地中レーダ探査法と比抵抗トモグラフィによる地下水調査の特性

(株)奥村組	正会員	清水	智明

- (独)産業技術総合研究所 横田 俊之

1.はじめに

廃棄物処分場における汚染地下水の場外への漏出,あるいはダム基礎のグラウト不良,高レベル放射性廃棄物の 地層処分におけるバリア性能の評価など,地下水の分布や流動状況を知ることのニーズは多い.

今回,地盤内の浅い領域に実験用の模擬地盤を作成し,地中レーダ探査法(以下 GPR)と比抵抗トモグラフィにより地下水分布を捉えることを試みた.そして,両者の地下水位の検知に対する特性を分析し,実用上の課題を整理した.

2.実験方法

実験に用いた模擬地盤は図 - 1 に示すようなすり鉢型の形状である.9.5m 四方の元地盤を深さ2.3m まで掘削し,掘削面全体にゴム 製遮水シートを敷設した.法面勾配は1:1.5 である.掘削領域に模 擬地盤として川砂を均等に転圧しながら充填した.模擬地盤を東西 に二分する遮水壁は厚さ20cmのモルタル製の壁である.



図 - 1 模擬地盤・遮水壁の形状

図 2 に示すような3通りの地下水条件(Stage1~3)において実験を行った.Stage3 では模擬漏水孔として地表から 1.1m の深度で遮水壁に横1列に 25mm の孔を 250mm 間隔で 22 箇所開けており,両側の水位を維持するために西側の水位制御孔からポンプで揚水し,その水を東側の水位制御孔に戻して定常状態を維持している.

3. GPR による地下水分布の推定

GPR のデータ取得法としては,発信アンテナと受信アンテナ間の距離を一定に保つプロファイル測定が一般的で あり,Stage1 ではこの方法で測定していた.しかし,速度を推定しなくては反射面の位置を深度に換算できないた め,推定した速度の誤差のために期待した精度が得られないことがある.後述するように,本実験でもStage1では, 解釈困難な反射面が多数現れた.そこでStage2 から反射面までの走時を深度に換算するのに必要となる電磁波速度 分布を導出する目的で発信アンテナ受信アンテナともに動かしていくワイドアングル測定¹⁾を併用した.

図 - 3に各ケースにおける GPR の解析結果(時刻歴波形を深度に換算し,集積することで電磁波反射面の位置を 濃淡で示すもの)を示す.表示断面は南北方向に掘削範囲 9.5m のほぼ中央での東西鉛直断面を示している.Stage1 における地下水面は GL-0.4m であるが,この深度に反射面は見られない.しかし,ワイドアングル測定を実施した Stage3 の西側の水面は斜面のゴムシートとともに明瞭に捉えられている.この反射面の位置は西側の設定水位とほ ぼ一致する.また,この反射面は若干西落ちの勾配をなしており,遮水壁位置では設定水位より約 10cm 高く,これ は地下水流動に伴う水頭勾配を捉えている可能性がある.ただし,水面で電磁波の多くが反射してしまうために地 下水面下の遮水シートの位置に見えるはずの反射面は認識できない.

4.比抵抗トモグラフィによる地下水分布の推定

比抵抗トモグラフィに用いた電極は図 - 2 に示したように遮水壁をの字型に挟む形状に配置した.

図 - 4 に各 Stage での比抵抗分布を示す.また,この実験で用いた砂の体積含水率と比抵抗の関係を図 - 5 に示す. 飽和状態では体積含水率が48%,比抵抗が60~70 m である.また,遮水壁の比抵抗は26 m である.Stage1 の比抵抗分布は中央約0.2mの幅で60 m未満の低比抵抗領域が広がっており,遮水壁の存在範囲とほぼ整合する. 両側の地盤の比抵抗は60~140 m の範囲にあり,比抵抗から砂が湿潤状態であることが分かる.Stage2 では Stage1

キーワード 比抵抗トモグラフィ,地中レーダ探査法,地下水

連絡先 〒300-2612 茨城県つくば市大字大砂 387 ㈱奥村組 技術研究所 TEL 029-865-1767





と比較して西側(図中左側)の飽和度が低下したために,比抵抗が増加して いる.さらに Stage3 では地下水面が上昇したために図中左下の領域の比抵抗 が低下している.地下水面として 60 m の境界に着目すると,その境界は Stage3 の西側ではおよそ GL-1.3~1.2m の高さにある.これは,前述の GPR の結果と整合している.

5.考察

以上の結果から, GPR と比抵抗トモグラフィの特性について整理した. GPR:ワイドアングル測定を前提に,浅層が対象であれば地下水面を cm オーダーで捉えられることが分かった.ただし,今回の実験で地下水面下 の遮水シートが捉えられなかったように,反射面が深度方向に複数ある場 合には,深いほうの反射面を見落とす場合がある.

比抵抗トモグラフィ: GPR と比べると若干分解能は劣り,測定にも手間 がかかるものの,今回の実験のように飽和時の比抵抗が事前に分かってい

図 - 4 各 Stage での比抵抗分布



れば地下水面の深度を同定可能である.GPRのような複数の境界に対する制約も少ない.しかしこのような事前情 報なしに比抵抗トモグラフィの結果のみから地下水の状況を推定することは不可能である.

したがって,比抵抗トモグラフィの結果と観測井の水位等の事前情報から地下水面のおおまかな位置を推定し, GPR が適用可能な場面では GPR で推定精度を上げる方法が実用的と考えられる.

6.まとめ

浅層の均質な砂質地盤を対象としてGPRと比抵抗トモグラフィーによる地下水分布の把握を試み,以下の知見を得た.

1) GPR・比抵抗トモグラフィーともに均質地盤中の地下水面を把握可能である.特にワイドアングルGPRは地下 水面を数cmオーダーの高分解能で捉える事が出来る.

2) 両探査法の特徴より,比抵抗トモグラフィーで概査し,GPRで精査する方法が実用的と考えられる.

参考文献

1)物理探査ハンドブック,物理探査学会,p412,1998