

第2章 設計・施工

2.1 ブリーザブルシートの品質規格

従来の遮水シートは原則として H.W.L.以下に設置されるが、ブリーザブルシートはのり面途中で設置を止めるのではなく、原則として堤防天端を含め、のり肩までのり面全面に設置することが望ましい。ブリーザブルシートの適用範囲は、前掲 1.3 を参照する。

(1) ブリーザブルシートの仕様

ブリーザブルシートを堤防のり面に使用する場合、シート有効幅 2.0m のもので、以下の仕様によるものとする。

- ① ブリーザブルシートは、十分な透気性および止水性を有すること。
- ② ブリーザブルシートは、施工時および施工後とも十分な強度とのり面の変状に追従する屈撓性を有すること。
- ③ ブリーザブルシートは、堤防等のり面に対して、施工時および施工後とも十分な滑り抵抗を有すること。
- ④ ブリーザブルシートは十分な耐久性を有すること。
- ⑤ ブリーザブルシートの品質規格は表 2.1 によること。

表 2.1 ブリーザブルシートの品質規格

項 目		単位	規格値	試験方法
引張強さ		N/5 cm	800 以上	JIS L 1908
摩擦係数		—	0.6	
透気係数		cm/s	1×10^{-2} 以上	φ 100 mm透気試験装置、湿潤状態
透水係数		cm/s	2×10^{-6} 以下	JGS 0931 に準拠
接合部	接合部引張強さ	N/5 cm	450 以上	JIS K 6850、25 mmまたは 50 mm幅短冊型試験片
	接合部漏水量	$\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{h})$	1×10^{-2} 以下	φ 300 mm透水試験装置、50 cm水頭時（国土交通省土木工事共通仕様書(案)、平成 29 年 4 月改定、法覆護岸工遮水シートの品質規格値 25ml/s/1.8m ² の 1/10 に相当）

2.2 表のり面に使用する場合

表のり面への雨水浸透の抑制（防水効果）、河川水位上昇による浸透抑制（防水効果）、間隙空気圧の上昇防止（透気効果）の目的で敷設する。

2.2.1 設計

(1) モデルに設定する透水係数の目安値

浸透流計算や安全性の検討には以下の値を使用する。

モデルに設定する透水係数 $k_s=2 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ （モデルのメッシュ厚 50 cm換算）。

【解説】

設計において浸透流計算や安全性の照査を行うにあたり浸透対策工としてのブリーザブルシートをモデル化する必要がある。止水矢板や遮水シート等の人工材料を用いた浸透対策工については、

これらを土質材料に置き換えて土質定数を設定する方法が一般に採用されている¹³⁾。なお、接合部からの漏水量は、母材部の透水量に対してオーダー的に小さいため無視する。ブリーザブルシートの透水係数は、 $k_v=2\times 10^{-6}$ cm/s（厚さ $t=0.5$ cm）であることから、浸透流計算等では、表 2.2 に示す程度の値を目安とする。

表 2.2 人工材料に設定する透水係数の目安値

対策工種	透水係数 k_v (cm/s)	モデルに設定する透水係数 k_s (cm/s)				
		モデルの厚さ t_s (cm)				
		10	20	30	40	50
ブリーザブルシート	$k_v=2\times 10^{-6}$ (厚さ $t=0.5$ cm)	4×10^{-5}	8×10^{-5}	1.2×10^{-4}	1.6×10^{-4}	2×10^{-4}

※モデルに設定する透水係数は $k_v/t=k_s/t_s$ として算出



図 2.1 透水係数 k の目安 (赤枠はブリーザブルシート換算相当)¹⁴⁾

(2) 地盤材料との摩擦係数

のり面に敷設したブリーザブルシート上に覆土を行う場合、堤体のり面の勾配や覆土材料の性質によってはすべりが発生する可能性がある。

堤体のり面勾配が急な場合は、摩擦係数を 0.6 として¹⁵⁾安定検討を実施する。

【解説】

のり面にブリーザブルシートを敷設し、覆土等を行う場合は堤体のり面の勾配や覆土材料の性質によってはすべりが発生する可能性がある。したがって、ブリーザブルシートを堤体のり面部に適用するためには、ブリーザブルシートと覆土との界面の摩擦係数を評価するとともに、降雨の影響を含めた斜面安定性の検証が必要である。

ブリーザブルシートと土との摩擦特性は、図 2.2 に示すジオシンセティックス摩擦特性評価装置を用いて評価している。ここで、同種試験装置を使用した既往実験において、最適含水状態と飽和状態のまさ土と不織布との摩擦係数が同等であるという結果から、透気防水シートとの評価においても同等になると考え、最適含水比（締固め度 $C_d=95\%$ および 90%、85%）で実験が行われた。

ブリーザブルシートと同じ保護マットを使用した透気防水シートの既往室内摩擦特性評価実験結果より、堤体のり面勾配が急な場合は、ブリーザブルシートと覆土材料（粘性土混じり礫質土）との界面での摩擦係数を 0.6 として安定検討を実施する。

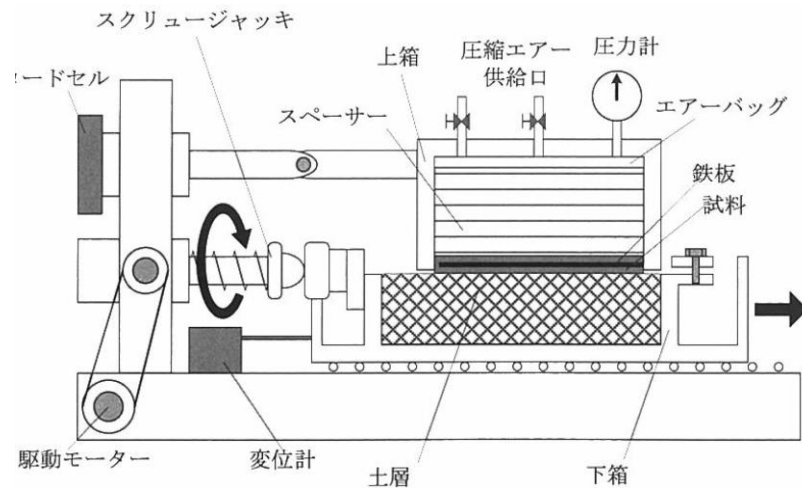


図 2.2 ジオシンセティックス摩擦特性評価装置の模式図

(3) 覆土、ブロックマット等による保護・緑化（植生）

ブリーザブルシートの流出防止および堤防上の緑化を目的に、覆土もしくはブロックマット等を設置する。

【解説】

ブリーザブルシートを敷設後、ブリーザブルシートの流出防止および堤防上の緑化を目的に、覆土もしくはブロックマット等を設置する。

(a) 覆土

ブリーザブルシート上面に直接覆土を行う場合は、土砂の滑落が生じないように適度な転圧を行って仕上げるものとする。覆土厚は 30 cm 程度を目安とする。



図 2.3 覆土・緑化の事例

(b) ブロックマット

ブリーザブルシート上にブロックマットを設置し保護する。また、植生が必要な場合はさらに覆土を行う。覆土は敷均す程度として締固めは行わず、覆土厚はブロックマット上面が隠れる 10～30cm 程度を目安とする。

なお、のり面勾配が 1:1.5 より急な場合は、ブロックマットが滑動する可能性があるため、摩擦等を踏まえた滑動対策により安全性を確保する必要がある（例えばアンカーピンを打設する場合は、前述 5 頁の専用接着剤をアンカーピン周囲に流し込み防水するなどの処置を行う）。



図 2.4 ブロックマットによる保護工の事例

2.2.2 施工

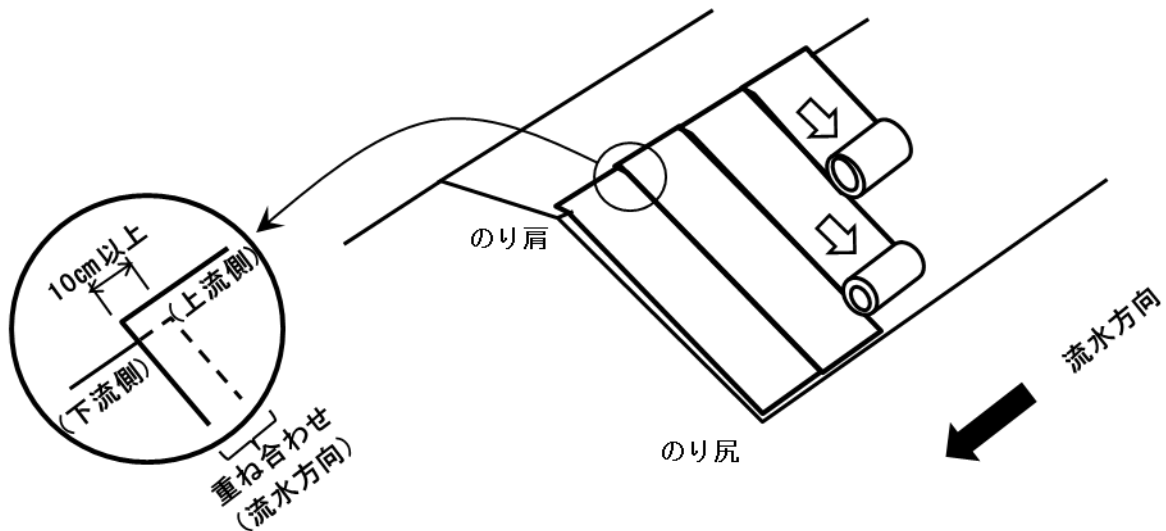
(1) ブリーザブルシートの敷設

ブリーザブルシートの敷設は、流水方向では下流側から上流側へ、のり長（横断）方向ではのり肩（堤防天端）からのり尻方向の順に敷設し接合することを基本とする。

【解説】

ブリーザブルシートの敷設は接合部が流水および降雨の流れに対して抵抗とならないよう、図 2.5 に示すように流水方向では下流側から上流側へ、のり長（横断）方向ではのり肩（堤防天端）からのり尻方向の順に敷設することを基本とする。なお、のり長方向に重ね合わせ部が発生する際は、後述する「(2)ブリーザブルシートの接合 (b)接着接合」を参照し、専用接着剤による接着接合を行うものとする。

また、ブリーザブルシートは、従来の遮水シート同様、重ね合わせによる接合も可能である。重ね合わせは上流側シートが下流側シートの上になるように、のり肩からのり尻に向かって、重ね幅 10 cm 以上で敷設する。



※ブリーザブルシートの重ね部においては、上流側のシートを上方に配置する。

図 2.5 ブリーザブルシートの敷設方法

(2) ブリーザブルシートの接合

ブリーザブルシートの標準寸法は、有効幅 2.0×ロール長 20m、重量約 12kg である。ブリーザブルシートの接合は、熱風融着あるいは接着剤により行うことを標準とする。

【解説】

(a) 熱融着接合

図 2.6、2.7 に示す原反（ロール）を施工現場で熱風融着等により接合し、接合部の止水性を確保する。図 2.9 に熱融着接合の状況を示す。また、ブリーザブルシートは事前に工場にて所定形状のパネルに加工して搬入する場合もある。

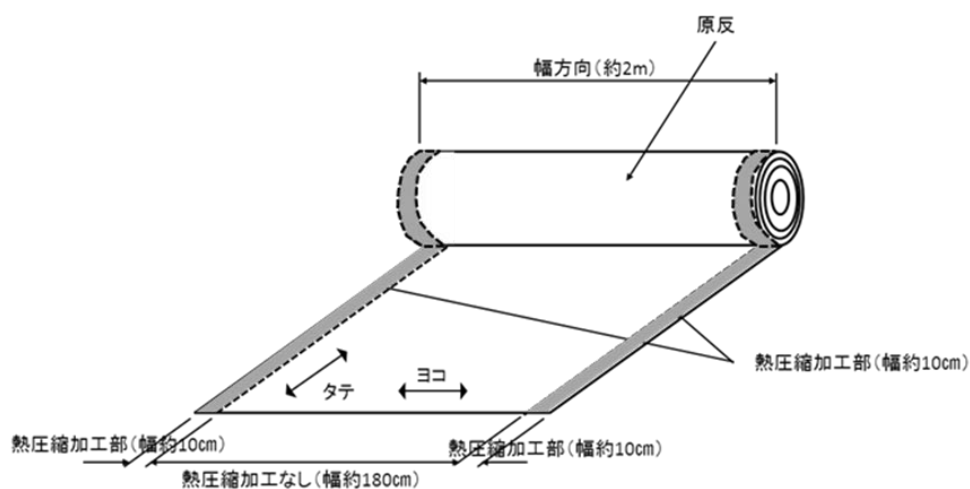


図 2.6 ブリーザブルシートの原反と加熱圧縮加工部の位置



図 2.7 原反ロール



図 2.8 敷設状況



融着機



図 2.9 熱融着接合状況(現場施工)

(b) 接着接合

ブリーザブルシートを接着接合する場合、図 2.10 に示すように接合するブリーザブルシート端部を突き合わせ、専用接着剤（ウレタン系二液混合）を片側 5 cm 塗布した上に 10 cm 幅の二層一体型シートを貼りあわせて接合する。

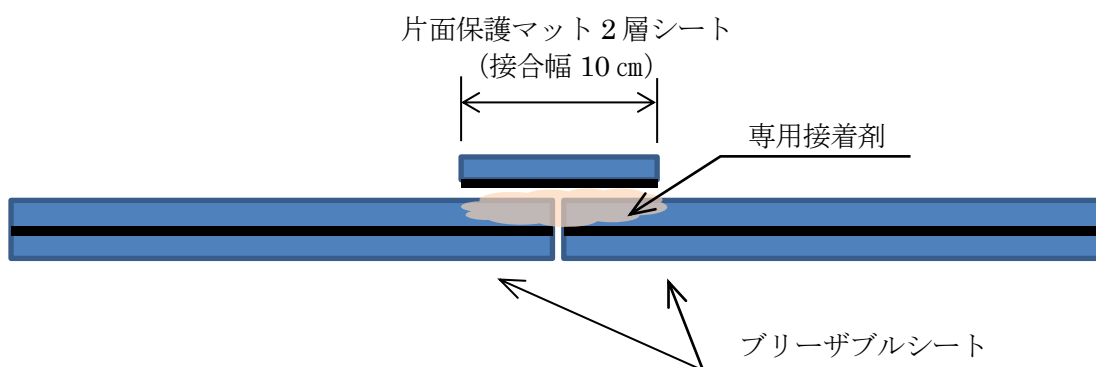


図 2.10 専用接着剤による接合方法

専用接着剤は、図 2.11 に示すように二液混合カートリッジに納められており、専用吐出ガンを使用して接合面に塗布し、塗布量は図 2.10 に示す 10 cm 幅×1m 当り 400g（専用接着剤カートリッジ 1kg／本で 10 cm 幅×約 2.5m 塗布可能）を目安とする。

接着剤の硬化時間は施工時の気温にもよるが、概ね 40～60 分程度である。

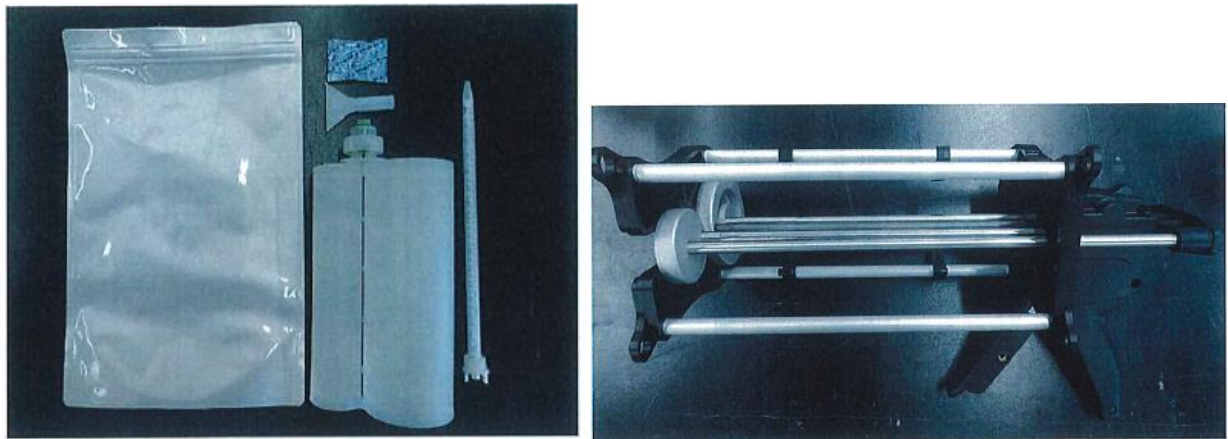


図 2.11 左:専用接着剤(アルミパック入り) 右:専用吐出ガン

(3) ブリーザブルシートの端部処理

ブリーザブルシートの端部は、出水時に流れを受けて捲れ上がらないようにするため、シート端部を埋設あるいはコンクリート構造物と接着接合する。なお、裏のり尻部には、堤体内からの排水を阻害しないようにドレーン工を設置し、ブリーザブルシートはドレーン工と擦り付けるように敷設する。

【解説】

ブリーザブルシートの敷設範囲の堤防天端（のり肩）部分、のり尻部分および上・下流端は、ブリーザブルシートと堤防盛土との境界部分が深く洗掘されてシート背面に流れを受けるとシートが捲れ上がりやすくなる箇所である。特にのり肩部や上流端は、シートが捲れ上がるとダメージが最も大きくなる箇所であるため確実に端部処理する必要がある。そのため、以下に示す方法を参考として適切にシートの埋設あるいはコンクリート構造物（のり留基礎、小口止、帯工・仕切壁等）との接着を行うこととする。

(a) 天端（のり肩）部分の処理方法

のり肩部分でのブリーザブルシートの処理方法は図 2.12 に示すように、シート端部 1m の部分を深さ 50 cm 程度まで埋設することとする。なお、埋め戻し土は良く締固めを行う。

堤防天端部分が既に舗装されている場合は、シート埋設する部分の舗装を撤去し、シート埋設後に舗装する。また、天端舗装がされていない場合は、ブリーザブルシート敷設後に天端舗装等を実施する。なお、のり肩付近の舗装と覆土・ブロックマット等との境界部分は、舗装面からの雨水の浸透などにより滑動することもあると考えられるため、舗装面との境界部分の排水対策をするなど、水が入らないように注意する必要がある。

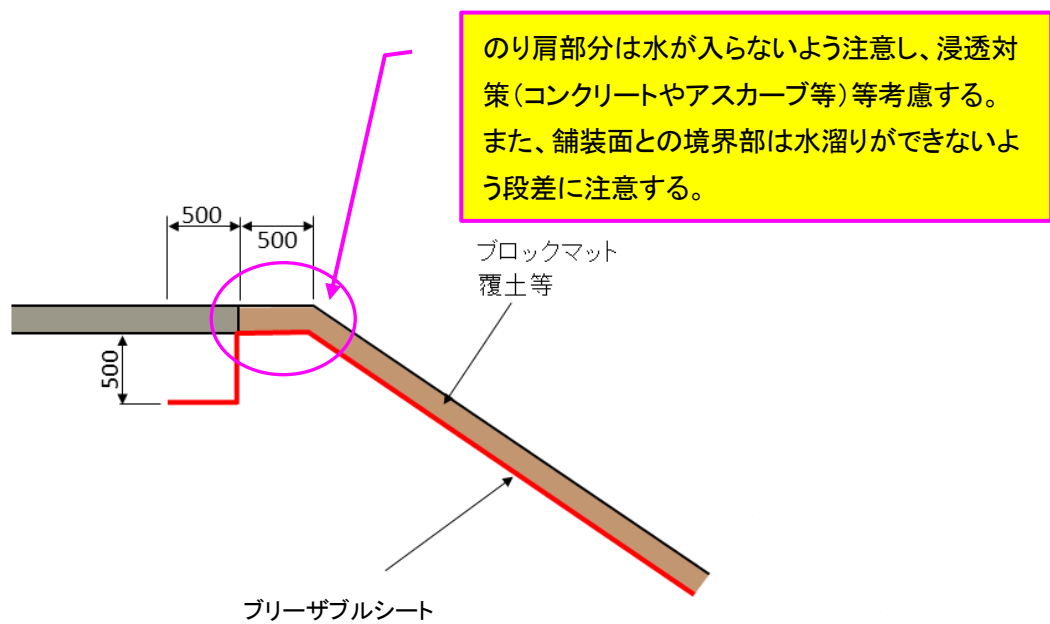


図 2.12 天端部分の処理方法

(b) のり尻（表のり）の処理方法

表のり面におけるのり尻部は、図 2.13 に示すように捲れ上がり対策として 50 cm程度埋め込む。水衝部等で著しい洗掘が予想される場合は、必要に応じて根固め工等を実施する。

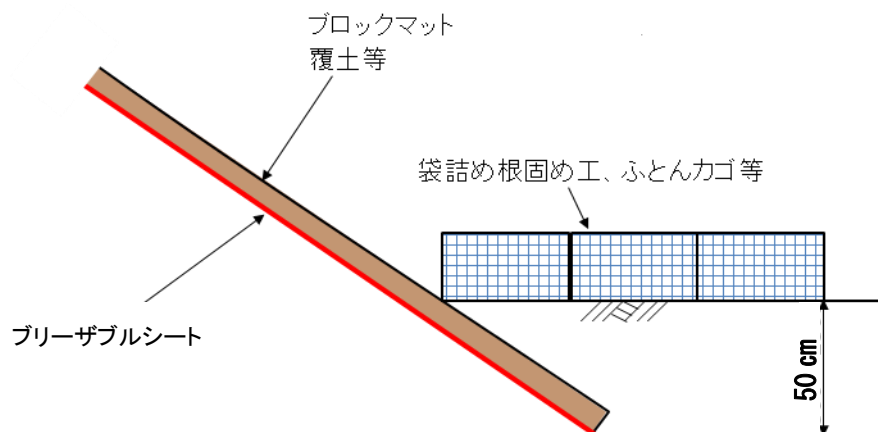


図 2.13 のり尻(表のり)の処理方法

また、図 2.14 に示すようにのり止め等がある場合は、コンクリートにブリーザブルシート端部を 10 cm以上折り曲げて敷設する。

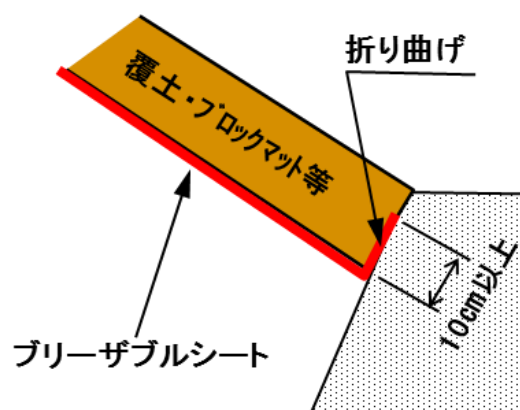


図 2.14 のり止め部分の処理方法

(c) 上・下流端部の処理方法

上・下流端はブリーザブルシートの捲れ上がり防止対策として、図 2.15 に示すように帯工・仕切壁等を設置し、コンクリートにブリーザブルシート端部を 10 cm以上接着するか、あるいはフラットバー等を使用しボルト固定する。コンクリートとブリーザブルシートとの接着には、専用接着剤等で接着力に優れ、かつ耐水性、耐寒性等に優れたものを使用する。

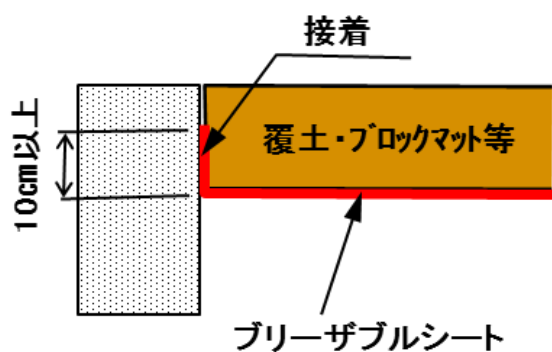


図 2.15 上・下流端部の処理方法

また、上・下流端で帯工・仕切壁等のコンクリート構造物の設置が困難な場合、図 2.16 に示すようにブリーザブルシート端部をシート埋設長 60 cm以上、深さ 30 cm程度に埋設し、十分に締固めを行う。

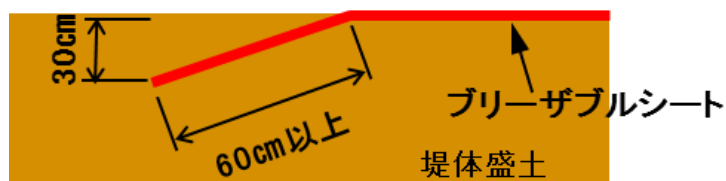


図 2.16 上・下流端部の処理方法(埋設)

2.3 裏のり面に使用する場合

裏のり面は豪雨時の侵食やのり崩壊が生じやすい箇所であり、洪水時の越流侵食に対して、裏のり面侵食防止（保護効果）および雨水浸透の抑制（防水効果）の目的で敷設する。

2.3-1 浸透対策として使用する場合

2.3-1.1 設計

（１）モデルに設定する透水係数の目安値

浸透流計算や安全性の検討には以下の値を使用する。

モデルに設定する透水係数 $k_s=2\times 10^{-4}$ cm/s（モデルのメッシュ厚 50 cm換算）。

【解説】

「表のり面に使用する場合」と同様

（２）地盤材料との摩擦係数

のり面に敷設したブリーザブルシート上に覆土を行う場合、堤体のり面の勾配や覆土材料の性質によってはすべりが発生する可能性がある。

堤体のり面勾配が急な場合は、摩擦係数を 0.6 として安定検討を実施する。

【解説】

「表のり面に使用する場合」と同様

（３）覆土、ブロックマット等による保護・緑化（植生）

ブリーザブルシートの流出防止および堤防上の緑化を目的に、覆土もしくはブロックマット等を設置する。

【解説】

「表のり面に使用する場合」と同様

2.3-1.2 施工

（１）ブリーザブルシートの敷設

ブリーザブルシートの敷設は、流水方向では下流側から上流側へ、のり長（横断）方向ではのり肩（堤防天端）からのり尻方向の順に敷設し接合することを基本とする。

【解説】

「表のり面に使用する場合」と同様

（２）ブリーザブルシートの接合

ブリーザブルシートの標準寸法は、有効幅 2.0×ロール長 20m、重量約 12kg である。ブリーザブルシートの接合は、熱風融着あるいは接着剤により行うことを標準とする。

【解説】

「表のり面に使用する場合」と同様

(3) ブリーザブルシートの端部処理

ブリーザブルシートの端部は、出水時に流れを受けて捲れ上がらないようにするため、シート端部を埋設あるいはコンクリート構造物と接着接合する。なお、裏のり尻部には、堤体内からの排水を阻害しないようにドレーン工を設置し、ブリーザブルシートはドレーン工と擦り付けるように敷設する。

【解説】

(a) 天端（のり肩）部分の処理方法

「表のり面に使用する場合」と同様

(b) のり尻（裏のり）の処理方法

裏のり面にブリーザブルシートを敷設する場合、堤体内からの排水を阻害しないように、堤内地盤面より高さ 50 cm の範囲は敷設せず、図 2.17、2.18 に示すように堤体内からの排水性を高め、積極的に浸潤線を低下させる目的で連続箱型鋼製枠やフトンカゴ等に碎石を入れたドレーン工および堤脚水路を設置する。このような構造とすることにより、堤防の安全性をさらに高めることができる。ドレーン工を設計する際は、「ドレーン工設計マニュアル」⁸⁾を参考とすることができる。

図 2.17 に示すように、通常、ブリーザブルシートの下端はドレーン工天端部分にフィルター材と共に水平に敷設する。

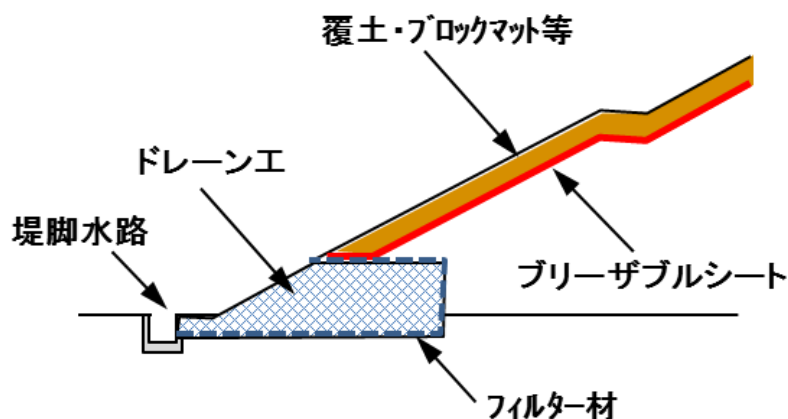
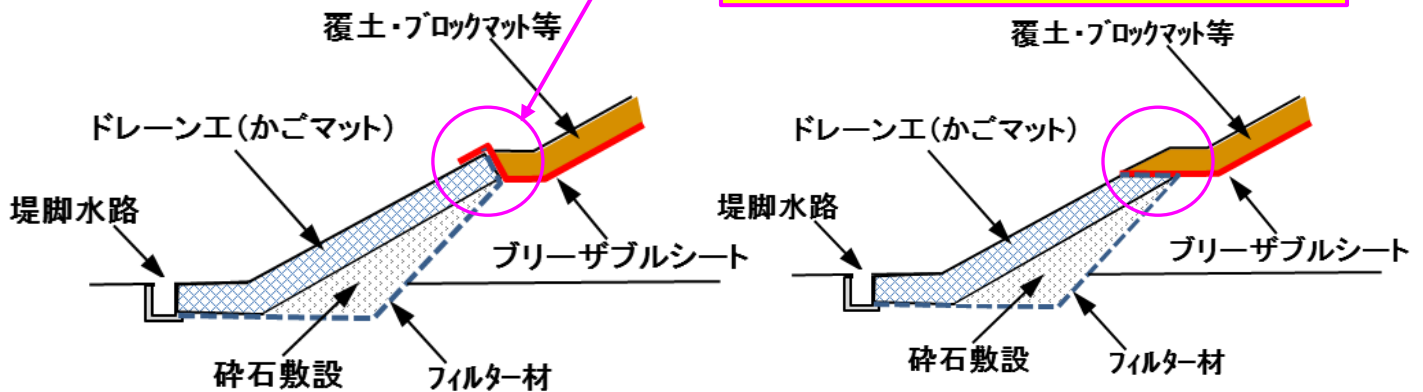


図 2.17 のり尻（裏のり）の処理方法（ドレーン工 Type1）

また、ドレーン工として図 2.18 に示すようにかごマットを裏のり面に平行に設置する場合、堤防越流時に覆土等が流出した際に(ア)のかごマット上端形状では越流水に対して大きな抵抗になり、かごマットが背面より流失あるいは損傷する可能性がある。かごマット上端形状は(イ)に示すように水平形状とし、ブリーザブルシート端部はフィルター材と共にかごマット上端に水平に敷設する。

かごマットの天端は水平にし、ブリーザブルシートが水平に敷設できるようにする



(ア) かごマット上端の洗掘防止対策が必要 (イ) 上端を水平にすることで洗掘防止(推奨)

図 2.18 のり尻(裏のり)の処理方法(ドレーン工 Type2)

2.3-2 越流対策として使用する場合

2.3-2.1 設計

耐越水構造の各部に作用する外力は越流水によるせん断力であり、外力として越流水深を適切に設定し、ブリーザブルシートの安全性を照査する。安全性の評価は河川堤防設計指針(第3稿)¹⁶⁾を参考とする。

(1) ブリーザブルシートの安定検討

ブリーザブルシートの安定性は次式により検討する。

① 越水時のブリーザブルシートの引張りに対する安定性

$$\frac{T_a}{T} \geq F_s = 2.0$$

ここに、 F_s : 安全率

T : 越水時にブリーザブルシートののり肩にかかる張力 (N/m)

T_a : ブリーザブルシートの引張り強度 (N/m)

② 覆土滑落時のブリーザブルシートの引張りに対する安定性

$$\frac{T_a}{T_t} \geq F_s = 2.0$$

ここに、 F_s : 安全率

T_t : 覆土滑落時にブリーザブルシートののり肩にかかる張力 (N/m)

【解説】

ブリーザブルシートの安定検討は、越流時のせん断力による引張りと覆土滑落時の引張りに対して行う。なお、ブリーザブルシートはのり長方向に対して1枚ものとして検討する。

ブリーザブルシートに作用するせん断力の算定にあたっては、裏のり面におけるせん断力が最大値となる等流水深の場合について考えるものとする。

単位幅越流量 q およびブリーザブルシートの勾配 θ が与えられると、等流水深 h_0 は次のように求められる。

$$h_0 = \left(\frac{n^2 \times q^2}{\sin \theta} \right)^{3/10} \dots \dots \dots \text{(式 2.1)}$$

ここに、 n ：ブリーザブルシートの粗度係数

また、ブリーザブルシートに作用するせん断力 τ_0 は h_0 を用いて次のように表される。

$$\tau_0 = \rho g h_0 \sin \theta \dots \dots \dots \text{(式 2.2)}$$

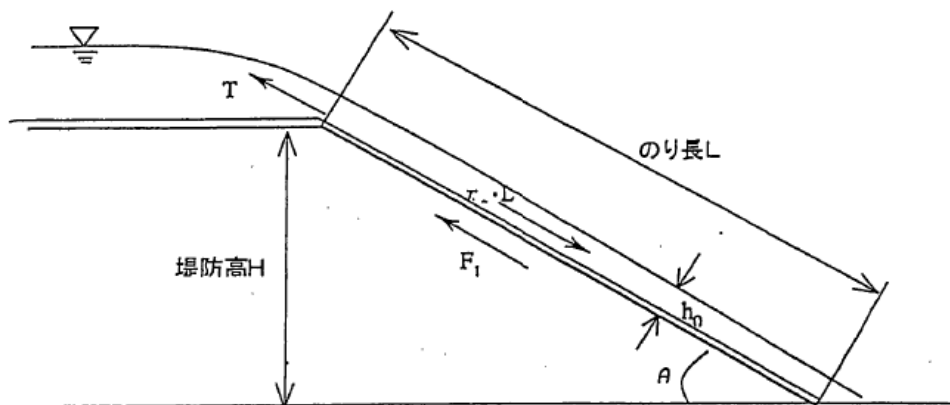


図 2.19 ブリーザブルシートに作用する外力(のり方向に対して 1 枚もののシートを用いる場合)

① 越水時のブリーザブルシートの引張りに対する検討

ブリーザブルシートの重量は微小であるため、以下の検討では無視する。

ブリーザブルシートののり肩にかかる張力 T は次式で表される。

$$T = \tau_0 L - F_1 = \tau_0 L - \mu \gamma_w h_0 L \cos \theta \dots \dots \dots \text{(式 2.3)}$$

ここに、 T ：ブリーザブルシートののり肩にかかる張力 (N/m)

F_1 ：越水の自重により引張り力を受けるブリーザブルシート裏面に働く摩擦力 (N/m)

L ：裏のり面のブリーザブルシートの長さ (m)

T_w ：水の単位体積重量 (N/m³)

μ ：ブリーザブルシートの摩擦係数 (=0.6)

この T については次式が成立するように堤防形状を設計しなければならない。安全率 F_s は一般に 2.0 を用いる。

$$\frac{T_a}{T} \geq F_s = 2.0$$

ここに、 F_s ：安全率

T ：越水時にブリーザブルシートののり肩にかかる張力 (N/m)

T_a ：ブリーザブルシートの引張り強度 (N/m)

② 覆土滑落時のブリーザブルシートの引張りに対する検討

越水初期に覆土が飽和し、覆度が全面にわたり滑落した場合、ブリーザブルシート表面におけるせん断力 τ_t は次式で表される。

$$\tau_t = \mu \gamma_t h_t \cos \theta \cdots \cdots \cdots \text{(式 2.4)}$$

ここに、 τ_t ：ブリーザブルシート表面におけるせん断力

γ_t ：覆土の飽和単位体積重量 (N/m³)

h_t ：覆土厚 (m)

μ ：ブリーザブルシートの摩擦係数 (=0.6)、ここでは安全側の評価とするため静止摩擦係数を用いる

のり肩における力のつり合いより、のり肩にかかるブリーザブルシートの張力 T_t は次式で表すことができる。

$$T_t = \tau_t L - \mu \gamma_t h_t L \cos \theta \cdots \cdots \cdots \text{(式 2.5)}$$

ここに、 T_t ：覆土滑落時にブリーザブルシートののり肩にかかる張力 (N/m)

γ_t ：覆土の飽和単位体積重量 (N/m³)

h_t ：覆土厚 (m)

μ ：ブリーザブルシートの摩擦係数 (=0.6)、ここでは安全側の評価とするため静止摩擦係数を用いる

L ：裏のり面のブリーザブルシートの長さ (m)

この T_t については次式が成立するように堤防形状を設計しなければならない。安全率 F_s は一般に 2.0 を用いる。

$$\frac{T_a}{T_t} \geq F_s = 2.0$$

ここに、 F_s ：安全率

T_t ：覆土滑落時にブリーザブルシートののり肩にかかる張力 (N/m)

T_a ：ブリーザブルシートの引張り強度 (N/m)

(2) 地盤材料との摩擦係数

のり面に敷設したブリーザブルシート上に覆土を行う場合、堤体のり面の勾配や覆土材料の性質によってはすべりが発生する可能性がある。

堤体のり面勾配が急な場合は、摩擦係数を 0.6 として 13) 安定検討を実施する。

【解説】

「表のり面に使用する場合」と同様

2.3-2.2 施工

(1) ブリーザブルシートの敷設

ブリーザブルシートの敷設は、流水方向では下流側から上流側へ、のり長（横断）方向ではのり肩（堤防天端）からのり尻方向の順に敷設し接合することを基本とする。

【解説】

「表のり面に使用する場合」と同様

(2) ブリーザブルシートの接合

ブリーザブルシートの標準寸法は、有効幅 2.0×ロール長 20m、重量約 12kg である。ブリーザブルシートの接合は、熱風融着あるいは接着剤により行うことを標準とする。

【解説】

「表のり面に使用する場合」と同様

(3) ブリーザブルシートの端部処理

ブリーザブルシートの端部は、出水時に流れを受けて捲れ上がらないようにするため、シート端部を埋設あるいはコンクリート構造物と接着接合する。なお、裏のり尻部には、堤体内からの排水を阻害しないようにドレーン工を設置し、ブリーザブルシートはドレーン工と擦り付けるように敷設する。

【解説】

(a) 天端（のり肩）部分の処理方法

「表のり面に使用する場合」と同様

(b) のり尻（裏のり）の処理方法

「表のり面に使用する場合」と同様