

地中熱利用路面融雪と地盤蓄熱効果

建設省三次工事事務所 賛会員 村上芳明*
 同上 賛会員 溝川克巳*
 同上 賛会員 ○小林巨樹*

1. まえがき

地球環境の保全とエネルギー資源に対する関心が高まっている現在、省エネルギーを推進すると共に、太陽熱、風力、地熱等の自然エネルギーや下水熱、廃熱等の未利用エネルギーの活用が注目されている。ただし、これらの未利用エネルギーは一般に熱容量そのものは大きいものの、時間や季節によってその供給量が変動しやすい。これらを有効に活用するため、集熱技術やエネルギー変換技術の向上と共に、供給変動・需要変動に対応できる蓄熱技術が必要となってくる。

地中熱を利用した掘削杭熱交換方式によるBHES融雪は、冬期は融雪に伴う採熱と夏期は路面より太陽熱を地盤へ放熱・蓄熱するといった季節間の熱利用に特徴がある。筆者らは、このシステムをトンネル坑口付近の路面融雪を目的に導入し、その後3年以上に渡り追跡調査を行ってきた¹⁾²⁾。

ここでは、岩盤地域におけるBHESの蓄熱効果を確認するため、経年的な熱移動から夏期蓄熱が冬期採熱に与える影響について検討を行ったものである。

2. 融雪システム概要

BHESは図-1に示すように、地下100m前後の垂直ボーリングを行い掘削杭熱交換器（ポリエチレンパイプ2重管）を設置し、路面に埋設された放熱管と閉回路で連結される。

冬期の場合、路面で冷やされた循環水は内管を下降して外管を上昇する際に、相対的に温度が高い周囲地盤から採熱し、温められた循環水は放熱管より路面へ放熱して融雪・凍結防止に貢献する。

夏期の場合、地盤温度より路面温度が高くなる。路面内を循環することにより太陽エネルギーを集熱し、温められた循環水は相対的に温度が低い地盤へ放熱・蓄熱して、路面の昇温を緩和することが可能である³⁾。

導入場所は中国山地のほぼ中央部に位置する広島県双三郡布野村横谷地内、一般国道54号天狗トンネル両坑口付近の路面で、融雪面積は1625 m²である。地盤は主に花崗岩からなり、全般に硬質な岩体で形成されている。

3. 路面温度制御による熱移動のサイクル

本システムは、冬期（11月中旬～3月）では路面温度が5℃以下に低下すると採熱運転を行い、夏期（4月～11月中旬）では路面温度が25℃以上に上昇すると蓄熱運転を行う路面温度による単一制御方式を採用している。

図-2のうちケース(1)は毎年、採熱と蓄熱を繰り返す熱移動サイクルで行い、ケース(2)は1年目のみ蓄熱を行い、その後2年間は採熱だけの運転を行ったものである。この熱移動サイクルの違い、即ち夏期蓄熱を行った場合と行わない場合で、岩盤の地中温度や冬期の採熱にどの程度影響を与えるかデータを収集した。

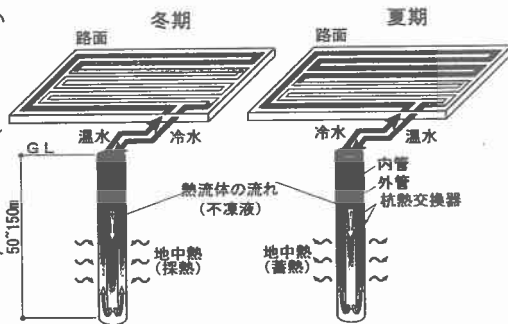


図-1 BHESの熱の流れ概念図

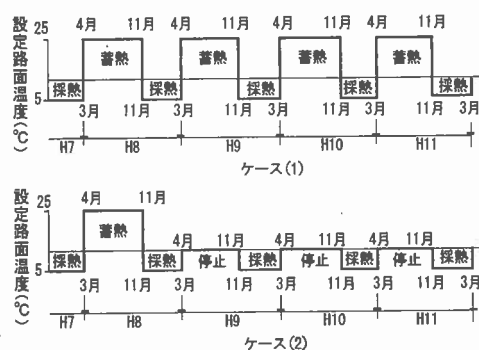


図-2 運転および熱移動のサイクル

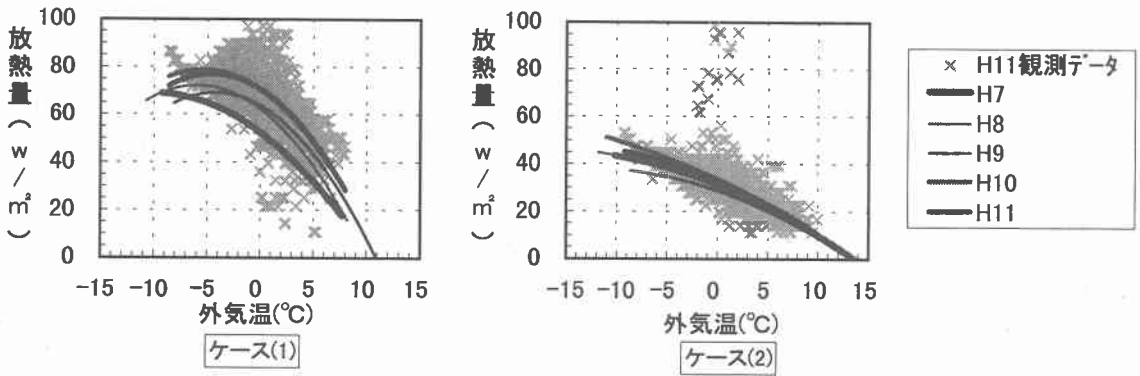


図-3 地中温度の経年的推移

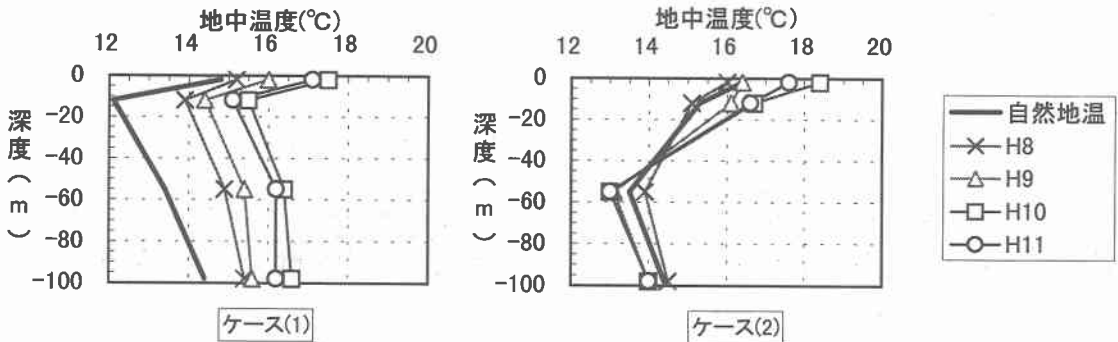


図-4 冬期放熱量の経年的推移

4. 地中温度と冬期採熱量の経年推移

図-3は冬期採熱運転前(11月中旬)における地中温度の鉛直分布の経年変化を示したものである。熱移動サイクルケース(1)は、蓄熱開始後3年間まで経年的に地温が上昇する傾向を示し、自然地温より2~3℃高い温度レベルから冬期の採熱を開始している。その後、4年目の平成11年には地温の上昇はなく、蓄熱の限界もうかがえる。一方、ケース(2)では深さ50m以深において自然地温より約0.5℃低い温度でほぼ平衡状態となっており、蓄熱をせずに冬期の採熱のみを繰り返した場合でも経年的な温度レベルの低下は認められない。

図-4は冬期における外気温と放熱量の関係を近似曲線で表し、その経年変化を示したものである。ケース(1)は放熱量が経年的に増加する傾向を示し、初年度に比較して10~20w/m²の熱量の増大がみられ、杭熱交換器1本単位長さ当たりでは5~7w/mの採熱量の増大になる。ケース(2)では外気温に関係なく、放熱量に経年的な変化はみられない。

ただし、夏期蓄熱・冬期採熱とも、当然その年の気象状況の影響も受けるため、3~4年程度の推移では明瞭かつ定量的な評価は難しいと思われ、さらに長期的にデータを収集する。

5. おわりに

岩盤地域において BHES の蓄熱特性を把握するため、経年的な熱移動について追跡調査を行ってきた。夏期蓄熱により地温及び放熱量の上昇傾向が認められるが、蓄熱の限界もうかがえる。また、夏期蓄熱を行わず、冬期採熱のみ行った場合でも、地温や放熱量の経年的低下は生じていない。これらの地盤の蓄熱特性は、気象条件はもちろん地盤条件等で変化することが予想され、今後も長期的かつ多角的なデータ収集が必要となってくる。

【参考文献】

- 1) 森山・林・田中: 省エネルギー融雪技術の開発ー深層地熱利用融雪システムー, 第22回日本道路会議, 1997
- 2) 村上・溝川・山根: 地中熱利用路面融雪システム, 第11回雪と道路の研究発表会, 1999
- 3) 大木・渡辺・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, 第41回水工学論文集, 1997