

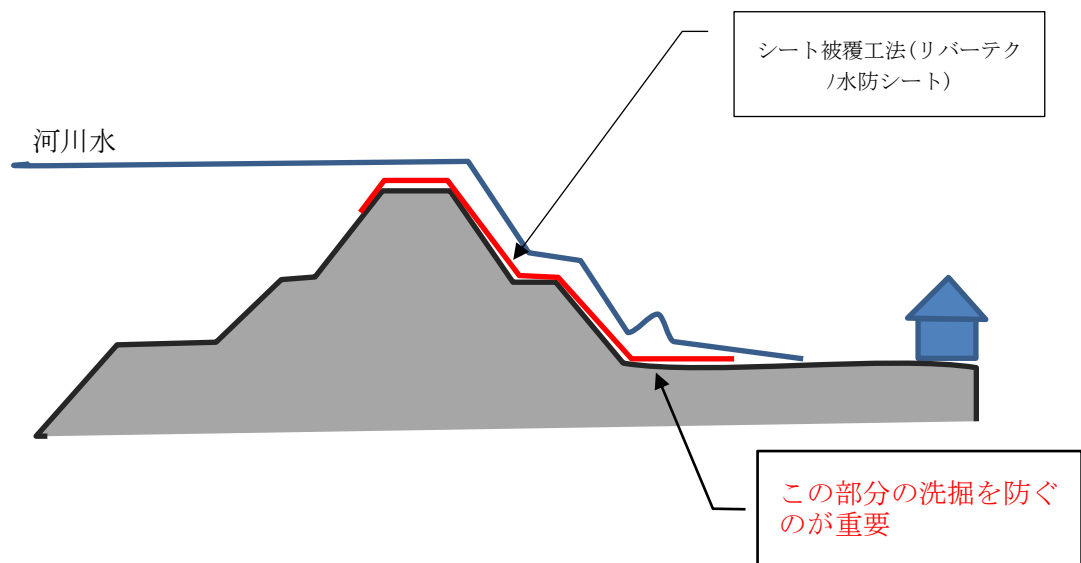
第5章 シート被覆工法(リバーテク/水防シート)の目的・性能と製品

5.1 目的と性能と固定の重要性

第4章ではシート被覆工法(リバーテク/水防シート)の利用方法について示した。これより、シート被覆工法(リバーテク/水防シート)の目的と、望まれる性能は以下のとおりである。

【目的】

- ・ 出水時に堤防保護の水防活動に利用できる材料。
- ・ 越水の危険性がある箇所において、越流水による**川裏側堤防のり尻**と**川裏側(民家側)堤防のり面**との洗掘を防いで破堤し難くする。



【望まれる性能】

- ・ 難透水性であること。
- ・ 有事の際に簡単に水防倉庫から現場に運ぶことができること。
(数人の人力で可搬、車両や特殊な運搬機を必要としない)
- ・ 夜間、強風時、豪雨時でも運搬、敷設が容易なこと。
- ・ 小人数でも速やかに敷設できること。
- ・ 水にぬれた状態でも、ゴム長靴が滑りにくいこと。
- ・ 表面せん断強さ(=引張強度)は 0.8033kN/m^2 以上 (天端越流水深 0.6m を想定)。
- ・ 他の水防活動の障害にならないこと。
- ・ 平時は水防倉庫に保管できること。
- ・ 事後の処理が容易で、繰り返し利用が可能であること。
- ・ 補修が容易であること。
- ・ 費用が安価であること。
- ・ 倉庫保管で 10 年以上の耐久性。
- ・ 複数回の有事に使用が可能。
- ・ 寸法は対象地の堤防形状に合わせられること。

【越流水がのり面へおよぼすせん断力】

越水時に越流水がのり面へおよぼすせん断力（洗掘する力）の概要について検討してみる。越流時に堤防のり面に作用するせん断力は図 5.1.1 に示す式で求められる。この式で必要とされる越流時の越流水深（ h_s ）、単位幅あたりの越水量(q)は図 5.1.2 に示す式で求められる。各種パラメータは以下の様に仮定した。表 5.1.1 の左欄に計算結果を示す。

堤防のり勾配	1 : 1.5
水の単位体積重量	: 10 kN/m ³
越流水の天端水深	: 0.005~1.0 m
越流係数 C_o	: 一般値 1.6 m ^{1/2} /s
のり面の許容せん断応力 τ	: 0.0256~0.1190 kN/m ² （芝の被度による）

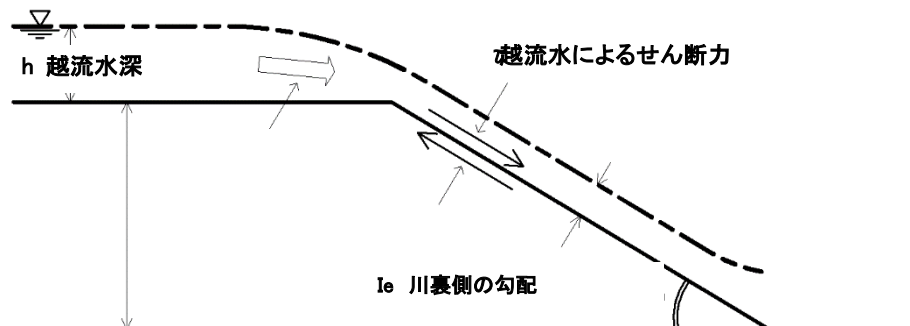
上記の仮定の場合、表 5.1.1 によれば堤防のり面には 0.0108~1.2722kN/m² のせん断力が作用すると計算された。この場合、芝被度 0（裸地）の場合は越流時天端水深 0.015m 以上で堤防のり面は洗掘され、芝被度 5 の場合でも越流時天端水深 0.100m 以上で堤防のり面は洗掘される。この結果より、少しでも越流が生じるとのり面の洗掘が始まると予想される。2.2 節で言及した実現象を考慮すると、越流と同時にのり面の洗掘が始まり、概ね 3 時間以上継続すると堤防の破壊に至るものと理解される。対策としてのり面をシート等で被覆すれば、のり面の洗掘を防ぐことができることは容易に想像され、須賀らの実験によって確かめられている（1984 年土研資料第 2074 号 ISSN 0386-5878 P-49）。

【シートの固定の重要性】

シートが越流水のせん断力によって流されてしまう（滑落）ことが予想される。上述した須賀らの実験によってもこの現象が生じている（1984 年土研資料第 2074 号 ISSN 0386-5878 P-49）。試みに、シートの上を流れる水の重量によりシートとのり面の間に働く摩擦力と越流水のせん断力を比較してみる。表 5.1.1 の右欄には、シートと堤防のり面の間に働く摩擦力と越流水によって生じるせん断力の比較を示す。ここでは以下の仮定値を入力した。

シートの粗度係数 n	: 0.04
シート裏面と堤防のり面との摩擦係数 μ	: 0.50

表 5.1.1 の右欄に示されるように、やはりシート裏面と堤防のり面の間に作用する摩擦力だけではシートを固定することができず、越流水によって流されて、滑落してしまう結果となった。このため、シートはペグを利用する等何かの方法で固定することが重要であることが判る。



$$\tau = W_o h_s I_e$$

$$\tau \leq \tau_a$$

ここに、 τ ：越流水によるせん断力 (tf/m²) {kN/m²}

W_o ：水の単位体積重量 (tf/m³) {kN/m³}

h_s ：堤防の表面における越流水の水深 (m) = h_o

I_e ：越流水のエネルギー勾配

q ：単位幅越水量 (m³/s/m)

I ：堤防の川裏側の勾配 ($I = I_e$)

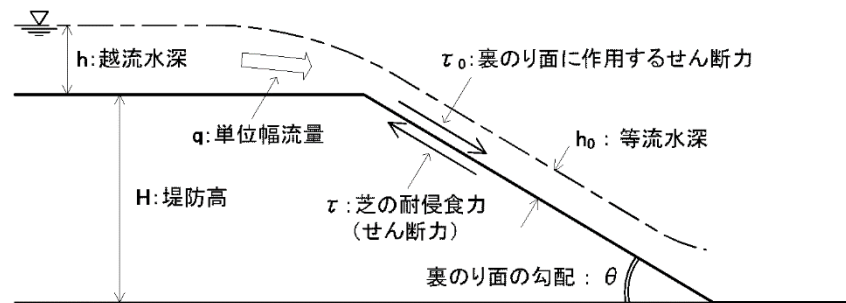
図 5.1.1 越流水により堤防のり面に生じるせん断力

出典：建設省河川砂防技術基準（案）同解説

設計編[I]P-26

越流に対する裏のり面の安定性について照査を行う。照査基準は以下のとおりである。

越流により裏のり面に作用するせん断力 (τ_0) < 裏のり面の芝の耐侵食力 (せん断力 ; τ)



越流時の堤防裏のり面に作用する外力

1) 単位幅あたりの越水量の算出¹⁾

単位幅あたりの越流量は次式により算出する。

$$q = C_o \cdot h^{3/2}$$

ここに、 q ; 単位幅流量 ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$)

C_o ; 越流係数 ($\text{m}^{1/2}/\text{s}$) (一般値 $C_o = 1.6$ を採用)

h ; 越流水深 (m)

2) 等流水深 (h_0) の算出²⁾

裏のり (雑草) の粗度係数 : $n = 0.04$ とする。

裏のり面の勾配 (1:1.3) : $\theta = 38^\circ$

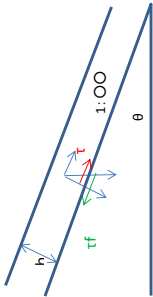
$$h_0 = \left(\frac{n^2 \cdot q^2}{\sin \theta} \right)^{3/10}$$

図 5.1.2 越流時の堤防天端水深 (越流水深) と単位幅あたりの越水量及び、等流水深 (のり面の水深) の関係 (出典 : 宇田・藤田・布村 : 高規格堤防の越流水の挙動、土木研究所資料第 3220 号 1993、福岡・藤田・加賀谷 : アーマレビーの設計、その 1 越水対策、土木技術資料 30-3, 1988)

表 5.1.1 越流時に堤防のり面に作用するせん断応力とのり面のせん断強さの対比

越流時に堤防のり面に作用するせん断応力とのり面のせん断強さの対比
例として堤防のり面勾配を1：1.5と仮定。芝張のり面の許容せん断応力として右欄の値を参考とした。

裏のり面の浸食の検討										シートの滑落の検討									
水の単位 体積重量 (kN/m ³)	越流水の 天端水深 (m)	越流係数 (m ^{1/2} /s)	単位幅流量 (m ³ /s/m)	シートの粗 度係数 n	堤防の川 裏側の勾 配	堤防の川裏側 の勾配 (無次元)	堤防の川裏側 の角度 (ラジアン)	越流水による堤 体表面に作用 するせん断力 (kN/m ²)	堤防表面の 許容せん断 力 (kN/m ²)	判定	越流水のり面垂 直荷重 (kN/m ²)	シート裏面と堤防 法面との間の摩擦 係数(仮定値)	越流水のり面垂 直荷重によって生 じるシート裏面と堤 防のり面の間に生 じる摩擦力 τ_f	τ_f / τ	判定	芝の許容せん断応力 τ の目安 (kN/m ²)			
W_0	h	C_0	q		1:0.0	h_0	$1e$	θ	τ	τ_a	$\tau > \tau_a$ なら×					せん断応力 τ (kN/m ²)			
10	0.005	1.6	0.001	0.04	1.5	0.002	0.555	0.588	0.0108	0.0256	○	0.0195	0.50	0.0097	0.9014	×	0	0.160	0.0256
10	0.010	1.6	0.002	0.04	1.5	0.004	0.555	0.588	0.0202	0.0256	○	0.0363	0.50	0.0182	0.9014	×	1	0.180	0.0324
10	0.015	1.6	0.003	0.04	1.5	0.005	0.555	0.588	0.0290	0.0256	×	0.0524	0.50	0.0262	0.9014	×	2	0.205	0.0420
10	0.020	1.6	0.005	0.04	1.5	0.007	0.555	0.588	0.0376	0.0256	×	0.0678	0.50	0.0339	0.9014	×	3	0.235	0.0552
10	0.050	1.6	0.018	0.04	1.5	0.015	0.555	0.588	0.0858	0.0256	×	0.1547	0.50	0.0774	0.9014	×	4	0.280	0.0784
10	0.100	1.6	0.051	0.04	1.5	0.029	0.555	0.588	0.1602	0.0256	×	0.2887	0.50	0.1444	0.9014	×	5	0.345	0.1190
10	0.200	1.6	0.143	0.04	1.5	0.054	0.555	0.588	0.2989	0.0256	×	0.5388	0.50	0.2694	0.9014	×			
10	0.300	1.6	0.263	0.04	1.5	0.078	0.555	0.588	0.4305	0.0256	×	0.7761	0.50	0.3880	0.9014	×			
10	0.400	1.6	0.405	0.04	1.5	0.101	0.555	0.588	0.5577	0.0256	×	1.0054	0.50	0.5027	0.9014	×			
10	0.500	1.6	0.566	0.04	1.5	0.123	0.555	0.588	0.6817	0.0256	×	1.2290	0.50	0.6145	0.9014	×			
10	0.600	1.6	0.744	0.04	1.5	0.145	0.555	0.588	0.8033	0.0256	×	1.4482	0.50	0.7241	0.9014	×			
10	0.700	1.6	0.937	0.04	1.5	0.166	0.555	0.588	0.9229	0.0256	×	1.6637	0.50	0.8319	0.9014	×			
10	0.800	1.6	1.145	0.04	1.5	0.188	0.555	0.588	1.0477	0.0256	×	1.8762	0.50	0.9381	0.9014	×			
10	0.900	1.6	1.366	0.04	1.5	0.209	0.555	0.588	1.1571	0.0256	×	2.0860	0.50	1.0430	0.9014	×			
10	1.000	1.6	1.600	0.04	1.5	0.229	0.555	0.588	1.2722	0.0256	×	2.2935	0.50	1.1467	0.9014	×			



裏のり面の浸食の検討										シートの滑落の検討						
水の単位 体積重量 (kN/m ³)	越流水の 天端水深 (m)	越流係数 (m ^{1/2} /s)	単位幅流量 (m ³ /s/m)	シートの粗 度係数 n	堤防の川 裏側の勾 配	等流水深 =のり面上直方角 向の水深 (m)	堤防の川裏側 の勾配 (無次元)	堤防の川裏側 の角度 (ラジアン)	越流水による堤 体表面に作用 するせん断力 (kN/m ²)	堤防表面の 許容せん断 力 (kN/m ²)	判定	越流水のり面垂 直荷重 (kN/m ²)	シート裏面と堤防 法面との間の摩擦 係数(仮定値)	越流水のり面垂 直荷重によって生 じるシート裏面と堤 防のり面の間に生 じる摩擦力 τ_f	τ_f / τ	判定
W_0	h	C_0	q		1:〇〇	h_0	$1e$	θ	τ	τ_a	$\tau > \tau_a$ なら×		μ			$\tau_f / \tau < 1.5$ なら×
10	0.005	1.6	0.001	0.04	1.5	0.002	0.555	0.588	0.0108	0.1190	○	0.0195	0.50	0.0097	0.9014	×
10	0.010	1.6	0.002	0.04	1.5	0.004	0.555	0.588	0.0202	0.1190	○	0.0363	0.50	0.0182	0.9014	×
10	0.015	1.6	0.003	0.04	1.5	0.005	0.555	0.588	0.0290	0.1190	○	0.0524	0.50	0.0262	0.9014	×
10	0.020	1.6	0.005	0.04	1.5	0.007	0.555	0.588	0.0376	0.1190	○	0.0678	0.50	0.0339	0.9014	×
10	0.050	1.6	0.018	0.04	1.5	0.015	0.555	0.588	0.0858	0.1190	○	0.1547	0.50	0.0774	0.9014	×
10	0.100	1.6	0.051	0.04	1.5	0.029	0.555	0.588	0.1602	0.1190	×	0.2887	0.50	0.1444	0.9014	×
10	0.200	1.6	0.143	0.04	1.5	0.054	0.555	0.588	0.2989	0.1190	×	0.5388	0.50	0.2694	0.9014	×
10	0.300	1.6	0.263	0.04	1.5	0.078	0.555	0.588	0.4305	0.1190	×	0.7761	0.50	0.3880	0.9014	×
10	0.400	1.6	0.405	0.04	1.5	0.101	0.555	0.588	0.5577	0.1190	×	1.0054	0.50	0.5027	0.9014	×
10	0.500	1.6	0.566	0.04	1.5	0.123	0.555	0.588	0.6817	0.1190	×	1.2290	0.50	0.6145	0.9014	×
10	0.600	1.6	0.744	0.04	1.5	0.145	0.555	0.588	0.8033	0.1190	×	1.4482	0.50	0.7241	0.9014	×
10	0.700	1.6	0.937	0.04	1.5	0.166	0.555	0.588	0.9229	0.1190	×	1.6637	0.50	0.8319	0.9014	×
10	0.800	1.6	1.145	0.04	1.5	0.188	0.555	0.588	1.0471	0.1190	×	1.8762	0.50	0.9381	0.9014	×
10	0.900	1.6	1.366	0.04	1.5	0.209	0.555	0.588	1.1571	0.1190	×	2.0860	0.50	1.0430	0.9014	×
10	1.000	1.6	1.600	0.04	1.5	0.229	0.555	0.588	1.2722	0.1190	×	2.2935	0.50	1.1467	0.9014	×
										芝幅延5						

$$q = C_0 \cdot h^{3/2}$$

$$h_0 = ((n \cdot 2 \cdot q^2) / \sin \theta)^{2/3} / 10$$

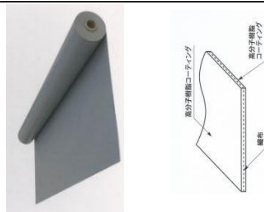
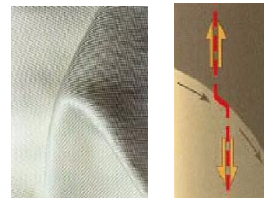
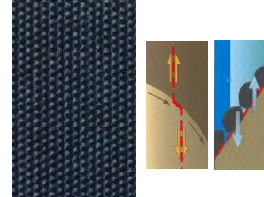
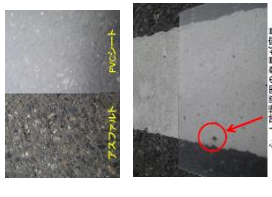
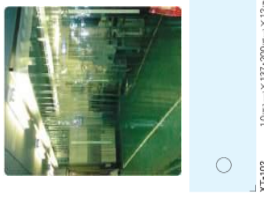
$$\tau = W_0 \cdot h_0 \cdot 1e = W_0 \cdot h_0 \cdot \sin \theta$$

計算上は、芝 裾度0(裸地)の場合は、越流時天端水深 0.015mでも堤防は洗掘されると考えられる。
芝 裾度5の場合でも、越流時天端水深0.060mで堤防のり面は洗掘されると考えられる。
越流時天端水深が0.60mの場合には、堤防のり面には、0.8033kN/m²以上のせん断強度が必要となる。シートや構造物による被覆が有効。
また、ただシートをのり面に敷いただけでは、越流水のせん断応力によって、シートはのり面より滑落する。シートや構造物の面定が必要。

5.2 製品

前節で示された機能と性能を満たす製品の素材を図 5.2.1 に示す。図 5.2.2 に製品例を示す。

図 5.2.1 シート被覆工法（リバーテック/水防シート）に利用できる素材

製造会社名	梶田中	東洋紡株式会社	三井化学産資株		シーアイ化成株		太陽工業(株)	ダイヤプラスフィルム(株)	
製品名	WK-1100	DS200	Mirafi PET100	Mirafi HP270	ピン河川敷シート	PVCクリアシート	RT-3500	XT-102	
製品写真									
	主とした用途	地盤補強・土層分離材	建築養生、各種カバー他	地盤補強・土層分離材	地盤補強・土層分離材	堤防吸出し防止材	止水シート	三角水のう(小型):止水シート	屋内間仕切り
	材質	ポリエステル+PVCラミネート	ポリエステル+PVCラミネート	ポリエステル織布	ポリプロピレン織布	EVA系	PVCシート	ポリエステル+PVCラミネート	軟質PVC
	製品の規格	厚み(mm)	0.42	—	—	1.0	0.5	0.35	1.0
		引張強度(N/m)	31,000	50,000	35,000	15600	10100	17,300	1,940(N/cm ²)
引裂強度(N)		—	—	1,100	58.8	31.8	90	575(N/cm)	
伸び(%)		—	10	—	400	—	25	375	
貫入抵抗(N)		—	—	—	—	—	—	—	
耐紫外線劣化	○	○			△	△	○	△	
製品の幅 (m)	1.85 (広幅縫製加工可能)	製品幅 1.85m (広幅縫製加工可能)	製品幅 5.00m (広幅縫製加工可能)	製品幅 4.00m (広幅縫製加工可能)	製品幅2.15m (有効幅2.0m)	製品幅 2.15m	製品幅 1.87m (広幅縫製加工可能)	製品幅 2.00m (溶着加工可能)	
製品の重量 (g/m ²)	530	440	400	238	950	600	410	1292	
製品の特徴	工場で現地に合った寸法で広幅製品の製作ができる。遮水性あり	工場で現地に合った寸法で広幅製品の製作ができる。遮水性あり	工場で現地に合った寸法で広幅製品の製作ができる。遮水性なし	工場で現地に合った寸法で広幅製品の製作ができる。遮水性なし	緩衝材と一体化で使用されている製品。シート間を重ねて堤防に敷設する。	透明なシートで堤防の変化を伝えやすい	工場で現地に合った寸法で広幅製品の製作ができる。遮水性あり	工場で現地に合った寸法で広幅製品の製作ができる。遮水性あり。	



(株)田中の製品

表裏面の摩擦を増し地盤からの滑落やゴム長靴による人の転倒を回避。

隣接シートとの接続はワンタッチベルトで行う。

写真は環境配慮の緑色だが、夜間作業を考慮したオレンジ色も検討中。

同素材はトラックの幌に利用されている。

(左写真の上は越流防止の三角水のう)

図 5.2.2 リバーテックノ水防シート