

通電発熱塗料を用いた発熱シートの適用事例 ー鋼製屋外階段の融雪ー

佐藤工業 正会員 ○前田 幸男 正会員 伴 享
佐藤工業 佐々木 拓 内藤 和弘
メイジ 青沼 美鶴 武山 英治

1. はじめに

これまで、雪や凍結に起因する転倒災害防止対策として、階段踏板部を対象とした発熱シートによる融雪方法を開発してきた。発熱シートは、通電すると発熱する”通電発熱塗料“を用いて製作したシート状のヒーターであり、階段の踏面（ふみづら）裏面に取付けて融雪を図る。ここでは、2022 年冬期、宮城県での試行結果^{1),2),3)}を踏まえて改良した 2023 年冬期の青森県弘前市樋の口浄水場作業所の鋼製屋外階段における実施例について報告する。

2. 融雪方法および改良経緯

2.1 2022 年宮城県での試行における問題点²⁾

2022 年に宮城県大崎市において実施した仮設事務所鋼製屋外階段での試行では、踏面中央部の融雪は認められたが、端部の融雪は不十分な結果となった。この原因として、過剰加熱防止の温度リミッターとして取付けたバイメタル式サーモスイッチ（以下、温度 SW）の設置位置および仕様（動作温度が低かった）が問題と考えられた。同試行では、通電発熱塗料を塗布した PET シートを防水・断熱のための遮水シートで密閉し、密閉シート内に動作温度 50℃の温度 SW を配置していた。電圧記録より頻繁な ON-OFF が確認されていたことから、密閉されたシート内の温度が急上昇し、50℃以上で電源停止を繰り返す断続運転状態となり、融雪に十分な温度上昇に至らなかったと考えられた。また、踏面裏面の断熱方法や蹴込板（踏み板と垂直方向の部材）が無い構造による風通しなどの融雪面外への放熱も原因として考えられた。

青森県および宮城県における冬期の気象データを表 - 1 に示す。

2.2 2023 年青森県における改良点

改良対策として、温度 SW を動作温度の高いものに交換することが考えられたが、同じヒーターを使用することとしたため交換は行わず、シート密閉内部の温度上昇が著しい箇所から遮水シート被覆の外側に温度 SW を移設し、動作頻度の低減を図った。また、運用対象の階段は蹴込板がある構造であったため、融雪面以外への放熱を低減させる断熱手段として、ヒーター対策部範囲の

表-1 各試行地域の気象データ⁴⁾

要素	観測地点	青森県(弘前)	参考:2022年実施 宮城県(古川)
降雪時期		11月中旬から4月上旬	12月上旬から4月上旬
降雪の深さ合計		80cm 1月下旬	31cm 1月下旬
最深積雪		78cm 2月中旬	15cm 2月上旬
日最低気温 冬期最低		-5.1℃ 2月上旬	-4.2℃ 1月下旬
平均気温 冬期最低		-1.8℃ 1月下旬	-0.2℃ 1月中～下旬
日最高気温 冬期最低		1.4℃ 1月中旬	3.5℃ 1月中～下旬

観測地点：弘前（北緯40度36.7分、東経140度27.3分） 標高30m
古川（北緯38度35.9分、東経140度54.7分） 標高28m
統計期間：1991～2020年 平年値（旬ごと11月から3月の値）

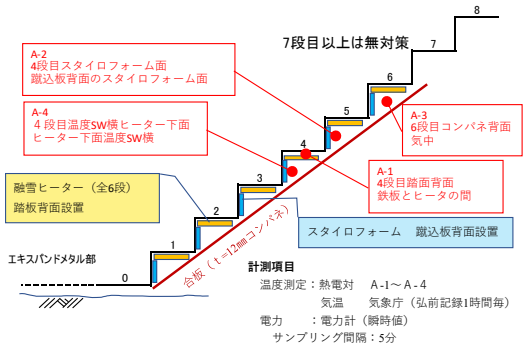
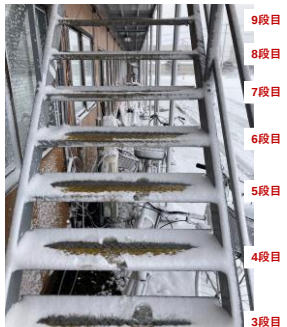


図-1 ヒーター設置・計測および対策前の階段状況



青森事例 2023. 1. 31 7:00 撮影
弘前記録⁴⁾ 気温:-4.7℃
6 時間積雪*:7cm
屋根:有, 手摺横板:有, 蹴込板:有
*撮影前 6 時間の累計降雪量

宮城事例 2022. 2. 21 7:00 撮影
古川記録⁴⁾ 気温:-4.2℃
6 時間積雪量*:4cm
屋根:有, 手摺横板:無, 蹴込板:無

図-2 融雪状況の改良前(右)後(左)の比較

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

蹴込板背面にスタイロフォームを貼り、階段下面を側桁に沿って合板 ($t=12\text{ mm}$ コンパネ) で覆いヒーター階段下方の断熱を図ることとした (図-1)。

3. 融雪状況および計測結果

改良前後の比較として、青森と宮城の融雪状況を図-2に示す。両事例とも、使用ヒーター、運転条件（踏面寸法、電力密度 $400\text{W}/\text{m}^2$ ）は同じで、階段構造（蹴込板の有無、手摺横板の有無）、気象条件（降雪量、気温、風向風速に伴う階段部への吹込み量）などの条件が異なる。降雪量が多く気温が低い条件下の青森事例の方が、融雪状況が優れていると判断されたことから、今回の改良の有効性が認められた。

青森における運用は、2023/1/26 に設置・運転を開始、2023/2/15 より温度・電力測定を開始した。図-3 に毎時の気象記録⁴⁾ および計測温度・電力の経時変化を示す。同期間の気象は、気温-7.3℃～14.6℃、最大降雪 8 cm、最大積雪 120 cm の環境下、階段温度は、踏面背面箇所が常に高く 10.8～59.7℃の範囲となった。また、適宜行ったサーモカメラ、赤外線温度測定においても、気温に依らず融雪面の踏面表面は2℃程度以上となり、融雪可能となることが確認された。

階段各所の温度は気温とともに変動し、昼前後にピークを示している。上図の電力は、頻繁な ON-OFF 変動がみられるが、下図に示す降雪時においては、温度 SW 動作頻度は少なく電源 ON 状態となっている。また、気温が 10℃程度と高い場合には、外気温サーモスタットの動作により電源 OFF となるため、ON-OFF 変動頻度が少なくなっている。

4. おわりに

使用電力量は、気温の上昇に伴い低下し、図-4 に示す相関が認められ、気温 12℃程度以上で電力消費量はゼロとなると推定された。弘前の毎時の気象記録を整理すると、図-5 に示すように、気温 6℃以上では降雪はほぼないことから、サーモスタットの動作温度を 6℃程度に設定していれば、さらに、電力量を低減できたと考えられた。降雪量は、気温の低下とともに増える傾向にあるが、毎時値では、氷点下時でも降雪なしの時間帯も認められる。

今後は、靴底に付着した雪の凍結なども考慮しつつ、氷点下で雪が止んでいる状況に対して、降雪の有無判定など気象条件に対応した運転制御を検討し、消費電力量の低減を図りたいと考える。今回、本報告事例の他に同様の発熱シートを用い、トイレタンクの凍結防止、コンクリート打継目処理材の保温保管、仮設足場ステップの融雪などの用途にも適用し、その有効性が確認された。同結果については、別途報告する考えである。

参考文献

- 1)前田幸男, 伴享他: 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-, 令和 4 年度土木学会全国大会, 2022.9, VI-440
- 2)伴享. 前田幸男他: 通電発熱塗料を用いた発熱シートによる融雪試験-積雪時の運転状況-, 令和 4 年度土木学会全国大会, 2022.9, VI-441
- 3)前田幸男, 伴享他: 冬期融雪対策への通電発熱塗料を用いたシートヒーターの適用, 令和 4 年度建設技術報告会 北陸地方建設事業推進協議会, 2023.1, pp.73~76
- 4) 気象庁ホームページ: 各種データ・資料, <https://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>

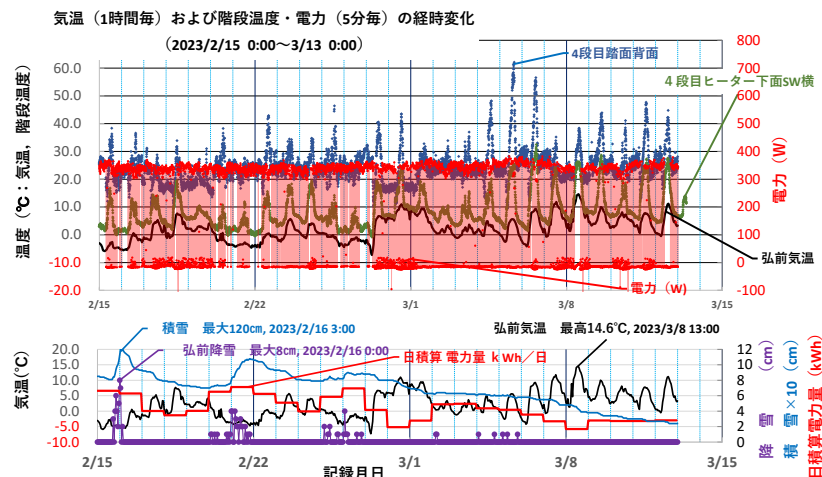


図-3 気温、計測温度・電力の経時変化

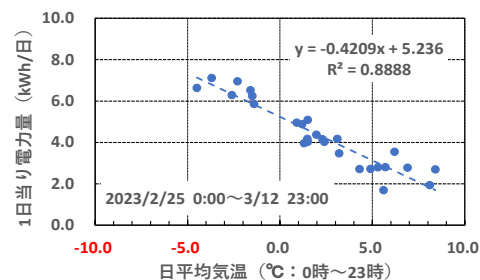


図-4 日別平均気温と電力量

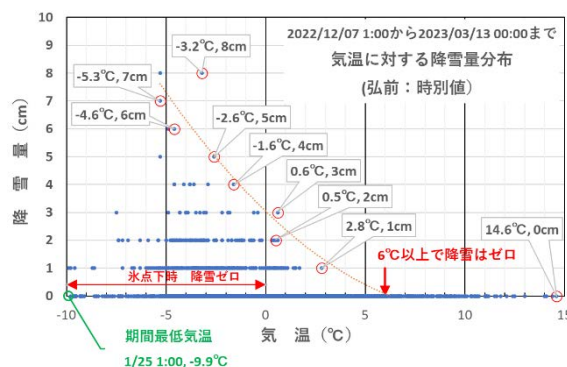


図-5 弘前、毎時の気温と降雪量の関係