

## 大阪湾洪積粘土の圧密降伏応力付近での特殊な圧密挙動

応用地質（株） 正会員 ○利藤房男 大向直樹  
 （独）港湾空港技術研究所 正会員 田中洋行 田中政典

### 1. はじめに

大阪湾の海底に分布する洪積粘土は、過圧密領域～圧密降伏応力付近の荷重においても、長期的でかなり大きな沈下が継続することが報告されている<sup>1),2),3)</sup>。これらの圧縮曲線の特徴は、いわゆるテルツァーギ型ではなくクリープ型であるが、沈下ひずみと過剰間隙水圧の関係についてはあまり検討されていない。本研究では、大阪湾の海底から採取した洪積粘土（以下、大阪湾粘土と称する）を用いて、圧密降伏応力付近の荷重を載荷した場合の沈下ひずみと過剰間隙水圧の挙動を比較、検討した。

### 2. 実験方法

実験には、大阪湾粘土(Ma7層)を用いた。粘土の特徴は表-1にまとめた。実験には、定水位透水試験が行えるようバイパスを設けた高压対応型の分割圧密試験器（4連直列）を用いた（図-1参照）。実験では、直径6cm、高さ1cmに成形した供試体をそれぞれの分割圧密試験器にセット、背圧負荷、原位置の有効土被り圧 $p_0$ で1日載荷後、 $p=588\text{kPa}$ の圧力を瞬間載荷した。この圧力は、定ひずみ速度圧密試験から求めた圧密降伏応力 $p_c$ よりも約1割高い圧力に相当する。なお、圧密試験中に図-1に示すバイパスを通して一定圧力（圧密圧力よりも若干低い $570\text{kPa}$ ：圧密開始125分経過時からスタート）を作用させ、その圧力と排水面側からの流出量から透水係数を求めた（透水試験中は、排水面側で若干沈下が進み、非排水面側では若干のリバウンドを生じたが影響は小さい）。

表 1 実験に用いた粘土の特徴

地層名	自然含水比	塑性指数	初期地中応力	圧密降伏応力 <sup>1)</sup>
Ma7層	45%	60	1462kPa	1814kPa

<sup>\*</sup>定ひずみ速度圧密試験（ひずみ速度0.01%/min）

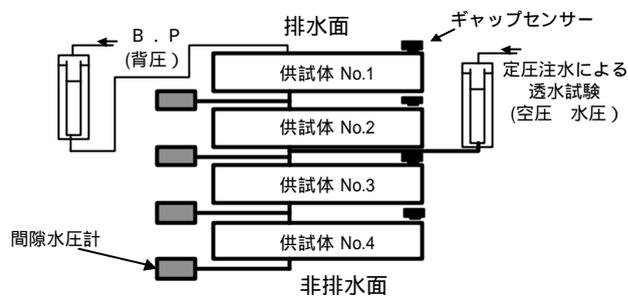


図 - 1 実験装置概念図

### 3. 実験結果と考察

図 2 に圧縮曲線を、図 3 にこれに対応する過剰間隙水圧比 ( $u/p$ ) の経時変化を示す。図 - 2 から分かるように  $p_c$  を 1 割超えた圧力での圧縮曲線はクリープ型の形状を示している。図中に、ルート t 法で求めた  $t_{90}$  の範囲を示すが、これは過剰間隙水圧が約 9 割消散した時間とほぼ一致しているが、 $d_{100}$  に着目すると、ルート t 法は非常に沈下を過小評価する結果となる。すなわち、沈下ひずみは、過剰間隙水圧が 9 割消散した後に大きくなっていき、わずかな間隙水圧の消散に対して非常に大きなひずみが生じている。過剰間隙水圧がほぼ消散した以降は、時間の log 軸に直線的ないわゆる二次圧密的な沈下がさらに継続する。

以上の結果をもとに、正規化深度～ひずみから求めた圧密度の関係を図 4 に、正規化深度～過剰間隙水圧比の関係を図 - 5 に示す。これらの図から、圧密降伏応力付近で載荷されると、沈下ひずみと過剰間隙水圧の挙動は全く異なっていることが良く分かる。典型的な現象は、図 - 3 の 40 分経過後、沈下ひずみは継続的に増加しているにもかかわらず、非排水面側 (N03, N04) の間隙水圧が上昇に転じている。この現象は、粘土の透水性に応じた圧密排水が生じながら、並行して応力緩和現象<sup>4)</sup>が生じているものと考えられ、排水よりも応力緩和が上回ると間隙水圧が上昇に転じるものと解釈される。このように考えると、 $p_c$  付近で載荷された場合には間隙水圧の消散状況からひずみの進行はほとんど議論できないことになる。

次に、非排水面側の過剰間隙水圧が上昇し始める圧密開始 30 分～40 分経過時点の、沈下ひずみから求められる各分割供

キーワード：洪積粘土、圧密、圧密降伏応力、ダルシー則、応力緩和

連絡先：〒112-0012 東京都文京区大塚 3-2-1 応用地質（株）東京支社 tel:03-3946-3111, fax:03-3943-4729

試体から排水される流量と、透水試験結果（ $k=1.65 \times 10^{-8}$ cm/sec）及び間隙水圧測定結果から得られる動水勾配を基に、ダルシー則で計算した各分割供試体の排水流量の比較を図 - 6 に示す。これによると、最も排水面側の分割供試体については、ほぼダルシー則が成り立っているが、非排水面側の分割供試体では、まったくダルシー則は成立していない。

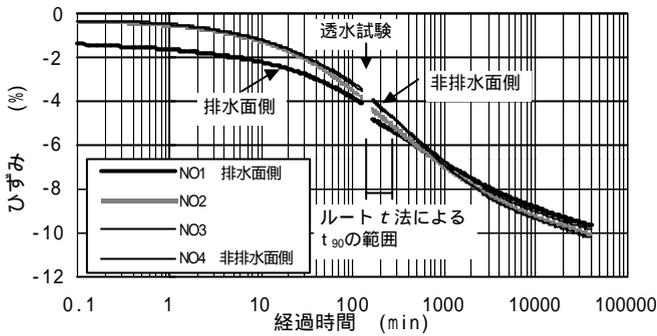


図 - 2 圧縮曲線

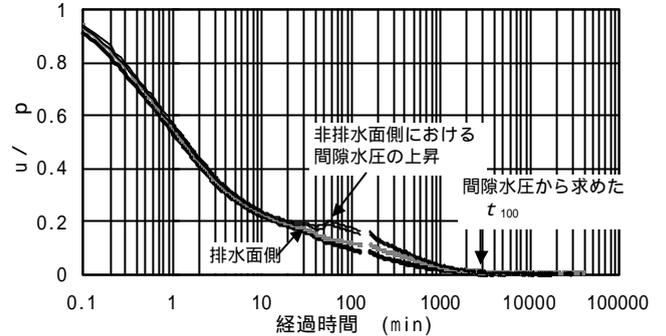


図 - 3 過剰間隙水圧経時変化図

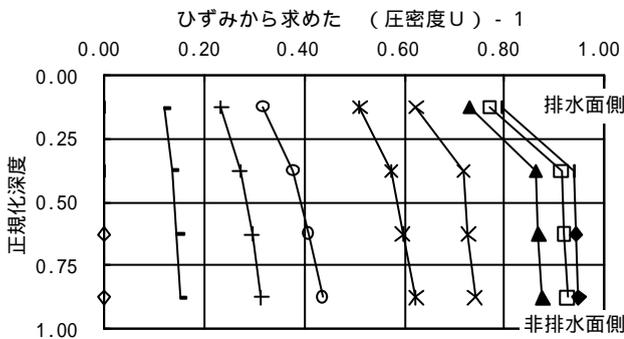


図 - 4 正規化深度～ひずみから求めた圧密度関係

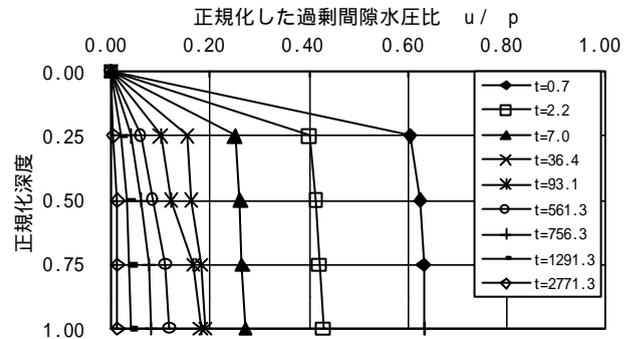


図 - 5 正規化深度～過剰間隙水圧比関係

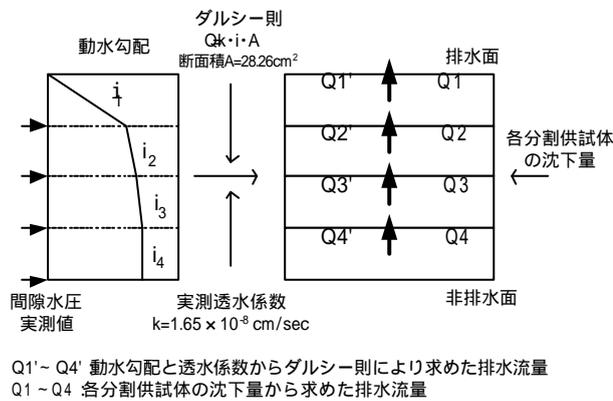
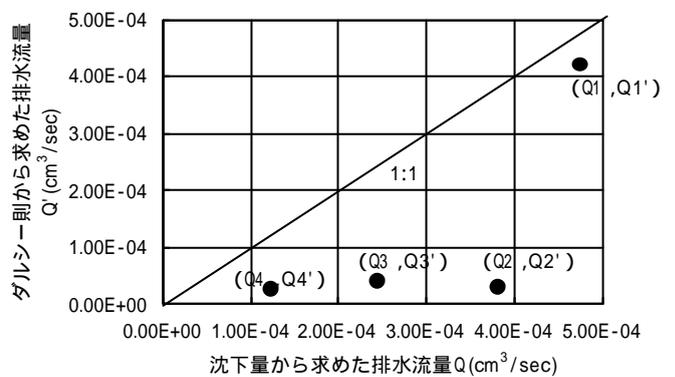


図 - 6 沈下量から求めた排水流量とダルシー則から求めた排水流量の比較



4. まとめ

大阪湾粘土に  $p_c$  付近の荷重を载荷すると、非排水面側で応力緩和に起因すると考えられる間隙水圧の再上昇が確認された。 $p_c$  付近の载荷時には、沈下ひずみ挙動と過剰間隙水圧挙動は全く整合性を持たない。ルート t 法の適用にも限界がある。また、非排水面側ではダルシー則も成立していないようである。

参考文献 1)石井一郎, 小川富美子, 善功企: 大阪湾泉州沖海底地盤の工学的性質(その2) 物理的性質・圧密特性・透水性, 港湾技研資料, No.498, pp.47-86, 1984. 2)山本浩司, 本郷隆夫, 陳国華, 赤井俊文: 大阪湾海成粘土の圧密降伏応力付近の長期圧密特性, 第35回地盤工学研究発表会, pp.721-722, 2000. 3)赤井浩一, 嘉門雅史, 佐野郁雄, 曾我健一: 大阪湾上部洪積粘土の二次圧密挙動について, 第24回土質工学研究発表会, pp.441-444, 1989. 4)吉國洋, 西海尚, 池上慎司, 瀬戸一法: 一次元圧密におけるクリープと有効応力緩和, 第29回土質工学研究発表会, pp.269-270, 1994.