

除雪作業の効率化を目的とした凍結抑制舗装の効果検証

新堀 朋広・西谷 直人・大脇 真也

日本道路公団北陸支社では「冬期間の安全・確実・快適な交通の確保」を雪氷対策の基本方針として、除雪作業を実施している。しかし、過去の大雪時には、除雪作業が降雪に追いつかず滑りやすい路面が発生し、登り勾配4%以上の急勾配区間では、登坂不能車に起因した通行止めを余儀なくされた。

このため、「滑りやすい路面（圧雪路面及び凍結路面）」の発生の抑制や、発生した場合でも速やかに除去することを目的に、排水機能とゴム粒子混入により弾性機能を付加させ、凍結抑制効果を併せ持つ高機能舗装を試行し、効果検証を行った。その結果、当舗装区間は除雪作業で「滑りやすい路面」の除去が容易となり、除雪作業の補足対策となりうることが確認された。

キーワード：雪氷対策、凍結抑制舗装、ゴム粒子混入型、高機能舗装（凍結抑制型）、登坂不能車対策

1. 背景と目的

日本道路公団北陸支社（以下、JH 北陸支社という）が管理する北陸自動車道は、「日本海国土軸」を形成し、北陸地方の各県および関西圏・中京圏の都市圏とを結びつけており、地域の産業経済、教育文化、観光レジャー、さらには住民生活を支える大動脈として、大きな役割を果たしている。

JH 北陸支社では「冬期間の安全・確実・快適な交通の確保」を雪氷対策の基本方針として、除雪車による除雪作業を基本とした交通確保のための様々な作業を実施している。しかし、北陸地方は世界有数の豪雪地帯に属しており、過去の大雪時には、除雪作業が降雪に追いつかず、滑りやすい路面が発生した。

このため交通事故や登り坂でスリップによって走行が不可能となる車（登坂不能車）に起因した長時間の通行止めを余儀なくされ、大都市圏との交通や北陸地方内の交通を分断するなど、地域社会に対して多大な影響を及ぼした。特に北陸自動車道の敦賀地区や石川・富山県境の登り勾配4%以上の急勾配区間では、過去に登坂不能車に起因した通行止めが多く発生した。

この対策として除雪車を増強し除雪のサイクルをさらに短縮することが考えられるが、多額のコストを必要とすることから、現在のJHを取巻く状況を考慮すると難しい。

そこで、登坂不能車の発生要因である「滑りやすい

路面（圧雪路面及び凍結路面）」の発生を抑制することと、発生した場合でも速やかに除去することを目的に、除雪作業を補足するための対策として「凍結抑制舗装」を試行し、効果検証を行った。

2. 凍結抑制舗装の採用の検討

（1）滑りやすい路面の発生のメカニズム

JH 北陸支社の現在の除雪体制は、除雪作業のローテーションが概ね1~2時間毎であり、通常の降雪（時間降雪量が5 cm/h以下）に対し、交通確保には大きな支障は無い。しかし、強い降雪（5 cm/h以上）の場合には、作業ローテーションの合間に路面が積雪状態となり、その積雪が通行車によって踏固められ、圧雪路面及び凍結路面に悪化していく。

その後、除雪作業が行われるが、圧雪等は舗装表面と固結しているため通常の除雪作業では除去は難しく、その後の降雪や通行車により路面はさらに悪化していく。なお、除雪作業により圧雪等を除去するには、舗装表面と圧雪等との固結状態を緩めることにより可能であることが、これまでの作業経験より得られている。

そこで、舗装表面と圧雪等の固結状態を緩めて層間剝離を起こさせる方法として、「凍結抑制舗装」に着目した。除雪作業の補足対策として凍結抑制舗装の試行を、過去に登坂不能車に起因して通行止めを余儀なくされた北陸自動車道敦賀地区と石川・富山県境地区の登り勾配4%以上の急勾配区間において、平成12

年度より実施した。

(2) 凍結抑制舗装のタイプの検討

凍結抑制舗装には、舗装体内に塩分等を混入させる「化学系」と、舗装体内にゴム粒子を混入させる等「物理系」があり、民間各社において研究・開発が行われている。

JHとして凍結抑制舗装を新たに研究・開発することは、時間やコストを多く費やし非効率的となることから、既存の技術を利用し、現地条件に適合するようチェーンによる摩耗の影響度に応じて、ゴム粒子の配合及び添加方法を改良することとした。

これまでのJH内外での試験施工結果や文献調査より、施工の容易さ、凍結抑制効果の持続性、周辺環境への影響を考慮し、舗装体にゴム粒子（直径5mm程度）を混入させるタイプを採用した。また、JHでは雨天時の交通安全対策、走行快適性の確保などを目的として高機能舗装（排水性舗装）を表層の標準的な工法としていることから、凍結抑制機能と排水機能を併せ持つ高機能舗装（以下、高機能舗装（凍結抑制型）という）について試行した。凍結抑制機能のメカニズムを図-1に示す。

(3) ゴム粒子の添加方法の検討

敦賀地区は、雪道の運転に不慣れなドライバーが多い少雪地域（関西・中京圏）から北陸地方への出入口にあたり、降雪の際には普通タイヤ車にチェーンを必ず装着しなければならない区間である。このため、チェーン装着率が北陸道の他区間より高く、チェーン等による摩耗わだちが現在でも大きい区間である。

これに対し、石川・富山県境地区の通行車はスタッドレスタイヤの装着率がほぼ100%であり、チェーン等による摩耗わだちはほとんど発生していない区間である。

両地区では損傷形態が大きく異なることから、凍結

抑制機能と耐久性（耐摩耗性・耐流動性等）のバランスを検討し、凍結抑制機能の効果を左右するゴム粒子の添加方法を以下のとおり変えている。

(a) チェーンによる摩耗の影響が少ない区間（石川・富山県境地区：高窪トンネル付近の1箇所）で試行）

アスファルトコンクリート混合物中にゴム粒子を重量比で1.0%、舗装表面に0.3 kg/m² 圧入する。

(b) チェーンによる摩耗の影響が大きい区間（敦賀地区：葉原トンネル付近、敦賀トンネル付近の2箇所）で試行）

アスファルトコンクリート混合物中にゴム粒子を重量比で1.5%、舗装表面への圧入は無し（一冬で3~4mmの摩耗わだちがあり、表面に圧入したゴム粒子はすぐに飛散してしまう）。

3. 効果検証

試行初年度の平成12年度から、耐久性や凍結抑制機能に関する追跡調査を両地区で実施している。本報文中では、降雪量や交通条件および耐久性の面で厳しい条件下となる敦賀地区の結果について述べる。

(1) 耐久性

高機能舗装（凍結抑制型）と通常の高機能舗装のわだち掘れ量を図-2に示す。

高機能舗装（凍結抑制型）のわだち掘れ量は、隣接する高機能舗装と同程度である。また年間の進行量は約1mm/年と北陸支社管内の高機能舗装の平均値とほぼ同程度ある。また、路面のクラックも発生していない。

以上より、ゴム粒子が介在することによる悪影響は認められず、2.5年が経過した三冬前の時点では耐久性には問題はない。なお、チェーンによる摩耗の影響が大きい区間においては通常の高機能舗装と同様に、

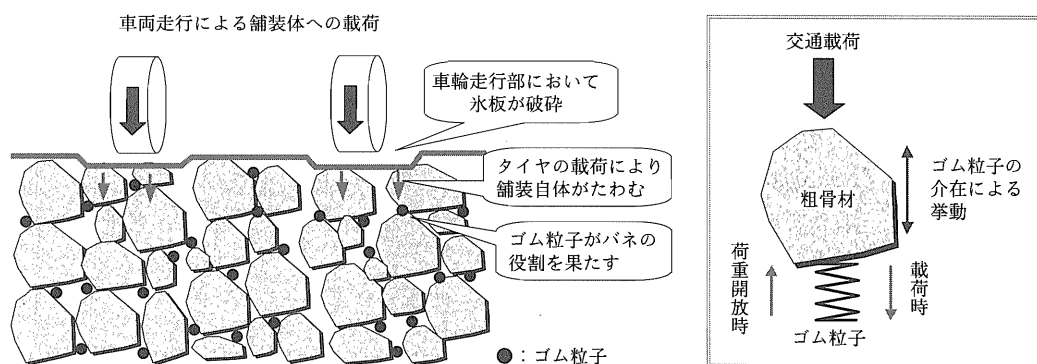


図-1 凍結抑制機能のメカニズム

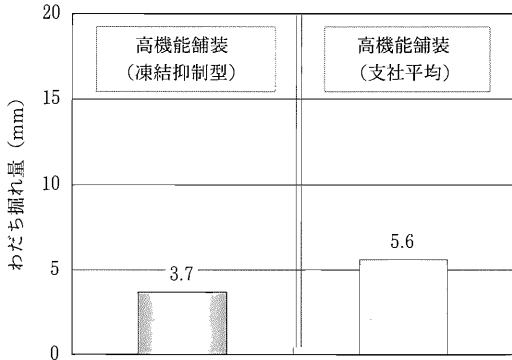


図-2 わだち掘れ量の比較 (2.5年経過時点)

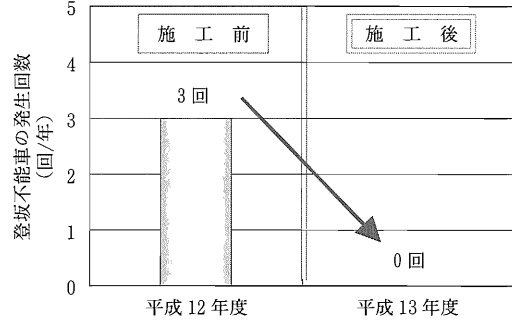


図-3 通行止めの原因となった登坂不能車の発生件数

摩耗によるわだち掘れ量が大きくポットホールの発生が見受けられ、耐摩耗性について大きな期待はできない。

(2) 滑りやすい路面の発生抑制の効果

高機能舗装 (凍結抑制型) と通常の高機能舗装において、圧雪路面に対して除雪作業を行った後の路面状態をグラビアに示す。

高機能舗装においては、滑りやすい路面である「圧雪路面」が残っているが、高機能舗装 (凍結抑制型) では圧雪路面が除去され「黒シャーベット路面」に改善されている。これは、凍結抑制舗装の機能として試行当初より着目していた「舗装表面と圧雪等の固結状態を緩めて層間剥離を起こさせる」効果により、通常の除雪作業でも容易に圧雪が除去できたと推察される。

また、降雪初期においては、路面の露出率 (湿潤・黒シャーベット路面の面積/調査対象全面積 (%)) が高機能舗装より約 15% 程度高いことが確認されていた。当初より期待していた凍結抑制機能を発揮していると判断される。ただし、滑りやすい路面の発生を抑制するために除雪作業を補足する対策であり、舗装単体での効果は期待できない。

(3) 登坂不能車の削減効果

登り急勾配区間 (葉原トンネル付近, 勾配 4.3%) において、高機能舗装 (凍結抑制型) を施工した前後の登坂不能車の発生件数を図-3 に示す。

平成 12 年度 (施工前), 平成 13 年度 (施工後) とともに、1 月中に 1 週間に及ぶ大雪があり、年間の冬日日数、降雪量ともほぼ同じ気象条件の年であったが、高機能舗装 (凍結抑制型) を施工した平成 13 年度には登坂不能車は発生していない。これは、2 節で述べたとおり、高機能舗装 (凍結抑制型) が補足対策として機能し除雪作業により滑りやすい路面の発生が抑制

されたためと推察される。また平成 13 年度, 平成 14 年度と二冬を経過した結果からも、高機能舗装 (凍結抑制型) が除雪作業の補足対策として機能していることが確認されている。

4. ま と め

これまでの追跡調査より、高機能舗装 (凍結抑制型) は、降雪中においては除雪作業により「滑りやすい路面 (圧雪路面及び凍結路面)」の除去が容易となることがわかってきた。なお、凍結抑制機能はゴム粒子の寄与によるもので、長期的な観点からは、ゴムの劣化に伴う機能や耐久性の低下が懸念される。また、通常の高機能舗装に比べ 2~3 割高価になるため、今後は長期的な耐久性と凍結抑制機能を評価したうえで、除雪作業の補足対策として導入を検討していく。

JCM A

【筆者紹介】

新堀 朋広 (しんぼり ともひろ)
 日本道路公団
 北陸支社
 保全部
 保全第二課
 課長代理



西谷 直人 (にしたに なおと)
 日本道路公団
 金沢技術事務所
 技術調査課長



大脳 真也 (おおわき しんや)
 日本道路公団
 敦賀管理事務所

