

接 地 に つ い て

目 次

1. 接地の分類	-----	1
2. 接地工事の種類	-----	1
3. 目的による接地の種類	-----	1
4. 接地の役割	-----	2
5. 接地抵抗	-----	2
6. 大地抵抗率	-----	2
7. 接地抵抗の測定	-----	3
(1)電位降下法	-----	3
(2)電位分布曲線	-----	3
(3)抵抗区域	-----	4
8. 接地抵抗低減法	-----	5
9. 対雷接地の考え方(GWを例として)	-----	5
【参考資料】	-----	6

1. 接地の分類

- 1) 系統接地：電路に施す接地－B種接地
- 2) 機器接地：電気機器の鉄台や外箱に施す接地（フレーム接地）
A種接地・C種接地・D種接地

2. 接地工事の種類

電技第18条に規定されている接地工事の種類とそれらの接地抵抗値を表1に、保安用接地の接地工事の種類は電圧グレードによって表2のように分類することができる。

また、電技第28条では、電路に施設する機械器具の鉄台および金属製外箱には表3に示す機械器具の区分に応じて接地工事を施すことを定めている。

表1 電気設備技術基準

接地工事の種類	接地抵抗値
A種接地工事 E _A	10Ω
B種接地工事 E _B	変圧器の高圧側又は特別高圧側の電路の一線地絡電流のアンペア数で150(変圧器の高圧の電路又は使用電圧が35,000V以下の特別高圧側の電路と低圧側の電路との混触により低圧電路の対地電圧が150Vを越えた場合に、1秒を越え2秒以内に自動的に高圧電路又は使用電圧が35,000V以下の特別高圧電路を遮断する装置を設けるときは300、1秒以内に自動的に高圧電路又は使用電圧が35,000V以下の特別高圧電路を遮断する装置を設けるときは600)を除いた値に等しいオーム数
C種接地工事 E _C	10Ω(低圧電路において、当該電路に地気を生じた場合に0.5秒以内に自動的に電路を遮断する装置を施設するときは、500Ω)
D種接地工事 E _D	100Ω(低圧電路において、当該電路に地気を生じた場合に0.5秒以内に自動的に電路を遮断する装置を施設するときは、500Ω)

表2 接地工事の分類

A種接地工事 E _A	特高および高圧の金属製機械器具、外箱等の接地
B種接地工事 E _B	特高及び高圧電路と低圧電路とを結合する変圧器の中性点 または一端子等の接地
C種接地工事 E _C	300Vをこえる低圧の金属製機械器具、外箱等の接地
D種接地工事 E _D	300V以下の低圧の金属製機械器具、外箱等の接地

表3 機器接地の区分

300V以下の低圧用のもの	D種接地工事
300Vをこえる低圧用のもの	C種接地工事
高圧用または特別高圧用のもの	A種接地工事

3. 目的による接地の種類

系統接地・機器接地・雷害防止用の接地・静電気傷害防止用の接地・地絡検出用の接地・等電位化用の接地・雑音対策用の接地・機能用の接地等がある。

4. 接地の役割

接地とは地球上の大地に電氣的端子を施すことである。この電氣的端子いわゆるターミナルの役割を果たすのが接地電極である。電流が接地電極を通過して大地へ流れ込む際に、その通過の難易の目安が接地抵抗である。当然、接地抵抗が低いほど電流は流れやすい。何らかの原因で電気設備の接地系統に、ある故障電流が流れたとき電位上昇が生じる。この電位上昇はオームの法則により、故障電流と接地系統の電気抵抗の積であらわされる。

そこで、電位上昇を極力小さく抑えるために、低い接地抵抗をもつ接地が必要になってくる。すなわち、人体に危険のない程度の電位上昇上限値は接地抵抗に関係してくる。この考えは感電防止の最も基本的な要点であります。

5. 接地抵抗

接地系の概念を単純にあらわすと、接地される電気設備機器である被接地体と大地と接触している接地電極およびこれらを電氣的に結ぶ接地線で構成される。

接地されている設備から接地線、接地電極を経て大地へ流れ込む電流を接地電流という。

ある接地抵抗をもつ接地電極にこの接地電流が流れると電位が生じる。この電位を電位上昇という。

接地抵抗は、定量的には、次のように定義されている。

『1つの接地電極があって、これに接地電流 I [A]が流れ込んでいるとする。接地電極に接地電流が流入すると、接地電極の電位が周辺の大地にくらべて E [V]だけ高くなる。このとき、電位上昇値と接地電流の比 E/I [Ω]をその接地電極の接地抵抗とする。』

接地抵抗をもう少し具体的に説明すると、接地抵抗には次の3種類の抵抗が含まれる。

- (1) 接地線、接地電極の導体の抵抗
- (2) 接地電極の表面とこれに接する土壌との間の接触抵抗
- (3) 接地電極周囲の土壌の示す抵抗

これら3つの要素のうち、(1)の抵抗は導体であるからその抵抗も非常に小さく問題にならない。

ただし、コンクリート基礎抗などの非金属体を代用電極とするような場合は、接地電極自体の抵抗も考慮しなければならない。

(2)の接触抵抗は、いわゆる電極と土壌の“なじみ”の問題である。接地電極は大部分は金属体であり、その表面はなめらかな面である。それに対して土壌は微小な固体の集まりであるから、この2つの物質の接触は面接触というより点接触の状態に近い。したがって、両者の界面においては接触抵抗が生じる。また、静電容量も作用する。

(3)の土壌の示す抵抗は大地抵抗率といわれており接地抵抗の主要部分である。

6. 大地抵抗率

各種物質の抵抗率の位置付けをみると図1のようになる。銅の抵抗率が 10^{-8} [$\Omega \cdot m$]であるのに対して、土壌の代表的抵抗率は 10^2 [$\Omega \cdot m$]で、両者の間には実に10桁のひらきがある。

大地抵抗率に影響を与える要因としては、代表的なものとして土の種類や水分の量あるいは温度がある。そのほかには、土に含まれている水分に溶解している物質やその物質の濃度、そして土壌の粒の大きさや粗密(しまりぐあい)などがある。

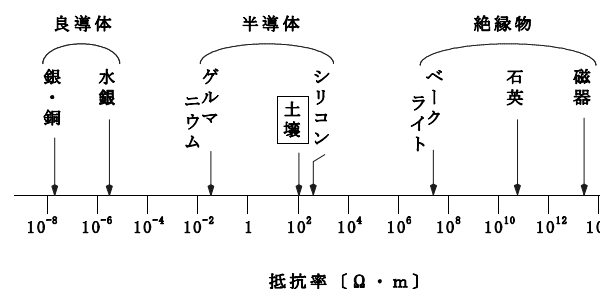


図1 各種物質の抵抗率の位置付け

また、土壌の抵抗率は金属の抵抗率とは逆に、温度が上昇すると低くなり、温度が低下すると高くなるという負の温度係数を有している。つまり、接地抵抗は季節によって変化し、夏季に低く冬季に高くなる。

7. 接地抵抗の測定

(1) 電位降下法

接地抵抗の測定方法の1つに電位降下法がある。この方法は接地抵抗の定義に基づいた原理であり、国内外で最も一般的な測定法である。定義では無限遠方に対する電位上昇を基準としているが、現実的には有限区間の電位上昇を採っている。この有限区間に密接に関するのが測定用の補助電極の位置である。

電位降下法の構成を図2に示す。同図において、Eは測定の対象となっている接地電極である。

C、Pは測定用の補助電極で、Eから適当な距離に打ち込んである。Cが電流補助極、Pが電位補助極である。

測定に際しては、EC間に電源をつないで、大地に電流を流す。この電流には交流が用いられる。なぜなら、直流を用いると電気化学作用が生じるからである。また、交流の周波数としては、電力系統からの誘導信号を分離しやすいように、商用以外の周波数を使う。交流の周波数としてあまり高いものを用いると、リード線のインダクタンスや容量が効いて好ましくない。一般的には1kHz以下を採用している。

電位補助極Pによって、EP間の電位降下を測定する。

大地に流した電流を $I[A]$ 、EP間の電位差を $V[V]$ とした場合に、 $V/I[\Omega]$ を接地抵抗の測定値とする。

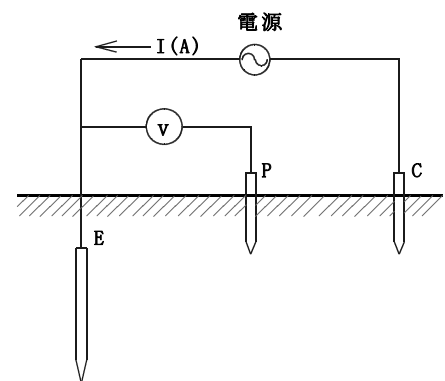


図2 電位降下法の構成

(2) 電位分布曲線

電位分布曲線の例を図3に示す。電極E付近では電位が急に増加し、中間地点ではそれが緩み、電極C付近で再び増加し電極上では印加電圧に等しくなる。

図4では、EC間の距離を C_1 、 C_2 の2種類とした場合の電位分布曲線 P_1 、 P_2 を描いてある。

電位分布曲線 P_1 には中央に水平部が無く、電位分布曲線 P_2 には水平部が発生している。主接地電極と電流電極が接近し過ぎていると、 P_1 のように電位分布曲線に水平部が無い。主接地電極と電流電極を十分に離すと、電位分布曲線の中央に水平部が発生する。

これを逆にいうと、電位分布曲線の中央に水平部が発生するまで主接地電極から電流電極を離せば、双方の電極はほとんど無関係になったと判断してよい。そこで、水平部からはかった電位差 E_x を、そのときの電流値で割れば、Eの接地抵抗が求まる。

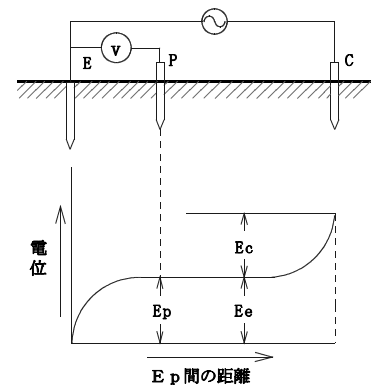


図3 電位分布曲線

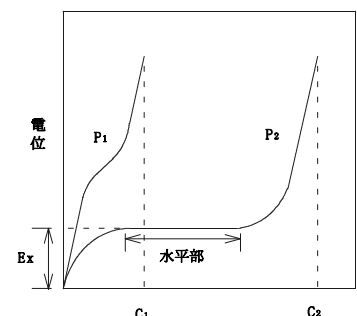


図4 電位分布曲線

(3) 抵抗区域

接地抵抗は接地電極の周囲の大地の中に含まれている。その含まれかたは、接地電極の近くがもっとも多く、接地電極から遠ざかるにしたがって少なくなる。それは、地中における電流経路の断面積が急速に広がるからである。理論的に厳密にいうと、接地抵抗は無限遠方の大地にまで含まれている。しかし実際問題としては、接地抵抗の大部分は接地電極を中心とする有限の範囲内におさまっていると考えてよい。

このように、接地電極を中心として、大部分の接地抵抗が含まれている範囲を抵抗区域という。

抵抗区域と電位分布の関係を図5に示す。これは孤立した電極の場合である。この孤立した電極に電流を流した場合、地表面の電位上昇は抵抗区域で終わり、それより外には及ばない。

図6(a)は電位降下法において、主接地電極区と電流電極Cが近すぎて双方の抵抗区域がオーバーラップした場合である。この場合は同図(b)に示すように、E電極とC電極の電位上昇を合成した結果が最終的な電位分布曲線となり、曲線の中央に水平部が生じない。

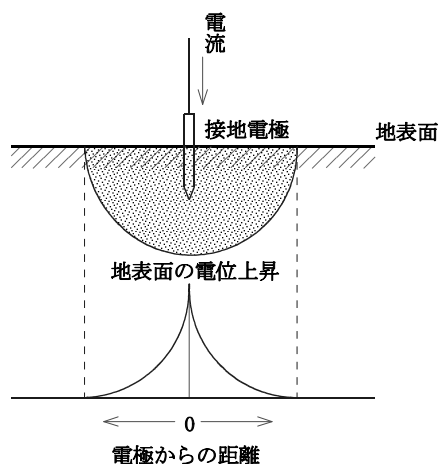


図5 抵抗区域の電位分布

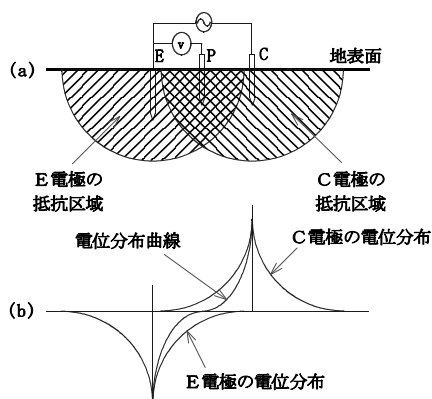


図6 E電極とC電極が近い場合

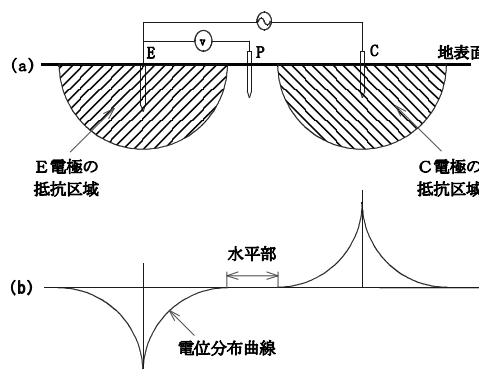


図7 E電極とC電極が遠い場合

図7(a)はE電極がC電極と十分に離された場合である。このときは両電極の抵抗区域がオーバーラップしない。その結果、電位分布曲線の中央に水平部が生じている。

すなわち、同図(b)に示すように電位分布曲線の中央に水平部が生じれば、主接地電極と電流電極は相互に無関係になったとみなしてよく、この水平部に電位電極を打ち込めば精度の良い測定値が得られる。

8. 接地抵抗低減法

接地工事を行う場所において、接地電極を十分に布設しても所要の接地抵抗が得にくい場所があります。

接地抵抗を下げるための方法として、電極付近に塩水を注いだり、木炭粉末をつめたりする思想は古くからありました。これらの思想には、接地電極を疑似接地導体とみなすことや大地抵抗率を人工的に小さくするという2つの考えがあります。言うまでもなく、接地抵抗は大地抵抗率と電極形状、寸法の関数であり、大地抵抗率を小さくすれば接地抵抗は減少します。また、寸法が大きくなれば接地抵抗も減少します。疑似接地導体というのは、電極のみかけの半径を増した状態を示し、土壤に塩水を注ぐというのは、大地抵抗率を小さくすることを意味しています。

塩水や木炭などを使用する方法には欠点があります。塩水を注ぐ方法は一時的な効果は大きいですが、ごく短時間に雨水や地下水流などにより散ってしまいます。つまり効果が永く持続しないわけがあります。木炭をつめる方法は電極材質が銅であるとき、銅に浸食作用を起こします。最悪の場合は接地線の断線事故を起こし有害であります。イギリスでは当時、この種の事故が多発したとのことです。つまり、電極を腐食させたわけであります。

上述のようなことを考慮すれば、低減剤としては以下のような条件を満足する必要があります。

●低減剤の具備すべき条件

- ①安全であること。
- ②電氣的良導体であること。
- ③持続性があること。
- ④電極を腐食させないこと。
- ⑤作業性が良いこと。

ここで、①は公害に対して、②、③は低減効果に対して、④、⑤は管理、経済効果に対してそれぞれ考慮すべき条件であります。

9. 対雷接地の考え方(GWを例として)

GW(架空地線)は、雷が被保護物を直撃しないように、つまり避雷設備で言うむね上げ導体の役割をもっており、GWで受け止めた雷を避雷導体を通して接地極に導き、そこから大地に安全に放電させることにより、雷害発生を防止するものであります。

雷電流のような衝撃(インパルス)大電流は、接地部分の接地抵抗、特に非常に立ち上がり峻度の高い雷電流に対して、過渡接地抵抗値(通常接地抵抗と呼ばれているのは、定常接地抵抗を言います。)が低いほど大地に放電しやすく、ひいては被保護物の保護効果も高くなります。この過渡接地抵抗は、接地部分での接地極の形状・大きさ・大地との接触状態・布設形状等によって大きく影響されます。

したがって、従来の接地極として銅板や接地棒等を施工するだけでは被保護物の保護という立場から考えると必ずしも十分とは言えない場合もあります。

雷がGWまたは建築物の近くに落ちると、建築物内部の電気設備が破損したり、誤動作を起こすことがあります。これは主に、GWに落ちた雷電流が引下げ導線を通過する際に発生する磁界により、または大気中の雷放電による電磁的・静電的に配電線や通信線に誘起された誘導雷による場合が多いと考えられます。

その他の主要原因には、土壤の種類等により、接地抵抗(特に過渡接地抵抗)が十分に低くならない場合、雷電流による電位上昇が発生し、接地側より機器内部に雷電流が侵入する恐れがあります。

最近では、コンピュータ・PBX・FAX・ワープロ・セキュリティシステム・NC機械・その他の制御装置等、ICやLSIを使用した装置が普及し、雷の異常電圧による機器破損のみならず誤動作の原因にもなっています。

このようなことから、接地極としては、定常および過渡接地抵抗が低くなるような接地部材ならびに布設形状を考慮して、良好な接地が得られるように施工することが肝要であります。さらに、接地部材の経年変化つまり土壌腐食に強い接地部材を使用することにより、より安定した接地を考慮して接地設計しなければなりません。

【参考資料】

- 1.電気設備技術基準
- 2.接地技術入門(オーム社)／高橋 健彦 著