

表面改質材によるコンクリート構造物の塩害及び中性化に対する劣化抑制効果

鹿児島大学 学生会員 ○上野 壽大
 鹿児島大学 学生会員 審良 善和

鹿児島大学 正会員 武若 耕司
 鹿児島大学 正会員 山口 明伸

1. 目的

最近、コンクリート表面に塗布することによって、コンクリート内部にシリカゲルによる保護層を形成し、コンクリート表層部の品質を改善して耐久性の向上を図るシリケート系表面改質材（以下、表面改質材と呼ぶ）の利用に関する検討が進められている。一方、著者らは、現在、塩害と中性化による複合劣化作用を受けるコンクリート構造物の耐久性に関する一連の研究を行っているが、本研究では、表面改質材の物質浸透抑制効果に着目し、塩害・中性化の複合劣化に対する表面改質材の劣化抑止性能について検討を行った。

2. 表面改質材の特性

使用した表面改質材は、水ガラスである珪酸アルカリを主原料とした塗料で、塗布、乾燥および散水養生を行うことでコンクリート内部に浸透し、コンクリート中のカルシウムおよび水と化学反応を起こしシリカゲルを生成するものである。このシリカゲルにより、コンクリートはその内部に保護層を形成し、外部から浸入する海水等の劣化物質を遮断する性能を有することになる。表-1 に本実験に用いた表面改質材の物性値を示す。ここで、表中の不揮発性物質量の主なものは珪酸アルカリと見なすことができる。また、いずれの表面改質材も高アルカリ性で、水に比べ粘度が高いことが特徴である。

3. 実験概要

3.1 塩害および中性化を複合させた劣化促進試験

塩害および中性化を複合させた劣化促進試験（以下、複合劣化試験と呼ぶ）は、塩水浸漬試験と中性化促進試験を繰り返し行う試験方法で、供試体を NaCl 5% 水溶液に 3.5 日間の浸漬と、CO₂ 濃度 5% 室内で 3.5 日間の乾燥を 1 サイクルとして、20 サイクルまで実施した。供試体は、図-1 に示すモルタル円柱供試体で、内部に鉄筋を配筋したものである。表-2 にモルタルの配合を示す。また作製した供試体の要因と水準を表-3 に示す。供試体は、上面のみを試験面とし、側面、底面をエポキシ樹脂で被覆した後、図-3 に示す手順により表面改質材を塗布し、実験に供した。

3.2 ひび割れ間の透水試験

ひび割れ部における物質浸透に対する表面改質材の抑制効果を併せて検討するため、ひび割れを有するモルタルの透水試験を実施した。透水試験は、図-2 に示すような中空角柱モルタル供試体を用い、外圧式アウトプット法（試験圧力は 0.1～0.5 (N/mm²)）により行った。なお、供試体試験面への表面改質材の塗布方法は、図-3 に示す方法と同じである。

表-1 各表面改質材の物性値

No.	改質材A	改質材B	水
Na ₂ O・K ₂ O	3:7	7:3	
pH	11.23	11.21	
比重 (g/cm ³)	1.10	1.23	
粘度 (mPa・s)	4.5	6.5	2.5
不揮発性物質量 (%)	16.32	26.22	

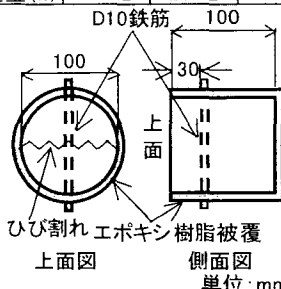


図-1 複合劣化試験供試体概要図

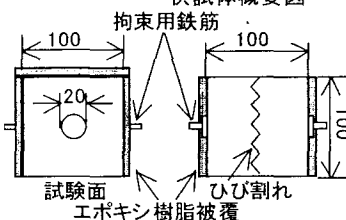


図-2 透水試験用供試体概要図

表-2 モルタル配合

W/C (%)	s/c (%)	単位量 (kg/m ³)	W	C	S
70	35	298	426	1490	

表-3 供試体の要因と水準

要因	水準	
	透水試験	複合劣化試験
かぶり (cm)	—	3
ひび割れ幅 (mm)	—	0, 0.1, 0.2
表面改質材	無塗布	表面改質材A, B
表面改質材塗布量	規定量	規定量2倍

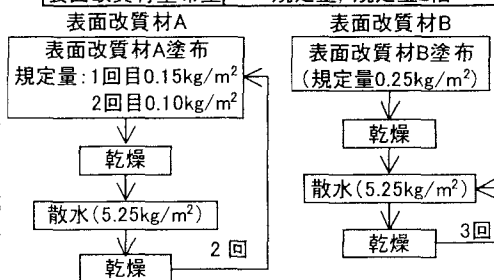


図-3 各表面改質材の塗布方法

4. 結果および考察

図-4には、ひび割れのない供試体について、複合劣化促進試験 20 サイクル後の中性化深さを示す。表面改質材の種類や塗布量の如何に関わらず表面改質材の塗布によって無塗布に比べ中性化の進行が抑制されていることが分かる。一方、供試体中の全塩化物イオン量分布を測定した図-5の結果によると、いずれの供試体にも差異はなく、表面改質材の抑制効果は認められなかった。なお、この全塩化物イオン量分布によると鉄筋位置となるかぶり厚さ 3cm の箇所では、いずれの供試体ともおよそ 5kg/m^3 の全塩化物イオンが混入していたが、内部の鉄筋は、コンクリートにひび割れを導入していない場合、いずれも腐食が生じていなかった。

ひび割れあり供試体について、図-6に複合劣化試験 20 サイクル後のひび割れ面の中性化深さを、図-7に鉄筋腐食面積率を示す。ひび割れ面の中性化深さについては、各表面改質材とも、ひび割れ幅 0.1mm および 0.2mm のいずれの場合も、無塗布に比べ、中性化の進行は抑制されていた。また、その抑制効果は塗布量の増加に伴い若干大きくなる傾向が認められた。また、ひび割れあり供試体では、鉄筋腐食が認められたが、その量は、ひび割れ面の中性化深さと同様に、表面改質材を塗布したものは無塗布に比べて少なく、腐食が抑制されていた。しかし、塗布量の増加による効果はなく、表面改質材 B の場合は、2 倍塗布したものが規定量に比べ、返って鉄筋腐食量が上回る結果も見られた。表面改質材による鉄筋の腐食抑制効果については、ひび割れ部にシリカゲルが生成することで、ひび割れを埋め、水や酸素等が通りにくくなったことによると考えられるが、過剰な塗布による劣化抑制効果は不明な点も多いため、今後検討を行う必要がある。

図-8は、シリカゲルの生成により影響を受けると考えられる透水性能を確認するために、ひび割れ間における透水係数を測定した結果を示したものである。このことから、0.1mm 以下のひび割れにおいては、無塗布供試体と表面改質材塗布供試体とで透水係数に顕著な差異は認められないが、0.1mm 以上のひび割れについては、無塗布に比べ各表面改質材を塗布したものは透水が抑制され、透水係数では 100 倍程度小さくなる結果も得られた。これより、表面改質材を用いることで、ひび割れを完全に塞ぐ効果は期待できないが、ある程度外部からの水の浸透を防ぐ効果はあると考えられた。

5. まとめ

今回行った実験により、①表面改質材の塗布によりモルタルの中性化に対してある程度の抑制効果があること②ひび割れを有するモルタルに表面改質材を塗布することで、ひび割れへの水の浸透や鉄筋の腐食抑制効果があること、等が明らかとなった。

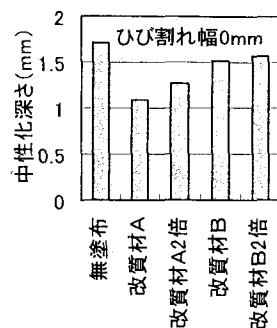


図-4 断面部の中性化深さ

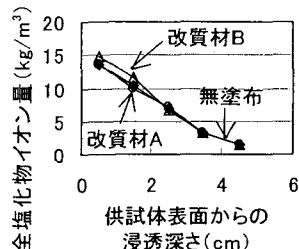


図-5 供試体中の全塩化物量分布

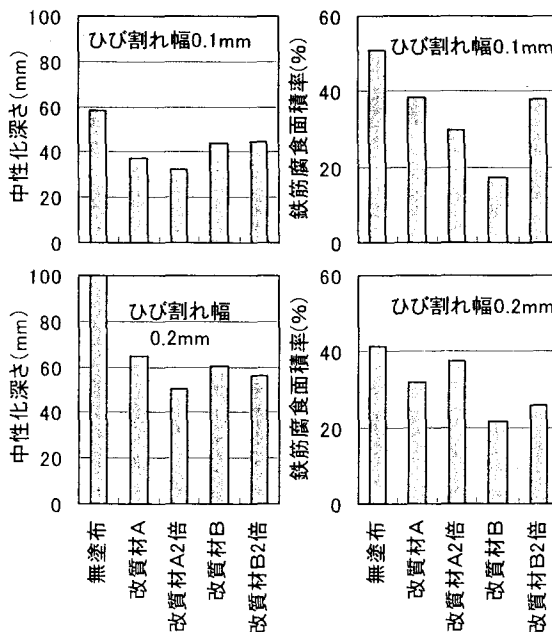


図-6 ひび割れ面の
中性化深さ

図-7 鉄筋腐食面積率

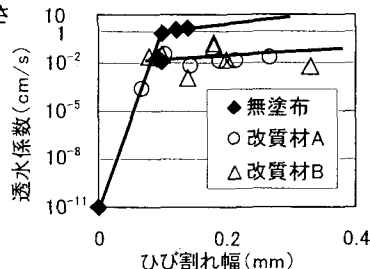


図-8 透水試験結果