

III-148 帯状荷重による基礎破壊防止に対する杭の解析に就いて.

名城大学理工学部土木工学科 正会員 柴田道生

(1). 緒言

軟弱地盤上に施工する帯状盛土荷重による基礎地盤の破壊防止についての杭打施工は各地で行はれ、その効果は大きく評価されている。本文の解析も、従来行われている円形背面の假定による最も危険な滑面を求め、この滑面より上方の地盤を弾性地盤と考へて、杭が受ける荷重を求め、この荷重による杭の転倒を、滑面以下の杭の根入によって、対抗せしめんとするものである。

(2). 杭が受ける水平荷重

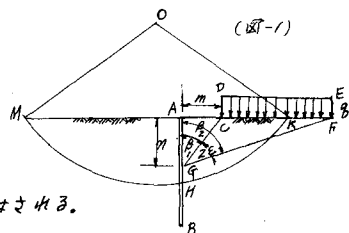
図-1 に於いて CDEF を帯状荷重とし、AB を防打杭とする。

杭の任意の点を G とし、 $\angle AGC = \beta_1$, $\angle AGF = \beta_2$, $\angle CGF = 2\epsilon$

とすると、G 点に於ける水平荷重 Q_x は、

$$Q_x = \frac{q}{\pi} (2\epsilon - \sin 2\epsilon, \cos 2\psi) \dots (1) \text{で表はされる。}$$

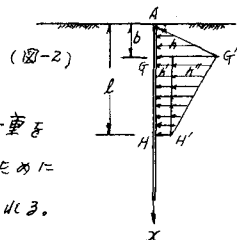
但し q : 帯状分布荷重, $\tan \beta_1 = \frac{m}{n}$, $\tan \beta_2 = \frac{m+l}{n}$ 従つて $2\epsilon = \beta_2 - \beta_1$, $2\psi = \beta_1 + \beta_2$
G 点の位置を任意に移動することによつて、其の点の杭の受ける水平荷重は (1) 式によつて求められる。



(3). 滑面上方の杭が受ける水平方向荷重

杭の任意の点の水平荷重を (1) 式より求めると、図-2 のようになる。

茲で H は滑面の位置である。H は、地盤反力は零である。滑面上方の荷重を q_n で表はすが、荷重が不連続荷重であるため、之を連続荷重として取扱うために Fourier's sine series に展開する。A 点を原点とすると、 q_n は $f(x)$ で示される。
 q_x を x 点の荷重の大きさとする。



$$q_x = \sum_{n=1,3,5,\dots} q_n \sin \frac{n\pi x}{l} \dots (1)$$

但し l は、杭の AH の長さである。

$$\text{茲で } q_n = \frac{2}{l} \int_0^l f(x) \sin \frac{n\pi x}{l} dx \dots (2)$$

$$\text{但し } 0 < x < b \text{ では } q_x = w \frac{h}{b} x \dots (3)$$

$$b < x < l-b \text{ では } q_x = w h' \dots (4)$$

$$\text{又、 } b < x < l-b \text{ では } q_x = w \frac{(l-x)}{l-b} h'' \dots (5)$$

$$h = q_x \dots (6)$$

$$h = h' + h'' \dots (7)$$

w : 土の単位重量

$$\therefore f(x) = w \left\{ \frac{h}{b} x + h' + \frac{h''}{l-b} (l-x) \right\} \dots (8) \quad (8) \text{ 式を (2) 式に入れた。}$$

$$\int_0^b \frac{h}{b} x \sin \frac{n\pi x}{l} dx = \frac{h}{b} \left\{ \frac{l^2}{\pi^2 n^2} \sin \frac{n\pi b}{l} - \frac{l}{n\pi} (b \cos \frac{n\pi b}{l}) \right\}$$

$$\int_b^{l-b} h' \sin \frac{n\pi x}{l} dx = h' \left\{ \frac{l}{n\pi} \cos \frac{n\pi b}{l} - \cos \frac{n\pi (l-b)}{l} \right\}$$

$$\int_b^{l-b} \frac{h''}{l-b} (l-x) \sin \frac{n\pi x}{l} dx = \int_b^{l-b} \frac{h''}{l-b} l \sin \frac{n\pi x}{l} dx - \int_b^{l-b} \frac{h''}{l-b} x \sin \frac{n\pi x}{l} dx = \frac{h'' l}{l-b} \left\{ \frac{l}{n\pi} (\cos \frac{n\pi b}{l} - \cos \frac{n\pi (l-b)}{l}) \right\}$$

$$- \frac{h''}{l-b} \left[\frac{l^2}{\pi^2 n^2} (\sin \frac{n\pi (l-b)}{l} - \sin \frac{n\pi b}{l}) - \frac{l}{n\pi} \{ (l-b) \cos \frac{n\pi (l-b)}{l} - b \cos \frac{n\pi b}{l} \} \right]$$

従つて a_n は、
$$a_n = \frac{2W}{L} \frac{h}{b} \left\{ \frac{L^2}{n^2 \pi^2} \sin \frac{n \pi b}{L} - \frac{Lb}{n \pi} \cos \frac{n \pi b}{L} \right\} + \frac{2W}{L} h' \left\{ \frac{L}{n \pi} (\cos \frac{n \pi b}{L} - \cos \frac{n \pi (L-b)}{L}) \right\}$$

 $+ \frac{2W}{L} \frac{h' L}{L-b} \left\{ \frac{L}{n \pi} (\cos \frac{n \pi b}{L} - \cos \frac{n \pi (L-b)}{L}) - \frac{2W}{L} \frac{h'}{L-b} \left[\frac{L^2}{n^2 \pi^2} (\sin \frac{n \pi (L-b)}{L} - \sin \frac{n \pi b}{L}) - \frac{L}{n \pi} \{ (L-b) \cos \frac{n \pi (L-b)}{L} - b \cos \frac{n \pi b}{L} \} \right] \right\}$
 さて、 n は奇数であるより、 $n = 2m+1$ とすると、但し $\pi = 180^\circ$

$$\cos n \pi = \cos (2m \pi + \pi) = \cos \pi = -1$$

故に (9) 式の a_n を (1) 式に代入して、荷重 q_x を求めることができる。

(4.) 数値計算

(1) 式を用いて、地表面より 1", 2", 3"-----毎の水平土圧力を計算すると、図-3 を得る。

いま滑面の深さを、杭の位置で 5" とすると、滑面の H 点に於ける

水平土圧力 O は

$$O_{x_5} = 0.6419 \frac{q}{\pi} \quad \text{図-2 の } h' = 0.6419 \frac{q}{\pi} = 0.2044 q$$

$$h = O_{x_1} = 1.045 \frac{q}{\pi} = 0.3328 q \quad h'' = h - h' = 0.4031 \frac{q}{\pi} = 0.1284 q$$

さて $b = 1"$ $L = 5"$ $W = 1.6 \text{ t/m}^2$ (9) 式に於いて $n = 1$ として

計算すると (9) 式の a_n の値は

$$a_n = 0.7244 q \text{ ----- (10) とする。}$$

従つて、X 点の荷重 q_x は、(1) 式より

$$q_x = \sum a_n \sin \frac{n \pi}{L} X = 0.7244 q \sum \sin \frac{n \pi}{L} X \quad n=1,3,5 \text{ ----- (11)}$$

さて、 $q_x = \sum a_n \sin \frac{n \pi}{L} X$ であるより、この式を二重微分すると、 $\frac{d^2 q_x}{dx^2} = -\sum \left(\frac{n \pi}{L} \right)^2 a_n \sin \frac{n \pi}{L} X$

又、 M をモーメントとすると、 $\frac{d^2 M}{dx^2} = -q_x$ ----- M をフーリエ級数で表はすと

$$M = \sum a_m \sin \frac{n \pi}{L} X \quad \text{但し } a_m: \text{未知形}$$

$$\text{二重微分して、} \frac{d^2 M}{dx^2} = -\sum \left(\frac{n \pi}{L} \right)^2 a_m \sin \frac{n \pi}{L} X$$

故に、 $-\sum \left(\frac{n \pi}{L} \right)^2 a_m \sin \frac{n \pi}{L} X = -\sum a_n \sin \frac{n \pi}{L} X$ 従つて $\left(\frac{n \pi}{L} \right)^2 a_m = a_n \therefore a_m = \left(\frac{L}{n \pi} \right)^2 a_n$

$$\text{従つて } M = \sum \left(\frac{L}{n \pi} \right)^2 a_n \sin \frac{n \pi}{L} X = \frac{L^2}{\pi^2} \sum \frac{1}{n^2} a_n \sin \frac{n \pi}{L} X \quad n=1,3,5 \text{ ----- (12)}$$

(11) 式の X の任意の点の水平土圧力 q_x は

$$q_x = 0.7244 q \sum \sin \frac{n \pi}{L} X \quad n=1,3,5 \text{ -----}$$

従つて その合力 H は

$$H = \int_0^L 0.7244 q \sin \frac{\pi X}{L} dX = 0.7244 q \frac{L}{\pi} \left\{ \cos \frac{\pi L}{L} - \cos 0 \right\}$$

$$= -0.7244 q \frac{2L}{\pi} \text{ ----- (13)}$$

次にモーメントは、(12) 式より、 $M = \frac{L^2}{\pi^2} \sum \frac{1}{n^2} a_n \sin \frac{n \pi}{L} X = \frac{L^2}{\pi^2} \sum \frac{1}{n^2} 0.7244 \sin \frac{n \pi}{L} X$

$$\text{故に、} M = 0.7244 q \frac{L^2}{\pi^2} \int_0^L \sin \frac{\pi X}{L} dX = -0.7244 q \frac{2L^2}{\pi^2}$$

H の作用点を滑面より h' の高さとする、 $h' = \frac{M}{H} = \frac{L}{\pi} = \frac{5"}{3.14} = 1.59"$

従つて杭の根入長さ h は $WK h^3 - 6H h - 8H \times 1.59 = 0$ より $h = 5.6"$ を必要とする。

但し K : 受働土圧係数で $9-30^\circ$ とすると $K=3$ 。

参考文献、赤井浩一、土質力学 P. 205.

