

報告

防水層の施工に向けた床版上面の処理機械に関する検討

日向 正*, 三浦康治**, 榎園正義***, 谷倉泉****, 宮永憲一*****

* (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第二部 技術課長 (〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154)

** (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第二部 主任研究員 (〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154)

*** (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第二部 研究課長 (〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154)

**** (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第二部 部長 (〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154)

***** (株) 高速道路総合技術研究所 道路研究部 橋梁研究室 研究員 (〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1)

道路橋では、コンクリート床版の耐久性を向上させるために、床版面に防水層が施工されている。既存床版上の舗装や防水層の打替え工事においては、その除去を切削機械や表面処理機械等を用いて行うが、極力、既設床版面を傷つけないように処理することが重要である。本稿は、一般的に用いられている防水層を除去する試験施工を模擬床版で実施し、路面状態に対応した適切な切削機械や表面処理機械の組合せを検討したものである。

キーワード：道路橋床版、床版防水工、防水材料の除去機械

1. はじめに

道路橋のコンクリート床版の補修工事においては、既設床版の耐久性を低下させないために、床版面を極力損傷させないように十分に注意して舗装を撤去しなければならない。また、舗装除去後に残存するアスファルト塊や既存防水層、既存タックコート適切に除去する必要がある。

既存床版の舗装や防水層の打替え工事における舗装および防水層の除去には、通常、NEXCO で管理する高速道路ではアスファルト舗装を路面切削機により床版を傷めない深さ（舗装を1～2cm程度残し）で切削し、残存するアスファルト舗装と防水層は掘削機、表面剥離機および表面処理機械等の機械を組合せて除去している。

本報告では、施工現場で一般的に使用されている機械や他の工事で使用されている機械および新たに開発された機械を使用して、撤去床版および模擬床版を用いたアスファルト舗装・既存防水層除去の試験施工を実施して、路面状態に対応した適切な切削機械や表面処理機械の組合せを検討した。

2. 試験概要

本試験では、維持補修工事において基層アスファルト舗装や既存防水層を除去する適切な機械の組合せを検討するため、以下の試験施工を行った。試験フローを図-1に示す。

①撤去床版(5体)に残存した防水層の除去試験

②模擬床版(8.5×35m)を用いた舗装・防水層の除去試験



図-1 試験フロー

2.1 撤去床版に残存した防水層の除去試験

(1) 試験目的

本試験施工は、中央道の橋梁から撤去された既設床版(5体)を用いて、各種切削・表面処理機械を使用して床版上面に施工された塗膜系床版防水層(アスファルト加熱型)およびシート系床版防水層(加熱溶着型)を新設する防水層への悪影響がない程度まで除去できるかどうか確認する目的で実施した。

(2) 試験条件

試験体として使用した撤去床版については、全てスチールファイバーコンクリート(以降、SFRCと略記)による上面増厚補強後に防水工が施工されている。試験施工では、この床版を使用して残存した防水層の除去試験を実施した。また、床版上のアスファルト舗装(舗装厚75mm)は事前にバックホウ等を使用して除去した。なお、残存した防水層の除去に使用した機械を写真-1に示す(試験条件は表-1参照)。

(3) 調査項目

調査項目は、主として目視観察による舗装・防水層除

去の可否，機械の作業能力，スチールファイバー除去の可否である。



(a) ウォータージェット(F社) (b) 表面研掃機



(c) スチールショットブラスト

写真-1 残存した防水層の除去に使用した機械

(4) 試験結果と考察

試験施工結果を表-1 にまとめて示す。

①目視観察

塗膜系防水層（撤去床版①～③）およびシート系防水層（撤去床版④）は，3社の旋回式ウォータージェット（以降，WJ と略記）のいずれの機種を用いても，除去が可能であった。ただし，塗膜系の撤去床版①～③においてWJ 処理した床版面はスチールファイバー（以降，SF と略記）が毛羽立っており，新たな防水層の施工で

は，SF は防水性能や接着性能に影響を及ぼすことから，このSF の除去が課題となった（写真-2 参照）。

スチールショット（以降，SS と略記）による研掃（投射密度 $150\text{kg}/\text{m}^2 \times 2$ 回）は，鉄球が防水層にめり込んで部分的に防水層が除去できず，SS は防水層を完全に除去することが困難であることが明らかになった。

防水層を切削・研磨する表面研掃機（小型研掃機）による研掃では，平坦部に施工された防水層はほぼ除去できたが凹凸部は困難であった。

②作業能力

WJ の作業能力は，F社，K社が約 $60\text{ m}^2/\text{h}$ ，N社は $25\text{ m}^2/\text{h}$ であり，施工会社（機種）によって能力差が見られた。

表面研掃機による研掃の作業能力は約 $10\text{ m}^2/\text{h}$ と他の機種に比べて小さい。

③スチールファイバーの除去

SF の毛羽立ちが課題となった床版面を床版薄層研削機で切削した。その結果，切削面は平坦でSF は切削・除去されており，本機種はSF の除去には非常に大きな効果が期待できる処理機械といえる（床版薄層研削機の切削面は写真-2 参照，機械は表-2 参照）。



WJ 処理後 → 床版薄層研削機による切削後

写真-2 床版薄層研削機の切削面（処理前と処理後）

表-1 試験条件と試験施工結果（撤去床版）

試験条件					試験施工結果			
防水層の種類	撤去床版番号	施工面積 (m ²)	使用機械	機械の使用条件	目視観察による防水層の除去	作業能力 (m ² /h)	考察	
塗膜系	①	6.45	ウォータージェット	F社	220Mpa	防水層は除去	61.1	<ul style="list-style-type: none"> ・防水層は各社とも除去されている。 ・ウォータージェット処理後の床版面にスチールファイバーが毛羽立つ。 ・作業能力はF社、K社が同程度で、N社は他社より小さい。
	②	6.30		N社	210Mpa	防水層は除去	25.0	
	③	5.88		K社	200Mpa	防水層は除去	60.3	
シート系	④-A	1.10	表面研掃機		切削刃と研磨刃	防水層はほぼ除去 部分的に残存防水層あり	9.3	<ul style="list-style-type: none"> ・防水層はほぼ除去されている。 ・作業能力は小さい。
	④-B	0.93	ウォータージェット	F社	220Mpa	防水層は除去	39.3	
	④-C	0.93		N社	210Mpa	防水層は除去	47.7	
	④-D	0.93		K社	200Mpa	防水層は除去	37.5	
塗膜系／シート系	⑤-A (シート系)	0.74	表面研掃機		切削刃と研磨刃	防水層はほぼ除去 部分的に残存防水層あり	7.1	<ul style="list-style-type: none"> ・防水層はほぼ除去されているが、部分的に残存防水層がある。 ・作業能力は小さい。 ・投射密度を $150\text{kg}/\text{m}^2$ で2回研掃処理しても防水層は残る。 ・鉄球が防水層にめりこみ防水層が除去出来ない。 ※スチールショットブラストによる防水層の除去は困難である。
	⑤-B (塗膜系)	1.18	表面研掃機			防水層はほぼ除去 部分的に残存防水層あり	11.1	
	⑤-C (シート系)	2.00	スチールショットブラスト		投射密度 $150\text{kg}/\text{m}^2 \times 2$ 回研掃	部分的に残存防水層あり	49.5	
	⑤-C (塗膜系)		スチールショットブラスト			部分的に残存防水層あり		

撤去床版の寸法：①～③3体：4.5m × 2.3m、④、⑤2体：4.1m × 1.3m

2.2 模擬床版を用いた防水層の除去試験

(1) 試験目的

本試験施工は、昭和39年道路橋仕様書に準拠して試験ヤードに製作した模擬RC床版(L=35m, W=8.5m)を用いて、既設床版を模擬したアスファルト舗装および防水層(①塗膜系, ②シート系)を各種機械により除去し、その結果に応じてアスファルト舗装や防水層を除去するための機械の組合せを検討した。

(2) 試験条件

使用機械と主な仕様を表-2に示す。また、試験施工のフローを図-2、試験条件を表-3に、模擬床版の断面を図-3にそれぞれ示す。各種施工機械の施工エリアは一次処理が長さ33m×幅2.5m(施工面積:82.5㎡)、二次処理が長さ2.7m×幅2.5m(施工面積:6.8㎡)である。

表-2 使用機械と主な仕様

アスファルト舗装、防水層の除去 一次処理(切削機械)		残存した防水層の除去 二次処理(表面処理機械)	
中型切削機; FM 切削幅: 500mm 切削深さ: 0~280mm 作業速度: 0~25m/min		ウォータージェット; WJ(F社) 最高使用水圧: 245Mpa 最高吐出水量: 30ℓ/分 施工幅: 280mm	
掘削機; バックホウ ・バケット容量: 平積 0.5m³ ・平爪 ツース盤(6枚組)		ウォータージェット; WJ(K社) 最高使用水圧: 245Mpa 最高吐出水量: 28ℓ/分 施工幅: 250mm	
床面剥離機 重量: 1,485kg 全幅: 914mm 移動速度: 147.8m/min (最大) 燃料: プロパンガス		床版薄層研削機; DG 全長: 5,400mm 重量: 9.5t 施工幅: 950mm 最大切削深さ15mm	
		小型研掃機(R社) 研掃幅: 620mm 総重量: 222kg	
		小型研掃機(C社) ①切削機 切削幅: 200mm 総重量: 85kg ↓ ②研磨機 研削径: 25cm 重量: 127kg	

(3) 調査項目

調査項目は、目視観察による舗装・防水層除去の可否、作業能力、表面粗さ(サンドパッチング法)、付着強度(建研式引張試験)である。

(4) 試験結果と考察

1) アスファルト舗装(t=10mm)の除去(一次処理)

①目視観察

各機種によるアスファルト舗装(t=10mm)および防水層除去後の床版面(塗膜系の例)を写真-3に示す。

床面剥離機のスクレーパによる剥ぎ取り、バックホウによる剥ぎ取り、および中型切削機による切削は、アスファルト舗装はすべて除去できた。また、防水層は完全には除去できなかった。したがって、一次処理で残存した防水層は他の機械での除去(二次処理)が必要であることがわかった。

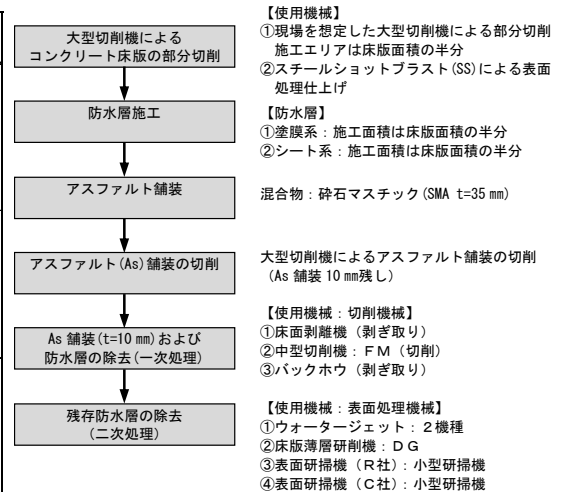


図-2 試験施工のフロー

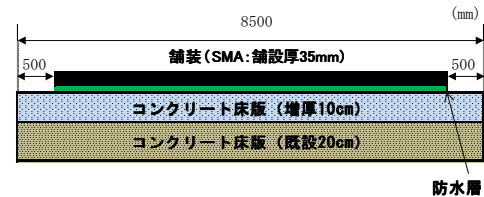


図-3 模擬床版の断面(幅8.5m×長さ35m)

表-3 試験条件(模擬床版)

工区	防水層の種類	床版面	使用機械	
			アスファルト舗装・防水層の除去: 一次処理(切削機械)	残存防水層の除去: 二次処理(表面処理機械)
1工区	塗膜系	①未切削 ②切削	床面剥離機	①ウォータージェット(F社) ②ウォータージェット(K社) ③床版薄層研削機: DG
	シート系	①未切削 ②切削		①ウォータージェット(F社) ②ウォータージェット(K社) ③床版薄層研削機: DG
2工区	塗膜系	①未切削 ②切削	中型切削機	①表面研掃機(R社) ②表面研掃機(C社)
	シート系	①未切削 ②切削		①表面研掃機(R社) ②表面研掃機(C社)
3工区	塗膜系	①未切削 ②切削	バックホウ (ツース盤付)	①ウォータージェット(F社) ②ウォータージェット(K社) ③床版薄層研削機: DG
	シート系	①未切削 ②切削		①ウォータージェット(F社) ②ウォータージェット(K社) ③床版薄層研削機: DG

注) 床版面の切削は大型切削機による切削(凹凸面)

写真-3 一次処理後の床版面



②作業能力

各機種の作業能力を比較して図-4に示す。床面剥離機の作業能力は、シート系防水層において床版が未切削；平坦（175 m³/h）と切削；凹凸（53 m³/h）との違いで作業能力に約3倍の違いが見られた。これは、外気温が高いことが影響して、路面の不陸の大きい施工エリアにおいてタイヤに防水層が付着して滑り、作業効率が低下したことによる。一方、塗膜系では未切削（93 m³/h）と切削（85 m³/h）は路面の不陸の違いによる差は見られなかった。

バックホウの作業能力は、シート系（162,149 m³/h）の方がアスファルト舗装と防水層の不織布をロール状に剥ぎ取ることができて施工し易かったことから、塗膜系（83,93 m³/h）に比べて約2倍の作業能力を示した。

中型切削機の作業能力は83～104 m³/hの範囲であった。

次に、各機種の作業能力を比較すると、塗膜系防水層の場合は3機種ともに、作業能力（83～104 m³/h）に大きな違いは見られなかった。

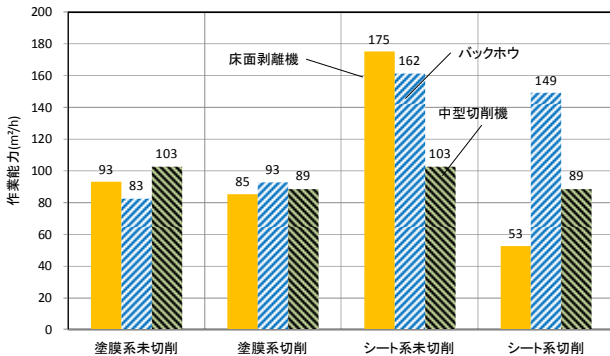


図-4 各機種の作業能力比較（一次処理）

2) 残存した防水層の除去（二次処理）

①目視観察

各機種による防水層除去後の床版面を写真-4に示す。

床面剥離機およびバックホウによるアスファルト舗装、防水層除去後のWJによる表面処理は、2社のWJとも床版面の不陸の違いや防水層の種類に関係なく、防水層が除去できた。したがって、WJは残存した防水層の除去に非常に有効と言える。

また、床版薄層研削機による残存した防水層の切削は、一次処理機械、防水層の種類を問わず、床版面が平坦な場合は防水層の除去が可能であった。一方、床版面の不陸が大きい場合には床版の凹部に防水層等が残存し完全に除去されなかった。この機種は切削深さを調整することで凹部内の防水層を除去できるものと思われるが、不陸が大きい場合には作業能力は低下すると推定される。

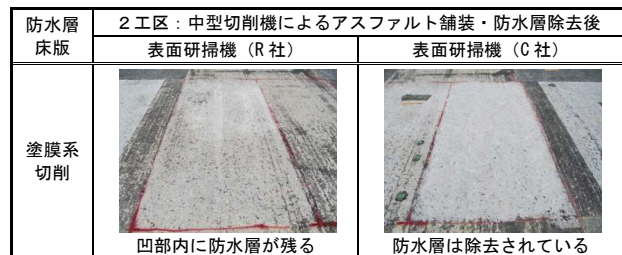
次に、中型切削機による切削後に残存した防水層の除去を表面研掃機（R社）で実施した結果、床版面が平坦な場合は、防水層が塗膜系、シート系いずれにおいても残存防水層はほとんど除去されたが、不陸が大きい場合

は凹部内の防水層、プライマーが部分的に残った。したがって、表面研掃機（R社）による研掃は、床版面が平坦な場合は残存した防水層の除去に有効であるが、不陸が大きい場合は不陸部を削る必要がある、この処理にはさらに時間を要すると考えられる。

さらに、表面研掃機（C社）の①切削機+②研磨機の組合せでは、切削機の切削深さを調整でき、床版面の不陸の程度や防水層の種類を問わず残存した防水層が全て除去されたことから、本機械は残存した防水層の除去に有効であることが明らかになった。



(a) WJおよび床版薄層研削機による二次処理



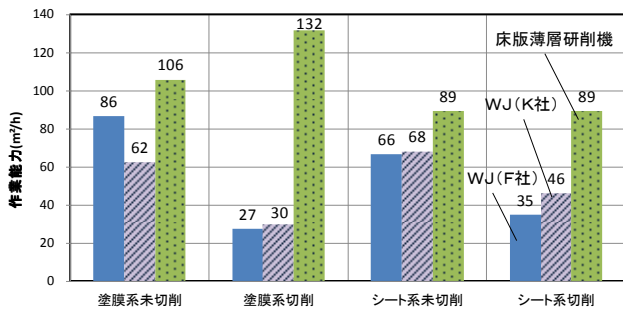
(b) 表面研掃機（R社、C社）による二次処理

写真-4 二次処理後の床版面

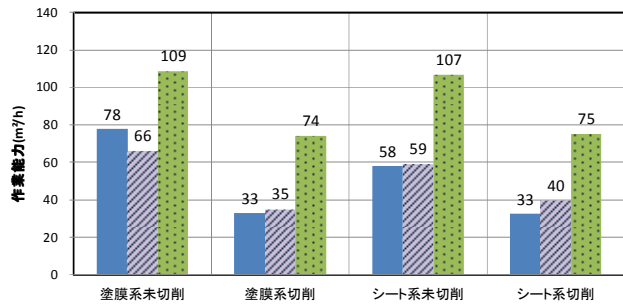
②作業能力

各機種による作業能力を図-5に示す。同図から、同一条件下（床版切削の有無、防水層の種類）におけるWJ（2社）の作業能力は、床面剥離機施工後ならびにバックホウ施工後とも顕著な差は見られなかった。また、WJの作業能力を試験条件で比較した場合、防水層の種類の違いでは能力差は小さいが、床版の切削（凹凸）／未切削（平坦）では作業能力が大きく異なり、切削は未切削に対し1/2ほど作業能力が低下した。

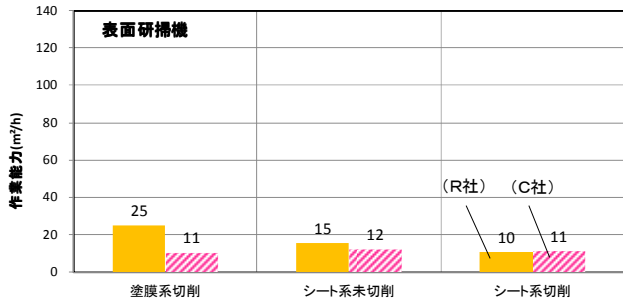
床版薄層研削機の作業能力は74～132 m³/hとなり、WJの27～86 m³/hに比べて、いずれの条件においても作業能力が高い。一方で、表面研掃機（R社）と表面研掃機（C社）の作業能力は11～30 m³/hで、他の機種に比べて小さくなった。



(a) 床面剥離機施工後



(b) バックホウ施工後



(c) 中型切削機 (FM) 施工後

図-5 各機種の作業能力

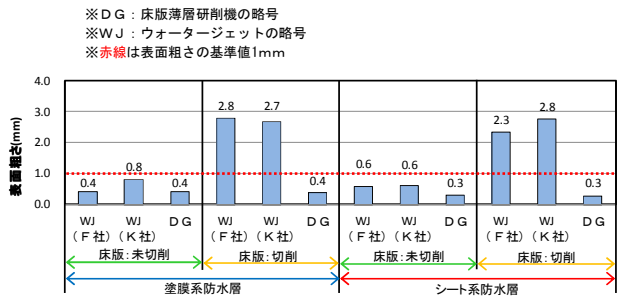
③表面粗さ

サンドパッチング法による表面粗さは各施工エリア内においての代表的な処理面3ヶ所で測定した(写真-5参照)。二次処理後の表面粗さを図-6に示す。

同図より、WJ処理による路面の凹凸は、床版未切削部においては表面粗さの基準値1mm以下を満足していたが、床版切削部では大型切削機で切削した切削溝の深さが影響して基準値を上回っていた。床版薄層研削機の切削は、基準値を満足し、その切削面は平坦で段差もなく仕上げる事ができた。表面研掃機のR社とC社の2機種は、仕上がり面がいずれも平坦で基準値を満足した。



写真-5 サンドパッチング法 写真-6 建研式引張試験



(a) 床面剥離機施工後



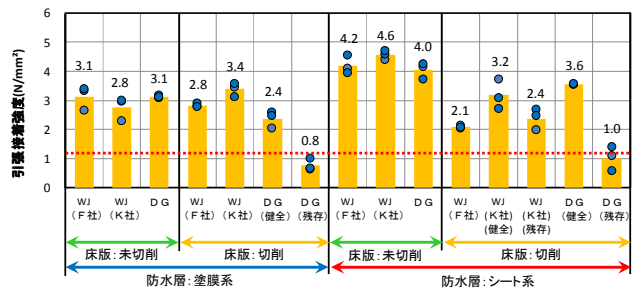
(b) 中型切削機 (FM) 施工後

図-6 各機種の表面粗さ

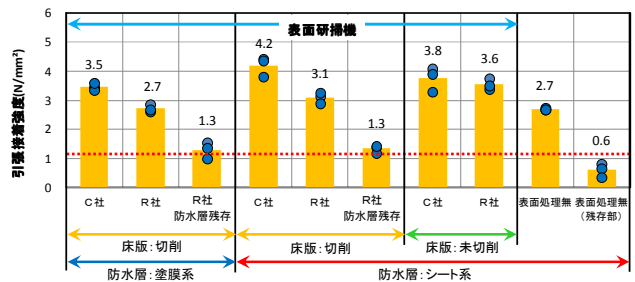
④附着性能

建研式引張試験状況を写真-6に、二次処理後の引張接着強度を図-7に示す。同図より、WJによる残存防水層の処理により、床版の引張接着強度は床版切削の有無や防水層の種類に関わらず、基準値の1.2 N/mm²以上を満足し、WJの処理は附着性確保に対して安定した効果が認められた。床版薄層研削機による切削は、防水層が除去された健全部は附着強度の基準値を満たしていたが、防水層の残存部では基準値を下回った。

また、表面研掃機(R社)の処理は健全部では基準値を満足したが、残存部では基準値を下回っていた。表面研掃機(C社)の表面処理により残存した防水層はほとんど除去され、基準値以上の附着性が確保された。



(a) 床面剥離機施工後



(b) 中型切削機 (FM) 施工後

図-7 各機種の引張接着強度

3. 床版上面の表面処理に適した処理機械

防水層の施工を行うにあたり、床版上面にはアスファルト舗装や防水層が残存しないような表面処理が望まれる。さらに、SFRCを用いた上面増厚床版では、SFを切断した切削凹凸のない上面を構築する必要がある。このような点を踏まえ、以下に一次処理としてアスファルト舗装の除去、二次処理として防水層の除去に着目した適切な処理機械の組合せについて検討した。図-8には一次処理、二次処理およびSF除去に適すると考えられる処理機械の組合せを示し、以下に説明する。

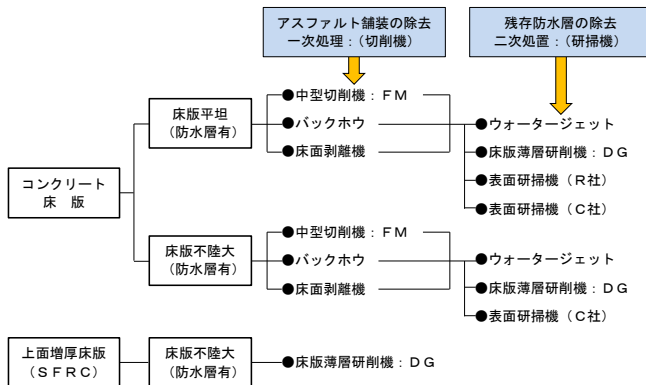


図-8 床版上面の表面処理に適した処理機械の組合せ

(1) 床版が平坦な場合 (過去に路面切削なし)

①一次処理機械 (アスファルト舗装除去)

新設で防水層施工した後にある年数が経過し、舗装や防水層の打替えを行うようなケースで使用するものである。それまでに路面切削が行われていない場合には、バックホウ、床面剥離機が床版を傷めないのが適している。ただし、これらの機械では舗装の撤去には良好な性能を示すが、防水層の薄膜が残る可能性が高い。バックホウについては、必要以上の衝撃をかけると、床版を損傷させることがあるので注意が必要である。

中型切削機も舗装の撤去は十分可能であるが、上面コンクリートの一部を切削する可能性がある。

②二次処理機械 (防水層除去)

WJ、床版薄層研削機および表面研掃機 (R社、C社)のいずれの機械の組合せでも良い結果が得られる。ただし、表面研掃機の2機種は小型研掃機であることから、日当たりの作業能力が小さいことに留意する必要がある。

(2) 床版上面の不陸が大きい場合 (過去に路面切削あり)

①一次処理機械 (アスファルト舗装除去)

過去に大型切削機で舗装を除去した場合に、床版上面に著しい凹凸が生じているケースで使用するものである。基本的には、(1)で述べた床版が平坦な場合に使用できる機械を用いれば同等の効果が期待できる。

②二次処理機械 (防水層除去)

二次処理に用いる機械についても、(1)で述べた床版が平坦な場合と同じ機種を用いることで同等の効果が期待できる。ただし、表面研掃機 (R社)は表面の凹凸がある場合には適用が困難となる。

また、不陸のある床版上面への各処理機械の適用については次のような特徴がある。

- ・WJは、凹凸の著しい表面処理における防水層の除去に極めて有効であるが、処理条件 (水圧等)によっては処理面が荒されることに留意する必要がある。さらに、処理後の表面の乾燥状態や稼働時の騒音についても急速乾燥させる方法の適用や機械周りの防音養生等の配慮が必要である。
- ・床版薄層研削機は、薄層切削となるため不陸が大きい場合には、切削回数が多くなって作業能力が低下すると推定される。
- ・表面研掃機 (C社)は、切削深さを調整できることから、床版面の不陸に影響されずに残存した防水層を除去できるが、小型であるため作業能力は小さい。

(3) スチールファイバー (SF) の除去

本試験施工では、床版薄層研削機のみ適用したが、その結果、良好な成果が得られている。なお、不陸が大きい場合には、床版薄層研削機を用いて何層かに渡って路面切削を行えば、SFを全て切断除去できる。

4. おわりに

既設橋梁の床版防水工における課題の一つとして、舗装および防水層の除去が挙げられる。基本的な防水層の除去方法としては、なるべく床版を削らずに付着を阻害する残存防水層を全て除去することが最も重要である。本文では、舗装や防水層を除去するための機械の組合せを検討し、主に次のことが明らかになった。

- ・アスファルト舗装の除去はバックホウまたは床面剥離機が有効である。
- ・既存防水層の除去はウォータージェットが有効である。ただし、床版上面増厚 (スチールファイバーコンクリート)が施工され、切削跡 (凹凸)がある場合の下地処理 (スチールファイバーの切断)には床版薄層研削機が有効である。

謝辞

本稿で報告した試験施工を実施するにあたり、ご協力頂いた機械メーカー、防水メーカーの関係各位に対し、心より感謝の意を表すものである。

参考文献

- 1) 公益社団法人土木学会: 道路橋床版防水システムガイドライン (案) 2012.6