

複数の結合材を用いた海水練りコンクリートに対する外部電源方式電気防食の適用に関する研究 -材齢 1000 日までの経過報告-

九州大学大学院 学生会員 ○野澤 郁人 九州大学大学院 正会員 福永 隆之
株式会社ナカボーテック 正会員 大谷 俊介 九州大学大学院 フェロー会員 濱田 秀則

1. はじめに

将来の水不足を背景として、従来の淡水練りコンクリートに代わる海水練りコンクリートの利用が期待されている。しかし、コンクリートの練混ぜに海水を用いる場合、塩化物イオンによって鉄筋の腐食が促進されるおそれがある。一方、鉄筋の腐食を止める工法として電気防食工法が注目されている。本研究では、複数の種類の結合材を用いた海水練りコンクリート中の鉄筋に外部電源方式の電気防食工法を材齢初期から適用し、その防食効果について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

表-1、表-2 に材料及び配合を示す。なお、供試体のかぶりが小さいため、粗骨材の粒径は 5 mm~10 mm とした。粗骨材の粒度分布の範囲が小さいことに起因する流動性の小ささを補うために、単位水量を一般的なコンクリートよりも大きくしている。コンクリートを緻密化させ、塩化物イオンや酸素の拡散を小さくすることのできる混和材として、高炉スラグ微粉末とシリスをを用いた。シリスは非晶質割合が高く、混和材とした際にポズラン活性を有する吉田シリスをを用いた。なお、シリス配合は、OPC の 20% を吉田シリスで置換し、スラグ配合は、OPC の 50% を高炉スラグ微粉末 4000 で置換し、高炉セメント B 種相当とした。

図-1 に供試体の形状及び寸法を示す。100×100×150 mm

に鉄筋（異形鉄筋，D19）および陽極を埋設した供試体を作製した。なお、一部の供試体は通電を行わず、無防食とした。鉄筋かぶりは 40 mm で、陽極は鉄筋から 25 mm の位置に設置した。

前養生として打設後は、7 日間の海水湿布養生、7 日間の大気養生を行い、その後に促進養生を行った。促進条件として、OPC 供試体、スラグ供試体は、材齢 500 日までは 40°C の湿潤環境に静置し、以降は、40°C の環境において、3 日間湿潤、4 日間乾燥の 7 日を 1 サイクルとした。シリス供試体は、前養生後、40°C の環境において 3 日間湿潤、4 日間乾燥を行う供試体に加え、一部は 40°C の常時湿潤環境に静置した。

2.2 電気防食概要

本実験では安定的に十分な防食を施すため、防食を適用する供試体については通電開始時点で 100 mV の電位シフトが得られる電流を外部電源から供給した。なお、定期的に防食電流と通電電圧を確認した。

2.3 測定項目

測定は湿潤状態で行った。鉄筋のインスタントオフ電位、鉄筋の自然電位（オフ電位）は、カレントインタラプタ法によりインスタントオフ電位を計測できる電位計を用いて測定し、これらの値から復極量を算出した。分極抵抗、腐食速度、コンクリート抵抗は四国総合研究所製腐食診断器を用い、交流インピーダンス法により測定した。

キーワード：海水練りコンクリート、電気防食、高炉スラグ微粉末、シリス、自然電位、分極抵抗

連絡先：〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 Tel 092-802-3387

表-1 使用材料

使用材料	密度 (g/cm ³)	備考
OPC	3.16	比表面積 3280 cm ² /g
高炉スラグ微粉末	2.91	高炉スラグ微粉末 4000 比表面積 3960 cm ² /g
シリス	2.37	石膏未添加 吉田シリス
粗骨材	2.70	石灰石砕石 粒径 5 mm~10 mm
細骨材	2.55	玄海灘沖 海砂
海水	1.03	糸島の海で採取

表-2 配合表

配合名	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					細骨材	粗骨材
			W	B					
			OPC	スラグ	シリス	石膏			
OPC	50	45	187	374	0	0	0	764	951
スラグ			185	185	172	0	13	760	946
シリス			187	299	0	75	0	755	940

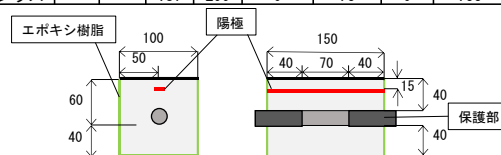


図-1 形状及び寸法 (mm)

3. 結果と考察

本稿では、紙面の制約から、自然電位、分極抵抗、コンクリート抵抗について述べる。

図-2に自然電位の経時変化を示す。自然電位は全ての供試体で電気防食の有無にかかわらず貴化する傾向を示した。これはコンクリートの水和反応の進行に伴い、鉄筋表面の不動態化が進行しているためと考えられる。通電を行った供試体と行っていない供試体を比べると、材齢300日までは通電を行った方がより電位は貴化する傾向を示した。その後、材齢1040日では通電を行っていない供試体が約50 mV 貴化する傾向を示した。これは電気防食を行う供試体は分極が大きく、通電停止時間のうちに復極しきっていないためと考えられる。また、電気防食を行わない供試体でも鉄筋の周辺環境が改善していると考えられる。このことより新設時から電気防食を行うことによって材齢初期の鉄筋周囲の環境が改善されると言える。材齢100日時点における自然電位はシラス供試体については OPC 供試体、スラグ供試体に比べ低い。一方、材齢510日時点における自然電位は、シラス供試体については OPC 供試体、スラグ供試体に比べ高いという結果が得られた。これは混和材として用いたシラスのポゾラン反応の効果が材齢100日以降から顕著に現れたためと考えられる。シラス供試体については、乾湿繰り返しの環境のものに対して常時湿潤のもので電位が低くなった。これは酸素の供給量が少ないことによってカソード分極曲線において電流密度が小さくなり、自然電位が卑な方向に変位したためと考えられる。

図-3に分極抵抗の経時変化を示す。いずれの配合においても経時的に分極抵抗が増加する傾向を示し、判定基準の $130\text{k}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以上となり不動態化していることがわかる。材齢初期では、スラグ供試体が他の供試体と比較して大きな値をとっており、不動態の状態が改善されていく効果大きい。材齢1040日時点では電気防食の有無による分極抵抗の大きな差はみられなかった。常時湿潤環境の無防食シラス供試体において他の供試体と比較して分極抵抗が大きな値となった。

図-4にコンクリート抵抗の経時変化を示す。コンクリート抵抗はセメントの種類に依らず増加した。スラグ供試体が高く、増加量も大きい。材齢28日時点においてシラス供試体は OPC 供試体よりもコンクリート抵抗が低い値をとった。これは材齢28日時点では混和材として利用したシラスが反応しておらず、緻密化が進んでいなかったためと考えられる。また、材齢300日までは陽極と直下の鉄筋での通電では電気防食によりコンクリート抵抗には差が生じないが、それ以降では通電を行った供試体の方がコンクリート抵抗が小さくなる傾向を示した。これは継続的な通電により陽極と鉄筋間で塩化物イオンの移動が発生しているためと考えられる。

4. 結論

通電の有無にかかわらず、鉄筋の電位は上昇する傾向を示した。材齢初期においては通電による防食効果が得られたが、材齢1040日においては水和の継続等の自然的な変化による環境改善効果が卓越していると考えられる。また、材齢初期においてはスラグやシラスを用いたものは OPC を用いたものと比較して電位が高くなる傾向を示した。このことから、海水練りコンクリートの混和材としてスラグやシラスを使用することは有用であると言える。現時点では通電を行っていない供試体においても腐食が発生していないため、今後も継続的に観察を続ける予定である。

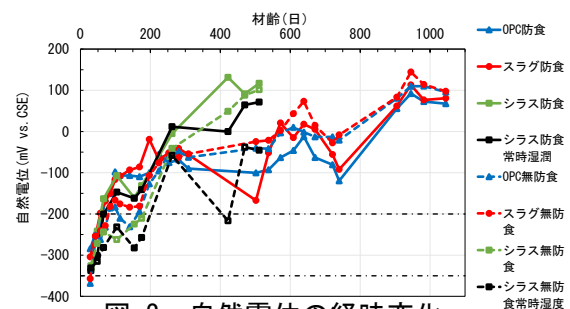


図-2 自然電位の経時変化

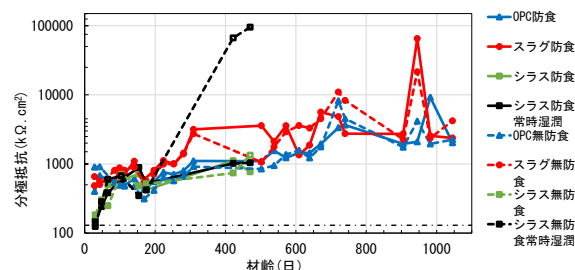


図-3 分極抵抗の経時変化

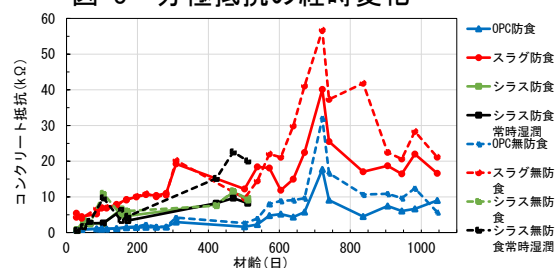


図-4 コンクリート抵抗の経時変化