

橋面舗装の切削残存層を再利用する乳剤浸透工法の最適仕様に関する研究

長岡技術科学大学 工学専攻・環境社会基盤工学分野 ○和田 悠太

長岡技術科学大学 環境社会基盤工学系 高橋 修

一般社団法人 施工技術総合研究所 研究第二部 橋本 雅行

1. はじめに

道路橋の橋面舗装には、床版内部への雨水等の浸入防止を目的として、コンクリート床版との間に防水層が設けられている。橋面舗装の打換工事では、舗装切削機により床版を削ることを避けるために、床版上のアスファルト舗装を 10~20 mm 残存させて切削する。その後、残存層は防水層とともにバックホウを用いて撤去される。防水層の耐用年数は 15~30 年と長期供用に対応可能であるが、橋面舗装の耐用年数は 5~15 年であるため、防水層は橋面舗装打換え時に耐用年数未満で再施工されてしまうことになる。これに加えて、打換工事では、バックホウによってコンクリート床版の表面に引掻傷等の損傷を与え、床版の耐荷性能を低下させることが問題点として指摘されている。この対策として、コンクリート床版と既設防水層が健全であれば、残存層の損傷を補強して不透水性を改善し、防水中間層として再利用することを考案した。このように、残存層を不透水の間層として再構築できれば、既設防水層と床版にダメージを与えないことに加え、橋面舗装の打換時に要する費用も工期も縮減できる。

本研究は、橋面舗装の打換時における切削後の残存層（切削残存層）を図-1 に示すイメージのように中間層として再利用することを目的とし、厚さ 20 mm の残存層にアスファルト乳剤を浸透させる乳剤浸透工法について検討した。本文では、浸透させた乳剤が不透水性と力学的特性に寄与する影響の程度を評価し、具体的な仕様（有効な材料および施工要領）について考察した。

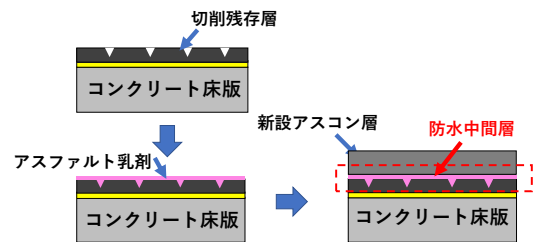


図-1 乳剤浸透工法のイメージ

2. 切削残存層の損傷状況および使用したアスファルト乳剤

切削残存層の劣化・損傷の程度を確認するため、供用 30 年の道路高架橋から残存層を採取した。残存層の損傷には目視できるものとできないものがあることから、損傷程度を空隙率によって定量化することにした。採取した残存層の空隙率は 6.5%であった。また、アスファルトの抽出・回収を行って骨材粒度とアスファルト量を確認した。本研究では、これらの結果に基づいて密粒度アスファルト混合物（13）による切削残存層の再現供試体を作製した。

残存層に浸透させる乳剤は、プライムコートやタックコートに使用されている一般的な乳剤よりも物性が高い高濃度改質アスファルト乳剤を使用した。また、乳剤の性状による効果を比較するため、表-1 に示す 2 種類の乳剤を用意した。乳剤の性状による差異が、切削残存層の不透水性及び力学的特性の改善に寄与するのか評価した。

表-1 使用したアスファルト乳剤の性状比較

性能項目	乳剤 A	乳剤 B
エングレー度 (25°C)	10	4
蒸発残留分 (%)	67	54
針入度 (25°C) (1/10mm)	68	23
軟化点 (°C)	51.5	56
タフネス (25°C) (N・m)	7.7	7.3
テナシティ (25°C) (N・m)	4.1	0.0

3. 加圧透水試験による不透水性の評価

3.1 試験概要

切削残存層に乳剤を塗布することで損傷箇所が閉塞し、不透水性の向上が期待される。乳剤浸透工法の効用として期待される不透水性の向上を評価することを目的に、舗装調査・試験法便覧¹⁾を参考に加圧透水試験を実施した。加圧条件は150 kPaとして、測定した透水量から透水係数を算出し、不透水性を評価した。供試体は、SGC試験機を用いて残存層に相当する空隙率を有するものを作製した。供試体寸法はΦ100×50 mmとし、損傷の程度を比較するために空隙率は6.5%と7.5%の2水準とした。乳剤塗布の条件としては、それぞれの標準塗布量（Aは1.20 ℓ/m²、Bは1.49 ℓ/m²）に加えて、標準の2倍量（Aは2.40 ℓ/m²、Bは2.98 ℓ/m²）、標準量の2回塗布の計3条件とした。

3.2 試験結果および考察

比較として、新設相当のアスコン（空隙率3.5%）、及び乳剤塗布をしない供試体でも試験を実施した。各条件の供試体で得られた透水係数を図-2に示す。図-2より、空隙率3.5%の供試体は密粒度アスコン相当、その他の乳剤塗布しない供試体は粗粒度アスコン相当の概略値となっている。ここに乳剤を塗布することで、アスコン供試体の不透水性は向上している。その一方で、乳剤の塗布量を増やすこと、または乳剤の種類を変えることで向上する不透水性に有意な差は認められない。いずれの条件でも、新設舗装相当の不透水性までは回復しなかった。これらの結果から、乳剤浸透工法は切削残存層の不透水性を向上させるも、新規アスコンには及ばないことがわかった。

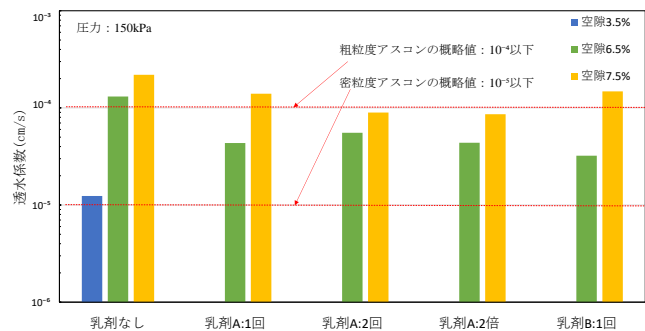


図-2 加圧透水試験の試験結果

4. ホイールトラッキング試験による塑性変形抵抗性の評価

4.1 試験概要

乳剤を塗布した切削残存層の高温時における塑性変形抵抗性について、WT試験により評価した。試験方法は、舗装調査・試験法便覧¹⁾を参考とした。本試験では、60℃の高温環境下にて写真-1に示すようにアスコン表面に一定荷重を有した車輪を走行させ、これによって生じるわだち掘れ深さ（変形量）を計測した。供試体は、幅300 mm、長さ300 mm、厚さ50 mmの型枠に密粒度混合物を投入し、転圧回数を調節して残存層を再現した。そして、その表面に所定の量の乳剤を塗布した。供試体の空隙率（損傷度合）は7.5±0.5%、乳剤は標準量（1回）及び2倍量を塗布した。

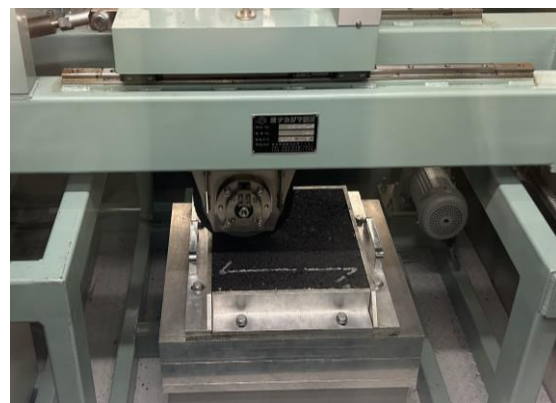


写真-1 ホイールトラッキング試験

4. 2 試験結果および考察

WT 試験の結果について、動的安定度 DS を図-3.1 に、試験完了時の変形量を図-3.2 に示す。図-3.1 より、動的安定度 DS は乳剤の塗布量が多い場合に多少小さくなっている。その一方で、乳剤種による有意な差はみられなかった。図-3.2 より、試験後の変形量は、空隙率を大きめに設定した供試体は値が大きく 20 mm 前後であり、乳剤の塗布量が多いほうが変形量も大きくなっている。この傾向は、塗布した乳剤が高温環境下において融解し、骨材同士の結合力を低下させたことが原因であると考えられる。以上のことから、残存層に乳剤を塗布することで塑性変形抵抗性が低下することがわかった。この結果と加圧透水試験の結果を踏まえると、乳剤浸透工法では標準量を上回る乳剤の塗布は適切でないと評価される。

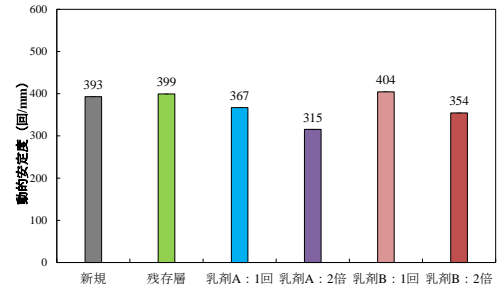


図-3.1 動的安定度 DS の結果

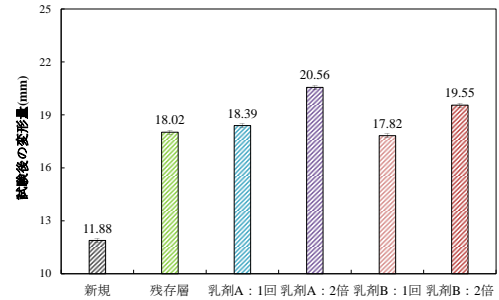


図-3.2 試験後の変形量の結果

5. 静的曲げ試験による耐久性の評価

5. 1 試験概要

低温から常温にかけての環境下における、乳剤浸透工法による切削残存層への力学的影響について評価することを目的に、舗装調査・試験法便覧¹⁾に規定されている静的曲げ試験を実施し、曲げ強度と破壊時ひずみを測定した。供試体は切削残存層を再現するため、転圧回数を調節して作製した WT 供試体の中央部から、幅 100 mm、長さ 300 mm、厚さ 30 mm の供試体を切り出すことで作製した。供試体の空隙率は 7.5% とし、塗布する乳剤は乳剤 A とし、標準量、2 倍量、標準量の 2 回塗布の 3 条件とした。試験温度は -10°C と 20°C の 2 条件とした。また、実橋を模した供試体を用いた曲げ試験によるひずみ挙動の調査²⁾により、実橋に乳剤浸透工法を適用した場合は乳剤施工面に引張力が生じることが想定される。このため、乳剤を施工した供試体は、図-4 に示すように乳剤施工面を上（圧縮面）及び下（引張面）にして荷重装置に設置することで、圧縮力及び引張力を再現して試験を実施した。

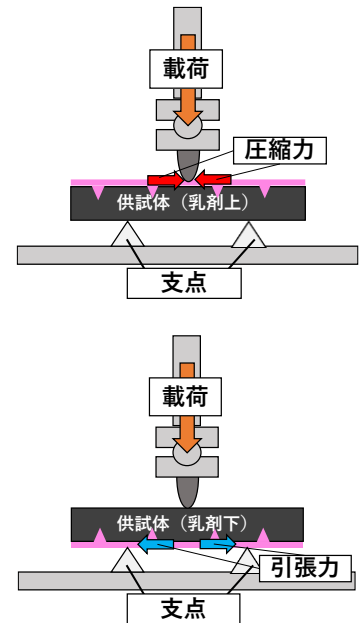


図-4 圧縮力及び引張力の再現

5. 2 試験結果および考察

比較として、新設相当のアスコン（空隙率 3.5%）及び乳剤塗布をしない供試体についても試験を実施した。温度 -10°C における曲げ強度と破壊時ひずみの結果をそれぞれ図-5.1、図-5.2 に示す。また、温度 20°C における結果を図-5.3、図-5.4 に示す。図-5.1 及び図-5.2 より、低温域では乳剤施工面を上（圧縮力発生）に設置した場合は、新規相当の曲げ強度及び破壊時ひずみとほぼ同等となっている。このことから、低温時は乳剤によって圧縮力側が強化され、全体の変形性能も向上すると考えられる。一方で、図-5.3 より、常温域では乳剤施工面を上にした場合は乳剤によって曲げ強度に有意な差はないが、乳剤施工面を下（引張力発生）にした場合は強度の向上が認められる。図-5.4 より、乳剤施工面を下に設置した場合に、破壊時ひずみは最も大きい。この結果から、常温域では乳剤浸透工法を適用した切削残存層は引

張力に対する抵抗性が向上すると考えられる。また、いずれの条件下でも乳剤による曲げ特性の低下は見られなかった。そのため、低温から常温の環境下で乳剤浸透工法が寄与する力学的影響は、総じて良好であると評価される。

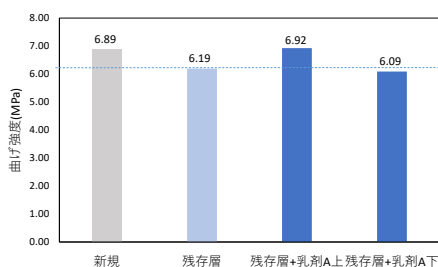


図-5.1 -10°Cでの曲げ強度

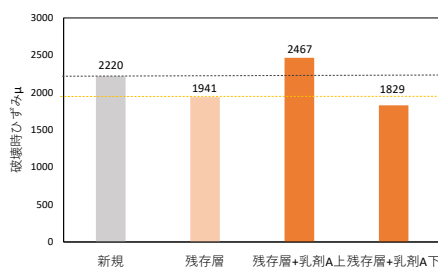


図-5.2 -10°Cでの破壊時ひずみ μ

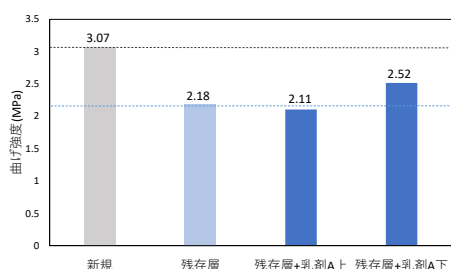


図-5.3 20°Cでの曲げ強度

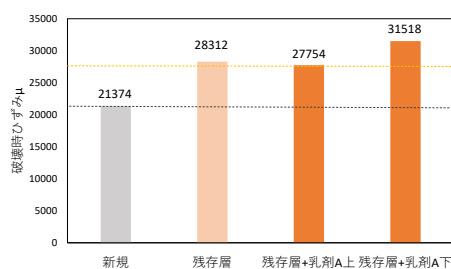


図-5.4 20°Cでの破壊時ひずみ μ

6. まとめ

本研究では、損傷している残存層の不透水性を向上させて中間層として再利用する乳剤浸透工法の仕様について検討した。そして、不透水性の向上効果、想定される温度域における中間層としての力学的特性を評価した。その結果、以下のことが確認できた。

- ① 高濃度改質アスファルト乳剤を塗布することで、残存層の不透水性の向上効果が認められた。
- ② アスファルト乳剤の性状や塗布量によって、不透水性の向上効果に有意な差は生じなかった。
- ③ アスファルト乳剤が残存層の空隙に浸透した場合、乳剤の塗布量に応じて塑性変形抵抗性が小さくなる傾向がみられた。
- ④ 乳剤浸透工法を適用した切削残存層は、低温時には圧縮力が向上し、常温時には引張力が向上する。

以上のことから、乳剤浸透工法は、標準塗布量で施工することで、不透水性の向上と力学的特性の向上を期待することができる。今後においては、高温環境下における塑性変形抵抗性の低減抑制を図ることが望まれる。

本研究は乳剤浸透工法の最適仕様について、基層の残骸である切削残存層の特性に注目して評価した。しかし、実舗装では乳剤施工面の上部に新しい表・基層を施工することになる。表・基層の施工によって更なる不透水性及び力学的特性の向上が期待される。したがって、今後は表・基層に要求されるアスファルト混合物について検討し、実舗装としての適用性について評価することが求められる。

参考文献

- 1) 公益社団法人日本道路協会：舗装調査・試験法便覧（平成31年版）〔第3冊分〕，2019
- 2) 横田慎也ら：UFC床版とアスファルト舗装との付着特性を考慮した解析的評価に関する検討，土木学会第12回道路橋床版シンポジウム論文報告集，2022