

垂直断層近傍に敷設された接地システムに関する研究

日大生産工 (院) ○玉岡 賢之

日大生産工 蒔田 鐵夫

1. まえがき

電気設備技術基準には、「電気設備の必要な箇所には、異常時の電位上昇、高電圧の侵入等による感電、火災その他人体に危害を及ぼし、又は物件への損傷を与えるおそれがないよう、接地その他適切な措置を講じなければならない。」とあり、この接地を施すためには接地電極を埋設しなければならない。

日本工業規格には、「コンクリート内の相互接続した鉄筋は接地極として利用することができる。」とある。コンクリート内の鉄筋を接地極として利用しても、十分な接地抵抗を得ることができなければ、何かしらの方法で接地抵抗を低くしなければならない。接地抵抗を低くする方法の一つとして、棒状電極を大地に埋設し、接地極に接続する方法が考えられる。

電極を埋設する大地は水平多層構成となっていることが多いが、河岸や崖の近傍に電極が敷設されている場合は垂直断層を有する垂直多層大地と考えるのが適当である。

本研究では、垂直断層近傍において、より低い接地抵抗を得るにはどのように棒状電極を埋設したらよいか、また、電極の埋設位置により接地抵抗はどのようになるのかを数値計算により検討した。

2. 接地抵抗の計算方法

接地抵抗は、次のように定義されている。

「1つの電極があって、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、接地電極の電位が接地電流の流入前に比べて V だけ高くなる。このとき、 V/I [Ω]をその接地抵抗とする。」

本研究での接地抵抗の計算は、まず各電極から流出する電流 I_x を式(1)より求める。次に各電極から I_x を加え合わせた全電極からの電流 I を求める。そして、接地抵抗の定義より、電極の電位 V を全電極からの電流 I で割ることにより接地抵抗を求めた。

$$I_x = \frac{4\pi l V}{\rho_1 \log \frac{x + \frac{l}{2} + \sqrt{y^2 + z^2 + (x + \frac{l}{2})^2}}{x - \frac{l}{2} + \sqrt{y^2 + z^2 + (x - \frac{l}{2})^2}}} \quad (1)$$

l は電極1要素の長さ、 ρ_1 は大地抵抗率を示す。

3. 電極の埋設状態と大地の構成

主接地電極の埋設状態は図1のように縦×横が 5×5 [m]、メッシュ幅が 0.25×0.25 [m]のメッシュ状とした。棒状電極は水平または垂直に埋設し、図2のように主接地電極の辺または角に接続した。棒状電極の長さは3 [m]である。

上記の埋設状態を基本とし、電極の深さ Z と境界面からの距離 D を変化させた。

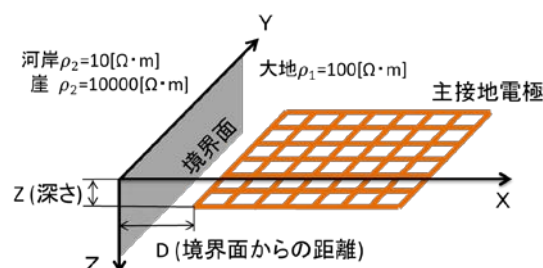


図1 主接地電極の埋設状態

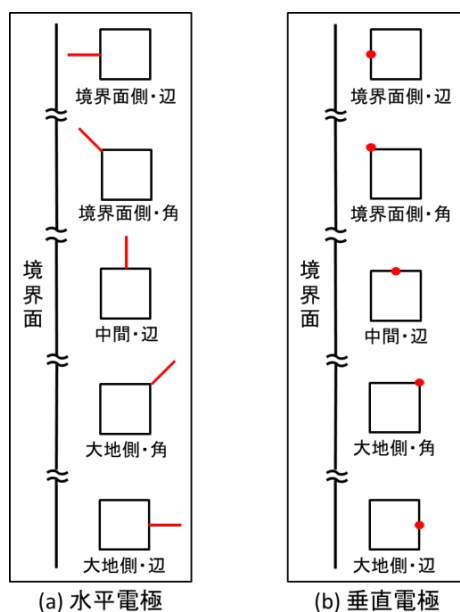


図2 棒状電極の埋設状態

電極が敷設されている大地の抵抗率を $\rho_1 = 100[\Omega \cdot \text{m}]$ 、垂直断層が河岸の場合の抵抗率を $\rho_2 = 10[\Omega \cdot \text{m}]$ 、崖の場合を $\rho_2 = 10000[\Omega \cdot \text{m}]$ とした。

4. 結果

4.1 棒状電極による接地抵抗の低減効果

主接地電極の境界面からの距離 D を 3m 一定、埋設深さを地表面下一定とし、図2のように棒状電極を埋設したときの接地抵抗を図3と図4に示す。接地抵抗は棒状電極がない状態を 100 に正規化して表す。

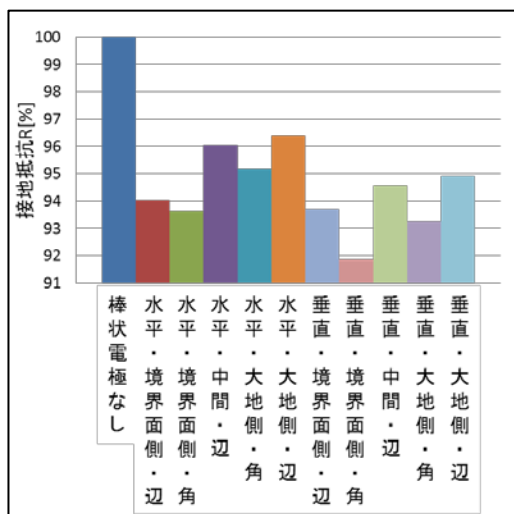


図3 棒状電極による接地抵抗の低減
(河岸近傍)

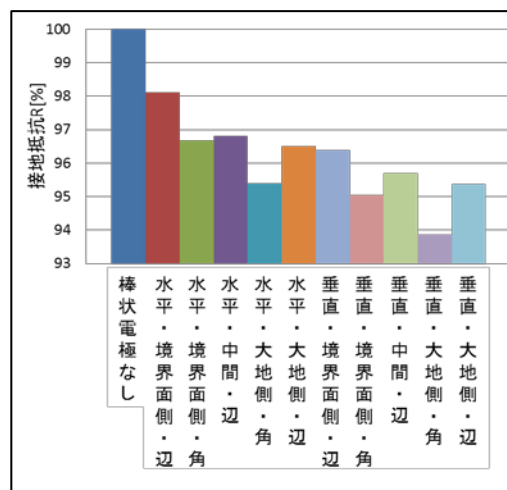


図4 棒状電極による接地抵抗の低減
(崖近傍)

接地抵抗が各々違う要因は次の三つに分けられる。

- ・棒状電極の埋設方法が水平かあるいは垂直。
- ・棒状電極が境界面に近いかあるいは遠い。
- ・棒状電極を主接地電極の辺かあるいは角に接続。

この三つの要因をそれぞれ比較する。

「水平・境界面側・辺」と「垂直・境界面側・辺」とを比較すると、河岸近傍と崖近傍はともに、棒状電極を垂直に埋設した方が接地抵抗は低い。

「水平・境界面側・辺」と「水平・大地側・辺」とを比較すると、河岸近傍においては境界面側に埋設した方が接地抵抗は低く、崖近傍においては大地側に埋設した方が接地抵抗は低い。

「水平・境界面側・辺」と「水平・境界面側・角」とを比較すると、河岸近傍と崖近傍はともに、棒状電極を主接地電極の角に接続した方が接地抵抗は低い。

よって、接地抵抗を低くするためには、棒状電極を以下のように埋設し接続する。

- ・垂直に埋設。
- ・河岸近傍の場合は境界面側に、崖近傍の場合は大地側に埋設。
- ・主接地電極の角に接続。

4.2 深さ変化による接地抵抗

棒状電極を接続した状態で、主接地電極の深さを变化させたときの接地抵抗の変化を図5と図6に示す。接地抵抗は棒状電極がなく主接地電極を地表面下に埋設した状態を100に正規化して表す。

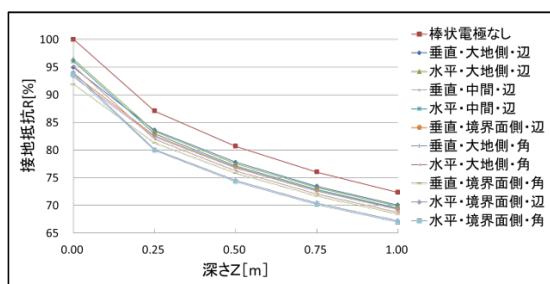


図5 電極の深さ変化に対する接地抵抗
(河岸近傍)

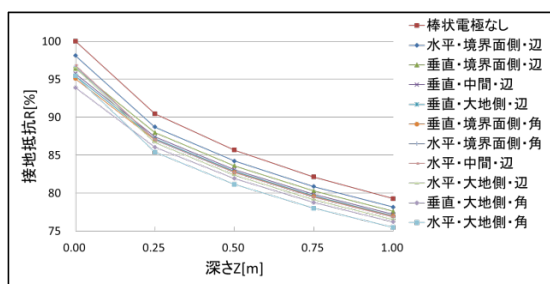


図6 電極の深さ変化に対する接地抵抗
(崖近傍)

両図より接地抵抗は、棒状電極を接続するより、接地電極を深く埋設する方がより低い接地抵抗を得ることができる。しかし、接地電極が深くなるにつれて接地抵抗の減少の変化は小さくなっている。この結果から、接地抵抗を低くするにはまず接地電極を深く埋設し、それでも望んだ接地抵抗を得ることができなければさらに深く埋設するのではなく、棒状電極を接続する方がよいと考えられる。

図3と図4より地表面下で最も接地抵抗が低いのは、河岸近傍で「垂直・境界面側・角」、崖近傍で「垂直・大地側・角」であるが、図5と図6より深さが0.25[m]以上の場合、河岸近傍では「水平・境界面側・角」、崖近傍では「水平・大地側・角」となった。この結果から、電極がある程度深く埋設されていれば、

棒状電極を垂直に埋設するより水平に埋設した方が低い接地抵抗を得ることができるということがわかる。

4.3 境界面からの距離変化による接地抵抗

棒状電極を接続した状態で、主接地電極の境界面からの距離を変化させたときの接地抵抗値の変化を図7と図8に示す。図9は境界面がない均質大地での接地抵抗値である。

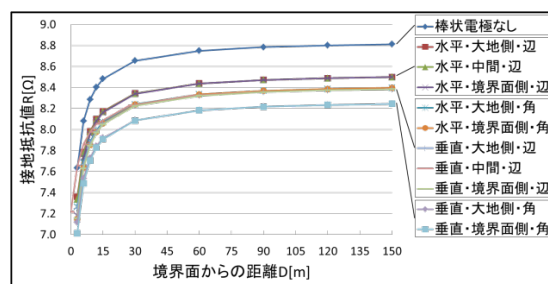


図7 境界面からの距離に対する接地抵抗値
(河岸近傍)

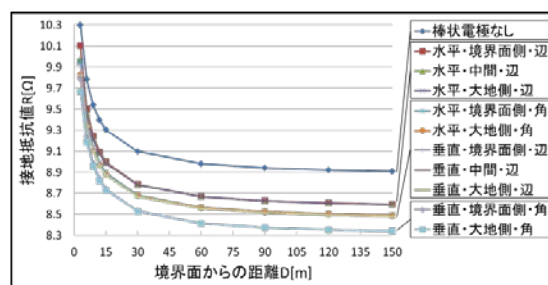


図8 境界面からの距離に対する接地抵抗値
(崖近傍)

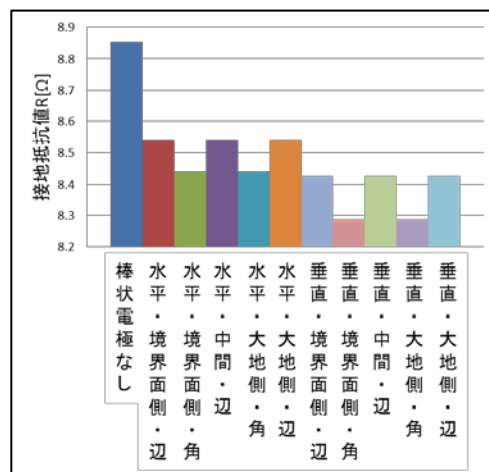


図9 棒状電極による接地抵抗値の低減
(均質大地)

接地抵抗値は、河岸近傍の場合は境界面から離れるほど高くなり、崖近傍の場合は境界面から離れるほど低くなる。また、河岸近傍、

崖近傍ともに境界面から離れるほど、均質大地での接地抵抗値に近づいている。このことから、境界面から電極をある程度離せば、垂直断層の存在を考慮しなくてもよいと考えられる。

そこで、電極をどのくらい境界面から離せば、垂直断層の存在を考慮しなくてよいかを検討する。均質大地における接地抵抗を 100 とし、河岸近傍および崖近傍における境界面からの距離に対する接地抵抗の変化を図 10 と図 11 に示す。

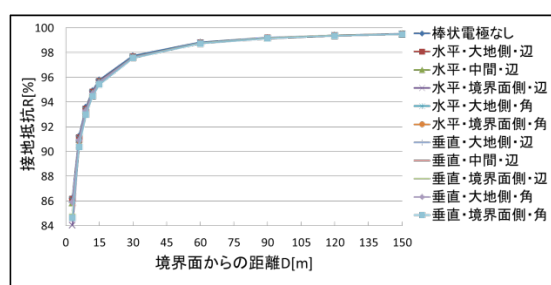


図 10 境界面からの距離に対する接地抵抗
(河岸近傍)

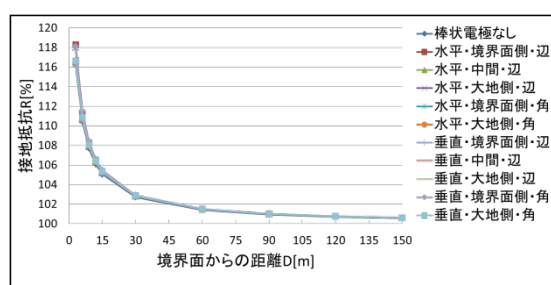


図 11 境界面からの距離に対する接地抵抗
(崖近傍)

両図より境界面からの距離が 90[m] 辺りで、どのように棒状電極を接続した場合でも、均質大地での接地抵抗との差が 1[%] 程度となった。境界面からの距離が 90[m] 以上だと接地抵抗の下がり幅が小さいので、接地電極が境界面から 90[m] 以上、つまり本計算条件の場合は、主接地電極 1 辺の 18 倍離れていれば垂直断層の存在を考慮しなくてもよいと考える。

5. まとめ

5.1 河岸近傍に接地電極が敷設された場合

- ・接地電極が地表面下に埋設されている場合に低い接地抵抗を得るには、棒状電極を垂直に埋設し、主接地電極の境界面側角に接続する。
- ・接地電極がある程度深く埋設されている場合に低い接地抵抗を得るには、棒状電極を水平に埋設し、主接地電極の境界面側角に接続する。
- ・接地電極が境界面から離れている程、接地抵抗は高くなり均質大地での接地抵抗に近づく。

5.2 崖近傍に接地電極が敷設された場合

- ・接地電極が地表面下に埋設されている場合に低い接地抵抗を得るには、棒状電極を垂直に埋設し、主接地電極の大地側角に接続する。
- ・接地電極がある程度深く埋設されている場合に低い接地抵抗を得るには、棒状電極を水平に埋設し、主接地電極の大地側角に接続する。
- ・電極が境界面から離れている程、接地抵抗は低くなり均質大地での接地抵抗に近づく。

5.3 河岸、崖近傍に接地電極が敷設された場合

- ・低い接地抵抗を得るには、棒状電極を接続するより、接地電極を深く埋設した方がよい。
- ・接地電極がある程度深く埋設されていれば、低い接地抵抗を得るためにさらに深く埋設するより、棒状電極を接続した方が接地抵抗は低くなる。
- ・境界面からの距離が主接地電極 1 辺の 18 倍以上離れていれば、均質大地での接地抵抗との差は 1[%] 程度になる。

「参考文献」

- 1) 電気書院編集部, 電気設備技術基準とその解釈, 株式会社電気書院, (2013) p.5-6
- 2) 板倉省吾, 建築物等の雷保護, 財団法人日本規格協会, (2000) p.9