

圧密試験結果の解釈について

日本地研(株) ○石橋 慎一郎

日本地研(株) 橋村 賢次

日本地研(株) 栗巢 吉文

1. はじめに

土の圧密試験方法として、現在、地盤工学会では土の段階載荷による圧密試験（JIS A 1217）と土の定ひずみ速度載荷による圧密試験（JIS A 1227）が制定されている。

定ひずみ速度載荷試験は超軟弱粘土～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試験時間として短縮される。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。このため、定ひずみ速度載荷試験は研究及び実業務用として普及している。

本報告は、浚渫粘土・沖積粘土・洪積粘土を用いて行っ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及び定ひずみ速度載荷圧密試験より得られた試験結果の留意点について述べるものである。

2. 試験試料の物理特性

比較試験に用いた試料は、様々な場所から採取した浚渫粘土・沖積粘土・洪積粘土の3種類各2試料と、深度方向に採取した沖積～洪積粘土の6試料でそれぞれ圧密試験を行った。浚渫粘土は、海底土砂をポンプ浚渫して陸上に仮置きされた試料を用いた。沖積粘土・洪積粘土は、地表面からシワールサンプリングにより採取した乱れの少ない試料を用いた。

試料の物理試験結果は、表－1 試料の物理特性に示すように湿潤密度 $\rho_t = 1.46 \sim 1.96 \text{ g/cm}^3$ 、土粒子の密度 $\rho_s = 2.62 \sim 2.71 \text{ g/cm}^3$ の無機質粘土である。含水比は浚渫粘土 $w_n \approx 80\%$ 、沖積粘土 $w_n = 70 \sim 90\%$ 、洪積粘土 $w_n = 50 \sim 70\%$ 、Bor.No.1では沖積粘土 $w_n = 40 \sim 70\%$ 、洪積粘土 $w_n \approx 30\%$ を示し、細粒分含有率は全試料ともに $F_c = 80\%$ 以上であった。

定ひずみ速度載荷のひずみ速度は、JIS 規格では試料の塑性指数 I_p を参考値としているため、液性限界・塑性限界試験を実施して塑性指数 I_p を求めた。

表－1 試料の物理特性

試料名	No.	採取深度 (GL±m)	湿潤密度 $\rho_t (\text{g/cm}^3)$	土粒子の密度 $\rho_s (\text{g/cm}^3)$	含水比 $w_n (\%)$	細粒分含有率 $F_c (\%)$	液性限界 $w_L (\%)$	塑性限界 $w_P (\%)$	塑性指数 I_p
浚渫土	①	陸上	1.52	2.70	78	80	61	25	36
	②	仮置	1.56	2.70	85	84	65	26	39
沖積粘土	①	-10	1.46	2.62	90	93	78	36	42
	②	-20	1.56	2.64	72	97	78	37	41
洪積粘土	①	-45	1.66	2.67	58	86	79	35	44
	②	-55	1.59	2.68	69	97	90	40	50
Bor.No.1	①	-12	1.70	2.70	51	89	70	30	40
	②	-14	1.76	2.70	48	88	67	30	38
	③	-16	1.74	2.71	46	82	61	29	33
	④	-18	1.63	2.71	62	94	87	31	56
	⑤	-20	1.62	2.70	63	93	75	32	43
	⑥	-22	1.96	2.66	26	87	63	20	43

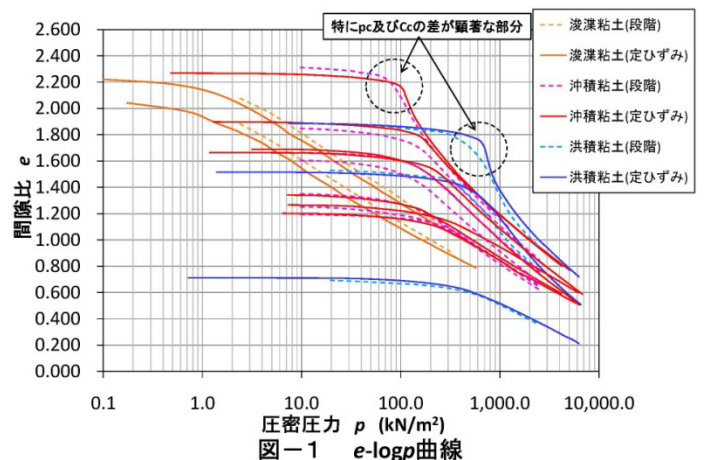
浚渫粘土は $I_p < 40$ 、沖積粘土と洪積粘土では $I_p > 40$ の結果が得られた。また、Bor.No.1では沖積粘土・洪積粘土を問わず $30 < I_p < 60$ とばらついていた。これらの結果から JIS 規格に準じてひずみ速度を決定した。

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より、① $e - \log p$ 曲線、② $m_v - \bar{p}$ 関係、③ $c_v - \bar{p}$ 関係の集積図から得られた試験結果の差異は次のとおりである。

(1) $e - \log p$ 曲線

図－1 に示す $e - \log p$ 曲線をみると、浚渫粘土では定ひずみ速度の場合小さい荷重からの計測も可能であり、段階載荷では求められなかった圧密降伏応力の大きな判定も可能である。多少のばらつきはあるが沖積粘土及び洪積粘土では、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 及び圧縮指数 C_c が大きくなる傾向を示している。



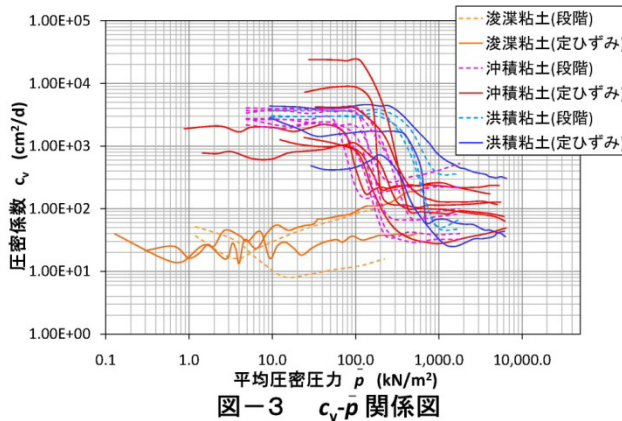
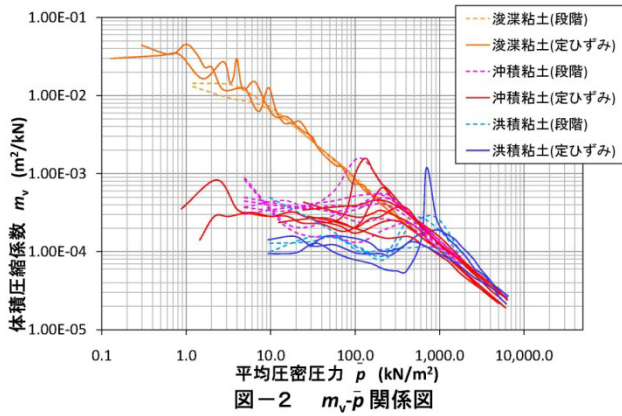
図－1 $e - \log p$ 曲線

(2) $m_v - \bar{p}$ 関係

図－2 の $m_v - \bar{p}$ 関係図をみると、体積圧縮係数 m_v は、定ひずみ速度載荷と段階載荷ともに同様な傾向を示し、大きな試験方法の差異は見られない。沖積粘土と洪積粘土では、圧密降伏応力 p_c 相当の圧力で m_v が急激に大きくなっているものがある。また、浚渫粘土→沖積粘土→洪積粘土と m_v は小さくなる傾向が顕著に認められる。なお、 m_v が大きくばらつく範囲は過圧密領域で正規圧密領域に入ると収束する傾向を示している。

(3) $c_v - \bar{p}$ 関係

図－3 の $c_v - \bar{p}$ 関係図に示すように、圧密係数 c_v も地層の違いは顕著であるが、大きな差異は見られない。過圧密領域で大きな差が出ているものがあるが、初期間隙水圧の測定値が大きく影響しているものである。

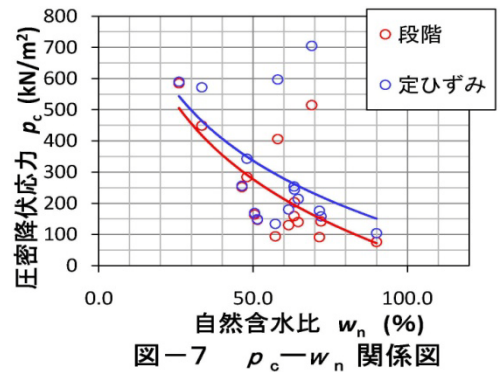
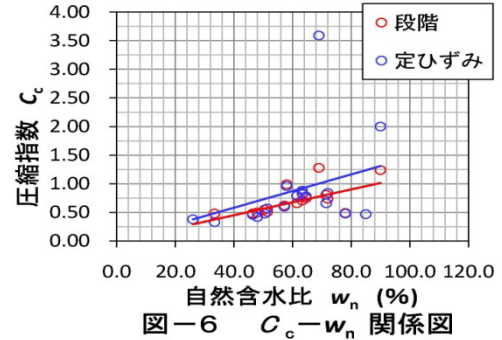
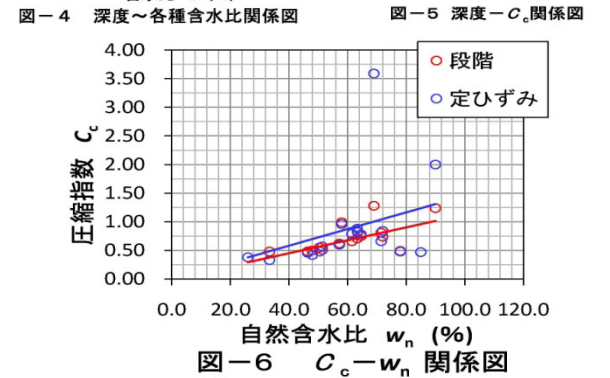
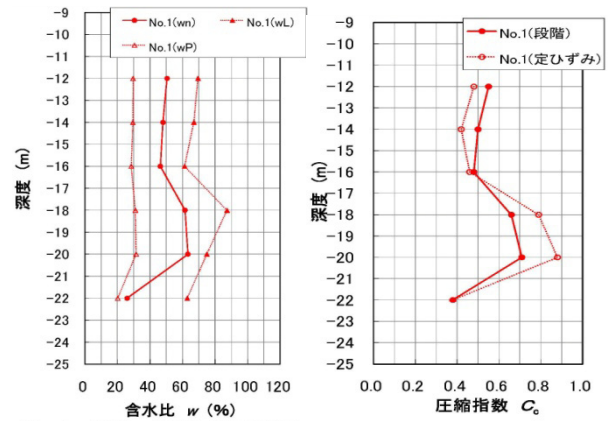


4. 定ひずみ速度載荷による圧密試験結果の留意点

図-4～図-7は各種土質定数の関係図である。図-4, 図-5より, 含水比及び液性限界は圧縮指数との良好な相関関係があるといえるが, 表-2の圧密試験結果表に示すように, 定ひずみ速度載荷における洪積粘土の試料 No.2では圧縮指数 C_c が段階載荷の約3倍の結果が得られている。これは, 骨格構造の発達した粘土では, 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。図-6を見ても解るように異常値と判断され, 定ひずみ速度による圧密試験結果から, C_c を用いて沈下解析を行う場合には上下の土質特性等を考慮して適切な値を用いるか適切な沈下解析方法を用いることが肝要である。また, 今回の比較試験では定ひずみ速度載荷における p_c や C_c などの結果は, ほとんどの定数で段階載荷よりも大きく得られる傾向にあった。

表-2 圧密・力学試験結果

試料名	No	段階載荷圧密試験		定ひずみ載荷圧密試験		一軸圧縮強さ q_u (kN/m²)	非排水せん断強度 C_u (kN/m²)
		P_c (kN/m²)	C_c	P_c (kN/m²)	C_c		
浚渫土	①	—	0.49	1.8	0.48		
	②	—	0.47	1.4	0.47		
沖積粘土	①	76	1.24	104	2.00	65	32
	②	142	0.74	158	0.84	98	49
洪積粘土	①	406	0.99	597	0.96		97
	②	515	1.28	705	3.59		100
No.1	①	164	0.55	169	0.48	107	53
	②	284	0.50	343	0.42	171	85
	③	252	0.48	256	0.46	145	72
	④	130	0.66	180	0.79	106	53
	⑤	159	0.71	254	0.88	108	54
	⑥	585	0.38	590	0.38	274	137



5.まとめ

比較試験結果から定ひずみ速度載荷による圧密試験の試験方法と試験結果を利用する際の留意点は次のとおりである。

- ①試験結果は短縮されるが, ひずみ速度を決定するためには, 事前のコンシステンシー試験を必要とする。
- ②定ひずみ速度載荷では, 試験機内を完全飽和に近づけることに加え, 間隙水圧が精度良く計測されることが重要である。
- ③圧縮指数 C_c ・圧密降伏応力 p_c を使用し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っている可能性があるので注意が必要である。
- ④軟弱地盤改良工事で圧密降伏応力 p_c を載荷盛土撤去の判断材料としている場合は, 沈下量で得られる圧密度との総合判断が必要である。

《引用・参考文献》

- 1)地盤工学会編：地盤材料試験の方法と解説
- 2)地盤工学会編：地盤調査・土質試験結果の解釈と適用例