

硝酸銀溶液の噴霧による変色境界と鋼材の腐食開始との関係に関する一実験

木更津工業高等専門学校 正会員 ○青木優介
 木更津工業高等専門学校専攻科 森本健太
 ものつくり大学 正会員 澤本武博, 森濱和正
 株式会社中研コンサルタント 正会員 川俣孝治

1. はじめに

硬化コンクリート中への塩化物イオンの浸透状況を簡易かつ視覚的に確認する方法として、その断面に硝酸銀溶液を噴霧する方法がある¹⁾。図-1の例のように塩化物イオンが浸透している硬化コンクリート供試体の断面に硝酸銀溶液を噴霧すると、ある濃度以上の塩化物イオンが含まれている領域は塩化銀沈殿の生成により白色を呈し、それ未満の塩化物イオン濃度の領域は酸化銀沈殿の生成により褐色を呈する。白色－褐色領域の境界を本稿では変色境界と称するが、これが現れる位置と当該コンクリートに埋設された鋼材の腐食開始との関係を明確にすることは本方法の利用に際して特に重要だと考えられる。なお、大即らは当初よりこのことに着目し、外部より塩化物イオンを浸透させたモルタル供試体内に埋設した丸鋼の不動態が、白色の領域内では50%の確率で失われると報じている¹⁾。本稿では、さらなる実験結果の蓄積を目的として、堀口らが提案する鋼材の腐食開始判定方法²⁾を参考とした実験の結果について論じる。

2. 実験方法

変色境界が現われる位置と当該コンクリート中の鋼材の腐食開始との関係を明確にするためには、当該コンクリート中にて鋼材の腐食が開始された直後にその断面に硝酸銀溶液を噴霧し、断面に現われる変色境界の位置と鋼材表面との位置関係を確認することが合理的と考えた。

ここで必要となるのは鋼材の腐食開始時点の特定方法である。本研究では堀口らが提案する方法²⁾を参考とする方法を採用ことにした。供試体の型枠を図-2に示す。コンクリートを打ち込み、養生を終えたのち、図-3に示すように底面から塩水を継続的に浸透させる。併行して埋設鉄筋の自然電位を30分間隔で計測し、自然電位が急落した時点を埋設鉄筋の腐食開始時点と判断する。この直後に供試体を割裂して断面に硝酸銀溶液を噴霧し、現われた変色境界の位置と鉄筋表面の位置との関係を目視で確認するという流れである。

次章には、水セメント比65%のモルタルで作製した3体の供試体の結果を紹介する。なお、同供試体は打ち込み後28日間は温度20℃の恒温室内で封かん養生され、脱枠後は温度15℃～25℃の室内に置いた容器内にて底面より濃度10%の塩水の浸透を受け続けた。また、割裂後には濃度0.1mol/Lの硝酸銀溶液の噴霧を、表面に溶液がやや浮く程度の量だけ受けた。



図-1 硝酸銀溶液の噴霧による塩化物イオンの浸透状況の確認例

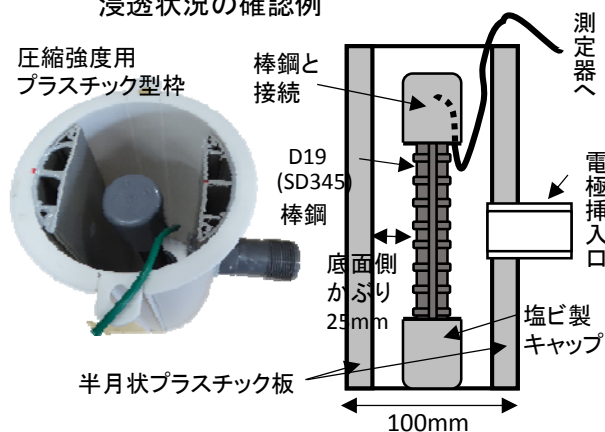


図-2 供試体の型枠(左:外観 右:断面図)

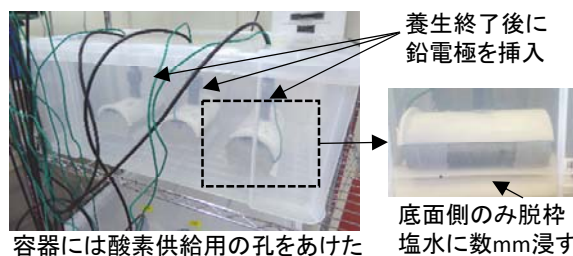


図-3 塩水を底面側から浸透させている様子

キーワード 硝酸銀溶液, 塩化物イオン, 鋼材腐食

連絡先 〒292-0041 千葉県木更津市清見台 2-11-1 木更津高専環境都市工学科 TEL 0438-30-4155

3. 実験結果および考察

(1) 埋設鉄筋の自然電位計測結果

3体の供試体で計測された埋設鉄筋の自然電位（銅硫酸銅電極（飽和）での値に換算）を図-4に示す。埋設鉄筋の自然電位は、供試体間で時間差はあるものの、いずれも明確に急落している。急落後の値も鋼材の腐食開始と判断して相応しい値といえる。なお、図中の計測値が途切れた時点が、供試体を割裂し、硝酸銀溶液を噴霧した時点である。割裂・噴霧作業は、自然電位の急落直後に行うべきであり、実際、供試体Bでは急落から0.4日後に作業を行った。しかし、供試体A、Cではデータの確認が遅れたため、それぞれ急落より6.6日後、10.4日後に作業を行った。

(2) 鉄筋の腐食状態

自然電位の急落後に供試体から取り出した鉄筋下面側の様子を図-5に示す。供試体Bの鉄筋にはわずかな錆が生じているのみだが、供試体Aの鉄筋には明らかな錆が生じており、供試体Cの鉄筋ではそれが複数生じている。これは、上述したように、腐食開始から供試体の割裂までに日数が経ってしまったことによるものと考えられる。

(3) 変色境界の位置と鉄筋表面の位置との関係

鉄筋を取り出したあとの供試体A、B、Cの断面に硝酸銀溶液を噴霧した様子を図-6に示す。いずれも底面側より白色の領域が広がっており、塩化物イオンが浸透していた様子がうかがえる。変色境界は油性ペンでなぞってあるが、手前側（図では下側）の線が15分後、奥側の線が60分後の変色境界の位置である。60分後の変色境界に着目すると、供試体Aでは鉄筋表面から6～7mm深く入った位置に、供試体Bでは2.5～3.5mm深く入った位置に、供試体Cでは9～10mm深く入った位置に現われている。このことは、変色境界が鉄筋表面から数mm程度深く入った時点において鉄筋の腐食が開始されることを示唆している。冒頭に挙げた大即らの実験結果¹⁾の傾向とも一致している。

4. まとめ

水セメント比65%のモルタル供試体の断面に、濃度0.1mol/Lの硝酸銀溶液を噴霧したところ、変色境界が鉄筋表面から数mm程度深く入った時点で鉄筋が腐食することが確認された。今後も実験結果の蓄積を進める。

謝辞

実験の実施に際し、堀口賢一博士（大成建設株式会社技術センター）に貴重なアドバイスをいただきました。深く感謝いたします。また、本研究の一部はJSPS科研費JP26420444の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) N.Otsuki, et.al.: Evaluation of the AgNO₃ solution spray method for measurement of chloride penetration into hardened cementitious matrix materials, ACL Materials Journal, No.84, pp.587-592, Nov.1992 2) 堀口賢一, 他: 腐食発生限界塩化物イオン濃度の測定方法とその定量評価に関する研究, 土木学会論文集 E2(材料コンクリート構造), Vol. 71, No. 2, pp107-123, 2015

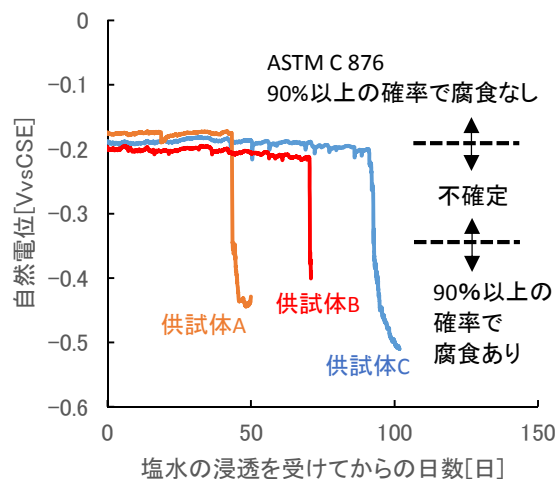


図-4 埋設鉄筋の自然電位の計測結果

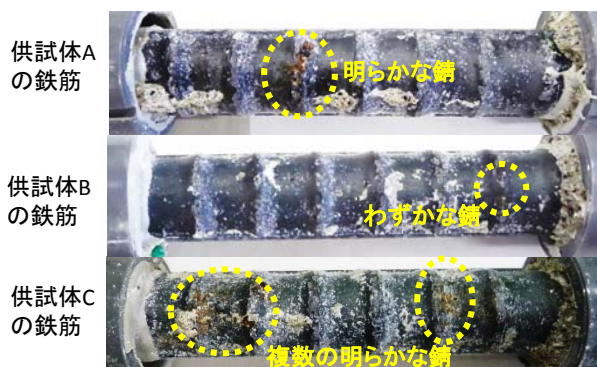


図-5 供試体下面側の鉄筋表面の様子

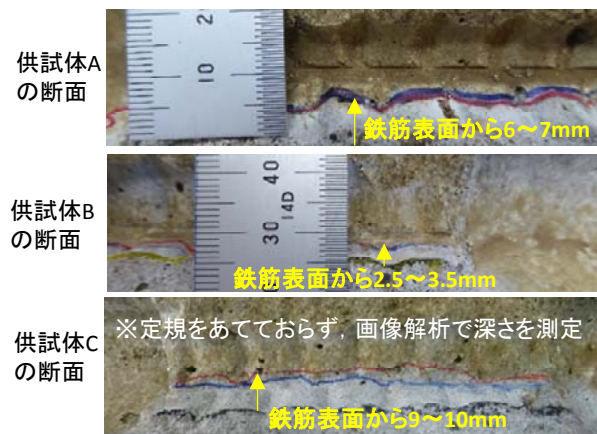


図-6 変色境界位置と鉄筋表面の位置関係