

アスファルト舗装発生材の 盛土材への利用に関する研究

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 ○大日向 昭彦
山木 正彦
佐藤 厚子

道路の舗装修繕工事で発生する路面切削材等のアスファルト舗装発生材は再資源化が義務づけられており、主に舗装分野で再利用されているものの北海道の一部地域では余剰となっている。そこで当チームでは、アスファルト舗装発生材の有効利用として盛土材への適用性について検討を行っている。本稿では、施工後の圧縮沈下が生じにくい盛土に適したアスファルト舗装発生材を検討するための盛土実験を行った結果について報告する。

キーワード：再資源化、建設リサイクル促進、環境負荷低減

1. はじめに

道路の舗装修繕工事で発生する路面切削材等のアスファルト舗装発生材(以下「アスファルト発生材」とする)は、「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」により特定建設資材廃棄物に指定され再資源化が義務づけられており、再生加熱アスファルト混合物や再生骨材として主に土木の舗装分野で再利用されている¹⁾。しかし、北海道の一部地域では発生量に比べ利用量が少なく余剰となっている。

そこで著者らは、アスファルト発生材の舗装分野以外での有効利用として盛土材への適用性について検討を行っている²⁾。これまでの実験により、アスファルト発生材は加熱により結合していた骨材が分離する性質があり、夏期におけるこの骨材分離がアスファルト発生材を用いた盛土(以下「アスファルト発生材盛土」とする)に比較的大きな圧縮沈下を生じさせる要因となっていることを確認した³⁾。

施工後の大きな圧縮沈下の発生は、切盛境(切土と盛土の境界)等で段差が生じ、路面の平坦性が失われ安全かつ円滑な交通の妨げとなる。このため、盛土材には圧縮沈下が生じにくい材料を使用することが望ましい。

本稿では、施工後の圧縮沈下が生じにくい盛土に適したアスファルト発生材を検討するため、既往の実験⁴⁾とは粒度が異なるアスファルト発生材により試験盛土を構築し、施工後の圧縮量等を測定する実験を行った結果について報告する。

2. 実験方法

(1) 試験盛土の材料

試験盛土の材料には再生骨材製造所において、アスファルト発生材をグリズリフィーダと呼ばれる大型ふるい(写真-1)でふるい落とし一次分別されたアスファルト再



写真-1 グリズリフィーダ(大型ふるい)



写真-2 アスファルト再生骨材 40mm級(一次分別材)

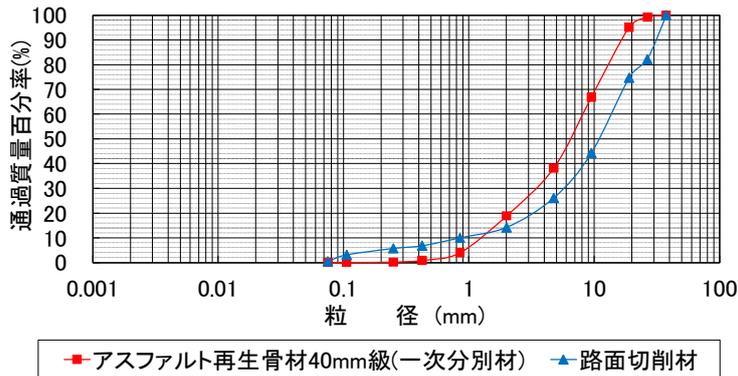


図-1 アスファルト再生骨材 40mm 級(一次分別材)と路面切削材⁴⁾の粒径加積曲線

表-1 アスファルト再生骨材の物性値

土粒子密度 (g/cm ³)	2.521	
自然含水比 (%)	6.2	
粒度特性	最大粒径 (mm)	37.5
	2mm以上 (%)	81.1
	0.075~2mm (%)	18.8
	0.075mm未満 (%)	0.1
コンシステンシー限界	N. P.	
地盤材料の分類記号	GPS	
最大乾燥密度 (g/cm ³)	1.891	
最適含水比 (%)	6.8	

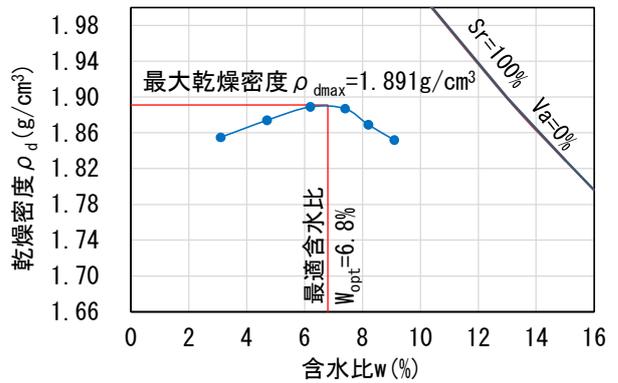


図-2 アスファルト再生骨材の締固め曲線(B-c 法)

生骨材 40mm 級(写真-2、以下「アスファルト再生骨材」とする)を使用した。図-1 の粒径加積曲線に示すようにアスファルト再生骨材は、路面切削材と最大粒径は同じものの路面切削材に比べ大きな粒径のアスファルト発生材の割合が少なくなっている。アスファルト再生骨材の物性値と締固め曲線(B-c 法)を表-1、図-2 にそれぞれ示す。

(2) 試験盛土の施工方法と締固め度

アスファルト再生骨材を用いた試験盛土(以下「アス

ファルト再生骨材盛土」とする)を寒地土木研究所苫小牧施工試験フィールドに造成した。試験盛土の施工は、0.45m³級バックホウで1層当たりの仕上がり厚さが30cmになるように敷均した後、機械の自重に振動機構を付加することで締固め効果を高めた振動ローラを使用し締固めた。この敷均し・締固めサイクルを3回繰り返すことで図-3に示す高さ90cmの試験盛土を構築した。試験盛土の締固めは、機械質量が異なる図-4に示すハンドガイド式振動ローラとコンバインド式振動ローラの2種類、締固め回数は0回・6回・12回の3種類、これらを組み合わせ

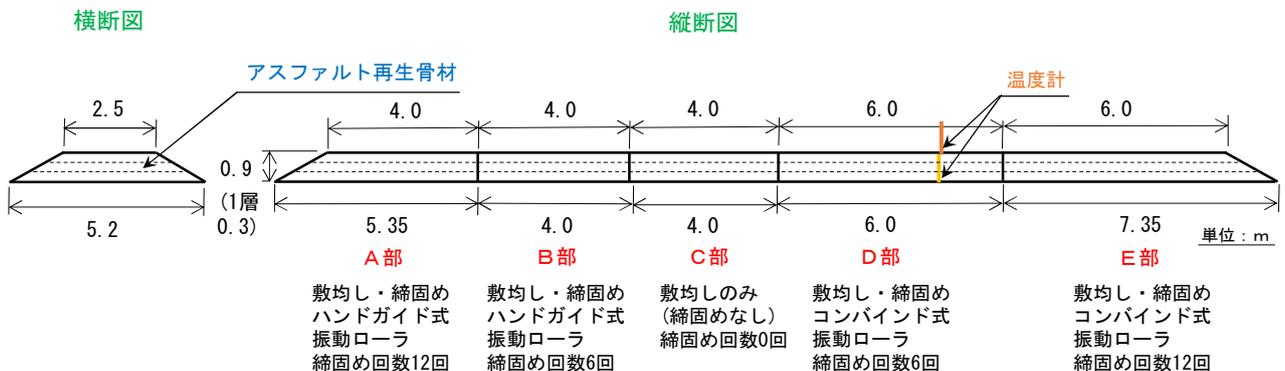


図-3 試験盛土の概略図

ハンドガイド式振動ローラ	コンバインド式振動ローラ
	
機械質量：515kg、締固め幅：575mm	機械質量：3,230kg、締固め幅：1,300mm

図-4 施工に使用した締固め機械

全 5 パターン(試験盛土 A 部～E 部)で行った。また、1 層目施工後試験盛土 A 部～E 部の各箇所において、砂置換法により締固めたアスファルト再生骨材の現場乾燥密度を測定し、下記(1)式により締固め度を求めた。

$$D_c = \rho_d / \rho_{dmax} \times 100 \quad (1)$$

D_c : 締固め度 (%)

ρ_d : 現場で測定された締固めたアスファルト再生骨材の乾燥密度 (g/cm³)

ρ_{dmax} : 突固め試験から得られたアスファルト再生骨材の最大乾燥密度 (g/cm³)

(3) 試験盛土の内部温度と圧縮率

試験盛土施工後、盛土の内部温度と圧縮率の経時変化を測定した。盛土内部温度は、盛土の天端と底部の中間箇所である天端から深さ 0.5m に設置した温度計により 1 時間当たり 1 回の頻度で自動計測し、この温度を代表値とした。また、天端から 1m の高さに温度計を設置し、盛土内部温度と同じ頻度で気温を計測した。盛土圧縮率は、試験盛土 A 部～E 部各箇所の盛土高さを測量し、施工直後の盛土高さ(0.9m)との差から圧縮量を求め、圧縮量を施工直後の盛土高さで除し算出した。盛土圧縮率の測定は、盛土施工直後の 2023 年 6 月から開始し、月 2 回程度の頻度で 2024 年 12 月まで 1 年 6 ヶ月間行った。

3. 実験結果と考察

(1) 締固め度の測定結果

試験盛土各部の締固め度の測定結果を表-2 に示す。敷均しのみ(締固め 0 回)の C 部では 78.2%、ハンドガイド式振動ローラで 6 回締固めた B 部では 97.5%、ハンドガイド式振動ローラで 12 回締固めた A 部では 99.2%、コンバインド式振動ローラで 6 回締固めた D 部では 99.2%、コンバインド式振動ローラで 12 回締固めた E 部では 100.1%となった。敷均しのみでは盛土の施工管理基準値

表-2 試験盛土各部の締固め度

締固め機械	敷均しのみ (締固め 0回)	敷均し+ 締固め 6回	敷均し+ 締固め 12回
ハンドガイド式 振動ローラ	78.2% (C部)	97.5% (B部)	99.2% (A部)
コンバインド式 振動ローラ		99.2% (D部)	100.1% (E部)

である締固め度90%³⁾を満足しないが、ハンドガイド式振動ローラあるいはコンバインド式振動ローラを使用し6 回以上締固めることで盛土の施工管理基準値を満足した。また、ハンドガイド式振動ローラとコンバインド式振動ローラどちらの締固め機械についても、締固め6回より締固め12回の締固め度が大きくなっており、締固め回数の増加による締固め度の増大が確認された。

(2) 盛土内部温度の計測結果

図-5 に盛土内部温度の計測結果を示す。図には、既往の実験³⁾により確認された圧縮が進行しやすい盛土内部温度(20℃以上)を参考に 20℃のラインを併記している。盛土施工直後から盛土内部温度は徐々に上昇し 6 月下旬には 20℃を超え、その後さらに上昇し 8 月下旬には 30℃をやや超え、それをピークに徐々に下降し 10 月上旬には 20℃を下回った。翌年(2024 年)については、3 月中旬までは 0℃前後を推移していたが、3 月下旬から温度は徐々に上昇し 6 月中旬には 20℃を超え、さらに上昇し 8 月中旬には 30℃近くまで達し、それをピークに下降し 10 月上旬には 20℃を下回った。盛土内部温度を大局的に見ると昼間に上昇し夜間下降する気温のような日変動は小さく、季節の変化とともに緩やかに上下に変化する傾向が確認され、いずれの年も 6 月中旬・下旬から 10 月上旬の夏期間は概ね 20℃以上の高温を保持することが分かった。

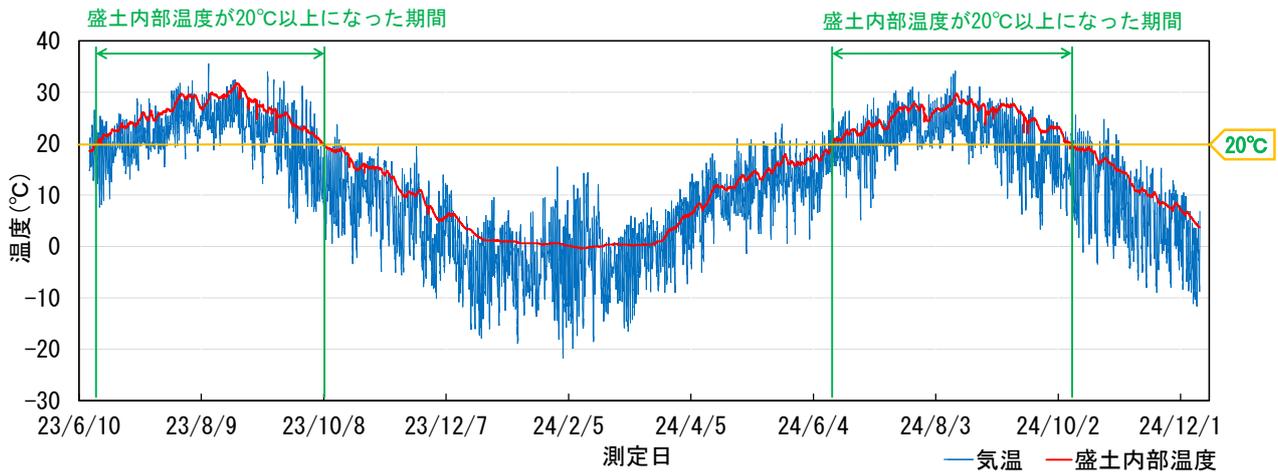


図-5 盛土内部温度の測定結果(2023年6月～2024年12月)

(3) 盛土圧縮率の測定結果

図-6 に試験盛土 A 部～E 部各箇所の圧縮率の測定結果を示す。敷均しのみ(締固め 0 回)の盛土 C 部では、盛土施工直後(2023 年 6 月)から急激に圧縮率が上昇し 2023 年 10 月には 6.2%となり、その後 0.7%上昇し最終的な盛土圧縮率(2024 年 12 月)は 6.9%となった。ハンドガイド式振動ローラで 6 回締固めた盛土 B 部では、盛土施工直後(2023 年 6 月)から急激に圧縮率が上昇し 2023 年 10 月には 4.4%となり、その後若干上昇し最終的な盛土圧縮率(2024 年 12 月)は 4.7%となった。ハンドガイド式振動ローラで 12 回締固めた盛土 A 部では、盛土施工直後(2023 年 6 月)から急激に圧縮率が上昇し 2023 年 10 月には 3.6%となり、その後若干上昇し最終的な盛土圧縮率(2024 年 12 月)は 3.8%となった。コンバインド式振動ローラで 6 回締固めた盛土 D 部では、盛土施工直後(2023 年 6 月)から急激に圧縮率が上昇し 2023 年 10 月には 2.6%となり、その後若干上昇し最終的な盛土圧縮率(2024 年 12 月)は 2.8%となった。コンバインド式振動口

ーラで 12 回締固めた盛土 E 部では、盛土施工直後(2023 年 6 月)から急激に圧縮率が上昇し 2023 年 10 月には 2.2%となり、その後変化せず最終的な盛土圧縮率(2024 年 12 月)は 2.2%のままであった。

盛土 A～E 部いずれの箇所においても盛土施工直後(2023 年 6 月)から 2023 年 10 月の施工後 1 年目の夏期に掛けて圧縮率の急激な上昇が確認された。図-5 に示す盛土内部温度の計測結果より施工後 1 年目の 6 月下旬から 10 月上旬の夏期は盛土内部温度が概ね 20°C 以上の高温を保持している。このため、過年度に行ったアスファルト発生材の盛土実験³⁴⁾と同様に、図-7 に示すように加熱によりアスファルトが軟化し骨材同士を結合する接着強度が弱まり、盛土の自重が加わることで骨材の分離が促進され、分離した骨材が骨材間の空隙に充填されたため盛土に圧縮が生じたものと考えられる。施工後 2 年目の夏期(2024 年 6 月～10 月)についても、図-5 に示す盛土内部温度の計測結果より、盛土内部温度が 1 年目の夏期(2023 年 6 月～10 月)同様に概ね 20°C 以上の高温を

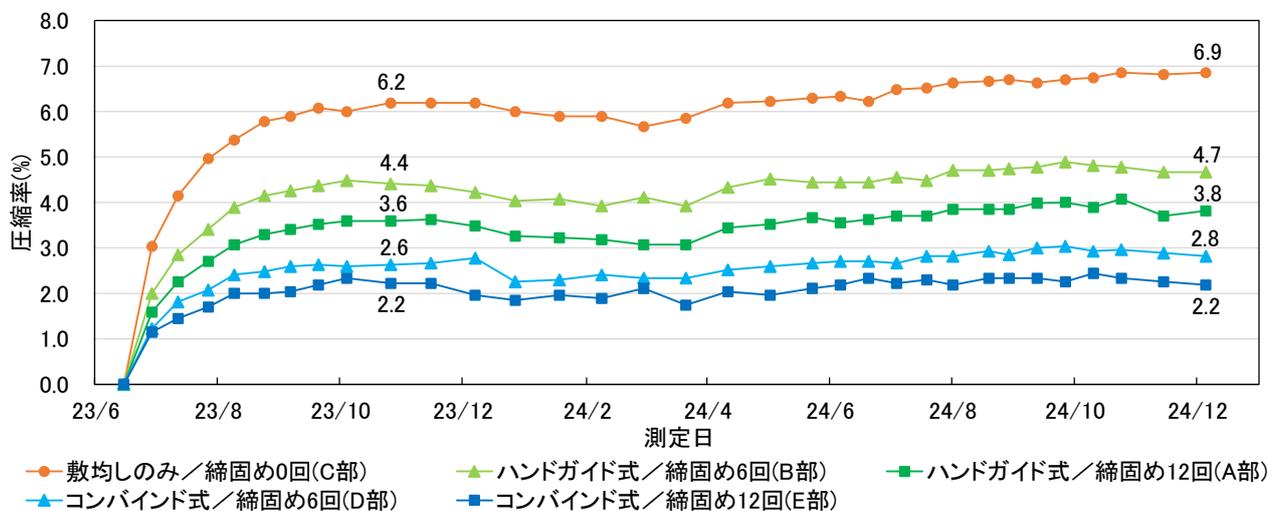


図-6 盛土圧縮率の測定結果(2023年6月～2024年12月)

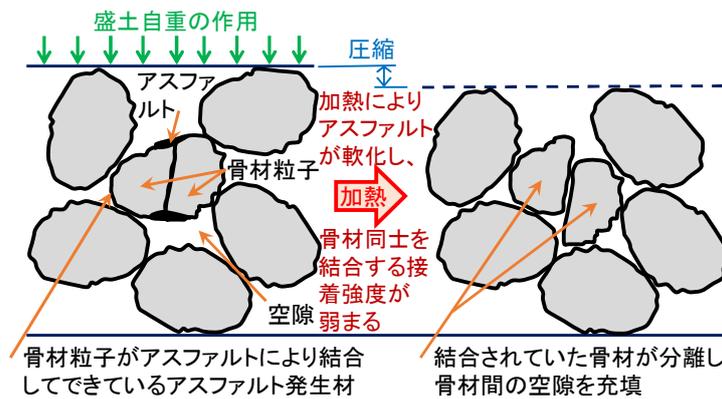


図-7 施工後1年目の夏期における盛土の圧縮メカニズム

保持している。このため、1年目の夏期同様に大きな圧縮が生じると思われたが、過年度に行ったアスファルト発生材の盛土実験³⁴⁾と同様1年目の夏期のような大きな圧縮は発生しなかった。

締固めを6回行った箇所(盛土B部・D部)と締固めを12回行った箇所(盛土A部・E部)それぞれの締固め回数箇所について、ハンドガイド式振動ローラで施工した場合とコンバインド式振動ローラで施工した場合の最終的な盛土圧縮率を比較すると、締固め6回と12回どちらの締固め回数箇所についてもコンバインド式振動ローラで施工した場合の盛土圧縮率が小さくなった。ハンドガイド式振動ローラとコンバインド式振動ローラの機械質量を比較すると図-4に示すようにコンバインド式振動ローラのほうが大きい。機械質量が大きいコンバインド式振動ローラのほうがハンドガイド式振動ローラより締固め効果が大きく、表-2に示すようにコンバインド式振動ローラのほうがハンドガイド式振動ローラより締固め度が大きく施工時に盛土がよく締固まっていたため、施工後の盛土圧縮率が小さくなったものと考えられる。

本実験の結果、アスファルト再生骨材盛土については、コンバインド式振動ローラを使用し6回締固めることで盛土圧縮率を2.8%に、コンバインド式振動ローラを使用し12回締固めることで盛土圧縮率を2.2%にすることができた。過年度に行った路面切削材を用いた盛土(以下「路面切削材盛土」とする)実験⁴⁾では、同条件(コンバインド式振動ローラで6回あるいは12回締固める)で行った盛土の施工後の圧縮率は表-3に示すようにそれぞれ3.6%・2.5%であった。過年度に施工した路面切削材盛土と本実験で施工したアスファルト再生骨材盛土の圧縮率を比較すると、締固め6回と12回どちらの締固め回数の場合もアスファルト再生骨材盛土の圧縮率のほうが小さい。アスファルト再生骨材は、図-1に示すように路面切削材に比べ大きな粒径のアスファルト発生材の割合が少なくなっており、図-7のように加熱により骨材分離するアスファルト発生材の量が少なく、分離した骨材が骨材間の空隙に入り込む量も少ないので、アスファルト再

表-3 路面切削材盛土とアスファルト再生骨材盛土の盛土圧縮率

	コンバインド式振動ローラ締固め6回	コンバインド式振動ローラ締固め12回
路面切削材盛土	3.6% (締固め度101%)	2.5% (締固め度106%)
アスファルト再生骨材盛土	2.8% (締固め度99%)	2.2% (締固め度100%)

※ 表中の各盛土圧縮率下段の()内は施工時の締固め度を示す

生骨材盛土の圧縮率は路面切削材盛土の圧縮率より小さくなったものと考えられる。以上の結果より、路面切削材に比べ大きな粒径のアスファルト発生材の割合が少なくなっているアスファルト再生骨材のほうが施工後の盛土圧縮率が小さくなったことから、路面切削材よりアスファルト再生骨材のほうが盛土に適していると考えられる。

4. まとめ

施工後の圧縮沈下が生じにくい盛土に適したアスファルト発生材を検討するため、既往の実験⁴⁾とは粒度が異なる試料としてアスファルト再生骨材を用い試験盛土を構築し、施工後の盛土圧縮量等を測定する実験を行った結果、以下の知見を得た。

- ・アスファルト再生骨材盛土は、ハンドガイド式振動ローラあるいはコンバインド式振動ローラを使用し6回以上締固めることで盛土の施工管理基準値である締固め度90%を満足した。
- ・締固めを6回行った箇所と12回行った箇所どちらの締固め回数箇所についても、ハンドガイド式振動ローラで施工した場合より機械質量が大きいコンバインド

式振動ローラで施工した場合のほうが最終的な盛土圧縮率が小さくなったことから、アスファルト再生骨材盛土の締固めはコンバインド式振動ローラのほうが適している。

- ・アスファルト発生材を盛土材として使用する場合、路面切削材に比べ大きな粒径のアスファルト発生材の割合が少なくなっているアスファルト再生骨材盛土のほうが施工後の盛土圧縮率が小さくなったことから、路面切削材よりアスファルト再生骨材のほうが盛土に適している。

一般的な土砂で締固めた盛土の施工後の圧縮率は0.2～1%程度といわれている⁶⁾。アスファルト発生材盛土の材料をアスファルト再生骨材にしても、一般的な土砂による盛土に比べ施工後の盛土圧縮率は大きい。このため、アスファルト発生材盛土の圧縮量をより小さくする方法について、さらに検討を進めたい。

参考文献

- 1) 国土交通省：平成30年度建設副産物実態調査結果(北海道地方版)参考資料、p.参考1-11、2020.
- 2) 佐藤厚子、林憲裕、横浜勝司：アスファルト廃材の盛土材料としての性質、地盤工学会北海道支部技術報告集、第56号、pp.119-124、2016.
- 3) 大日向昭彦、林宏親、佐藤厚子：アスファルト舗装発生材の盛土材への適用性に関する検討、寒地土木研究所月報、No.838、pp.16-21、2022.
- 4) 大日向昭彦、林宏親、佐藤厚子：アスファルト舗装発生材を用いた盛土の圧縮沈下抑制方法の検討、寒地土木研究所月報、No.853、pp.31-35、2024.
- 5) 北海道開発局：道路・河川工事仕様書、p.2-225、2024.
- 6) 社団法人地盤工学会：盛土の調査・設計から施工まで(第一回改訂版)、p.137、1990.