

既設バラスト軌道を路盤層に流用した BRT 専用道路の舗装構造に関する基礎的研究

長岡技術科学大学大学院

○小幡 泰史

長岡技術科学大学 環境社会基盤系 正会員 高橋 修

公益財団法人 鉄道総合技術研究所 正会員 伊藤 孝記

1. はじめに

廃線が決定した鉄道路線において、新たに BRT (Bas Rapid Transit : バス高速輸送システム) へ運行を転換している場合がある。BRT 専用道路は、一般の公共道路と比較して交通量が大幅に少ないため、交通量に応じて既設鉄道路線の構造を道路構造に再構築することで、建設コストの削減が期待できる。

図-1 は、鉄道路線を BRT 専用道路に作り替えた場合の構造について示したものである。既往の BRT 専用道路構造では、鉄道路線で使用していた既設バラストと原地盤を混合することで路床として使用しており、粒度調整碎石を用いて新たに路盤を構築していた。そのため、建設コストを縮減するためには、路盤の構築方法を見直すことが有効と考えられる。

そこで本研究では、図-1 に示すようにセメント瀝青安定処理した既設バラストを用いて路盤を構築し、その上に直接アスファルトコンクリート (以下、アスコン) 層を敷設する経済的な BRT 専用道路構造を提案する。既設バラストは最大骨材粒径が約 60 mm の大粒径であり、既設バラストを用いて構築した路盤の表面は、粒度調整碎石を用いた一般的な路盤よりも凹凸が大きくなる。路盤表面の凹凸によってアスコン層下面に凹凸が形成されるため、アスコン層の敷設において層厚の均一化の他、厚さ方向の密度の均質化が困難となり、舗装としての耐力にばらつきが生じる可能性がある。なお、既往の研究²⁾において、曲げ試験により凹凸の影響を評価したところ、曲げ耐力に差が生じていなかったが、最大荷重時に凹凸が無い場合よりも変位量が 2 倍程度生じていることが分かっている。

本研究では、下面の凹凸によるアスコン層の密度低下が、曲げ変形量の増加に影響していると考えて、下面の凹凸によるアスコン層の密度が低下する範囲を検討した (図-2)。本稿では、実際にバラストを敷き均した上にアスコン層を打設し、上下に切断した各アスコン層の密度を比較することで、密度が低下する範囲を評価した結果について報告する。

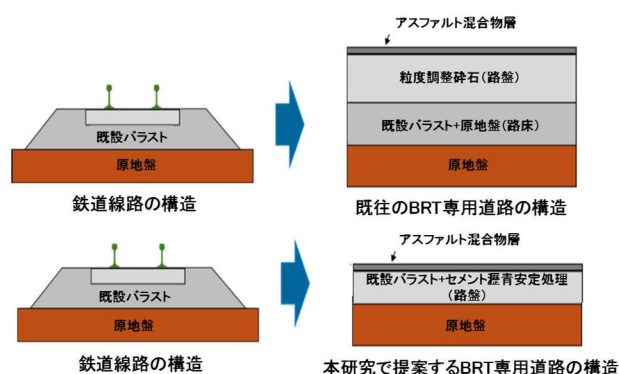


図-1 鉄道線路と既往の BRT 専用道路構造

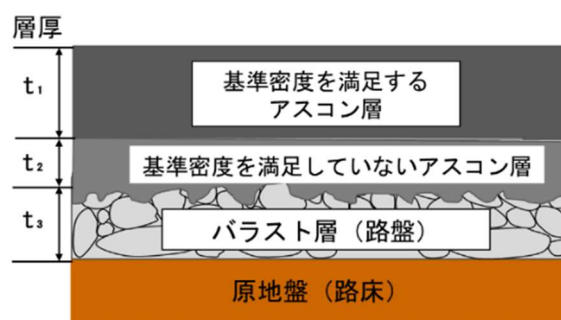


図-2 下側に凹凸を有するアスコン層の例

2. 試験概要

2.1 供試体の作製

本検討では、基準密度を満足するアスコン層の層厚を評価するため、厚さが異なるアスコンの供試体を作製した。供試体の厚さは、約 120 mm、約 100 mm、約 80 mm の 3 種類とした。なお、層厚 120 mm の供試体は 1 度の舗設で施工できることを想定している。また、比較対象とするため、下面に凹凸なしの層厚 120 mm の供

試体も作製した。

供試体の作製は、最初に、内寸の高さを調整した型枠の底面に最大骨材粒径が 60 mm の新品バラストを敷き均した。ここで使用した型枠は内部寸法が W 30 cm×L 30 cm×H 15 cm であり、底板の厚さを調整して所定のアスコン層が得られるようにした。次に、混合した密粒度アスファルト混合物（13）（以下、密粒 13）を型枠内に投入し、通常のホイールトラッキング試験の供試体を作製する方法と同様に、密粒 13 を敷き均してローコンパクタで締め固めた。密粒 13 のバインダーにはストレートアスファルト 60/80 を使用し、骨材配合比は（公社）日本道路協会基準の中央粒度を目標に決定した。配合設計した密粒 13 の設計アスファルト量は 5.5% であり、基準密度は 2.379 g/cm³（突き固め 50 回）である。締め固めた供試体の状況を写真-1 に、アスコン層下面に付着していたバラストを取り除いた後の状況を写真-2 にそれぞれ示す。



写真-1 締め固めた供試体の状況



写真-2 供試体の下面の状況（バラスト側）

2.2 表層および基層の締固め度の評価

本検討では、基準密度に達している上側層を t₁、達していない下側層を t₂ と定義して、t₁ および t₂ の密度から求めた締固め度（密度/基準密度）により、密度が低下する範囲を評価した。密度および締固め度は、舗装調査・試験法便覧 B008-1「密粒度アスファルト混合物等の密度試験方法」³⁾に準拠して算出した。

本検討で実施した密度の計測方法の概要を図-3 に示す。まず、ダイヤモンドカッターで供試体ブロックを 4 分割（W 15 cm×L 15 cm×H 各層厚）した。次に、これらの 4 体について密度を計測した。その後、表-1 に示す t₁ と t₂ の層厚で供試体を切断し、それぞれの密度を計測した。

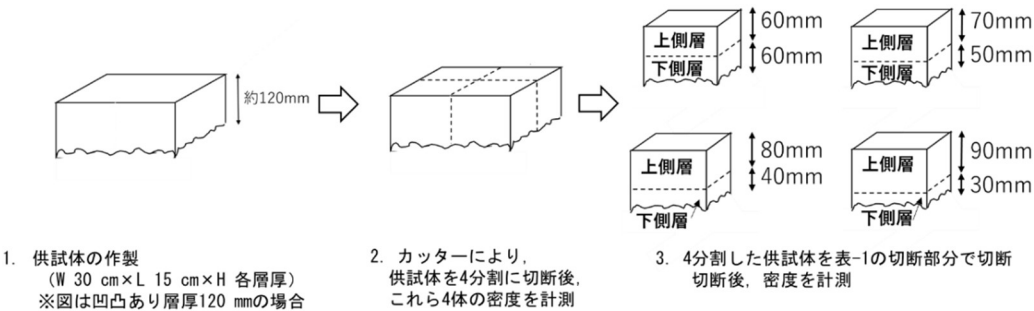


図-3 密度計測の概要図

表-1 本試験における切断部分

供試体名の名称	上側層(t ₁)の層厚— 下側層(t ₂)の層厚 (mm)			
凹凸なし 層厚 120 mm	60 – 60	70 – 50	80 – 40	90 – 30
凹凸あり 層厚 120 mm				
凹凸あり 層厚 100 mm	40 – 60	50 – 50	60 – 40	70 – 30
凹凸あり 層厚 80 mm	30 – 50	40 – 40	50 – 30	60 – 20

3. 試験結果および考察

凹凸あり層厚 120 mm の結果を図-4 に、凹凸なし層厚 120 mm の結果を図-5 に、凹凸あり層厚 100 mm の結果を図-6 に、凹凸あり層厚 80 mm の結果を図-7 にそれぞれ示す。図中には締固め度 100 % を赤線で表示し、各図における左端（橙色）の結果は、供試体を上下に切断する前の締固め度を示している。横軸のラベルは、上段の数値が t_1 の層厚(mm)、下段の数値が全厚に対する t_1 の割合(%)としている。そのため、切断前における上側層の割合（下段の数値）は 100 となる。

図-4 と図-5 の比較より、凹凸あり層厚 120mm の締固め度は、切断前、上側および下側に関わらず全ての条件において、凹凸なし層厚 120mm よりも低かった。また、 t_1 の層厚の増加に対する締固め度の低下率は、凹凸あり層厚 120mm が -0.063%/mm、凹凸なし層厚 120mm が -0.035%/mm であり、凹凸あり層厚 120mm の方が凹凸なし層厚 120mm よりも 1.8 倍程度大きかった。この要因としては、バラストの凹凸の低い部分（凹部）に締固めエネルギーが十分に伝わらず、密度が出なかったことが考えられる。

次に、凹凸ありの供試体において、各層厚の下側層の締固め度（図の緑色部分）を評価した。図-4、図-6 および図-7 より、 t_1 の層厚に関わらず、供試体の層厚が厚くなるほど、 t_2 の締固め度が低くなった。また、 t_1 の層厚の増加に対する締固め度の低下率は、供試体の層厚が 80mm, 100mm, 120mm と厚くなるほど -0.115%/mm, -0.081%/mm, -0.063%/mm と緩やかになった。

最後に、上側層の割合（図-4、図-6、図-7 の横軸ラベル下段）をパラメータ（横軸）にして、 t_1 および t_2 の締固め度の変化を評価した。上側層および下側層の結果を、それぞれ図-8 および図-9 に示す。図-8 より、本試験の範囲では、凹凸ありの層厚 120 mm と 100 mm の全厚に対する t_1 の割合が約 60～75%において、締固め

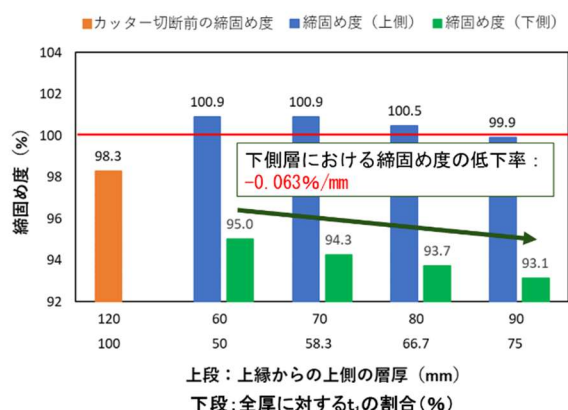


図-4 凹凸あり層厚 120 mm の結果

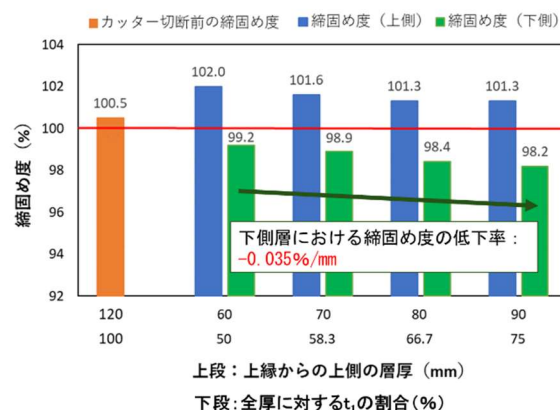


図-5 凹凸なし層厚 120 mm の結果

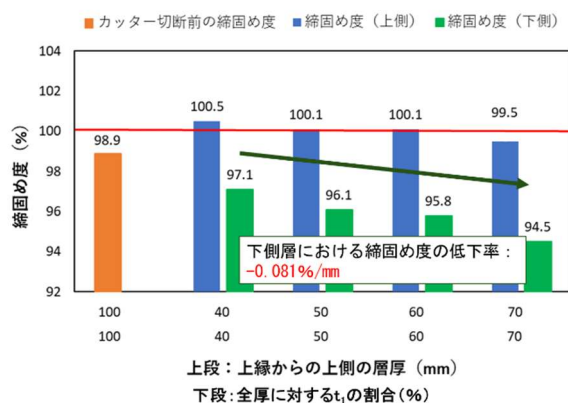


図-6 凹凸あり層厚 100 mm の結果

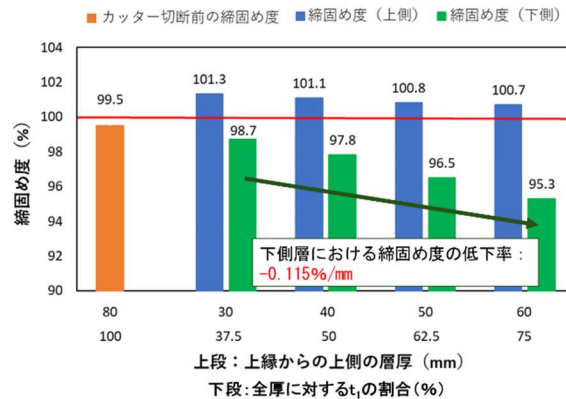


図-7 凹凸あり層厚 80 mm の結果

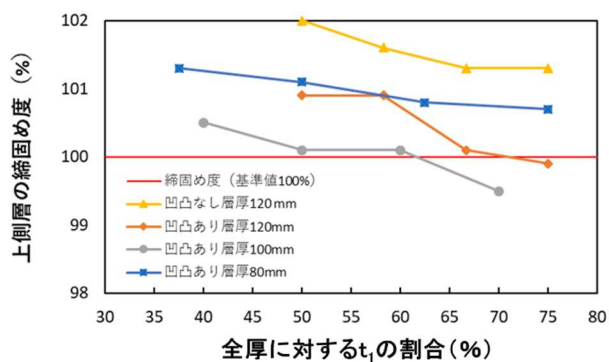


図-8 全厚に対する t_1 の割合と上側層の締固め度の関係

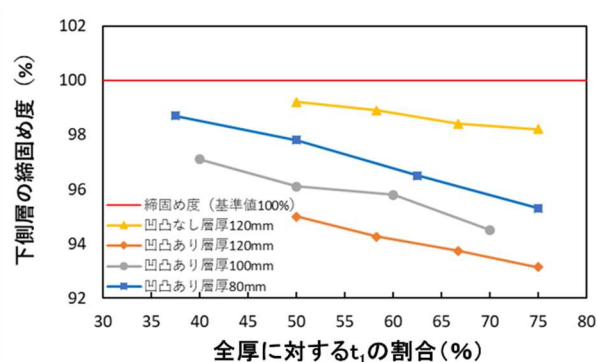


図-9 全厚に対する t_1 の割合と下側層の締固め度の関係

度が 100 %を下回った。したがって、基準密度を満足する t_1 の範囲を上縁から 60 %とすることで、舗装構造として安全側に評価できると考えられる。図-9 より、供試体の層厚が大きいほど下側層の締固め度が低くなった。バラストを活用した路盤上にアスコン層を直接舗設する場合には、アスコン層の層厚を厚く敷設するほど下側層の締固め度が低くなるため、施工上の工夫が必要になると考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- ① バラストを活用した路盤上にアスコン層を直接舗設する層厚が大きいほど、密粒 13 を締め固める際の締固めエネルギーが伝わりにくくなるとともに、路盤表面の凹凸の影響を受けやすく、下側層の締固め度が低くなる傾向を示すことがわかった。
- ② 下面に凹凸を有するアスコン層に対して層厚毎に密度を評価したところ、本試験で用いた供試体の厚さでは、アスコン層の上縁から深さ方向に 60 %までの範囲において、基準密度を下回らないことがわかった。

本検討で得られた知見を基に、凹凸を有するアスコン層の基準密度に達する上側層 (t_1) と達しない下側層 (t_2) の弾性係数の設定方法を検討し、舗装構造解析プログラム GAMES⁴⁾を用いて、構造設計に必要なアスコン層下面に生じる引張りひずみと路床上面の圧縮ひずみを算出する予定である。さらに、舗装設計便覧⁵⁾に基づいて舗装の疲労寿命を評価し、本研究が提案する BRT 専用道路と既往の BRT 専用道路の建設コストを比較する予定である。

参考文献

- 1) 大口豊：気仙沼・大船渡線の BRT による復旧，建設機械施工 Vol.70, pp 29-33, 2018
- 2) 小幡泰史ら：大粒径の粒状路盤上に敷設したアスコン層の曲げ特性に関する検討，第 16 回北陸道路舗装会議論文，pp 4, 2025
- 3) 公益社団法人日本道路協会：舗装調査・試験法便覧（平成 31 年度版），pp 218-223, 2019
- 4) 土木学会：多層弾性理論による舗装構造解析入門，pp 64-94, 2005
- 5) 社団法人 日本道路協会：舗装設計便覧，pp 109-144, 2006