

破碎性砂質土の三軸非排水せん断挙動に及ぼす初期拘束圧の影響

金沢大学 正会員 ○前川 晃一  
 金沢大学 汪 発武  
 金沢大学 正会員 松本 樹典

1. はじめに 粒子破碎性の少ない豊浦砂を用いた地盤流動性に関する三軸試験結果より、地盤の流動性は土の密度、最大間隙比と最小間隙比の差、土粒子の形状、細粒の含有率、粒径分布等に影響されることがわかっている(Cubrinovski & Ishihara, 2000)。近年発生した流動性斜面崩壊は圧倒的に破碎性地盤でのものが多いことから、粒子破碎性による地盤の非排水せん断挙動への影響は長距離せん断が可能なリングせん断試験機を用いて研究されている(Sassa et al., 1996; Wang et al., 2002)。前川他(2002)は三軸試験機を用いて土試料の粒子破碎性による最大過剰間隙水圧比への影響を調べた。そこで、本研究では、地すべり土塊の体積が大きいほど、見かけの摩擦係数が小さくなる現象を念頭におき、破碎性砂質土の三軸試験を実施し、非排水せん断挙動に及ぼす初期拘束圧の影響について考察を行った。

2. 試験方法と手順 異なる粒子破碎性を持つ土試料として豊浦硅砂(TYS)、硅砂4号(SS4)、硅砂7号(SS7)、しらす(SRS)の4種を用い、相対密度  $D_r$  は各土試料ごとに一定値にそろえ、初期有効拘束圧  $s'_0$  を 98kPa, 196kPa, 294kPa の3種に設定することで、粒子破碎性と砂質土の非排水せん断挙動の関係について調べた。計 12 回の試験を行った。ここで供試体は水中落下法を用いて成形した。間隙水圧係数  $B$  値として採用する値は、19.6kPa の有効拘束圧で 15 分間圧密した後、非排水条件で、セル圧を 9.8kPa 増加させた時に発生した過剰間隙水圧から求めた。全ての試験において  $B$  値は 0.95 以上であった。圧密継続時間は全ケースにおいて 15 分間とした。非排水せん断過程における軸ひずみ速度は 0.085%/min であり、軸ひずみ  $\epsilon_a$  が 10% に達した時点で試験を終了した。粒子破碎の程度を調べるために、試験後の供試体を用いて粒度分析を行った。

3. 実験結果 図1は、各土試料を用いた一連の圧密非排水せん断試験から得られた応力経路  $\{s' = (\sigma'_1 + \sigma'_3)/2, t = (\sigma'_1 - \sigma'_3)/2\}$  を初期有効拘束圧で割って正規化したものである。せん断初期、すなわち破壊線に達するまでは、初期有効拘束圧による有効応力経路への影響はあまりみられない。そして、破壊線に乗った後も、同じ有効内部摩擦角を示している。しかし、軸ひずみが 10% に達した最終状態では、すべての土試料においては、 $t/s'_0$  の比は拘束圧が大きいほど、小さくなっていることが分かり、また異なる初期拘束圧による  $t/s'_0$  の差はしらす試料では最も小さいことが分かる。

地すべりの流動性を評価する時に、全応力パラメータを用いた見かけの摩擦

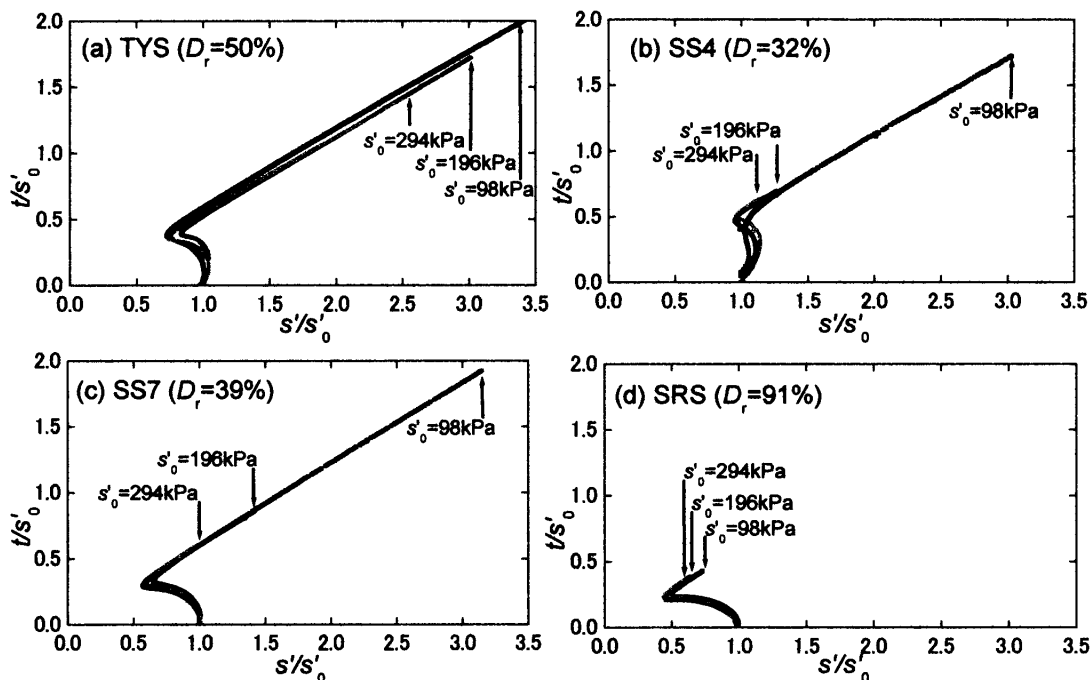


図1 各土試料における正規化した有効応力経路

キーワード：粒子破碎性、砂質土、非排水せん断、拘束圧、地すべり

連絡先：〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20 金沢大学工学部土木建設工学科 Tel: 076-234-4624

係数，いわゆるせん断抵抗と初期垂直全応力の比を使うことが多い（Sassa, 1988）。図2に示す概念図から，三軸試験結果に基づく見かけの摩擦係数は式（1）で与えられる。

$$\tan \phi_a = \frac{t/s'_0}{\sqrt{1+2t/s'_0}} \quad (1)$$

試験終了後，全試料に対する粒度分析を行い，非排水せん断により生じた粒子破碎の程度（粒子破碎係数  $B_p$  (Marsal, 1967)で表す）と土試料が非排水せん断により受けたエネルギー  $U$ との関係を整理し，各土試料の粒子破碎しやすさを求めた。

図3はせん断エネルギーと粒子破碎係数の関係を表している。なお，図中の $\Delta$ ， $\square$ は拘束圧を98kPaで一定とし，相対密度を変化させたケースを表す（前川他，2002）。いずれの土試料においても，高いエネルギーを与えるほど，非排水せん断中に粒子破碎が多く生じることがわかるが，その程度には違いがみられる。図中のフィッティングラインの勾配は破碎しやすさの指標と見られ，初期有効拘束圧や相対密度とは無関係に，一定値であることがわかった。破碎しやすい土試料の順はしらす，硅砂7号，豊浦硅砂，硅砂4号であることが示された。

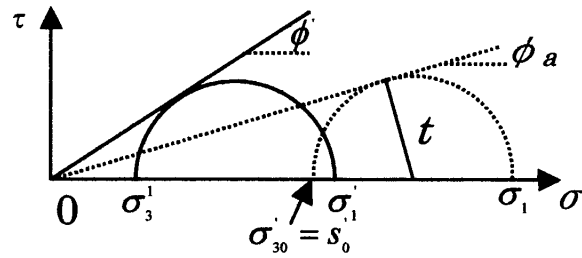


図2 見かけの摩擦係数の求め方

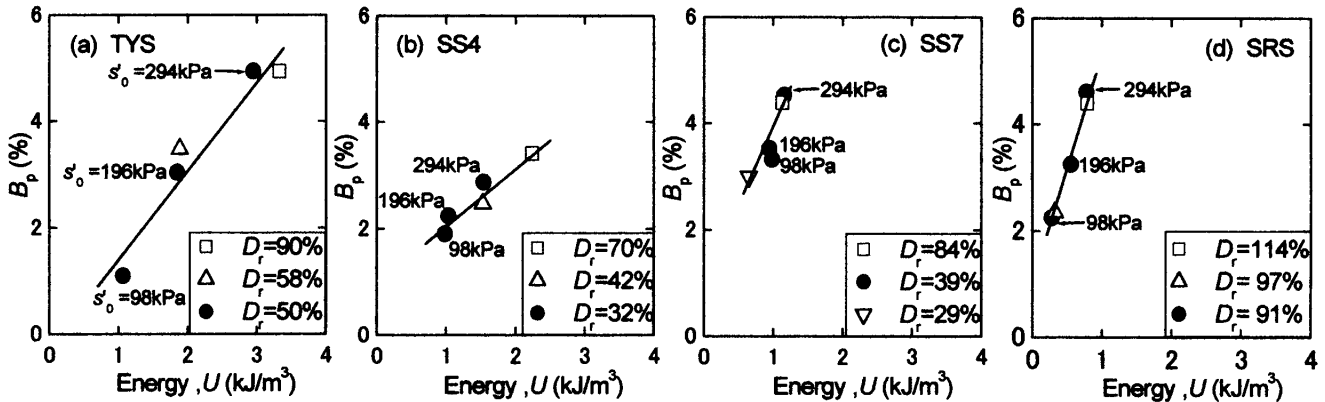


図3 各土試料におけるせん断エネルギーと粒子破碎係数の関係

図4は，粒子破碎のしやすさ  $B_p/U$ と見かけの摩擦係数  $\tan \phi_a$ の関係である。まず，各土試料に対して，初期拘束圧が高いほど，見かけの摩擦係数が小さくなっていることが分かる。また，もともと粒子破碎のしやすいしらす試料は見かけの摩擦係数は全体的に小さいことと，初期拘束圧による差は非常に小さいことが分かる。これらの結果は，実際に発生した地すべりの体積と流動性との関係を説明できる。また，火山灰などの粒子破碎しやすい地盤では，小さな規模での流動性崩壊も頻繁に発生していることとも対応するものである。

**4. 結論** 粒子破碎のしやすさを表す  $B_p/U$ は拘束圧や密度とは無関係に一定値とみられる。粒子破碎しやすいほど，見かけの摩擦係数が小さくなる。拘束圧レベルが高くなると，粒子破碎量が多くなるため，流動性が高くなる。

**参考文献** 1) Cubrinovski, M. & Ishihara, K. (2000): Flow potential of sandy soils, Proc. Geo2000, CDRom. 2) Marsal, R. J. (1967): Large scale testing of rockfill materials, ASCE Jour. of Soil Mech. and Found. Div., 93(SM2), 27-43. 3) Sassa et al. (1996): Earthquake-induced-landslides: Distribution, motion and mechanisms. Special Issue for the great Hanshin Earthquake Disasters, Soil and Foundations, 53-64. (4) Sassa, K. (1988): Geotechnical model for the motion of landslides. Proc. 5th Int. Symp. on Landslides, Vol.1, 37-56. 5) Wang, F.W., Sassa, K. & Wang, G.H. (2002) Mechanism of a long-runout landslide triggered by the August 1998 heavy rainfall in Fukushima Prefecture, Japan. Engineering Geology, Vol. 63, 169-185. 6) 前川・汪・松本 (2002) 三軸試験を用いた破碎性砂質土の非排水せん断挙動，第37回地盤工学研究発表会講演集，印刷中。

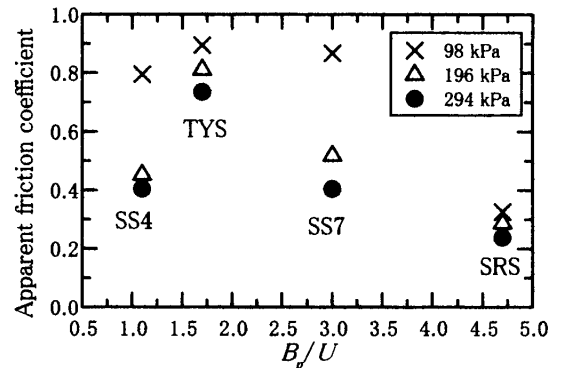


図4 粒子破碎のしやすさと見かけの摩擦係数  $\tan \phi_a$ の関係