

(75) ベントナイトの膨潤性に関する一実験

秋田工専 伊 藤 駿

1. まえがき

土や岩盤は、間ゲキや割れ目に水を取り込むと見かけの体積を増大するため土木工事に大変障害になっている場合が多い。これは土や岩盤の間ゲキを満たしている毛管水と重力水が、体積膨張に深く関与しているためである。特にベントナイトのようなものは充填水が化学的結合水となるため、膨潤する性質があり、トンネルやダム工事の障害ばかりでなく地スベリの発生素因にもなっている。しかしこれまでベントナイト原石について膨潤の力学的性質を調べた類例は余りない。また、膨潤に関する実験装置も確立されていないが、本研究では、各種の土質試験機を組合せて原石・粉末の双方についての実験を試みたので、ここにその概要を述べるものである。

2. 実験装置・方法及び試料

実験に用いた装置を図-1に示す。これは上の一軸圧縮試験機に圧強水浸箱を組合せ、給水装置として変水位透水試験機のスタンドパイプと結合したものである。一般に膨潤圧は吸水膨潤させ、これを元の体積に復元した時の圧力を以って表現している場合が多いが、一たん原体積に戻しても試料は水を含みため塑性流動を起こし縮小する。従って、原状の測定に精確を欠くこと及び盤ぶくれ等は、横方向の制約を受けて自由面のみ押し出してくる現象であり変位も変形すること等から、旧々測定で原体積に戻さず発する膨潤圧をサーチャージとしてこれに打ち克つ圧力(主働土圧)及び膨潤量を一軸方向のみに測定した。さらに土質工学的に膨潤現象をみるため、圧密荷重を加えた後の膨潤試験も行なった。

試料は国鉄鉱山工業K.K.月布鉱業所、リ向坑の良質なベントナイト層から採取したもので、ろう感が著しい遷潤状態のものである。試料の形状はこの岩塊をコアリングし、 $\phi=6\text{cm}$ 、 $h=2\text{cm}$ に整形したもの及び原石を乾燥させこれをミルで粉末にし40目以下を突き固めたものの2通りである。試料には若干微細な砂質分が含まれるが、原石の主成分は、図-2に示すX線粉末回折線によると、モンモリロナイト(M)と考えられる。これをさらに検討するため、エチレングリコール処理を行なったところ、図の上図に示されるように、モンモリロナイト特有の明りょうな軸(001面)の移動が認められた。従って含有粘土鉱物は典型的なモンモリロナイトであることが確認された。この他、石英(Q)の存在も認められるが、当坑内で採取される原石の鉱物は大半モンモリロナイト(70%)であるという報告も行なわれている⁽²⁾。

3. 実験結果及び考察

試料はいずれも長時間に亘って膨潤性を示したが、圧力かは平衡状態に達した約2週間後に一応測定を中止した。図-3はその結果の一例を示しているが粉末と原石で明らかな差異が出ている。即ち粉末の場合、圧力は段階的に変化し大きくなっていくが原石には段階的な変化はみられなかった。また粉末の場合、原石より大きな圧力を示したが、これは初期含水比(w₀)に着しい差があったこと即ち一度乾燥した粉末は

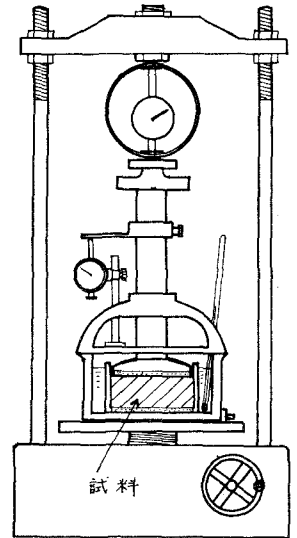


図-1. 実験装置

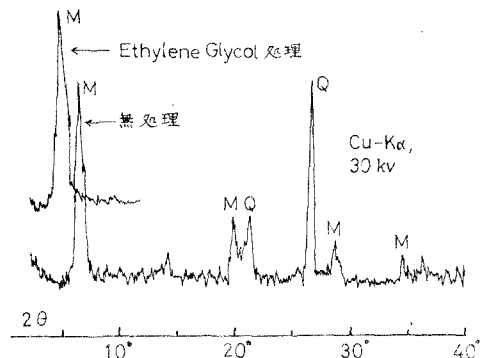


図-2. ベントナイトのX線粉末回折線

次に吸水する時、吸水量は著しく増大し主成分のMの単位結晶に多量の水分が浸透して骨格子間隔が拡大⁽³⁾こと、及び原石の場合、土粒子はある方向性をもって堆積し固結しているが、粉末の場合、soil water systemにおけるランダムな土粒子の骨格構造が安定な系へ移行しようとするため多くのエネルギーが放出されたためと考えられる。このことは suction と swelling が密接な関係にあること⁽⁴⁾を示している。こうした膨潤が、有効応力式($\sigma' = \sigma - u$)に基づく体積変化であるとするれば、ここで用いた粘着性の試料のような場合、飽和状態に達するまで、毛管サクション(p_m)と浸透サクション(p_s)が効いて、膨潤は次式のような形

$$\sigma' = \sigma + \gamma_w p_m + \gamma_s \gamma_w p_s$$

(γ_s :土の飽和度によって定まるパラメータ)

によって定義される⁽⁵⁾。さらに Coleman によって提示された式を適用する。

$$\Delta V/V = p_1 \sigma' + p_2 (p_m + \gamma_s p_s) \gamma_w$$

と式で p_1, p_2 は圧密理論における体積圧縮係数 m_v (cm^2/kg) に相当するもので、ストレスレベルや見掛け密度によって定まる値である。また p_s, p_m は吸着イオンの種類によって変化するが、本実験の試料 (Na系M.) はその影響が極めて大きかったと考えられる。事実、Na系M. と Ca系M. とでは、Na系の方が著しく大きな膨潤を示すことが判っている。従って、今後はサクションテストを行なうと共に交換イオンの種類も考りよに入れた膨潤特性を検討してみ必要があるだろう。

次に図-4 は原石に 12.8 kg/cm^2 の圧密荷重を24時間加えた後、荷重を逐次除荷した時のヒズミの増加を荷重と対応させて示したものである。最初、静止土圧状態にあったものが、やがて、主効土圧側が優勢に、体積は増加している。この体積増加はいわゆるリバウンド現象であるが、本試料では間ゲキ水の増加による機械的膨張と化学的結合水による膨潤作用が複合している。そしてこのような現象は、地盤の変形挙動を把握する上で、一つの判断材料になると思われる。図-5は、図-4の關係に基づき、例えば厚さ(H)1mの膨潤性坑道の床盤の盤ぐりれについて圧密式($\Delta H = m_v \cdot \Delta \sigma_v \cdot H$)を逆用して、その浮き上がり量(ΔH)がいくらになるかを概算したものである。図を見ると、上載荷重が減少するにつれ、この対数に反比例して、浮き上がり量が増加していく様子がわかる。

4. あとがき

以上、これまで類別のなかつたベントナイト原石の膨潤について一実験法による結果を示した。今後は原体積を一定にした膨潤圧測定を行なうと共に、多くの膨潤要因考りよに入れた実験を行なって、膨潤のメカニズムについて検討してみたいと考えている。

〔参考文献〕(1)伊藤・荒川; S50. 日鉱春季大会, 496-497. (2)本多; 地下資源開発研究報告 (S49), 12-21. (3)荒川・伊藤; S49 日鉱春季大会, 119-120. (4)村山・ハネ; 防災研年報8 (S40), 495-506. (5) I.B. Donald; Soils in Arid Environments (1970), 49-61.

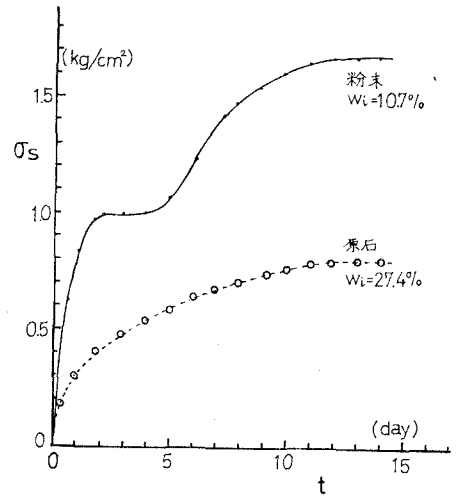


図-3. ベントナイトの膨潤圧

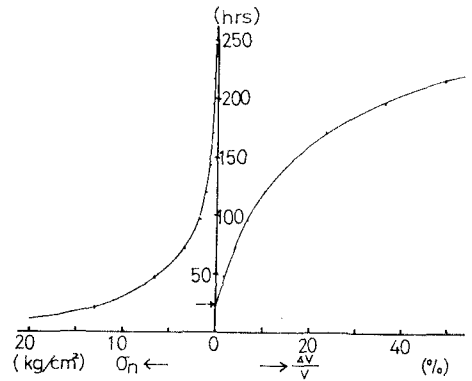


図-4. 上載荷重と増加体積ヒズミ

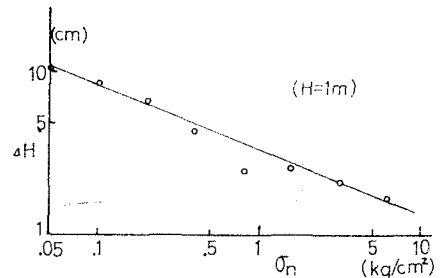


図-5. 上載荷重と浮き上がり量の関係