

切削アスファルト残存層を活用した橋面防水中間層の構築に関する基礎的研究

長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 ○柳井 貴裕
長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 正会員 高橋 修

1. はじめに

道路橋の橋面舗装と床版コンクリートの境界面には、床版コンクリートの損傷や劣化を防ぐために床版防水層が設けられている。床版防水層は、橋面舗装の打換え時に再施工されることになっている。この場合、床版防水層の撤去作業時に、床版コンクリートの表面は多少の損傷を生じることがある。本研究では、橋面舗装打換え時における切削後のアスファルト残存層を中間層として再利用することで、床版コンクリート、および防水層にダメージを与えないことを考えた。

アスファルト舗装切削後の残存層にはひび割れが生じている場合がある。床版コンクリートと防水層が健全であれば、ひび割れに補強を施して防水機能を強化し、

防水中間層として再利用できると考えられる。この防水中間層が構築できれば、橋面舗装の再施工にかかる工期も短縮できるはずである。

本研究では、切削後のアスファルト基層を残存させて乳剤を散布し、防水中間層を構築することについて検討した。橋面防水中間層を構築するにあたって、必要となる性能は防水性と接着性である。そのため、ここでは乳剤で補強した防水中間層のそれぞれの性能を評価することとした。防水性は透水試験と加圧透水試験で評価し、接着性は建研式引張接着試験で評価をした。これらの結果に基づき橋面防水中間層としての適用性を考察した。

2. 使用材料および配合設計

表-1 切削残存層の概要

切削後の残存層の劣化・損傷を再現するため、ケーススタディとして供用年数 21 年の高架橋から切削残存層を採取した。ひび割れ状況を観察し、抽出・回収を行って骨材粒度とアスファルト量、アスファルト性状を確認した。切削残存層の概要を表-1、骨材粒度を図-1 に示す。

項目	概要
最大粒径(mm)	密粒度 13
アスファルト量(%)	5.1
針入度(1/10mm)	21
軟化点(°C)	66
ひび割れ幅(mm)	最大 5.0

本研究ではこれらの結果に基づいて、新規にアスファルト層を作製し、ひび割れを再現して評価用の供試体とした。補強用の乳剤は、遮水型排水性舗装(POSMAC: Porous Surface Mastic Course)工法で使用されている高濃度改質アスファルト乳剤とした。乳剤の散布量は、施工要領¹⁾に記載されている 1.2ℓ/m²を参考にした。

供試体の骨材粒度を図-2 に示す。供試体の作製にはストレートアスファルト 60/80 を用いた。

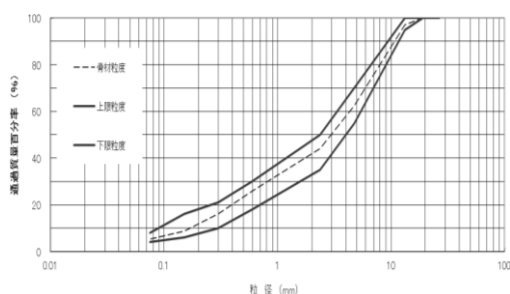


図-1 切削残存層の骨材粒度

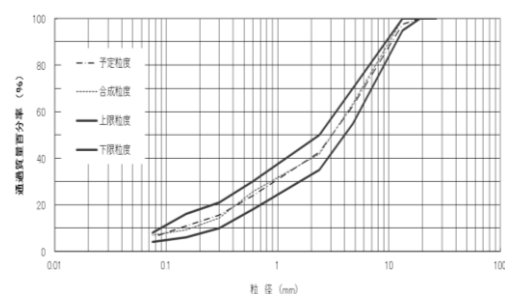


図-2 供試体の骨材粒度

3. 透水試験による防水性の評価

3.1 試験概要

透水試験では、乳剤を散布した擬似ひび割れを有している供試体の防水性について評価した。供試体は、以下に示す①～⑤の手順で作製した。

- ①一辺の長さが 300mm の正方形、厚さ 50mm の供試体を作製。
- ②長さ 100mm、幅 100mm、厚さ 20mm に加工。
- ④供試体中央部にひび割れを模した切込みを設けることで、切削後の残存層の損傷であるひび割れを再現。
- ⑤供試体表面に乳剤を所定の量になるように散布。

供試体条件を表-2、透水試験の実施状況を図-3に示す。試験条件は、水温 25°C、水量 300ml、試験時間 60 秒とした。試験の判断基準は、不透水であれば防水性を有しており、透水があれば防水性が有していないと判断した。

3.2 試験結果

透水試験の試験結果を表-3に示す。ひび割れ幅が 0.5mm～3.0mm の供試体では不透水であった。これに対して、ひび割れの間隔が 3.5mm 以上の供試体では透水した。

また、ひび割れ幅が以上の供試体が防水性を発揮する乳剤量を調査した。方法は、各供試体のひび割れ部分の乳剤の厚さを調べ、乳剤の充填率を算出した。そして、各ひび割れ幅に適切な乳剤量を求めた。求めた結果を表-3に示す。

表-3に示す結果によると、ひび割れ幅が 3.0mm の供試体における充填率は 64%、ひび割れ幅が 3.5mm の供試体における充填率は 37%であった。これらの結果がボーダーと考えれば、充填率がおおむね 60%以上で不透水であり、防水中間層が構築できるものと判断される。しかし、防水中間層を現場で施工する事を考えると乳剤の散布量にムラが生じる。防水中間層を確実に施工するためには充填率が 100%になるように乳剤を散布する必要がある。また、ひび割れ幅が 3.0mm より大きい供試体でも、乳剤の散布量を増量すれば防水性が確認できると考えられる。そこで、充填率が 100%となる乳剤量を求めた。ひび割れ幅に乳剤が 100%充填した状態となる乳剤量、およびその状態で実施した透水試験の結果を表-4に示す。試験結果から乳剤量を増量した供試体は不透水となった。

以上の検討により、ひび割れ幅が 3.0mm 以下の場合には通常の乳剤量の散布で防水効果が得られること、およびひび割れ幅が 3.0mm を超える場合は乳剤量を増加させることにより防水効果が期待されることが分かった。ひび割れ幅が 3.0mm を超える場合は乳剤の必要散布量が大幅に増加するので、許容できるひび割れ幅は 3.0mm と考えたほうが現実的である。

表-2 透水試験の供試体条件

項目	仕様
供試体の寸法(mm)	100×100×20
ひび割れ幅(mm)	0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0
乳剤量(l/m^2)	1.2

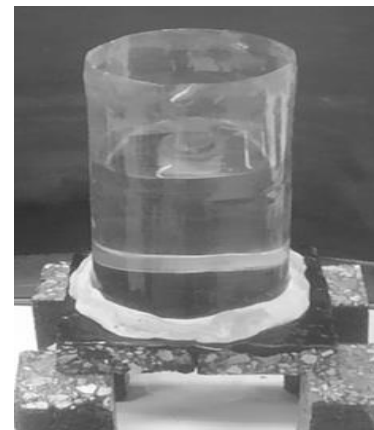


図-3 透水試験の実施状況

表-3 透水試験の試験結果

ひび割れ幅 (mm)	結果	乳剤充填率 (%)
0.5	不透水	100
1	不透水	100
1.5	不透水	97
2	不透水	85
2.5	不透水	77
3	不透水	64
3.5	透水	37
4	透水	34
4.5	透水	32
5	透水	31

表-4 乳剤散布量を増量した供試体の試験結果

ひび割れ幅 (mm)	乳剤量 (l/m^2)	結果
3.5	1.9	不透水
4	1.9	不透水
4.5	2.0	不透水
5	2.0	不透水

4. 加圧透水試験

透水試験では大気圧での防水性しか評価していない。車両交通による荷重が作用した防水性を評価する必要がある。なので、より現実的な条件での防水性を評価するために加圧透水試験を実施した。

4.1 試験概要

加圧透水試験では、上記の透水試験と同じ配合を使用して供試体を作製した。供試体高さが 20mm では、加圧透水試験を行う上で不十分であった。対策として、試験が実施できる開粒度アスファルト混合物で不足分の高さを補完した。供試体は、以下に示す①～⑤の手順で作製した。

- ①直径 100mm、高さ 63.5mm の供試体を高さ 20mm に加工。
- ②供試体中央部にひび割れを模した切込みを設ける
ことで、切削残存層の損傷であるひび割れを再現。
- ③開粒度アスファルト混合物で供試体の高さを補完。
- ④供試体の表面をワイヤーブラシで荒らし、切削面を再現。
- ⑤供試体表面に乳剤を所定の量になるように散布。

表-5 加圧透水試験の供試体条件

項目	仕様
供試体の寸法(mm)	φ100×20
ひび割れ幅(mm)	0.0, 0.2, 0.5, 1.0 1.5, 2.0, 2.5, 3.0
乳剤量(ℓ/m ²)	1.2

ひび割れ幅は、上記の透水試験の結果から不透水となったものを採用した。供試体条件を表-5 に示す。また、試験の判断基準を設けるためひび割れがなく、乳剤を散布していない供試体高さ 20mm の供試体について試験を実施した。この供試体も同様に、開粒度アスファルト混合物で不足分の高さを補完した。

4.2 試験結果

加圧透水試験の試験結果を表-6 に示す。ひび割れがない供試体の透水係数より値が小さい供試体は、ひび割れ幅が 0.0mm～1.0mm の供試体であった。すなわち、1.0mm 以下のひび割れであれば乳剤を散布することでひび割れが存在しても同様以上の防水性を付与できる。これらに対して、ひび割れ幅が 1.5mm 以上の供試体は、散布した乳剤量では防水性が不足していることが分かる。したがって、ひび割れ幅が 1.0mm より大きい場合は、散布する乳剤量を増量する必要があると考えられる。

以上のことから、床版コンクリートと既設防水層が健全であれば、ひび割れ幅が 1.0mm 以下の場合、乳剤の散布量が 1.2ℓ/m² 防水中間層を構築できるものと判断される。

表-6 加圧透水試験の試験結果

ひび割れ幅(mm)	透水係数(cm/s)
なし	7.77×10^{-5}
0.0	7.14×10^{-6}
0.2	1.68×10^{-5}
0.5	3.16×10^{-5}
1.0	5.29×10^{-5}
1.5	3.13×10^{-4}
2.0	4.85×10^{-4}
2.5	2.39×10^{-4}
3.0	5.90×10^{-4}

5. 建研式引張接着試験による接着性の評価

5.1 試験概要

建研式引張接着試験では、乳剤を散布したひび割れを有する切削残存層とオーバーレイ層との接着性について評価した。図-4 に示す供試体を以下に示す①～⑥の手順で作製した。

- ①一辺の長さが 300mm の正方形、厚さ 40mm の切削残存層を模した供試体を作製。

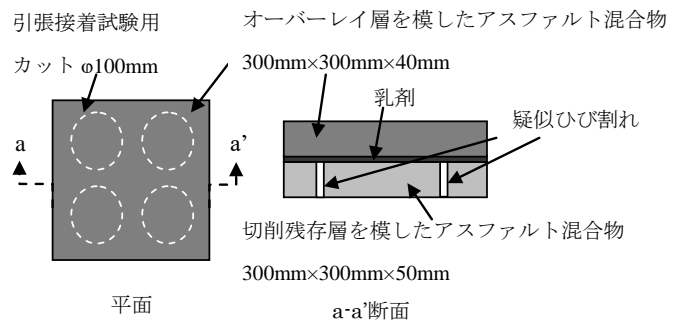


図-4 建研式引張接着試験の供試体概要

- ②切削残存層を模した供試体の表面をワイヤーブラシで荒らし、切削面を再現。
- ③切削残存層を模した供試体にひび割れを模した切れ込みを設け、切削残存層の損傷であるひび割れを再現。

④切削残存層を模した供試体の表面に乳剤を所定の量になるように散布。

⑤切削残存層を模した供試体の上から、一辺の長さが 300mm の正方形、厚さ 50mm のオーバーレイ層を模した供試体を作製。

⑥直径 100mm の切れ込みを、切削残存層を模した供試体の表面に達するまで入れた。

供試体作製後に道路橋床版防水便覧「引張接着試験⁴⁾」に準拠して実施した。切削残存層を模した供試体の配合設計は上記の透水試験と同じ配合を使用して供試体を作製した。また、試験の判断基準を設けるためひび割れがない供試体で接着性を調査することにした。さらに、POSMAC 以外の乳剤として CPE-4 を使用した供試体も比較することにした。建研式引張接着試験の供試体条件を表-7 に示す。

表-7 建研式引張接着試験の供試体条件

項目	仕様
ひび割れ幅(mm)	0.0, 0.2, 0.5, 1.0 1.5, 2.0, 2.5, 3.0
POSMAC 乳剤量(ℓ/m ²)	1.2
CPE-4 乳剤量(ℓ/m ²)	0.4

5.2 試験結果

全ての供試体の破壊断面は、ひび割れを有する切削残存層とオーバーレイ層の境界面で形成しており、本試験の結果は有意なものと判断できる。建研式引張接着試験の試験結果を表-8 に示す。使用乳剤が POSMAC の場合、ひび割れがない供試体と有する供試体で、引張接着強度の値に差異は認められなかった。ひび割れ幅が 3.0mm でも接着性には問題ない。また、CPE-4 と POSMAC でも引張接着強度の値に有意な差は無いと判断される。

したがって、乳剤の散布量が 1.2ℓ/m² でひび割れ幅が 3.0mm 以下であれば、ひび割れを有する切削残存層とオーバーレイ層との接着性は担保されるものと考えられる。

6. まとめ

本研究では、防水性を評価するための透水試験と加圧透水試験、および接着性を評価する建研式引張接着試験を実施して、軽微なひび割れを有する切削残存層を防水中間層として再利用できるか否か検討した。その結果、乳剤の散布量を 1.2ℓ/m² とした場合、ひび割れ幅が 1.0mm 以下であれば防水性、接着性とも問題なく、橋面防水中間層として活用できることがわかった。また、接着性については問題ないが、ひび割れ幅が大きい場合は防水性について問題があるので、乳剤の散布量を多くして防水性を向上させれば、更なる適用性の拡大が期待される。

参考文献

- 1) 遮水型排水性舗装工法研究会：遮水機能を付加し耐久性を控除させた遮水型排水性舗装 POSMAC, pp.1-9, 2014
- 2) 社団法人日本道路協会：舗装調査・試験法便覧(第3分冊), pp.153-164, 2007
- 3) 社団法人日本道路協会：排水性舗装技術指針(案), pp.26-35, 1996
- 4) 社団法人日本道路協会：道路橋床版防水便覧, pp.128-131, 2007
- 5) 土木学会：道路橋床版防水システムガイドライン 2016, pp.1-85, 2016
- 6) 社団法人日本道路協会：「アスファルト舗装要綱」, pp.129, 1993
- 7) 愛知県建設部：「積算基準及び歩掛表(その2)」, pp.12-14, 2012

表-8 建研式引張接着試験の試験結果

ひび割れ幅 (mm)	引張接着強度 (N/mm ²)
CPE-4 なし	0.9
POSMAC なし	0.8
POSMAC 0.0	0.8
POSMAC 0.5	0.7
POSMAC 1.0	0.7
POSMAC 1.5	0.7
POSMAC 2.0	0.8
POSMAC 2.5	0.8
POSMAC 3.0	0.7