

通電発熱塗料を用いた発熱シートによる融雪試験 ー積雪時の運転ー

佐藤工業 正会員 ○伴 享 正会員 前田 幸男
浜 利男 小花隆太郎 前塚 洋介

1. はじめに

筆者らは転倒災害防止の安全対策として昇降階段の融雪に着目し室内ならびに現地試験を実施してきた¹⁾。階段面の融雪を目的とした発熱シートの運転は、降雪に対し常時運転で融雪をする場合と積雪した状態から運転を開始して融雪する場合の二つの方法がある。ここでは、2022年冬期に実施した試験のうち、積雪した状態からの融雪能力を確認する目的で実施した結果を報告する。

2. 積雪状態からの運転による融雪能力の確認

2.1 試験概要

降雪時の試験²⁾に対して所定の積雪状態とするため、発熱シートの運転を停止し、約25cm積雪した状態の2022.2.16の9:00より開始した。雪は、前日の14:00から当日の6:00までの約18時間降り続いた。運転は、参考文献²⁾と同様に、各発熱シート内部に設置した温度スイッチおよび外気温サーモスタットで電源のON-OFFを行い制御した。なお、試験は秋田県仙北市で実施した。

2.2 温度計測結果

運転時の各測定箇所のうち、2段目と無対策面、外気温ならび消費電力の時刻歴を図-1に示す。発熱シートと温度測定位置は図-2に示すとおりである。運転開始時9:10から14:00の間、消費電力の凹凸（電源ON-OFF）に対応する内部温度の上下変動が認められる。これはステップ上面の積雪による断熱と保温効果により内部温度が上昇し、温度スイッチが動作したものである。ステップ面の積雪状態、外気温の影響も考えられるが、この時間帯の内部温度のピーク（20℃や30℃）は、発熱シート内部の温度スイッチ面での温度が70℃程度に達したため電源が切れたことによるものである。なお、温度スイッチと熱電対測定箇所のステップ内部は設置面が異なるため、保護シートと遮水シート分の断熱（図-2）による温度差が生じる。そのため、測定温度には差が生じている。

融雪し始めてステップ上の雪の変形が確認された14:30（図-1右写真）以後、ステップ上面の温度が上昇し始め、内部温度と同様な変化の傾向を示した。これは、融雪が始まりステップ上面からの放熱が増すと温度スイッチが70℃以上にならず、発熱シート内部の温度の上昇に伴い上面温度が継続的に上昇し融雪したと推定される。写真-1に翌日10:00（25時間経過後）融雪状態を示す。以上の結果から、積雪した状態からの融雪を効率的に行うためには、温度スイッチの動作設定温度をさらに高くするか、積雪が少ない状態から運転開始をすれば融雪時間は短縮できると考えられる。一方、作用電力を大きくしても融雪初期に設定温度での温度スイッチが作動するため、急速な融雪を行う場合には温度スイッチの設定温度を高くするなどの検討が必要である。

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 TEL029-817-5100

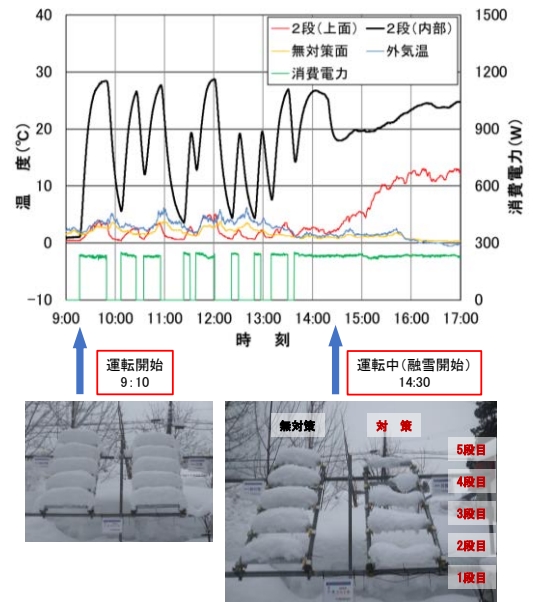


図-1 運転状況と各時刻歴
(2022.2.16 9:00~17:00)

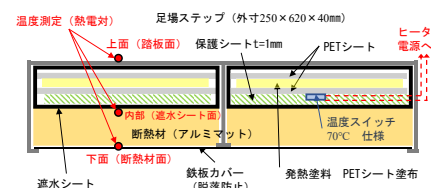


図-2 発熱シートと温度測定位置



写真-1 融雪(2022.2.17 10:00)

3. 運転時の消費電力と融雪能力

3.1 外気温の影響について

常時運転状態と外気温サーモスタットが作動した場合の消費電力量と外気温の関係を図-3に示す。常時運転が行われた状態の6時間の積算消費電力は1.45kWであった。1時間あたりでは240W/hr、発熱シート1m²当たりの電力密度に換算すると、240W/0.708m²=340W/m²（発熱シート全段の面積：0.708m²=0.12m×0.59m×2sets×5段）であり、ほぼ設定値（300W/m²～350W/m²）となっている。一方、外気温が0℃を上回る状態の時には外気温サーモスタットあるいは温度センサーが作動し、運転のON-OFFを繰り返しており、図-3内の青丸（●）に示すように消費電力量の低下がみられる結果となった。

3.2 融雪可能な温度について

図-4に、“融雪余裕温度差”と6時間の積算消費電力の関係を示す。図に示すように平均外気温を4段階に整理した。ここで、“融雪余裕温度差”を以下のように定義した。なお、“加熱上昇温度”と“融雪必要温度”の定義は参考文献²⁾を参照されたい。

$$\text{融雪余裕温度差} = \text{加熱上昇温度} - \text{融雪必要温度} \quad \text{式(1)}$$

ここに、加熱上昇温度：対策時と無対策時のステップ上面の温度差

融雪必要温度：0℃－外気温＋融雪開始温度（2℃と仮定）

図-4より消費電力量が同じ場合には、平均外気温が高ければ融雪余裕温度差は大きくなり、平均外気温が低い場合にはその逆となる。一方、融雪余裕温度差が同じ場合には、平均外気温“2.5℃以上”と“-5℃以下”では約2倍の差がある。今回の運転制御は、外気温のサーモスタットと発熱シート内の温度スイッチを用いたため、ステップ上に雪が無い状態でも運転している場合があった。効率的な運転を行うには制御方法を見直す必要があることが分かった。

4. 宮城県での現地試験

発熱シートの電力密度の設定がほぼ同じ条件（350W/m²）で、宮城県古川市の作業所事務所階段で試験を行った。発熱シートは、遮水シート内部のマグネットシートより階段下面に取付けた。発熱シートは全段（12段）に設置した。降雪を記録した時期の一例として、2022.2.21時の融雪状況を写真-2に示す。写真は7:00のもので、古川気象観測所の記録は、積雪深:4cm、気温:-4.2℃であった。雪は階段の中央部分では溶けているが、端の部分では残っている。これは、秋田県の事例と同じ電力密度での運転条件であったが、階段の使用部材や形状などによる放熱による影響が大きかったため、融雪能力に差が生じたと考えられた。

5. おわりに

冬期における融雪試験を秋田県と宮城県の2か所で実施し、現地試験で目標とした“融雪”は確認できた。2ヶ月半程度の試験期間の中で発熱シートのトラブルもなく運転が行え、通電発熱塗料や発熱シートの品質に問題がないことも分かった。一方、融雪のための温度設定や消費電力量、温度制御方法に対し課題が明らかになった。今後は、室内試験を実施し現地試験で不足しているデータを補い、実用化に向けた改良を行ってゆく予定である。

参考文献

- 1) 伴他, 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) 前田他, 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－, 土木学会第77回年次学術講演会, 2022

謝辞

本報の現地試験は、(株)メイジ、(有)コスモポリタンに協力して頂きました。関係者の皆様に謝意を表します。

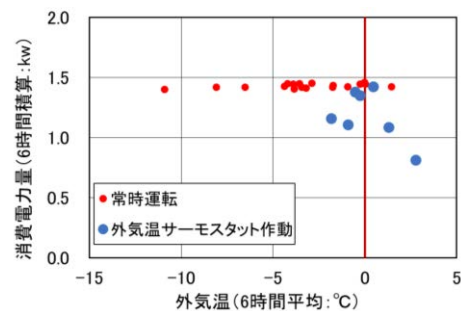


図-3 消費電力量の関係

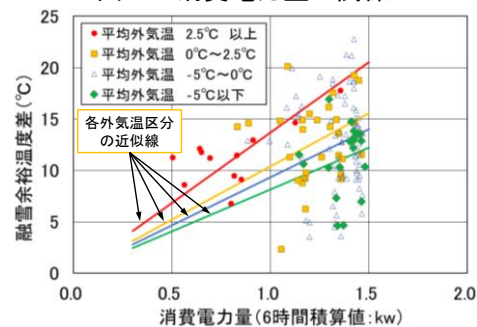


図-4 融雪余裕温度差と消費電力量



写真-2 積雪・融雪状況 (2022. 2. 21)