

トンネル覆工のはく落発生抑制技術
ガイドライン（案）

令和5年3月

国土交通省

道路局 国道・技術課

目 次

第1章	概要	1
第2章	対象技術	2
2.1	技術公募	2
2.2	対象技術の分類	3
第3章	技術の確認項目	4
3.1	性能確認項目の確認方法	9
3.1.1	はく落抵抗性の概要	9
3.1.2	曲げじん性試験	10
3.1.3	押抜き強度試験	11
3.2	影響確認項目の確認方法	14
3.2.1	覆工コンクリートの圧縮強度	14
3.2.2	覆工コンクリートの引張強度	14
3.2.3	スランプ値・空気量・塩化物含有量の各試験	16
3.2.4	付着強さ試験	16
3.2.5	視認性試験（覆工に生じた変色、漏水、ひび割れの確認）	19
3.2.6	視認性試験（シートや樹脂の変形、変色の確認もしくは直接目視の可否）	21
3.2.7	耐火性試験	23
3.3	耐久性・維持管理性の確認方法	24
3.3.1	対象技術の劣化要因	24
3.3.2	対象技術の耐アルカリ性	24
3.3.3	対象技術の耐候性	25
3.3.4	対象技術の温冷繰り返し耐久性	25
3.3.5	想定耐久年数	26
3.3.6	劣化後の性状	26
3.3.7	点検時のチェックポイント	26
3.3.8	塗継ぎ重ね長（シートの重ね継ぎ長）	27
3.3.9	再施工時の配慮事項	27
3.3.10	再施工時の狭隘部での施工	27
3.4	施工方法の確認方法	28

3.4.1	施工条件.....	28
3.4.2	構造変化点等への適用性.....	28
3.4.3	標準施工仕様.....	28
3.5	経済性の確認方法.....	29
3.5.1	追加施工日数.....	29
3.5.2	施工費	29
3.5.3	効果発現に要する日数	29
第4章	技術の確認結果	31

第1章 概要

本ガイドライン（案）は、新設トンネルへ覆工のはく落抑制対策を適用する際の参考とするために、各種はく落抑制技術の特徴、性能、適用上の留意点等を取りまとめたものである。

道路トンネルでは覆工のはく落片により通行車両が損傷する等、いわゆる利用者被害の発生が懸念される。さらに、はく落が生じると、利用者被害の恐れだけでなく、通行止めを伴う緊急点検および応急措置を実施することが多く、道路交通への影響が懸念される。

はく落につながる覆工のうき・はく離は、定期点検時に打音検査やたたき落としによる対応が必要となるが、これらは点検作業への負担が大きい。

これに対し、新設時にはく落抑制対策を実施することにより、はく落による被害防止と定期点検時の打音検査、たたき落とし作業の軽減が期待される。

本ガイドライン（案）では、各種はく落抑制技術の性能や施工方法などについてとりまとめるとともに、試験結果を解釈する方法を記載している。これにより、各トンネル現場で適したはく落抑制技術の選定、あるいは類似技術を比較するための参考資料として利用することができる。

第2章 対象技術

本ガイドライン（案）は、国土交通省の「道路分野における新技術導入促進」の取り組みの中で計画されたテーマである「はく落の発生を抑制するとともにはく落の予兆を発見しやすい覆工技術」の成果として作成したものである。なお、ここでいう「はく落の発生を抑制する覆工技術」とは、『うき・はく離が生じても直ちに覆工コンクリート片がはく落（落下）しない技術』を指す。

同取り組みでは、上記テーマに合致する技術を公募し、テーマにそったリクワイヤメントについて試験等により確認を行った。以下に、本テーマで実施した公募の概要と対象技術の分類について記載する。

なお、公募の結果をとりまとめたものであるため、現存するはく落抑制技術の全てを対象としたものではなく、応募のあった技術を対象にとりまとめている。

2.1 技術公募

本テーマでは、はく落による利用者被害の抑制、点検等の維持管理作業の省力化を目的としていることから、新設トンネルへ適用可能なはく落抑制技術を対象とした。技術の公募にあたっては、はく落抑制技術のリクワイヤメントを設定した。表 2.1 に技術公募時に設定したリクワイヤメントの項目を示す。

表 2.1 はく落抑制技術のリクワイヤメント（技術公募時）

項目	材料等の添加技術	材料の塗布、貼付け技術
耐荷性（コンクリートの圧縮強度）	○	
耐荷性（コンクリートの引張強度）	○	
品質性（コンクリートのスランプ試験）	○	
品質性（レディーミクストコンクリート）	○	
付着性		○
耐久性		○
耐火性		○
視認性		○
はく落発生の抑制性能	曲げ靱性試験	○
	押し抜き試験	○

2.2 対象技術の分類

技術公募により応募された技術の分類を表 2.2 に示す。本ガイドライン(案)では、はく落の発生を抑制することで、供用時の点検作業や利用者被害対策を目的としていることから、供用開始時点から効果が発揮される覆工のはく落発生抑制が可能な技術を対象とする。このため、新設トンネルで施工可能な技術を対象とするが、表 2.2 のうち「繊維シート+接着剤」および「表面被覆樹脂」の技術は、既設トンネルにも適用可能な技術である。

表 2.2 はく落抑制技術の分類

分類	細目	技術概要
材料の添加技術	繊維補強	コンクリートへ繊維を添加することで、繊維の架橋効果（コンクリートのひび割れ部において、繊維がコンクリートを繋ぎ止める効果）によりコンクリートのはく落を抑制する。
材料の塗布、貼付け技術	表面シート埋込	コンクリート表面に繊維シートを埋設することで、コンクリートのはく落を抑制する。
	繊維シート+接着剤	繊維シートを樹脂等の接着剤によりコンクリート表面へ貼り付けることで、コンクリートのはく落を抑制する。
	表面被覆樹脂	コンクリート表面を樹脂によって被覆することで、コンクリートのはく落を抑制する。

第3章 技術の確認項目

はく落抑制技術を新設トンネルへ適用する際、確認しておくべき項目を以下の5項目に分類する。

- ① 性能確認項目：はく落抑制の性能を確認する項目
- ② 影響確認項目：技術を適用することによる覆工構造や維持管理への影響の有無あるいは影響の度合いを確認する項目
- ③ 耐久性・維持管理性：技術の耐久性および維持管理における留意点等を確認する項目
- ④ 施工方法：標準施工仕様や施工条件を確認する項目
- ⑤ 経済性：工期・工費を確認する項目

上記のうち、①～③は表 2.1 のリクワイヤメントに該当する項目であり、道路トンネルのはく落抑制技術として利用可能であるかを確認する項目となる。一方、④および⑤の項目は技術の詳細な検討の際に参考とする情報となる。

各項目の分類、確認の目的、技術の細目、確認方法および結果の読み方を表 3.1 に示す。なお、表 3.1 に示す確認方法は、新設の道路トンネルへ適用することを念頭におき、各技術を同一の視点で評価するために本ガイドライン（案）で設定したものである。また、表 3.1 の結果の読み方に記載できない詳細な記述については 3.1 以降に示す。

表 3.1 技術の確認項目と結果の読み方(1/4)

① 性能確認項目

分類	目的	技術細目	確認方法	結果の読み方	参照項
はく落発生の抑制性能	ひび割れの進行抑制、はく落の抵抗性	繊維補強	曲げじん性試験	曲げじん性係数が大きいほどひび割れが進行しにくく、うき・はく離の進行やはく落の発生抑制効果を期待できる	3.1.2
		表面シート埋込、 繊維シート+ 接着剤、 表面被覆樹脂	押抜き強度試験	押抜き最大荷重が大きい技術は、より重量の大きいはく落塊の落下の抑止が期待できる。	3.1.3

② 影響確認項目

分類	目的	技術細目	確認方法	結果の読み方	参照項
構造	覆工コンクリートの強度低下がないこと	繊維補強	覆工コンクリートの圧縮強度	圧縮強度は、覆工コンクリートの設計基準強度以上であることが求められる。	3.2.1
			覆工コンクリートの引張強度	圧縮強度の設計基準強度から推定される引張強度以上であることが求められる。	3.2.2
	覆工に使用するコンクリートの品質を有すること		スランプ値・空気量・塩化物含有量の各試験	試験項目の所定の基準値を満たすことで、覆工コンクリートに使用するコンクリートの品質を満たしていると判断できる。	3.2.3
	材料（シートや樹脂）がコンクリートのはく落抵抗性（引張強度）よりも大きいこと	繊維シート+ 接着剤、 表面被覆樹脂	付着強さ試験	覆工コンクリートの引張強度以上の付着強度があれば、コンクリートのはく落抵抗性よりも高い付着力があることが確認できる。	3.2.4
維持管理	材料（シートや樹脂）を施工した場合の覆工表面の視認性	繊維シート+ 接着剤、 表面被覆樹脂	視認性試験（覆工に生じた変色、漏水、ひび割れの確認）	覆工表面の変状の視認性の影響度合いを確認できる	3.2.5
	覆工表面のうき・はく離、はく落が生じた場合の材料（シートや樹脂）の変色等の有無		視認性試験（シートや樹脂の変形、変色の確認もしくは直接目視の可否）	覆工表面のうき・はく離、はく落が生じた場合の材料（シートや樹脂）の変色等の発生状況が確認できる。材料（シートや樹脂）の変色等が認められれば、覆工表面にうき・はく離、はく落等の変状の発生が想定される。	3.2.6
	火災時に延焼しないこと		耐火性試験	自己消火性（大気中で熱源が無くなった際に自ら消化する性質）を有する技術であれば、火災の発生時の延焼の危険性は低いと判断できる。	3.2.7

表 3.1 技術の確認項目と結果の読み方(2/4)

③ 耐久性・維持管理性

分類	目的	技術細目	確認方法	結果の読み方	参照項
耐久性	技術の劣化要因	繊維シート+ 接着剤、 表面被覆樹脂	劣化要因のヒアリング	該当する劣化要因が存在すると想定される現場で対象技術を使用する際には留意する必要がある。該当する劣化要因は、第4章「技術の性能一覧表」に記載する。	3.3.1
	技術および付着面の耐アルカリ性		耐アルカリ性試験実施の有無のヒアリング	各技術が実施した試験法・試験結果を第4章「技術の性能一覧表」に記載する。材料の選定等の参考となる。	3.3.2
	技術および付着面耐候性		耐候性試験実施の有無のヒアリング	(耐久性についてはリクワイアメントの設定が困難であるため、各技術が実施した試験を「技術の性能一覧表」に掲載している)	3.3.3
	技術および付着面の温冷繰り返し耐性		温冷繰り返し試験実施の有無のヒアリング		3.3.4
	想定耐久年数		想定耐久年数の確認	更新サイクルやライフサイクルコストの検討の参考となる。	3.3.5
維持管理	材質が劣化することによる材質の性状変化	繊維シート+ 接着剤、 表面被覆樹脂	劣化後の性状	各技術の材質劣化時の性状を第4章「技術の性能一覧表」に記載する。材料の選定等の参考となる。	3.3.6
	日常点検や定期点検の際に確認すべきポイントや追加で点検すべき項目		点検時のチェックポイント	各技術の点検時に確認すべき項目等について記載しているので、点検する際の参考となる。	3.3.7
再施工	樹脂が劣化、破損した場合の再施工時の継ぎ長	繊維シート+ 接着剤、 表面被覆樹脂	塗継ぎ重ね長(シートの重ね継ぎ長)	再施工時には、第4章「技術の性能一覧表」に記載された塗継ぎ長(シートの重ね継ぎ長)を設ける必要がある。	3.3.8
	樹脂が劣化、破損した場合の再施工時に留意すべき事項		再施工時の配慮事項	部分補修や再施工時に参考となる。	3.3.10
	狭隙部での再施工時に留意すべき事項		再施工時の狭隙部での施工	ジェットファン背面、照明灯具背面などの狭隙部の施工の際に参考となる。	3.3.10

表 3.1 技術の確認項目と結果の読み方(3/4)

④ 施工方法

分類	目的	技術細目	確認方法		結果の読み方	参照項
施工条件	施工手順	全技術	施工手順	ヒアリング または 施工要領書	対象技術の使用を検討する際の参考となる。	3.4.1
	施工時の施工条件		坑内温度			
			坑内湿度			
			覆工表面の含水率			
			施工時の覆工の状態			
			覆工打設後から技術を施工するまでの期間			
構造変化点等への適用性	うきが生じやすい目地部への適用性	繊維シート+ 接着剤、	覆工目地部への適用性	ヒアリング	目地部への施工が可能であれば、当該箇所のはく落対策に寄与する。	3.4.2
	非常駐車帯と標準部の境界等、うきが生じやすい箇所への適用性	表面被覆樹脂	断面変化部への適応性	ヒアリング	断面変化部への施工が可能であれば、当該箇所のはく落対策に寄与する。	
標準施工仕様	標準的な施工方法	繊維補強	添加量（投入量）	ヒアリング または 施工要領書	施工において順守する必要がある。	3.4.3
			添加時（投入時）の条件			
		繊維シート+ 接着剤、 表面被覆樹脂	断面図（施工層数確認）			
			プライマー工標準塗布量			
			プライマー工標準施工回数			
			プライマー工養生条件			
			プライマー工可使時間（分）			
			接着剤可使時間（分）			
			表面被覆標準塗布量			
			表面被覆標準施工回数			
			表面被覆養生条件(温度・湿度・期間等)			
			表面被覆可使時間（分）			
			坑口部における保護塗装の要否			

表 3.1 技術の確認項目と結果の読み方(4/4)

⑤ 経済性

分類	目的	技術細目	確認事項	確認方法	結果の読み方	参照項
工期・工費	技術の施工に必要な日数	全技術	追加施工日数	ヒアリング ※ヒアリング条件	施工期間を確認できる。	-
	施工費		経済性（施工費）	・トンネル延長：1,000m ・覆工厚：30cm	施工費用を確認できる。	
	技術の施工後、強度発現に必要な日数		効果発現に要する日数	・覆工表面積：15,000m ² ※各社へのヒアリング結果であり、 労務費等積算条件が異なる可能性があるため参考値扱い	効果発現に要する日数を確認できる。	

3.1 性能確認項目の確認方法

3.1.1 はく落抵抗性の概要

はく落抵抗性は、技術区分により 2 種類に分類される。1 つは、ひび割れが発生してもはく落しにくい技術であり、もう一方は、ひび割れが発生し、はく落が生じても即座に落下することを抑制する技術である。はく落抵抗性の技術区分によるはく落抵抗性の確認方法（試験方法）の違いを表 3.2 に示す。

表 3.2 はく落抵抗性の技術区分によるはく落抵抗性の確認方法（試験方法）

技術区分	技術概要	確認方法
繊維補強	ひび割れが発生しても繊維の架橋効果※により、はく落（ひび割れが進展）しにくい技術（図 3.1.1 参照）	曲げじん性試験
表面シート埋込 繊維シート+接着剤 表面被覆樹脂	はく落が生じても即座に落下することを抑制することが可能な技術（図 3.1.2 参照）	押抜き強度試験

※架橋効果とはひび割れの始点と終点に引張りに抵抗できる部材（繊維）があることでひび割れの進展を抑制できる効果のことを示す。

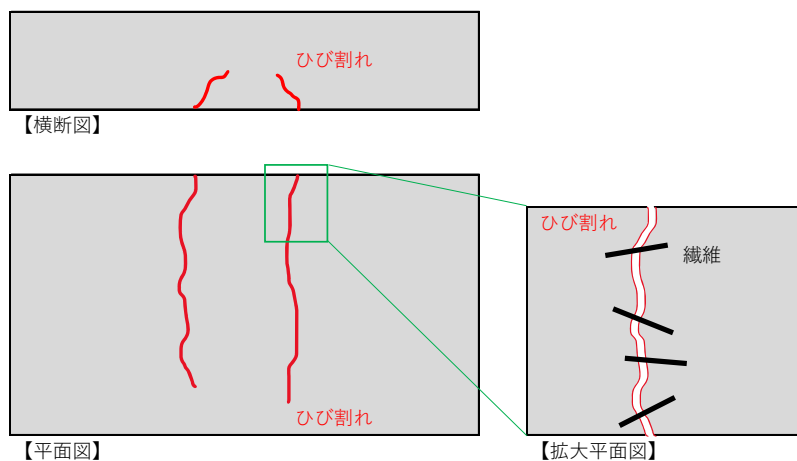


図 3.1.1 架橋効果によるはく落抑制効果

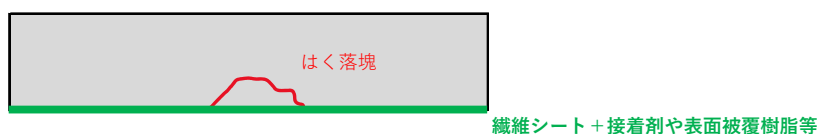


図 3.1.2 繊維シート+接着剤や表面被覆樹脂等によるはく落抑制効果

3.1.2 曲げじん性試験

(1) 目的

覆工コンクリートの繊維補強によるひび割れ発生後の進行抑制の性能を確認する（うき・はく離につながるひび割れの進行を抑制することで、はく落の発生を抑制する）。

(2) 対象技術

繊維補強

(3) 供試体・試験方法

覆工コンクリートのはく落抵抗性（曲げじん性試験）は、「繊維補強覆工コンクリートの曲げ靱性試験方法（JSCE-G 552-2007-NEXCO 試験法条件）」に準拠し評価する。

供試体は、JSCE-F 552-1999 の規定によって寸法 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 530\text{mm}$ で作成する。供試体は、図 3.1.3 に示す試験機に支承幅の中央において、スパンの 3 等分点に上部荷重装置を接触させる。供試体には、衝撃を与えないように一様に荷重を加える。最大荷重までの荷重速度は、JIS A 1106 に準ずる。

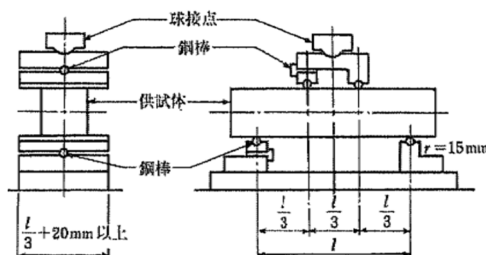


図 3.1.3 曲げ試験装置の一例

(4) 結果の読み方

試験結果から式 3.1.1 により曲げじん性係数を求める。曲げじん性係数は、破壊の進展しにくさを示しており、曲げじん性係数が大きいほどひび割れが進行しにくく、うき・はく離の進行やはく落の発生の抑制効果を期待できる。なお、NEXCO においては平均値で 1.40N/mm^2 以上が基準となっている。この基準値は、下記に基づいて設定されている。

- ① はく落を想定した円筒形モデル ($\phi 4.0\text{m} \times 0.3\text{m}$) から縁引張応力 (0.025N/mm^2) を設定した。

- ② 縁引張応力に施工変動による割増係数、設計段階の安全率、品質管理段階の安全率を乗じたものから応力解析により求めた引張降伏強度を除して曲げじん性係数の基準値を求めた。

$$\bar{f}_b = \frac{T_b}{\delta_{tb}} \cdot \frac{l}{bh^2} \quad \dots\dots\text{式 3.1.1}$$

\bar{f}_b : 曲げじん性係数 (N/mm²)

T_b : 図 3.4 に示す斜線部の面積(N・mm)

δ_{tb} : スパンの 1/150 のたわみ(mm)

l : スパン(mm)

b : 破壊断面の幅(mm)

h : 破壊断面の高さ(mm)

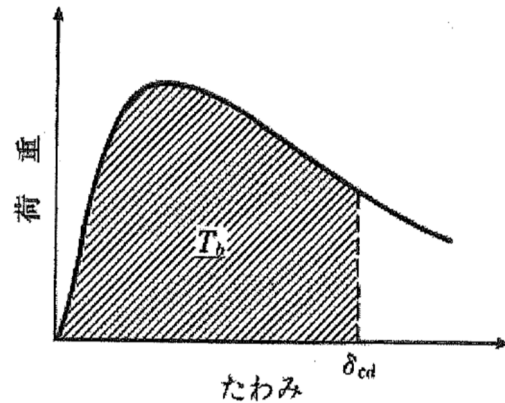


図 3.1.4 荷重たわみ曲線

3.1.3 押抜き強度試験

(1) 目的

シートや樹脂によるひび割れの進行やはく落に対する抵抗性を確認する。なお、繊維シート+接着剤と表面被覆樹脂において試験後の試験体は、3.2.6 に示すシートや樹脂の変形、変色の視認性の確認で使用する。

(2) 対象技術

表面シート埋込、繊維シート+接着剤、表面被覆樹脂

(3) 供試体・試験方法

はく落抵抗性（押抜き試験）は、NEXCO で覆工の小片はく落対策の評価として使用される「はく落防止の押抜き試験方法（NEXCO424 試験）」に準拠し評価する。

供試体は図 3.1.5 に示す通りであり、試験方法は図 3.1.6 に示す通りである。

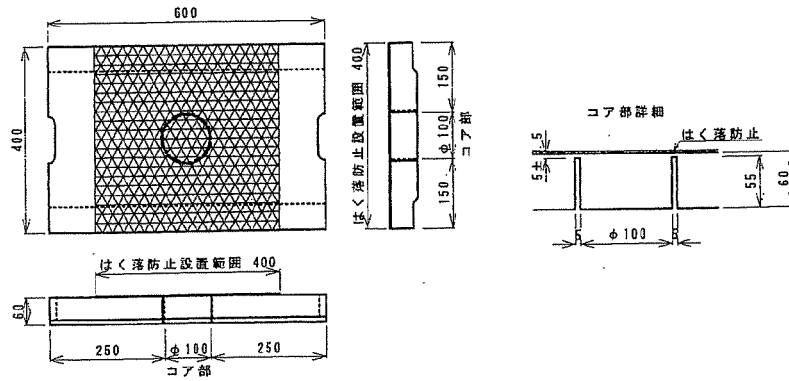


図 3.1.5 供試体標準図

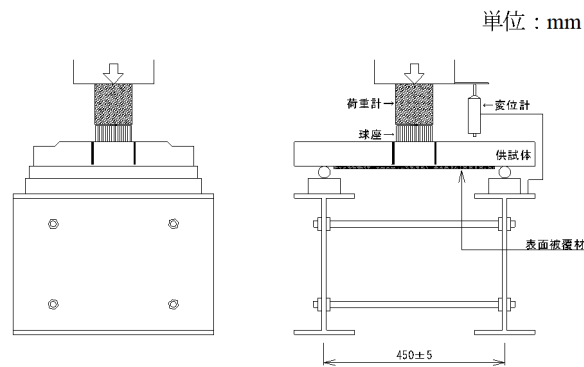


図 3.1.6 押抜き試験の载荷要領例

(4) 結果の読み方

はく落防止の押抜き試験結果は、同一条件で作製された3個の供試体の最大荷重の平均値で評価する（図 3.1.7 参照）。押抜き最大荷重が大きい技術は、より重量の大きいはく落塊の落下の抑止が期待できる。

押抜き最大荷重の基準値は、コンクリート特性や予想されるはく落の規模等を考慮して定める必要がある。押抜き最大荷重の基準値の一例として、NEXCO では無筋区間におけるはく落塊の形状と寸法を仮定し（ $0.2\text{m} \times 0.2\text{m} \times$ 在来工法の設計覆工厚 0.55m の直方体）、コンクリートの単位容積重量を 22.5kN/m^3 としてはく落塊の荷重を 0.5kN とし、これに安全率を見込んだ 0.7kN ($0.5 \div 80\%$) としている。

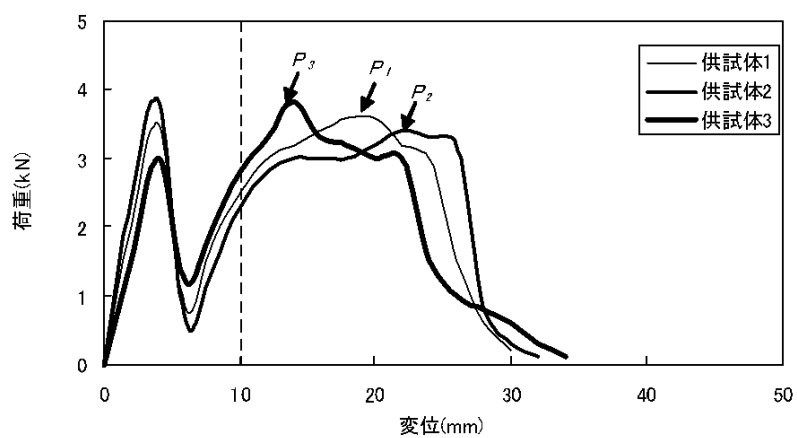


図 3.1.7 荷重—変位曲線の例

3.2 影響確認項目の確認方法

3.2.1 覆工コンクリートの圧縮強度

(1) 目的

コンクリートに繊維を添加しても、覆工に使用するコンクリートとしての圧縮強度 (18N/mm^2) を確保できることを確認する。

(2) 対象技術

繊維補強

(3) 供試体・試験方法

コンクリート強度への影響は、「コンクリートの圧縮強度試験方法 (JIS A 1108)」に準拠し評価する。コンクリートの圧縮強度試験の供試体は、JIS A 1132 によって製作する。

(4) 結果の読み方

圧縮強度は、覆工コンクリートの設計基準強度以上であることが求められる。

3.2.2 覆工コンクリートの引張強度

(1) 目的

コンクリートに繊維を添加しても、覆工に使用するコンクリートとしての引張強度 (設計基準の圧縮強度から推定される引張強度) を確保できることを確認する。

(2) 対象技術

繊維補強

(3) 供試体・試験方法

供試体は、 $1,000\text{mm} \times 1,000\text{mm} \times 200\text{mm}$ のコンクリート版より直径 $100\text{mm} \times 160\text{mm}$ のコアを抜くことで採取し、図 3.2.1 に示すように供試体の上下に鋼製の引張試験用治具を接着剤で取り付けることで製作する。その後、引張コンクリート強度への影響は、「付着性能試験 (NEXCO 試験法 422:2004)」に準拠し評価する。なお、直径 100mm の供試体を直接製作しないのは、繊維が供試体の中心に密集してしまう恐れがあるため、コンクリート版から採取する方式で供試体を作成することとした。なお、引張強度の確認方法として付着性能試験を採用したのは、引張強度を確認するために利用されることが多い割裂試験では繊維の影響により荷重のピーク値を把握しにくいことによるものである。



図 3.2.1 引張試験供試体

また、小型の供試体では繊維が方向性をもって配置される可能性があり、この供試体で割裂試験を実施すると異方性（試験体の向きによって結果が変わる）を示すことが懸念されることから付着性試験を準用した。

(4) 結果の読み方

引張強度は、覆工コンクリートの設計基準強度の圧縮強度から求められる引張強度以上であることが求められる。ここで、引張強度は式 3.2.1 より求められる。

$$f_{tk} = 0.23f'_{ck}{}^{2/3} \quad \dots \text{式 3.2.1}$$

f_{tk} : 引張強度 (N/mm²)

f'_{ck} : 設計基準強度 (N/mm²)

なお、上記の関係式は、普通コンクリートの圧縮強度と引張強度の関係式であり、繊維補強コンクリートでも圧縮強度と引張強度に相関性はあるものの特性値が普通コンクリートとは異なるため、関係式を求めるためには試験等により別途適切な特性値を求めることが必要となる。

しかし、繊維補強が引張強度を低減させるような効果は考えられないことと、水セメント比が普通コンクリートより繊維補強コンクリートの方が小さくなることから、普通コンクリートより繊維補強コンクリートの引張強度が大きくなるものと考えられるため、圧縮強度が普通コンクリート以上であれば、引張強度試験を行わなくても引張強度も基準を満たすものと評価できる。

3.2.3 スランプ値・空気量・塩化物含有量の各試験

(1) 目的

コンクリートに繊維を添加しても、覆工に使用するコンクリートとしての品質を確保できることを確認する。

(2) 対象技術

繊維補強

(3) 供試体・試験方法

コンクリートのスランプ試験は「コンクリートのスランプ試験方法 (JIS A 1101)」に、空気量試験は「フレッシュコンクリートの空気量の 圧力による試験方法-空気室圧力方法 (JIS A 1128 (JIS A 1116、JIS A 1118 も可))」に、塩化物含有量試験は、「フレッシュコンクリート中の水の塩化物イオン濃度試験方法 (JIS A 1144)」に準拠する。これらの品質の基準値は、「レディーミクストコンクリート (JIS A 5038)」に準拠する。

(4) 結果の読み方

各試験項目の基準値を満足すれば、覆工コンクリートに使用するコンクリートとしての品質を確保していると判断できる。

3.2.4 付着強さ試験

(1) 目的

材料（シートや樹脂）がコンクリートのはく落抵抗性（引張強度）よりも大きいことを確認する。試験用基板に貼り付けたシートまたは樹脂について直接引張試験を行い、界面破壊（シートまたは樹脂のはく離による破壊）ではなく母材破壊（試験用基板の引張破壊）であることを確認する。

(2) 対象技術

繊維シート+接着剤、表面被覆樹脂

(3) 供試体・試験方法

覆工コンクリートへの付着性は、「はく落防止の耐久性能試験方法 (NEXCO 試験法 425)」に準拠し評価する。

内のり寸法 70×150×10mm の試験用基板を作成した後、コンクリート用カッタなどを用いて 40×40mm の寸法に切断し、試験体を作成する（図 3.2.2 参照）。

図 3.2.3 に示す鋼製アタッチメントを図 3.2.4 に示すように試験体をはさむようにして、接着、固定し 24 時間静置する。この試験体で直接引張試験を実施する。

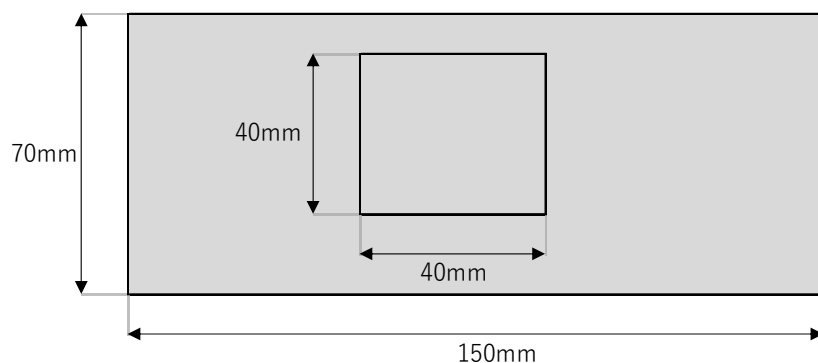


図 3.2.2 試験用基板

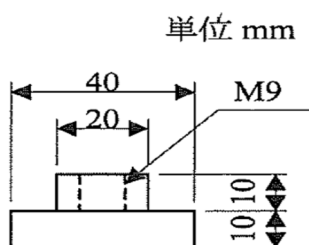


図 3.2.3 鋼製アタッチメント

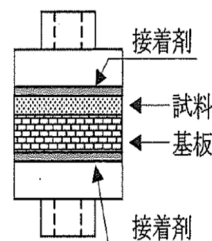


図 3.2.4 試験体の取付け

(4) 結果の読み方

覆工コンクリートの引張強度以上の付着力が確認できれば、はく落抑制対策として有効であると評価できる。試験用基板（モルタル）の引張強度は、一般的な覆工コンクリート（設計基準強度 18N/mm^2 ）の引張強度よりも大きいと推定される（【試験用基板（モルタル）の強度と覆工コンクリートの強度について】を参照）。したがって、試験体の破壊状態が「母材破壊」であれば、シートや樹脂の付着力が覆工コンクリートの引張強度を上回っていると判断できる。

試験体の破壊状態には母材破壊、界面破壊があり、下記の通りに定義する。

母材破壊：母材（基板）内で破壊する形態（写真 3.1）であり、試料と母材の付着力が母材の引張強度以上であると判断できる。本ガイドライン（案）では、試料に少しでも母材が付着している場合（写真 3.2）は、この場所から母材破壊が生じた後に界面に破壊が進展したものとし、母材破壊と判定する。

界面破壊：母材（基板）と試料の境界面で破壊する形態であり、試料と母材の付着力が母材の引張強度以下であると判断できる。

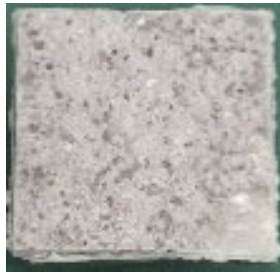


写真 3.1 母材破壊の例

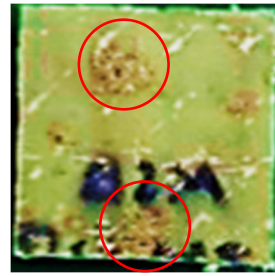


写真 3.2 母材破壊の例
(赤枠内が付着した母材)

【母材が際立つように色調補正実施】

【試験用基板（モルタル）の強度と覆工コンクリートの強度について】

試験用基板は、「セメントの物理試験方法（JIS R 5201）」に規定される方法で調整したモルタルで作製する（NEXCO 試験法 425）。このモルタルの配合は、質量比でセメント 1、標準砂 3、水 0.5（水セメント比=50%）である。「普通ポルトランドセメント（JIS R 5210）」や「高炉セメント（B種）（JIS R 5211）」は、このモルタルによる材齢 28 日での圧縮強さが、 42.5N/mm^2 以上であることが求められる。したがって、試験用基板を作製するためのモルタルに一般的な普通ポルトランドセメントや高炉セメント（B種）を使用すれば、その圧縮強さは必ず 42.5N/mm^2 以上となる。

一方、一般的な覆工コンクリートの材齢 28 日での設計基準強度は 18N/mm^2 であり、配合強度としてはその 1.2~1.25 倍の $21.6\sim 22.5\text{N/mm}^2$ 程度と推定される（レディーミクストコンクリート工場での圧縮強度のばらつきの程度によって異なる）。この配合強度は、上記の試験用基板（モルタル）の圧縮強さよりもはるかに小さい。

3.2.5 視認性試験（覆工に生じた変色、漏水、ひび割れの確認）

（1）目的

シートや樹脂を施工した後も、定期点検等では覆工の変状の進展状況を確認する必要があるため、シートや樹脂背面の覆工表面の近接目視による視認性の影響度合いを確認する。

（2）対象技術

繊維シート＋接着剤、表面被覆樹脂

（3）供試体・試験方法

シートや樹脂背面の視認性に対する指標がないため、本ガイドライン（案）においては、全てのシートや樹脂について同じ視点から確認するために、同一の3人でシートや樹脂背面に設置したクラックスケール等を視認する方法により視認しやすさを確認することとした。

供試体は、300mm×300mm×60mmのコンクリート平板の表面にひび割れ幅を模擬するためのクラックスケールおよび漏水やさび等の変状を模擬した色付きのシートを貼り付け、その上から対象のシートや樹脂を施工したものとする（図 3.2.5 参照）。

試験は下記の手順により行う。

- ① 試験体を設置し、トンネル点検時に覆工直近でライトを当てた時の照度を想定した照度 300lx 以上を確保する。
- ② 近接目視を想定し、50cm 離れた箇所からクラックスケールのひび割れ幅、色調、変状色の観察を行う。ひび割れ幅は、確認できる最小幅を記録する。
- ③ 上記①、②の手順を任意の技術者3名で順番に視認する。（写真 3.3 は、指示役がクラックスケールを指し示し、それを観察者が視認している状況である。）
- ④ 供試体を視認性試験と同じ照度（300lx 以上）のもとに置き、画像撮影分解能 0.1mm/pix で撮影する。
- ⑤ 覆工に生じた変状の視認性の評価は、観察を行った3名のうち2名が視認できたクラックスケールの幅および色調をその技術において視認可能な幅および色調と判定する。

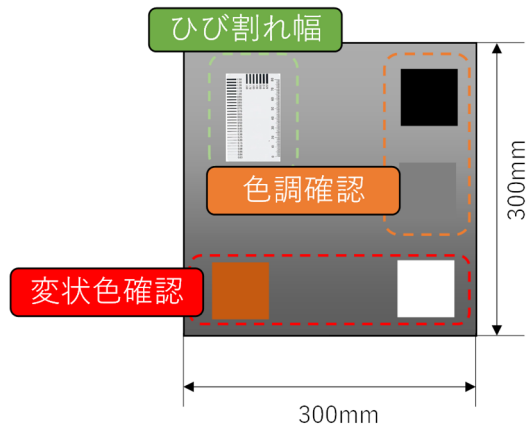


図 3.2.5 供試体標準図



写真 3.3 覆工の模擬変状の視認状況

(4) 結果の読み方

各種色調およびクラックスケールの細かい線を確認できる技術は、覆工表面の変状やひび割れ幅の視認性への影響が小さいと考えられる。なお、ひび割れ幅については、試験条件を一定とするためにクラックスケールを用いた評価としているが、クラックスケールと覆工コンクリートに生じるひび割れとは以下の相違点があることに留意する必要がある。

- 実際のひび割れは、クラックスケールにあるひび割れ幅の線より長いことがほとんどである。
- クラックスケールのひび割れ幅の線は直線かつひび割れ幅が一定であるが、実際のひび割れは直線であることは稀であり、ひび割れ幅も同一のひび割れ内で変化するのが一般的である。

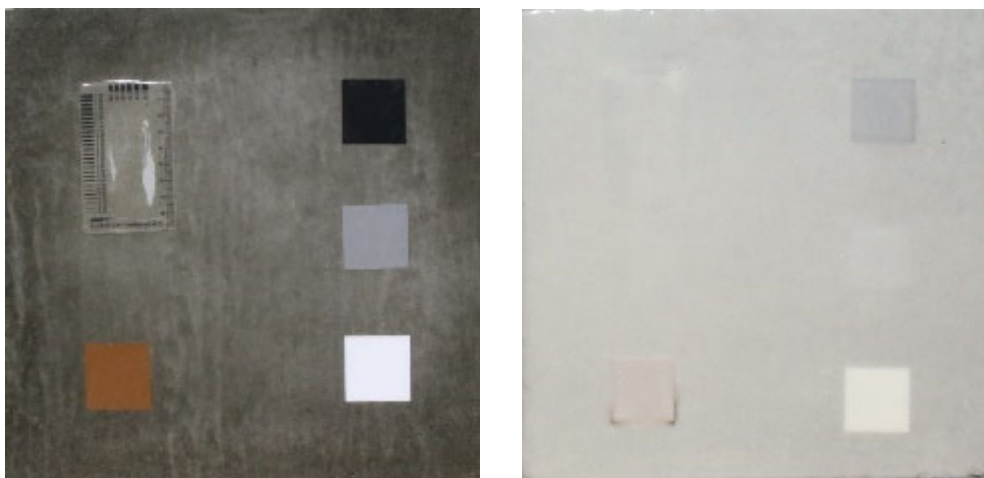


写真 3.4 視認性試験の供試体例

3.2.6 視認性試験（シートや樹脂の変形、変色の確認もしくは直接目視の可否）

(1) 目的

覆工表面のうき・はく離、はく落が生じた場合の材料（シートや樹脂）の変色等の有無を確認する。変色等が生じることで、覆工表面に変状が発生している可能性があることを把握できる。

(2) 対象技術

繊維シート+接着剤、表面被覆樹脂

(3) 供試体・試験方法

シートや樹脂の変形や変色の視認性に対する指標がないため、本ガイドライン（案）における供試体は、NEXCO等で覆工の小片はく落対策の評価として使用される「はく落防止の押抜き試験方法（NEXCO424試験）」に準拠し、図3.2.6に示すように作成し、押抜き試験を実施する。この押抜きに伴うシートや樹脂の供試体からのはく離・破断等の変形や、色の濁り等の変色を目視で確認する。

シートの状態の視認性試験の評価は、樹脂が剥がれた範囲が視認できれば視認可と判断する。

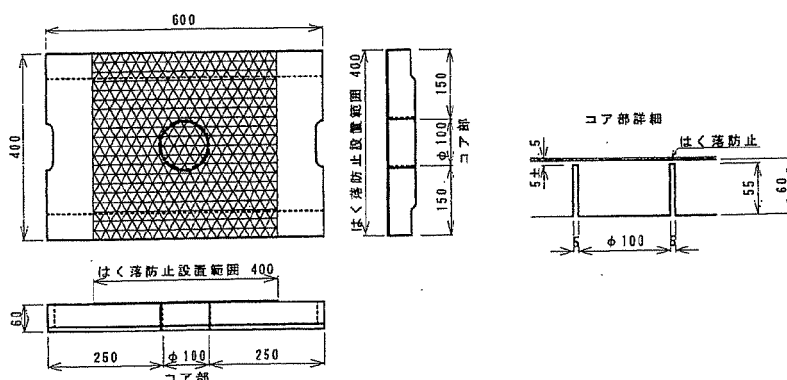


図 3.2.6 供試体標準図

(4) 結果の読み方

覆工表面のうき・はく離、はく落が生じた場合の材料（シートや樹脂）の変色等の発生状況を確認できる。材料（シートや樹脂）の変色等が認められれば、覆工表面にうき・はく離、はく落等の変状の発生が想定される。

なお、NEXCO 424試験後の樹脂の状態は、樹脂が破断することなく広範囲にわたって剥がれるもの（樹脂非破断）と、樹脂が局所的に破断するもの（樹脂破断）に分けられる。樹脂が破断する技術は局所的な影響（局所的な抜け落ち）が想定されるの

に対し、樹脂が破断しない技術は広範囲に影響が及ぶことでシートの広範囲のはく離が想定される。いずれの技術を採用するかについては、現場条件や管理方法を踏まえて判断することが必要である。



写真 3.5 視認性試験の供試体例（押抜き試験後）

3.2.7 耐火性試験

(1) 目的

火災時に延焼しないことを確認する。

(2) 対象技術

表面シート埋込、繊維シート+接着剤、表面被覆樹脂

(3) 供試体・試験方法

耐火性の確認には、NEXCO 等で耐火性の評価として使用される「トンネル補修材料の延焼性試験方法（NEXCO 試験法 738）」に準拠し評価する。

供試体はケイ酸カルシウム板に技術を施工したものとし、試験方法は図 3.2.7 に示す通りである。

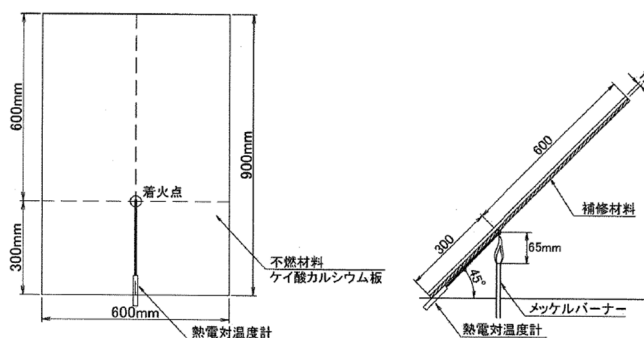


図 3.2.7 延焼性試験方法

(4) 結果の読み方

対象技術の接着剤および被覆材に着火し、バーナー消火後の消炎時間および延焼範囲を確認する。消炎時間と延焼範囲が規定範囲内であれば、そのシートや樹脂は自己消火性を有し、延焼の危険性は低いと判断できる。なお、ここで言う自己消火性とは、大気中で熱源が無くなった際に自ら消火する性質のことを示す。

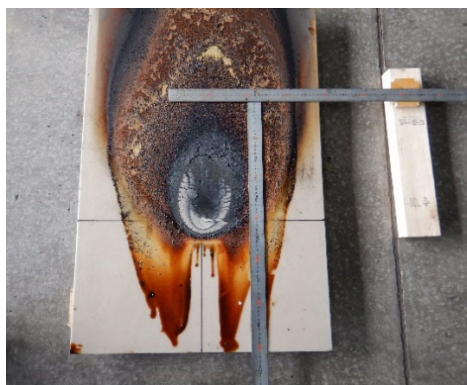


写真 3.4 延焼性試験の供試体例（延焼性試験後）

3.3 耐久性・維持管理性の確認方法

耐久性・維持管理性についてはリクワイヤメントの設定が困難であることから、各技術が実施した試験等の結果をヒアリングにより確認した。

3.3.1 対象技術の劣化要因

(1) 目的

耐久性については、各技術が想定するトンネル環境や技術の劣化要因がそれぞれ異なり、共通の試験による性能確認を行って耐久性に関する特徴を把握することが困難であるため、技術のメーカー等に対するヒアリング等によって、劣化要因（耐久性が低下する要因）を確認する。

(2) 対象技術

繊維シート＋接着剤、表面被覆樹脂

(3) 結果の読み方

ヒアリングで確認したアルカリ性項目を列記するので、該当する劣化要因が発生すると想定される現場で対象技術を使用する際には留意する必要がある。

3.3.2 対象技術の耐アルカリ性

(1) 目的

はく落防止性能はコンクリート片はく落防止対策の主性能であり、劣化の進行により発生するコンクリート片のはく落を確実に防止する性能を有さなければならない。はく落防止性能が長期間保持できる評価基準として強アルカリであるコンクリートとの接着に対し性能を保持する「耐アルカリ性能」を有していることが必要であるため、シートや樹脂および付着面の耐アルカリ性の確認を行った試験の内容および結果をヒアリングにより確認する。

(2) 対象技術

繊維シート＋接着剤、表面被覆樹脂

(3) 結果の読み方

覆工コンクリートにおけるはく落防止対策の耐久性については基準がないため、本ガイドライン（案）では、各技術が実施した試験の試験法と試験の結果を記載する。この結果は材料の選定等の参考となる。なお、対象技術の耐久性に関しては、経年劣化するのは、対象技術の材質のみではないので、「コンクリートの表面劣化」、「コ

ンクリートと対象技術の付着力の劣化」、「対象技術の材質劣化」などを考慮するべきである。

3.3.3 対象技術の耐候性

(1) 目的

はく落防止性能はコンクリート片はく落防止対策の主性能であり、劣化の進行により発生するコンクリート片のはく落を確実に防止する性能を有さなければならない。はく落防止性能が長期間保持できる評価基準として紫外線等の自然光に対し性能を保持する「耐候性」を有していることが必要であるため、技術および付着面の対候性の確認を行った試験の内容および結果をヒアリングにより確認する。

(2) 対象技術

繊維シート+接着剤、表面被覆樹脂

(3) 結果の読み方

覆工コンクリートにおけるはく落防止対策の耐久性については基準がないため、本ガイドライン（案）では、各技術が実施した試験の試験法と試験の結果を記載する。この結果は材料の選定等の参考となる。なお、対象技術の耐久性に関しては、経年劣化するのとは、対象技術の材質のみではないので、「コンクリートの表面劣化」、「コンクリートと対象技術の付着力の劣化」、「対象技術の材質劣化」などを考慮するべきである。

3.3.4 対象技術の温冷繰り返し耐久性的

(1) 目的

覆工表面に塗布される樹脂には、「昼と夜」、「日射部分と日陰部分」、「夏と冬」の温度差に耐えることが要求される。そのため、技術および付着面の温冷繰り返し耐性的の確認を行った試験の内容および結果をヒアリングにより確認する。

(2) 対象技術

繊維シート+接着剤、表面被覆樹脂

(3) 結果の読み方

覆工コンクリートにおけるはく落防止対策の耐久性については基準がないため、本ガイドライン（案）では、各技術が実施した試験の試験法と試験の結果を記載する。この結果は材料の選定等の参考となる。なお、対象技術の耐久性に関しては、経年劣化するのとは、対象技術の材質のみではないので、「コンクリートの表面劣化」、「コ

ンクリートと対象技術の付着力の劣化」、「対象技術の材質劣化」などを考慮するべきである。

3.3.5 想定耐久年数

(1) 目的

耐久性については、覆工コンクリートにおけるはく落防止対策の耐久性については基準がないため、技術ごとにヒアリングにより想定耐久年数を確認する。

(2) 対象技術

繊維シート＋接着剤、表面被覆樹脂

(3) 結果の読み方

想定耐久年数については、根拠を明確にしておく必要があるため、想定年数とその年数を設定した根拠を記載する。この結果は、更新サイクルやライフサイクルコストの検討の参考となる。。

3.3.6 劣化後の性状

(1) 目的

材質劣化は耐久性に直結するので、材質が劣化することにより材質がどのように性状が変化するかヒアリングで確認する。

(2) 対象技術

繊維シート＋接着剤、表面被覆樹脂

(3) 結果の読み方

各技術の材質劣化した際の性状について記載する。材料の選定等の参考となる。。

3.3.7 点検時のチェックポイント

(1) 目的

点検は、通常巡回時にパトロールカーなどから遠望目視を行う「日常点検」と5年に1回、打音検査や近接目視を行う「定期点検」に分類される。これらの点検時に確認すべきポイント（材料の変色など）や追加で点検すべき項目などをヒアリングにより確認する。

(2) 対象技術

繊維シート＋接着剤、表面被覆樹脂

(3) 結果の読み方

各技術の点検時に確認すべき項目等について記載する。点検において参考となる。

3.3.8 塗継ぎ重ね長（シートの重ね継ぎ長）

(1) 目的

本ガイドライン（案）は新設トンネルを対象としているが、樹脂が劣化、破損した場合には、該当箇所を撤去して再施工が必要となる。そのため、再施工時の継重ね長（シートを含む場合はシートの重ね継ぎ長）についてヒアリングで確認する。

(2) 対象技術

繊維シート＋接着剤、表面被覆樹脂

(3) 結果の読み方

再施工時には、所定の塗継ぎ長（シートの重ね継ぎ長）を設ける必要がある。

3.3.9 再施工時の配慮事項

(1) 目的

本ガイドライン（案）は新設トンネルを対象としているが、樹脂が劣化、破損した場合には、該当箇所を撤去して再施工が必要となる。そのため、再施工時に留意すべき事項についてヒアリングで確認する。

(2) 対象技術

繊維シート＋接着剤、表面被覆樹脂

(3) 結果の読み方

部分補修や再施工時に参考となる。

3.3.10 再施工時の狭隘部での施工

(1) 目的

本ガイドライン（案）は新設トンネルを対象としているので、新設時には狭隘部の施工は想定されないが、部分補修や再施工の際に狭隘部での再施工が必要となる。そのため、狭隘部での再施工時に留意すべき事項についてヒアリングで確認する。

(2) 対象技術

繊維シート＋接着剤、表面被覆樹脂

(3) 結果の読み方

ジェットファン背面、照明灯具背面などの狭隘部の施工の際に参考となる。

3.4 施工方法の確認方法

施工方法の確認は、ヒアリングもしくは施工要領書により行った。

3.4.1 施工条件

(1) 目的

各技術の施工可能な条件（施工手順、坑内温度、坑内湿度、覆工表面の含水率等）を確認する。

(2) 対象技術

全技術

(3) 結果の読み方

対象技術の使用を検討する際の参考となる。

3.4.2 構造変化点等への適用性

(1) 目的

目地部や非常駐車帯と標準部の境界等のうきが生じやすい箇所への適用性を確認する。

(2) 対象技術

繊維シート＋接着剤、表面被覆樹脂

(3) 結果の読み方

施工が可能であれば、当該箇所のはく落対策に寄与する。

3.4.3 標準施工仕様

(1) 目的

各技術の仕様（添加量、塗布量等）を確認する。

(2) 対象技術

全技術

(3) 結果の読み方

施工において順守する必要がある。

3.5 経済性の確認方法

経済性の確認はヒアリングにより行った。ヒアリングにおいては、トンネル条件を以下のように設定した。

- トンネル延長：1,000m
- 覆工厚：30cm
- 覆工表面積：15,000m²

なお、ここで確認した結果は各社へのヒアリング結果であり、労務費等積算条件が異なる可能性があるため参考値扱いとする。

3.5.1 追加施工日数

(1) 目的

通常の覆工コンクリートの施工に追加で必要な日数を確認する。

(2) 対象技術

全技術

(3) 結果の読み方

対象技術の施工期間が確認できる。

3.5.2 施工費

(1) 目的

通常の覆工コンクリートの施工に追加で必要な費用（機械、労務、材料）を確認する。

(2) 対象技術

全技術

(3) 結果の読み方

対象技術の工事費を確認できる。なお、施工費には維持管理費は含まれていないので、ライフサイクルコスト等を検討する際には、別途点検費用等の維持管理費を検討する必要がある。

3.5.3 効果発現に要する日数

(1) 目的

技術の施工後、強度発現に必要な日数を確認する。

(2) 対象技術

全技術

(3) 結果の読み方

効果発現に要する日数を確認できる。なお、繊維補強、表面シート埋込技術については、覆工施工と同時に施工するので、覆工打設日を基準とした日数とする。

第4章 技術の確認結果

本章では、公募された技術に対する第3章の各確認項目の結果を示す。確認項目は、第3章で述べたように以下の5項目である。

- ① 性能確認項目：はく落抑制の性能を確認する項目
- ② 影響確認項目：技術を適用することによる覆工構造や維持管理への影響の有無あるいは影響の度合いを確認する項目
- ③ 耐久性・維持管理性：技術の耐久性および維持管理における留意点等を確認する項目
- ④ 施工方法：標準施工仕様や施工条件を確認する項目
- ⑤ 経済性：工期・工費を確認する項目

このうち、①～②は「はく落の発生を抑制するとともにはく落の予兆を発見しやすい覆工技術」の技術公募をする際にリクワイヤメントとして求めたものであるため、その結果を表4.2～表4.4に「技術選定比較表」としてとりまとめている。




また、③～⑤については技術のカタログやヒアリング等により収集した情報であり、これらについては、①と②も含めて表4.5～表4.10に「技術の性能一覧表」としてとりまとめている。また、表4.5～表4.10の内容については、技術ごとに個票としてまとめている。

表4.1には、各はく落抑制技術の特徴を技術の分類ごとにとりまとめている。

表 4.1 はく落抑制技術の留意点

分類	細目	留意点
材料の 添加技術	繊維補強	<ul style="list-style-type: none"> ● 覆工コンクリートと同時に施工する。 ● 覆工コンクリートの表面は、通常の覆工コンクリートと同様である。
材料の塗布、 貼付け技術	表面シート 埋込	<ul style="list-style-type: none"> ● 覆工コンクリートと同時に施工する。 ● 覆工コンクリートの表面は通常の覆工コンクリートと同様である。 ● コンクリート打設後、ジャンカの発生を防ぐために入念なバイブレーションが必要である ● 施工にあたっては、コンクリート打込みの影響によって材料が移動しないように固定する必要がある。
	繊維シート + 接着剤	<ul style="list-style-type: none"> ● 覆工コンクリート完成後に施工する。 ● 施工にあたっては十分な接着効果が発揮できるように、トンネル坑内の湿度、温度や覆工表面の含水率に留意する必要がある。 ● 覆工コンクリートの表面が材料により覆われる。
	表面被覆樹 脂	<ul style="list-style-type: none"> ● 覆工コンクリート完成後に施工する。 ● 施工にあたっては十分な接着効果が発揮できるように、トンネル坑内の湿度、温度や覆工表面の含水率に留意する必要がある。 ● 覆工コンクリートの表面が材料により覆われる。

表 4.2 技術選定比較表（材料の添加技術）

基本情報	技術区分		分類	トンネル技術基準における一般値	要求性能における目安	材料添加					
			細目			繊維補強					
	番号				1	2	3				
	技術名					コンクリート用ポリプロピレン短繊維「バルチップ JK」	ポリストロン	コンクリート用ポリプロピレン短繊維「バルチップPW・Jr」			
	NETIS番号					過去取得 (KT-100021-VE)	KT-160098-A	過去取得 (CG-070019-VE)			
	開発者					バルチップ株式会社	大日製罐株式会社	バルチップ株式会社			
	共同開発者					—	—	—			
	技術概要					本技術は、生コンクリートへポリプロピレン製短繊維を添加することで、コンクリートに剥離・剥落防止機能及び曲げタフネス（靱性）を付与する技術である。 短繊維1本の長さは48mmであり、生コンクリート1mへの添加量は2.73kgである。 素材がポリプロピレンであることにより、錆びることがなく、耐アルカリ性に優れ、コンクリート中での劣化もない。 NEXCOのトンネル施工管理要領の基準を満たしているため、主に高速道路のトンネル覆工コンクリートへ使用されている。	本技術は、トンネル覆工工事等において生コンクリートへプラスチック繊維を混入する技術で、従来は、普通コンクリートで工事していたが、本技術の活用により、供用後のコンクリート片の剥離・剥落を抑制することが可能となり、構造物の品質向上と第三者への安全性向上が図れる。	生コンクリートへポリプロピレン製短繊維を添加することで、コンクリートに剥離・剥落防止機能を付与する技術である。 短繊維1本の長さは12mmであり、生コンクリート1mへの添加量は455gである。 素材がポリプロピレンであることにより、錆びることがなく、耐アルカリ性に優れ、コンクリート中での劣化もない。 主に橋梁(鉄道、道路)の現場で使われることが多いが、トンネル二次覆工コンクリートや法面吹付けでの採用実績もあり、様々な用途で使用可能である。			
	概要図・写真等										
性能確認項目	抑制性能	はく落	曲げ靱性試験	JSCE G 552	平均最大荷重	—	—	36.8kN	37.9kN	33.2kN	
					曲げじん性係数	—	1.4N/mm ² 以上 ^{※1}	2.14N/mm ²	2.02N/mm ²	0.58N/mm ²	
影響確認項目	構造	コンクリート	耐荷性	圧縮強度	18N/mm ² ^{※2}	—	○	○	○		
				スランプ	15cm程度 ^{※2}	—	○	○	○		
			品質性	空気量	4.5±1.5% ^{※2}	—	○	○	○		
				塩化物含有量	0.30以下kg/m ³ ^{※2}	—	○	○	○		
		配合例	水セメント比	—	—	48.6%	58.3%	51.5%			
			繊維混入	—	—	0.3vol.%	0.3vol.%	0.05vol.%以上			
実績 (2022年2月時点)	トンネル	既設トンネル	新設トンネル	—	—	0件	341件	0件	15件	0件	44件
		トンネル以外の構造物	既設構造物	新設構造物	—	—	0件	1件	0件	0件	0件
その他留意事項等							・材料を均一に分布させるため、投入機の使用と袋内での繊維の整列梱包を行う。 ・繊維の架橋効果によりはく落を抑制する技術であるため、繊維がない箇所にうきが発生した場合、はく落する恐れがある。	・繊維の架橋効果によりはく落を抑制する技術であるため、繊維がない箇所にうきが発生した場合、はく落する恐れがある。	・材料を均一に分布させるため、繊維の梱包に水解紙（水に溶ける袋）を用いて、袋ごと投入する。 ・繊維の架橋効果によりはく落を抑制する技術であるため、繊維がない箇所にうきが発生した場合、はく落する恐れがある。		

※1：NEXCOの施工管理要領における「坑門のはく落対策」としての規定値

※2：NEXCOのトンネル施工管理要領（繊維補強覆工コンクリート編）における「配合決定のための基準」であり、○はトンネル技術基準における一般値を満たすことを示す。

表 4.5 技術の性能一覧表

□ リクワイアメント確認試験等により確認した項目




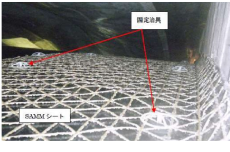
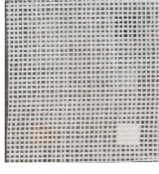

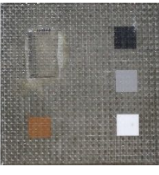
基本情報			基本情報		性能確認項目		影響確認項目					
分類	技術名	開発者	概要図・写真等	該当技術	はく落抵抗性		構造			維持管理		対象技術の耐火性
					曲げじん性試験	押し抜き試験	露工コンクリート強度への影響	露工コンクリートの品質	露工コンクリートへの付着性	点検時の視認性		
					(JSCE-G 552-2007)	(NEXCO 試験法424)	露工コンクリートの圧縮・引張強度	スラブ値・空気量・塩化物含有量	付着強さ試験	露工に生じた変色、漏水、ひび割れの確認	技術の変形、変色の確認もしくは直接目視の可否	耐火性試験
					(JIS A 1108, NEXCO 試験法422-2004)	(NEXCO 試験法425)	(JIS A 1101 空気量: JIS A 1128 塩化物含有量: JIS A 1144)	(NEXCO 試験法425)	視認性試験(独自試験)	(NEXCO 試験法424)	(NEXCO 試験法738)	
					繊維補強	表面シート埋込	繊維シート+接着剤	表面被覆樹脂	○	-	-	○
繊維補強	コンクリート用ポリプロピレン短繊維「ノルチップJK」	ノルチップ株式会社			最大荷重: 36.8kN 曲げじん性係数: 2.14N/mm2	—	39.4N/mm2 2.2N/mm2	スラブ: 17.0cm 空気量: 5.5% 塩化物含有量: 0.008kg/m3	—	—	—	—
	ポリストロン	大日製鋼株式会社			最大荷重: 37.9kN 曲げじん性係数: 2.02N/mm2	—	34.9N/mm2 2.6N/mm2	スラブ: 16.0cm 空気量: 4.2% 塩化物含有量: 0.026kg/m3	—	—	—	—
	コンクリート用ポリプロピレン短繊維「ノルチップPW・Jr」	ノルチップ株式会社			最大荷重: 33.2kN 曲げじん性係数: 0.58N/mm2	—	39.1N/mm2 2.2N/mm2	スラブ: 17.5cm 空気量: 5.4% 塩化物含有量: 0.033kg/m3	—	—	—	—
表面シート埋込	露工表面シート埋込技術	帝人㈱			—	最大荷重: 2.57kN 最大荷重時変位量: 24.2mm	—	—	—	—	—	【参考】 耐火性有 消炎時間: 0秒 上端方向延焼範囲: 126mm
繊維シート+接着剤	無機接着剤 TS ボンド 40S 剥落防止工法	株式会社シクソン			—	最大荷重: 2.92kN 最大荷重時変位量: 17.6mm	—	—	母材破壊	ひび割れ視認: 0.1mm 色調確認: 視認可 ※視認しているのは、模擬ひび割れ(クラックスケールの線)等であるため、実際のひび割れの見え方とは異なる。	把握可	耐火性有 消炎時間: 0秒 上端方向延焼範囲: 129mm
	FF-TCC工法 (V1仕様, V2仕様) ※V2仕様を記載	前田工機株式会社			—	最大荷重: 4.94kN 最大荷重時変位量: 48.7mm	—	—	母材破壊	ひび割れ視認: 0.5mm 色調確認: 視認可 ※視認しているのは、模擬ひび割れ(クラックスケールの線)等であるため、実際のひび割れの見え方とは異なる。	把握可	耐火性有 消炎時間: 0秒 上端方向延焼範囲: 245mm
	超薄膜スケルトンはく落防災コーティング	株式会社エムビーエス			—	最大荷重: 2.33kN 最大荷重時変位量: 20.5mm	—	—	母材破壊	ひび割れ視認: 0.05mm 色調確認: 視認可 ※視認しているのは、模擬ひび割れ(クラックスケールの線)等であるため、実際のひび割れの見え方とは異なる。	把握可	耐火性有 消炎時間: 0秒 上端方向延焼範囲: 195mm

表 4.6 技術の性能一覧表

☐ カタログやヒアリングで確認した項目



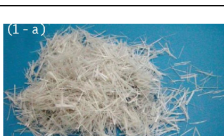
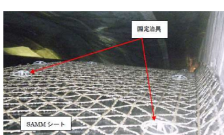
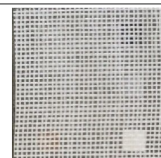
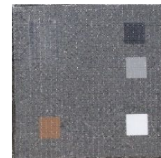
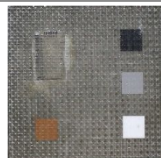
基本情報		基本情報		耐久性・維持管理性															
分類	技術名	開発者	概要図・写真等	該当技術	耐久性						維持管理			再施工					
					対象技術の劣化要因 (紫外線、水、アルカリ性、排ガス、塩分、温度、湿度等)	対象技術の耐アルカリ性の耐久性	付着面の耐アルカリ性の耐久性	対象技術の耐候性の耐久性	付着面の耐候性の耐久性	対象技術の温冷繰り返し耐性の耐久性	付着面の温冷繰り返し耐性の耐久性	対象技術の耐久年数(根拠のあるもの)	劣化後の性状	点検時のチェックポイント	再施工の可否(途継ぎ重ね長)	準規制下での施工における配慮事項	狭隙部の施工(ジェットファン背面、照明灯具背面など)		
					試験方法等	ヒアリング	試験結果をヒアリング	試験結果をヒアリング	試験結果をヒアリング	試験結果をヒアリング	試験結果をヒアリング	試験結果をヒアリング	ヒアリング	ヒアリング	ヒアリング	施工要領、ヒアリング等	ヒアリング	ヒアリング	
					繊維補強	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					表面シート埋込	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					繊維シート+接着剤	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
					表面被覆樹脂	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
繊維補強	コンクリート用ポリプロピレン短繊維「ハルチップ JK」	ハルチップ株式会社			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ポリストロン	大日製罐株式会社			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	コンクリート用ポリプロピレン短繊維「ハルチップPW・Jr」	ハルチップ株式会社			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
表面シート埋込	覆工表面シート埋込技術	帝人㈱			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
繊維シート+接着剤	無機接着剤 TS ボンド 40S 剥落防止工法	株式会社シクソン		特になし	東日本旅客鉄道 土木工事標準仕様書 コンクリート構造物修繕工 表面被覆工法の規格 【試験結果】 塗膜に膨れ、割れ、剥がれ、軟化、溶出がない。	トンネルはく落防止用繊維シート接着工の湿潤強さ試験方法 (NEXCO試験法735) 【試験結果】 塗膜内の凝集破壊 (2.0N/mm2)	サンシャインカーボンアーク灯式耐候性試験 (JIS B 7753) 3,000時間 【試験結果】 白亜化がなく、塗膜に膨れ、割れ、剥がれがない。	-	-	-	トンネルはく落防止用繊維シート接着工の湿潤強さ試験方法 (NEXCO試験法736) 【試験結果】 1.5N/mm2以上であることを確認。	耐候性試験により3,000時間まで変色等がないことを確認している。15年程度は耐久性があるものと想定される。 ※試験方法、環境、材料によって耐久年数(試験時間と耐久年数との相関関係)は変動する。	材料の剥がれは少ないが、細かいクラックが生じることが考えられる。材料はガラスなので変色はほとんどない。	近接目視や触診により材料の劣化や覆工からのうき等を確認する。	再施工可 (100mm以上)	高所作業車のバケットに養生を行い、樹脂や粉塵が対向車線に飛散しないようにする。	手が入る幅があり、手が届く範囲であれば施工可能		
	FF-TCCC工法 (V1仕様, V2仕様) ※V2仕様を記載	前田工機株式会社		特になし	はく落防止の耐久性試験方法 (NEXCO試験法425) 【試験結果】 付着強度 (23℃) : 4.13N/mm2 負荷前/負荷後の保持率 (23℃) : 113% ※負荷後の試験は耐候性、温冷繰り返し、アルカリ促進を行った試験体で実施	はく落防止の耐久性試験方法 (NEXCO試験法425) 【試験結果】 付着強度 (23℃) : 4.13N/mm2 負荷前/負荷後の保持率 (23℃) : 113% ※負荷後の試験は耐候性、温冷繰り返し、アルカリ促進を行った試験体で実施	塗料一般試験方法 促進耐候性及び促進耐光性 (キセノンランプ法) (JIS K 5600-7-7) 2,500時間 【試験結果】 表面のひび割れ割れが認めず。	はく落防止の耐久性試験方法 (NEXCO試験法425) 【試験結果】 付着強度 (23℃) : 4.13N/mm2 負荷前/負荷後の保持率 (23℃) : 113% ※負荷後の試験は耐候性、温冷繰り返し、アルカリ促進を行った試験体で実施	-	-	はく落防止の耐久性試験方法 (NEXCO試験法425) 【試験結果】 付着強度 (23℃) : 4.13N/mm2 負荷前/負荷後の保持率 (23℃) : 113% ※負荷後の試験は耐候性、温冷繰り返し、アルカリ促進を行った試験体で実施	耐候性試験により2,500時間まで変色等がないことを確認している。ただし、試験時間と耐久年数に相関関係がみられるわけではないので、耐久年数は不明である。 ※試験方法、環境、材料によって耐久年数(試験時間と耐久年数との相関関係)は変動する。	材料表面の変色が考えられる。	近接目視や触診により材料の劣化や覆工からのうき等を確認する。	再施工可 (50mm以上)	高所作業車のバケットに養生を行い、樹脂や粉塵が対向車線に飛散しないようにする。	手が入る幅があり、手が届く範囲であれば施工可能		
	超薄膜スクルトンはく落防災コーティング	株式会社エムビーエス			漏水、アルカリ、塩分	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表 4.7 技術の性能一覧表

■ カタログやヒアリングで確認した項目




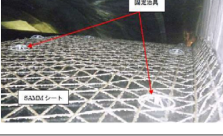

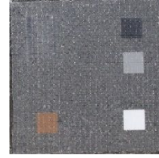
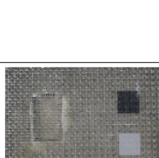
基本情報		基本情報		施工条件								構造変化点等への適用性									
分類	技術名	開発者	概要図・写真等	該当技術	施工手順	坑内温度	坑内湿度	露工表面の含水率	施工時の露工の状態	露工打設後から技術者施工するまでの期間	露工目地部	断面変化部									
													試験方法等	施工要領、ヒアリング等	施工要領、ヒアリング等	施工要領、ヒアリング等	施工要領、ヒアリング等	施工要領、ヒアリング等	施工要領、ヒアリング等		
													繊維補強	○	-	-	-	-	-	○	○
													表面シート埋込	○	-	-	-	-	-	○	○
													繊維シート+接着剤	○	○	○	○	○	○	○	○
表面被覆樹脂	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○											
繊維補強	コンクリート用ポリプロピレン短繊維「ナルチップ JK」	バルチップ株式会社			繊維補強剤を投入し、2分間高圧で攪拌し、3分間高圧で完成させる。	通常の露工と同様	通常の露工と同様	通常の露工と同様	-	-	可	可									
	ポリストロン	大日製鋼株式会社			繊維補強剤を投入し、2分間高圧で攪拌し、1分間高圧で完成させる。	通常の露工と同様	通常の露工と同様	通常の露工と同様	-	-	可	可									
	コンクリート用ポリプロピレン短繊維「ナルチップPW・Jr」	バルチップ株式会社			繊維補強剤を投入し、2分間高圧で攪拌し、3分間高圧で完成させる。	通常の露工と同様	通常の露工と同様	通常の露工と同様	-	-	可	可									
表面シート埋込	露工表面シート埋込技術	帝人衛			シートの切端加工 → シートの敷設 → シートの固定	通常の露工と同様	通常の露工と同様	通常の露工と同様	-	-	三角形目地：可 台形目地：上辺部にシートが添え可能。折れ点で2箇所あるため、添わせるのが困難であるため不可	可									
繊維シート+接着剤	無機接着剤 TS ボンド 40S 剥落防止工法	株式会社シンクソン			下地処理工 → 下塗り工 → 断面修復工 → シート貼付 → 表面被覆工	5℃以上	85%未満	8%以下 (夏場5%以下)	コンクリート表面に結露や漏水がないこと	打設後の乾燥期間が3週間以上 (収縮が安定後)	目地まぎでの施工可 目地まぎにすれば問題なく施工できる。目地部に注入材を注入してから施工することが望ましい。	可									
	FF-TCC工法 (V1仕様, V2仕様) ※V2仕様を記載	前田工機株式会社			下地処理工 → プライマー工 → 接着剤塗布下塗り → シート貼付 → 表面被覆工	5℃以上 35℃以下	85%以下	8%以下	コンクリート表面に結露や漏水がないこと	脱型後1週間以上	目地まぎでの施工可 自由長 (躯体に接着させずFRP化する区間) を設けた施工実績があるため施工可	可									
	超薄膜スケルトンはく落防災コーティング	株式会社エムビーエス			下地処理工 → シート貼付 → 表面被覆工	2℃以上 35℃以下	90%未満	10%以下	漏水や結露等がある場合は施工不可	打設後の乾燥期間が4週間以上且つ、表面含水率10%以下	目地まぎでの施工可 目地部を浮かして施工することが可能である。目地部をまたいで施工した場合でもはがれ等は生じていない。	可									

表 4.8 技術の性能一覧表

□ カタログやヒアリングで確認した項目

基本情報		基本情報		適用条件													経済性 (延長1,000m、覆工厚30cm、覆工表面15,000m ²)				
分類	技術名	開発者	概要図・写真等	該当技術	標準施工仕様													対象技術の工期・工費			
					投入量	投入時の条件 (材料添加技術)	断面図	プライマー工 標準 塗布量	プライマー工 標準 施工回数	プライマー工 養生条件	プライマー工 可使用時間 (分)	接着剤 可使用時間 (分)	表面被覆 標準 塗布量	表面被覆 標準 施工回数	表面被覆 養生条件 (温度・湿度・ 期間等)	表面被覆 可使用時間 (分)	坑口部における 保護塗装の要否	標準覆工打 設日数に追 加する施工 日数	経済性(標準覆工打設か ら追加となる施工費用 (覆工材))	効果発現に 要する日数	
					試験方法等	施工要領等	施工要領等	施工要領、ヒアリング等	施工要領、 ヒアリング等	施工要領、 ヒアリング等	施工要領、 ヒアリング等	施工要領、 ヒアリング等	施工要領、 ヒアリング等	施工要領、 ヒアリング等	施工要領、 ヒアリング等	施工要領、 ヒアリング等	施工要領、 ヒアリング等	施工要領、 ヒアリング等	ヒアリング	ヒアリング (2022年2月時点)	ヒアリング
					繊維補強	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○
					表面シート埋込	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○
繊維シート+接着剤	-	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
表面被覆樹脂	-	-	○	○	○	○	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○					
繊維補強	コンクリート用ポリプロピレン短繊維「ノルチップJK」	ハルチップ株式会社			0.3vol% (2.73kg/m ³)	4m ³ で3分間を目安にドラムを高速回転しながら、繊維補強材を投入し、投入完了後も2分間高速回転を継続する。	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0日	18,728千円+トンネル作業員×覆工施工日数	覆工打設後から28日		
	ポリストロン	大日製薬株式会社			0.3vol%	投入前に1分間後続攪拌し、4m ³ で3分間を目安にドラムを高速回転しながら、繊維補強材を投入し、投入完了後も2分間高速回転を継続する。	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0日	14,500千円+10千円/日×覆工施工日数	覆工打設後から28日		
	コンクリート用ポリプロピレン短繊維「ノルチップPW・Jr」	ハルチップ株式会社			0.05vol% (0.455kg/m ³)	アジデータ車のドラムを高速回転しながら、1袋目を投入し、ドラム内でこの袋が破れたことを確認したら(おおよそ10~20秒間隔)、2袋目も同様に投入する。以降、同様に必要量を投入し終えたら、その時点から2~3分間高速攪拌を継続する。	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0日	5,400千円+トンネル作業員×覆工施工日数	覆工打設後から28日		
表面シート埋込	覆工表面シート埋込技術	帝人㈱			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0日	11,937千円	覆工打設後から28日		
繊維シート+接着剤	無機接着剤 TS ボンド 40S 剥離防止工法	株式会社シクソン			-	-		【下塗り工】 0.25kg/m ²	【下塗り工】 1層	【下塗り工】 15分程度	【下塗り工】 15分程度	夏場：60分 冬場：90分	0.35kg/m ²	1層	不要	夏場：60分 冬場：90分	無機接着剤のため保護塗装は不要	88日	293,565千円	1日程度	
	FF-TCC工法 (V1仕様、V2仕様) ※V2仕様を記載	前田繊維株式会社			-	-		0.15kg/m ²	1層	指触硬化確認	20℃：30分	-	FFダイン (下塗り)： 0.3kg/m ² FFシート： 1.1kg/m ² FFダイン (上塗り)： 0.2kg/m ²	2層	5℃以上温度 85%以下、結露無きこと。翌日中には表面は指触硬化。	20℃：60分	不要	110日 【下地処理工、シート貼付け工：4パーティプライマー工：2パーティ想定】	337,407千円 【下地処理工、シート貼付け工：4パーティプライマー工：2パーティ想定】	7日	
	超薄膜スケルトンはく落防災コーティング	株式会社エムビーエス			-	-		プライマー不要	プライマー不要	-	-	塗布直後	【ベースコーティング工 + ファイナルコーティング工】 0.7l/m ²	2層	指触乾燥確認	20℃、50%： 60分	不要	300日	250,386千円	7日	

表 4.9 技術の性能一覧表

□ リクワイアメント確認試験等により確認した項目

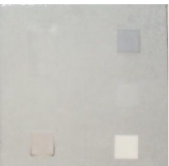
基本情報		基本情報		性能確認項目		影響確認項目							
分類	技術名	開発者	概要図・写真等	該当技術	はく落抵抗性		構造			維持管理			
					試験方法等	曲げじん性試験 (JSCE-G 552-2007)	押抜き試験 (NEXCO 試験法424)	はく落抵抗性		覆工コンクリートへの付着性	点検時の視認性		対象技術の耐火性
								覆工コンクリート強度への影響	覆工コンクリートの品質		覆工に生じた変色、漏れ、ひび割れの確認	技術の変形、変色の確認もしくは直接目視の可否	
								スランプ値・空気量・塩化物含有量	付着強さ試験				
								繊維補強	表面シート埋込		繊維シート+接着剤	表面被覆樹脂	
耐火性試験 (NEXCO 試験法73B)													
表面被覆樹脂	ボンドKEEPメンテ工法 VMクリア	コニシ株式会社			—	最大荷重：2.16KN 最大荷重時変位量：33.1mm	—	—	母材破壊	ひび割れ視認：0.05mm 色調確認：視認可 ※視認しているのは、模擬ひび割れ（クラックスケールの線）等であるため、実際のひび割れの見え方とは異なる。	把握可	耐火性有 消炎時間：0秒 上端方向延焼範囲：390mm	
	RTワンガードクリア工法	シーカ・ジャパン株式会社			—	最大荷重：2.40KN 最大荷重時変位量：19.6mm	—	—	母材破壊	ひび割れ視認：0.05mm 色調確認：視認可 ※視認しているのは、模擬ひび割れ（クラックスケールの線）等であるため、実際のひび割れの見え方とは異なる。	把握可	耐火性有 消炎時間：0秒 上端方向延焼範囲：465mm	
	スケルトンクリアーコーティング	株式会社エムピーエス			—	最大荷重：0.77KN 最大荷重時変位量：43.8mm	—	—	母材破壊	ひび割れ視認：0.05mm 色調確認：視認可 ※視認しているのは、模擬ひび割れ（クラックスケールの線）等であるため、実際のひび割れの見え方とは異なる。	把握可	耐火性有 消炎時間：0秒 上端方向延焼範囲：175mm	
	タフネスコート工法クリア	タフネスコート技術研究会			—	最大荷重：1.12KN 最大荷重時変位量：47.5mm	—	—	界面破壊	ひび割れ視認：0.25mm 色調確認：視認可 ※視認しているのは、模擬ひび割れ（クラックスケールの線）等であるため、実際のひび割れの見え方とは異なる。	把握可	耐火性有 消炎時間：0秒 上端方向延焼範囲：240mm	
	ニューコートポリウレアライニングシステム	金森藤平商事株式会社			—	最大荷重：1.7KN 最大荷重時変位量：22.3mm	—	—	母材破壊	ひび割れ視認：判別不能 色調確認：視認可 ※視認しているのは、模擬ひび割れ（クラックスケールの線）等であるため、実際のひび割れの見え方とは異なる。	把握可	耐火性有 消炎時間：0秒 上端方向延焼範囲：480mm	

表 4.10 技術の性能一覧表

□ カタログやヒアリングで確認した項目

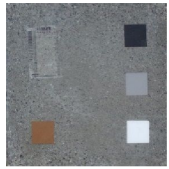
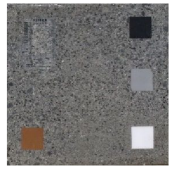
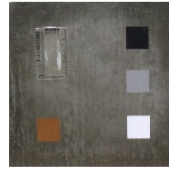
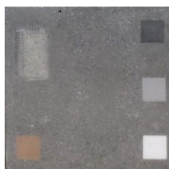

基本情報		基本情報		耐久性・維持管理性															
分類	技術名	開発者	概要図・写真等	該当技術	耐久性						維持管理		再施工						
					対象技術の劣化要因 (紫外線、水、アルカリ性、排ガス、塩分、温度、湿度等)	対象技術の耐アルカリ性の耐久性	付着面の耐アルカリ性の耐久性	対象技術の耐候性の耐久性	付着面の耐候性の耐久性	対象技術の温冷繰り返し耐久性	付着面の温冷繰り返し耐久性	対象技術の耐久年数 (根拠のあるもの)	劣化後の性状	点検時のチェックポイント	再施工の可否 (塗膜重ね幅)	車線規制下での施工における配慮事項	換気部の施工 (シエットファン背面、照明灯具背面など)		
					試験方法等	ヒアリング	試験結果をヒアリング	試験結果をヒアリング	試験結果をヒアリング	試験結果をヒアリング	試験結果をヒアリング	試験結果をヒアリング	ヒアリング	ヒアリング	ヒアリング	施工要領、ヒアリング等	ヒアリング	ヒアリング	
					繊維補強	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					表面シート埋込	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					繊維シート+接着剤	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
					表面被覆樹脂	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
表面被覆樹脂	ボンドKEEPメンテ工法 VMクリア	コニシ株式会社			温冷の繰り返し、アルカリ性	はく落防止の耐久性試験方法 (NEXCO試験法425) 【試験結果】 塗膜にふくれ・われ・はがれを認めない。	はく落防止の耐久性試験方法 (NEXCO試験法425) 【試験結果】 基板と塗膜間の界面破壊付着強度：2.6N/mm2	塗料一般試験方法 促進耐候性及び促進耐光性 (キゼンランプ法) (JIS K 5600-7-7) 1,200時間 【試験結果】 白亜化、割れ、膨れ、剥がれ等の異常は見られない。	はく落防止の耐久性試験方法 (NEXCO試験法425) 【試験結果】 基板破壊付着強度：2.2N/mm2	はく落防止の耐久性試験方法 (NEXCO試験法425) 【試験結果】 塗膜にふくれ・われ・はがれを認めない。	はく落防止の耐久性試験方法 (NEXCO試験法425) 【試験結果】 付着強度：1.1N/mm2	耐候性試験をメタルウェザー試験でも1,400時間(46年相当)行っており、変色等がないことを確認している。 ※試験方法、環境、材料によって耐久年数(試験時間と耐久年数との相関関係)は変動する。	材料表面の白亜化、表面のひび割れが考えられる。	近接目視や触診により材料の劣化や損傷からのうき等を確認する。	再施工可 (50mm以上)	高所作業車のバケツに養生を行い、樹脂や粉塵が対向車線に飛散しないようにする。	手が入る幅があり、手が届く範囲であれば施工可能		
	RTワンガードクリア工法	シーカ・ジャパン株式会社			漏水、アルカリ性	はく落防止の耐久性試験方法 (NEXCO試験法425) 【試験結果】 塗膜にふくれ・われ・はがれを認めない。	はく落防止の耐久性試験方法 (NEXCO試験法425) 【試験結果】 基板と塗膜間の界面破壊付着強度：2.70N/mm2	土木学会基準 表面被覆材の性能評価に関する試験方法 (JSCE-K511) 700時間 【試験結果】 白亜化はなく、塗膜に膨れ・割れ・剥がれがない。	はく落防止の耐久性試験方法 (NEXCO試験法425) 【試験結果】 基板破壊付着強度：3.04N/mm2	はく落防止の耐久性試験方法 (NEXCO試験法425) 【試験結果】 塗膜にふくれ・われ・はがれを認めない。	はく落防止の耐久性試験方法 (NEXCO試験法425) 【試験結果】 付着強度：2.31N/mm2	耐候性試験により3,000時間(10年相当)まで変色等がないことを確認しているが、ひび割れが生じた場合ひび割れ周辺が白く変色することが考えられる。 ※試験方法、環境、材料によって耐久年数(試験時間と耐久年数との相関関係)は変動する。	透明な材料なので、変色は目立たないが、ひび割れが生じた場合ひび割れ周辺が白く変色することが考えられる。	近接目視により技術の劣化や損傷からのうき等を確認する。	再施工可 (150mm以上)	高所作業車のバケツに養生を行い、樹脂や粉塵が対向車線に飛散しないようにする。	手が入る幅があり、手が届く範囲であれば施工可能		
	スケルトンクリアーコーティング	株式会社エムピーエス			漏水、アルカリ性、塩分	-	-	土木学会基準 表面被覆材の性能評価に関する試験方法 (JSCE-K511) 3,000時間 【試験結果】 白亜化がなく、塗膜に膨れ、割れ、剥がれのない事が確認された。	-	-	トンネルはく落防止用繊維シート接着工の湿潤強さ試験方法 (NEXCO試験法736) 【試験結果】 母材破壊付着強度：3.0N/mm2	耐候性試験により3,000時間まで変色等がないことを確認しているため、JR等の基準に即して20年程度は耐久性があるものと想定される。 ※試験方法、環境、材料によって耐久年数(試験時間と耐久年数との相関関係)は変動する。	材料表面の変色が考えられる。	近接目視や触診により材料の劣化や損傷からのうき等を確認する。	再施工可 (150mm以上)	高所作業車のバケツに養生を行い、樹脂や粉塵が対向車線に飛散しないようにする。	手が入る幅があり、手が届く範囲であれば施工可能		
	タフネスコート工法クリア	タフネスコート技術研究会			紫外線、背面からの漏水	-	-	プラスチック実験室光源による曝露試験方法 (JIS K 7350-4) 2,000時間 【試験結果】 引張強度：16.4N/mm2 強度保持率：89%	-	-	-	-	耐候性試験により2,000時間(10年相当)まで変色等がないことを確認している。 ※試験方法、環境、材料によって耐久年数(試験時間と耐久年数との相関関係)は変動する。	材料表面の白亜化が考えられる。	近接目視や触診により材料の劣化や損傷からのうき等を確認する。	再施工可 (現在検討中)	高所作業車のバケツに養生を行い、樹脂や粉塵が対向車線に飛散しないようにする。	手が入る幅があり、手が届く範囲であれば施工可能	
	ニューコートポリウレアライニングシステム	金森藤平商事株式会社			特になし	-	-	紫外線蛍光ランプウェザー試験機による試験 (ASTM G 154) 4,000時間 【試験結果】 引張強度：18.5N/mm2 伸び率：336%	-	-	-	-	耐候性試験により4,000時間(10年相当)で初期の80%程度の強度が確保できていることを確認している。 ※試験方法、環境、材料によって耐久年数(試験時間と耐久年数との相関関係)は変動する。	材料表面の変色が考えられる。	近接目視や触診により材料の劣化や損傷からのうき等を確認する。	再施工可 (150mm以上)	高所作業車のバケツに養生を行い、樹脂や粉塵が対向車線に飛散しないようにする。	手が入る幅があり、手が届く範囲であれば施工可能	

表 4.11 技術の性能一覧表

☐ カタログやヒアリングで確認した項目

基本情報		基本情報		施工条件							構造変化点等への適用性					
分類	技術名	開発者	概要図・写真等	該当技術	施工手順	坑内温度	坑内湿度	覆工表面の含水率	施工時の覆工の状態	覆工打設後から技術を施工するまでの期間	覆工目地部	断面変化部				
						施工要領、ヒアリング等	施工要領、ヒアリング等	施工要領、ヒアリング等	施工要領、ヒアリング等	施工要領、ヒアリング等	ヒアリング	ヒアリング				
						試験方法等	繊維補強	表面シート埋込	繊維シート+接着剤	表面被覆樹脂	-	-	-	-	○	○
						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
表面被覆樹脂	ボンドKEEPメンテ工法 VMクリア	コニシ株式会社			下地処理工 → プライマー工 → 表面被覆工 → 養生	-5℃以上 40℃以下	85%以下	8%以下	漏水や結露等がある場合は施工不可	打設後の乾燥期間が 夏期：3週間、 冬期：4週間	目地形状に沿っての施工可 はけ等で樹脂を塗り、目地形状に沿った施工が可能。	可				
	RTワンカードクリア工法	シーカ・ジャパン株式会社			下地処理工 → プライマー工 → 表面被覆工	5℃以上	85%以下	8%以下	漏水や結露等がある場合は施工不可	覆工表面の含水率が8%以下であれば施工可能である。	目地形状に沿っての施工可 目地形状に沿った施工が可能。三角目地先端は、こてやへらで施工する。	可				
	スケルトンクリアーコーティング	株式会社エムビーエス			下地処理工 → 表面被覆工	2℃以上 35℃以下	90%未満	10%以下	漏水や結露等がある場合は施工不可	打設後の乾燥期間が4週間以上目づつ、表面含水率10%以下	目地形状に沿っての施工可 目地形状に沿った施工が可能。ただし、NEXCOの目地部の設計基準強度を満たさないため、NEXCOの工事では目地部での使用不可。	可				
	タフネスコート工法クリア	タフネスコート技術研究会			下地処理工 → プライマー工 → 表面被覆工 → 養生	5℃以上 35℃以下	85%以下	8%以下	漏水や結露等がある場合は施工不可	脱型後 4週間以上	目地形状に沿っての施工可 目地形状に沿った施工が可能。かなりの突出圧力で材料を吹き付けるので、三角目地の先端も施工は可能である。	可				
	ニューコートポリウレアライニングシステム	金森藤平商事株式会社			下地処理工 → プライマー工 → 表面被覆工	5℃以上 35℃以下	90%未満	20%以下	漏水や結露等がある場合は施工不可	打設後の乾燥期間が4週間以上	目地形状に沿っての施工可 目地形状に沿った施工が可能。	可				

表 4.12 技術の性能一覧表

□ カタログやヒアリングで確認した項目

基本情報		基本情報		適用条件												経済性 (延長1,000m、覆工厚30cm、覆工表面15,000m ²)				
分類	技術名	開発者	概要図・写真等	該当技術	標準施工仕様												対象技術の工期・工費			
					投入量	投入時の条件 (材料添加技術)	断面図	プライマー工 標準 塗布量	プライマー工 標準 施工回数	プライマー工 養生条件	プライマー工 可使用時間 (分)	接着剤 可使用時間 (分)	表面被覆 標準 塗布量	表面被覆 標準 施工回数	表面被覆 養生条件 (温度・湿度・ 期間等)	表面被覆 可使用時間 (分)	坑口部における 保護塗装の要否	標準覆工打 設日数に追 加する施工 日数	経済性(標準覆工打設 から追加となる施工費用 (機材費))	効果発現に 要する日数
				試験方法等	施工要領等	施工要領等	施工要領、ヒアリング等	施工要領、 ヒアリング等	施工要領、 ヒアリング等	施工要領、 ヒアリング等	施工要領、 ヒアリング等	施工要領、 ヒアリング等	施工要領、 ヒアリング等	施工要領、 ヒアリング等	施工要領、 ヒアリング等	施工要領、 ヒアリング等	施工要領、 ヒアリング等	ヒアリング	ヒアリング [2022年2月時点]	ヒアリング
				繊維補強	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
表面被覆樹脂	-	-	○	○	○	○	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○			
表面被覆樹脂	ボンドKEEPメンテナンス VMクリア	コニシ株式会社			-	-		0.12kg/m ²	1層	23℃： 1.0時間 ～5日 (指触で乾燥 を確認)	1成分形であ るため、可使 時間は設定な し	-	1.0kg/m ²	1層	-5℃以上 85%以下	23℃： 60分以内	不要	76日 【5パー ティ2交替 を想定】	296,100千円 【5パーティ2交替を想 定】	14日
	RTワンガードクリア 工法	シーカ・ジャパン株式 会社			-	-		0.15kg/m ²	1層	15～25℃： 0.5～3時間 (指触硬化確 認)	15～25℃： 60分以内	-	1.2kg/m ²	1層	15～25℃： 12～18時間	15～25℃： 20分以内	不要	228日	247,155千円	7日
	スケルトンクリアー コーティング	株式会社エムピーエス			-	-		プライマー不要	プライマー不要	プライマー不要	プライマー不要	-	0.5l/m ²	1層	20℃、50%： 1時間以上	20℃、50%： 1時間	不要	150日	143,114千円	7日
	タフネスコート工法 クリア	タフネスコート技術研 究会			-	-		開発中	開発中	開発中	開発中	-	開発中	開発中	開発中	開発中	開発中	265日	395,130千円	0.5日
	ニューコートポリウ レアライニングシス テム	金森藤平商事株式会社			-	-		0.275l/m ²	1層	20℃： 6～8 時間後	45分	-	2.4l/m ²	1層	5～35℃： 約24時間	ポリウレタは事前 に70℃に加熱する ため、吹付後約30 秒で硬化する。 必要 (変色防止のため)	100日	498,000千円	3日	