

無散水融雪の経緯と今後について

福井大学工学部	正会員	福原輝幸 ¹
福井大学工学部	正会員	渡邊 洋 ²
近畿技術コンサルタンツ（株）非会員		高木正美 ³
近畿技術コンサルタンツ（株）正会員		○富田邦彦 ⁴

1. はじめに

道の駅「ハチ北」は、兵庫県美方郡加美町村岡区八井谷地区の一般国道9号沿いに1998年3月に地中熱を利用した無散水融雪施設を有する八井谷チェーン着脱場として供用を開始した（図-1参照）。一般国道9号は、京都市を起点として山口県下関市に至る総延長630kmの京阪神と山陰地方を結ぶ大動脈であり、特に八井谷地区は背後に妙見山や鉢伏山などの標高1200m級の山々を控え、冬季にはスキー場への玄関口となる場所にあたる。また、当地区福岡の過去23年間の気象の平均値は、最低気温 -8.3°C 、最深積雪94cm、最深積雪最大値は223cmを記録している。

2006年度を迎え、過去8年間にわたる福井大学による地下水・地中温度データの収集結果を基に、当時の設計条件や融雪能力の検証及びコストパフォーマンスの変遷について記述する。



図-1 道の駅「ハチ北」イメージ図

2. 地中熱を利用した無散水融雪施設システムの概要

近畿では道路融雪対策として地下水や河川水を使った散水融雪が一般的で、無散水のロードヒーティングは殆ど行われていなかった。従来のようにロードヒーティングに電気や化石燃料を利用すると、CO₂排出削減に向けたエネルギー環境負荷が大きくなる。そこで近畿のような暖地積雪地域および環境負荷を考慮して浅層地中熱による無散水融雪施設システムが全国で初めて適用された（図-2参照）。

具体的には、歩道310m²については外管と内管で構成される長さ100mの同軸二重管掘削杭熱交換システム(BHES, φ90/56×100mm×12基)による歩道放熱を採用した(深層地中熱採熱方式)。また、駐車場の1120m²については鋼製及びダクタイル製採熱水槽と駐車場路面下6cmに埋設された鋼製放熱管(φ15mm@100mm)を地中熱で暖められた温水が循環することにより舗装面を加熱し融雪する(浅層地中熱採熱方式)。また、14℃程度の地熱から効率的に採熱・蓄熱するために放熱管(融雪部)と集熱水槽の間に細管集熱器(50A管の集合体)を設置し、集熱水槽に蓄熱するシステムとした。さらに、放熱管を保護するコンクリート舗装材には低水温でも効率的に融雪が可能となるように珪石骨材を使用し、高熱伝導率のプレキャスト製放熱平板を開発し採用した。

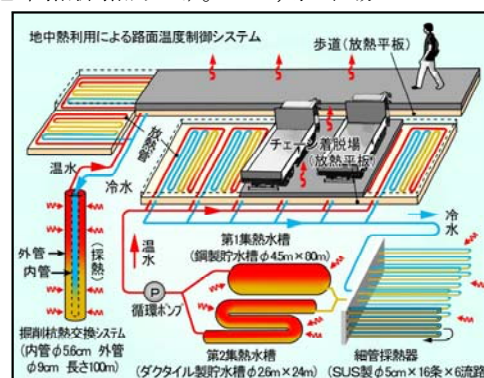


図-2 無散水融雪施設システム

キーワード：地中熱、無散水融雪施設システム、極浅層

¹正会員 福井大学 教授 工学部建築建設工学科(〒910-8507 福井市文京3-9-11 TEL 0776-27-8595, FAX 0776-27-8746)

²正会員 福井大学 特別研究員 工学部建築建設工学科(〒910-8507 福井市文京3-9-11 TEL 0776-27-8595, FAX 0776-27-8746)

³非会員 近畿技術コンサルタンツ（株）業務推進室(〒540-0031 大阪市中央区北浜東2-16 TEL 06-6946-5771, FAX 06-6946-5778)

⁴正会員 近畿技術コンサルタンツ（株）道路交通部(〒540-0031 大阪市中央区北浜東2-16 TEL 06-6946-5771, FAX 06-6946-5778)

3. 設計時と実稼働時の融雪能力の比較

当初設計時の融雪能力は、融雪必要熱量（駐車場の融雪面積 1120m²）に着目した結果、設計時間降雪量 3.0cm/h (2 年確率)とした場合、295w/m²/h となった。また、地中採熱器においては平均地中温度 14℃でタンク採熱器の平均熱貫流率が当初設計時 8w/m²・K に対して、実稼働時は 15w/m²・K となり、当初予想値の 1.9 倍の数値を示す結果となった。

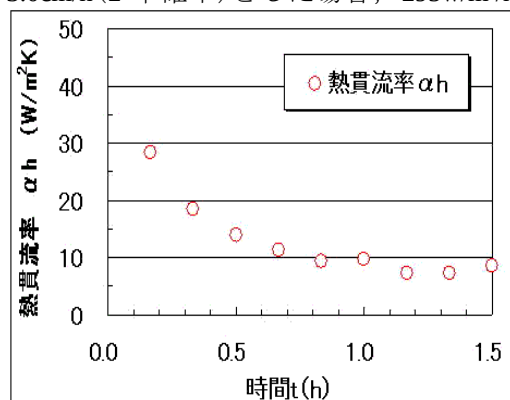


図-3 熱貫流率 α_h の経時変化

タンク採熱器の平均熱貫流率が当初設計時 8w/m²・K に対して、実稼働時は 15w/m²・K となり、当初予想値の 1.9 倍の数値を示す結果となった。鋼製水槽と地盤との間の熱貫流率の試算室内実験では、外径 100mm、長さ 100mm の鋼製円筒を用い、熱電対を実験用貯水槽と現地採取土で埋め戻した模擬地盤にセットし、データロガーで自動記録した温度挙動を基に、貯水槽表面に貼り付けられた熱流計、貯水槽水温及び模擬地盤温度の経時変化により熱貫流率 α_h を算出した。その結果が図-3であり、実験開始から 0.5h ~ 1.5h において α_h の時間変化は小さく、タンク採熱器の平均熱貫流率は約 10w/m²・K を得た。そこで α_h は安全率をみて当初設計時 8w/m²・K と考えた。

以上より、実験時よりも熱効率の良い条件下での施工となった理由として、実稼働時には鋼製水槽のまわりの埋戻し土に碎石を用いたこと、地下水位が予想以上に高位であったことが考えられる。

4. 建設コストの縮減

① 鋼製集熱水槽の採用によるコスト縮減

今回使用した鋼製水槽は熱貫流率が前述したようにコンクリート製の 4 倍となることより、コンクリート製集熱水槽に比べて約 30 % の建設コスト縮減及び集熱水槽の設置の省スペースに貢献した。

② 集熱水槽内の循環水の成層化による集熱槽容量の低減

当初計画では戻り（冷）と送り（温）循環水を別槽にし、戻り循環水専用集熱槽（空集熱槽）を設ける計画であったが、同一集熱槽内で冷温循環水が混合せず成層化するように循環水の出入り口位置、構造、流速等を検討し、これらの点を室内模型実験で確認・解決することで戻り循環水専用集熱槽が不要となった。その結果、集熱槽容量を当初計画の 2/3 に減らすことができ、建設コストの縮減に貢献した。

5. 地中熱利用の課題と展望

① 極浅層地中熱の利用

ここでいう極浅層地中熱は、地表面下 2m 程度の地中熱を対象とする新しい試みである。この付近の地熱は、気温の影響を大きく受けるためトンネル内や建物の床下などの放射冷却の影響を受けない場所を選定し、最近利用されつつある。近畿では、北近畿自動車道春日和田山道路歌道谷トンネル～石オトンネル融雪設備が供用中であり、トンネル内極浅層地中熱と蓄熱水槽を併用したシステムが構築されている。

② コスト削減施策の追求

現在、浅層地中熱採熱方式は北近畿自動車道の山東 PA で 98.1 千円/m²、深層地中熱採熱方式は 99.5 千円/m² と 100 千円/m² を下回るまできており、今後はさらに効率的な融雪システムの設計手法の確立、設計の標準化を図り、蓄積されたデータを有効に利用し、さらなるコスト削減施策の展開が可能である。

解決すべき課題としては、採熱器、採熱器で集熱・蓄熱した熱量を放熱管で融雪するまでの一連の熱移動メカニズムの解明と、貯蔵された熱をより一層有効に利用するための運転制御技術の確立が重要である。

参考文献

- Islam, M.S., Fukuhara, T., Watanabe, H., and Tannaka, A. (2005). Road freezing prevention near funnel mounth using HUT system, *Proceedings of the 22nd Annual Conference of Japan Society for Snow Engineering*, Vol.22, No.4, Page 101-102.