

## 構成粒子の熱伝導特性に基づくスラリー材の固有熱抵抗値推定モデル

東京電力株式会社 正会員 高橋 守男  
東京電力株式会社 正会員 ○中村 元

## 1. はじめに

地中送電線ケーブルの送電容量は、ケーブルからの熱放散性、すなわち周辺地盤の熱抵抗によって大きく影響される。この固有熱抵抗を的確に知り、経済的なケーブルサイズを選定することは、コストダウンの重要な要素となっている。本稿では、地中線管路などに用いられている中詰め材（以下、スラリー材）の固有熱抵抗値（以下、 $g$  値）を予測するために、構成する個々の粒子の  $g$  値を推定し、併せて並列モデル<sup>1)</sup>を用いてスラリー材の  $g$  値を推定する手法を考案したのでここに報告する。

## 2. 検討方法

本研究は2つのステップで構成される。第1ステップでは、水と固体粒子からなる2相混合体の  $g$  値を測定し、a) 並列モデルを用いる方法、b)  $g$  値-密度関係を用いる方法、及び c)  $g$  値-含水比の関係を用いる方法の3通りの手法を用い粒子の  $g$  値を推定する。粒子としては、 $g$  値調整のための添加材として着目したゴミ熔融スラグ、転炉スラグ、ドロマイト、石灰岩及びフライアッシュと、スラリー材の基本構成材料であるセメント（普通ポルトランドセメント）及び泥土を検討する。試験に用いる泥土は建設汚泥で最大粒径 0.25mm の細粒土である。また、ゴミ熔融スラグ、転炉スラグ、ドロマイトの最大粒径はそれぞれ 4.75mm である。フライアッシュはセメント混合タイプの製品 (Type F, 太平洋セメント) を使用した。第1ステップの1つ目の手法 (a) では、まず、岩体を粉砕することによって粒子の熱伝導特性が既知と考えられる石灰岩粉体 (岩体の  $g$  値を粉体のそれとみなす) に加水した2相混合体の  $g$  値を測定し、並列モデルの検証を行った。次に、粒子としては  $g$  値が未知の材料である、泥土、セメント、フライアッシュ、ゴミ熔融スラグ、転炉スラグについてここで確定した並列モデルを用い、粒子の  $g$  値を推定した。2つ目の手法 (b) では、前述の2相混合体について  $g$  値と混合体密度 ( $\rho$ ) との関係を実験的に定め、粒子の比重となる  $g$  値を求めることで粒子の  $g$  値を推定する。3つ目の手法 (c) では、2相混合体について  $g$  値と含水比との関係を実験的に定め、含水比がゼロとなる点の  $g$  値を求めることで粒子の  $g$  値を推定した。第2ステップで第1ステップで求めた構成材料別の熱伝導率に並列モデルを適用し、スラリー材（泥水+セメント+添加材の4相混合体）の  $g$  値を予測する。

## 3. 試験条件

前述の2相混合体及び4相混合体の試験は飽和度 100% で、ブリーディングが起きない配合範囲で行った。

## 4. 検討結果

第1ステップ (a) に関する結果として  $g$  値の計算値 ( $g_c$ ) と測定値 ( $g_o$ ) との散布図を図-1に示す。どちらも測定値に対して過大な計算値を呈しているが、測定値と計算値の相関は高いことから、一律の補正を行うことで構成比率に基づく推定が十分可能と判断される。重量比によるものの方が、離脱が小幅となっていることから、ここでは重量比によるものを採用する。以上から、補正式を考慮した材料粒子の  $g$  値 ( $g_s$ ) の算定モデルは、含水比を  $w\%$ 、水の  $g$  値を  $g_w(165^\circ\text{C} \cdot \text{cm/w})$  とすると、

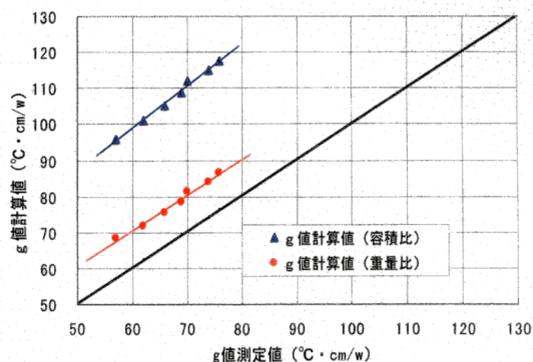


図-1  $g$  値計算値の検証 (石灰岩)

$$g_s = (100 + w)(g_o + 11.29) - w g_w / 100$$

となる。モデルの妥当性を検証するために、ドロマイトについて、推定値と文献値との比較を行ったところ、良好な値を得た（表-1）。また、その他の今回対象とした物質について推定した結果を表-1（1. 並列モデル）に示す。第1ステップ（b）に関する結果として、添加材の泥土に対するg値低減効果についてまとめたものを図-2に示す。また、その他の今回対象とした物質について推定した結果を表-1（2. g-ρ関係）に示す。図-2より各添加材の泥土に対するg値の低減効果が判断できる。図-2より泥土に対して下方に位置する、石灰岩、ドロマイトについては泥水に添加することでg値の改善が期待できる材料と言える。第1ステップ（c）に関して、石灰岩とドロマイトを用いて検証した結果を図-3、表-1に示す。石灰岩、ドロマイトいずれも推定値は文献値に近接した値を示しており、本手法による推定は妥当なものと判断された。本手法により、その他の今回対象とした物質について推定した結果を表-1（3. g-w関係）及び図-4に示す。第2ステップとして、スラリー材（泥水+セメント+添加材の4相混合体）のg値の計算値（g<sub>c</sub>）を測定値と比較した結果、良好な精度（1σ=2.8°C・cm/w）が得られた（図-5）。尚、泥土とセメント及び添加材の乾燥重量比をm:n:(1-m-n)、含水比をwとし、g値をそれぞれg<sub>s1</sub>、g<sub>s2</sub>及びg<sub>s3</sub>とすると、スラリー材のg値算定式は以下のとおりである。

$$g_c = (100m g_{s1} + 100n g_{s2} + 100(1-m-n) g_{s3} + w g_w) / (100 + w) - 11.29$$

表-1 粒子g値(°C・cm/w)の推定結果

	文献値	1. 並列モデル	2. g-ρ関係	3. g-w関係	平均
石灰岩(検証体)	39	39	37	40	39
ドロマイト(検証体)	22	28	27	28	28
泥土	-	43	42	72	52
普通ポルトランドセメント	-	97	89	101	96
フライアッシュ	-	89	88	88	88
熔融スラグ	-	105	95	98	99
転炉スラグ	-	66	57	65	63

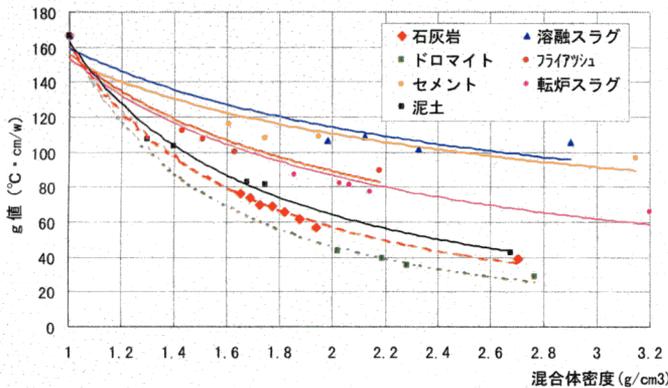


図-2 添加材の泥土に対するg値低減効果

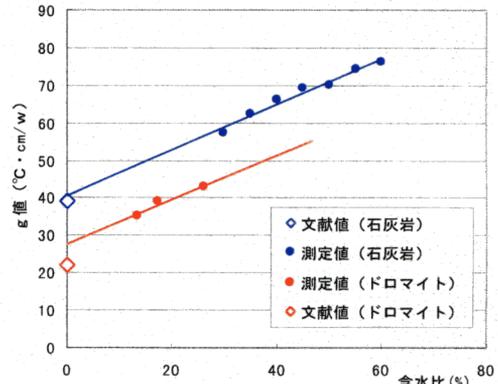


図-3 w-g関係による粒子g値推定方法の検証

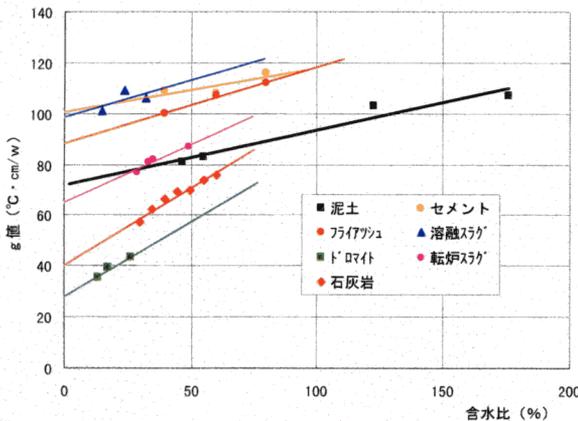


図-4 g-w関係による粒子g値推定

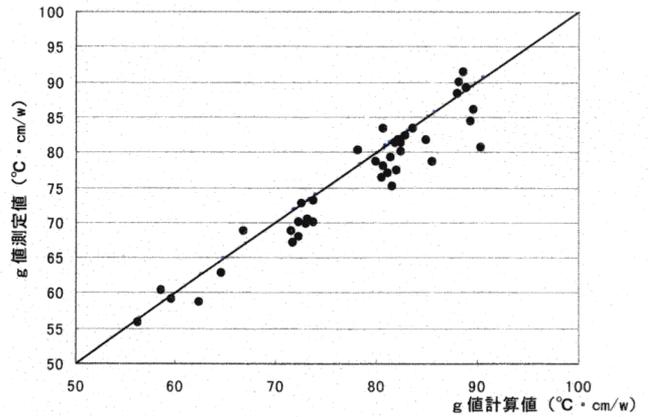


図-5 スラリー材g値推定(添加材:ドロマイト、転炉スラグ)

### 5. 結論

構成材料個々のg値に基づくスラリー材のg値予測モデルにより、十分な精度で4相混合体のスラリー材g値が推定できることが判明した。

### 参考文献

1) 野村英明：不飽和土の巨視的熱伝導率の推定方法について，岐阜大学工学部建設工学科卒論，1988/3