I-268　群杭における付着質量

九州大学　工学部　正員　小平　清真
佐賀大学　理工学部　正員　荒牧　軍治
九州大学　工学部　学生員　○山平　喜一郎

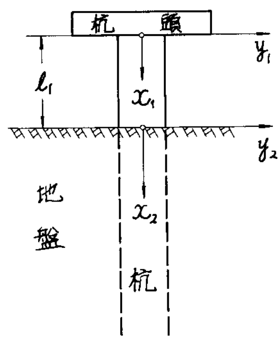
I. まえがき

群杭にはさまれる土は，杭の間隔が狭い場合には，反力として作用するというよりもむしろ構造物と共に動くと推定される。この部分の土を付着質量として考慮すべきか否か，あるいは考慮すべきであるならばどの程度の大きさであるのかを実験的に調べた。

II. 計算式

次の記号と座標系を用いる。

g	；重力加速度	w_0	；杭の内実断面換算単位体積重量
EI	；杭の曲げ剛性	A_m	；杭によって囲まれる土の面積
k	；地盤反力係数	A_0	；杭の断面積
D	；杭径	l_1	；杭の地上部の長さ
n	；杭の本数	α	；付着質量係数
w_m	；土の単位体積重量	W	；頂板重量



地上部の運動方程式は，　$EI\dfrac{\partial^4 y_1}{\partial x_1^4}+\dfrac{w_0 A_0}{g}\dfrac{\partial^2 y_1}{\partial t^2}=0$

地中部の運動方程式は，　$nEI\dfrac{\partial^4 y_2}{\partial x_2^4}+nkDy_2+\dfrac{wA}{g}\dfrac{\partial^2 y_2}{\partial t^2}=0$　　但し，$wA=nw_0A_0+\alpha w_m A_m$

$x_1=D\varphi_1$，$x_2=D\varphi_2$ と変数変換し，$y_1=Y_1e^{i\omega t}$，$y_2=Y_2e^{i\omega t}$ とおくと，

$$Y_1=A_1\cos\lambda\varphi_1+B_1\sin\lambda\varphi_1+C_1\cosh\lambda\varphi_1+D_1\sinh\lambda\varphi_1 \qquad ------(1)$$

$$Y_2=e^{-\beta\varphi_2}(A_1\cos\beta\varphi_2+B_2\sin\beta\varphi_2)+e^{\beta\varphi_2}(C_2\cos\beta\varphi_2+D_2\sin\beta\varphi_2) \qquad ------(2)$$

但し，$\lambda^4=w_0A_0D^4\omega^2/(gEI)$，$\beta^4=\{kD-wA\omega^2/(ng)\}D^4/(4EI)$　　------(3)

(1)，(2)に柱頭回転拘束として境界条件を入れると，A_1，B_1，C_1，A_2，B_2 に関する同次方程式が得られる。

$$[R]=\begin{bmatrix} \omega^2 & 2nEIg\lambda^3/D^3W & \omega^2 & 0 & 0 \\ \cos\lambda a & \sin\lambda a-\sinh\lambda a & \cosh\lambda a & -1 & 0 \\ -\lambda\sin\lambda a & \lambda(\cos\lambda a-\cosh\lambda a) & \lambda\sinh\lambda a & \beta & -\beta \\ -\lambda^2\cos\lambda a & -\lambda^2(\sin\lambda a+\sinh\lambda a) & \lambda^2\cosh\lambda a & 0 & 2\beta^3 \\ \lambda^3\sin\lambda a & -\lambda^3(\cos\lambda a+\cosh\lambda a) & \lambda^3\sinh\lambda a & -2\beta^3 & -2\beta^3 \end{bmatrix}, \quad \{z\}=\begin{Bmatrix} A_1 \\ B_1 \\ C_1 \\ A_2 \\ B_2 \end{Bmatrix}$$

とおくと，

$$[R]\{z\}=\{0\} \qquad ------(4)$$

(4)式が自明でない解を持つためには，

$$\det|R|=0 \qquad ------(5)$$

(5)式を満足するβを求めれば，(3)式よりkとαの関係が求まる。

(i)　低サイクル試験よりk値を求める方法（$\omega \doteqdot 0$）

杭頭にPの力を加えた時の変位をδとする。

地上部の運動方程式は，　$EI\dfrac{\partial^4 y_2}{\partial x_2^4}=0$

地中部の運動方程式は，　$EI\dfrac{\partial^4 y_2}{\partial x_2^4}+kDy_2=0$

$x_1=D\varphi_1$，$x_2=D\varphi_2$ と変数変換し，$y_1=Y_1e^{i\omega t}$，$y_2=Y_2e^{i\omega t}$ とおくと

$$Y_1=A_1\varphi_1^3/6+B_1\varphi_1^2/2+C_1\varphi_1+D_1 \qquad \text{------}(6)$$

$$Y_2=e^{-\bar{\beta}\varphi_2}(A_2\cos\bar{\beta}\varphi_2+B_2\sin\bar{\beta}\varphi_2)+e^{\bar{\beta}\varphi_2}(C_2\cos\bar{\beta}\varphi_2+D_2\sin\bar{\beta}\varphi_2) \qquad \text{------}(7)$$

但し，$\bar{\beta}^4\equiv kD^5/(4EI)$ ------(8)

(6)，(7)式に境界条件を入れて $A_1\sim D_2$ を消去すると $\bar{\beta}$ に関する4次方程式が求まる。

$$(-12a+a^4b)\bar{\beta}^4+(-12+4a^3b)\bar{\beta}^3+6a^2b\bar{\beta}^2+6ab\bar{\beta}+3b=0 \qquad \text{------}(9)$$

但し，$a\equiv l_1/D$，$b\equiv D^3P/(nEI\delta)$

(3)式に(8)式を代入し，(5)，(9)式から求めた β，$\bar{\beta}$ を用いると，

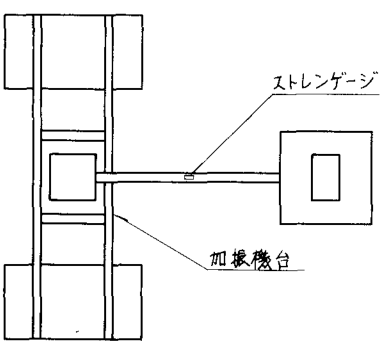
$$\alpha=\frac{1}{w_mA_m}\left\{\frac{4nEIg}{D^4\omega^2}(\bar{\beta}^4-\beta^4)-nw_0A_0\right\} \qquad \text{------}(10)$$

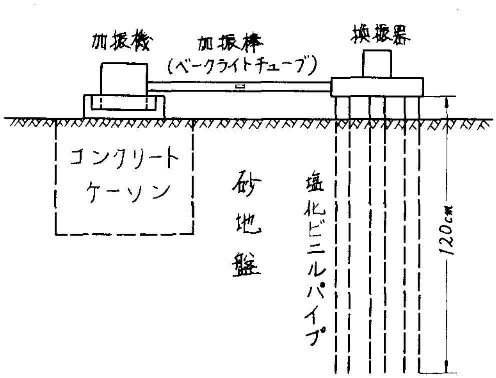
(ii)　頂板重量を変更する方法

頂板重量 W_1 のときの固有円振動数 ω_1，頂板重量 W_2 のときの固有円振動数 ω_2 とすれば，(5)式を満足する β の値が，それぞれに対して β_1，β_2 と得られる。β_1，β_2 より k を消去すれば，

$$\alpha=\frac{1}{w_mA_m}\left\{\frac{4nEIg(\beta_1^4-\beta_2^4)}{D^4(\omega_2^2-\omega_1^2)}-nw_0A_0\right\} \qquad \text{------}(11)$$

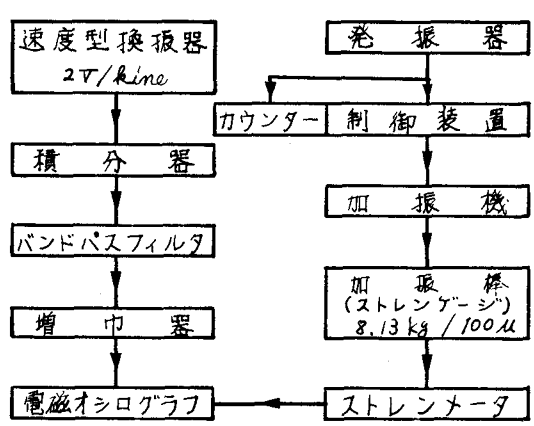
Ⅲ. 実験装置及び方法





図の様な装置を用いて，発振器より正弦波を送り，変位と加振力を電磁オシログラフで記録し，一方ディジタルカウンターで周波数又は周期を読んだ。低サイクル試験は変位一定（30～50ミクロン）で行なった。共振点付近は加振力一定（300～500g）で行い，得られた結果から共振曲線を描いて共振点を求めた。

配線は次のとうりである。



Ⅳ. 結果

杭間隔と杭径の比が2.3の場合，$l_1=3_{cm}$，5_{cm} で付着質量係数は平均すると3程度の値になった。しかしながら，計算式(11)ではかなりばらつきがあり，その原因については吟味しているが，詳細は講演時に譲る。