

III-A 194

不飽和土の体積収縮とサクシジョン力の関係

足利工業大学 正会員 西村友良 三菱建設株式会社 正会員 遠藤之康
 中央復建コンサルタンツ（株） 正会員 ハミード マイディン
 長岡技術科学大学 正会員 豊田浩史 長岡工業高等専門学校 正会員 小川正二

1. まえがき 不飽和土の体積収縮は圧縮荷重の載荷や乾燥作用による土粒子間の有効応力の増加によって生じる。本研究では等方圧縮状態における含水比の異なる不飽和土の体積収縮および飽和状態からサクシジョン力の作用および制御を受けて不飽和状態へ移る場合の土の体積変化の計測を行い、不飽和土の体積収縮とサクシジョン力の関係および不飽和土の有効応力の推定について明白にしている。
2. 試料と実験方法 実験に用いた試料は米山粘性土と呼ばれる粘性土である。締固め供試体は先行圧縮応力を98kPaで静的に締固めて作成した。等方圧縮試験は間隙空気圧を零として排気非排水条件で行い、供試体下端に接するセラミックディスクを介して間隙水圧を測定した。飽和供試体はスラリー状にした試料を70kPaで予備圧密して作成した。飽和供試体を不飽和状態にするには三軸室内で等方圧密した後、供試体上部より空気圧を与え、下部から排水を行い所定のサクシジョン力を与えた。
3. 実験結果 静的に締固めた不飽和土の間隙比と拘束圧力の関係をFig-1に示す。供試体は拘束圧力が先行圧縮応力98kPaを越えると正規圧密状態となり圧縮曲線は直線となる。不飽和土の含水比が大きいと圧縮曲線の傾きが小さくなる一方で、同一の拘束圧力に対して間隙比が小さくなる。不飽和土の場合、土粒子間にはサクシジョン力が作用し、サクシジョン力が土粒子の相互移動を妨げ、圧縮作用を受けてもあまり間隙が小さくならない。サクシジョン力は含水比が大きくなると小さくなり、間隙が圧縮されやすくなり、不飽和土の圧縮曲線は飽和土の圧密曲線に近づくと考えられる。畠ら¹⁾は、一次元圧縮時の不飽和土の $e\text{-log}P$ 関係をサクシジョンに起因する内部拘束応力を考慮してシュミレートし、不飽和土の $e\text{-log}P$ 関係が飽和土の $e\text{-log}P$ 関係より上方に位置すると述べ、本実験結果とその傾向が一致する。一方、飽和状態の土に任意の空気圧を載荷し、土中水を排水させ、間隙内に空気を存在させると土は不飽和化される。その際、土中水が排水されることによる含水量の減少や空気と水の境界面に働く表面張力を寄因とするサクシジョン力による土粒子間隔の減少によって、土全体の体積が収縮し、不飽和化した土の間隙比はFig-2のように飽和土に比べて小さくなる。また、作用したサクシジョン力が大きくなるほど間隙比が小さくなっていることがわかる。ここでサクシジョン力が等しい線を等サクシジョン力線と呼ぶことにする。この等サクシジョン力線群は傾きがそれぞれ等しく、平行に位置している。不飽和土の変形状態を把握するには不飽和土に作用する応力変数として拘束圧力、サクシジョン力が必要である。一方、土の基本的物理量としては不飽和土中のマトリックサクシジョンと密接な関係を有する含水比²⁾や間隙比が考えられる。ここで締固め土と不飽和化された土の状態変化を検討するためにパラメータを3つ取り上げ、Fig-3、Fig-4のように三次元座標空間上に描いた。両方の鉛直座標にサクシジョン力をプロットしている。Fig-3の締固め土は非排水状態であるので含水比一定であり、供試体に載荷される拘束圧力が増大するにつれてサクシジョン力が次第に減少し、サクシジョン力が零の飽和土の状態線に近づいている。また、含水比が高いほどサクシジョン力が小さいことがわかる。一方、飽和状態から不飽和化する過程では、拘束圧力の大きさを保ちながら土中水を排水させているので、含水比が減少する経路が描かれている。サクシジョン力の増大に伴う含水比の減少を示す曲線は不飽和化を開始する時の飽和土の圧密圧力の大きさに関わらず相似であると考えられる。ここで、拘束圧力が零に近づくほど含水比とサクシジョン力の関係を示す曲線は水分保持曲線を表すのでないかと考えられる。なぜなら、水分保持曲線を加圧板法³⁾を用いて求める場合には、無負荷のスラリー状態の土に間隙空気圧を高め、土中水を排水させるからである。Fig-3とFig-4の相違は、締固め土は含水比一定の経路にたいして不飽和化の場合にはサクシジョン一定の経路であり、また同じ含水比にも関わらず、締固め土のサクシジョン力は乾燥過程の不飽和土のサクシジョン力に

比べてかなり低いことである。サクシジョン力の差異は間隙比の違いによると考えられるので、不飽和土の有効応力成分の拘束圧力とサクシジョン力と間隙比の関係をFig-5に示す。同一の拘束圧力の下で飽和土の間隙比にたいして不飽和土の間隙比が増加あるいは減少してもサクシジョン力が存在することがわかる。不飽和土の間隙比が飽和土の間隙比よりも小さいと大きなサクシジョン力を示すのは、土中の間隙がかなり密なためである。ここで、飽和状態、不飽和状態にかかわらず土中の間隙比が同じ大きさであれば土の有効応力が一定であるとする、飽和土のe-logP曲線上の間隙比と同じ間隙比の不飽和土の有効応力は飽和土のe-logP関係から求められる圧密圧力の大きさとして推定できる。

4. あとがき 本研究では等方圧縮状態において締固め土の体積収縮と飽和状態から不飽和状態へ移る場合の体積収縮におけるサクシジョン力との関係を明かにした。今後はせん断強さとの関係について検討する必要がある。

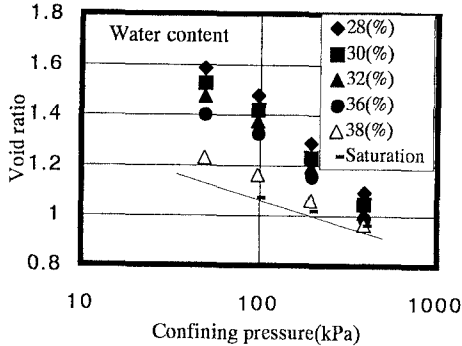


Fig-1 Relation between confining pressure and void ratio

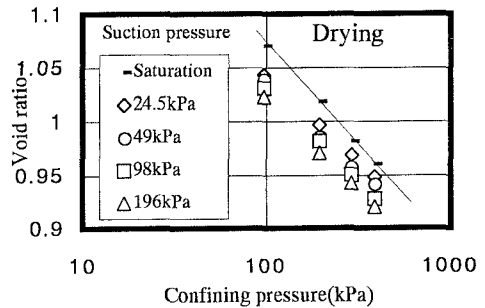


Fig-2 Relation between confining pressure and void ratio

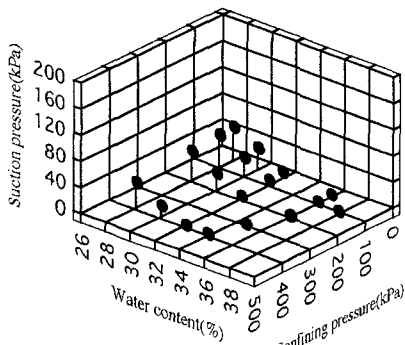


Fig-3 Change of suction pressure

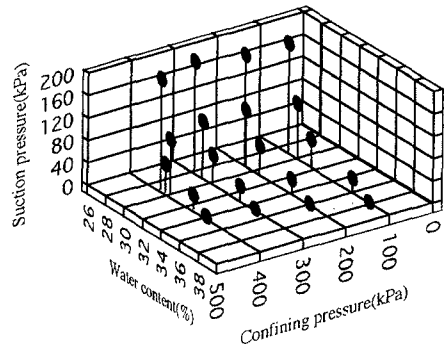


Fig-4 Change of water content

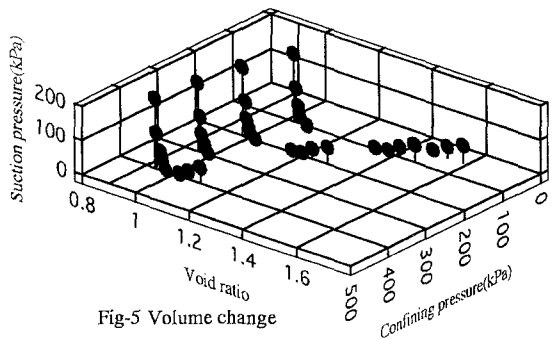


Fig-5 Volume change

参考文献1) 畠昭治郎他:水浸時挙動を考慮した土の締固め施工基準の決定方法について,土木学会論文集,第382号,pp.227-235,1987.
 2)Krahn and Fredlund: On total matric and osmotic suction, J. Soil Sci, Vol.114, No.5, pp.339-348, 1972. 3)Olson and L.J.Langfelder: Pore-water pressure in unsaturated soils, J Soil Mech Found Div. Proc. Amer. Soc. Civil Engr, Vol.91, SM4, pp.127-160,1965.