

円錐角度を異にするくいのかい周辺土質応力について

名城大学理工学部 土木工学教室 正会員 柴田道生

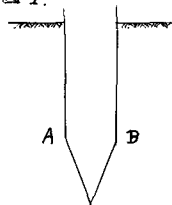
(1). 緒言

実験砂槽に、径15cm、長さ1mの木製模型くい（一は先端角30°、一は先端角60°）を打撃貫入せしめて、其の支持力を計測した結果、30°のくい、60°のくいに比し、約20%大きく、支持力が表はれることを、載荷試験によつて確認したと先に発表した。
 として誘導された理論式においても、この事実が裏付けられた。本文は、支持力の数値がくい先端円錐角に左右されるのみでなく、地盤の土質にも関係があることを示唆すると共に、鋭角のくい、鈍角のくいに比し、支持力が大きく表はれる根拠について述べている。
 Meyerhof は、砂地盤と粘土地盤に打込まれた模型くいの実験から、円錐体の表面が、滑りなくくい、円錐角度が鈍角なもの、支持力が大きく、鋭角なもの、支持力が小さく表はれ、円錐体が粗であれば、逆に、円錐角度が、鋭角の方が、支持力が大きくなると報じている。然し、今日、使用されているくいは、其の円錐体表面は、殆んど滑りなく粗面のくいは、実在しない。そこで、くいの円錐体表面の粗度に関係があるというよりは、寧ろ、打込まれる地盤が、ゆるい砂であるか、密な砂であるか、又は粘質土であるか、否かに、焦点を当てた方が、实际的であると筆者は、考へている。
 さて、実験砂槽に、投入された砂は、完全乾燥砂で、均等に搗固められたもので、密着状態であり、くいは、径15cm、長さ1mの木製模型くい、其の円錐角度は、一は30°、一は60°のもので、支持力が、鋭角の30°のくいに於いて、約20%多く計測された事実の根拠を、次のように解析した。

(2) 円錐体面が、本体へ移行する不連続部に生ずる土の境況

(i) 地盤がゆるい砂の場合

図1.



ゆるい砂は、せん断を受けると、収縮する。くいの円錐体面で、せん断された砂は、収縮して、1図の不連続面ABに於いて、ゆるい砂の粒子の間には入り込み、砂の間隙比が減少して、密着状態となる。従つて、ゆるい砂の場合は、不連続面では、土粒子の境況は生ぜず、砂は、密となる。円錐体面におけるせん断抵抗力 τ は、(1)式で示される。即ち

$$\tau = \omega Z K_p \sin(\lambda + \theta) \tan \theta \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 ω : 土の単位重量、 Z : くいの根入長さ、 K_p : 受働土圧係数、 λ : 円錐角度の $\frac{1}{2}$ 、 θ : 土の内部摩擦角、従つて、円錐角度30°の τ を τ_{30} 、60°のそれを τ_{60} とすると

$$\tau_{60} > \tau_{30} \text{ であり、土は } 60^\circ \text{ の場合が密である。}$$

即ち、 τ_{60} の土は、不連続部で、境況されることなく、ゆるい砂中には入り、密の状態となつて、くい周囲に沿つて、上層まで連続し、くい周囲の摩擦角は、60°の場合が大きく、

従つて、支持力は 60° の場合が、 30° のくいの場合に比し、大きく表はれる。

くいの周面近くで、貫入試験を行った結果は、 60° のくいの場合が、密の状態となつてゐる。

(ii) 地盤が密な砂の場合

密な砂が、せん断を受けると膨脹する。この膨脹は、せん断変形に基づくもので、砂が密であるほど膨脹は大である。従つて ϵ_{60} の膨脹は、 ϵ_{30} の膨脹より大である。即ち、円錐斜面で、せん断を受けた砂は、不連続部において、密な砂の粒子間には入り込み得ない。この時、不連続部における密な砂の存在は、膨脹を妨げることにかり、せん断変位を生ずる。この際、発生するせん断力は、著しく大きくなり、砂の粒子の一部分は、破壊される。こゝに砂粒子の攪乱現象が生ずることになる。この攪乱は、円錐体面とくいの本体との交角、即ち、円錐角度の大なるほど大きい。いま、この攪乱度 ϕ を (2) 式によつて示されるものとする。

$$\phi = \frac{\mu^2}{g \lambda} \quad \text{----- (2)}$$

こゝで、 g : 重力の加速度、 λ : 円錐角度の半角、である。次に、 μ : くいの先端部に発生する滑り線場内の砂粒子の流速を (3) 式で示される。

$$\mu = \sqrt{2} v \sin \lambda \quad \text{----- (3)}$$

(3) 式の v は、くいの押入速度であるが、之をくいの衝撃速度と考へると

$$v = \frac{e' W \sqrt{2gh\eta}}{W + w'} \quad \text{----- (4)}$$

こゝに、 h : ハンマーの落下高、 W : ハンマーの重さ、 w' : くいの重さ、 e' : 打撃効率、 η : 反発係数、 g : 重力の加速度である。次に、円錐斜面のせん断抵抗力 τ は、 λ の角度より、鉛直方向に土粒子の移動が急変するから、鉛直方向のくいの本体に沿う応力 τ' は

$$\tau' = \tau \cos \lambda \quad \text{----- (5)}$$

さて、こゝで砂粒子の攪乱は、土の空隙比の変化と考へ、又応力の変化は、 τ から τ' に変化したと考へる。砂が圧縮される時、応力 σ と空隙比 e の間では

$$e = -C \log_{10} \sigma_z \quad \text{の空隙比があるから } \sigma_z \text{ で微分して}$$

$$\frac{de}{d\sigma_z} = -\frac{C}{2.3 \sigma_z} \quad \text{----- (6)} \quad \text{但し } C: \text{圧縮指数で } \sigma_z = \omega z \text{ である。}$$

(6) 式の分子、 de は、空隙比の変化を示してゐるから、 $de = \alpha \phi$ とする。 α : 係数。

又、 $d\sigma_z$ は応力の变化であるから $d\sigma_z = \tau'$ と考へる。

いま、 $\theta = 30^\circ$ 、 $h = 0.3^m$ 、 $W = 20^kg$ 、 $w' = 11.15^kg$ 、 $e' = 0.6$ 、 $\eta = 0.8$ 。

とて、模型くいの貫入時の数値を用いて、前述の (1) (2) (3) (4) (5) (6) の各式を計算すると先端円錐角 30° の場合の圧縮指数 C_{30} 、及び 60° の場合の C_{60} を求めると、

$C_{30} = 0.03/\alpha$ 、 $C_{60} = 0.10/\alpha$ となる。即ち、圧縮指数 C の少ない 30° のくいの場合の方が、密な状態であることを示している。

従つて、地盤が密な砂の場合、

前述の円錐砂の場合と逆となつて、円錐角度 30° のくいの方が、支持力が大きくなる。

(参考文献) 山田嘉昭: 塑性力学、西田義親: 砂地盤に及ぼすくいの掃引範囲—土と基礎 Vol. 13 No. 8
Meynshof: Proc. 5th Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundations Emp.
Vol. 2, (1961) The Ultimate Bearing Capacity of Wedge-shaped Foundations.