

Ⅲ－４ 逆Ｔ型基礎引揚支持力特性の 弾塑性有限変形解析による把握

東北大学 学生員 ○田中智也
東北大学 正会員 堤成一郎
東北大学 正会員 池田清宏

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。そのため、送電線鉄塔においては、鉄塔基礎も非常に頑丈な構造になっている。その設計には、十分な安全性を確保するとともに、経済的な設備投資を行う必要がある。実証実験では、①莫大なコストがかかり、②破壊の進展過程や③繰り返し载荷の影響は考慮されておらず、複雑かつ多岐にわたる外力が作用する鉄塔基礎をごく限られた外力しか考慮しない試験結果と簡易設計法により設計することには、本質的に問題がある。また、現行の汎用有限要素法コードにおいては、明瞭な滑り線を再現するには至っていないために、設計に直接用いることができないのが実情である。そこで、本研究では、弾塑性有限変形解析プログラム¹⁾を用い、遠心载荷実験の結果²⁾のシミュレーションを行い、抗底角度の影響、水平地盤と傾斜地盤での変形の進行について考察する。

2. 標準モデル

(1) 解析モデル

図1に示す抗底角度 $\alpha = 60^\circ$ の解析モデルを水平地盤の標準解析モデルとして採用した。境界条件としては、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、解析領域については、水平地盤のときは、左右対称であることより、解析対象の半領域を解析することとした。それに対して、傾斜地盤に関しては、図2に示すように、全領域を解析することとした。境界条件は水平地盤のときと同一のものをを用いる。

(2) 材料定数の決定

文献²⁾の遠心载荷実験において得られた引き抜き荷重と引き抜き変位の関係をよりよく近似できるように、弾塑性変形解析に用いる材料定数を決定した。なお、本解析では自重は考慮していない。この結果、弾性係数 $E = 200\text{MPa}$ 、ポアソン比 $\nu = 0.3$ 、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(1)の硬化関数 $q(\xi)$ のパラメータは、 $\hat{\tau}_{y0} = 0.26\text{MPa}$ 、 $\hat{\varepsilon}_{y0} = 0.005$ 、 $n = 0.06$ 、 $H = -0.5$ を用いることにした。このパラメータにおける硬化関数とパラメータの関係を図3に示す。この図の示すように、本解析では軟化型の特性を用いている。また、この材料定数を用いて得た解析結果と実験結果の比較を図4に示す。

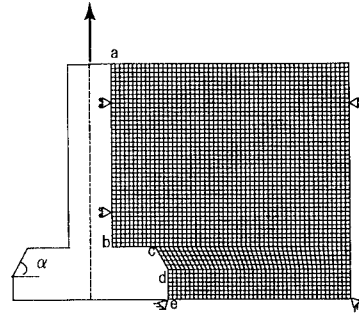


図-1 水平地盤における標準解析モデル

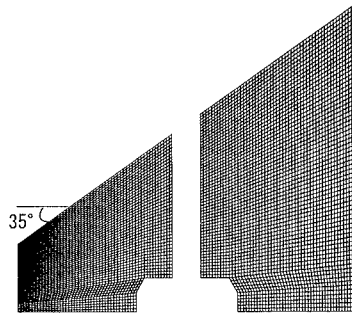


図-2 傾斜地盤における標準解析モデル

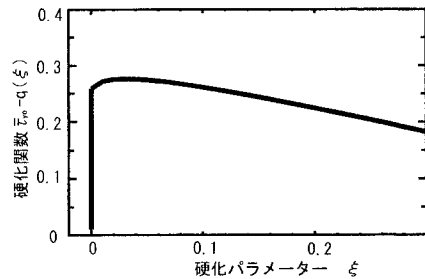


図-3 硬化関数

ちなみに、実験で用いられた材料定数は、弾性係数 $E = 100\text{MPa}$ 、ポアソン比 $\nu = 0.3$ 、降伏応力 $\hat{\tau}_{y0} = 0.031\text{MPa}$ であり、弾性係数は比較的近い値であるが、降伏応力にはかなり大きな差異があった。これは、自重の影響を本解析では無視したことによるものと思われる。

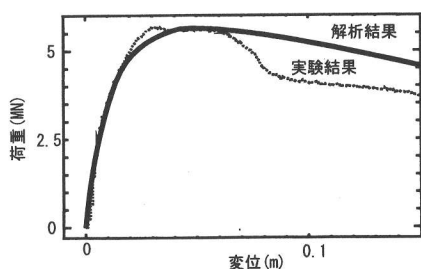


図-4 実験結果と解析結果の比較 ($\alpha=60^\circ$)

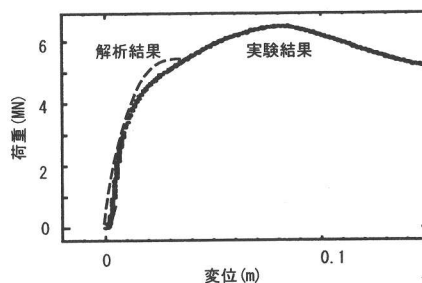


図-6 傾斜地盤における荷重変位曲線

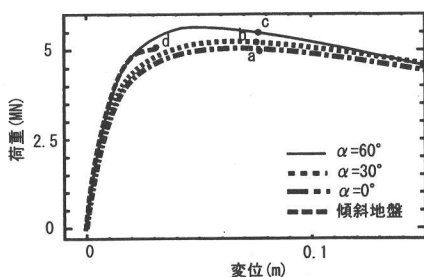


図-5 荷重変位曲線

3. 様々な形状の影響

(1) 拡底角度

ここでは、図1に示す拡底角度 α (0° 30° 60°) の違いによる影響を考察する。図5に示す各拡底角度における荷重-変位曲線は、拡底角度 α が 60° のとき最も高いピーク荷重を得ているが、これは、既往の実験結果と同じ傾向である。また、図7は、図5のグラフ上における点 a, b, c における数値解析におけるせん断ひずみ分布を示している。この図から、変形の進行に伴い、滑り線が外側に広がっているが、これも既往の実験結果と同じ傾向である。

(2) 傾斜地盤

傾斜角 35° の傾斜地盤に対して解析を行った。水平地盤と同様の材料定数を用いたが、図(2)の変位曲線のピークあたりで計算がとまってしまった。止まる直前の図5の点 d におけるひずみ分布を図8に示す。この傾斜の谷側の部分は、実験結果は、解析結果に比べると、滑り線がもう少し左のほうに広がっている。

4. おわりに

水平地盤では、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じような傾向をとらえることができた。また、拡底角度 60° のときは、他の拡底角度に比べて、最大荷重が最も大きいという定量的にも妥当な結果を得ることができた。

最後に、今後の課題としては、自重を考慮し、変形をよりリアルに追うこと、傾斜地盤に対しても安定な解析を行なえるプログラム開発を行なうことが挙げられる。

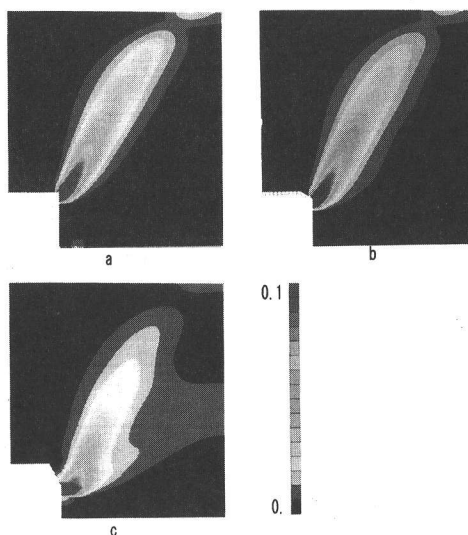


図-7 各拡底角度における変形図

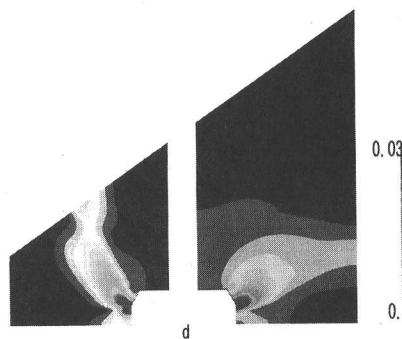


図-8 傾斜地盤における変形図

参考文献

- 1) 山川優樹, 寺田賢二郎, 池田清宏, 鳥居邦夫: 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 Vol.III-58, pp.73-86, 2002.
- 2) 九州電技株式会社: 鉄塔基礎引揚力実験に関する報告書