

通電発熱塗料を用いた発熱シートによる融雪試験 -降雪時の運転状況-

佐藤工業 正会員 ○前田 幸男 正会員 伴 享
浜 利男 小花 隆太郎

1. はじめに

建設工事の作業所では、特に山間部や降雪地域において雪や凍結に起因する交通災害や転倒災害の危険性がある。筆者らは転倒災害防止の安全対策として昇降階段に着目し、通電発熱塗料（以下、発熱塗料）を用いた発熱シートを製作し、階段踏板部の融雪試験を実施してきた¹⁾。ここでは、発熱シートの概要および2022年冬期に実施した足場ステップの融雪試験について報告する。

2. 発熱シートの概要

2.1 発熱塗料について

発熱塗料は導電体であるカーボンが水性樹脂ベースのバインダーに分散し、塗布乾燥後に通電するとヒーターとして機能する“塗料型の電熱材ヒーター材料”で、3~5Pa・s（マヨネーズよりも若干低い）の高粘度の塗料である。通常の熱線ヒーターと比べ低電圧で発熱し、温度上昇が早く、加熱が均一となる特徴がある²⁾。一方、水や鉄面への漏電に対する絶縁および塗膜の均一性が必須となる。このため、絶縁性のPETシートに、高粘度の発熱塗料を一様な塗膜厚となるようにスクリーン印刷技術を用いて塗布し発熱シートを形成している。なお、塗膜厚は50 μ m、塗布範囲の両端には銀ペーストの電極を設置している。

2.2 発熱シートの製作および足場ステップへの設置

発熱塗料は、上下面がPETシートで挟み込まれ、このシート下面に温度スイッチを配置した。温度スイッチはシートを被せて保護し、これらの上下面を遮水シートで覆い、外周4辺端部を熱溶着シールして、発熱シートを構成している。足場ステップへの取付けは、ステップ裏面の2ヶ所の凹部に発熱シートならびに断熱材（厚さ30mmアルミマット）をはめ込み、最下面に脱落防止のための鉄板カバーを取り付けた（写真-1、図-1、図-2）。

2.3 発熱シート運転条件の設定

発熱シートの運転条件を設定するため超低温恒温槽を用いて、各槽内設定温度に対するヒーターの電力密度（発熱シート1m²当たりの電力量(W)）と足場ステップ上面の発熱温度を調べた（図-3）。この結果、電力密度300W/m²程度の運転条件であれば、-20℃の槽内温度（外気温相当）においても、ステップ上面温度が1℃となり融雪可能と判断された。同条件で、足場ステップ5段分の発熱シートを運転する場合の電力は式(1)となる。

設定電力(W)=300W/m²×5段×発熱シート面積=212W（面積=0.142m²=0.12m×0.59m×2sets：図-1参照）式(1)

キーワード 安全対策, 融雪, 通電発熱塗料, 発熱シート

連絡先 〒300-2658 茨城県つくば市諏訪 C30 街区1 TEL. 029-817-5100



写真-1 発熱シートと足場ステップ

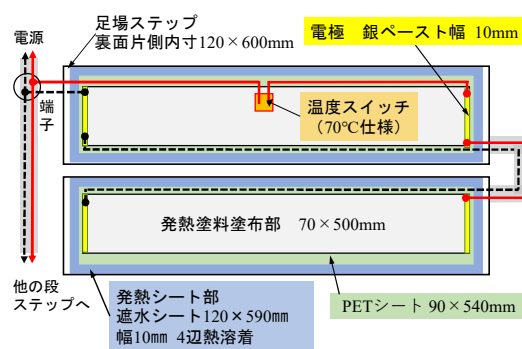


図-1 発熱シート概略図（平面）

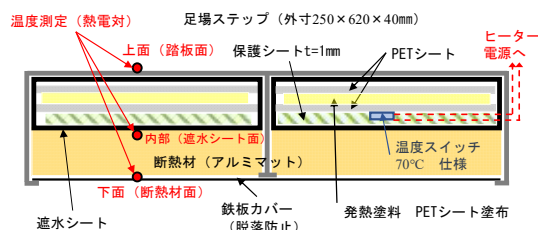


図-2 発熱シートの設置概略図
（足場ステップ短辺方向A-A断面）

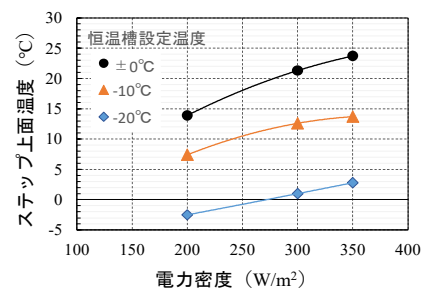


図-3 低温恒温槽の試験結果

なお、現地試験の際は、印加電圧を電圧調整器で調整し、電力計の指示値より作動電力を設定した。

3. 融雪試験

3.1 試験概要

足場ステップの融雪試験は、2022.1.21 から 2022.3.8 まで約 2.5 ヶ月間、秋田県仙北市内の工事事務所の敷地内で行った。試験は、写真-2 に示すように、約 1m 嵩上げた足場上に無対策および発熱シート対策を施した足場ステップを各 5 段設置した。

発熱シートの運転は、外気温サーモスタット（8℃設定：制御盤横に設置）、発熱シート内に取り付けた温度スイッチ（70℃設定）、電圧調整器（電力計指示値で調節）により制御を行った。

温度測定には、熱電対を使用した。測定は、対策ステップについては、2 段目、3 段目のステップ上面（踏板面）、内部（発熱シート下面）、下面（断熱材下面）で行った（図-1、図-2 参照）。さらに、外気温、無対策ステップ上面（1 段目）の温度および使用電力を測定した。なお、計測は、データロガーを用い 2 秒間隔で記録し、6 時間毎に整理した。



写真-2 融雪状況

3.2 融雪状況

融雪状況の確認として、積雪深が約 20cm 増加（角館気象観測所より）した 2022.1.24～2022.1.30 の 1 週間に着目すると、写真-2 の 2022.1.30 時の状況に示すように、対策側（写真右）のステップ上の積雪は見られず、常時運転時の降雪に対する融雪が確認された。

3.3 測定結果

前述の期間のうち、2022.1.28 の 0 時から 24 時の時刻歴変化を図-4 示す。当日の外気温（-12.6℃～+1.6℃）および無対策面温度に対し、ステップ上面温度は、2, 3 段目ともほぼ等しく 10℃～20℃を示し融雪可能な温度となっている。

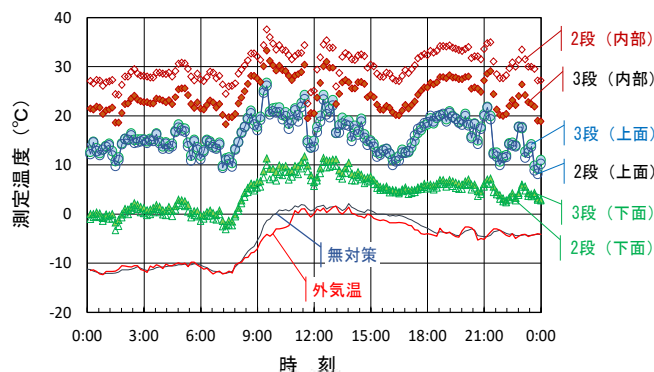


図-4 2022.1.28の時刻歴変化

図-5 に、融雪面のステップ上面が発熱シートにより上昇する温度を対策時と無対策時の差を、「加熱上昇温度」とし、外気温に対する変化を示す。併せて、低温恒温槽の結果（図-3 参照）を同様に整理し、室内結果として示す。また、図中の「融雪必要温度」は、融雪が始まる外気温を 2℃とし、発熱により融雪面と外気温との差分が 2℃以上となる時に融雪するとして定義した。加熱上昇温度は融雪必要温度より概ね 14℃程度高く、十分に融雪可能であることが確認された。なお、同図データの運転時の電力密度は平均

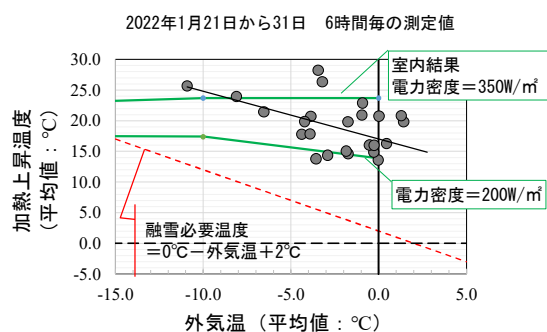


図-5 外気温に対する加熱上昇温度

337 W/m²（6 時間の平均電力 240W より算出）となり、外気温の変化、サーモセンサーの電源制御による変動があるものの、概ね定常条件の低温恒温槽の室内結果と同等の傾向となった。

4. おわりに

本報告では、常時運転時の降雪に対する融雪効果を確認した。この結果、室内試験で設定した運転条件の有効性を確認した。今後は、積雪状態からの融雪、省エネを目的とする運転制御や使用電力量の検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 伴享他, 冬期融雪対策への通電発熱塗料を用いた薄型シートヒーターの適用について, 佐藤工業技術研究所報, No.46, 2021
- 2) 有限会社コスモポリタン HP, http://cosmopoltn.co.jp/product/carbo_e-therm.html