

金沢大学工学部 正会員 ○ 関口秀雄
 金沢大学工学部 正会員 西田義親
 金沢大学大学院 金井文男

1. はじめに

前報¹⁾では、粘性土に対するいわゆる排水三軸試験が実際には部分排水三軸試験であるとの立場から弾・粘塑性有限要素解析を行い、部分排水条件 (partially-drained condition) におけるひずみ速度効果の解明を試みた。本報告では、上記の解析結果の妥当性を調べるために行つた実験の結果について述べる。

2. 実験の概要

本実験シリーズでは、主題である部分排水三軸試験に加えて、非排水三軸試験、等方圧密試験及び標準圧密試験を丸谷粘土 ($w_L = 62.4$, $w_p = 24.2$, $\rho_s = 2.65$) について行った。本節では、これらの試験の方法と目的、及び一部の結果について概要を述べる。

a) 部分排水三軸試験： 周圧 $\sigma_3 = 3 \text{ kgf/cm}^2$ と背圧 $\sigma_b = 1 \text{ kgf/cm}^2$ のもとで、つまり有効圧 $p_0 = 2 \text{ kgf/cm}^2$ のもとで等方圧密を完了させた円柱状の飽和粘土試料に対し、周圧と背圧とを一定に保ちながら、表-1に示すような5種類の軸ひずみ速度のもとで、ひずみ制御式の排水三軸圧縮試験を行った。その際、供試体(半径 $a = 1.8 \text{ cm}$, 高さ $h = 8.0 \text{ cm}$)の上下端には摩擦軽減の工夫を施し、透水は、供試体の側面に貼り付けたフィルター紙に向かって放射状に生ずるように設定した。なお、Run D-2とRun D-4においては、供試体中心軸における間隙水圧を供試体底面で測定した。

表-1

Run No.	$\dot{\epsilon}_z$ (%/min)
D-1	0.12
D-2	0.044
D-3	0.0096
D-4	0.0044
D-5	0.0011

b) 非排水三軸試験： これは部分排水三軸試験の特別の場合と考えられる。そこで本研究では比較のため、 $p_0 = 2 \text{ kgf/cm}^2$ 及び $\dot{\epsilon}_z = 0.01\%/\text{min}$ のもとで非排水三軸圧縮試験 (Run U-1) を行った。

c) 等方圧密試験： 上述のa), b)の試験においては、フィルター紙として図-1(a)に示すような切り欠きを有するもの(厚さ 0.2 mm)を用いているが、それでどうなるか100%の排水効率が確保されているかどうかを調べるために、図-1(b)に示すような、切り欠きのない全面フィルター紙を用いたケースの等方圧密試験を行った。すなわち、供試体に切り欠きフィルター紙を1枚巻いた場合 (Run 1)に加えて、全面フィルター紙を1枚巻いた場合 (Run 2)、全面フィルター紙を2枚巻いた場合 (Run 3)、及び全面フィルター紙を3枚巻いた場合 (Run 4)について、それぞれ t_{100} の値を Bishopら²⁾の方法にしたがって求めると、表-2の結果が得られた。表-2にはさらに、全面フィルター紙を3枚巻いた場合 (Run 4)の排水効率を100%、つまり $\eta = 1.00$ としたときの、他の場合の排水効率 η の値も記載してある。それによると、上述の部分排水三軸試験におけるフィルター紙の排水効率 η の値は $0.16 (= 16\%)$ と、かなり小さいことがわかる。

表-2 フィルター紙の排水効率

Run No.	p (kgf/cm ²)	t_{100} (min)	η
1-1	1.5	224.3	0.17
2-1	1.5	106.7	0.36
3-1	1.5	50.4	0.76
4-1	1.5	38.4	1.00
1-2	2.5	365.1	0.15
2-2	2.5	187.3	0.29
3-2	2.5	68.3	0.79
4-2	2.5	54.2	1.00

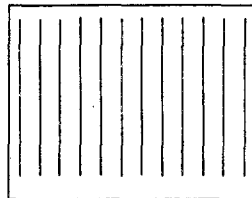
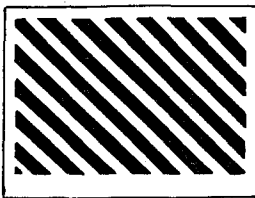


図-1(a) 切り欠きフィルター紙

図-1(b) 全面フィルター紙

また、等方圧密試験から圧縮指数 λ と膨潤指数 K のそれぞれの値を求めた。

d) 標準圧密試験： 試料土の透水係数 k と間隙比 e との関係を求めたために、2ケースの標準圧密試験を行った。

3. 部分排水条件におけるひずみ速度効果の実測と考察

部分排水三軸試験と非排水三軸試験から求めた応力・ひずみ関係をまとめて図-2に示す。まず、せん断抵抗 $(\bar{\sigma}_z - \bar{\sigma}_T) / P_0$ と軸ひずみ ϵ_z との関係に注目すると、文献1)に指摘したとおり、せん断過程の初期ではひずみ速度が大きいほど、同一ひずみレベルにおけるせん断抵抗の値は大きくなっているのに対し、せん断過程の後半ではその傾向の逆転している様子が認められる。他方、体積ひずみ \bar{v} と軸ひずみ ϵ_z との関係に注目すると、 $\bar{v} \sim \epsilon_z$ 曲線がひずみ速度の低減に応じて単純に下方へ移行しているとともに、十分にひずみ速度の値が小さいと考えられるRun D-4とRun D-5では実質上、 $\bar{v} \sim \epsilon_z$ 曲線は一致していることがわかる。なお、Run D-4とRun D-5、及びRun D-3においては、 $(\bar{\sigma}_z - \bar{\sigma}_T) / P_0 \sim \epsilon_z$ 曲線が実質的に一致していることを補足しておく。

つぎに、部分排水三軸試験における供試体中心部の間隙水圧 P_w の発達性状を示したのが図-3である。そして、Run D-2とRun D-4における P_w / P_0 のピーク値を、無次元化した軸ひずみ速度 $\frac{d\epsilon_z}{dt}$ に対してプロットすると、図-4中の○印、ないしは●印のようになる。ここに、 $\frac{d\epsilon_z}{dt}$ はつぎのように定義されている。

$$\frac{d\epsilon_z}{dt} = \dot{\epsilon}_z \cdot \frac{\alpha^2}{C} \dots\dots (1), \quad \text{ただし } C = \frac{k_0 \cdot \sigma_{z0} \cdot (1+e_0)}{\lambda \cdot P_w} \cdot \eta \dots\dots (2)$$

すなわち、図-4中の○印は、フィルタ-紙の排水効率 $\eta = 1.00$ を仮定した場合に相当し、同図中の●印は、実際の切り欠きフィルタ-紙の排水効率 $\eta = 0.16$ を上式に代入した場合に相当している。このようにフィルタ-紙の実際の排水効率を考慮すると、実測の $\frac{P_w}{P_0} \sim \frac{d\epsilon_z}{dt}$ 関係は、図-4中の実線で示した計算曲線¹⁾とほぼ対応がつくようである。

- 参考文献 1) 関口(1980), 第15回土質工学研究発表会. 1.0
2) Bishop & Henkel (1962), Edward Arnold (Publishers) Ltd.

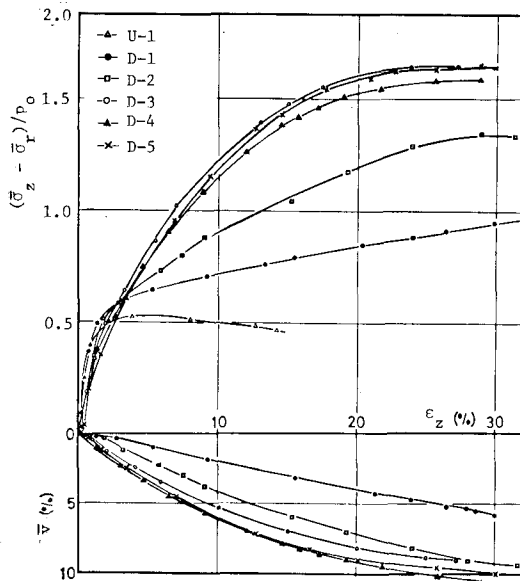


図-2 部分排水三軸試験におけるせん断抵抗～体積ひずみ～軸ひずみ関係

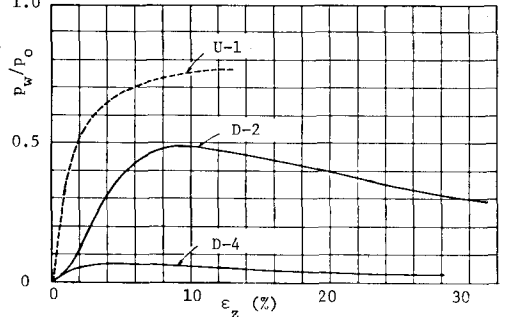


図-3 部分排水三軸試験における間隙水圧の消長

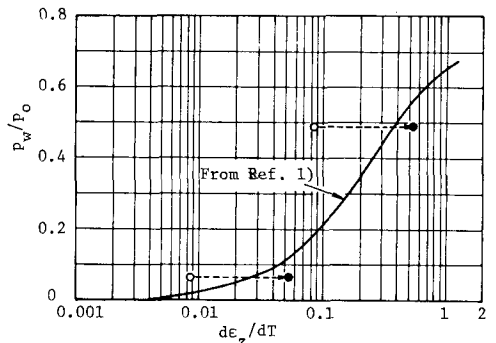


図-4 部分排水三軸試験における間隙水圧のピーク値と無次元化したひずみ速度との関係