

塗布時のコンクリート材齢の違いが表面含浸材の塩害抑制効果に与える影響について

鹿児島大学 学生会員 坂元 貴之
鹿児島大学大学院 正会員 山口 明伸

鹿児島大学大学院 正会員 武若 耕司
鹿児島大学 非会員 ○中村 慎

1.はじめに

近年、高度成長期に建てられた構造物の補修・補強が必要とされ、安価で容易な施工が出来るコンクリート構造物の保護工法が求められている。その中でコンクリートの耐久性向上やひび割れ補修の目的で表面含浸材が多く活用され始めている。ただし、表面含浸材は多種多様であり、さらに、製造メーカーの仕様では塗布方法や塗布時期などもその種類ごとに異なっている。そこで、本研究では、これまでに施工実績のあるけい酸塩系表面含浸材6種類とシラン系表面含浸材2種類について、塗布時期の違いが表面含浸材の劣化因子侵入抑制効果に与える影響を検討するため、室内における塩水浸漬試験と中性化促進試験、ならびに塩害あるいは酸性雨劣化の影響を受ける実環境における曝露実験を実施している。ここではこの内、塩水浸漬試験結果を中心に、これまでに得られた結果を報告する。

2.検討を行った表面含浸材の種類

本実験で用いた表面含浸材は、表-1に示すように、けい酸塩系表面含浸材に分類されるものとして、けい酸ナトリウムを主成分としたA, C, F, けい酸ナトリウム・カリウムを主成分としたB, D, けい酸リチウムを主成分としたLの6種類、およびシラン系表面含浸材に分類されるE, Sの2種類である。なお、シラン系含浸材のEにはけい酸塩も含まれており、シラン系の特徴である撥水効果とけい酸塩系の特徴であるコンクリート表層の緻密化の両方を狙ったものである。なお、塗布量および塗布方法は、各製品ごとの取り扱い規定に準じて行った。

表-1 使用した表面含浸材種類

主な成分	含浸材種類
けい酸ナトリウム	A, C, F
けい酸ナトリウム けい酸カリウム	B, D
けい酸リチウム	L
シラン系+けい酸塩	E
シラン系	S

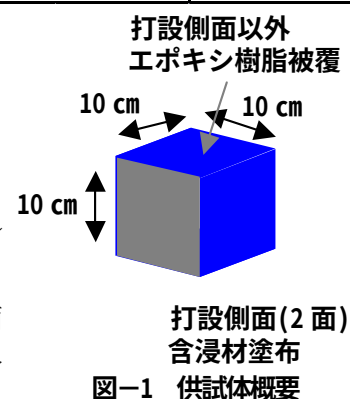
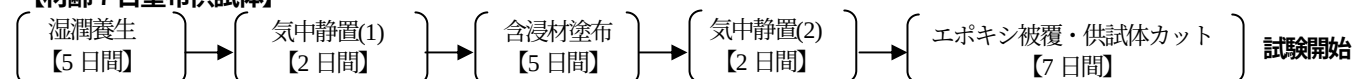
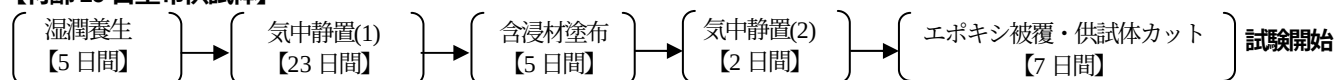


図-1 供試体概要

【材齢7日塗布供試体】



【材齢28日塗布供試体】



※気中静置(1) 雨水のあたらない屋外 ※気中静置(2) 屋内環境

図-2 試験開始までの供試体の養生方法や塗布工程

3.試験概要

実験に用いた供試体は、図-1に示す水セメント比50%の10cm×10cm×10cmの角柱コンクリートである。表面含浸材の塗布にあたっては、試験面を打設側面（2面）とし、そこに所定の材齢で塗布を行い、その後、試験面以外は全てエポキシ樹脂で被覆した。試験開始までの養生方法や塗布期間等を、材齢7日および28日塗布供試体についてそれぞれ図-2に示す。

4.塩水浸漬試験方法

図-3に塩水浸漬試験方法を示す。供試体は容器底面から10mmの位置に設置し、供試体の上面から20mm位置まで3%の塩化ナトリウム水溶液を入れ、温度20℃環境下で浸漬試験を行った。なお、隣接供試体との間隔も十分に確保した。また、試験期

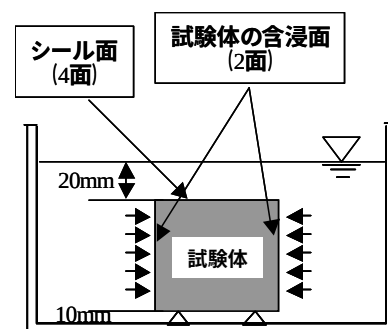


図-3 塩水浸漬試験概要

間中は溶液濃度が変化しないように試験容器を密封すると共に、30 日に 1 度、溶液交換を行った。試験開始から 3, 6, 12 ヶ月経過後に、それぞれ供試体を取り出し、全塩化物イオン量の測定を行った。

5. 結果および考察

図-4 および 5 にはそれぞれ、材齢 7 日あるいは 28 日に含浸材を塗布した供試体を塩水に 12 ヶ月間浸漬した時の各供試体中の全塩化物イオン量分布を示す。これらの結果から、程度の差はあるものの、含浸材塗布材齢あるいは含浸材の種類の如何に関わらず、含浸材塗布供試体中への塩化物イオン浸透量は無塗布の場合よりも少ないことが確認された。ただし、図-4, 5 のみでは、シラン系表面含浸材 S において顕著な塩化物イオン浸透に対する抑制効果が認められる他は、含浸材の種類や塗布材齢が浸透抑制効果に及ぼす影響を明確には捉える事が出来なかった。そのため、これらの塩化物イオン浸透状況をもとに含浸材塗布コンクリートの見かけの拡散係数を求め、その結果を図-6 および 7 に示す。これによると、けい酸ナトリウム系含浸材 A, C, F, B, D においては、塗布材齢が含浸材の浸透抑制効果に顕著に影響を及ぼし、コンクリート打設後から含浸材塗布までの期間がある程度長いほど、より顕著な含浸材の効果が現れることが明確となった。これについては、けい酸塩系含浸材の主たる改質機構が、材料中の SiO_2 分がコンクリート中の Ca^{2+} イオンと水の存在下で反応し、空隙内に C-S-H 結晶を生成してコンクリート表層を緻密化することにあることから、セメントの水和反応が十分に進行していない材齢 7 日のコンクリートでは、材齢 28 日のコンクリートと比べ水和反応過程で生成される $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の絶対量が未だ少なく、表面含浸材の反応に必要な Ca^{2+} イオンが十分にはコンクリート内に存在していなかったことが一因であると考えられた。

一方、含浸材 E, L, S は、塗布材齢の塩化物イオン浸透抑制効果に及ぼす影響が顕著には表れていない。これは、これらの含浸材の抑制効果が上記のようなコンクリート組織との反応に直接起因するものではないことと関連があると考えられる。なお、今回の検討の範囲では撥水性を有するシラン系含浸材 S において、最も高い塩化物イオン浸透抑制効果が確認された。

6. まとめ

塗布時期の違いが表面含浸材の効果に及ぼす影響について検討を行った結果、けい酸塩系表面含浸材は、水和反応が不十分な初期のコンクリートに塗布するより、水和反応がある程度進行したコンクリートに塗布した方が適切な含浸材の効果が発揮されることが示唆された。

なお、本研究は、けい酸塩系浸透性コンクリート保護材研究会との共同研究成果の一部を報告したものである。関係者各位に謝意を表す。

<参考文献>

樺原弘貴, 他: 各種表面含浸材の性能把握と効果の違いに関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp.1619-1624.2010

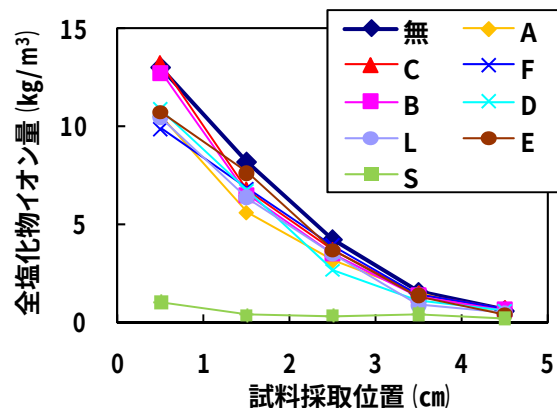


図-4 材齢 7 日に塗布した場合の全塩化物イオン量

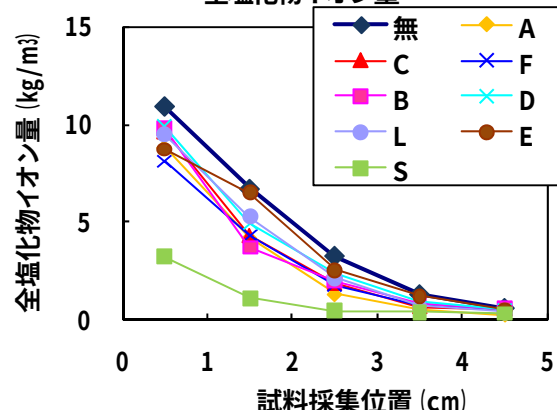


図-5 材齢 28 日に塗布した場合の全塩化物イオン量

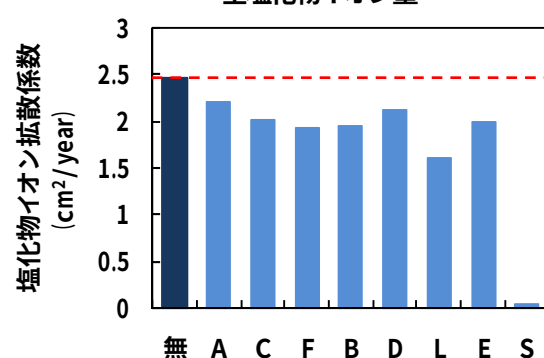


図-6 材齢 7 日に塗布した場合の各種表面含浸材の見かけの拡散係数

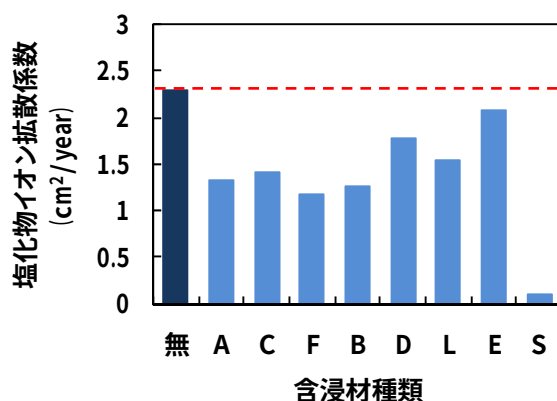


図-7 材齢 28 日に塗布した場合の各種表面含浸材の見かけの拡散係数