

コンクリート用表面含浸材の中性化に対する劣化抑制効果に関する検討

○鹿児島大学 学生会員 樫原 弘貴 鹿児島大学 学生会員 白澤 直
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. はじめに

近年、耐久性向上を目的とした浸透系表面含浸材の利用に関する検討が進められており、実構造物に施工される事例も増えてきている。しかし、この材料の各種劣化に対する抑制効果などについては、定量的には未だ十分には把握されていない状況にある。そこで、ここでは、2種類のコンクリート用表面含浸材を用いて中性化に対する抑制効果について検討を行った。

2. 使用した含浸材および撥水材について

使用したコンクリート用表面含浸材は、ケイ酸アルカリを主成分とし、コンクリート表面に塗布することで内部に20mm程度まで浸透し¹⁾、コンクリート中の Ca^{2+} および水と化学反応を起こしC-S-H結晶を生成することで、緻密化する働きのあるケイ酸質系表面含浸材（以下、含浸材）である。また、比較用として、表層部に撥水層を形成して水分の浸入を遮断するシラン系表面含浸材（以下、撥水材）も検討した。今回用いた撥水材は乳白色ペースト状で、浸透深さを調べた結果、1mm以下であった。

表-1には、本実験に用いた含浸材と撥水材の物性をまとめて示す。

3. 実験概要および方法

実験には、10×10×10cmの角柱コンクリート供試体と、同形状の供試体にD10鉄筋をかぶり2cmと3cmとして配筋した鉄筋コンクリート供試体を用いた。使用したコンクリートは、水セメント比70%のもので、セメントに普通ポルトランドセメント、細骨材に富士川産川砂（表乾密度 2.65g/cm^3 、吸水率1.93%）、粗骨材に鹿児島産碎石をそれぞれ用いた。供試体は28日間水中養生を行った後、試験面1面以外の全ての面をエポキシ樹脂で被覆した。その後、図-1に示すように試験面の周囲にシーリング材を配し、含浸材あるいは撥水材を塗布する代わりにその中に24時間溜めた後、表面に残ったものを除去した面を試験面とした。なお、含浸材を施したものについては、通常の含浸材の施工では含浸材を塗布した後に数回に分けて散水が行なわれること考慮し、上記の工程後さらに蒸留水を24時間表面に溜めた後のものを用いた。その後、いずれの供試体とも供試体中の含水量を一定とするために温度 20°C 湿度60%の環境に7日間静置して、表-2に示す中性化促進環境に供した。なお、今回の実験で含浸材および撥水材の施工方法を上記の方法とした理由は、コンクリートに浸透可能な最大限の量を浸透させた状態で検討を行うためである。供試体は所定の試験材齢で鉄筋の自然電位を測定するとともに、無塗布供試体の中性化深さを適時調査し、その値が5mmに達した時点で、表面処理を行った供試体の解体を行い、また、この時点で解体しない無塗布供試体の一部には上記と同様の工程で表面処理を行い、各含浸材の補修性能についても検討を行った。各供試体の解体時の測定項目は中性化深さ、表面から所定の深さ位置のpH（超純水30gに採取粉体試料0.3gを混合したもの）ならびに Na^+ 、 Ca^{2+} 量（pHを測定した溶液中の量をイオンクロマトグラフにより測定）の測定を行った。

表-1 含浸材および撥水材の物性

ケイ酸質系表面含浸材(含浸材)			
		含浸材A	含浸材B
成分比 (%)	Na	5.7	8.9
	Si	10.6	17.3
性状		液体	
浸透深さ		20mm程度	
シラン系表面含浸材(撥水材)			
疎水基		シラン・シロキサン	
性状		乳白色ペースト状	
撥水する深さ		1mm以下	

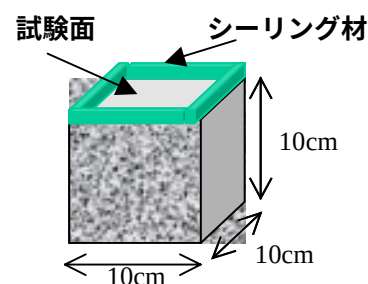


図-1 供試体概要図

表-2 中性化促進環境

CO ₂ 濃度	温度	湿度
5%	30℃	70~100%

キーワード ケイ酸質系表面含浸材, シラン系表面含浸材, 中性化, 劣化抑制

連絡先 〒890-0065 鹿児島市郡元 1-41-20 鹿児島大学工学部海洋土木工学科 TEL099-285-8480

4. 結果および考察

無塗布供試体において中性化が 5mm 程度まで進行した時点での各供試体で測定された中性化深さを図-2 に示す。含浸材 A、B と撥水材を塗布した供試体は、無塗布供試体に比べて中性化深さが小さくなる結果を示した。特に含浸材塗布供試体は、いずれも 1.5mm 程度とであり、顕著に中性化を抑制する状況が認められた。これは、含浸材を塗布することにより、コンクリートが緻密化されたことによるものと考えられた。また、撥水材塗布供試体においても、中性化深さは 3mm 程度となり、無塗布供試体に比べて約 1/2 程度に抑制される状況が確認された。撥水材は、水分の侵入は抑制するが、気体は透過する性質があり、このためコンクリート内部の水分も蒸発できることから、外部からの水分の供給があるような環境では、コンクリート内部が無処理のものより乾燥状態になり、中性化の進行は返って早くなるという結果も見られる。しかし、今回の試験では、初期段階でいずれのコンクリートも湿度 60 % の環境で内部の水分状態を調整した後に実験を行っており、また、中性化試験でも直接的な水の供給はないために、撥水材を塗布した場合でも無塗布とコンクリート内部の状態には大差はなく、このため撥水層を形成している分、幾分か CO_2 が侵入し難い状況にあったと考えられた。次に、供試体中の pH 分布を図-3 に示す。pH 測定は、超純水に供試体から採取した粉体試料を混合したものをを用いたため、実際の細孔溶液中の pH とは異なるものの、この測定により、無塗布供試体では表面からの深さ 10mm 程度まで、撥水材塗布供試体では 5mm 程度までの範囲で pH の低下が認められるのに対して、含浸材 A および B 塗布供試体では、表面付近においても大きな変化は認められず、 CO_2 の侵入に対して高い抑制効果を発揮していることが確認できる。また、図-4 には表面付近の Ca^{2+} 分布を示したが、この結果から、無塗布供試体では pH の低下と同様に、10mm の範囲まで Ca^{2+} の減少が認められるのに対して、撥水材塗布供試体では、3mm 程度の深さまでの減少にとどまり、また、含浸材 A、B 塗布供試体は Ca^{2+} の著しい減少は認められなかった。次に、中性化が 5mm 程度進行した無塗布供試体に含浸材塗布した後の pH 分布を図-5 に示す。無塗布供試体に比べて含浸材 A 塗布供試体は、深さ 5mm から 10mm までの範囲で、pH が上昇する傾向が認められ、含浸材 B 塗布供試体では表面から 10mm までのより広い範囲で上昇が確認された。この結果から、中性化したコンクリートに含浸材を塗布した場合、中性化が著しく進行している表層部では、残存 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が少ないために品質改善にはつながらない可能性があるものの、中性化の遷移域ではある程度の再アルカリ化がなされることが確認された。

5. まとめ

コンクリート用表面含浸材を用いて中性化に対する抑制効果について検討を行った結果、ケイ酸質系表面含浸材およびシラン系表面含浸材とも中性化を抑制する結果を示した。特に、ケイ酸質系のものは、中性化に対して高い抑制効果が認められた。また、中性化したコンクリートにケイ酸質系表面含浸材を塗布した場合には、中性化の遷移域で再アルカリ化する状況が確認された。

参考文献 1) 樋原弘貴ら：ケイ酸質系表面含浸材の浸透深さと浸透域でのコンクリート品質改善に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，第 29 巻，pp547—552，2007

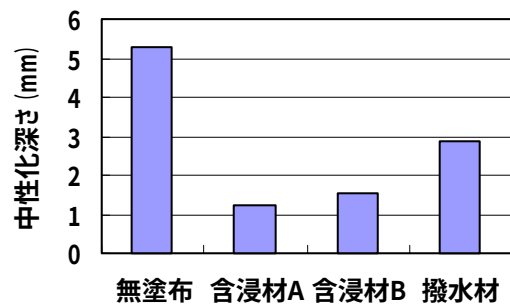


図-2 供試体ごとの中性化深さ

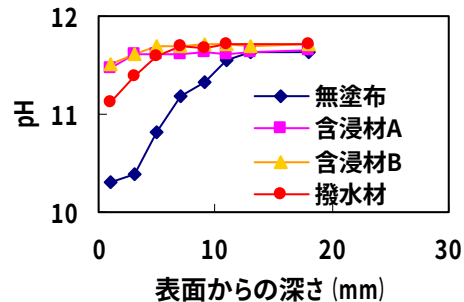


図-3 供試体ごとの pH 分布

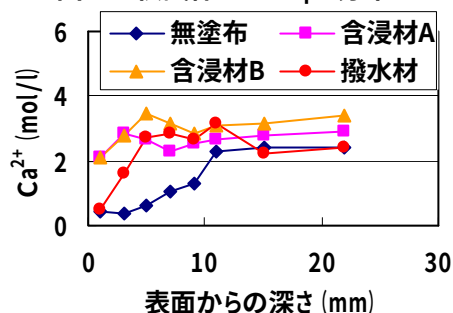


図-4 pH 測定溶液中の Ca^{2+} 分布

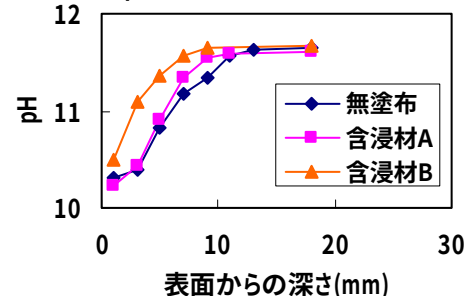


図-5 解体時の無塗布供試体に含浸材塗布した時の pH 分布