

防水性に優れた橋面舗装技術の開発および実用化に向けた研究

川上篤史・室井和也・藪 雅行

1. はじめに

道路橋床版の劣化・損傷は、自動車荷重の繰り返し载荷による疲労現象が主な原因とされており、路面や舗装端部からの雨水などが床版の上面に流入した場合にはその劣化が著しく促進されることとなる¹⁾。平成13年に改訂された「橋・高架の道路等の技術基準（道路橋示方書）」では「アスファルト舗装とする場合は、橋面より浸入した雨水等が床版内部に浸透しないように防水層等を設けるものとする」と明記され、防水層等の設置が原則となった。

防水性に優れた舗装技術としてグースアスファルト舗装（以下「TLAグース」という。）がある。このTLAグースは通常のアスファルト混合物に比べフィラーとアスファルト量が多いため、水密性、たわみ追従性に優れていることから、鋼床版の橋梁には床版防水層として適用されていた。しかし、鋼床版に比べてRC床版ではコンクリート内部の水分の蒸発により、ブリストリング（水蒸気等による舗装の膨れ）の発生がより懸念されるためTLAグースは適用されていなかった。そこで、土木研究所は平成28年度から令和元年度に「未利用アスファルト材料を用いた床版舗装の適用性に関する共同研究（共研Ⅰ）」を実施し、RC床版及び鋼床版へ適用できる新たな橋面舗装材料として、改質グースアスファルト混合物（以下「改質グース」という。）および植物性特殊樹脂を用いた床版防水混合物（以下「樹脂充填混合物」という。）を開発した²⁾。さらに、令和2年度より「防水性を高めたコンクリート床版橋面舗装の実用化に関する共同研究（共研Ⅱ）」を開始し、新たなRC床版用橋面舗装の開発・改良および実用化に向けた検討等を行っている。本稿では、共研Ⅱで新たに開発した橋面舗装技術および、共研Ⅰで開発した改質グース等の実路での実装事例を紹介する。

2. 研究概要

共研Ⅱでは、これまでに開発された改質グース

に加えて、新たに改良・開発したRC床版用橋面舗装技術について、室内試験による防水性評価方法の検討や、実物大試験工区での施工性、耐久性、防水性などの検証等を行っている。開発した橋面舗装材料の特徴を以下に示す。なお共研Ⅱには、大林道路株式会社、大成ロテック株式会社、東亜道路工業株式会社、株式会社NIPPO、日本道路株式会社、福田道路株式会社、前田道路株式会社、J-ティフコム施工協会が参画している。

2.1 改質グース

改質グースはTLAグースと比べて耐流動性が高く（動的安定度1000回/mm以上を目標）、臭気レベルも低くなっている。また、RC床版上に施工するにあたって、ブリストリングを抑制するためにTLAグースでは240℃程度であった舗設温度を180℃程度と低く設定した。なお、共研Ⅱでは各社から4技術（改質グースA～D）提案された。

2.2 樹脂充填混合物

樹脂充填混合物は接着防水材（植物性特殊樹脂）をRC床版に塗布し、その上から一般的なアスファルト混合物を舗設することで、床版・接着防水層・混合物を強固に結合・一体化させる機能を持つ混合物である。接着防水材は舗設時の熱により溶融し、混合物の空隙に浸透・充填されるため、基層全体に防水性能を付与することができる。

2.4 グースアスファルト用簡易補修材

化学反応硬化型の特殊バインダと単粒度砕石を主材料とするグースアスファルト舗装の小面積の破損に対する常温の簡易補修材料である。骨材間隙にバインダが充填され一体となることで遮水性に優れた防水層を形成する。

2.5 端部防水工法

締固めが困難な舗装端部では、締固め度の低下に伴い防水性の低下がみられる。本工法は端部止水に接着性を高めたプライマーを使用した成型目地材を使用し、さらに舗装端部表面（幅40cm程度）に塗布型またはシート型防水材料を施工することで、

舗装端部からの水の侵入を抑制し橋面舗装の長寿命化を図ることを目的とした技術である。

2.6 超緻密高強度繊維補強コンクリート

現場打設可能なUHPFRC（超高性能繊維補強コンクリート）であり、緻密で高強度のためRC床版の断面補修と床版防水層としての機能を備えた材料である。

3. 試験施工

3.1 試験施工の概要

開発した橋面舗装技術の施工性、防水性、耐久性の確認を目的として、土木研究所舗装走行実験場内の模擬RC床版上に試験施工を行った。試験施工箇所および床版の外観を写真-1に示す。模擬床版は、路盤上にアスファルト中間層、その上に連続鉄筋コンクリート舗装を舗設して構築した。また、端部に橋梁地覆部を模擬してコンクリート製側溝を舗装路面より高くなるよう設置した。さらに、既設舗装の打ち替えを模して模擬RC床版表面を2cm程度切削し、基層として改質グースの場合は4cm、その他技術は必要に応じて床版防水層等施工後、改質密粒舗装2～4cmを舗設した。最後に表層として6cmの改質密粒舗装を施工した。



写真-1 舗装走行実験場

3.2 試験施工状況

(1) 改質グース

改質グースの施工は従来のTLAグースと同じく、グースクッカーおよびグースフィニッシャーで施工を行った。施工温度を下げた改質グースに比べ、同条件で施工したTLAグースにはプリスタリングが散見された（写真-2）。

(2) 樹脂充填混合物

写真-3に樹脂充填混合物の施工状況を示す。樹脂充填混合物は、RC床版面にプライマー塗布および珪砂を散布し、植物性特殊樹脂を塗布した後一般的なアスファルト舗装舗設という順序で施工した。植物性特殊樹脂は、塗布後30分程度で完全に固化

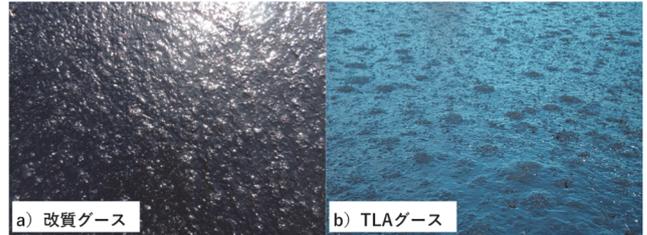


写真-2 プリスタリング発生状況

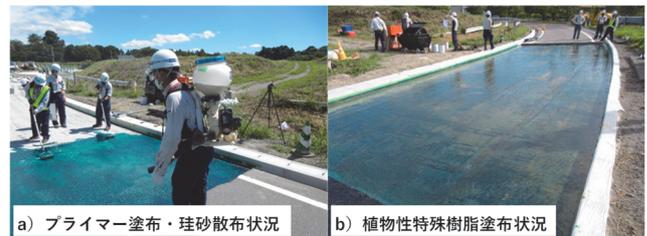


写真-3 樹脂充填混合物施工状況

し、固化後は重機が走行しても破損は見られなかった。

(3) グースアスファルト用簡易補修材

写真-4にグースアスファルト用簡易補修材の施工状況を示す。施工方法は、損傷した舗装を撤去した床版面に接着剤を塗布し、母体の骨材を敷き均した後特殊バイндаを流し込む手順で行った。外気温にもよるが、特殊バイндаはおよそ1時間程度で硬化し、表層の施工が可能となった。



写真-4 グース用簡易補修材施工状況

(4) 新規端部防水工法

写真-5に新規端部防水工法の施工状況を示す。2種のプライマーを使用し成型目地材の施工を行い、表層の舗設後に約40cm幅で塗布型およびシート型の表面防水材の施工を行った。

(5) 超緻密高強度繊維補強コンクリート

車載式ミキサにて専用ミックスセメントと2種の鋼製繊維、専用混和液を混合して製造した。その後、散水したRC床版面に厚さ20mmになるよう敷均した。車載式ミキサでの製造状況を写真-6 a)に、打設状況を写真-6 b)に示す。また、RC床版の立ち上がり部（橋梁地覆部）と接する位置に、グラインダー等で切り込みを入れることで、切り込みに材料が入り込み接着が強化され、地覆側から床版への雨水の浸入を防止することができる。



写真-5 新規端部防水工法施工状況



写真-6 超緻密高強度繊維補強コンクリート施工状況

3.3 開発した橋面舗装材料の試験結果

3.3.1 床版防水層の基本照査試験

床版防水層は、交通車両による繰返し荷重や、降雨、温度変化、床版の伸び縮み等が複雑に作用する環境に置かれている。そのため、新たな床版防水層の開発には、道路橋床版防水便覧¹⁾に示された床版防水の要求性能（防水性、遮塩性、接着性、耐変形性、耐熱性、耐薬品性、耐荷性）を満足する必要がある。本研究でもこれらの基本照査試験を行い要求性能を満たすことを確認している。ただし、改質グース等の舗装自体が防水層を兼ねるような材料は、ひび割れ追従試験は実施できないため、曲げ試験によって耐変形性を確認した。

3.3.2 促進載荷試験

開発した橋面舗装技術の耐久性確認のため、舗装走行実験場において荷重車による促進載荷試験を行った。現在、輪荷重49kN換算輪数で75万輪走行し、表層から目視できるひび割れはいずれの工区も発生していない。舗設後から所定の走行輪数ごとに測定したわだち掘れ量を図-1に示す。

35万輪から55万輪にかけては路面温度が60℃程度まで上昇する日もあり、わだち掘れ量が増加しているが、55万輪以降はほとんど変化がなく、75万輪走行後において、すべての工区で10mm以下となっている。これは、舗装点検要領の健全性の診断区分Ⅲ（修繕段階：わだち掘れ量40mm以上）と比較しても十分小さな値となっている。

3.3.3 散水による端部防水工法の評価

土木研究所による実態調査³⁾では、RC床版の土砂化が発生した箇所の水の浸入経路は、舗装端部や

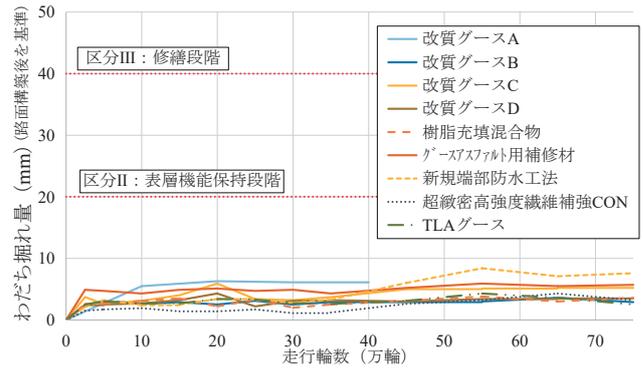


図-1 わだち掘れ測定結果

施工打継目および、貫通ひび割れであることが明らかになった。そのため、試験舗装直後に散水を行い図-2に示すように舗装端部を強制的に滞水させ、側溝に開けた水抜き孔からの流水を確認することで舗装の地覆部を模擬した舗装端部の防水性の確認を行った。

散水実験の結果、端部防水未施工区と防水工区境付近の水抜き孔からの浸水はあったものの、そのほかで浸水が確認されなかった。

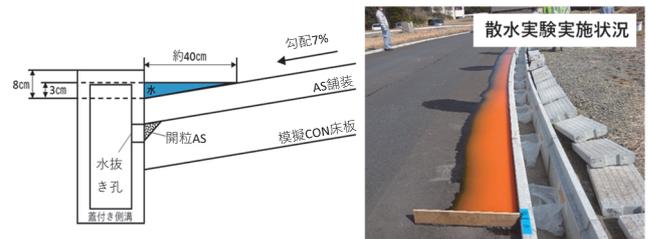


図-2 散水実験の概要と実施状況

3.4 実道における実装事例⁴⁾

共研Ⅰで開発した改質グースおよび樹脂充填混合物について、実道における実装事例（RC床版および鋼床版）を紹介する。これらの橋面舗装工法は、RC床版および鋼床版でも適用可能であるが、本施工の中で材料や施工方法の改善も行われ研究Ⅱにも反映されている。

3.4.1 改質グース

福岡北九州都市高速道路のRC床版において施工を行い、その工事概要を表-1に示す。施工箇所は1999年に供用開始されており、床版上面の土砂化や下面のひび割れが確認され、降雨後には床版下面に漏水がみられていた。

改質グースは、TLAグースと比較して施工温度が低いため、プリスタリングの発生が少ないが、RC床版が含んでいる水分により、プリスタリングが少なからず発生する。今回の施工では、プリスタ

表-1 工事概要

項目	内容
道路管理者	福岡北九州高速道路公社
工事場所	福岡高速2号大宰府線
橋梁形式	5径間連続非合成鋼箱桁
施工年月	2020年5月
工事内容	・施工面積 L55m×W9.1m=500m ²
	・基層工
	改質グース t=35mm
	・表層工
	密粒As (13) 改質II型 t=45mm



写真-7 実道での改質グース施工状況

リングの除去に加えて、改質グースと床版との付着を向上させることを目的として、小型の鉄輪ローラで転圧を行った（写真-7）。

施工から2年経過したが、路面性状の変状はなく良好な状態を維持しており、雨天時に漏水は確認されていない。

3.4.2 樹脂充填混合物

施工は、同高速道路環状線（内回り）の鋼床版において実施し、その工事概要を表-2に示す。2003年から供用され、JCT手前という舗装に負担がかかる供用条件であったため、勾配下流側である第1走行車線では局所的ではあるが鋼床版が露出する箇所が存在していた。

樹脂充填混合物の施工は、研掃した鋼床版面にプライマーを塗布し、珪砂の散布後に接着防水材を3kg/m²（添接板部は2kg/m²）確保するように複層で塗布した（写真-8）。混合物の流動を防ぐため、初転圧には小型のタンデムローラを用いた。

施工から1年経過したが、平坦性も良好であり、路面に目立った変化もなく安定している。

表-2 工事概要

項目	内容
道路管理者	福岡北九州高速道路公社
工事場所	福岡高速5号線(上り)月隈JCT～板付第1走行車線
橋梁形式	3径間連続鋼床版箱桁
施工年月	2021年7月
工事内容	・施工面積 L62.8m×W4.75m=298.3m ²
	・基層工
	密粒度As (13) 改質III型WF t=40mm
	・表層工
	ポーラスAs (13) 改質H型 t=40mm



写真-8 実道での樹脂充填混合物施工状況

4. おわりに

舗装に求められる性能には、一定水準以上の路面の提供を通じて安全かつ円滑な交通を確保する性能と舗装を支える基盤となる橋梁床版や路床等を保護する性能などがあると考えている。特に後者の性能を確保していくためには、雨水などの水の浸入を防ぐ対策は非常に重要と考えている。本研究では、防水性に優れた新たな橋面舗装技術を開発し、現地実装も始まったことから床版土砂化軽減への貢献が期待される。引き続き、橋梁技術者の意見なども踏まえながら防水性能に優れた舗装技術の開発・改良に取り組んでまいりたい。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋床版防水便覧、平成19年3月
- 2) 寺田剛、渡邊真一、藪雅行：新しい橋面舗装材料の開発へ向けた取組み、土木技術資料、第61巻、第7号、pp.26～31、2019
- 3) 寺田剛、渡邊真一、藪雅行：床版損傷が発生した橋面舗装の実態調査、舗装工学論文集、Vol.75、No.2、pp. I-201～I-207、2019.11
- 4) 青野守、中野慶彦、勝島龍郎：防水性に優れた橋面舗装の現地適用事例、土木技術資料、第65巻、第2号、pp.40～43、2023

川上篤史



土木研究所 研究当時 道路技術研究グループ舗装チーム、現 戦略的イノベーション研究推進事務局 主任研究員
Dr. KAWAKAMI Atsushi

室井和也



研究当時 土木研究所 道路技術研究グループ舗装チーム 交流研究員、現 (株)NIPPO技術研究所
MUROI Kazuya

藪 雅行



土木研究所 道路技術研究グループ舗装チーム 上席研究員
YABU Masayuki