

三戸産シラスのせん断特性

東北大学工学部 正員 柳沢栄司

八戸高専 正員 ○鈴木富士弥

1. はしき. 乱したシラス(三戸産)の間げき水圧挙動および応力経路を調べることを目的として圧密非排水(一部排水)せん断試験を実施し、そのせん断特性について考察する。

2. 試料, 供試体および実験方法. 実験に用いたシラスは青森県三戸地内において採取したもので、その4.76mmフルイ通過部分である。その指数的特性を表-1に示す。供試体は直径5cm, 高さ12.5cmのモールに(二割)に所定の初期間げき比が得られるように詰めて成形した。実験方法は圧密非排水三軸圧縮(ヒズミ制御)で間げき水圧を測定する。5種類の初期間げき比 e_0 になるように成形した供試体を三軸室にセットして約0.2kg/cm²の真空吸引をかけながら吸水飽和させる。拘束圧 σ_3 を0.5, 1.0, 2.0, 3.0 および4.0 kg/cm² にとり圧密する。その後、供試体の飽和度を高め間げき水圧測定の精度を高めるために1.0 kg/cm²のバックアレスシヤーを加える。これが平衡状態になってから0.5%/minの定ヒズミで非排水状態で軸圧縮すると同時に間げき水圧測定装置を用いて供試体の上, 下部から伝達される間げき水圧を測定する。なお、比較のために2種類の e_0 について圧密排水試験も行なった。

3. 実験結果および考察. 3.1 強度定数. モールの破壊応力 σ_1 と包絡線より圧密非排水条件における有効応力表示と全応力表示, および排水条件における破壊包絡線はすべてモールワールンの規準に適合している。強度定数と e_0 の関係を図-1に示す。強度定数はいずれの場合も相対密度が高くなるに従って大となる。ただし、見かけの粘着力はある間げき比以上になると発生しない。破壊時の主応力差は e_0 が小さい程、また σ_3 が大きい程大で他の砂質土と同傾向である。CD試験ではCU試験よりも $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ が大となっているが強度定数においては両試験の結果に大差はない。

3.2 間げき水圧と体積変化. 破壊時の間げき水圧 u_f は図-2に示すように、 σ_3 が大きい程大きく、 e_0 も大きい程大きくなっている。また破壊時の間げき圧係数 A_f と e_0 との関係を図-3に示す。 e_0 が大きい程 A_f が大となり、相対密度 $D_r \rightarrow 0$ となれば $A_f \rightarrow 1$ になるものと考えられる。

飽和土のせん断における体積変化は間げき水圧の変化と不可分の関係にあることは広く知られている。図-4より破壊時の間げき水圧変化率 $(du/de)_f$ は e_0 が小さければ(-)の値で、 e_0 が大になれば(+)の値となっている。この中間に $(du/de)_f = 0$ となる e_0 の値が存在する。破壊時において体積が膨張するのは(-)の場合であり収縮は(+)の場合に起こる。 $(du/de)_f = 0$ は体積変化のない限界間げき比 e_{cr} において生ずる筈である。その値は $e_{cr} \approx 1.4 \sim 1.6$ である。一方CD試験における破壊時の体積変化率 $[d(\Delta V/V)/d\epsilon]_f = 0$ のところでは図-4より $e_{cr} \approx 1.4 \sim 1.55$ にある。したがって間げき水圧の変化率からも限界間げき比の値を知ることができる。この e_{cr} を境とし

表-1 シラスの指数的特性

自然含水比	23.5 (%)
比 重	2.473
均等係数	52
最大間げき比	1.800
最小間げき比	1.052
コンシステンシー	N・P

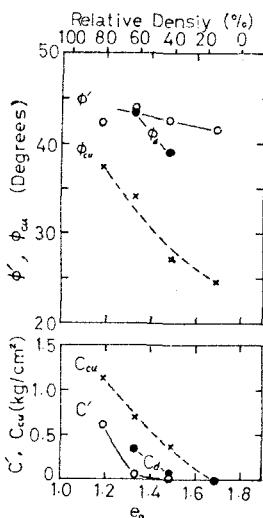


図-1 シラスの強度定数

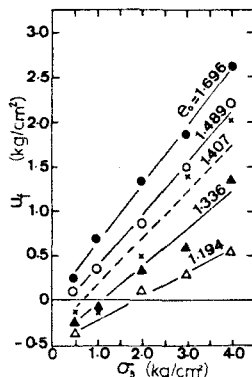


図-2 破壊時の間げき水圧

て e_0 、 e_{cr} は見かけの粘着力が生じ、 $e_0 > e_{cr}$ ではそれが生じないことは図-1によっても裏付けされる。

3.3 応力経路。CU試験における応力経路の例を図-5に示す。 $\tan^{-1} \frac{3}{2}$ の線が全応力経路を示す。この線から各応力経路までの横距の間隔が水圧 u の大きさとなる。 u は徐々に増加しゆる詰めシラスでは破壊を過ぎても急増している。密詰めでも同様な傾向にあるが、 u の増加は e_0 が小さい程小さい。この応力経路のパターンは σ_3 が変わっても大差はないが相似ではない。CD試験における応力経路は各 σ_3 において $\tan^{-1} \frac{3}{2}$ の全応力経路に平行になつていて間隔水圧の発生はみられない。

3.4 限界状態線。Roscoeらはせん断破壊後にあられる定常的状态(後)の軌跡が限界間げき比と応力の関係を示すものと考えた。これにより非排水せん断における応力経路はせん断前の状態と無関係に(後)空間内の一つの軌跡上の点に達しそこに止まる。このような最終的な点の軌跡が限界状態線と称され、Weald Clayの例による排水、非排水の条件によらず実用上一致し、排水条件は無関係にCVR線が決められる。シラスの非排水条件から限界状態線を求めてみると e_0 の小さい過圧密状態ではこの線に乗らない。シラスでは、 σ_3 による応力経路の終点を結びと折れ線のようにになるが、その変曲点を各 e_0 (圧密後の間げき比)毎に求めて結びと曲線になつたがこの曲線はいわばシラスの状態変化線となる。この変化線を $e \sim p$ 面に投影すると図-6のようになる。この曲線の左側では $C' = 0$ で砂の挙相を呈し、右側では $C' > 0$ となりやや小さくなつて飽和土の挙相を呈する。右側では粒子破壊が生ずるものと考えられる。したがつてシラス特有の見かけの粘着力はこの右側の特性によるものであると考えられる。限界状態線を $e \sim p$ 面へ投影すると図-7のようになり、ほぼ原点を通る直線となる。

4. おまけ。乱した三軸シラスの非排水(一部排水)三軸圧縮試験を実施して次のような結論を得た。(1)破壊にはモールクーロンの規程がよく適合する。(2)CD試験よりCU試験より(後)が σ_3 が大となるが強度定数においては大差はない。(3) u_f は σ_3 および e_0 が大なる程大で、 A_f は e_0 が大なる程大きい。(4)体積変化率から求めた限界間げき比 e_{cr} と間隔水圧変化率から求めた e_{cr} はほぼ等しい。(5)この e_{cr} を境にして $e_0 > e_{cr}$ では $\tau = \sigma_3 \tan \phi'$ 、 $e_0 < e_{cr}$ では $\tau = C' + \sigma_3 \tan \phi'$ と表現できる。(6)CU試験による応力経路のパターンは σ_3 が変わっても大差はないが相似ではない。(7) e_0 が小さいシラスは限界状態線に乗らない。(8)応力経路の終点を結びと折れ線のようにになるが、この変曲点の軌跡は曲線となり、これを境にして $C' = 0$ になる領域と $C' > 0$ になる領域に分れる。前者では砂の挙相を、後者では不飽和土の挙相を呈する。それは粒子破壊の影響によるものと考えられる。

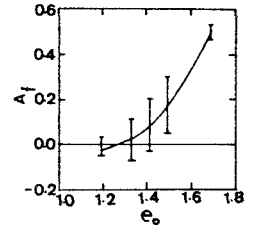


図-3 破壊時の間隔水圧係数

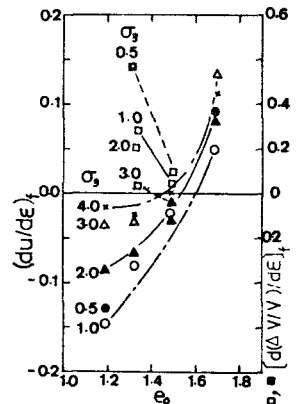


図-4 シラスの間隔水圧変化率、体積変化率

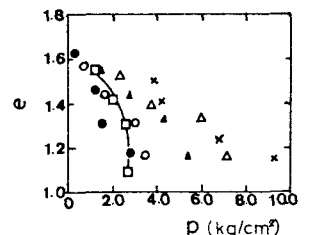


図-6 限界間げき比線 (e-p面)

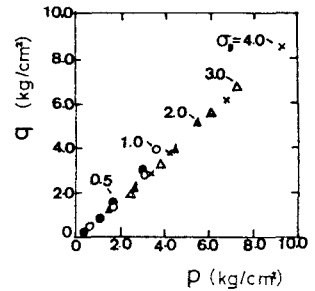


図-7 限界間げき比線 (e-p面)

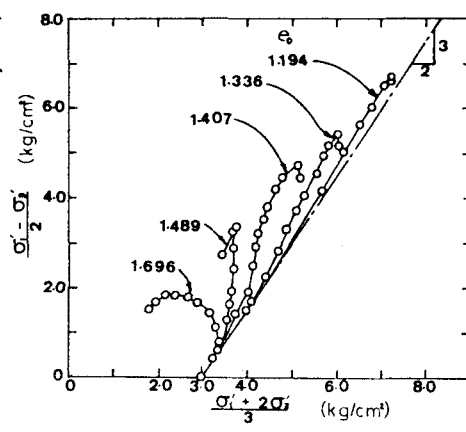


図-5 シラスの応力経路 ($\sigma_h = 3.0 \text{ kg/cm}^2$) (CU)