

物理系凍結抑制舗装における氷板破碎機能の検証

交通工学研究室 小泉綾香
指導教員 中村 健
丸山暉彦

1. 概要

1990年に『スパイクタイヤ粉塵の防止に関する法律』が發布され、スタッドレスタイヤが普及した。それ以来、滑りやすい路面が増えて、積雪寒冷地における冬期路面管理が重要な課題となっている。

このような状況下、冬期路面を改善する方策の一つとして、凍結抑制舗装の開発が進められてきた。凍結抑制舗装は、路面を暖めて融雪を行うロードヒーティングと比べると、建設コストが安価で、路面の維持管理も簡易である。このため、建設コストの縮減が求められる近年においては、凍結抑制舗装の需要は年々増加傾向にあり、冬期路面対策の中でも最も有望な方策と位置づけられている。¹⁾

凍結抑制舗装は、凍結抑制効果の発現原理の違いにより、化学系凍結抑制舗装、物理系凍結抑制舗装および物理・化学系凍結抑制舗装に分類される。本研究で扱う物理系凍結抑制舗装は、舗装体内の弾性材料が車両荷重によって変形することで舗装表面の氷板が破壊されると見込まれている。しかしながら、詳しいメカニズムは未だ解明されておらず、凍結抑制効果の評価方法も確立されていないのが現状である。²⁾

本研究では、物理的凍結抑制舗装（以下凍結抑制舗装と記す）について氷膜破碎試験を行い、凍結路面のすべり抵抗値を評価指標として用いて、その凍結抑制効果を検証した。

以下、物理的凍結抑制舗装を凍結抑制舗装と記す。

2. すべり抵抗値

すべり抵抗値とは、舗装表面と車両タイヤとの間に生じる摩擦抵抗値のことで、測定にはす

べり抵抗測定車、振子式スキッドレジスタンステスト、DF (Dynamic Friction) テスタ等が用いられる。本研究では、試験室において供試体のすべり抵抗値を簡便に測定することができる、振子式スキッドレジスタンステストを用いた。

振子式スキッドレジスタンステストはイギリスで開発された試験装置で、振子形の重錘の先に付いたゴム製スライダの縁が供試体表面を滑動するときの抵抗値を測定するものである。このときの評価値をBPN (British Portable Number) と称し、動摩擦係数の約100倍の値に相当する。³⁾ 図-1に本試験で用いた振子式スキッドレジスタンステストを示す。

3. 氷膜破碎試験

本研究では、供試体表面に水分を定期的に散布しながら、ホイールトラッキング試験機により荷重を加えることで、荷重によって氷板が破碎され、凍結が抑制されるのか検証を行った。以下に、氷膜破碎試験の実施要領について述べる。

3-1 供試体

本試験では、凍結抑制舗装の供試体として、ポーラスアスファルト混合物(最大粒径 20mm)の表面空隙にゴムチップ入りレジンモルタル



図-1 振子式スキッドレジスタンステスト

をすり込んだもの、およびその比較対象として密粒度アスファルト混合物(最大粒径13 mm)の供試体を使用した。供試体の作製は、舗装調査・試験法便覧;B003 ホイールトラッキング試験方法⁴⁾に準拠し、供試体寸法は300mm×300mm×50mmとした。

3-2 試験条件

氷膜破碎試験の試験条件を表-1に示す。ホイールトラッキング試験は通常ソリッドタイヤを用いるが、本試験では冬期路面における舗装表面の凍結抑制効果の評価を行うため、スタッドレスタイヤに似せたブロックタイヤを使用した。タイヤのトラバース走行速度と荷重は標準のものであった。

供試体表面への散布水量は、長岡市の12月における月別平均降水量300mmを参考に、表面(300mm×300mm)に対して、1時間あたり最大36 cm³とした。また、散布水量の違いによる氷板破碎効果の影響を比較するため、20 cm³/hr、10 cm³/hrの条件でも試験を行った。

3-3 試験方法

本試験では、-10℃で養生した後、供試体表面に水分を散布し、ホイールトラッキング試験機により繰り返しトラバース走行を行った。10分間の走行後、振子式スキッドレジスタンステストを用いてBPNを測定した。そして、トラバース走行とBPNの測定を繰り返した。本試験のフローを図-2に示す。図中の数字は、以下の手順と対応する。

- 本試験の実施手順について以下に記述する。
- ① 供試体を-10℃で12時間以上養生する。
 - ② 霧吹きを使用して供試体表面に水を均一に散布する。散布する水は、凍り易くするため、氷で0℃近くまで冷やしたものを使用する。
 - ③ 試験温度を-10℃とし、ホイールトラッキング試験機によって繰り返し走行を行う。

- ④ 10分経過後、供試体を試験機から取り出し、振子式スキッドレジスタンステストのスライダの接地長が124~127mmとなるように器械を供試体にセットする。このとき、割れた氷が供試体表面に残っている場合は、刷毛で取り除いておく。
- ⑤ 振子を振らせ、そのときのBPNの値を読み取る。BPNの測定は、ホイールトラッキング試験機の載荷輪が作用した箇所、作用していない箇所について行った。
- ⑥ 以上の②~⑤をBPNが30程度に低下するまで繰り返す。なお、密粒度混合物の供試体において、完全に氷が張った状態でのBPN値が30程度であったことから、この値を用いた。

表-1 氷膜破碎試験の試験条件

項目	条件
養生時間	12hr
養生温度	-10℃
試験温度	-10℃
試験時間	10分
走行速度	21往復/分
使用タイヤ	ブロックタイヤ
載荷荷重	686N
散布水量	36,20,10 cc/30×30cm ² /hr

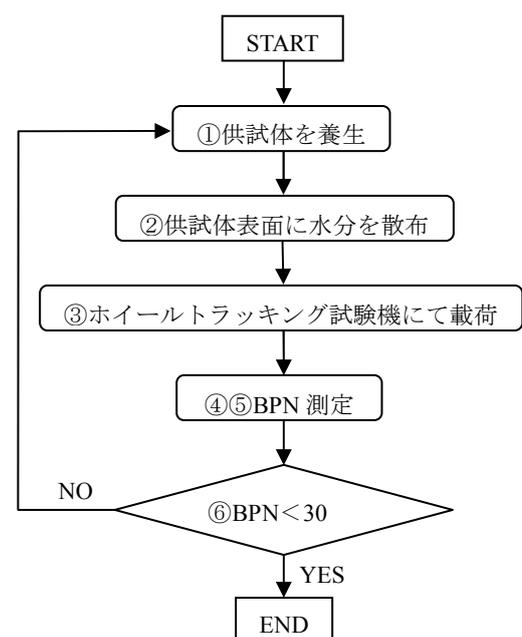


図-2 試験フロー

4. 試験結果および考察

各散布水量に対する氷膜破碎試験の結果を図-3～図-5に示す。横軸に経過時間、縦軸に測定したBPNをとり、凍結抑制舗装と密粒度混合物についての試験結果、および比較対象として散水前に測定した各供試体の氷膜が全く生成されていない状態でのBPNを示す。

BPNはすべり抵抗値であり、BPNが大きいほど滑りにくく、小さいほど滑りやすい路面であるといえる。凍結抑制舗装については、10分おきにBPNの測定を行い、実質走行時間は60分とした。密粒度混合物については、試験開始から10分の時点で供試体表面に氷板が完全に生成されていたため、BPNは30程度と低い値をとっている。これ以上に、BPNが低下することは考えにくいため、試験開始から30分の時点で試験を終了した。

図-3より、凍結抑制舗装のBPNは、時間の経過、すなわち供試体表面の散布水量の増加に伴い低下する傾向を示している。また、凍結抑制舗装の結果は、50分経過時までは荷重および非荷重に関係なく、密粒度混合物のBPNより大きい値となった。以上より、凍結抑制舗装は密粒度混合物よりも、凍結抑制に効果があると考えられる。

さらに、凍結抑制舗装において、時間の経過とともに、荷重箇所と非荷重箇所のBPNの差が大きくなっている。これは、荷重荷重によって氷膜が破碎され、凍結が抑制されたためと考えられる。

図-4より、1時間当たりの散布水量を20cc/hrとすると、図-3と同様に凍結抑制舗装のBPNは、時間経過とともに低下しているが、密粒度混合物のBPNより高い値をとっている。しかし、凍結抑制舗装の結果において、非荷重箇所のBPNが荷重箇所のBPNより高い値をとっており、荷重荷重によって氷膜が破碎されたことによる凍結の抑制は確認できない。

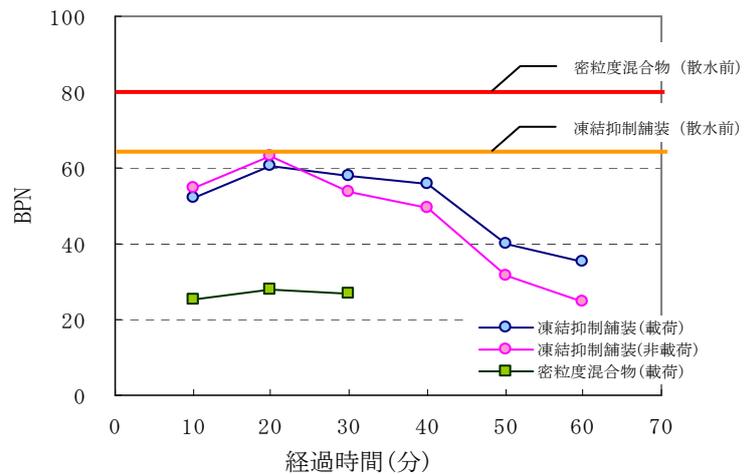


図-3 試験時間とBPNの関係 (散布水量 36 cc/hr)

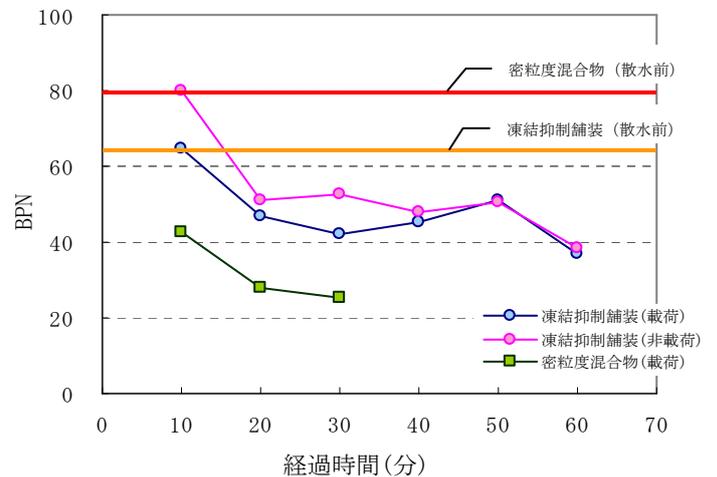


図-4 試験時間とBPNの関係 (散布水量 20cc/hr)

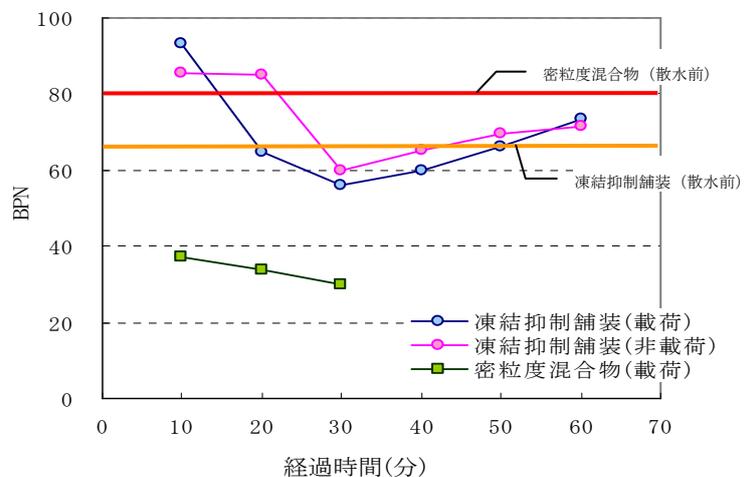


図-5 試験時間とBPNの関係 (散布水量 10cc/hr)

図-5より、1時間当たりの散布水量を10 cc/hrとすると、凍結抑制舗装の結果において、経過時間30分より後はBPNの低下は見られなかった。また、20cc/hrの結果と同様に、非載荷箇所のBPNが載荷箇所のBPNより高い値をとっており、荷重載荷によって氷膜が破碎されたことによる凍結の抑制は確認できない。これは、散布水量が少ない場合、水分が粒状の氷となり表面に点在するのみで、氷膜が生成されず、結果、破碎が起こらなかったものと考えられる。

5. 結論

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- ① 凍結抑制舗装は、供試体表面の水分量の増加に伴い、BPNは低下するが、密粒度混合物と比較し、高い値であることから、凍結の抑制に効果があることが確認された。
- ② 散布水量が36 cc/hrの条件において、凍結抑制舗装の載荷箇所のBPNと非載荷箇所のBPNに有意な差が見られた。BPNの違いは、荷重載荷によって氷膜が破碎されたことにより、すべり抵抗値が変化していることを意味している。このことから、凍結抑制舗装における氷板破碎機能を検証することができた。
- ③ 1時間当たりの散布水量が少ない20 cc/hrや10 cc/hrの条件では、供試体表面に氷膜が生成されず、的確な評価ができなかった。このことより、凍結抑制舗装の氷板破碎機能を検証するためには、ある水量以上の表面水の存在が必要であることが確認された。
- ④ 実道においては、破碎された氷がタイヤにより巻き上げられ飛散することによって、走行面の氷が取り除かれると考えられるが、本試験では再現することは困難であった。さらに、本研究で用いたホイールトラッキング試験機では、同じタイ

ヤが同じ走行面を通過する試験条件で行ったため、実道と異なった条件であるといえる。よって、これらの条件を満たすことが可能となれば、走行面と非走行面のBPNの差がより顕著になると予想される。

6. 今後の課題

以上の結論を踏まえ、本研究で行った物理系凍結抑制舗装の氷板破碎機能の評価について、今後の課題を以下に示す。

- ① 1時間当たりの散布水量を36cc/hrよりも多い場合の試験を行い、氷板破碎機能を検証する必要がある。
- ② 本研究では、凍結抑制舗装に用いたゴムチップ入りレジンモルタルの配合や材料に、現時点で一般的に使用されているものを用いた。氷板破碎のメカニズムの解明および、更なる凍結抑制効果の向上のため、ゴムチップ入りレジンモルタルの配合や材料についても検証を行う必要がある。
- ③ 除雪のし易さの観点から、圧雪の剥がれ易さに関する検証を行う必要がある。
- ④ 今回は評価値としてBPNのみを用いたが、他の評価方法を考慮して、相対的に検証を行う必要がある。
- ⑤ 本研究では、供試体を用いた実験室内のみでの試験により検証を行ったが、より実路の現象を再現するためには、実舗装レベルでの検証を行う必要がある。

参考文献

- 1) 凍結抑制舗装技術研究会：凍結抑制舗装ポケットブック，2003
- 2) 西川寛朗：パームス多機能工法を用いた凍結抑制効果の評価に関する研究，長岡技術科学大学大学院修士論文，2009
- 3) 社団法人日本道路協会：舗装試験法便覧，pp960-970，1988
- 4) 社団法人日本道路協会：舗装調査・試験法便覧，pp39-56