

(Ⅲ-28) 電氣的シュミレーション手法を用いた地盤応力分布の解析

○坂田電機㈱ 坂田 文男
坂田電機㈱ 針生 幸治
群馬大学 榎戸 源則

1. まえがき

地盤応力分布の解析には、種々の方法があるが、そのうちの弾性論による解析方法の1つとして、有限要素法(FEM)を用いた計算機シュミレーションが用いられている。本報では、弾性体の応力とひずみの関係が、電気回路における電流と電圧の関係と相似であることを利用し、地盤の性質を電気抵抗回路網でモデル化することにより、地盤の応力分布を電氣的にシュミレーションしFEMと同様の効果を得ることを目的としている。また、電気抵抗素子の代わりに非線形抵抗素子を用いることにより非線形領域の解析も可能と考えられるため、モデル化の精度が向上すれば、応力分布解析の一方法として有意義であると考えられる。ここでは、シュミレーションの原理と単純な電気抵抗回路網による実験例の概要について報告する。

2. 電氣的シュミレーションの原理と方法

弾性体に加わる応力 σ とひずみ ε の関係は弾性係数 E を用いて $\sigma = E \times \varepsilon$ で示され、電気回路では電流 I と電圧 V の関係は電気抵抗 R を用いて $I = (1/R) \times V$ で表される。したがって応力を電流、弾性係数を電気抵抗の逆数、ひずみを電圧で置換すれば、地盤の応力分布、ひずみ分布は、電気抵抗回路網内の電流分布、電圧分布として電氣的に測定することができる。このとき、電気抵抗回路網は地盤の弾性体としての性質を電氣的にモデル化したものであり、地盤内応力は電気抵抗回路網に加わる電流となる。

弾性体とモデル化された電気回路における諸単位の関係は、応力(Kg f/cm^2)を電流 Ampere (A) 、「ひずみ」を電圧 Volt (V) 、そして弾性係数(Kg f/cm^2)の逆数を電気抵抗 $\text{Ohm } (\Omega)$ とする。ここで $E = 1000 \text{ Kg f/cm}^2$ の時電気抵抗は 0.001Ω となり、電気回路上の接触抵抗や導電線の持つ抵抗値と同じオーダーとなりシュミレーションにおける誤差要因となるため、変換係数 K を導入する。上記の例で $K = 10^4$ とすると電気抵抗は 10Ω となりひずみは測定電圧を 10^{-4} 倍した値となる。

3. 電気抵抗回路網による地盤のモデル化

弾性体である地盤の垂直断面(2次元)を想定し、面内を微小四角計(要素)に区分けする。個々の要素内では起こる事象が一様であると仮定する。要素の電氣的等価回路は、解析時に応力を垂直、水平成分に分離することを考慮し、図1

(a)に示す十字形を採用している。この時電気抵抗 R 、 R' は縦、横方向の弾性係数の逆数に相当する値とし、地盤をモデル化した抵抗回路網を図1(b)に示す。

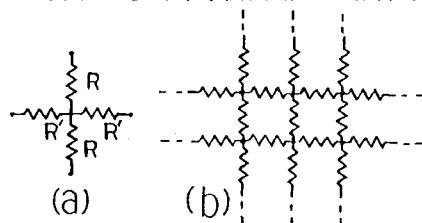


図1 電氣的等価回路

4. 電気的シュミレーション

本方式の妥当性を確かめるため、均質な地盤に円形基礎を置き、この基礎に荷重を加えた時の基礎下方の応力分布を、基礎中心を通る縦断面についてシュミレーションしてみると、図2に示すような、縦横8×9素子の電気抵抗回路網が作成される。この回路の中央5素子に電圧を加え各点の電流分布を測定した。

各素子の電気抵抗に流れる電流を、回路への印加電流で正規化した値の分布を図3に示す。この図において左半分は水平、垂直方向の正規化値を各々の線の長さで示し、右半分は各点における両方向の値をベクトル化したものである。また、図4に同じ測定値に対し、横軸に円形基礎の半径Rで正規化した横方向位置を、縦軸に垂直方向の印加電圧で正規化した電流値を取り、正規化した深さ $Z/R = 0, 0.5, 1.0$ についてプロットした値を示す。

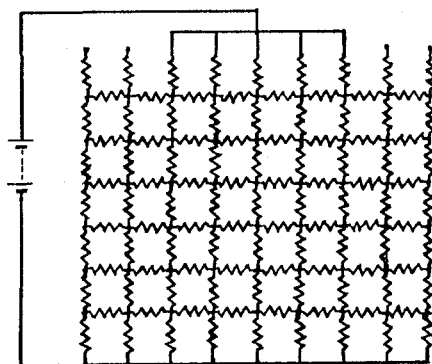


図2 電気抵抗回路網

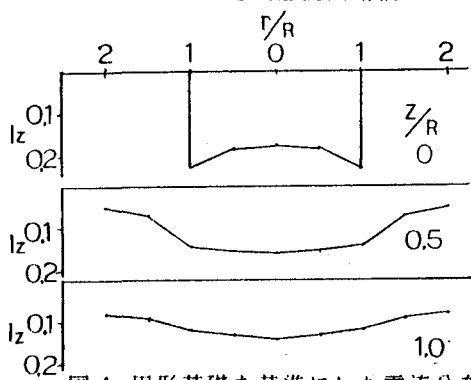


図4 円形基礎を基準にした電流分布

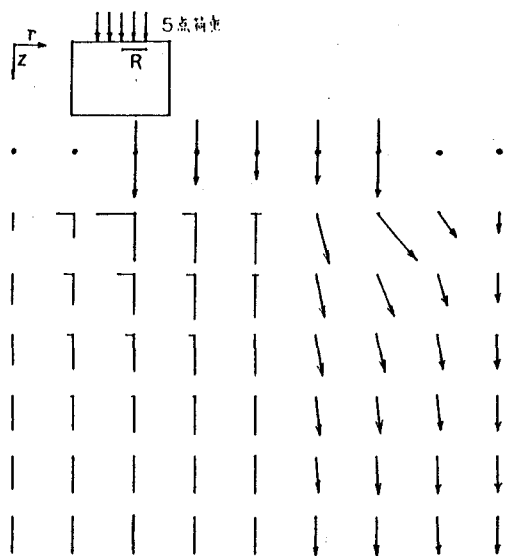


図3 抵抗に流れる電流分布

5. おわりに

上記図3、図4の結果は多少異なっている点が認められるが、参考文献1)、2)に示された形状と類似している。若干の相違が認められるのは使用した素子数が限られていることなどによるとみられる。

本研究は未だ緒についたばかりであり、本報告では電気抵抗回路網による地盤のモデル化に対する可能性を示した。今後はさらに詳細な検討を行い、精度の向上につとめたいと考えている。

参考文献

- 1) Tschebotarioff, G.P.: Soil Mechanics, Foundations, and Earth Structures, PP.107 ~141 McGRAW-HILL 1952
- 2) 土質工学ハンドブック: PP.106~118 1982