

九州大学工学部(研究員) 正 員 〇 春 山 元 寿
同 上 正 員 山 内 豊 聡

はじめに：火山性砂質タイ精層であるシラスの自然状態における強さ成分は粒子間の内部摩擦，粒子形状の特異性や方向性に基づくインターロッキングおよび地質的な固結効果から成り，乱されると，固結効果が失われ，その強さを減ずると考えられる。本報では乱したシラスをセン断した場合の応力と変形の関係から，その強さ成分について考え，さらに限界間ゲキ比の求の方を示した。

試料および試験方法：実験に用いたシラスは軽石流の非熔結部と思われ，鹿児島市内唐湊において採取したもののうち，4.76 mmフルイ通過部分で，レキ分8.9%，砂分67.0%，シルト分20.1%および粘土分4.0%，均等体数14.3，比重2.37，最大間ゲキ比1.525，最小間ゲキ比0.800である。粒子の鏡下における形状はガラス質で角張った薄片状あるいは針状を呈する。供試体の大きさは直径5.0 cm，高さ12.5 cmで4種の初期間ゲキ比 e_0 について側圧 σ_3 を4段階とし， σ_3 一定で排水型定ヒズミ法の三軸圧縮試験を行った。その結果は次のように要約される。

応力・体積変化とヒズミの関係：体積変化とヒズミの関係は密な状態では，先ず収縮が生じ，次いで膨張してから体積変化はなくなる。セン断初期の収縮は一般に砂のそれと比較して大きい。弛い状態ではヒズミの増加に従い収縮を生じた後，定常状態となる。軸差応力とヒズミの関係は密な状態でも，弛い状態でも軸差応力はピークを示す。これはシラスは弛い状態でもセン断面附近ではセン断応力の増加によってダイレタンシーに伴うインターロッキング(噛合せ)効果が作用しているためと考えられる。

シラスのセン断強さの成分：ダイレタンシーは内的および外的仕事をを行ない，シラスのセン断強さの成分 S は $S = S_{if} + S_{dl} + S_{de}$ にて表わされると考える。(ここに， S_{if} ：粗粒子間の内部摩擦による部分で，これはセン断中の体積変化に関係しない。 S_{dl} ：セン断面附近でのインターロッキングによる部分，すなわちダイレタンシーによる内的仕事の部分。 S_{de} ：セン断中拘束圧力に抵抗することによって生ずる部分，すなわちダイレタンシーによる外的仕事の部分。) $S_{dl} + S_{de} = S_d$ とすると， $S_d = \sigma_3 \left(\frac{d_{de}}{d_{dl}} \right)^2$ と表わされ，最大軸差応力は $(\sigma_1 - \sigma_3)_p = (\sigma_1 - \sigma_3)_q + \sigma_3 \left(\frac{d_{de}}{d_{dl}} \right)^2$ と示される。

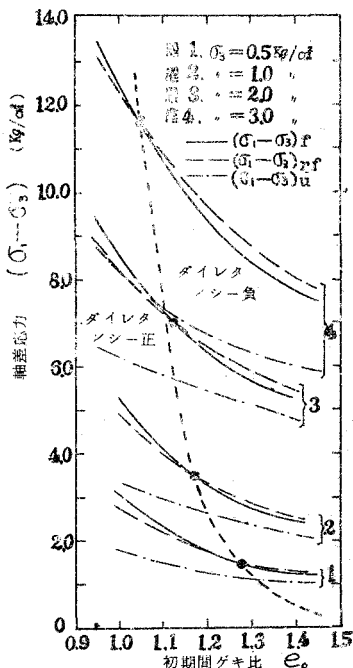


図1 シラスの軸差応力と初期間ゲキ比の関係 (排水三軸セン断)

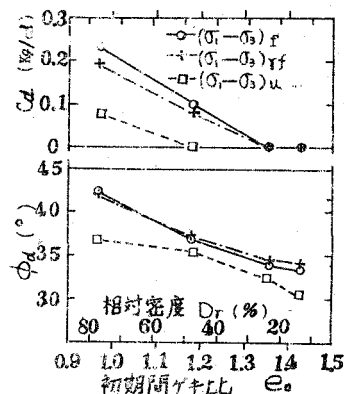


図2 シラスのえやけの粘着カとセン断断面

(ここで、 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$: $(\sigma_1 - \sigma_3)_u$ における S_d に相当する成分、 $(\frac{dv}{dv})_f$: $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ に対応する体積変化～ヒズミ曲線上の接線の勾配で、 $\Delta = \frac{\Delta v}{v}$ 。)いま、セン断に伴う体積変化がなく、軸差応力の変化のない定常状態における軸差応力を $(\sigma_1 - \sigma_3)_u$ で表わすと、乱したシラスの $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ 、 $(\sigma_1 - \sigma_3)_u$ および $(\sigma_1 - \sigma_3)_u$ と E_0 の関係は図1に、これらの値とそれぞれモールの破壊理論に適用して求めた C_d , ϕ_d の値と図2に、破壊時の応力状態を図3に示す。軸差応力、体積変化およびヒズミの関係によって、 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f - (\sigma_1 - \sigma_3)_u = S_d$ と考えると、 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ は $(\sigma_1 - \sigma_3)_u$ にはほぼ等しいはずであるが、本実験では E_0 の小さいほど、また σ_3 の大きいほど $(\sigma_1 - \sigma_3)_f > (\sigma_1 - \sigma_3)_u$ である。したがってシラスについては $\sigma_3 (\frac{dv}{dv})_f$ によってダイレタンスに伴うすべての内外的、外的仕事を表わすことはできないと考えられる。また図2によって

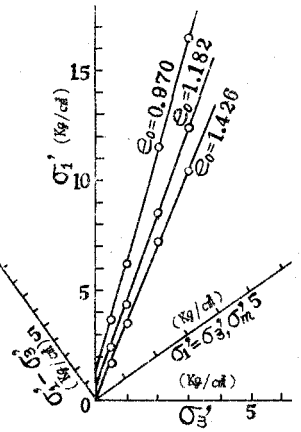


図3 Rendulicの応力面表
示法による乱したシラス
の圧縮破壊包絡線

$(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ と $(\sigma_1 - \sigma_3)_u$ によって求めた C_d の値を検討すれば、乱したシラスの C_d はセン断領域における粒子のインターロッキング効果によって生ずるものが大部分を占めると考えられる。さらに $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ と $(\sigma_1 - \sigma_3)_u$ による ϕ が $E_0 = 1.08$ で、その大小関係を逆にしているのはダイレタンスの影響である。

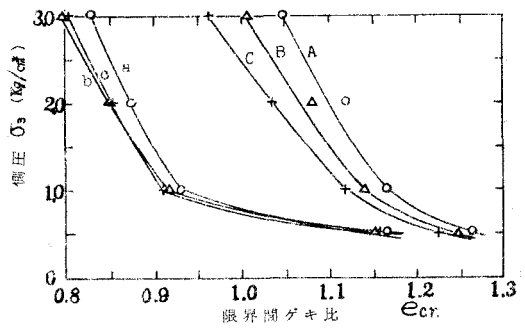


図4 側圧と限界間ゲキ比との関係
初期間ゲキ比に対してプロットしたもの A, a.
圧密終了時の間ゲキ比に対してプロットしたもの B, b.
破壊時の間ゲキ比に対してプロットしたもの C, c.
(注) a, b, C : キャサランジ; A の定側圧法による。
A, B, C : $(\frac{dv}{dv})_f = 0$ 法による。

限界間ゲキ比 E_{cr} とその求め方 : セン断に伴う体積変化は E_{cr} に関係する。定側圧法によってシラスの E_{cr} を求めると、シラスはセン断初期の収縮が大きいので図4に見られるように、その E_{cr} は非常に小さい値を示す。そこで E_{cr} をセン断に伴う間ゲキ比 e の変化のない状態と定義すると、 $(\frac{dv}{dv})_f$ は単位ヒズミに対する体積変化率であるから、膨張を正、収縮を負とすれば膨張も収縮もない場合、 $(\frac{dv}{dv})_f = 0$ で、このときの e は E_{cr} である。これは図5に示すように $(\frac{dv}{dv})_f \sim E_0$ 曲線が $(\frac{dv}{dv})_f = 0$ と交わる点によって求めることができる。また図1の $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ 曲線と $(\sigma_1 - \sigma_3)_u$ 曲線は E_{cr} に交わり、この交点と結ぶ曲線は E_0 に関する $(\sigma_1 - \sigma_3)$ と E_{cr} の関係を示し、この曲線上の点ではダイレタンスは0、左側では正、右側では負である。

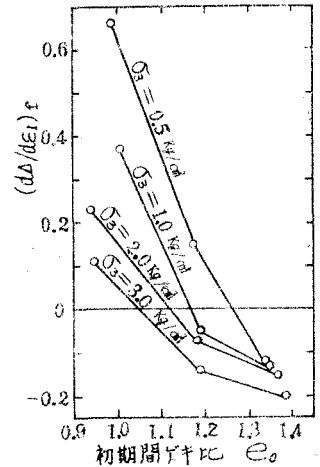


図5 限界間ゲキ比の求め方

参考文献

- 1) Bishop & Henkel, The Measurement of Soil Properties in the Triaxial Test, 2nd Ed. 1962, P.123.
- 2) Bishop & Eldin, The Effect of Stress History on Relation between ϕ and Porosity in Sand, Proc. 3rd Int. Conf. SMFE, 1, 1953, PP.100~105
- 3) 赤井浩一, 砂のセン断におけるダイレタンス効果, 土木学会論文集, No. 58, 昭. 33. 9, PP. 76~81
- 4) Taylor, D.W., Fundamental of Soil Mechanics, John Wiley & Sons, 1948