

シーズ支援プログラムの取り組み 「準浅層における低コスト熱応答試験」について

藤沼 伸幸¹⁾

1. はじめに

再生可能エネルギー利用分野のひとつとして、エネルギー交換の効率が良く節電や省エネによるCO₂排出量抑制効果とヒートアイランド現象の緩和効果が期待される地中熱利用の導入促進が期待されています。

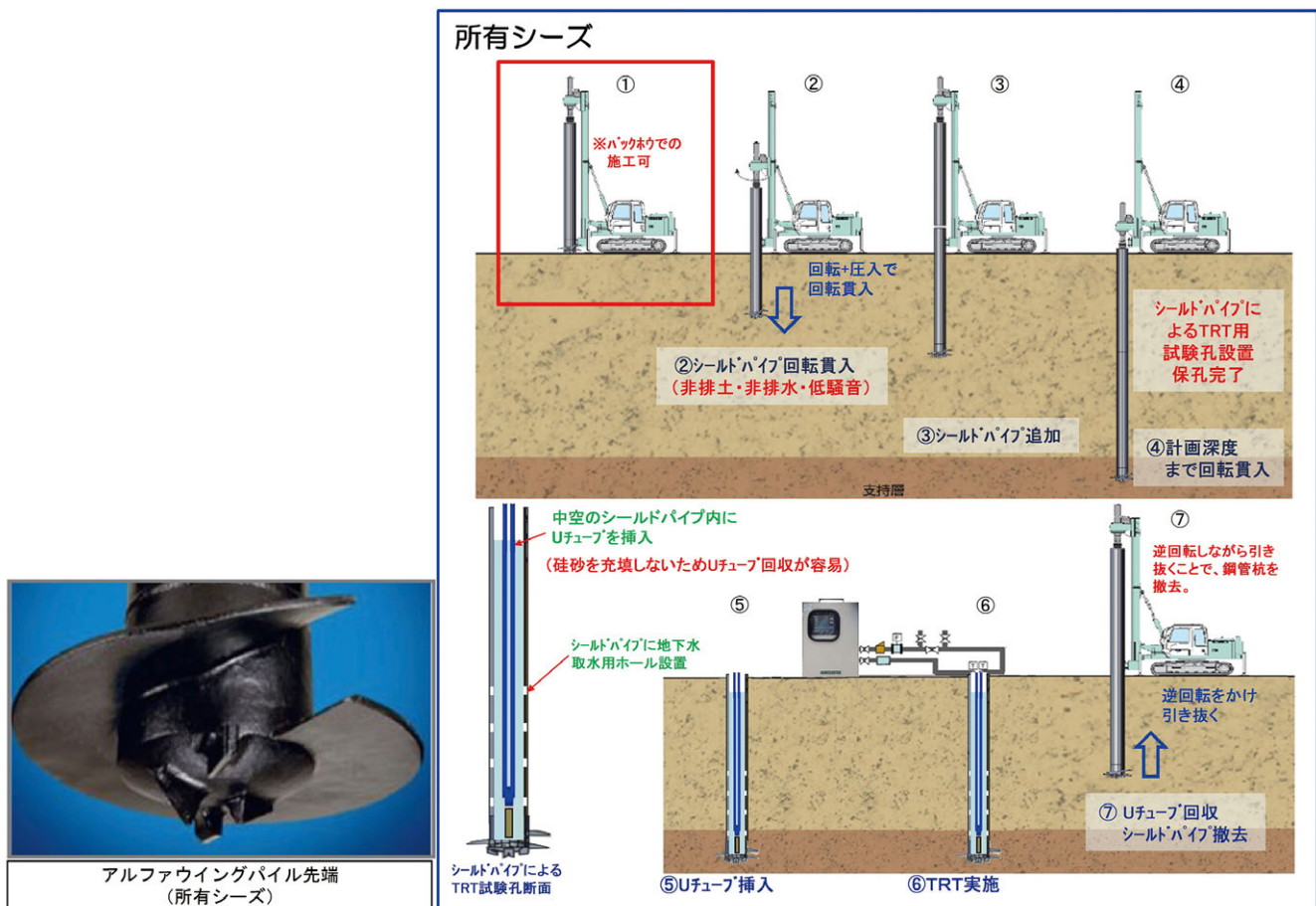
地中熱利用設備の設計・検討のためには見かけの熱伝導率を求める必要がありますが、そのための熱応答試験(Thermal Response Test: TRT)では掘削機械によるポアホール型地中熱交換器の設置が必要であり、このコストが初期コストの増加の要因のひとつとなっています。

私たちは既存工種の一つである回転埋設鋼管杭を技術シーズとし、平成28年度・29年度の産総研シーズ支援事業の採択を受けました。

今回は私たちが挑戦した非排水・非排土で熱応答試験に必要な採熱管を埋設し、低コストで地下水流動の影響も併せて把握できる「準浅層における低コスト熱応答試験」を実施する技術開発について紹介いたします。

2. 非排水非排土工法による熱応答試験

低コスト熱応答試験に用いる非排水非排土工法は、弊社



第1図 所有シーズを利用した熱応答試験の実施

1) 新協地水株式会社 (〒963-0204 福島県郡山市土瓜一丁目13-6)

キーワード：産総研シーズ支援プログラム、地中熱利用技術、熱応答試験(TRT)、熱の移流効果

の所有シーズである建築基礎鋼管杭「アルファウイングパイル工法」を応用しています。「アルファウイングパイル工法」は翼が付いた形状の杭先端部を鋳鉄で作成し、地盤に杭体を回転貫入させる鋼管杭の工法です。非排水非排土工法による熱応答試験では先端部を接続したシールドパイプ(鋼管)を地中に回転貫入させ、その中に採熱管(Uチューブ)を挿入して熱応答試験を実施します(第1図)。本工法の利点は、①回転貫入のため排水・排泥がほとんど発生せず低騒音での施工が可能。②シールドパイプ内に珪砂を充填しないためUチューブの引抜きが可能。③試験終了後はシールドパイプを抜管することができるため現況復旧が容易かつ地中残置物がないことです。

本工法が対象とする深度は概ね GL-30.0 m ~ -40.0 m の深度で、準浅層と呼称しています。地中熱利用は GL-10.0 m より深部では温度の季節変化が無くその場所の年平均気温とほぼ等しくなることを利用し、効率良く熱エネルギーを利用する技術です。この地中熱利用の対象となる地盤の構成は、花崗岩などの硬質岩盤や凝灰岩や砂岩などの半固結～固結状の岩盤の上部に泥・砂・礫等の未固結堆積物が分布するのが一般的です。準浅層の未固結堆積部のうち透水性が高く、地下水の流速・流動が大きい地層では、熱が地下水と共に移動する熱の移流効果が期待できます。このため高い見かけの熱伝導率を得ることができ、効率良く地

中熱を利用できる可能性があります(第2図)。

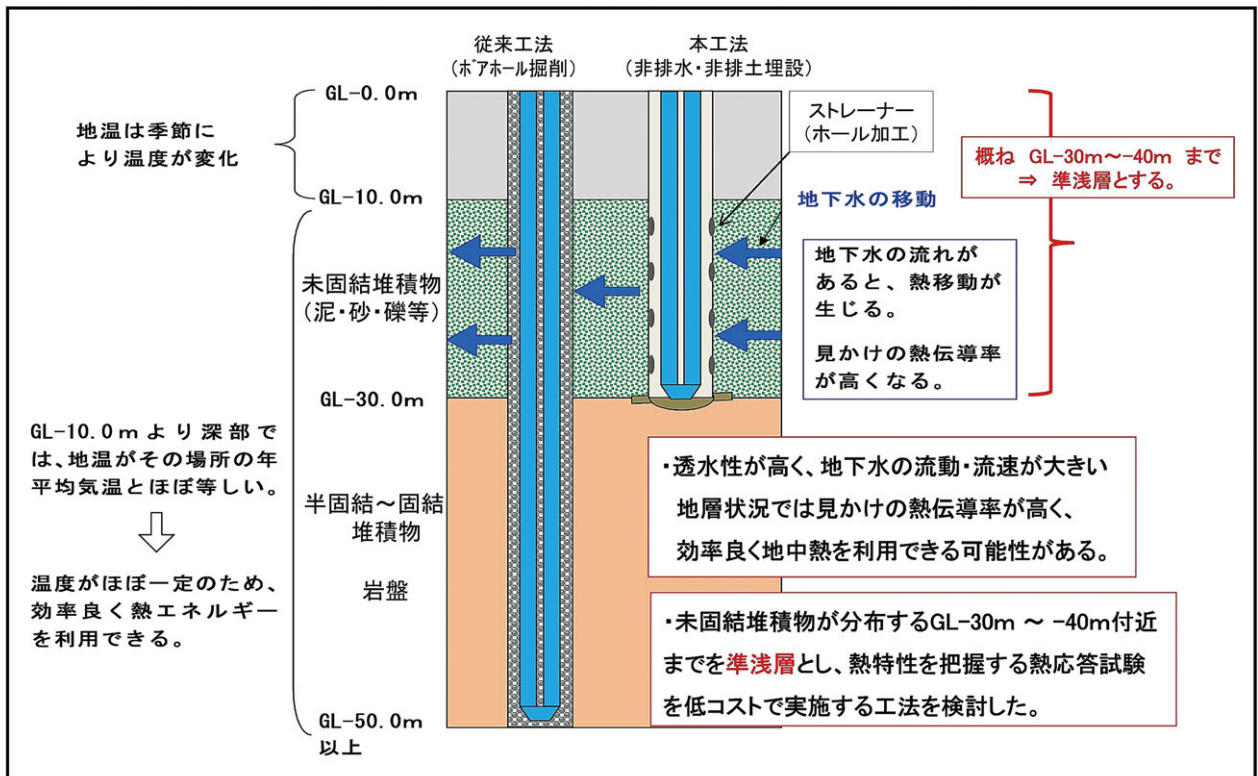
私達は地下水流動による熱の移流効果を期待できる準浅層を対象とし、非排水非排土工法による低コスト熱応答試験の実証試験と、地下水流動をシールドパイプ内に取り込む有孔管のホール加工部における土砂の流入防止機構の開発に取り組みました。

3. シーズ支援プログラムにおける成果について

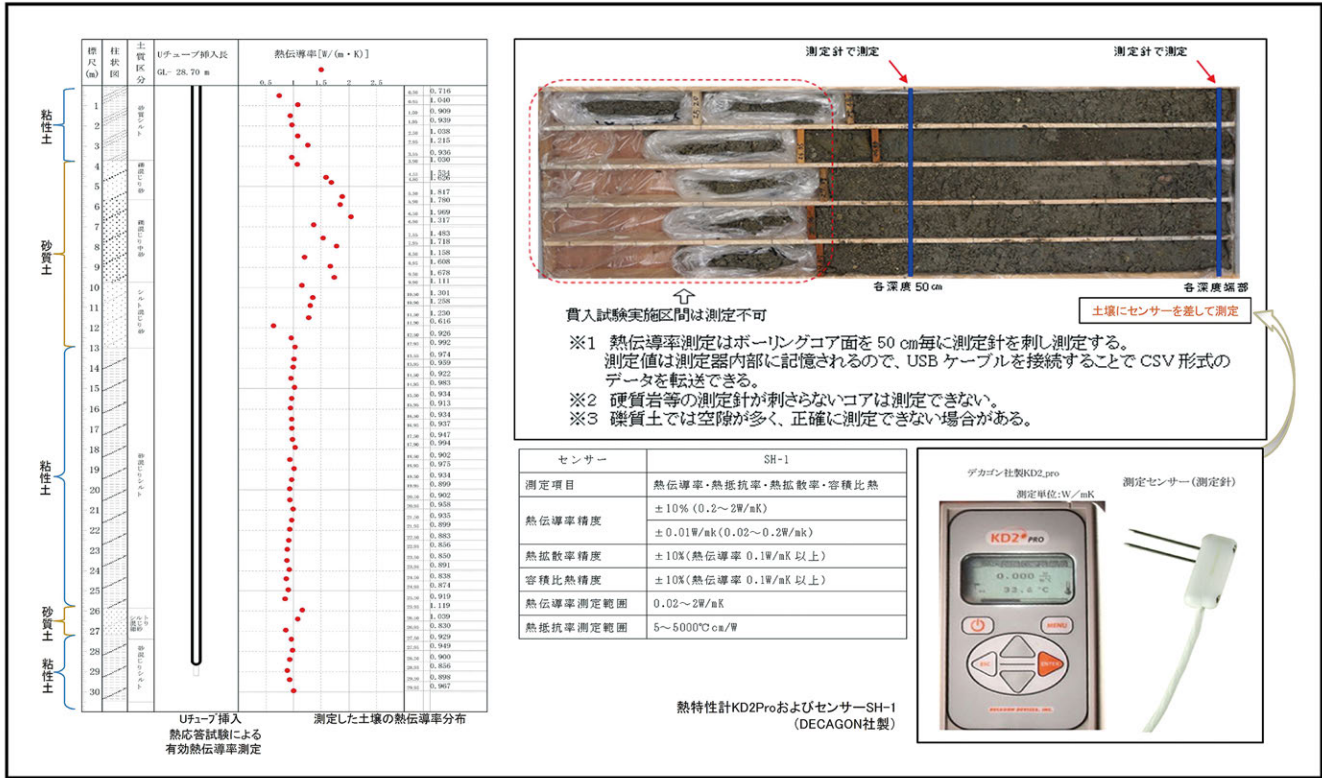
低コスト熱応答試験の評価にあたり、はじめに産総研から技術シーズ支援により各試験地で採取したボーリングコア試料(GL-30.0 m)の有効熱伝導率を50 cm毎に測定し、土質区分ごとの加重平均値から地盤構成による有効熱伝導率を決定しました(第3図)。

次に、非排水非排土工法によるUチューブ設置後に熱応答試験を実施し、その結果を地盤構成による有効熱伝導率と比較しました。結果として非排水非排土工法を用いて測定した熱応答試験の見かけの熱伝導率が地盤構成による有効熱伝導率に比べ20%～50%高い数値を示すことを確認しました(第4図)。これは地下水流動による熱の移流効果が反映された結果であると考えられます。

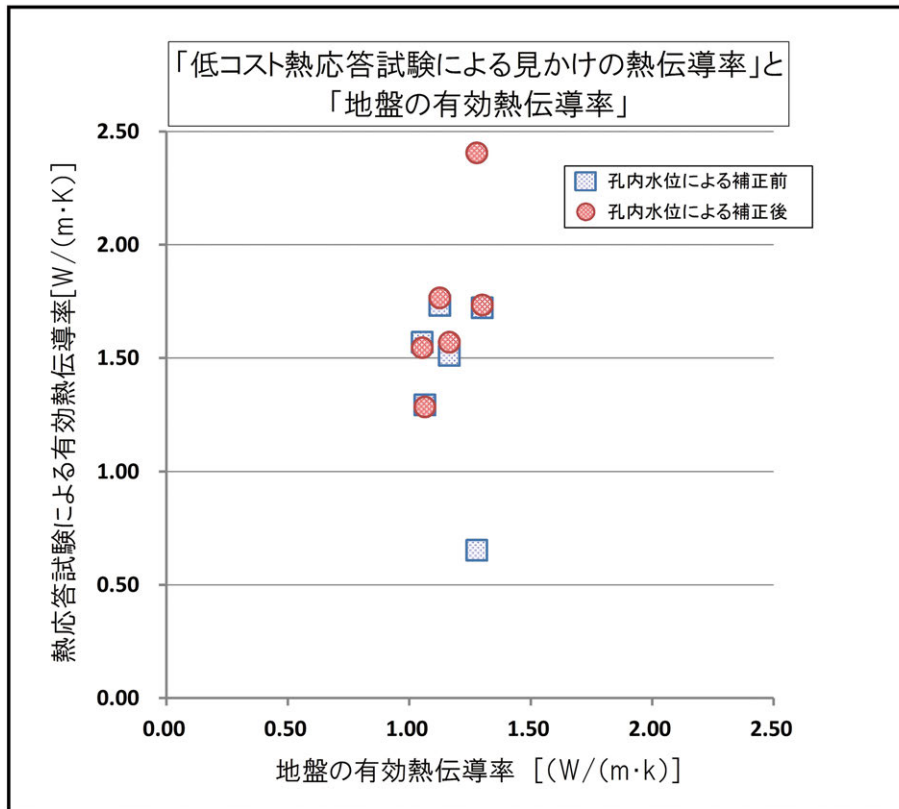
また、地下水流動を孔内に取り込み熱の移流効果を発揮させるためにシールドパイプの一部をホール加工の有孔管



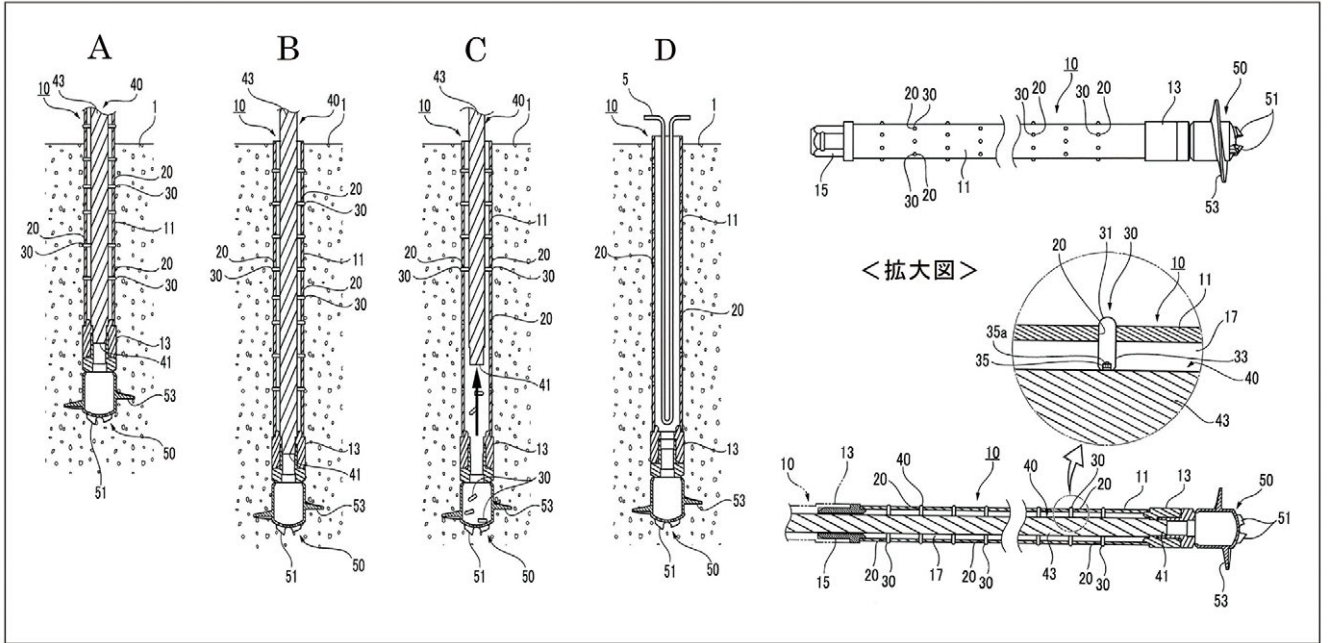
第2図 準浅層の考え方について



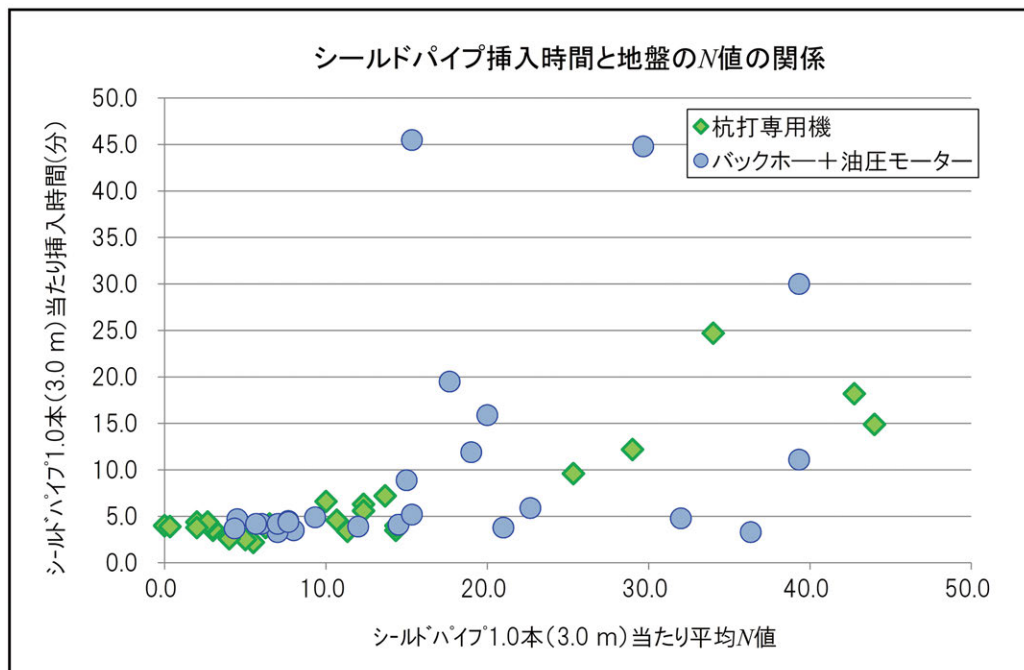
第3図 地盤の有効熱伝導率測定



第4図 地盤の有効熱伝導率と熱応答試験による見かけの熱伝導率



第5図 土砂流入防止機構を備えた地中埋設用パイプ（特許第 6482628 号）



第6図 シールドパイプ挿入時間と地盤のN値の関係

にして同様の試験を実施しましたが、回転埋設時に土砂による目詰まりが生じて孔内に地下水が流入しない状態となりました。このため、埋設時の目詰まりや土砂流入を防止する機構を開発して再度実証試験を行いました。

土砂流入防止機構はホール部に設置したピンを予め挿入したインナーロッドに磁力で吸着させておき（第5図のA、Bおよび拡大図）、回転埋設貫入後にインナーロッドを

引き抜くことでピンを落とし込む機構として開発しました（第5図のC）。

この機構を開発したことで、回転埋設後のシールドパイプ孔内に地下水を呼び込み、地下水の流動を取り込むことが可能となりました。

なお、今回の試験ではシールドパイプの孔内水位が有孔管を設置した深度の地層が持つ地下水頭の深度で安定して

しまい、Uチューブ周辺の空間部の増加により熱応答試験による試験区間全体の平均見かけの熱伝導率が低下する場合があります。この場合、孔内水位より下部のUチューブの長さを有効長として有効長に対する見かけの熱伝導率を求めると、地表面付近まで孔内に水を入れた無孔管の熱応答試験結果と比べ高い値を示しました。この結果は孔内に取り込んだ地下水流動による熱の移流効果を反映していると考えています。

非排水非排土工法では N 値30以下の大部分の地層を、シールドパイプ1本3.0 mを15分未満で挿入および引抜が可能であることを確認しました(第6図)。準浅層を対象とした場合では熱応答試験に必要な30 mのUチューブを0.5日～1.0日で設置可能であり、ボーリング掘削を必要とするボアホール型熱交換器の設置と比較し、高い施工性と汚泥処理を不要とする経済性から熱応答試験で使用する熱交換器の設置コストを1/2程度に低減することが可能であると考えています。

4. まとめ

今回のシーズ支援プログラムにより、GL-30.0 m～-40.0 mの深度を対象とした「準浅層における低コスト熱

応答試験」を実施する技術を開発しました。この技術では回転埋設鋼管杭の「アルファウイングパイル工法」を技術シーズとして、高い施工性と汚泥処理を不要とする経済性から従来の熱応答試験よりも熱交換器の設置コストを低減することを可能としています。

今後、非排水非排土埋設工法による準浅層における低コスト熱応答試験を地下水流動による熱の移流効果を考慮した地下熱物性データを従来よりも早く、安く計測可能な工法として確立することを目指します。さらに、福島県内でも整備が進むことが期待される地中熱ポテンシャルマップに供するデータの蓄積と精度の向上に寄与できる技術として完成させたいと考えています。

また、現在は非排水非排土埋設工法自体を発展させ、熱交換器埋設完了後、シールドパイプ本体のみを引き抜くことで、水井戸やボアホール型と同等の地中熱交換器の設置を可能とする、アルファウイングパイル先端部の切り離し機構を備えたシールドパイプの開発にも取り組んでおります。

FUJINUMA Nobuyuki (2019) Low cost Thermal Response Test in semi-shallow layer.

(受付：2019年3月6日)