

老朽化吹付法面の再生技術 ニューレスプ工法の特長とその適用について

窪塚 大輔

日特建設株式会社 技術本部 知財・戦略部（〒104-0044東京都中央区明石町13-18）

モルタル・コンクリート吹付工は、切土法面の風化防止を目的とし古くから採用され、現在では膨大なストック量に至っている。近年では、吹付工により対策された法面の老朽化、不安定化が進行している場合も多く見られ、適切な対策の実施が求められている。しかしながら、老朽化吹付法面は、道路や住宅に近接するなど大規模な対策工事が難しい条件である場合が多く、また老朽化の状態が様々である。このような状況を鑑み、対策が難しい条件下、また様々な老朽化状態においても適応できる「ニューレスプ工法」を開発した。本稿では、吹付工の目的、吹付法面の老朽化機構を整理し、本工法の特長、その適用事例について報告する。

吹付法面、老朽化、補強鉄筋工、地山補強土工、繊維補強モルタル工

1. はじめに

モルタル・コンクリート吹付工（以下、吹付工という）は、道路など様々な建設工事で発生した切土法面の風化防止を目的とし、古くから採用され、現在では膨大なストック量に至っている。近年では、こうした吹付工により対策された法面（以下、吹付法面という）において、吹付表面の老朽化や劣化が進行し、さらには吹付法面の地山自体の不安定化が進行している場合も多く見られる。このため老朽化した吹付法面の健全性を適切に評価し、その健全性に応じた対策工を選定することが必要となってきた。近年では、様々な診断技術や対策技術が開発され、対策工事が進められている。

老朽化吹付法面は、道路に面している場合や民家に近接している場合が多く、また老朽化の原因や機構も様々であることから、対策技術の選定が難しいといった課題がある。このような状況を鑑み、様々な老朽化状態においても適応可能な「ニューレスプ工法」を開発した。

本稿では、吹付工の目的、吹付法面の老朽化機構を整理し、開発したニューレスプ工法の特長、その適用事例について報告する。

2. 吹付工の目的及び構造

吹付工は、モルタルやコンクリート（以下、吹付材という）により切土法面を被覆し、地山表層の風化防止、

雨水等の地山への浸透による浸食防止のほか、法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、切土法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。

吹付工の構造を図-1に示す。吹付材の内部には、吹付後のひび割れ発生抑制目的および剥離剥落の防止目的で、金網を設置する。その金網を地山に固定するためにアンカーピンを1～2本/m²程度設置する。また、背面地山の状況に応じてアンカーバーを設置する。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）を設置する。吹付厚さは、地質状況や凍結深等の切土法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8～10cm、コンクリート吹付工の場合10～15cmが、標準とされている¹⁾。

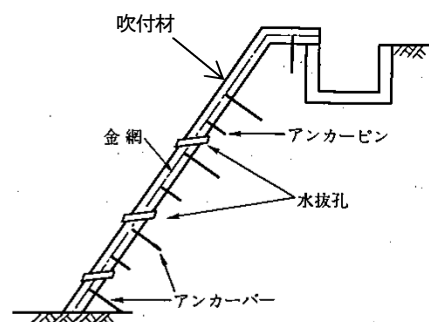


図-1 吹付工構造図¹⁾

3. 吹付法面の老朽化機構及び老朽化現象

(1) 老朽化機構の区分

吹付法面の老朽化機構は、図-2に示すように、吹付法面の構造部位により大きく3種類に整理できる²⁾。

(2) 吹付材自体の劣化

吹付材自体の劣化機構は、吹付材の施工時の初期欠陥や施工後の乾燥収縮などによりひび割れが発生し、経年劣化により拡大延伸し、その後、連結し表面剥離に至るものと考えられる。また、寒冷地においては凍害の作用により老朽化が促進されることが考えられる。発生する現象としては、ひび割れ、表面剥離、吹付材の強度低下などが挙げられる。

(3) 吹付材と背面地山の密着性の低下

吹付工により保護された切土法面においても、背面地山は緩やかに風化すると報告がある³⁾。吹付材と背面地山の密着性は、地山自体の特性による経年風化、地山が有する湧水による風化、吹付材と地山との空隙部へ

雨水が侵入することによる風化などによって、低下するものと考えられる。発生する現象としては、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などが挙げられる。

(4) 地山風化による吹付法面の不安定化

地山風化による吹付法面の不安定化機構は、背面地山が雨水や湧水により風化が著しく進行し、当初確保されていた法面の安定勾配が確保できなくなるものと考えられる。また、亀裂が卓越した岩盤法面では、亀裂に沿った風化の進行・緩みにより不安定が進行するものも考えられる。発生する現象は、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。

4. 従来の老朽化吹付法面の対策技術の課題

従来、多く採用されてきた対策は、老朽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対策である。この方法は、法面が小規模で、法面形状が1段である場合は、簡易な防護柵を設け、重機による吹付材のはつり取りや背面地山風化部の整形を安全に速やかに行うことができる。一方で、法面が大規模で、法面形状が複数段に及ぶ場合は、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傾向にある（写真-1）。そのような場合、作業者の安全確保はもとより、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を必要とし、また、はつり取った多量のコンクリート殻（産業廃棄物）が発生するといった課題がある。

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、背面地山の整形を行わず吹付を行った場合、新設された吹付材の背後には、既に風化した地山が存置されるかたちとなり、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課題もある。



図-2 老朽化機構の区分



写真-1 はつり取り作業状況（例）

5. 開発技術

4章で述べた従来の老朽化吹付法面の対策技術における課題を解決するために、ニューレスプ工法を開発した。

(1) 開発技術の概要

ニューレスプ工法（以下、当該工法という）の概要を図-3に示す。当該工法は、既設吹付面をはつり取ることなく、補強鉄筋工、背面空洞注工、せん断ボルト工、法面清掃工、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ることにより、老朽化吹付法面を再生、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。

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。補強鉄筋工の標準仕様は、背面地山の風化領域が0.5m程度に対して設定している。その際の仕様は、異型鉄筋径19mm、長さ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。打設本数の標準仕様は、地山補強効果を見込み1本/2m²としている⁴⁾。なお、背面地山の風化領域に応じて、補強鉄筋工の仕様を変更し

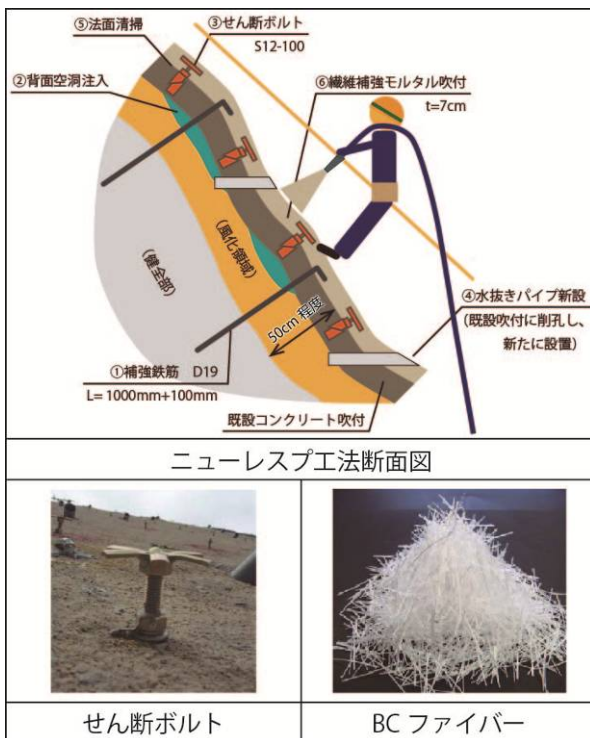


図-3 ニューレスプ工法概要

表-1 BCファイバーの仕様

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

たり、または、地山補強土工（鉄筋挿入工）へ変更することが可能である。

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。

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。

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。

法面清掃工は、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。

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、法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。BCファイバーの仕様を表-1に示す。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⁵⁾。吹付厚さは現場条件により変更することも可能である。繊維補強モルタル吹付工の施工方式は、湿式吹付方式を標準としている。この方式の適用範囲（プラントから施工箇所までの距離）の目安は、吹付材料の品質が確保されるホース延長100m、高さ45mとしている⁶⁾。しかし、現場条件によっては、湿式吹付方式では適用できない場合がある。その場合は、吹付方式をポンプ圧送エア併用方式⁹⁾を採用することで、配管延長300m、高さ60mまで適用範囲を広げることが可能である⁷⁾。

(2) 開発技術の特長

a) 施工工程

従来工法の施工工程と当該工法の施工工程を比較したものを図-4に示す。図-4の特長①と示した部分が、当該工法における施工工程の特長である。

当該工法は、吹付材のはつり取り作業また風化地山の除去・整形作業を必要としないため、簡易な防護柵のみの仮設で施工が可能である。すなわち、作業自体の安全性が向上し、道路法面においては道路交通への影響も低減でき、また急傾斜法面においては狹隘地での施工が可能である（特長①）。

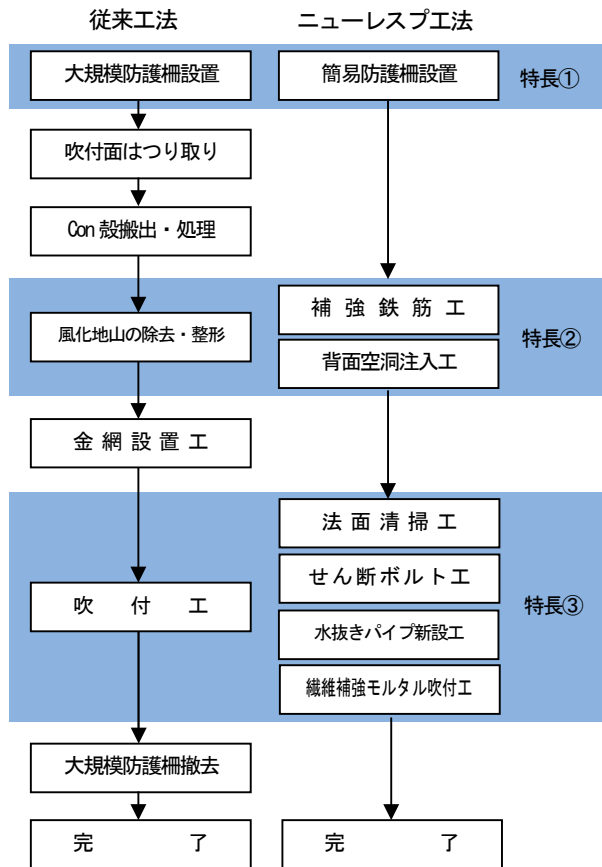


図-4 従来工法と当該工法の施工工程比較



写真-2 適用事例①
(上段；施工前，下段；施工後)

b) 老朽化現象に応じた対策

図-4の特長②と特長③に示した部分が、3章で示した、3種類の吹付法面の老朽化現象に応じた対策が可能な特長である。

吹付材自体の劣化に対しては、繊維補強モルタル吹付工により、老朽化により劣化した性能を回復させ、さらには高い性能へ向上させることができる（特長③）。

吹付材と地山の密着性の低下に対しては、補強鉄筋工及び背面空洞注入工により、密着性を向上させることができる（特長②）。

地山風化による吹付法面の不安定化に対しては、補強鉄筋工により風化した地山を補強し安定性を向上させることができる。地山の風化領域が深い場合には、補強鉄筋工を地山補強土工へ変更し、地山の安定性を向上させることができる（特長②）。

以上のように、当該工法は、それぞれの要素技術を組み合わせ、また、それらの仕様を変更することにより、様々な状態の老朽化吹付法面に対して、老朽化により低下した性能を回復させ、さらには補強することが可能である。

6. 当該工法の適用事例

当該工法を適用し施工を終えた事例、また、平成25月8月を完成予定としている事例を報告する。

(1) 適用事例①

写真-2に示す事例は、国道20号線に面した老朽化吹付法面に、当該工法を適用した事例である。

施工前の調査では、法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、植生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生が多く侵入している状況であった。

対策は、当該工法における標準仕様で対策を行った。

(2) 適用事例②

写真-3に示す事例は、国道25号線に面した老朽化吹付法面に当該工法が適用された事例である。写真-3に示す法面は当該現場の複数ある内の1つの法面であり、この法面における対策工の検討について報告する⁸⁾。

当該法面は、吹付材にひび割れが発生し、そこから



写真-3 適用事例②
(上段；全景，下段；ひび割れ状況)

植生が侵入している状況であった。また、ひび割れの中には5～10cm程度開口しているものも確認でき、はらみ出し現象が発生している可能性があると推定された。法面の地質状況は、DH級主体の風化閃緑岩、CL級主体の風化花崗岩であり、吹付材の状況から風化が著しく進行していると推定された。

対策工の検討は、以下に示す3案により行われた。

- ①：吹付材撤去+コンクリート吹付工+地山補強土工
- ②：吹付砕工+地山補強土工（既設吹付材存置）
- ③：開発技術（地山補強土工の併用）

③案における地山補強土工の併用とは、背面地山の風化領域が0.5m以上に及ぶ範囲においては、補強鉄筋工に替わり2.0～3.5mの地山補強土工を採用するものである。

表-2に対策工の比較検討結果を示す。

表-2 検討結果

	①案	②案	③案
経済性	△	×	○
施工性	×	△	○
安全性	△	○	○
環境景観	△	△	△
総合評価	×	△	○

①案においては、大規模な仮設防護柵設置を必要とするため道路交通への影響もあり、工費が比較的高く、安全な施工の確保が難しいと評価された。②案においては、産業廃棄物等の発生を抑制できる一方で、工費が非常に高いため、経済性に劣ると評価された。③案は、産業廃棄物の発生を抑制でき、当該現場においては施工性、安全性が他案よりも高いと評価され、採用となった。

7.おわりに

老朽化吹付法面の再生技術であるニューレスプ工法の概要・特長、適用事例を報告した。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）工法を、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技術である。今後も、当該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。

謝辞：本報告に際して、国土交通省近畿地方整備局奈良国道事務所より資料の貸与をいただいた。記して謝辞を申し上げます。

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) 公益社団法人地盤工学会；斜面・のり面の維持管理と防災マネジメントに関する研究報告書，p.104，2011.
- 3) 松山裕幸ほか；吹付けコンクリートの安定性と劣化状況，土木学会論文集，Vol62 No.3，pp.445-458，2006.
- 4) 東日本・中日本・西日本高速道路㈱；切土補強土工設計・施工要領，2007.
- 5) 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.
- 6) 社団法人全国特定法面保護協会；のり砕工の設計・施工指針（改定版），p.65，2006.
- 7) 窪塚大輔ほか；のり面吹付工の概要と最近の技術，斜面防災技術，pp.23-24，2013.
- 8) 三井共同建設コンサルタント㈱；国道25号米谷地区他防災対策設計業務報告書，2011.