

3D モデルと ICT 舗装工を活用した道路融雪施設施工事例

株式会社 興和 水工部 係長 ○岡本 信寛
技術開発室 係長 太刀川 翼 水工部 次長 石田 謙介

1. はじめに

積雪地域における冬期道路交通確保対策の一つとして消融雪施設がある。消融雪施設は路面に積もった雪を融かして除去する施設であり、導入効果は大きい。一般的に地下水を汲んで路面に直接散水するものを消雪施設、舗装の下に配管を埋設して熱だけで雪を融かすものを融雪施設と呼ぶ。

融雪施設は 1960 年代から導入されており、冬期道路の交通確保に貢献してきたが、近年は老朽化による設備の改修や修繕が増加している。配管を埋設する融雪施設では、施工完了後、埋設配管位置が不明瞭となり、維持管理しにくいという点が課題となっている。

本報告では、新潟県上越市吉川区原之町地内で実施した融雪施設更新工事において、ICT 舗装工及び 3D モデルを活用した事例を紹介する。

2. 融雪施設の設備構成と熱源

融雪施設は、配管や電熱線を舗装の下に埋設し、熱を舗装面に伝えて雪を融かすシステムであり、基本的に熱源設備、配管設備(循環ポンプ・放熱管・送集水管)、制御設備の 3 つの設備から構成される。熱源には大別して化石エネルギーと自然熱・未利用熱エネルギーの 2 つがある。本現場では化石エネルギーである灯油炊きボイラーを熱源として利用している。

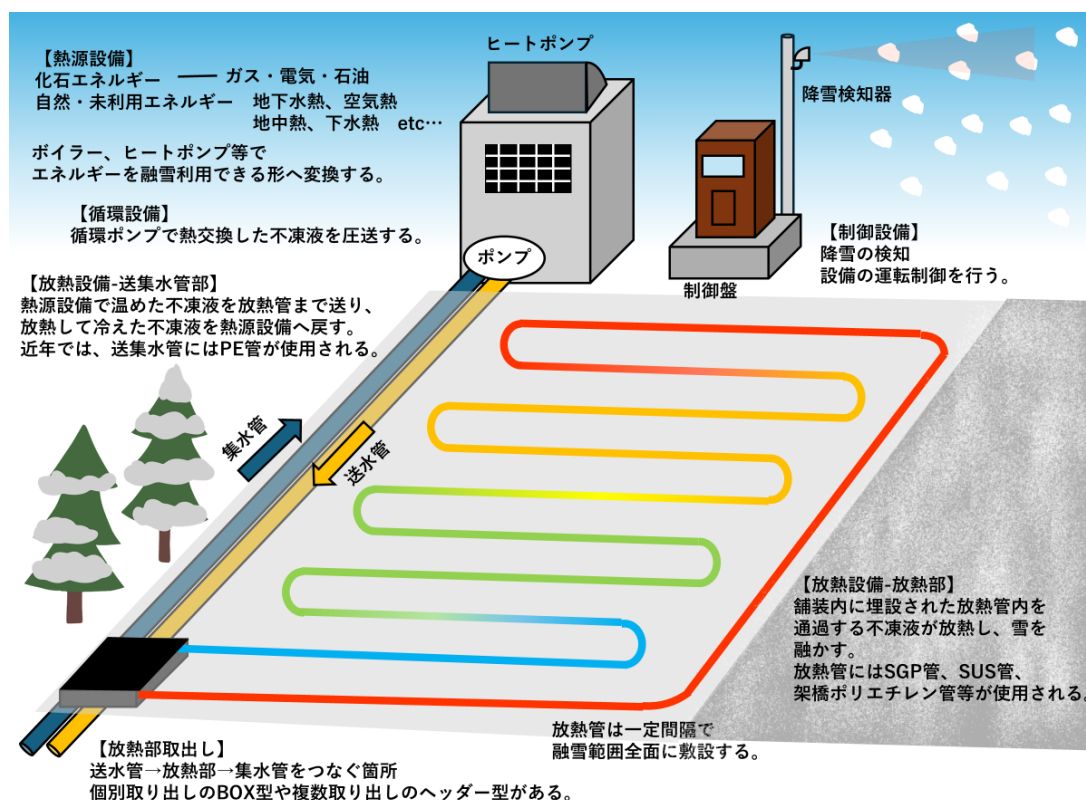


図 2-1 温水循環型融雪施設概要図

3. 更新工事の経緯

本工事では融雪施設の内、配管設備の更新を行った。更新対象の配管設備は金属製の放熱管をアスファルト舗装で保護した放熱部と塩化ビニル管の送集水部にて構成されていた。放熱部は、アスファルト舗装の経年劣化から発生するクラックより、雨水が舗装内部に侵入し、金属製の放熱管を腐食させ、循環水の漏水が発生していた。送集水部は、平成 19 年に発生した中越沖地震以降、漏水が発生しており、その発生箇所を特定することができなかった。年々、腐食と漏水が進行し、令和 5 年度の冬期シーズン開始前には全体面積の 50%を超える放熱面積において融雪不能な状態であった。

こうした状況を踏まえて、本工事では放熱部に架橋ポリエチレン管とコンクリート舗装、送集水部に耐震型高性能ポリエチレン管をそれぞれ採用して配管設備の長寿命化を図った。

4. 現場施工条件

図 4-1 に施工平面図及び断面図、写真 4-1～写真 4-2 に現地状況及び施工状況をそれぞれ示す。更新対象の融雪施設は主要地方道大潟高柳線の上越市吉川区原之町の約 590m 区間に設置されている(令和 6 年度更新延長 225m)。本道路は主要地方道であるが、道路幅員は 5.5m～6.0m 程度、沿線に民家や郵便局等の施設が立ち並ぶ生活道路でもある。安全施設を含めて片側交互通行に必要な幅員を確保できないこと、歩行者用通路を設ける必要があることから、片車線ずつ施工を進める必要があった。これに加えて、運用中の施設や郵便局の営業継続のため、各民家の乗り入れに配慮しながら施工する必要がある、施工延長を概ね 3 工区に分けて施工した。

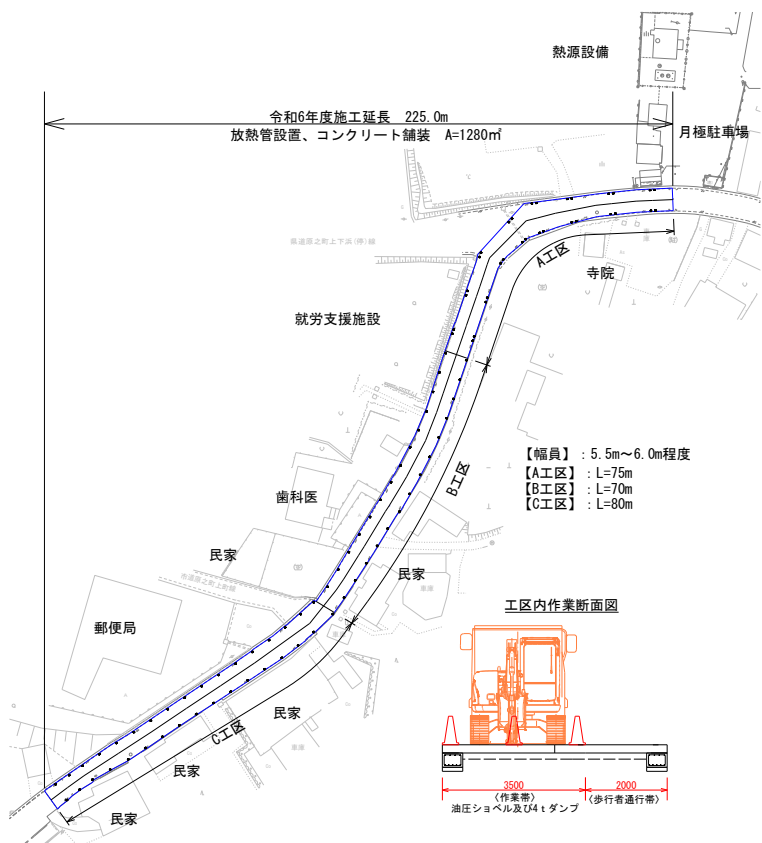


図 4-1 施工平面図及び断面図



写真 4-1 現地着手前状況



写真 4-2 規制状況

5. ICT 舗装工

融雪施設において、放熱管の埋設深さは融雪能力に影響を及ぼす管理項目である。放熱管は路盤上にバー型スパーサーとワイヤーメッシュを敷設し、その上に結束するため、埋設深さは路盤の仕上がりに左右される。路盤工・舗装工が本工事における重要な管理項目と判断し、ICT 舗装工を計画した。

5.1. マシンコントロールによる路盤工の施工

工事開始時に作成した三次元設計データに基づき、マシンコントロールによる粒度調整路盤工を施工した。幅員が狭くブルドーザーの使用が困難であるため、チルト、アングル動作制御可能な排土板搭載ミニショベルとトータルステーションを組み合わせたマシンコントロールを選定した。写真 5-1～写真 5-2 に路盤工施工状況を示す。排土板に取り付けたプリズムを自動追尾型のトータルステーションで視準して得たリアルタイムの位置情報を元に排土板の高さを自動制御する。本工法は、自動制御により高さが管理されるため、路盤の敷き均し、荒仕上げ、不陸正整までを1台で行うことが可能であった。

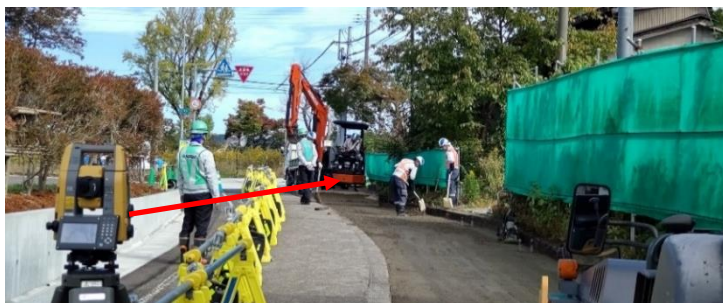


写真 5-1 マシンコントロールによる路盤工施工状況



写真 5-2 プリズム設置状況

5.2. コンクリート舗装工の面管理

コンクリート舗装工の出来形管理には、地上レーザースキャナを使用した面管理を行った。路盤工の仕上がり面とコンクリート舗装面を計測し、標高値の差分を舗装厚として算出した。設計幅員の内側全面を1点以上/0.01m²の頻度で計測し、1m²メッシュ内の舗装厚の平均値を出来形評価データとしてヒートマップを作成した。舗装工の出来形評価用データを図 5-1 に示す。3次元出来形管理における規格値は、舗装厚個々の測定値が-22mm以内、測定値の平均が-3.5mm以内である。それに対しマシンコントロールで施工した場合の舗装厚は全体平均で+1.4mm、最大で-16mmの誤差が確認された。

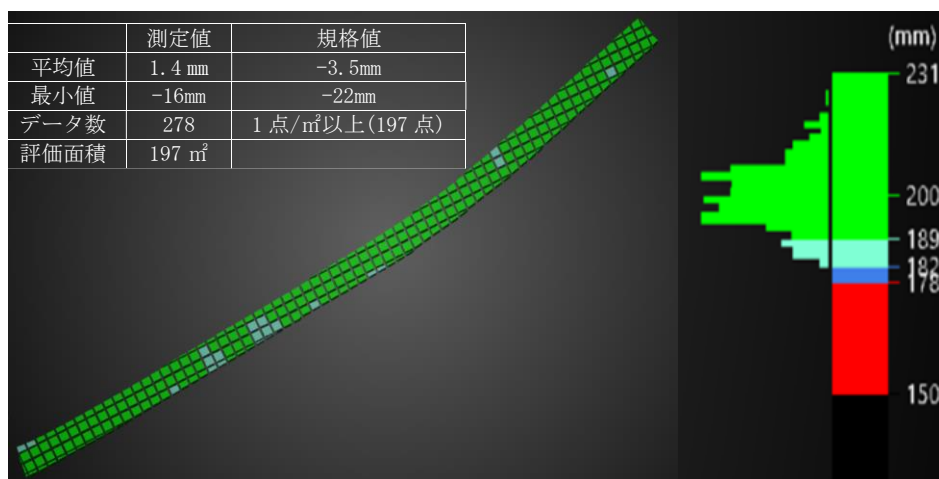


図 5-1 コンクリート舗装工 舗装厚ヒートマップ

6. iPad・iPhoneのLiDAR機能を使用した埋設配管の記録

融雪施設は舗装全面に配管が埋設されているが、その埋設位置が不明のため、維持管理がしにくい課題に対して配管埋設位置を確認できる3Dモデルの構築を試みた。放熱管敷設完了後、iPhone、iPadに搭載されているLiDAR機能とアプリケーション「PIX4Dcatch」を使用して埋設配管の3Dスキャンを実施した。

「PIX4Dcatch」ではLiDARによる3Dスキャンに加えて、撮影した写真から点群データを作成し、密度と精度を向上させている。アプリ単体で作成した点群データは、数cmの誤差が生じるが、地上レーザースキャナで測量した三次元出来形測量結果の3Dモデルと重ね合わせることで誤差を補正している。

放熱管の敷設状況を地上レーザースキャナにて記録する場合、配管の裏側が陰になり、様々な角度から撮りなおす必要があるが、今回の手法では、撮影者が写真を撮影しながら移動することで、容易に補完可能であった。

出来形測定上必要となる3次元測量と簡易な3Dスキャンを組み合わせることで、3Dモデル上で配管埋設位置を確認できる資料を整理することができた。



写真 6-1 放熱管敷設完了状況



図 6-1 配管埋設位置 3D モデル

7. 終わりに

ICT 舗装工における路盤工には一般的にマシンコントロールを活用したグレーダーやブルドーザーが使用される。本現場においては、作業幅員が狭く、大型の施工機械が導入できないことから、ミニショベルとトータルステーションを用いたマシンコントロールにて施工を行った。ミニショベル1台で路盤の敷き均し～不陸正整までの作業を実施できるため、機械を入れ替える必要もなく、効率的に作業を進めることができた。併せて、舗装工の面管理を行ったことで、マシンコントロールによる路盤施工が、計画通りに路盤を仕上げ、放熱管の埋設深さの品質向上に繋がったと評価できる。

配管埋設位置の3Dモデル化の試みは、BIM/CIMの導入が望まれる昨今の情勢において、今後の融雪施設工事においても資料を蓄積し、データベース化していくことで、今後の維持管理計画用の資料として活用が望まれる。

本現場のICT舗装工の施工に当り、施工提案を快諾いただきました新潟県上越地域振興局様はじめ、協力会社および関係各位に厚く御礼申し上げます。