

発生材料による試験施工

—アスファルト廃材および高含水不良土—

寒地土木研究所 寒地地盤チーム

○佐藤 厚子

林 憲裕

北海道大学

横浜 勝司

工事現場で発生する様々な材料について、資源の有効利用および環境保全の観点からリサイクルして使用することが求められている。舗装補修の切削作業にともない発生するアスファルト廃材と建設現場での掘削作業により発生する高含水不良土を有効利用することを目的として、各種試験施工を行った。その結果、アスファルト廃材は盛土材および高含水不良土の改良材として、また高含水不良土は緑化基盤材として使用できることがわかった。

キーワード：リサイクル、アスファルト廃材、高含水不良土、有効利用

1. はじめに

道路の舗装補修工事にともない発生するアスファルト廃材は、「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律¹⁾」により、再資源化が義務づけられており、これまで有効利用されてきている。しかし、地域によっては、発生する量と利用する量とのバランスがとれず余剰となることがある。そこで、アスファルト廃材の利用拡大を目的として土木材料としての適用性の検討を行った。

また、建設工事にともない発生する土砂は、盛土材として不適切な状態の場合（不良土と称する）、改良しなければ使用できない。改良方法の一つとしてアスファルト廃材の混合を試み、その効果を検証した。

さらに、不良な材料は含水比が高く粘土分が多い場合がある。このような材料は、逆に植物にとって良好な生育土壌となる場合が多い²⁾ことから、緑化基盤材としての検討を行った。

以上について実物大の試験施工により確認した。本文はこれらを紹介するものである。

2. 試験方法

(1) アスファルト廃材および高含水不良土

試験施工は、千歳空港滑走路の補修工事で発生したアスファルト廃材および滑走路延長にともない発生した高含水不良土を対象とした。アスファルト廃材は専用の機械により切削されたものである。表-1 にそれぞれの材料の基本物性値を示す。アスファルト廃材は、含水比が非常に低いものの自然含水比でのコーン指数は非常に大

きく、このときの締固め度は国土交通省北海道開発局の道路盛土、河川堤防の基準値³⁾である締固め度 90%を十分満足している。高含水不良土は自然含水比が比較的高く、自然含水比でのコーン指数が非常に低いため、運搬すら困難な材料⁴⁾である。なお、アスファルト廃材について、カドミウム、鉛、六価クロム、ヒ素、総水銀、セレン、ホウ素、フッ素などの有害物質溶出量を測定したところ、これらの項目では環境基準値⁵⁾以下であったことを確認している。

表-1 アスファルト廃材と高含水不良土の基本物性値

試料 No.	1	2	
材料	アスファルト廃材	高含水不良土	
土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.513	2.722	
自然含水比 $w_n(\%)$	3.3	68.7	
粒度特性	最大粒径(mm)	37.5	26.5
	2mm 以上(%)	85.8	32.2
	75 μm ~2mm(%)	9.1	50.1
	75 μm 以下(%)	5.1	17.7
コンシステンシー限界	液性限界 $w_L(\%)$	N.P.	97.0
	塑性限界 $w_P(\%)$	N.P.	59.8
地盤材料の分類記号			
締固め特性	最大乾燥密度 $\rho_{dmax}(\text{g/cm}^3)$	1.764	1.007
	最適含水比 $w_{opt}(\%)$	9.2	49.1
トラフィカビリティ	コーン指数 $q_c(\text{kN/m}^2)$	貫入不可	57
	締固め度 (%)	98.2	86.5

(2) 試験内容

a) 試験施工

アスファルト廃材、アスファルト廃材と高含水不良土との混合土により苫小牧施工試験フィールド（苫小牧市

柏原)にて試験盛土を施工した。アスファルト廃材と高含水不良土の混合割合については、室内試験において混合土のコーン指数が 300kN/m^2 となる混合比をあらかじめ求めた。その結果、質量比としてアスファルト廃材:高含水不良土 = 1:0.75 を得た⁶⁾。実際の混合では、 1m^3 のバックホウのバケットで、アスファルト廃材を 8 杯、高含水不良土を 6 杯山積みにした後、バックホウのバケットにより、12 分間混合した材料により施工した。アスファルト廃材による盛土は、敷き均しのみ、敷き均し・転圧の 2 パターンで、アスファルト廃材と高含水不良土との混合土による盛土は、敷き均し・転圧により施工した。転圧は 559kg タイヤローラ 4 回とした。各層の仕上がり高が 30、60、90、120、150、180cm となるように 6 層で施工し、盛土は、地盤の変状の影響を受けないように 0-80mm 級の砂利による高さ 0.5m の基盤材の上に施工した。

また、高含水不良土の緑化基盤材としての利用を検討するため、アスファルト廃材による盛土のり面を高含水不良土により厚さ 10、20、30cm で被覆し、その上に緑化植物の種子を吹き付けた。吹き付けに使用した材料と配合を表-2 に示す。このときのアスファルト廃材による盛土は敷き均しおよび転圧せず成型のみとした。

表-2 吹きつけ材料の配合 (g/m^2)

材料名		量
種子	ケンタッキーブルーグラス	1.99
	クリーピングレッドフェスク	8.40
	ハードフェスク	1.97
高度化成肥料		318
ファイバー		398
粘着材		398

各盛土の施工条件を表-3 に示す。なお、高含水不良土の緑化基盤材の検討用に使用した成型のみの盛土では、天端幅およびのり勾配は他の盛土と同じであるが盛土高さが 1m である。

表-3 盛土の施工条件

盛土 No.	1	2	3	4
盛土材料	As		As、C	As
敷き均し	○	○	○	-
転圧	-	○	○	
盛土高さ(m)	1.8			1
のり勾配	1:1.5			
天端幅(m)	5			

As : アスファルト廃材
C : 高含水不良土

b) 調査方法

アスファルト廃材による盛土 (No.1、2)、アスファルト廃材と高含水不良土との混合土による盛土 (No.3) について、施工性、締固め後の密度、盛土の強度、のり面表面硬度、盛土の高さなどを測定した。盛土の高さは、盛土天端に設置した 3 個のコンクリート盤の高さを測定し、その平均値をデータとした。また、盛土の強度としてスウェーデン式サウンディングによる換算 N 値を、のり面表面硬度として山中式土壤硬度計 (貫入式土壤硬度計)⁷⁾ による硬度指数を求めた。なお、硬度指数については、土壤硬度計をのり面に垂直に当て、硬度計の先端にあるコーンの貫入量を読み取ることで得た。また硬度指数は、10 点計測し平均値をデータとした。さらに、盛土表面から 1m の高さの気温を温度センサーにより自動計測した。

緑化植物の種子を吹き付けた盛土 No.4 については、植物の生育状況として植被率と草丈を調べた。草丈は伸長した葉の長さであり、代表的な 3 本の平均値をデータとした。植被率は施工箇所の中で葉の占める面積を百分率で示したものとした。調査項目を表-4 に調査箇所を図-1 に示す。

表-4 試験盛土に関する調査項目

盛土 No.	1、2、3	4
施工性	○	-
密度(砂置換法)	○	-
高さ(測量)	○	-
強度	換算 N 値	○
	硬度指数	○
植生調査	植被率(目視)	-
	草丈(定規)	-

換算 N 値 : スウェーデン式サウンディング

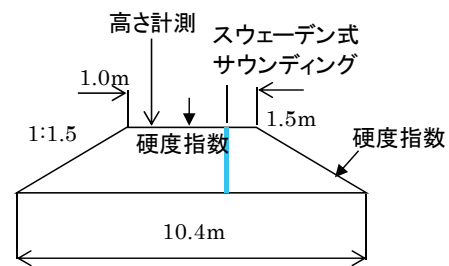


図-1 試験盛土の計測位置

3. 試験結果

(1) アスファルト廃材の盛土材料としての利用

a) 施工性

盛土No.1、2、3ではブルドーザによる敷き均しを行っ

た。その後、盛土No.2、3ではタイヤローラによる転圧を行った。写真-1に盛土No.2の転圧状況を示す。写真より、オーバーコンパクションにならず、タイヤローラによる締固めができてきている様子が伺える。盛土No.3も同様な転圧ができた。このことから、アスファルト廃材およびアスファルト廃材と高含水不良土との混合土は十分な施工性を確保できる材料であることを確認できた。



写真-1 転圧状況

b) 転圧後の密度

盛土転圧後の密度を表-5に示す。各盛土で密度は3点計測した。敷き均しみのみの盛土 (No.1) の締固め度は基準値を満足しなかったが、転圧した盛土は基準値である締固め度 90%を満足していた。アスファルト廃材を転圧することにより良好な盛土を施工できたことから、アスファルト廃材が締固め度管理の対象材料として活用可能であることが伺える。

表-5 盛土の密度

No.	孔 No.	乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	最大乾燥密度 $\rho_{d(\text{max})}(\text{g/cm}^3)$	締固め度 (%)
1	1	1.493	1.764	84.6
	2	1.541		87.4
	3	1.479		83.8
2	1	1.834	1.632	104.0
	2	1.749		99.1
	3	1.779		100.9
3	1	1.817	1.632	111.3
	2	1.566		96.0
	3	1.605		98.3

c) 盛土の高さの変化

測定時期と盛土の高さの変化を気温の変化とともに図-2に示す。盛土 No.1、2 のアスファルトのみの盛土は盛土完成から約 1年で 20cm 程度の沈下が見られた。転圧していない盛土の沈下量がやや大きい。よく締め固められた一般土砂による盛土では、施工後ほとんど沈下しない⁸⁾ことから、アスファルト廃材による盛土の沈下は大

きいといえる。盛土天端部の沈下は、5月から9月の比較的気温が高い時期に大きく、10月以降の沈下はほとんど見られない。盛土 No.3 のアスファルト廃材と不良土との混合材料による盛土の沈下量は、アスファルト廃材のみの盛土 No.1、2 の 1/4 程度であり、アスファルト廃材と土砂とを混合することで、アスファルト廃材単独で見られた顕著な盛土の沈下を抑制できるといえる。今後継続的な調査を行って確認したい。

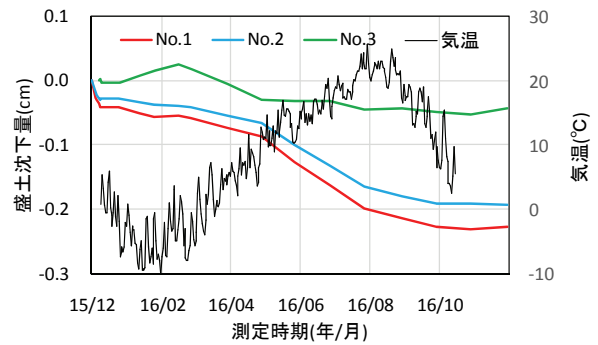


図-2 盛土の高さの変化

d) 盛土の強度の変化

図-3に盛土No.2の時間経過による換算N値の変化を示す。時間が経過することにより、換算N値は大きくなっている。盛土No.1、3のいずれにおいても同様な傾向が見られた。このことより、アスファルト廃材による盛土は時間の経過により強度増加するといえる。

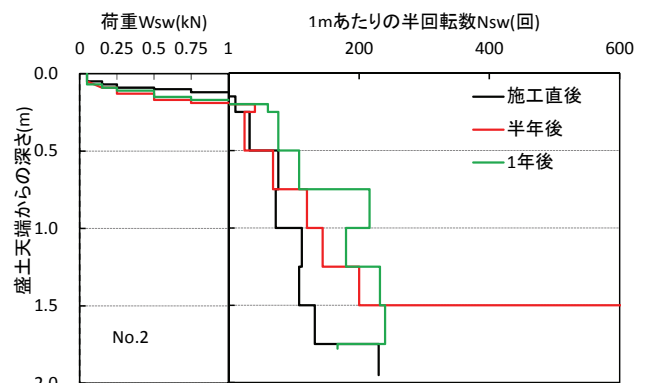


図-3 盛土の換算N値の変化(盛土No.2)

盛土のり面の硬度指数を求め図-4に示す。いずれの盛土も表面の強度は時間の経過とともに大きくなる傾向にある。特に盛土 No.1、No.2 は硬度増加が大きい。硬度増加が大きくなった時期は、図-2に示す沈下が大きくなる時期とほぼ合致している。なお、これらの盛土ではのり面保護を行っていない。一般的な土砂では、のり面保護をしないと表面の含水比が低下して、ガリ

侵食が発生するが、アスファルト廃材による盛土では、盛土表面の硬度低下はなく、のり面の侵食が見られなかった。このことから、アスファルト廃材による盛土施工では、緑化などののり面保護を省略できる可能性がある。

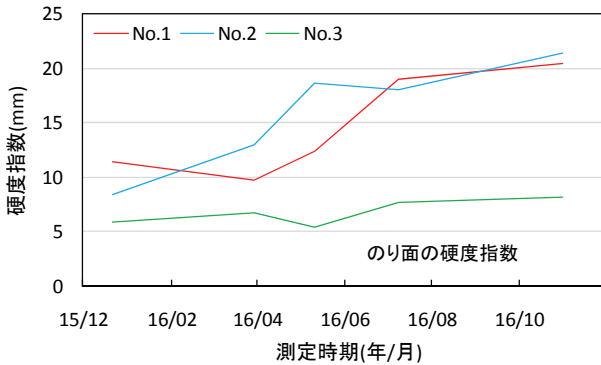


図4 盛土表面の硬度の変化

e) 盛土の変状

アスファルト廃材による盛土には時間経過とともに写真-2に示すようなひび割れが発生した。このひび割れは、深さ 20~30cm、幅 2~3cm 程度であり、盛土のり肩から約 50cm の位置に発生していた。いずれの盛土でも、天端の沈下とのり勾配が緩くなる挙動が見られ、全体的に盛土が縮んだ形状となったこと、のり面に明確なすべり線が生じていないことが確認されたことから、天端のひび割れ発生がすべり破壊の発生を示唆するものではないと考えられる。



写真-2 盛土の天端の状況

各盛土のひび割れ調査時期を表-6 に示す。雪解け直後の 4 月下旬ではひび割れは発生していなかった。図-2 で示される盛土の沈下が大きくなった 5 月下旬で盛土 No.2、7 月上旬で盛土 No.1 にひび割れを確認した。このひび割れは、盛土の沈下が小さくなった 9 月中旬から深さ、幅ともに小さくなり始めた。この観測結果より、気

温の影響を受けてアスファルト廃材中の合材が溶解しひび割れが生じた可能性が考えられる。なお、アスファルト廃材と高含水不良土の混合材料による盛土 No.3、盛土高さが低く成形のみにより施工した盛土 No.4 にはひび割れは発生しなかった。このことより、施工方法や材料、盛土高さがアスファルト廃材による盛土の変状に影響を与えたと考えられる。

表-6 盛土の天端のひび割れ発生時期

盛土No.	1	2	3	4
4/28	なし	なし	なし	なし
5/30	なし	あり	なし	なし
7/8	あり	あり	なし	なし
9/12	ひび割れ小さくなり始める		なし	なし

(2) 高含水不良土の緑化基盤材としての利用

アスファルト廃材は、含水比が低く、粒径が大きいことから、植物の生育にとって必ずしも良好な材料ではない。そこで、このように植物の生育に条件の悪い材料による盛土のり面の緑化基盤材として高含水不良土を施工し植物の生育状況を調査した。

図-5 に植物の生育状況として草丈の変化を示す。高含水不良土を施工しなかった箇所の草丈は低いままでほとんど変化していない。これに対し、高含水不良土で被覆した箇所は、施工厚さにかかわらず時間の経過とともに草丈は大きくなった。

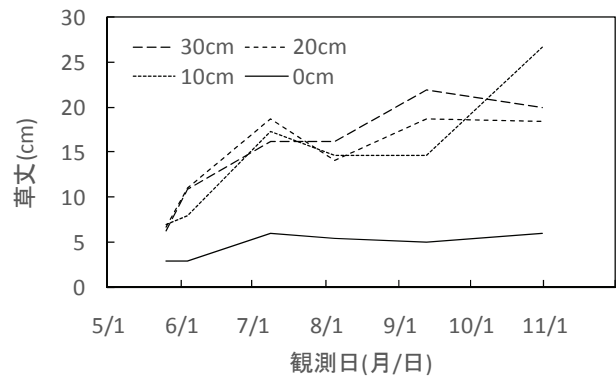


図-5 草丈の変化

図-6 に植被率の変化を示す。高含水不良土を施工しなかった箇所では、ほとんど植物は生育していない。これに対し、高含水不良土を被覆した箇所では、施工厚さにかかわらず、6 月中旬には植被率は 60% を超えた。写真-3 は 9 月下旬の状態であるが、のり面は植物で覆われており、その後も植被率は低下することがなかった。以上より、高含水不良土は植物が生育できない環境での緑化基盤材としての効果を発揮することができ、その施工

厚さは 10cm 以上が適切であると考えられる。しかし、高含水不良土を緑化基盤材として利用する場合は、高含水不良土の土質によって施工時の作業性、のり面への活着などが異なる場合があるので、さらなる調査が必要である。

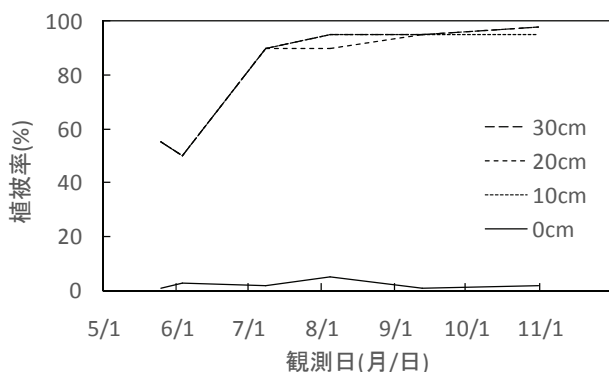


図-6 植被率の変化



写真-3 高含水不良土を施工した箇所の植物の状態

4. まとめ

本調査では、アスファルト廃材および高含水不良土を土木材料として有効利用するために実物大の試験盛土を施工して検証を行った。その結果次のことがわかった。

- 1) アスファルト廃材は盛土材として施工できる材料である。また、高含水不良土の改良材としても使用できる。
- 2) アスファルト廃材による盛土は変状する場合がある。施工方法、盛土の形状などを検討することにより、変状を抑制できる可能性がある。
- 3) 高含水不良土は、植物の生育が期待できない箇所へ緑化基盤材として使用できる材料である。

5. おわりに

本検討では、アスファルト廃材および高含水不良土を土木材料として有効利用できる可能性を見いだした。しかし、施工した盛土が変状する場合があることもわかった。このため、今後変状を抑制できるような施工方法について検討したいと考える。

謝辞：本研究を進めるにあたって、札幌開発建設部千歳空港事業所よりアスファルト廃材および高含水不良土を提供および施工現場までの運搬にご協力いただきました。ここに記して深謝の意を申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省 <http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/recycle/index.html>
- 2) 北海道開発局建設部道路計画課：北海道の道路緑化指針、1987.3
- 3) 北海道開発局：道路・河川工事仕様書、2-186、2015.4
- 4) 日本道路協会：道路土工要綱、p.287、2009.
- 5) 環境省 <http://www.env.go.jp/kijun/dt1.html>
- 6) 佐藤厚子、林憲裕、横浜勝司：アスファルト廃材の加熱温度と強度の関係について、第 51 回地盤工学研究発表会、2016.9.
- 7) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説、p.420、2013.3
- 8) 佐藤厚子、山梨高裕、鈴木輝之、川端伸一郎：冬期施工盛土の施工法と品質について、第 55 回地盤工学会北海道支部年次技術報告会、2015.2.