

保全における床版防水の課題

(株)高速道路総合技術研究所 正会員 松井 隆行
(株)高速道路総合技術研究所 非会員 後藤 昭彦

1. はじめに

NEXCO では、平成 22 年 4 月にコンクリート床版のより確実な耐久性の向上を目的に、施工時の影響や供用後の影響などを考慮した新たな床版防水の基準を制定し、現在では、大部分の新設橋梁において採用されてきている。また、保全における維持補修の橋梁においても、逐次、新基準に適合する床版防水を施工してきているが、現場において様々な課題が明らかになってきている。特に舗装の切削作業時に既設コンクリート床版面を損傷させてしまうこともあり、それらの損傷が橋梁本体や床版防水へ与える影響なども危惧されている。本文は、これら保全における床版防水の材料・施工に関する課題と NEXCO の動向について述べるものである。

2. 保全の現場における床版防水の施工の流れ

既設床版における床版防水の工事は一般的に下記の流れで実施される。

2.1 交通の規制

高速道路上で作業等を実施する場合には、一般の交通を規制し作業スペースを確保することとなる。交通規制には、日々解放規制、昼夜間連続規制、通行止め規制などの種類があり、交通量などの路線特性等を考慮し規制の種類や規制時間帯が決定される。規制時間帯については、交通規制の実施による渋滞発生を避けるため、重交通路線では、夜間に交通規制を行うことが多く、外気温の低下や施工騒音などが作業工程や材料選択に影響を与える場合がある。

2.2 舗装の切削・除去

交通規制後、直ちに既設舗装の切削、除去作業が行われる。切削に際しては一般的に大型切削機が用いられ、15 mm 間隔で配置された鋼製ビットを回転させ切削していく。切削作業については、コンクリート床版面を損傷させないように慎重に行うこととなる。また、コンクリート表面に残存するアスファルト塊については、小型バックホウや人カブレーカーなどにより丁寧に除去することが一般的である（写真-1）。舗装の除去後は大型スーパー車等により、切削粉じん等を清掃・除去する。



写真-1 バックホウによる
舗装除去作業

2.3 床版防水層の施工

既設舗装の切削・除去・清掃が完了した後に、床版防水層を施工する。高性能床版防水については、一般的に下地床版面の処理、樹脂系プライマーの塗布、防水層、舗装接着層の施工（防水材料の種類に応じて必要）、舗設といった流れで施工される。

2.4 舗装の施工

防水層の施工完了後は速やかに舗設作業が行われ、基層に砕石マスチック舗装を 4 cm 程度、表層に高機能舗装 4 cm が舗設される。基層の舗設作業は床版防水層の直上に舗設され、一般的には合材温度が 160 程度で敷き均し作業が行われる。

2.5 交通の解放

舗設が完了すると、舗装が解放可能な温度まで低下するのを待って、交通規制を解除することとなる。補修工事では、これら一連の作業を与えられた作業時間内に行うこととなる。

3. 補修工事での課題

3.1 舗装切削作業の影響

舗装切削作業は、既設コンクリート床版面を損傷させないよう慎重に施工することとしているが、既設床版の仕上がり面の形状によっては、不慮の事象としてコンクリート床版面を部分的に削ってしまうこともある。このような切削作業の影響によってコンクリート床版面に凹凸損傷が発生することもある(写真-3)。



写真-3 床版切削による凹凸損傷

凹凸損傷は切削ビットの形状より幅 15mm で高さ約 5mm 程度の形状を成している。凹凸形状の表面は、切削の衝撃により微細なひび割れが生じていることがあり、表面強度の低下が危惧され、付着性能に影響を与える可能性がある。また、凹凸面を処理せずに防水層を施工すると塗膜系防水では膜厚が確保されがたいことや、シート系防水では施工中にエアを介在し易くなり、膨れ損傷の原因となる。

3.2 既設床版面の変状

防水層を設置する既設コンクリート床版面は、既設舗装を丁寧に除去しても様々な変状等が内在している。それら変状の中でも、舗装除去後に残存するタックコート(写真-4)は床版面を被膜した状態で樹脂プライマーの含浸を阻害し、付着性能に影響を与えることとなる。また、樹脂系プライマーの種類によっては既存タックコートをカットバックさせ樹脂プライマー性状が変質し、付着性能などの低下も危惧される。



写真-4 残存するタックコートの状況

その他に、コンクリート表面の穴・くぼみ、建設当時の床版コンクリート打設時に用いられたと思われる段取鉄筋の露出、供用期間中に生じた床版面のひび割れや劣化コンクリートのはく離・砂利化なども内在し、これらの変状は床版防水層の品質性能(防水性、付着性、耐久性など)に影響を与えることから、樹脂モルタルや樹脂プライマーなどにより補修を行うなど、適切な措置が必要となる。(写真-5, 6)



写真-5 段取鉄筋の露出



写真-6 床版面のひび割れ

4. 試験施工の結果

NEXCO では、保全の床版防水の施工時の課題解決に向けて、模擬床版を用いた試験施工や要素試験(室内)を行い諸事項について検証した。

4.1 既存タックコートが与える付着性能への影響

要素試験としてタックコートの残存した供試体を作製し、引張接着試験を行い既存タックコートが防水層に与える影響を検証した。なお、引張接着試験においてはタックコートの残存率と試験温度(5, 23, 50)を変化させ実施した。

試験結果(図-1)より、床版面に残存した既存タックコートは床版防水層の付着性能を低下させ、

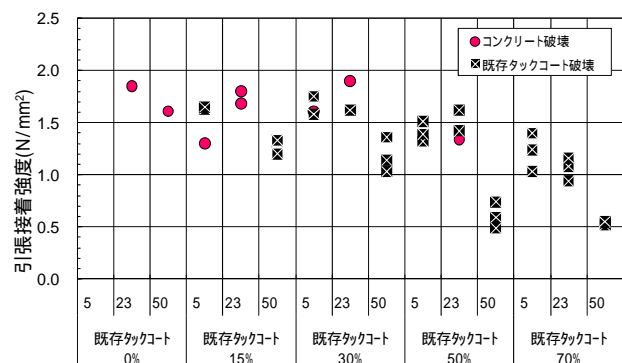


図-1 既存タックコートの影響

特に高温時(50℃)においては熱可塑性樹脂であるタックコートは強度が著しく低下し、防水層の付着性能に影響を与えることが判った。また、試験過程において、樹脂プライマーの種類によっては、タックコートを溶解しプライマー性状が変性する材料も存在することも判明し、それらの材料については耐久性の低下も危惧された。

これらのことから、床版面に付着した既存タックコートについては適切に除去する必要があるといえる。

4.2 スチールショットブラストが表面性状に与える影響

スチールショットにより既存タックコートを除去することが付着性能を確保するためには必要であるが、スチールショットによるコンクリート表面性状への影響について検証した。スチールショットの照射密度とコンクリートの圧縮強度の関係(図-2)より、圧縮強度が低いほどコンクリート表面の粗さは大きくなる。また、スチールショットの照射密度についても上昇させるとコンクリート表面の粗さは大きくなる傾向であった。

このことから、現地においてスチールショットを行う場合には、圧縮強度を 24N/mm²程度と仮定するとスチールショットの照射密度は概ね 100kg/m²以下であれば、表面粗さが 1.0 mmを下回ることから適当と考え、現地コンクリート強度のばらつきなどを考慮し、50kg/m²で照射し、既存タックコートが残存した場合には部分的に 2 回研掃を行うことで対応可能と考えられた。

模擬床版を用いて検証した結果(図-3)では、大型切削機で切削した床版面では表面粗さ(CTメータ)が 1.7 mmであり、バックホウで丁寧に舗装除去した場合の 0.6 と比較し約 3 倍の粗さとなっている。また、スチールショットを行うことで切削凹凸が改善されることを期待していたが、凹凸の平均値を計測する CTメータのデータからは改善効果は見受けられなかった。しかしながら、型取りゲージによる最大凹凸の計測結果では SS 処理前と処理後(SS50)とでは約 40%程度の改善効果が見受けられた(図-4)。これは、切削凹凸には方向性があることから、全方向に対して平均値を算出する CTメータ計測やサンドパッチング法では切削凹凸形状を適切に評価することが困難であり、切削凹凸に直角に計測する型取りゲージ計測が切削凹凸形状を適切に捉えていることによると考えられる。

上記より、切削凹凸面にスチールショットブラストを行うことで、飛躍的な改善効果は期待できないものの、大きな凹凸を除去することは可能であることが判った。

4.3 切削凹凸が与える付着性能への影響

大型切削機の切削ビットの衝撃により、床版コンクリート面には微細なひび割れ(マイクロクラック)が発生し、コンクリートの引張接着強度を低下させる。よって、要素試験においてマイクロクラックの発生状況を観察すると共に、引張接着試験により付着性能への影響を検証した。

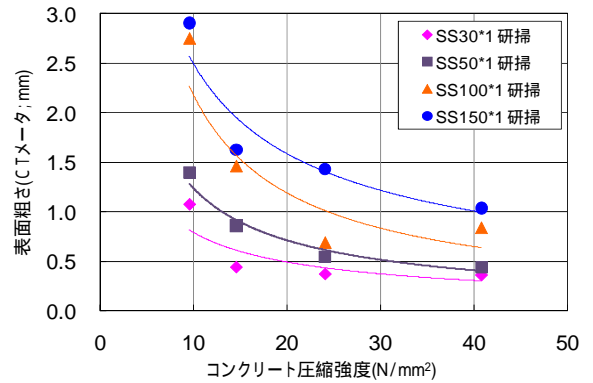


図-2 表面粗さと圧縮強度の関係

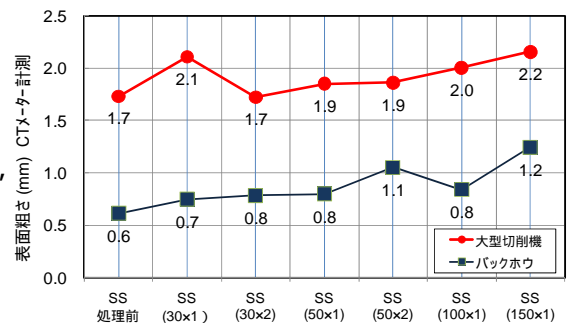


図-3 表面粗さ(CTメータ)とスチールショット

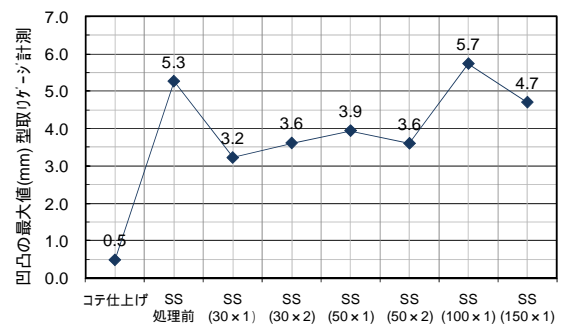


図-4 表面粗さ(型取りゲージ)とスチールショット

大型切削機によるマイクロクラックの発生状況は、切削後採取したコンクリートコアに蛍光エポキシ樹脂を真空含浸させ目視観察する方法により検証した。目視観察の結果、大型切削機で切削した面には一様に数ミリの脆弱層が存在し、部分的には骨材の裏面までひび割れが発生していることを確認した。(写真-7)

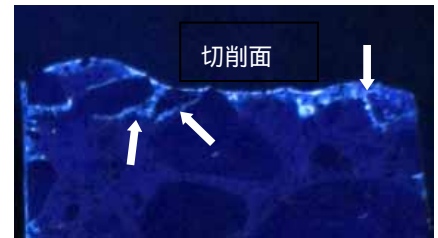


写真-7 マイクロクラック発生状況

引張接着試験は、樹脂プライマーの影響を評価するために、切削面に樹脂プライマーを塗布した床版面と、塗布していない床版面で実施した。また、表面の処理程度を検証するためにスチールショットの照射密度を変化させ実施した。図-5より大型切削機により切削した面ではプライマー無しで、 0.86N/mm^2 であり基準値 (1.2N/mm^2)を大きく下回る結果となった。また、切削面をスチールショットにより研掃処理を行うことで、付着性能は改善され、照射密度を上げるほど付着性能は上昇傾向にあった。しかしながら、現地床版で同様な検証を行った際には、照射密度を上げるほど付着性能は低下する傾向が見受けられたものも存在した。これはコンクリートの劣化程度(強度)と関係性があると考えられ、引き続き検証が必要である。また、切削面(図-5)およびバックホウ除去面(図-6)ともに、樹脂系プライマーの塗布により付着性能が大きく向上することが確認された。これは、樹脂プライマーがマイクロクラック等に含浸し付着性能を向上させたと考えられた。よって、切削により損傷した部分についても高性能床版防水に用いる樹脂プライマーを塗布することで所定の付着性能を確保することが可能であるといえる。

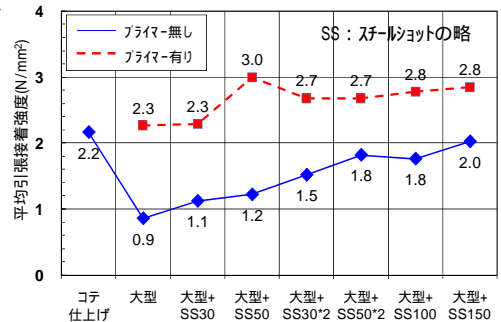


図-5 付着性能へ与える影響 (切削面)

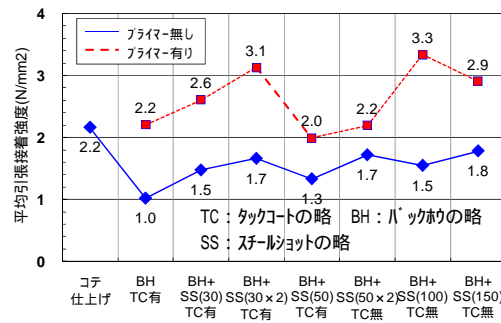


図-6 付着性能へ与える影響 (BH面)

5. おわりに

今回の試験施工、要素試験および現地での試験施工結果等を踏まえ、NEXCOでは、保全の現場において高性能床版防水を施工する際には次の点に留意し施工することとした。既存タックコートは床版防水の付着性能を著しく低下させることからスチールショットブラストにて適切に除去する。照射密度はコンクリート圧縮強度と照射密度の関係より、圧縮強度 24N/mm^2 の床版面で 100kg/m^2 以下とし、既設床版の劣化状態を考慮し 50kg/m^2 を標準とする(写真-8, 9)。誤って床版面を切削した場合などは、スチールショットブラストにより表面の大きな凹凸を除去し、残存する小さな凹凸部分については防水材料により不陸成形を行い対応する。床版下地面については、切削凹凸が無いこと、又は適切に措置されていることを下地処理の検査項目とした。

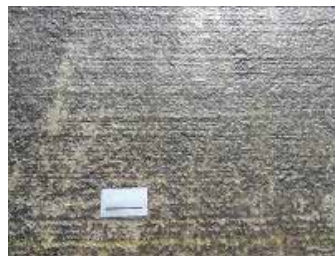


写真-8 スチールショット前 (TC有) 写真-9 スチールショット後 (50 kg 2回)

昨今、橋梁の長寿命化が求められており、高耐久な材料が日々開発されているが、その性能を十分発揮させるためには適切な施工技術や品質管理が必須である。今後とも、新たな材料の施工技術や品質管理手法などについて検証していきたい。