

芝 浦 工 大 ○ 正 員 園 田 敏 史
基 礎 地 盤 コ ン サ ル タ ン ツ (株) 同 土 谷 尚

1. はじめに

現場で簡単にベネ試料などの電気特性を測定する装置と測定法を、以前に検討した⁽¹⁾。その測定法を用い、土の物理特性—同ゲキ比・粒度など—が、簡便に推定出来れば土質調査の上で非常に役立つ装置となる。

そこで、実験的に土の電気量(比誘電率・導電率)を測定し、土の物理特性との関係を検討した。

2. 試験方法

測定装置の構成は、高周波発振器、基準コンデンサーCまたは基準抵抗R、土試料を土電極からなっている(図-1)。測定は、装置の各部の電位 V_0 ・ V_1 ・ V_s の三つをデジタルボルトメーターで測る。この三つの電位ベクトル $\vec{V}_0$ ・ $\vec{V}_1$ ・ $\vec{V}_s$ の間には次の関係がある。

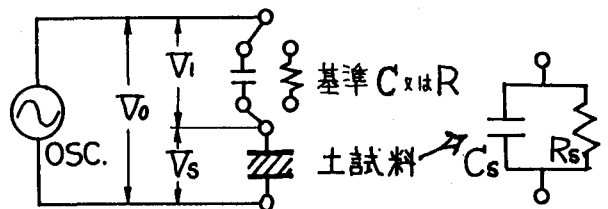
$$\begin{aligned} \text{基準 } C \quad & \begin{cases} \vec{V}_0 / \vec{V}_s = 1 + C_s / C - j(1 / \omega C R_s) & (1) \\ \vec{V}_1 / \vec{V}_s = C_s / C - j(1 / \omega C R_s) & (2) \end{cases} \\ \text{基準 } R \quad & \begin{cases} \vec{V}_0 / \vec{V}_s = 1 + R / R_s + j\omega C_s R & (3) \\ \vec{V}_1 / \vec{V}_s = R / R_s + j\omega C_s R & (4) \end{cases} \end{aligned}$$

基準Cまたは基準Rを選択し、上式より土の電気量 C_s ・ R_s が求まる。この値を式(5)(6)により絶対量—比誘電率・導電率—に変換する。

$$\begin{aligned} K &= (C_s / \epsilon) \cdot (L / S) & (5) & \quad \sigma = (1 / R_s) \cdot (L / S) & (6) \\ &(\epsilon: \text{真空の比誘電率} \quad S: \text{電極の面積} \quad L: \text{電極の間隔}) \end{aligned}$$

入力周波数は1 kHz ~ 100 kHz, 入力電圧は1 Vである。

用いた試料は、各地の現場でサンプリングをした種々の飽和土(砂~有機質土)70個を測定した。



土の等価回路

3. 土の電気量 σ とKの関係

測定の結果求められた土の導電率 σ と比誘電率Kの間には図-2で示した関係がある(図は3 kHz・10 kHzのもの)。他の周波数でも同様であるが、土の電気量 σ ・Kの間には強い相関が認められる。

4. 同ゲキ比と電気量 σ ・Kの関係

図-3, 図-4に同ゲキ比 e と電気量 σ ・Kの関係を示す。

土の σ ・Kの値は、ともに同ゲキ比が1.8前後までは増加すれば σ ・Kの値が増加し、同ゲキ比が1.8をピークに同ゲキ比が増えると σ ・Kの値は減少している。また、同ゲキ比

図-1 測定原理図

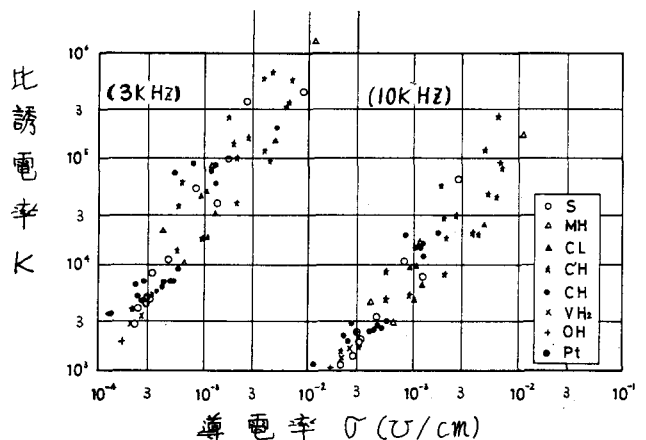


図-2 $K \sim \sigma$

が2.8を越すと間ゲキ比が増加しても 電気量 σ ・Kの値はもはや変わらず一定の値を示している。なお、間ゲキ比1.8は含水比で70%前後、間ゲキ比2.8は含水比で100%前後であるが、含水比と電気量 σ ・Kの間には、含水比70%、100%を境として間ゲキ比と同様な関係がある(図は詳略)。

間ゲキ比や含水比と、 σ ・Kの関係が似ていることからも、二つの電気量 σ ・Kの間には強い相関があることを示している。そこで、以下物理特性と電気量の関係を見るが σ との関係のみを示す。粒度分布や間ゲキの大小は電気量の大小を大きく支配していると思われるので若干の検討を試みる。

5. 粒度と間ゲキ

粒度と電気量 σ の関係を示したのが図-5である。(a)図は砂分含有率との関係 (b)図は粘土分含有率との関係を示す。

砂分が多くなる程、電気量 σ は小さな値を示しているが、粘土分含有率と σ の関係は、間ゲキ比と電気量の関係のような山型になる関係が見られるものの電気量より粘土含有を推定するに有意な関係はない。そこで、図-6には、粘土が間ゲキ水中に占める割合(粘土占有体積率)と σ の関係を示す。砂質土系の土では粘土粒子が入ってくる割合が高くなる程 σ の値も大きく、シルト系の土では粘土粒子の割合が多くせり σ の値も大きい。また、粘土へように高含水な土では、もはや間ゲキ水そのもののような状態になり σ の値は小さくなっている。このように粘土の間ゲキ水中に占める割合が、土の電気量に深く関係し、土の導電効果、誘電効果 大きくしたり小さくしたりしていると思われる。

(参考文献)

(1) 岡田・土谷, "土の電気特性の簡易測定法", 第20回 土質学会

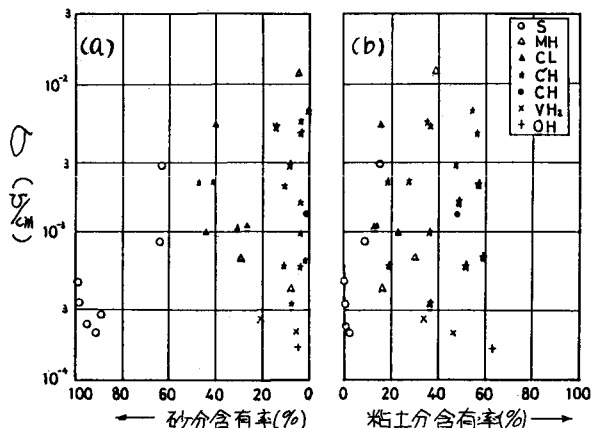


図-5 砂分含有率 $\sim\sigma$, 粘土分含有率 $\sim\sigma$

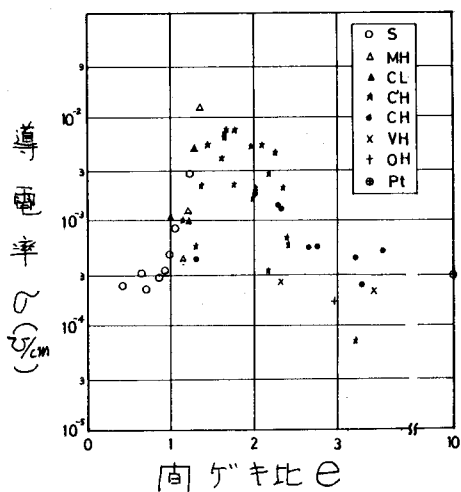


図-3 $\sigma \sim e$

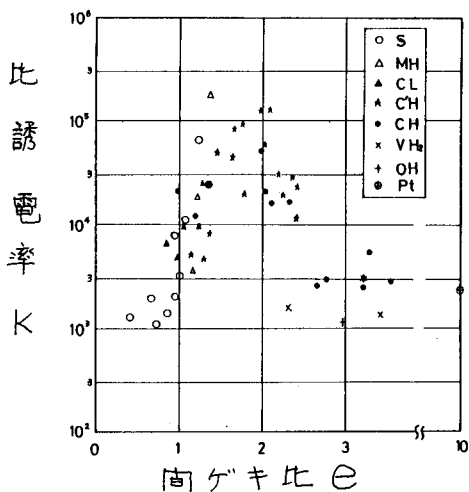


図-4 $K \sim e$

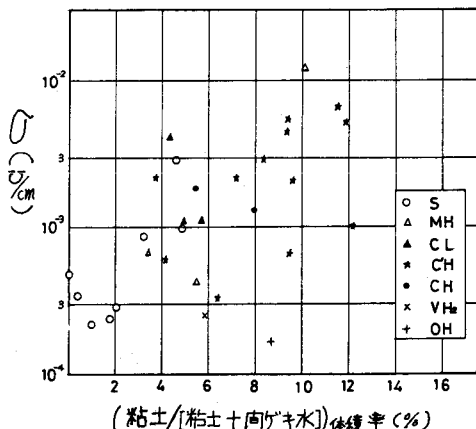


図-6 粘土占有体積率 $\sim\sigma$