

舗装切削痕の性状が床版防水層の 接着性能に与える影響について

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地構造チーム ○仁平 陽一郎
角間 恒
畠山 乃

橋梁補修工事で実施する床版防水工では、舗装切削撤去時の切削痕が残る床版上に防水層を設置した場合に、接着性能や防水性能が低下する。本稿では、防水層の要求性能の中からせん断接着性能に着目し、舗装切削痕の性状に応じたせん断接着性能を実験的に検証するとともに、せん断接着性能確保のための施工・品質管理上の留意点を示した。

キーワード：床版、防水層、切削面、接着性能

1. はじめに

道路橋のコンクリート床版（以下、床版）に設置される防水層は、路面から床版上面への水の浸入を防ぐ役割を果たす、床版の耐久性を確保するために欠かせない要素である。そのため、防水層が未設置の床版や劣化損傷が顕在化した床版では、橋梁補修工事において、劣化損傷の抑制を目的とした防水層の設置が行われている。

橋梁補修工事で実施する防水工では、既設舗装を切削撤去して床版上を清掃した後、防水層を設置するのが一般的な施工手順（写真-1）であるが、既往の研究¹⁾では、舗装切削痕を残したままの床版上（以下、切削面）に設置した防水層において、接着性能や防水性能の低下が生じることがわかっている。著者らが実施した実験²⁾でも、アスファルト加熱型塗膜系防水層（以下、As 防水層）を切削面に設置した場合に、切削痕性状と防水材塗布量の組合せによって、設置時点で道路管理者が定めるせん断接着性能の規格を満足しない可能性があることを指摘している。

以上より、著者らは、既設床版を対象にした防水工の設計、施工、品質管理方法には大いに改善の余地があると考えており、現在、これらの課題解決に取り組むべく研究を進めている。本稿では、現地調査を基に切削痕性状（凹凸程度）の実態を把握した後、その調査結果を反映させた防水層供試体を用いてせん断接着試験を実施した。これにより、切削痕性状の違いに応じた防水層のせん断接着性能を評価するとともに、実施工において防水層のせん断接着性能を確保するための施工・品質管理上の留意点を整理した。

なお、一連の検討は、国土交通省北海道開発局（以下、北海道開発局）での施工実績が豊富な As 防水層を対象にしている。



(a) 舗装切削撤去

(b) 防水層設置

写真-1 既設床版における防水工

2. 舗装切削痕の性状に関する現地調査

(1) 概要

著者らが過去に実施した、切削面に設置した防水層の接着性能低下に関する検証試験²⁾では、高速道路総合研究所による調査事例³⁾を参考に、凹凸程度が比較的大きい切削痕を想定して試験条件を設定していた。一方、実際の補修工事では、舗装の撤去方法や床版コンクリートの品質等によって切削痕性状にばらつきがあると考えられ、既往試験が標準的な現場条件と比較して過酷な条件下で実施されていた可能性がある。

そこで、実橋での施工実態に即した防水層のせん断接着性能評価を行うため、舗装切削撤去後の床版上に残った切削痕性状の実態調査を行い、3章で実施するせん断接着試験の試験条件に反映させることとした。

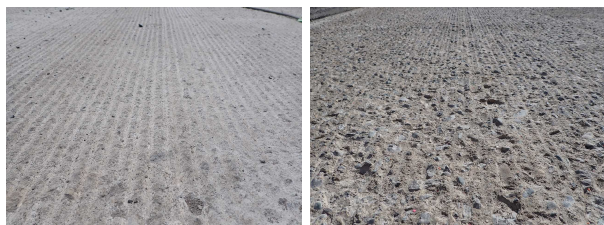
(2) 調査方法

北海道開発局が管理する道路橋のうち、令和5年度に床版防水工を実施する橋梁2橋（C橋、D橋）を抽出し、舗装切削撤去後の床版上において、サンドパッチング法³⁾によるきめ深さの計測を実施した（写真-2）。きめ深さは面の粗さを表す指標であり、数値が大きいほど面が



(a) 砂の敷き広げ (b) 直径の計測

写真-2 きめ深さの計測状況



(a) C橋 (b) D橋

写真-3 舗装切削撤去後の床版表面の状況（例）

粗い（凹凸が大きい）ことを意味する。1 橋当たりの調査箇所数は3箇所とし、大型あるいは小型切削機による舗装撤去を行った範囲から、目視により切削痕の発生を確認できる箇所を選んで調査を実施した。

(3) 調査結果

図-1 にきめ深さの計測結果を示す。図中には、過年度に実施した実橋（A 橋、B 橋）での調査結果²⁾、および、寒地土木研究所角山実験場内の屋外防水工ヤードに設置した切削面での調査結果²⁾を併せて示す。また、図中の破線は、既往試験で対象にしたきめ深さの範囲（2.2～2.3mm）を表す。

C 橋におけるきめ深さは1.38～1.78mmの範囲にあり、平均は1.60mmであった。A 橋、B 橋、防水工ヤードにおける計測結果と比較すると、同一構造物内でのばらつきがやや大きくなったものの、計測結果に大きな乖離はなく、C 橋における切削痕性状は過年度の調査対象と概ね同程度であったと考えられる。

一方、D 橋におけるきめ深さは2.43～2.64mm（平均2.51mm）であり、他の計測結果と比較して、明らかに床版上の凹凸が顕著であることがわかる。D 橋では、床版上を遠望目視した限り、凹凸が顕著な様子は見受けられなかったが、表面に接近するとコンクリートの粗骨材の露出が顕著である様子が観察され（写真-3）、こうした表面に発生する局所的な凹凸が、きめ深さを大きくする原因になっていたと考えられる。

以上を総合すると、北海道開発局が橋梁補修工事で実施する防水工では、きめ深さ1.3～1.8mm程度（平均1.5～1.6mm程度）の切削面が標準的な防水層の設置面となっており、現場によってきめ深さが2.6mm程度に達する場合があると考えられる。すなわち、既往試験で設定した切削痕性状（きめ深さ2.2～2.3mm）は、実施工に

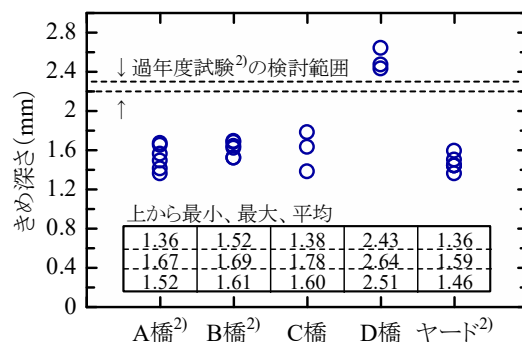


図-1 きめ深さの計測結果

において十分に想定し得る条件であるが、標準的な切削痕に対して凹凸程度が大きいものであったと言える。

3. 舗装切削痕性状の違いに着目した防水層の接着性能の評価

(1) 概要

2 章で把握した橋梁補修工事における切削痕性状を反映した防水層供試体を製作し、道路橋床版防水便覧⁴⁾（以下、防水便覧）に準ずるせん断接着試験を実施した。なお、著者らはこれまでに、防水層の接着性能を確保するために防水材塗布量の管理が必要であることを指摘しており²⁾、本試験では、切削痕性状に加えて防水材塗布量を試験パラメータに設定することで、切削痕性状と防水材塗布量の組合せに応じたせん断接着性能低下を検証する。

(2) 試験方法

a) 使用材料

試験には、防水便覧を参考にして製作した平板供試体を使用した。コンクリートにはJIS A 5371のI類に規定する普通平板（略号：N、呼び300）を、防水層にはAs防水層を、舗装には令和5年度北海道開発局道路設計要領⁵⁾（以下、道路設計要領）における標準的な基層材料である細密粒度ギャップアスファルト混合物13F55（ポリマー改質アスファルトII型）を使用した。

b) 試験ケース

表-1 は試験ケースの一覧であり、本試験では、防水層設置面の状態と防水材の塗布量を供試体パラメータにしている。防水層設置面の状態は、平滑面と切削面の2種類に大別し、切削面においては、現地調査結果を基に3水準の凹凸程度（きめ深さ目標値1.3mm、1.8mm、2.3mm）を設定した。防水材の塗布量は、使用した防水層の施工要領書を基に、標準量の1.0倍（1.2kg/m²）、1.7倍（2.0kg/m²）、3.0倍（3.6kg/m²）に設定した。なお、ケースS-0.0-1.2、C-2.3-1.2、C-2.3-2.0、C-2.3-3.6は、過去に実施した試験結果²⁾を再掲するものである。

平滑面を対象にしたケースでは、表面を研掃したコンクリート平板上に防水層を、切削面を対象にしたケース

表-1 試験ケースの一覧

ケース名※1	コンクリート			防水層		舗装	供試体数
	表面種類	きめ深さ (mm)		種類	目標塗布量※2 (kg/mm ²)		
		目標	実測				
S-0.0-1.2	平滑	—	—	アスファルト 加熱型 塗膜系	1.2	細密粒度 ギャップ アスファルト 混合物 13F55 (改質Ⅱ型)	3
S-0.0-3.6					3.6		3
C-1.3-1.2	1.3	1.26	1.2		3		
C-1.3-2.0		1.26	2.0		1		
C-1.3-3.6		1.32	3.6		3		
C-1.3-3.6		1.23	3.6		1		
C-1.3-3.6		1.32	3.6		3		
C-1.8-1.2		1.8	1.81		1.2		3
C-1.8-2.0			1.76		2.0		1
C-1.8-2.0			1.81		2.0		3
C-1.8-3.6	1.76		3.6		4		
C-2.3-1.2	2.3	2.20	1.2		3		
C-2.3-2.0		2.30	2.0		3		
C-2.3-3.6		2.30	3.6		3		

※1：ケース名は、先頭のアルファベットから順に、防水層設置面の種類（S：平滑、C：切削）、防水層設置面の目標きめ深さ（平滑面は0.0mmで表現）、防水材の目標塗布量を表す。

※2：使用した材料の施工要領書に記載された標準塗布量は1.2kg/m²である。



(a) C-1.3-1.2



(b) C-1.8-1.2



(c) C-2.3-1.2

写真-4 防水層設置面の状況（例）

では、定置式切削装置を使用して切削痕を設けたコンクリート平板上に防水層を設置した。写真-4には、防水層設置面（切削面）の例を示す。

防水層は、コンクリート表面温度 23℃、含水率 2%程度の条件で、プライマー、防水材、養生砂（4号珪砂）の順に塗布または散布した。プライマーおよび養生砂の使用量は、防水材の塗布量によらず施工要領書に記載の標準量としている。

舗装の転圧にはローラーコンパクタを用い、締固め密度は、マーシャル安定度試験における基準密度の 100±1%とした。なお、切削面を対象にしたケースでは、転圧方向をコンクリート表面の切削方向に一致させた。

c) 載荷方法

せん断接着試験は、防水便覧に準拠して、試験温度 23±2℃、載荷速度毎分 1mm の条件で実施した。切削面を対象にしたケースでは、載荷方向をコンクリート平板表面の切削方向に一致させている。

(3) 試験結果

a) きめ深さの影響

図-2 に、防水材塗布量別に、せん断接着強度ときめ深さの関係を整理した結果を示す。なお、本試験では、全ての供試体が防水材の材料破壊によって破壊に至って

いた。図より、防水材塗布量を一定にした場合、切削痕における凹凸程度が大きくなったとしても、きめ深さ 1.8mm 程度までであればせん断接着強度は低下せず、塗布量を標準量（1.2kg/m²）やその 1.7 倍（2.0kg/m²）としたケースでは、接着強度が改善される傾向も見られている。一方、きめ深さ 1.8mm を超えると接着強度の急激な低下が見られ、目標きめ深さ 2.3mm のケースでは、塗布量 1.2kg/m²とした場合の一部の供試体を除き、せん断接着強度が道路設計要領に規定される試験温度 23℃での規格値（0.15N/mm²）を下回る結果となった。

以上のような接着強度の増減が生じた原因については詳細な検証が必要であるが、ここでは、せん断接着性能の影響要因として「切削面に生じた細かい凹凸と防水層の噛み合わせによるせん断抵抗の増加」と「防水材塗布量の増加によるせん断抵抗の減少（次項で後述）」があり、両者のバランスが防水層としてのせん断接着性能を決定したものと推察している。

b) 防水材塗布量の影響

図-3 に、切削面の目標きめ深さ別に、せん断接着強度と防水材塗布量の関係を整理した結果を示す。図より、平滑面を対象とした場合には、防水材塗布量によらずせん断接着強度が概ね一定となったのに対して、切削面を対象とした場合には、いずれのきめ深さにおいても、防

水材塗布量の増加に対してせん断接着強度が線形的に低下することがわかる。目標きめ深さ 1.3mm および 1.8mm のケースでは、防水材塗布量 3.6kg/m² までの範囲において、せん断接着強度が規格値を満足したが、接着強度低下の傾向からは、防水材塗布量が 5.0kg/m² 程度（標準量の 4.2 倍）に達すると規格値を満足しなくなることが推察される。また、目標きめ深さ 2.3mm のケースでは、前述のとおり防水材塗布量によらずせん断接着強度の規格値がほとんど満足されないと考えられる。

(4) せん断接着性能確保のための施工・品質管理上の留意点

上記の試験結果を踏まえ、舗装切削痕が残る床版上に設置した As 防水層のせん断接着性能や、せん断接着性能を確保するための施工・品質管理上の留意点を、以下にまとめる。

- ・床版上の舗装切削痕は、必ずしも防水層のせん断接着性能の低下をもたらすものではなく、きめ深さ 1.8mm 程度までであれば、極端に過剰な量の防水材が塗布されない限り、平滑面に設置した場合と同等のせん断接着性能を確保できる。すなわち、橋梁補修工事における標準的な切削面上に、使用材料の施工要領書に規定される標準的な量の防水材を塗布していれば、道路管理者が規定する接着強度の規格値を十分に満足すると考えられる。
- ・一方、切削面のきめ深さが 1.8mm 程度以下であっても、防水材を過剰に塗布した場合には、せん断接着性能の規格値を満足しなくなる。橋梁補修工事では、橋面全体にわたって過剰量の防水材を塗布していなくとも、塗布ムラによって、局所的に過剰量が塗布された状態に陥る可能性があるため、留意が必要である。
- ・切削面のきめ深さが 2.3mm 程度に達している場合には、標準的な量の防水材を塗布しても、道路管理者が規定する接着強度の規格値を満足しない可能性が高い。そのため、橋梁補修工事においては、舗装切削後の床版上の状態を把握するとともに、その状態によっては、不陸修正等の接着性能の改善措置を講じる必要がある。

以上の知見は、あくまでせん断接着性能の観点で防水層の性能を評価して得たものである。本稿の試験が、必ずしも防水層の性能を総合的に評価したものではないこと、また、道路管理者が規定するせん断接着性能を確保するという理由で、舗装切削痕を残した状態での防水層設置を推奨するものではないことに留意されたい。

4. おわりに

本稿では、舗装切削痕が残る床版上に設置した防水層を対象に、切削面のきめ深さ（凹凸程度）に応じたせん

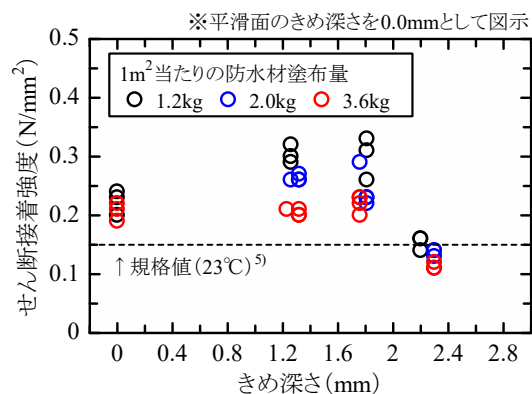


図-2 せん断接着強度ときめ深さの関係

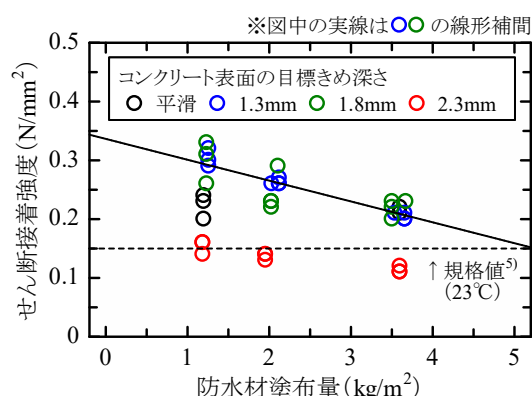


図-3 せん断接着強度と防水材塗布量の関係

断接着強度低下を検証し、せん断接着性能確保のための施工・品質管理上の留意点を示した。

現在、切削痕性状や防水材塗布量が防水性能などの他の要求性能に及ぼす影響について、検証試験を進めているところである。今後、これらの結果を取りまとめるとともに、既設床版に設置する防水層の品質改善に向けた管理項目や管理方法の提案に繋げていきたい。

謝辞：実橋における舗装切削痕性状の調査に当たり、旭川開発建設部富良野道路事務所および留萌開発建設部留萌開発事務所にご協力いただきました。ここに付記し、関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 米来哲之、豊田雄介、田中敏弘：既設橋における床版防水工の課題と対応、第 10 回道路橋床版シンポジウム論文報告集、pp281-284、2018。
- 2) 角間恒、仁平陽一郎、畠山乃、山澤文雄：既設床版に適用する防水層の接着性能低下および防水工の施工実態の調査、寒地土木研究所月報、No.846、pp.24-30、2023。
- 3) 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧、2019。
- 4) 日本道路協会：道路橋床版防水便覧、2007。
- 5) 北海道開発局：令和 5 年度 北海道開発局 道路設計要領、2023。