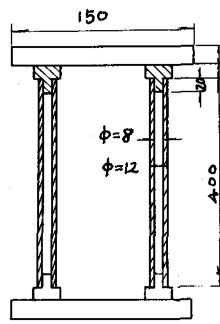
I—22　支持杭の鉛直方向群杭効果

九州大学　正会員　小坪清真
九州大学　正会員　園田敏矢
○九州大学　学生会員　五瀬伸吾

1). まえがき

ケーソンや群杭等を基礎とする構造物は，地震時には地盤からの直接の地盤反力と基礎からの復元力を受けてその振動系を形成する。この構造物の地震応答を求める場合，基礎の復元力を求めることが必要となる。ここで多柱基礎の復元力を求める場合，杭の水平方向復元力のみならず垂直方向復元力を求める必要がある。復元力特性の群杭効果については，その杭頭水平方向に関して，既に内外において理論および実験が行なわれているが，垂直方向については見あたらない。そこで本論文はその杭頭垂直方向復元力に関する群杭効果を実験および理論の両面から明らかにしようとするものである。

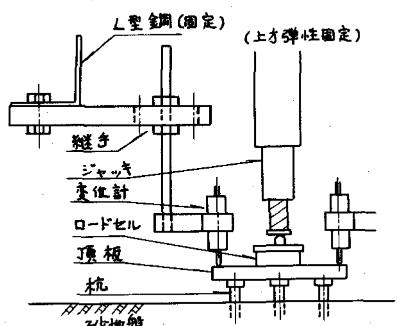


図－1

2). 実験

実験に使用した杭は図－1に示すように，上下端を固定した外径12mm，長さ400mmのベークライトチューブを4本および9本の組杭にしたもので，側面の摩擦係数を増すために，細砂をニカワでチューブ側面に吹きつけたものである。杭間隔は横縦等間隔とし，4本杭に対しては杭間隔を36，72，108，132mmの4通り，9本杭に対しては杭間隔を18，36，54，66mmの4通りとした。この杭を2.5m×1.5m×1mの振動箱の中央に設置し，乾燥砂を入れ，地表面の加速度を200gal，振動数10Hzで約50分間振動して締め固め深さ90cmの砂地盤を作った。つぎに図－2に示すように杭頭頂板上にロードセルを介してジャッキをセットし，図－3に示すように頂板の4隅に測定範囲±2.5mmの変位計を取りつけ，鉛直荷重と杭頭の沈下量との関係を荷重を徐々に上げながら，オッシロに記録した。最大荷重は20kgである。同様の実験を一つの杭間隔に対して4〜5回繰り返した。

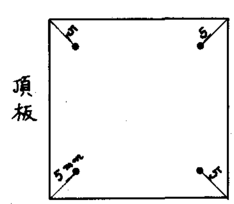
<実験装置>



図－2

3). 実験結果

図－4，5は4本杭および9本杭に対して杭間隔を変えた場合の荷重と変位との関係を示したものである。図から本実験の荷重の範囲では荷重と変位は比例し，杭側面には滑りを生じていないことがわかる。この直線の勾配から杭頭反力係数を求め，それを杭間隔lと杭径dとの比l/dを横軸にとり，群杭効果を求めたのが図－6である。



●：変位計の位置

図－3

群杭効果を表わすのに，一般に次の2種類の異った表現が用いられている。(i)単杭および群杭に単位の変位を生じさせるに必要な力をそれぞ

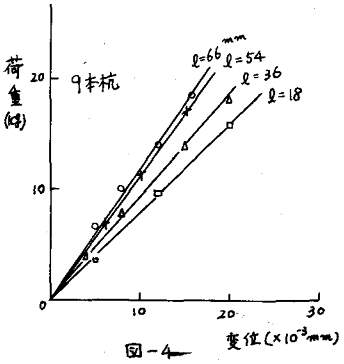
れQ_0，Q_Nとし，群杭の杭本数をNとすれば，群杭効果は(i)のようになる。

$$e_N = \frac{Q_N}{N Q_0} \qquad (1)$$

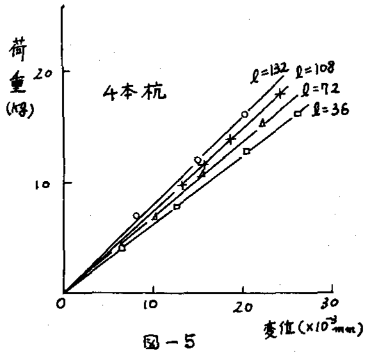
(ii)杭に単位の力を加えたときの単杭と群杭のそれぞれの変位をδ_0，δ_Nとすれば，

$$e_N = \frac{\delta_0}{N \delta_N} \qquad (2)$$

によって群杭効果を表わすことができる。本論文では(i)の方法を用いた。



図－4



図－5

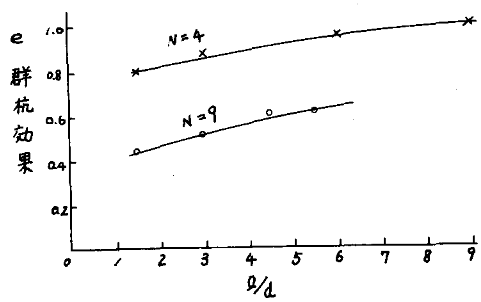
4）理論

軸対称地盤の振動方程式は次式で表わされる。

$$\frac{\rho}{g}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = (\lambda+2\mu)\frac{\partial \Delta}{\partial r} + 2\mu\frac{\partial \omega_\theta}{\partial z} \qquad (3)$$

$$\frac{\rho}{g}\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = (\lambda+2\mu)\frac{\partial \Delta}{\partial z} - \frac{2\mu}{r}\frac{\partial (r\omega_\theta)}{\partial r} \qquad (4)$$

ここで　$\Delta = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(ru) + \frac{\partial w}{\partial z}$，$\omega_\theta = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial r}\right)$



図－6

u，wはr，z方向の変位，　λ，μはラーメの定数

◦地盤変形の近似解

半径方向変位uを無視し，$u=0$とおく。これは地盤を実際より硬く評価することになる。(4)式より，

$$\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial w}{\partial r} + \frac{\lambda+2\mu}{\mu}\frac{\partial^2 w}{\partial z^2} - \frac{\rho}{g}\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0 \qquad (5)$$

となる。z方向の変形をフーリエ級数で展開し，(5)式を解くと(6)式のようになる。

$$w = \sum_{n=1,3,5}^{\infty} A_n K_0(k_n r) \sin\frac{n\pi z}{2H} e^{ipt} \qquad (6) \quad \left(k_n = \sqrt{\frac{\lambda+2\mu}{\mu}\left(\frac{n\pi}{2H}\right)^2 - \frac{\rho p}{g\mu}}\right)$$

次に杭の縦振動の方程式は次式で示される。

$$\frac{w_0 A}{g}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = EA\frac{\partial^2 y}{\partial z^2} + g_1(z) + g_2(z) \qquad (7)$$

w_0：杭の単位重量　　E：ヤング率
A：杭の断面積　　y：杭の軸方向変位
$g_1(z)$：杭に働く軸方向外力　　H：杭長
$g_2(z)$：杭周面地盤反力　　G：地盤の剛性率

ここで$g_1(z)$をつぎの級数に展開する。$g_1(z)$は杭頭に働くとして，

$$g_1(z) = \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{2P}{H}(-1)^{\frac{n-1}{2}} \sin\frac{n\pi z}{2H} e^{ipt} \qquad (8)$$

又，$g_2(z)$は次式で示される。

$$g_2(z) = \pi d G \left(\frac{\partial w}{\partial r}\right)_{r=r_0} \qquad (9)$$

(6)，(7)を利用して，N本の杭がすべて同一の変形をするとみられる場合の沈下量を求めることができるが，ここでは省略する。