

境界条件の設定とサクシンの大きさが不飽和盛土材料の強度特性に及ぼす影響

東京大学大学院 正会員 ○田中 宏治
 鉄道総合技術研究所 正会員 松丸 貴樹

1. 概要

近年の度重なる地震被害を受け、各種土構造物に対する耐震補強工事の必要性が高まっている。既設盛土の耐震診断・補強設計では、一般に飽和状態での三軸試験結果を用いて設計計算を行うことが多いが、盛土の内部は不飽和状態を維持することが多く、不飽和状態での力学試験を行うことができれば設計の合理化が期待される¹⁾²⁾。しかしながら、飽和状態での試験と比べ不飽和状態での試験では間隙水や空気の境界条件の設定に関する検討は十分になされていない。そこで本研究では、不飽和三軸圧縮試験における間隙水・間隙空気に関する境界条件に関する検討を、盛土の種類や載荷サクシン値を変えて実施した。

2. 試験方法

2.1 不飽和三軸試験装置の概要

試験装置の概要を図1に示す。試験機は、多孔質膜用ペDESTAL、二重セル式三軸セル、圧力計、排水量並びに体積変化測定用の差圧計、間隙水圧制御用EP・コンバム、二重管ビュレット等からなる。サクシンの平衡時間は、セラミックフィルターを用いた加圧板法と比較して、多孔質膜を使用した加圧膜法の方が短縮されることが知られており³⁾、本研究ではこの方式を採用している。

2.2 用いた試料

試験試料として、茨城県つくば地方と新潟県上越地方の鉄道盛土の建設に使用された材料を用いた。試料の諸元と粒径加積曲線は表1、図2に示すとおりである。また、保水性試験から得られた水分特性曲線を図3に示す。

2.3 不飽和三軸試験の手順

本研究では、基底応力を一定とし、せん断過程における排気条件及び排水条件を2通りに、また載荷サクシン値を3通りに設定して不飽和三軸試験を行った。なお、不飽和時と飽和時の比較のため、見かけ飽和状態の試料に対しても試験を実施した(サクシン0kPaと表示)。セル圧を増加することで基底応力20kPaを作用させながら、脱気水を水頭差60cmで供試体下部から通水し、約18時間おいて見かけ飽和状態とした。排水過程においては、基底応力を25kPaに上昇させた後、空気圧を上昇させてサクシンを10kPaとして供試体に載荷して排水し、約18時間放置した。その後、載荷速度0.05mm/minのひずみ制御の条件下で軸

ひずみが15%となるまで単調圧縮した。

表1 各試料の諸元

	Gs	D ₅₀ (mm)	F _c (%)	Uc	ρ_{dmax} (g/cm ³)	w _{opt} (%)	k(m/s)
つくば碎石	2.671	0.43	16.1	39.3	2.100	7.2	6.41×10^{-6}
新潟砂	2.629	0.13	23.1	11.7	1.482	19.0	7.51×10^{-6}

不飽和土 排水条件 せん断強さ

連絡先 〒113-8654 東京都文京区本郷7丁目3-1

TEL : 03-5841-6137

FAX : 03-5841-8504

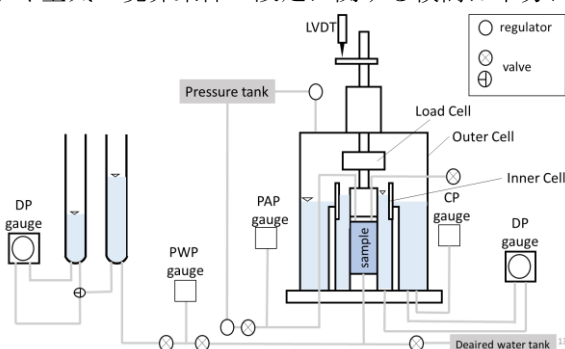


図1 不飽和三軸試験機の模式図

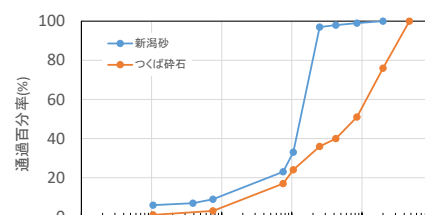


図2 粒径加積曲線

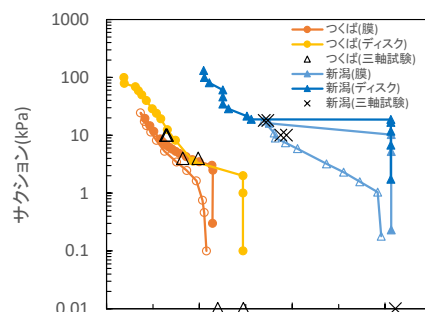


図3 水分特性曲線

3. 試験結果および考察

3.1 応力ひずみ関係

図4、5は、各試料のせん断時の軸ひずみと軸差応力の関係を示したものである。なお、つくば砕石での非排気非排水・载荷サクシオン 0kPa のデータについては、実験に不備があったため表示していない。どちらの試料を用いた場合も、同一载荷サクシオン値で比べた場合のピーク強度・残留強度は、非排気非排水条件下で大きくなる結果となった。これは、試料体積の膨張により間隙空気圧が減少した結果、有効応力が増大したためと考えられる。その一方、同一の排気・排水条件で比べた時の、载荷サクシオン値とピーク強度の関係は、試料ごとに異なる結果となった。つくば砕石を用いた場合は、载荷サクシオン値が大きいほどピーク強度も大きくなったのに対し、新潟砂を用いた場合は、排気排水条件下ではつくば砕石の場合と同様の傾向となったものの、非排気非排水条件下では、载荷サクシオン値が小さいほどピーク強度が大きくなる傾向が示された。

3.2 軸ひずみ-体積ひずみ関係

図6、7は、各試料のせん断時の軸ひずみと体積ひずみの関係を示したものである。新潟砂を用いた場合は、排気排水条件下でせん断中の供試体体積の膨張がより促進される結果となった。これは、体積膨張に伴い間隙空気圧が減少する非排気非排水条件に比べ、排気排水条件下では体積膨張に関わらず間隙空気圧が一定に保たれることが原因として考えられる。その一方、つくば砕石を用いた場合は、非排気非排水条件下で体積膨張がより促進される結果となり、試料間で異なる傾向が示された。

3.3 有効応力経路

図8、9は、各試料の有効応力経路を示したものである。なお、有効応力の算定方法には様々あるが、本研究では Bishop の有効応力式⁴⁾を用いた。各試料において、応力経路が限界状態線付近に到達した後、有効応力が増減する挙動が観察された。しかしながら、新潟砂の非排気非排水条件下における各サクシオン値の応力経路を比較すると、限界状態線を前提とした議論が必ずしも成立するとは言えない可能性が考えられる。

4 まとめ

本研究から、以下の結論が得られた。

- ・非排気非排水条件での強度は、排気排水条件での強度より大きくなった。
- ・载荷サクシオン値が大きいほど強度が大きくなるとは必ずしも言えず、新潟砂を用いた非排気非排水条件下での試験では载荷サクシオン値が大きいほど強度は小さくなった。

参考文献 1)木口、松丸、西村：サクシオン・载荷履歴を与え

た細粒分を含む砂質土の不飽和三軸圧縮試験、第48回地盤工学研究発表会、2013.7. 2)石塚、大木、小島、館山：粘着力に及ぼす飽和度の影響について、土木学会第59回年次学術講演会、2004.9. 3)西村、古閑：加圧膜法による低サクシオン領域の非塑性シルトの水分特性曲線、第47回地盤工学研究発表会、2012.7. 4) Bishop, AW, Blight GE.: Some aspects of effective stress in saturated and partly saturated soils, Geotechnique, Vol.13, No.3, pp.177-197, 1966.

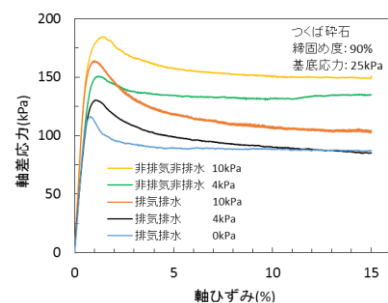


図4 応力ひずみ関係 (つくば)

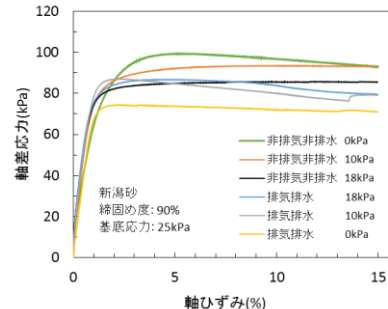


図5 応力ひずみ関係 (新潟)

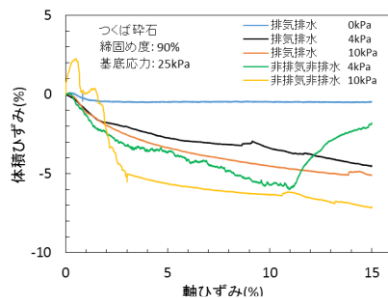


図6 軸ひずみ・体積ひずみ関係 (つくば)

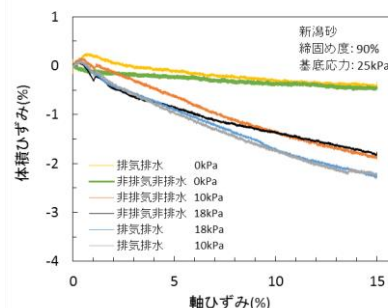


図7 軸ひずみ-体積ひずみ関係 (新潟)

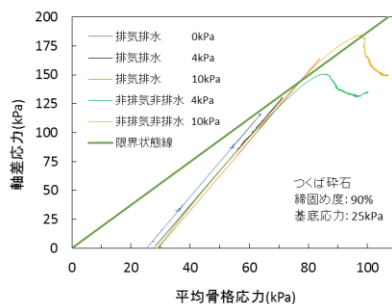


図8 有効応力経路 (つくば)

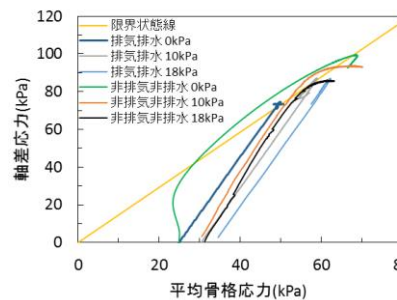


図9 有効応力経路 (新潟)