

CMI 報告

欧州における橋梁床版の 防水システム

谷倉 泉・三浦 康治

1. はじめに

近年、橋梁等の道路構造物の維持管理費に占めるコンクリート床版補修費の割合は依然として大きく、その耐久性の確保は我が国における維持管理の大きなテーマとなっている。このような床版の耐久性に影響を及ぼす要因としては、活荷重による疲労だけでなく、施工不良や供用中に雨水や塩分がひび割れから浸透する影響等が指摘されている。

これらの劣化因子の浸入を予防するために橋面に防水層を施工する効果については、貫通ひび割れを生じたコンクリート床版に水を張って移動輪荷重疲労試験を行った実験により、床版の疲労寿命が概ね 50～100 倍以上にまで延びることが明らかにされている¹⁾。すなわち、防水層を用いて床版内への水の浸透を防ぐことができれば、十分な耐久性を確保できると言える。しかしながら、最近では防水層を施工しても施工不良でプリスタリングを生じて舗装を傷める事例（ポットホールの発生）や、貫通ひび割れ部や排水口および伸縮装置回りからの漏水で変状が進展し、補修を余儀なくされる事例も多く見受けられる。

我が国の防水工は、歴史が浅いこともあって防水性能がまだ十分ではないことも事実であるが、防水工は高い水密性や遮塩性、交通荷重や温度などの過酷な環境に対する耐久性が求められるなど、多くの要求性能を満たす必要がある²⁾。さらに、防水工は防水層の性能だけで目的を達成できるわけではなく、システムとして機能して初めてその目的が達成できる³⁾。

一方、コンクリート構造物の維持管理について長い歴史を有す欧州においては、厳しい供用環境の中で、

早くから産学官が協同して防水システムの研究、開発に取り組んできている^{4),5)}。このようなことから、最近訪問したイギリス、ドイツ、スイスでの調査結果の概要を以下に紹介したい。

2. 欧州各国の防水基準

冬季に多量の凍結防止剤を使用する欧米などでは、1960 年代になるとコンクリート床版の劣化が深刻な問題を引起し、安全な交通の供用に支障を来すケースが数多く見られるようになった。欧州ではその対策の目玉として、各国の道路建設局や管理局では、その国の事情に応じて、床版の防水工をすべての道路橋に対して設計・施工することを基準化した。

例えば、イギリス交通省が床版防水工に関する暫定指針を示したのは 1965 年、そして防水工としての材料およびシステム基準を定めたのは 1971 年であった。その後、道路・橋梁設計基準 (DMRD) の一つである「BD 47/99 (コンクリート橋床版上の防水工および舗装：1999)」⁶⁾により防水システムが定義されている。

ドイツにおける防水指針には、「橋梁舗装および防水工暫定指針：1967」があり、これは 1976 年に「瀝青系の橋梁舗装指針」として改訂された。その後、「床版防水工の補足指針 (ZTV-BEL-B)：1987」が制定され、2003 年にはさらに「ZTV-ING Teil7 Abschnitt 1 (橋梁その他構造物の設計施工における補足技術指針、第 7 部橋梁舗装)」⁷⁾が出されている。ドイツで最初に床版防水層が施工されたのは第二次世界大戦直後であったが、1983 年にドイツ道路研究所 (bast) が行った供用中の 100 橋の防水層の性能調査の結果、それまで主に用いられていた水膨れ防止用ガラス繊維フェルトに問題が多い事が判明し、代わりに無溶剤エポキシ樹脂プライマーを使用する防水層の採用に変更されている。

多くの山岳橋梁を有すスイスでは、基本的にはドイツの防水基準 (ZTV, DIN) 等の準用が中心となっており、これに地域的な柔軟性を持たせた選択肢が加えられている。現在は、スイス道路・交通協会 (VSS) 第 5 委員会が定める「スイス指針 SN 640 450 (コンクリート床版上の防水システムおよび瀝青系舗装に関する指針：2004)」⁸⁾により防水システムが定義されている。

最近、EURO を構成する国々では、他の構成国への製品や施工業者の受け入れを積極的に行うという大前提で各国の防水層についての基準類を共同で見直し、統一欧州基準 (EN) を作成するための共同研究や会議を行うようになってきている。その中で、比較

的各国の製品性能の差が小さい液体合成樹脂防水層に関しては、EOTA から「橋梁用の液体合成樹脂防水基準；ETAG033-2008」が発令され、今後の認証に取込まれることになっている。その一方で瀝青系防水シートに関しては、高性能を要求するドイツと、冬季に凍結防止剤をほとんど使わない国々との意見が合わず、統一基準のとりまとめが遅れている現状も見受けられる。

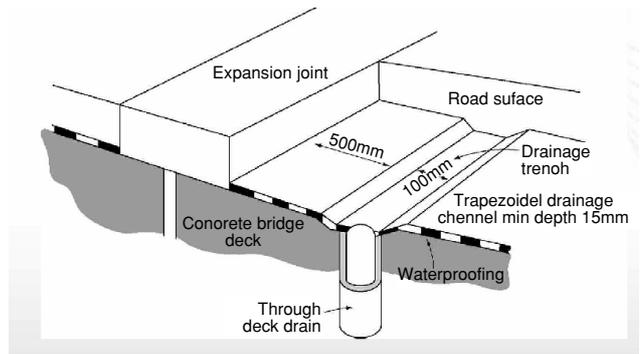
3. 欧州の防水システム

欧州各国の防水基準に網羅されている内容としては、防水システムの適用範囲、システム構成、コンクリートの下地処理、防水層等の使用材料への要求性能と性能評価試験、舗装、設計・施工基準と現場管理試験、労働条件および環境問題、受取りおよび保証、維持管理等に関する内容が一般的である。また、各国における防水システムに関する考え方には若干の差異がある。これは、自然環境等の供用条件、使用している施工機械や供給できる材料、基準類の変遷等が複雑に絡み、現在までの歴史を反映した結果であると思われる。

例えば、イギリスでは近年、橋梁の新設の需要がなく、既設橋での施工が主となっているため、供用下での交通規制時間の短縮に向けて迅速な施工が最優先されている。さらに気候の面でも急な降雨や湿気の高さという特性があるため、施工時間のかかるものや施工ミスが懸念される防水層は好まれない。すなわち、時間のロスとなるべく避ける目的で、シート系防水層よりも短時間で吹付け施工できる合成樹脂系の防水層(図一1)が多用されている(全体の約9割)。また、下地コンクリートの含水率についても、スイスの4%以下に対して、イギリスでは6%以下というような制約の違いも見られる。

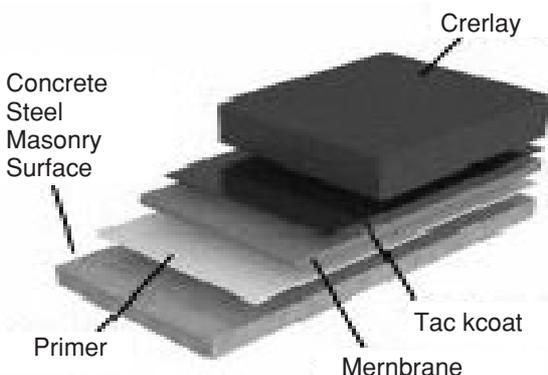
もう一つの特徴として、イギリスでは保護層(舗装

の基層)にドイツのように透水係数が極めて小さなグースアスファルトを用いずに、碎石マスチックアスファルト(SMA)を多く用いているため、車道部の端部処理や廃水処理、伸縮装置近傍の廃水処理(図一2)にも排水のための緻密な工夫がなされている点などが挙げられる。また、防水層の保証期間としては、舗装と同様に15年がメドとなっている。

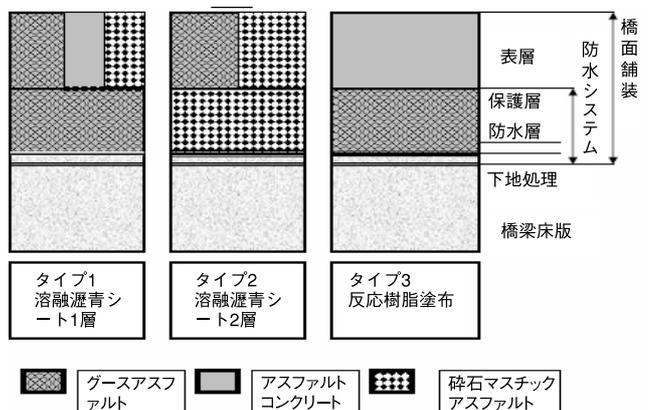


図一2 伸縮継手部の防水層の端部構成例(イギリス)

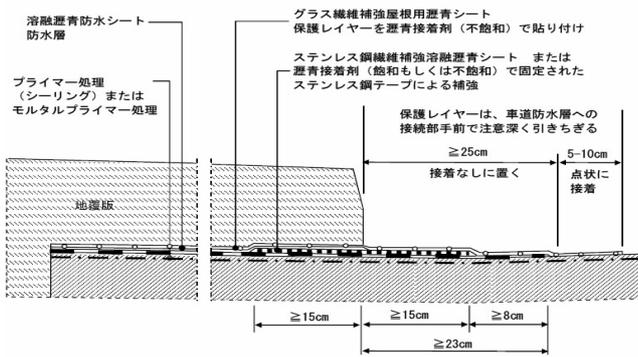
ドイツでは、防水システムは舗装の一部として取扱われており、橋梁舗装は車道領域では防水システムと表層から構成されている。舗装の役割は、交通の快適性と安全性を確保することであり、防水システムの役割は、水や腐食因子から橋梁の床版を守るとともに、構造物中の水蒸気やガス等から舗装を守ることと定義されている。ドイツの防水システムは図一3に示す1層シート、2層シート、合成樹脂系の3種類であり、その特徴は、防水機能を確保するため、①プライマー処理による下地コンクリート表面での防水、②耐久性のある防水層、③保護層にグースアスファルトを使用することによる防水の3段階構えで雨水や塩分等の劣化因子の浸入を防ぐシステム構成にある。また、車道端部(図一4)や排水口周りなどには神経質ほど入念



図一1 樹脂系防水システムの構成(イギリス)



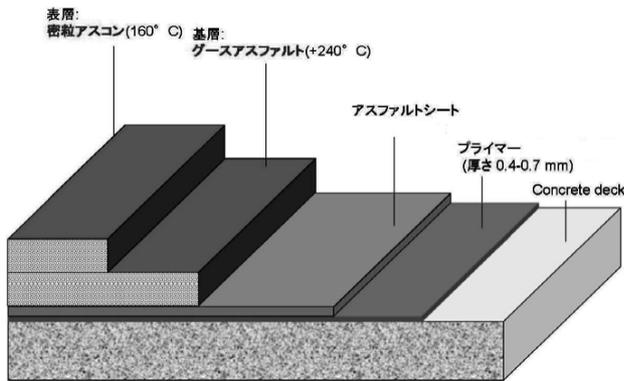
図一3 ドイツの防水システム



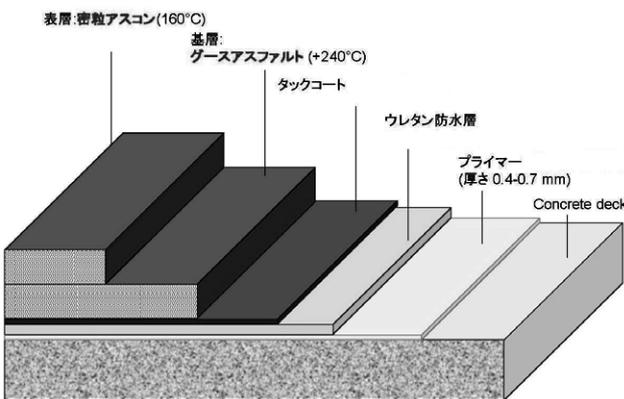
図一四 車道端部（地覆部）の防水層構造例（ドイツ）

な施工が行われている点も我が国と大きく異なる。防水層の保証期間としては、5年を求めている。

スイスの防水層にはポリマー瀝青系（図一五：1層シートおよび2層シートの2種類）と液体合成樹脂系（図一六）の防水層が用いられている。



図一五 ポリマー瀝青系防水層（スイス）



図一六 液体合成樹脂系防水層（スイス）

防水システムとしては、プライマー、防水層、保護層に表層を加えた断面構成と、これらの最小層厚、舗装排水の有無との組み合わせにより、シート系は6種類、合成樹脂系は2種類に分類される。使用されているのは、1層シートが8割程度で残りが合成樹脂系であり、2層シートはほとんど使われていない。これはドイツ

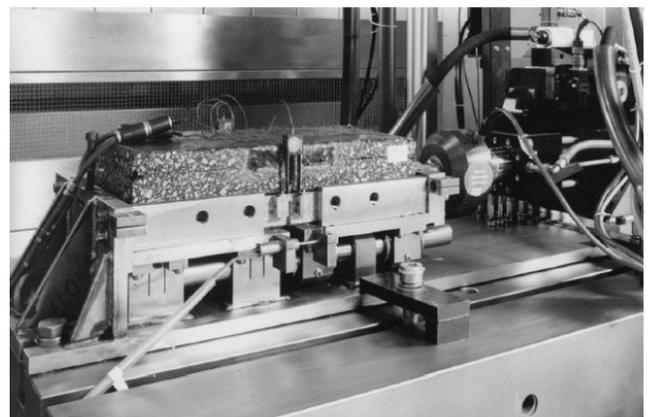
と概ね同じ割合であり、保証期間もドイツと同様に5年を求めている。

4. 防水システムへの要求性能

詳細な試験法や判定基準は省略するが、各国とも防水システムに用いられるプライマー、防水層、タックコート、舗装等の材料そのものの性能に加え、これらの材料が防水システムとして施工された試験体での引張接着強度やせん断強度等が、供用下で想定される温度条件（-20～60℃）下で規定、評価されている。

防水層は施工によって孔が空いたり剥がれたりすることは許されず、また過酷な交通や自然環境に耐えるものでなくてはならない。特に防水材は温度の影響を受けやすい化学材料が用いられていることが多いため、高低温での品質が保証されなければならない。さらに供用下では、橋のたわみや振動に追従できる伸縮機能も必要であり、ドイツやイギリスではその性能を確認するひび割れ追従性試験（写真一）が行われている。この試験法はENとして最近統合され、初期変位 $D = 0.50 \text{ mm}$ 、振幅 $\pm 0.25 \text{ mm}$ 、振動数 1 Hz 、繰り返し回数1万回でひび割れ負荷を与え、試験後の防水層の破損を確認している。国によって試験温度が異なり、ドイツ（EN14224）では-30、-20、-10℃、イギリス（BSEN14224）では-10、0℃で試験が行われている。

また、イギリスでは舗装締固め時の舗設負荷によって防水層に孔が空く損傷事例に着目し、粗骨材貫入負荷試験後の動的な水圧試験（0～0.5p/N mm²の水圧を1000サイクル負荷）も行っている（BSEN14694）。



写真一 ひび割れ追従性試験（ドイツ）

5. おわりに

防水層の設置目的は、床版の耐久性を確保するために水や塩化物イオン等の劣化因子の浸入を防ぐことであり、欧州ではこれを保護層、防水層、コンクリート下地処理層の複合的な性能で確保している。さらにその防水システムは、性能を保証する規準を設け、認定された製品を用いて経験豊富な業者がきめ細かく施工し、国や州などの監督者に厳しく管理される体制がとられている。長い歴史や経験の中で、欧州の防水システムに対する考え方や将来のさらなる研究課題に取り組む姿勢は、中長期的な維持管理コスト縮減への貢献が極めて大きいと考えられ、今後の我が国における床版補修のあり方について参考となる点が多いと感じられた。

当研究所では、今後ますます重要性を増してきている橋梁等の社会資本ストックの安全かつ健全な維持管理技術の開発、普及に対して、現場との連携を図りながらより一層の努力を重ねていきたいと考えている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 松井ら：移動荷重を受ける道路橋 RC 床版の疲労強度と水の影響について、コンクリート工学年次論文報告集, 9-2, pp.627-632 (1987)
- 2) 道路橋床版防水便覧, (社)日本道路協会 (2007.3)
- 3) JH 防水システム設計・施工マニュアル (案) (2001.6)
- 4) R.Ruhrberg：ドイツ連邦交通省-道路橋の補修・補強事例集, 山崎・成井監訳, 上坂・松田共訳, 山海堂 (1995)
- 5) 2000 欧州土木構造物補修・補強調査報告書, (社)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所 (2001.3)
- 6) BD 47/99 (コンクリート橋床版上の防水工および舗装), イギリス交通省 (BS) (1999)
- 7) ZTV-ING Teil7 Abschnitt1 (橋梁その他構造物の設計施工における補則技術指針, 第7部橋梁舗装), ドイツ道路研究所 (bast) (2003)
- 8) SN640450 (コンクリート床版上の防水システムおよび瀝青系舗装に関する指針, 2004), スイス道路・交通協会 (VSS) (2004)

【筆者紹介】



谷倉 泉 (たにくら いずみ)
(社)日本建設機械化協会
施工技術総合研究所
研究第二部 部長



三浦 康治 (みうら こうじ)
(社)日本建設機械化協会
施工技術総合研究所
研究第二部 主任研究員

平成 20 年度版 建設機械等損料表

■内 容

- 国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づいて編集
- 各機種の燃料消費量を掲載
- わかりやすい損料積算例や損料表の構成を解説
- 機械経費・機械損料に関係する通達類を掲載
- 各種建設機械の構造・特徴を図・写真で掲載
- 日本建設機械化協会発行「日本建設機械要覧」参照頁を掲載

■ B5 判 約 600 ページ

■ 一般価格

7,700 円 (本体 7,334 円)

■ 会員価格 (官公庁・学校関係含)

6,600 円 (本体 6,286 円)

■ 送料 沖縄県以外 600 円

沖縄県 450 円 (但し県内に限る)

(複数お申込みの場合の送料は別途考慮)

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館)

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>