

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 —盛土施工に適した締固め機械の検討—

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内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、アスファルト舗装発生材による盛土の施工に適した締固め機械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おり²⁾、これまでの実験によりアスファルト発生材には加熱により結合していた骨材が分離する性質があり、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)に対し、このような性質が夏期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⁾。

道路盛土における施工後の大きな圧縮沈下の発生は、橋台背面や切盛境(切土と盛土の境界)等で段差を生じ、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とから、使用する盛土材に適した施工機械を選定し適切な施工を行い、施工時に十分な締固めを行うことが重要となる。

そこで本稿では、既往の試験盛土⁴⁾⁵⁾⁶⁾の施工で使用した振動ローラと同様に盛土の締固めで汎用的に使用されているタイヤローラにより試験盛土を構築し、施工後の圧縮量等を測定するとともに振動ローラで施工した試験盛土と比較し、アスファルト発生材盛土に適した締固め機械や適切な施工方法を検討した。

2. 実験方法

(1) 試験盛土の材料

試験盛土の材料には既往の実験⁵⁾と同じ、アスファルト発生材を破碎・分級し舗装の材料(アスファルト混合物)として使用さ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、締固め曲線(B-c 法)を図-1 に示す。



写真-1 試験盛土に使用したアスファルト再生骨材 13mm 級

表-1 アスファルト再生骨材の物性値

| | | |
|-----------------------------------|---------------|-------|
| 土粒子の密度 (g/cm^3) | | 2.453 |
| 自然含水比 (%) | | 4.3 |
| 粒度特性 | 最大粒径 (mm) | 19.0 |
| | 2mm以上 (%) | 62.5 |
| | 0.075~2mm (%) | 37.4 |
| | 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) | | 1.810 |
| 最適含水比 (%) | | 6.3 |

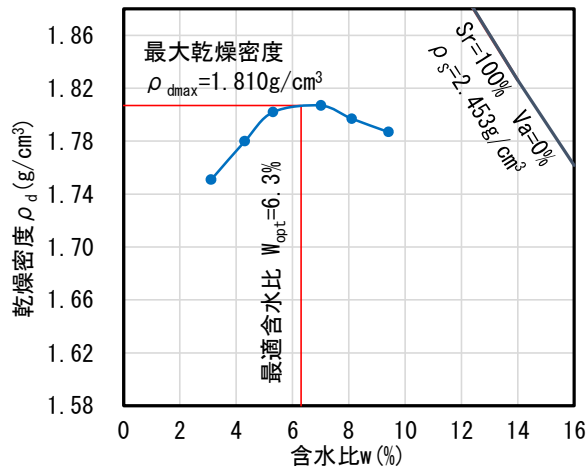


図-1 アスファルト再生骨材の締固め曲線



写真-2 施工に使用した3t級タイヤローラ

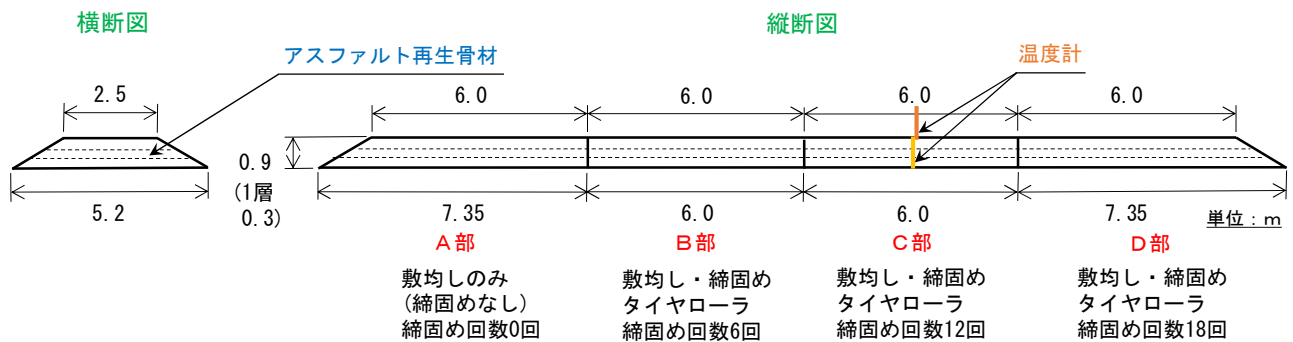


図-2 試験施工の概略図

(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」という)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、路床・路盤やアスファルト混合物の締固めに使用されているタイヤローラを使用し締固めを行った。この敷均し・締固めサイクルを3回繰り返すことで図-2に示す高さ90cmの試験盛土を構築した。試験盛土の締固めは、写真-2に示す3t級タイヤローラ(以下「タイヤローラ」とする)を使用し、敷均しのみで締固めを行わない締固め回数0回のA部、通常の土材料の盛土施工に対する標準的な締固め回数である6回のB部、通常より締固め回数を増やし12回にしたC部、C部よりさらに締固め回数を増やし18回にしたD部の4パターンで行った。また、1層目施工後試験盛土A部～D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) 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～D部各箇所の盛土高さを測定し、施工直後の盛土高さ(0.9m)との差から圧縮量を求め、圧縮量を盛土施工直後の盛土高さで除し算出した。盛土高さを測定は、盛土施工直後の2024年6月から開始し、月2回程度の頻度で2025年12月まで1年6ヶ月間行った。

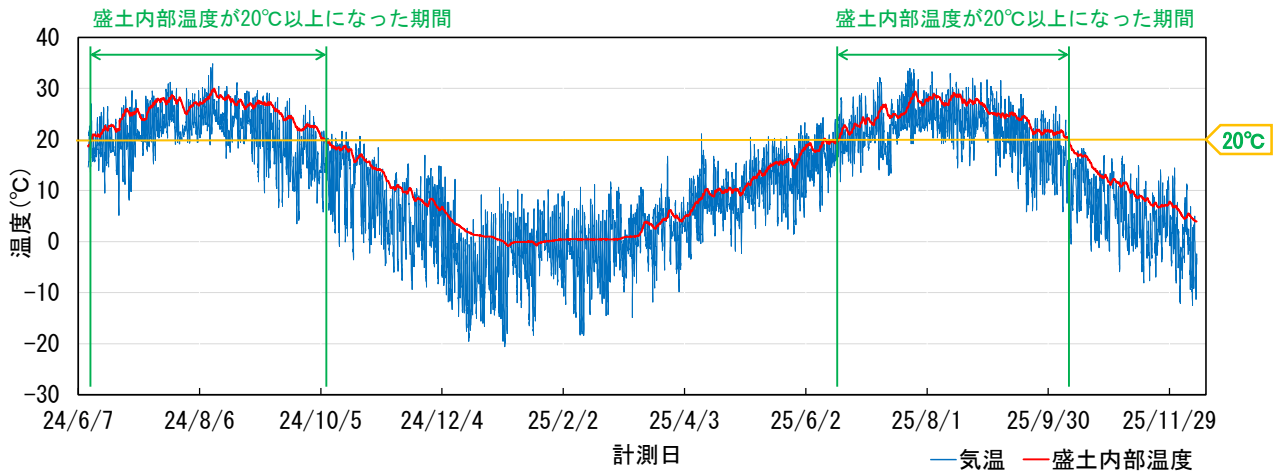


図-3 盛土内部温度の計測結果(2024年6月～2025年12月)

3. 実験結果と考察

(1) 盛土内部温度の計測結果

図-3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月中旬には20℃を超え、その後さらに上昇し8月中旬には30℃近くまで達し、それをピークに徐々に下降し10月上旬には20℃を下回った。翌年(2025年)については3月上旬までは0℃前後を推移していたが、3月中旬からは盛土内部温度は徐々に上昇し6月中旬には20℃を超え、その後さらに上昇し7月中旬から8月中旬に掛けては30℃近くに達する日が多く、8月下旬からは徐々に下降し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月中旬から10月上旬の夏期間は概ね20℃以上の高温を保持した。

(2) 盛土圧縮率と締固め度の測定結果

図-4に試験盛土A部～D部各箇所の盛土圧縮率の測定結果を示す。数均しのみで締固めを行わない(締固め0回)盛土A部では、盛土施工直後(2024年6月)から圧縮率が急激に上昇し2024年10月には4.3%となり、その後若干上昇し最終的な盛土圧縮率(2025年12月)は5.0%となった。タイヤローラで6回締固めた盛土B部では、盛土施工直後(2024年6月)から圧縮率が急激に上昇し2024年10月には1.8%となり、その後若干上昇し最終的な盛土圧縮率(2025年12月)は2.2%となった。タイヤローラで12回締固めた盛土C部では、盛土施工直後(2024年6月)から圧縮率が急激に上昇し2024年10月には1.8%となり、その後若干上昇し最終的な盛土圧縮率(2025年12月)は2.2%となった。タイヤローラで18回締固めた盛土D部では、盛土施工直後(2024年6月)から圧縮率が急激に上昇し2024年10月には1.8%となり、その後若干上昇し最終的な盛土圧縮率(2025年12月)は2.2%となった。

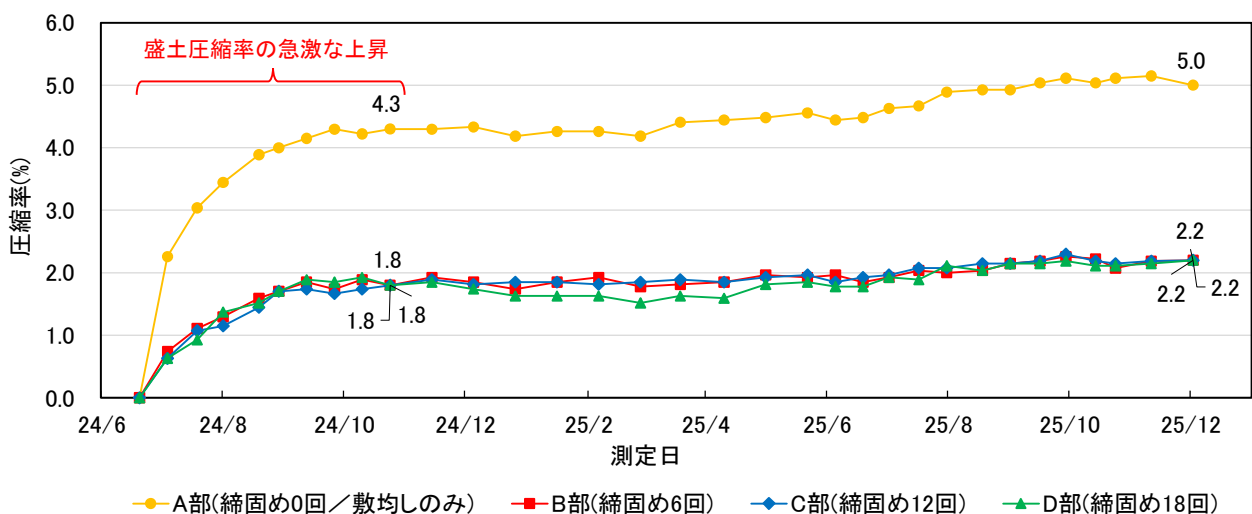


図-4 盛土圧縮率の測定結果(2024年6月～2025年12月)

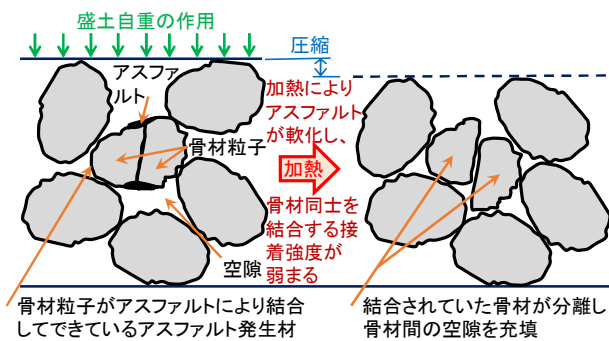


図-5 夏期におけるアスファルト発生材盛土の圧縮メカニズム

盛土 A～D 部いずれの箇所においても盛土施工直後(2024 年 6 月)から 2024 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-3 に示す盛土内部温度の計測結果より施工後 1 年目(2024 年)の 6 月中旬から 10 月上旬の夏期は盛土内部温度が概ね 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発生材の盛土実験³⁾⁴⁾⁵⁾と同様に、図-5 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(2025 年 6 月～10 月)についても、図-3 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(2024 年 6 月～10 月)同様に概ね 20℃以上の高温を保持しているため、1 年目の夏期と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³⁾⁴⁾⁵⁾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。

盛土 A～D 部各箇所の施工時の盛土の締固め度と最終的な盛土圧縮率(2025 年 12 月)を図-6 に示す。締固め度については、締固め回数 0 回(敷均しのみ)の A 部では 87% となり、盛土の施工管理基準値である 90%⁷⁾を満足しなかった。締固め回数 6 回の B 部では 100% となり、盛土の施工管理基準値である 90%を満足した。締固め回数 12 回の C 部では、B 部(締固め回数 6 回)より若干上昇し 102% となった。締固め 18 回の D 部では C 部(締固め回数 12 回)と同じ値で変化がなく 102% となり、締固め回数を増加させてもそれ以上増大しない限界が確認された。一方、最終的な盛土圧縮率については、締固め回数 0 回(敷均しのみ)の A 部では 5.0% となり比較的大きな圧縮が生じた。締固め回数 6 回の B 部では 2.1% となり、A 部(締固め回数 0 回)と比較し圧縮率は大幅に抑制された。締固め回数 12 回の C 部および締固め回数 18 回の D 部では B 部(締固め回数 6 回)と同じ値で変化がなく 2.1% となり、締固め回数を増加させてもそれ以上低減しない限界が確認された。本盛土実験の結果から締固め度は締固め 12 回で、最終的な盛土圧縮率は締固め 6 回で頭打ちになった

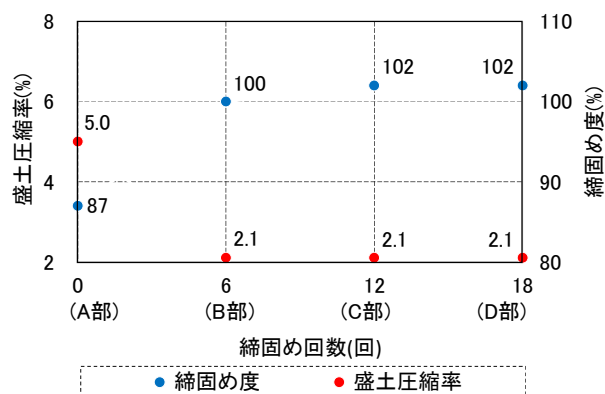


図-6 施工時の盛土の締固め度と最終的な盛土圧縮率

表-2 タイヤローラと振動ローラの最終的な盛土圧縮率

| | 締固め回数 6回 | 締固め回数 12回 |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|
| タイヤローラ (3t級) | 2.1% (締固め度100%) | 2.1% (締固め度102%) |
| 振動ローラ (3t級・コンパインド [®] 式) | 2.5% (締固め度97%) | 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

ことから、アスファルト再生骨材盛土の施工にタイヤローラを使用する場合、締固めは6回行えば十分で6回以上行っても効果が得られないことが分かった。

本実験で施工したタイヤローラによる試験盛土と過年度に同条件(盛土材：アスファルト再生骨材13mm級、施工条件：締固め回数6回あるいは12回)で施工した振動ローラによる試験盛土⁹⁾の最終的な盛土圧縮率を表-2に示す。一般的に同じ機械質量であれば起振力の分だけ振動ローラの方が締固めエネルギーが大きいため、締固め回数が同じであれば振動ローラの方がよく締固まる。しかし、締固め回数が6回のケースにおいては、タイヤローラの方が盛土圧縮率が小さく締固め度は大きい良好な結果が得られた。盛土材料のばらつきの影響も考えられるが、振動ローラは締固め中に熱を発するため、その熱によりアスファルト発生材が変質し、締固めエネルギーが上手く盛土に伝わらなかった可能性がある。一方、締固め回数が12回のケースでは、逆に振動ローラの方が盛土圧縮率が小さく良好な結果が得られた。現時点で理由は明確でないが、アスファルト発生材においては、締固めエネルギーと熱の関係(バランス)により、締固めの効率が変わる可能性が考えられる。よって、アスファルト発生材を盛土材として使用する場合、タイヤローラを使用するほうが無難であるが、振動ローラを使用してもタイヤローラを使用した場合と比較し盛土圧縮率にそれほど大きな違いは見られないことから、振動ローラも使用可能であると考えられる。

4. まとめ

タイヤローラを使用しアスファルト発生材の試験盛土を構築し、施工後の盛土圧縮量等を測定するとともに、振動ローラで施工した試験盛土と比較し、アスファルト発生材盛土に適した締固め機械や適切な施工方法を検討した結果、以下の知見を得た。

- ・本実験で使用したアスファルト再生骨材では、タイヤローラで締固めを6回行う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。
- ・タイヤローラによる締固め回数を6回から12回に増加させても施工後の盛土圧縮率に改善は見られないことから、本実験で使用したアスファルト再生骨材では締固めは6回行えば十分である。
- ・タイヤローラを使用しても振動ローラを使用した場合と同程度の盛土圧縮率や締固め度を得られたことから、アスファルト発生材盛土の施工にタイヤローラも使用可能である。

アスファルト発生材盛土の施工に振動ローラあるいはタイヤローラどちらを使用しても、施工後の盛土圧縮率や締固め度に大きな差はなくどちらも使用可能であるこ

とが分かった。引き続き、アスファルト発生材の盛土への適用拡大を目指し検討を進めたい。

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) 大日向昭彦、林宏親、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.
- 6) 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、pp. 689-694、2025.
- 7) 北海道開発局：道路・河川工事仕様書、p. 2-225、2025.