

多柱基礎の荷重分担率

九州工業大学 正会員 高西照彦
九州大学 正会員 園田敏夫
九州大学 学生員 〇菊里隆幸

1) まえがき

多柱基礎橋脚は深い海中又は軟弱地盤中の橋脚として施工上重要工法といえるが、各柱の横方向荷重分担率は地盤の存在、頂板の変形等の影響を受け、厳密な解析が主ゆえに困難な構造物であり、未だ解析手法は確立されていない状態といえる。本研究では鋼製頂板を用いて、杭本数9本、杭径、杭間隔統一であるモデルを用いて、各杭の荷重分担率を求める実験を行った。頂板の変形も考えるが、ここでは尤も頂板の変形を無視した解析法を用いて荷重分担率、群杭効果を算出し、実験で得られた値と比べて、比較的一致している事を確認した。

2) 実験

(1) 実験装置 実験装置を図-1に示す。多柱基礎模型は長さ478mmで9本を等間隔に規則的に配列し、その上下端を鋼製の頂板と床板とにより、固定したものである。この模型を差動変位計に設置した鋼製砂箱(1150mm×850mm×500mm)中に固定して、乾燥砂を高土Hまで入れ、頂板の側面中央部分にワイヤーを取り付け横方向に静的荷重がかけられるようにする。この模型は外径27.3mm、内径23.8mmのベークライト製パイプで、その上下端は鋼製キャップにより、頂板と床板とに固定されている。杭の曲げ剛性は頂板のそれと比べて十分小さいので杭上端は回転拘束されているとみなされる。また図-3に示すように各杭上端には加力方向と直角な内側面に十字型ゲージを貼付し、杭側面には砂との摩擦を高めるための溝を刻み付けてある。頂板の加力方向の左右両端に水平に変位計をセットし、頂板の鉛直軸まわりのねじれを補正した。なお砂の高土はH=19.5cm, 32.5cm, 42.5cmの3通りとした。

(2) 実験方法 まず砂なしの状態を頂板に横方向荷重を作用させ、各柱のせん断力と頂板変位を測定していった。その際予備実験で砂を最大に入れた状態(H=42.5cm)では、荷重が10kgを越えるあたりから荷重とひずみとの間に非線形性が表われたため荷重は10kg前後までとし、1kgずつ増しをがら載荷した。次に砂を高土Hまで入れ、地震面加速度300gal、振動数22.5Hzで約30分間砂地盤を締め固めた後、同様の実験を繰り返した。

3) 実験結果

各杭別に砂地盤Hの高さに応じて荷重とひずみとの関係を求め、そのうち杭NO-①②③④を図-4に示す。杭NO-①に関してはHが増すに従って勾配が大きくなり、この荷重分担率が大きくなり、このことを示し、杭NO-②③④に関してはHが増すに従って勾配が小さくなり、この荷重分担率が小さくなり、このことを示す。

砂のない場合は各杭とも杭頭のせん断力はP/qで表わせば各直線の勾配は等しいはずであるが、製作上の誤差等

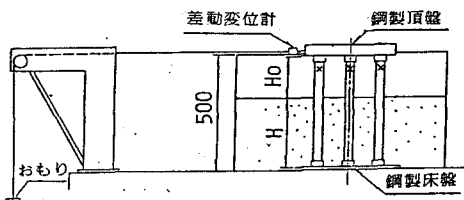


図-1

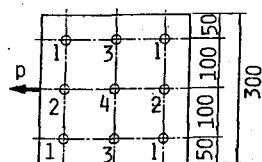


図-2

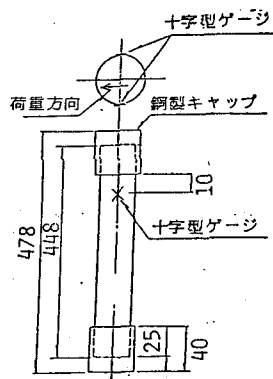


図-3

により一致しなかった。したがって各杭の荷重分担率 V_i を求めるにあたり、これはある杭の釣り合いの場合の勾配を Q_{i0} 、杭の高さ H の場合の勾配を Q_{iH} とすると、 $V_i = Q_{iH}/Q_{i0}$ と表わせる。この隙のない

場合の各杭の荷重分担率を各々とし、杭の高さ H の場合の各杭の荷重分担率 V_i' と

$$V_i' = \frac{9}{\sum_{i=1}^3 Q_{i0}} \cdot \frac{Q_{iH}}{Q_{i0}}$$

と表わした。 $(\sum_{i=1}^3 V_i' = 9)$ 各杭の荷重分担率を示したのが図-5である。地上部分の高さ H_0 と杭径 d との比 H_0/d

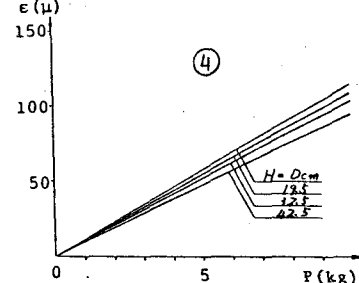
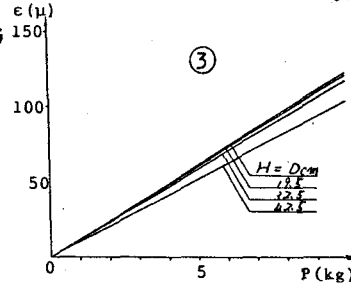
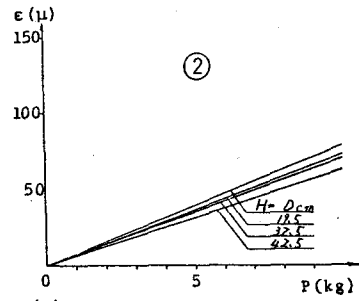
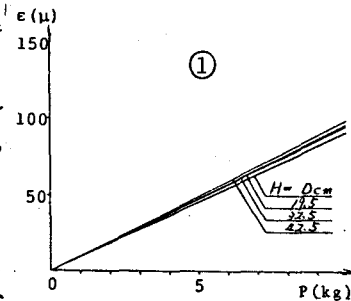


図-4

が大きい場合に杭NO-①と④にみちの誤差が認められるがその原因は模型の製作誤差、地盤の締め込みの違ひなどが考えられる。

4) 理論的考察

杭基礎-地盤系の弾性変形を、3次元連続弾性体理論を用いて解析するに際し採用した仮定は次のとおりである。①地盤は単一の弾性上層地盤と基礎から成る。②上層地盤における上下変位は、水平変位と比べて小さいとしてこれを無視する。③上層地盤の水平変位に対する境界条件は基礎との境界面において変位は0とし、両者の間にスリップ等は生じない。④地表面においてはせん断応力が0である。⑤杭は鉛直で、円形断面の弾性体とし、その下端は基礎に支持土れており、上端は頂板に結合土れていて、頂板は変形しない。

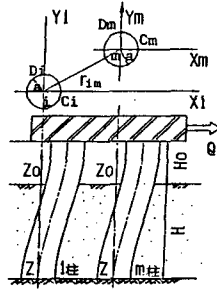


図-6

解析条件としては、各杭に対しては地中部分における柱周面上の各点の変位とそれと接する地盤の変位とは相等しいという連続の条件が成立せねばならないが、各杭の周面上の代表的な点 C_i, D_i (図-6)を選び地盤と杭との変位を等しくするという条件を用いた。柱に関する境界条件としては、柱下端($z=0$)においてヒンジとみなし、地表面においては地中部分と空中部分の柱とが連続の条件を満足し、柱上端($z=H_0$)においては回転拘束とみなしている。今頂板が x 方向のみに単位の水平変位を生ずるように、頂板に荷重 Q と x 方向に作用させ、このとき生ずる杭上端せん断力を Q_0 とすると、各杭に対する荷重分担率は、 $V_i = Q_0/Z_{0i} = Q_0/Q$ により表わされる。また単柱が、単位の水平変位をするときの杭頭水平荷重を Q_0' とすれば、群杭効果 e は、 $e = Z_{0i}/Z_{00}$ で表わされる。模型に対する計算結果を図-5に示した。実線が示したのが荷重分担率であり、点線が横方向群杭効果である。杭NO-①の荷重分担率は急速に大きくなり、逆に杭NO-④は急速に小さくなる、ということがわかる。

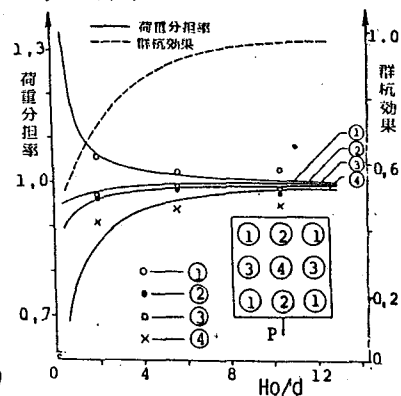


図-5

なお目下頂板変形を考慮した解析を行なっている。