

VII-122 寒冷地あるいは橋梁での基礎杭利用地熱融雪の数値シミュレーション

福井県雪対策・建設技術研究所 正会員 宮本重信
 福井県雪対策・建設技術研究所 加賀久宣
 福井大学工学部 機械工学科 竹内正紀

1. はじめに

すでに筆者らは建物の基礎杭を熱交換に兼用しての融雪システム（図-1）を開発し、福井県内3カ所で施工されてきた。地熱利用で環境に優しいだけでなく、電気融雪なみの建設費で、維持管理は循環ポンプの電気代だけと安価であることが実証された。ここでは、北海道のような寒冷地と散水融雪のように散水した水が凍結することが問題となる橋梁での可能性について、検討した。

2. 地盤温度などが融雪に及ぼす影響

1993年1月から現在まで順調に融雪し続けている駐車場の融雪は、PHC杭（長さ35m、内径270mm）で、杭1本当たりの負荷面積は8.9m²/本である。融雪の配管はポリエチレン管で10cm間隔、舗装のかぶりは3cm、舗装は珪石コンクリート（安山岩骨材コンクリートの約2倍の熱伝導率）を用いている。シーズン初めの地盤温度は約15.8℃である。この実際の融雪は、杭の集熱部と融雪面の二つの熱交換をつないだ熱解析に基づく数値シミュレーションの結果とほぼ一致した。また、連続融雪では杭が周りの杭壁・地盤から集熱する熱流束は、融雪開始後から中の水が一巡するまでは冷水が杭に入り急激に増え続け、一巡後は周囲が冷えて次第に低下する。融雪に使用する熱流束は一巡までは一定で、その後徐々に低下する。融雪に取り出す熱量と地熱の集熱量は次第にバランスするようになることが分かっている。

ここでは、札幌市の地盤温度を10.5℃と想定し、連続融雪条件で数値シミュレーションした結果を上述の福井での事例と比較し、図-2に示した。札幌では地盤温度が低いので、そのままでは融雪能力は福井市の約2/3に低下する。そこで、杭1本に負担させる融雪面積を1/2にすると、初期の融雪能力は変わらないが、融雪能力の時間経過による低下は小さくなる結果が得られた。ポリエチレン管を鋼管にすると融雪面の熱抵抗は小さくなり、最初の一巡までの融雪能力はかなり大きくなる。二巡後も、融雪で使われる熱量と集熱量のバランス点がポリエチレン管より高くなり、高い融雪能力が得られる。

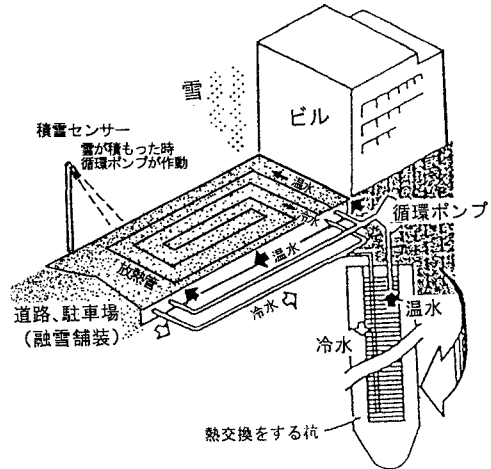


図-1 システム概念図

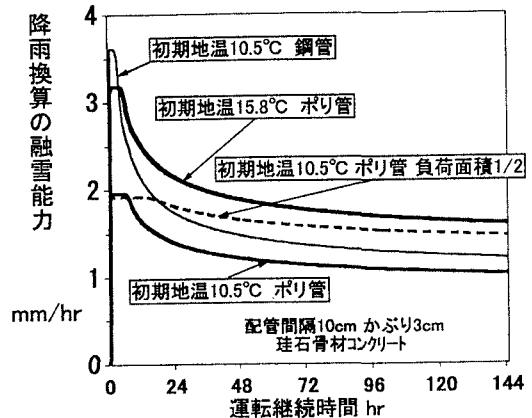


図-2 連続融雪での融雪能力

キーワード：融雪，基礎杭，地熱，数値シミュレーション，橋梁
 〒918-8108 福井市春日3丁目303 TEL0776-35-2412 FAX0776-35-2445
 〒910-0017 福井市文京3丁目9-1 TEL0776-27-8531 FAX0776-27-8748

1993～1994年の1シーズンについて札幌市の気象データに基づき、放熱管を鋼管にし面積負荷は福井と同じ条件でシミュレーションした結果を融雪後の残雪量と杭内部の平均水温について図-3に示した。なお融雪放熱管下40cmの温度を福井市内では4℃で一定としたが、札幌市ではその温度を0℃とし、地表面は断熱と仮定している。融雪能力降雨換算2mm/hrの電気融雪に比べて、本システムの融雪能力は少しずつの降雪であれば上回り、雪が止む間に杭内部水温は回復する。大雪では杭内水温が低下して電気融雪に及ばないが、それでも徐々に溶ける。なお、杭1本当たりの負荷面積を小さくすれば、電気融雪を上回るであろう。

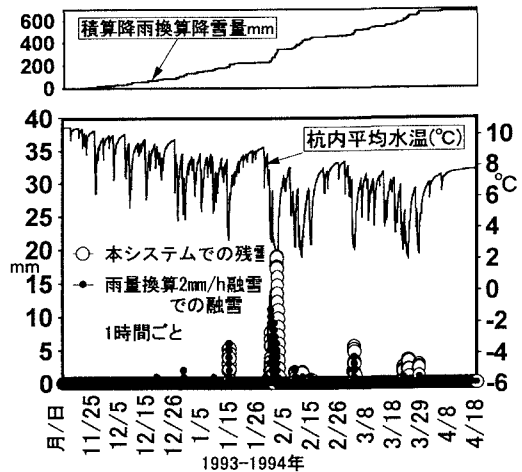


図-3 札幌市1シーズンのシミュレーション

3. 橋梁での数値シミュレーション

橋梁では、径の大きな鋼管杭が多いので、これまでの建物杭とは地熱の集熱などが異なる。そこで、福井県坂井町の清水橋での橋台基礎杭（鋼管径800mm、貯水有効杭長32.8m、30本）を用いて、橋面とその前後取り付け部の融雪（杭1本当たりの負荷面積35.5㎡/本）を想定した数値シミュレーションを行い、融雪後の残雪深と杭内部平均水温を図-4に示した。計算期間は、ここ10年で約60cmと最も積雪の多かった1993～1994年のシーズンを対象にした。放熱管は鋼管15cm間隔、かぶり4cm、珪石骨材を用いた鋼繊維補強コンクリート舗装を融雪部の条件とした。杭1本当たりの負荷面積をかなり大きくしたため、融雪能力が2cm/hrの電気融雪に比べ大雪ではやや劣る結果となった。しかし、車道は除雪区間であることから、この程度で安全で快適な道路となるものと考えられる。また、径の小さなコンクリート杭に比べると、杭断面に対して杭周囲長が小さいから熱ストックは大きい、地熱で集熱する割合は劣る。したがって、杭内水温は低下しにくい、一旦低下すると回復しにくい。そのことから大雪の後の図-4の杭内水温の回復は図-3のそれに比べて遅い。そこで、昼間にポンプを運転し、太陽熱で回復させることも考えられる。

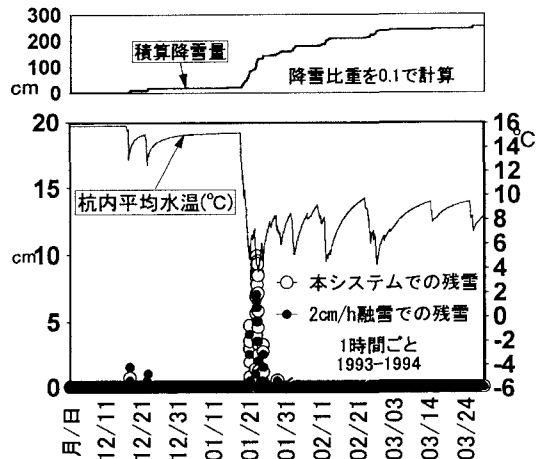


図-4 福井県内・橋梁杭でのシミュレーション

4. まとめ

地温の低い地域であっても、また橋梁のような鋼管杭でも、融雪面の熱抵抗を小さくすることや杭1本当たりの負荷面積を適正にとれば、十分な融雪が可能であることが計算された。橋梁では特に融雪に散水された水が周辺で凍結する問題もあって、橋梁基礎杭を用いた本システムの施工を現在進めている。

文献

- 1) 竹内正紀, 木村照夫, 宮本重信, 坪田諭治: 基礎くい利用地熱融雪法の開発と数値シミュレーション, 空気調和・衛生工学会論文集, No. 52, pp. 59-69, 1992.
- 2) 宮本重信, 竹内正紀, 木村照夫: 基礎くい利用による地熱融雪法の設計施工運転と数値シミュレーション, 土木学会論文集, No. 609, /VI, pp. 99-110, 1998. 12