

III-PS 2 電磁波を用いた土質判別特性

戸田建設(株) 正会員 谷口 徹  
 戸田建設(株) 正会員 多田幸司  
 戸田建設(株) 正会員 請川 誠

1. はじめに

土木工事の施工において、工事対象となる土質を知ることは、あらゆる点で非常に重要である。しかしながら、工種によっては、工事の進捗に伴う土質の変化を把握していくことは難しい。土質の状況が施工者の目で確認できない工事ではなおさらである。

当社では、密閉式シールドにおいて電磁波を用いた切羽前方探査システムを開発した。この開発過程のなかで、電磁波の特性により、土質の判別についての可能性が明らかとなり、ここに報告する。

2. 土質の電気特性実験

比誘電率は土質により異なり、密度、水分量、粒度などの影響を受けて変化することが、これまでの実験より明らかとなった。本実験は、土質毎の比誘電率および各土質の密度、水分量の変化に伴った比誘電率の測定を目的としている。

2. 1 比誘電率

比誘電率とは、真空状態での誘電率を1とした時に、同条件での各媒質の誘電率との比である。電磁波探査においても土質の比誘電率やその特性を知ることは重要なことであり、土質判別の一つの指標となる。

2. 2 実験内容

比誘電率を求めるには、各媒質の静電容量を測定すればよいが、静電容量は周波数により大きく異なってくる。地中レーダーの場合100~1000MHzの周波数帯を使用するが、岡本の研究<sup>1)</sup>によると1MHzの測定値は100~1000MHzの値と大差ないことが明らかとされており、本実験では、1MHzの周波数で測定した。使用機器はLCZメーターである。

センサーはアクリル、銅版などで図-1 (H=100, W=200, L=200) に示すように作成し、容器内に試料を充填して測定した。実験に使用した試料を表-1に、試料の粒度曲線を図-2に示す。山砂、川砂、ケイ砂については初期含水比を測定し、一定量の水を加えて十分混練しながら測定した。

尚、実験を行う前に、測定回路内の浮遊電気容量を補正するため、空気、蒸留水により補正値を求めて測定値の補正をした。

2. 3 実験結果

実験にあたり、比誘電率を測定すると共に、各試料の真比重、含水比、単位容積重量なども測定した。実験結果より比誘電率と容積含水率の関係を図-3に示す。このグラフより次のことが考えられる。

LCZメーター

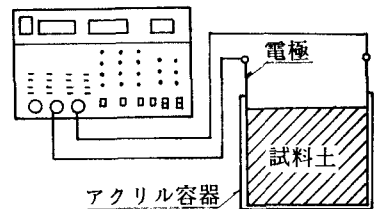


図-1 比誘電率測定

表-1 使用試料

種類	名称
山砂	茨城産
ケイ砂	No.70
川砂	利根川産 0~5mm
礫	鬼怒川産 5~25mm

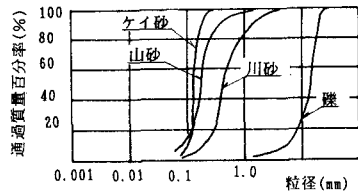


図-2 粒度曲線図

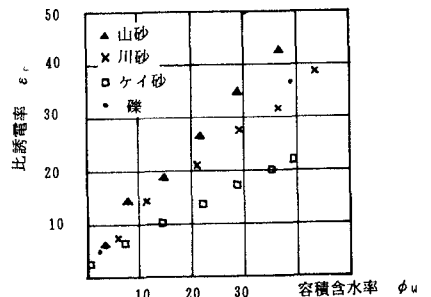


図-3 比誘電率と水分量の関係

- ① 土質の比誘電率と容積含水率は比例関係にある。
- ② 容積含水率が0に近いとき、土質の種類に関係なく比誘電率はほぼ一定の値となる。
- ③ 容積含水率が大きくなるに従って、土質の種類により比誘電率の値に差が生じる。

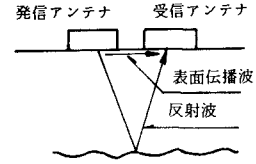


図-4 表面伝播波

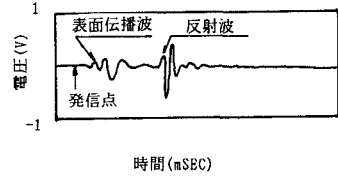


図-5 受信波形例

2. 4 まとめ

今回の実験により、比誘電率は土質毎の容積含水率に大きく依存していることがわかる。自然地盤では、各土質毎に含水比が異なり、電磁波探査においても、比誘電率の相違から土質の判別をすることが可能であると考えられる。

3. シールド工事での適用例

地中レーダーとして一般に用いられる受信波は反射波であるが、アンテナが送信、受信別型の場合には図-4に示すようにアンテナ近傍の媒質中を伝わってくる伝播波があり、これを表面伝播波(以下表面波と呼ぶ)と言う。表面波は反射物の存在なしに記録され、伝播距離が最も短いことから、受信波形の先頭に記録される(図-5)。媒質中を通過するため、媒質の比誘電率により、減衰量や伝播時間が異なる。本手法は表面波の減衰量や伝播時間と媒質の比誘電率の関係を土質の判別に適用したものである。

電磁波を用いた切羽探知システムは2つのシールド工事に適用された。シールド工事では、泥水や加泥材の影響により減衰量がやや大きい。このため、アンテナ制御装置には受信した電波を増幅および減衰するGAIN機能とSTC機能が装備されている。2つの工事では、GAIN機能とSTC機能を操作し、双方ともに切羽断面の土質の相違を明確に捉えている。A工事、B工事での各土質毎の受信波形の一例を図-6, 7に示す。土質毎に表面波の電圧値や伝播時間が異なっているのがわかる。

4. おわりに

電磁波の表面波を利用して、土質毎の比誘電率の差異より土質の判別を試みた。実工事で得られた波形データにも、この手法の妥当性が示されており、データをさらに蓄積していくことで、より正確な土質の判別が可能と考える。

今回の実験およびシールド工事での適用結果より考えると、シールド工事に限らず、盛土工やフィルダムの締め固め、岩盤への適用など多方向への展開が期待される。電磁波については、まだまだ課題が残されており、今後とも鋭意努力していく所存である。

引用文献

1) 岡本敬一 "誘電率探査法(その1)" 物理探査  
Vol. 133, No. 4(1980.8)

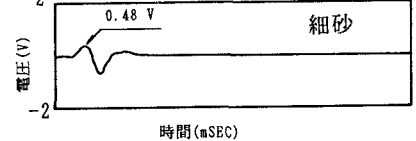
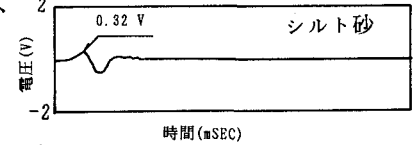
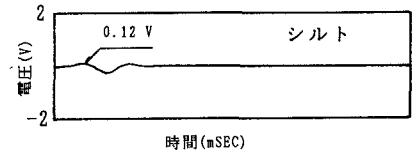


図-6 A工事での波形例

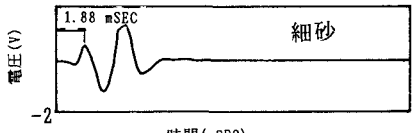
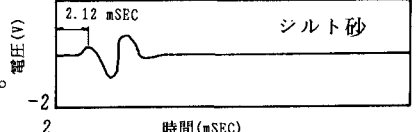
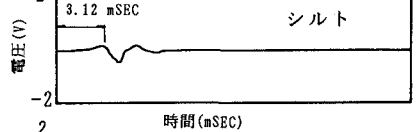
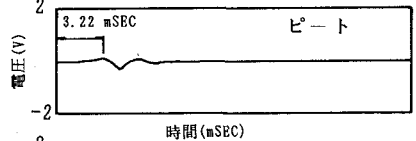


図-7 B工事での波形例