

報告

既設橋における床版防水工の課題と対応

米来哲之*, 豊田雄介**, 田中敏弘***

* 株式会社高速道路総合技術研究所 (〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1)

** 株式会社高速道路総合技術研究所 (〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1)

*** 中日本高速道路株式会社 東京支社 (〒105-6011 東京都港区虎ノ門 4-3-1 城山トラスタワー)

NEXCO では、平成 22 年より長期的な耐久性能を規定した床版防水を標準仕様とし、新設橋においては大部分で採用されている。維持補修を行う既設の橋梁においても同様の基準を採用しているが、既設橋においては作業範囲や時間制約等の施工条件、過去の舗装切削作業跡や部分補修跡等に伴う下地の課題が明らかになっている。本稿では、既設橋の条件に見合った模擬床版を用いた床版防水工の性能確認方法の条件設定について述べる。

キーワード：既設床版, 模擬床版, 切削跡, 高性能床版防水工

1. はじめに

高速道路橋のコンクリート床版は、大型車両の通行による床版の疲労や冬季の路面凍結防止のために散布する凍結防止剤による塩害などにより耐久性が低下するとともに、床版コンクリートの劣化が進行している状況にある。写真-1 に示すような路面にポットホールが発生する原因ともなり、安全な走行に支障をきたすこともある。劣化が著しい場合、床版取替えの必要性が生じる場合もあり、取替え工事の実施に際しては、工事に要する費用のみならず高速道路上での交通規制を長期間に渡って行うこととなり、社会的な影響を生じさせる場合もある。そのため、大規模な更新に至らないよう、床版の健全性を長期間にわたって保持し、適切な床版防水システムを構築することが重要である。高速道路 3 会社（東日本高速道路（株）、中日本高速道路（株）、西日本高速道路（株）（以下「NEXCO」という）では、平成 22 年より長期間にわたり性能を保持できる高性能な床版防水「床版防水グレードⅡ（以下「GⅡ」という）」を標準仕様としている¹⁾。NEXCO では新設橋、既設橋問わず、GⅡを標準としているが、既設橋の床版防水工の施工に際しては新設橋とは異なる条件が多数存在する。

そこで、筆者らは、既設橋へ床版防水工を施工する際の課題について洗い出し、それらの課題から GⅡの性能照査試験に模擬床版による試験施工を追加する必要性があると考えに至った。

以下に既設橋の床版防水工の課題を記述する。

2. NEXCO の床版防水工基準と課題



写真-1 橋面舗装の損傷例

GⅡの性能照査試験に用いる試験体は、道路橋防水便覧に規定されている JIS 規格の普通平板を用いている。

これは、GⅡが平滑なコンクリート床版に施工されることを想定しており、性能を完全に発揮するためには、床版も同様に健全かつ平滑な状態が必要となることを前提としたものである。また既設橋の舗装補修工事での施工時間を考慮した、4 時間以内で床版防水工の施工が完了することを規定した床版防水グレードⅡ（S）（以下「GⅡ（S）」という）の下地処理はスチールショットブラスト（以下「SSB」という）としているが、その場合も用いる普通平板は、平滑な状態である。しかし、新設床版とは異なり、既設床版においては、写真-2 に示すように、①舗装補修時に意図せず切削機により床版が切削されて表面粗さが規定より粗い場合、②橋面舗装を除去した後に残る床版上のタックコートが残っている場合（以下「残存タックコート」という）などがある。ま

た、交通規制下での施工のため、作業エリアが限定されるなど、既設橋の床版防水工の施工現場には施工上の制約条件が存在している。各床版防水工法は施工要領書に基づき、1,000 m²あたりの施工時間を確認しているが、既設橋の場合、終日交通規制が実施できる路線だけでなく、渋滞が生じない時間帯に限定して交通規制を実施する路線もある。そのため、既設橋への床版防水工の適用に向けてはこれまで想定してきた室内での性能照査試験に加え、現場を想定した床版表面に床版防水を施工した際の接着性能、施工時間、品質管理方法の確認を行う必要があると考えた。そこで、屋外の模擬床版上において施工要領書に基づいた試験施工を性能照査試験の試験項目として加えるため、模擬床版の条件について検討を行った。

3. 模擬床版表面の条件設定

3.1 切削凹凸の設定

床版を切削することは、マイクロクラックによって床版防水の接着性能の低下を招くことのみならず、そもそも床版厚が減少することで床版の耐荷性能が低下すること、切削の凹凸部に水が滞水しやすくなり、ポットホールが発生し、舗装の変状を引き起こす要因となるなど、様々な問題を抱えるため、現在はNEXCOにおいては原則として禁止している。しかし、実際に補修橋の床版面を確認すると、過去の施工において切削跡が残っている場合があり、やむを得ず凹凸が発生した場合を想定した条件を設定することとした。模擬床版の構築にあたり、床版表面の凹凸が床版防水層へ与える影響を把握するため、まず、床版を切削することで発生するマイクロクラックの影響に着目した。写真-3に示すように、表面粗さが1mmと2mmとなるように切削機で切削した普通平板を製作し、高浸透性樹脂を塗布した後、ブラックライトを照射した。ここで言う表面粗さとは、サンドパッチング法²⁾によって測定される床版表面の凹凸形状を示す指標である。なお、SSBによる研掃効果を確認するため、一部の平板には切削後にSSBによる研掃処理を行なっている。SSB未処理の場合は、写真-4に示すように、表面粗さに関わらず、平板を切削することでマイクロクラックが発生することが確認された。また、写真-5に示すように、SSBによる研掃処理を行なった試験体についてもマイクロクラックの発生が確認された。

以上から、表面粗さの大小に関わらず、床版を切削することで床版にマイクロクラックが発生し、表面に脆弱層を形成させること、さらにマイクロクラックはSSBによる研掃処理では除去しきれず、下地処理後も床版表面に脆弱層が残った状態となることが確認された。次に、表面を切削機で切削した後、SSBで研掃し、表面粗さを2.0mm程度に調整した普通平板を用いて、床版防水と普通平板の引張接着強度を確認した。試験体の概要を

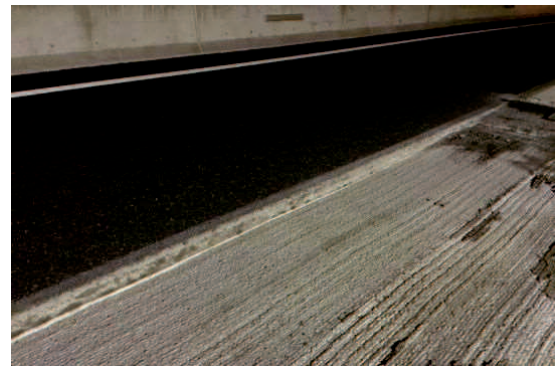
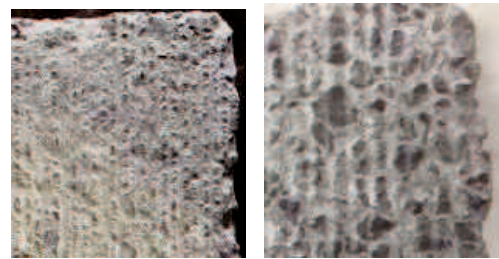
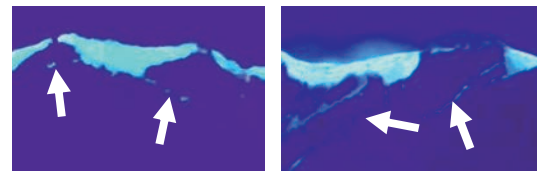


写真-2 床版の切削状況



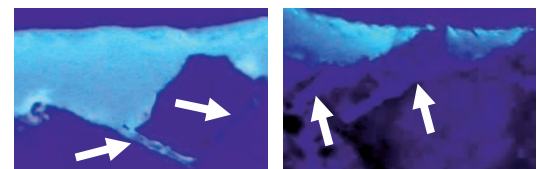
(1) 表面粗さ1mm (2) 表面粗さ2mm

写真-3 マイクロクラック確認用試験体



(1) 表面粗さ1mm (2) 表面粗さ2mm

写真-4 マイクロクラック発生状況 (未処理)



(1) 表面粗さ1mm (2) 表面粗さ2mm

写真-5 マイクロクラック発生状況 (SSB処理後)

図-1に示す。平板表面の凹凸に沿って標準使用量の床版防水を施工した試験体（以下、「標準量タイプ」という）と、床版防水の材料使用量を増加させ、床版防水で表面形状を平滑とした試験体（以下、「増量タイプ」という）、平板表面の凹凸を樹脂モルタルなどの不陸調整材で平滑処理した後に、標準使用量の床版防水を施工した試験体（以下、「平滑化タイプ」という）の3種類を製作し、ホイールトラッキング負荷を与えた。引張接着試験は、ホイールトラッキング負荷を受けた箇所（以下、「走行部」という）と負荷を受けていない箇所（以下、「非走行部」という）において実施し、ホイールトラッキング負荷による影響を確認した。引張接着試験の

結果を図-2に示す。標準量タイプと増量タイプのどちらの場合も、非走行部では管理値 1.2N/mm^2 を満足するものの、走行部では管理値を満足しない結果となった。原因としては、接着面が平滑から凹凸な形状に変わっていることに加え、普通平板に発生したマイクロクラックがホイールトラッキング負荷を受けることで進行し、防水層の剥がれを引き起こしているものと考えられる。

一方、平滑化タイプは、走行部と非走行部のどちらの場合においても、引張接着強度は管理値を満足する結果となった。

また、各試験体の試験後の破断面を確認したところ、標準量タイプと増量タイプは床版防水のプライマー層と平板の界面で破壊している状況が確認されたが、平滑化タイプは平板の母材で破壊する結果となった。

以上から、切削機によって損傷した床版表面に床版防水を施工した場合、供用後の輪荷重による負荷によって、接着性能が徐々に低下し、最終的には引張接着強度の管理値を下回る可能性があることが明らかとなった。

つまり、床版表面に切削痕などの凹凸がある場合は、供用後にポットホールなどの舗装の損傷が発生する可能性があることを示唆している。

次に、既設床版の表面粗さを実橋で調査した結果を図-3に示す。床版が切削されていない平滑面では、表面粗さが $0.38\sim 0.91\text{mm}$ となった。その平均値としては 0.60mm となり、 1.0mm を下回る結果となった。

一方、床版が切削されている切削面では、表面粗さが $1.08\sim 2.27\text{mm}$ と大きくばらつく結果となった。また、その平均値としては 1.71mm となり、 1.0mm を超過する結果となった。これまでNEXCOにおいては、既設床版に床版防水を施工する表面粗さの管理値を厳密には規定しておらず、目安として 1.0mm 程度以下が望ましいとしていた。そのため、床版の不陸なりに床版防水を施工することがこれまでの通例であった。

しかしながら、床版を切削することで、供用後の不具合が発生するおそれがあることから、床版防水工施工前の、表面粗さの基準値を 1.0mm 以下とすることを規定している。既設橋では、不陸調整材などにより、基準値を満足すべく、切削跡や床版の不陸を平滑に仕上げているところではあるが、実橋において、床版全面の表面粗さを確認することは困難である。

よって、模擬床版に再現する表面粗さは実橋調査結果の最大値である 2.27mm を参考に 3mm 程度を設定し、切削機にて切削することを検討している。

3.2 残存タックコートの設定

既設舗装の除去後に、写真-6に示すように、床版面にタックコートが残存する。この残存タックコートは、G IIに使用するプライマーの含浸を阻害し、接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残存タックコートをカットバックさせ

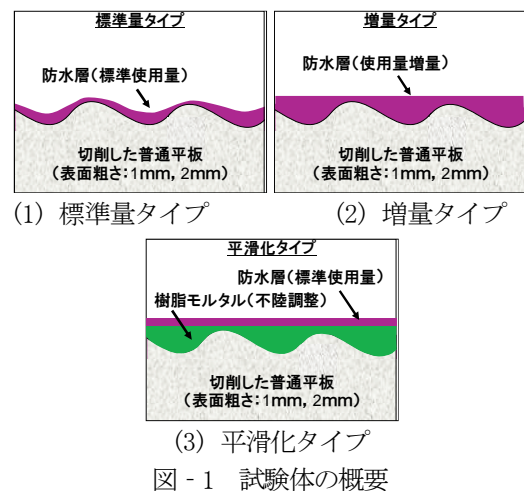


図-1 試験体の概要

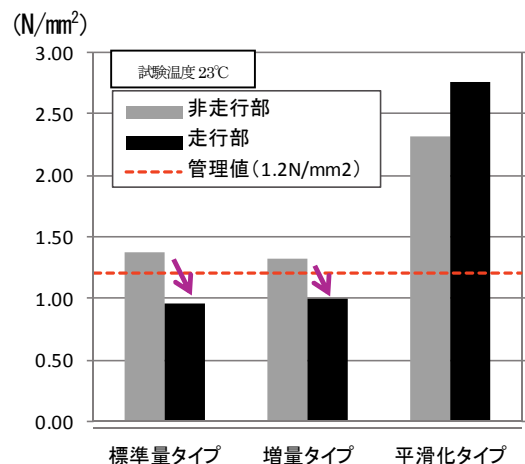


図-2 引張接着試験結果

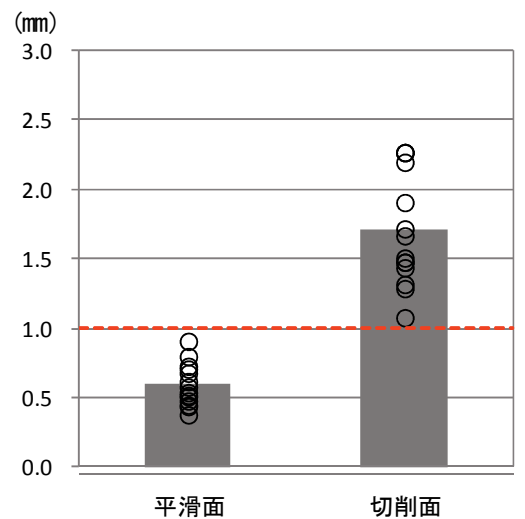


図-3 表面粗さの実橋調査結果

ライマーの性状が変質し、接着性能などの低下も危惧される。引張接着試験においてタックコートの残存率(0%, 15%, 30%, 50%, 70%)と試験温度(5°C, 23°C, 50°C)を変化させ残存タックコートが防水層に与える影響を検証した結果、特に高温時には、15%タックコートが残存した状態であっても、接着性能が低下することがわか

っている³⁾。このことから、残存タックコートは適切にSSBやウォータージェット（以下「WJ」という）による研掃作業で除去する必要があることと規定しているが、厚膜な場合など、部分的にタックコートが除去できないこともある。また、GⅡに用いるプライマーは溶剤系、樹脂系など各工法で異なり、残存タックコートがあっても要求性能を満足している工法も存在する⁴⁾。よって、模擬床版上においても、残存タックコートを再現することが必要であると考え。

3.3 床版面の細孔

RC床版面には微細なひび割れや細孔が存在している。特に既設橋の場合、SSBやWJによる研掃を行うことと規定しているが、研掃を行うことで、床版面に写真-7に示すような細孔や脆弱骨材の抜けが多数存在していることがわかっている⁵⁾。これらに滞留または通水した水分による床版防水への影響を確認するため、模擬床版上においても再現することが必要であると考え、細孔の設定について現在検討しているところである。

4. 模擬床版の試験施工条件

前章の検討結果から、切削跡、残存タックコート、床版面の細孔、比較のため平滑面を再現した模擬床版を図-4のとおり検討している。切削跡の再現については、不陸調整材を用いて表面粗さを1mm以下に設定する場合と、不陸調整材を使用せず再現した切削跡に直接施工する場合の2つのブロックを設定した。また、模擬床版面は、施工日以前の降雨による床版表面の水分や地覆部からの染み出しを想定し、湿潤面と乾燥面の条件を設ける予定である。

既設床版を模擬した屋外での試験施工は、現実の施工条件を再現することが必要であり、試験施工にあたっては、各工法で設定された施工要領書に基づき、現地で適切に施工可能かを評価するため、施工時間の管理、エリアからのみ出し作業の禁止などの施工上の条件についても設定する予定である。

5. おわりに

床版防水の要求性能は、性能照査試験と同様の条件ではじめて発揮される。既設橋で床版防水工を施工する場合、床版の表面形状だけでなく、交通規制時間に代表されるような施工上の制約条件が多く存在し、新設橋に比べはるかに施工が難しくなる。GⅡを施工することのみが優先され、必要な性能が発揮されない状態となれば、床版を延命化させるための床版防水が逆に不具合を助長させる因子となり、床版防水の意図している目的とは異なる結果を招くおそれがある。そのため既設橋に関して現在の性能照査試験に加えて、床版防水工法が既設



写真-6 舗装除去後の残存タックコート



写真-7 床版面の細孔

| | | | | |
|-------------------------------|--------------------|-----|--------|----------|
| 切削跡 (表面粗さ3mm程度) 不陸調整材施工 | 切削跡 (表面粗さ3mm程度) | 平滑面 | 床版面気泡跡 | 残存タックコート |
|-------------------------------|--------------------|-----|--------|----------|

図-4 模擬床版の表面形状（イメージ）

橋の各条件に対応できるか模擬床版を用いた試験施工を実施した上で評価し、施工後の事後評価についても行っていく必要があると考えている。

参考文献

- 1) 設計要領第二集：東日本高速道路株式会社，中日本高速道路株式会社，西日本高速道路株式会社
- 2) 舗装調査・試験法便覧：日本道路協会
- 3) 松井，後藤：保全における床版防水の課題，第20回シンポジウム論文集，プレストレストコンクリート技術協会，H23.10
- 4) 三浦，榎園，橋本，谷倉，豊田，和田：タックコートが残存する既設床版に適用可能な新たな床版防水層の開発研究，第九回道路橋床版シンポジウム論文報告集，pp.23-28，H28.11
- 5) 松井，長谷：床版防水層に生じるブリスタリング現象に関する研究，土木学会第65回年次学術講演会論文集，pp.621-622，H22.9

(2018年7月20日受付)