

BSC工法による 切土軟岩法面保護について

市川 勝悟¹

¹中部地方整備局 名四国道事務所 工務課 (〒467-0847 愛知県名古屋市長徳区神穂町5-3)

蒲郡バイパス施工箇所には軟岩が広く分布し、切土軟岩法面が広域に渡り発生する。植生工による侵食防止を図る際、通常は植生基材吹付けが必要となるが、高コストとなる。本事業では、自然侵入促進工の一つであるBSC工法に注目した。BSC工法は、土壌表面に藻類を散布することで、法面の侵食防止をし自然由来の植生の侵入を促進するものである。しかし、切土軟岩法面への施工は根の侵入が困難であり、植生が期待されないことから推奨されていないが、BSC自体は形成されることがわかっているため、本報告では、切土軟岩法面保護への適用性について試験施工を行った経過を報告する。

キーワード BSC (バイオロジカル・ソイル・クラスト)、表面侵食防止、植生工、試験施工、法面保護

1. はじめに

名四国道事務所では、現在交通渋滞の緩和、物流効率化、災害に強い道路機能の確保を目的とし、蒲郡バイパスの施工を進めている。蒲郡バイパスは、名豊道路の中間区間を担う延長 15.0km の地域高規格道路であり、令和元年度より、大規模切土区間 (約 61 万 m³) に本格着手している。施工箇所の豊川市御津町金野地区の地質的な特徴として、風化片麻岩、片麻岩が広く分布し、土木工事における岩の分類¹⁾による「軟岩Ⅰ」、「軟岩Ⅱ」に相当する切土法面が広く分布する。

切土軟岩法面へ植生基材吹付け工法を用いる場合があるが、施工後の植生生育が遅いと、植生基材が剥がれ落ち、修復が必要となることがある。そのため、管理の面からも代替としてコンクリート吹付けにより法面保護を行う事例が多いが、周辺の環境や景観面からは植生工による法面保護を行うことが望ましい。上記の点から、コストを抑えつつ法面保護が可能な、低コストで植生の可能性もある工法の選定が望まれている。そこで、本事業では、自然侵入促進工の一つである、BSC工法に注目して試験施工を行った。

2. BSC工法の概要

バイオロジカル・ソイル・クラスト (以下、BSCとする) を活用した侵食防止技術は、土壌の藻類からなる資材等を散布して早期にBSCを形成することで土壌侵食を防止し、周辺からの植生侵入を促進させて斜面の安定性を高めようとする工法である。BSCとは、糸状菌類や藻

類、地衣類およびコケなどが地表面の土粒子等を絡めて形成するシート状の土壌微生物のコロニーのことである。BSCは、崩壊地などにおける自然植生の遷移初期や更新後の農地などで、時間経過と共に自然に形成されるものであり、植生遷移の初期によく見られる自然現象の一つである (図-1)。これまでに試験圃場での観測²⁾ や、人工降雨試験による測定³⁾ 等により、高い侵食防止効果を有していることが確認されている。法面裸地等が生じた後の植生遷移では、最初にBSCの形成により土壌侵食が防止され、それにより埋土種子や周辺からの飛来種子が活着・生育しやすくなり、コケ・地衣類、草本へと植生遷移が進む。BSC工法の主旨は、裸地や工事等で荒れた土壌面に、BSCを形成する土壌藻類を散布し、藻類を優勢にさせることで、より早くBSCを形成することである。自然状態では、崩壊等が発生した後、BSCが形成されるまでには数年程度の時間が必要であるが、BSC工法を実施した場合、通常2週間~1カ月程度で、散布した藻類が活性を取り戻して増殖が活発になり、BSCが形成され始めて侵食が防止され、植生の侵入、遷移が進む (図-2)。

BSC工法は、基本的に土壌硬度が30mm以上 (山中式土壌硬度計) の箇所では、基盤が固く緻密で草本等の侵入が不確実であるため、施工は推奨されていない。しかし、土壌硬度30mm以上であっても、水分を保持しやすい岩面では、BSC自体は形成されることがわかっている。BSC工法は、植生基材吹付け工やコンクリート吹付け工と比較して安価であり (表-1)、BSCの形成により切土法面からの小石の落下を防止し、法面の侵食を防止できる可能性があると考えられることから、軟岩の切土法面に対す

るBSC工法の適用可能性を検討するため、試験施工を行うこととした。以下、施工の概要及び施工後の経過を報告する。

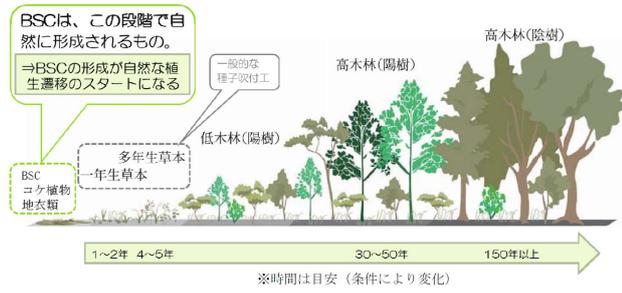


図-1 法面裸地等における植生遷移とBSCの概要

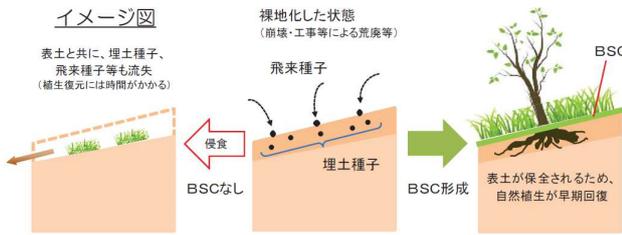


図-2 BSC形成による侵食防止と植生侵入の概要⁵⁾

表-1 一般的な法面保護工とBSC工法の直接工事費の比較表

名称・規格	施工単価 (円/m ²)	出典
植生基材吹付工 厚6cm + 種子散布工	5,925	4)
コンクリート吹付工 厚10cm	6,360	4)
モルタル吹付工 厚8cm	6,000	4)
BSC工法 [*]	3,430	施工実績に ⁴⁾ ラス張工の施工単価を追加

※すべての工法にラス網を含む

3. 試験施工の概要

(1) 試験施工地の概要

試験施工地は、蒲郡バイパスの切土法面である。試験施工区は、表-2に示す4パターンを設定し、施工を行った。対象箇所法面は、軟岩が主体の切土法面（法面勾配1:1.2、土壌硬度30mm以上）であり、法面全体にラス金網が施工されている。工事では、植生基材吹付+種子吹きを基本の植生工に選定しているため、本工法での施工箇所を対照区として設定し、BSC工法及び従来工法との組み合わせにより各パターン約100m²程度施工し、施工後の植生の侵入状況について比較を行った。法面は全て北向きであり、周辺植生はヒノキ林と広葉樹の混交林である。

(2) 試験施工方法

施工方法は、基本的に通常の種子吹付工と同様であり、土壌藻類資材（BSC-1）、基材（古紙ファイバー等）、肥料、粘着剤、水等を混合し、対象箇所にハイドロシーダーにより散布した。パターン①②④はそれぞれ植生基

材吹付を種子あり（①④）、種子無し（②）で施工した後、①②③につきBSC施工を行った。BSC工法の施工は、表-3に示すと通りの配合で行った。なお、本切土法面は先述のとおり基盤が軟岩であり、BSC形成の基盤が薄弱であることから、緑化基材及び肥料、粘着剤を通常の配合より増加させて施工した。施工は、令和2年11月9日に実施した。

表-2 試験施工区の条件設定

パターン	面積	その他	試験施工の観点
①植生基材吹付+BSC+種子	101m ²	ラス金網	植生基材吹付（種子入り）がなされるため、その上からBSC施工を行い、植生基材表面の状況や種子の生育状況等について観察する。
②植生基材吹付+BSC	101m ²	ラス金網	植生基材吹付（種子なし）を施工し、その上からBSC施工を行うことで、植生基材表面の自然侵入の状況について観察する。
③BSC	101m ²	ラス金網	全面にラス金網張りがなされるため、その上からBSC工法を施工し、岩の隙間の土壌の侵食防止状況や植生侵入状況、岩面の状況等について観察する。
④植生基材吹付+種子(対照区)	153m ²	ラス金網	植生基材吹付（種子入り）がなされる箇所であり、BSC工法による施工区との比較を行う（対照区）。

表-3 BSC施工における資材の配合

資材名称	単位	数量	通常配合量との比較
BSC-1	セット	100	通常通り
緑化基材(古紙ファイバー)	kg	12	2倍
肥料(N・P・K・Mg=15・15・15・1)	kg	10	1.5倍
粘着剤	kg	0.11	1.1倍
水	m ³	0.2	通常通り

(3) 施工後のモニタリング及び評価方法

試験施工実施後は、1回/月を目安に、試験施工箇所の写真記録等によるモニタリングを行い、施工後の状況について確認した。モニタリングは令和2年12月8日、令和3年1月26日、2月26日、4月20日、5月19日に実施した。

4. 結果及び考察

試験施工実施後の法面全体の状況（施工後6.5ヵ月後）を写真-1に、BSC施工区における施工前後の近景写真を写真-2に示す。

③BSC施工区では、施工後1ヵ月後には基盤表面にBSCの形成が見られ、2.5ヵ月後には、軟岩の亀裂部に植物の発芽が見られた。6.5ヵ月後には発芽個体数が増加し、植物の生長が見られた（写真-3）。なお、本施工区の軟岩に形成されたBSCを顕微鏡で確認したところ、散布した藻類の生育が見られ、BSC工法の適性が確認された。愛知県東部では、令和3年3月～4月は例年と比較して降水量が多く、蒲郡では最大1時間降水量10mmを超える降雨が計4回見られ、うち3月28日には20mmを超える強い雨が合ったが⁶⁾、法面の侵食や法面下への石の落下はほとんどみられなかった。試験施工区では、法面全体にラス金網が設置されており、石の落下の防止はラス金網に

よる効果が大いと考えられるが、亀裂部を中心としたBSCの形成が、このような箇所分布する金網より小さい石や土砂の落下を防止し、更にそこに植物が生育して根を張ることで侵食が防止されたと考えられる。草本類は根を張れない岩盤には生育できないため、今後も植生の生育は亀裂部が中心となり、条件の良い岩盤の一部にBSCや蘚苔類(コケ類)等が生育する状態で推移すると考えられるが、亀裂部の侵食が防止されることで、大きい石等の落下も防止され、緑化工の本来の目的である法面の安定に寄与する事が期待される。

②植生基材+BSC施工区では、基材の流失は見られず、施工面積の①側の約半分で早期から植生の侵入が確認された。①、④と同じ緑化種の生育が見られるため、隣接区の施工時の風向きや機器に残存していた種子等が原因と考えられるが、それ以外の植物の侵入も見られており、自然侵入促進工としての効果が期待される。

①植生基材+BSC+種子施工区及び④対照区では、施工後6.5カ月後時点ではほぼ全面に植生の生育が確認された。ただし、①施工区では対照区と比較して、植生の生育が良く草丈が高い傾向が見られ、①では30～100cm程度(平均60cm程度)、④20～70cm程度(平均40cm程度)であった。BSC工法による肥料成分の追加が影響していると思われるが、BSC自体が基材からの水分の蒸発を抑制し乾燥を防止するなど、吹付基材の植生基盤としての性能の保持に寄与している可能性も考えられる。

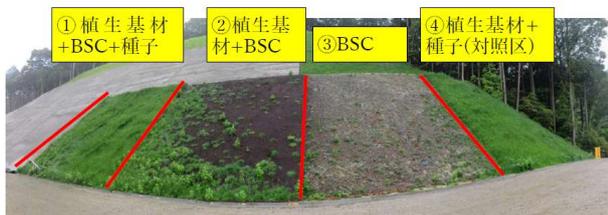


写真-1 試験施工箇所の全体写真 (施工後6.5カ月後)

5. おわりに

本事例では、一般的に植生回復が困難な切土軟岩法面に対して、BSC工法の適用性の確認や応用の可能性を念頭に試験施工を行った。その結果、切土軟岩法面での活用について、適用可能性があると考えられた。

植生の生育には根が伸長する基盤が必要であるため、基材吹付を伴わないBSC工法だけを軟岩法面に適用しても、元々全面的な植生形成は難しい。しかし、そのように施工したBSC施工区において、侵食の進行や小石の落下が現状でほとんど見られず、亀裂部を中心にBSCの形成及び植生の侵入が進み、法面の安定に寄与している状況が確認された。従って、BSC工法単体あるいは金網工等と組み合わせることで、切土軟岩法面に対する新たな法面保護工として適用できる可能性があると考えられた。

また、切土軟岩法面で通常実施されている基材吹付工とBSC工法を組み合わせた施工区では、基材の流失防止

や植生の生長促進、植生の侵入等が見られたことから、通常の植生工の成績が悪い場合等に、組み合わせる施工したり、補修工として活用できる可能性が考えられた。

BSC工法の自然侵入促進効果について、「切土工・斜面安定工指針⁷⁾」が示す自然侵入促進工の判定の目安に照らすと、現状で法面に侵食は見られず、既に植生侵入が確認されるため、合格である「可」の判定となる。ただし、最終的な評価は、施工後、植物の生育期(月平均気温15℃以上の期間)で6カ月後に行うこととされており、本試験施工箇所では令和3年秋季に行うこととなる。今後も継続的に施工後の状況を確認し、BSC工法の切土軟岩法面への適用性について検討していく予定である。



写真-2 試験施工区の拡大写真(左:施工直後, 右:BSCの形成, 施工後1カ月後)

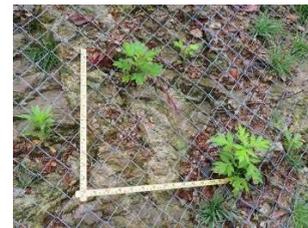


写真-3 軟岩の間に生育する植物:施工後6.5カ月後(③BSC施工区:令和3年5月19日)

謝辞: 試験施工にご協力いただいた鈴木工業(株)の皆様をはじめ、施工業者の方々に、この場をお借りし感謝申し上げます。

参考文献

- 1)国土交通省, 土木工事共通仕様書, pp1-36, 2020
- 2)富坂峰人: バイオロジカル・ソイル・クラストを用いた侵食防止対策, 農業農村工学会誌 79(1), pp.36-37, 2011.
- 3)小島壘・大澤和敏・藤澤久子・富坂峰人・松井宏之: 藻菌類の土壌被覆による土壌侵食抑制対策の評価, 平成 29 年度農業農村工学会大会講演会要旨集, pp.688~689, 2017
- 4)一般財団法人建設物価調査会, 土木コスト情報 2021.4 春, pp128-129, 2021
- 5)日本工営(株) 富坂峰人・土木研究所土砂管理研究グループ, 土壌藻類を活用した環境にやさしい表面侵食防止技術の紹介, 平成 29 年度 建設技術審査証明新技術展示会 発表資料, 2017
- 6) 気象庁ホームページ, 過去の気象データ検索, <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etm/index.php>, (2021年5月26日閲覧)。
- 7)公益社団法人 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), 2009.