

# Na・Ca ベントナイトの圧密と透水係数について

## Consolidation and Hydraulic conductivity for Na・Ca Bentonite

宮本 英揮\* 取出 伸夫\*\* 甲本達也\*\*\*

Hideki Miyamoto Nobuo Toride Tatsuya Koumoto

### 1. はじめに

粘土の透水性は、交換性 Na 率(ESP)が高いほど、また土中溶液の濃度と低いほど低下する。土中溶液と透水性の関係を調べた研究の多くは、塩溶液を粘土に飽和浸透させて、Darcy 則に基づき透水性を評価している。しかし、高膨潤性、高 ESP、低濃度、高粘土含有量などの難透水性の粘土については、水分フラックスが小さいため、透水性の評価が困難である。そこで本研究では、異なる ESP を持つベントナイトを対象に圧密試験を行い、ESP と溶液濃度が圧密特性と飽和透水係数に与える影響について、広い水分量範囲について評価を行った。

### 2. 実験方法

ベントナイト(クニゲル V1)を、溶液濃度 1 mol/L の NaCl または CaCl<sub>2</sub> 溶液で洗浄し、Na 飽和および Ca 飽和試料を作成した。そして、濃度 0 mol/L(蒸留水)、0.05 mol/L、0.1 mol/L の 3 種類の NaCl または CaCl<sub>2</sub> 溶液で再洗浄して溶液濃度を調整した。蒸留水洗浄の Na 飽和と Ca 飽和試料を重量比で 24:76 に混合し、溶液濃度を Na 吸着補正比(SAR)に従って、NaCl と CaCl<sub>2</sub> 混合溶液により調整した。ESP = 0, 24, 100 における 0 mol/L、0.05 mol/L、0.1 mol/L の 3 種類の試料の水分量を、遠心分離機と加圧板で調整し、カサグランデ法で塑性限界  $w_p$  と液性限界  $w_L$  を測定した。そして各条件の液性限界を初期含水比  $w_0$  として、試料に 9.8, 19.6, 39.2, 78.5, 157, 314, 628, 1256 kN/m<sup>2</sup> の圧密圧力を段階载荷する圧密試験を行った。そして、圧密量から体積圧縮係数  $m_v (= \Delta e / 100 \times \Delta p, e ; \text{ひずみ})$ ,  $\sqrt{t}$  法により圧密係数  $C_v (= 0.848 \times (H_{ave}/2)^2 \times (1440/t_{90}), H_{ave}; \text{平均高さ}, t_{90}; 90\% \text{圧密時間})$ , 透水係数  $k (= C_v m_v g_w / (8.64 \times 10^6), g_w; \text{水の単位体積重量})$  を求めた。また未調整のベントナイトと蒸留水により初期含水比を  $w_0 = 640\%$ ,  $800\%$  に調整した試料についても、同様の圧密試験を行った。この ESP と溶液濃度を未調整のベントナイトは、ESP が 64 程度と推察される。

### 3. 結果と考察

Fig.1 に、各条件の液性限界  $w_p$  と塑性限界  $w_L$  を示す。 $w_p$  は、ESP や溶液濃度の影響を受けず、ほぼ一定の 36% を示した。 $w_L$  も濃度の影響は小さいが、ESP = 0 から 24 に対して微増し、ESP = 100 では、300% 以上に増加した。しかし、0 mol/L の  $w_L$  が他の濃度に比べて小さいこと、また未調整試料の  $w_L$  が ESP = 100 に比べて高いなど、予測に反する結果も得られた。

各 ESP の 0 mol/L における圧密量  $\Delta H$  の経時変化を Fig.2 に示す。高 ESP ほど  $w_0$  が大きく、圧密により排出される水分量が多いため、圧密量は大きい。なお、ESP = 100 の 0 mol/L では、1440 min 後においても圧密量は収束せず、一次圧密は継続した。Fig.2 と同様の圧密量変化は、0.05 mol/L や 0.1 mol/L にもみられた。各 ESP の 0 mol/L における平均圧密圧力  $p_{ave}$  と体積圧縮係数  $m_v$  の関係を Fig.3 に、また  $p_{ave}$  と圧密係数  $C_v$  との関係を Fig.4 に示す。ESP = 100 は、

\*鹿児島大学大学院連合農学研究科 United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima University, \*\*三重大学生物資源学部 Faculty of Bioresources, Mie University, \*\*\*佐賀大学農学部 Faculty of Agriculture, Saga University

キーワード 圧密, 土中溶液, 透水係数

1440 min 後に一次圧密が終了したと仮定して  $m_v$  と  $C_v$  を求めた．各圧力に対する間隙率は異なるが，圧密量が大きい高 ESP ほど  $m_v$  が大きい．逆に  $C_v$  は高 ESP ほど低く，一次圧密に要する時間が長いことが分かる．なお，各 ESP において濃度による  $m_v$  と  $C_v$  の違いは見られなかった．

Fig.5に 0 mol<sub>c</sub>/lにおける平均間隙率  $n_{ave}$  と透水係数  $k$  の関係を示す． $w_0 = 640\%$  および  $800\%$  の未調整ベントナイト，また同じ未調整ベントナイトにおける浸潤過程の水分プロファイルから透水係数を推定した中野ら(1984)の結果も示す．各条件とも， $k$  は  $n_{ave}$  の低下に伴い指数関数的に減少し，高 ESP ほど低い傾向が見られる．一時圧密の終了していない ESP = 100 では， $k$  は過大評価されていることを考慮すると，中野らの結果に対しても，おおむね妥当な結果を示していると考えられる．しかし，既往の飽和透水試験の結果では，ESP = 15 以上で透水性が急減するが<sup>1)</sup>，圧密過程における ESP = 0 に対する ESP = 24 の  $k$  の低下量は小さい． $w_L$  と同様の ESP 依存性が見られ，また溶液濃度の影響が小さいことも，圧密試験で求めた  $k$  の特徴である．ベントナイトでは試料の作成履歴や圧密過程と浸潤過程の違い等が，物性に大きな影響を及ぼすと考えられる．

引用文献

McNeal and Coleman (1966) S.S.S.A.J.,308-312  
 中野ら(1984) 農業土木論文集 112, 55-66

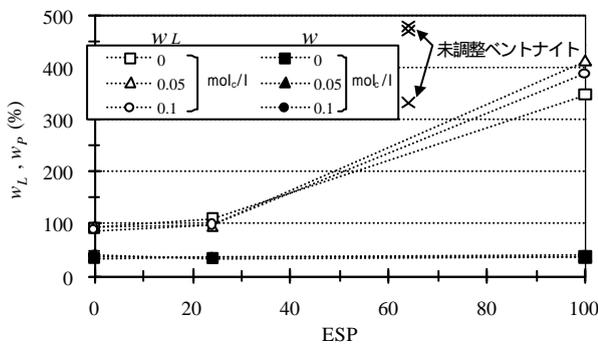


Fig.1 ESP に対する液性限界  $w_L$  と塑性限界  $w_P$   
 Liquid limit  $w_L$  and plastic Limit for ESP.

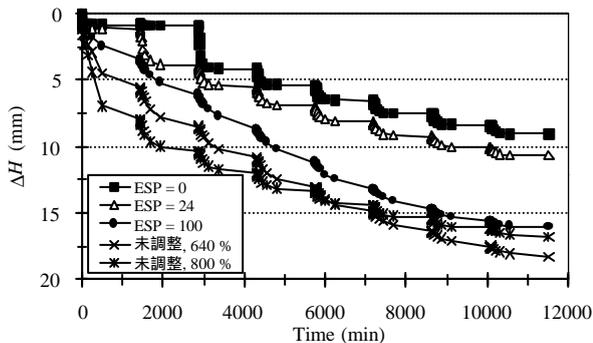


Fig.2 圧密量  $H$  の経時変化  
 Sedimentation  $H$  as a function of time.

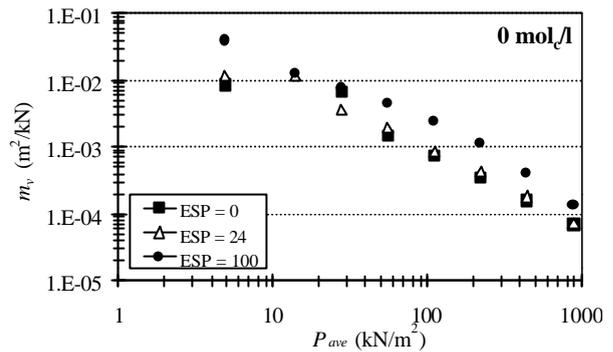


Fig.3 平均圧密圧力  $P_{ave}$  と体積圧縮係数  $m_v$  の関係  
 Relationship between mean consolidation pressure  $P_{ave}$  and coefficient of volume compressibility  $m_v$ .

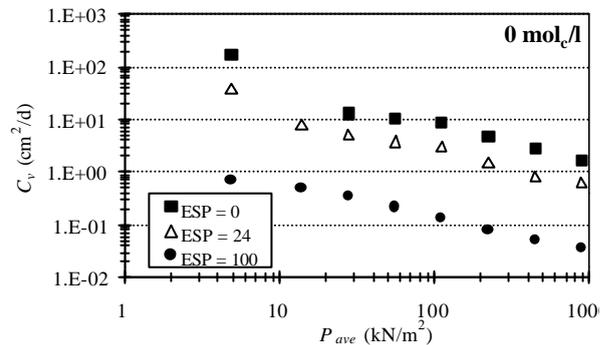


Fig.4 平均圧密圧力  $P$  と圧密係数  $C_v$  の関係  
 Relationship between mean consolidation pressure  $P_{ave}$  and coefficient of consolidation  $C_v$ .

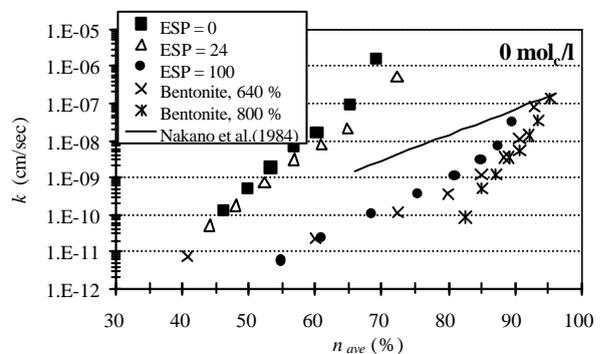


Fig.5 平均間隙率  $n_{ave}$  と透水係数  $k$  の関係  
 Relationship between mean porosity  $n_{ave}$  and hydraulic conductivity  $k$ .