

自然堆積土の圧密降伏応力と土構造破壊 の関係について

佐賀大学 正 員 鬼塚克忠
佐賀大学 学生員 ○ 洪 振舜

1. 問題提起： ほとんどの自然堆積土が aging によって土構造(fabric or structure)を形成することは報告されている¹⁾。不攪乱試料と再圧密して作成した試料のe-logp曲線の比較に基づいて、圧密降伏応力を越えて圧密すると、土構造がだんだん破壊し、圧密降伏応力の5~6倍²⁾、あるいは10倍³⁾の圧密圧力になると、繰り返した試料の e-logp 曲線に収束するという概念が想定されている。この概念は Fig. 1に示している³⁾。しかし、多くの自然堆積土はFig. 2のような強度特性を示している^{4), 5)}。圧密圧力が圧密降伏応力を越えると、強度は繰り返した試料のように、土構造の影響を受けず圧密圧力に依存する。従って、圧密降伏応力と土構造破壊の関係において、圧密降伏応力で土構造が完全に破壊することを表す強度特性は、圧密降伏応力を越えてだんだん破壊する概念図Fig. 1と矛盾している。

2. 強度挙動： 典型的な有明粘土と硅藻土の三軸圧密非排水強度と圧密圧力の関係をそれぞれFigs. 3&4に示している。圧密圧力が圧密降伏応力以下では、非排水強度は圧密圧力とほぼ無関係である。土構造は圧密降伏応力まで破壊されず、agingによるボンド(bond)は非排水強度を支配すると考えられる。一方、圧密圧力が圧密降伏応力を越えると、土構造が完全に破壊されて、非排水強度が圧密圧力に依存すると想定される。これらの関係から、土構造の破壊は圧密応力のあたりで発生することが推定される。

3. 圧縮曲線： 自然堆積土の e-logp曲線は逆"S"形になる。このような e-logp曲線は、体積比(1+e)の自然対数とlogpにプロットすると、二つの直線となる⁷⁾。この二つの直線の交点の圧力を圧密降伏応力と定義

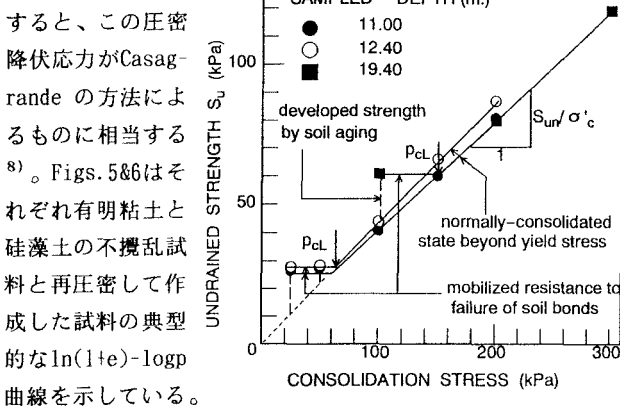


FIG.3 TYPICAL TRIAXIAL CU TEST RESULT OF UNDISTURBED ARIAKE CLAYS

図を見ると、正規

圧密域においては、不攪乱試料の圧縮性が再圧密して作成した試料よりかなり大きいことが分かる。圧密降伏応力の10倍以上圧密しても、不攪乱試料と再圧密試料の圧縮曲線が収束する傾向が見られない。これらの

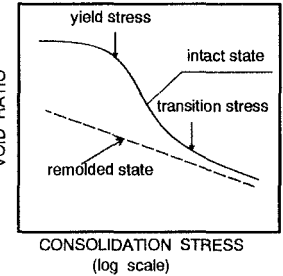


FIG.1 SCHEMATIC e-logp PLOT

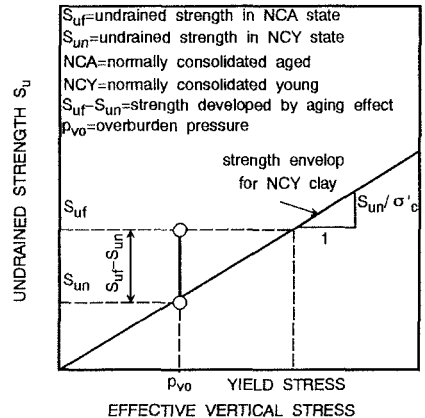


FIG.2 IDEALIZED PLOT FOR UNDRAINED STRENGTH VS. VERTICAL STRESS

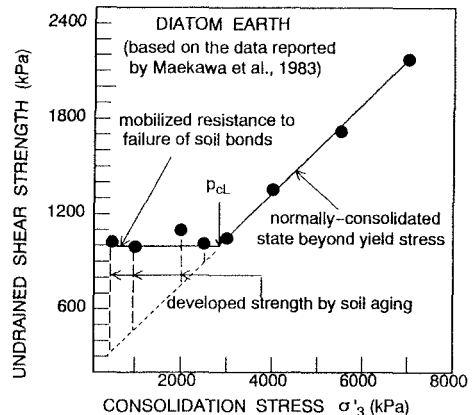


FIG.4 TRIAXIAL CU TEST RESULT OF A UNDISTURBED DIATOM EARTH

関係は、圧密降伏応力を越えて圧密すると土構造がだんだん破壊するという概念と矛盾している。さらに、Fig. 7は泥岩に対して、EDTA処理でボンドを除去したものの圧縮特性の変化を示している⁹⁾。ノルウェーのquick clayについても同様の例が示されている¹⁰⁾。EDTAで処理したものの挙動は、自然状態のものに比べて、圧縮指数に変化はないが降伏応力の著しい低下がみられる。EDTA溶解液を間隙に循環させてボンドを除去して、土構造破壊に抵抗力が大幅に低下する。一方、EDTA処理は自然状態の土構造を乱すことなく、EDTA処理土と自然状態土においては、それぞれの圧密降伏応力を越えて圧密すると、土構造が完全に破壊となり、両者の圧縮挙動が同じになると考えられる。この考え方は自然堆積土の強度特性と一致する。正規圧密域に不攪乱試料と再圧密して作成した試料の圧縮特性が異なることにおいては、同じ圧力でも再圧密して作成した試料の土粒子あるいは団粒子の配列(arrangement)は自然状態のものより配向性(orientation)が強くなるためと考えられる。e-logp曲線の圧縮指数 C_c は $\ln(1+e)$ -logp曲線の圧縮指数 C_{cL} と次の関係がある： $C_{cL}=C_c/(1+e)$ 。正規圧密域には、土粒子あるいは団粒子の配向配列(oriented arrangement)がだんだん強くなるとともに、 C_c と間隙比 e の両方がだんだん減少するから、 C_{cL} が一定値になる。こういうわけで、自然堆積土の圧縮曲線は e-logpで逆"S"形になり、 $\ln(1+e)$ -logpで二つの直線になるものと解釈される。

4. むすび： 本研究は、自然堆積土の圧密降伏応力を越えて土構造はだんだん破壊するという既存の概念が多くの自然堆積土の強度特性と矛盾している問題を提起した。次に、自然堆積土の圧密降伏応力と土構造破壊の関係について考察した。降伏応力のあたりで土構造の破壊が発生すると想定される。今後は土構造破壊の定義および土構造を微視的に研究する予定である。

参考文献： 1)Schmertmann, J.H. (1991). The mechanical aging of soils, ASCE, Vol.117, No.GT9. 2)Tsuchida, T. (1994). A unified concept of e-logp relationship of clays, Proc.13th. ICSMFE. 3)Nagaraj, T.S., et al. (1990). Analysis of compressibility of sensitive soils, ASCE, GT1. 4)Hanzawa, H., et al. (1983). Overconsolidation of alluvial clays, S&Fs, Vol.23. 5)Hanzawa, H., et al. (1990). Evaluation of engineering properties for an Ariake clay, S&Fs, Vol.30. 6)前川晴義ら.(1983). 硅藻質軟岩の力学的特性、土木学会論文報告集、No.334. 7)Butterfield, R. (1979). A natural compression law for soils; Geotechnique, Vol.29. 8)Onitsuka, T., et al. (1994). Oedometer yield stress of Ariake clays, Annual Conf. of Kyushu Branch of JSCE. 9)吉中龍之進(1987). 堆積軟岩の工学的性質とその応用、土質工学会. 10) Bjerrum, L. (1967). Engineering geology of Norwegian normally consolidated marine clays as related to settlements of buildings, Geotechnique, Vol.17.

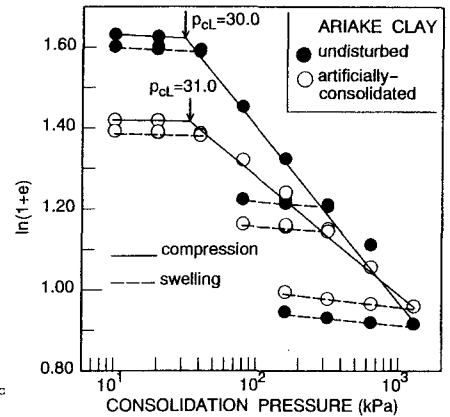


FIG.5 COMPARISON BETWEEN UNDISTURBED AND ARTIFICIALLY-CONSOLIDATED ARIAKE CLAYS

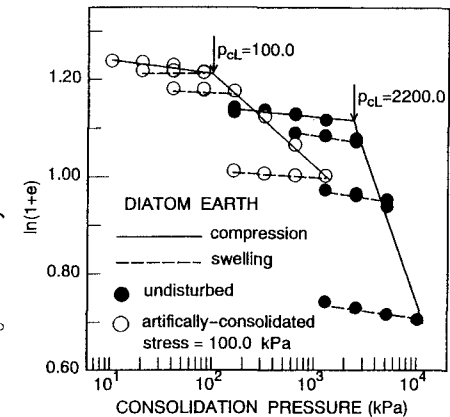


FIG.6 COMPARISON BETWEEN UNDISTURBED AND ARTIFICIALLY-CONSOLIDATED DIATOM EARTH

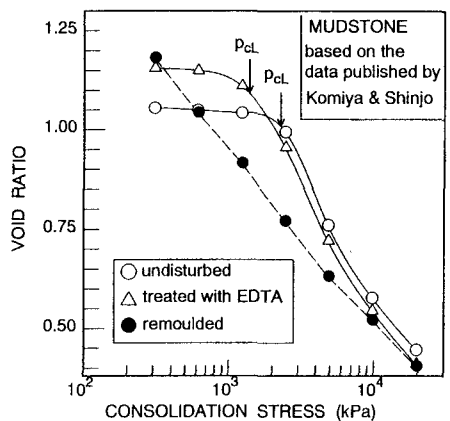


FIG.7 AGING EFFECT ON COMPRESSION BEHAVIOR FOR A SOFT ROCK (AFTER YOSHINAKA, 1987)