

関西大学大学院理工学研究科 学生会員 ○柏木 敬  
 関西大学環境都市工学部 非会員 井上 尚央也  
 関西大学環境都市工学部 正会員 飛田 哲男  
 熊本大学工学部 正会員 大谷 順

### 1. はじめに

遠心模型実験などの模型実験では、液性限界を超える含水比によってスラリー化させた粘性土を土槽内に流し込み、所定の予圧密荷重を与えることによって粘性土地盤を作成する手法が広く用いられている。しかしながら、この予圧密による模型地盤作成手法は、地中構造物と地盤の複合挙動に関する模型実験には適していない。というのも、地中内構造物のために予圧密荷重を地盤全体に均等に作用させることが難しく、不均一な強度を持つ模型地盤となってしまうためである。そこで来島ら(2018)<sup>1)</sup>は、軟弱粘性土地盤における鋼矢板工法の遠心模型実験に、カオリン粘土に石膏を添加することで疑似過圧密粘性土地盤を作成する手法を適用し、この問題を回避した。しかしながら、この手法により作成された粘性土の物理特性に関する知見は未だ少ない。したがって、本稿では来島ら(2018)の手法に従って作成された疑似過圧密粘性土に関する土質試験結果について報告する。

### 2. 疑似過圧密粘性土の作成方法

本研究では、カオリン粘土(ASP200, BASF 社)と石膏(ゾーストーン BHS, 下村石膏株式会社)、水道水を用いて疑似過圧密粘性土を作成した。作成手順は以下の通りである。初めに、カオリン粘土と石膏が均一になるまで混ぜる。その後、水道水を加え、4~5分の間、ミキサーによって攪拌する。次に、混合した粘土をモールドに移し、バイプレーターによって脱気させた。最後に、上面を整形した後、濡れた布とラップによって乾燥しないようにして、4日間以上養生させた。ここで、養生期間を4日以上としたのは、同じ石膏を用いた来島ら(2018)の研究から約4日で強度が安定することが確認されているためである。

### 3. 一軸圧縮試験

来島ら(2018)では、材料を重量比で水/石膏=0.4 の材料 A と水/カオリン粘土=0.8 の材料 B に分け、材料 A に対する材料 B の割合を変えて試験を行っている。本研究でも、それに倣い、表 1 に示す 6 種類の配合比に対して、一軸圧縮試験(JIS A 1216)を行った。試験より得られた材料 A の割合と一軸圧縮強度  $q_u$ 、変形係数  $E_{50}$  の関係を図 1 に示す。図 1 より、材料 A の割合と  $q_u$  の間には強い線形性があることが伺え、そのばらつきも小さいことがわかる。一方、材料 A の増加に従い、 $E_{50}$  も増加する傾向があるが、 $q_u$  ほど明瞭な線形関係になく、また同配合におけるばらつきも大きい。このことから、模型実験の結果に変形係数のばらつきが影響する可能性があり、注意が必要であると言える。以下の実験では、来島ら(2018)が一軸圧縮強度 20~30kPa の粘性土に対して試験を行っていることから、一軸圧縮強度が来島ら(2018)と近い配合比 MR5 の粘性土を対象に試験を行っている。

表 1 一軸圧縮試験で用いた配合比

Case	MR0	MR1	MR2	MR3	MR4	MR5
材料Aの割合	0.17	0.13	0.09	0.07	0.11	0.10
材料Bの割合	0.83	0.87	0.91	0.93	0.89	0.90

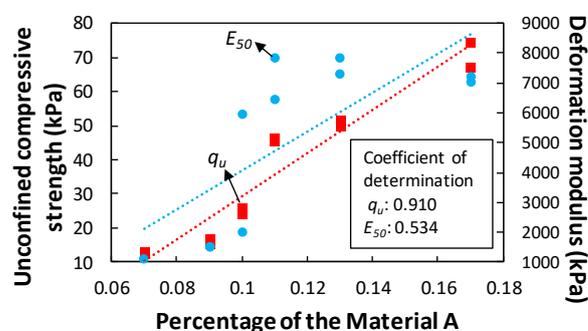


図 1 材料 A の割合と  $q_u$ ,  $E_{50}$  の関係

4. 液性限界試験(JIS A 1205)・塑性限界試験

今回、比較のために疑似過圧密粘性土と材料であるカオリン粘土の2種類に対して、液性限界・塑性限界試験を行った。得られた塑性図を図2に示す。同図より、疑似過圧密粘性土、カオリン粘土ともに、CH-MHに分類されることがわかる。また、プロットされる位置も近いことから、疑似過圧密粘性土の物理特性はカオリン粘土とおおよそ等しいと考えられる。これは、石膏の含有量が微量なために、影響があまり表れなかったものと推測される。

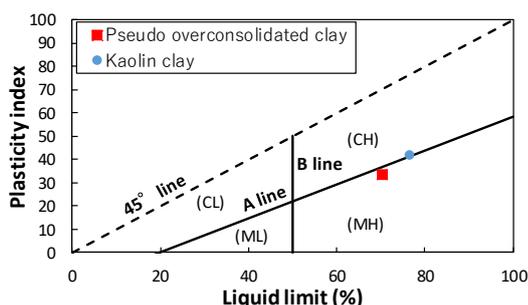


図2 塑性図

5. 圧密試験

JISA 1217に従い、疑似過圧密粘性土に対して、圧密試験を行った。ただし、試験機の都合上、17.3, 34.7, 69.3, 138.6, 208.0, 381.3kPaの計6種類の圧密応力で試験を行っており、各载荷段階で圧密度100%を確認できれば、次の段階に移行した。得られた圧密曲線(図3)に着目すると、石膏を添加したことにより、カオリン粘土が圧密降伏応力  $p'_c=113\text{kPa}$  を示すように過圧密化したことがわかる。また、同図に示してある来島ら(2018)で得られた圧密曲線は、本研究と一軸圧縮強度が同じであるにも関わらず、より低位の構造を示している。これは、用いたカオリン粘土の種類が異なるためであり、用いる粘土を変更することによって構造の嵩張りを調節できることを示唆している。

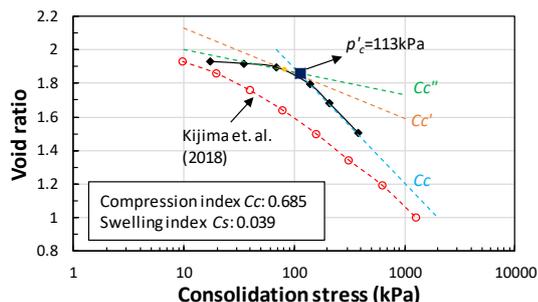


図3 圧密曲線

6. 一面せん断試験

本研究では、地盤工学会の一面せん断試験基準で規定する試験機を利用できなかったため、在来型試験機を用いて疑似過圧密粘性土の圧密排水強度(CD強度)を調べた。用いた圧密応力は40, 60, 80kPaの3種類である。図4に示す試験結果より、すべての圧密応力で非排水せん断強度以上の強度が得られた。この場合、CD強度線はおおよそ原点を通ると推測できることから、疑似過圧密粘性土の内部摩擦角  $\phi'_d$  を求めると、25.67度を得られた。一方、不攪乱正規圧密粘土の三軸圧縮試験による内部摩擦角  $\phi'$  と塑性指数PIの関係式として、Laddらの式(式(1))<sup>2)</sup>がある。

$$\sin\phi' = 0.81 - 0.233\log PI \quad (1)$$

図2に示した塑性指数の値を用いて、式(1)により内部摩擦角を評価すると27.01度となり、試験結果に近い値を得ることができる。このことから、本研究で用いた疑似過圧密粘性土は一般的な粘性土の性質を有しており、既往の関係式によって強度を推定することが可能と考えられる。

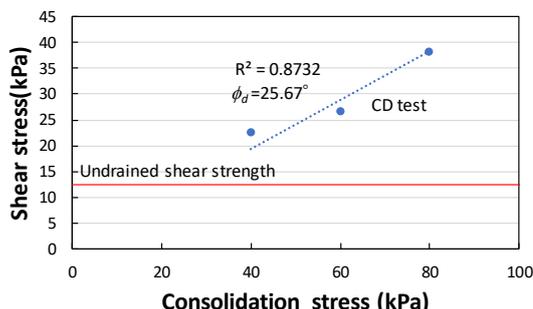


図4 緩速一面せん断試験結果

7. 結論

本研究から得られた知見は以下の通りである。(1)一軸圧縮強度と石膏の配合量には強い線形性がある。(2)石膏の配合量の増加に伴い、変形係数も増加傾向を示すが、ばらつきが大きい。(3)用いる粘土を変更することで、一軸圧縮強度が同じで嵩張りの異なる模型地盤を作成できる可能性がある。(4)疑似過圧密粘性土の内部摩擦角は既往の推定式の範囲内である。  
 ○参考文献：1) 来島ら：遠心模型実験のための人口粘土材料の特性，第53回地盤工学研究発表会概要集，pp.1041-1042, 2018. 2) 土質試験-基本と手引き-(第二改訂版)：社団法人地盤工学会，2011. 3) 鶴田ら：軟弱地盤における地中内鋼矢板の変形解析，海洋開発論文集，第15巻，pp.273-278, 1999.