

舗装・防水層・床版からなる構造体の凍結融解抵抗性に関する一検討

(独) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○澤松 俊寿
(独) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 三田村 浩
大阪工業大学 フェロー 松井 繁之

1. はじめに

積雪寒冷地の道路橋 RC 床版においては、疲労と凍害の複合作用によるものと考えられる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おり、床版の陥没に至った事例も報告されている¹⁾。RC 床版の長期的な健全性を確保する観点から、床版の劣化要因の1つ²⁾であり、特に積雪寒冷地においては凍害の誘因となる水の浸入を抑制するために床版防水層（以下、「防水層」という。）の設置が非常に重要視されている。一方で、北海道における最近の現地調査結果によると、比較的新しく防水層が設置された橋梁においても床版下面の漏水や遊離石灰、また防水層に所定の接着性が確保されていないものも確認されており³⁾、防水層の低機能が懸念される。

防水層はその品質を証明するために各種試験⁴⁾が実施されるが、必ずしも積雪寒冷地の条件に配慮されたものとは言い難い。例えば、北海道においてはほぼ全域的に年最低気温が-20℃を下回るのに対し、低温側の試験温度は-10℃⁴⁾である。また、凍結融解抵抗性に関する試験は規定されていない。このため、積雪寒冷地の条件に配慮した防水層の品質確認試験法の確立が急務であると考えられる。

本論では、積雪寒冷地の条件に配慮した防水層の品質確認試験法に関する導入的な検討として、舗装、防水層、コンクリートからなる供試体に凍結融解の繰り返し作用を与えた後に引張接着試験を実施した。

2. 試験方法

(1) 供試体：舗装、防水層、コンクリートからなる供試体を用いた。舗装には密粒度アスファルト混合物（改質Ⅱ型）13F を用い、防水層はアスファルト塗膜系とした。コンクリートは北海道の国道橋の RC 床版に一般的に用いられる配合とした。コンクリートの物性を表-1 に示す。縦横 300mm×厚さ 100mm（舗装 40mm、防水層、コンクリート 60mm）の平板 1 枚からφ100mm のコアを抜き取り図-1 に示すような供試体を製作した。凍結融解過程において舗装上面および床版下面からのみ水が浸入することを許すことにし、供試体側面全周を瀝青系のテープで止水した。

(2) 凍結融解負荷：凍結融解は気中凍結水中融解により実施した。最低温度を-10℃、最高温度を 5℃とした。

(3) 引張接着試験：供試体周面の止水テープを除去し、試験時に防水層から離れた断面での舗装の材料破壊を抑制するために舗装を厚さ 10mm に切除した後に、試験温度 23℃で引張接着試験⁴⁾を実施した。

(4) 試験ケース：凍結融解サイクル数をパラメータ（0, 3, 10, 30, 100, 300 サイクル）とし、供試体数は各ケースについて 3 体とした。

3. 試験結果

図-2 は引張接着強度と凍結融解サイクル数の関係である。図中には各供試体の引張接着強度 σ_b 、各ケースにおける供試体 3 本の平均値 σ_{bm} および 0 サイクルの引張接着強度に対する割合 σ_{bm}/σ_{bm0} を示している。凍結融解 0～100 サイクルにかけては凍結融解が進むにつれて引張接着強度の低下が認められる。なお、100～300 サイクルにかけては引張接着強度に有意な差は認められない。また、300 サイクルまでにおける引張接着強度の最低値は 100 サイクルでの 0.83N/mm^2 ($\sigma_{bm}/\sigma_{bm0}=79\%$) である。各試験における破断面の破壊モードを図-3 に示す。

表-1 コンクリートの物性

圧縮強度（材齢 28 日）		28.0 N/mm ²
水セメント比		52.2 %
空気量		5.4 %
粗骨材	最大寸法	25 mm
	吸水率	1.83 %
	安定性	7.0 %

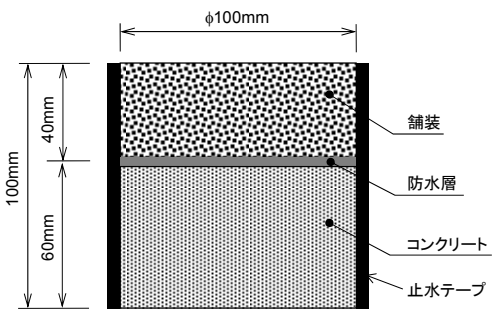


図-1 凍結融解試験用供試体

キーワード RC 床版、防水層、凍害、凍結融解、引張接着試験

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34 寒地基礎技術研究グループ TEL.011-841-1698

ここでは、破壊モードを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ており、界面破壊とは材料間の界面で剥離した状態、凝集破壊とは防水層の層内部で破壊した状態を意味する。0～10 サイクルまでは防水層の凝集破壊または舗装の材料破壊が卓越している。その後、10～100 サイクルにかけて床版側の界面破壊へ移行し、100～300 サイクルでは破壊モードはほぼ同程度の割合に収束している。ここで、凝集破壊から床版側の界面破壊へ移行した期間（10～100 サイクル）は、図-2 の引張接着強度が大きく低下した期間と対応する。当初は防水層の強度が構造系の中で最低であったが、凍結融解の進行とともに防水層とコンクリートの界面（床版側の界面）付近において特に劣化損傷が進行し、引張接着強度が低下したものと考えられる。このことは、凍結融解抵抗性を確保する観点からも防水層施工前の床版上面の処理が重要であることを示している。なお、100～300 サイクルにかけては引張接着強度、破壊モードともに有意な差が認められないが、この理由についてはさらなる調査が必要である。

本試験結果と北海道の気象条件を関連付けて検討する。図-4 は札幌市の東側に隣接する江別市内のアメダス（江別）観測結果を用いて、凍結融解期1シーズン（2010年10月21日～2011年4月30日の期間）において図中の定義により0℃を下回った頻度と最低気温 $T_{\min}$ の関係を示したものである。例えば、当期間において最低気温 $T_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ であった回数は17回である。図-2 において引張接着強度が大きく低下した100 サイクルは、 $T_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ の回数のみを考慮しても凍結融解期約6シーズン（ $100/17 \approx 5.8$ ）に対応することとなり、実橋においても比較的に短期間の凍結融解により防水層の接着性が低下している可能性も考えられる。

4. まとめ

- 1) 凍結融解の進行とともに床版側の界面破壊の割合が増加し引張接着強度が低下した。これは、防水層とコンクリートの界面付近において特に劣化損傷が進行したものと考えられる。
- 2) 1)を踏まえると、凍結融解抵抗性を確保する観点からも防水層施工前の床版上面の処理が非常に重要である。

本論文は積雪寒冷地の条件に配慮した防水層の品質確認試験法に関する導入的な検討結果であり、凍結融解試験に関しては試験温度、供試体の止水条件、防水層の種類等についても検討を行う予定である。

謝辞：本研究は、(独)土木研究所寒地土木研究所が大阪工業大学と共同で実施した「橋梁の床版構造および防水構造における性能評価に関する研究」における成果の一部であり、関係各位に多大なるご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献：1)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. 2)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. 3)吉田英二，三田村浩，石川博之：積雪寒冷地における床版防水工の性能評価に関する検討，平成20年度土木学会北海道支部論文報告集，Vol.65，2009. 4)日本道路協会：道路橋床版防水便覧，2007.3.

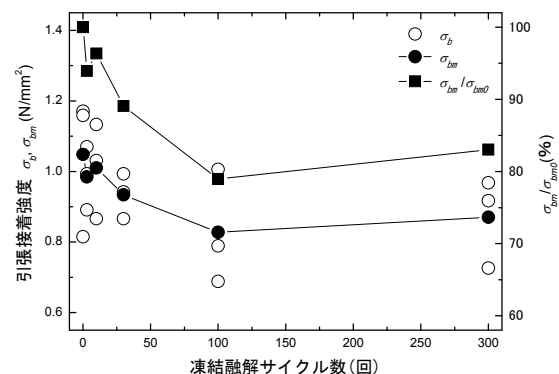


図-2 凍結融解サイクル数と引張接着強度の関係

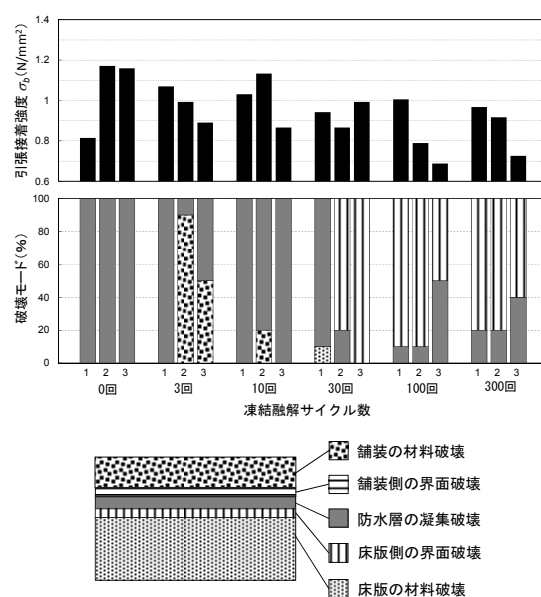


図-3 破断面の破壊モード

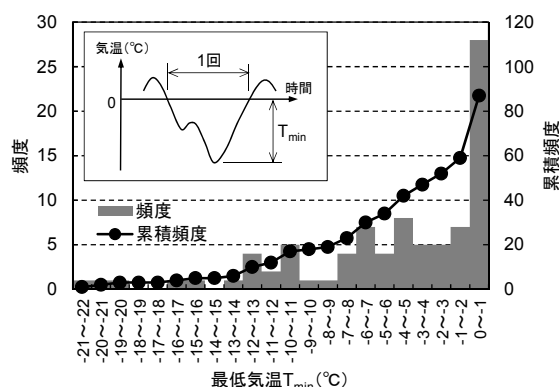


図-4 最低温度 $T_{\min}$ と頻度の関係（江別）