

砂漠の砂の物理特性とせん断試験結果

基礎地盤コンサルタンツ(株) 阪上最一
 基礎地盤コンサルタンツ(株) 林 三男
 基礎地盤コンサルタンツ(株) 若杉 護
 九州大学農学部 岡安崇史

キーワード：せん断，圧縮，砂

1. はじめに

砂漠の砂の物理・力学特性を把握することを目的とし，三軸圧縮 CD 試験を行った．その結果，砂漠の砂は，圧縮・せん断負荷に対しても体積変化が少ない非常に安定した力学構造を有することが明らかになった．そして，せん断と圧縮を統一的に構成式で表現しようと試みたが，困難な点があることが分かった．

2. 室内試験計画

本研究では，砂の材料特性を明らかにするだけでなく，構成式の選定を行い，そのパラメータの具体的決定方法に関する検討を行った．表一 1 に今回実施した種々の物理試験と力学試験の詳細を示す．物理試験では，粒子破碎の影響を，また，三軸圧縮試験では，応力履歴，相対密度 D_r ，試料の乾燥状態を変化の影響を調べた．さらに，将来の数値解析に備え，密度と拘束圧の違いによる力学挙動の変化を検討できるよう，特に，正のダイレイタンシー特性の変化を把握できるよう配慮した．なお，地盤工学会の基準に従い，せん断ひずみ速度は $0.2\%/min$ とし，微小ひずみ時の剛性 G_0 を計測するため，非接触型の変位計であるギャップセンサーを用いた．

表一 1 室内試験

項目	試験・手法	目的
物理試験	比重・含水・粒度 1	物理特性の把握（粒度は，フルイと沈降）
	粒度 2	試験前後での粒度試験で粒子破碎を確認（等方圧縮，三軸圧縮 CD 試験）
	相対密度 (D_r)	相対的な密度の確認
力学試験	等方圧縮試験	載荷・除荷に伴う圧縮特性の把握
	三軸圧縮 CD 試験 1 (正規圧密・乾燥試料)	ゆるい密度の地盤 ($D_r=45\%$) でのせん断特性の把握 ($\sigma_{r0}=50,100,200kN/m^2$)
	三軸圧縮 CD 試験 2 (過圧密・乾燥試料)	ゆるい密度の地盤 ($D_r=45\%$) でのせん断特性の把握 ($\sigma_{r0}=50,100,200kN/m^2$)
	三軸圧縮 CD 試験 3 (過圧密・乾燥試料)	中間密度の地盤 ($D_r=70\%$) でのせん断特性の把握 ($\sigma_{r0}=50,100,200kN/m^2$)
	三軸圧縮 CD 試験 4 (過圧密・飽和試料)	ゆるい密度の地盤 ($D_r=45\%$) のせん断特性の把握（飽和・不飽和状態での確認）($\sigma_{r0}=50,100,200kN/m^2$)

3. 試験結果と結論

(1) 物理試験

物理試験結果から，比重 $G_s=2.70$ ，現地では，含水比 $w=2.0\%$ であることが分かった．粒度試験結果で得られた過積曲線を図一 1 に示す．豊浦標準砂を比べると，粒径が細かく，粒径の分布範囲が狭く，粒径の揃った砂であり，砂より細かいシルトが混入していたと思われる．また，最小間隙比 $e_{min}=0.393$ ，最大間隙比 $e_{max}=0.729$ で， e_{max} と e_{min} との差が小さく，構造の安定した砂であることが分かった．このような物理特性が，力学試験のどのような影響を与えているかを調べた．なお，図一 2 に示すように，三軸圧縮試験前後で粒度の変化はほとんどなく，適用拘束圧での粒子破碎の影響は少ないことが分かった．

(2) 力学試験

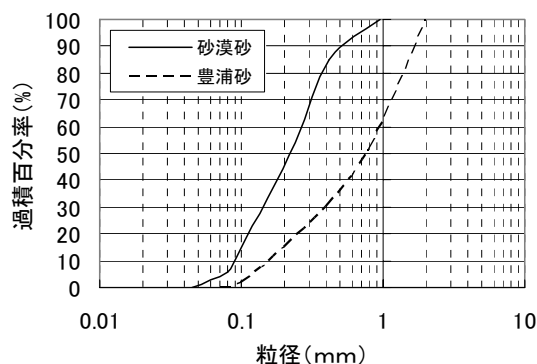
供試体の寸法は，直径 $\phi=5cm$ ，高さ $h=10cm$ である．圧縮試験結果を図一 3 に示す．緩い密度の状態 ($e=0.555$) から拘束圧 σ_r' を徐々に増やし，載荷と除荷を繰り返す，最終的に $700 kPa (kN/m^2)$ まで載荷した．得られた曲線は，最終荷重でも間隙比 $e=0.514$ で，拘束圧 σ_r' の増加に対して間隙比 e の減少が小さい安定した構造であることが分かった．

次に，三軸圧縮 CD 試験で得られた主応力差～体積ひずみと軸ひずみ関係を図一 4 に示す．表一 1 の試験 2 と 3 の結果である．相対密度が大きくなると，ダイレイタンシーが顕著に発生し，強度が増加するが，いずれの場合も，拘束圧に

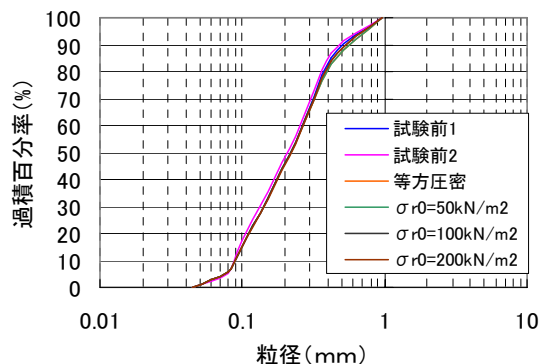
よる体積変化の差が小さいのが特徴である。Dr=70%では、ピークの主応力差が発生後に軟化する傾向が認められる。

(3) 結論

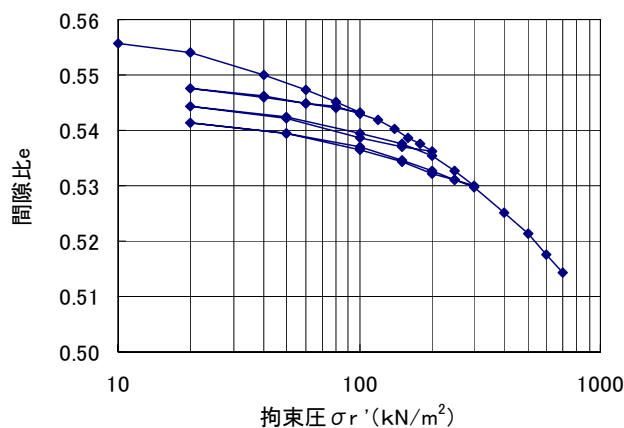
以上の結果より、砂漠の砂は、拘束圧増加に比例して主応力差が増加するものの、拘束圧の増加に伴う体積ひずみの減少は小さく、せん断負荷時でも、構造が比較的安定していることが観察された。このことは、砂漠で車などの走行でタイヤが滑りやすくなる理由の一因である示唆される。構成式を用いた実験の再現結果については、紙面の関係上割愛させていただいたが、発表会当日紹介する予定である。



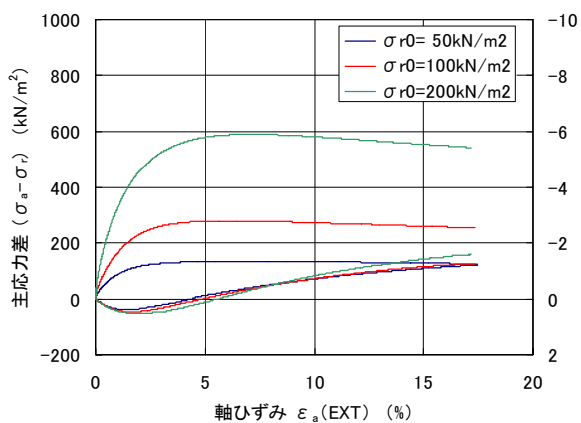
図一1 粒径加積曲線



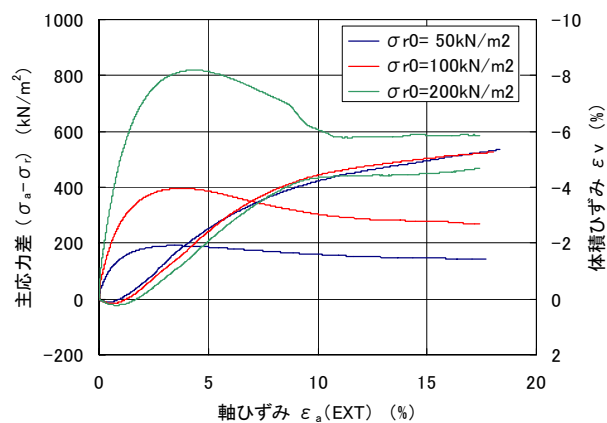
図一2 試験前後の粒径加積曲線



図一3 圧縮試験結果



(i) Dr=45%



(ii) Dr=70%

図一4 三軸圧縮 CD 試験結果 (EXT は、外部変位計)