

凍結防止剤散布後のアスファルト混合物の内部温度について

Distribution of internal temperature of asphalt mixture after sprinkling NaCl solution

苫小牧工業高等専門学校環境都市工学科 ○学生員 藤本 凌太 (Ryouta FuJimoto)
苫小牧工業高等専門学校環境都市工学科 近藤 崇 (Takashi Kondou)
苫小牧工業高等専門学校環境都市工学科 高橋 正一 (Shouichi Takahashi)

1. はじめに

北海道のような積雪寒冷地では、冬期間に発生する凍結路面への対策が重要である。平成3年度にスパイクタイヤの製造販売が中止されたため、凍結路面対策である凍結防止剤の散布量は年々増加傾向¹⁾にある。

現在使用されている凍結防止剤は塩化ナトリウム¹⁾が主流であり、塩化物系の凍結防止剤の散布に伴いコンクリート構造物への塩害の発生防止対策²⁾がより重要となるため多くの研究が行われている。

凍結防止剤散布後は、凍結した雪氷が融解するため、舗装表面の温度は短時間のうちに急激に低下する。これにより、アスファルト舗装内部には温度分布が生じることになる。しかし、この温度分布により生じる内部応力などがアスファルト混合物の力学的性質与える影響などに関しての研究は行われていない。

そこで、本研究は、凍結防止剤散布がアスファルト混合物に与える影響を検討するため、密粒度アスファルト混合物 13F (以下、供試体) を用い、凍結防止剤散布時の外気温を考慮し、冷凍庫内で実験を行い、供試体内部にどのような温度分布が生じるかを調査したものである。

2. 実験方法

今回の実験では、冷凍庫内の温度を①苫小牧市の冬期間の平均気温を想定した -5°C 、②使用したアスファルトバインダの脆化点温度である -13°C を挟む分布を生じさせるために -12°C の計2種類の温度で実験を行った。

供試体の寸法は $12.5\text{cm}\times 30\text{cm}\times 6\text{cm}$ として、温度の計測箇所は、上面部(0.0cm)、上面部から 1.5cm, 3.0cm, 4.5cm, 底面部(6.0cm)の計5箇所とした。供試体内の温度計測は、上面部と底面部は各面の中心に熱電対を接着剤により貼付け、内部は供試体側面から供試体中央までドリルで穴をあけ、熱電対を挿入し、コーキング材で隙間を埋めて計測器と接続して実施することとした。

実験時の供試体の温度変化を上面からのみに限定するため、発泡スチロール製の箱 ($31.5\text{cm}\times 40.5\text{cm}\times 21\text{cm}$) の中に供試体を設置し、周囲を発泡ウレタンで断熱をすることとした。また、供試体底面の断熱の厚さを確保するため、厚さ 5cm のスタイロフォームを敷き底面の距離を確保した(図-1、写真-1 参照)。

今回の実験では、供試体の温度変化の要因を凍結防止剤散布による氷の融解作用で生じる温度変化のみにするため、供試体上に水を張り凍結させる際、上面にラップを張り、供試体と水や凍結防止剤が接しないようにして実験を行った。

散布する水には蒸留水を用い、凍結防止剤には蒸留水に市販の食塩を混ぜ、食塩水(塩分濃度 20%)を凍結防止剤(以下、食塩水)として使用した。

以下に、実験の流れを記す。冷凍庫内に断熱した供試体を静置し、供試体の底面まで実験温度になったら、供試体上面に水を張り凍結させる。その後、氷の上に食塩水を散布し、供試体内の温度分布が無くなり実験温度に戻ったら実験を終了とする。その時のアスファルト混合物内部の温度分布がどのように変化しているかを確認する。

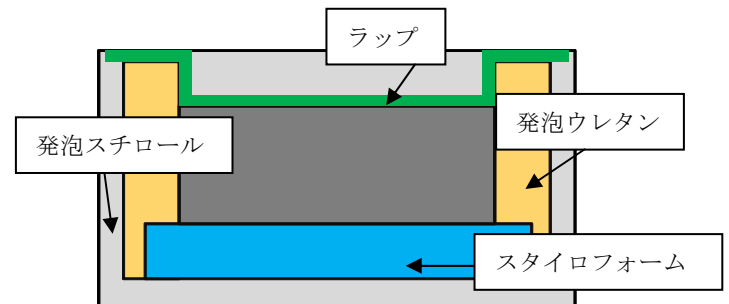


図-1 断熱した供試体の断面図

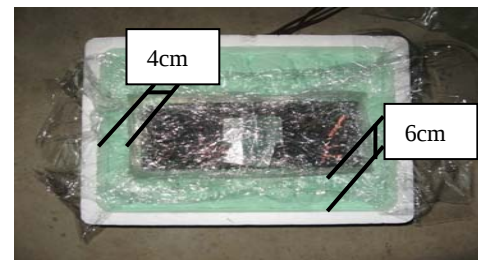


写真-1 断熱した供試体

3. 実験結果と考察

3.1 食塩水散布後の温度変化の時間経過について

図-2、図-3 に食塩水散布後から、供試体内部に温度分布が生じて、上面部と底面部の温度がほぼ同じ温度になるまでの供試体温度の変化を示す。この図では、横軸に経過時間(時間)、縦軸に温度($^{\circ}\text{C}$)を示し、凡例には冷凍庫温度と供試体の温度計測箇所を示している。

また、表-1 に食塩水散布後から、供試体の上面部と底面部がほぼ同じ温度になった時の最低温度とその温度になるまでに要した時間についてまとめたものを示す。

図-2、3 より、食塩水散布後に生じる供試体の温度低下は、上面部とそれ以外の箇所では大きな差が生じている。これは、食塩水は凝固点効果により 0°C では凍ら

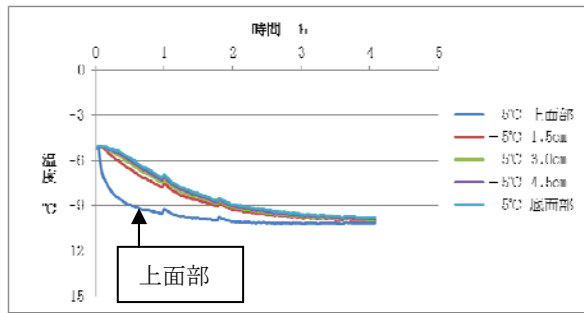


図-2 冷凍庫内温度 -5°C における実験結果
(食塩水散布後から供試体の上面部と底面部がほぼ同じ温度になるまで)

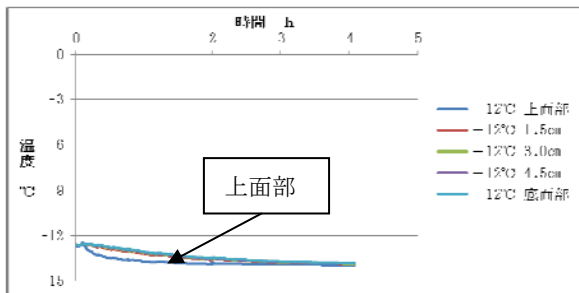


図-3 冷凍庫内温度 -12°C における実験結果
(食塩水散布後から供試体の上面部と底面部がほぼ同じ温度になるまで)

表-1 供試体上面部、底面部の最低温度と要した経過時間

冷凍庫内温度	温度測定位置	最低温度	最低温度までの経過時間
-5°C	上面部	-10.2°C	132 分
"	底面部	-9.8°C	285 分
-12°C	上面部	-13.95°C	264 分
"	底面部	-13.9°C	329 分

表-2 供試体内部の最大温度差と要した経過時間

温度測定位置	冷凍庫内温度	最大温度差時の温度	温度差	経過時間
上面部	-5°C	-8.65°C	3.15 $^{\circ}\text{C}$	21 分
底面部	"	-5.5°C		
上面部	-12°C	-13.45°C	0.75 $^{\circ}\text{C}$	34.2 分
底面部	"	-12.7°C		

ないため、氷の上に散布すると食塩水と氷の境目に存在する氷は融解が生じる。そして、境目の氷は水になるために周囲から熱を奪うことにより融解し水になる。このように、氷が周囲から熱を奪う過程で供試体は上面部から温度が急激に低下する。つまり、上面部は氷と接しているため、食塩水散布後すぐに、温度変化の影響を受け、るが上面部以下は上面部の影響が徐々に伝わるため実験結果のような温度分布がみられたと考えられる。

表-1 より供試体温度が最低温度に達するまでに要した時間は実験温度が高いほど早い結果となっている。この理由を食塩水の塩分濃度と凝固点温度の関係から考察を行う。まず、散布された食塩水が氷を融解していく過程で溶解した氷は水となり食塩水の塩分濃度を低下させる。そして、食塩水の塩分濃度の低下に伴い食塩水の凝固点温度が上昇する。冷凍庫内の温度が低くなると少量の氷が融解した時点で、食塩水の凝固点に達するため融解作用は停止し、食塩水は凝結を開始する。つまり、冷凍庫内の温度が高い場合には、ある程度の短時間で食塩水が供試体上の氷を溶かすため、供試体の温度低下は短時間で生じる。しかし、冷凍庫内の温度が低い場合には、食塩水の塩分濃度低下による凝固点上昇により、冷凍庫内の空気に触れている表面近くの氷を少量融解することとどまる。この温度低下が、徐々に供試体正面から内部へと伝わるため最低温度まで低下するのに時間を要したと考えられる。

3.2 食塩水散布後の供試体内部の温度差について

図-2, 3, より、食塩水散布後の供試体上面部とそれ以外の箇所では、温度低下の速度の差によって温度差が生じている。冷凍庫内温度が -5°C の場合は、上面部が最低温度の時の上面部と底面部の温度差は0.65 $^{\circ}\text{C}$ であり、冷凍庫内温度が -12°C の場合は、上面部が最低温度の時の上面部と底面部の温度差は0.1 $^{\circ}\text{C}$ であり、各温度ともそれほど温度差は生じていない。

しかし、上面部と底面部での最大温度差は、表-2 より上面部に最低温度が発生している時ではなく、食塩水を散布しから数十分後に発生していることがわかる。

その理由は、食塩水散布により温度が低下した氷からの温度の移動と供試体上面部から底面部への熱の移動が徐々に進行するためであると考えられる。

また、冷蔵庫内の温度が高い方が、供試体内部の温度分布が広く、上面部との温度差も大きくなっている。

4. まとめ

- (1) アスファルト混合物の温度低下が完了するまでの時間は、実験温度に影響を受ける。
- (2) 食塩水散布後の温度低下は、供試体上面部は食塩水剤散布直後に急激に温度が低下し、上面部以下の箇所は緩やかに温度が低下していく。
- (3) 供試体上面部と底面部とで生じる温度差は、散布後数十分経過時に発生する温度差が最大のものであり、これにより温度応力が発生していると考えられる。

参考文献

- 1) 木村 恵子ら：凍結防止剤散布と沿道環境，道路環境研究室 No.412 2007年7月 pp.10
- 2) 小尾 稔，田口 史雄，嶋田 久俊：路面凍結防止剤がコンクリート橋の塩害，凍害に及ぼす影響，寒地土木研究所月報 No.635 2006年4月 pp.1~17