

防衛大学校 (正) 大平 至徳

〃 (〃) 山口 晴幸

〃 (学) 木吉 慶三

1. まえがき 現場において土が高压下にさらされることは非常に少ないであろう。例えば、砂層に支持層を持つ杭先端付近での砂の応力状態がこのような応力条件下にある場合もあるとされている。さらに、その様な高压下にある砂の力学的挙動は拘束圧力 500 kgf/cm^2 程度までの下での三軸圧縮せん断試験等から求められる圧縮およびせん断挙動に関連づけて論じることが多い。本報告は原位置における砂の高压下での力学的挙動を説明するための基礎的資料を得る試みと共に、粒状体としての砂が固有している物性というものが高压下で粒子破碎を伴うことによって、どのように変化し、それがどのように力学的挙動に跳返ってくるのかについて考察したもので、極めて高压下での砂の圧縮およびせん断挙動が正規圧密粘性土のそれと類似する傾向を示すことを明らかにしている。

2. 実験方法 乾燥した豊浦標準砂を用い、密づめ(Sample D)

とゆるづめ(Sample L)

供試体を作製し、

非排水条件下で等

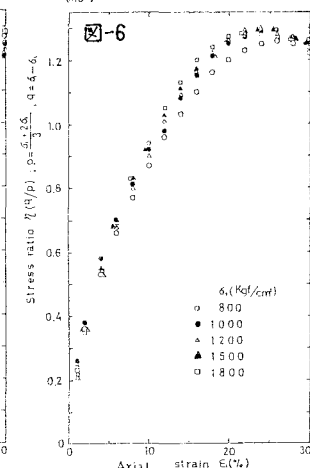
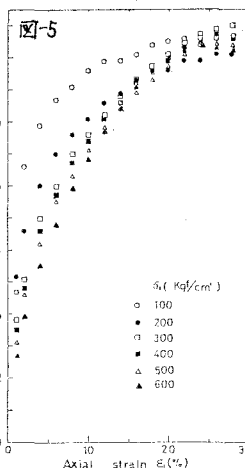
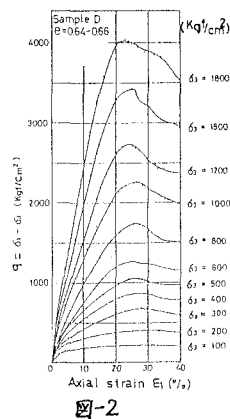
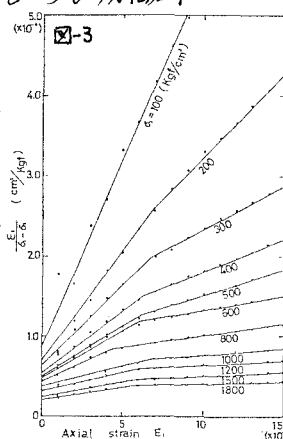
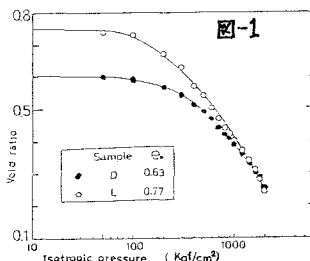
方圧縮およびせん

断試験(せん断速度

$0.5\%/min$)を実施した。用いた装置は極めて高い拘束圧(2000 kgf/cm^2)まで制御可能な超高压型三軸試験装置である。なお、メンブレンは高压下のピンホールを防ぐために、厚さ 2 mm の特殊合成ゴムのもを使用した。

3. 実験結果と考察

1) 圧縮挙動 図-1は密づめ(D)とゆるづめ(L)供試体の等方圧縮曲線を示したものである。粘性土の圧縮曲線と同様な傾向を呈し、粒子破碎挙動と最も関連深いと推測される圧密降伏応力に相当するような応力が存在する。その大きさは供試体の初期の密度状態に支配されることがわかる。また、この応力以上の高压下では、対数応力増分に伴う間隙比の変化割合がほぼ一定となり、圧縮曲線を片対数図上で直線とみなすことができる。さらに、圧縮挙動に影響をおよぼすとされている初期構造の相違は豊浦砂では $1800 \sim 2000 \text{ kgf/cm}^2$ の応力付近で消失するものと推測される。なお、著者は円柱供試体の径(D)と高さ(H)の比 H/D が1の場合には、一次元圧縮時の鉛直応力と間隙比との関係が等方圧縮時 q それとほぼ一致することを明らかにしている。



る。また、そこにおいて、膨張曲線も片対数紙上で直線とみなすことができ、その勾配は膨張時の間隙比の状態によて大きく左右されることを示している。

ii) せん断挙動 密づめ試体(D)について、2000kg/cm²の範囲の各拘束圧下で、等方圧縮した後の定ひずみ圧縮せん断試験結果についてまとめたのが図-2~8である。高圧縮されるにつれて、軸差応力($\sigma_1 - \sigma_3$)の最大値が明確に現われるようになり、砂もコンクリートや岩石の様な脆性挙動を呈することが図-2からわかる。なお、600~1800kg/cm²の拘束圧下では($\sigma_1 - \sigma_3$)_{max}を示す軸ひずみ(ϵ_1)の値はほぼ25%付近にあり、拘束圧に依存しないことがわかる。また、初期変形係数(E_1)と拘束圧(σ_3)との関係を求めるために、Kondnerの方法により破壊付近までの応力ひずみ曲線を双曲線近似すると、図-3のように2本の直線として近似できる。この始めの直線の切片の逆数(1/a)を E_1 として、 σ_3 との関係で表わすと図-4(勾配の逆数 $1/a$ と σ_3 関係併記)となり、 $E_1 = 1.86 \sigma_3 + 1.0 \times 10^4$ と近似できようである。図-5, 6は、せん断時の変形挙動を応力比(σ_3/p)との関係で表わしたものである。ここで注目すべきことは、高圧下では拘束圧に依らず同じひずみで動員されるせん断抵抗角 $\tan \phi$ (%)がほぼ等しくなることである。つまり、図-7の σ_3 - p 面上に等ひずみ線を描くと、原点を通る直線として近似できる。また、破壊包絡線も直線($\phi = MP$)とみなせ、 $M = 1.28$ からせん断抵抗角 ϕ を求めると約32°となる。これはゆるづめ砂の低圧下での値とほぼ等しい。このことは、各拘束圧からのせん断時の状態経路を $e \sim \log p$ 面上(図-8)に示してあるように、低圧下でのゆるづめ砂のダイヤランシー挙動と同様に、高圧下での密づめ砂も負のダイヤランシー挙動を呈するという共通した現象が生じることと起因すると推測される。なお、図-8での○印は大気圧下での密度(ρ_d)_{max}を求め、間隙比 e に換算したもので、それを膨張指数 k を用いて、各拘束圧下での間隙比 e_0 としたのが●印である。以上のことから、高圧下での砂の力学的挙動は正規圧密粘性土のそれと類似することが明らかとなった。

iii) 破碎挙動 図-9, 10は等方およびせん断応力載荷によって生じる粒子破碎の状態を加積通過曲線で表わしている。両図より、等方圧縮時よりもせん断変形を受けることによって破碎が顕著に生じ、図-10に示すように、特にせん断初期に顕著となる。破碎に伴って形成される微細な粒子群はかたまり(コア)を構成し、砂の粒状体としての物性を失うものと推察される。図-11, 12は、コア非形成状態(粒状体)、コア一部形成状態、コア完全形成状態と区分し、供試体の密度と応力状態(ひずみ)との関係で表わし、砂の物性的推移を示してある(参文)¹⁾ BCP研究会「砂層時」

2) 砂の力学的挙動に関する研究(1969), 2) 砂の力学的挙動に関する研究(1969) PP27~32, 3) 王正, 砂の力学的挙動に関する研究(1969) PP22~23, 4) 三浦, 山内; 土木学会論文報告集才193(1971) PP69~79, 才282号(1979) PP127~130, 5) 赤司, 江藤; 土木学会論文報告集(1980) PP373~376, 6) 著者; 土木学会論文報告集(1981) PP517~520, 7) 著者; 砂の相対密度と工学的性質に関する報告書(1981) PP57~64, 9) Kondner; (1963) ASCE Vol. 89 No. 541 PPI15~143

