

ベントナイトシートの接合面をもつ供試体の上載圧下透水試験による遮水性確認

株式会社フジタ ○北島 明・小島 秋・福島 伸二

§ 1. まえがき

貯水目的の堤体は、傾斜コア型、あるいは均一型の堤体として築造されるが、最近では所要の遮水性を有する盛土材が入手しにくくなっており、堤体の遮水形式を表面遮水壁型とした事例が増えている。遮水材には工業製品であるシート状の合成ゴムシートやベントナイトシートが採用され¹⁾、浸透が薄い層厚方向になることから傾斜ゾーン型や均一型での盛土材に比較して格段に高い遮水性が要求される。遮水シートでの問題は一定の幅×長さのロール巻きされた荷姿をしており、長手×幅方向の一定間隔毎に必ず接合する必要があることで、この面遮水壁型堤体で使用するようになったベントナイトシートの

§ 2. ベントナイトシートの接合面での問題

対象となった堤体で使用したベントナイトシートは、通気性フェルトにナトリウム系ベントナイト粉末を充填させ、表面に砂粒子をアスファルト加工により付着させたポリプロピレン織布で挟んで縫合接合した NaBento である。NaBento は、カタログ上の層厚 $t=7$ mm、幅 2.5m×長さ 30m のロール巻きされた荷姿をしている。ベントナイトシートは一定の幅×長さのロール巻きされたものを広げて敷設するが、図 1 に概念的に示すように、長さ・幅方向のある一定間隔毎に必ず接合箇所が生じる。ベントナイトシートの接合は上・下シートを一定幅で重ね、間にベントナイトのパウダーもしくはペーストを挟んで行う。接合部で問題になるのは、接合面が水みちになりやすいことであり、接合面の重ね幅を層厚に比較して浸透路長を大きくすることで対処している。

§ 3. ベントナイトシートの圧縮・膨潤特性試験

著者らは、これまでにベントナイトシート NaBento の圧縮・膨潤特性が覆土による土被り圧 σ_v から受ける影響を、直径円形状に切断した供試体について、 σ_v 作用条件を再現で試験機を用いて圧縮・膨潤試験を実施して調べてきた²⁾。膨張試験はベントナイトシートの敷設と覆土の施工過程するために以下の手順で実施した。初期条件を設定するた圧 $\sigma_v=5$ kN/m² を加えた状態でベントナイトシートの全層定し、アスファルト加工された上・下面のポリプロピレン遮水層とみなせないため、 t_s から上・下織布層だけの厚さ t_B mm (σ_v によらずほぼ一定であった) を除いた値 $t_{B0}=5.0$ ~ 平均 5.9 mm を求めた。次に、覆土から受ける σ_v を所定加さず、 t_{B0} からの圧縮沈下量 δ_c を測定し、浸水により膨その膨潤量の時間的変化を測定した。図 2 は最終的な膨て $t=30$ 日目の値を δ_s としたときの t_{B0} からの $\delta_c+\delta_s$ と σ_v 示す。図より、 $\delta_c+\delta_s$ は σ_v により変化し、その傾向は図 2

$$\delta_c+\delta_s=a\cdot\log\sigma_v+b \quad (a=6.87, b=-11.72) \quad (1)$$

により近似できる。したがって、 σ_v の影響を考慮したベントナイトシートの遮水層厚 t_B は

$$t_B=t_{B0}-(\delta_c+\delta_s) \quad (2)$$

となり、 $\sigma_v=20\sim100$ kN/m² の範囲で $\delta_c+\delta_s=-2.8\sim+2.0$ mm ($t_B=3.9$

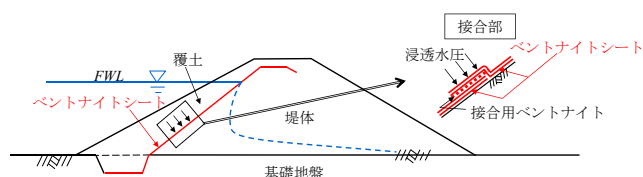


図 1 ベントナイトシート敷設での接合面の問題

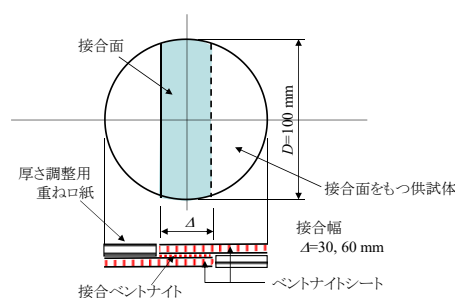
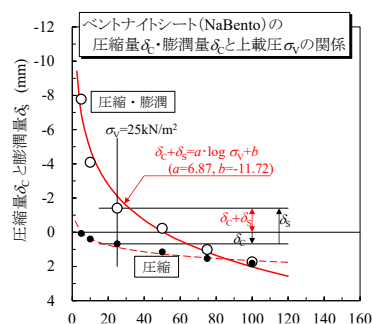


図 3 接合部を再現したベントナイトシート供試体

~8.7 mm) と変化する。

§ 4. 接合面をもつベントナイトシートの透水試験

ベントナイトシートの接合状態を再現した供試体は、図 3 に概念的に示すように、通常の健全な供試体 ($D\times t_{B0}=100$ mm×5.9 mm) を接合面の重ね幅 $\Delta=30, 60, 100$ mm になるように弓形に切断した 2 枚を重ね合わせ、間にはベントナイトペーストを挟んで接合して準備した。なお、接合面と非接合面で層厚が異なるため、一様

キーワード：ベントナイトシート 接合面 透水試験 水みち

連絡先 〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 株式会社フジタ 技術センター土木研究部 ☎ 046-250-7095

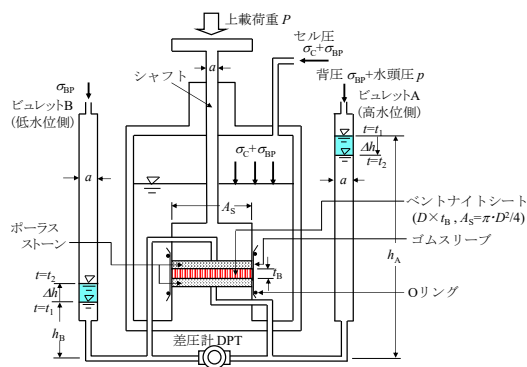


図4 三軸セルを用いた透水試験システム

な σ_v が作用するように、非接合面に厚さ調整のためイト層に比べて透水性が十分大きい口紙を重ねて配
べントナイトシート接合面の遮水性を確認するため示すような σ_v 作用条件を再現できる三軸セルを用い実施した。供試体は上面に $\sigma_v^{\text{Top}}=5 \text{ kN/m}^2$ を加えて膨に飽和度を高めるために背圧 $\sigma_{\text{BP}}=50 \text{ kN/m}^2$ を加えてた。透水試験は $\sigma_v^{\text{Top}}=5 \text{ kN/m}^2$ から段階的に $\sigma_v^{\text{Top}}=17, 4333 \text{ kN/m}^2$ まで増加させた各段階で実施し、供試体下水圧 p を加えて透水させて透水係数 k_B を求めた。 p の有効応力を σ_v^{Top} の2割だけ確保できるように $p=0.8$ 試験中の供試体の σ_v 分布は、上面では σ_v^{Top}
 $\sigma_v^{\text{Bottom}}=\sigma_v^{\text{Top}}-p=0.2 \cdot \sigma_v^{\text{Top}}$ と層厚方向で相違するため、する σ_v には上・下面の平均値 $\sigma_v=0.6 \cdot \sigma_v^{\text{Top}}$ を採用した方法と透水条件は参考文献2)を参照してほしい。 k_B な t_B は σ_v に対応した $\delta_1+\delta_2$ を図2に示した式(1)と式(2)した。なお、接合面をもつ供試体の k_B の算定に用いた面積は、接合面なしの供試体と同じ値をそれぞれ採用し、

図5は $A=30, 60, 100 \text{ mm}$ の接合面をもつ供試体について実施した試験から得られた k_B と $\log \sigma_v$ の関係を記号○, ◇, +によりそれぞれ示す。図中には、比較のために、接合面のない供試体の試験²⁾から得られた $k_B \sim \log \sigma_v$ 関係を累乗式

$$k_B = c \cdot \sigma_v^d \quad (c=1.08 \times 10^{-8}, d=-0.617)$$

により近似した直線を示す。図より、接合面をもつ供試体は無接合供試体よりもやや低い値となっており、 Δ が大きいほどその傾向が強くなり、高い遮水性にあることがわかる。接合面が水みちになっていないとすると、供試体面のうち接合面部のみ2倍の浸透路長になっているため、 Δ が大きいほど高い遮水性を示すと考えることができる。

p による浸透水を k_B の供試体を通過する浸透量 Q として考えると、図6に示すように、供試体の全面積 A のうち、接合面を除いた部分の面積を A_1 、接合面の面積を A_2 とおくと、浸透路長は A_1 面では t_B 、 A_2 面では $2 \cdot t_B$ であるから、時間 t における A_1 と A_2 からのそれぞれの浸透量 Q_1 と Q_2 は以下になる。ここでは、接合面に挟んだべントナイト層の存在は無視している。

$$Q_1 = k_B \cdot i_1 \cdot A_1 \cdot t = k_B \cdot \left\{ \frac{p}{\gamma_w} \right\} t_B \cdot A_1 \cdot t$$

$$Q_2 = k_B \cdot i_2 \cdot A_2 \cdot t = k_B \cdot \left\{ \frac{p}{\gamma_w} \right\} (2 \cdot t_B) \cdot A_2 \cdot t = (1/2) \cdot Q_1 \cdot (A_2/A_1)$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = Q_1 \cdot \{ 1 + (1/2) \cdot A_2/A_1 \}$$

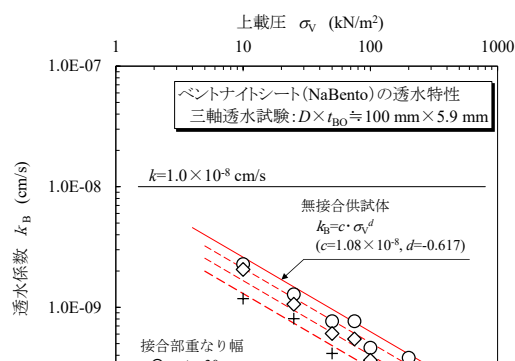


図6 接合面をもつ供試体の平均透水係数

一方、接合面をもつ供試体を、接合面のない供試体に置き換えた時の平均的透水係数を K_B とおくと

$$Q = Q_1 + Q_2 = K_B \cdot i \cdot A \cdot t = K_B \cdot \left\{ \frac{p}{\gamma_w} \right\} t_B \cdot A_1 \cdot (1 + A_2/A_1) \cdot t = (K_B/k_B) \cdot Q_1 \cdot (1 + A_2/A_1)$$

となるから

$$K_B/k_B = \{ 1 + (1/2) \cdot A_2/A_1 \} / (1 + A_2/A_1)$$

が得られる。以上から、 K_B/k_B は接合面重ね幅 $\Delta=30, 60, 100 \text{ mm}$ のそれぞれにおける A_1, A_2 の組合せから A_2/A_1 が Δ に応じて $A_2/A_1 \approx 0.60, 2.53, \infty$ となるので、 $K_B/k_B \approx 0.81, 0.64, 0.50$ になる。図5には $0.81 \times k_B$ 線、 $0.64 \times k_B$ 線、 $0.50 \times k_B$ 線をそれぞれ破線で示したが、接合面のある供試体における平均的な透水係数の低下を説明できるようである。すなわち、接合面で遮水層が形成されていれば、浸透路長が2倍になることで、接合面の遮水性は一般面部分よりも高いといえよう。完全に説明できないのは供試体に作用する σ_v が必ずしも一様ではないことなどの影響と思われる。

§ 5. あとがき

本稿はべントナイトシートの接合部の遮水性を確認するために、接合面状態を再現したけた供試体べントナイトシート供試体の上載圧下での透水試験を実施し、以下の結果が得られた。接合面をもつ供試体の透水係数は接合面のない供試体のものより低く、 Δ が大きいほどその傾向が強くなり、高い遮水性にあることがわった。接合面が水みちになっていないとすると、接合面部が倍の浸透路長になっており、 Δ が大きいほど高い遮水性となると考えられる。

【参考文献】1) 農林水産省農村振興局整備部設計課監修：土地改良事業設計指針「ため池整備」，農業農村工学会，2015. 2) 福島伸二・小島 秋・北島 明：表面遮水壁型堤体におけるべントナイトシートの上載圧下遮水挙動，地盤工学会誌，Vol. 71, No. 32, pp. 49-54, 2023.