

## 地中レーダを用いた地下建造物漏水探知 人工砂質地盤での模擬実験

## Detection of water leaks from subsurface structure using ground penetrating radar: Experiments at an artificial sandy ground

# 横田 俊之 [1]; Seol Soon Jee[2]; Kwon Hyoung-Seok[3]; 光畑 裕司 [4]; 内田 利弘 [4]

# Toshiyuki Yokota[1]; Soon Jee Seol[2]; Hyoung-Seok Kwon[3]; Yuji Mitsuhata[4]; Toshihiro Uchida[4]

[1] 産総研地圏資源環境研究部門; [2] ソウル大・工・地球環境システム; [3] サンスン建設; [4] 産総研

[1] Institute for Geo-Resources and Environment, AIST; [2] Geosystem Eng., Seoul Nat'l Univ.; [3] Samsung Engineering & Construction; [4] AIST

### 1. はじめに

山岳トンネルや地下ダムなどの地下建造物の建築や保守を考えた場合に、建造物および周辺止水機構の止水能力は保安・環境保全の観点から、たいへん重要な問題である。地中レーダ(GPR)は、その非破壊で高速な探査能力により、地下建造物からの漏水検知への適用が期待される技術である。

本研究では、関東ローム層に掘削されたピットを川砂で埋め戻すことにより、比較的単純な模擬地盤作成し、その中央部分に模擬改良体としてモルタル壁を建造することにより地下建造物を模擬した。そのうえで、モルタル壁に穿孔し、流量を制御した注排水を行うことにより、地下建造物からの漏水を模擬する実験を行った。一般に、電磁気を用いた物理探査は地下水関係の有効であるが、この実験においては、粘土鉱物がほとんど存在しない理想的な条件下での実験であるため、水分率の変化が導電率・誘電率の変化を引き起こす主たる要因と考えることができるために、さらに好都合である。従って、誘電率や導電率の変化により引き起こされる、電磁波速度や振幅の変化を観測する事により、地下水水分率の変化を検知する事が可能である。

### 2. 実験概要および実験結果

実験場は関東ロームを主とする表土層に、地表付近での縦横 9.5m × 9.5m、底面での縦横 2m × 2m、深さ 2.3m のすり鉢状の穴を掘削した実験用ピットである。すり鉢状の穴の底面・側面部分は、ゴム製の絶縁性遮水シートで覆い、外部との水循環を遮断した。すり鉢状ピット中は、茨城県霞ヶ浦周辺から採取された川砂で埋め戻され、模擬地盤が作成された。ピットの中央部には模擬改良体であるセメントモルタル壁(頂部は地表面 - 0.2m)が南北方向に設置され、東西の水理条件を分割する役割を担った。

漏水を模擬した実験では、一定流量の漏水を模擬する為に、モルタル壁の穴を通して東西領域間に一定流量の水が流れるように西側領域に掘削された揚水井からポンプで揚水し、揚水した水を東側領域の注水井に再注入するという手法をとった。

GPR 探査のデータ取得は、模擬地盤の実験用ピット(砂地部分)の地表部 9.5m × 9.5m のみに限定して実施した。ワイドアングル GPR 測定は、受信アンテナを固定する共通受振点(CRP)方式で行った。全測線長 8m (CMP 位置 4m ~ 12m)、固定アンテナ間隔 20cm (約 40 受信点)、各固定アンテナ位置での移動アンテナの最大移動距離(送受信オフセット距離) 8m という条件で一測線のデータ取得に約 1 時間を要した。

Fig. 1 にデータ処理結果の一例として、東側水飽和、西側水位地表面 -1.4m の場合の結果を示す。Fig.1 は (a) 測線位置を示すテストフィールドの平面図、(2) 地下水状態を示す概念的断面図、(b) データ処理結果の深度断面、(c) 速度解析により求められるマイグレーション速度(RMS 速度)の 3 枚の図面から構成される。

西側で約 1.4 m、東側で約 0.6 m に平坦な反射イベントが捉えられている。西側のイベントは、地下水面からの反射を捉えたものと考えられる。一方、東側に関しては、反射面の位置が極浅部であるため、データ処理において NMO ストレッチを防ぐためのミュートの影響を受けているため、深度自体には多少の狂いがある可能性がある。また、モルタル壁近傍においては、波動場が乱れるため、記録が乱れていることにも注意が必要である。

### 3. おわりに

地下建造物周辺の漏水検知に対する GPR 探査の適用性の検討を行うために、砂質地盤中に模擬改良体のモルタル壁を埋設したテストフィールドを作成し、比較的単純な条件下での漏水模擬実験を実施した。模擬改良体のモルタル壁が健全な場合の静的地下水条件下および、モルタル壁に穿孔し一定流量の地下水流動がある動的地下水条件下において、GPR 探査を実施した。ワイドアングル GPR による探査からは、以下の結論を得た。

1. 地下水位が地表下約 1.4m および 1.7m に存在する場合、地下水面を明瞭で連続した反射面として捉える事が出来た。
2. 地下水位が地表下約 1.4m に存在する動的地下水条件下における探査結果では、モルタル壁近傍において、モルタル壁からの漏水に起因すると考えられる 0.1 ~ 0.2 m 程度の微小な地下水面の上昇をも捉える事が出来た。

以上に述べたように、ワイドアングル GPR は、地表下 1m 以上で 10cm 程度の精度で地下水面を捉えることができる。また、測線全域にわたって、電磁波速度を把握することができるため、地下物性を解釈することができるという特徴も併せ持つ。それらの特徴より、ワイドアングル GPR は地下構築物からの漏水検知に有効な手法であると結論することができる。

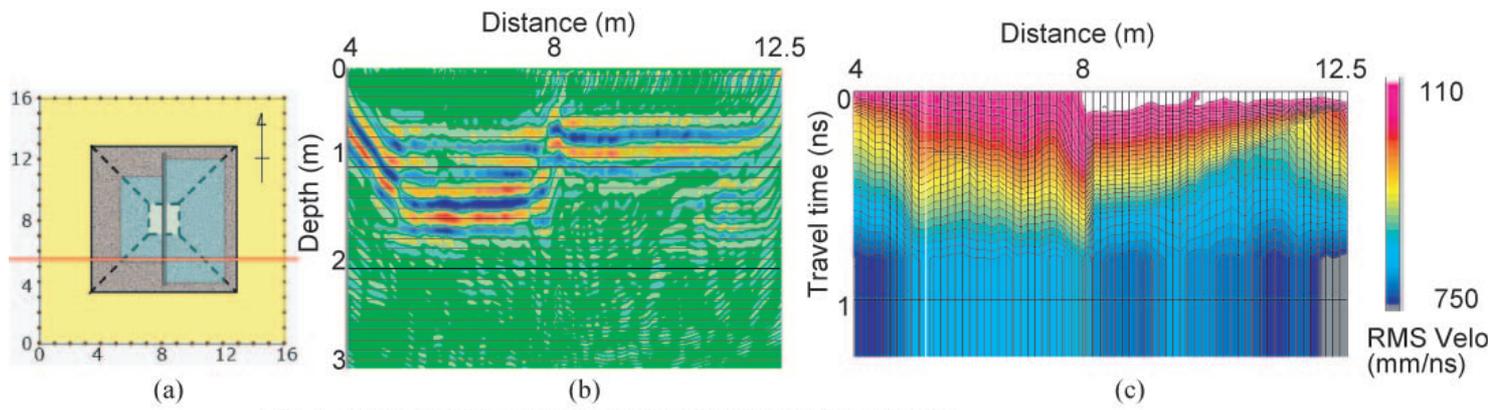


Fig. 1. Results of data processing along the survey line LY6.15.

(a) A plan view of the test field indicating the GPR survey line.

(b) A depth section of wide angle GPR processing result.

(c) RMS migration velocity distribution obtained by prestack migration velocity analysis iteration.