



ALWAYS IN ADVANCE OF TIMES,
DAIDO CORPORATION HAS
STEADILY GROWN BY PROVIDING
SUPERIOR PRODUCTS AND SERVICE.

Technical Service Data Sheet

鉄筋腐食抑制型 ジェル状シラン・シロキサン系表面含浸材 アクアシール® 1400AR 技術資料

1 開発目的

シラン系表面含浸材はコンクリート構造物の表面に塗布することによりコンクリートに含浸し、コンクリート表層に吸水防止層を形成します。その吸水防止層が外部からの水や塩化物イオンの浸透を抑制することで、コンクリート中の鉄筋の腐食を抑制します。また、これらの作用は寒冷地における塩害と凍害の複合劣化からコンクリート構造物を保護します。

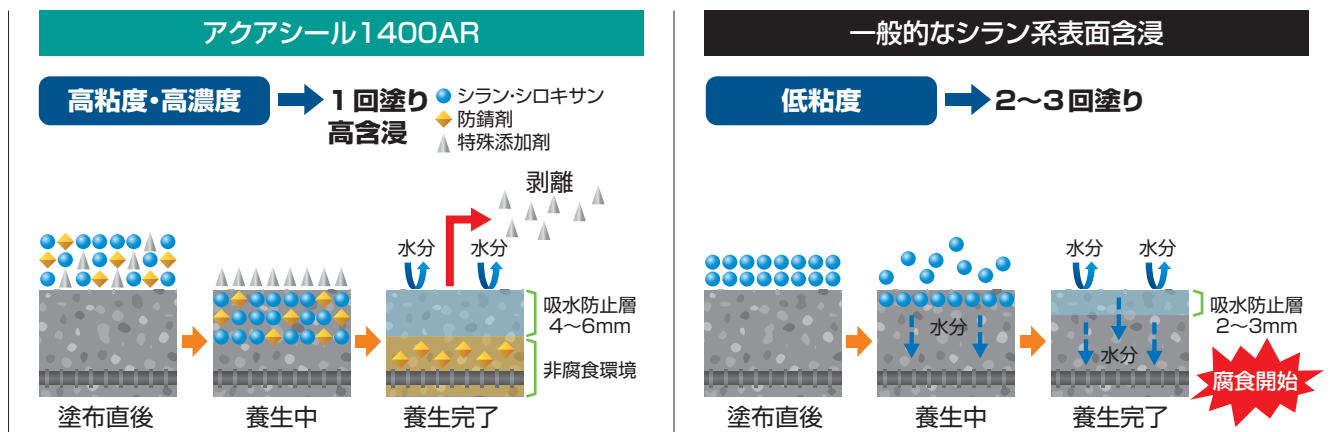
しかし、シラン系表面含浸材は既設構造物中に既に存在する塩化物イオンの鉄筋位置への移動は抑制するものの、直接鉄筋に防錆効果を付与するものではありません。

そこで、シラン系表面含浸材に防錆効果が強く浸透性に優れた防錆剤を混合することで、鉄筋周辺を非腐食環境に改善させ、より高い鉄筋腐食抑制効果が得られるシラン系表面含浸材「アクアシール 1400AR」を開発しました

コンクリート構造物の予防保全対策として、既存製品よりも鉄筋腐食抑制効果が強く、特に既設構造物に効果を発揮します。

2 吸水防止層及び非腐食環境の形成システム

アクアシール 1400ARに含有する特殊添加剤が養生中に表層に残ることで、シラン成分及び防錆剤の飛散を抑え深く浸透し、厚い吸水防止層と鉄筋近傍に非腐食環境を形成します。



3 新規性・進歩性 特許出願中

アクアシール 1400ARは既に塩分が内在するコンクリート(内在塩分 3.5kg/m³)でも防錆効果を示すことが確認できました。また、下記の新規性、進歩性が認められました。

コンクリート中に浸透した防錆剤の定量、定性ができ、鉄筋腐食抑制効果の裏付けとなる防錆剤が深く浸透していることが実証可能

他の市販されている鉄筋腐食抑制型のシラン系表面含浸材と比較して塗布量が少なく、また、ジェル状で1回の塗布で規定量が塗布でき、施工性や遮塩性、疎水性が向上し、経済性も高く改善でき得る。

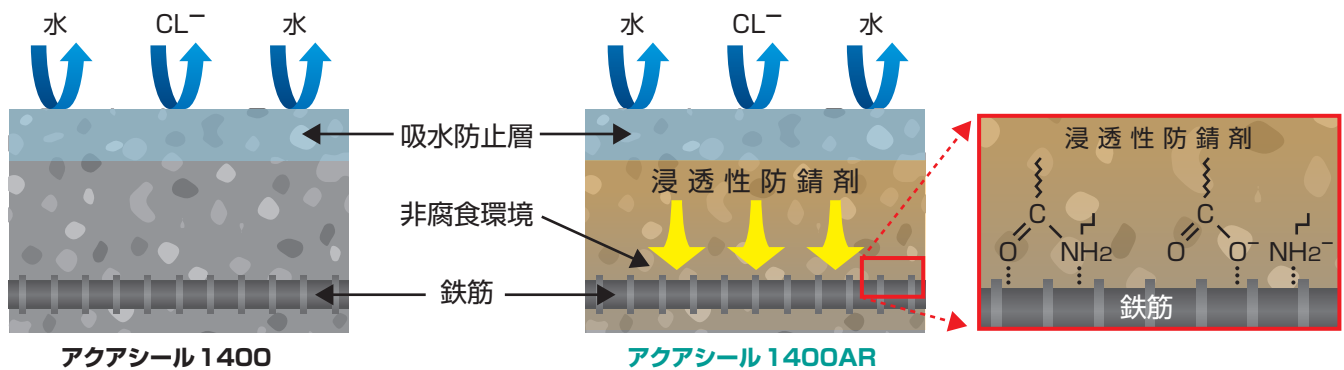
● 中日本ハイウェイエンジニアリング東京(株)との共同開発品であり、共同で特許を取得することとしました。

SINCE 1932.

DAIDO CORPORATION®

4 アクアシール1400AR 鉄筋腐食抑制のメカニズム

形成する吸水防止層が外部からの水や塩化物イオンの浸入を阻止します。さらに、浸透性防錆剤が鉄筋位置まで浸透して鉄筋表面に吸着し、防錆被膜を形成することで水分を介した酸素とや塩化物イオンとの反応を妨げ鉄筋の腐食を抑制します。



5 電気化学的腐食診断による鉄筋腐食抑制効果の確認

試験方法

試験基材：W/C=55%モルタル かぶり40mm

促進方法：3%塩水による湿潤(20℃、4日間)+乾燥(40℃、3日間)を1サイクルとした



塗布面に塩水を溜水



乾燥炉にて乾燥

評価基準

自然電位：ASTM C 876(硫酸銅)

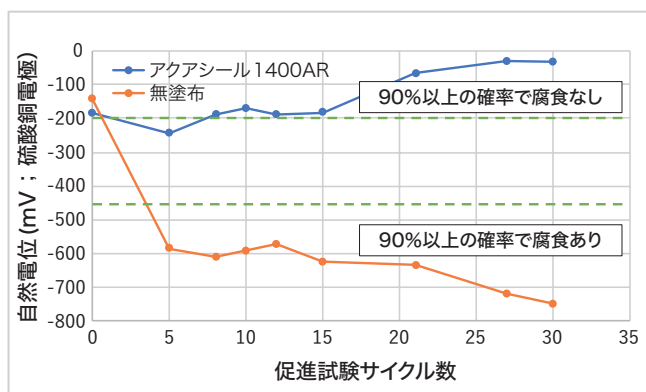
自然電位(E)	鋼材腐食の可能性
$-200\text{mV} < E$	90%以上の確率で腐食なし
$-350\text{mV} < E \leq -200\text{mV}$	不確定
$E \leq -350\text{mV}$	90%以上の確率で腐食あり

評価基準

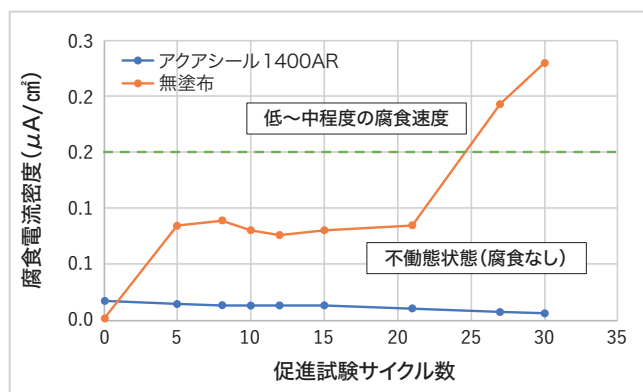
分極抵抗：CBE(ヨーロッパコンクリート委員会 腐食速度の判定基準(案)の一例

分極抵抗値 $R_{ct}(\text{k}\Omega\text{cm}^2)$	鋼材腐食の可能性		腐食速度の判定
	腐食電流密度 $I_{corr}(\mu\text{A}/\text{cm}^2)$	腐食速度(腐食深さ) PDY(mm/年)	
130以上	0.2未満	0.0023未満	不動態状態(腐食なし)
52以上130以下	0.2以上0.5以下	0.0023以上0.0058以下	低～中程度の腐食速度
26以上52以下	0.5以上1以下	0.0058以上0.0116以下	中～高程度の腐食速度
26未満	1より大	0.0116より大	激しい、高い腐食速度

5-1 内在塩分(3.5 kg / m³)を含む試験基材での結果



自然電位



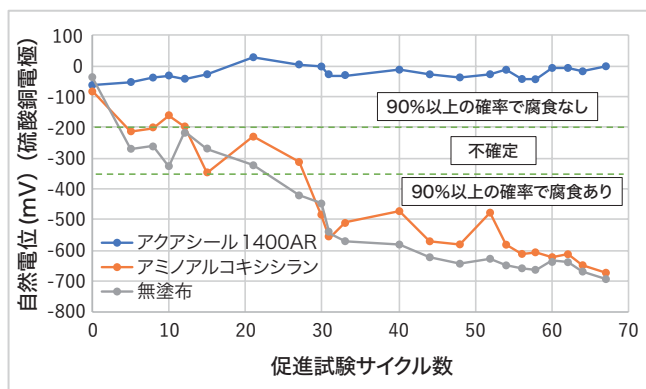
腐食電流密度

- アクアシール 1400ARを塗布することで、塩分を含むコンクリート(内在塩分 3.5 kg / m³)でも自然電位は貴の方向へ推移し、腐食電流密度も低位で安定しており、鉄筋腐食抑制効果が確認できます。
- 既に塩分を含む既設コンクリート構造物で効果を発揮します。
- 促進試験終了後、試験体を割裂して鉄筋の腐食状況を確認した結果、アクアシール 1400ARを塗布した試験体には鉄筋の腐食は認められず、無塗布試験体は鉄筋全面に錆が認められました。

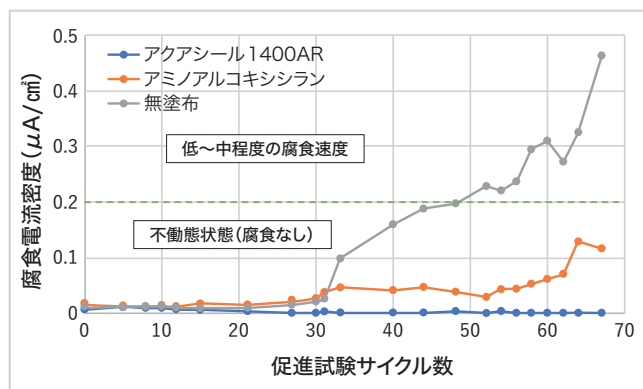


内在塩分 3.5 kg / m³の試験基材での腐食促進試験 31 サイクル後の鉄筋腐食状況

5-2 内在塩分を含まない試験基材での結果

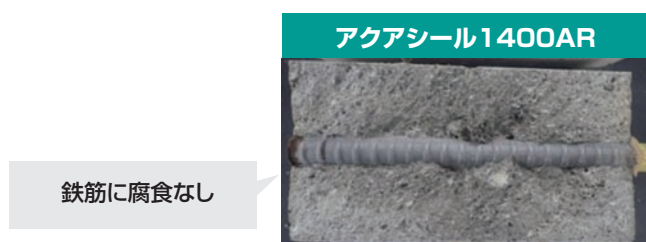


自然電位



腐食電流密度

- 塩分を含まない試験基材にアクアシール 1400ARを塗布することで、自然電位は-200mV以上を維持し、腐食電流密度も低位で安定しています。
- 無塗布の試験体とアミノアルコキシシランを塗布した供試体では、自然電位は徐々に低下し、-350mV以下になりました。
- 無塗布の試験体では、腐食電流密度は0.2以上0.5以下となり、評価基準では「低～中程度の腐食速度」となりました。



内在塩分を含まない試験基材での腐食促進試験 67 サイクル後の鉄筋腐食状況

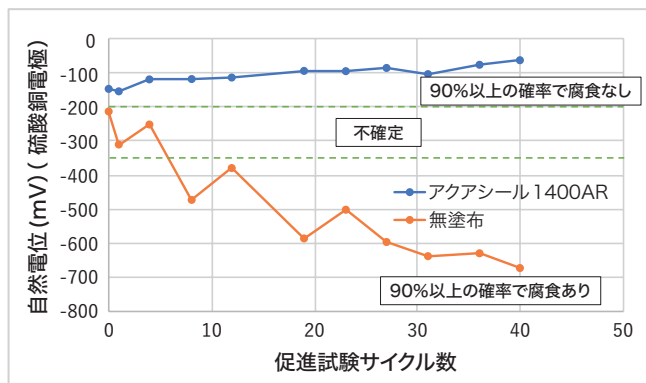
6 高濃度塩水(10%)による鉄筋腐食抑制試験結果

凍結防止剤が散布された場合の効果を検証する目的で、実際の高速道路で採取した路面水の濃度分析結果から、10%濃度の塩水を使用して鉄筋腐食促進試験を行いました。

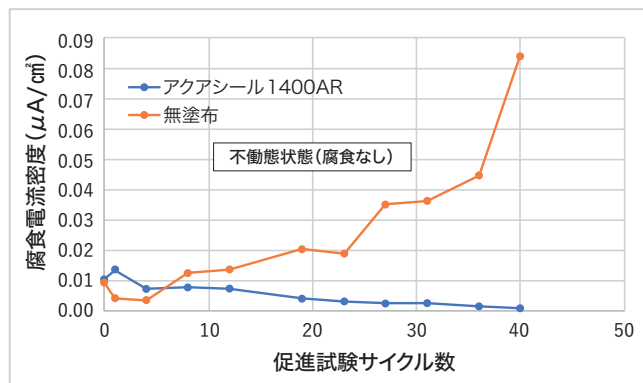
試験方法

試験基材：W/C=55%モルタル かぶり40mm 内在塩分なし

促進方法：＜10%塩水による湿潤 20℃、4日間 + 乾燥 40℃、3日間＞を1サイクル



自然電位



腐食電流密度

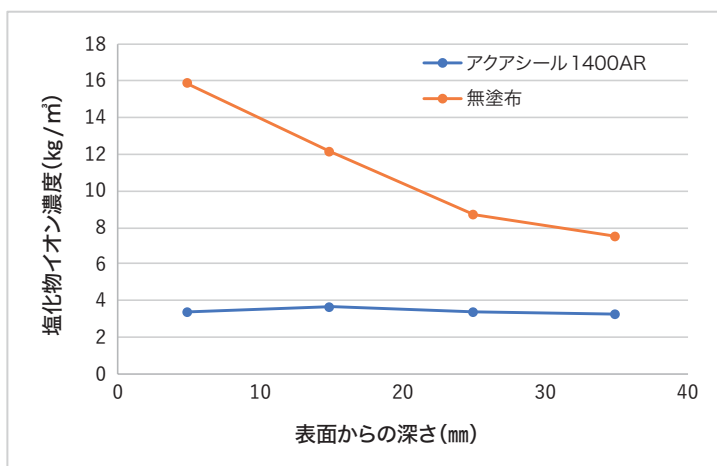
- アクアシール 1400ARを塗布した試験体では、10%の高濃度の塩水にさらされても自然電位は低下せず、腐食電流密度は低位で安定しました。
- 無塗布の試験体では自然電位が徐々に低下して、早期に「90%以上の確率で腐食あり」域になりました。
- 無塗布試験体の腐食電流密度は、まだ「不動態状態(腐食なし)」を示していますが、試験体を割裂すると鉄筋の端部に腐食が確認されました。

7 腐食促進試験後の塩化物イオン濃度

5および6で行いました腐食促進試験が終了後、コンクリート中の塩化物イオン濃度を測定しました。

7-1 内在塩分 3.5 kg / m³を含む試験基材中の塩化物イオン濃度

5-1の内在塩分 3.5 kg / m³のコンクリート供試体を用いた鉄筋腐食促進試験の試験体で、31サイクル後の試験体で塩化物イオン濃度を測定しました。3%の塩水に湿潤させたことにより、無塗布の供試体では塩化物イオン濃度が内在塩分量よりも大幅に増加しています。アクアシール 1400ARを塗布した供試体は、内在塩分濃度 (3.5 kg / m³) が維持されており、外部からの塩化物イオンの浸入を阻止していることが確認できます。しかも、塩分が内在していても鉄筋は腐食していません。



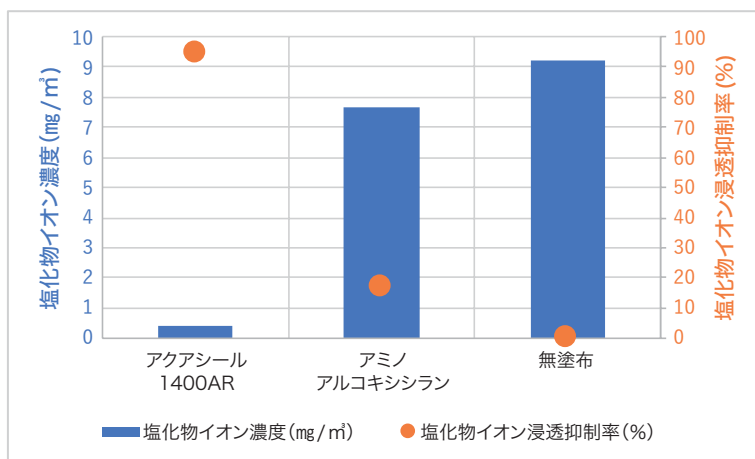
表面からの深さ	0～10mm	10～20mm	20～30mm	30～40mm
アクアシール 1400AR	3.35	3.68	3.36	3.27
無塗布	15.8	12.14	8.75	7.51

腐食促進試験後の試験体の塩化物イオン濃度

7-2 3%塩水による腐食促進試験後(67サイクル)の試験基材中の塩化物イオン濃度(内在塩分を含まない)

5-2の内在塩分を含まない試験基材で、3%の塩水を使用した鉄筋腐食促進試験後(67サイクル)の試験体で、鉄筋付近(深さ30～40mm)の塩化物イオン濃度を測定しました。

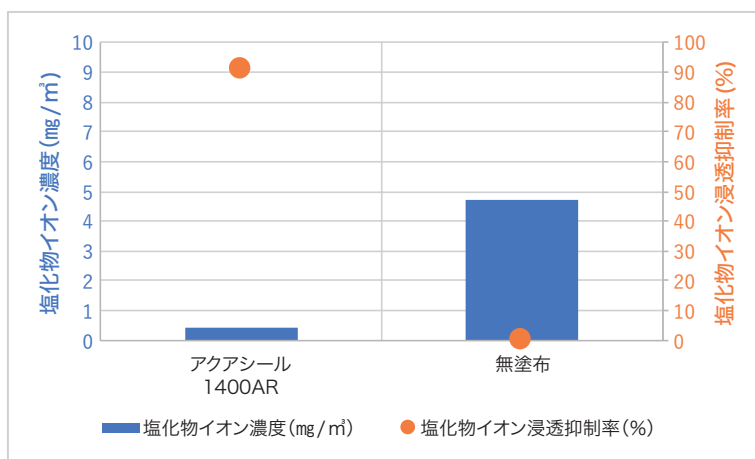
	アクアシール1400AR	アミノアルコキシシラン	無塗布
塩化物イオン濃度(mg/m ²)	0.43	7.65	9.22
塩化物イオン浸透抑制率(%)	95	17	0



7-3 10%塩水による腐食促進試験後(44サイクル)の試験基材中の塩化物イオン濃度(内在塩分を含まない)

6の内在塩分を含まない試験基材で、10%の高濃度塩水を使用した鉄筋腐食促進試験後(44サイクル)の試験体で、鉄筋付近(深さ30～40mm)の塩化物イオン濃度を測定しました。

	アクアシール1400AR	無塗布
塩化物イオン濃度(mg/m ²)	0.43	4.73
塩化物イオン浸透抑制率(%)	91	0



アクアシール1400ARは、塩化物イオン浸透抑制効果が90%以上で、飛来塩分や凍結防止剤に含まれる塩化物イオンの浸透を防ぎ、しかも塩分が既に存在している(3.5 kg/m²)場合でも鉄筋の腐食を抑制します。

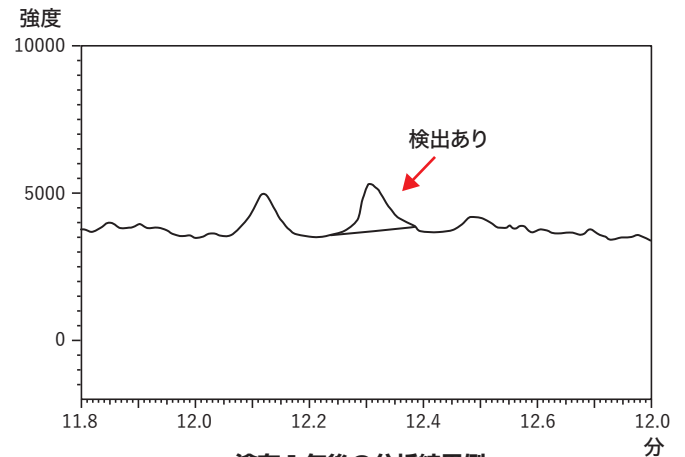
8 試験体での浸透性防錆剤の浸透深さの確認

試験基材：W/C=50%のコンクリートブロック

アクアシール 1400ARの塗布量：0.23 kg/m²

分析方法

- ①コンクリートハンマードリルを使用して所定の深さまで削孔し、その際に生じる削孔粉を採取する。
- ②採取した削孔粉を溶媒中に抽出し、ガスクロマトグラフにより分析を行う。



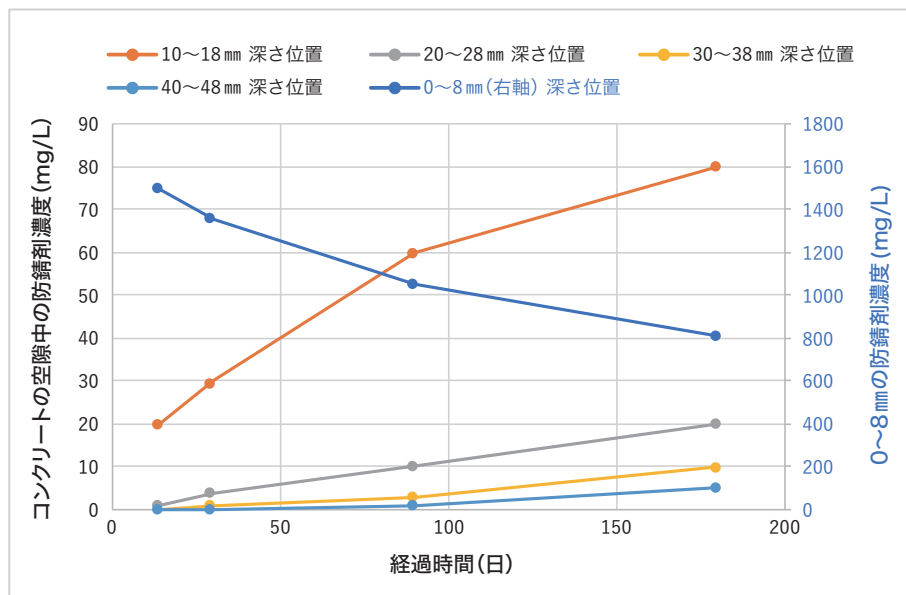
塗布 1 年後の分析結果例
道路橋バラベット部深さ 40-60 mm

塗布後 14 日、30 日、60 日、90 日、180 日にアクアシール 1400AR を塗布したコンクリートブロックを表層から 10 mm 間隔で切り出し、上記方法により浸透性防錆剤の分析を行った。

試験結果

アクアシール 1400AR に配合している防錆剤は気化性を有し、気化することによって、コンクリート中の空隙をより深くまで移動するようにコントロールしています。また、配合しています特殊添加剤が養生中に残存し、防錆剤の空気中への気化を防ぎ飛散を防ぐことで浸透効果をより一層高めています。

分析の結果、時間の経過と共に防錆剤の濃度は深さ 0～8 mm の表層部分で減少しますが、深部では濃度が増加し、6 カ月後には深さ 30～38 mm の領域においてコンクリート中の空隙に換算して 10 mg/L、深さ 40～48 mm で 5 mg/L の防錆剤を定量することができました。



各深さでの防錆剤濃度の経時変化

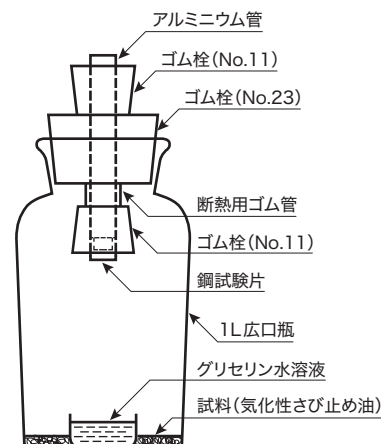
この分析結果より、現在市販されている浸透性コンクリート保護材の中で初めてコンクリート中の鉄筋近傍に浸透している防錆剤の定量を行い非腐食環境を形成していることを明らかにすることができました。

9 浸透性防錆剤の防錆効果確認試験

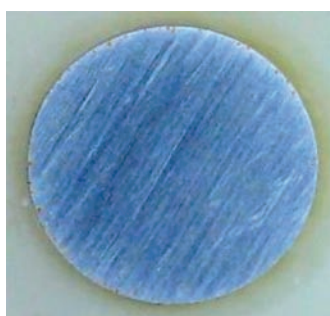
JIS K 2246(防せい(錆)油)6.39 気化性防せい性試験に準じ、採用に至った浸透性防錆剤の効果を確認しました。尚、試料と鋼試験片の距離は10mmとしました。浸透性防錆剤なしでは鋼試験片の全面に錆が認められましたが、5mg/Lおよび10mg/Lとなるように浸透性防錆剤を入れた鋼試験片には錆が認められませんでした。

鉄筋腐食抑制効果の実証根拠

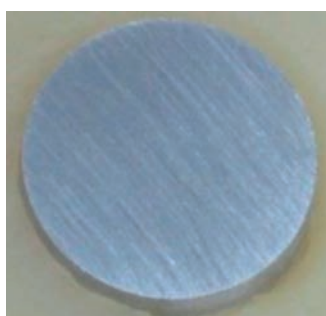
かぶり深さ40mmの鉄筋コンクリートを想定すると、防錆剤の浸透深さの確認で、鉄筋表層の深さ30～38mmの領域には塗布後180日で10mg/L、同様に鉄筋位置の深さ40～48mmでは5mg/Lの防錆剤が存在していることとなります。本試験の結果より、鉄筋に対して防錆効果を発揮することが期待されます。



JIS K 2246 防せい(錆)油
気化性防せい性試験



防錆性あり(5mg/L)
深さ40～48mm鉄筋位置での再現試験



防錆性あり(10mg/L)
深さ30～38mm鉄筋位置での再現試験



防錆剤なし

10 実構造物での浸透性防錆剤の浸透深さの確認

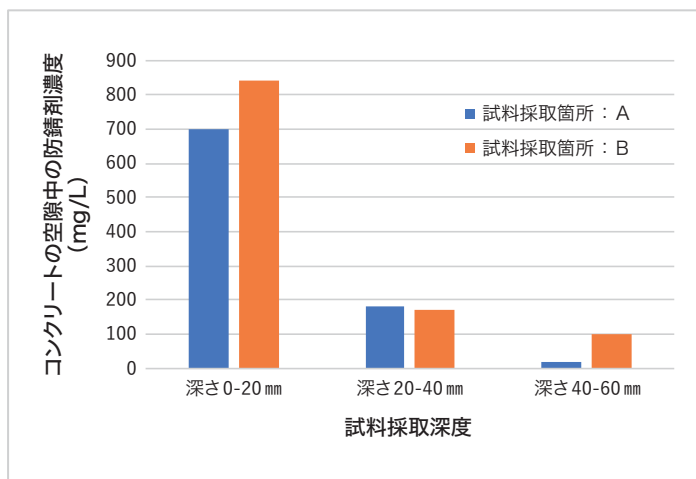
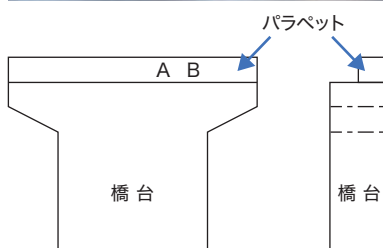
既設道路橋の橋台パラペット部にアクアシール1400ARを塗布量0.23kg/m²で塗布し、1年後に浸透性防錆剤の浸透深さを確認しました。

試験結果

試験体よりも緻密で高強度な実構造物でも、1年後には表層から40-60mmの深さで20～100mg/Lの防錆剤の浸透が確認できました。

9の浸透性防錆剤の防錆効果確認試験では、5mg/Lの濃度で防錆効果場確認されています。

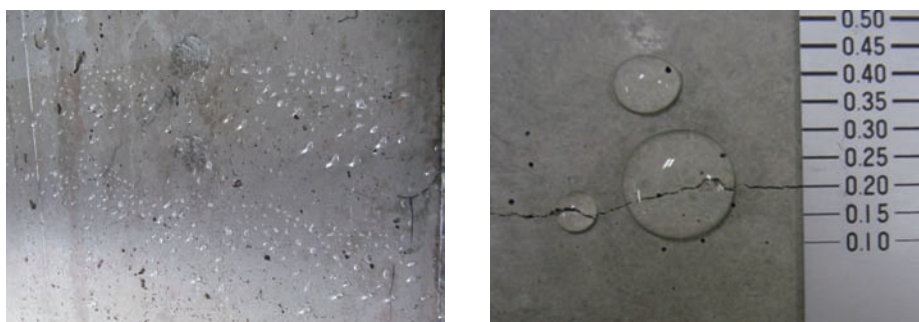
採取箇所 深さ(mm)	A	B
0-20	700	840
20-40	180	170
40-60	20	100



浸透性防錆剤の各深度での濃度測定結果

11 表面撥水性

コンクリート構造物に0.3mm以下のひび割れが入っていても、アクアシール1400ARを塗布することで遮水効果が期待できます。

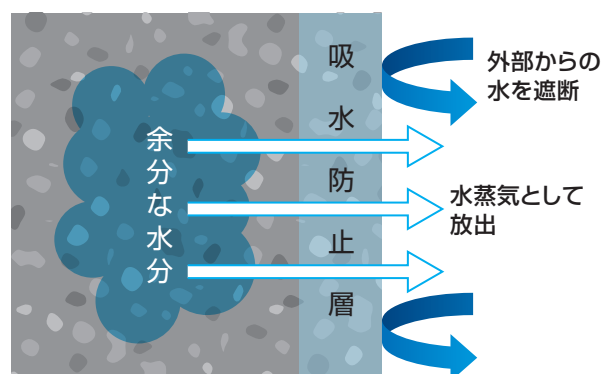
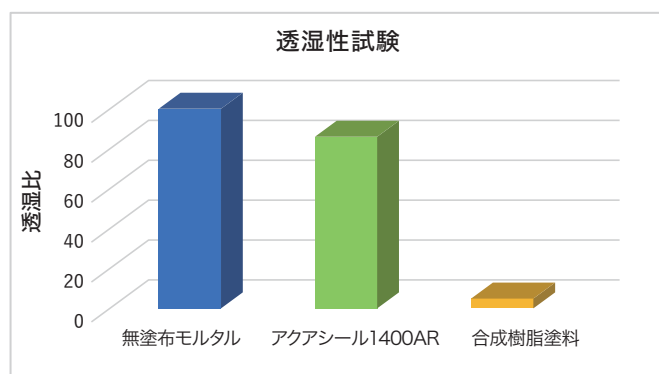


12 透湿性

アクアシール1400ARは被膜を形成しないので、透湿性に優れています。

雨など外部からの水を遮断し、コンクリート内部の水分は水蒸気として放出します。

その結果、鉄筋の腐食を抑制し、さらに、アルカリ骨材反応の抑制効果も期待できます。



13 土木学会 表面保護工設計施工指針(案)に基づく性能(品質)評価

試験項目	シラン系表面含浸材評価基準	試験結果	
外 観	変化なし, わずかに変化, 著しい変化のいずれか	変化なし	—
含浸性	—	6.0mm	—
透水抑制率	80%以上(グレードA)	90%	グレードA
吸水抑制率	80%以上(グレードA)	92%	グレードA
中性化抑制率	10%以上(グレードC)	100%	グレードA
塩化物イオン浸透抑制率	80%以上(グレードA)	100%	グレードA
透湿比	80~60%以上(グレードB)	86%	グレードA