

労働省産業安全研究所 正会員 ○堀井宣幸

同 上 正会員 奥村伸人

1. まえがき

筆者らは、移動式クレーンの転倒災害防止に関する研究の一環として、小面積載荷板による載荷実験を行ない、関東ローム地盤の荷重-沈下特性について研究を進めてきた¹⁾。本研究は、これらの実験によつて得られた結果の妥当性を、数値解析により検討しようとするものであり、数値解析に必要な関東ロームの変形・強度特性について、非排水3軸圧縮試験を行ない定式化を試み、数値解析を行なったので、その結果について報告する。

2. 実験試料・実験方法

実験に用いた関東ロームは当所清瀬実験場内より採取したもので、その物理的性質は前報で発表したものと同一である。

含水比 80 % まで自然乾燥させた試料に水分を加え、含水比を調節して内径 50 mm の 2 割りモールドに 5 層に分けて詰め込み、各層同じ回数だけランマーで締固めて高さ 100 mm の供試体を作製した。このようにして作製した供試体は含水比 98.4-100.2 %、乾燥単位体積重量 0.602-0.620 tf/m³、間ゲキ比 3.45-3.60、飽和度 78.0-81.0 % の範囲にあった。

使用した 3 軸圧縮試験機は油圧・サーボ式であり、データはマイクロ・コンピュータに自動収録されるシステムとなっている。圧縮試験は変位制御で行ない、採用した変位速度は 0.12, 0.64, 1.3 mm/min である。

3. 実験結果・考察

3.1 応力-ひずみ関係 図-1 に変位速度 0.64 mm/min の場合の軸差応力-軸ひずみ曲線を示した。応力-ひずみ関係は双曲線によりかなりの精度で近似可能なことが知られており²⁾、ここでは Duncan³⁾ の方法に基づき定式化を行なった。

いま、双曲線が (1) 式で表わされるものとする。これを変形すると (2) 式が得られ、 a 、 b は $[\varepsilon_a, \varepsilon_a/(\sigma_1 - \sigma_3)]$ 座標上でそれぞれ $\varepsilon_a/(\sigma_1 - \sigma_3)$ 軸切片、勾配として求められる。

$$(\sigma_1 - \sigma_3) = \frac{\varepsilon_a}{a + b \varepsilon_a} \quad (1)$$

$$\varepsilon_a / (\sigma_1 - \sigma_3) = a + b \varepsilon_a \quad (2)$$

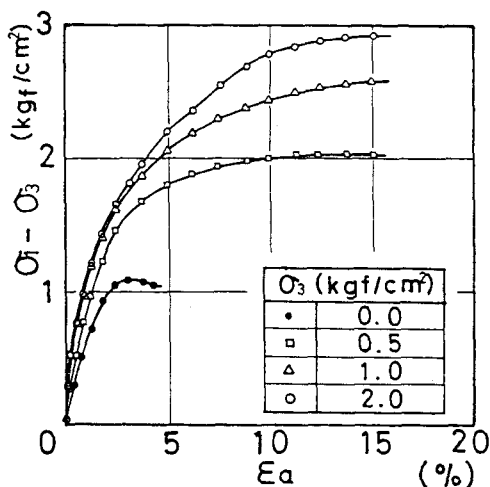


図-1 軸差応力と軸ひずみの関係

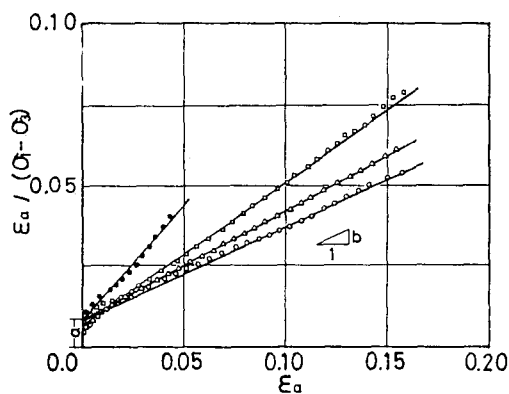
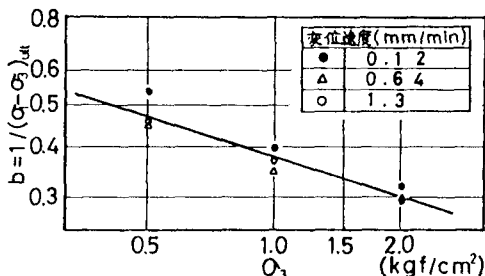
図-2 $\varepsilon_a / (\sigma_1 - \sigma_3)$ と ε_a の関係図-3 b と σ_3 の関係

図-1の実験値を $[\varepsilon_a, \varepsilon_a/(\sigma_1 - \sigma_3)]$ 座標にプロットしたのが図-2であり、実験値はほぼ直線上に分布しており双曲線近似可能なことがわかった。また、(3)、(4) 式より、 $1/a, 1/b$ はそれぞれ初期接線弾性係数、

軸差応力の漸近値である。

$$1/a = \lim_{\epsilon_a \rightarrow \infty} (\sigma_1 - \sigma_3) / \epsilon_a = E_i \quad (3)$$

$$1/b = \lim_{\epsilon_a \rightarrow +0} (\sigma_1 - \sigma_3) \quad (4)$$

図-3、図-4は b, E_i と拘束圧 σ_3 との関係を両対数のグラフで示したものであり、 b, E_i は次のように求められた。

$$E_i \approx 140 \text{ kgf/cm}^2 \quad (5)$$

$$b = 0.367 \cdot \sigma_3^{-0.298} \quad (6)$$

(5),(6) 式を(1) 式に代入して計算した、数種の拘束圧に対する軸差応力-ひずみ曲線を図-5に示したが、実験結果とよく一致している。

3. 2 接線弾性係数 拘束圧一定の条件で(1)式をひずみで微分すれば(7)式が得られ、これに(1)式を代入し、さらに(3),(4) 式を代入して再整理すれば(8)式が得られ、応力レベルに応じて接線弾性係数が計算できることになる。

$$E_t = \frac{\partial \sigma}{\partial \epsilon_a} = a / (a + b \cdot \epsilon_a)^2 \quad (7)$$

$$E_t = \frac{\{1 - b \cdot (\sigma_1 - \sigma_3)\}^2}{a}$$

$$E_t = E_i \cdot \{1 - b (\sigma_1 - \sigma_3)\}^2 \quad (8)$$

3. 3 破壊規準 図-6にモールの応力円と破壊包絡線を示したが、この実験に用いた関東ロームは不飽和土のため破壊包絡線は曲線となり、拘束圧の増加に伴って次第に ϕ が小さくなる傾向がみられる。この理由は拘束圧を加えることにより間ゲキ空氣が圧縮されたり、間ゲキ水に溶け込むため飽和度が高まり、飽和土の $\phi_0=0$ 条件に近づくためと考えられる。この条件を解析に導入するため、 τ は平均主応力の関数として破壊包絡線を定式化すると(9)式が得られた。

$$\tau = \frac{\sigma}{0.8796 + 0.5404 \sigma} + 0.2 \quad (9)$$

図-7に破壊規準を模式的に示した。土のある要素が σ_1, σ_3 なる主応力を受けるときの最大せん断強度は、図中の p 点 $[1/2(\sigma_1 + \sigma_3), 0]$ を中心とする破壊包絡線への内接円の半径 q である。したがって、最大せん断応力 $1/2(\sigma_1 - \sigma_3)$ が q と等しくなると、この要素にはせん断破壊が生じることになる。

<参考文献> 1)堀井・吉久(1984)；軟弱地盤の荷重-沈下特性，土木学会第39回年次講演会 2) Kondner R.L.(1963) "HYPERBOLIC STRESS-STRAIN RESPONSE: COHESIVE SOILS", ASCE, VOL.89, No. SM9 3) J.M.Duncan and C.Y.Chang.(1970) "NONLINEAR ANALYSIS OF STRESS AND STRAIN IN SOILS", ASCE, VOL.96, No. SM5

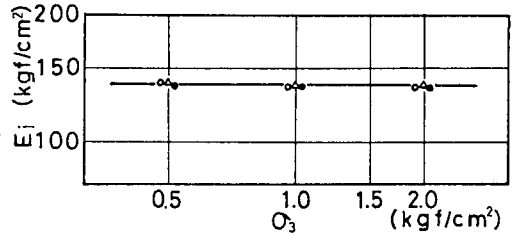


図-4 E_i と σ_3 の関係

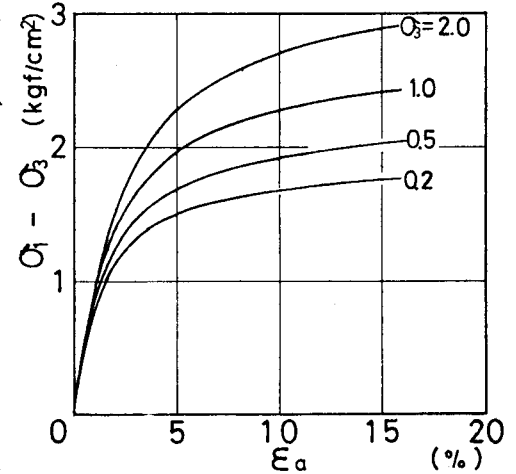


図-5 応力-ひずみ曲線の計算結果

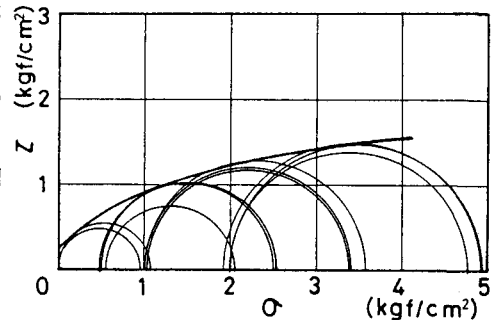


図-6 モールの応力円と破壊包絡線

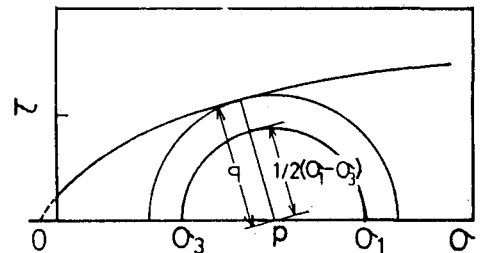


図-7 破壊規準の模式図