

# コンクリート構造物における表面含浸材の適用手法



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 裕文

## お話のねらい

北海道開発局の協力を得て行った表面含浸材の試験施工、追跡調査結果を基に整理した「[道路橋での表面含浸材の適用にあたっての留意事項](#)」、および、表面含浸材に関する最新の成果について、ご紹介。

表面含浸材の適用（設計、施工）をご検討の方へお役立ていただきたい。



# 本日も話す内容

---

## ➤ はじめに

### ➤ 寒冷地でのシラン系表面含浸材の試験施工の紹介

- ✓ スケーリング
- ✓ 吸水防止層の状況
- ✓ 塩化物イオン侵入抑制
- ✓ コンクリート表面の汚れ抑制
- ✓ LCC試算

### ➤ 「道路橋での表面含浸材の適用にあたっての留意事項」の紹介

### ➤ 最近の成果の紹介(4つ)

- ✓ 施工時の適切な水分管理方法
- ✓ シラン系表面含浸材の含浸状況非破壊管理方法
- ✓ 冬期施工時の留意点
- ✓ 紫外線抵抗性の高いシラン系表面含浸材の適用検証

# はじめに 表面含浸材とは

コンクリートの表層を改質し、外部からの環境作用に対する抵抗性を高め、コンクリート部材の耐久性を向上させるための浸透性の保護材。

## 主な特徴

- ✓ 施工が簡便。比較的安価。
- ✓ 無色透明。目視点検が可能。
- ✓ 改修時の産廃物の量が少ない。



表面含浸材

シリラン系表面含浸材

けい酸塩系表面含浸材

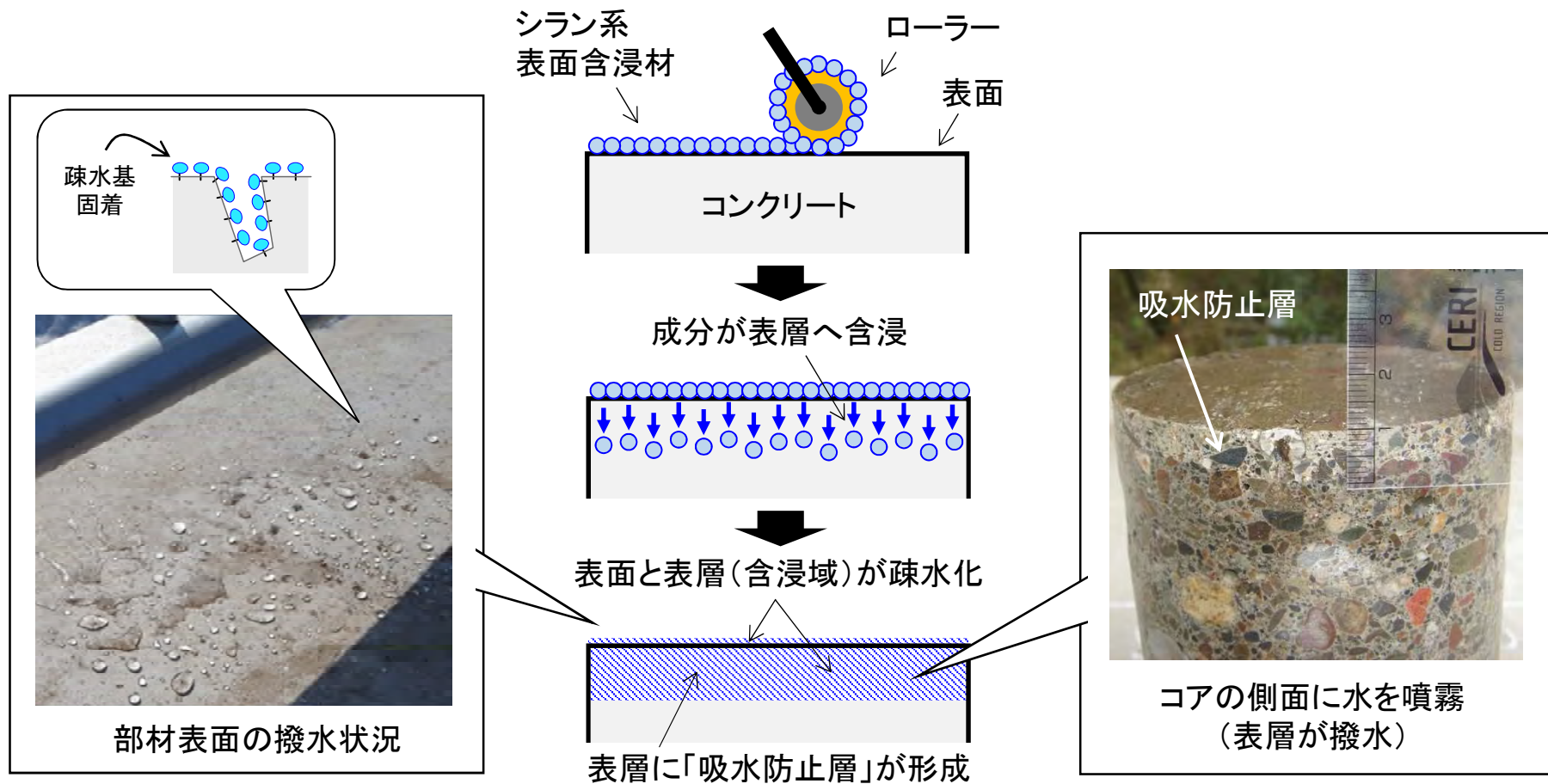
その他

本日の壇上講演では、シリラン系表面含浸材の各種成果をお話。

- ✓ 寒冷地での試験施工結果の紹介
- ✓ 「道路橋での表面含浸材の適用にあたっての留意事項」の紹介
- ✓ 最新の研究成果の紹介

# はじめに シラン系表面含浸材

コンクリート表面や空隙内壁に疎水基(アルキル)を化学的に固着させ、コンクリートに吸水抑制機能を付与するタイプの表面含浸材。  
空隙は充填されないため、通気性は確保される。  
塩害、凍害、ASRなど、水の侵入・滞留に起因する劣化の進行抑制に有効。





# 本日本話する内容

---

➤ はじめに

➤ 寒冷地でのシラン系表面含浸材の試験施工の紹介

- ✓ スケーリング
- ✓ 吸水防止層の状況
- ✓ 塩化物イオン侵入抑制
- ✓ コンクリート表面の汚れ抑制
- ✓ LCC試算

➤ 「道路橋での表面含浸材の適用にあたっての留意事項」の紹介

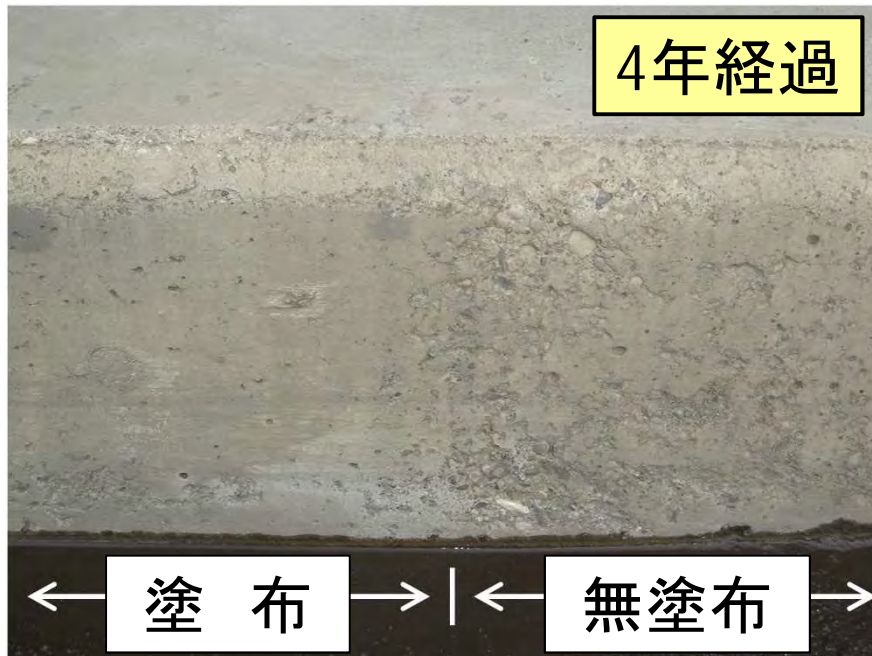
➤ 最近の成果の紹介(4つ)

- ✓ 施工時の適切な水分管理方法
- ✓ シラン系表面含浸材の含浸状況非破壊管理方法
- ✓ 冬期施工時の留意点
- ✓ 紫外線抵抗性の高いシラン系表面含浸材の適用検証

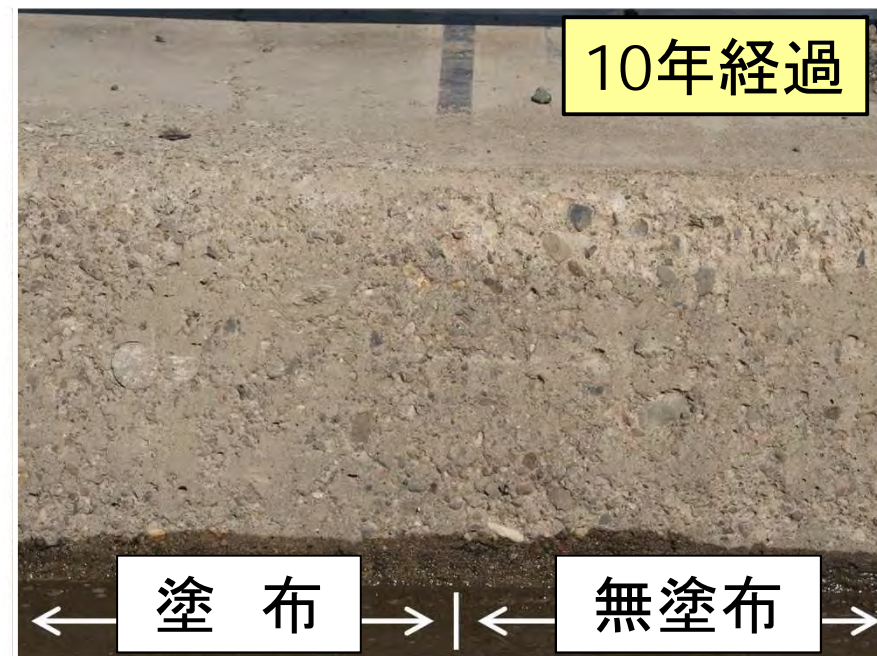
# 寒冷地での試験施工 スケーリング

北海道内の道路橋地覆（普通ポルト使用）において、シラン系表面含浸材を塗布する試験施工を実施。

部材は冬期間、凍結融解と凍結防止剤（塩化物）の複合作用を受けている。



塗布区間はスケーリングが大きく抑制  
（ただし製品による。また、表面の撥水機能は低下）



調査した橋が曲線橋で水が集まりやすい  
こともあり、塗布区間でもスケーリング

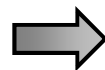
塗布後15年目の吸水抑制状況を調査。  
(現時点で15年目のため、最長調査年数)

シラン系表面含浸材は有機(疎水基は炭素を含む)で、有機は紫外線の影響を受けることもあり、**表面の撥水機能は消失**。

一方、製品にもよるが、紫外線が作用しない表層では撥水が呈され、**吸水防止層の残存を確認**。

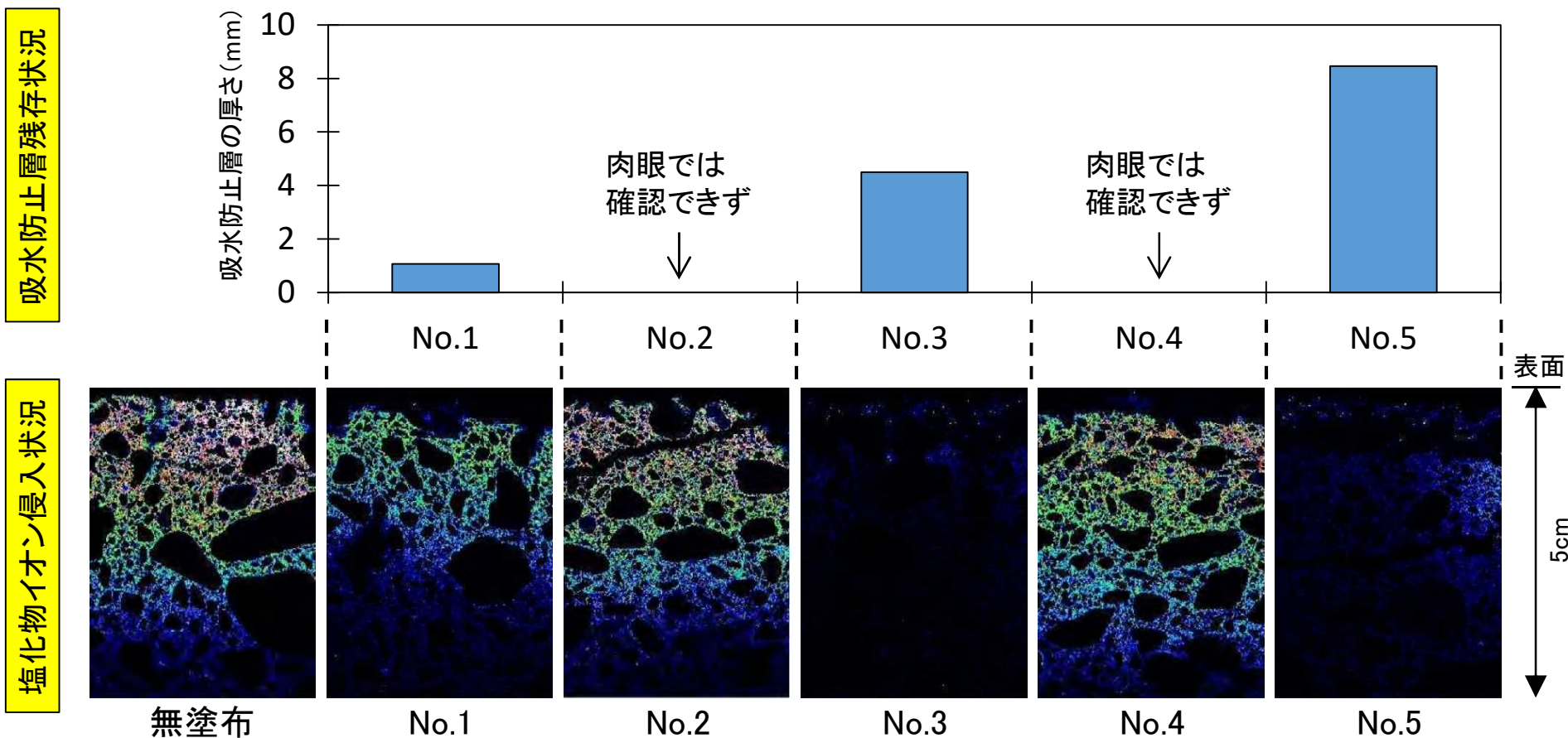


コア採取



採取したコアに水を噴霧

塗布後15年目の、塩化物イオン侵入抑制状況をEPMAにより調査。  
 吸水防止層残存箇所(製品No.3、No.5)では、塩化物イオン侵入抑制(遅延)効果持続。

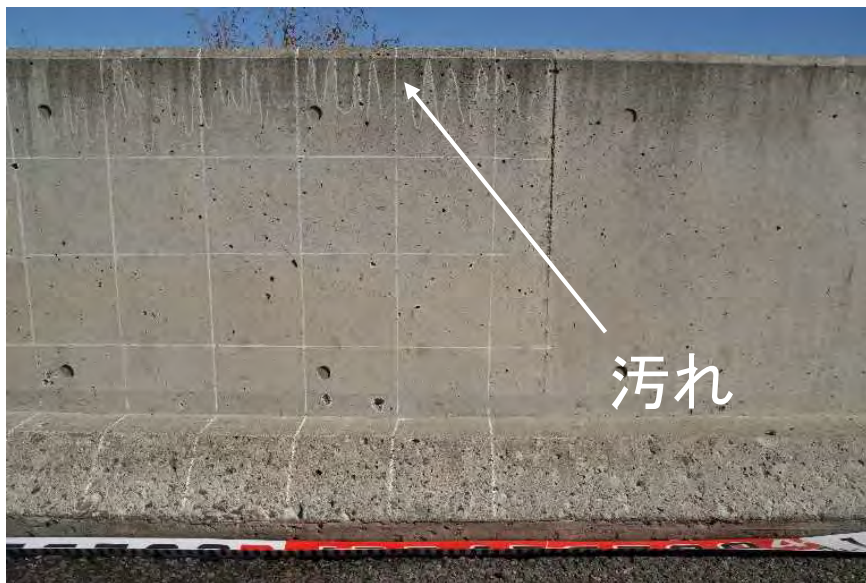




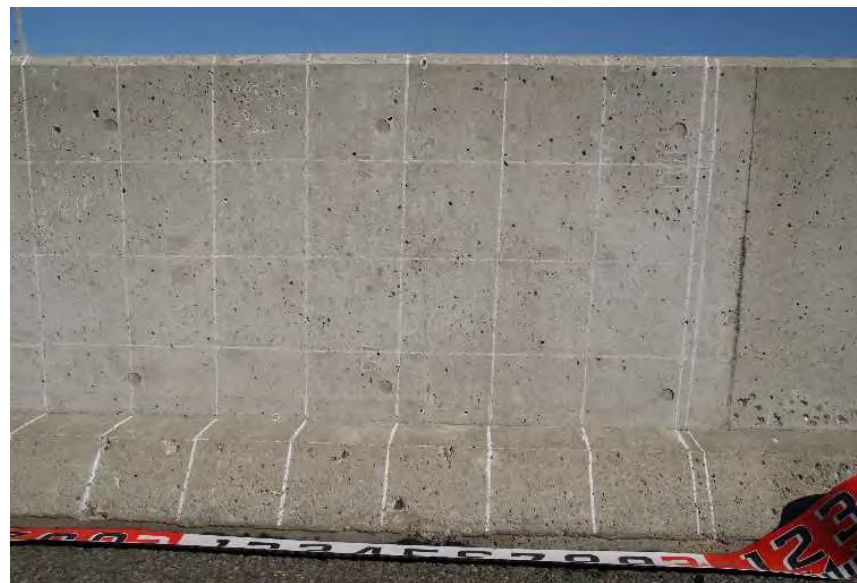
# 寒冷地での試験施工 汚れの抑制

北海道の高規格幹線道の剛性防護柵(壁高欄)で、塗布後9年目の外観を調査。  
無塗布区間では、水の付着に起因する汚れが確認された。  
一方、塗布区間では、吸水の抑制が図られたことにより、**汚れは抑制**された。

無塗布



塗布

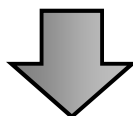


試験施工の結果に基づき、地覆のLCC(構造物のLCCではない)を試算。

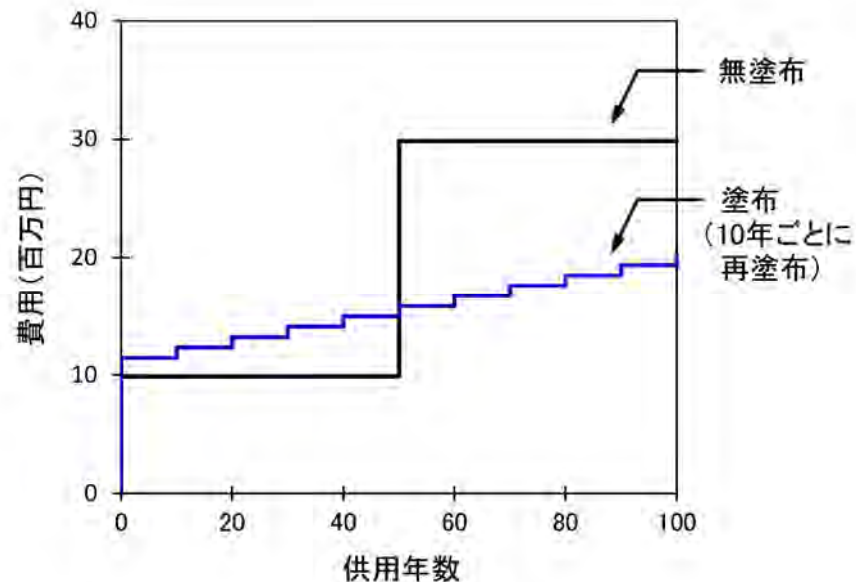
## 試験施工の結果

(適切な製品を選ぶことで・・・)

- ✓ 現在も吸水防止層は残存
- ✓ 塩化物イオン侵入は抑制
- ✓ スケーリングは塗布後4～10年間抑制



スケーリング抑制のための再塗布の間隔を10年とすると、100年後の部材のライフサイクルコストは塗布した方が小さくなる。また、補修費の平準化も図られる。



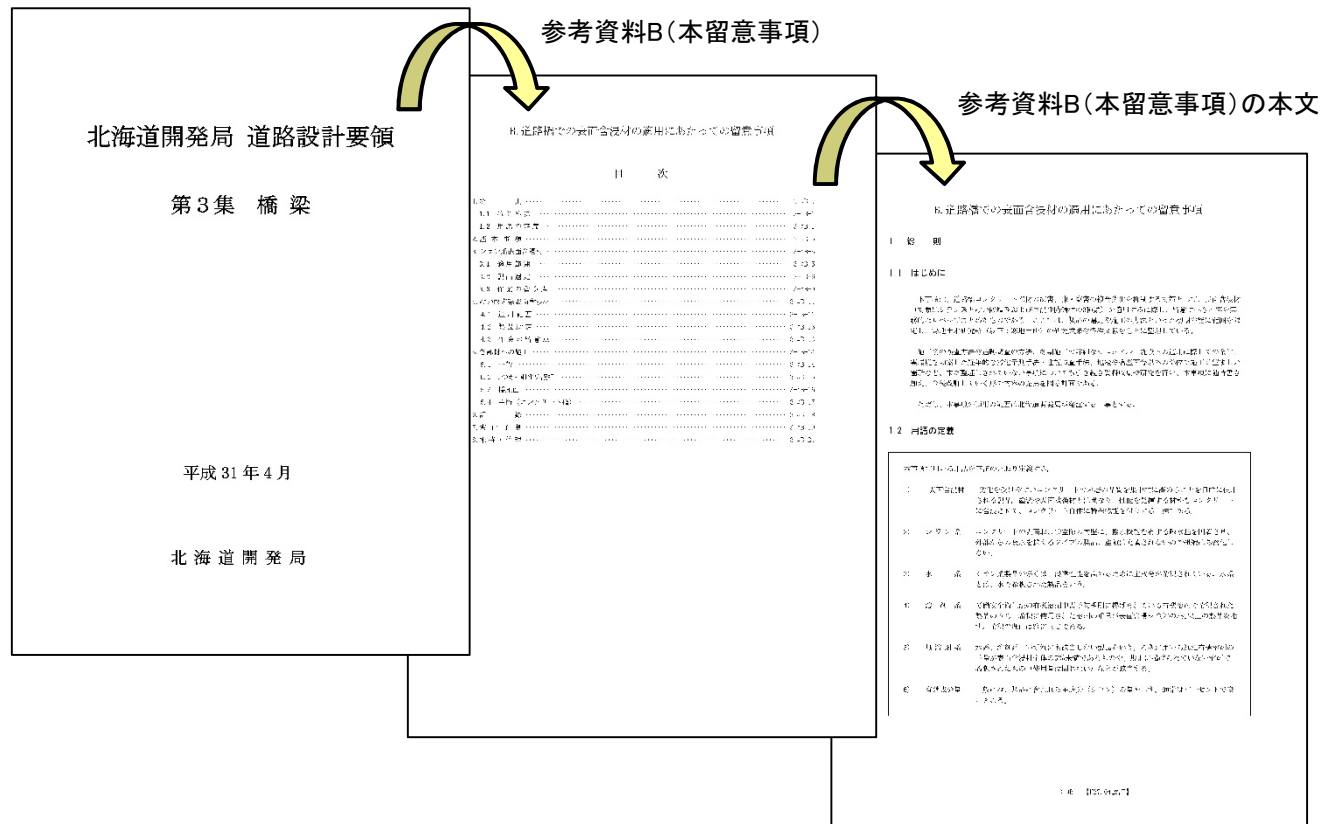


# 本日本話する内容

---

- はじめに
- 寒冷地でのシラン系表面含浸材の試験施工の紹介
  - ✓ スケーリング
  - ✓ 吸水防止層の状況
  - ✓ 塩化物イオン侵入抑制
  - ✓ コンクリート表面の汚れ抑制
  - ✓ LCC試算
- 「道路橋での表面含浸材の適用にあたっての留意事項」の紹介
- 最近の成果の紹介(4つ)
  - ✓ 施工時の適切な水分管理方法
  - ✓ シラン系表面含浸材の含浸状況非破壊管理方法
  - ✓ 冬期施工時の留意点
  - ✓ 紫外線抵抗性の高いシラン系表面含浸材の適用検証

試験施工の結果をもとに、適切な使い方をとりまとめた  
「道路橋での表面含浸材の適用にあたっての留意事項」を作成(随時、追加・更新)



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)

1. 総則
  - 1.1 はじめに
  - 1.2 用語の定義
2. 基本事項
3. シラン系表面含浸材
  - 3.1 適用範囲
  - 3.2 製品選定
  - 3.3 作業の留意点
4. けい酸塩系表面含浸材
  - 4.1 適用範囲
  - 4.2 製品選定
  - 4.3 作業の留意点
5. 各部材への施工
  - 5.1 一般
  - 5.2 地覆・剛性防護柵
  - 5.3 橋座面
  - 5.4 主桁(コンクリート橋)
6. 記録
7. 劣化予測
8. 維持・管理

# 留意事項 目次構成

例えば...

1. 総則
  - 1.1 はじめに
  - 1.2 用語の定義
2. 基本事項
- 3. シラン系表面含浸材**
  - 3.1 適用範囲
  - 3.2 製品選定**
  - 3.3 作業の留意点
4. けい酸塩系表面含浸材
  - 4.1 適用範囲
  - 4.2 製品選定
  - 4.3 作業の留意点
5. 各部材への施工
  - 5.1 一般
  - 5.2 地覆・剛性防護柵
  - 5.3 橋座面
  - 5.4 主桁(コンクリート橋)
6. 記録
7. 劣化予測
8. 維持・管理

多くの製品の中から、  
現場に適する製品を  
選定する方法・目安を示した。

# 留意事項 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、実際の施工における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

例えば・・・

1. 総則
  - 1.1 はじめに
  - 1.2 用語の定義
2. 基本事項
3. シラン系表面含浸材
  - 3.1 適用範囲
  - 3.2 製品選定
  - 3.3 作業の留意点
4. けい酸塩系表面含浸材
  - 4.1 適用範囲
  - 4.2 製品選定
  - 4.3 作業の留意点

5. 各部材への施工
  - 5.1 一般
  - 5.2 地覆・剛性防護柵
  - 5.3 橋座面
  - 5.4 主桁(コンクリート橋)
6. 記録
7. 劣化予測
8. 維持・管理

各部位への適用する  
表面含浸材の種類を説明。

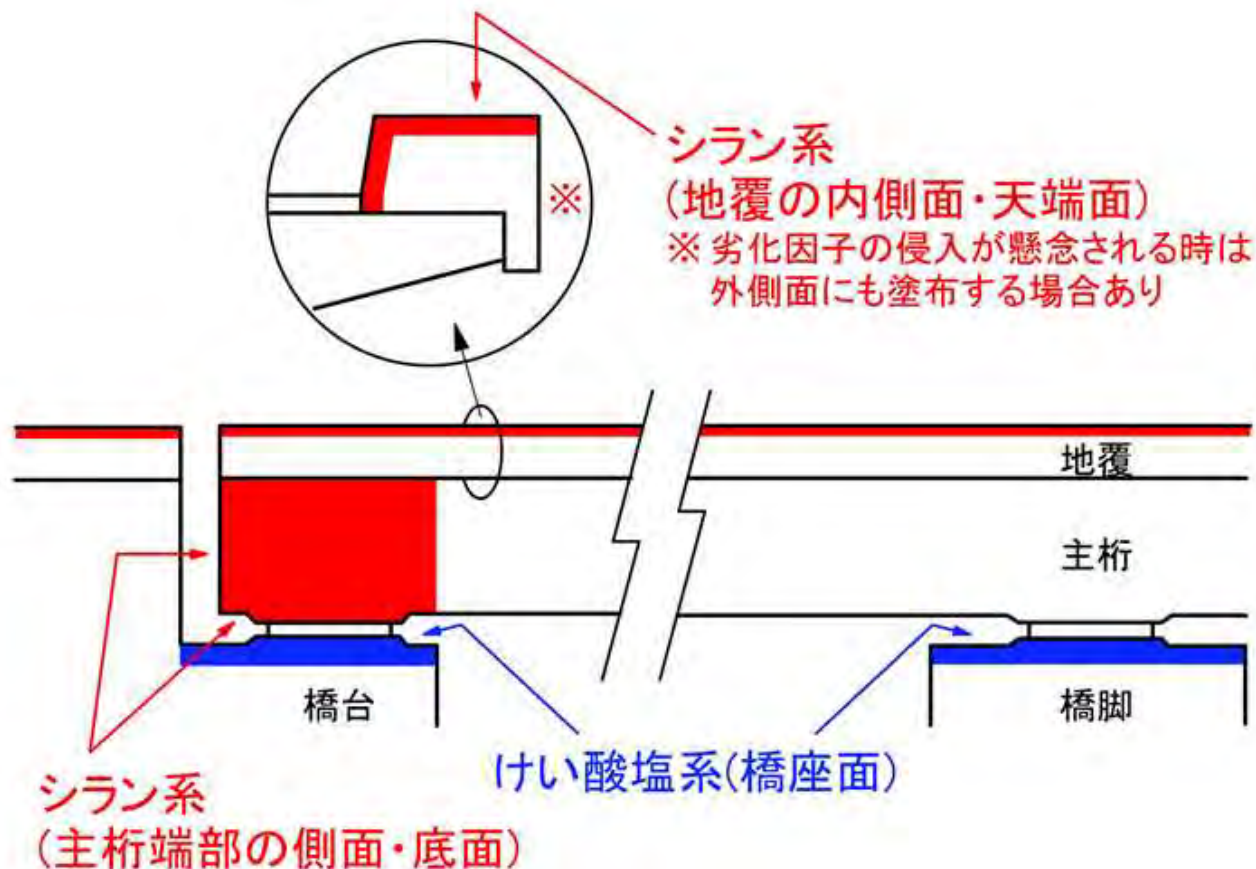


# 留意事項 各部位へ適用する含浸材の種類

16

28

凍結防止剤の影響を特に受けやすい地覆、主桁端部へ、遮塩・遮水性に優れたシラン系表面含浸材を適用。



例えば...

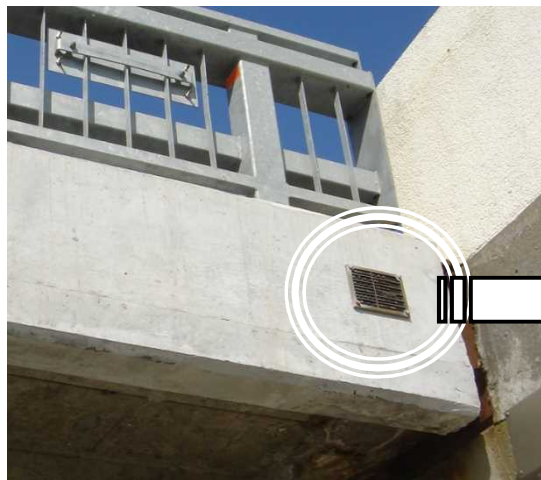
1. 総則
  - 1.1 はじめに
  - 1.2 用語の定義
2. 基本事項
3. シラン系表面含浸材
  - 3.1 適用範囲
  - 3.2 製品選定
  - 3.3 作業の留意点
4. けい酸塩系表面含浸材
  - 4.1 適用範囲
  - 4.2 製品選定
  - 4.3 作業の留意点

5. 各部材への施工
  - 5.1 一般
  - 5.2 地覆・剛性防護柵
  - 5.3 橋座面
  - 5.4 主桁(コンクリート橋)
6. 記録
7. 劣化予測
8. 維持管理

表面含浸材は部材の外観を変えないため、目で見ただけでは塗布したか否かを判別できず、記録を残すことが大切。

# 留意事項 記録

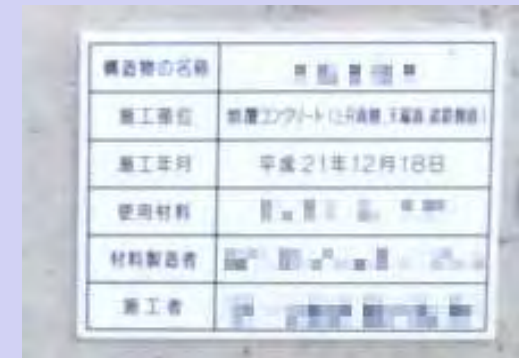
経年しても塗布したことが現場で確認できるよう、銘板を設置。



## 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





# 本日も話す内容

---

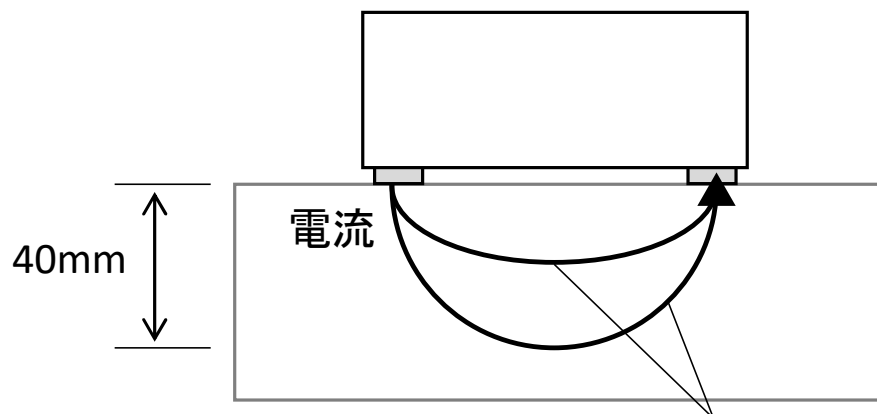
- はじめに
- 寒冷地でのシラン系表面含浸材の試験施工の紹介
  - ✓ スケーリング
  - ✓ 吸水防止層の状況
  - ✓ 塩化物イオン侵入抑制
  - ✓ コンクリート表面の汚れ抑制
  - ✓ LCC試算
- 「道路橋での表面含浸材の適用にあたっての留意事項」の紹介
- **最近の成果の紹介(4つ)**
  - ✓ 施工時の適切な水分管理方法
  - ✓ シラン系表面含浸材の含浸状況非破壊管理方法
  - ✓ 冬期施工時の留意点
  - ✓ 紫外線抵抗性の高いシラン系表面含浸材の適用検証

# 最近の成果(1/4) 施工時の水分管理方法

20

28

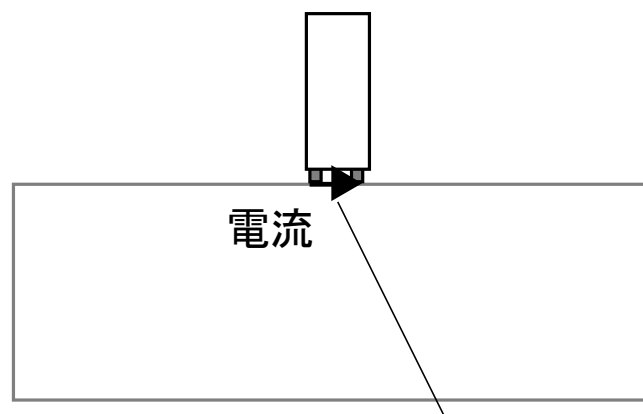
高周波容量式



試料内の誘電率を把握



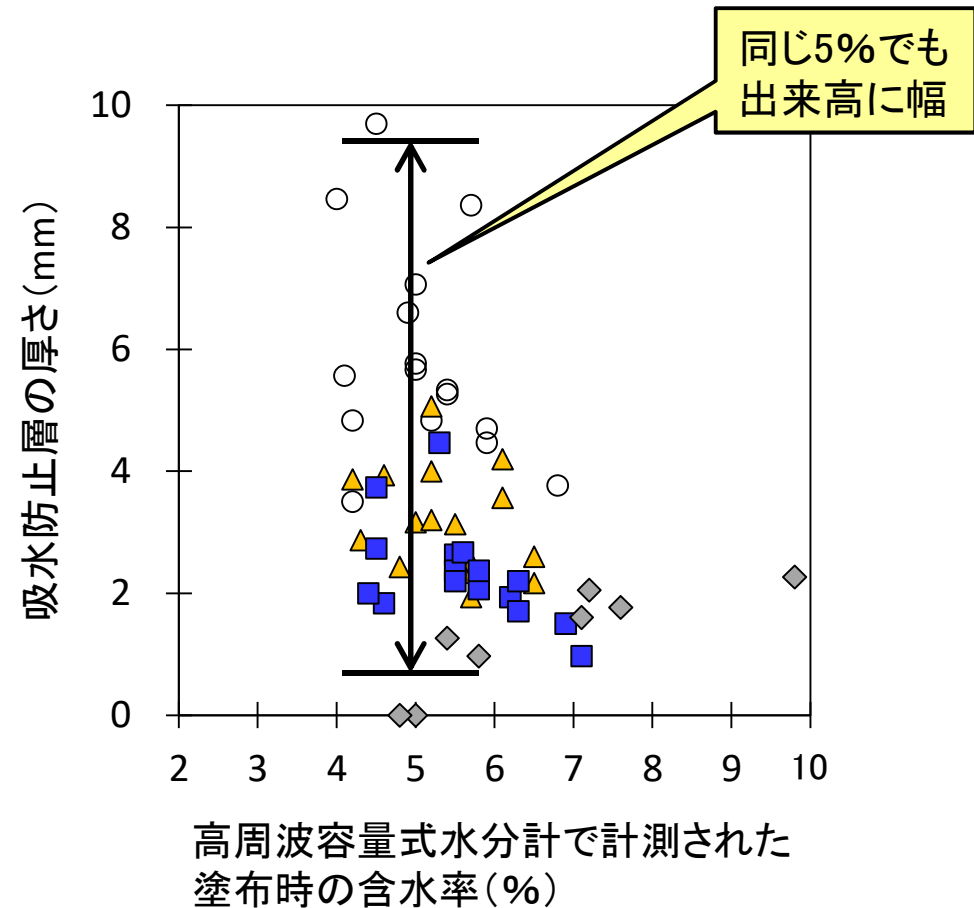
電気抵抗式



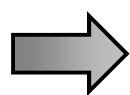
電極間の電気抵抗を把握



## 高周波容量式による管理



高周波容量式水分計は、表面から深さ4cmまでの範囲の誘電率を平均的に評価

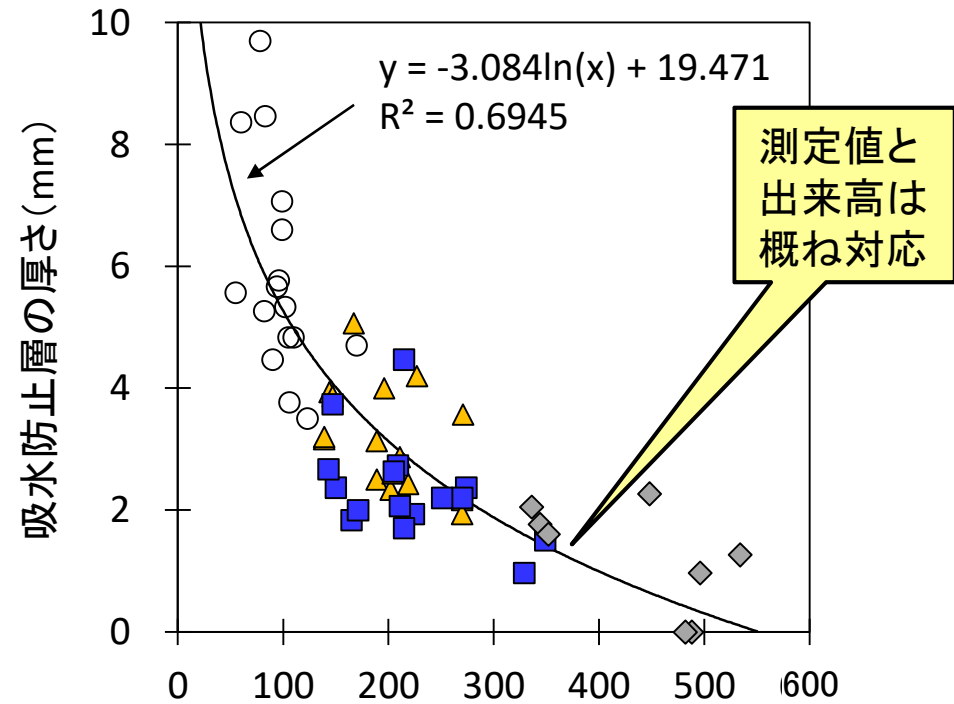


表面と内部の含水状態が異なる場合(例、表面が湿潤の一方、内部は乾燥)  
表面の含水状態を適切に評価できず、出来高に影響

## 電気抵抗式による管理



表面の含水状態を適切に評価できる電気抵抗式的水分計は、シラン系表面含浸材施工時の水分管理の方法として適する。



塗布時における  
電気抵抗式水分計のカウント値

乾

表面の状態

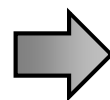
湿

# 最近の成果(2/4) 含浸状況の非破壊管理

23

28

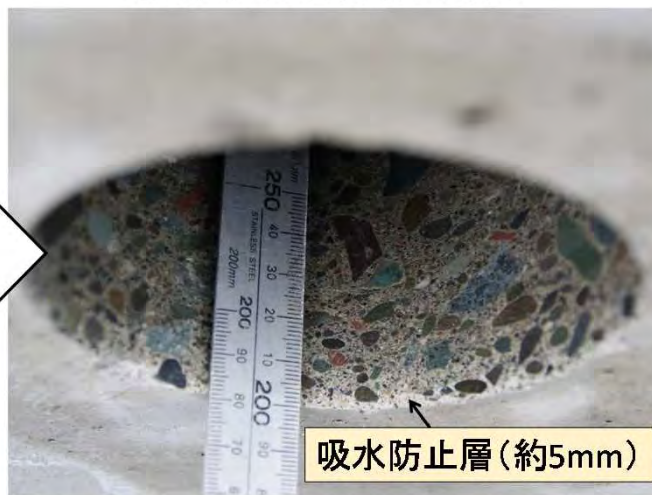
現在、塗布の出来形は、使用量で管理。  
吸水防止層の形成有無までは管理されず。



そこで...

削孔作業

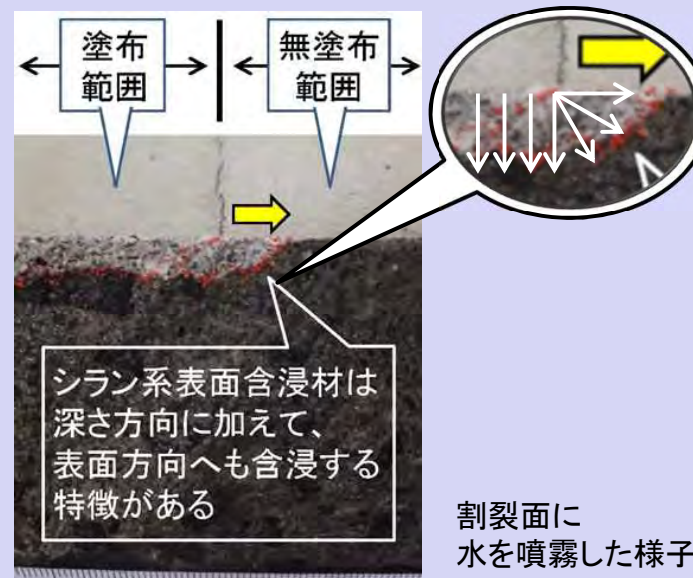
削孔穴に水を噴霧した様子



吸水防止層(約5mm)

コア採取による確認は、効率的とはいえない  
(部材損傷、多くの時間・費用・労力、etc)

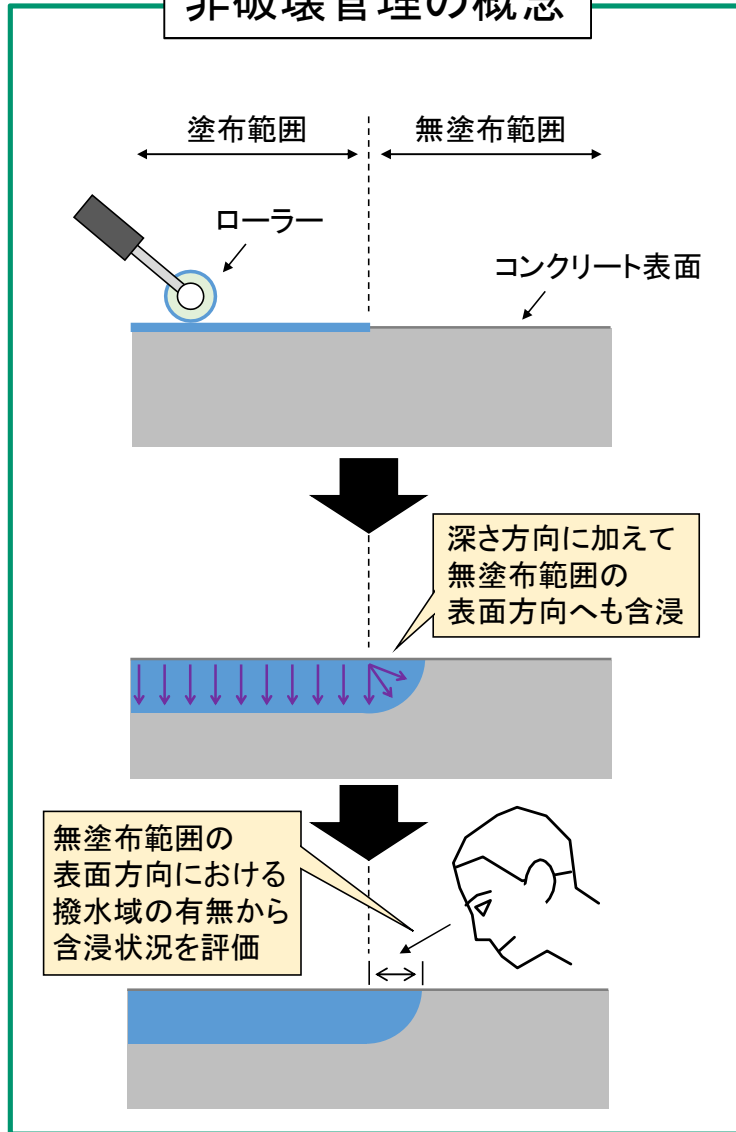
含浸状況(吸水防水層形成有無)の  
非破壊評価法の開発に着手



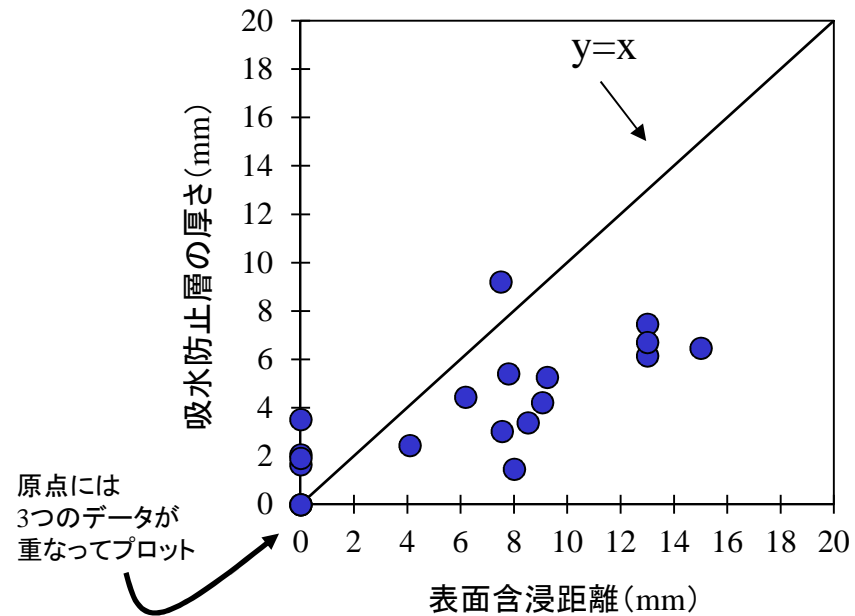
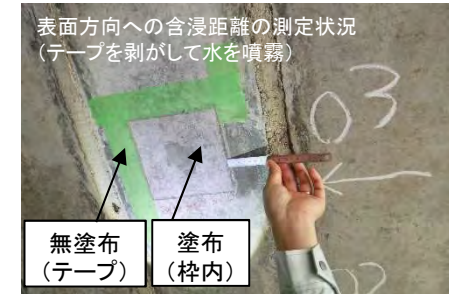
...この特徴に着目



## 非破壊管理の概念



## 北海道南部の実橋での検証 (PC桁下面)



表面含浸距離が大きいほど吸水防止層の厚さは大きい傾向にある。

➡ 塗布時の管理手法として有用

# 最近の成果(2/4) 含浸状況の非破壊管理

研究成果をもとに、含浸状況の非破壊管理方法の流れを整理(今後、普及を図る予定)。

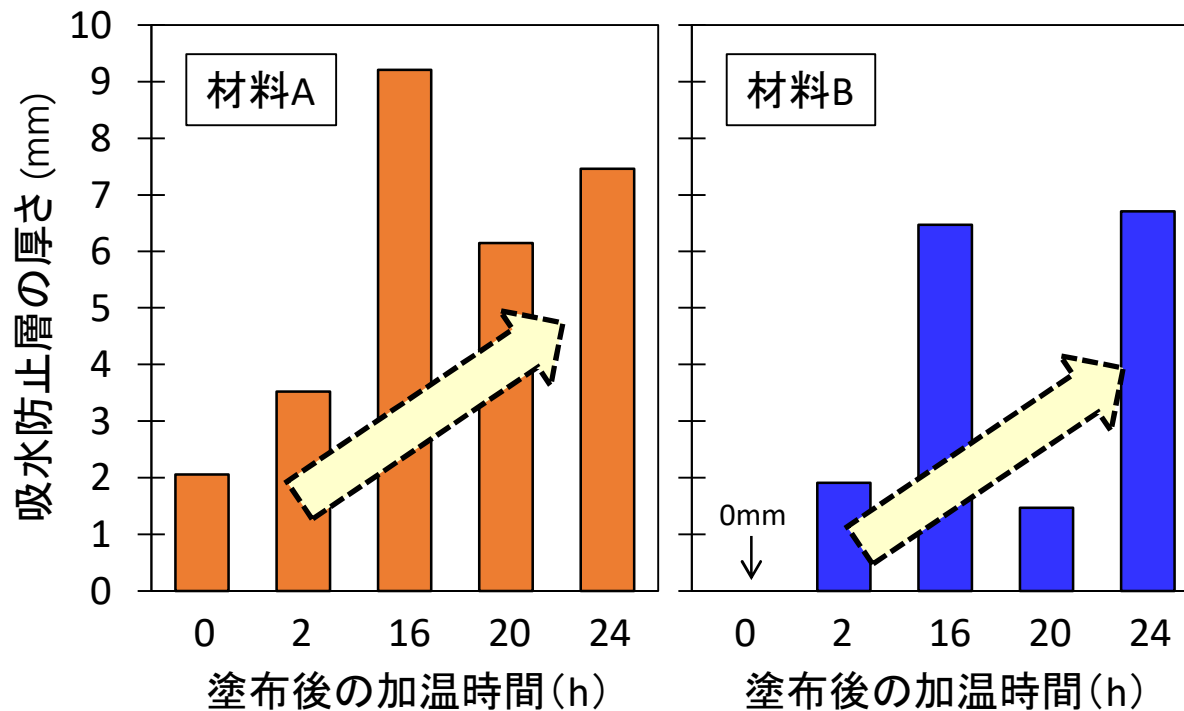


寒冷地では、作業工程の関係で、冬期に塗布が行われることがあるが、冬期は表面が湿潤状態になりやすく、塗布前の表面乾燥が必要。



冬期のシラン系表面含浸材の施工における水分調整のための最適な加温方法を検討

表面の含水率低下のための塗布前の加温に加えて、塗布後の加温に着目。



塗布前の加温だけではなく、塗布後も16時間以上は加温を続けることが望ましい。

## 最近の成果(4/4)

# 紫外線抵抗性の高いシラン系 表面含浸材の適用検証

28

28

近年は、紫外線抵抗性の高い  
シラン系表面含浸材も開発、市販されている。

➡ 暴露実験、ならびに、施工済みの実橋での  
調査を通じて、効果を検証(継続中)



無塗布

通常のシラン系  
表面含浸材

紫外線抵抗性の高い  
シラン系表面含浸材

塗布後、約5年分に相当する紫外線をあてた(キセノン照射)後、  
水をかけたコンクリート表面の状況

北海道沿岸部での暴露実験



北海道内の  
道路橋地覆への適用



本日、お話をさせていただいた内容

- シラン系表面含浸材の概要
- 寒冷地でのシラン系表面含浸材の試験施工の紹介
  - ✓ スケーリング
  - ✓ 吸水防止層の状況
  - ✓ 塩化物イオン侵入抑制
  - ✓ コンクリート表面の汚れ抑制
  - ✓ LCC試算
- 「道路橋での表面含浸材の適用にあたっての留意事項」の紹介
- 最近の成果の紹介(4つ)
  - ✓ 施工時の適切な水分管理方法
  - ✓ シラン系表面含浸材の含浸状況非破壊管理方法
  - ✓ 冬期施工時の留意点
  - ✓ 紫外線抵抗性の高いシラン系表面含浸材の適用検証

本日のお話が、  
表面含浸材の  
適切な施工実現の  
ヒントや参考と  
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:遠藤

ご静聴ありがとうございました