

IV-187 橋梁路面融雪システムにおける季節間の熱移動特性

広島県庄原土木事務所

財間敏行*

ミサワ環境技術(株)

正会員 森山和馬**

同上

正会員 林 拓男**

同上

正会員 田中雅人**

1. はじめに 近年、地球環境問題への対応として、省エネルギーとともに自然エネルギーなどの未利用エネルギーの活用が注目されている。しかしながら、太陽熱や風力などの自然エネルギーは季節的な変動が大きいので、有効活用される例は少ない。そこで、筆者らは自然エネルギーの中でも安定した熱源である地中熱に着目した掘削杭熱交換システム(BHES)による無散水融雪システムを研究・開発している。昨年6月、国道432号王居峠大橋において、本格的な橋梁路面としては初めて本システムが導入され供用開始となった。

供用開始前の冬期における実証試験で、本システムが設計値を充分満足する融雪効果を発揮することが確認されたが⁽¹⁾、ここでは、本システムによる季節的な熱移動特性について、供用前から継続的に行っている調査により得られた知見を報告する。

2. 融雪システムの概要 BHESは、地下100mまで掘削した採熱用のボーリング孔に二重管の杭熱交換器を設置し、無散水融雪路面に埋設した放熱パイプと閉回路で連結する。路面で冷やされた循環水は、杭熱交換器内部を循環して地中より採熱し、温められた循環水は放熱パイプより路面へ放熱する。夏期には逆に路面の冷却熱を地中へ放熱、蓄熱を行う。(図-1)

本設備による融雪区間は橋梁部(L=150m)及びその両端の緩和区間(L=10m×2)で、融雪面積は1,105 m²、それに対する杭熱交換器の本数は23本となっている。

なお、夏期の蓄熱効果を検証するため、夏期運転しない場合(以下「ケース(1)」)と、する場合(以下「ケース(2)」)について調査し、夏期・冬期における路面温度の特性、地中温度の季節変動、年間の熱移動量についてまとめた。

3. 調査結果 図-2は夏期の路面温度の平均日変化を示している。ケース(2)では、1日を通してケース(1)より低い温度で推移する。特に正午過ぎから夜間にかけて温度差が大きく、5℃前後の冷却効果が認められる。図-3に舗装内部の鉛直温度分布を示した。舗装構造は、改質アスファルト(改質As)と鋼繊維補強コンクリート(SFRC)の二層構造で、表面から7cmのSFRC内に放熱パイプが埋設されている。図-3によると、アスファルト部分で温度変化が大きくなっている。気温がピークとなる14時にはGL-1cmの路面温度が、ケース(1)で約54℃となるのに対してケース(2)では約46℃であり、約8℃の路面冷却効果が確認できる。

キーワード：橋梁路面、無散水融雪システム、地中熱、蓄熱

* 〒727-0011 広島県庄原市東本町1-4-1

TEL 08247-2-2015

FAX 08247-2-7341

** 〒729-6202 広島県三次市向江田町4252-2

TEL 0824-66-2281

FAX 0824-66-2975

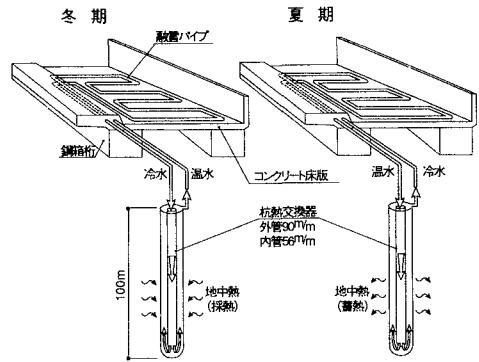


図-1 BHES融雪システム

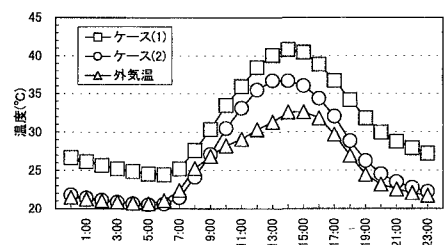


図-2 夏期における路面温度の平均日変化

一方、図-4 は冬期の路面温度の平均日変化を示している。夜間・早朝には非融雪路面の温度がほぼ 0℃となるのに対して、融雪路面ではそれより約 4～7℃高い温度レベルを維持しており、凍結防止効果が認められる。

地中温度の季節的変動を図-5 にまとめた。冬期の採熱によって冷えた地中温度は、ケース(2)では夏期の蓄熱により自然地温より約 3.5℃高い温度まで上昇する。その後、冬期の運転開始までに 2℃程度低下するが、自然地温よりも 1～1.5℃程度高い温度から冬期運転に移行している。一方、ケース(1)では非常に緩やかながら夏期を通して地温が自然回復しており、冬期運転開始時には自然地温より約 0.4℃低い温度まで回復する。

杭熱交換器と地盤の間における年間の熱移動量を図-6 に示した。杭熱交換器から地盤へ移動する熱を正、反対を負とした。5～9月の夏期運転時は正、11～4月の冬期運転時は負となる。6月は梅雨時期で日照時間が少ないため、熱移動量が小さくなっている。また、平成9年度の2月は暖冬のために平成10年度の冬と比較して熱移動量が小さい。このように、熱移動量は気象条件に対応して変動していることがうかがえる。

ケース(2)では、杭熱交換器 1 本当りの夏期の積算蓄熱量は約 6400kwh/本、冬期の積算採熱量は約 4900kwh/本となり、冬期に地中から採熱する熱量の約 1.3 倍の熱量を夏期に蓄熱したことになる。平成 10 年度冬期の採熱量を見てみると、ケース(1)に比べてケース(2)の採熱量が約 26% 多くなっており、夏期の蓄熱が冬期の採熱量の向上にある程度貢献している可能性もある。

4. おわりに BHES による橋梁路面融雪システムにおける季節間の熱移動特性について検討し、以下の結論を得た。

- ① 夏期の地中への蓄熱運転により、平均 5℃前後、ピーク時で約 8℃の路面冷却効果が確認できた。
- ② 夏期蓄熱運転を実施した場合、自然地温よりも 1～1.5℃程度高い地中温度から冬期運転に移行している。一方、夏期蓄熱を実施しなくても自然地温より 0.4℃程度低い温度まで自然回復する。
- ③ 夏期蓄熱運転により、冬期に地中から採熱する熱量の約 1.3 倍の熱量を蓄熱した。
- ④ 夏期蓄熱運転を実施した場合、実施しなかった場合と比較して採熱量が約 26%多くなっており、夏期の蓄熱が冬期の採熱量の向上にある程度貢献している可能性もある。

今後は、冬期採熱のみを繰り返した場合と夏期蓄熱を実施した場合とで、経年的に地中温度や融雪能力・エネルギー収支がどのように変化するのか追跡する。

【参考文献】

- (1) 財間・森山・林・田中:橋梁路面に用いた地中熱利用の無散水融雪システム,土木学会第 53 回年次学術講演会, IV-247, 1998
- (2) 大木・渡邊・福原・森山:掘削杭熱交換方式による地盤蓄熱と路面温度制御,水工学論文集第 41 巻, 1997

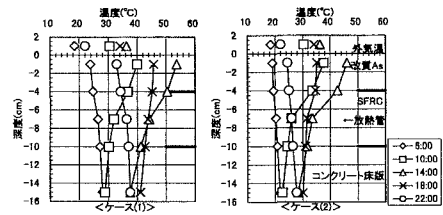


図-3 舗装内部の鉛直温度分布(7月6日)

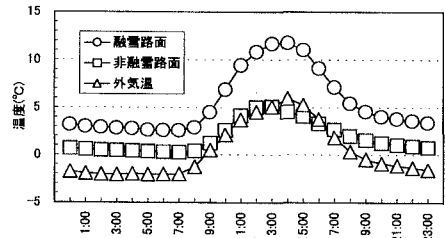


図-4 冬期における路面温度の平均日変化

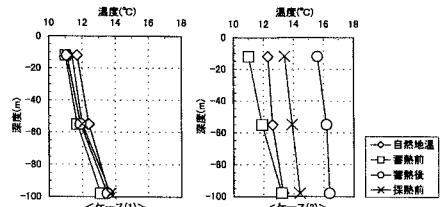


図-5 地中温度の季節変化

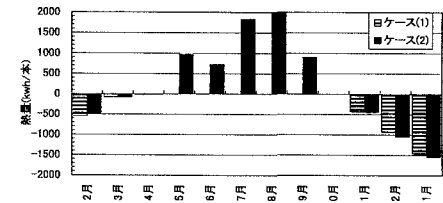


図-6 杭熱交換器1本当りの年間エネルギー収支