

### 自然堆積土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  
 // 高井静也  
 NTT インフラネット(株) 小川 真

#### 1. 緒言

自然堆積土の沈下予測が困難である要因の 1 つに、一次圧密では説明できない「二次圧密」が挙げられる。二次圧密とは、一定の有効応力の下で時間の経過に伴って変形が進行するクリープ現象のことで、土粒子の骨格の粘性圧縮に起因して生じる<sup>1)</sup>。本研究は、JR 大阪駅近くで採取した不攪乱の洪積および沖積粘土に対して、先ず標準圧密試験を行い、各種粘土の基本的な圧縮性を調べた。次に洪積粘土に対して、圧密降伏応力と同じ大きさの圧力のもとで長期の圧密試験を実施し、二次圧密係数がどのように変化していくのかを検証した。

#### 2. 室内実験の概要

表-1 各種粘土試料の物理特性と圧密試験の結果

	Ma10		Ma12		Ma13	
	T-27	T-28	D-4	D-6	T-11	T-12
採取深度 (m)	101.85	102.85	38.40	40.07	15.25	16.25
初期間隙比 $e_0$	1.930	1.954	1.230	1.173	1.740	1.504
自然含水比 $w_n$ (%)	70.6	69.2	43.4	41.5	62.3	52.2
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.671	2.723	2.739	2.742	2.720	2.711
砂分 (%)	0.7	0.0	1.3	—	2.4	7.5
シルト分 (%)	25.8	26.5	42.4	—	40.4	39.9
粘土分 (%)	73.5	73.5	56.3	—	57.2	52.6
液性限界 $w_L$ (%)	122.9	116.0	69.6	48.6	80.9	70.4
塑性限界 $w_P$ (%)	40.2	38.4	26.5	24.7	26.8	24.0
塑性指数 $I_P$	82.7	77.6	43.1	23.9	54.1	46.4
圧密降伏応力 $p_c$ (kN/m <sup>2</sup> )	1160	1200	545	570	199	215
有効土被り圧 $p_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	910	916	333	346	130	137
過圧密比 OCR	1.274	1.310	1.635	1.647	1.533	1.573
圧縮指数 $C_c$	1.730	1.798	0.588	0.545	0.839	0.696

本研究で使用した粘土試料は、大阪市北区梅田 (JR 大阪駅近傍) で採取した不攪乱の洪積粘土 (Ma12, Ma10) と沖積粘土 (Ma13) である。Ma12 は関西国際空港第 1 期埋立の沈下問題で注目された最上部の洪積粘土層である<sup>2)</sup>。表-1 は各種粘土試料の物理試験と標準圧密試験の結果をまとめたものである。Ma10 は 3 者の粘土の中で最も高い有効土被り圧を受けていたにも関わらず、自然含水比 (もしくは初期間隙比) が他の粘土よりも高い。これは Ma10 が Ma12 や Ma13 に比べて多くの粘土分を含有していることが要因と思われる。Ma10 の粘土分含有率が高いことがコンシステンシー限界や塑性指数

$I_P$  にも大きく影響している。また、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大なり小なり年代効果を受けているため、圧密降伏応力  $p_c$  がかつて経験した有効土被り圧  $p_0$  以上の値を示すことが多い。

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  $C_c$ 、体積圧縮係数  $m_v$ 、圧密係数  $c_v$ 、そして二次圧密係数  $C_{a(e)} (= Ae/\Delta \log t)$  を求める。長期の圧密試験については、標準圧密試験で得られた  $p_c$  直前の圧力までは 1 段階 20 分 (注: 標準圧密試験の結果から、本研究で使用した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分かっている。そのため、1 段階 20 分で載荷させた供試体は、各荷重段階で二次圧密をほとんど受けていないと考えられる) で載荷させていき、その後は  $p_c$  と同じ大きさの圧力のもとで 100 日以上圧密させた。

#### 3. 結果および考察

先ず、各種粘土に対して、標準圧密試験を実施した。その結果を図-1~3 に示す。なお、図-2 および 3 の横軸の平均圧密圧力  $p_b$  と圧密圧力  $p$  は、 $p_c$  で除して正規化した ( $p/p_c$  は OCR の逆数)。表-1 に示す  $p_c$  と  $C_c$  は、図-1 の  $e$ - $\log p$  曲線から求めた。図-2 の  $m_v$ - $\log p/p_c$  関係を見てみると、すべての粘土の  $m_v$  が  $p_c$  を超えた当たりで最も高い値を示し、その後圧力の増加に伴って低下している。これは  $p_c$  を超えた当たりで土粒子の骨格が変形し始めたことを意味する。 $p_c$  を過ぎてからの  $m_v$  は、高塑性の Ma10 が最も高い。このことから、土粒子の骨格の変形に  $I_P$  が密接に関係していると思われる。 $C_{a(e)}$  も  $m_v$  と同様に、 $p_c$  を境に大きく上昇し、その後圧力の増加とともに低下している (図-3)。

次に、 $p_c$  近傍の圧密圧力による二次圧密を調べた。Ma12 に対して、 $p_c$  と同じ大きさの圧力一定のもとで 100 日以上圧

キーワード 自然堆積土, 二次圧密, 土粒子の骨格

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

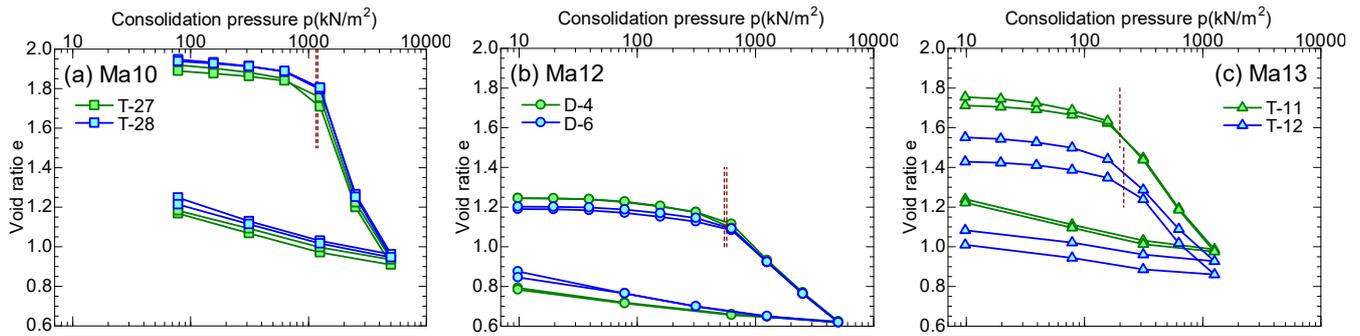


図-1 間隙比と圧密圧力の関係

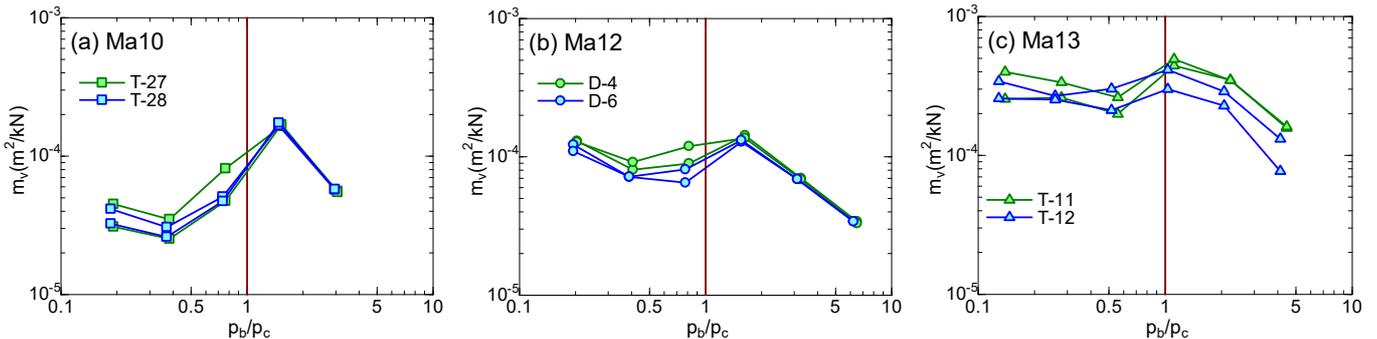


図-2 体積圧縮係数と平均圧密圧力の関係

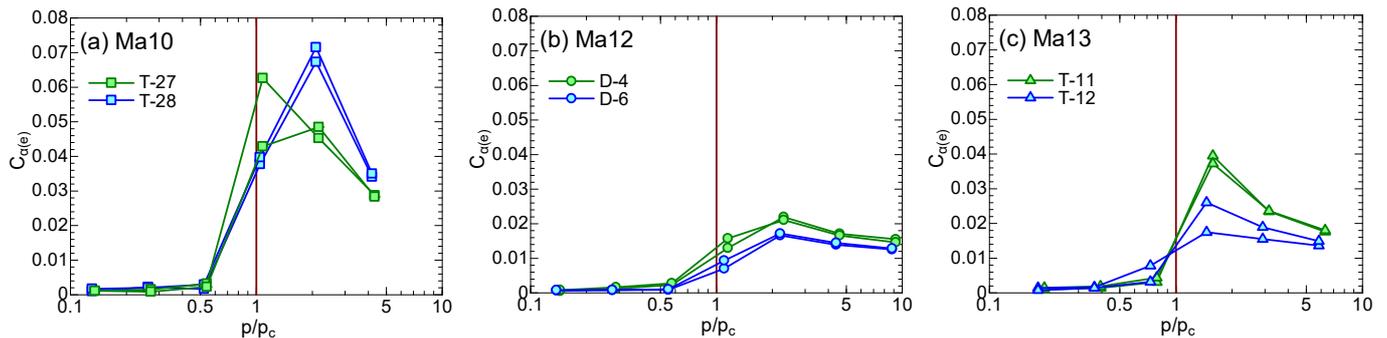


図-3 二次圧密係数と圧密圧力の関係

密させた結果を図-4 に示す. 同じ Ma12 でも D-4 と D-6 に間隙比—時間関係に違いが見られるのは,  $I_p$  が異なるためである. 図を見ても分かるように, 標準圧密試験で規定されている1段階24時間を過ぎても, 圧密は終了するどころか, むしろ時間の経過とともに勢いは増している感がある. D-4 の  $C_{a(e)}$  を求めてみると, 24時間付近で0.007であるのに対し, 10日から100日にかけては0.012と, 高くなっている. 試験は100日を超えた当たりで終了したが, 仮に1000日, 10000日と, 圧密を継続させたとしても,  $C_{a(e)}$  が収束するとは考えにくい.

4. 結言

本研究は, 堆積年代の異なる洪積および沖積粘土に対して, 標準圧密試験および長期の圧密試験を実施した. この結果, 自然堆積土の圧縮性, 総じて土粒子の骨格の変形が, 塑性指数の高低に大きく影響されることを確認した. しかも, 一旦骨格の変形が始まると, 簡単には収束しないことが, 時間の経過に伴う二次圧密係数の変化から理解した. 今後は Ma10 や Ma13 に対しても, 長期の圧密試験を実施し, 二次圧密特性を検証していきたい.

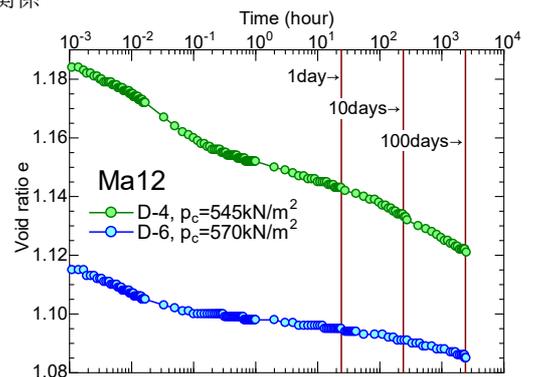


図-4 長期間の圧密試験の結果(Ma12)

参考文献 1)(社)地盤工学会:地盤工学用語辞典, pp.161-162, 2006 2)八嶋厚, 重松宏明, 岡二三生, 長屋淳一:上部大阪洪積粘土の力学特性と構造変化, 土木学会論文集, No.624/Ⅲ-47, pp.217-229, 1999