

III-103 くいの貫入による粘土地盤の塑性域

名城大学理工学部 正会員 柴田道生

1. 緒言

くいの地盤に貫入するのは、くいの体積に等しい土を側方へ押圧するため、この押圧の影響がどこまで及ぶかを、地盤の釣合式から塑性域 R をくいの径の倍数で示している。この弾塑性境界 $r=R$ では、降伏条件式を満足せねばならないから、土の剪断降伏応力を用いた Mises の降伏条件と Tresca の降伏条件とが同時に成立するものと仮定して $\frac{R}{r}$ の値を求めてみると、砂の場合は剪断降伏応力と土のポアソン比並びに深さに支配されるが、粘土の場合、ポアソン比を 0.5 と考へると、 $\frac{R}{r}$ は、剪断降伏応力には、無関係で、且つ深さにも支配されないという結果になる。

2. 弾塑性境界 R

軸方向歪を無視すると、Mises の降伏条件式から弾性域における半径方向垂直応力 σ_r と、円周方向垂直応力 σ_t は、次の (1) (2) 式で示される⁽¹⁾。但し、 k は、剪断降伏応力で、 R は、くい中心からの弾塑性境界である。ここで ν はポアソン比、 z は深さ方向 γ : 土の単位重量。

$$\sigma_r = -\frac{\nu}{1-\nu} \gamma z + \frac{k R^2}{r^2} \text{ ----- (1)}$$

$$\sigma_t = -\frac{\nu}{1-\nu} \gamma z - \frac{k R^2}{r^2} \text{ ----- (2)}$$

但し、 r : くい半径

いま、 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ($\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$) を 3 主応力とすると、

$$\sigma_2 = \nu(\sigma_1 + \sigma_3) \text{ ----- (3)}$$

の関係がある。次に Mises の降伏条件式より

$$\frac{2\sigma_1^2}{3} = 2k^2 \quad \therefore \sigma_1 = \sqrt{3} k \text{ ----- (4)}$$

$$\text{又、Tresca の降伏条件より} \quad \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3) = k \text{ ----- (5)}$$

(5) 式に (4) 式を代入して

$$\frac{1}{2}(\sqrt{3} k - \sigma_3) = k$$

$$\therefore \sigma_3 = (\sqrt{3} - 2)k \text{ ----- (6)}$$

又、 $\sigma_z = \gamma Z$ であり、最小主応力 $\sigma_3 = \sigma_x$ と考へてよい。 } ----- (7)
次に $\sigma_r + \sigma_x + \sigma_z = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$ の関係式が成立する。

(4)式、(6)式 を (7)式 に代入して、

$$\sigma_r + \sigma_x + \sigma_z = \sqrt{3} k + \sigma_z + (\sqrt{3} - 2) k \text{ ----- (8)}$$

次に、(3)式に(4)式と(6)式を代入すると

$$\sigma_z = \nu \{ 2\sqrt{3} k - 2k \} \text{ ----- (9)}$$

(7)式の後の式に、(4)(6)式を入れて、(8)式が成立する。この(8)式に $\sigma_z = \gamma Z$ 、及び

$\sigma_x = \sigma_3 = (\sqrt{3} - 2) k$ を代入すると、 σ_r は

$$\sigma_r = k(\sqrt{3} - 2\nu + 2\nu\sqrt{3}) - \gamma Z \text{ ----- (10)}$$

(1)式の σ_r と (10)式の σ_r は等値であるから (1)式と(10)式を等値とあいて、

$$-\frac{\nu}{1-\nu} \gamma Z + \frac{kR^2}{\gamma^2} = k(\sqrt{3} - 2\nu + 2\nu\sqrt{3}) - \gamma Z$$

従つて、 $k(\frac{R}{\gamma})^2 = k(\sqrt{3} - 2\nu + 2\nu\sqrt{3}) - \gamma Z + \frac{\nu}{1-\nu} \gamma Z \text{ ----- (11)}$

即ち (11)式より $\frac{R}{\gamma}$ の値が求められる。

いま、粘土の場合、 $\nu = 0.5$ と考へると (11)式の $\frac{R}{\gamma} = 1.57$ となつて、

深さ Z 、及び k には無関係となつて $R = 1.57\gamma$ を得る。

即ち塑性域は、くい半径の 1.57 倍で、深さ方向に一定という結果になる。

これに反し砂の場合は、剪断応力 k 、ポアソン比 ν に支配され、(11)式で示すように、深さ方向に、塑性域が狭小となる。写真(1)は、実験粘土槽に先端角 60° の模型くいを貫入させた粘土地盤の塑性域を知るために行つた実験を示したもので、写真(1)は、打込前、写真(2)は打込後のものである。

写真
(1)

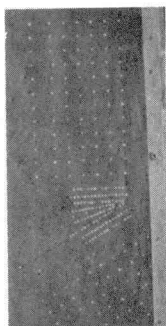


写真
(2)



之によると、塑性域は深さ方向に略一定で、半径方向範囲は、くい半径の約 1.6 倍程度と推定される。

参考文献-(1) 川本眺万：円形立坑
周辺の弾性塑性応力状態
に対する近似解法：
土木学会論文集 110.59