

垂直断層近傍に敷設された接地システムに関する研究

－近接構造体による網状電極の接地抵抗への影響－

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。¹⁾」とあり、この接地を施した場合は規定の接地抵抗より低くしなければならない。

接地を施す場合は、電極を大地に埋設するのが一般的であるが、コンクリート内の相互接続した鉄筋を接地電極として利用することができる。近年では、べた基礎鉄筋コンクリートを接地電極として使用した場合の接地抵抗の検討がされている。²⁾

低い接地抵抗を得るために事前に大地の構成を推定することが重要である。接地抵抗の推定は一般的には大地を水平多層構成として考えるが、河岸、港湾、崖、地下空間が存在する場所等の近傍に電極が埋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。

一方、建築構造体が近接している場合は、構造体による接地抵抗への影響も重要と考えられるので、本報告では、べた基礎鉄筋コンクリートの網状鉄筋部分を接地電極として使用した場合を仮定し、この網状電極の近傍に垂直断層や構造体が存在する場合の接地抵抗への影響について数値計算結果を報告する。

2 接地抵抗の計算方法

2.1 垂直断層の影響による接地抵抗

電気影像法により、地上および垂直断層の境界を対称にした2つの影像電極と、その影像電極に対する影像電極1つを仮想する。影像電極を含めた、地面に対し水平に埋設された電極1要素からの流出電流 I_x を式(1)より、地面に対し垂直に埋設された電極からの流出電流 I_x を式(2)より求める。各電極からの流出電流 I_x を加え合わせた全電極からの流出電流 I を求める。そして、接地抵抗の定義より、電極の電位 V を全接地電極からの電流 I で割ることにより接地抵抗を算出した。ここで、 l は電極1要素の長さ、 ρ_1 は大地抵抗率である。

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

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

2.2 構造体の影響による接地抵抗

網状電極から構造体に流入する電流の総和 $(+\Sigma I_{in})$ と構造体から流出する電流の総和 $(-\Sigma I_{out})$ とが等しい。すなわち、 $(+\Sigma I_{in}) + (-\Sigma I_{out}) = 0$ となるように構造体の電位 V を求める。構造体および網状電極からの流出電流を式(1)、式(2)より求め、それらを加え合わせた全電流 I を求める。そして、接地抵抗の定義より、電極の電位 V を全電流 I で割ることにより接地抵抗を算出した。

3 計算条件

3.1 網状電極と構造体の埋設状態

網状電極は図1のように縦×横が5×5[m]、鉄筋の間隔は0.25×0.25[m]とし、地表面下に埋設されているとした。構造体は図2のように縦×横×高さが30×30×5[m]、鉄筋の間隔は0.25×0.25[m]の電気的なケージが地表面下から深さ5[m]まで埋設されている状態を基本とした。

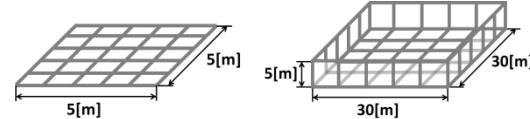


図1 網状電極

図2 構造体

3.2 網状電極及び構造体の埋設位置と大地の構成

構造体に近接している網状電極の位置による接地抵抗を検討するため、図3のように網状電極と構造体との距離Dを3[m]、網状電極の位置Pを0[m]とし、網状電極をP方向に移動させた。次に、垂直断層及び構造体の影響を検討するため、距離Dを図4の4つの埋設条件で変化させた。

大地の構成は網状電極及び構造体が埋設されている大地の電気抵抗率を $\rho_1 = 100[\Omega \cdot m]$ 、垂直断層が河岸、港湾等の場合の抵抗率を $\rho_2 = 10[\Omega \cdot m]$ 、崖、地下空間等の場合の抵抗率を $\rho_2 = 10000[\Omega \cdot m]$ とした。

Study on the Ground System near the Vertical Fault

－ The effect of reducing the ground resistance of the mesh electrode by the

structure －

Kenshi TAMAOKA and Tetsuo MAKITA

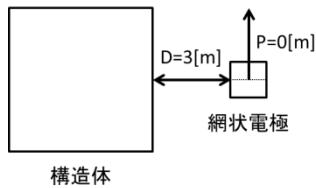


図3 網状電極及び構造体の埋設位置

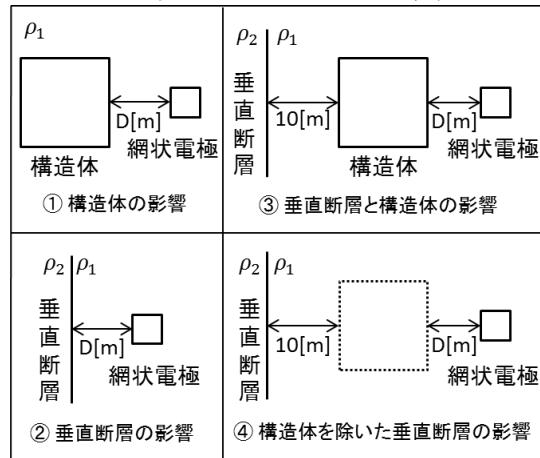


図4 垂直断層及び構造体の影響

4 結果

接地抵抗は垂直断層及び構造体がなく網状電極のみの値を100に正規化した。

4.1 網状電極及び構造体の埋設位置による接地抵抗

網状電極の位置Pを変化させたときの接地抵抗の変化を図5に示す。

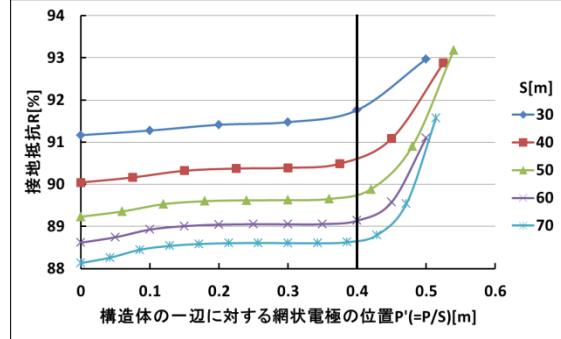


図5 網状電極の位置P'に対する接地抵抗

図5より構造体の一辺Sに対して0.4倍した位置までは接地抵抗の低減効果はほぼ一定であるが、0.4倍を超えると急激に低減効果は低くなる。このことから、構造体による網状電極の接地抵抗の低減効果を見込むなら、構造体の一辺に対する網状電極の位置は0.4倍以内にするべきだと考える。

4.2 垂直断層及び構造体の影響による接地抵抗

河岸及び構造体の影響による接地抵抗を図6に示す。①と②を比較すると、距離による接地抵抗の変化の傾きは同じである。このことから、網状電極に構造体が近接している場合は、構造体による接地抵抗の減少効果は本計算で設定した河岸の抵抗率10[Ω・m]より高い河岸と同じ垂直断層と見なすことができると言えられる。①と③を比較すると、構造体と網状電極との距離が3[m]付近だとほとんど差は表れず、河岸による接地抵抗の減少より構造体による接地抵抗の減少の割合が大きい。よって、構造体と網状電極との距離が3[m]

付近では河岸の影響は考慮せず、構造体の影響のみ考慮すればよい。6~15[m]の範囲では、構造体による接地抵抗の低減効果に加えて、④の河岸による1~2[%]程度の接地抵抗の低減効果が見込める。

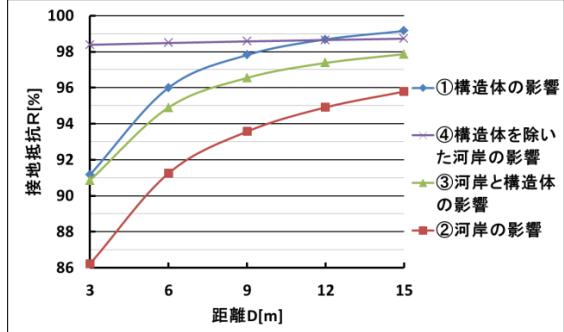


図6 河岸及び構造体の影響

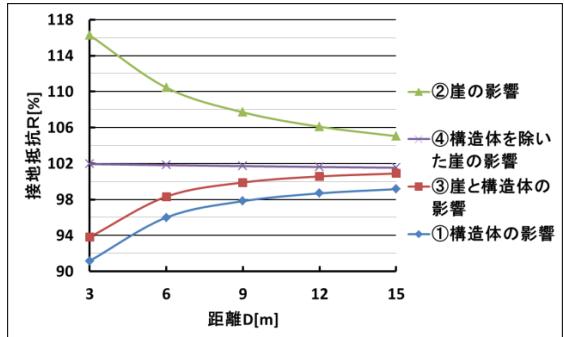


図7 崖及び構造体の影響

崖及び構造体の影響による接地抵抗を図7に示す。

①と③を比較すると、接地抵抗の差は構造体と網状電極との距離によらず2[%]程度で大きな変化はない。また、④の構造体を除いた崖の影響による接地抵抗の上昇は2[%]程度である。このことから、崖及び構造体の影響による接地抵抗は、距離によらず、構造体の影響による接地抵抗の減少と崖の影響による接地抵抗の上昇を足し合わせて求めることができる。

5 まとめ

- (1)構造体による網状電極の接地抵抗の低減効果を見込むなら、構造体との距離が3[m]だと網状電極の位置は構造体の1辺に対して0.4倍以内にすべきである。
- (2)構造体は河岸と同じ垂直断層と見なせる。
- (3)河岸及び構造体の影響による接地抵抗は、構造体と網状電極との距離が3[m]付近では河岸の影響は考慮せず、構造体の影響のみ考慮すればよい。
- (4)崖及び構造体の影響による接地抵抗は、距離によらず、構造体の影響による接地抵抗の減少と崖の影響による接地抵抗の上昇を足し合わせて求めることができる。

「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, p.5-6, 2013
- 2) 大島他:「住宅基礎鉄筋を利用した接地システムの戸建て住宅適用への検討」, Vol.35, No.6, p.413-418, 2015