

小規模熱交換杭を利用した路面冷却効果について

鉄建建設 正会員 松岡 茂

同 上 正会員 ○柳 博文

同 上 正会員 松浦和也

1. はじめに

現在、様々な原因により問題化しているヒートアイランドについて、各分野で対策、検討が実施されている。こうした環境問題への対策技術の低コスト化は、外部不経済の縮小という社会的な費用削減という意味でも重要となる。緑化や打ち水等の取組みもなされているが、舗装構造という観点での対策としては、遮熱性舗装や保水性・吸水性舗装等が挙げられる。これらの中には、緑化と同等の温度低下効果が認められるものもあるが、初期費用の高いもの及びメンテナンスが頻繁に必要となるものも少なくない。そこで、ロードクーリング技術を拡充するため、観測井戸や基礎杭を転用・利用することができ、また、冬期には融雪設備としても利用可能な地中熱に着目し、ロードクーリングの安定的な効果と低コスト化の観点から、小規模な熱交換杭による地中熱のみを活用した試験を実施したので、その冷却効果と特性について報告する。今回のロードクーリング試験では、小規模な熱交換杭を使って、地中熱による路面の冷却効果を明確に確認し、その有効性を示すことができた。

2. 試験概要

クーリングシステムの概要を図-1に示す。クーリング舗装の脇には冷却効果の比較のため、無対策の舗装を設置している。熱交換杭は二重管方式とし、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へ熱エネルギーを放出するものである。

冷やされた循環水は、クーリング舗装体に埋設された放熱管（φ15mm）へと流れ込む。放熱管内を流れることで熱エネルギーを吸収（冷却）し、再び熱交換杭の内管に戻る。採熱管は架橋ポリエチレン管を使用し、舗装表面から50mmの位置に100mm間隔で埋設している。当該システムは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。

これら各構造部位の諸元を表-1に示す。融雪試験は流量をパラメータとし、各舗装体の鉛直方向温度分布及びクーリング舗装体及び熱交換杭出入口部の循環水温度を計測した（図-2）。クーリング舗装は厚さ160mmのコンクリート版であるが、地中熱による冷却効果を明らかにするためコンクリート表面に5mm程度の簡易舗装を施している。

3. 杭の放熱特性

冷却試験に先立ち、熱交換杭による放熱試験を実施した。流量をパラメータとし、40ℓ/min～5ℓ/minの範囲で連続的に流量を切り替えた。その時の、流量と杭出入口の温度差の関係を図-2に、流量と杭の単位長さ当たりの放熱量の関係を図-3に示す。図-2より、キーワード ロードクーリング、地中熱、ヒートアイランド、地球温暖化、自然エネルギー

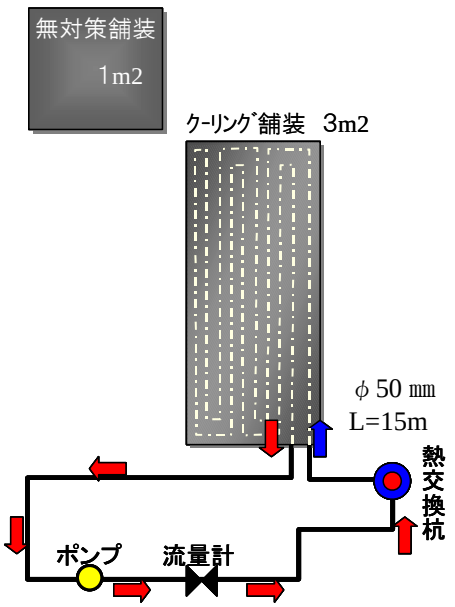


図-1 システム概要図

表-1 システム諸元

部 位	仕 様、形 状	数 量
熱交換杭	外管VP50 (塩ビパイプ) 内管φ25 (ポリエチレン管)	L=15m
流量	Q=5L/min～40L/min (放熱試験) Q=16L/min (クーリング時)	—
融雪舗装体	1m×3m t=160mm	A=3m ²
無対策舗装体	1m×1m t=160mm	A=1m ²
放熱管	架橋ポリエチレン管 φ15mm @100mm	—

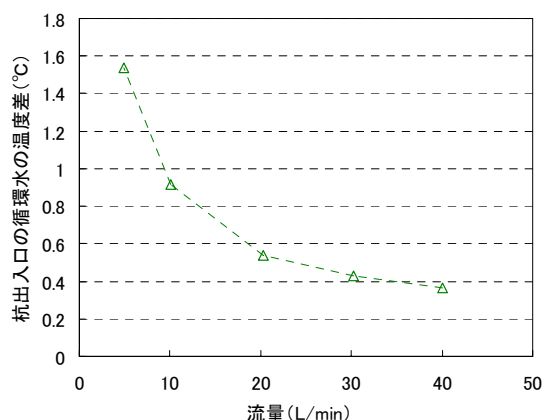


図-2 流量と放熱による循環水の温度低下

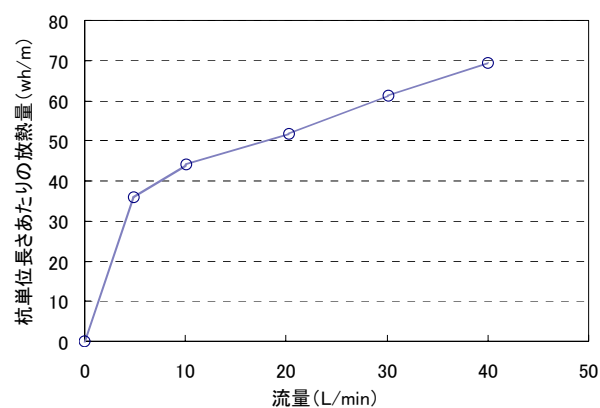


図-3 流量と杭の放熱量

今回の試験範囲では熱交換杭による循環水の温度低下は約 0.4°C ～ 1.6°C の範囲であった。流量の増加と共にその温度差は小さくなり、 10 L/min 以上の流量ではその低下量は逓減する結果となった。これに照応して、図-3に示すように 10 L/min 以上の流量の範囲で、流量の増加に対する放熱量の増分は逓減していることがわかる。

4. 冷却試験結果

次に、舗装表面と循環水の経時的な温度変化を図-4に示す。流量は 16 L/min である。当日は外気温が最高で 30°C 程度であり、その時点の無対策舗装の表面温度は 40°C 程度であった。この時、クーリング舗装は約 35°C であり、その効果は概ね 4°C ～ 5°C であった。今回の試験において、外気温とクーリング効果（各舗装表面の温度差）の関係から無対策舗装の表面温度が 60°C 程度まで上昇するような状況下では約 8°C ～ 15°C の舗装表面温度の冷却効果が期待できると考える。

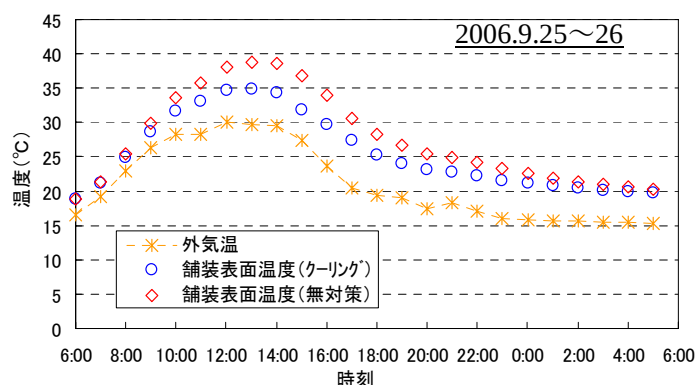


図-4 舗装表面温度の推移(冷却効果)

図-5に熱交換杭による放熱量（冷却）とクーリング舗装で吸収される熱量の経時的な収支関係を示す。放熱（熱交換杭）及び吸収（クーリング舗装）ともに熱量は絶対値で表示している。熱交換杭による放熱能力は、図-5の着目期間では 750 Wh であるのに対して、クーリング舗装による冷却能力（熱の吸収）は 300 Wh 未満である。当該条件下ではロードクーリングの効果は、その冷却能力の 40% 程度にとどまっていることがわかる。

5. まとめ

外径 $\phi 50 \text{ mm}$ 、杭長 15 m という小規模な熱交換杭による地中熱の利用においても、明確なロードクーリング効果があることが確認できた。この他、遮熱性塗料、保水性舗装の併用等を行うことで更なる効果が期待できると考えられる。今後においては、さらに高温な条件下での効果確認やその定量的な評価を行っていく予定である。

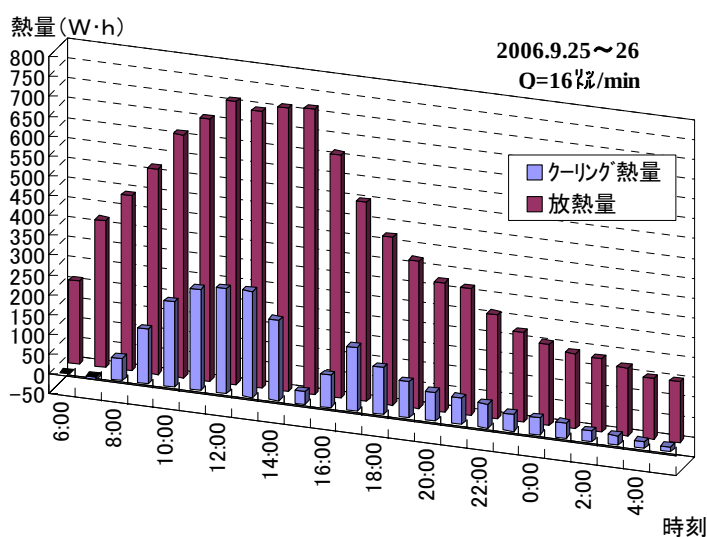


図-5 熱収支の経時変化