

ため池堤体遮水用のベントナイトシート内部のせん断強度特性

山口大学大学院理工学研究科	学生会員	○	神山 惇
山口大学大学院理工学研究科	正会員		鈴木素之
ケイズラブ	正会員		河内義文
ボルクレイ・ジャパン	非会員		岡田朋子
山口大学大学院農学研究科	非会員		深田三夫
チェリーコンサルタント	非会員		松井祥平

1.はじめに

山口県内にはため池が 9,995 箇所あり，そのうちの約 3,000 箇所のため池は十分に維持管理がされていない．このようなため池の中には漏水やはらみだし，断面不足の変状が生じているものがあり，大地震や豪雨時に損傷を受ける危険性が高いと考えられる．この対策の一つとして堤体内に遮水シートを設置して遮水性を回復させる方法がある．遮水シートの一種であるベントナイトシートは施工が簡単であり優れた遮水性能を有すことから，近年，ため池の遮水工として使用されている．遮水シートは白い面の不織布と黒い面の織布で粒状ベントナイトを挟みニードルパンチで固定したものであり，ベントナイトが水を吸収して体積が増大することで，遮水性を発揮して，堤体の漏水を防ぐことが可能になる．しかし，その工法を確立するには，ベントナイトシートと堤体土の境界面のせん断強さやベントナイトシート内部のせん断強さを解明しておく必要がある．したがって本研究では，その一つの解明を目的として，遮水シートを構成するベントナイトと織布・不織布シートの境界面で発揮されるせん断強さを一面せん断試験機を用いて調べた．また，水浸期間を変えたベントナイト単体の一面せん断試験も実施した．本文では，これらの結果とその考察について述べる．

2. 試験方法

本研究では，盛土材に使用したまさ土供試体，非水浸・水浸状態のベントナイト供試体，水浸状態のベントナイトとニードルパンチを取り除いた織布・不織布シートの貼り合せ供試体に対してそれぞれ圧密定圧一面せん断試験を行った．まさ土（嘉川まさ土）は山口市内のため池堤体に使用されたもので，最適含水比 w_{opt} は 13.0%，最大乾燥密度 ρ_{dmax} は 1.800g/cm^3 である．ベントナイトは遮水シートに含まれている材料と同じである．

表-1 にこれらの試料の物理特性を示す．試料の調整は，まさ土の場合，0.85mm ふり通過分を突固めによる土の締固め試験(JIS A 1210) の A-b 法を用いて最適含水比になるよう締固め，締固め試料から直径 6cm，高さ 2cm の供試体を作製した．ベントナイトは自然含水比の粒状のものに加水し，遮水シート中のベントナイトの自然含水比と同じになるように調整した．また，遮水シート中のベントナイトの乾燥密度を測定し，それをもとにせん断箱に

表-1 土試料の物理特性

試料名	ベントナイト	嘉川まさ土
自然含水比 (%)	13.4	1.2
土粒子の密度 ρ_s (g/cm^3)	2.746	2.642
液性限界 w_L (%)	511.0	39.7
塑性限界 w_p (%)	44.2	NP
礫分 (%)	5.0	30.6
砂分 (%)	80.0	64.5
細粒分 (%)	15.0	5.0
マット中の含水比 (%)	15.0	
乾燥密度 ρ_d (g/cm^3)	1.248	

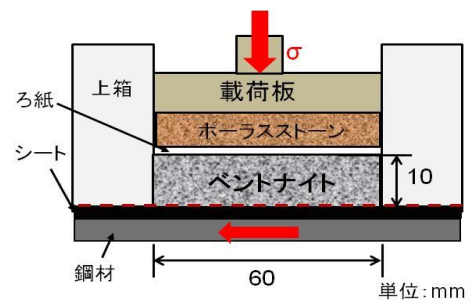


図-1 ベントナイトとシートの境界面の一面せん断試験

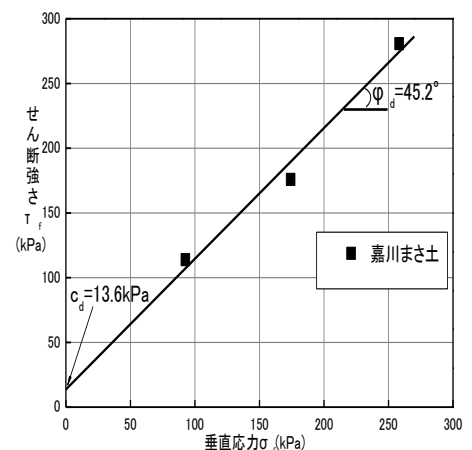


図-2 嘉川まさ土の破壊線

投入する質量を求め、突固めにより同じ乾燥密度を有す供試体を作製した。また、ベントナイトとシートを貼り合わせのせん断試験を行う際は、図-1 に示すように、せん断箱下部にシートを貼り付けた鋼材を使用した。この場合、ベントナイト供試体は直径 6cm、高さ 1cm とした。まさ土では、水浸条件で圧密応力 σ ($=98\sim294\text{kPa}$) で圧密終了後、せん断速度 0.2 mm/min で排水せん断した。一方、ベントナイトでは、1 日水浸の場合、 $\sigma=50\sim100\text{kPa}$ で圧密および 1 日間水浸させた後に直ちに 0.02 mm/min のせん断速度で排水せん断した。7 日水浸の場合、 $\sigma=10\text{kPa}$ で圧密および 7 日水浸させた後、 $\sigma=50\sim100\text{kPa}$ で 24 時間再圧密させた後、直ちに 0.02 mm/min の速度で排水せん断した。水浸中は鉛直変位を計測した。

3. 試験結果と考察

図-2 にまさ土単体の破壊線を示す。まさ土の粘着力 $c_d=13.6\text{kPa}$ 、内部摩擦角 $\phi_d=45.2^\circ$ であった。図-3 には非水浸状態、1 日間および 7 日間水浸状態のベントナイトの各強度線を、図-4 にはベントナイトと織布・不織布の境界面の破壊線をそれぞれ示している。ベントナイトの膨潤量は 1 日水浸の場合シートの有無に関係せず、最大約 0.8 mm 、ベントナイト単体で 7 日水浸の場合最大約 8.0 mm であり、織布を貼り合せたベントナイトの膨潤量は 7 日水浸で最大約 5.0 mm であった。図-3 より、ベントナイトのせん断強さは膨潤量が増加に伴い低下することがわかる。図-4 において、1 日水浸の場合、ベントナイトと織布・不織布の境界面の強度定数はベントナイト単体よりも小さくなり、織布・不織布の違いは見られなかった。しかし、7 日水浸のベントナイトと織布の境界面の強度定数は低下した。また、7 日間水浸ではベントナイト単体とベントナイトと織布の境界面の強度定数には差はみられなかった。これは、7 日水浸によって膨潤が十分かつ均一になったため、ベントナイト粒子とシートの表面密着性が 1 日水浸の場合よりも高まったため、せん断面が境界面でなくベントナイト内部になったためと考えられる。以上から、織布とベントナイトはベントナイトの状態により強度が変化するとと言える。

図-5 に山口市嘉川のため池において、遮水シートを水中に 3 か月間放置した場合、堤体法面に 6 ヶ月間敷設した場合（覆土厚 50 cm 程度）および一面せん断試験終了時のそれぞれのベントナイトの含水比を比較している。遮水シートにおけるベントナイトの含水比は、水中放置の場合約 300% 、土中設置の場合、 $150\sim180\%$ 、一面せん断試験機の場合 $50\sim80\%$ であった。

4. まとめ

今回の試験結果から、水浸によるベントナイトの膨潤量が増加すれば、そのせん断強さは低下する。また、ベントナイトとシート黒（織布）の境界面のせん断強さはベントナイトの状態に左右されることが分かった。室内試験では、7 日水浸におけるベントナイト内部及びシート境界面ですべりが起きやすいということが分かった。今後の課題として、まさ土とシート両面、ベントナイトとシート白（不織布）の境界面のそれぞれのせん断強さを求める必要がある。

謝辞：本研究は農林水産省官民連携新技術開発事業として実施した。ここに記して関係各位に謝意を申し上げる。

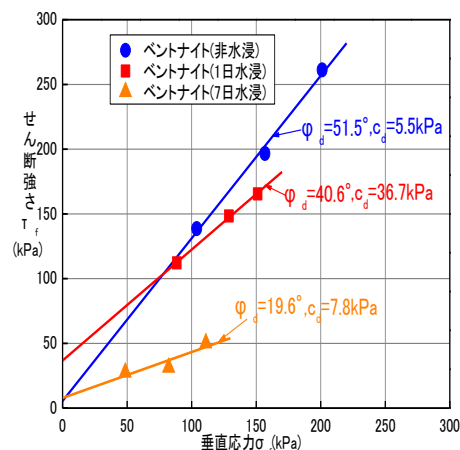


図-3 水浸期間が異なる場合のベントナイト単体の破壊線

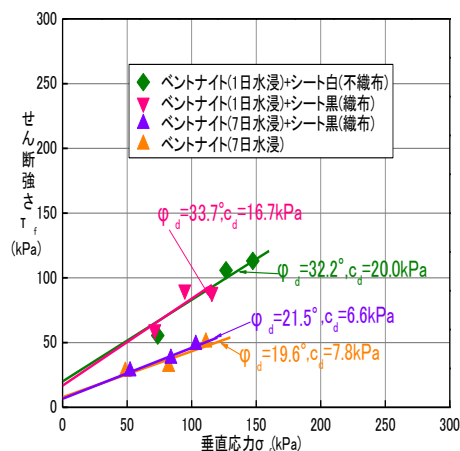


図-4 ベントナイト単体およびベントナイトとシート境界面の破壊線

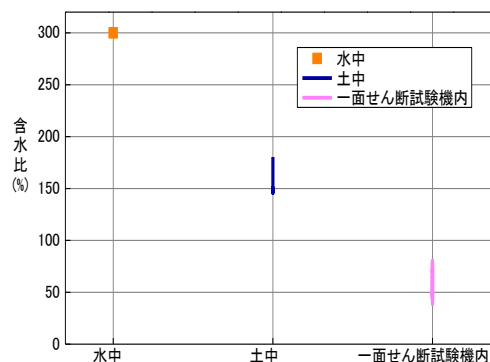


図-5 水中、土中、一面せん断試験機で水浸した場合のベントナイトの含水比