

砂の排水せん断強度及びダイレイタンシー特性に及ぼす拘束圧の影響

山口大学大学院 学生員○篠田龍一 加登文学 HAM teagew
山口大学工学部 正会員 中田幸男 兵動正幸 村田秀一

1. まえがき

一般的に土などの粒状体における圧縮性やせん断強さなどの力学特性は、粒子の基本物性や圧力レベルなどに依存して変化することが知られている。圧力レベルの変化は、ダイレイタンシー挙動の変化、圧縮性の増加、ピーク時の内部摩擦角の低下など力学特性に影響を与えることが明らかにされており¹⁾、その要因として砂の粒子破碎の影響が挙げられている。本研究では、粒子形状、粒子強度の異なる試料を用い、広範な応力域において排水せん断試験を行い、砂の排水せん断強度及びダイレイタンシー特性に及ぼす拘束圧の影響を明らかにすることを目的としている。

2. 試料および試験の概要

実験に用いた試料は 0.18mm～2.0mm に粒度調整した silica 砂（珪砂）（ $G_s:2.65, e_{max}:0.93, e_{min}:0.58$ ）と 0.1mm～2.0mm に粒度調整したカーボネイト系の Chiibishi 砂（ $G_s:2.82, e_{max}:1.57, e_{min}:0.98$ ）である。silica 砂は粒子強度が高く、形状が整っているのに対し、Chiibishi 砂は粒子強度が低く、それぞれの粒子が特異な形状を有している。供試体は直径 50mm、高さ 100mm で相対密度 90% を目標に作成した。実験は、低・高圧三軸試験機を用いて、排水せん断試験をひずみ制御(0.1%/min)で行った。

3. 試験結果および考察

図-1, 2 は各試料の排水せん断試験結果を主応力比と軸ひずみ、体積ひずみと軸ひずみの関係で表したものである。全ての試料において拘束圧の増加に伴いせん断中のピーク強度がしだいに消失していく傾向とダイレイタンシーが正から負に転じる傾向がみられ、ピーク強度の現れ方とダイレイタンシーの生じ方に拘束圧依存性が確認された。また、粒子形状の複雑な Chiibishi 砂は、silica 砂と比較して、低圧域ではせん断中のピーク強度が大きいことが分かる。

図-3 はピーク時のセカントアンクル ϕ'_{peak} と平均有効主応力 p の関係である。 p の増加に伴う ϕ'_{peak} の挙動を見ると silica 砂では ϕ'_{peak} が変化しない領域 ($p < 500\text{kPa}$)、低下する領域 ($500\text{kPa} < p < 20\text{MPa}$)、一定となる領域 ($p > 20\text{MPa}$) に分けられる。一方、Chiibishi 砂では ϕ'_{peak} が変化しない領域が現れず、20MPa まで低下し続け、その後一定となっている。また図中に、各試料の定

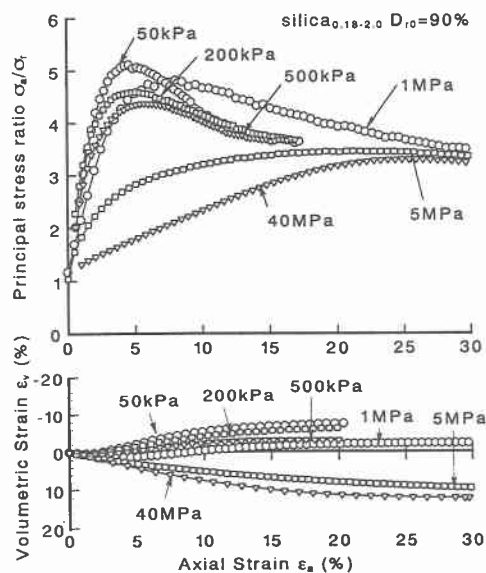


図-1 応力ひずみ関係 (silica 砂)

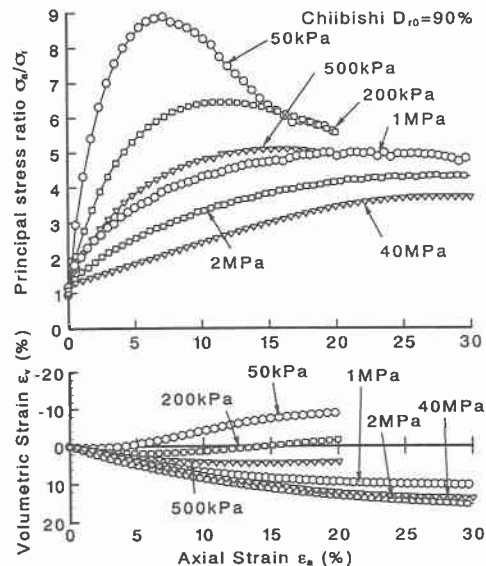


図-2 応力ひずみ関係 (Chiibishi 砂)

常状態時の ϕ'_{crit} を同時に示している。この結果より、 ϕ'_{crit} は平均有効主応力に依らず一定であるといえる。そこで、 ϕ'_{peak} と ϕ'_{crit} の差はダイレイタンスによる強度増加とみなすことができる。

図-4, 5はせん断中の各試料の間隙比 e と平均有効主応力 p との関係である。silica砂は2MPa、Chiibishi砂は200kPa以降の応力域では、せん断中の体積変化は膨張から収縮方向へ変化している。ここで各拘束圧におけるせん断試験において定常状態に至った e を結ぶことにより図中に示すように、等方圧縮時の e -log p 曲線を左上に移動した形状の曲線が得られる。

この曲線を定常状態線とする。この線と各拘束圧の初期間隙比の差はダイレイタンス挙動を示すものである。そこで、Beenら²⁾に習い、図-6に示すように定常状態線と等方圧縮時の e -log p 曲線の間隙

比の差を状態パラメータ ψ と定義した。図-7はピーク時の ϕ'_{peak} と定常状態時の ϕ'_{crit} の差と状態パラメータ ψ の関係を示している。図中には Beenらにより得られた $\phi' - \phi'_{ss}$ と ψ の関係をゾーンで示し、また1.4mm~1.7mmに粒度調整されたsilica砂の結果³⁾を同時に示している。いずれの結果も右下がりの関係が見られ、silica砂の結果は Beenらの結果と良い対応を示しているが、Chiibishi砂の結果は他の結果に比べ上方に位置している。これはダイレイタンスに対する ϕ'_{peak} の増加の割合が大きいことを表しており、その要因の一つとして粒子形状の複雑さが考えられる。

4. まとめ

本研究より得られた知見を以下に示す。

1)ピーク強度の現れ方とダイレイタンスの生じ方に拘束圧依存性が確認された。2)粒子形状が複雑な Chiibishi砂は silica砂に比べ低圧域においてダイレイタンスによる強度増加が大きい。3)ピーク時の ϕ'_{peak} と定常状態時の ϕ'_{crit} との差と状態パラメータ ψ との間に相関性が見られた。

<参考文献> 1)三浦哲彦他(1977): 砂のせん断特性に及ぼす粒子破碎の影響, 土木学会論文集, 第260号, pp.109-118. 2)Been, K. & Jefferies, M. G. (1985): A state

parameter for sands, *Geotechnique* 35, No.2, pp.99-112. 3)加登文学他(2000): 粒子破碎を伴う圧縮履歴を受けた砂の排水せん断特性, 過圧密土および過圧密地盤の力学に関するシンポジウム発表論文集, pp.37-40.

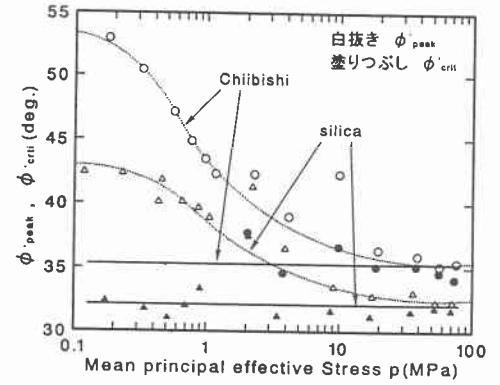


図-3 $\phi' - p$ 関係

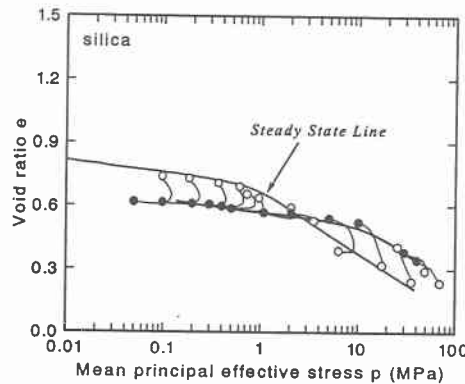


図-4 e -log p 関係(silica砂)

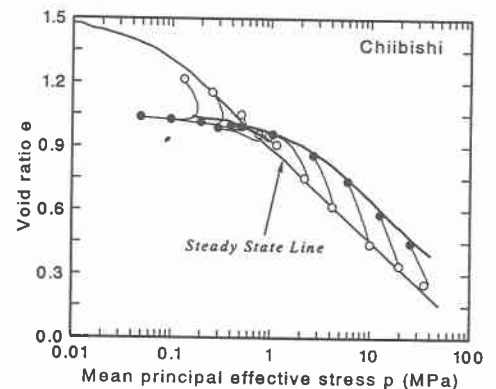


図-5 e -log p 関係(Chiibishi砂)

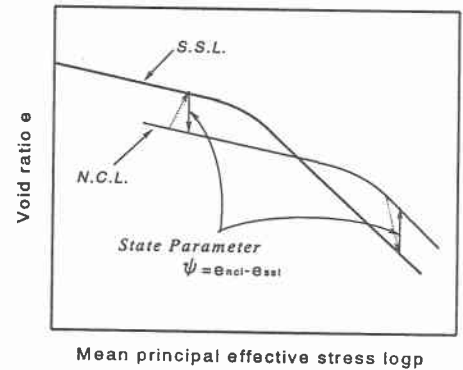


図-6 状態パラメータの定義

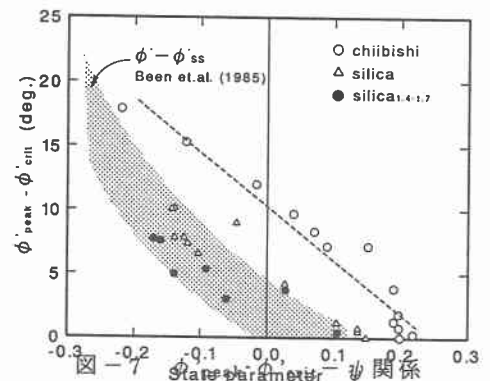


図-7 $\phi'_{peak} - \phi'_{crit}$ 関係