

III-7 石英砂の高圧下のせん断特性に及ぼす初期粒度の影響

山口大学工学部 正員 三浦哲彦
 同上 ○山本哲朗
 (株)銭高組 東島俊二

1. まえがき

本研究は、材料の初期粒度が高圧下の供試体の変形・強度特性に及ぼす影響を明らかにしようとしたものである。実験の対象とした試料は3種類の石英砂であり、その均等係数、比重および初期粒度は図-1に示されるようである。また、それぞれの試料の最大、最小間げき比は次のとおりである。石英砂A: ($e_{\max}=1.456, e_{\min}=0.627$) 石英砂B: ($e_{\max}=1.215, e_{\min}=0.493$) 石英砂C: ($e_{\max}=1.195, e_{\min}=0.483$)。これらの試料を用いて乾燥密づめ供試体(初期間げき比 $e_0 \approx 0.61$)を製し、高圧三軸試験機を用いて拘束圧 σ_3 一定の排水(気)せん断試験を行った。本研究を進めるにあたって、ペDESTALと供試体間の端面摩擦の影響を調べるために、従来のペDESTAL(摩擦性ペDESTAL)および潤滑性拡張ペDESTAL(潤滑性ペDESTAL)を用いた比較実験を行ったので、その結果もあわせて報告する。

2. 石英砂のせん断特性

高圧三軸試験によって得られた等方圧力 $\sim$ 体積ひずみ関係、応力 $\sim$ ひずみ曲線はそれぞれ図-2、図-3に見られるようであった。図-2によると、均等係数CUの大きい(初期粒度の良い)試料ほど、等方圧力下での体積収縮量は大きい。図-3に示された応力 $\sim$ ひずみ曲線によれば、摩擦性ペDESTALを使用した供試体の強度は、比較的小さな軸ひずみにおいてピークに達し、その後は低下する傾向が見られる。これに対して、潤滑性ペDESTALを用いた場合の供試体の強度は、大きな軸ひずみまで増加し、ピーク後の強度低下はゆるやかである。また同図の体積変化曲線によると、摩擦性ペDESTALを用いた場合のせん断中の体積収縮量は、潤滑性ペDESTALを使用した場合のそれより小さい。これらのことによって、潤滑性ペDESTALを用いた試験においては、端面摩擦の影響が小さく、したがって試料内部の各所での応力分布が一樣であったと言えよう。それは試験後の供試体の形状観察ならびに粒度試験によっても確かめられた。 R_{90} と L_{90} は、試料Bに近い粒度組成をもつ石英砂を対象にした端面摩擦に関する実験(ただし、 $\sigma_3 \leq 112 \text{ kg/cm}^2$)を行ない、上述したのとほぼ同様の結果を報告している。材料のせん断特性や粒子破砕量を正確に調べるためには、供試体内の応力分布が一樣であることが必要であり、そこで以後の実験はすべて、潤滑ペDESTALを用いて行った。

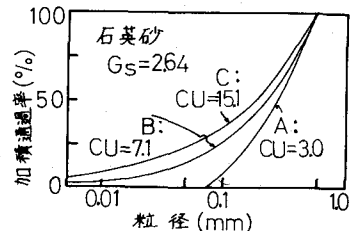


図-1 粒度組成

さて、初期粒度の異なった3種類の石英砂のそれぞれのせん断試験を行ったところ、図-4に示される応力 $\sim$ ひずみ関係を得た。図に見られるように、初期粒度の良い試料の軸差応力は初期粒度の悪いそれより高い。また、初期粒度の良い試料のせん断中の体積収縮量は初期粒度の悪い場合より小さい傾向を示している。同じようなことは、初期粒度の異なった2つの粗砂を対象にしたFedraの実験結果(ただし、 $\sigma_3 \leq 10 \text{ kg/cm}^2$)にも見られる²⁾。このように、初期粒度の違いによって試料の変形・強度特性が異なっているが、それはおもにせん断中の試料の粒子破砕の程度(粒子破砕量)に起因すると考えられた。

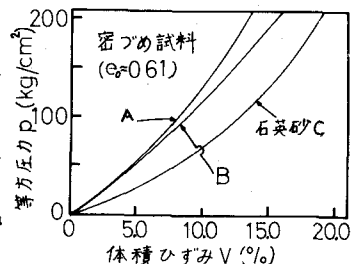


図-2 P $\sim$ V曲線

3. せん断中の粒子破砕量に及ぼす初期粒度の影響

せん断中の粒子破砕特性を明らかにするためには、まず、粒子破砕量を適当な尺度で表わすことが必要である。このような尺度として試料の粒度変化を数量化する試みがあるが、求められた量の物理的意味は必ずしも明確でない。そこで筆者らは、粒子破砕量を表わすのに、試料の比表面積増加量を用いることにしている。

せん断試験を行なった試料についての比表面積増加量 ΔS （すなわち粒子破砕量）と σ_3 との関係は図-5 のようであった。初期粒度の良い試料の $\sigma_3 \sim \Delta S$ 曲線は、図に見られるように、初期粒度の悪い試料の関係曲線より下側に位置しており、このことは、前者の方がせん断中の粒子破砕量は少なかったことを意味している。

さて、シラス、豊浦砂についての実験結果³⁾によると、軸差応力の増分が 0 または負になった場合にも、軸ひずみ ϵ_1 の進行に伴って ΔS は増え続けることが分かっている。また、 ΔS が応力の関数であることは言うまでもないので、 ΔS は次式で表わされよう。

$$\Delta S = f(\sigma, \epsilon) \quad (1)$$

上式から、せん断応力下で生じる粒子破砕量は、仕事量の関数であることが推論できる。この場合、粒子破砕量は不可逆であるから、仕事量として塑性的仕事量を用いることにする。ところで、せん断中に供試体の単位体積当りになされる仕事量は次式によって与えられる。⁴⁾

$$W = \int \sigma d\epsilon + \int p dv - \int p dv_e \quad (2)$$

ここに $\sigma = \sigma'_1 - \sigma'_3$, $p = (\sigma'_1 + 2\sigma'_3)/3$, ϵ = せん断ひずみ, v = 体積ひずみ, サラスクリプト e は弾性的成分を意味する。一方, Rittinger の粉砕法則によれば、 ΔS は W に比例することになる。そこで、均等係数の異なった乾燥密づめ石英砂に対する実験結果をもとに W と ΔS との関係をプロットしたところ、図-6 に示す結果を得た。これから、同一の塑性的仕事量を与えられた場合、初期粒度の悪い試料の方がより多くの粒子破砕を生じていることが分かる。

筆者の一人は先に、シラスおよび豊浦砂について、最大軸差応力時における $\Delta S \sim W$ 直線の傾き $(dS/dW)_f$ とダイレイタンスーレート $(dv/d\epsilon)_f$ との間には明瞭な関係があることを示した。本試料についてもさらに実験を進め、それらの $(dS/dW)_f \sim (dv/d\epsilon)_f$ 関係を求めることによって、初期粒度が供試体の変形・強度特性に及ぼす影響を一層明確にすることができるものと考えている。

最後に、本研究は昭和 49 年度文部省科学研究費の補助を受けた。

文献

- 1) M. Roy and K.Y. Lo: Canadian Geotech. Jour., Vol. 18, 1971
- 2) J. Feda: Proc. 4th Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., 1971
- 3) 三浦・山内・井上: 第10回土質工学研究発表会(発表予定)
- 4) Roscoe et al.: Geotechnique, Vol. 13, 1963
- 5) ス保ほか: 粉体理論と応用, 丸善, 1962.

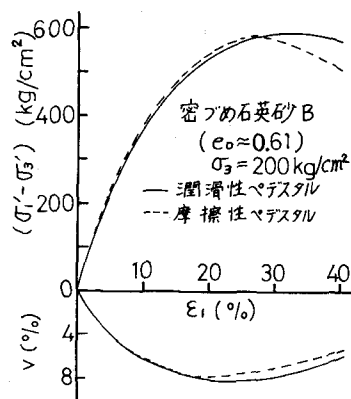


図-3 応力-ひずみ曲線

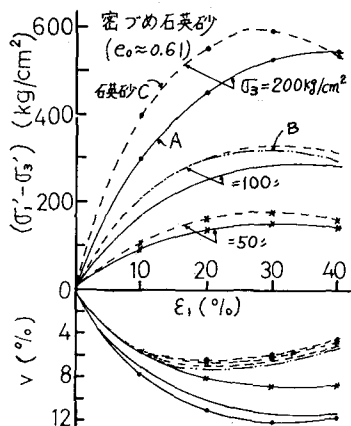


図-4 石英砂の応力-ひずみ曲線

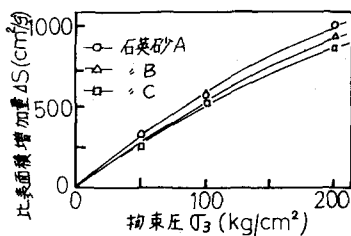


図-5 $\Delta S \sim \sigma_3$ 関係

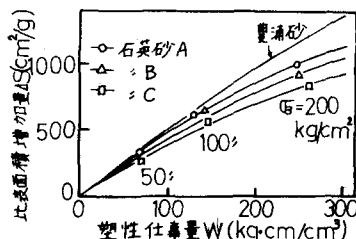


図-6 $\Delta S \sim W$ 関係