

先端円錐杭の支持力算定式について

(1) 緒言

現在一般に使用、施工されている既製杭は、殆んど先端は円錐体で構成されている。このことは、打撃貫入に際しての貫入性の良好を期待したものであることは当然で、その角度は、略 60° 程度である。元来、杭の至上命題は、貫入性が良好で、且つ支持力が大となることであつて、この条件が同時に充足されることである。いま、現行の先端円錐角度 60° をより鋭角にした場合、支持力が大となり得れば、施工上の問題はあるが、考慮すべき必要事項であらう。この場合、支持力算定式をどのように考へるか、従来 γ の支持力公式には、先端円錐体の概念が全く導入されていない。且つ、今、一つ重要なことは、杭がどのような過程で地盤に貫入されるかである。杭は、既に地盤に存在するのでなく、地盤に貫入されるのである。杭の貫入によって、地盤応力が変化し、等である。特に、杭先端が平端であるか、又は円錐体であるか、によって、自ら地盤に及ぼす応力は異なる筈である。そこで先づ、杭周支持抵抗力を次のように考へた。(α: 先端円錐角の半角)

(2) 杭周支持抵抗力の考へ方

杭が貫入する場合、地盤は、先端部によって穿孔され、杭本体は、穿孔された孔に随伴するのであるから、杭周支持抵抗を求めるときは、杭先端の形状を重視すべきである。即ち、先端平端杭では、地盤を鉛直方向に押圧し、先端円錐杭では、円錐体周辺に沿つて地盤が押圧され、茲に圧縮圏が形成される。この圧縮圏は、先端円錐角度αによって異なるもので、角度αが大なる場合は、地盤構成土粒子の移動は、下向きの変移を成し、角度αが小となると、上向きの変移となる。即ち、杭周面に沿う土粒子の移動は、円錐面と本体との移行面で、角度αによって、土粒子の攪乱が生ずる。この攪乱は、角度αの小さいほど、その割合αが小さく、αが大きいほど大きくなる。即ち、杭が貫入深さに従つて、この現象が繰返され、攪乱によって生じた地盤応力が、そのまゝ杭周抵抗値となる。

(3) 円錐面と本体との移行面に於ける土粒子間隙比

いま、円錐面に沿う摩擦抵抗力を W_f とすると、移行面での上向きの抵抗力 W_f' は

$$W_f' = W_f \cos \alpha \quad \text{----- (1)}$$

一般に砂質土が圧縮されるとき、圧力 σ_z と間隙比 e との間には、倒方への変移を許さないとすれば、

$$e = -C_c \log_{10} \sigma_z \quad \text{----- (2) の関係がある。}$$

(2)式を σ_z で微分すると、 $\frac{de}{d\sigma_z} = -\frac{C_c}{2.3\sigma_z}$ ----- (3) 但し C_c : 圧縮指数

初期間隙比を e_0 とすると、間隙比の変化 de は

$$de = e_0 - e_1 \quad \text{---- (4) } e_1: \text{被圧後の間隙比}$$

一方、 $d\sigma_z$ の変化は、 $d\sigma_z = W_f' + \gamma z - \gamma z \quad \text{---- (5) } z: \text{深さ, } \gamma: \text{土の単位重量}$

ここで (1) 式の W_f' は次のようにして求める。

圧縮圈に於ける土の圧縮抵抗力と圧縮圈体積との比を f とすると

$$f = \frac{\text{土の圧縮抵抗力}}{\text{圧縮圈体積}} \quad (\text{kg/cm}^3) \quad \text{----- (6)}$$

次に圧縮圈の抵抗力 W_m は Fig 1 を参照して

$$W_m = \frac{d^2}{8} f \varphi \frac{ca \varphi}{ca(\alpha + \varphi) \sin \alpha} \quad (\text{kg/m})$$

$$\text{但し Fig 1 の } \triangle ACO \text{ (圧縮圈) の面積} = \frac{d^2}{8} \varphi \frac{ca \varphi}{ca(\alpha + \varphi) \sin \alpha}$$

d : 杭直径 φ : 地盤の排除率

地盤と円錐面との摩擦係数を μ とすると、摩擦抵抗力 W_f は

$$W_f = W_m \mu = \frac{d^2}{8} f \mu \varphi \frac{ca \varphi}{ca(\alpha + \varphi) \sin \alpha} \quad (\text{kg/m})$$

AO 面に沿う W_f を A 点に於いて、上向き鉛直分力 W_f' に分解すると

$$W_f' = \frac{d^2}{8} f \mu \varphi \frac{ca \varphi \cos \alpha}{ca(\alpha + \varphi) \sin \alpha} \quad (\text{kg/m})$$

円錐体の直高を l' とし、 W_f' を単位面積当りに換算して

$$\begin{aligned} W_f' &= \frac{d^2}{8} f \mu \varphi \frac{ca \varphi \cos \alpha}{ca(\alpha + \varphi) \sin \alpha} \frac{\pi d^2}{2} / \frac{\pi d^2}{2} l' \\ &= \frac{d^2}{8} f \mu \varphi \frac{ca \varphi \cos \alpha}{ca(\alpha + \varphi) \sin \alpha} \frac{1}{l'} \quad (\text{kg/m}^2) \end{aligned}$$

従って (3) (4) (5) 式より e_1 の値は次のように求める。

$$e_1 = \frac{2.362 e_0 + \frac{C_0 d^2}{8} f \mu \varphi \frac{ca \varphi \cos \alpha}{ca(\alpha + \varphi) \sin \alpha} \frac{1}{l'}}{2.362} \quad \text{----- (7)}$$

(6) 式の f の値は次式によって求める。

$$f = \frac{\text{円錐体の受荷土圧}}{\triangle ACO \text{ の面積} \times \frac{\pi d}{2}} = \frac{\frac{P_1 + P_2}{2} V}{\frac{d^2}{8} \varphi \frac{ca \varphi}{ca(\alpha + \varphi) \sin \alpha} \frac{\pi d}{2}}$$

V : 円錐体の側面積

いま杭全長 100 cm とした場合の角度 α による間隙比の値を $e_0 = 1$ と計算出した e_1 の値は次表のようになる。

α	e_1	e_1
10°	$e_1 = e_0 - 0.4085$	0.5915
15°	$e_1 = e_0 - 0.3646$	0.6354
20°	$e_1 = e_0 - 0.3515$	0.6483
30°	$e_1 = e_0 - 0.3243$	0.6757

$e_0 = 1$

即ち土の攪乱は、間隙比によって定まるから、角 α の大小のほど土の攪乱度は大となる。杭周抵抗力は W_f' によって求められ、角度 α の小なるほど杭周抵抗力は大となる。即ち杭周支持抵抗力 R_f は $R_f = \frac{W_f'}{\tan \varphi}$ によって算定する。

参考文献 原田次郎、細正文：土と杭の工学 P.224

