

鋼管杭を利用した直接熱交換式による地中採放熱に関する実験

正会員 成 哲俊 1* 正会員 大岡 龍三 2*
同 二木 幹夫 1* 同 佐久間博文 1*
同 菅谷 憲一 1* 同 久世 直哉 1*

鋼管杭 直接熱交換式 採放熱 実験

1.はじめに

本報では鋼管杭を対象に直接熱交換式による採放熱実験を行った結果を報告する。

2.実験方法と実験条件

2.1 実験方法 実験装置の概要を図 1 に、鋼管杭と地中温度測定点の平面位置関係を図 2 に示す。実験対象杭は杭径 165.2mm、杭長 6m、肉厚が 7mm の鋼管杭であり、茨城県つくば市の BL 敷地内に設置した。地中に埋設した杭の長さは 5m であり、地上に残った 1m は 100mm 厚の断熱材で囲んだ。鋼管杭の先端は閉塞されており、鋼管杭内には恒温水循環装置からの温水(冷水)が送られる長さ 2m の塩ビ管と鋼管杭内水を恒温水循環装置に送る長さ 6m の塩ビ管が設置されている。恒温水循環装置から送られる温水(冷水)は 2m の塩ビ管入口から鋼管杭内に開放された後、鋼管杭壁と熱交換を行ないながら冷やされて(暖められて)杭先端にある 6m 塩ビ管から恒温水循環装置に送る。

地盤調査結果による土質柱状図を図 3 に示す。トレーサーによる地下水流動層検層方法(JGS1317-2003)による測定結果では深度 3.1m の地下水流速が 4.6×10^{-5} cm/s と推定された。

2.2 実験条件

夏季の放熱実験条件と実験期間を表 1 に、冬季の採熱実験条件と実験期間を表 2 に示す。24 時間採放熱と 8 時間採放熱の 2 条件ずつ実験を行った。24 時間採放熱は恒温水循環装置が 24 時間作動する条件で、8 時間採放熱は恒温水循環装置が 9:00~17:00 に作動する条件である。なお、8 時間採放熱は空調設備の間欠運転を想定した実験であり土日は採放熱しない設定にした。

恒温水循環装置の設定は、夏季の放熱実験では杭入口温度を 30、杭内水の循環流量を 20L/min にし、冬季の採熱実験では杭入口温度を 5、杭内水の循環流量を 10L/min にした。

温度測定は杭内水の杭出入口温度、鋼管杭内水の温度 5 点と地中温度を鋼管杭中心から半径方向で 0.5m と 1.0m 離れた地点(以下半径 0.5m、半径 1.0m という)の深度方向で 5 点ずつにした(図 1)。循環流量は電磁式流量計で計測した。計測間隔は 1 分である。

3.実験結果

3.1 夏季の放熱実験結果 24 時間放熱実験の各部温度と

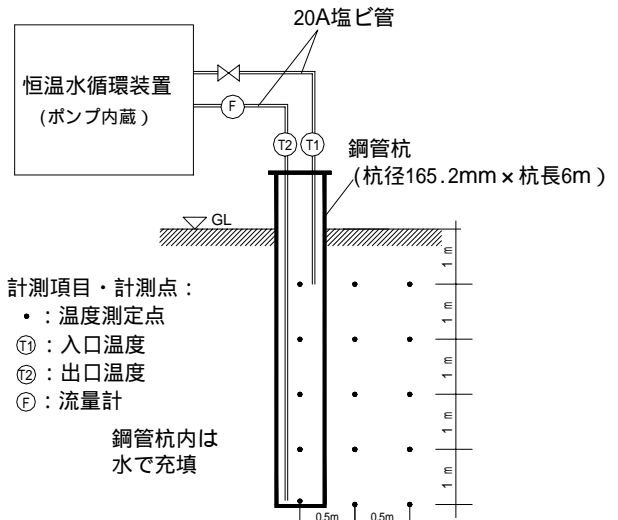


図 1 実験装置の概要

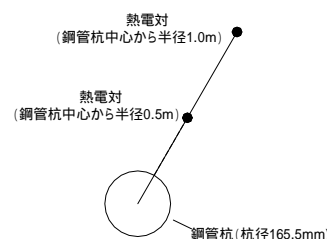


図 2 鋼管杭と温度測定点の位置

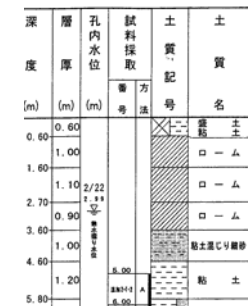


図 3 土質柱状図

表 1 夏季の放熱実験条件と実験期間

実験条件	放熱運転時間	杭入口温度設定	循環流量	実験期間	日数
24時間放熱	24時間	30	20L/min	2008/08/18-2008/08/24	7日
間欠放熱	9:00~17:00	30	20L/min	2008/08/25-2008/08/29	5日
	恒温水循環装置停止			2008/08/30-2008/08/31	2日
	9:00~17:00	30	20L/min	2008/09/01-2008/09/05	5日
	恒温水循環装置停止			2008/09/06-2008/09/07	2日

表 2 冬季の採熱実験条件と実験期間

実験条件	採熱運転時間	杭入口温度設定	循環流量	実験期間	日数
24時間採熱	24時間	5	10L/min	2008/12/26-2009/01/09	14日
間欠採熱	9:00~17:00	5	10L/min	2009/01/19-2009/01/23	5日
	恒温水循環装置停止			2009/01/24-2009/01/26	3日
	9:00~17:00	5	10L/min	2009/01/27-2009/01/30	4日
	恒温水循環装置停止			2009/01/31-2008/02/01	2日

鋼管杭の放熱推移を図 4 に示す。杭内水の平均温度は実験開始とほぼ同時に 30 付近で安定して推移し、深度 1m~4m の杭内水の上下温度分布は約 0.2 と少なかった。鋼管杭の放熱は試験開始直後が最も高く、その後放熱時間が長くなるにつれ減少する。比較的安定した 4 日間の鋼管杭(5m)の平均放熱は 213.7W であった。8 時間放熱

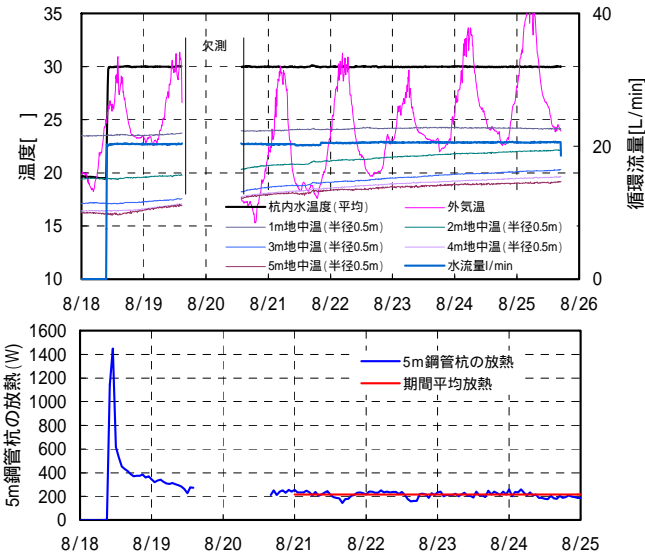


図4 夏季の放熱実験結果（24時間放熱）

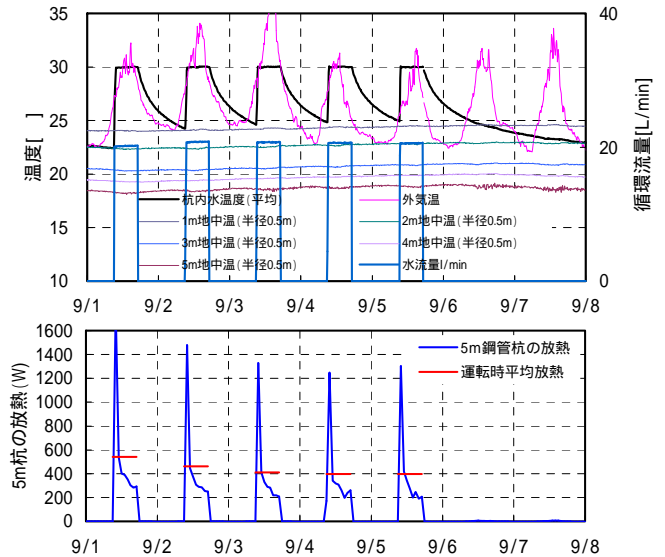


図5 夏季の放熱実験結果（8時間放熱）

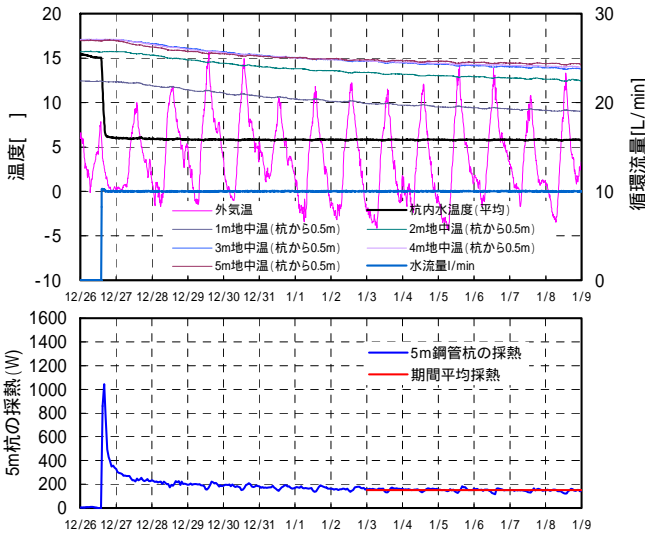


図6 冬季の採熱実験結果（24時間採熱）

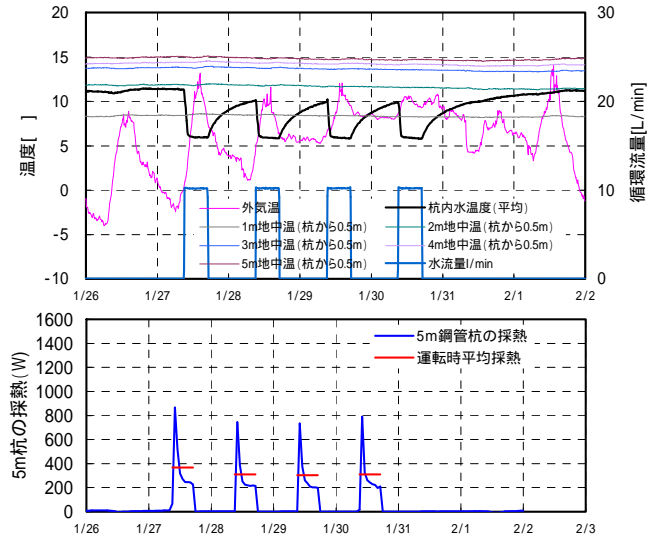


図7 冬季の採熱実験結果（8時間採熱）

実験結果を図5に示す。運転時平均放熱は9/1の542.3Wから毎日減少して9/5に397.7Wともっとも低くなるが、それでも24時間連続放熱時よりは高い結果となった。半径0.5m地点の深度3m、4m、5mの地中温度は、若干ではあるが9/1~9/5は上昇し9/6~9/7は下がる。

3.2 冬季の採熱実験結果 24時間採熱実験結果を図6に、8時間採熱実験結果を図7に示す。24時間連続採熱実験の期間平均採熱は151.4Wで、8時間採熱実験の運転時平均採熱は1/27は366.5W、1/30は310.1Wであった。

3.3 24時間採放熱と8時間採放熱の比較 24時間採放熱実験と8時間採放熱実験の代表日の運転時平均採放熱、日積算採放熱量と各部日平均温度を表3に示す。日積算採放熱は作動時間が長い24時間採放熱実験が大きいですが、8時間採放熱実験は運転時平均採放熱が約2倍以上大きく、日積算採放熱量は24時間採放熱実験の約80%にも達した。

表3 代表日の日平均採放熱と日積算採放熱量

実験条件	実験日	日平均採放熱	日積算採放熱	杭内水の平均温度	日平均外気温	日平均地中温度		
		W	MJ			半径0.5m	半径1.0m	
放熱実験	24時間放熱	8/21	213.0	18.4	30	22	19	17
		8/24	203.6	17.6	30	27	20	17
	8時間放熱	9/1	542.3	15.6	30	26	20	18
		9/5	406.1	11.5	30	25	21	18
採熱実験	24時間採熱	1/5	152.7	13.2	6	3	14	17
		1/8	145.4	12.6	6	3	14	16
	8時間採熱	1/27	366.3	10.8	6	8	14	15
		1/30	305.9	9.0	6	10	14	15

循環ポンプの電力消費量を考慮すると8時間採放熱が効率よく採放熱する結果となった。

4.おわりに

本報では、杭径165.2mm杭長が5mの鋼管杭を対象に直接熱交換式による採放熱実験を行った結果を報告した。

謝辞： 鋼管杭設置と地中への熱電対設置は旭化成建材㈱のご協力によって行われた。ここに記して謝意を表す。

*1 (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 Test Laboratory

*2 東京大学 生産技術研究所 准教授 工博

*2 Asso.Prof., Dr.Eng., Institute of Industrial Science, University of Tokyo.