

赤外線カメラによるポットホール事前検知に関する基礎検討

Basic study on pothole detection method with infrared thermography

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 ○正 員 丸山 記美雄 (Kimio Maruyama)
同 上 正 員 星 卓見 (Takumi Hoshi)
同 上 正 員 木村 孝司 (Takashi Kimura)

1. 研究の背景と目的

近年、北海道内の舗装道路では融雪期にポットホールの発生が目立つようになっている。ポットホールに対する対応としては、発生の都度、穴埋めなどの事後的な対応が行われているのが現状であるが、ポットホールが発生する危険性の高い部分を、発生前の早期の段階で検知する技術があれば、予防的な処置や事前の補修を施すことで融雪期のポットホールを減らすことができると考えられる。

しかし、ポットホールの発生を事前に検知する技術は未確立で、研究が必要な段階にある。筆者らの既往の研究によって、融雪期に発生するポットホールはひび割れが元々存在する部分でかつ水の影響を受けやすいところに高い確率で発生することがわかっており²⁾、水の影響を受けやすい部分は周囲と温度が異なると推測されることから、赤外線カメラによってポットホール発生危険部位の検知の可能性があると考えられる。ちなみに、赤外線カメラを用いた舗装体内部のはく離やブリストリングの調査はこれまでも行われているが、主に固定カメラによる特定部位に対する調査であり、ポットホール発生を事前に検知するために必要となる広範囲のスクリーニング的な調査への適用性には課題がある。

そこで本研究は、ポットホールに代表される融雪期に顕著に見られる損傷箇所を、赤外線カメラによって事前に検知する技術を開発することを最終目的としている。本報告では、近年開発が進んできた、交通規制を行わずに法定速度で調査車両を走行させて赤外線熱計測をする技術¹⁾を活用し、赤外線カメラによって供用中の道路を交通規制することなく計測して得られたアスファルト舗装の熱分布画像から、融雪期のポットホール損傷に至るような温度変状を検知する技術の開発に向けた基礎的な検討を行った結果を報告する。

2. 赤外線熱計測の原理

赤外線熱計測は、構造物における素材の違いや損傷の有無などの物質の状態に基づく赤外線放射量を赤外線サーモグラフィカメラで感知し、それから変換した温度の相違に基づき、外観から見えない内部の状態を把握する手法である。

構造物内部に含水、滞水、空隙等の異常が発生した場合、健全部と異常部では状態が異なるため、熱容量に相違が発生する。熱容量の相違は温度の相違となり、内部から表面上に伝わる温度にも相違が発生する。そのため、異常が発生した部位では、表面温度が健全部に比べて相対的に高いもしくは低い状態となる。

例えば、アスファルト舗装内部で含水や滞水している場合、加熱過程時であれば周囲よりも低温となり、一旦加熱された後の冷却過程時であれば周囲よりも高温となる。一方、アスファルト舗装内部で空隙が発生した場合は、昼間の太陽光による路面の加熱過程時であれば、表面側からの熱の伝導が空隙の空気層によって遮られるため、空隙直上の部分は周囲のアスファルト舗装よりも早く熱せられ、周囲よりも高温となる。逆に夕方以降の気温降下に伴う冷却過程時であれば、空隙直上の部分の温度低下が早く、周囲よりも低温となる。すなわち滞水と空隙では一般的に温度平衡状態の場合を除き、温度の相対的な表出状態が反対になる(図-1)。

既往の研究によって、融雪期に発生するポットホールはひび割れが元々存在する部分でかつ水の影響を受けているところに高い確率で発生することがわかっている²⁾。したがって、ひび割れ周辺に多くの水分を含んだ状態になっているところや、水の影響を受けやすいところを赤外線カメラによる熱画像計測で温度変状箇所として抽出できれば、ポットホール発生危険部位の事前検知に有用な情報が得られると考えられる。

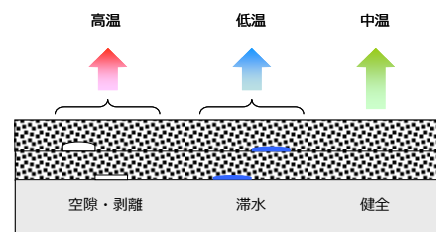


図-1 健全部や滞水部の赤外線画像の傾向
(路面の加熱過程時)

3. 調査の方法

札幌市近郊のアスファルト舗装区間(延長 5km)において、秋期に、赤外線サーモグラフィカメラを用いて非破壊、非接触で路面測定を行った。赤外線サーモグラフィカメラは写真-1 に示すような車両に搭載し、通常の走行速度(60km/h 以下)で車線規制などは行わずに熱計測調査を実施した。赤外線計測にあわせて、赤外線画像と同じ部位を可視画像でも撮影し、路面及び道路周辺の状況を把握した。アスファルト舗装の熱分布画像から、内部の含水や滞水に起因する温度変状箇所を抽出した。計測時の各種条件は以下のとおりである。

計測時期：12月1日

計測時間帯：10時～14時

気象条件：晴れ、早朝まで若干の降雪あり

計測時の路面状態：ほぼ乾燥状態

走行速度：法定速度内で実施（60km/h 以内）

また、秋期に赤外線計測を実施した 5km 区間において、一冬経過した 3 月中旬に目視調査を行い、融雪期にポットホールが発生した位置を特定し、当該位置の秋期の赤外線画像における温度変状の有無を整理した。



写真-1 赤外線カメラを搭載した調査車両

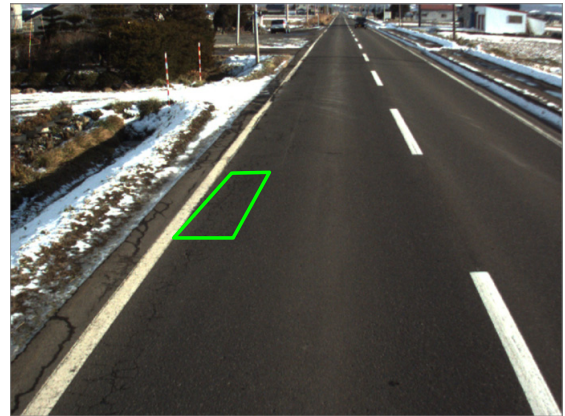
4. 調査の結果

赤外線計測時の舗装表面はほぼ乾燥状態であったが、前日までの雨や早朝までの降雪に伴う水分の影響で、多くの箇所で含水や滞水を示す温度の低下部分が確認された。特にひび割れなどの損傷が発生している周辺は、周囲と比較して温度が低い部分が多く見られ、ひび割れの周辺は含水している状態であると推測された。一例として、ある測定箇所の可視画像と赤外線画像を写真-2 に示す。可視画像では水分の存在は見られず、ひび割れが見られる以外は特段の変状は気にならないが、赤外線画像では外側タイヤ走行位置に発生したひび割れの周辺の温度が部分的に低くなっていることが確認できる。これはひび割れ周辺のアスファルト混合物が含水や滞水によって温度が低くなっているためと推測される。同一の箇所を 3 月に目視調査した際の写真を写真-3 に示すが、ポットホールが発生していた。写真-2、写真-3 において緑色で示した枠はほぼ同じ部位を囲ってあるが、融雪期にポットホールが発生した部位は、秋期の赤外線計測時には温度低下がはっきりと記録されていることが確認できる。ひび割れ部付近の混合物は水の影響を比較的受けやすく、ポットホールの発生に繋がる危険性があるが、そのような部分は赤外線画像で周辺部と違いがあることが確認できた。

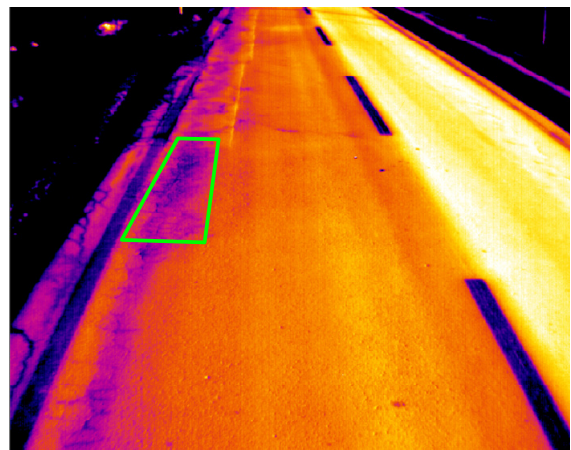
赤外線計測を行った 5km 区間のうち、水の影響を受けたと思われる温度変状が見られた部分を整理した結果を図-2 に示す。図-2 には、100m 区間内の 10m 毎の写真のうち、水の存在に起因すると思われる温度低下が見られた画像の枚数の多さに応じて、青色を濃く示しており、車線部は横断方向に 3 分割して表示した。上下線とも幅広く温度低下箇所が見られ、特に、車道部の路肩に近い側に多く温度低下箇所が見られた。これらの部分にはひび割れが多く発生しており、ひび割れ周辺が水の影

響を受けて含水や滞水していたためと考えられる。

図-2 には、調査区間内で融雪期後の調査でポットホールの発生を確認した 23 箇所を緑色の丸印で囲って示してある。ポットホールが発生した箇所は、概ね秋の調査の段階で水分の影響を受けて温度低下が記録されていた箇所であることが確認できる。ただし、秋の段階で温度変状が見られた箇所のうちでポットホールの発生に至らなかった箇所も多く存在していることも指摘できる。



(可視画像)



(赤外線画像)

赤外線熱画像内：（低温）濃い青←紫←橙→黄→白（高温）

写真-2 同一箇所の路面調査時画像



写真-3 写真-2 と同一箇所の目視調査時状況
（ポットホールが発生し穴埋めされている）

表-1 には、融雪期にポットホールが発生していた 23 の部位について、秋に撮影した赤外線熱画像と可視画像を詳細に確認した結果を示した。ポットホールの発生が確認された部位ほぼ全てで周辺部に比べて温度が低下していることが確認できた。ポットホール発生部位については含水状態や水分が滞留しやすい状態となっており、この水分が凍結・融解を繰り返すことによりポットホールの発生を引き起こすものと推察される。融雪期にポットホールが発生する危険性の高い部位を、発生前の段階で検知できる可能性が確認できた。

5. まとめ

舗装に生じたひび割れの周辺部の水分の存在によって温度変状が生じており、その温度変状を通常走行中の車両に搭載した赤外線カメラで検出できることを確認した。さらに、融雪期にポットホールが発生する部位は、秋の段階で温度変状が記録されており、ポットホール発生危険部位の検知の可能性が示された。一方で、秋の段階で温度変状が見られてもポットホールの発生に至っていない箇所も多く存在していることから、検知の確実性を高める取り組みが今後必要と考えている。

参考文献

- 1) 塚本成昭・山上哲示・内間満明・黒須秀明・前田近邦・関上直浩：赤外線による舗装の点検手法，舗装 vol.46-7，2011.7
- 2) 丸山記美雄・安倍隆二・熊谷政行：融雪期の舗装損傷発生条件に関する一検討，土木学会北海道支部平成 25 年度論文報告集(第 70 号)，2014.2

表-1 ポットホール発生部位の赤外線画像確認結果

No	秋期の路面状況	3 月の目視調査時の路面状況	赤外線熱画像温度低下有無
1	損傷なし	ポットホール	有
2	ひび割れ	ポットホール	有
3	ひび割れ	ポットホール	有
4	パッチ	ポットホール	有
5	ひび割れ	ひび割れ，ポットホール	有
6	ひび割れ	ひび割れ，パッチ，一部ポットホール	有
7	ひび割れ	ひび割れ，一部ポットホール	有
8	ひび割れ，ポットホール	ひび割れ，ポットホール	有
9	ひび割れ，ポットホール	ひび割れ，ポットホール	有
10	ひび割れ	ひび割れ，ポットホール	有
11	ひび割れ，パッチ	ひび割れ，パッチ，ポットホール	有
12	パッチ	パッチ，ポットホール	有
13	ひび割れ	ひび割れ，ポットホール	有
14	ひび割れ，パッチ	ひび割れ，ポットホール	有
15	ひび割れ，ポットホール	ひび割れ，ポットホール	有
16	ひび割れ	ポットホール	有
17	ひび割れ，ポットホール	ひび割れ，ポットホール	有
18	ひび割れ，パッチ	ひび割れ，パッチ	有
19	ポットホール	ポットホール	有
20	ひび割れ，ポットホール	ひび割れ，ポットホール	有
21	ひび割れ，ポットホール	ひび割れ，ポットホール	有
22	ひび割れ	ひび割れ，ポットホール	無
23	ひび割れ	ひび割れ，ポットホール	有

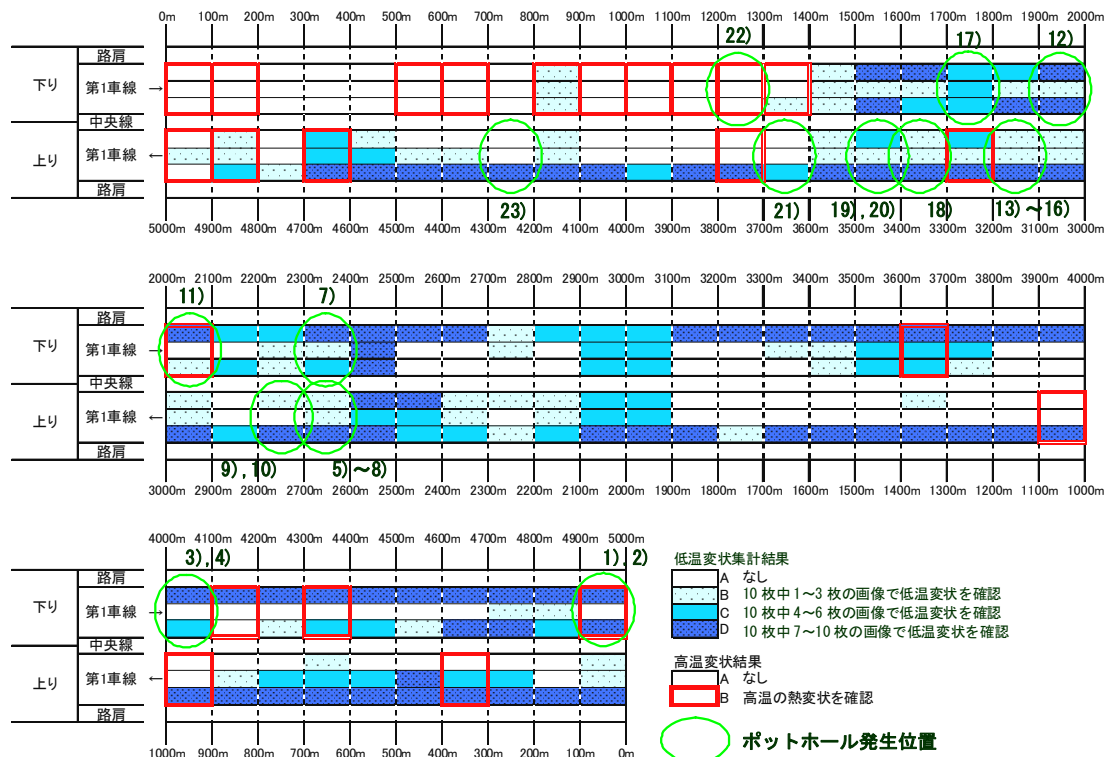


図-2 赤外線調査区間の温度変状箇所整理結果