

技術報文

堆肥混合土を用いたジオテキスタイル補強土壁の緑化

土木研究所寒地土木研究所寒地地盤チーム
北見工業大学名誉教授
前田工織株式会社地盤防災推進部
土木研究所寒地土木研究所寒地地盤チーム

佐藤 厚子
鈴木 輝之
久保 哲也
山梨 高裕

1. はじめに

寒冷地では、ジオテキスタイルを用いた壁面緑化タイプの補強土壁（以降、本文ではジオテキスタイル補強土壁と称す）が凍上により変形する事例が報告されている¹⁾。これまで、この変状を抑制する方法について検討した結果、凍上性の低い材料である礫により置換することの効果の大きいことがわかった²⁾。この成果を受けて、北海道開発局では、ジオテキスタイル補強土壁を施工する場合、多数アンカー式補強土工法、テールアルメ工法と同様に、壁面材背面に、フィルター層（凍上抑制層）を設けることとなった³⁾。一方、ジオテキスタイル補強土壁の特徴の一つとして、壁面緑化により自然環境に配慮した構造物となることがあげられる。しかし、凍上対策として礫材によりジオテキスタイル補強土壁を施工すると、礫材は、水分が少ない、栄養分がない、土壌として硬いなど植物の生育には適していない性質⁴⁾があるため、緑化が困難となる。そこで、礫材による盛土壁面を緑化する目的で、非凍上性である堆肥を礫材に混入することとした。これにより、盛土の緑化が期待でき、さらに凍上による変状の少ない環境に優しい施工ができると考えた。

2. 実験方法

実験では、壁面材背面にフィルター層を設置した実物大の北海道開発局仕様のジオテキスタイル補強土壁を施工した。フィルター層を礫材に堆肥を混合した材料を置換材として、植物の種が付着したシートを表面に貼り付け、壁面の植被率と盛土内の温度を計測した。

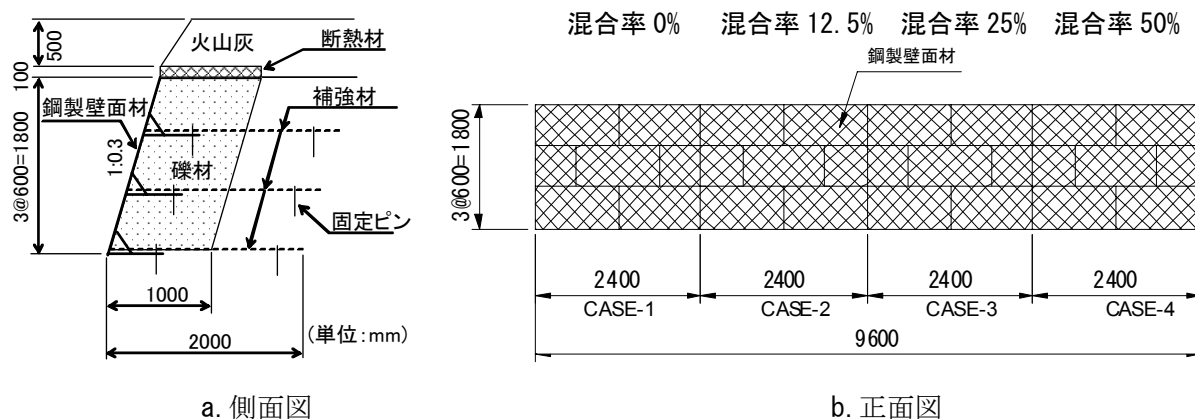
(1) ジオテキスタイル補強土壁の構造

寒地土木研究所苫小牧試験フィールドにおいて、表-1に示す盛土材料により図-1に示すジオテキスタイル補強土壁の

表-1 盛土材料の基本物性値

試料	盛土材	礫材
土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.470	2.800
自然含水比 $w_n(\%)$	46.98	6.32
コンシステンシー限界	N.P.	N.P.
地盤材料の分類記号	SVG	G-S
凍上速度(mm/h)	0.27	-
凍結膨張率(%)	18.1	-
凍上性判定	中位	-
透水係数 $k(\text{cm/sec})$	2.34×10^{-5}	2.85×10^{-3}
最大乾燥密度 $\rho_{dmax}(\text{g/cm}^3)$	不定	2.252
コーン指数 $q_u(\text{kN/m}^2)$	2000 以上	2000 以上

壁面を北向きで施工した。盛土材料は、トラフィカビリティ試験によるコーン指数が 2000 kN/m^2 以上あり、施工性の良好⁵⁾な火山灰である。この火山灰の凍上速度は 0.27 mm/h であり、凍上性は中位で、材料特性として凍上性を排除できない材料である⁶⁾。このジオテキスタイル補強土壁について、表-1に示す礫材を壁面から 1 m の厚さで設置した(CASE1)。なお、置換の範囲は、苫小



図－1 補強土壁の形状

表－2 堆肥の性状

項 目	性 状
窒素	1.2%
リン酸	0.5%
カリウム	0.3%
炭素窒素比	35 以下
有機物の含有量	70%
水分含有率	60%
原料	広葉樹および針葉樹の樹皮を主原料(80%以上)として、鶏糞、尿素を加えて堆積腐熟させたもの

表－3 植生シートの仕様(1m²あたりの g 数)

項 目	規格
クリーピングレッドフェスク	2.63
トールフェスク	5.35
バミューダグラス	0.68
レッドトップ	0.04
ススキ	0.13
メドハギ	2.37
ヨモギ	0.23
ヤマハギ (皮取り)	0.37
ヤマハギ (皮付き)	0.53
化学肥料	80.0
土壌改良資材	20.0

牧市地方の置換厚 80cm⁷⁾より凍結深さを推定した。ジオテキスタイル補強土壁の壁面を緑化するため、表－2 に示す堆肥を、体積比で 12.5%、25%、50%礫材に混合し、壁面から 1m の厚さで設置した(CASE2、3、4)。また、堆肥の単位堆積重量は 0.5g/cm³ として体積比を計算した。

堆肥と礫材はバックホウのバケットにより混合し、混合材料を仕上がり厚さ 30cm となるように転圧した。また、各ジオテキスタイル補強土壁について鋼製壁面材とフィルター層の間に表－3 に示す仕様の植生シートを設置した。盛土の上部は厚さ 10cm の断熱材で覆いその上 50cm を火山灰で覆土した。

(2) 測定方法

植物の生育状況として、CASE1～CASE4 のジオテキスタイル補強土壁と礫材により置換していない箇所（土砂部）の植被率を 2～3 か月に 1 回程度測定した。植被率は図－2 に示すように、単位面積当たりの植物の葉の占める割合であり、これにより、植物の生育状況を判断した。

$$\text{植被率} = \frac{\text{葉の占める割合}}{\text{植生面積}} \times 100 (\%)$$

上から見たところ

図－2 植被率

また、図-3に示すように、2段目の盛土中央付近にのり面に対して垂直方向にメチレンブルー凍結深度計を設置し表面からの凍結深さを測定した。さらに、メチレンブルー凍結深度計と同じ高さで20cm程度横にずらした位置に凍上量測定装置を設置した。測定間隔は、凍結進行期で1週間ごと、融解期間で2週間ごとである。なお、計測は、平成23年冬期から平成25年冬期までの約2年間である。

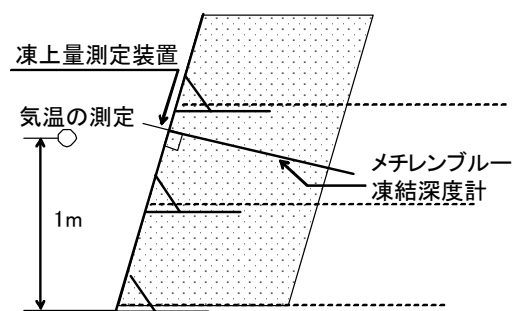


図-3 計器設置位置

3. 試験結果

(1) 堆肥混合土の物性値

礫材に堆肥を混合したときの物性値を表-4に示す。堆肥を混合すると、土粒子密度が小さくなり、含水比は大きくなっている。室内トラフィカビリティ試験によるコーン指数は堆肥を50%混合しても2000 kN/m²以上あり、十分転圧でき締固め効果の大きな材料である。透水係数は、堆肥を50%混合することにより 1.87×10^{-8} m/sec程度となった。堆肥混合率が大きいほど透水係数は小さくなった。各材料の粒径加積曲線を図-4に示す。図には、粒度分布による凍上性の判定⁸⁾を合わせて示す。この図において領域4($U_c > 15$ かつ $D_{50} > 1\text{mm}$)は、非凍上性とされる。礫材および堆肥混合土は4の領域であり、粒度分布からの判定では非凍上性材料となる。

表-4 堆肥混合土の物性値

堆肥体積混合率(%)		12.5	25.0	50.0
土粒子密度 $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$		2.734	2.678	2.616
自然含水比 $w_n(\%)$		11.48	12.56	19.52
粒度 特性	2mm～	83.6	87.4	84.6
	75 μ m～2mm	14.7	11.1	13.2
	～75 μ m	1.7	1.5	2.2
コンシステンシー限界		N.P.	N.P.	N.P.
地盤材料の分類記号		G-S	G-S	G-S
透水係数 $k(\text{m}/\text{sec})$		2.41×10^{-5}	6.00×10^{-7}	1.87×10^{-8}
最大乾燥密度 $\rho_{\text{dmax}}(\text{g}/\text{cm}^3)$		2.085	1.891	1.829
最適含水比 $w_{\text{opt}}(\%)$		12.2	15.4	16.1
コーン指数 $q_u(\text{kN}/\text{m}^2)$		$2000 \geq$	$2000 \geq$	$2000 \geq$

(2) 施工性

堆肥と礫材の混合は、汎用性のあるバックホウで容易に作業できた。また、堆肥と礫材を混合した材料の転圧は、ハンドガイドローラーにより十分に締固めを行うことができた。これらのことから、堆肥混合土を用いたジオテキスタイル補強土は汎用性のある建設機械により施工できることがわかった。

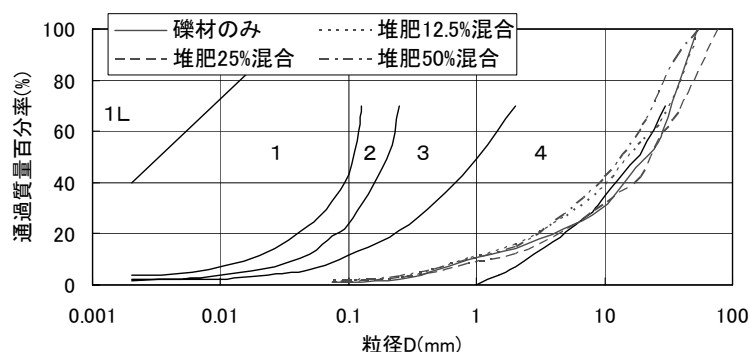


図-4 堆肥混合土の粒径加積曲線

(3) 壁面緑化効果

ジオテキスタイル補強土壁の施工から約2年間の植被率の変化を図-5に、植物の生育状態の例を写真-1に示す。植被率の目標値は、過去の調査結果⁹⁾から視覚的に緑化として十分である60%とした。施工翌年の4月中旬の時点で、緑化施工箇所では植物は発芽していなかった。6月上旬では、堆肥を混合していない箇所、堆肥混合率12.5%では植物はほとんど発芽していなかったが、堆肥混合率25%、50%、土砂部では植物の発芽が認められた。土砂部では、7月上旬に

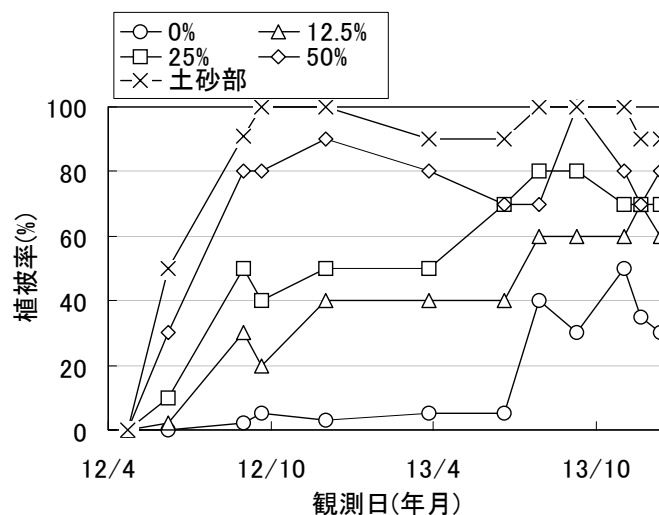
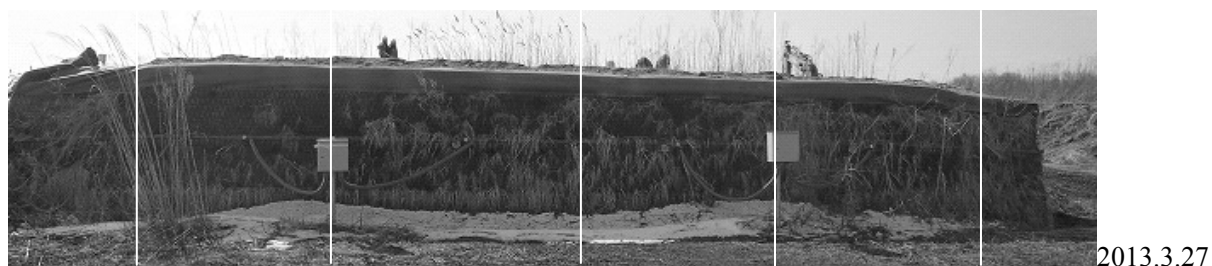


図-5 補強土壁の植被率の変化

目標値である植被率60%を超えた。堆肥の混合率が大きくなるにしたがい植被率は大きくなっている。堆肥混合率が50%では、8月には目標値60%を満足した。堆肥混合率25%についても施工翌々年の5月に、堆肥混合率12.5%では7月下旬に目標値を確保できた。堆肥を混合しなかった箇所では、



0% 12.5% 25% 50% 土砂部

写真-1 のり面植生状況

施工後2年が経過しても植被率は目標値を達成できなかった。1年目、2年目ともに春から夏にかけて植被率は大きくなり、10月に入ると植被率は10%から20%程度減少する。しかし、雪解け後の4～5月にかけて、再び植被率は大きくなっており、現在までの2年間では、追肥の維持管理が無くても植物が衰退していない。今後追跡調査して、植物の生育状況を確認したい。

(4) ジオテキスタイル補強土壁盛土の凍結深さ

メチレンブルー凍結深度計によるジオテキスタイル補強土壁内の凍結深さを求めた。図-6 は、施工から約3年間の補強土壁内の凍結深さを示している。若干ではあるが、堆肥を混合することにより、凍結深さは低減されている。堆肥を混合しない場合と堆肥を最も多く混合した混合率 50%の差を比較すると、1年目では約 10cm、2年目では約 12cm、3年目では約 15cm であり、時間が経過することにより、凍結深さの差が大きくなっている。これは、先に述べたように、時間の経過により、堆肥を混合しない場合と堆肥を混合した場合の植被率の差が大きくなっていることから、植物の断熱効果^{10) 11)}によるものと考えられる。

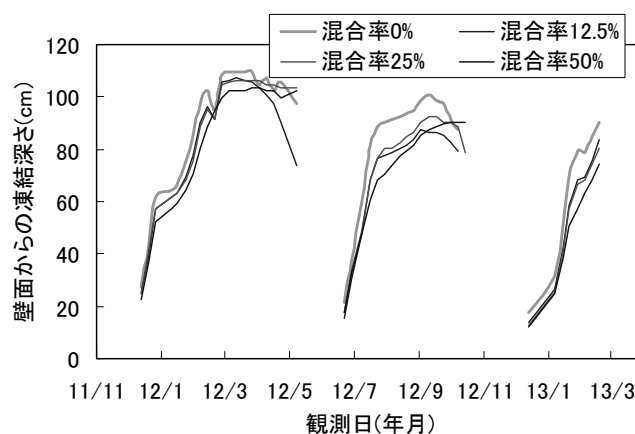


図-6 堆肥混合による補強土壁内の凍結深さ

(5) 壁面材の凍上による変位

測定期間中の壁面の凍上量を図-7 に示す。全体の傾向として、時間の経過とともに壁面は外側に押し出す形で変位した。3シーズンの現段階で、最大 0.8cm程度外側に変位した。堆肥を混合しない場合の1年目は、夏期には変位がなかった。一方、その他のケースでは、夏期でも0.1から0.3cm程度の変位が認められた。これに対して、冬期間の変位は堆肥を混合しなかった場合でも1年目で0.5cm、2年目で0.2cmであり、堆肥混合により冬期間に変位が大きくなるという事実は認められなかった。これらのことから、堆肥の有無は凍上による壁面の変状には影響しないようである。

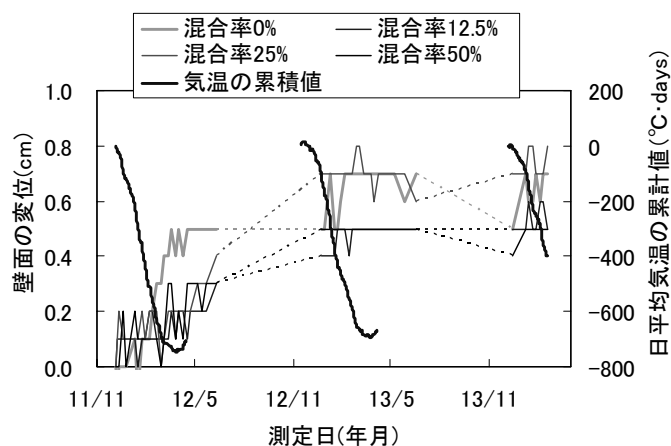


図-7 壁面材の変位

4. まとめ

積雪寒冷地における冬期施工によるジオテキスタイル補強土壁緑化に関する実験を行った。その結果、次のことがわかった。

- ① 堆肥を礫材に混合することにより、ジオテキスタイル補強土壁について凍上による変位をとも

なわないで緑化できることがわかった。

- ② 堆肥と礫材の混合や施工は、汎用性のある建設機械により可能であることがわかった。
- ③ 堆肥を礫材に混合することにより、若干ではあるが、凍結深さを低減することができた。

5. おわりに

ジオテキスタイルによる補強土壁について礫材に堆肥を混合することで、より早く緑化できることや若干凍結深さが低減されることがわかった。今後、継続調査を行い、効果の持続性を確認したい。

参考文献

- 1) 吉田浩一、新村淳一、鈴木輝之：寒冷地におけるジオテキスタイルを用いた補強土壁の壁面材変形の報告、第44回地盤工学会研究発表会、pp. 809-810、2009.
- 2) 佐藤厚子、西本聡、鈴木輝之、竜田尚希、王宗建：ジオテキスタイルによる補強土壁の凍上対策に関する屋外土槽実験(その3)、第26回ジオシンセティックスシンポジウム、pp. 183-188、2011.
- 3) 北海道開発局：北海道開発局道路設計要領第1集道路補強土擁壁1-7-40、2013.5
- 4) 北海道開発局：北海道の道路緑化指針（案）、1987.3
- 5) 日本道路協会：道路土工要綱、p. 287、2009.
- 6) 地盤工学会：凍上量測定のための凍上試験方法、凍上性判定のための凍上試験方法、新規格定地盤工学会基準・同解説、p. 247、2009、
- 7) http://www.hkd.mlit.go.jp/zigyoka/z_doro/download/pdf/02/2-sankou3.pdf
- 8) ISSMFE TC-8: Grain size distribution as a frost susceptibility criterion of soil、 VTT Symposium、Vol.1、 pp.29-32、 1989.
- 9) 佐藤厚子、磯部圭吾、瀬能博之：高分子吸水材による緑化工法、第21回日本道路会議論文集、pp.102-103、1995.
- 10) 小野丘：凍上抑制としての植生の効果、第47回地盤工学研究発表会発表講演集、2012.
- 11) 佐藤厚子、西本聡、鈴木輝之、中村大：植物の断熱効果を利用した寒冷地ののり面保護についてー凍上によるのり面の変状抑制の可能性ー、寒地土木研究所月報第696号、pp. 29-33、2011.