

# 鉄筋防食機能を有するけい酸塩系表面含浸材の開発

破壊診断工学研究室 塚本 祐也

## 1. 研究の背景と目的

コンクリート構造物の補修工法が数多く提案されている中で、注目を集めているのが「表面含浸工法」である。この工法は他の補修工法に比べ経済性に優れており、また構造物の外見を変えることなく補修が可能である。表面含浸工法は大きく2つに分けられ「シラン系」の材料のものと「けい酸塩系」の材料のものがある。従来のけい酸塩系の表面含浸材はコンクリートを緻密化し劣化因子の侵入を防ぐが、コンクリート中の鉄筋の防食機能は有していない。

そこで本研究では、鉄筋の防錆剤として働く亜硝酸カルシウムをコンクリートに塗布し浸透させた後、けい酸塩系の含浸材をコンクリート表面に塗布した。また、プレキャスト部材に鉄筋防食性能を付与するためにコンクリート練り混ぜ時に亜硝酸系の材料を混入させた場合、防食効果が表れるかを検討する。

## 2. 実験概要

### 2.1 母材のコンクリートの使用材料と配合

次の表-1に配合表を示す。セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。養生は湿布養生で、養生期間は1か月とした。表面含浸材および亜硝酸カルシウムの塗布量は $200\text{g/m}^3$ とした。

表-1 配合表

材料	W/C (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				
		水	セメント	細骨材	粗骨材(小)	AE減水剤
普通コンクリート	57	180	327	810	920	1.02

### 2.2 供試体概要

供試体の種類は全部で3シリーズ用意し、以下シリーズ1、シリーズ2、シリーズ3と呼称する。

シリーズ1は、かぶり10mm、25mmでそれぞれ8体ずつ作製し、亜硝酸カルシウムとけい酸リチウムをコンクリート表層に含浸させた。

シリーズ2にも同様に表面含浸を施すが、コンクリート内部からも劣化を促進させることを狙い、コンクリート練り混ぜ時に塩化ナトリウム(食塩)を混入させ、かぶり10mm、25mmで各8体ずつ作製した。シリーズ3の供試体では表面含浸を施さず、防食性の高いプレキャストコンクリート部材の作製を提案し、コンクリート練り混ぜ時に亜硝酸カルシウ

ムを混入させ、防食効果が発揮されるかを検討した。そのうち、亜硝酸カルシウムを混入させていない基本となる供試体を3体、亜硝酸カルシウム(濃度1%)を混入させた供試体を3体、亜硝酸カルシウム(濃度2%)を混入させた供試体を3体、全てかぶり10mmで計9体作製した。(図-1)

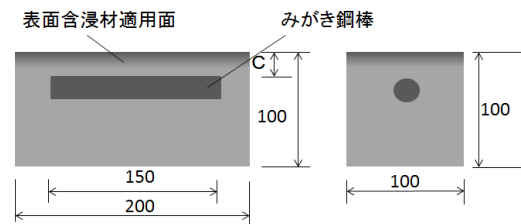


図-1 供試体寸法

### 2.3 劣化促進環境

各供試体の劣化促進を図るために、塩水散布環境にさらした。以下の写真-1は塩水シャワー室の様子である。塩水シャワー室は下に溜まっている3%NaCl水溶液をポンプで上部に送り、上についているパイプを通り、3時間おきに5分間塩水を散布し続ける装置となっている。



写真-1 塩水シャワー室

### 2.4 非破壊試験

供試体中鉄筋の腐食状況を非破壊で調査するため、自然電位法と分極抵抗法を用いた。自然電位法とは、鉄筋が腐食することによって変化する鉄筋表面の電位から、鋼材腐食を診断する電気化学的方法である。分極抵抗とは、鉄筋表面上の腐食反応に対する反応抵抗を意味する。抵抗値が大きいほど腐食反応が生

じにくく、不動態化していることを表している。

### 3. 実験結果および考察

シリーズ3の供試体は自然電位が一貫して卑な結果となった。亜硝酸カルシウムを混入させたものと混入されていないものを比較しても自然電位のみから判断すると、腐食している可能性が高いと判断される。またシリーズ1、シリーズ2に対してシリーズ3の供試体の自然電位が卑な結果となったのは、シリーズ1と2はエポキシ系の樹脂を5面にわたり施してあるのに対し、シリーズ3は被覆を施しておらずあらゆる面から劣化因子が侵入したからより劣化促進が進み、腐食の可能性が高くなったのだと考えられる。シリーズ1とシリーズ2に関しては予測と反し、塩分を混入させてあるシリーズ2よりも塩分を混入させていないシリーズ1の供試体のほうが鉄筋の腐食している可能性が高いという結果となった。これは、供試体の作製時期の違いなどが要因として考えられる。

表-2の分極抵抗値のデータから判断すると、シリーズ2供試体中の鉄筋は腐食している可能性が低く、シリーズ1およびシリーズ3の供試体に関しては、供試体中の鉄筋の腐食確率が高いと判断できる。この結果は、自然電位で示された結果と一致している。

表-2 分極抵抗値

シリーズ1				シリーズ2					
	かぶり	塩(kg/m <sup>3</sup> )	亜硝酸カルシウム(%)	分極抵抗		かぶり	塩(kg/m <sup>4</sup> )	亜硝酸カルシウム(%)	分極抵抗
No.1	10	無	無	1.043	No.1	10	2.4	無	47.821
No.2	10	無	無	0.629	No.2	10	2.4	無	17.045
No.3	10	無	無	3.432	No.3	10	2.4	無	9.954
No.4	10	無	無	1.872	No.4	10	2.4	無	26.832
No.5	10	無	無	6.804	No.5	10	2.4	無	17.596
No.6	10	無	無	3.883	No.6	10	2.4	無	49.184
No.7	10	無	無	2.301	No.7	10	4.8	無	4.373
No.8	10	無	無	5.34	No.8	25	2.4	無	9.452
No.9	25	無	無	0.95	No.9	25	2.4	無	5.813
No.10	25	無	無	3.15	No.10	25	2.4	無	13.104
No.11	25	無	無	1.871	No.11	25	2.4	無	3.219
No.12	25	無	無	1.776	No.12	25	2.4	無	12.012
No.13	25	無	無	2.931	No.13	25	2.4	無	25.996
No.14	25	無	無	1.804	No.14	25	4.8	無	7.867
No.15	25	無	無	1.558	No.15	10	2.4	無	16.864
No.16	25	無	無	3.335	No.16	25	2.4	無	14.484

シリーズ3				
	かぶり	塩(kg/m <sup>5</sup> )	亜硝酸カルシウム(%)	分極抵抗
No.1	10	無	無	4.872
No.2	10	無	無	2.72
No.3	10	無	無	0.65
No.4	10	無	1	5.901
No.5	10	無	1	5.547
No.6	10	無	1	3.039
No.7	10	無	2	4.464
No.8	10	無	2	2.646
No.9	10	無	2	3.96

コンクリート中の鉄筋の状態を実際に確認するために、供試体を破壊し鉄筋を取り出した。表-3に鉄筋の腐食面積率を示す。

シリーズ3の供試体は亜硝酸カルシウム混入なし、濃度1%混入、濃度2%混入の供試体を各1体ずつ破壊した。結果は何も混入していない供試体中の鉄筋は腐食が最も激しい状態で、次いで濃度1%混入の供試体中の鉄筋の腐食が進行していた。しかし、濃度2%混入の供試体中の鉄筋の腐食は多少進行してい

たものの、混入なしおよび1%混入の鉄筋より腐食は抑えられていた。このことから、コンクリート練り混ぜ時に亜硝酸カルシウムを混入することは、鉄筋の腐食進行を抑えるのに有効であると考えられる。

シリーズ2供試体に関し問題が発覚した。通常表面含浸を施した面からかぶり10mm、25mmとするが、表面含浸を施す面を逆にしまい、実際はかぶり90mm、75mmとなっているのが確認された。このような状況にも関わらず、シリーズ2の供試体は腐食がみられた。腐食が進行した要因として考えられるのは、かぶりが大きすぎるため塗布した含浸材がコンクリート表層から鉄筋まで浸透せず、防食効果が発揮できなかったことが考えられる。

シリーズ1に関しては、シリーズ3の何も混入させていない供試体と比較してみると、腐食を抑えられていた。このことから表面含浸材と亜硝酸カルシウムの併用は鉄筋の防食効果が期待でき、鉄筋の腐食進行を抑えるのに有効であることが考えられる。

表-3 腐食面積率

シリーズ1				
	かぶり	塩(kg/m <sup>3</sup> )	亜硝酸カルシウム(%)	腐食面積率(%)
No.5	10	無	無	16.8
No.7	10	無	無	22.9
No.9	25	無	無	28.2
No.10	25	無	無	10.4
シリーズ2				
	かぶり	塩(kg/m <sup>4</sup> )	亜硝酸カルシウム(%)	腐食面積率(%)
No.1	10	2.4	無	15.5
No.2	10	2.4	無	13.1
No.10	25	2.4	無	43.6
No.13	25	2.4	無	9.6
シリーズ3				
	かぶり	塩(kg/m <sup>5</sup> )	亜硝酸カルシウム(%)	腐食面積率(%)
No.1	10	無	無	45.7
No.4	10	無	1	43.1
No.7	10	無	2	18.6



写真-2 供試体中鉄筋①

写真-3 供試体中鉄筋②

### 4. 結論

本研究で得られた知見は以下のとおりである。

- (1) コンクリート練り混ぜ時に、亜硝酸カルシウムを混入させるプレキャスト部材は鉄筋の防食効果が期待できる。
- (2) 表面含浸材として亜硝酸カルシウムとけい酸リチウムを併用することは、鉄筋の防食効果が期待できる。