

北海道札幌地区における無散水融雪試験（採熱試験について）

鉄建建設（株） 正会員 松岡 茂
 同 上 正会員 ○ 柳 博文
 北武コンサルタント（株） 正会員 渡辺 忠朋
 （株）北武研究所 非会員 杉本 幸隆

1. はじめに

地中熱を融雪利用する場合は電熱形式などの他工法に比べて初期費用が高価であるが、ランニングコストが比較的安価となっている。積雪寒冷地である北海道において融雪システムを導入するにあたっては、ヒートポンプなどの補助熱源を併用しているケースが多く見られる。しかし、補助熱源を必要とするならばこの長所が没却されかねない。そこで、札幌市内において地盤から得られる低温度の熱エネルギーのみを活用した融雪システムを設置し、融雪試験を実施したのでそのうちの採熱試験結果について報告するものとする。本採熱試験において、積雪寒冷地での循環水の流量と採熱量並びに循環水の温度上昇との相関性を明らかにした。

2. 試験概要

融雪システムの概要を図-1に示す。採熱試験においては、流量をパラメーターとして $Q=20\text{L/min}$ から 15L/min , 10L/min , 5L/min と連続的に変化させ、最終的に最大流量 22.5L/min で試験を終了し、この時の熱交換杭の出入り口温度と深度方向の温度分布を測定した（図-2）。

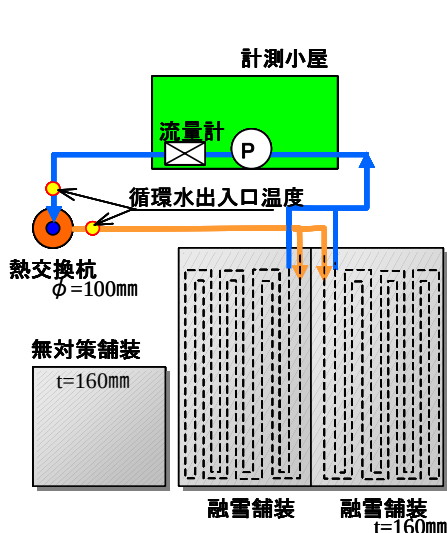


図-1 融雪システム概要

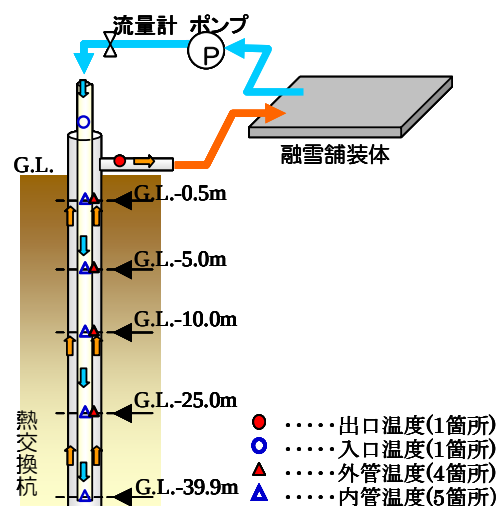


図-2 採熱試験計測位置

なお、熱交換杭は二重管方式とし外管がφ100mm、内管がφ50mmの塩ビパイプを用い、循環水は凍結防止のためポリプロピレングリコール50%を使用した。これら各構造部位の諸元を表-1に示す。熱交換杭の内管内部を下方向に向かって流れる循環水は、熱交換杭下端で外管に移動し、外管内部を上昇する間に地盤より熱エネルギーを採取するものである。温められた循環水は融雪舗装体へと流れ込み、そこで熱エネルギーを放出（融雪）し、再び熱交換杭の内管に戻る。当該システムはこの循環水を熱交換の媒体とした一連の作用により成り立つものである。ここで、採熱試験においては十分かつ一定の冷却効果をもたらすため、融雪舗装体表面に残雪を堆積させて試験を行った。

表-1 融雪システム諸元

部 位	仕 様	数 量
熱交換杭	外管 VP100 内管 VP50	L=40m
循環水	ポリプロピレングリコール 50%	—
流量	$Q=5\text{L/min} \sim 22.5\text{L/min}$	—
融雪舗装体	2×4m 2ブロック 21-8-20(N) t=160mm	A=16m ²
放熱管	SGP-B 15A	—

3. 採熱試験結果

施工箇所の初期地盤温度は、G.L.-5m～-40mでは外気温の変動による影響はほとんど受けておらず、概ね地盤温度は11.0℃前後で一定値を示している。なお、計測期間中の平均気温は約2.0℃であった。

キーワード 無散水融雪、凍結防止、地中熱、積雪寒冷地、自然エネルギー

連絡先 〒286-0048 千葉県成田市新泉9-1 鉄建建設（株）技術センター 地盤グループ TEL 0476-36-2334

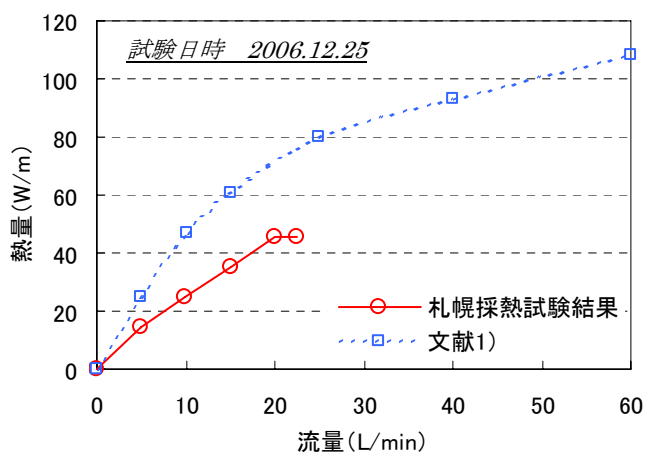


図-3 流量－採熱量関係

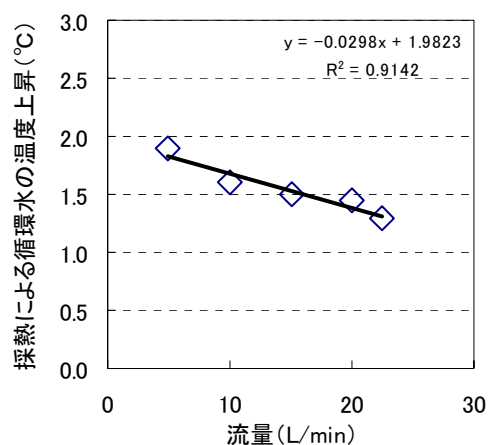


図-4 流量－採熱温度関係

図-3に各流量と採熱量との関係を示す。図中の試験結果のほかに福井大学構内で行われた採熱試験結果¹⁾を合わせて記載する。採熱量においては熱交換杭の単位長さにおける熱量として比較している。福井大学構内での採熱試験では、熱交換杭の杭長が70mであり、PE二層管（外管内径φ90mm、内管内径φ50mm）が使用されている。循環水はプロピレングリコール20%である。

当該試験結果において、20L/minまでは流量の増加に比例して採熱量も増加しているが、22.5L/min

になるとその増加分は減少していることがわかる。また、福井大学構内の試験結果との相違については、札幌市内と福井市内との気象条件の他、当該試験は塩ビ管を使用しておりその熱貫流率がおよそ福井大学構内のPE二層管の1/3であることが影響していると考えられる。

次に、各流量と熱交換杭の出入口温度差（循環水の温度上昇）との関係を図-4に示す。流量が多くなるに従いその温度差は小さくなっており、本試験の範囲においてはその関係は一次式で近似できることがわかった。

また、採熱試験時の杭鉛直方向の内管及び外管における循環水の温度分布を図-5に示す。横軸は循環水の流れの延長距離で、40mが杭底部を示し、0mが杭入口（内管）80mが杭出口（外管）を意味する。内管部においてG.L.-0.5mで急激に温度上昇し、その後内管の範囲ではほぼ温度一定を示し、外管部で一旦温度が低下している。これは実現象を表していないと思われ、熱伝対が管材の表面近傍に設置していることと循環水の動粘性が影響している可能性があるが、この原因については現在のところ明確にはなっていない。

4. まとめ

今回の試験範囲において、次のような知見が得られた。1) 流量の増加とともに熱交換杭による採熱量は増加するが、20L/min以上になるとその増加量は逡減する。2) 流量の増加とともに熱交換杭の出入口温度差は小さくなる。この流量と熱交換杭の出入口温度差との関係は、一次式により近似できる。

次に、今後の課題について述べると、熱交換杭の採熱能力について、地盤温度等の環境条件、熱交換杭の内外管の熱伝導率及び循環水の物性値の影響を加味して採熱能力の定量的な評価を行うことが必要である。また、循環水の流れの性質及び物性値が熱伝導に与える影響を把握する必要がある。

参考文献

- ・大木政弘ほか「掘削杭熱交換方式による地盤蓄熱と路面温度制御」水工学論文集, 第41巻, 1997, pp. 587-592