

粘土の構造を考慮した二次圧密の実験的・理論的解明  
Experimental and theoretical clarification on secondary consolidation  
considering clay structure

○山口天佑\* 粟生田忠雄\*\*

○YAMAGUCHI Ten-yu\*, AODA Tadao\*\*

## 1. はじめに

Terzaghi の圧密理論は標準圧密試験の結果を必ずしも表せない。粘土は単粒構造で存在することはなく、ped をはじめとした構造をもっている。このため、粘土の各種構造を考慮しない圧密理論は、二次圧密を再現困難なのである(吉田, 2002a,b)。今日、二次圧密は理論的考察抜きにクリープ現象として扱われる事が多い。また、Terzaghi の圧密理論で求められた沈下量 100% (一次圧密) に二次圧密分 10~15% を上乘せすることで現場対応している。

本研究の仮説は、ped 構造の破壊による二次圧密の制御である。本研究はこの仮説検証を目的とする。

## 2. 材料と方法

### 2.1 試料

五泉市村松慈光寺付近, 阿賀町津川山中, 阿賀野市安田から採取した粘土である。この粘土を粘土の ped 構造を破壊した対照試料, および ped 構造を残す供試試料に分けた。なお粘土試料の主成分はバーミキュライト, カオリナイト, イライトである (X 線回析による)。

### 2.2 供試体作成

①対照試料: 粘土試料を十分な量の水中でよく攪拌する。攪拌しても大きな塊が残る場合は、すり鉢でよくすり潰す。その後 420  $\mu\text{m}$  ふるいで濾過し、予圧密のち成型した。

②供試試料: 対照試料と同様に攪拌した後、粘土の粒度試験 (JAS A 1204) を応用し微細粒子を分散させた。コロイド上の微細粒子を排除し、沈降粒子のみを集め予圧密後に成型した。

### 2.3 標準圧密試験

圧密試験は JAS A 1217 に則り、4 連式圧密試験器 (S-43-UL-1, 丸東製作所) で行った。この供試体は、直径 6 cm, 高さ 2 cm の円筒形である。試験は圧密圧力  $P$  を 4 段階 157, 314, 628 および 1256  $\text{kN/m}^2$  とし、24 時間継続した。その間の時間と圧密量を記録し、1 つの試料につき 2 回ずつ繰り返した。

## 3. 試験結果

対照試料と供試試料の圧密試験 (圧密圧力 1256  $\text{kN/m}^2$ ) の結果 (沈下量  $d$  - 経過時間  $t$ )

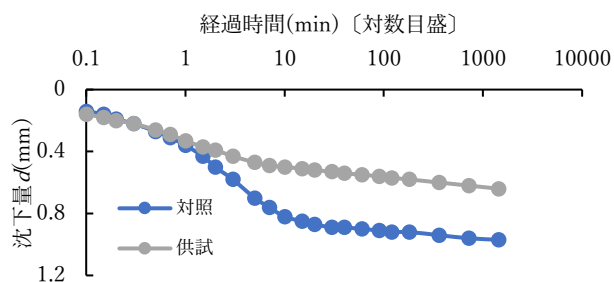


Fig.1 沈下量 - 経過時間  
Sinking-Time  
( $P=1256\text{kN/m}^2$ )

\*新潟大学大学院自然科学研究科, \*\*新潟大学農学部, \*Graduate School of Science and Technology, Niigata University, \*\*Faculty of Agriculture, Niigata University キーワード: 圧密・締固め, 土構造

を図1に示す。供試試料の沈下量  $d$  は対照試料のそれに比べ約半分に減少した。ただし、10分も継続的に沈下した。

#### 4. 数値解析

理論と解析法は(吉田, 2002b)を、数値解析は(吉田, 2002a)をそれぞれ用いた。

供試試料の圧密結果(圧力  $1256\text{kN/m}^2$ )を圧密度  $U$ -時間係数  $T$ としてFig.2に示す。同様に対照試料のそれをFig.3に示す。供試試料の二次圧密部分を圧密度  $U_2$ -時間係数  $T$ としてFig.4に示す。

供試試料の二次圧密度  $U_2$ はそれぞれ圧密度  $U_1$ の約10%であった。供試試料の二次圧密度  $U_2$ は対照試料の半分以下で、それぞれ数%となって収束した。

#### 5. 考察

Fig. 1~4に共通して、対照試料は  $P=628\text{kN/m}^2$  および  $1256\text{kN/m}^2$  で同様に二次圧密を生じた。対照試料は ped 構造が含まれているため圧密圧力  $P$  を増やす度に二次圧密が発生した。一方、構造を破壊した供試試料は、わずかに残った ped が二次圧密を残留させた。ただし ped が少ないため圧密圧力  $P$  を増やすと二次圧密が減少した。以上から、二次圧密の原因が ped などの構造に由来すると考える。ゆえに本研究の仮説は一定程度検証できた。

ただし、供試試料でも二次圧密度  $U_2$  が数%残留した(Fig.4)。これは、圧密中の間隙比の変化や ped 内の排水などである。例えば、ped 間の排水は Darcy 則に従うが、ped 内の排水は Darcy 則に従うとは考え難い。何故なら、ped 内の水は吸着水や層間水であり、通常の水(バルク水)とは物性が異なるためである。これらを鑑みて本研究の仮説も試験結果を厳密には再現しきれていない。また、供試試料の ped 残留も二次圧密を制御しきれなかった理由であろう。

本研究の圧密試験の試料は膨潤性の少ないカオリナイトを含んでいた。今後の課題は、モンモリロナイト等の膨潤性の高い粘土でも本研究仮説が適応可能か検討することである。

#### 引用文献

- 井上克弘(1997): 主要な粘土鉱物(二次鉱物)の結晶特性, 岩田進午・喜田大三監修, 土の環境圏所修, pp. 39~44  
 地盤工学会編(2019): 土質試験-基本と手引き-(第二回改訂版), 地盤工学会, pp.27-43, pp.103-120  
 吉田昭治(2002a): 一次圧密理論の再構成, 農業土木学会論文集, 217, pp.35-48.  
 吉田昭治(2002b): pedによる二次圧密を含む圧密の統一理論, 農業土木学会論文集, 217, pp.71-80

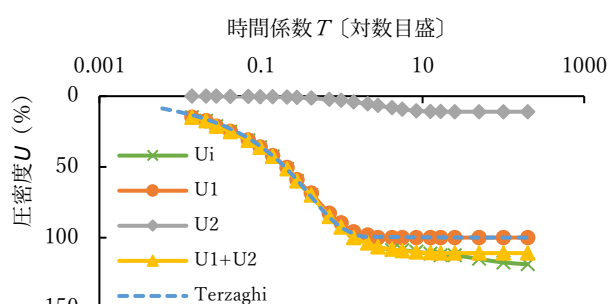


Fig.2 圧密度-時間係数(対照)  
Consolidation-Time coefficient (contrast)  
( $P=1256\text{kN/m}^2$ )

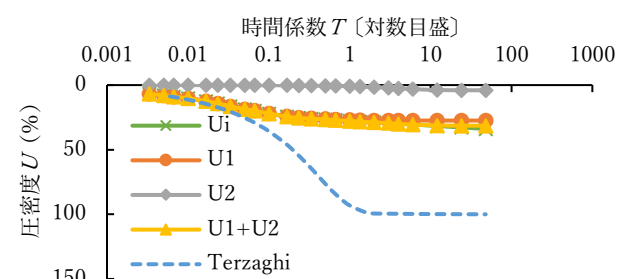


Fig.3 圧密度-時間係数(供試)  
Consolidation-Time coefficient (test)  
( $P=1256\text{kN/m}^2$ )

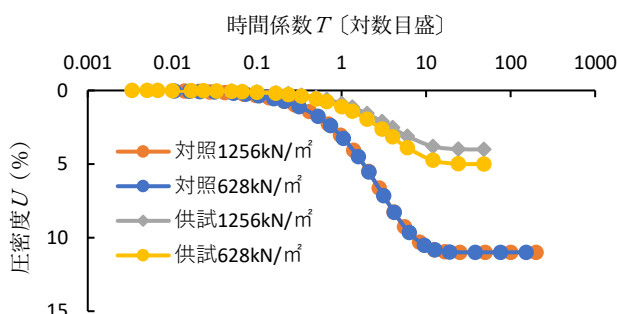


Fig.4 二次圧密度-時間係数  
Secondary consolidation-Time coefficient