

堆肥混合土を用いたジオテキスタイル補強土壁 および特殊ふとんかごの緑化

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 寒地地盤チーム ○佐藤 厚子
国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 寒地地盤チーム 林 宏親
前田工織株式会社補強土・排水推進部 技術グループ 久保 哲也

ジオテキスタイル補強土壁を寒冷地で施工する場合の壁面材背面の盛土材や、切土のり面に施工される特殊ふとんかごの中詰め材は粗粒材を使用する。粗粒材は、水分が少ない、栄養分がないなど植物の生育には適していないため緑化が困難となる。そこで、緑化を目的として水分保持能力が高く土壌の物性を改良できる堆肥を、粗粒材に混合して試験施工を行った。植生や変状を調査した結果、緑化の効果が持続され、変状がほとんどないことを確認した。

キーワード：緑化・植生、ジオテキスタイル補強土壁、特殊ふとんかご、堆肥

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⁾。凍上による変状を抑制する方法として、国土交通省北海道開発局では補強土壁工法を施工する場合、壁面材背面に凍上抑制材を設置する²⁾。また、切土のり面の湧水対策や切土のり面崩壊後の復旧対策工として、中詰め材に粗粒材を用いる特殊ふとんかごを施工することがある³⁾。粗粒材は、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、ジオテキスタイル補強土壁面や特殊ふとんかご上面の緑化が困難となる。そこで、このような場所を緑化する目的で、水分や肥料成分の保持能力が高く土壌の物性を改良できる堆肥を粗粒材に混合して、試験施工を行いその効果を確認した。さらに堆肥は空気を多く含み断熱効果が期待されることから凍結深さも確認した。本報告は、その結果を紹介するものである。

料とした。堆肥は粗粒材に対して体積比が12.5%、25%、50%となるようにバックホウにより混合した。ジオテキスタイル補強土壁工法では、鋼製壁面材と混合材料との間に植物の種が付着したシート（植生シート）を設置するのでここでも設置した。なお、ジオテキスタイル補強土壁盛土上部からの寒気を遮断するために盛土の上部に厚さ10cmの断熱材を配置し、さらにその上を50cm火山

表-1 ジオテキスタイル補強土壁の壁面材背面の盛土の基本物性値

盛土材	粗粒材	火山灰
土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.800	2.470
自然含水比 $w_n(\%)$	6.32	47.0
コンシステンシー限界	N.P.	N.P.
地盤材料の分類記号	G-S	SVG
凍上速度(mm/h)	-	0.27
凍上性判定	-	中位

表-2 堆肥の性状

項 目	性 状
窒素	1.2%
リン酸	0.5%
カリ	0.3%
炭素窒素比	35 以下
有機物の含有量	70%
水分含水率	60%
原料	広葉樹および針葉樹の樹皮を主原料(89%以上)として、鶏糞、尿素を加えて堆積腐熟させたもの

2. 試験方法

(1) 施工方法

a)ジオテキスタイル補強土壁

ジオテキスタイル補強土壁は、火山灰を材料として北向きに施工されており、寒冷地の仕様として壁面から1mまで凍上抑制材として中詰め材80mm級の粗粒材で置換している。この中詰め材を粗粒材と堆肥を混合した材

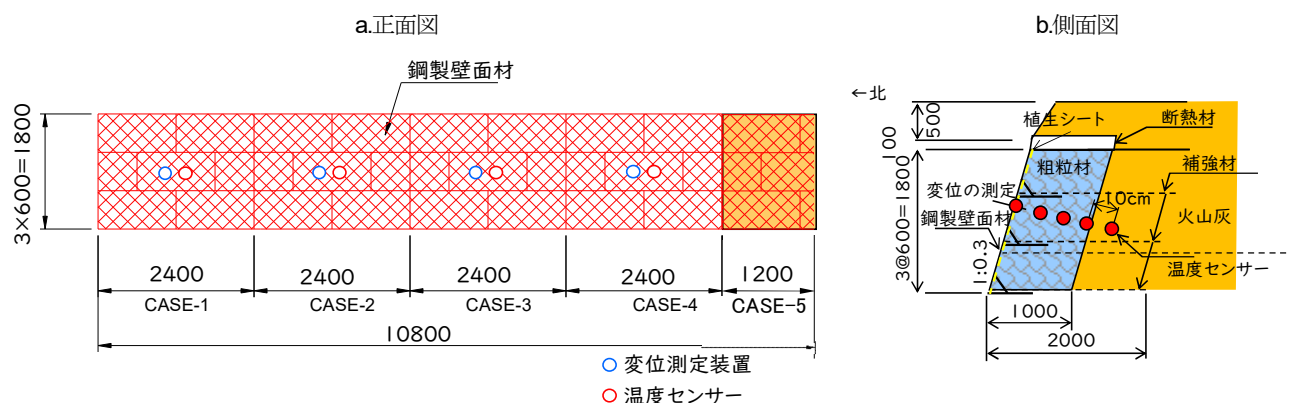


図-1 ジオテキスタイル補強土壁の形状

表-3 植生シートの仕様 (1㎡あたり)

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

タイル補強土壁の形状を図-1に示す。また、植生シートの仕様を表-3に、試験施工のケースを表-4に示す。

b)特殊ふとんかご

特殊ふとんかごは、湧水の多い切土のり面のり面保護工として中詰め材に80mm級の粗粒材を用いて南向きに施工されたものである。この特殊ふとんかごの一部について粗粒材に堆肥を混合した材料とした。また、緑化の比較のために、肥料の入った袋をマット状にして堆肥を混合していない特殊ふとんかご2箇所の上に設置した。そのうち一方ではマットの上に種子を付着させている。堆肥は、粗粒材に対して体積比が12.5%、25%、50%とな

表-4 ジオテキスタイル補強土壁の種類

名称	盛土の土質	堆肥混合率(%)
CASE-1	粗粒材	0.0
CASE-2	粗粒材	12.5
CASE-3	粗粒材	25.0
CASE-4	粗粒材	50.0
CASE-5	火山灰	0

表-6 植生マットの仕様 (1㎡あたり)

項 目	規格
ハードフェスク	4.0g
クリーピングレッドフェスク	13.0g
ケンタッキーブルーグラス	4.0g
化学肥料	620g
土壌改良資材	6260g
有機質材	1320g
保水剤	14g
厚さ	2～3cm

表-5 特殊ふとんかごの材料および地盤の基本物性値

材料	中詰め材	切土地盤
土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.758	2.381
自然含水比 $w_n(\%)$	6.51	14.1
コンシステンシー限界	N.P.	N.P.
地盤材料の分類記号	G-S	S-F

表-7 特殊ふとんかごの種類

名称	堆肥混合率(%)	植生マット	種
CASE-a	0.0	なし	なし
CASE-b	12.5	なし	なし
CASE-c	25.0	なし	なし
CASE-d	50.0	なし	なし
CASE-e	0	あり	なし
CASE-f	0	あり	あり

灰で覆土した。ジオテキスタイル補強土壁の盛土材料の基本物性値を表-1に、堆肥の性状を表-2に、ジオテキス

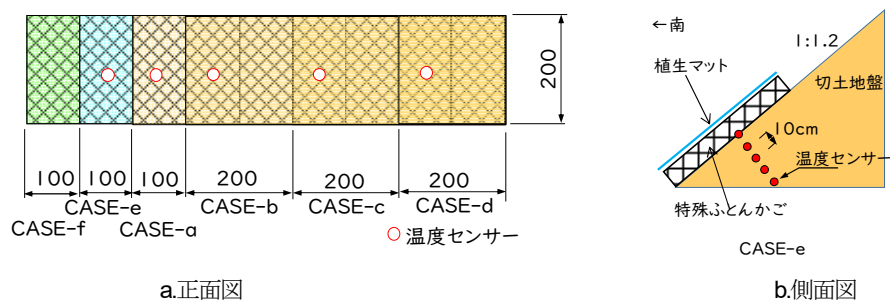


図-2 特殊ふとんかごの形状

るようにバックホウにより混合した。切土のり面と中詰め材の基本物性値を表-5に示す。堆肥は表-2と同じである。植生マットの仕様を表-6に、試験施工の特殊ふとんかごのCASEを表-7に示す。また、特殊ふとんかごの形状を図-2に示す。

(2) 調査方法

植物の生育状況として、植被率を測定した。植被率は図-3に示すように施工面積あたりに占める植物の葉の面積である。

ジオテキスタイル補強土壁では各ケースの中心部付近、特殊ふとんかごではかごの中心付近にのり面に対して垂直方向に温度センサーを 10cm 間隔で設置した。さらに、ジオテキスタイル補強土壁では粗粒材とは異なる材料を最大 50%の体積で施工したことから、時間経過により体積が変化し壁面が変状することが考えられたので、壁面の変位も測定した。表-8に、施工時期、調査

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

図-3 植被率

項目、調査方法、計測間隔、および計測期間を示す。

3. 調査結果

(1) 堆肥混合による緑化の効果

ジオテキスタイル補強土壁および特殊ふとんかごは構造的に安定しているため緑化の目標は景観的な観点より、過去の調査結果⁹⁾から60%以上とした。

a) ジオテキスタイル補強土壁

ジオテキスタイル補強土壁の施工から9年間の植被率の変化を図-4に、植物の生育状態の例を写真-1に示す。施工翌年の4月中旬の時点で、各CASEでは植物は発芽していなかった。6月上旬では、CASE-1、CASE-2では植物はほとんど発芽していなかったが、CASE-3、CASE-4、CASE-5では植物の発芽が認められた。全体の傾向として、植被率は春から夏にかけて高くなり、秋から冬にかけて植物が枯れるため低くなることを毎年繰り返した。植生シートには、多年草の種子が混合されていたことから、これらが冬期間にも生育し、完全に枯死しなかったと思われる。CASE-5、CASE-4で施工翌年の8月に、CASE-3で2年後の6月に、CASE-2で2年後の7月下旬に目標値である植被率60%を超えた。CASE-1では、植被率は40%程度までになったが、施工9年目までの調査した期間では目標値を達成できなかった。CASE-1～

表-8 ジオテキスタイル補強土壁および特殊ふとんかごの調査関連項目

工種	施工時期	調査項目	調査方法	計測間隔	計測期間
ジオテキスタイル補強土壁	2011.11.15	植生調査	目視	3回/年程度	2012.4～2020.6
		変位量	計測	2回/月程度	2011.12～2018.4
		地中温度	自動	1回/時間	2011.12～2018.5
		植生調査	目視	3回/年程度	2015.5～2017.8
特殊ふとんかご	2014.12.16	変位量	-	-	-
		地中温度	自動	1回/時間	2014.12～2016.3

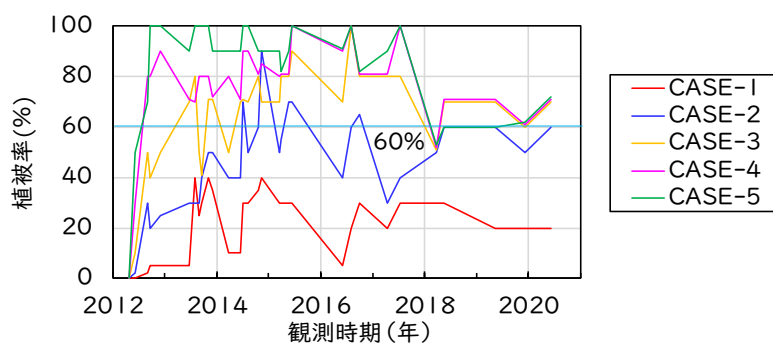


図4 補強土壁の植被率の変化



写真-1 補強土壁の植被率の変化

CASE-4とCASE-5では、施工6～7年目(2017年～2018年)に全体的に植被率が低くなったが、その後植被率は高くなる傾向が見られた。粗粒材に堆肥を混合することにより、ジオテキスタイル補強土壁面を緑化できることを確認した。堆肥の混合率25%以上で施工2年後に植被率がほぼ60%となり、その後大きく低下しなかったことから、この箇所でジオテキスタイル補強土壁を緑化できる堆肥混合率は25%であった。

b) 特殊ふとんかご

特殊ふとんかごの施工から3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-2に示す。植被率は春から夏にかけて高くなり秋から冬にかけて10%程度低くなったが、全体的には時間の経過とともに高くなる傾向が見られた。

特殊ふとんかごでも、ジオテキスタイル補強土壁と同様に堆肥混合率が高いほど植被率も高くなる傾向が見ら

れたが、調査した3年間ではどの混合率でも目標植被率を満足することはできなかった。なお、この箇所では、CASE-f以外は、種子を混合していないことから、特殊ふとんかごの植物の生育は、施工箇所周辺の植物の種子が飛来して生育したと考えられる。CASE-b、CASE-c、CASE-dの堆肥を混合した特殊ふとんかごでは、CASE-fの種子を混合していないケースよりは植被率が低いものの、CASE-eの種子がないケースよりも植被率が高いことから、周辺から飛来した植物の種は、堆肥を混合した中詰め材の方が、植生マットよりも植物の種が活着しやすい環境にあったといえる。堆肥を混合することにより粗粒材であっても無播種でも緑化が期待できる。

(2) 堆肥混合による盛土内の凍結深さの影響

a) ジオテキスタイル補強土壁

ジオテキスタイル補強土壁の壁面からの凍結深さを図

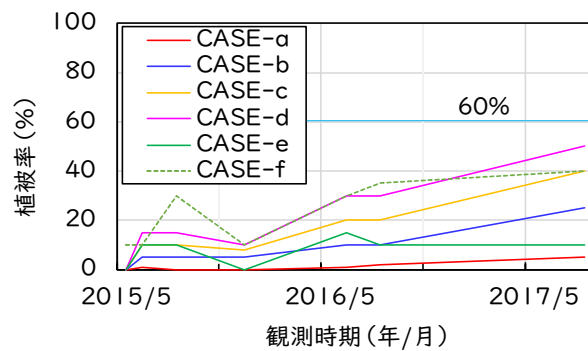


図5 特殊ふとんかごの植被率の変化



写真-2 特殊ふとんかごの植被率の変化

-6に示す。凍結深さは、温度センサーにより計測した盛土内の温度から計算により比例配分して0℃未満となる深さを推定した。1年目を除いてCASE-1よりもCASE-2～CASE-4の凍結深さは浅くなり、堆肥混合による凍結深さの低減効果が認められたが、堆肥の混合率と凍結深さ

との関係は明確ではなかった。

b) 特殊ふとんかご

特殊ふとんかご下の地盤の凍結深さを図-7に示す。凍結深さは温度センサーにより、計測した地盤内の温度から計算により比例配分して0℃未満となる深さを推定し

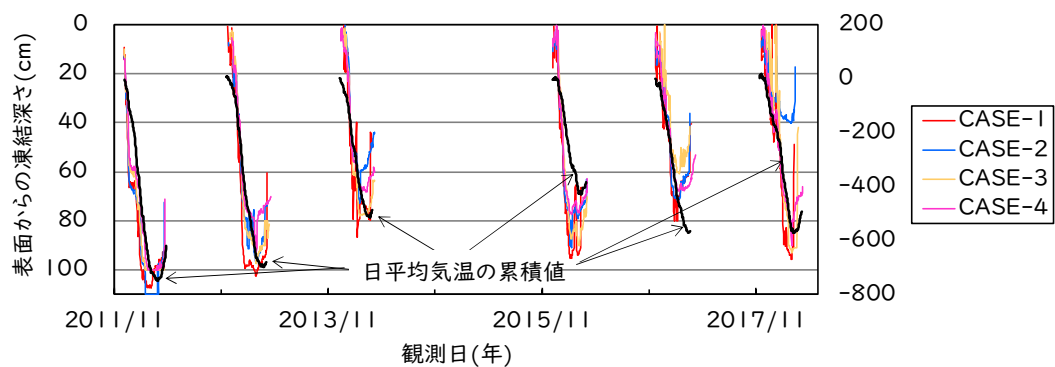


図-6 ジオテキスタイル補強土壁の凍結深さ

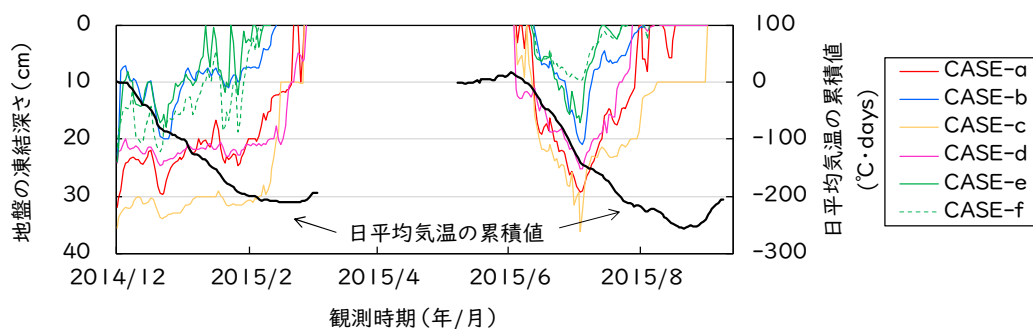


図-7 特殊ふとんかごの凍結深さ

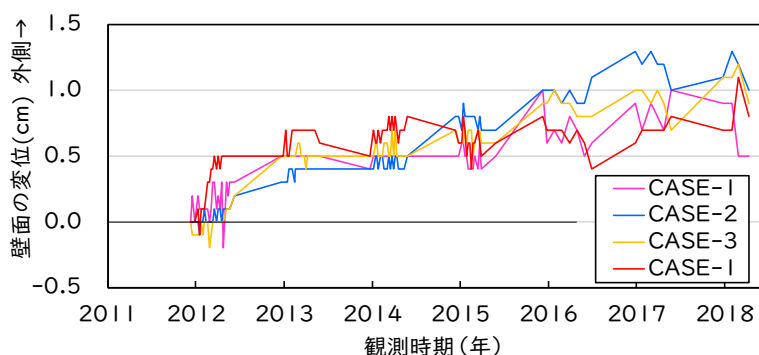


図-8 ジオテキスタイル補強土壁の壁面の変位

た。特殊ふとんかごについても、切土地盤内の凍結深さは堆肥の混合率とは関係性がみられなかった。しかし、マットのあるCASE-eでは、マットのないCASE-aと比べて10cm程度凍結深さが浅くなった。使用したマットには、2～3cmの厚さの土壤改良材が多く含まれており、この中に空気も存在することから、断熱効果があったと思われる。

(3) 変位

ジオテキスタイル補強土壁の壁面の変位を図-8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。7冬期経過後の変位は最大でCASE-2の1.3cmであり、CASE-1での1.1cmと比較しても、堆肥混合により夏期、冬期とも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、堆肥の有無は壁面の変位には影響しないようである。

また、特殊ふとんかごについては目視ではあるが、3年間の調査期間では、変位はみられなかった。

4. まとめ

積雪寒冷地におけるジオテキスタイル補強土壁および特殊ふとんかごの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 粗粒材に堆肥を混合した材料を使用することにより、ジオテキスタイル補強土壁や特殊ふとんかごについて、変位をともなわずに持続的に緑化できることがわかった。
- ② 特殊ふとんかごでは粗粒材に堆肥を混合した材料を使用することにより、飛来種子を待ち受けて緑化する場合でも適用が期待できることがわかった。

謝辞：本調査にあたり、国土交通省北海道開発局釧路道路事務所の関係各位には現場の提供および施工にご協力をいただきました。ここに厚くお礼を申し上げます。

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、2009.7.
- 2) 北海道開発局：北海道開発局道路設計要領第1集道路第7章擁壁、1-7-42、2022.4.
- 3) 北海道開発局：北海道開発局道路設計要領第1集道路第4章のり面保護工、1-4-24、2022.4.
- 4) 国立研究開発法人土木研究所：北海道の道路緑化に関する技術資料（案）2020年度改訂版第4章樹木の植栽、4-21、2021.3.
- 5) 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.