

不飽和中間土の締固め性に与える液体表面張力の作用

○豊橋技術科学大学 濱野秀信
同上 正員 新納 格
株式会社 光建 正員 正田要一
豊橋技術科学大学 正員 栗林栄一

1. まえがき

本研究は、細粒分の鉱物組成、細粒分含有率および間隙水の液体表面エネルギー等を変化させて、中間土の不飽和一軸圧縮試験を行い、物理化学的相互作用と締固め性の関係を検討したものである。その結果、鉱物組成等に関わらず初期サクシオンと土粒子の体積率の間に比例関係が存在することが明らかとなった。締固め密度は液体表面エネルギーおよび粒子間力等に比例した摩擦力和、締固め仕事量の平衡によって決定されると結論した。

2. 実験の概要

地盤材料の物理的性質を図-1に示す。非イオン性界面活性剤を0.5質量%添加し、液体表面エネルギーを変えた水溶液2種類(水溶液(C):液体表面エネルギー $\gamma_L=59.2\text{mJ/m}^2$ 、水溶液(A): 37.5mJ/m^2) および水道水 ($\gamma_L=73.48\text{mJ/m}^2$) を加水して、直径50mm高さ100mmの供試体を静的・動的に締固め作製した。締固め仕事量は $E_c=5.6\times 10^5\text{J/m}^3$ および $2.8\times 10^5\text{J/m}^3$ の2種類である。試験手順は参考文献に従い、せん断試験のひずみ速度は0.05%/min、間隙空気圧は78.45~176.52kPaである。

3. 実験結果と考察

静的締固めによる図-2の左図の非塑性細粒分は、一軸圧縮強さと初期サクシオンおよび液体表面エネルギーの間に比例関係がある。カオリナイト、スメクタイト細粒分中間土は、高い空気間隙率において、初期サクシオンおよび液体表面エネルギーと一軸圧縮強さの間に比例関係がみられ、低い空気間隙率では有意な関係は無い。粒子間距離は同一の空気間隙率で等しいと仮定すれば、空気間隙率で異なる理由は、DLVO理論および非DLVO力等による粒子間反発力の強さと液体表面エネルギーの相互作用と考察できる。図-3の左図から、液体表面エネルギーと初期サクシオンは比例関係にあり、中央の図より、液体表面エネルギー

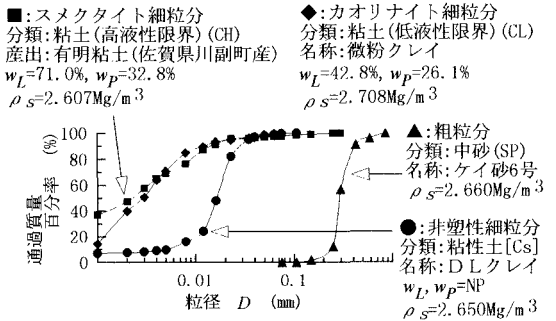


図-1 地盤材料の物理的性質

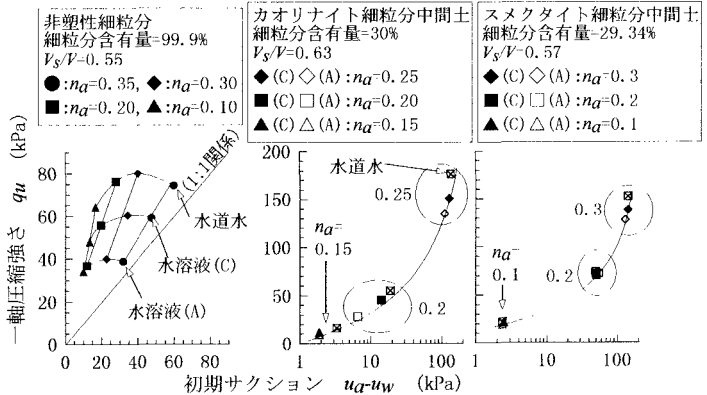


図-2 液体表面エネルギーの作用

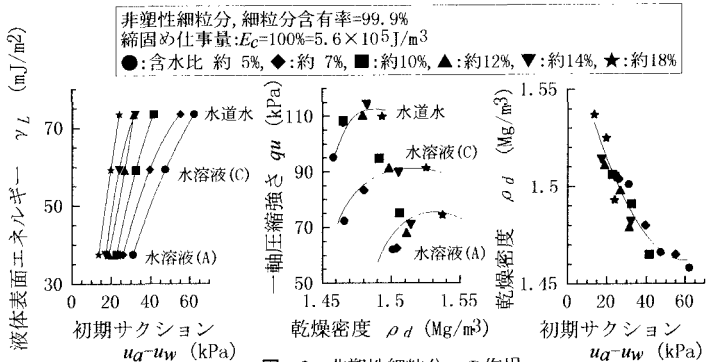


図-3 非塑性細粒分への作用

が高いほど一軸圧縮強さは大きく、乾燥密度は低くなる傾向がある。右図より液体表面エネルギーが変化しても、初期サクシオンと乾燥密度の関係は同一ライン上に分布する。図-4の左側の図より、細粒分含有率10%~30%以上で、水溶液(A)の土粒子の体積率は水道水を上回る。右側の図より、水溶液(A)の一軸圧縮強さは水道水を下回り、細粒分含有率70%付近で両者の差は最大となる。図-5の締固め仕事量の異なるそれぞれの細粒分含有率で、土粒子の体積率と初期サクシオンは同一ライン付近に分布する。以上から、初期サクシオンが液体表面エネルギーと粒子間力等を代表する

値とすれば、締固め密度は、摩擦力と比例関係にある液体表面エネルギーおよび粒子間力等と、締固め仕事量の平衡によって決定されると考察できる。図-6のカオリナイトおよびスメクタイト細粒分中間土の締固め仕事量の影響では、顕著な液体表面エネルギーの影響はみられない。左側の図のスメクタイトおよびカオリナイト細粒分中間土は、締固め仕事量の一軸圧縮強さへの影響が細粒含有率と比例的であり、ピークが存在する。右側の図のスメクタイト細粒分中間土は、細粒含有率と土粒子体積率に比例関係がみられ、カオリナイト細粒分中間土にはピークが存在する。両者の近似曲線の傾きから、明らかにスメクタイト細粒分中間土への締固め仕事量の影響は小さく、スメクタイト細粒分は液体表面エネルギー以外の粒子間力(DLV O理論および非DLV O力等)による粒子間力が大きいのが原因と考えられる。図-7の液体表面エネルギーの影響において、スメクタイト細粒分中間土は、締固め仕事量によって細粒含有率に対する傾向は異なるが、いずれも、低細粒含有率で土粒子の体積率の増大がみられる。カオリナイト細粒分中間土の締固め仕事量 $E_c=50$ は全域にわたって、液体表面エネルギーによる土粒子の体積率の増大効果がみられ、締固め仕事量 $E_c=100$ は、ばらつきは大きいが同様の傾向を示している。

4. 結論

- 1) 液体表面エネルギーの土粒子の体積率への影響は、空気間隙率の大きいほど、細粒含有率の増加に比例する粒子間力(DLV O理論および非DLV O力等)による粒子間力が小さいほど顕著に表れる。
- 2) 締固め仕事量(締固め力)は、液体表面エネルギーに比べて粒子間力(同上)に効率的に作用しない。
- 3) 初期サクシオンが液体表面エネルギーと粒子間力等を代表するとすれば、締固め密度は鉱物組成に関わらず、液体表面エネルギーおよび粒子間力等と比例関係にある摩擦力と、締固め仕事量の平衡によって決定される。

参考文献:地盤工学会 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.

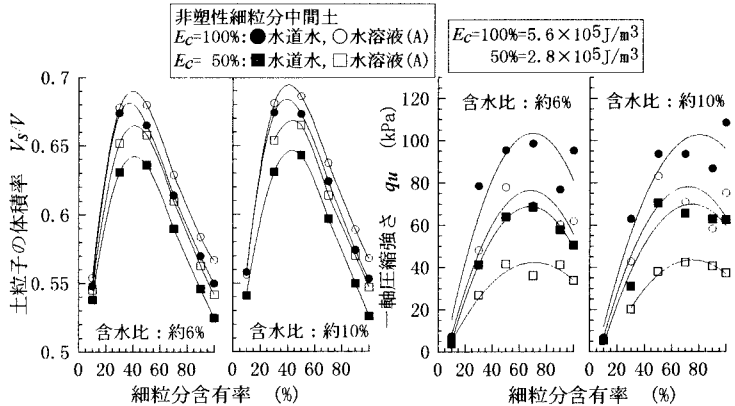


図-4 非塑性細粒分中間土への作用

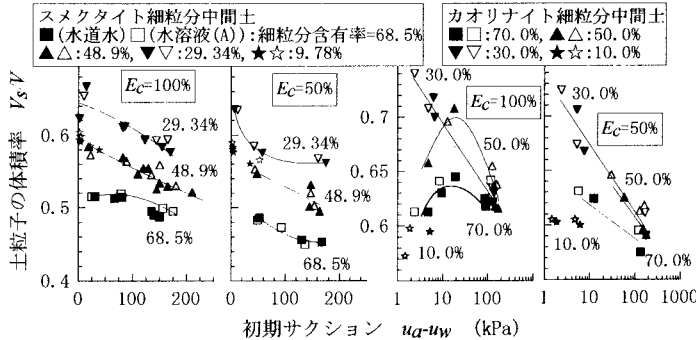


図-5 土粒子の体積率と初期サクシオンの関係

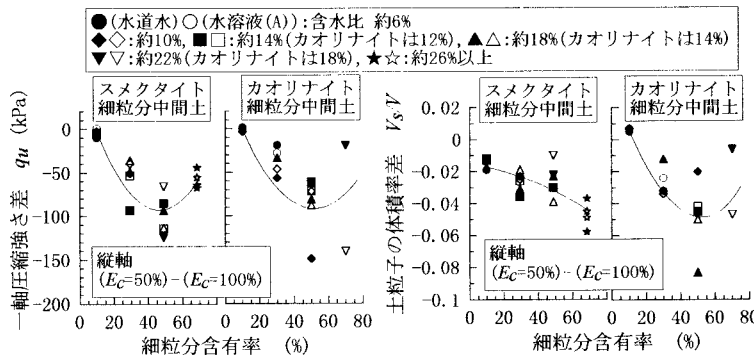


図-6 締固め仕事量の影響

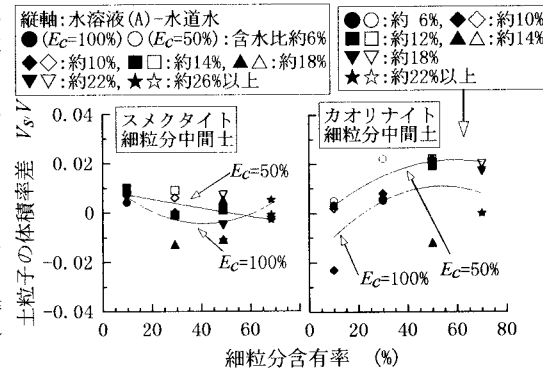


図-7 液体表面エネルギーの影響