

締固め方法の違いが不飽和締固め土の力学的性質に与える影響

岐阜工業高等専門学校 環境都市工学科 (フェロー会員) 吉村優治
 岐阜工業高等専門学校 建設工学専攻 (学生会員) ○湯下清史
 岐阜工業高等専門学校 環境都市工学科 (学 生) 鷲崎恵理
 神戸大学大学院 (正会員) 加藤正司

1. はじめに

不飽和土の力学試験は大掛かりかつ複雑なことから、不飽和土の力学データは非常に少ないのが現状である。本研究室では、平成7年度からサクシオンおよび体積変化が測定できる一軸圧縮試験機を用いて、種々の方法で締固めた不飽和土の力学的データの蓄積を行っている。

本報は、一軸圧縮試験用供試体（直径 $\phi = 50\text{mm}$ 、高さ $H = 100\text{mm}$ ）を動的と静的に締め固めて作成した場合の力学挙動について報告したものである。

2. 研究の概要

供試体の作成方法には、機械の落下などの衝撃力によって締め固める衝撃式に相当するランマーを用いて突き固める動的締固め方法と、機械の自重を利用しローラーなどで締め固める転圧式に相当するベロフラムシリンダーの加圧で締め固める静的締固め方法がある。

動的締固め方法はモールドに試料を詰め、何層かに分けてランマーで突き固める方法で、その締固め応力に応じた密度の供試体を作成できる。

静的締固め方法はモールド（鉄製の円筒）にスペーサーディスクを挿入しながらベロフラムシリンダーを加圧させ、供試体を作成する方法である。挿入の際、所定の密度で加圧を強制的に終了させることで任意の密度の供試体を作成することができる。

両者は、供試体作成に用いる器具や締固め方法が全く異なるが、締固め応力や試料、水の量を調整することで、含水比・乾燥密度の等しい供試体を作成することができる。

本研究は、動的締固めと静的締固めで含水比・乾

燥密度の等しい供試体を作成し、一軸圧縮試験から力学的性質を比較することで、両方法で作成した締固め供試体の差について検討したものである。

3. 試料および供試体

3.1 試料

試料は「土質工学会・不飽和地盤の安定性に関する研究委員会」が計画・実施した不飽和土の一斉試験¹⁾で指定された DL クレー（商品名）を用いる。DL クレーは昭和ケミカル株式会社で製造されたものであり、原材料はカオリンと珪石で粒度は人工的に調整されている。DL クレーの物理的性質を表-1に示す。

3.2 供試体

動的締固め供試体はモールド（内径 50mm、高さ 125mm）とランマー（質量 1.5kg、落下高さ 250mm）を用いて 3 層 6 回（約 267 kN/m²）の締固め応力で作成する。動的締固め曲線を図-1に示す。

静的締固め供試体はモールド（内径 50mm、高さ 300mm の鉄製の円筒で内面フッ素樹脂加工済）に試料を詰め、スペーサーディスク（60mm×2 枚、20mm×2 枚、10mm×2 枚）を挿入しながらベロフラムシリンダーを加圧させ、直径 50mm、高さ 120mm に作成する。静的締固め曲線を図-2²⁾に示す。

一軸圧縮試験に用いた供試体の含水比は低含水比 10%、最適含水比付近 21%、高含水比 24%程度の 3 種類で、静的締固め供試体は動的締固め供試体の密度に合わせて作成している。なお、供試体は試験前に高さ 100mm に成形する。作成した供試体の状態を表-2に示す。

表-1 DL クレーの物理的性質

土粒子の密度[g/cm ³]	2.679
液性限界	NP
塑性限界	NP
砂分[%]	0.10
シルト分[%]	95.20
粘土分[%]	4.70
最大粒径[mm]	0.250
60%粒径[mm]	0.030
50%粒径[mm]	0.025
30%粒径[mm]	0.024
10%粒径[mm]	0.014
均等係数	2.1
曲率係数	1.3

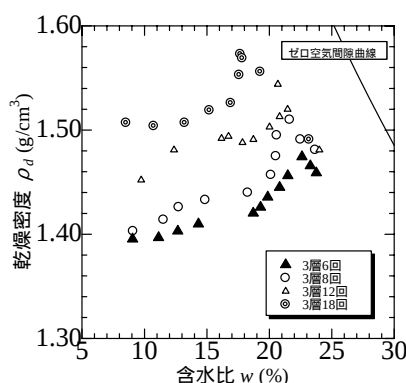


図-1 動的締固め曲線

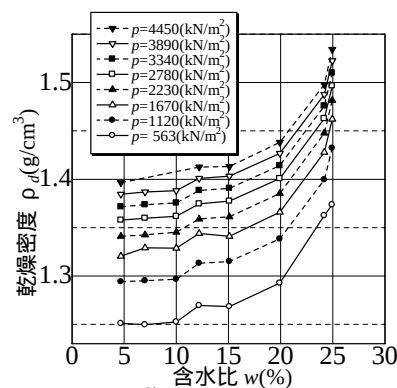


図-2²⁾ 静的締固め曲線

表 - 2 試験に用いた供試体

	w 10%		w 21%		w 24%	
作成方法	動的	静的	動的	静的	動的	静的
含水比 [%]	9.73	9.75	20.79	20.43	23.77	23.75
乾燥密度 [g/cm ³]	1.373	1.379	1.431	1.423	1.460	1.456
飽和度 [%]	27.42	27.71	63.83	62.04	76.24	75.81
間隙比	0.95	0.94	0.87	0.88	0.84	0.84

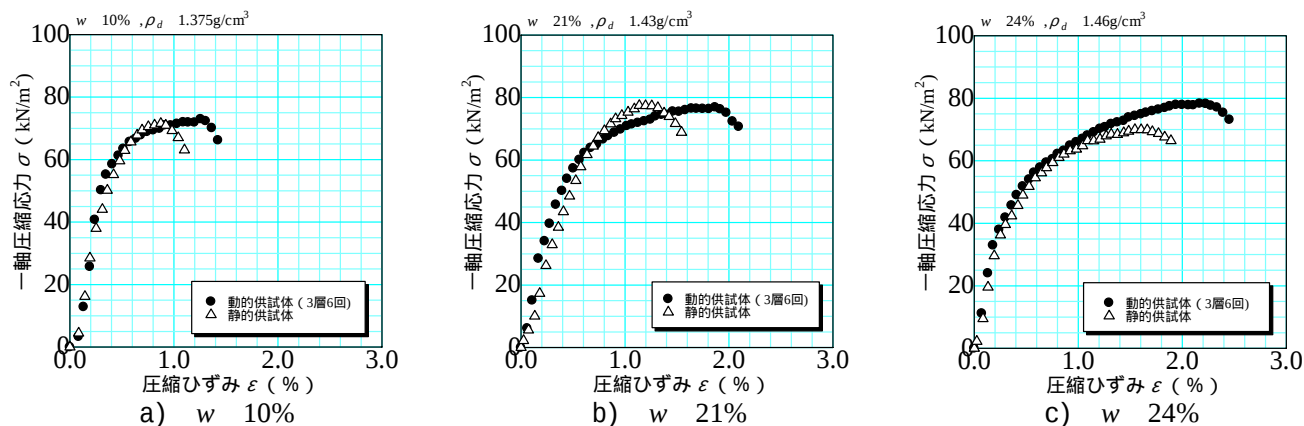


図 - 3 力学的性質の比較 (応力—圧縮ひずみの関係)

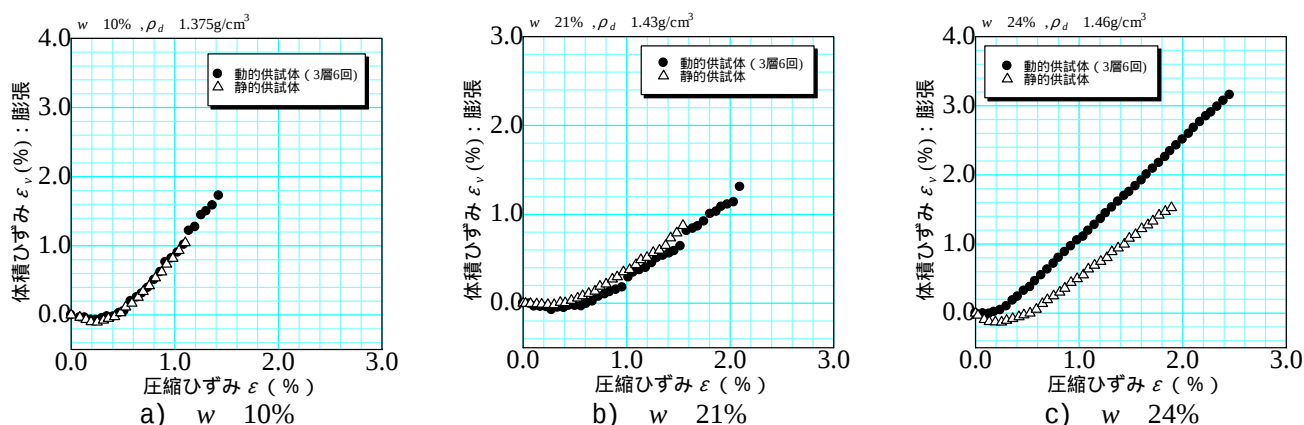


図 - 4 力学的性質の比較 (体積ひずみ—圧縮ひずみの関係)

4. 一軸圧縮試験

力学的性質を求めるにあたり、不飽和土の一斉試験¹⁾に準じて一軸圧縮試験 (供試体寸法 ϕ 50mm, H 100mm, せん断速度 0.2%/min) を行う。試験には、サクシオンを測定するため供試体下部にセラミックディスクと、負の圧力まで測定可能な間隙水压計を取り付けた一軸圧縮試験装置を用いる。この装置は供試体を小さなセルで覆い、水の出入量を計測することにより、体積変化の測定を可能にしている。

5. 結果と考察

一軸圧縮試験より得られた、供試体の応力と圧縮ひずみの関係を図 - 3、体積ひずみと圧縮ひずみの関係を図 - 4 示しており、両図の a), b), c) は w 10, 21, 24% で作成した供試体の比較結果である。●は動的締固めで作成した供試体、△は静的締固めで作成した供試体を表している。図 - 3 より、低含水比付近 (w 10%) で作成した両供試体は類似した挙動が確認できるものの、高含水比付近 (w 24%) では動的締固め供試体は静的締固め供試体よりも圧縮応力が大きくなる傾向がある。また図 - 4 より、体積変化

も低含水比付近の両供試体は類似した傾向を示すが、高含水比になると違いが見られる。

以上の結果より、動的・静的締固めで作成した供試体の力学的挙動は、含水比が低いときには類似した傾向を示すが、含水比が高くなると、動的締固め供試体のせん断中の膨張量、強度とも大きくなる傾向が見られ、作成方法の違いは供試体の力学的性質に影響を与えようといえる。

6. おわりに

本研究の結果より、動的締固め供試体と、静的締固め供試体は力学的性質に差異があることが認められた。これより、たとえば現場の地盤を想定した力学試験において用いる供試体は、転圧式に相当する静的締固めで作成するなど、その研究目的に合わせて締固め方法も考慮する必要があるといえる。

参考文献

- 1) 阿部廣史・畠山正則：不飽和土の一斉一軸・三軸圧縮試験の結果について、不飽和地盤の調査・設計・施工に関する諸問題シンポジウム発表論文集、土質工学会、pp. 23～58, 1993. 1.
- 2) 池本宏文：不飽和土の水分保持特性に関する研究、岐阜工業高等専門学校環境都市工学科平成 10 年度卒業論文、1999. 2.