

コンクリート構造物における表面含浸材の適用手法

お話のねらい

凍・塩害の抑制対策として適用例が増えている表面含浸材について、北海道開発局の協力のもとで行った試験施工で得た知見を基に、適切な使い方を取りまとめた「道路橋での表面含浸材の適用にあたっての留意事項」（北海道開発局道路設計要領第3集第2編に掲載）を、表面含浸材の適用をご検討の方、基準類の作成担当の方に広く知っていただき、基礎知識の確認、仕様の策定、施工の参考としていただきたい。



国立研究開発法人土木研究所

寒地土木研究所 耐寒材料チーム 遠藤 裕丈

- はじめに
- 寒冷地での試験施工・追跡調査
- 設計施工要領の紹介
- 最近の取り組み

凍結防止剤の散布は、冬期の車両走行の安全確保のために必要な作業であるが、コンクリートの劣化に及ぼす影響が懸念され、対策が求められる。



凍害・塩害の複合作用を受けた北海道内のコンクリート部材の一例

コンクリート部材の耐久性を高めるため、水の侵入抑制や表層固化などの所定の性能をコンクリート表層へ付与する**浸透性の保護材**。



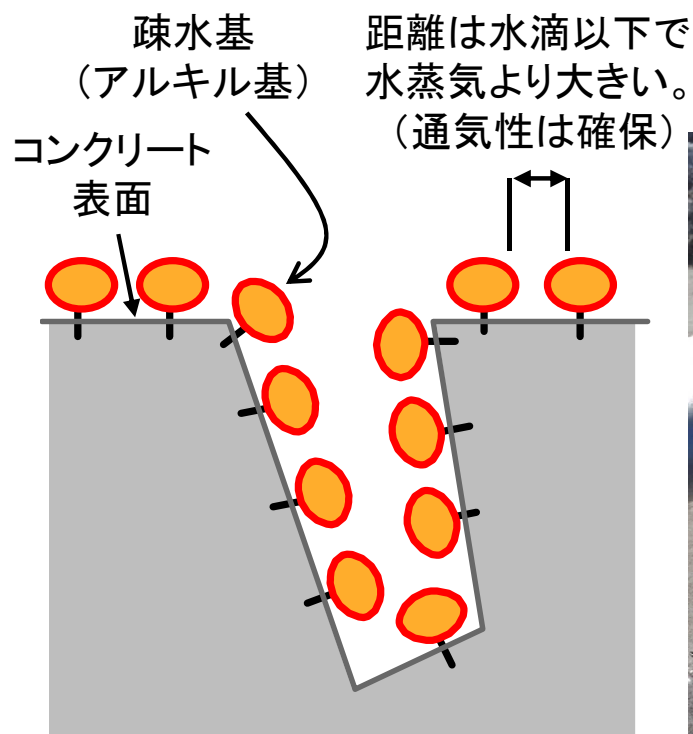
表面含浸材の施工状況

主な特徴

- 施工が簡便で、比較的安価
- 無色透明で施工後も目視点検が可能
- 部材改修の際に発生する産業廃棄物の量が少ない

シラン系表面含浸材

コンクリート表面や空隙内壁に撥水機能を持つ疎水基を化学的に固着させ、外部からの吸水を抑える。なお、空隙は充填されない。

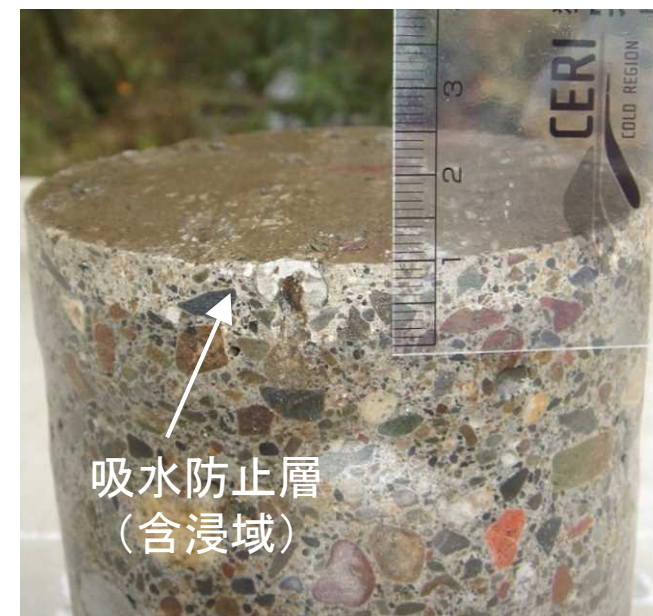


塗布後の状態(イメージ)



部材表面に水を噴霧した様子

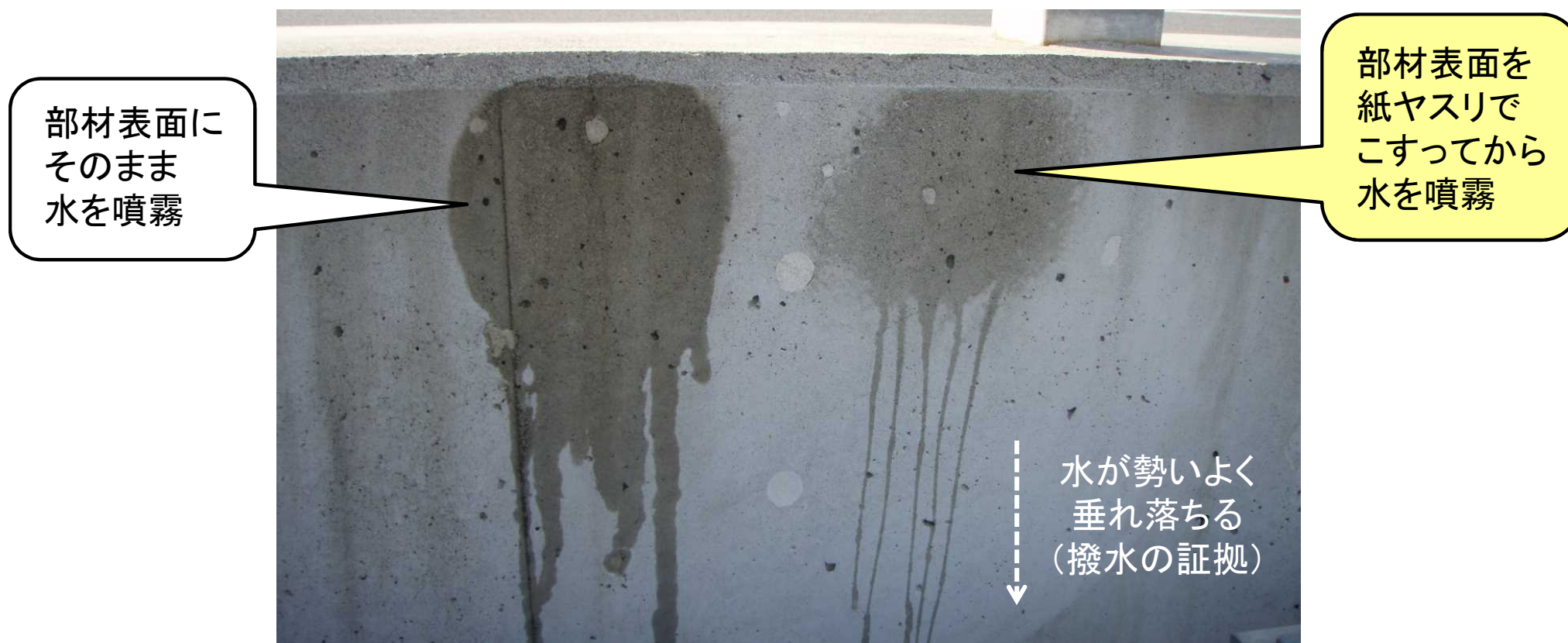
〔表面の撥水は、疎水基が紫外線に弱いため、数年で消失〕



塗布6年後に採取したコアに水を噴霧した様子

〔表層の撥水は、紫外線の影響を受けないため、長期に亘り持続〕

表面は撥水していなくても、紫外線を受けない表面直下の撥水機能は持続。



施工後8年経過した道路橋の地覆(背面)

けい酸塩系表面含浸材

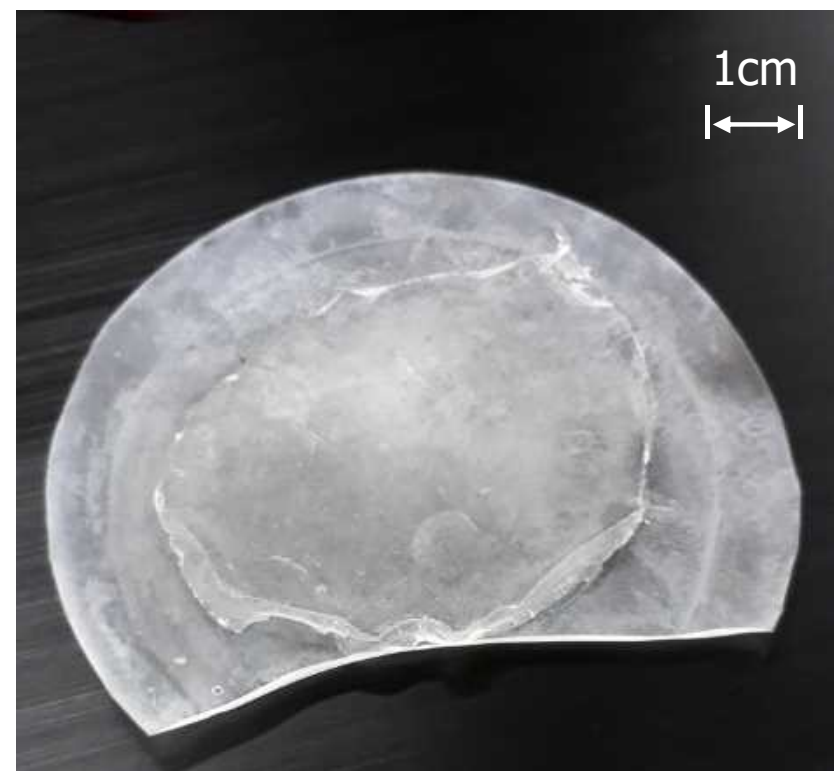
コンクリート内の水酸化カルシウムと反応し、**ゲルを生成して表層を固化**する。
未反応の成分も**乾燥が進むと固化**する。なお、基本的に撥水はしない。

けい酸塩系表面含浸材
(主成分の粒径は1~10nm)

コンクリート
表面

生成されたゲルおよび
乾燥固化物によって
微細空隙が充てん。

塗布後の状態
(イメージ)



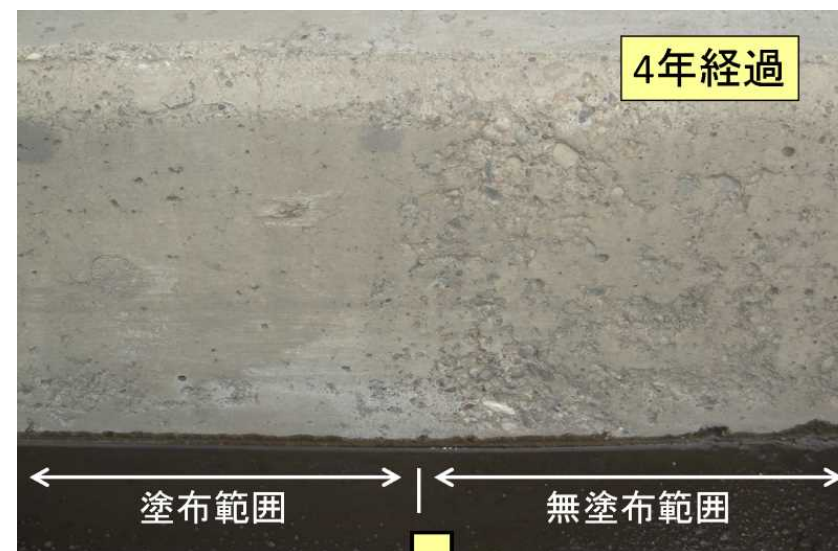
乾燥し、固化したけい酸塩系表面含浸材

- はじめに
- 寒冷地での試験施工・追跡調査
- 設計施工要領の紹介
- 最近の取り組み

塗布後10年までの範囲では、スケーリングの進行は抑制傾向にあった。

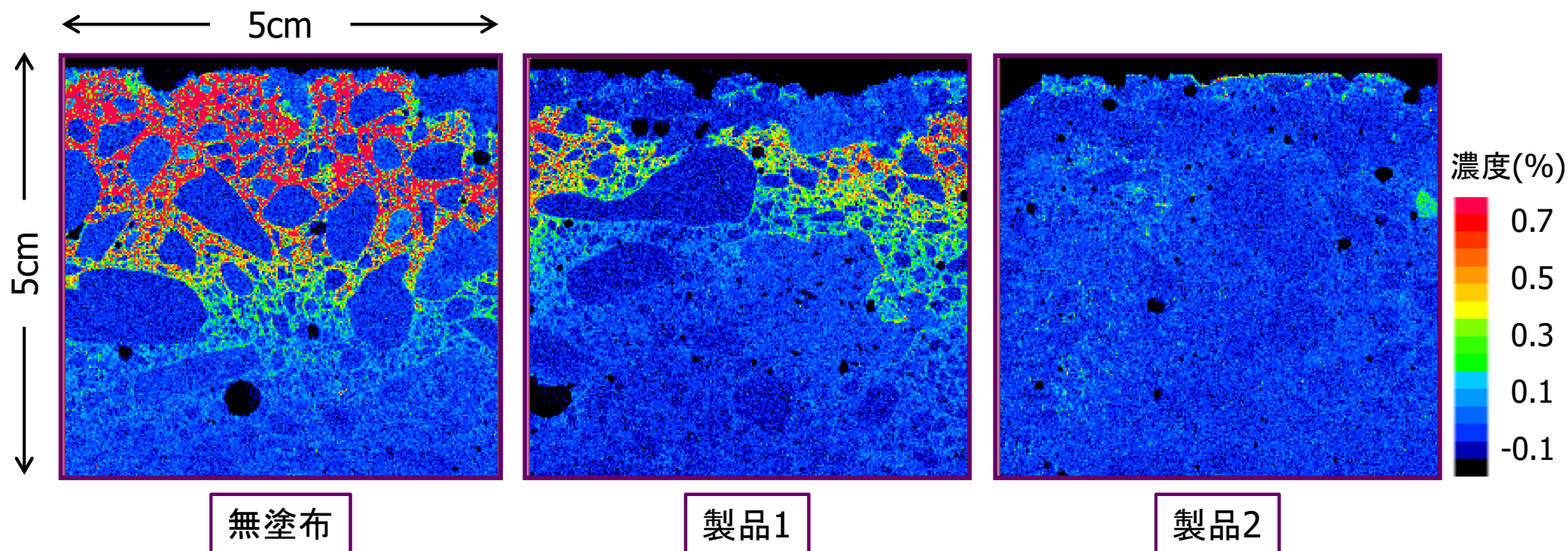


道央地方山間部の道路橋地覆



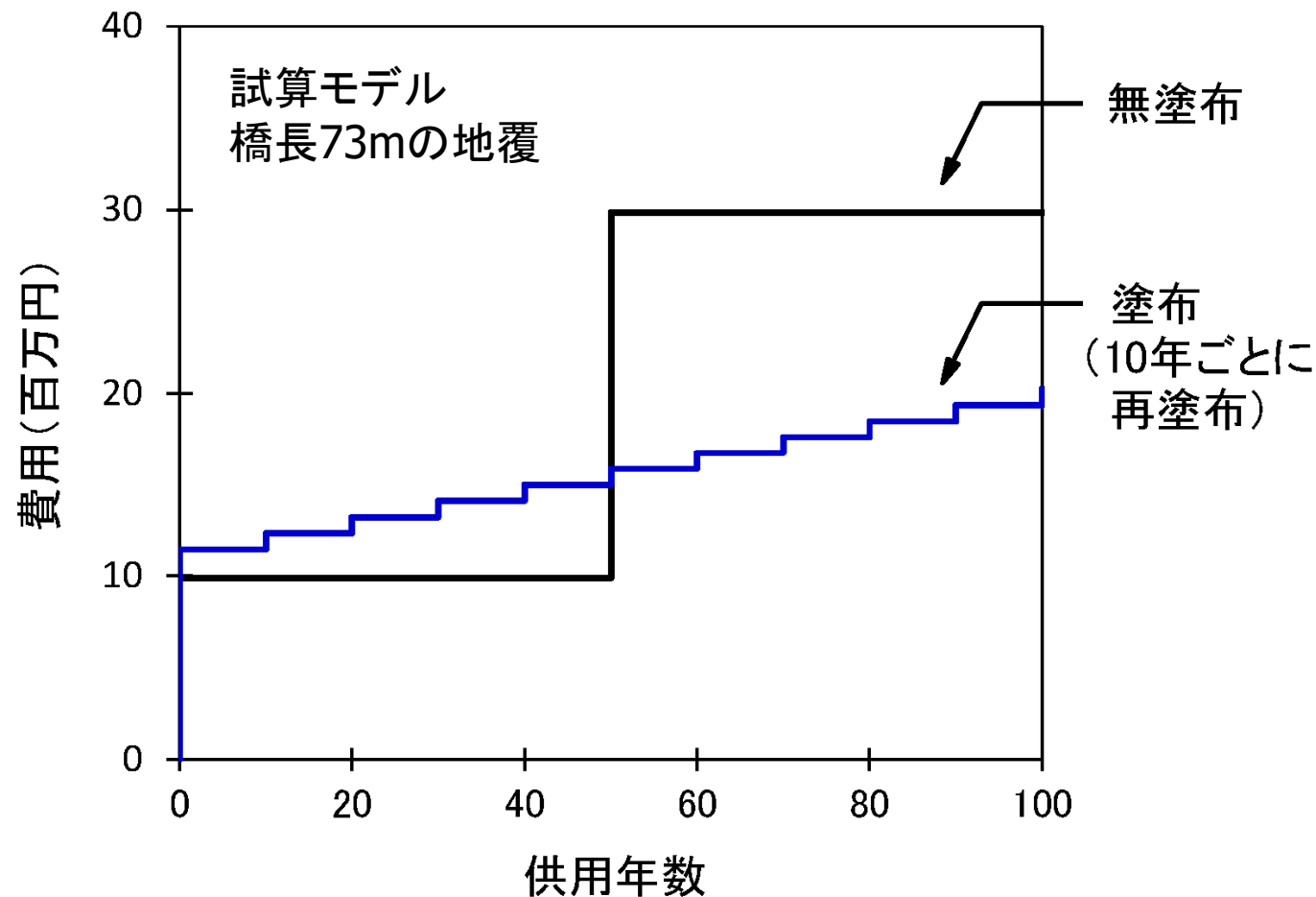
道東地方平野部の道路橋地覆

塗布10年目の地覆からコアを採取し、塩化物イオンの浸透状況を評価。
製品によって異なるが、**塩化物イオン抑制効果を確認**。
スケーリングがみられても吸水防止層が残存していれば効果は期待できる。



塩化物イオン濃度分布のEPMA画像(上面が融雪水の供給面)

スケーリングの進行抑制に効果的な再塗布のインターバルを10年とすると、部材のライフサイクルコストは塗布した方が小さく、予算の平準化も図れる。



現場の位置や環境、製品によっては、14年経過後も美観が保持されている箇所も確認(すべてではない)。



道北地方沿岸部の道路橋地覆、14年目

部材の表面に乾燥収縮ひび割れが生じた箇所も確認。
なお、ひび割れは表面のみで貫通しておらず、遮水効果も持続している。
鋼材腐食やASRの抑制に寄与する点から、総合的に塗布の意義は大きい。



道央地方山間部の道路橋地覆、11年経過

けい酸塩の外観変化は、塗布直後から、無塗布に近い状況。

無塗布



けい酸塩系

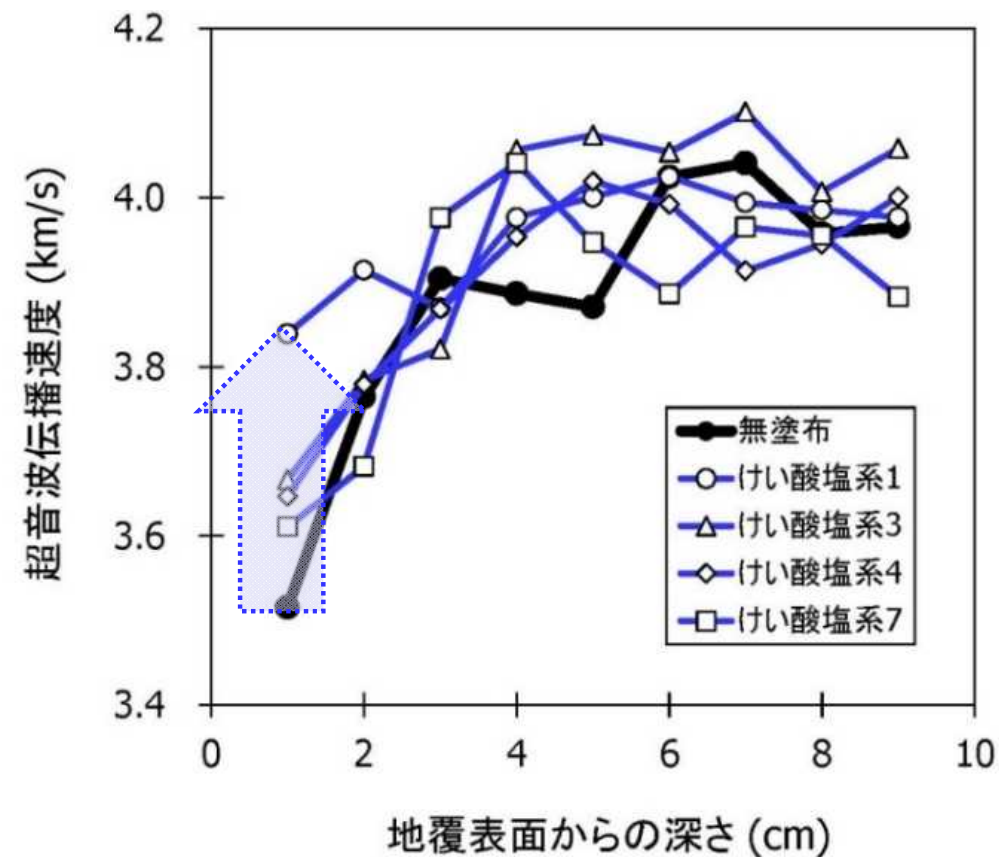


道央地方山間部、11年経過

シラン系(参考)



表面付近で超音波伝播速度が増加。空隙充填効果によると考えられる。

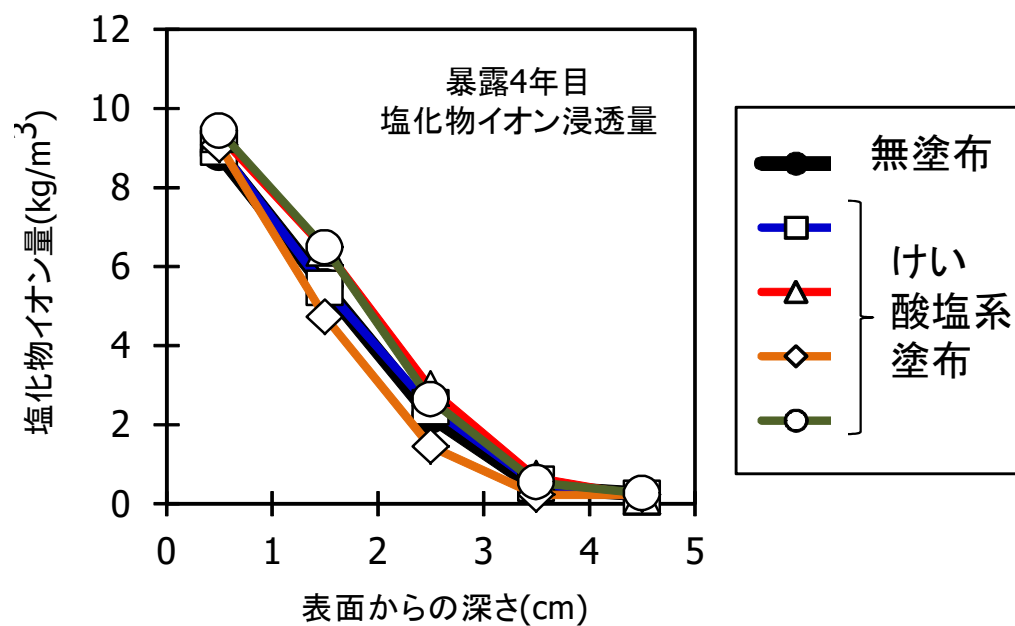


道央地方山間部、塗布5年目にコアを採取し、内部の超音波伝播速度を測定

北海道沿岸での4年間の暴露実験では、塩化物イオン浸透抑制効果は確認できず。



増毛暴露実験場



暴露4年目の塩化物イオン量の測定結果

- はじめに
- 寒冷地での試験施工・追跡調査
- 設計施工要領の紹介
- 最近の取り組み

26

8.維持・管理

北海道開発局 道路設計要領 第3集 第2編 参考資料Bとして収録
(北海道開発局のホームページからダウンロードできます)

シラン系表面含浸材の選定

下記を満たす製品を選定する。

ただし、製品選定の目安であり、**実施工での出来形の管理基準ではない。**

		北海道 開発局 (留意事項)	参考		
			NEXCO 東・中・西	日本 建築学会	建築仕上 工業会
試験体		W/C=55% コンクリート (RC-4相当)	W/C=50% モルタル	W/C=65% モルタル	
シラン系表面含浸材 含浸深さの規格値		6mm以上	4mm以上※	1mm以上	2mm以上
塩化物 イオンの 浸透抑制	塩分濃度 浸漬日数	3%濃度、63日浸漬		2.5%濃度、7日浸漬	
	規格値	浸透深さ 3mm以下	90%以上 の抑制率	浸透深さ 3mm以下	浸透深さ 3mm以下

※スケーリングが懸念される地域については、別途検討した上で規格値を設定

けい酸塩系表面含浸材の選定

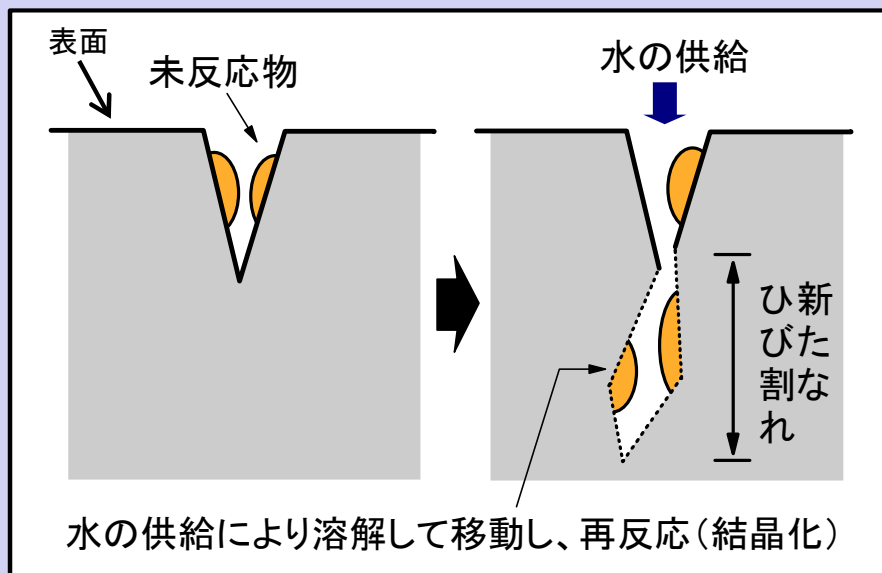
けい酸塩系表面含浸材は2種類に大別されるが、特に使い分けは行わず、ておらず、寒冷地での実績(追跡調査データ等)を有する製品を使用。

けい酸ナトリウム系 表面含浸材(反応型)※

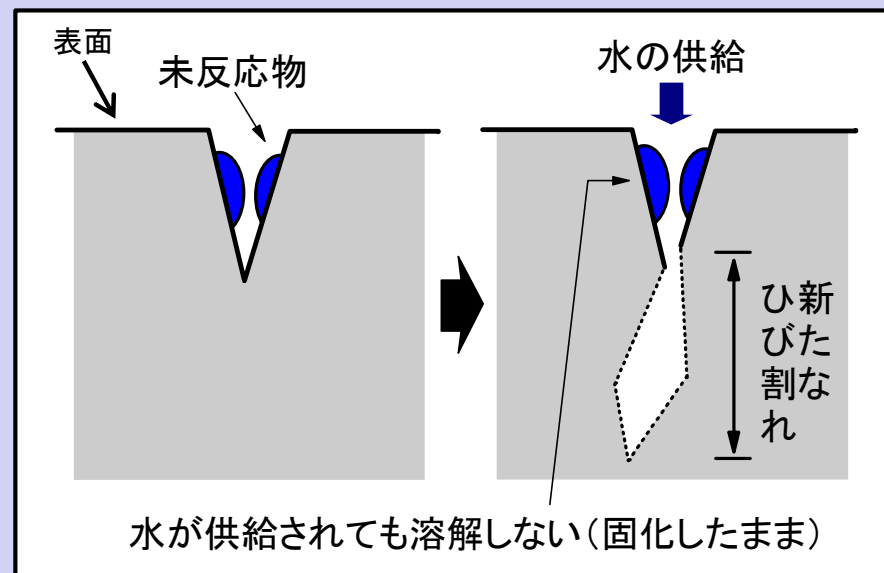
けい酸リチウム系 表面含浸材(固化型)

未反応
のまま
乾燥、
固化し
た成分

水が供給されると再び溶解し、
水酸化カルシウムと反応



難溶性になる



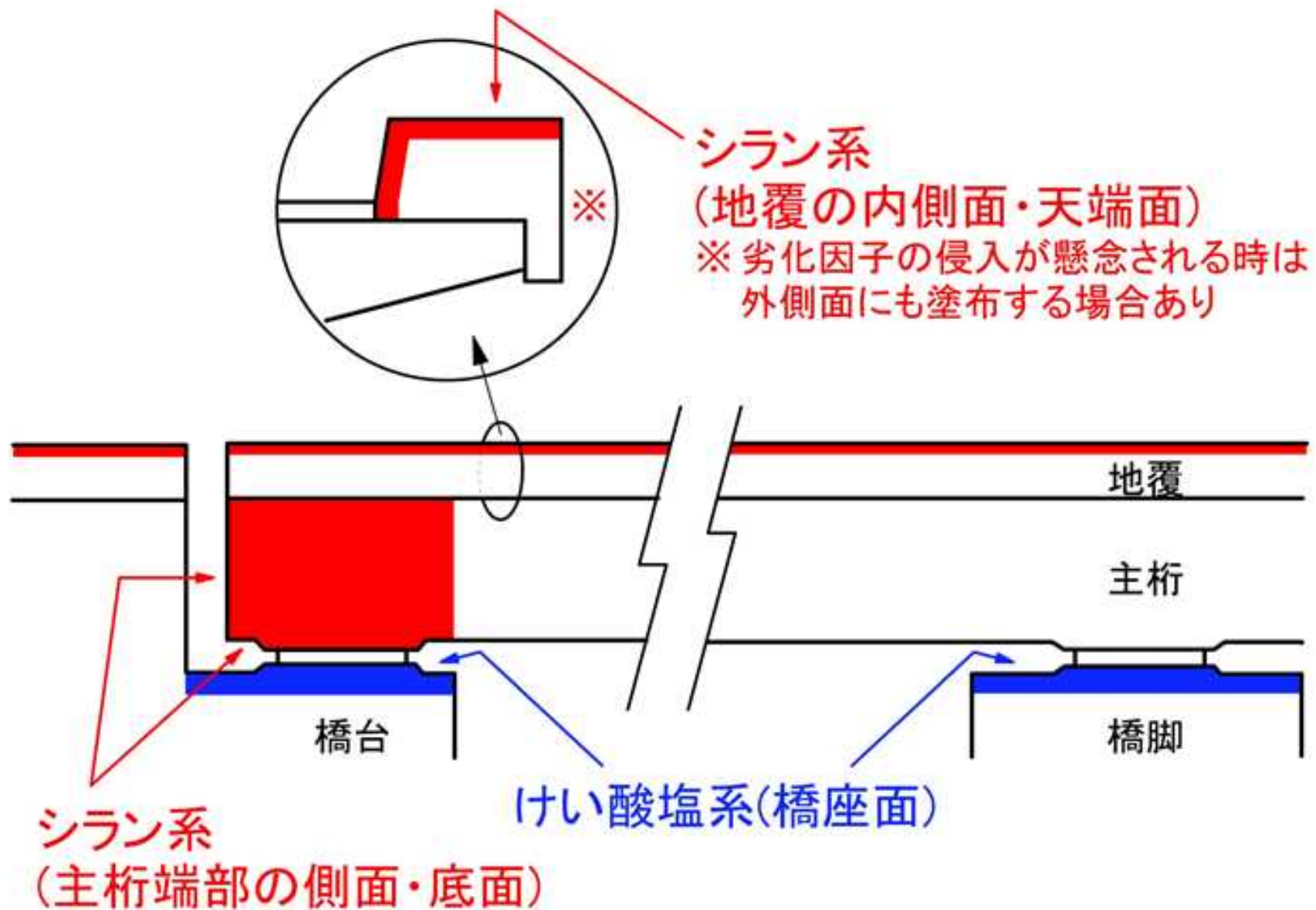
湿潤状態で施工

乾燥状態で施工

留意点

製品は水溶液で、施工でも水を使うこともあり、冬期施工では凍結に注意

※けい酸塩カリウム系表面含浸材も「反応形」に分類



経年しても塗布したことが現場で確認できるよう、銘板を設置。



銘板への記載事項

- ・構造物の名称
- ・施工部位
- ・施工年月
- ・使用材料(製品名)
- ・材料製造者
- ・施工者(工事管理者)

銘板の例



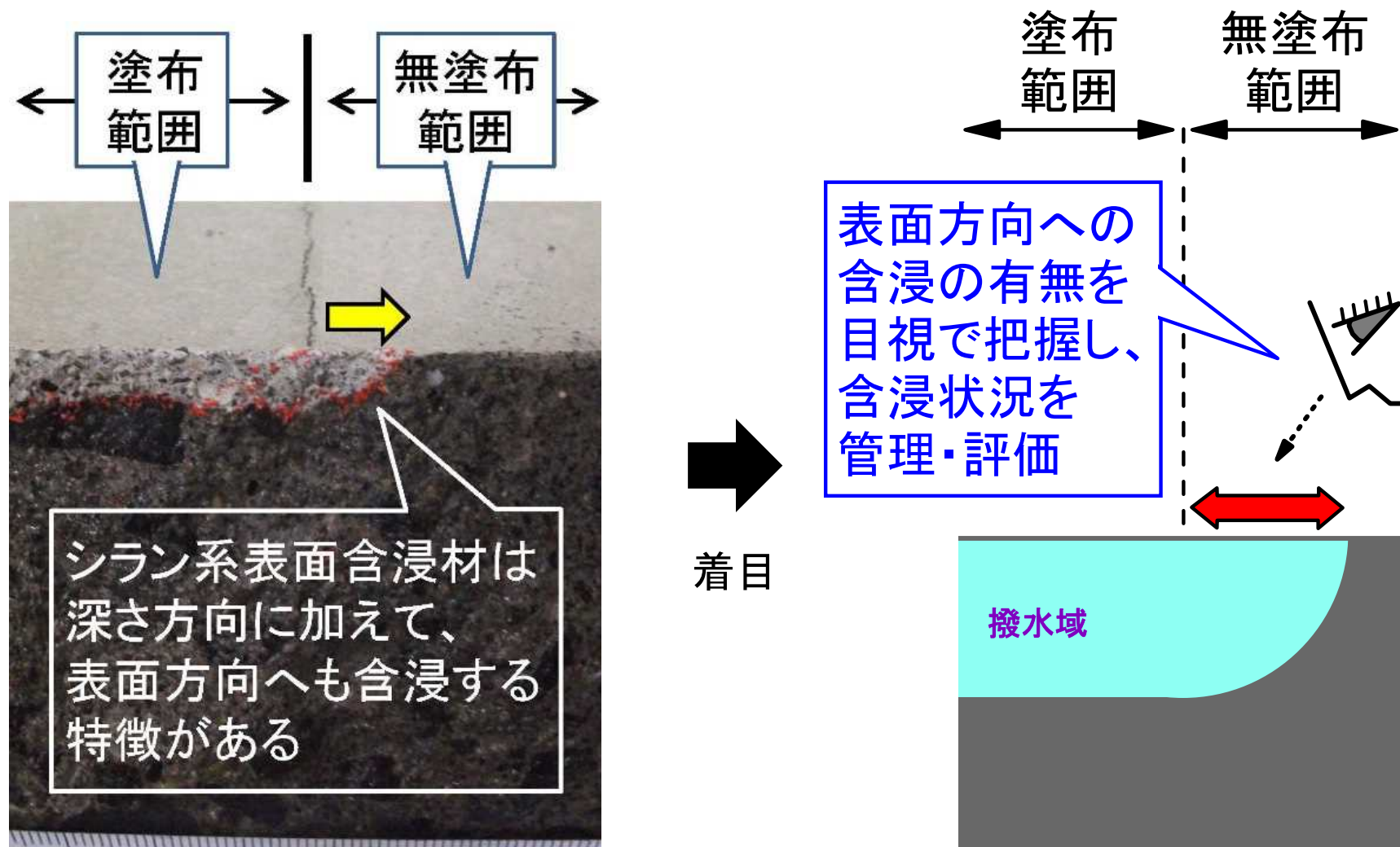
部位毎に区分けして明示

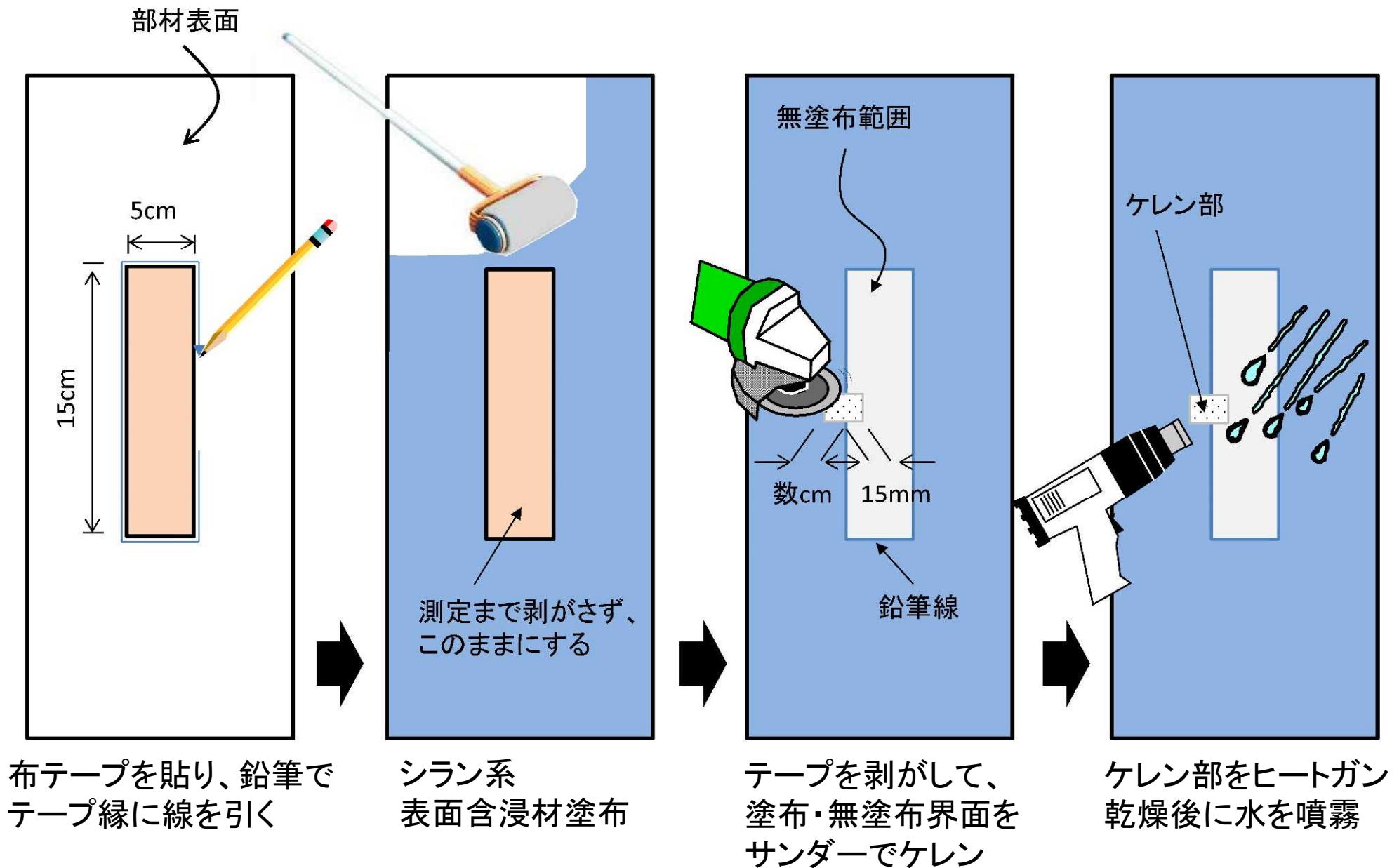


地覆にシラン、橋座面にけい酸塩(2枚にわけて貼り付け)

- はじめに
- 寒冷地での試験施工・追跡調査
- 設計施工要領の紹介
- **最近の取り組み**

【課題】含浸深さを非破壊で管理できないか・・・？（コア採取は負担が大きい）



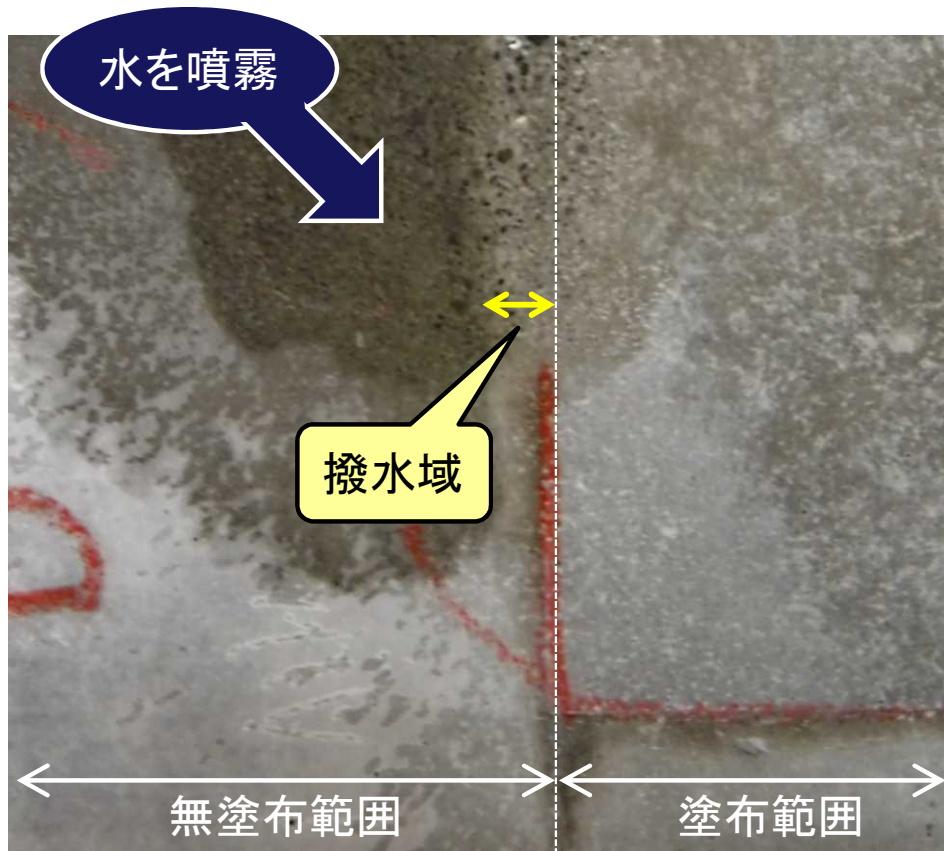


シラン系表面含浸材の含浸深さ非破壊管理

25

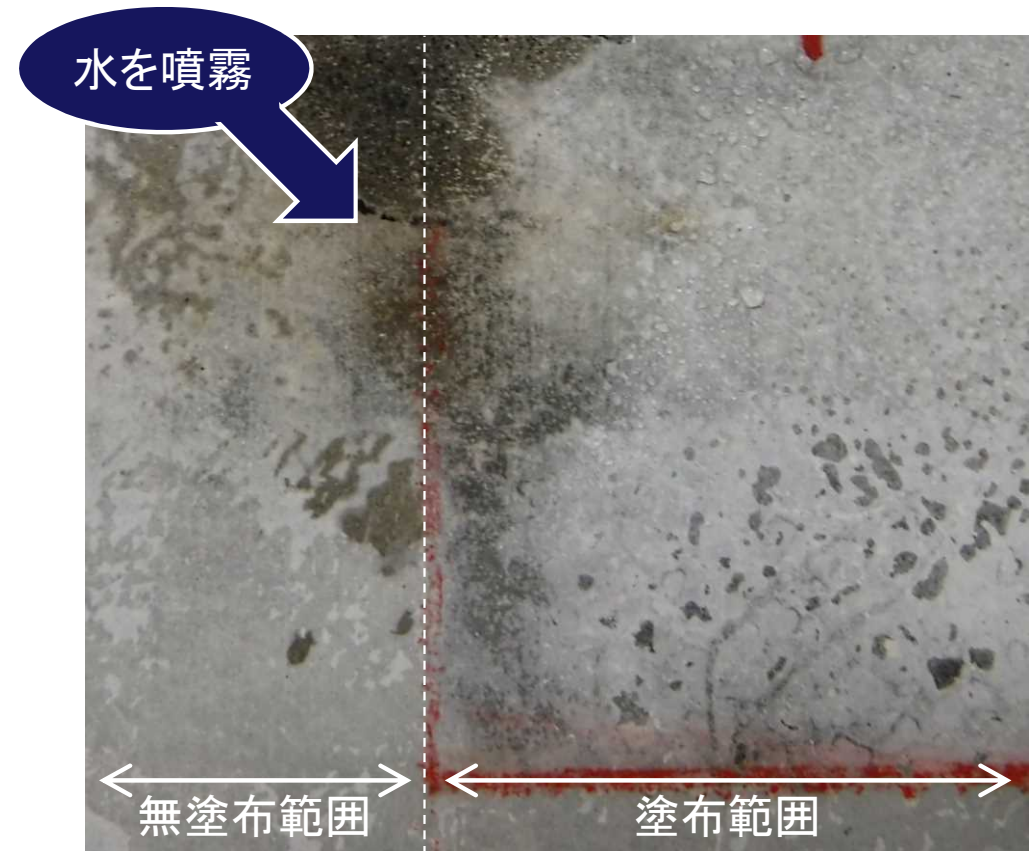
26

施工後のコンクリート表面 (1)

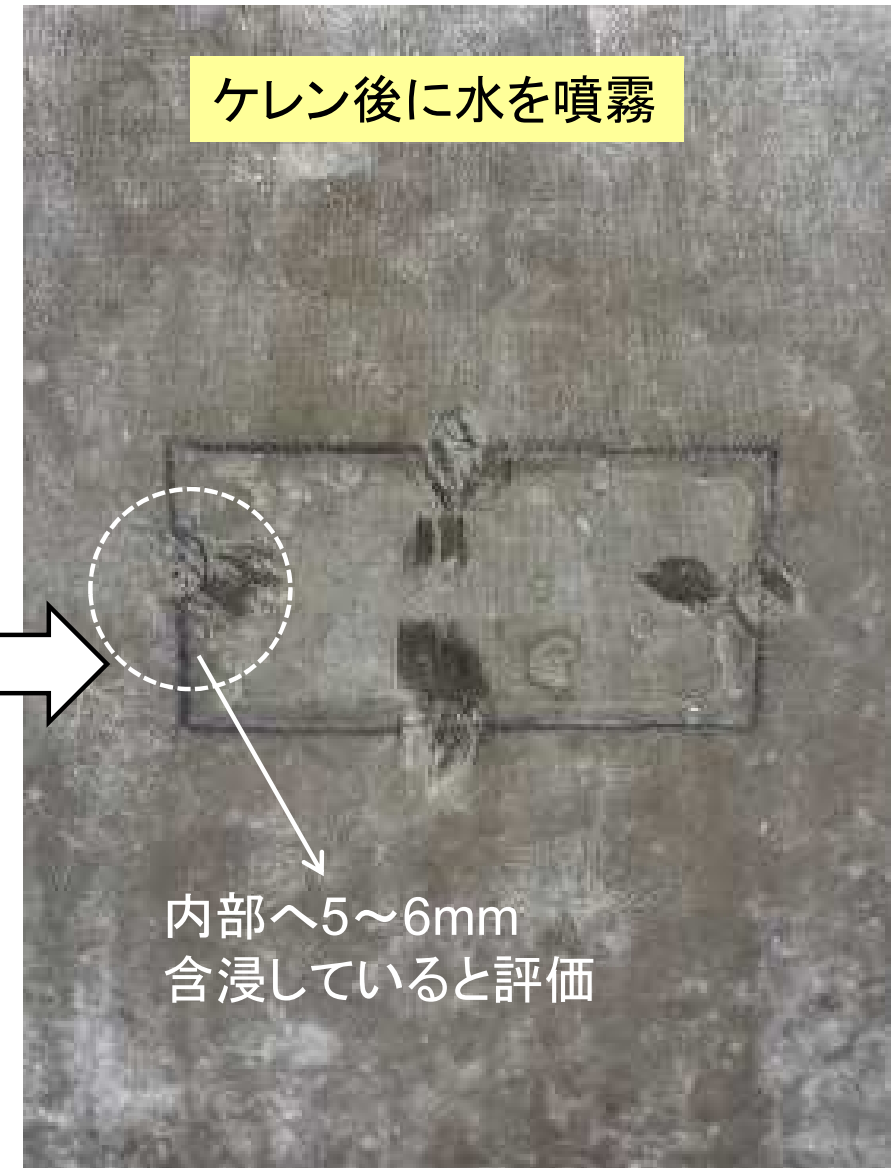


「確実に含浸している」と評価し、
成果物として受け取る。

施工後のコンクリート表面 (2)



「含浸していない可能性が高い」
と評価し、塗布のやり直しを指示。



実橋の部材での検証

本日、お話をさせていただいた内容

表面含浸工法の適用手法

- 寒冷地での試験施工・追跡調査
- 設計施工要領の紹介
- 最近の取り組み
 - ✓ シラン系表面含浸材の含浸深さ
非破壊管理

本日のお話が、表面含浸材の基礎知識
の確認、施工の参考となれば幸いです。

お問い合わせ先

寒地土木研究所
耐寒材料チーム
電話: 011-841-1719
担当: 安中, 菊田, 遠藤



技術相談も
いつでもお受けします。
表面含浸工法に関する
様々な情報提供も歓迎。

ご静聴ありがとうございました

【コンクリート構造物における表面含浸材の適用手法】

- 1) 遠藤裕丈：表面含浸工法による劣化抑制対策の現状と課題、コンクリート工学、Vol. 48、No. 5、pp. 97-100、2010. 5
- 2) ENDOH, H. and TAGUCHI, F. : The Effect of Using Surface Penetrate Materials (Silane Type) to Control the Scaling of Wheel-Guard Concrete on Highway Bridges、The 6th International Conference on Concrete Under Severe Conditions、Vol. 2、pp. 1149-1156、2010. 6
- 3) 遠藤裕丈、田口史雄、宮本修司、村中智幸、後藤浩之、林大介、坂田昇、名和豊春：シラン系表面含浸材による寒地コンクリート構造物の耐久性向上効果、土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造)、Vol. 67、No. 1、pp. 69-88、2011. 2
- 4) 遠藤裕丈、田口史雄、名和豊春：シラン系表面含浸材の適用による費用対効果の一試算、第 54 回 (平成 22 年度) 北海道開発技術研究発表会発表概要集、2011. 2
- 5) 遠藤裕丈：コンクリート表面改質技術 ― シラン系表面含浸材、基本的な特徴の解説と技術の普及に向けて取り組むべき課題、月刊コンクリートテクノ、Vol. 30、No. 3、pp. 61-66、セメント新聞社、2011. 3
- 6) ENDOH, H. and TAGUCHI, F. : The Effect of Silane-Type Surface Penetrants to Control Scaling and Salt Damage of Highway Bridge Wheel Guard Concrete in Cold Region, XIVth International Winter Road Congress Andorra 2014, 2014. 2
- 7) 遠藤裕丈、島多昭典：寒冷環境下における約 10 年間のシラン系表面含浸材の効果に関する追跡調査、第 58 回 (平成 26 年度) 北海道開発技術研究発表会発表概要集、2015. 2
- 8) 遠藤裕丈：けい酸塩系表面含浸材の特徴を暴露試験の結果から探る、道路構造物ジャーナル NET、鋼構造出版、2016 (<http://www.kozobutsu-hozen-journal.net/series/detail.php?id=67&page=1>)
- 9) 遠藤裕丈、島多昭典：寒冷沿岸域に 5 年間暴露したけい酸塩系表面含浸材塗布コンクリートの性能評価、土木学会第 71 回年次学術講演概要集 (V 部門)、pp. 429-430、2016. 9
- 10) 遠藤裕丈、安中新太郎、林大介、室野井敏之：シラン系表面含浸材の含浸深さを非破壊で管理する技術の開発に向けての基礎的研究、寒地土木研究所月報「寒地土木技術研究」、No. 765、pp. 2-9、2017. 2
- 11) 遠藤裕丈：シラン系表面含浸材について―寒冷地での適用の留意点―、ベース設計資料、No. 174、土木編、pp. 64-68、建設工業調査会、2017. 9
- 12) 遠藤裕丈：表面含浸材の選定および施工上の留意点、防水ジャーナル、No. 567、pp. 29-34、2019. 2
- 13) 林大介、坂田昇、松田芳範、遠藤裕丈：シラン・シロキサン系表面含浸材の開発および長期耐久性の実証、コンクリート工学、Vol. 57、No. 10、pp. 777-784、2019. 10