

融雪期の舗装損傷発生条件に関する一検討

Study on the conditions of pothole formation in pavement during snow-melting season

(独)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 安倍 隆二 (Ryuuji Abe)
同 上 正 員 熊谷 政行 (Masayuki Kumagai)

1. 研究の背景と目的

積雪寒冷地においては、低温や融雪期の融雪水や凍結融解作用などによって道路舗装はある程度の影響を受けるため、積雪寒冷地の舗装を構築するに際しては、積雪寒冷地特有の過酷な条件に耐えるような対策が取られている^{1),2),3),4)}。しかし、北海道内の舗装道路の多くが1960～1970年代の高度経済成長期に構築され(道路統計年報⁵⁾等より筆者ら集計)、その後約30～40年近くの時間が経過する中で、多くの舗装にダメージが蓄積され老朽化が進んでいると考えられ、今後は損傷が顕在化することが懸念される。実際に近年では融雪期に発生するポットホール等に関する道路利用者の通報等が増加しているとの指摘がある。道路としての機能を維持し、現在の道路資産を安全かつ安定的に守っていくためには、融雪期に発生する舗装の損傷実態を把握し、損傷の発生要因やメカニズムを明らかにして、融雪期の舗装損傷への対策を取る必要がある。

そこで、融雪期に発生する舗装損傷のうち特にポットホールを検討対象とし、その発生実態や損傷が発生しやすい条件を解明して、ポットホールの発生に的確に対処することを目的とした。手法としては、供用中の道路においてポットホールの発生実態や発生条件を把握するための実態調査を行った。その結果、いくつかの知見を得ることができたので、以下に報告するものである。

2. 融雪期の舗装損傷実態調査

融雪期に発生する舗装損傷には様々なものがあるが、本報ではそれらのうち特に写真-1に示すポットホールを検討対象にした。その理由は、様々な損傷形態のうちで、ポットホールが道路利用者にとって最も視認しやすく、その大きさは多くの場合直径数十cm程度で深さは数cm程度と形状的には小さいものの、ひとたび発生すると道路利用者の走行性に直接的かつ即時的に影響し、道路管理上も速やかな対応が求められるなど、緊急度の高い損傷形態であるためである。さらに、ポットホールの発生については、いつどのような場所でどれくらいの量のポットホールが発生するかをこれまでに蓄積された技術的知見のみで判断するのは困難であり、結果として対応も後手に回りがちで、その発生実態や発生条件について新たな知見を得る必要があると考えたためである。

そこで、供用中の国道においてポットホール発生状況を調査した。さらに、ポットホールの発生実態を分析することで、どのような条件下において舗装が破損する可能性が高いのかを検証した。



写真-1 融雪期に発生したポットホール

2.1 ポットホール発生実態調査方法

調査は、遠軽地域と札幌地域の国道で実施した。

遠軽地域においては、国道234号、242号、333号の合計約160km区間における一年間のポットホール発生状況を調査した。調査は基本的に1日おきにいずれかの路線で実施しており、ポットホールの発生が確認された月日と個数を記録し、集計整理した。ポットホールが発生した部位の状況や、ポットホールの発生が確認された日とアメダスデータ等の気象条件の関係の調査も併せて行った。さらに、ポットホールの発生実態や対処方法に関して道路管理者および請負者にヒアリング調査を行った。

札幌地域においては、国道337号の約25km区間におけるポットホール発生状況等を1月～3月の間、調査した。調査は1日おきにポットホールの発生を確認して発生日目と個数を集計整理するものと、調査対象区間を1月～3月の間に週1～2回、ポットホールの発生位置や発生状況を詳しく目視調査する形で実施した。さらに、約25km区間の100m毎のひび割れ率を自動計測車によって実測もしくは実測に基づく予測によって把握し、ひび割れ率とポットホールの発生個数や発生確率などの間に一定の傾向が認められるかなどを調べた。

2.2 ポットホール発生実態調査結果

(1) ポットホールの発生時期

遠軽管内におけるポットホールの月別発生件数を図-1に示す。ポットホールは2月から徐々に増え始め、遠軽地域の融雪期にあたる3月と4月に発生量が多いことが確認された。また、寒さが厳しい1月に発生していない点も注目される。

札幌地域における調査においても、融雪期の2月初旬ころから3月中旬にかけて多くのポットホールが発生し、融雪期にポットホールの発生が多いことが確認できた。

積雪寒冷地では、一年の中でも特に融雪時期や春先に舗装の損傷が激しくなることが分かり、他の時期に比べて舗装が大きなダメージを受ける時期であることが推察される。参考として、本州など比較的温暖な地域では、ポットホールは6月の梅雨時期や9月、10月の台風および秋雨の時期など、雨の多い時期に多く発生するといわれている。今回の調査においては、それらの時期にはあまりポットホールが発生しておらず、温暖な地域とは発生時期が異なる傾向を示している点が特筆される。

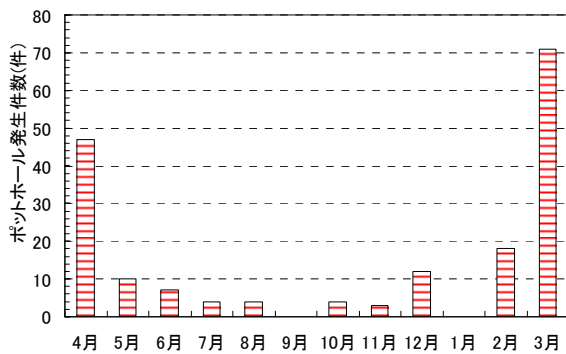


図-1 遠軽地域におけるポットホールの月別発生件数

(2) ポットホールの発生部位

遠軽地域と札幌地域での調査において、ポットホールの発生している部位を整理した結果を図-2、図-3に示す。ポットホールの大半は、元々何らかのひび割れや施工時の継目等が存在した箇所に発生していることが確認できる。遠軽地域では、疲労ひび割れと横断ひび割れ部に発生したポットホールの割合が約8割を占めている。また、札幌地域では疲労ひび割れ部に発生したポットホールの割合が約9割を占めている。打継目などの施工継目部に発生したポットホールは約1～2割であった。疲労ひび割れ部にポットホールの大半が発生している結果となったが、これは調査対象路線区間が疲労ひび割れの発生量が多い路線区間であったためと考えられ、他のひび割れの発生量が多い区間では、そのひび割れに起因するポットホールの発生割合が多くなるものと推測される。

図-4には、路面のひび割れ率の階級ごとに、ポットホールが発生した区間数の割合を整理した結果を示す。ひび割れ率が高くなるにつれて、ポットホールが発生する割合が高くなることがわかる。次に、路面のひび割れ率とポットホールの発生数の対応関係を整理した結果を図-5に示す。ひび割れ率とポットホールの発生数の間には、例えばひび割れ率が高いほどポットホールの発生個数が多くなるというような一定の傾向は見出せない。つまり、ひび割れ率が高い区間ほど、ポットホールが発生する確率が高いといえるが、その区間に発生する個数はひび割れ率のみでは説明ができないといえよう。

以上のようにポットホールはひび割れ部分をきっかけに発生することが多いことがわかった。

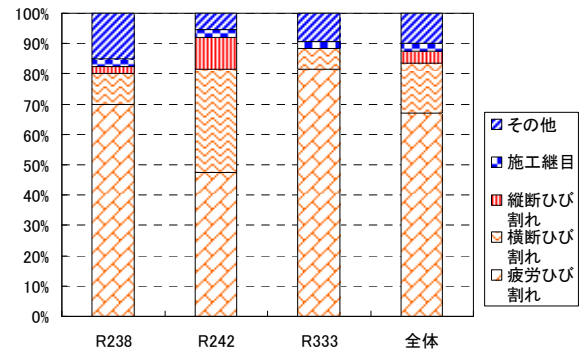


図-2 ポットホールの発生箇所別件数 (遠軽地域)

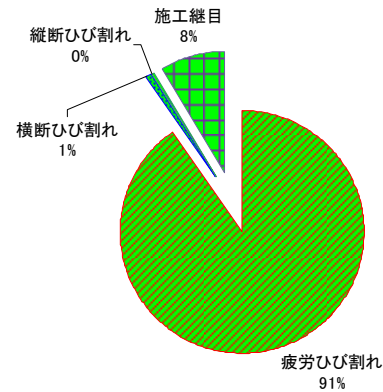


図-3 ポットホールの発生部の路面状況 (札幌地域)

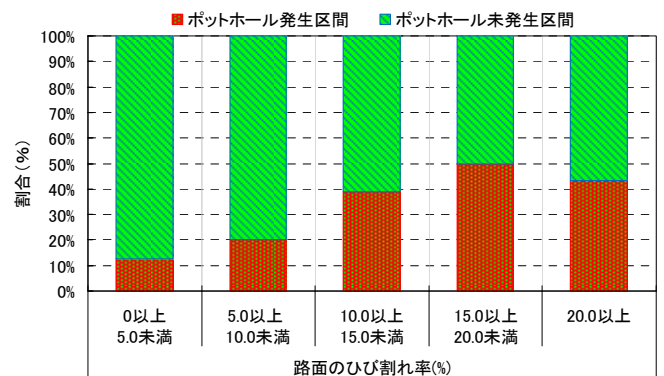


図-4 路面のひび割れ率とポットホール発生率の対応関係

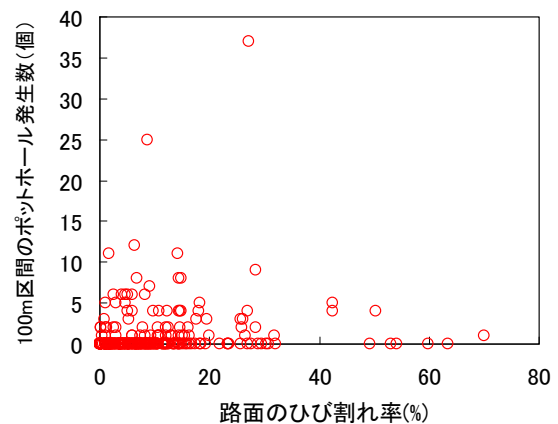


図-5 路面のひび割れ率とポットホール発生数の関係 (札幌近郊)

(3) ポットホール発生時の気象条件

遠軽地域の調査データに対して、ポットホールが発見された日の最高気温と最低気温をプロットした結果を図-6に示す。また、札幌地域の調査結果も図-7に示す。

図中の赤枠で網掛けした範囲は、図-8に例示したように1日の間に気温がプラスからマイナスもしくは、マイナスからプラスに変化した(以下、このような気温の変化を「ゼロクロッシング」とよぶ)日であることを意味する。図-6、図-7において、大半のデータが赤枠で網掛けした範囲にプロットされていることから、ゼロクロッシングした日に大半のポットホールが発生していることが理解できる。なお、赤枠で網掛けした範囲にプロットされていないもの(調査当日にゼロクロッシングしていないもの)についても、前日もしくは前々日にゼロクロッシングしていることが確認できた。

次に、ゼロクロッシングの発生有無とポットホールの発見の関係を整理した結果を表-1と表-2に示す。ゼロクロッシングが発生した日は、5割や6割程度の高い確率でポットホールの発生がみられるのに比べて、ゼロクロッシングが発生していない日は、ポットホールの発見率は約2割未満となっており、ゼロクロッシングがポットホールの発生に強く影響していることが認められる。気温が0℃をまたいで変化するような気象条件が、ポットホール発生リスクを高める条件の一つであるといえる。

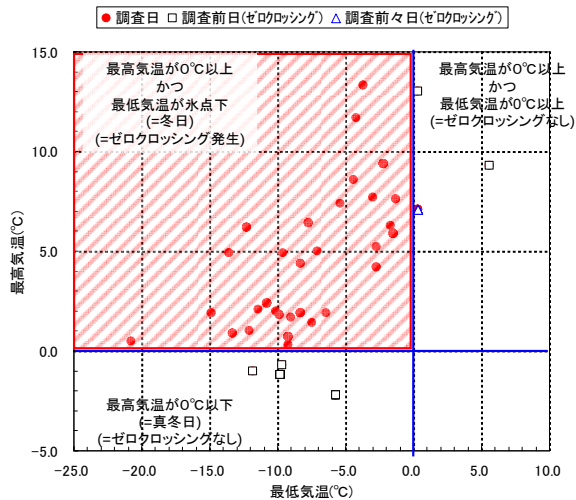


図-6 気温とポットホール発生の関係 (遠軽地域)

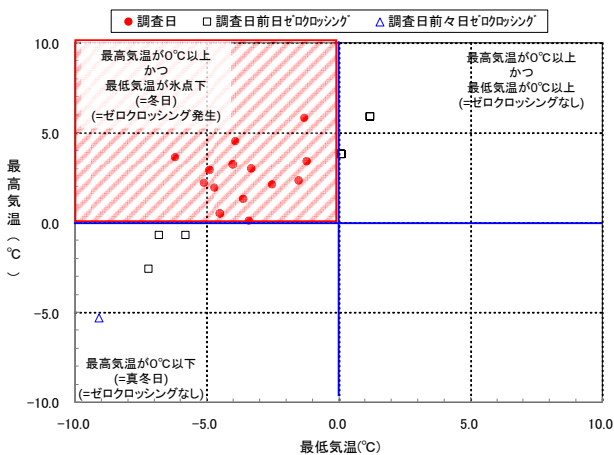


図-7 気温とポットホール発生の関係 (札幌近郊)

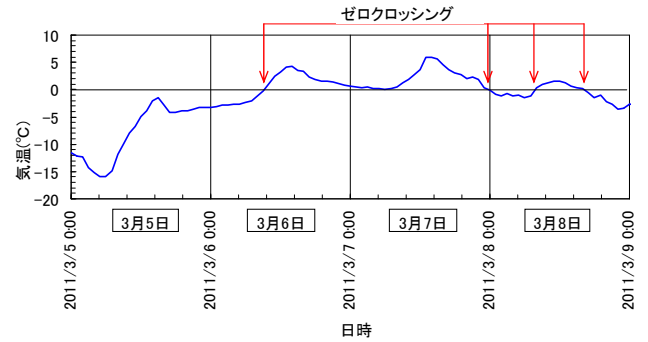


図-8 ゼロクロッシングの一例

表-1 ゼロクロッシング発生とポットホールの発生の対応関係 (札幌近郊)

		調査日数	ポットホール発生の有無		ポットホールの発生率(%)
			発生	無	
調査当日	気温のゼロクロッシング発生	29	14	15	48.3
	気温のゼロクロッシングなし	30	8	22	26.7
調査前日	気温のゼロクロッシング発生	27	15	12	55.6
	気温のゼロクロッシングなし	32	7	25	21.9
調査前々日	気温のゼロクロッシング発生	28	13	15	46.4
	気温のゼロクロッシングなし	31	9	22	29.0

表-2 ゼロクロッシング発生とポットホールの発生の対応関係 (遠軽地域)

		巡回日数	ポットホールの発生日数		ポットホールの発生率(%)
			発生	無	
巡回当日	気温のゼロクロッシング発生	40	24	16	60.0
	気温のゼロクロッシングなし	38	6	32	15.8
巡回前日	気温のゼロクロッシング発生	40	23	17	57.5
	気温のゼロクロッシングなし	38	7	31	18.4
巡回前々日	気温のゼロクロッシング発生	39	20	19	51.3
	気温のゼロクロッシングなし	39	10	20	25.6

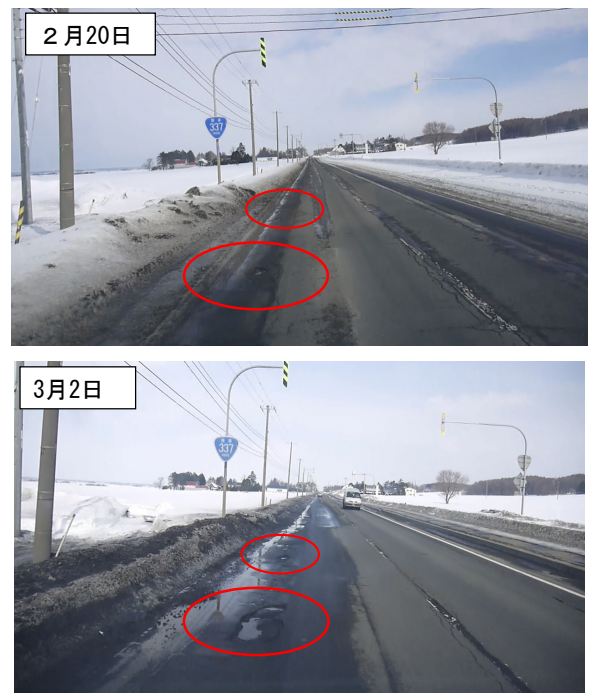


写真-2 ポットホールの成長速度 (大きさの変化)

(4) ポットホールの成長速度

札幌近郊における調査において観察された、ポットホールの発生する前後数日間の路面状態の一例を写真-2に示す。2月20日に小さな穴が確認された後、約10日後には数10cm径の穴に発達しており、ポットホールが数日のうちに大きく拡大することが確認できる。また、路肩付近に堆積した雪が融け、その融雪水が路面に流入している様子をうかがうことができ、融雪水がポットホールの発生と成長を促進したものと考えられる。

(5) ポットホールに関するヒアリング調査結果

道路管理者および舗装維持請負者に対して、ポットホールの発生状況や発生部位等についてヒアリング調査を行った結果を表-3に示す。

融雪期に発生することが多いことや、ひび割れや打継目などのある部分に発生することが多いことなど、実態調査で得られた結果を裏付ける意見となっている。維持管理の現場で長年の経験により得られた経験知と本調査の結果が一致していることを意味しており、本調査で得られた結果が、ある程度普遍的なものであることが確認できた。

表-3 ポットホールの発生に関するヒアリング調査結果

(1)ポットホールの発生時期や発生状況	・年間を通してみると、春先や融雪期に発生が多い。 ・寒さが緩み、プラスの気温が現れ出すと多く発生するようになる。 ・夜間や朝に凍結して、日中は融けてを繰り返すような気象条件の時に発生する傾向を感じる。 ・冬期間に雨が降ると、その後数日以内に多発することがある。 ・道庁管内では3月、4月に多く発生する印象。 ・札幌圏では2月中旬頃から多く発生する印象。 ・7、8月など通常の時期は、発生量は多くないが、雨が降った後に時々発生する。 ・寒さの厳しい1月はあまり発生しない。 ・ポットホールは最初は小さくても、放置すると拡大していく。 ・穴埋めをしたポットホールの脇にポットホールが再発生する事もある。
(2)ポットホールの発生しやすい箇所	・ひび割れや欠損のある部分 ・亀甲状ひび割れ、横断ひび割れ、打継目周辺部 など ・橋梁ジョイント周り ・わだち掘れができて、路肩付近が沈下しているようなところ。

3. ポットホールの発生リスクが高い条件

前述した調査によって、どのような気象条件でポットホールの発生頻度が高くなるのか、どのような部位で発生しやすいのか、大きな傾向を把握することができたと思われる。ポットホール発生リスクが高い条件を改めて整理すると、図-9に示すとおりである。つまり、融雪期において、一日の間に気温が0℃をまたいで変化する時に、ひび割れ部や打継目などの周辺や、融雪水が流入・滞留しやすい箇所が、ポットホールの発生リスクが高い。

ポットホールの発生しやすい条件から、ポットホールの損傷発生過程を類推すると、以下ようになる。雪が融けた水が、ひび割れや打継目などの舗装構造の一部から浸入もしくは浸透し、それが気温の変動や日射に伴い凍結や融解を繰り返すことで様々な形で舗装体に影響を及ぼし、そこに車両の荷重が加わってひび割れ等を進展させ、ポットホール等の損傷が発生する。

図-9に示したような条件を満たす場所および時期は

ポットホールの発生リスクが高いので、道路管理者ならびに道路利用者が留意をすることで、補修体制を確保することやポットホールの発生による道路利用者の不便を減らすことなどに役立てることができると考えられる。

(1) ポットホールが多く発生する時期

→ 融雪期に多い

(2) ポットホール発生時の気象条件

→ ゼロクロッシング発生日およびその1～2日後

(3) ポットホールが発生しやすい部位

→ ひび割れや打継目等の弱点がある部位

→ 融雪水が流入・滞留しやすい部位

→ ひび割れ率が高い区間や路線

(4) ポットホールの成長速度（大きさの時間変化）

→ 数日の間に数10cm径の穴に発達

図-9 ポットホール発生リスクが高い条件

4. まとめ

本研究から得られた知見は以下の様にまとめられる。

(1) 融雪期において、一日の間に気温が℃度をまたいで変化する時に、ひび割れ部や打継目などの周辺や、融雪水が流入・滞留しやすい箇所、ポットホールの発生が多い実態にあることが確認された。これらの条件を満たす場合にポットホールが発生するリスクが高いので、その点を念頭に置くことがポットホールへの対処として有益となる。

(2) 融雪期のポットホールの発生過程としては、雪が融けた水がひび割れや打継目などの舗装構造の一部から浸入もしくは浸透し、その水が気温の変動や日射に伴い凍結や融解を繰り返すことで様々な形で舗装体に影響を及ぼし、そこに車両の荷重が加わってひび割れ等を進展させてポットホール等の損傷発生に至るといった形が代表的なものであると考えられる。

参考文献

- 1) 土木学会舗装工学委員会寒冷地舗装小委員会：積雪寒冷地の舗装、舗装工学ライブラリ 6、2011。
- 2) 久保宏、岩崎信行：アスファルト混合物の凍結融解試験について、土木試験所月報 No.287、1977
- 3) 丸山記美雄、高橋守人、早坂保則：表層用アスファルト混合物の凍結融解作用に対する抵抗性、平成12年度土木学会年次学術講演会、2000。
- 4) 安倍隆二、丸山記美雄、熊谷政行：積雪寒冷地におけるアスファルト舗装の理論的設計方法に用いる材料特性および環境条件に関する検討、寒地土木研究所月報 No.708、2012。
- 5) 国土交通省：道路統計年報、国土交通省 HP