

締固め層数の違いによる三軸圧縮(CD)試験の力学特性に関する一考察

中部土質試験協同組合 ○小倉 教弘, 石原 聖子
株式会社シマダ技術コンサルタント 坪田 邦治

1. はじめに

攪乱試料を用いて力学試験に用いる供試体を作製する場合、所定の密度になるよう静的に締固めて供試体を作製することがある。しかしながら、締固めによって供試体が塊状を呈する場合の締固めの方法や層数は明確に基準化されていない。「土の三軸試験の供試体作製・設置方法」(地盤工学会基準 JGS 0520-2020)¹⁾では、トリミング法と負圧法しか記載されておらず、前者は試料の状態が室温で安定した塊状をなすもの、後者はときほぐされた状態で、締固めや圧密によっても塊状にできないもの、この二つの状態でしか設定されていないことによる。

これらのことから、本研究では締固め層数の違いが三軸圧縮試験(CD)の力学特性にどのような影響を有するか検討した。

2. 試験に用いた試料と試験方法

(1)使用試料

本研究に用いた試料の物理試験結果を表-1、粒径加積曲線を図-1に示す。試料の土質は、細粒分 10%程度の比較的粒径幅の広い三重県産のシルト混じり礫質砂を対象とした。

(2)試験方法

①試料調整と密度調整

本研究の供試体直径は 5cm であるため、9.5mm ふりい通過の試料を使用し、「突固めによる土の締固め試験」(JIS A 1210 B-b 法)により求められた最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.805\text{g/cm}^3$ とし、現場での施工締固め度が、 ρ_{dmax} の 90%であることから、乾燥密度 $\rho_d=1.625\text{g/cm}^3$ に設定した。

②供試体作製方法

締固め層数を一般的な 5 層と 3 層、2 層、1 層の 4 種類で供試体を作製した。なお供試体端面にムラが出来ないように、供試体径とほぼ同じ径のプランジャーを使用した。

③三軸圧縮試験

「土の圧密排水(CD)三軸圧縮試験」(JGS 0524-2020)に準拠、せん断速度を遅めの $0.2\%/\text{min}$ 、側圧については、低い側圧 (50kN/m^2) と高い側圧 (200kN/m^2) の 2 種類とした。

3. 体積変化量の変化

側圧ごとの圧密量-時間曲線を図-2に示す。この図から判ることは、低い側圧では締固め層数ごとの違いが明瞭に判らず、体積変化量 $\Delta=1.9\sim 2.3\text{cm}^3$ となっている。しかしながら、高い側圧では、締固め層数ごとの違いが

表-1 物理試験結果

物理特性		結果
土粒子の密度 (g/cm^3)		2.658
含水比(試料調整後)(%)		13.1
粒 度 構 成	礫分(%)	39.4
	砂分(%)	50.5
	シルト分(%)	6.9
	粘土分(%)	3.2
液・塑性限界(%)		NP

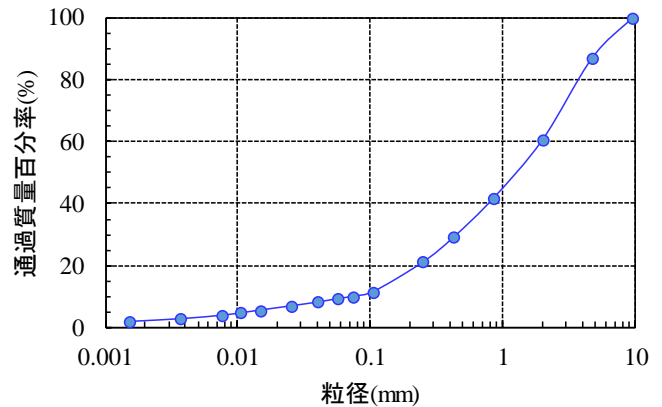


図-1 試料の粒径加積曲線

あらわれ体積変化量が $\Delta=5.85\text{cm}^3$ (5層) $\sim 6.85\text{cm}^3$ (1層) と 1cm^3 の差が生じた。締固め層数が少なくなるに伴い、体積変化量が増える傾向がみられた。これは締固め層数が少なくなるに伴って、層境領域がだんだんルーズになり空隙が出来る。そこに水が溜まるため、高側圧下では圧密時に排水されてしまったのだと思われる。

4. 主応力差の変化と(c, ϕ)

側圧ごとの主応力 ($\sigma_1 - \sigma_3$) \sim ひずみ (ϵ) 曲線を図-3に、(c, ϕ) の結果を表-2に示す。図-3から、低い側圧では締固め層数が少なくなると、主応力差が低い値を示す傾向があることが判る。主応力差最大時で締固め層数が1層と5層では圧縮強さに、 30kN/m^2 の差が生じるとともに、1層の圧縮強さが5層の圧縮強さの約15%低下することが判る。

($\sigma_1 - \sigma_3$) $\sim \epsilon$ 曲線では、締固め層数(5層と3層)、(2層と1層)で曲線が異なることも判る。(5層と3層)では、供試体の骨格構造が形成されたため、比較的早い段階(3%前後)でピークが現れ、その後ひずみ軟化挙動がみられる。試験後供試体を観察するとすべり面(せん断破壊)が明瞭に出ている。

一方、(2層と1層)では、供試体が不均一なため、主応力差が増加し続け10%以降でピークが現れる。試験後供試体を観察すると2層では供試体の中央部が膨らむ「たる形変形」に、1層では供試体下部が膨らむ形になっていた。

高い側圧では、低い側圧と同様に締固め層数が少くなると主応力差が低い値を示す傾向がみられた。主応力差最大時で締固め層数が1層と5層では、 $\Delta(\sigma_1 - \sigma_3) = 27 \text{ kN/m}^2$ の差が生じるものの、主応力差そのものが高いため、1層の圧縮強さが5層の圧縮強さの約4%の低下にとどまることが判った。

また、 $(\sigma_1 - \sigma_3) \sim \varepsilon$ 曲線を見ると、高い側圧では、低い側圧のように曲線に違いが出なかった。どの締固め層数も主応力差が増加し続ける曲線を描き、ピークが14%以降に現れる。試験後供試体を観察するとどの締固め層数の供試体も中央部が膨らむ「たる形変形」であった。

5. まとめ

本研究では、締固めの層数を変えて、三軸圧縮(CD)試験を実施した。この結果、以下のことが判明した。

- ① 低い側圧(50kN/m²)では体積変化量に締固め層数に違いが生じないが、高い側圧(200kN/m²)では締固め層数が少くなると、体積変化量が増加する。
- ② 低い側圧と高い側圧でも、締固め層数が少くなると、主応力差が低い値を示す傾向がある。低い側圧ほど減少する割合が大きくなり、高い側圧ではそうでもないことが判明した。
- ③ c (粘着力) は締固め層数が少くなると、低い値を示す傾向があるが、 ϕ (せん断抵抗角) は締固め層数による違いははっきりしなかった。

以上から、締固め層数の違いにより同じ密度であっても供試体の骨格構造の形成に違いが生じる。このことから、3層以上で締固めるのが望ましく、さらに試験精度の点からいえば5層で締固めるのが最適であると考ええる。

表-2 (c_d, ϕ_d)

種別	c_d (kN/m ²)	ϕ_d (°)	$\tan \phi_d$
1層	2.3	37.5	0.768
2層	4.3	37.4	0.763
3層	7.3	37.2	0.760
5層	9.9	37.4	0.765

《引用・参考文献》

- 1) 地盤材料試験の方法と解説 (2020) : 公益社団法人地盤工学会, pp. 593-610.

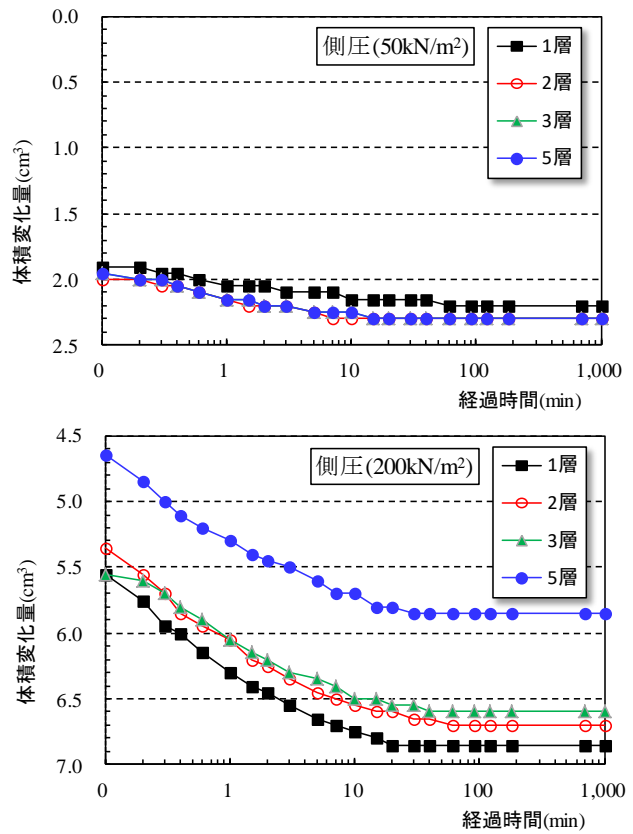


図-2 圧密量～時間曲線

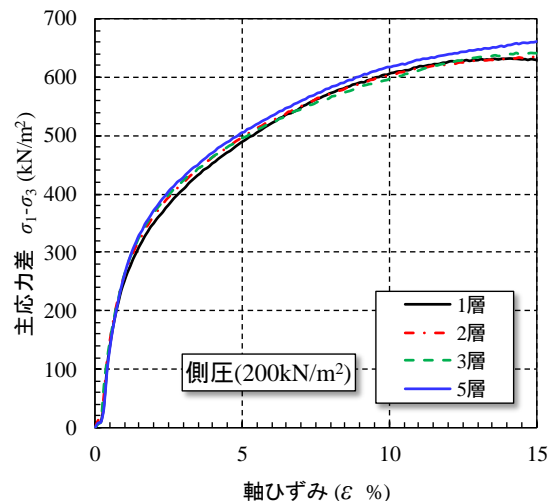
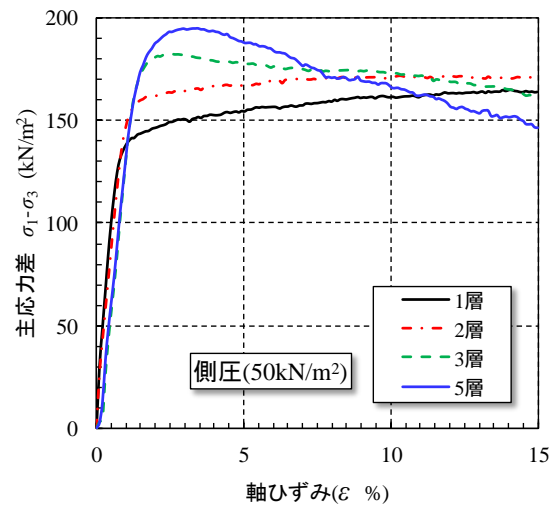


図-3 応力～ひずみ曲線