# 地中熱ヒートパイプ融雪システムの施工方法の開発と導入効果

(株)興和　○細貝　浩士
小谷野　保
沼　裕司

## 1.　はじめに

豪雪地帯の山間部における道路除雪では、しばしば除雪後も圧雪または凍結が発生し、登坂不能やスリップ事故のリスクが残存する。そこで、このようなリスクを低減することを目的に、平成 20 年度から新潟県十日町市船坂地内の急こう配・急カーブな車道上に、地中熱ヒートパイプ融雪システムを施工し、効果の検証を行ってきた。[1)]

この効果検証により、除雪路線における十分な効果が確認できたことから、平成 26 年度には新潟県内各地の県管理路線を中心に、地中熱ヒートパイプ融雪システムの導入が進められた。本報文では、これらの融雪施設の概要のほか、新たな施工方法として試行したプレキャストコンクリート製品を利用した工法について報告する。

## 2.　施設概要

地中熱ヒートパイプ融雪システムの概要を図に示す。深度 15～20m 程度の採熱孔に、温度差で熱を伝えるヒートパイプを 2～4 本挿入し、採熱孔周囲の地中熱を舗装体に伝達して融雪を行うものである。熱源や制御に化石燃料や電力を一切使用しない完全メンテナンスフリー、ランニングコスト・ゼロの融雪施設である。電源を引くことが困難な場所や、地下水の取水が望めない場所においても設置可能であり、山間道路への設置にも適した融雪施設である。

一方、ランニングコストはゼロであるが、イニシャルコストが他融雪施設より高めなことが課題である。そこで、除雪補助・スリップ防止を目的として融雪範囲をわだち部に限定する、放熱量を必要熱量の 80%に抑える等、いくつかのパターンを試行し、コストを低減しつつ十分な効果を得られるか検証を行ってきた。

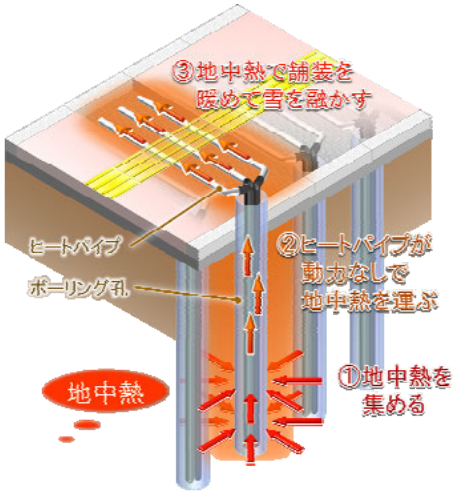
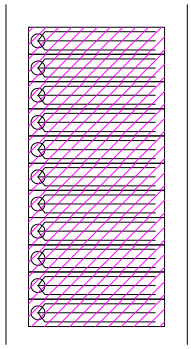
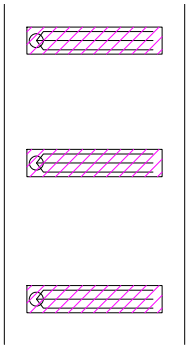
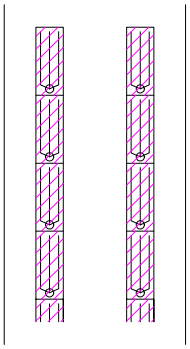
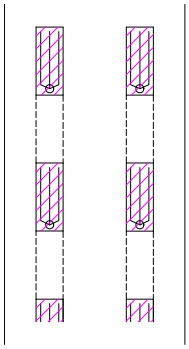



図 -1　地中熱ヒートパイプ融雪システム概要図

表 -1　融雪パターン一覧

| | 全幅型 | 横断型 | 縦断型 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 連続型 | 断続型 |
| 略図 |  |  |  |  |
| 概要 | 全幅が融雪対象 | 横断方向に一定間隔で設置 | わだち部に連続して設置 | わだち部に一定間隔で設置 |

これまでの検証により地中熱ヒートパイプ融雪システムの有効性が認められ、平成 26 年度には試行が新潟県内各地に広まり、表-1 に示す融雪パターンの中から現地の道路形状・交通量・気象条件等を勘案し、施工箇所に適したパターンで設置された。なお試行は長岡市、上越市、阿賀町、十日町市、糸魚川市、柏崎市、佐渡市における新潟県管理路線などの車道 12 箇所、歩道 6 箇所で行われた。[2)]

## 3. 事例紹介

ここでは平成 26 年度に新潟県糸魚川市大字山之坊地内で施工した施設について紹介する。これまで除雪補助を目的とした地中熱ヒートパイプ融雪システムは、交通量の少ない山間部の道路に施工することが多かった。これに対し、当該施設は長野県と新潟県を結ぶ一般国道 148 号での施工であり(図-2)、交通量の多い山間部(4,027 台/日：H22 年度センサス)としては初めての施工となった。

十日町市船坂地内での検証結果[1)]より、必要融雪熱量の約 60%の放熱量でも除雪補助としての効果は得られることが判明しているため、必要融雪熱量 242W/m² に対し、約 56%の放熱量 136W/m² の施設とした。融雪パターンは縦断型(断続)を採用し、わだち部において融雪部(幅 0.6m×延長 2m)と非融雪部(延長 2m)を交互に繰り返す配置としている。このほか、当該地では 2 つの工事に分けて施工が行われたが、一方の工事ではヒートパイプ用プレキャストコンクリート製品(以下、RC 版)による新たな施工方法を試行しており、これについては次項にて取り上げる。

融雪状況およびサーモグラフによる温度比較画像を写真-1 と図-3 に示す。いずれも融雪部はヒートパイプにより地中熱が舗装体に伝達され、路面が露出していることが確認できる。現時点(平成 27 年 2 月末)で、融雪施設設置箇所における登坂不能車両等は確認されておらず、施設設置効果が表れているものと推察される。

表-2 施設仕様(糸魚川市山之坊地内)

| 融雪パターン | 必要融雪熱量 | 施設放熱量 | 面積 | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 縦断(断続) | 242W/m² | 136W/m² | W0.6×L2.0=1.2 ㎡<br>1.2 ㎡×30 パネル=36 ㎡ | 面積は 1 工事あたり |

図-2 施工位置図

写真-1 融雪状況

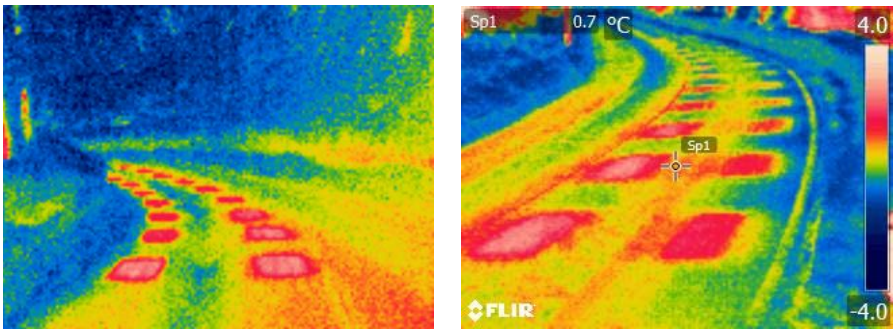



図-3 稼働状況(サーモグラフ)

## 4.　プレキャスト製品の採用

地中熱ヒートパイプ融雪システムは基本的にコンクリート舗装であるため、コンクリートの養生期間中、終日の交通規制が必要となっていた。交通量が多くトンネルに隣接した糸魚川市山之坊の現場では終日交通規制が難しく、日中規制のみで施工を行う必要があった。そこで、コンクリート養生時間を省略し、規制時間の短縮を目的として、RC 版を利用した工法を試行した。RC 版の構造を図-4に示す。RC 版はヒートパイプ敷設ピッチに合わせて設置溝を設けた構造で、4.5N/mm² 以上の曲げ強度を有している。施工は既定の高さに RC 版を据え付けたのち、周囲～底面を超速硬コンクリートおよびグラウト材にて充填する。

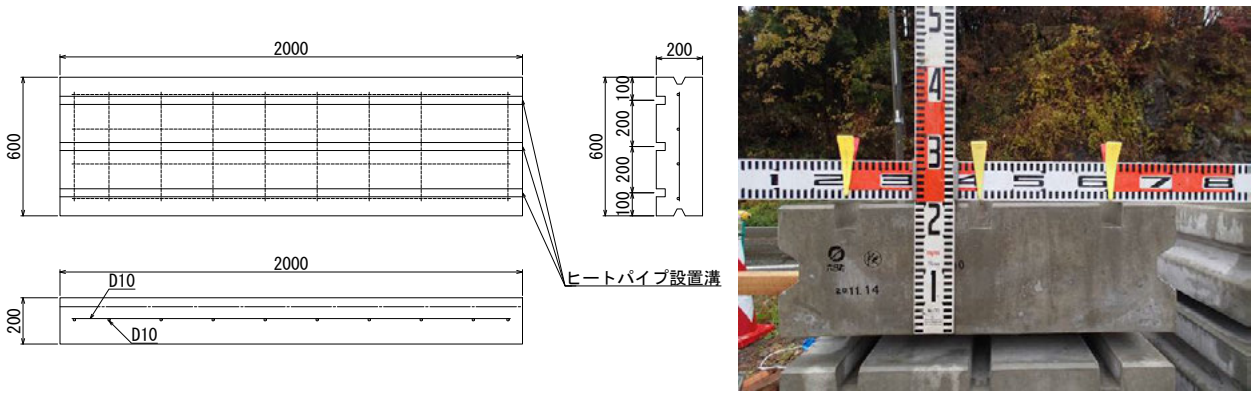



図-4　ヒートパイプ用プレキャストコンクリート版

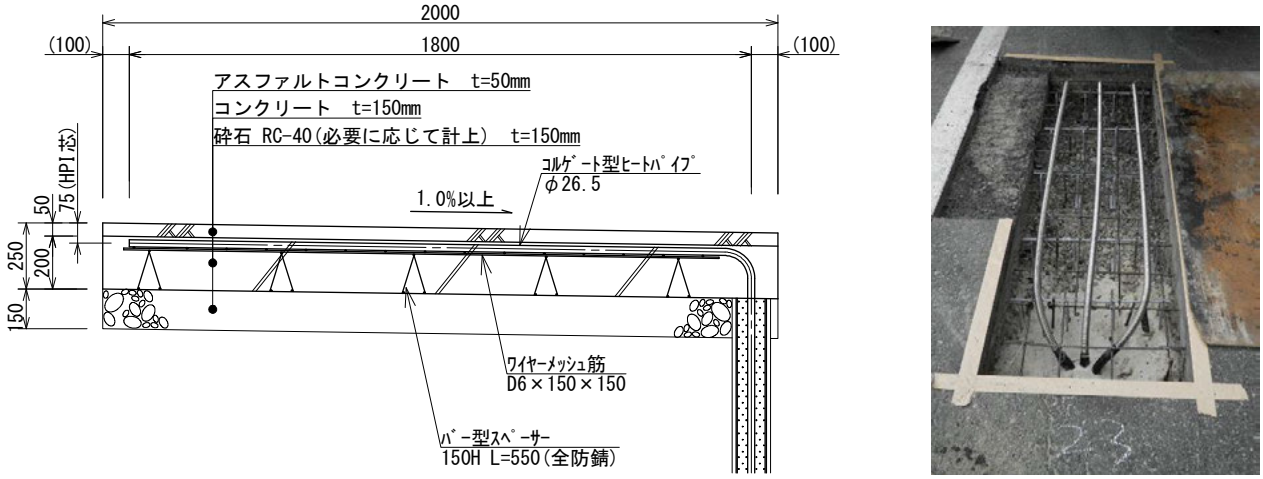



図-5　施工図・敷設状況写真(従来方式)

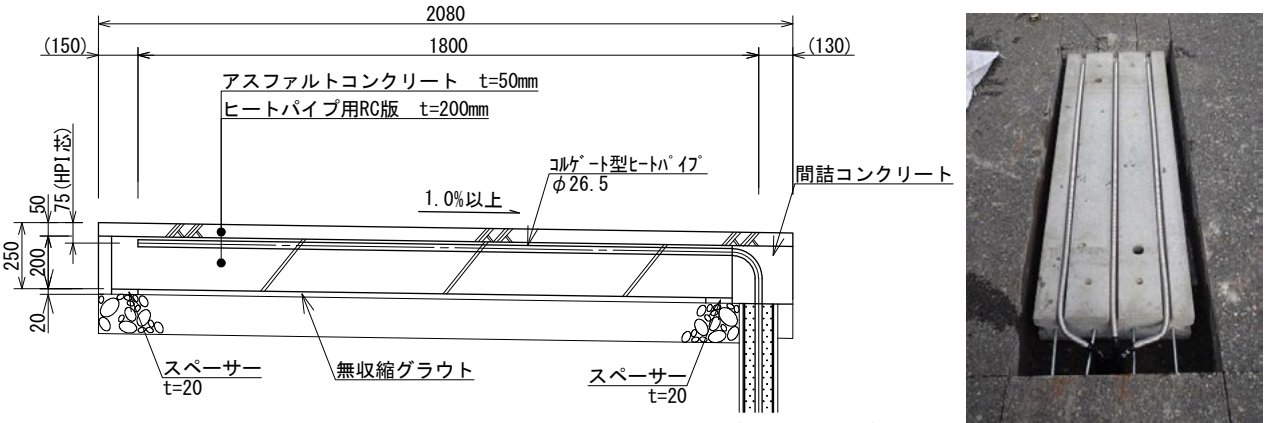



図-6　施工図・敷設状況写真(RC 版方式)

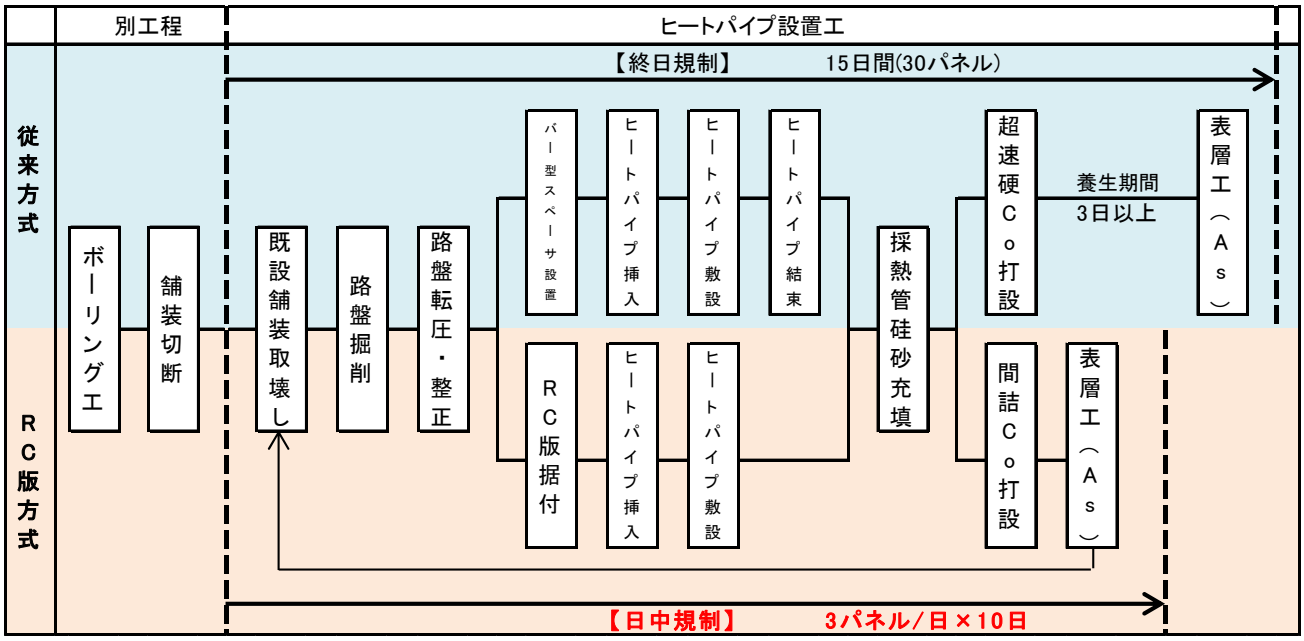



図-7　施工フロー比較

図-7 は施工方法を比較したフロー図である。事前に採熱孔ボーリングと舗装切断を完了させてからヒートパイプ設置工に移行する。ヒートパイプ設置工において、30 パネルを施工するために、従来方式では 15 日間の終日規制が必要だったが、RC 版方式では 1 日 3 パネルの施工を行うことで、10 日間の日中規制で現道作業を完了することが可能である。

## 5.　今後の予定と展望

平成 26 年度に新潟県各地で試行した地中熱ヒートパイプ融雪システムには、地中温度と融雪部(路中)温度の測定センサーを取り付けてあり、冬期の温度変化を継続的に自動観測している。この観測データと気象観測データ、融雪状況などを合わせて解析を行う予定である。この結果は今後各地で地中熱を有効に利用していく上で重要な資料となる。このほか、登坂不能車両の発生状況や除雪補助効果などを整理し、地中熱ヒートパイプ融雪システムの有効性を検証し、施工を広めていきたい。

また、地中熱ヒートパイプ融雪システムに対しては初導入となった RC 版方式については、糸魚川市山之坊地内での試行で有用性が確認できたため、当該地と同様に交通量が多い路線や長時間の規制が困難な場所での施工に活用していきたいと考えている。

## 謝辞

本報告にあたり、新潟県糸魚川地域振興局地域整備部維持管理課からは、快く工事写真等を使用させていただきましたこと、ここに厚く感謝申し上げます。

## 文献

1)　藤野丈志・坂東和郎・佐藤秀樹　(2014)：除雪路線への地中熱ヒートパイプ融雪施設の適用と熱出力に関する考察、第 30 回寒地技術シンポジウム寒地技術論文・報告集、p.312-316

2)　和田豊　(2015)：新潟県における地中熱ロードヒーティングの施行について、第 27 回ゆきみらい研究発表会論文集、p.54