

(III-72) 含水比と乾燥密度が土の導電率および比透磁率におよぼす影響

防衛庁 技術研究本部 正会員○金子 操
中島弘朋

1 前言

近年、遺跡調査や道路下の空洞調査、あるいはライフラインの位置測定などで電磁波を用いた地中探査が盛んにおこなわれている。より高精度の探査をおこなうためには、土の不均質性以外の誤差要因を減らすことが大切である。それには、土の電磁気学的特性を定量的に取り扱うことが必要となる。

これまでの土に関する電磁気学的特性の調査では、土の状態に焦点をあてた研究があまりおこなわれていない^{1),2),3)}。そこで本報告では、土の状態（乾燥密度と含水比）に着目して、①導電率と②比透磁率の計測をおこなったので、その結果について説明する。

2 計測方法

2.1 土の成形方法

土の状態を規定するパラメータとして、①乾燥密度、②含水比、の2つを選定し、これをコントロールしながら土を成形した。今回計測で使用した土は、広島県東広島市で採取したマサ土である。その特性を表-1に示す。具体的な土の成形方法は、以下の通りである。

- (1) 所望の含水比となるよう土に水を加え、土全体が均一の含水比となるまで混合する。その後、規定の時間⁴⁾だけ静置する。
- (2) 容器（縦50cm×横40cm×深30cm）の中に、締固めた後の層厚が約5cmになるよう土を投入する。
- (3) 各層毎、①0.25E=0.57J/cm²、②0.50E=1.1J/cm²、③0.75E=1.7J/cm²、④1.00E=2.3J/cm²、のエネルギーを加えて締固める。
- (4) (2)および(3)を5回繰り返す。

図-1に締固めエネルギーの違いによる乾燥密度-含水比の関係を表-1に示す。

2.2 導電率の計測方法

計測装置の概要図を図-2に示す。計測装置は、①計測用電極、②電源部、③制御および表示装置、の3点から成る。なお②の電源部には、電流計と電圧計、電源およびLCZメータが内蔵されている。計測原理は、土に挿入した計測用電極に電圧をかけて土中に電流を

表-1 計測で使用した土の特性

採取地			広島県 東広島市
試料名			マサ土
工学的分類			SF
比重		[g/cm ³]	2. 6 6 8
粒度分布	粘土分	[%]	2. 2 %
	シルト分	[%]	1 5. 1 %
	細砂分	[%]	3 5. 4 %
	粗砂分	[%]	4 4. 2 %
	細礫分	[%]	3. 1. 5
	均等係数		1 1. 5
	曲率係数		1. 6
液性限界		[%]	2 5. 7 %
塑性限界		[%]	N P
強熱減量値		[%]	2. 7 %

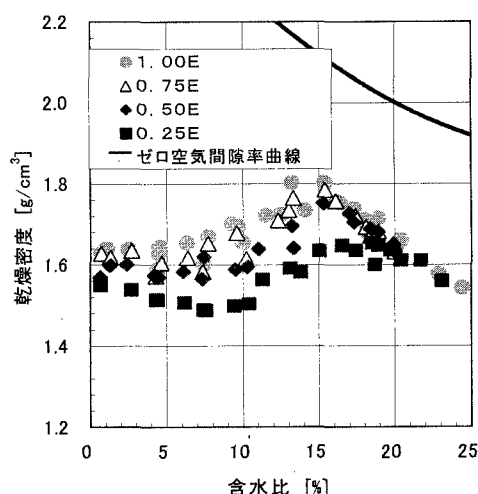


図-1 締固めエネルギーの違いによる乾燥密度-含水比の関係

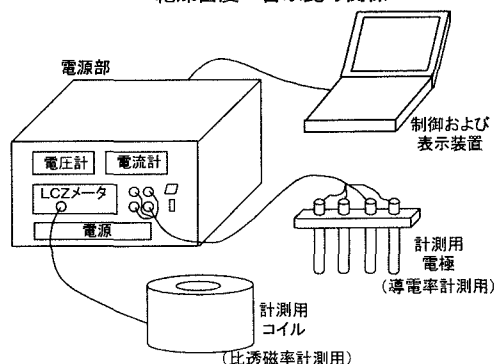


図-2 導電率および比透磁率計測装置の概要図

含水比・乾燥密度・導電率・比透磁率・マサ土

神奈川県相模原市茅野辺2-9-54 Tel.042-752-2941 Fax.042-752-2940

流し、電圧および電流値を計測することで導電率を算定する。電極配置は、ウェンナ形式で、各電極の間隔は5cmである。計測は、同一条件で100回実施した。

2.3 比透磁率の計測方法

計測装置の概要図を図-2に示す。導電率の計測方法と異なるのは、①の計測用電極に代えて計測用のソレノイドコイルを使用する点である。計測原理は、コイル内に何も入れない状態で計測したインダクタンス値と、コイル内に土を入れた状態で計測したインダクタンス値を比較する。これらの結果から、比透磁率を算定する。計測回数は、同一条件で10回実施し、電流の送信周波数帯域は、120Hzから100kHzの範囲とした。

3 計測結果および考察

3.1 導電率の計測結果および考察

図-3(a)に導電率と含水比の関係、図-3(b)に乾燥密度と導電率の関係を示す。

計測結果より、含水比が大きくなると導電率も大きくなる傾向がいく。これは、含水比が大きくなるにしたがい、水に含まれた電解質成分も増加し、その結果土全体が電気を通しやすくなったためと考える。図-3(a)より、含水比が4~5%より低くなると値が急激に下がることがわかる。次に土粒子・水・空気の体積比ならびに質量比が導電率とどの程度相関があるのかを調べた。すると、水の体積比と質量比は共に相関係数が0.97という値であり、非常に強い相関があるという結果が得られた。したがって、マサ土の導電率を考える場合、水の含有量に着目するのが重要といえる。

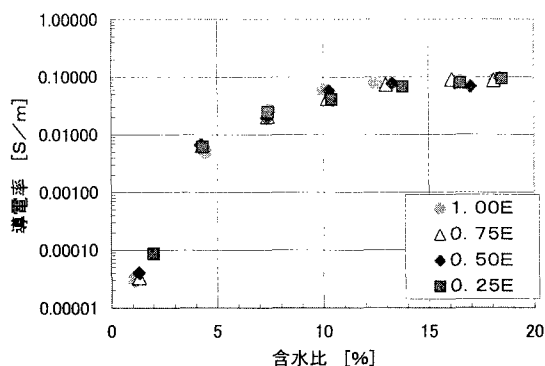
乾燥密度については、同一の乾燥密度でありながら導電率の値が大きく変動している結果が得られた。ただし、乾燥密度が大きくなるにしたがい導電率も大きくなる傾向を読みとることができる。

一方、締固めエネルギー量の違いによる導電率の変動は含水比ならびに乾燥密度に関しても顕著には見られず、締固めエネルギー量の違いに関する有意差は判定できなかった。

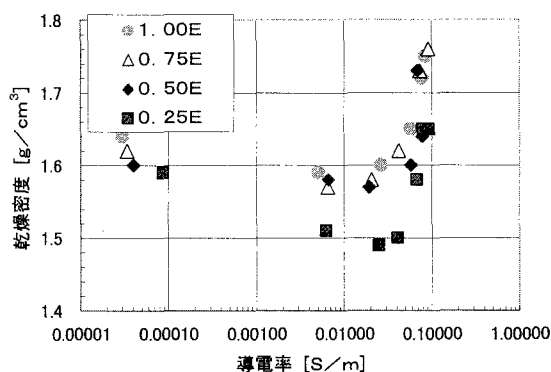
これらの結果から含水比と乾燥密度は、導電率に影響をおよぼす因子と考えてもよいと考える。

3.2 比透磁率の計測結果および考察

計測の結果、送信周波数帯域や土の含水比、乾燥密度の変化によらず、比透磁率はほぼ1の値となった。したがって含水比と乾燥密度は、土の比透磁率に殆ど影響を与えていないことがわかる。これは、締固め度や含水比が変化しても、土中に含まれる磁性成分に大



(a) 導電率と含水比の関係



(b) 乾燥密度と導電率との関係

図-3 導電率の計測結果

きな変化が生じなかったためと考える。

4 結言

今回使用したマサ土に関しては、導電率は締固め度や含水比から影響を受けるが、比透磁率は周波数帯域が0.12~100kHzの範囲では影響をほとんど受けないことがわかった。

今後は、①比透電率の計測、②マサ土以外の土に対する導電率・比透磁率・比誘電率の計測、③土中水・土粒子の化学組成に着目した計測、などをおこない、土の電磁気学的特性をさらに調査する予定である。

1) D.J.Daniels : Surface Penetrating Radar, IEE, (1996)

2) The Technology Press of MIT : Dielectric Materials and Application, Cambridge Mass.,and John Wiley&Sons, Inc, (1954)

3) 朴三奎他：砂の比抵抗に関する基礎的研究，第32回地盤工学研究発表会講演概要集，(1997)

4) 土質工学会編：土質試験の方法と解説，土質工学会，(1990)