

地中熱ヒートポンプシステムの採放熱用群杭の長期運転実績

正会員 ○ 堀尾 岳成 1* 正会員 二木 幹夫 1*
同 佐久間博文 1* 同 菅谷 憲一 1*
同 咸 哲俊 1* 同 久世 直哉 1*

地中熱 群杭 運転実績

1. はじめに

採放熱用群杭（地中熱交換器兼用杭 16 本）を持つ地中熱ヒートポンプシステムについて長期実測を行い、採放熱用群杭の採放熱量と地中温度変動について検討を行ったので報告する。

2. システム及び測定概要

2010 年に竣工した事務所建築に地中熱交換器兼用杭 16 本をもつ地中熱ヒートポンプシステムを導入した。図 1 に地中熱ヒートポンプシステムの概要を示す。建物の床下ピットに熱交換用水槽、循環ポンプ及び配管が設置されており、地中熱交換器兼用杭 16 本は床下ピット下の地中に打設されている。地中熱交換器兼用杭は杭径 162.5 mm×杭長 12m の鋼管杭であり、水を循環させる直接熱交換方式を採用している。図 2 に、杭の配置図及び地中温度の測定位置を示す。各地中温度測定位置は、垂直方向に 4 点（地表面から深さ 2.5m, 4m, 6m, 9m）の熱電対を設置した。循環水温度、循環流量と地中温度は、1 分間隔で測定し記録した。

サーマルレスポンステストによる地盤の有効熱伝導率は 1.45W/m であった。また、地下水流動層検層方法による地下水流速試験結果では深度 3.1m の地下水流速が 4.6×10^{-5} cm/s であった。

3. 地中温度変動状況

図 3 に、2012 年 5 月から 2013 年 6 月までの約 1 年間の循環水温度（杭出入口温度）、地中温度（深さ 9m）と外気温（アメダス気象データ）の変動を示す。杭間の地中温度（測定点 1 深さ 9m）は、夏期の冷房運転期間中に約

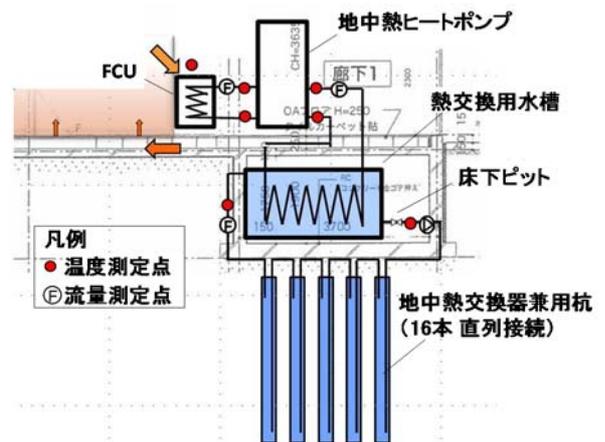


図 1 地中熱ヒートポンプシステムの概要

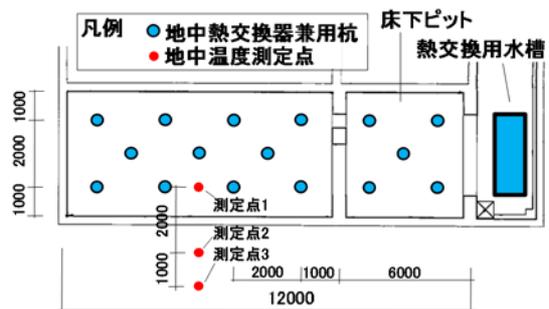


図 2 杭配置と地中温度測定点

8°C上昇し、冬期の暖房期間中にも約 8°C降下した。年間最高温度は 25°C、最低温度は 14°Cで年間変動幅は約 11°Cであり、熱容量が大きいことを考慮すると地盤が熱源として有効に機能していると言える。

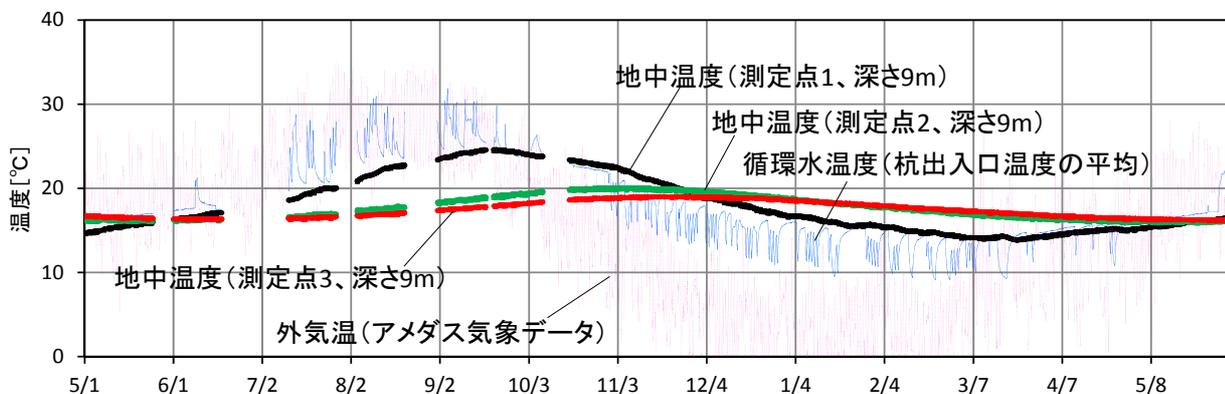


図 3 地中温度変動状況 (2012 年 5 月 1 日～2013 年 6 月 1 日)

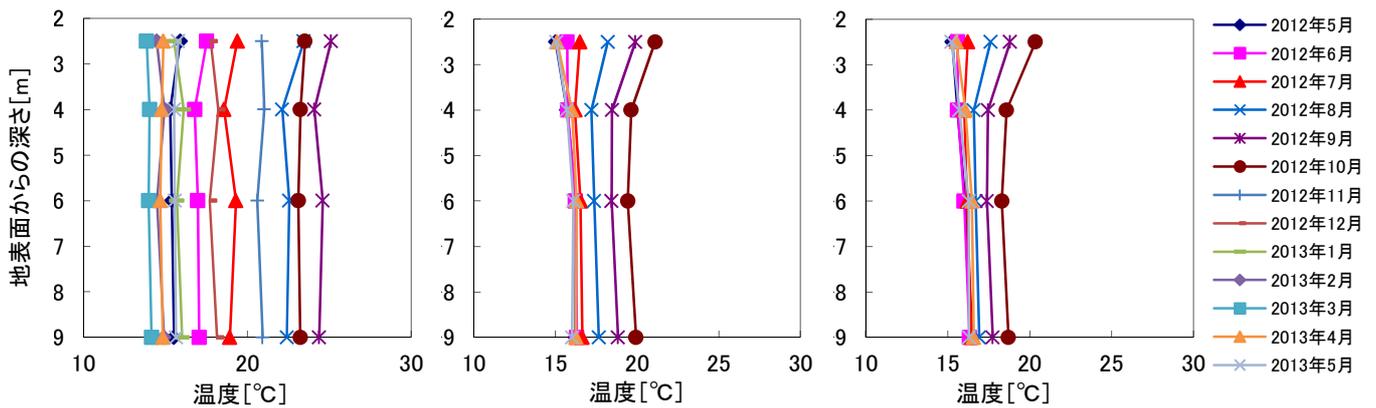


図4 上下温度分布（測定点1） 図5 上下温度分布（測定点2） 図6 上下温度分布（測定点3）

図4~6に測定点1~3の年間上下温度分布を示す。杭間の地中温度（測定点1）は上下温度差が小さく、杭附近の地盤は地表面からの深さに関係なく一体として機能している。測定点2と測定点3は深さ2.5mの地中温度の年間変動幅は大きく、深さ9mの年間変動幅は小さい。これは、地中熱交換器が測定点2と測定点3に与える影響が小さい上に、外気温が地表面近くの地盤に与える影響が大きいことが原因と考えられる。このことから、本システムにおいて地中熱兼用杭は主に杭周辺地盤と熱交換を行うと推測される。

4. 代表日の各部温度変動と採熱量

図7に、冬期代表日の各部温度変動と採熱量を示す。地中熱ヒートポンプを稼働する時間帯における群杭の最大採熱量は6kWで、杭1本の採熱量は375Wであった。なお、杭側循環ポンプを24時間稼働した影響で地中熱ヒートポンプの稼働を停止した夜間においても採熱が行われており、結果として地中温度が低下し続けたことになる。杭側循環ポンプの運転方法がランニングコストだけでなく、地中温度に影響を与えることが分かる。

5. 日平均採放熱量と循環水温度、地中温度との関係

図8に、地中熱ヒートポンプを稼働した時間帯の日平均採放熱量と循環水温度（杭入口）の相関を示す。冬期の採熱運転時は循環水温度が高いほど採熱量が少なく、夏期の放熱運転時は循環水温度が高いほど放熱量が大きくなる傾向がみられた。図9に、地中熱ヒートポンプを稼働した時間帯の日平均採放熱量と地中温度（測定点1深さ9m）の相関を示す。冬期の採熱運転時は地中温度が高いほど採熱量が小さくなる傾向がみられる。夏季の放熱運転時は明確な相関がみられないが、データ数が少ない可能性があると考えられる。

6 おわりに

採放熱用群杭を持つ地中熱ヒートポンプシステムについて長期実測を行い、採放熱用群杭の採放熱量と地中温度変動について検討した結果を報告した。今後も引き続き実測および検討を行う予定である。

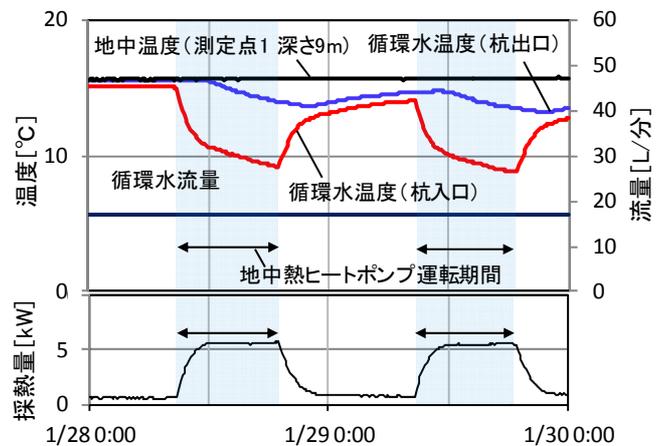


図7 代表日の各部温度推移と採熱量

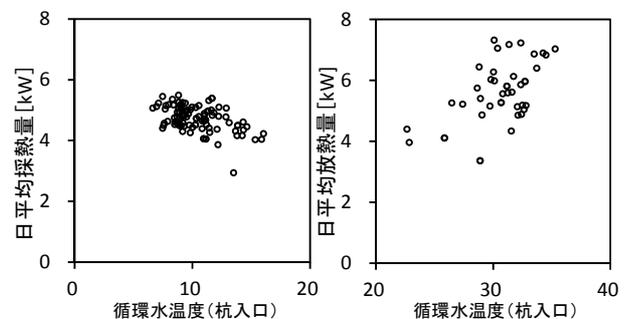


図8 日平均採放熱量と循環水温度の関係

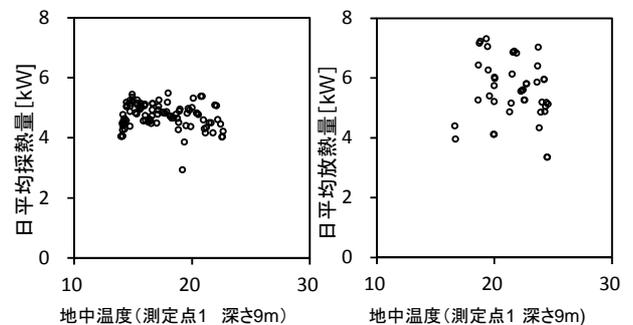


図9 日平均採放熱量と地中温度の関係

*1 (一財) ベターリビング つくば建築試験研究センター

*1 Center for Better Living, Tsukuba Building Research and Testing Laboratory.