

Ⅲ - A 33

細礫における一面せん断強度と三軸圧縮強度の比較

横浜国立大学工学部 正 プラダン テージ

横浜国立大学大学院 学〇工藤 敏邦

横浜国立大学工学部 宮坂 弘幸

1. はじめに: 過去一面せん断試験では、強度が過大に評価されるといわれており、得られる値の信頼性に疑問が生じていた。しかし近年になって様々な試験機の構造上の問題点が改良され、砂や粘土に関しては一面せん断試験は信頼性のある試験として認められてきている。しかし礫に関しては研究報告例が少ないというのが現状である。本研究では細礫を用いて一連の一面せん断試験、三軸圧縮試験を行い、その両試験での強度を比較することによって、一面せん断試験の細礫への適用性を検討した。

2. 試料・実験方法: 試料は珪砂をふるい分け

により粒度が等しくなるように調整したものをを用いた。図1に粒径加積曲線を示す。一面せん

断試験はせん断面上の鉛直応力を一定に保つ定圧一面せん断試験であり、供試体の大きさは縦 16cm、横 25cm、高さ 16cm である。またスペーシングは試験機上の制約により 10mm とした。三軸圧縮試験は直径 10cm 高さ 20cm の供試体を用いた排水せん断試験である。また各せん断試験の実験条件は表1に示した通りである。

3. 実験結果及び考察: 一般に一面せん断試験では主応力表示による強度を求めることができないため、主応力表示である三軸圧縮試験や平面ひずみ圧縮試験との強度比較は直接的にはできない。ここでは、過去に砂で用いられている小田・小西による提案式¹⁾を用いてモール円を描き、それより主応力表示の内部摩擦角 ϕ_3 を推定した。小田・小西の式及びその式によって導かれる σ_3 と σ_v の関係式を下に示す。

$$\tau/\sigma_v = \kappa \cdot \tan \psi, \quad \sigma_3 = (1 - \kappa) \cdot \sigma_v$$

ここで κ は材料定数で、ダイレタンスが0となる時の応力比である、細礫に関する一面せん断試験では試験機特有のものに起因した見掛けの粘着力 c^* を考慮すべきであると考えられるため²⁾、本研究では c^* を考慮した緩詰め³⁾の供試体のデータより次の式によって κ を計算した。

$$\kappa = (\tau - c^*) / \sigma_v, \quad c^* = 20 \sim 29 \text{ kPa}$$

図2は上の式を用いて描いたモール円を示した図である。この図から分かるように一面せん断強度 ϕ_{ds} は三軸圧縮強度 ϕ_{rc} よりも必ず低い値を取る。図3～6は一面せん断強度と三軸圧縮強度の比較を行った図である。この図より粘着力を考慮しない場合の ϕ_{ds} には粒径の大きさ、供試体の密度を問わず鉛直応力が小さくなるほど大きくなる鉛直応力依存性が認められ、また同一応力レベルでの比較において ϕ_{rc} よりも大きいということが分かる。しかし σ_v が 200kPa 以下で粒子破砕がほとんど強度特性に影響を及ぼさない点から見ると、細礫の一面せん断試験における鉛直応力依存性は、スペーシングを最適値より小さく設定していることにより見掛けの粘着力 c^* が生じるためであると思われる。 c^* を考慮することにより σ_v が 200kPa 以下では強度の鉛直応力依存性はなくなり、 c^* を考慮した一面せん断強度 ϕ_{ds}^*

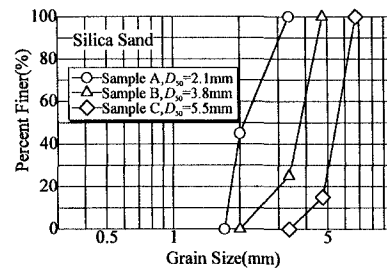


図1 試料の粒径加積曲線

表1 実験条件

一面せん断試験	$\sigma_v = 50, 100, 200, 250 \text{ kPa}$	$Dr_0 = 30, 70\%$
三軸圧縮試験	$\sigma_3' = 50, 100, 200 \text{ kPa}$	$Dr_0 = 30, 50, 70\%$

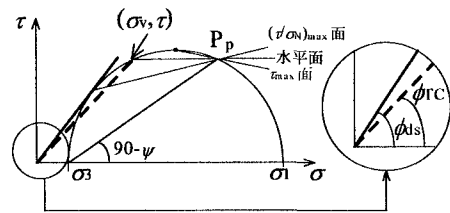


図2 一面せん断強度と三軸圧縮強度の関係

キーワード: 一面せん断, 細礫, 三軸圧縮せん断

連絡先: 横浜国立大学工学部建設学科土木工学教室(横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5, 電話: 045-339-4034)

は ϕ_{ds} よりも小さい値を示すと筆者らは報告した²⁾。これらの図よりも ϕ_{ds}^* は ϕ_{TC} よりも低い値を示しており、この事より細礫の一面せん断強度は c^* を考慮するべきであるということが分かる。また ϕ_{ds}^* より推定した主応力表示の一面せん断強度 ϕ_{13}^* は ϕ_{TC} と比較して Sample B では 5deg. 程高くなっているが、Sample A, C ではほとんど一致した。この Sample B についてこのような差が生じた理由としては、Sample B は強度が大きい割にダイレタンシーの程度が他のサンプルと変わらないため、 κ が大きくなったということが考えられる。結果としては密度によらず $\phi_{ds}^* \leq \phi_{TC}$ で、見掛けの粘着力を考慮した主応力表示の一面せん断強度は、三軸圧縮強度とほぼ一致したといっている。この事より一面せん断試験は細礫に関しても適用性があると考えられる。しかし今回行った一面せん断試験は粒子破碎がほとんど強度特性に影響を及ぼさない応力レベルでの試験であり、粒子破碎の影響が無視できない応力レベルでの強度特性の評価については今後の課題であろう。

5. まとめ: 細礫 ($D_{50}=2.1 \sim 5.5\text{mm}$) を用いて一連の定圧一面せん断試験と排水三軸圧縮試験を行い次の結論を得た。

- ① c^* を考慮しない場合は σ_3' が 50~100kPa では ϕ_{ds} は ϕ_{TC} より 0~3deg. 程度高い。また c^* を考慮することにより ϕ_{ds}^* は ϕ_{TC} より 5deg. 程度低くなる。
- ② ϕ_{ds}^* より推定した主応力表示による ϕ_{13}^* は ϕ_{TC} とほぼ一致する。よって c^* を考慮することにより、細礫は一面せん断試験にも適用できる。

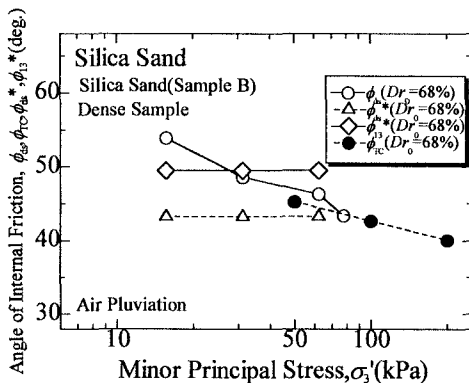


図5 一面せん断試験と三軸圧縮試験の比較
(Sample B, Dense)

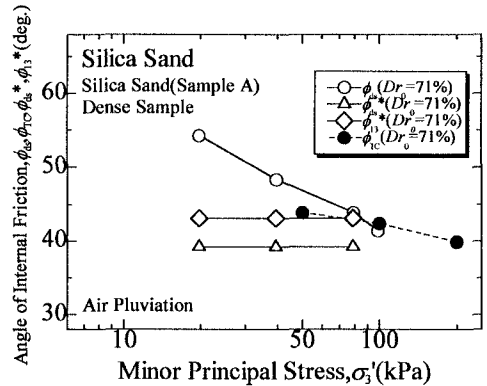


図3 一面せん断試験と三軸圧縮試験の比較
(Sample A, Dense)

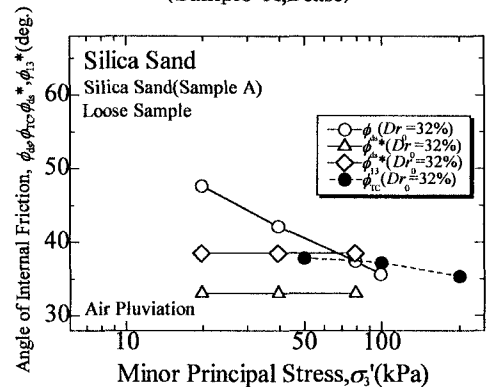


図4 一面せん断試験と三軸圧縮試験の比較
(Sample A, Loose)

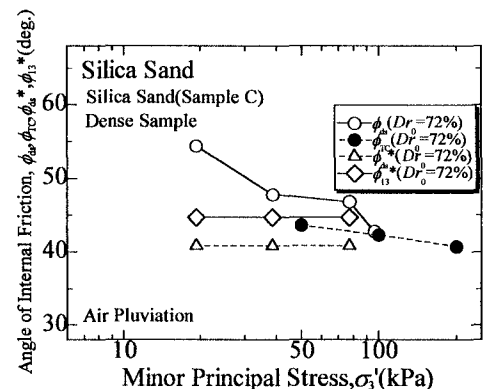


図6 一面せん断試験と三軸圧縮試験の比較
(Sample C, Dense)

参考文献: 1) 例えば小田ら(1974): 粒状体のせん断における主応力軸の方向について—理論的考察—, 第9回土質工学研究発表会講演集, pp183-186 など, 2) 工藤ら(1997): 一面せん断試験における細礫の強度特性, 第32回地盤工学発表会投稿中