

カルシウム付与によるケイ酸塩系表面含浸材の性能向上に関する研究

破壊診断工学研究室 岡島 広樹

1. 研究背景と目的

数あるコンクリート構造物の補修工法の中で、今回注目したのは、ほかの補修工法に比べて経済性に優れている「ケイ酸塩系表面含浸工法」である。

コンクリート表面に塗布されたケイ酸塩は、コンクリート中のカルシウムイオンと反応し、ゲルを生成することによって硬化体組織を緻密にするが、施工後長時間が経過したコンクリートは、特にその表面近傍では中性化、風化、溶脱などにより、コンクリート中の水酸化カルシウムが減少してしまっている。この場合、ケイ酸塩系表面含浸材の効果が満足に発揮できていない可能性がある。そこで本研究は、結合材にフライアッシュを用いることにより、高材齢コンクリートの状態を模擬した供試体を製作し、亜硝酸カルシウムを塗布し、カルシウムを補給する。その後、ケイ酸塩系表面含浸材を塗布し、性能評価試験を行う。また、ケイ酸ナトリウム、カリウム、リチウムの各含浸材における性能評価も同時に行い、どのような特徴があるのかを確認した。

2. 実験概要

2.1 母材のコンクリートの使用材料と配合

表-2.1に配合を示す。水セメント比は、低品質のコンクリートを模擬するために60%とした。結合材には普通ポルトランドセメントとフライアッシュⅡ種の2種類を用いた。養生は湿布養生で2種類とも20°Cの恒温室内で1ヶ月養生させた。

表2.1 示方配合表

材料	W/C(%)	単位量(kg/m ³)			
		水	セメント	フライアッシュ	細骨材
普通モルタル	60	289	482	0	1445
フライアッシュモルタル	60	284	331	142	1419

2.2 供試体概要

供試体は普通セメントを用いたモルタルを10体とフライアッシュを用いたモルタルを10体で1シリーズとし、3シリーズ製作した。

普通モルタル、フライアッシュモルタル各9体にカルシウムイオンを補う為に、亜硝酸カルシウム(それぞれ 250mg/m²)を塗布する。その際、亜硝酸カルシウムの濃度は無塗布も含めて3種類(0%、5%、10%)とした。その後ケイ酸ナトリウム、ケイ酸リチウム、ケイ酸カリウムの表

面含浸材を3体ずつに塗布した。残りの1体は比較するための無塗布のものとする。これを3シリーズで行った。表2.1は供試体への亜硝酸カルシウム、ケイ酸塩系表面含浸材の塗布の図を示す。

表2.1 供試体塗布図

供試体番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
含浸剤の種類	Na			K			Li			BLANK
Ca(NO ₂) ₂ 濃度(%)	0	5	10	0	5	10	0	5	10	

すべての供試体の寸法は100×100×40mmとした。すべての供試体は20°Cの室内に1ヶ月程度保存し、乾燥させた。

2.3 透水性試験の概要

今回行う透水試験の装置を図2.2に示す。使用した器具、装置はメスピペット(感量(1目盛り)0.05ml、容量5ml)、漏斗(口径が75ml、80ml、86ml)、メスピペットと漏斗を接合するためのゴム管である。メスピペットに5ml弱の蒸留水を注ぎ、その後の水の減量を1時間ごとに目視で確認していき、5時間後まで計測した。計測途中で5ml以上減量してしまった場合は再度水の補給を行い計測した。なお、3種類の口径を使っているので計測値は面積による補正を行った。

計測結果から導きだすことができる透水比の式-2.1と透水性阻止率の式-2.2によって表面含浸材の透水抑制の性能を評価した。

$$\text{透水比} = \frac{\text{試験体の透水量(ml)}}{\text{無処理試験体の透水量(ml)}} \quad (2.1)$$

$$\text{透水性阻止率(\%)} = 100\% - \text{透水比} \quad (2.2)$$



図2.2 透水抑制試験実験装置

2.4 塩化物イオン浸透試験の概要

塩化物イオン浸透試験を行う実験装置、測定方法は2.3で用いたものと同じやり方で行った。蒸留水の代わりに3%塩化ナトリウム水溶液を使用した。

3. 実験結果

3.1 透水試験結果

透水試験の結果を図3.1、3.2に示す。

カルシウムイオンを塗布していない場合、普通モルタルではケイ酸ナトリウム、ケイ酸カリウムが高い透水性阻止率を示したが、ケイ酸リチウムは10%と低い値だった。フライアッシュモルタルではケイ酸カリウムが50%、ケイ酸ナトリウムが31.5%となり、ケイ酸リチウムは表面含浸材を塗布していないものよりも透水量が大きくなってしまった。また、いずれのケイ酸塩を用いてもフライアッシュモルタルの供試体が普通モルタルのものよりも低い透水性阻止率であった。元々フライアッシュモルタルを用いた場合の、表面含浸材を塗布していないものの透水性が小さいためである。

亜硝酸カルシウムの塗布の影響については、どちらの供試体もカルシウムの濃度を高めていくことで透水性阻止率は向上した。このことから亜硝酸カルシウムを併用するとケイ酸塩の表面改質効果が高くなることを確認した。また、各ケイ酸塩系表面含浸材で比較してみると、ケイ酸ナトリウムが大きな透水性阻止率を示した。元々ケイ酸ナトリウムは水ガラスと呼ばれており、透水抑制の性能を有しているが、それに加えて亜硝酸カルシウムを塗布したことで、より緻密なゲルが形成されたためだと考えられる。

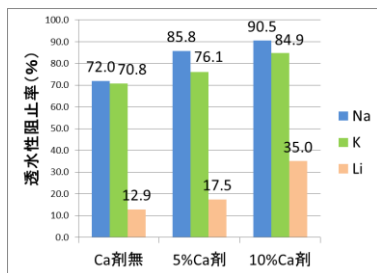


図 3.1 普通ポルトランドセメント阻止率データ

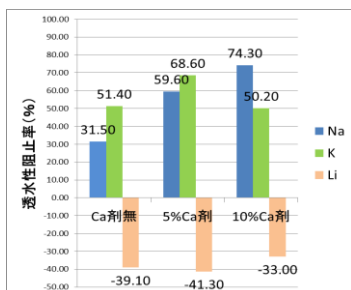


図 3.2 フライアッシュセメント阻止率データ

3.2 塩化物イオン水溶液浸透試験結果

塩化物イオン水溶液浸透試験の結果を図 3.3、3.4に示す。

カルシウムイオンを塗布していない場合、ケイ酸ナトリウム、カリウムに関しては普通モルタル、フライアッシュモルタル共に値に大きな差はなく、若干フライアッシュモルタルが低い値を示した。

亜硝酸カルシウムの塗布の影響について、普通モルタルとフライアッシュモルタルとで比較すると、どちらの配合の場合にも、亜硝酸カルシウムの濃度を上げていくごとに塩化物イオン浸透量阻止率も向上し、亜硝酸カルシウムを併用するとケイ酸塩の表面改質効果が高くなることを確認した。また、各ケイ酸塩系表面含浸材と比較してみると、ケイ酸カリウム、ケイ酸ナトリウムが効果を発揮した。元々ケイ酸カリウムはケイ酸ナトリウムと類似した性質を持っており、透水抑制に関してもケイ酸ナトリウムほどではないが高い阻止率を示した。

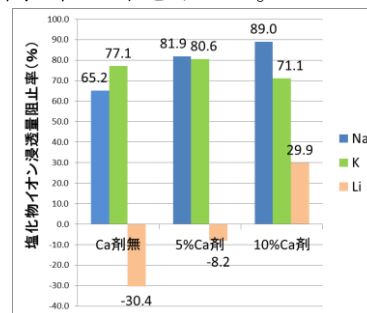


図 3.3 普通ポルトランドセメント阻止率データ

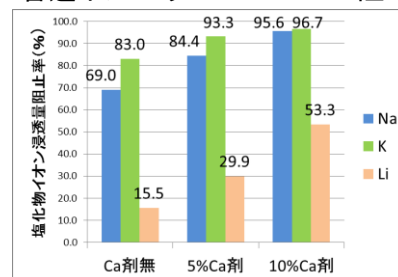


図 3.4 フライアッシュモルタル阻止率データ

4 結果

- (1) 各ケイ酸塩を用いた普通モルタル、フライアッシュモルタルどちらの供試体も表面含浸材を塗布していないものよりも、透水性阻止率や塩化物イオン浸透量阻止率は向上した。
- (2) 普通モルタル、フライアッシュモルタルどちらの供試体を用いた場合にもケイ酸ナトリウム、ケイ酸カリウムが高い透水性阻止率、塩化物イオン浸透量阻止率を示した。
- (3) 亜硝酸カルシウムをケイ酸塩系表面含浸材に併用することでケイ酸塩の表面改質効果が高くなることが分かった。