

# 3次元磁気センサーを用いた杭長探査法

鉄道構造物の中には明治から戦前にかけて建設されたものも数多く存在し、今後のメンテナンスや耐震補強などを考慮する上では、これらの旧式構造物の実態把握が必要となってきます。しかしながら、これらの旧式構造物には設計図面や施工記録が残っていないものも多く、特に橋脚や橋台の下部にあって土中に埋まっている「基礎」については、その形状すら分からないものもあります。「基礎」は桁の自重や列車荷重を地盤に伝えるためのものであり、様々な形式の基礎がありますが、平野部の軟弱な地盤では多くの場合は「杭」が用いられています。杭を有する構造物の安定性や耐震性を評価する上では、「杭がどの程度の長さか」ということが重要な指標となりますが、旧式構造物の多くには杭の長さ自体が分からないものもあるため、これを効率的に調査する手法が求められています。

杭の根入れ長さ（杭長）の調査方法の一つとして、従来から「磁気探査法」が用いられていました。これは鋼管杭や鉄筋コンクリート杭のような棒状の鋼材の周りには微弱ながらも棒磁石と同様の磁界があることを利用し、地盤中の磁界の乱れを計測して杭の長さを推定する方法です。微弱な磁気を計測するため、図1のようにできる限り杭の近

くにボーリング孔を掘ってその中に磁気センサーを挿入して調査していましたが、フーチングなどの支障物によってボーリング孔が杭から離れてしまう場合や、鋼材量が少ない鉄筋コンクリート杭などの場合で、十分な精度で判定できないことが課題となっていました。

本発明はこのような磁気探査による杭長探査法の精度向上を目的として開発したものです。従来の磁気センサーでは鉛直方向の磁気傾度（磁界の1回微分）しか計測されていなかったものを、3次元的な磁界成分が計測可能な「ホール素子センサー」（図2）に変更するとともに、磁界分布から鉛直成分と水平成分の比を用いた評価指標を新たに提案しました。図3は、実際の鉄筋コンクリート杭の調査結果ですが、従来法では磁気反応のピークがなだらかになってしまい判別が難しいものが、開発した評価指標を用いることによって、杭先端の深度を出力値が正負逆転する箇所として明確に判定できるようになりました。

また、従来は調査費用のほかにボーリング工事費用が必要となることや、営業線直近でのボーリング工事自体が難しいという課題もありました。そこでボーリング孔の代わりに従来から軟弱地盤での地盤調査で用いられる「コーン貫入試験」にホール素子センサーを内蔵させ、ボーリング工事を行うことなく杭長探査ができるようにしました。図4は試作した先端のコーン部（貫入具）です。これにロッドを継ぎ足しながら地盤の中に貫入していくことで、ボーリングを行うことなく土中の磁界分布を計測できるようになりました。

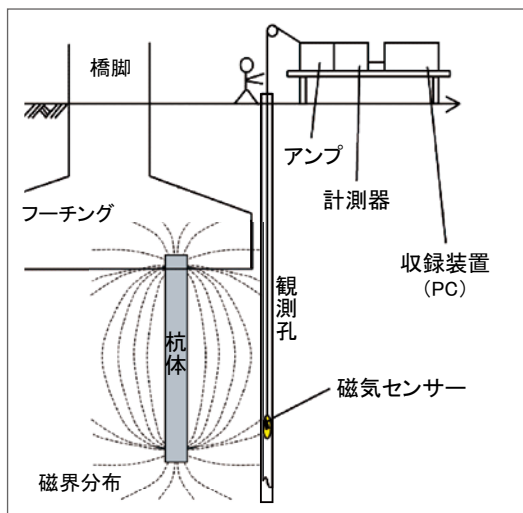


図1 磁気探査法による杭長探査



図2 3次元磁気センサーの外観

## 発明余話

医療分野ではレントゲンをはじめ、CTスキャンなど様々な技術で人体の内部をビジュアルに把握することが出来るようになってきていることは、皆さんもご存知の通りかと思えます。私も妻の胎内でのわが子の様子を超音波で見せてもらって、性別まで判別できるクリアな映像に驚きました。人体の内部はこんなにクリアに見られる時代なのに、なぜ地面の下は杭の長さすら分からないのだろうか？というのは多くの人が思うことだと思います。

「地盤は不均質だから…」などと言い訳していてもみっともないので、今ある技術を少しでも改善していこうということで、種々の調査手法を再度洗い直すことから本開発はスタートしました。磁気探査による杭長探査技術は既に実用化された技術でしたが、「磁気計測」という手法からみれば、磁気浮上式鉄道の開発で多くの計測ノウハウを有する鉄道総研にとっては、まだまだ改善の余地がある状況でした。たまたま私は新入職員研修の際に超電導応用研究室でホール素子での磁気計測の実験のお手伝いを経験していたことから、「もっと精度がよく小型の計測装置を使ってみたらどうだろう」ということで、アドバイスを受けながら計測装置の試作・試験調査を行うに至りました。

とはいえ、計測装置を最新のものに切り替えただけで発明になるような甘いものではありません。杭長探査という限られた調査条件を想定しながら、新たに得られる水平方向の磁界分布の情報を活かした評価手法を考案したことで、現場のニーズに応えられる技術となりました。

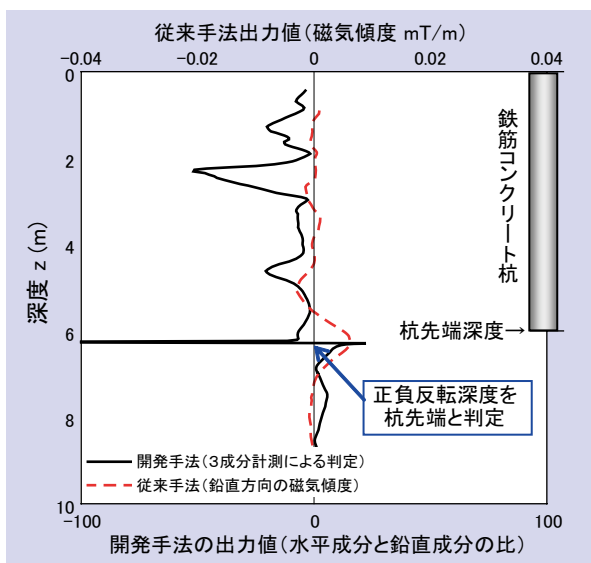


図3 鉄筋コンクリート杭の杭長探査結果

## 《権利メモ》

発明の名称：磁気探査方法

概要：3次元磁気センサーを用いて計測した水平磁気量と鉛直磁気量の比を用いて、鋼材を含む基礎杭の先端位置を非接触で検出する磁気探査方法

出願番号：特願2003- 96384 (2003. 3.31)

公開番号：特開2004-301745 (2004.10.28)

登録番号：特許第4164747号 (2008. 8. 8)

総研発明者：西岡英俊，羽矢洋

発明の名称：磁気探査に用いる貫入具および磁気探査方法

概要：鋼材を含む基礎杭の先端位置を非接触で検出するための磁気探査を行う際の磁気センサーを内蔵した貫入具およびこれを用いた磁気探査方法

出願番号：特願2003- 96322 (2003. 3.31)

公開番号：特開2004-301735 (2004.10.28)

登録番号：特許第4164746号 (2008. 8. 8)

総研発明者：西岡英俊，羽矢洋

本発明の個別の要素は既存技術を組み合わせたものであり、それぞれの専門分野からすれば「なにを今更」的な技術の組合せかもしれません。しかし、異分野の技術・ノウハウが結びつき、それを生かすアイデアを加えることで発明に至ったものであり、まさに鉄道総研の「総合」技術研究所としての環境があってこそ生まれた特許ではないかと思えます。

(構造物技術研究部 基礎・土構造 西岡英俊)

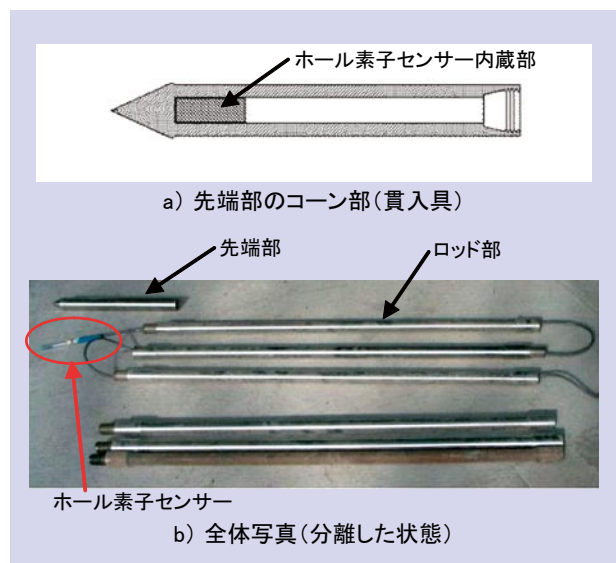


図4 磁気センサー内蔵コーン貫入器