

磁気探査の留意事項について

平良 正光¹・與儀 和史²

¹開発建設部 技術管理課（〒900-0006 那覇市おもろまち2-1-1）

²開発建設部 技術管理課（〒900-0006 那覇市おもろまち2-1-1）

沖縄総合事務局開発建設部においては、工事を進めるにあたって、不発弾による事故の未然防止のため、埋没不発弾に対する磁気探査に取り組んできたところである。

本報は、磁気探査（陸上水平探査、鉛直探査、確認探査）の作業内容と留意事項について整理したものである。

キーワード 磁気探査、陸上水平探査、鉛直探査、確認探査

1. はじめに

「鉄の暴風」とも形容された先の沖縄戦では、激しい爆撃・砲撃が加えられ、その結果多量の不発弾が残り、終戦後米軍によって処理が行われてきたが、沖縄の本土復帰以後においても平成21年度までに約1,613トンが陸上自衛隊によって処理されている（平成21年度においては約24トン処理）。

記憶に新しい平成21年1月14日糸満市で発生した爆発事故による甚大な被害は、戦後60年余り経った今でも不発弾の威力に衰えがないことを示した。

沖縄総合事務局開発建設部においては、工事を進めるにあたって、不発弾による事故の未然防止のため、埋没不発弾に対する磁気探査に取り組んできたところである。

本報は、磁気探査（陸上水平探査、鉛直探査、確認探査）の作業内容と留意事項について整理したものである。

2. 陸上水平探査

陸上水平探査は、陸上において平面的に探査を行う方法である。陸上水平探査の概念図を図-1に示す。

(1) 作業内容

① 計画準備

業務計画書の作成、探査計の整備、基準点測量、必要に応じて関係機関への作業許可の申

請等を行い、探査方法、作業に支障の出る現場状況の把握とその対策等について監督職員と打合せを行う。また、使用する探査計の検定書類を提出する。

② 磁気探査

区域内の草木伐採・異物の撤去後、探査区域を50m×50m程度のブロックに分ける。ブロック毎に1m間隔（探査対象不発弾の下限が50kg爆弾の場合）の測線の設定を行い、磁気探査計をその測線上に沿って移動させながら、測線の始点から終点間について磁気記録を取得する。

③ 解析

磁気記録の解析により、異常点の磁気量と埋没深度を計算し、測線配置図に異常点を記入して異常点分布図を作成する。これらを集約し、異常点位置図及び磁気測定値一覧表を作成する。

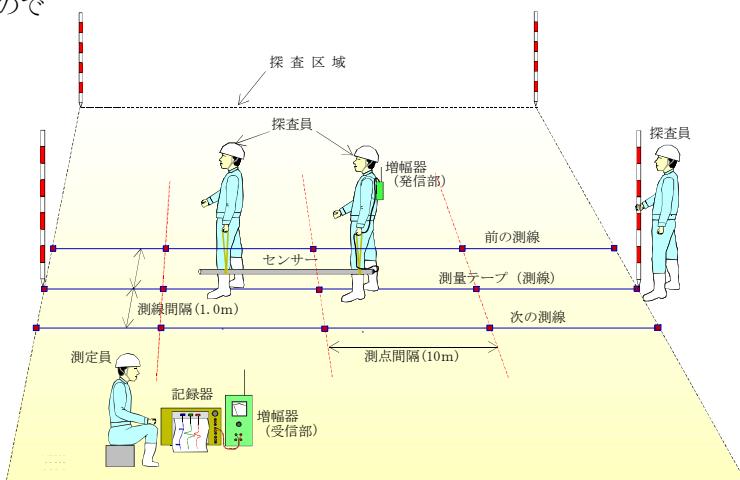


図-1 陸上水平探査の概念図

(2) 留意事項

① 準備段階

- 1 探査機器を整備し、調整等を行っておく。
 - 2 探査区域が広い場合には探査区域を幾つかのブロックに分割する。
 - 3 施工深度が有効探査深度より深い場合には、経層探査を計画し実施する（経層探査とは、施工深度が深い場合、1回の水平探査では所定の深度まで探査ができないため、掘削と水平探査を繰り返し数回行う方法である）。
 - 4 探査区域内に構造物があると、その周辺が探査不能になるので、事前に探査区域から除去するか近接構造物を考慮した探査計画を作成する。
- ### ② 実施段階
- 1 探査計の移動がスムーズに行えるよう探査区域内の草木等は予め伐採しておく。
 - 2 探査計は地表の磁気ノイズを受けない範囲で出来るだけ地表に近づけて探査する。
 - 3 探査計の移動速度は1m／秒前後で出来るだけ一定速度で移動させる。

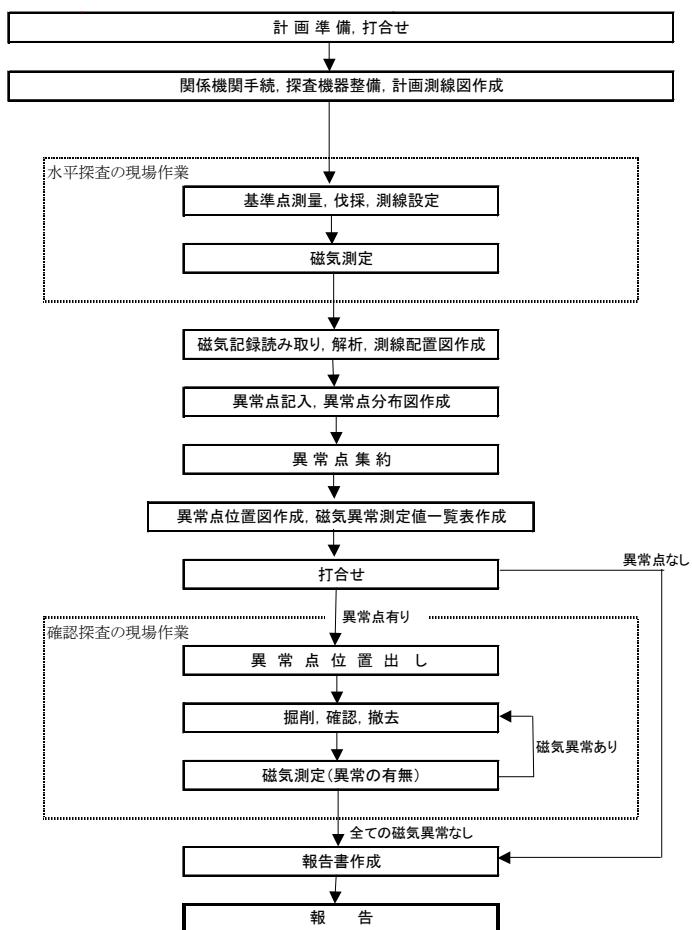


図-2 陸上水平探査手順フロー

3. 鉛直探査

鉛直探査は、ボーリング孔を用いて地下深部の不発弾の有無、埋没位置の把握を行う方法である。鉛直探査の概念図を図-3に示す。

(1) 作業内容

① 計画準備

陸上水平探査と同様に行う。

② ボーリング

探査孔の掘削は、軟弱地盤（N値が4以下程度）の場合、ジェットボーリングで削孔することを原則とし、これにより難い時はロータリーボーリングで削孔する。

ロータリーボーリングで削孔を行う場合は、一定深度毎に下方安全確認を行う。下方安全確認は探査計を孔底で30cm程度上下させて探査孔下方の磁気反応を確認することによって行う。その時、一定振幅以上感知される磁気異常がある場合は掘進を直ちに中止する。

③ 磁気探査

規定の深度まで削孔が終了した場合、探査孔の孔口から孔底まで連続磁気測定を数回行い、取得した磁気記録を解析して異常の有無を調べる。

磁気探査計の昇降は出来るだけ一定速度で行う。

④ 解析

磁気記録の解析により、異常点の磁気量と埋没深度を計算し、探査孔配置図に異常点を記入して異常点分布図を作成する。これらを集約し、異常点位置図（平面図、断面図）及び磁気測定値一覧表を作成する。

【補足】

工事の方法が土留め矢板や杭の施工など工事が比較的深く狭い範囲の時に用いる。ロータリーボーリングの場合は孔口から孔底間の下方安全確認探査が必要であるが、ジェットボーリングの場合は水圧による掘削であり下方安全確認の必要はない。下方安全確認探査は、ボーリング削孔1.0m毎にセンサーにて下方の安全確認を行ながら探査予定深度まで削孔する。

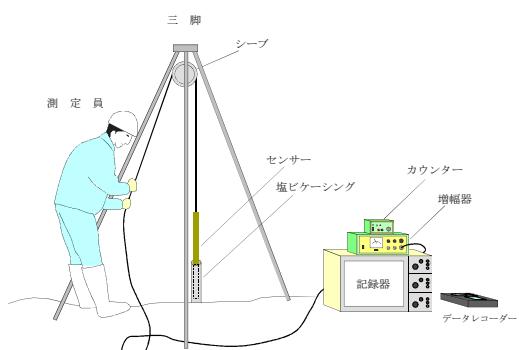


図-3 鉛直探査の概念図

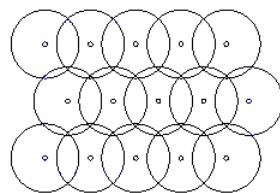
(2) 留意事項

① 準備段階

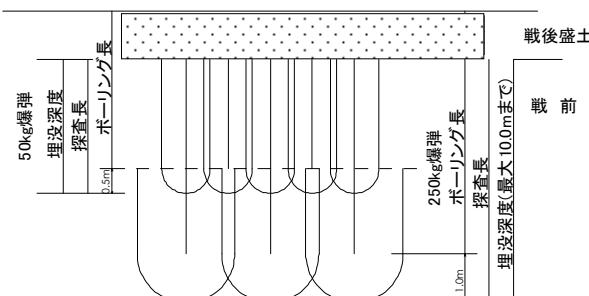
- 1 機器を整備し、調整等を行っておく。
- 2 探査対象不発弾の大きさにより可探範囲、貫入深度が異なるため、機材による有効可探深度や可探範囲、探査孔間隔を考慮して探査孔の配置を行う（鉛直探査孔の配置例を図-4に示す）。
- 3 異常点が検出された場合、その周囲で精査のための追加探査を行う必要が生じるので、追加調査の検討を行う。
- 4 探査区域内に構造物があると、その周辺で探査不能になるので、事前に探査区域から除去するか近接構造物を考慮した探査計画を作成する。
- 5 着手前に探査区域の地下埋設物（ガス、水道等）と埋設状況を調査しておく。

② 実施段階

- 1 探査計の移動がスムーズに行えるよう探査孔には非磁性のケーシング（ステンレス、真鍮、アルミ、塩化ビニール管等）を用いて孔壁を保持する。磁気異常点の検出された探査孔は磁気異常点精査が終了するまで探査孔の埋め戻しを行わない。
- 2 探査計の移動速度は1m／秒前後で出来るだけ一定速度で移動させる。
- 3 下方安全確認を行い現場で磁気異常の位置などについて判定する。安全を確保して削孔する判定が出来ない場合には、掘進を中止し、近傍の探査孔に移動して探査孔の削孔・探査を行い異常点位置の確定作業を行う。



平面図



断面図

図-4 鉛直探査孔の配置例

4. 確認探査

確認探査は、磁気探査より明らかとなった磁気異常点が不発弾か他の鉄類かを判断するため、磁気異常点を掘削してその物を確認する発掘確認作業および撤去・回収作業と、さらに磁気異常物が撤去・回収された後に探査計により磁気反応の有無を確認する作業を合わせて確認探査と呼ぶ。異常点位置を確定するため探査計は簡易探知機が一般的に用いられている。簡易探知機とは、金属の有無を探知する機器で、記録の取得は行えない。人力掘削による異常点確認作業を写真-1に、簡易探知機による異常点確認作業を写真-2に示す。

(1) 作業内容

① 計画準備

当初提出の陸上水平探査や鉛直探査の探査計画書に方法などを記載しておく。

② 磁気探査

機械掘削及び人力掘削等で、異常物を明らかにし危険物以外の異常物を撤去する。不発弾については、直ちに発注者に報告し、発注者から警察等関係機関に連絡する。

水平探査の場合は、地表から磁気反応の有無を確認し、探査と並行して掘削する。

鉛直探査の場合は、追加探査等により異常点位置・深度を確定する。異常物深度が深い場合は土留めの矢板設置を検討し、追加探査を協議・実施する。

③ 解析

異常物の写真と異常物の形状等について整理した確認異常物一覧表を作成する。

(2) 留意事項

① 準備段階

1 鉛直探査における異常物掘削の場合には、掘削深度を考慮して矢板等で周囲を土留めすることがある。なお、矢板等の打設箇所は予め鉛直探査を行って安全を確保する。

② 実施段階

1 機械掘削の場合は、掘削と簡易探知機による異常点位置の確認または磁気反応の確認を細かく交互に行い、安全を確保する。また、磁気反応のあった真上を掘削することなく、周辺から掘進して、異常物に接触することがないよう十分注意を払う。

2 鉛直探査において異常点を確認する場合、周囲の矢板の磁気的影響を受けて探査が不可能となるので、矢板の打設範囲（5～6m以上離す）には十分な余裕を確保する。

3 不発弾が発見された時は、立ち入り禁止の柵等を設け、直ちに発注者に報告し、発注者から警察等関係機関へ連絡する。また、今後の対応について発注者と打合せを行

う。



写真-1 人力掘削による異常点確認作業



写真-2 簡易探知機による異常点確認作業

5. 今後の課題

今後の課題としては、次の通りである。

- ・探査対象不発弾の下限設定における安全性の確保と探査費用のバランスの整理
- ・磁気探査の実施者に対する適正な資格の設定
- ・磁気探査機器に対する公的な認定基準や検定基準の設定
- ・安全性を確保した上で精度向上とコスト縮減を考慮した磁気探査の技術の開発

6. おわりに

不発弾が埋没している可能性を否定できない地域（箇所）においては、磁気探査を行うこととしている。事業者は、公共事業を進める際に、不発弾の爆発事故等から住民と作業者の安全を確保するため、埋没不発弾の発見に積極的に取り組むことが期待されている。また、「5. 今後の課題」の解決に向け継続的な取り組みが求められている。

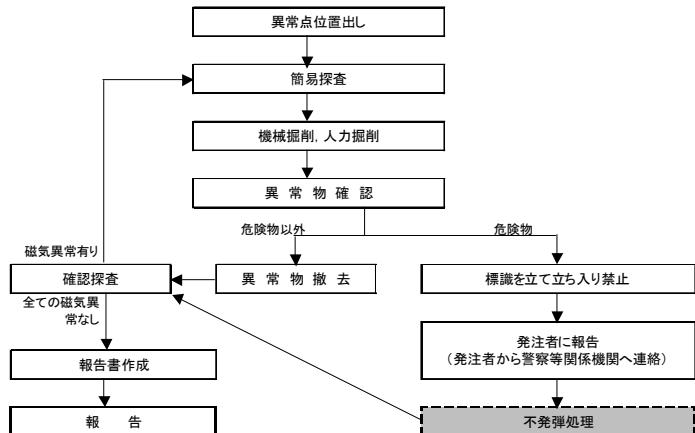


図-5 確認探査手順フロー