

老朽化した吹付のり面の補修・補強技術

ニューレスプ工法

窪 塚 大 輔

建設から数十年が経過した吹付のり面には、吹付表面の劣化や吹付背面の地山の風化進行に起因する不安定化が多く見られる。こうした吹付のり面の健全性や吹付のり面のおかれている重要性を評価し、適切な対策工を選定する必要がある。

本稿では、吹付工の概要、老朽化した吹付のり面の従来対策の問題点を整理し、多様な老朽化した吹付のり面においても効率的に対策が実施できる「ニューレスプ工法（NETIS：No.QS-110014-V 設計比較対象技術）」（以下、本工法）を紹介する。

キーワード：老朽化、吹付のり面、維持管理、繊維補強モルタル吹付工、ポンプ圧送エア併用吹付システム

1. はじめに

我が国の社会資本は、戦後の高度経済成長とともに着実に整備されてきたが、近年、急速に高齢化が進行している。しかし、全てに対して手当てをする財政的な余裕はないため健全性を適切に評価し、予防保全的な維持管理を行う必要性が高まっている。こうした中、モルタル・コンクリート吹付工（以下、吹付工）により対策されたのり面（以下、吹付のり面）においても同様な維持管理の必要性が高まっている。

吹付工は、自然斜面や道路などの切土のり面に対し、岩盤の風化防止、雨水等の地山への浸透による浸食防止を目的とし適用されている。建設から数十年が経過した吹付のり面には、吹付表面の劣化や吹付背面の地山の風化進行に起因する不安定化が多く見られる。こうした吹付のり面の健全性や吹付のり面のおかれている重要性を評価し、適切な対策工を選定する必要がある。

本稿では、吹付工の概要、老朽化した吹付のり面の従来対策の問題点を整理し、多様な老朽化した吹付のり面においても効率的に対策が実施できる本工法を紹介する。

2. 吹付工の概要

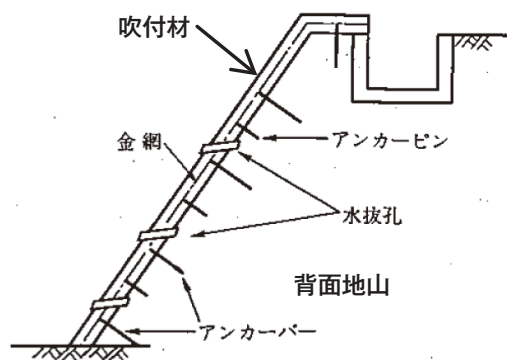
吹付工は、モルタルやコンクリート（以下、吹付材）により切土のり面を被覆し、地山表層の風化の防止、雨水等の地山への浸透による浸食防止のほか、のり面

からの軽微な落石等を防止することを目的に施工される。そのため、吹付工は、切土のり面の地山が安定している際に用いられるものであり、地山からの土圧に対する抵抗力は期待されていない。道路の切土のり面に適用された吹付工の一例を写真—1に示す。

吹付工の構造例を図—1に示す。吹付材の内部には、吹付後のひび割れの発生の抑制や剥離・剥落を防止する目的で、金網が設置される。その金網を地山に固定するためにアンカーピンが1～2本/m²設置され、背面地山の状況に応じてアンカーバーが設置される。また、地山の湧水を適切に処理するために水抜孔（水抜きパイプ）が設置される。吹付厚さは、地質状況や凍結深等の切土のり面のおかれている条件を考慮し決定する手法がとられている。一般的な吹付厚さは、モルタル吹付工の場合8～10 cm、コンクリート吹付工の場合10～15 cmが、標準とされている¹⁾。



写真—1 吹付工の施工（例）



図一 吹付工の構造図 (例) 1)

3. 吹付のり面の老朽化現象

吹付のり面の劣化は、主に3つの構造部位に進行し、吹付材表面に老朽化現象として現れる。ここでの構造部位とは、(1) 吹付材自体、(2) 吹付材と背面地山の境界面、(3) 吹付材の背面地山である。以下に、構造部位別の劣化による老朽化現象を整理する。

(1) 吹付材自体の劣化による老朽化現象

吹付材自体の劣化による老朽化現象には、施工後の乾燥収縮によるひび割れ、凍結融解などによる吹付材の剥離・剥落などがある(写真—2)。また、ひび割れや水抜孔に植物が侵入した場合、植物の成長による吹付材の押し上げなどがある。

(2) 吹付材と背面地山の境界面の劣化による老朽化現象

吹付材と背面地山の境界面の劣化による老朽化現象

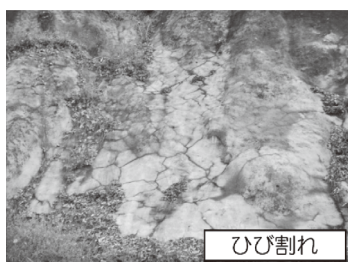
には、水抜孔から風化した背面地山(土砂)が流出することによる空洞化、吹付材と背面地山の付着力が低下することによる吹付材の滑動(スライド)現象などがある(写真—3)。

(3) 吹付材の背面地山の劣化による老朽化現象

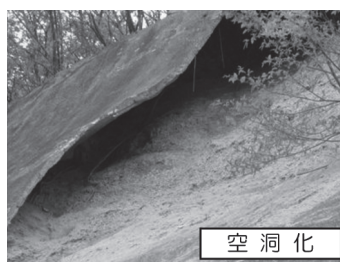
吹付材の背面地山の劣化による老朽化現象には、背面地山の風化が進行し、安定勾配が確保できなくなることによる、はらみ出しや崩壊などがある(写真—4)。

4. 従来の対策の問題点

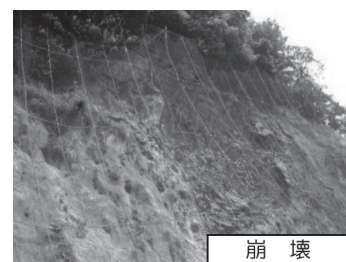
従来、老朽化した吹付のり面の対策として多く採用されてきた方法は、劣化した吹付材をはつり取り、その後、新たに吹付を行う更新方法である。この方法は、のり面形状が1段で、高さが低いケースでは、簡易な防護柵を設け、重機による吹付材のはつり取りや風化した地山部の整形を安全に速やかに行うことができる(写真—5)。これに対し、道路のり面に見られる大規模でのり面形状が複数段に及ぶようなケースでは、重機による施工範囲が限定され、人力作業に頼る施工範囲が大きくなる(写真—6)。そのような場合、はつり取り殻を通行車線へ飛散させないための大規模な仮設防護柵が必要となり、また、はつり取り殻が産業廃棄物として多量に発生するといった問題が生じる。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。風化した地山が残置され対策しても、早期に背面地山の風化が進行し、はらみ出しなどの変状が発生するといった問題もある。



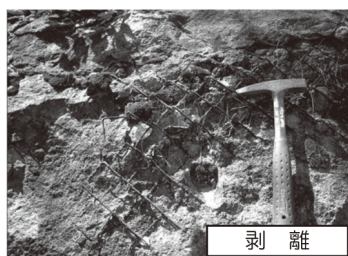
ひび割れ



空洞化



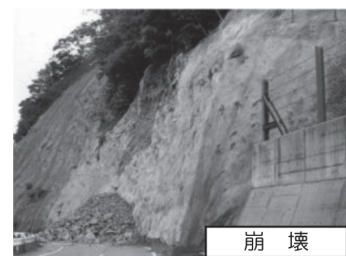
崩壊



剥離



スライド



崩壊

写真—2 吹付材自体の劣化による劣化現象 (例)

写真—3 吹付材と背面地山の境界面の劣化による老朽化現象 (例)

写真—4 吹付材の背面地山の劣化による老朽化現象 (例)



写真—5 重機によるはつり取り (例)



写真—6 人力によるはつり取り (例)

5. 本工法の概要

(1) 工法の概要

4章で述べた従来の対策技術における問題点を解決した本工法を紹介する。

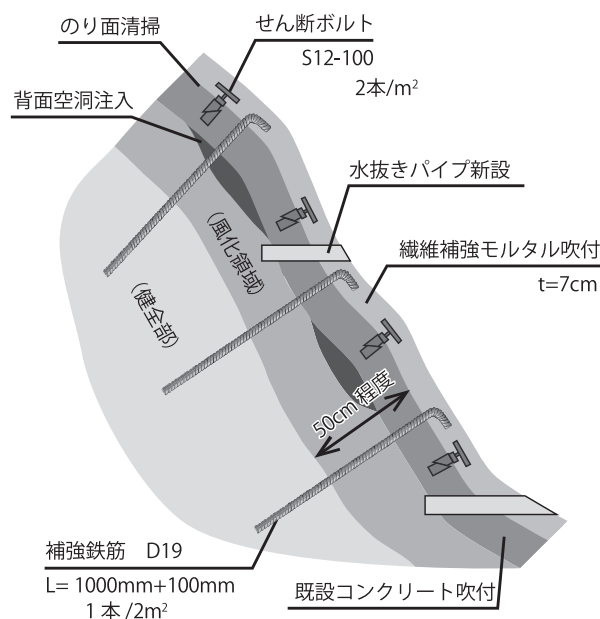
本工法の標準パターンの概念図を図—2に示す。本工法は、既設吹付材をはつり取ることなく、①補強鉄筋工、②背面空洞注工、③せん断ボルト工、④水抜きパイプ新設工、⑤のり面清掃工、⑥繊維補強モルタル吹付工の6つの要素技術を組み合わせ、吹付のり面の健全性に応じて適切に対策する技術である。以下に要素技術の概要を示す。

①補強鉄筋工

補強鉄筋工は、異型鉄筋などの補強材を既設吹付の表面から背面地山に対して多数挿入し、背面地山の安定性の向上を図るものである。補強鉄筋工の標準仕様は、背面地山の風化領域を0.5 m程度とし、長さ1.0 mの補強材(D19:メッキ加工)としている。標準の打設本数は、地山補強効果を見込み1本/2 m²としている。なお、補強材の地山への固定はセメントミルクにより行う。

②背面空洞注工

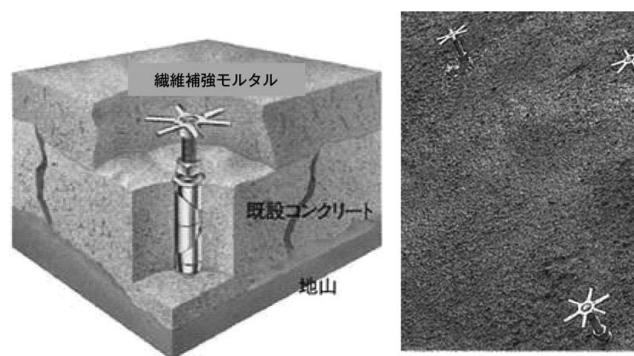
背面空洞注工は、吹付材と背面地山との間に生じた空洞にセメントミルクなどの充填材を注入し、吹付材と背面地山との一体化を図るものである。



図—2 標準パターン概念図

③せん断ボルト工

せん断ボルト工は、本工法用に開発した専用のボルトを既設吹付表面に打設し、機械的勘合により既設吹付面と新たに吹付ける繊維補強モルタルとの一体化を図るものである(図—3)。標準の打設本数は、2本/m²としている。



図—3 せん断ボルト概要図

④水抜きパイプ新設工

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。

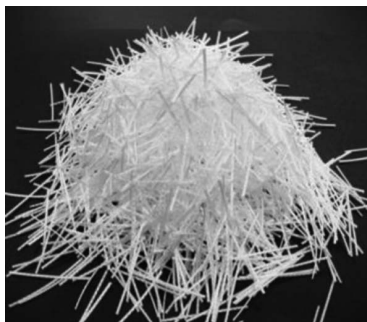
⑤のり面清掃工

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

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曲げ靱性やひび割れの拡大を抑制する効果が高い繊維補強モルタルを既設吹付面に増厚吹付けし、のり面全体を再構築するものである。補強繊維は、本工法用に開発した BC ファイバーを使用し、混入量は、1.0 vol% としている（図－4）。繊維補強モルタルの物理的特性を踏まえ、本工法における吹付厚さは、一般的な吹付工の吹付厚さよりも3割低減した、7 cm を標準仕様としている²⁾。なお、吹付厚さは現場条件により変更することも可能である。



素 材	ポリプロピレン
繊維長	30 mm
公称繊維径	0.7 mm
引張強度	607 N/mm ²

図－4 BC ファイバーの外観・仕様

(2) 工法の対策パターン

吹付のり面は、施工時の品質やのり面のおかれている環境によって、建設から同じ年数が経過しても、その健全性は様々である。対策工は、その健全性を適切に評価するとともに、のり面のおかれている重要性に応じて、最も適した対策を施すことが必要である。

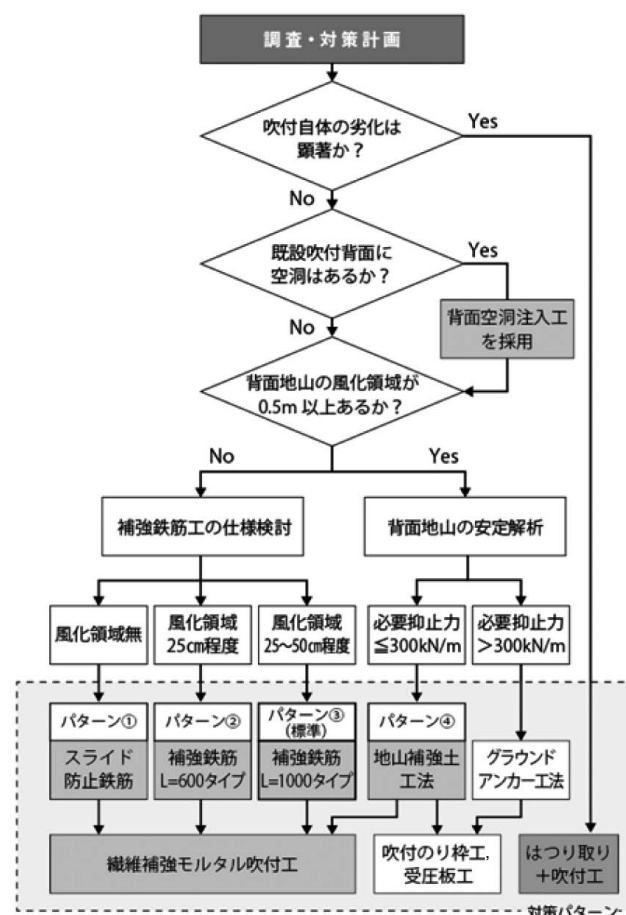
本工法では、吹付材の背面地山の風化の進行程度に応じて、対策パターンを大きく4パターンに分け設定している。本工法の対策パターンの検討フローを図－5に示す。それぞれの対策パターンの概要は、下記の通りである。

対策パターン①は、背面地山の風化領域は無いが、吹付材が劣化している場合に適用するものである。

対策パターン②は、背面地山の風化領域が25 cm 程度の場合に適用するものである。

対策パターン③は、本工法の標準パターンとしており、背面地山の風化領域が50 cm 程度の場合に適用するものである。

対策パターン④は、背面地山の風化領域が50 cm を超える場合、背面地山の安定解析を行い補強鉄筋工の代替として地山補強土工を計画するものである。



図－5 対策検討フロー

6. ポンプ圧送エア併用吹付システムの開発

本工法の繊維補強モルタル吹付工を除く要素技術は、人力施工の割合が高く、作業者が吹付のり面で作業できるロープ足場等の安全施設が整えば施工は可能であり、適用範囲は非常に広い。その一方で、繊維補強モルタル吹付工は、機械施工の割合が高く、適用範囲は機械能力によって制限される。したがって、本工法を適用できるか否かの判断は、繊維補強モルタル吹付工が施工できるか否かの判断となるケースが高い。

本工法の繊維補強モルタル吹付工の施工システムは、施工性、経済性、汎用性の面から湿式吹付機を用いたものを標準としている。この施工システムの概要は、湿式吹付機で製造した繊維補強モルタルを圧縮空気によりφ50 mmのホースで搬送し吹付けるものである。なお、湿式吹付機を設置するプラントヤードは、現地でモルタルを製造する方法では、約100 m²以上を必要とし、現地でモルタルを製造しない方法でも50 m²以上を必要とする。現地でモルタルを製造しない場合の湿式吹付機の設置状況を写真－7に示す。

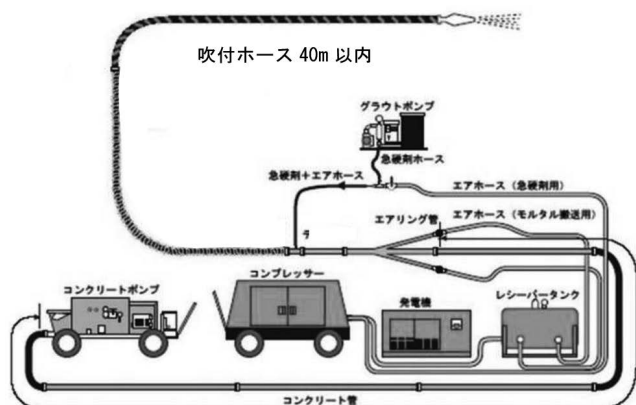
湿式吹付機を用いた施工の適用範囲は、一般的に吹付材料の品質が確保できる湿式吹付機から施工箇所ま



写真一七 湿式吹付機の設置状況（例）

での距離（ホース延長）が100 m 以内、高さが45 m 以内とされている³⁾。こうしたことから、対策する吹付のり面から100 m 以内にプラントを設置できるヤードが確保できないと、本工法の適用が難しいこととなる。しかしながら、対策を検討する吹付のり面は、道路に面している場合や民家に隣接している場合が多く、交通規制の面からも、施工箇所から100 m 以内にプラントヤードを確保することが難しい場合が多い。そのため、本工法の適用範囲を拡大させるために、特殊な吹付施工システムを開発した。

開発した施工システムは、ポンプ圧送エア併用吹付システム（以下、本システム）である。本システムの概要は、流動性を高めた繊維補強モルタルをコンクリートポンプで吹付箇所の手前40 m まで圧送し、その地点で流動性を低下させる特殊な混和剤と圧縮空気を混合し、それ以降は繊維補強モルタルを圧縮空気によりφ50 mm のホースで搬送し吹付を行うものである（図一6）。本システムで使用する繊維補強モルタル



図一六 ポンプ圧送エア併用吹付システム概要図

ルの標準配合を表一1に示す。なお、コンクリートポンプ圧送時の繊維補強モルタルのスランプは、20 cm 程度を標準としている。

本システムの適用範囲は、プラント設置箇所から吹付箇所までの距離が200 m、高さが60 m であり、湿式吹付機を用いた場合の適用範囲を拡大することが可能となった。本システムを採用した施工状況の様子を写真一8に示す。



写真一八 開発した吹付システムの施工状況（例）

7. 施工事例

本工法を適用した2事例を紹介する。

(1) 施工事例Ⅰ

施工事例Ⅰは、国道に面した老朽化した吹付のり面に、本工法を適用した事例である（写真一9）。施工前の調査において、のり面全体にわたり背面地山が風化し、吹付材と地山との密着性が低下している箇所や空洞の存在が確認できた。そのため、植物が侵入しやすい環境となり、吹付材のひび割れや水抜きパイプから植物が繁茂している状況であった。

調査結果から、背面地山の風化領域が50 cm 程度であることから、パターン③（標準）で対策を行った。

(2) 施工事例Ⅱ

施工事例Ⅱも、事例Ⅰと同様に、背面地山の風化が進行し、吹付面に植物が侵入しやすい環境であった。調査結果から、背面地山の風化領域が50 cm 以上確認された範囲があり、パターン③（標準）とパターン④とを組み合わせで対策を行った（写真一10）。

表一1 配合表

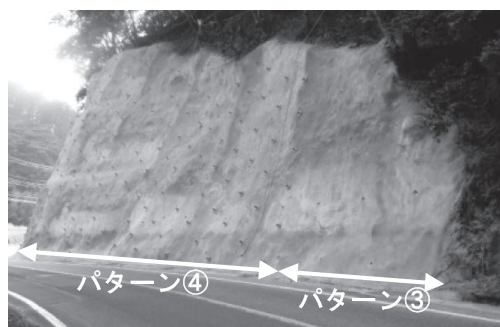
材料名	水セメント比 W/C (%)	セメント C (kg)	細骨材 S (kg)	繊維 F ※1 (vol%)	混和剤 高性能 AE (kg)	1 m ³ 当り
						急硬剤 ※2 (kg)
配 合	45 ~ 55	480	1440 程度	1.0	2.4	14.4

※1：ポリプロピレン繊維 9.1 kg

※2：急硬剤は、外割り配合



写真—9 事例Ⅰ（左：施工前，右：施工後）



写真—10 事例Ⅱ（左：施工前，右：施工後）

8. おわりに

本稿では、老朽化した吹付のり面の補修・補強技術である本工法ニューレスプ工法を紹介した。なお、ニューレスプ工法は、従前に技術提供を行っていたReSP（レスプ）工法の施工性や品質を低下させずに経済性を高めるため改良した新技術である。今後も、本工法の適用事例を分析・評価し、技術の改良改善を行っていく所存である。また、今後は、予防保全的な考えを導入した対策技術等の検討を行っていきたいと考えている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 社団法人日本道路協会；道路土工 切土工・斜面安定工指針（平成21年度版），p.302，2009.
- 2) 池田淳ほか；各種繊維を用いた補強モルタル吹付厚さに関する基礎実験，第65回土木学会年次学術講演会，pp.1039-1040，2010.
- 3) 社団法人全国特定のり面保護協会；のり枠工の設計・施工指針（改定版），p.65，2006.

【筆者紹介】

窪塚 大輔（くぼづか だいすけ）
日特建設㈱ 技術本部
主任

