透気防水シート「ブリーザブルシート」 の河川堤防への適用マニュアル

-河川堤防「耐浸透機能強化、越流侵食対策」-



平成 30 年 10 月

一般社団法人 リバーテクノ研究会監修 太陽工業株式会社

河川堤防には「盛土により築造するものとする」」という土堤を原則とする大きな特徴があ ります。とりわけ、洪水時は河川堤防に長時間水圧が作用するため、堤体内への浸透による 強度低下や流水による洗掘、越流による侵食などに留意しておく必要があります。「平成27 年9月関東・東北豪雨」により鬼怒川を含めた19河川2、平成28年8月の台風10号では北海道、 東北地方の8河川3で堤防が決壊しました。また、平成30年7月豪雨では中国地方の25河川4で 堤防が決壊しました。高梁川水系小田川堤防調査委員会では堤防の決壊原因の特定が行われ、 越水箇所では「越流水が集中し時間の経過とともに川裏法面の表土が侵食され、堤防内部に 存在する緩い砂質土に侵食が進行し堤防断面が減少するとともに、堤防法尻部の洗掘により 落堀が発生したと推定した。」5と越水が決壊原因であると特定されました。浸透に対しては 堤防決壊の原因であると特定できなかったものの、「計画高水位を長時間超過したことや降 雨の継続により、河川水や雨水、及び内水が発生していたことにより堤体内に多くの水が浸 透していたと推察され、堤防が弱体化した可能性があり、越水による川裏法面の侵食過程に おいて、何らかの影響を及ぼした可能性は排除できない。」りと報告されました。このように 近年では、気候変動により局地的な集中豪雨が多発し、計画高水位を超える洪水や計画対象 の洪水よりも高水位が長時間継続する洪水(超過洪水)が頻発し、河川堤防を越水する危険 性が増大しています。

これら河川堤防への浸透、洗掘や越流侵食に対する安全性の確保に寄与できる製品として、 透気防水シート「ブリーザブルシート」(以下「ブリーザブルシート」という。)を開発し ました。ブリーザブルシートは、優れた防水性能と透気性能を有する透気防水性シートを保 護マットで挟み込んだ三層一体型のシートです。

ブリーザブルシートを河川堤防へ適用するにあたり、これまでブリーザブルシートの基本性能、堤体内への浸透防止効果や間隙空気圧の上昇防止効果、越流時の侵食防止効果等について研究を進めてきました。

本マニュアルは、「透気防水シートの河川堤防への適用マニュアル」作成支援委員会(一般社団法人リバーテクノ研究会)による助言・作成支援を受け、技術的な考え方をとりまとめたものです。この適用マニュアルにより、ブリーザブルシートが河川堤防の安全性確保に寄与し、さらに堤防強化技術の向上が図られることを期待します。

平成 30 年 10 月 太陽工業株式会社

目 次

はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
第1章 ブリーザブルシート・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
1.1 開発の趣旨・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
1.2 定義
1.3 適用範囲・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
1.4 標準物性・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
第2章 設計・施工・・・・・・・・・・・・・・・・・1
2.1 ブリーザブルシートの品質規格・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1′
2.2 表のり面に使用する場合・・・・・・・・・・・・・・・・1
2.3 裏のり面に使用する場合・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 20
第3章 点検および維持管理・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・32
3.1 出水期前、台風期および出水後の点検事項・・・・・・・・・・・・・・・32
3.2 地震後の点検事項・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・32
3.3 損傷時の補修32
参考文献・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
参考資料-1 耐根性試験(参考試験)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
参考資料-2 耐薬品性試験······38
D. ジーニカ) TT なる - 社後間登禾具会 - 禾具友体

リバーテクノ研究会 技術開発委員会 委員名簿

「透気防水シートの河川堤防への適用マニュアル」作成支援委員会 委員名簿

はじめに

本マニュアルは、河川堤防の堤体内への浸透防止効果や堤防越水時の越流水による侵食防止効果が期待される透気防水シート「ブリーザブルシート」(以下「ブリーザブルシート」という。)を河川堤防へ適用するための技術的な考え方(適用範囲、性能および設計・施工方法等)を示すことで、河川堤防の安全性確保に寄与し、さらに堤防強化技術の向上を図ることを目的とする。

目次構成は次のとおりである。

「第1章 ブリーザブルシート」では、

- 1.1 開発の趣旨:近年の超過外力に対する雨水浸透対策や越水時の侵食防止対策における従来 のシート材(遮水シートや吸出し防止シート)の課題とブリーザブルシートブリー ザブルシートの特徴
- 1.2 定義:ブリーザブルシートの構造と機能(透気性、防水性)
- 1.3 適用範囲:河川堤防におけるブリーザブルシート敷設位置ごとの効果
- 1.4 標準物性:ブリーザブルシートの必要物性値、試験方法

というように、ブリーザブルシートの基本事項に視点をおいて記述した。

「第2章 設計・施工」では、

- 2.1 ブリーザブルシートの品質規格:ブリーザブルシートの仕様
- 2.2 表のり面に使用する場合:設計(浸透流計算や安全性検討に使用する数値)、施工(ブリーザブルシートの接合方法、シートの端部処理方法)
- 2.3 裏のり面に使用する場合: 浸透対策として使用する場合と越流対策として使用する場合ご との設計(浸透流計算や安全性検討に使用する数値)、施工(ブリーザブルシートの 接合方法、ブリーザブルシートの端部処理方法)

というように、設計時の適用数値や施工時の注意事項に視点をおいて記述した。

「第3章 点検および維持管理」では、

- 3.1 出水時期、台風期および出水後の点検事項:ブリーザブルシートの変状確認項目
- 3.2 地震後の点検事項:目視で確認が困難なブリーザブルシートの変状を推察するための確認 項目
- 3.3 損傷時の補修:ブリーザブルシートの補修方法

というように、ブリーザブルシートの機能を維持するための確認項目、方法に視点をおいて記述した。

第1章 ブリーザブルシート

1.1 開発の趣旨

これまでの遮水シートによる表のり面被覆工法は、表のり面からの河川水の浸透を抑制する目的で使用されてきたが、近年の超過外力に対しては雨水浸透や間隙空気についての対応が不十分と考えられる。なお、遮水シートや吸出し防止シート(以下「従来のシート材」という。)を裏のり面にも適用することは、雨水浸透だけでなく、越水時の侵食防止に対しても効果的である。しかし、これら従来のシート材を堤防のり面に適用するには浸透や越流水に対して以下のような課題が確認されている。6。

「従来のシート材(遮水シートや吸出し防止シート)の課題]

遮水シート

・ 遮水性があるが堤体内の間隙空気を透過しないため、堤体内で間隙空気圧が高まる可能 性がる

吸出し防止シート

・遮水性がないため、雨や河川水の浸透は防止できない。透気性が高い反面、水を透過するため、越流時の侵食防止対策として使用した場合は裏のり面を侵食する可能性がある

そこで、遮水シートや吸出し防止シートの欠点を補うことのできる新しいシート材として、透気性と防水性をあわせもつブリーザブルシートを開発した。

「ブリーザブルシートの特徴]

- ・防水性と透気性をもつ透気防水性シートとその両面を保護する保護マットで構成された 三層一体型のシート
- ・従来の遮水シートに比べて軽量
- ・接合部にも防水性あり(熱融着や接着剤による接合)

1.2 定義

ブリーザブルシートは透気防水性シートを長繊維不織布製の保護マットで挟み込んだ三層一体型のシートである。河川堤防に敷設することで、堤体内への雨水や河川水の浸透を抑制し、 堤体内外の空気の透過を可能にする。

長繊維不織布製の保護マットは熱融着が可能で、ブリーザブルシート接合部の防水性を確保することができる。

【解説】

ブリーザブルシートは、図 1.1~1.3 に示すような透気性と防水性を有する透気防水性シートと その両面を保護する保護マットで構成される三層一体型のシートである。

ブリーザブルシートは、従来の遮水シートのような遮水性はないが、10~50 cmの覆土換算できるシルト~砂質土程度の防水性能を有している。

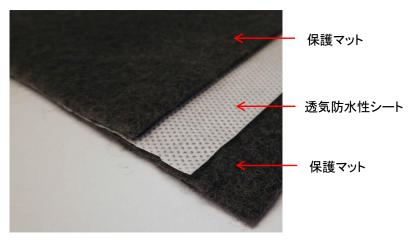


図 1.1 ブリーザブルシートの三層一体型構造

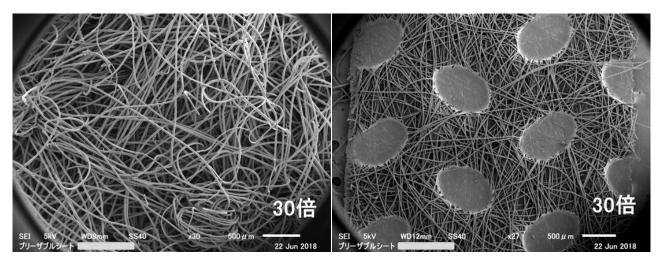


図 1.2 ブリーザブルシート(左:保護マット、右:透気防水性シート)の表面顕微鏡写真

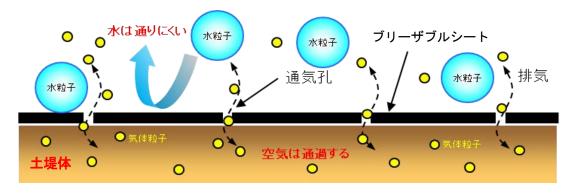


図 1.3 ブリーザブルシートの概念図

保護マットは、図 1.4 に示すように熱融着による接合が可能な芯鞘構造繊維から成る長繊維不織布を用いることで、ブリーザブルシート接合部の防水性を確保する。

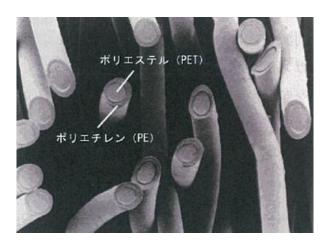


図 1.4 保護マットの芯鞘構造繊維

透気防水性シートを芯鞘構造繊維の保護マットで挟み込んだ三層一体型シートのブリーザブルシートは、図 1.5 に示すように工場でシート両端部に特殊な加熱圧縮加工を施すことにより、保護マットの空隙を潰し、面内方向への通水を遮断することが可能でありこの加熱圧縮加工部同士を接合することにより、接合部の防水性が確保される。



図 1.5 ブリーザブルシート端部加熱圧縮加工

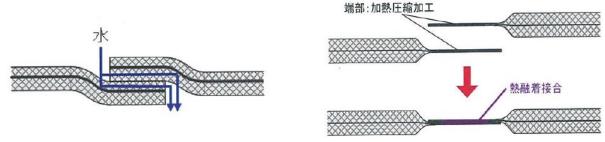
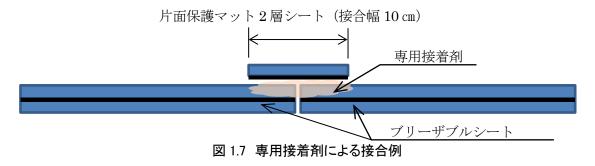


図 1.6 面内方向の通水経路と端部加熱圧縮加工同士の接合による防水性の確保

なお、ブリーザブルシートの保護マットは通常、熱融着接合が可能な芯鞘構造繊維の保護マット を使用しているが、熱融着タイプではない一般の保護マットで挟み込んだ三層一体型シートも非熱 融着タイプとして製品化しており、この非熱融着タイプのブリーザブルシートを接合する場合は、 図 1.7 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、専用の接着剤を塗布した上に 二層一体型シートを貼りあわせて接合する。なお、熱融着タイプのブリーザブルシートにおいても 現場で熱融着接合ができない場合は、同様に専用接着剤により貼り合せて接合する。



1.3 適用範囲

ブリーザブルシートは、河川堤防において①降雨による地表面からの堤体内への雨水浸透抑制、②堤体内への河川水浸透抑制、③間隙空気圧の上昇防止、④超過洪水時(堤防越水時)の 裏のり面の侵食防止を行う場合に適用する。

敷設位置はその目的、現場条件に応じて①表のり面に敷設する場合、②裏のり面に敷設する場合、③天端舗装部を除く表・裏のり面に敷設する場合、④全面に敷設する場合がある。

【解説】

ブリーザブルシートは、河川堤防に適用することで、降雨や洪水に伴う河川水位上昇の時間経過の中で図 1.8 に示す機能を期待するものである。

- ① 雨水浸透の抑制 (防水効果)
- ② 河川水位上昇による浸透抑制 (防水効果)
- ③ 間隙空気圧の上昇防止 (透気効果)
- ④ 超過洪水(堤防越水)時の天端および裏のり面侵食防止(保護効果)

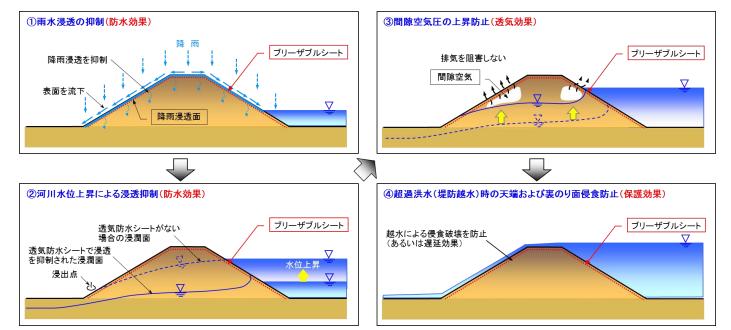


図 1.8 ブリーザブルシートの機能

(1)表のり面に敷設する場合

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。

通常、護岸は計画高水位(H.W.L.)以下に設置することが原則となるが、超過洪水などの頻度が高まっているため、ブリーザブルシートは法肩まで敷設することが望ましい。

【従来のシート材の課題】

▶ 従来の表のり面被覆工法に使用される遮水シートでは、空気を透過しないため、河川水 位上昇に伴う浸潤線上昇により、遮水シート裏面の間隙空気圧が上昇し、高水位時や堤 防越流時になると、遮水シートに揚圧力が作用し、シートが剥がれる際に堤体に損傷を 与える可能性がある ?。

【ブリーザブルシートの効果】

▶ ブリーザブルシートを表のり面に使用することで、表のり面全体からの透気性能により 間隙空気が排出され、ブリーザブルシートより下部の堤体を保護する。

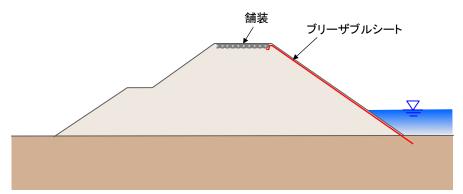


図 1.9 表のり面への敷設

(2) 裏のり面に敷設する場合(表のり面に被覆工等、護岸がある場合)

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ることから、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。

【従来のシート材の課題】

- ▶ 従来の表のり面被覆工法に使用される遮水シートでは、裏のり面に敷設した場合も表のり面同様に空気を透過しないため、河川水位上昇に伴う浸潤線上昇により、遮水シート裏面の間隙空気圧が上昇し、高水位時や堤防越流時になると、遮水シートに揚圧力が作用し、シートが剥がれる際に堤体に損傷を与える可能性がある。
- ▶ 吸出し防止シートを敷設した場合は、遮水性がないため降雨浸透を防止できず、また、 重ね合わせ部や吸出し防止シート裏面に越流水が浸透して侵食する可能性があるため、 越流時の侵食防止対策としての適用には一定の限界がある。

【ブリーザブルシートの効果】

▶ ブリーザブルシートを裏のり面に使用することで、表のり面被覆工、天端舗装を含めた 堤体全面が覆われることになるが、裏のり面全体からの透気性能により間隙空気が排出 され、堤体とブリーザブルシートとの密着性が確保でき、ブリーザブルシートより下部 の堤体を保護する。

▶ 裏のり面からの降雨浸透を抑制し、越流時の侵食防止に効果がある。

※裏のり面は堤体からの排水を阻害しないよう、のり尻部(高さ 50 cmの範囲)へのブリーザブルシートの敷設はせず、図 1.10 に示すとおり、裏のり尻部は堤体内からの排水性を確保し、浸潤線を低下させる目的で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%。

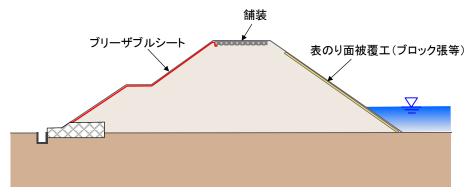


図 1.10 裏のり面への敷設

(3) 表のり面+裏のり面に敷設する場合(天端が舗装などで被覆されている場合)

堤防天端は舗装などで被覆されている場合で雨水浸透の抑制(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。

【従来のシート材の課題】

- ▶ 従来の表のり面被覆工法に使用される遮水シートでは、裏のり面に敷設した場合も表のり面同様に空気を透過しないため、河川水位上昇に伴う浸潤線上昇により、遮水シート裏面の間隙空気圧が上昇し、高水位時や堤防越流時になると、遮水シートに揚圧力が作用し、シートが剥がれる際に堤体に損傷を与える可能性がある。
- ▶ 吸出し防止シートを敷設した場合は、遮水性がないため降雨浸透を防止できず、また、 重ね合わせ部や吸出し防止シート裏面に越流水が浸透して侵食する可能性があるため、 越流時の侵食防止対策としての適用には一定の限界がある。

【ブリーザブルシートの効果】

- ▶ ブリーザブルシートを表・裏のり面に使用することで、天端舗装を含めた堤体全面が覆われることになるが、表・裏のり面全体からの透気性能により間隙空気が排出され、堤体とブリーザブルシートとの密着性が確保でき、ブリーザブルシートより下部の堤体を保護する。
- ▶ 堤体内への降雨浸透を抑制し、越流時の侵食防止対策に効果がある。

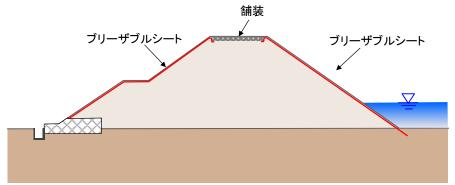


図 1.11 表のり面+裏のり面への敷設

(4)全面に敷設する場合

表のり面、裏のり面、堤防天端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。

【従来のシート材の課題】

- ▶ 従来の表のり面被覆工法に使用される遮水シートでは、裏のり面に敷設した場合も表のり面同様に空気を透過しないため、河川水位上昇に伴う浸潤線上昇により、遮水シート裏面の間隙空気圧が上昇し、高水位時や堤防越流時になると、遮水シートに揚圧力が作用し、シートが剥がれる際に堤体に損傷を与える可能性がある。
- ▶ 吸出し防止シートを敷設した場合は、遮水性がないため降雨浸透を防止できず、また、 重ね合わせ部や吸出し防止シート裏面に越流水が浸透して侵食する可能性があるため、 越流時の侵食防止対策としての適用には一定の限界がある。

【ブリーザブルシートの効果】

- ▶ ブリーザブルシートを全面に使用することで、堤体全面が覆われることになるが、堤体 全面からの透気性能により間隙空気が排出され、堤体とブリーザブルシートとの密着性 が確保でき、ブリーザブルシートより下部の堤体を保護する。
- ▶ 堤体内への降雨浸透を抑制し、越流時の侵食防止対策に効果がある。特に堤体全面を覆っており、越流時の弱点になりやすい不連続部を解消できるため、越流時の侵食防止対策としては最も効果が高い。但し、堤体の沈下が想定される場合は、沈下部分の土砂の置き換え等を阻害することも考えられるため、設計時に配慮しておく必要がある。

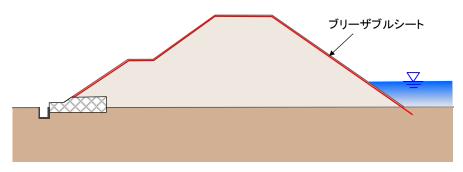


図 1.12 全面への敷設

1.4 標準物性

接合部

9

河川堤防へ適用するブリーザブルシートは、必要な透気性能と防水性能を有し、かつ重機による施工時の損傷に対する耐久性や覆土、降雨および河川水位の上昇による水圧等を受けた後も透気性能や防水性能が必要物性値を満足する必要がある。

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。

【解説】

ブリーザブルシートの標準物性を表 1.1 に示し、参考値として耐久性を表 1.2 に示す。ここでは、一般的な試験方法(①~⑤、⑧、⑩、⑫)を除いた⑥、⑦、⑨、⑪(表 1.1、1.2 網掛け部)の試験方法について詳述する。

項目 単位 規格値 試験方法 2kPa 5.0厚さ (1)mm20kPa 3.2 2 質 量 600以上 g/m^2 JIS L 1908 (3) 引張強さ N/5 cm 800以上 4 % 伸び率 60以上 (5) 貫入抵抗 500以上 Ν **ASTM D 4833** (6) 透気係数 1×10⁻²以上 cm/s φ 100 mm透気試験装置、湿潤状態 透水係数注1) 7 JGS 0931 に準拠 cm/s 2×10-6以下 JIS K 6850、25 mmまたは50 mm幅 (8) 接合部引張強さ N/5 cm 450 以上 短冊型試験片

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/1.8m²の 1/10に相当)

表 1.1 ブリーザブルシートの標準物性

注1) 垂直方向透水性能試験(後掲13頁の表1.3)での最大値

接合部漏水量

項目				単位	測定値	試験方法				
10		耐候性	貫入抵抗	N	663	JIS A 1415(WS 型)促進暴露試験 (1000hr 暴露後)				
(11)	 耐久性	耐衝撃性	引張強さ	N/5 cm	1117	JIS L 1908				
(II)		剛倒筝注	透水係数注2)	cm/s	2.2×10 ⁻⁷	JGS 0931 に準拠				
12		耐薬品性 (化学的安定性)	引張強さ注3)	N/5 cm	1173	JIS K 7114 に準拠				

表 1.2 ブリーザブルシートの耐久性(参考値)

 $m^3/(m \cdot h)$

1×10⁻²以下

注2) 垂直方向透水性能試験(後掲16頁の表1.6)での最大値

注3) 耐薬品性能試験(後掲39頁の(参考)表2.3)での最小値

(1) 透気性能試験

河川堤防へブリーザブルシートを適用するにあたり、その透気性能を把握する。

透気性能試験は、河川堤防へのブリーザブルシート敷設時の覆土を想定し、シート上面に載荷圧 $p(kN/m^2)$ を与え、その圧縮に伴うシートの鉛直変位 $\partial(mm)$ が一定に落ち着いた状態で実施し、シートの透気係数 $k_s(m/s)$ はダルシー則に従って式 1.1 で表される。

$$k_a = \frac{Q_a/A}{(h_a - h_{a0})/L^*} \times \frac{1}{100}$$
 · · · · · (\(\frac{\pi}{\pi}\)1.1)

ここに k_a : シートの透気係数(m/s)

 Q_a : 透過空気流量 (cm^3/s)

 $A: シート断面積(=78.54cm²、 <math>\phi 10cm$ より)

h_a: シート下面側に与えた空気圧力水頭(cm)

 h_{a0} : シート上面での空気圧力水頭(cm)

*L**: シートの厚さ(cm)

透気係数を求める透気試験装置の一例を図 1.13 に示す。

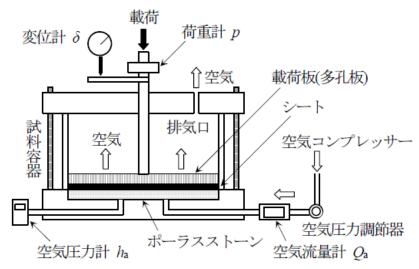


図 1.13 透気試験装置の概要図 9)

(2)垂直方向透水性能試験

河川堤防へブリーザブルシートを適用するにあたり、その垂直方向の防水性能を把握する。

河川堤防や護岸の吸出し防止対策などで排水材やフィルター材として用いられるジオテキスタイルおよびその関連製品の垂直方向透水性能は、定水位試験(JGS 0931^{10),11)}: 比較的透水性の高いジオテキスタイル)の場合式 1.2 で表され、垂直方向透水性試験により評価される。また、ジオテキスタイルの垂直方向透水性能と垂直方向透水係数、厚さの関係は式 1.3 で表される。

$$\psi_{V} = \frac{Q}{\Delta hA}$$
 · · · · · · · · (式1.2)

$$\psi_{\rm V} = \frac{k_{\rm V}}{H_{\rm g}}$$
 $\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (\pm 1.3)$

$$k_{\rm V} = \frac{Q}{\Delta h A} \times H_{\rm g}$$
 ・・・・・ (式1.4)

ここにQ: 単位時間当りの流量 (cm^3/s)

 $\psi_{\rm V}$: 垂直方向透水性能(s^{-1})

 k_v : 垂直方向透水係数 (cm/s)

 $H_{\mathfrak{g}}$: ジオテキスタイルの厚さ (cm)

A: 断面積 (cm²)

Δh:ジオテキスタイルに作用する水頭差 (cm)

垂直方向透水性能試験装置は、図 1.14 に示すように水位を 300 mmまで任意に変化させることができる透明な円筒容器からなるもので、その最小径は 50 mm、装置の内径の平均は 0.1 mmの範囲内とし、試験片のさらされている断面積直径は円筒容器と同じ径を有するものとしている。

しかし、ブリーザブルシートは垂直方向透水係数が小さいため、比較的水頭の大きな条件下で試験を行わないと流量の計測ができないと考えられ、また、接合部の漏水量も評価する必要があったことから、JGS 0931 に準拠し、図 1.15 に示す透水性能試験装置により試験を行った。

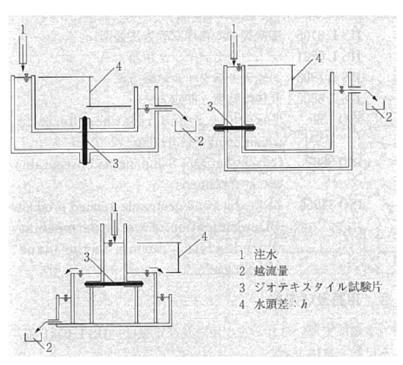


図 1.14 垂直方向透水性能試験装置(定水位試験)の例

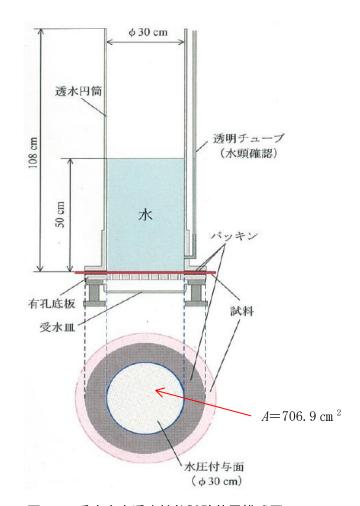


図 1.15 垂直方向透水性能試験装置模式図

ブリーザブルシートの任意の位置より 20 枚の試料を採取し、試料の表面および裏面のパッキングと接する面には、パラフィンおよびシリコーン系のコーキング剤を含浸させ、水圧付与面以外からの不要な水漏れを防止した。

試料の水圧付与面積は直径 30 cmの円形であり、透水円筒に水を投入して試料に 50 cm水頭を付与し、ブリーザブルシートからの透水が認められた場合は、50 cm水頭を確保しつつ、1 時間(あるいは透水量により 3 時間)あたりの透水量 V' (m^3/h) を 3 回計測し、それらの平均値を求めた。その結果を表 1.3 に示す。

△h=50 cm水頭での透水量の最大値は

透水量
$$Q = 4.1 \times 10^{-4} \, m^3 \, / \, h = 4.1 \times 10^{-4} \times \frac{10^6}{3600} \, cm^3 \, / \, s = 0.11 cm^3 \, / \, s$$
 である。

この垂直方向透水性能試験結果より、定水位試験の垂直方向透水係数 k_v を算出すると式 1.4 よりブリーザブルシートの厚さ H_g =0.50 cmのとき垂直方向透水係数 k_v は、

垂直方向透水係数
$$k_v = \frac{Q}{\Delta hA} \times H_g = \frac{0.11}{50 \times 706.9} \times 0.50 = 1.6 \times 10^{-6} \, cm \, / \, s$$

ブリーザブルシートの垂直方向透水係数は、表 1.3 に示す最大値よりも大きな k_v =2×10⁻⁶ cm/s を規格値とする。

表 1.3 ブリーザブルシートの透水量

試験片 No.	透水量 <i>Q</i> (m³/h)	透水係数 <i>kv</i> (cm/s)	試験片 No.	透水量 <i>Q</i> (m³/h)	透水係数 <i>k_v</i> (cm/s)
1	1.8×10 ⁻⁴	0.7×10^{-6}	11	3.0×10 ⁻⁴	1.1×10 ⁻⁶
2	1.5×10 ⁻⁴	0.6×10^{-6}	12	2.6×10 ⁻⁴	1.0×10 ⁻⁶
3	2.7×10 ⁻⁴	1.1×10^{-6}	13	1.9×10 ⁻⁴	0.7×10^{-6}
4	2.3×10 ⁻⁴	0.8×10^{-6}	14	3.5×10 ⁻⁴	1.4×10 ⁻⁶
5	1.4×10 ⁻⁴	0.6×10^{-6}	15	1.7×10 ⁻⁴	0.7×10^{-6}
6	3.3×10 ⁻⁴	1.3×10^{-6}	16	3.2×10 ⁻⁴	1.3×10 ⁻⁶
7	1.1×10 ⁻⁴	0.4×10^{-6}	17	2.3×10 ⁻⁴	0.8×10 ⁻⁶
8	2.4×10 ⁻⁴	1.0×10 ⁻⁶	18	2.9×10 ⁻⁴	1.1×10^{-6}
9	4.1×10 ⁻⁴	1.6×10 ⁻⁶	19	3.3×10 ⁻⁴	1.3×10 ⁻⁶
10	2.0×10 ⁻⁴	0.8×10^{-6}	20	2.0×10 ⁻⁴	0.8×10^{-6}
平均值	2.3×10 ⁻⁴	1.0×10^{-6}	最大値	4.1×10 ⁻⁴	1.6×10^{-6}

(3)接合部漏水量試験

(2)と同様に垂直方向透水試験機を用いて試験した。試料の水圧付与面積は直径 30 cmの円形であり、試料の有効接合長 $L(\mathbf{m})$ は L=0.27 \mathbf{m} である。ブリーザブルシート接合部が中心となるように試料を取り付け、透水円筒に水を投入して試料に 50 cm水頭を付与し、接合部からの漏水が認められた場合は、50 cm水頭を確保しつつ、1時間あたりの漏水量を 3 回計測し、それらの平均値 $V_{Ib}(\mathbf{m}^3)$ を求め、式 1.5 により接合長 1 \mathbf{m} あたり、1 時間あたりの漏水量 Q m³/(\mathbf{m} · \mathbf{h})を求めた。

$$Q = \frac{V_{1h}}{L} \qquad \cdot \qquad \cdot \qquad \cdot \qquad (\pm 1.5)$$

接合部漏水量試験結果を表 1.4 に示す。ブリーザブルシートの接合部漏水量は、熱融着および専用接着剤接合共に $k_v < 1 \times 10^{-2}$ $m^3/(m \cdot h)$ を確保できることが確認された。

表 1.4 接合部漏水量

接続方法	漏水量(m³/(m·h))		
熱融着	5.0×10 ⁻⁴		
専用接着剤	4.2×10 ⁻⁴		

(4) 耐衝擊性試験

ブリーザブルシートを設置する場合、覆土および路盤材施工時の重機による転圧作業により、どの程度ブリーザブルシートが破損あるいは防水性能が低下するかを確認する必要がある。耐衝撃性試験は「ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル ¹²⁾」に記載の方法を参考に実施する。

覆土および路盤材をまき出し、敷均し転圧後、ブリーザブルシートを敷設し、その上に覆土および路盤材をまき出し、振動ローラにて所定回数転圧する。その後、ブリーザブルシートを取り出して外観の観察(目視による損傷の有無)および垂直方向透水性能試験(前述の(2)参照)により防水性能の維持状況を確認する。表 1.5 に耐衝撃性試験条件および試験方法を示し、図 1.15 に耐衝撃性試験施工図を示す。

表 1.5 耐衝撃性試験条件および試験方法

項目	内 容
品名	ブリーザブルシート(透気防水シート)
供試体寸法および枚数	幅 2.0m×長さ 5.0m、各 2 枚
試料 土	まさ土、砕石 (C-40)
使用重機	まき出し用: バックホウ 0.45m ³ 級 ホイールローダー1.3m ³ 級(運転質量 7.0ton) 転圧用: 自走式振動ローラ(運転質量 3.6ton、起振力 24.5kN)
① 下地造成	バックホウおよびホイールローダで試料土を 30 cmまき出し、振動ローラで転圧、整地する
② 供試体設置	ブリーザブルシートを所定の位置に敷設する
③ 覆 土	バックホウおよびホイールローダでブリーザブルシート上に試料 土をまき出し、整地する
④ 転 圧	振動ローラで8回転圧
⑤ 供試体取り出し	供試験体に傷をつけないように取り出し、付着物を取り除く
⑥ 外観目視観察	施工後の衝撃に対する供試体の破断および損傷の程度を確認する
⑦ 引張試験	施工時の供試体の引張り強さを確認する
⑧ 垂直方向透水性能試験	施工後の衝撃に対する試料について防水性能を確認する

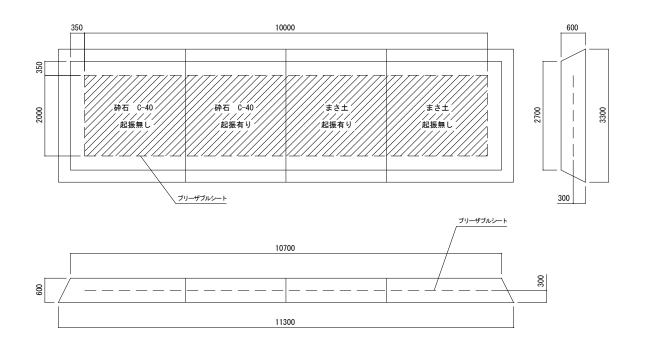


図 1.15 耐衝撃性試験施工図





図 1.16 左:ブリーザブルシート敷設 右:重機によるまき出し





図 1.17 左:振動ローラによる転圧 右:ブリーザブルシート取り出し

取り出したブリーザブルシート試料について、損傷程度を目視確認した結果、まさ土箇所では損傷はなく、砕石(C-40)箇所では保護マット表面に小さな傷(凹み)が確認されたが、透気防水性シートが破損し性能低下につながるような大きな傷は認められなかった。



図 1.18 振動ローラ転圧後の保護マット表面(1) 左:まさ土(起振無) 右:まさ土(起振有)

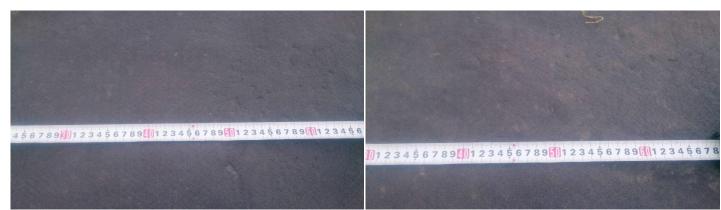


図 1.19 振動ローラ転圧後の保護マット表面(2) 左:砕石(C-40)起振無 右:砕石(C-40)起振有

垂直方向透水性能試験および引張試験を行った結果を表 1.6 に示す。試験結果より、引張強さについては、ほぼ 90%以上の強度保持率を有することが確認された。防水性能においては、性能低下は確認されなかった。

ブリーザブルシートの主な適用範囲は堤防のり面であり、覆土の施工はバックホウバケットによるのり面整形程度である。これに対して本試験はより厳しい試験条件下での結果であることから、 実用面で支障はないといえる。

以 1.0 □川日子 LIDMANTA										
			引	脹強さ(N/5 cm	透水係数(cm/s)					
供試体	試料土	転圧条件	試験前 タテ/ヨコ	試験後 タテ/ヨコ	保持率(%) タテ/ヨコ	試験前	試験後			
Case1	まさ土	起振無		2129/1168	97/92		2.2×10^{-7}			
Case2	まら工	起振有	0000/1070	2010/1117	91/88	9 # × 10-7	1.8×10 ⁻⁷			
Case3	砕石(C-40)	起振無	2206/1273	2180/1166	99/92	$2.5 imes10^{-7}$	0.6×10 ⁻⁷			
Case4	₩+41(C-40)	起振有		2165/1209	98/95		0.6×10 ⁻⁷			

表 1.6 耐衝擊性試験結果

注4) 引張強さは、供試体 N=5 の平均値

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。

	X.1. 27 72702 1 0 mg/%11								
	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 φ100 mm透気試験装置、湿潤料						
透水係数		cm/s	2×10 ⁻⁶ 以下	JGS 0931 に準拠					
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	接合部漏水量	m³/(m·h)	1×10·2以下	φ300 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)					

表 2.1 ブリーザブルシートの品質規格

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= 2×10^{-4} 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 = 2×10^{-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。

モデルに設定する透水係数 k_s (cm/s) 诱水係数 対策工種 モデルの厚さ t_s (cm) k_v (cm/s) 10 2030 40 50 $k_{v} = 2 \times 10^{-6}$ ブリーザブルシート 4×10^{-5} 8×10^{-5} 1.2×10^{-4} | 1.6×10^{-4} 2×10^{-4} (厚さ t=0.5 cm)

表 2.2 人工材料に設定する透水係数の目安値

[※]モデルに設定する透水係数は kv/t=ks/tsとして算出

10 ⁻⁹	10 ⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	透水係数 / 10 ³	t (cm/s) 10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁰	10 ¹	10 ²
	実質上不透	透水	非常に	ELI		低い		中位		i	高い
	粘性土			y細砂 rルト-		ト 混合土		砂およ	び礫		清浄な礫

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。

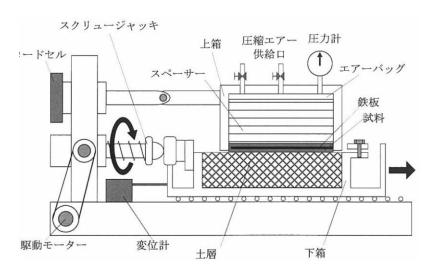


図 2.2 ジオシンセティックス摩擦特性評価装置の模式図

(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

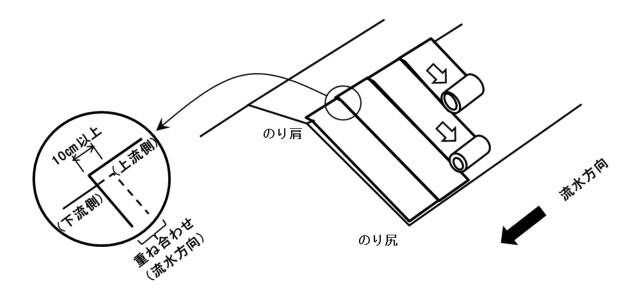
(1) ブリーザブルシートの敷設

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。

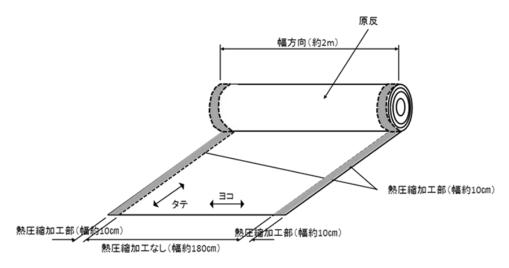


図 2.6 ブリーザブルシートの原反と加熱圧縮加工部の位置



図 2.7 原反ロール



図 2.8 敷設状況



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。

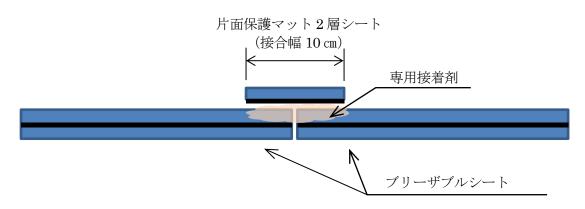


図 2.10 専用接着剤による接合方法

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 $\times 1$ m 当り 400g(専用接着剤カートリッジ 1kg/本で 10 cm幅 \times 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。



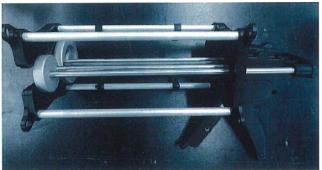


図 2.11 左:専用接着剤(アルミパック入り) 右:専用吐出ガン

(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。

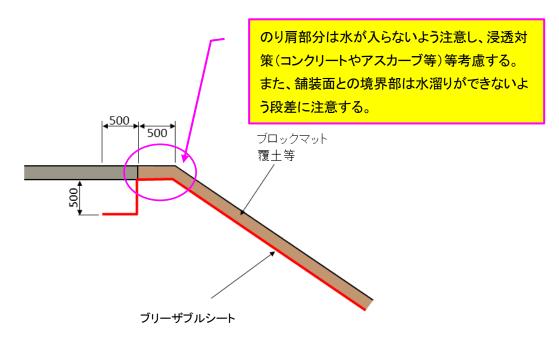


図 2.12 天端部分の処理方法

(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。

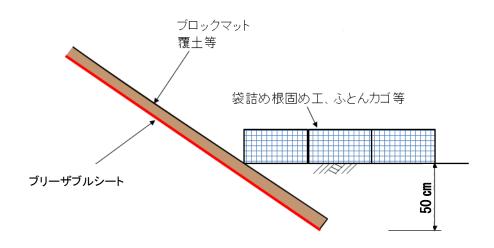


図 2.13 のり尻(表のり)の処理方法

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 $10\,\mathrm{cm}$ 以上折り曲げて敷設する。

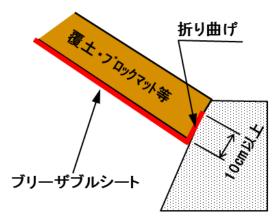


図 2.14 のり止め部分の処理方法

(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。

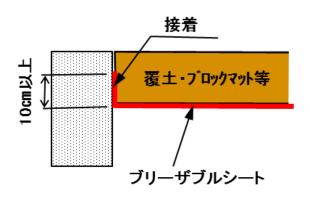


図 2.15 上・下流端部の処理方法

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。

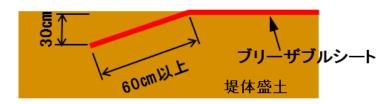


図 2.16 上・下流端部の処理方法(埋設)

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 $k=2\times10^{-4}\,\mathrm{cm/s}$ (モデルのメッシュ厚 $50\,\mathrm{cm}$ 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砕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。

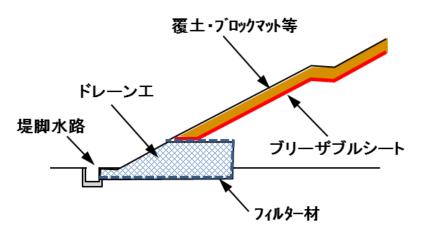
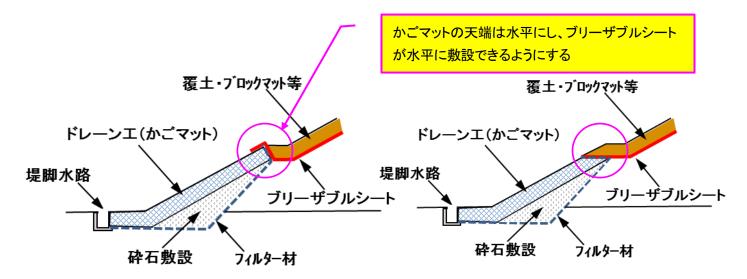


図 2.17 のり尻(裏のり)の処理方法(ドレーンエ Type1)

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。



- (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(ドレーンエ 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

$$\frac{T_{a:}}{T} \ge F_s = 2.0$$

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

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

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。

単位幅越流水量 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。

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。

$$\tau_0 = \rho g h_0 \sin \theta \cdot (\vec{z}.2.2)$$

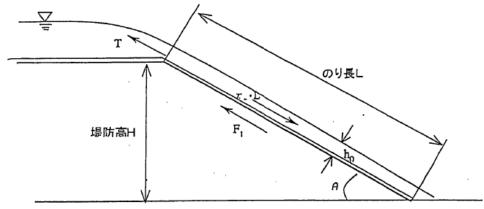


図 2.19 ブリーザブルシートに作用する外力(のり方向に対して 1 枚もののシートを用いる場合)

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。

$$T = \tau_0 L - F_1 = \tau_0 L - \mu \gamma_w h_0 L \cos \theta \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (\vec{x} \cdot 2.3)$$

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_I : 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)

u: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。

$$\frac{T_{a:}}{T} \ge F_s = 2.0$$

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 ,は次式で表される。

$$\tau_{t} = \mu \gamma_{t} h_{t} \cos \theta \cdot (\vec{\Xi} 2.4)$$

ここに、τ₁:ブリーザブルシート表面におけるせん断力

γ₁: 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。

$$T_{t} = \tau_{t} L - \mu \gamma_{t} h_{t} L \cos \theta \cdot (\vec{\Xi} 2.5)$$

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)

γ₁: 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。

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

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

第3章 点検および維持管理

3.1 出水期前、台風期および出水後の点検事項

点検要領170に準拠し、ブリーザブルシートの露出や破断がないか確認する。

【解説】

- ・点検は、河川ごとに設定された堤防等河川管理施設及び河道の点検時期(出水期前、台風期および出水後)に併せて実施することが望ましい。
- ・表のり面で浸透対策として被覆工によりブリーザブルシートが敷設されている箇所や、裏のり面で浸透・侵食対策としてブリーザブルシートが敷設されている箇所では、ブリーザブルシートの露出や亀裂に伴う破断がないか点検を実施する。
- ・ブリーザブルシート上に覆土が施工されている箇所では、覆土が流出しブリーザブルシート自 体が露出し日射等による劣化の進行が懸念される。
- ・覆土や護岸撤去時など、ブリーザブルシートの状態が確認できる際に変状を確認しておく。

3.2 地震後の点検事項

ブリーザブルシートの露出や破断がないか確認する。

表のり面の亀裂や護岸や侵食防止シート等の耐侵食構造物に変状が見られないか確認する。

【解説】

- ・地震後の点検は、一定規模の地震が発生した場合に実施される河川管理施設及び許可工作物について行う点検時 ¹⁸⁾に併せて実施することが望ましい。
- ・覆土や護岸、ブロックマット等が施工されている場合、ブリーザブルシートの変状は目視での 発見が困難であるため、覆土や護岸、ブロックマット等に耐侵食、耐浸透機能に支障をきた す変状がないかを確認する。
- ・護岸や侵食防止シート等、耐侵食構造物の変状は、出水時の外力によって変状部や端部からの 破壊を生じ、堤防表のり面やのり尻表面の直接侵食に影響する。

3.3 損傷時の補修

ブリーザブルシートが露出し、破断等が確認された場合は、その部分に補修用パッチを当てる 等の処理を行う。

【解説】

同材質のシートにより必要な大きさの補修用パッチを製作し、専用接着剤(液状ウレタン樹脂)をブリーザブルシート本体側の損傷箇所周辺と補修用パッチの接合面のそれぞれに塗布して貼り合わせる。

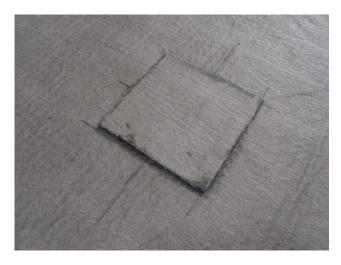


図 3.1 パッチによる補修例

参考文献

- 1) 社団法人日本河川協会:改訂 解説·河川管理施設等構造令,p112,2000
- 2) 内閣府: 平成 27 年 9 月関東·東北豪雨による被害状況等について (平成 27 年 9 月 24 日 10 時 00 分現在). 2015
- 3) 内閣府: 平成 28 年台風 10 号による被害状況等について (平成 28 年 11 月 16 日 14 時 00 分現在), 2016
- 4) 内閣府: 平成 30 年 7 月豪雨による被害状況等について (平成 31 年 1 月 9 日 17 時 00 分現 在), 2018
- 5) 高梁川水系小田川堤防調査委員会:議事概要·配布資料, 2018
- 6) 藤田光一・末次忠司・諏訪義雄・東高徳・白土正美・郡司篤・最上谷吉則:透水性(排気性) 材料を用いた堤防裏法越水強化工法の水理的評価と技術的位置づけについて,河川技術論文集, 第7巻, pp. 109~114, 2001
- 7) 前田健一・柴田賢・馬場干児・小林剛・桝尾孝之・尾畑功:模擬堤防土槽実験によるエアブローの確認と数値解析,河川技術論文集,第 18 巻,pp. 305~310, 2012
- 8) 国土交通省 水管理・国土保全局治水課:ドレーン工設計マニュアル, 2013
- 9) 神谷浩二・伊東侑毅・佐藤拓也・川岸靖・小島悠揮:河川堤防の浸透対策工のための透気防水シートの機能評価,河川技術論文集,第 23 巻,pp. 369~374,2017
- 10) ジオテキスタイル補強土工法普及委員会/一般財団法人土木研究センター:ジオテキスタイル を用いた補強土の設計・施工マニュアル 第二回改訂版, pp. 420~424, 平成 25 年 12 月
- 11) 社団法人地盤工学会:地盤材料試験の方法と解説-二分冊の2-, pp. 1035~1037
- 12) ジオテキスタイル補強土工法普及委員会/一般財団法人土木研究センター:ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル(第二回改訂版), pp.435~438, 平成 25 年 12 月
- 13) 財団法人国土技術研究センター:河川堤防の構造検討の手引き, p. 59, 平成 14 年 7 月
- 14) 地盤工学会:土質試験 基本と手引き 第一回改訂版, 2001. 3
- 15) 公益社団法人日本材料学会:「地盤改良」に関わる技術評価証明 報告書 ガス透過性防水シートを 用いたキャッピング工法,pp.46~57, 2012
- 16) 建設省河川局治水課:河川堤防設計指針 第3稿, pp. 174~176, 平成12年6月
- 17) 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課:堤防等河川管理施設及び河道の点検要領,平成 28 年 3 月
- 18) 国土交通省 河川保全企画室長:直轄管理河川に係る地震発生時の点検について,平成 21 年 27 号, 国河治保第 6 号

参考資料-1 耐根性試験(参考試験)

(1)試験目的

植物の根に対するブリーザブルシートの耐久性を確認するため、耐根性試験を実施する。

(2)試験方法

・試験日 ; 2018.07.09 設置、2018.10.30 掘り起こし

・試験場所 ; 太陽工業㈱瑞穂工場実験ヤード

実験場所の地面を $10\sim20$ cm 程度に掘り、ブリーザブルシートを敷設し所定期間経過後に掘り出して外観の観察をおこなう(目視による外観確認;根が貫通していないか?)。









(参考) 図 1.1 耐根性試験ヤード1 (表土 10 cm程度剥ぎ取り、シート敷設後埋め戻し)



(参考)図 1.2 耐根性試験ヤード2 (株状に生育するススキの下にシート敷設後埋め戻し)

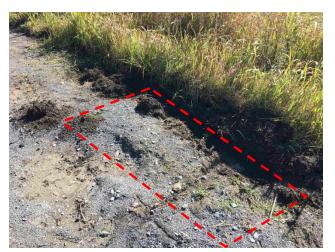
(3) 試験結果

ブリーザブルシートを土中に埋設してから約4ヶ月後の植物根の状況およびブリーザブルシートへの影響を目視により確認した。なお、目視確認後のブリーザブルシートは、引き続き観察するため土中に埋め戻した。

① 耐根性試験ヤード1

耐根性試験ヤードは、草が繁茂している表土を 15cm 程度剥ぎ取りブリーザブルシートを敷設 した後、表土で埋め戻した。

ブリーザブルシートの土中埋設は7月に実施したが、写真1.3に示すようにその後、表土部分への新たな植物は根付いていなかった。また土中の植物根の生育状況は、ブリーザブルシートまで達しておらず、ブリーザブルシートへの根の貫通は見られなかった。



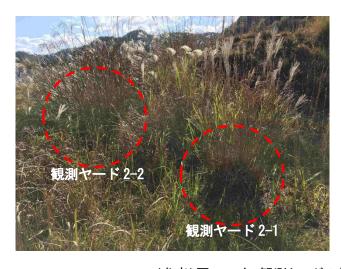


(参考)図 1.3 4ヶ月後の植物根とブリーザブルシートの状況

② 耐根性試験ヤード2

耐根性試験ヤードは、ススキの株の下端となる 25cm 程度掘削し、ススキの株根の下にブリーザブルシートを敷設して埋設した。

写真 1.5、1.6 に示すように観測ヤード 2-1、2-2 共に土中の植物根はブリーザブルシートに達していたが、ブリーザブルシートへの根の貫通は見られなかった。





(参考)図 1.4 左:観測ヤードの状況、右:掘り起こし状況





(参考)図 1.5 4ヶ月後の植物根とブリーザブルシートの状況(観測ヤード 2-1)





(参考)図 1.6 4ヶ月後の植物根とブリーザブルシートの状況(観測ヤード 2-2)

参考資料-2 耐薬品性試験

(1)試験目的

ブリーザブルシートを河川堤防へ適用した環境下において、長期間にわたりその機能を保持することが要求される。ブリーザブルシートを適用する堤防盛土は「土の一般条件 A (pH=6~8)」 ¹²⁾を対象とし、酸性土(温泉地帯)やアルカリ性土(石灰安定処理土、セメント安定処理土など)、強酸性や強アルカリ性の河川水が流れる特殊環境下での河川堤防は含まないものとする。

(2)試験条件

水素イオン濃度の異なる薬品に浸漬し、一定時間経過後に取り出し、引張強さ、伸び率などの変化状況を確認する。

項目	内容		
供試体	ブリーザブルシート		
試験液	 蒸留水 塩化ナトリウム 水酸化カルシウム 水酸化ナトリウム 塩酸 硫酸 	3.0%溶液 0.01%(pH=11) 0.01%(pH=11) 0.01%(pH=3) 0.01%(pH=3)	
浸漬温度	50±2°C		
浸漬時間	250, 500, 750, 1000 時間		
供試体数	N=5		

(参考)表 2.1 薬品浸漬条件

(3)試験方法

所定の供試体を取り出し、以下の条件にて引張試験を実施する。

(参考)衣 2.2 武殿宋件				
項目	内容			
試験方法	引張試験(JIS L 1908 準拠)			
供試体幅	50mm			
つかみ間隔	100mm			
引張速度	20mm/min			
試験温度	表 2.1 浸漬後に、乾燥 50±2℃×48 時間、20℃×			
	24 時間を前処理として実施。			
測定項目	引張強さ、強度保持率、伸び率、伸び率変化率			

(参考)表 2.2 試験条件

(4)試験方法

耐薬品性試験前後の供試体の引張強さより、強度保持率を算出した結果を表 2.3-1、2.3-2 に示す。強度保持率は次式より算出する。

強度保持率= 所定の時間薬品浸漬した供試体の引張強さ 薬品浸漬前の供試体の引張強さ ×100%

(参考)表 2.3-1 薬品浸漬による強度保持率と伸び変化率(1)

試薬	浸漬	方向	引張強さ	強度保持率	伸び率	伸び変化率
	時間		(kN/m)	(%)	(%)	(%)
薬品浸漬前		タテ	2205	_	111.5	_
		ヨコ	1273	_	118.9	_
	250h	タテ	2251	102.0	119.5	+7
		ヨコ	1195	93.9	119.4	0
	500h	タテ	2242	101.7	118.4	+6
蒸留水		刀刀	1190	93.4	116.3	-2
然留 小	750h	タテ	2314	104.9	115.3	+3
		刀刀	1202	94.4	116.5	-2
	1000h	タテ	2413	109.4	119.4	+7
		ヨコ	1272	99.9	123.1	+3
	250h	タテ	2192	99.4	113.1	+1
		ヨコ	1235	97.0	116.7	-1
	500h	タテ	2285	103.6	121.9	+9
塩化ナトリウム		ヨコ	1173	92.1	119.5	0
3%溶液	750h	タテ	2351	106.6	114.3	+2
		ヨコ	1262	99.1	118.6	0
	1000h	タテ	2229	101.1	118.4	+6
		ヨコ	1243	97.6	125.0	+5
	250h	タテ	2309	104.7	116.4	+4
水酸化カルシウム 0.01%溶液 (pH=11)		ヨコ	1261	99.1	123.3	+4
	500h	タテ	2220	100.6	107.9	-3
		ヨコ	1240	97.4	115.8	-3
	750h	タテ	2358	106.9	121.5	+9
		ヨコ	1249	98.1	124.3	+5
	1000h	タテ	2355	106.8	118.7	+6
		ヨコ	1199	94.2	121.1	+2

※表の値は、供試体 5 個の平均値

(参考)表 2.3-2 薬品浸漬による強度保持率と伸び変化率(2)

試薬	浸漬	方向	引張強さ	強度保持率	伸び率	伸び変化率
	時間		(kN/m)	(%)	(%)	(%)
薬品浸漬前		タテ	2205	_	111.5	_
		ヨコ	1273	_	118.9	_
	250h	タテ	2390	108.3	120.6	+8
		ヨコ	1179	92.6	122.1	+3
人 感 化	500h	タテ	2323	105.3	113.0	+1
水酸化ナトリウム 0.01%溶液		ヨコ	1210	95.1	115.8	-3
0.01%(否例 (pH=11)	750h	タテ	2278	103.3	118.1	+6
(pn-11)	750n	ヨコ	1245	97.8	125.3	+5
	1000h	タテ	2290	103.8	115.1	+3
		л л	1206	94.7	114.9	-3
	250h	タテ	2290	103.8	117.8	+6
		ココ	1237	97.2	121.5	+2
塩酸	500h	タテ	2165	98.1	108.3	-3
		ココ	1233	96.9	117.0	-2
(pH=3)	750h	タテ	2256	102.2	122.2	+10
(pn-5)		ココ	1221	95.9	118.5	0
	1000h	タテ	2201	99.8	115.8	+4
		コ	1303	102.3	126.1	+6
	250h	タテ	2269	102.8	120.4	+8
硫酸 0.01%溶液 (pH=3)		コ	1263	99.2	127.2	+7
	500h	タテ	2307	104.6	111.2	0
		コ	1203	94.5	118.1	-1
	750h	タテ	2297	104.1	120.2	+8
		口田	1232	96.8	118.0	-1
	1000h	タテ	2269	102.9	115.9	+4
		ヨコ	1248	98.0	117.1	-2

※表の値は、供試体5個の平均値

耐薬品性試験結果より、ブリーザブルシートは、酸およびアルカリにおいて強度低下は認められず、安定していることが確認された。

よって、ブリーザブルシートは、土の一般条件 A (pH=6~8) の環境下での使用に対して十分な耐薬品性を有していることが確認された。

リバーテクノ研究会 技術開発委員会

委員名簿

三木 博史 株式会社三木地盤環境工学研究所

久世 康年 太陽工業株式会社

金澤 克己 技術普及部会

西村 達也 株式会社建設技術研究所

平川 了治 パシフィックコンサルタンツ株式会社

荒木 智三 いであ株式会社

佐藤 謙司 応用地質株式会社

山本 裕司 基礎地盤コンサルタンツ株式会社

西村 淳 三井化学産資株式会社

桝尾 孝之 太陽工業株式会社

近藤 誠二 株式会社田中

丸井 英一 太陽工業株式会社

阿部 知之 応用地質株式会社

裵 義光 リバーテクノ研究会

山本 正人 太陽工業株式会社

山本 浩二 太陽工業株式会社

「透気防水シートの河川堤防への適用マニュアル」作成支援委員会

委員名簿

リバーテクノ研究会 技術開発委員会

三木 博史 株式会社三木地盤環境工学研究所

減災技術開発研究WG

新村 卓也 パシフィックコンサルタンツ株式会社

荒川 記行 パシフィックコンサルタンツ株式会社

松井 潤一 株式会社ニュージェック

與田 敏昭 株式会社ニュージェック

地盤調查解析技術開発研究WG

鈴木 弘登 株式会社ダイヤコンサルタント

若森 敦裕 中央開発株式会社

堤防質的強化技術開発研究WG

近藤 誠二 株式会社田中

西村 淳 三井化学産資株式会社