風化による吹付のり面の不安定化

侵入水や湧水により吹付背面の地山の風化が著しく進行し、地山の性状に応じて設計されていたのり面の安定勾配が確保できなくなり、不安定化が進行するものである。また、亀裂が卓越した岩盤のり面では、亀裂に沿った風化の進行・緩みにより、不安



図-1 吹付のり面の劣化機構・現象区

定化が進行する場合もある。発生する現象としては、吹付背面からの土圧による開口ひび割れや、はらみ出し、崩壊などが挙げられる。

3. 従来の対策技術における課題

従来、老朽化した吹付のり面の対策として採用されてきた方法は、劣化した吹付材をはつり取り、その後、新たに吹付を行う更新方法である。この方法を用いる場合、のり面が小規模で、のり面形状が1段であるケースでは、簡易な防護柵を設け、重機による吹付材のはつり取りや風化した地山部の整形を安全に速やかに行うことができる。これに対し、道路のり面のように、大規模で、のり面形状が複数段に及ぶようなケースでは、重機による施工範囲が限定され、人力作業に頼る施工範囲が大きくなる。そのような場合、作業者の安全確保が重要となるのはもとより、はつり取り殻を通行車線へ飛散させないための大規模な仮設防護柵が必要となり、また、はつり取り殻が産業廃棄物として多量に発生するといった問題が生じる（写真-2）。

また、吹付材のはつり取りを行った場合でも、風化した背面地山の除去・整形は非常に難しい。そのため、新設された吹付材の背後に、風化した地山が残置され、対策後、早期に背面地山が風化し、はらみ出しなどの変状が発生するといった問題もある。



写真-2 吹付材のはつり取り状況（例）

4. 開発技術

4. 1 ニューレスプ工法の概要

従来対策の課題を解決するために開発したのがニューレスプ工法である（図-2）。ニューレスプ工法の概要は、既設吹付材をはつり取ることなく、①補強鉄筋工、②背面空洞注入工、③せん断ボルト工、④水抜

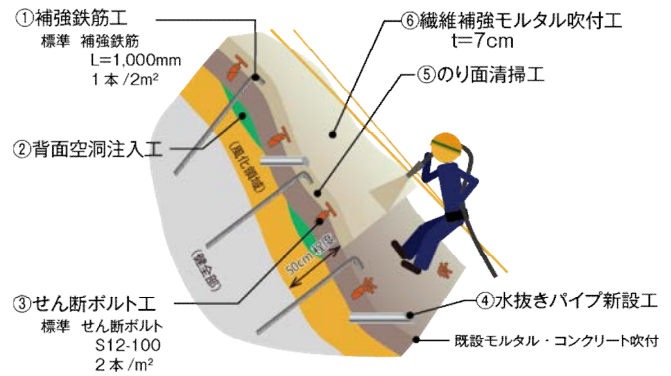


図-2 レस्प工法概要図

きパイプ新設工、⑤のり面清掃工、⑥繊維補強モルタル吹付工の複数の要素技術を組み合わせて、老朽化したのり面を再生、または補強する技術である。要素技術の概要を以下に示す。

①補強鉄筋工は、吹付面の背面地山に対して、補強材を多数挿入し、背面地山の安定性の向上を図るものである。仕様は、異型鉄筋径19mm、長さ0.6～1.0m（メッキL型加工）とし、地山への固定はセメントミルクを使用する。標準の打設本数は、地山補強効果を見込み1本/2m²としているが、背面地山の風化領域に応じて変更する。また、風化領域が0.5m以上の場合には地山補強土工（ロックボルト工）へ変更することが可能である。

②背面空洞注入工は、吹付材と背面地山との間に生じた空洞にセメントミルクを注入し、吹付材と背面地山との一体化を図るものである。

③せん断ボルト工は、吹付面と新たに吹付ける繊維補強モルタルとを機械的勘合により一体化を図るものである。打設本数の標準仕様は、2本/m²としている。せん断ボルトの模式図および設置例を図-3に示す。

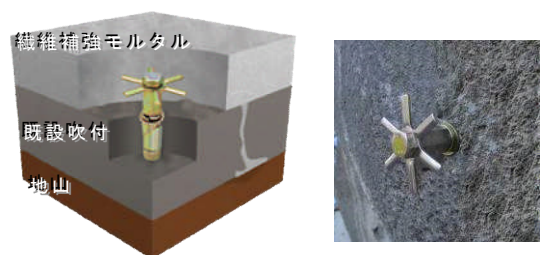
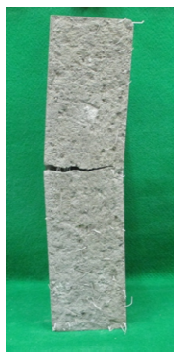


図-3 せん断ボルト模式図・設置例

④水抜きパイプ新設工は、背面地山の湧水を新設する繊維補強モルタルの表面へ適切に排水させるために、既設の水抜きパイプを更新するかたちで、新たに水抜きパイプを設置するものである。

⑤のり面清掃工は、既設吹付面と新たに吹付ける繊維補強モルタルとの付着を阻害するものを取り除くものである。

⑥繊維補強モルタル吹付工は、一般的な吹付モルタルやコンクリートよりも引張強度や靱性が高い、繊維補強モルタルを既設吹付面に吹付け、のり面全体を再構築するものである。使用する補強繊維には、吹付用に開発した有機繊維であるBCファイバーを1vol%混入する。吹付厚さの標準仕様は、7cmとしている。これは繊維補強モルタルの物理的特性から、一般的な吹付工の吹付厚さを3割低減できることから設定したものである。BCファイバーの仕様および曲げ試験後の繊維補強モルタルの供試体片（例）を図-4に示す。



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

図-4 BCファイバーの仕様および供試体片（例）

4. 2 吹付受圧板工法「FSCパネル」の概要

ニューレスプ工法における補強鉄筋工は、前述した通り地山の風化領域が0.5m以上の場合は、ロックボルト工を検討し採用する。なお、この際の必要抑止力は300kN/m以下である。一方、ニューレスプ工法におけるロックボルトの打設間隔は、のり面工の剛性から1.5mが最大となる²⁾。

対策工の工費の観点からすると、ロックボルトの打設間隔を広げ本数を減らすことが工費を削減することに対して有効である。

この間隔を広げるためにはのり面工の剛性を高める必要があり、その方法としては繊維補強モルタル吹付を吹付法枠へ変更するか、繊維補強モルタル吹付後に独立受圧板を配置することなどが考えられる。この方法では、のり面工の剛性を高める工費が増加して、工費削減が難しい場合がある。

そこで、開発したのが吹付受圧板工法「FSCパネル」（以下、FSCパネル工法）である。ニューレスプ工法と同様に老朽化した吹付のり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・増厚を図り、それと同時にRC構造の吹付受圧板（以下、FSCパネル）を複数構築してのり面工の剛性を高め、ロックボルト工を組み合わせでのり面を補強する工法である。本工法の概要を図-5、FSCパネルの概要を図-6に示す。

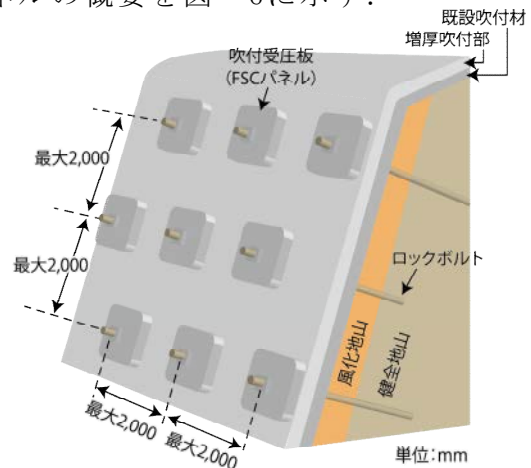


図-5 FSCパネル工法の全体概要

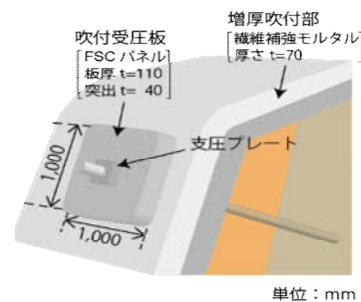


図-6 FSCパネルの概要

4. 2. 1 FSCパネルの特性

FSCパネル工法の構成は、ニューレスプ工法の要素技術に加えFSCパネルから成る。FSCパネルの耐力（許容軸力）は、56kNであり、これは風化領域2.0m程度をロックボ

ルトで抑止すると仮定した耐力である。その耐力を満足する部材仕様として、繊維補強モルタルの厚さ110mmと補強部材（主筋D13と補強金網D5@150）を組み合わせる。参考までに、写真-3にFSCパネルの耐力試験時の状況をに示す。

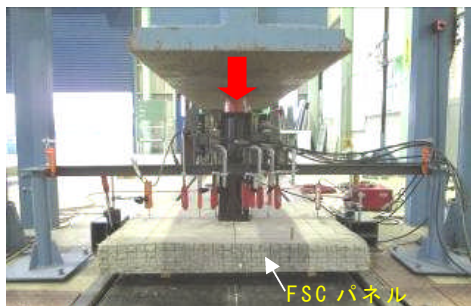


写真-3 FSC パネル耐力試験状況

4. 2. 2 FSCパネルの特徴

FSCパネルの特徴を下記に整理する。

- ・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、受圧板背面の不陸調整が不要である。
- ・FSCパネルの性能から、ロックボルト工の最大配置間隔を2.0mまで広げることが可能である。
- ・のり面工の低減係数は、0.7~1.0を選定することが可能である。

5. 開発技術の適用

ニューレスプ工法とFSCパネル工法の特徴を踏まえ適用検討フローを整理すると図-7となる。これに基づき対策した事例を示す。

5. 1 ニューレスプ工法の適用事例

国道沿線における老朽化した吹付のり面に対して、ニューレスプ工法の対策パターン③を適用した事例を写真-4に示す。



写真-4 着手前および施工後

5. 2 FSCパネル工法の適用事例

鉄道沿線における老朽化した吹付のり面と張コンクリート工で被覆された切土のり

面の対策にFSCパネル工法を適用した。施工後の現場状況を写真-5に示す。

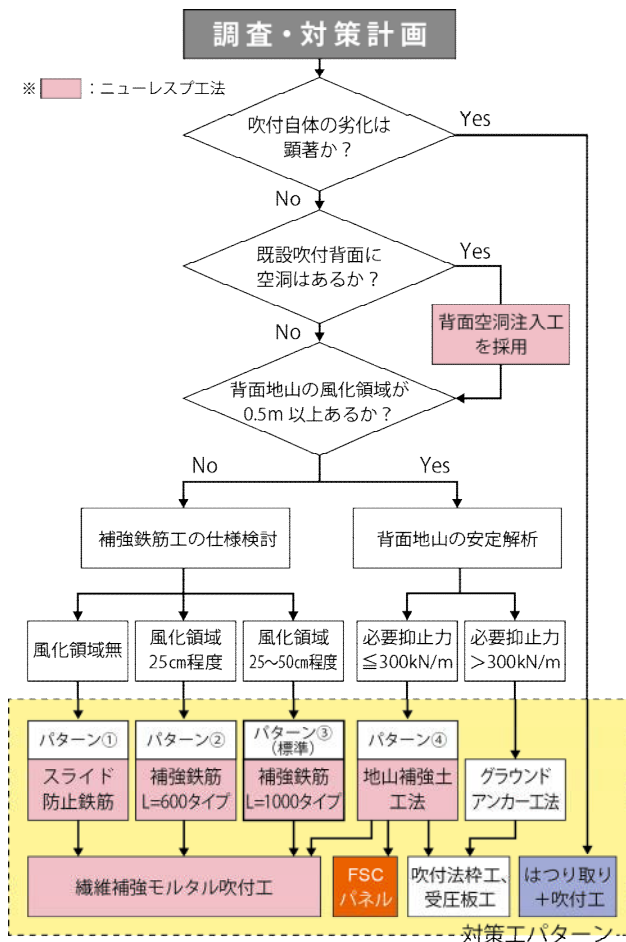


図-7 開発技術の適用検討フロー



写真-5 施工後

6. おわりに

今後、ニューレスプ工法およびFSCパネル工法の適用性を評価し改良・改善を行っていく考えである。なお、FSCパネル工法は、公益財団法人鉄道総合技術研究所と共同で開発したものである。

参考文献

- 1) のり面診断・補修補強研究会；吹付のり面診断・補修補強の手引き，2013。（配布物）
- 2) 公益財団法人地盤工学会；地山補強土工工法設計・施工マニュアル，2011。