

Ⅲ-A191

高圧下における砂の $e\text{-log}p$ 特性

立命館大学大学院 学生員 ○澤井 大祐

立命館大学大学院 学生員 喜田 啓介

(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 正会員 福本 武明

1.はじめに 既報^{1)~4)}では、高圧下での砂の圧縮特性をよりよく理解するために油圧式高圧圧縮試験装置^{1) 2)}を用いて圧縮応力 $p = 707.7 \text{ kgf/cm}^2$ (約 70MPa) までの範囲で側方拘束圧縮試験を行い、得られた主要な結果を公表してきた。本報では、これまでの当研究室で得たデータに基づき、主として砂の $e\text{-log}p$ 特性に及ぼす材質、粒径、粒度などの影響を調べたので、その結果について報告する。

2.実験方法 試料は、表-1に示すように材質として六甲真砂土、生駒真砂土、相馬標準砂を用い、粒度の影響を調べるために六甲真砂土の粒度を4通り(図-1参照)に変え、また粒径の影響を調べるために六甲真砂土と相馬標準砂を粗(2.00~1.18mm)、中(0.85~0.60mm)、細(0.25~0.15mm)に分け、さらに密度の影響を調べるために生駒真砂土と相馬標準砂を緩($Dr=25\%$)、密($Dr=95\%$)の2状態に設定した。まずこれらの試料を所定の相対密度になるようにモールド(内径 60mm, 深さ 40mm)に詰め、標準圧密試験機で圧縮応力 $p = 0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 3.2, 6.4 \text{ kgf/cm}^2$ まで載荷し、次に油圧式高圧圧縮試験装置に移し、圧縮応力 $p = 12.8, 25.6, 51.2, 102.4, 204.8, 409.6, 707.7 \text{ kgf/cm}^2$ 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。

3. $e\text{-log}p$ 関係 図-2は間隙比 e と載荷応力 p の関係を示したもので、(a)図に粒度の影響を、(b)図と(c)図にそれぞれ粒径と密度の影響を三種の材質について図示してある。図より、いずれも砂の $e\text{-log}p$ 曲線は飽和粘土の圧密試験における $e\text{-log}p$ 曲線と良く似通っていることが分かる。そこで、飽和粘土という圧密降伏応力 p_c に相当する値を砂の場合にも現行の土質試験法中にある三笠の方法⁵⁾に準拠して求め、それらの位置を図-2にプロットした。これより、図上の p_c の位置は材質、粒度、粒径(粗、中、細)、密度(緩、密)によって顕著に影響されることが分かる。

4. p_c と p_b との対応 試験後のふるい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碎量 I_s を求める。

$$I_s = 10 \cdot \log_{10}(S_w' / S_w) \quad (1)$$

No.	土の種類	粒径 (mm)	相対密度 Dr	比重 G_s	最大・最小密度 (g/cm^3)	
					ρ_{max}	ρ_{min}
1a	六甲真砂土 均一径	2.00~0.85	95%	2.619	1.363	1.074
1b	六甲真砂土 粒度A	2.00~0.85	95%	2.626	1.536	1.135
1c	六甲真砂土 粒度B	2.00~0.85	95%	2.633	1.642	1.178
1d	六甲真砂土 粒度C	2.00~0.85	95%	2.631	1.639	1.178
2a	六甲真砂土	2.00~1.18	95%	2.614	1.471	1.198
2b		0.85~0.60	95%	2.622	1.474	1.164
2c		0.25~0.15	95%	2.639	1.431	1.069
3a	生駒真砂土	0.85~0.60	95%	2.648	1.402	1.093
3b			25%			
4a	相馬標準砂	2.00~1.18	95%	2.643	1.709	1.484
4b		0.85~0.60	95%	2.650	1.619	1.335
4c			25%			
4d		0.25~0.15	95%	2.622	1.421	1.100

表-1 試料の物理的性質

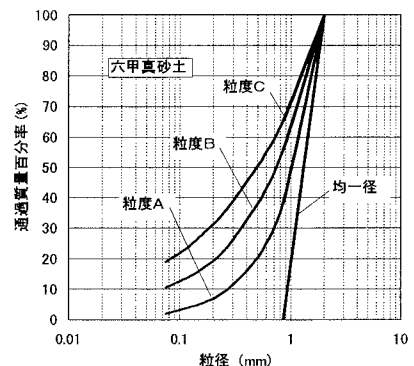


図-1 試料 No. 1 の粒度曲線

$e\text{-log}p$ 曲線 圧密降伏応力 粒子破碎 砂 側方拘束圧縮試験

〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 TEL 077-561-2731 FAX 077-561-2731

こうして求めた I_s と載荷応力 p の関係を図-3(a)～(c)に示す。図-3 は図-2 と対応づけて描いてあり、 e - $\log p$ 曲線における圧密降伏応力 p_c の位置と I_s - $\log p$ 曲線の急激に折れ曲がっている箇所とがよく合致しているのがわかる。いま、その折れ曲がっている箇所を粒子破砕応力 p_b と仮称し、 I_s - $\log p$ 曲線の立ち上がり前後の直線部分の交点に相当する応力³⁾として求め、その位置を図-3 中にプロットしてある。こうして求めた p_b と p_c の関係を図示すれば図-4 のようになる。この図から明らかなように全ての点が 45° の直線上にほぼ並び、両者の間に非常に深い相関関係があることが判明した。このことは、砂の e - $\log p$ 曲線と圧縮過程で生起する粒子破砕現象との間に不可分の関係があることを意味する。

5. 結び 以上により、高圧域までを対象にした砂

の e - $\log p$ 特性をかなり具体的に

把握できたのではないかと考えている。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：まき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概要，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, 1995 4) 野口・澤井・福本：高圧圧縮時の砂の粒子破砕特性，平成9年度土木学会関西支部年次学術講演概要，pp.Ⅲ-58-1～2, 1997 5) 土木学会編（1990）：土質試験の方法と解説，p.294

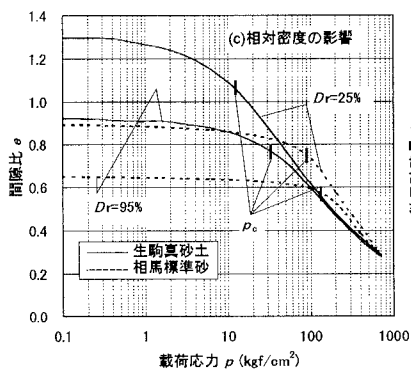
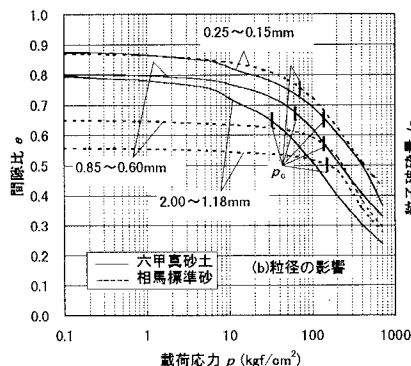
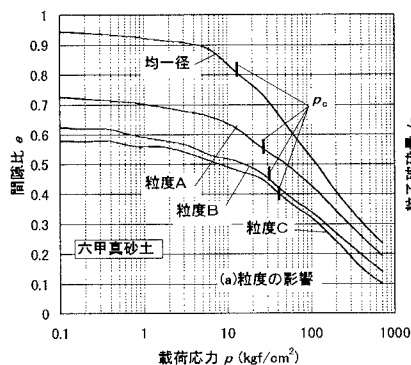


図-2 e - $\log p$ 曲線

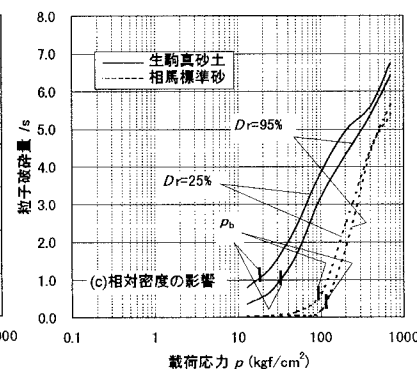
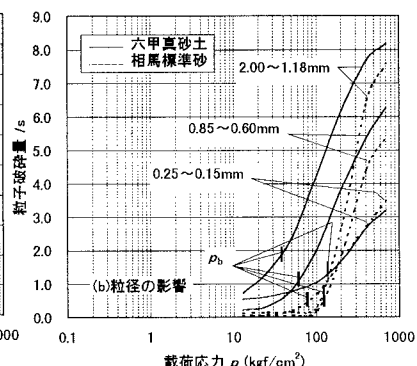
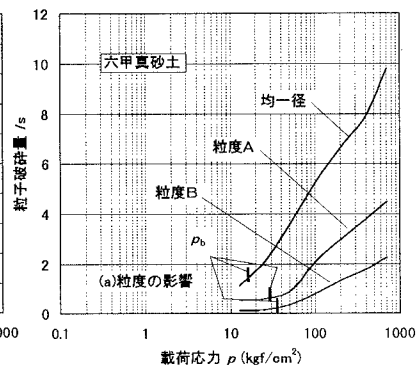


図-3 I_s - $\log p$ 曲線

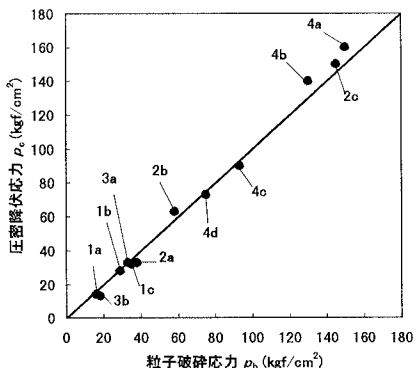


図-4 p_c - p_b の関係