

混和材の混入が硝酸銀溶液噴霧法の結果におよぼす影響

木更津工業高等専門学校
木更津工業高等専門学校専攻科
木更津工業高等専門学校
東電工業株式会社

正会員
正会員

○青木 優介
藤田 直輝
嶋野 慶次
佐藤 一也

1. はじめに

著者らは、塩化物イオンの滲入による鉄筋の腐食開始時期予測方法を簡易化しようと、硝酸銀溶液噴霧法について検討してきた。具体的には、硝酸銀溶液の噴霧により現れる白色の領域の境界（白色化境界）のコンクリート中に含まれる全塩化物イオン量と鋼材腐食発生限界塩化物イオン量との比較を行ってきた¹⁾。ただし、これまでの検討では、普通ポルトランドセメント（OPC）のみを結合材とするコンクリートを対象としてきた。本稿では、OPC にフライアッシュ（FA）や高炉スラグ微粉末（BFS）が混入された場合の影響について、実験的に検討した結果を報告する。

2. 実験概要

実験の流れを図-1 に示す。表-1 に示す 9 種類の配合（OPC 単味，OPC85%+FA15%，OPC55%+BFS45% を結合材とし、いずれも W/B を 0.4，0.5，0.6 とする）を用いて、直径 100mm，高さ 200mm のモルタル供試体を各配合で 3 体作製し、これらを 20.0±1.0℃の室内にて 28 日間の封かん状態におく。以降、それらを 40℃ に保温した濃度 10%の塩水中に浸漬させる。予備の供試体にて白色化境界の深さが 10mm 程度になるころを

見計らって、供試体を乾式カッターにて切断し、切断面に濃度 0.1mol/l の硝酸銀溶液を約 7.5mg/cm² の噴霧量で噴霧する。直後に切断面をドライヤーで乾燥させ、明瞭になった白色化境界上を油性ペンによりマークし、マーク上を直径 3mm のドリルで削孔して粉末試料を得る。粉末試料を JIS A 1154:2003 硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法（硝酸銀滴定法）に供して、白色化境界位置のモルタル中に含まれる全塩化物イオン（Cl⁻）濃度を測定する。この濃度を当該モルタルと粗骨材とで構成されるコンクリートでの全 Cl⁻量に換算する。

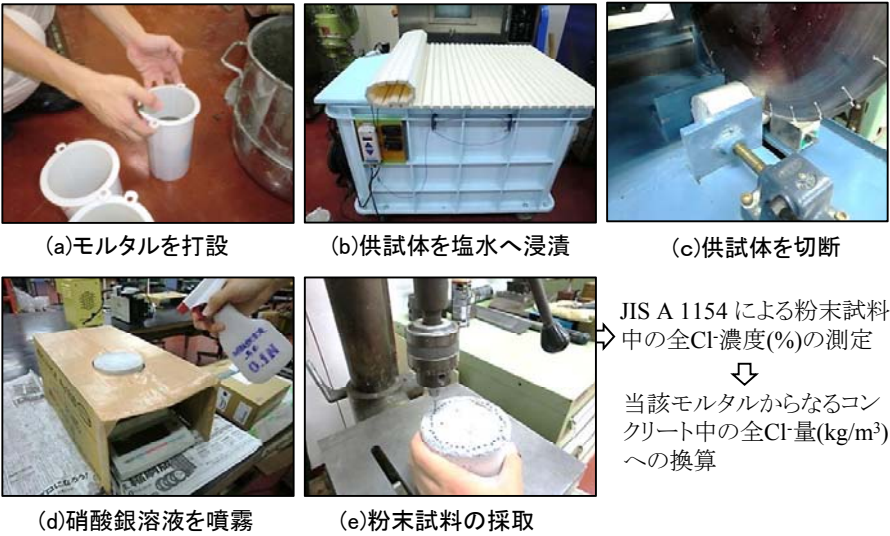


図-1 実験の流れ

表-1 モルタルの配合

配合名	W/B	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)					
			W	C	FA	BFS	S	Ad.
OPC-0.4	0.40	8.0	240	600	-	-		0.06
OPC-0.5	0.50		264	527	-	-	1290	0.05
OPC-0.6	0.60		282	470	-	-		0.05
OPC+FA-0.4	0.40		234	498	88	-		0.06
OPC+FA-0.5	0.50		258	438	77	-	1290	0.05
OPC+FA-0.6	0.60		276	391	69	-		0.05
OPC+BFS-0.4	0.40		236	325	-	266	1291	0.06
OPC+BFS-0.5	0.50		260	286	-	234	1291	0.05
OPC+BFS-0.6	0.60		278	255	-	208	1291	0.05
OPC: 普通ポルトランドセメント(密度: 3.14g/cm ³)								
FA : フライアッシュ(密度: 2.27g/cm ³ , 比表面積: 4130cm ² /g)								
BFS: 高炉スラグ微粉末(密度: 2.89g/cm ³ , 比表面積: 4350cm ² /g, せつこう添加有)								
W : 水道水								
S : 山砂(密度: 2.64g/cm ² , F.M.: 2.63)								
Ad. : AE剤(アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤)								

キーワード 硝酸銀溶液噴霧法, フライアッシュ, 高炉スラグ微粉末, 全塩化物イオン量

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. 実験結果

各供試体の白色化境界位置から採取した粉末試料中の全 Cl 濃度の測定結果と、この濃度を当該モルタルと粗骨材により構成されるコンクリートでの全 Cl 量 (C_b) に換算した結果を表-2 に示す。なお、 C_b は粉末試料中の全 Cl 濃度に絶乾状態とした各供試体の単位体積質量を乗じ、これにコンクリート中に占めるモルタルの体積 ($=1$ - 粗骨材が占める体積) を乗じて算出した。またこの計算では、粗骨材中には Cl は一切含まれないと仮定している。

各配合における C_b と W/B との関係を図-2 に示す。OPC 単味, OPC+FA, OPC+BFS, いずれの配合においても W/B が大きくなるほど C_b が減少している。同じ W/B ならば, OPC 単味の C_b に対して OPC+FA の C_b は 25% 程度少なくなり, OPC+BFS の C_b は同程度 ~15% 程度少なくなるようである。ただし, 硝酸銀溶液の噴霧量を変化させた別の実験結果では, OPC+BFS の C_b が OPC 単味の C_b を上回る結果が得られており, 図-2 での各配合での C_b の序列は, 現段階では, 本実験条件に限るものと理解しておく必要がある。なお, この場合でも OPC+FA の C_b は 3 種類の配合の中で最も少なかった。

4. 考察

同じ W/B では, OPC 単味に比べて OPC+FA では C_b が少なくなる, 一方, OPC+BFS では C_b の減少が抑えられる理由として, 硬化組織中の微細な空隙中にある溶液の水酸化イオン (OH^-) 量の変化と硬化組織自体の Cl 固定能力の差を考える。OPC に FA を混入した場合, 溶液の OH^- がポゾラン反応により消費され, 溶液の OH^-/Cl^- 比が下がる。溶液の OH^-/Cl^- 比が下がるほど, 硝酸銀溶液の添加により白色の塩化銀沈殿が形成されやすくなると考えられる²⁾。つまり, 溶液中の Cl^- が少なくとも白色の沈殿が現れやすくなるといえる。この結果, OPC+FA では比較的少ない全 Cl 量の位置で白色化境界が形成され, C_b が少なくなったと考えられる。一方, OPC+BFS でも溶液の OH^- 量は OPC 単味の場合に比べて若干少なくなると考えられるが, BFS の混入により多くの Cl^- が硬化組織中に固定され³⁾, 空隙中の溶液に溶け出さなかったため, 溶液の OH^-/Cl^- 比の低下が抑えられ, OPC 単味の場合とさほど変わらない全 Cl 量の位置で白色化境界が形成されたために, C_b の減少が抑えられたと考えられる。

参考文献

- 1) Yusuke Aoki et al. : Effects of solution concentration and spray amount on the results of silver nitrate solution spray method, 36th Conference on OUR WORLD IN CONCRETE&STRUCTURES, Proceedings, pp.197-204, August 14-16, 2011
- 2) Qiang Y. et al.: : Effect of hydroxyl ions on chloride penetration depth measurement using the colorimetric method, Cement and Concrete Research, Vol.38, pp.1177-1180, 2008
- 3) 石田哲也, 宮原茂禎, 丸屋 剛: ポルトランドセメントおよび混和材を使用したモルタルの塩素固定化特性, 土木学会論文集 E, Vol.63, No.1, pp.14-26, 2007

表-2 粉末試料中の全 Cl 濃度と白色境界位置の全 Cl 量への換算

配合名	絶乾供試体の 単位容積質量 (kg/m^3)	粉末試料中の 全 Cl 濃度 (%)	粗骨材が 占める体積 (m^3)	白色境界位置 の全 Cl 量 C_b (kg/m^3)
OPC-0.4	2020	0.470	0.374	3.55
OPC-0.5	1940	0.393		2.85
OPC-0.6	2000	0.418		3.13
OPC+FA-0.4	2010	0.311		2.34
OPC+FA-0.5	1960	0.305		2.24
OPC+FA-0.6	1920	0.264		1.90
OPC+BFS-0.4	2060	0.340		2.62
OPC+BFS-0.5	1990	0.390		2.90
OPC+BFS-0.6	1960	0.340		2.49

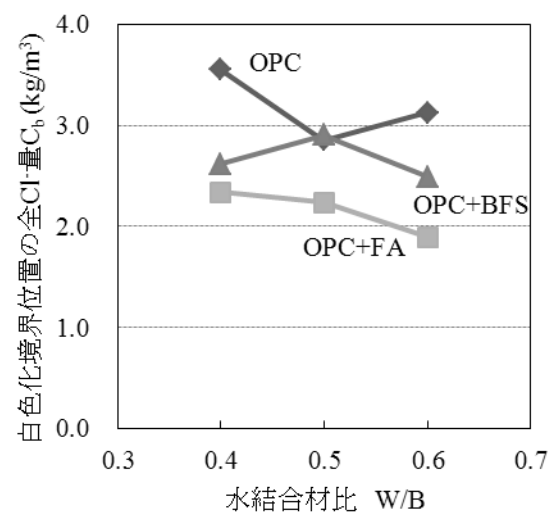


図-2 各配合における C_b と W/B の関係