アスファルト廃材の盛土材料への利用に関する研究

研究予算：運営費交付金
研究期間：令 4～令 6
担当チーム：寒地地盤チーム
研究担当者：山木正彦、林宏親、佐藤厚子、
大日向昭彦

【要旨】
道路舗装の修繕工事等で発生するアスファルト廃材は再資源化が義務づけられており、主に舗装材料として再利用されているが地域によっては余剰となっている。そこで当チームでは、アスファルト廃材の利用範囲を拡大し、盛土材料として再利用する技術の検討を行っている。本研究では、盛土に適したアスファルト廃材やアスファルト廃材盛土の適切な施工方法を検討する盛土実験を行った。その結果、小さな粒径のアスファルト廃材を盛土材に使用することで、施工後の盛土の圧縮沈下を抑制できることがわかった。また、機械質量が大きい施工機械を使用し盛土を締固めることで、施工後の盛土の圧縮沈下を抑制できることがわかった。
キーワード：アスファルト廃材、盛土材料、再資源化、再利用

1. はじめに

舗装の維持修繕工事等で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」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、主に土木の舗装分野で再利用されているが地域によっては余剰となっている。このため当チームでは、アスファルト廃材の再利用範囲を拡大し盛土材料として有効利用することを検討しているが[1)]、そのうちの既往のアスファルト廃材による盛土実験では盛土の施工管理基準値である締固め度 90%以上で締固めたにもかかわらず施工後に比較的大きな圧縮沈下が生じる事例が確認されている。このことについて当チームでは先行研究において、アスファルト廃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、夏期の盛土内部温度上昇により分離した骨材の骨材粒子間充填が盛土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[2)]。

そこで本研究では、大きな粒径のアスファルト廃材よりも小さな粒径のアスファルト廃材の方が骨材に比しバインダー分が少なく、相対的に骨材が分離する量が少ないとの想定の下、先行研究で使用した盛土材より小さな粒径のアスファルト廃材を用いた試験盛土を構築し、施工後の圧縮沈下が生じにくい盛土を構築可能なアスファルト廃材の検討を行った。また、アスファルト廃材盛土の適切な施工方法を明らかにするため、施工機械や締固め回数を変化させた試験盛土を構築し検討した。本報告はこれらをまとめたものである。

2. 研究方法

2.1 試験盛土の材料

試験盛土の材料には、既往の実験[3)]で使用した盛土材より粒径が小さい試料として、アスファルト廃材を破砕・分級したうえで舗装の材料（アスファルト混合物）に一般的な現場で用いられているアスファルト再生骨材 13mm 級（**写真-1**、以下「アスファルト再生骨材」と記す）を使用した。アスファルト再生骨材の物性値を**表-1** に（参考として**表-1** の右側に既往の実験[3)]で使用したアスファルト廃材の物性値も併記する）、締固め曲線（B-c 法）を**図-1** にそれぞれ示す。最大粒径については、**表-1** に示すようにアスファルト再生骨材では 19mm となっており、既往の実験[3)]で使用したアスファルト廃材（最大粒径 37.5mm）のように大きな粒径のものは含まれていない。

写真-1 試験盛土の材料として使用したアスファルト再生骨材

2.2　試験盛土の施工方法と締固め度

アスファルト再生骨材による試験盛土（以下「アスファルト再生骨材盛土」と記す）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、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、振動ローラを使用し締固めた。さらにこの敷均し・締固めサイクルを 3 回繰り返し、**図-2** に示す高さ 90cm の試験盛土を構築した。試験盛土の締固めには、機械質量が異なる**図-3** に示すハンドガイド式とコンバインド式の 2 種類の振動ローラを用いた。締固め回数は 0 回・6 回・12 回の 3 種類を組み合わせた全 5 パターン（試験盛土 A 部～E 部）で行った。また、1 層目施工後の試験盛土 A 部～E 部各箇所において、下記(1)式により締固め度を求めた。

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

D_c ： 締固め度(%)

ρ_d ： 締固め後の現場乾燥密度(g/cm^3)

ρ_{dmax} ： 室内締固め試験の最大乾燥密度(g/cm^3)

表-1　アスファルト再生骨材の物性値

		アスファルト再生骨材	参考）アスファルト廃材[2)]
土粒子密度(g/cm^3)		2.477	2.513
自然含水比(%)		3.5	3.3
粒度特性	最大粒径(mm)	19	37.5
	2mm以上(%)	63.9	85.8
	0.075～2mm(%)	35.7	9.1
	0.075mm未満(%)	0.4	5.1
コンシステンシー限界		N.P.	N.P.
地盤材料の分類記号		GWS	G-FS
最大乾燥密度(g/cm^3)		1.782	1.764
最適含水比(%)		7.9	9.2

2.3　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から深さ 0.5m の箇所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、同じ頻度で天端から 1m の高さに設置した温度計で気温を計測した。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 2022 年 6 月から開始し、月 2 回程度の頻度で 2024 年 6 月まで 2 年間行った。

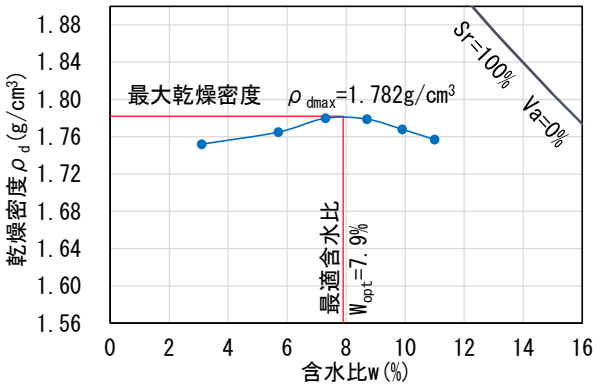

図-1　アスファルト再生骨材の締固め曲線

図-3　施工に使用した締固め機械

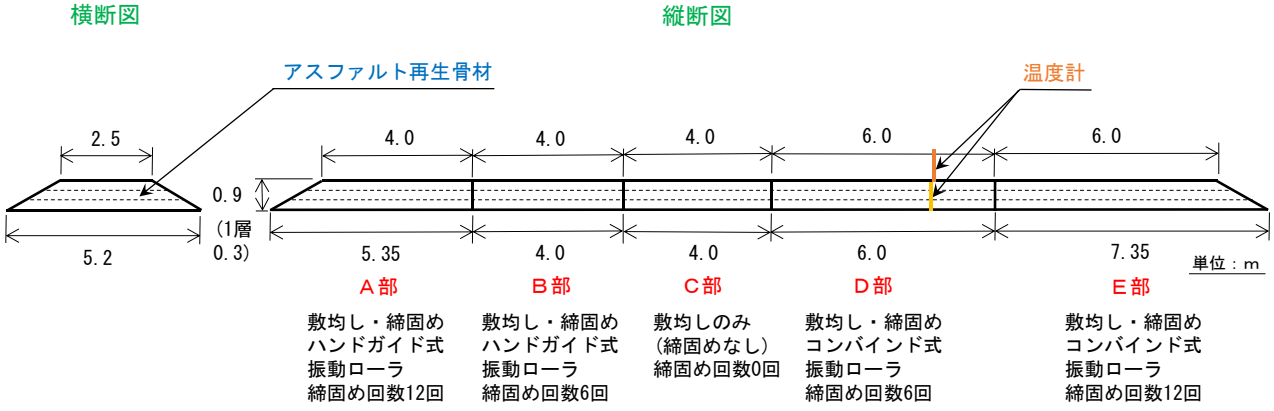

図-2　試験盛土の概略図

3. 研究結果

3.1 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。敷均しのみでは盛土の施工管理基準値である締固め度 90% [4)]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。

3.2 盛土内部温度の計測結果

図-4 に盛土内部温度の計測結果を示す。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、施工後 1 年目と 2 年目いずれの年も 6 月下旬から 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。

3.3 盛土圧縮率の測定結果

図-5 に試験盛土 A 部～E 部各箇所の圧縮率の測定結果を示す。盛土 A～E 部いずれの箇所においても盛土施工直後（2022 年 6 月）から 2022 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-4** 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

表-2　締固め度の測定結果

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	85.9%（C部）	95.5%（B部）	98.4%（A部）
コンバインド式振動ローラ		97.4%（D部）	101.1%（E部）

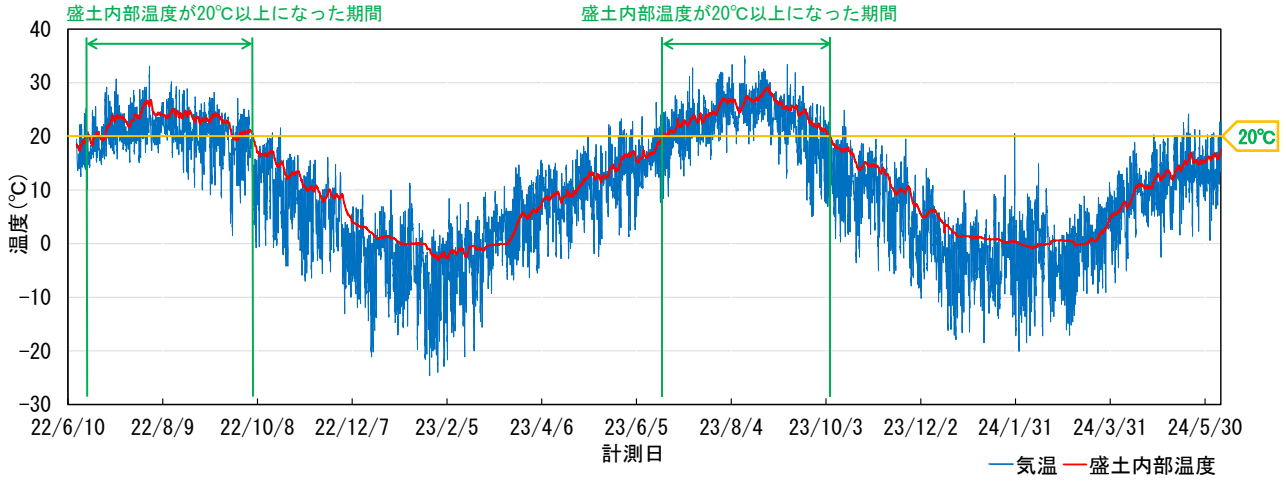

図-4　盛土内部温度の計測結果（2022 年 6 月～2024 年 12 月）

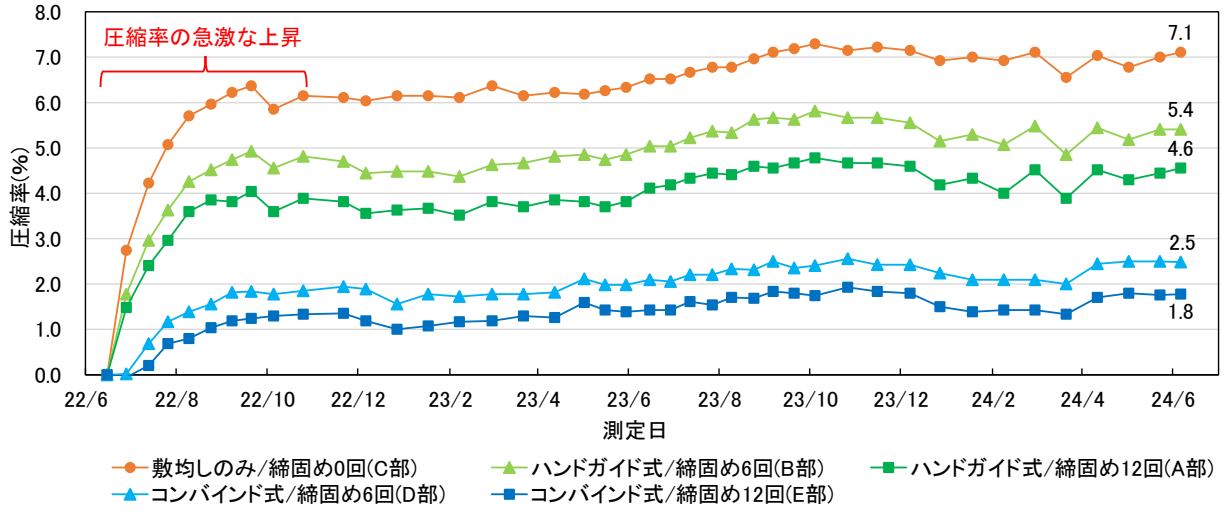

図-5　盛土圧縮量の測定結果（2022 年 6 月～2024 年 12 月）

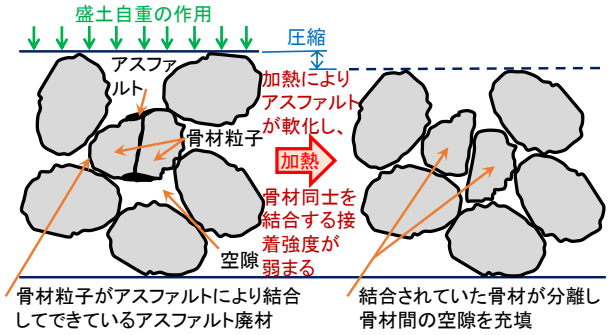

図-6　施工後 1 年目の夏期における盛土の圧縮メカニズム

が概ね 20℃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廃材盛土の現場実験 [2)3)] と同様に、**図-6** 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。

また締固めパターンによる違いについては、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）について、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-3** に示すようにコンバインド式振動ローラの方が大きい。機械質量が大きいコンバインド式振動ローラの方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** に示すように締固め度が大きくなり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。

アスファルト再生骨材盛土についての本実験の結果では、施工後 1 回目の夏期に急激な圧縮が見られるものの、コンバインド式振動ローラを使用し 6 回締固めることにより盛土圧縮率を 2.5%に、12 回締固めることにより盛土圧縮率を 1.8%にすることができた。過年度に行ったアスファルト廃材の盛土実験 [3)] 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 4.0%・2.7%であった。過年度に施工したアスファルト廃材盛土と本実験で施工したアスファルト再生骨材盛土との圧縮率を比較すると、アスファルト再生骨材は、アスファルト廃材を破砕・分級

表-3　アスファルト廃材盛土とアスファルト再生骨材盛土の盛土圧縮率

		締固め機械：コンバインド式振動ローラ	
		締固め6回	締固め12回
盛土材	アスファルト廃材	盛土圧縮率：4.0%（締固め度101%）	盛土圧縮率：2.7%（締固め度105%）
	アスファルト再生骨材	盛土圧縮率：2.5%（締固め度97%）	盛土圧縮率：1.8%（締固め度101%）

※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

して得られる材料であり、**表-1** に示すようにアスファルト廃材より最大粒径がおよそ 1/2 と小さいことから、**図-6** のように加熱により骨材分離する量が少なく、分離した骨材が骨材間の空隙に入り込む量も少ないため、アスファルト再生骨材盛土の圧縮率はアスファルト廃材盛土の圧縮率より小さくなったものと考えられる。以上の結果は、施工後の圧縮沈下抑制の観点ではアスファルト廃材よりアスファルト再生骨材の方が盛土に適していることを示している。

4. まとめ

本研究で得られた成果は、以下のとおりである。

1) 圧縮沈下が生じにくい盛土に適したアスファルト廃材を検討した結果、アスファルト廃材を破砕・分級し舗装の材料として使用されている粒径の小さいアスファルト再生骨材を盛土材に使用することにより、施工後の盛土の圧縮沈下を抑制できることが分かった。
2) アスファルト廃材盛土に適した建設機械や適切な施工方法を検討した結果、機械質量が大きい施工機械を使用し盛土の締固め度を高めることにより、施工後の盛土の圧縮沈下を抑制できることが分かった。

参考文献

1) 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，No.56, pp.119-124, 2016.1
2) 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, 2022.12
3) 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, 2024.2
4) 北海道開発局：道路・河川工事仕様書，p.2-225

RESEARCH ON THE USE OF ASPHALT WASTE FOR EMBANKMENT MATERIALS

Research Period: FY2022-2024
Research Team: Geotechnical Research Team,Cold-Region Construction Engineering Research Group
Author: YAMAKI Masahiko
HAYASHI Hirochika
SATO Atsuko
OBINATA Akihiko

Abstract: In this study, embankment experiments using asphalt waste were conducted to examine the reuse of asphalt waste as embankment material. As a result, it was revealed that using asphalt waste with small particle size as embankment material and compacting it with a heavy compaction machine can reduce the compressive settlement of the embankment.

Keywords: Asphalt waste, Embankment materials, Recycling, Reuse

論文リスト

査読無し論文・国内（計 3 本）

1) 大日向昭彦・林宏親・佐藤厚子：アスファルト舗装発生材の圧縮抑制方法に関する盛土実験, 第 63 号地盤工学会北海道支部技術報告集, pp.323-328, 2023.1
2) 大日向昭彦・林宏親・佐藤厚子：盛土に適したアスファルト舗装発生材に関する現場実験, 第 64 号地盤工学会北海道支部技術報告集, pp.131-136, 2024.1
3) 大日向昭彦・山木正彦・佐藤厚子：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, 第 68 回(2024 年度)北海道開発技術研究発表会, 2025.2

学会発表等その他（計 5 本）

4) 大日向昭彦・林宏親・佐藤厚子：アスファルト廃材を用いた盛土の圧縮要因について, 第 57 回地盤工学研究発表会, 地盤工学会, 2022.7
5) 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抑制実験, 第 58 回地盤工学研究発表会, 地盤工学会, 2023.7
6) 大日向昭彦・林宏親・佐藤厚子：アスファルト舗装発生材による盛土の圧縮沈下特性について, 令和 5 年度土木学会第 78 回年次学術講演会, 土木学会, 2023.9
7) 大日向昭彦・林宏親・佐藤厚子：室内試験によるアスファルト舗装発生材の盛土材としての検討, 第 35 回日本道路会議, 日本道路協会, 2023.11
8) 大日向昭彦・山木正彦・佐藤厚子：盛土に適したアスファルト舗装発生材の検討実験, 第 59 回地盤工学研究発表会, 地盤工学会, 2024.7

土研刊行物による成果の公表（計 3 本）

9) 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, 2022.12
10) 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, 2024.2
11) 大日向昭彦・山木正彦・佐藤厚子：圧縮沈下が生じにくいアスファルト舗装発生材を用いた盛土の検討, 寒地土木研究所月報, No.866, pp.55-60, 2025.2