

膨潤性粘土試料の一次元膨潤特性と生石灰添加による膨潤抑制効果

山口大学大学院 学 ○高原宏吏
 サンコーコンサルタント 正 小西純一
 山口大学大学院 学 藤井公博
 山口大学 正 鈴木素之

1. はじめに

土の膨潤性が関与した地盤の盤膨れや工事トラブルが数多く報告されている。不攪乱試料の膨潤性には未解明な点が多く残されている。また、不攪乱試料に特有な膨潤特性^{1), 2)}やそれに基づいた膨潤抑制法は必ずしも十分に明らかにされていない。本研究では、4種類の不攪乱粘土試料およびベントナイトの再構成供試体の膨潤量および膨潤圧特性、生石灰添加による膨潤抑制効果に対する検討を行った。本文では、これまでに得られた結果と考察を述べる。

2. 膨潤試験

(1) 土試料性質および安定材 用いた試料の物理特性を表-1に示す。試料はベントナイトおよび山口県・広島県・福岡県の各地で採取した不攪乱粘土である。不攪乱粘土試料は油谷湾層群凝灰質泥岩(Yuyawan), 早良花崗岩(Sawara), 高田流紋岩(Takada), 広島花崗岩変質土(Hiroshima)である。ベントナイトはNa型であり、モンモリロナイトを主成分とする。図-1に示すように交換性陽イオンとしてNaをもち、膨潤時には粘土鉱物自身が水分子を取り込んで著しい体積膨張を起こす。また、膨潤抑制材としては生石灰を用いた。生石灰は加水すると発熱し、脱水・固化する性質を有するもので、安価な膨潤対策として検討されている³⁾。

(2) 膨潤性を調べる試験 土の膨潤性を調べる試験として一次元膨潤圧試験と一次元膨潤率試験がある。本研究で実施した一次元膨潤圧試験は、供試体の体積変化を拘束した状態で水浸させ、そのときに鉛直方向に発生する膨潤圧を測定した。また、一次元膨潤率試験は、供試体の側方を拘束し、鉛直方向を拘束しない状態で水浸させ、鉛直方向の膨潤量を測定し、膨潤率を膨潤前の供試体高さとの比として算出した。

3. 一次元膨潤圧試験

(1) 供試体作製方法 自然乾燥状態の粉末試料に液性限界に相当する水を加水して練返した。この加水練返し試料を、カッターリングを用いて所定寸法(直径6cm, 高さ2cm)に成形し、供試体を作製した。

(2) 試験手順 今回使用した一次元膨潤圧測定装置を図-2に示す。作製した供試体を装置の容器にセットし、圧密応力150 kPaで24時間予圧密した。予圧密終了後、除荷して、容器を装置から取り外し、容器ごと供試体の質

表-1 試料の物理特性

| 試料名 | 土粒子の密度 (g/cm ³) | 2μm以下粘土分 (%) | 液性限界 (%) | 塑性限界 (%) |
|--------|-----------------------------|--------------|----------|----------|
| 油谷湾層群 | 2.709 | 28.7 | 47.8 | 17.3 |
| 早良花崗岩 | 2.624 | 15.1 | 30.3 | 20.1 |
| 高田流紋岩 | 2.627 | 26.1 | 59.6 | 34.2 |
| 広島花崗岩 | 2.564 | 7.9 | 54.61 | 40.54 |
| ベントナイト | 2.716 | 50.2 | 479 | 37 |

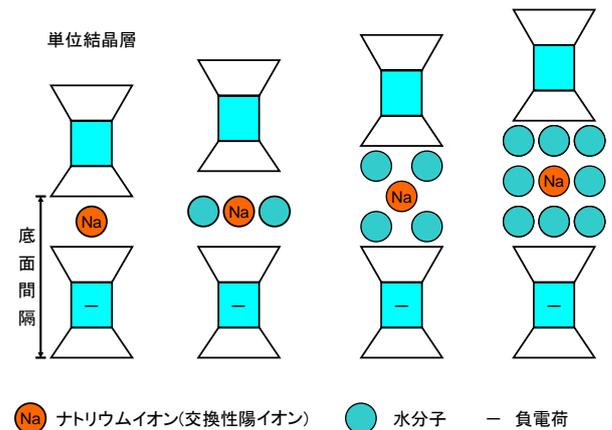


図-1 粘土鉱物の構造と膨潤現象

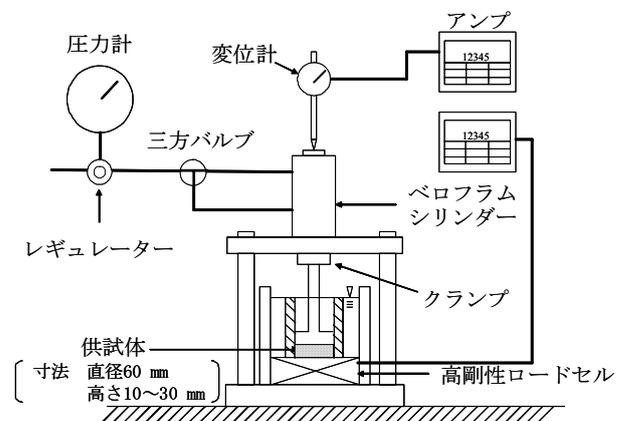


図-2 一次元膨潤圧測定装置

量を測定した。その後、10 kPa の圧密応力を载荷して、供試体と加圧板を密着させ、クランプを締めて加圧板と载荷軸を固定した。容器内に供試体上面の多孔板が浸るまで純水を静かに注水し、供試体が完全に水浸する水位に達した時点から膨潤圧の測定を開始した。測定は、膨潤圧が一定になるまで、あるいは最大値を記録するまで継続した。

4. 一次元膨潤率試験

(1) 供試体作製方法 自然乾燥状態の粉末試料を用いた。圧密試験用の圧密容器に試料を均一に詰め、所定寸法（直径 6cm, 初期高さ 2cm）の供試体を作製した。

(2) 試験手順 今回使用した一次元膨潤率測定装置を図-3 に示す。圧密試験装置を用いて、供試体を圧密応力 1.28 MPa で 15 分間予圧密した。予圧密終了後、圧密容器を水浸容器に静置し、圧密容器に変位計を取り付けた。水浸容器内に供試体上面の多孔板が浸るまで純水を静かに注水し、供試体が完全に水浸する水位に達した時点から鉛直変位（膨潤量）の測定を開始した。測定は膨潤量が一定になるまで、あるいは最大値を記録するまで継続した。

5. 試験結果と考察

(1) 膨潤圧特性 図-4 に膨潤圧試験結果を示す。図-5~7 は筆者らが行った既往の不攪乱試料の結果²⁾と図-4 の結果を比較したものである。不攪乱試料は乾燥日数 t_d として 0 日間または 7 日間放置されたものである。図-4 から試料により最大膨潤圧の値に差があることがわかり、図示していないが膨潤後の含水比が大きいものほど大きな膨潤圧を發揮している傾向が見られた。また、練返し再構成試料の膨潤圧は、高田流紋岩を除いて、不攪乱試料の乾燥日数 0 日のものより高く、7 日のものより低い傾向がみられた。図示していないが、こちらは初期含水比が低かったものほど大きな膨潤圧を發揮している傾向が見られた。練返すことにより膨潤圧が減少したもの、増大したものがあつたと考えられるが、これらは水浸前の供試体の初期含水比や初期乾燥密度の影響があると考えられる。

(2) 膨潤率特性 図-8 に膨潤率試験結果を示す。試料により最大膨潤率に差がある。特に膨潤性粘土鉱物のモンモリロナイトを多く含むベントナイトの膨潤率は他の試料と比較して極めて大きいことがわ

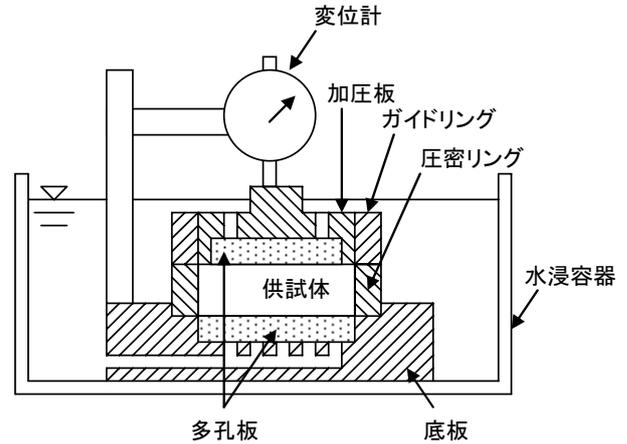


図-3 一次元膨潤率測定装置

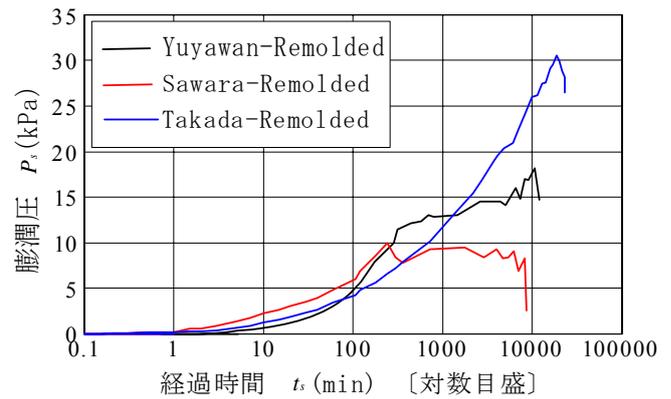


図-4 一次元膨潤圧測定試験結果

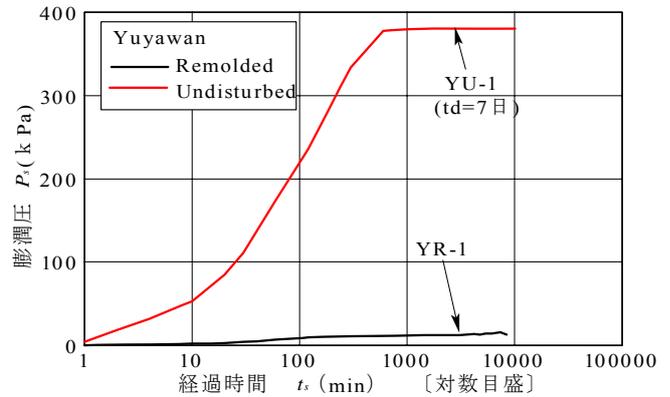


図-5 不攪乱試料と練返し試料の比較（油谷湾層群）

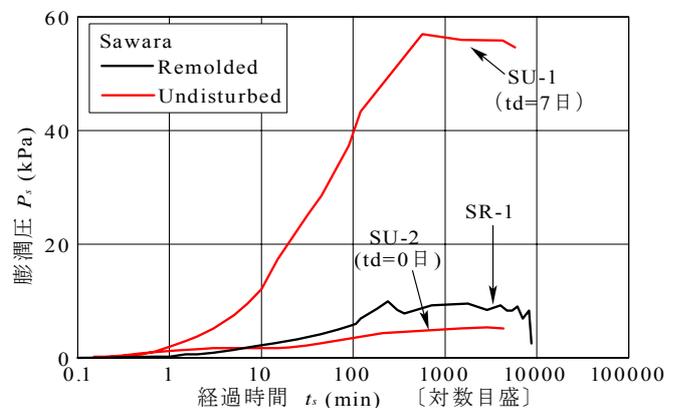


図-6 不攪乱試料と練返し試料の比較（早良花崗岩）

かる。図示していないが、膨潤後の含水比が大きいものほど大きな膨潤圧を發揮している傾向が見られた。図-9および図-10に油谷湾層群およびベントナイトに生石灰を添加した場合の膨潤率試験の結果を示す。また、図-11に生石灰添加率 C (=生石灰の質量/試料の乾燥質量×100 (%)) と膨潤抑制率 R_s (=生石灰添加による最大膨潤率の低下量/生石灰無添加時の最大膨潤率×100 (%)) の関係を示す。両図より、生石灰を添加すると膨潤を開始する時間は早まるが、膨潤量は生石灰の添加量の増加に応じて減少する。油谷湾層群では C を大きくすると R_s は大きくなった。しかし、ベントナイトでは C を大きくしても R_s は油谷湾層群と比較してさほど増加しなかった。

6. 結論

本研究の結果から、膨潤圧特性、膨潤率特性はともに、試料の状態すなわち不攪乱状態か練返し状態によって異なることがわかった。また、膨潤抑制対策として生石灰添加が有効であることが確認された。

[参考文献]

- 1) 宮城調勝, 小宮康明: 島尻層泥岩の膨潤特性 I 乾燥泥岩の膨潤特性, 琉球大学農学部学術報告, 第29号, pp.153-159, 1982.
- 2) 小西純一他: 不攪乱粘土試料の一次元膨潤圧特性とその異方性, 土木学会論文集 C, 2010 (掲載決定).
- 3) Gilbert J. Kasangaki and Ikuo Towhata: Wet compaction and lime stabilization to mitigate volume change potential of swelling clayey soils, *Soils and Foundations*, Vol.49, No.5, pp.813-822, 2009.

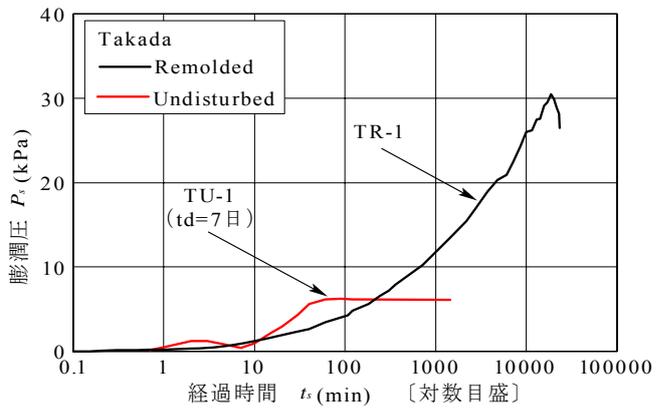


図-7 不攪乱試料と練返し試料の比較 (高田流紋岩)

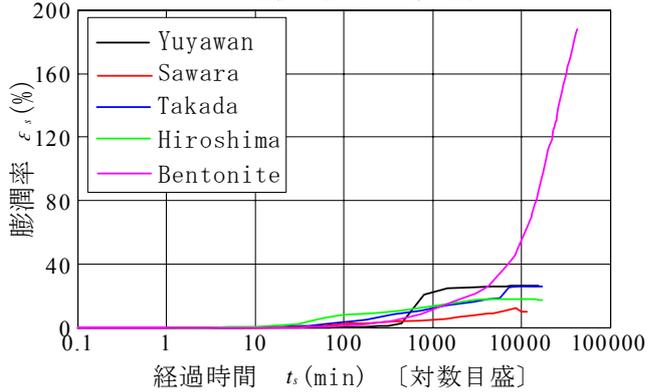


図-8 一次元膨潤率測定試験結果

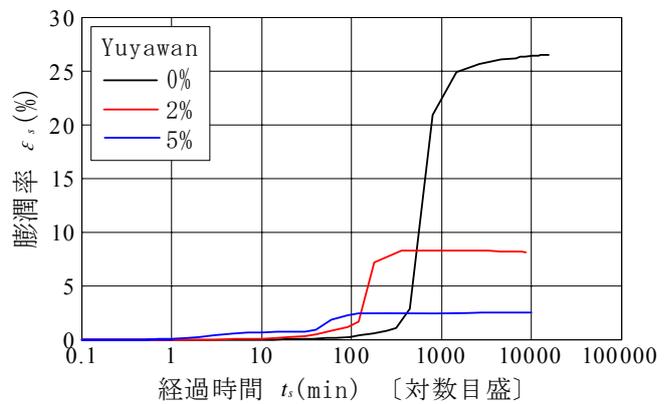


図-9 油谷湾層群に生石灰添加した結果

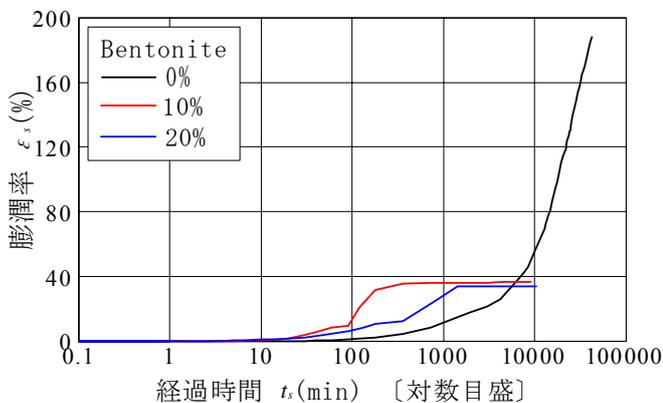


図-10 ベントナイトに生石灰添加した結果

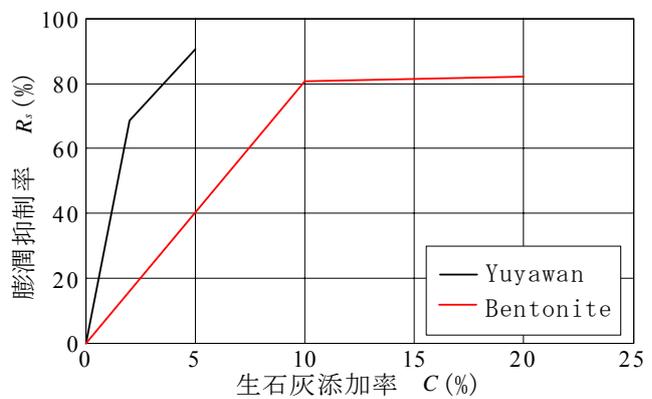


図-11 生石灰添加率と膨潤抑制率