

III-487 電磁波利用によるシールド切羽の状況探知装置 (1)

—— 砂礫土を用いた室内実験 ——

三井建設㈱ 正員 田中 敏夫
三井造船㈱ 吉田 徹

1. はじめに

シールド工事に於いて、切羽地山の状況を知ることが最大関心事の一つである。前報(第41回年次学術講演会 III-409)に於いて、電磁波を利用したシールド機上部の地山の状況探知装置の室内実験結果について述べた。本報告は現場発進立坑より地山を採取して室内実験を行ったものである。土質調査によると全線最大礫径 250φ程度の玉石を多数含む砂礫層であり、礫、玉石分が数10%以上であった。本実験の目的は、砂礫中の電磁波の透過深度、砂礫中の水の層の探知能力等を知ることである。

2. 主な実験装置、材料

・砂礫試料 砂礫試料は静岡県富士市内の富士川扇状地性堆積層で、粒度分布を図-1に示す。転圧後の密度、含水率は挿入型R I計器によれば、湿潤密度 $2.30 \sim 2.36 \text{ g/cm}^3$ 、乾燥密度 $2.07 \sim 2.12 \text{ g/cm}^3$ 、含水率 $10.7 \sim 11.0\%$ であった。実験には100φ以上の礫を除いた。・砂試料 砂礫との比較試料としてコンクリート細骨材用川砂を用意した。転圧後の湿潤密度 $1.92 \sim 2.09 \text{ g/cm}^3$ 、乾燥密度 $1.64 \sim 1.72 \text{ g/cm}^3$ 、含水率 $17.4 \sim 22.0\%$ であった。・土槽 土槽は $900 \times 1000 \times 2000(\text{mm})$ の大きさ(図-2)で側面及び底面は厚さ20mmの透明アクリル板とし、土砂の動きが外部から観測可能とした。電磁波は上の地表面から下に向かって発射できると同時に、底板を通して上向きに発射することが可能である。・アンテナ 外形は $270 \times 320 \times 190$ の直方体で、一面のみが2mmの塩ビ板で電磁波の発進、受信面となっている。他の5面は鉄板である。

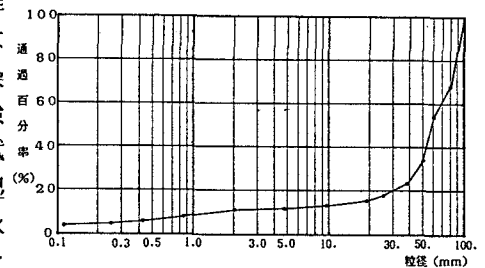


図-1 砂礫試料の粒度分布

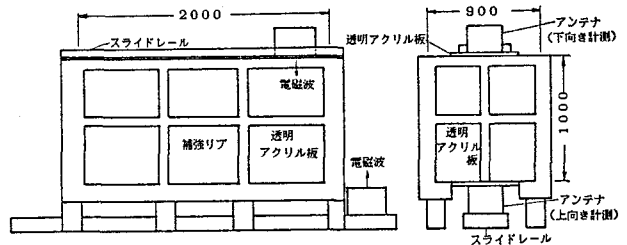


図-2 実験土槽

・コントローラ アンテナを制御し、電磁波の発信、受信をさせ、反射波をCRTに表示するもので、遅延したアナログ信号出力端子をもっている。

・位置センサー アンテナ筐体に内蔵されており、フォトインタラプター式のものである。

3. 実験方法、実験結果

3-1 砂のゆるみ範囲の探知 直径100mmφで5連、長さ900mmのビニール製ビーチマットに水を充満させて、図-3に示すように底のアクリル板の上にセットし、砂を入れて転圧、下部より水で飽和させた。次に、ビーチマットの中の水を抜き取った。これにより、アーチ型のゆるみ範囲が出現すると期待した。側方の透明アクリル板を通して観察したところでは、アーチは形成されず、ゆるみ範囲は真直ぐ上の地表迄及んで、地表が陥没した。アンテナを土槽の下側のアクリル板に密着させて水平方向に移動させ、電磁波を上に向けて発進して得たCRT上の映像を写真-1に示す。図-3に対して写真-1は上下が逆になっている。

3-2 砂礫層中の水袋の探知及びゆるみ範囲の探知 直径170mm、長さ900mmのビニール袋に水を充満さ

せ、図-4に示すように砂礫層中に埋設した。転圧は50kgのバイプロプレートを用いた。その後下部より水で飽和状態にした。次に底に接して置かれた2連の水袋の水を徐々に抜き取った。側方の透明アクリルを通して観察したところでは、実際にアーチは形成されず、ゆるみ範囲は真直ぐ上の地表まで及んで、地表が陥没した。その時の表示を写真-2に示す。ゆるみ範囲の境界は殆ど電磁波の進行方向に平行、すなわち、鉛直であるため、境界面をとらえることは出来なかった。写真には地表の陥没位置（90cmの砂礫層を通して）が検出されている。他の水袋は円形に表示されるわけではなく、円の上下の二点が特徴的な円弧で表示されている。

5. 考察

3-1の実験結果ではゆるみが殆ど鉛直に地表面に達し、期待したアーチ型のゆるみ範囲は形成されなかったが、非常にルーズな領域と思われる範囲が表示された。この部分は密度が不均一（比誘電率が不均一）であり、電磁波が乱反射していると考えられる。3-2の実験では水袋

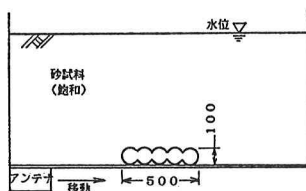


図-3 砂のゆるみ範囲の探知

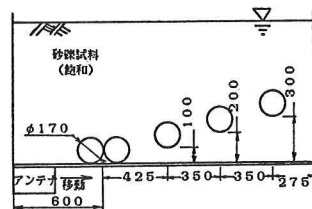


図-4 砂礫層中の水袋の探知

を砂礫土中に埋設し、その水袋の検知を試みた。この結果からアンテナの上に30cm程度砂礫が覆い、その先に17cmの水の層が続き、更に砂礫の地山が続いた場合でもそれらの境界を検知することが可能と考えられる。ただし、境界面が電磁波に対して凹面か凸面かによって反射波のレベルは大部差がある。水袋の水を抜いた場合砂と同様にゆるみは地表に達してしまった。そのゆるみ範囲をそのままの形で検知することは出来ず、もともと水袋のあった位置は相当にルーズであると予想され、強い反射波が受信されている。

砂礫層中に水の層を挟む場合、前述程度の距離までが検知可能である。ゆるみ範囲は実験方法に困難が伴い完全な実験が出来なかったが、ルーズになった範囲から反射波が受信される。仮にアーチ型のゆるみ範囲を造りだすことが出来ればその範囲を検知することが期待される。

実験に使用した砂礫試料には 100φ程度の礫が多数混在している。これからの乱反射が顕著な場合ゆるみや水の層の検知に支障が懸念された。実際には水と地山の境界からの反射や水中で堆積したようなルーズで不均一な部分からの乱反射が顕著であり、それらの検知が可能であった。砂礫でも、転圧した状態では大径礫の間により径の小さい礫、砂が密に詰まり、電波的には比較的一様な媒質とみなすことが出来るようである。

6. むすび

現場発生砂礫による実験結果からシールド機上部の地山状態の探知の可能性が判明した。実用化に向けてのシステムの製作と現場での実験結果は一システムの構成一、及び一現場実験結果一で述べる。実験方法について電気通信大学電子工学科鈴木務教授には懇切なる御指導を頂いた。末筆ながら感謝の意を表します。

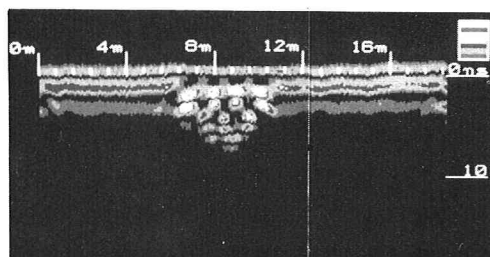


写真-1 砂のゆるみ範囲の表示

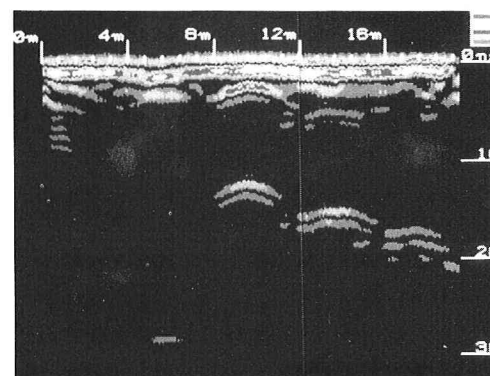


写真-2 砂礫層中の水袋とゆるみ範囲の表示