

地中レーダによる地盤の水分動態の3次元評価に関する考察

岡山大学環境理工学部 正 竹下祐二
 岡山大学大学院 学 田尾一憲
 鹿島建設（株） 正 小林弘明
 （株）田中地質コンサルタント 正 田中謙次
 広島大学総合科学部 正 開発一郎・稲尾真悟

1.はじめに

従来，不飽和地盤における広域の水分動態測定を原位置にて非破壊で迅速に測定することは困難であった．本研究では地中レーダ（GPR: ground penetrating radar）を用いて，広域の水分動態を原位置にて非破壊かつ迅速に測定することを目的として実験を実施した．物体からの電磁波反射の到来方向と反射往復時間から物体位置を推定する計測法がレーダであり，これを地下計測に応用したのが地中レーダである．送信アンテナから地中に放射された電磁波は，地層境界や水面等の電気的性質の異なる面で反射・屈折しながら，地表の受信アンテナに到達するため，受信された電磁波のパターンから地盤の水分動態が推定される．

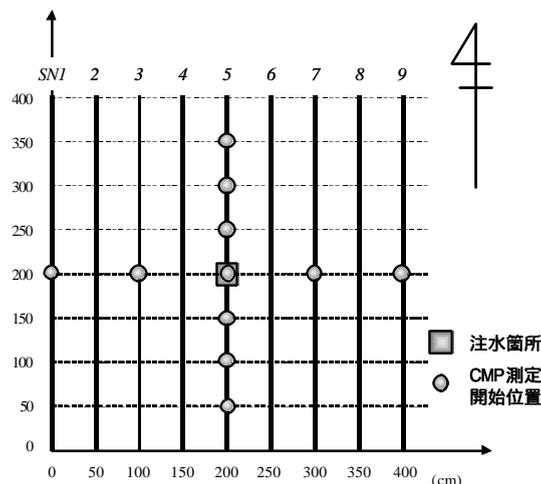


図-1 浸透実験領域

2.注水実験による水分動態の計測

砂質土不飽和地盤において注水による浸透実験を行い，GPR によるプロファイル測定¹⁾を実施して，地盤内の水分動態を把握する実験を行った．GPR は Sensor & Software 社の pulse EKKO 1000 を使用した．地盤モデル平面図とその試料物性値を図-1 と表-1 に示す．GPR による計測領域は 4m 四方で測線は南北方向にとり，測線間隔 50cm で，9 測線（SN1～SN9）を仮定した．注水箇所は試験領域の中心部とし，測線 SN5 には，電磁波伝播速度を計測する CMP 測定¹⁾の開始地点を 50cm 間隔で 7 点設けている．また，測線 SN1,3,7,9 の中間点も CMP 測定開始地点とした．実験手順を図-2 に示す．なお，実験で使用したアンテナ周波数は 450MHz である．

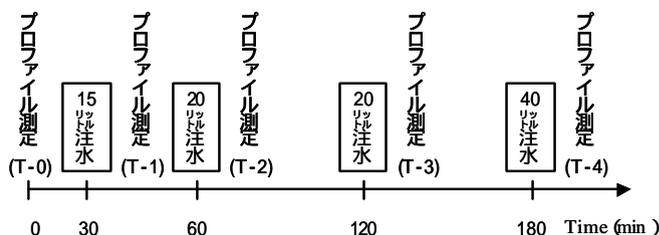


図-2 実験手順

3.水分動態の3次元評価

地盤内の水分動態を把握するため，任意深度での平面分布図を作成する．そのために，GPR による断面(垂

表-1 実験地盤の物理特性

最大粒径 (mm)	60%粒径 D ₆₀ (mm)	30%粒径 D ₃₀ (mm)	10%粒径 D ₁₀ (mm)	均等係数 U _c	曲率係数 U _c '	透水係数 k (cm/s)
4	0.8	0.15	0.095	8.42	0.296	3.3 × 10 ⁻³

キーワード : 地中レーダ，水分動態，非破壊試験，プロファイル測定，不飽和地盤

連絡先 : 〒700-8580 岡山市津島 3-1-1 086(251)8153

直方向)計測データを処理し,評価対象となる反射電圧値を決定する.ここで決定される反射電圧値をスライス値と呼ぶ.スライス値の算定方法の概念図を図-3に示す.図-3(b)は計測によって得られる波形データの例を示した図である.図-3において評価対象深度(図中では5ns)を中心とし,任意に設定した走時時間 $t_1 \sim t_2$ の幅 (t) を設定する.そして,その t 区間における走時時間が 0.2ns ごとの反射電圧値の合計を平均したものをスライス値として評価する.つまり,スライス値とは任意区間 t の反射電圧値の平均値を意味する.

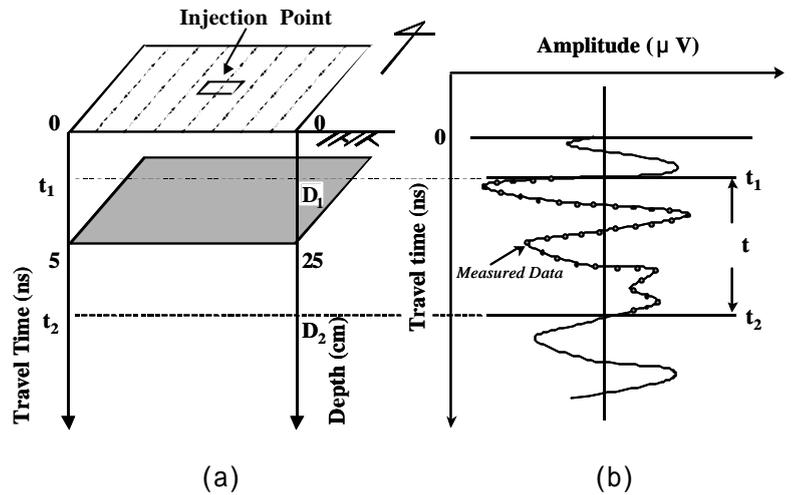


図-3 スライス値の計算概念図

4. 計測結果

今回の実験では, t を 5ns と設定した.水分挙動の広がりが見られた走時時間が 5ns の領域を中心とした平均反射電圧値の平面コンター図を図-2 に示した注水パターンに対応して図-4 に示す.これは深度に換算すると地表面より 20 ~ 30cm の位置を表している.図中の数値は平均反射電圧値(μV)であり,この数値が高いほど地盤における水分量の変化が大きいことを意味する.図-4(a)は 15 分注水した後の平均反射電圧値の分布を示した図であるが,注水による水分量の変動領域が計測されていることがわかる.同様のことが図-4(b)~(d)に関しても言える.また,これらの図から注水によって発生した浸透流は北北西の方向に移動していると推定される.

5. おわりに

GPR を用いた注水による浸透実験を行い,不飽和地盤内の広域における水分動態を簡便に評価することが可能であることを示した.GPR によれば,広域かつ迅速な水分動態の 3 次元評価が可能であると思われる.

謝辞:本研究は(財)河川環境管理財団の河川整備基金助成事業によって実施しました.ここに記して感謝いたします.

参考文献 1) 物理探査学会編;物理探査ハンドブック,第7章「地中レーダ」,pp.401-421,1998

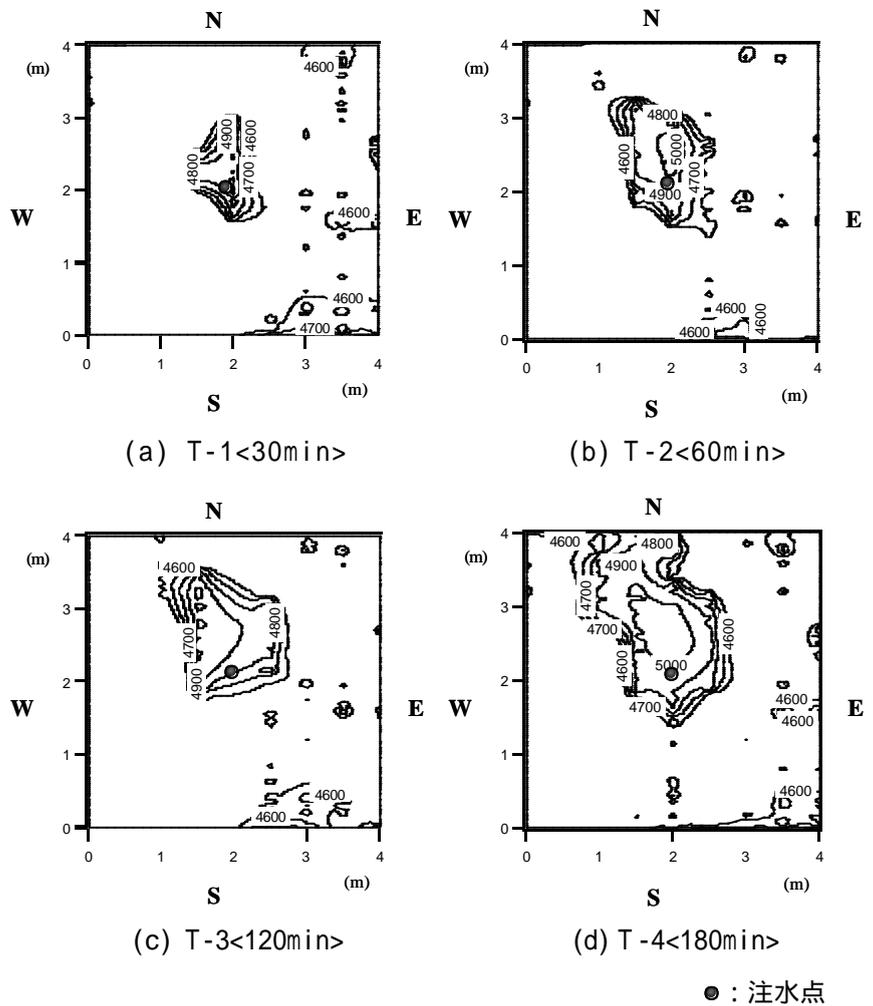


図-4 走時時間が 5ns の平均反射電圧値のコンター図

●:注水点