

第IV編 R C床版の損傷に誘発される鋼部材の腐食

1. はじめに

R C床版の損傷は、官学の研究テーマとして数多くの研究がなされ、その結果、損傷のメカニズムは右図のように考えられている。また、この過程において、路面からの漏水が存在することにより、劣化は著しく加速されることも明らかになっている(文献1)。

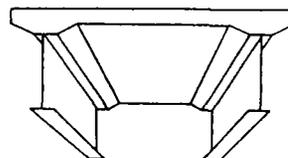
床版上面の水の浸透防止については、昭和47年の道路橋示方書において、防水層を設置する考えが示されている。これ以降、各指針等でも防水層に関する規定が設けられるようになり、昭和62年には、要領的な位置付けとして「道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料」が(社)日本道路協会より出版されている。

現在、新設橋梁では床版上面の防水対策が一般的となっている。これに対して一部の既設橋梁では、その損傷状況から推察できるように、十分な防水対策がなされていないのが現状であると考えられる。

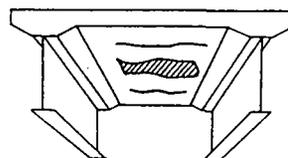
鋼道路橋の場合、床版は主桁等の鋼部材に対して傘の役目もなしている。その床版に漏水等が発生すると、その下の鋼部材に腐食等の損傷を誘発することとなる(文献2)。

ここでは、このような、R C床版の損傷に誘発される鋼部材の腐食事例を収集するとともに、鋼橋の延命化方法のひとつとしてのR C床版の防水対策について、その考え方や事例をとりまとめた。

①版として挙動する初期の段階



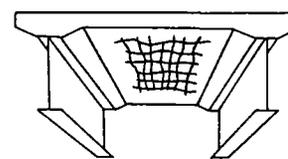
②乾燥収縮クラックの発生により並列の梁状になる段階



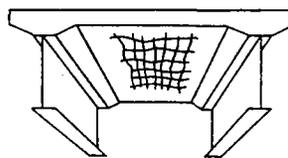
③活荷重により縦横のクラックが交互に発生し格子状のクラック密度が増加する段階



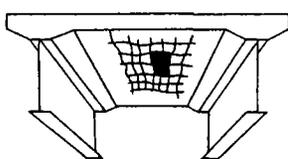
④下面から発生した曲げクラックが移動荷重の影響で上面まで貫通する段階



⑤貫通したクラックの破面同士が摺り磨き作用により平滑化されせん断抵抗を失う段階



⑥低下した押抜きせん断強度を超える輪荷重により抜落ちを生じる段階



2. 損傷状況とその原因

路面からの漏水により誘発されると考えられる鋼部材の腐食損傷、および推察される原因を次頁以降に示す。

文献1：橋梁と基礎 98-6 P47~50
文献2：橋梁と基礎 99-1 P53~58

「R C床版とその損傷 (その2)」
「既存橋梁床版の維持管理 (その1)」

2.1 一般部の腐食

部位	損傷内容	関連写真	損傷原因
主桁 横桁 対傾構	鋼材の膨れや断面減少がみられる。主桁上フランジの床版との接合部に錆汁や断面減少がみられる。	写真-6 写真-7 写真-10 写真-21	<ul style="list-style-type: none"> 床版上面に防水層が無く、床版のひびわれ部や打継ぎ不良部等から路面の水が床版を貫通して漏水する。 連続桁中間支点部上の床版に目地があり、路面からの水が漏水する。 既存の防水層が、通行荷重等による挙動に追従できずに劣化して、床版のひびわれ部や打継ぎ不良部等から路面の水が床版を貫通して漏水する。

2.2 桁端部の腐食

部位	損傷内容	関連写真	損傷原因
主桁端部 端横桁 端対傾構 鋼支承	鋼材の膨れや断面減少がみられる。主桁上フランジの床版との接合部に錆汁や断面減少がみられる。支承ベアリングプレートやフリクションプレートに発錆や断面減少がみられ、移動・回転等の機能が低下している。	写真-1 写真-2 写真-4 写真-8 写真-9 写真-25 写真-26	<ul style="list-style-type: none"> 排水性の伸縮装置の目詰まり等により、桁端部から雨水や路面排水が浸入する。 伸縮装置との境界部で、防水層の端部処理や導水・排水処理が不十分であるために水がまわり、床版のひびわれ部や打継ぎ不良部等から床版を貫通して漏水する。 橋座天端の排水勾配不足や落橋防止装置により、支承部周辺には路面からの土砂等が堆積する。 清掃（維持管理）が不十分である。 桁端部周辺の排水性や通気性が悪いため、湿潤状態が続く。 塗替え塗装時には、作業空間が狭く作業性が悪いため、十分な塗装を行うことが困難である。

2.3 外桁の腐食

部位	損傷内容	関連写真	損傷原因
主桁端部 端横桁 端対傾構 鋼支承	主に外側の上フランジに膨れや断面減少がみられるが、ウェブや下フランジも腐食している場合がある。		<ul style="list-style-type: none"> 水切りの構造が不適切であり、床版張出部から水がまわる。 地覆との境界部で、防水層の端部処理や導水・排水処理が不十分であるために水がまわり、床版のひびわれ部や打継ぎ不良部等から床版を貫通して漏水する。

2.4 トラス腹材の床版埋込み部の腐食

部位	損傷内容	関連写真	損傷原因
トラス腹材の床版埋込み部	鋼材の膨れや断面減少がみられる。腐食によりトラス腹材が破断した事例もある。		<ul style="list-style-type: none"> 滞水や土砂等が堆積する。 寒冷地の場合、冬季に使用される凍結防止剤により塩害を受ける。 清掃が不十分である。 塗装系が不適切である。「鋼道路橋塗装便覧（平成2年6月）」では、一般環境に適用する塗装系として、現場中塗り・上塗りに長油性フタル酸樹脂塗料を用いたA-1およびA-2塗装系を示している。この塗装系は他の塗装系に比べて安価であり、かつ耐候性・耐汚染性・作業性に優れているため、多く使用されている。その反面、耐アルカリ性には劣ることから、床版埋込み部のようにコンクリートに直接接触するような場合には、他の塗装系を選択する必要がある。参考として、下表に主な塗料の性能を示す（文献3）。

塗料の種類	耐食性	耐水性	耐酸性	耐アルカリ性	耐候性	耐熱性 (℃)	作業性		
							はけ塗り性	乾燥性	厚塗り性
油性系塗料	○	△	△	△	○～△	80	◎	×	×
フタル酸樹脂塗料	○	△	△	△	○	80	◎	△	×
シリコンアルキド樹脂塗料	○	△	△	△	◎	80	◎	○	×
フェノール樹脂塗料	○	○～△	○	△	△	80	○	○	△
エポキシエステル樹脂塗料	○	○～△	○～△	○	△	100	○	△	△
塩化ゴム塗料	○	○	○	○	◎～○	60	△	◎	○
塩化ビニル樹脂塗料	○	○	○	○	◎～○	60	△	◎	△
エポキシ樹脂塗料（一般外用）	◎	◎～○	◎～○	◎～○	△	120	△	△	○
エポキシ樹脂塗料（没水外用）	◎	◎	◎	◎	-	-	△	△	◎
タールエポキシ樹脂塗料	◎	◎	◎	◎	×	70	△	△	◎
変性エポキシ樹脂塗料	◎	◎	◎	◎	△	120	○	△	◎
ポリウレタン樹脂塗料	◎～○	◎～○	◎～○	◎～○	◎	120	○～△	◎	○
ふっ素樹脂塗料	◎～○	◎～○	◎～○	◎～○	◎注	120	○～△	◎	○
シリコン変性アクリル樹脂塗料	◎～○	◎～○	◎～○	◎～○	◎注	120	○～△	◎	○
耐熱塗料（シリコン樹脂系）	○～△	△	△	△	○	200～600	△	△	△
有機系ジンク塗料	◎	◎	×	×	-	150	△	○	◎
無機系ジンク塗料	◎	◎	×	×	-	400	△	○	○
ガラスフレーク塗料（エステル系）	◎	◎	◎	◎	△	100	△	○	◎
ガラスフレーク塗料（エポキシ系）	◎	◎	◎	◎	△	100	△	△	◎

評価の基準

◎：非常に良い ○：良い ○～△：やや良い △：やや劣る ×：劣る

注：特にすぐれている。但し、シリコン変性アクリル樹脂塗料の耐候性はふっ素樹脂塗料とポリウレタン樹脂塗料の中間に位置している。

耐熱性について

耐熱性は一般外面における比較的長期使用条件での耐用温度を示しています。

没水環境や薬品浸漬条件におけるものではありません。

文献3：橋梁技術者のための塗装ガイドブック 1993年4月（社）日本橋梁建設協会

3. 要求される性能

これらの損傷（原因）に対する対応としては、以下の項目が考えられる。

- ①橋面防水層の設置
- ②伸縮装置構造の改良
- ③導水管等の設置
- ④水切りの設置
- ⑤塗装仕様の改良
- ⑥桁端部構造の改良
- ⑦橋座部および支承の改良
- ⑧その他

「RC床版の損傷に誘発される鋼部材の腐食」の観点から、路面からの漏水・落水対策である①から④の項目について、要求される性能を検討することとした。

なお、⑤から⑦については、主桁等鋼部材や支承の腐食、とくに桁端部周辺の腐食対策として有効なものと考えられるが、本省では取り扱わないものとした。

以下に、要求される性能をそれぞれの項目毎に示す。

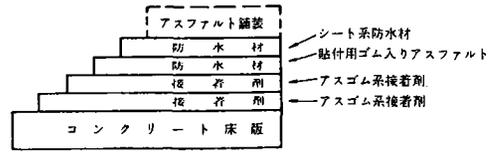
3.1 橋面防水層

橋面防水層に要求される性能については、「道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料（昭和62年1月）」（以下、防水層設計・施工資料と称す）において示されているとおりである（文献4）。以下に要求される性能を示す。

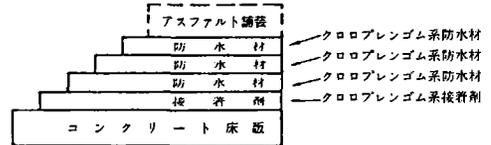
- ・舗装の損傷部、路肩、中央分離帯などから水が浸透しても、コンクリート床版には水を浸入させない不透水性を有していること。
- ・コンクリート床版にクラックが発生した場合でも、これに対する追従性があること。
- ・車両の発進、停止などによる力学的作用に対して十分抵抗性があること。
- ・コンクリート床版および舗装との接着性に優れていること。
- ・舗装時の熱影響によって材質が変化しないこと。
- ・施工性に優れていること。
- ・化学的作用に対して安定であること。

これについて、防水層設計・施工資料に示されている防水層には、シート系防水層、塗膜系防水層および舗装系防水層がある。各防水層の特徴、構成例および端部処理方法は、次頁に示すとおりである。

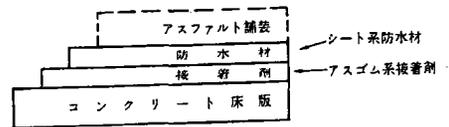
防水層の種類 項目	シート系防水層	塗膜系防水層		舗装系防水層
		溶剤型	加熱型	
組成	不織布にゴム入りアスファルトを含ま	クロロプレンゴムを溶剤に溶解	アスファルトおよび合成ゴム	硬質アスファルト、粗骨材、細骨材、フィラーなどからなるアスファルト混合物
防水層の厚さ	1.5~4.0mm	0.4~1.0mm	1.0~1.5mm	15~25mm
施工法	流し貼りあるいは溶着	数回重ね塗り	数回重ね塗り	一層舗設機械仕上げ
床版との接着性	良好	良好	良好	良好
舗装との接着性	良好	良好	良好	良好
不透水性	高い	普通	普通	普通
クラック追従性	良好	良好	良好	普通
ブリスタリング発生の可能性	比較的高い	材料により比較的高いものと低いものがある	比較的低い	なし
施工性	普通	普通	良好	良好
床版面の不陸に対する施工性	劣る	劣る	良好	良好
施工時(後)の養生	なし	長時間必要	なし	なし
舗設時の防水層損傷の可能性	なし	薄いので損傷に対する注意が必要	なし	なし
施工実績(車道)	多い	多い	少ない(歩道では多い)	少ない



(a) シート系防水層(流し貼り型)



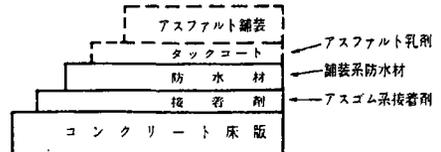
(c) 塗膜系防水層(ゴム溶剤型)



(b) シート系防水層(溶着型)

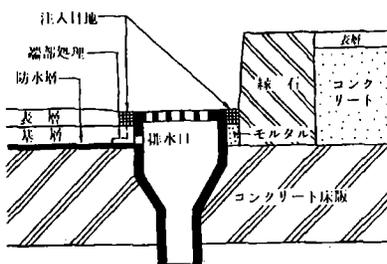


(d) 塗膜系防水層(アスファルト加熱型)

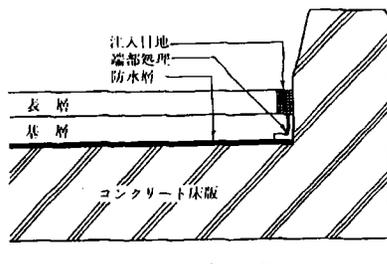


(e) 舗装系防水層

防水層の特徴と構成例



(a) 排水口部の処理



(b) 立ち上り部の処理

シート系防水の例

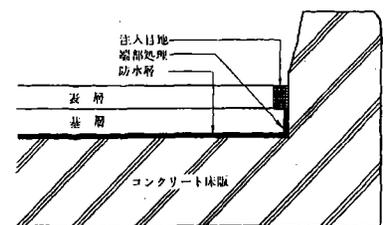


図-4.3 立ち上り部の処理

塗膜系防水の例

端部処理例

また、各機関における床版防水工の仕様は、以下のとおりである。

各機関における床版防水工の仕様

発行機関	図書名	防水工仕様
建設省	土木工事必携（平成10年版）	<ol style="list-style-type: none"> 1. 橋面防水工に加熱アスファルト混合物を用いて施工する場合は、第1編 3-6-5 アスファルト舗装工の規定によるものとする。 2. 橋面防水工にグースアスファルト混合物を用いて施工する場合は、第6編 2-3-8 グースアスファルト舗装工の規定によるものとする。 3. 請負者は、橋面防水工に特殊な材料及び工法を用いて施工を行う場合の施工方法は、設計図書によらなければならない。 4. 請負者は、橋面防水工の施工にあたっては、<u>道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料</u>第4章の施工の規定及び第1編 3-6-5 アスファルト舗装工の規定によらなければならない。 5. 請負者は、橋面防水工の施工において、床版面に滞水箇所を発見したときは、監督職員に報告し、排水設備の設置などについて監督職員の指示に従わなければならない。
阪神高速道路公団	第2編 鋼構造（平成12年4月） 設計基準 第2部 構造物設計基準（橋りょう編）	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>一般の RC 床版に比較して、漏水に対する環境が良くないもの、および漏水が構造物の耐荷力に大きく影響を与える可能性のあるものに対しては、床版に防水工を施すものとする。</p> </div> <p>〔解説〕</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 現行の基準によって設計された一般の RC 床版は、設計荷重に対して十分な耐久性を有しており、床版防水工¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾の設置は不要であると言われているが、RC 床版からの漏水が床版、構造物、環境に悪影響をおよぼすことが予想される場合は防水工を施すものとする。 (2) 床版への水の進入は活荷重によるコンクリートの疲労クラックの進展および床版の骨材化現象により床版の耐久性を著しく害する。また漏水により橋りょう本体の防錆上の問題を起こす場合もあると言われている。次のような場合は防水工を施すものとする。 <ol style="list-style-type: none"> ① プレキャストブロック工法により架設された床版 ② 合成床版（鋼製底板が応力部材であるもの） ③ 耐候性鋼材を用いた無塗装橋りょうの床版 ④ 縦断勾配の変化点など滞水しやすい箇所 ⑤ 凍結防止材を多量に散布する橋りょう ⑥ 主桁作用で床版が引張応力状態となる箇所（連続桁の中間支点部など） ⑦ 合成けた橋の床版 ⑧ 排水性舗装を施工した床版 <p>防水材料にはシート系、塗装系、舗装系があるが、防水効果からはシート系防水材料が望ましい。</p> (3) 橋りょうのライフサイクルコスト低減から床版の長寿命化を図るためには確実な橋面防水工の設置が望ましい。

<p>日本道路公団</p>	<p>設計要領第二集 (平成9年11月)</p>	<p>床版防水材の選定は、交通状況、路面追従性、温度変化などの気象条件などを考慮しなければならない。</p> <ul style="list-style-type: none"> 床版の耐久性は、雨水や凍結防止剤散布の浸透により影響を受けることから、防水工の施工により大幅に改善される。このことから、防水工を実施するが、長期にわたる遮水性および遮塩性そして床版との追従性を確保することが必要なことから、これを考慮して床版防水材の種類を選定するものとする。 なお新設橋梁における床版防水層は、施工に要する時間が確保可能なこと、施工管理が容易なこと等から、シート系防水層の使用を基本とする。ただしそれ以外の防水層についても、試験により同等の性能が認められる場合においては、採用を認めるものとする。
<p>首都高速道路公団</p>	<p>コンクリート床版防水工設計・施工要領(案) (平成11年4月)</p>	<p>コンクリート床版に防水層を設置する場合は、以下を基本とする。</p> <p>(1) 防水層は、床版の耐久性向上を目的として、舗装表面から床版への水の浸透を防止するために設置する。</p> <p>(2) 防水層は、新設時のコンクリート床版全面に設置する。</p> <p>(3) 防水層を設置する場合は、舗装の耐久性確保のため、床版排水装置を併せて設置しなければならない。</p> <p>(4) 防水層には、加熱型のアスファルト塗膜防水層を用いるものとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> 舗装打換え補修時に防水層を設置する場合にも準用できるものとする。 防水層の構成は、(接着剤+防水材)であり、防水層の上に防水保護層(珪砂)を設ける。 伸縮継手や路肩コンクリートと舗装との境界部の処理、床版排水装置の設置について、構造網目が規定されている。 防水材、接着剤の材料規定は、日本道路協会の「<u>道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料</u>」に準じている。

3.2 伸縮装置

伸縮装置に要求される性能のうち、排水に関して要求される性能は以下のものが挙げられる。

- 排水型の場合は、十分な排水機能を有すること。
- 排水型の場合は、排水用樋に土砂等が堆積する恐れがあるため、容易に清掃(維持管理)ができる構造とすること。
- 非排水型の場合は、雨水等を路面排水するもので、橋下に雨水等が落水しない不透水性を有すること。
- 非排水型の場合は、シール材やその受材の劣化により排水機能を損失しないこと。
- 非排水型の場合は、シール材やその受材が伸縮装置の伸縮に追従性を有すること。
- ゴムジョイントの場合は、十分な水密性を有すること(ただし、一般的には伸縮量が小さく、交通量の比較的少ない箇所に適用する)。
- 施工性に優れていること。

3.3 導水・排水装置

導水装置および排水装置に要求される性能は、以下のものが挙げられる。

- ・路面の表面水を排水枡から排水できるよう、排水枡は適切な構造および間隔をとるとともに、路面は適切な縦断勾配および横断勾配を有すること。
- ・床版水抜きパイプおよび導水パイプは適切な構造および間隔で配置して、舗装や地覆部付近等から床版上面へ浸透した水を十分に排水できる構造とすること。
- ・十分な耐久性を有すること。
- ・施工性に優れていること。

3.4 水切り

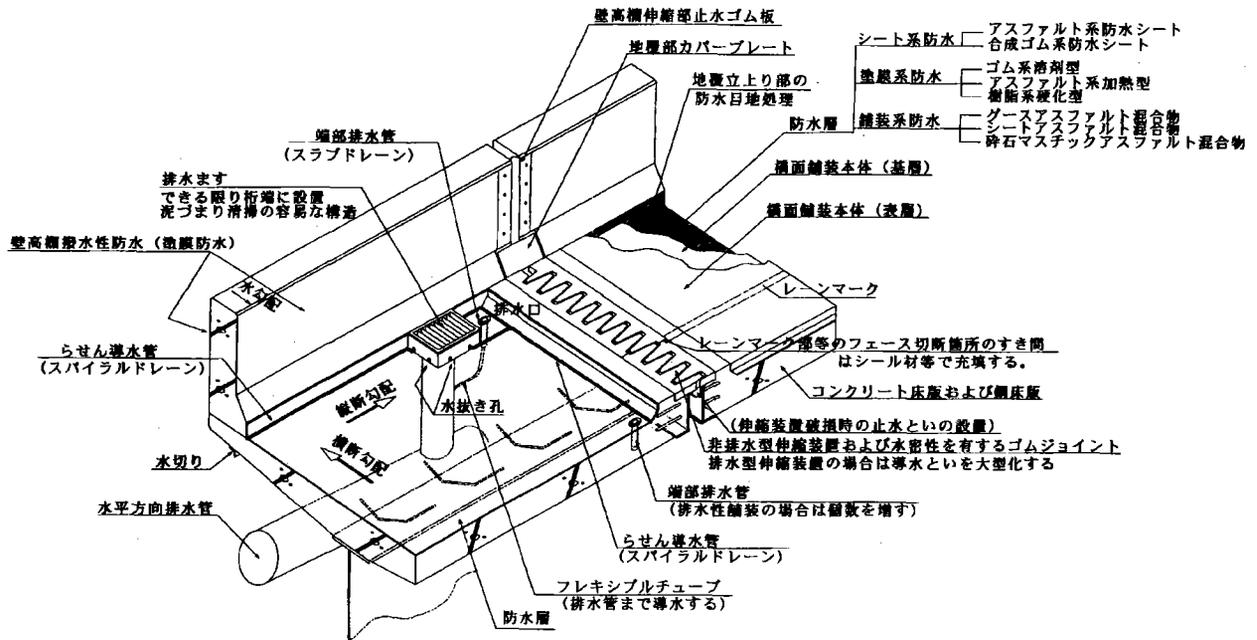
水切りに要求される性能は、以下のものが挙げられる。

- ・張出部の地覆等から外桁へ伝わろうとする水を、鋼部材に伝わる前に遮断できる構造であること。
- ・床版張出部の劣化を誘発しない構造とすること。
- ・十分な耐久性を有していること。
- ・施工性に優れていること。

4. 対策工法

上記の各項目について、要求される性能を満足するような工法について、各基準類に基づく概念図や事例としてとりまとめた。

下図に、対策事例の総括として、路面防水・排水・導水システムの概念図を示す。

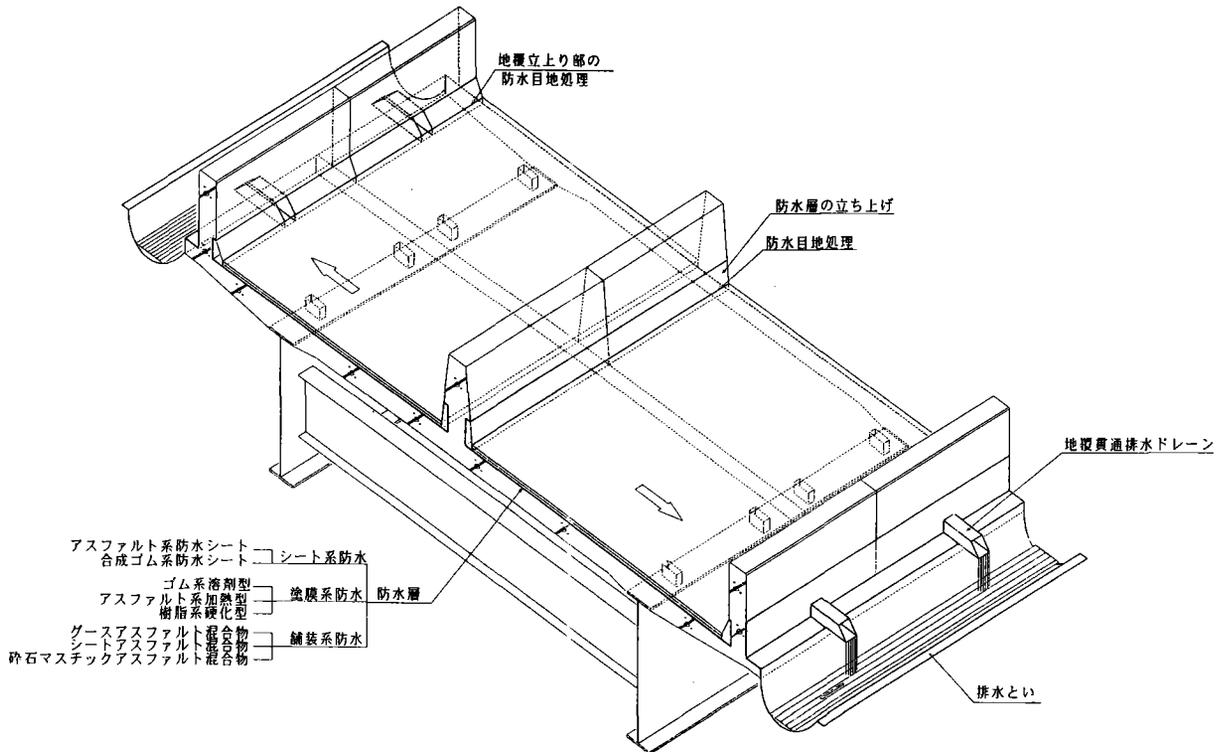


路面防水・排水・導水システム概念図

また、新しい路面防水・排水・導水システムとして、次頁の上図に示すような手法もある。これは、海外に実績のある排水システムであり、プレキャストPC床版での事例である。

このような構造とすることで、従来型の排水システムにおける以下に示すような弱点をほぼ解消できると考えられる。

- ①鉛直落としの排水ますは、床版内のPCケーブルがますに干渉し規則的な配置を阻害する可能性がある。
- ②鉛直落としの排水ますがPC床版中での応力集中箇所となり耐久性上、弱点となりやすい。
- ③鉛直排水ます設置により、同一型枠での製作が困難である。
- ④鉛直排水ますまわりは、防水層の納まりが難しく防水性能上弱点となりやすい。
(完璧な防水と以为っていても1箇所からの漏水で全てが台無し)
- ⑤橋軸方向導水用の排水管や設置ピース類が煩雑で橋梁全体の美観を損ねる恐れがある。
- ⑥排水管の泥づまりの清掃・点検・補修が困難である。
- ⑦排水管機能低下により路面滞水による車両走行性が悪化する可能性がある。
- ⑧地覆・路肩排水（オートガード方式）では集排水能力に限界がある。



プレキャストPC床版での新しい排水システム（少数主桁橋梁での例）

また、以降に、基準類や事例から確認できた対策工法の一例を示す。

なお、要求される性能を満足するような対策工法は、ここに挙げたもの以外にも当然存在する。大切なのは、発生した損傷に対して原因を推定（特定）することにより、そこから見えてくる要求される性能に対して、適切な処置（対策工法）を講じることである。

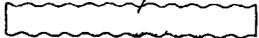
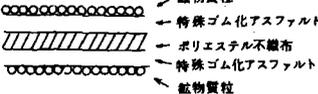
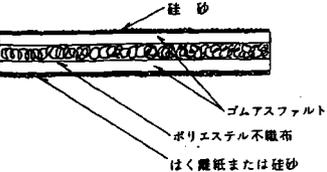
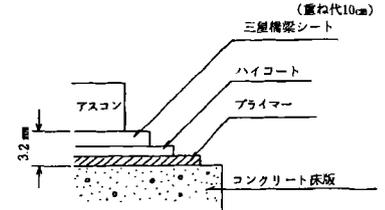
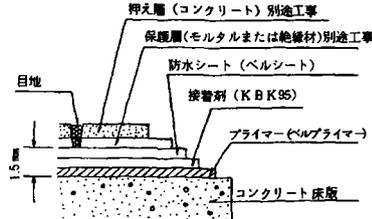
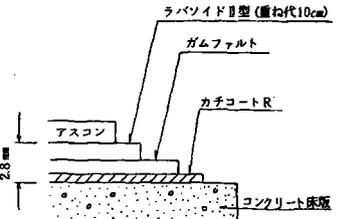
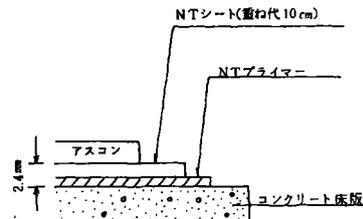
4.1 橋面防水工

(1) 国内の防水層

防水工法の一例を右表に示す^(文献5)。防水層の施工は、各々の材料ごとに適した工法で実施されているが、その工法名は、ほとんど、その材料名に因んでいる。

次頁以降に、各工法の材料規格、防水層仕様、施工方法および施工上の留意点を示す^(文献5)。

区 分	工 法 名	材料メーカー または施工業者
シート系防水	(1) 三星橋梁シート工法	田島ルーフィング
	(2) ベルシートM工法	カネボウ化成
	(3) ラバソイドII型工法	日 歴 化 学 工 業
	(4) N T シ ー ト 工 法	日 本 舗 道
	(5) カスタムシート20工法	日 新 工 業
	(6) フジスーパーシートBF-10工法	昭 石 化 工
	(7) クルタルBESSシート工法	東 和 工 業
	(8) 東 亜 B M 工 法	東 亜 道 路 工 業
塗膜系防水	(1) モーランコートTC工法	A B C 照 会
	(2) スラブコートC工法	ショーボンド建設
	(3) タフコート工法	藤 田 商 事
	(4) サンダインW工法	日 本 ゴ ム
	(5) ボンドメンブレンE工法	コ ニ シ
	(6) セロシールS工法	日 歴 化 学 工 業
	(7) カリファルトFR-1工法	昭 石 化 工
	(8) N S パ ー ル 工 法	日 新 工 業
舗装系防水	(1) シートアスファルト工法	日 本 舗 道

防水工法分類	三層橋梁シート工法				シート系防水工法				N Tシート工法														
	三層橋梁シートの規格				ベルシート M工法				ラバソイド II型工法				N Tシート構成										
材料規格	製品一巻の質量 (kg)	23.8	伸び率 (%)	長手方向	33.6	<p>□ベルシート</p> <p>エチレンプロピレンゴム (EPDM) とブチルゴム (IIR) を共加硫した JIS A 6008 1種の防水シート</p> <p>寸法 M-150 1.5t × 1,200B × 15,000L</p>  <p>□ベルプライマー</p> <p>変性クロロプレナムの有機溶剤溶液で下地モルタルやコンクリートによく浸透してベルシート防水層の接着工事を容易にし、一般にベルシート防水の下地モルタル、コンクリート面、金属面 (ドレン、パイプ廻り) 等の下地プライマーに使用する。</p> <p>□KBK95</p> <p>ブチルゴムおよび変成クロロプレナムを主体とする耐久性に優れた溶剤系接着剤で、ベルシート防水のシートジョイント部およびシートと床間に使用する。またガムテープ、ガムシートとの貼り合わせとしても有効である。</p>	ラバソイド II型構成	 	製品一巻の長さ (m)	10.5	幅方向	47.0	製品 の 幅 (m)	1.0	引裂強さ	長手方向	3.2	幅方向	8.0				
	製品の単位重量 (gf/m ²)	2,172.8		断反の単位重量 (gf/m ²)	230.3		777μtの含有量 (gf/m ²)		1,199.6	引張り強さ (kg)	長手方向	34.8	幅方向	21.0	耐熱性 (80℃～5時間)	合格	低温曲げ (0℃, φ 1/2吋)	合格					
	試験方法は JIS A 6006 に準ずる。ただし引裂強さのみ JIS K 6772 による。																						
	防水層仕様																						
		<p>(1) コンクリート床版は、金ゴテ仕上を行ない凹凸をなくすとともに十分な排水勾配をとる。</p> <p>(2) コンクリート表面を十分に乾燥させ、レタンス、塵埃等を完全に除去し清掃する。</p>					<p>(1) コンクリート表面は十分に感湿 (含水率10%以下) させ砂、塵埃、レタンスを除去、清掃する。</p> <p>(2) コンクリート表面はコテむら、目地のないよう平滑に仕上げる。</p>				<p>(1) コンクリート表面は十分に乾燥 (含水率10%以下) させ砂、油、ホコリ等を除去、清掃する。</p> <p>(2) コンクリート表面は、木ゴテ押さえまたは、ホーキ目仕上げとする。</p>				<p>(1) コンクリート表面の極端な突起物を除去し十分乾燥させて清掃する。</p>								
		工 程	材 料	塗布量	塗布方法		養成期間		工 程	材 料	塗布量	塗布方法	養成期間	工 程	材 料	塗布量	塗布方法	養成期間	工 程	材 料	塗布量	塗布方法	養成期間
		防 水 層	第 1 層	アスファルトプライマー	0.3t/m ²		目付、スプレー		12H	プライマー	ベルプライマー	0.2t/m ²	ロールはけ	1～2H	第 1 層	カチコートR	0.4t/m ²	ロールはけ	0.5H	プライマー	NTプライマー	0.3～0.5t/m ²	ロールはけ
		第 2 層	ハイコート	1.2kgf/m ²	洗し貼り		—		接着剤	KBK95	下層重0.3t/m ² シート重0.2t/m ²	ロールはけ	1～2H	第 2 層	ガムファルトB	1.2kgf/m ²	ロールはけ	—	仕上層	NTシート	—	圧着ローラ	—
		第 3 層	三層橋梁シート	—	—		—		シート貼	ベルシート	1.15t/m ²	—	24H	第 3 層	ラバソイド II型	—	—	—	—	—	—	—	—
	注	<p>(1) 雨天または、霧などの高湿条件下での施工は延期する。</p> <p>(2) シートのアスファルト貼りは平均に貼りつける。(重ね代10cm)</p> <p>(3) シートのジョイントからあふれたアスファルトははけ等で均等に分散させる。</p> <p>(4) 防水工事完了後は、歩行を制限し、資材等の仮置きは行わないものとし、速やかに舗装を施工する。</p> <p>(5) アスファルトフィニッシャーはホイール型を使用する。</p> <p>(6) 端部はプライマーにテトロメッシュを貼り橋梁シートを施工する。</p>					<p>(1) 火気厳禁および雨のからめように保管する。</p> <p>(2) 材料は第2有機溶剤含有物に属するため通風の悪い場所で施工する場合換気装置が必要となる。</p> <p>(3) 伸縮目地は、幅20mm前後で深さは、防水層 (モル押え) または絶縁層 (コン押え) に達する目地とする。目地間隔は縦、横とも4mm以下とする。</p>				<p>(1) 床版の突起物等はなるべく取り除き、平坦とする。</p> <p>(2) アスファルトフィニッシャーはホイール型が望ましい。</p> <p>(3) 車輻の走行は、防水層をきずけないように十分注意する。舗装まず車輻の通行を禁止することが望ましい。</p>				<p>(1) シート貼付け時にふくれおよびズレのないように注意して施工する。</p> <p>(2) シートの保管は、屋外の場合シート養生を行なうものとし直射日光は厳禁とする。</p> <p>積重ねは厳禁とする。</p>								
<p>施工上の注意事項</p>																							

防水工法		シート系防水工法																																																																																																	
防水工法分類		カスタムシート20工法				フジスーパーシートBF-10工法				ケルタルBESSシート工法(機械溶着)				東亜B.M工法																																																																																					
材料規格	<p>□カスタムシート20構成</p>	<p>□フジスーパーシート</p> <p>フジスーパーシートは、合成繊維不織布を基材とし、ゴムアスファルトを含ませ塗覆したシートで、耐熱、耐水、耐久性に優れ強さと伸び特性を有している。</p>	<p>ケルタルBESSシートの断面構造</p> <table border="1"> <tr> <td>① 珪砂</td> <td>上層ゴムアスファルトの保護材。</td> </tr> <tr> <td>② 上層ゴムアスファルト</td> <td>鋪設基材と強力に接着する。</td> </tr> <tr> <td>③ ポリエステル不織布</td> <td>ゴムアスファルト処理によりバランスのとれた防水体となる。</td> </tr> <tr> <td>④ 下層ゴムアスファルト</td> <td>溶着機のガスバーナーで加熱溶融され、床版と強力に接着する。</td> </tr> <tr> <td>⑤ 珪砂</td> <td>下層ゴムアスファルトの保護材。シート施工時にゴムアスファルト中に分散する。</td> </tr> </table>	① 珪砂	上層ゴムアスファルトの保護材。	② 上層ゴムアスファルト	鋪設基材と強力に接着する。	③ ポリエステル不織布	ゴムアスファルト処理によりバランスのとれた防水体となる。	④ 下層ゴムアスファルト	溶着機のガスバーナーで加熱溶融され、床版と強力に接着する。	⑤ 珪砂	下層ゴムアスファルトの保護材。シート施工時にゴムアスファルト中に分散する。	<p>東亜B.M工法</p> <p>□カムシール……特殊ゴム化アスファルト乳剤(B.L乳剤)、ジェットセメント、珪砂、遅延材を混合したレベリング防水材。</p> <p>□エマブルーフ……ゴム入りブローンアスファルト(アスファルトコンパウンド)乳剤をベースとした常温防水剤。</p> <p>□不織布(アビールAS-130B) ポリエステル系不織布</p>																																																																																					
	① 珪砂	上層ゴムアスファルトの保護材。																																																																																																	
② 上層ゴムアスファルト	鋪設基材と強力に接着する。																																																																																																		
③ ポリエステル不織布	ゴムアスファルト処理によりバランスのとれた防水体となる。																																																																																																		
④ 下層ゴムアスファルト	溶着機のガスバーナーで加熱溶融され、床版と強力に接着する。																																																																																																		
⑤ 珪砂	下層ゴムアスファルトの保護材。シート施工時にゴムアスファルト中に分散する。																																																																																																		
防水層仕様																																																																																																			
施工	<p>(1)コンクリート表面を乾燥させ、ゴミ等を除去する。 (2)平坦で突起物等の欠陥がないこと。</p>	<p>(1)コンクリート表面を乾燥させ、ゴミ等を除去する。 (2)平坦でそり、目違い、脆弱部および突起物等の欠陥がないこと。 (3)突起物と下地との取合い箇所が滑らかであること。</p>	<p>(1)コンクリート床版面の仕上げは、木ゴテ仕上げとしホーク目仕上げは行なわない。不陸が大きい場合はモルタル、合材等で平坦に仕上げる。 (2)床版の天端高を示す定規用鉄筋等は床版面より突起しないように切断する。 (3)埋設部下部のレイタンスは完全に除去する。</p>	<p>(1)コンクリート表面を乾燥させ、泥、ゴミ、油脂類等を除去する。</p>																																																																																															
	防水工程	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工程</th> <th>材料</th> <th>塗布量</th> <th>塗布方法</th> <th>養生期間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第1層</td> <td>アスファルトプライマー</td> <td>0.2ℓ/㎡</td> <td>ロールはけ</td> <td>0.5~1H</td> </tr> <tr> <td>第2層</td> <td>アスファルトコンパウンド</td> <td>1.2kgf/㎡</td> <td>流し貼り</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>第3層</td> <td>カスタムシート20</td> <td>-</td> <td>同時施工</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	工程	材料	塗布量	塗布方法	養生期間	第1層	アスファルトプライマー	0.2ℓ/㎡	ロールはけ	0.5~1H	第2層	アスファルトコンパウンド	1.2kgf/㎡	流し貼り	-	第3層	カスタムシート20	-	同時施工	-	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工程</th> <th>材料</th> <th>塗布量</th> <th>塗布方法</th> <th>養生期間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>プライマー</td> <td>エポソール</td> <td>0.4ℓ/㎡</td> <td>ロールはけ</td> <td>0.5H</td> </tr> <tr> <td></td> <td>シート貼</td> <td>フジコン3種</td> <td>1.2kgf/㎡</td> <td>流し貼り</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td></td> <td>シート</td> <td>フジスーパーシート</td> <td>-</td> <td>同時施工</td> <td>0.5H</td> </tr> <tr> <td></td> <td>アスコン</td> <td>(別途工事)</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	工程	材料	塗布量	塗布方法	養生期間		プライマー	エポソール	0.4ℓ/㎡	ロールはけ	0.5H		シート貼	フジコン3種	1.2kgf/㎡	流し貼り	-		シート	フジスーパーシート	-	同時施工	0.5H		アスコン	(別途工事)	-	-	-	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工程</th> <th>材料</th> <th>塗布量</th> <th>塗布方法</th> <th>養生期間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>プライマー</td> <td>BESSプライマー</td> <td>0.2ℓ/㎡</td> <td>ロールはけ</td> <td>0.5H</td> </tr> <tr> <td></td> <td>シート貼</td> <td>BESSシート</td> <td>1.14㎡/㎡</td> <td>溶着機</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	工程	材料	塗布量	塗布方法	養生期間		プライマー	BESSプライマー	0.2ℓ/㎡	ロールはけ	0.5H		シート貼	BESSシート	1.14㎡/㎡	溶着機	-	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工程</th> <th>材料</th> <th>塗布量</th> <th>塗布方法</th> <th>養生期間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>プライマー</td> <td>B.L乳剤</td> <td>0.5ℓ/㎡</td> <td>ロールはけ</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td></td> <td>レベリング層</td> <td>カムシール</td> <td>35kgf/㎡</td> <td>ゴムレーキ</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td></td> <td>防水層</td> <td>不織布(アビール)</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0.5~1H</td> </tr> <tr> <td></td> <td>防水層</td> <td>エマブルーフ</td> <td>2.0ℓ/㎡</td> <td>ゴムレーキ</td> <td>0.5~1H</td> </tr> </tbody> </table>	工程	材料	塗布量	塗布方法	養生期間		プライマー	B.L乳剤	0.5ℓ/㎡	ロールはけ	-		レベリング層	カムシール	35kgf/㎡	ゴムレーキ	-		防水層	不織布(アビール)	-	-	0.5~1H		防水層	エマブルーフ	2.0ℓ/㎡	ゴムレーキ
工程	材料	塗布量	塗布方法	養生期間																																																																																															
第1層	アスファルトプライマー	0.2ℓ/㎡	ロールはけ	0.5~1H																																																																																															
第2層	アスファルトコンパウンド	1.2kgf/㎡	流し貼り	-																																																																																															
第3層	カスタムシート20	-	同時施工	-																																																																																															
工程	材料	塗布量	塗布方法	養生期間																																																																																															
	プライマー	エポソール	0.4ℓ/㎡	ロールはけ	0.5H																																																																																														
	シート貼	フジコン3種	1.2kgf/㎡	流し貼り	-																																																																																														
	シート	フジスーパーシート	-	同時施工	0.5H																																																																																														
	アスコン	(別途工事)	-	-	-																																																																																														
工程	材料	塗布量	塗布方法	養生期間																																																																																															
	プライマー	BESSプライマー	0.2ℓ/㎡	ロールはけ	0.5H																																																																																														
	シート貼	BESSシート	1.14㎡/㎡	溶着機	-																																																																																														
工程	材料	塗布量	塗布方法	養生期間																																																																																															
	プライマー	B.L乳剤	0.5ℓ/㎡	ロールはけ	-																																																																																														
	レベリング層	カムシール	35kgf/㎡	ゴムレーキ	-																																																																																														
	防水層	不織布(アビール)	-	-	0.5~1H																																																																																														
	防水層	エマブルーフ	2.0ℓ/㎡	ゴムレーキ	0.5~1H																																																																																														
法	<p>(1)下地で勾配をとり水はけをよくする。 (2)カスタムシートの張付けは、横軸方向とする。 (3)防水施工後はすみやかに舗装する。 (4)舗装およびその他の作業時はシートに損傷を与えぬよう十分注意する。 (5)排水側周辺等は網状ルーフィングにより補強する。</p>	<p>(1)接着剤は塗りむらのないように塗布する。 (2)溶解釜周辺は火気に注意し、整理整頓する。 (3)張付けアスファルトの溶解温度は280℃を上限とし局部加熱が生じないように注意して溶解する。 (4)防水シートの張りつけは流し張りとし張付用アスファルトを均一にしながら平均に押し広げて密着させる。</p>	<p>(1)防水工は床版コンクリート打設後約15日間の養生期間を経てから施工する。 (2)BESSシートは濡れた面の施工が出来ないから降雨時の作業は禁止する。床版が乾燥してから作業を始める。 (3)BESSシート施工後は直ちに舗装作業が可能である。長時間放置してシートに切傷を与えないよう注意しなければならない。損傷が生じた時はBESSシートを増し貼りして補修する。 (4)定規用鉄筋、吊りピース等には、BESSシートを裁断して増し貼りを施すことができる。</p>	<p>(1)レベリング層(カムシール)は18ℓ缶に小分けし、ゴムレーキなどで均一に塗布する。 (2)不織布にしわが出来ないように注意し、カムシールを適度に含浸させる。 (3)エマブルーフが不織布表面に溜まらないようにゴムレーキで含浸させる。 (4)合材舗装を早く施工する場合乾燥剤(ハイキュア)0.3ℓ/㎡を散布する。</p>																																																																																															

防水工法分類	塗 膜 系 防 水 工 法																																																																																						
	モーランコートTC工法			スラブコートC工法			クフコート工法			サンダインW工法																																																																													
材料規格	色調	黒	黒	スラブコート工法	SCプライマー#1	SCプライマー#2	スラブコート	項目	性 状	色	タフコートA黒:黒 Aグレー:グレー	サンダイン#700	サンダイン#731-C	サンダイン#731-G																																																																									
	用途	プライマー	上塗材	スラブコート工法	SCプライマー#1	SCプライマー#2	スラブコート	用途	タフコートA黒:黒 Aグレー:グレー	タフコートA黒:黒 Aグレー:グレー	プライマー	プライマー又はセカンドプライマー	防水接着材																																																																										
	粘度(CPS20℃)	3,500±500	160,000±10,000	主成分	ネオプレン	ネオプレン	ネオプレン	主成分	クロロプレナム	クロロプレナム	クロロプレナム	クロロプレナム	クロロプレナム	クロロプレナム																																																																									
	固形分	30(%)	50(%)	色調	赤	黒	黒	主溶剤	トルエン	赤	黒	黒	黒	黒																																																																									
	主成分	クロロプレナム	クロロプレナム	固形分	10%	30%	50%	粘度	1,100±300cp(20℃)	比重	0.90±0.10	1.00±0.10	1.05±0.10	1.05±0.10																																																																									
				粘度	50cp	3,500cp	18,000cp	不揮発分	約30%	固形分(%)	12±1	27±2	48±4	48±4																																																																									
				専用シンナー	SCシンナー	0.1kg/㎡		指触乾燥	約10分(20℃)	熱度(CPS)	80±40	1500±1000	35,000±15,000	35,000±15,000																																																																									
				※専用シンナーは、現場における粘度の調整および床版の清掃設備に使用する。				貯蔵安定性	約6ヶ月	引張強度(kg/㎡)	-	-	-	15以上																																																																									
										伸び(%)	-	-	-	450以上																																																																									
										(注) #731-G粘度はガラス繊維混入前の数値																																																																													
防水層仕様																																																																																							
	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート表面を十分乾燥させる。 ・不純物や付着物を完全除去して清掃する。 ・亀裂部は事前にコンクリートボンドやシーリング材で補修する。 			<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート床版を十分乾燥させる。 ・ブラシ等によりレイタンス、ほりなどを除去、清掃する。 ・道路両端の立上がり部は、汚れ防止、塗れ残し防止のため舗装厚の高さにテープを貼りつける。 			<ul style="list-style-type: none"> ・乾燥状態 同左 ・同 左 ・多少の凹凸はアスコンの密着性をよくするため調整は不要である。 			<ul style="list-style-type: none"> ・同 左 ・同 左 ・油脂分は、溶剤にて脱脂する。 																																																																													
施工工程	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工程</th> <th>材 料</th> <th>塗布量kg/㎡</th> <th>塗布方法</th> <th>養生期間</th> <th>工程</th> <th>材 料</th> <th>塗布量kg/㎡</th> <th>塗布方法</th> <th>養生期間</th> <th>工程</th> <th>材 料</th> <th>塗布量kg/㎡</th> <th>塗布方法</th> <th>養生期間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>プライマー</td> <td>モーランコートTCプライマー</td> <td>0.7</td> <td>スクレイパーローラーはけ</td> <td>2~3H</td> <td>プライマー</td> <td>SCプライマー#1</td> <td>0.2</td> <td>ローラーはけ</td> <td>0.3H</td> <td>プライマー</td> <td>タフコートA黒</td> <td>0.3</td> <td>ローラーはけ</td> <td>0.3H</td> </tr> <tr> <td>上 塗</td> <td>モーランコートTC上塗</td> <td>1.5</td> <td>金ゴテ</td> <td>5H</td> <td>プライマー</td> <td>SCプライマー#2</td> <td>0.2</td> <td>ローラーはけ</td> <td>0.5H</td> <td>下 塗</td> <td>タフコートA黒</td> <td>0.3</td> <td>ローラーはけ</td> <td>0.5H</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>防水接着層</td> <td>スラブコート</td> <td>1.5</td> <td>金ゴテ</td> <td>48H</td> <td>中 塗</td> <td>タフコートA黒</td> <td>0.3</td> <td>ローラーはけ</td> <td>1H</td> </tr> <tr> <td></td> <td>仕上塗</td> <td>タフコートA黒</td> <td>0.1</td> <td>ローラーはけ</td> <td>2H</td> </tr> </tbody> </table>												工程	材 料	塗布量kg/㎡	塗布方法	養生期間	工程	材 料	塗布量kg/㎡	塗布方法	養生期間	工程	材 料	塗布量kg/㎡	塗布方法	養生期間	プライマー	モーランコートTCプライマー	0.7	スクレイパーローラーはけ	2~3H	プライマー	SCプライマー#1	0.2	ローラーはけ	0.3H	プライマー	タフコートA黒	0.3	ローラーはけ	0.3H	上 塗	モーランコートTC上塗	1.5	金ゴテ	5H	プライマー	SCプライマー#2	0.2	ローラーはけ	0.5H	下 塗	タフコートA黒	0.3	ローラーはけ	0.5H						防水接着層	スラブコート	1.5	金ゴテ	48H	中 塗	タフコートA黒	0.3	ローラーはけ	1H											仕上塗	タフコートA黒	0.1	ローラーはけ	2H
	工程	材 料	塗布量kg/㎡	塗布方法	養生期間	工程	材 料	塗布量kg/㎡	塗布方法	養生期間	工程	材 料	塗布量kg/㎡	塗布方法	養生期間																																																																								
プライマー	モーランコートTCプライマー	0.7	スクレイパーローラーはけ	2~3H	プライマー	SCプライマー#1	0.2	ローラーはけ	0.3H	プライマー	タフコートA黒	0.3	ローラーはけ	0.3H																																																																									
上 塗	モーランコートTC上塗	1.5	金ゴテ	5H	プライマー	SCプライマー#2	0.2	ローラーはけ	0.5H	下 塗	タフコートA黒	0.3	ローラーはけ	0.5H																																																																									
					防水接着層	スラブコート	1.5	金ゴテ	48H	中 塗	タフコートA黒	0.3	ローラーはけ	1H																																																																									
										仕上塗	タフコートA黒	0.1	ローラーはけ	2H																																																																									
施工上の注意事項	<ul style="list-style-type: none"> (1)火気厳禁 (2)通風の悪い場所での施工は、換気装置を必ず設置する。 (3)施工前に降雨のおそれがある場合、施工を延期する。施工中に降雨があった時は、完全な防護を施す。 (4)施工面は仕上げ完了後、気乾養生を行なう。 																																																																																						
	<ul style="list-style-type: none"> (1)火気厳禁 (2)十分に緩伸してから使用する。 (3)養生中の傷箇所は必ず補修する。 (4)施工前に降雨のおそれがある時は、施工を延期する。 																																																																																						

防水工法		塗 装 系 防 水 工 法										鋪 装 系 防 水 工 法																																																																																																																																								
防水工法分類		ボンドメンブレンE工法					セロシールSS工法					カリファルトFR-1					NSパール工法					シートアスファルト工法(基層)																																																																																																																														
材料規格	外観	主材(A)白色液 硬化剤(B)黄色透明		主材(A)黄褐色透明 硬化剤(B)黄褐色透明			ふるい目(cm)		粒度範囲			項目		試験値		試験値		<table border="1"> <tr> <th colspan="2">①NSパールKPの組成及び試験値</th> <th colspan="2">②NSパールKG、KBの組成及び試験値</th> </tr> <tr> <th>組成</th> <th>試験値</th> <th>組成</th> <th>試験値</th> </tr> <tr> <td>充填剤</td> <td>60-70%</td> <td>充填剤</td> <td>60-70%</td> </tr> <tr> <td>樹脂</td> <td>30-40%</td> <td>樹脂</td> <td>30-40%</td> </tr> <tr> <td>硬化剤</td> <td>1.00-1.50%</td> <td>硬化剤</td> <td>1.00-1.50%</td> </tr> <tr> <td>増粘剤</td> <td>0.01-0.05%</td> <td>増粘剤</td> <td>0.01-0.05%</td> </tr> <tr> <td>顔料</td> <td>0.01-0.05%</td> <td>顔料</td> <td>0.01-0.05%</td> </tr> <tr> <td>安定剤</td> <td>0.01-0.05%</td> <td>安定剤</td> <td>0.01-0.05%</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>0.01-0.05%</td> <td>その他</td> <td>0.01-0.05%</td> </tr> </table>					①NSパールKPの組成及び試験値		②NSパールKG、KBの組成及び試験値		組成	試験値	組成	試験値	充填剤	60-70%	充填剤	60-70%	樹脂	30-40%	樹脂	30-40%	硬化剤	1.00-1.50%	硬化剤	1.00-1.50%	増粘剤	0.01-0.05%	増粘剤	0.01-0.05%	顔料	0.01-0.05%	顔料	0.01-0.05%	安定剤	0.01-0.05%	安定剤	0.01-0.05%	その他	0.01-0.05%	その他	0.01-0.05%																																																																																										
	①NSパールKPの組成及び試験値		②NSパールKG、KBの組成及び試験値																																																																																																																																																	
	組成	試験値	組成	試験値																																																																																																																																																
	充填剤	60-70%	充填剤	60-70%																																																																																																																																																
	樹脂	30-40%	樹脂	30-40%																																																																																																																																																
	硬化剤	1.00-1.50%	硬化剤	1.00-1.50%																																																																																																																																																
	増粘剤	0.01-0.05%	増粘剤	0.01-0.05%																																																																																																																																																
顔料	0.01-0.05%	顔料	0.01-0.05%																																																																																																																																																	
安定剤	0.01-0.05%	安定剤	0.01-0.05%																																																																																																																																																	
その他	0.01-0.05%	その他	0.01-0.05%																																																																																																																																																	
粘度(25℃)	(A)10,000-20,000 (B)10-20cps		(A)300-700cps (B)1,000-3,000			標準配合		通過率(ふるい目)			針入度(円すい針)		軟化点(℃)		引張強さ(20℃)kgf/cm ²		最大荷重時の伸び率(%)		耐アルカリ性(20℃)		耐塩水性(20℃)		<input type="checkbox"/> セロシールSS成分 アスファルトとゴムおよび高分子エラストマーからなるゴム弾性を有する加熱式の塗膜防止材 <input type="checkbox"/> カチコートR ゴム化アスファルトおよび合成樹脂を主剤とする溶液型、常温施工の速乾性プライマー。																																																																																																																													
比重	(A)1.2±0.1 (B)0.9±0.1		(A)1.15±0.05 (B)1.0±0.05			配合		配合			合格		合格		合格		合格		合格		合格																																																																																																																															
固形分(%)	(A)72±1 (B)26.5±1					配合		配合			合格		合格		合格		合格		合格		合格																																																																																																																															
成分	(A)エポキシ (B)7:7:7		(A)変性エポキシ樹脂 (B)変性アミン			配合		配合			合格		合格		合格		合格		合格		合格																																																																																																																															
可使用時間	20℃ 1kg容量 約5日		20℃ 1kg 20-25分			配合		配合			合格		合格		合格		合格		合格		合格																																																																																																																															
混合割合	(A)/(B)-1/1 (重量比)		(A)/(B)-2/1 (重量比)			配合		配合			合格		合格		合格		合格		合格		合格																																																																																																																															
防水層仕様																																																																																																																																																				
	<p>NSタックコート NSパールKG NSパールKB NSパールKP NSパールKK NSパールKG NSパールKG</p> <p>※RC版、鋼床版とも共通です。</p>															<p>表層：改質密粒度アスコン タックコート：アスファルト乳剤 基層：シートアスファルト タックコート：溶剤系ゴムアスファルト</p>																																																																																																																																				
施工	<p>・コンクリート表面を十分乾燥させる。 ・コンクリートは木ゴテ押え仕上げとし老朽部は凹凸がともにモルタル補修を行う。 ・油脂類、レタンス、ほこり等を完全除去する。</p>															<p>・木ゴテ押え、またはホーキ仕上げとする。 ・コンクリート床版を十分乾燥させる。 ・油脂類、レタンス、ほこり等を除去する。</p>					<p>下地の点検、処理を十分行う。 ほうき、エアークンプレッサー等で埃、ちり、等をとり除く。</p>					<p>・コンクリート床版を十分乾燥させる。 ・入念に清掃を行う。鋼床版は発錆状況に応じてケレンする。</p>					<p>(1)床版面のレタンス付着物・雑物を除去し清掃する。 (2)20mmをこえる不陸は密粒度アスコン等でレベルングし、十分転圧する。</p>																																																																																																																					
	工程	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工程</th> <th>材料</th> <th>塗布量</th> <th>塗布方法</th> <th>養生期間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>プライマー</td> <td>ボンドEプライマー</td> <td>0.15-0.2</td> <td>ロールはけ</td> <td>1H</td> </tr> <tr> <td>中塗</td> <td>ボンドE2400</td> <td>0.4-0.5</td> <td>ロールはけ または スプレー</td> <td>16H</td> </tr> <tr> <td>上塗</td> <td>ボンドE2400</td> <td>0.4-0.5</td> <td>スプレー</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>骨材</td> <td>珪砂</td> <td>3-5</td> <td>撒布</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>															工程	材料	塗布量	塗布方法	養生期間	プライマー	ボンドEプライマー	0.15-0.2	ロールはけ	1H	中塗	ボンドE2400	0.4-0.5	ロールはけ または スプレー	16H	上塗	ボンドE2400	0.4-0.5	スプレー	-	骨材	珪砂	3-5	撒布	-	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工程</th> <th>材料</th> <th>塗布量</th> <th>塗布方法</th> <th>養生期間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第1層</td> <td>セロシールSS</td> <td>0.4kg/m²</td> <td>ロールはけ</td> <td>0.5H</td> </tr> <tr> <td>第2層</td> <td>セロシールSS</td> <td>0.2kg/m²</td> <td>ロールはけ</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>第3層</td> <td>珪砂</td> <td>1.0kg/m²</td> <td>撒布</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>					工程	材料	塗布量	塗布方法	養生期間	第1層	セロシールSS	0.4kg/m ²	ロールはけ	0.5H	第2層	セロシールSS	0.2kg/m ²	ロールはけ	-	第3層	珪砂	1.0kg/m ²	撒布	-	<table border="1"> <thead> <tr> <th>施工材料</th> <th>材料名</th> <th>コンクリート床版</th> <th>鋼床版</th> <th>順序</th> <th>商品名</th> <th>使用量</th> <th>塗り時間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>防水材</td> <td>カリファルトFR-1</td> <td>1層目 0.7kg</td> <td>1層目 0.7kg</td> <td>工程1</td> <td>NSパールKP</td> <td>0.2kgf/m²</td> <td>30分以上</td> </tr> <tr> <td>防水材</td> <td>カリファルトFR-1</td> <td>2層目 0.8kg</td> <td>1層目 0.8kg</td> <td>工程2</td> <td>NSパールKG</td> <td>0.4kgf/m²</td> <td>2時間</td> </tr> <tr> <td>接着剤</td> <td>エポキシ</td> <td>0.4kg</td> <td>0.3kg</td> <td>工程3</td> <td>NSパールKB</td> <td>0.4kgf/m²</td> <td>2時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>工程4</td> <td>NSパールKG</td> <td>0.4kgf/m²</td> <td>2時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>工程5</td> <td>NSパールKP</td> <td>0.4kgf/m²</td> <td>2時間</td> </tr> </tbody> </table>					施工材料	材料名	コンクリート床版	鋼床版	順序	商品名	使用量	塗り時間	防水材	カリファルトFR-1	1層目 0.7kg	1層目 0.7kg	工程1	NSパールKP	0.2kgf/m ²	30分以上	防水材	カリファルトFR-1	2層目 0.8kg	1層目 0.8kg	工程2	NSパールKG	0.4kgf/m ²	2時間	接着剤	エポキシ	0.4kg	0.3kg	工程3	NSパールKB	0.4kgf/m ²	2時間					工程4	NSパールKG	0.4kgf/m ²	2時間					工程5	NSパールKP	0.4kgf/m ²	2時間	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工程</th> <th>材料</th> <th>塗布量</th> <th>塗布方法</th> <th>養生期間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>タックコート</td> <td>アスファルト乳剤</td> <td>0.4-1.0kg/m²</td> <td>ロールはけ</td> <td>24H</td> </tr> <tr> <td>基層</td> <td>シートアスファルト</td> <td>0kg/m²</td> <td>フィニッシャー</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>タックコート</td> <td>溶剤系ゴムアスファルト</td> <td>0.4-0.8kg/m²</td> <td>ロールはけ</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>表層</td> <td>改質密粒度アスコン</td> <td>0kg/m²</td> <td>フィニッシャー</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>					工程	材料	塗布量	塗布方法	養生期間	タックコート	アスファルト乳剤	0.4-1.0kg/m ²	ロールはけ	24H	基層	シートアスファルト	0kg/m ²	フィニッシャー	-	タックコート	溶剤系ゴムアスファルト	0.4-0.8kg/m ²	ロールはけ	-	表層	改質密粒度アスコン	0kg/m ²	フィニッシャー
工程		材料	塗布量	塗布方法	養生期間																																																																																																																																															
プライマー	ボンドEプライマー	0.15-0.2	ロールはけ	1H																																																																																																																																																
中塗	ボンドE2400	0.4-0.5	ロールはけ または スプレー	16H																																																																																																																																																
上塗	ボンドE2400	0.4-0.5	スプレー	-																																																																																																																																																
骨材	珪砂	3-5	撒布	-																																																																																																																																																
工程	材料	塗布量	塗布方法	養生期間																																																																																																																																																
第1層	セロシールSS	0.4kg/m ²	ロールはけ	0.5H																																																																																																																																																
第2層	セロシールSS	0.2kg/m ²	ロールはけ	-																																																																																																																																																
第3層	珪砂	1.0kg/m ²	撒布	-																																																																																																																																																
施工材料	材料名	コンクリート床版	鋼床版	順序	商品名	使用量	塗り時間																																																																																																																																													
防水材	カリファルトFR-1	1層目 0.7kg	1層目 0.7kg	工程1	NSパールKP	0.2kgf/m ²	30分以上																																																																																																																																													
防水材	カリファルトFR-1	2層目 0.8kg	1層目 0.8kg	工程2	NSパールKG	0.4kgf/m ²	2時間																																																																																																																																													
接着剤	エポキシ	0.4kg	0.3kg	工程3	NSパールKB	0.4kgf/m ²	2時間																																																																																																																																													
				工程4	NSパールKG	0.4kgf/m ²	2時間																																																																																																																																													
				工程5	NSパールKP	0.4kgf/m ²	2時間																																																																																																																																													
工程	材料	塗布量	塗布方法	養生期間																																																																																																																																																
タックコート	アスファルト乳剤	0.4-1.0kg/m ²	ロールはけ	24H																																																																																																																																																
基層	シートアスファルト	0kg/m ²	フィニッシャー	-																																																																																																																																																
タックコート	溶剤系ゴムアスファルト	0.4-0.8kg/m ²	ロールはけ	-																																																																																																																																																
表層	改質密粒度アスコン	0kg/m ²	フィニッシャー	-																																																																																																																																																
施工の注意事項	<p>(1)材料は、所定の配合比にしたがって計量し、十分攪拌してから使用する。 攪拌が不十分な場合は、硬化しない部分が生じる。 (2)作業終了後、器具類に付着した樹脂は、硬化前にシンナー等でふきとる。また手足等に樹脂が付着した場合は、石鹸水で洗い流す。</p>															<p>(1)セロシールSSは230℃程度が施工に最適な温度である。 (2)セロシールSSは常温まで冷めれば鋪装が可能である。 (3)車輦の走行は、防水層をきずつけないように十分注意する。 鋪装まで車輦の通行を禁止することが望ましい。</p>					<p>(1)火気厳禁 (2)塗布後に降雨が予想される場合は、みあわせる。 (3)塗り重ね時間は仕様どおりであるが、乾燥状態を確認して次作業を行う。 (4)施工にあたっては天候に注意し、降雨の心配があるときは施工を中止するとともに、降雨後塗布再開する場合は、先の塗膜面が完全に乾燥してから次の塗布にかかる。</p>					<p>(1)はけ塗りを原則とする。 (2)塗り重ね時間は仕様どおりであるが、乾燥状態を確認して次作業を行う。 (3)施工にあたっては天候に注意し、降雨の心配があるときは施工を中止するとともに、降雨後塗布再開する場合は、先の塗膜面が完全に乾燥してから次の塗布にかかる。</p>					<p>(1)鋪装路面は十分清掃し乾燥させる。 (2)鋪装厚に合せた型枠を所定位置に固定させる。 (3)敷き均しは通常アスファルトフィニッシャーによる。 (4)締固め密度は、基準密度の98%以上とする。 (5)供試体は、別途現場で採取用供試体を作成するか、人力により鋪装体を切取り、採取する。(コアカッターによる採取は不可能である。) (6)交通量の多い所では不適當である。</p>																																																																																																																					

(2) ドイツの防水層

日本でこれまで一般的に用いられてきたシート系や塗膜系の防水層は、施工後 4~5 年で水漏れがみられたり、コンクリート面への接着の欠如から、要求性能を満たしていないケースが多くみられた(文献 6)。そうした中、凍結防止剤による床版の塩害に悩まされているヨーロッパ諸国のうち、床版防水工の設計・施工指針を定めたドイツの事例を紹介する。

日本の橋面防水工が、シート系防水層(1層)および合成ゴム(溶剤型)塗膜系防水層を基本としているのに対し、ドイツでは 1987 年以降、シート系防水層(1層または 2層)および合成樹脂(2液型)塗膜系防水層のみが認定されている。ドイツにおける床版防水工の設計・施工指針作成までの経緯は下表のようである。なお、詳細は文献 6 に説明されているので参照されたい。

年	指 針	内 容
1967	橋梁舗装および防水工暫定指針	防水工に関する最初の指針。
1976	瀝青系の橋梁舗装指針	橋梁舗装および防水工暫定指針の改訂。
1983	—	ドイツ道路研究所が、種々の防水工を採用した 100 橋について交通供用下で性能調査を実施。
1987	床版防水工の補足指針 (ZTV-BEL-B)	以下の 3 部構成。 ・ 1 層シート系防水層 (ZTV-BEL-B Part1) ・ 2 層シート系防水層 (ZTV-BEL-B Part2) ・ 合成樹脂塗膜系防水層 (ZTV-BEL-B Part3)
1992	防水層の端部処理に関する 暫定指針	床版防水工の補足指針での各防水工ごとの処理方法 (下図参照)。
1995	床版防水工の補足指針 (ZTV-BEL-B Part3) 改訂	合成樹脂塗膜系防水層 (ZTV-BEL-B Part3) の改訂。

図-1 シート系防水層(1層)の場合の端部処理の例

(グーアスファルト縁石への端部処理)

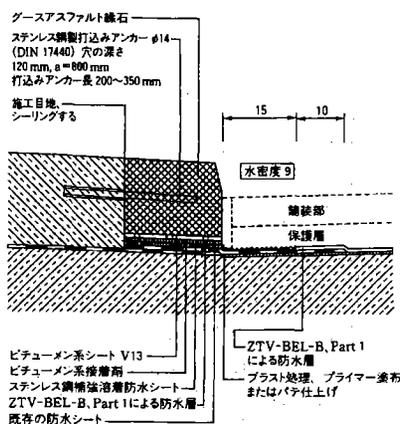


図-2 シート系防水層(2層)の場合の端部処理の例

(RC縁石への端部処理)

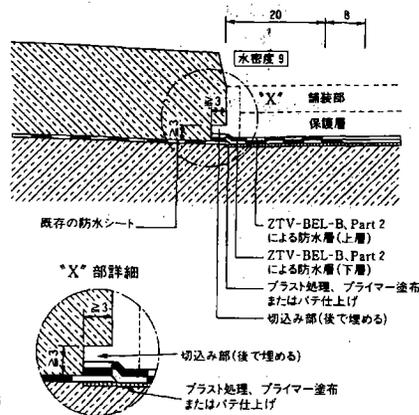
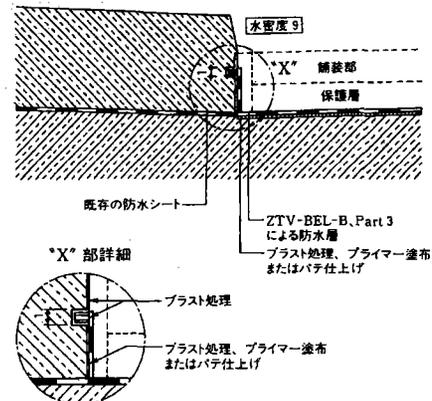


図-3 合成樹脂塗膜防水層の場合の端部処理の例

(RC縁石への端部処理)



「防水層の端部処理に関する暫定指針」における端部処理例

文献 6 : ドイツにおける橋面防水工設計・施工指針の紹介と作成の背景 上阪康雄
1998 年 11 月 土木施工 P78~82

文献 6 によれば、ドイツの防水層使用実績は、次のようである。

標準として用いる防水工は、1 層シート防水層であり、全体の 80% 程度を占めている。2 層シート系防水層や合成樹脂塗膜系防水層は、それぞれ 10% 程度の使用実績である。これは施工費が 15% 程度高いためである。ただし、傾斜のある山岳部では 2 層シート防水層を採用し、特に重車両交通量の多い道路やプレキャストブロック工法の場合には合成樹脂塗膜系防水層を使用しているようである。なお、ベルリン市内では合成樹脂塗膜系防水層が 50% 程度を占め、残りが 1 層シート系防水層である。

また、合成樹脂塗膜系防水層では、20 年を経過したものでも問題なく、これまでに一番安心できる防水工であるとのことである。

参考文献 1 に、ドイツの床版防水工に関する補修補強事例を示す^{文献 7)}。

文献 7：ドイツ連邦交通省道路建設局 道路橋の補修・補強事例集 報告書 1990
R.ルールベルク（監訳：山崎、成井） 1995 年 4 月 土木施工臨時増刊

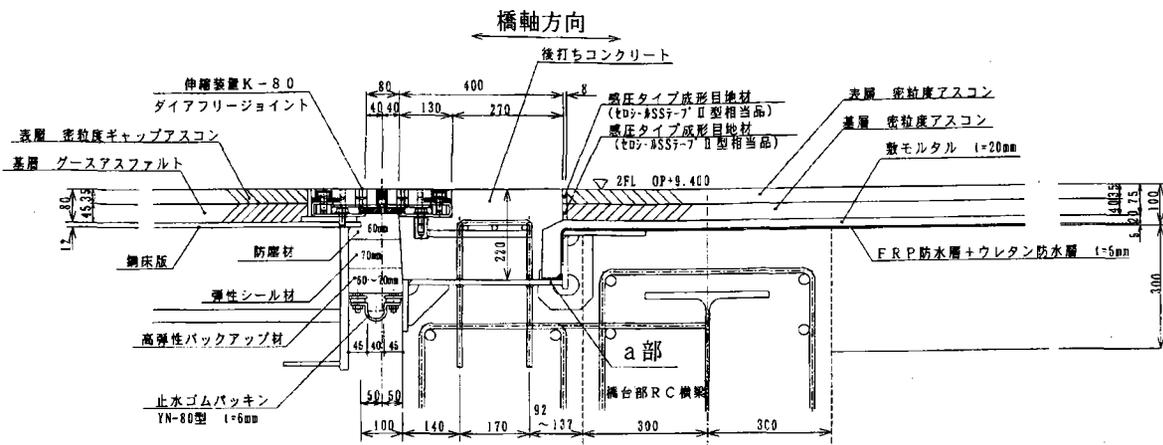
(3) 建築との複合構造における防水層

一般に土木と建築の防水に対する認識は大幅に異なっている。建築では歴史的にも石器時代から現在に至るまで雨水による屋根からの雨漏り防止は、非常に重要な要求性能とされてきた。どんなに立派な建物を完成させても雨漏りした瞬間、全ての信頼を失いそのペナルティーが非常に大きいのが建築の厳しさである。建築防水の細部ディテールは、現在までに度重なる失敗と戦いながら繰り返し蓄積されたノウハウにより生まれてきたものであり、土木技術者としては学ぶところが多い。

下図は建築構造部2階パーキング部と鋼床版橋梁部との接続部に施した防水対策事例である。ここでは、防音性能や将来取替時の時間短縮のためゴム製伸縮装置を選択している。階下には様々な商店がテナントとして入るため、施主からは防水性能には特段の配慮を要求されている。

この事例では、コンクリート箱抜き部ひび割れが発生し、雨水が進入しても建築階下側には進入して行かないよう以下のような工夫を行っている。

- ①コンクリート箱抜き部と建築側橋台部トップとの間に、スタットを上下に溶殖した防水板を挟み込んでいる。
- ②防水板上面に滞水しないように止水ゴムの導水部を設けている。
- ③パーキング部2階フロアーから連続する防水層（FRP防水層+ウレタン防水層）を端部打下ろしコンクリート部で立ち下げ遊水の逆浸透を防止している。
- ④将来のアスファルト舗装の打替え時のキズ発生防止や衝撃緩和のため保護モルタルで防水層を保護している。
- ⑤アスファルトと後打ちコンクリート部の境界部に成形目地を設置し止水効果を向上させている。



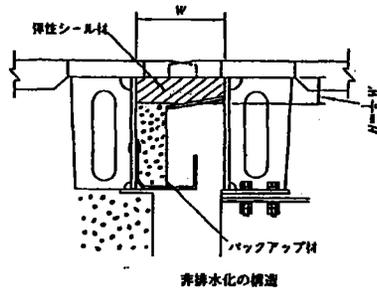
建築との複合構造における防水対策事例

4.2 伸縮装置の改良

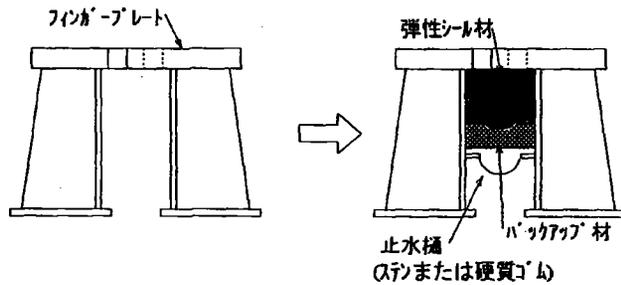
伸縮装置の排水機能に要求される性能を満たす方法としては、以下の方法が挙げられる。

①伸縮装置の非排水化

既設橋では、排水構造の伸縮装置を非排水構造に変更することで、伸縮装置部からの漏水を防止する。非排水化の事例を以下に示す。



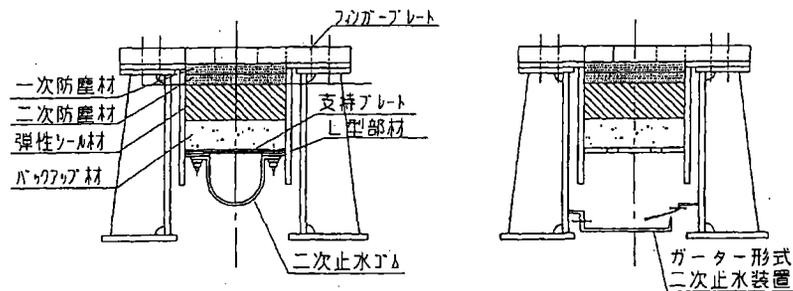
伸縮装置の非排水化事例 1



伸縮装置の非排水化事例 2

なお、充填材である弾性シール材には種々の材料、形状が提案されているが、現時点では耐久性に富んだ装置は、未だ開発されていないのが現状のようである。

したがって、新設橋の非排水構造の伸縮装置については、維持管理を考慮して、下図に示すような、容易に取換が可能な構造とすることが望まれる。



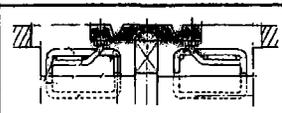
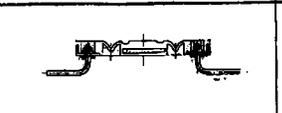
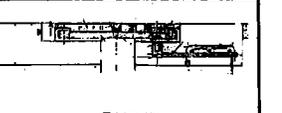
(a) 止水ゴム形式

(b) ガーター形式

非排水構造伸縮装置の例

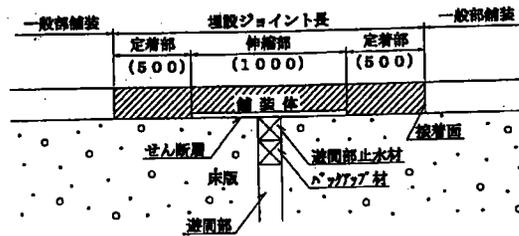
②水密性のあるゴムジョイント化

排水構造の伸縮装置を、水密性を有するゴムジョイントに交換することで、伸縮装置からの漏水を防止する、ただし、一般的には伸縮量が小さく、交通量の比較的少ない箇所に適用される。

ゴム系ジョイント			
トランスフレックス	ハマハイウェイジョイント	ガイトップジョイント	ダイヤフリージョイント
 	 	 	 
ヨコ型直線タイプ 荷重支持型ゴムジョイントとしての実績も多いが耐久性にやや難あり	ヨコ型フィンガータイプ これも実績が多いが、耐久性、走行性にやや難あり	床版端部自体をくし形に加工したタテ型のジョイント 建設省との共同研究により開発されたもの	菱形の孔をもつ特殊な表面ゴムを使用するため、斜方向の伸縮にも対応が楽にできる 最近施工例が増えている

③埋設ジョイント化

排水構造の伸縮装置を、埋設ゴムジョイントに交換することで、伸縮装置からの漏水を防止する、ただし、一般的には伸縮量が小さく、交通量の比較的少ない箇所に適用される。



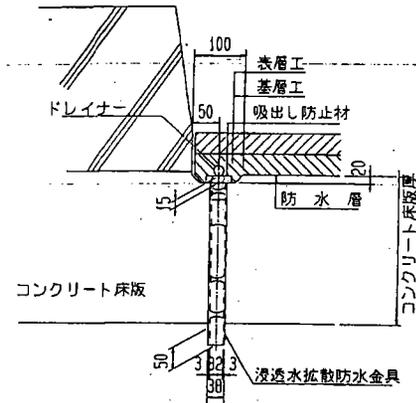
伸縮装置の埋設ジョイント化事例

4.3 導水工

床版上面の防水層と舗装の間に溜まった雨水等を速やかに排水するため、床版端部に導水パイプ（ドレイナー）を設置して水抜きパイプや排水柵に導水する。水抜きパイプは、既設の排水柵の位置や縦断および横断勾配等を考慮して、設置間隔を決定することが望まれる
次頁以降に水抜きパイプの設計例および取付方法を示す（文献8、9）。

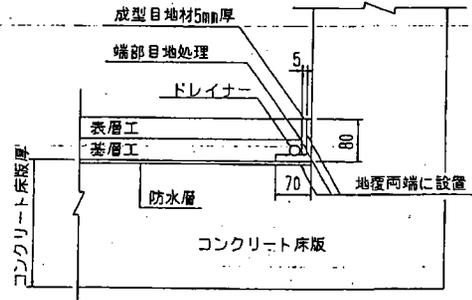
文献8：スラブドレーン 道路橋床版水抜きパイプ 秩父産業(株) (カタログ)
文献9：鋼橋の維持管理を考えた設計の手引き 2000年3月 (社)日本橋梁建設協会

水抜きパイプ詳細図

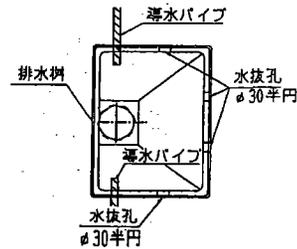


注) フレキシブルチューブを取付けて排水側あるいは排水管に直接排水することができる。

防水層詳細図



注) ドレインは排水側側面に孔を明け接続する。



導水対策事例

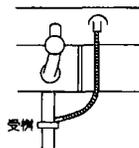
●設置間隔

縦断勾配	ピッチ
1%以下	5m
1~3%	10m
3%以上	15m

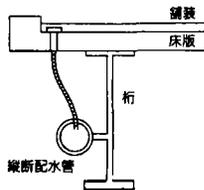
但し3%以上でも流末部は5mピッチ

●スラブレインに付属導水パイプを必要とする場合

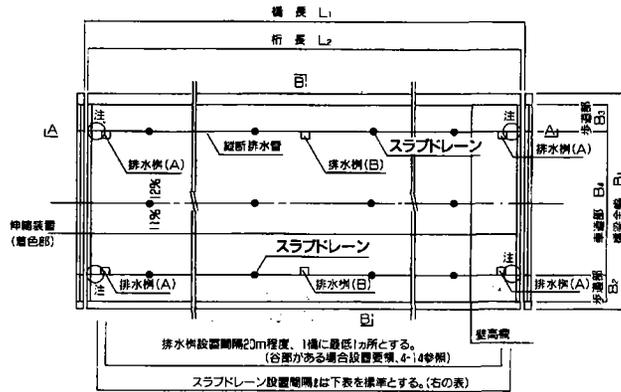
①桁下の受桝へ誘導する場合は、スラブレインからの導水パイプを受桝へ差し込む。



②スラブレインを橋梁中間部に設置したいが、雨水排水管受けがない場合、縦断雨水配水パイプに穴を開けて、スラブレイン導水パイプを挿入して導水する。

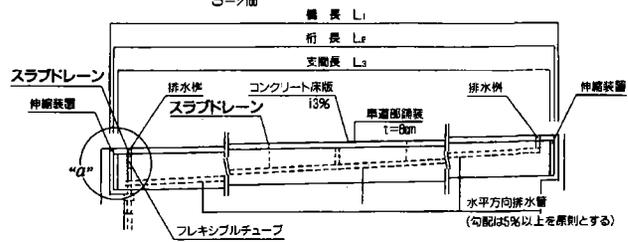


平面図 S=1/100



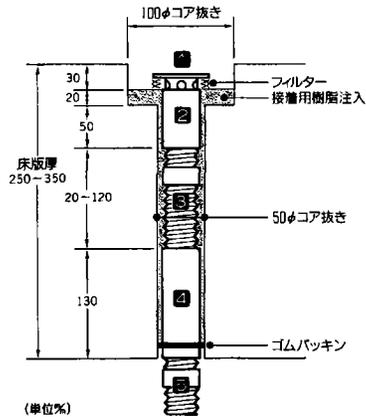
注1: 伸縮取付部には必ずスラブレインを施工する。
注2: 排水口の設置
排水口(A) — 全ての橋梁に設置すること。
排水口(B) — 設計要領に基づき設置すること。

断面図 A—A S=1/100

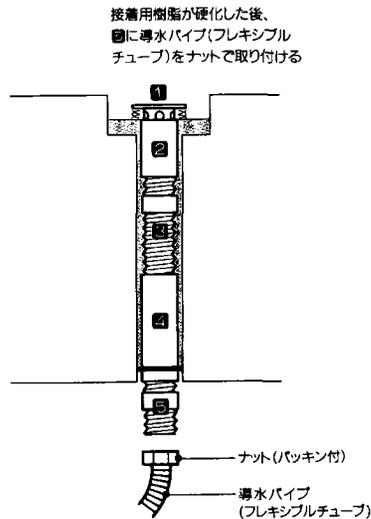


水抜きパイプ設計例

■自然排水タイプ



■導管排水タイプ



●取付設置方法

①既設舗装・床版のコアーカット

主桁、横桁、わだち部をさげ、設置位置を決定します。設置位置が決定したら、床版部の50%の深さまで100φの径で、コアーカットします。

②床版コアー抜き

①のコアーカット後、芯を合せて50φの径で貫通切断します。切断時には、切断片、水等が橋梁下に落下する可能性がありますので、場合により落下防止を設置します。又、切断面は乾燥させ、ワイヤーブラシで清掃します。

③スラブドレーン仮設置

スラブドレーン②の先端にゴムパッキンを取付けた後、コアー穴に吊下金具を取付けたスラブドレーンを挿入し、仮固定します。

④接着用樹脂注入

床版コアー穴とスラブドレーンのすき間を一定にし、接着用樹脂をスラブドレーン②の天端まで充填します。

⑤養生

樹脂注入後、12時間(15℃)養生します。養生中はスラブドレーン本体に、応力がかからない様に注意します。又、樹脂のモレがないかチェックし、樹脂が減る様ならば再充填します。

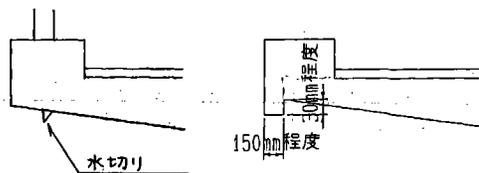
⑥舗装復旧

養生が終了した後、フィルターを巻きつけた①を取付け舗装のコアー穴を復旧します。防水層がある場合は、防水処理後、舗装復旧します。

水抜きパイプ取付方法 (既設橋床版の場合)

4.4 水切り設置

張出部から耳桁へ伝わる水を遮断する構造として、以下のような構造が挙げられる。床版張出部の劣化が進行する可能性がある場合には、併せてFRPを接着することにより剥落を防止する方法もある。



水切り構造例

5. まとめ

既に述べてきたように、RC床版の損傷部からの漏水は、床版自体の劣化の促進にとどまらず、その下の鋼部材の腐食を引起す要因ともなっている。

したがって、橋面や伸縮装置部からの漏水を防止することは、橋梁にとっての必要不可欠な要件であることは明らかである。

現在、橋面防水工や非排水型伸縮装置、その他排水導水装置等について、各種の材料や構造によるさまざまな工法が開発、提案されている。しかしながら現時点では、国内の現存する工法により、十分な耐久性や耐荷力性を確保できるとは考えにくいのが現状のようである。

このような状況の理由として、端部処理の方法や使用材料にも改善の余地はあると思われるが、現場側としてのもっとも大きな要因は、施工時間の制約によると思われる。防水工の施工は、現在日本では一般的に、夜間の短期間工事で行われており、防水工の施工に十分な技術が適用しにくい環境が重なる状況が続いているようである。

概念的には完全な工法が存在しても、施工が不十分なものであれば、当然のことながらその効果は半減してしまう。このように、防水工の施工技術を改善することは今後、避けては通れない命題であると考えられる。

一方ドイツでは、過去に蓄積されたデータに基づいて作成された、具体的な指針がある。ここでは、使用材料や工法の原則、保証期間等が明示されている。また、これに基づいて施工された防水層のうち合成樹脂塗膜防水層では、20年を経過した現在でも問題が生じていないという報告もある。さらに、参照した事例にあるように、十分な施工管理がなされていることも伺える。学ぶべき部分が数多くあると見受けられる。

道路の利用者にとっては、しっかりした路面があることが最も重要なことであり、橋の構造が何であろうとそれほど重要ではない。床版より下の部分が多少損傷しても、ほとんど道路交通に影響を与えずに補修できるが、床版や舗装が損傷して補修や交換をすることになれば、道路交通に与える影響が大きいからである。

このような観点からも、長期耐久性を有する防水工の開発は急務であると考えられる。

6. 参考文献1

ヨアヒム・ティバーチウス橋への 東側取付け橋		(ベルリン)	A	01	01	01	01
構造諸元							
1. 基本データ							
1.1	スパン割りおよび橋長	南側取付け橋	$22.00 - 2 \times 29.50 - 25.67 = 106.67\text{m}$				
		北側取付け橋	$25.16 - 3 \times 27.50 - 20.25 = 127.91\text{m}$				
1.2	スパンの数		: 4+5				
1.3	幅員		: 6.90m				
1.4	橋面積		: $736.0 + 882.6 = 1\,618.6\text{m}^2$				
1.5	斜角*		: 100g(度)				
1.6	橋梁等級**		: 60				
1.7	建設年		: 1964/66				
1.8	建設費: 総計		: 779 000DM				
			単位橋面積当たりの工費: 481DM/m ²				
2. 構造概要							
2.1	主要材料		: プレストレストコンクリートプレキャスト主桁, 一部場所打ちコンクリート				
2.2	構造形式 (図-1)		: 単純桁としての主桁を設置した後, 場所打ちコンクリート横桁および床版を打設し, さらに付加的な主方向プレストレスを与えることによって, 桁高一定の連続桁構造としている。				
2.3	主桁断面形状 (図-2)		: T桁, 3本				
2.4	支持方法 (図-)		: 主橋梁部とは剛結, 各橋脚上は全方向可動のネオトップ(ゴム)すべり支承, 橋台上はローラ支承。				
2.5	橋脚/支柱 (図-)		: 充実楕円形のコンクリート橋脚				
2.6	橋台		: 鉄筋コンクリートL形橋台				
2.7	基礎		: 直接基礎				
2.8	橋面工, 塗装ライニング		: 銅はくの防水層, その下はアスファルト結合材による均し層, 銅はくの上は3.0cm厚のグースアスファルト保護層および3.5cm厚のグースアスファルト舗装, 縁石部はポリマー系微粒モルタルを塗布。				
3. 建設材料							
3.1	上部構造***		: B 45 (旧 B 450), B 55 (旧 B 600), St 1370/1570, BSt 220/340				
3.2	橋脚/支柱		: B 45 (旧 B 450), BSt 220/340, BSt 420/500				
3.3	橋台		: B 25 (旧 B 300), BSt 220/340, BSt 420/500				
* 訳注) 単位はグラジアン(g)で示されている。100g=90°							
** 訳注) 橋の等級分類については道路橋示方書・同解説 I 共通編 p.19 (日本道路協会)を参照。							
*** 訳注) コンクリートの強度等級および鉄筋の種類については, レオンハルトのコンクリート講座①鉄筋コンクリートの設計, p.5, p.77 鹿島出版会を参照。							

4. 地 盤

地下3.8mより密実な細粒および中粒砂層。

5. 損傷に対して特に重要な構造物および構造部材の特徴

銅はく防水層は、アスファルト結合材より成る均し層の上であり(図-5)、止め金具によって縁石部側面に定着されていた。

6. 道路管理事務所

Senatverwaltung für Bau- u. Wohnungswesen (ベルリン市庁土木建築部)

HXID-Otto-Suhr-Allee 18-20, 1000 Berlin 10

Tel : 030-3183-2101

損傷およびその補修

- | | | |
|---------------|---|--|
| 1. 損傷の題目 | : | コンクリート表面防水層の破損
コンクリートのひびわれ, はく離
グラウトのされていないPC鋼材シース管 |
| 2. 発生した部材 | : | コンクリート床版の湿り
すべての構造部材にわたるコンクリート損傷
地覆塗膜のはがれ |
| 3. 損傷レベル | : | 3 a |
| 4. 補修年度 | : | 1982 |
| 5. 専門家の報告書 | : | |
| 専門家名 | | タイトル |
| — | | — |
| 6. 補修用材料: | | |
| 新防水層 | : | 2液性超速反応型ポリウレタン樹脂 |
| 新縁石塗装 | : | ポリウレタンを加えた2液エポキシ樹脂 |
| 7. 補修費: | | |
| 補修/更新コスト | : | 1 237 000 建設費の 65.0% |
| 付随コスト | : | 15 000 建設費の 0.8% |
| 8. 補修後の使用上の制約 | : | なし |
| 9. 補修後の残存供用期間 | : | 短縮はなし |
| 10. 参考文献 | | |
| | | [1] Weyer, Schutzmaß nahmen bei Ingenieurbauwerken aus Beton gegen Feuchtigkeits-, Frost- und Tausalzeinwirkung. |
| | | [2] Herold, Rißüberbrückende Beschichtungen auf Betonbauteilen, beide in Straße und Autobahn 1980 (Heft 4). |

損傷の内容

1979年7月の橋梁詳細調査時に、ヨアヒム・ティバーチウス橋への東側取付け橋に大きな損傷があるのが確認された。損傷はコンクリート床版下面の湿り、防水層に設けられた水抜きパイプからの水滴、プレキャスト主桁、地覆、橋脚、橋台等コンクリート部材のひびわれ、主ケーブルシース管内の空隙、ほとんどの構造部材でのコンクリートのはく離および鉄筋の腐食および露出、さらには縁石部ポリマー系微粒モルタル塗膜のはがれなどであった。

これらの損傷の大きさは、早急に補修を必要としていると判断された。

補修の前に、コンクリート床版表層部について、損傷の有無を調査した。

この結果は以下のものであり、予想より良好であった。

圧縮強度	46N/mm ²
(付着)引張強度	2.3N/mm ²
pH値	12
非常にわずかな含有塩分量	
炭酸化はなし	
コンクリートの(絶乾)比重	2.3g/cm ³

損傷の原因

旧防水層をはがしてみたところ、側面の止め金具の下で破損しており、表面水がアスファルト結合材からなる均し層まで浸透していることがわかった。

補修・補強の方法

最も重要な補修工法として、橋面のすぐ上に新しい防水層を設けることが決定された。そのため現存する舗装、防水層およびその下の均し層をはつり取ることにした。またコンクリート表層部に入り込んだビチューメンプライマーに対しても正確に調整できる切削機を用いて、最大深さ5mmまで撤去した。最後にジェットウォ

ーターを用いて、脆弱および浮きコンクリート部分を取り除いた。

鉄筋コンクリート部材およびプレストレストコンクリート部材に見られた、幅0.3mm以上のひびわれには、アーヘン工科大学構造材料試験所より認可されたエポキシ樹脂が注入された。この注入方法は、1980年5月制定の「エポキシ樹脂によるカップリング目地部のひびわれ注入指針」に基づいている。ひびわれ幅 $w < 0.3\text{mm}$ のひびわれについては伸び性能の良い透明エポキシ樹脂シーリング剤(1mm厚)により補修した。なお、コンクリートの断面修復部は、エポキシ樹脂混入モルタル(PC)を用いた。

シース管内のグラウト注入が十分でないと思われた39本のPC鋼材については、シース管まで届く細径のコンクリートコアを抜き、グラウトの状況を調査した。このときコア抜き作業ではボーリング機先端がシース管に到達すると自動的に停止する装置を用いた。この調査から4本のPC鋼材シースに空隙が見つかり真空注入法によってグラウトを補充した。このグラウト総量は約95lであった。

車道部の合成樹脂から成る新しい防水層は、2液混合装置を用いた流れ作業によって吹き付けられた。このときの作業員は防水工専門技能者であり、常時専門の監督技師が管理にあたった。この防水層は洗浄されたコンクリート表面に直接付着している(図-3の形式I)。縁石部、地覆部の構成は多少異なるが、塗膜は車道部の防水層と連続している(図-4)。主橋梁部の旧防水層への接続は図-5のとおりである。

合成樹脂のメーカー側で示した使用温度および温度範囲は、厳守した。車道部以外の防水層は、人力とローラを用いて施工した。

防水層施工後はすぐにグースアスファルト保護層を施工した。その上にはアスファルト結合材による均し層および碎石混合アスファルトマスタック舗装が施工された。

橋桁の下面および橋台、橋脚表面には、塩分その他の有害物の侵入を防ぎ、炭酸化を遅らせるために、塗装ライニングが施工された。このライニングとしては、水密性シランをベースと

した2層の中塗り層および液状アクリルウレタン樹脂より成る2層の上塗り層が選定された。

地覆部コンクリートには、ひびわれ追従性の良い液状合成樹脂塗装が施された。

今後の対策および反省点

この種の損傷を回避するために

- ・橋面防水工の計画および施工にあたっては、ZTV-BEL-B 規準に従うべきである。
- ・防水工の施工は、念入りに注意深く行い、必ず十分な管理体制の下で実施すべきである。

補修・補強工事に関する注意点

- ・PC鋼材を露出させ、真空注入法でグラウト作業を行うためには、ボーリングに適した機材

を選定し、経験豊富な技能者を配属する必要がある。また十分な装置を備えた施工会社を選ぶのが良い。特にPC鋼材の位置を確認する作業は危険が伴うので、同じ工法に精通した施工会社の選定が望まれる。

- ・PC鋼材の位置決めおよびシース管内の空隙部の検出に関して、より良い方法が開発されることが望まれる。その際には現場施工の容易さおよび経済性も考え合わせなくてはならない（本橋の場合には、グラウトされていない4本のシース管を見つけるために、PC鋼材近傍までの危険の高い80箇所でのボーリング調査が必要であった）。
- ・その後1989年まで、両側の取付け橋において新たな損傷は見つかっていない。

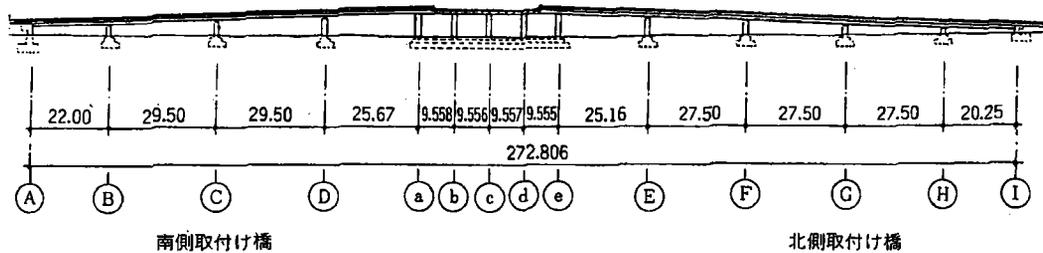


図-1 南側取付け橋と北側取付け橋の側面図

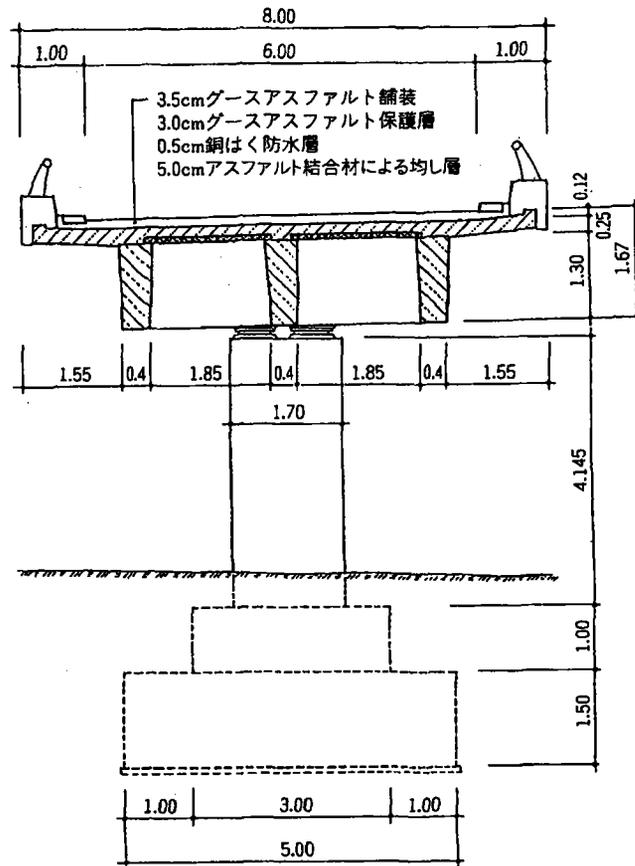


図-2 断面図

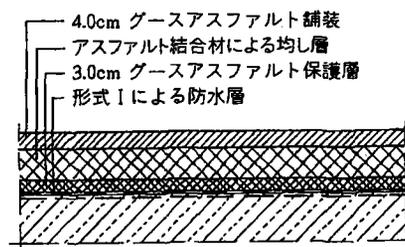


図-3 標準部の新防水層と舗装

形式 I

1. プライマー OLDODUR-Pur 304-0070
2. 防水層 OLDOPREM-S-352-0000

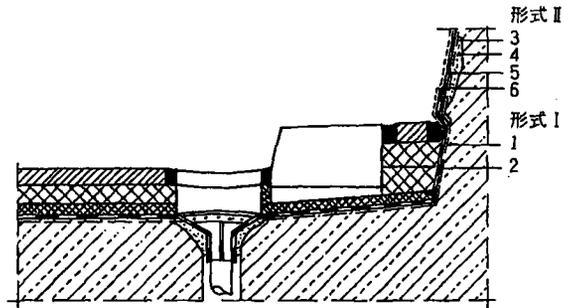


図-4 排水ます付近の新防水層

形式 II

- 3. プライマー BUFAPOK-350-0002
- 4. 均し層 PALESIT-水中硬化型モルタル 520
(塗膜のない部分の上へ)
- 5. 防水層 OLDOPREM-E-351-7132
(2回施工による)
- 6. 舗装 OLDOPREM-シーリング-318-7032

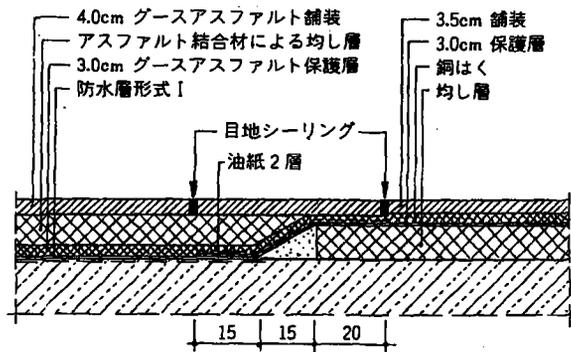


図-5 取付け橋の新しい防水層と主橋梁との接合方法

構造諸元

1. 基本データ

- 1.1 スパン割りおよび橋長 : 22.50-9×30.00-22.50=315.00m
 1.2 スパンの数 : 11
 1.3 幅員 : 29.00m
 1.4 橋面積 : 9 135m²
 1.5 斜角 : 100g
 1.6 橋梁等級 : 60
 1.7 建設年 : 1958/59
 1.8 建設費: 総計 : 4 160 000DM

単位橋面積当たりの工費: 455DM/m²

2. 構造概要

- 2.1 主要材料 : プレストレストコンクリート (橋軸方向, 直角方向とも)
 2.2 構造形式 (図-1) : 等桁高の連続桁
 2.3 主桁断面形状 (図-2) : 2つの2主箱桁より成る上部構造であり, そのすき間の上に中央分離帯版が載っている。
 2.4 支持方法 (図-) : 橋脚5~7上は固定支承
 橋脚4+8上は鉛板を有するコンクリートロッカー鉛支承
 橋脚1~3上, 9+10上はコンクリートペンデル支承
 両橋台上は硬鋼ローラ支承
 2.5 橋脚/支柱 (図-) : 充実断面の橋脚
 2.6 橋台 : 鉄筋コンクリートL形橋台
 2.7 基礎 : 岩盤上の鉄筋コンクリートケーソン
 2.8 橋面工 : プライマーとしてビチューメンの吹付け (1kg/m²), 3.5cm厚アスファルト結合材, 3.5cm厚グースアスファルト。

3. 建設材料

- 3.1 上部構造 : B 45 (旧 B 450), St 1320/1470, BSt 360/500G
 3.2 橋脚/支柱 : B 25 (旧 B 300), BSt 220/340
 3.3 橋台 : B 25 (旧 B 300), BSt 220/340

4. 地盤

粘性土と斜面表土。地下10~20mには粘板岩。

5. 損傷に対して特に重要な構造物および構造部材の特徴

特別な防水層は施工されていない。地覆版はコンクリート床版上に直接打設されている。また両上部構造の上に置かれた中央分離帯版の両端部には紙シートが敷かれている。

6. 道路管理事務所

Landesstraßen-und Autobahnamt Bochum (ボッフム高速道路建設局)
 Postfach 101526, 4630 Bochum 1
 Tel : 0234-5075-369
 AUSA : 842-369

損傷およびその補修

1. 損傷の題目 : 床版舗装およびコンクリート上部工への溶融塩の浸透
2. 発生した部材 : 床版舗装
地覆版および中央分離帯版
コンクリート床版
3. 損傷レベル : 2 b
4. 補修年度 : 1982/83
5. 専門家の報告書 :

専門家名	タイトル	日付
Prof.Dr.-Ing. K. Kordina	コンクリート床版の損傷についての評価と その補修対策方法について	1982.10
6. 補修用材料 :
 プレパックドコンクリートによるコンクリートの補修
 エポキシ樹脂プライマー層の上にビチューメン溶着シートによる
 防水層
 縁石部にはポリウレタン系樹脂の吹付け
7. 補修費 (DM) :
 補修/更新コスト : 1 150 000 建設費の 8.5 %
 付随コスト : 15 000 建設費の 1.1 %
8. 補修後の使用上の制約 : なし
9. 補修後の残存供用期間 : 短縮はなし
10. 参考文献 : -

損傷の内容

高速道路 A 1 に架けられたフォールマーシュ
 タイン溪谷橋は、1960 年に供用を開始した。し
 かし数年後には、床版舗装のあちこちで部分補
 修がなされた。そしてついに 1971 年には、3.5
 cm 厚のグースアスファルト舗装全面を DM
 235 000 の費用をかけて、はつり取ることが決定
 された。

中央分離帯版の下面には水漏れと遊離石灰が
 見られ、縁石コーナー部および中央分離帯版端

部ではコンクリートのはく離が見られた。その
 ため、1972 年には中央分離帯版に合成樹脂塗装
 ライニングが施された。

その後 1975～1982 年には再び、以下の損傷が
 見られるようになった。特に北側車線部（登坂
 車線）において損傷が顕著であった。

- ・床版舗装とコンクリート縁石との間に大き
く開いた橋軸方向の目地
- ・中央分離帯版横方向目地部における水漏れ
- ・床版舗装における水ぶくれおよびポットホ
ール ϕ 5～20mm
- ・中央分離帯版の塗装ライニングのふくれ、

ひびわれ

- ・北側縁石コーナー部の舗装結合材層の縁石に沿う分離およびはがれ、この付近の結合材層は水びたしになっていた。
- ・床版コンクリートと中央分離帯版コンクリートは、その接合部において深さ2 cm程度まで劣化していた。

これらの損傷原因を解明するために、コンクリート内含有塩分量に関する調査が実施されることになった。この目的のために南側車線部(降坂車線)で8個、北側車線部(登坂車線)で143個のコンクリートコアが採取された。これらのコアは微粉碎された後、硝酸溶液に溶かし、不純物をろ過してから、硝酸銀を用いて定量分析を行った。

外部からの塩素は、北側の縁石コーナー部の橋軸方向目地の割れ目からばかりでなく、南側の縁石コーナー部目地付近でも検出されている。コンクリート床版、中央部における塩素はコンクリート重量に対し0.008~0.038%であるのに対し、南側縁石の橋軸方向目地部で0.070%、北側では0.150~0.361%にも達していた。

含有塩分量の最大値は、中央分離帯版下の結合材層が水びたしになっていた箇所検出された。ボーリングコアの深さを8 cmとしたとき、上から下へ向かって2 cmごとの塩素量は、0.672-0.545-0.501-0.731(重量%)であった。

また別の試料では深さを6 cmとしたとき、2 cmごとの塩素量は0.715-0.545-0.648(重量%)であった。同じ位置のコンクリートコア上層2 cmまでは非常に脆かった。

この付近の高さ10.5 cm、直径9.9 cmのコンクリートコアの圧縮試験の結果は34.1 N/mm²であった。

意外であったのは、コンクリート床版内部の鉄筋をはつり出したところ、腐食が確認できなかったことである。

損傷の原因

損傷が発生した原因は、縁石部と舗装の間の目地詰め材が破損したことにある。このため表

面から水が結合材層の空隙部に流れ込み、凍害も加わって結合材層の強度低下をもたらした。

そして防水層が有効でなくなったので、塩分を含んだ水がプレストレストコンクリート床版へ浸透し、コンクリート上層を劣化させた。

上下線分離構造であるため、活荷重によって中央分離帯版の支持端部に沿って回転運動が生じ、振動が発生した。このためポンプに似た作用で、支持端部下に水が流れ込んでいったのである。

補修・補強の方法

1982~1983年に北側橋梁部の補修を実施した。北側橋梁は損傷が著しく、早期の対応が不可欠であったほか、高速道路A1が6車線に改築される際もこの溪谷橋の付近では北側橋梁部は幅員が広いため、現橋の補修のみで対応できるからであった。

補修工事の詳細は以下のとおりである。

- ・既存の床版舗装をコンクリート床版面まで除去する。しかし、この除去作業は非常に困難な作業であることがわかった。なぜなら舗装とコンクリート床版の間には、分離層がなかったからである。最初は転圧機を用いて舗装の除去を試みた。また油圧ショベルもその除去作業を補助するために導入された。しかし舗装の除去作業は部分的に数箇所遂行できただけであり、非常に面倒であった。
- ・そこで切削機を用いて舗装を取り除くことにしたが、この方法だと露出した鉄筋によって切削機が動かなくなることが多く、さらにコンクリート床版の上面を平滑にすることができないので、この方法はあきらめた。また別の箇所では圧縮空気によるハンマーと石ノミを使って舗装を除去しようとしたが、結果的にコンクリート床版が損傷してしまったため、施工者は工事保険を使って吹付けコンクリートによる追加工事を行った。
- ・転圧機によって床版舗装上部を除去した後、今度は700~800 barのジェットウォーター吹付けにより舗装の残りおよび床版コンクリ

ト脆弱部を除去することにした。

- ・舗装除去作業の最終仕上げとしては、圧力 350 bar のウォーターサンド混合ブラストを行った。ウォーターサンド混合ブラストは、縁石隅角部にも用いた。それでも残った舗装膜については、ハンマーで機械的に打ち砕いた。
- ・床版上面は清掃機によって機械的にきれいにした後、ゴミを吸い上げた。残りの小さなゴミは圧縮空気吹き飛ばした。
- ・その後、長さ 100m、幅 13.5m のテントで上屋をつくったあと、その下を 1 つの施工区分として、補修を進めた。ここでテントの中は暖房で暖め、エポキシ樹脂の使用が 8°C 以上でできるようにした。この上屋は天候の影響を受けないという点でも有利であった。
- ・除去した床版コンクリート上層を補う目的で、3 cm 厚のポリマー混入モルタルを施工した。縁石垂直面の穴には、エポキシ樹脂系モルタルを詰めた。
- ・また排水口のまわりには 1.5mm 厚の合成樹脂膜より成る 20cm 幅のシートを接着した。
- ・縁石で仕切られたコンクリート床版上面には、エポキシ樹脂系下塗り (200~400g/m²) を塗布し、細砂をまいた。
- ・地覆版の縁石側面および床版端部 30cm 幅部分には、合成樹脂プライマー (300g/m²) を塗布し、次にシーリングを行った (150~300g/m²)。そして翌日 3 mm 厚の 2 液性ポリウレタン層を吹き付けた。3~4 時間後、この層は合成樹脂で後処理され、一般舗装部へ接続させた。
- ・上記の方法で、下塗りを終えたコンクリート床版には、ビチューメン防水シートが敷かれ、次に 3.5cm 厚のグースアスファルト保護層、3.5cm 厚のグースアスファルト舗装(被覆層)が施工された。
- ・縁石部の新しい端部目地には、腐食することのないポリエチレン製スポンジを詰め、その側面をコーティングし最後に目地注入材(シー

リング)を埋めた。

- ・縁石側面のポリウレタン層の上には、紫外線に強い無光沢の塗料を塗った。
- ・上に述べたコンクリート床版の舗装構成は、図-3 のようになる。
- ・これまでのところ、新しい防水層および塗装は要求性能を満たしているようである。しかし、縁石部のポリウレタン吹付け層は数多くの箇所ではく離しており、この原因については調査中である。

今後の対策および反省点

この種の損傷を回避するために

- ・床版防水工がなされていないコンクリート橋は、今日では許されなくなった。既設橋梁で床版防水工がない場合には、次の床版舗装工事を実施する際に、必ず ZTV-BEL-B 指針に基づく防水工を設置することが義務づけられている。
- ・縁石に沿った端部目地部は、橋梁点検時に特に注意して観察し、場合によっては補修を行う必要がある。

補修・補強工事に関する注意点

- ・床版に密着した舗装の除去作業にあたっては、下のコンクリート床版を傷つけないことができない工法および器具を用いなければならない。必要な場合には前もって予備試験を実施し、床版が傷まないですむことを確かめておくこと。
- ・この種の補修工事で、ある程度の補修面積がある場合には、天候に左右されない作業用上屋の利用が望ましい。
- ・ポリウレタン樹脂のライニングは、ここで用いた吹付けによるよりもハケを用いて塗り付けるほうが良いと思われる。縁石部では、床版舗装上面の少し上まで塗るだけで十分である。

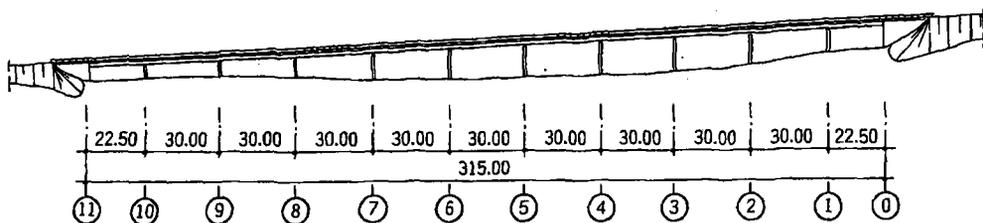


図-1 側面図

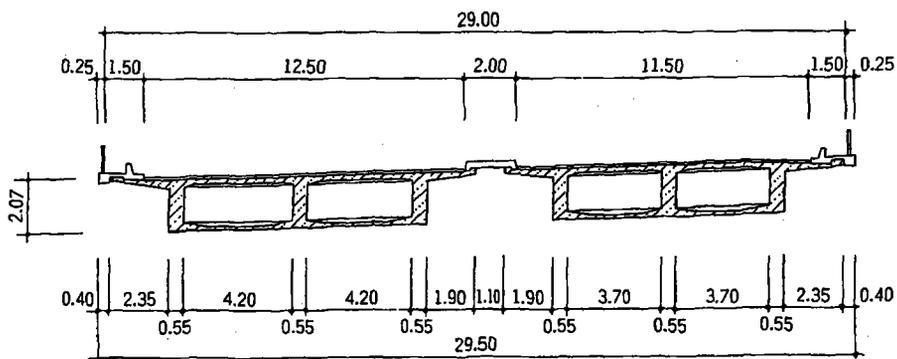


図-2 断面図

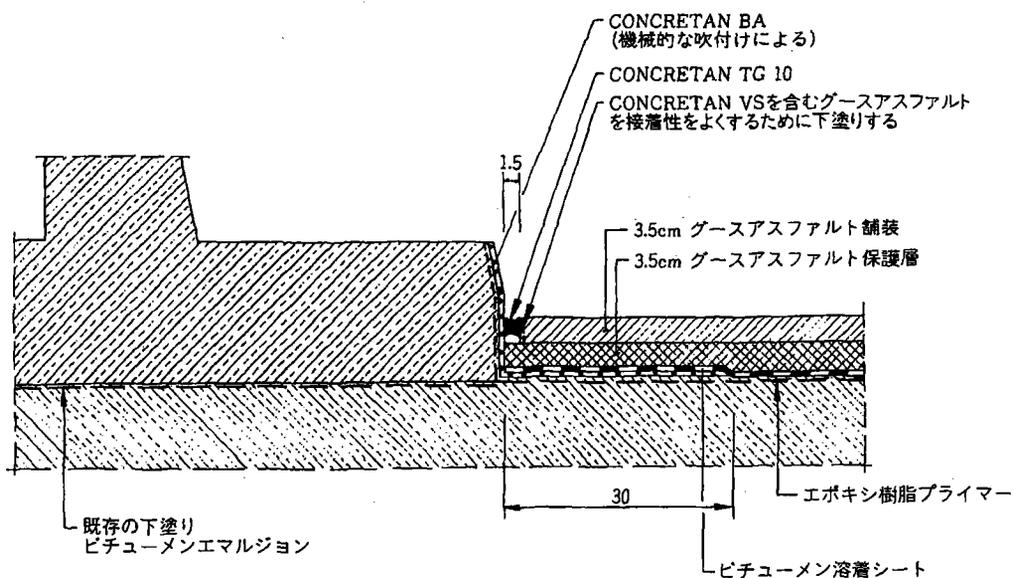


図-3 新しい防水層および舗装

7. 参考文献2

- ・(社)日本道路協会：道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料、昭和 62 年 1 月
- ・(社)日本道路協会：鋼道路橋塗装便覧、平成 2 年 6 月
- ・(社)日本橋梁建設協会：橋梁技術者のための塗装ガイドブック、1993 年 4 月
- ・(社)日本橋梁建設協会：床版工事設計施工の手引き（塩害対策編）、1996 年 11 月
- ・(社)日本橋梁建設協会：鋼橋の維持管理を考えた設計の手引き、2000 年 3 月
- ・R.ルールベルク（監訳：山崎、成井）：「ドイツ連邦交通省道路建設局 道路橋の補修・補強事例集 報告書 1990」土木施工臨時増刊、1995 年 4 月
- ・松井、大田、西川：「RC床版とその損傷（その 2）」橋梁と基礎、98-6、P47～50
- ・上阪：「ドイツにおける橋面防水工設計・施工指針の紹介と作成の背景」土木施工、1998 年 11 月、P78～82
- ・松井、大田、西川：「既存橋梁床版の維持管理（その 1）」橋梁と基礎、99-1、P53～58
- ・松井、大田、西川：「鋼橋床版の各国での取組みとこれからの床版」橋梁と基礎、99-3、P37～45
- ・「鋼橋における腐食の調査と補修」虹橋、No.62、平成 12 年春号、P41～49
- ・スラブドレーン 道路橋床版水抜きパイプ 秩父産業(株) (カタログ)
- ・