

首都高速道路公団

正会員 ○大内雅博

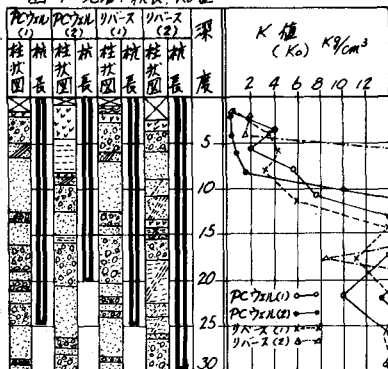
音川庫三

応用地質調査事務所

小松田精吉

1. はじめに 最近では 基礎構造物の経済化施工の急速化、省カ化を図るため基礎杭が大型化する傾向にある。そこで中3.0mの大口至杭(PCウエル、リバス杭)について 水平力に対する設計を行うに当り 従来行、ている設計法が妥当なものであるかを明らかにすることを目的として 昭和47年以来水平載荷試験を行、て来た。前回の報告(昭和47年土木学会年次講演会)では 地盤反力係数K値を杭頭変位 $y$ に対応するK値、即ち、式  $K = \frac{H}{y}$  を用いて計算すると 実測値と比較的よく一致することが明らかになった。

図-1 地盤係数 K値



また、 $K$ の値が剛性杭かの判定についても  $\beta l \leq 2$  ... 剛性,  $\beta l > 2$  ... 弾性 として従来の方法によ、て良いことが解、た。

今回は、更にPCウエル6本、リバス杭4本の試験データを基として、これまでの関係が妥当性のあるものか、否かについての検討結果をまとめてみる。

2. 試験結果 (2-1) 横方向地盤係数(K値) PCウエル及びリバス杭の試験杭施工に先立ち ボーリング孔を利用してチューブ法(LLT)でK値を測定した。K値は杭径、杭の移動量 $y$ によ、て異なるため今々の換算式

$$K = \frac{1}{2} \left\{ \frac{2 \gamma_0 (\gamma_0 - \gamma_1)^2}{B y^2} \right\}^{1/2} \cdot K_m = K_0 / \sqrt{y} \quad \text{--- ①} \quad (\text{ここに } B: \text{杭径, } y: \text{移動量, } K_m: \text{LLTによる測定値, } K_0: \text{基準K値})$$

を用いて  $B = 3.0 \text{ m}$ ,  $y = 1 \text{ cm}$  についてそれぞれの地盤のK値を求めることとなる。

また水平載荷試験によ、て得られる杭頭荷重( $H$ )と杭頭水平変位( $y$ )との関係は一般に次の式で表される。  $H = \alpha y^m$  ... ② (ここに  $\alpha$ : 係数,  $m$ : 指数) 従、て横方向のK値は杭頭変位 $y$ により異なるわけであって Chang の式、杭頭自由の場合のバネ定数  $K_H = \frac{2EI\beta^3}{\pi} \times ②$  式より  $K = \left( \frac{\alpha}{2EI\beta^3} \right)^{1/3} \cdot y^{\frac{m-1}{3}}$  ... ③ (但し、 $\beta_0 = \sqrt[4]{D/4EI}$ ) となり試験結果から杭頭変位( $y$ )に対応する平均K値を求める式が得られる。いまボーリング孔を利用して横方向のK値測定(LLT)の結果を今々の方法で整理し  $\beta \leq 1$  (但し  $\beta = \sqrt[4]{KD/4EI}$ ,  $D$ : 杭径の深さ) となる $\beta$ の範囲におけるK値を平均した値を図-3に実線を示したが、実測値と比較的よく一致した。

(2-2) 水平荷重と変位 水平荷重は200~400トン迄逐次増進し荷重に杭頭部の変位を測定したが その結果は図-2に示すように比較的PCウエルは変位が大きくなった。これは 杭施工後1~2ヶ月後に載荷したためフリクションカクト(9~20mm)の影響で 地盤が完全に回復してゐなかったと思われる。

杭頭にかけた水平荷重と杭頭変位の関係を実測値と計算値を対比して図-4に示した。杭頭変位が1cmの時のK値を $K_0$ とすると、今々によれば各変位に対する値は④式で表される。④式で表されるK値が そのK値に対応する杭頭変位 $y$ においてのみ

図-2 杭頭荷重と変位

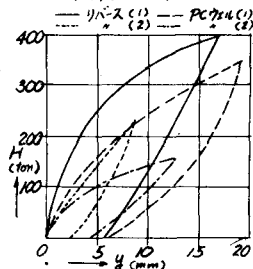


図-3 横方向の K値

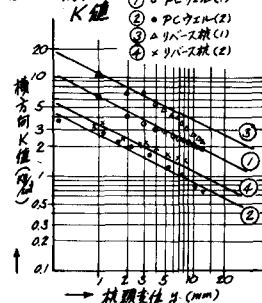
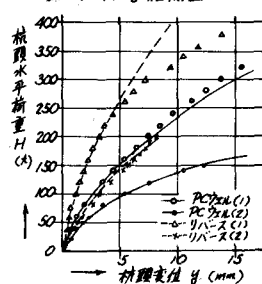


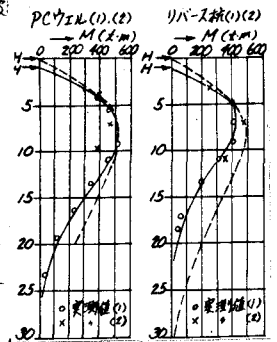
図-4 H-y 相関図



Changの式が適用されるとすれば、 $H-y$ の関係は次式で表わされる。

図-5 曲げモーメント分布図

$H = 2EI\beta_m^3 y^{0.625} \dots \dots \textcircled{4}$  (但し  $\beta_m = \sqrt[4]{K_0 D / 4EI}$ )、図-4の実線および破線は④式で計算した値を示したもので各杭とも計算値は実測値に極めて近い値を示しているが注目される。(図-3の④は計算値では足層地盤の範囲となるため、補正を行っている。)



(2-3) 曲げモーメント 杭に生ずる応力をリバース杭では鉄筋で、PCウエルではコンクリートで測定した。その結果、リバース杭では実測値と計算値が  $H = 280$  トンで全断面有効で  $M = 10$  とした場合に良く一致した。それ以上の荷重では順次引張側を無視した計算値に近づいている。PCウエルについては全断面有効の計算値に全く一致した。いま④式を用いる杭頭荷  $H$  に対する水平変位  $y$  を計算し、図-3より、この  $y$  に対応する  $K$  値を求め、この  $K$  値を用いて杭に生ずる曲げモーメントを計算し、その分布を図-5に示した。

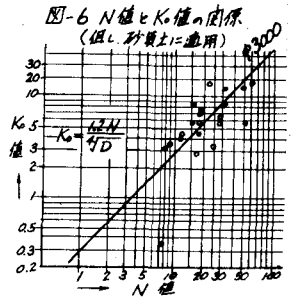
なお、図-5には実測値も同時に示し、対比してみた。

3. 考察 (3-1) 平均  $K$  値を示す影響深さ 実測値による水平方向の平均  $K$  値 ( $\bar{K}_0$ ) は図-1にみられるように上部からある深さまでの  $K_0$  値の平均として表される。表-1にみられるように平均  $K$  値をしめす影響深さ ( $Z$ ) は  $\beta Z \leq 1$  を満足する地層までの深さとみることが出来る。

表-1 平均  $K$  値を示す影響深さ

| 杭番号      | 影響深さ $Z$ (m) | 平均 $K$ 値 $\bar{K}_0$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | 係数 $\beta$ (cm <sup>-1</sup> ) | $\beta Z$ の値 | $Z \cdot \frac{1}{\beta}$ (m) |
|----------|--------------|--------------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------------------|
| PCウエル(1) | 8.00         | 2.110                                      | $1.139 \times 10^{-3}$         | 0.911        | 8.79                          |
| PCウエル(2) | 9.00         | 0.950                                      | $0.933 \times 10^{-3}$         | 0.840        | 1.07                          |
| リバース杭(1) | 8.00         | 3.904                                      | $1.252 \times 10^{-3}$         | 1.002        | 7.99                          |
| リバース杭(2) | 4.00         | 1.100                                      | $0.912 \times 10^{-3}$         | 0.365        | 1.09                          |

(3-2)  $K_0$  値と  $N$  値の関係 平均  $K$  値 ( $\bar{K}_0$ ) を正確に求めるには横方向  $K$  値を数多く測定するのが良いが、各種条件から、 $N$  値のみから  $K_0$  値を推定しなくてはならないことも少なくない。今回は数少ないデータで砂及び砂礫の場合について  $K_0$  と  $N$  の関係を⑤式で示したが、その後のデータを基に検討した結果、若手の修正を要することが判り、図-6より式⑥の様に改めてみた。



前回の式  $K_0 = 1.2N^{1/4} / \sqrt{D} \dots \dots \textcircled{5}$ 、修正式  $K_0 = 1.2N / \sqrt{D} \dots \dots \textcircled{6}$

4. まとめ 以上述べたことをまとめると以下のようになる。

- ①. 中3mの大口径杭においても杭頭荷重 ( $H$ ) と杭頭変位 ( $y$ ) との関係は  $H = \alpha y^n$  なる一様式が適用できる。
- ②. 杭の深さ方向に横方向地盤係数  $K$  値が変化する場合、計算に用いる平均  $K$  値は  $\beta Z \leq 1$  とする範囲における  $K$  値の平均値でよい。
- ③. 砂および砂礫層の場合、 $K_0$  値と  $N$  値との間にはある程度の相関関係式が成立する。前回はこの関係式として  $K_0 = 1.2N^{1/4} / \sqrt{D}$  なる式を提案したが、今回のデータを加味すると  $K_0 = 1.2N / \sqrt{D}$  なる関係式のほうがより妥当である。
- ④. ねじり性杭か剛性杭かの判定は従来の方法  $\beta L < 2 \dots \dots$  剛性、 $\beta L > \pi \dots \dots$  ねじり性で行ってよい。以上試験にして5回、計10本の大口至杭の水平載荷試験結果から結論めいたものを述べてみたが、データ数も少ないため今後データを累積し、更に深く検討する必要がある。なお、このほか、鉛直載荷試験、大口至杭頭接合等についても一定の解明をおこなっており、一応大口至杭の設計法を確立することができた。最後に本論文作成にあたって首都高速道路公団の前田邦夫氏、矢作紀氏に多大の尽力をされたことを、ここに深く感謝いたします。