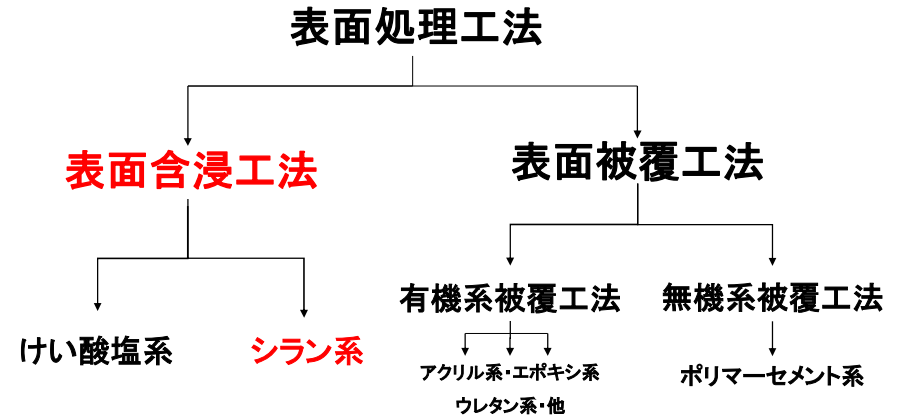




## シラン系表面含浸材 鉄筋腐食抑制タイプについて

ポゾリス ソリューションズ株式会社  
建材事業部  
福家 厚仁

## コンクリートの表面処理工法の分類



※土木学会 コンクリートライブラリー119 「表面保護工法設計施工指針(案)」抜粋

## NEXCO西日本による含浸材の見解 材料学会での発表資料より抜粋

まとめ

物質 透過抑制効果	含浸材の種類	
	シラン系	ケイ酸塩系
遮塩性	大	中
中性化抑制効果	中～小	小
遮水性	中	小

判定基準 { 大:無処理に比べて70%増の抵抗  
中:無処理に比べて40~60%増の抵抗  
小:無処理に比べて10~20%増の抵抗

物質透過抑制についてケイ酸塩系よりシラン系の有効性が確認された

## シラン系の比較(耐久性)

種類	高濃度シラン		低濃度シラン	
	アルキルtrialコキシラン (シランモノマー)	シラン・シロキサン系	水系	有機溶媒系
比較	高分子化反応開始前のため、シラン系では最少の分子サイズ	製品により分子サイズは異なるが、水系低濃度シランより小さい	水により高分子化反応が進んでいるため、分子サイズは非常に大きい	高分子化反応に必要な水を含まないため分子サイズは小さいが、環境問題によりあまり使用されていない

耐久性が高い→紫外線が届かない深さまで含浸  
深くまで含浸→分子サイズが小さい  
分子が小さい→水と反応し高分子化するため、  
高濃度シランであることが必要

高耐久性 =  
高濃度シラン

## 高浸透タイプ 含浸系表面保護材



# プロテクトシルBHN

## 製品について

高浸透タイプ 含浸系表面保護材

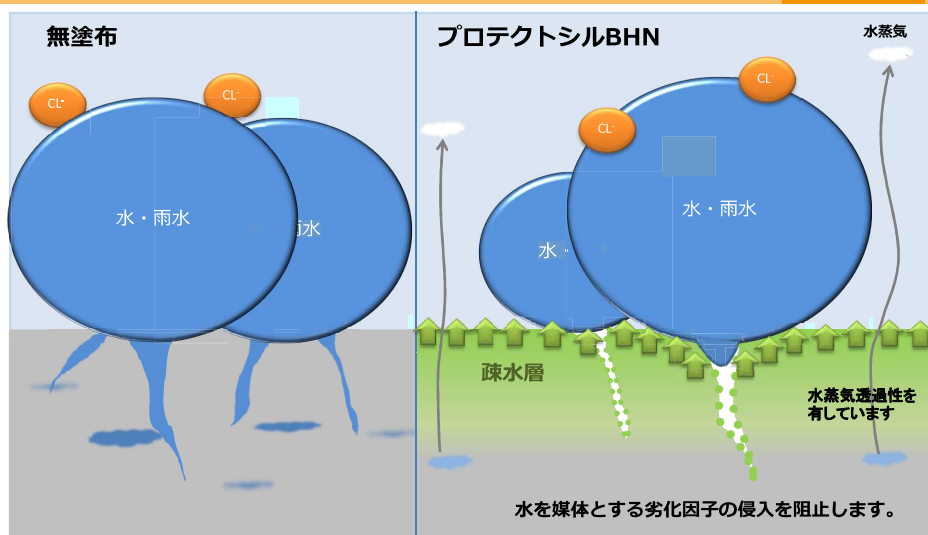
## プロテクトシル BHN

NETIS No.KK-120047-VR

NEXCO3社構造物施工管理要領  
シラン系表面含浸材規格適合品

有効成分: **Alkyltrialkoxysilane**  
アルキルトリアルコキシシラン  
 $R-Si(OR')_3$   
(R, R' = アルキル基)

## プロテクトシルBHNの効果



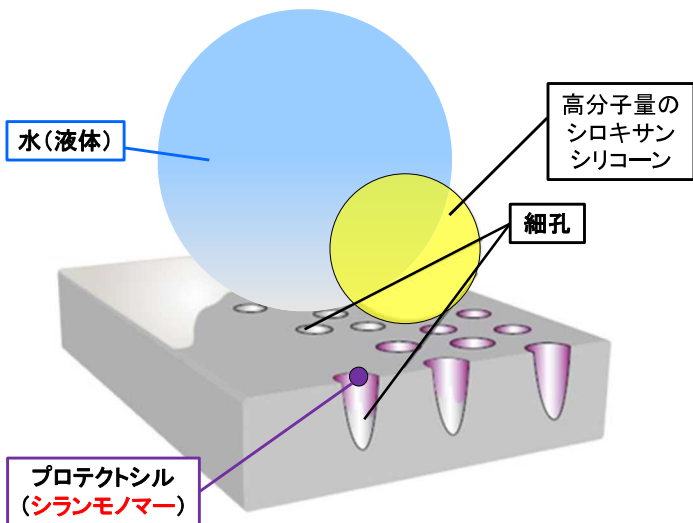
## プロテクトシルBHNの特長

- ★ 透明な液体で、塗布した外観に変化がありません。
- ★ 浸透深さが5~10mmで長い耐久性を有します。
- ★ 水と塩化物イオン等の劣化因子の浸入を防ぎます。
- ★ 水と同程度の粘性のため、施工が簡単です。
- ★ 環境に優しい無溶剤タイプです。  
厚生省令第15号(日本水道協会JWWA Z 108-2004)に適合
- ★ 上塗り材の施工ができます。

## 各分子・粒子径の比較



- プロテクトシル  
(シランモノマー)  
1nm
- シロキサン  
シリコーン  
20nm以上
- 水(分子)  
0.4nm
- 水(水素結合した  
液体の粒子径)  
100,000nm
- 細孔  
50~2,000nm



## 成分をシランモノマーとするメリット



### ≫コンクリートの深くまで含浸する

通常シラン系含浸材の主成分はシランモノマーを高分子化させたシロキサン(シリコーン)ですが、BHNはシランモノマーです。高分子化させていないため分子が非常に小さく、**コンクリート内部にほぼすべての成分が素早く含浸します。**

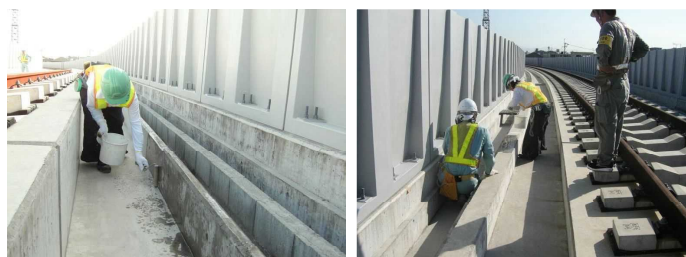
### ≫長い耐候性・短い養生時間

ほぼすべての成分が紫外線が届かないコンクリート内部に含浸することにより、紫外線劣化せず、**長期間吸水防止効果を付与させる**ことができます。また、浸透スピードが速いため、通常は24時間水に濡らさないように養生する必要がありますが(降雨などで濡れた場合再塗布)、**BHNの養生時間は4時間**です。

### ≫性能が安定

通常シラン系含浸材は主成分が高分子のため、いろいろな分子量の高分子の混合物となります。そのため、ロットごとに平均分子量および分子量分布の管理が必要となりますが、現場では判断できません。プロテクトシルBHNはシランモノマーの単一物質ですので、**理論的にロット間誤差というものはありません。**試験室で使用する試薬のように**常に安定した性能を有しています。**

## プロテクトシルBHNの施工例



鉄道高架橋  
吸水防止対策  
(高圧線BOX)



道路高架橋  
塩害対策(融雪剤)  
[新設コンクリート]



## プロテクトシルBHNの施工例 大阪モノレールでの適用例

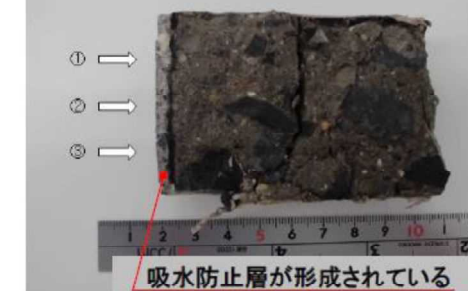


工作車による試験施工状況

### 工作車による試験施工

- 走行速度および噴霧圧力の変動による、含浸塗布量の検証
- 塗布ムラ、液ダレ等の確認
- コア採取による含浸深さの検証など

### コア試験体による含浸深さ測定



吸水防止層が形成されている



鉄筋腐食抑制タイプ  
RC構造物用含浸系表面保護材  
NETIS HR-060004-VE

プロテクトシルCIT

プロテクトシルCITとは

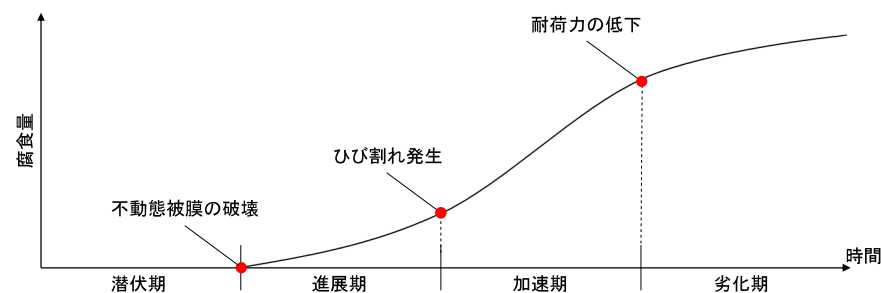
- » プロテクトシルCITとは
  - 躯体表面から塗布するだけで、躯体内部の鉄筋腐食を抑制する材料
- » 適用
  - 中性化、塩害に関わらず、鉄筋の腐食抑制
  - 補修時のマクロセル腐食抑制
- » メリット
  - 研り作業を必要とせず、躯体を傷付けずに耐久性の向上が可能
  - 低コストで鉄筋腐食抑制が可能
  - 速乾性のため、工期短縮が可能
  - 塗布量管理のため、施工による品質のばらつきが小さい

コンクリートの劣化の種類

	塩害	中性化	アルカリシリカ反応
劣化イメージ			
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉄筋の腐食膨張によるひび割れ</li> <li>・鉄筋に沿ったひび割れ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉄筋の腐食膨張によるひび割れ</li> <li>・鉄筋に沿ったひび割れ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アルカリシリカゲルの膨張によるひび割れ</li> <li>・ひび割れの発生は、膨張に対する拘束状態により異なる</li> </ul>
劣化因子	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 不動態被膜の破壊</li> <li>・塩化物イオン</li> <li>2. 鉄筋腐食</li> <li>・水</li> <li>・酸素</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 不動態被膜の消失</li> <li>・二酸化炭素</li> <li>2. 鉄筋腐食</li> <li>・水</li> <li>・酸素</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. アルカリシリカゲルの生成</li> <li>・反応性骨材</li> <li>・セメント（アルカリ成分）</li> <li>2. アルカリシリカゲルの膨張</li> <li>・水</li> </ol>
調査手法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・目視調査</li> <li>・塩化物イオン濃度測定</li> <li>・塩化物イオン拡散係数による塩分浸透予測</li> <li>・発生限界濃度に照らした対策の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・目視調査</li> <li>・中性化深さ測定（フェノールフタレイン）</li> <li>・√t則による中性化進行速度予想</li> <li>・残存膨張量試験結果に基づいた対策の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・目視調査</li> <li>・圧縮強度、静弾性係数試験</li> <li>・残存膨張量試験結果に基づく対策の検討</li> </ul>

» プロテクトシルCITは全ての劣化に対し適用可能

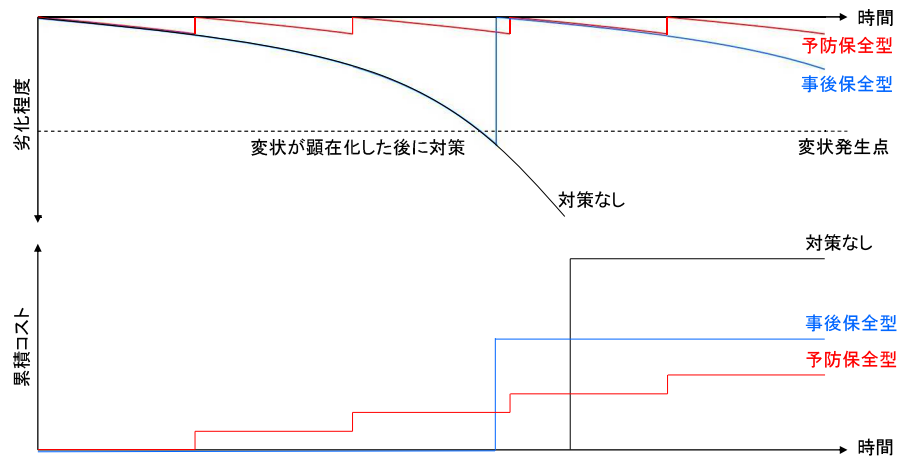
劣化期区分と各期の劣化対策



保全方針	1. 劣化因子の侵入抑止 2. 経過観察	1. 鉄筋腐食抑制 2. 劣化因子の除去	1. 劣化部の補修 2. 鉄筋腐食抑制 3. 劣化因子の除去	1. 劣化部の補修 2. 補強による耐力の回復 3. 鉄筋腐食抑制 4. 劣化因子の除去
対策	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 劣化因子の侵入抑止</li> <li>・表面被覆工法 (有機系/無機系)</li> <li>・表面含浸工法 (シラン系/ケイ酸塩系)</li> <li>2. 経過観察</li> <li>・とくになし</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 鉄筋腐食抑制</li> <li>・鉄筋腐食抑制型表面含浸材 = プロテクトシルCIT</li> <li>・電気防食工法</li> <li>2. 劣化因子の除去 (再アルカリ化工法)</li> <li>・断面修復工法</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 劣化部の補修</li> <li>・ひび割れ補修工法</li> <li>・断面修復工法</li> <li>2, 3. は進展期と同様</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1, 3, 4. は加速期と同様</li> <li>2. 補強による耐力の回復</li> <li>・炭素繊維シート張付け</li> <li>・鉄骨フレーム追設</li> <li>・添え筋 等</li> </ol>

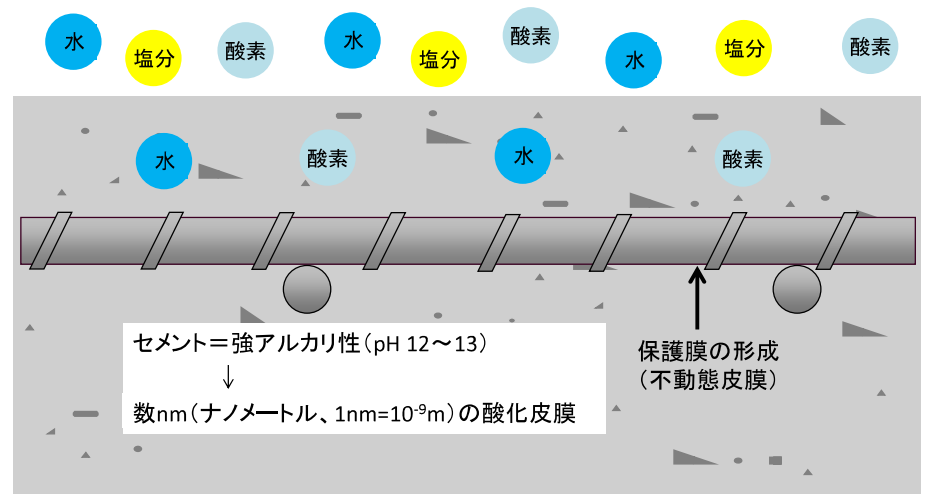


## ライフサイクルの考え方

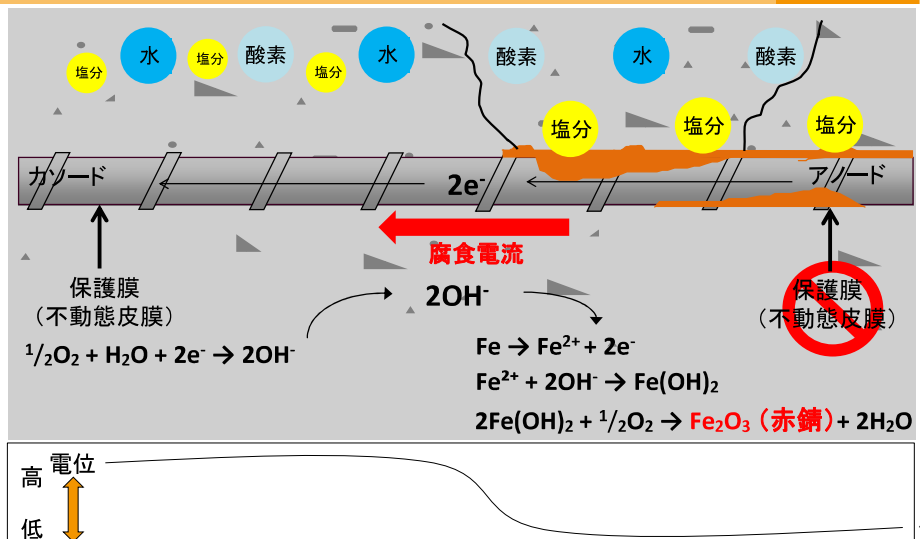


➤ 現状の劣化状況と今後の供用期間を想定し、LCMの検討を行う。

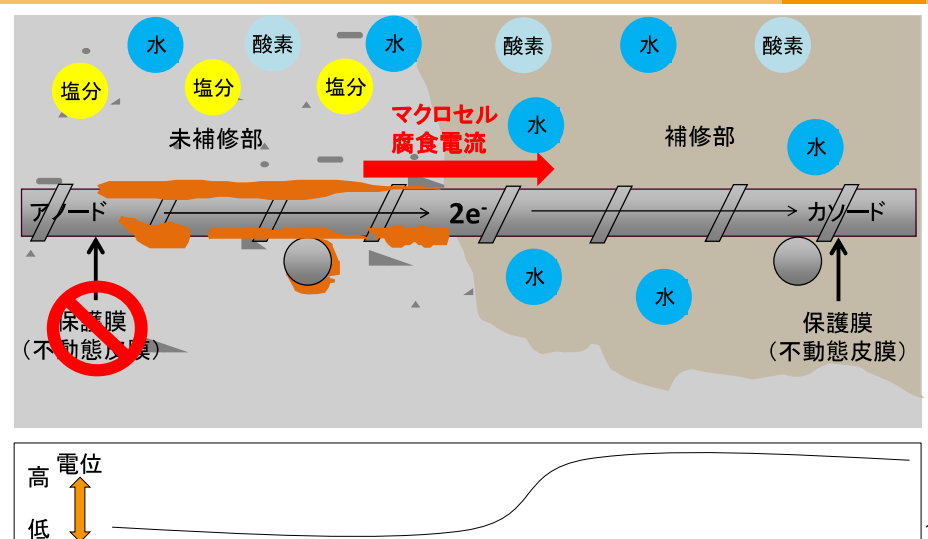
## 健全なコンクリート



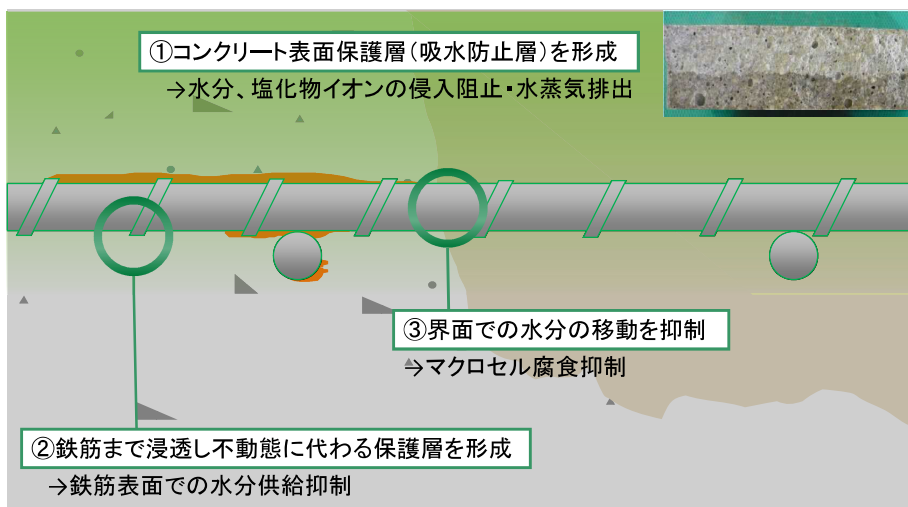
## 腐食のメカニズム



## マクロセル腐食のメカニズム



## プロテクトシルCITの効果



17

## プロテクトシルCITのメリット



	項目	プロテクトシルCIT	ケイ酸塩系表面含浸工法	表面被覆工法	再アルカリ化工法
製品性能	効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>吸水防止層による劣化因子遮断</li> <li>鉄筋周辺部での保護層の形成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>表層緻密化による劣化因子遮断</li> <li>アルカリ付与効果</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>塗装による物理的な劣化因子遮断</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>再アルカリ化による不動態被膜再生</li> </ul>
	対応時期	進展期～加速期	新設～潜伏期	潜伏期	進展期～加速期
	耐用年数(一般)	20年程度 (記録更新中)	10年程度	10年程度	30年程度
施工性	施工工程	<ul style="list-style-type: none"> <li>下地処理</li> <li>塗布(3~4回)</li> <li>乾燥養生</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>下地処理</li> <li>散水</li> <li>塗布</li> <li>散水養生</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>下地処理</li> <li>下塗り</li> <li>中塗り</li> <li>上塗り</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>下地処理</li> <li>陰極材/陽極材設置</li> <li>ファイバー吹付け</li> <li>通電/溶液補給(14日)</li> <li>陽極材撤去</li> </ul>
	メンテナンス性	目視による点検可 表面清掃後再塗布可	目視による点検可 表面清掃後再塗布可	目視による点検不可 既存塗膜除去後再施工	目視による点検可 表面清掃後再施工
経済性	材工価格(円/m <sup>2</sup> )	7,000円/m <sup>2</sup>	4,000円/m <sup>2</sup>	9,000円/m <sup>2</sup>	90,000円/m <sup>2</sup>

※価格はコンクリートメンテナンス協会ホームページを参考とした。

18

## プロテクトシルCITの性能まとめ



- ▶▶ 表面に塗布するだけで鉄筋の腐食抑制が可能
- ▶▶ はつり作業等の工程を必要とせず、躯体への負担が小さい
- ▶▶ 施工が塗布のみであり、施工者の技量による性能差が生じにくい
- ▶▶ 浸透深さが深く、長い耐久性を有する
- ▶▶ 素材の外観・質感を変えない(維持管理・点検に有効)
- ▶▶ 再塗布、上塗りの施工が可能

23

## プロテクトシルCITの施工事例(1)

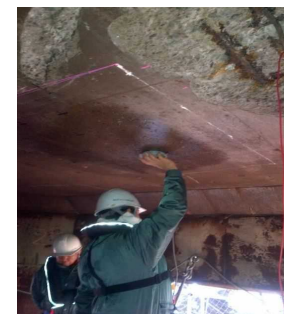


### ▶▶ 東京電力HD 東扇島火力発電所LNGバース

- 劣化要因：海水による塩害劣化対策
- CITのメリット：施工が容易で養生時間が短いため、干満帯でも施工可能  
高塩害環境下でも有効



噴霧器での簡易施工



腐食電流速度による効果測定

24

## プロテクトシルCITの施工事例(2)

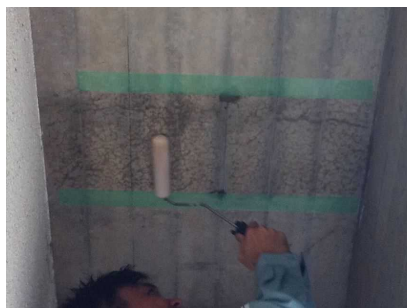


### » 国立西洋美術館

- 劣化要因：経年による中性化劣化対策
- CITのメリット：外観を全く変えずにコンクリート中の鉄筋腐食が可能



施工箇所：はちまき部、柱部



試験施工状況

25

## プロテクトシルCITの施工方法



- » 1材型液状製品
- » 使用量0.6L/m<sup>2</sup>(複数回塗布)
- » 刷毛、ローラー、噴霧器にて施工
- » 指触乾燥30-60分、養生時間4時間の速乾タイプ



塗布直後



30分後

26

## プロテクトシルCIT施工上の注意



- » 気温、施工面の温度が5℃～40℃の環境で施工を行う
- » コンクリート表面を湿潤処理または雨に打たれた場合は、十分に乾燥させてから施工を行う
- » 施工後4時間以内に雨が予想される場合は施工しない
- » 相対湿度85%以下で施工を行う
- » 施工面の水分率8%以下で施工を行う
- » 風速5m/s以下で施工を行う
- » プロテクトシルCITを水で希釈して使用しない
- » 施工時は、防護メガネ、防護マスク等の保護具を着用して作業を行う

27

## プロテクトシルCIT性能評価試験例

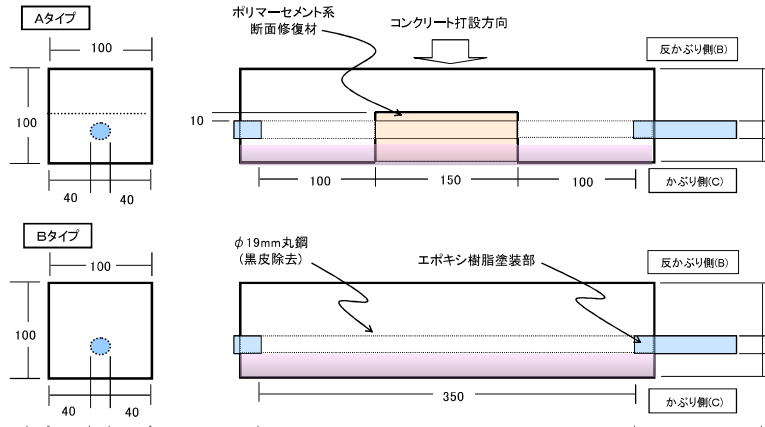


- » 社内試験
  - 供試体のひび割れ状況確認
  - 供試体の腐食減量測定
- » NETIS試行試験
  - 実構造物での腐食速度測定
  - 供試体の腐食減量測定

28

## プロテクトシルCIT

鉄筋腐食抑制効果検証試験



塩水乾湿繰り返し55サイクル(3日塩水、4日気中)後、6年暴露

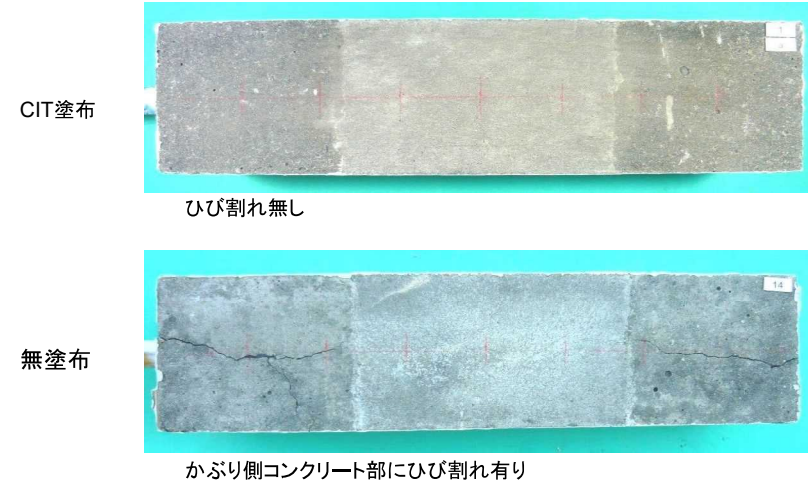
29

## プロテクトシルCIT

鉄筋腐食抑制効果検証試験 暴露試験体経過観察



試験開始7年後(促進試験1年+暴露6年)状況



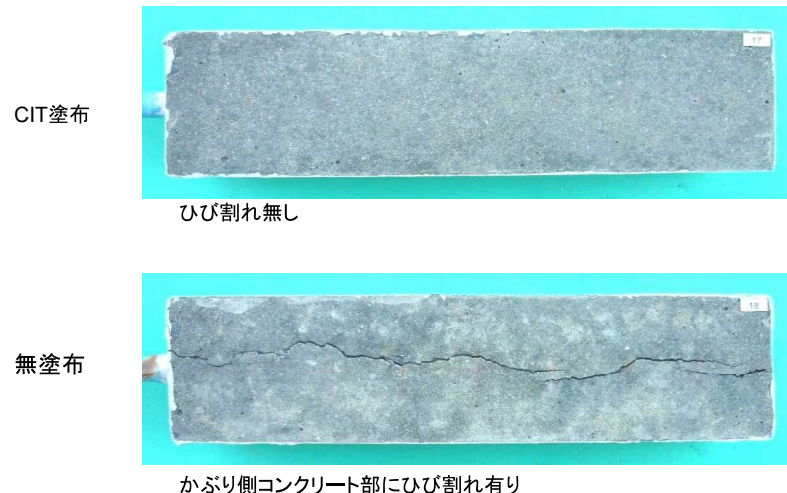
30

## プロテクトシルCIT

鉄筋腐食抑制効果検証試験 暴露試験体経過観察



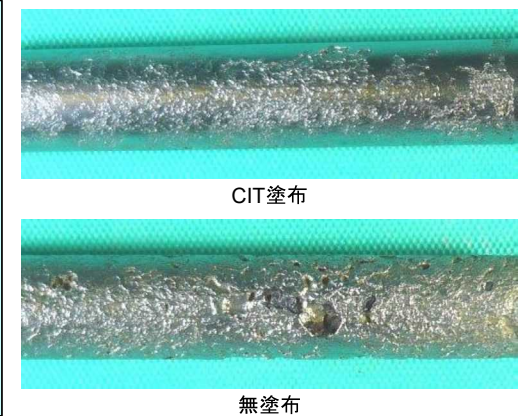
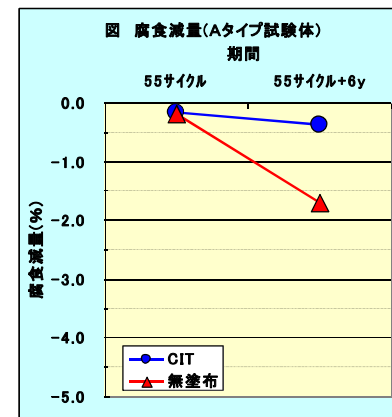
試験開始7年後(促進試験1年+暴露6年)状況



31

## プロテクトシルCIT

鉄筋腐食抑制効果検証試験 暴露試験体腐食減量比較

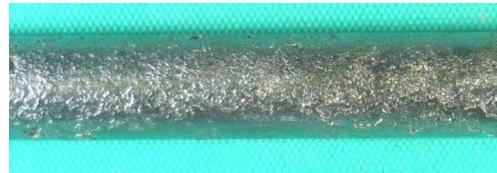
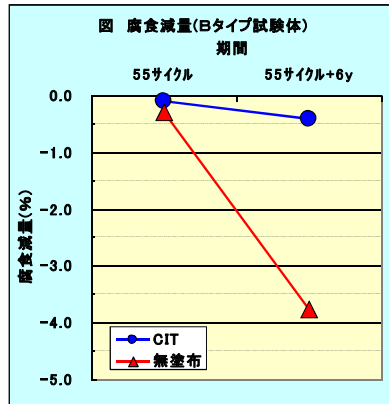


32

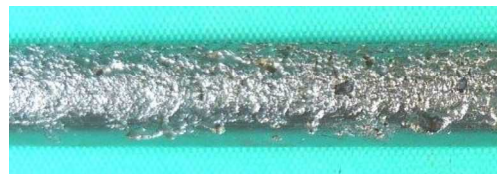


## プロテクトシルCIT

鉄筋腐食抑制効果検証試験 暴露試験体腐食減量比較



CIT塗布



無塗布

## プロテクトシルCIT

国交省NETIS登録



「概要」「従来技術との比較」等のタブをクリックすることでそれぞれの内容を閲覧することができます。関連する情報がある場合は画面の上部にあるリンクをクリックすること

HR:北陸技術事務所にて登録

ものづくり 日本大賞	国土技術 開発賞	建設技術 審査証明 ※																																		
<table border="1"> <tr> <td>技術名称</td> <td>鉄筋腐食抑制工法「プロテクトシル CIT」</td> <td>事後評価済み技術 (2010.03.31)</td> <td>登録 No.</td> <td>HR-060004-V</td> </tr> <tr> <td>事前審査</td> <td colspan="4"> <table border="1"> <tr> <th colspan="6">事後評価</th> </tr> <tr> <th colspan="3">技術の位置付け</th> <th colspan="3">事後評価</th> </tr> <tr> <td>試験実証評価</td> <td>活用効果評価</td> <td>推奨 技術</td> <td>標準推奨 技術</td> <td>活用促進 技術</td> <td>設計比較 対象技術</td> </tr> <tr> <td>有</td> <td>有</td> <td>有</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> </td> </tr> </table>			技術名称	鉄筋腐食抑制工法「プロテクトシル CIT」	事後評価済み技術 (2010.03.31)	登録 No.	HR-060004-V	事前審査	<table border="1"> <tr> <th colspan="6">事後評価</th> </tr> <tr> <th colspan="3">技術の位置付け</th> <th colspan="3">事後評価</th> </tr> <tr> <td>試験実証評価</td> <td>活用効果評価</td> <td>推奨 技術</td> <td>標準推奨 技術</td> <td>活用促進 技術</td> <td>設計比較 対象技術</td> </tr> <tr> <td>有</td> <td>有</td> <td>有</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				事後評価						技術の位置付け			事後評価			試験実証評価	活用効果評価	推奨 技術	標準推奨 技術	活用促進 技術	設計比較 対象技術	有	有	有			
技術名称	鉄筋腐食抑制工法「プロテクトシル CIT」	事後評価済み技術 (2010.03.31)	登録 No.	HR-060004-V																																
事前審査	<table border="1"> <tr> <th colspan="6">事後評価</th> </tr> <tr> <th colspan="3">技術の位置付け</th> <th colspan="3">事後評価</th> </tr> <tr> <td>試験実証評価</td> <td>活用効果評価</td> <td>推奨 技術</td> <td>標準推奨 技術</td> <td>活用促進 技術</td> <td>設計比較 対象技術</td> </tr> <tr> <td>有</td> <td>有</td> <td>有</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				事後評価						技術の位置付け			事後評価			試験実証評価	活用効果評価	推奨 技術	標準推奨 技術	活用促進 技術	設計比較 対象技術	有	有	有											
事後評価																																				
技術の位置付け			事後評価																																	
試験実証評価	活用効果評価	推奨 技術	標準推奨 技術	活用促進 技術	設計比較 対象技術																															
有	有	有																																		

耐用年数20年で登録

## プロテクトシルCIT

NETIS試行試験 浄土洞門



【工事概要】■洞門延長 50m ■塗布面積 1,000m<sup>2</sup>



プロテクトシルCIT  
塗布箇所

## プロテクトシルCIT

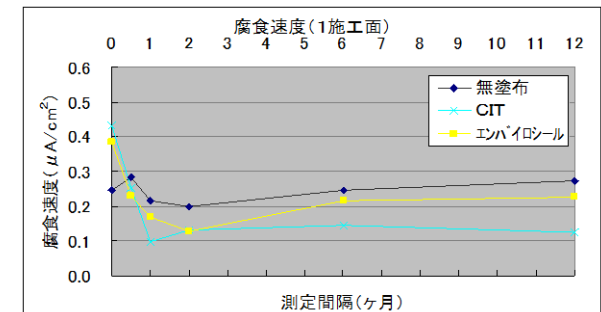
NETIS試行試験 浄土洞門



鉄筋の腐食速度測定状況



腐食速度測定状況



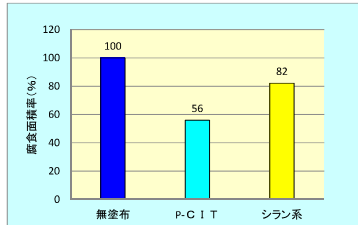
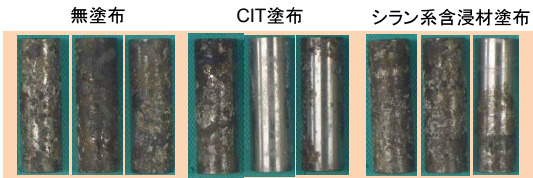
腐食速度 (μA/cm <sup>2</sup> )	腐食速度の判定 <sup>注)</sup>
> 1.0	激しく高い腐食速度
0.5~1.0	中~高程度
0.2~0.5	低~中程度
< 0.2	不動態状態

# プロテクトシルCIT

NETIS試行試験 浄土洞門



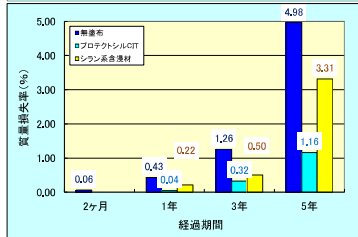
5年を経過した試験体の鉄筋腐食状況



クエン酸アンモニウム  
10%溶液で洗浄



顕著な鉄筋の孔食(5年)



暴露試験体の鉄筋は、経時と共に腐食が進行しているが、プロテクトシルCITの腐食抑制効果が確認できる。

# 遮蔽型マクロセル対策工研究会



コンクリート構造物の寿命を伸ばす、新技術

## 遮蔽型マクロセル腐食対策工法

特許出願中(出願番号特願 2006-219360)



RCホロースラブ橋主版上面鉄筋のマクロセル腐食



# ハイブリッド・塩害補強工法

New



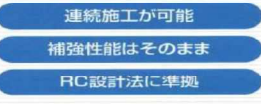
## 含浸剤塗布面に炭素繊維補強が可能

高付着性シラン用プライマーにより、含浸剤塗布面でもシートが確実に付着します。また、コンクリートの劣化、鉄筋の腐食進行を半永久的に抑えます。



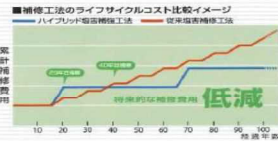
## 抜群の施工性で従来補強設計にも対応

軽量かつ高強度・高弾性なトウシート・ストランドシートとプロテクトシルCITを使用し、従来の鉄筋コンクリートの設計法に準拠した補強設計が可能です。



## 耐久性に優れコストダウンを実現

塩害を受けた構造物のライフサイクルコスト、補修費用が低減されます。



厳しい試験条件においても、せん断付着強度の設計規格値をクリアしています。

養生条件	最大応力 (MPa)	せん断付着強度 (MPa)	引張引張強度 (MPa)
施工: 5°C-CIT養生: 4時間	25.7	0.99	1.35
23°C-1時間	23.7	0.91	1.04
設計規格値	—	0.44	0.5

# プロテクトシルCITの日本での実績



- 新潟県 国道8号高架橋 8,000㎡
- 山口県 上関大橋 4,000㎡
- 福岡県北九州市 国道199号港橋 4,500㎡
- 北海道 天塩河口大橋 8,000㎡
- 新潟県 国道8号向山洞門 3,000㎡
- 静岡県 国道1号沼川高架橋 3,200㎡
- 宮崎県 国道220号橋樑 10,000㎡



# プロテクトシルCITの世界での実績



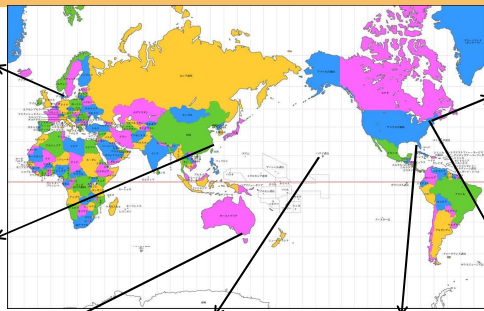
デンマーク国会議事堂  
クリスチャンスボー城



中国 杭州市  
杭州湾大橋 (コンクリートピア)  
36km



オーストラリア  
メルボルン  
モナシュ大学



アメリカ ハワイ  
アラ・モアナ・パシフィック・  
センター



アメリカ オーランド  
ユニバーサルスタジオ・フロリダ  
75,000㎡



アメリカ ニュージャージー  
コモドルバリー橋  
90,000㎡



アメリカ ペンシルバニア  
駐車場  
20,000㎡