

1. はじめに

杭基礎の横振抗の問題が最近の話題になっているが、実際に設計計算を行う場合、どのような算式を用いたらよいのか、未経験な筆者は迷うことが多い。実用的計算式としては、弾性理論に基づき、しかも簡便なものが望まれるのは当然であろう。従つて、いわゆるChang公式が多く用いられるものと思われるが、フーチングなどにより杭頭を堅結した場合には、実験値との差が著しい。

Chang公式によれば、組杭の頭をフーチング等と堅結したと見なせる場合は、杭頭の回転変形はなにもないとして計算される。実際には回転変形が生じると考えられるし、水平力の他に転倒モーメントが作用する場合の回転量は無視できない値であろう。また、杭の横振抗に対して杭の軸力が有効に働くことも考えられる。これらの点については、幾つかの報告によって確かめられる。^{1), 2), 3)} また、後藤⁴⁾、玉野⁵⁾などはフーチングの回転、従つて軸力をも含めた釣合条件から変形量を求めておるが、断面力と与えておるが、これにより、繁雑であつて実用的でないように思われる。

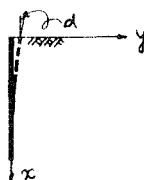
筆者は、地盤と杭を完全弾性体、フーチングを完全剛体と仮定し、回転の影響をとり入れずに算式を鉛直組杭の場合に於いて簡単な形に整へ、フーチングが地上に露出した場合について実験を行つたところ、比較的良い結果を得たので茲に報告する。理論式を扱うのは別に地盤係数を算式に合うよう定めることも重要な問題であるが、ここでは解決しないことにする。

2. 算定式

基礎方程式はChangにならう。弾性床の上に置かれた半無限長の梁にフーリエの式を用いしは、解は、

$$y = e^{-\beta x} (C_1 \cos \beta x + C_2 \sin \beta x), \quad x \leq l, \quad \beta = \sqrt{\frac{KD}{4EI}} \quad (1)$$

と表わされる。座標系は右図のようにとる。フーチングの回転角を α とすると、組杭を構成するすべての杭の $x=0$ に於ける回転角もやはり α である。杭全体が受ける水平力を H_p 、杭本数が n のとき杭1本当りの水平力と簡単のため H_p/n とすると、境界条件は、



$x=0$ に於て、 $(dy/dx) = -\alpha$ 及び $(d^2y/dx^2) = H_p/nEI$ ———— (2)

であるから、係数 C_1, C_2 が決まり、

$$C_1 = \frac{\beta H_p}{nE_s} + \frac{\alpha}{2\beta}, \quad C_2 = \frac{\beta H_p}{nE_s} - \frac{\alpha}{2\beta}, \quad x \leq l, \quad E_s = KD \quad (3)$$

と定る。フーチングの部分に対する地盤反力係数を次図のようにとると、地盤反力 p は、

$$p = E_s(x') \cdot y = E_s \left(1 - \frac{x'}{l}\right) \left(\gamma_{20} + \alpha x'\right) = E_s \left\{ \left(\frac{\beta H_p}{nE_s} + \frac{\alpha}{2\beta}\right) + \left(\alpha - \frac{\beta H_p}{nE_s} - \frac{\alpha}{2\beta}\right) x' - \frac{\alpha}{l} x'^2 \right\} \quad (4)$$

であるから、その合力 P と、フーチング底面に於ける地盤反力のモーメント M_s は、

$$P = \int_0^l p dx' = \frac{1}{6} E_s l \left(\frac{3\beta H_p}{nE_s} + \frac{3\alpha}{\beta} + \alpha l \right) \quad (5)$$

$$M_s = \int_0^l p x' dx' = \frac{1}{12} E_s l^2 \left(\frac{2\beta H_p}{n E_s} + \frac{\alpha}{\beta} + \alpha l \right) \quad (6)$$

また、鉛直反力による拍抗モーメント M_v 及び杭自体の曲げ拍抗 M_p を考えれば、

$$M_v = \alpha \cdot \sum K v_i x_i^2, \quad (K v_i \text{ はバネ定数}) \quad (7)$$

$$M_p = -EI \frac{d^2 y}{dx^2} = nEI\beta\alpha - \frac{H_p}{2n\beta} \quad (8)$$

外力 H がフーチング底面から h の高さに作用するとき、
 総制モーメントは $M = H \cdot h$ であるから、水平力とモーメント
 の釣合を考えれば、

$$H = P + H_p, \quad M = M_s + M_v + M_p \quad (9)$$

である。 P, M_s, M_v, M_p は 夫々 (5), (6), (7), (8) で与えられ、 H_p は $x=0$ に於ける y の値を y_0 とし、
 とき (1) から y_0 と α を含んだ形で表わされるから、当初既知として α, y_0 は (9) を連立させて、

$$A_1 \alpha + B_1 y_0 = H, \quad A_2 \alpha + B_2 y_0 = M \quad (10)$$

$$\therefore \text{ここに, } A_1 = \frac{1}{12} E_s l \left(\frac{3}{\beta} + 2l \right) - 2nEI\beta^2, \quad B_1 = \frac{1}{2} E_s l + 4nEI\beta^2$$

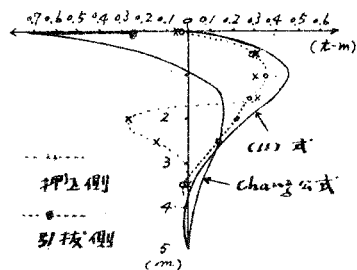
$$A_2 = \frac{1}{12} E_s l^3 + 2nEI\beta + \sum K v_i x_i^2, \quad B_2 = \frac{1}{6} E_s l^2 - 2nEI\beta^2$$

より求まる。従って各断面力が計算でき、例えば、杭軸に沿う曲げモーメントは次式で与えられる。

$$M_x = -EI \frac{d^2 y}{dx^2} = 2EI\beta^2 e^{-\beta x} \left\{ \left(y_0 - \frac{\alpha}{\beta} \right) \cos \beta x - y_0 \sin \beta x \right\} \quad (11)$$

3. 実験とその結果

径 216.3 mm の鋼管杭に拍抗線量計を貼布し、半分に割った
 ガス管で保護したものを 1 m の間隔で 2 本打込んだ。深度は 5 m
 で β より大であるから (1) 式を適用できると考えられる。杭径を
 考慮した K 値は、 $N=10$ のとき約 8.0 kg/cm^2 である。このとき
 $\beta = 0.85/\text{m}$ となる。地上部は鋼鉄を用いて剛結条件を近似した。
 フーチングがないので $E_s = 0$ とおき、(10), (11) 式によって計算した
 結果と実験より得られた値とを曲げモーメントにプロットした。



$$K v_i = \begin{cases} 1 \times 10^4 \text{ (押)} \\ 2 \times 10^4 \text{ (引)} \end{cases} \text{ と仮定}$$

4. あとがき

引抜を受ける杭については β の取り方の問題が残るだけで良い結果が得られたのに對し押しを受ける
 杭のモーメント分布形が異なるのは、軸力の影響をバネ定数の形でのみ考えたため。 α による上
 部工の撓変値が問題となるが、動的特性とも併せて考えねばならないので今後の課題としてい。

1) 後藤尚男・他、斜杭・組杭の水平拍抗に関する模型実験的考察、土木学会論文集 79号、2) 竹下
 淳、橋梁下部構造の水平拍抗について、第8回日本道路会議、3) 船越橋基礎鋼管杭の水平載荷
 試験について、同左、4) 新らしい基礎工法の設計、近代図書、5) 基礎地盤コンサルタントの資料より。