

鳥取大学工学部 正員 久保田敬一
鳥取大学工学部 正員 勝見雅
鳥取大学大学院 学生員 横山 升

1 まえがき

著者の1人は円形剛基礎の支持力に関する理論的研究^{1)~4)}をすでに行なってきたが、その結果特に中間主応力の支持力係数による影響が極めて大きいことなどをみいだした。そこで今回はこの中間主応力の値を実験的に求めるためにポリエステルラバー製の土圧計を試作し、これらを設置した乾燥砂地盤における載荷実験を行なうことにより上記理論計算結果との比較検討を試みた。また得られた地盤内応力についてもその結果を記述する。

2 載荷実験の概要

載荷試験に用いた試料は鳥取砂丘砂(比重 $G_s=2.67$, 均等係数 $U_c=1.7$)を $600 \times 600 \times 300$ mmの土槽に乾燥密度 $\gamma_d=1.69$ g/cm³になるように各層5 cmごとに詰めたものを用いた。この際、載荷時における地盤内応力を判定するために次節に述べる試作のポリエステルラバー製の土圧計を図-2に示した各位置に設置した。なお実験に使用した載荷用貫入棒の直径は $\phi 100$ mmであった。

3. ポリエステルラバー製土圧計の概要

試作の土圧計は $10 \times 10 \times 10$ mmのポリエステルラバーに、図-1のように各面に抵抗線ひずみ計(ゲージ長5 mm)を貼付し、シールド剤を塗布したものである。いまこのラバーを弾性体と考えると、図-1を参照して周知のごとき次式が書ける。

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_1 &= a_{11}P_1 + a_{12}P_2 + a_{13}P_3 + a_{14}P_4 + a_{15}P_5 + a_{16}P_6, & \epsilon_2 &= a_{21}P_1 + a_{22}P_2 + a_{23}P_3 + a_{24}P_4 + a_{25}P_5 + a_{26}P_6 \\ \epsilon_3 &= a_{31}P_1 + a_{32}P_2 + a_{33}P_3 + a_{34}P_4 + a_{35}P_5 + a_{36}P_6, & \epsilon_4 &= a_{41}P_1 + a_{42}P_2 + a_{43}P_3 + a_{44}P_4 + a_{45}P_5 + a_{46}P_6 \\ \epsilon_5 &= a_{51}P_1 + a_{52}P_2 + a_{53}P_3 + a_{54}P_4 + a_{55}P_5 + a_{56}P_6, & \epsilon_6 &= a_{61}P_1 + a_{62}P_2 + a_{63}P_3 + a_{64}P_4 + a_{65}P_5 + a_{66}P_6 \end{aligned} \right\} (1)$$

ここに P_i は図-1に示したそれぞれの方向から作用する等分布荷重である。また $P_1 \sim P_3$ は直応力成分を、 $P_4 \sim P_6$ はせん断応力成分に関する載荷方向の荷重であり、 a_{ij} は弾性係数の逆数を表わしているものと考えられる係数で、この a_{ij} を検定実験を行なうことによって求めようとするものである。またラバーを均一等方性材料とみなすと、

$$\left. \begin{aligned} a_{11} &= a_{22} = a_{33} = a_{44} = a_{55} = a_{66} \equiv A, & a_{12} &= a_{13} = a_{21} = a_{23} = a_{31} = a_{32} \equiv B, & a_{41} &= a_{52} = a_{63} \equiv C \\ a_{42} &= a_{43} = a_{51} = a_{53} = a_{61} = a_{62} \equiv D, & a_{14} &= a_{25} = a_{36} \equiv E, & a_{16} &= a_{24} = a_{35} \equiv F \\ a_{45} &= a_{26} = a_{34} \equiv G, & a_{46} &= a_{54} = a_{55} = a_{64} = a_{65} \equiv H \end{aligned} \right\} (2)$$

が書ける。さらに P_i を用いて各応力成分を表わせば次式となる。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= P_1 + \frac{1}{\sqrt{2}}(P_3 + P_6), & \sigma_y &= P_2 + \frac{1}{\sqrt{2}}(P_6 + P_4), & \sigma_z &= P_3 + \frac{1}{\sqrt{2}}(P_4 + P_5) \\ \tau_{xy} &= \frac{1}{\sqrt{2}}P_5, & \tau_{yz} &= \frac{1}{\sqrt{2}}P_4, & \tau_{zx} &= \frac{1}{\sqrt{2}}P_6 \end{aligned} \right\} (3)$$

ついで式(2)、(3)の関係を式(1)に用いて整理すると、次式が得られる。

$$\begin{pmatrix} A & B & B & \sqrt{2}F-A-B & \sqrt{2}E-2B & \sqrt{2}G-A-B \\ B & A & B & \sqrt{2}G-A-B & \sqrt{2}F-A-B & \sqrt{2}E-2B \\ B & B & A & \sqrt{2}E-2B & \sqrt{2}G-A-B & \sqrt{2}F-A-B \\ C & D & D & \sqrt{2}H-C-D & \sqrt{2}A-2D & \sqrt{2}H-C-D \\ D & D & C & \sqrt{2}A-2D & \sqrt{2}H-C-D & \sqrt{2}H-C-D \\ D & C & D & \sqrt{2}H-C-D & \sqrt{2}H-C-D & \sqrt{2}A-2D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \epsilon_3 \\ \epsilon_4 \\ \epsilon_5 \\ \epsilon_6 \end{pmatrix} \quad (4)$$

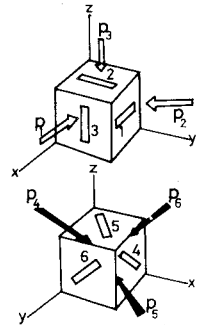


図-1

ここで載荷実験によって得られた $\{\varepsilon\}$ を入力データとして、消去法を用いて連立一次方程式を解くことにより6つの応力成分($\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_z, \tau_{rz}, \tau_{\theta z}, \tau_{r\theta}$)を算出した。この各応力成分をさうに長年方程式に代入して、その固有値を求めれば、主応力を算定することができる。以上、試作の土圧計の各面に作用したひずみ量 $\{\varepsilon\}$ から応力を算出する方法について述べてきたが、式(4)に含まれる載荷試験はつぎのような方法によって行なった。すなわち28×28×26cmの砂地盤内に側壁の影響を避けるために上記のラバーを表層の近くに埋設し、それに並列して市販の土圧計(BE-C型、共和電業K.K.)を設置した。この土圧計はラバーの検定時に用いた基準応力の値 P_0 とするために使用した。さらにこの地盤に生ずる基礎底面直下の応力分布をできるだけ等分布にするために、厚さ10cm程度のスポンジを介して鉛直方向荷重を作用させ、土圧計の値 P_0 と得られたひずみ量 ε_0 の関係から式(1)に含まれる各係数 A_i を決定した。また $P_0(P_0 + \bar{P}_0) = P_0 + P_0$ ($\bar{P}_0$: P_0 の載荷方向を90°回転させた荷重)の関係を用いて検定の照査も行なった。

4. 実験結果と考察

図-2は破壊時に得られた地盤内の主応力 σ_1 と σ_3 の大きさ並びに方向を示したものである。ついで図-3は、 σ_r/σ_θ の深さ方向の分布状況を示したものであり、同図によると全般的にKöglerの実験結果と類似した傾向を示している。さらに弾性解と比較すれば全体的に大きな値が得られている。これはつぎの図-4に示す対称軸から等距離にある深さ方向の鉛直応力分布についても同様のことが言えようが、同図に示した土圧計の測定値からも考えて、このような砂地盤の場合にはすでに多くの人々が述べているようにFröhlichの応力集中係数を考慮しなければならぬと思われる。最後に中間主応力について考察を加えると、破壊時の σ_2 は σ_3 を基準にして $(\sigma_m - \sigma_3)$ を1とすれば多少のばらつきは認められたが一応平均すれば約0.45、すなわち $\sigma_2 = \sigma_3 + 0.45(\sigma_m - \sigma_3)$ なる関係が得られた。そこでここでは一応 $\sigma_2 = \sigma_3 + (0.35 \sim 0.55)(\sigma_m - \sigma_3)$ と考え、著者の1人がすでに行なった円形剛基礎の支持力に関する理論的な研究と比較したのが図-5である。同図によると今回の実験結果のみから言えることではあるが、中間主応力の範囲をかなり狭めることが期待できると思われる。

参考文献

- 1) 勝見雅: 3次元軸対称問題としての支持力理論, 第4回土質工学研究発表講演集, PP.555~560, 昭44.6
- 2) 勝見雅, 神野正己: 軸対称としての浅い基礎の支持力について(第2報), 土木学会全国大会講演集, Ⅲ-146, PP.419~420, 昭45.11.
- 3) 勝見雅: 軸対称としての浅い基礎の支持力について(第3報), 関西支部年次学術講演会概要集, Ⅲ-18, PP.Ⅲ-18-1~2, 昭46.5
- 4) 勝見雅: 杭の周りに注目した支持力について, 土木学会全国大会講演集, Ⅲ-106, PP.214~215, 昭48.10.

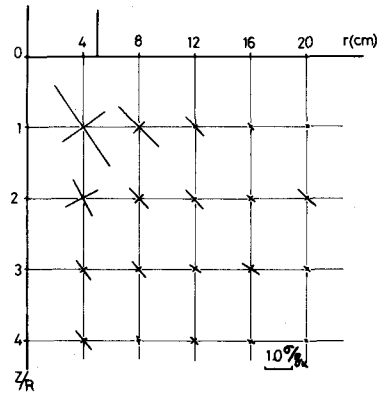


図-2 σ_1 と σ_3 の大きさと方向(破壊時)

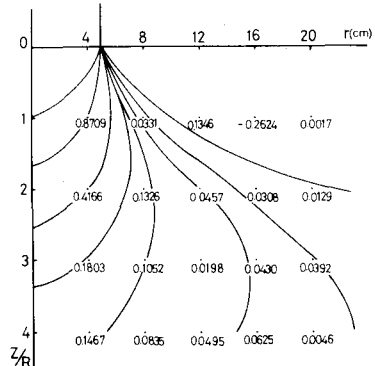


図-3 σ_r/σ_θ の分布状況

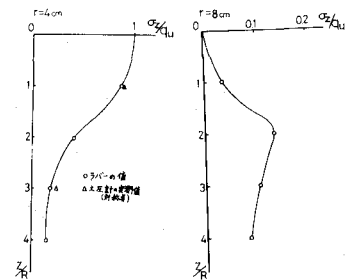


図-4 $\sigma_z/sigma_0$ の深さ方向の分布

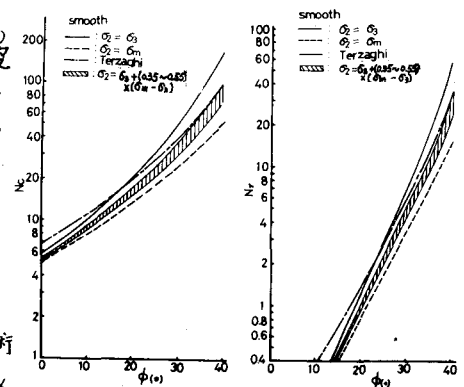


図-5 N_c, N_r の σ_2 による影響