

VII-256

地下貯水槽季節蓄熱方式による融雪システムの熱的特性

—地下貯水槽と地盤との間の熱伝達特性—

福井大学工学部 学生員 渡邊 洋

福井大学工学部 正 員 福原輝幸

建設省

川崎和来

1. はじめに 今冬の日本列島は広い地域で多量の降雪に見舞われた。福井県敦賀市では一晩で 60cm を超える積雪が観測され、数十キロに及んだ国道 8 号線の渋滞は車両交通に大きな支障を来した。これまでの雪害対策は機械除雪および地下水等の散水融雪を中心として展開されてきたが、今回の事態ではより有効な雪害対策の必要性が再認識された。また、近年の自然環境およびエネルギー問題への社会的意識の高まりは、石油や電気によるロードヒーティングおよび地下水の汲み上げに依存する従来の道路融雪に対し、新たな方向性の転換を求めている。

道路融雪には何らかの熱源が不可欠であり、中でも自然熱源としての地熱利用は有効な手段である。その効力は季節的な熱貯蔵技術の導入により実現され、本論で扱う地下貯水槽季節蓄熱方式の道路融雪への利用はすでに実用可能な段階にある。¹⁾ しかしながら、地盤からの採熱効率および地盤への蓄熱効率に影響を及ぼす地下貯水槽と地盤との間の熱エネルギーの伝達メカニズムについては依然として不明な点が多い。

ここでは、地下貯水槽と地盤との間の熱エネルギーの伝達特性について得られた知見を報告する。

2. 貯水槽季節蓄熱融雪システム概要 Figure 1 は福井大学構内に設置された本システムの概要を示す。システムは地下貯水槽（以下、貯水槽と呼称）および無散水融雪装置（以下、融雪舗装体と呼称）から成る。埋設された地下貯水槽は内径 2.1m、高さ 2.2m、厚さ 0.2m の PC 製ヒューム管であり、底部基礎コンクリートには貯水槽と周辺地盤との間の熱交換を促進させるために、10 本の金属板（長さ約 1m）が打ち込まれる。貯水槽の土被り厚は 2m であり、地表面下 0.5m には雨水浸透に対する遮水用のビニールシートが敷設される。また、融雪舗装体は 2m×2m×0.12m のコンクリート製であり、内部には循環パイプ（ $\phi=13\text{mm}$ ）が多重平行流型に埋設される。その配管ピッチは 0.1m、被り厚は 0.03m である。また、融雪状況を比較するための循環パイプを埋設していない舗装体（以下、通常舗装体と呼称）も併せて設置した。なお、気象データ（長波放射量および短波放射量）、貯水槽出入口水温、貯水槽内部水温（約 40 点）および周辺地盤温度（約 80 点）は 30 分毎にコンピューターにより自動計測される。また、システムは計測データを用いてコンピューター制御（今冬は舗装体温度 5℃ 以下の場合にのみ、融雪システムは稼働）されている。

3. 貯水槽と地盤との間の熱伝達特性 Figure 1 に従えば、夏期には路温よりも温度の低い冷水が貯水槽から融雪舗装体へ供給され、路温上昇を緩和する。循環水の温度は融雪舗装体を通過する間に上昇し、再び貯水槽へ戻る。しかし、水温が地温より高い場合、貯水槽から周辺地盤へ向かって熱移動が生じ、周辺地盤に熱エネルギーが貯蔵される。一方、冬期には貯水槽と周辺地盤に蓄えられた熱エネルギーによって路温よりも温度の高い温水が貯水槽から融雪舗装体へ供給され、路温低下を抑制する。循環水の温度は融雪舗装体を循環する間に低下し、貯水槽へ戻る。しかし、貯水槽の水温が地温よりも低くなると、貯水槽は周辺地盤からの熱供給を受けることになる。

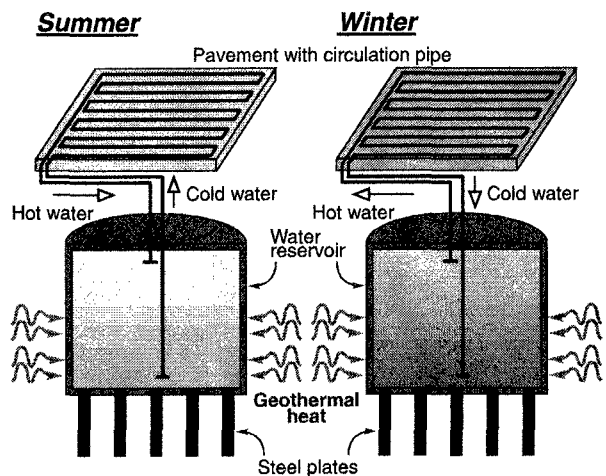


Figure 1 地下貯水槽季節蓄熱方式における熱移動概念図

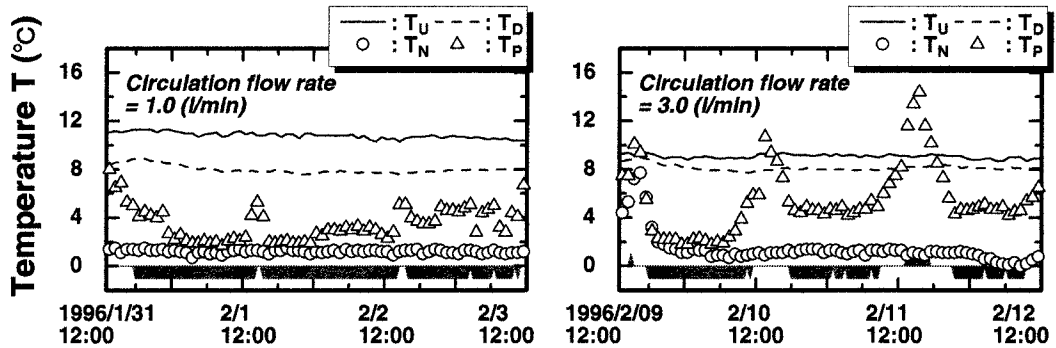


Figure 2 貯水槽上部水温、下部水温、舗装体内部温度およびシステム稼働状況の経時変化

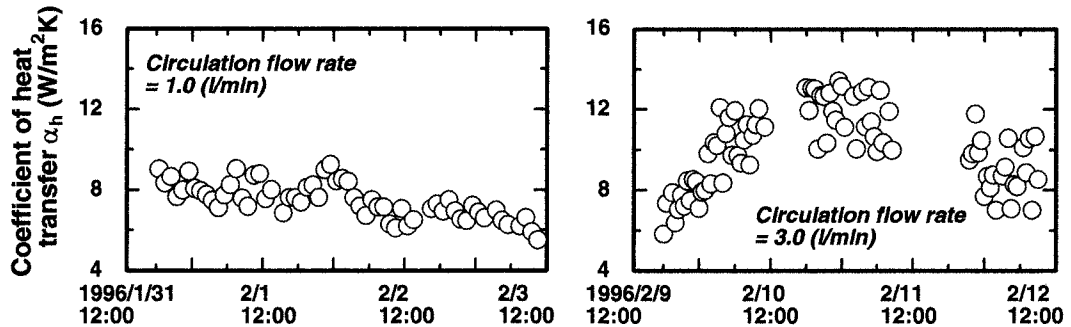


Figure 3 貯水槽と地盤との間の熱伝達係数の経時変化

Figure 2は降雪を観測した1996年1月31日および2月9日からのそれぞれ3日間に渡る貯水槽上部水温 T_U 、下部水温 T_D 、通常舗装体および融雪舗装体表面下0.01mの内部温度(それぞれ T_N および T_P) およびシステム稼働状況の経時変化を示す。両者にはシステム稼働時(T_P が5℃以下の場合で、図中の縦軸0を基に融雪運転時は負、地盤蓄熱運転時は正とした黒塗の領域)の循環水量に違いがあり、前者は約1.0 l/min、後者は約3.0 l/minである。まず、両図における T_U および T_D に注目すると、循環水量が小さい程 T_U と T_D の温度差が大きい。これは循環に伴う舗装体中での水温低下が循環水量減少により顕著となる²⁾ためであり、その結果として貯水槽内部での温度成層化現象が促進される。しかし、循環水量の大小に関わらず、 T_U と T_D の時間的な温度低下(貯水槽内の流体が保有する内部エネルギーの減少)は非常に小さい。次に舗装体内部温度に着目すると、2月9日の昼間を除いて、通常舗装体上には常に約0.05～0.2mの積雪があったため、 T_N は約1.5℃前後でその時間的な変動も小さい。一方、 T_P については今冬を通して常に0℃以上であり、その融雪状況も良好であったことを付記する。

Figure 3はコンクリート壁面を介しての貯水槽と地盤との間の熱伝達係数 α_h を前述の期間中で示したものである。 α_h は貯水槽と地盤との間の熱伝達特性を表現する物理量であり、貯水槽を構成する壁面要素(ここではコンクリート)や貯水槽壁面付近の流体の流動状態によって変化する。循環水量が小さい場合(約1.0 l/min)の α_h は約7から9 W/m²Kであるが、循環水量が大きくなる(約3.0 l/min)ことにより、 α_h は約8から12 W/m²Kと増加する傾向にある。この原因については今後更に詳しく検討する予定である。なお、データのばらつきはシステム稼働直後における内部流体の流動状態の不安定性に起因するものと思われる。

4. おわりに 熱伝達係数の導入により、貯水槽と地盤との間の熱伝達特性の解明を試みた。今後はさらに循環水量の違いだけでなく、貯水槽壁面を構成する要素の違い等も考慮した熱伝達係数のデータの充実を図りたい。また、融雪効率の優れた無散水融雪装置の開発も含めて、より信頼性の高い融雪システムへの最適化を目指したい。

参考文献 1) 渡辺・福原等:貯水槽季節蓄熱方式による路面温度制御 一第一報一、土木学会第50回年次学術講演会、1995 2) 福原・橋本:放熱管を有する舗装体の融雪能力特性、水工学論文集、第36巻、1992