

名古屋大学工学部 正員 市原松平
愛知県土木部 正員 飯田正幸
名古屋大学工学部 正員 ○熊谷泰彦

1. まえがき. この実験は土中土圧計の応力集中に関連して, その必要性から行なったものである。薄肉拘束リングに気乾燥砂を数種の密度のもとに投入し, そこに静的くりかえし上載荷重を加え, 静的弾性係数をもとめた。土は弾性変形, 塑性変形と明確に分離することがむずかしい。復元しうる変形(弾性変形)でフックの法則が成り立つとすれば, 土の要素片において, 要素が軸対称応力状態($\sigma_2 = \sigma_3$)であると, フックの一般式は次のようになる。

$$\varepsilon_s E_s = \sigma_1 - 2\mu_s \sigma_3 \quad \text{----- (1)-a}$$

$$\varepsilon_3 E_s = \sigma_3 (1 - \mu_s) - \mu_s \sigma_1 \quad \text{----- (1)-b}$$

ここで, E_s : 土のヤング率, μ_s : ポアソン比, $\varepsilon_s, \varepsilon_3$: 各軸方向ひずみ, σ_1, σ_3 : 各軸方向応力。さらに側方拘束状態($\varepsilon_3 = 0$)の場合を考えると, (1)のa, b式から,

$$K_0 = \frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \frac{\mu_s}{1 - \mu_s} \quad \text{----- (2)}$$

$$E_s = \frac{\sigma_1 (1 - 2\mu_s K_0)}{\varepsilon_1} \quad \text{----- (3)}$$

K_0 : 静止土圧係数。したがって, 側方拘束状態において, 軸方向応力 σ_1, σ_3 , 鉛直軸方向の弾性ひずみ ε_1 を計測することにより, E_s は式(2)(3)から決定される。

2. 実験装置, 方法. 装置の概略は図-1に示す。

同図において, 砲金製円筒は厚さ0.2mm, 内径7.3cm, 高さ30cm。円筒外側にワイヤーストレンゲージが2枚,

ダミーゲージが2枚はりつけてあり, 円周方向のひずみ ε_3 を計測する。ダイヤルゲージは鉛直方向ひずみ ε_1 を計測し, 上載荷重は115kg(約3.0kg/cm²)まで载荷できる。試料は豊浦標準砂(G_s 2.65), 矢作砂(G_s 2.63)の2種で密度はほぼ $\gamma_d = 1.40 \text{ g/cm}^3, 1.50 \text{ g/cm}^3, 1.60 \text{ g/cm}^3$ となるように拘束リングにある。次に载荷ヨークをすえつけ, ダイヤルゲージをとりつける。ここで荷重板を段階的に増加させ, その鉛直方向の沈下(塑性変形を含む)をまわって载荷時と同様に除荷する。ストレンゲージのよみ

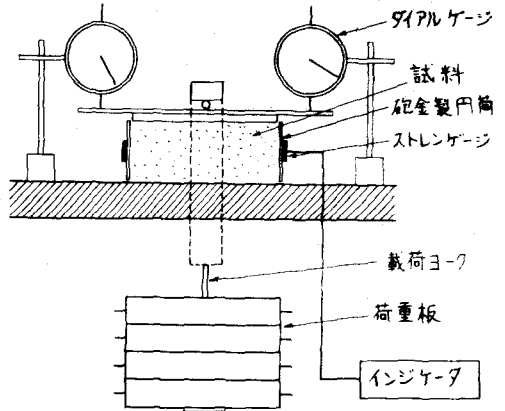


図-1 装置の概略

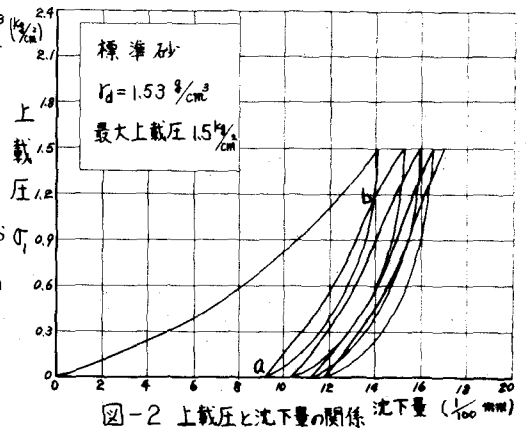


図-2 上載圧と沈下量の関係

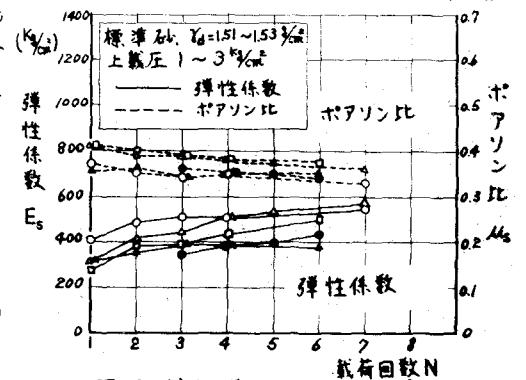


図-3 载荷回数Nによる E_s, μ_s の変化

の E_s から円筒の内圧 σ_3 をもとめる。 E_s と σ_3 との関係は、拘束リングを水圧検定することによって求めた。 $(\frac{\sigma_3}{\sigma_1})$

3. 実験結果 以上の方法でくりかえしの静的弾性な載荷実験を行なった結果を図-2に示す。最初の載荷除荷では、残留ひずみが弾性ひずみより大きくあらわれ、くりかえし回数が増すと残留ひずみが減少し、弾性ひずみが大きくあらわれる。あるくりかえし回数における除荷曲線の原点aと次の載荷曲線の交点bから弾性ひずみ E_s およびこれに対応する σ_1 が決定し、同時に、対応する σ_3 も決定する。 E_s は試料作成時から残留変形を除去した長さに対して算定される。以上の E_s 、 σ_1 、 σ_3 を式(2)、(3)に代入し、 μ_s 、 E_s を決定する。 E_s 、 μ_s とくりかえし回数 N の関係を図-3に示す。 N が増加するにつれて E_s も増し、 N が4~5となると E_s は一定値に近づく。 μ_s は N が増すと、わずかに減少するがこれも一定値に接近する。

図-4は E_s と相対密度 D_r の関係を示す。これより E_s の実験式をもとめると、

$$\left. \begin{aligned} E_{s1} &= 150 (1 + 0.35 \sigma_1^{0.7} \frac{D_r}{100})^3 & 0 \leq D_r < 80 \\ E_{s2} &= 4 \times 10^4 \sigma_1^{0.6} (\frac{D_r}{100} - 0.6)^3 & 80 \leq D_r \leq 100 \end{aligned} \right\} (4)$$

ポアソン比は図-5のように、 D_r の変化に無関係で、 $\mu_s = 0.33$ であった。ここにおいて、次式のようなTsitolovitchの土圧計の応力集中式に、 E_s 、 μ_s を用いてみた。 E_s は加えた応力によって変化するので平均値 $\bar{E}_s$ を式に用いた。

$$\frac{P_c}{P_0} = \frac{\frac{B}{D} \frac{\bar{E}_s}{E_s} - 1}{\frac{\pi(1-\mu_s)}{4} \frac{B}{H} \frac{\bar{E}_s}{E_s} + 1} \times 100 \% \quad \text{----- (5)}$$

ここで $\bar{E}_s$: 土圧計の平均変形係数、実際に実験式で与えられる。 H : 土圧計の厚さ、 B : 土圧計の有効径、 D : 土圧計の直径。

4. 結び 土の弾性係数は、 D_r が増すと大きくなり、また上載圧が増すと大きくなる。この E_s を用いてもとめた応力集中式の値は図-6に示す。実際の応力集中量と比較すると、計算値はその量をオーダーであらわれているといえる。 D_r が80%をこすと E_s の増大により応力集中は急激に減少する。以上のように実験からもとめた E_s を比較検討したのであるが、まだ E_s の実験式も考慮の余地があり、 E_s におよぼす他の要素についても今後考察すべきものがある。

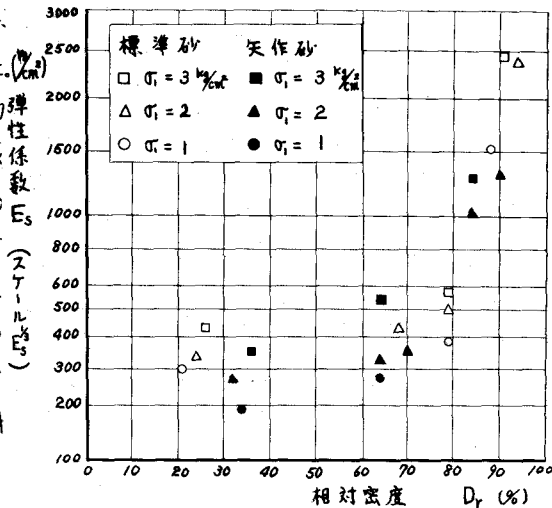


図-4 E_s と D_r の関係

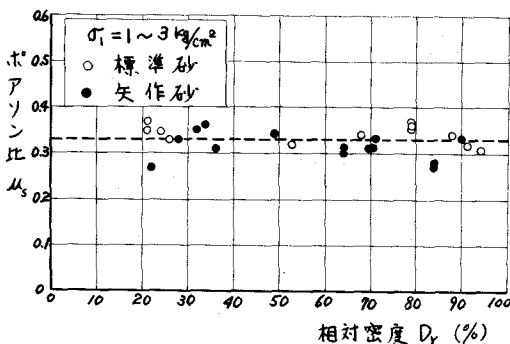


図-5 μ_s と D_r の関係

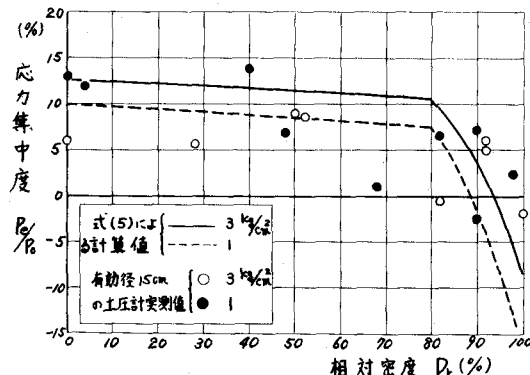


図-6 応力集中の実測値と計算値の比較