

# 段階載荷法と定ひずみ法による圧密試験の結果比較

株式会社東建ジオテック 木下 翔

## 1. はじめに

土の圧密試験の方法として、定ひずみ速度載荷による試験は、超軟弱粘土～硬質粘土の圧密特性を得ることができ、試験結果が段階載荷試験よりも短縮される。また、段階載荷方式に対し、圧密降伏応力付近の圧密特性を細かく連続的に得ることができるなどの利点がある。

今回の調査では、造成後約10年が経過した臨海埋立造成地の沖積粘性土を用いて実施した定ひずみ速度載荷と段階載荷による圧密試験結果の差異と定ひずみ速度載荷試験によって得られた試験結果の留意点についてまとめたものである。

## 2. 試験試料の物理特性

No. 3、No. 5-2地点で採取した乱れの少ない試料5試料にて、同一のシンウォールチューブで採取した供試体を用いて段階載荷法と定ひずみ法による2種類の圧密試験を実施した。

各試料の物理試験結果は下記の表に示す通りである。

表-1 試料の物理特性

試料番号		T3-1	T3-2	T3-3	T3-4	T5-4	
採取深度GL-(m)		17.00～17.87	23.00～23.87	28.00～28.87	29.50～30.37	32.00～32.52	
土質名		シルト	シルト	シルト	粘土	粘土	
層記号		Ae					
物理試験	湿潤密度 $\rho_t(\text{g/cm}^3)$	1.572	1.560	1.554	1.557	1.596	
	乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	0.940	0.922	0.915	0.915	0.967	
	土粒子の密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.570	2.568	2.555	2.571	2.613	
	自然含水比 $w_n(\%)$	67.30	69.20	69.70	70.30	65.00	
	空隙比 $e$	1.736	1.784	1.791	1.811	1.701	
	飽和度 $S_r(\%)$	99.7	99.6	99.5	99.8	99.8	
	粒度分布	水分 (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		砂分 (%)	1.9	1.3	1.4	1.4	1.9
		シルト分 (%)	50.6	48.9	52.5	35.9	51.8
		粘土分 (%)	47.5	49.8	46.1	62.7	46.3
	液性限界 $\omega_L(\%)$	85.1	95.7	89.1	97.4	82.1	
	塑性限界 $\omega_P(\%)$	39.7	41.9	40.0	39.0	34.5	
	塑性指数 $I_p$	45.4	53.8	49.1	58.4	47.6	
	分類	地盤材料の分類名	シルト (高液性限界)	シルト (高液性限界)	シルト (高液性限界)	粘土 (高液性限界)	粘土 (高液性限界)
	分類記号	(MH)	(MH)	(MH)	(CH)	(CH)	

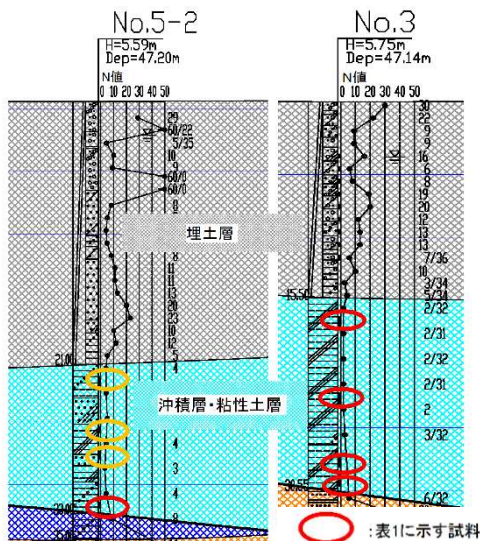


図-1 試料採取地の簡易断面図

## 3. 圧密試験結果の差異

定ひずみ速度載荷と段階載荷による圧密試験結果により、(1)  $e$ - $\log p$  曲線、(2)  $c_v$ - $\bar{p}$ 、 $m_v$ - $\bar{p}$  関係図から得られた試験結果の差異は次の通りである。

### (1) $e$ - $\log p$ 曲線

図-2、図-3に示す各試験方法の  $e$ - $\log p$  曲線を見ると、定ひずみ速度載荷による試験結果は、圧密降伏応力  $P_c$  付近の変化も細かく連続的である。既往論文による調査結果によれば、全体的に定ひずみ速度載荷による結果が段階載荷の結果よりも圧密降伏応力  $P_c$  は大きくなる傾向にあり、圧縮指数  $C_c$  は同じ～大きくなる傾向にある。<sup>1)2)</sup> 今回の試料においても、定ひずみ法による圧密降伏応力  $P_c$  は図-4に示すように大きく出ている。

図-2 定ひずみ法による  $e$ - $\log p$  曲線(T3-3試料)

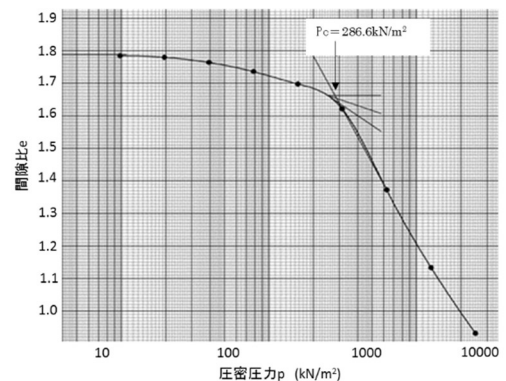
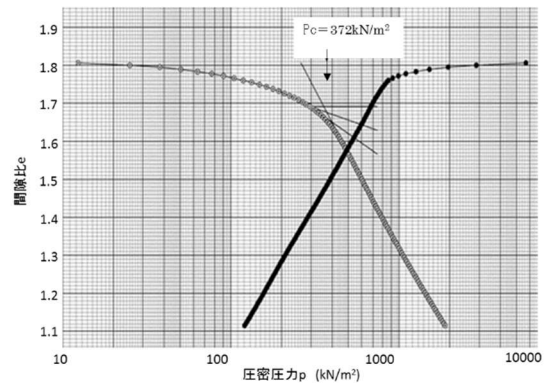


図-3 段階載荷法による  $e$ - $\log p$  曲線(T3-3試料)

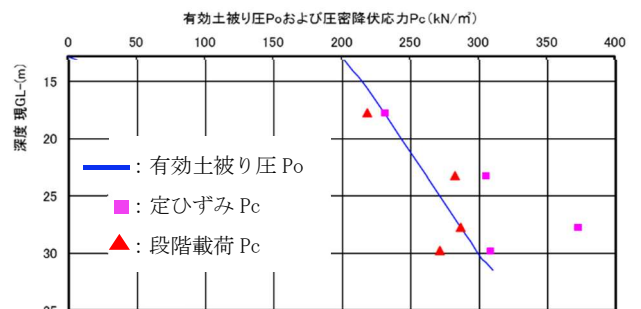


図-4 圧密降伏応力  $P_c$  の結果比較(T3-1～T3-4試料)

## (2) $c_v-\bar{p}$ , $m_v-\bar{p}$ 関係

各試験方法による  $c_v-\bar{p}$ ,  $m_v-\bar{p}$  関係の図表を比較したところ、平均圧密圧力  $\bar{p}$  が小さい値の時は大きなバラツキがあるが、圧密降伏応力  $P_c$  付近で徐々に近い値を示し、圧密降伏応力  $P_c$  付近より大きな荷重においてはほぼ一致する傾向が見られた。平均圧密圧力  $\bar{p}$  が大きくなるにつれて収束する傾向があることを確認した。圧密降伏応力  $P_c$  付近でも若干の違いがあるため、数値の適用には注意が必要である。

## 4. 試験結果の適用性

既往論文における調査結果と、今回の試験データを用いて、定ひずみ速度載荷による試験と段階載荷による試験と各地盤特性との関係性を示す。

洪積粘性土は試験方法の違いにより圧密降伏応力  $P_c$  と圧縮指数  $C_c$  はある程度ばらつきが見られるが、概ね比例もしくは正の相関性を示す結果となる。<sup>1)2)</sup>これは圧縮指数  $C_c$  を定ひずみ速度試験で細かく把握することで圧密降伏応力  $P_c$  の推定が詳細になったことも一つの原因と考えられる。

図-5 に示す通り比較的軟弱な浚渫・沖積粘性土では圧縮指数は大きく変化しないものの圧密降伏応力に差が出ており、物理特性による試験結果への影響が考えられる。

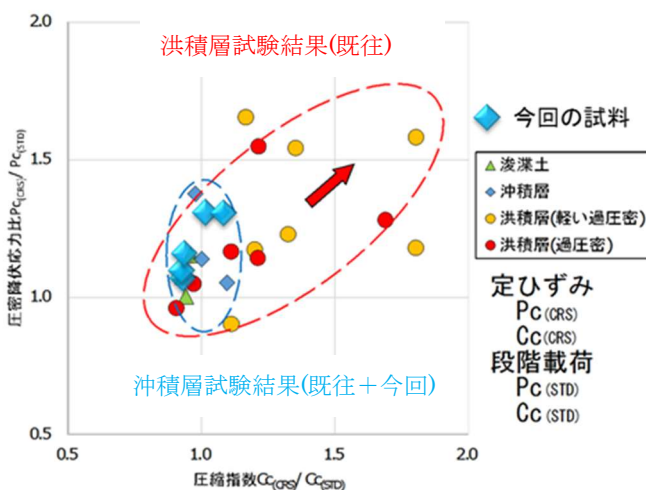


図-5 2つの試験方法により得られた  $P_c/C_c$  関係性比較

## 5. 定ひずみ速度載荷による試験結果の留意点

定ひずみ法による試験の留意点としては、既往論文の通り試料が洪積粘性土の場合は注意が必要である。これは、骨格構造の発達した粘性土では、圧縮曲線が圧密降伏応力付近で急激に変化するものが多く、正規圧密領域の最大勾配部分にて圧縮指数  $C_c$  を直線近似したためである。定ひずみ速度による圧密試験結果から  $C_c$  法で圧密解析を行う際は土質特性等を考慮して適切な値を用いるか適切な解析方法を選択することが大切である。今回の試験結果では、定ひずみ法による圧密降伏応力  $P_c$  は段階載荷法よりも大きく得られる傾向にあった。

## 6. まとめ

既往資料と今回調査による試験方法の比較から、圧密試験の方法と試験結果を利用する際は下記の注意が必要である。

- ①定ひずみ法は変化の捉え方が詳細であるため、 $e-\log p$  曲線の接線付近の変化も連続的に把握することができる。
- ②定ひずみ法は試験にかかる期間も短縮されるが、ひずみ速度の決定にはあらかじめコンシステンシー試験を要するなど、試験を行う準備にも細心の注意を払う必要がある。
- ③圧密降伏応力  $P_c$  や圧縮指数  $C_c$  を用いて圧密沈下計算を行う場合は、段階載荷による結果よりも大きくなる可能性があるため、注意が必要である。
- ④砂分の混入が少ない軟弱な浚渫粘性土や沖積粘性土は試験結果のばらつきが少ないが、洪積粘性土で試験を行う場合には数値の適用に注意が必要である。
- ⑤どちらの圧密試験方法を適用した場合でも、求まる間隙比  $e$  の値や図-6 に示す圧密降伏応力  $P_c$  の算出方法の違いから得られる結果に若干の違いが生じる。<sup>3)</sup>

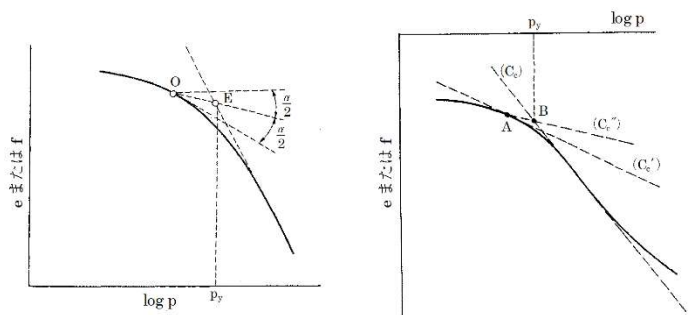


図-6 地盤材料試験の方法と解説に記載される2つの圧密降伏応力  $P_c$  の求め方

## 7. おわりに

今回の2つの圧密試験は、同一のシンウォールライナーにて採取された試料を用いて比較を行った。原地盤の粘性土の状態は、諸条件により異なることが考えられるため、それらを念頭に置く必要がある。

## 《引用・参考文献》

- 1) 石橋慎一郎：「圧密試験結果の解釈について」「定ひずみ速度載荷と段階載荷圧密試験結果について」，全地連技術フォーラム 2011 論文集，論文 No. 77・87，2011.9
- 2) 小島幹生：「段階載荷による圧密試験」と「定ひずみ速度載荷による圧密試験」の試験結果の比較と適用性について」，全地連技術フォーラム 2016 論文集，論文 No. 44，2016.9
- 3) 地盤工学会編：地盤材料試験の方法と解説，pp. 462～500，2009.11