

## 14.1 高機能防水システムによる床版劣化防止に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：寒地基礎技術研究グループ  
（寒地構造）

研究担当者：西弘明、今野久志、三田村浩、  
佐藤京、表真也、澤松俊寿

### 【要旨】

積雪寒冷環境や重交通に対応した床版防水システムを確立するために各種の検討を行った。まず、防水層の現状把握を目的として北海道内の橋梁の現地調査をとおして、防水層の機能低下要因を整理した。次に、高耐久床版防水システムの施工管理方法を確立するための基礎資料を得ることを目的に、整理した機能低下要因のうち積雪寒冷地特有の要因に着目し、施工時温度、床版上面の研掃、供用中の凍結融解作用の影響を検討するために、4種類の防水層を用いて厳冬期の屋外で施工試験を実施した。その結果、防水層の材料によって引張接着強度が大きく異なり、寒冷地での防水層の適用に当たっては材料の選定が重要であることが示された。また、施工時温度が低いほうが引張接着強度が小さく、約 7℃と 3℃の場合を比較すると 0.61 倍の値を示すものもあった。床版上面を研掃しない場合はレイタンスが弱層となり、研掃した場合と比較して 0.12 倍の値を示すものも認められた。

キーワード：床版防水層、床版防水システム、RC 床版、凍害、積雪寒冷地

### 1. はじめに

道路橋 RC 床版の劣化要因は主に大型車の輪荷重による疲労や床版内部への水の浸入とされている<sup>1)</sup>。積雪寒冷地においてはこれらの劣化要因に加え、凍害や凍結防止剤の散布による塩害の影響を受けた劣化損傷が、比較的交通量の少ない路線においても顕在化してきている。

凍害による RC 床版の劣化損傷では、コンクリート内部に浸入した水分の凍結融解の繰り返し作用により、床版表面にスケーリングが発生した後に、ポップアウト、砂利化へと進展し、最終的には図-1 に示すような押し抜きせん断破壊による床版の陥没に至ったと考えられる事例も報告されている<sup>2)</sup>。また、床版上面が凍害等により 1cm 程度劣化するだけでも床版の破壊が数十倍の速さで進行することが実験的に示されている<sup>3)</sup>。このため、RC 床版の長期的な健全性を確保するためには、床版内部へ水を浸入させないことが求められるが、特に積雪寒冷地においては凍害の誘因を除去する観点からも非常に重要である。

このような背景から、床版防水の重要性が強く認識されてきている。しかしながら、橋面全面への床版防水層（以下、「防水層」という。）の設置が基準化されたのは近年のことであり<sup>4)</sup>、多くの既設橋梁で防水層が未設置

か部分的な設置にとどまっているのが現状である。また、比較的新しい建設年次で防水層が設置されている橋梁においても床版下面に漏水や遊離石灰が確認されており、防水層の低機能が懸念されている。

積雪寒冷環境下や多交通量路線において RC 床版の劣化損傷を防ぎ円滑な交通を確保するためには、凍結融解や輪荷重の繰返し作用に対して、舗装、防水層および床版の三位一体の構造をもって床版の劣化損傷を抑止し、さらに橋面に流入した水を速やかに排水するための排水設備までを含めた耐久性の高い床版防水システム（以後、



図-1 床版の陥没の例

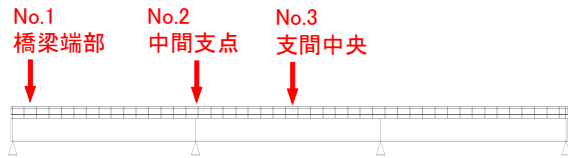


図-2 引張接着試験の実施位置

「高耐久防水システム」という。)の構築が重要と考えられる。

本研究では、高耐久床版防水システムの確立を目的として、防水層の品質評価方法や規格値、床版の施工面処理方法や施工管理規定等について検討を行う。平成 23 年度は防水層の現状把握を目的として北海道内の橋梁の現地調査を実施し、損傷状況や機能低下要因等について整理した。また、整理した機能低下要因のうち、防水層施工前の床版上面の処理条件や防水層施工時の温度条件の影響を検討するために厳冬期において屋外での施工試験を実施し、引張接着試験により防水層の接着強度を評価した。さらに、冬から春にかけての凍結融解期の終了後に再び引張接着試験を実施し、凍結融解の繰り返し作用の影響について検討した。

## 2. 防水層の現地調査と高耐久防水システム

### 2. 1 防水層の現地調査

防水層の現状把握を目的とし特に厳しい環境条件を有すると考えられる北海道の防水層が設置された橋梁について、舗装を撤去した状態での防水層の目視調査および引張接着試験を実施した。

#### 2.1.1 調査橋梁の選定

北海道を道東、道南、道央、道北の4つの地域に区分し、各地域で4橋ずつの計16橋を調査対象とした。調査対象橋梁は道路橋設計施工要領の変遷と、橋梁架設年あるいは床版防水工補修施工年に対応させた以下の条件のもとランダムに選定した。

- 1) 防水層の主要変遷毎にグループ分けを行う。
- 2) 橋梁架設年あるいは防水工補修年について約5年毎のグループに分ける。
- 3) 昭和61年以前の橋梁は、道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計施工資料<sup>5)</sup>の発行前であり、防水層が設置されていない可能性が高いことから対象から除外する。
- 4) 交通量(路線)、自然環境にはよらない。

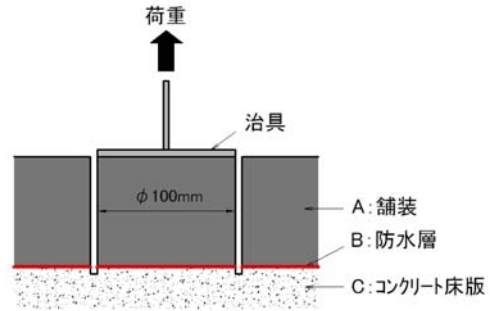


図-3 引張接着試験の実施位置

### 2.1.2 調査方法

#### (1) 防水層の目視調査の方法

床版上面において舗装の補修跡、ひび割れおよびポットホール認められるもの、床版下面のひび割れ、遊離石灰、漏水、床版コンクリートの剥離・剥落の有無および排水設備の排水不良等が認められるもののうち、その程度が大きい橋梁について、舗装を撤去し床版上面から床版コンクリートおよび防水層の状況に対する目視調査を実施した。

#### (2) 引張接着試験の方法

舗装、防水層、舗装相互の接着状態を確認するため、原位置において引張接着試験を実施した。

試験は1橋あたり3箇所で行い、図-2のようにそれぞれ橋梁端部付近(縦断勾配が低い箇所)、中間支点上付近、支間中央付近の輪荷重走行帯とした。

試験方法は道路橋床版防水便覧<sup>6)</sup>に準拠した。引張接着試験の概略図を図-3に示す。

引張接着試験から得られた引張接着強度の解釈に当たっては、道路橋床版防水便覧の基本照査試験における合否判定の目安<sup>6)</sup>を用いる。試験は原位置において実施したため引張接着試験時の温度は道路橋床版防水便覧に規格値が明示されている試験温度である23℃および-10℃と異なる。本研究では試験結果を解釈するために次式を用いて23℃および-10℃の規格値を線形補間した $\sigma_{at}$ を目安値とした。

$$\sigma_{at} = \frac{\sigma_{a(23)} - \sigma_{a(-10)}}{23 - (-10)} (t - (-10)) + \sigma_{a(-10)} \quad (1)$$

ここに、 $\sigma_{at}$ は試験直後の供試体破断面の温度で補正した引張接着強度の規格値、 $\sigma_{a(23)}$ は23℃における規格値で0.6N/mm<sup>2</sup>、 $\sigma_{a(-10)}$ は-10℃における規格値で1.2N/mm<sup>2</sup>、 $t$ は試験直後の供試体破断面の温度である。以後、単に「規格値」という場合には、この $\sigma_{at}$ のことを指すこととする。



(a) 伸縮装置近傍での床版防水層のまくれ



(b) (a)の矢印の方向からの状況

図-4 防水層の損傷状況①



(a) 防水層の接着性の低下



(b) 防水層下の床版コンクリートの脆弱化

図-5 防水層の損傷状況②



図-6 防水層の損傷状況③

### 2.1.3 防水層の目視調査の結果

図-4～図-6に防水層の目視調査結果の一例を示す。

図-4に示す橋梁においては伸縮装置の近傍で舗装が100mm×200mm程度の範囲で欠損しており防水層が露出した状況であった。当該箇所の防水層は図-4(b)のように容易にめくることができ、防水層と床版との接着が全く確保されていない。このような箇所から水が浸入するものと考えられる。

図-5は伸縮装置近傍について舗装を撤去した状態である。防水層をカッターで切断すると、容易に床版から取り除くことができ防水層と床版の接着が全く確保され

ていない。また、防水層の下は滞水した状態であり、伸縮装置での防水層の立ち上がり部から防水層の下面側に水が浸入したものと考えられる。床版上面は点検ハンマーの打撃によりが容易に粉碎され、凍害によるものと考えられるコンクリートの脆弱化が認められた。

図-6の橋梁においても図-5とほぼ同様の状態であった。本橋梁では補修工事で防水層が設置されたものであるが、防水層と床版コンクリートが分離した箇所の一部において床版コンクリートの上面にアスファルトの残留が認められた。これも防水層と床版コンクリートの接着を阻害した要因の一つとして考えられる。点検ハンマーによる調査によると床版コンクリート自体は健全であったが、伸縮装置直下の間詰めコンクリートに凍害が原因と考えられる脆弱化が認められた。

### 2.1.4 引張接着試験の結果

#### (1) 引張接着強度

図-7には、試験を行った48箇所の引張接着試験結果を示している。なお、道東B橋のNo.1、No.2については、コアカッターによる削孔が床版コンクリートまで達していなかったことから、実験上、防水層の接着性の評価とならないため試験結果から除外し、参考値として白抜きで

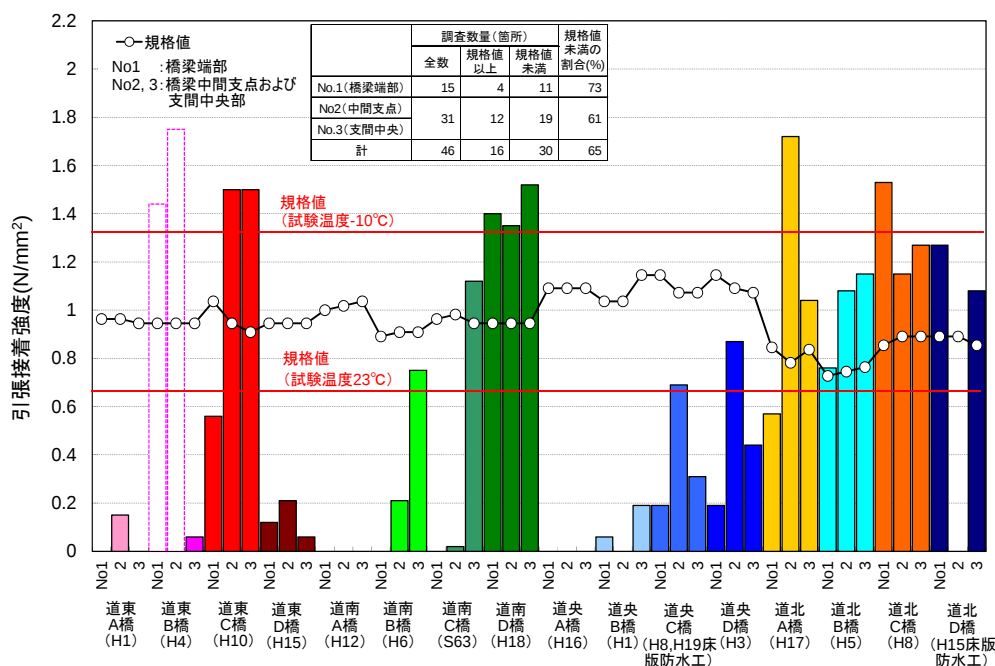


図-7 引張接着強度

示している。

防水層の種類としては全橋梁で塗膜系防水層を使用しており、道東C橋のゴム溶剤型を除くとアスファルト加熱型を使用していた。

試験結果のうち30箇所(全体の約65%)が規格値を満たしていない。また、未供用の橋梁を除いた場合には、43箇所のうち30箇所(全体の70%)が規格値未満の値を示していた。本調査においては調査橋梁をランダムに抽出したことを踏まえると、調査橋梁以外にも既設橋梁の防水層の多くが劣化損傷により機能が低下していることが考えられる。

## (2) 調査位置に着目した考察

橋梁端部(No. 1)では、15箇所中11箇所(全体の73%)が規格値未満となっている。また、未供用の道南D橋No. 1を除くと約79%の箇所で規格値を満たしていない。橋梁一般部(No. 2, 3)では、30箇所中19箇所(全体の61%)が規格値未満であり、未供用の道南D橋No. 2, 3を除くと、約67%の箇所で規格値を満たしていない。

橋梁端部(No. 1)では、特に引張接着強度が小さい傾向にあるが、橋面勾配の関係から床版上に水が滞りやすくかつ伸縮装置での輪荷重の衝撃も大きいため防水層も損傷し引張接着強度が低下したものと考えられる。

橋梁一般部(No. 2, 3)は一部、規格値以上の値を示しているが、約7割が規格値未満であるため、多くの橋梁で防水層の機能低下が考えられる。

## (3) 破壊モードに着目した考察

本調査においては引張接着試験の破壊モードを1) 舗装の材料破壊(A)、2) 舗装と防水層の界面破壊(AB)、3) 防水層の凝集破壊、4) 防水層と床版の界面破壊(BC)、5) コンクリートの材料破壊(C)の5つに分類した。ここで、界面破壊とは材料間の界面で剥離した状態を、凝集破壊とは材料の層内部で破壊した状態を意味する。

舗装の材料破壊(A)を示したものの中には、引張接着強度がほぼゼロのものがあり、このような場合には舗装の損傷(ひび割れ)が顕著であった。また、排水性舗装である道央B橋の場合、表層と基層の間で一体性が確保されていなかったことから水の浸透による基層部の劣化も疑われ、加えてこれらは防水層防水層の機能にも悪影響を及ぼしていた可能性がある。

界面破壊(AB)、(BC)のうち、規格値以上の値を示した道北B橋の橋梁一般部(No1)は、架橋より15年が経過しているが、床版防水層の劣化損傷は少なく十分な防水機能を有していた。一方で、サンドイッチ床版の道東D橋は床版上面に防水層の付着が確認されなかった。

コア抜きの際に舗装と防水層の界面で分離した箇所も認められた。このうち道南A橋は12年架設の比較的新しい橋梁であるが舗装の損傷が顕著であった。特に、縦断勾配が6%程度であるため橋梁端部が滞りやすい条件であり、橋梁端部の舗装の損傷が大きい。また、コア抜き後の確認により、常時、床版上面に水が流れている状

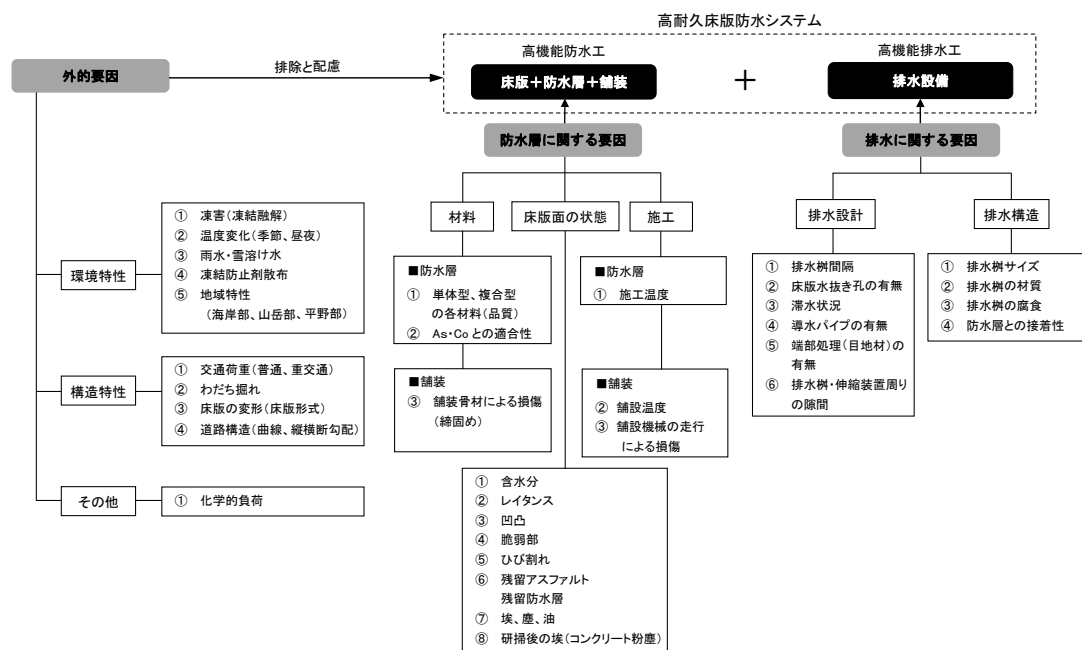


図-8 防水層の機能低下要因と高耐久床版防水システム（例）

態であり防水層としての機能を消失していた。このことは橋梁端部の排水性が重要であることを意味するものである。

## 2. 2 防水工の機能低下要因と高耐久防水システム

防水層の調査結果を整理すると以下のとおりである。

- ・ 架設年によらず多くの橋梁で防水層の機能低下が生じている。
- ・ ひび割れなどの舗装の劣化・損傷が大きい橋梁では、引張接着強度がきわめて小さく、防水層の機能は舗装の損傷に大きく依存すると考えられる。
- ・ 排水性舗装を有する橋梁では基層が劣化しており、防水層も同様に劣化損傷していると考えられる。
- ・ 補修工事で床版防水層を設置した既設橋梁では、コンクリート部の処理不良で破壊が生じ、コンクリート表面の脆弱化が防水機能を低下させる要因になっていると考えられる。

これらの調査結果を踏まえると、積雪寒冷地における防水層の機能低下要因は大きく以下のように分類されることが考えられる。

### (1) 外的要因

積雪寒冷地特有なものを含む外的要因が想定より大きい、または想定していない。例えば、道路橋床版防水便覧<sup>6)</sup>では防水層の材料試験における低温側の試験温度は $-10^{\circ}\text{C}$ と、調査を実施した地域の冬期の気温である $-20^{\circ}\text{C}$ 程度に対応できていない。また凍結融解の繰り返し作用

は考慮されていない。

### (2) 防水層に関する要因

(1) とは逆に、積雪寒冷地特有なものを含む外的要因に対して防水層の材料としての抵抗性が十分でない。

また、防水層施工前の床版面の状態、および施工時期等の防水層の施工法に関する問題がある。

### (3) 排水に関する要因

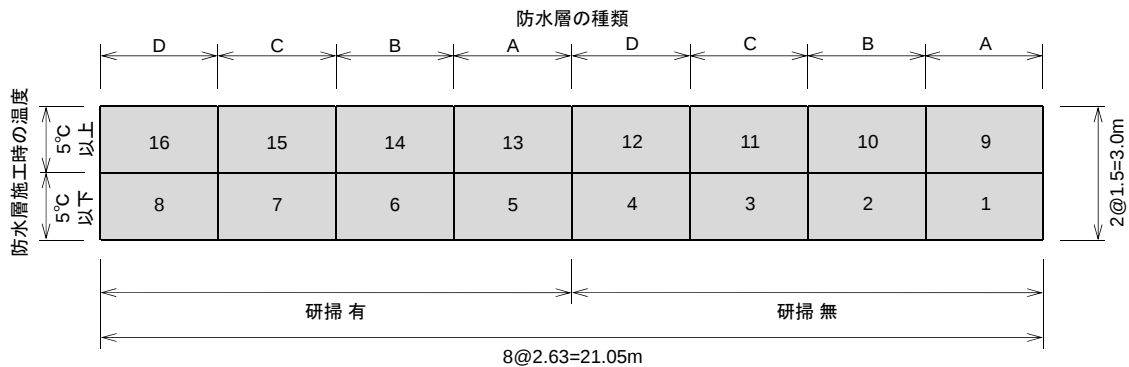
排水設備の構造、設計上の問題や、経年劣化等による排水設備の機能低下により凍害の誘因となる水を速やかに排出できていない。

これらの機能低下要因を系統的に細分化すると図-8のようになると考えられ、これらの機能低下要因に対応できる高機能床版防水システムを確立する必要がある。

## 3. 防水層の施工方法に関する屋外実験<sup>7)</sup>

### 3. 1 試験概要

防水層の機能低下要因の「床版面の状態」、「施工」、「環境特性」のうち、それぞれ床版面の研掃の有無、防水層施工時の施工温度、凍結融解が防水層の機能に与える影響について検討するために、北海道江別市の屋外試験ヤードにおいて厳冬期の施工試験を実施した。本試験では材料や構造特性の異なる4種類の防水層を用い、1) 施工直後（平成22年度一般研究）、2) 冬から春にかけての凍結融解期を経た後の2度にわたって引張接着試験を実施した。



(a)コンクリート表面の研掃の状況



(b)小型研掃機

図-10 コンクリート表面の研掃

### 3. 2 試験方法

#### (1) 供試体の製作方法

図-9に示すような3.00m×21.05mの範囲で床版を模擬した厚さ160mmのコンクリートを基礎砂利上に打設した。コンクリートの配合は、北海道の国道橋のRC床版に一般的に用いられる、設計基準強度24N/mm<sup>2</sup>、スランプ8cm、最大骨材寸法25mmとした。

コンクリート硬化後、コンクリートを打設した半分の面積にあたる3.0m×10.52mについてコンクリート表面の研掃を実施した。研掃には図-10に示す小型研掃機（研削加重300kg、研削ディスク速度600-1200rpm）を用い、コンクリート表面のレイトランスを確実に除去できるように2mm程度の厚さを削り取った。

防水層は、材料特性や構造の異なる4種類（図-9に示すA～D）を用いた。具体的には、A：アスファルト加熱型塗膜系、B：浸透系複合防水、C：反応樹脂型塗膜系（ウレタン樹脂）、D：反応樹脂型塗膜系（メタクリル樹脂）の4種類である。本研究では防水層個別の性能の評価は目的としていないことから、ここでは試験に用いた防水層の詳細は示していない。

防水層の施工は外気温の低下する冬期に行い、施工温

度は防水層施工時の目安である5℃<sup>9)</sup>を基準として5℃以上および5℃以下の2種類となるよう実施した。試験ヤードには、床版コンクリート全体を覆うように防寒仮囲いを設置し、図-9の9～16の区画についてはジェットヒータによる温度養生を実施した状態で防水層を施工した。1～8の区画については、仮囲いの一部を開放して外気に曝した状態で防水層を施工した。放射温度計で測定した防水層施工時の床版上面温度は、1～8の区画の平均が2.8℃、9～16の区画の平均が7.0℃であった。また、高周波容量式水分計で測定した防水層施工前のコンクリートの水分量は平均で6.2%であった。

防水層施工後に、厚さ40mmで粗粒度アスファルト（改質Ⅱ型）を打設した。

#### (2) 引張接着試験

防水層とコンクリートおよび舗装との接着性を確認するために引張接着試験を実施した。試験方法は道路橋床版防水便覧<sup>9)</sup>に準拠した。

試験は施工直後の2011年3月14～19日、冬から春にかけての凍結融解期を経た2011年10月14日の2度にかけて実施した。試験は1～16の区画についてそれぞれ3本ずつ実施している。なお、2011年3月14～19日の試

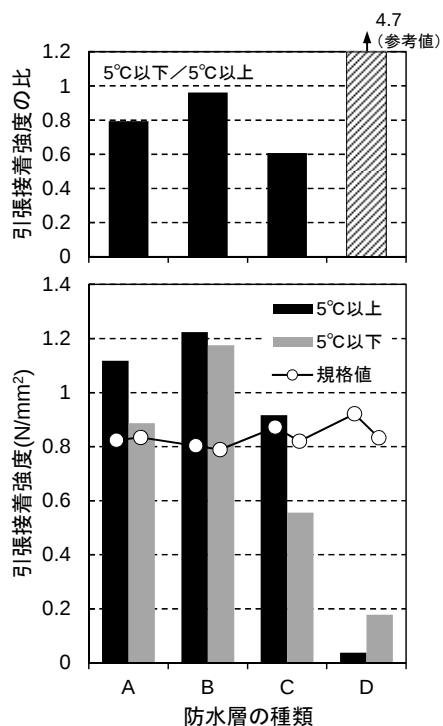


図-11 引張接着強度と防水層施工時の床版上面温度の関係（研掃有）

験は原位置において実施したため引張接着試験時の温度は道路橋床版防水便覧に規格値が明示されている試験温度である 23℃および-10℃と異なる。そのため、2.2.3 項に示した $\sigma_{ti}$ を目安値とした。

また、2011 年 10 月 14 日は原位置で実施した 2011 年 3 月 14～19 日の試験と試験温度を整合させるために、現位置でコアを採取した後に、10℃に温度調整した室内において試験を実施した。

### 3. 3 引張接着試験結果

#### (1) 防水層施工時の床版上面温度の影響

まず、防水層施工時の床版上面温度が異なる場合の試験結果に関して、施工直後の 2011 年 3 月 14～19 日の引張接着試験の結果を図-11 に示す。図中の下段は、各区画で実施した 3 本の試験結果の平均値、上段は防水層施工時の床版上面温度 5℃以上のケースの引張接着強度に対する 5℃以下のケースの比を示している。なお、放射温度計で測定した引張接着試験直後の供試体破断面の温度は平均で約 10.0℃であった。

図より、防水層 D を除くと温度が低いほど引張接着強度が小さいことがわかる。また、防水層 C では 5℃以上では規格値を満足しているが、5℃以下では下回っている。5℃以上に対する 5℃以下のケースの引張接着強度の比は、防水層 A～C でそれぞれ 0.79、0.96、0.61 である。

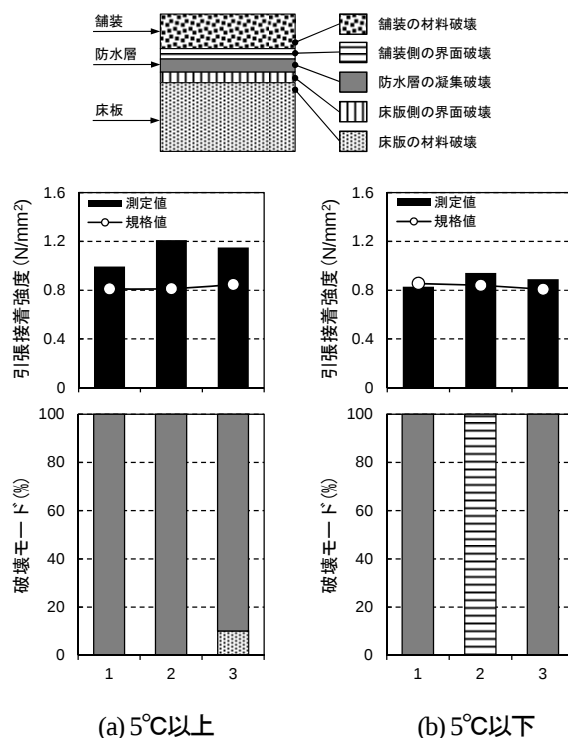


図-12 破壊モードと防水層施工時の床版上面温度の関係（防水層 A，研掃有）

なお、引張接着強度の施工時温度依存性のメカニズムについては、化学的な観点を含めて今後検討を行う必要がある。

図-12 は引張接着試験後に確認した供試体破断面の破壊モードである。破壊モードは図中の凡例のように 5 種類に分類し供試体断面積に対する面積比として示した。ここで、前述のように界面破壊とは材料間の界面で剥離した状態を、凝集破壊とは材料の層内部で破壊した状態を意味する。なお、紙面の都合から一例として防水層 A の結果を示している。図より、5℃以上のケースでは、3 供試体でほぼ防水層の凝集破壊を示している。対して 5℃以下のケースでは 3 供試体中の 1 つが舗装側の界面破壊、2 つが防水層の凝集破壊である。凝集破壊の 2 供試体について言及すれば、防水層施工時の床版上面温度が低温になることに伴う引張接着強度の低下は、防水層の材料自体の強度が低下したことによるものと考えられる。なお、5℃以下のケースの 1 供試体で舗装側の界面破壊を示したが、5℃以上のケースから破壊モードが移行している理由についてはさらなる分析が必要である。

本試験結果で特筆すべきは、施工時の温度の差は 5℃以下のケース（平均 2.8℃）と 5℃以上（平均 7.0℃）のケースで 4.2℃とそれほど大きくないものの、引張接着強度に大きな影響を与えていることである。このことは、

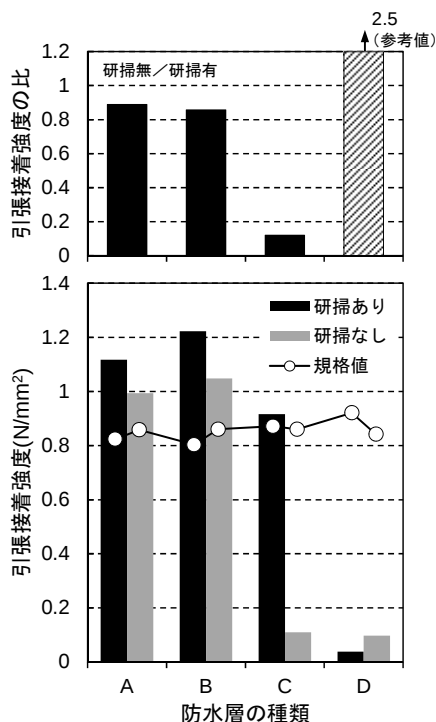


図-13 引張接着強度と研掃の関係（防水層施工時の床版上面温度 5℃以上）

防水層の接着強度は防水層施工時の気温に影響されることから、特に低温下の施工においては温度管理を確実にを行う必要があることを示している。また、防水層の種類によって引張接着強度が大きく異なることがわかる。施工時温度等の環境条件によっては、寒冷地では適さない材料がある可能性も有り、寒冷地での防水層の適用に当たっては施工条件を踏まえた材料の選定が重要であると考えられる。

## (2) 研掃の影響

図-13は施工直後の2011年3月14～19日の試験結果であり、下段は各区画で実施した3本の試験結果の平均、上段は研掃有のケースの引張接着強度に対する研掃無の比を示している。防水層Dを除くと研掃有のケースより研掃無のケースの引張接着強度が小さいことがわかる。研掃有に対する研掃無のケースの引張接着強度の比は、防水層A～Cでそれぞれ0.89、0.86、0.12である。

図-14に供試体破断面の破壊モードを示す。ここでは、研掃の有無により引張接着強度が顕著に異なった防水層Cの結果を示している。研掃有のケースでは、舗装の材料破壊および舗装側の界面破壊が卓越している。これに対し、研掃無では床版側の界面破壊および床版の材料破壊が顕著に生じている。研掃有のケースでは、床版上面のレイタンスが取り除かれたのに対し、研掃のないケー

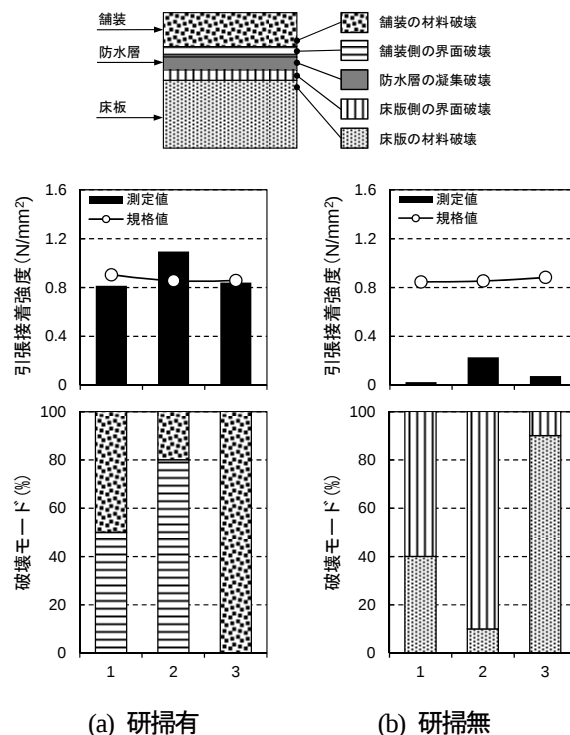


図-14 破壊モードと研掃の関係（防水層C、防水層施工時の床版上面温度 5℃以上）

スでは床版上面のレイタンスが弱層となり小さな付着強度しか発揮されなかったものと考えられる。このことは、防水層の付着強度を確保するためには、防水層施工前の床版上面の処理が非常に重要であることを示している。これは、新設の床版に限ったことではなく、既設床版への防水層設置時においても同様である。例えば、凍害により上面のコンクリートが劣化した床版においては脆弱化したコンクリートを実際に取り除く必要がある。この工程をおろそかにすると防水層の付着が確保されないために再び床版が劣化する可能性がある。

## (3) 凍結融解の影響

施工直後の2011年3月14～19日、冬から春にかけての凍結融解期を経た2011年10月14日に実施した引張接着試験の結果を図-15に示す。なお、各区画ともに供試体3本の平均値を示している。

試験ヤードと同一市内にあるアメダス（江別）の記録によると、2011年3月14日から春にかけて0℃を22回往復している（この間の時間最低気温の最低値は-10.1℃、0℃を下回っていた間の時間最低気温の平均は-4.3℃）。本試験結果については、凍結融解作用により引張接着強度が低下するような傾向は認められない。ただし、これらの結果はごく短い凍結融解期間中の暴露の結果であることから、今後も継続的に調査を行う予定である。

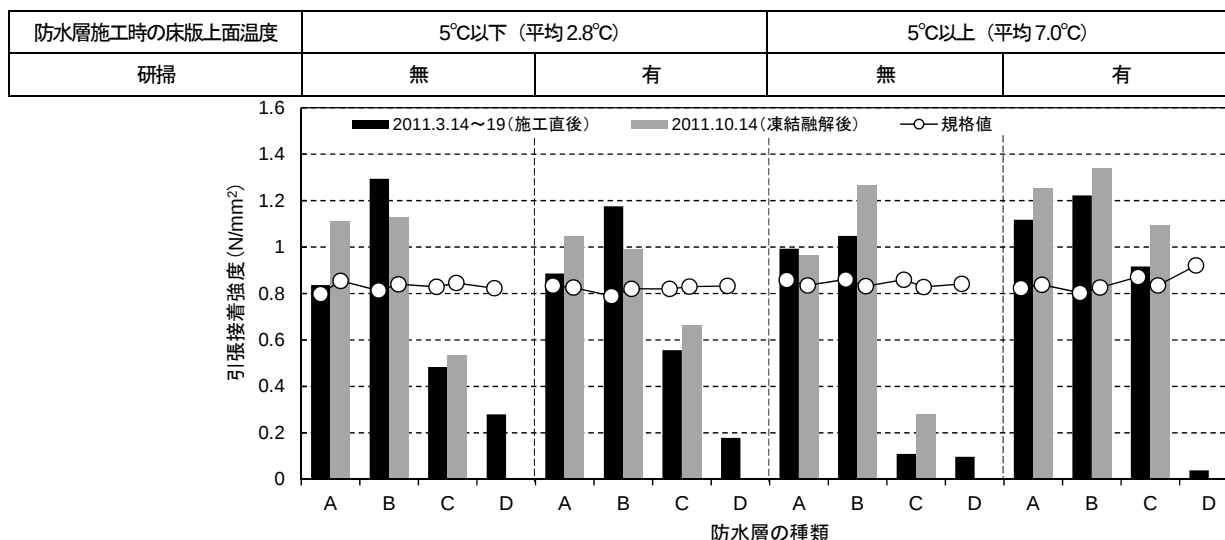


図-15 引張接着強度と凍結融解の関係

#### 4. まとめ

本研究では、高耐久床版防水システム確立のための基礎検討として、北海道内において床版防水層の現地調査を実施した。また、現地調査から確認された防水層の劣化損傷状況より積雪寒冷地における防水層の機能低下要因等について整理した。さらに、整理した機能低下要因をもとに、防水層施工前の床版上面の処理条件や防水層施工時の温度条件、供用時の凍結融解の繰り返し作用が防水層の接着性に与える影響について実験的に検討した。

本研究の結果の範囲で得られた知見を以下に示す。

- (1) 防水層の現地調査の結果、ランダムに抽出した橋梁での調査結果にも関わらず、約 65%の橋梁において引張接着強度が規格値を下回っており、架設年によらず多くの橋梁で防水層の機能低下が認められた
- (2) また、補修工事で床版防水層を設置した既設橋梁では、コンクリート部の処理不良によるものと考えられる劣化損傷が生じており、コンクリート表面の脆弱化が防水機能を低下させる要因になっていると考えられる。
- (3) 現地調査から確認されている防水層の劣化損傷状況を整理し、防水層の機能低下要因を分類した結果、①外的要因、②防水層の材料、床版面の状態を含めた防水層に関する要因、③排水設備に関する要因に大別された。
- (4) 屋外試験ヤードにおいて実施した施工試験の結果、防水層の材料によって引張接着強度が大きく異なった。施工時温度等の環境条件によっては寒冷地では適さない材料がある可能性もあり、材料の選定が重

要であると考えられる。

- (5) 防水層施工時の床版上面温度が 5℃以上の場合と比較して 5℃以下の場合に引張接着強度が小さい傾向があり、0.61 倍の値しか示さないものも認められた。これは、特に低温下での施工においては温度管理を確実にを行う必要があることを示している。
- (6) 床版上面を研掃しない場合、床版上面のレイタンスが弱層となり小さな接着強度しか発揮されず、研掃した場合と比較して 0.12 倍の引張接着強度しか示さないものもあった。このことは、防水層施工前の床版上面の処理が非常に重要であることを示している。これは、新設の床版に限らず、凍害等で劣化損傷した床版の補修時においても同様である。
- (7) 冬から春にかけての凍結融解作用による引張接着強度の低下は認められなかった。ただし、ごく短い期間の暴露の結果であり、今後も継続して調査を行う必要がある。

本論は図-8 に示した防水層の機能低下要因のうち主に施工温度と施工面の状態に着目したものであり、高耐久防水システムの確立を目的としてその他の機能低下要因についても、さらなる検討を行う予定である。

#### 参考文献

- 1) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理、森北出版株式会社、2007。
- 2) 三田村浩，佐藤京，本田幸一，松井繁之：道路橋 RC 床版上面の凍害劣化と疲労寿命への影響，構造工学論文集，Vol. 55A，pp. 1420-1431，2009. 3

#### 14.1 高機能防水システムによる床版劣化防止に関する研究

- 3) 三田村浩, 佐藤京, 西弘明, 渡辺忠朋: 積雪寒冷地における既設 RC 床版の延命化手法について, 構造工学論文集, Vol. 56A, pp. 1239-1248, 2010. 3
- 4) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, I 共通編, pp. 102-103, 2002.
- 5) 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, 1886. 12
- 6) 日本道路協会: 道路橋床版防水便覧, 2007. 3
- 7) 澤松俊寿, 三田村浩, 西弘明, 松井繁之: 積雪寒冷地における床版防水の性能低下要因に関する一考察, 第 7 回道路橋床版シンポジウム, 2012. 6

## STUDY ON HIGHLY-DURABLE SLAB WATERPROOFING SYSTEM FOR KEEPING PERFORMANCE OF BRIDGE DECK SLABS

**Budgeted** : Grants for operating expenses

General account

**Research Period** : FY2011-2015

**Research Team** : Cold-Region Construction Engineering  
Research Group (Structures Research  
Team)

**Author** : NISHI Hiroyuki

KONNO Hisashi

MITAMURA Hiroshi

SATO Takashi

OMOTE Shinya

SAWAMATSU Toshilazu

**Abstract** : In this study, various factors were considered for the establishment of a slab waterproofing system capable of coping with the conditions of cold snowy environments and heavy traffic. Damages relating to waterproof membranes were analyzed, and factors affecting to deterioration were summarized. As part of the study, four waterproof membrane types were used in a mid-winter outdoor construction experiment to examine the effects of construction temperature, grinding and cleaning or not of slab-top surface and freeze-thaw action during the in-service period. The results showed that lower temperature construction led to lower tensile bond strength. In one case, the strength for a construction temperature of 3°C was 0.61 times that for a temperature of 7°C. In another case, the strength having a weak laitance layer with low tensile bond strength by a non-ground, and non-cleaned top surface was 0.12 times the corresponding value for a ground and cleaned slab surface.

**Key words** : Slab waterproofing, RC deck slab, Frost damage, Cold Snowy region