

道路工事において発生する泥炭の有効活用について

—法面保護材や防雪林の基盤材、盛土材への利用—

稚内開発建設部 稚内道路事務所 工務課 ○梅木 択弥
稚内開発建設部 稚内道路事務所 工務課 千葉 隆広
(国研) 土木研究所寒地土木研究所 寒地地盤チーム 佐藤 厚子

土木工事で発生する泥炭は、不良土となるため、そのまま流用土としては適さない。そのため捨土処分される場合が多く、環境面やコスト面から適切な有効活用が望まれている。そこで、当部管内の天塩防災事業では、発生した泥炭を盛土法面保護材や、防雪林帯の植生基盤材に有効活用する取り組みを行った。また、地盤改良（中層混合処理工）の際に発生する余剰分の盛り上がり土を、路体盛土へ流用した。本論では、これらの検証結果について述べる。

キーワード：泥炭、不良土、盛り上がり土、リサイクル、コスト縮減

1. はじめに

稚内開発建設部管内は泥炭等の軟弱地盤が多い。そのため、管内で進行中の天塩防災事業においては、掘削により大量の泥炭が発生している状況にある。泥炭は、高有機質、高含水比であることから低強度であり不良土となるため、そのままでは流用土としては適さない。

また、捨土処分するにしても、なるべく近郊で受け入れ先を探さなければならず、コスト面や環境面から課題が多い。

そこで筆者らは、発生泥炭を有効活用する試みとして、盛土の法面保護材や、防雪林帯の植生基盤材として利用する検討を行った。また、当事業で地盤改良（中層混合処理工）を施工した際に発生した余剰分の盛り上がり土について、従来は捨土処分するところを、路体盛土へ流用する取り組みも行った。本文は、これらの検証結果について、各種試験や試験施工等を踏まえまとめたものである。

2. 天塩防災事業の概要

天塩防災事業は、天塩町から幌延町を結ぶ路線にある、中規模程度の地震発生時に致命的な被害が予想される天塩大橋を架替整備することにより耐震性能を保有するとともに、地吹雪による視程障害の低減を図り、道路の安全な通行の確保を目的とした延長 13.0km の防災対策事業である（図-1）。

本事業は留萌開発建設部と合同で実施しており、当部では（新）天塩大橋境界～幌延 IC（延長 2.1km）を担当している。当区間は泥炭や粘性系の軟弱地盤であり、載荷盛土や地盤改良等の対策工を要する。

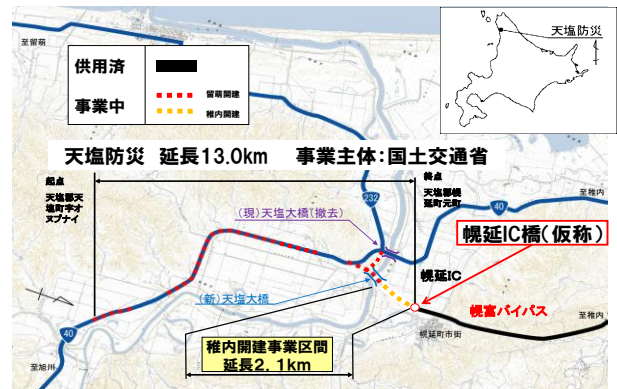


図-1 天塩防災事業概要

3. 泥炭を法面保護材として活用する検討

当管内の天塩防災事業では、盛土区間が大部分をしめる。盛土法面は、リサイクルの観点から極力、現場内で発生したすき取り物を法面保護材に利用している。しかし、すき取り物だけでは必要量をすべて賄いきれない。そこで、現場内で発生した泥炭（約3,000m³）を法面保護材として有効活用することを検討した⁸⁾。泥炭は一般的に高有機質、高含水比であり、盛土材としては不適でも、植生の基盤材としては適しているのではないかと想定した。

(1) 試験施工の内容

泥炭が法面保護材として有効かどうかを検討するため、平成27年度に試験施工を行った。現在、盛土法面の植生工として、すき取り物が活用されており、北海道開発局の道路設計要領¹⁾にその設計基準が掲載されている。そ

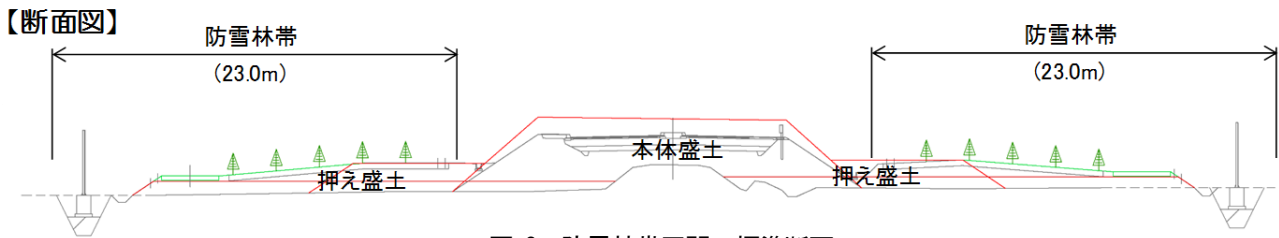


図-3 防雪林帯区間の標準断面

ここで、今回の泥炭の試験施工については、すき取り物の設計基準（張付厚10～30cm）を準用することとし、張付厚を10cm、20cm、30cmの3ケースで、法面緑化の状況比較を行うこととした（図-2）。なお、いずれのケースも草本種子の人為的な混入は行わなかった。

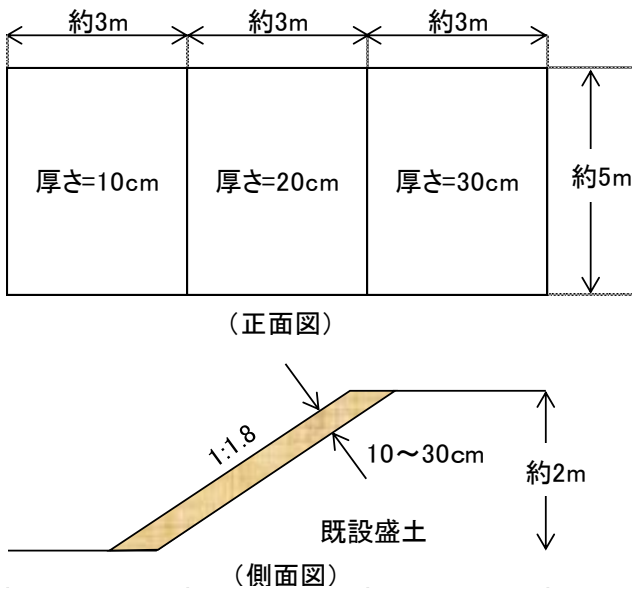


図-2 法面緑化の比較（試験施工）

（2）試験施工の結果と考察

試験施工後の経過を整理したのが、写真-1である。法面緑化の状況であるが、1年後は3ケースいずれも繁茂しなかった。しかし、2年後においては、3ケースいずれも草本が繁茂した。草丈は50cm以上に達し被覆もむらがないことが確認できた。更に、繁茂状況に関し3ケースに大きな差は認められなかった。加えて今回のように、周辺が森林で種子の飛来供給がある環境では、泥炭のみで十分法面緑化されることが明らかになった。

また、張り付けから1年後の年の夏期（H28.9.7）には、幌延で大雨（24h降水量=52.0mm、1時間最大18.0mm）²が降ったが、泥炭の流出や法面に変状は起きなかった。この時はまだ草本が繁茂しておらず、このことから、植物の生育に関係なく、泥炭そのものが法面保護材として十分に適していることを確認できた。

以上より、盛高2m程度の法面保護材としては、10～30cmの泥炭張り付けで問題がないことが明らかになった。



写真-1 泥炭張付法面に草本が繁茂している様子

4. 泥炭を防雪林帯の植生基盤材として活用する検討

天塩防災事業では、地吹雪対策として道路の両側に防雪林帯を新たに設ける区間がある。この防雪林帯の基盤は、押さえ盛土部分を含む片側23mの林帯幅を有する路体外盛土となっている（図-3）。防雪林帯の基盤は盛土の締固め度管理が必要ないので、不良土でも問題ない。そこで、筆者らは、当事業で大量に発生している泥炭を、防雪林帯の植生基盤材として活用できないか検討を試みた。

（1）植生基盤材としての性状確認

現場内で発生した泥炭について、土壌としての性状を試験しまとめたのが表-1である。この泥炭は平成27年度に発生し事業用地内に一時保管（約3,000m³）しているも

表-1 泥炭の土壌分析結果

項目	泥炭	基準
土壌酸度(pH値)	4.6	5.5～7.0程度 (参考:2年前のpH値3.9)
腐植含有量(%)	80.2	3%以上
塩基置換容量(me/100g)	88.5	6me/100g以上
りん酸吸収係数(mg/100g)	634	500～2,000mg/100g
含水比(%)	226.69	-
土粒子密度(g/cm ³)	2.162	-

のである。試験結果では、腐植含有量、塩基置換容量、りん酸吸収係数いずれも、北海道開発局の基準値³を満たしていた。特に、腐植含有量が80.2%、塩基置換容量が88.5me/100gと高く、土壌養分・水分の保持に優れている性状を示している。また、含水比も226.69%と、高い値と

なっている。土壌酸度はpH4.6と基準値を下まわっているが、2年前の泥炭発生当時の値がpH3.9だったことから、今後経年で中性化の進行が期待される。

これらのことより、泥炭は土壌としての性状が良好であり、植生基盤材としての活用に適していることが明らかになった。

(2) 林帯基盤としての活用方法の検討

次に、防雪林の生育に望ましい植生基盤とするため、泥炭の具体的な活用方法を検討することとした。防雪林はアカエゾマツなどの針葉樹であり、樹高が5m以上になることに加え、機能的にも暴風に耐える必要がある。そのため、林帯基盤としては十分な支持力が必要である⁴⁾。泥炭は、成分的に高有機質であり一般的に高い支持力を期待できない。また、泥炭は保水性が高く植生土壌として良好であるが、木本類においては、その保水性が、かえって根腐れを誘発し生育に影響を与える懸念も想定された。更に、林帯造成後の植樹の施工を考慮すると、重機が走行できる程度のトラフィカビリティも確保する必要がある。

そういったことを踏まえると、林帯基盤すべてを泥炭にするのは、支持力、根腐れ、植樹の作業性の面から問題がある。そこで、泥炭の活用方法としては、通常的设计通りに土砂で林帯盛土を造成した後、その上に泥炭を覆土として敷き均すことを試みた。敷き均しの厚さは、道路設計要領¹⁾のすき取り物の平面部の設計基準を準用し5cm以上としつつ、上述した様に厚くしすぎるのは問題があるため、上限は10cmと設定した(図-4)。なお、今年度の工事において、路体外盛土上に厚さ10cmの泥炭で覆土し試験施工を行った(写真-2)。

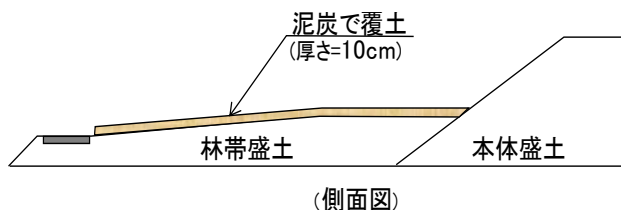


図-4 泥炭の林帯基盤への活用方法(試験施工)



写真-2 泥炭の覆土状況(施工直後)

5. 地盤改良時に発生する盛り上がり土を盛土材として流用する検討

(1) 地盤改良時に発生する盛り上がり土について

管内の天塩防災事業では、地盤改良を行う区間もある。工法は中層混合処理工で攪拌翼併用スラリー方式である。この工法は、専用アタッチメントを装着した油圧ショベルによりセメント等の改良材を原地盤に攪拌混合するものである(写真-3)。施工の際、改良材の添加と原地盤が乱されることにより体積が増加し、仕上がり面よりも上に余剰分の盛り上がり土が発生する(写真-4)⁵⁾。この余剰分の盛り上がり土は、通常は捨土処理をしている。そのため、盛り上がり土を現場内で有効活用できれば環境面でも寄与し、コスト削減も図ることができる。



写真-3 中層混合処理工(攪拌翼併用スラリー方式)



写真-4 盛り上がり土の発生状況

(2) 流用に関する検討

今年度の地盤改良工事で厚さ102cm、約3,000m³の盛り上がり土が発生した(写真-4)。この工事では、地盤改良後に引き続き、仕上がり面へ路体盛土を行い、路床盛土までの施工を行う。余剰分の盛り上がり土をそれらの盛土材として活用できないか検討を行った。今回、地盤改良した箇所の土質は泥炭層となっており、改良深度は約5mである。使用した改良材はセメント(高炉B)で、配合は314kg/m³、W/C=70%である。また、六価クロム溶出試験を行い、環境基準値の0.05mg/l以下であることを確認した⁶⁾。

①改良体としてそのまま盛土として活用できるかの検討

今回のケースで一番効率化がいいのは、固化状態のまま盛土として活用することである。しかし、今回の地盤改良の設計基準強度は100kN/m²であり、「北海道における不良土対策マニュアル」⁶⁾で示されている盛土の安定性を確保できる強度を満足していない可能性が高いと推測した。実際に、一軸圧縮試験を行ったところ、強度は78.9kN/m²であり、そのままでは盛土として活用できないことが分かった(表-2)。

表-2 固化土と固化破砕土の土質試験結果

項目	固化土	固化破砕土	基準
一軸圧縮試験(kN/m ²)	78.9	-	盛土高 2.5m 未満 qu=130kN/m ²
コーン指数(kN/m ²)	-	738	普通ブルドーザ (21t程度) 700kN/m ² 以上
凍結融解後のCBR(%)	-	1.1	3%以上 路床として良
含水比(%)	-	75.87	-
土粒子密度(g/cm ³)	-	2.583	-

②固化破砕土として盛土材に流用する検討

次に、固化した泥炭を一度破砕して、土砂と同じように締固めによる盛土管理ができないか検討を行った(写真-5)⁶⁾。固化破砕土の締固め試験を行ったところ、最大乾燥密度が得られており、自然含水比も69.3%と基準締固め度を満足できる含水比よりも低い結果となったことから、盛土の密度管理が可能であることが分かった(図-5)。コーン指数も738kN/m²であり、普通ブルドーザ(21t程度)が走行できるトラフィカビリティを有している結果となった(表-2)⁶⁾。また、粒度試験の結果、「砂まじり礫(G-S)」の分類となった。なお、凍結融解後のCBR試験を行ったところ、平均1.1%となり、路床としては不適であることが判明した(表-2)⁷⁾。よって、今回の固化破砕土は、路体の盛土材として流用することにした。



写真-5 破砕した固化土の様子

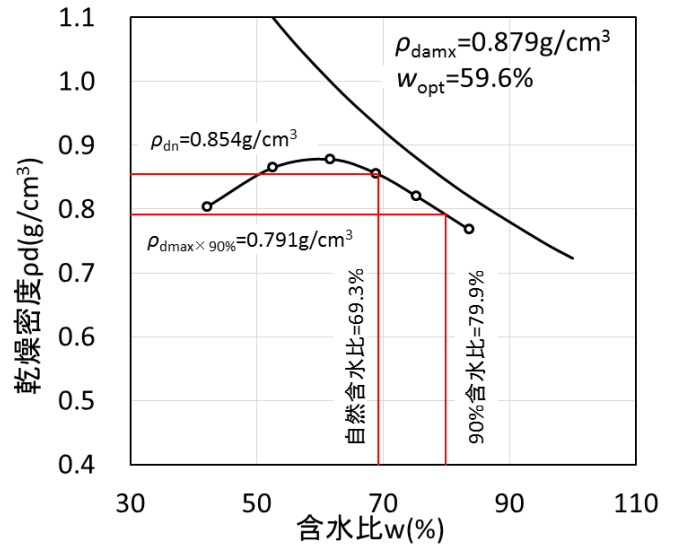


図-5 固化破砕土の締め固め試験の結果

6. 天塩防災事業のリサイクル計画

これまでの、泥炭の有効活用の検討結果を踏まえ、管内の天塩防災事業のリサイクル計画を以下の通り整理した(図-6)。

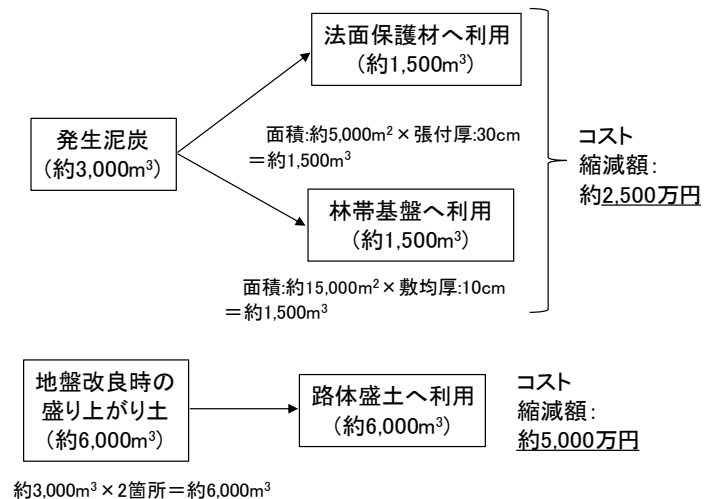


図-6 泥炭の有効活用によるリサイクル計画

このように、本来、捨土処分を行う泥炭を、事業現場内で全てリサイクルが可能で、環境面に寄与する計画である。また、捨土処理(現存の土捨場を想定)が抑制されるため、管内の事業全体で約7,500万円のコスト縮減が図られる予定である。

7. まとめ

今回検討した泥炭の有効活用について、結果をまとめると以下の通りになる。

(1) 法面保護材への活用

- ・泥炭そのものが法面保護材として有効である。
- ・周辺の自然環境により泥炭だけでも2年後には草本

が繁茂する。

- ・張付厚は、すき取り物と同様に、泥炭の供給量等により10～30cmで問題ない。

(2) 防雪林の植生基盤材としての活用

- ・泥炭の活用方法としては、植樹支持力、根腐れ、植樹の作業性を考慮し、林帯盛土上への厚さ5～10cmの覆土が最適と判断した。

(3) 地盤改良時に発生する盛り上がり土の路体盛土への流用

- ・締め固め試験の結果、固化破碎土として、盛土材への流用が可能であることが判明した。

通常、捨て土処理に苦慮する発生泥炭を事業現場内で有効活用する事例はまだ少ないと思われるので、建設リサイクルの更なる促進やコスト縮減の面から、今回の検討は有意義であったと考える。本論が、泥炭有効活用の促進の一助となれば幸いである。

今後は、これら試験施工の経過を観察し、課題が把握された場合は適宜、再検討を行っていく予定である。特に、防雪林帯への植樹に関しては、これからなので、防雪林の生育状況等、今後、長期的に経過観察を行っていく必要があると思われる。

謝辞：防雪林帯の植生基盤の検討に関しては、（国研）土木研究所寒地土木研究所の雪氷チームのご指導を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省北海道開発局：道路設計要領、P.1-4-14
- 2) 気象庁：過去の気象データ検索、ホームページ
http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/daily_a1.php?prec_no=11&block_no=1573&year=2016&month=9&day=&view=
- 3) 国土交通省北海道開発局建設部道路建設課、道路維持課：特記仕様書、舗装-防雪林-8
- 4) （国研）土木研究所寒地土木研究所：道路吹雪対策マニュアル、P.2-4-38
- 5) 伊藤浩邦、大河内保彦：地盤改良における盛り上がり土の有効活用－鉛直攪拌混合による深度方向の品質評価－、土木学会第65回年次学術講演会
- 6) （国研）土木研究所寒地土木研究所：北海道における不良土対策マニュアル、P.30、P.46、P.54、P.58
- 7) （社）日本道路協会：舗装設計便覧、P.70
- 8) 佐藤厚子、西本聡、鈴木輝之：泥炭の有効利用について－盛土材料や緑化基盤材として－、平成22年度北海道開発技術研究発表会