

第Ⅲ部門

脆い粒状土のせん断特性の特異性について

立命館大学大学院 学生会員 ○ 久保 尚也
 安部工業所 安東 良晃
 大津市役所 小西 健史
 立命館大学 正会員 福本 武明

1. 緒言

脆い粒状土のせん断特性全般への粒子破碎現象の影響の仕方と程度が的確に推量できれば好都合であるが、未だその段階に至っていないのが現状である。そこで本論文では、当研究室で行った実験データとこれまでの研究成果^{1)~3)}を踏まえて、今回、せん断特性への粒子破碎の影響量を具体的に評価する方法について検討を行ったので、その結果をここに報告する。

2. 粒子破碎の影響量の一推定法

当研究室では脆い粒状土が外力の作用下において同一物性を保持しながら粒子破碎を生じない状態、つまり‘無破碎状態’でのせん断特性を推定することができれば、実測されたせん断特性に内在する粒子破碎の影響量を評価できるのではないかと考え、これまでに行った数多くの実験データを基に、式(1)~(3)を開発し、提案してきた。式の詳細については既報^{1)~3)}を参照して

$$\varepsilon_{v0} = \varepsilon_v + \varepsilon_{vc} = \varepsilon_v + A \frac{e_s}{1 + e_c} I_s \quad (1)$$

$$I_s = \ln(Sw'/Sw_c) \quad (2)$$

$$\left(\frac{\sigma_1}{\sigma_3} \right) = \left(\frac{\sigma_1}{\sigma_3} \right)_0 + K \frac{d\varepsilon_{vc}}{d\varepsilon_1} \quad (3)$$

いただきたい。特に式(3)中、 $(\sigma_1/\sigma_3)_0$ は無破碎状態における主応力比、 (σ_1/σ_3) は実測された主応力比、そして $d\varepsilon_{vc}/d\varepsilon_1$ はダイレイタンスー効果を示す量で実験後の計算により求めることができる。つまり、式中の係数 K を求めることができれば無破碎状態での主応力比 $(\sigma_1/\sigma_3)_0$ を容易に求めることができるのである。

3. 試験方法及び結果

試料は、Table1に示すように、脆弱な自然砂の代表としてしらす、3種類のまさ土を、また人工材としてコークス用い、堅固な砂として相馬砂、愛知川砂を用いた。いずれもふるい分けて粒径 $0.85 \sim 0.6\text{mm}$ を採取し水洗いのち絶乾状態にしデシケータ内で室温にまで冷やしたものを使用した。せん断試験は、供試体の相対密度を $Dr=80\%$ とし、ノルウェー型三軸圧縮試験機により拘束圧 σ_3 を49,98,196,392,686KPaに設定しCD条件下で実施した。また、軸ひずみを5段階に分けその時点で試験を停止し、供試体を取り出してその都度ふるい分けを行い粒子破碎量 I_s を測定した。その結果の一例をFig.1に示す。

次に各試料の硬軟を比較する為、単粒子強度試験を行った。試験方法については既報⁴⁾を参照していただきたい。結果についてはTable1中に示す通りである。

Fig.2は三軸圧縮試験結果の一例としてコークスの $\sigma_3=686\text{KPa}$ の応力-ひずみ-体積変化関係を示したものである。図中には実測された $(\sigma_1/\sigma_3)-\varepsilon_1$ 曲線と $\varepsilon_v-\varepsilon_1$ 曲線を示すとともに、比較のために4種類の堅固な粒子からなる砂(木津川砂、豊浦砂、相馬砂、愛知川砂)の示す領域(半透

キーワード；粒状土，粒子破碎，せん断特性，単粒子強度

住所；滋賀県草津市野路東 1-1-1，電話；077-566-1111(内線 8717)，FAX；077-561-2667

Table1 物理試験結果

試料	粒径 (mm)	相対密度 D_r (%)	最大密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	最小密度 ρ_{dmin} (g/cm ³)	土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	平均単粒子強度 $\bar{p}$ (MPa)
軟	0.85 ~ 0.6	80	0.991	0.728	2.363	23.664
			1.219	1.026	2.615	122.805
			1.377	1.090	2.631	69.412
			1.435	1.190	2.657	84.650
			0.624	0.502	1.77	33.827
			1.619	1.335	2.650	509.277
硬	相馬砂 愛知川砂					304.125

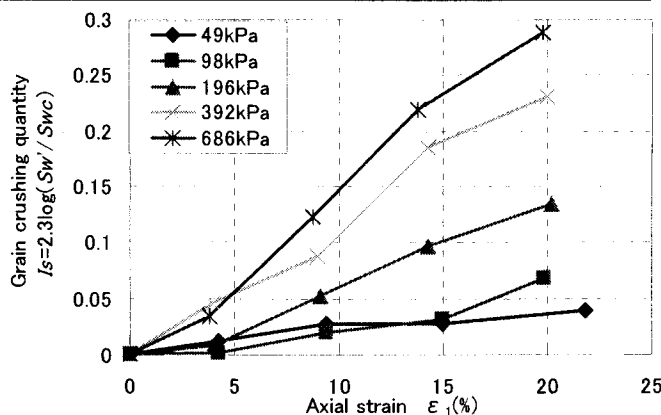


Fig.1 せん断過程における粒子破碎状況

明部分)を併載している。図から明らかなように実測されたコークスの応力-ひずみ曲線はピークの低いなだらかな曲線となり、体積変化-ひずみ曲線も負のダイレイタンスーを示している。このように密詰め状態にもかかわらず緩詰めのと似た傾向を示すことが分かる。

4. 無破碎状態の応力-ひずみ-体積変化関係

次に、無破碎状態の体積ひずみ ε_{v0} と主応力比 $(\sigma_1/\sigma_3)_0$ をそれぞれ式(1)と式(3)を用いて推定する。その際、式(3)中の右辺第二項の係数 K の設定が重要になるが、文中では各拘束圧における無破碎状態の応力-ひずみ曲線が堅固な粒子からなる砂の応力-ひずみ曲線の領域内(半透明部分)に入るように逆算して求め、その平均を代表値として用いることにした。と言うのも、Fig.3 に示したように逆算して求めた係数 K が、今回の実験の範囲では幾分ばらつくものの、全体として拘束圧の大小によらずほぼ一定とみなして差し支えないからである。従って、以後、係数 K を材料定数として取り扱うこととする。以上のような手順で得られた無破碎状態の $(\sigma_1/\sigma_3)_0 - \varepsilon_1$ 曲線と $\varepsilon_{v0} - \varepsilon_1$ 曲線が Fig.2 中に示されている。図から、同一物性を保持しつつ破碎を生じないと仮定した、いわゆる無破碎状態の応力-ひずみ-体積変化関係は、明瞭なピークをもち正のダイレイタンスーを示しており、堅固な粒子からなる砂のそれと同様な傾向となることが分かる。

5. 係数 K について

上記の論法で、脆い粒状土のせん断特性の特異性を一応説明できることが判明したが、その際に重要な役割を演じた式(3)中の係数 K の性格が依然不明瞭のままである。そこで今回、新たに実施した単粒子強度試験結果との関連性について調べてみた。その結果を Fig.4 に示す。図より、式(3)中の係数 K は単粒子強度と負の濃い相関関係があることがわかる。

このことから、係数 K は粒子の硬軟と密接な関連を持つ材料定数と考えられる。

6. 結言

以上の考察から判明した事柄を簡潔に述べると、次の通りである。

- (1)脆い粒状体の粒子破碎に起因するせん断特性の特異性について、本論文で提案の論法で、一応定量的な説明が可能である。
- (2)粒子破碎の影響量を推定する上で重要な式(3)中の係数 K は拘束圧に依存せず材料定数と考えて差し支えない。
- (3)係数 K は単粒子強度と負の濃い相関がある。

参考文献 1) 橋口正悟・内山高弘・福本武明: しらすのせん断特性に及ぼす粒子破碎の影響,

土木学会第 57 回年次学術講演会概要集, pp.577~578, 2002. 2) 福本武明・橋口正悟: 脆弱粒子からなる粒状体のせん断特性, 土木学会第 57 回年次学術講演会, pp.579~580, 2002. 3) 久保尚也・橋口正悟・福本武明: まさ土の応力-ダイレイタンスー関係に関する考察, 土木学会第 58 回年次学術講演会(CD-ROM), Vol.58, DISK1, III-387. 4) 小山桃太・南邦亮・福本武明: 砂の圧縮特性に関する基礎的考察, 土木学会第 58 回年次学術講演会(CD-ROM), Vol.58, DISK1, III-499.

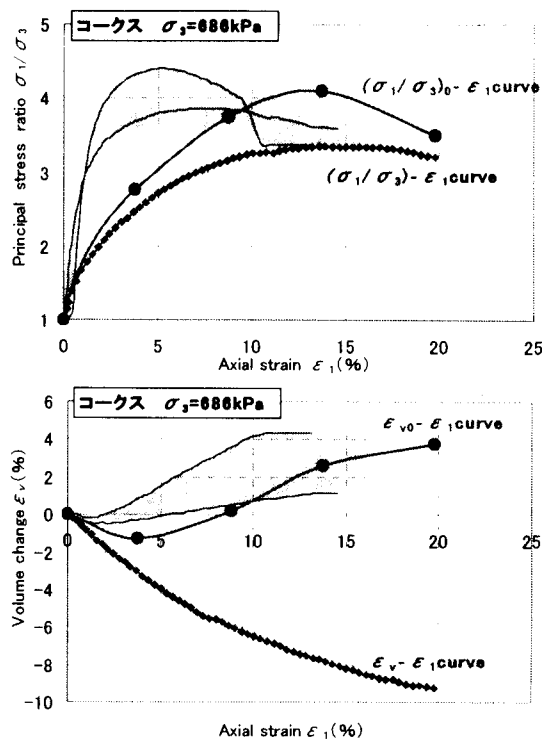


Fig.2 応力-ひずみ-体積変化関係

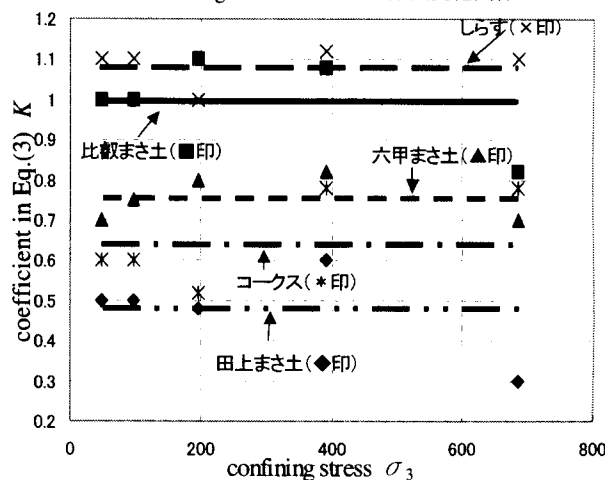


Fig.3 式(3)中の係数 K と拘束圧の関係

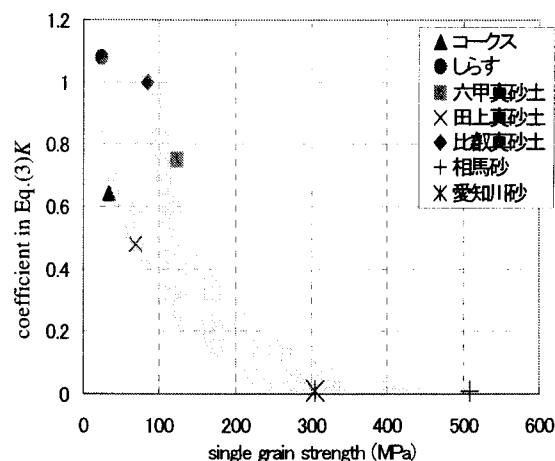


Fig.4 式(3)中の係数 K と単粒子強度の関係