

ケイ酸質系表面含浸材の浸透特性に関する検討

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 学生会員 樫原 弘貴 鹿児島大学 正会員 山口 明伸

1.はじめに

近年、コンクリート表面に塗布することでコンクリート内部にC-S-H結晶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耐久性を図るケイ酸質系表面含浸材（以下、含浸材と称す）の利用に関する検討が進められている。しかし、コンクリート表層部の浸透特性や浸透域におけるコンクリート品質改善効果について未だ十分に解明されていない。その理由の一つとして、含浸材の浸透深さや品質改善の範囲などが定量的に把握できないことが挙げられる。一方、この浸透深さや改善効果は、含浸材を塗布するコンクリートの含水状態により異なってくるものと予想されている。そこで、本研究では、含水率の異なるコンクリート、モルタルに含浸材を塗布し、浸透深さおよび改質範囲について実験的に検討を行った。

2.実験概要および方法

実験には、10×10×60cmの角柱供試体を10cm幅にカットしたコンクリートおよびモルタル供試体を用いた。水セメント比は50%、70%の2水準で検討を行った。表-1に実験の要因と水準を示す。図-1に示すように、コンクリートは28日間、モルタルは14日間水中養生を行ったのち、各供試体は、2日間の炉乾燥、気中設置、および真空飽和処理のいずれかを経て、含浸材塗布時の含水率が、コンクリートの場合で約10%、約75%、約95%、モルタルの場合で約5%、約60%、約90%のそれぞれ3水準とした。なお、塗布時の供試体の含水率は、各配合の規準となる供試体の質量を求め、式(1)により算出した、含浸材は、表-2に示す組成および物性値の2種類を使用した、含浸材塗布は図-2に示すように、試験面の周囲にシーリング材を配し、その内部に含浸材を24時間溜めた後残った含浸材を除去し、さらに蒸留水を24時間溜める方法で行った。なお、含浸材を溜めた後に蒸留水を溜めた

表-1 実験の要因と水準

供試体の含水率		測定項目
コンクリート	モルタル	
約10% 約75% 約95%	約5% 約60% 約90%	Na <sup>+</sup> Ca <sup>2+</sup> 細孔空隙量

表-2 含浸材の組成および物性

No	含浸材A	含浸材B
成分(%)		
Na	5.70	8.89
Si	10.59	17.28
pH	11.23	11.21
密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.1	1.23
粘度(mPa·s)	4.5	6.5

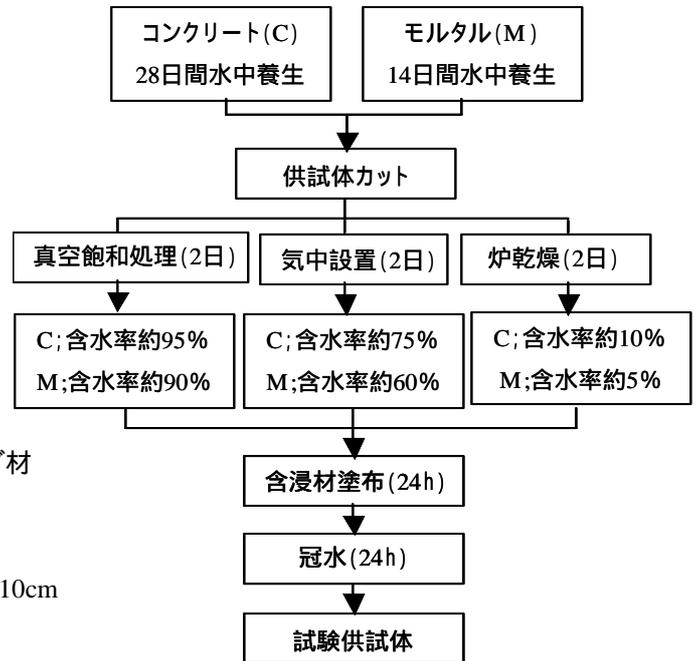


図-1 含水状態の種類と調整方法

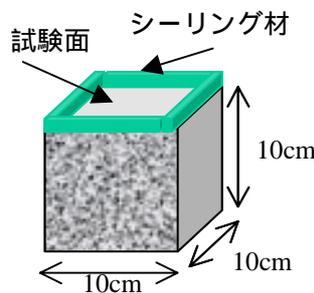


図-2 供試体概要図

のは、通常含浸材の施工では、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を再現させるためである。含浸材の浸透深さや、改質範囲を確認するための分析試料は、各供試体からドリルサンプリングにより所定の深さごとに採取し、イオンクロマトグラフィーによりNa<sup>+</sup>およびCa<sup>2+</sup>量の測定を行い、併せて細孔空隙量についても測定を行った。

$$\text{含水率} = \frac{\text{実験供試体の塗布時の質量} \times \frac{\text{基準供試体の飽水時質量}}{\text{実験供試体の飽水時質量}} - \text{基準供試体の絶乾質量}}{\text{基準供試体の飽水時質量} - \text{基準供試体の絶乾質量}} \quad \text{式(1)}$$

キーワード；ケイ酸質系、表面含浸材、含水率、浸透深さ、改質深さ

連絡先 〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40 (法)鹿児島大学海洋土木工学科 TEL 099-284-8480

4. 結果および考察

一例として、図-3, 4 には、水セメント比 50%で含水率の異なるモルタル供試体にそれぞれ、含浸材 A を塗布した後に、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 量を測定した結果を示す。このうち、含水率約 5%の供試体に含浸材を塗布した場合の  $\text{Na}^+$ 量については、深さ 10mm 程度の範囲で含浸材塗布の方が無塗布よりも多くなっており、このことから含浸材の浸透は 10mm 程度であると予測された、一方、 $\text{Ca}^{2+}$ についてみてみると、表層部 5mm までの範囲で無塗布よりも減少しており、含浸材との反応より消費されたことをうかがわせたが、その範囲は  $\text{Na}^+$ の浸透深さよりも浅い位置にとどまっていた、これは、供試体内部の含水率が非常に少なかったため、空隙水に溶解する  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の絶対量が少なく、含浸材との反応に必要な  $\text{Ca}^{2+}$ が供試体内部では供給されなかったことによるものと考えられた。これに対して、含水率約 60%の供試体に含浸材を塗布したものについては、 $\text{Na}^+$ および  $\text{Ca}^{2+}$ の量はとも 15mm 程度までの範囲で無塗布との差が認められ、少なくとも 15mm までの範囲に含浸材は浸透し、 $\text{Ca}^{2+}$ と反応し C-S-H 結晶を生成したと考えられた。さらに、含水率約 90%の供試体に含浸材を塗布した場合には、いずれのイオン量とも 20mm までの範囲で無塗布との間にイオン量の差が認められ、20mm までの範囲で含浸材が浸透し、改質していると考えられた。このことから、塗布時のモルタルの含水率が高いもの程、含浸材は供試体内部の水分を媒体として、より内部に浸透し、また、改質させるものと予想された。次に、図-5 にモルタルの含水率と浸透深さの関係を含浸材の種類別に示す。この結果から、水セメント比 50%では、塗布時のモルタルの含水率が著しく低い場合、含浸材の種類によらずほとんど浸透せず、含水率が高くなるにつれて、より内部に浸透していくが、水セメント比 70%では、含水率が 5%程度でも一定の浸透が確認され、含水率による浸透深さの差も小さくなる結果を示した。これは、水セメント比 50%に比べて 70%がポーラスであるために、含浸材自体が浸透しやすくなるとともに、塗布後の散水処理だけでもモルタル内部へ水分が入り、含浸材も浸透できることによると考えられた。また、含浸材の種類の違いについて見てみると、水セメント比 50%では、両者の浸透傾向の違いは認められないが、水セメント比 70%では、予想に反して粘性の高い B の方がより内部に浸透する結果を示し、浸透には含浸材の粘性以外の他の要因も影響を及ぼすことが示唆された。図-6 は、モルタルの含水率と総  $\text{Ca}^{2+}$ 消費量の関係を示す。総  $\text{Ca}^{2+}$ 消費量とは、図-3 に示す  $\text{Ca}^{2+}$ 減少量分布で囲まれる面積から求めたもので、改質効果の度合いを示す指標として用いることができると考えた。この結果は、 $\text{Na}^+$ の浸透深さと類似の傾向を示すとともに、塗布時の含水率が高い場合には、モルタルの品質や含浸材の種類にかかわらず総  $\text{Ca}^{2+}$ 消費量はほぼ同程度で、モルタル内部の改質程度も同程度であると予測された。図-7 には、コンクリート供試体における含水率と浸透深さの関係を、図-8 には総  $\text{Ca}^{2+}$ 消費量の関係をそれぞれ示す。モルタルに塗布したものと同様に、含浸材塗布時のコンクリートの含水率が高くなるにつれて、より内部に浸透する結果を示し、水セメント比 70%の方が 50%に比べていずれの含水率においても含浸材が深くまで浸透する傾向にあった。また、総  $\text{Ca}^{2+}$ 消費量についても、ばらつきはあるものの、含水率が高い場合にはモルタルと同様に、コンクリートの品質や含浸材の種類にかかわらず、含浸材による改質効果は同程度であるとみなされた。ただし、塗布時の含水率が低い場合には、水セメント比と総  $\text{Ca}^{2+}$ 消費量の関係がモルタルの場合とは異なる状況も見られるなど、今後、さらに検討が必要であると思われる状況も生じていた。

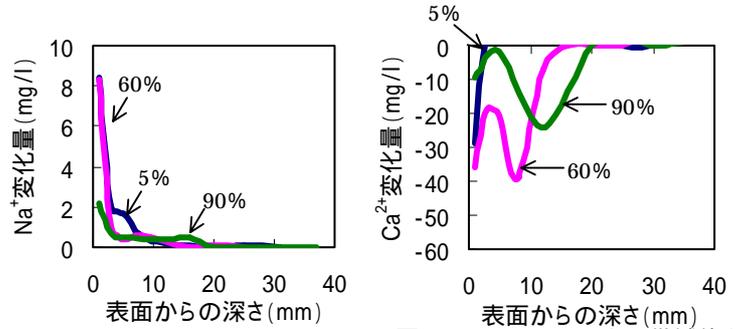


図-3 W/C50%モルタル供試体と無塗布との  $\text{Na}^+$ 量の差

図-4 W/C50%モルタル供試体と無塗布との  $\text{Ca}^{2+}$ 量の差

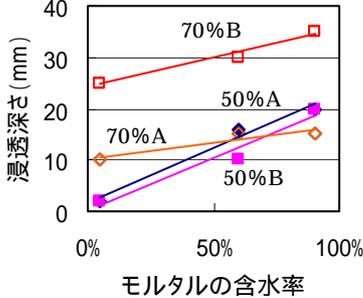


図-5 含水率と浸透深さの関係

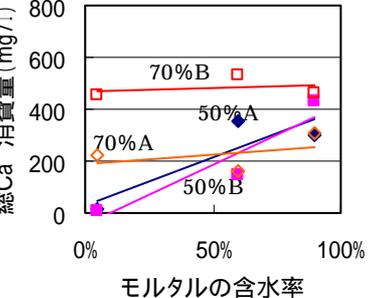


図-6 含水率と総  $\text{Ca}^{2+}$ 消費量の関係

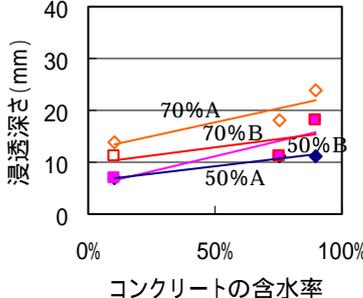


図-7 含水率と浸透深さの関係

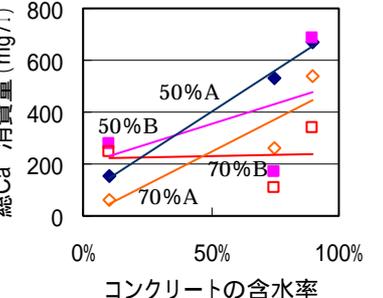


図-8 含水率と総  $\text{Ca}^{2+}$ 消費量の関係