



令和3年2月26日

同時資料提出先

合同庁舎記者クラブ、広島県政記者クラブ、中国地方建設記者クラブ

**「トンネル覆工の防水技術（防水シート）」の
技術比較表の公表について**
～新技術活用システムのテーマ設定型（技術公募）の取り組み～

国土交通省では、公共工事等における新技術活用システムの活用方式「テーマ設定型（技術公募）」※により、同一の評価項目や試験方法の下で各技術を比較可能な技術比較表を作成し、新技術の活用を促進することを目的に技術公募を行い、現場実証等を実施しています。

この度、「トンネル覆工の防水技術（防水シート）」について技術比較表を取りまとめましたので下記のとおり公表します。

※「テーマ設定型（技術公募）」：直轄工事等における現場ニーズ・行政ニーズ等に基づき技術テーマを設定し、民間等から技術の公募を行い、同一条件下の現場実証等を経て、個々の技術の特徴を明確にした資料（技術比較表）を作成し、新技術の活用を促進する取り組み。

○「トンネル覆工の防水技術（防水シート）」技術比較表等掲載資料

1. 公募概要と比較対象技術 : 別紙-1
2. 性能評価項目と試験方法 : 別紙-2
3. 技術比較表 : 別紙-3

○技術比較表等の掲載：（NETISサイト「テーマ設定型の比較表」）

<https://www.netis.mlit.go.jp/netis/pubtheme/themesettings>

○問い合わせ先

国土交通省中国地方整備局 TEL (082) 221-9231（代表）（平日昼間）

企画部 機械施工管理官 竹田 幸詞 （内線 3 1 3 2）

◎企画部 施工企画課 課長補佐 伊藤 法政 （内線 3 4 5 3）

（広報担当窓口）

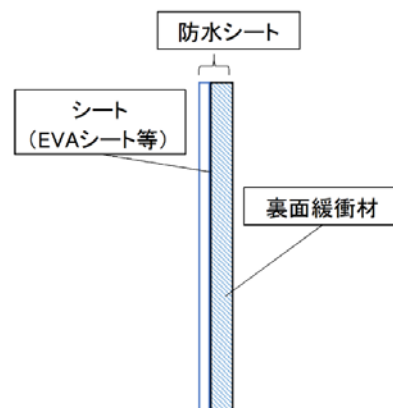
中国地方整備局 広報広聴対策官 加藤 浩士 （内線 2 1 1 7）

中国地方整備局 企画部 環境調整官 後藤 寿久 （内線 3 1 1 4）

公募概要と比較対象技術

1. 公募した技術

- 防水シートの材料に関する技術を対象とする。
- 本テーマにおける「防水シート」とは、シート（EVAシート等）と裏面緩衝材で構成されるシートであること。



2. 選定した技術

- 公募により下記技術を選定

選定技術 一覧表

番号	技術名	NETIS番号	応募者名（50音順）
1	化学接着性防水シート＜フィットライナー＞	NETIS未登録 （登録申請中）	株式会社クラレ
2	シグナルシート	KK-100083-VR	株式会社ケー・エフ・シー
3	ハイパネル オセロットシート	NETIS未登録 （登録申請中）	株式会社ケー・エフ・シー
4	SGシート	KT-150067-A	フジモリ産業株式会社

3. 性能評価項目及び試験方法

- 別紙－ 2 のとおり

4. 技術比較表の公表

- 現場実証結果等とりまとめた技術比較表を、別紙－ 3 のとおり公表する。

トンネル覆工の防水技術（防水シート） 性能評価項目と試験方法

性能評価項目								試験方法（案）等
性能評価項目				性能評価指標			性能評価	
品質・ 出来形	A-1	排水性能	従来技術と比較した際の遊離石灰等による目詰まりが生じた状態での排水性の向上	排水性能	%	$\text{排水性能} = \frac{(\text{目詰まりした状態での新技術の透水係数})}{(\text{目詰まりした状態での従来技術の透水係数})} \times 100$	値が大きい方が高性能	「A－1：防水シート背面の排水性能の維持」による。
	A-2	耐破損性能	新技術と比較した際のロックボルト頭部の凹凸等に対する破損抵抗性の向上	耐破損性能	MPa	各加圧力に対する破損抵抗性	値が大きい方が高性能	「A－2：防水シート背面の凹凸に対する耐破損性」による。 なお、参考として従来技術における耐破損性も確認する。
	A-3	破損箇所検知性能	従来技術と比較した際の防水シートの破損箇所の視認性の向上	破損箇所検知性能	%	$\text{破損箇所検知性能} = \frac{(\text{破損箇所のうち目視により発見した個数})}{(\text{全破損箇所数})} \times 100$	値が大きい方が高性能	「A－3：防水シート破損箇所の視認」による。 なお、参考として従来技術における破損箇所検知性能も確認する。

※ 防水シートとは、図-1に示すようにシート（EVAシート等）と裏面緩衝材から構成されるシートであり、道路トンネル技術基準（構造編）・同解説等に記載された内容に適合する防水シートであれば、防水シートとして定義する。

※ A-1（排水性能）は、排水性能の向上を目的とした新技術の評価対象とする。

※ 性能評価の比較表へは、経済性の観点での参考値として、各技術のコストを併記する。

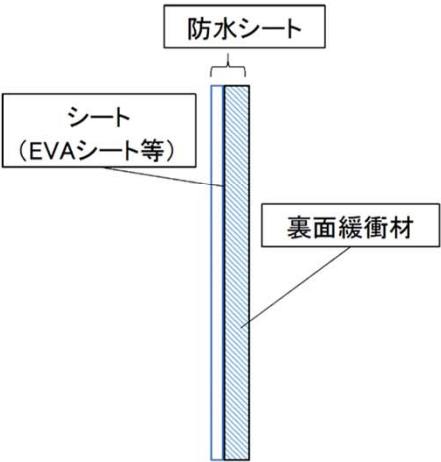
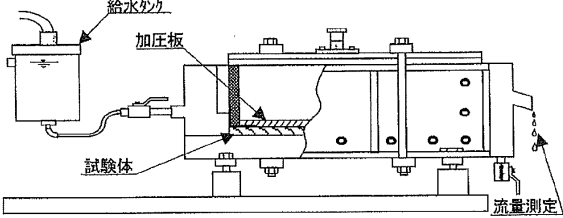


図-1 防水シートの定義

試験方法

A－1：防水シート背面の排水性能の維持

試験器具	土木用繊維材料において、試料中を流れる水の透過率（透水係数）を測定する試験装置（図1参照）。  図1 通水試験装置 (ISO12958)
供試体	● 防水シート片（500mm×500mm）：2片 ● 模擬遊離石灰を浸漬した防水シート片（500mm×500mm）：2片
供試体作成方法	（模擬遊離石灰を浸漬した防水シート片） ① 50g/ℓの酸化カルシウム混合液を酸化カルシウムの細粒分がなくなるまで攪拌する。 ② ①で作成した酸化カルシウム混合液に500mm×500mmの防水シート片を5分浸漬し、静かに攪拌して一様の溶液とする。 ③ ②の防水シートを50℃に設定した乾燥機で、2時間乾燥した後、1片を切断し100mm×300mmの供試体を3片取り出す。
試験条件	圧力：0.04MPa（普通コンクリートの打設圧の半分を模擬） 0.08MPa（普通コンクリートの打設圧を模擬） 0.1MPa（流動化コンクリートの打設圧を模擬）
試験方法	① 0.04MPaの垂直荷重を加える。 ② 動水勾配が0.1となるよう給水タンクの水位を調整する。 ③ 流量測定用の容器で一定時間流出水を採取する。この状態で15秒間以上のインターバルにて流速測定を行った後、圧力を0.08MPaに加圧して①～③の手順を繰り返し、その後圧力を0.1MPaに加圧して①～③の手順を繰り返す。これを6供試体分行い、その平均値を最大流速値とし、面内方向通水性能とする。
評価	6片の供試体で試験を行い、適切でないと判断される結果（異常値）を除いた平均値をそのシートにおける排水性（透水係数）とする。

試験方法

A－2：防水シート背面の凹凸に対する耐破損性

試験器具	● 道路橋床版の防水性能試験装置（図2参照） ● コンプレッサ
供試体	● 防水シート：3枚×3
供試体作成方法	（模擬遊離石灰を浸漬した防水シート片） ① コンクリート台座に模擬ロックボルトを取り付けたものの上に防水シートを被せ、シートの端をコンクリート台座に固定する。 ② 直径125mmの塩ビ管の中央に①の供試体を設置した後、直径100mmの塩ビ管を載せ、塩ビ管の間にエポキシ樹脂を充填し、エポキシ樹脂を固める（図3参照）。
試験条件	● 水温：20℃程度 ● 圧力：0.04MPa, 0.08MPa, 0.1MPa
試験方法	① 供試体を防水性試験装置に取り付ける。 ② 注入口から水を入れる。 ③ コンプレッサで所定の圧力を1時間かける。
評価	1条件当り3片の試験片で試験を行い、試験後の供試体でシートの損傷の有無を確認する。全てのシート（3片）において損傷が見られなかった場合、その圧力をそのシートにおける耐破損性能とする。

試験方法

A－3：防水シート破損箇所の視認

試験器具	なし
供試体	防水シート（2,100mm×1,050mm）：2枚
供試体作成方法	① コンパネ（900mm×1,800mm）にロックボルトの凸部を模擬した発泡スチロール（150mm×150mm）を縦方向に1m間隔、横方向には、0.55m間隔で貼り付ける（図4参照）。 ② 貫通型損傷の作成：防水シートの指定箇所にシートを貫通させるように切れ込みを模擬損傷として図4に示した位置（105箇所）に表1に示す損傷をそれぞれが交差するようにいれる。 ③ 非貫通型損傷：防水シートの指定箇所にシートを貫通させないように切れ込みを模擬損傷として図4に示した位置（5箇所）に表1に示す損傷をそれぞれが交差するようにいれる。 ④ 防水シートをしわが寄らないように張り合わせることで模擬破損パネルを2体作成する。
試験条件	- 照明はLEDとし、照度を20ルクス※、40ルクス、60ルクスの3ケース、視認距離は3m、5mの2ケースとして、合計6ケース行う。 - 実物大の模擬トンネルにて実施。 - 技術者3名により視認 - なお、鉄筋の有無による視認性の相違については、技術の性能とは異なることから、本試験では考慮しない。 ※「トンネル標準示方書〔山岳工法編〕・同解説（2016年制定）,土木学会」による
試験方法	① 模擬破損パネルをトンネル底盤から400mmの高さに2体並べて設置する（図5参照）。 ② 上記の試験条件ごと（照度が小さく、視認距離が遠い条件から試験を行う）に模擬損傷パネルを目視し、模擬損傷を検出する。 ③ 視認方法は、実験を行う順番による差異をなくすために、図4に示す損傷の位置を把握したうえで、10秒間で視認可能か否かで評価する。
評価	技術者3名の合計より求めた損傷箇所発見率をそのシートにおける損傷箇所発見率とする。

表1 模擬損傷

貫通型損傷		非貫通型損傷	
No.	長さ	No.	長さ
①	10mm	⑥	10mm
②	10mm	⑦	10mm
③	20mm	⑧	20mm
④	20mm	⑨	20mm
⑤	20mm	⑩	20mm

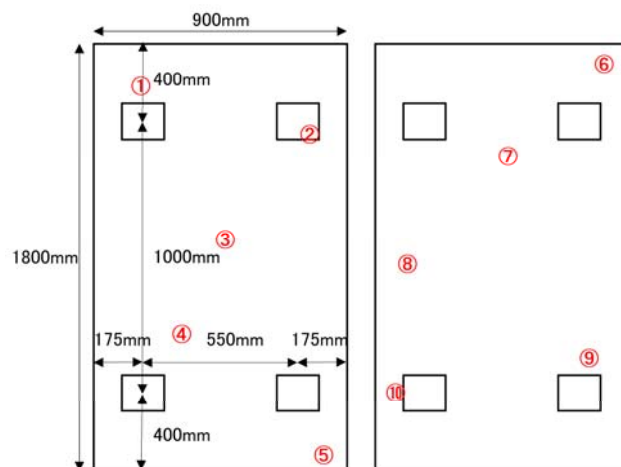


図4 模擬損傷概要図（案）

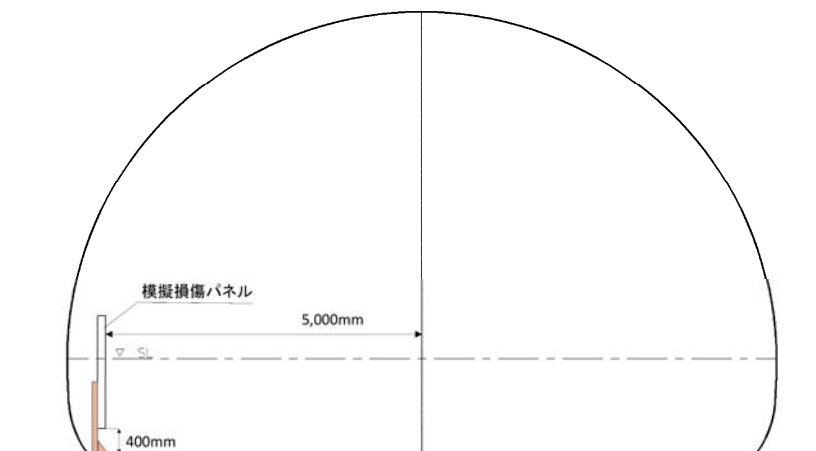


図5 模擬損傷パネル設置図

試験状況

A-1 防水シート背面の排水性能の維持

防水シートと不織布を一体化した試験体を試験装置に設置する（写真-1参照）。試験体を設置した後、エアバック付きの蓋により試験体を固定する（写真-2、3参照）。試験開始後、排水口から排水される水量を計測し、透水係数を求める。



写真-1

写真-2

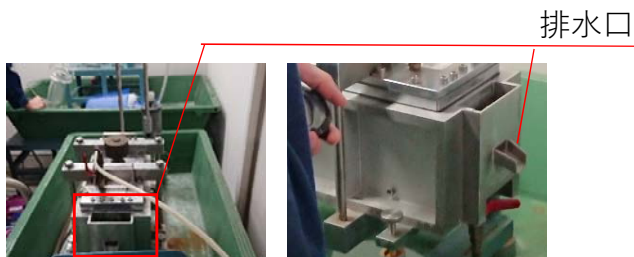


写真-3

写真-4

A-2 防水シート背面の凹凸に対する耐破損性

防水シートを試験装置に設置する（写真-5参照）。試験体を設置した後、試験装置と試験体をブルマンで固定する（写真-6参照）。試験装置の注入口から水を入れる（写真-7参照）。コンプレッサにて所定の圧力を1時間かけ、試験体の破損の有無を確認する（写真-8参照）。

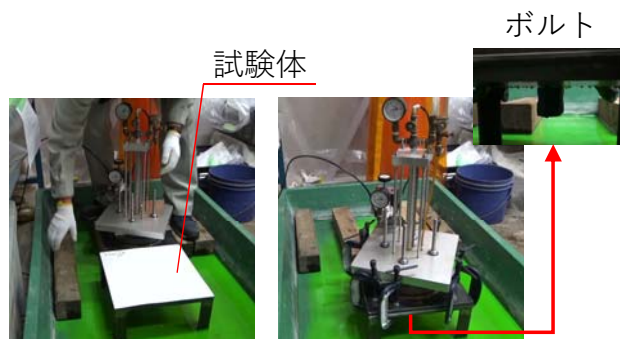


写真-5

写真-6



写真-7

写真-8

A-3 防水シート破損箇所の視認

破損箇所が貫通している防水シート（写真-9左側）と破損箇所が貫通していない防水シート（写真-9右側）を並べて立て掛ける。これを視認距離と照度を変更して、それぞれの条件ごとに視認し、各条件の視認できる割合を求める。

貫通防水シート 非貫通防水シート



写真-9



写真-10

「トンネル覆工の防水技術（防水シート）」の技術比較表

適用条件			-			この比較表は、ある同一条件下における各技術の性能を比較したものである。 この比較表では、「排水性能」、「耐破損性能」、「破損箇所検知性能」についてリクワイアメントを設定しており、他の性能は評価の対象としていない。																							
技術基本情報	番 号	-	1				2		3		4																		
	技 術 名	従来	化学接着性防水シート＜フィットライナー＞				ハイバネル シグナルシート		ハイバネル オセロットシート		SGシート																		
	NETIS番号	-	NETIS未登録（登録申請中）				KK-100083-VR		NETIS未登録（登録申請中）		KT-150067A																		
	開発者	-	株式会社クラレ				株式会社 ケー・エフ・シー		株式会社 ケー・エフ・シー		フジモリ産業株式会社																		
	共同開発者	-	-				-		株式会社 エイチケーエス		藤森工業株式会社																		
	技術概要	従来技術は、下記の条件を満たすものとする。 ・透明のEVAシートで、厚さは0.8mmである。 ・裏面緩衝材は、不織布のみでありその厚さは3.0mm以上である。 ・今回応募のあったメーカーの技術ではない。		本技術は、コンクリートと化学的に接着するシグナルレイヤー構造の防水シートである。アピールポイントは、覆工コンクリートと強固に化学接着するので高い止水性を保持し、防水シートの破損時や施工不良時でも水廻りを防ぎ漏水を抑制することができる。更にシグナルレイヤー構造により、目視にて損傷箇所が容易に発見できるため見落としを低減することができる。現場作業は従来技術と同じである。				防水層にシグナル層を設けることにより、防水層損傷時の損傷箇所が白黒の高コントラストによって明示されるため、通常の明かりの元で目視にて容易に損傷箇所を発見することが可能。目視にて損傷箇所が容易に発見できるため、損傷箇所の補修を確実に実施することが可能となり、防水機能としての品質が格段に向上する。		防水シートの損傷（貫通穴）に対して通常の坑内照明の下で容易に目視発見できる技術です。防水層が傷付き貫通している場合は確実な補修が必要です。従来は防水層がナチュラル色で透水層が白色だったため目視での発見が非常に困難であった。また、防水層を白黒の二層構造にした商品もあるが、そのシートよりも貫通部の目視発見が容易である。施工手順の変更はなく、従来通りの設備・人員で施工可能。		本技術は、SGシート（白色層/黒色層の複層シート）と高排水裏面緩衝材を組み合わせた防水シートであり、従来と同じ施工方法（一括施工、別貼り施工）が選択できる。従来はトンネル坑内等の比較的光照度が低い現場においてシートの損傷が見えにくいという課題があったが、本技術の活用により損傷部の視認性が確保され、補修漏れが軽減する。また、高排水裏面緩衝材により、遊離石灰や流出土砂等による目詰まりの減少が期待される。																	
概要図																													
防水シートの構成	シート (EVA) + 裏面緩衝材 (不織布)		シート (EVA) + 裏面緩衝材 (不織布)	シート (EVA) + 裏面緩衝材 (不織布+立体網状体)	シート (EVA) + 裏面緩衝材 (不織布)	シート (EVA) + 裏面緩衝材 (不織布)	シート (EVA) + 裏面緩衝材 (不織布)	シート (EVA) + 裏面緩衝材 (不織布+立体網状体)	シート (EVA) + 裏面緩衝材 (不織布)	シート (EVA) + 裏面緩衝材 (不織布)	シート (EVA) + 裏面緩衝材 (不織布)	シート (EVA) + 裏面緩衝材 (不織布+立体網状体)	シート (EVA) + 裏面緩衝材 (不織布+立体網状体)	シート (EVA) + 裏面緩衝材 (不織布+立体網状体)	シート (EVA) + 裏面緩衝材 (不織布+立体網状体)														
防水シートの基本性能（開発者へのヒアリングにより確認）	シート	材質		EVA		EVA		EVA		EVA		EVA		EVA		EVA													
		比重	JS K6773	-	0.95±0.05		0.95±0.05		0.95±0.05		0.95±0.05		0.95±0.05		0.95±0.05		0.95±0.05												
		厚さ	JS K6773	mm	0.8		0.8		1.5		2.0		0.8		2.0		0.8												
		耐薬品性 質量変化率	アルカリ	JS K6773	%	±1以内		±1以内		±1以内		±1%以内		±1%以内		±1%以内		±1%以内											
				20℃	JS K6773	N/mm ²	16以上		16以上		16以上		16以上		16以上		16以上												
		引張強さ	縦	JS K6773	20以上		20以上		20以上		30以上		30以上		30以上														
				～10℃	JS K6773		600以上		600以上		600以上		600以上		600以上		600以上												
		伸び	縦	JS K6773	%	500以上		500以上		500以上		500以上		500以上		500以上		500以上											
				～10℃	JS K6773	400以上		400以上		400以上		500以上		500以上		500以上		500以上											
		引張強さ	JS K6252	N/cm	50以上		50以上		50以上		50以上		50以上		50以上		50以上		50以上										
	柔軟温度	JS K6773	℃	-30以下		-30以下		-30以下		-30以下		-30以下		-30以下		-30以下		-30以下											
	硬さ	JS K6773	-	98以下		98以下		98以下		98以下		98以下		98以下		98以下		98以下											
	縦目強度（残率）	JHS 706	%	20以上		20以上		20以上		20以上		20以上		20以上		20以上		20以上											
	裏面緩衝材	材質		不織布		不織布		不織布+立体網状体		不織布		不織布		不織布		不織布+立体網状体		不織布+立体網状体											
		厚さ	JIS L1096	mm	3.0以上		3.0以上		4.5以上		3.0以上		3.0以上		3.0以上		4.5以上												
		単位面積質量	JIS L1096	g/m ²	300以上		300以上		330以上		300以上		330以上		300以上		330以上												
		引張強さ （不織布のみ）	縦	JS L1096	N/5cm	200以上		200以上		200以上		200以上		200以上		200以上		200以上											
				JS L1096		50以上		50以上		50以上		50以上		50以上		50以上													
		引張強さ （不織布のみ）	横	JS L1096	N	50以上		50以上		50以上		50以上		50以上		50以上													
				JS L1096		50以上		50以上		50以上		50以上		50以上		50以上													
		伸び （不織布のみ）	縦	JS L1096	%	20%以上		20%以上		20%以上		20%以上		20%以上		20%以上		20%以上											
				JS L1096		50%以上		50%以上		50%以上		50%以上		50%以上		50%以上		50%以上											
		リクワイアメント※1		A-1 排水性能※2	加圧力：0.04MPa		%	(100)		—		I		—		I		I											
加圧力：0.08MPa					(100)			—		I		—		I		I													
加圧力：0.1MPa					(100)			—		I		—		I		I													
A-2 耐破損性能				加圧力：0.04MPa		○：破損なし ×：破損あり	○		○		○		○		○		○		○										
	加圧力：0.08MPa			○			○		○		○		○		○														
	加圧力：0.1MPa			○			○		○		○		○		○														
A-3 破損箇所検知性能※3	照 度：20ルクス 視認距離：3m			%	I		I		I		I		I		I		I												
	照 度：20ルクス 視認距離：5m				Ⅲ		I		I		Ⅲ		I		I														
	照 度：40ルクス 視認距離：3m				Ⅱ		I		I		Ⅱ		I		I														
	照 度：40ルクス 視認距離：5m				Ⅲ		I		I		Ⅲ		I		I														
	照 度：60ルクス 視認距離：3m				I		I		I		I		I		I														
	照 度：60ルクス 視認距離：5m				Ⅱ		I		I		Ⅱ		I		I														
	材料費（令和3年1月現在）			円/m ²	—		5,500		5,800		5,700 (5,000)		6,200 (5,500)		2,350		2,650		2,350		2,180		4,650		2,880		5,450		
その他留意事項等																													

※1：リクワイアメント
A-1（排水性能）＝（目詰まりした状態での新技術の透水係数）／（目詰まりした状態での従来技術の透水係数）×100
A-2（耐破損性能）：各加圧力に対する破損抵抗性
A-3（破損箇所検知性能）＝（破損箇所のうち目視により発見した個数）／（全破損箇所数）×100

※2：排水性能の評価区分
排水性能の向上を目的とした新技術の評価対象とする。

I	300%以上
Ⅱ	100%以上300%未満
Ⅲ	100%未満
—	評価対象外（従来品と同等の材質であり排水性能の向上を目的としていないため）

※3：破損箇所検知性能の評価区分
検証試験では、シートを貫通した損傷と非貫通の損傷の2種類について試験を行ったが、非貫通の損傷は実務上補修が必要となる程度の損傷ではない。このため、破損箇所検知性能の算定は、実務上補修が必要となる貫通した損傷のみを対象に行った。

I	80%以上
Ⅱ	60%以上80%未満
Ⅲ	40%以上60%未満
Ⅳ	40%未満