

積雪寒冷地での冬季暴露試験による床版内部の温度履歴調査

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○角間 恒
(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 仁平 陽一郎
(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 畠山 乃

1. はじめに

コンクリート構造物の劣化損傷調査では、初期に実施する橋梁諸元や供用環境の調査により、劣化損傷原因の大多その絞り込みが行われる。寒冷地の場合、気象データ（気温、日照時間等）から算出された「凍害危険度¹⁾」により凍害のリスクや程度を判定することが多く、道路橋鉄筋コンクリート床版も例外ではない。一方、床版における気象由来の凍害リスクは、気象データだけでなく、舗装種類、周辺環境、除雪頻度等にも依存すると考えられ、凍害危険度が必ずしもリスクを正当に評価していない可能性がある。

以上より、著者らは、床版に特化した凍害リスクの判定手法を確立する必要があると考えている。本稿では、そのための基礎データの収集を目的に、冬季暴露試験により床版内部の温度履歴を調査した結果を報告する。

2. 暴露試験方法

(1) 試験体 図-1 に試験体概要を示す。試験体は平面寸法 350mm×350mm とし、厚さ 160mm の鉄筋コンクリート（以下、床版）および厚さ 80mm のアスファルト混合物（以下、舗装）からなる。コンクリートには JIS A 5308 に準ずるレディミクストコンクリート（配合：普通 24-12-20 N）を使用し、内部に主鉄筋および配力鉄筋を模した 2 方向の鉄筋を上下 2 段に配置した。舗装は厚さ 40mm×2 層の構成とし、別途製作した舗装板 2 枚の 4 辺にシリコーン樹脂系接着剤を塗布して、床版～舗装間および舗装層間を一体化させた。なお、防水層は未設置である。また、熱収支を上下面に限定するため、試験体周面には厚さ 50mm の断熱材を貼り付けた。

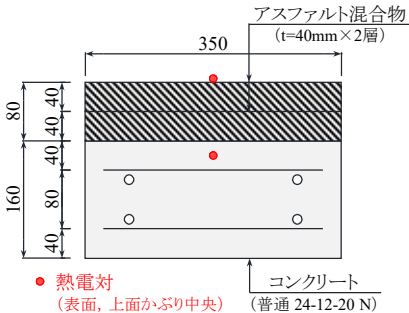


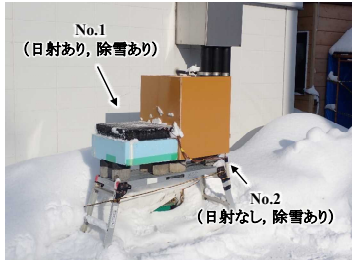
図-1 試験体概要

(2) 試験条件 暴露試験は寒地土木研究所（札幌市）の構内において、2023 年 1 月 11 日～3 月 10 日の 2 か月にわたって実施した。写真-1 に試験状況を示す。暴露場所は、周囲に日射を遮る構造物がなく、晴天の日には概ね 8～15 時頃にかけて試験体が日射に曝される環境である。暴露した試験体は 2 体であり、高さ 70cm の架台上に高さ 12mm のスペーサを介して並列に設置した。試験中は、架台前面（日射側）および架台下の除雪を行い、常に試験体下に高さ 50～60mm 程度の空間を確保できるようにした。



(a) 2023 年 1 月 11 日～2 月 2 日

試験では日射および除雪の有無を試験要因とし、試験体 No.1 では、全期間を「日射あり/除雪あり」、試験体 No.2 では、2 月 2 日までを「日射あり/除雪なし」、2 月 3 日以降を「日射なし/除雪あり」の条件とした（写真-1）。除雪作業は平日のみ行い、午前 9 時頃に積雪を払い除けて舗装表面を露出させた。また、日射なしの条件は、試験体周囲への木製板材の設置により模擬したものであり、日射と同時に風の影響も軽減されている。



(b) 2023 年 2 月 3 日～3 月 10 日

写真-1 暴露試験状況

(3) 温度計測 温度計測は、試験体中央の舗装表面および床版上面から 20mm の深さ（以下、上面かぶり）に設置した熱電対により行い、データの収録間隔は 10 分とした。

キーワード 床版, 暴露試験, 凍結融解, 温度履歴
連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1 番 34 号
(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 TEL 011-841-1698

3. 暴露試験結果

(1) 温度履歴 図-2 に、試験体の温度履歴を、暴露場所の最寄りアメダス（地点：札幌）による気温変化とともに示す。No.1 では、No.2 と比較して大きな温度変動が生じ、日最高気温が 0°C に達しない日にも舗装表面は 10°C 以上に達している。また、舗装の温度上昇に伴って上面かぶりでも気温変化より大きな温度変動が生じ、試験期間を通してコンクリートの凍結融解が繰返されていることがわかる。一方、No.2 のうち、「日射あり/除雪なし」とした 2/2 までの期間では、積雪の断熱効果によって舗装表面の温度が上昇せず、舗装表面、上面かぶりともに、気温との温度差は概ね 5°C 以内に収まった。また、「日射なし/除雪あり」とした 2/3 以降では、舗装表面温度の上昇は見られたが、上面かぶりの温度履歴に影響を及ぼすほど顕著な上昇ではなかった。

(2) 凍結融解回数 図-3 に、上面かぶりでの凍結融解回数（累積）の推移を示す。凍結融解回数は、温度がマイナスからプラスに転じた回数により集計した。No.1 では期間中の凍結融解回数が 37 回に上り、平均すると 0.64 回/日の頻度で凍結融解が繰返されていた。No.2 では、2/2 までは凍結融解回数が少ないが、2/3 以降の凍結融解頻度は 0.66 回/日であり、No.1 の同時期（0.77 回/日）と比較しても大きな差がない。このことから、本調査の範囲では、外気温変化が同一であれば、凍結融解回数を決める要因として、舗装表面を露出させること（除雪）の影響が大きく、日射の影響は小さいと言える。

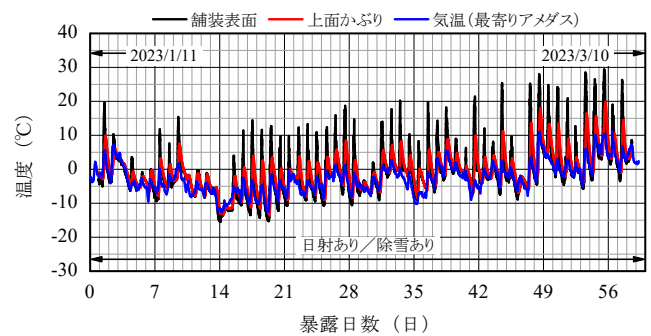
(3) 凍結最低温度 図-4 に、No.1 および No.2（2/3 以降）について、凍害の劣化程度に影響を及ぼす凍結最低温度の頻度を集計した結果を示す。同じ期間（2/3～3/10）で比較すると、No.2 では $-6\sim 0^{\circ}\text{C}$ がデータの大半を占めたのに対し、No.1 では $-10\sim -6^{\circ}\text{C}$ の頻度が増加しており、「日射あり/除雪あり」の場合に凍結最低温度が低下する結果となった。これは、風作用を受けやすい

No.1 において舗装表面が乾燥しやすく、熱放射が大きくなったためと推察される。なお、本結果には日射の遮断方法の影響が含まれていると考えられるため、凍結最低温度への影響要因については、より詳細な検証を要する。

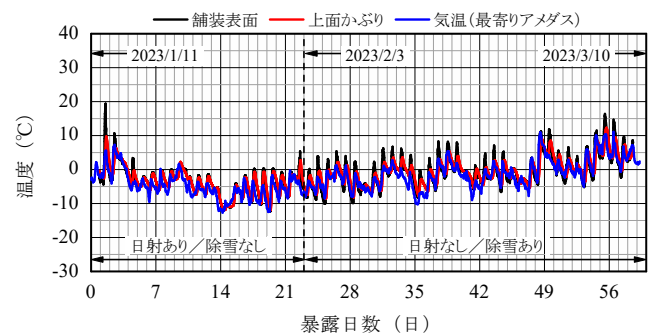
4. おわりに

本調査の結果、外気温変化が同一の環境であっても、日射や除雪の状況によって、冬季における床版内部の温度履歴が異なることを確認した。本調査は、限られた条件下で 1 シーズンに満たない短期間の計測を行ったものである。今後は、気象や周辺環境等が異なる複数条件での長期のデータ取得を行うとともに、それらのデータを活用して床版の凍害リスクを判定する手法を検討していきたい。

参考文献 1) 長谷川寿夫: コンクリートの凍害危険度算出と水セメント比限界値の提案, セメント技術年報, XXIX, pp.248-253, 1975.



(a) No.1



(b) No.2

図-2 温度履歴

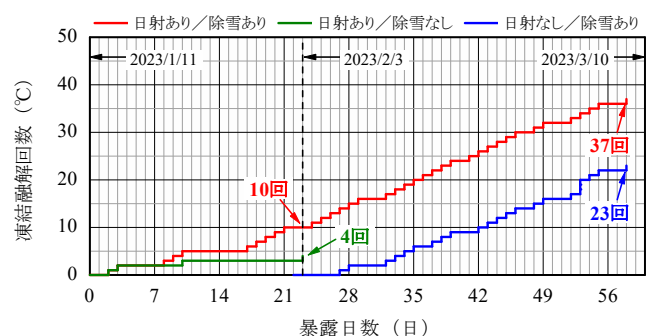


図-3 凍結融解回数

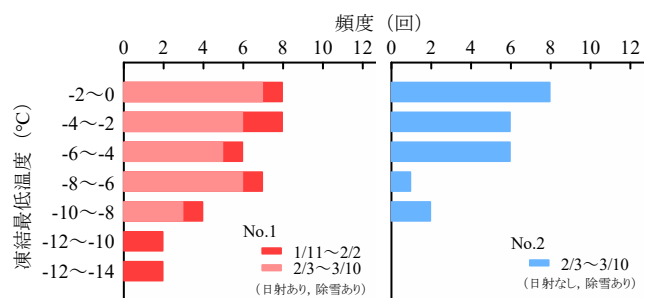


図-4 凍結最低温度の頻度分布