

定ひずみ速度載荷と段階載荷圧密試験結果について

圧密, 定ひずみ, 圧密試験

日本地研株式会社 国際会員 橋村 賢次

日本地研株式会社 正会員 ○石橋慎一郎

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。両試験方法の中で土の定ひずみ速度載荷による圧密試験 (CSR試験) は超軟弱粘土～硬質粘土と幅広い粘性土の圧密試験結果が土の段階載荷による圧密試験よりも試験時間として短縮される。このため, 定ひずみ速度載荷による圧密試験は研究及び実業務用として普及している。

定ひずみ速度載荷による圧密試験の大きな特徴は, 軟弱地盤上での沈下解析等早急に圧密検討を要する場合, 圧密特性を短期間 (1～4日間) に得られることである。

本報告は, 浚渫粘土・沖積粘土・洪積粘土で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圧密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

圧密試験の比較に用いた試料は, 浚渫粘土 (乱された試料)・沖積粘土 (乱れの少ない試料)・洪積粘土 (乱れの少ない試料) の3種類で, それぞれ2試料使用して圧密試験を行った。

浚渫粘土は, 海底土砂をポンプ浚渫して陸上に仮置き中の試料を用いた。沖積粘土は, 地表面からシンウォールサンプリングにより-10mと-20mの深さで採取した乱れの少ない試料を用いた。洪積粘土も地表面から-45mと-55mの深さから採取した乱れの少ない試料である。

試験に用いた3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 $\rho_t = 1.5 \sim 1.6 \text{ g/cm}^3$, 土粒子の密度 $\rho_s = 2.6 \sim 2.7 \text{ g/cm}^3$ と無機質粘土である。また, 含水比は浚渫粘土 $w_n = 80\%$ 前後, 沖積粘土 $w_n = 70 \sim 90\%$, 洪積粘土 $w_n = 60 \sim 70\%$ 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。

定ひずみ速度載荷による圧密試験のひずみ速度は, 試料の塑性指数を参考値としているために, 液性限界試験と塑性限界試験を実施して塑性指数 I_p を求めた。浚渫粘土は塑性指数 $I_p < 40$ であったが, 沖積粘土と洪積粘土では, $I_p > 40$ の結果が得られた。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。

表-1 試料の物理特性

試料名	No.	試料採取深度 (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
浚渫粘土	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

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圧密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 $e - \log p$ 曲線を見ると, 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い圧密降伏応力の判定も可能である。

沖積粘土及び洪積粘土では, 定ひずみ速度載荷による結果が段階載荷結果よりも, 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。

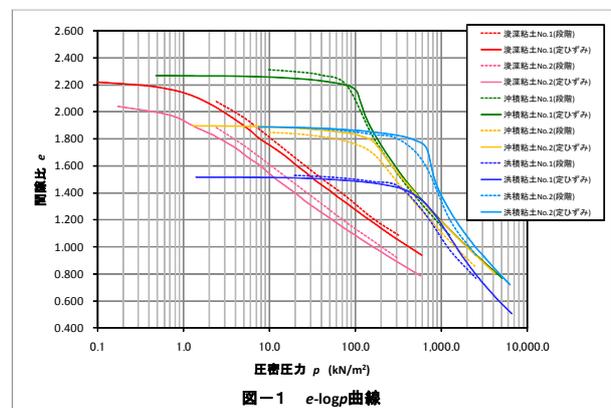


図-1 $e - \log p$ 曲線

About the effect constant strain rate loading and incremental loading consolidation test
Kenji HASHIMURA(Nihonchiken Co.Ltd), Shin-ichiro ISHIBASHI(Nihonchiken Co.Ltd)

(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。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 のばらつく範囲は浚渫粘土 $\bar{p}=0.2\sim 10\text{kN/m}^2$ 、沖積粘土 $\bar{p}=1.0\sim 100\text{kN/m}^2$ 、洪積粘土 $\bar{p}=10\sim 700\text{kN/m}^2$ でその後収斂する傾向を示している。

(3) $c_v-\bar{p}$ 関係

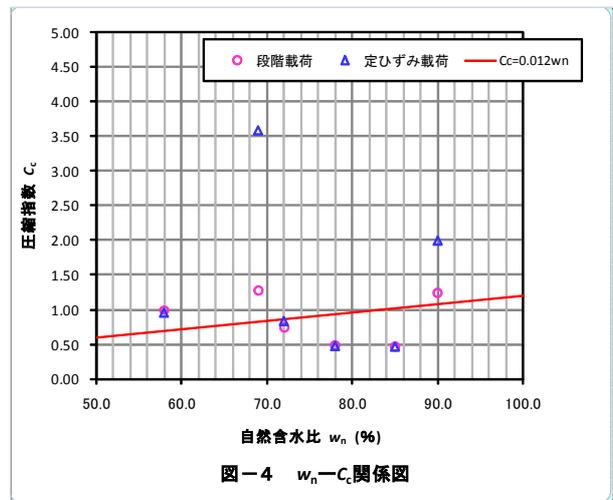
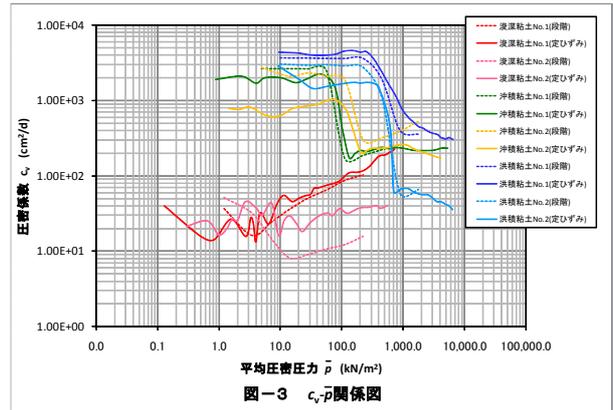
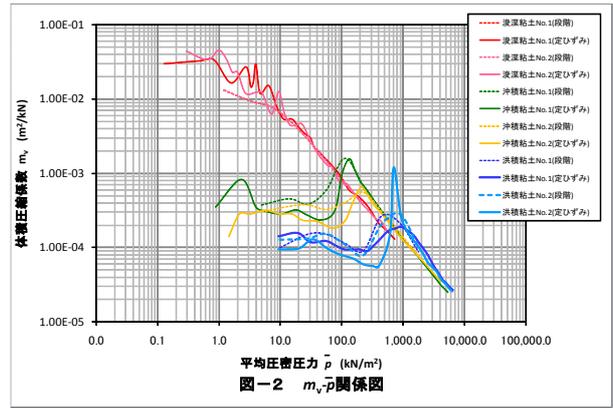
図-3の $c_v-\bar{p}$ 関係図に示すように、圧密係数 c_v は地層の違いは顕著であるが、試験方法の違いによる大きな差異は認められない。

4. 定ひずみ速度載荷による圧密試験の留意点

表-2の圧密試験結果表に示すように、洪積粘土の試料No.2では圧縮指数 $C_c=3.59$ と段階載荷の $C_c=1.28$ よりも約3倍大きい結果が得られている。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も多く、正規圧密領域の最も勾配の大きな部分にて圧縮指数 C_c を直線近似したためである。これは、図-4の w_n-C_c 関係図を見ても異常値と判断される。したがって、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、適切な値を用いることが肝要である。

表-2 圧密試験結果表

試料名	No.	段階載荷圧密試験		定ひずみ載荷圧密試験	
		圧密降伏応力 $p_c(\text{kN/m}^2)$	圧縮指数 C_c	圧密降伏応力 $p_c(\text{kN/m}^2)$	圧縮指数 C_c
浚渫粘土	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
	②	142	0.74	158	0.84
洪積粘土	①	406	0.99	597	0.96
	②	515	1.28	705	3.59



5. まとめ

定ひずみ速度載荷と段階載荷による圧密試験結果の比較を、浚渫粘土・沖積粘土・洪積粘土で行った。これらの結果から、定ひずみ速度載荷による圧密試験結果を使用する留意点は次のとおりである。

- ①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もあるので注意が必要である。
- ②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。
- ③試験者・設計者共に点の試験結果が必ずしも全てを表しているとは限らないことを認識しておかなければならない。
- ④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。

参考文献

- 1) 地盤工学会編：地盤材料試験の方法と解説