

大阪粘土層の長期圧密沈下特性

石川工業高等専門学校
正会員
重松宏明

〃
学生会員
○増田玲央

JR 東海
石丸雄大

国土交通省北陸地方整備局
能村侑里

1. 緒言

関西国際空港は図-1 の沈下量－時間関係¹⁾が示すように、未だ沈下は収束していない。その主な要因の1つとして、それまで強固な支持地盤と考えられていた洪積粘土層の圧密が挙げられる。土の圧密には、過剰間隙水圧の消散までを Terzaghi の圧密理論で説明できる一次圧密と、一次圧密が終了して過剰間隙水圧が消散した後も、継続して体積収縮が進行する二次圧密がある。二次圧密は土の土粒子骨格がクリープ変形することで生じる現象で、一定荷重の下、長期間にわたって圧密が進行する。大阪粘土層の圧密問題を解明するためには、沖積粘土層と洪積粘土層の両者の長期圧密沈下特性を明確にする必要がある。そこで本研究は、JR 梅田駅付近(大阪市北区梅田)で採取した不攪乱の洪積粘土(Ma12, Ma10)および沖積粘土(Ma13)に対して、圧密試験を行った。先ず標準圧密試験の結果から、各種粘土の圧密降伏応力 p_c を求めた。その後、 p_c もしくは土被り圧 p_0 と同じ大きさの圧力の下で 100 日以上にわたって圧密試験(以後、長期圧密試験と呼ぶ)を実施した。以下に、これらの結果を報告する。

2. 研究の概要

本研究で対象とした各種粘土試料の基本的な土質特性を表-1 にまとめる。表中の各物理量の値の一部は、文献²⁾より引用した。自然含水比 w_n は、最も深部に位置する Ma10 が高い値を示す。液性限界 w_L と塑性指数 I_P を見てみると、Ma10 が最も高い値を示していることから、Ma10 は他に 2 者に比べて大きな圧縮性を有していることが予想される。

標準圧密試験は荷重増分比 $1(= \Delta p/p)$ の割合で段階的(1段階 24 時間)に載荷させる。その後実験結果を集約し、圧密降伏応力 p_c 、圧縮指数 C_c 、そして二次圧密係数 $C_\alpha(= \Delta e / \Delta \log t)$ を求める。長期圧密試験については、 p_c もしくは p_0 の圧力までは 1 段階 20 分(注:標準圧密試験の結果から、各粘土試料の一次圧密終了に要する時間は、数分から十数分程度であることが判明しており、20 分程度の載荷時間では、二次圧密が発生しないと考える)で載荷させていき、その後は p_c もしくは p_0 と同じ大きさの圧力のもとで 100 日以上圧密させた。

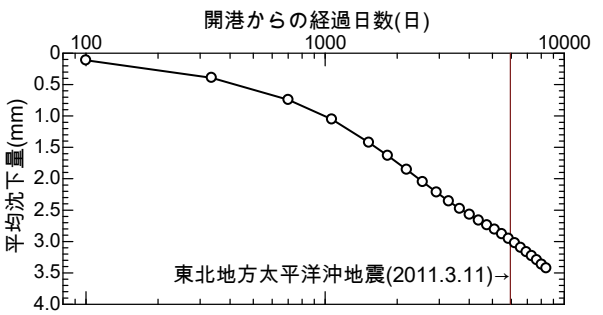


図-1 関西国際空港の沈下量－時間関係¹⁾

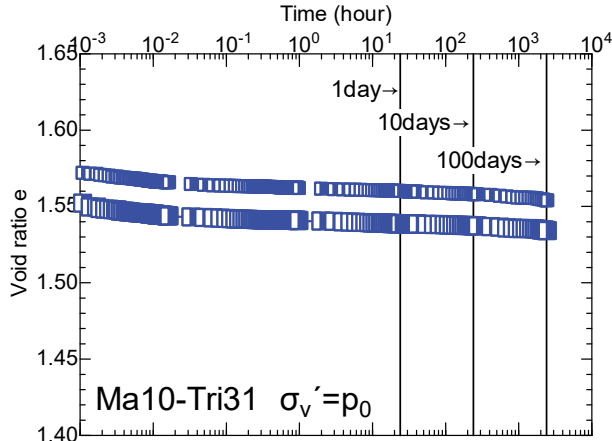
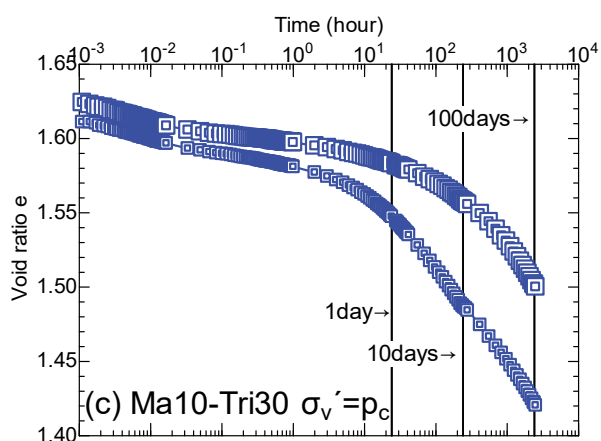
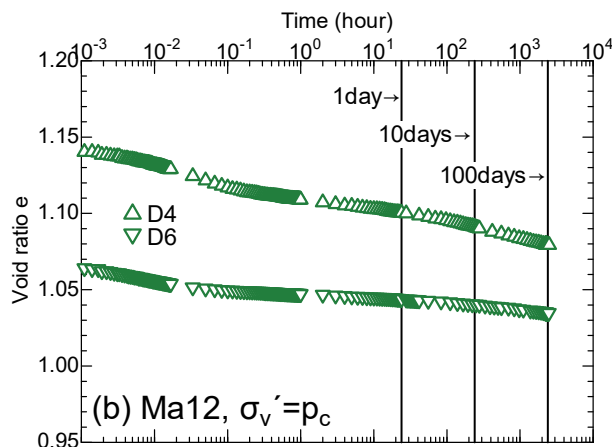
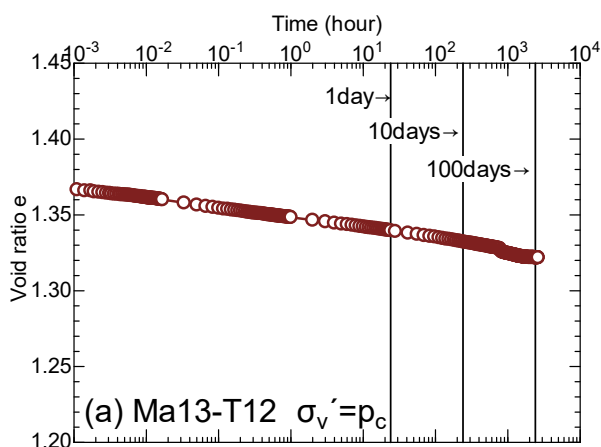
3. 結果および考察

各種粘土試料の標準圧密試験から得られた p_c 、 C_c 、過圧密比については、表-1 にまとめる。表中の過圧密比を見ても分かるように、洪積・沖積粘土のような自然堆積土は年代効果を受けているため、圧密降伏応力 p_c がかつて経験した土被り圧 p_0 以上の値を示すことが多い。図-2 に各粘土の p_c に相当する圧密圧力で実施した長期圧密試験の結果を示す。なお、(a)Ma13、(b)Ma12、(c)Ma10 の 3 者の間隙比－時間関係を比較するため、縦軸の間隙比 e に対する目盛の間隔は同じになるように設定した。先ず、Ma13を見てみると、圧密開始から 40 日を過ぎた当たりで沈下が収束に転じていることが分かる。Ma12

表-1 各種粘土試料の基本的な土質特性²⁾

	Ma10		Ma12		Ma13
	Tri30	Tri31	D4	D6	T12
深度 (m)	104.91	106.25	38.40	40.07	16.25
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.665	2.672	2.686	2.676	2.668
自然含水比 w_n (%)	63.2	61.2	47.7	39.2	52.5
砂分 (%)	0.0	0.0	1.3	—	7.5
シルト分 (%)	26.3	25.4	42.4	—	39.9
粘土分 (%)	73.7	74.6	56.3	—	52.6
液性限界 w_L (%)	108.2	105.1	69.6	48.6	70.4
塑性限界 w_P (%)	36.3	33.1	26.5	24.7	24.0
塑性指数 I_P	71.9	72.0	43.1	23.9	46.4
圧密降伏応力 p_c (kN/m ²)	1392	1382	545	570	248
土被り圧 p_0 (kN/m ²)	928	935	334	346	137
過圧密比 OCR	1.500	1.478	1.632	1.647	1.810
圧縮指数 C_c	1.578	1.392	0.577	0.532	0.723

キーワード 洪積粘土, 沖積粘土, 二次圧密
連絡先 〒929-0392 石川県河北郡津幡町北中条タ1 石川工業高等専門学校環境都市工学科 TEL 076-288-8168

図-2 長期圧密試験の結果 ($\sigma_v' = p_c$)図-3 長期圧密試験の結果 ($\sigma_v' = p_0$)

では、圧密開始から 100 日を過ぎても沈下は収束していない。D4 と D6 の沈下挙動に差異が見られるのは、両者を塑性図で比べると容易に理解できる。表-1 に示すように、D4 は D6 よりも w_L と I_p が高いため、圧縮性も大きくなる。Ma10 に注目すると、他の 2 者よりも遥かに大きな圧密沈下が起こっている。この要因として、粘土の土粒子骨格が大きなクリープ変形を起こしていると考えられる。勿論、 w_L と I_p が他の粘土よりも高いことも要因の 1 つである。

洪積粘土 Ma10 に対し、土被り圧 p_0 に相当する圧密圧力で長期圧密を実施した結果を図-3 に示す。過圧密比は $p_c/p_0 = 1.478$ である。 p_0 に相当する圧力での長期圧密は、 p_c

に相当する圧力での長期圧密に比べて、ほとんど沈下は生じていないように見えるが、図-4 に示すように、図-3 の縦軸（間隙比）の目盛の間隔を拡大してみると、沈下が収束していないことが分かる。このことから、圧密圧力が p_0 の場合（過圧密領域）においても、緩やかではあるが、土粒子骨格はクリープ変形を起こすことが理解できる。

4. 結言

洪積粘土 Ma10、Ma12 を圧密降伏応力 p_c に相当する圧力で長期圧密試験を実施した結果、圧密沈下の収束は見られなかった。特に Ma10 は塑性指数 I_p が大きいことも合わさって、Ma12、Ma13 よりも長期圧密沈下が顕著であった。また、Ma10 は土被り圧 p_0 に相当する圧力においても、長期圧密沈下が認められた。

参考文献 1) 関西国際空港 HP, <http://www.kansai-airports.co.jp/efforts/our-tech/kix/sink/sink3.html>, 2019 年 3 月 26 日閲覧 2) 大島明彦・小坂慎一・中村優孝・末吉拳一・久保田耕司・笹尾憲一・中曾康壽・中尾正喜：うめきた 2 期地区の沖積、洪積粘土層の土質特性，第 52 回地盤工学研究発表会講演概要集，pp.223-224，2017。

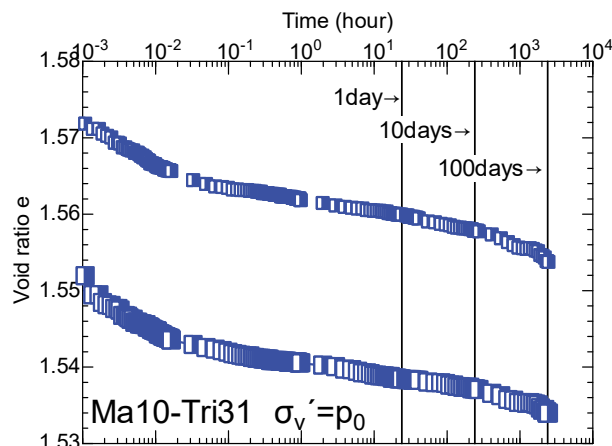


図-4 図-3の縦軸（間隙比）の目盛の間隔を拡大