

論文

床版防水の部分補修における加熱除去方法に関する研究

日向 正*, 三浦康治**, 榎園正義***, 和田吉憲****, 豊田雄介*****

* (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 上席研究員 (〒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 次長 (〒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)

***** (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)

道路橋床版の部分補修においては、舗装や防水層の除去を切削機械やブレーカ、チップ等の工具を用いて行うのが一般的であるが、床版の耐久性を低下させないために、防水層や既設床版面を傷つけないで処理することが極めて重要である。本稿は、部分補修における舗装・防水層の除去方法について、上述の機材とロードヒータとを組み合わせた加熱除去方法を提案するとともに、その効率的な除去を検証したものである。

キーワード：床版防水工，部分補修，舗装・防水層の除去方法，ロードヒータ

1. はじめに

NEXCO が管理する高速道路では、現在、橋梁の長寿命化の観点から、コンクリート床版の耐久性の確保を目的として、高機能な床版防水層（グレードⅡ）が施工されている。ところが、防水層施工時やアスファルト混合物舗設時の供用前や供用後に床版防水層やアスファルト混合物に起因する不具合が報告されており、床版防水層の全層打替えや不具合個所の部分補修が行われている。

部分補修における舗装・防水層の除去には、補修規模が比較的小さい小規模補修（1 m²以下）ではブレーカ、エアチップ（以降、チップと称す）等の工具を用いてのはつり工法で撤去し、これより広い場合の中規模補修（2～10 m²）では、舗装は切削機で除去し（舗装 1cm 程度残し）、残存舗装と防水層はブレーカ、チップ、サンダー等で除去している。

新旧防水層の重ね部は漏水を生じないようにラップさせる必要があり、そのために既設防水層の健全箇所を傷つけないような除去方法が求められている。しかし、従来の工法では大型、小型ブレーカ、チップ、サンダー等の工具の使い分けが決められているわけではない。さらに、補修範囲との境界部および健全な既設防水層上の舗装除去は特に丁寧な施工を行う必要があり、多くの時間を要しているにも関わらず、このような打撃工法では防水層やコンクリート床版表面への損傷を避けることが出来ないのが現状である。

本研究は、施工現場の部分補修における舗装・防水層

の除去で一般的に実施されている切削機械、研掃機械とロードヒータやエアチップ・切削刃を組み合わせた新たな加熱除去方法を考案し、模擬床版を用いた試験施工を実施して部分補修における新たな舗装・防水層の除去方法を提案したものである。

2. 舗装，舗装接着層および防水層の除去方法

従来から実施されている部分補修における舗装・防水層の除去方法は、まず、コアリングにより舗装厚さを確認し、次に補修箇所でロードカッターによる施工範囲の切り込み作業を行ったのち、舗装・防水層はブレーカ、チップ、サンダー、研掃機等ではつり除去して研掃を行っている。

舗装のみの不具合により部分補修（以降、舗装接着層打替と称す）を行うケースでは、舗装接着層を有する健全な防水層の場合、防水層を傷めずに舗装接着層のみ再施工することが求められる。この場合、補修対象とする舗装および舗装接着層を適切に除去する切削・研掃方法を適用することが必要となる。

また、防水層の下層の不具合により部分補修（以降、全層打替と称す）を行うケースでは、床版、ラップ部の防水層を傷めずに防水層を再施工することが求められ、補修対象とする舗装から防水層までを適切に除去する切削・研掃方法を適用することが必要となる。

このようなブレーカ・チップ等を用いた従来方法による舗装～防水層の除去例を写真-1 に、部分補修における舗装接着層打替と全層打替の床版防水の断面構成イ

メージを図-1 に示す。

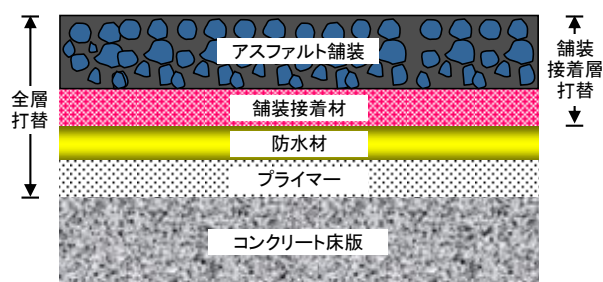


図-1 舗装接着層打替と全層打替の床版防水の断面構成イメージ



写真-1 従来方法による舗装～防水層の除去例

3. 模擬床版を用いた舗装・防水層の除去試験

3.1 試験概要

本試験は、舗装、防水層が施工された既設の模擬床版（長さ 35m×幅 8.5m）において、切削機、ブレード、チップ、サンダー、ロードヒータおよび小型研掃機、ウォータージェット等の種々の機械、器具を用いて舗装～防水層除去の試験施工：その 1 を行い、舗装接着層、防水層および床版に悪影響を及ぼさない程度まで除去ができ、かつ機材が小規模で短時間で部分補修に適用可能な補修方法について確認・検証する目的で実施した。

3.2 試験条件と試験結果

試験条件と試験結果を表-1 に、主な使用機械と工具を写真-2 に、模擬床版の試験ヤード全景と模擬床版の断面（床版～舗装）を写真-3、図-2 に、各種除去方法による処理面の例を写真-4 にそれぞれ示す。なお、試験施工における部分補修の施工規模は中規模補修が 3 m²、小規模補修は 1 m²程度とした。

切削機	小型研掃機(D社)
ウォータージェット：大型(A社)	ロードヒータ
①ブレード、②チップ、③サンダー※	エアチップ・切削刃※※

注) ※サンダー：塗膜剥がし専用ホイールを取付けた工具
※※エアチップ・切削刃：エアチップに塗膜を薄く剥がす刃を取付

写真-2 主な使用機械と工具



写真-3 模擬床版の試験ヤード

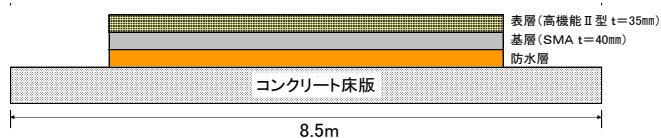


図-2 模擬床版の断面（幅 8.5m×長さ 35m）

表－1 試験条件と試験結果（試験施工その1）

試験条件					試験結果	
試験ケース	補修規模	対象補修区分	除去対象	除去方法	除去方法の評価と留意事項	補修現場への適用性
1	小規模	舗装接着層、全層	舗装	WJ：大型（A社）	・WJは舗装が取りきれず防水層が部分的に破損しており、WJは舗装除去が困難で水処理も必要であることから、舗装除去に適さない。	△
2	小規模	全層	舗装～防水層	ブレーカ、チップバ⇒サンダー	・小規模補修工事で一般的に行われている除去方法で施工実績があり、全層（舗装～防水層）除去が可能である。 ・手ばつりであることから、作業環境が悪く（騒音、振動、粉塵）作業員には苦渋作業である。また、チップバ等の打撃により部分的に防水層や床版上面を損傷させている。	従来方法 ○
3	小規模	全層	舗装接着層～防水層	バーナー⇒エアチップバ・切削刃	・舗装をブレーカ、チップバ等で除去した後、舗装接着層～防水層をバーナーとエアチップバ・切削刃を組合わせて除去する。この組合せにより、従来方法に比べて作業時間の短縮が図られる。	◎
4-1	小、中規模	舗装接着層	舗装	①切削機（As1cm残し）⇒バーナー（H鋼）、ケレン棒	・本除去方法は舗装、舗装接着層除去に有効と考えられる。なお、舗装接着層除去の仕上げはサンダーを使用する。	◎
4-2		全層	舗装接着層～防水層	①⇒バーナー⇒エアチップバ・切削刃⇒サンダー	・本除去方法は、全層除去に有効と考えられる。	◎
5	小規模	舗装接着層	基層	ロードヒータとスコップ、ケレン棒、チップバ（端部）	・本除去方法は、基層の除去に効果的であり、舗装をロードヒータで温めスコップ等で容易に舗装を除去できる。	◎
6	中規模	全層	舗装接着層～防水層	表面切削機（E社：A機種）	・本切削機は適切に防水層の除去が出来ない。また、床版に切削溝が残る。機械設備が大きい。	△
7	中規模	全層	舗装～防水層	ブレーカ、チップバ⇒サンダー	・全層除去に1時間50分を要し作業時間が長い。 ・全作業が手ばつりであることからケース2の従来方法と同様のことが懸念される。	△
8	小規模	舗装接着層	舗装	ブレーカ、チップバ	打撃工法により部分的に防水層が破損した。本除去方法は舗装接着層までの除去は困難である。	△
9	小規模	舗装接着層	舗装	ブレーカ、チップバ（基層1～3cm残し）	打撃工法により部分的に防水層が破損した。本除去方法は舗装接着層までの除去は困難である。	△
10	小規模	舗装接着層	舗装～舗装接着層	表層：ブレーカ⇒基層：チップバ（1～3cm残し）⇒バーナー（H鋼）、ケレン棒⇒舗装接着層：サンダー	・本除去方法は舗装～舗装接着層が確実に除去される。	◎
11	小規模	舗装接着層、全層	舗装	切削機⇒WJ：ハンドガン（A社）	・WJは舗装が取りきれず防水層が部分的に破損しており、WJは舗装除去が困難で水処理も必要であることから、舗装除去に適さない。	△
12-1	中規模	舗装接着層	舗装～舗装接着層	①切削機（As1cm残し）⇒バーナー、ケレン棒⇒サンダー	・切削機＋バーナー＋サンダーの組合せで、接着層まで確実に除去できるものであり、作業時間も1時間30分で終了している。	◎
12-2	小、中規模	全層	防水層	①⇒小型研掃機と床材剥がし機：3機種（C社）	・舗装を切削機で除去した後に、研掃機および床材剥がし機で防水層を除去する方法である。 ・3機種とも機械がパワー不足であり、防水層が適切に除去できない。	△
12-3				①⇒表面切削機（E社：B機種）	・舗装を切削機で除去した後に、切削機で防水層を除去する方法である。 ・機械重量が小さく、防水層が適切に除去できない。部分的に床版を切削する。	△
12-4				①⇒小型研掃機（D社）	・舗装を切削機で除去した後に、研掃機で防水層を除去する方法である。 ・防水層はほぼ除去されているが、サンダー等で端部処理が必要である。本機械は作業能力が小さい。	○
14-1	中規模	舗装接着層	舗装	①切削機（As1cm残し）⇒ロードヒータとケレン棒、スコップ⇒バーナー（端部：H鋼）、ケレン棒、スコップ	・中規模補修において、舗装接着層除去が可能な方法であり、切削機＋ロードヒータ＋バーナーの組合せは手ばつり作業がなく、本除去方法は舗装除去に有効と考えられる。	◎
14-2	小、中規模	全層	舗装接着層～防水層	A法：①⇒バーナー⇒エアチップバ・切削刃 B法：①⇒バーナー⇒電動チップバ・切削刃	・バーナーとエアチップバ・切削刃の組合せは舗装接着層、防水層の除去（剥がし）に適している。	◎
14-3	中規模	全層	舗装接着層～防水層	①⇒小型研掃機（D社）	・舗装を切削機で除去した後に、研掃機で防水層を除去する方法である。 ・防水層はほぼ除去されているが、サンダー等で端部処理が必要である。本機械は作業能力が小さい。	○
15	小、中規模	舗装接着層、全層	舗装	WJ：大型（B社）	・WJは舗装が取りきれず防水層が部分的に破損しており、WJは舗装除去が困難で水処理も必要であることから、舗装除去に適さない。	△
16	小規模	舗装接着層、全層	①舗装接着層 ②防水層	WJ：ハンドガン（A社）	・舗装接着層、防水層への直接除去は可能であるが、水処理を行う必要があり、限られた補修時間からはWJの適用は困難と考えられる。	△

注）WJ：ウォータージェット
チップバ：エアチップバ

補修現場への適用性【凡例】◎：良好
○：可能
△：困難

(a) 舗装～防水層除去：ブレーカ、チップバ、サンダーの組合せ（従来方法）	(b) 舗装の除去（舗装接着層）ブレーカ、チップバの組合せ	(c) 基層除去：ロードヒータ、スコップ、ケレン棒の組合せ	(d) 舗装～防水層除去：切削機⇒ロードヒータ、エアチップバ・切削刃⇒サンダーの組合せ
			
全層が除去されているが、ラップ部（防水層）の一部や床版が損傷	部分的に防水層が破損	基層が適切に除去されている	全層が適切に除去されている
(e) WJ：大型（A社）による舗装除去	(f) WJ：ハンドガン（A社）	(g) 小型研掃機（D社）による防水層の除去	(h) 表面切削機（E社）による防水層の除去
			
舗装が取りきれず、防水層が一部破損	防水層が除去されている	防水層はほぼ除去されているが、端部処理が必要	防水層が適切に除去できない

写真－4 各種除去方法による処理面の例（試験施工その1）

舗装、舗装接着層および防水層を除去した試験施工結果から、小・中規模補修および舗装接着層打替え、全層打替えにおいて、舗装、舗装接着層および防水層の除去に有効と考えられる方法は以下のとおりとなった。

1) 舗装の除去

- ・中規模補修において、切削機による舗装の除去（舗装 1 cm 残し）が有効である。
- ・WJ：大型（A 社、B 社）による舗装除去は、舗装が取りきれず防水層が部分的に破損（写真－4(e)参照）しており、WJ は舗装除去が困難で水処理も必要なことから、このような条件での舗装除去に適さない。

2) 舗装～舗装接着層の除去

- ・小規模補修において、ブレーカ ⇒ チップ ⇒ バーナ ⇒ サンダーの組み合わせは、舗装～舗装接着層の除去が可能な方法であるが、チップによる舗装のはつり厚さ管理が難しい。
- ・中規模補修において、切削機 ⇒ ロードヒータ ⇒ バーナ ⇒ サンダーの組み合わせは、舗装～舗装接着層の除去が可能な方法であり、本除去方法は舗装除去に有効である。

3) 舗装接着層～防水層の除去

- ・中規模補修において、切削機 ⇒ バーナ ⇒ エアチップ・切削刃の組み合わせは、舗装接着層～防水層の除去に適している。
- ・小型研掃機（D 社）は防水層の除去が可能であるが、端部処理が必要であり、作業能力が小さい。また、表面切削機（E 社の A 機種）は研掃幅が 60 cm と広いいため小回りが利かない。さらに、表面切削機（E 社の B 機種）および C 社の表面切削機と床材剥がし機の 3 機種はどの機種も機械のパワー不足であり、防水層が適切に除去できなかった（写真－4(g), (h)参照）。
- ・WJ：ハンドガン（A 社）は、舗装接着層および防水層への直接除去が可能であった。ただし、水処理が必要である（写真－4(f)参照）。

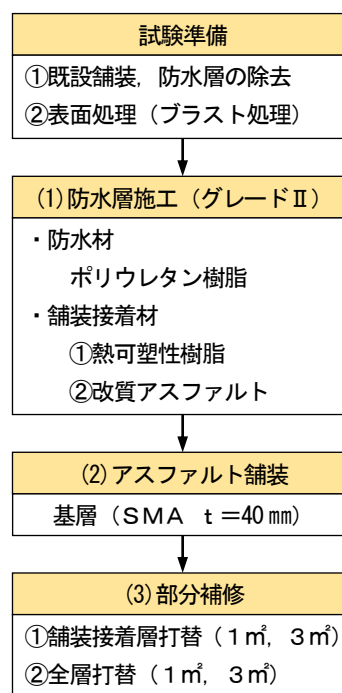
4) 舗装～防水層の除去

- ・ブレーカ、チップ ⇒ サンダーの組み合わせで舗装～防水層の全層を除去する方法は、小規模補修工事で一般的に行われている従来方法で施工実績があり、全層除去が可能である。ただし、打撃工法による手ばつり作業であることから、作業環境が悪く（騒音、振動、粉塵）、作業員には苦渋作業である。また、チップ等の打撃により部分的に防水層や床版面を損傷させている（写真－4(a), (b)参照）。
- ・小規模補修において、ブレーカ ⇒ チップ ⇒ バーナ ⇒ エアチップ・切削刃 ⇒ サンダーの組み合わせについては、舗装をチップ等で除去した後、舗装接着層～防水層除去にバーナとエアチップ・切削刃を組み合わせることにより、従来方法に比べて作業時間の短縮が図れる。

- ・中規模補修において、切削機＋ロードヒータ＋バーナの組み合わせは、舗装接着層除去が可能な施工法であり、手ばつり作業がないため防水層を傷つけることがない。よって、この加熱除去方法は舗装、舗装接着層までの除去に有効である。舗装は、切削機 ⇒ ロードヒータ＋ケレン棒 ⇒ バーナ（端部）により除去できる。次に、バーナとチップ・ピックス刃の組み合わせで、舗装接着層と防水層を除去し、残存した防水層はサンダーで除去する（写真－4(c), (d)参照）。

4. 部分補修の試験施工を踏まえた舗装・床版防水層の除去方法の提案

前章において、舗装、防水層を各種方法で除去した試験施工：その 1 の結果を踏まえ、引き続き模擬床版上に床版防水層（グレードⅡ合格の 2 種類：防水材はウレタン系、舗装接着材は①改質アスファルトと②熱可塑性樹脂）を施工したのち、基層（SMA13）を舗設し、新たに部分補修の試験施工：その 2 を実施した。試験施工のフローを図－3、試験施工状況を写真－5 に示す。



図－3 部分補修の試験施工：その 2 フロー

その結果、部分補修工事における舗装から防水層までの全層除去、さらに、防水層を残してそれより上部の舗装あるいは舗装接着層までを除去する 2 つのケースについて効果的な手法を見出すことができた。

部分補修で提案する効率的な舗装・床版防水層の加熱除去方法を図－4 に示す。同図は、補修規模が比較的小さい場合の小規模補修（1 ㎡以下）と、これより広い場合の中規模補修（2～5 ㎡）の 2 ケースを想定し、それぞ

れ、全層の除去（床版、防水層の不具合）および舗装接着層の除去（舗装のみの不具合）におけるそれぞれの層の除去方法を示したものであり、以下に説明する。

1) 小規模補修（1㎡以下）における舗装接着層の除去

舗装（表層、基層）の除去は、ロードヒータの加熱が効果的であり、スコップやケレン棒で容易に舗装を除去

できた。なお、ロードヒータの加熱時間は今回の試験施工では事前に舗装の加熱除去予備試験を実施した。ロードヒータの加熱時間と舗装除去深さの関係を図-5 に示す。同図から、残存する基層の厚さ 20 mm程度を除去する場合には、ロードヒータのプロパンガス圧力 0.06MPa で加熱時間約 7 分間程度が良好であることがわかった。本試験施工ではこの結果を踏まえて、1 箇所あたりの舗

(1) 防水層施工：グレードⅡ（A社）		(1) 防水層施工：グレードⅡ（B社）	
防水材料（ウレタン系）	舗装接着材（熱可塑性樹脂）	防水材料（ウレタン系）	舗装接着材（改質アスファルト）
			
(2) アスファルト舗装		(3) 部分補修：舗装、防水層除去	
		舗装切削	舗装除去
			
			防水層除去
			

写真-5 部分補修の試験施工：その2 状況



図-4 部分補修における舗装・床版防水層の加熱除去方法の提案

装の状況を見ながら 5～7 分間加熱したが、実際に使用する場合には、外気温等に応じて除去対象の舗装に対する適切な加熱時間を事前に確認して決定する。

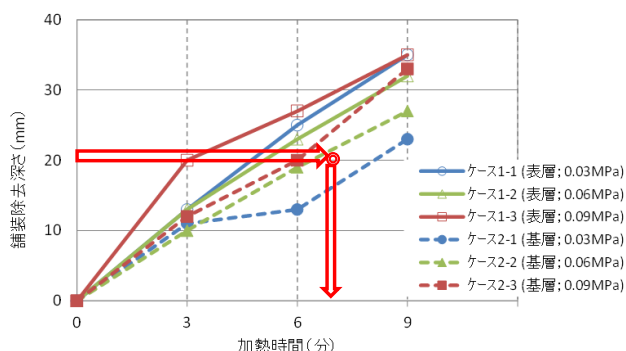


図-5 ロードヒータの加熱時間と舗装除去深さの関係

次に、舗装接着層が改質アスファルトの場合は、舗装のみの除去でよい。これは、タックコートを再塗布しても再接着し、防水層と舗装の十分な接着強度が得られることによる。一方、熱可塑性樹脂の場合には、一度剥がすと再接着しないためウレタンと舗装の付着が期待できないことから舗装接着層までの除去が必要となる。この舗装接着層の除去にはサンダーを用いるのが効果的であった。

2) 小規模補修 (1 m²以下) における全層の除去

全層打替における舗装、防水層の除去は、①ロードヒータ、エアチッパ・切削刃、サンダー等を組み合わせた加熱除去方法が従来のブレイカ、チッパ、サンダー等を組み合わせた従来方法に比べて作業時間が短く効率的であった。ただし、これらの機械、工具等の対応が出来ない場合には、②従来方法でののはつり作業を行うこととなるが、試験施工ではチッパ等の打撃で部分的に防水層や床版面を損傷させていた。

3) 中規模補修 (2～5 m²) における舗装接着層の除去

中規模補修において、切削機による舗装の除去 (舗装 1 cm 残し) は作業時間の短縮に有効であった。続いて、残存した舗装はロードヒータで加熱するとスコップやケレン棒での舗装除去が容易になった。最後に、舗装接着層の除去は、上記の 1) の小規模補修と同様の方法が効果的であった。

4) 中規模補修 (2～5 m²) における全層の除去

全層打替を行う場合には、特に舗装接着層の種類に関係なく、切削機による舗装の除去 (舗装 1 cm 残し) は作業時間の短縮に有効であった。続いて、残存した舗装をロードヒータで加熱し、スコップ等で除去する。舗装接着層～防水層はロードヒータで 1 箇所 2 分程度加熱すると、エアチッパ・切削刃で舗装接着層～防水層を容易に剥ぎ取ることができた。最後に、残存した防水層はサンダーでの除去が効果的であった。

なお、全層除去の場合においては、防水層の損傷部から加熱除去によって溶けたアスファルト成分が床版の上面まで浸入し、床版面にアスファルト成分が付着する可能性がある。床版面にアスファルト成分が残存すると、床版と防水層の接着不良やブリスタリングの発生が懸念されるため、残存した防水層を除去する際の表面処理と同時に、残存したアスファルト成分についても除去する必要があると考えられる。

5. おわりに

道路橋のコンクリート床版は、舗装を介して直接交通荷重を支える部材であり、雨水や凍結防止剤等の劣化因子の浸透による影響を受けやすく、橋梁部材の中でも最も過酷な供用環境にある。これらの劣化因子の浸入を防止するためには、可能な限り耐久性に優れた高機能な床版防水層を施工することが重要である。

床版防水層の部分補修における課題の一つとして、適切な舗装および防水層の除去が挙げられ、舗装接着層打替えおよび全層打替えのいずれにおいても、床版の耐久性を低下させないために、極力、防水層や既設床版面を傷つけないで処理することが極めて重要である。

従来の部分補修における舗装・防水層の除去方法は、一般にブレイカ、チッパ等を用いることから、使用工具の打撃により、防水層や床版面を損傷させる可能性が高いので施工上は細心の注意が必要である。

これに対して、ここで提案しているロードヒータやエアチッパ・切削刃を組み合わせた新たな加熱除去方法は、防水層や床版を損傷させることなく舗装・防水層の除去が可能である。したがって、部分補修における舗装接着層打替えおよび全層打替えのいずれにおいても、本加熱除去方法は極めて有効で効率的な手法になるものと考えている。

参考文献

- 1) 和田吉憲：床版防水の補修方法について，防水ジャーナル，No534，2016 年 5 月号
- 2) 日向正，三浦康治，榎園正義，谷倉泉：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，第八回道路橋床版シンポジウム論文報告集 (平成 26 年 10 月)，pp.163-168
- 3) 日向正，三浦康治，榎園正義，谷倉泉：ウォータージェットを用いた防水層施工前の床版上面の地下処理に関する研究，2014 年度ウォータージェット技術年次報告会論文集 (2015 年 1 月)，pp.79-86
- 4) 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