

路面凍結防止剤の効果的な利用方法

金沢大学工学部 関平和 ○内山孟 小畑淳宏
クレストエンジニア(株) 鈴木俊一 竹内道雄

1. 背景と目的

スリップ事故等の原因となる道路上の圧雪を効率よく除雪するための方法として凍結防止剤(湿塩)を散布する方法がある。凍結防止剤として広く用いられているのは塩化物であり、主に塩化ナトリウム(NaCl)が用いられることが多い。湿塩散布は、圧雪の早期除去や作業性向上等の理由から事前散布や事後散布として雪氷対策作業に利用されている。しかし、圧雪除去作業に利用する湿塩散布効果の評価は、経験の域を出ていない。また、湿塩を過剰に散布すると、道路やその周辺地域に塩害を引き起こす可能性がある。よって、本研究では湿塩散布が圧雪路面に及ぼす影響と効果について伝熱工学的観点から明らかにし、湿塩散布を効果的に除雪作業に反映させることを目的とした。

2. 実験概要

湿塩を圧雪に散布すると、圧雪層の温度が下がると同時に雪の凝固点が下がる(凝固点降下)。すると圧雪と舗装体の間に温度差が生じ、圧雪に舗装体内からの熱が伝わることで圧雪層の温度が湿塩によって下げられた凝固点に到達し、融解が促進されると考えられる。湿塩散布の効果をより詳細に調べるため、次のような実験を行った。

(実験1)湿塩散布実験

湿塩散布による温度変化を調べるために、Fig.1のような実験装置を用いて実験を行う。容器内に雪を詰め、圧雪を形成しながら熱電対を圧雪内に挟み、人工的に6cmの圧雪を作る。その後、湿塩散布を行い(下面散布の場合は圧雪形成前に容器の底に散布する)、圧雪内温度の時間変化を2時間測定する。

(実験2)融雪量測定実験

湿塩散布による融雪量を調べるために、Fig.2のような実験装置を用いた。デュワー瓶内に所定の量のお湯を入れておき、その中に(実験1)後の圧雪を投入して攪拌する。そして、実験前と実験後の温度を計測する。圧雪が得た熱量とお湯が失った熱量が等しい(熱容量法)ことを利用して圧雪中の水分割合を計算する。また、事前に実験1を行う前の状態の雪と同じ雪を用いて同様にこの実験を行っておく。最終的に実験前と実験後の水分割合の差を計算することで湿塩散布による圧雪内の水分割合の変化量を算出する。

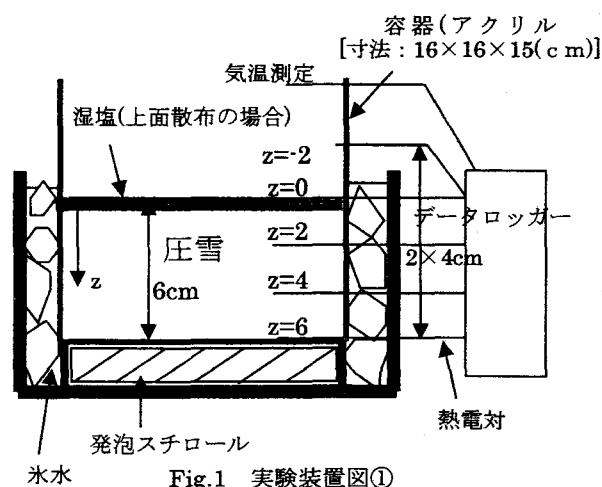


Fig.1 実験装置図①

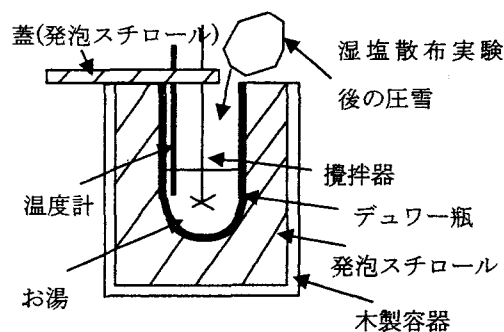


Fig.2 実験装置図②

3. 結果と考察

・圧雪内温度分布

今回の実験では、湿塩散布量が 10g/m^2 、 30g/m^2 、 50g/m^2 の場合と、圧雪内の温度変化や状態変化を分かりやすくするためにそれぞれ値を10倍した 100g/m^2 、 300g/m^2 、 500g/m^2 の場合について上面散布と下面散布を行った。また、人為的に圧雪密度の範囲内である $0.5\sim 0.7(\text{g/cm}^3)$ 程度の圧雪を作成した。

実験結果の一部を Fig.3、Fig.4 に示す。グラフより、上面散布は散布後に圧雪表面($z=0$)の温度が急激に低下するが、その後すぐに温度上昇が起こり、それに伴って 2cm 下の点($z=2$)での温度低下が見られるようになる。これは、急激な温度低下により周囲からの熱移動が急速に進行し、さらに湿塩散布による融雪水が下方に拡散したことが原因として考えられる。下面散布については、散布後に圧雪底面($z=6$)の温度が低下するが、その後は上面ほどの急激な温度上昇は見られず、温度低下がある程度持続する。これは、今回は舗装体内からの熱移動がないこと、融雪水があまり上に浸透せず、その場にとどまっていることが考えられる。また、同じ湿塩散布量でも上面散布のほうが下面散布よりも温度低下の最大値が大きい。これは、上面散布の場合、圧雪の上から散布したため重力などによって速やかに圧雪に浸透したが、下面散布は前もって容器の下面に散布してから圧雪を形成したためになかなか圧雪内に効果がいきわたらなかったことが考えられる。しかし、その分下面散布はゆっくり圧雪に浸透するために効果が長続きし、底面付近ではシャーベット状の圧雪が確認できた。

・融雪量推定

次に、実験 2 の結果の一部を表 1 に示す。表より、おおむね上面散布よりも下面散布のほうが水分割合の変化量(ΔW)が大きくなるという結果が得られた。上面散布のいくつかの場合において圧雪内の水分割合が減少しているが、2 時間の計測時間が経過するうちに圧雪内に浸透した融雪水が再凍結し、さらに最初からあった水分も凍結したことが考えられる。上面散布のみだと濃度拡散により再凍結の可能性が高いが、 10g/m^2 程度でも温度低下が即時に進行するという意味では優れている。よって、下面散布のみでは不十分な場合、補助的に上面散布を行うことになるが、 10g/m^2 程度散布するだけでも湿塩が効率よく拡散し、下面散布の領域に上面散布の塩分が到達することで再凍結も防止できるのではないだろうか。

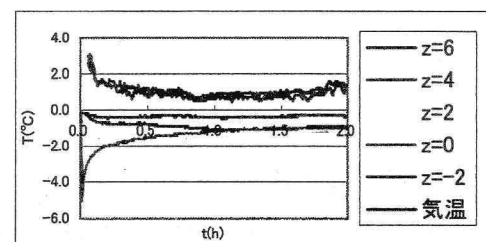


Fig.3 上面散布(湿塩 50g/m^2)

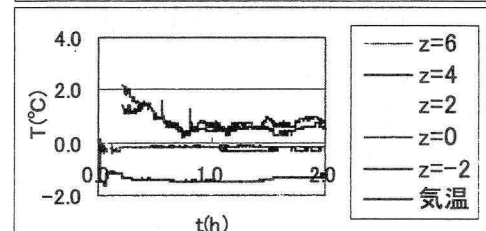


Fig.4 下面散布(湿塩 50g/m^2)

表 1. 実験 2 の結果

散布量 (g/m^2)	散布 形式	圧雪密度 (g/cm^3)	ΔW	融雪量 (g)
散布なし		0.7	0.003	3.3
30	上面	0.55	-0.028	-24.08
	下面	0.625	0.038	36.48
50	上面	0.7	-0.021	-21.84
	下面	0.65	0.065	55.9
100	上面	0.6	-0.023	-20.7
	下面	0.7	0.062	68.2

4. 課題と今後の展望

今回の実験では湿塩散布の効果のみに着目した。しかし、実際は湿塩散布に伴って舗装体内からの熱移動が生じるため、温度変化・水分変化共に違う結果となるはずである。これを考慮し、より実際の状況に近い新しい実験装置を現在製作している(Photo1)。この実験装置は、圧雪下面に実際の舗装体と同様のアスファルトを取り付け、その下面から実際と同じ熱移動が生じるように熱源を設置してある。また、圧雪の容易な除雪のためには圧雪内に融雪水が浸透し、圧雪内の結合を破壊する必要がある。よって、水分が圧雪内にどのように浸透していくかを予測するプログラムの作成を行っている。これにより、湿塩散布による圧雪内の挙動をさらに詳しく把握していく予定である。

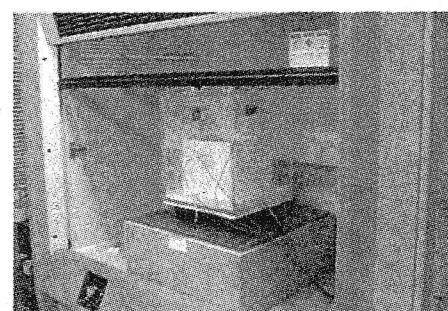


Photo1. 実験装置 (改良版)