

山口大学工学部 正員 三浦哲彦

同 正員 〇山本哲朗

1. まえがき

砂は一般に、堅固な石英粒子とやや弱い長石粒子とからなっている。筆者らは、高圧下における砂のせん断特性に及ぼす粒子破碎の影響を検討しているが、本実験はその一環として、石英または長石のみからなる砂試料について、それらの高圧下における挙動を調べたものである。実験に用いた石英砂および長石砂は、それぞれ原石をクラッシャーにて粉砕したのち粒度調整して得たものであり、表-1に示される6種類の試料を準備した。乾燥した各試料をタンパーで突固めて、ほぼ同じ初期間げき比 ($e_0 \approx 0.62$) の乾燥供試体を作製し、高圧三軸試験機を用いて拘束圧一定の排水せん断試験を行った。供試体とベDESTALとの摩擦の影響を小さくするために、実験はすべて、潤滑性ベDESTALを用いて行った。

2. せん断特性の比較

拘束圧 $\sigma_3 = 25 \sim 200 \text{ kg/cm}^2$ の範囲で三軸圧縮試験を行ったが、 $\sigma_3 = 100 \text{ kg/cm}^2$ の場合についてのみ応力ひずみ曲線を示すと図-1のようである。他の拘束圧条件の場合にも共通して認められる、石英砂と長石砂の応力ひずみ特性の違いは次のようである。石英砂は同じ粒度組成の長石砂に比べて、せん断強度は僅かに低く、破壊軸ひずみ(自然)は大きく、また、せん断中の体積収縮量は小さい。

次に、拘束圧の増加に伴う各試料の最大主応力比 $(\sigma_1/\sigma_3)_f$ および破壊時のダイレイタンスーレイト $(dV/dE)_f$ の変化は、図-2に示されるようであった。これらのうち、石英砂Bと長石砂Bについて比較すると、拘束圧が低い範囲で石英砂の $(\sigma_1/\sigma_3)_f$ は長石砂のそれより低くその差は σ_3 の増加に伴って小さくなり、また、両試料の $(dV/dE)_f$ の相対的な大きさの関係は $\sigma_3 = 40 \text{ kg/cm}^2$ 付近で逆になる、ことが分かる。すなわち、ある拘束圧条件の下で、長石砂のダイレイタンスー効果は石英砂のそれより小さいにも拘らず、そのせん断強度は石英砂のそれより大きい。このような2種の砂の変形・強度特性の違いには、せん断中の粒子破碎特性²⁾の差異のほか、両者の粒子間摩擦角 ϕ_m (石英砂: 26° , 長石砂: 37°)³⁾ の違いも関係していると思われる。

3. 粒子破碎特性の比較

せん断中の粒子破碎量は試料の比表面積増加量 ΔS で表わすのが合理的である。筆者の1人は先に、豊浦砂およびシラスについて、せん断中の供試体になされた塑性的仕事量 W と ΔS との関係は、拘束圧の大きさにかかわらず1本の曲線で表わし得ることを示した。²⁾⁴⁾ それと同様のことは、本実験試料についても確かめられた(図-3)。この曲線上における、供試体破壊時に相当する点の勾配 $(dS/dW)_f$ と、それ

表-1 実験試料の性質

試料	土粒子 比重	最大粒 径(mm)	50%粒 径(mm)	均等係 数 U_c	最大間 げき比	最小間 げき比
石英砂A	2.64	0.59	0.28	3	1.40	0.60
" B	"	"	0.24	8	1.22	0.49
" C	"	"	0.19	15	1.13	0.43
長石砂A	2.57	0.59	0.29	3	1.41	0.61
" B	"	"	0.23	11	1.23	0.50
" C	"	"	0.19	16	1.13	0.44

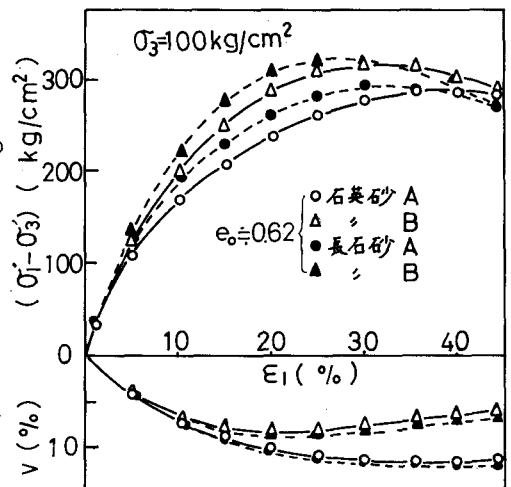


図-1 乾燥砂の応力-ひずみ曲線

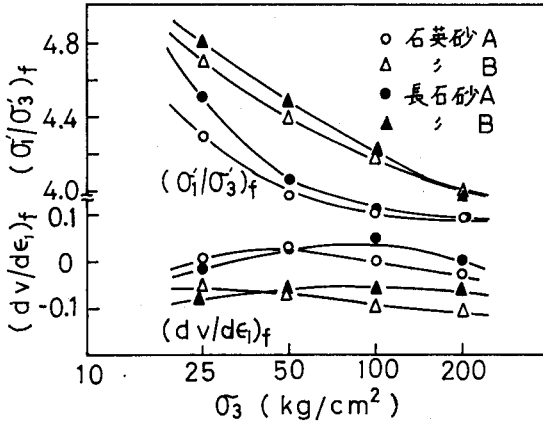


図-2 σ_3 と $(dv/d\varepsilon_1)_x$, $(\sigma_1/\sigma_3)_x$ との関係

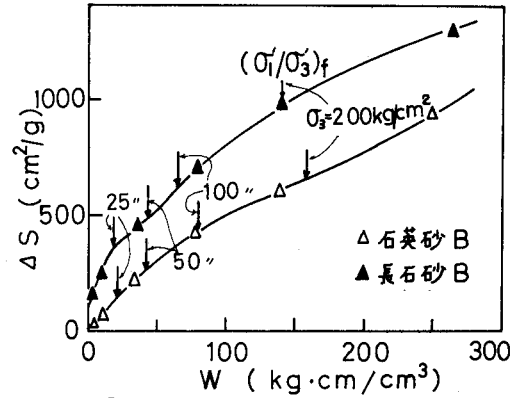


図-3 $\Delta S \sim W$ 関係曲線

に対応するダイレイタンスーレート $(dv/d\varepsilon_1)_x$ との間には、図-4に見られるようにほぼ直線的な関係が見出された。豊浦砂およびシラスについて先に調べた $(ds/dw)_x$ $(dv/d\varepsilon_1)_x$ 関係はヘアピン形であり、図-4のそれとはやや異なるものであった⁴⁾。そのいずれであるにしろ $(ds/dw)_x$ はせん断応力下における試料の粒子破碎特性を表わすのに適切な量であると思われる。それは、ダイレイタンスー特性と密接な関係を有していると考えられる。

均等係数 U_c の小さい石英砂Aおよび長石砂Aの $(ds/dw)_x$ $(dv/d\varepsilon_1)_x$ 関係曲線は、ほぼ同じ大きさの勾配を持っていて、それらは石英砂Bおよび長石砂Bの同曲線勾配よりかなり大きい。このことから、図-4の石英砂Bの直線勾配が長石砂Bのそれより大きいのは、前者の $U_c (=8)$ が後者の $U_c (=11)$ より小さいことと関係があるように思われる。

4. せん断特性に及ぼす初期粒度の影響

2つの砂のせん断特性に及ぼす初期粒度の影響を検討するために、 $(\sigma_1/\sigma_3)_x$ および $(dv/d\varepsilon_1)_x$ と均等係数 U_c との関係を調べたところ図-5のような結果が得られた。これから、 U_c の大きい試料ほどせん断中の粒子破碎量は少なく、したがって破壊時のダイレイタンスー効果は大きく、その結果 U_c の小さい試料より高いせん断強度を示す、と解釈できよう。

以上に述べたように、高拘束圧下でせん断される粒状材料は、粒子破碎に原因するダイレイタンスー効果の減少によってそのせん断強度を低下する、といえるであろう。しかし、図-2および図-5に見られる石英砂と長石砂の強度差を説明するには、ダイレイタンスー効果のみならず、両試料の粒子間摩擦角 ϕ_u の違いを考慮に入れなければならないと思われる。

文献 1)三浦・山本・東島：第25回土木学会中国四国支部研究発表会，昭50.5 2)三浦・山内：九大工学集報 Vol.48, NO.2, 1975 3)Rowe: ASCE, Vol.90, SM4, 1964 4)三浦・山内：九大工学集報，投稿中。

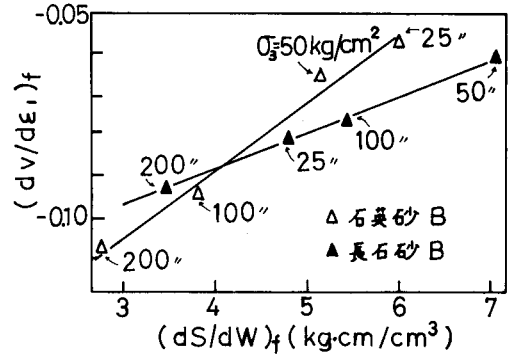


図-4 $(dv/d\varepsilon_1)_x \sim (ds/dw)_x$ 関係

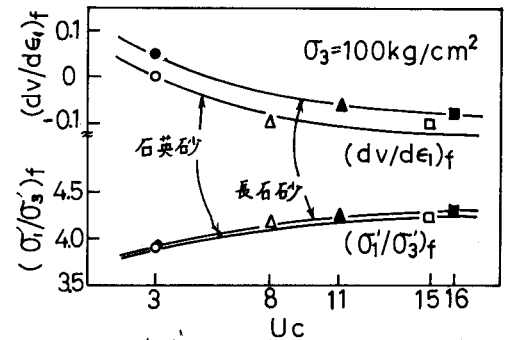


図-5 $(\sigma_1/\sigma_3)_x$, $(dv/d\varepsilon_1)_x \sim U_c$ 関係