

不飽和土のせん断強度に与える拘束圧とサクシジョンの影響

豊橋技術科学大学大学院 清川美奈
 都市環境技術事務所 正員 新納 格
 豊橋技術科学大学 正員 蔣 建群
 豊橋技術科学大学 正員 栗林栄一

1. まえがき

従来、不飽和土の強度特性を考察する際には、外力として拘束圧、内力としてサクシジョンの二つを、独立の応力変数として取り扱ってきた。しかしながら粒子接触による付着力について、1971年にJohnson, KendalおよびRobertsが弾性球の付着力を定義し¹⁾、それらを1982年にSchukinが実験的に証明し²⁾、さらに、1990年にFogdenとWhiteは式(1)に示す「粒子間に液体架橋が存在する不飽和状態で作用する付着力」を理論的に定義している³⁾。

$$F_{FW1} = -4\pi \frac{d}{2} (\gamma_L \cos \theta + 0.75 \gamma_{SL}), F_{FW2} = -3\pi \frac{d}{2} (\gamma_L \cos \theta + \gamma_{SL}) \quad (1)$$

ここに、 F_{FW1} ：固体間の付着が強い場合、 F_{FW2} ：曲率半径 R_1, R_2 が非常に小さい場合、 d ：粒径

γ_L ：液体表面張力、 $\gamma_{SL} = \gamma_S - \gamma_L \cos \theta$ ：固体-液体間の界面張力、 γ_S ：固体表面張力

θ ：固体-液体間の接触角

これらの成果から、外部負荷 <0 の粒子接触による付着力は、接触面積に依存せず固体-液体-気体の界面張力で決定され、前述のサクシジョン以外に独立した内力が存在することは明らかである。この内力は土粒子表面の性質に依存し、土中に疎水性面が卓越する有機物等が存在すれば、その影響は無視できない。この考察を検証するため、本研究は物性が明白な土を用いて、近似的に同じ粒子配列と仮定する供試体を作製し、同じ拘束圧およびサクシジョンで、固体-液体-気体間の界面張力を変化させ、不飽和三軸圧縮試験を行った。

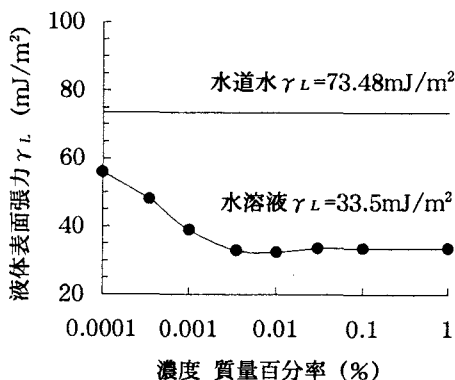


図-1 液体表面張力と活性剤濃度の関係

2. 実験方法

図-1に示す液体表面張力を有する非イオン性界面活性剤水溶液（濃度0.5質量%）と水道水の2種類を間隙水に用いて、排気・排水条件の不飽和三軸圧縮試験を行った。土質試料は図-2に示す粘性土[Cs]である。この粘性土（DLクレイ）はシリカ分94.8%であるので、その表面は親水性であり、表面電荷は極小さいためにマトリックスポテンシャル以外のサクシジョンは無視できる。供試体寸法は直径49.85mm高さ100mm、土粒子の体積率（ V_s (土粒子の体積)/ V (全体積)）=0.55、体積含水率（ V_w (間隙水の体積)/ V ）=0.25、空気間隙率（ V_a (空気の体積)/ V ）=0.2で静的に締め固めて作製した。作

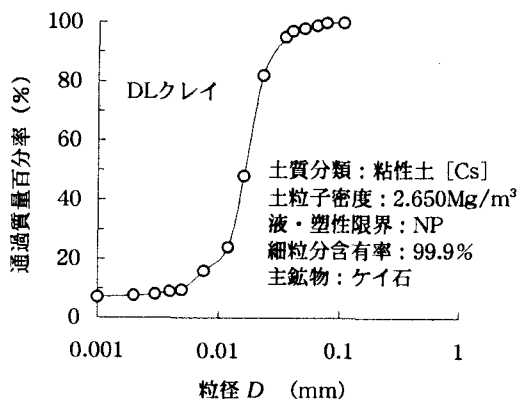


図-2 土の物性と粒径加積曲線

製直後の乾燥密度は 1.458Mg/m^3 、含水比は17.2%である。試験方法は文献4)に従い、サクシオンおよび拘束圧は29.4kPa、58.8kPaおよび88.3kPaの3種類、せん断時の軸ひずみ速度は $0.0088\%/min$ とした。図-3に試験条件のサクシオンおよび拘束圧に至る応力経路を示す。

3. 実験結果の考察

図-4に応力-ひずみ曲線を示す。全体において、拘束圧の大きなものほど高い圧縮強さを示し、最大圧縮強さはサクシオンの影響を、残留強度は拘束圧の影響を受ける。これらの結果は、従来のDLクレイの不飽和三軸圧縮試験結果と何ら変わらない⁵⁾。次にサクシオン

29.4kPaの水道水と水溶液の場合を比較する。それぞれの拘束圧で、圧縮強さおよび残留強度は水溶液添加の方が低くなる。サクシオンが58.8kPa、拘束圧29.4kPaの水道水と水溶液の比較でも同様である。以上から、近似的に同じ粒子配列状態と仮定するならば、活性剤の添加で式(1)の液体表面張力 γ_L や接触角 θ が低下し、そのために接触による付着力が減少して圧縮強さが低下したと考察できる。また、活性剤による化学的反応等は存在しない。

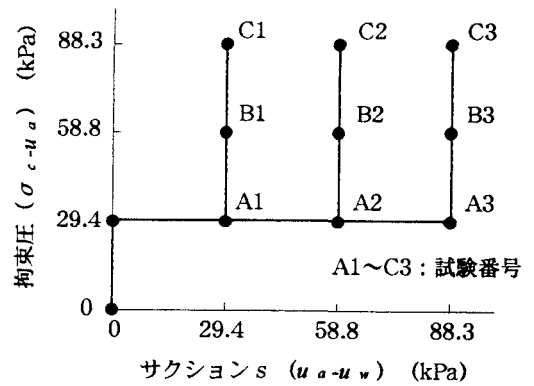


図-3 試験条件に至る応力経路

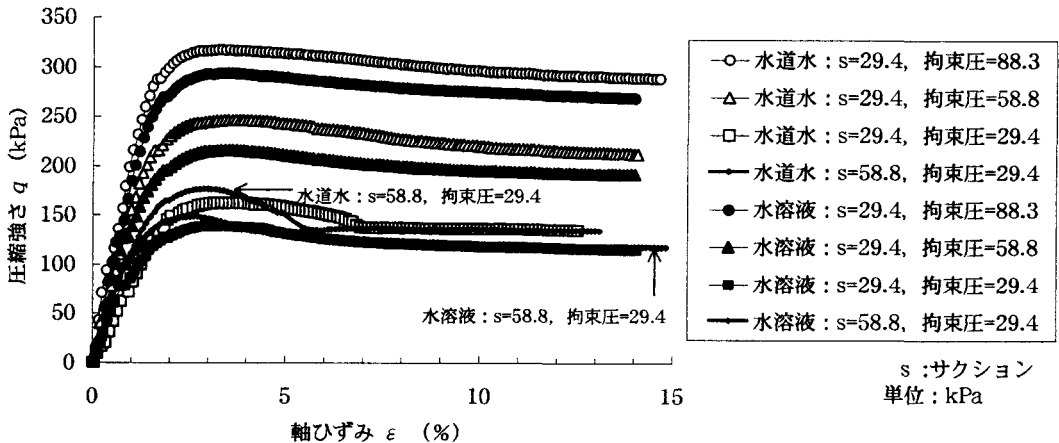


図-4 応力-ひずみ曲線

4. 結論

サクシオン以外に独立した内力が存在することを考察し、この内力を固体-液体-気体間の界面張力を変化させて、不飽和三軸圧縮試験から検証した。その結果、サクシオンおよび拘束圧が同じであっても、液体表面張力等の減少で圧縮強さは低下する結果が得られたことから、粒子接触による内力が存在すること実験的に証明した。

参考文献

- 1) Johnson, K.L., Kendall, K. and Roberts, A.D.: Surface energy and the contact of elastic solids, Proc. R.Soc. London, Ser.A, No.324, pp.301-313, 1971.
- 2) Schukin, E.D.(J.M.Georges, ed.): In microscopic aspects of adhesion and lubrication, Elsevier, Amsterdam, pp.389-402, 1982.
- 3) Fogden, A. and White, L.R.: Contact elasticity in presence of capillary condensation, Journal of Colloid and Interface Science, Vol.138, No.2, pp.414-430, 1990.
- 4) 不飽和地盤の安定性に関する研究委員会編：不飽和地盤の調査・設計・施工に関する諸問題シンポジウム発表論文集，地盤工学会，pp.23-58，1992.
- 5) 例えば，岩田進午，喜田大三監修：土の環境圏，フジ・テクノシステム，pp.140-152，1998.