

各種表面含浸材を塗布したモルタルの近赤外分光法による評価に関する検討

徳島大学 学生会員 ○児玉昂大 徳島大学 正会員 上田隆雄
(株)フジタ建設コンサルタント 正会員 山本晃臣

1. はじめに

コンクリート構造物の様々な劣化現象に対する予防保全対策として、各種表面含浸材の適用が拡大している。一方で各種表面含浸材を適用する上で表面含浸材の塗布含浸の範囲やコンクリート表層の改質状況を確認することは困難である。そこで本研究では近年コンクリート分野への応用が期待されている近赤外分光法により、各種表面含浸材の含浸程度や補修効果の定量的評価の可能性を検討することとした。

2. 実験概要

2.1 供試体の作製および養生

本実験で用いたモルタル供試体は W/C を 40% または 55% とし、供試体は一辺 100 mm の立方体モルタルとし $\phi 1$ mm の鉄筋をかぶり 3 mm の位置に配置した。モルタルは初期混入 Cl^- 量が 8.0kg/m^3 ととなるようにあらかじめ NaCl を練混ぜ水に溶解させて混入した。全ての供試体は材齢 1 日で脱型を行い、封緘養生を 20°C の恒温室中で 28 日間行った。養生終了後、表面含水率を 5% 以下に調整し、各種表面含 (シラン・シロキサン系、高含浸型のアミノ基を有する腐食抑制型、けい酸ナトリウムを主成分とするけい酸塩系) を塗布した。その後けい酸塩系表面含浸材を塗布した供試体は 20°C 湿空環境、それ以外は 20°C 気中環境 14 日間養生した。

2.2 鉄筋モルタル供試体の測定

鉄筋腐食促進前と促進終了後にはっ水層厚さ測定した。はっ水層厚さは、「JSCE-K571 表面含浸材の試験方法 (案) ②含浸深さ試験」に従ってシラン系およびアミノ・シラン系含浸材を塗布した場合のみ測定した。

3 日間の乾燥環境 (20°C 、60% R.H)、4 日間の湿潤環境 (40°C 、95% R.H) の乾湿繰返し期間中において、湿潤期間終了後に乾燥期間に入る前に鋼材の自然電位、分極抵抗とモルタルかぶり部分の電気抵抗を測定した。

鉄筋腐食促進期間終了後の切断面に対して、暴露面表面から深さ 3 mm、15 mm および 30 mm 位置における吸光度スペクトルを測定した。この時、測定点の含水状態の影響を排除するために、切断供試体を 1 分間水道水に浸漬し、表面付着水を拭き取った直後から 0、30、60、180、300、450、600 秒で測定を実施した。

3. はっ水層厚さ

劣化促進前と促進終了後に測定したはっ水層厚さを図-1

に示す。シラン系は 2 mm 程度で、劣化促進後は若干大きくなっている。アミノ・シラン系は、促進前は 2~3 mm 程度と、シラン系と同程度であるが、劣化促進期間を経て約 2 倍の値を示している。この原因とし

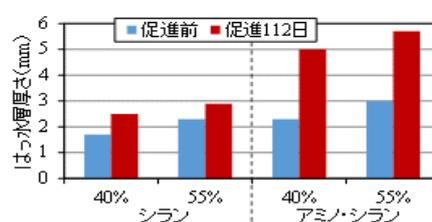


図-1 表面含浸材を塗布した鉄筋モルタル供試体のはっ水層厚さ

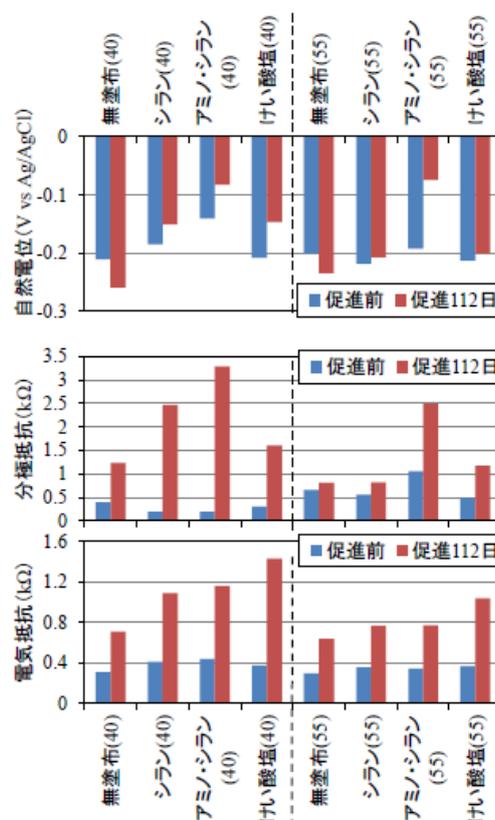


図-2 鉄筋モルタル供試体の電気化学的鉄筋腐食指標

て、アミノ基の効果によって、シラン成分がゆっくり反応しながらモルタル内を浸透した可能性がある。ただし、アミノ・シラン系を塗布した場合の最も大きいはっ水層厚さでも 5 mm 程度であり、この試験方法ではアミノ・シラン系の高含浸性は確認できなかった。

4. モルタル中铁筋腐食の評価

鉄筋腐食促進期間中の電気化学的鉄筋腐食指標の測定結果を図-2に示す。表面含浸材無塗布の場合の自然電位は促進試験を行うことで最も卑な電位である -0.25V 程度を示している。ASTMC876-91の判定基準によると、 $E < -0.23\text{V}$ vs Ag/AgClが腐食領域なのでこれは、初期混入 Cl^- 量 8.0kg/m^3 によって厳しい鉄筋腐食環境を形成していたためである。これに対して従来型のシラン系やけい酸塩系は、W/Cが40%の場合にやや電位が貴変しているものの、W/Cが55%の場合には電位の変化はほとんど見られない。これは、 Cl^- を多量に含有している硬化体に従来型の表面含浸材を塗布しても鉄筋腐食環境の改善は難しいことを示している。アミノ・シラン系は、他の場合より貴な電位を示している。

促進試験後に測定した分極抵抗値の中でも最も大きな分極抵抗を示しているのが、アミノ・シラン系であり、自然電位の結果も併せて考えると、アミノ・シラン系含浸材を塗布した場合に、目視で確認可能なはっ水層は、図-1に示したように5 mm程度であるが、シラン成分は、かぶり30 mm位置の鉄筋近傍まで浸透し、鉄筋表面に腐食環境改善や腐食速度抑制に寄与する保護層を形成したものと推察される。

促進試験期間中の電気抵抗は、W/Cに関わらず、促進試験期間中に増進し、特にけい酸塩系含浸材を塗布した場合が最も大きくなっている。これより、けい酸塩系は、表層に緻密な反応層が形成されたものと推察される。

腐食面積率の測定結果を図-3に示す。シラン系およびけい酸塩系は無塗布に比べ、やや低い腐食面積率を示しているが、アミノ・シラン系は他の場合より顕著に低い値となった。

5. 給水を行ったモルタル切断面の吸光度スペクトルの経時変化

モルタル切断面の給水後の吸光度スペクトルの経時変化を図-4に示す。無塗布は、給水のための浸漬を行った直後(0s)に1400nmから1500nmの吸光度が大きく上昇し、30秒で速やかに浸漬前に近いレベルまで吸光度が低下している。これに対してアミノ・シラン系は、表面からの深さに関わらず、浸漬による給水後の吸光度スペクトルの変化は比較的小さくなっている。これより、モルタル表層部にはっ水層が形成され水分の内部への浸透を抑制していることがわかる。また、鉄筋近傍でも同様の効果が認められることから、4で推察されたように、シラン成分が鉄筋近傍まで浸透し、水分等の物質移動を抑制するような保護層を形成したものと考えられる。

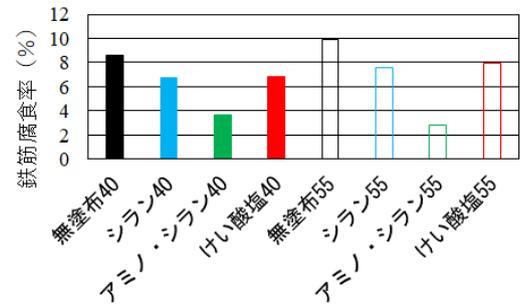


図-3 RC 供試体による鉄筋腐食面積率

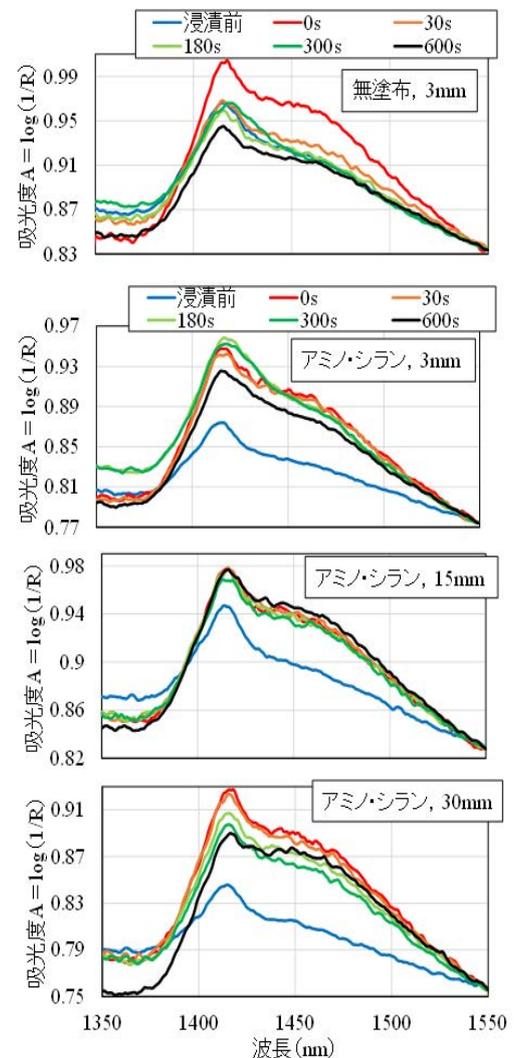


図-4 鉄筋モルタル供試体の切断面への給水後の吸光度スペクトルの経時変化