

土質と土壤熱抵抗値との相関性

土壤固有熱抵抗値の簡易推定法の提案

Correlation between Soil and Thermal Resistivity of Soil

Proposal for Simple Estimation of Peculiar Thermal Resistivity of Soil

(工務部 技術開発G)

地中送電線路の送電容量を決定するためには、熱伝導要素としての土壤固有熱抵抗値（G値）を求める必要があるが、現状では、その都度現地測定を行うか、過去の実測データを基に大きめの値を用いており、現地測定なしで、より合理的にG値を求める方法が必要とされている。そこで、G値を測定した既存データを検討した結果、ある程度の土質データさえあれば現地測定なしでG値を求める方法を提案することができ、より簡易かつ合理的なG値の算定が可能となった。

(Electrical Engineering Dept., Engineering Section)

The determination of transmission capacity of underground power transmission lines requires the calculation of the peculiar thermal resistivity of soil (G value) as heat conduction elements. At present, this value is obtained by carrying out field measurements as necessary, or a rough value is obtained on the basis of past measurement data. Consequently, there has been a great demand for a reasonable method to obtain the G value. The results of our examinations on the existing G value measurement data has led us to a method to obtain the G value using only existing G value measurement data and without field measurement, and it is a far simpler and more reasonable G value calculation method.

1 研究の背景

土壤固有熱抵抗値（以下、G値）とは、その土壤固有の熱伝導率の逆数であり、管路または洞道内布設電力ケーブルの送電容量算定のための定数の1つとしても使われている。

従来、G値を求めるためには現地での実測定が必要であり、実際の電力ケーブルの送電容量算定においては、過去に実測定したデータをもとに安全サイドとなるように予め定めた値（例えば $80^{\circ}\text{C}\cdot\text{cm}/\text{W}$ ）を用いることが多い。

今回、より適正な送電容量を現地測定なしで求める方法を探るため、既存の土質調査データを収集・整理してさまざまな土質条件とG値との相関性を検討するとともに、文献調査を行った。

ように一定値を提案することができる。

4 既存経験式の検討

各種土質条件とG値との関係を示す既存の経験式として、主に「Makowski and Mochlinskiの式」および「深川の式」が一般に知られている。

これらの式の妥当性を検討した結果、「深川の式」はおおむね計算値と実測値が対応しておりそのまま適用可能であると考えられる。「Makowski and Mochlinskiの式」は、砂、砂礫はそのまま適用可能であるが、シルト、粘土は式の中の係数を一部変えて修正することにより適用可能であると考えられる（第1図）。

2 既存データの収集・整理

当社および東京電力が過去に日本工営(株)等に委託してG値を実測し、データが蓄積されていることから、その調査報告書を主体にデータを収集した。これらのうち、土質条件が全く不明なものならびに中部地方では見られない関東ロームおよび火砕流堆積物等のデータを除き、埋土・盛土、シルト・粘土、砂、礫・砂礫についての607の有効なデータを整理した。

3 実測G値と深度・地下水位との関係

実測G値と深度・地下水位との関係をまとめると、5m以深で地下水位面以下の場合に限り、土質別に測定値が一定の範囲に収まることが分かり、第1表に示す

第1表 土質別のG値と深度・水位の関係

G値の単位： $[^{\circ}\text{C}\cdot\text{cm}/\text{Watt}]$

土 質	5 m 以浅		5 m 以深		
	測定G値				提案G値
	地下水面 より上部	地下水面 以下	地下水面 より上部	地下水面 以下	
埋 土 盛 土	40～355	45～170	－	－ (60)	80
シルト 粘 土	60～165	45～160	－	45～80 (65)	80
砂	40～180	35～170	－	35～70 (60)	70
礫 砂 礫	55～420	40～130	－	20～40 (25)	40

()内は平均値

「Makowski and Mochlinskiの式（修正後）」および「深川の式」を、それぞれ(1)式および(2)式に示す。

$$\frac{1}{G} = (a \cdot \log_{10} w + b) \times 10^{\frac{\gamma_d}{1.60} - 3} \dots\dots\dots(1)$$

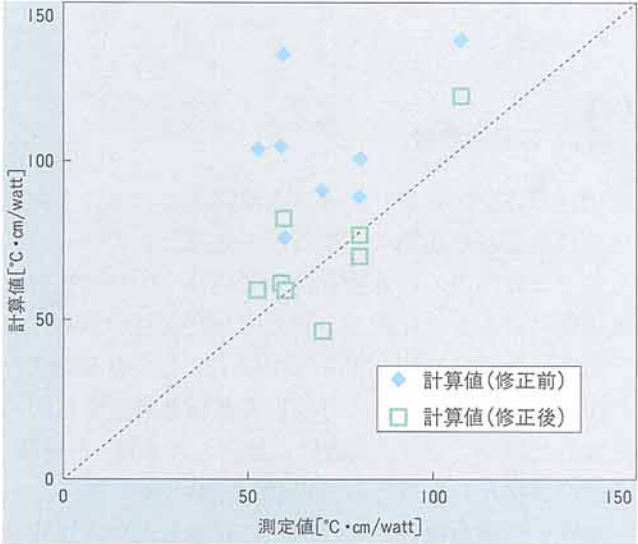
ここで
 w ：含水比 [%]、 γ_d ：乾燥密度 [g/cm³]
 $a=1.5$ [粘土]、 2.36 [シルト]
 $b=0.5$ [粘土]、 0.41 [シルト]

$$\frac{G_f}{G} = \varepsilon + \frac{1 - \varepsilon}{\phi + \frac{2}{3} \cdot \frac{G_s}{G_f}} \dots\dots\dots(2)$$

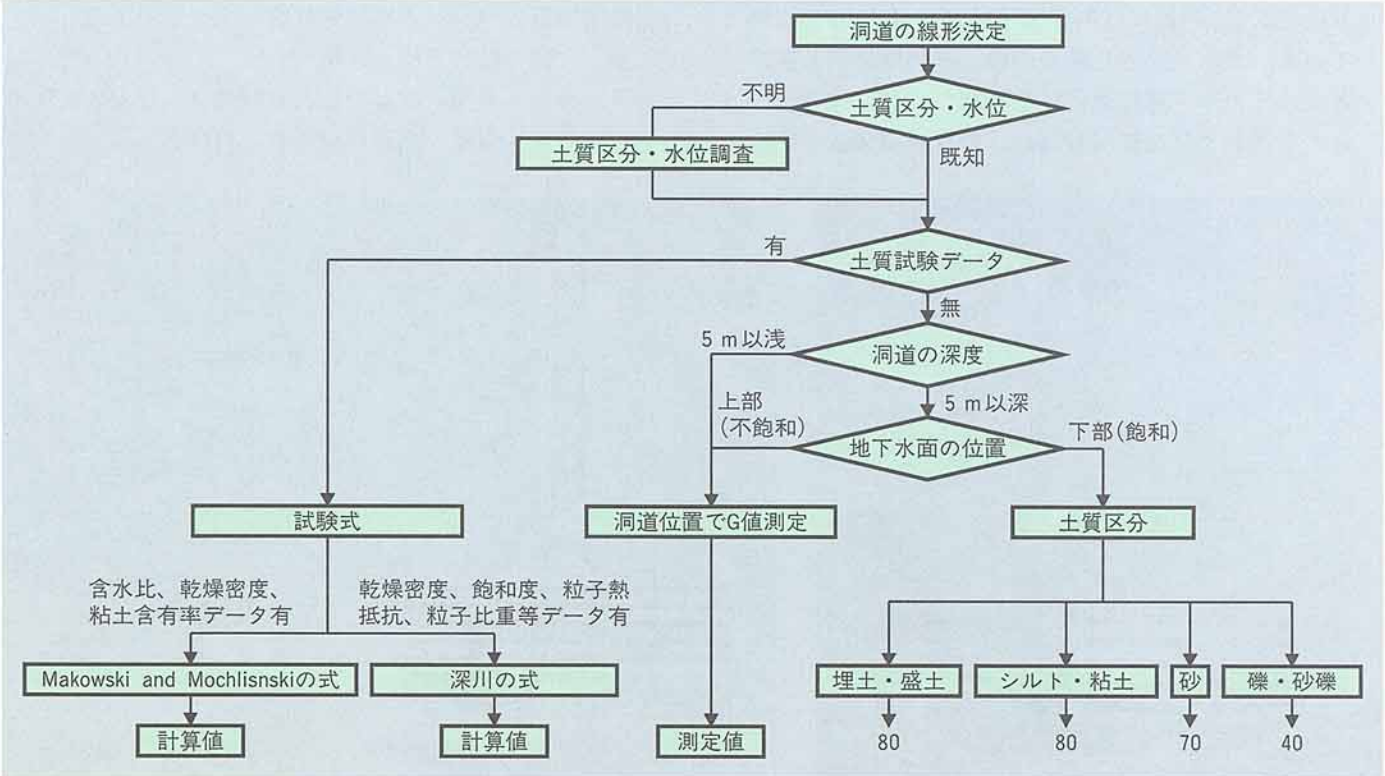
ここで
 $\varepsilon = 1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_s}$ 、 $\frac{1}{G_f} = \frac{1 - S}{G_a} + \frac{S}{G_w}$
 G_a ：空気の熱抵抗 (=3500 [°C・cm/watt])
 G_s ：粒子の熱抵抗 (=35 [°C・cm/watt])
 S ：飽和度 [%]
 G_w ：水の熱抵抗 (=170 [°C・cm/watt])
 γ_d ：乾燥密度 [g/cm³]
 $\gamma_s = \gamma_w \cdot g_s \simeq g_s$
 γ_w ：水の密度 [g/cm³]
 g_s ：土壌粒子の比重
 ϕ ：土壌粒子の充填型関数 (=0.05)

5 G値の簡易推定法

これまでの研究結果をもとに、第2図に示すフロー図を作成した。土質試験データがあれば計算によってG値を求めることができ、データがない場合でも、5 m以深で地下水位面以下の場合は土質区分により一律に求まる。それ以外の場合は、残念ながら現地測定が必要である。
これにより、G値の簡易的な推定が可能となった。



第1図 Makowski and Mochlinskiの式の修正



第2図 G値決定の手順