

浸透型防錆剤の鉄筋防食性能についての研究

維持管理工学研究室 松本真吾

1. 背景と目的

劣化した鉄筋コンクリートの補修方法は、劣化した部分の断面修復を行い、コンクリートの保護且つ鉄筋の防食を目的とする表面処理を施すことが主流である。表面含浸工法は表面被覆工法よりも即効性には欠けるが、コンクリート表面を直接見ることができることや、簡易に施工が可能であるといった点では優れている。表面含浸工法の特徴としては、コンクリート表面の保護・緻密化を目的としており、鉄筋に水分を与えないことにより鉄筋の防食効果を期待している。従って、鉄筋を直接的に保護する能力は持たないのが一般的である。

本研究では、コンクリート表面を保護、且つ、鉄筋に直接作用する浸透型防錆剤の防食性能と、従来のシラン系含浸剤、及び、プレミクスタイプの防錆剤との比較を実験的に検討することを目的とする。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

供試体の寸法は、100×100×400mmである(図-1)。鉄筋はD10 異形鉄筋を用いた。作成した供試体の一覧及び各種配合を表-1及び表-2に示す。表面含浸タイプ(H)2種とプレミクスタイプ(P)2種の供試体と比較用にプレーンを作成した。

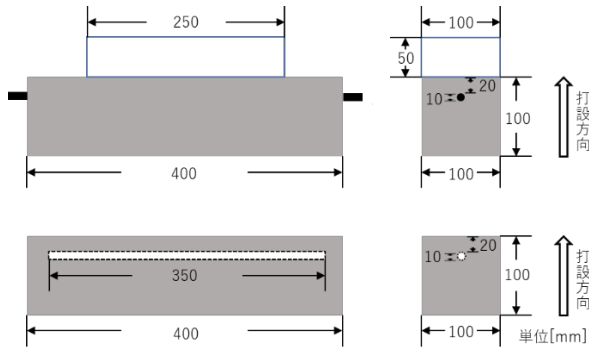


図-1 供試体概要
(上:外来塩分型 下:内在塩分型)

2.2 劣化促進試験概要

2.2.1 外来塩分型

外来塩分は、ポンディング方式を用いて導入する。50×100×250mmの貯水槽を供試体かぶり側に取り付け(図-1[上])、そこに3%濃度のNaCl溶液を25mm程度貯留させる湿潤状態と乾燥状態を繰り返し、劣化を促進させる。室温20℃で3日湿潤4日乾燥、計7日を1サイクルとする。4サイクル目以降は、1サイクルを室温30℃で2日湿潤5日乾燥に変更した。計14サイクルの劣化促進を行った。コンクリート乾燥状態に移行する際に、自然電位の測定を行った。

表-1 供試体一覧

塩分導入形式	使用材料	供試体名称
外来塩分型	プレーン	1-G, H, I
	プロテクトシル CIT (H)	1-D, E, F
	シラン系含浸剤 (H)	1-A, B, C
	プロテクトシル WA CIT (P)	2-A, B, C
内在塩分型	亜硝酸リチウム (P)	3-A, B, C
	プレーン	4-G, H, I
	プロテクトシル CIT (H)	4-D, E, F
	シラン系含浸剤 (H)	4-A, B, C
	プロテクトシル WA CIT (P)	5-A, B, C
	亜硝酸リチウム (P)	6-A, B, C

※供試体名称の数字は、配合番号である。

表-2 配合表

配合番号	単位量(kg/m ³)				[cc]	[cc]	[g]	[g]	
	W	C	S	G	No.70	WA CIT	LiNO ₂	NaCl	
1					734	5,871			
2	176	294	873	894			11,260		
3									
4									
5						5,871			3,955
6								11,260	

2.2.2 内在塩分型

コンクリート練混ぜ時に、鉄筋が腐食する量の塩分を練りこんでおき、乾湿繰り返し試験を行うことにより、劣化を促進させる。乾燥状態はコンクリート実験棟2階の室温・湿度で、湿潤状態は、高温加湿器を用いて、気温40℃・湿度100%に保つ。乾燥状態・湿潤状態を、7日間毎に入れ替える。乾湿の入れ替えるタイミングで自然電位を測定する。試験後期は、高温加湿器の不調の影響で、気温・湿度が目標の値まで上がらず、気温20℃程度・湿度80%程度であった。

3. 実験結果

3.1 塩分浸透深さ (外来塩分型のみ)

表-3に最大塩分浸透深さを示す。

表-3 最大塩分浸透深さ

種類	最大塩分浸透深さ[mm]
シラン	40
CIT	5
プレーン	45
WA CIT	17
亜硝酸リチウム	22

CIT及びWA CITは、塩分浸透は鉄筋かぶりに到達していなかったが、プレーン、シラン及び亜硝酸リチウムでは、塩分浸透が鉄筋かぶりに到達していた。CITの吸水防止層の効果が現れている。

3.2 自然電位推移

図-3 に外来塩分型、図-4 に内在塩分型の自然電位の推移をグラフにして示す。

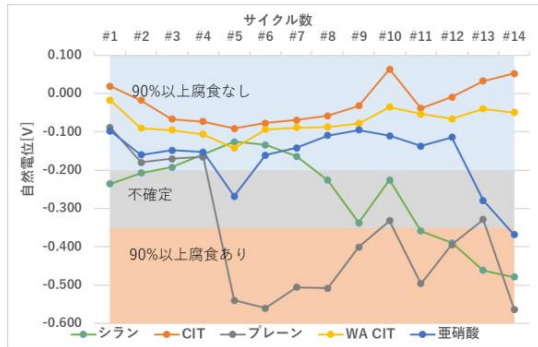


図-1 自然電位推移 (外来塩分型)

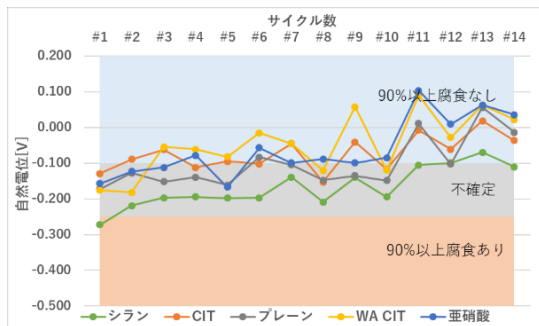


図-2 自然電位推移 (内在塩分型)

外来塩分型について、CIT及びWA CITの自然電位は、常に貴側を維持しており、鉄筋が腐食環境にないことが確認できる。シラン、プレーン及び亜硝酸リチウムは、14 サイクル目には90%以上腐食ありの評価となり、CITとの違いが明確に出た。最大塩分浸透深さと照合すると、CITとWA CITを用いた鉄筋での腐食発生の可能性は極めて低いことが推測される。特にプレーンは4サイクル目と5サイクル目の間で、塩分が鉄筋に到達し、腐食が開始したと考えられる顕著な例である。

内在塩分型では、すべての供試体で不確定又は90%以上腐食なしという評価になった。乾燥状態であったため、鉄筋の腐食速度にも影響が出たと考えられる。

3.2 腐食面積率と質量減少率

表-4 に外来塩分型、表-5 に内在塩分型の腐食面積率と質量減少率を示す。

表-4 腐食面積率と質量減少率 (外来塩分型)

種類	腐食面積率 [%]	質量減少率 [%]
シラン	13.6	0.747
CIT	11.6	0.190
プレーン	14.5	0.301
WA CIT	3.3	0.289
亜硝酸リチウム	3.4	0.548

表-5 腐食面積率と質量減少率 (内在塩分型)

種類	腐食面積率 [%]	質量減少率 [%]
シラン	2.4	0.602
CIT	4.8	-0.096
プレーン	2.7	-0.121
WA CIT	4.0	-0.087
亜硝酸リチウム	1.7	-0.142

外来塩分型について、CITはプレーン及びシランに近い腐食面積率であった。WA CIT及び亜硝酸リチウムの腐食面積率は、3%台でありとても小さい。質量減少率については、どの鉄筋も1%未満で大きな質量減少はなかった。除錆後の目視による評価では、プレーン及びシランには孔食を含む断面欠損が複数の箇所確認でき、亜硝酸リチウムでは1か所で断面欠損を確認できた。しかし、CITとWA CITは断面欠損が確認できなかった。CITとWA CITは、塩分浸透が鉄筋かぶりに到達していないため、この結果からは不動態被膜が再生されているかどうかの判断は難しい。

内在塩分型について、全ての鉄筋で腐食面積率は5%未満で、ほとんど腐食面積はない。また、質量減少率を確認しても腐食量が少なすぎるためか、誤差の影響により負の値が出てしまっている。除錆後の目視による評価では、CITのみ孔食が確認された。その他の供試体では、剥離に近いひび割れのようなものを確認した。

4. まとめ

外来塩分型で、塩分浸透が抑制されていた結果から、CITの吸水防止層の効果を確認できた。しかし、塩分浸透は鉄筋かぶりに到達していなかったため不動態被膜の再生効果は確認できなかった。3ヶ月の乾湿繰り返し試験では、CIT及びWA CITを用いると塩分が鉄筋に到達することはないことは確認できたが、もっと長期の試験を行い不動態被膜の再生効果を評価する必要がある。

内在塩分型では、全体的に鉄筋の腐食が少なく、CITの性能評価は難しい。原因は、コンクリート中の水分不足であると考えられる。これは、高温加湿器の不調によって、供試体周辺の環境が目標の気温・湿度に到達しなかったためであると考えられる。