

硝酸銀溶液の噴霧により白色化するセメント硬化体の塩化物イオン濃度

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 学生会員 小野 敦子
 東電工業株式会社 正会員 鈴木 正志
 木更津工業高等専門学校 正会員 黒川 章二
 木更津工業高等専門学校 正会員 嶋野 慶次

1. はじめに

ある濃度以上の塩化物イオンを含むセメント硬化体の表面に硝酸銀溶液を噴霧すると、白色の塩化銀沈殿が生成され、硬化体表面が一様に白色化する。この“ある濃度”，すなわちセメント硬化体が白色化する下限の塩化物イオン濃度を明らかにできれば，本手法を用いて，鉄筋コンクリート構造物内部への塩化物イオン浸透状況，または構造物表面の塩化物イオン濃度を簡易に評価できるようになる。本研究の目的は，硝酸銀溶液の噴霧によりセメント硬化体が白色化する下限の塩化物イオン濃度とその支配要因を明らかにすることである。なお，このことについては既に Otsuki¹⁾ らによって検討されており，本研究はそれを追従するものである。

2. 実験の概要

実験のフローを図-1 に示す。前半 3 工程を供試体作製段階，続く 2 工程を測定前段階として以下に示す。

2.1 供試体作製段階

本研究では，Otsuki¹⁾ らの報告に倣い，水セメント比（以降 W/C と表す）を 40，50，60%としたセメントペーストと W/C を 50%としたモルタルを用いて供試体を作製した。配合と使用材料の内訳を表-1 に示す。

供試体は $\phi 77 \times 150\text{mm}$ の円柱である。各配合 2 本ずつ作製し，1 本をボス供試体（元々含まれる塩化物イオン測定用），1 本を塩水供試体（外部から供給される塩化物イオン測定用）とした。ボス・塩水供試体ともに，打設後，温度 20℃の室内にて 28 日間の封かん養生を施した。養生後，ボス供試体は気中に数日間放置し，塩水供試体は 10%NaCl 溶液中に 20 日間浸漬した。

2.2 測定前段階

作製段階を終えた供試体を長軸と直交方向に 3 等分に割裂する。塩水供試体では割裂面に 0.1N 硝酸銀水溶液¹⁾ を霧吹きで数回噴霧し（写真-1 左），これをドライヤーで乾燥させた後，白色化した境界上を $\phi 5\text{mm}$ のドリルで削孔して，試料となるドリル粉を採取した（写真-1 右）。ボス供試体では硝酸銀溶液の噴霧は必要なく，任意の箇所から試料を採取した。なお，試料の採取量は各供試体とも 20g とし，それぞれ 10g ずつに分けてサンプラー瓶に収め，2 回分の測定用とした。

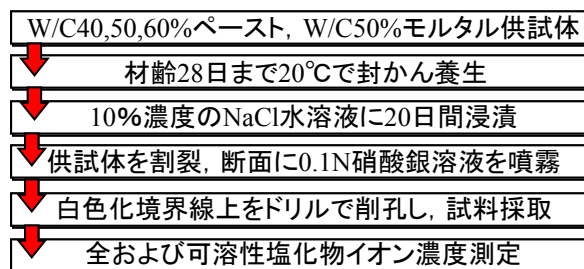


図-1 実験のフロー

表-1 供試体の配合と使用材料

供試体	W/C (%)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)		
			W	C	S
P40	40	2	546	1366	0
P50	50	2	599	1199	0
P60	60	2	641	1068	0
M50	50	2	289	578	1325

W:水道水

C:普通ポルトランドセメント(密度:3.15g/cm³)

S:君津産山砂(密度2.61g/cm³, 吸水率1.85%)



写真-1 硝酸銀溶液噴霧・ドリル削孔状況

キーワード 硝酸銀溶液，塩化物イオン濃度，簡易

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

3. 白色化する下限の塩化物イオン濃度

各供試体より採取された試料の全塩化物イオン濃度と可溶性塩化物イオン濃度を測定した。それぞれの測定方法は図-2中に示すとおりである。

塩水供試体より採取した試料の全塩化物イオン濃度と可溶性塩化物イオン濃度を図-2に示す。ここで図中の塩化物イオン濃度は、全て外部より供給されたものとして問題ない。ボス供試体の試料から測定された全塩化物イオン濃度が、（紙面の都合上割愛するが）いずれの配合とも0.01%未満と極めて低かったためである。

図-2より、ペースト供試体ではW/Cが低くなるほど、白色化境界における塩化物イオン濃度が高くなることがわかる。また、同じW/C50%のペーストとモルタルでは、ペーストの方が高くなることがわかる。

図-3は、図-2の値に各配合の単位体積質量を乗じて含有量表示にしたものである。図中には、鋼材腐食発生限界濃度とされる 1.2kg/m^3 のラインを示している。いずれの配合においても、白色化境界における全塩化物イオン含有量は、これを大きく上回っている。

4. 白色化する下限の塩化物イオン濃度の支配要因

W/Cが低くなるほど、また、同じW/Cではモルタルよりもペーストの方が、白色化境界における塩化物イオン濃度が高くなった。このことから、セメント硬化体が白色化する下限の塩化物イオン濃度は、配合上の単位セメント量に支配されていると推察される¹⁾。

図-4は、図-3の塩化物イオン含有量を各配合の単位セメント量で除した値である。P50とP60供試体では、全塩化物イオン、可溶性塩化物イオンともに同等の値になっている。このことは、単位セメント量が支配要因であることを強く示唆している。

一方、P40、M50供試体では値が大きくなっている。これは試料の採取方法に問題があったためと考えている。例えば、P40とP60供試体のEPMAによる塩化物イオン濃度測定結果と試料採取の際のドリル穴を図-5に示す。P60供試体と比較して、P40供試体は塩化物イオン濃度の勾配が急なため、 $\phi 5\text{mm}$ のドリルでは正確な境界だけでなく、濃度が高い部分の試料をも採取してしまう可能性が高い。仮に $\phi 1\text{mm}$ のドリルで試料を採取すれば、P50、P60供試体と同等の値に近づくことは十分考えられる。

参考文献

1) Otsuki et al. : Evaluation of AgNO_3 Solution Spray Method for Measurement of Chloride Penetration into Hardened Cementitious Matrix Materials, *ACI Materials Journal*, No.84, pp.587-592, 1992.11

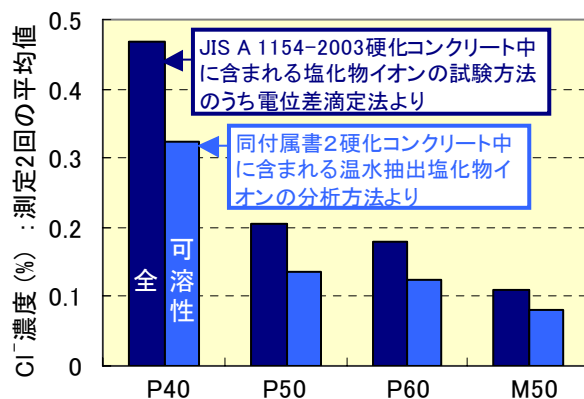


図-2 各塩水供試体試料の塩化物イオン濃度

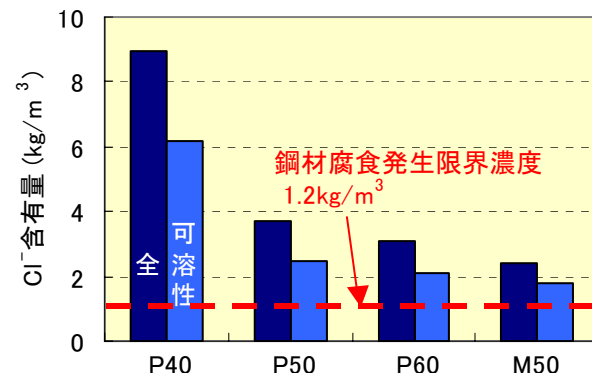


図-3 各塩水供試体試料の塩化物イオン含有量

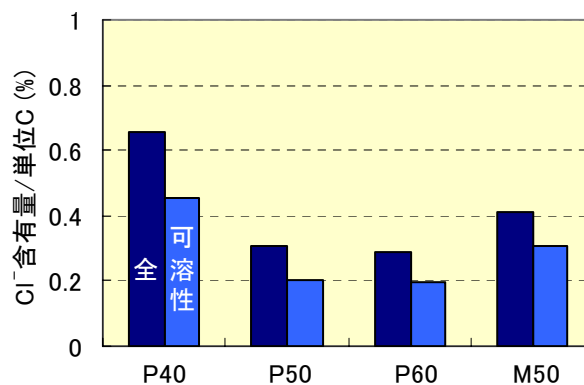


図-4 塩化物イオン含有量/単位セメント量

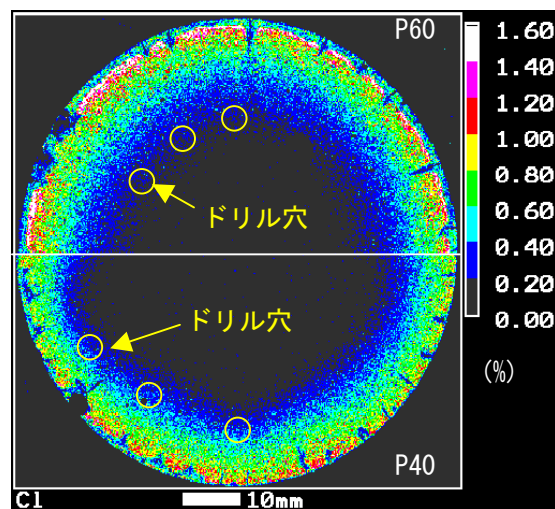


図-5 P40, P60のEPMAによる Cl^- 濃度測定結果