

異なる締固め方法・含水比で締固めた土の力学特性と異方性に関する実験的研究

名古屋大学 正会員 ○酒井崇之
 名古屋大学 フェロー会員 中野正樹
 名古屋大学 非会員 別所拓郎

1. はじめに

締固めた土は、同一方向から荷重を与えるため、応力誘導異方性が発達していると考えられる。鬼塚ら¹⁾や川尻ら²⁾は実験により締固めた土の異方性による特性の違いを示している。本研究では、三軸圧縮試験機を用いて、異なる含水比・締固め方法で作製した供試体に対し、締固め方向を鉛直としたときに、鉛直方向から载荷した時と水平方向から载荷した時の比較を行うことで、構成則での再現のための基礎データを得るとともに、締固め土の異方性の違いを考察する。

2. 実験に用いる試料の概要

図1は使用した試料の粒径加積曲線を示す。均等係数 U_c は 39.3、曲率係数 U_c' は 3.75 であり、粒径幅が広い土である。なお、土粒子密度 ρ_s は 2.716g/cm^3 であった。図2は締固め曲線を示す。締固め試験は A-b 法で実施した。最大乾燥密度 ρ_{dmax} は、 1.864g/cm^3 で、最適含水比 w_{opt} は 13.5% であった。

3. 締固め方法・含水比が締固めた土の力学特性、異方性に与える影響

3.1 供試体作製方法と実験方法

本研究では、締固め方向を鉛直としたときに、鉛直方向から载荷するケース(V-sample)と、水平方向から载荷するケース(H-sample)について、実験を行い異方性の影響を調査した。いずれの供試体も目標締固め度は 90% であり、図2の青線で示した乾燥密度に対応する。締固め時の含水比は、最適含水比 14.1% よりも乾燥側と湿潤側で設定した。乾燥側の含水比は 8% で、湿潤側は 17.5% である。V-sample は直径 5cm×高さ 10cm のモールドを用いて 3 層に分けて締固めた。H-sample については、図3に示すように、直径 15cm のモールドを用い、締固めた土を 90 度回転させて、直径 5cm、高さ 10cm となるようにトリミングを行った。締固め方法は、動的締固めと静的締固めとした。動的締固めはランマーを用いて突き固めを行い、静的締固めは、写真-1 に示す载荷装置を用い荷重を徐々に大きくしていくことで締固めを行った。いずれの供試体も三軸試験機にセットし、二重負圧法および背圧法で供試体を飽和化し、B 値が 95% 以上になっていることを確認した後、100kPa で等方圧密を行い、軸ひずみ 20%/day のせん断速度で単調せん断を実施した。

3.2 実験結果

図4に動的締固めの実験結果、図5に静的締固めの実験結果を示す。締固め方法に着目すると、乾燥側でも湿潤側でも、せん断挙動には締固め方法の影響を受けていない。同じ密度であるのにも関わらず、乾燥側よりも湿潤側の方が塑性膨張挙動を伴う硬化挙動が顕著であり、最大軸差応力が大きくなった。また、せん断初期における剛性を見ると、乾燥側の方が若干大きくなった。図6に V-sample と H-sample の試験結果の比較を示す。V-sample と H-sample は応力-ひずみ関係で顕著な違いがみられた。V-sample は軸ひずみ 4% 程度でピーク近くまで軸差応力が発生するのに対し、H-sample については、ひずみの

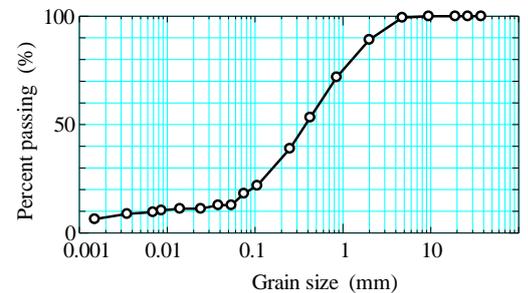


図1 粒径加積曲線

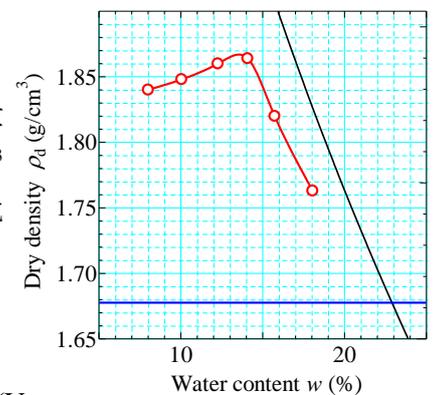


図2 締固め曲線

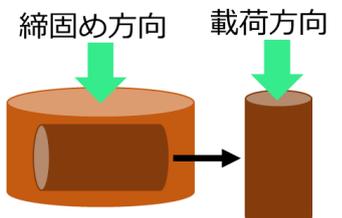


図3 H-sample について

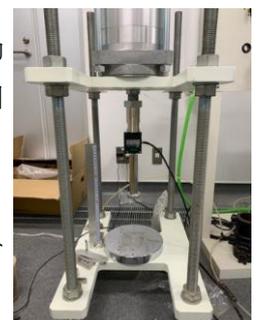


写真-1 载荷装置

締固め、異方性、三軸圧縮試験

〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL: 052-789-2734

進展とともに、徐々に軸差応力が大きくなっていった。これは特に乾燥側で顕著に見られる。ただし、最大軸差応力については、静的／湿潤側を除き、締固め方法、締固め時の含水比の違いによらず V-sample, H-sample とともにほぼ同じ値であった。これはせん断時における密度がほとんど同じであるためだと考えられる。また、有効応力パスについてもほとんど、変化が見られない。しかし、せん断終了時を限界状態と仮定して、限界状態線を引くと、限界状態線傾き M は V-sample の方が H-sample よりも大きかった。また M の値の差は乾燥側の方が湿潤側よりも大きかった。以上のことから、締固め方法よりも締固め時における含水比の方が異方性に与える影響が大きく、乾燥側で締固めた方が、異方性が顕著にみられた。

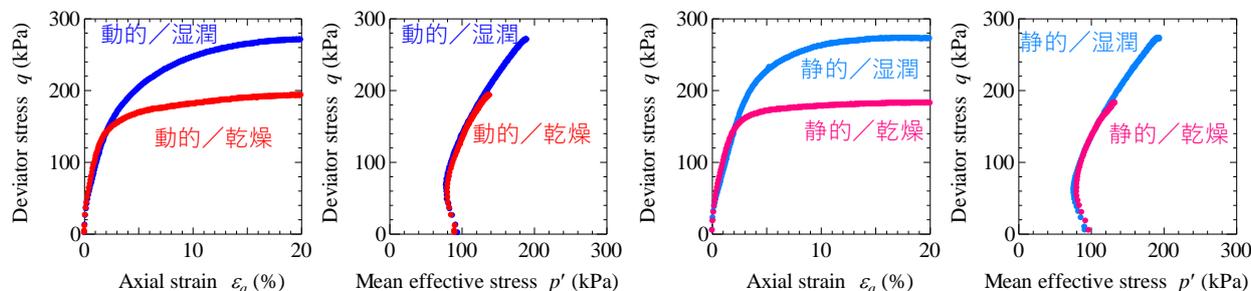


図4 動的締固めで作製した供試体の試験結果

図5 静的締固めで作製した供試体の試験結果

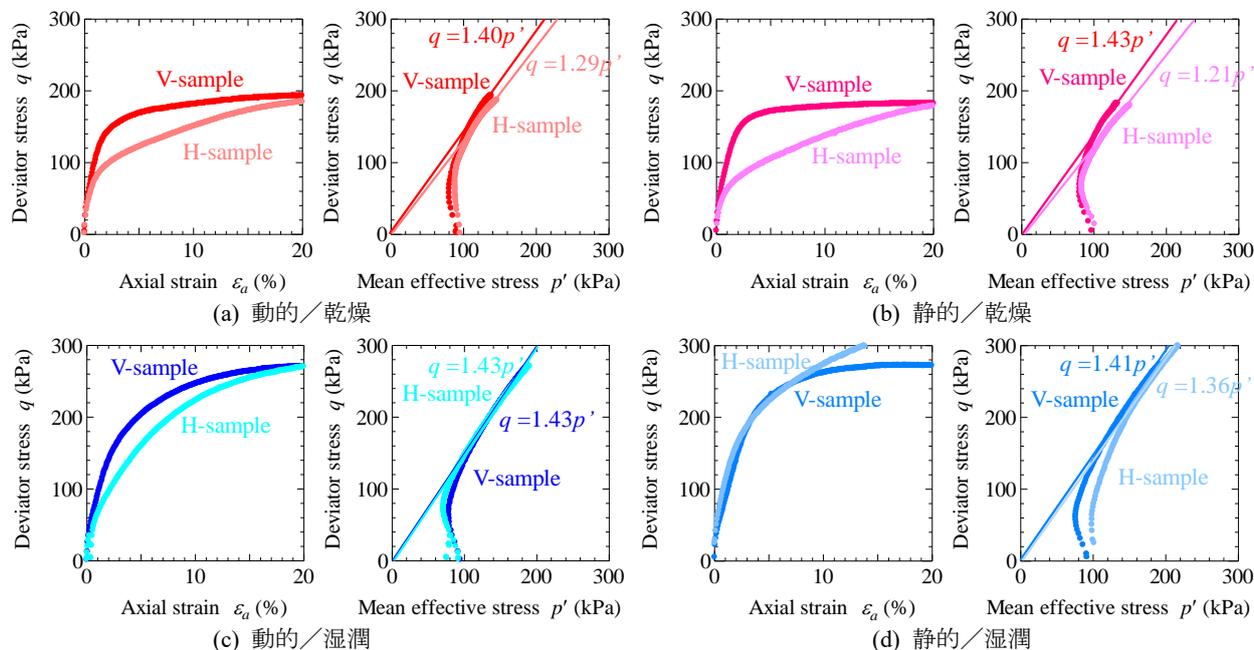


図6 V-sample と H-sample の比較

4. おわりに

本報告では、締固め時の含水比や締固め方法が、締固めた土の力学特性に与える影響を、特に異方性に着目して考察した。その結果、締固め方法による違いはほとんど見られず、締固め時の含水比の影響が大きいことがわかった。特に乾燥側で締固めた場合、異方性の違いが顕著にみられた。鬼塚ら¹⁾や、川尻ら²⁾は、締固め方法により力学特性が異なることを示した。また、Lambe³⁾は、乾燥側で締固めた時は粒子の配向がランダムで、湿潤側で締固め時は粒子の配向が同じになることを示していることから、湿潤側の方が、異方性があると考えられる。本研究では、これらの研究とは逆の結果となったため、これらの研究と本研究の試験条件の違いを見ながら原因を考察していく。また、さらにデータを蓄積していき、弾塑性構成式による再現を目指す。

参考文献

- 1) 鬼塚ら(1979): 締固めた土の圧縮及び強度異方性について, 土木工学会論文報告集, Vol.19, No.3, pp.113-123. 2) 川尻ら(2011): 締固めた地盤材料の変形・強度特性に及ぼす締固め時の含水比および締固め方法の影響, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol.67, No.4, pp.532-543. 3) Lambe, T. W. (1959): The structure of compacted clays, Journal of SMFD, Proceeding of ACSE, Vol.84, SM2, pp.1655-1-1655-35