

緩詰め砂の地盤に対するポール基礎の力学的挙動

松江工業高等専門学校 ○郷原 惇
岡山大学大学院 柴田俊文
松江工業高等専門学校 高田龍一
松江工業高等専門学校 河原莊一郎

1. はじめに

従来のポール基礎は直方体であり、その設計は「道路附属物の基礎について（昭和 50 年 7 月 15 日付け道路局企画課長通達）」¹⁾により運用されている。しかし、この通達は直方体のような、当時主として用いていたコンクリート基礎のみに対応しており、この基礎形状では近年の道路附属物の大型化および都市道路環境下等への対応が困難になってきている。そのため、新しい基礎形式の性能評価法について基準化が必要となってきた。

本論文では、図-1 に示すポール基礎（新しいポール基礎と称する）を対象に、有限要素法による解析から土圧分布特性の把握を行う。解析では緩詰め砂地盤を想定し、新しい基礎を用いて、ポール基礎に水平荷重またはねじり荷重を作用させたときの地盤挙動を検討する。

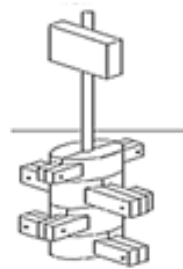


図 1 解析対象

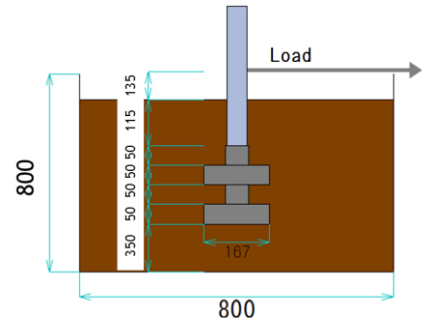
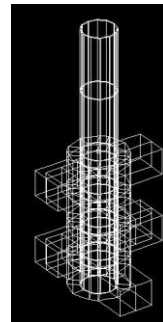
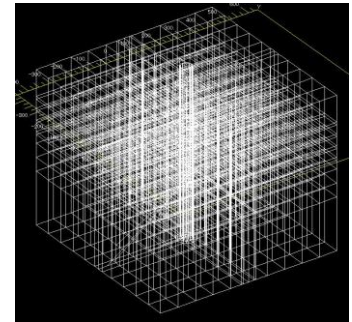


図 2 解析対象の概略図



(a) ポール基礎



(b) 全体（地盤含む）

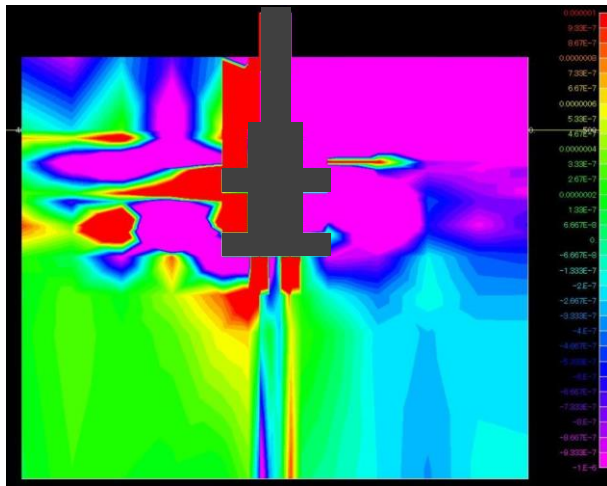
図 3 解析モデル

2. 実験・解析概要

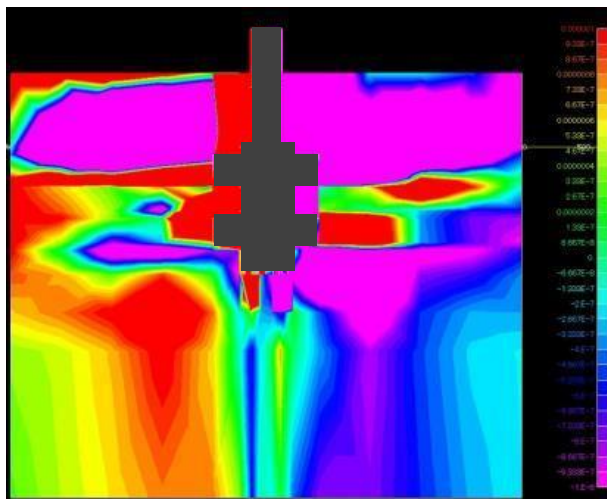
本論文では、800mm×800mm×800mm の容器に緩詰め砂地盤を用意し、その中央にコンクリート製のポール基礎を設置し、鋼製ポールに水平荷重を作用させた場合を想定して解析を行う（図-2）。基礎部分は、パーツ高さが 50mm（合計 4 段、高さの総計 200mm）である。なお、パーツは一段毎に鉛直の方向になるように設置する。設置した地表面から上方 135mm の位置で鋼製のポールにワイヤーを付け、1.67mm/min.（基礎幅の 1%/min）の速度で水平荷重を作用させる。ここで、新しいポール基礎で、最上段の基礎のパーツの軸方向に対して載荷方向が鉛直であるものをケース 1、平行であるものをケース 2 とする。

図 3 に三次元有限要素法で使用する解析モデルを示す。(a)にポール基礎のみの要素分割図、(b)に地盤を含む全体の要素分割図を示す。ここで 20 節点アイソパラメトリック要素を用い、ポール先端に 1.67mm/min の強制変位

を与える。本研究では、コンクリート及びポールは弾性体、地盤は弾塑性体として解析を行い、地盤の構成式は動員摩擦角とストレスダイレイタンスー則を導入した構成モデルを用いる。解析に用いた材料定数は、地盤のヤング係数 $E=3731.2313\text{kPa}$ 、Kirchhoff 応力に対応した弾性圧縮係 $\tilde{\kappa}^*=1.1193\times 10^{-3}$ 、せん断弾性係数 $\mu^e=1.4351\times 10^{-3}$ 、等方応力に依存する係数 $\alpha=0.0$ 、 $\varepsilon_v^e\rightarrow +\infty$ のときの等方応力 $p_i=0.020503\text{kPa}$ 、引張降伏応力 $p_t=0.020503$ 、ローデ角のパラメータ $\rho_f=0.74501$ 、 $\rho_g=1.0$ 、無次元定数 $\alpha_0=\alpha_{peak}=\alpha_{res}=1.0268$ 、対数塑性せん断ひずみ $\varepsilon_S^P=0.075$ 、摩擦硬化のべき乗数 $m=0.8$ 、残留状態に至る摩擦軟化パラメータ $a=150.0$ 、ダイレイタンスー係数 $D=0.36863$ 、粘着力 $c=0.01$ 、せん断抵抗角 $\phi=26^\circ$ 、ダイレイタンスー角 $\Psi=0$ とした。また、基礎の弾性係数とポアソン比をそれぞれ $E=30\times 10^9\text{N/m}^2$ 、 $\nu=0.2$ 、ポールの弾性係数とポアソン比をそれぞれ $E=200\times 10^9\text{N/m}^2$ 、 $\nu=0.2$ として解析を行った。



(a) ケース 1 の解析結果



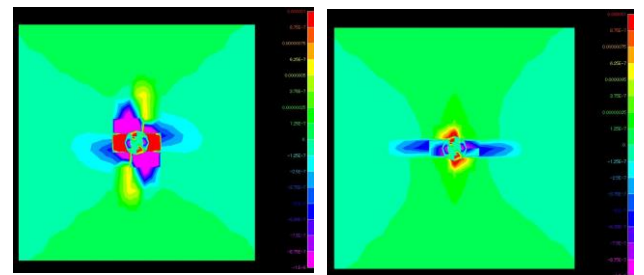
(b) ケース 2 の解析結果

図 4 土圧分布図

3. 解析結果

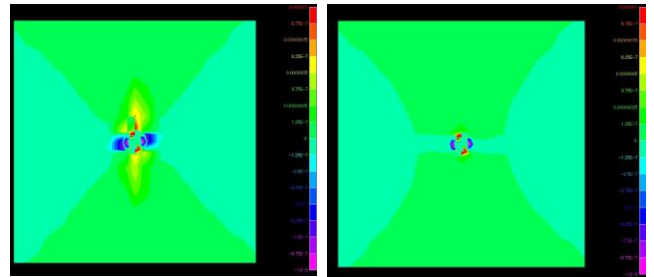
図 4 に三次元有限要素法によって得られた水平荷重作用時の解析結果（変位率 4%）を示す。ここで、(a)、(b) は、それぞれケース 1 とケース 2 の土圧分布を示し、図の青色と赤色が、受働土圧および主働土圧を表している。図 4(a)(b)では、上から 1 段目から 3 段目のパーツの右側部分は、受働土圧、左側部分は主働土圧が発生している。4 段目では逆に、基礎の左側部分に受働土圧が発生していることが確認できる。

次に、ねじり荷重が作用した際を想定し、三次元有限要素法を用いた解析を行う。この解析では、図 2 の水平荷重作用位置において回転が発生するように、ポールの外縁に左右逆方向の荷重を作用させる。図 5 にねじり荷重作用時の解析結果（変位率 4%）を示す。各図を見比べると、



(a)1 段目

(b)2 段目



(c)3 段目

(d)4 段目

図 5 ねじり荷重作用時の解析結果 土圧分布

と、基礎パーツの上から一段目で土圧分布が大きく発生しており、下部のパーツの周辺ほど土圧分布が小さく発生していることが分かる。一段目、二段目は土圧が広範囲で発生しており地盤と一番上手くかみ合っているため、ねじり荷重への抵抗に対してこれらの部分は最も有効に機能すると考えられる。土圧の分布に差が出たのは、解析で初期応力の影響を考慮に入れていないことが考えられる。

4. まとめ

有限要素法により水平荷重が作用する新しいポール基礎の土圧分布を確認することができた。ねじり荷重作用にはパーツ最上段にて大きく土圧が発生していることが確認できた。

参考文献

- 1) 旧建設省土木研究所資料 第 1035 号：ポール基礎の安定計算法，pp.1-13,1975.
- 2) Shoda,D: Bearing Mechanism for Pile with Multi- Stepped Two Diameters under Static Load, 神戸大学学位請求論文, 2007.
- 3) Yenumula, V. S. N. Prasad and T. R. Chari, Lateral Capacity Of Model Rigid Piles In Cohesionless Soils, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol. 39, No. 2, pp.21-29, 1999.
- 4) 山川優樹, 中市翔也, 池田清宏, 尾崎利行, 松村政秀, 北田俊行, 地盤-基礎-送電鉄塔の連成作用を考慮した三次元解析と基礎の安定性の検討, 土木学会論文集 C, Vol.64, No.4, pp.782-801, 2008.