

鋼管杭の径違いによる土壤採放熱に関する実験検討

正会員 成 哲俊 1* 正会員 二木 幹夫 1*
同 佐久間博文 1* 同 菅谷 憲一 1*
同 久世 直哉 1* 同 用松 利雄 2*

鋼管杭 地中熱利用 杭径 採放熱 短期実験

1.はじめに

地中熱利用システムの普及化に影響する要因のひとつとして地中熱交換器の設置コストが高いことが上げられている。建物の基礎杭を地中熱交換器として兼用する方法は熱交換器の設置コストを減らす有効な解決策と言える。基礎杭を熱交換器とし兼用する場合、杭からの採放熱量を正確に予測することが地熱利用システムを設計する上で重要な課題である。

本報では杭径が異なる 3 種類の鋼管杭を対象に短期の土壤放熱実験を行い、放熱量や杭内水の温度変動状況について比較検討を行った結果を報告する。

2.実験方法と地盤性状

2.1 実験方法 実験装置を図 1 に、鋼管杭の平面配置と仕様を図 2 に示す。鋼管杭は杭径が 3 種類 (114.3mm、165.2mm、355.6mm) で杭長が 11m のものを地盤に垂直に施工した。地中に埋設された杭の長さは 10m で、地表面に出された 1m の部分は外気への熱損失を減らすため断熱を行った。鋼管杭の先端は閉塞されており、鋼管杭内には熱交換用ポリエチレン製 U 字管 (25A) 1 本を設置してから、水道水を水位が地表面と同じになるまで注入した。U 字管内を循環する熱媒は水で、温水循環装置から送られてきた温水は U 字管を通りながら鋼管杭内の水と熱交換をする。

実験条件を表 1 に示す。鋼管杭内に設置した U 字管入口水温を 30、熱媒水の循環流量を 20L/min に設定した。恒温水循環装置は空調設備の作動時間を考慮して、9 時から 17 時まで、10 時間連続作動するように設定した。1 実験条件の実験期間は 3 日とした。

温度は U 字管出入口の循環水温度、鋼管杭内水の温度を 6 箇所 (2m 間隔) と外気温を T 型熱電対で測定した。U 字管内の循環水流量は電磁式流量計で計測した。計測間隔は 1 分である。

U 字管から鋼管杭への放熱量は U 字管出入口温度差と循環水流量、水比熱から計算し、杭内水の吸放熱量は杭内水の温度差で計算した。鋼管杭から土壤への放熱量は U 字管から鋼管杭への放熱量と杭内水の吸放熱量の差である。熱量計算で用いた杭内水の温度は杭内水温度の測定点 ~ の平均値である。日積算熱量計算は装置の作動時間から 9:00 から翌朝の 9:00 までを 1 日とした。

2.2 地盤性状 実験実施地の土質は、図 1 の地盤調査結果

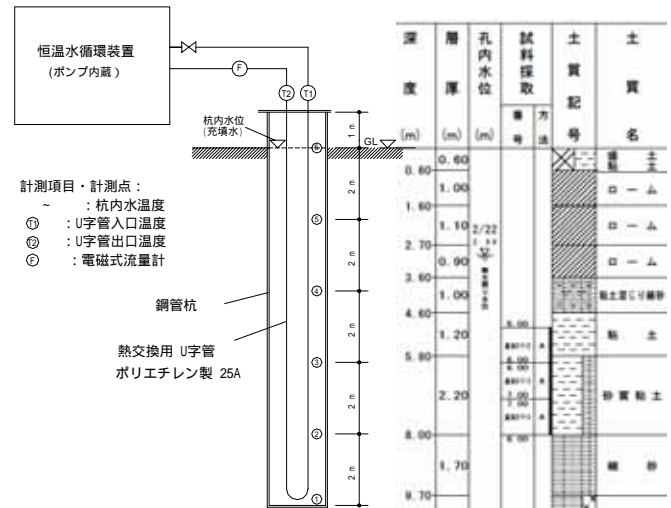


図 1 実験装置と土質柱状図

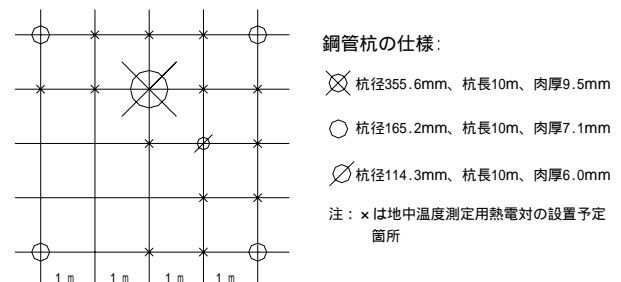


図 2 鋼管杭の平面配置と仕様

表 1 実験条件

実験番号	実験対象杭		U字管入口温度	循環水流量	循環時間	実験期間 (2008年)
	杭径	杭長				
実験1	114.3mm	10m	30 設定	20L/min	9:00 ~ 17:00	4/13 ~ 4/15
実験2	165.2mm	10m				4/07 ~ 4/09
実験3	355.5mm	10m				4/10 ~ 4/12

による土質柱状図に示すとおりである。地盤の有効熱伝導率は、杭径 165.2mm の鋼管杭を用いて実施したサマールレスポンス試験 (平均加熱 404W、循環水流量 19.8L/min) で、1.45W/mK と推定された。

3.実験結果

3.1 杭内水の温度変動状況 実験 1 ~ 実験 3 における各部温度変動状況と 1 時間毎の積算熱量を図 3 ~ 図 5 に示す。朝 9 時に恒温水循環装置が作動を開始すると同時に杭内水の温度は急激に上昇し、作動を停止する時には作動直前温度より 3 ~ 6 上昇した。装置が作動を停止した 19 時以降、杭内の水は土壤への自然放熱により水温が徐々

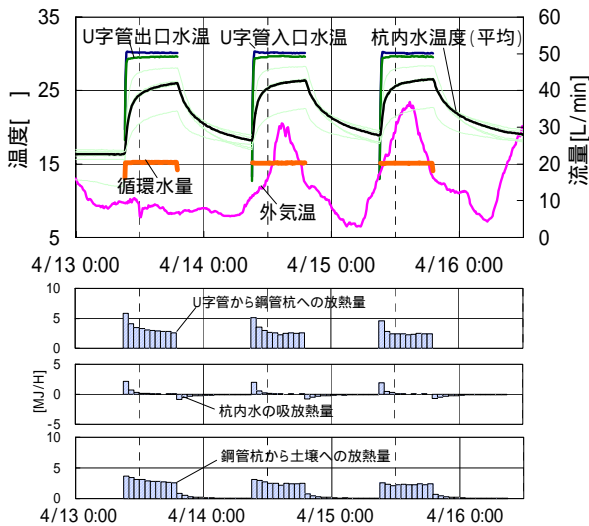


図3 各部温度変動と時間積算熱量（実験1）

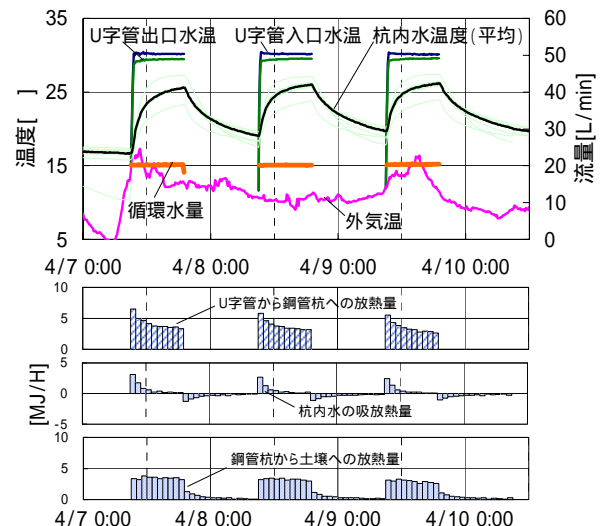


図4 各部温度変動と時間積算熱量（実験2）

に下がり、装置が再作動する翌朝の9時には前日の9時より1~3℃高い温度まで回復した。杭径別の温度上昇幅と温度回復幅をみると杭径が大きいほど温度の変動幅が小さい。杭内水の垂直温度分布は、恒温水循環装置が作動する時間帯には温度差が1℃程度と小さく、作動停止後は地表面に近い側の水温の下がり幅が大きかった。

3.2 杭内水の吸放熱量 図6に杭内水の日積算吸熱量と日積算放熱量を示す。吸熱量は恒温水循環装置が作動した時間帯の杭内水の温度上昇分であり、放熱量は装置停止後に杭内水から土壌へ放熱した分である。1日目は実験開始前の杭内水の熱容量の影響で、日積算吸熱量と日積算放熱量で大きな差があったが、3日目になると初期熱容量の影響が少なくなり、日積算吸熱量の約95%を夜間にかけて土壌へ放熱する。今回の短期実験結果では杭径が大きい杭内水の日積算吸放熱量が大きく、これは杭径が大きいほど間欠運転を行う地熱利用システムには有利な結果になるが、長期実験によるさらなる検討が必要である。

3.3 鋼管杭の日積算放熱量の比較 図7に杭径別の単位長さあたり日積算放熱量を示す。杭内水の初期状態の影響が比較的少ない3日目の結果では杭径114.3mmの鋼管杭は2.6MJ/日・m、杭径165.2mmの鋼管杭は3.5MJ/日・m、杭径355.6mmの鋼管杭は4.4MJ/日・mであった。杭径が大きいほど日積算放熱量が多いが、日積算放熱量と杭径（杭表面積）は正比例関係ではない。

4. おわりに

本報では杭径が異なる3種類の鋼管杭を対象に短期の土壌放熱実験を行い、土壌放熱量や杭内水温度変動状況の比較検討を行った。今後は長期の採放熱実験によって検討を行う予定である。

参考文献：

- 1) 森野仁夫 岡建雄：鋼管杭による土壌放熱・採熱に関する研究 日本建築学会計画系論文報告集 第404号 1989年10月

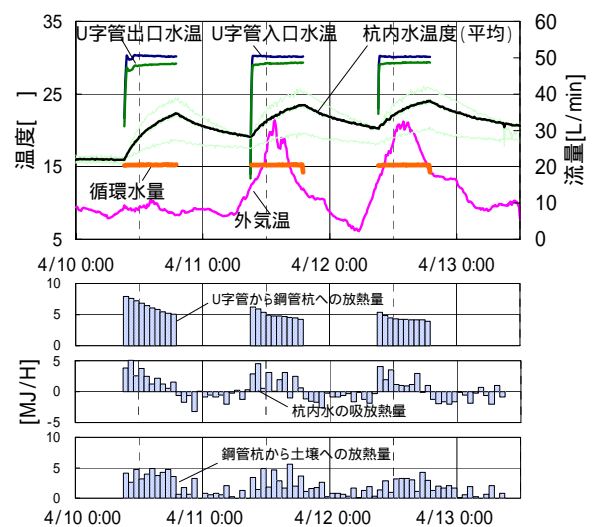


図5 各部温度変動と時間積算熱量（実験3）

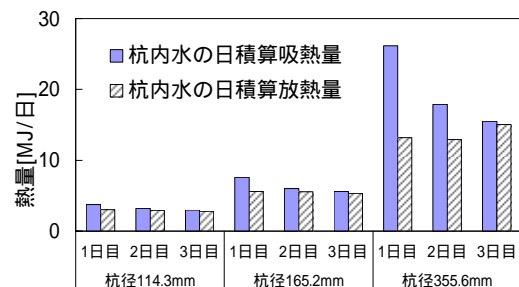


図6 杭内水の日積算吸放熱量

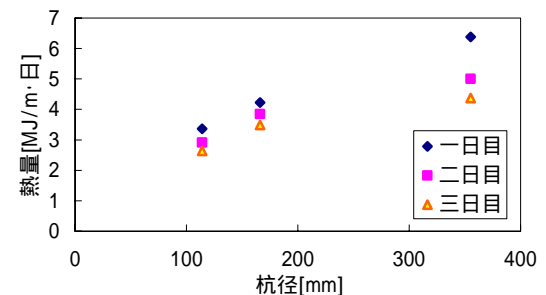


図7 鋼管杭の単位長さあたり日積算放熱量

*1 財団法人ベターリビング つくば建築試験研究センター
*2 旭化成建材株式会社 商品開発部

* 1 Center for Better Living, Tsukuba Building Test Laboratory
* 2Asahikasei Construction Materials Corporation