

漸増載荷と二次圧密係数

東海大学大学院 学生会員 五十嵐 大地
東海大学工学部 学生会員 梶山 憲介
東海大学 正会員 杉山 太宏・赤石 勝

1. まえがき

多くの現場で観察される長期沈下は、室内圧密試験で観察される二次圧密に類似した挙動である。しかし、時間の対数で定義する二次圧密係数 $C_\alpha (=de/d\log t)$ 、ならびに長期沈下速度 $\alpha (=dS/d\log t)$ の予測に関する問題点が指摘されている。¹⁾ 瞬間載荷条件で実施される一次元圧密試験では、載荷時を時間原点として圧密量 - 時間曲線は描かれ C_α が求められるが、漸増載荷条件では、時間原点を何時にするかによって C_α の値が異なってしまう。

そこで、漸増段階載荷条件下の現場の長期沈下速度を評価・判断する基準を得るためこの報告では、1) 実地盤における実測沈下量時間曲線の起点を盛土工事開始時又は完了時のいずれにするかで長期沈下に対する影響、2) 段階載荷と瞬間載荷条件で実施した室内一次元圧密試験から得られる C_α を比較検討した。

2. 現場の長期沈下速度

1) 関西空港島の事例

Fig.1 は、関西空港島の長期沈下観測記録である。白丸印は、埋め立て工事開始時を時間原点とし、黒丸印は埋め立て工事完了時を時間原点としている。平成 11 年から平成 14 年末まで 3 年間の沈下量が、時間の対数に比例していると仮定し、平成 14 年末から 50 年間に発生する沈下量を求めると、白丸印で約 4m、黒丸印で約 3m である。しかし、時間の対数に比例して発生する沈下は信頼できないためか、関西空港島に今後発生する地盤沈下量については全く予測されていないようである。

2) 常磐自動車道神田地区の事例

Fig.2 の白丸印は、常磐自動車道神田落見地区における沈下観測記録である。165 日間で約 9m まで盛土し、300 日後約 2m の盛土が除荷された。600 日後、供用時の沈下量は 160cm である。供用後も沈下は継続し、2001 年末の沈下量は、343cm である。現場は 165 日間の漸増載荷のため、白丸印の沈下観測データの時間を 165 日減じた沈下量 - 時間曲線が黒丸印である。白丸印と黒丸印で同じ範囲のデータから α を求めると白丸印で 145cm、黒丸印で 140cm でありその差は僅か 5cm である。

3) 宅地造成盛土の事例

東京近郊の宅地造成地で発生した軟弱地盤の沈下量時間関係を Fig.3 に示した。地盤概要に関する記述は、既に学会誌に発表しているため省略する。²⁾ いずれの造成地も時間の対数に比例する沈下が観察され、将来一定の圧密沈下量に収束する傾向は見出されない。Fig.1 や Fig.2 と同じように α を求め、Fig.4 に示した。盛土開始時点を経験原点とした場合の α を横軸にとり、下付添え字 1 を付けている。盛土工事完了時点を経験原点とした α は縦軸にとり、下付添え字 2 を付けて示している。 α_2 は α_1 より小さくなるが、大きな差ではない。図には関西空港島と常磐自動車道の α も記入している。軟弱層厚や盛土荷重の大きさが異なるので当然の結果であるが、両者の α は宅地造成地のそれより極めて大きいことが注目される。

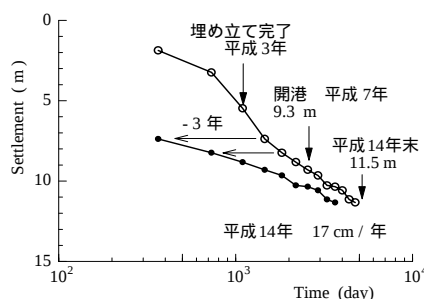


Fig.1 関西空港島の長期沈下

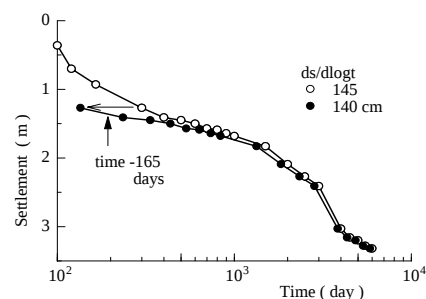


Fig.2 常磐自動車の長期沈下

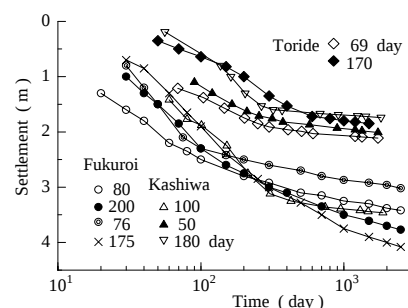


Fig.3 宅地造成地盤の長期沈下

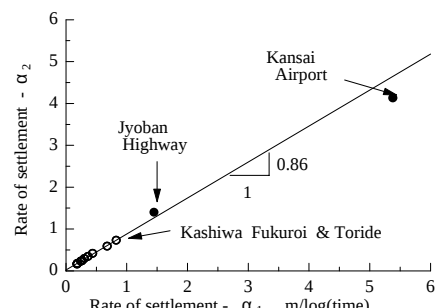


Fig.4 漸増載荷と長期沈下係

3. 試料および実験方法

神奈川県伊勢原市内でブロックサンプリングした泥炭と茨城県日立市内(常磐自動車道の盛土現場)でシンウオールサンプリングした粘土を実験に用いた。実験に用いた土試料の物理的性質を Table1 に示した。

キーワード：二次圧密，長期沈下，漸増載荷，瞬間載荷

連絡先：〒259-1207 平塚市北金目 1117 東海大学土木工学科 TEL0463-58-1211 FAX0463-50-2045

一次元圧密試験； 所定の圧密圧力 p_0 で1週間圧密後、高さ2cmにカットし、更に4日間 p_0 で圧密後、圧密荷重増分 dp を載荷した。 dp を4等分して一定の時間間隔で段階載荷した場合と dp を瞬間載荷した場合の圧密量の経時変化を測定し、載荷条件が二次圧密に及ぼす影響を調べた。

Table1 土試料の物理的性質

	Gs	ω_p (%)	ω_L (%)	粒度(%)		
				砂分	シルト分	粘土分
日立粘土	2.64	80	41.5	15	50	35
伊勢原泥炭	2.33	強熱減量 $L_f=40$ (%) 平均自然含水比 $\omega_n=400$ (%)				

4. 実験結果と考察

4.1 日立粘土

Fig.5は瞬間載荷と均等4分割段階載荷（以下段階載荷）による圧密量 - 時間曲線である。最終4段階目の載荷時間 t_c は図中に示した圧密時間480分以降のデータに最小自乗法を適用して間隙比で定義した二次圧密係数 C_α を求めた。Fig.5は、瞬間載荷と段階載荷の圧密量 - 時間曲線である。載荷条件によらず C_α はほぼ等しく、その平均は0.054である。Fig.5から t_c を圧密時間から減じた圧密量 - 時間曲線をFig.6に示した。 C_α の変化量は極めて小さく0.001程度である。このような条件でも C_α の変化は極めて小さく、段階載荷条件の影響は無視出来るようである。

4.2 伊勢原泥炭

Fig.7は伊勢原泥炭の瞬間載荷（白印）と段階載荷（黒印）による圧密量 - 時間曲線である。圧密量 - 時間曲線の形状から、圧密時間390分以降のデータに最小自乗法を適用して求めた C_α の結果を、Table 2に示す。不均質な泥炭各供試体の初期含水比と初期間隙比の値に大きな差が見られる。Fig.7の黒印は、圧密時間から t_c を減じたものである。黒印に対しても最小自乗法を適用して $C_\alpha(B)$ を求めた。Table 2に示した $C_\alpha(A)$ と $C_\alpha(B)$ の比較から、段階載荷の $C_\alpha(B)$ が僅かに小さくなる傾向がある。 t_c に対応する時間係数 T_c と二次圧密係数比 $C_\alpha(B)/C_\alpha(A)$ の関係を示したのが Fig.8である。段階載荷で時間原点の位置が大きく変化しても泥炭の C_α に及ぼす影響は極めて小さく、供試体個々の不均質による C_α の変化の方がはるかに大きい。

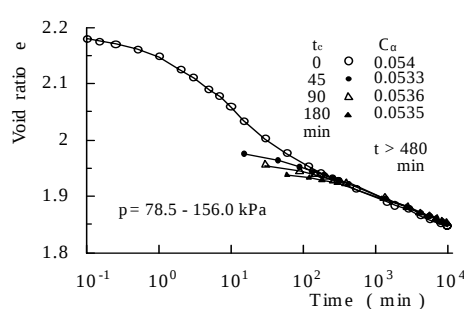
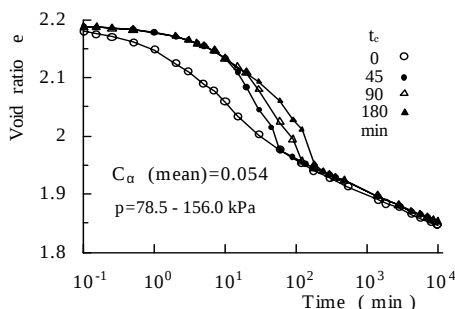


Fig.5 日立粘土の圧密量 - 時間曲線(1)

Fig.6 日立粘土の圧密量 - 時間曲線(2)

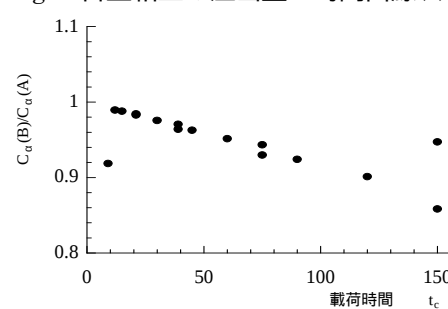
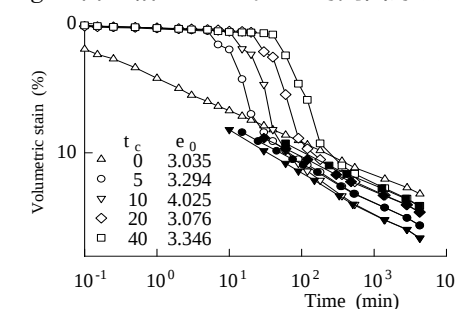


Fig.7 伊勢原泥炭の圧密量 - 時間曲線

Fig.8 時間係数と二次圧密係数の比

Table 2 二次圧密速度

t_c (min)	時間 係数 T_c	e_0	ω_0 (%)	$C_\alpha(A)$	$C_\alpha(B)$
				時間 原点 $t=0$	時間 原点 $t=t_c$
9	4	2.43	135	0.084	0.077
12	20	3.41	165	0.122	0.121
15	13	3.29	199	0.115	0.114
21	9	2.65	153	0.105	0.104
21	59	4.28	276	0.032	0.032
30	25	4.03	233	0.143	0.139
39	66	2.92	142	0.122	0.118
39	110	2.51	197	0.095	0.092
45	19	2.89	150	0.104	0.100
60	51	3.08	176	0.105	0.100
75	127	3.26	160	0.158	0.147
75	212	3.15	220	0.127	0.120
90	38	3.78	176	0.125	0.116
120	102	3.35	193	0.118	0.107
150	254	2.68	134	0.121	0.104
150	424	3.38	217	0.068	0.065

5. 結言

時間の対数で定義する長期沈下速度 α は、長期沈下の将来予測・判断に役立ってきた。時間原点の取り方によって変化するため信頼できないとする考え方があるため、その信頼性を検討した。得られた結果は次のように要約される。

- 1) 盛土工事完了時点を原点にすると α が減少する当然の結果が得られた。本報告の現場データでは、時間原点の差による α の変化は小さく、盛土工事完了時点を原点にとるべき理由も存在しないため、従来通り盛土工事開始時点を原点にとれば安全側の予測となり合理的である。
- 2) 瞬間載荷と段階載荷による粘土と泥炭圧密試験から得られる α に有意な差は認められない。泥炭では載荷条件より供試体の不均質による影響が大きい。

参考文献

- 1) Leroueil, S. et al.: Stress-strain-rate relation for the compressibility of sensitive natural clays, Geotechnique, No.2, pp.159-180, 1985.
- 2) 稲田倍穂, 赤石勝: 泥炭質地盤に生じる二次圧密, 土と基礎, Vol.25, No.12, pp.33-38, 1977.