【041】

三軸磁気探査装置による鋼管杭の先端深度と方向の特定について

株式会社メーサイ　　○山口博久，中野真治，塩崎宜史

1. はじめに

従来の磁気探査装置には、鉛直方向(Z 軸)の磁気センサーを内蔵したプローブが用いられてきた[1)]。これに加えて、水平方向(X 軸,Y 軸)の磁気センサーを内蔵したプローブを用いる三軸磁気探査装置が開発された。この三軸磁気探査装置を用いれば、従来の磁気探査装置では困難であった磁気物の方向が特定できる。報文は、既設の支持杭（鋼管杭）に近接して打設された防護杭（鋼管杭）を対象として、先端の深度と調査孔からの方向を特定した事例である。

2. 三軸磁気探査装置の概要

三軸磁気探査装置[2)]（MAGLog-3、ジオファイブ）を使用した。先端のプローブ（直径：34mm）には、三軸の磁気センサー(X 軸,Y 軸,Z 軸)を採用している(写真-1)。

写真-1　プローブ先端

3. 上下端深度の検出実験

離隔50cm 離れた位置の鉄パイプ（直径:40.5mm，深度:2.5～3.5m）の上下端を検出する実験を実施した（図-1）。

鉛直方向（Z 軸）の差分値（上下0.5m）のピークは、鉄パイプの上下端深度と一致している。

水平方向（X 軸,Y 軸）に着目する方法がある。X 軸と Y 軸の方向を固定できない場合には、水平方向の合成値 [$H=\sqrt{(X^2+Y^2)}$] に着目する。水平方向の合成値（H)のピークは、鉄パイプの上下端深度と一致している。

鉛直方向(Z 軸)の差分値と水平方向(X 軸,Y 軸,H 合成値)のピークを併用することで上下端深度を正確に検出できる。

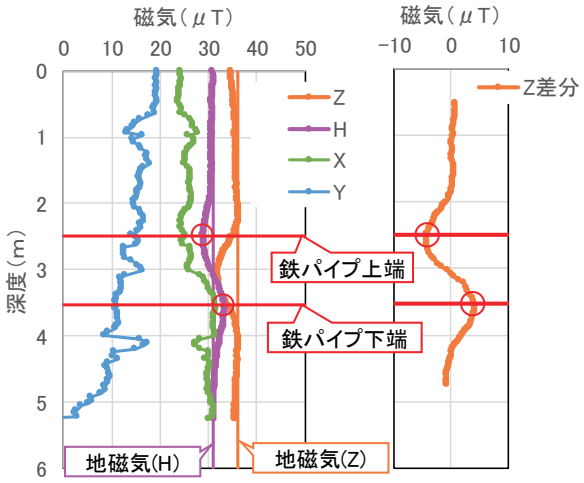

図-1　磁気探査結果

4. 磁気物の埋設方向の特定実験

磁気物（鋼管杭等）の埋設方向を特定するためのモデル実験を実施した。大型バケツの中央に、磁気探査プローブを設置し、X 軸を磁北方向に合わせた。Y 軸方向は、東方向となる。磁気物は、地磁気によって、上端は S 極（マイナス）、下端は N 極（プラス）の磁気を帯びる（図-2）。

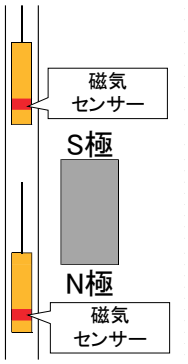

図-2　磁気物端部の磁気

写真-2　埋設方向の特定実験

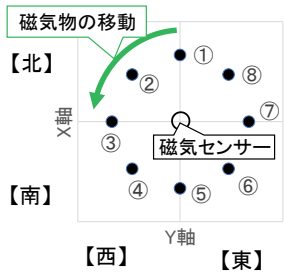

図-3　重錘の設置方向

標準貫入試験の重錘(63.5kg)が磁気センターより上方にある場合(N 極)と下方にある場合(S 極)の２ケースで実施した。重錘を大型バケツの①(磁北方向)に設置し、②～⑧まで順次移動させながら、磁気(X 軸,Y 軸)を測定した。重錘を離れた位置においた状態で地磁気を測定し、測定値から地磁気の値を引いた補正値を表示する。

(1) 磁気物(N 極)を感知した場合(図-4)

『磁気物の埋設方向』と『磁気センサー（補正値）表示の方向』の象限が一致を示す。

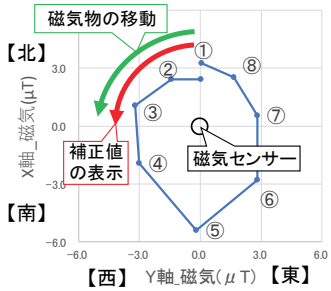

図-4　磁気センサーの表示
（磁気物：上方、N 極）
【象限が一致を示す。】

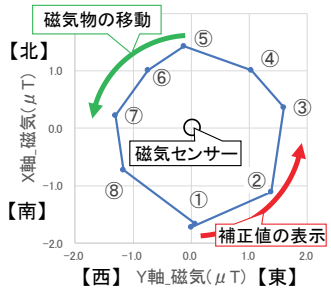

図-5　磁気センサーの表示
（磁気物：下方、S 極）
【象限が反対を示す。】

(2) 磁気物(S 極)を感知した場合(図-5)

『磁気物の埋設方向』と『磁気センサー（補正値）表示の方向』の象限が反対を示す。

5. 鋼管杭の深度と方向の特定実験

河川内の支持杭（鋼管杭　直径:812mm）とその周囲に配置された防護杭（鋼管杭　直径:412mm）を対象に実施した（写真-3)。

磁気探査調査は、河床より8.2m の高さにある河川上の足場から実施した。調査孔としては、塩ビパイプ（VP-50）を使用した。孔口の高さは、河床から8.55m である。孔口から11.2m 区間は、保護用のケーシングパイプ（直径:116mm）内に塩ビパイプを設置した。

調査孔の位置を中心に、鋼管杭（支持杭と防護杭）の方向を図-6に図示する。磁気物は④～⑦方向にある。

磁気検層プローブに角ロッドを取り付け、X 軸を磁北方向に合わせて、回転しないように、調査孔に貫入する。引抜ながら、磁気探査を実施した。磁気探査結果を図-7に示す。深度11.2m までは、ケーシングパイプ内であり、磁気物の影響を受けない。

磁気探査結果の鉛直方向(Z 軸)に着目すると、深度18mに変曲点があり、防護杭の下端に相当する。これ以浅では支持杭と防護杭、これ以深では支持杭がそれぞれ磁気物となる。防護杭の下端については、鉛直方向(Z 軸)の差分値、水平方向(X 軸)のピークの深度が一致している。

図-8は、防護杭の下端深度より上下部1m区間の測定値から地磁気[3] を引いた補正値を表示したものである。下端は、N 極であることから、図-4に示すように、表示される象限が一致する。磁気物（鋼管杭）は、図-6に示すように④～⑦方向にあることから、図-8の表示は正しい。

6. おわりに

三軸磁気探査装置を用いた磁気探査により、鉛直方向(Z 軸)の差分値と水平方向(X 軸,Y 軸,H 合成値)のピークを併用することで、磁気物の上下端深度を正確に検出できる。水平方向(X 軸,Y 軸)の測定値から地磁気の値を引いた補正値を表示することで、調査孔を中心に全方向で、磁気物の方向を特定できる。三軸磁気探査装置に用いられる磁気センサーは感度が高く、地中の磁気物に加え、地表面の磁気物からの磁気にも反応する。適用事例は、周辺に磁気物が無い場合と深度が深く地表面の磁気物の影響が無い場合である。今後、適用事例を増やし、地中の磁気物の調査孔からの方向に加えて距離についても把握できるように知見を得たいと考えている。

《引用・参考文献》

1) 関東地質調査業協会編:「ボーリング孔を利用する原位置試験についての技術マニュアル」、pp.315～322、1995.10

2) 小川光喜他:「高分解能3軸磁気検層装置の開発と適用」、全地連技術フォーラム2015論文集、論文 No.26、2015.9

3) 国土地理院地磁気測量(https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/geomag/menu_04/index.html)[確認日:2021.5.1]

写真-3 鋼管杭(支持杭と防護杭)の設置状況

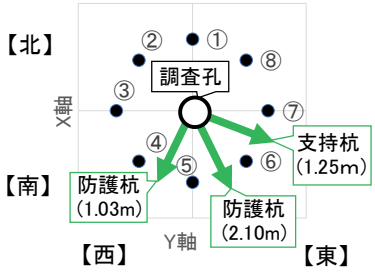

図-6 鋼管杭(支持杭と防護杭)の調査孔からの設置方向

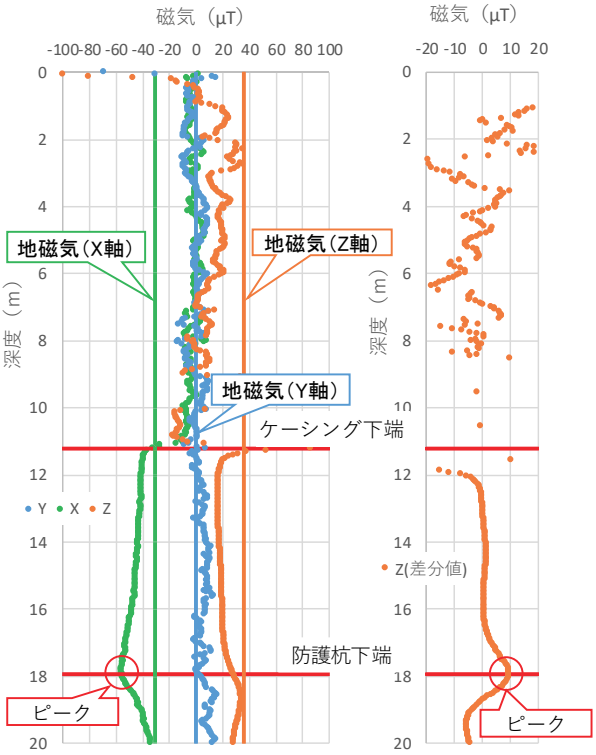

図-7 磁気探査結果

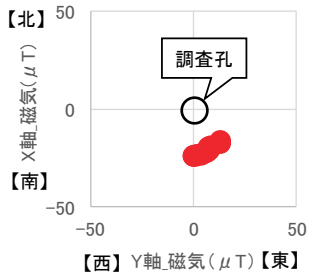

図-8 磁気センサーの表示(磁気物:N 極)【象限が一致を示す。】