

(株)日建技術コンサルタント 正会員 ○野口 進

立命館大学理工学部 学生員 澤井 大祐

立命館大学理工学部 正会員 福本 武明

1. はじめに 既報^{1)~3)}では、砂の高圧圧縮特性を明確にする目的で、約70MPaまで載荷可能な高圧圧密試験装置を用い、側方拘束圧密試験を行い、得られた主要な結果を公表してきた。引き続き本報では、これまでの当研究室での実験データに基づき、主として高圧圧密過程における砂粒子の破碎特性に的を絞って詳しく検討したのでその結果を報告する。

2. 実験方法 今回は、Table 1に示すように、6種類の材質の粒状土を選び、粒径や相対密度を設定して、高圧圧密試験を行った。まず、絶乾状態の試料を所定の方法でモールド（内径：60mm、深さ：40mm）に詰め、これを標準圧密試験装置にセットし、荷重増分比を1として圧密応力 $p=0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 3.2, 6.4 \text{ kgf/cm}^2$ まで載荷し、次に油圧式高圧圧密試験装置（既報参照）に移して圧密応力 $p=12.8, 25.6, 51.2, 102.4, 204.8, 409.6, 707.7 \text{ kgf/cm}^2$ まで段階的に載荷した。載荷終了後に試料を取り出し、ロータップ型振とう機を用いて3分間のふるい分けを行い、粒子破碎状況を調べた。その結果の一例をFig.1(a)~(c)に示す。

3. 高圧圧密過程における粒子破碎状況 Fig.1(a)~(c)から次のようなことが分かる。すなわち堅固な粒子の愛知川砂の場合（Fig.1(a））、通常の応力下ではほとんど粒子破碎が起きていないが、 $p=102.4 \text{ kgf/cm}^2$ を越えると砂粒子の破碎が起ること、また脆弱な粒子のしらすの場合（Fig.1(c））、通常の応力段階から粒子破碎が起きており、高圧下になると顕著な粒子破碎が確認されること、さらには本邦の特殊土である真砂土なども顕著な破碎性を示す材料であること、などが分かる。

Table 1 Physical properties of soil samples (1kgf/cm²=98KPa)

No	Soil sample	Grain size (mm)	JIS A 1202	JSF T 161-1990		Relative density D_r (%)	Consolidation yield stress p_c (kgf/cm ²)	Particle breakage stress p_b (kgf/cm ²)
			G_s	ρ_{s1} (g/cm ³)	ρ_{s2} (g/cm ³)			
A	Souma sand	0.85~0.60	2.650	1.619	1.335	95%	160	130
B	Echigawa sand	0.85~0.60	2.662	1.567	1.283	95%	120	130
C	Rokkou decomposed granite	0.85~0.60	2.622	1.474	1.164	95%	50	50
D	Ikoma decomposed granite	0.85~0.60	2.648	1.402	1.093	95%	37	28
E	Hiei decomposed granite	0.85~0.60	2.678	1.468	1.174	95%	24	28
F	Sirasu	0.85~0.60	2.501	1.106	0.835	95%	7	9

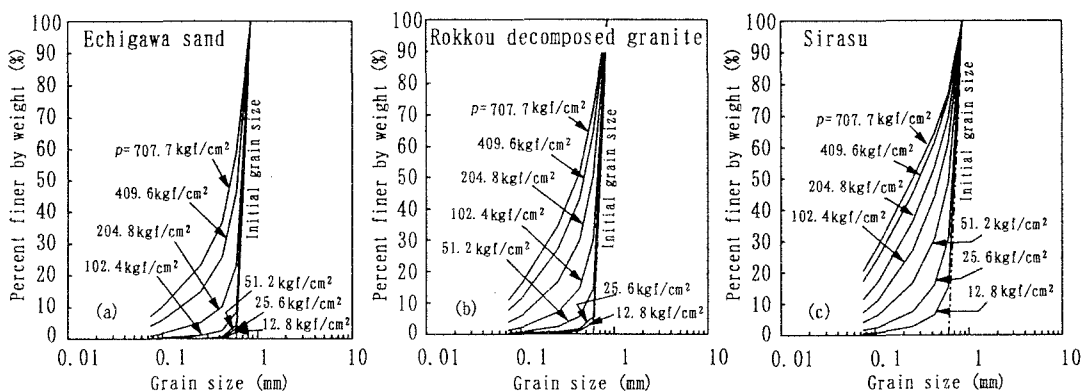


Fig.1 試験前後の粒径加積曲線

Susumu NOGUCHI, Daisuke SAWAI, Takeaki FUKUMOTO

4. $e-\log p$ 曲線と $I_s-\log p$ 曲線の対応関係

試験前後のふり分け試験の結果から粒子を球と仮定して比表面積 (S_w', S_w) を算定し、(1)式で定義される粒子破砕量 $I_s^{(1)}$ を求める。

$$I_s = 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{S_w'}{S_w} \right] \quad \text{----- (1)}$$

こうして求めた I_s を $\log p$ に対してプロットし、 $e-\log p$ 曲線と抱き合わせて示すと、Fig. 2とFig.3のようになる。これらの図から線の急激に折れ曲がっている箇所が、しらすでは $p=10\text{kgf/cm}^2$ 付近、六甲真砂土では $p=50\text{kgf/cm}^2$ 付近、愛知川砂では $p=100\text{kgf/cm}^2$ 付近となっており材質の硬軟の序列とよく対応するとともに、 $e-\log p$ 曲線と $I_s-\log p$ 曲線の傾向そのものが非常によく似た対応関係にあることがわかる。そこで、これらの関係を明確にするために、砂の高圧圧密特性を特徴づける特性値として圧密降伏応力 p_c のほかに粒子破砕応力 p_b を求め (p_b については現行の土質試験法中にある三笠の方法⁴⁾ により求め、 p_b は $I_s-\log p$ 曲線の立ち上がり前後の直線部の交点に相当する応力として求めた³⁾)、これらの関係をFig.4に示した。Fig.4から明らかなように、 p_c と p_b はほぼ直線上に並び、非常に濃い相関関係を持つ。以上のことは、高圧下の砂の $e-\log p$ 曲線と飽和粘土のそれとの類似性に砂粒子の破砕が極めて大きく関与していることを如実に物語るものである。

5. 結び 今回の実験では、4節で述べたように圧密降伏応力 p_c のほかに粒子破砕応力 p_b なる特性値を求めることによって、約70MPaまでの範囲における砂の $e-\log p$ 特性と粒子破砕現象との濃い関係が具体的に説明できることが分かった。今後は、土の種類や試験条件を種々変えてさらに多くの実験を行い、砂の高圧圧縮特性の全体像を明らかにしていきたい。

【参考文献】

- 1) 福本・福田・岡部：まさ土の圧縮特性に及ぼす粒子破砕の影響，第28回土質工学研究発表会講演集，pp. 457～458, 1993
- 2) 福本・野口：砂の高圧圧密特性，平成7年度土木学会関西支部年次学術講演会概要集，pp. Ⅲ-21-1～2, 1995
- 3) 野口・福本：高圧下での砂の圧密特性に関する考察，土木学会第51回年次学術講演会概要集，pp. 386～387, 1996
- 4) 土木工学会編(1990)：土質試験の方法と解説，p. 294

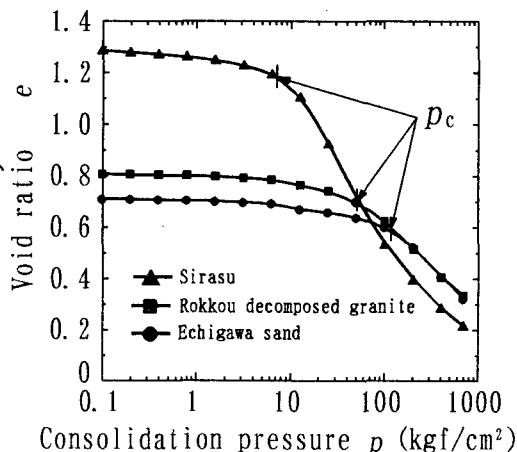


Fig. 2 $e \sim \log p$ 曲線

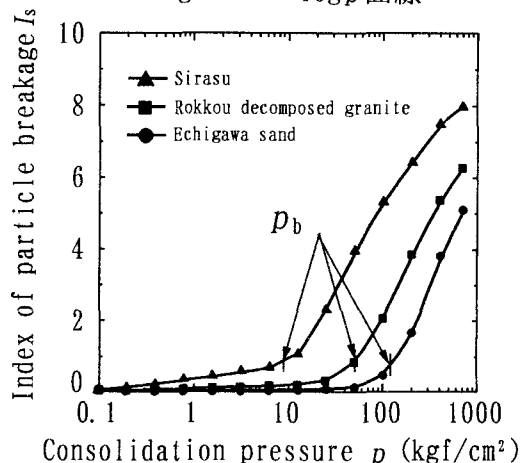


Fig. 3 $I_s \sim \log p$ 曲線

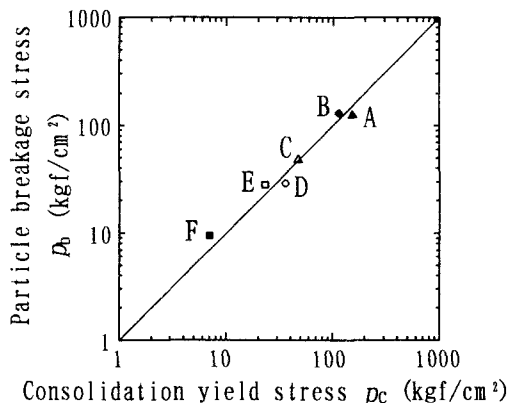


Fig. 4 p_c と p_b の関係