

九州産業大学工学部 正員 石堂 稔

"

" 野間 明義

1. はじめに 杭の引抜抵抗は周面摩擦力と杭自重から成るが、周面摩擦力は押し込み時の抵抗と異なり、それは杭周圧の差にもとづくものとされている。Ireland⁽¹⁾によればテーパークイの引抜試験結果から求めた土圧係数は受働土圧係数に近い値が得られているが、実際の設計では $K=1/2$ 程度の静止土圧係数が多く採用されている。しかし筆者らの実験⁽²⁾から得られる結果ではむしろ $1/2 < K < K_p$ の範囲が多くなり、 $K=1/2$ または $(1-\sin\phi)$ とすれば過小評価されることになる。そこで、引抜抵抗力の機構に関する基礎的検討を試み、模型クイの試験値と比較した結果、最大周面摩擦力、変位特性とも K 非常によい適合性を示すことが解る。

2. 引抜き時の周面摩擦力の機構について

杭に鉛直上方向への変位を与えると周面に沿って変位に応じて摩擦力が生じ、変位と共に増大し終局値に至る。一般に砂をセン断される場合は容積変化を起し、破壊するとの間ゲキ比は初期間ゲキ比 K からわず、最終の定常の間ゲキ比(限界間ゲキ比 C_c)を示すことが知られている。

Rascoe⁽³⁾⁽⁴⁾他によるスチールボールのセン断試験によれば、垂直応力 σ と C_c の関係が定まっているが、最終時の相対密度を概算すると $D_r=26\sim33\%$ を示している。これを杭周の定常状態に適用すれば、 ϕ_c の値はMeyerhofの $D_r-\phi$ 関係の平均的値から推定して、 $\phi_c=30^\circ$ 前後とみなせる。

杭周で間ゲキの増大が起ると一面セン断試験のように $\sigma=constant$ は保たれず、立て杭周⁽⁵⁾におけると同様な水平アーチリング作用⁽⁶⁾によって水平応力は減少すると考えることができる。いま最終水平応力が限界間ゲキ比における静止土圧と考えて、 $K_c=(1-\sin\phi_c)$ とあれば、初期間ゲキ比 K からわず $K=0.5$ 程度とあける。

初期状態での土圧係数は杭の設置条件によって異なり、打ち込み杭では排土効果を考慮し K 受働土圧係数とし、埋込み杭では締固めにもとづく内部応力によって $K_i < K_p$ とあける。 $(K_i$ 引抜き前)

変位 K からわず初期状態が保たれるとすれば摩擦力は

$$f_i = \gamma z K_i \mu_i \quad \dots (1)$$

とあけるが、上記のような変化が主すれば

$$f_z = \gamma z K \mu \quad \dots (2)$$

となる。摩擦係数を変位 f に対して(a :定数)

$$\mu = \mu_i (1 - e^{-af}) \quad \dots (3)$$

と表わし、その間 K も K_i から K_c (最終時)へ同様な関係で変化すると仮定すれば、

$$f = \gamma z \mu_i (1 - e^{-af}) \{ K_i - (K_i - K_c)(1 - e^{-af}) \} \quad \dots (4)$$

とあける。これを便宜的に $f = \gamma z \mu K$ とあれば

$$K = (1 - e^{-af}) \{ K_i - (K_i - K_c)(1 - e^{-af}) \} \quad \dots (5)$$

となり、 K はみかけの土圧係数となる。 K の最大値は $K_{max} = K_i^2 / 4(K_i - K_c)$ ($K_i > 2K_c$) $\dots (6)$

図(1)は(4)式を模式的に示したものである。

3. 実験値との比較

図(2)は模型木クイの周面摩擦力と引抜き変位量との実験例である。密度の大なるほど程、ピーク以

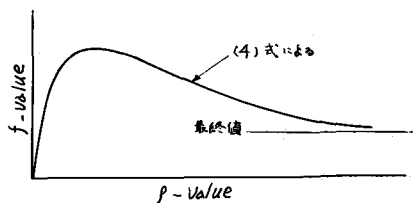


FIG-(1) $f \sim p$ 模式図

降の低減率は大きく、同一密度でも打込みと埋込みでは初期土圧に差がある。Kことを示し、定性的には図(1)と全く変らず、前述の推論の妥当性を裏付けている。図(3)は(6)式の K_{max} の値と模型ウイの実測の最大値から $K=2P/rl\sigma_m$ の式で求めたK値と比較したものである。Kは摩擦係数 μ の値は筆者やPotyondy⁽⁷⁾の摩擦試験結果をもとに杭材によって考慮したものである。 $\bar{\rho} \geq 1.50$ (即ち $\bar{\rho} \geq 45\%$) では打込み杭の場合は理論値と実測値が非常によく一致している。

$\bar{\rho} = 1.45$ (即ち $\bar{\rho} = 36\%$) および埋込み杭では実測値が小さいが、相対密度が小さいときは杭径が小さいとき程排土による受働圧が小さく、また容積変化の収束が速いため実質的には $K=K_0$ と対象として考えてよいことになる。埋込み杭では初期土圧が受働土圧に至らなから、Kことを示し、 $\bar{\rho} = 1.55$ 等は $K=0.8K_0$ 程度と考えた値を表わしている。図中 $K=1-\sin\phi$ の値を示しているが、ゆえに ($\bar{\rho} < 0.4$) のときで容積変化の収束が速いとき以外は全く適合しないことがわかる。

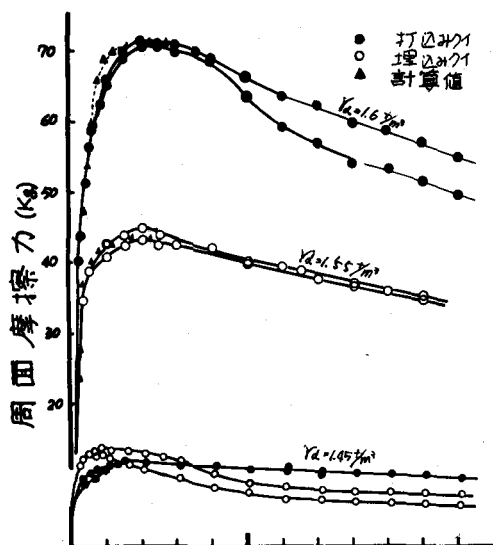
4. おわりに

以上引抜抵抗について、一つの機構を仮定しKが変位特性、最大摩擦係数Kに関して非常に適合性を示すことがわかる。更け、砂のペン断特性を正確に把握することが重要である。

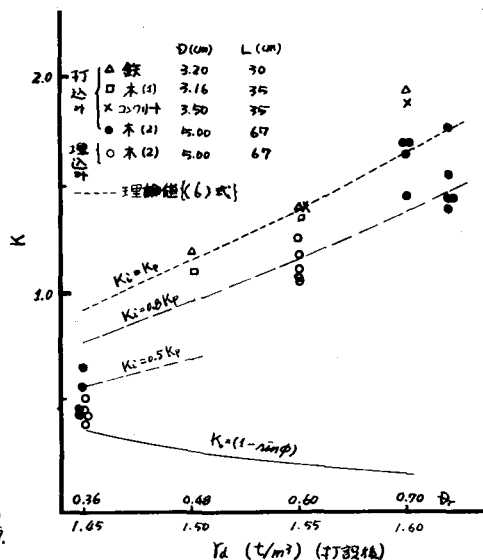
なお実験に協力と載り井上誠祐、堅田三省、肥山定夫(本学土木工学科4年生)の諸氏に附記して謝意を表する。

参考文献

- 1) H.O. Ireland "Pulling test on piles in sand" Proc. Int. Conf. Vol. 2, 1957.
- 2) 石堂野郎、後藤、"ゆかい砂にありの支持力試験、土木学会 322 年度大会報告集、1957.
- 3) 最上武雄編 "土質力学" 技報堂
- 4) K.H. Roscoe, A.N. Schofield, & C.P. Wroth "On the yielding of soils" Geotechnique vol. VIII 1958.
- 5) K. Terzaghi "Theoretical soil mechanics" John Wiley
- 6) 石堂、森、田中 "砂と杭の摩擦特性について" 土木学会西部支部研究発表会要録 昭和44年度
- 7) Potyondy "Skin friction between various soils and construction materials" Geotechnique vol. 11, 1961.
- 8) A. Kessli "Bearing capacity of piles and pile groups" Proc. Int. Conf. Vol. 2, 1957.



図(2) 引抜変位量 (δ/L) mm
● 計算値 (○) 実測値 (△) 計算値



図(3) 実測値と K_{max}