

Ⅲ－43

逆T型基礎引揚時の

局所化伝播の三次元シミュレーション

東北大学

学○ 桑本寛之

正 池田清宏

長岡技術工科大学

正 山川優樹

1. はじめに

近年の台風などによる送電線鉄塔の倒壊事故からわかるように、送電線鉄塔は、ライフラインとして非常に重要である。近年、送電線鉄塔は、大容量・多回線化に伴って大型化しており、より合理的な設計が望まれている。また、鉄塔基礎は非常に大きな引揚力を受けるので、引揚荷重により基礎の規模が決まることが多く、実験等¹⁾も行われている。い。そこで、本研究では、大変形時の解析に有利とされている有限変形・弾塑性有限変形解析プログラム²⁾を用い、逆T型基礎引揚の三次元シミュレーションを行う。水平地盤と傾斜地盤での変形の進行について考察し、本プログラムの設計への適用可能性について検討する。

2. 解析手法

2.1 解析モデル

図-2に示す拡底角度 $\alpha = 60^\circ$ の解析モデルを、三次元水平地盤の標準解析モデルとして解析を行った。境界条件については、図-1に示すように、区間abは水平方向固定、鉛直方向自由とした。区間bcdについては、対象基礎に対して完全固着とした。また、傾斜地盤の解析には図-3に示す拡底角度 $\alpha = 60^\circ$ 、斜面傾斜角度 35° のモデルを用いた。境界条件については、水平地盤のときと同一のものをを用いた。なお、傾斜地盤モデルでは、施工時に用いられるポスト継の分だけ当の高さを高くしている。また、解析領域については、水平地盤、傾斜地盤ともに図-2、図-3に示すように、半領域を解析する。

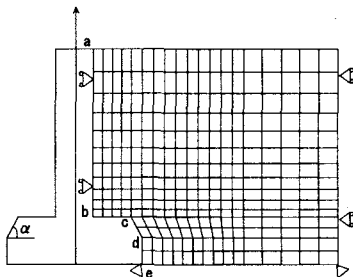


図-1 境界条件

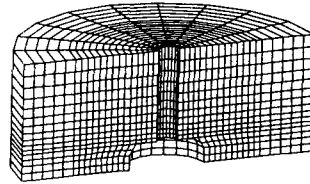


図-2 水平地盤

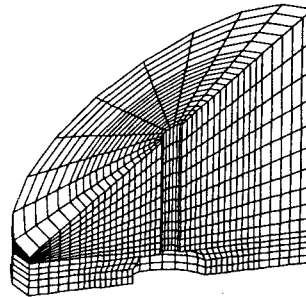


図-3 傾斜地盤(傾斜角度 35°)

2.2 材料定数の決定

本解析では、文献¹⁾の遠心載荷実験によって得られた材料定数を解析に用いた。文献¹⁾の遠心載荷実験によって得られた結果より、土の湿潤密度 $\rho = 1.8\text{g/cm}^3$ 、弾性係数 $E = 100\text{MPa}$ 、ポアソン比 $\nu = 0.3$ となる。また、塑性の等方硬化則

$$q(\xi) = -\left[H\xi + \hat{\tau}_{y0}\left(1 + \frac{\xi}{\hat{\varepsilon}_{y0}}\right)^n - \hat{\tau}_{y0}\right] \quad (1)$$

を示す式の硬化関数 $q(\xi)$ のパラメータは、 $\hat{\tau}_{y0} = 0.035\text{MPa}$ 、 $\hat{\varepsilon}_{y0} = 0.005$ 、 $n = 0.06$ 、 $H = -0.7$ を用いることにした。このパラメータにおける硬化関数は軟化型の特性となっている。また、 $\hat{\tau}_{y0}$ 、 β_ϕ については、Mohr-Coulombの粘着力 $\bar{c}$ および摩擦角 $\bar{\theta}$ により、

$$\hat{\tau}_{y0} = \frac{6\bar{c}\cos\bar{\theta}}{\sqrt{3}(3+A\sin\bar{\theta})}, \quad \frac{1}{\sqrt{2}}\beta_\phi = \frac{6\sin\bar{\theta}}{\sqrt{3}(3+A\sin\bar{\theta})} \quad (2)$$

のように決定することができる。 $-1 \leq A \leq 1$ は定数で、 $A = -1$ 、 1 の時にDrucker-Prager降伏面はMohr-Coulomb降伏面のそれぞれ外側、内側の包絡線となる。今回は $A = -1$ とする。式(2)から、 $\hat{\tau}_{y0} =$

0.031MPa, $\beta_\phi = 0.86$ が求められた。

3. 水平地盤の解析結果

図-5 に解析から得た水平地盤に対する変形図を示す。図-5 より、図-1 の d 点の部分から局所変形が進展しているのが確認できる。さらに、この解析結果からは、変形の局所化領域 (滑り線) が外側に広がる傾向が見られる。これは、図-4 に示すような滑り線が観察される既往の実験結果と同様な傾向であり、本解析の妥当性を示している。

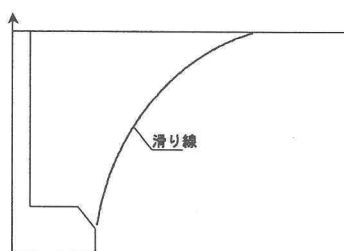


図-4 基礎引揚時に観察される滑り線の概念図

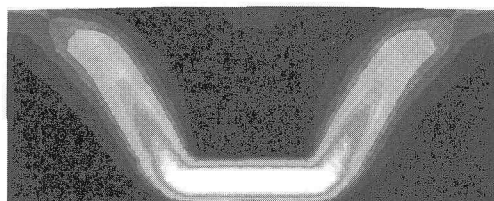


図-5 水平地盤に対する変形図

4. 傾斜地盤の解析結果

図-3 に示す傾斜角 35° の傾斜地盤モデルに対して、水平地盤と同様の境界条件、材料定数を用いて解析を行った。図-6 に解析から得た傾斜地盤の変形図を示す。図-6 より、谷側では図-5 の結果同様、図-1 における d 点に対応する場所から、局所変形が進展していく様子がわかる。ただし、山側では、上方へ進展する結果が得られた。また、図-6 から、鉄塔の塔の谷側の部分も荷重を受けているのが分かる。これは、本来の地盤なら壊れてしまうところであるが、本解析では、地盤を均質な連続体として扱うため、モデルは壊れずに、荷重を受けたと判断できる。

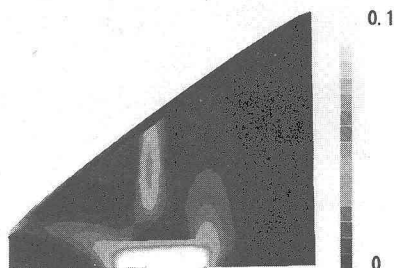


図-6 傾斜地盤に対する変形図

5. 水平地盤と傾斜地盤の比較

図-2 と図-3 に示すモデルに対して解析により得られた荷重変位曲線の比較を図-7 に示す。図-7 より、斜面傾斜角度 35° のほうが最大荷重が大きくなっている。これは、傾斜地盤での基礎設計は、地表面傾斜に伴う支持力低下を考慮して、根入れ深さを増加させているため、水平地盤に比べ最大荷重が大きくなっている。

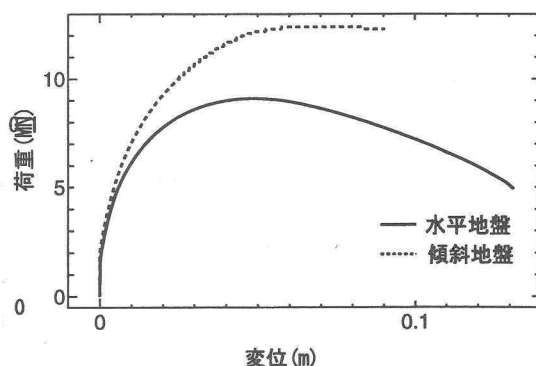


図-7 水平地盤と傾斜地盤の比較

6. 結論

水平地盤、傾斜地盤ともに実験で見られるような放物線状のせん断ひずみ集中領域が見られ、既往の実験結果と同様な傾向をとらえることができた。本研究により、弾塑性有限変形解析プログラムによるシミュレーションが定性的かつ定量的にも実験結果を記述しうることを示すことができた。

参考文献

- 九州電技開発株式会社: 鉄塔基礎引揚実験に関する報告書。
- 山川 優樹 他: 圧縮場における弾塑性体の分岐解析とパスジャンプ挙動。土木学会論文集, No. 701/III-58, pp. 73-86, 2002。