

VII-207 熱交換掘削杭を利用した国道8号線中川峠の無散水融雪システム

○ 福井大学工学部	学生員	渡邊 洋	**
建設省近畿地方建設局	正 員	吉田輝人	*
建設省近畿地方建設局	正 員	宮風 均	*
福井大学工学部	正 員	福原輝幸	**

1. はじめに

近年、道路融雪や凍結防止対策についても、地球環境保全の観点から風力、地中熱、太陽熱を利用した方法が注目されつつある。こうしたいわゆる環境に優しい方法は一般に、維持費は殆ど掛からないものの、初期投資が大きくなるという問題がある。従って、自然エネルギー利用による融雪はその特徴を生かして、有効な場所に適用されなければならない。そこで、筆者らは福井県国道8号線中川峠の散水融雪区間の流末にある横断歩道前後が、無散水融雪の適用箇所の1つであると考えた。しかしながら、既存の国道に対して無散水融雪システムを導入しようとしても、国道隣接地に熱源施設のための空き地がある場合は極めて少ない。ここでも、国道に沿って家屋が張り付いている。そこで、平面的にスペースの要らない掘削杭熱交換システム(BHES)による無散水融雪システムを北陸地方の国道に初めて採用することにした^{1), 2)}。これにより、供給(熱源)と需要(無散水道路)間の距離を短縮することができ、輸送時の熱損失やポンプ出力も最小に抑えられる。

そこで本研究は、掘削杭熱交換システムが主要国道の融雪や凍結防止にどの程度の効果があるかを検証することを目的とし、その結果について報告する。

2. 掘削杭熱交換融雪システムと工事概要

図-1は福井県坂井郡金津町中川峠の国道8号線のBHESによる無散水融雪区間を含む道路の概要図である。石川県に向かって左(下り)側の散水区間下流の僅かな空き地(幅約1m、長さ40m)に、8本の熱交換杭(長さ100mのポリエチレン製同軸2重管)を5m間隔で設置した。これより、約43m石川県寄りに無散水融雪道路が、上下車線(片道幅員3.5m)の35m区間に渡り、設けられた。融雪面積は約246m²であり、熱交換杭1本当たりの融雪面積は約31m²、循環流量(循環媒体:ポリプロピレングリコール)は、約36ℓ/minとなる。無散水融雪道路は厚さ0.3mのコンクリート舗装であり、表面下0.07mの位置に循環パイプ(アクリル樹脂パイプ:内径15mm)が0.1mピッチで多重平行流型に埋設される。

図-2はBHESの熱流挙動の概要図である。熱交換舗装体と熱交換杭は水理的に閉回路で連結され、ポンプ(定格出力:2.2kW)により循環水が循環する。

冬期の場合、地盤温度は相対的に舗装体温度より高い。舗装体内を循環する間に冷えた循環水は熱交換杭に向かい、熱交換杭の内管を杭先に向かって下降した後、外管を上昇する過程で、相対的に温度の高い周囲地盤から低温の循環水に向かって熱移動が生じる。温められた循環水は、舗装体内の循環パイプより、その温熱エネルギーを舗装体へ放出する。温められた舗装体では路面の温度低下が抑制される。この過程で冷えた循環水は、再び熱交換杭内で、地盤から温熱エネルギーの供給を受ける。

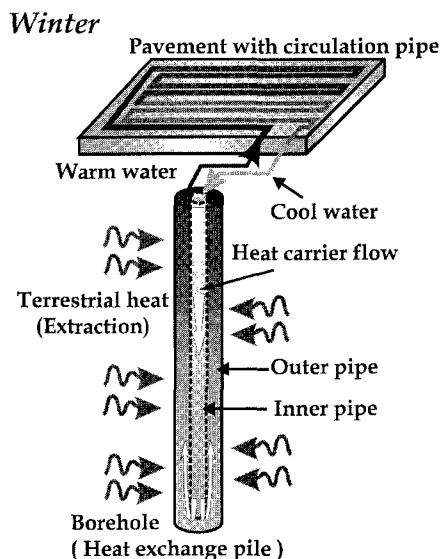


図-2 掘削杭熱交換方式無散水融雪システムにおける熱流挙動の概要

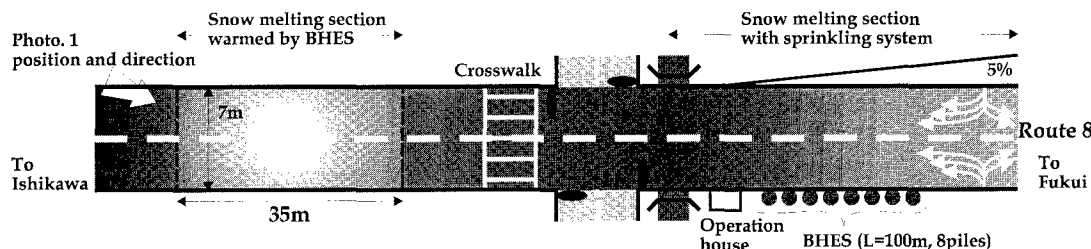


図-1 国道8号線中川峠無散水融雪システム概要

キーワード: 道路融雪, 地中熱エネルギー, 掘削杭熱交換無散水融雪システム

* 〒918-8015 福井市花堂南 2-14-7 TEL:0776-35-2661 FAX:0776-36-0971
 ** 〒910-8507 福井市文京 3-9-1 TEL:0776-23-0500 EXT.2809 FAX:0776-27-8746

路面温度および融雪エネルギーを評価するために、熱交換杭の内外管の深さ方向にそれぞれ 3 カ所、舗装体の循環水入口温度 T_i 、出口温度 T_o および深さ 0.02m の通常路面温度 T_n と無散水融雪路面温度 T_p が、熱電対によって 1 時間毎に自動収集される。

3. 観測結果

写真-1 は 1 月 24 日午後 6 時の融雪状況を示したものであり、手前の破線太枠内が通常舗装道路区間を、その奥の破線細枠内が無散水融雪道路区間をそれぞれ示している。この撮影の直前には一時的に降雪が強まった。轍部は通行車両の攪拌により、いち早く消雪され、写真では大きな違いは認め難いが、車線中央部の残雪については BHES による融雪効果が明確に認められる。また、丸枠は通常舗装体の圧雪状態にある残雪を示しており、路面は滑りやすい状態にあった。

図-3 は 1 月 24 日午前 0 時から翌日午前 0 時までの間の無散水路路面温度 T_p (○)、通常路面温度 T_n (△)、熱交換杭での循環水入口温度 T_{in} (破線)、出口温度 T_{out} (実線)、気温 (×) および積雪深 S_D の経時変化を示したものである。まず、気温 (×) および積雪深 S_D の変化に注目すると、同日の午前 4 時から午前 10 までと午後 4 時以降には降雪があり、その前後で気温低下が認められる。特に後者では、気温が正から負 (−2℃) に急激に低下していることが判る。

次に、入口温度 T_{in} は夜間で約 6.5~8.5℃の範囲を、昼間で約 7~10℃の範囲を、それぞれ推移する。一方、出口温度 T_o は夜間で 7.5~9.5℃の範囲を、昼間で 8~12℃の範囲にあり、 T_{out} は T_{in} より常に 1~2℃高い。また、両者の温度差に注目すると降雪時に大きくなることが判る。さらに、降雪が始まった 1 月 24 日午前 4 時から午前 10 までと午後 4 時以降、通常路面温度 T_n (○) は当然ながら 0℃となるのに対して、無散水路路面温度 T_p (△) は 6~9℃を維持している。降雪以前 (1 月 24 日午前 4 時以前) に注目すると、 T_p (約 8℃) は T_n (約 2℃) に比べて常に約 6℃高いレベルにある。この温度差は上述したように降雪時においても保持されており、BHES の余熱運転による融雪効果が認められる。

図-4 に無散水路路面の出入り口温度から算出された地中熱抽出エネルギー密度 E (単位舗装面積当たり) および先述の積雪深 S_D の経時変化を示す。夜間および昼間に関係なく、降雪時 (図中矢印) に E は増大する。特に、降雪の激しかった午後 4 時頃に E は最大 (約 0.23kW/m²) となり、その後降雪が止むとともに低下する。すなわち、地中熱エネルギー E は、融雪舗装体の熱エネルギー需要変動に柔軟に対応して抽出され、BHES は効果的に機能している。

4. おわりに

国道 8 号線中川峠の無散水融雪システムは、車両による雪塊の攪乱や凍結遅延剤の影響はあるが、地中熱の余熱運転による融雪効果 (特に圧雪防止効果) が認められた。

参考文献

- 1) 大木政弘・渡邊 洋・福原輝幸・森山和馬: 掘削杭熱交換方式による地盤蓄熱と路面温度制御, 土木学会水工学論文集, 第 41 巻, pp. 587 - 592, 1997.
- 2) Ohki, M., Watanabe, H., Fukuhara, T. and Moriyama, K.: Control of pavement temperature by bore-hole heat exchange system, Proceeding of 9th International Conference on Thermal Energy Storage, MEGASTOCK '97, Sapporo, Japan, pp. 127 - 132, 1997.

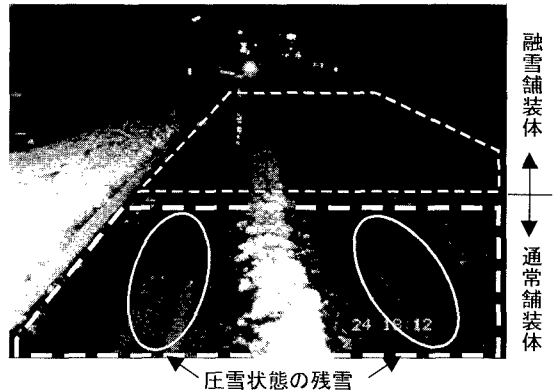


写真-1 通常および無散水融雪舗装体における道路融雪状況の比較 (1998 年 1 月 24 日 18 時撮影)

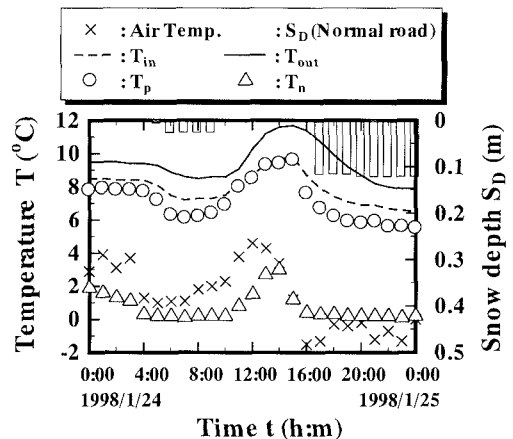


図-3 気温、通常および無散水融雪舗装体温度、杭出入口水温および通常舗装体における積雪深の経時変化

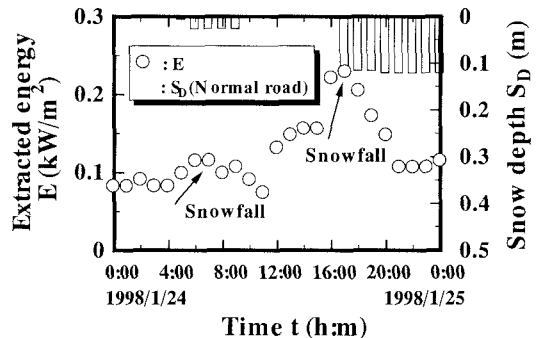


図-4 単位舗装面積当たりの地中熱エネルギー抽出密度