

季節変動を考慮した最大接地抵抗値の推定

新庄一雄* (北陸電力) 戸栗和広 郷津宏之 (ホクデン)

Estimation of Maximum Earth Resistance Considered Seasonal Variation
Kazuo Shinjo (Hokuriku Electric Power Co.), Kazuhiro Toguri, Hiroyuki Gouzu (Hokuden Co.)

1. はじめに

適切な接地設計や施工方法を考える上で、接地抵抗の季節変動の正確な予測は、季節にかかわらず基準値を満足し経済性も両立させるためには避けて通れない。しかし、接地抵抗の季節変動の実態を示すデータが紹介された事例は少ない⁽¹⁾⁻⁽³⁾。著者らは、導電性コンクリート(ホクデン EP-1)を用いた帯状接地電極の評価試験を実施しており、実際に施工された複数の接地電極を対象とした月1回の接地抵抗測定結果の分析から、接地抵抗の季節変動は月平均気温の変動だけでも十分表せる可能性を指摘した⁽⁴⁾。

本稿では、任意の季節に測定した1回の接地抵抗値から、季節変動による最大接地抵抗値を推定できる可能性を得たため紹介する。

2. 評価対象地点と接地電極

評価対象地点は、富山県内の4箇所(A~D地点)であり、各地点の地質(大地抵抗率、透水性)や埋設されている接地電極長などは大きく異なっている。詳細は、表1に示す。全ての接地電極は、銅の網状電極を導電性コンクリートで包んだ帯状電極である。4地点とも冬季に凍土とはならない場所で、地下水位も接地電極の埋設深度(0.8~1.2m)よりもかなり低く、接地抵抗への影響はないものとして扱った。なお、本稿で扱う接地抵抗は、全て定常接地抵抗である。

表1 評価対象地点の接地電極と大地抵抗率
Table 1. Earth electrodes and resistivities of sites for evaluation.

Site Name	Number of Earth Electrodes	Earth Electrode No.	Length of Earth Electrode [m]	Earth Resistivity [Ω·m]
A point	11	No.1	10	148
		No.2 - No.11	1	183
B point	2	No.1	80	923
		No.2	80	917
C point	1	No.1	10	1802
D point	2	No.1	16	140
		No.2	15	140

3. 接地抵抗の季節変動

図1に、2005年1月から2008年6月にA地点の接地電極No.1に対して毎月測定した接地抵抗および対応する月平均気温を示す。更に、月平均気温を説明変数とする回帰式から求めた接地抵抗の季節変動も合わせて記載する。また、図2には、A地点に埋設してある全11個の接地電極の接地

抵抗と月平均気温の季節変動を示す。ここで用いた月平均気温は、評価地点に最も近い気象庁観測点のデータを用いている。なお、雪に埋もれて接地抵抗の測定を行なえなかった期間などは、測定データが欠落している。

図1は、文献(4)で示したデータに6か月分のデータを追加したものであるが、月平均気温のみで接地抵抗の季節変動をほぼ表すことができることを後押しするものである。また、図2からは、抵抗値や変動幅の違いはあるものの、状況の異なる複数の電極の接地抵抗においても、月平均気温の変動と反比例するような同期した変化が見取れる。

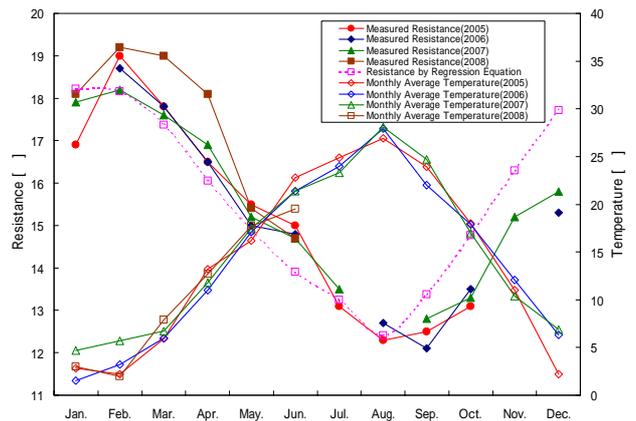


図1 A地点No.1接地電極抵抗の季節変動と月平均気温
Fig.1. Seasonal variation of No.1 electrode resistance and monthly average temperature at A point. [Jan. 2005 - Jun. 2008]

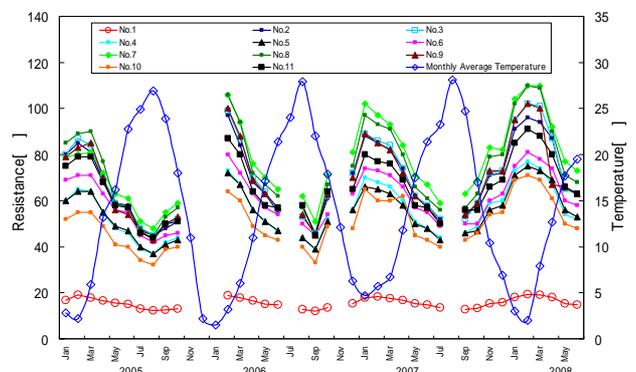


図2 A地点の接地抵抗の季節変動
Fig.2. Seasonal variation of all electrode resistances and monthly average temperature at A point. [Jan. 2005 - Jun. 2008]

4. 最大接地抵抗の推定と精度評価

そこで、表1に示した評価対象4地点の全ての接地電極における計測期間中の最大接地抵抗と通年の変動幅をそれぞれ求め、図3に対比した。図中には、データから求めた回帰直線(破線)および実測データとの残差が最も小さくなる原点を通る直線(実線)も合わせて示した。最大接地抵抗がゼロに近づけば、変動幅もゼロに限りなく近づくと考えられる。また、両直線同士が非常に近いことから、最大接地抵抗と変動幅の関係は、原点を通過する直線で表しても支障ないと判断する。ちなみに、変動幅との関連性が極力高いパラメータを見出すために、最小接地抵抗値、年間平均抵抗値・中央値、大地抵抗率などについても同様に分析を行ったが、最大接地抵抗値との相関が最も高かった。結果として、接地電極長や大地抵抗率、透水性などの地質条件は、接地抵抗の大小を説明するには必要なものの、接地抵抗の季節変動幅を説明する際には、特に用いなくても良いことが分かった。

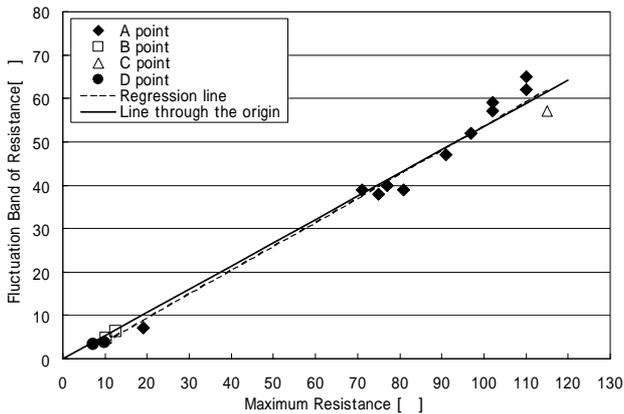


図3 最大接地抵抗と変動幅の関係

Fig.3. Relationship between maximum value and fluctuation band of earth resistances.

図3に示した原点を通過する直線は、式1で表すことができる。また、接地抵抗の変動が月平均気温の変動で表すことができることから、式2もほぼ成り立つと考えられる。そこで、式1、2より接地抵抗変動幅 R_w を消去すると、式3が導かれる。

$$R_w = K \times R_{max} \quad \text{----- (1)}$$

$$R = R_{max} - (T - T_{min}) \times R_w / T_w \quad \text{----- (2)}$$

$$R_{max} = \frac{T_w \times R}{T_w - K \times (T - T_{min})} \quad \text{----- (3)}$$

- R : 測定接地抵抗値 [Ω]
- R_{max} : 最大接地抵抗値 [Ω]
- R_w : 接地抵抗の変動幅 [Ω]
- K : 最大接地抵抗値と変動幅の比例係数(=0.5349)
- T : 接地抵抗測定月の月平均気温 [°C]
- T_{min} : 最低月平均気温 [°C]
- T_w : 月平均気温の変動幅 [°C]

これより、式3を用いれば、接地電極の抵抗値を測定し、当該地域の月平均気温データを入手すれば、最大接地抵抗を推定することが可能となる。

そこで、推定精度を評価するために、4地点の全接地電極における全ての測定データを式3に導入し、電極毎の最大接地抵抗の平均推定値を求めて実測値との対比を行った(図4)。各接地電極の推定誤差は表2の通りとなり、抵抗値が小さい電極では誤差率が10%を超えるものもあるが、発生率は小さく、総じて実用に足るものと評価する。

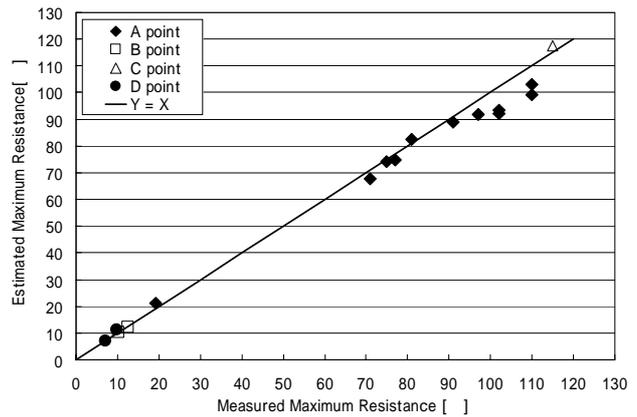


図4 推定最大接地抵抗の誤差

Fig.4. Error of estimated earth resistance from measured one.

表2 最大接地抵抗の推定誤差

Table 2. Error between measured and estimated maximum earth resistances.

Site Name	Earth Electrode No.	Measured Maximum Resistance [Ω]	Estimated Maximum Resistance [Ω]	Error [Ω]	Error Rate [%]
A point	No.1	19.2	21.3	2.1	11.2%
	No.2	97.0	92.0	-5.0	-5.2%
	No.3	102.0	93.3	-8.7	-8.6%
	No.4	77.0	74.9	-2.1	-2.8%
	No.5	75.0	74.2	-0.8	-1.1%
	No.6	81.0	82.4	1.4	1.7%
	No.7	110.0	102.9	-7.1	-6.4%
	No.8	110.0	99.2	-10.8	-9.8%
	No.9	102.0	92.0	-10.0	-9.8%
	No.10	71.0	67.6	-3.4	-4.8%
	No.11	91.0	88.9	-2.1	-2.4%
B point	No.1	12.6	12.2	-0.4	-3.3%
	No.2	10.2	10.1	-0.1	-0.7%
C point	No.1	115.0	117.4	2.4	2.1%
D point	No.1	7.1	7.1	0.0	-0.4%
	No.2	9.9	11.1	1.2	12.3%

5. おわりに

提案した最大接地抵抗推定手法は、評価対象とした接地電極と同種の電極への適用には大いに期待できると考える。また、深埋設接地への適用は難しいものの、今回見出した基本的な関係性については、他の電極に対しても一般性があるのではないかと想像するが、確認が必要である。

文献

- (1) 戸塚裕子, 高橋建彦, 「接地抵抗の季節変動のシミュレーション」, 第17回電気設備学会全国大会, E-13, pp.149-150 (1999)
- (2) 武馬宏幸, 高橋建彦, 「接地抵抗の季節変動に関する考察」, 電気設備学会誌, Vol.22, No.8, pp637-642 (2002)
- (3) 高橋建彦, 「接地・等電位ボンディング設計の実務知識」, オーム社, pp65-75 (2003)
- (4) 新庄一雄, 戸栗和広, 郷津宏之, 「接地抵抗季節変動の要因分析」, 平成20年電気学会全国大会, 7-110 (2008)