

東海大学大学院 学生会員○鈴木 智
東海大学 正会員 赤石 勝
東海大学 正会員 杉山 太宏

1. まえがき

土質工学に関連する設計施工上の問題において、不飽和土の強度変形特性を扱うべき場合が多く見られる。不飽和土の力学的挙動は飽和度によって大きな影響を受けることが知られている¹⁾。この報告では、不飽和関東ロームの三軸圧縮試験から、不飽和土を土粒子と圧縮性間隙流体の2相系としてとらえ、強度変形特性を Cam Clay Model で再現する試みを実施した。

2. 試料ならびに実験方法

実験に用いた試料は東海大学近くで採取した自然含水比 100~110%の立川ロームである。物理的性質は Table 2.1 の通りである。直径 5cm 高さ 10cm のモールドに試料を 3 層に分けて詰め上載圧 2kgf/cm² で圧密した。三軸試験機にセットし再び 24 時間等方圧密した後、セル圧を上昇させ B 値を測定した。その後、圧密非排水あるいは排水三軸圧縮試験を実施した。

3. 圧密非排水、圧密排水三軸圧縮試験結果と考察

Fig. 3.1(a)は、せん断前の飽和度 S_r が 100%以上の土試料の有効応力経路である。

各圧密圧力ともにせん断前の B 値は 1 であった。有効応力経路は、限界状態線(CSL)付近でダイレイタンシーが負から正に変わり、CSL に沿って偏差応力が増大している。

Fig. 3.1(b)(c)は $S_r=97\sim94\%$ (B 値=0.54~0.48)、 $S_r=89\sim85\%$ (B 値=0.15~0.1) という不飽和状態の試料で測定された間隙圧から求めた有効応力経路である。飽和度が下がるにしたがって、せん断抵抗角 ϕ' は小さくなっている。各飽和度ともにせん断後半で急激に間隙圧が発生し、有効応力経路は CSL に向かっている。

Fig. 3.2 は三軸 CD 試験の有効応力経路である。 Φ_d は、 S_r あるいは B 値によらず一定であり、B=1 の CU 試験の ϕ' に一致している。

Table 2.1

Sample	ρ_s (g/cm ³)	W_L (%)	W_p (%)	Grading (%)		
				Clay	Silt	Sand
関東ローム	2.897	104.9	72	20.9	42	37.1

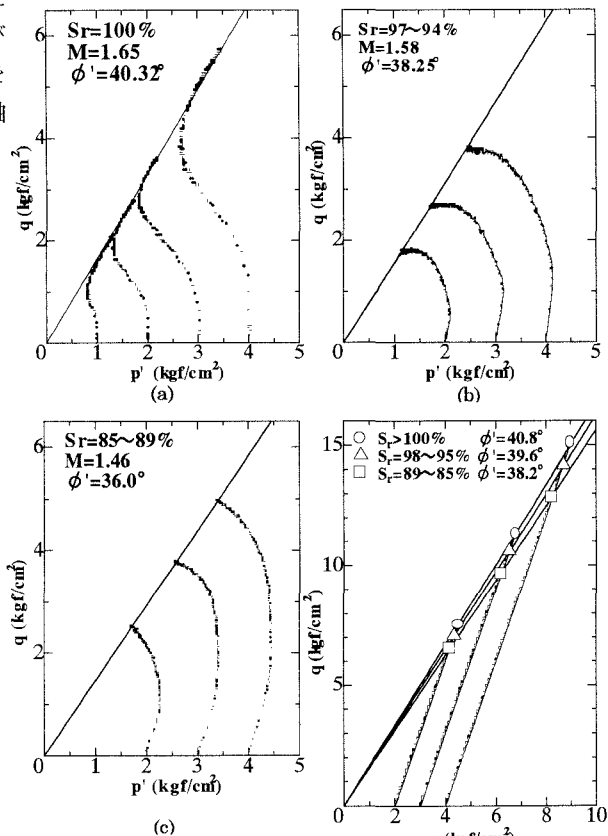


Fig. 3.1 三軸 CU 試験の結果

Fig. 3.2 三軸 CD 試験の結果

不飽和、関東ローム、有限要素法、せん断、間隙圧係数

東海大学土木工学科：神奈川県平塚市北金目 1117 TEL 0463-50-2045

4. B 値測定と考察

Fig.4.1 はセル圧増分 $\Delta\sigma$ (等方圧) と間隙圧増分の関係である。グラフに示した飽和度 S_r は、圧密後、載荷前の値である。セル圧増分に対する間隙圧増分の比(Fig.4.1 における傾き)がB値である。 $S_r=100\%$ ではセル圧増分と等しい間隙圧が発生しているが、 S_r の減少にともない、発生する間隙圧の値は小さくなっている。また、不飽和供試体では、セル圧増分が大きくなるにしたがって、間隙圧の発生率は増加し、セル圧増分 1kgf/cm^2 以降の値は、1 になる。不飽和土の B 値は、測定時のセル圧増分によって変化することが分かる。Fig.4.2 は、Fig.4.1 から求めたセル圧増分と B 値の関係である。非排水条件下における間隙圧

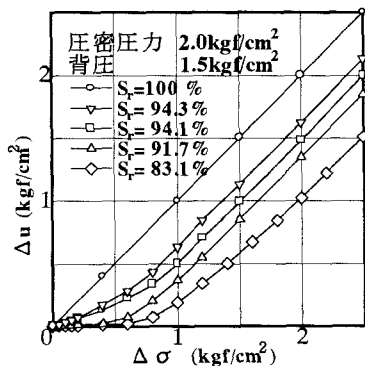


Fig. 4.1 セル圧増分と間隙圧増分の関係

係数 B_h は、Naylor によれば式(4.1)で示される²⁾。式(4.1)を変形したものが式(4.2)であり、 K_f は飽和土要素の体積弾性係数、 K' は有効応力に対する体積弾性係数、 α は間隙流体の圧縮性をしめす定数である。

$$B_h = \frac{K_f}{K_f + K'} \quad (4.1) \quad K_f = \frac{B_h}{1 - B_h} K' = \alpha K \left(\alpha = \frac{B_h}{1 - B_h} \right) \quad (4.2)$$

Fig.4.3 は、式(4.2)による B 値と α の関係、Fig.4.4 は、Fig.4.2 における B 値を式(4.2)の関係で α に置き換えたグラフである。この図を用いた圧密非排水試験三軸 CU の再現計算を実施する。

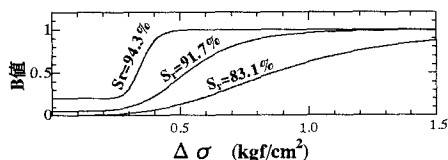


Fig. 4.2 セル圧増分と B 値の関係

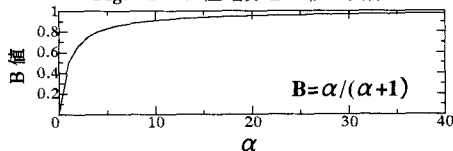


Fig. 4.3 α と B 値の関係

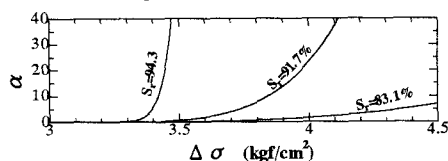


Fig. 4.4 セル圧増分と α の関係

5. 圧密非排水三軸圧縮試験の再現計算

Cam Clay Model による三軸 CU 試験の再現計算に必要な定数を求めた結果が Table5.1 である。ポアソン比 ($\nu = K_0 / (1 + K_0)$) は、静止土圧係数 $K_0 (=1 - \sin \phi')$ から、 K_0 はせん断抵抗角 ϕ' から推定した。三軸 CU 試験の再現計算結果を Fig5.1 に示した。

Fig5.1(a)では CSL に沿って実験結果の偏差応力が大きく上昇しているため、計算結果の最大偏差応力は実験値より小さくなっている。しかし、いずれの計算結果も有効応力経路は CSL 近くまで実測値とよく一致している。

Table5.1 計算に用いた土質定数

Sample	λ	κ	$\Gamma-1$	ν
関東ローム	0.169	0.021	3.307	0.261

6. むすび

不飽和土を間隙水の圧縮性で表現した有限要素法による圧密非排水三軸圧縮試験の再現計算結果で、実験と一致する結果が得られた。今後、応力ひずみ関係についても検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 土質力学：最上 武雄 技報堂
- 2) 土質力学における有限要素法：D.J.ネイラー、G.N.バンディー他著 鹿島出版

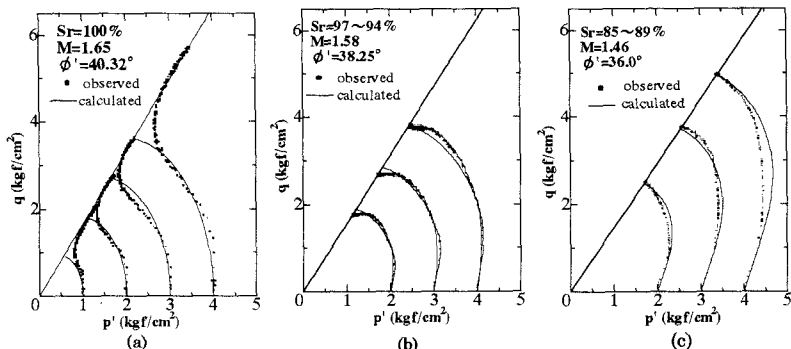


Fig.5.1 三軸 CU 試験の再現計算と実験結果の比