サクション載荷履歴を与えた細粒分を含む砂質土の不飽和繰返し三軸試験

正会員	〇木口	峰夫
正会員	松丸	貴樹
正会員	西村	友良
	正会員 正会員 正会員	正会員 〇木口 正会員 松丸 正会員 西村

<u>1. はじめに</u>

盛土等の土構造物は不飽和状態にあるが、浸透水や降雨散水の影響を受け、サクションが極めて小さくなること もある。また、常時において乾湿の繰返しにより複雑なサクションの変化が生じている。このような状況における 不飽和土の地震時の強度・変形特性を把握するためには、低サクション領域でサクションの載荷履歴を考慮した室 内土質試験を行うことが重要となる。本研究では、既設盛土等で弱点となりやすい材料である細粒分を含む砂質土 を対象に、微細多孔質膜を用いた加圧膜法により非排気・非排水条件での不飽和繰返し三軸試験を行い、サクショ ンの載荷履歴やその大きさが動的変形特性に及ぼす影響について検討を行った。

2 試験概要

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。試験機の構成は、多孔質膜用ペデ スタル、二重セル式三軸セル、圧力計、排水量ならびに体積変化測 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。間隙水圧計・間隙空気圧計・セル圧計は、供試体下部の 高さに合わせ三軸室の外部に設置した。排水量の変化に伴う間隙水 圧の変動は、二重管ビュレット内に負圧を与えることにより水位変 動分の水圧を制御した。負圧は、EPとコンバムにより与え、間隙水 圧が常に0kPaを保つようにパソコンで自動制御した。

2.2 実験に用いた材料

試料は稲城砂を用いた。その物理特性は、土粒子の比重 G_s =2.723, 50%粒径 D_{50} =0.134mm、均等係数 U_c =9.29、細粒分含有率 F_c =23.6%で あり、粒径加積曲線は図2に示すとおりである。また、突固めによ る土の締固め試験(A-c法)では最大乾燥密度 ρ_{dmax} =1.517g/cm³、最適含水 比 w_{opt} =21.6%であった。供試体は、乾燥密度が ρ_d =1.108g/cm³、含水比が 13%程度となるように、直径5cm、高さ10cmのモールド内での締固めに より作製した。

2.3 不飽和繰返し三軸試験の手順

本試験は、サクションの載荷履歴を様々に与え、不飽和繰返し三軸試 験を5ケース行った。ケースごとに与えたサクション載荷履歴を表1に示 す。CASE1では、水頭差60cm程度を与えて通水を行って見かけ上飽和と した上で、空気圧を増加させることでサクションを20kPa載荷した後に繰 返し載荷を行った。CASE2~4ではCASE1と同様の手順で20kPaのサクシ ョンを載荷した後に、1.5~5.0kPaのサクションに低下し、その後繰返し載 荷を行った。CASE5では5kPaのサクションを与え、繰返し載荷を行った。 非排気・非排水条件下の繰返し載荷は、図3に示すように軸ひずみ片振 幅0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.0、3.0、5.0%の三角波を各10波、ひずみ制 御で与え、周波数は0.001Hzまたは0.0002Hzとした。また、基底応力は *o* net=25kPaとした。

表1 試験ケースごとのサクション載荷履歴

試験	飽和過程			排水過利	星		吸水過和	田	
ケース	uw(kPa)	σr(kPa)	ua(kPa)	uw(kPa)	σ net(kPa)	ua(kPa)	uw(kPa)	σ net(kPa)	
CASE1	6		20	*0→7		-	*0→7		
CASE2			20			5			
CASE3		6	20 20	20		25	2	0	25
CASE4			20			1.5	0		
CASE5			5			_			

*CASE1:サクションの平衡を確認せず非排気・非排木状態にしたところ、7kPaの間隙水圧 が残存していたため実質のサクションは13kPaで繰返し載荷を行った。

キーワード:不飽和土 繰返し三軸試験 サクション 連絡先:〒160-0004 東京都新宿区四谷 1-23-6 協立四谷ビル 5F TEL:03-5368-4101 / FAX:03-5368-4105



図1 不飽和三軸試験装置の概要





3.実験結果および考察

3.1 過剰間隙空気圧比・過剰間隙水圧比・サクションの経時変化

各ケースの過剰間隙空気圧比・過剰間隙水圧比の時刻歴を図4・図5に示す。与えたサクションが小さい程,過 剰間隙空気圧比・水圧比の上昇量は大きくなっており、サクション1.5kPaのCASE4では過剰間隙水圧比が0.95を上 回り、液状化状態となっている。また、サクション2kPaのCASE3で過剰間隙水圧比が0.8を超えたあたりで繰返し載 荷を終えている。サクションが5kPaのCASE2とCASE5を比較すると、ほぼ同じ挙動を示しておりサクション載荷履 歴の影響はほとんど見られなかった。

次に、サクションの経時変化を図6に示す。CASE1は、載荷初期からサクションの低下が見られるが、CASE2~3 ではほとんど低下が見られず、かつサクションがゼロとなるようなことはなかった。サクション1.5kPaのCASE4で は、概ね750分頃からサクションの低下が見られ、これ以降サクションが大気圧を下回る値となった。風間ら³⁰の火 山灰質砂質土を用いた不飽和繰返し三軸試験結果では、10kPa以上のサクション領域でも大気圧以下になる報告があ るが、本試験に使用した材料では微小なサクション領域でしか見られなかった。なお、サクション5kPaのCASE2と 5では、サクション載荷履歴を与えたCASE2の方がサクションの低下が極めて小さく、ほぼ一定の値を示している。

3.2 体積ひずみの経時変化・軸差応力~軸ひずみ関係

体積ひずみの時刻歴を図7に示す。体積ひずみは、サクションの大きさに関わらず圧縮を示している。CASE1-3 とCASE4は、概ね750分頃から体積ひずみ量に違いが生じており、CASE4ではこれ以降、間隙空気の圧縮が難しい 状況となったことから体積ひずみが他のケースと比較して小さくなったものと想定される。

また、CASE2(サクション5kPa)とCASE4(1.5kPa)の軸差応力~軸ひずみ関係を図8・9に示す。CASE4(図 9)は、軸ひずみの増加に伴い軸差応力が低下していくが、CASE2(図8)では、体積の圧縮(収縮)による影響 で増加し続ける傾向を示した。また、サクション5kPa以上の他のケースでも圧縮側で軸差応力の増加が確認された。 このような挙動は、風間ら¹⁾、松本ら²⁾の不飽和繰返し三軸試験にも見られる。サクション5kPaのCASE2と5では、 サクション載荷履歴のあるCASE2の方が若干ではあるが大きな軸差応力が発揮されていた。

<u>4 まとめ</u>

20kPaのサクションを与え再びサクションを1.5kPaまで低下させた稲城砂は,過剰間隙水圧比が0.95以上となり, それ以外のケースでは過剰間隙水圧比は0.95以下となる結果を示した。また,サクション2kPa程度以下では,軸ひ ずみの増大に伴う軸差応力の低下を示し,5kPa以上では圧縮側の軸差応力が増大する結果を示した。

参考文献

- 1) 風間,高村,海野,仙頭,渦岡:不飽和火山灰質砂質土の液状化機構について,土木学会論文集 62 巻,pp.546-561, 2006.
- 2) 松本,西村,古関:不飽和履歴を受けた不飽和土の繰返し三軸試験結果,第48回地盤工学研究発表会,2013.7.
- 3) 木口, 松丸, 西村: サクション載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.