

繊維を混入する高機能吹付技術

—ロービングウォール工法とオールグリーニング工法—

大内 公安

長く連続した繊維と短く切断した繊維を、のり面・斜面の保護・安定化対策に用いる高機能吹付技術として、長繊維混入補強土一体緑化工法（ロービングウォール工法）と環境配慮型短繊維混入高機能吹付緑化工法（オールグリーニング工法）がある。

ここで紹介するこの2工法は、平成19年10月に国土交通省北海道開発局で行われた「公共工事等における新技術活用システム事後評価」において、ロービングウォール工法は、従来技術である吹付砕工に対する「設計比較対象技術」に、オールグリーニング工法は、従来技術である厚層基材吹付工に対する「少実績優良技術」に指定されている。

キーワード：長繊維，短繊維，吹付，のり面・斜面，補強土，環境負荷低減，緑化，リサイクル，循環資源

1. はじめに

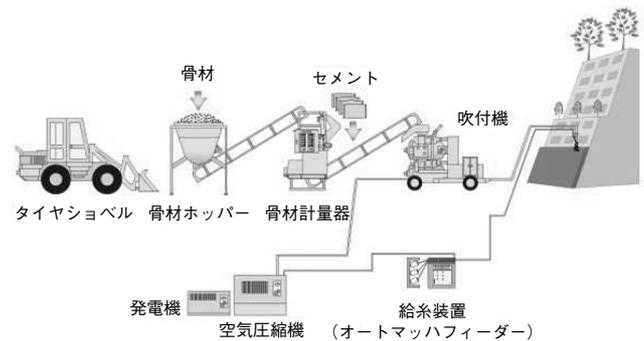
近年、地形の改変によって発生するのり面や斜面に対して、地域環境の保全や周辺景観との調和など環境負荷低減に対する問題から、既存の剛な構造物の対策工ではこれら環境や景観との調和が困難であり、植生工併用による対策工への要求が増加している。

ここでは、このような要求に応えるべく開発した高機能吹付技術として、植生工と長繊維を混入した土構造物を併用し、のり面・斜面の安定化対策と全面緑化による環境負荷低減を目的としたロービングウォール工法と、現場内で発生した伐採木・抜根チップを現地発生土とともに循環資源としてマテリアルリサイクルし、短繊維を混入することにより植生基盤の保持性・耐侵食性を向上させた、吹付緑化工法であるオールグリーニング工法について、繊維に求める性能と混入システムの特徴を紹介する。

2. 工法の概要

(1) ロービングウォール工法（図—1）

本工法は、昭和50年代に開発したモルタル類に長繊維類を混入して吹付ける「地山の補強工法」としての「工法特許」の技術を応用したものであり、当初は吹付緑化工法である厚層基材吹付工や客土吹付工に長繊維を混入し、緑化基礎工である菱形金網張工等の代替と植生基盤の耐侵食性向上という目的で開発され

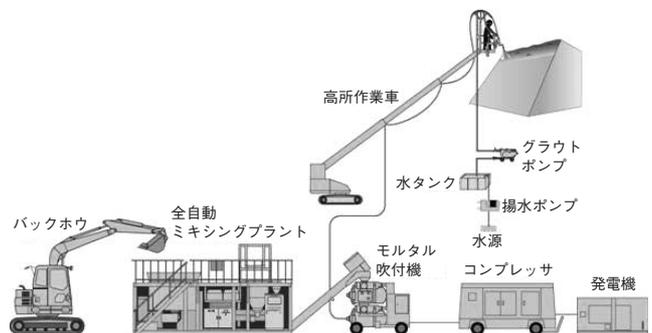


図—1 ロービングウォール工法吹付フロー

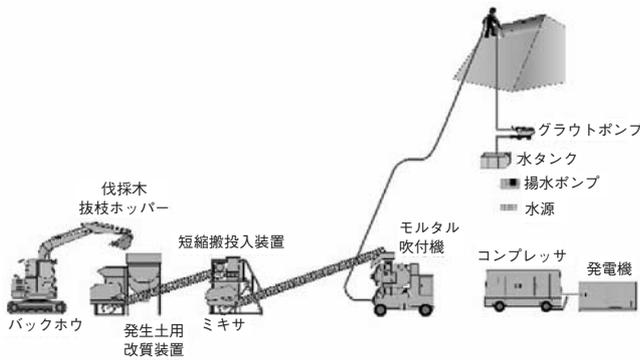
た。その後様々な物性試験等を重ね、新たに開発したのが長繊維混入補強土一体緑化工法である。

(2) オールグリーニング工法（図—2、3）

本工法は、建設副産物である現地発生土と伐採木・



図—2 オールグリーニング工法吹付フロー（大量搬送対応型プラント）



図一3 オールグリーニング工法吹付フロー (省スペース型プラント)

抜根チップをのり面緑化工の主材料(植生基材)としてマテリアルリサイクルし、かつ従来の吹付方式に準じた方法で短繊維混入による植生基盤の保持性と耐侵食性の向上を図りながら、急勾配箇所でも幅広い厚さに植生基盤を造成することが可能な吹付緑化工法である。

3. 繊維に求めた性能

各工法に使用する繊維については、その工法の特性に最も適切な性能を有している必要がある。このため、工法開発時に、繊維の給糸・混入システムの開発を並行して実施して、以下に示すような繊維の種類を選定している。表一1に選定した繊維の一般的な性能を示す。

表一1 一般的な繊維の性能 (参考)

項目	繊維		
	ポリプロピレン (フィラメント)	ポリエステル (フィラメント)	
引張強さ (cN/dtex)	標準	4.0 ~ 6.6	3.8 ~ 5.3
	湿潤	4.0 ~ 6.6	3.8 ~ 5.3
乾湿強力比 (%)		100	100
比重		0.91	1.38
公定水分率 (%)		0	0.4
耐候性 (屋外暴露の影響)	強さは殆ど低下しない。	強さは殆ど低下しない。	強さは殆ど低下しない。
酸の影響	濃塩酸、濃硫酸、濃硝酸では、強さは殆ど低下しない。	35%塩酸、75%硫酸、60%硝酸では、強さは殆ど低下しない。	
アルカリの影響	50%水酸化ナトリウム溶液、28%アンモニア溶液では、強さは殆ど低下しない。	10%水酸化ナトリウム溶液、28%アンモニア溶液では、強さは殆ど低下しない。	
他の化学薬品の影響	殆ど低下しない。	一般に良好な抵抗性あり。	

※試験方法：JIS L 1013 (化学繊維フィラメント糸試験方法)
 ※乾湿強力比：標準状態に対する湿潤状態の引張り強さの比率 (日本化学繊維協会「わが国化学繊維性能表」より抜粋)

(1) ローピングウォール工法

- ①長繊維混入により、疑似粘着力とせん断強度の増加による耐侵食性と耐久性に優れた補強土が造成可能となる。
- ②造成された補強土の物性値が高い値となり、急勾配のり面・斜面に対しても適用することが可能となる。
- ③モルタル吹付機と同等以上の長距離搬送による効率的な施工が可能となる。

このような要求性能より、本工法で使用している長繊維は、以下に示す補強土用繊維として有効な特性を保持しているポリプロピレン繊維を標準としている。

- ①繊維の中では最も軽く、比重は0.91とポリエステル繊維に比べると約1.5倍軽く水に浮く繊維であり、補強土の単位質量あたりの被覆度が大きい特性を有している。
- ②繊維の中で最も耐化学薬品性に優れ、常温では発煙硝酸以外の強酸、強アルカリに侵されない特性を有している。
- ③優れた耐候性を持ち、吸湿、吸水性がないので土中においてもバクテリアの影響が非常に少ない特性を有している。
- ④熱伝導性が低いため、保温性に優れた特性を有している。

(2) オールグリーニング工法

- ①現地発生土と伐採木・抜根チップの混合物に均一に投入可能で、かつ造成した植生基盤中に均一分散して混入することが可能となる。
- ②造成された植生基盤の物性値が高い値となり、急勾配のり面・斜面に対する適用が可能となる。
- ③標準的なモルタル吹付機で、デリバリーホース内をストレスなく搬送可能となる。

以上のような要求性能により本工法では、短繊維の植生基盤への適用性を考慮して、以下に示す特性を保持している繊維長さ15mmの汎用性のある湿式不織布用ポリエステル繊維を標準としている。

- ①湿潤時でも繊維の強度低下の影響を受けない。
- ②湿潤状態の植生基盤への均一な分散混入が可能である。
- ③優れた耐候性を持ち、土中においてもバクテリアの影響が少ない特性を有している。

4. 繊維給糸・混入システムの特徴

前述したように、この2工法に使用する繊維の分散混入による必要な性能が適切に機能するように、以下に示す各工法専用の繊維給糸・混入システムを繊維の選定と並行して行った。

(1) ローピングウォール工法(写真—1～6, 図—4)

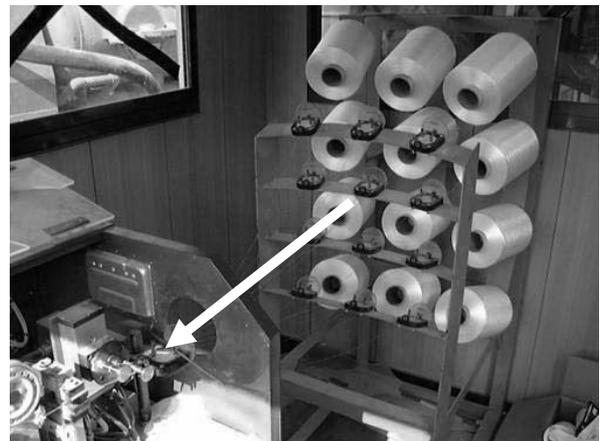
本工法では、補強土としての機能が持続的に保持しながら、モルタル吹付機の吹付能力と同等以上の長繊維の搬送能力（一般には100m以上を標準としてい

る）が求められていたため、エアによる吸引力と長繊維の引き出し時の摩擦抵抗を低減させる曲面状のクリルスタンド、さらに長繊維の搬送量を管理するための管理装置を組み込んだコンパクトな形状として、省スペースな設置面積と長距離搬送による長大のり面・斜面への対応が可能なシステムとして開発した。

これにより長繊維は、エアの圧力により160mの長距離搬送が可能となった。また、専用に空気圧縮機を別途設置することにより実際の現場では、200m以上の搬送距離においても適用可能なシステムである。



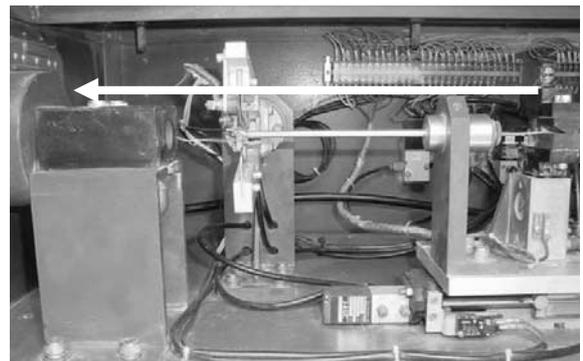
写真—1 長繊維給糸装置全景



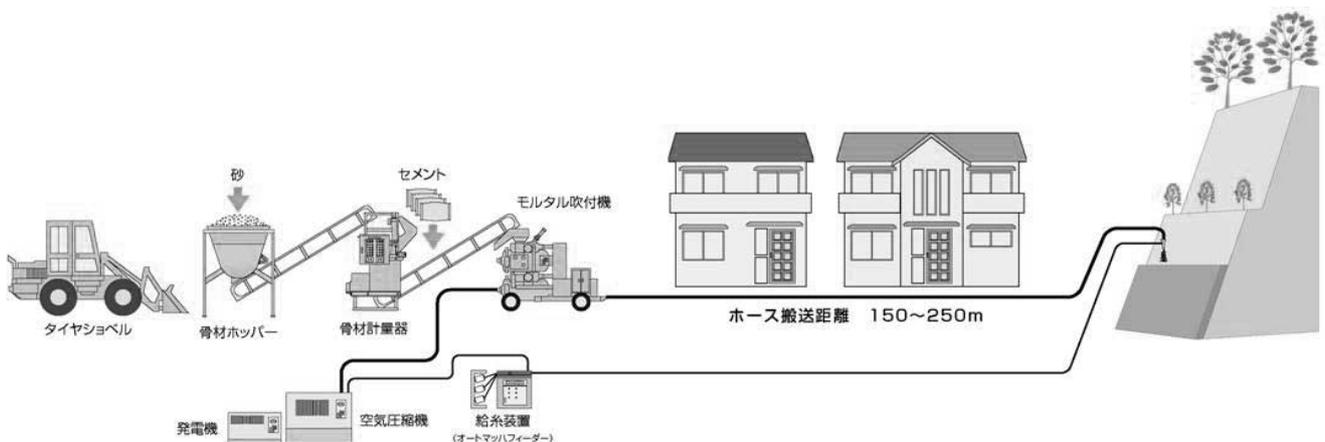
写真—3 曲面状のクリルスタンド



写真—2 長繊維給糸装置近景



写真—4 エアによる長繊維吸引状況



図—4 長繊維の長距離搬送概念図



材 質	ポリプロピレン100%
銘 柄	三菱パイレナムルチフィラメント
品 種	220dtex/40F
織 度	220dtex±13dtex
糸 径	φ0.179mm(179ミクロン)

注：織度(デシテックス:dtex)とは、10,000m当りの糸の重量を表す単位で、220dtexとは、10,000m当り220gの長繊維をいう。

写真—5 ポリプロピレン繊維



写真—6 長繊維混入補強土吹付状況

さらに、長繊維は別系統のホース内をエア圧送するため、風雨などの天候に影響されにくい特徴も保持している。

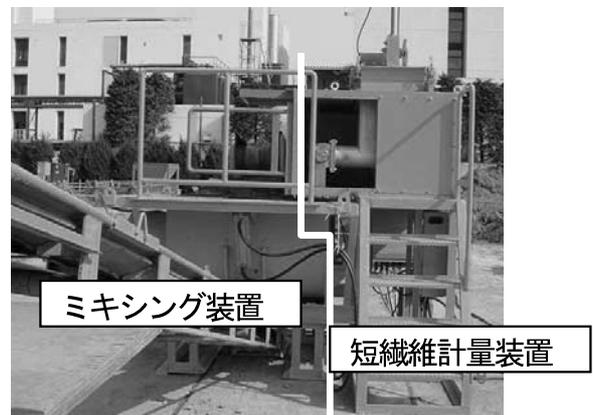
(2) オールグリーン工法 (写真—7～12, 図—5)

本工法は、伐採木・抜根材や現地発生土をのり面緑化工の植生基材としてマテリアルリサイクルし、環境負荷の低減や景観保全を図ることを目的として開発したもので、植生基材に短繊維を均一に混入させることで、菱形金網工など緑化基礎工の省略と吹付造成厚さで最大 50 cm の植生基盤を造成することが可能である。

短繊維の混入は、長期間にわたり植生基盤を健全な状態で保持することを可能とし、のり面表層の保護を行うとともに植生に適した性状を保持することで、周辺からの植物の侵入や表土中の埋土種子による自然回復を図ることができる。



写真—7 短繊維計量装置近景



ミキシング装置

短繊維計量装置

写真—8 短繊維計量装置と基盤材用ミキサー全景



写真—9 湿式不織布用ポリエステル短繊維 (カット長 15 mm, 織度 1.7 dtex)

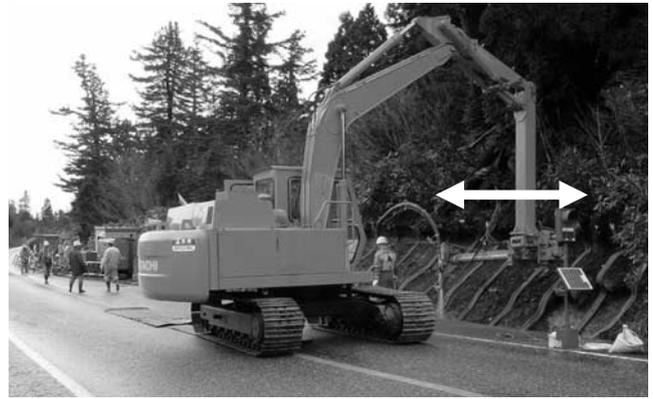
この植生基材への短繊維の混入は、従来技術では計量装置からの定量排出性や植生基材への均一な混入が困難であったため、本工法では短繊維の計量器内に特殊なスクリュー等を開発し、定量排出を可能とした。

5. おわりに

繊維を混入する高機能吹付技術について、補強土造成と植生基盤造成の観点から、繊維に求める性能と混



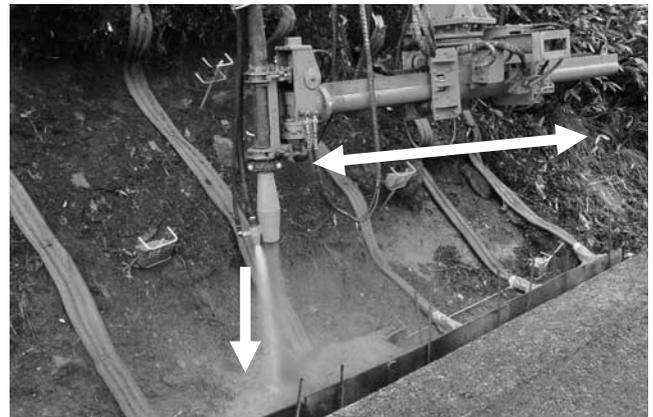
写真一10 人工降雨装置による耐侵食性確認状況



写真一13 バックホウ取付 横スライド吹付ノズルアタッチメント（専用機）



写真一11 省スペース型吹付プラント全景



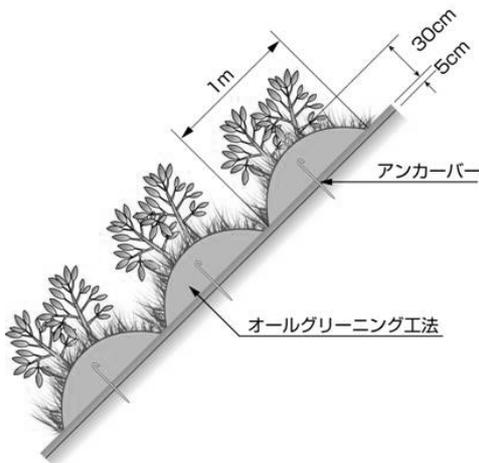
写真一14 横スライド吹付ノズルアタッチメント近景



写真一12 無播種での吹付状況



写真一15 バックホウ取付 縦・横スライド吹付ノズルアタッチメント（汎用機取付対応）

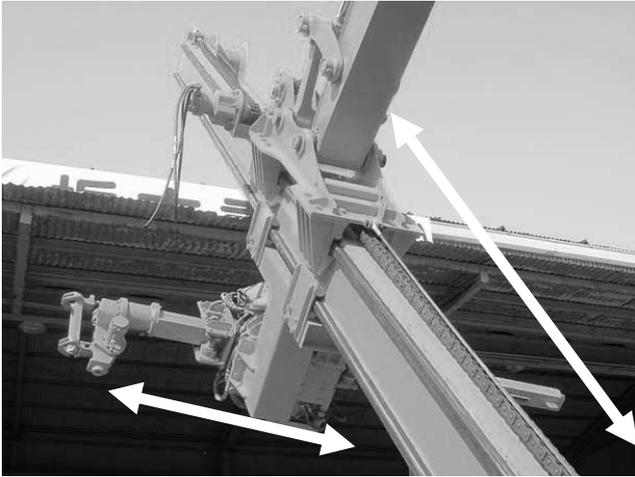


図一5 のり面上に起伏を付けた吹付手法概念図（樹木の生育や周辺からの種子の活着を期待）

入システムの特徴を紹介した。

この2工法対応の機械化施工技術について、吹付作業の施工能力向上と作業の安全性向上を目的として、バックホウに特殊なスライド機能を付加した吹付ノズルアタッチメント2機種と高所作業車専用の吹付ノズルアタッチメントを開発している（写真一13～18）。

今後も、ロービングウォール工法では、土質・地質の違いによる鉄筋挿入工併用時の補強土としての性能確認など、オールグリーンニング工法では、無播種での植生基盤の耐久性確認などを継続実施して、時代の要



写真一16 縦・横スライド吹付ノズルアタッチメント近景



写真一18 高所作業車専用吹付ノズルアタッチメント近景



写真一17 高所作業車専用吹付ノズルアタッチメント

請に沿った技術力向上を図っていく所存である。

JCMA

《参考文献》

- 1) 産業用繊維資材ハンドブック, 日本繊維学会・産業用繊維資材研究会, 昭和54年6月
- 2) ローピングウォール工法 建設技術審査証明(砂防技術)報告書, (助砂防・地すべり技術センター, 平成15年9月)

【筆者紹介】

大内 公安 (おうち こうあん)
 ライト工業(株)
 名古屋支店
 営業部長

