

名城大学 土木科 正会員 柴田道生

〃 〃 〃 〇阿河武志

1、まえがき

場所打ち杭の支持力算定式には建築基礎規準、道路橋くい指針、首都高速道路公団などが使用されている。しかし、これらは、Meyerhof の公式を基にして相関性によって規準を定めたものや、又、統計的に独自の方法で求めたものである。そこで、純理論的に場所打ち杭の支持力式を2、3の仮定の基にして解いたものである。

2、理論解 (周面摩擦力、先端抵抗力)

1) 周面摩擦力は図-1に示すようにa)、掘削すると地盤の均衡が失われ $\sigma_n = \gamma z \cdot X \rightarrow \sigma_n = \gamma z \cdot X'$ になる。b)、このゆるみを考慮するとき平面的に置き換えて、地盤の破壊領域を杭径の何倍であるかを求めておき、これを半円みそのゴイニング¹⁾のように考えて、ゆるみに換算する。c)、Pの荷重をかけて始めて周面摩擦が発生する。この沈下が $\sigma_n' = \gamma z \cdot X' \beta \tan \varphi$ になると考えられる。始めにb)について平面的なつり合方程式は、ハッチング要素に働く上向きの力は $\sigma_x \times \gamma \cos \theta$ (1)、同様に下向きの力 $(\sigma_x + d\sigma_x) \times \gamma \cos \theta (\theta + d\theta) + (\sigma_a \sin \theta + \sigma_a \cos \theta) \gamma d\theta$ (2)

両者の差がつりあい状態で零になる。但し、 $\cos \theta (\theta + d\theta) = \cos \theta - \sin \theta$

$$\begin{aligned} & 2 \text{ 次以上の微小項を省略 } -\sigma_x \sin \theta d\theta + d\sigma_x \cos \theta + \sigma_a \sin \theta d\theta \\ & + \sigma_a \mu' \cos \theta d\theta = 0 \text{ ----- 3) } -\sigma_x \sin \theta d\theta + d\sigma_x \cos \theta + \sigma_a \sin \theta d\theta + (C + \sigma_a \tan \varphi) \\ & \times \cos \theta d\theta = 0 \text{ ----- 4) } -\sigma_x \sin \theta d\theta + d\sigma_x \cos \theta + \sigma_a \sin \theta d\theta + C \cos \theta d\theta = 0 \text{ ----- 5) } \end{aligned}$$

この3者について周面摩擦抵抗力を求めるとき、3)~5)式の降伏条件

$$\text{式は、} \sigma_a = \sigma_x N_\varphi + 2C N_\varphi^{1/2} \text{ ----- 6)}$$

i) $C = 0$ の場合

6) 式は $\sigma_a = \sigma_x N_\varphi$ となり、これを3)に代入して整理を行なうと

$$\frac{d\sigma_x}{\sigma_x} = \{ (N_\varphi + 1) \tan \theta - \mu' N_\varphi \} d\theta \text{ ----- 7)}$$

7) 式を積分すると、但し、 $\tan \theta = \theta$ と仮定して積分常数Cは $\cos \theta = \frac{\gamma'}{\gamma}$ で $\sigma_x = \gamma z N_\varphi$ として求めると

$$\sigma_x = \gamma z N_\varphi^{1/2} \exp \left\{ \left(\frac{N_\varphi - 1}{2} \right) \times \left(\frac{\pi}{2} - \sin^{-1} \frac{\gamma'}{\gamma} \right)^2 + \mu' N_\varphi \left(\frac{\pi}{2} - \sin^{-1} \frac{\gamma'}{\gamma} \right) \right\} \text{ ----- 8)}$$

但し、 $N_\varphi = \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right)$ μ' = 平面的なすべり係数、 γz = 土カブリ圧、8) 式を深さ方向に考えると

$$f_s = \gamma z N_\varphi^{1/2} \exp \left\{ \left(\frac{N_\varphi - 1}{2} \right) \times \left(\frac{\pi}{2} - \sin^{-1} \frac{\gamma'}{\gamma} \right)^2 + \mu' N_\varphi \left(\frac{\pi}{2} - \sin^{-1} \frac{\gamma'}{\gamma} \right) \right\} \beta \tan \varphi \text{ ----- 9)}$$

ii) $\varphi = C$ の場合

6) 式を5) 式に代入すると

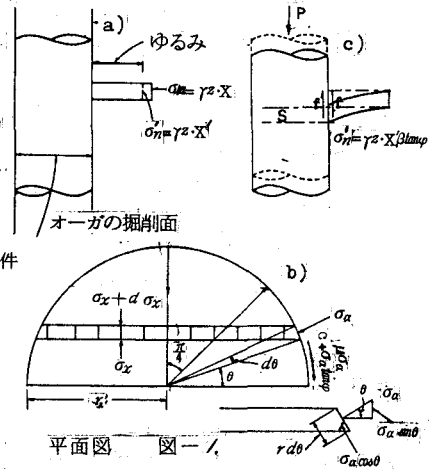
$$d\sigma_x = -C (2 \tan \theta + 1) d\theta \text{ ----- 10)}$$

$$\sigma_x = -C (-4 \log \cos \theta + \theta) + C \text{ ----- 11)}$$

積分常数として $\gamma' \cos \theta = \gamma'$ において $\sigma_x = \gamma z - 2C$ となり

$$f_s = \left\{ \gamma z + C \left(4 \log \frac{\gamma'}{\gamma} + \frac{\pi}{2} - \sin^{-1} \frac{\gamma'}{\gamma} - 2 \right) \right\} \beta \tan \varphi \text{ ----- 12)}$$

2) 先端抵抗力は図-2に示すように西田氏の論文²⁾を引用すると鉛直応力 σ とD点の鉛直応力 σ との間には



$$\sigma_{zo} = \sigma_{za} \times e^{2\theta \tan \varphi} \text{-----13)}$$

$$\sigma_{zo} = \frac{1}{1-0.5} \frac{3}{2} \left\{ \frac{1}{6} - \frac{1}{6} \left(\frac{Z}{R_1} \right)^3 \right\} \text{-----14)}$$

$$q = \frac{\sigma_{za} \times e^{2\theta \tan \varphi}}{F(r, z)} \text{-----15)}$$

$$Q = q \times A_p \text{-----16)}$$

14) 式の σ_r は8)、2)式を代入して土カブリ圧に無関係である。

$$\text{砂質土} \quad q = \frac{\gamma \times 1 \times N_\varphi \exp \left\{ \frac{N_\varphi - 1}{2} \times \left(\frac{\pi}{2} - \alpha^{-1} \frac{\gamma'}{r} \right)^2 + \mu' N_\varphi \left(\frac{\pi}{2} - \alpha^{-1} \frac{\gamma'}{r} \right) \right\} e^{2\theta \tan \varphi}}{F(r, z)} \text{--17)}$$

$$\text{粘性土} \quad q = \frac{\gamma \times 1 + c \left(\frac{4\mu' \gamma'}{2} + \frac{\pi}{2} - \alpha^{-1} \frac{\gamma'}{r} - 2 \right)}{F(r, z)} \text{-----18)}$$

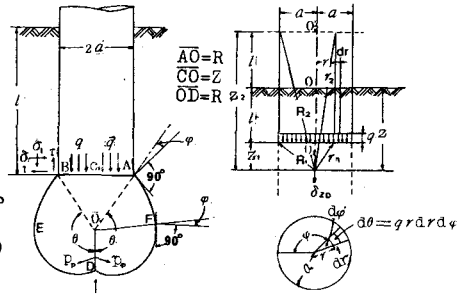


図-2

3. 諸因子について

図-3に示すように、内山はイ、ロ、ハにおいてイ=ゆるい砂に起る局部せん断破壊、ロ=全般せん断破壊としている。その値は、イは $\gamma = 2.25 \gamma_0$ 、ロは $\gamma = 1.5 \gamma_0$ 、そこで場所打ち杭でリバースやアースドリル工法はノーケーシング工法で、地盤を約20mm余分に振削すると $\gamma = 1.7 \gamma_0$ となる。この値をもって砂質地盤は $\alpha^{-1} \frac{\gamma'}{r} = 0.775$

粘土質地盤は $\alpha^{-1} \frac{\gamma'}{r} = 0.52$ 、又やわらかい粘土は $\alpha^{-1} \frac{\gamma'}{r} = 0.41$ 、又 μ' の平面的なすべり係数でありこれも深さ方向のすべり係数と同様に $\mu' = \beta \tan \varphi$ と等しいか、異なるかも知れないが、ここでは一様に平均値 $\mu' = 0.3$ とする。又、やわらかい粘土は $\mu' = 0.1$ の値を用いると良い。 β については、一般的、鋼杭=0.6、コンクリート杭=0.9、とすると、場所打ち杭=1.0を用いる。

4. 考察

竹内らは実験式より 平均N値と土カブリ圧の関係より、 $\tau_i = \tau_i Z_4 K a_j \tan \delta_i$

として $K a_j \tan \delta_i$ は N_i の関数であると仮定し係数を最小自乗法で求

めて、一般的に $K a_j \tan \delta_i = 0.3 \sim 1.0$ と考えられ、実験式において、 $N_i = 0 \sim 50$ で $K a_j \tan \delta_i = 0.5 \sim 1.3$ の範囲であるとしている。そこで、9)式において、 $K a_j \tan \delta_i = N_\varphi \exp \left\{ \frac{N_\varphi - 1}{2} \left(\frac{\pi}{2} - \alpha^{-1} \frac{\gamma'}{r} \right)^2 + \mu' N_\varphi \left(\frac{\pi}{2} - \alpha^{-1} \frac{\gamma'}{r} \right) \right\} \beta \tan \varphi$

に等しいから $\varphi = 5^\circ \sim 40^\circ$ では、 $K a_j \tan \delta_i = (0.67 \sim 1.68)$ の範囲に定まり、竹内の値によく一致している。又、円形杭の杭側面に作用している水平圧力は $\sigma_r = (144 \sim 248) \gamma z$ でこの $\varphi = 30^\circ \sim 40^\circ$ の値であるから8)式に代入すると場所打ち杭の $\sigma_r = (128 \sim 155 \sim 20) \gamma z$ との値になる。又、12)式において、硬い粘土の場合に $C = N$ に等しく、 $\beta = 0.8$ 、 $\tan \varphi = 30^\circ$ とすると、 $N = 20 \sim 35 \sim 50$ の場合、 $\frac{f_s}{\sigma_v} = (0.77 \sim 1.0 \sim 1.2)$ になる。軟い粘土($N = 1 \sim 20$)の場合に、 C 、 φ の関係より求めると、 $C = 1 \sim 7.5 \gamma z$ で $\varphi = 5^\circ \sim 20^\circ$ のとき $\frac{f_s}{\sigma_v} = (0.075 \sim 0.16 \sim 0.35 \sim 0.5)$ の範囲に定まる。この値を図-4に示す。

(参考文献)1) 金属塑性加工の力学、コロナ社、

2) 西田、砂質地盤内の支持力の一計算法 土木学会論文集、

第64号、締固め杭に関する基本的研究 第69号 3)

内山、杭周辺地盤の破壊状態に関する実験的研究(その1

)、建築学会、昭和43年、4)、竹内、場所打ちグイの鉛

直支持力機構に関する試験と考察、土と基礎

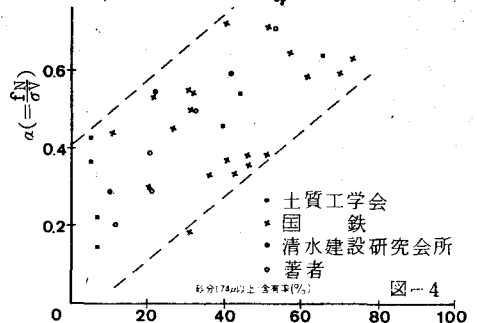


図-4